

九州共立大学総合研究所紀要

2012年3月

Journal of Kyushu Kyoritsu University Research Institute

第5号

目次

【 審査付論文 】

中小企業の親族内承継のための組織づくり ～親族内承継成功のために～	増田 幸一	1
--------------------------------------	-------	---

【 研究論文 】

中山間地域における農業条件の不利性と地域戦略との関係—広島県世羅町と安芸太田町を事例として—	細野賢治, 八島雄士, 李只香, ダイソン・ドゥラモント	11
--	------------------------------	----

太陽電池で動作する水浄化エアープンプシステムの検討	山口静夫, 宮入 嘉夫, 小倉 久秀	19
---------------------------	--------------------	----

下水処理場における省エネ対策	太田智博, 福田貴子, 宮崎真矢, 森山克美	23
----------------	------------------------	----

福岡県三里松原海岸における海浜変形について	小島治幸, 鄒曙光	27
-----------------------	-----------	----

反対荷電イオン性ミセルの混合によるラメラ膜の形成機構 I	長井達三 佐々木茂男	37
------------------------------	------------	----

再生可能エネルギーの利用に関する一提案 —振動型マイクロ水力発電機の開発—	川嶋竜之介, 宇野美津夫	45
--	--------------	----

酸素ガス雰囲気内で斜め蒸着法で形成したチタン酸化薄膜の研究 (3) (色素増感型太陽電池の開発)	能智紀台, 横野照尚, 生地文也, 水井雅彦	51
--	------------------------	----

アルコール投与されたラットのアルコール濃度に及ぼす乳酸菌産生物質 (P S-B 1) 摂取の影響	石橋源次, 宮崎美絵, 本多英敏, 榎原隆三	55
--	------------------------	----

絹糸より調製した低分子化セリシンの生体調節機能	石橋源次, 杉元直, 山下宣良	59
-------------------------	-----------------	----

梅を詠む中日詩歌についての考察 —共通点および相違点を中心に—	羅 雪梅	67
------------------------------------	------	----

プチインターンシップを通じた大学生に対する就業力育成事業 I 期の調査研究—事前調査と事後調査を通して—	藤渕 明宏	71
--	-------	----

保育者・教育者志望の短大生は、どのように「人生の時間」を生きようと思うのか?	小沢 日美子	83
--	--------	----

小学校国語科教材分析と授業実践事例—『花いっぱいになあれ』と『こわれた千の楽器』の場合—	白瀬浩司, 桑山真喜子, 鶴田 千絵	89
--	--------------------	----

【 研究ノート 】

特異な柱状ブラズマ法による新規な炭素物質の合成	生地文也, 長井達三	101
-------------------------	------------	-----

九州共立大学総合研究所

(九州共立大学 九州女子大学 九州女子短期大学)

中小企業の親族内承継のための組織づくり

～親族内承継成功のために～

増田 幸一（九州共立大学経済学部）

Making organization for a successor of small businesses

Koichi Masuda

Abstract

This article points out small businesses. It is succession in a relative and innovation for a successor on small businesses. But he is not capable of doing succession. I surveyed tow small businesses of succession. As a result, I understand for success. Points of success are three points. One of point is innovation of consciousness, self innovation for a successor. One successor learned the coating and NLP, or seven habits. he second is the making organization for a successor of a missing ability. The three is the cooperative family. They have to do good communication between family and successor. And, they have to make the plan of succession, and it is necessary to make the succetion to property, to share the part, to decide the rule.

Keywords: succession, self innovation, innovation of organization, cooperative family, plan of succession

事業承継、自己革新、組織改革、家族の協力、事業承継計画

1. はじめに

昨今の我が国経済は、年初はリーマンショックから回復をみせていたが、今年の3月11日の東北大震災、ギリシャを初めとする欧州経済の財政危機、円高、TPP加盟による関税撤廃や消費税引き上げ論議で揺れており、先行きがみえない状況にある。このような中、中小企業は海外移転、コスト削減努力で何とかこの事態を乗り切るための努力をしているものの日本経済の先行きに不安を抱えている中小企業は多い。しかし、地域経済が回復し活性化するためには、これまで日本経済を牽引してきた中小企業が活力を取り戻さなければならないということは誰しも異議を唱えないであろう。

このような経済環境の中、中小企業の問題点、課題を考えると多くのものが存在する。その中で、重要なものとして「経営者の高齢化における事業承継問題」と「経営革新」があげられる。

そこで本研究では、前著である「中小企業の事業承継」で明らかにしたわが国の同族企業の経営承継（親族内での事業承継）を成功させるために必要な経営者の役割と後継者教育に必要な要件を探ったが、出版後の事例企業から「能力が乏しい子供には継がせられないが、継がせたい」との

意向を解決するにはどのようにすればよいのかとの課題をもらった。そのため、経営者としての能力が乏しいと考えられる子息に対してどのように克服し、何をすれば親族内承継がスムーズに行われ、成長・発展できる企業に導けるのかを検討する。前著で独自に設定した4つの承継タイプの「環境不適合タイプ」に絞って、その育成方法と組織づくりに焦点をあてて課題と解決の方向を検討してみたい。

具体的には、承継時は業績が厳しい状況にあったが現在は改善に向かっている2社のヒアリングからその課題を明確にし、あるべき事業承継の姿、承継者の自己革新と組織改革、親族の理解・協力を重点を置き考察する。

2. 先行研究

(1) 経営者、後継者の能力の研究

後継者として能力が乏しいということはどのようなことなのか。現経営者の心配は、昨今の厳しい経済情勢に対応し、正しい意思決定ができないのではないか、またリーダーシップを発揮して組織をまとめることができないのではないか、などである。

中小企業の経営者に求められる資質・能力につ

いては、多々見解があるが、小川（1991）は経営者を技術家型経営者、動機付け型経営者、戦略家型経営者の3つに分け、これらをすべて持ち合わせることを理想としている。特にこれからは戦略家型に傾斜していく必要性を述べているⁱ。

また、小川（2009）は、これからの経営者のあり方として、①須くイノバティブ (innovative) であり、自らの思考、行動においてパラダイム・シフトともいふべき変革を行うことが必要である。②先入観にとらわれることなく企業間連携によってでも事業にブレイク・スルーが可能とみれば臆せず踏み切る。③人脈を厚くし、情報を交換、分析し、迅速な動きを遂行し続けねばならないとしているⁱⁱ。

中小企業基盤整備機構（2007）の統計データ分析による円滑な事業承継要因のアンケート調査結果から後継者に必要な能力について加筆、修正すると以下ようになる。

- ① 後継者は自分が目指すような会社での就業経験が有効で、それにより「企業全体の仕組み」が修得できる会社での経験を持つことが、将来の経営に役立つ。（情報収集力、マネジメント力）
- ② 後継者はこれまでの企業風土を引き継ぐためにも古参幹部とのコミュニケーションが必要で、激変する環境変化に対応し、課題解決を図るためには、対外的な折衝を精力的に取り組むことが重要である。（リーダーシップ、コミュニケーション能力、対外的折衝力、課題解決能力）
- ③ 後継者は信頼できるブレーンを育成して、幹部や社員からの理解を得ること、そのために後継者は、幹部や社員とのコミュニケーションに努力し、信頼できる幹部社員を持つことが重要である。（組織力、リーダーシップ）
- ④ 後継者が事業承継を円滑にしている企業は、社内改革をバランスよく実施している。後継者が社内改革を推進する場合、先代社長のサポートが不可欠である。（コンプライアンス、ガバナンス、経営革新、起業家精神）
- ⑤ 後継者は先代や古参社員よりも優れた能力を持つことがステークホルダーへの承継の理解が深まる。（コアコンピタンス、リーダーシップ、説得力）

以上のように、経営者としての資質は多岐に渡り、後継者に求められる資質・能力は非常に多い。

（2）組織の構築、リーダーシップの研究

久保田（2011）は、後継者が遂行する組織改革において組織面の特徴は、①経営方針やビジョンの明確化、②綿密な社内外とのコミュニケーション、組織全体の情報共有、③意思決定や指揮命令系統の見直し、④従業員の育成、意識改革、⑤社内ルールの明確化をあげている。

また、後継者が組織面の改革を行う背景には、先代経営者が発揮するリーダーシップと、後継者が発揮するリーダーシップとの間にギャップが存在することがあり、承継者特有のリーダーシップの特徴は、①開かれた経営、②自立型社員の育成・活用に整理され、承継者は、組織面の改革を行いつつ承継者特有のリーダーシップを発揮することで、社内の従業員や社外の金融機関、取引先などのステークホルダーの維持・理解を確保しつつ事業面の経営革新を遂行していることをあげているⁱⁱⁱ。

角田（2002）は、事業創造の組織論の中で、知識体系の創造プロセスを2つの軸を用いてタイプ分けをしている。1つ目の軸は、知識体系が共創（明確な役割分担が行われず、互いに意見を闘わせ、互いの意見を確認しながら、新たな知識体系を創造する）によって創造されるか、個創（それぞれの役割分担が行われ、それぞれの分野で個々にその分野の知識体系を創造する）によって創造されるかによる軸である。もう1つの軸は、関与する起業家間に、意識統一がなされ、強固な信念に基づく一貫性があり、何を学び、それをどう活用すべきか、学習の目的と方向が明確な場合を「スタティックな学習」タイプと起業家間で自由な学習が行われ、それをもとにして学習の目的や方向性が柔軟に変更され、むしろ行動による経験から学習することが推奨されるような学習タイプを、「アクティブな学習」と呼ぶ。この場合には、常に動き回り、外界に働きかけることによって認識をつくり出し、修正し、それによって外界についてのより確かな情報を抽出することにより、知識体系を創造しようとするとの軸に分けて図表1に示す4つのタイプを説明している^{iv}。

図表1 知識体系創造パターンのタイプ

	個創	共創
アクティブ 学習	アメリカンフ ットボール型	ラグビー型
スタティッ ク学習	ベースボール 型	バレーボール 型

角田 (2002)

角田は、「アメリカンフットボール型」をホンダの本田宗一郎と藤沢武夫の関係のように、それぞれの担当分野でそれぞれが個々にその分野の知識体系を創造するタイプとしている。また、メンバー間でアクティブな学習が行われ、行動の中で学習しながら、知識体系を創造するタイプをソニーの創業者の井深大と盛田昭夫の関係を「ラグビー型」と呼んでいる。

また、知識体系の創造に関する人々の間に、意思統一がなされ、強固な信念に基づく一貫性があり、何を学び、それをどう活用すべきか、学習の目的と方向性が明確で、メンバー間に役割分担が存在し、それぞれの分野で個々にその分野の知識体系を創造する松下電器（現パナソニック）の松下幸之助と高橋荒太郎の関係に似た「ベースボール型」と呼ぶ。

ワコールの塚本幸一と塚本能交親子の関係のように知識体系の創造に関する人々の間で、意思統一がなされ、強固な信念に基づく一貫性があり、何を学び、それをどう活用すべきか、学習の目的と方向が明確であるが、メンバー間で明確な役割分担は行われず、互いに意見を闘わせながら、知識体系を創造するタイプを「バレーボール型」としている。

このように、経営者の不足する能力を補い企業が成長・発展するためには、後継者にも番頭となる人材が必要と考えられる。どのような関係を構築するかは、それぞれ後継者のタイプを考え、会社に合った人材を採用、教育し、バックアップ体制が採れるようにすべきと考える。

(3) 後継者自身の意識革新の研究

B社の事例にもあるように、わがままに育った後継者の意識改革がないと間違った方向で後継者教育が行われる。なおかつ、番頭の採用、育成

もうまくいかないであろう。

ここでは、B社の後継者が意識改革を行ったというコーチング、C社の後継者が感銘を受け、自己変革に向かわせたスティーブン・R・コヴィーの著書である『7つの習慣』について Wikipedia を参考にしてみると以下のようなものである。

① コーチング

コーチングは、「人を育てるための一つの方法」である。育てるということについてはさまざまな解釈が可能である。スポーツであれば技能が向上する、プログラミングであればそのスキルが向上する、ビジネスであれば営業や専門職などである。また、精神面での成長も「育つ」というように考えることができる。学習により人間は成長し育つが、学習しても身につかないことは多くの人が体験している。コーチングは、モチベーションを重視し、人が自ら学習し育つような環境を作り出し、個人をのばし、自ら問題を解決していけるようになることを目的としている。

コーチングでは画一的な人間を作ることは目指していない。コーチングされる側の個人の能力を可能な限り引き出し、それにより個人の問題解決を図ったり、スキルの向上を実現することを目的としている。統一的なやり方を押しつけることはしない。これが一般的な「教育」との一番大きな違いである。あくまで、個人を尊重し、個人の考える力を育てることが目的である。

これらの「コーチングスキル」をベースとして、認めること、共感などの心理的なテクニックを用いながら、コミュニケーションをとり、モチベーションを高め、能力を伸ばし、スキルを身につけさせていくのがコーチングの技術となる。

すべての人間に個性があり、理解が早い人も遅い人もいる。個人の能力をそれぞれ伸ばすためには、同じ課題を与えても結果は異なることを前提とし、個人に対する観察、把握、分析が必須である。

コーチングを受ける側に、考えて自ら問題を解決する力をつけさせるのが、コーチングの最終的なゴールとなる。他の学習方法、練習方法と比べて、コーチングの手法を取り入れた場合には、個人の能力をより大きく伸ばせる。コーチングされる側が成長したいというモチベーションを強く持つことにより、コーチングをする側の期待を上回る成長を見せることもまれではない。個人を大きく効率的にのばしたいときには、コーチング

が最適である。

② 7つの習慣

「7つの習慣」は、成功哲学、人生哲学、自助努力といった人間の生活を広く取り扱っており、人生論・教訓、自己啓発などに適したものと考えられる。表紙のタイトルの下に『個人、家庭、会社、人生のすべて--成功には原則があった!』と表記され、『成功には原則があった!』の部分が副題とされていた。

7つの習慣では、私的成功と公的成功を得ることが必要であることを指摘している。私的成功とは、依存状態から自立することである。

公的成功とは、自立した人間が相互に依存することであり、2人以上の人間が協力し、一人ですりだす効果よりも、より高い効果をつくりだす、ということである。効果をつくりだすためには『効果をつくりだすことと、効果をつくりだすための能力とのバランスをとる必要がある』という原則がある。そして、その能力には主に物、金、人の3つがあり、組織での応用例を挙げる。私的成功により充実した気持ちに満たされる、公的成功により人間関係が改善される、再新再生により真の自立、相互依存の土台をつくることのできる、などがある。

自分の身に起こることに対して自分がどういう態度を示し行動するかは、自らで決めることができる。問題解決に向け率先してことを行う。自分の身の周りのことに対して、自分が動かされるのではなく、自分が周りの環境に作用を及ぼす。自分がコントロールできないことでなく、自分がコントロールできる、影響を及ぼすことができる事柄に集中する。より良いものを持つのではなく、自分がより良くなる。失敗したときに、自分の間違いを認め修正をはかることなどで自身の習慣を変えることを学ぶ^{vi)}。

以上のように、コーチングも7つの習慣も気付きを与え、自ら自立し、他人との相互理解のもと、考えの違う者同士が協力し合って効果をもたらすことができる自己革新のプログラムであるといえる。

3. 事例研究

本ヒヤリング調査は、青年会議所を卒業したOB会員の訪問調査で実施した。前回訪問した企業を含め15社を訪問したが、今回の事例研究では、ここ10年以内に事業承継を行った企業で、

かつ事業承継した当初は各種課題があり業績が芳しくなかったが、事業承継後数年で何らかの経営革新を行い改善に向かっている2社の事例を対象にする。そして、自己変革、組織改革、家族の理解・協力などの項目をどのように実行し、改善に向かったかを考察する。

(1) B社の事例

B社は、30年前に資産家の先代が興した建設会社である。現在は、建設と産業廃棄物処理を営む従業員36名の会社で、業績は承継しての3年間は非常に厳しかったが、自身の意識改革と家族の協力で今年になって改善傾向の企業である。

① 事業承継の経緯

後継者は、東京の私立大学を卒業後、アルバイトと仕送りで優雅に暮らしていたが、父親の病状悪化で福岡に帰って父親の会社に入社した。しかし、先代社長から学んだことは現場の仕事だけであった。営業、経理などは承継するまで学んでいなかった。現在は売上高を上げるため、営業を主体に後継者である現社長が担当している。母親は、現在も専務として経理・総務を担当している。経営状況は10年前ごろから急激に悪化し、8年前に義理の兄が承継したがうまくいかず、5年前35歳のときに急遽後継者として社長になった。しかし、当初の業績は最悪で倒産を意識していたが、昨年からは改善をみせている。

② 後継者教育（自己革新）

後継者は、入社するまでは、何不自由なく育てられたが、特にこれまでは勉強らしいものはしてこなかったようである。

入社してからの後継者としての教育は、各種経営者セミナーの受講、会社での現場経験のみで、承継した後に営業、経理を経験をした。承継後には、会社の問題点や営業の問題点、組織の問題点など徐々に理解していったが、どのように改善すればよいか分からなかった。

しかし、2年前にコーチングのセミナーを受け、自身の生き方や行動習慣を変えなければ会社の存続はないと考えた。コーチングにおいて大切なことは、相手を信じ受け入れる事である。

そのためにはしっかりと聴くこと。相手をああしてやろう、こうしてやろうと思いながら聴くと、好ましい状況は到底つくり出せない。まずは無くなって、相手のいうことをしっかりと聴き、相手の価値観を感じとり、相手を受け入れること。それなしでは、相手にも自分から伝える事もできない。

相手を受け入れた後に、相手の何かが変わり、相手が自分を受け入れてくれる。このようなことがコーチングを受けながら少しずつ理解できた。他人と過去は変えられないが、自分と未来は変えられるという意識が芽生えたという。

承継直後は「売上が悪いのは世の中が悪いからだ。従業員が一生懸命働かないからだ」との思いが強かったが、このコーチングを学び「利益も大切であるが、まずは従業員、取引先、顧客に喜んでいただくことが先である」という考え方に変わったという。また、地元の青年会議所に入り、人脈もリーダーシップのあるタイプに感じられた。承継者に自身の弱みを聞くと、本来は熱血漢はあるが短気で怒りっぽいという。

③後継者が行った組織改革

コーチングで自身の意識を変えることを学び、従業員とのコミュニケーションを習慣づけた。朝礼も始めた。承継当初は、暗い会社であったのが徐々に社内の雰囲気明るくなったという。また、承継の年に頭を抱えて一人で行った経営理念や事業計画は社員に浸透しなかったが、一昨年に役員と部長以上の管理者と一週間かけて経営理念と中長期経営計画を作成した。その結果、朝礼でも経営理念を唱和し、目標を共有することで皆が何をしなければいけないかが理解でき、業績も向上しつつある。また、月に一度の役員会議も目的によって部長以上が出席し部門の損益や今後の事業展開を話し合う業績会議、部長や課長が参加して工事の受注と工程管理を行う作業進捗会議を行うようになって、納期管理やコスト管理がスムーズになった。

④家族の協力

前任の義理の兄（現場の責任者）、父（会長）、母（経理担当専務）も会社に残っているが、妻は会社に入れていない。

承継時の悩みを聞くと、親子間のトラブルが大きな問題であることを打ち明けてくれた。それは、両親と同居しており、些細なことで母親と口喧嘩が絶えず、会社でも資金繰りの問題などでもめたようだ。しかし、コーチングを学び、自身にコーチを付けることにより、両親への感謝の念が育まれ、自身の話し方が変わったという。その結果、お互いが穏やかになり、前向きな話し合いができるようになったと振り返る。

母親は、経理を担当しているのだから、会社の資金繰りが苦しいことを理解していた。それをみかね

て増資という形で、母親の個人預金から5千万円を投資してくれた。また、最近ではあまり経営に口を出さなくなり、後継者に任せてしている。それまでは、名ばかり社長であり銀行印も通帳も先代社長が持っていたが、昨年6月にそれらを渡してくれ、現在では自立した経営者として両親からは認められる存在になっている。

(2) C社の事例

C社は、10年前までは28名の社員を抱える建具・サッシの製造、販売を行う会社であったが、ここ数年の業績悪化で父と父の弟、母、後継者、現場従業員12名の16名体制で現在は経営している。

①事業承継の経緯

5年前に承継した当時は累積赤字が1億円超あったが、現在は解消しに向かい利益体質の経営に戻つつある。現在は、母が経理を担当しており、他の親族役員2人は現場の責任者で、後継者が営業を担当している。また、昨年からは後継者の右腕として銀行出身の52歳のM氏をマネジメント担当の専務として採用した。

②後継者教育（自己革新）

15年前に後継者は、地元の工業高校を卒業しこの会社に入社している。その後、建具の製造技術を身に付け、父にも引けをとらない腕前をもつに至っている。経営の勉強は、地元の商工会議所で行われる経営革新セミナーなどには参加したようであるが、体系的な教育は受けていない。また、地元の青年会議所に入り、後継者仲間とは経営について話し合ったり、仕事を貰ったりの関係作りは積極的に行っているが、地域貢献と称しての遊びが中心であった。

しかし、3年前から経営に関する書籍を読むようになり、たまたまみつけた「7つの習慣」に影響を受け、自身の生き方や価値観を見つめなおすことに興味を持った。その後、NLP（神経言語プログラミング）という心理学のセミナーを受講して、目標が明確になり、コミュニケーションのあり方、思考パターンや行動パターンをコントロールすることができるようになったという。具体的には、これらによって依存していた自分から抜け出すために、自身が主体性を持って事業に取り組めるようになり、自立できた。また、相手を理解し、理解されることにより信頼関係が増し、組織が活性化してきたという。

③ 承継者が行った組織改革

承継1年目は、先代の口癖である「品質のよい建具を作っておけば注文はくる」を入社以来聞かされておき、忠実にそれを守ってきた。しかし、承継時には1億円を超える赤字を抱え、役員報酬も払えない状況が続き、危機感を持っていた。そのため、承継後の最初の仕事として2年間で12名のリストラを行った。また、コスト削減のために手抜き工事も行ったようだ。

後継者は、このリストラから多くを学んだ。優秀な人材ほど簡単に辞め、そうでない者はなかなか辞めず、苦勞した。当然、家族がいることを思えば、苦しい対応であった。しかし、これを断行しなければ潰れるとの思いで、厳しい態度で臨んだ。辛かった。

結果的には、コスト削減により財務内容は改善されたが、業績が上向くことはなかった。しばらくは組織風土も明るさをなくした。

そのため、次の組織改革として「明るく元気に働ける職場づくり」を標榜し、朝礼、終礼を実施し、今日の予定、実績を皆で共有できるものとして導入したが、1年で形骸化した。その後、「7つの習慣」やNLPで自身の意識改革を図り、リーダーシップのあり方を変えた。それは、「従業員や取引先の考えを理解すること」、「WIN-WINをベースに考えること」、「良心を持って、明るく情熱的に対応すること」であった。この2年間、このような信念で行動し、経営理念を明確にし、「会社は、社員と顧客の幸せのためにある」を掲げた。

わが社は、何のために存在するのか、目的は何かを考え、会社の方向性を明確にした。そして、賃金体系を見直し、先代社長の裁量で決めていたベースアップや賞与を改め、人事考課の仕組みを明確にし、目標管理を導入した。その結果、徐々にではあるが、従業員にやる気が感じられ、開かれた経営ができるようになった。

④家族の協力

承継時の先代の年齢は、68歳であった。気力も衰えていて、隠居を考えていたようであるが、借金が1億円以上あり、やめるにやめられなかった。そこで、先代社長は次男である後継者に打診したが、そろそろ承継しなければならないと後継者も考えていたようであり、承諾した。

しかし、実際に社長になり、資金繰りを自身で行うことになって初めて、会社が深刻な事態にあることを知った。随分悩んだようである。商工会

議所に相談に行ったときに言われたのが、売上、粗利益に対して人件費比率が高すぎる。バランスの悪い財務内容であることを聞き、ショックを受けた。今まで決算書も見たことのない後継者は、どのような手を打てばよいのか分からないまま半年が過ぎた。

そこで、家族で話し合いがもたれ、後継者をフォローする人物が必要であるとの話になった。このような話し合いの結果、両親は銀行に相談に行った。そこで支店長から昨年銀行を辞めたM氏を紹介された。M氏は、一昨年に母の介護で銀行を辞めたが、今年の1月にその母が亡くなったので仕事を探していた。M氏は中小企業診断士の資格も持っており、独立も考えていたようだが、銀行の薦めもあり専務として就任することになった。

4. 環境不適合タイプ後継者の課題

前著で「環境不適合タイプ」の事業承継に失敗した事例企業の失敗要因別にタイプを分けると、外部環境不適合タイプと内部環境不適合タイプに分かれることを指摘した^{vii}。

今回は、この内部環境不適合タイプを克服するための手法を考察する。前回の事例考察から分かった失敗の原因は、経営経験や後継者教育が計画的に行われていなかったこと、後継者が財務知識に乏しく、資金繰り問題での失敗、従業員の裏切り、意思決定の失敗、従業員教育と組織づくりの失敗、後継者自身に変革の勇氣と信念の欠如、経営理念に基づく経営やコンプライアンスが保てる組織ができていなかったこと、外部の友人やブレーンの人脈の無さ、後継者自身の意識に問題、課題があったことなどであった。

今回は、前著を踏まえて内部環境不適合タイプを「後継者選定の課題」、「後継者個人の問題」、「組織の問題」、「家族の協力・理解の問題」に絞って、以下それぞれの課題を整理する。

(1) 後継者選定の課題

前著で紹介した食品会社A社長は、今年の春に長男(26歳)と次男(24歳)の二人の後継者候補を入社させた。一昨年のインタビュー当時は、二人とも会社を継がせないと話していた。しかし、社長婦人の意向もあり本人たちに打診してみると継ぎたいとの意向であった。そのため、二人とも入社させたが、社長の心配が膨らんできた。社長の目には、「二人とも甘い。厳しさが足りない。」

と思えた。これは子息の性格の弱さや社会経験の無さが原因と感じた。現社長は2代目ではあるが、3坪の店を継ぎ、従業員450名、年商56億円の会社に伸ばしたのは、自身のリーダーシップとハングリー精神があったからだと考えている。

現在は、A社長も息子のどちらかに継がせたいとの気持ちを持っているが、従業員やその家族、取引先のことを考えると、従業員の中から後継者を選びをすべきではないかとの迷いもある。そのため、現在は二人の息子の成長をみながら後継者をいずれ決定すべきと考えている。つまり、二人に後継者教育をしてみて、どちらが適任かを見極めて後継者を選出する。将来的に二人が同じ会社にいることに対して現社長は嫌う。船頭は一人でないといけない。そのため、一人は、他の事業を興すことを志向させる。どちらも見込みがなければ、従業員に経営を任し、二人は株主としての地位だけを確認し、経営にはタッチさせない意向である。

しかし、後継者選定に関しては、筆者は親族内承継を支持する。それは、財産承継、保証の問題があるからである。論者によっては、家族のしがらみがない方が経営革新に取り組みやすいので従業員からの登用がいいとの意見や経営革新から高い成果を引き出すには、利害関係者とのコラボレーションを推し進めることが求められ、承継後は、承継者と従業員の間には一定の調整が必要であり、組織改革ができない経営者、リーダーシップの乏しいものは、経営者には向かないので優秀な経営者を他から採用すべきであるとの意見もある。

後継者選定の課題は、後継者の適性を見極め、何を教育し、どのような状況で、いつ誰に継がせるかを明確にすることである。

(2) 後継者自身の課題

現社長からみれば、頼りない。従業員や外部のステークホルダーからもそのようにみられるのではないかとの不安がよぎる。このような後継者への不安を解消するためには、後継者候補は後継者としての自覚、能力、経験などを自身が備えるか、後継者に不足しているところを組織でどのようにバックアップするかである。B社やC社の後継者には、就任当初は人を動かすリーダーシップはあったが、人を活かすレベルやマネジメントするといったレベルのリーダーシップはなかった。

しかし、両者ともにコーチングや書籍によって

後継者自身の意識変革で活路を切り開いた。B社の後継者も幼いときからお金に不自由することはなく、自身がお坊ちゃんに世間知らずであったことを話してくれた。一般的にこのタイプは、大王製紙の井川意高前会長のような会社の金をカジノに使うなど常識はずれの後継者ではなくとも性格、人格に多少問題があり、会社が潰れるとの危機感が乏しい。

また、C社の後継者からは就任当初に会社の将来に対してミッション、ビジョンを明確に示せず、従来の経営を踏襲するリーダーシップ不足が当初の課題と思われる。

小川(1991)がいう戦略家型の経営者になるには、まずは後継者の意識改革がなければ単なる戦術的改革ではうまく経営ができないことを物語っている。

ここで指摘したいのは、事例企業のように人的ネットワーク、論理的思考力、問題解決能力、営業力、経理力、社内での実務経験や専門知識の習得は、時間が経てばある程度解決できるものと考えられるが、この厳しい経済環境を乗り越え、時代に合った経営革新を進めていくには、他人とのコミュニケーションをベースにした後継者自身の意識改革とリーダーシップ、判断力、実行力が持てるかどうかは課題である。

(3) 組織の課題

日本政策金融公庫(2010)では、後継者に求められる能力として、リーダーシップ、判断力、自社の事業に関する専門知識、将来に対する洞察力、実行力、自社の事業に関する実務経験、営業力、経理力、問題解決能力、人的ネットワーク、コミュニケーション力、論理的思考力などがあげられる。すべての能力を後継者自身が兼ね備えることが理想ではあるが、環境不適合タイプにならないように、後継者自身が持たなければいけない能力と組織構築で対応できることを分けて役割分担することが課題である。

そこで本稿では、環境不適合タイプの後継者を育成するために、自身の変革項目と組織対応できる能力に分けて課題を整理してみると、以下のようになる。

図表 2 後継者に求められる能力と組織対応

求められる能力	自身	組織
1.リーダーシップ	○	
2.判断力	○	
3.自社の事業に関する専門知識	○	
4.将来に対する洞察力	○	
5.実行力		○
6.自社の事業に関する実務経験	○	
7.営業力		○
8.経理力		○
9.問題解決能力	○	
10.人的ネットワーク		○
11.コミュニケーション力	○	
12.論理的思考力	○	

(日本政策金融公庫(2010)をもとに筆者加筆して作成)

(4) 親族の課題

B社は5年前にバトンタッチをしたが、当初は親族内でのゴタゴタで承継経営者は、会社の業務に専念できない状況にあった。原因は親子間の対立である。どこの家庭でもあることではあるが、社内の従業員の見ている前で親子喧嘩をするまでになっていた。また、相続や権力争でもめる中小企業も多くみられる。

2社の事例から分かる親族の課題は、感情を抑えるためのコミュニケーションと計画的な事業承継計画の作成による後継者のための組織づくりにいかに理解と協力ができるかである。

5. 後継者育成のポイント

事業承継時は業績が思わしくなかったがその難局を脱却した2社の事業承継の事例をもとに、承継時の課題や改善に向かった要因を整理した。その結果、経営能力の乏しい後継者が成長していくには、まずは後継者自身の意識改革が前提にあり、その後に組織改革と家族の理解・協力が成功要因である。以下、それぞれのポイントを整理する。

(1) 自己革新して自身の価値観を持つ

中小企業では先行研究にあるように経営者の能力が企業の業績に直結する。事業承継した後継者は、承継当初はあらゆることにブレが生じる。自信がない。そのため、自身の尊厳やプライドを傷つけられないように毅然とした態度で臨もうとするが、判断が間違っていたり、態度が横暴で

あったりすると、それが従業員の反感を駆ったり、社内の雰囲気が悪くなったりする。その結果、業績が一層悪化するという悪循環に陥る。

しかし、幸いなことに両社は、自身の意識改革を促すプログラムに出会えた。コーチングや「7つの習慣」のどのプログラムが優れているとはいえないが、後継者の意識が変わったのは事実である。両者がこれらのプログラムから得たことを整理すると以下の4点である。

① 自身の価値観が明確になったことで、考えがブレないようになった

B社の後継者は、承継当初「業績を上げて借金を返すこと」が当面の使命と捉え、売上向上とリストラによるコスト削減努力を一生懸命行ったが、あまり効果が無かったと振り返る。

その後、コーチングのセミナー受講で自分が変わったと感じている。

特に参考になったのは、価値観が明確になった点である。お金や地位、権力を手に入れることを主眼に置いていた自分が「もし、1年後に死ぬとしたら・・・何を大切にしておきたいか」との質問に対して、家族、従業員、取引先、顧客のことが頭に浮かんだという。そうだと、私はそれらの人を大切に、喜んでもらえることが一番の生き甲斐だと感じ、その人たちの幸せをもたらすことに価値観を見出した。そうすると、ブレない自分の考えが芽生えてきたという。

② 個人の夢を持つと共にどのような会社になりたいか明確になった

また同時に、自立した自分がそこにはあった。自分の夢と会社のミッション、ビジョンを描くことができた。B社の後継者の夢は、自分の葬式で親族や従業員、取引先の方々が「お世話になった。大切な方を亡くした」と言ってもらえることである。そして、会社のミッションは、「会社に関係する方々のために、一生懸命に働くことがわが社の使命である」としている。ビジョンを「どんなに苦しいときでも皆で考え、行動することにより地域オンリーワンを目指す」とした。

