

## 九州共立大学総合研究所紀要

2010年3月

Journal of Kyushu Kyoritsu University Research Center

第3号

## 目 次

## 【 審査付論文 】

|                                                       |                  |    |
|-------------------------------------------------------|------------------|----|
| 無視されるものへの視線— <i>The Grass Is Singing</i> における力関係について— | 田中 雅子            | 1  |
| 非営利組織におけるバランス・スコアカードの可能性に関する一視点 —パークマネジメントの分析枠組みとして—  | 八島 雄士            | 13 |
| 超音波振動を援用した自動バフ研磨システムにおけるスラリー選定に関する基礎的研究               | 三原 徹治、水井 雅彦、曲 晟榮 | 25 |

## 【 研究論文 】

|                                                              |                         |     |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------|-----|
| 中国におけるグリーン・ツーリズムの経営戦略に関する一考察 —北京市と成都市における「農家楽」地域のSWOT分析を中心に— | 細野 賢治、桂 英、李 只香、八島 雄士    | 31  |
| 中日私学教育政策における助成政策の差異<br>高等教育助成政策を中心に                          | 靳 君                     | 39  |
| モノづくり活動による学生支援 —キャリアカウンセリング理論の応用—                            | 水井 雅彦、川嶋 竜之介            | 47  |
| 酸素ガス雰囲気内の斜め蒸着法で形成したチタン酸化薄膜の研究（結晶学的性質と光触媒効果）                  | 能智 紀台、横野 照尚、生地 文也、野澤 忠生 | 51  |
| メタンイオンビーム蒸着による Si(100)基板上ダイヤモンド薄膜成長に関する研究 II                 | 生地 文也                   | 55  |
| 温室効果ガス排出量の算定方法の現状とその利用法                                      | 宇野 美津夫                  | 63  |
| バッテリーに燃料電池を付加した電動車イスの走行距離特性                                  | 山口 静夫、アマティヤ スガム         | 69  |
| 情報基礎教育における問題点と教材の提供方法の検討                                     | 守 啓祐                    | 73  |
| 21世紀の里山再生 現況調査                                               | 鈴木 要                    | 79  |
| 室壁面の乱反射率を導入した幾何音響シミュレーション その2 空間形状の単純化に関する考察                 | 中野 国隆、古屋 浩、黒木 莊一郎       | 83  |
| 太陽光発電の地域特性と最適傾斜角に関する研究                                       | 康 静、亀田 伸裕、園田 裕虎、佐藤 あずみ  | 89  |
| 洞海湾周辺の土地利用と緑化の変遷に関する研究                                       | 陳 宏宇、亀田 伸裕、田中 邦博、安田 繁、  | 93  |
| 袖形状を例題とした多面体を用いた縫合後の立体形状予測法の型紙形状予測法への応用                      | 伊藤 海織、今岡 春樹             | 97  |
| 黒糖もろみ酢の糖尿病ラットに対する<br>血糖上昇抑制効果                                | 石橋 源次、廣戸 美絵             | 103 |
| 黒糖もろみ酢の血圧上昇抑制作用                                              | 廣戸 美絵、石橋 源次             | 109 |
| 高密度カーボネーション殺菌法の開発                                            | 三宅 正起                   | 113 |

## 無視されるものへの視線—*The Grass Is Singing*における力関係について—

田中 雅子 \* 九州共立大学工学部教養教室

The perspective to the unspeakable and the ignored:  
A study on the dominance relationships in *The Grass Is Singing*  
Masako TANAKA

Doris Lessing describes various types of ignoring and indifference in *The Grass Is Singing* (1946). The narrative begins with the factual newspaper account of murder of Mary, which is ignored in the British community in Southern Rhodesia. As the narrative goes back to her childhood, tracing her life story till the moment of her death, it gradually unfolds the bottom of the case. The cyclic pattern of the narrative reveals the way of politics in patriarchal society and domestic politics based on racism and sexism. The purpose of this paper is to shed light on the author's constant perspective to a variety of ignoring and indifference reflecting oppression because of colonialism and patriarchy. Focusing on the narrative which implies the unspoken and hidden truth, I pointed out the author's intended effects; that is, Moses' unspoken psychology embodies the 'whited out' narratives of the black people oppressed under colonialism, and by letting an individual reader imagine his psychology and fill the white void, the author sounds the alarm about arbitrary ignoring and rewriting history of others in colonial rule.

**Keywords:** *"The Grass Is Singing", Doris Lessing, racism, sexism, colonialism*

『草は歌っている』、ドリス・レスリング、人種差別、性差別、植民地主義

### 1. 序

ドリス・レスリング(1919-)は処女作 *The Grass Is Singing* (1946)において、南ローデシア植民地の貧しい白人農場経営者ディック・ターナーとメアリー・ターナーの結婚生活が次第に破綻していく様を、主人公メアリーの心情に沿って丁寧に描いている。メアリーは酒好きの父親のために貧しい子供時代を送り、父親や男性を蔑視し、結婚・セックス・子供に対し否定的であったが、三十代で結婚を焦り、ディックと結婚する。ディックは黒人労働者に対しても寛容で、土地が荒れないよう非効率な農法を行い禁欲的な生活を送っている。しかし、不運と無謀な事業拡大のせいで、彼は貧困から脱せない。彼の夢は農場を軌道に乗せ、子供をもつことであるが、都会育ちのメアリーは粗末な家と暑さと夫の無能さに嫌気がさし、夫婦間の溝が深まる。メアリーは黒人の使用人たちに厳しくあたるようになり、病気の夫に代わり農場で黒人たちを監督する際に、もっともたくましく、仕事のできるモージズを鞭で傷つけてしまう。このことで、彼女はモージズを特別に意識するようになり、彼らの間の主従関係は次第に個人的な男女関係の様相を帯びていく。植民地における白人女性と黒人男性との個人的人間関係は当時のタブーであったため、メアリーは支配者でありながら、モージズを人間扱いしてしまうという自己矛盾に苦しむ。彼らの関係は緊張を増していき、次第にメアリーがモージズに心理的に支配されるようになる。この主従関係の変化に気づいた隣人のチャーリー・スラッターは、同胞イギリス人としての体面を守るべく、ターナー家の農場を買い取り、ディックに転地をすすめる。メアリーとモージズを引き離す手はずを整える。農場の後継者としてターナー家にやって来たトニー・マーストンという青年は、植民地に来て間もない「進歩的」な若者だが、メアリーとモージズの親密な様子を目撃し、ショックを受ける。メアリーはマーストンの力を盾にモージズに出て行くよう命じるが、モージズが戻ってくることを恐れながらも待ち、戻ってきたモージズに金属の棒で突き刺されて殺される。モージズは現場に留まり逮捕され、ディックは精神崩壊した状態で保護される。

第一章は、メアリーがモージズに殺されたことを報じる新聞記事で始まり、それに対するイギリス人コミュニティの反応と、殺害現場での事情聴取が続く。イギリス人たちが、この悲惨な殺人事件について語ることを避け、メアリーとモージズの間に個人的な人間関係があったことなど認めようとせ

ず、無かったことにして隠蔽しようとする様子が克明に描かれている。この無関心、無視という相手の存在を無化、透明化する行為こそ、植民地において白人が黒人に対してとってきた横暴な支配の現われの一つである。一方、殺されたメアリーも父親や夫や黒人達を無視している。彼女は、男性蔑視と人種差別に基づき周囲を無視しながら、実質的な「家長」として支配をふるっている。しかし、切り捨てたはずの父親に無意識に支配されていたり、形式上の「家長」である夫にいざという時に無視されたり、被差別人種でありながら強くやさしい父親像とつながるモージズの「保護者的」態度に抗えなくなるとき、彼女が家父長的価値観に支配されていることが浮き彫りになってくる。彼女は男性、父親、性に対し、恐れを抱いていたがゆえに、軽蔑し無視することで、表面的な優位や支配を振るおうとしていると考えられる。そして、このことは植民地における人種差別や女性差別による支配の力学、すなわち被差別対象の潜在的力を恐れているがゆえに、強権的に支配を振るおうとする男性中心的な白人社会と平行するものとして描かれている。本稿は、作品内の様々な場面で見られる無視や無関心が、植民地支配と家父長制における抑圧行為を映し出していることに着目し、他者の存在を無視し、他者の歴史や語りを消す行為に対して、作者がいかに関心を鳴らしているかを考察するものである。

## 2. 植民地における人種差別と無視

まず、南ローデシア植民地白人社会における、人種差別の現われとしての無視について見てみる。イギリス人による黒人への人種差別は、黒人の人間性を無視することで行われている。それゆえ、入植者全般についての語りは、「主人一下男の関係以外に、アフリカ人と接触することはまったくなく、彼らが人間としてどのような生き方をしているか、それはまったくわからない」<sup>1</sup>と断言している。メアリーについても、主婦として黒人下男の監督をするようになる前は、「通りにいる不特定多数の現地人のことを、気にも留めていなかった」(33)と述べられているように、支配者イギリス人にとっての黒人たちは、「牛の群れ」(12)のように、注目にも値しない存在である。そして、このような根強い差別意識に基づく無視や無関心は、黒人に対してのみならず、白人社会の中でも行われていたことが次の引用で明らかになる。

The small community of Afrikaners had their own lives, and the Britishers ignored them. "Poor whites" were Afrikaners, never British. But the person who said the Turners were poor whites stuck to it defiantly. What was the difference? What was a poor white? It was the way one lived, a question of standards. All the Turners needed were a drove of children to make them poor whites.

Though the arguments were unanswerable, people would still not think of them as poor whites. To do that would be letting the side down. The Turners were British, after all. (3)

ここでは、アフリカーナー、すなわち南アフリカ生まれのオランダ系白人が独自のコミュニティを作り、二級市民としてイギリス人から差別されていることが述べられている。イギリス人が「ブア・ホホワイト」という蔑称を、アフリカーナーという他者に与えることで、差別の対象に貶め、その存在を無視する様子が描かれている。こうしたイギリス人による黒人以外にも及ぶ差別意識は、ストアで働くギリシャ人、ユダヤ人にも向けられており、「この連中は暴利をむさぼるよそ者だから、その土地のものから常に憎まれている」(28)とか、「両親がダーゴ（ギリシャ人）だからストアの女の子とは遊んではいけない」(29)といった描写にも表れている。

そして、こうしたブア・ホホワイト並みに生活水準は低いターナー一家が、イギリス人であるということだけで支配者側のコミュニティの一員として組み込まれ、殺人事件の隠蔽によって「守られて」いることが、上の引用には述べられている。しかしながら、これは、「南アフリカ社会の第一原則」(3, 205)、すなわち、同胞イギリス人の地位をある水準以下に落とすようなことはしてはならない、なぜならそれを見た黒人が自分たちを白人と同等だと思えるようになるから、という団結心に従ったにすぎなかった。すでにターナー一家は社会のはみだし者として容赦なく辛らつに噂されるような扱いを受けていた。

彼らがイギリス人コミュニティから嫌われていた原因は、社交に参加せず、内にこもり、人付き合いを避けていたからだ。「同じ英国人としてターナー一家と付き合いおうとしたが、ターナー一家はそれを無視した。明らかに団結心の必要を認めなかったので、嫌われてしまった」(3)と述べられている。支配者側のコミュニティが自己保存と自己満足のために差し伸べていた友好の手を、被差別人種と同じレベルで貧しいターナー一家が無視してきたために、怒りを買ったと説明されているのである。ここで描かれているのは、イギリス人コミュニティが帝国の拡大・存続のために、被差別人種のみならず、同国人をもその植民地主義に隷属させなければならなかったことである。このために、彼らはターナー一家が被差別人種並みに貧しかろうと、あくまでもイギリス人として内側に取り込み、無視で事件を隠蔽しようとするのである。

### 3. 植民地主義を支える人種差別と女性差別

それでは次に、無視という行為を通して、この人種差別が女性差別と結びつく過程に着目してみよう。冒頭で、メアリーが殺されたことを報じる短い新聞記事が紹介され、この事件について土地のものたちが話題にしなかったことが不可解であると、語りが繰り返し述べている。元々コミュニティの嫌われ者であるがゆえに話題にならないはずはないのに、皆「第六感」や「テレパシー」や「無意識的な沈黙の了解」(2)で口を閉ざしている。通報者である隣家のスラッターは、盗聴されるおそれのある電話を使うことを避け、うわさが広まることを防いでいる。彼と巡査部長は、ターナー家の同居人マーストンに事情を聴く際に、証拠となる事実以外のことを語らないようにと威圧し、マーストンが知っていることや想像していることを、「共謀の上で無視しよう」(17)とする。そして、事件の原因をメアリーの黒人に対する扱いのひどさのせいにして、男性に従順に従おうとしない白人女性一般に対する愚痴と非難にすり替えようとする。次の引用にそれが描かれている。

“Nagged at him, eh? Oh well, women are pretty bad that way, in this country, very often. Aren’t they, Slatter?” The voice was easy, intimate, informal. “My old woman drives me mad – it’s something about this country. They have no idea how to deal with niggers.”

“Needs a man to deal with niggers,” said Charlie. “Niggers don’t understand women giving them orders. They keep their own women in their right place.” (18)

この引用で注目すべき点は、白人女性には黒人男性を適切に監督し支配する能力が無い、と決め付ける、白人男性による女性蔑視である。黒人男性は黒人女性を「適切に」支配下においているがゆえに、女性から命令されること自体が理解できない、とするスラッターの考え方には、同胞の女性を「適切に」支配している黒人男性への羨望と、白人男性に従わない白人女性への非難が見られる。この非難は、植民地における人種間の闘争状態の原因を、すべて白人女性と黒人男性のせいにしていた当時の風潮と通ずるものである。すなわち、「植民地行政官の妻たちのショービニズムや性的恐怖が現地人との関係を悪化させ、ひいては植民地主義の破綻をまねいた」<sup>1</sup>とする女性非難である。この考え方では、植民地において常に家庭内で黒人の使用人と対峙しなくてはならない白人女性の存在が、黒人男性を性的に煽ることになり、その性的対象となる可能性に怯える白人女性を守るために、現地人を取り締まる法律が強化され、その結果、人種間の闘争につながったり、恐怖心から過度に現地人に嫌悪感を示す白人女性達の態度が、現地人との間の溝を深めたりしたとされている。しかし、マーガレット・シュトロベルが指摘するように、このような非難は男性中心主義に捏造された“神話”であり、女性は家庭で男性に従属すべきであるとする女性差別に他ならない。この家父長的セクシストたちが無視によって事件を沈黙の内に隠蔽する理由は、次の二つの引用で暗に示される。

The more one thinks about it, the more extraordinary the case becomes. Not the murder itself; but the way people felt about it, the way they pitied Dick Turner with a fine fierce indignation against Mary, as if she were something unpleasant and unclean, and it served her right to get murdered. But they did not ask

question. (3)

Whom should it concern, if not the white farmers, that a silly woman got herself murdered by a native for reasons people might think about, but never, never mentioned? It was their livelihood, their wives and families, their way of living, at stake. (4)

ここで強調されているのは、被害者メアリーに対して彼らが異常な嫌悪感を示していることだ。メアリーの遺体を見つめるスラッターと巡査部長の反応は、「本来殺人犯に向けられるはずの憎しみと軽蔑の表情でゆがみ」(10)、マーストンは、この二人の表情に見られる「本能的な深い憎悪と恐怖」(14)に驚く。その後の事情聴取の中でも、当のメアリーが直接話題にされるのは、「彼女（の遺体）をここから出した方がいい」(19)という残酷なまでに事務的な発言一回きりである。そのことに気づいたマーストンは、裁判はきちんと行われるだろうと期待するが、アフリカ人をめぐる裁判は形式的で迅速に行われるため、この事件は貴重品目的の殺害という安易な動機で片付けられることになる。メアリーは汚らわしく愚かと軽蔑され、白人農場経営者の生き方を脅かす問題として話題にもされず、迅速に拭い去るべきものとして扱われてしまう。このことがほのめかしているのは、彼らが、メアリーとモーグズの間の性的関係を想像しつつも、目をそらしているということだ。次の引用がさらにその可能性を強めてくれる。

...it was "white civilization" fighting to defend itself that had been implicit in the attitude of Charlie Slatter and the Sergeant, "white civilization" which will never, never admit that a white person, and most particularly, a white woman, can have a human relationship, whether for good or for evil, with a black person. For once it admits that, it crashes, and nothing can save it. So, above all, it cannot afford failures, such as the Turners' failure. (21)

「主人一下男の関係以外に、アフリカ人と接触することはまったく無い」(12)と断言されるような、黒人に対する人種差別が厳然と存在する植民地においては、特に白人女性と黒人男性の個人的な人間関係に、強いタブー意識が働いていることが、上の引用で述べられている。しかしながら、このようにして植民地白人社会が白人女性と黒人男性の性的関係をタブー視する一方で、白人男性と黒人女性との性交渉については問題視しないというダブルスタンダードが存在していたのだ。この問題を指摘するのは、植民地に来て間もなく、コミュニティにまだ同化していないために、比較的「進歩的な」考え方をするマーストンである。次の引用のように、白人女性の純潔を守ろうとする一方で、「白人男性が一人で駐在している所ではアフリカ人の中に混血児が大勢生まれてくる」(213)という、植民地における異人種間の性交渉についてのダブルスタンダードを、マーストンは白人社会における人種差別と性差別が結びついた偽善として感じとっている。モーグズがメアリーの着替えを手伝う場面を目撃したマーストンは、男女関係をほのめかすような二人の親密さにショックを受けながらも、白人社会の偽善を暴く証拠を目撃したことで満足感をおぼえる。

He had been in the country long enough to be shocked: at the same time his "progressiveness" was deliciously flattered by this evidence of white ruling-class hypocrisy. For in a country where colored children appear plentifully among the natives wherever a lonely white man is stationed, hypocrisy, as Tony defined it, was the first thing that had struck him on his arrival. But then, he had read enough about psychology to understand the sexual aspect of the color bar, one of whose foundations is the jealousy of the white man for the superior sexual potency of the native; and he was surprised at one of the guarded, a white woman, so easily evading this barrier. Yet he had met a doctor on the boat coming out, with years of experience in a country district, who had told him he would be surprised to know the number of white women who had relations with black men. Tony felt at the time that he would be surprised; he felt it would

be rather like having a relation with an animal, in spite of his “progressiveness”. (213-14.)

この引用では、性差別に基づいたダブルスタンダードが白人男性に都合のよい偽善でしかなく、その偽善性を裏付ける女性達の実例が意外にも多く、また隠されていることが述べられている。ここで重要なのは、黒人を劣等人種とみなす人種差別が、実は自分たちより優れているものへの恐れから生じているという、語りによる指摘である。「優れた白人種による劣等人種の教化・文明化」という植民地主義の正当化の欺瞞をも暴く語りとなっている。性的能力の強い黒人から白人女性を奪われぬよう隔離しなければ、白人種の存続、ひいては帝国の再生産は危ういものになる、という危機感から、白人コミュニティが一丸となって白人女性と黒人男性の関係をタブー視し、この事件を手際よく隠蔽しようとしているのだ。白人男性たちは、自分達が支配しているはずの黒人男性と白人女性の潜在的な性的能力を恐れているがゆえに、その存在を意図的に無視し、表面上は権威を振るい、常に転覆される恐怖を核に抱いているという、皮肉な力関係が浮き彫りにされている。作者は、植民地支配を支えるこの二つの差別意識が、事件の原因の核にあることを、植民地の白人社会にまだ完全に同化・隷属していないマーストンの外部からの客観的な視点によって示そうとしている。さらに、比較的「進歩的」な若者であるマーストンでさえ、白人女性と黒人男性との性的関係に「動物」的なものを感じてしまうこと、すなわち人間の男女関係として容認することができないという限界も述べている。作者はこの語りによって、人種差別と性差別に基づいたダブルスタンダードが、白人男性の中においていかに根深いものであるかを示している。

この物語の中では比較的「進歩的で」、客観的な視点を持っていたマーストンが、事件の原因について事情聴取で語ったことも、結局イギリス人コミュニティから無視され、事件は簡易裁判で片付けられてしまう。そして、マーストンも植民地に同化するにつれ、次第にそのことを問題視しなくなる。こうして語られなかった事件の真相は、第二章以降の、メアリーの子供時代に始まる語りで明かされていくのである。

#### 4. 無視される父親の存在

では、事件の原因を明かす語りの中でメアリーが経験する無視、無関心について考察してみる。まず、次の引用が示すように、メアリーの両親の結婚生活では、夫に対する無視と無関心が顕著である。

His wife treated him with a cold indifference. She reserved her scornful ridicule of him for when her friends came to tea. It was as if she did not wish to give her husband the satisfaction of knowing that she cared anything for him at all, or felt anything for him, even contempt and derision. She behaved as if he were simply not there for her. And for all practical purposes he was not. He brought home the money, and not enough of that. Apart from that he was a cipher in the house, and knew it. (30)

メアリーの母親は、甲斐性の無い夫の従属物として、貧しさと苦勞を強いられている社会的弱者であるが、内面では夫を軽蔑し、その権威も存在感も消し去るしたたかな女性である。彼女の「無味乾燥な女権思想を受け継いだ」(32)メアリーもまた、父親と疎遠になった時に母親の苦勞への復讐をしている喜びを感じるように、父親を軽蔑し、無視し、忘れようとする。父親の死により、思い出すのも嫌な子供時代と縁が切れたことを喜んでいたものの、皮肉なことに、この父親との思い出こそが性に対するオブセッションとしてメアリーを苦しめ、支配し続けることになる。彼女が葬り去りたい子供時代の思い出は、次の引用のように、悪夢の中で再現される。

There was her father, the little man with the plump juicy stomach, beer-smelling and jocular, whom she hated, holding her mother in his arms as they stood by the window. Her mother was struggling in mock protest, playfully expostulating. Her father bent over her mother, and at the sight, Mary ran away.

...Her father caught her head and held it in his lap with his small hairy hands, to cover up her eyes,

laughing and joking loudly about her mother hiding. She smelled the sickly odor of beer, and through it she smelled too – her head held down in the thick stuff of his trousers – the unwashed masculine smell she always associated with him. She struggled to get her head free, for she was half-suffocating, and her father held it down, laughing at her panic. (185-86.)

引用の前半は、家が狭いせいで目撃せざるをえなかった、窓辺での両親の夫婦生活の一画面で、セックスに対する嫌悪の原風景として、彼女が「忘れようと気をつけていた」(37)ものだ。甲斐性も存在感もない小柄な父親が、夫婦生活やメアリーとのじゃれあいでは、肉体的に勝り、優位に立っている様子が描かれている。母親の肉体を性的に支配する父親に、メアリーもまた無理やり押さえつけられ、手で目隠しをされ、ズボンに顔を押し付けられ、息がつまりそうになりながら父親の男臭い匂いを嗅がされることで、彼女は父親に性的な恐怖を抱き、嫌悪するようになる。このことから、彼女の父親に対する軽蔑や無視は、性的な恐れを抱く弱い自己を否定し抑圧することで、表面的な優位を得ようとしているのだと言えよう。白人男性たちが黒人男性と白人女性の性的関係を恐れて、ターナー一家の殺人事件を無視したように、彼女は、父親の性的な力への恐れの一返しとして無視していると考えられる。父親に目隠しをされ、体の自由を奪われたことに対する恐怖から、後に父親を無視し、すなわち自ら目を覆い、記憶から消そうとするという皮肉な反転は、眼差しが力関係を示唆し、またそれを動かすものであることを示している。父親による「不当な」肉体支配に対する嫌悪が、「セックスや子供をもつことへの嫌悪」として、メアリーの男性蔑視と不感症の原因となり、無意識的には、自分を従わせることのできる強い男性を求める要因となる。このことがより明らかになるのは、メアリーの悪夢の中で父親とモーイズが一体化する次の場面だ。

He approached slowly, obscene and powerful, and it was not only he, but her father who was threatening her. They advanced together, one person, and she could smell, not the native smell, but the unwashed smell of her father. It filled the room, musty, like animals; and her knees went liquid as her nostrils distended to find clean air and her head became giddy. Half-conscious, she leaned back against the wall for support, and nearly fell through the open window. He came near and put his hand on her arm. It was the voice of the African she heard. He was comforting her because of Dick's death, consoling her protectively; but at the same time it was her father menacing and horrible, who touched her in desire. (188)

この夢の中で、モーイズが彼女に迫ってくる場所は、先の引用の両親の場合と同じく窓辺である。ここで共通する「窓」というモチーフは、多分に示唆的である。この悪夢の場面で、メアリーは息苦しさの中で、モーイズであると同時に父親でもある存在と、性的接触を経験する。息苦しさの中で見る性的悪夢は、しばしば絵画の世界では、睡眠中の女性を犯す「夢魔」という擬人化されたイメージで描かれ、「夢魔」が出入りする窓がそばに描かれる。<sup>3</sup>窓が「性的願望の通路」という象徴的意味合いをもたされているのだが、このメアリーの性的悪夢に出てくる窓も同様に、メアリーの抑圧された性的願望を暗示していると解釈できる。さらにこの場面では、子供のときに嗅いだ父親の匂いが満ちていることが強調されている。その匂いの中で、モーイズは記憶の中の父親のように、彼女に性的恐怖心を起こさせると同時に、彼女を「保護するかのように」(188)慰めてくれる。彼女の中でずっと抑圧されていた、強い男性に対する性的欲望、父親のような「保護者的」支配を見せるモーイズを求める気持ちが、この夢の中で解放されていると考えられる。ロベルタ・ルーベンスタインは、メアリーとモーイズの関係にユングの意識と無意識の関係を読み込み、モーイズはメアリーの否定したい抑圧された自己を投影するスクリーンであると解釈している。<sup>4</sup>彼女の見る夢が彼女の無意識を反映しているという指摘は正しいが、モーイズをメアリーの分身ではなく、彼女の父親に対する恐れと、理想的な家長として自分を「保護してくれる」強い父親を求める気持ちを思い出させる、一人の人間として捉えるべきである。なぜなら、彼女は、モーイズの裸の肉体や肢体に目を奪われたり、匂いや息遣いなどを間近に感じたりすることがきっかけで、モーイズを男性の肉体をもつ他者として強く意識していく

ようになるからだ。メアリーは、母親の女権思想、すなわち、夫の存在感を無くし自分が実権を握る「家長」となることを受け継いでいるが、このことは彼女が家父長的価値観に支配されていることを示している。そして、家父長的支配を行う強い父親像を求める気持ちから、父親のように「保護者的な」態度をみせるモージズを無視することができなくなるのだが、同時に彼の性的な魅力は、消し去りたい自分の父親を思い出させることになる。彼女にとってモージズは、軽蔑の対象である「男性」であり、また「黒人の下男」という被差別人種であることで、二重に優越感を感じられるはずの相手である。しかし、彼女は彼から「父親への恐れ」を思い出し、「肉体的に優っている強い男性」として魅かれるために、モージズに目を奪われ、支配されていくと考えられる。

## 5. 無視される夫の存在

メアリーが忘れ去ろうとした両親の貧しく不幸な結婚生活は、皮肉にも彼女とディックの結婚生活において再現され、無視や無関心という行為で繰り返される。二人の夫婦関係のすれ違いはすでに、二人の出会いにおける視線のすれ違いによって暗示されている。ディックは映画館の暗闇の中で見たメアリーの横顔に恋するが、明るい所でメアリーを見ても、彼女がその恋した女性であることに気づかず、一瞥もくれずに、すぐに忘れてしまう。映画館の女性が忘れられないディックは知り合いを通じて探し出すが、その女性がさほど魅力的でもないメアリーであったことがわかると失望する。横顔に光があたっていた時だけ彼女は美しく見えたのだった。しかし、孤独の中で妻と子供を切望していたディックは、彼女のことを愛するようになる。

一方、結婚を焦っていたメアリーは、ディックが「まるで彼女がすばらしく特別な存在であるかのように接し、男性に対する優越感を回復」(47)させてくれたことから、「彼との結婚で救い出される感じがした」(231)と後に振り返る。ディックが自分に対してはにかんだり身構えたりするのを見ると、彼女は「保護者的な気分になり」(54)、主人として自分に何か要求をおしつけてくるような者だとは思わなくなる。貧しい生活について許しを請いへりくだるディックに対し、彼女は寛大で勝ち誇った気分を味わい、「満足しながらも軽蔑していく」(70)。このように、メアリーは結婚生活の最初からディックに対して優位を保ち、「保護者的」に振る舞う様子が描かれている。子供時代に目撃した両親の夫婦生活から恐れていた新婚初夜も、次の引用のように、想像していたものほど乱暴なものではなく、何も感じないものとして終わる。

It was not so bad, she thought, when it was all over: not as bad as *that*. It meant nothing to her, nothing at all. Expecting outrage and imposition, she was relieved to find she felt nothing. (56)

以後、彼女はディックに対して性的・心理的不感症になり、彼の存在感が消されていく描写が目立ってくる。夫婦生活における不感症は、ディックの中に「自分には結婚する権利は無かったのだ」(57)という罪悪感と劣等感を残すことになる。上の引用における“nothing”の繰り返しでも強調されているように、彼女は男性としてのディックを軽蔑し、目もくれず、無視していく。まさに彼女の母親が夫に対してそうであったように、「男性としてのディックに対する彼女の態度は軽蔑であり、彼に注意も払わず、全く相手にしていなかった」(92)。また、無謀な事業拡大<sup>5</sup>の失敗により、彼は農場経営者としても軽蔑され、家父長的権威は失われてしまう。彼が妻に対し、「オーケー、ボス」(101)と答えることが、実質的な「家長」がメアリーであることを表わしている。ところが、貧しさと暑さで募る怒りをメアリーが黒人の下男に向け、その扱いのひどさに耐えかねて下男が辞めると言い出したとき、ディックはメアリーを今までになく強気な態度でいさめる。これにメアリーは逆上し、母親そっくりの声でヒステリーを起こし、貧しい暮らしを強いる夫をなじり、下男を引きとめようとする夫の方針をあえて無視し、その下男に金を払って解雇してしまう。メアリーは勝ったような気分になるが、ディックも彼女の勝利を認めようとはしない。彼女は自分が優越感を抱いていたはずのディックが「横柄に」(84)歯向かってきたことに逆上し、あえて「家長」としての自分の支配力を見せ付けるために夫の意見は無視していると考えられる。それは、夫に対し「保護者的」(54)態度で優位に立ち、性生活も



含めて家庭内の主導権を実質彼女が握っていたにもかかわらず、表向きは家父長制に従い、農場経営に関してはディックに決定権があったことへの反撥であると解釈できる。二人の力関係が拮抗するこのけんかは一週間ほどの緊張状態を生むが、その間二人はこのことについて何も話さず、無かったことにしてしまう。

The incident was simply not mentioned. Unresolved and unacknowledged, the conflict was put behind them, and they went on as if it had not happened. But it had changed them both. (86)

二人にとっては重要であるはずの話題が、冒頭で殺人事件が話題にされなかったときのように、無視で片付けられている。これを機に、彼らは互いを無視しつつ、憎しみや嫌悪を心の奥で持ち続けるようになる。この後、ディックはストア経営に乗り出すことを「メアリーの方を見もせずに」(101)一方的に報告し、メアリーがストアでの接客仕事について不平を言っても、「メアリーの方を見もせず、最近現れた冷酷な無関心で」(105)応じるようになる。ストア経営が失敗すると、彼女はディックや黒人のいない元の生活に逃げ帰ろうと家出をする。このとき、彼女はかつて勤めていた職場で事務員として雇ってもらうことを当てにし、独身時代に住んでいた女性クラブに戻り、自活するつもりでいた。しかし、特に専門的な技術も無く、貧しい生活にやつれきり年だけ重ねた彼女では採用などしてもらえず、既婚者であることから女性クラブにも戻れない。それまでは、ターナー家の女主人として、夫や黒人の使用人たちに対しても支配をふるっていたにも関わらず、社会に出ると全く無力であり、一人で生きていくどころか、どこにも居場所がないという現実が叩きつけられるのだ。彼女は、自分の持っていた支配力が結婚によって夫から与えられたものにすぎず、家庭内に限定される一時的なものでしかないことを思い知らされる。男性中心社会であった当時の植民地において、主婦が生きていくには、結局家庭の中で、たとえ無能であろうとも夫に従うしか他に方法がなかったという現実が描かれている。連れ戻しに来たディックは彼女を責めることもせず、「まるで何も無かったかのよう」(113)とする。夫婦の大きな危機がディックからの無視によって何でもないものとして流されてしまい、メアリーは何も感じない麻痺状態という内部崩壊に陥り、ますます無関心になっていく。ディックの消極的な無視と、メアリーに浸透している家父長的価値観とが、結果的には夫婦の間の大事な話、すなわちメアリーが彼のことを愛していないという事実について、語る機会を奪うことになるのである。それ以後、彼女の思い描く将来のビジョンにも、「ディックはうまく収まらず、彼女は彼の目を見ようともせず、黙り込むしかない」(140)、と描かれるように、彼女はディックを完全に無視する。ディックの存在感が究極的に消滅するのは、メアリーの悪夢の中で父親と一体化したモーグズが迫り来る一方、ディックは死んだことにされていて、そのことをメアリーが「安堵し喜ぶ」(184)場面である。メアリーとモーグズとの関係が進むにつれ、メアリーはディックが入ってきても目を向けず、幾日も口も利かず、ディックが「まるで存在しないかのように」(206)振る舞う。

夫に対する無関心と反比例するように、彼女は黒人に対して強い憎しみや嫌悪感を向けていく。例えば、ストアに来る、乳房を垂らした黒人女性たちを憎悪し、特に人前で母乳を吸わせる母親達の「穏やかで満ち足りた母性」(104)に激怒する。出産・子供そのものを嫌悪し、自分の母親の人生を繰り返すこと、すなわち子供を生み育てる母になることを避けようとする彼女は、授乳を乳房への暴行と見なしている。こうした見方は、「母乳による自然授乳礼賛」という父権社会のイデオロギーにより作り出され、女性達に強いられてきた男性中心的な‘神話’<sup>6</sup>に対する、女性側からの違和感や不満であるとも考えられよう。メアリーは、白人女性が哺乳瓶で授乳する時代に、黒人女性の人前で乳房をはだけて授乳するのは、「異質で、醜悪な欲望をもつ原始生物」(104)であるからだと考える。その醜悪な欲望とは、白人男性を性の対象として誘惑することだと思われる。異人種間の性的関係に対する白人社会のタブー視が彼女の中にもはっきりと見られ、まさにこの忌避意識から、彼女はモーグズとの個人的人間関係に苦しむのである。黒人を支配することにサディスティックな喜びを感じていた彼女は、モーグズとの関係が個人的人間関係、男女関係へと変化していくにつれ、自己矛盾による悪夢にとりつかれるようになる。そこで、次にメアリーとモーグズの間の無視という行為について考えてみ

たい。

## 6. 無視できなくなるモージズの存在

子供時代のメアリーにとって、黒人とは「ほとんど気にとめたこともなく、何の関係もなく、自分の活動範

囲外」(33)の存在であった。そのため、彼女は視線についてのアフリカの文化的コードに慣れていない。下男初心者の少年が彼女から目をそらさないと、彼女はその「従順さに苛立ちを感じる」(70)。ところが、経験者の下男が目をあわせようとしないと、狡猾で不正直だと腹を立てる。見るのが従順を表わし、見ないことが無礼を表わす、というメアリーの考え方は、彼女がディックを無視する際のもものと矛盾してはいない。しかし、目上の人の顔を見ないことは、アフリカ人の中では礼儀にかなったことであった。メアリーはこうした文化的差異を一切無視して、いずれの場合でも下男に腹を立てる。下男を人間らしく扱ってもいないのに、「この黒い肉体を人間らしく表情豊かなものにするのできるのならば、その顔に皿を投げつけてやりたい」(72)と感じるようになる。このサディスティックで矛盾に満ちた彼女の姿は、後にモージズを非人間的な扱いで鞭打った結果、個人的な人間関係をもたざるをえなくなっていくという報いを受ける時に、大きな皮肉を生むことになる。

病気で寝込んだディックの代わりに農場で黒人たちを監督する彼女は、「鞭に権威を与えられたように感じ」(124)、たくましい裸の男たちを自分の意志に従わせることでいい気分になる。一時的に手に入れた支配力で、彼女が黒人らに行う説教は、昔父親が行っていたものの受け売りである。このときのメアリーはまるで「家長」のように振る舞っていると言える。その彼女の怒りを刺激するのが、次に見られるモージズの視線である。

He looked at her with the expression common to African laborers: a blank look, as if he hardly saw her, as if there was an obsequious surface with which he faced her and her kind, covering an invulnerable and secret hinterland. (132-33)

モージズがアフリカ人の礼儀として服従のポーズをとりながらも、その内面は決して従っていないことをメアリーは感じ取っている。一時的な支配者の下で、難攻不落に生き延びる強さへの恐れは、彼女が死を覚悟した後に見る、崩壊する家の幻覚とエコーしている。この幻覚の中で、彼女は自分の死後、無人の家が藪の木々や動物や虫に侵食され急速に朽ち果てていく様を見るが、これは、アフリカにおける植民地白人社会が、いかに脆い砂上の楼閣であり、気を緩めればあっというまにアフリカのものになってしまうか、という白人側からの恐れと、黒人側からの警告を意味していると考えられる。

モージズを鞭打った彼女は、「彼の眼の中に恐ろしい表情を認める」(134)。彼の人間的な怒りの表情を見てしまうのだ。彼女にとってこの出来事は、黒人に対する勝利として、また「黒人の扱い方がわかっていない」(136)ディックに対する勝利として、感じられる。この優越感は、本稿第3章の引用で、女性には黒人を扱う能力が欠けると決め付けていたスラッターと巡査部長の会話の根底にあるものと同種である。すなわち、家父長的権威を手にした者の優越感である。しかし、モージズが下男として家の中に入ってくると、そのときの恐怖が彼女につきまとい、彼を他の黒人たちと同じようには扱えなくなってしまう。彼は彼女を見るのを恐れているかのように視線を下げたままであるが、やがてこの二人の視線が重なり合う時が訪れる。それは、水浴びするモージズの「黒い肌の上で、石鹸の泡が驚くほど白い」(162)ということに、メアリーがみとれ、見られていたことに気づいたモージズが怒りの表情で彼女を見返す場面である。黒い裸体と白い石鹸の泡のコントラストによって、異人種としての隔たりを彼女が感じながらも、逞しい裸体に異性として目を奪われてしまったことが暗示されている。メアリーは「白人は黒人を見てもよい、黒人は犬も同然だから」(163)と、彼の身体にみとれていた自分を正当化する。しかし語りは、彼女が「蛇に触ったかのように」(163)「罪の意識」(164)を感じていることを指摘する。また、この出来事は「白人がアフリカ人の目を覗き、そこに人間をみと

めた」(164)ことであり、これを機に「白人と黒人の、女主人と下男の、正式なあるべき姿が個人的な関係によって破られてしまった」と述べられている。その後、彼女はモーイズが整えてくれたベッドで、疲れきったディックの体と接触することを嫌悪する。そして、「二つのおもりの間にぴんと張られた一本の糸」(169)のイメージを見る。このモチーフは、後に彼女が「二本の柱の間にぴんとはられた綱」(220)というイメージを見る際にも繰り返され、「ディックともう一人の男のどちらをとるか、選択の機会が与えられた」(220)ことを示していると、語りによって説明されている。すなわち、メアリーが男性としてのモーイズに魅かれていることが明らかになる。しかし、次の引用のように、モーイズは相変わらず「彼女の存在を認めないかのように無関心」で泰然としている。

Moses was indifferent and calm against her as if she did not exist, except in so far as he obeyed her orders; (169)

このモーイズの礼儀上の無視は、白人の主人でありながら男女関係を意識したメアリーにとっては、苦しいものであり、その恨み言であるかのように白昼夢のなかで彼に文句を言うようになる。錯乱したメアリーの言動に困惑し、辞めると言い出したモーイズを、メアリーがどうすることもできず、力無く泣いて引き止めたとき、モーイズの目は優しく慰め、「まるで同じ黒人仲間の女性に言うように」(172)、「飲みなさい」と命令形で水をすすめる。そして、メアリーはこの命令に従ってしまう。この時点で、白人の女主人と黒人の下男の関係が、男女関係に転じ、それまでの力関係もが逆転してしまうのだ。彼女はモーイズの「父親のようにやさしい声」(172)に命じられるままに、肩を押され、寝室まで連れて行かれ、寝かせてもらう。黒人との初めての肉体的接触を、彼女は「排泄物にさわってしまった」(173)かのようにぞっとする一方で、彼の発する命令形の言葉を、「父親が命じているかのように、毅然としていて、やさしい声」(173)だと感じる。父親のように強く優しいモーイズに魅かれる思いは、強い男性に従属したいという家父長制の理想にそったものである。しかし、それを求めると異人種間の性的関係のタブーに触れざるをえない、というジレンマに彼女は分断され、苦しむことになるのだ。彼女はモーイズの前で泣いたことで「自分の権威を放棄した」(176)と感じ、逆に「彼はその権威を返そうとしない」(176)。これ以後、彼女は「彼の力の中で自分が無力である」(176)と感じ、「彼の目を見ることを避ける」(180, 182)ようになる。一方、モーイズは「彼女を故意に見て」(176)、友人のようになれなれしい口調で話しかけるようになる。次の引用は、その抗えない力関係の逆転を描いている。

But although he was never disrespectful, he forced her now to treat him as a human being; it was impossible for her to thrust him out of her mind like something unclean, as she had done with all others in the past. She was being forced into contact, and she never ceased to be aware of him. (177)

モーイズの支配は、食事の差し入れをしたり、ディックの看病をかわったりと、メアリーの身体を気遣うやさしい「保護者」として、彼女がその申し出(命令)を受け入れざるをえなくなるという形で、彼女に従えていく。抗いようも無い強さとともにやさしさがあり、そこに彼女は魅かれていることが次のように述べられる。

Twice she dreamed directly of the native, and on each occasion she woke in terror as he touched her. On each occasion in her dream he had stood over her, powerful and commanding, yet kind, but forcing her into a position where she had to touch him. (178)

このように、力強くやさしい保護者的態度にメアリーは従わざるをえない状況に陥り、性的関係をもちうる異性として彼のことを強く意識するがゆえに、性的悪夢を見るようになるのである。本稿第4章で引用した悪夢は、隣室でディックの看病をするモーイズの、広い筋肉質の背中や、つんとくる体

臭や息遣いなど、男性としての彼の肉体を間近に感じたことがきっかけとなっている。悪夢から目覚め震えているメアリーの全身をモーイズは見渡し、「どうして奥様は私を怖がるのです?」とたずねる。彼女は「浮気している白人男性に話しているかのように」(189)ヒステリックに笑って答えてしまい、彼もそんな彼女を「長くゆっくり見つめる」(190)。このようなモーイズからの積極的な凝視、すなわちあるべき主従関係の破壊を感じたメアリーは、「また彼と視線を交わしたらとり返しがつかない」(191)と、彼から目をそらすようになる。しかし、同時に彼女は「容赦なく、避けようもなく自分を待ち受ける最終的な何か」(191)に近づきつつあることも感じ取っている。つまり、モーイズとの個人的な男女関係の結果、自分に破滅が訪れるであろうということが、彼女には避けられない終わりとして見えているのだ。最後の日、彼女は自分が「透明な存在になり、すべてを包み込むような気持ちになる」(220)。自分の存在を透明化、無化して彼女が見るビジョンは、アフリカの自然に侵食される家と、農場のあちこちに偏在して彼女を待ち続けるモーイズの幻影である。白人の女主人として、また人種差別主義者として、家庭内で支配をふるってきた自分は、既婚者でありながら黒人下男モーイズに魅かれたことで、侵食され、消滅せざるをえないと覚悟しているかのようなビジョンで、その終わりを彼女自身待ち望んでいるかのように描かれている。

## 7. 結

これまで見てきて明らかになったことは、植民地白人社会が被差別人種やターナー一家に対して無視するように、支配者による支配の現れとして行われる無視には、被支配者の潜在的な能力に対する恐れがあるということだ。しかし、メアリーの母親が夫を無視し、メアリーが父親と夫を無視し、モーイズがメアリーを無視したように、弱者の側が自分への支配を無視することで、力関係を逆転させることもある。自ら「見ないこと」が力関係を示唆し、またその力関係を動かすこともできるという、眼差しの力学により強調されていることは、植民地における白人による黒人支配のシステム、また父権社会における家長崇拜と女性蔑視が、植民地の白人社会の中にいかに根深く存在していたかということである。そして、こうした支配が支配者によって恣意的に作られてきたということ、支配者は常に力関係の転覆を恐れているということ、つまり支配は必然的なものでも恒久的なものでもないということである。作者は、父権社会における女性差別と植民地支配が、女性と現地人を虐げることがを正当化している様を描き、帝国の存続を支えるその強力な支配が一時的な砂上の楼閣にすぎず、終わるべきものであるということを示唆しているのだ。

さらに、このような植民地作家としての意識は、この作品の構造にも読み取ることが出来る。作者の殺人事件の後日談として外枠を構成する第一章の語りの中で、事件の原因について語ろうとするマーストンが無視され、その語られなかった謎を、メアリーの子供時代に始まる語りで明かしていくという構造そのものに、ローナ・セージは、「社会の中で語られぬこと・白で書き消されてしまったこと」を書きとめようとする、植民地小説の特徴を見出している。<sup>7</sup>植民地文化における歴史感覚の欠如、すなわち、いかにして劣等人種や人種差別が作り出されてきたかを問わず、歴史的憎悪を不変の大前提とみなす姿勢そのものが、この構造で示されているという指摘である。その暗さゆえに白人社会の歴史から拭き去られてしまった事件の真相は、個人の思い出が消されずに繰り返しまがえってくるものが強調される中で暗に示されていく。例えば、メアリーが記憶から消そうとした両親の貧しい結婚生活は、彼女自身の結婚生活に再現され、性行為を行う父親はモーイズと一体化した夢の中で再現されている。また、モーイズはメアリーの鞭打ちによる傷跡を顔に残して再び現れる。このように、作者は個人の歴史や記憶が恣意的に無視され消されることを否定している。力によって無視し隠蔽することを否定し、隠された真実を描写していくという構造に、植民地作家としてのモラルが表れている。

この事件の真相を描く際に、全知の語りが白人の内面に集中し、モーイズの内面には入らないために、彼の心理や殺害動機は謎のままにされている。そのため、彼は個人的な人物というよりは何かの象徴であるという意見もある。例えば、ルース・ウィテカーは、白人作家レッシングが他者としてのアフリカ人を想像し描写することの難しさから、一人の人間というよりは性的エネルギーの象徴として描いていると指摘している。<sup>8</sup>そして、レッシング自身も後にインタビューで、当時の白人社会で黒

人と個人的に接触したことの無かった自分の環境によるものだと言及している。<sup>9</sup>しかし、黒人が英語で話しかけることが「生意気」とみなされていた植民地社会の現実を思えば、この英語による作品で、モージズの心理が空白にされていることは、黒人側の語り白人側から「白く消されて」いること、すなわち黒人側の語り奪われていることを示し、それは植民地において抑圧されていた黒人の立場そのものを表わしていると解釈できよう。読者一人一人に、モージズの気持を想像させその空白を埋めていく作業を行わせることで、植民地支配に見られる無視という形での他者の歴史の塗り替えの存在、そして傲慢な支配者の差別意識の裏にある劣等感や恐れ、そしてまた読者も想像する際に個々の差別意識を反映してしまう危険性、これらのことを作者は気づかせようとしているのである。

#### 註

- <sup>1</sup> Lessing, Doris. *The Grass Is Singing*. 1950. New York: Harper Perennial, 2000. 12. 以下本書からの引用文はその直後に（ ）内の数字でページ数のみを記す。
- <sup>2</sup> Strobel, Margaret. *European Women and the British Empire*. Bloomington&Indianapolis: Indiana UP, 1991. 1-2. 6-7.
- <sup>3</sup> 西洋絵画や文学において「窓」というモチーフが担った象徴的意味合いの歴史的変遷や、性夢や「夢魔」との関係については次を参照。荻野昌利『視線の歴史—〈窓〉と西洋文明—』（世界思想社、2004年）201-204。
- <sup>4</sup> Rubenstein, Roberta. *The Novelistic Vision of Doris Lessing*. Urbana: U of Illinois P, 1979. 24.
- <sup>5</sup> 養蜂に始まり、失敗する度に豚、七面鳥、兎の繁殖・飼育へと転々と事業を変えていく行為は、貧しさとメアリーの嫌悪により、望んでいた子供を作ることができないことへの代償行為と解釈できる。
- <sup>6</sup> 近代父権社会のイデオロギーとして、“母性”を本能的なものとし、母乳による自然授乳を礼賛してきた歴史については次を参照。エリザベート・バダンテール『母性という神話』鈴木晶訳（ちくま学芸文庫、1998年）237-250。
- <sup>7</sup> Sage, Lorna. *Doris Lessing*. London: Methuen, 1983. 24-25.
- <sup>8</sup> Whittaker, Ruth. *Doris Lessing*. New York: St Martin's P, 1988. 27.
- <sup>9</sup> Ingersoll, Earl G. ed. *Doris Lessing: Conversations*. Princeton: Ontario Review P, 1994. 133-134.  
(平成21年12月25日 採用決定)

# 非営利組織におけるバランスト・スコアカードの可能性に関する一視点

—パークマネジメントの分析枠組みとして

八島雄士（九州共立大学経済学部）

A Perspective on the Possibility of Balanced Scorecard for Nonprofit Organization.  
As the Analytical Framework on Park Management.

Yuji YASHIMA,

## Abstract

We have a lot of researches on the Balanced Scorecard (called BSC) as a management tool of corporation and nonprofit organization. But we can't essentially solve social problems by corporation, non-profit organization and government. We need correlation of them, Social Network, for the solution. In this paper, firstly, I will expand my knowledge from Kaplan-Norton's researches on the BSC for nonprofit organization as a part of study on Social Network. Secondary, I am aiming at BSC as a communication tool on park management. Finally, I will arrange the BSC for the analytical framework on park management.

**Keywords:** *Balanced Scorecard, Park Management, Social Network, Nonprofit Organization*

## 1. はじめに

本研究は、パークマネジメント（以下、PM という）の分析枠組みとして、バランスト・スコアカード（以下、BSC という）を活用するための知見を先行研究および先行事例からえることを目的とする。

BSC は、これまで企業や非営利組織を中心として、そのビジョンを実現するための戦略をマネジメントするためのツールとして研究されてきた。

櫻井[2003] (pp. 25-30) は、BSC の経営への役立ちを、(1) 戦略の策定と実行のシステム、(2) 報酬連動型の業績評価システム、(3) 経営品質向上のツール、(4) コミュニケーションの円滑化、(5) その他、システム投資の評価、ビジネスの共通言語の5つに整理している。

本研究では、PM において、2003 年度から導入された指定管理者制度のなかで、行政が民間企業等に公園の管理運営事業を委託し、執行された内容の評価し、市民に公表する必要がある<sup>(1)</sup>ことに着目し、(4)に注目する。

すなわち、知識社会を前提とすれば、企業変革や組織風土の変革のためには新しい戦略を組織に浸透させることが重要である。BSC は、そのプロセスにおける経営幹部や従業員間のコミュニケーションの円滑化への役立ちがあるといわれている<sup>(2)</sup>。また、

Annual Report などの IR において利用される事例もみられる<sup>(3)</sup>。

地方自治法の改正は、多様化する住民ニーズにより効果的、効率的に対応するために、公の施設の管理に民間の能力を活用しつつ、住民サービスの向上を図るとともに、経費の削減等を図ることを目的としている<sup>(4)</sup>。

しかしながら、各自治体はいまだ手探りの状態のようである（地方自治総合研究所[2008]p. 4）。

また、筆者が実施したヒアリング調査からは、住民サービスの向上に比べて、経費削減に偏重している印象を受けた。その理由のひとつには、経費削減が客観的な数値として表せるのに対して、住民サービスの向上は主観的な側面があるためではないかと推測している。

後述するように、このような非数値的な情報を戦略策定と実行にどのように総合的に反映させるのかという課題を解決するツールとして、BSC の作成および運用の研究が蓄積されている。

以下では、コミュニケーション・ツールとしての BSC に着目し、PM の分析<sup>(4)</sup>枠組みとして活用するための知見を検討する。

2 では PM における諸問題と管理会計的な視点について、本研究における考えを述べる。3 では、BSC

の先駆的研究である Kaplan-Norton の非営利組織における BSC のなかで、コミュニケーションの円滑化および社会的ネットワークとの関連で注目される New Profit Inc. (以下、NPI と略す) の事例を考察する。また、4 では、PM に適用した先行事例である Mecklenburg County Park and Recreation (South Carolina State, USA) (以下、MCPR と略す) を考察する。5 では、2 つの考察からえられた要素をもとに、事例研究の分析枠組みとしての BSC について、4 つの視点を中心として検討する。6 では、今後の研究の課題を述べる。

## 2. パークマネジメントにおける諸問題と管理会計的な視点

2 では、PM における諸問題と管理会計的な視点との関係から本研究の立ち位置を検討する。

### ①都市公園の現状

都市公園とは、都市公園法第2条第1項に規定されている国の営造物公園である国営公園および地方公共団体の営造物公園をいう。つまり、設置者は、国または地方公共団体である。管理者は、都市公園法第2条の3によれば、地方公共団体の設置に係る都市公園においては地方公共団体、国の設置に係る都市公園においては国土交通大臣である。

しかし、実際の管理執行は、従来は外郭団体が、最近では、指定管理者制度の導入により、企業や造園業者、特定非営利活動法人 (NPO) またはその JV やコンソーシアムがその管理を受託して実施している。

都市公園をめぐる現状について、『公園管理ガイドブック』(公園緑地管理財団[2005]p.6)によれば、公園管理の現代的使命は、「管理行為をつうじての機能維持、すなわち公園の価値の意義・保全にとどまらず、市民とともに公園の潜在的魅力を発掘するとともに、新しい価値を付与し、新しい公園像を構築し、公園文化を創造し続けることである」。

つまり、「従来は整備から管理への引継によってスタートしていた管理行為が、(中略)現在では、整備・管理・利用が相互に関連し、一体化する方向にある」。また、「人(利用者、ボランティア、管理組織等)、物(植物、施設等)、金(予算、財源等)など公園に関わる要素を効果的に活用し、計画から整備、管理運営、財政まで含め、計画(Plan)→実行(Do)→評価(Check)→改善(Action)を繰り返し、継続的に改善を進めるマネジメントの視点が求められている」。

また、主管官庁の国土交通省の平成21年度予算<sup>(5)</sup>で、政策課題として、都市再生、地球環境問題等、豊かな地域づくり、参画社会への対応を示すとともに、新規事項および重点事項として、低炭素型都市の実現を支援する緑地環境整備総合支援事業の拡充、

都市公園安全・安心対策緊急総合支援事業の創設、地域活性化に資する多様な主体による公園整備の推進、ロ号国営公園維持管理業務における新たな国庫債務負担行為の措置、総合的な景観・歴史まちづくりの推進、都市環境改善支援事業の創設による屋外広告物のマネジメントの推進をあげている。

すなわち、都市公園の PM には、従来の維持管理を基本としながら、関連する諸問題に短期と長期のバランスをはかりながら取り組むことが求められており、マネジメントの高度化が必要不可欠な状況と考えられる。

さらに、国や地方自治体の財政再建が課題となっているなかで、行政に頼らない方法で社会的な問題を解決する事例が見られるようになってきている。実際に、内閣府経済社会総合研究所「コミュニティ機能再生とソーシャル・キャピタルに関する研究調査報告書」(2005年8月)は、「コミュニティ再生の成功要因の多くが地域の SC (ソーシャル・キャピタル―筆者が挿入) に依存していると考えられ、特に橋渡しの SC が重要な役割を果たしている可能性が示唆された」としている。

以上のように、都市公園をめぐる現状は、これまでの維持管理および運営管理に加えて、指定管理者制度、都市再生、地球環境、地域づくり、市民参画社会など、問題が総合化している点に特徴がみられる。

### ②管理会計的な視点

ところで、一般的に、BSC を使うことによって、あるミッションやビジョンの達成のための戦略を、財務、顧客、内部システム、学習と成長(または人材)の4つの視点に分けて検討し、かつ、個別の戦略ごとに重要成功要因(Key Success Factor: KSF)および重要評価指標(Key Performance Indicator: KPI)を設定し、戦略を現場の言葉(指標)に変換することができる(Kaplan-Norton[1996]p.8)。

また、4つの視点における個別の戦略間の関係性を戦略マップという形で表現することができる(Kaplan-Norton[2004]pp. x ii-x iii)。厳密な関係性を追及するか否かは時と場合によるが、ミッションやビジョンを達成するというゴールへむけての成功のストーリーを示すことは十分に可能である。また、そのプロセスにおいて、コミュニケーションが促進される可能性がある。

したがって、前述のように都市公園のような総合化した課題について、個々の問題を分析しながら、それぞれの連関性を考慮した方策を、時間的なバランスも配慮した形で検討でき、コミュニケーションの促進を期待できるツールとして、BSC は優位性をもっている。

しかし、政府や非営利組織においては、4つの視

点の位置やその名称など BSC の構造が企業と異なることが指摘されている (Kaplan-Norton[2001] pp.134-136)。PM においても、同様に、その外部環境や内部環境に適合する形で検討することが、より合理的で、現実的であると考えられる。この点について、4つの視点を中心に、5で詳しく議論する。

### ③パークマネジメントの諸相

図1に示すように、わが国におけるパークマネジメントは、従来の管理委託制度から2003年の改正地方自治法施行を契機として指定管理者制度に移行した<sup>(6)</sup>。そして、3年間の経過措置期間のなかで、各自治体は直営または指定管理者制度を選択した。指定管理者制度を導入した場合には、2009年度現在、指定1期目から2期目への移行が行われている状況にある<sup>(7)</sup>。

その実態について、地方自治総合研究所[2008]は、

(1) 制度導入にあたっての検討不足、

(2) 選定手続き、(3) 指定期間、(4) 仕様書・協定書、

(5) 指定管理料・利用料金、(6) モニタリング・評価、

(7) 人員配置・労働条件、(8) 外郭団体、(9) 変わる自治体の役割について議論し、問題点を抽出している。

結論として、指定2期目にむけて、(1) 選定の透明性を高め、説明責任を果たすこと、(2) サービス水準の維持・向上を図ること、(3) コスト削減のもたらす負の影響から目を逸らさないこと、(4) モニタリング・評価を充実させること、(5) 施設運営に携わる人を育成することの5つを提言している。

以上の議論および提言は、指定管理者制度全般にわたるが、指定管理者制度を前提とするパークマネジメントにおいても同様の状況がみられる。

あわせて、都市公園管理問題が総合化するなかで、行政のみを主体とする問題解決に無理があると思われる。すなわち、短期的のみならず、長期的な視点、ガバナンス、人的資源、戦略の問題など、高度なマネジメント能力が求められるため、行政のみで問題を抱え込み、責任を負うことには限界がある。

行政や外郭団体、企業、NPO、市民がそれぞれの強みと弱みを認識し、コミュニケーションを基本とする社会的ネットワークというオープンな形で、問題解決にあたるほうが、責任を分担でき、かつ、参加することによる達成感や人、組織、社会の成長を期待できる。また、関わった人々に WIN-WIN の関係をもたらすことができる。

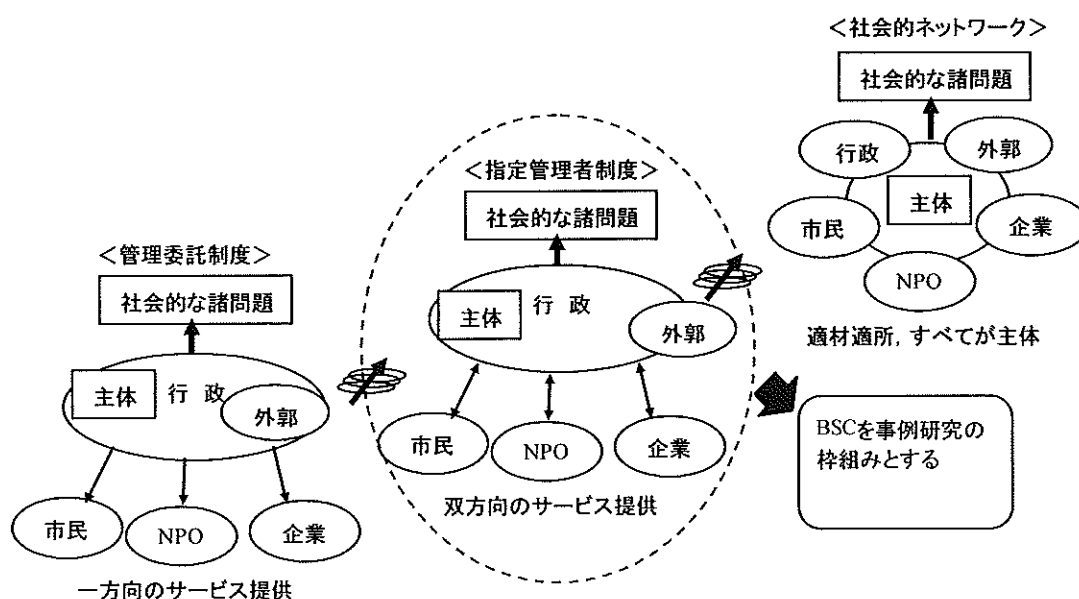
### ④本研究の立ち位置

以上のような流れのなかで、指定管理者制度を前提とするパークマネジメントおよび、その発展の可能性について、事例研究を行うための枠組みとして、Kaplan-Norton の非営利組織への BSC の適用事例および先行事例を中心に検討する。

## 3. NPI の事例研究

ここでは、BSC の先駆的研究である Kaplan-Norton の研究からコミュニケーションの円滑化および社会的ネットワークとの関連から注目できる NPI の BSC

図1 パークマネジメントの諸相 (筆者作成)





を考察する。

①Kaplan-Norton[1996, 2001, 2004]の政府および非営利組織の事例との関係

まず、政府および非営利組織の事例の特徴からKaplan-Norton[2006]におけるNPIの事例までの研究の進展状況を整理する。

第一に、Kaplan-Norton[1996, pp. 179-189]では、U.S. Government Procurement Executive Association, The City of Charlotte および Special Olympics の事例をあげている。BSC は、ビジョンと戦略を目に見える目的と業績評価に変換できることのみならず、動機付けや説明責任を提供することによって、その政府や非営利組織の存在意義を示すことができ、かつ、外部の構成員や内部の従業員とのコミュニケーションが可能になることを指摘している。

第二に、Kaplan-Norton[2001, pp. 133-160]では、The City of Charlotte, Federal Government Agencies, The United Way of southeastern New England, The May Institute, New Profit Inc., Duke Children's Hospital, Montefiore Hospital の事例をあげている。共通しているのは、これらの組織の存在意義を説明することを目的として、効果的なサービスを提供するために、顧客の視点を BSC のトップに位置づけ、財務の視点を顧客の視点に付随するものとしていることである。つまり、これらの組織への資金提供者である寄贈者や市民の満足の高さを表している。

第三に、Kaplan-Norton[2004, pp. 429-438]では、Boston Lyric Opera(BLO) および Teach for America(TFA)の非営利組織の2つのケースについて、戦略マップの事例を検討している。共通して言えることは、営利企業以上に戦略実行を動機付け、評価するために、財務および非財務の測定を実現する広範なシステムが求められていることである。具体的には、BLO でいえば、核となる構成者（寄贈者、オペラの国内外のコミュニティ、ボストン市民）のあるべき成果や重要成功要因であり、TFA では、社会変革というミッションへの新たな資金提供者を募ること、団体に加盟する教員、スタッフ、委員会メンバーを勧誘すること、卒業生の活動をサポートする活動に重点をおくことに関する目的および重要成功要因である。

以上から、Kaplan-Norton の研究の進展状況においては、その重要課題に変化がみられる。当初は存在意義やコミュニケーションであり、その後、顧客の視点や資金提供者の視点になり、2004 年の文献では、財務、非財務の指標を含むシステムとして重要性が述べられている。

これは政府および非営利組織のマネジメント・シ

ステムとしての BSC の意義が向上していることを意味している。

②BSC 導入の効果について

Kaplan-Norton[2006, pp. 49-52]では、NPI を財務的なシナジーをうみだす事例としてあげている。

NPI は、社会起業家的な非営利組織への貢献に興味をもつ個人、基金、企業などから寄付金を集め、分散投資を行っている。また、ベンチャー・キャピタルと同様に、業績指標に基づく、相互に合意されたターゲットの選定を行っている。営利企業と異なるのは、財務的な測定による評価ができないことである。