③ プラス発想ができ、明るくなった

社内には、多くの課題がある。当初は、落ち込み一人で悩むことが多かった。しかし、リフレーミングという手法で別の角度や見方をするができるようになり、プラス思考になった。

④ 社内コミュニケーションが活発になった

「7つの習慣」で学んだC社の後継者は、相

手に対する信頼と協力度合いの低いコミュニケーションをしていた過去の自分を反省し、現在はお互いに信頼しあい、協力しようという気持ちが強くなった。そして、それぞれの相違点について深く理解し合い、協力して大きな成果を生み出せる「相乗効果的なコミュニケーション」がきるようになったので、社内は明るく建設的な意見がでるようになったという。

(2) 組織革新によるフォローアップ体制構築

老舗には、番頭と呼ばれるナンバー2の存在がその企業には重要である。前述の先行研究にある小川(1991)の指摘する経営者を技術家型経営者、動機付け型経営者、戦略家型経営者の3つの類型と角田(2002)の知識体系創造パターンを真似た組織を検討し、自身の組織をつくりあげることが理想である。

しかし、中小企業の能力が乏しい後継者には難題である。B社、C社が経営危機を乗り越えた組織改革によるフォローアップ体制づくりのポイントを事例から学ぶと以下の3点に集約される。

① 後継者の弱点を補う番頭、組織の構築

C社のM氏の採用で後継者の弱みをカバーする体制ができたのは家族の話し合いが冷静にできたことにある。この事例から学ぶことは、先代社長が後継者の弱点や性格を見極め、次世代の組織をイメージし、後継者と話し合い採用活動を行い、幹部候補生を育成することである。

② 自由に意見が出せるコミュニケーションと組織改革

後継者が承継経営者になると、一般的に危機感をもとに経営革新や組織改革を行おうとするが、古参社員などの保守的なものに反対されてうまく改革ができないことがある。

そのため、C社が行った組織改革のように従業員とのコミュニケーションをもとにした信頼関係づくりとWIN-WINの組織づくり、そしてこのことをベースにした経営理念の明確化とその浸透、賃金制度の見える化、目標管理などの制度とルールづくりがポイントと考える。

③ 一体感のある組織づくり

B社、C社のように経営状況が思わしくないときに引き継ぐ場合、当面の危機を乗り切ろうとしてリストラを実施したり、売上拡大に走りすぎ、根本的な問題を解決できずに悪循環に陥ることがある。そうした場合、従業員のモラルが低下していることが多い。C社のように自身の意識改

革により人を大切にする理念や開かれた組織づくりが本来の一体感と組織のパワーを産むことになる。

④ ガバナンスが保てる組織づくり

2007年に発覚した船場「吉兆」の食べ残しの料理を再利用して他の客に提供して問題になった承継経営者の話でもわかるように、実質的な経営者である母親に間違っただけを提言できない企業体質の会社がある。C社の事例にもあるように苦しい経営を強いられた時に、顧客を裏切るような手抜き工事をしないように常に監視するガバナンスづくりとマネジメント体制づくりが必要である。

(3) 親族の理解と協力

B社やC社の事例から親族の対応の手掛かりを探ると以下のようなようになる。

① 事業承継計画づくり

後継者候補が入社して10年程度をかけて、事業承継を済ませる「事業承継計画」をつくることを中小企業庁も薦めているが、著者も大賛成である。事例企業2社ともにそのような計画はなかった。しかし、もしそのようなものがあればもっと早く、そしてスムーズな事業承継ができていたのではないかと両者の承継経営者はいう。なお、付け加えるとすれば、既存のモデル(財産承継、経営教育、社内の経験など)に加え、後継者の意識改革を学ばせることの重要性を事例企業の後継者は指摘した。

② 家族、親族との良好なコミュニケーション

家族の感情的なもめ事を解消したり、承継計画を実行に移し実りあるものにするには、信頼し、協力する意識を持つことが必要である。C社の承継経営者も自己改革によるコミュニケーションスキルの向上で、組織改革、資金繰りで家族の協力を仰ぐことができたことから分かるように事業承継最大のポイントは、後継者自身の意識改革である。

6. おわりに

本稿では、先行研究を参考に事業承継当初はあまり業績が芳しくなかったが、その後後継者自身の意識改革で業績向上に向かった企業2社へのヒヤリングをもとに、「後継者候補に経営能力が乏しいが継がせたい。しかし、従業員や会社のことを考えると継がせるのが不安である」と考える経営者の不安に応えるために、そのような後継

者にどのような後継者教育、組織体制整備が必要かを探るために考察してきた。その結果からいえることは、大きく3点ある。

第一に、後継者自身の変革を促すことである。第二に、組織体制を整備することである。第三に、親族の理解と応援が必要なことである。

事業承継を成功に結びつけるためには、多くの企業は経営革新を成功させてきた。しかし、環境不適合タイプの後継者がリーダーシップを発揮し経営革新を推し進めるためには、まずは後継者自身の意識や自己改革する強い意思が前提条件である。そしてその後に、従業員や顧客などステークホルダー本位の考えが、後継者を支える組織整備を可能ならしめる。それには、冷静な話し合いで可能になる家族の理解と協力が必要であることを指摘した。これらの点において、経営能力が乏しい後継者に不安を持つ経営者が後継者教育を考える上での意義は大きいと思われる。

参考文献

- [1] 中小企業庁 (2004) 『中小企業白書』ぎょうせい
- [2] — (2005) 『中小企業白書2005年版』ぎょうせい
- [3] — (2006) 『中小企業白書2006年版』ぎょうせい
- [4] Christensen, C. R. [1953], *Management Succession in Small and Growing Enterprises*, Harvard University, Boston.
- [5] ステーブ・R・コヴィー (2011) 『7つの習慣』キングベアー出版
- [6] 本間正人・松瀬理保 (2006) 『セルフ・コーチング』日本経済新聞出版社

注)

- i 小川英次 (1991) 『現代の中小企業経営』日本経済新聞社 pp.198
- ii 小川英次 (2009) 『現代経営論』中央経済社 pp.157
- iii 久保田典男 (2011) 『事業承継に際しての組織改革』日本政策金融論集 第11号
- iv 角田隆太郎 (2002) 『ベンチャー企業論』有斐閣 pp.45~46
- v Wikipedia 「コーチング」より抜粋
- vi Wikipedia 「7つの習慣」より抜粋
- vii 井上善海編者・増田幸一 (2009) 『中小企業の戦略』中央経済社 pp.111~113

(原稿受付 2011年12月7日)

(掲載決定 2012年2月21日)

中山間地域における農業条件の不利性と地域戦略との関係

—広島県世羅町と安芸太田町を事例として—

細野 賢治*, 八島 雄士**, 李 只香**, ダイモン・ドラモンド***

*広島大学 **九州共立大学 ***立命館アジア太平洋大学

The Relationships between Japanese Agricultural Impediments and Rural Strategy in Japanese Mountainous Country Regions: -A Case Study of SERA and AKIOTA Towns-

Kenji HOSONO, Yuji YASHIMA, Jihyang LEE, Damon DRUMMOND

Abstract

Japan has significant agricultural impediments due to 70 per cent of its land area being mountainous country. Therefore having strong supported rural strategies for these regions is critical to the vitality of the agricultural multi-functionality and maintenance.

In naturally uneconomic areas it is important to have new developmental rural industrial plans, conversion and integration of farmland, exchange and cooperation of regional residents. The differences between these mountainous country regions depends upon factors such as, existing economic rural structures and the agricultural strengths and weaknesses of each location.

Keywords: Rural Strategy, Mountainous Country Regions, Agricultural Impediments

地域戦略、中山間地域、農業条件の不利性

1. はじめに

わが国は国土面積に占める林野の比率が7割を超えており、元来、農業条件の好い農地を確保することが難しい状況の中で、傾斜地において条件不利ながらも農業生産を行ってきたという歴史がある。このような傾斜地農業の歴史は、条件不利性の克服方策を講じてきた歴史でもあり、例えば相原和夫は、本来は零細、自給的、低生産力であった傾斜地の畑作農業が、明治以降の工芸作物や果樹の導入によって大きく変貌を遂げたと指摘する¹⁾。

しかし近年は、1985年のプラザ合意以降急激に進む農産物市場の開放に伴い、産地間競争のグローバル化による一層の激化が国内農産物価格の低迷による農業所得の低下と、それに起因する担い手の高齢化・後継者不足を引き起こし、条件不利地である中山間地域の農業にとりわけ大きなインパクトを与えている。もはや、相原が指摘するような農業構造の転換のみで中山間地域農業を維持することは困難である。

一方で、わが国の国土保全にとって、農業の多面的機能は重要な存在であり、年間5兆8千億円の外部経済効果があるとも言われている²⁾。耕地

面積の37.8%を占める中山間地域の農地が潰廃することは、これらが持つ多面的機能と同額の財政投入が新たに必要になるという意味でもある。2000年に開始された「中山間地域等直接支払」などは、この条件不利性を一部でも相殺することで、中山間地域における農業生産をできるだけ維持したいというねらいがある。しかしながら、財政事情の厳しいわが国においては、地域戦略の構築による農山村の自立性向上への期待も大きい。

そこで本論文は、このような中山間地域において農業構造の転換以外の条件不利性克服のための新たな地域戦略を構築すること目的とする³⁾。そのため、第一に、中山間地域における農業分野での条件不利性とそれに対する産地の対応動向を検討する。第二に、耕地面積に占める中山間地域の比率が最も高い広島県を事例に、地域戦略の構築で成果を上げている地域とそうでない地域を比較し、取り組み状況を規定する社会経済的要因を検討する。最後に以上を総括し、中山間地域における新たな地域戦略を構築するための条件を整理する。

2. 中山間地域における農業分野での条件不利性

とその対応動向

2.1 全国の中山間地域における農業条件の不利性とその対応動向

中山間地域とは、農業センサスにおいて区分されている4つの農業地域類型⁴⁾、すなわち都市的地域⁵⁾、平地農業地域⁶⁾、中間農業地域⁷⁾、および山間農業地域⁸⁾のうち、中間農業地域と山間農業地域を合わせたものである。これら4類型のなかでは、平地農業地域が最も農業条件が好いことは言うまでもない。都市的地域も中山間地域と同様に農業条件は決して好いとは言えないが、第2次・第3次産業の就業条件といった兼業条件が好いことから、農家経済面では中山間地域の方が条件不利であるといえる。

図1は、耕地面積に占める中山間地域の比率（以下、「中山間地域率」）を都道府県別にみたものである。東日本よりも西日本の方が中山間地域の比率が高い都道府県が多い。磯辺俊彦は、東日本を農業生産性が高く兼業条件が低い「東北型農業地域」と位置付けて農業が進展しているとし、西日本を農業生産性が低く兼業条件が高い「近畿型農業地域」と位置付けて農業が後退しているとした⁹⁾。西日本は中山間地域率が比較的高く、農家1戸当たりの農地面積も東日本に比べて小さい。また、農外就業機会も首都圏を除くと東日本に比べて好条件であり、見方を変えれば労働人口が農業を指向しない可能性が高いという面で農業部門において不利な労働条件にあるといえる。中山間地域率が75%を超えるのは広島県のみである。

図2は、農業条件と生産農業所得との関係について北海道を除く都府県（以下「都府県」）別にみたものである。ここでは、農業条件として「中山間地域率」と「1戸当たり農地面積」を指標としている。また、10a当たり生産農業所得は土地生産性を表す指標となる。2005年センサスにおける都府県の中山間地域率は36.7%であり、図2の熊本県と山形県の間にあたる。そこで、熊本県より中山間地域率が高い都府県をみると、1戸当たりの生産農業所得（以下「農家

農業所得」）が都府県平均より高い県は、26県中、高知県、宮崎県、和歌山県、鹿児島県のたった4県であり、他の22県は農家農業所得が都府県平均より低い。

では、高い中山間地域率のもとで、高い農業所得を実現している県とそうでない県の農業生産面での差異をみてみよう。表1は、中山間地域率は高いが農業所得が高い4県（以下、「グループA」）と農業所得が低い5県（以下、「グループB」）の農業基盤、農業の担い手、農業構造と農業所得との関係を示したものである。

グループAはいずれも太平洋側に位置し、温暖な気候で知られている。宮崎県および鹿児島県は、農業構造では肉用牛、豚、ブロイラーへの高い特化がみられる。これら2県は上述の3品目においていずれも県産ブランドを確立し、高い農業収入

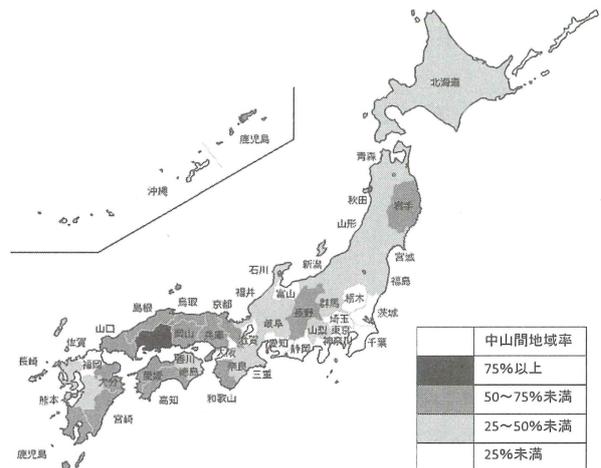


図1 耕地面積に占める中山間地域の比率(全国:都道府県別)

資料:農林水産省「2005年 農林業センサス」。

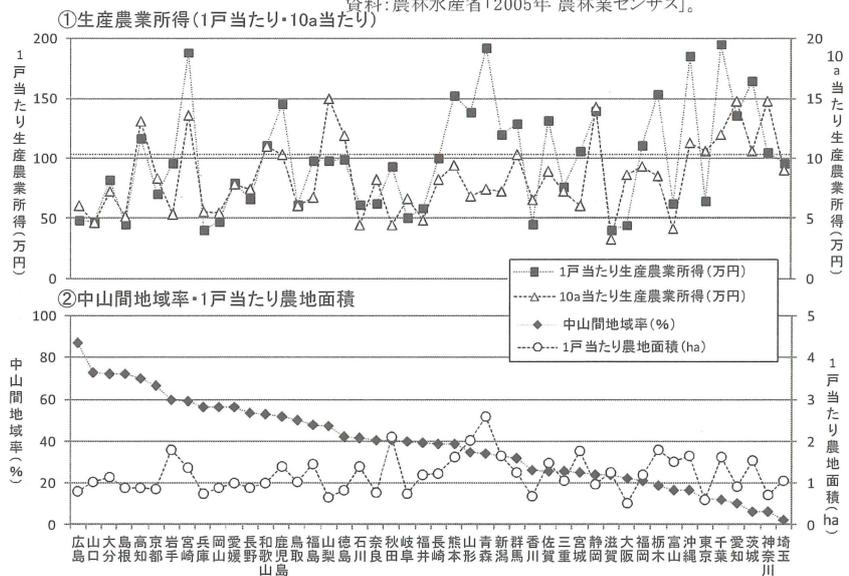


図2 農業条件と生産農業所得との関係(全国・2005年:都府県別)

資料:農林水産省「平成17年 生産農業所得統計」、「2005年 農林業センサス」。

注:①の……は、北海道を除く都府県の1戸当たり生産農業所得(102.8万円)を示している。

表1 中山間地域における農業基盤・農業の担い手・農業構造・農業所得の状況（主な県）

	中山間地域率が高く農業所得が低い県					都府県 (参考)	中山間地域率は高いが農業所得が高い県					
	兵庫	島根	山口	岡山	広島		宮崎	鹿児島	高知	和歌山		
1. 農業基盤												
耕地面積の中山間地域率 (%)	56.6	72.2	72.6	56.4	87.0	36.7	59.0	52.0	70.0	52.9		
中間農業地域 (%)	40.1	32.7	51.1	42.7	60.1	27.9	46.2	48.2	32.9	42.0		
山間農業地域 (%)	16.5	39.5	21.5	13.7	26.9	8.8	12.8	3.9	37.1	10.8		
1戸当たり農地面積 (ha)	0.7	0.9	1.0	0.9	0.8	1.3	1.4	1.4	0.9	1.0		
2. 農業の担い手												
1戸当たり農業就業人口 (人)	0.9	1.0	0.9	1.0	0.9	1.2	1.3	1.0	1.2	1.4		
平均年齢 (農業就業人口) (歳)	64.8	67.5	67.1	66.2	66.8	63.5	62.0	63.3	62.4	61.0		
高齢化率 (農業就業人口) (%)	63.5	71.3	69.1	68.1	69.6	59.2	53.7	60.3	53.6	49.5		
3. 農業構造												
農業 粗生 産額 特化 係数	耕種	米	1.43	1.73	1.78	1.23	1.25	1.07	0.34	0.26	0.63	0.38
		豆	1.97	0.74	0.26	1.73	0.44	0.70	0.03	0.05	0.10	-
		いも	0.25	0.45	0.28	0.26	0.42	0.76	1.01	2.83	0.75	0.12
		野菜	1.08	0.67	0.77	0.63	0.73	1.05	0.85	0.45	2.41	0.67
		果実	0.25	0.77	0.65	1.55	1.28	1.13	0.44	0.29	1.22	7.02
	花き	0.90	0.74	0.80	0.58	0.67	1.10	0.73	0.92	1.47	1.43	
	畜産	肉用牛	1.25	1.80	1.09	0.92	0.93	1.00	2.90	3.03	0.23	0.11
		乳用牛	1.08	1.16	0.39	1.14	0.71	0.64	0.39	0.25	0.34	0.03
		豚	0.19	0.57	0.29	0.30	0.55	1.08	2.61	2.90	0.34	0.03
		卵	1.51	0.91	2.07	3.03	3.67	1.09	0.52	1.04	0.27	0.34
ブロイラー		1.41	0.33	1.26	1.28	0.56	1.09	4.88	3.59	0.14	0.69	
4. 農業所得												
1戸当たり生産農業所得 (万円)	40.4	45.2	47.0	47.3	48.7	102.8	187.9	145.2	116.6	111.4		
10a当たり " (万円)	5.5	5.1	4.6	5.4	6.0	8.1	13.6	10.3	13.1	11.0		
農業就業人口1人当たり " (万円)	45.1	46.8	49.5	48.7	57.3	89.0	143.9	141.7	94.4	79.5		

資料：農林水産省「平成17年 生産農業所得統計」、「2005年農林業センサス」。

注1) 耕地面積に占める中山間地域の比率が50%以上の都府県を抽出し、これらの中から1戸当たりの生産農業所得の上位5県と下位5県について示している。

2) 「農業粗生産額特化係数」とは、全国の部門別農業産出額の構成と比較して、各県(市町)におけるそれぞれの部門の特化している状況を示している。1.0より値が大きくなるほど、特化の程度が高く、1.0より小さくなると、特化の程度が低い。

3) 本表における「農家数」および「農地面積」は、「生産農業所得統計」から逆算した数値を用いている。なお、「耕地面積」および「農業就業人口」は、「農林業センサス」の数値を用いている。

を得ていることは周知のとおりである。また、高知県は野菜、和歌山県は果実への高い特化がみられるが、両県とも温暖な気候を利用して、高知県は促成野菜のブランドを形成し、和歌山県は「果樹王国」としてのブランドを形成しており、これらの品目において高い農業収入を得ている。10a当たり生産農業所得(以下、「土地生産性」)は、4県すべてが10万円を超えている。また、比較的若い農業生産の担い手が農家1戸当たり1.0人以上存在する。このようにこれら4県は、中山間地域という農業条件の不利性を温暖な気候のもとでの商業的農業の展開によって克服しようとしており、農業所得面および担い手の確保面で一定の成果を上げていることがわかる。

一方、グループBは瀬戸内海沿岸あるいは日本海側に位置している。このため、先の4県に比べて冬季の気温が低く、同じような商業的農業の展開がこれら5県では難しい状況にある。農業構造をみると、山口県、岡山県、広島県において鶏卵への高い特化がみられるが、それ以外の収益性の高い農業部門への特化はみられない。つまり、条件不利性の克服を農業構造の転換で図るのは困難であるということを示している。農家農業所得は都府県平均の半分に満たない状況であり、担い手の確保は難しく、高齢化が進んでいる状況が

みえる。

先にも述べたとおり、食料供給におけるグローバルイゼーションの進展は、国境を越えた産地間競争の激化を加速させ、日本農業それ自体の条件不利性を拡大させている。このようななか、近年では農業政策においても、条件不利性を克服するための手立てとして、①集落法人の設立などによる農作業や農業経営の集団化、②農業生産部門が加工から販売・サービス部門までを統合的に取り組むいわゆる6次産業化¹⁰⁾、③都市と農村との交流・連携の強化、といった農業構造の転換以外の手法を推進する傾向が強くなっている。その背景には、農業構造の転換が困難な条件不利地域から農業生産の縮小・耕作放棄地の増加が進み、農業の多面的機能を低下させることへの強い懸念がある。

農業条件の不利性を克服する新たな取り組みは、まずは、中山間地域等条件不利地域において進められる必要がある。次項では、わが国で最も中山間地域率が高い広島県における農業条件の不利性を把握する。

2.2 広島県の中山間地域における農業条件の不利性

図3は、広島県内における中山間地域率および

耕地面積に占める山間農業地域の比率（以下、「山間地域率」）について市町別に示したものである。県内 23 市町のうち、中山間地域率が 60%を超えるのは 16 市町であり、このなかには政令指定都市である広島市も含まれる。また、15 市町が中山間地域率 80%を超えており、とりわけ、庄原市、大竹市、廿日市市、安芸太田町、北広島町および神石高原町の 7 市町は山間地域率が 50%を超える。

図 4 は、広島県内における農業条件と生産農業所得との関係について市町別にみたものである。広島県内で農家農業所得が都府県平均を上回っている市町は世羅町ただ 1 町のみである。また、中山間地域率が低い市町のうち、府中町、海田町、熊野町、坂町は都市的地域が 100%であり、福山市は中山間地域と都市的地域を合計すると 99.7%となり、農業条件は不利であるといえる。尾道市と大崎上島町は平地農業地域が島嶼部に集中している。

一方、中山間地域率が 100%の市町は庄原市、北広島町、江田島市、安芸太田町、世羅町の 5 市町であり、このうち、安芸太田町は山間地域率が 90.7%と最も高い。江田島市は島嶼部に位置し、山間地域率は 0.0%であり、世羅町は内陸部に位置するが山間地域率は 3.4%と低い。

表 2 は、広島県内において中山間地域率は高いが農業所得が比較的高い 4 市町（以下、「グループ a」）と、農業所得が低い 4 市町（以下、「グループ b」）を示している。農業構造面では、農業所得が比較的高い市町で卵への高い特化がみられるが、農業所得が低い市町のうちの三次市においても同じ傾向がみられることから、農業構造の差異によって農業所得に差異が現れている訳ではないといえる。

そこで、別の指標に着目すると、1 戸当たりの農地面積はグループ a が県平均よりも高く、グループ b が県平均より低い。また、土地生産性はグループ a のうち世羅町および庄原市が県平均よりも高い一方で、グループ b は 4 市町とも県平均より低い。そし

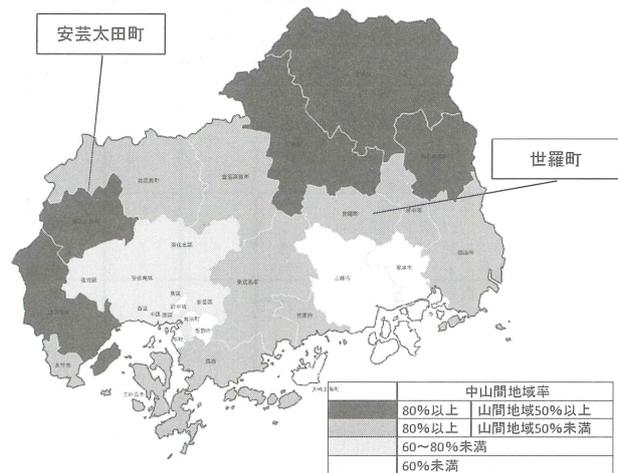


図3 耕地面積に占める中山間地域の比率(広島県:市町別)
資料:農林水産省「2005年 農林業センサス」。

て、労働生産性を示す農業就業人口 1 人当たり生産農業所得は、グループ a のうち世羅町、庄原市、北広島町が県平均よりも高い一方で、グループ b は三次市を除く 3 市町が県平均より低い。

グループ a のうち土地生産性と労働生産性が高い市町について、その農業構造以外の要因を推測すると、①農産物のブランド化、②高付加価値化、③農業生産の効率性の向上、などが実現されていることが考えられる。すなわち、農業構造の転換以外の農業条件の不利性を克服するための新たな手法が講じられ、一定の成果を上げている仮説を立てることが可能である。

また、グループ b は 1 戸当たりの農地面積以外の農業構造がほぼグループ a と同様であることから、条件不利性克服のための新たな手法の導入如

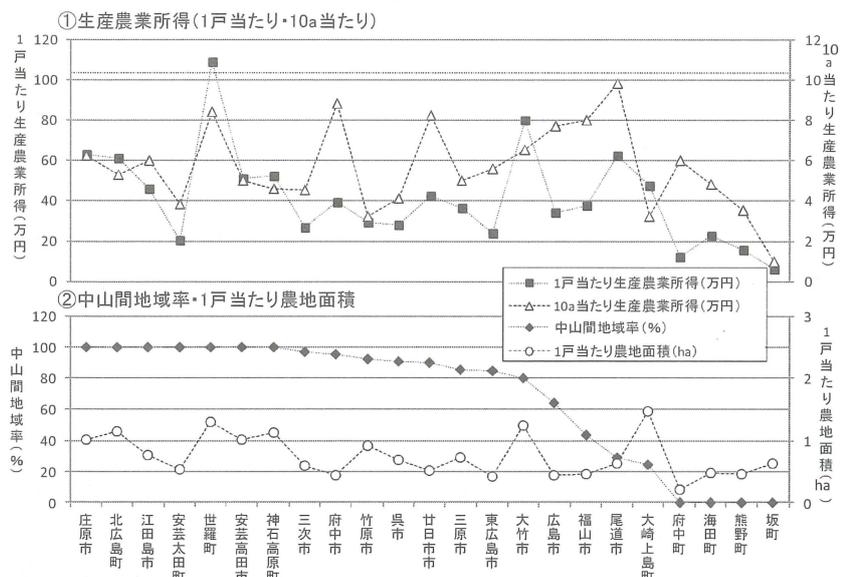


図4 農業条件と生産農業所得との関係(広島県・2005年:市町別)
資料:農林水産省「平成17年 生産農業所得統計」、「2005年農林業センサス」。
注:①の「.....」は、北海道を除く都府県の1戸当たり生産農業所得(102.8万円)を示している。

表2 広島県の中山間地域における農業基盤・農業の担い手・農業構造・農業所得の状況（主な市町）

	中山間地域率が高く農業所得が低い市町				広島県 (参考)	都府県 (参考)	中山間地域率は高いが農業所得が高い市町					
	竹原市	呉市	三次市	安芸太田町			世羅町	庄原市	北広島町	神石高原町		
1. 農業基盤												
耕地面積の中山間地域率 (%)	91.9	90.5	96.6	100.0	87.0	36.7	100.0	100.0	100.0	100.0		
中間農業地域 (%)	71.0	90.5	76.3	9.3	60.1	27.9	96.6	36.1	41.9	17.2		
山間農業地域 (%)	20.8	0.0	20.4	90.7	26.9	8.8	3.4	64.0	58.1	82.7		
1戸当たり農地面積 (ha)	0.9	0.7	0.6	0.5	0.8	1.3	1.3	1.0	1.1	1.1		
2. 農業の担い手												
1戸当たり農業就業人口 (人)	0.7	0.9	1.1	0.5	0.9	1.2	1.1	1.2	1.0	1.1		
平均年齢 (農業就業人口) (歳)	67.4	66.9	67.9	68.8	66.8	63.5	67.9	66.2	66.9	67.7		
高齢化率 (農業就業人口) (%)	69.6	67.4	72.5	74.6	69.6	59.2	74.3	70.2	71.7	74.0		
3. 農業構造												
農業粗生産額特化係数	耕種	米	1.03	0.63	1.44	2.18	1.25	1.07	0.99	1.11	1.58	1.28
		豆	0.81	0.28	0.51	-	0.44	0.70	1.14	0.31	0.65	1.15
		いも	3.52	0.60	0.15	0.74	0.42	0.76	0.04	0.13	0.21	0.12
		野菜	0.52	0.90	0.31	0.54	0.73	1.05	0.62	0.36	0.37	0.58
		果実	0.93	4.53	1.25	0.87	1.28	1.13	0.73	0.31	0.08	0.33
	花き	2.03	1.52	0.25	0.78	0.67	1.10	0.67	0.39	0.81	0.26	
	畜産	肉用牛	4.54	0.09	0.75	-	0.93	1.00	0.92	0.97	0.72	1.85
		乳用牛	-	-	1.14	0.81	0.71	0.64	0.23	1.04	1.64	0.85
		豚	-	0.33	0.10	-	0.55	1.08	2.05	0.45	0.57	0.34
		卵	-	0.24	5.87	-	3.67	1.09	5.85	8.47	5.35	4.73
ブロイラー		-	-	-	-	0.56	1.09	-	-	-	-	
4. 農業所得												
1戸当たり生産農業所得 (万円)	29.2	28.2	26.9	20.1	48.7	102.8	109.0	62.9	60.8	52.0		
10a当たり生産農業所得 (万円)	3.2	4.1	4.5	3.8	6.0	8.1	8.4	6.2	5.3	4.6		
農業就業人口1人当たり (万円)	51.3	31.3	57.7	37.9	57.3	89.0	96.7	66.5	58.7	47.1		

資料：農林水産省「平成17年 生産農業所得統計」、「2005年農林業センサス」、広島県農業担い手支援課。

注1) 耕地面積に占める中山間地域の比率が90%以上の市町を抽出し、これらの中から1戸当たりの生産農業所得の上位

4市町と下位4市町について示している。

2) 「農業粗生産額特化係数」「農地面積」「農家数」「耕地面積」および「農業就業人口」については表1に同じ。

3) 市町のデータについては、2012年1月現在の状況に合わせて旧市町の数値を合算したものを示している。

4) 集落法人の取り組み状況は、2011年12月4日現在のデータ。

何では、農業所得の向上を実現することが可能であるとの仮説を立てることも可能であり、そのためには、新たな手法導入を困難にしている要因を検討することが必要である。

3. 広島県の中山間地域における地域戦略

そこで本節では、中山間地域における条件不利の克服のための地域戦略を検討するため、広島県の中山間地域において農業所得が高いaグループと農業所得が低いbグループからそれぞれ1市町を事例として取り上げ、それぞれの地域戦略を検討する。aグループからは、農家農業所得が最も高い世羅町を事例とし、bグループからは、同数値が最も低い安芸太田町を事例とする。そして、それぞれにおける地域戦略の実態とその社会経済的背景を検討する。表3は世羅町および安芸太田町の概要を示している。

3.1 中山間地域率が高く農業所得が高い世羅町の現状分析

世羅郡世羅町は、2004年10月1日に甲山町、(旧)世羅町、世羅西町が合併して誕生した。2005年の人口は1万8,866人であり、労働力人口比は53.2%と県全体からは11ポイント低く、高齢化率は34.9%と県全体からは14ポイント高い。

2007年の町内総生産は547億2,800万円であり、第1次産業の割合は10.0%(うち農業は9.5%)と高い値を示している。人口1人当たりの町内総生産は296.7万円であり、県全体からは100万円下回っている。

現在の世羅町における農業振興の特徴は、ネットワーク型組織が中心となった6次産業化の推進、および農地集約を企図した集落法人の設置と農外企業参入の推進の大きく2つが挙げられる。

まず、6次産業化の取り組みとして、1998年に発足した世羅郡旧3町を構成メンバーとする「世羅高原6次産業推進協議会」、およびその後継組織である「世羅高原6次産業ネットワーク」の活動がある。これは、世羅町内で6次産業化の取り組みを行っている組織が連携し、6次産業化の取り組み強化のために、①イベント、②販売促進活動、③商品開発、④体験交流会の開催、⑤郷土料理の保存、⑥内部研修や情報交換を行うものである。2011年現在、世羅町内63団体が加盟している。

また、6次産業ネットワークの活動拠点として、せら夢公園のせらワイナリー内に夢高原市場を設置し、加盟63団体の商品販売や情報提供などを行っている。また現在では「世羅町内の農村公園化」構想を掲げ、都市住民との交流・連携の強

表3 世羅町・安芸太田町の概況

項目	世羅町	安芸太田町	(広島県)
面積 (km ²)	278	342	8,479
人口 (人)	18,866 (100.0)	8,238 (100.0)	2,876,642 (100.0)
労働力人口	10,030 (53.2)	3,881 (47.1)	1,858,849 (64.6)
高齢者人口	6,585 (34.9)	3,512 (42.6)	600,545 (20.9)
町内総生産 (100万円)	54,728 (100.0)	29,707 (100.0)	11,981,498 (100.0)
第1次産業	5,477 (10.0)	630 (2.1)	82,991 (0.7)
うち農業	5,221 (9.5)	258 (0.9)	56,887 (0.5)
第2次産業	13,835 (25.3)	6,375 (21.5)	3,585,862 (29.9)
第3次産業	38,666 (70.7)	24,324 (81.9)	9,004,097 (75.2)
人口1人当たり(千円)	2,967	3,790	4,169

資料：広島県「平成22年市町村便覧」、「広島県市町民経済計算結果報告」。

注1) 面積は2004年の合併後、人口は2005年、町内総生産は2007年の数値である。

2) 「労働力人口」は15歳～64歳の人口、「高齢者人口」は65歳以上の人口を示す。

3) () 内は合計値に占める各項目の構成比(%)。

化を打ち出している。

6次産業化の取り組みの課題としては、担い手の高齢化が挙げられる。6次産業ネットワークの主要な担い手が発足当時に50歳代であったのが、現在では60歳代となっている。しかしながら、世羅町では高校を卒業した若者が進学するにしても就職するにしても一度は町外に出ていかなければならない。一部の若者が世羅町にUターンして6次産業化推進の担い手となっているが、その層が薄いのが問題である。

つぎに、農地集約の取り組みであるが、集落法人は2011年12月現在、広島県内214法人中32法人が世羅町内において設立され、水田カバー率は24.5%である。また、農外企業の農業参入については2010年10月現在、広島県内39法人中9法人が世羅町内において設立されており、県内で農外企業の農業参入数が最も多い。

3.2 中山間地域率が高く農業所得が低い安芸太田町の現状分析

山県郡安芸太田町は、2004年10月1日に加計町、筒賀村、戸河内町が合併して誕生した。2005年の人口は8,238人であり、労働人口比は47.1%と県全体からは17ポイント低く、高齢化率は42.6%と県全体からは22ポイント高い。世羅町に比べて高齢化が深刻である。

2007年の町内総生産は297億0,700万円であり、第1次産業の割合は2.1%(うち農業は0.9%)となっている。当町の基幹産業は建設業であったが、近年の全国的な景気の低迷のもとで、当該産業が厳しい状況にある。第3次産業が全体の81.9%を占めるが、この部門で大きな位置を占めるのが病床数199の総合病院である安芸太田病院である。

安芸太田町は、近年における人口減少と高齢化率の拡大、町内総生産の縮小などへの懸念から、2010年に安芸太田町未来戦略会議を設立し、中長期計画の策定を行った。2011年2月に行われた答申では、①集落・地域づくり対策、②定住対策、③文化活動等振興対策、④(農業を中心とした)産業振興対策の4つの柱が示され、集落・地域づくり対策では町内48の自治振興会すべての地域マスタープランの策定が検討されている。地域マスタープランの策定では、高齢化率の高い一部の集落において近隣大学の農業経済系研究室が全面的に協力体制を組み、ワークショップを行うなどの取り組みが進んでいるケースもある。

3.3 事例分析からみた広島県における条件不利性克服の取り組みへの差異とその背景

中山間地域において農業所得が比較的高い世羅町と低い安芸太田町について、地域戦略の現状を検討してきた。先に挙げた農業構造の転換以外の条件不利性克服の取り組みは、①農地集約化、②6次産業化、③都市との交流・連携の強化である。

この3点で両町の取り組みの差異を確認すると、世羅町は、農地集約化の取り組みとして集落法人の設立推進と農外企業参入の取り組みが実現していた。また、6次産業化として、6次産業ネットワークによる6次産業関連施設の個別の取り組みの推進と連携体制の構築が実現されていた。そして、都市との交流・連携の強化については、現在、6次産業ネットワークを中心として「世羅町の農村公園化」構想が進められている。

一方、安芸太田町はこのような取り組みについてあまり進んでおらず、2010年度末に策定した「未来戦略」も途に就いたばかりである。

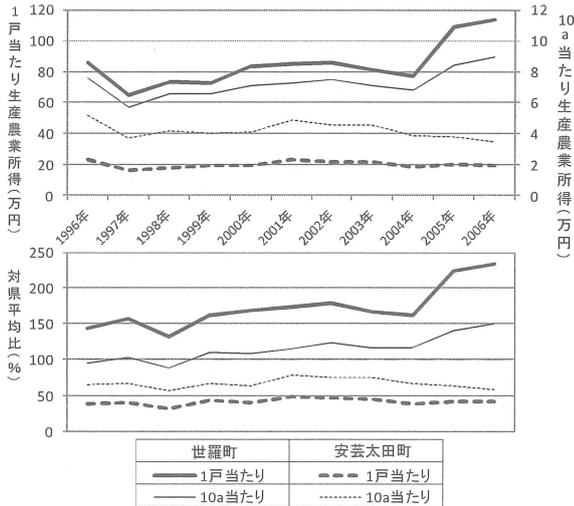


図5 世羅町・安芸太田町における農業所得の動向
資料：農林水産省「生産農業所得統計」。
注1) 2004年以前のデータは、合併前の町村の数値を合算している。
注2) 「対県平均比」は、広島県の平均を100とした場合の各町の数値を指数(%)で示している。

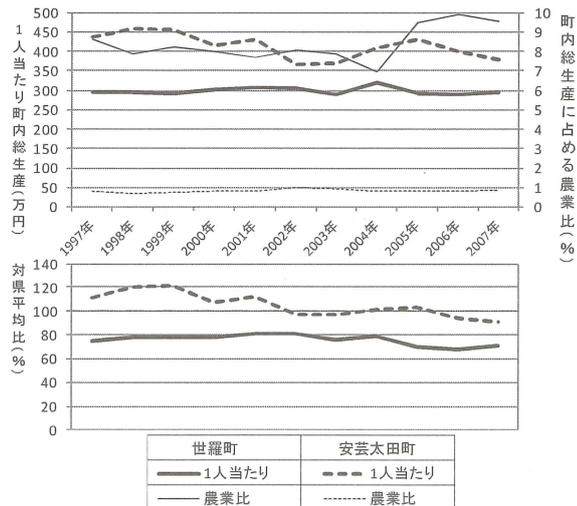


図6 世羅町・安芸太田町における町内総生産の動向
資料：広島県統計課「広島県市町民経済計算結果報告」。
注1) 2004年以前のデータは、合併前の町村の数値を合算している。
注2) 「1人当たり町内総生産・対県平均比」は、広島県の平均を100とした場合の各町の数値を指数(%)で示している。

では、このような取組状況および農業所得に差異が現れる要因を検討してみよう。図5は両町における農業所得の動向を示している。農家農業所得、土地生産性とも世羅町は増加傾向にある一方、安芸太田町は横ばいである。また、世羅町は農家農業所得がここ10年間常に県平均を上回り、土地生産性も1999年以降、県平均を上回っている。一方、安芸太田町は両指標とも県平均を大きく下回っている。

前掲表2から両町の農業生産条件を確認すると、世羅町は山間地域率が3.4%であり、また、1戸当たり農地面積も県平均を超えている。広島県内で山間地域率が高い市町のなかでは、農業生産条件は比較的好い方である。

一方、安芸太田町は、山間地域率が90.7%であり、1戸当たり農地面積は県平均を下回っている。農業生産条件は、全国的にも厳しい広島県のなかでも最も厳しい市町の一つである。

つぎに、図6から両町の経済状況と農業の位置を確認してみると、1人当たりの町内総生産(町民の所得水準と読み替えることも可能である)は、世羅町よりも安芸太田町の方が高く、2001年迄は安芸太田町の数値が県平均を上回っていた。町内総生産に占める農業の比率は、世羅町が10%水準であるのに対し、安芸太田町は1%未満である。

このように、世羅町は町民所得水準が県内ではあまり高くなく、農業の依存度が高い。世羅町では、農業生産・農業所得の向上が町民所得の向上にとって重要な位置を占めている。このことが、

農業部門における条件不利性克服の取り組みを重視した大きな要因の一つである。

一方、安芸太田町は町民所得水準が県内では平均よりも高かったことと、農業への依存度が低いことが特徴として挙げられる。農業条件の不利性が与える町民所得への影響が小さかったことが、農業部門における条件不利性克服の取り組みを遅らせた大きな要因の一つである。

4. まとめ

これまでの検討を総括する。全国的には、中山間地域のうち温暖な地域にある都府県では、自然条件の有利性を活かして、これまで農業構造の転換と産地のブランド化によって、条件不利性を克服してきた。しかし、広島県のように自然条件においても有利性が存在しない地域では、①農地の集約化、②6次産業化、③都市との交流・連携、といった農業構造の転換以外の取り組みが重要である。

そして広島県内では、中山間地域に位置する世羅町と安芸太田町を事例に検討したが、これらの取り組み状況に差異がみられた。その背景には、①農業(農地)条件、②当該市町の経済構造と農業の位置、によることが明らかになった。また、取り組みが進んでいる世羅町においても、担い手の高齢化が問題となっている。

課題としては、世羅町においては、若年層のUターンの促進と彼らを地域リーダーとして育成すること、安芸太田町においては、近隣大学との

連携拡大による、地域戦略構築における一層の客観化と迅速な対応が重要である。

附記

本論文は、北九州市の平成 23 年度学術・研究振興事業調査研究助成金「持続的な CSR 活動を基礎とする協働事業の推進方策の調査研究事業」（研究代表者：八島雄士）および科学研究費補助金・基盤研究(C)（平成 23～25 年度）「グリーン・ツーリズム組織体の類型化と経営戦略～東アジアの事例を中心に～」(研究代表者：李只香)を活用して作成した。

注

- 1) 相原[1],p.1.
- 2) 日本学術会議「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について(答申)」(2001年11月),p.25.
- 3) われわれ研究グループは、これまで農山村地域の活性化を企図して導入されたグリーン・ツーリズム施設において、その個別の経営戦略を検討してきたが、そこでは、関係する行政機関や組織・団体との連携関係の構築が必要であることを示唆してきた。細野ほか[2]、八島ほか[3]、細野ほか[4]。本研究ではこれらを踏まえ、地域を構成する行政・民間・任意組織・住民団体等が連携することで一つの運営体として捉え、これらの戦略を構築するための条件整理を行うという、これまでの研究から一歩進んだ検討を行いたい。
- 4) 農林水産省は、わが国が市町村において土地利用態様により基礎的地域特性がみられるため、統計分析および農政の推進のための基礎資料として、旧市町村(1950年2月1日現在の市町村)ごとに宅地・耕地・林野の状況を基準に農業地域類型として都市的地域、平地農業地域、中間農業地域、産官農業地域の4つを設定している。
- 5) 都市的地域は、可住地に占める DID 面積が5%以上で、人口密度 500 人以上または DID 人口 2 万人以上の旧市町村。または、可住地に占める宅地等率が 60%以上で、人口密度 500 人以上の旧市町村(ただし、林野率 80%以上のものは除く)である。
- 6) 平地農業地域は、耕地率 20%以上かつ林野率 50%未満の旧市町村(ただし、傾斜 20 分の 1 以上の田と傾斜 8 度以上の畑の合計面積の割合

が 90%以上の下を除く)。または、耕地率 20%以上かつ林野率 50%以上で傾斜 20 分の 1 以上の田と傾斜 8 度以上の畑の合計面積の割合が 10%未満の旧市町村である。

- 7) 中間農業地域は、耕地率が 20%未満で「都市的地域」および注 8) に示す「山間農業地域」以外の旧市町村、または、耕地率が 20%以上で「都市的地域」および「平地農業地域」以外の旧市町村である。
- 8) 山間農業地域は、林野率 80%以上かつ耕地率 10%未満の旧市町村である。
- 9) 磯辺俊彦は、戦後の日本農業における地帯構成について、「東北型」を「低賃金・高地代・農業進展」、「近畿型」を「高賃金・低地代・農業後退」と位置づけている。磯辺[5],395-400.
- 10) 「地域資源を活用した農林漁業者等による新事業の創出等及び地域の農林水産物の利用促進に関する法律」(六次産業化法、平成 22 年 12 月 3 日公布)の前文に「一次産業としての農林漁業と、二次産業としての製造業、三次産業としての小売業等の事業との総合的かつ一体的な推進を図り、地域資源を活用した新たな付加価値を生み出す六次産業化の取組」という記述がある。

参考文献

- [1]相原和夫、柑橘農業の展開と再編、時潮社、1990.
- [2]細野賢治・八島雄士・トーヴォンラップパイサン、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.
- [3]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.
- [4]細野賢治・桂英・李只香・八島雄士、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ー北京市と成都市における「農家楽」地域の SWOT 分析を中心にー、九州共立大学総合研究所紀要、第3号、31-38、2010.
- [5]磯辺俊彦、日本農業の地帯構成と地域農業の再構成、石黒重明・川口諦編、日本農業の構造と展開方向、農林統計協会、1984.
(原稿受付 2012 年 1 月 13 日)

太陽電池で動作する水浄化エアープンプシステムの検討

山口 静夫¹, 宮入 嘉夫¹, 小倉 久秀²
九州共立大学総合研究所¹, NPO 法人 北九環浄研²

An Examination for an Air Pump System in Water Purification Operated by Solar Cell

Shizuo YAMAGUCHI, Yoshio MIYAIRI and Hisahide OGURA

Abstract

Now a days, problems of the water purification based on a pond and a stream have been given importance to living environment an aquatic life. In order to address this global challenge there have been various activities in almost every society. Recently, in the introduction of water purification, an effect of charcoal has reconsidered to the better. This paper proposes an air pump system driven by solar cell, and the raft using bamboos has consisted to charcoal, leaf mold and iron powder as the water purification. As a result, the air pump system driven by solar cell is operated effectively when the solar cell generated 31W (18.2V×1.68A) at intensity of illumination with about 100,000 lx of solar rays.

Keywords: Solar cell, Air pump, Air stone, Water purification, Raft using bamboos
太陽電池, エアープンプ, エアーストン, 水浄化, 竹による筏

1. はじめに

水生生物等の住環境問題に関心が集まるなか、ため池をはじめとして水の流れが少ない川などの浄化要素として、粉炭をはじめ鉄粉などが見直されている¹⁻²⁾。さらにその酸欠対策としては、エアープンプで水中にエアーを送り込む方法が有効であることが知られている。

我々は、北九州市門司区の猿喰川に竹で組んだ筏を浮かべてその中に粉炭、腐葉土および鉄粉を敷き詰めて水面に近い部分の水の浄化を行っている。さらに「太陽電池で動作する水浄化エアープンプシステム」を竹で組んだ筏の上に設置し、これにより川底付近の水中にエアーを送り、水の酸欠防止とその浄化を検討している³⁻⁴⁾。

2. 猿喰川に浮かべた水浄化筏

猿喰川は、江戸時代の1759年に石原宗祐によって、当時の猿喰湾を埋め立てて造成した猿喰新田からの水を猿喰海岸に注いでいる。現在、猿喰川は潮の干満差によって、すなわち干潮時の場合には川の水を海に流し、満潮時の場合には海水の逆流を阻止して川の水の流れを止めてため池状態にしている。これにより川底には、水深~1mの下に底質のヘドロが0.6~1m程度堆積して水質の悪化が顕在化している。

最近、我々は水質の浄化を目的として Fig.1 に示す①竹で組んだ水浄化筏を猿喰川に10基浮かべ、この筏の中に②炭、腐葉土および鉄粉を基材として敷き詰め、水質の改善効果について調べている。さらに将来はこれに土を盛り、近隣の幼稚園児らによりアシや花ショウブ等の水生植物を植えることを予定している。

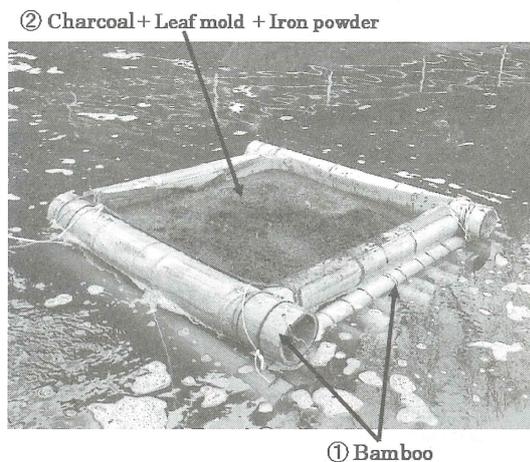


Fig.1 General view of a raft in water purification

3. 水浄化エアープンプシステムの概要

本研究における水浄化エアープンプシステムの駆動法としては、太陽電池による晴天時の昼間

における動作およびバッテリーにバックアップ時の曇天などや夜間時の動作を想定している。

3.1 水浄化エアープンプシステムの構成

Fig.2 に太陽電池で動作する水浄化エアープンプシステムの構成を示す。太陽電池は、NEXT ENERGY & RESOURCE 社製の定格 12V, 40W の HA-040-12 を用いている。ソーラーコントローラ（太陽電池充放電コントローラ）には、DENRYO 社製の定格 12V, 6A の SS-6L-12V を用いている。さらにエアープンプとエアーストンには、IWAKI 社製 REI-SEA の DC12V, 20W のエアープンプ APN-110R-D1 と材質が多孔質セラミックスのエアーストン NR-S235 の組み合わせを用いた。

Fig.2 から、晴天時における太陽電池の発電電圧 E_G によって得られる電流 I_S がソーラーコントローラの入力として供給される。さらにエアープンプの動作時には、ソーラーコントローラからエアープンプに負荷電流として I_A が流れる。すなわちバッテリーに $I_S - I_A$ が流れてバッテリー電圧 E_B が充電される。

ここで、曇天などや夜間時の太陽電池が発電しないバッテリー動作時におけるソーラーコントローラの働きは、バッテリー電圧 E_B が 11.5V に低下すると回路からエアープンプを切り離してバッテリーの過放電を保護する。一方、次の晴天時の太陽電池の発電電圧 E_G によってバッテリーが充電されて 12.6V に上昇すると、再びエアープンプを接続してシステムとしての動作を行っている。さらに充電時の設定電圧(14.1V)を周囲温度等に対して制御して自動補正し、バッテリーの過充電を防いでいる。

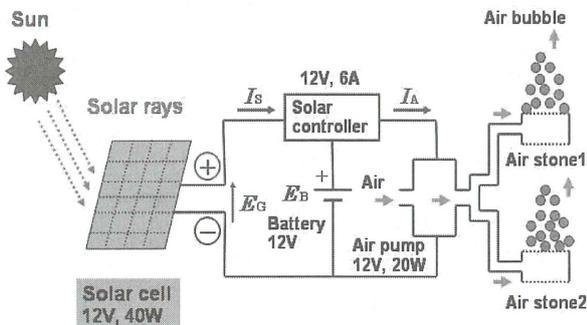
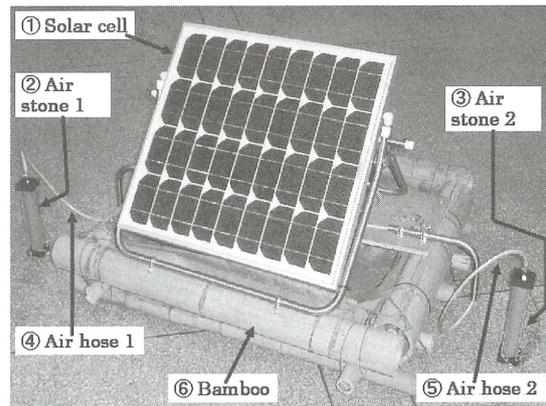


Fig.2 Block diagram of an air pump system in water purification operated by solar cell

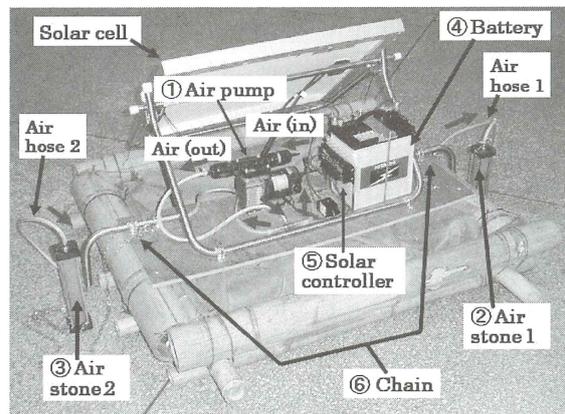
次にエアープンプからのエアは、2つのエアーストン 1, 2 にエアーストンを介して接続し、エアバブル（気泡）を発生させている。

3.2 水浄化エアープンプシステムの外観

Fig.3(a),(b)に試作した太陽電池で動作するエアープンプシステムの外観を示す。Fig.3(a)から⑥孟宗竹で組んだ 1m 四方の筏の上に①太陽電池を筏の水平面に対して 45° 程度傾けてステンレス製のパイプを用いてマウントしている。⑥孟宗竹の中の節はくり抜いてあり、この中にペットボトルを入れて浮力材にするるとともに魚の住みかにもしている。さらに筏の底面には、農業資材用の不織布を張って、Fig.1 に示した水浄化筏と同様に粉炭、腐葉土および鉄粉を敷き詰める準備をしている。ここで筏は、太陽光に対して太陽電池の照射面が南側になるようにし、さらに風で筏が倒れないようにロープ等で固定することを検討している。



(a) Front side view



(b) Rear side view

Fig.3 General view of an air pump system in water purification operated by solar cell

Fig.3(b)から DC12V で動作し、風圧が 0.1MPa および風量が 12 リットル/min の ①エアープンプを図のように配置し、次いで出力側のエア Air(out)を Tジョイントにより分岐して ②,③エアーストン 1~2 からエアバブルを発生させている。このエアーストンの水面からの深さは ⑥チェーンを調整して~1.5m まで行える。また、⑤ソーラーコントローラを介して 12V, 28Ah の④バッテリーを充電し、これにより曇天などや夜間時におけるエアープンプの動作に対応させている。

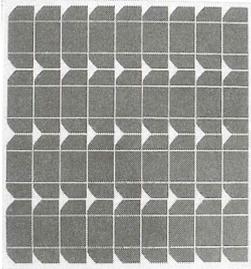
3.3 水浄化エアープンプシステムの仕様

本システムの主な構成要素である太陽電池、ソーラーコントローラ、エアープンプおよびエアーストンの仕様について以下に記す。

(1) 太陽電池

使用した太陽電池の仕様を Table1 に示す。本研究では太陽電池の発電電力を 40W としているが、これはエアープンプ動作時の供給電力 30W とバッテリーへのバックアップ電力を 10W 程度見積もることにより定めた。さらに筏の上に搭載することから風雨などの厳しい環境条件を考慮し、経年変化等に対応できる軽量でしかも安価な太陽電池を選択した。

Table1 Specification and general view of a solar cell

Type	HA-040-12	
Maximum output power	40W	
Rated voltage	12V	
Open-circuit voltage	21.5V	
Short-circuit current	2.54A	
Maximum output voltage	17.5V	
Maximum output current	2.29A	
Size	(L) 626×(W) 556×(D) 35 mm	
Weight	5 kg	

General view of a solar cell

(2) ソーラーコントローラ

用いたソーラーコントローラの仕様を Table2 に示す。太陽電池が 40W 発電したときのソーラーコントローラへの入力電圧と電流は、18V および 2.3A 程度となることから、システムとしての制御の安全性を考慮して入出力電流が最大 6A 程度のソーラーコントローラを用いた。一方、筏の上に搭載することから風雨や水面における霧状のスプレーなどの環境条件に対応するような防

水や防滴の処置が必要になる。

Table2 Specification and general view of a solar controller

Type	SS-6L-12V
Rated voltage	12V
Maximum input voltage	30V
Maximum input current	6.5A
Maximum load current	6.0A
Load breaking voltage	11.5V
Load reconnecting voltage	12.6V
Size	(W)152×(H)55×(D)34 mm
Weight	230g



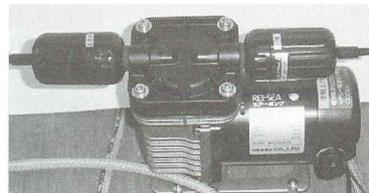
General view of a solar controller

(3) エアープンプ

エアープンプの仕様を Table3 に示す。ここでは太陽電池の発電電圧によりエアープンプが動作するように、DC12V 用電源のエアープンプを選択した。エアの吸い込み口とエアーストンへのホース口には、それぞれ逆止め弁付きフィルターが取り付けられて、最大風量 12 リットル/min 程度のエアを川の水深~1m に供給する。

Table3 Specification and general view of an air pump

Type	APN-110R-D1
Maximum airflow	12 liter / min
Maximum pressure	0.1MPa
Rated voltage	12V
Rated output power	20W
Rated current	2.6A
Size	(W) 269×(H) 146×(D) 86 mm
Weight	2.5kg



General view of an air pump

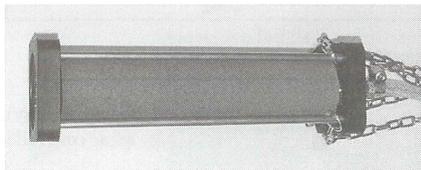
(4) エアーストン

エアーストンの仕様を Table4 に示す。これから材質が気孔径 80 μm を持つ多孔質セラミックスから構成されている。エアーストン 1 個あたりの適合風量が 7 リットル/min なので、使用した上記エアープンプの最大風量 12 リットル/min を 1/2 に

分割して、エアーストンを2個使用した。

Table4 Specification and general view of an air stone

Type	NR-S235
Material	Porous ceramics
Pore-size	80 μm
Optimum airflow	7 liter/min
Size	40φ × 235 mm
Weight	650g

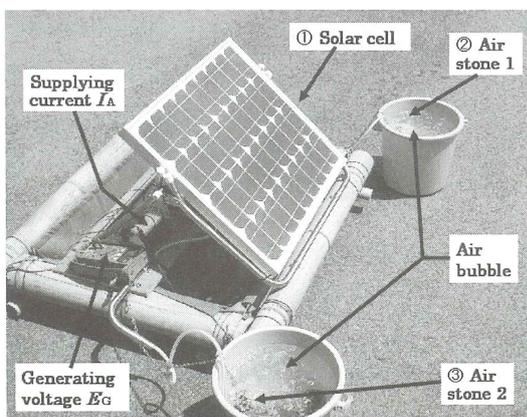


General view of an air stone

4. 水浄化エアープンプシステムの動作

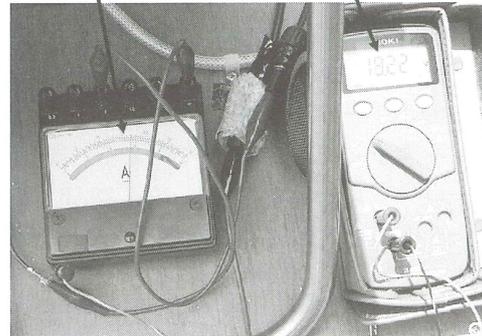
試作した太陽電池駆動の水浄化エアープンプシステムの動作について、Fig.4(a),(b)に示すような構成で簡易的に調べた。その際、エアーストンを入れているポリバケツの水位は30cm程度で行い、エアープンプシステムのバッテリーは取り外して測定した。具体的には、太陽光の照度が10万ルクス程度の快晴時の正午頃において、太陽電池を太陽光に向けて地面に対して45°程度傾けて設置した。次に太陽電池の発電電圧 E_G とエアープンプに流れる電流 I_A を測定し、さらにエアーストンからのエアープンプの発生状況について目視で確認を行った。

その結果、発電電圧と供給電流は $E_G=18.2V$ 、 $I_A=1.68A$ となり太陽電池の発電電力 P が31W程度と正常に動作し、さらにエアープンプの効果的な発生を確認することができた。



(a) Air pump system

Supplying current to an air pump $I_A=1.68A$ Generating voltage $E_G=18.2V$



$$P = E_G I_A = 18.2V \times 1.68A = 30.6W$$

(b) Indications of a voltmeter and an ammeter

Fig.4 Measurement view of generating characteristics based on an air pump system in water purification operated by solar cell

5. まとめ

本研究では北九州市門司区の猿喰川において、その水浄化と酸欠防止を目的に「太陽電池で動作する水浄化エアープンプシステム」の試作を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 快晴時の10:00~16:00においては、太陽電池が有効的に発電し、エアープンプシステムの良好な動作を確認することができた。
- (2) 台風をはじめとする強風や増水時には、水浄化筏が転覆したり、さらに流される等が発生するのでその対策が必要となる。
- (3) 太陽電池のパネル面は太陽の正午頃の方向に相当する南向きに設置するが、気象条件によってはその位置がずれるので、太陽電池を筏から切り離す等設置方法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 農文協編：「炭とことん活用読本」, 農山漁村文化協会 (2008年12月).
 - 2) 小島昭：「炭と微生物の親密な関係」, 現代農業, 第89巻, 12号, pp.88-92 (2010).
 - 3) 山口静夫, 宮入嘉夫, 小倉久秀：「太陽電池とバッテリーで動作する教育用水浄化エアープンプ」, 2011年春季第58回応用物理学関係連合講演会, 25a-P4-28.
 - 4) 山口静夫, 宮入嘉夫, 小倉久秀：「太陽電池で動作する水浄化エアープンプの検討」, 2011年秋季第72回応用物理学学会学術講演会, 30a-P9-24.
- (原稿受付 2012年1月31日)

下水処理場における省エネ対策

太田 智博^{*}, 福田 貴子^{*}, 宮崎 真矢^{*}, 森山克美^{**}

^{*}株式会社九電工, ^{**}九州共立大学総合研究所

Energy Conservation Measures in Sewage Treatment

Tomohiro OHTA, Takako FUKUDA, Shinya MIYAZAKI, Katsumi MORIYAMA

Abstract

In this study, the reduction effect concerning the amount of electric energy consumption in a sewage treatment plant, that introduced an aeration equipment with high oxygen transfer efficiency as well as high efficiency blowers, was studied. In addition, the design on an operation system which could balance energy saving with advanced treatment on the nitrogen removal was also reported.