そこで、予算的均衡や基金の拡大能力ではなく、社会的影響により測定することを決め、BSC を導入した。効果として、一つめに、投資先組織(portfolio organizations)が BSC をデザインし、実践するためにNPI 職員の支援活動がはじまったこと、二つめに、個々の投資先組織がどの程度の貢献ができたのかについて、BSC の測定値やターゲットによりモニタリングができるようになったこと、三つめに、中間活動報告の形で、資金提供者が投資先組織の社会的影響と業績を知ることができるようになったことをあげている。

また、非営利組織の成長を資金的に担保するような市場がない中で、高い能力を持つ社会的企業(high-performing social enterprises)に長期的に資金提供し、成長と能力向上を期待することができるという意味で、多大な社会的価値があると評価している。

③BSC の検討

NPI のミッションは、「先見性のある社会的起業家およびその組織が、持続的に変化を促すような影響力を生み出すことが可能となるために、戦略性と財務資源を提供するフィランソロピーの新しいアプローチを明示すること」である。

表1に示すように、ミッション実現の戦略として、5つの視点と12の目標を掲げている。以下で、第一に、一般的なBSCとの比較における特徴点を述べる。また、第二から第六で、5つの視点に対する筆者の評価を整理する。

第一に、財務は財務、顧客は構成者、内部システムは内部運営、学習と成長は組織的能力に対応し、社会的影響が追加されている。これは、営利企業とは異なり、フィランソロピー・ファンドとして、投資先の非営利組織を評価する際に最も重要なのは、社会的影響であると考えているためである(Kaplan-Norton[2006, p. 49])。この点は、投資される側の非営利組織からみても社会的影響が BSC の1

つの視点となりうることを示している。

このようなファンドがあることは、市場経済を中心とするアメリカ社会の特徴を反映している。NPIのBSCの特徴は、図1における社会的ネットワークと関連して、あるべき姿の一つの方向性と考えている。

しかし、総務省自治行政局行政課[2007]によれば、指定管理者導入施設の状況としては、財団法人および社団法人が36.2%を、公共的団体（農協、生協、自治会等）が45.0%を閉めている。この点を勘案すれば、NPIのようなフィランソロピー・ファンドの仕組みを、わが国にすぐにあてはめることは難しいであろう。

第二に、社会的影響の視点について、投資先組織の行動に積極的に働きかけをしていること（(1) (a)）、投資先組織をスコアで評価していること（(1) (b) 成長度、(c) 質、(d) 持続可能性）、潜在的な投資先を探索していること（(2) (a)）がコミュニケーションの促進との関連から注目できる。また、NPIの認知度が上昇し、人材の集約（社会起業家の中心的なリーダーを集めること）がなされ、イニシアティブを発揮することができるというストーリーを読み取ることができる。

しかし、このような業務遂行のためには、スタッフの能力育成とある程度の処理能力としてのキャパシティが必要と思われる。この点は、地方自治総合研究所[2008, p. 37]において、公の施設の管理・運営に携わる人および自治体職員のスキル向上が求められていることに合致し、今後の指定管理者制度における重要な検討事項として指摘されている。

第三に、構成者の視点について、構成者は、NPIへの投資者、投資先の社会起業家、モニター団体から構成される。いずれも満足度を基準としている点に共通点がある。

しかし、満足度の測定方法は不明である。また、満足度が高ければNPIへの投資が増えるというストーリーになっていると思われる。経済的な影響による変動は不明である。

第四に、財務の視点について、キャンペーンによる新しい投資の呼び込み、寄附者のみに頼らないシステムティックな仕組み、資金のみならず資源的な投資も含むことからみて、一般的な財務指標というよりも、財務政策的な目的が重要成功要因となっていることが特徴的である。

第五に、内部運営の視点について、財務管理が中心であり、社会起業家への投資という組織の特性を反映している。また、資金の確保が重要課題である

ことが伺える。

第六に、組織的能力の視点について、転職が当たり前のアメリカではスタッフの維持に対するケアは必須課題であることがわかる。そのためには、個人のゴール設定が必要であり、パーソナル・バランス・スコアカードの活用が考えられる。

また、モニターとの関係を効果的なものにするために、関与する社会起業家が測定した結果を説明できるような積極的なモニタリングおよびガバナンスのプロセスとしてBSCを活用することによって、効果的かつ効率的な組織作りをサポートしている（Kaplan-Norton[2006, p. 52]）。

さらに、投資先におけるキャンペーン・プランの作成およびその成果報告がひとつのコミュニケーションの機会となることのみならず、意識共有の場としても活用できる。この点は、前述したNPIのスタッフが投資先と積極的にコミュニケーションし始めたという効果と合致している。

以上、NPIのBSCには、社会的問題解決を主旨とする組織における成果とは何かを考える際に参考にするべき点を含んでいる。

また、成果をえるためには、知識社会の特徴と符合することであるが、リーダーシップをもち、イニシアティブを発揮できるリーダーとその業務遂行に必要な能力をもつスタッフが必要不可欠であることを示唆している。

さらに、付随して、関係者への配慮、資金提供の動機付け、継続的なコミュニケーションなどの方法を確立することが必要であることも含んでいる。

このようなリーダーや人材、資金、仕組みに関する事項は、図1で示した社会的ネットワークを基盤とする社会的問題解決のあるべき姿を検討するうえで、参考にするべき点を多く含んでいる。

#### 4. MCPRの事例

ここでは、公園におけるBSC適用の先行事例であるMCPRのBSC（表2）をコミュニケーションの円滑化との関連から検討する。

まず、MCPRは、アメリカ合衆国のノース・カロライナ州に位置し、シャーロット市に隣接しているメクレンバーグ郡のPark and Recreation部門である。シャーロット市の取り組みは、Kaplan-Norton[1996]をはじめとして、様々な文献で、BSCマネジメント・システムを導入した成功事例として紹介されている。隣接している都市として、その影響は大きいと推察される。

次に、MCPRのビジョンは、「市民と連携し、コミ

ユニティを形成する」であり、そのビジョンを達成する組織として、部門の職員および推進チーム、市民参画の委員会、ボランティアが体系的に整備されている。これらの組織が連携して、サービス収益やイベント収入、資金援助等による元手を使って、自然資源のマネジメントを実施している。これらの経営資源をビジョンに向けて一つの方に束ねているのが、BSC マネジメント・システムである<sup>(8)</sup>。

そのなかで、顧客/関係者をトップに、内部ビジネスプロセス、財務、従業員&組織のキャパシティの順に、4つの視点と12の戦略目標が設定されている。以下で、第一に、一般的なBSCとの比較における特徴点を述べる。また、第二から第五で、4つの視点に対する筆者の評価を整理する。

第一に、財務は財務、顧客は顧客/関係者、内部システムは内部ビジネスプロセス、学習と成長は従業員&組織のキャパシティに対応しており、オーソドックスな視点の設定である。ただし、ビジョンとの整合性から、顧客/関係者を表のトップに配置していることが特徴である。

第二に、顧客/関係者の視点について、まず、目に見えない部分である郡の責任やサービスに対する意識を高めることと、目に見える施設の充実を分けてあげていることは特徴的であり、かつ、理想的である<sup>(9)</sup>。

その2つの結果として、公園の中核資源と考えられる POSGRO(Parks, Open Spaces, Greenways & Recreation Opportunities)の改善と拡大を図り、コミュニティを形成するというビジョンを実現することにつながる。

第三に、内部ビジネスプロセスの視点について、従業員、市民、そのコミュニケーションおよび情報管理、を3つの要素とし、その運営の役割を担う従業員の満足度を指標としていることから、一連のビジネスプロセスを体系的に構築し、かつ、運営の現状をモニタリングできる仕組みとなっていることが推察できる。

第四に、財務の視点について、企業においては、財務が組織の目標になるが、公共性のある組織のため、財務は予算として、所与のものであり、活動の土台となっている。

財務管理の改善とコスト削減・無駄削除の2つの戦略目標が設定されている。前者において、予算、目標収益、原価低減が指標に設定されていることから、部門において、予算額のみならず、収益獲得や原価低減の権限まで含まれていることが伺える。後

者において、財務との関連においてパートナーシップが明確な方策となっていることは特徴的である。

この視点を全体的にみると、財務的な指標が設定され、財務的な意識が現場に浸透しているものと推察される点と、コスト削減の一手段としてパートナーシップが明確に位置づけられている点で、これらの諸点があいまいなままでマネジメントが必要といわれているわが国の事情とは、意識の点で異なると考えられる。財務的な意識については、事前に行動をコントロールするための今後の研究の1つのポイントと思われる。

第五に、従業員&組織のキャパシティについて、戦略目標として、キャパシティに関わる技術の改善、従業員の現状維持と雇用拡大、従業員のモチベーションと満足度の向上、従業員の知識、スキル、能力の開発を設けている。

キャパシティの向上をはかるためには、知識やスキル、能力のみならず、精神的な側面、ITを含む労働環境まで、従業員と関わりにおいて、総合的、体系的な配慮が必要という意図が推察される。

いずれの視点においても、体系的で、システムティックな特徴を伺うことができる。わが国におけるパークマネジメントを分析する際の参考として重要な事例であると思われる。

## 5. パークマネジメントの分析枠組みとしての BSC の検討

ここでは、パークマネジメントの分析枠組みとしての BSC について、2つの事例の特徴を踏まえながら、①4つの視点、②戦略マップ、③総合的な検討、④パークマネジメントの諸相との関係に分けて、議論する。

### ①4つの視点

表3は、一般的なBSCの視点とNPI、MCPRの4つの視点の関係性を示している。

読み取れることの第一は、短期目標と長期目標の設定が異なることである。すなわち、表のボトム(学習と成長)からトップ(財務)にむかって視点間の関係における方向性が示されるのであるが、これは短期的な成果(トップ)をあげるためには、長期的な成果(ボトム)から積上げていく必要があることを意味している。

NPI にとっての短期的な目標は社会的影響を与え続けることであり、そのためには、組織的能力や内部運営を土台として、財務や構成者における成果をあげることが必要である。一方、MCPR にとっての

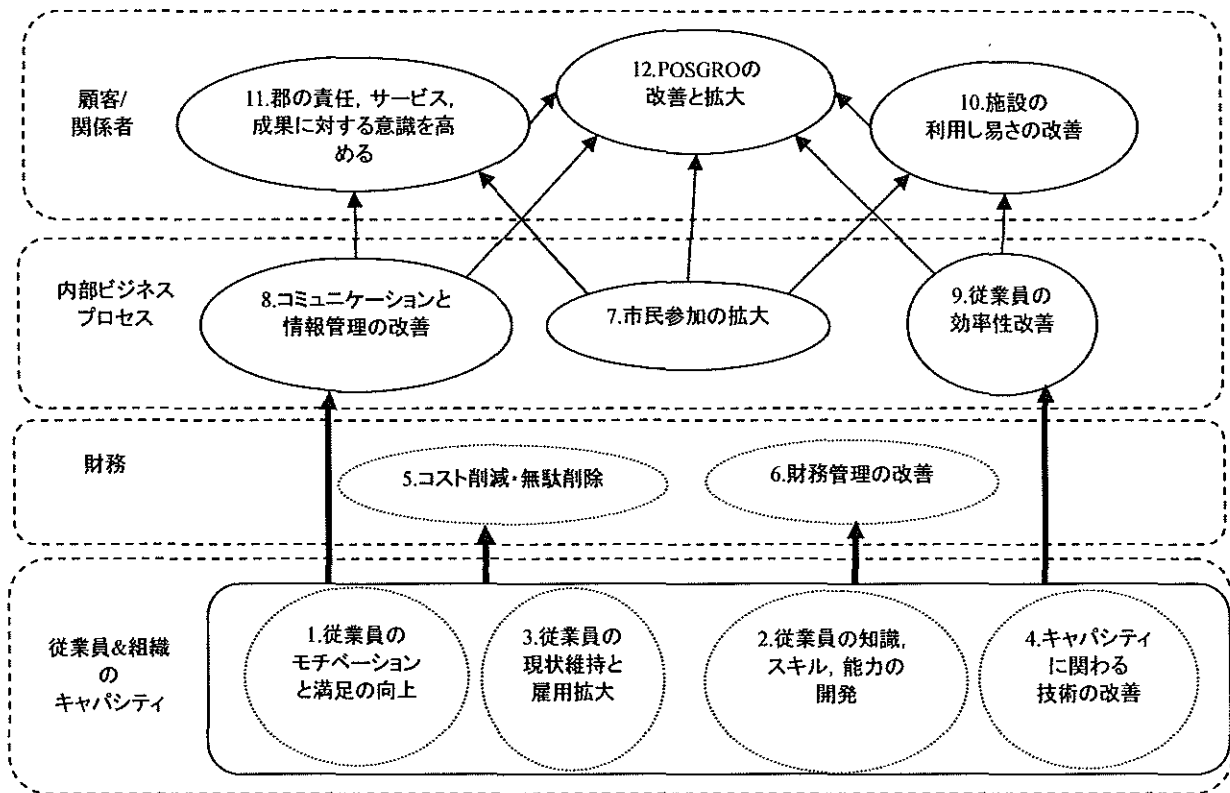
表1 New Profit 2005 Balanced Scorecard (Kaplan-Norton[2006]pp.50-51, 筆者訳)

| 側面(Aspect)                         | 目標(Objectives)                                                                  | 測定対象(Measures)                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 社会的影響<br>(Social Impact)           | (A) 社会起業家を選択し、的確に評価できるようなワールド・クラスのフィランソロピー・ファンドを作り上げること                         | (1) 投資先組織(portfolio organizations)がミッションを達成するような素晴らしい成果をあげること<br>(a) 働きかけとその成長度：投資先組織に与えた影響と成長の関係<br>(b) 成長度：投資先組織における収益の増加<br>(c) 質：投資先組織における品質基準の割合 (5%以内)<br>(d) 持続可能性：投資先組織の「等級リスト(graduation checklist)」のスコアの平均的な変化<br>(2) 潜在能力の高い組織を投資家組織に加えること<br>(a) 履行義務(due diligence)の基準に合致する組織への新たな投資 |
|                                    | (B) 高度な成長が期待できる社会起業家を支援する環境を構築するために、成果や経験、ネットワークを有効に活用すること                      | (3) 高度な成長が期待できる社会起業家の環境を改善するために、そのフィールドでのキープレイヤーの行動に影響力を持つ先進組織として、New Profit の認知度をあげること<br>(a) 社会起業家の中心的なリーダーを集め、行動を基本としたイニシアティブを生み出すことに成功を収める                                                                                                                                                    |
| 構成者<br>(Constituent)               | (C) New Profit への投資者の満足度を高めること                                                  | (4) 投資家満足度調査                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                    | (D) 投資先の社会起業家が New Profit とともに活動することの価値を認識すること                                  | (5) 全般的な満足度調査                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                    | (E) Monitor Group North America partners が New Profit の資源に対するコミットメントに高い満足を与えること | (6) New Profit と関係する North American partners のモニター満足度調査                                                                                                                                                                                                                                           |
| 財務<br>(Financial)                  | (F) 収入の増加額を向上させる                                                                | (7) キャンペーンによる新しいコミットメントの総額<br>・拠出額の大きい投資家からの資金の増加割合<br>・役員の追加額の増加総額<br>(8) 新しいジョイント・ベンチャーを開鎖する                                                                                                                                                                                                    |
|                                    | (G) 寄付者のみに頼らない、よりシステムティックで、見通しのあるプロセスを構築すること                                    | (9) シニア・パートナーの投資において、それぞれの投資家からの額を増やすこと<br>(10) 次の年に入るルート（既存の投資家からの個人的な推薦、または、特別な投資額が提案された最近の3ヶ月間のコンタクト）の的確な見通し                                                                                                                                                                                   |
|                                    | (H) 投資先組織における直接的な投資額を追加的な資源や資金投下(funding)で底上げすること                               | (11) レバレッジ・レシオ（New Profit が投資先組織に提供した資源の総価値と New Profit からの直接的な投資額の割合）                                                                                                                                                                                                                            |
| 内部運営<br>(Internal Operations)      | (I) 鍵となる運営上の意思決定に関連する内部的な財務管理を強化すること                                            | (12) 少なくとも 100%の資金カバレッジなしの新しい投資をしない<br>(13) 費用のターゲットを予算に合致させること<br>(14) 投資家のコミットメントをタイムリーに集約すること                                                                                                                                                                                                  |
| 組織的能力<br>(Organizational Capacity) | (J) 効果的で、整合性があり、質の高い組織マネジメント・プロセスを再活性化すること                                      | (15) 投資先組織のすべてがキャンペーン・プランをもつ代わりに、その進展と成果について四半期の評価を行う                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                    | (K) 高いモチベーションをもち、能率と生産性が高い組織を創出すること                                             | (16) スタッフの全員が公式的なゴールをもつ<br>(17) New Profit スタッフの維持                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                    | (L) NPI のモニターとの関係を効果的なものにする                                                     | (18) 次の世代のための具体的な提案を行うことをNPIのモニターとすべての鍵となる意思決定者との間で合意すること                                                                                                                                                                                                                                         |

表2 Mecklenburg County Park and Recreation 2005 BSC (筆者訳)

| 視点                    | 戦略目標                            | 重要評価指標                                                                                             |
|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 顧客/関係者                | 12.POSGRO の改善と拡大                | 12.1 プログラムとサービスに関する公的満足<br>12.2 グラウンドや建物のメンテナンスに関する公的満足<br>12.3 教育プログラムや自然センターに関する公的満足             |
|                       | 11.郡の責任, サービス, 成果<br>に対する意識を高める | 11.1 市民参画のアドバイザリー会議を継続する                                                                           |
|                       | 10.施設の利用し易さの改善                  | 10.1 グリーンウェイシステムの拡張                                                                                |
| 内部 ビジネス<br>プロセス       | 9.従業員の効率性改善                     | 9.1 目標達成度, 成長度<br>9.2 現在のビジネス実務を統合するような技術的進歩の方法開発<br>9.3 効果的・効率的な参画を増やすこと                          |
|                       | 8.コミュニケーションと情報<br>管理の改善         | 8.1 IT サービスに関する従業員満足<br>8.2 経営情報の共有に関する従業員満足<br>8.3 情報のレベルに関する従業員満足                                |
|                       | 7.市民参加の拡大                       | 7.1 さまざまな委員会の影響をシナリオとしてまとめる                                                                        |
| 財務                    | 6.財務管理の改善                       | 6.1 運営および資本予算の許容額以内か<br>6.2 目標収益が達成されたか<br>6.3 競争入札または継続的な改善による原価低減が行われたか                          |
|                       | 5.コスト削減・無駄削除                    | 5.1 CMSBOE によるパートナーシップの機会拡大<br>5.2 パートナーシップにより節約できた金額                                              |
| 従業員&組織<br>のキャパシ<br>ティ | 4.キャパシティに関わる技術<br>の改善           | 4.1 産業及び郡内の IT 設備と耐用年数の割合                                                                          |
|                       | 3.従業員の現状維持と雇用拡<br>大             | 3.1 仕事と生活のバランスのイニシアティブに関する従業員満足度<br>3.2 24 ヶ月間維持された新規雇用の割合<br>3.3 仕事の多様性<br>3.4 部門におけるよい結果を生んだ配置転換 |
|                       | 2.従業員のモチベーションと<br>満足の向上         | 2.1 評価と報償に関する従業員満足度<br>2.2 継続的に改善するイニシアティブに関する従業員満足度<br>2.3 キャリア改善の機会に関する従業員満足度                    |
|                       | 1.従業員の知識, スキル, 能<br>力の開発        | 1.1 トレーニングのイニシアティブと機会に関する従業員満足度                                                                    |

図2 MCPRの戦略マップ（筆者訳）



短期的な目標は顧客/関係者と関連する公共サービスであり、そのためには、従業員や組織のキャパシティや財務（予算）を土台として、内部ビジネスプロセスをいかに構築するかが必要である。

したがって、分析枠組みにおける4つの視点は、ミッションを達成し、ビジョンを実現するための資源配分における短期と長期のバランスを検討する際の重要なポイントになる。

表3 4つの視点の関係性

| 方向 | 一般的な視点 | NPIの視点 | MCPRの視点       |
|----|--------|--------|---------------|
| ↑  | —      | 社会的影響  | —             |
|    | 財務     | 構成者    | 顧客/関係者        |
|    | 顧客     | 財務     | 内部ビジネスプロセス    |
|    | 内部プロセス | 内部運営   | 財務            |
|    | 学習と成長  | 組織的能力  | 従業員&組織のキャパシティ |

## ②戦略マップ

資源配分を検討した後に、具体的な戦略とその関

係性を戦略マップとして表すことによって、ミッション達成やビジョン実現のためのストーリー（以下、成功のストーリーとよぶ）を描くことができる。

図2は、MCPRにおいて実際に作成された戦略マップを筆者が日本語訳したものである。矢印の向きはボトムからトップへ向かっており、表3で述べた内容と合致する。

従業員&組織のキャパシティの視点における各戦略は一括りにされて、財務および内部ビジネスプロセスの視点のそれぞれ2つの戦略に関連づけられている。これは、従業員&組織のキャパシティが土台となって、それぞれの戦略が実現されることを意味している。

また、内部ビジネスプロセスの視点の3つの戦略は、顧客/関係者の項目に掲げられた3つの視点と矢印が結びついており、それぞれの関係性を示している。

最終的な成果として、POSGROの改善と拡大を図ることができれば、「市民と連携し、コミュニティを形成する」というビジョンが実現したと解釈することができる。

これらの戦略間の関係性を、どの程度、厳密に考

えるかは時と場合によるので議論は別稿に譲りたい。ここでは、現場従事者において、どの戦略と関係するかは人それぞれであるにも関わらず、全員が全体としての成功のストーリーを理解することができれば、日々の行動における改善活動や議論において方向性を揃えることができる点を指摘したい。

### ③総合的な検討

一般的に BSC マネジメント・システムを構築する際には、さらに、戦略を現場の行動に変換するためには、重要成功要因と重要戦略指標を設ける。また、組織的に導入するのであれば、部署ごとに BSC をつくり、連携させる。しかし、あくまでも、パークマネジメントの分析枠組みとして用いるので、その部分については本研究の考慮外としたい。

### ④パークマネジメントの諸相との関係

最後に、図1における2つの相(指定管理者制度、社会的ネットワーク)との関係について、検討したい。

NPI の事例は社会的ネットワークに応用するため、MCPR の事例はわが国における事例との比較から指定管理者制度の課題を抽出するために活用することができる。

また、特徴からみれば、NPI は市場との関連性がみられる一方で、MCPR は一部門ということもあり地域との関連性がみられる。

そこで、指定管理者制度と社会的ネットワークの2つの相対象となる公園の特徴とを加味して、使い分けをする。

本研究の主張として、ビジネスと地域を総合的に融合させる方向性がよいし、事実、市民型公共事業という各関係者の WIN-WIN 関係を基礎とし、これまでの縦割りの発想を融合させる方向での事例も見られる<sup>(10)</sup>。

しかしながら、分析のプロセスにおいては、使い分けすることで論旨を明確にすることができる。

## 6. 今後の課題

以上、コミュニケーション・ツールとしての BSC に着目し、パークマネジメントの分析枠組みとして活用するための知見を検討してきた。

第一に、パークマネジメントを3つの段階に分け、NPI と MCPR という2つの先駆的研究および事例をそれぞれの段階における分析枠組みとして利用すること、第二に、4つの視点の分析により資源配分の短期と長期のバランスを検討すること、第三に、戦略マップを作成し、戦略間の関係性を明確にする

ことを分析枠組みとして明らかにした。

この枠組みによる分析の結果として、第一に、制度の導入から1サイクルを経過した指定管理者制度の課題を明らかにすることができる。第二に、その課題を解決するための道筋として、社会的ネットワークの可能性を検討することができる。

しかし、今後の検討課題として、分析枠組みにおけるアメリカ合衆国とわが国との社会的基盤、特に、予算についての相違について言及できていない。この点を分析にどのように反映させるかについては、別稿において議論したい。

### [注]

- (1) 地方自治法第244条の2および地方自治法の一部を改正する法律の公布について(通知)(総行第87号、平成15年7月17日)を参照。
- (2) Kaplan-Norton[2001](pp. 3-7)では、企業が市場における競争優位性をえる手段として戦略を実行するために、組織および従業員が戦略にコミットすることが重要である点を主張し、その事例として、Mobil US Marketing & Refining, Cigna Property & Casualty, Chemical Retail Bankなどをあげている。
- (3) Kaplan-Norton[2006](pp. 214-218)では、BSCをIR目的に利用することについて、財務会計情報が会計基準に基づいて作成される環境下ではあるが、四半期や年次報告書において散見されることを指摘し、事例として Ingersoll-Rand をあげている。また、Skandia (スウェーデンの保険会社)では、Navigator of nonfinancial measurementsとして、年次報告書に活用している点を注で紹介している。
- (4) 本研究におけるパークマネジメントは、都市公園の管理運営に限定して議論を進める。
- (5) 国土交通省、基本情報、事業・予算のページ(<http://www.mlit.go.jp/crd/park/joho/jigyoku/h21/index.html>)を参照している。
- (6) 改正前の管理委託制度とは、地方公共団体の管理権限の下で、具体的な管理の事務・業務を、地方公共団体の出資法人のうち一定要件を満たすもの(2分の1出資等)、公共団体(土地改良区等)、公共的団体(農協、生協、自治会等)の管理委託者が執行する制度である。一方、指定管理者制度とは、地方公共団体の指定を受けた「指定管理者」が、管理を代行するものである。この制度の下では、指定管理者の範囲については特段の制約を設

けず、議会の議決を経て指定することや、指定管理者も使用の許可を行うことができることが特徴となっている。(総務省をはじめとして、各自治体が制度比較を公表している。総務省による説明は次のWEBページを参照のこと、  
[http://www.soumu.go.jp/kyoutsuu/syokan/gaiyo/030317\\_2.pdf](http://www.soumu.go.jp/kyoutsuu/syokan/gaiyo/030317_2.pdf))

- (7) 総務省自治行政局行政課による2007年の調査結果によれば、3年の指定期間を導入した自治体は47.3%を占めており、2010年には指定2期目に移行する状況である。
- (8) 八島[2009]において、戦略マップを中心として、詳細な事例研究をしている。
- (9) Kaplan-Norton[1996](pp. 4-8)では、情報時代における組織運営の新しい環境として、横断的な機能、顧客およびサプライヤーとの連携、顧客の選別(Customer Segmentation)、グローバルな規模、イノベーション、ナレッジ・ワーカーをあげ、競争優位性をえるためには、顧客やサプライヤー、従業員、プロセス、技術、イノベーションへの投資を通じて、将来における価値を生み出す必要があるとして、過去の事象を基本とする財務的数値のみならず、上述した資産の将来的な数値の評価を含むBSCを提唱している。

言い換えれば、財務的数値は、物的資産および貨幣的資産または、目に見える資本の費消された価値の評価であり、他方、上述した非財務的数値は、上述した非物的資産および非貨幣的資産または、目に見えない資本の将来価値の評価といえる。

この点で、MCPRにおいて目に見えない部分としての意識やサービスと目に見える施設を分けて検討しているのは、理想的であると考えている。

- (10) 霞ヶ浦流域の環境保全と持続型社会の構築をめざす市民型公共事業であるアサザプロジェクトがその一つの事例である。その中心には、NPO法人であるアサザ基金の存在がある。

#### [参考文献]

- [1]. Kaplan, Robert S. & Norton, David P., *Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*, Harvard Business School Press, 1996.
- [2]. Kaplan, Robert S. & Norton, David P., *The Strategy-focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment*, Harvard Business School

Press, 2001.

- [3]. Kaplan, Robert S. & Norton, David P., *Strategy Maps: Converting Intangible Assets into Tangible Outcomes*, Harvard Business School Press, 2004.
- [4]. Kaplan, Robert S. & Norton, David P., *Alignment: Using the Balanced Scorecard to Create Corporate Synergies*, Harvard Business School Press, 2006.
- [5]. Kaplan, Robert S. & Norton, David P., *The Execution Premium: Linking Strategy to Operations for Competitive Advantage*, Harvard Business School Press, 2008.
- [6]. Mecklenburg County Park and Recreation Annual Report 2005.
- [7]. 公園緑地管理財団編、『公園管理ガイドブックー公園を活かし育てる総合手引き』公園緑地管理財団発行、2005年。
- [8]. 櫻井通晴、『バランスト・スコアカードー理論とケーススタディ』同文館出版、2003年
- [9]. 総務省自治行政局行政課、「公の施設の指定管理者制度の導入状況に関する調査結果」、2007年1月
- [10]. 地方自治総合研究所、「指定管理者制度の現状と今後の課題」、2008年4月
- [11]. 内閣府経済社会総合研究所、「コミュニティ機能再生とソーシャル・キャピタルに関する研究調査報告書」、2005年8月
- [12]. 八島雄士、「諸外国におけるパークマネジメントの現状分析ーバランスト・スコアカードの視点からー」、『日本経営診断学会論集』第8号, pp.97-108, 同友館、2009年3月  
(平成22年1月29日 採用決定)





## 超音波振動を援用した自動バフ研磨システムにおける スラリー選定に関する基礎的研究

三原徹治\*, 水井雅彦\*\*, 曲晟榮\*

\* 九州共立大学大学院工学研究科電子情報工学専攻

\*\* 九州共立大学工学部メカエレクトロニクス学科

A study on the slurry selection of the buff polishing system assisted by ultrasonic vibration

Tetsuji MIHARA, Masahiko MIZUI and Shengrong QU

The polishing system assisted by ultrasonic vibration had been proposed by Mizui and Kamijo in 2007. Because the ultrasonic vibration and suitable polishing tool rotation and contact force can eliminate the polishing-chips and loose abrasives from the polishing area, the proposed system shows high quality performance. For the practical use of this system, the good slurry selection is needed to reduce the polishing work time.

This paper presents the slurry selection methods for the one direction polishing work. The optimal problem to minimize the polishing work time is formulated, and some solving algorithms of this problem are proposed. Moreover, the Genetic Algorithm for the mixed variables problem is applied to this problem. The numerical example is shown to illustrate the methods.

**Key words:** Polishing system, Ultrasonic vibration, Slurry selection, Optimum problem, Genetic Algorithm for mixed variables

### 1 はじめに

金属研磨は、金属金型の仕上げ工程として一般的に手加工で行われている。研磨方法が作業ごとに異なるため作業時間や仕上がり精度にばらつきが生じ、被研磨面と研磨工具の状態を確認しながら加工パラメータの変更や清掃を行うため経験が重要になるなどの問題点がある。その克服のため自動化が推進されているが、そこでも解決すべき問題点が生じている。例えば、比較的容易な研磨法であるバフ研磨（バフ繊維とスラリーを用いて回転体として構成されたバフを被研磨面に押付けることで仕上げ面精度を得る加工法）の自動化においても研磨工具の目詰まり（研磨クズや遊離研磨剤がバフに堆積）が発生し、研磨効率を著しく低下させる。

水井、上條は、研磨工具に超音波振動を与える独自の自動バフ研磨システム（Ultrasonic Vibration Polishing System, 以下、UVPS と略す。図-1 にそのシステム図を、図-2 に研磨作業のイメージ図を示す）を考案し、往復研磨を対象として研磨効率が低下しないという実証実験結果を得ている[1]。UVPS による研磨速度は、バフを被研磨面に押付ける力（工具押付け力）およびスラリー濃度・供給流量の影響を受けるが、最も大きな影響を及ぼす要因はスラリー選定である。

本研究は、UVPS による研磨作業の実用化に向け、

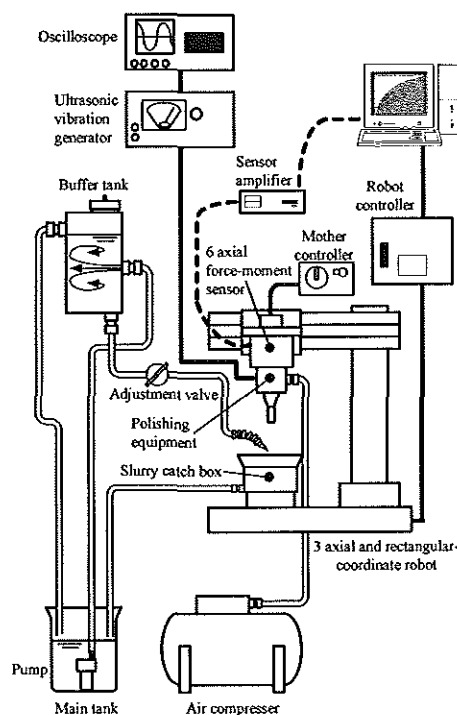


図-1

UVPS システム図

スラリー選定に関して最適化手法を用いて基礎的に検討することを目的とする。そのため、工具押付け力およびスラリー濃度・供給流量の影響を無視する。用いる最適化手法は、従来の手作業を模した最適化アルゴ

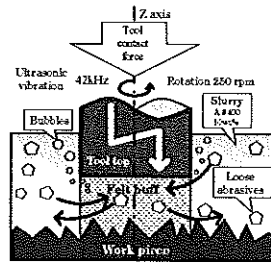


図-2 UVPSによる研磨作業のイメージ図

リズムと混合型最適化問題用遺伝的アルゴリズム MscsGA で

ある。ここに、最適化手法を用いる理由は以下の2点にある。

- (1) 最適化結果から UVPS を用いた場合の作業時間のおおよそを見積もることができ、従来の手作業および他の自動研磨法との効率性を比較する資料とすることができる。
- (2) UVPS による研磨作業のロードマップ、つまり被研磨材料の材質・粗度および目標粗度に応じて使用するスラリーおよび研磨時間、スラリー切替時期などの推奨データを示すことができる。

## 2 スラリー選定問題の定式化

### 2.1 UVPS による研磨作業

UVPS におけるスラリー粒径と研磨作業の一般的な関係は、以下のものである[1]。

- スラリー粒径に比して被研磨面が過度に粗い場合には研磨は進捗しない。しかし、研磨可能な場合には研磨時間に応じた精度が得られる。
- 研磨時間が十分な場合、スラリー粒径の約 1/4 程度の精度が得られる。しかし、さらに研磨してもそれ以上の精度は一般に得られない。
- スラリー粒径に比して被研磨面が過度に粗い場合には、研磨作業は進捗しない。
- したがって、実際のバフ研磨は被研磨面の粗さに応じてスラリーを切替えながら実施される。ある粒径のスラリーに切替えて、ある研磨時間だけ研磨する一連の作業をサイクルと呼ぶことにすると、1 サイクルで目標粗度が得られることは難しく、通常は複数のサイクルを必要とする。
- スラリーの切替は比較的容易である。しかし、掃除も含めて切替には数分程度の時間が必要である。

### 2.2 最適性規準

最適性の規準として作業時間  $U$  の最小化を採用する。作業時間  $U$  は、初期粗度の被研磨面を目標粗度まで研磨するに要する時間とスラリー切替に要する時間

の和として算定される。したがって、最適性規準は式(1)で表現される。

$$\text{Minimize} \left[ U = \sum_{i=1}^N T_i + (N-1)T_p \right] \quad (1)$$

ただし、 $N$  : 目標粗度までの研磨に要するサイクル数、 $T_i$  : 第  $i$  サイクルの研磨時間、 $T_p$  : 1 回のスラリー切替に要する時間。

### 2.3 第 $i$ サイクルの研磨時間 $T_i$ の算出

スラリー濃度・供給流量および工具押付け力が適切に維持され、研磨が研磨時間に比例して進捗すると仮定すれば、第  $i$  サイクルのスラリー（粒径  $D$ ）で研磨する場合の研磨時間～被研磨面粗度関係の模式は図-3 のように表すことができる。

ここに、 $R^U$ 、 $R^L$  は第  $i$  サイクルのスラリー（粒径  $D$ ）の適用限界の上・下限値、 $k$  は研磨速度を示す。

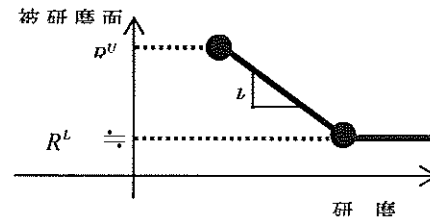


図-3 研磨時間～被研磨面粗度関係

いま、第  $i$  サイクルで粗度  $R_B$  の被研磨面を粗度  $R_A$  まで研磨すると（ただし、 $R^U \geq R_B > R_A \geq R^L$ ）、この研磨作業に要する時間  $T_i$  は式(2)で算出される。

$$T_i = (R_B - R_A) / k \quad (2)$$

## 3 従来の手作業を模したスラリー選定問題の解法アルゴリズム

従来の手作業による研磨や自動研磨でも作業時間なるべく短縮したいという暗黙的な目的に向けて適切と判断されるスラリーとその研磨時間が選定されている。このとき選定の規範となる選定方針は、研磨速度重視とサイクル数重視のふたつに大別できる。ここでは、研磨に用いるスラリーを粒径  $D$  の降順にソートしたものがスラリーデータとして準備されていることを前提とし、それぞれの選定方針に基づくスラリー選定問題の解法アルゴリズムについて述べる。

### 3.1 研磨速度重視の解法アルゴリズム[S]

研磨速度重視の選定方針では、「一般に粒径が大きなスラリーほど研磨速度が大きい」という性質に着目すれば、初期粗度  $R_0$  から目標粗度  $R_T$  への一連の研磨作業時間を小さくするために「なるべく大きな粒径のスラリーを選択する」という選択方針（式(1)の第1項

をなるべく小さくする選定方針)が成立する。この選定方針に基づく解法アルゴリズムを(速度 Speed を重視するので) [S]と名付け、以下のように構築する。

- ① 初期粗度  $R_0$ 、目標粗度  $R_T$  および 1 回のスラリ一切替に要する時間  $T_p$  を与える。
- ② サイクルインデックス  $i=1$ 、作業時間  $U=0.0$ 、 $m$  インデックス  $j=0$  をセットする。
- ③  $\text{Min}\{m \in R_{i-1} \leq R^U(m), m > j\}$  なるスラリ番号  $m$  を求める。該当なしのときは続行不能で終了。
- ④  $R^L(m) > R_T$  ならば⑥へ。
- ⑤  $U \leftarrow U + (R_{i-1} - R_T)/(-k(m)) + (i-1)T_p$  として終了。
- ⑥  $R_i = R^L(m)$ 、 $U \leftarrow U + (R_{i-1} - R_i)/(-k(m))$ 。
- ⑦  $j \leftarrow m$ 、 $i \leftarrow i+1$  として③へ。

研磨速度を重視している[S]は、スラリ一切替時間  $T_p=0$  の最も理想的な場合の作業時間を与える。研磨時間だけに着目すれば[S]による累積時間より小さな時間での初期粗度  $R_0$  から目標粗度  $R_T$  への研磨は不可能である。この意味で[S]の解法アルゴリズムとしての意義は大きい。

### 3.2 サイクル数重視の解法アルゴリズム[C]

スラリ一切替に要する時間なるべく小さくする選定方針(式(1)の第2項をなるべく小さくする選定方針)に基づく解法アルゴリズムも成立する。1回のスラリ一切替に要する時間  $T_p$  はほぼ一定であることから、なるべくサイクル数を小さくしようとする選定方針であるのでサイクル数重視と呼ぶことができる。この場合、研磨速度は少々犠牲にしてもなるべく小さな粗度まで研磨できるスラリを選定することになるので「なるべく小さな粒径のスラリを選定する」という選定方針となる。しかし、このように選定されたスラリに対して[S]を適用するとさらに作業時間を短縮できる可能性がある。この選定方針に基づく解法アルゴリズムを(サイクル Cycle を重視しているので) [C]と名付け、以下のように構成する。

- ① 初期粗度  $R_0$ 、目標粗度  $R_T$  および 1 回のスラリ一切替に要する時間  $T_p$  を与え、 $R_0$  と  $R_T$  を入替える。
- ② サイクルインデックス  $i=1$ 、作業時間  $U=0.0$ 、 $m$  インデックス  $j=M+1$  をセットする。
- ③  $\text{Min}\{m \in R^L(m) \leq R_{i-1} \leq R_T \leq R^U(m), m < j\}$  なるスラリ番号  $m$  を探す。該当ありのときは⑥へ。
- ④  $\text{Min}\{m \in R_{i-1} \geq R^L(m), m < j\}$  なるスラリ番号  $m$  を求める。該当なしのときは続行不能

で終了。

- ⑤  $j \leftarrow m$ 、 $i \leftarrow i+1$  として③へ。
- ⑥ 選定された  $i$  個のスラリ番号  $m$  のみに対して  $R_0$  と  $R_T$  を再度入替えたうえで解法アルゴリズム[S]を適用し、作業時間  $U$  を算出して終了。

## 4 スラリ選定問題への混合型最適化問題用遺伝的アルゴリズムの適用

ここでは、スラリ選定問題の最適解を混合型最適化問題用遺伝的アルゴリズムによって求める解法について記述する。

### 4.1 第 $i$ サイクルで用いるスラリの選定

初期粗度  $R_0$  から目標粗度  $R_T$  への一連の研磨作業は、全  $N$  サイクル数にわたって第  $i$  サイクルの研磨時間  $T_i$  と使用するスラリ番号  $S_i$  を選定することにより表現される。

第  $i$  サイクルで使用するスラリ番号  $S_i$  は、基本的にはスラリデータに示される全  $M$  種類から離散的にランダム選定される。この場合に  $D(S_{i+1})$  が  $D(S_i)$  より大きいという現実的ではないケースが生起することが容易に予想される。この難点を解消するため、式(3)に示す「第  $i$  サイクルの研磨が進捗する条件」と式(4)に示す「 $D(S_{i+1})$  が  $D(S_i)$  より小さい条件」とを付加し、これらを満足するスラリ番号  $S_i$  を選定する。

$$R^L(S_i) < R_{i-1} \leq R^U(S_i) \quad (3)$$

$$D(S_i) < D(S_{i-1}) \quad (4)$$

式(3)によって GA の遺伝子サイズも縮小される。つまり式(3)を満足するスラリは一般に複数存在するが、その候補は全  $M$  種類から高々数種類(その最大値を  $M'$  とする)に限定されるからである。また式(4)から、全サイクル数  $N$  が  $M$  を越えることはない。

以上より、第  $i$  サイクルで用いるスラリ選定のための離散型遺伝子は、 $M'$  を表現することができる 2 進数線列を  $M$  個並べたものとなる。後述する数値計算例では、 $M=11$  のスラリデータを用い、 $R_{i-1}=20.5 \sim 25.0 \mu m$  のときに  $m=1,2,3,4,5,6,7$  の 7 種類が式(3)を満足し、その他の  $R_{i-1}$  値の場合には式(3)を満足する  $m$  は 6 種類以下であるので、 $M'=7$  である。 $M'=7$  を表現することができる 2 進数線列は 3bit であるから必要な遺伝子サイズは  $3 \times 11 = 33 \text{bit}$  となる。

### 4.2 第 $i$ サイクルの研磨時間 $T_i$ の設定

第  $i$  サイクルの研磨時間  $T_i$  は実数変数としてランダムに設定する。その最小値は 0.0、その最大値はスラリデータに示す研磨有効時間の最大値である。サイ

クル数の最大値が  $M$  であるから実数遺伝子の個数は  $M$  である。

後述する数値計算例では、 $M = 11$  の全スラリーの研磨有効時間を  $0.5 h$  と設定しているので  $[0.0, 0.5]$  を表現する実数遺伝子を 11 個準備する。

#### 4.3 最適化手法

以上のようにスラリー選定問題は、設計変数に離散変数と実数変数が混在する混合型最適化問題であるので、その最適化手法には MscsGA と名付けた混合型最適化問題用遺伝的アルゴリズムを用いる。MscsGA は、従来の離散的最適化問題用の遺伝的アルゴリズムである交配個体選択 GA (scsGA) と scsGA の枠組みに実数型遺伝子を組込んだ連続的最適化問題用の遺伝的アルゴリズム RscsGA[2] とを組合せた GA である。

#### 4.4 致死遺伝子の処理

式(3)の条件によって「研磨が進捗しない状態」は回避できる。しかし、目標粗度まで研磨できないような短い研磨時間が設定されて作業時間を算出することができない場合が生じる可能性は残る。このような場合を示す遺伝子は致死遺伝子であるので、ペナルティとして非常に大きな作業時間を与え、その遺伝子が次世代に引き継がれる確率を小さくする。

### 5 数値計算例

ここでは、提示した 2 つの解法アルゴリズムと MscsGA の具体的な適用例として一般的な研磨作業を参考とした初期粗度  $R_0 = 70.00 \mu m$ 、目標粗度  $R_T = 3.00 \mu m$  への適用について述べる。

#### 5.1 スラリーデータ

研磨に用いるスラリーを粒径  $D$  の降順にソートしたものをスラリーデータとして準備する。全  $M$  種類のスラリーのそれぞれにはスラリー番号  $m$  を付与する。表-1 に示す  $M = 11$  のスラリーデータは、一般研磨材用微粉の種類と粒度分布[3]に設定したものである。

表-1 スラリーデータ

| スラリー<br>番号 $m$ | $D(m)$<br>( $\mu m$ ) | $R^U(m)$<br>( $\mu m$ ) | $R^L(m)$<br>( $\mu m$ ) | $k(m)$<br>( $\mu m/h$ ) |
|----------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1              | 82.0                  | 82.0                    | 20.50                   | -123.0                  |
| 2              | 70.0                  | 70.0                    | 17.50                   | -105.0                  |
| 3              | 59.0                  | 59.0                    | 14.75                   | -88.5                   |
| 4              | 49.0                  | 49.0                    | 12.25                   | -73.5                   |
| 5              | 40.0                  | 40.0                    | 10.00                   | -60.0                   |
| 6              | 32.0                  | 32.0                    | 8.00                    | -48.0                   |
| 7              | 25.0                  | 25.0                    | 6.25                    | -37.5                   |
| 8              | 19.0                  | 19.0                    | 4.75                    | -28.5                   |
| 9              | 14.0                  | 14.0                    | 3.50                    | -21.0                   |
| 10             | 10.0                  | 10.0                    | 2.50                    | -15.0                   |
| 11             | 7.0                   | 7.0                     | 1.75                    | -10.5                   |

このスラリーデータには UVPS の作動特性を反映したデータを用いるべきであることは自明である。しかし、現在も UVPS の作動特性を究明している最中であり、そこで得られるデータをそのまま公表することは種々の面から困難である。よってここでは、往復研磨を対象とした UVPS の最適化ツールを開発することに重点をおいて、スラリーデータに関してはある程度バールに包んだものを使用している。

なお、スラリー番号  $m$  のスラリーを用いて研磨するとき、その上限界粗度  $R^U(m)$  から下限界粗度  $R^L(m)$  まで研磨するのに必要な時間（研磨有効時間  $GT(m)$ ）は、先述したようにスラリー濃度・供給流量および工具押付け力の影響を受けるが、それらが適切に維持される状態を仮定し、全  $GT(m) = 0.5 h$  としている。また、 $D(m)$ 、 $R^U(m)$  および  $GT(m)$  を与え、 $R^L(m)$  および研磨速度  $k(m)$  は次式で算出している。

$$R^L(m) = D(m) / 4 \quad (5)$$

$$k(m) = \{R^L(m) - R^U(m)\} / GT(m) \quad (6)$$

#### 5.2 MscsGA の最適化計算パラメータ

本最適化計算は解析に要する計算時間が小さく大きな人口数を設定しても計算負荷は小さいので、十分に大きい人口数=100 を設定する。その他の最適化ツール MscsGA の最適化計算パラメータには以下の値を用いる。

交配個体数  $N_g = 10, 11, \dots, 20$ 、突然変異発生確率  $= 0.3$ 、計算世代数=100、適応関数の平滑化係数=1.5、致死遺伝子のペナルティ=100.0、実数遺伝子のクロスオーバー交差の拡張係数=0.336、実数遺伝子の突然変異における値域幅変動係数=0.5。

#### 5.3 数値計算結果および考察

まず、1 回のスラリー切替に要する時間  $T_p = 0 min$ 、すなわちスラリー切替時間を無視した場合の解法アルゴリズム[S]および[C]による解を求め、その結果を表-2、3 に示す。

表-2 解法アルゴリズム[S]による解  
(スラリー切替時間  $T_p = 0 min$ )

| サイクル<br>$i$ | $R_{i-1}$<br>( $\mu m$ ) | スラリー<br>番号 $m$ | 研磨時間<br>$T_i(h)$ | 作業時間<br>$U(h)$ |
|-------------|--------------------------|----------------|------------------|----------------|
| 1           | 70.00                    | 1              | 0.4024           | 0.4024         |
| 2           | 20.50                    | 2              | 0.0286           | 0.4310         |
| 3           | 17.50                    | 3              | 0.0340           | 0.4621         |
| 4           | 14.75                    | 4              | 0.0311           | 0.4961         |
| 5           | 12.25                    | 5              | 0.0375           | 0.5336         |
| 6           | 10.00                    | 6              | 0.0417           | 0.5753         |
| 7           | 8.00                     | 7              | 0.0467           | 0.6219         |
| 8           | 6.25                     | 8              | 0.0526           | 0.6746         |
| 9           | 4.75                     | 9              | 0.0595           | 0.7341         |
| 10          | 3.50                     | 10             | 0.0333           | 0.7674         |

表-3 解法アルゴリズム[C]による解  
(スラリー切替時間  $T_p = 0 \text{ min}$ )

| サイクル<br>$i$ | $R_{i-1}$<br>( $\mu\text{m}$ ) | スラリー<br>番号 $m$ | 研磨時間<br>$T_i(h)$ | 作業時間<br>$U(h)$ |
|-------------|--------------------------------|----------------|------------------|----------------|
| 1           | 70.00                          | 1              | 0.4024           | 0.4024         |
| 2           | 20.50                          | 5              | 0.1750           | 0.5774         |
| 3           | 10.00                          | 10             | 0.4667           | 1.0441         |

解法アルゴリズム[S]は研磨速度を重視しているの  
でスラリー切替時間を無視した場合には、[S]による解  
は最も理想的な作業時間を算出する。本例の場合、初  
期粗度  $R_0 = 70.00 \mu\text{m}$  から目標粗度  $R_T = 3.00 \mu\text{m}$  へ  
の作業時間  $U = 0.7674 \text{ h}$  と算出され、本例の場合には  
これより小さな作業時間で研磨することはできないこ  
とを示している。しかし、そのサイクル数=10 で頻繁  
にスラリーを切替える必要がある。

一方、サイクル数を重視する[C]では、[S]よりはる  
かに小さいサイクル数=3、[S]より約 36%大きい作業  
時間  $U = 1.0441 \text{ h}$  という解が得られている。

次に、[C]および[S]についてスラリー切替時間  $T_p$  が  
3, 5, 10 min のときの作業時間  $U$  を算出し、その結果  
を表-4 に示す。表-4 から、作業時間  $U$  は  $T_p = 3 \text{ min}$   
でも[C]の方が[S]より小さく、その開きは  $T_p = 5$ 、  
10 min と  $T_p$  が大きくなるにつれて大きくなっている

ことがわかる。これは、[S]が研磨速度を重視しすぎる  
ためにサイクル数が多くなり、作業時間に占めるスラ  
リー切替時間の比率が高くなるためである。

この[S]と[C]の研磨時間の大小関係の逆転現象が、  
本例ではスラリー切替時間  $T_p = 3 \text{ min}$  でも見られてお  
り、あたかも[S]による解がすべて非現実的なものであ  
る印象であるが、このような逆転現象が生じるスラリ  
ー切替時間も用いるスラリーデータによることに留意  
する必要がある。

表-4 スラリー切替時間  $T_p$  (min) ~ 作業時間  $U$  (h) 関係

|     | サイク<br>ル数 | スラリー切替時間 $T_p$ (min) |        |        |        |
|-----|-----------|----------------------|--------|--------|--------|
|     |           | 0                    | 3      | 5      | 10     |
| [S] | 10        | 0.7674               | 1.2174 | 1.5174 | 2.2674 |
| [C] | 3         | 1.0441               | 1.1441 | 1.2108 | 1.3774 |

いずれにしろ提示した2つの解法アルゴリズムは式  
(1)を簡便に解くものであり、その解が式(1)の厳密な解  
と異なるものである可能性が高い。2つの解法アルゴ  
リズムによる解の検討のためにも式(1)のほぼ厳密な  
最適解を求める必要がある。そこで、スラリー切替時  
間  $T_p$  が 3, 5, 10 min のときの作業時間  $U$  を MscsGA  
によって求めた。その結果を表-5~7 に示す。

表-5, 6 に示すスラリー切替時間  $T_p = 3, 5 \text{ min}$  の解

表-5 MscsGA による解【スラリー切替時間  $T_p = 3 \text{ min}$ 】

| サイクル<br>$i$ | $R_{i-1}$<br>( $\mu\text{m}$ ) | スラリー<br>番号 $m$ | $R_i$<br>( $\mu\text{m}$ ) | 研磨時間<br>$T_i(h)$ | 切替時間<br>$T_p(h)$ | 作業時間<br>$U(h)$ |
|-------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------|----------------|
| 1           | 70.00                          | 1              | 20.50                      | 0.4024           | 0.0500           | 0.4524         |
| 2           | 20.50                          | 5              | 10.00                      | 0.1750           | 0.0500           | 0.6774         |
| 3           | 10.00                          | 8              | 4.75                       | 0.1842           | 0.0500           | 0.9116         |
| 4           | 4.75                           | 10             | 3.00                       | 0.1167           |                  | 1.0283         |

表-6 MscsGA による解【スラリー切替時間  $T_p = 5 \text{ min}$ 】

| サイクル<br>$i$ | $R_{i-1}$<br>( $\mu\text{m}$ ) | スラリー<br>番号 $m$ | $R_i$<br>( $\mu\text{m}$ ) | 研磨時間<br>$T_i(h)$ | 切替時間<br>$T_p(h)$ | 作業時間<br>$U(h)$ |
|-------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------|----------------|
| 1           | 70.00                          | 1              | 20.50                      | 0.4024           | 0.0833           | 0.4858         |
| 2           | 20.50                          | 5              | 10.00                      | 0.1750           | 0.0833           | 0.7441         |
| 3           | 10.00                          | 8              | 4.75                       | 0.1842           | 0.0833           | 1.0116         |
| 4           | 4.75                           | 10             | 3.00                       | 0.1167           |                  | 1.1283         |

表-7 MscsGA による解【スラリー切替時間  $T_p = 10 \text{ min}$ 】

| サイクル<br>$i$ | $R_{i-1}$<br>( $\mu\text{m}$ ) | スラリー<br>番号 $m$ | $R_i$<br>( $\mu\text{m}$ ) | 研磨時間<br>$T_i(h)$ | 切替時間<br>$T_p(h)$ | 作業時間<br>$U(h)$ |
|-------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------|----------------|
| 1           | 70.00                          | 1              | 20.50                      | 0.4024           | 0.1667           | 0.5691         |
| 2           | 20.50                          | 6              | 8.00                       | 0.2604           | 0.1667           | 0.9962         |
| 3           | 8.00                           | 10             | 3.00                       | 0.3333           |                  | 1.3295         |

表-5, 6 に示すスラリー切替時間  $T_p = 3, 5 \text{ min}$  の解  
は、サイクル数、選択されたスラリー番号  $m$ 、研磨時  
間  $T_i(h)$  が同じで、スラリー切替時間の差の分だけ作  
業時間  $U$  が異なるもので同一の解と見做すことがで

きる。しかし、表-7 のスラリー切替時間  $T_p = 10 \text{ min}$   
の解はサイクル数=3 であり、サイクル数=4 の  $T_p = 3$ 、  
5 min の解とは明らかに異なる解である。スラリー切  
替時間  $T_p$  が小さい場合にはサイクル数を大きくして

も研磨時間  $T_i$  を小さくする方が有利であり、逆に  $T_p$  が大きい場合には研磨時間  $T_i$  を犠牲にしても少ないサイクル数の解が最適解であることがわかる。

MscsGA による解で注目されるのは、全般に表-3 に示す解法アルゴリズム[C]の解に類似していることである。ただし、表-5, 6 に示す  $T_p=3, 5min$  の解はサイクル数が、表-7 に示す  $T_p=10min$  の解は第2サイクルの選定スラリー番号が、それぞれ解法アルゴリズム[C]の解とは異なっており、予想通り解法アルゴリズム[C]の解が厳密な最適解ではないことが、確認された。

表-8 に、スラリー切替時間  $T_p$  が 3, 5, 10min のときの解法アルゴリズム[S], [C]および MscsGA による解

のサイクル数と作業時間  $U$  ならびにそれぞれの  $T_p$  ごとに[C]による作業時間  $U$  を基準とした  $U$  の比率を示す。

スラリー切替時間  $T_p$  によらず[S]の解が最も劣悪で、MscsGA による解が最も良好である。MscsGA による解の[C]の解に対する  $U$  の比率は、 $T_p=3min$  では約 90%であるが、 $T_p=10min$  では約 97%であり、 $T_p$  が大きくなると[C]の解に近づく傾向が認められる。もっとも、この傾向も用いるスラリーデータ、初期粗度  $R_0$ 、目標粗度  $R_T$  の影響を受けるものと考えられる。この点に関しては今後の検討課題としたい。

表-8 [S], [C]と MscsGA との比較

| スラリー<br>切替時間<br>$T_p (min)$ | [S]       |                 |             | [C]       |                 |             | MscsGA    |                 |             |
|-----------------------------|-----------|-----------------|-------------|-----------|-----------------|-------------|-----------|-----------------|-------------|
|                             | サイク<br>ル数 | 作業時間<br>$U (h)$ | $U$ の<br>比率 | サイク<br>ル数 | 作業時間<br>$U (h)$ | $U$ の<br>比率 | サイク<br>ル数 | 作業時間<br>$U (h)$ | $U$ の<br>比率 |
| 3                           | 10        | 1.2174          | 1.064       | 3         | 1.1441          | 1.000       | 4         | 1.0283          | 0.899       |
| 5                           | 10        | 1.5174          | 1.253       | 3         | 1.2108          | 1.000       | 4         | 1.1283          | 0.932       |
| 10                          | 10        | 2.2674          | 1.646       | 3         | 1.3774          | 1.000       | 3         | 1.3295          | 0.965       |

## 6 おわりに

本研究では、水井、上條が考案した研磨工具に超音波振動を与える独自の自動バフ研磨システム UVPS による往復研磨を対象とし、作業効率に大きな影響を及ぼすスラリー選定に関して最適化手法を用いて基礎的な検討を行った。

得られた成果、明らかとなった問題点をまとめると以下のようである。

- ① UVPS による研磨作業の実用化に向け、作業時間の最小化を図る最適化問題を定式化した。
- ② 定式化した最適化問題に対して、従来の手作業を模した 2 つの解法アルゴリズム、研磨速度重視の[S]とサイクル数重視の[C]を構成した。  
また、定式化した最適化問題に対する混合型最適化問題用遺伝的アルゴリズム MscsGA の適用について示した。
- ③ 数値計算例から、解法アルゴリズム[C]が簡便であ

り、しかも比較的現実的な解を求めることができる解法であり、おおよその作業時間の算出には有効であることが判明した。ただし、あくまでも近似解法であることに留意する必要がある。

- ④ UVPS による研磨作業のロードマップを示す意味において、UVPS の作動特性を反映したスラリーデータを用いるなどのさらなる改善が必要である。

## 参考文献

- [1] 水井優彦, 上條恵右: 超音波振動を援用した研磨システム, 九州共立大学総合研究所紀要, 第 1 号, pp. 35-38, 2007.12.
- [2] 三原徹治, 許佳芸, 沈曉鵬: 気まぐれ因子を付加した PSO の提案とそのチューニングに関する基礎的研究, 九州共立大学総合研究所紀要, 第 2 号, pp. 1-10, 2009.4.
- [3] <http://www.fujimfg.co.jp/benri/kenmazairyudo1.htm>

(平成 22 年 1 月 29 日 採用決定)

## 中国におけるグリーン・ツーリズムの経営戦略に関する一考察

—北京市と成都市における「農家楽」地域のSWOT分析を中心に—

細野 賢治\*, 桂 英\*, 李 只香\*\*, 八島 雄士\*\*

\*広島大学大学院生物圏科学研究科 \*\*九州共立大学経済学部

A study on the management strategies of green-tourism facilities in China  
-The SWOT analysis of *guest farms districts* in Beijing and Chengdu-  
Kenji HOSONO, Guijing, Jihyang LEE, Yuji YASHIMA

### Abstract

To construct the management strategies to enable sustainable management of the green-tourism facilities in East Asia, we examined the management strategies of "Guest farms" district in Beijing and Chengdu, China by the SWOT analysis.

As the green-tourism facilities are introduced, the injection of government funds by a policy intention of aiming at "Farm village promotion and agriculture promotion" has a big meaning as "Chance of the introduction" by it. However, these organizations can't develop sustainably without autonomous management by themselves. Clear concepts and maintenances of variegated contents to make tourists feel charm are necessary for the green tourism organizations.