Keywords: Sewage treatment, Energy conservation, Blower, Air-flow control

下水処理, 省エネルギー, ブロワ, 風量制御

1. はじめに

2009年9月ニューヨーク国連気候変動サミットにおいて、日本は2020年までに温室効果ガス排出量を1990年比で25%削減する目標を掲げた。温室効果ガス排出量の削減は各分野において重要視され、下水処理場においても省エネ対策が求められている。

一方、下水処理場では窒素やリンの排出規制が強化されている。しかし、既設の下水処理場へ窒素が除去できる従来の高度処理法を導入した場合、温室効果ガス排出量が大幅に増加してしまうため、省エネ型もしくは省電力型の高度処理法の確立が急がれている。

そこで、実際の処理場に省エネ対策として、酸素溶解効率が高い超微細気泡散気装置と高効率ブロワが導入された前後での消費電力削減効果を検証した。本報告では、この検証結果および省エネ型の高度処理システムの方策について纏めた。

2. 下水処理場の現状と省エネ対策

2.1 現状

全国の下水道人口普及率は70%以上を達成し、約2000ヶ所の下水処理場が稼働している。普及率上昇に伴い、消費電力量も増加し続けている。下水処理場における消費電力量は年間約70億kWhであり、国内の消費電力量のうち約0.7%を占めている。下水処理場の機器類で消費電力量が

大きいのは、ポンプ、ブロワ、脱水機である。このうち、下水処理を行う反応槽へ24時間365日空気を送り続けるブロワの消費電力量は、処理場全体の約4割を占めている。

2.2 省エネ・新エネ対策

表-1に下水処理場における省エネ・新エネ対策の例を示す。

表-1 下水処理における省エネ・新エネ対策(例)

機器導入	バイオマスの有効利用
・ポンプの流量制御 ・超微細気泡散気装置 ・高効率ブロワ ・省電力型機器 (攪拌機、脱水機等)	・固形燃料化 ・バイオガスの利用 (ガス精製、ガス発電) ・下水熱の利用

ブロワの消費電力量削減は下水処理場全体の省エネに直結し、CO₂排出量削減にも貢献できるため、技術動向が注目されている。

さらに、高度処理法の導入が必要な下水処理場においては、ブロワの運転を効率的に行い、BODと窒素を同時に除去できる風量制御システムへの関心が高い。

2.2.1 超微細気泡散気装置の特長

超微細気泡散気装置の導入は、従来よりも細かい気泡を反応槽へ送気でき、汚水との接触面積が増加するため、汚水中に溶け込む酸素の割合、すなわち酸素溶解効率が高くなり、送風量を削減す

ることができる。



写真-1 超微細気泡散気装置
(左: 外観, 右: ばっ気中)

2.2.2 高効率ブロウの特長

近年、下水処理場においては、従来よりも省エネ型の高効率ブロウが導入されている。高効率ブロウは、増速歯車やカップリングなどが不要であり、さらにロータを支持する軸受が磁気または空気浮上式であるため機械ロスが無く、消費電力量の低減と、低騒音、低振動での運転を実現している。また、インレットベーンとインバータを組み合わせた風量制御により、広範囲で高効率の運転が可能となっている。

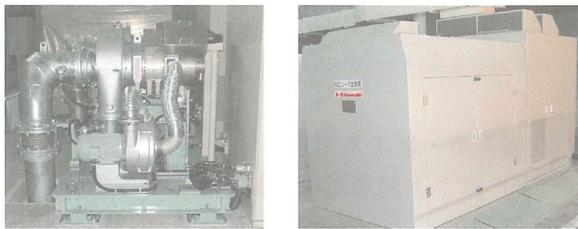


写真-2 高効率ブロウ
(左: 内部, 右: 外観)

3. 終末処理場への導入例

3.1 終末処理場における省エネ対策

終末処理場 A (規模: 日平均水量 18,500 m³/日) は、昭和 53 年に建設され老朽化が進んでいるこ

とから、機器の更新を機に、消費電力量の低減を目的とした機器導入が計画された。反応タンクに酸素の溶解効率が高い超微細気泡散気装置と、高効率ブロウの採用が検討され、平成 20 年に超微細気泡散気装置、平成 21 年に高効率ブロウへの更新工事が行われた。以下に、更新前後での消費電力量削減効果の検証結果を示す。

3.2 ブロウ消費電力量の比較検証

機器更新前後の平成 19~22 年度の流入水量、消費電力量を表-2 に示す。平成 21 年度から超微細気泡散気装置を、平成 22 年度から高効率ブロウを供用開始しており、各年度について比較検証した。

まず、散気装置更新前後の平成 20 年度と平成 21 年度を比較する。超微細気泡散気装置へ更新したことで既設ブロウの運転台数を減らすことができ、単位水量あたりのブロウ消費電力量を約 19%削減できた。

次に、ブロウ更新前後の平成 21 年度と平成 22 年度を比較する。高効率ブロウの導入により、前年からさらに、単位水量あたりのブロウ消費電力量を 0.04kWh/m³、約 19%削減できた。

以上をまとめると、超微細気泡散気装置と高効率ブロウの導入により、単位水量あたりのブロウ消費電力量が約 34%削減でき、処理場全体の消費電力量を約 1 割削減することに繋がった。また、ブロウ消費電力量を CO₂ 排出量に換算すると、平成 20 年度と平成 22 年度の差は約 170t となり、機器導入によるブロウ消費電力量削減、及び CO₂ 排出量削減効果が確認できた。

表-2 散気装置とブロウ更新前後の消費電力と CO₂ 排出量の比較

項目	単位	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度
超微細気泡散気装置	—	—	更新工事	共用開始 →	
高効率ブロウ	—	—	—	更新工事	共用開始
既設ブロウ運転台数	台	3	3	2	0
流入水量 (日平均水量)	m ³ /日	16,600	17,000	17,400	18,500
流入水量 (年間総流入水量)	m ³ /年	6,081,946	6,211,689	6,356,448	6,762,435
ブロウ消費電力量	kWh/年	1,531,510	1,640,390	1,363,430	1,177,950
処理場全体での消費電力量	kWh/年	3,665,916	3,785,291	4,306,770	3,451,941
ブロウ消費電力量の割合	%	41.8	43.3	31.7	34.1
流入水量あたりのブロウ消費電力量	kWh/m ³	0.252	0.264	0.214	0.174
単位水量あたりのブロウ消費電力量削減効果 (対平成 20 年度比)	%	—	—	18.9	34.1
CO ₂ 排出量削減効果 (対平成 20 年度比)	ton	—	—	▲102	▲171

4. 今後の新たな取り組みについて

処理場における検証より、省エネ対策として機器（超微細気泡散気装置、高効率ブロウ）の導入が効果的であることが確認できたが、下水処理場におけるもう一つの課題である省エネ型もしくは省電力型の高度処理について、必要最低限の送風運転を制御可能とした『NADH システム』^{1)~5)}がある。本システムと前述のように検証された省エネ対策を組み合わせることで、省エネ型の高度処理システムが構築可能となる。

4.1 NADH と NADH センサー

NADH とは、Nicotinamid Adenine Dinucleotide Hydrogen の略で、全ての生物に存在し、有機物の代謝に必要な補酵素の一つである。波長 340nm の紫外線を照射すると、波長 460nm の蛍光を発する性質を持つ。NADH は下水を浄化する微生物（以下、活性汚泥とする）にも含まれ、センサーを用いて測定できる。図-1 に NADH センサーによる測定イメージを示す。

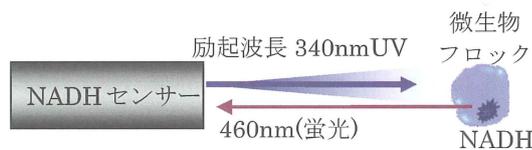
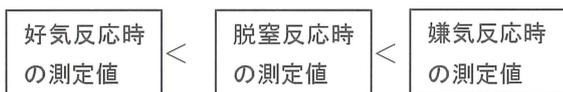


図-1 NADH センサーによる測定イメージ

NADH の量もしくは濃度測定値は、



という関係になる。この関係は活性汚泥においても同じであるため、NADH 値を排水処理に利用することに関して、1990 年頃から基礎研究が始まり、1995 年頃には処理場への導入、2000 年頃から窒

素除去への利用となっている。

従来からも下水処理の制御指標として、センサーの測定値を用いてきた。NADH と同じように反応状態を把握できるセンサーとして、ORP（酸化還元電位）センサーが用いられている。ここで、表-3 に NADH センサーと ORP センサーの比較を示す。

ORP センサーは、活性汚泥が生息する周辺環境を測定するものである。測定値が安定せず、指標として用いるには精度が低いが、従来はこれに替わる指標がなかったため、維持管理者の経験と技術で補っていた。これに対し NADH センサーは、活性汚泥そのものの状態を瞬時に測定でき、かつ、好気、脱窒、嫌気の各状態を識別できる特長を持っている。

4.2 NADH システム

NADH システムは、NADH を指標として送風量制御を行い、硝化槽と脱窒槽の区別のない一つの反応槽で同時硝化脱窒（BOD と窒素の同時除去）を行う生物学的高度処理法である。

窒素除去に最も好ましいのは、好気状態（BOD 除去、硝化反応）と無酸素状態（脱窒反応）が活性汚泥フロック内に共存した状態であるが、現状ではこの共存状態を測定、制御する手段がないため、送風機は酸素が過剰な好気状態を保って運転されている。しかし NADH システムは、この共存状態を NADH 値として測定して送風量を制御可能としたものであり、電力使用量の削減と窒素除去の両者を達成できる。活性汚泥のフロック内部における硝化反応領域、脱窒反応領域、酸素濃度分布は図-2 のようにイメージでき、曲線（b）となるように NADH を指標とし、送風量を制御することで同時硝化脱窒反応を制御することが可能となる。

表-3 センサー比較表

項目	NADHセンサー	ORPセンサー
検出機構(原理)	光学式	電極式
検出値の時間的特性	瞬時に安定した一定値を出力	緩慢なレスポンスで一定値とならない
検出対象	活性汚泥中の酵素 NADH (下欄の代謝状態を検出)	活性汚泥の外部環境の酸化還元電位
検出の意味と解釈	①有機物の好氣的代謝 ②有機物の硝酸呼吸による代謝(脱窒) ③有機物の嫌氣的代謝を相対的に区別可能 ①<②<③ となる。	+: 好氣的代謝に適した外部環境 -: 硝酸呼吸および嫌氣的代謝に適した外部環境
校正原理	光学的比色分析と同一	校正出来ない。
センサー感度の個体差	校正原理からして個体差は無い。	個体により感度(指示値)差がある。

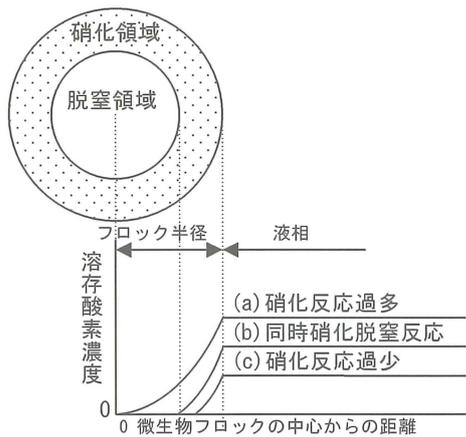


図-2 フロック内 DO 分布

4.3 システムの構成

NADH を測定する光学センサーの他、pH 計、DO 計（反応槽中の溶存酸素濃度を測定）、MLSS 計（反応槽中の微生物濃度を測定）のセンサー類、送風量をフレキシブルに制御できる電動弁と高効率ブロワから成る送風システム、およびこれらを制御する制御系から構成される。システムの構成を図-3 に示す。

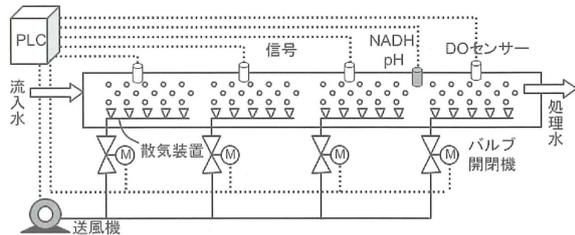


図-3 NADH システムの構成

4.4 システムの仕組み

NADH、DO、pH の各センサーの計測結果から、活性汚泥フロック内の硝化ゾーンと脱窒ゾーンのバランスを把握し、判断結果により、共存状態を維持できる適切な風量へ調整する。風量制御は、ブロワの回転数・運転台数、電動弁の開閉により調整する。図-4 に PLC による制御の流れを示す。

NADH センサーを用いることで、瞬時に安定した測定ができ、負荷変動に応じた必要最低限の送風運転の制御が可能である。これにより、常時、過不足のない風量と無駄のない電力消費が両立している。また、維持管理のための特殊技術や経験が不要であることも特徴の一つである。

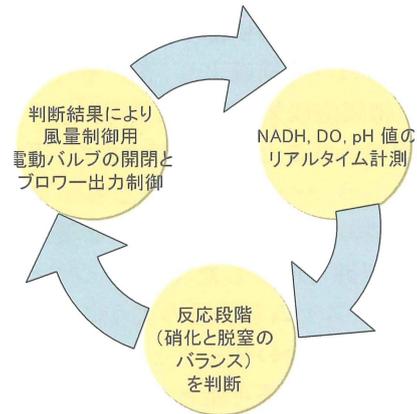


図-4 PLC による制御の流れ

5. おわりに

本報告の主要な結論を纏めると以下のとおりである。

- 1) 散気装置と高効率ブロワを導入する前の単位水量あたりのブロワ消費電力量 0.264 kWh/m^3 は、まず散気装置導入により 0.214 kWh/m^3 となり、次に高効率ブロワ導入により 0.174 kWh/m^3 にまで削減された。最終の削減割合は 34%であった。
- 2) $18,000 \text{ m}^3/\text{日}$ 規模である処理場全体の消費電力に対しては、約 10% の削減となった。
- 3) 効率の高い散気装置とブロワ導入後の CO_2 排出削減量は約 170t となった。

以上のように、下水処理場に省エネ機器を導入することにより、消費電力量を削減し、 CO_2 排出量削減にも貢献できることが検証された。NADH システムの適用については、現在、 $150,000 \text{ m}^3/\text{日}$ 規模の処理場の一つの系列 ($14,000 \text{ m}^3/\text{日}$) を用いて、実証実験を実施中である。

参考文献

- 1) 森山：「標準活性汚泥法に窒素除去機能を付加する風量制御システム」, 第 45 回下水道研究発表会講演集, pp. 725~727 (2008)
- 2) 中村：「活性汚泥法の新たな風量制御指標「NADH」に関する基礎的検討」, 第 46 回下水道研究発表会講演集, pp. 643~645 (2009)
- 3) 中村：「活性汚泥法の新たな風量制御指標「NADH」に関する基礎的検討 (第 2 報)」, 第 47 回下水道研究発表会講演集, pp. 684~686 (2010)
- 4) 森田：「NADH センサーを用いた風量制御による窒素除去法 (NADH システム) に関する研究」, 月刊下水道, Vol. 33, No. 12, pp. 82~86 (2010)
- 5) 森田：「NADH センサーを用いた風量制御による窒素除去法」, 下水道協会誌, Vol. 48, No. 586, pp. 18~22 (2011)

(原稿受付 2012 年 1 月 17 日)

福岡県三里松原海岸における海浜変形について

小島治幸*・鄺曙光**

*九州共立大学総合研究所, **武漢科技大学工学部

On Beach Transformations at the Sanrimatsubara Coast in Fukuoka Prefecture

Haruyuki KOJIMA and Shuguang YAN

Abstract

In the Sanrimatsubara Coastal zone located in the northern part of Fukuoka Prefecture, several coastal protection works and the Ashiya harbor construction have been implemented. Consequently, the equilibrium of sediment balance in this coast was disrupted, due to considerable coastal erosion. In order to understand the sediment transport processes in this area and the influence of the coastal protection works, an extensive research project has been carried out in the past three years, including an aerial photograph analysis, a sediment budget analysis, beach profile surveys and in situ measurements on longshore sediment transport using colored fluorescent sands. Wave data observed near the study area were analyzed to discuss impacts on the sediment transport. As a result, it was found that severe beach erosion has been taking place in the middle part of the coast, accounting for about 53m of shoreline retreat for 47 years and the predominant direction of littoral drift is west to east as a whole.

Key Words: aerial photograph analysis, sediment budget analysis, littoral sediment tracer study, longshore sediment transport, Sanrimatsubara Coast

1. はじめに

三里松原海岸は、遠賀川河口から西方に芦屋海岸、新松原海岸、波津海岸と連なって波津城、黒崎鼻に到る海岸である(図-1)。最西端となる波津海水浴場においては、侵食防止のために昭和50年(1975年)頃から離岸堤が3基設けられたが、その後、昭和59~61年(1984~1986年)にそれらを嵩上げ延長し、更に1基が追加施工された。これらにより侵食対策には効果があったが、逆に砂が離岸堤背後に十分に溜まり、一部では砂浜が離岸堤まで伸びる状態になった。

一方、波津海水浴場より東方、汐入川までの区間においては、昭和58年(1983年)以前から消波ブロック護岸が建設されている。その後

の海浜変形は安定傾向であると思われるが、海浜利用が出来ない状況にある。さらに東側の汐入川から矢矧川に至る新松原海岸の区間では佐藤ら¹⁾の海岸測量結果によると1996年から2002年にかけて最大で年約3.6mの速度で汀線が後退する地点があるなど全体的に侵食傾向である。また、福岡県北九州土木事務所²⁾の空中写真解析によると1961年から1990年の29年間では汐入川河口のすぐ右岸を除いてほぼ全域で侵食傾向になっており、その速度は年1m程度であったが、1990年から2005年の15年間では侵食速度が2m以上になり、侵食が激しくなる傾向がみられた。

最も東側に位置する矢矧川から芦屋港までの芦屋海岸では、原ら³⁾によると、芦屋港のすぐ西側の海岸で最大200mの汀線前進が起こり、1976年から1995年までに年平均の堆積土量は1.2万m³になると報告されている。

本研究は、三里松原海岸における時空間的な海浜変形の実態を把握し、砂浜再生の対処法を明らかにすることを目的とする。



図-1 三里松原海岸と調査地域の位置図

2. 空中写真解析による長期的な海岸変形

2.1 空中写真解析の概要と解析方法

三里松原海岸全体の長期的な海岸変形を調べるために、1961年（昭和36年）から2008年（平成20年）までの47年間における波津海岸と新松原海岸、芦屋海岸の空中写真を入手し、空中写真解析を行った。

解析方法は、図-1のP1とP2を結んだ線を基線として、三里松原海岸における空中写真に映し出されている海岸線の位置を求め比較した。解析に用いた空中写真は、建設省国土地理院および他の関係機関によって撮影されたもので、撮影年月日および潮位等を表-1に示し、用いた空中写真の一例を図-2示す。1975年の撮影時刻が不明であったため、空中写真に撮影されている建物や高い木などの影の位置から時刻を推定し潮位を求めた。また、海浜勾配は、後述する海岸測量から得られた海浜断面図より平均的な前浜の勾配を求め、それを用いた。なお、波津海岸では平均海面を境に勾配がかなり異なっていたので、2つの勾配を用いた。芦屋海岸西側（A-13～A-25）においても-1mを境に勾配がかなり異なっていたので2つの勾配を用い

表-1 空中写真解析に用いた詳細データ

年代	月	日	時	分	潮位	潮位差	
1961	9	1	9	23	0.68	-0.12	-0.12
	9	1	9	28	0.69	-0.11	
	9	1	9	28	0.69	-0.11	
	9	1	11	24	0.95	0.15	
	8	17	11	25	1.25	0.45	
	8	17	10	57	1.16	0.36	
9	1	9	29	0.69	-0.11		
1975	3	2					0.14
	3	2					
	3	2					
	3	2					
	3	2					
1982	12	4	13	24	1.05	0.25	0.25
	12	4	13	25	1.05	0.25	
	12	4	13	25	1.05	0.25	
	12	4	13	25	1.05	0.25	
	12	4	13	25	1.05	0.25	
	12	4	13	30	1.03	0.23	
	12	4	13	30	1.03	0.23	
	12	4	13	25	1.05	0.25	
1995	1	1	13	2	0.65	-0.15	-0.16
	1	1	13	3	0.64	-0.16	
	1	1	13	3	0.64	-0.16	
	1	1	13	4	0.64	-0.16	
	1	1	13	4	0.64	-0.16	
	1	1	13	4	0.64	-0.16	
2005	4	16	13	42	0.98	0.18	0.18
	4	16	13	42	0.98	0.18	
	4	16	13	42	0.98	0.18	
2008	10	8	11	58	1.26	0.46	0.46



図-2 三里松原海岸の空中写真

た。これら撮影時の潮位と海浜勾配より潮位補正を行い、汀線（平均海面における海岸線）の位置を求めた。

2.2 空中写真解析による汀線変化の結果

図-3は、1961年から2008年までの6回分の空中写真を用いて汀線を判読し、区間長100mごとの汀線変化量を求めた結果を示している。そのデータを用いて波津海岸、新松原海岸および芦屋海岸をそれぞれ3区間に分けて汀線の平均変化量を求め、結果を表-2に示す。

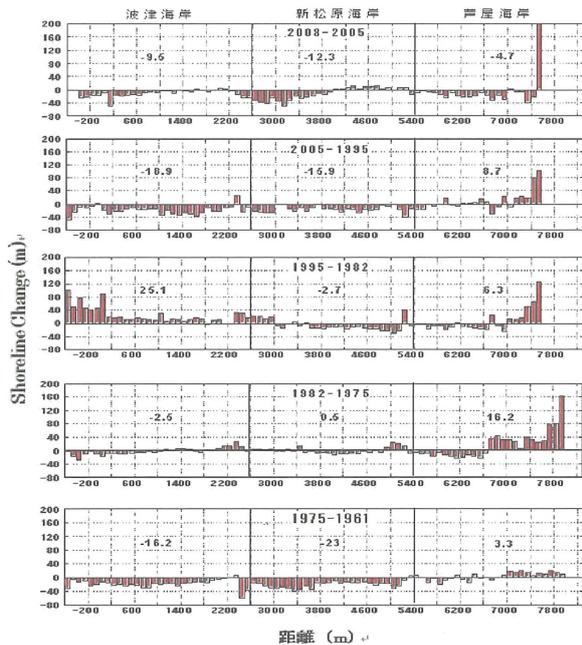


図-3 100m 間隔の汀線差分図

表-2 汀線変化量

領域名	波津①	波津②	波津③	新松原①	新松原②	新松原③	芦屋①	芦屋②	芦屋③
領域延長 (m)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	700	800	800
期間毎の汀線変化量 (m)									
1982-1961	-28.9	-25.0	-2.2	-30.1	-25.1	-12.5	-13.8	-13.6	61.0
2008-1982	12.9	-16.0	-9.0	-37.7	-36.8	-18.3	-24.8	-25.4	76.9
2008-1961	-16.0	-41.0	-11.2	-67.8	-61.9	-30.8	-38.6	-39.0	138
汀線変化速度 (m/year)									
1982-1961	-1.37	-1.19	-0.10	-1.43	-1.20	-0.594	-0.658	-0.646	2.91
2008-1982	0.496	-0.616	-0.347	-1.45	-1.42	-0.704	-0.954	-0.978	2.96
2008-1961	-0.339	-0.872	-0.238	-1.44	-1.32	-0.655	-0.822	-0.83	2.93

図-4は、空中写真解析から求めた各海岸における平均的な汀線変化量を経年的に示したもので1961年を基準としている。図中には、各海岸で建設された海岸・港湾構造物の建設時期も示されている。これらの図と表から、芦屋海岸においては、1961年～1975年の芦屋港建設以前では、汀線はほぼ安定していたが、その後は堆積傾向になり、芦屋港建設途中の1982年までの汀線は、平均で20m前進した。特に、芦屋港近辺では最大160m近く前進している。芦屋港完成後の1990年代～2005年の間も汀線の前

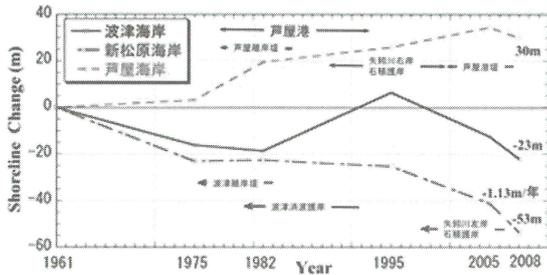


図-4 三里松原海岸における平均的汀線の経年的変化

進が続き、平均で 15m 前進していたが、2005 年～2008 年の汀線は平均で約 5m 後退している。1961 年から 47 年間では約 30m 汀線が前進した。

一方、新松原海岸において 1961 年～1975 年の 14 年間において全体で約 23m 後退している。1975 年～1995 年には一時的に汀線は安定していたが、その後は後退しており、1995 年～2005 年と 2005 年～2008 年の間ではそれぞれ約 15m と 12m 後退し、47 年間で約 53m 後退した。したがって、この間における汀線後退速度は年 1.13m になる。

波津海岸において 1961 年～1982 年の間で全体的に侵食傾向であったが、1982 年～1995 年の間一時的に汀線は前進し、平均で 25m の前進があった。これは、波津海水浴場で前進量が大きいため、1975 年頃から建設された離岸堤の影響と考えられる。その後は、また侵食しており、1961 年の汀線と比べると約 23m 後退していることが分かる。

2.3 三里松原海岸における土砂収支の検討

2.3.1 土砂収支の解析方法

本研究では、栗山⁴⁾にしたがって三里松原海岸全体の土砂収支の解析を行った。土砂収支を検討するためには、自然条件下で沿岸漂砂の流出入が 0 となる境界により閉ざされた領域を設定することが望ましい。三里松原海岸は、図-1 および図-2 に示すように弓状の海岸であり、その西端では黒崎鼻、東端には芦屋港があり、両端では沿岸漂砂の流出入量が少ないと思われ、近似的に一つの閉じた漂砂系として考えることが可能と判断した。

土砂収支を算定するためには、海岸の土砂変化量に加えて、主な漂砂源である主要河川からの供給土砂量、飛砂による損失、浚渫量などの人工的な擾乱などを考慮して、全ての土砂の流

出入を評価する必要がある。土砂変化量を算定するために前述した 1961 年から 2008 年までの 6 回分の空中写真を用いて得られた汀線変化(表-2)から土量を求めた。当該漂砂系には矢矧川、汐入川が流入するものの、生産土砂量は両河川流域ともに少ないことから河川からの供給土砂量を無視した。飛砂量を正確に調べるためには、海域付近の詳細な風のデータや飛砂量の観測データが必要となるが、それらのデータがないために飛砂による損失量も無視している。芦屋港においては、1990 年から 2005 年までの間に合計 191,851m³の土量が浚渫されており、簡便に年平均として考慮した。

土砂移動量は、前述した空中写真解析より得られた汀線変化量をもとに求める方法を用いた。その際、移動限界水深、波の遡上高および漂砂の移動高さは、それぞれ佐藤・田中の完全移動限界式⁵⁾、Swart(1974)の提案式⁶⁾、宇多(1997)の提案式⁷⁾を用いて、-5m、1m、3.5m とした。なお、詳細は那らの論文⁸⁾を参照されたい。

2.3.2 三里松原海岸土砂収支図の作成と結果

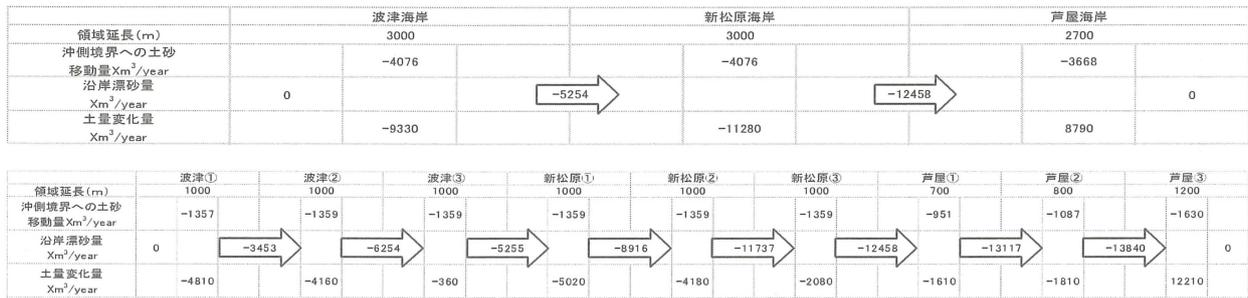
図-5 にそれぞれ 1961 年から 1982 年(上図)、1982 年から 2008 年(中図)、1961 年から 2008 年(下図)の土砂収支図を示す。1961 年から 1982 年では、沿岸漂砂は全ての領域で西から東で漂砂量は芦屋海岸に行くほど大きくなり、最大で 13,840 m³/年であった。1982 年から 2008 年においては、波津海水浴場での堆積が影響し、波津海岸で西向きの沿岸漂砂が卓越した。他の海岸では東向きの漂砂が卓越しており、最大漂砂量は 16,000 m³/年であった。1961 年から 2008 年の 47 年間では、1961 年から 1982 年の傾向と同様に全域で東向きの沿岸漂砂が卓越し、最大漂砂量は 13,163 m³/年であった。

3. 波津・新松原海岸の短・中期的海岸変化

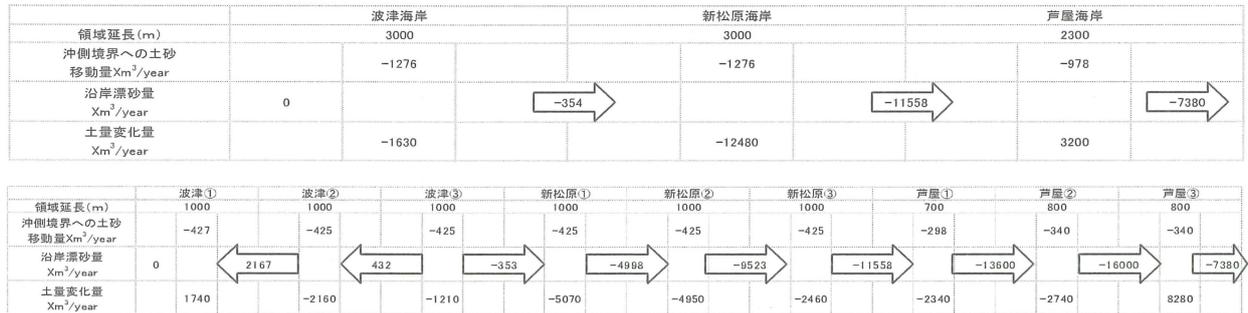
3.1 調査方法

調査海岸における短・中期的な海岸変化を明らかにするために、海岸測量調査と底質調査を行った。海岸測量調査は、夏季と冬季に二回実施し、これらの海岸測量データから汀線および土量の変化を検討した。横断測量に必要な基点は、波津海岸においては 1997 年(平成 9 年)から 2006 年(平成 18 年)の間に約 70m 間隔で設置された基点 NO.6～NO.15(図-1)を使用した。また、NO.15 より東に約 300m 間隔で

1982年-1961年



2008年-1982年



2008年-1961年

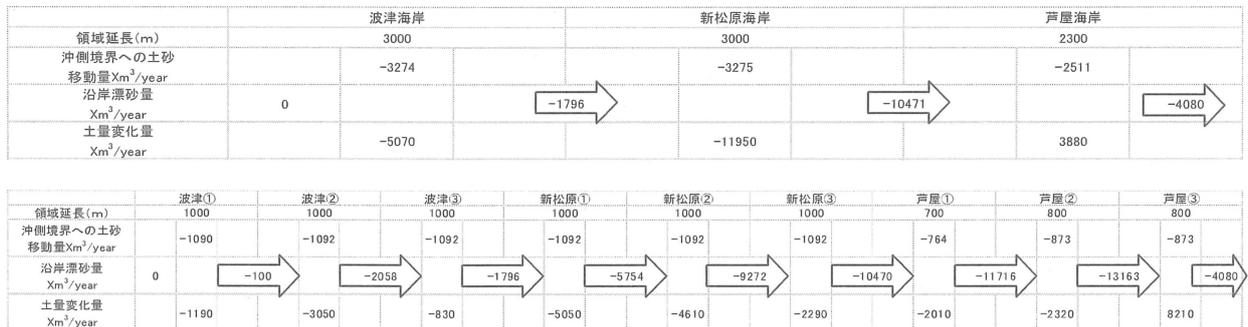


図-5 三里松原海岸における土砂収支図

2008年に新設した4基点 NO.16~NO.19を使用した。汐入川から東側の矢矧川にいたる新松原海岸においては、福岡県と著者らが約300m間隔で設置した12測点 BP.3~BP.1-C(図-1)を用いた。

海岸測量においては、各基点でそこから人が入っていける水深までの測線上における勾配変化点の距離と標高を測り、横断測量を行った。それぞれの測線において、既存資料に横断測量データがあるものについては、それらのデータも用いて、本調査で測量したデータと比較をして、汀線や土量の変化量を求めた。

3.2 汀線の変化速度

中期的な海岸変化を明らかにするために、佐

藤ら¹⁾に従い、隣り合う測量データ期間の汀線変化量を求め、その期間における汀線変化の速度を算定した。BP.測点においては、1996年~2010年の14年間における汀線変化速度の平均値(実線)と分散値(破線)を求め、T.P.0mの結果を図-6に示す。14年間における新松原海岸(BP.1-C~BP.2-3)の汀線変化速度は-1.10m/年となり、この間の汀線変化量は約15mの後退となった。この結果と空中写真解析より得られたほぼ同時期である1995年から2008年の汀線変化量を比べると、図-4よりこの間の新松原海岸の汀線変化量は約30mとなり、約倍の汀線後退量あるいは後退速度となっている。この違いは、空中写真解析における誤差や海岸測

量においては測線間隔が 300m と広いことなどが影響したものと考える。しかし、空中写真解析より得られた 47 年間の平均的な汀線変化速度は-1.1m/年と汀線測量データから得られた 14 年間の速度である-1.10m/年とほぼ同じ値になっている。このことから、中・長期的に新松原海岸においては、年 1m 程度で汀線が後退していると言える。

同様に、波津海岸の No. 6~No. 15 における 1997 年から 2010 年の 13 年間における汀線変化速度の平均値と分散値を図-7 に示す。TP. 0m では、No.10 を境に左側 (No.6~No.10) が +4.1m/年の前進、右側 (No.10~No.15) が-2.4m/年の後退であった。

3.2 波津海水浴場の短期的海浜変形

離岸堤が設置されている波津海水浴場の短期的な海浜変形の傾向を調べるために、測線 NO.6~NO.12 において 2008 年の夏季 (8 月) から 2011 年の冬季 (1 月) にかけて年 2 回あるいは 3 回詳細測量を行った。測点の地盤高から得られた等高線図の一例を図-8 と図-9 に示す。なお、各図における赤丸は基点 NO.6~NO.12 の位置を示しており、下段の図は測量した測点の位置を示している。図を見ると離岸堤背後に砂が堆積し、いわゆるトンボロ地形を形成している。東側 (図中右側) の離岸堤ほど汀線 (0m) が離岸堤の近くまで伸びる状態となっている。また、全般的に、冬季ほど離岸堤の背後において水深が浅くなっており、標高 0m の等高線がほぼ離岸堤まで伸びている。

隣り合う調査時期における地盤高の差分値を求め、等しい差分値を線で結んだ等高線差分図の例を図-10 に表している。赤く塗られたところは地盤高が高くなり堆積したことを示し、青く塗られたところは逆に侵食されたことを示している。全般的に、冬季から夏季の変化を見ると、離岸堤背後での侵食が起こり、岸側で顕著な堆積が起こっている。この傾向が特に右側の区域で顕著に表れていた。夏季から冬季の変化は、逆に、離岸堤に近いところで堆積が起こり、そこよりも岸側で侵食が起こっている。2010 年冬期から夏季にかけては、岸側で堆積が起こってはいるが、地盤高の変化として最大でも 0.8m 程度しか高くなっておらず、他の年と比べると堆積量が減少している。

地盤高の等高線差分図 (図-10) を用いて、横

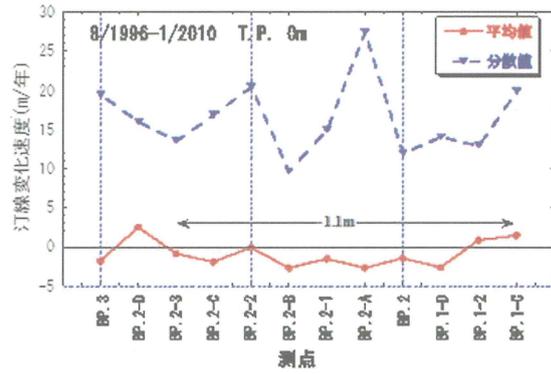


図-6 新松原海岸の B.P. 点における汀線 (T.P. 0m) の変化速度

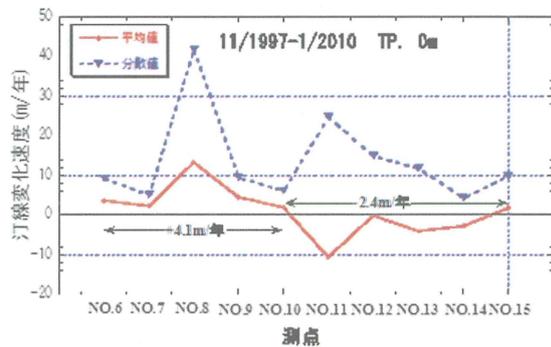


図-7 波津海岸 NO.6~15 における汀線 (T.P. 0m) 変化速度

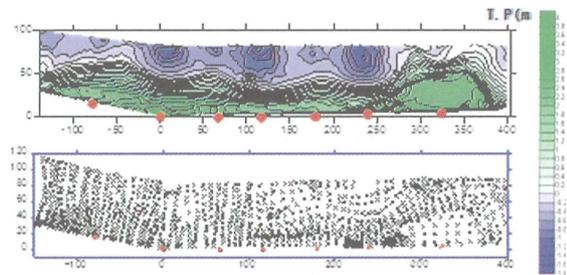


図-8 波津海水浴場の等高線図 (2010 年 8 月)

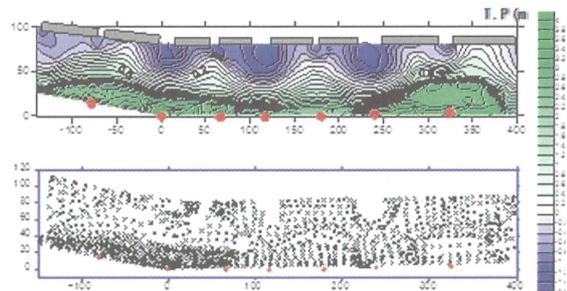


図-9 波津海水浴場の等高線図 (2011 年 1 月)

軸 130m を境として波津海水浴場を右側と左側の 2 空間に分け、それぞれの区間における地盤高の差分値より土量変化を求め、その経年的変化を図-11 に示している。右側区域において冬

季（暴浪時）では侵食し、夏季（正常時）では堆積し、侵食と堆積を繰り返しているが、2010年8月においては堆積とはなっていない。海水浴場整備のため的人為的な影響があると考えられる。2011年1月では、今までと同様に侵食傾向がみられている。一方、左側においては季節的な変動は見られずほぼ安定していると言える。波津海水浴場全体の変化は、右側の変化に左右され、右側と同じような変化パターンを示しており、侵食傾向であった。

4. 蛍光砂による沿岸漂砂に関する現地調査

4.1 蛍光砂調査の方法

三里松原海岸の漂砂動向や侵食状況について現地の測量調査や波浪の数値解析などにより既に幾つかの検討が行われてはいるものの、長期的な海岸侵食への寄与が大きい沿岸漂砂の動向については、これまで統一的な見解が得られていない^{2), 9)}。そこで本研究では、比較的短期間の砂移動に関してではあるが、沿岸方向の土砂移動を直接的に評価することが可能な蛍光砂を用いた現地調査を実施した。台風などによる突発的な暴浪の影響が大きい夏季における沿岸漂砂の方向を把握することを目的とした。

蛍光砂の投入点は、図-12に示すように、西側の波津海岸に1ヶ所（P-1）、新松原海岸の中央付近に2ヶ所（P-3、P-4）、東側の芦屋海岸に1ヶ所（P-6）の計4カ所とした。西側から黄色、赤色、緑色、青色の蛍光砂を各地点に1200kgずつ設置した。投入点の標高は基本水準面上の0.5~1.5mとし、岸沖・沿岸方向の長さは共に1.5m、深さ0.2m程度の矩形の穴を掘って蛍光砂を投入した（図-13参照）。蛍光砂の中央粒径は、投入位置付近の前浜の中央粒径の平均値である0.4mmとした。平成22年8月6、7日に蛍光砂を設置し、設置後7、17、35、54、61日目に底質のサンプル採取を行った。サンプル採取の範囲については、設置地点から沿岸方向に±5、10、30、50、100、200、300m および0（投入点）の毎回15地点の前浜（設置点とほぼ同じ高さ）、後浜のそれぞれでサンプルを採取し、蛍光砂の数をカウントした。ただし、P-1、P-6においては、背後にすぐ消波ブロックや護岸が建設されていたため、前浜のみのサンプル採取となった。またP-6では、西

側に矢矧川の導流堤があるため、設置点から西側には約200mまでの範囲で採取を実施した。サンプルの採取法は、内径4.2cmの円筒形のパイプを用いて、表層から7.5cmまでの砂を5回採取した（1回あたり約100cm³）。分析には100cm³のサンプルを用いた。

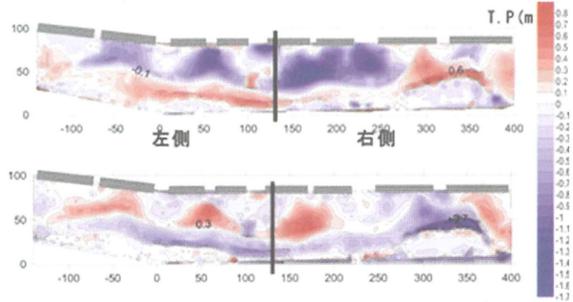


図-10 2010年1月と2010年8月との等高線差分図（上図）と2010年8月と2011年1月との等高線差分図（下図）

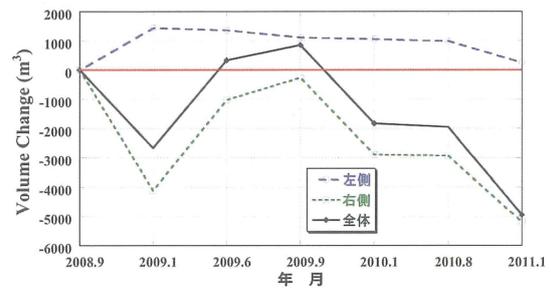


図-11 波津海水浴場の土量の経年変化



図-12 蛍光砂の投入点の位置



図-13 P-1の黄色の蛍光砂の投入状況（8月7日撮影）

4.2 蛍光砂調査の結果と考察

経過日数をパラメータとした P-3 と P-4 の前浜における蛍光砂の個数の空間分布をそれぞれ図-14 と図-15 に示す。横軸は、設置点からの沿岸方向の距離を示し、東向きを正としている。縦軸は、 100cm^3 当たりの蛍光砂の個数を表している。赤色の蛍光砂については、投入点の P-3 から沿岸方向東側に 900m 程度離れた P-4 においても検出されたため、その距離を考慮して P-4 における赤の蛍光砂の結果も図-14 中に併記している。図-14 に示された新松原海岸中央西側の P-3 においては、設置後 48 日目のみ分布のピークが西側に見られるものの、全体的に東向きの砂移動が生じているとともに、赤色の蛍光砂は P-4 の採砂位置の東端(図-14 の 1200m 地点)にまで移動していることが確認できる。図-15 に示された新松原海岸中央東側の P-4 においては、48 日後のみ左右の分布が平均的にはほぼ均等になっているものの、それ以外の時期では東向きの砂移動となっている。紙面の制約上、図は示していないが、最も西側の波津海岸に位置する P-1 および東側の P-6 においても、全般的に東向きの砂移動となっている。

これらの調査日ごとの空間分布図より重心の位置を求め、各調査期間での平均重心移動速度の累積を算出し図-16 に示す。横軸は経過日数とし、縦軸は重心移動速度(m/day)である。縦軸の+側を東向きの移動、-側を西向きの移動としている。また、一般的に砂の移動には波浪の影響が大きいことから、全国港湾海洋波浪情報網(NOWPHAS)の玄界灘(波津から北西に約 10km)における波浪観測データの解析を併せて行い、波向きごとにおける単位重量当たりのエネルギー輸送量を算出し図-17 に示す。図-16 の蛍光砂の移動方向と速度について、設置後 17 日目まで東向きの移動速度が速く、その後、その速度が弱くなり、P-3 の 49~61 日目以外は、移動速度の増加量はほぼ同じである。その原因は 17 日目まで西~西西北からの波が卓越しており、この波浪が当該時期における東向きの砂移動に寄与したものと考えられる。その後、北と北東からの波が卓越しており、東向きの砂移動を阻止し、移動の力が弱くなっていることがわかる。全体的にみると、すべての調査点で東向きの砂移動が卓越していた。なお、設置後 5 日目の 8 月 11 日には台風 4 号、設置後 32 日目の 9 月 7

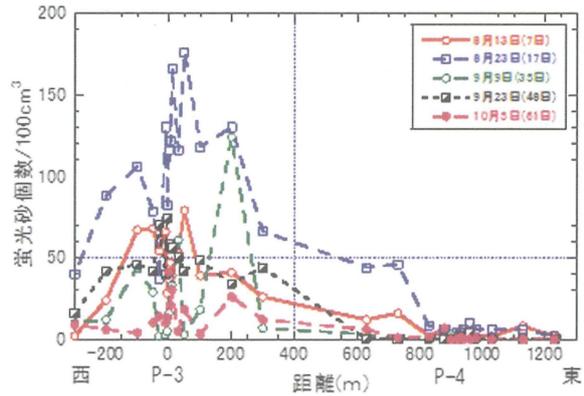


図-14 P-3 点における蛍光砂の空間分布

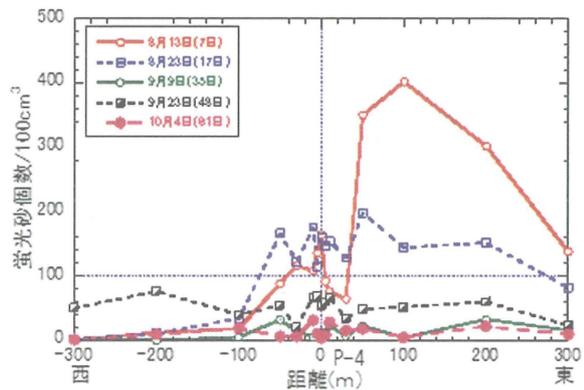


図-15 P-4 点における蛍光砂の空間分布

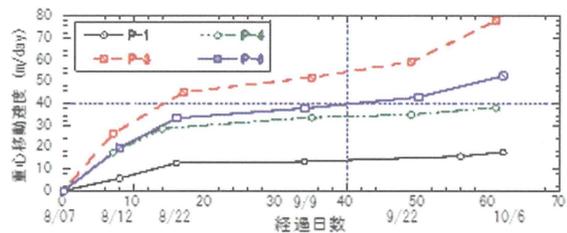


図-16 蛍光砂分布の重心移動速度

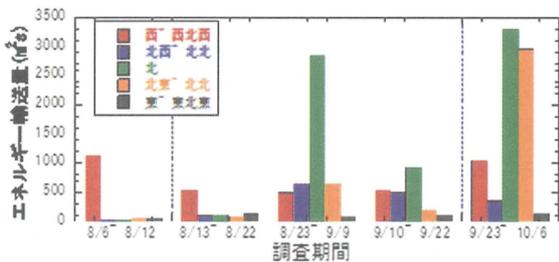


図-17 沿岸方向の波エネルギー輸送量

日には台風 9 号が北部九州付近の対馬海峡を通過しており、今回の結果は台風による暴浪の影響を受けた結果であることを付記する。

5. 数値計算による汀線変化の将来予測

5.1 汀線変形計算モデル

本モデルは、Pelnard-Considere⁹⁾によって提案された、いわゆる One-line theory に基づいている。この方法は、汀線の変動に伴う海浜断面形状の変化の仕方をあらかじめ仮定しておき、沿岸漂砂量 Q の沿岸方向の分布と漂砂に関する連続式から汀線位置の時間的な変化量を得ようとするものである。岸沖方向の漂砂を無視すると漂砂に関する質量保存則は次式によって表わされる。

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} = -\frac{1}{D} \frac{\partial Q}{\partial y}$$

ここに、 $D=R+h_m$ 、 R =波の遡上高、 h_m =底質の移動限界水深。また、沿岸方向に碎波波高 H_b の変化がある場合には、それによって引き起こされる沿岸流によって付加的な沿岸漂砂が生じるとして、小笹・Brampton¹¹⁾によって次の式で表わされる漂砂量公式が提案されている。

$$Q = \frac{F_b}{(\rho_s - \rho)(1 - \lambda)g} \left(K_1 \cdot \sin 2\alpha_b - K_2 \cdot \frac{\partial H_b}{\partial y} \cot \beta \cdot \cos \alpha_b \right)$$

ここに β = 海底断面の傾斜角、 ρ = 海水の密度、 ρ_s = 砂の密度、 λ = 空隙率である。また、 K_1 、 K_2 は漂砂量係数で、モデル検定パラメータと考え、再現する汀線変化データによって調節して決められるものと言われている（土木学会海岸工学委員会¹²⁾）。

これらの式を連立して解くことにより任意時間の汀線位置 x_s を求めることが出来る。

5.2 調査対象地域と計算条件の設定

計算対象領域としては、波浪変形計算として図-18に示す網かけの領域を、汀線変形計算として図-19に示す計算測線の領域を取った。波浪変形計算の領域は、沿岸方向に11km、岸沖方向に7kmとし、計算格子の幅は100mであるので、計算格子点の個数は(111×71)となる。沖側境界での水深は30m程度以上になり、以下に示す波浪条件において深海波として計算領域に入射する。沿岸方向の軸は、なるべく汀線に平行になるようにし、その軸に垂直な方向は、北方向から西へ11.20°傾いている。汀線変形計算の領域は、東端として芦屋港の西防砂堤として、そこから50m間隔で161本の計算測線を設け、西端は波津海水浴場の突堤とした。また、図-19には、計算対象領域に設置されている海岸・港湾構造物の位置を示している。これらの構造物は、汀

線変形に影響を及ぼすので、田中ら¹³⁾が提案した方法で計算に取り込まれている。図中には実際に起こった汀線変形を計算で再現するための1982年と2005年の汀線を示している。

汀線変化をもたらす漂砂現象の外力として波浪のみを考えた。解析に用いる海域の代表沖波を設定するため、全国港湾海洋波浪観測年報(NOWPHAS)を基に大島の波浪の出現特性を求めために、季節別・波向別のエネルギー平均波を算出し、表-3に示す。

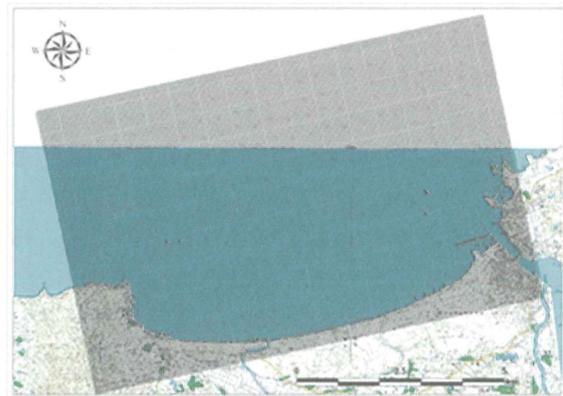


図-18 波浪変形計算対象地域

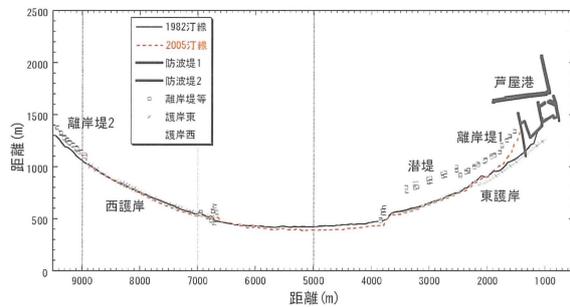


図-19 汀線計算領域と各種構造物の位置

表-3 波浪外力に関する計算条件

	波高 (m)	周期 (s)	16方位波向	入射角 (°)	入射角1軸 (°)	眼界水深 (m)	遡上高 (m)	年間作用時間 (h)
春	1.93	5.3	NNW~N	-11.25	179.04	3.93	0.95	159.4
	1.7	5.3	NNE	22.5	145.29	3.29	0.91	221.6
	0.8	5.3	NE~ENE	56.25	111.54	1.26	0.67	129.9
	1.6	5.3	W~NW	-67.5	235.29	3.05	0.88	156.8
夏	1.47	4.9	NNW~N	-11.25	179.04	2.67	0.81	149.5
	1.2	4.9	NNE	22.5	145.29	2.07	0.74	167.9
	0.66	4.9	NE~ENE	56.25	111.54	0.96	0.58	203.2
	0.87	4.9	W~NW	-67.5	235.29	1.38	0.65	130.5
秋	1.89	5.8	NNW~N	-11.25	179.04	3.87	1.01	200.6
	1.91	5.8	NNE	22.5	145.29	3.92	1.01	275.4
	0.98	5.8	NE~ENE	56.25	111.54	1.68	0.78	91.4
	1.36	5.8	W~NW	-67.5	235.29	2.57	0.89	119.7
冬	2.24	6.3	NNW~N	-11.25	179.04	4.91	1.13	202.1
	2.05	6.3	NNE	22.5	145.29	4.4	1.1	315.4
	2.47	6.3	W~NW	-67.5	235.29	5.52	1.17	135.5

5.3 再現計算の結果

既存の汀線変化を再現する計算は、漂砂量係数や離岸堤と潜堤の通過率などを変えて多くの

計算を行い、砕波角度の補正は必要であるが、図-20に示すRUN81～RUN83の結果が、特徴的な汀線変化を再現していると考えられる。特に、RUN83の結果は再現性が最もよく、芦屋港西側の顕著な汀線の前進や新松原海岸における3,800m～6,000mにかけての汀線後退、波津海水浴場の汀線前進を非常によく再現している。表-4にその時の計算パラメータを示す。

5.4 侵食対策工による将来予測の結果

三里松原海岸の海岸変形に関する課題は、新松原海岸における継続的な侵食傾向と波津海岸の海水浴場東側における砂浜の消滅であると考えられる。しかし、背後域で人間活動がほとんど行われていないことから、これらの海岸侵食の課題に対する対策工として下記の2つの工法について、汀線変化の将来予測を行った。すなわち、

- (1) 矢矧川河口の左岸側に延長100mの導流堤の設置
- (2) 新松原海岸中央部付近における延長1km、幅30mの養浜工

予測は、2005年の汀線を初期汀線（図-19参照）として10年後と20年後とした。前述したように、波浪外力として大島の波浪データを用い、それらに対応する計算パラメータを用いて将来予測を行った。

- (1) 矢矧川河口の左岸側の導流堤の設置

導流堤による10年後および20年後の汀線の変化量を図-21に示す。この図には、対策工を何も施さなかった場合の汀線の変化量も示している。導流堤（延長100m）の建設により東向きに卓越した沿岸漂砂を捕砂するために、その西側に顕著な汀線の前進が見られ、10年後には最大で約75mの前進、20年後には約90mの前進が予測されている。導流堤の捕砂機能による汀線の前進が及ぶ範囲は、初期汀線と比べると20年後では西に約500m、対策工を行わなかった場合の汀線と比べると約800mである。一方、導流堤の東側では、20年間で最大約58mの汀線の後退が予測され、この汀線後退は既存の護岸がある3450m（300m程度）まで及ぶと予測されている。このため、導流堤の東側では侵食を抑えるための何らかの手当が必要であると考えられる。例えば、護岸の延長や礫を用いた養浜工¹⁴⁾が考えられる。

- (2) 新松原海岸中央部付近における養浜工

養浜工による10年後および20年後の汀線の変化量を図-22に示す。養浜砂が両側に広がり、

10年後には初期汀線とほぼ同じ位置まで汀線が後退し、20年後には対策工を何も施さない場合における10年後の汀線の位置とほぼ同じとなる。養浜工のみを行っても初期汀線と比較して20年後には最大で約30mの汀線後退が生じることが予測される。

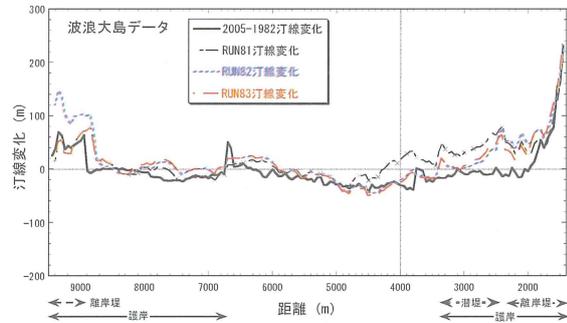


図-20 汀線変化再現計算の結果

表-4 最適な再現計算の計算パラメータ

ケース	漂砂量係数			離岸堤・潜堤の通過率			砕波角度の補正(度)	
	K1	K2	波向	離岸堤1	潜堤	離岸堤2	0m ⁺ 4500m ⁻	-5 ⁺ ~ -15 ⁻
RUN81	0.019	0.0400	W ⁻ N	0.60	0.75	0.60	0m ⁺ 4500m ⁻	-5 ⁺ ~ -15 ⁻
	0.0077	0.0160	NNE ⁻ ENE				8500m ⁺ 9400m ⁻	0 ⁺
RUN82	0.019	0.0400	W ⁻ N	0.60	0.75	0.60	0m ⁺ 4500m ⁻	-15 ⁺ ~ -15 ⁻
	0.0077	0.0160	NNE ⁻ ENE				8500m ⁺ 9400m ⁻	10 ⁺ ~ 0 ⁺
RUN83	0.019	0.0400	W ⁻ N	0.60	0.75	0.60	0m ⁺ 4500m ⁻	-10 ⁺ ~ -20 ⁻
	0.0077	0.0160	NNE ⁻ ENE				8500m ⁺ 9400m ⁻	0 ⁺

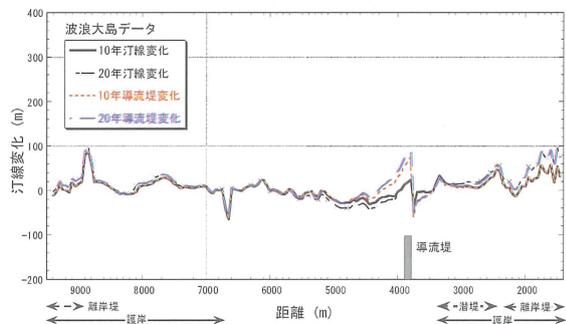


図-21 導流堤による汀線変化の将来予測

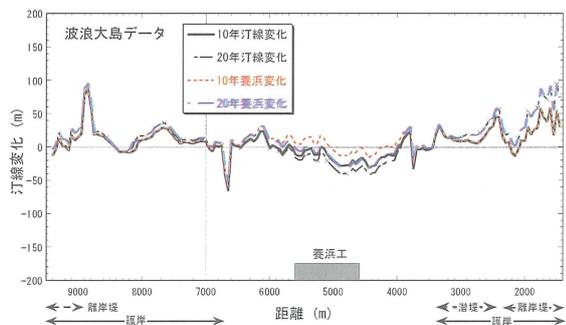


図-22 養浜工による汀線変化の将来予測

6. あとがき

本研究により、以下のことを明らかにした。

- 1) 調査海岸において1961年から2008年までの47年間の長期的な汀線変化は、芦屋海岸で約30m前進し、新松原海岸では約53m後退し、波津海岸で約23m後退した。新松原海岸は、3つの海岸の中で最も侵食が激しく、年約1.1mの速度で汀線が後退していた。また、汀線測量データから得られた14年間の後退速度も約1.1m/年とほぼ同じ値になり、このことから、中・長期的に新松原海岸においては、年1m程度で汀線が後退していると言える。
- 2) 波津海水浴場では、冬季(暴浪時)に侵食し、夏季(正常時)に堆積する季節的変化がみられる。特に、海水浴場の東側半分でこの傾向が顕著に表れる。
- 3) 47年間の広域的な土砂収支解析より、沿岸漂砂の卓越方向は、西から東向き(波津から芦屋)の方向で、最大で年間13,000m³程度の漂砂量が推定され、沖に流失する土砂量は年間9,000m³と推定される。
- 4) 1982年から2008年まで26年間の土砂収支解析の結果では、波津海岸において量的には多くないが東から西向きの沿岸漂砂が卓越した。
- 5) 蛍光砂調査から得られた漂砂特性は、調査期間中すべての地点で東向きの卓越した漂砂が見られた。特にP-3が顕著であった。
- 6) 三里松原海岸中央部の新松原海岸における顕著な侵食は、弓状の海岸の中央部で起こりやすいと言われている地形的な要因と卓越した東向きの沿岸漂砂により砂移動状態が非平衡となったことに起因すると考える。
- 7) 汀線変化の数値計算により、海岸侵食に対する対策工として矢矧川河口の左岸側に導流堤を設置することが効果的であることを明らかにした。また、海浜幅30mの養浜を行っても20年後には対策工を何も施さない場合における10年後の汀線の位置とほぼ同じとなる結果が得られた。

謝辞

本研究は、岡垣町および九州大学との共同研究として実施された。研究を推進するに当たり、九州大学大学院小松利光教授、松永信博教授、橋本典明教授、押川英夫助教に協力頂き、また

現地調査においては九州大学と九州共立大学の多くの学生諸君の真摯な協力に負うところが大きい。ここに記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 佐藤幸成・小島治幸(2004): 芦屋・新松原海岸における海浜変形と底質特性との関係, 平成14年度土木学会西部支部研究発表会後援概要集, 第2冊分, pp.B-60-B-61.
- 2) 福岡県北九州土木事務所, (株)三洋コンサルタント(2008): 海岸調査業務委託報告書, 平成19年単第21089-302号.
- 3) 原喜則ら(2009): 飛砂対策を考慮した芦屋海岸里浜づくりについて, 海洋開発論文集, 第25巻, pp.1215-1220.
- 4) 栗山善昭(2001): 広域土砂収支図作成の試み, 2001年度(第37回)水工学に関する夏期研修会講義集Bコース, 土木学会海岸工学委員会・水理委員会, pp.B-5-1~B-5-13.
- 5) 佐藤昭二(1966): 漂砂, 1966年度水工学に関する夏期研修会講義集, 19-1~19-29.
- 6) Swart, D.H. (1974): A schematization of onshore-offshore transport, Proc. 14th International Conference on Coastal Eng., pp.884-900.
- 7) 宇多高明(1997): 日本の海岸侵食, 山海堂, 442p.
- 8) 鄒曙光・小島治幸(2011): 福岡県三里松原海岸における広域土砂収支解析による漂砂の卓越方向の推定, 九州共立大学工学部研究報告, NO.35, pp.23-27.
- 9) 福岡県北九州土木事務所, (株)八千代エンジニアリング(株)(2005): 既存施設有効活用促進工事防砂堤詳細設計常務委託報告書, 平成16年補助第19521-301号.
- 10) Pelnard-Considere, R. (1956): Essai de theorie de l'evolution des formes de vivage en plages de sable et de galets, IV^{eme} Journees de l'Hydraulique, Les Energies de la Mer, Question III, Repport, No.1, pp.289-298.
- 11) 小笹博昭・A.H. Brampton(1979): 護岸のある海浜の汀線変化計算, 港湾技術研究所報告, 第18巻, 第4号, pp.77-104.
- 12) 土木学会海岸工学委員会研究現況レビュー小委員会(1998): 漂砂環境の創造に向けて, 359p.
- 13) 田中則男・灘岡和夫(1982): 汀線変化予測モデルの開発と現地への適用, 港湾技研資料, No.436, pp.1-40.
- 14) 宇多高明・石井秀雄・安部良・長山英樹・大木康弘(2007): 神向寺海岸における礫養浜の追跡調査, 海洋開発論文集, 第23巻, pp.1093-1098.

(原稿受付2012年1月19日)

反対荷電イオン性ミセルの混合によるラメラ膜の形成機構 I

長井達三* 佐々木茂男**

*九州共立大学総合研究所 **九州大学大学院理学研究科

Formation mechanism for lamella membranes in a mixture of oppositely charged ionic micelles I

Tatsuzo NAGAI and Shigeo SASAKI

Abstract

The mechanism for formation of lamella structure after vesicle disappearance observed in a mixture of oppositely charged ionic micelles [M. Koga and S. Sasaki (2006)] has been investigated by computer simulation based on the following coarse-grained model in two dimensions. Micelle and vesicles were described by polygons whose vertices expressed surfactant molecules with their attributes (position vector, length, diameter, curvature, director vector and charge). A core vesicle which included a micelle with a negative charge was considered as a candidate for a vesicle in a metastable state. The micelle was incorporated into the inner layer of the vesicle by electrostatic interaction, which triggered the collapse of the vesicle followed by the formation of the lamella fragment.

Keywords: Micelle, Vesicle, Lamella structure, Surfactant, Bilayer

1. 序論：実験とモデル

界面活性剤や脂質のような両親媒性分子は水溶液中で会合して自己集合体をつくる。両親媒性分子は親水性の頭部と疎水性（親油性）の尾部をもち油水界面の界面エネルギーを減少させ安定化する。自己集合体は、分子の種類や溶液条件に依存して、ミセル、ベシクル、ラメラと言った、いろいろな構造をとる¹⁾。この報告では、陽イオン性界面活性剤DTACと陰イオン性界面活性剤SDSがつくる自己集合体の安定化過程について得られた、時分割SAXS測定の結果を説明するモデルを提出し、計算機シミュレーションの結果を報告する。

時分割SAXSの実験で得られたスペクトルは、水溶液中で陽イオン界面活性剤ミセルと陰イオン界面活性剤ミセルを高速で混合すると、準安定な中間相を経て安定なラメラ相が形成される、ことを示している²⁾。

我々は、この中間相からラメラ相への転移を記述する次のような2次元の粗視化モデルを提出する。上述の中間相はミセルをコアとして内部に含むベシクル（以下コアベシクルとよぶ）の集合体である。コアである荷電ミセルは、それが含まれるベシクルの内層から静電引力を受けて内層に取込まれ、ベシクルを不安定化して崩壊に導く。水溶液中で崩壊したベシクルの帯状の断片は、熱的にゆらぎながら断片同士の相互作用によって、最終的にラメラ構造を形成していく。

この報告では、上述の目的の第1段階として、1個のコアベシクルが崩壊して直線状の2分子膜を生成する

過程を記述するモデルを提出し、それに基づき計算機シミュレーションを行って得た結果を報告する。

2. モデルの記述

1個の陰イオン性ミセルを内包する、陰陽2種のイオン性界面活性剤からなる1個のベシクルが水中に浮遊する系を考える。

Fig. 1に示すように、ミセル ($\alpha=1$) は半径 R_0 の円で、電荷 $-Q$ ($Q > 0$) をもち、ベシクルは外半径 R 、厚み $2R_0$ の円形の2分子膜である。内膜を $\alpha=2$ 単分子層、外膜を $\alpha=3$ 単分子層と呼ぶことにする。 $\alpha=2$ 単分子層がもつ正味の電荷を Q 、 $\alpha=3$ 単分子層がもつ正味の電荷を 0 とする。コアベシクル全体として電気的中性が保たれている。

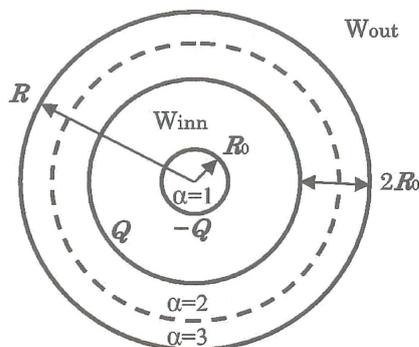


Fig. 1 コアベシクル $\alpha=1$: コアミセル, $\alpha=2$: 内側単分子層, $\alpha=3$: 外側単分子層.