**Keywords:** *Guest farms, Green-tourism, Management strategy, SWOT analysis*

農家楽、グリーン・ツーリズム、経営戦略、SWOT 分析

### 1. はじめに

ヨーロッパがその発祥と言われているグリーン・ツーリズムは、①農業・農村資源に対する観光的付加価値、②サービス提供者との継続的な関係性を構築したい、といった都市住民のツーリズムに対する新たなニーズの拡大を背景に展開している。近年では、国民所得の増大を背景に東アジアにおけるグリーン・ツーリズムへのニーズの拡大が顕著であり、わが国においても自給率向上政策を背景にツーリズムの手法を活用して都市と農村との相互理解を得ようとする機運が高まっている。本研究は、近年急激にそのニーズが拡大している東アジアを事例として、グリーン・ツーリズム施設において持続的運営を可能にする経営戦略の構築を目的とする。

東アジアにおいて、各国政府がグリーン・ツーリズムを農村振興政策として位置付け始めたのは 21 世紀に入ってからであると言われている。日本では、2005 年 3 月に策定された食料・農業・農村基本計画において、「都市住民に農村で活動する機会や食と農への認識を深める契機を広く提供するとともにこれを通じた農村の振興を図るため、都市と農村の交流活動を促進する」とし、「農業・農村体験の提供等を通じて、

観光立国の枠組みと連携したグリーン・ツーリズムの取組を推進する」こととしている<sup>1)</sup>。

また中国では、2006 年から実施している「第 11 回 5 カ年計画（農業分野）」において、農業・農村の活性化を図り、「三農問題（農業・農村・農民）」の解決を求める「新農村建設」事業に「観光農業を新しいグリーン・ツーリズムのモデルとして推進していくこと」が重要政策として盛り込まれている<sup>2)</sup>。韓国においても 1999 年に制定された農業・農村基本法において、都市住民の健全な情緒涵養、都市農村交流の拡大、農村住民の所得向上を目的として、農村における緑色観光（グリーン・ツーリズム）振興と休養資源の開発が明記された<sup>3)</sup>。

東アジアのグリーン・ツーリズムに関する実証研究も、各国政府が重要政策として位置付け始めた 2000 年以降から多く見受けられている。これらはとりわけ農業経済学の分野で盛んに行われており、グリーン・ツーリズム事業導入による農村経済に与える効果と地域の持続性といった側面からの分析が多い。しかしながら、経営学の分野ではグリーン・ツーリズムの実証分析はまだ多くない。とくに、グリーン・ツーリズム自体を持続可能な運営にするための経営戦略構



策に関する研究は、八島ほか[4]以外、ほとんど見られない。東アジア地域における農村地域の活性化施策を検討するためには、その組織自体の持続的な運営を保証する必要がある、そのための経営戦略の構築が農村経済の維持・発展において大きな鍵を握っていると言える。

そこで本論文では、東アジアにおけるグリーン・ツーリズム施設の持続的運営を可能にするための経営戦略構築を目的として、まずは中国型グリーン・ツーリズムの典型といわれる「農家楽」が多数展開する地域（以下「『農家楽』地域」という）の経営戦略をSWOT分析により検討する。ケーススタディの対象地は、北京市近郊および四川省成都市近郊のそれぞれにおいて「農家楽」を積極的に導入した地域とする。以下、第2節では、農家楽の動向、および「農家楽」地域としての調査対象地の位置づけを行う。第3節では、調査対象地におけるSWOT分析により、これらの経営戦略を検討する。第4節では以上を総括し、中国型グリーン・ツーリズムの持続的運営を可能にするための経営戦略上のポイントを整理する。

## 2. 中国における「農家楽」の動向と調査事例の位置づけ

### 2.1 中国における「農家楽」の概要と展開

中国において「農家楽」とは、主に農村地域において「観光客に観光、娯楽、労働体験、宿泊、飲食などのサービスを提供する経営体<sup>4)</sup>」を示す。「農家楽」の発祥は四川省成都市とされている。成都市郫県友爱鎮に所在する花卉農家が、1987年に自家庭のガーデニングを公開し、「農家楽」という名称で鑑賞者に飲食物を提供したことが好評となり、その後、多くの追随者が発生し、全国的な取り組みとなった。成都市は、2006年に中国政府より「中国農家楽旅行発祥の地」と認定されている。

現在では、「農家楽」という名称で営業を行うためには、営業したい地域の「工商行政管理部门<sup>5)</sup>」に営業許可申請を行い、許可を受けなければならない。また、許可にあたっては、国の法律に基づき、開業資格、経営場所、施設、経営管理、従業員の5つの項目につき条件がつけられている。なお、「農家楽」という名称から、農家が行う体験農園、宿泊、飲食などの観光事業を想像しがちであるが、実際には農家でなく

ても前述の5つの項目において国が定めた基準を満たしていれば、「農家楽」として営業が可能であるため、必ずしも農家がその経営主であるという訳ではない。そのため、後述するように中国においては「農家楽」の大部分が非農家の観光・サービス産業部門からの経営参入によるものとなっている。

ところで、中国におけるグリーン・ツーリズム政策の動向については、楊ほか[5]が詳しいが、要約すると以下の通りである。中国では2006年から、農業・農村の活性化を図り、「三農問題」の解決を求める「新農村建設」が推進されている。これらのなかには、農業の低収益性や都市住民と農民との所得格差の是正を目的とした、農村内における第1次、2次、3次産業の連携強化（わが国でいう「六次産業化」）や農村内での余剰労働力を吸収する機会の創造などが政策課題として挙げられており、これらを実現する手段の一つとしてグリーン・ツーリズムの推進が掲げられている<sup>6)</sup>。

「農家楽」の取り組みは、前述の通り経営主が農家であるか非農家であるかに関わらず、農村における地域資源を生かして、観光、娯楽、農業体験、宿泊、飲食などを提供するものである。このため、農村地域の活性化や農村における就業機会の提供などが見込まれ、農民収入の向上につながる可能性が高いことから、中国においてはグリーン・ツーリズムの重要な取組の一つとして位置づけられている。

### 2.2 調査事例の概要と位置づけ

本論文で取り上げる調査事例は、北京市怀柔区雁栖鎮、および成都市錦江区三聖花郷<sup>7)</sup>である。図1は北京市と成都市の位置を示している。

北京市は中国の首都であり、区域面積は1.68万k㎡で、その62%は山間部である。行政区域人口は1,740万人（2008年国勢調査）、人口密度は1,036人/k㎡となっている。北京市北部の山間地は、都市近郊という立地条件を生かしてクリやモモ、オウトウなどの落葉果樹の他に花卉などの園芸産地が形成されている。また観光資源としては万里の長城が有名である。「農家楽」は北京市郊外区において8,713経営体が営業を行っており、2008年における「農家楽」訪問者は約2,700万人である。

怀柔区は北京市北部に位置し、区内を燕山山

脈が連なっており、当区内にも万里の長城の一部が存在する。面積は、 $2,100 \text{ km}^2$ で人口は約27万人（2005年）となっている。雁栖鎮は人口約2,600人であり、「農家楽」は485経営体が営業を行っている。当地は、1993年から自然風景区開発が行われ、それに伴ってニジマスの養殖が開始された。そして、その頃からニジマス生産農家<sup>8)</sup>自らが釣り堀やニジマスを食べさせるレストランなどを開業し始めた。その後、北京市内の観光・サービス産業部門（非農家）が、当地の地域資源（万里の長城に近い、ニジマスという珍しい地場産品、地場産の果実や花卉など園芸産品）に魅力を感じて「農家楽」を次々に開業し、現在では、北京市近郊という立地条件と前述の地域資源が奏功して、年間100万人以上の訪問者があるといわれている。

このように、当地は自然風景区開発が契機となっているものの、様々な地域資源が観光に適していたことと、北京市近郊という大量の集客が見込める立地条件から、多数の「農家楽」が自然発生的に営業を開始しており、民主導型「農家楽」地域と位置付けたい。

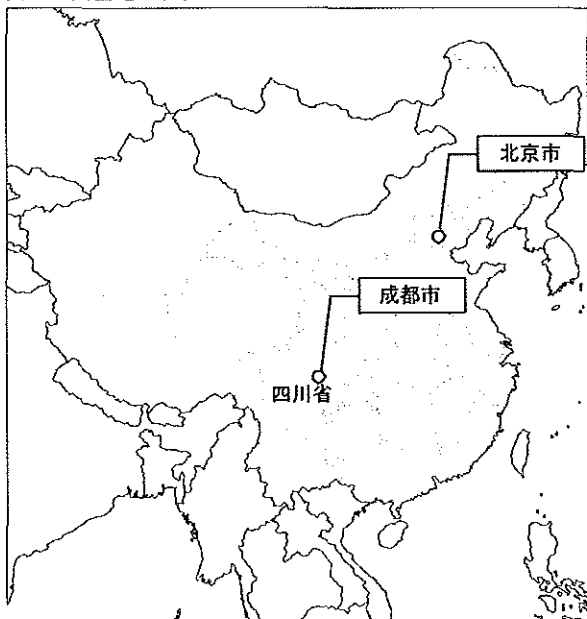
つぎに、成都市は中国西南エリアの四川省に位置し、同省の省都（副省級市）である。面積は $1.2 \text{ 万 km}^2$ であり、行政区域人口は1,130万人（2008年国勢調査）、人口密度は、 $912 \text{ 人/km}^2$ となっている。成都市近郊は、茶や熱帯果実の産地である。また、観光資源としては、パンダの生息地として世界的に有名であり、都江堰市には世界遺産に指定されている「都江堰」が

存在する。成都市内には5,596経営体の「農家楽」が営業を行っている。また、成都市は前述の通り、「中国農家楽旅行発祥の地」として認定されている。

錦江区は成都市の中心部に位置し、区域面積は $62 \text{ km}^2$ で、人口は39万人（2005年）である。また、成都市最大の繁華街である春熙路を有するなど、成都市における商業や都市機能の中心地でもある。三聖花郷はこの中心地から約7kmの場所に位置し、区域面積は $12 \text{ km}^2$ で、人口は13,040人（2004年）となっている。当地は、その大部分が酸性土壌であったため、青果物や穀物など食用植物の栽培には適さず、以前は、バラなどの花卉農家が零細経営を行っていた。また、中心市街地から非常に近いにもかかわらず都市建設に適さないという地質条件となっており、市街化も困難であったため、当地に在籍した農民は非常に厳しい生活を余儀なくされていた。

しかしながら、2003年に開催された第1期四川花芸博覧会を契機に、四川省をはじめとする地方政府主導により、当地が「花」をモチーフとしたテーマパーク開発が開始され、本計画に対して2003年から2008年までの間にインフラ整備費だけでも1.8億円の財政投入がなされた<sup>9)</sup>。そして、その一環として「農家楽」の推進も地方政府主導により行われた。当地は、「国内有数の貧しい村が、政府の資金投入により生まれ変わった」モデルケースとして中国国内では知られている<sup>10)</sup>。このことから、当地を官主導型「農家楽」地域と位置付けたい。

図1 調査地の位置



### 3. 中国における「農家楽」地域のSWOT分析

#### 3.1 北京市怀柔区雁栖鎮「雁栖不夜谷」の

##### 現状分析

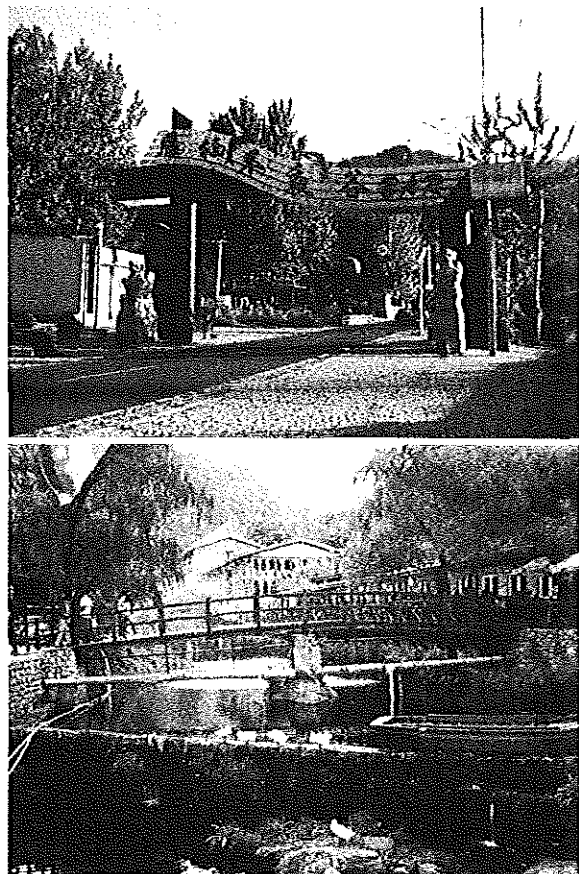
まずは、民主導型である怀柔区雁栖鎮の現状分析を行いたい。図2は雁栖鎮のイメージを示している。

雁栖鎮は、昼夜を問わず観光客をもてなしたいという意味も込めて自ら「雁栖不夜谷」と称しており、18村が所属し、3つの自然風景区が設定されている。ニジマスの養殖が1993年に開始されたのは、その3つのうちの一つである神堂峪自然風景区の開発が契機となっている。

現在では、全長23kmの谷に485経営体の「農家楽」が営業を行っている。当地の「農家楽」

における外部参入率は約 80%であるという。中心的な存在はニジマス料理を目玉商品とするレストランや宿泊施設である。また、ニジマス釣り体験などもあり、観光客は釣ったニジマスをその場で調理されて食することができる。その他に、近隣で収穫された果実を売る小規模小売店や果実の収穫体験ができる観光農園なども存在する。

さらに、谷川に沿って設置された道路には景  
図2 「雁栖不夜谷」のイメージ



上：「雁栖不夜谷」の入口  
下：「雁栖不夜谷」内でニジマスを食べさせるレストラン。

表1 北京市怀柔区雁栖鎮「雁栖不夜谷」のSWOT分析

| (ビジョン)<br>地域資源を生かした日帰りツーリズム                                                                                             | 機会 (Opportunities)<br>(1) ニジマスの産地。<br>(2) 風光明媚な溪谷と河川。<br>(3) 万里の長城に近い。<br>(4) 北京市中心から70km。<br>(4) 近隣は果樹産地+観光農園が多い。 | 脅威 (Threats)<br>(1) 公共交通手段が未整備。<br>(2) 行政による地域振興施策が後追的=規制や助成の遅れ。 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 強み (Strengths)<br>(1) ニジマス料理 (特産品) 料理を出すレストランが多い<br>(2) 経営ノウハウをもつ観光業者などが外部から参入。<br>(3) 河川に沿って設置された道路の沿道に地元青果物を売る土産店が並ぶ。 | ①地域特性 (ニジマス/地場産果実) を利用した飲食、体験農園が構築できる。<br>②観光資源 (万里の長城) を利用して観光客の導線を引くことができる。<br>③地元農家の雇用需要を吸収。                    | ①マイカー利用を前提としたインフラ整備 (駐車場等) が必要。<br>②秩序ある開発のための行政的関与 (規制・助成) が必要。 |
| 弱み (Weaknesses)<br>(1) 無秩序な開発により「農家楽」が乱立。<br>(2) 地元農家による「農家楽」経営が少ない。                                                    | ①地域資源 (自然条件や環境) を損なわない工夫が必要。<br>②地元農家から有能な経営者を輩出するための支援が必要。                                                        | ①観光価値が相対的に下がると、外部資本が撤退する可能性あり。<br>②現状のまま外部資本が撤退すれば、ゴーストタウン化は必至。  |

資料：聞き取り調査をもとに筆者が作成。

観に配慮して植林がなされ、夜になると「不夜谷」の通称さながらライトアップされ、ドライバーの人気スポットにもなっている。

表1は、当地の SWOT 分析マトリクスを示している。当地のビジョンは「地域資源を生かした日帰りツーリズム」の実現である。

そのための戦略として第1に、機会と強みを生かす次の3点が挙げられる。すなわち、①地域特性 (ニジマス/地場産果実) を利用した飲食、体験農園ができること、②観光資源 (万里の長城) を利用して観光客の導線を引くことができること、③地元農家の雇用需要を吸収することで、豊富な労働力が活用できること、である。

第2に、脅威によって強みが相殺されない戦略が必要である。すなわち、①マイカー利用を前提としたインフラ整備 (駐車場等) が必要であること、②外部者が地域資源に魅力を感じて多数参入してきており、乱開発を防ぐためにも秩序ある開発のための行政的関与 (規制・助成) が必要であること、である。

実際、行政が積極的に当地における「農家楽」営業に積極的に関与したのは2006年からである。それまでは、乱開発が農村に及ぼす損害よりも、「農家楽」進出に伴って農村に与える利益の方が優先されたため、行政は指導等による誘導を行いつつも、ある程度の自然発生的開発は容認していたように思われる。しかしながら、乱開発による損害の方が大きくなることが懸念されたため、行政も後追的に規制強化を始めた。ただし、そのことによる弊害も考慮され、例えば、鎮が設定した基準を満たした開発が行われれば、それに対して一部資金援助を行うといった助成制度も並行して行われている。

第3に、機会によって弱みをどう克服するかであるが、特にここで述べておきたいのは、「農家楽」経営者における地元農家の比率の低さである。現状では、地元農家は雇用者側として余剰労働力が吸収されており、自ら経営する必要性はあまり感じていないようである。しかしながら、脅威と弱みの部分に記述したが、仮に今後、周辺の他地域において同様の取り組みが開始された場合、観光価値が相対的に下がると、外部から参入してきた観光・サービス産業資本が撤退しないとも限らない。現状のままで外部資本が撤退すれば、ゴーストタウン化は必至であるため、そのような事態を防止するためにも、地元農家から有能な経営者を輩出するための支援体制の構築が必要である。

### 3.2 成都市錦江区三聖花郷「五朵金花」の現状分析

つぎに官主導型である錦江区三聖花郷の現状分析を行いたい。図3は、三聖花郷のイメージを示している。

三聖花郷は、2003年の四川花芸博覧会による政府主導のテーマパーク開発を契機として名称に「花」の文字が挿入された。また、5つの村で構成されているが、それぞれの村がそのテーマによって新しい名称を付されている。

「幸福梅林」村のテーマは「梅」であり、村内には200種類の梅の木が植えられ、12月から2月末までが見ごろである。「江家菜地」村のテーマは「市民農園」であり、借主は個人、

学校や会社などの団体のほかに、当村で特色のある野菜を生産してホテルやレストランに販売している業者も存在する。「東籬菊園」村のテーマは「菊」である。「荷塘月色」村のテーマは「美術」であり、当村に若手美術家を誘致して定期的に美術の展示会が開催されている。そして、「花郷農居」村のテーマは「花」であり、当村

図3 「五朵金花」のイメージ



上：三聖花郷「五朵金花」の入口

下：三聖花郷の花郷農居にある「農家楽」

表2 成都市錦江区三聖花郷「五朵金花」のSWOT分析

| <u>ビジョン</u><br>花をモチーフにしたテーマパーク                                                                                                                                                 | <u>機会 (Opportunities)</u>                                                                                                                                    | <u>脅威 (Threats)</u>                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                | (1) 成都市中心から7km。<br>(2) 成都市はパンダの生息地として世界的に有名。もともと花の産地。<br>(3) 2003年の四川花芸博覧会を契機に開発資金を政府が拠出。<br>(4) 地元産業界も資金的に援助。<br>(5) 政府主導による(貧しい村が発展する)モデルとして位置づけ。          | (1) 酸性土壌が青果物生産に適さないため、地場産青果物は少ない。<br>(2) 区域内の街路が観光客にとっては複雑でわかりにくい。週末には周辺道路が混雑。 |
| <u>強み (Strengths)</u>                                                                                                                                                          | <u>弱み (Weaknesses)</u>                                                                                                                                       |                                                                                |
| (1) 1,200haという広大な敷地。<br>(2) 5つの村がそれぞれのテーマで開発。多彩なコンテンツを提供。<br>(3) 経営ノウハウをもつ観光業者などが外部から参入。<br>(4) 日帰り利用者の需要に合わせて、レストランや喫茶店経営の「農家楽」が多い。<br>(5) 地区内の花卉市場では、高品質とされる四川産ガーベラが取引されている。 | (1) 5つの村の多彩なコンテンツが多様な顧客志向のそれぞれに対応できる。<br>(2) 伝統的な農家住宅を改造→顧客に「郷愁」を提供+既存物件の有効利用が可能。<br>(3) 広大な駐車スペースにより週末のマイカー利用にも対応できる。<br>(4) 花卉市場が世界的に有名なため、外国人観光客の取り込みが可能。 | (1) 周辺地域の食材を利用して、飲食業務を工夫する必要がある。<br>(2) 週末のマイカー誘導のためのシステム構築が必要。                |
|                                                                                                                                                                                | (1) 地元農家による「農家楽」経営が少ない。                                                                                                                                      | (1) 観光価値が相対的に下がると、外部資本が撤退する可能性あり。<br>(2) 地元「農家楽」経営者育成の必要性。                     |

資料：聞き取り調査をもとに筆者が作成。

は四川花芸博覧会開催を契機に当地で最初に開発された村である。博覧会に合わせて2003年に設立された花卉市場では、高品質といわれる四川産ガーベラが目玉商品となっており、海外から買い付けに来るバイヤーも存在するという。

そして、このような5つの村がそれぞれのテーマで観光客をもてなしているところから、当地は「五朵金花（5つの金の花）」という通称が付されている。

表2は、当地のSWOT分析マトリクスを示している。当地のビジョンは「花をモチーフとしたテーマパーク<sup>11)</sup>」の実現である。

そのための戦略として第1に、機会と強みを生かす次の4点が挙げられる。すなわち、①5つの村の多彩のコンテンツが多様な顧客志向に対応できること、②伝統的な農家住宅を改造したことで、顧客に「郷愁」を提供するとともに、既存物件の有効利用にもなっていること、③広大な駐車スペースにより週末のマイカー利用にも対応できること、④花卉市場が世界的に有名であるため、外国人観光客の取り込みが可能であること、である。

第2に、脅威によって強みが相殺されない戦略が必要である。すなわち、①当地に食用の地場産品が少ないことから、周辺地域の食材を利用して、飲食業務を工夫する必要があること、②区域内の街路が外部者にとって複雑に感じられることから、週末のマイカー誘導のためのシステム構築が必要であること、である。

第3に、機会によって弱みを克服する戦略が必要である。ここでは大きく2点挙げておきたい。すなわち、①地元農家から有能な経営者を輩出するための工夫が必要であること、②政府資金が枯渇した時の対応を検討する必要があること、である。

まず、1点目であるが、雁栖鎮と同様に当地においても「農家楽」経営者における外部参入者の割合は約80%であるという<sup>12)</sup>。このため、観光価値が相対的に低下した場合に外部資本が撤退することが考えられ、当地域のグリーン・ツーリズム運営が持続できなくなる危険性がある。しかしながら当地では、2003年に政府から地元農民に対して開発の提案がなされたとき、38戸の農家が自ら「農家楽」経営を行うことを表明した。これらの農家のうち、直接聴き取り調査を行うことができたS氏(花郷農居に所属)

では、開発前にバラ農家として得た収入が年間1万元であったのが、「農家楽」経営を始めた現在では年間10万元以上の収入があるという。このように、一部ではあるが地元農家の中に「農家楽」経営を成功させているケースも存在しているため、このようなケースを増加させる取組を行うことによって、当地においては「内発的發展」が実現される可能性がある。

つぎに、2点目であるが、政府資金が枯渇した場合の対応については、当地が「官主導型」の開発であることから、これを脱却することは相当な労力を要すると思われる。しかしながら、逆手にとってみれば、最も資金を要する初期投資の段階で行政からの大きな支援が得られたということをも利点として捉え、今後の運営においては「行政からの支援」を想定しない資金計画を検討することが必要であろう。そのためには、1点目と同様の結論になるが、「地元農家から有能な経営者を輩出する」ことにより「内発的發展」という状況を生み出す必要がある。

#### 4. まとめ

これまで、中国型グリーン・ツーリズムの典型として「農家楽」を取り上げ、形成過程の異なる「農家楽」地域(すなわち、「民主導型」と「官主導型」)におけるSWOT分析によるマーケティング環境の把握と経営戦略の検討を行ってきた。

これらのポイントを整理すると以下のようなろう。

まず、両者に共通する点は、積極的事象として、①地域資源の有効利用、②観光事業導入にあたっての外部参入者の受け入れ、の2点による「農家楽」事業を軸とした農村地域活性化の実現が挙げられる。しかし、消極的事象としては、「農家楽」における地元農民による経営が少ないことにより運営の持続性が保証できないことが挙げられる。

つぎに、両者の異なる点は、民主導型においては自然発生的にグリーン・ツーリズム運営が活性化されている一方、官主導型においては、政府の財政投入がなければグリーン・ツーリズム運営が実現されなかった可能性が高いという点である。中国においては、民主導型の「農家楽」が一般的な存在であり、官主導型は特殊な存在であるという。このことから、大部分の民

主導型「農家楽」地域においては、自然発生的な開発が行き過ぎないために、行政が早いうちから秩序ある開発を誘導する取組（有効な規制と助成）を行う必要がある。また、官主導型「農家楽」地域においては、政府資金が枯渇した場合の対応を早いうちから地域内において検討しておく必要がある。

ところで、三聖花郷のケーススタディから、グリーン・ツーリズム導入時における「農村振興・農業振興」を目的とした政策的意図による公的資金の導入は、それ自体は「導入のきっかけ」としては大きな意味が存在することが確認できた。しかしながら、これらの組織がそれ自体による自律的運営が実現されなければ、持続的な発展は実現しない。そのためには、グリーン・ツーリズム組織自体は、①明確なコンセプトの設定、②そのコンセプトに則りながら、観光客に魅力を感じさせる多彩なコンテンツの整備が必要である。そして、そのうえで持続的な運営を可能にするために、経営能力の高い人的資源を持続的に確保する取組が必要である。このことを実現するためには、有能な人的資源を内部から輩出するための経営システムの構築が不可欠であると言える。このようななかで、三聖花郷にみられる農村内部からの有能な「農家楽」経営者の出現は、農村地域における内発的発展の萌芽的存在として注目すべきであり、今後の動向を注視したい。

#### 附記

本論文は、北九州市の平成 21 年度学術・研究振興事業調査研究助成金「東アジアにおける都市・農村交流の現状と農的要素を取り入れたツーリズムの展開に関する研究－中国・韓国を中心として－」（研究代表者：八島雄士）を活用して行った研究調査に基づいて作成した。

本論文を作成するに当たっては、和歌山大学観光学部教授・藤田武弘氏（地域再生学科長）、上海市農業科学院・俞菊生氏（科技信息研究所長）、北京農学院教授・史亜軍氏（都市農業研究所長）、同講師・唐衡氏、南開大学経済学院講師・楊丹妮氏、三聖花郷旅游服務中心・曾華玲氏、共同研究者である中村学園大学流通科学部講師・徐涛氏をはじめ、多数の方々から研究調査に関し多大なご支援・ご協力を頂いた。ここに記して多大なる謝意を表したい。

#### 注

- 1) 細野ほか[1]、p.75 を参照。
- 2) 楊ほか[2]、p.100 を参照。
- 3) 柳承宇・朴時炫・宮崎猛「韓国のグリーン・ツーリズム政策と農村マウル総合開発事業」、宮崎編[3]、pp.98-127 を参照。
- 4) 宮崎編[3]を参照。
- 5) 「工商行政管理部門」とは、（中国国内における商工業活動等の）市場の監督管理と行政執行を所管する国务院直轄の組織である中国国家工商行政管理総局の系統組織を示す。その系統性は上位から、国家工商行政管理総局→省／自治区／直轄市工商行政管理局→（副省級・地級）市工商行政管理局→区／（県級）市工商行政管理局→工商所、となっている。日本貿易振興機構ウェブサイトによる。
- 6) 楊ほか[5]、p.32 を参照。
- 7) 中国の行政単位を系統的にみると、上位から省級（省／自治区／直轄市／特別行政区）→地級（副省級市→地区／地級市／省都）→県級（県級市／市轄区）→郷級（鎮／郷／県轄区）→村級（村／行政村／居民区・居住区・小区・社区）となっている。また、郷／鎮は農村地域に存在する行政単位であり、都市地域には存在しない。なお、鎮／郷の区域は、改革開放政策以前の「人民公社」の管轄区域がそれに相当する。
- ところで、北京市の雁栖鎮は、農村地域にある行政単位としての鎮であるが、成都市の三聖花郷は「郷」という文字があるが、都市地域に存在するため行政単位ではなく、単なる地名である。当地の行政単位は錦江区である。
- 8) 中国では、水産物の養殖業も「農業」に分類される。
- 9) また、テーマパーク開発に伴い、当地に所属する農民の自家住宅が改装されたが、1戸当たりの平均改装費用 200 元／㎡のうち、160 元／㎡が四川省からの補助として資金投入されている。
- 10) 当地に所属する農民 1 人当たりの収入は、2003 年の 3,000 元から 2008 年に 12,000 元に向いている。
- 11) テーマパークといっても、観光客から入場料は徴収していない。
- 12) 三聖花郷においては、「農家楽」外部参入

者は、テーマパーク開発により改装された農家住宅を地元農家から賃借し、「農家楽」経営を行っている。そのため、地元農家にとっては、就業機会の拡大のほかに不動産収入の増加というメリットも存在する。

#### 参考文献

- [1] 細野賢治・八島雄士・トーヴォンラッパイサン, タイにおけるアグロツーリズムに関する一考察ーチャンタブリ県の公的施設とチョンブリ県の民間施設を事例にー, 九州共立大学経済学部紀要, 115号, 73-89, 2009.
- [2] 楊丹妮・顧海英・俞菊生・藤田武弘, 中国都市部におけるグリーン・ツーリズムの推進と観光農業の展開, 農業市場研究, 第17巻第1号, 99-104, 2008.
- [3] 宮崎猛編, 日本とアジアの農業・農村とグリーン・ツーリズム, 昭和堂, 2006.
- [4] 八島雄士・細野賢治・徐涛, グリーン・ツーリズム施設とパークマネジメントに関する研究ー上海およびタイの調査を中心としてー, 九州共立大学総合研究所紀要, 第2号, 21-28, 2009.
- [5] 楊丹妮・俞菊生・桂英・藤田武弘, 中国における「新農村建設」の推進とグリーン・ツーリズムの役割ー上海市近郊と四川省成都市近郊の取り組みを事例にー, 農業市場研究, 第18巻第1号, 31-37, 2009.

# 中日私学教育政策における助成政策の差異

高等教育助成政策を中心に

靳 君

九州共立大学経済学部

## Distinction between Chinese and Japanese Supporting Policy of Private Education

Around The Institutions Of Higher Education

Jun JIN

### Abstract

Chinese private education, originating from 1980s, made tremendous progress in the last twenty years. However, it is still subsidiary to public education. The financial support from the government for private education has no legal basis, which means private schools have to raise funds by themselves. In comparison, Japanese' government financial support for private schools has already been legalized. The Promotion and Mutual Aid Corporation for Private Schools of Japan Law was launched in 1975, which relieved educatees of their financial load as well as ensure the healthy development of private education. The paper makes a contrast between Sino-Japanese policies concerning government support for private education, and expects Chinese supporting policy of private education to improve with the help of Japanese successful experiences.

**Key words:** supporting policy about private education, financial support, unequal treatment, legalize

### 1. はじめに

中国の私学教育は、公立教育と比べると、大幅に遅れている。国民の教育を受ける権利、国の教育事業推進の義務については、中国も日本と同じように憲法上また教育法で明文化されているが、立法精神そのものにより、中国の私学教育は公立

教育の補助的な位置に置かれ、差別待遇にされている。

（拙作「中日私学教育政策についての比較研究その一——立法精神及び監督制度からの検討」（九州共立大学経済学部紀要第119号）を参考）私学教育関係の法律という、「民弁教育促進法」及びその実行条例としての「民弁教育促進法実施細則」しか挙げられない。しかも、この唯一の私学に関する法律でも、私学の健全な発展を目指し、その權益を保障し、監督システムを完備させるなど、方針的なものであり、資金助成・税制優遇などの問題解決の具体策はほとんど見当たらないのである。本論は公立大学の優遇政策と比べながら、中国私立大学の差別待遇の現状を明らかにするうえ、日本私学助成から借りられる経験を提示しようとしている。

### 2. 中国私学政策

#### 2. 1 補助的な地位に置かれた中国私立大学の現状

中国の私学教育は、20世紀80年代から発足し、こ

の二十数年、特に2003年9月1日「中華人民共和国民弁教育促進法」（以下民弁促進法）（「民弁」は民間資本が運営するという意味であり、「私立」の同義語となる）が実施されて以来、急速な発展振りをを見せてきた。が、中国の社会主義全民所有制度のもとで、私立教育は公立教育より大幅に遅れ、今日になっても補助的な地位に置かれている。

中国私学は、20年間公立教育と競争しつづけ、弱い力でありながらも、数々の難関を乗り越え、今日の発展が遂げられた。大学教育を中心に検討していくと、特にここ数年、国民経済力の向上にしたがい、大学希望人数が急速に増加しているうえ、多様な教育要望、また、就職競争の厳しさが強まる中、私立大学の発展が注目を集めている。ある意味では、私立教育は中国の今までのエリート教育を、教育普及または就職教育に転向させる一推進力になっている、と言っても過言ではないと思っている。なお、私立大学の新しい形として、「独立学院」という概念に対する関心が高まっている。「独立学院の設置及び管理」によると、独立学院は、大学以上の学歴教育を行う公立大学が、国家機構以外の社会組織及び個人と協力し、非国家財政資金を利用して設置した大学教育を実施する大学のことを指している。独立学院は私立大学教育の重要な構成部分であり、公益性事業に属する。公立大学を母体として



いるが、私立性質を有し、投資も設立者によって調達される。独立校舎・施設・設備、独立教育管理、独立学生募集、独立学歴授与、独立財務会計、独立法人資格など、「独立」という特徴を主張し続けている。独立学院は1999年浙江大学の浙江大學城市学院から発足し、大学学生募集人数が年々拡大している背景のもと、今日に至って318校の規模を遂げている。

私立大学と独立学院を主体とした中国私立高等教育は、就職市場に対する敏感な判断力により、公立大学と競争しながら、生存スペースを拡大しつづけている。Table 1 Table 2 Table 3により、2005年から2007年まで、中国の私立高等教育は、学校数・学生数・教職員数などの面でめきめき伸びてきている。特に私立大学数のほうは、毎年20校程度の増加を示し、私立高等教育の全体としても、2007年の卒業学生数が2006年度より58%増、入学者数が16.06%増を見せている。私立教育規模の拡大にともない、非常勤教員を主役とした教員陣は専任教師を中心とする構成に転向しつつ、教育安定性の確保が目指されている。このように、新しい学校の設立または既存学校の拡大を背景とし、2007年度の専任教員数は2006年度より、30323人、20.36%も増加している。

が、私立大学教育の発展は、中国ではまだ初級段階にあり、社会主義全民所有制度のもとで、公立大学の補助役としか見なされていない。Table 1は教育部の最新統計によるものであるが、2007年、公立大学は私立よりほぼ1000校多く、卒業生数が7.74倍、入学者数が4.75倍、在校生数が5.39倍、専任教員数が6.51倍、という巨大な差を示している。Table 4は2007年度公立大学と私立大学の資産を比較したものである。私学より1000校も多くなっている公立大学は、面積が103.47倍、一般図書が81.37倍、授業用パソコンが42.31倍、固定資産が128.32倍になっている。ここから、中国で公立大学の圧倒的な規模を伺うことができる。また、校平均で分析すると、私学より公立大学は、面積が39.4倍、一般図書が30.99倍、パソコン数が16.13倍、固定資産が48.93倍、施設資産が50.98倍、さらに、在校學生平均から見ると、学校面積が19.23倍、一般図書が15.8倍、パソコン数が7.67倍、固定資産が24倍、施設資産が28.33倍という。平均データから見られるのは、公立・私立大学が政府からもらった教育投資における差異である。

## 2. 2 中国政府の教育投資情況

(以下の為替レートは2009年12月現在を基準とする、1元=13.23円)

中国政府は、教育の普及及び国民全体教育レベルの向上を目指し、教育に対する投資を年々のばし、GDPで占める割合も上げつつある。中国教育部、国家统计局、財政部 2008 年全国教育經費執行情況統計公告 (2009年11月10日)により、2008年中国政府が全国の公立教育事業に投入した資金は14500.74億人民元 (190974.74億日本円相当)、2007年度より12148.07億元 (159990.08億日本円相当)、およそ19.37%増、2008年中国GDPの3.48%を占め、2007年度の3.22%より0.26%という大幅な増加を見せている。これは、国家財政性教育投資がGDPで占める割合が3年目連続増加を示している。そのうち、大学に対する支出は、学生一人当たり $7577.71+3235.89=10813.6$ 元 (143550.54円相当)、2007年度より20.18%増を示している (中国教育部教育投資統計を参考)。一方、大学別に見てみると、国から年間10億元 (131.62億日本円相当)以上投資をもらっている大学は、清華大学 (35.91億元)、北京大学 (24.08億元)、浙江大学 (18.74億元)、上海交通大学 (14.61億元)、ハルビン工業大学 (14.43億元)など11校あり、合計174.34億元; 5~10億元クラスは21校、合計146.02億元; 3~5億元クラスは38校、合計143.31億元; 2~3億元クラスは53校、合計126.75億元というように、合計590.42億元の資金は、123の公立大学に投入されている。(中国教育情報ネットの教育投資統計を参考)ここから、私立大学の姿はまったく見当たらない。

## 2. 3 中国教育投資政策

中国政府教育投資の法律上のよりどころは何であろう。「中華人民共和國憲法」第十九条「国は社会主義教育事業を推進する」、また「教育法」第五十三条「(公立学校は)国の財政支出を主とし、他の多ルートにより資金調達をする」と定められ、公立学校に対する教育財政支出を法律上で保障している。さらに、1985年5月27日に公布された「中国教育改革及び発展綱要」の「中共中央の教育体制改革についての決定」において、「中央、また地方政府の、教育投資の増加割合は、經常財政収入の増加割合を上回ること、または、在校學生に対する平均教育投資が、年々増加すること」という原則が明らかにされている。が、国の教育予算は、基本的に公立学校を対象とし、私学に対する助成、特に資金助成は、法律上の根拠も見られなく、実施上の行動もまれにある。私学の資金調達については、「教育法」第五十三条に「(私立学校及び他の教育機関は)設立者によって資金調達を行い、各級人民政府が適切な援助を提供する」と定められ、その「適切な援助」は

「民弁教育促進法」第七章にまとめられている。同法第四十四条に「県以上の各級人民政府（中国の行政区画で、「県」は市の下にある行政レベルである）は私立学校を発展させるための特定資金を設け、それで特別貢献をささげた団体又は個人を奨励することができる」と規定し、また第四十五条に「資金援助、国有資産の賃貸または譲渡などの手段によって、私立学校をサポートすることができる」、さらに、第四十六条に「私立学校も税制優遇の対象となる」と定めてある。しかし、第四十四条と四十五条の「できる」という言葉遣いに注目すると、それは強制的な助成法規ではなく、手段の選択肢を提供している法規だとわかるのである。

2006年から2008年にかけて、私立大学の管理強化及び健全発展という目的で、一連の文書が出された。それは、中共中央組織部・中共教育部党组の「民弁高校の党の建設についての意見」、国務院弁公庁の「民弁高校規範管理を強化し、民弁高等教育の健全な発展へ導く」（2006年12月21日）、教育部の「民弁高等学校管理に対する若干の規定」（2007年2月10日）、また教育部の「独立学院の設置及び管理について」（2008年4月1日）という。そこで、私立大学事業推進の重要性和緊迫性を見なしてきた上海市教育委員会は、2008年に、私立大学の学生一人当たり年間1000元（13275円相当）という基準の補助金を、私立大学に助成するという考え方を出した。その助成提案が、私立大学関係の各種の会議場で提出されたが、結局法律上の私学に対する公資金の助成についてのよりどころがない（共同財政が民間資本への投資が禁止されている）ため、最後は余儀なく明文化されずに流産してしまった。

### 3. 日本私学助成政策

#### 3. 1 日本私立学校の果たす重要な役割

私学に在学する学生生徒などの割合は、大学・短大で約75%を占めており（Table5、Table6を参考）、私大は日本の高等教育の発展に大きく貢献している。また、近年ますます国際化・高度情報化する社会の中で、各私立学校には、多様化する国民のニーズに応じた特色ある教育研究の推進が求められており、それぞれが建学の精神に基づく個性豊かな活動を積極的に展開している。このように、私立学校は、日本の学校教育の発展にとって、質・量両面にわたり重要な役割を果たしている。

このため、文部科学省は、私立学校の振興を重要な政策課題として位置付け、その教育研究条件の維持向

上と在学する学生生徒などの修学上の経済的負担の軽減を図るとともに、経営の健全性を高めるため、下記施策をはじめとする振興方策を講じ、その一層の充実に努めている。

- (1) 経常費補助を中心とする私学助成事業
- (2) 日本私立学校振興・共済事業団における貸付事業
- (3) 税制上の特例措置
- (4) 学校法人の経営改善支援

各私立学校においても、それぞれの自助努力により、経営基盤の維持・強化を進め、教育研究内容や財務状況に関する情報公開を積極的に行いつつ、国民の要請にこたえる個性的で魅力あふれる学校づくりを進めることが期待されている。

#### 3. 2 私学高等教育助成関係の法規

日本の高等教育のなかで私学は学校数、学生・生徒等の数共に全体のほぼ四分之三を占めるなど大きな役割を果たしており、私学の振興を図ることは高等教育の発展を図る上で重要であるので、国は法令に基づき私学助成を行っている。

助成関係の基本を規定する法規は、憲法第二十六条・第八十九条、教育基本法、私立学校法であり、私立学校振興助成法、同法施行令、補助金等に係る予算の執行の適正化に関する法律、同法施行令、日本私学振興財団法等は助成の具体化に伴う諸事項を規定する法規であり、これに関連するものとして、日本私学振興財団業務方法書（一九七一年五月二十八日 文部大臣認可）、私立大学等経常費補助金交付要綱（一九七七年十一月三十日文部大臣裁定）、学校法人会計基準（一九七一年 文令一八号）等が定められている。

私立学校法第五十九条には、「国又は地方公共団体は、教育の振興上必要があると認める場合には、別に法律で定めるところにより、学校法人に対し、私立学校教育に関し必要な助成をすることができる」旨が規定されている。

1970年度から開始された「私立大学等経常費補助金政策」の実施にあたって、国家の財政援助に必要な業務を、総合的かつ効率的に運用するという目的で、従来の私立学校振興会法（一九五二年 法律第十一号）に代わって日本私学振興財団法（一九七〇年法律第六十九号）が成立した。引きつづいて、1975年7月11日には、私立学校の教育条件の維持および向上、ならびに私立学校に在学する児童、生徒、学生または幼児にかかわる修学上の経済的負担の軽減を図るとともに、私立学校の経営の健全性を高めることを目的として、「私立学校振興助成法」が制定された。そしてその第四

条には、「国は大学又は高等専門学校を設置する学校法人に対し、当該学校における教育又は研究に係る経常的経費について、その二分の一以内を補助することができる」旨が定められている。なお1976年4月8日、文管振第一五三号によって、「私立学校振興助成法等の施行について」と題する文部事務次官の通達が出された。これには私立学校振興助成法制定の趣旨、同法施行にあたり留意すべき事項、学校教育法施行令・私立学校法施行令等の関連改正令の内容の概要、学校教育法施行規則・私立学校法施行規則等の改正規則の内容についてもその概要が述べられている。

私立学校法が、その規定全般にわたって、私立学校の自主性の尊重という教育行政の基本精神を示して、所轄庁の監督権限の縮小およびその権限の行使に対する私立学校代表者の関与という方法を規定している反面において、その第五節第五十九条以下の諸規定によって学校法人に対する助成を明確に規定するとともに、助成を受ける学校法人に対する所轄庁の監督権限を法定しているのは、私学助成が憲法第八十九条に照らして遠慮とならないための法制上の措置として定められたものとされている。すなわち「私立学校が学校教育法第一条に規定される学校であり、教育基本法第六条にいう『公の性質』をもつ学校であり、かつ教育基本法、学校教育法その他の諸法令によって規制された学校として国法の支配にあることが確認され」（大沢勝 私学助成の思想と法 私学助成の憲法原理 p188）とともに、「憲法第八十九条の『公の支配』に属する教育事業であるためには国の特殊な監督を伴うべきものとの見地から、私立学校法自体に学校法人に対する規制条項（同法第三章）、所轄庁の行政権限規定（同法第二章）とともに、助成に伴う所轄庁の監督条項（同法第五十九条以下）が盛り込まれて」（大沢勝 同 p188）いるのである。

以上のように、私学に対する助成の法規上の根拠は、積極的には憲法第二十六条および教育基本法にもとづく国民の教育権保障の一環としての制度として把握されるとともに、私学が所轄庁の監督権限のもとに「公の支配」に属しているということによって、その法規上の消極的な根拠を、憲法第八十九条ならびに私立学校法（同法第三章の諸規定における規制条項・第二章の諸規定における所轄庁の権限条項）に求めうるとされているのである。

2006年12月修正された教育基本法においては、助成その他の適当な方法によって私立学校教育の振興に努めるべき国の責務が定められている。（「教育基本法」第八条私立学校の有する公の性質及び学校教育に

おいて果たす重要な役割にかんがみ、国及び地方公共団体はその自主性を尊重しつつ、助成その他の適当な方法によって私立学校教育の振興に努めなければならない。）これによって、2008年度私立大学等の経常費に対する補助の要求額は、一般補助の拡充においては、2,226億円、前年度より58億円増（うち、医学部定員増対応の1億円増；FD支援経費（新設）対応の57億円増）；特別補助の拡充においては、1,125.5億円増（9月入学の推進（新設）など）（Table 9を参考）という、ここから、国の私学助成の積極的な姿が見られる。

日本の私立高等教育に対する助成政策は、具体的に、（1）私立の大学、短期大学、高等専門学校の教育研究条件の維持向上及び修学上の経済的負担の軽減に資するとともに、経営の健全性を高めるため、私立大学等の教育又は研究に係る経常的経費を対象として、日本私立学校振興・共済事業団を通じるなどとして学校法人に補助している「私立大学等経常費補助金」、（2）私立大学等における教育研究の充実と質的向上を図るため、私立の大学の研究施設、研究装置並びに私立大学等及び専修学校（専門課程）の教育装置の整備や防災機能の強化に要する経費、または、私立高等学校等における教育施設の高機能化、学校施設の防災機能の強化、環境に配慮した施設づくりに要する経費を対象として学校法人等に補助している「私立学校教育研究装置等施設整備費補助金」、（3）私立の大学における研究設備等の整備や私立高等学校等のコンピュータ等IT教育設備の整備に要する経費を対象として学校法人に補助している「私立大学等研究設備整備費等補助金」、（4）私立学校施設の高度化・近代化を推進し、教育研究条件の充実向上を図るため、日本私立学校振興・共済事業団の融資を受けて老朽校舎改築事業等を行った学校法人に対し、利子助成を実施するための「私立学校施設高度化推進事業費補助金」などがある。

さらに新しい助成政策として、2009年の選挙で政権交代を実現した民主党のマニフェストにおいては、高校を実質無償化し、大学は奨学金を大幅に拡充するなど、教育にかかる国民の負担を軽減し、すべての意志ある人が教育を受けられる仕組みを構築することが目指されている。その具体策として、「私立高校生に年12～24万円を助成する」「公立高校生に授業料相当額を助成し、実質的に授業料を無料とする」、などが、挙げられる。この内容を具現化した「高校無償化法案」は参議院で可決され、引き続き同法案の成立が注目されている。それとともに「大学は（公国立も私立も無差別に）奨学金を大幅に拡充する」という、学生に対

する奨学金制度を大幅に改め、希望する人なら誰でもいつでも利用できることを目指し、学費のみならず、最低限の生活費も貸与する。親の支援を受けなくても、いったん社会人となった人でも、意欲があれば学ぶことができる仕組みを作る。具体的には、所得800万円以下の世帯の学生に対し、国公立大学それぞれの授業料に見合う無利子奨学金の交付を可能にする。また、所得400万円以下の世帯の学生については、生活費相当額についても奨学金の対象とする。私立学校の振興については、多様な教育機会を提供する私立学校の教育を充実するための私学助成を維持するというように、教育に強力な助成を成し遂げようとする日本政府の姿が見られる。

#### 4. 終わりに

13億という膨大な人口を有する中国においては、私学は教育投資補足・教育普及・教育の多様化など、各方面で不可欠な役を演じている。が、政府が私立学校に対する管理及び監督が強調されてきたのに対して、私学の直面している資金不足、施設拡大と更新、政策面の差別待遇などの実在問題にたいする解決策はまれに見られる。私学事業を推進するには、まず觀念上の私学に対する輕蔑を取り除かないと、根本的な改革が期待しがたいと思われる。

最近、上海市教育委員会から、また私学に対する助成案が出された。それは、私立大学・独立学院の運営状況により、一定の奨励金を配布する案である。奨励金獲得の資格として、法人資産所有権の実行、財務管理の規範化、教員年金の納付などが挙げられる。また獲得した奨励金は教員養成及び年金、学生支援、施設完備、実習基地建设、安全防犯などに使うこと。しかし、これはあくまで提案であり、「1000元補助金」の案と同じように流産せずに、明文化された政策を期待している。政策の制定においては、日本の私学振興経験を、中国の実情を考えながら借りてきて、活用するのは早道であろう。

#### 参考文献

- 1) 『高等教育のあり方と私学助成』 日本私立大学連盟
- 2) 『教育権の理論』 兼子仁 勁草書房 1976年
- 3) 『私立学校法講座』 小野元之 学校法人経理研究会 昭和60年8月
- 4) 『私立学校法詳説』 福田繁・安嶋彌 玉川大学出版部 1950
- 5) 『中日米三国高等教育比較研究』 強連慶 复旦大学出版社 1995年10月
- 6) 『現代中国高等教育の成立』 大塚豊 玉川大学出版部 1996年1月
- 7) 『私立学校の歩み(中 その1)——近代教育の発足と「私学」の位置』 日本史学教育研究所 平成6年3月
- 8) 『私立学校の歩み(中 その2)——形成期における私立小学校』 日本史学教育研究所 平成6年3月
- 9) 『教育法<法律学全集>』 兼子仁 有斐閣 1963年08月
- 10) 『私立大学のマネジメント』日本私立大学連盟 第一法規出版株式会社 平成6年5月
- 11) 教育基本法 <教育関係法規Ⅱ>法律学体系・コンメンタール篇』 有倉達吉
- 12) 「上海民弁大学(短大)健全な発展政策についての検討」(「关于促进上海民办高校健康发展的政策思考」) 上海師範大学天華学院課題組 組長 葉才福 2009年3月
- 13) 「調和学園を構築し、斬新な道を模索せよ」(构建和谐校园,探索创新道路) 2008年10月
- 14) 「上海民弁高等教育法規を促進する提言」(关于加快出台上海地方民办高等教育法规的建议) 葉才福 2008年1月
- 15) 「上海民弁大学(短大)を収支独立の事業系法人としての資格の認定についての提言」(关于将上海民办高校认定为自收自支事业单位的建议) 葉才福 2008年1月

Table 1 2007 年度中国私立国立・大学情況の比較

|         | 学校数<br>(校) | 卒業生数<br>(人) | 入学者数<br>(人) | 在学生数<br>(人) | 教職員数<br>(人) | 専任教員数<br>(人) |
|---------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 私立大学    | 297        | 367,420     | 599,652     | 1,630,661   | 144,022     | 89,376       |
| 大学      |            | 30,176      | 72,555      | 211,242     |             |              |
| 短大      |            | 337,244     | 527,097     | 1,419,419   |             |              |
| 独立学院    | (318)      | 210,606     | 590,914     | 1,866,243   | 128,531     | 89,911       |
| 大学      |            | 16,1404     | 517,973     | 1,656,797   |             |              |
| 短大      |            | 49,202      | 72,941      | 209,446     |             |              |
| 私立合計    | 615        | 578,026     | 1,190,566   | 3,496,904   | 272,553     | 179,287      |
| 国立大学・短大 | 1,613      | 4477,907    | 5,659,194   | 18,848,954  |             | 1,168,300    |

(出所) 中国教育部教育統計データにより、作者作成

Table 2 2006 年度中国私立大学情況

|      | 学校数<br>(校) | 卒業生数<br>(人) | 入学者数<br>(人) | 在学生数<br>(人) | 教職員数<br>(人) | 専任教員数<br>(人) |
|------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 私立大学 | 278        | 222,991     | 498,562     | 1,337,942   | 123,230     | 75,144       |
| 大学   |            | 13,674      | 42,659      | 125,426     |             |              |
| 短大   |            | 207,317     | 455,903     | 1,212,516   |             |              |
| 独立学院 | (318)      | 142,139     | 527,284     | 1,467,040   | 106,648     | 73,820       |
| 大学   |            | 108,652     | 455,163     | 1,264,513   |             |              |
| 短大   |            | 33,487      | 72,121      | 202,527     |             |              |
| 合計   | 596        | 365,130     | 1,025,846   | 2,804,982   | 229,878     | 148,964      |

(出所) 中国教育部教育統計データにより、作者作成

Table 3 2005 年度中国私立大学情況

|      | 学校数<br>(校) | 卒業生数<br>(人) | 入学者数<br>(人) | 在学生数<br>(人) | 教職員数<br>(人) | 専任教員数<br>(人) |
|------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 私立大学 | 252        | 147,503     | 436,101     | 1,051,663   | 103,712     | 62,303       |
| 大学   |            | 7,393       | 37,410      | 104,110     |             |              |
| 短大   |            | 140,106     | 398,691     | 947,553     |             |              |
| 独立学院 | (295)      | 75,887      | 443,413     | 1,074,618   | 80,986      | 55,476       |
| 大学   |            | 54,121      | 379,798     | 900,938     |             |              |
| 短大   |            | 21,766      | 63,615      | 173,680     |             |              |
| 合計   | 547        | 223,390     | 879,514     | 2,126,281   | 184,698     | 117,779      |

(出所) 中国教育部教育統計データにより、作者作成

Table 4 2007年度国立・私立大学資産情況の比較

|           | 学校面積<br>(万m <sup>2</sup> ) | 図書・録音録画資料    |                  | 授業用<br>パソコン (台) | 固定資産 (万元)   |             |
|-----------|----------------------------|--------------|------------------|-----------------|-------------|-------------|
|           |                            | 一般図書<br>(万冊) | 電子図書<br>disk (枚) |                 | 計           | 設備資産        |
| 合計        | 149066.6                   | 158850.79    | 61795            | 4825788         | 85470621.65 | 16909647.31 |
| 国立        | 141252.2                   | 148455.22    | 57503            | 4371147         | 81466057.21 | 16073750.61 |
| 校平均       | 87.57                      | 92.04        | 35.65            | 2709.95         | 50505.92    | 9965.13     |
| 在学生<br>平均 | 0.0075                     | 0.0079       | 0.003            | 0.23            | 4.32        | 0.85        |
| 私立        | 1365.1                     | 1824.39      | 908              | 103322          | 634846.92   | 120230.17   |
| 校平均       | 2.22                       | 2.97         | 1.48             | 168             | 1032.27     | 195.49      |
| 在学生<br>平均 | 0.00039                    | 0.0005       | 0.0002           | 0.03            | 0.18        | 0.03        |

(出所) 中国教育部教育統計データにより、作者作成

Table 5 日本国立・公立・私立高等教育学校数の比較 (2006年5月)

|        | 学校数 (校) |     |        |      |               |
|--------|---------|-----|--------|------|---------------|
|        | 国立      | 公立  | 私立 (A) | 計(B) | 私立の割合 (A/B) % |
| 大学     | 87      | 89  | 568    | 744  | 76.3          |
| 短大     | 8       | 40  | 420    | 468  | 89.7          |
| 高等専門学校 | 55      | 6   | 3      | 64   | 4.7           |
| 合計     | 150     | 135 | 991    | 1276 | 77.7          |

(出所) 日本文部科学省平成18年度統計により、作者作成

Table 6 日本国立・公立・私立高等教育在学生数の比較 (2006年5月)

|        | 在学生数 (人) |         |           |           |               |
|--------|----------|---------|-----------|-----------|---------------|
|        | 国立       | 公立      | 私立 (A)    | 計(B)      | 私立の割合 (A/B) % |
| 大学     | 613,913  | 124,387 | 2,032,279 | 2,770,579 | 73.4          |
| 短大     | 592      | 11,723  | 187,608   | 199,923   | 93.8          |
| 高等専門学校 | 18,917   | 1,734   | 925       | 21,576    | 4.3           |
| 合計     | 633,422  | 137,844 | 2,220,812 | 2,992,078 | 74.2          |

(出所) 日本文部科学省平成18年度統計により、作者作成

(注) 1. 学校数は本校・分校の計である。

2. 在学生数には、大学院・専攻科・別科の学生を含む(聴講生・研究生・実習生を除く)。

3. 高等専門学校の在学生数には、専攻科の学生を含まない。

Table 7 中日高等教育機関の学校数比較 (2006 年度)

|    | 学校数 (校) |        |       |             |
|----|---------|--------|-------|-------------|
|    | 国公立     | 私立 (A) | 計(B)  | 私立の割合 (A/B) |
| 中国 | 1591    | 596    | 2,187 | 27.3%       |
| 日本 | 285     | 991    | 1,276 | 77.7%       |

(出所) 作者作成

(注) 中国の独立学院を独立の学校として扱うと、以上の結果になる。

Table 8 中日高等教育機関の在校生数比較 (2006 年度)

|    | 在校生数 (人)   |           |            |             |
|----|------------|-----------|------------|-------------|
|    | 国公立        | 私立 (A)    | 計(B)       | 私立の割合 (A/B) |
| 中国 | 16,870,435 | 2,804,982 | 19,675,417 | 14.3%       |
| 日本 | 711,266    | 2,220,812 | 2,992,078  | 74.2%       |

(出所) 作者作成

(注) 中国の独立学院を独立の学校として扱うと、以上の結果になる。

Table 9 日本私立大学等の経常費に対する補助予算額の推移 (単位: 百万円)

| 区分                 | 2004 年度<br>予算額 | 2005 年度<br>予算額 | 2006 年度<br>予算額 | 2007 年度<br>予算額 | 2008 年度<br>予算額 | 2009 年度<br>予算額 | 2010 年度<br>要求額 |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 予算額                | 326,250        | 329,250        | 331,250        | 328,050        | 213,597        | 211,568        | 211,568        |
| うち特別補助             | 106,401        | 109,871        | 110,871        | 111,271        | 111,271        | 110,214        | 128,721        |
| 予算額に対する<br>特別補助の割合 | 32.6%          | 33.4%          | 33.5%          | 33.9%          | 33.9%          | 52.1%          | 60.8%          |

(出所) 文部科学省高等教育局私学部の平成 22 年度概算要求—私学助成関係予算の説明

(2009 年 8 月) により、作者作成

# モノづくり活動による学生支援

## —キャリアカウンセリング理論の応用—

水井 雅彦 川嶋 竜之介

九州共立大学大 工学部 メカエレクトロニクス学科

Support of Student by Craft Workshop  
- Application Theory of Career Counseling -  
Masahiko MIZUI, Ryunosuke KAWASHIMA

### Abstract

The student was supported by theory of career counseling. The worry and the problem are solved by the counseling. It is important that the client recognizes the problem. The counselor doesn't answer. However, the client supports awareness. And, profitable information is offered. The client makes the solution with the career counselor. The career counselor management the execution of the solution. This technique was applied by Craft Workshop. Some examples are described.

**Keywords:** Support of Student, Career Development Adviser, Craft Workshop

### 1. 緒言

大学全入時代を迎え教育現場では、多様な学生への対応が求められる。学生の基礎学力低下もさることながら、「学ぶ」目的を見失っていることが問題である。

そこで学生自身が好きなテーマから学ぶ楽しさを再認識する機会が求められる。我々は「モノづくり」を通じて、学生の向学心を刺激する活動を行ってきた。理工系の学生にとって、ロボットコンテストやエコラン等での自主的な創作活動は、「学ぶ」目的を刺激する。コンテスト活動では、社会との接点も多く学生の成長が期待できる。

大学のカリキュラムはより専門性が広がるため、将来なりたい自分のイメージ（キャリアビジョン）が明確になれば、就学を挫折する場合もある。問題や悩みがある場合でも、大学の提供する支援体制の選択ができないため、利用しないケースもある。支援体制の周知も必要だが、消極的な学生の背中を押し、必要なときに適切な支援を見極めるナビゲータが必要である。

著者らは、教育機関でも導入が広がるキャリアカウンセリングとその理論や技法をツールとして活用し、「モノづくり」での指導を行っている。学生がかかえる問題に向き合い、適切な支援を与えることについて振り返る。

### 2. キャリアカウンセリング

#### 2.1 キャリアカウンセリングとは

急速な技術進歩により、社会では職務に必要な能力への対応が求められている。職業選択の自由を広げ学生の希望と、企業が求める能力が適合すべく就職活動の支援が求められる。そのため就職に必要とされる技能や資格の情報提供や、様々な悩みに対する外部支援は重要である。

本研究では、「キャリア」を役割・立場としている。学生から社会人へと変わる過程に起こる問題や悩みに、カウンセリングによる解決支援をキャリアカウンセリングである。キャリアカウンセラは学生との関わりの中から、学生自身が問題を理解・認識し、解決を考えられるように手助けする。特徴の一つに、学生の問題や悩みに直接答えを出さないことがある。問題解決は学生本人が問題に向き合い、状況を理解し、自発的に対策を検討し実行することが重要である。

教員にとってキャリアカウンセリングの知識は、学生とのコミュニケーションを円滑にし、様々な問題や悩みを解決するためのツールとして役立つ。「モノづくり」にて用いた4つの手法について述べる。

#### 2.2 傾聴

学生の相談を受ける際、学生との信頼関係の構



策が最重要課題である。信頼関係無くして、相談者から問題解決に向けた多くの情報を引出すことは不可能である。教員が多忙を理由に「ながら対応」をするケースがあるが、不信感の原因となる。学生と正面に向き合い、相槌、問題や悩みに対しての感情の反映、相談内容の要約、を時折入れることでより深く学生の声を引出ことが可能になる。カウンセリングは1対1、1対多と様々なケースがあるが、学生が気軽に話せるような環境構築も重要である。

## 2.3 自己概念と経験

### 2.3.1 心理的適合

自己の特質、自己の環境・他者との関係についての知覚などのイメージを「自己概念」と呼ぶ。実際に自身が「経験」していることと自己概念は全て一致するものではない。

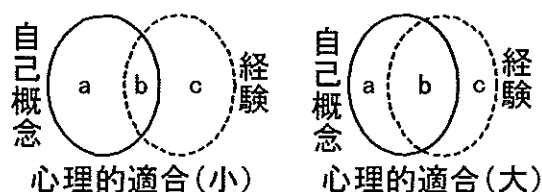


図1 自己概念と経験の一致

図1は、自己概念と経験の一致を示す。(a)の領域は、実際の経験に裏づけされない思い込みの部分である。(b)の領域は、自己概念と経験が重なる部分であり心理的適合が取れている。自分自身を受け入れることができることを意味する。(c)の領域は、活用できない未消化の経験である。経験が自己概念に合わない場合、この領域に経験を追い出している。

ロジャーズ[1]は人間誰も「絶え間なく変化する主観的な経験の世界に存在している」と人格を論じている。主観的な世界観は本人しか知ることとはできない。しかし、カウンセリングにて共感的な理解の姿勢で接することで、他の人の主観的世界に接することはできる。

カウンセラは心理的適合を広げるべく、相談者の言葉に共感し、相談者の気付いていない自己概念や経験の適合を広げることで問題解決の糸口を掴む。

### 2.3.2 モノづくりでの指導例1

近年、評価されること嫌い、当事者になりたがらない学生が増えてきた。自己概念では「何でもできる」と考えていても、積み上げてきた知識や技能が乏しいため、心理的適合が小さい。評価さ

れることを嫌うのは、自己概念の防衛反応である。自己概念を尊重しつつ、自分が「やりたいこと」と「できること」の視点から心理的適合を拡大することに努めている。自ら学習する習慣は、心理的適合を広げる「楽しさ・達成感」を知ることによって身に付く。達成可能な学習内容の提示と進行状況確認と評価を繰り返す指導を行っている。

## 2.4 基本的性格の分類

### 2.4.1 6つの基本的性格

ホランド[2]は個人的特性とその個人が満足を得られる大学の専門科目、職業、労働環境、余暇時間との関係を調査し、人間の基本的性格を6つのタイプに分類した。

#### ①企業的

他人を導き、他人に影響を与えることができる活動を好む。リーダーシップ、説得力、等、人と仕事をするのに必要なスキルを伸ばす。  
野心的・外交的・精力的・自信家  
商品の販売・人の管理に関する仕事を好む

#### ②慣習的

情報を明確に秩序立てて整理できる活動を好む。組織的・事務的・計数的情報処理能力のスキル伸ばす。  
責任感・信頼・緻密  
記録管理・計算・タイプ・コンピュータ操作に関する仕事を好む

#### ③現実的

道具、物、機械、動物、などを扱うことを好む  
手作業・機械作業・農作物・電気関連のスキルを伸ばす  
地に足が着いて現実的  
組立や修理に関する仕事を好む

#### ④研究的

生物学や物理学関連の活動を好む  
数学や科学に関するスキルを伸ばす  
好奇心が強く学究肌で自立的  
科学や医学分野での仕事を好む

#### ⑤芸術的

慣例にとらわれず創造的な活動を好む  
言語、芸術、音楽、演劇のスキルを伸ばす  
創造的で発想が自由  
創造的な才能を活かせる職業を好む

#### ⑥社会的

人に伝える、教える、手助けする活動を好む  
人と一緒に仕事をするを好む  
人の助けになり友好的

教育、保育、カウンセリング等の仕事を好む

#### 2.4.2 興味と能力の一貫性

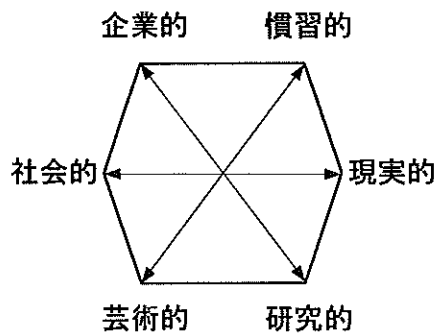


図2 ホランドの六角形

図2は、6つの基本的性格を六角形に配置したものである。上記タイプから、相談者の傾向を2つ選ぶ。この2つのタイプの位置関係で、興味と能力の一貫性を調査する。

- ・六角形上で隣り合う性格タイプ  
2つの基本性格が非常に良く似ている。自分自身に安定感があり、成果が期待できる
- ・一つ挿みの性格タイプ  
方向性がある程度異なるが、仕事のなかで能力を上手く組み合わせていける
- ・対角線上の性格タイプ  
興味と能力に一貫性のないタイプ。相談者の人生の中で様々な異なる影響を受けてきたものと思われる。興味と能力を活かすことに葛藤していることが考えられる。

#### 2.4.3 モノづくりでの指導例2

興味と能力の一貫性は、学生の勉学や作業の集中力・目標達成に大きな影響をもつ。6つの基本性格を考慮し、独創的な課題（3次元CADでの設計）・繰り返し作業（動作プログラムの製作や修正）・マネージメント（工程管理、部品管理）等の作業内容の主担当学生を選んでいる。

学習意欲や集中力を教員はとかく「やる気」で片付けがちだが、学生の興味と能力の側面から考えることで、学生も気付いていない問題点の掘り下げができる。基本的性格の分類は自己概念を掘り下げ、心理的適合を広めることにも有効である。

作業において学生間のトラブルに対して、6つの基本性格を基に互いが尊重・妥協することで解決へ導くことができる。基本性格が同じ、または隣り合う性格の学生同士は比較的円滑に作業を行うが、対角線の性格では意識的な互いの尊重（気遣い）が重要となる。

#### 2.5 転機

##### 2.5.1 イベントとノンイベント

シュロスバーグ[3]は人生の転機を「ある出来事が起こること（イベント）」と「予測したことが起こらないこと（ノンイベント）」の2つで捉えている。イベント例（入学する、仕事を始める、事故にあう、等） ノンイベント例（志望校に入れない、期待通りの結果が出ない、試験に合格できない、等）

##### 2.5.2 転機の評価

転機の結果、1) 人生の役割、2) 人との関係、3) 日常生活、4) 自己概念、の1つ以上に変化を伴い、プラス・マイナスのいずれかに感じる。転機を避けることはできないため、マイナスの影響を減らすことが重要となる。そこで、転機を4つの視点で評価する。

- ・転機の深刻さ（キャリアへの変化）
- ・転機のタイミング（人生の時期的に善し悪し）
- ・転機がコントロールできるか
- ・転機の持続性（いつまで続くか）

転機の影響は本人しか判らないため、自身の転機に対する理解と認知を最優先にカウンセリングを行う。

##### 2.5.3 転機を乗り切る

転機を乗り切るため、シュロスバーグは2段階の方法を提案している。

第1段階：リソース（資源）の点検

###### ①状況

状況の本質に対する自身の見解

###### ②自己

自分で利用できる有効な手段があるか

###### ③支援

外部から資金、時間、教育等の支援があるか

###### ④戦略

状況・自己・支援を把握し対処戦略を評価

第2段階：変化を受け止める

第1段階で転機を乗り切るため立てた戦略を、確実かつ主体的に実行する行動計画を立案

##### 2.5.4 モノづくりでの指導例3

転機を迎えた学生からの相談は、最も多いケースである。キャリアカウンセリングでは相談者自身による自己状況評価と解決に向けた計画設計と実行を目的とするため、カウンセラは答えを導き出すナビゲータであると考えられる。

学生は、問題解決に有効な支援情報を知らないことが多い。大学の提供する学生支援サービスとその効果に関する情報を適時伝えることがカウ

ンセラにとって重要な役割となる。技能習得や資格取得に関する相談では、使える時間も限られる。定期的に進行状況を話合うことで、対応する。

### 3. 学生参加型コンテスト

#### 3.1 モノづくり活動

理工系を志望する学生にとって、航空機・自動車・ロボット等は憧れや興味の対象である。ロボットコンやエコラン等、マスコミでも紹介される学生参加型コンテストでの活躍を夢見る高校生も多い。そのため、コンテスト参戦は在校生のモチベーションを高めるだけでなく、大学宣伝としての効果も期待されている。大会では結果として順位が付けられ、学生活動の全国的な評価となる。

学生参加型コンテストでは、学生と教員が共通の目標達成のため予算・作業工程・アイデアを検討するため、技術の伝承や理解に有効である。また、互いの信頼関係構築にも大きな効果を果たす。

しかし課外活動であるため、担当教員や技師への指導負担は大きく、教員の研究テーマとは離れることも多い。そこで「モノづくり活動」として学部単位での支援が望まれる。本研究では、

- ・小型二足歩行ロボットの製作や実演
- ・燃費を競う自動車コンテスト「エコラン」

2つの「モノづくり」から学生の支援を行った。

#### 3.2 ロボット開発と実演

小型二足歩行ロボットは、技術教育や市民のホビーとして市場を拡大している。学校への導入事例も多い。本学は2005年から研究を行っている。

モノづくり活動では「九州共立大学 ロボット工房」として全国大会「ROBO-ONE」での多くの決勝進出や、福岡で開催する地方大会「ヒューマノイドカップ」・「YOKA ロボまつり」への大会協力を行っている。

地域の依頼を受け、ロボット実演や技術講義も行う。学生は活動の中で業務として幅広い業種の人々と接点を持ち、貴重な社会経験を積んできた。特に福岡県教育センターと共同で行った県内工業高校学生へロボット技術の指導では、自分達の技術を自分達の言葉で伝える難しさを経験した。展示会・自治体のお祭り・科学館・小学校・子供病院・等と幅広い活動を行っている。

#### 3.3 エコラン

エコランは「1リットルのガソリンでどこまで走れるか？」をテーマに、自作自動車の燃費を競う活動である。著者の一人は、企業での勤務経験を通じて、「現場・現物を通じて考える技術者」

の育成を目指し、エコラン活動を2005年度より開始した。現場での作業を重視したため、製作コンセプトは数日で決定し、活動期間のほぼ全ては車両製作に当てられた。参加初年度は途中リタイヤとなったが、参加3年目に全国大会で完走を果たし、当初の大会目標を達成することができた。現在は、エコラン2年目を終え、現場・現物の重要性を学んだ学生（現3年生）は、北九州産業技術保存継承センターからの委託研究に参加し、実験、解析を通じて、製品開発のステップを経験している最中である。同時に、毎年秋に開催されるエコカーフェアに出展し、エコラン活動を通じて学んだ環境技術の大切さを学生自身が市民の皆さんに直接訴える場としている。一連の経験が学生の技術者人生の一助となることを強く願う。



図3 エコカーフェアでの展示

### 4. 結論

キャリアカウンセリング理論の一部を紹介し、学生支援活動「モノづくり」における理論の実例を紹介した。カウンセリングでは学生の自発的な問題解決をナビゲートするため、1)問題の認知、2)有益な情報の伝達、3)計画の進行をサポート、を念頭に進行する。キャリアカウンセリング理論をツールとして用いることで、より深い学生支援が行える。

### 参考文献

- [1]. Rogers, C.R , Client-centered therapy , Houghton-Mifflin, 1951.
- [2]. キャリアカウンセラー要請講座テキスト, 日本マンパワー
- [3]. 武田圭太 (訳), 選職社会一転機を活かせー , 日本マンパワー , 2000.