このコアベシクルは、コアのミセルと $\alpha = 2$ 単分子層の間に水 Winn を含み外側の水 Wout 中に浮遊している。

陰陽イオン性界面活性剤分子は、電荷の符号だけが互いに異なり他の性質は同じで、かつ比較的大きいものとする。実験で使用された DTAC 分子と SDS 分子はそのような性質をもち、共に長さが約 1.5 nm である。

Fig. 2 に示すように、我々は 1 分子を 1 ‘頂点’ で表す。‘頂

点’ i は次の 6 個の属性をもつものとする：位置 r_i (分子の重心)，膜に垂直な方向のサイズ R_0 (分子の有効長)，膜に沿った方向のサイズ a_i (分子の有効直径)，単分子層の局所曲率 c_i (分子の形)，ディレクタ \hat{p}_i (分子の向きを表す単位ベクトル)，頭部の電荷 $q_i = \pm q_0$ ($q_0 > 0$)。ここで、ディレクタ \hat{p}_i は常に水の方をむき、この‘頂点’が水と接する部分を頭部、その反対部分を尾部と呼ぶことにする。そうすると、頭部の位置ベクトルは $r_{in} = r_i + R_0 \hat{p}_i / 2$ と表される。

また、サイズ a_i 、曲率 c_i 及びモデルの最小長 Δ の間には次の大小関係があるものとする。

$$\Delta < a_i \ll \left| \frac{1}{c_i} \right| \quad (1)$$

Fig. 2 に示すように、サイズ a_i は頂点 i とその 2 つの隣接頂点間の平均距離と定義する。すなわち、

$$a_i = \frac{1}{2} \sum_{v=\pm 1} r_{i+vi} \quad (2)$$

ここで、 $i \pm 1$ は頂点 i と同一単分子層上にある i の隣接頂点を表す。曲率 c_i は 3 頂点 $i, i \pm 1$ がつくる三角形の外接円の曲率で次式により定義する。

$$c_i = \frac{2}{r_{i+i-1}} \hat{k} \cdot (\hat{r}_{i-1i} \times \hat{r}_{i+1i}) \quad (3)$$

ディレクタ \hat{p}_i は 3 頂点 $i, i \pm 1$ がつくる三角形の外心を通る方向に沿い常に水側を向くように、次式で定義する。

$$\hat{p}_i = \hat{k} \times \sum_{v=\pm 1} \frac{r_{i-vi}}{r_{i+vi-v}} \hat{r}_{i+vi} \quad (4)$$

ここで、 $r_{ij} \equiv r_i - r_j$ 、 $r_{ij} \equiv |r_{ij}|$ 、 $\hat{r}_{ij} \equiv r_{ij} / r_{ij}$ で、 \hat{k} は紙面に垂直で裏から表にむく単位ベクトルである。

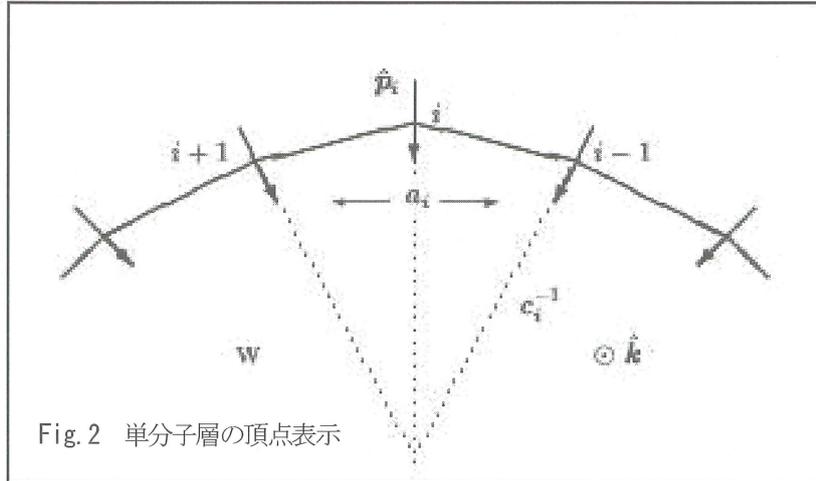


Fig. 2 単分子層の頂点表示

式(4)で定義される \hat{p}_i が常に水の方をむくという仮定は、界面活性剤分子がもつ頭部の親水性と尾部の疎水性をその第一の特性として取り込んだことを意味する。

頂点の番号は系全体で通し番号とし、記号 i, j, \dots を使う(系内通し頂点番号 $i = 1, 2, \dots, N_v$)：初期状態では、 $i = 1, 2, \dots, N_{mic}(0)$ (ミセル)； $i = N_{mic}(0) + 1, N_{mic}(0) + 2, \dots, N_{mic}(0) + N_{inn}(0)$ (ベシクル内側の単分子層)； $N_{mic}(0) + N_{inn}(0) + 1, N_{mic}(0) + N_{inn}(0) + 2, \dots, N_{mic}(0) + N_{inn}(0) + N_{out}(0)$ (ベシクル外側の単分子層) とする。ここで、ミセル及びベシクル内側と外側の各単分子層における初期頂点数を、それぞれ、 $N_{mic}(0)$ 及び $N_{inn}(0)$ と $N_{out}(0)$ とした。

同一単分子層上の連続する頂点を、 $i, i+v, i+2v, \dots, (v = \pm 1)$ のように表記する。このとき、隣接頂点の番号は、水領域を左に見て境界に沿って進む順序で、 $\dots, i-1, i, i+1, \dots$ 、となるように付ける(隣接頂点の番号付けの規則)。従って、この表記法における記号 \pm は単に順序を表す記号であって演算を意味しない。

式(3)で与えた頂点 i の曲率 c_i の符号は、この単分子層が水側に凸ならば正、凹ならば負となるように定義した。これはミセルの曲率を正にとるためである。式(4)で定義した頂点 i のディレクタ \hat{p}_i は、上述の隣接頂点の番号付けの規則によって、常に水側を向くことになる。

注意が必要なのは、1 個の頂点は 1 個の界面活性剤分子を、その 6 つの特徴で近似的に表している、ということである。すなわち、頂点は比較的大きな界面活性剤分子の、このモデルにおける最小長 Δ より小さい構造を平均化して表現した代表点である。また、分子有効長 R_0 は固定し、幅 a_i は可変とする。

3. 頂点の運動方程式

頂点*i*の速度 v_i は、次式で与えられるものとする：

$$\eta_i v_i = -\frac{\partial F}{\partial r_i} + \zeta_i \quad (5)$$

この式で、 $\eta_i = \eta_0 a_i / 3$ (η_0 は正定数)は抵抗係数、 F は系の全ポテンシャルエネルギーである。左辺は粘性抵抗力、右辺第一項はポテンシャル力、第二項はランダム力を表す。

式(5)は、石けん泡³⁾や結晶粒⁴⁾そして生物細胞⁵⁾の集合体を作る種々の界面系の運動を正しく記述した。界面は質量をもたないので式(5)に慣性項はない。一方、いまの場合、頂点は比較的大きな分子を近似しているので質量をもつ。しかし、ここでは、その加速度は十分小さく慣性項は無視できるものと仮定する。

いま、系の全ポテンシャルエネルギーが次式で与えられるものとする。

$$F = F_{ben} + F_{int} + F_{ele} + F_{con} \quad (6)$$

ここで、 F_{ben} 、 F_{int} 、 F_{ele} 、 F_{con} は、それぞれ、単分子層の曲げ弾性、頂点間相互作用、静電相互作用、保存則による束縛、を表すポテンシャル・エネルギーである。これらの具体的表式は4節で与えられる。ランダム力については、一般に要請される次の式が成り立つものとする：

$$\langle \zeta_{il}(t) \zeta_{jm}(t') \rangle = 2D\eta^2 \delta_{ij} \delta_{lm} \delta(t-t') \quad (7)$$

ただし、 $l, m = x, y$ は座標成分、 $\langle \dots \rangle$ は統計平均、 $\eta = \langle \eta_i \rangle$ 、そして D は拡散係数である。拡散係数は系の温度 (T [K])と次のアインシュタインの関係で結ばれるものとする。

$$D = \frac{k_B T}{\eta} \quad (8)$$

ここで、 k_B はボルツマン定数である。式(7)は、ランダム力が頂点の状態に依存せず時間的空間的相関もない、ということの意味する。このようなランダム力をシミュレーションに取り入れる方法は5.2節で述べる。

4. 素過程

上に述べたように、我々は界面活性剤分子を属性をもつ頂点で表し、頂点間を直線で結んで単分子層を表現する。これらの頂点は運動方程式(5)に従って、全ポテンシャルエネルギー F を最小にするように運動する。その運動の過程で、コアミセルとベシクル内側の単分子層の衝突や2分子膜の破裂が起こる。このような

変化を記述するために、次に示す2つの素過程を我々のモデルに導入する。

3.1 分子引抜過程

Fig. 3に示すように、ミセルの頂点*i* (電荷 $q_i < 0$)とベシクル内層の頂点*j* (電荷 $q_j > 0$)が、水領域Wを挟んで、クーロン引力により微小距離 b ($\approx \Delta$)まで近づくと、頂点*i*はベシクル内層に引抜かれ頂点*j*の隣に入る。入り方は、もし頂点*j*の両隣の頂点(図中 j_1 と j_2)が互いに同符号の電荷をもつならば、 j との間隙が広い側に入り、もしそれらが異符号の電荷をもつならば、正電荷をもつ頂点側に入る、ものとする。これは、この入り方がポテンシャルエネルギーを低くすると推測されるからである。なぜなら、両間隙の違いは、同符号の電荷の場合は分子間力で、異符号の電荷の場合はクーロン力で決まると、考えられるからである。

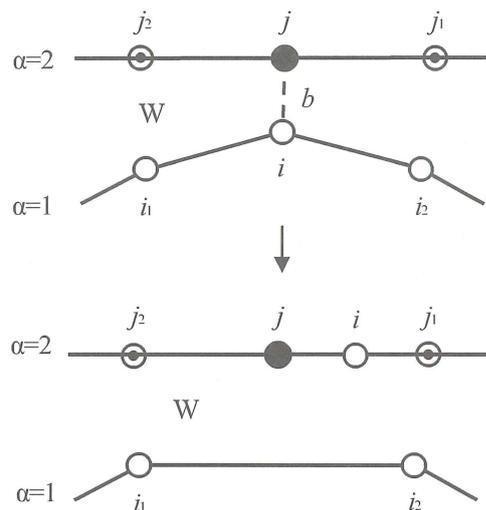


Fig. 3 分子引抜過程 記号 ●, ○, ○中●は、それぞれ、正、負、正又は負の電荷をもつ頂点を表す。この図はミセル ($\alpha=1$)の頂点*i*がベシクル内層 ($\alpha=2$)の頂点*j*に引抜かれてその隣接頂点 j_1 側に入った場合を示す。入り方は頂点*j*の両隣の頂点、 j_1 と j_2 、の電荷および間隙 $j-j_1$ 、 $j-j_2$ に依存する(本文参照)。

3.2 2分子膜破裂過程

前小節で述べた分子引抜により、ベシクル内層の荷電分布が不均一になること、および各分子にランダム力が働くことが原因して、ベシクル内層の曲率が局所的に増大することが起こる。頂点*i*の曲率が増加すると、そのディレクタ \hat{p}_i は隣接辺 \hat{r}_{i+1i} の方へ、或いは

逆の方へ傾き高い界面エネルギー状態になる。その結果、膜の破裂が起こるものとする。すなわち、 \hat{p}_i と \hat{r}_{i+ii} のなす角 ω_i が次の不等式を満たすとき、膜の破裂が起こるものとする。

$$\omega_i < \omega_r, \text{ or } \omega_i > \pi - \omega_r \quad (9)$$

ただし、閾値 ω_r は系のミクロな性質で決まる物質定数である。

2分子膜破裂の素過程をFig. 4に示す。頂点 i のディレクタが式(9)を満たすとき、関係する頂点間の連結関係が図のように変わり、その結果、2分子膜は破裂し、両側の水領域、 W_1 と W_2 が繋がることになる。

2分子膜破裂後、膜終端部は丁度ミセルの半分に相当する半円形の構造をもつものとする。膜終端部の頂点はそのディレクタが外を向き、最近接相互作用をもち層間相互作用はもたない。ここで層間相互作用というのは、破裂前の内外層間の相互作用のことで、終端部以外の頂点は層間相互作用を破裂後も持ち続ける。

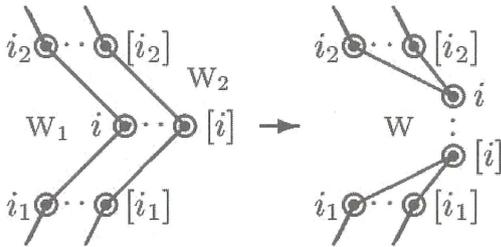


Fig. 4 2分子膜破裂過程 [i]: ベシクル内層 ($\alpha=2$) の頂点 i に最も近いベシクル外層 ($\alpha=3$) の頂点、 $[i_1], [i_2], \dots : [i]$ と同様。記号 \circ ドットは正又は負の電荷をもつ頂点を表す。

5. ポテンシャルエネルギー

5.1 曲げ弾性エネルギー

曲げ弾性エネルギーは頂点表示で次のように書くことができる。⁶⁾

$$F_{ben} = \frac{1}{2} \sum_i \kappa_i a_i (c_i - c_0)^2 \quad (10)$$

ここで、 κ_i は単分子層の曲げ弾性定数、 c_i は頂点 i の曲率、 c_0 は単分子層の自発曲率で正とする。曲げ弾性定数 κ_i は頂点 i の両隣の頂点の電荷に依存するものとする。すなわち、両隣の頂点の電荷が、頂点 i の電荷 q_i と、共に異符号ならば $\kappa_i = \kappa^{(0)}$ 、共に同符号ならば $\kappa_i = \kappa^{(2)}$ 、一方だけが同符号ならば $\kappa_i = \kappa^{(1)}$ と表すことにする。隣合う2頂点の電荷が互いに異符号

のとき、静電ポテンシャルは最も低くなるので、単分子層は硬くなると考えられる。従って、上記の3個の弾性定数は次の不等式を満たすものとする：

$$\kappa^{(0)} > \kappa^{(1)} > \kappa^{(2)}.$$

5.2 頂点間短距離相互作用

頂点間の相互作用は、一般に次のように書くことができる。

$$F_{int} = \frac{\lambda^2}{2} \sum_{ij} a_i a_j u_{ij} \quad (11)$$

ここで、 λ は界面活性剤分子の平均数密度 (単分子層における単位長当たりの分子数)、 u_{ij} は短距離で働く相互作用ポテンシャルで、以下に示す形をもつものとする。式(11)で、因子 $1/2$ は2つの和により相互作用 $u_{ij} = u_{ji}$ を2度数えるからである。

(1) 単分子層内隣接相互作用

この相互作用は分子間力と静電気力に起因する。ここでは次式で表される幅 $2\delta\bar{a}_\alpha$ の井戸型ポテンシャルを仮定する。 $2\delta\bar{a}_\alpha$ は $0.1\bar{a}_\alpha$ のオーダーである。ただし、 \bar{a}_α は α 層における頂点間の平均距離である。

$$\begin{aligned} u_{ii+v} &= \hat{q}_i \hat{q}_{i+v} (\hat{p}_i \cdot \hat{p}_{i+v}) u_1, \\ &\text{for } \bar{a}_\alpha - \delta\bar{a}_\alpha \leq r_{ii+v} \leq \bar{a}_\alpha + \delta\bar{a}_\alpha \\ &= \infty, \text{ otherwise} \end{aligned} \quad (12)$$

ただし、 $\hat{q}_i \equiv q_i / q_0$ で u_1 は正定数である。式(12)のポテンシャルにより、各頂点は、単分子層に沿って、各分子層における平均距離 \bar{a}_α を中心として $2\delta\bar{a}_\alpha$ の範囲に束縛される。頂点同士は、そこにおいて、電荷が互いに異符号なら、ディレクタを揃え、同符号なら不揃いにしようとする。

(2) 内外単分子層間における最近接相互作用

2分子膜の内側単分子層と外側単分子層の間の相互作用は分子疎水部と水および分子疎水部同士の相互作用に由来する。ここでは、次のような幅 $2\delta\bar{d}$ の井戸型ポテンシャルを仮定する。 $\delta\bar{d}$ は $0.1\bar{d}$ のオーダーである。ただし、 \bar{d} は単分子層間の平均頂点間距離で次のように定義する：

$$\bar{d} \equiv \langle r_{i[i]} \rangle = \frac{1}{N_{inn}} \sum_{i=1}^{N_{inn}} r_{i[i]} \quad (13)$$

ここで、記号 $[i]$ は $\alpha=3$ (or 2) 層における頂点の中で $\alpha=2$ (or 3) 層の頂点 i に最も近い頂点を表すものと

する (Fig. 5参照)。

$$u_{i[i]} = (\hat{p}_i \cdot \hat{p}_{[i]})u_2, \quad (14)$$

$$\text{for } \bar{d} - \delta\bar{d} \leq r_{i[i]} \leq \bar{d} + \delta\bar{d}$$

$$= \infty, \quad \text{otherwise}$$

ただし、 $u_2 > 0$ である。式(14)のポテンシャルにより、各頂点对は、平均距離 \bar{d} を中心として $2\delta\bar{d}$ の範囲に束縛されることになる。2頂点は、そこにおいて、ディレクタを互いに反対向きにしようとする。

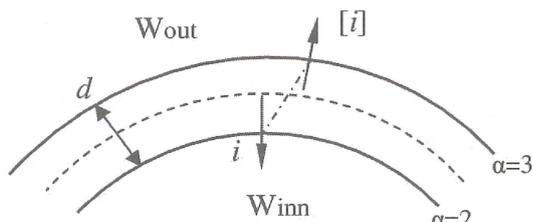


Fig. 5 内外単分子層間相互作用

(3) 2分子膜終端部における相互作用

Fig. 4に示す2分子膜破裂過程の終了後、終端部の頂点*i*及び頂点*[i]*は、それぞれ、それらを中心にして、数個の隣接頂点と共に終端部を形成するものとする。この終端部の頂点の間には上記(1)の層内隣接相互作用のみが働き、上記(2)の層間最近接相互作用は働かないものとする。

5.3 頂点間静電相互作用

コアミセル ($\alpha=1$) は初期 $t=0$ に負電荷 $-Q$ をもつ半径 R_0 の円形で、その頂点は2分子膜内側の単分子層上 ($\alpha=2$) の頂点と次式で表される静電相互作用をするものとする。

$$F_{ele} = \lambda^2 \sum_i^{(1)} \sum_j^{(2)} a_i a_j \phi_{ij} \quad (15)$$

ここで ϕ_{ij} は遮蔽されたクーロン相互作用を表し次式で与えられる。

$$\phi_{ij} = u_c \frac{R_0 \hat{q}_i \hat{q}_j}{r_{ij}} \exp(-r_{ij}/\xi), \quad r_{ij} > \bar{a}^0 \quad (16)$$

ただし、 $u_c \equiv q_0^2 / (4\pi\epsilon R_0)$ ($\epsilon = 80\epsilon_0$ は水の誘電率)は静電相互作用の強さを、 $\hat{q}_i \equiv q_i / q_0$ は電荷の符号を、そして ξ と \bar{a}^0 は、それぞれ、クーロン相互作用到達距離と初期頂点平均サイズを表す。式(15)における2つの和、 $\sum_i^{(1)}$ 及び $\sum_j^{(2)}$ は、層 $\alpha=1$ 及び $\alpha=2$ 上の、各々、すべての頂点についてとるものとする。

系全体における電気的中性を要請すると、頂点の電荷は次の式を満たす。

$$\sum_{i=1}^{(1)} q_0 \hat{q}_i = -Q, \quad \sum_{j=1}^{(2)} q_0 \hat{q}_j = Q \quad (17)$$

遮蔽されたクーロン相互作用、式(16)は3次元空間におけるもので2次元空間では正しくない。しかし、我々のモデルが3次元空間における、高さが十分低い円筒状のベシクルとミセルを記述するモデルであると解釈すれば式(16)を使うことができる。

5.4 保存則を記述するポテンシャルエネルギー

界面活性剤と水の各総量は保存される。この保存則を、次式のようにポテンシャルの形で表し、近似的に考慮することにする。

$$F_{con} = \rho_B \sum_{\alpha} (L_{\alpha} - L_{\alpha}^0)^2 + \rho_W \sum_{\beta} (S_{\beta} - S_{\beta}^0)^2 \quad (18)$$

式(18)の右辺第1項で、 L_{α} は単分子層 α の長さ(頂点間を直線で結んだ折線の長さ)で、 L_{α}^0 はその平衡値である。 α についての和はすべての単分子層を含む($\alpha=1, 2, 3$)。式(18)の右辺第2項で、 S_{β} は水領域 β の面積で、 S_{β}^0 はその平衡値である。 β についての和はベシクル内外の水領域について行う($\beta=inn$: ベシクル内水, $\beta=out$: ベシクル外水)。 ρ_B 及び ρ_W は各物理量の保存に関する制限の強さを表す正定数である。

いま、Fig. 1に示すような1個の半径 R のコアベシクルを考える。このとき、頂点が分子の重心を表すことに注意する必要がある。

まず、各単分子層の長さとその平衡値は次のように表される。

$$L_{\alpha} = \sum_i^{(\alpha)} a_i, \quad L_1^0 = \pi R_0, \quad L_2^0 = 2\pi(R - 1.5R_0),$$

$$L_3^0 = 2\pi(R - 0.5R_0) \quad (19)$$

従って、単分子層の全長とその平衡値は次式で与えられる。

$$L_B = \sum_i^{(1+2+3)} a_i,$$

$$L_B^0 = \sum_{\alpha} L_{\alpha}^0 = 2\pi(2R - 1.5R_0) \quad (20)$$

ベシクル内部の水面積とその平衡値は、分子頭部の位置ベクトル r_{ih} により分子の長さを考慮して、

$$S_{inn} = \frac{1}{2} \sum_i^{(1+2)} \hat{\mathbf{k}} \cdot (\mathbf{r}_{ih} \times \mathbf{r}_{i+1h}), \quad (21)$$

$$S_{inn}^0 = \pi(R - 2R_0)^2 - \pi R_0^2$$

ベシクル外部の水面積とその平衡値は、

$$S_{out} = L_x L_y - \left(\frac{-1}{2}\right) \sum_i^{(3)} \hat{\mathbf{k}} \cdot (\mathbf{r}_{ih} \times \mathbf{r}_{i+1h}), \quad (22)$$

$$S_{out}^0 = S_W^0 - S_{inn}^0$$

ここで、全系は辺長が L_x 、 L_y の長方形とし、水の総量を S_W^0 とする。

素過程に伴って、平衡値 L_α^0 、 S_β^0 は次のように変化する。

1分子引抜過程：

$$L_1^0 \rightarrow L_1^0 - \bar{a}_1^0, \quad L_2^0 \rightarrow L_2^0 + \bar{a}_1^0 \quad (\text{膜破裂前}),$$

$$L_3^0 \rightarrow L_3^0 + \bar{a}_1^0 \quad (\text{2分子膜破裂後})$$

2分子膜破裂過程：最終層の番号を $\alpha=3$ とすると、

$$L_1^0 \rightarrow 0, \quad L_2^0 \rightarrow 0, \quad L_3^0 \rightarrow \sum_{\alpha=1}^3 L_\alpha(0)$$

$$S_{inn}^0 \rightarrow 0, \quad S_{out}^0 \rightarrow \sum_{\beta=1}^2 S_\beta(0)$$

6. 計算機シミュレーション

6.1 物理量の無次元化と無次元の頂点運動方程式

計算機シミュレーションを実行するために、次式で定義される長さ、時間及びエネルギーの特徴的な量、 R_0 (有効分子長)、 τ_0 及び ε_b (特徴的曲げ弾性エネルギー) を新しい単位に選び、すべての物理量をこれらでスケールして無次元化する。

$$R_0, \quad \tau_0 \equiv \frac{\eta_0 R_0^4}{\kappa_0}, \quad \varepsilon_b = \frac{\kappa_0}{R_0} \quad (23)$$

ここで、 κ_0 は中性単分子層の曲げ弾性定数である。新しい無次元量 (X) を波記号を付けて表して (\tilde{X})、次のように定義する：

$$\mathbf{r}_i = \tilde{\mathbf{r}}_i R_0, \quad t = \tilde{t} \tau_0, \quad F = \tilde{F} \varepsilon_b, \quad \eta_i = \tilde{\eta}_i \eta_0 R_0,$$

$$\kappa_i = \tilde{\kappa}_i \kappa_0, \quad u_{ij} = \tilde{u}_{ij} \varepsilon_b, \quad \tilde{\phi}_{ij} = \tilde{\phi}_{ij} \varepsilon_b,$$

$$\zeta_i = \tilde{\zeta}_i \varepsilon_b / R_0 \quad (24)$$

ここで、 \tilde{u}_{ij} は

$$\tilde{u}_{ii+v} = \hat{q}_i \hat{q}_{i+v} (\hat{\mathbf{p}}_i \cdot \hat{\mathbf{p}}_{i+v}) \frac{u_1}{\varepsilon_b}$$

$$\tilde{u}_{i[i]} = (\hat{\mathbf{p}}_i \cdot \hat{\mathbf{p}}_{[i]}) \frac{u_2}{\varepsilon_b} \quad (25)$$

そして、 $\tilde{\phi}_{ij}$ は

$$\tilde{\phi}_{ij} \equiv \frac{\phi_{ij}}{\varepsilon_b} = \hat{q}_i \hat{q}_j \frac{R_0}{r_{ij}} \exp\left(-\frac{r_{ij}}{\xi}\right) \frac{u_c}{\varepsilon_b} \quad (26)$$

更に、新しい無次元パラメタを、波記号を付けて、次のように定義する：

$$\rho_B = \frac{\tilde{\rho}_B \varepsilon_b}{R_0^2}, \quad \rho_W = \frac{\tilde{\rho}_W \varepsilon_b}{R_0^4}, \quad D = \frac{\tilde{D} R_0^2}{\tau_0}, \quad (27)$$

$$u_i = \frac{\tilde{u}_i \varepsilon_b}{(\lambda R_0)^2} \quad (i=1,2,c)$$

これらの無次元量を使って、運動方程式(5)を書き替えると次のようになる。ここで波記号は省略する。

$$\eta_i \mathbf{v}_i = -\frac{\partial}{\partial \mathbf{r}_i} \left\{ \frac{1}{2} \sum_j \kappa_j a_j (c_j - c_0)^2 \right. \\ + \frac{1}{2} u_1 \sum_j \sum_v a_j a_{j+v} \hat{q}_j \hat{q}_{j+v} (\hat{\mathbf{p}}_j \cdot \hat{\mathbf{p}}_{j+v}) \\ + u_2 \sum_j^{(2)} a_j a_{[j]} (\hat{\mathbf{p}}_j \cdot \hat{\mathbf{p}}_{[j]}) \\ + u_c \sum_j^{(1)} \sum_k^{(2)} a_j a_k \frac{\hat{q}_j \hat{q}_k}{r_{jk}} \exp\left(-\frac{r_{jk}}{\xi}\right) \\ \left. + \rho_B \sum (L_\alpha - L_\alpha^0)^2 + \rho_W \sum (S_\beta - S_\beta^0)^2 \right\} \\ + \zeta_i \quad (28)$$

ただし、 $\eta_i = a_i / 3$ 。無次元の曲げ弾性定数 κ_j は、頂点 j の両隣の頂点の電荷が、頂点 j の電荷と、共に異符号ならば $\kappa_j = \kappa^{(0)}$ (元の単位では $\kappa^{(0)} / \kappa_0$)、共に同符号ならば $\kappa_j = \kappa^{(2)}$ (元の単位では $\kappa^{(2)} / \kappa_0$)、一方だけが同符号ならば $\kappa_j = 1$ (元の単位では $\kappa^{(1)} / \kappa_0$ 、 $\kappa^{(1)} = \kappa_0$ とする) である。これらの間には次の大小関係がある：
 $\kappa^{(0)} > \kappa^{(1)} = 1 > \kappa^{(2)}$ 。

式(7)は無次元量でも同じ形になる：

$$\langle \zeta_{il}(t) \zeta_{jm}(t') \rangle = 2D \eta^2 \delta_{ij} \delta_{lm} \delta(t-t') \quad (29)$$

ただし、 $\eta \equiv \langle \eta_i \rangle = \langle a_i / 3 \rangle \equiv \bar{a}^0 / 3$ で、

$\bar{a}^0 = L_B^0 / N_v$ は初期における全頂点

($N_v \equiv N_{mic}(0) + N_{inn}(0) + N_{out}(0)$) についての平均サイズである。

6.2 ランダム力の記述

この小節では、最初次元をもった量で記述し最後に無次元化する。頂点*i*に働くランダム力を次式で記述する。⁷⁾

$$\zeta_i(t) = \zeta_0 (\cos \theta_i(t), \sin \theta_i(t)) \quad (30)$$

ここで、 $\theta_i(t)$ は一様乱数 $N_{ran}(i,t) (<1)$ を使って $\theta_i(t) = 2\pi N_{ran}(i,t)$ と与える。ランダム力の大きさ ζ_0 は式(7)から、シミュレーションでは時間が離散化されることを考慮して、次のように得られる。

$$\zeta_0 = 2\eta \sqrt{\frac{D}{\delta t}} = 2\sqrt{\frac{\eta k_B T}{\delta t}} \quad (31)$$

ここで、 δt はシミュレーションにおける時間ステップの幅である。式(30)で記述されるランダム力は、大きさが一定で向きがランダムになる。式(30)がランダム力の基本的性質「この力だけで運動する頂点の平均移動距離が時間の平方根に比例する」をもつことは、ランダムウォークのシミュレーションによって確認した。式(31)で与えられる ζ_0 を、式(24)の新しい単位を使って無次元化すると次の式を得る。

$$\tilde{\zeta}_0 = 2\sqrt{\frac{\tilde{\eta}\tilde{T}}{\delta\tilde{t}}} \quad (32)$$

ただし、 $\tilde{T} \equiv k_B T / \varepsilon_b$ は無次元温度である。

6.3 シミュレーションの結果

Fig. 7にシミュレーションの結果を示す。ここでは次のパラメタの値を使用した。すべて5.1節及び5.2節で定義した無次元量で示す。

全頂点数は $N_v = 120$ 、各層の初期頂点数は

$$N_{mic}(0) = 8, N_{inn}(0) = 52, N_{out}(0) = 60$$

とした。自発曲率と曲げ弾性定数は

$$c_0 = 2, \kappa^{(0)} = 1.33, \kappa^{(1)} = 1, \kappa^{(2)} = 0.67$$

頂点間相互作用の強さと静電相互作用の遮蔽距離及び分子引抜距離は

$$u_1 = 0.1, u_2 = 0.05, u_c = 0.3, \xi = 0.5, b = 0.5$$

保存則の強さを表すパラメタは

$$\rho_B = 0.1, \rho_W = 10$$

時間ステップの大きさと最小長は

$$\delta t = 1.0 \times 10^{-4}, \Delta = 0.1$$

無次元温度は

$$T = 0.05$$

これらのパラメタの値は、将来、シミュレーションの結果と実験結果の定量的比較を行って、評価しなければ

ならない。

Fig. 7(a)から(f)が示すコアミセルの崩壊過程を順を追って説明する。図において、白丸は負電荷をもつ頂点、黒丸は正電荷をもつ頂点を示す。ディレクタは表示していない。

(a) $t=0$ コアベシクル： 対称な初期状態をとった。頂点はランダム力を受けるので、時間が経つと非対称になり変化していく。ミセル半径は $R_0 = 1$ 、ベシクル膜厚は $2R_0 = 2$ 、ベシクル外半径は $R = 5$ とする。正味の電荷はミセル-8、ベシクル内層+8、ベシクル外層0とする。

(b) $t=1$ ミセル-ベシクル静電相互作用： ミセルが静電気力によりベシクル内層に引き付けられている。

(c) $t=4$ ベシクルによるミセル分子の引抜： ミセルの分子がベシクル内層に接近して取り込まれ、ミセルの頂点は減少してここでは3個になった。

(d) $t=5.4$ ミセル消滅： ベシクル内層によるミセル分子の引抜が完了した瞬間。この引抜時間は、頂点を受けるランダム力によって大幅に短縮された。ランダム力が無い場合の引抜完了時間は $t=79.6$ であった。

ミセル頂点はベシクル内層に塊となって取り込まれるため、ベシクル内層の荷電分布が不均一になり、内層は「いびつ」になった。図で内層左側の膨らんだ部分を取り込まれた分子の塊である。この変化は外層にも反映しているのが分かる。上側の窪みは、このあと更に窪み、そこから膜が破裂した。

(e) $t=6.4$ ベシクル破裂： ディレクタが破裂条件、式(9)を満たした頂点を起点として、2分子膜破裂過程(Fig. 4)に従って破裂した。その後、終端部が形成された。

破裂の直後に内層の電荷を、正負交互になるように並べ替えた。これは、分子の側方拡散を考慮した為である。

(f) $t=20.4$ ベシクル展開： ベシクルは破裂後、口を開き直線状に伸びていった。この直線状への展開は、非常にゆっくりとした過程である。さらに長時間のシミュレーションを実行すると、曲がり解けてより直線的になると思われる。

7. 結論と考察

反対荷電をもつミセルの混合系における、ラメラ膜形成を記述する2次元の粗視化モデルを提出して、計算機シミュレーションを行った。このモデルは、石けん泡や結晶粒そして生物細胞の集合体の運動を記述するモデルである、「2次元頂点モデル」を基礎にした。

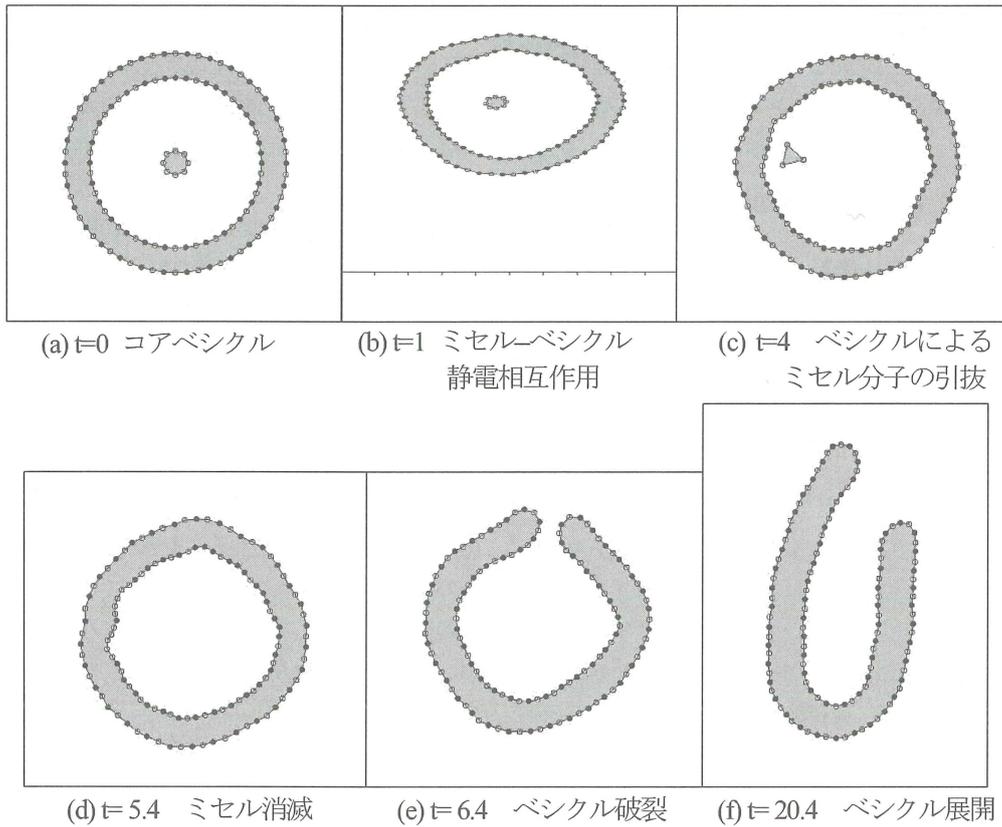


Fig. 7 コアベシクルの崩壊

結論

- (1) コアベシクルは準安定状態にある。ミセルとベシクル内層間の静電相互作用により、ミセルがベシクル内層に取り込まれ、この層の荷電分布が不均一になりベシクルは破裂する。
- (2) 熱ゆらぎはミセルとベシクルの融合を大幅に促進する。
- (3) ベシクルは破裂後、2分子膜の断片となり、非常にゆっくりと、直線状態へ向かって展開していく。

考察

- (1) 実験では、この系が最終的にラメラ膜構造に移行することが観測されている。我々のモデルは1個のコアベシクルが1本の直線状の帯に変化する機構を記述した。その帯断片は溶液中を、ランダム力を受けて波打ちながら漂う。多数のコアベシクルの系では、上述のベシクル崩壊過程により、多くの直線状の帯が生成され、帯間の相互作用により、ラメラ構造が形成されると考えられる。
- (2) 我々のモデルではベシクルの破裂条件を「頂点のディレクタがある閾値を越えて傾いたとき」とした。これについてはもっとミクロな検討が必要である。
- (3) この報告では、分子の側方拡散を考慮するため、2分子膜破裂の直後に電荷を一様に並べ替えた。この素過程は、2分子膜における分子の振舞いが流体的で

あるならば、全過程で我々のモデルの中に取り入れる必要がある。

- (4) 我々のモデルでは荷電の効果を3つに分けた。1つ目はミセルとベシクル内層間の静電相互作用、2つ目は曲げ弾性定数の変化、そして3つ目は層内隣接相互作用である。これらはすべて同じ起源であるから、遮蔽されたクーロン相互作用のみですべてを扱うのが望ましい。このときは曲げ弾性定数は中性単分子層のものだけになる。

参考文献

- 1) J. N. Israelachvili, Intermolecular and Surface Forces, Academic Press(1992); 近藤保, 大島広行 訳, 分子間力と表面力, 朝倉書店(1996).
 - 2) M. Koga and S. Sasaki, Flow Dynamics (AIP Conference Proceedings) Vol. 832, pp. 360-363(2006).
 - 3) T. Nagai, K. Kawasaki and K. Nakamura, 1988, J. Phys. Soc. Japan, **57**, 2221-2224.
 - 4) K. Kawasaki, T. Nagai and K. Nakashima, 1989, Phil. Mag. B, **60**, 399-421.
 - 5) T. Nagai and H. Honda, 2001, Phil. Mag. B, **81**, pp.699-719; 2009, Phys. Rev. E, **80**, pp. 061903(1)-(12).
 - 6) W. Helfrich, 1973, Z. Naturforsch., **28c**, 693.
 - 7) R. H. Landau and M. J. P. Meejia, Computational Physics – Problem Solving with Computers -, John Wiley & Sons, Inc. 1997.
- (原稿受付 2012年 2月 3日)

再生可能エネルギーの利用に関する一提案

— 振動型マイクロ水力発電機の開発 —

川嶋竜之介*・宇野美津夫**

*九州共立大学共通教育センター, **九州共立大学スポーツ学部

Proposal of Renewable Energy Utilization
- Development of Oscillating type Micro Hydropower Generator -

Ryunosuke Kawashima and Mitsuo Uno

Abstract

In order to make clear the global warming, the utilization of the renewable energy resources like a solar power, wind power, hydropower, biomass, geothermal energies play the important role. Authors have been proposed the oscillating type micro hydropower generator, in which dose not have the rotating runner but is consisted of the oscillating circular cylinders, for utilizing the low energy flow like a river flow. In this paper, basic characteristics of the hydropower generation by use of the flow-induced vibration is discussed.