## 酸素ガス雰囲気内の斜め蒸着法で形成したチタン酸化薄膜の研究

(結晶学的性質と光触媒効果)

能智 紀台<sup>1</sup>, 横野 照尚<sup>2</sup>, 生地 文也<sup>1</sup>, 野澤 忠生<sup>3</sup>  
九州共立大工学部<sup>1</sup>, 九州工大工学部<sup>2</sup>, 九州共立大総合研究所<sup>3</sup>

Characteristics of Ti oxide films deposited by applying the oblique evaporation in the atmosphere  
of oxygen gas

(Crystal structure and Photocatalytic effect)

N. Nouchi, T. Ouno, F. Shoji and T. Nozawa

The usual photocatalytic layer, which is constructed by dispersing the particles of titanium dioxide into the binder, has only the small surface area contributing to the reaction. Aiming to make it increase, we have proposed the films of titanium dioxide deposited by applying the oblique evaporation, which leads to both the declined fine particles and cavity departments in micro size. It is experimentally found that the films, which are prepared at the incident angle of 80 degree under the substrate temperature higher than 300 degree, have the fast reactive speed more than 10 times in comparison with the usual photocatalytic layer.

**Keywords:** electron beam equipment, photocatalytic reaction, titanium dioxide, oblique evaporation

### 1. 緒言

環境問題に対する技術的な取り組みは、21世紀社会における重要なテーマであり、国際社会における日本の取り組みは重要な役割を担っている。光触媒効果は日本発の技術<sup>\*1)</sup>であり、各方面から環境浄化の担い手としてその応用に期待が高まっている。アナターゼ構造の二酸化チタン $\text{TiO}_2$ は、化学的な安定性及び価格などの観点からみて、光触媒材料として注目されている。光触媒効果は、バンドギャップに相当した光エネルギーの吸収で生成した電子及び正孔による還元及び酸化反応である。しかし、光触媒反応は半導体表面での反応であるために、バインダー中に二酸化チタン粒子を分散させた市販品

(塗布型と呼ぶ)では、図1で示すように、大気側に露呈した一部の二酸化チタン粒子の表面しか反応に寄与しない。また図2で示すように、スパッタ法では、塗布型と比べ反応に寄与する表面積が大幅に増加しているが、生産性すなわち成膜速度に課題を抱えている。

当研究室では、光触媒反応に関与する表面積の増大化と成膜速度の高速化を図るために、図3で示すように斜め蒸着法<sup>\*2)</sup>の自己陰影効果を適用し、ナノ構造すなわち傾斜柱状構造の粒子と粒子間に微細な空隙部を設けた薄膜型光触媒層を提案<sup>\*3)</sup>し、検討を行っている<sup>\*4)</sup>。本報告では、斜め蒸着法で構成したチタンの酸化膜の基板温度及び入射角の変化に伴う結晶学的性質と光

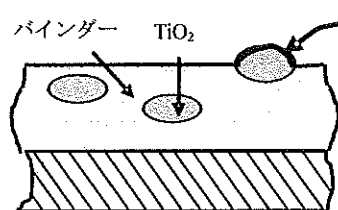


図1 従来の光触媒層

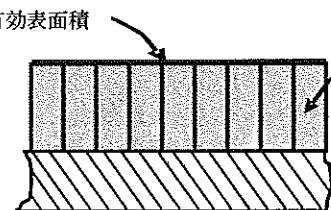


図2 スパッタ法による  
光触媒層

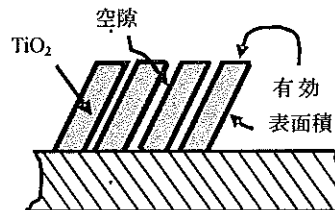


図3 斜め蒸着法による  
光触媒層

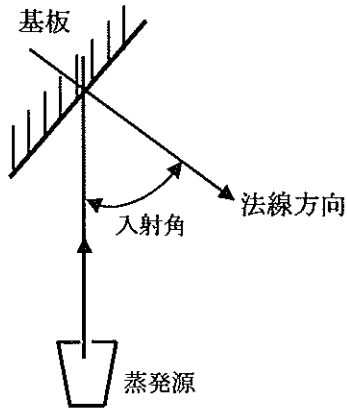


図4 斜め蒸着法の概略図

触媒性能との関係について得られた実験結果の一部を報告する。

## 2. 実験装置および実験方法

既に記したように<sup>\*4)</sup>，加熱源として電子ビームを備えた真空蒸着装置を用いて成膜を行う。当装置内の真空排気を行った後， $4 \times 10^{-2}$  Pa の酸素ガスを導入し，蒸発源に充填した二酸化チタン  $\text{TiO}_2$  粒子を加熱し溶解・蒸発化を行ない，傾斜しかつ裏面に加熱ヒータを設けたガラス基板上にチタンの酸化膜を積層した。斜め蒸着法では，図4で示すように，基板面を蒸発粒子の飛来方向と傾斜させて成膜を行っている。傾斜の度合いを表す入射角は，基板面の法線と蒸発粒子の飛来方向とがなす角度として定義される。電子ビームによるエミッション電流は一定の180mAとし，成膜時間は一定の30分とした。成膜速度は，RF マグネトロン法よりも1桁速い3A/sであった。成膜後，CuK $\alpha$ 線を使ってXRD

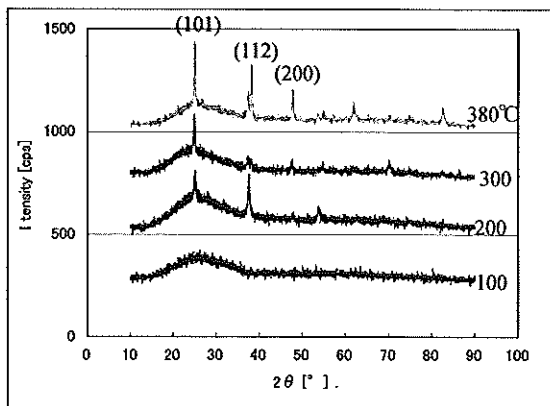


図6 0度の入射角で基板温度を変化させて成膜した薄膜のXRDパターン

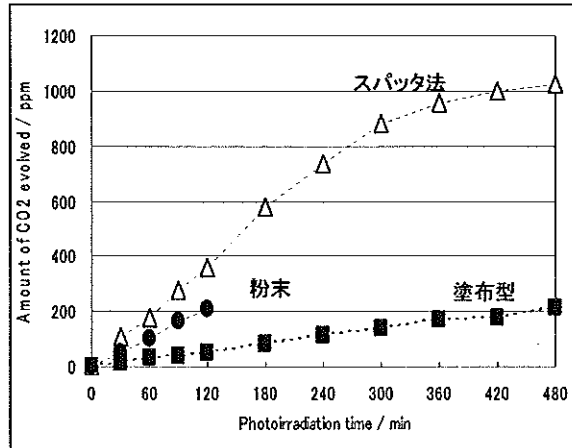
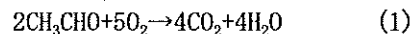


図5 参照試料の光触媒反応

による構造解析を行った。これらの薄膜試料の光触媒反応を評価するために，500ppmのアセトアルデヒド雰囲気内に試料を暴露し，500Wのキセノンランプの照射を行って，光触媒反応で生成した炭酸ガス濃度の挙動を調べた。この光触媒反応は次式(1)で示されるものであり，アセトアルデヒドの全量が光触媒反応を行うと1000ppmの炭酸ガスが生成されることがわかる。



## 3. 実験結果および考察

### 3-1 参照試料の光触媒反応

図5は，参照試料の光触媒反応を示している。横軸はキセノンランプの照射時間，縦軸は炭酸ガスの濃度を表している。本論文では，参照試料として，市販の粉末状の二酸化チタン粒子，二酸化チタン粒子をバインダー内に分散させスプレーでガラス上に塗布した市販の塗布型光触媒層及びRF

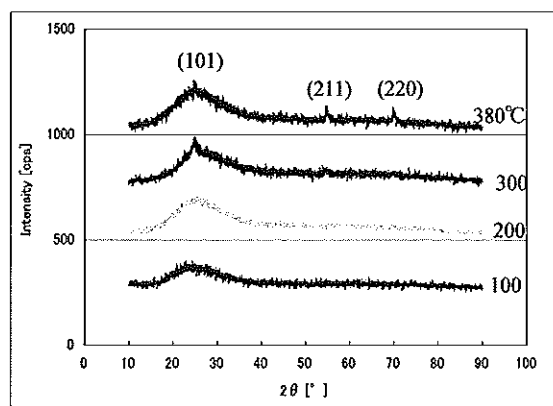


図7 80度の入射角で基板温度を変化させて成膜した薄膜のXRDパターン

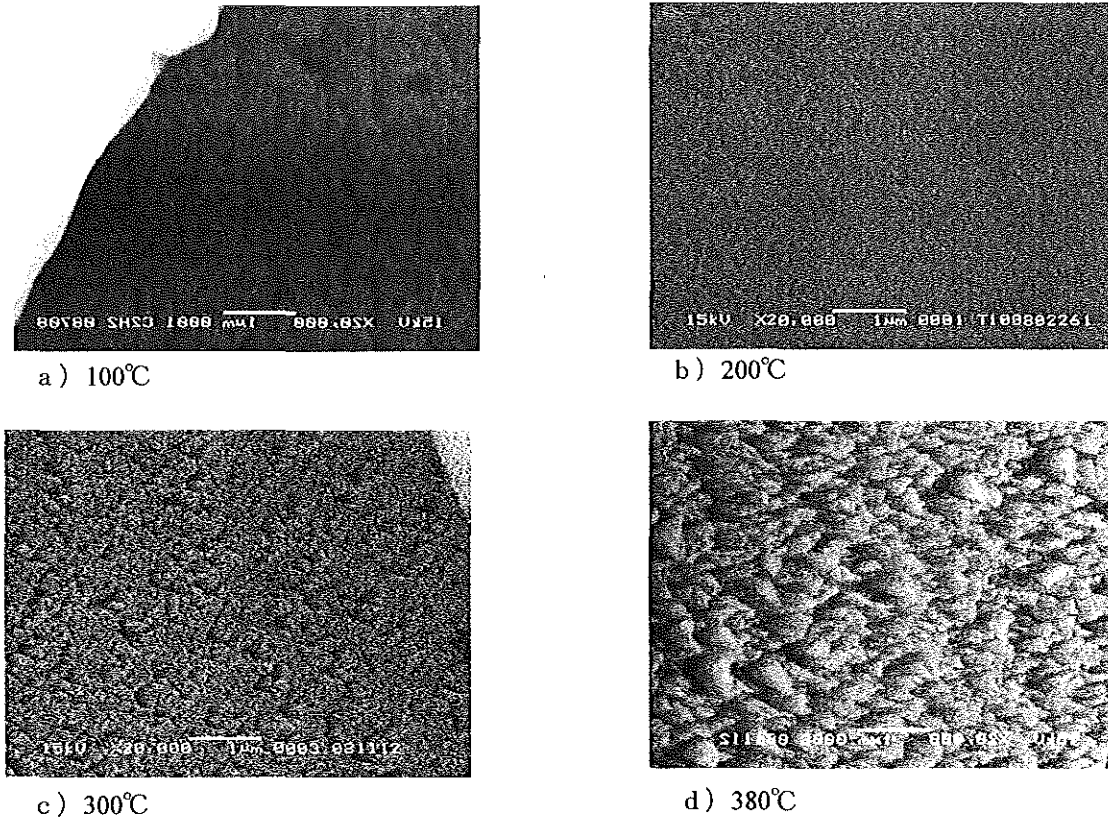


図8 入射角 80 度で基板温度を変化させて成膜した薄膜の SEM による表面観察

マグネトロンスパッタ法で成膜した二酸化チタン薄膜による薄膜型光触媒層を選択した。同図から、塗布型の光触媒層は、キセノンランプを 480min 間照射を行っても炭酸ガスが約 200ppm しか生成していない即ち未だ 400ppm のアセトアルデヒドが未反応状態であることがわかった。なお、200ppm の炭酸ガスを生成するための照射時間は塗布型では 458min である。一方スパッタ法による薄膜型光触媒層では、200ppm の炭酸ガスを約 60min の照射時間で生成し、塗布型の光触媒層よりも約 7 倍近い速い反応速度を示していることがわかる。

### 3 - 2 入射角の結晶性及び表面性状に及ぼす影響

図 6 及び図 7 は、入射角をそれぞれ 0 度及び 80 度とし、基板温度を変化させて成膜した薄膜の XRD パターンを示している。入射角を 0 度として成膜すると、200℃以上の基板温度で  $2\theta$  が  $25^\circ$ 、 $38^\circ$  及び  $48^\circ$  付近にそれぞれにアナターゼ構造の (101)、(112) 及び (200) 面が、基板面と平行に存在していることが

わかる。さらに基板温度の増加に伴い、(101) 面のピーク強度が増加しとりわけ 300 から 380℃の温度変化でこのピーク強度が急激に増加していることがわかる。入射角が 80 度の場合、300℃以上の基板温度でアナターゼ構造の (101) 面が基板面と平行に出現していることがわかる。

図 8 は、入射角を 80 度とし、基板温度を変化させて成膜した薄膜の SEM による表面観察を表す。200℃以下の基板温度では、微細な空隙の存在が見られること、300℃では、粒子どおしの合体・結合の動きが生じ始め部分的に大きな空隙部が生じ始めていること、さらに高い 380℃では、上述の動きがさらに進み、種々の大きさの粒子ズ及び空隙部が存在していることがわかる。なお、入射角を 0 度とし、基板温度を変化させて成膜した薄膜の SEM による表面観察では、温度変化に伴う表面性状に顕著な差異が見られなかった。

### 3 - 3 入射角の光触媒反応に及ぼす影響

図 9 及び図 10 は、入射角を 0 度及び 80 度とし、基板温度を変化させて成膜した薄膜の光触媒反応の挙動を示している。横軸

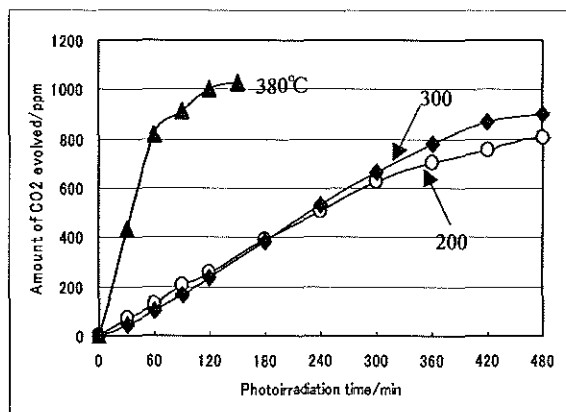


図9 入射角を0度とし基板温度を変化させて成膜した薄膜の光触媒反応

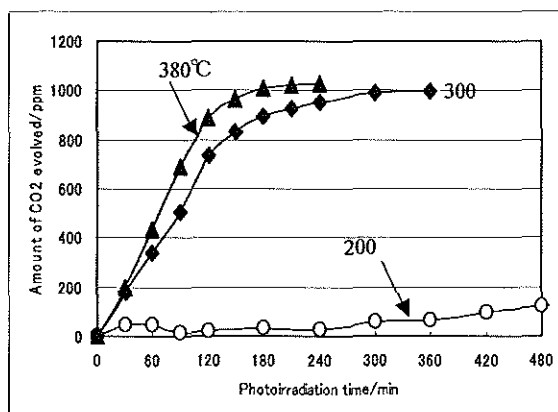


図10 入射角を80度とし基板温度を変化させて成膜した薄膜の光触媒反応

は、キセノンランプの照射時間、縦軸は炭酸ガスの濃度を表す。入射角が0度の場合を示した図9から、200と300℃の基板温度で成膜した薄膜の光触媒反応には顕著な差が見られないが、基板温度が380℃に増加すると炭酸ガスの生成が顕著に速くなり、200ppmの炭酸ガスを30min以下の照射時間で得ている。即ちスパッタ法よりも2倍以上、市販の塗布型光触媒層よりも10倍以上の速い反応速度であることがわかる。このことは3-2で述べたように、380℃の基板温度となると、急激に(101)面のピーク強度が増加することに起因するものと考えられる。一方、入射角が80度の場合を示した図10から、200℃の基板温度では、480minの照射時間でわずか150ppmしか生成していないこと、基板温度が300℃以上に高くなると、顕著に反応速度が速くなり、200ppmの炭酸ガスを30minの照射時間で得ている即ちスパッタ法よりも2倍近く、市販の塗布型光触媒層よりも10倍以上の速い反応速度であることがわかる。このことは、3-2で述べたように、80度の入射角では300℃以上の基板温度で(101)が基板面と平行に存在しているが、温度の低い200℃ではこの面に関わるピークが表れていないことに起因するものと考えている。

#### 4. 結論

酸素ガスを導入し、加熱源として電子ビームを用い、蒸発源に充填した二酸化チタン粒子を加熱して溶解・蒸発化を行い、斜め蒸着法を適

用して成膜したチタン酸化膜の結晶学的性質と光触媒性能との関係を検討した。その結果、次のことがわかった。

- 1) 入射角を0度とすると、200℃以上の基板温度で二酸化チタンのアナターゼ構造の(101),(112)及び(200)面が基板面と平行に存在すること、基板温度の増加に伴い(101)面のピークも増加しとりわけ300から380℃の温度変化でこのピーク強度が急激に増加していることがわかった。一方、入射角を80度とすると、300℃以上の基板温度でアナターゼ構造の(101)面が基板と平行に出現していることがわかった。
- 2) 入射角が0度では380℃の基板温度で、80度の入射角では300℃以上で成膜した二酸化チタン薄膜の光触媒性能は、市販の塗布型光触媒層と比較して、10倍以上速い反応速度であることがわかった。
- 3) 二酸化チタン薄膜のアナターゼ構造としての結晶学的な挙動が、光触媒反応特性に強い影響を与えていることがわかった。

#### 参考文献

- (1) K.Hashimoto, H.Irie and A.Fujishima, Jpn.J.Phys.44,pp.8269(1965)
- (2) D.E.Speliotis,G.Bate,J.Kals and J.R.Morrison, J.appl.phys.36,pp.972(1965)
- (3) 特開 2005-52705
- (4) 能智,生地,九州共立大学総合研究所紀要, 2, pp. 99 (2009)

## メタンイオンビーム蒸着による Si (100) 基板上ダイヤモンド薄膜成長に関する研究 II

生地文也

九州共立大学大学院工学研究科 機械電子システム工学専攻

A study of diamond film growth on Si (100) surface by a low-energy  $\text{CH}_4^+$  ion beam deposition technique

Fumiya Shoji

Using a low-energy ion beam deposition system, we have investigated how the clean Si (100)-2x1 surface is modified by the deposition process of energetic methane ions having an energy in the range of 80-100eV. Low energy ion scattering spectrometry (LEIS), low energy electron diffraction (LEED), scanning electron microscope (SEM), and atomic force microscope (AFM) techniques have been employed for analyzing the surfaces with or without ion depositions. It is found that the amorphous structure induced by the 4ML deposition of 40eV- $\text{CH}_4^+$  ion result in a c(2x2) structure when the surface is annealed at 650°C. SEM and AFM observations clearly show that carbon materials have grown up on the high temperature surface in the case of high deposition coverage.

**Keywords:** diamond thin film,  $\text{CH}_4^+$  ion beam deposition

### 1 はじめに

次世代の半導体基板として結晶学的にフラットな大面積のダイヤモンド単結晶薄膜層を成長させたハイブリッド型シリコンウエハが期待されている。このため、その実現を目指した研究が ECR プラズマ CVD 法に代表される様々な低圧合成法によって国内外で精力的に進められている[1,2]。しかし、未だ実用に耐え得る高品質なダイヤモンド層の付いたハイブリッド型シリコンウエハは実現していない。

本研究ではメタンイオンを Si(100)清浄表面上に衝突反応させて形成される新たな表面構造および物質を解析し、ダイヤモンドヘテロエピタキシャル成長を導く表面構造や供給メタンイオンに付与すべき条件などを調べることにした。

原子状あるいは分子状のイオンビーム蒸着ではイオンのエネルギーを数 eV から数百 eV の範囲に選ぶと、イオンの基板表面上でのマイグレーションや凝縮効果によって核形成が顕著になること、また、イオンが基板表面不純物原子の脱離を助長することなどが知られている[3]。しかし、Si (100)表面とメタンイオンビームの組み合わせにおいてダイヤモンド薄膜形成に及ぼすメタンイオンの運動エネルギーやポテンシャルエネルギーの影響について、規定された実験条件の下で、表面・界面の物理として、系統的に

研究した例は皆無である。このため、超高真空内でフラッシュアニール法によって用意したシリコン清浄表面上に低エネルギーメタンイオンを衝突させることにより新たに形成される表面と形成物質を解析することによって、これまで見逃されていたようなダイヤモンドヘテロエピタキシーに繋がる新たな知見が得られる可能性がある。また、メタンイオンが Si(100)表面原子と衝突反応することによって形成される新規の表面相がテンプレートとなってフラットなダイヤモンド薄膜の核形成が促進されるような現象が見つかるかもしれない。さらに、そのような現象がメタンイオンビーム/ Si(100)系で発見されれば、本研究は従来法とは異なる視点からのダイヤモンド薄膜形成・制御、また、新規のナノ物質創成技術に繋がると期待される。

本稿では、低エネルギーメタンイオン( $\text{CH}_4^+$ )を高精度に計測・制御して Si(100)および Si(111)清浄表面上に供給して得られる新たな表面を低速イオン散乱分光法(LEIS)と低速電子回折法(LEED)によって構造解析するとともに、原子間力顕微鏡(AFM)および走査電子顕微鏡(SEM)によって表面形態を調べた結果について述べる。

### 2. 実験装置および実験方法



本実験に使った装置の構成と性能については総研紀要[4]において詳細に述べている。したがって、ここでは本実験に関係する事項のみにについて述べることにする。

低エネルギーイオンビーム蒸着(LEIBD)ラインのイオン源において、純度 99.99%の高純度メタンガスを使ってイオン化し、このイオンをイオン源に印加した 1000Vの加速電圧によって引き出した。LEIBD ラインに設置している質量分離器を使ってメタンイオン種から一価の  $\text{CH}_4^+$ イオンのみ選別した後、このイオンを超高真空室中( $2 \times 10^{-7}$ Pa 以下)に設置している減速レンズ系を通して基板表面に蒸着した。このとき、基板表面に予め阻止電圧を印加して、 $\text{CH}_4^+$ イオンが最終的に所望の蒸着エネルギーとなるようにした。本実験における基板の形状とイオン蒸着領域を図 2.1 に示す。この基板表面上の蒸着領域は全ての実験において、ほぼ保たれるようにした。また、LEED および LEIS による“その場”表面構造解析においては、イオン蒸着した表面と蒸着しない表面の両方が試料マニピュレータの操作によって調べられるようにした。さらに基板表面に対する  $\text{CH}_4^+$ イオン蒸着の角度はマニピュレータの操作により任意に設定できるようになっている。

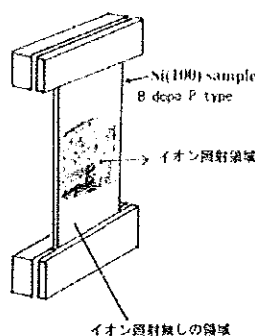


図 2.1 試料ホルダーに Si(100) ウェハ基板を取り付けた状態とイオン照射領域の模式図

基板バイアス電圧によって  $\text{CH}_4^+$ イオンのエネルギーは任意に設定できるが、これまで行われているカーボンイオン蒸着実験を踏まえ、本実験では 40~100eV の範囲とした。

基板として Si(100)および Si(111)ウェハを選び、その表面に  $\text{CH}_4^+$ イオン蒸着をおこなった。イオン蒸着に先立って、フラッシュ・アニール法

によって表面酸化層を除去し、清浄表面を用意した。また、高温基板表面へのイオン蒸着では、通電電流値によって決まる基板温度を表面温度とみなした。実際には、基板電流と基板温度との関係を予め調べておいた校正曲線を使って表面温度を決めた。

基板表面上における  $\text{CH}_4^+$ イオン蒸着量は、蒸着イオンが全て表面に付着するとして、基板に流れるイオン電流を電流積分器を使って計測し、決定した。

$\text{CH}_4^+$ イオン蒸着によって新たに表面に形成された物質の形態については、イオン蒸着終了後に基板を大気中に取り出して SEM および AFM を使って解析した。SEM 観察には日本電子製(JEOL JSM-6360LABL)を使った。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 $\text{CH}_4^+$ イオンを 1~4ML 蒸着した Si(100)表面

ここでは Si(100)清浄表面上に 1~4 ML に相当する  $\text{CH}_4^+$ イオンを蒸着した場合の表面構造変化を LEED および LEIS によって解析した結果について述べる。

図 3.1 はフラッシュ・アニール法によって表面清浄化をおこなった室温基板表面に 40eV のエネルギーの  $\text{CH}_4^+$ イオンを 4ML 蒸着したときの、蒸着直後、およびその表面を 650℃で 30 分アニールした時の LEED 観察の結果である。図の写真 A は Si(100)- $2 \times 1$  清浄表面を示している。このようにイオン蒸着後であっても図 2.1 の“イオン蒸着無し”の表面からは通常の清浄表面の  $(2 \times 1)$  構造が観察された。このことから、イオン蒸着中、イオン蒸着を受けない表面領域は清浄面を保っているとみなすことができる。写真 B は 4ML のイオン蒸着直後の LEED 像である。このように、イオン蒸着により清浄表面の  $2 \times 1$  の周期構造が完全に乱されてアモルファスパターン構造となった。このようなアモルファスパターンの LEED 像は蒸着イオン量を変えた場合でも常に得られた。そこで、このようなアモルファスパターン構造表面を基板温度 650℃で約 30 分間アニールし、その構造変化を観察した。その結果、写真 C に示すような鮮明なスポットパターンの LEED 像が得られた。この結果は、イオン蒸着によって乱れた表面が比較的低温の熱処理によって再配列し、特定の周期構造の表面に変わることを示している。この鮮明な

LEED 像は  $c(2 \times 2)$  構造である。この事実から、図 3.2 に示すモデルのように  $\text{Si}(1 \times 1)$  メッシュを基本格子にとると、点線で描いたような  $c(2 \times 2)$ -C メッシュに相当するような超格子構造がイオン蒸着後のアニール過程で新たに形成されたことが分かる。現実のイオン蒸着表面は、後節で述べるように、C 原子が存在することは明らかであることから、このモデルのような超格子がどのような原子配列構造からもたらされたか興味深い。

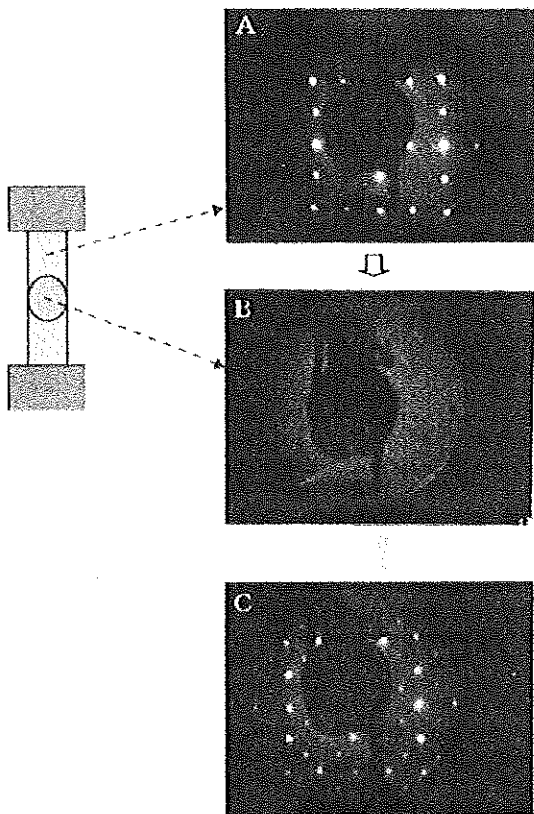


図 3.1  $\text{CH}_4^+$  イオン蒸着に伴う  $\text{Si}(100)$  表面構造変化の LEED 観察結果

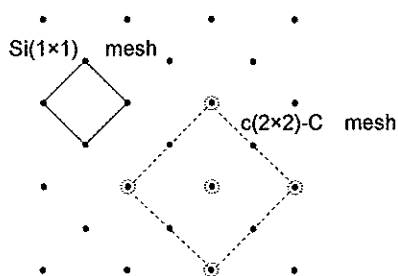


図 3.2 イオン蒸着後のアニールによって現れる LEED パターン(図 3.1 C)の構造モデル

図 3.3 は  $40\text{eV}$  の  $\text{CH}_4^+$  イオン蒸着をおこなった表面を LEIS 法で調べた結果である。LEIS 解析では  $150\text{eV}$  のエネルギーの  $\text{Li}^+$  イオンを用い、入射角を大きく(照射角は小さく)して表面層における原子配列における周期構造を反映させるモードと、入射角をゼロ(垂直照射)にして表面層の深さ方向の原子配列に関する情報を強く反映させる二通りのモードを使った。図 3.3 は入射角が大きい  $75^\circ$  入射(照射角  $\alpha = 25^\circ$ )において得られた散乱スペクトルである。この結果から、まず、イオン蒸着前の清浄表面からの散乱スペクトルに注目すると Si 原子からの鋭い散乱ピークのみが  $55\text{eV}$  付近に現れていることがわかる。次に、イオン蒸着直後の表面からの散乱スペクトル、およびその表面を  $600^\circ\text{C}$  で熱処理したときの表面からの散乱スペクトルを清浄表面からの散乱スペクトルと比較すると、Si ピーク強度に顕著な変化が認められることがわかる。まず、イオン蒸着直後の表面では Si 原子からの散乱ピークが著しく減少すると共に、 $10 \sim 30\text{eV}$  の散乱エネルギー領域に散乱によると思われる新たなふくらみがスペクトルに現れていることがはっきりとわかる。このことから、イオン蒸着に伴って表面最外層で周期構造をなして配列していた Si 原子がイオン蒸着原子によって見えなくなったか、あるいは表面 Si 原子の周期構造がイオン蒸着に伴うイオン衝撃によってみだされたことがわかるが、これは図 3.1 の B に示したイオン蒸着直後の LEED 像との比較からも明らかである。一方、この表面を基板温度  $600^\circ\text{C}$  で加熱した表面では Si 原子からの散乱スペクトル強度は加熱前に比べて回復している、しかし完全に元の清浄表面の Si ピーク強度にまで回復しない事実から、イオン蒸着に伴って、C 原子あるいは  $\text{C}_m\text{H}_n$  が表面に確実に存在していると考えられる。すなわち、最外層に C 原子がイオン蒸着によって存在しており、これらの C 原子が基板の熱処理に伴って再配列して Si 原子からの散乱スペクトル強度が回復したと思われる。C 原子から期待される散乱スペクトル強度がふくらみ程度になっている事実は、照射角が  $25^\circ$  で入射した  $150\text{eV}$  の Li プローブイオンの進入できる、いわゆるプロービング深さはせいぜい  $10\text{\AA}$  であり、それ以上の深さに存在する C 原子はスペクトルには現れないことを示しているものと考えられる。そこで、 $10\text{\AA}$  以上の深さに C 原子が存在することを明らかにするために、同じイオン蒸着表面に対し

て  $\text{Li}^+$ イオンの照射角  $\alpha=90^\circ$ 、すなわち真上からイオン照射をおこなって散乱スペクトルを取った。その結果を図 3.4 に示す。図にはイオン蒸着直後の表面、イオン蒸着後に基板を  $600^\circ\text{C}$  でアニールした表面、および基板をさらに約  $1200^\circ\text{C}$  でフラッシュ後  $600^\circ\text{C}$  でアニール処理した表面からの散乱スペクトルが示されている。このような場合、プローブの  $\text{Li}^+$ イオンが表面に垂直に入射しているために散乱スペクトルは表面下の深い所までの原子の配列および異種原子の挙動を反映すると考えることができる。このような観点から散乱スペクトルを見ると、蒸着直後の表面では Si 原子からのピークの急激な減少と共に低エネルギー側にブロードであるが、Si 原子からの散乱ピークよりも高いピークが低エネルギー側に新たに出現しているのがはっきりと認められる。このような散乱スペクトル変化は C 原子からの散乱に拠るものであると考えるのが妥当である。したがって、 $40\text{eV}$  の  $\text{CH}_4^+$ イオンは確かに蒸着表面の Si 原子との衝突に伴って Si(100) 表面に付着するとともに Si(100) の表面下にも進入しているといえる。さらに、 $600^\circ\text{C}$  で熱処理をした表面からのスペクトルに注目すると、Si 原子からの散乱ピーク強度は増すが、C 原子からと思われるピーク強度にはほとんど変化が認められないことが分かる。さらに、この結果はプローブイオンの照射角を小さくした場合のスペクトル(図 3.3)の傾向に良く似ていることが分かる。

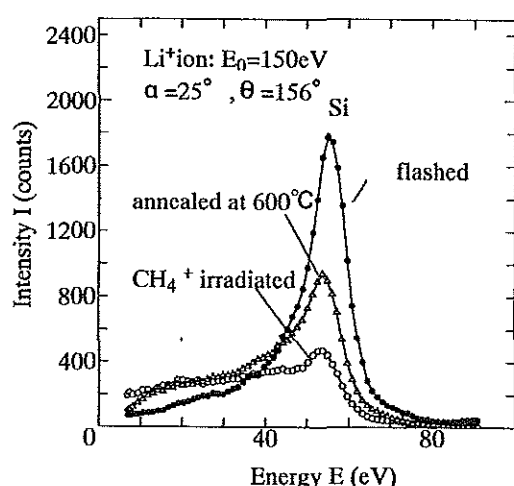


図 3.3  $40\text{eV}$  の  $\text{CH}_4^+$ メタンイオン蒸着を行った Si(100) 表面からの Li イオンの LEIS スペクトル。Li プローブイオンのエネルギーは  $150\text{eV}$ 、また照射角は

以上の LEED および LEIS による結果を総合すると、 $40\text{eV}$  程度の  $\text{CH}_4^+$ イオン蒸着では、蒸着によって Si(100) 表面構造は完全に乱れるが、それは  $\text{CH}_4^+$ イオンの運動エネルギーによる表面 Si 原子の変位によるものではなく、C 原子が  $\text{CH}_4^+$ イオンと表面との衝突反応によって表面層内に残ったことによる表面層の乱れに起因していると考えられる。このことから、イオン蒸着表面を  $650^\circ\text{C}$  で熱処理することによって出現した  $c(2\times 2)$  構造は C 原子が関与した新たな 2 次元相形成によるものであるといえる。

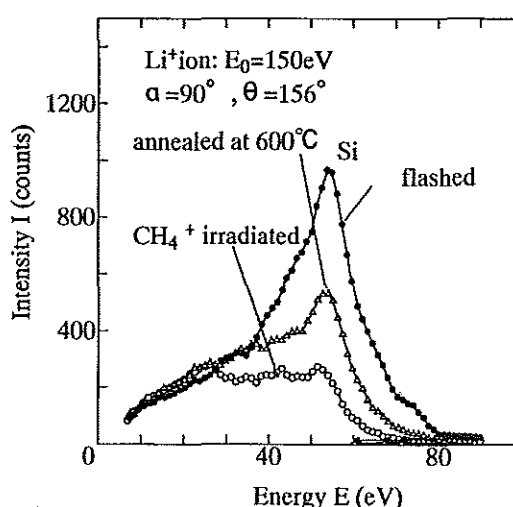


図 3.4  $40\text{eV}$  のメタンイオン蒸着 Si(100) 表面からの Li-LEIS スペクトル。Li プローブイオンのエネルギーは  $150\text{eV}$ 、また、照射角は  $90^\circ$ 。

図 3.5 は Si(100) 表面に C 原子が吸着して期待される表面原子配列モデルの一例である。図では C 原子が吸着してダイヤモンド結晶の(100)面(格子定数は  $3.567\text{\AA}$ )を構成し、しかもこのダイヤモンド面が Si(100)面(格子定数は  $5.482\text{\AA}$ )と平行になり、同時にダイヤモンド(100)の  $\langle 100 \rangle$  と Si(100)の  $\langle 100 \rangle$  を一致させた場合を示している。このモデルをヘテロエピタキシに重要な整合性(ミスフィット)の観点からみると、Si の基本格子の 2 倍とダイヤモンド格子の基本格子の 3 倍がほぼ一致し、そのミスフィットは  $2.372\%$  であることが分かる。このことから、イオン蒸着後のアニール過程で表面の C 原子が Si(100)面の Si 原子との相互作用によって  $(2\times 2)$  構造に再配列してモデルで示したような方位になったとすると、図 3.1 におけるアニール後の  $c(2\times 2)$  LEED パタ

ーンをもたらす可能性があるように思われる。したがって、少量のイオン蒸着後に 600℃程度でアニールをおこない、いったん $c(2 \times 2)$  LEED像を示す表面を作り、その後、基板温度を600℃程度に保ってイオン蒸着を続ければ、ヘテロエピタキシャルダイヤモンド薄膜の成長が期待できる。また、 $c(2 \times 2)$  表面相は厚いヘテロエピタキシャルダイヤモンド薄膜成長のためのテンプレートとなると期待される。

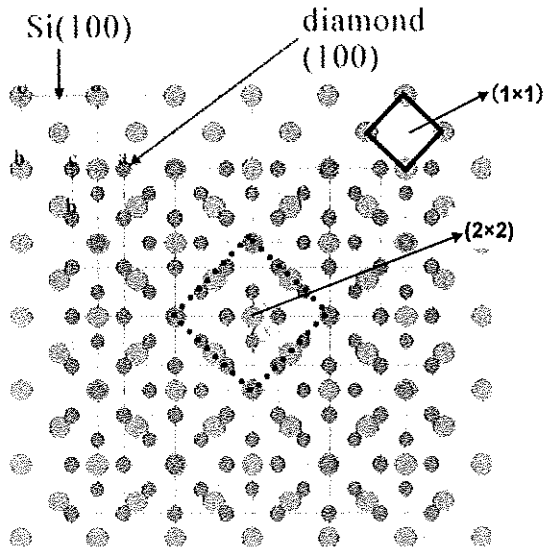


図 3.5 Si(100)上にダイヤモンド(100)がエピ成長する場合であってミスフィットが最も小さくなる両表面の方位関係。大きい丸がSi原子、小さい丸がC原子。実線の□がSi(100)-1x1、点線の□が $(2 \times 2)$

### 3.2 $\text{CH}_4^+$ イオンを14~18ML蒸着したSi表面

40eVの $\text{CH}_4^+$ イオンを~4ML蒸着してSi(100)上に $c(2 \times 2)$ 構造が現れること、およびその表面に確かにC原子が存在していることが分かったことを踏まえ、更にイオン蒸着量、および蒸着イオンエネルギーを変えて実験を行った。本節では、Si(100)- $2 \times 1$ およびSi(111)- $7 \times 7$ 清浄表面に10ML以上のイオン蒸着を行った場合について、走査電子顕微鏡および原子間力顕微鏡を使って表面観察した結果を述べるとともに考察する。

#### (1) 走査電子顕微鏡(SEM)による表面形態観察

図 3.6 に 700℃に保持したSi(100)- $2 \times 1$ 清浄表面に $\text{CH}_4^+$ イオンを100eVで18ML蒸着した場合の表面のSEM観察結果の典型を示す。図のA、B、Cの順に拡大率が大きく、それぞれ1000倍、3000倍、

および5500倍である。これを見ると、1000倍でみえる小さな黒い斑点は、倍率をあげてみるとはっきりとした矩形であることがわかる。さらに像を拡大した写真Cでは黒い矩形に対角線のような濃淡と黒い斑点が矩形の中心付近に認められる。さらに、矩形の一边に注目すると、どの矩形もその一边が一定の方向に揃っていることに気づく。

上で述べたようにSi(100)表面での結果は、メタンイオンのエネルギーが80eV~100eVの範囲にあり、また基板温度が700℃前後であれば、必ずSEMで観察される表面形態であった。ここで、SEM像で観察されるこのような矩形の形態の原因について考えてみたい。

図 3.6 のSEM像Cに見られる黒い矩形像の一边の方位が揃っていることに注目する。前節で述べたようにイオン蒸着によってダイヤモンド結晶核がSi(100)上で $c(2 \times 2)$ をテンプレートに形成されて成長すれば、その微結晶の形態は矩形となり、同時にその一边の方位はSi(100)の $\langle 110 \rangle$ に一致して揃うと考えられる。このことから、SEM観察で見られる矩形

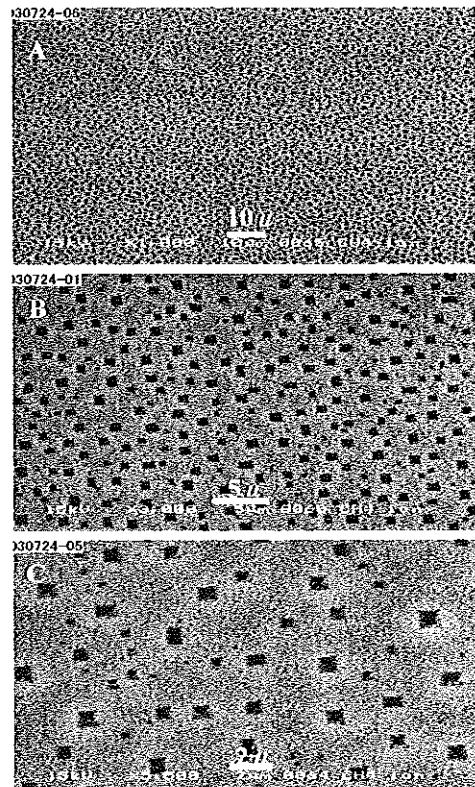


図 3.6 Si(100)上に $\text{CH}_4^+$ イオン照射(18ML)後のSEM像 A:  $\times 1000$ 、B:  $\times 3000$ 、C:  $\times 5500$

の形態は炭素(ダイヤモンド)の微結晶が成長したためと考えることができる。しかし、このような2次電子SEM像からだけでは、矩形のコントラストが薄い矩形のダイヤモンド微結晶によると断言することは難しい。そこで、SEMで可能な2次電子凹凸像観察を行い、表面に底面が矩形の3次元物質が形成されているかどうか調べることにした。

図3.7はイオン蒸着後の表面の同じ場所のSEM像とその凹凸像である。図の写真A,Bは、いずれも10000倍の像である。SEM像Aと凹凸像Bを比べると、SEM像で黒く見える所が凹凸像では白くなっているとみるることができる。また、凹凸像の白い所の右横に黒い所が必ずあることから、SEM像の黒い矩形が凹凸像の黒い部分と見ることもできる。したがって、これからだけでは、凹凸像の白い部分が凸に、また黒い部分が凹であってSEM像の矩形は成長した矩形の結晶、すなわちダイヤモンドの微結晶であると断定することは難しいといえる。何れにしても、この2次電子凹凸像からもSEM像における黒い矩形のコントラストがダイヤモンド微結晶によるものであると断言できないといえる。

以上のように高温基板上に比較的厚くイオン蒸着を行った表面のSEM観察において見られた矩形コントラストを現段階では、ダイヤモンド微結晶の成長

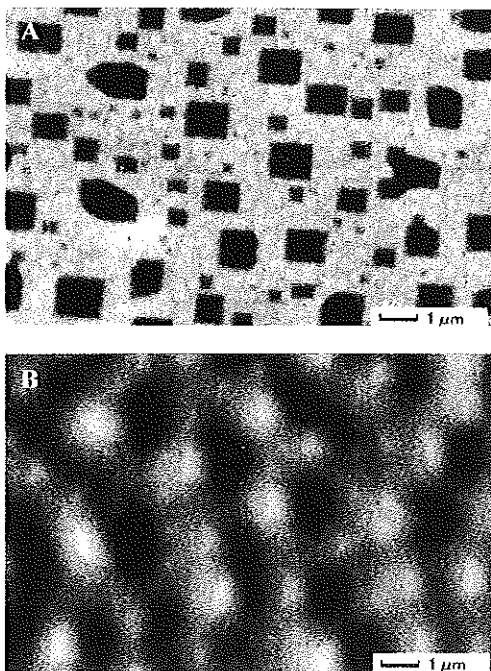


図 3.7 異なる観察モードによる同じ場所のSEM像、倍率はいずれも10000倍  
A : SEM像、B : 凹凸像

によるとはっきりということとはできない。

次に、イオン蒸着表面をSi(111)-7×7表面に変えてイオン蒸着をおこない、その表面の形態変化をSEMにより観察した。SEM観察結果の典型を図3.8に示す。図から明らかのように、一方向に揃った高密度の三角形状パターンと、多角形状パターンがイオン蒸着によって形成されることが分かる。さらに、拡大した写真Bからは、それぞれの形状パターンがより鮮明にみえる。Si(111)表面へのCH<sub>4</sub>イオン蒸着であることから、三角形状パターンはSi(111)面のSi原子配列構造を反映している可能性がある。C原子が表面に蒸着されていることは確かであり、Si(100)表面の場合の矩形パターンと同様、このような三角形状パターンの原因が気になるところである。

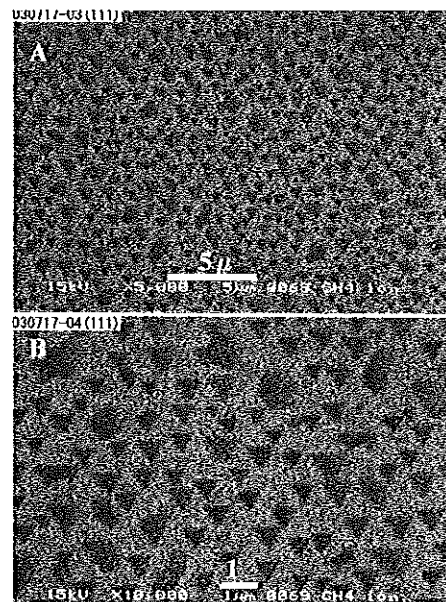


図 3.8 Si(111)表面にCH<sub>4</sub><sup>+</sup>イオンをイオン蒸着した場合の表面SEM像、A : 5000倍、B : 10000倍

## (2)原子間力顕微鏡(AFM)による表面形態観察

SEM観察から、CH<sub>4</sub>イオン蒸着を十分に行ったSi(100)およびSi(111)では、いずれも特有なパターンのコントラストが得られることを前節で述べた。さらに、そのようなコントラストの原因が表面に形成された3次元のC原子集合体によるものなのか、あるいは、CH<sub>4</sub>イオンによる表面エッチングによってできたコントラストなのか、SEM観察あるいは2次電子凹凸像から明瞭に判別することはできないことも述べた。そこで、ここではイオン蒸着面をAFMによって観察し、SEM観察におけるコントラストの原因について調べ

ることとした。観察には 700℃の Si(100)表面に 100eV のイオン蒸着を行なった試料を使った。まず、この試料のAFM像を図3.9に示す。この試料表面を真上から観察した AFM 像 (A) から、様々な形状の黒い部分が見られる。さらに表面全体にわたって 0.1 ~ 0.2  $\mu$ m 程度の白い斑点が分布しているのが分かる。また、白い斑点の形状を良く見ると、互いに合体して複雑な形状に変化しているものも見受けられる。一方、試料表面を斜め方向から観察した AFM 像 (B) を、真上からの像 (A) と比較して見ると、①: 像 (A) の黒い場所が像 (B) では明らかに窪んでいる。②: 像 (A) で白い小さな斑点が像 (B) では窪みを伴ったコントラストとしてはっきりと識別できる、などが分かる。

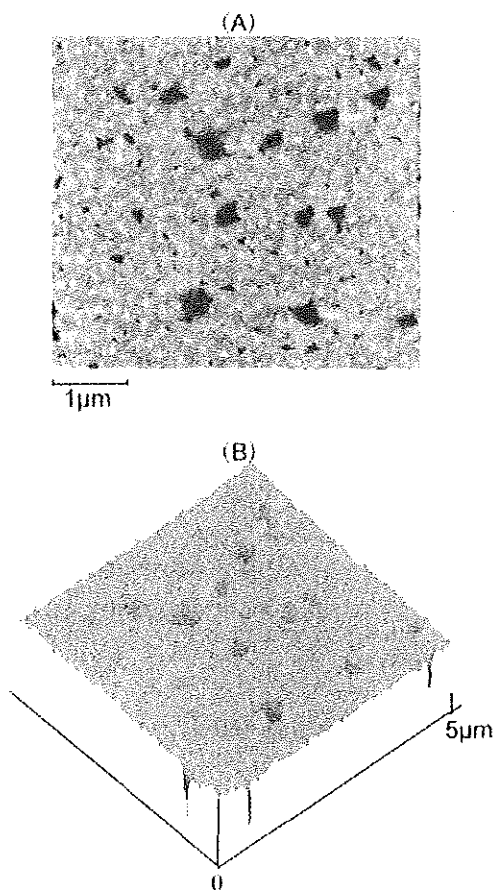


図 3.9 高温の Si(100)表面上にイオン蒸着を行なった表面の AFM 像。(A): 真上から見た像, (B): 斜め方向からみた立体像である。

一方、前節で述べた SEM 像との比較から AFM 像 (B) に見られる深く窪んでいるところが、SEM 像の黒い形状部に一致していると考えるのが妥当と思われる。このことから、おそらくイオン蒸着過程において Si 表面に C 膜が付着するが、同時に表面エッチングが

進行していると考えられる。このことから、SEM 観察において見られた Si(100)表面での矩形状コントラスト、また Si(111)表面での三角形状コントラストは何れも、イオン蒸着の伴って形成された表面エッチング痕の可能性があると見える。しかし、AFM 像 (A),(B) でははっきりと識別できる小さな白い部分については、明らかに表面上に新たに形成された 3 次元物質の形態を反映していると思われる。このことか

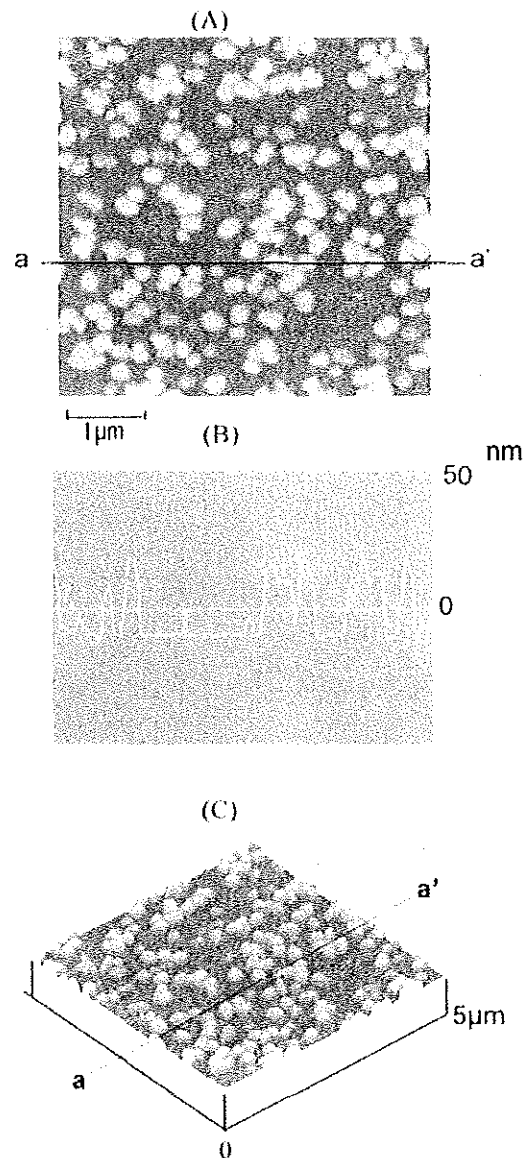


図 3.10 Si(100)上にイオン蒸着を行なった表面の AFM 像。(A): 真上からみた像, (B): 像 (A) の a-a' 断面における凹凸プロファイル, (C): 斜め方向からみた立体像。

ら、SEM 像(図 3.7 A)で凹凸の識別が困難であった白い斑点のところはイオン蒸着によって形成された 3 次元の C 原子集合体であると思われる。

図 3.10 は高温の Si(100)表面上にイオン蒸着量を

増やして作製した表面からの AFM 像である。先ず、像(A)から、エッチング痕はほとんど見られず、多数の白い明瞭な塊が見られる。次に、この白い塊について、像 (A)のa-a'線に沿って測定した凹凸プロファイルを示す(B)から白い塊は表面上に新たに形成された3次元物質によることが明らかである。このことは像(C)からも明らかである。

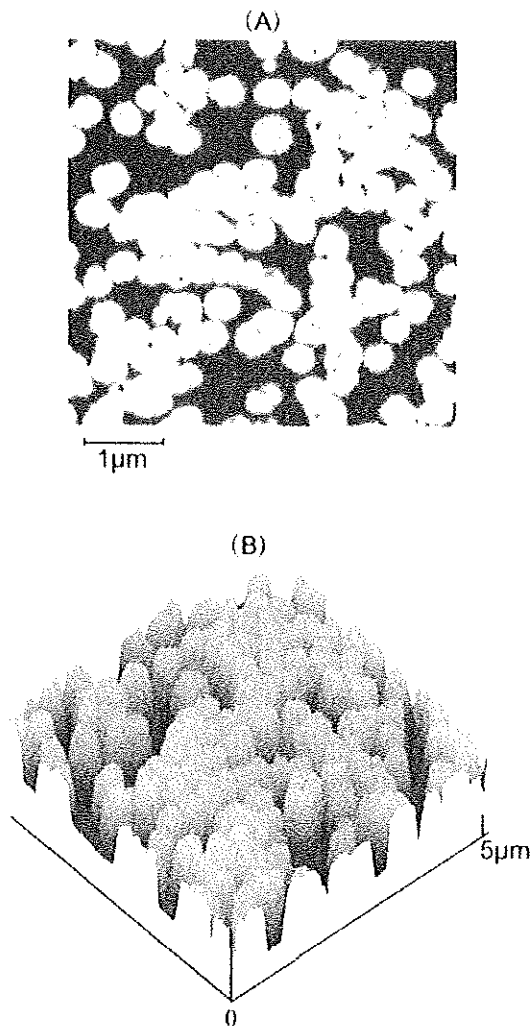


図 3.11 Si(100)上にイオン蒸着を行なった表面の AFM 像。真Aは平面図であり、写真Bは斜め方向からの立体像である。

図 3.11 は、さらにイオン蒸着量を増やして作製した高温 Si(100)表面の AFM 像である。これから、像(A)の大きく成長している白い塊の部分は像(B)の凸部に一致し、イオン蒸着によって表面上に形成された3次元物質であるといえる。

以上のべた AFM 観察結果から、高温 Si(100)表面にイオン蒸着によって新たな3次元物質が成長する

と結論できる。

#### 4. まとめ

Si(100)および Si(111)清浄表面に低エネルギーの  $\text{CH}_4^+$ イオン蒸着を初めて実施し、その表面を低速電子回折法および低エネルギーイオン散乱分光法を使って解析した。また、イオン蒸着表面の形態観察を走査電子顕微鏡および原子間力顕微鏡によって行なった。これらの結果は以下のようにまとめることができる。

1) Si(100)- $2\times 1$  の室温表面では、イオン蒸着量が 1ML を超えると LEED 像から  $(2\times 2)$  の回折スポットが完全に消える、しかし、このようなイオン蒸着表面は約  $650^\circ\text{C}$ -30 分間の加熱処理によって鮮明な  $c(2\times 2)$  構造となる。このような  $c(2\times 2)$  超格子構造はイオン蒸着された C 原子と表面 Si 原子との相互作用によって形成されたと考えられる。

2)  $\text{CH}_4^+$ イオンを十分に蒸着 (14ML~18ML) した表面では、イオンと Si 表面との衝突反応の結果として、Si(100)表面では矩形パターンがまた、Si(111)では三角形のエッチング痕が現れる。しかし、同時にイオン蒸着も進行して特長的な3次元物質の成長が AFM 観察より確認できる。これはイオン蒸着により成長した3次元炭素物質である可能性が高い。

イオン蒸着初期に見つかった  $c(2\times 2)$  超格子構造はヘテロエピタキシャルダイヤモンド薄膜成長におけるテンプレートになると期待されることから、更なる研究が望まれる。

謝辞 原子間力顕微鏡 (AFM) による観察に関し、NTT 物性科学基礎研究所 住友弘二博士に多大のご援助を受けたことに感謝いたします。

#### 参考文献

- [1]. A.K.Dua, *Diamond Thin Films*, ( ttp Trans Tech Publications LTD, Switerland, 2004 )
- [2]. K.Kobashi, *Diamond Films*, (Elsevier, Amsterdam, 2005 )
- [3]. A.R.Gonzalez-Elope, F.Yuhero, and J.M.Sanz, *Low Energy Ion Assisted Film Growth*, (Imperial College Press, 2003)
- [4]. 生地文也,九州共立大学総合研究所紀要,第2号 (2009)99.



# 温室効果ガス排出量の算定方法の現状とその利用法

宇野 美津夫

九州共立大学大学院工学研究科機械生産システム工学専攻

The Present State of the Estimation Method of Greenhouse Gases Emission and Its Application

Mitsuo Uno

## Abstract

In regard to the prevention of global warming, the realization of a sustainable low carbon society is necessary. To maintain human life, industry and economic activity, the accurate presumption and quantitative examination of greenhouse gases will surely become necessary in the near future. This paper presents the guideline of the estimation method of greenhouse gases emission in the present Japanese context. And, in order to facilitate an easy understanding of the estimation procedure of greenhouse gases emission, a presumption of carbon dioxide emissions using a familiar example has been used.

**Keywords:** global warming, greenhouse gases emission, estimation method, guideline, low carbon society

## 1. まえがき

人類は18世紀以降、図1に示すようにエネルギー利用のために多くの化石燃料を消費し、社会生活および産業・経済活動を行ってきた。それによって、人類出現以来、少しのエネルギー消費を維持してきた状況は一変、それからのエネルギー使用量は急増し、二酸化炭素などの温室効果ガスの排出により、地球の自然環境に影響を及ぼす事態になってきた。このことは、将来の地球環境と人類の存続を脅かす要因となり、今後、人間生活や社会活動を維持して行くには、温室効果ガス排

出に対する対策が必要となってきた。そこで、近年、二酸化炭素排出量を抑えるために、カーボン・ニュートラルの考え方やカーボン・オフセット活動が提案され、ライフスタイルの転換なども含め、持続可能社会を目指した低炭素社会づくりが提唱されている。

これまで、筆者は地球温暖化防止に大きな影響を及ぼすエネルギー発生に関連して、リニューアブルエネルギー（自然エネルギー）の有効活用を目指し、図2に示す未利用水力エネルギーを使ったマイクロ水力発電の提案<sup>(1)</sup>および開発<sup>(2)</sup>を行っ

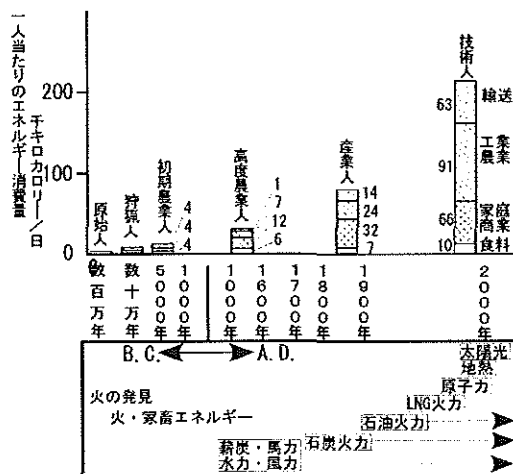


図1 人類とエネルギー消費  
(※総合研究開発機構の資料を利用)

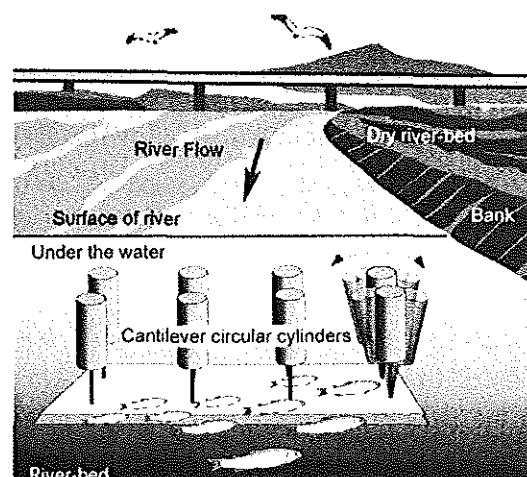


図2 川の流れを利用した発電



表1 地球温暖化防止に関する世界の動向

| 年代(西暦) | 会議及び内容                                                                                              |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1972年  | 国連で初めて環境問題を取り上げた国連人間環境会議がストックホルムで開催され地球温暖化問題を分析する枠組みの整備が始まった。                                       |
| 1990年  | 第2回世界気候会議、国連総会において、137カ国で気候変動枠組条約(United Nations Framework Convention on Climate Change)を作ることが決まった。 |
| 1995年  | 第1回締結国際会議(Conference of Parties/COP1)において1997年COP3で取りまとめることを決定した。                                   |
| 1997年  | COP3において具体的数値目標(いわゆる京都議定書)として2012年までにEU8%、アメリカ7%、日本6%など平均で5.2%の削減(1990年比)を決めた。                      |
| 1998年  | COP4で柔軟化措置(排出権取引や共同実施)について結論得られなかった。                                                                |
| 1999年  | COP5で排出権取引の規定づくりの交渉継続を決めた。                                                                          |
| 2000年  | COP5で温室効果ガス削減具体策合意できず、2002年の京都議定書発効が困難になった。                                                         |
| 2001年  | COP7で京都議定書の主要な点について包括的合意が成立し、2002年発効に向けた批准作業進む。                                                     |
| 2004年  | COP10に地球温暖化の悪影響への対応、情報交換に関する議論が始まった。                                                                |
| 2007年  | COP11には2013年以降の枠組みを作ることを決めた。                                                                        |

てきた。その過程で地球温暖化防止に対する市民への啓蒙活動、市民フォーラム「水の力で地球温暖化を防ごう」を全国各地で開催してきた。しかし、これらの地球温暖化防止活動の意義を、より効果的に訴えるには、社会生活および産業・経済活動で排出される二酸化炭素などの温室効果ガスの量を正確に予測し、活動の効果を定量的に示すことが必要である。

本報告では、環境省地球環境局によって示された日本における標準的な温室効果ガスの排出量算定方法ガイドラインの要約を示し、示されたガイドラインの主旨と算定方法を理解し易くするため、その例として、家庭における二酸化炭素排出量、エコカー乗り換えによる二酸化炭素削減量の推定を試みた。また、二酸化炭素排出量算定の際に利用される排出係数や算定方法の今後についても検討を加えた。

## 2. 地球温暖化防止に関する主な動き

### 2.1 世界的な動向

日本の温室ガス排出量算定の現状を述べる前に、まず、地球温暖化防止に関する世界の動向を表1にまとめた。

### 2.2 温室効果ガス排出量算定に関する日本の施策

世界的な動向の中で日本の動きについて以下にまとめた。1997年COP3で採択された京都議定書の排出量削減に関する数値目標を受けて、「地球温暖化対策の推進に関する法律」が1998年10月に制定され<sup>(3)</sup>、国及び地方自治体は温暖化対策の実施状況として総排出量を公表するこ

とになった。また、温室効果ガスの排出量算定方法に関連して、「地球温暖化対策の推進に関する法律施行令」が1999年4月に定められ<sup>(4)</sup>、温室効果ガスが排出される活動の区分ごとに排出量の算定方法が規定された。なお、排出量の実態のみならず実行計画に関するものも含み、使用される排出係数は実態を踏まえ、毎年、見直しが行なわれ、2003年に環境省地球環境局によって温室効果ガス排出量の標準的な算定方法ガイドラインが示された<sup>(5)</sup>。また、2005年に改正された地球温暖化対策の推進に関する法律に基づき、内容について精査を行い、2009年には算定方法に法律改定に基づき、報告方法・公表制度を加えた排出量の算定方法「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(Ver. 2.4)」が環境省、経済産業省によって示された<sup>(6)</sup>。なお、2003年のガイドラインと2009年マニュアルでは、排出係数に炭素と二酸化炭素の原子、分子量考慮の取り扱い方が異なっている。

一方、イギリスを始めとした欧州、米国では、排出量に見合った温室効果ガスの削減活動に投資すること等により、排出される温室効果ガスを埋め合わせするという考え方、いわゆる「カーボン・オフセット」の取り組みが拡がり、環境省では2007年から2008年にかけて「我が国におけるカーボン・オフセットのあり方について(指針)」をまとめた<sup>(7)</sup>。

## 3. 日本における温室効果ガス排出量算定方法ガイドラインの概要

日本としては排出量削減を効率的に進めていくために正確な排出量を算定し、その成果を把

握・評価することが必要であり、内容の信頼性を高めるためにその情報開示も必要な条件である。これまで、地方公共団体は温室効果ガスの算定が義務付けられ、民間では努力義務であることから標準的な算定方法は示されていない状況であった。そこで、2003年7月に環境省地球環境局によって温室効果ガス排出量の標準的な算定方法ガイドライン（試案 Ver.1.6）が示された<sup>(5)</sup>。本報告では、算定方法に着目し、このガイドラインに沿って概要を以下にまとめた。

算定対象の温室効果ガスとして二酸化炭素( $CO_2$ )、メタン( $CH_4$ )に加え、自動車の排ガスやナイロン製造などの副産物の一酸化二窒素( $N_2O$ )、冷蔵庫などの冷媒のハイドロフルオロカーボン(HFC)、パーフルオロカーボン(PFC)、変圧器の絶縁や半導体のエッチングに利用される六フッ化硫黄( $SF_6$ )の6つのガスが定められ、ガスごとに二酸化炭素量に換算するための地球温暖化係数が表2のように規定されている。

排出量の算定については、法人単位を基本とし、グループ企業については子会社も含めて排出量を算定することが望ましいとされている。子会社および関連会社の範囲は、連結財務諸表原則による。また、海外事業所等に関しては、国内分と海外分を区分して温室効果ガスを算定することが必要とされている。

温室効果ガス排出に関する事業者の活動は、製造業、運輸業、サービス業など事業者による多様性を含み、その範囲を明確に定義しておかなければならず、その分類として、以下のように分けられている。

表2 地球温暖化係数<sup>(5)</sup>

| 温室効果ガス(Greenhouse gases) | 地球温暖化係 $C_{gw}$ |
|--------------------------|-----------------|
| 二酸化炭素( $CO_2$ )          | 1               |
| メタン( $CH_4$ )            | 21              |
| 一酸化二窒素( $N_2O$ )         | 310             |
| ハイドロフルオロカーボン(HFC)        | 140~11,700      |
| パーフルオロカーボン(PFC)          | 6,500~9,200     |
| 六フッ化硫黄( $SF_6$ )         | 23,900          |

#### (1) 直接排出

工場等における化石燃料の燃焼による排出、生産プロセスにおける排出、自動車からの排出等（電力、熱、蒸気の生産、生産プロセス、原

材料・製品・従業員の輸送）

#### (2) 電気・熱の使用による間接排出

他者から供給された電気・熱を使用したとき

#### (3) その他の間接排出

廃棄物の焼却や埋め立て処分、従業員の通勤や出張、販売した機器で電気や燃料使用に伴う排出、製品の廃棄によって消費者側で発生する排出

算定方法は、算定対象期間の設定、算定対象活動の特定、算定対象組織の特定、活動種類ごとの排出量の把握、 $CO_2$ への換算の手順で行われる。

#### (1) 算定対象期間の設定

原則として年度単位（4月から翌年3月まで）、京都議定書では暦年（1月から12月まで）、両方の算定ができることが望ましい。

#### (2) 算定対象活動の特定

算定範囲区分ごとの直接排出、間接排出、その他の間接排出のリストアップ（燃料消費活動、製品生産活動、輸送活動、電力購入、廃棄、処分など）。

#### (3) 算定対象組織の特定

組織に含まれるサイト（工場、事業所、営業所など）のリストアップ。

#### (4) 活動種類ごとの排出量の把握

活動量に排出係数を乗じたもので温室効果ガス排出量を評価する。このとき排出係数は実測により求めることが望ましく、実測が困難な場合には、平均的な排出係数を用いる。

### 3.1 排出量算定方法

実測による排出量算定方法は、以下のとおりである。

#### (1) 活動量

活動量の大きさを表す数量で、エネルギー（燃料、電気、熱）の使用量、自動車走行距離、焼却量・廃棄量、原料使用量、製品生産量、家畜飼養数など

#### (2) 排出係数 $C_e$

排出係数は、単位当たりに排出される各種温室効果ガス量を示す値で、事業者の実測に基づいて設定することで正確に把握することが可能となる。ただし、実測の場合はその結果資料を保管しておく必要がある。以下にその排出係数の決定方法を示す。

##### ・燃料燃焼に伴う $CO_2$ の排出係数

燃料中に含まれる炭素すべて酸化され、 $CO_2$ として排出されるものとして、燃料中の単位重

量当たりの炭素含有量  $C_{cont}(kg-CO_2/kg)$  の測定から排出係数  $C_{e-fCO}(kg-CO_2/MJ)$  を求めることができる。

$$C_{e-fCO} = \frac{C_{cont}(AW/MW)}{H}$$

ここで、 $AW$  は炭素原子量(=44),  $MW$  は二酸化炭素の分子量(=12),  $H$  は単位重量当たりの発熱量( $MJ/kg$ )である。

・燃料燃焼に伴う  $CH_4$ ,  $N_2O$  の排出係数

これらのガスは、燃焼方式や燃焼管理装置により排出量が異なるため、排気ガスをサンプリングし、濃度  $\rho_{ex}(kg-CH_4 \text{ or } kg-N_2O / Nm^3)$  を測定し、大気中の濃度  $\rho_{atm}(kg-CH_4 \text{ or } kg-N_2O / Nm^3)$  を差し引き、排気量  $D(Nm^3)$ 、燃料使用量  $W(kg)$ 、単位発熱量  $CV(MJ/kg)$  から、炉の排出係数  $C_{e-fCH}(kg-CH_4 / MJ)$ ,  $C_{e-fNO}(kg-N_2O / MJ)$  を求める。

$$C_{e-f-CH} = \frac{(\rho_{ex-CH} - \rho_{atm-CH}) \cdot D}{W} \cdot CV$$

$$C_{e-f-NO} = \frac{(\rho_{ex-NO} - \rho_{atm-NO}) \cdot D}{W} \cdot CV$$

また、走行距離  $L(km)$  から自動車の排出係数  $C_{e-a-CH}(kg-CH_4 / MJ)$ ,  $C_{e-a-NO}(kg-N_2O / MJ)$  は、

$$C_{e-a-CH} = \frac{(\rho_{ex-CH} - \rho_{atm-CH}) \cdot D}{W} \cdot L$$

$$C_{e-a-NO} = \frac{(\rho_{ex-NO} - \rho_{atm-NO}) \cdot D}{W} \cdot L$$

で求める

・供給された電気の排出係数

各電気事業者によって、発電システムの構成が異なることから、提供された排出係数を把握する。排出係数の提供を受けられない場合には、全電源平均値  $0.378(kg-CO_2/kWh)$  を用いる。

・熱供給事業者から供給された熱の排出係数

事業者から提供された排出係数を用いるが、提供を受けられない場合は  $0.067(kg-CO_2/MJ)$  を用いる。

(3)  $CO_2$  等量への換算

算定した活動ごとの温室効果ガスをガス種類ごとに積算すると、ガスごとに地球温暖化に及ぼす影響の度合いがことなるため、ガスごとの排出量の総和を  $CO_2$  等量に換算して求める。

温室効果ガス総排出量 =  $\Sigma$  (各温室効果ガス排

出量  $\times$  地球温暖化係数  $C_{gw}$ )

地球温暖化係数は国際的に認められた数値が使用される。

(4) その他の事項

・不確実性の把握

温室効果ガスの算定値と実排出量の差のことで、排出係数の基準値、推計による活動量データ、測定機器の誤差、人為的ミスなどが考えられる。不確実性の大きさを把握し、説明できるように準備しておく。

・排出量の経年変化比較

排出量の変化量と変化の要因を正確に把握することが必要

4. 具体的な  $CO_2$  排出量算定例

地球温暖化への警告が世界的に叫ばれ、鳩山新政権は2020年までに1990年比で25%の $CO_2$ 削減量の目標とする提案を国連の演説で表明し、一方、オバマ大統領は経済復興を環境技術でとグリーンニューディール政策を唱え、世界的な低炭素社会構築の気運が高まりつつある。しかし、大幅な温室効果ガスの削減は、国策による産業界の努力のみでは限界があり、個人や家庭の協力が不可欠である。しかしながら、我われ一人一人がどの程度の $CO_2$ を排出し、社会生活を営んでいるか？実感として得られないのが現実で、国からの協力要請に対し、何を協力すればよいか分からない要因かもしれない。そこで、環境省地球環境局によって示された温室効果ガス排出量の算定方法に従って、個人の $CO_2$ 排出量を大まかに予測してみた。 $CO_2$ の排出量を実感することは環境意識を高めるために有効で、複雑な排出量の算定方法手順を具体的に理解する上でも有効である。そこで、微生物管理機構のHP上に記載の方法<sup>(8)</sup>を参考に、北九州地域の家庭の $CO_2$ 排出量を予測してみた。以下にその試算結果を示す。

4.1 家庭から排出される $CO_2$ 量の見積もり<sup>(8)</sup>

4.1.1 設定条件と算定対象活動

設定条件は、夫婦と子供2人、一戸建ての住宅に居住、父親は自宅から20kmの会社に自家用車(1500cc)で通勤、母親は自宅から5kmのパートの仕事場に自家用車(660cc)で通勤、2人の子供たちは、自宅近くの学校に徒歩で通学している。家庭の対象活動の特定し、 $CO_2$ 排出の要因となる活動量の推定結果を以下に示す。

(1) 通勤や出張(対象活動の特定)

・父親の通勤

燃料消費率 12.5 km/l

年間走行距離  $40\text{km} \times 20\text{day} \times 12\text{month} = 9,600\text{ km}$

ガソリン消費量  $9,600\text{ km} / 12.5\text{ km/l} = 768\text{ l}$

・母親の通勤

燃料消費率 24 km/l

年間走行距離  $10\text{km} \times 20\text{day} \times 12\text{month} = 2,400\text{ km}$

ガソリン消費量  $2,400\text{ km} / 24\text{ km/l} = 100\text{ l}$

・父親の年4回の東京出張（飛行機利用）

自宅－空港までの距離 40 km（自家用車利用）

ガソリン消費量  $80\text{km} \times 4\text{times} / 12.5\text{km/l} = 25.6\text{ l}$

飛行距離（北九州－羽田）534 mile → 859 km

旅客機の燃費 184 m/l

ジェット機燃料  $4,668\text{ l} \times 8\text{ times} = 37,344\text{ l}$

一人当たりの燃料  $18,572\text{ l} / 150\text{ persons} = 249\text{ l}$

空港－出張先までの距離 25 km（電車利用）

鉄道での移動距離  $50\text{ km} \times 4\text{ times} = 200\text{ km}$

(2) 自宅でのエネルギー使用

灯油の使用量 200 l/year

都市ガスの使用量 300 m<sup>3</sup>/year

電気の使用量 4,000 kWh/year

(3) 廃棄物

家庭ゴミは多種にわたり、一般には、焼却されるゴミのバイオマス起源ゴミ（生ゴミ、紙、布、木、竹など）、可燃ゴミ（プラスチック、化学繊維など）と、地域によってはリサイクルされる資源ゴミ（ビンカン、プラスチックなど）からなっている。したがって、これらに属する各種ゴミの分類によって、その排出係数が変わり、地方自治体の焼却施設の性能も大きく影響を及ぼし、正確な値が把握できないのが現状であるが、ここでは概算をしてみる。

地域の家庭ゴミ量の年間データ（各地方自治体データや全国地球温暖化防止活動推進セン

ター資料）から

1日当たりの家庭ゴミ量 0.520 kg /parson

家庭からの年間家庭ゴミ

$0.520\text{kg} / \text{parson} \times 365\text{day} \times 4\text{parsons} = 759.2\text{ kg}$

年間びん缶ゴミ量

$10\text{kg} / \text{year} \times 4\text{parsons} = 40\text{kg}$

年間プラスチックゴミ量

$12\text{ kg} / \text{year} \times 4\text{ parsons} = 48\text{ kg}$

4.1.2 CO<sub>2</sub>の排出量計算

家庭の対象活動の項目に沿って、計算に用いるCO<sub>2</sub>の排出係数を各種データから調査した<sup>7)</sup>。その結果を表3に示す。その排出係数の数値を用い計算したそれぞれの活動量に対する二酸化炭素排出量を表4に示す。

4.2 CO<sub>2</sub>削減からみた自動車を取り巻く環境政策の効果

昨年起こったサブプライムローンによる日本社会及び産業界に対する影響は、現在も続き、産業界の復活を目指し、アメリカのグリーンニューディール政策と同様に地球温暖化防止を産業復興の旗頭として、太陽光発電装置の取り付けやエコカー乗り換えに対する優遇政策を設け、消費拡大を行っている。しかし、この取り組みが温室効果ガス削減にどれほど貢献するかは、具体的な数値が示されているわけではなく、消費者への説明責任を考えれば、温室効果ガス算定方法に沿ってトータルの効果を明示することが必要である。また、トヨタ自動車は、石炭火力発電した電気を使ったEVのトータルのCO<sub>2</sub>排出がガソリン車より多いことを例に挙げ、車だけでなくエネルギー製造時を含めたトータルでCO<sub>2</sub>削減する仕組み。トヨタ自動車のCO<sub>2</sub>排出がガソリン車より多いことを例に挙げ、車だけでなくエネルギー製造時を含めたトータルでCO<sub>2</sub>削減する仕組み

表3 各種排出係数

| 項目       | 排出係数 C <sub>e</sub>                 |
|----------|-------------------------------------|
| 灯油       | 2.51 kg-CO <sub>2</sub> /l          |
| ガソリン     | 2.31 kg-CO <sub>2</sub> /l          |
| ジェット燃料   | 2.40 kg-CO <sub>2</sub> /l          |
| 鉄道車両     | 0.019 kg-CO <sub>2</sub> /km person |
| 都市ガス     | 2.15 kg-CO <sub>2</sub> /l          |
| 電気       | 0.357 kg-CO <sub>2</sub> /kWh       |
| プラスチックゴミ | 2.68 kg-CO <sub>2</sub> /kg         |
| 家庭ゴミ     | 0.84 kg-CO <sub>2</sub> /kg         |

表4 各種項目ごとのCO<sub>2</sub>排出量

| エネルギー源など | 年間使用量              | 二酸化炭素排出量                   |
|----------|--------------------|----------------------------|
| 灯油       | 200 l              | 502 kg-CO <sub>2</sub>     |
| ガソリン     | 893.6 l            | 2,064 kg-CO <sub>2</sub>   |
| ジェット燃料   | 249 l              | 598 kg-CO <sub>2</sub>     |
| 鉄道       | 200 km             | 3.8 kg-CO <sub>2</sub>     |
| 都市ガス     | 300 m <sup>3</sup> | 645 kg-CO <sub>2</sub>     |
| 電気       | 4,000 kWh          | 1428 kg-CO <sub>2</sub>    |
| プラスチックゴミ | 48 kg              | 128.6 kg-CO <sub>2</sub>   |
| 家庭ゴミ     | 759.2 kg           | 637.7 kg-CO <sub>2</sub>   |
| 合計       |                    | 6,007.1 kg-CO <sub>2</sub> |

が必要と述べている<sup>(9)</sup>。以上のような状況から、ガソリン車のエコカー乗り換えについて二酸化炭素排出量の推定を試みた。

現在、排気量 1500 cc のガソリン車を所持し、それをハイブリッド車やEV車に買い替える場合を考えてみる。ガソリン車の年間走行距離を 10,000 km 及びガソリン車の燃費を 15 km/l、ガソリンの燃焼時における CO<sub>2</sub> 排出係数をガイドラインから 2.32 kg-CO<sub>2</sub>/l とすれば、ガソリン車の年間の CO<sub>2</sub> 排出量は、  
 $10,000\text{km} / (15\text{km/l} \times 2.32\text{ kg-CO}_2/\text{l}) = 1,533\text{ kg-CO}_2$   
自動車工業会のデータによれば、ハイブリッド車の CO<sub>2</sub> 排出量は、ガソリン車の 35% 減、EV 車は 70% 減で、ハイブリッド車では、年間 541 kg-CO<sub>2</sub> 減、EV 車では、1,073 kg-CO<sub>2</sub> 減となる。

ただし、車を買替えた場合、ガソリン車の廃車に伴うリサイクルによる CO<sub>2</sub> 排出量は、製鉄会社のデータより、鉄（廃棄）の粗鋼生産量とエネルギー使用量から求めた排出係数 2.88 kg-CO<sub>2</sub>/kg を利用し、車体重量を 1,200kg として推定すると 3,456kg-CO<sub>2</sub>、日本自動車工業会資料<sup>(10)</sup>から、一般的なガソリン車の製造時に排出される CO<sub>2</sub> は約 3,350kg-CO<sub>2</sub> で、ハイブリッド車製造時の CO<sub>2</sub> 排出量は、約 20% 増と言われ、約 4,000kg-CO<sub>2</sub> と推定される。したがって、ハイブリッド車への乗り換えた場合、廃車時と製造時の合計で推定される CO<sub>2</sub> 排出量は、7,456kg-CO<sub>2</sub> となる。EV 車も同等と考えれば、エコカー走行時の年間の CO<sub>2</sub> 排出量削減から推定すると、ハイブリッド車で約 13 年間、EV 車では約 7 年間でオフセット状況となる。

ただし、エコカーに利用されるレアメタルを用いたリチウムイオン電池製造時の CO<sub>2</sub> 排出量の報告は確認できなかったこと、現状のバッテリー寿命が短いことを考えれば、さらにエコカーを長く乗りつづける必要がある。このことから、将来に向けた効果は大きいものの、エコカー乗り換えによる CO<sub>2</sub> 排出量削減効果は早急に望めず、経済効果が先行すると考えられる。

## 5. あとがき

本報告では、温室効果ガス排出量の算定方法の現状とその利用法について、地球温暖化防止に関する世界の動向と日本の対応について述べ、温室効果ガスの算出方法の概要をまとめた。また、この手順を理解し易いように、2 つの例を示し、現

在、行われている方法について説明した。

以上のことから、温室効果ガスの排出量算定法は、燃料、電気、熱の使用量、自動車走行距離、焼却量・廃棄量、原料使用量、製品生産量、家畜飼養数などにより活動量を推定し、提示された排出係数を使って排出量が計算され、二酸化炭素量へ換算され求められる。しかし、生活や生産活動で利用されるすべての要因による排出係数については明示されていない場合も多い。したがって、温室効果ガス削減に対する環境対策の効果を正確に捉え、今後の地球温暖化防止に対する効果的な取り組みを検討するには、二酸化炭素排出量をそれぞれの活動分類ごとに精度良く見積もることが必要であり、各種製品の製造に係わるデータ提示も必要となることが明らかになった。

## 参考文献

- [1]. M. Uno, R. Kawashima, S. Nakayama, "A Fundamental Study on the Micro Hydraulic Power Generation by Use of Oscillating Circular Cylinders in Flow", Proceedings of 24th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Cavitation, IAHR-61, 2008.
- [2]. 宇野 美津夫, 川嶋 竜之介, "河川の流れを想定した渦励振型マイクロ水力発電", ターボ機械 38 巻 2 号, pp.9-16, 2010.
- [3]. 地球温暖化対策の推進に関する法律（平成 10 年 10 月 9 日法律第 117 号）.
- [4]. 地球温暖化対策の推進に関する法律施行令（平成 11 年 4 月 7 日政令第 143 号）.
- [5]. 環境省地球環境局, 事業者からの温室効果ガス排出量の標準的な算定方法ガイドライン（試案 Ver.1.6）, 2003.
- [6]. 環境省・通商産業省, 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル（Ver. 2.4）, 2009.
- [7]. 環境省, 我が国におけるカーボン・オフセットのあり方について（指針）, 2008.
- [8]. 微生物管理機構のホームページ, 平均家族の二酸化炭素平均排出量, <http://www.microbes.jp/kankyo/kankiji/kb007.htm>
- [9]. 日刊自動車新聞記事(2008.6.13 付), トヨタ自動車, 二酸化炭素排出削減へ新たな取り組み公表.
- [10]. 日本自動車工業会資料 6, 自動車製造業における地球温暖化対策の取り組み, <http://www.env.go.jp/council/06earth/y060-45/mat06-1.pdf>

## バッテリーに燃料電池を付加した電動車イスの走行距離特性

山口 静夫 アマティヤ スガム

九州共立大学大学院工学研究科電子情報工学専攻

Mileage Characteristics of an Electric Wheelchair Using Ni-MH Battery Aided by Fuel Cell

Shizuo YAMAGUCHI and Sugam AMATYA

### Abstract

Recently, in the introduction of an electric wheelchair, its safety and functions has improved considerably along with its performance. However, as the mileage of an electric wheelchair with Ni-MH battery is about 10 km, a better mileage is expected by users. On the other hand, as validity of fuel cell for the purpose of global environmental protection has been demonstrated, it is been adopted as drive sources of an electric wheelchair. This paper proposes the extend mileage of an electric wheelchair using a hybrid system consisting of Ni-MH battery aided by fuel cell as its drive source. As a result, mileage of an electric wheelchair using a hybrid system is improved about 1.7 times comparing with Ni-MH battery only.

**Keywords:** Electric wheelchair, Hybrid system, Ni-MH battery, Fuel cell, Metallic alloys for hydrogen storage

電動車イス, ハイブリッド方式, Ni-MH バッテリー, 燃料電池, 水素吸蔵合金

### 1. はじめに

最近, 高齢社会の急速な進展や福祉社会への対応として, 利用者の目線に立った福祉支援機器の機能の充実がより期待されている。日常生活の移動手段としての代表的な車イスは, 世界中の多くの高齢者や障害者に汎用的に利用されている。これに伴い, 車イスの電動化がより進展し, その機能や安全性がますます充実しつつある。しかしながら Ni-MH バッテリーを電源とする電動車イスの走行距離は, 8~10km 程度といえる。このため利用者からは走行距離の延長化が求められている。我々は, 電動車イスの走行距離の延長化への対応として, 燃料電池を用いる方法を提案している<sup>1)</sup>。このほかにも電動車イスへの燃料電池の応用例が報告されている<sup>2)</sup>。

本研究では, 電動車イスの走行距離の延長化を目的に, 主機である Ni-MH バッテリーの端子電圧の大きさに対応して, 補機とする燃料電池に供給する水素ガス圧力を調節して発電し, これによるハイブリッド方式で走行したときの走行距離特性について述べる。

### 2. 手動車イスの概要

図1に, 折りたたみが可能で持ち運びが容易に

行える最も基本的な手動車イスを示す。図から手動車イスは, 主に①シート (座席), ②バックレスト (背もたれ), ③アームレスト (肘かけ), ④フットレスト (足かけ), ⑤前輪 (6 インチ) および⑥後輪 (22 インチ) から構成されている。さらに介助者用の押しハンドルが付いている。

車イスの電動化にあたり本研究では, 小型, 軽量および折りたたみが可能で, 材質をアルミニウムとした松永製作所製の手動車イス MW-10F を用いた。

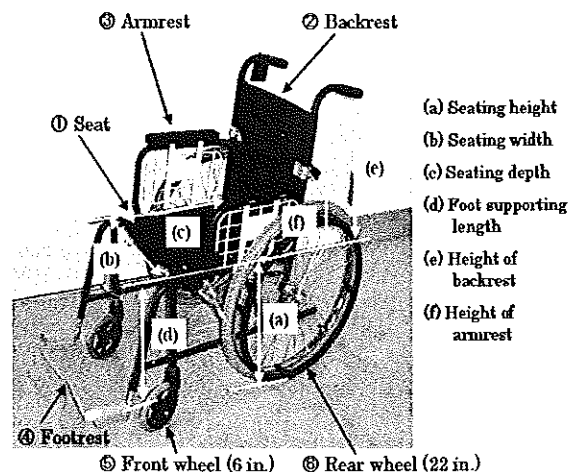


図1 手動車イスの外観

### 3. ハイブリッド式電動車イスの概要

駆動電源として Ni-MH バッテリーに燃料電池を付加したハイブリッド式電動車イスの概要について以下に述べる。図2にハイブリッド式電動車イスのブロックダイアグラムを示す。電源とし

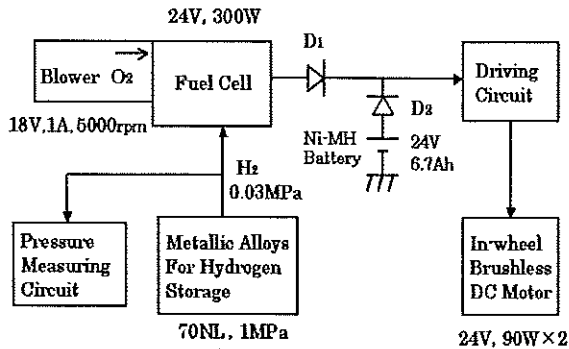


図2 ハイブリッド式電動車イスの構成

て、24V、6.7AhのNi-MHバッテリーと24V、 $\geq 10A$ の燃料電池をダイオードD1、D2を介して接続している。D1、D2には25NC12を用いて、Ni-MHバッテリーと燃料電池のそれぞれに逆流するのを防ぐために挿入している。燃料電池は固体高分子形（PEFC）で、定格24V、300W、水素ガス圧力0.03MPaおよび重量2.6kgを用いた。JSW製の70NL、1MPaの容量をもつ水素吸蔵合金MHSC-70Lは、燃料電池に供給する水素ガスタンクとして用い、その重量は0.9kgとなっている。一方、燃料電池に供給する酸素は、ブロワーにより空気中の酸素を用いている。さらにブロワーは、負荷の大きさに対応した空気の量が供給できる回転数制御方式を用いた。水素ガスの測定においては、松下電工製の半導体圧力センサADP1131をブリッジ接続して行った。車輪の駆動モータは、定格

24V、90W $\times 2$ および重量2kg $\times 2$ のYAMAHA製のインホイールブラシレスDCモータを用いた。

図3にNi-MHバッテリーに燃料電池を付加したハイブリッド式電動車イスの外観を示す。④ブロワーが取り付けられた⑥燃料電池は、バックレストの後方で2箇所をベルトで吊り下げて固定している。その結果、ハイブリッド式電動車イスから燃料電池を容易に取り外し、電動車イスを折りたたんで自動車等に搭載して移動できるようにしている。同様に折り外しが簡単に行えるように①水素吸蔵合金は、電動車イスのハンドルバーに強力なショックコードで2箇所を固定している。水素吸蔵合金から燃料電池への水素ガスの供給には、外径6 $\phi$ 、内径4 $\phi$ のフッ素樹脂チューブで⑤圧力計付きレギュレータを介して行っている。なお、フッ素樹脂チューブとレギュレータや水素吸蔵合金などの脱着はワンタッチで行えるようになっている。定格24V、90Wの電磁ブレーキ付き②インホイールDCブラシレスモータは、後輪の左右に取り付けられ、チェンジレバーによって手動と電動の切り換えが容易に行える。電動車イスの操作は、操作レバーである③ジョイスティックの傾ける方向、すなわちその方向に移動し、前後、左右をはじめ任意の方向に進める。さらにその傾斜の度合いによって速度調節ができる。この電動車イスの走行速度は、速度の切り換えスイッチによってLowが2.5km/hおよびHighが4.3km/h程度となっている。定格24V、6.7Ahの⑦Ni-MHバッテリーは、充電器によって3時間程度で充電が行える。表1に手動車イスに対するハイブリッド式電動車イスの主要諸元の変更点を示す。表から主な変更点は、全長の高さが88.5cmから95cm、折りたたみ幅が31cmから

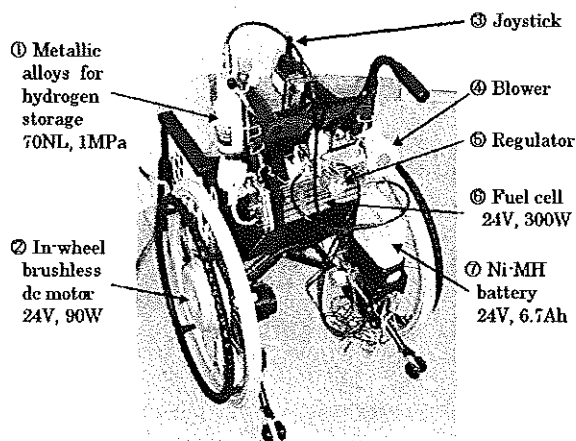


図3 ハイブリッド式電動車イスの外観

表1 ハイブリッド式電動車イスの主要諸元

| Full size                  | (Width) 61 cm × (Length) 101 cm × (Height) 95 cm |
|----------------------------|--------------------------------------------------|
| Folding width              | 31 cm → 43 cm                                    |
| (a) Seating height         | 44 cm                                            |
| (b) Seating width          | 38 cm                                            |
| (c) Seating depth          | 40 cm                                            |
| (d) Foot supporting length | 36 cm                                            |
| (e) Height of backrest     | 40 cm                                            |
| (f) Height of armrest      | 23.5 cm                                          |
| Wheel size                 | Front wheel (6 in.)<br>Rear wheel (22 in.)       |
| Weight                     | 12.5 kg → 32 kg                                  |

43cm および重量が 12.5kg から 32kg になっている。ここで重量の増加分は、後輪の 2 つのインホイール DC モータ、バッテリー、燃料電池および水素吸蔵合金の重量を考慮している。

#### 4. ハイブリッド方式における走行距離特性

Ni-MH バッテリーに燃料電池を付加したハイブリッド式電動車イスの走行距離特性は、速度 High の 4.3km/h で平坦路を走行した場合を想定して実験室内で行った。図 4 にその測定回路を示す。これから燃料電池と Ni-MH バッテリーの接続はダイオード  $D_1$ ,  $D_2$  を介して行い、全体の駆動部を含むインホイール DC モータに相当する負荷としては  $R_1=30\Omega$  および  $R_2=34\Omega$  の摺動抵抗器を並列に接続した。次に、燃料電池からの供給電流  $I_F$  と負荷へのハイブリッド式の供給電流  $I_S$  およ

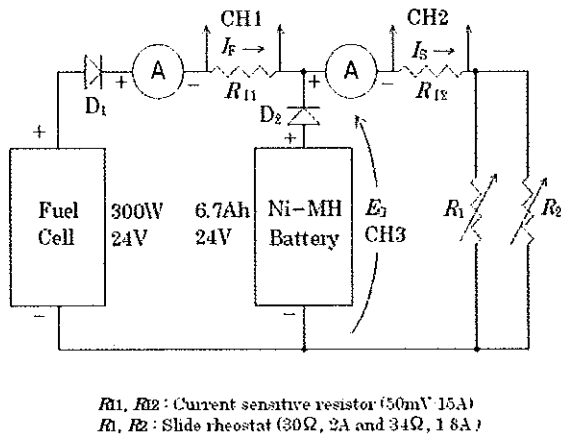


図4 ハイブリッド方式による走行距離特性の測定回路

び発電電圧  $E_G$  の測定は、メモリーハイコーダを用いて行った。このとき  $R_1$  と  $R_2$  の摺動抵抗器を調整し、走行特性から速度 High の 4.3km/h で平坦路を走行したことに相当する  $E_G=24V$ ,  $I_S=2.7A$  に設定した。 $I_F$  と  $I_S$  の測定には、50mV/15A の電流検出抵抗を用いた。図 5 に実験室内での走行距離特性の測定風景を示す。このとき水素吸蔵合金は水素ガスを 1MPa の圧力で満充填し、低温バス (Circulating bath) で 15°C 一定に保って行った。

はじめに Ni-MH バッテリーを充電器で所定の時間充電しておき、Ni-MH バッテリーのみで走行したときの走行距離特性を調べた。このときバッテリーの端子電圧  $E_B$  と負荷への供給電流  $I_S$  を測定した。図 6 にその走行距離特性 I を示す。一方、電動車イスを平坦路で実際走行していて、電動車

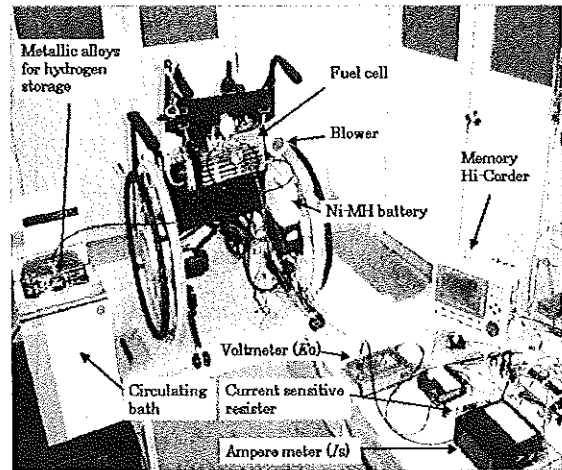


図5 走行距離特性の測定風景

イスが停止するときの端子電圧  $E_B$  と駆動部を含むインホイール DC モータへの供給電流  $I_S$  を測定すると  $E_B=20V$ ,  $I_S=2A$  の  $P_S=40W$  程度となった。これに基づき図 5 から Ni-MH バッテリーのみの走行時間は 143min 程度となった。これを走行距離に換算すると 10km 程度となる。

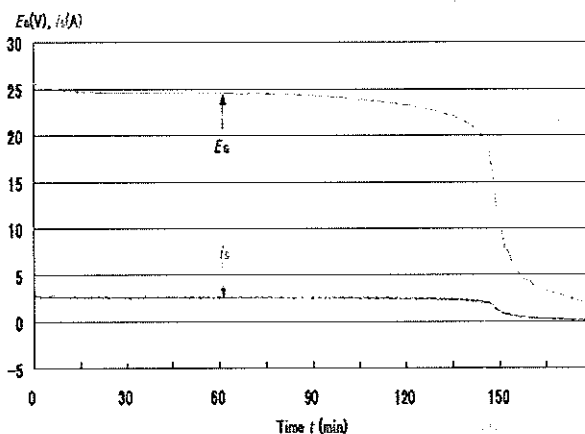


図6 Ni-MH バッテリーによる走行距離特性 I

次に Ni-MH バッテリーに燃料電池を付加したハイブリッド式電動車イスの走行距離特性について、燃料電池へ供給する水素ガスの圧力を 3 種類の方法で変化させたときの走行距離特性について調べた。

はじめに第 1 の方法として、水素ガスの圧力  $P$  を 0.03MPa 一定に設定し、そのときの発電電圧  $E_G$ , 供給電流  $I_F$ ,  $I_S$  および水素ガス圧力  $P$  を測定した。図 7 にその走行距離特性 II を示す。ここで Ni-MH バッテリーから負荷への供給電流は、 $I_S$  と  $I_F$  の差から見積もることができる。図から水素ガス圧力  $P$  は、測定を開始して 6min 後に 0.038MPa 程度に上昇し、時間  $t$  の経過に伴い低下している。 $t=120min$  においては、最初に設定した  $P=0.03MPa$  となり、 $E_G=23.1V$ ,  $I_S=2.3A$  およ



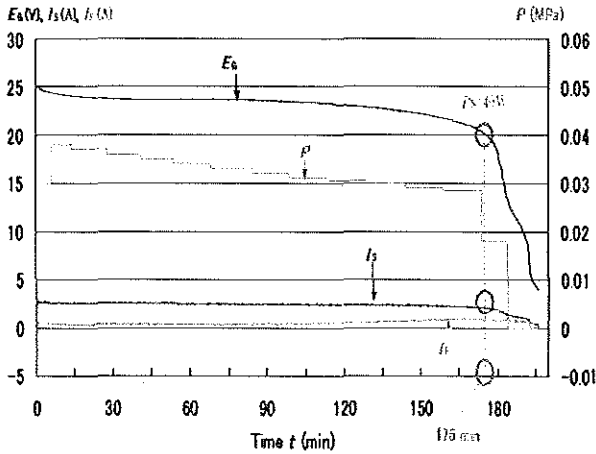


図7 ハイブリッド方式による走行距離特性II

び $I_f=0.49\text{A}$ となっている。このときに発電電圧 $E_G$ の低下に伴い、燃料電池からの供給電流 $I_f$ が少しずつ増加していくことがわかる。さらに $t=176\text{min}$ においては、 $E_G=20\text{V}$ 、 $I_s=2\text{A}$ から供給電力が $P_s=40\text{W}$ となりこれを走行時間と見積もり、走行距離に換算すると12.6km程度となった。

次に第2の方法として、水素ガスの圧力 $P$ をはじめに $0.006\text{MPa}$ と低い値に設定し、発電電圧 $E_G$ および供給電流 $I_s$ の低下に伴って供給電力が $P_s=50\text{W}$ 程度に低下したときに、水素ガス圧力 $P$ を定格値の $0.03\text{MPa}$ に設定してより発電を行った。このときの $E_G$ 、 $I_f$ 、 $I_s$ および $P$ を測定した。図8にそのときの走行距離特性IIIを示す。図から $t=140\text{min}$ のときに、水素ガスの圧力 $P$ を今までの $0.006\text{MPa}$ から $0.03\text{MPa}$ に設定変更した。その結果、 $t=195\text{min}$ のときに $E_G=20\text{V}$ 、 $I_s=2\text{A}$ から $P_s=40\text{W}$ となり、同様にこれを走行距離に換算すると14km程度となった。

さらに第3の方法として、はじめに燃料電池をOFFにしておき、発電電圧 $E_G$ および供給電流 $I_s$ の低下に伴って供給電力が $P_s=50\text{W}$ 程度に低下した

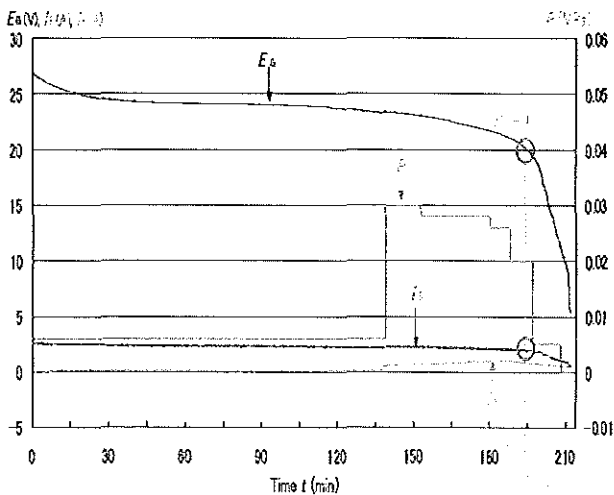


図8 ハイブリッド方式による走行距離特性III

ときに、燃料電池をONとして発電を開始した。その際、水素ガス圧力 $P$ をはじめに $0.03\text{MPa}$ に設定し、 $P_s=50\text{W}$ 程度になるように水素ガス圧力 $P$ を $0.01\text{MPa}$ 間隔で調節した。図9にこのときの走行距離特性IVを示す。図から $t=138\text{min}$ に燃料電池をONとして発電し、圧力 $P$ を設定した。これから同様に走行時間は $t=235\text{min}$ となり走行距離に換算すると17km程度となった。

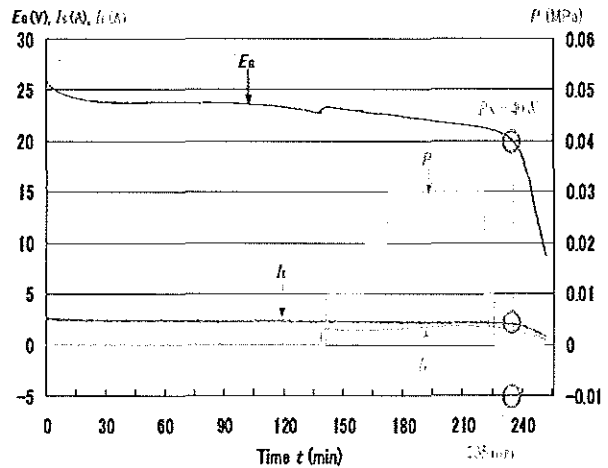


図9 ハイブリッド方式による走行距離特性IV

## 5. まとめ

本研究では、電動車イスの走行距離の延長化を目的に、主機のNi-MHバッテリーに小出力の燃料電池を補機として付加し、これに小型で小容量の水素吸蔵合金により水素ガスを供給した。その際、水素ガスの圧力を調節して燃料電池に供給した。その結果、ハイブリッド式電動車イスにおいては、水素ガス圧力の調節法によってNi-MHバッテリーのみに比べて1.7倍程度に走行距離を延長化することができた。

## 参考文献

- 1) S.Yamaguchi and T.Ikemoto:" Electric Wheelchair Using Ni-MH Battery Aided by Fuel Cell", Journal of Asian Electric Vehicles, Vol.5, No2, pp.1049-1053, 2007.
- 2) K.Saito, C.Anyapo, P.Kamjitjam and T.Noguchi:" Development of an Electric Wheelchair System Using PEM Fuel Cell", Journal of Asian Electric Vehicles, Vol.7, No1, pp.1185-1190, 2009.

## 情報基礎教育における問題点と教材の提供方法の検討

守 啓祐

九州共立大学工学部情報学科

An examination of problems in the information basic education and  
an examination of the teaching materials offer method

Keisuke Mori

### Abstract

The student who learned information processing in a senior high school entered the university for the first time from April, 2006, and several years passed. The actual situation of the student who learned an information subject in a senior high school was seen in the information basics of lecture course subject. Mainly on the example in this school, I considered efficient information basic education when I used the information appliance at a university. In addition, I commented on a method to make the teaching materials on a video. I perform a trial to use the video with a mobile telephone and the portable game machine that the high function is remarkable.

**Keywords:** Information literacy, mobile telephone, portable game machine, e-learning, teaching materials

### 1. 緒言

高校で情報処理を学んだ学生が2006年4月から大学にはじめて入学し数年が経過した。当初手探りで講義課目の内容を設定していた情報基礎科目において、高校で情報科目を学んだ学生の実態がある程度見えてきた。本学での事例を中心に、大学で情報機器を使う際の効率のよい情報基礎教育について考察を行った。

通常コンピュータの基礎的スキルとして期待されるのは、大学での文献等の調査、通信及びレポートの作成である。実際に使うのは、マイクロソフト社のWindows OSのXPと呼ばれるバージョンの基本システムの基本的な利用と、オフィスアプリケーションと総称される、文書作成、データ処理のソフトウェアのうちマイクロソフト社が販売している、wordとexcelをさす場合がほとんどで、今であれば2003と呼ばれるバージョンの利用のスキルが期待されていると思われる。他の基本システムも存在するがここでは、このシステムを中心に考察する。

実際に大学で必要な情報機器の利用は、学校で用意されている情報機器の利用法となる。しかし、通常大学等で利用されるコンピュータ設備は、記憶領域をネットワーク経由で提供することが多

く、高校や個人で利用しているコンピュータ設備と保存場所が異なる場合が多い。1例として、個人用に小売されているコンピュータは、Windows XP標準より、多くのソフトが拡張されていること、OS単独のインストール直後の状態から販売メーカーによって変更が加えられている等である。具体的には、何かコンピュータを使って作業をした場合、その作業結果を保存しておく必要があるが、その保存場所（マイコンピュータ等）は環境によって異なることが多い。その設定自体は、各組織のシステム設定の方針により決まり、いくつかの選択肢はあるものの1つの標準は存在しない。また、最近ではUSB接続のフラッシュメモリの大容量化、低価格化により、ある程度大容量のデータを持ちまわることが可能になったことに伴う、利用法の多様化といった問題も存在する。以上のような問題は、いくらあるコンピュータシステムの使い方に習熟しても、別の組織のコンピュータを利用する際にはその設定と管理運営方法を習得しないと使うことができない。例えば、wordといってもバージョンによって細かい使い方は換わる。Excel等では関数等の使い方がバージョンによって異なるのは事実である。また、同じワードプロセッサであっても一太郎のような

ソフトも存在することを修得し、環境の違う組織でコンピュータを利用する際の作業前に修得すべきことがわかるようになると望ましいと思われる。

## 2. 高校での情報教育

高校で行われている情報教育の教科書を見る限りでは大学で必要とされる情報の知識を十分網羅している。しかし、大学での数学の基礎知識他の状況を鑑みても、高校で行われているといっても十分修得していない場合が多い。コンピュータの利用能力という面では、利用しているのは、基本システムとしてマイクロソフト社の Windows XP を利用し、その上で動作するワードプロセッサやスプレッドシートの演習という形である。また、プレゼンテーションソフトに関してはあまり行われていないようである。演習の形態は、提示されている課題どおりに動くということを行うのみで修得していない項目や予想外の動作に関して自己解決をするための方法はあまり教えられていないようである。

本学、大学1年での学生の状況で8割程度の学生が知っている項目は以下のようなことであると思われる。

- コンピュータの電源の投入方法、終了方法
- キーボードマウスの基本的な使い方
- ネットブラウズ等のネットワーク閲覧
- ブラウザ上で閲覧するフラッシュのビデオ閲覧
- 文章と簡単な図程度のワードプロセッサの知識
- 合計と平均程度のスプレッドシートの知識

ただし、しっかり使えるレベルとして修得しているのではなく実際に道具として使ったことが無く演習で確認した程度であるのでかなり忘れていいる。いわれた事をやっているだけであるので、応用力が無いという状況である。またワードプロセッサや計算表等のツールを使わない状態で実際に作業をした経験に乏しいので演習等で想定されている状態がどのような意味を持つのか把握していないと推察される。

## 3. 大学で必要な情報リテラシ

大学で、必要な情報リテラシは、コンピュータを道具として利用することである。第一に、ネットワーク上の情報を調査する情報調査能力が必要になる。具体的には、ネットワークの検索を行うサイト、またはまとめ等が載っているサイトの知識等である。次に、理系文系に限らず、集まったデータを処理しその中から知見を見出す能力が必要となる。またそのデータを他人が理解しやすい形として可視化する能力が必要となる。

可視化が終わったら、他人に理解してもらえようように文書をレポートや論文の形で作成する技術が必要となる。ただし、情報リテラシとして扱うのは、内容を作成する技術は既にあり、その作成用の道具としてコンピュータを使うという部分である。しかし、レポートの書き方等がまったくわかっていない学生も多く、演習を行う時の障害となっている。最後に、作成したレポートや論文を他人に理解してもらうためのプレゼンテーション能力である。

## 4. 基本システムの範囲で修得すべき項目

現在、基本システムとして Windows 以外のものは非常に少ないためここでは Windows XP についてのみ示す。最新版は Windows 7 でありその前に Vista があるが基本的に操作は同様であること、ビジネス用では、7, Vista は多く採用されていないこと等を考慮して以前のバージョンをもちいた。一部の例外として、教育業界では組織単位で作業用のシステムを集中的に導入せず個人で利用する機械は各自に選択させている状況がある。その影響で、コンピュータショップで売られている一般利用者と同一モデルを購入する可能性が高い状況がある。このモデルは、企業向けモデルと異なり追加でソフトウェアが多量に設定されている。企業モデルでは、必要以外のソフトは、不安定動作の原因となるため、入っていないモデルがほとんどである。しかし、教育業界への就職者はほとんどいないため、ここでは触れない。学生が利用している。コンピュータはほとんどマイクロソフト オフィスが追加で導入されることが非常に多いため文書作成等は最初から word を使う傾向になるが、MS オフィスが入っていないシステムもあるため、基本システム範囲で作業をするすべは最低限修得すべきと考える。基本システムで修得すべき項目は、以下のような項目と思われる。

- 電源の入れ方、切り方
- 文字入力の方法
- インタネットエクスプローラ等のブラウザの利用
- ファイル操作のためのドライブの知識とエクスプローラの知識
- メモ帳、ペイント、電卓、ワードパットの利用
- プリンタの設定等の取り扱い
- 画面のキャプチャの方法と処理

この中で、修得されていない可能性が高いものは、エクスプローラの利用である。また、各名称の正確な名前を把握していない。1例として、エクスプローラとインターネットエクスプローラの違い等である。文書等のファイルの取り扱いをソフトウェアの保存設定の中で行い、エクスプローラの取り扱いをまったく知らない学生も多い。例として、マイクロソフトワードのファイルの書き込みダイアログボックスでは、ディレクトリの移動、ディレクトリの作成、ファイルの消去、ファイル名の変更等が行うことは可能である。しかし、一旦格納したファイルを別のディレクトリに移動させるような、一旦作成したドキュメントを内容を変更せずに整理を行うような操作については不便である。また PrintScreen キーを使った画面のキャプチャの方法は実際に利用する時は頻繁に使うものであるがあまり教えられていないようである。加えて、その後、ペイントを遣って必要な部分だけ切り出す際に初期状態より小さな画像として保存したい時に設定を変更する方法等もほとんど教えられていないようである。図1はその際のペイントの設定で、キャンバスサイズを最低の 1 x 1 にして画像をペーストすると最小の大きさの画像に出来る。最初からペイントで画像を書く時以外はこの設定で特に問題が無いと思われる。また、ペイントの中で取り扱うことの出来る画像形式がオフィスをインストールした場合、Windows update を行った場合で変わってくるという問題もある。そのため、標準では BMP 形式のみしか常に扱えるわけではない点に留意させる。

プリンタへ出力するためのプリンタのダイアログ画面も初心者が戸惑うところである。大学等では、白黒レーザやカラーインクジェット、カラ

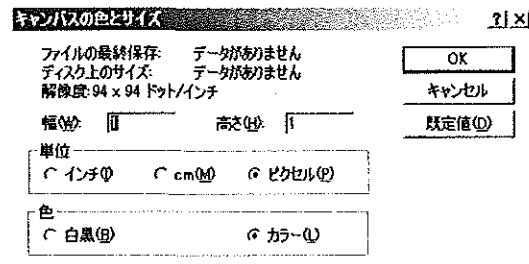
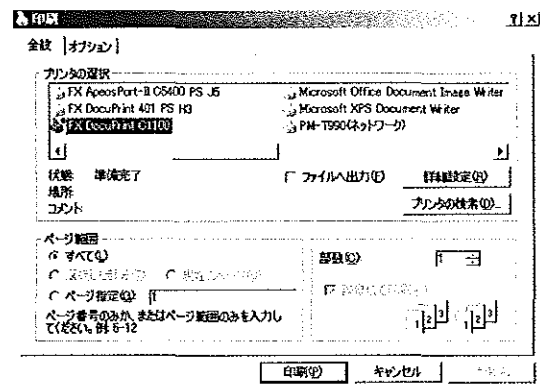
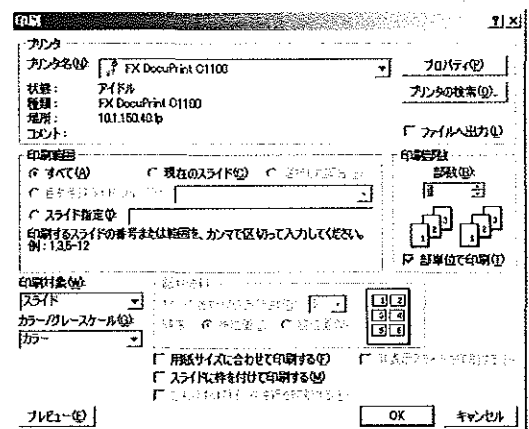


図1 標準より小さい画像を作成する時のペイントの設定



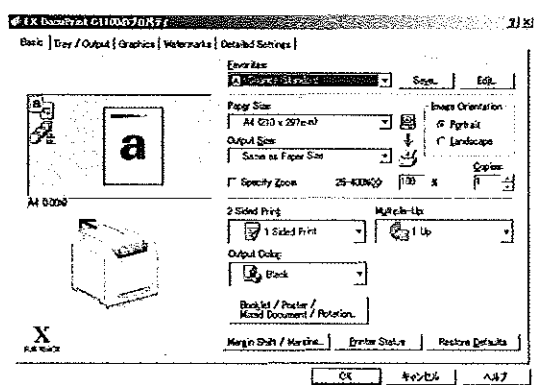
(a) インターネットエクスプローラ



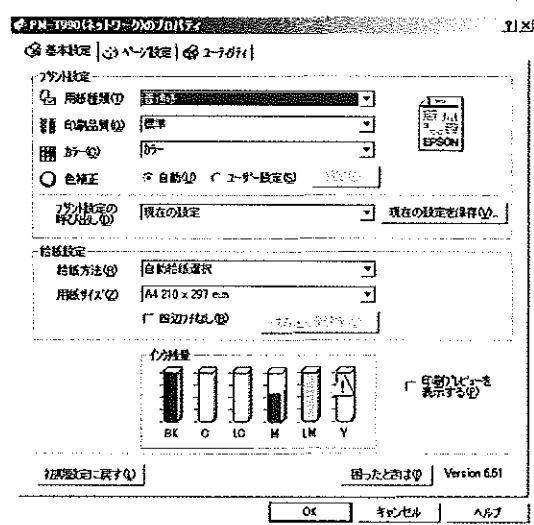
(b) マイクロソフトパワーポイント

図2 (a)インターネットエクスプローラと(b)マイクロソフトパワーポイントのプリンタダイアログボックスの違い。

レーザ等用途に合わせてプリンタを使い分けるのが通常である。しかし、高校までではあまりプリンタの使い方を説明しないようである。具体的には、プリンタのダイアログボックスは、アプリケーションプログラムで表示が変わる(図2)。



(a) カラーレーザプリンタ(Xerox C1100)



(b)インクジェットプリンタ(EPSON PM-T990)

図3 プリンタの違いによるダイアログボックスの違い. (a)カラーレーザプリンタ(Xerox C1100), (b)インクジェットプリンタ(EPSON PM-T990)

加えてプリンタの種類が変わると機能が変わるため表示が変わる(図3)。またマイクロソフトの情報にも記載されていることであるが作成時に使ったPCにプリンタ設定がされていない状態で作成した文書ファイルを、プリンタ設定されているPCで出力する際に文字が重なる等の問題が出るのである。オフィスの最近のバージョンでは仮想プリンタを同時にインストールするようになったためこの問題は軽減しているが、作成時と出力時に異なったプリンタを使う際の問題はまだ解消されていない。また、そのような問題を学生は教えられていないようであるので事前に教える必要があると思われる。

多くのビジネスの現場では、最終出力のプリンタと試し出力のプリンタは異なる方が多い。その時の出力の差が出来るだけ少ない方が、問題が少なくなるのは自明である。本来、プリンタ出力はそのプリンタで出力しても解像度等の品質の問題はあるにせよレイアウトは同じになることが期待されているが現実にはそうならないことは把握させる必要がある。

## 5. 学生への教材提示方法

以上のような内容を学生に提示する際の資料を近年動画として提供するようにしている。図4は、教材の作成方法を表している。カメラで撮った授業風景やそのPC画面を音声とともに収録しその動画を教材の素材として利用している。

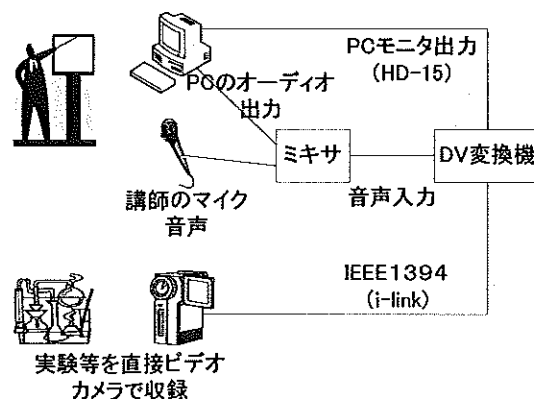


図4 コンピュータ教材の素材収録方法

このようにして収録した素材を通常は図5のようにPCで視聴するが、PCのあるところでは視聴できないので手軽さにかける。しかし、このMediaDEPOは、特別なインデックスを手動で登録しなくても、コンテンツの音声認識を行い希望するキーワードの検索が出来る等の高度な利用が可能となる利点がある。場所的に制約に関しては、ネットブック等の機器をはじめとする、安価で軽量のPCが近年発売されているので、PCをもちまわるということも1つの選択肢である。この場合は通信環境の問題、電源等の確保の問題等があり継続的な利用には簡単に導入できるとはいえないのが現状である。そのため近年高機能化の著しい携帯ゲーム機や携帯電話で教材を視聴する試みを進めている。このような機器へ対応する形式へコンテンツの変換は、ほぼ実時間で変換できるようになっている。ただし機種により画

面の解像度が異なること, 対応する動画形式が異なること等の問題があり, 機種ごとに作成しないとけない問題がある。

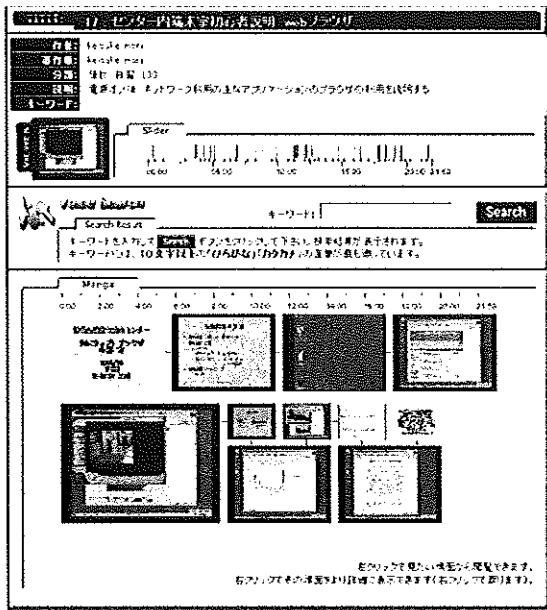
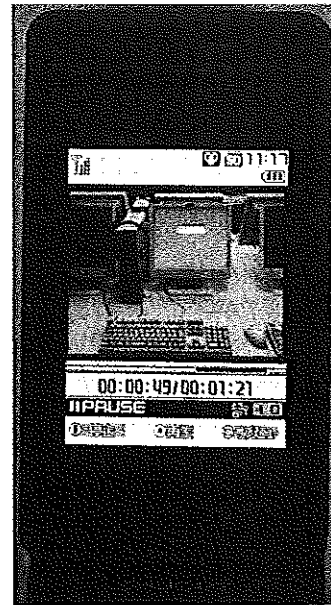


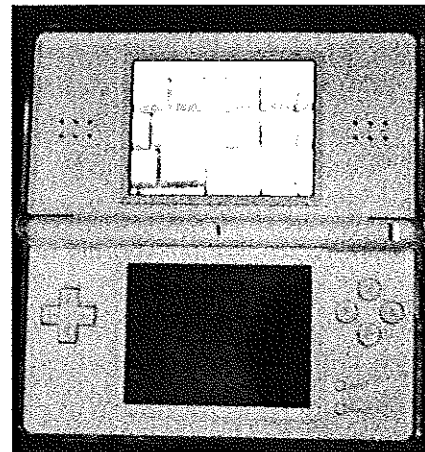
図5 XeroxMediaDEPOでのコンテンツの視聴。  
上部のプログレスバーで動画のダイジェストを視聴できる。キーワードを指定すると音声検索が行うことが出来る。

図6に携帯ゲーム機と携帯電話で動画教材を視聴している例である。画面は小さいもののテレビ放送の字幕程度の大きさの字であれば十分視聴できるレベルである。最も画面の小さい、携帯電話の画面でも、ワンセグ視聴で字幕がある程度判読できること分かるように、パワーポイント等のプレゼンテーションソフトでも5行程度の文字列であれば十分判読できる大きさで視聴が可能である。いつでも持ち回れるという利点は非常に大きく通学や休み時間等のちょっとした時間に視聴が可能であるので、長いコンテンツではなく、数分レベルの短いコンテンツを中心に用意することで憂苦に活用できることと思われる。ニンテンドーDSは、2画面であるが動画視聴の場合、現在のところ2画面ともに利用するためには、任天堂から正規の開発環境を入手する必要がある。しかし、今のところ、商用販売が可能である用途にしか提供していない問題がある。

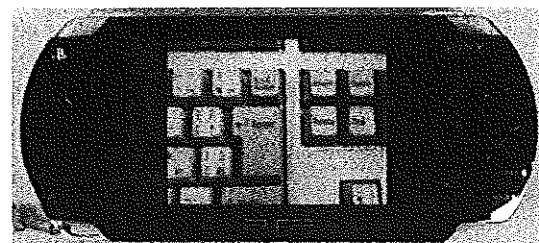
金額自体は通常のソフトウェア開発環境と比較してそれ程高価ではないが、教育業界向けに開発環境を提供していないことが問題である。任天



(a) 携帯電話 docomo P901



(b) ニンテンド DS



(c) SONY PSP

図6 携帯電話や携帯ゲーム機で e-learning コンテンツ動画視聴を行っている例。(a) 携帯電話 docomo P901, (b) ニンテンド DS, (c) SONY PSP

堂もその状況は認識しているようであるので今後に期待している。

プレイステーションポータブルは、画面が非常に鮮明で判読しやすく、動画の視聴には最も良好である。3種の機器に動画を持ち込む方法として最も簡単なのは、対応している、抜き差し可能なフラッシュメディアで持ち込む方法である。次は、何らかの通信路で持ち込む方法で、携帯電話では携帯電話網で持ち込む方法も考えられるが、高価になる問題がある。それで、通常は構内等に設置した無線LAN経由で持ち込む。

動画コンテンツを携帯電話等に持ち込む際は無線LAN等の転送や用意したメディアの貸し出し等を用いて行うことで有料の通信回線を用いることを回避することで低価格でコンテンツを配布できるように実験環境の評価を行っている。

## 6. 結論

Windows を基本システムとして大学でコンピュータをツールとして利用する際に修得すべき点について検討を行った。高校での内容は範囲としては十分であるが、学生が大学のレポートを作成するレベルまで修得していないという点が問題である。また、調査の結果、意見は分かれるかもしれないが実際に利用する際に問題となりやすい点についてあまり触れられていない点も気になった。このほかにも、MS WORD で問題となる作成時に利用した PC にプリンタが設定されていない場合、出力の時のレイアウトが壊れる問題。および作成時に設定されたプリンタと、出力時に利用したプリンタが異なる場合出力が希望した形にならない等の問題がある。既に利用していて、問題の本質を把握している利用者については、当たり前の問題であるが、把握していない利用者は市販のアプリケーションソフトには不具合がないと誤解しており把握するまでには心理的な障害が大きい。機器の種類や、オペレーティングシステムの設定により、動作が変わるので教えにくい問題であるが、実際に利用する際には大きな問題となるので何らかの形で修得させる必要がある。加えて近年、高機能化の著しいゲーム機や携帯ゲーム機を用いて、授業の支援用のコンテンツを作成するため方法について検討を行った。いくつかの問題はあるものの持ちまわって視聴ができるため、空き時間を有効に使って学習が

できる利点は大きい。画面の大きさに関しても、画面の高精度化により、通常のパワーポイントのプレゼンテーション程度であれば問題なく視聴できるレベルになっている。現在は一部の学生の利用に留まるが、今後利用を広げてゆく予定である。また、視聴方法としてこのような画面を見る用法に加えて近年低廉化と高品質化が著しいヘッドマウントディスプレイを用いて視聴する方法について検討を行っている。また、ネットブック等の高性能化や通信環境の変化に合わせて最適化を行っている。

## 参考文献

- [1]. 池田輝政, 戸田山和久, 近田政博, 中井俊樹, 成長するティップス先生, 授業デザインのための秘訣集, 玉川大学出版部, 2001.
- [2]. 杉江修治, 関田一彦, 安永悟, 三宅なほみ編著, 大学授業を活性化する方法, 玉川大学出版部, 2004.
- [3]. 守啓祐, 情報基礎教育における問題点と教材の適切な提供方法, 第 57 回九州地区大学一般教育研究協議会議事録発表報告書, 2008.
- [4]. 守啓祐, ソフトウェアに最適な基本システムを利用した PC 教室の構築, 大学と情報, Vol.12 No. 4, pp. 37-39, 2004.
- [5]. 守啓祐, 携帯電話や携帯ゲーム端末を利用したビデオキャスティングの効果の測定, 平成 18 年度 大学教育・情報戦略大会, C-2, 2006.
- [6]. 守啓祐, C A I を円滑に行うための入出力デバイスと支援ソフトウェアに関する考察—活気のある授業のために, 九州共立大学 CAI 紀要 Vol.7, 2005.
- [7]. <http://www.microsoft.com/ja/jp/default.aspx>
- [8]. <http://support.microsoft.com/default.aspx?ln=JA>
- [9]. <http://www.nintendo.co.jp/>
- [10]. <http://www.jp.playstation.com/psp/>
- [11]. <http://www.ubiquitous-media.com/technology/index.html>

## 21 世紀の里山再生

### 現況調査

鈴木 要

九州共立大学工学部建築学科 准教授

### RECONSTRUCTION OF SATOYAMA IN THE 21TH CENTURY RESEARCH Kaname Suzuki

#### Abstract

Concentration of Carbon dioxide has increased since the Industrial Revolution and the environmental hazard as a phenomenon of global warming has caused in this twenty first century. In order to decrease concentration of carbon dioxide sustainable tropical forest management and storage in the civic wooden structure has been studied in Japanese trading company since 1970's. If we constructed wooden structure in the city, we could stock carbon dioxide and as the result, could expect effect of global warming. Recently author has researched the situation of beech in the IZU Peninsula. In this report, the hazards of global warming are described.