Key words: Renewable energy, Hydropower, Oscillating circular cylinder, Flow-Induced vibration

1. はじめに

近年のエネルギー問題, 地球温暖化問題を解決するには, 化石燃料に変わる再生可能エネルギー(風力, 水力, 太陽光, バイオマス)の実用化が重要な課題となる. 最近では, 未だ利用されていない水力エネルギー(波力, 潮汐, 海洋)の研究, 開発が積極的に行われ, 国内外を問わず実用化の動きが加速されている. さらに, 従来では効率的なエネルギー回収が困難であった, 河川や用水路のような比較的低速流れ場での水力発電, いわゆるマイクロ水力発電が大学, 自治体を中心に活発に行われている.

これまで, 著者らは河川のような低流速の流れ場からエネルギーを回収する方法として, 流れ場におかれた物体表面から離脱する渦に励振された物体の相対運動を利用した発電方法を提案してきた(図1)⁽¹⁾. 本発電方法の特徴は, 回転機構を持たないため組立, 設置が容易であり, 魚などの水生生物を羽根車で傷つけることが無いため, 環境に配慮した発電を実現できる点にある.

本報では, 実際の河川の流れを想定した実験水路に, フェライト磁石を内包した円柱(磁石円柱)およびコイルと鉄芯を内包した円柱(コイル円柱)を設置し, 水流速度変化に伴う振動状態および起電力の変化について検討を行った.

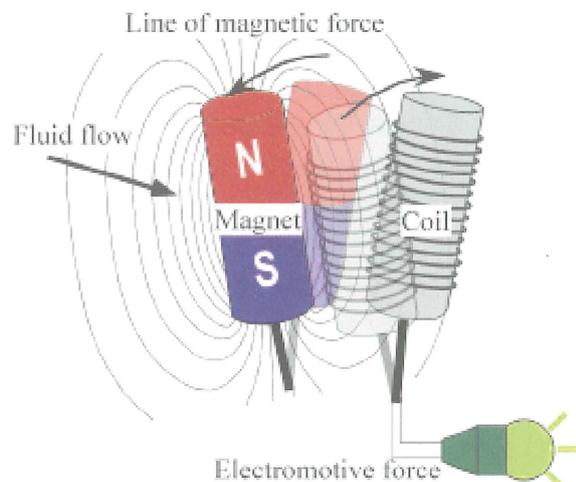


図1 振動円柱による発電原理

2. 渦励振と発電原理

図2に示すように, 流れ場に置かれた片持ち円柱状構造物は, 離脱する渦の様相(双子渦, 微細渦, 交互渦)に応じて, 流れと平行方向に振動する In-line 振動, 一見すると静止しているかのよう非常に小さな振幅で振動する Small oscillation, 流れと直角方向に振動する Cross-flow 振動に大別される⁽²⁾. ここで縦軸は振動する円柱の片振幅 A_c , を円柱直径 D で割った無次元振幅, 横軸は $St=0.2$

と仮定して算出した渦発生周波数 $f (=St \cdot U/D)$, St : ストローハル数=0.2, U : 水流速度) と片持ち円柱の固有振動数 f_N の比である. 本研究では, 比較的振幅の大きい Cross-flow 振動を利用し, 磁石円柱とコイル円柱が相対運動することで, コイルを通過する磁束密度の時間変化を引き起こし, 誘導起電力を得る.

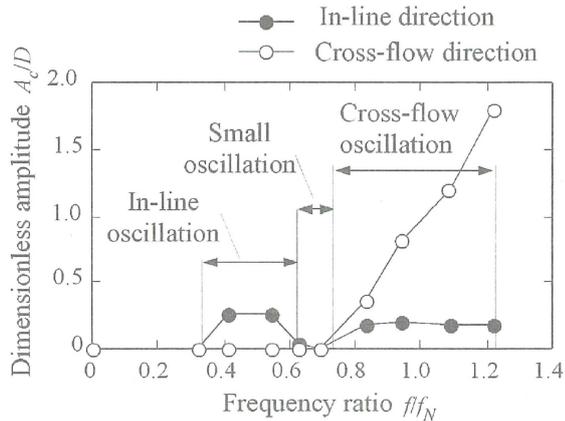


図2 片持ち円柱の振動状態の変化

3. 実験装置

実験は, 幅 0.6m, 深さ 0.45m, 長さ 20m の水路内の一部を幅 0.3m になるよう平板を挿入し, 図3に示すようなテストセクションを設けた. 両円柱は流れ方向に対し並列に配置し, In-line 振動による両円柱の衝突を防ぎ, Cross-flow 方向にのみ振動するよう, ステンレス製の平板にて支持している. 既報では, モデル試験より, 両円柱が相対運動するには $L/D < 2$ を満足する必要があることを明らかにした⁽³⁾. これを踏まえ, 本験では $L/D = 1.4$ とした. 実験で使用した円柱は直径 $D = 56\text{mm}$, 長さは $l = 260\text{mm}$, 磁石円柱およびコイル円柱の固有振動数は $f_N = 1.07\text{Hz}$ および 1.12Hz であり, 図4に示すように, 両円柱の振動特性はほぼ同一となるよう平板寸法を調整している. 実験は水流速度 $U = 0.3 \sim 0.7\text{m/s}$ の範囲で変化させ, 円柱振動状態を高速度カメラで撮影するとともに, コイルの端子間電圧を無負荷の状態にて計測した. 撮影された画像は画像処理を行い, 円柱位置変化の時系列データを採取した.

4. 実験結果

4.1 円柱振幅

図5は水流速度の変化に対する, 磁石, コイル円柱の最大振幅についてまとめたものである.

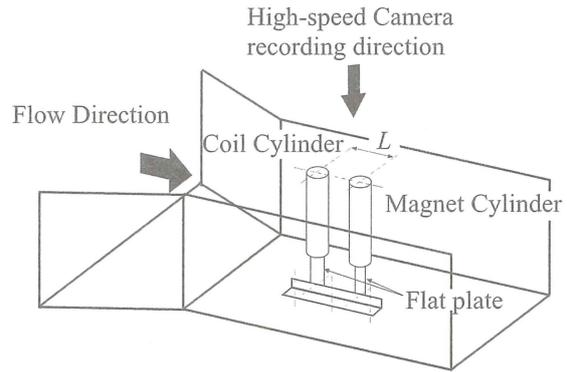


図3 試験流路概略図

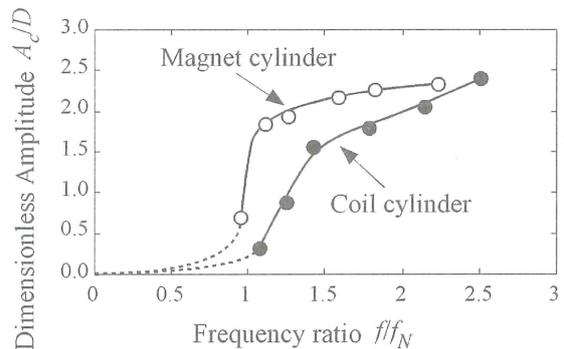


図4 試験円柱の振動特性

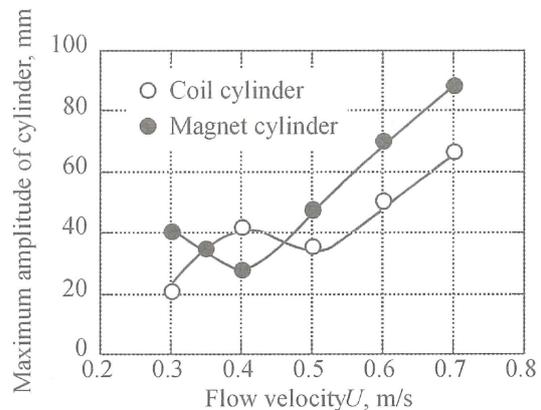


図5 円柱最大振幅の変化

$U = 0.4\text{m/s}$ の場合を除いて, 最大振幅は磁石円柱 (下流円柱) 側が大きくなる傾向を示した. モデル試験では, 円柱中心間隔を変化させた場合, 上流円柱から離脱した渦が下流円柱の振動を助長/阻害していることが, 流れの可視化から明らかとなっており, 同様の現象が現れていると推測する.

図6に高速度カメラを用いて撮影した円柱動画の一例を示す. 流れは右から左に向かい流れており, 両円柱が逆位相に近い状態で振動していることがわかる. これらの動画から各円柱中心位置の時間変化を画像処理により測定した (図7).

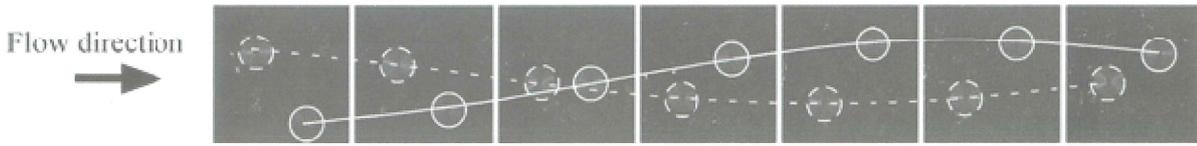
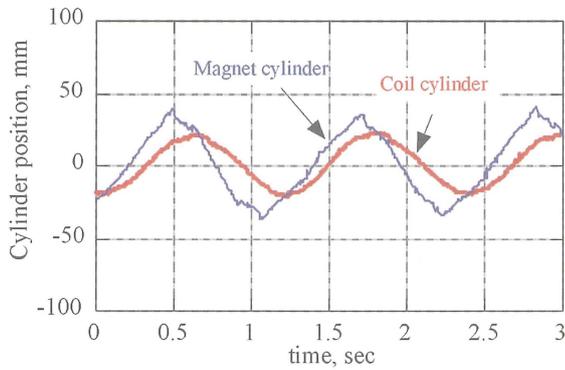
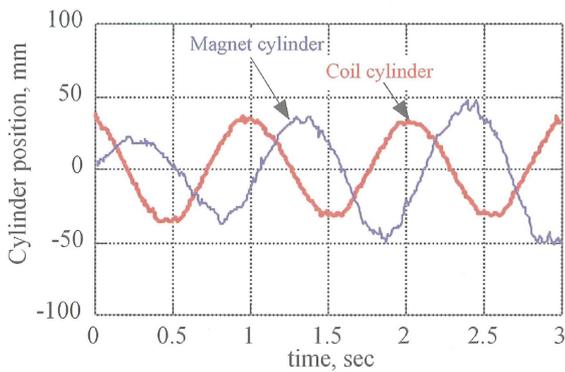


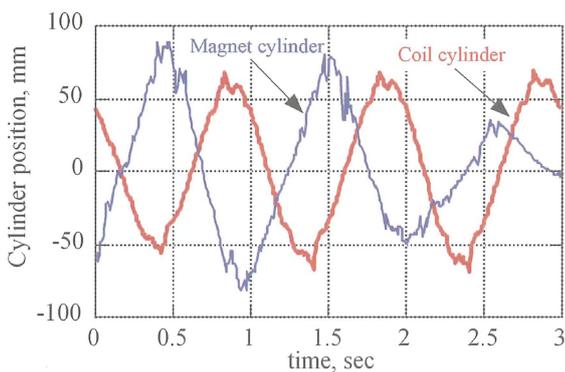
図6 円柱振動の時系列変化($U=0.7\text{m/s}$)



(a) $U=0.3\text{m/s}$



(b) $U=0.5\text{m/s}$



(c) $U=0.7\text{m/s}$

図7 円柱中心位置の時系列変化

$U=0.3\text{m/s}$ の場合、両円柱の振幅は比較的小さく、ほぼ同期した状態で振動しているが、水流速度の増加とともに、振幅は増加し、両円柱の位相差も大きくなった。 $U=0.3\text{m/s}$ および $U=0.7\text{m/s}$ の場合、

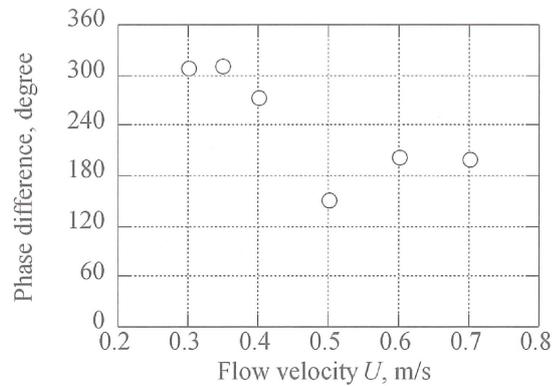


図8 円柱振動の位相差

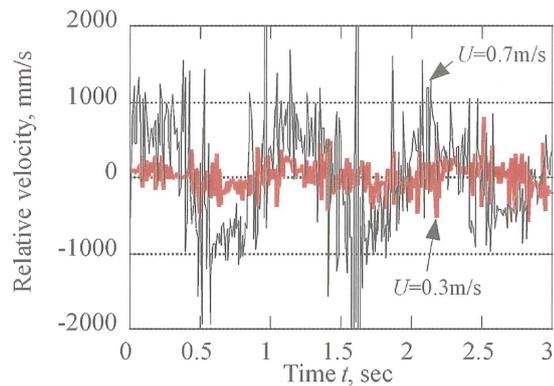


図9 相対速度の比較

磁石円柱はコイル円柱に追従して振動しているかのように観察されるのに対し、 $U=0.5\text{m/s}$ では磁石円柱が先行して振動しているように見受けられる。両円柱の位相差が水流速度変化に応じて変化していることから、上流円柱から離脱する渦が下流円柱の振動状態に大きな影響を与えていると考えられる。図8は、水流速度と両円柱の位相差の関係をまとめたものである。ここで、縦軸はコイル円柱を基準とした磁石円柱との位相差である。水流速度の増加とともに、位相差は 300deg 近傍から 180deg 、すなわち逆位相に近い振動状態へと変化している。

誘導起電力はファラデーの法則から、両円柱の相対運動、すなわち相対速度が支配的なパラメータとなる。そこで、 $U=0.3$ および 0.7m/s の場合での、コイル円柱を基準として求めた相対速度につ

いて図9に示す。円柱振幅および振動位相差の相互作用により、円柱の相対速度が大きく変化することがわかる

4.2 誘導起電力

図10は水流速度変化に対する最大起電力の変化についてまとめたものである。水流速度の増加に伴い、得られる起電力もほぼ直線的に増加する。

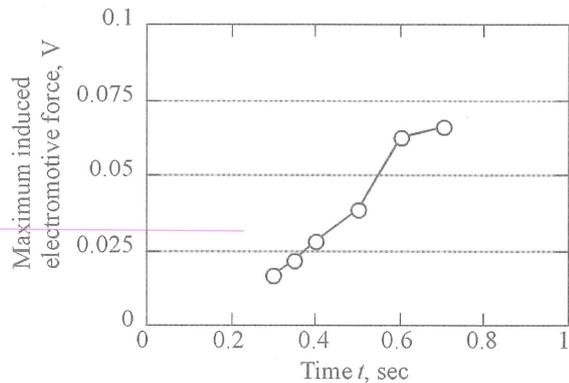
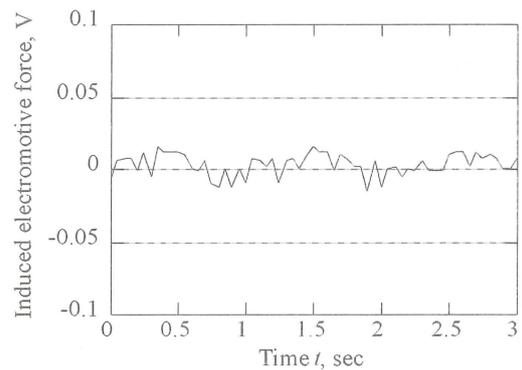


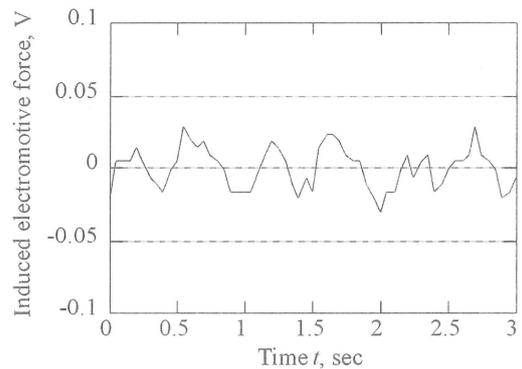
図10 最大起電力の変化

図11に $U=0.3, 0.5, 0.7\text{m/s}$ 時に得られたコイル端子間電圧の時系列変化を示す。 $U=0.3\text{m/s}$ の場合は起電力波形の頂点は確認できるものの、全体的にA/D変換器のノイズに埋もれているため、明確な起電力波形は得られなかった。 $U=0.5$ および 0.7m/s の場合、明確な起電力波形が観察され、図8, 9の振動周期と比べ、約2倍の周期で変動している。また、起電力波形のピークは周期的に増減している。これは、振動する磁石円柱の磁束密度分布と円柱の相対速度の相互作用が影響していると考えられる。最大起電力が得られるのは、磁束が最も密な磁石円柱近傍を最大相対速度で円柱が通過する場合、すなわち完全な逆位相状態の場合である。完全な逆位相で無い場合は、コイル円柱が横切る磁束密度分布の粗密が振動1周期中で異なるため、図11(b),(c)のように起電力波形のピーク値が周期的に変化するものと考えられる。

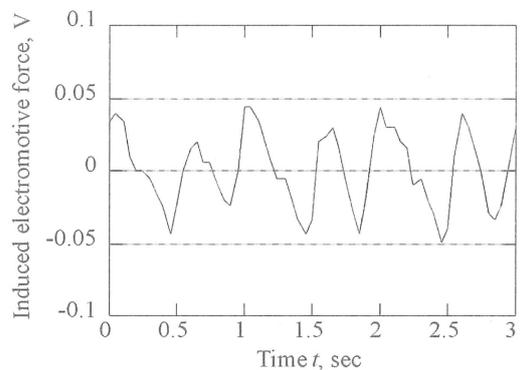
図12は、 $U=0.7\text{m/s}$ 時での起電力変化を30秒間計測したものである。比較的長い周期(10秒間程度)で、起電力波形が変動している。円柱の振動状態を確認したところ、ほぼ同程度の周期で振動振幅が変動していた。静止した流れ場中でコイル円柱のみを強制的に振動させたところ、これに追従して磁石円柱も振動し始めた。すなわち、図12のような現象は、コイル円柱内の鉄芯が磁石に引き寄せられるため、円柱振動状態が変化したものと考えられる。なお、鉄芯を取り除いた状態で実



(a) $U=0.3\text{m/s}$



(b) $U=0.5\text{m/s}$



(c) $U=0.7\text{m/s}$

図11 誘導起電力の時系列変化

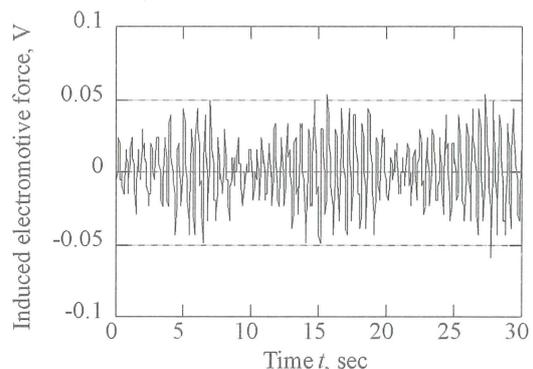


図12 起電力変化($U=0.7\text{m/s}$)

験を行ったところ、図12のような変動は現れなかった。

4.3 単独振動の場合

本発電装置は比較的柔軟な構造ため、流木などの衝突を防ぐ必要がある。そこで、上流側円柱を固定し、これを防護策としての利用を考えた。しかし、固定された円柱から生ずる渦の発生周波数は先に述べた片持ち円柱と大きく異なり、 $St=0.2$ で特徴づけられた渦特性を持つ。そこで、上流側円柱を固定した状態で振動状態撮影を行った。 $St=0.2$ より算出した上流側円柱の渦発生周波数は2.5Hzであったが、図13に示すように、下流側円柱はほぼ固有振動数と一致した周期(約1Hz)で振動している。また、その振幅も両円柱が振動した場合とほぼ同程度であることから、下流側円柱よりさらに後流側に円柱を配置しても、両円柱振動と同じように振動すると言える。よって、上流側円柱を固定した場合でも、本発電手法には何ら問題が無いことが確認できた。

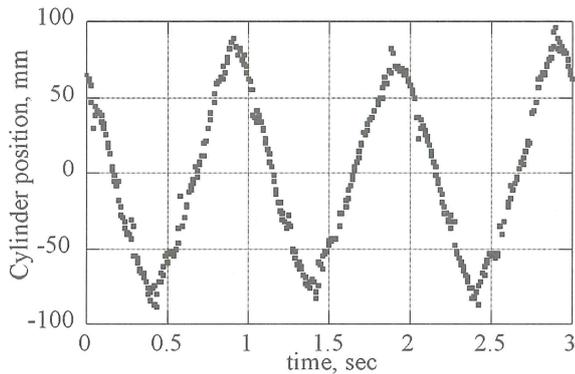


図13 下流側円柱の振動状態($U=0.7\text{m/s}$, 上流側円柱固定)

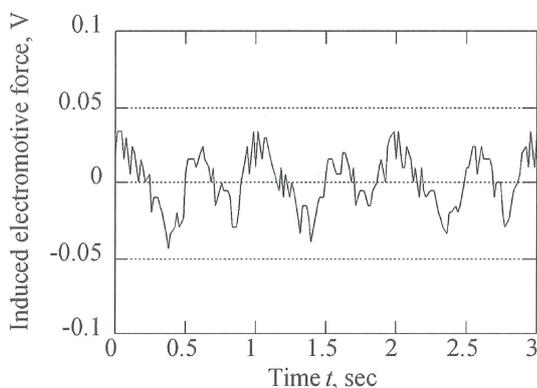


図14 起電力変化
($U=0.7\text{m/s}$, 上流側円柱固定)

5. 結言

河川のような緩やかな流れ場よりエネルギー回収する一手法として、渦励振による物体振動を利用した発電方法を提案し、実際の河川の流れを想定した流れ場での発電試験を行った。その結果、以下のことが明らかとなった

1. 水流速度の増加とともに、振動する円柱の振幅は増大した。また、振動円柱を複数、配置した流れ場においても、単独配置状態とほぼ同じ振幅特性を持つため、複数配置した円柱の振動特性は単独配置時の試験から推定できる。
2. 低水流速度の場合、両円柱振動の位相差は約300degであり、速度増加に伴い位相差は小さくなり、逆位相に近い振動状態となった。そのため、両円柱の相対速度は増加した。
3. 磁石と鉄芯間に働く引力に起因した、比較的長い周期の起電力変動が現れた。
4. 上流側円柱を固定した場合でも、下流側円柱は両円柱が振動した状態と同じ振動状態を維持できる。

参考文献

- (1)宇野・川嶋, 円柱の渦励振現象を活用したマイクロ水力発電の提案, 第59回ターボ機械協会総会講演会論文集(2008),178-183. もしくは Uno,M. Kawashima,R. Nakayama,S., 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(2008),IAHR-61,CD-ROM.
- (2)Kawashima,R. Uno,M., Observation of the Flow-Induced Vibration and the Vortex Shedding Around a Cantilever Circular cylinder with Surface treatment, Proceedings of The 6th KSME-JSME Thermal and Fluids Engineering Conference(2005),CD-ROM, EB-02.
- (3)宇野・川嶋, 水力エネルギーによって振動する2本の片持ち円柱の最大振幅発生条件(2007, 東広島),日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, 159. (原稿受付 2012年3月15日)

酸素ガス雰囲気内で斜め蒸着法で形成したチタン酸化薄膜の研究(3)

(色素増感型太陽電池の開発)

能智 紀台¹, 横野 照尚², 生地 文也¹, 水井 雅彦³

九州共立大学総合研究所¹, 九州工業大学工学部², 九州共立大学共通教育センター³

Dye Sensitized Solar Cell composed by applying the Oblique Evaporated Method to prepare the Ti oxide films with the both nanostructured columnar and controlled porosity

N. Nouchi, T. Ouno, F. Shoji and M. Mizui

Abstract

Dye Sensitized Solar Cell, DSSC, which is usually based on randomly porous nanostructured TiO₂ particles, has been expected as the voltaic cell for the next generation. Aiming to improve the solar conversion efficiency and its reliability, we have been investigating DSSC, applying the Oblique Evaporated Method to prepare the TiO₂ film layer with the both nanostructured columnar and controlled porosity. It is found in our experiment that the certain DSSC, which is prepared at the films mentioned above, can generate the electric power more than 2 times in comparison with the conventional layer sintered at 400 degree. It is concluded that the adsorption of dye grew with the increase of surface area.