**Keywords:** *Global warming, Civic wooden structure, Connection with locality, Sustainable forest management, Economical effect*

#### 1. 緒言

生産性の効率を求めることに重点の置かれた農山村の生産状況は、主要産業を観光に求めての観光農園の形態の経営が最重要課題として地域の活性化との間に喘いでいるというの言い過ぎではないであろう。都市化と観光農園との狭間で喘いでいる伊豆半島の農業生産は、必ずしも成功しているとは思えない状況にある。事実、観光農園による経営に転換していることの多い地域では、平坦地にまで迫る里山の実状は、管理の行き届かない、杉、檜林、植林された後更新もされず生産性を落としている落葉広葉樹林、全枯れした黒松林の林床への照葉樹の繁茂、勢いを増しつつある真竹林に覆われ、地域環境保全林、里山の本来所有するところの生産性と経済効果が上げられているとも思えない状況にある。この現況の因子としては、時代背景を明確に把握しないまま過去の遺物である苺の観光農園に目先の経済効果を奪われている農業生産者の企画性に一因が存在するものと思われる。1963年に始められた苺による大規模観光農園の発祥の地である伊豆半島の苺の生産量は、その後1970年代以降に開始された栃木県にその生産量を奪われ、その経営手法も全国の自治体で開始され、その経済効果も

落ち込みを見せていることは否めない。さらに追い打ちをかけるように進んでいる半島内の道路整備と都市化は、嘗て見通しの利く水田内でのハウス栽培から、住宅地の陰にみえるハウスに姿を変え、栽培条件の悪化も取り沙汰されている。ごく一部の部分のみが管理され、一歩荒廃した里山に踏み込むと、農業生産用廃棄物が産業込みとして破棄されているような、地域全体での環境保全を踏まえていない、農村計画に寧ろ原因が存在すると考えるのが筆者の印象である。地球環境について議論のされることの多い昨今、棚田、里山などの環境に及ぼす効果について注目されることも多い中で、筆者は1940年代企画された里山と経済発展の経過、地球温暖化に伴う現況についての調査と原因究明を行い、その二酸化炭素の固定能力と、木材としての都市建築への貯蔵について論じた。

一連の里山再生研究において、筆者が早急に行わなければならないと実感したのは昭和17年に植林した棚、木櫓などの落葉広葉樹林内における春先の新緑の衰えであった。植林後57年経過した2000年頃特に木櫓の樹勢の衰えが目に見えて目立つようになり、瘤の発生と枝の落下現象が多発し、状況調査と被害対策を思いついた時であ



る。本報告は、プレート移動により太平洋の島であったとされる照葉樹林の多い伊豆半島に於ける、落葉広葉樹の実情を調査するとともに、その対策としての人工更新、樹種の変更などの現況を報告するものである。

## 2. 暖帯林と温帯林の分布

図1に日本の暖帯林、温帯林の分布状況が、地域分布と海拔をスケールとした分布で描かれている。二つの視軸での相違はあるが、今回の調査の対象となった個体は、富士箱根伊豆国立公園の伊豆半島部分の通称達磨山部分の個体であり、海拔982mの達磨山の中腹に自生する木樺を対象としており海拔の視点からすると温帯林に属する樹林帯のものといえる。図1の地図の分布では伊豆半島には自生の温帯林が記されていないが、1000m近い部分では温帯林に属する樹種が確認される。この事実は、図1の上部の海拔による樹林帯分布と共通する事実でもある。

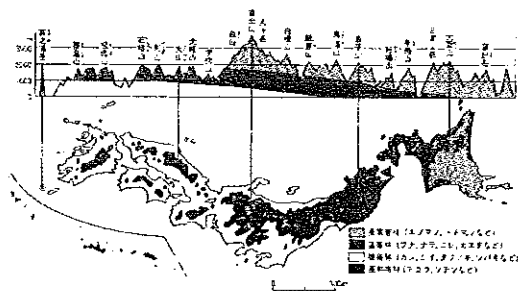


図1 日本の樹林帯の分布

## 3. 伊豆半島の温帯林内のコナラ

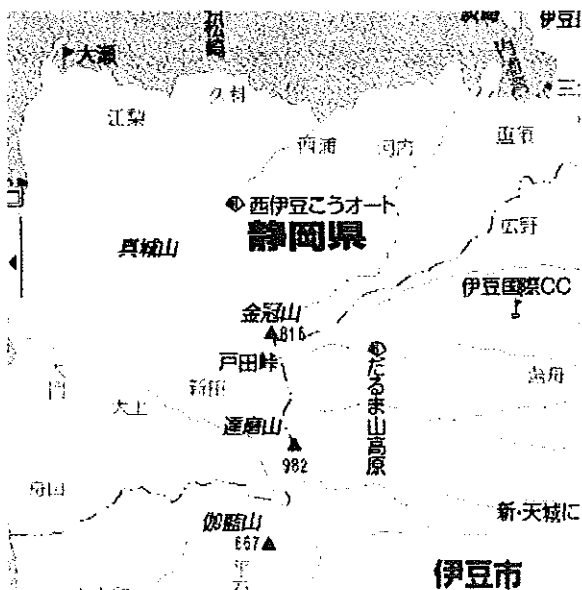


図2 調査対象地域の位置関係

## 3.1 個体調査

図2に自生林の調査を行った、天城山系達磨山近辺の位置関係を示す、西端は達磨山982mを頂点に、僅かな水平距離の間に戸田港まで急峻な地形となりその後、駿河湾の海底まで1000mもの高低差があることが知られている。戸田港は幕末のロシアの難破船漂着の場所であり、当時の木造船の素材である楠の巨木が自生している。中腹までは、明らかに暖帯林と思われる樹林が点在するが、まもなく戸田峠と思われる海拔まで上がると、灌木とススキの原となり、荒涼とした風景が見られる。戸田峠から達磨山までの間は、何れも荒涼とした灌木林となり、コナラさえ生えない風景が広がる。戸田峠から修善寺—戸田線（県道18号）を下り、達磨山高原近くになると灌木から、木樺などの落葉広葉樹の茂る温帯林に出くわす。今回の調査地点は図3の斜線部分の道路沿いの木樺の天然林の状況調査を2年間実施した。



図3 平成19・20年に調査された地点



写真1 天城山の海拔の高い部分のコナラ

### 3.2 調査結果

平成 19.20 年の正月、夏タイヤのまま凍結道路を緩いスピードでおそるおそる個体を探しながら県道 18 号を修善寺から登坂した。海拔は 1000m 程度だが、水平距離が少ない分急坂が多い道路であった。達磨山巧言の手前 800m 程の地点で自然林の個体を発見した。人工林は一定間隔で大量に植林されているため区別が可能となる。事実低いところには集中密植している人工林を見かけた。この地点は、天城山系の椎茸栽培が盛んな地域でもあり極端な相違がある。写真 1、写真 2 にその個体の状況を示す。写真 1 に示すように枝はのびのびした状況であり、低地の暖帯林内のコナラに見られるような、癌腫はみられない、また、写真 2 に見られるように、樹皮は光沢を擁しており、引き締まった状況が読み取られた。これが本来温帯林内で自然に発生した個体の状況といえる。



写真 2 樹皮の様子 (温帯林)

## 4. 伊豆半島の暖帯林内のコナラ

### 4.1 個体調査

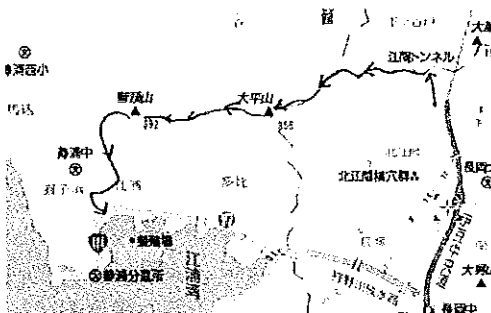


図 4 調査ルート

図 4 は、平成 19 年正月鈴木が徒歩で約 1 日かけて稜線を縦走した調査ルートである。スタート地点は、1943 年に植林され 60 年程度人工更新を行われなかった、こなら、クヌギの広葉樹の枯れ死の被害



写真 3 3 樹皮の様子 (暖帯林)

状況について観察・調査を実施し、2006 年計画系論文集において、報告を済ませた。今回は、人工更新した個体のその後の状況、稜線まで上るまでの間の状況、縦走中に見られた個体の状況を調査した。

### 4.2 調査結果

鈴木が論文集で報告した個体の中で、唯一人工更新を行わなかった個体は、現在でも生存するが、外皮のつやが失われ、色も褐色となり、胴吹き芽を盛んに発生させているが、樹勢は明らかに衰えたものとなっている。



写真 4 人工更新したコナラの死滅



写真 5 唯一残した個体も胴吹き芽

また、写真 3 人工更新を試みた根回り 2000cm ほ

どの個体は一時発芽も見られたが、写真4に見られるように、現在は枯れ果てて無残な状況にある。また、縦走した稜線部分の個体は、鈴木が先代から受け継いだ個体より古いものが多く、巨木にはなるものの、枯れ死状態にあり、癌腫を無残に見せながら腐朽進行の状態にあった。また、2010年正月、森林の温湿度状態を測定する間において、写真6に見られるように、真冬の蝶の飛翔が見られた。確かに暖かいことを実感した。



写真6 暖帯化が進んでいると思われる事例  
(2010.1.3 記録)



写真7 温湿度変化を測定している状況

## 5. まとめ

### 5.1 コアラと人工植林の関係

コアラは、柔らかく椎茸などの栽培のほだ木として使用され、天城山系の各地では、人工植林が行われている。しかし、温帯林内と思われる海拔では、成長はそれほど早くなく、かなりの年月を経て、ほだ木として使用されるようになるのが一般的である。しかし、伊豆半島の400mほどの海拔の地域では、成長が早く、巨木になることが多い。従って、今回の調査点のように、ほだ木として植林したものの、更新せず放置した場合、巨大化するが、異なる気候帯に植林されたため、赤色癌

腫という病巣により消滅することが多いものと考えられる。

### 5.2 コアラの天然林の特徴

本来の気候帯に自生したコアラの個体は、急激に巨大化することなく、光沢のある、緻密と思われる樹皮の状態を維持している。また、調査した個体は、すべて緻密な状態であり、暖帯林内の個体のように褐色肌になる個体もなく、癌腫の病巣のある個体も見られなかった。

### 5.3 人工植林がもたらすコアラへの弊害

暖帯林内に温帯林に自生するコアラを人工植林した場合、成長速度が速く、多糖類の効率のよい生産が為されることになる。当初は、この事実は新発見であったかもしれないが、椎茸栽培などを忘れてしまい、さらに生産効率のよい観光農園に活路を見いだしている地域にとっては、既に過去の生産技術でもあり、個体消滅という悲劇的結末を迎えたものと考えられる。

### 5.4 温暖化現象の片鱗と思われる現象

里山再生に関する論文集を発表したとき、伊豆半島に生じている現象として、カエルの冬場の歩行を報告したが、今回、蝶の飛翔が観測された。今後、この種特徴と気候変動との関係を調査するのも今後の研究テーマとなりうるものと思われる。

### 5.5 今後の研究方向

昨年の夏から、主に、森林の気化熱の測定を行うことにより、森林が為すであろう地球環境への効果を考察するため、温湿度の変化状況を測定している。1940年代の森林の概念から、高齢化社会到来と地球環境重視の社会への実験的試みが始動している。

## 参考文献

- 1)鈴木 要:Loblolly Pine による農山村経営の健全化への試み その1木材生産量と生産費の比較、日本建築学会計画系論文集、第 533 号、pp.83-88、2000.7
- 2)鈴木 要:Loblolly Pine による農山村経営の健全化への試み その2 複層林化による林床の高度利用、日本建築学会計画系論文集、第 544 号 pp.163-169、2001.
- 3)鈴木 要:人工更新による里山の環境保全-森林の地域資源に関する考察-、日本建築学会学術講演梗概集 E-2、pp.627-628、2001.9

## 室壁面の乱反射率を導入した幾何音響シミュレーション その2 空間形状の単純化に関する考察

中野国隆<sup>\*</sup> 古屋 浩<sup>\*\*</sup> 黒木荘一郎<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> 北九州市立大学大学院国際環境工学研究科環境工学専攻

<sup>\*\*</sup> 九州共立大学工学部建築学科

<sup>\*\*\*</sup> 北九州市立大学国際環境工学部建築デザイン学科

Geometrical acoustic prediction method of sound fields with scattering coefficients for room boundary: Part 2 Analyses of simplified hall models

Kunitaka NAKANO, Hiroshi FURUYA and Soichiro KUROKI

This study deals with the problems of the scattering coefficients that should be assigned to a wall in the geometrical acoustic prediction and a fundamental property of the method that may be used to model the diffuse reflections. In our previous works, the behavior of sound diffusion in geometrical acoustic simulation was investigated using a single-wall model and basic enclosure models. In this paper, acoustic simulations by hybrid cone-beam method are performed in order to investigate the effect of simplification of room shape with scattering coefficients on sound pressure characteristics. The sound level indices are analyzed for two kinds of enclosures, namely, basic models with three floor-types and real auditorium models. The accuracy of prediction in the simplified hall models is discussed on the results of differences between the calculated and measured values.

**Keywords:** Room acoustic prediction, Scattering coefficient, Room shape, Surface diffusion, Physical model measurement

### 1. はじめに

室境界面における音響散乱現象は、音場の拡散性や残響感、拡がり感等の物理的並びに心理的音場性能<sup>[1]</sup>を決定する重要な要因の一つである。近年、空間素材としての拡散体など、室の局所的部位における散乱特性に関しては、波動数値解析による予測手法<sup>[2]</sup>が実用レベルで検討されてきているものの、音響散乱の影響を考慮に入れた音場全体の予測方法や空間性能の評価については、依然重要な課題として残されている。

一方、室内音響設計においては、主に初期反射音のレベルや方向特性といった低次の反射音特性を把握するために、従来から幾何音響シミュレーションが簡便かつ実用的手法として利用されている。しかしながら、波動の伝搬を単なる鏡面反射音線によるエネルギーの伝搬として扱うという原理上の性質から、後期時間領域になるほど現実の音場の性質を捉えることが難しくなる。

そこで近年、Scattering Coefficient<sup>[3][4]</sup> (乱反射率)の導入により、境界面における反射エネルギーを鏡面反射成分と散乱成分に分けて伝送し、より現実に近い音響伝搬をシミュレートしようとする試みも幾つか進められてきている。しかしながら、音場の評価について系統的な検討を行った研

究は未だ少なく、解析精度や実用性の点で不明な点も多い。また、そのために必要となる種々の形状・材料に対する乱反射率データについても、その整備が急がれている現状にある。

本研究は、従来の幾何音響理論に基づくコンピュータシミュレーション手法をベースに、壁面の乱反射率を導入することによって、より精度の高い実用的な室内音場予測法について明らかにすることを目的とする。筆者らはこれまで、第1に単一壁モデルによる反射音場を対象として幾何音響解析および音響縮尺模型実験を実施し、両者の比較から幾何音響解析に乱反射率を取り入れることの有用性並びに基本的な性質について示した。第2に、3次元の簡易空間モデルを対象として、乱反射率の設定条件と室内音響物理量の関係について明らかにした<sup>[5]</sup>。

本稿では、研究の次段階として、乱反射率を導入した音場解析における空間形状の平滑化による影響を調べるために、簡易空間モデル並びに既存のコンサートホールを対象とした幾何音響解析を試みた。また、音響縮尺模型実験並びにホール実測結果との比較から、音圧レベル特性と乱反射率条件の関係並びに解析精度について考察した。

## 2. 幾何音響解析

### 2.1 解析方法

解析には、虚像法と音線法のハイブリッド手法である Cone Beam Method を使用した。ホールモデル内の観測点におけるインパルス応答を求め、得られたインパルス応答から、Strength G, 初期反射音レベル G80, 後期反射音レベル GL の3つの音圧レベル指標を算出した。

本解析アルゴリズムでは、音線の境界面への各衝突点(反射点)が2次音源となり、設定した乱反射率に対応する確率で散乱エネルギーを観測点へ伝送する。また、観測点へのエネルギー量は余弦則に従う重みを付けて放射される。壁面の乱反射率  $s_0$  は、 $s_0=0.1, 0.2, 0.5, 1.0$ , 並びに散乱を考慮しない場合の5条件を設定した(客席床面  $s_0=0.7$  [6])。また、音源からの放射音線数は 52,502 本、周波数範囲は、250~2kHz(1/1 オクターブバンド幅)とした。

### 2.2 解析条件

検討は、(I)簡易空間モデル、並びに(II)既存ホールモデルの2種類について行い、それらの各々について、壁面の凹凸を再現した(i)実物モデル(Diffusive model)と、壁面の平坦化により構成面数を減らした(ii)単純モデル(Simple model)を対象とした。

検討(I)では、Fig.1 に示すように、(a)逆扇形、(b)扇形、(c)シューボックス形の3つの平面形状を対象とした。観測点は、客席の全域に24~30点を設けた。床面積(900m<sup>2</sup>)および天井高(18m)は全モデルで一定である。実物モデルと単純モデルの例を Fig.2 に、音響諸元を Table 1 に各々示す。

検討(II)では、Fig.3, Table 2 に示すように2つの既存ホールを対象とした。これらは、いずれも2,3階にサイドバルコニー席を有するシューボックスタイプのコンサートホールである。観測点は客席内に16点を設けた。音源は、いずれの検討においても舞台上に無指向性音源を設定した。

### 3. 音響縮尺模型実験(検討(I))

検討(I)では、幾何音響解析の結果を比較検証するために1/20 縮尺音響模型実験を併せて実施した。実験は、スパーク放電パルス音源とし1/4in.無指向性マイクロフォンにより、インパルス応答を観測した。信号の取り込みは、サンプリング周波数 128 kHzにて128回の同期加算を行った。得られたインパルス応答に5k~40kHz(1/1 オ

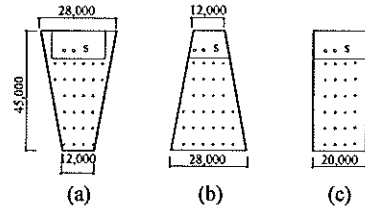


Fig. 1 Three types of floor plan in basic models; Type(a), reversed fan-shape; Type(b), fan-shape; Type(c), shoe-box.

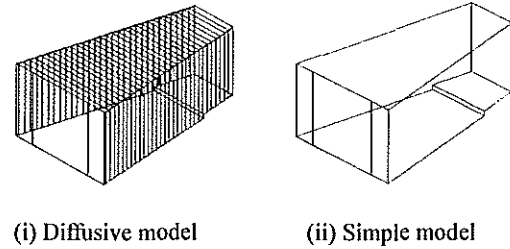


Fig. 2 A sample of basic models.

Table 1 Outline of basic models.

| Model           | Floor Type | V(m <sup>3</sup> ) | V/S(m) | RT <sub>60</sub> (s) <sup>*1</sup> | $\bar{\alpha}$ <sup>*1</sup> | N <sup>*2</sup> |
|-----------------|------------|--------------------|--------|------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| Diffusive model | a          | 15,835             | 3.73   | 2.42                               | 0.21                         | 127             |
|                 | b          | 15,882             | 3.77   | 2.35                               | 0.22                         | 135             |
|                 | c          | 15,819             | 3.79   | 2.37                               | 0.22                         | 133             |
| Simple model    | a          | 16,000             | 3.82   | 2.51                               | 0.20                         | 12              |
|                 | b          | 16,062             | 3.87   | 2.41                               | 0.22                         | 10              |
|                 | c          | 16,000             | 3.88   | 2.37                               | 0.22                         | 8               |

\*1 averaged over the four octave bands from 250 to 2k Hz

\*2 total number of interior surfaces

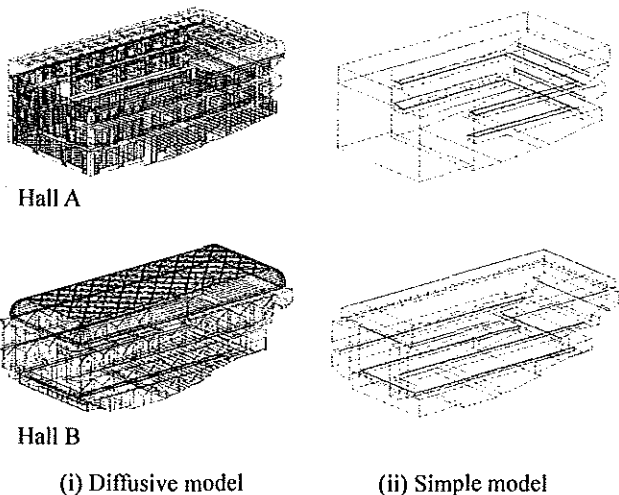


Fig.3 Two auditorium models.

Table 2 Outline of real auditorium models.

| Hall | Seats | V(m <sup>3</sup> ) | V/S(m) | RT <sub>60</sub> (s) <sup>*1</sup> | $\bar{\alpha}$ <sup>*1</sup> | N <sup>*2</sup> |
|------|-------|--------------------|--------|------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| A    | 1,871 | 17,445             | 2.51   | 2.24                               | 0.17                         | 3179            |
| B    | 1,818 | 17,302             | 2.80   | 1.79                               | 0.22                         | 2577            |

\*1 averaged over the four octave bands from 250 to 2k Hz

\*2 total number of interior surfaces

クターバンド、実物換算 250~2kHz)のフィルタリング処理を行った後、媒質による音響吸収の影響を空気減衰率の計算法を用いて補正した。室内の内装面は、客席床と後方壁を吸音性(フェルト厚さ4mm)とし、その他は反射性とした。反射性壁面の仕様は、平壁を合板厚さ5.5mm、クリアラッカー仕上げ(コンクリート壁を想定)、拡散壁を塩ビ板(ボード壁を想定)とした。

#### 4. 実音場測定(検討(Ⅱ))

検討(Ⅱ)では、既存ホールの音場測定を実施した。測定は、12面体無指向性スピーカからパルス音(時間幅40 $\mu$ s)を発生し、無指向性マイクロフォンを用い同期加算法により時間応答波形を観測した<sup>[7]</sup>。得られた時間応答波形から、250~2kHz

のフィルタリング処理を行った後、前述の3つの音圧レベル指標を算出した。

#### 5. 解析結果

まず、検討(Ⅰ)：簡易空間モデルの解析結果(実物モデルおよび単純モデル：乱反射率 $s_\theta=0.0, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0$ )を実験値と比較してFig.4に示す。

初期反射音レベルG80について見てみる。いずれの周波数においても解析値は実験値の傾向を概ね捉えている。後期音レベルGLも同様に両値の傾向を捉えている。また、GLにおいては、低い周波数では乱反射率の設定値が低いほど、高い周波数では乱反射率が高いほど実験値との対応が良いことがわかる(250Hz： $s_\theta=0.0$ , 2kHz： $s_\theta=0.5$ )。

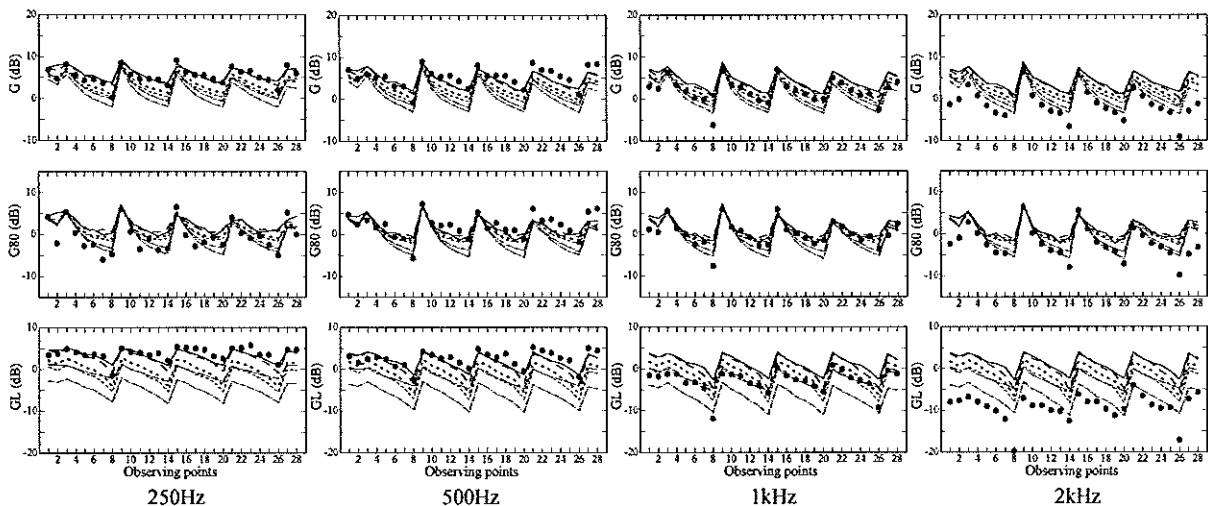


Fig.4 Comparison between calculated and measured G, G80 and GL in the basic models with floor type (a); calculated values: solid line, (i) diffusive models; simple models; long broken line, (ii)  $s_\theta=0.00$ ; dotted line, (iii)  $s_\theta=0.10$ ; broken line, (iv)  $s_\theta=0.20$ ; dot-dash line, (v)  $s_\theta=0.50$ ; two-dot-dash line, (vi)  $s_\theta=1.00$ ; ●, measured values.

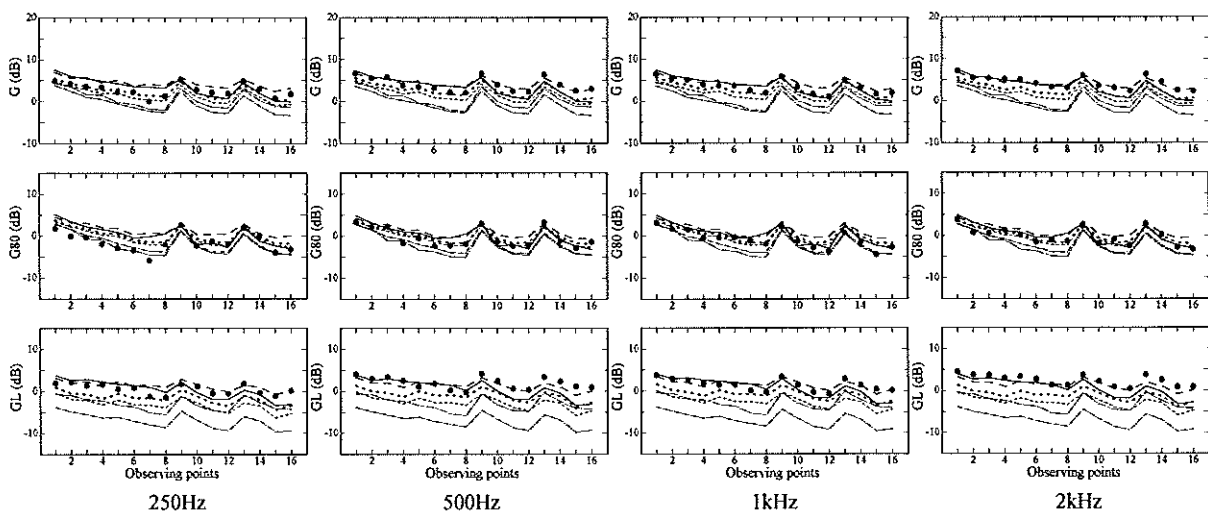
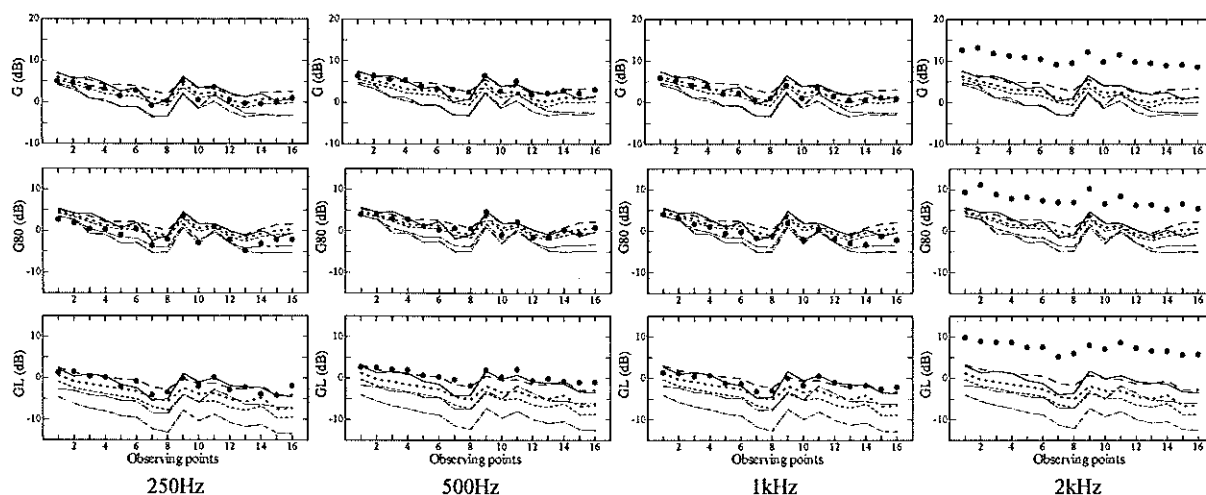


Fig.5 Comparison between calculated and measured G, G80 and GL in the auditorium models (Hall A); calculated values: solid line, (i) diffusive models; simple models; long broken line, (ii)  $s_\theta=0.00$ ; dotted line, (iii)  $s_\theta=0.10$ ; broken line, (iv)  $s_\theta=0.20$ ; dot-dash line, (v)  $s_\theta=0.50$ ; two-dot-dash line, (vi)  $s_\theta=1.00$ ; ●, measured values.



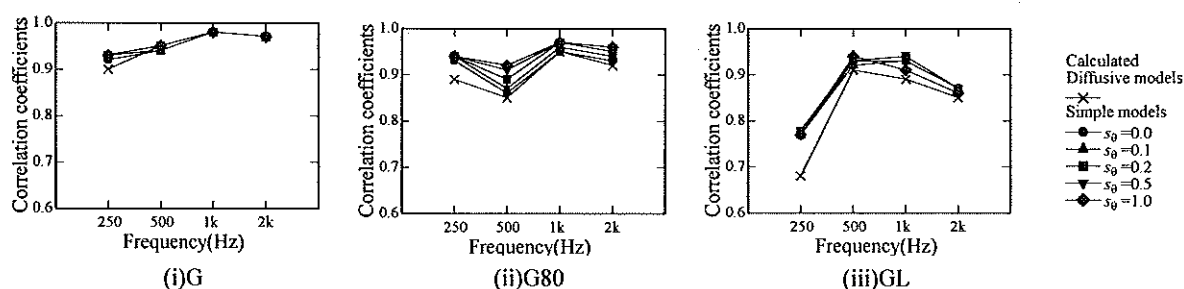
**Fig.6** Comparison between calculated and measured G, G80 and GL in the auditorium models (Hall B); calculated values: solid line, (i) diffusive models; simple models; long broken line, (ii)  $s_0=0.00$ ; dotted line, (iii)  $s_0=0.10$ ; broken line, (iv)  $s_0=0.20$ ; dot-dash line, (v)  $s_0=0.50$ ; two-dot-dash line, (vi)  $s_0=1.00$ ; ●, measured values.

**Table 3** Correlation coefficients between calculated and measured G, G80 and GL in the basic models (floor type (c)).

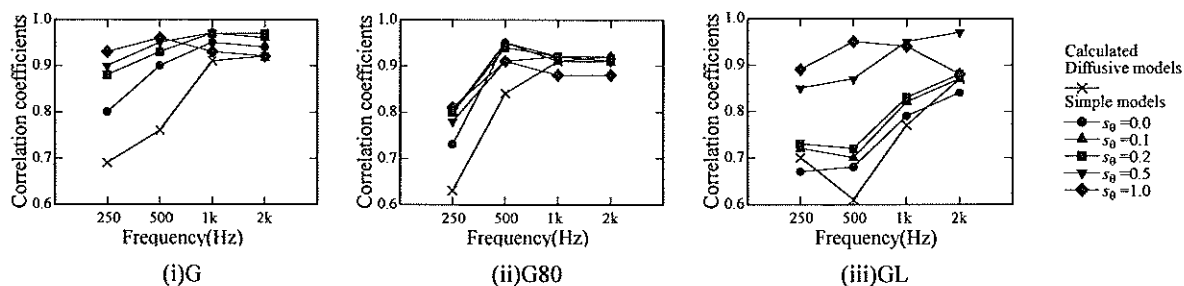
| Parameter | Model     | $s_0$ | Frequency(Hz) |      |      |      |
|-----------|-----------|-------|---------------|------|------|------|
|           |           |       | 250           | 500  | 1k   | 2k   |
| G         | Diffusive | -     | 0.90          | 0.95 | 0.98 | 0.97 |
|           |           | 0.0   | 0.92          | 0.94 | 0.98 | 0.97 |
|           |           | 0.1   | 0.93          | 0.94 | 0.98 | 0.97 |
|           | Simple    | 0.2   | 0.93          | 0.94 | 0.98 | 0.97 |
|           |           | 0.5   | 0.93          | 0.95 | 0.98 | 0.97 |
|           |           | 1.0   | 0.93          | 0.95 | 0.98 | 0.97 |
| G80       | Diffusive | -     | 0.89          | 0.85 | 0.95 | 0.92 |
|           |           | 0.0   | 0.93          | 0.86 | 0.95 | 0.93 |
|           |           | 0.1   | 0.94          | 0.87 | 0.96 | 0.94 |
|           | Simple    | 0.2   | 0.94          | 0.89 | 0.97 | 0.95 |
|           |           | 0.5   | 0.94          | 0.91 | 0.97 | 0.96 |
|           |           | 1.0   | 0.94          | 0.92 | 0.97 | 0.96 |
| GL        | Diffusive | -     | 0.68          | 0.91 | 0.89 | 0.85 |
|           |           | 0.0   | 0.77          | 0.93 | 0.93 | 0.87 |
|           |           | 0.1   | 0.77          | 0.92 | 0.93 | 0.87 |
|           | Simple    | 0.2   | 0.77          | 0.93 | 0.94 | 0.87 |
|           |           | 0.5   | 0.78          | 0.93 | 0.93 | 0.87 |
|           |           | 1.0   | 0.77          | 0.94 | 0.91 | 0.86 |

**Table 4** Correlation coefficients between calculated and measured G, G80 and GL in the auditorium models (Hall A).

| Parameter | Model     | $s_0$ | Frequency(Hz) |      |      |      |
|-----------|-----------|-------|---------------|------|------|------|
|           |           |       | 250           | 500  | 1k   | 2k   |
| G         | Diffusive | -     | 0.69          | 0.76 | 0.91 | 0.92 |
|           |           | 0.0   | 0.80          | 0.90 | 0.95 | 0.94 |
|           |           | 0.1   | 0.88          | 0.93 | 0.97 | 0.96 |
|           | Simple    | 0.2   | 0.88          | 0.93 | 0.97 | 0.97 |
|           |           | 0.5   | 0.90          | 0.95 | 0.97 | 0.96 |
|           |           | 1.0   | 0.93          | 0.96 | 0.93 | 0.92 |
| G80       | Diffusive | -     | 0.63          | 0.84 | 0.91 | 0.91 |
|           |           | 0.0   | 0.73          | 0.95 | 0.92 | 0.92 |
|           |           | 0.1   | 0.80          | 0.95 | 0.91 | 0.92 |
|           | Simple    | 0.2   | 0.80          | 0.94 | 0.92 | 0.91 |
|           |           | 0.5   | 0.78          | 0.91 | 0.92 | 0.91 |
|           |           | 1.0   | 0.81          | 0.91 | 0.88 | 0.88 |
| GL        | Diffusive | -     | 0.70          | 0.61 | 0.77 | 0.87 |
|           |           | 0.0   | 0.67          | 0.68 | 0.79 | 0.84 |
|           |           | 0.1   | 0.72          | 0.70 | 0.82 | 0.87 |
|           | Simple    | 0.2   | 0.73          | 0.72 | 0.83 | 0.88 |
|           |           | 0.5   | 0.85          | 0.87 | 0.95 | 0.97 |
|           |           | 1.0   | 0.89          | 0.95 | 0.94 | 0.88 |



**Fig.7** Frequency characteristics of correlation coefficients  $r$  between calculated and measured G, G80 and GL in the basic models (floor type (c)).



**Fig.8** Frequency characteristics of correlation coefficients  $r$  between calculated and measured G, G80 and GL in the auditorium models (Hall A).

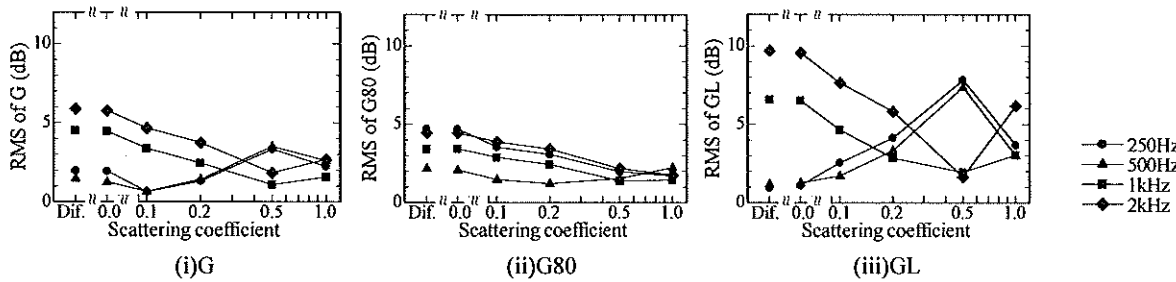


Fig.9 Root-mean-square deviations between calculated and measured  $G$ ,  $G80$  and  $GL$  versus scattering coefficients in the basic models (floor type (b)); Dif. on the horizontal axis indicates the diffusive model.

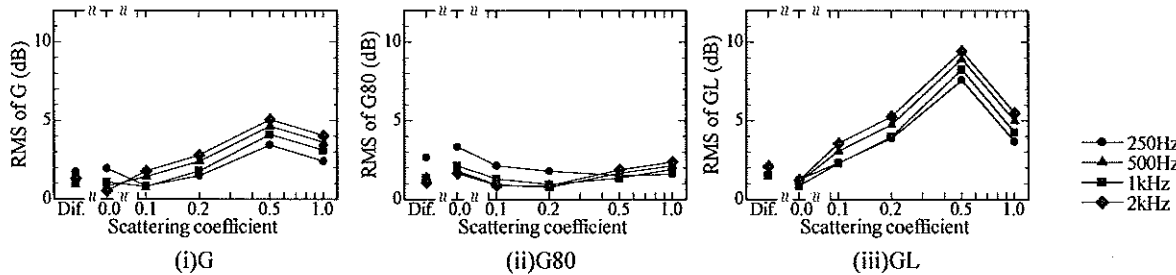


Fig.10 Root-mean-square deviations between calculated and measured  $G$ ,  $G80$  and  $GL$  versus scattering coefficients in the auditorium models (Hall A); Dif. on the horizontal axis indicates the diffusive model.

次に、検討(II)：既存ホールモデルの解析結果(実物モデルおよび単純モデル：乱反射率  $s_0=0.0, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0$ )を実測値と比較して Fig.5, Fig.6 に示す。

$G80$  について見てみると、解析値は実測値の傾向を概ね捉えていることがわかる。すなわち、観測点位置の違いによる反射音レベルの明確なピークディップの傾向についても両者は一致している。 $GL$  についても同様であり、 $s_0=0.0$  の場合における解析値と実測値の対応が良くとれている。後期反射音エネルギーは、 $s_0$  の設定値が高くなるにつれて小さくなるようである。

## 6. 考察

### 6.1 解析値と実測値の相関

解析値と実測値の対応を見るために、空間分布特性における両者の相関関係について考察する。簡易空間モデルおよび既存ホールモデルにおける相関係数  $r$  の算出結果を、Table 3, Table 4 に、相関係数  $r$  の周波数特性を Fig.7, Fig.8 に各々示す。

まず、簡易空間モデルの音圧レベル  $G$  について見てみると、 $r$  はいずれの乱反射率  $s_0$  に対しても 0.90 以上と高い値を示しており、分布性状を良く捉えている。次に、 $G80$ ,  $GL$  について見ると、実物モデルにおいて低音域(250Hz)の  $r$  が低下しているのに対して( $GL: r = 0.68$ )、単純モデルにおいては他の周波数と同程度にまで改善されて

いるのがわかる( $GL: r = 0.78$ )。

既存ホールモデルについて見てみる。 $G$  の相関係数  $r$  は、いずれの  $s_0$  に対しても実物モデルを除き 0.80 以上と高い値を示しており、音圧分布性状を良く捉えている。実物モデルにおける 250Hz, 500Hz の  $r$  が各々 0.69, 0.76 であるのに対して、単純モデルにおいては、0.80~0.93 と高い値を示している。すなわち、乱反射率の設定とともに形状の単純化により、低音域における音圧分布特性の対応が改善されているといえる。 $G80$  についても同様の傾向である。 $GL$  については、 $s_0$  の設定値による差が大きいものの、 $s_0=0.0$  の場合を除き 0.70 以上の相関を示しており、空間分布性状の傾向を捉えているといえる。また、上述の  $G$ ,  $G80$  と同様、実物モデルに比べ単純モデルに  $s_0$  を設定した場合の解析値の方がより実測値との対応が良くなっている。

### 6.2 乱反射率による影響

音圧レベル特性に対する乱反射率  $s_0$  の影響を見るため、解析値と実測値の平均偏差 RMS を算出した。RMS と  $s_0$  の関係を Fig.9(簡易空間モデル), Fig.10(既存ホールモデル)に示す。

まず、簡易空間モデルの  $G$  について見てみる。実物モデルと  $s_0=0.0$  の場合の単純モデルとでは、大きな差は見られない。しかしながら、低音域では  $s_0$  が小さいときに、高音域では  $s_0$  が高いときに各々 RMS は最小値をとり、実物モデルに比べ



て単純モデルの方が RMS は小さい。GL においても同様の傾向である。G80 では、G と同様に  $s_0=0.0$  の場合は形状の単純化の影響は見られないものの、 $s_0$  の設定値が高くなるにつれて RMS は小さくなり周波数による差が認められなくなる。

次に、既存ホールモデルについて見てみる。G80 については、 $s_0$  の違いによる影響は 2dB 程度と小さく、いずれの周波数においても  $s_0=0.1 \sim 0.2$  のときに RMS は最小値をとる。一方、後期反射音レベル GL については  $s_0$  の 0.0 から 0.5 の変化に対して最大 8dB 程度の変化が認められ、 $s_0$  の影響を強く受けていることがわかる。また、 $s_0=0.0$  のときに RMS は最小をとる。いずれの指標においても RMS の最小値は、実物モデルに比べ単純モデルの方が小さい。

## 7. むすび

乱反射率を導入した幾何音響解析における形状の単純化の影響について、簡易空間モデル並びに既存ホールモデルを対象に、音圧分布特性との関連から考察した。

今後は、対象周波数範囲と反射壁の大きさ並びに室形状の構成方法との関連など、実用的予測法の確立という視点からさらに検討を進めていきたいと考えている。

## 謝 辞

解析およびデータ整理には、江洲篤実、竹田佳織(九州共立大学学生)両君の協力を得た。また、本論文で使用した既存ホールの実測値は、九州大学藤本研究室との共同研究によるものである。関係各位に記して感謝します。

## 参考文献

- [1] H.Furuya, K.Fujimoto and A.Wakuda, Psychological experiments on listener envelopment when both the early-to-late sound level and directional late energy ratios are varied, and consideration of predicted LEV in actual halls, *Applied Acoustics*, **69**(11), 1085-1095, 2008.
- [2] Y.Kosaka and T.Sakuma, Numerical examination on scattering coefficients of architectural surfaces using the boundary element method, *Acoustical Science and Technology*, **26**(2), 136-144, 2005.
- [3] M.Vorlander and E.Mommertz, Definition and measurement of random-incidence scattering coefficients, *Appl. Acoust.*, **60**, 187-199, 2000.
- [4] ISO/FDIS 17497-1, Acoustics – Measurement of the sound scattering properties of surfaces, Part 1: Measurement of the random-incidence scattering coefficient in a reverberation room, 2003.
- [5] 中野国隆, 古澤眸, 江渕克志, 古屋浩, 黒木莊一郎, 室壁面の乱反射率を導入した幾何音響シミュレーション, 九州共立大学総合研究所紀要, 第2号, 47-56, 2009.
- [6] Y.W.Lam, A comparison of three diffuse reflection modeling methods used in room acoustics computer models, *J. Acoust. Soc. Am.*, **100**(4), 2181-2192, 1996.
- [7] A.Wakuda, H.Furuya, K.Anai and K.Fujimoto, Directional characteristics of late sounds in concert auditoria, *Proc. Forum Acusticum Sevilla 2002 (J. European Acoust. Assoc., 88)*, 1-6, 2002.

## 太陽光発電の地域特性と最適傾斜角に関する研究

康静\*, 亀田伸裕\*, 園田裕虎\*\*, 佐藤あずみ\*\*

\*九州共立大学大学院工学研究科環境システム学専攻

\*\*九州共立大学工学部環境サイエンス学科

Study on Estimate of Optimum Inclined Angle and Characteristics of the region  
of Photovoltaic generation

Kang JING, Nobuhiro KAMEDA, Hiroto SONODA, Azumi SATO

The force of the wind and natural energy using sunlight steal the limelight as a method of preventing carbon dioxide that is the cause of global warming recently being generated. Especially, it starts from the solar battery in the United States old in 1954, the technology of the photovoltaic generation improves to the history of the photovoltaic generation using sunlight rapidly now at the time of passed from this historical invention 50 years or more, and the environment that surrounds surroundings has changed greatly too. Moreover, it is an important problem to request the best inclination corner of the solar panel of which it is basic was the knowledge concerning shooting on the day on the slope for the efficient utilization of sunlight. In the present study, the photovoltaic generation simulation software of the amount of power generation by the difference of a geographic, and azimuthal when the photovoltaic generation panel was set up in the general house roof, climate conditions, influence of a geographic and climate conditions of the best inclination corner of the photovoltaic generation module using the pyrheliometer together with the calculation method with measured technique for setting up the solar cell module and the Solar Pro software is described.

**Keyword:** solar cell module, optimum inclined angle, solar radiation, field study

### 1. はじめに

近年、地球温暖化の原因である二酸化炭素の発生を防ぐ方法として、風力や太陽光を利用した自然エネルギーが脚光を浴びている。特に、太陽光を利用した太陽光発電の歴史は古く、1954年アメリカにおける太陽電池に始まり、この歴史的発明から50年以上が経過した現在、太陽光発電の技術は飛躍的に向上し、周囲を取り囲む環境も大きく変化している。我が国では、2009年11月から太陽光発電の買い取り価格が従来の倍（約50円/kwhあたり）になり、民間、個人住宅での太陽光発電が急速に伸びるものと期待されている。また、太陽光の効率的利用のために、傾斜面の日射に関する知識を基礎とした太陽電池パネルの最適傾斜角を求めることも重要な課題である。

本研究では、まず、太陽光発電パネルを一般住宅屋根に設置したときの方位角と地理的、気候的条件の違いによる発電量について、日本国内801カ所のデータを用いた太陽光発電シミュレーションソフトを用いて解析、考察した。次に、数種の傾斜面に日射計と太陽電池モジュールを設置した実測的手法とSolar Proソフトによる計算手法を併用して、両者の比較検討結果から、太陽光発電モジュールの最適傾斜角の地理的、気候的条件の影響について検討した結果について述べる。

### 2. Solar Pro ソフトによる解析

解析に用いたソフトは（株）ラプラス・システムのSolar Proで、詳細については既に発表済みである<sup>1)</sup>。2) 解析はシャープ製の発電パネル（出力3.1KW）を住宅の切妻屋根に傾斜角30°（一定）で設置し、南を0°として、東西方向へそれぞれ45°づつ回転して発電量を計算した。また、地理的気候的影響を見るため、解析地点は全国30カ所とした。解析条件および方法のフローチャートを図-1に示す。

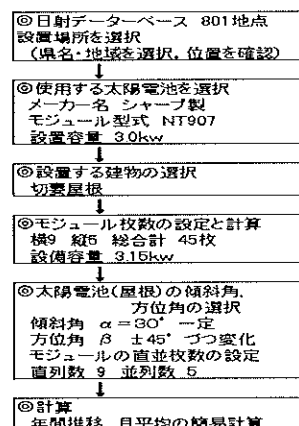


図-1 太陽光発電のフローチャート

### 3. 一般住宅屋根（傾斜角一定）の場合

#### 3. 1 方位角の影響

北海道の白糠と沖縄の与那国における年間発電量を方位別に示したのが図-2である。

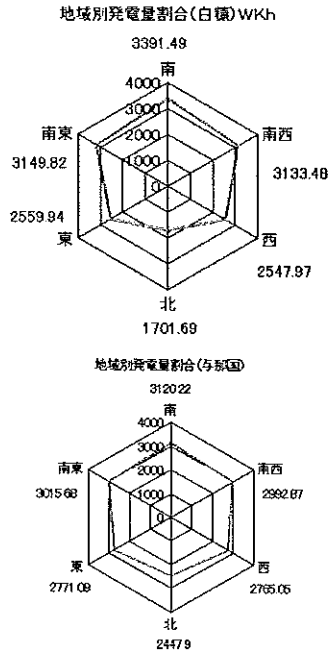


図-2 方位別発電量

図-2上側の白糠では南側の発電量 3, 391kwh, 北側で 1, 702kwh と北側は南側の約 50% となっている。一方、与那国では、南側の発電量は 3, 120kwh, 北側で 2, 448kwh と約 79% となっている。

#### 3. 2 地理的、気候的影響

日本全国 30カ所の地域別発電量を示したのが図-3である。

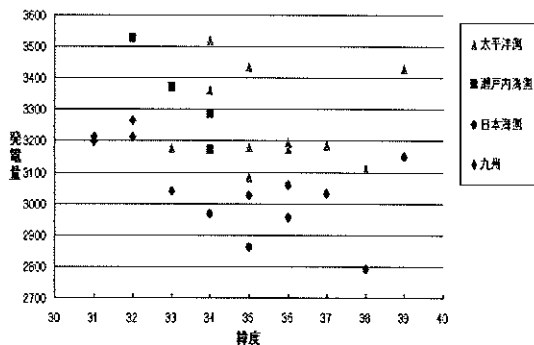


図-3 地域別発電量の相違

これによれば、日本海岸式気候に属する地域(秋田, 新潟, 金沢, 福井, 鳥取, 益田, 大田)の発電量は 2, 800~3, 100KWh, 太平洋岸式気候に属する地域(宮古, 浜松, 津横浜, 福島, 津)では 3, 200~3, 500KWh と太平洋岸式気候に属する地域の方が大きいことが分

かる。また、瀬戸内式気候の清水, 松山, 岡山などは太平洋岸式とほぼ同じとなっている。九州の鹿児島, 串間, 熊本, 長崎, 八幡などは 3, 000~3, 300KWh で両地域の間となっている。このように、各気候区毎のグループに分類されると思われる。

次に、各地点の全天日射量と発電量の関係を図-4に示す。

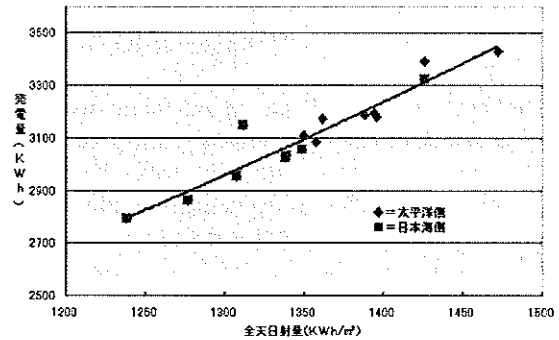


図-4 全天日射量と発電量の関係

これによると、全天日射量と発電量は比例関係にあり、全天日射量が大きい太平洋岸式気候が発電量も大きくなっていることが分かる。

次に、ほぼ同じ緯度毎の地域別全天日射量と直達日射量を図-5に示す。

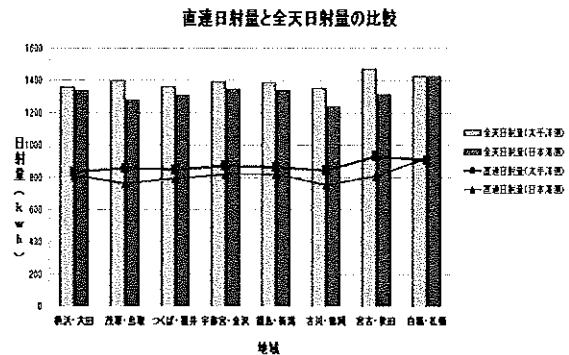


図-5 地域別日射量の比較

これによると、全天日射量、直達日射量は、太平洋岸式気候の方が日本海岸式気候の日射量より大きい。しかし、緯度が高い宮古, 白糠, 札幌などでは全天日射量、直達日射量とも他地域に比べ大きいことが分かる。これは冬季の積雪による散乱日射の影響と思われる。

### 4. 最適傾斜角の解析

#### 4. 1 実測手法

九州共立大学深耕館屋上で日射計を真南方向の傾斜角を  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $55^\circ$  に設置し、その日射強度を測定した。また太陽電池モジュールも同様に設置し

発電出力を測定した(図-6)。測定期間は2002年12月1日から2003年11月30日である。計測間隔は、日射強度、発電出力ともに5分間隔である。

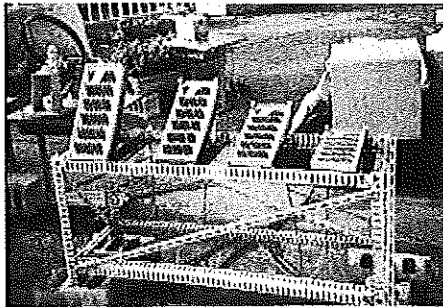


図-6 実測機器の概要

#### 4. 2 実測結果とソフトの比較検討

深耕館屋上での実測値とソフトからの真南方向における傾斜角 0°, 15°, 35°, 55°の月別の斜面日射量の結果を図-7に示す。図-7の上が実測値で、下がソフトの結果である。これによると、斜面日射が最大となる傾斜角は、12月～2月で55°, 3月～4月で35°, 5月で15°, 6月～7月で0°, 8月で15°, 9月で35°, 10～11月で55°で、冬期に比べて夏期の方が傾斜が緩やかになっている。また、日射強度のピークを示す時刻は、ほぼ正午で一致し、最大日射強度を示す斜面傾斜角も正午前後で一致している。

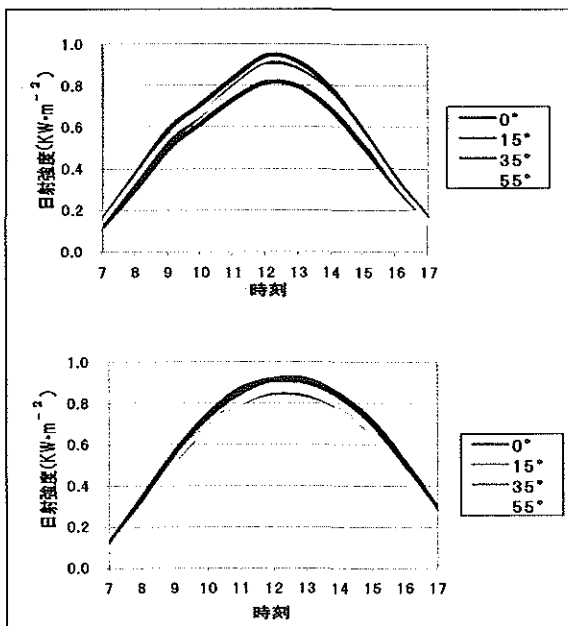


図-7 斜面傾斜角毎の日射強度の日変化

#### 4. 3 地理的気候的条件の影響

ほぼ緯度が同じで、地理的気候的条件の異なる日本

海岸式気候8地点(大田, 鳥取, 福井, 金沢, 新潟, 鶴岡, 秋田, 札幌)と太平洋岸式気候8地点(横浜, 茂原, つくば, 宇都宮, 福島, 古川, 宮古, 白糠), 計16地点について、日射量が最大となる傾斜角と発電量が最大となる時の傾斜角を求めた。緯度別解析地点を図-8に示す。

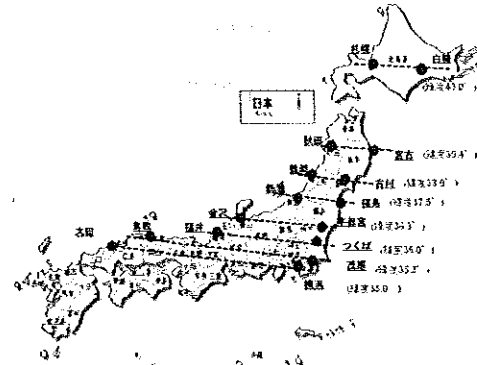


図-8 緯度別解析地点

太陽光発電モジュールは、年間固定して設置することが多いが、特定時期の利用に重きをおく場合がある。そこで月別・四季別の最適傾斜角の関係を示したのが図-9である。

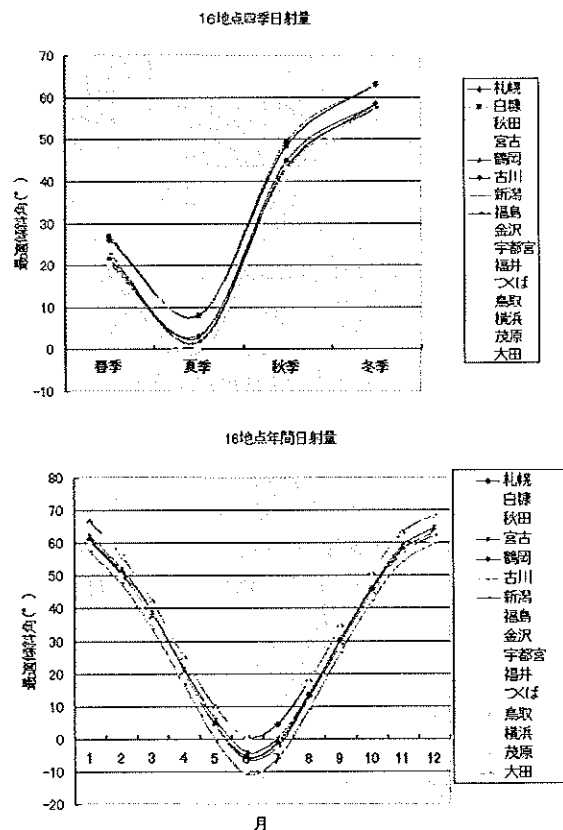
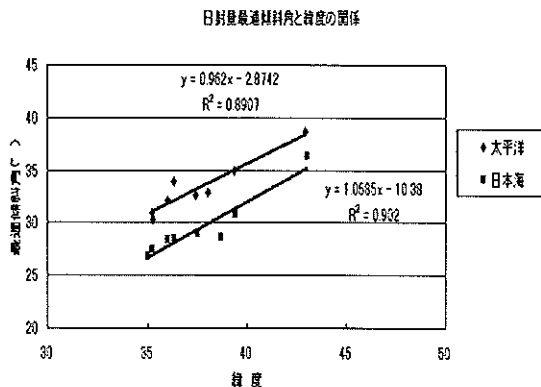


図-9 四季別・月別の最適傾斜角の関係

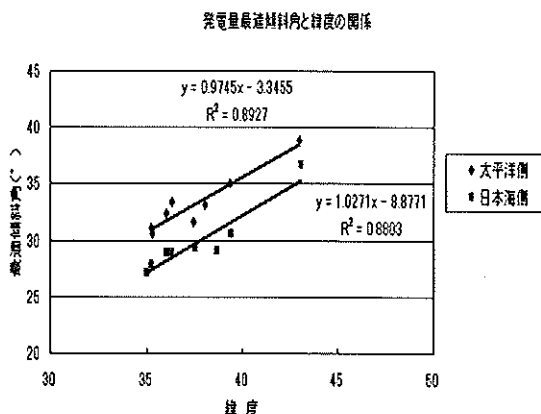
これによると、四季別、月別いづれも日本海岸式気候、太平洋岸式気候の地域では、暑くなる5~7月に最も最適傾斜角が小さく、冬期になるに従って傾斜角が大きくなる事が分かる。

#### 4. 4 地域(緯度)による最適傾斜角

日本海岸式気候と太平洋岸式気候の16地点について、日射量と発電量が最大となる時の最適傾斜角と緯度との関係を示したのが図・10、図・11である。



図・10 緯度と最適傾斜角との関係  
(日射量が最大の場合)



図・11 緯度と最適傾斜角との関係  
(発電量が最大の場合)

図・10によると、日射量が最大になる場合、太平洋岸式気候の地域の最適傾斜角は、日本海岸式気候に比較して約3.8°大きく、また、緯度(x)と最適傾斜角(y)の間にはほぼ比例関係が成り立ち、

太平洋岸式気候

$$y=0.962x-2.8742$$

日本海岸式気候

$$y=1.0585x-10.38$$

となる。

図・11によると、発電量が最大になる場合、太平洋岸式気候の地域の最適傾斜角は、日本海岸式気候に

比較して約3.5°大きく、また、緯度(x)と最適傾斜角(y)の間にはほぼ比例関係が成り立ち、

太平洋岸式気候

$$y=0.9745x-3.3455$$

日本海岸式気候

$$y=1.027x-8.8877$$

となる。

#### 7. まとめ

太陽光発電パネルを一般住宅屋根に設置したときの方位角と地理的、気候的条件の違いによる発電量について、日本国内801カ所のデータを用いた太陽光発電シミュレーションソフトを用いて解析、考察した。また、太陽電池モジュールの実測的手法とSolar Proソフトによる計算手法を併用して、両者の比較検討結果から最適傾斜角の地理的、気候的条件の影響について検討した。その結果、以下のことが判明した。

1) 北国の白糠では、北向きに太陽光パネルを設置した場合、南向きの発電量の約50%となる。一方、南国の与那国では、北向きの発電量は南向きの約79%となる。

2) 全天日射量と発電量は比例関係にあり、全天日射量が多い太平洋岸式気候の地域が日本海岸式気候の地域に比べて発電量も大きくなっている。

3) Solar proソフトの有効性が確かめられ、日射量が最大となる時の傾斜角と発電量が最大となる時の最適傾斜角はほぼ同じ値を示すことが明らかとなった。

4) 最適傾斜角と緯度との間にはほぼ比例関係が成り立ち、太平洋岸式気候が日本海岸式気候側より最大傾斜角が約3.5°~3.8°大きい。

#### 参考文献

- [1]. 楊燕, 園田裕虎, 亀田伸裕他, 太陽光発電モジュールの最適傾斜角の推定に関する基礎的研究, 九州の農業気象, 日本農業気象学会九州支部, p43-44, 2008
- [2]. 鈴木啓仁, 滝澤護, 任意方位の斜面日射の特性, 九州共立大学工学部地域環境システム工学科卒業研究論文, 2008

## 洞海湾周辺の土地利用と緑化の変遷に関する研究

陳 宏宇\*, 亀田 伸裕\*, 田中 邦博\*\*, 安田 繁\*\*\*

\*九州共立大学大学院工学研究科環境システム学専攻

\*\*九州共立大学大学院工学研究科都市システム工学専攻

\*\*\*九州共立大学工学部環境サイエンス学科

Study of Land use and research on transition of greening around Dokai Bay

Chen Hongyu, Nobuhiro Kameda, Kunihiro Tanaka, Yasuda Shigeru

After it is constructed in the place where government-owned Yahata steel corporation near the Dokai Bay, the factory related to the heavy and chemical industry has been constructed around the Dokai bay by 1901 age in Northern Kyushu City near located in the center part. Afterwards, the development of Japanese economy has been pulled as one of the four great industrial zones where Japan is represented. However, it became it by the progress of air pollution and the water quality deterioration in the 1950's because of smoke and the drain exhausted by the factory, and calling, 'Sea of the death' in which the living thing was not able to live. The water quality of the Dokai bay has been improved by combining of the citizens, the enterprise and the administration to solve these environmental pollution issues approach on measures against pollution and can live by a lot of living things now. The change in a recent land use that surrounds the zone around this cave gulf is examined from the analysis that uses GIS and the influence that the forest making of the greenery business held in addition in Yahata steel corporation place gave environmental preservation is considered in the present study though various approaches are done around the Dokai bay.

**Keyword:** Dokai Bay, land use, GIS, transition of greening

### 1. はじめに

北九州市のほぼ中央部に位置する洞海湾では、1901(明治 34)年に官営八幡製鐵所がこの湾に面する場所に建設されて以来、洞海湾周辺には重化学工業関連の工場が建設されてきた。その後、日本を代表する四大工業地帯の一つとして日本経済の発展を牽引してきた。

しかし、1950年代には工場から排出される煤煙や排水によって大気汚染や水質悪化が進行し、生物が生息できない『死の海』と呼ばれるほどになった。これらの公害問題を解決するために市民・企業・行政が一体となって公害対策に取り組み、今では多くの生物が生息できるほど洞海湾の水質は改善された。洞海湾周辺では様々な取り組みが行われているが、本研究では、この洞海湾周辺の地帯を取り巻く昨今の土地利用の変化を GIS を用いた解析から検討し、さらに新日本製鐵(株)八幡製鐵所で行われた緑化事業の森造りが環境保全に与えた影響についての考察を行う。

### 2. 土地利用図の作成

北九州地区の土地利用変遷の解析にあたり、国土地理院発行の小倉地図(縮尺 1/50000)のうち、土地利用の変化が著しいと思われる年代の地図として、表 1に示す計 5 枚を選択した。

表 1. 解析に用いた地図の年代

| 刊行年            | 対象とする年代       |
|----------------|---------------|
| 明治 33 (1900) 年 | 明治中期以前        |
| 大正 14 (1925) 年 | 明治末期～大正時代     |
| 昭和 21 (1946) 年 | 昭和初期～戦中       |
| 昭和 35 (1960) 年 | 戦後～高度成長期      |
| 昭和 62 (1987) 年 | 昭和末期 (鉄冷えの時代) |

GIS ソフトは、Esri 社の ArcGIS 9.0 である。また土地利用変化の解析手順は、図 1 のフローチャートの通りである。本研究では北九州の都市化・工業化の中心であった小倉、戸畑、若松、八幡に重点を置き、解析域を戸畑、若松、八幡がある洞海湾周辺から小倉にかけての東西約 16km×南北約 12km の矩形域とした。土地利用種別として、本研究では①市街地、②田畑、③工場、④埋立地、⑤山、⑥その他の利用土地(陸域)、⑦海域の 7 種類に分けた。

### 3. 土地利用種別の変化

土地利用状況の 1 例を図 2 に、各年代の土地利用状況別の変化を図 3 に示す。これらによれば、面積増加が最も著しい土地は、都市利用土地である。明治 33 (1900) 年は約 265 万㎡だった総面積が、昭

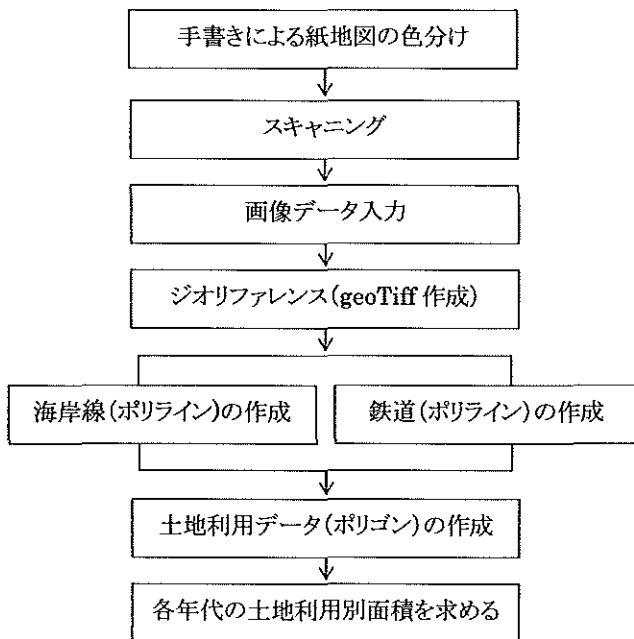


図1 GISを用いた土地利用変遷の解析手順

和 62 (1987) 年には約 5,469 万 $\text{m}^2$ に拡大している。割合にすると約 20 倍である。

次に面積増加が著しいのは埋立地で、明治 33 (1900) 年には約 31 万 $\text{m}^2$ しかなかった総面積が、昭和 62 (1987) 年には約 3,177 万 $\text{m}^2$ に拡大している。割合では約 102 倍にもなる。

逆に田畑などの農用地は、明治 33 (1900) 年には約 3,557 万 $\text{m}^2$ もあり解析対象地区の大半を占めていたが、昭和 62 (1987) 年には約 14 万 $\text{m}^2$ まで、約 254 分の 1 にまで減少していく。

今回の解析では埋立地として区分しているが、埋立地の利用目的は主に工場立地の土地確保である。埋立地や工場の増加・拡大に際し、その従業員施設の確保の為に都市的利用土地も増加していくことになり、その土地確保のために田畑などの農用地が減少してしまうという結果が明確になった。

#### 4. 新日鐵八幡製鐵所における緑化事業の取り組み

北九州市においては、『グリーン北九州プラン』として多彩なプランの実施をしており、1973(昭和 48)年 7 月には市街区域内の工場と緑化協定を結び、5 年間に工場敷地の 10%以上を緑化することになった。

1970 年代に急速に進んだ公害問題や環境破壊に対して、工場が建てば芝生を植えたり、ポツポツと単木を植えたりと、緑化はわりと早期に受け入れられ

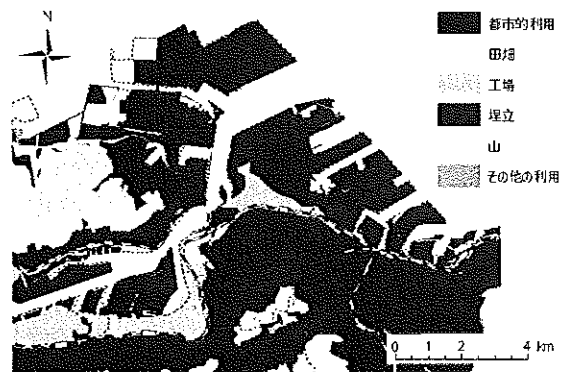


図2 昭和 62 年(1987 年)の土地利用状況

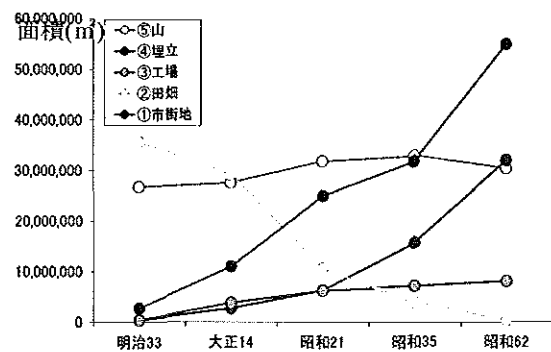


図3 土地利用状況の変化

てきた。しかしながら、このような木なら何でも植えればよいという緑化は表面的なものでしかなかった。そういったものは長続きせず、根付かなかつたり荒れたりする事例もあり、長期的に定着させることはなかなか困難だった。このような情勢にあつて、日本で本格的な森造りに取り組んだのが新日鐵である。

#### 4.1 エコロジー手法による郷土の森造り

新日鐵における緑化事業の歴史は古く、大正期から昭和にかけても続けられてきた。しかしながら、工場は埋立地などの条件の悪い場所にあり、従来おこなれていたただ植えるだけの緑化ではうまくいかないこともあった。新日鐵では、庭園的手法による植栽が行われていたが、1971(昭和46)年から横浜国立大学の宮脇氏(現:名誉教授)の指導を受け、宮脇氏が提唱する『潜在自然植生1』の考えを取り入れた、『エコロジー手法』に基づく緑化計画へと、全面的に修正を行った。

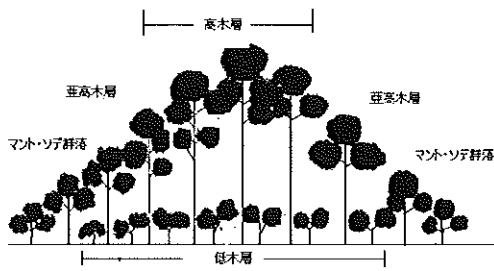


図4 ピラミッド型森林の模式図

#### 4.2 緑化事業の推移

新日鐵八幡製鐵所における緑化事業は、1973(昭和48)年の緑化協定からわずか5年後の1977(昭和52)年にはすでに達成された(図5)。なお、新日鐵が掲げた最終目標は12%であり、1983(昭和58)年に達成した。緑化事業前と緑化事業後の航空写真を、写真1および写真2に示す。

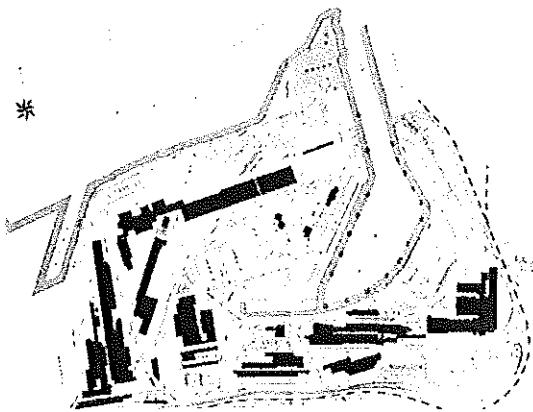


図5 新日鉄製鐵所内緑化平面図  
(昭和51年4月)



写真1 事業前

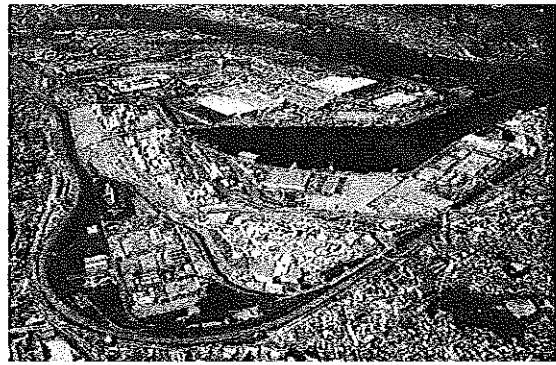


写真2 事業後

#### 4.3 葛島の緑化とその影響

葛島は洞海湾の入り口に浮かんでいた小島であったが、1970(昭和45)年に埋め立てられて陸続きとなった場所である(図6)。

1973(昭和48)年から緑化が進められ、1977(昭和52)年には緑化率85%、1978(昭和53)年に100%を達成している。

水質汚濁によって一時は壊滅していた漁業であったが、1983(昭和58)年にはクルマエビ漁が復活しており、その年の年間水揚げ高は約50t(約3500万円)であった。

福岡県企画振興部調査統計課の第11次漁業センサス結果報告書2005(平成17)年実施によると、若松区漁業海区では経営体数が133、平均漁獲金額466万円とのことなので、若松区漁業区だけで約6億2千万円まで増えている。

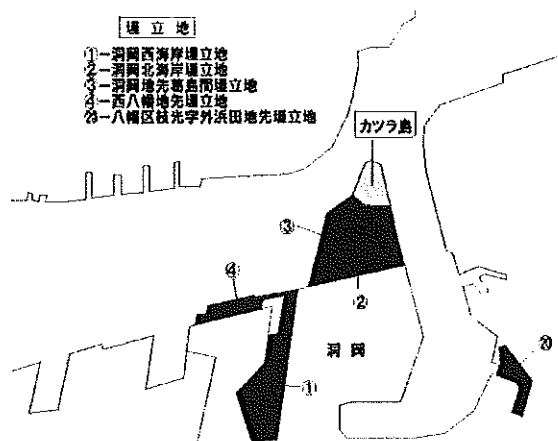


図6 葛島位置図



表2 葛島緑化の経緯

| 年(昭和)              | 作業内容                                                                                                                                                                     | 資料           |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 47年度               | 47年度造成済15000m <sup>2</sup>                                                                                                                                               | R-27         |
| 48年度               | 48年度計画地92000m <sup>2</sup> —カツラ島環境保全林造成計画                                                                                                                                | R-27         |
| 48・10/4～10/20      | 客土搬入15000m <sup>3</sup> (約32%)                                                                                                                                           | R-27         |
| 48・12/2～12/8       | 客土実績36500m <sup>3</sup> (予定46000m <sup>3</sup> の79%)<br>動員 男:104人 女:51人                                                                                                  | R-33         |
| 48・12/16～<br>12/22 | 境界環境保全林植栽開始—マテバシイ・ツブラシイ<br>緑化予定面積80000m <sup>2</sup> /植栽予定数800万個<br>植栽状況—マテバシイ—927850個<br>スダシイ—975040個<br>クス—872200個 トベラ—8000個<br>植栽面積は全体計画の35%                          | R-35<br>R-36 |
| 51・2/13            | 昭和50年度福岡県工場緑化コンクール<br>—県緑化推進協議会がカツラ島視察                                                                                                                                   | R-96         |
| 51・6/1～6/30        | 若草山6600m <sup>2</sup> —苗木植え—1本/m <sup>2</sup><br>ポット苗植栽樹木数量(規格は0.5m)—合計:6600本<br>高木:クス・タブ・ホルト・ヤマモモ・アラカシ<br>亜高木:マテバシイ・ツブラシイ・ヒメユズリハ・ハマビワ<br>低木:モツコク                        | M-4          |
| 51・10現在            | カツラ島緑地面積79112m <sup>2</sup><br>かつら島森林造成工事                                                                                                                                | M-16         |
| 52・2/1～5/31        | 面積17711m <sup>2</sup> 客土量約20000m <sup>3</sup> 植栽12340本<br>ポット苗(H0.3m)—高木10500本/低木1500本<br>幼木(H2m)—肥料木40本/保樹木300本<br>低木群—1.5本/m <sup>2</sup> 亜高木—高木群—1本/1.5m <sup>2</sup> | M-25         |
| 52・8/21～8/31       | 1m <sup>2</sup> 当たりの工事費—森林1500円 草地500円                                                                                                                                   | M-38         |

\*)R—緑化/M—みどりのアルバム

NHK で放送された『洞海湾・カツラ島報告』では、公害規制だけではなく、森の影響もあるのではないかと報道されている。瀬戸内海研究フォーラム in 福岡(2008.9.4-5)においては、『洞海湾の鎮守の森づくりとリフュージアの海底湧水』と題して新日鐵八幡製鐵所内の葛島地先の海底潜水調査について報告があり、葛島地先の海中は生物多様性が高いとのことだった。重金属などの汚染に敏感だと言われるムラサキハナギンチャク等の生物が数多く確認され、そのほかにもイカやタコ、ハギ、ハゼ等も確認されている(写真3)。

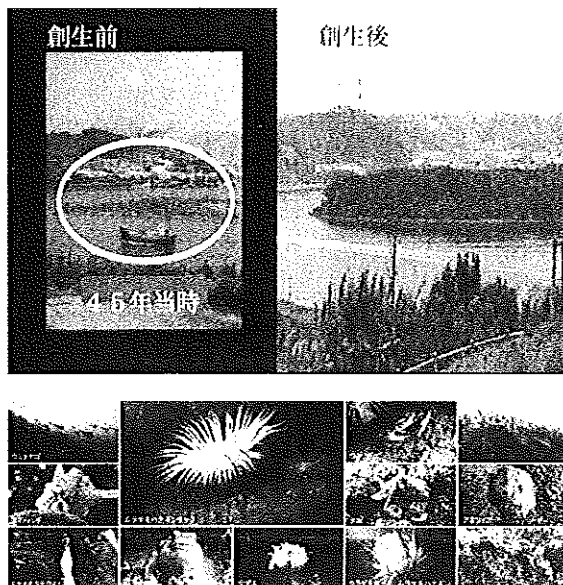


写真3 『新日鐵の森』の地先の生物

## 5. まとめ

明治から昭和までの地図データを基に、GISを用いて北九州地区の土地利用の変遷について解析を行った。その結果、北九州地区の近代化の背景には八幡製鐵所の設立が重要であった。製鐵所の設立条件である石炭・海岸・鉄道が揃った北九州地区に、巨大な資本力を持つ製鐵産業の進出により大規模な市街地が形成され巨大な企業都市に成長したことが明確になった。

今回着目した新日鐵八幡製鐵所における森造りは、およそ15年足らずの取り組みで、再生に100年かかるといわれている極相林の再生に成功している。緑化事業を始めておよそ10年後にはクルマエビ漁も復活しており、現在では数億円規模の事業にまで発展している。このことから、継続的な森造りが水域の環境改善に及ぼした影響は大きいと考えられる。

## 参考文献

- 1) 亀田伸裕他, 洞海湾における歴史的変遷と森造りによる環境保全の取り組みについて, 土木学会土木史研究講演集, Vol 28, 2008.7
- 2) 亀田伸裕他, 洞海湾周辺の土地利用と緑化の変遷に関する研究, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集 2009.3,

## 袖形状を例題とした多面体を用いた縫合後の立体形状予測法の 型紙形状予測法への応用

著者：伊藤 海織\*, 今岡 春樹\*\*

\*九州女子大学家政学部, \*\*奈良女子大学生活環境学部

Application the Method of Predicting Sewn Three-dimensional Forms by Polyhedrons to the Method  
of Predicting Patterns as an Exercise that the Sewn Three-dimensional Form is a Sleeve

Miori Itoh, Haruki Imaoka

### Abstract

The method of predicting sewn three-dimensional forms by polyhedrons was applied to that of predicting patterns. A sleeve was adopted as an exercise of this application.

In the end, this method could be applied to the method of predicting patterns. Some variables in a sewn three-dimensional form and a pattern were needed to decide. Because a sleeve is a parallelepiped in this exercise, the length of generating lines is not limited. Then, some variables became constants and some functions were not needed. This is not general-purpose. Further, this method will be applied to other sewn three-dimensional forms, and will be more general-purpose.

**Keywords:** Polyhedron, Sewn Three-dimensional Form, Development, Pattern, Sleeve, Parallelepiped

### 1. 緒言

衣服は布でできており、様々な形を作ることができる。複雑な形の人体を覆うだけでなく、ドレープのような美しい装飾も、布が軟らかいことによって形成できる。このように衣服製作では多彩な表現が可能だが、衣服設計時に型紙との対応関係を把握するのは容易ではない。

そこで著者は、衣服の3次元形状と型紙の対応関係を把握しやすい方法を作成した。衣服の形状には、装飾を加える前の襟のような硬い部分と、スカートのドレープのような軟らかい部分があるが、立体と平面展開図の対応関係を把握しやすいシステムを作成するため、形状予測が簡単な後者を例題とした。この方法では、衣服の形を単純化して考えるために、衣服の材料を紙のような厚みや力学的性質をもたない可展面とした。可展面は伸縮や剪断変形をせず、曲げ変形のみが可能であり、この方法に適している。この方法を、可展面理論を用いた縫合後の立体形状予測法[1]と名付けた。この方法では、縫合後の3次元縫合線と型紙の2次元縫合線を設定すると、縫合後の立体形状とそれを実現する型紙形状が一意に決まる。しかし、場合によっては数値積分等の個別の対応が必要であった。

Fig.1 は縫合後の3次元縫合線を円に、型紙の2次元縫合線を円弧の半分に設定した例で、円錐である縫合後の立体形状と半円である型紙が表示された。

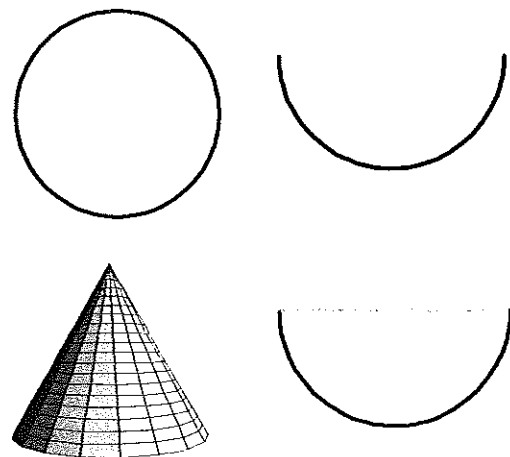


Fig.1 An outline of the method of predicting a sewn three-dimensional form by the theory of developable surfaces. Upper left : a sewn curve in a three-dimensional form, upper right : a curve in a pattern, lower left : a sewn three-dimensional form, and lower right : a pattern.

可展面理論を用いた縫合後の立体形状予測法をより汎用にするために、著者は多面体を用いた縫合後の立体形状予測法[2]を作成した。この方法では、折れ線である縫合後の3次元縫合線と型紙の2次元縫合線を設定すると、型紙は多角形で、縫合後の立体形状は多面体で表示される。Fig.2は縫合後の3次元縫合線を正八角形に、型紙の2次元縫合線は外角が一定である8区間の折れ線とした例で、縫合後の立体形状には正八角錐が、型紙には扇状の形状が表示された。

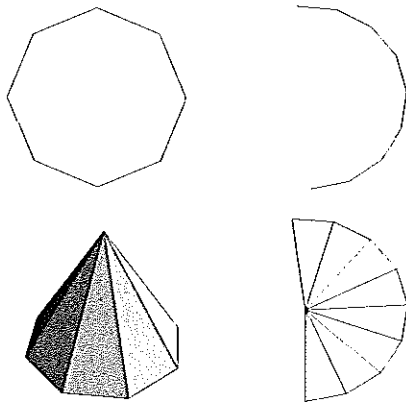


Fig.2 An outline of the method of predicting sewn three-dimensional form by polyhedrons. Upper left : a sewn outline in a three-dimensional form, upper right : an outline in a pattern, lower left : a sewn three-dimensional form, and lower right : a pattern.

多面体を用いた縫合後の立体形状予測法における縫合線の分割数を増やしていくと曲線に近づき、分割数が無限大であるとき、可展面理論を用いた縫合後の立体形状予測法における縫合線に等しくなる。

通常「縫合」とは、2本の型紙の2次元縫合線を接合することを言う。しかし、1本の型紙の2次元縫合線を、1本の縫合後の3次元縫合線に接合することに問題を簡略化できることがわかっている[1]ため、本報でもこれを「縫合」とする。

本報では、袖形状を例題として、多面体を用いた縫合後の立体形状予測法を型紙形状予測法に応用する。

## 2. 多面体を用いた縫合後の立体形状と型紙における角度と線分長

多面体を用いた縫合後の立体形状は、縫合後の

3次元縫合線を構成する線分の端点 $p_i$ と、そこから伸びる単位母線ベクトル $\overrightarrow{p_i q_i}$ によって形成される。矢印記号は $p_i$ から単位母線ベクトルの終点 $q_i$ に向かうベクトルを表している。また、母線ベクトルの大きさを $l_i$ で表す。辺 $p_i p_{i+1}$ を底辺として $q_i, q_{i+1}$ によって形成される多面体の側面の形状は様々である。しかし可展面理論を用いた縫合後の立体形状予測法において、縫合線の形状によっては縫合後の立体形状に自己交差が生じ、 $l_i$ が制限される場合があるとわかっている[1]ため、そのような場合に対応できるよう、Fig.3には側面が三角形の例を示す。

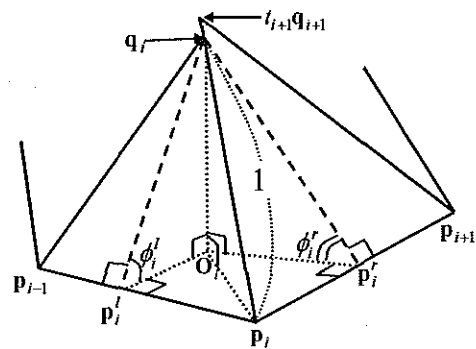


Fig.3 Definition of points and angles in a sewn three-dimensional form

$p_i$ を中心として、辺 $p_{i-1} p_i$ を底辺とする側面と $p_{i-1}, p_i, p_{i+1}$ で形成される平面のなす角度を左側面の立ち上がり角 $\phi'_i$ 、辺 $p_i p_{i+1}$ を底辺とする側面と $p_{i-1}, p_i, p_{i+1}$ で形成される平面のなす角度を右側面の立ち上がり角 $\phi'_i$ とし、 $\phi'_i, \phi'_i$ をあわせて側面の立ち上がり角と呼ぶことにする。また $q_i$ から辺 $p_{i-1} p_i$ におろした垂線の足を $p'_i$ 、 $q_i$ から辺 $p_i p_{i+1}$ におろした垂線の足を $p'_i$ とする。変数右上の添え字の $l$ はleftを、 $r$ はrightを表し、以降の変数についても同様である。またFig.2の縫合後の立体形状のように $q_i$ が1点に集まるのは特別な場合であり、Fig.3のように $l_i$ が様々な値をとり、 $q_i$ が1点に集まらない場合が一般的である。

Fig.4は、 $q_i$ から $p_{i-1}, p_i, p_{i+1}$ で形成される平面を見下ろした図である。以降、 $p_{i-1}, p_i, p_{i+1}$ で形成される平面を $P_i$ と呼ぶことにする。 $O_i$ は、 $\overrightarrow{p_i q_i}$ を $P_i$ に投影したときの $q_i$ の対応点である。同様に、線分 $q_i p'_i$ を $P_i$ に投影すると線分 $O_i p'_i$ に、線分 $q_i p'_i$ を $P_i$ に投影すると線分 $O_i p'_i$ になる。また辺 $p_{i-1} p_i$ と辺 $p_i p_{i+1}$ のなす角度を3次元縫合線の外角 $K_i$ とする。そして、辺 $p_{i-1} p_i$ を両側に十分伸ばし、 $p_i$ を

中心として  $\frac{K_i}{2}$  回転させた直線  $L_i$  とし,  $L_i$  上の  $p_{i+1}$  側の半直線と線分  $p_i O_i$  のなす角度を  $\Theta_i$  とする。

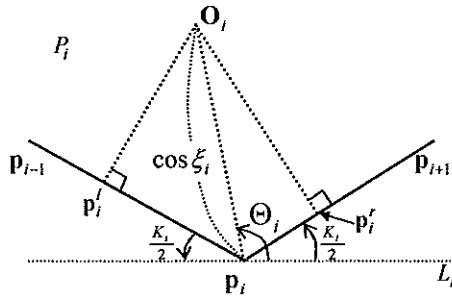


Fig.4 Definition of angles  $K_i$  and  $\Theta_i$  on a plane made with  $p_{i-1}, p_i$  and  $p_{i+1}$

Fig.5 は, 辺  $p_{i-1}p_i$  と辺  $p_i p_{i+1}$  を底辺とする側面を平面展開した図である。型紙の2次元縫合線を構成する線分の端点を縫合後の3次元縫合線のものとは区別するために, 型紙の2次元縫合線を構成する線分の端点には,  $\sim$  をルビのようにつけて  $\tilde{p}_i$  と表す。  $\tilde{p}_i$  は  $p_i$  に対応し, 同様に型紙の単位母線ベクトルの終点  $\tilde{q}_i$  は  $q_i$  に対応している。  $\tilde{p}_i \tilde{q}_i$  の大きさは  $l_i$  に等しい。 辺  $\tilde{p}_{i-1} \tilde{p}_i$  と辺  $\tilde{p}_i \tilde{p}_{i+1}$  のなす角度を, 2次元縫合線の外角  $k_i$  とする。 辺  $\tilde{p}_{i-1} \tilde{p}_i$  を両側に十分伸ばし,  $\tilde{p}_i$  を中心として  $\frac{k_i}{2}$  回転させた直線  $\tilde{L}_i$  とし,  $\tilde{L}_i$  上の  $\tilde{p}_{i+1}$  側の半直線と  $\tilde{p}_i \tilde{q}_i$  のなす角度を,  $\tilde{p}_i \tilde{q}_i$  の回転角  $\theta_i$  とする。

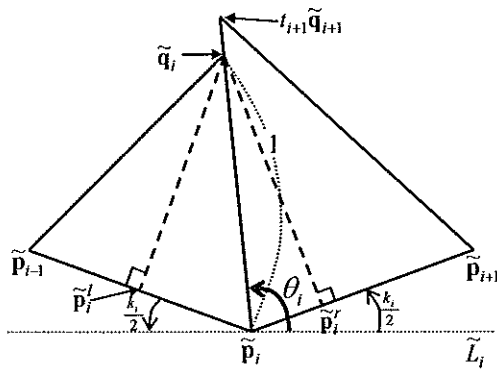


Fig.5 Definition of angles  $k_i$  and  $\theta_i$  on a developed pattern

アームホール曲線やネックラインに見られる人体上の線は平面上の線ではなく, 振れを持つ。そこで振れ角  $\tau_i$  を定義し, Fig.6 に示す。三角形  $p_{i-1}p_i p_{i+1}$  の単位法線ベクトルを  $n_i$  とし,  $n_i$  と  $n_{i+1}$  のなす角度を  $\tau_i$  とする。また縫合後の3次元縫合線が反時計回りに進みながら上昇するとき,  $\tau_i > 0$  とする。

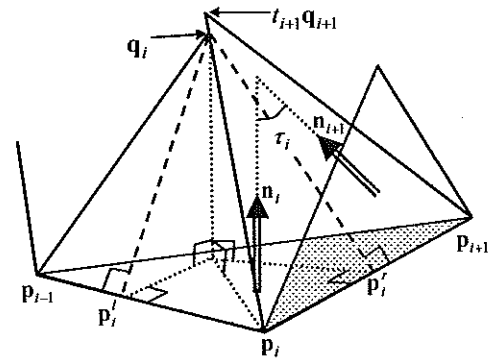


Fig.6 Definition of angle of torsion  $\tau_i$

これまでは角度について述べたが, 最後に, 縫合後の立体形状や型紙の大きさを定義づける線分長について述べる。それは母線ベクトルの制限長  $T_i^l, T_i^r$  である。Fig.7 には母線ベクトルの大きさが制限長に等しい型紙の例を挙げ,  $T_i^l, T_i^r$  を示した。可展面理論を用いた縫合後の立体形状予測法において, 縫合線の形状によって縫合後の立体形状に自己交差が生じ, 母線ベクトルの大きさが制限される場合がある。それは多面体を用いた縫合後の立体形状予測法でも同様であり,  $T_i^l, T_i^r$  は縫合後の立体形状に自己交差を生じない範囲での母線ベクトルの最大の大きさである。 辺  $\tilde{p}_{i-1} \tilde{p}_i$  を底辺とする側面に含まれる  $\tilde{p}_i \tilde{q}_i$  の制限長を  $T_i^l$  とし, 辺  $\tilde{p}_i \tilde{p}_{i+1}$  を底辺とする側面に含まれる  $\tilde{p}_i \tilde{q}_i$  の制限長を  $T_i^r$  とする。また, Fig.7 に示される  $\Delta s_i$  は, 辺  $\tilde{p}_i \tilde{p}_{i+1}$  の大きさとする。これは線分  $p_i p_{i+1}$  の大きさに等しい。

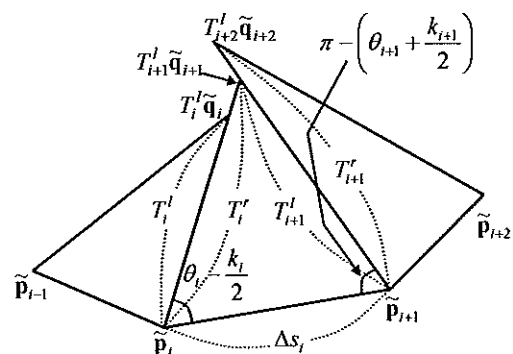


Fig.7 Definition of lengths of sides on a developed pattern

### 3. 計算と描画の方法

本報では例題として, 袖形状から展開図である型紙を求める。袖形状は, 可展面理論を用いた縫合後の立体形状予測法を型紙形状予測法に応用

[3]した際の例題であり、その例題を、角度や線分長を求める式を導出する際の参考にした[4]。なお計算と描画には、数式処理システム Mathematica を用いた。

### 3-1 設定する変数

本報では問題を簡単化するため、袖形状を Fig.8 のような正  $n$  角柱とする。また縫合後の 3 次元縫合線であるアームホール線は、正  $n$  角柱を地面と垂直に切断したときの断面の輪郭線、すなわち円あるいは楕円を外接円とした  $n$  角形とする。設定する変数の 1 つ目は、外接円の中心角の分割数  $n$  である。

実際の衣服で袖を作る場合、静立姿勢を前提として型紙の袖山曲線を作図する場合と、ある程度の動作姿勢を前提として作図する場合があります。前提とする姿勢の違いに応じて袖山曲線の形状が変化する[5]。本報では前提とする姿勢を自由に設定できるように、袖の着装角度  $\varphi$  を設定する (Fig.8)。これが設定する変数の 2 つ目である。 $\varphi=0$  が腕を地面と水平に伸ばした状態、 $\varphi=-\frac{\pi}{2}$  が腕を地面に向かって垂直に下ろした状態とする。また、 $\varphi$  は  $-\frac{\pi}{2} < \varphi < 0$  の範囲で設定できるものとする。よって、縫合後の立体形状におけるアームホール線の外接円は、楕円である。

さらに縫合後の立体形状を形成するためには、袖の太さを定義するアームホール線の外接楕円の短径  $r$ 、袖の長さ  $l$  も設定する必要がある (Fig.8)。

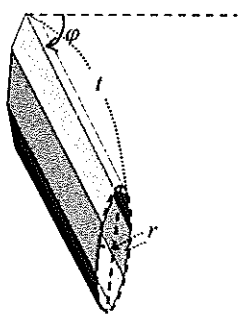


Fig.8 Definition of constants  $\varphi$ ,  $r$  and  $l$

これら 4 つの定数を用いると、袖形状とアームホール線を描画できる。アームホール線の頂点  $p_i$  は、 $yz$  平面上の点とする。外接楕円の短径が  $r$  であるとき、長径は  $r(\cos \varphi + \tan \varphi \sin \varphi)$  となる。加えて中心を原点に、 $p_i$  の始点を  $z$  軸上の負の側に設定し、反時計回りに  $p_i$  を描くとすると、 $p_i$  は次式で定義される。

$$p_i = \begin{bmatrix} p_i^x \\ p_i^y \\ p_i^z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ r \sin \frac{2\pi}{n} \\ -r(\cos \varphi + \tan \varphi \sin \varphi) \cos \frac{2\pi}{n} \end{bmatrix}$$

$p_i$  が求められると、縫合後の 3 次元縫合線の外角  $K_i$  を求めることができる。 $\overrightarrow{p_i p_{i+1}}$  を

$$\overrightarrow{p_i p_{i+1}} = \begin{bmatrix} p_{i+1}^x - p_i^x \\ p_{i+1}^y - p_i^y \\ p_{i+1}^z - p_i^z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta x_i \\ \Delta y_i \\ \Delta z_i \end{bmatrix}$$

と表すと、 $K_i$  は式(1)で定義される。右項の分子の演算はベクトルの外積を、分母の演算はベクトルの内積を表している。

$$K_i = \tan^{-1} \frac{\cos K_i}{\sin K_i} = \tan^{-1} \frac{\overrightarrow{p_{i-1} p_i} \wedge \overrightarrow{p_i p_{i+1}}}{(\overrightarrow{p_{i-1} p_i}, \overrightarrow{p_i p_{i+1}})} \quad (1)$$

縫合後の 3 次元縫合線の振れ角  $\tau_i$  は、 $p_i$  が  $yz$  平面上にあることから、 $\tau_i = 0$  である。

正  $n$  角柱の面を形成する単位母線ベクトル  $\overrightarrow{p_i q_i}$  は、 $p_i$  から  $xz$  平面と平行に伸ばすとすると、次式で定義される。

$$\overrightarrow{p_i q_i} = \begin{bmatrix} \cos \varphi \\ 0 \\ \sin \varphi \end{bmatrix}$$

以上の計算より、袖形状が描画される。袖形状は、 $p_i, p_{i+1}, q_{i+1}, q_i$  の 4 点を順に結んで描画した。

### 3-2 求める変数

型紙の縫合線を描くために必要な変数の中で重要なのは、 $\tilde{p}_i$  の外角  $k_i$  と  $\tilde{q}_i$  の回転角  $\theta_i$  である。

まず  $k_i$  を求める。可展面理論によると、曲面上の曲線  $p(s)$  ( $s$  は弧長) の測地的曲率  $K_g(s)$  が、ある平面曲線  $\tilde{p}(s)$  の曲率  $k(s)$  と等しいとき、 $\tilde{p}(s)$  は  $p(s)$  を平面展開して得られる。この関係を表しているのが次式である。

$$k(s) = \kappa(s) \cos \phi(s) \quad (2)$$

$k(s)$  は  $\tilde{p}(s)$  の曲率、 $\kappa(s)$  は  $p(s)$  の曲率であり、 $\phi(s)$  は  $p(s)$  の曲率ベクトル  $p''(s)$  と接ベクトルのなす角度である (Fig.9)。つまり、 $\kappa(s) \cos \phi(s)$  は  $p''(s)$  を接平面に投影したときの大きさであり、 $K_g(s)$  に等しい。多面体を用いた縫合後の立体形状予測法において、式(2)に対応するのは次式である[2]。

$$\tan \frac{k_i}{2} = \tan \frac{K_i}{2} \cos \phi_i \quad (3)$$

$\phi_i$  は  $\phi$  に対応する角度なので、理想の立ち上がり

角と名付ける。また  $k(s)$  を  $\tan \frac{k}{2}$  で、 $\kappa(s)$  を  $\tan \frac{\kappa}{2}$  で対応させたのは、 $L_i$  が  $\mathbf{p}(s)$  の接線に、 $\tilde{L}_i$  が  $\tilde{\mathbf{p}}(s)$  の接線に対応することと、正接関数が原点付近では原点を通る単調増加関数であることによる。

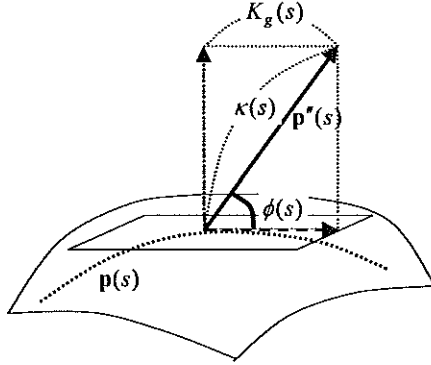


Fig.9 Decomposition of curvature vector  $\mathbf{p}''(s)$

式(3)より、 $\phi_i$  と  $K_i$  が求められれば  $k_i$  を求めることができる。よって  $k_i$  を求める準備として、 $\phi_i$  を求める。 $\phi_i$  は、可展面理論を用いた縫合後の立体形状予測法における縫合後の3次元縫合線の主法線ベクトルに相当するベクトル  $\overrightarrow{\mathbf{p}_i \mathbf{m}_i}$  と、 $\overrightarrow{\mathbf{p}_i \mathbf{q}_i}$  のなす角度に等しい。アームホール線が原点を中心とした  $n$  角形であることから、 $\overrightarrow{\mathbf{p}_i \mathbf{m}_i}$  は  $\mathbf{p}_i$  から原点へ伸ばした単位ベクトルが相当し、次式で定義される。

$$\overrightarrow{\mathbf{p}_i \mathbf{m}_i} = \begin{bmatrix} -p_i^x \\ -p_i^y \\ -p_i^z \end{bmatrix}$$

よって  $\phi_i$  は次式で定義される。

$$\phi_i = \tan^{-1} \frac{\sin \phi_i}{\cos \phi_i} \quad (4)$$

なお、式(4)における  $\sin \phi_i, \cos \phi_i$  は、式(5), (6)で求められる。

$$\sin \phi_i = \left( \frac{\overrightarrow{\mathbf{p}_i \mathbf{m}_i} \wedge \overrightarrow{\mathbf{p}_i \mathbf{q}_i}}{\|\overrightarrow{\mathbf{p}_i \mathbf{m}_i}\| \|\overrightarrow{\mathbf{p}_i \mathbf{q}_i}\|}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \right) \quad (5)$$

$$\cos \phi_i = \frac{(\overrightarrow{\mathbf{p}_i \mathbf{m}_i}, \overrightarrow{\mathbf{p}_i \mathbf{q}_i})}{\|\overrightarrow{\mathbf{p}_i \mathbf{m}_i}\| \|\overrightarrow{\mathbf{p}_i \mathbf{q}_i}\|} \quad (6)$$

$k_i$  は式(3)に式(1), (4)を代入して求められ、型紙の袖山線を構成する線分の端点  $\tilde{\mathbf{p}}_i$  を描くことができる。 $\tilde{\mathbf{p}}_0$  を原点とすると、定義式は次の2式である。式(7)においては  $i=2, \dots, n$  である。

$$\tilde{\mathbf{p}}_1 = \begin{bmatrix} \tilde{p}_1^u \\ \tilde{p}_1^v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{p}_0^u + \Delta s_0 \cos \frac{k_0}{2} \\ \tilde{p}_0^v + \Delta s_0 \sin \frac{k_0}{2} \end{bmatrix}$$

$$\tilde{\mathbf{p}}_i = \begin{bmatrix} \tilde{p}_i^u \\ \tilde{p}_i^v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{p}_{i-1}^u + \Delta s_{i-1} \cos \left( \tan^{-1} \frac{\Delta v_{i-2}}{\Delta u_{i-2}} + k_{i-1} \right) \\ \tilde{p}_{i-1}^v + \Delta s_{i-1} \sin \left( \tan^{-1} \frac{\Delta v_{i-2}}{\Delta u_{i-2}} + k_{i-1} \right) \end{bmatrix} \quad (7)$$

また式(7)中の  $\Delta u_i, \Delta v_i$  は、

$$\Delta u_i = \tilde{p}_{i+1}^u - \tilde{p}_i^u$$

$$\Delta v_i = \tilde{p}_{i+1}^v - \tilde{p}_i^v$$

とする。辺  $\mathbf{p}_i \mathbf{p}_{i+1}$  の大きさ  $\Delta s_i$  は、次式で定義される。

$$\Delta s_i = \sqrt{(\Delta x_i)^2 + (\Delta y_i)^2 + (\Delta z_i)^2}$$

$\theta_i$  は、縫合後の立体形状が柱面であることから、母線ベクトルの大きさが無限大になり、 $T_i', T_i'$  が存在しない。そこで  $\tilde{\mathbf{q}}_i$  は  $u$  軸に直交しているとすると、次式で定義される。

$$\tilde{\mathbf{q}}_i = \begin{bmatrix} \cos \frac{\pi}{2} \\ \sin \frac{\pi}{2} \end{bmatrix}$$

$\tilde{\mathbf{q}}_i$  が求められると、型紙を描画できる。型紙は Fig.10 のように、 $\tilde{\mathbf{p}}_i, \tilde{\mathbf{p}}_{i+1}, \tilde{\mathbf{q}}_{i+1}, \tilde{\mathbf{q}}_i$  の4点を順に結んで描画した。

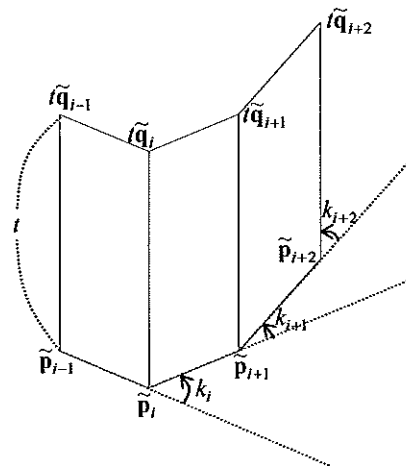


Fig.10 Detail of a pattern

#### 4. 計算と描画の結果

結果の一例として、 $n=8$ ,  $\varphi=-\frac{\pi}{4}$ ,  $r=1$ ,  $t=5$  と設定した結果を Fig.11 に示す。上段が設定した形状で、左がアームホール線、右が袖形状である。下段は計算によって求められた形状で、左が型紙の袖山線、右が型紙形状である。袖形状を例題と

した場合, 多面体を用いた縫合後の立体形状予測法を型紙形状予測法に応用できることが示された。

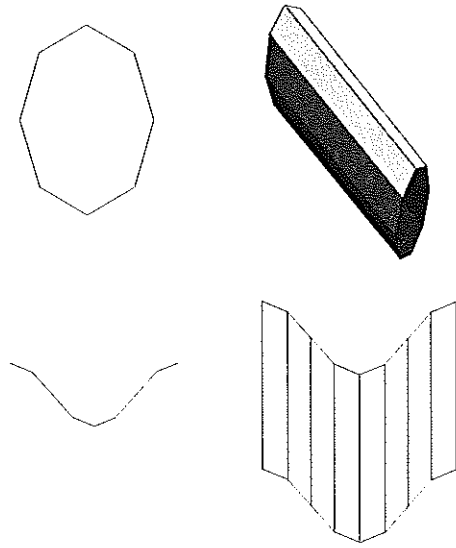


Fig.11 Results of a sleeve model. Upper left : a sewn outline in a three-dimensional form, upper right : an outline in a pattern, lower left : a sewn three-dimensional form, and lower right : a pattern.

## 5. 結言

本報では, 多面体を用いた縫合後の立体形状予測法[2]を型紙形状予測法に応用した。縫合後の

立体形状である袖形状を柱面としたため, 母線ベクトルの制限長が存在せず, 母線ベクトルの大きさと回転角を個別に設定する必要があり, 側面の立ち上がり角を求める必要がなかった。これは個別の対応であり, 汎用であるとは言えない。今後は, 柱面以外の立体形状について型紙形状予測法を適用し, 型紙形状予測法の汎用性を高めたい。

## 参考文献

- [1]. 伊藤海織, 今岡春樹, “可展面理論を用いた縫合後の立体形状予測と縫合可能性”, 繊維製品消費科学, Vol.48, No.1, pp.42-51, 2007.
- [2]. 伊藤海織, 今岡春樹, “多面体を用いた縫合後の立体形状予測”, 繊維製品消費科学, Vol.48, No.10, pp.679-690, 2007.
- [3]. Miori Itoh, Haruki Imaoka, “PAPER MODEL APPAREL CAD”, 2005 Seoul International Clothing & Textiles Conference PROCEEDINGS I, pp.74-77, 2005.
- [4]. 伊藤海織, 今岡春樹, “正  $n$  角柱に近似した袖形状の平面展開”, 日本繊維製品消費科学会 2009 年年次大会研究発表要旨, pp.239-240, 2009.
- [5]. 三吉満智子, 広川妙子, 中本節子, “服装造形学理論編 I”, 文化出版局, pp.251-252, 2002.

## 黒糖もろみ酢の糖尿病ラットに対する血糖上昇抑制効果

石橋源次\*、廣戸美絵\* 九州女子大学家政学部栄養学科

Beneficial Effect of Post-Distillation Slurry of Brown Sugar Shochu on Blood Glucose Level and Serum Lipid Concentrations in Spontaneously Non-Insulin-Dependent Diabetic Rats

Genji ISHIBASHI, Yoshie HIROTO

Post-distillation slurry of brown sugar shochu (kokutou-moromi viengar) was evaluated for beneficial effect on blood glucose level and serum lipid concentrations in an experiment with NIDD rats used as model animals for spontaneously non-insulin-dependent diabetes mellitus. The results obtained from the rats given a diet containing kokutou-moromi viengar *ad libitum* were compared with those from control rats. During the feeding period of 40d, body weight of the NIDD rats receiving the kokutou-moromi viengar was significantly lower than that of the control rats from the 1th to the 40days. Though food intakes of the rats receiving kokutou-moromi viengar were significantly lower in the and control rats.

The fasting blood glucose levels were significantly lower in the NIDD rats receiving the 3% kokutou-moromi viengar than the rats receiving the control on the 40 day. Compared with the control group, the amounts of cholesterol and bile acid in the feces of the NIDD rats in the kokutou-moromi viengar group were significantly higher, and the cholesterol excretion was significantly higher on the in the kokutou-moromi viengar rats. The liver weight, the level of total lipids in liver, and the concentrations of triglyceride and total cholesterol in liver and serum of the NIDD rats on the 48th day were significantly lower in the kokutou-moromi viengar than those of the control group. These results indicate that kokutou-viengar has beneficial effects on blood glucose level and serum lipid concentrations in spontaneously NIDD rats.

**Keywords: Kokuto-moromi viengar, blood glucose, serum cholesterol, NIDD**

黒糖もろみ酢、血糖値、血清コレステロール、非肥満Ⅱ型糖尿病モデルラット

### 1. はじめに

黒糖もろみ酢には、原料である黒糖由来の成分、黒糖焼酎製造に用いられる麹菌、酵母、発酵によって生成される生産物等が含有されている。

黒糖もろみ酢の生理作用については、含有される鉄による貧血の改善、脂質代謝、特に、血清コレステロールの上昇抑制作用等が報告されている<sup>1)</sup>。

近年、日本における糖尿病が生活習慣病の代表的な疾病となり、その予防と改善が急務な課題となっている<sup>2)</sup>。そのために、治療としては食事療法、運動療法さらには薬物療法などにより行われている。これまでに、ある種の食物繊維が食後の血糖上昇やインスリン分泌を抑制することが見いだされており、食事療法において血糖をコントロールし、合併症を予防するためには食物繊維を多く含む食品の摂取が有効であると考えられる。また、抗酸化作用のある食品も糖尿病の進展や合併症の発症・進展防止に好影響を与えるものと考えられる。

糖質代謝に及ぼす影響についても、水溶性食物繊維が食後の血糖上昇やインスリン分泌を抑制することが見いだされて以来、これらは糖尿病の予防と治療に一定の効果を有するという数多くの研究報告がなされてきた<sup>3), 4)</sup>。

その作用機序は、食物繊維の有する粘性により、栄

養素の消化吸収を遅延させることによるものと推察されている。しかし、近年では、食物繊維が消化管ホルモン分泌を抑制することにより、あるいは消化酵素を阻害することにより、糖質代謝に影響を及ぼしている可能性も示唆している<sup>5)</sup>。

黒糖もろみ酢中には、原料の黒糖・米・麹菌・酵母の成分および麹菌と酵母が産生する成分が含まれている。原料の黒糖に含まれている褐変物質は、食物繊維様の作用をすることが知られており、糖質代謝に影響することが予測される。非肥満Ⅱ型糖尿病ラットに対する糖質代謝への影響を中心に検討した。

### 2. 実験方法

#### 2. 1 黒糖もろみ酢の調製

もろみ酢は黒糖に水、麹菌および酵母を加えて発酵後、蒸留した残液を 3,000 r p m / 20 分間遠心分離した後、濾過 (0.5 メッシュ) を行なって調製した。このもろみ酢を常法に従い、凍結乾燥するともろみ酢 100m l から 5 g 黒褐色の固形物が得られた。

#### 2. 2 黒糖もろみ酢の分析

総窒素量はケルダール法、全糖はカルバゾール硫酸法、各ミネラルは原子吸光度法、有機酸は高速液体クロマトグラフにより定量した。ポリフェノールは



Folin-Ciocalteu 法によって定量した。

メラノイジン（褐変物質）の定量は、標準褐変成分を五明等の方法で、次のように調製した。1M のグルコースと1M のグリシンの混液を90℃で72時間加熱し濃縮したものを標準物質とした。褐変物質の定量は、440nm における吸光度を測定し、標準物質の吸光度からえられた検量線より求めた。

なお、分析値は3点の分析結果の平均値で示した。

### 2.3 実験動物

実験動物は、日本クレア製（GK/JcI）、雄ラットを九動物飼育所（熊本）より入手し、1週間の予備飼育後1群7匹（体重120g内外）を実験に供した。

飼料および飲料水は自由に摂取させ、飼育期間は48日間とし、飼育条件は室温 22±2℃、湿度は調整せず明暗は12時間周期（8:00-20:00）とした。飼育終了後、一昼夜絶食させネブタール麻酔下で、腹部大動脈より採血し血清を分離した。同時に、臓器を摘出し分析に供するまで-80℃に冷凍保存した。

### 2.4 飼料の調製

対照群の飼料組成は、α-コーンスターチ 15%、乳カゼイン18%、ラード4%、大豆油4%、AIN-93配合ミネラル混合 3.5%、AIN-93 配合ビタミン混合 1%、セルロースパウダー3%、酒石酸コリン 0.15%、DL-メチオニン 0.15%としスクロースで100%になるように調製した。もろみ酢群は凍結乾燥して得られたものを 3% 添加し（スクロース）で100%になるように調製した。

### 2.5 血糖の経時的測定

実験飼料投与開始より、1週間に1度（水曜日）に午前8時から10時の間に、無麻酔下で尾静脈より採血した。血糖値の測定は小型血糖測定器グルテストセンサー（三和化学研究所）を用いて行った。

### 2.6 血清成分の分析

血清総コレステロール（T-choI）と遊離コレステロール（F-choI）はオキシダーゼ・フェノール法、リン脂質（PL）はコリンオキシダーゼ・フェノール法、HDL-コレステロール（HDL-choI）はマンガンを用いHDLを分離した後、choIをオキシダーゼ・フェノール法で定量した。トリアシルグリセロール（TG）はフェノール法、過酸化脂質は八木法を用いて測定した。

### 2.7 肝臓成分の分析

肝臓総脂質量は、肝臓1gを精秤しクロロホルム：メ

タノール=2:1（V/V）の溶媒を用いるFolch法で抽出し、重量法で測定した。抽出した全脂質をイソプロピルアルコール10m lに溶解したものの検液とし、血清の場合と同様にT-choI、F-choI、TG、PLを血清と同様に市販のキットで測定した。

### 2.8 糖負荷試験

スクロース 500mg をゾンデを用いて直接胃内に投与し、30分、60分及び120分後の血糖値を測定した。

### 2.9 結果の処理

分析結果は平均値±標準偏差で表し、分散分析を行いDunnett'sの多重検定法により各群間の有意差検定を行いp<0.05をもって有意とした。

## 3. 実験結果

### 3.1 黒糖もろみ酢の成分

凍結乾燥黒糖もろみ酢及びもろみ酢原液中成分の分析結果は、表1に示す通りである。

表1. 黒糖もろみ酢中の成分

|         | もろみ酢原液<br>(mg/dL) | 乾燥もろみ酢<br>(g/g) |
|---------|-------------------|-----------------|
| 総糖質     | 314               | 41              |
| 粗たんぱく質  | 12.5              | 4               |
| ポリフェノール | 310               | 7.3             |
| メラノイジン  | 603               | 16.8            |
| ミネラル    |                   |                 |
| カルシウム   | 20.8              | 1.1             |
| マグネシウム  | 17.3              | 0.5             |
| カリウム    | 227.9             | 6.4             |
| 鉄       | 4.1               | 0.1             |

凍結乾燥もろみ酢は糖質を除くと、原料の黒糖由来の褐変物質が大部分を占め、次いで麹菌が生成する有機酸のクエン酸であった。また、原料である黒糖由来のミネラル（特に、カリウム）及び抗酸化能を有するポリフェノールも多く含まれていた。

### 3.2 動物実験

体重・臓器重量及び飼料

黒糖もろみ酢を添加した飼料をラットに投与した動物実験における体重増加量、飼料摂取量、飼料効率及び臓器重量を表2に示した。

体重増加量は対照群 233±10g、もろみ酢群 220±12g となり 40 日間の飼育期間中いずれの試験群も体

重の増加量に有意差は認められなかった。対照群ともろみ酢群の飼料摂取量に差異はなかった。肝臓、腎臓重量及び皮下脂肪重量は、対照群と比較しもろみ酢群で低い重量と体重比となった。

表2 飼料摂取量、体重増加量及び臓器重量

|                       |           |            |
|-----------------------|-----------|------------|
| 肝臓重量 (g)              | 14.3±1.8  | 11.8±0.9*  |
| 肝臓/体重 (%)             | 4.25±0.05 | 3.75±0.03* |
| 腎臓                    |           |            |
| 腎臓重量 (g)              | 2.6±0.1   | 2.4±0.1*   |
| 皮下脂肪組織                |           |            |
| 皮下脂肪重量 (g)            | 5.7±1.7   | 3.6±0.2*   |
| * 対照群に対して有意差あり、p<0.01 |           |            |

### 3.2 血糖値の推移

飼育開始より飼育終了までの、3週目、6週目及び9週目における血糖値の推移を表3に示した。

表3. 血糖値の推移

|                                    | 対照群   | もろみ酢群  |
|------------------------------------|-------|--------|
| 開始時                                | 214±6 | 214±7  |
| 3週目                                | 57±8  | 236±11 |
| 6週目                                | 295±7 | 235±11 |
| 9週目                                | 323±8 | 297±8  |
| 増加量                                | 106±9 | 56±4*  |
| *対照群と比較して有意差あり、p<0.01.<br>単位はmg/dL |       |        |

実験開始時の血糖値は、両群とも同様な濃度であった。飼育開始より血糖値は徐々に上昇し、実験終了時は、対照群 323mg、もろみ酢群 297mg となり、血糖値の増加量は対照群 106mg、もろみ酢群 56mg となり、もろみ酢投与により血糖濃度の上昇を抑制した。

### 3.3 糖負荷試験

糖負荷試験による血糖濃度の変化は次のようになった。

表4. 血糖値の時間的推移

|                                     | 対照群    | もろみ酢群   |
|-------------------------------------|--------|---------|
| 開始時                                 | 263±13 | 246±14  |
| 30分後                                | 338±21 | 300±18  |
| 60分後                                | 384±15 | 346±19* |
| 120分後                               | 293±20 | 278±22  |
| * 対照群と比較して有意差あり、p<0.01.<br>単位はmg/dL |        |         |

非肥満型糖尿病モデルラットを用いて、糖負荷試験を行い、30分後、120分後の血糖濃度は対照群ともろみ酢群で差異は認められなかったが、60分後の血糖濃度はもろみ酢群で有意に上昇が抑制された。

### 3.4 血清脂質濃度

血清の脂質濃度に及ぼすもろみ酢の影響は表4に示すような結果となった。

間飼育すると、血清 T-cho1, HDL-cho1 濃度は対照群ともろみ酢群で差異はなかった。血清 TG 濃度は、対照群に比べもろみ酢群で有意に低濃度となり、もろみ酢群は対照群よりも低い TG 濃度であった。一方、血清 PL 濃度は TG 濃度と異なり、対照群よりもろみ酢群で高濃度となった。

表5. 血清脂質濃度

|                         | 対照群     | もろみ酢群    |
|-------------------------|---------|----------|
| コレステロール                 | 90±10   | 88±10    |
| トリグリセロール                | 97±12   | 71±11*   |
| リン脂質                    | 144±25  | 179±16*  |
| HDL-コレステロール             | 50±10   | 39±5     |
| 過酸化脂質                   | 9.8±0.7 | 6.4±0.4* |
| * 対照群と比較して有意差あり、p<0.01. |         |          |

単位は mg/dL, 過酸化脂質はマロンアルルデヒド過酸化脂質濃度は、もろみ酢群で対照群よりも低濃度であった。

### 3.5 肝臓脂質濃度

肝臓の脂質濃度は、表5に示すような結果となった。

表6. 肝臓脂質濃度

|          | 対照群     | もろみ酢群   |
|----------|---------|---------|
| 総脂質      | 60±6    | 62±3    |
| トリグリセロール | 26±2    | 24±4    |
| コレステロール  | 3.7±0.7 | 3.5±0.6 |
| リン脂質     | 12±2    | 12±1    |
| 単位は mg/g |         |         |

糖尿病ラットの場合の肝臓総脂質量が高濃度となっているが、TG, PL 及び T-cho1 濃度のいずれも、対照群及びもろみ酢群とも同様の濃度となり差異はなかった。

## 4. 考察

ペクチンやグアーガムなどの食物繊維は、物理的な粘

性により糖質の消化吸収を遅延させること、難消化性デキストリンが糖質の消化酵素阻害作用を有することなどが報告されており、食物繊維が糖質の消化吸収を阻害することで糖代謝に影響を及ぼすと考えられる<sup>3)</sup>。

黒糖もろみ酢摂取による血糖値および耐糖能の改善は、もろみ酢に含まれるメラノイジンによる糖質吸収の遅延または阻害作用が主因であると示唆された。

糖尿病ではしばしば血清脂質の増加がみられ、病状の進展に伴い動脈硬化症を合併することが多い。もろみ酢群の血清脂質は対照群より低値を示す傾向がみられたが、特にトリアシルグリセロールは対照群より有意に低下した。もろみ酢摂取による血清中性脂肪の改善はメラノイジンによる作用だけではなくその他の成分の関与が示唆されたが、作用メカニズムを含め今後のさらなる検討が必要である。

高血糖の持続は酸化ストレスの増加を引き起こし、酸化ストレスが糖尿病の病態の進展、あるいは合併症の発症・進展に関与すると考えられている。そこで酸化ストレスの指標として血清過酸化脂質を測定したところ、対照群の血清過酸化脂質はもろみ酢群より有意に高値を示したのに対し、もろみ酢群はその上昇が有意に抑制された。これはもろみ酢摂取により血糖値および耐糖能が改善された結果、過酸化脂質の産生が有意に抑制されたと考えられる。しかし、本研究では血清過酸化脂質しか測定していないため、もろみ酢摂取によって酸化ストレスが抑制されたとは断定し難く、さらに詳細に検討することが必要である。

もろみ酢摂取により血糖値、耐糖能、血清中性脂質が改善され、黒糖もろみ酢に糖尿病病態改善作用が認められた。しかし、もろみ酢の血糖値および耐糖能の改善は投与末期に現れたことから、もろみ酢により有意に改善されるためにはさらに長期間の投与が必要だったのではないかと推察される。

一方、ポリフェノール類が抗糖尿病作用に関与するとの報告もなされており<sup>6)</sup>、もろみ酢による糖尿病態の改善は、もろみ酢に多く含まれるポリフェノール類が関与した可能性も考えられ、さらに長期間の実験飼料投与を含めより詳細に検討したい。

血糖値を下げる方法は、血中グルコースの組織内へのとり込みの促進、小腸内における消化・吸収を阻害することによって血糖値の上昇を抑える方法の2種類に大別できる。前者の例としては、インスリン製剤のほか、スルフォニルウレア系などの経口血糖降下剤があげられる。後者はインスリンのような劇的な血糖降下作用はないものの、食事による急激な血糖値の上昇を抑えることから、低血糖発作の危険がほとんどなく、

糖尿病初期あるいは軽度の場合にはきわめて有用な方法とされている。食物繊維はその物理化学的性質に基づいて種々の腸疾患や代謝性疾患の予防に有効であることが知られている。糖質代謝に及ぼす影響についても、水溶性食物繊維が食後の血糖上昇やインスリン分泌を抑制することが見いだされて以来、これらは糖尿病の予防と治療に一定の効果を有するという数多くの研究報告がなされてきた。その作用機序は、食物繊維の有する粘性により、栄養素の消化吸収を遅延させることによるものと推察されている。しかし、近年では、食物繊維が消化管ホルモン分泌を抑制することにより、あるいは消化酵素を阻害することにより糖質代謝に影響を及ぼしている可能性も示唆されている<sup>7)</sup>。

もろみ酢はグルコース同時投与後の血糖上昇を有意に抑制し、血清インスリン上昇を抑制する傾向を示した。糖尿病は初期段階として食後高血糖が観察され、慢性的な食後高血糖を経て空腹時血糖値の上昇に展開すると考えられている。また、食後の血糖上昇に伴うインスリン分泌増加は内臓脂肪蓄積を促し、肥満さらには糖尿病の発症および進展を促進することが知られている。したがって、もろみ酢は食後の血糖上昇を抑制しインスリン分泌を抑制することで糖尿病の発症や進展を軽減する可能性が示唆された。これまでに植物由来のポリフェノール類が糖質消化酵素阻害作用を介して食後血糖上昇を抑制することが報告されている。一方、水溶性食物繊維は物理的なグルコースの拡散遅延に基づくグルコース吸収抑制作用を示すことが報告されている。もろみ酢に含まれているメラノイジンは、胃内でゲル化し、摂取されたでんぷん等の糖質に吸着し消化酵素の作用を遅延させると考えられる。グルコース吸収抑制作用は水溶性食物繊維が関与した可能性が考えられ、また、緑茶ポリフェノールが小腸粘膜上皮細胞の glucose transporter 阻害作用を有することが報告されており、もろみ酢のグルコース吸収抑制作用機序についても今後のさらなる検討が必要である。

もろみ酢のラットにおける食後血糖上昇抑制作用が認められ、その作用はメラノイジン、ポリフェノールが糖質の消化酵素阻害および吸収抑制作用に関与したものと示唆された。

#### 参考文献

- 1) 石橋源次、渡 悦美：黒糖焼酎蒸留残液の栄養学的価値とコレステロール代謝への影響、家政誌、56, 87-97 (2005)。
- 2) Health and Welfare Statistics Association. :

- Journal of Health and Welfare Statistics, Vol53, p84-88. Kosaido, Tokyo (2006).
- 3) 海老原清、桐山修八：食物繊維の物理・化学的性質と生理機能、日本食品工業学会誌、37, 916-933 (1990).
- 4) Liu S. :Whole-grainbods, dietary fiber, and type 2diabetes : Sear ching for a kernel of truth. *Am J Clin Nutr*, 77, 527-529 (2003).
- 5) Morgan LM, Goulder TJ, Tsiolakis D, Marks V. :The effect of unabsorbable carbohydrate on gut hormones, *Diabetologia*, 17, 85-89 (1979).
- 6) 出口ヨリコ、長田邦子、内田和美、木村広子、芳川雅樹：グアバ葉熱水抽出物の抗糖尿病効果およびヒト飲用試験による食後血糖値上昇抑制効果、日本農芸化学会誌、72, 923-931 (1998).
- 7) 田代 操、加藤みずほ：コーンスターチより調製された難消化性デキストリン投与がストレプトゾトシン糖尿病ラットの耐糖能に及ぼす影響、栄食誌、52, 21-29 (1999)



## 黒糖もろみ酢の血圧上昇抑制作用

廣戸美絵\*、石橋源次\* 九州女子大学家政学部栄養学科

Effects of kokutou-moromi vinegar on blood pressure and lipid metabolism  
in spontaneously hypertensive rats.

Yoshie HIROTO Genji ISHIBASHI

The effects of kokutou-moromi vinegar on blood pressure and lipid metabolism were studied using spontaneously hypertensive rats (SHR). The animals, aged 5 weeks, were fed 3% kokutou-moromi vinegar, followed by a 8 week, body weight, blood pressure and serum lipid levels were measured.

The average body weight was greater than that of kokutou-moromi-vinegar group. Blood pressure in the kokuto-moromi vinegar group was significantly lower than that in the control group. Serum lipid levels, including total lipids, total cholesterol, triglyceride and free fatty acid of kokuto-moromi vinegar diet rats were clearly lower than in the control group. These parameters for the kokuto-moromi group diet rats were also lower, but were not significantly different, except triglyceride.

The serum triglyceride level in the kokutou-moromi vinegar group rats was significantly lower than control group rats.

**Keywords:** Kokuto-moromi vinegar, blood pressure, serum cholesterol, angiotensin I-converting enzyme

黒糖もろみ酢、血圧、血清コレステロール、アンギオテンシン I 変換酵素

### 1. はじめに

WHO/ISH (1999) および日本高血圧学会 (2000) による高血圧治療ガイドラインでは、血圧の正常範囲を、130mmHg/85mmHg 未満、至適血圧を 120mmHg/80mmHg 未満と定義している。高血圧は脳出血と脳梗塞に共通した最大の危険因子であるとともに、心不全や腎臓病などの合併症を引き起こす原因となっている<sup>1), 2)</sup>。

近年、機能性を有する食品が注目され、その中に降圧作用を有する食品素材の研究も数多く報告されている。乳酸菌を用いた脱脂乳を含むスターターを用いて発酵させて得られた酸乳に高血圧自然発症ラットに対して降圧作用があること、さらに、酸乳中から、血圧の重要な調節系の一つであるアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害物質として 2 種類のトリペプチド (Val-Pro-Pro, Ile-Pro-Pro) の単離・同定もされている。その他に、食品を原料とするものとしてイワシ、カツオ節、マグロ肉、カゼイン、ダイズ、ノリ、乳清あるいはローヤルゼリー由来のペプチドが報告されており、一部は特定保健用食品として血圧の血流改善成分として、米由来のヒスチジンから微生物の脱炭酸作用により生じるヒスタミン (アミノ酸誘導体) がある<sup>3), 4)</sup>。

一方、血管内皮細胞において、L-アルギニンを基質として、内皮依存性弛緩因子 (EDRF) として生成され

一酸化窒素 (NO) は、抵抗血管の拡張を介して、降圧に寄与することが明らかにされている。このことは、NO 生成が減少すると、NO による血管拡張が阻害され、血管が収縮すると考えられている。各種抗酸化成分の降圧効果に関し、血液中のビタミン C、フラボノイド類の動脈弛緩作用を有することなど知られている。本研究の材料である黒糖焼酎蒸留残液中にはポリフェノール、有機酸及びアミノ体窒素が含有されており、血圧に対しても生理的に有効な作用をすることが期待できるために、自然発症高血圧モデルラット (SHR) にもろみ酢を投与し、血圧降用について検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 もろみ酢の ACE 活性阻害

もろみ酢中の ACE 活性阻害成分を検索するためにもろみ酢をセロハンチューブを用い蒸留水で 24 時間透析を行った。もろみ酢原液、透析内液、透析外液及び透析外液をセファデックス G-25 と G-75 を用いてゲルろ過をおこなった。直径 3 cm 長さ 1 m のカラムで展開溶媒は蒸留水とし各 3 mL を分画し、280nm の吸光度を測定した。

ACE 阻害活性の測定は Lieberman の測定方法を改良した山本<sup>5)</sup>らの方法に準じて測定した。すなわち、1 M 塩化ナトリウムを含むホウ酸緩衝液 (pH8.3) に溶解

した合成基質 Hippuryl-L-histidyl-L-leucine (ペプチド研究所製) 12.5mM 溶液 100  $\mu$ L に、ウサギ肺アセトナブドウ糖 ((株) シグマ製) から 0.1M ホウ酸緩衝液 (pH8.3) で抽出した ACE 溶液 (25mU/mL) 100  $\mu$ L を添加し、37°C で 60 分間反応させ、0.5N 塩酸を 250  $\mu$ L 加えて反応を停止した。生成した馬尿酸を酢酸エチル 1.5mL にて抽出し、228nm の吸光度を測定した。ACE 阻害率は、試料液を加えたときの吸光度を A 試料液の代わりに蒸留水を加えたときの値を B、あらかじめ反応停止液である 0.5N 塩酸を加えて反応させたときの値を C として次式により求めた。

$$\text{ACE 阻害率 (\%)} = ((B-A) / (B-C)) \times 100$$

## 2. 2 動物実験

実験動物には 4 週齢の雄性日本チャールス・リバー製 (SHR/NCr1Cr1J)、ラット (自然発症高血圧) を 1 週間予備飼育した後、各群 8 匹として対照群と moromi 群に分けた。対照群の飼料は AIN-93 組成に従い調整し、moromi 群は凍結乾 moromi 酢 3% を対照群飼料に添加し、添加分はコーンスターチで調整し、100% とした。飼料、飲料水は自由に摂取させた。

飼育は各群とも 1 ケージあたり 2 匹で、室温 22 $\pm$ 2°C、12 時間の明暗切り替え (明期は午前 8 時～午後 8 時暗期は午後 8 時から午前 8 時) で飼育した。実験期間中、2 日ごとに体重測定および飼料摂取量の測定を行った。また、血圧測定は tail-cuff 法 (加温型非観血式自動血圧測定装置 BP-98A, ソフトロン) により透析外液中に ACE を阻害する moromi 酢成分がにより実験開始より週 1 回行った。7 週間の実験終了後 9:00 から 11:00 にかけて、絶食せずにネンブタル (ベントパルビタールナトリウム, 大日本製薬) を腹腔内投与 (40mg/kg 体重) による麻酔下で腹部大動脈より全血採血し、室温にて 1 時間放置後、遠心分離 (3,000rpm, 15 分間) により血清を分離した。臓器は摘出し、重量を測定した後、分析に供するまで -70°C に保存した。

## 2. 3 血清成分の分析

血清中の総コレステロール、リン脂質およびトリグリセライドの測定は市販の酵素法によるキット (コレステロール E-テストワコー, リン脂質 C-テストワコー, トリグリセライド E-テストワコー, 和光純薬工業 (グルコース CII-テストワコー, 和光純薬工業) 業) にて行った。血清中の過酸化脂質はリポヒドロペルオキシド (LPO: Lipid hydroperoxide) として Company, USA) にて測定するとともに、八木蛍光法にてマロンジアルデヒド当量に換算した TBARS として測定した。

2. 4 血清のアンギオテンシン I 変換酵素活性の測定 血液は、室温で 1 時間放置後、遠心分離 (3,000rpm10min) により血清画分をえた。えられた血清 100  $\mu$ L と ACE の基質として 12.5 mM の Hippuryl-L-histidyl-L-leucine 溶液 100  $\mu$ L を加え、37°C で 10 分間反応させ、0.5N 塩酸 250  $\mu$ L を加えて反応を停止した。

ACE 活性の 1mU は 1mmol の基質を分解する酵素量として、血清画分の場合は 1mL あたりの活性で示した。本実験は、九州女子大学「倫理委員会」の承認のもと九州女子大学「動物実験に関する指針」に従って行った。

## 3. 実験結果

### 3. 1 もろみ酢の ACE 活性阻害

もろみ酢をセロハンチューブでを用いて蒸留水で 24 時間透析した透析内液、透析外液及び原液の ACE 活性阻害は表 1 に示すような結果となった。

表 1. もろみ酢の ACE 阻害率

|      | 阻害率 (%) |
|------|---------|
| 原 液  | 40.0    |
| 透析内液 | 10.7    |
| 透析外液 | 30.4    |

もろみ酢の ACE 阻害はもろみ酢原液 40%、透析内液 10.7%、透析外液 30.4% となり、透析内液よりも透析外液中に ACE を阻害する moromi 酢成分が存在しているといえる。

セファデックス G-75 でゲルろ過した場合、ピークは a) と b) の 2 箇所認められ、a) のピークの ACE 阻害率は 1.2% でピーク b) の ACE 阻害率は 23% となり moromi 酢の ACE を阻害する成分はピーク b) に存在する可能性が示唆された。ピーク a) は高分子化合物であるメラノイジンと推定される。(未表示) ピーク b) については、今後、成分の特定を行なう必要がある。

### 3. 2 動物実験

体重及び臓器重量: 飼育開始より終了時における体重の増加と臓器重量は表 2 に示す通りである。

初体重 75g 前後のラットを用い、7 週間飼育した。体重増加量は、基本群 244g、moromi 酢群 231g、対照群 217g となり、高血圧ラットで基本群と比較して体重増加量は低くなったが、moromi 酢投与により体増加量は基本群に比べやや低い増加量であったが差異は認められなかった。

表 2. 体重及び臓器重量

|       |          | 対照群       | もろみ酢群    |
|-------|----------|-----------|----------|
| 体重(g) |          |           |          |
| 初体重   |          | 70±3      | 71±2     |
| 終体重   |          | 287±9     | 302±11   |
| 増加量   |          | 217±11    | 231±12   |
| 肝臓    | 重量(g)    | 13.1±0.7  | 13.9±1.0 |
|       | 重量/体重(%) | 4.5±0.1   | 4.6±0.2  |
| 心臓    |          | 1.20±0.06 | 1.29±0.1 |
|       | 重量/体重(%) | 0.41±0.02 | 0.42±0.1 |

### 3. 3 もろみ酢の高血圧ラットに及ぼす影響

飼育開始時より、1週間に1度測定した収縮期の血圧の推移を表3に示した。

飼育開始時の収縮期血圧は、基本群 98mmHg、対照群 125mmHg、もろみ酢群 127mmHg であった。

表 3. 収縮期血圧の推移

|     | 基本群   | 対照群    | もろみ酢群  |
|-----|-------|--------|--------|
| 開始時 | 98±4  | 125±3  | 127±4  |
| 2週目 | 111±9 | 148±14 | 150±16 |
| 3週目 | 116±6 | 175±7  | 152±12 |
| 4週目 | 135±7 | 187±6  | 186±10 |
| 5週目 | 140±6 | 206±4  | 203±8  |
| 6週目 | 145±7 | 220±5  | 215±7  |
| 7週目 | 152±5 | 230±8  | 221±7  |
| 増 加 | 53±7  | 105±9  | 94±7*  |

単位は mmHg \*対照群に対して有意差あり、p<0.05.

もろみ酢投与群の収縮期血圧は対照群と比較して低値を示した。3週目は対照群の 175±7mmHg に対し、もろみ酢投与群は 152±12mmHg と低値傾向を示し、実験終了時における収縮期血圧は基本群 152±5mmHg 対照群 230±8mmHg、もろみ酢群 221±7mmHg であった。飼育期間中における収縮期血圧の増加は、基本群 53±7 mmHg、対照群 105±9mmHg、もろみ酢群 94±9mmHg であった。7 週間間もろみ酢投与を投与すると、収縮期血圧の上昇が対照群と比較して有意に抑制された。

表 4 は自然発症高血圧ラットにもろみ酢を 3%添加した飼料で7週間間飼育後の血清脂質濃度と ACE 活性を示した。総コレステロール濃度は、基本群に比べ対照群、もろみ酢群で低濃度であったが、対照群ともろみ酢群に差異は認められなかった。

トリアシルグリセロール濃度は、基本群と対照群に

比べて、有意にもろみ酢群で低い濃度となったが、リン脂質及び遊離脂肪酸濃度は基本群、対照群及びもろみ酢群において有意な差異は認められなかった。血清 ACE 活性(%) は、基本群 17.5±0.11、対照群 20.1±0.21、もろみ酢群 19.9±0.16 となり、アンギオテンシン変換酵素の活性に差異はなかった肝臓の脂質濃度は表5に示すような結果となった。

表 4. 血清脂質濃度及びACE活性

|                 | 基本群    | 対照群    | もろみ酢群   |
|-----------------|--------|--------|---------|
| コレステロール (mg/dL) | 87±10  | 57±10  | 61±4    |
| トリグリセリド(mg/dL)  | 93±11  | 88±8   | 73±5    |
| リン脂質 (mg/dL)    | 128±5  | 115±4  | 112±1.0 |
| ACE活性 (%)       | 17±0.1 | 20±0.2 | 20±0.1  |

肝臓の脂質濃度は表5に示すような結果となった。肝臓の総脂質及びトリアシルグリセロール各試験間群での濃度はほぼ同様な値となり、有意差は認められなかった。しかし、肝臓の総コレステロール濃度は、対照群に比べもろみ酢群投与で幾分低濃度となった。

表 5. 肝臓脂質濃度

|         | 基本群     | 対照群     | もろみ酢群    |
|---------|---------|---------|----------|
| 総脂質     | 39±7    | 41±3    | 39±2     |
| コレステロール | 2.1±0.2 | 2.2±0.3 | 1.9±0.1* |
| トリグリセリド | 6.4±1.2 | 7.4±0.2 | 7.2±1.4  |

単位は (mg/g) , \* 対照群と比較して有意差あり、p<0.05

### 4. 考察

黒糖もろみ酢を SHR ラットに7週間連続投与により降圧作用が観察された。血圧を低下させる機構としては、血管内皮細胞由来平滑筋収縮の弾性の保持、過酸化脂質による生体膜損傷の防止、ナトリウムイオンの排泄、カリウムイオンの供給、アンギオテンシンⅠ変換酵素阻害、アンギオテンシンⅡ受容体へのブロック、カルシウム拮抗、運動の処方などがある。

そこで、黒糖もろみ酢の血圧上昇抑制機構としては次のようなことが推察される。茶ポリフェノール類が ACE 阻害活性を示すという知見もあり、これら茶ポリフェノール成分を SHR および SHRSP に経口投与した実験で SHR に「粗カテキン」添加すると対照群に比べ血圧上昇抑制効果を示すことを繰り返し認められている。

また、離乳直後から「粗カテキン」をラットに与えた場合と、8 週齢から投与した場合は血圧の群間差はみられるが有意はないことが知られている。これらの実験結果から、ヒトの本態性高血圧に及ぼす喫茶の効



果として、血圧が上昇してからでも有効であろうが、幼年期から喫茶の習慣をつけるほどいと結論られている。また、SHRSP に対する投与実験結果から端的に、塩辛い漬物を食べるときはお茶を飲むという習慣が脳卒中発作の抑制に役立つ可能性があるといえる。各種食物繊維を用いて SHR に対する糞中ナトリウムイオン排泄促進効果と血圧の上昇抑制効果の相関性を測定した結果、カルボキシル基を有する多糖類、フィチン酸に両効果が認められ、両者に差があることを報告している<sup>6)</sup>。すなわち、小麦フスマの血圧上昇抑制効果は、ヘミセルロースのうちとくにアラビノキシラン AX-2 に由来し、その作用としては、AX-2 に含まれるウロン酸および、またはタンパク質の陽イオン交換作用による腸管内でのナトリウムイオンとの吸着とアラビノース側鎖とが複合的作用によると推定している。

シイタケの高血圧抑制作用が報告されているが有効物質および作用機序については不明であるが、シイタケ粉末にはナトリウム吸着能のないことは判明されており、シイタケには多種類の食物繊維を多量（干しシイタケ 100g 当り 42.5g 含有）に含有されているために、高血圧抑制作用の一因は食物繊維によるものと考えられる<sup>7)</sup>。

その他、降圧作用を示す成分は、カリウム等のミネラル、アデノシン等の核酸系物質、システイン、グリシン等のアミノ酸類が示唆されており、作用機序としては、血漿レニン活性の低下、総コレステロール低下による粥状動脈硬化の改善などが報告されているが、いまだに十分な説明はなされていない。結局は、これら多成分の相乗効果あるいは相加効果と考えられている。

近年、組織中に存在するレニン・アンギオテンシン系と高血圧症との関連が注目されている。特に血管組織に存在する ACE の活性が、高血圧の発症、維持との高い相関が指摘され、ACE 阻害剤の投与による降圧作用は組織 ACE 活性レベルと一致するという報告もなされている。

酸乳飲料の原料の脱脂乳はカルシウムをはじめとした血圧に関与する食品成分を含んでいる。例えばこれまでの研究で、カルシウムの摂取量と血圧値が負の相関を示すことが指摘されており、酸乳中に含まれるカルシウムの摂取によって降圧作用が惹起された可能性がある。また、乳中には、カリウム、についても血圧と負の相関があることが報告されている<sup>8)</sup>。

酸乳の降圧効果は、これら成分摂取に起因するものでなく、発酵により創出した成分によることを示唆

されている<sup>9)</sup>

海苔の血圧上昇抑制作用は、カリウム、カルシウム、マグネシウムを含む透析外液画分、食物繊維含む透析内液画分はいずれも、それぞれ単独では降圧作用を示さなかったが、粉末海苔をラットに投与投与すると降圧作用を有することが確認され、その作用機序を硫酸多糖によるナトリウムの吸着および排出促進によるものと考察している。

また、ミネラルに関しては、カルシウム、カリウム、マグネシウムの摂取量と血圧値が負の関係を示すことが指摘されている。本実験のセファデックスによる分離結果から、黒糖もろみ酢の血圧上昇抑制作用はもろみ酢中に含まれるポリフェノール、メラノイジン、カリウム及びクエン酸等が、互いに作用して血圧の上昇を抑制したと考えられる。

#### 4. 参考文献

- 1) Hansson L : The hypertension optimal treatment study and the importance of lowering blood pressure, *J. Hypertens Suppl.*, 17, S9-13, (1999)
- 2) 日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会 : 高血圧治療ガイドライン 2000 年版, p.25, 日本高血圧学会, 東京, (2000).
- 3) 関 英治, 川崎晃一, 吉田真弓, 茂島克裕, 玉屋圭, 松井利郎, 茂島 豊 : イワシタンパク質由来ペプチドならびに Valyl-Tyrosine の降圧作用, 栄食誌, 52, 271-277, (1999).
- 4) 松井利郎, 川崎晃一 : 食品タンパク質由来機能性ペプチドによる血圧降下作用, 栄食誌 53, 77-85, (2000).
- 5) 山本節子, 戸井田一郎, 岩井和男 : 血清アンギオテンシン変換酵素活性測定法の検討, 日本胸部疾患学会雑誌, 18, 297-302, (1980).
- 6) 児玉俊明, 椎葉 究, 辻 啓介 : 高血圧自然発症ラットにおける小麦フスマヘミセルロースの血圧上昇抑制効果, 栄食誌, 49, 101-105, (1996).
- 7) 大塚正道, 久保孝夫 : シイタケオリゴ糖混合物の高血圧ラットに及ぼす作用, 栄食誌, 48, 109-113
- 8) Nakamura Y, Yamamoto N, Sakai K, Okubo A, Yamazaki S, Takano T. : Purification and characterization of angiotensin I-converting enzyme inhibitors from sour milk *J. Dairy. Sci.*, 78, 777-783, (1995).
- 9) Nakamura Y, Yamamoto N, Sakai K, Takano T. : Antihypertensive effect of sour milk and peptides isolated from it that are inhibitors to angiotensin I-converting enzyme. *J. Dairy. Sci.*, 78, 1253-1257 (1995)

## 高密度カーボネーション殺菌法の開発

三宅 正起 九州女子大学家政学部栄養学科

Dense Carbonation Sterilization and its System Development

Masaki MIYAKE

The effects of dense carbonation on killing of *Sacharomyces cerevisiae* were investigated using several conditions of pressure (4, 6, 8, 10 MPa) and temperature (30, 34, 36, 38°C). Death of the microorganisms followed first-order kinetics. The obtained D-values were 0.14 min at 8 MPa - 38°C, and 0.15 min at 10 MPa - 36°C. The log D-values were related linearly to the treatment temperature and to the dissolved CO<sub>2</sub> concentration. The value for the thermal resistance constant was 9.5°C in media including significant levels of CO<sub>2</sub>, and the value of CO<sub>2</sub> resistance constant was 7.2 γ. These results permitted the estimation of D-values at any temperature and CO<sub>2</sub> concentration. Additional investigation indicated that dense carbonation is effective for enzyme inactivation.

**Keywords:** Supercritical carbon dioxide, Non-thermal Sterilization, Dense carbonation, D-value, Enzyme inactivation, Sterilization, CO<sub>2</sub>

### 1. はじめに

食品はその製造プロセスにおいて、特に加工食品として流通させる場合、殺菌および酵素失活化工程は不可欠である。現在、この工程は主に加熱処理法、例えば、90°C - 30 秒、100°C - 15 秒あるいは120°C - 3 秒など種々の条件で行われている。しかし、果汁や清酒をはじめとして多くの食品は、この工程で本来の風味を損失してしまう。すなわち、食品のおいしさに決定的な影響を及ぼすことから、熱処理は品質上もっとも‘危険な’プロセスと考えなければならない。その意味では、熱処理条件の設定は食品の安全性と‘おいしさ’を天秤にかけるという‘危険な’一面をもつことを否めない。もとより、食品にとって安全性の確保は絶対条件であり、品質問題と天秤にかけるとは危険である。しかしながら、食品開発において‘おいしさ’の追求は重要であり、安全性と品質を両立させ得る製造技術（非熱処理）の開発は永遠の課題とされてきた。

食品製造工程において、微生物制御という観点で、殺菌は最も基本であり必須技術である。従来の加熱殺菌に対する食品衛生上の危害発生を防止するために、HACCP 認証制度(1996 年)、2005 年には食品安全マネジメント規格である ISO22000 が発行されるなど、法整備も進められている。

殺菌の必要性についての説明は省略するが、酵素の失活化に関しては少し説明の必要があろう。例えば、加工食品において、酵素失活化が不十分な場合は、製品化した後、酵素反応が進行し、色、味、香り、テクスチャーなどを変化させることから、流通の過程で致命的な品質低下を招くことになる。

著者らは超臨界 CO<sub>2</sub> を利用する液状食品の非加熱殺菌・酵素失活法を独自に開発し、研究を続けてきた<sup>1)~4)</sup>。本プロジェクトの最終目標は、言うまでもなく生産実機が食品工場で稼働することにあるが、HACCP の観点でも極めて重要な重点管理点であり、加熱殺菌代替実用技術の開発までには幾多の課題が残されている。

本稿ではまず高密度殺菌法の特長を示し、殺菌および酵素失活に関する基礎的データを示して本技術の概略を解説する。続いて、その応用研究として高密度殺菌法のシステム開発について説明するとともに、本技術を食品の非加熱殺菌処理として実用化するにあたっての課題について述べる。

### 2. 高密度 CO<sub>2</sub> の効果

CO<sub>2</sub> の殺菌効果に関しては、比較的多くの文献が検索可能である。しかしながら、報告されている殺菌効果には大きなバラツキが存在する。すなわち、

小さな殺菌効果しか見出さなかったグループと比較的大きな殺菌効果を見出したグループに分けることさえ可能である。著者らは、このパラツキが菌体とCO<sub>2</sub>の接触のさせ方、すなわち、試料中のCO<sub>2</sub>濃度起因すると考え、独自に超臨界CO<sub>2</sub>をマイクロバブル化して試料中に噴出させる方法を考案した。

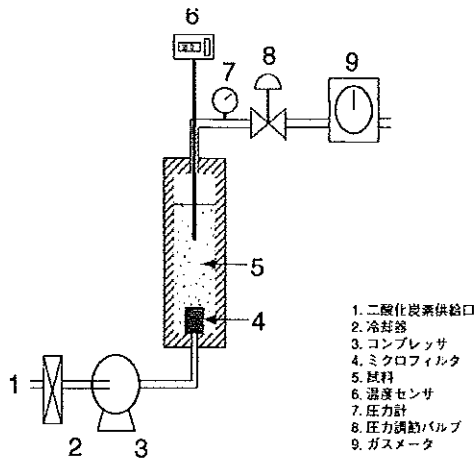


図1 バッチ式マイクロバブル超臨界CO<sub>2</sub>殺菌システム  
Schematic of batch system with micro-bubbles of supercritical CO<sub>2</sub>.

図1に示したバッチ式超臨界CO<sub>2</sub>処理装置の処理槽の底部に微小孔径のフィルターを装着し、CO<sub>2</sub>をマイクロバブル状にして供給する方法を考案することにより、試料液中の溶存CO<sub>2</sub>濃度を顕著に高めることに成功した(図2)。

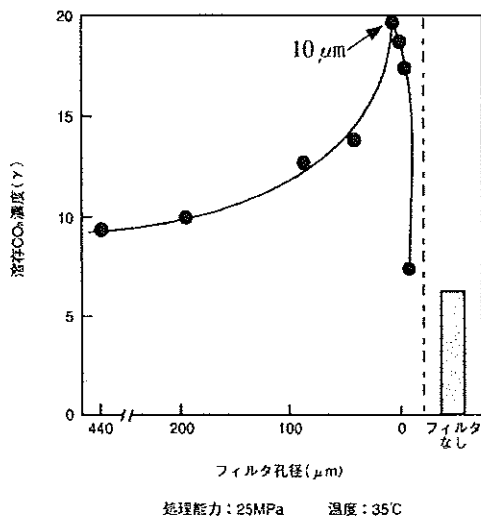


図2 CO<sub>2</sub>の溶解に及ぼすフィルタの効果  
Effect of filter pore size on CO<sub>2</sub> concentration during supercritical CO<sub>2</sub> treatment

孔径 2~440 μm のフィルターを装着してCO<sub>2</sub>の溶解性に及ぼすフィルター孔径の影響を検討した結

果、孔径 10 μm のフィルターが最も効果的であり、溶存CO<sub>2</sub>濃度をフィルター未使用の場合の2倍以上にまで高め得ることが明らかとなった。ここで、溶存CO<sub>2</sub>濃度の単位としてKuenenのガス吸収係数として定義されているγ(例えば、20γは試料1L中にCO<sub>2</sub>が20L(標準状態)溶解していることを意味する)を用いた。耐圧性ガラス窓からの写真撮影により、このときのマイクロバブルの直径は約0.4~0.6 mmであることが判明した(図3)。

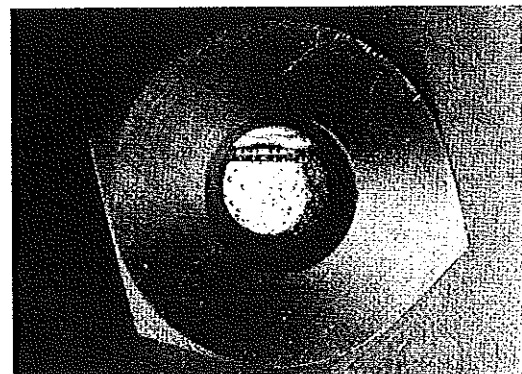


図3 ミクロバブル超臨界CO<sub>2</sub>の写真  
Micro-bubbles of supercritical CO<sub>2</sub>

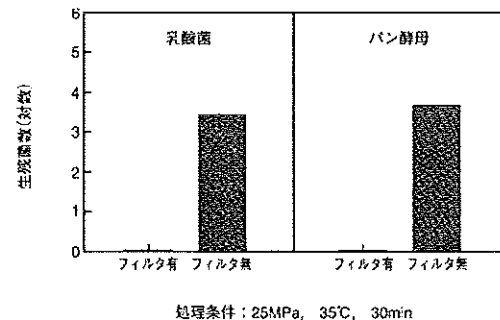
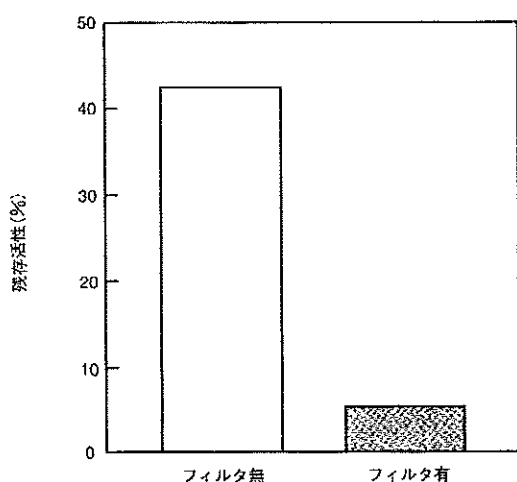


図4 殺菌に及ぼすフィルタの効果  
Effect of filter on inactivation of microorganisms with supercritical CO<sub>2</sub>

図4は乳酸菌および酵母の殺菌に及ぼす高密度カーボネーション殺菌法の効果を示したものである。すなわち、試料中の菌数は1ml当たり10<sup>6</sup>オーダーから従来法(フィルター未装着)による処理では3.5×10<sup>3</sup>に低減したのに対して、本法では生残菌は全く認められなかった。処理後の残存酵素(ペクチンエステラーゼ)活性は図5に示すとおり、従来法では約43%であったのに対して本法では約5%であった。

以上のように、高密度カーボネーション殺菌法は溶存CO<sub>2</sub>濃度を効率的に増大させること、ひいては殺菌および酵素失活効果を顕著に増大させることが明らかとなった。



酵素：ヘクチンエステラーゼ 処理条件：25MPa, 35℃, 30min

図5 酵素失活に及ぼすフィルタの効果

Effect of filter on inactivation of enzyme with supercritical CO<sub>2</sub>

### 3. 殺菌への適用<sup>2,3,6)</sup>

高密度カーボネーション殺菌法の殺菌効果に影響を及ぼす因子を明らかにして、それらを定量的に評価することは、本殺菌技術の信頼性を高めるとともに、より効率的な装置設計を行う上でも極めて重要である。ここでは殺菌挙動を速度論的に解析するために、溶存 CO<sub>2</sub> 濃度、処理温度ならびに処理時間を制御可能な連続処理装置を試作して実験に供した。図6は38℃, 8 MPa および 36℃, 10 MPa で処理したときの *Saccharomyces cerevisiae* の生残率の対数値を処理時間に対してプロットしたものである。

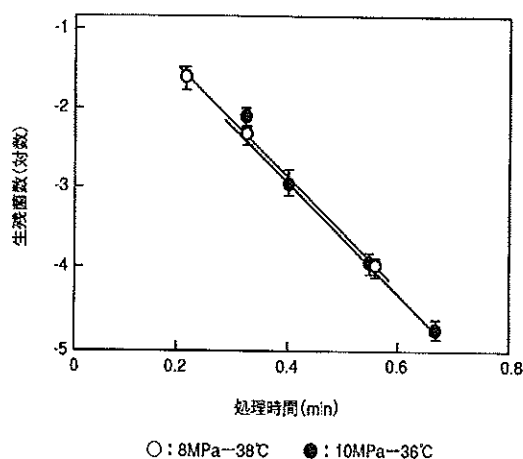


図6 *S. cerevisiae* の生残率と処理時間の関係

Relationship between inactivation of *S. cerevisiae* and treatment time

図6 から明らかなように、生残率の対数値が殺菌時間に対して直線的に減少したことから、この死滅挙動は熱殺菌と同様に一次反応速度式に従うことが

判明した。次いで、一定温度条件 (35℃) 下で死滅速度に及ぼす処理圧力の影響を検討した。すなわち、D 値 (Decimal Reduction Time, 生残菌数を 1 桁減少させるのに必要な処理時間; min) に及ぼす処理圧力の影響を図7に示す。

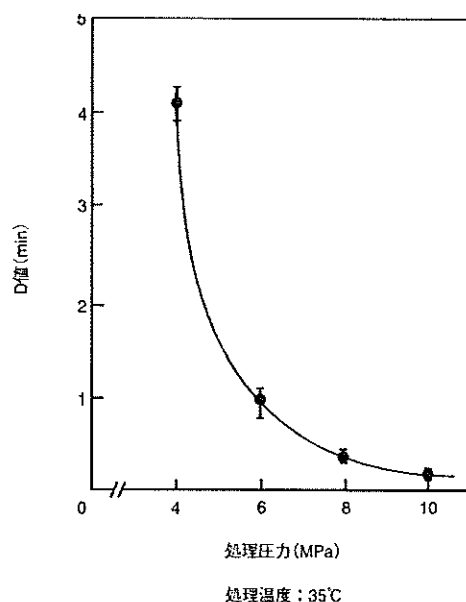


図7 *S. cerevisiae* の死滅速度 (D 値) に及ぼす処理圧力の影響  
Effect of treatment pressure on D-value of *S. cerevisiae*

35℃, 4 MPa の処理で *S. cerevisiae* の D 値は約 4 min, 6 MPa では約 1 min, 8 MPa で約 0.4min, 10 MPa で約 0.2min であった。このように 35℃ という微生物にとってストレスのかからない温度条件下においても、処理圧力の上昇に伴って急速に死滅速度が増大することがわかった。

本法の殺菌機構については、微生物に対する CO<sub>2</sub> の溶解と急激な除圧に伴う CO<sub>2</sub> の膨張により強力な殺菌効果が生まれると考えている。すなわち、殺菌効果は処理圧力そのものよりも試料中の溶存 CO<sub>2</sub> 濃度に直接的に依存すると考え、図7の処理圧力の代わりにそのときの溶存 CO<sub>2</sub> 濃度に対して D 値の対数値をプロットしたのが図8である。本プロットの結果、log D 値と溶存 CO<sub>2</sub> 濃度の間には明瞭な直線関係が存在することが明らかとなった。ここで、この直線の傾きは *S. cerevisiae* の溶存 CO<sub>2</sub> に対する感受性を表すものであり、溶存 CO<sub>2</sub> 濃度が 7.2 γ 増大すると D 値が 10 分の 1 に短縮されること、すなわち、CO<sub>2</sub> 濃度が 7.2 γ 増大する毎に死滅速度が 10 倍となることを意味する。これは熱殺菌における Z 値 (D 値を 10 分の 1 にするのに必要な処理温度の増加分として定義されている) に対応する考え方である。

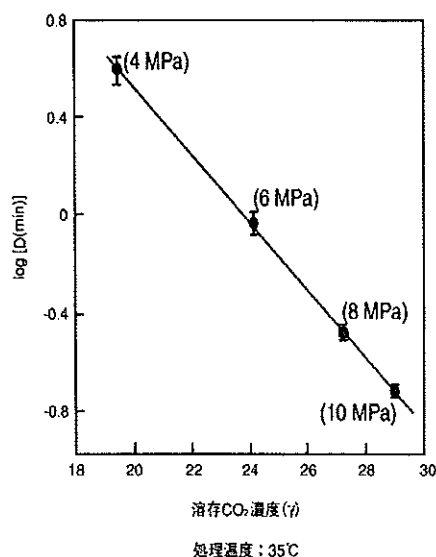


図8 *S. cerevisiae* の死滅速度 (D 値) に及ぼす溶存 CO<sub>2</sub> 濃度の影響  
Effect of dissolved CO<sub>2</sub> concentration on D-value of *S. cerevisiae*

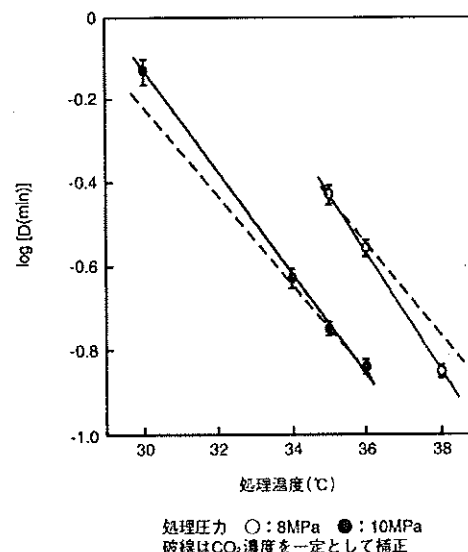


図9 *S. cerevisiae* の死滅速度 (D 値) に及ぼす処理温度の影響  
Effect of treatment temperature on D-value of *S. cerevisiae*

次に、このような高濃度の溶存 CO<sub>2</sub> を含む系において、殺菌効果に及ぼす処理温度の影響を検討した。図9は処理圧力をパラメータとして log D 値を処理温度に対してプロットしたものである。いずれも良好な直線関係を示しているが、二つの直線の傾きは僅かに異なった。この原因が処理温度の違いに基づく溶存 CO<sub>2</sub> 濃度の違いに帰されると考え、温度上昇による溶存 CO<sub>2</sub> 濃度の低下分を考慮することにより図9の破線の結果を得た。破線の傾きが両者で全く同じであったことから、今回の溶存 CO<sub>2</sub> 濃度範囲においては *S. cerevisiae* の熱感受性に有意な変化が無いことが明らかとなった。この直線の傾きは耐熱性に関する Z 値 (この場合、Z=9.5°C) として非常に重要なパラメータである。

図7と図9を比較すると、殺菌に関して CO<sub>2</sub> 処理は熱処理と等価であることがわかる。すなわち、熱処理温度を 9.5°C 上昇させることと溶存 CO<sub>2</sub> 濃度を 7.2 g 上昇させることは、殺菌に関して同等の効果を有することが明示された。

高密度カーボネーション殺菌法の殺菌効果は、主に細胞膜に溶解、蓄積した CO<sub>2</sub> による細胞内生命活動の停止と急速除圧による CO<sub>2</sub> の急激な膨張が膜構造を物理的に崩壊させることに起因すると考えている。図10は、高密度カーボネーション処理前後の *S. cerevisiae* の電子顕微鏡写真である。本法により *S. cerevisiae* の細胞は完全に破裂され細胞内成分が放出されることがわかる。

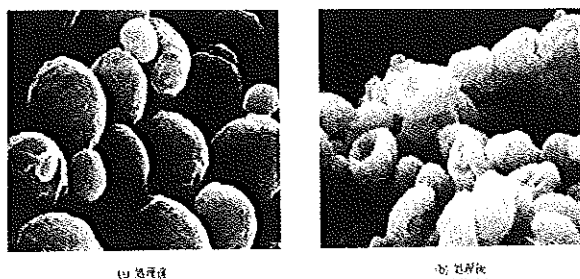


図10 *S. cerevisiae* の走査電子顕微鏡写真  
Scanning electron micrographs of *S. cerevisiae*

#### 4. 酵素失活への適用<sup>1,4,6,7)</sup>

果汁加工 (野菜ジュース含む) や醸造食品などでは、製品化にあたって殺菌のみならず酵素を失活させなければならない。周知のとおり、pH 安定性および熱安定性は、酵素によって大幅に異なる。このことから予想されるように、CO<sub>2</sub> に対する酵素の感受性もそれぞれ異なることが明らかとなった。ここでは、溶存 CO<sub>2</sub> によるタンパク質の二次構造 (α-ヘリックス構造) の不可逆的崩壊と、その結果としての酵素失活に関して解説する。図11は、種々の酵素を 30MPa, 35°C で 30min 処理したときの CD スペクトルの変化を示したものである。タンパク質の α-ヘリックス含量は、208nm の ellipticity (θ) から概算することができる。至適 pH を異にするリパーゼ (pH=7.0), アルカリプロテアーゼ (pH=8.0), 酸性プロテアーゼ (pH=3.0), グルコアミラーゼ (pH=5.0)

は、いずれもミ高密度カーボネーション処理により  $\alpha$ -ヘリックス構造を不可逆的に喪失している。一方、水溶液中の酵素分子は、加熱および pH 処理によって一時的に  $\alpha$ -ヘリックス構造を喪失するものの、その後、環境を復元することによって見かけ上  $\alpha$ -ヘリックス含量はもとに戻る事が知られている。

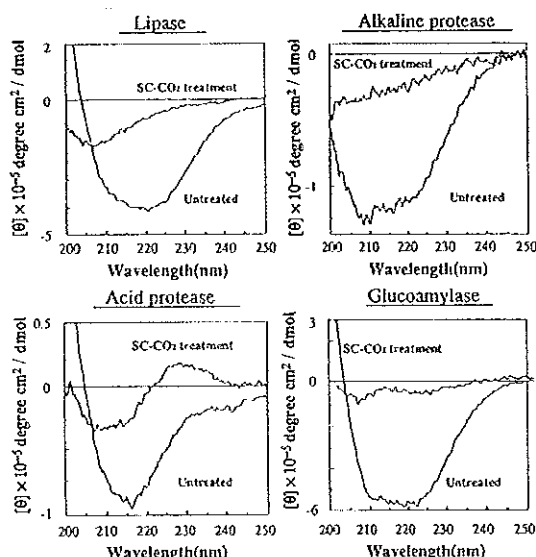


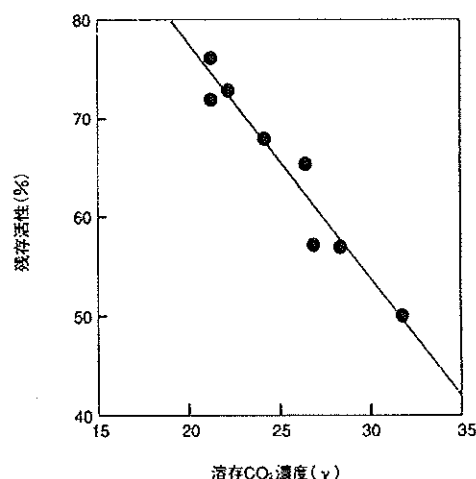
図11 ミクロバブル超臨界CO<sub>2</sub>処理による各種酵素のCDスペクトル  
Circular dichroic spectra of lipase, alkaline protease, acid protease, and glucoamylase after microbubbling supercritical CO<sub>2</sub> treatment.

以上のことから、CO<sub>2</sub>による酵素の失活は、熱によるものとは本質的にメカニズムが異なることが推察される。図12は、 $\alpha$ -アミラーゼの失活に及ぼす溶存CO<sub>2</sub>濃度の影響を検討したものである。図より明らかなように、残存酵素活性は処理圧力には関係なく溶存CO<sub>2</sub>濃度に依存して直線的に低下した。酸性プロテアーゼを30 MPaで処理したときの残存酵素活性(%)の対数値を処理時間に対してプロットしたのが図13である。いずれの酵素においてもその失活は一次反応速度式に従ったが、酸性プロテアーゼは高密度カーボネーション処理により失活速度が10倍以上に増大することが明らかとなった。

カンキツ果汁中のペクチンエステラーゼ<sup>⑧</sup>および清酒中のグルコアミラーゼならびにアミノペプチターゼ<sup>⑨</sup>の失活に関しては文献を参照いただきたい。

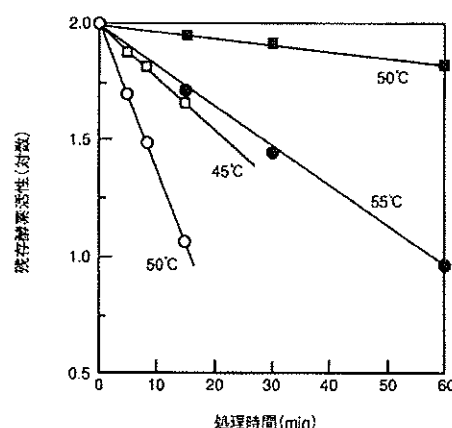
## 5. 高密度カーボネーション殺菌法のシステム開発

これまで述べてきたように、超臨界CO<sub>2</sub>をミクロバブル化して試料液に接触させることにより溶存CO<sub>2</sub>濃度を効率的に高めることに成功し、これによって微生物の常温域での殺菌(商業的殺菌; 生残留



処理条件: 35℃ 6~30MPa 平均滞留時間: 15min

図12  $\alpha$ -アミラーゼの失活に及ぼす溶存CO<sub>2</sub>濃度の影響  
Effect of dissolved CO<sub>2</sub> concentration on inactivation of  $\alpha$ -amylase



処理圧力: 30MPa 平均滞留時間: 15min  
○, □: ミクロバブル超臨界CO<sub>2</sub>処理 ●, ■: 温度コントロール

図13 ミクロバブル超臨界CO<sub>2</sub>処理による酸性プロテアーゼの失活  
Inactivation of acid protease with micro-bubbling supercritical CO<sub>2</sub> treatment

数を百万分の一以下に減らすことが要求される)を可能とした。加えて、他の非加熱法(例えば、超高压法、電気パルス法など)と比較した場合、高密度カーボネーション殺菌法は酵素の失活化に対しても極めて優れた性能を有する。その意味では、高密度カーボネーション殺菌法は産業装置として高い可能性を秘めているといえる。

このようなデータを基に、高密度カーボネーション殺菌法のシステムが開発された。設計上最も重要視したのは、殺菌・酵素失活効果に密接に関係するCO<sub>2</sub>の効率的な溶解を促進するためのミクロバブル

供給方式の最適化である。次に、再現性の高いデータの取得を可能とする試料流路（加熱コイルと保持コイル）の温度を精度よく制御することである。液化CO<sub>2</sub>や果汁などの微小な固形物を含む試料について、10～30 MPaの圧力範囲で安定した供給システムを構築することも重要である。試料液は送液ポンプによって溶解槽側底部から、CO<sub>2</sub>供給ポンプで加圧圧縮されたCO<sub>2</sub>は溶解槽底部からマイクロフィルターを介して供給される。試料とCO<sub>2</sub>は並流方式で溶解槽上部へと移動し、加熱コイル、保持コイルへと導かれる。これらのプロセスでは従来の加熱処理法の加熱温度、時間に相当する試験条件を設定できる。試料液は保持コイル直後に配置した圧力調整弁を通過後に減圧が完了し、試料液とCO<sub>2</sub>は分離され処理済液が得られる。

## 6. 最後に

本稿では高密度カーボネーション殺菌法の殺菌工学的研究の一端を解説した。本法は従来の加熱殺菌法の代替技術として開発されたものであり、実用化に向けての課題も少なくない。まずは、産業技術として展開するためには、安全性の確保が必須である。そのためには、明確なる殺菌理論が不可欠である。この点については、本稿で解説した殺菌理論はその裏付けとなるものである。さらに、各種微生物に対する適応についての検証や耐性菌の確認なども必要である。

一方、装置開発においては、高圧ガス製造に関わる各種規制への対応、CO<sub>2</sub>リサイクルシステムの開発、殺菌条件に関するモニタリングシステムなどHACCP対応の検討、その他を含め今後の課題である。あと付け加えると、これらの課題を満足する生産機の製作コストについても、事業化する際の問題点になるだろう。

以上、高密度カーボネーション殺菌法の殺菌理論が構築され、そのシステムが開発されたことによって、今後の実用化とともに、本技術の応用研究が活発に展開されることを期待したい。

## 参考文献

- 1) Ishikawa, H., Shimoda, M., Kawano, T., Osajima, Y.: Inactivation of enzymes in an aqueous solution by micro-bubbles of supercritical carbon dioxide. *Biosci. Biotechnol Biochem.*, **59**, 628(1995).
- 2) Shimoda, M., Yamamoto, Y.,

Cocunubo-Castellanos, J., Tonoike, H., Kawano, T., Ishikawa, H., Osajima, Y.: Antimicrobial effects of pressured carbon dioxide in a continuous flow system. *J. Food Sci.*, **63**, 709(1998).

- 3) Shimoda, M., Cocunubo-Castellanos, J., Kago, H., Miyake, M., Osajima, Y., Hayakawa, I.: The influence of dissolved CO<sub>2</sub> concentration on the death kinetics of *S. cerevisiae*. *J. Applied Microbiology*, **91**, 306(2001).

- 4) Ishikawa, H., Shimoda, M., Yonekura, A., Osajima, Y.: Inactivation of enzymes and decomposition of  $\alpha$ -helix structure by supercritical carbon dioxide microbubble method. *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 2646(1996).

- 5) Ishikawa, H., Shimoda, M., Tamaya, K., Yonekura, A., Kawano, T., Osajima, Y.: Inactivation of Bacillus spores by the supercritical carbon dioxide microbubble method. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **61**, 1022(1997).

- 6) Ishikawa, H., Shimoda, M., Yonekura, A., Mishima, K., Matsumoto, K., Osajima, Y.: Irreversible unfolding of myoglobin in an aqueous solution by supercritical carbon dioxide. *J. Agric. Food Chem.*, **48**, 4535(2000).

- 7) Yoshimura, T., Shimoda, M., Ishikawa, H., Miyake, M., Hayakawa, I., Matsumoto, K., Osajima, Y.: Inactivation kinetics of enzymes by using continuous treatment with microbubbles of supercritical carbon dioxide. *J. Food Sci.*, **66**, 694-697(2001).

- 8) Ishikawa, H., Shimoda, M., Yonekura, A., Osajima, Y.: Inactivation of pectin esterase in Valencia orange juice by micro-bubble supercritical carbon dioxide method. *日食工誌*, **43**, 999(1996).

- 9) Ishikawa, H., Shimoda, M., Kawano, T., Sakamoto, K., Osajima, Y.: Inactivation of enzymes in *Namazake* using micro-bubble supercritical carbon dioxide. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **59**, 1027(1995).

## 九州共立大学総合研究所紀要投稿規程

1. 投稿論文の内容は、福原学園の教員・職員（総合研究所客員研究員を含む）及び大学院教員の指導のもとで学生が行った研究、活動、並びに福原学園に反映される研究、教育、活動に関するものとする。
2. 投稿者は、福原学園の教員・職員（九州共立大学総合研究所客員研究員を含む）、及び福原学園に属する大学・短大の大学院生、学生、並びに教員が紹介した者、および共同で研究を行った者とする。
3. 論文の種類は、査読論文、研究論文、研究報告、技術報告、解説、レビュー、研究応用および実用化の紹介、教育運営および管理に関する実践事例の紹介、その他とする。
4. 原稿は九州共立大学総合研究所企画室に提出するものとする。
5. 原稿の採否は、九州共立大学総合研究所紀要編集委員会が決定する。
6. 投稿論文の長さは、10頁までとする。
7. 投稿論文の受理年月日は九州共立大学総合研究所企画室が受理した日とする。
8. 原稿の作成は「原稿作成要領」に従って行うものとする。
9. 掲載された論文の著作権（著作権第27条及び第28条に規定する権利を含む）は九州共立大学に帰属する。また、著作者は論文に係る著作者人格権を行使しないものとする。ただし、著作者自身が自分の論文の全部または一部を複製、翻訳、翻案などの形で利用する場合、九州共立大学の許諾を求める必要はない。また、第三者から、論文の複製、転載などに関する許諾の要請があり、九州共立大学が必要と認めた場合は当該著作権の利用を許諾することがある。
10. この規程に定めるもののほか、投稿に関し必要な事項は九州共立大学総合研究所紀要編集委員会において決定する。

### 附 記

1. この規程は、平成21年6月30日から実施する。
2. 九州共立大学総合研究所紀要投稿規程（平成21年2月2日制定）は廃止する。

### 紀要発行に関する事

1. 九州共立大学総合研究所紀要は年1回発行する。
2. 紀要編集委員会は必要に応じ開催する。
3. 紀要編集委員会委員長は九州共立大学総合研究所長とする。
4. 紀要編集委員会の事務は総合研究所企画室において処理する。



## 九州共立大学総合研究所紀要 審査付論文の査読要領

1. 九州共立大学総合研究所紀要編集委員会（以下、紀要編集委員会）委員長は、紀要編集委員会を開催し、投稿された原稿に関連する査読者を割り当てる。査読者は、原則、原稿1編につき2名とする。
2. 査読者による査読は、原稿の内容、及び、新規性・発展性・独創性・実用性・信頼性のいずれかについて行うものとする。
3. 査読者は査読を行った原稿に対し「無条件採用」、「修正要求（コメント）あり」、あるいは「不採用」のいずれかを決定し、査読報告書の所定欄に記入する。「修正要求（コメント）あり」の場合はコメント等を記入する。「不採用」の場合は、その理由を記入する。なお、査読報告書の査読者は、無記名とする。
4. 査読者は、別に定める査読報告締め切り日までに紀要編集委員会に査読報告書と査読を行った原稿を提出する。
5. 紀要編集委員会委員長は、査読報告書と査読を行った投稿原稿のコピーを投稿者に渡す。
6. 投稿者は別に定める日までに、修正した最終原稿（Word file と pdf file）と査読報告書に対する対応報告書を紀要編集委員会に提出する。
7. 紀要編集委員会は、論文の採否を決定する。

### 附 記

1. この規程は、この規程は、平成21年3月12日から実施する。
2. 九州共立大学総合研究所紀要 審査付論文の査読要領（平成21年2月2日）は廃止する。

### 九州共立大学総合研究所紀要編集委員会名簿

委員長 尾道建二（総合研究所長）  
委 員 石橋源次（総合研究所副所長）  
委 員 生地文也（大学院工学研究科長）  
委 員 横川 洋（経済学部長）  
委 員 小島治幸（工学部長）  
委 員 堀内担志（スポーツ学部長）  
委 員 三宅正起（九州女子大学家政学部長）  
委 員 富田純史（総合研究所企画室長）  
委 員 能智紀台（総合研究所地域支援部門長）

---

## 九州共立大学総合研究所紀要 第3号

平成22年3月1日発行

発行者 九州共立大学総合研究所  
〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8  
TEL&FAX 093(693)3222  
E-mail souken@kyukyo-u.ac.jp  
印刷所 有限会社 秀文社印刷

---

## Contents

## Refereed Paper

|                                                                                                                                       |                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----|
| The perspective to the unspeakable and the ignored: A study on the dominance relationships in <i>The Grass Is Singing</i>             | Masako TANAKA                                   | 1  |
| A Perspective on the Possibility of Balanced Scorecard for Nonprofit Organization.<br>As the Analytical Framework on Park Management. | Yuji YASHIMA,                                   | 13 |
| A study on the slurry selection of the buff polishing system assisted by ultrasonic vibration                                         | Tetsuji MIHARA, Masahiko MIZUI and Shengrong QU | 25 |

## Research Paper

|                                                                                                                                                                                |                                                               |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----|
| A study on the management strategies of green-tourism facilities in China<br>-The SWOT analysis of <i>guest farms districts</i> in Beijing and Chengdu-                        | Kenji HOSONO, Guijing, Jihyang LEE, Yuji YASHIMA              | 31  |
| Distinction between Chinese and Japanese Supporting Policy of Private Education<br>Around The Institutions Of Higher Education                                                 | Jun JIN                                                       | 39  |
| Support of Student by Craft Workshop - Application<br>Theory of Career Counseling -                                                                                            | Masahiko MIZUI, Ryunosuke KAWASHIMA                           | 47  |
| Characteristics of Ti oxide films deposited by applying the oblique evaporation in the atmosphere<br>of oxygen gas (Crystal structure and Photocatalytic effect)               | N Nouchi, T.Ouno ,F.Shoji and T Nozawa                        | 51  |
| A study of diamond film growth on Si (100) surface by a low-energy $\text{CH}_4^+$ ion beam deposition technique                                                               | Fumiya SHOJI                                                  | 55  |
| The Present State of the Estimation Method of Greenhouse Gases Emission and Its Application                                                                                    | Mitsuo Uno                                                    | 63  |
| Mileage Characteristics of an Electric Wheelchair Using Ni-MH Battery Aided by Fuel Cell                                                                                       | Shizuo YAMAGUCHI and Sugam AMATYA                             | 69  |
| An examination of problems in the j information basic education and an examination of the teaching materials offer method                                                      | Keisuke Mori                                                  | 73  |
| RECONSTRUCTION OF SATOYAMA IN THE 21TH CENTURY RESEARCH                                                                                                                        | Kaname SUZUKI                                                 | 79  |
| Geometrical acoustic prediction method of sound fields with scattering coefficients for room boundary: Part 2 Analyses of simplified hall models                               | Kunitaka NAKANO, Hiroshi FURUYA and Soichiro KUROK            | 83  |
| Study on Estimate of Optimum Inclined Angle and Characteristics of the region of Photovoltaic generation                                                                       | Kang JING, Nobuhiro KAMEDA, Hirotora SONODA, Azumi SATO       | 89  |
| Study of Land use and research on transition of greening around Dokai Bay                                                                                                      | Chen Hongyu, Nobuhiro Kameda, Kunihiro Tanaka, Yasuda Shigeru | 93  |
| Application the Method of Predicting Sewn 3D Forms by Polyhedrons to the Method of Predicting Patterns As an Exercise that the Sewn 3D Form is a Sleeve                        | Miori Itoh, Haruki Imaoka                                     | 97  |
| Beneficial Effect of Post-Distillation Slurry of Brown Sugar Shochu on Blood Glucose Level and Serum Lipid Concentrations in Spontaneously Non-Insulin-Dependent Diabetic Rats | Genji ISHIBASHI, Yoshie HIROTO                                | 103 |
| Effects of kokutou-moromi vinegar on blood pressure and lipid metabolism in spontaneously hypertensive rats.                                                                   | Yoshie HIROTO Genji ISHIBASHI                                 | 109 |
| Dense Carbonation Sterilization and its System Development                                                                                                                     | Masaki MIYAKE                                                 | 113 |