Keywords: Dye Sensitized Solar Cell, Titanium dioxide, Oblique Evaporated Method

1. 緒言

色素増感型太陽電池は、安価な素材を利用し製造プロセスが容易なため、結晶シリコン型太陽電池に比べて大幅なコストダウンが期待出来る次世代の太陽電池である。

図1を用いて従来の色素増感型太陽電池(今後略して太陽電池と呼ぶ)の構造、動作原理及び課題について記述する。2枚の透明電極層A、Bの間に微量の有機色素を吸着させた二酸化チタン層と電解液を挟み込んだ単純な構造である。300~800nmの光の照射に伴って有機色素から放出した電子を二酸化チタン粒子層に導き、この層と

接合している透明電極層Aに注入して外部に電子が導かれる。そして、上記の電子は、他透明電極層Bの表面に積層した白金層膜の表面において、接触しているレドックス系の電解液内に存在する酸化還元対(例えばI₃/I)の酸化体を還元する還元反応(例えばI₃をIに還元する)を行う。還元された還元体は、電子が欠損している色素に電子を与えると色素は元の状態に戻り、色素が再生する。このような反応が継続的に起こると、連続的に電気エネルギーを取り出すことが出来る。しかし、従来においては、ナノメートルサイズの二酸化チタンTiO₂粒子を分散させたペースト層

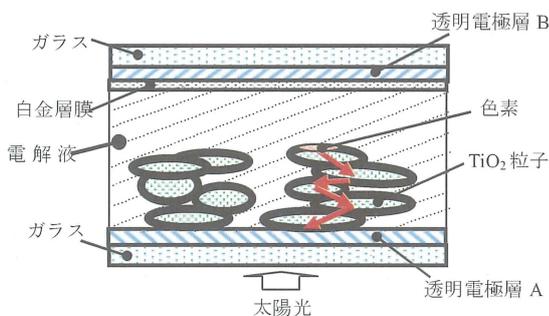


図1 従来の色素増感型太陽電池の構造：二酸化チタンペーストを塗布後、高温で熱処理

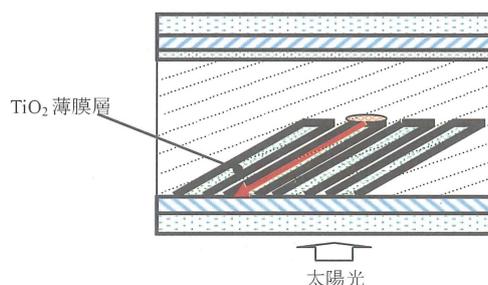


図2 本研究の色素増感型太陽電池の構造：斜め蒸着法で二酸化チタン薄膜層を構成。他構成材は図1と同一。

を塗布した後高温で焼結させているため、二酸化チタン粒子が不規則に積層される。これらの構造及び製法に起因して、二酸化チタン粒子の全表面にわたって有機色素が吸着出来ないため、外部に取り出せる電流（電子の数でもある）が十分ではない。また有機色素が光を吸収して生成する電子は、透明電極層Aに達するまでに粒界散乱を繰り返して移動するため、効率的に移動する状態ではない。さらに、透明電極層Aと直接接するTiO₂微粒子は緩い接合状態でもあるために、これらは実質的には内部抵抗が大きいという課題を抱えている。これらの課題は、変換効率の向上に大きな障害となっている。しかも、透明電極層Aと直接接するTiO₂微粒子の間の緩い接合状態は、両者間の付着力が強固ではないために、曲げ変形などが加わったりあるいは長期にわたる温度サイクルの履歴に伴い両者が剥離する等信頼性に課題を抱えている。

一方、本研究者は、斜め蒸着法^{*1)}の特徴を活かした薄膜型磁気テープの研究を長年にわたって行い、斜め蒸着法の自己陰影効果を適用した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規則的に設けた二酸化チタンTiO₂薄膜層を設けた光触媒層を提案しその有効性を発表している^{*2)}。

図2に示すように、本研究による太陽電池は、これら斜め蒸着法で培った知見をもとにして、従来の太陽電池で見られる二酸化チタン粒子層を、斜め蒸着法を適用して傾斜柱状粒子及び粒子間に微細な空隙を規則的に設けた二酸化チタン薄膜層で構成するものであり、従来の太陽電池で抱えていた変換効率及び信頼性の向上が可能な構造及び製法である。すなわち、有機色素は柱状構造粒子の頭部以外に側壁部分にも吸着されるため、吸着される有機色素が大幅に増大する。しかも二酸化チタン薄膜層は光学的に透明でもあるため、照射された太陽光を効果的に導くため有機色素の励起が増加する。さらに、有機色素の励起で生成した電子が伝導するTiO₂層内では電子散乱が少ないため、生成した電子はTiO₂層内を効率的に移動する。即ち、また、同一真空装置内で継続して透明電極層AとTiO₂薄膜層を形成すると、両薄膜の界面は金属原子の相互拡散により強固な付着力を有する。従って、従来の太陽電池と比較して、本研究による太陽電池は、変換効率及び信頼性の向上が可能な構造及び製法である。

本報告では、本研究がねらいとする太陽電池に関する得られた結果とともに、従来のペースト塗布による太陽電池の試作で得られた結果の一部も併せて報告するものである。

2. 実験方法、計測及び解析方法

2.1 ペースト塗布による電池試作

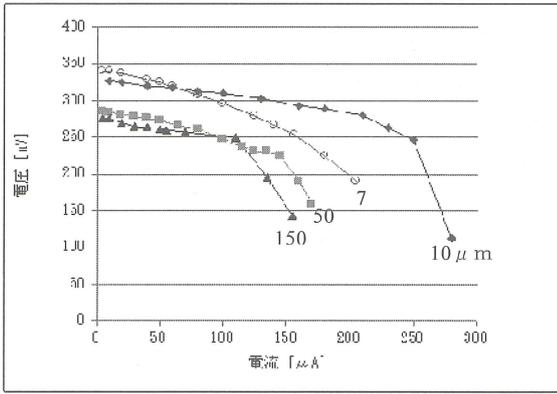
ガラス上に設けた透明導電 (ITO) 薄膜層 A の表面に、1.5cm 角の窓を切り抜いた所定厚みのプラスチックフィルムを密着させて敷き、この窓部内に二酸化チタン TiO₂ 粒子を含んだペーストを塗布する。30 分間の自然乾燥を行った後、該フィルムを除去し、400°C の電気炉内で窒素ガスを流しながら 1 時間の焼き付けを行なう。その後、室温まで自然冷却を行い試料を取り出し、6w のブラックライトを内蔵したプラスチック容器内に 15 時間放置する。続いて、試料を取り出し、二酸化チタン TiO₂ 粒子層の表面に所定量の有機色素を滴下する。他方の透明導電 (ITO) 薄膜層 B の表面に、厚み 5 nm の白金層膜を真空蒸着装置内で積層する。大気に取り出した後、白金層膜の表面に所定量の電解液を滴下する。最後に、両ガラスを接合して電池を構成する。なお、プラスチックフィルムの厚みを 7~150 μm の範囲に変化させペースト厚みと電池性能との関係を検討する。今回の試作に用いた有機色素は SOLANIX(スイス)製の「ルテニウム 535-bisTBA」であり、電解液は西野田電工製のヨウ素系のレドックスを含む電解液「B-D1」である。

2.2 二酸化チタン薄膜による電池試作

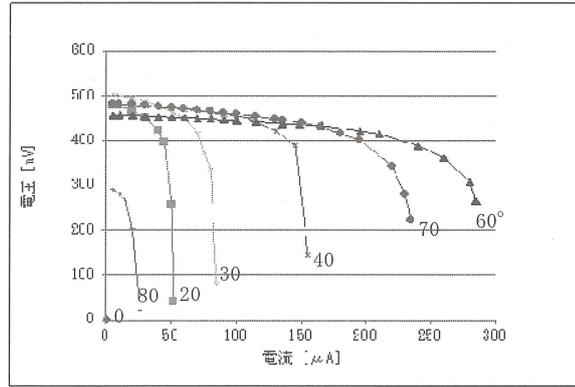
ガラス上に設けた透明導電 (ITO) 薄膜層 A 上に、斜め蒸着法を適用し、電子ビームを加熱源とし、蒸発材として TiO 粒子を選択し、基板温度を 200 °C、膜の厚みを 0.5 μm、成膜時の酸素分圧を一定の 7×10^{-4} Pa として、入射角を変数として二酸化チタン薄膜を成膜する。成膜後、試料を大気中に取り出し、両透明導電 (ITO) 薄膜層 A, B を含むガラスを接合して電池を構成するに至る手順は、2.1 項での記述と全くすべて同一である。従って用いた色素と電解液は 2.1 項で記したペーストを塗布した電池に用いたものと同じであり同じ量が用いられ、2.1 項と異なるのは、二酸化チタン層の構成法のみが異なっている。

2.3 電池性能の計測方法

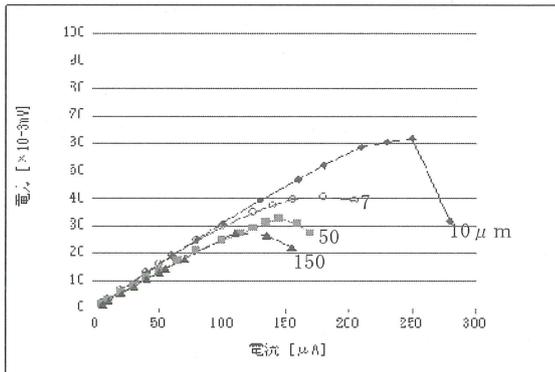
模擬の太陽光源として 500W のハロゲン電球を使用し、光源と試料間の距離を 24cm とし、試料



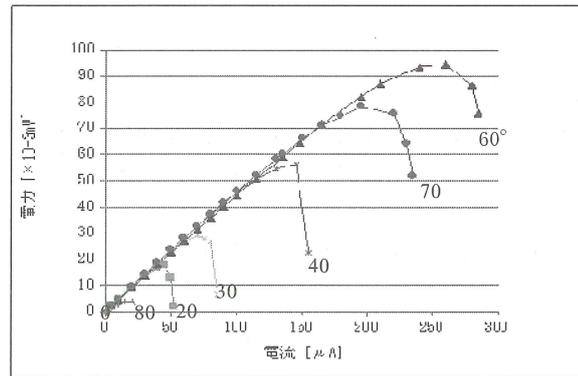
a) 電流と電圧との関係



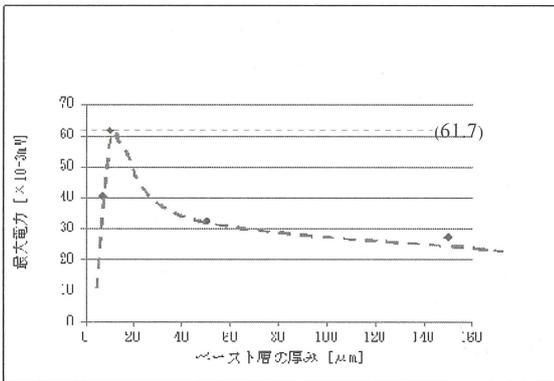
a) 電流と電圧との関係



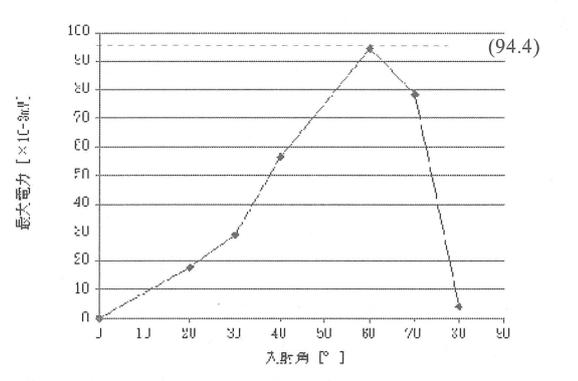
b) 電流と電力との関係



b) 電流と電力との関係



c) ペースト厚みと最大電力との関係



c) 入射角と最大電力との関係

図3 ペースト厚みの電池性能に及ぼす影響：図1にあらわした構造のDSSC

図4 斜め蒸着法における入射角の電池性能に及ぼす影響：図2に表した構造のDSSC

と連結した可変抵抗器の抵抗を変えて電圧及び電流を計測する。なお透明導電 (ITO) 薄膜層 A を構成しているガラスの裏面から光を照射するものであり、この裏面には 1.0cm 角の窓を切りぬいた黒のビニールテープを貼りつけ、被測定領域の面積を一定の 1 cm² としている。

2.4 薄膜の構造解析

入射角を変数として成膜した薄膜の結晶性を調べるために、成膜後 CuK α 線を使った XRD による構造解析を行う。詳細な記述を省くが、入射角全てにわたって(101)面をもったアナターゼ構

造の二酸化チタン薄膜であることを確認している。

3. 実験結果および考察

3.1 二酸化チタンペーストを適用した太陽電池におけるペースト厚みの影響

図3は、ペースト厚みを変数として試作したペーストタイプの太陽電池に関する電池性能を示す。同図内の a), b) は、電流と電圧との関係、電流と電力との関係をそれぞれ表す。c) は、b) に於いて求めた個々のペースト厚みにおける

最大電力とペースト厚みとの関係を表す。10 μm のペースト厚みで極大値 61.7 $\times 10^{-3}\text{mW}$ を有している。その理由について実験的に実証していないが、以下のように推測している。ペースト厚みの増加に伴い、TiO₂ 微粒子の表面に吸着する有機色素は増加する。一方、有機色素の励起で生じた電子が透明電極層 A に達するまでに受ける粒界散乱の頻度が高まること、ペーストで塗布し高温で焼き付けて構成した二酸化チタン粒子層は白色状であるためチタン粒子層の厚みの増加に伴って透過する太陽光の強度が弱まること等が起因して、最大電力がペースト厚みに伴い極大を呈したと推測する。

3.2 斜め蒸着法による二酸化チタン薄膜を適用した太陽電池における入射角の影響

図 4 に、斜め蒸着法を適用して形成した二酸化チタン TiO₂ 薄膜層を用いた太陽電池において、入射角の電池性能に及ぼす影響を示している。同図内の a), b) は、電流と電圧との関係、電流と電力との関係をそれぞれ表す。c) は、b) に於いて求めた個々の入射角における最大の電力と入射角との関係を表す。最大電力は、60 度の入射角で 94.4 $\times 10^{-3}\text{mW}$ の極大値を有していること、従来のペーストタイプと比較して、約 1.5 倍(=94.4/61.7)の電力値を得ていることが分かる。この理由について未だ究明されていないが、今後傾斜柱状粒子及び粒子間に微細な空隙を規則的に設けた二酸化チタン薄膜層に関する結晶学的性質、表面性状の一層の解析を通して、原因究明を進めていく必要がある。

3.3 ブラックライト照射の電池性能に及ぼす影響

図 6 に、斜め蒸着法で積層した二酸化チタン薄膜層を形成後にプラスチック容器内

で行うブラックライトの照度の変化に伴う電池性能の挙動を示している。照射が無い場合、6W 及び 33W の照射に対しそれぞれの最大電力が 65, 94.4, 129.5 $\times 10^{-3}\text{mW}$ であり、照射強度の増加に伴って最大電力が増加すること、従来構造の太陽電池と比較して最大で 2.09 倍(=129.5/61.7)であることが分かる。これは同図 a) に見られるように、短絡電流の増加に起因しているものであることが分かる。即ち、有機色素を吸着させる直前に行なうブラックライト照射に伴い、光触媒反応が生じて二酸化チタン薄膜層表面に吸着していた有機物を除去したため、有機色素の吸着が可能な二酸化チタン薄膜層の表面積が増加し、短絡電流が増加したものと推測している。

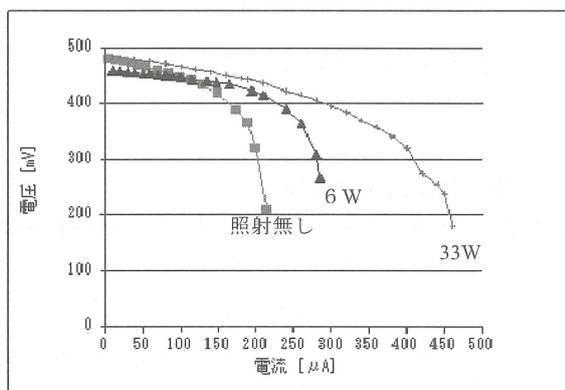
4. 結論

斜め蒸着法を適用し入射角を変数として成膜した二酸化チタン薄膜層を適用した色素増感型太陽電池に取り組んでいる。その結果、次のことが分かった。

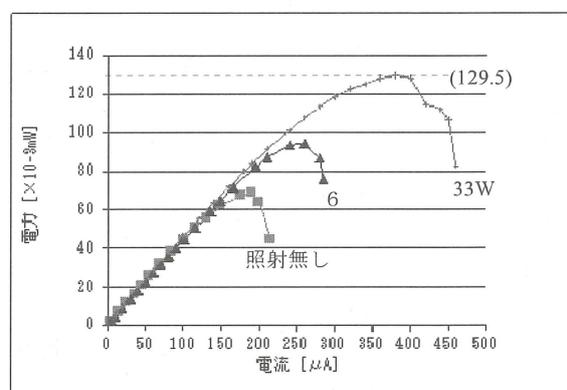
- 1) 電池が発生する電力は、成膜時の入射角に依存し 60 度の入射角で極大値を有する。この値は、ペーストで二酸化チタン層を構成する従来構造の太陽電池と比べ約 1.5 倍の値である。
- 2) 有機色素を塗布する直前に行うブラックライトの照射強度の増加に伴って電力が増加すること、従来構造の太陽電池と比較して最大で 2.09 倍(=129.5/61.7)の電力を得る事が出来た。

参考文献

- (1) D.E.Speliotis etc., J.appl.phys.36,pp.972(1965)
- (2) 特開 2005-52705
(原稿受付 2012 年 2 月 6 日)



a) 電流と電圧との関係



b) 電流と電力との関係

図 6 ブラックライト照射に伴う電池性能の挙動:図 2 に表した構造の DSSC

アルコール投与されたラットのアルコール濃度に及ぼす 乳酸菌産生物質 (PS-B1) 摂取の影響

石橋 源次*、宮崎 美絵*、本多 英敏**、榊原 隆三***

*九州女子大学家政学部、**バイオジェノミクス、***長崎国際大学薬学部

Effects of Fermented Product Cultivated from Soybean Milk Using Lactic Acid Bacteria,
PS-B1 on Blood alcohol Levels in Rats

Genji Ishibashi, Yoshie Miyazaki, Hidetoshi Honda and Ryuzou Sakakibara

Abstract

The fermented products from milk whey (PS-B1) was cultivated using of *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Acetobacter* and *Saccharomyces* etc. The effect of PS-B1 on blood alcohol and acetaldehyde levels in rats was examined. When PS-B1 was administered orally to rats 30 min before oral administration of alcohol the blood alcohol and acetaldehyde concentration decreased dose-dependently and the time to reach the blood alcohol and acetaldehyde concentration was delayed significantly, without changing the disappearance time of blood alcohol. The ethanol remaining in the stomach was significantly higher with oral administration of PS-B1. A high negative correlation between the blood alcohol concentration and the alcohol remaining in the stomach was observed. These results suggest that slowing of gastric emptying is the major mechanism responsible for the decreasing and delaying actions on blood alcohol levels by PS-B1.

Keywords: fermented products from milk whey (PS-B1), blood alcohol, blood acetaldehyde
乳酸菌産生物質、血中アルコール、血中アセトアルデヒド

1. 緒言

乳酸菌代謝産生物質 (PS-B1) を含む食品の一つである乳酸菌発酵物は豆乳を栄養源とし、乳酸菌を中心とした複合 (共棲) 培養から調製した発酵液をろ過したものである。この PS-B1 の生理活性として、これまでにガン細胞増殖抑制作用や肝硬変予防作用、アレルギー予防、炎症性腸疾患治療、感染症予防、血圧抑制等、また、従来の整腸作用の他に生体に対して多くの健康増進効果をもたらされる等の極めて興味深い生理活性が *in vitro* で見いだされている^{1,2)}。

アルコール代謝、特に、二日酔いの改善や予防のためとしてクルクミン、セサミンを主体とした飲料が多く市販され、その有効性も確認されている。飲酒前あるいは油脂を多く含む料理や脂肪含有量の多いバター、チーズなどの食品を摂取すると酒酔いが軽減されることが知られている³⁾。その他、多くの食品及び食品成分が、アルコール代謝に影響を及ぼす研究が数多くなされている。

一連の研究を重ねるうちに PS-B1 を飲酒前に飲んでおくと「二日酔いしない」、「悪酔いをしない」などの

主観的な体験に関するコメントがあること及びこれまでの研究から PS-B1 は、肝臓の機能に対して有効な生理作用を有し、アルコール代謝を改善することが推察される。

このような事実から PS-B1 が、ラットのアルコール代謝にどのような作用を有するかを検討するために、飲酒前に PS-B1 を与え、アルコール投与後における体内のアルコール及びその代謝物について検討した。

2. 実験方法

2.1 乳酸菌産生物質 (PS-B1) の調製

豆乳を培地とし、ヒト由来の乳酸菌群を中心に、*Lactobacillus* 属 (*acidophilus*, *casei*, *bulgaricus*, *pracasei*, *delbrueckii*, *gasseri*, *brevis*)、*Bifidobacterium* 属 (*longum*, *bifidum*, *adolescentis*) 等、21 株の菌を一定条件下で複合 (共棲) 培養し、濾過精製後得られた発酵液をバイオジェノミクス K・K より提供を受けた。

乳酸菌産生物質 (PS-B1) 原液を常法に従って凍結乾燥すると、100mL から 4.4g の黄色粉末が得られ、

この粉末を実験試料として用いた。

2.2 実験動物

実験動物はウイスター系雌性ラットを九動動物飼育所(熊本)より入手し、1週間の予備飼育後、実験に供した。試験終了後、断頭法により採血した。同時に、消化管組織の状態を肉眼的に観察し、胃を摘出し分析に供するまで -80°C に冷凍保存した。実験は、九州女子大学倫理委員会の承認を得て、実施した。

2.3 乳酸菌生産物質とエタノールの投与

実験の前夜から絶食させた体重250g前後のラットに乳酸菌生産物質の水溶液(投与量は、低用量0.25および高用量0.5g/kg体重)を胃ゾンデによって経口投与した。その30分後に、20%(W/V)濃度で調整したエタノール水溶液を2g/kgとなるように経口投与した。対照群は乳酸菌生産物質と同量の0.9%食塩水を経口投与した。

2.4 ラットの血中アルコールおよびアセトアルデヒド濃度の測定

アルコール投与後、30分、60分、120分後にラットの腹部大動脈より採血をした。採血後、全血を直ちに、氷冷した1N過塩素酸溶液4mL中に全血0.5mLを採集した。遠心分離後、上澄液0.1mLとり、市販のエタノール測定キット(インターナショナル)を用いて測定した。

血中アセトアルデヒド濃度の測定は、遠心分離後の血清1mLに氷冷した1mLの1モルの過塩素酸水溶液を添加し、遠心分離後の上清液を1Nの水酸化カリウムでpH8に調整し遠心分離後の上清液を試料として用いた。この液 $20\mu\text{L}$ を用いて市販のアセトアルデヒド測定キット(インターナショナル)を用いて測定した。

2.5 乳酸菌生産物質のアルコール脱水素酵素活性への影響

凍結乾燥した乳酸菌生産物質1gを10mLのpH8.0、1N-リン酸緩衝液に溶解し調製した。この調製用液を試料として用い、1mg、2mg及び3mgを添加した。酵母由来のアルコール脱水素酵素(オリエンタル酵母製)をpH8、1N-リン酸緩衝液に溶解し1mg/50 μL になるように調製した。アルコール脱水素酵素活性の測定は、市販の基質をイソプロピルアルコールとしたアルコール脱水素酵素分析キット(Biovisin)を用いて測定し、生成されるNADHを450nmの吸光度を測定し、アルコール脱水素酵素活性は、 $\text{NADH}/\text{反応時間}\times\text{試料量}\times\text{希釈倍数}=\text{nmol}/\text{min}/\text{mg}$ で示した。

2.6 胃のアルコール排出速度の測定

ラットに乳酸菌生産物質を経口投与し、その30分後に経口エタノールを投与し、30分後、60分後及び120分後に断頭法にて採血後、胃の幽門部と噴門部を結紮した後、胃を摘出した。

2.7 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 $p<0.01$ をもって有意とした。

3. 実験結果

3.1 血中のアルコール濃度の経時過程

図1には、250mg(低用量)および500mg(高用量)の乳酸菌生産物質をアルコールの投与前30分経口投与したときの血中アルコール濃度の経時過程を示した。血中のアルコール濃度は、アルコール投与30分後には、上昇し60分後が最も高い濃度となり、120分後にはかなりの量まで低下した。PS-B1の低用量、高用量のいずれの場合でも血中アルコール濃度が、対照よりもいずれの時間においても低い濃度となった。PS-B1高用量の場合、120分後にはほぼ対照前の濃度まで低下した。

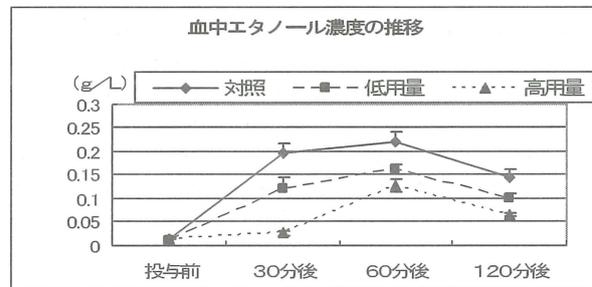


図1. 血中アルコール濃度の経時過程

3.2 血中アセトアルデヒド濃度の推移

図2には、250mg(低用量)および500mg(高用量)の乳酸菌生産物質をアルコールの投与前30分経口投与し、30分後、60分後及び120分後の血液アセトアルデヒド濃度の経時過程を示した。



図2. 血中のアセトアルデヒド濃度の経時過程

対照の血中アセトアルデヒド濃度は、30分後、60分後と急激な上昇を示し、60分後が最も高い濃度となり、120分後には対照群と同量の量まで低下した。PS-B1の低用量、高用量のいずれの場合でも血中アセトアルデヒド濃度が、対照よりも30分後、60分後にはかなり低い濃度となったが、120分後にはほぼ対照前の濃度まで、PS-B1投与群、対照

群ともに低下した。

3.3 アルコール脱水素酵素活性 (ADH)

アルコール脱水素酵素への影響を検討するために、PS-B1 を1mg、2mg及び3mg添加し、酵素活性を測定した結果は、図3に示すようになった。

PS-B1 を添加するとアルコール脱水素酵素の活性は、ほぼ直線的に上昇し、添加量が多いほど酵素活性も高くなり促進することが確認された。

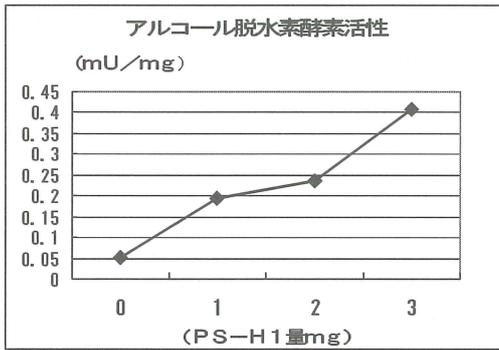


図3. アルコール脱水素酵素活性に及ぼす乳酸菌生産物質の影響

3.4 胃内の残存アルコール濃度

PS-B1 投与、30分後にアルコールを投与し、30分後、60分後及び120分後に胃を摘出し、重量の測定と胃内に残存しているアルコール量を測定した結果を図4に示した。

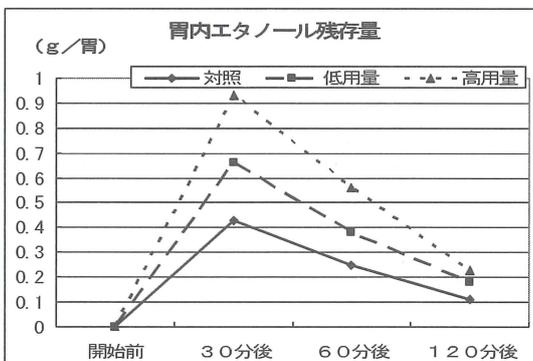


図4. アルコール投与後の胃内アルコール残存量の経時過程

2g/ラットのアルコール量を投与し、胃内に残存しているアルコール量は、30分後でPS-B1 高用量の30分後の残存率は55%、低用量34%、対照群20%となった。

本結果より、対照群ではアルコールが速やかに消失（吸収）し、PS-B1 投与により、アルコールが胃内に残留する時間が長いこと、また、PS-B1 の投与量が多いほど残存量が多くなった。

4. 考察

飲酒によって摂取されたアルコールは、肝臓でおも

にアルコール脱水素酵素 (ADH) によってアセトアルデヒドに分解される。ヒトのADHには、通常型と異型があり、通常型は働きが不活発であるのに対し、異型は働きが活発で、アセトアルデヒドの産生を促す。日本人には、異型が多く飲酒をすることで簡単にアセトアルデヒドの影響を受けやすく、酒に弱い特徴をもつ人種であるかもしれない⁴⁾。

一方、産生したアセトアルデヒドは、アセトアルデヒド脱水素酵素 (ALDH) により酢酸と水素に分解される。その後、最終的には炭酸ガスと水にまで分解されて体外へ排出される。ALDHにも活性型と不活性型の遺伝子多型があり、モンゴロイドの半数は不活性型である。そのため日本人の多くは、アセトアルデヒドの分解が遅く「二日酔い」になりやすい民族であるといわれている⁵⁾。

今回の実験で、血中アルコール濃度は、アルコール投与後30分～60後にピークとなり、その後、速やかに血中から減少している。血中エタノール濃度の上昇は、対照で最も高くなり、PS-B1 投与で血中アルコール濃度の上昇が抑えられた。

胃、十二指腸、小腸等の臓器に特異的な変化を引き起こしているか否かを肉眼的に詳しく検討した。その結果、PS-B1 投与によってラットの胃に膨満が認められ、投与量が多いほどその膨満の割合が高かった。

また、膨満の割合はPS-B1 投与30分後が最も大きくなり、120分後は、対照、PS-B1 のいずれもほぼ膨満は認められなかった。また、膨満の割合が高いと胃内のアルコール残存量も高くなった。

ココナッツ油の経口投与により血中アルコールレベルが変動し、この変動には投与用量と応答関係が成立する。また、ココナッツ油の経口投与によって胃内アルコール濃度、胃内容物量、胃内アルコール量、胃内アルコール残存率が有意に高くなり、ココナッツ油による血中アルコール濃度の低下は、胃内アルコール残存率と高い相関がみられたと本実験結果と同様な報告がある³⁾。

血中アルコールレベルの変動には、胃内アルコールの吸収や排出速度の遅延が密接に関係している可能性が高いと推定できる。

PS-B1による血中アルコール濃度の上昇が対照群よりも低くなったことは次のような機構が推察される。胃の運動状態がエタノールの吸収においておもな律速因子となっていることが知られており、アルコールの胃排出速度の遅延がエンテロガストリンのような消化管ホルモンにより胃の運動を抑えること、また、浸透圧が高くなった可能性もある。その場合には、十二指

腸内の圧受容体を介して胃内アルコールの排出が遅れる可能性も推定できる⁶⁾。

一方、胃の膨満が観察されたが、胃の排出機能は神経系および内分泌系によっても調節されており、これらの機能が胃におけるアルコールの排出とどのように関係しているかについても今後明らかにする必要がある。

一般に、胃から小腸にアルコールが移動する速度は、アルコールが吸収される速度によって影響をうけるので、胃の排出速度が遅いときには、アルコールの吸収がおくれ、しかも血中アルコールの濃度も低くなることが推定されている。

PS-B1 の血中アルコール濃度の上昇を抑える機構は、酵母由来のアルコール脱水素酵素活性に対してPS-B1 は、その活性を亢進(図3.)させていること、また、胃内の残存アルコールが多くなっていることによると推察される。

PS-B1 投与により、血中アセトアルデヒド濃度が、対照群よりも低くなる結果となった。

アセトアルデヒドは、胃炎、むかつき、渴きなどの「二日酔い」の症状を引き起こす。また、発がん物質として知られており⁸⁾、大腸がんとアセトアルデヒドの関係も報告されている⁷⁾。

大久保等⁷⁾は米糠、小麦、サトウキビなどに含有されているワックスをケン化分解して得られるポリコサノールが、飲酒後の血中アセトアルデヒド濃度の上昇を軽減する。

この機構は、ポリコサノールにアセトアルデヒド脱水素酵素活性(ALDH)の亢進、ADL以外の解毒機構などアセトアルデヒドの代謝経路に何らかの影響を与えて、活性化している可能性を示唆される。

一般に、フルクトースには体内のアルコール代謝過程で産生されるNADHを再酸化し、アルコール代謝を促進する働きがあるとされている。

このように、食品成分中には、肝臓におけるアセトアルデヒド脱水素酵素を活性化し、アセトアルデヒドの分解を促進させる成分がある。

PS-B1 投与による血中アセトアルデヒド濃度が、対照群と比較して有意に低くなった。

この理由は、PS-B1 に、肝臓におけるアセトアルデヒド脱水素酵素を活性化したことによる可能性を示唆している。また、胃内アルコール残存量、血中アルコール濃度から、肝臓において生成されるアセトアルデヒドの量そのものが少なかったことも原因であったかもしれない。

PS-B1 の摂取はアルコール投与後の血中アルコール

およびアセトアルデヒド濃度を低下させるが、これは、肝臓におけるアルコール脱水素酵素の活性化とアルコールの胃からの排出時間の遅延によるものと推測された。

参考文献

- 1) 榎原隆三、石橋源次：乳酸菌生産物質(バイオジェニックス)の可能性、樺歌書房、(2009)
- 2) Nodake, Y., Ogasawara, M., Honda, M., and Sakaki-ibara, R., Characterization and preliminary purification of The anti-cancer component in the fermented products cultivated from soybean milk using Lactic acid bacteria. *Saito Hoon Kai Mus. of Nat. Hist., Res. Bull.*, 73, 17-21 (2008)
- 3) 立屋敷かおる、森 章子：ココナツ油によるエタノール投与ラットの血漿エタノールレベルの変動、日本栄養・食糧学会誌、46, 233-239 (1993)
- 4) Harada, S., :Gernetic polymorphism of alcohol metabolizing enzymes and its of implication to humanecology. *J. Anthrop. Soc. Nippon.*, 99, 123-139 (1991)
- 5) Yokoyama, M., Yokoyama, A., Nakamura, H., Hangover susceptibility in relation to aldehyde dehydrogenases-2 genotype, alcohol flushing, and mean corpuscular volume in Japanese workers. *Alochol Clin. Exp. Res.*, 29, 1165-1171 (2005)
- 6) 大熊 浩、石川久史、遠藤 章、：アルコールを投与されたラット及びヒトのアルコール濃度に及ぼすケンポナシ抽出物の影響、日本栄養・食糧学会誌、48, 167-172 (1995)
- 7) 大久保 剛、伊東利博、日比野英彦：ポリコサノール摂取による血中アセトアルデヒド濃度への影響に関する検索研究、日本栄養・食糧学会誌、62, 305-309 (2009)
- 8) Murata, M., Tagawa, M., Watanabe, S., Morimoto, K., Genotype difference of aldehyde dehydrogenases2 gene in alcohol drinkers influence the incidence of Japanese colorectal cancer patients., *Jpn, J. Cancer Res*, 90, 711-719 (1999)

(原稿受付2011年11月1日)

絹糸より調製した低分子化セリシンの生体調節機能

石橋 源次*、杉元 直**、山下宣良***

*九州女子大学家政学部、**奄美大島海運酒造、***鹿児島県工業技術センター

Physiological Functions of Low Molecular Weight Sericin from Silk Yarn

*Genji Ishibashi, **Naoshi Sugimoto and ***Nobuyoshi Yamashita

Abstract

We were accompanied mainly on influence on lipid metabolism and central nervous of the silk sericin in rats. The sample used the low molecular weight silk sericin by high pressure treatment. The animals, aged 5 weeks, were oral administrated silk sericin followed by a 4 week. Body weight, blood pressure, blood sugar, serum lipid levels, enzyme activity and brain ingredient were measured. Blood pressure, blood sugar of oral administrated silk sericin rats were clearly lower than in the control group rats. The serum triglyceride level and liver cholesterol, triglyceride level the silk sericin group rats was significantly lower than control group rats. The brain acetylcholine, catecholamine level in the silk sericin group rats was significantly higher than control group rats. We observed arousal from the sleep by the anesthetic and decrease in the irritability than control group rats. These parameters suggest that feeding of the silk sericin have a possibility of affecting central nervous system.

Keywords: Silk sericin, Blood pressure, Serum lipids, Central nervous

蚕セリシン、血圧、血清脂質、中枢

1. 緒言

繭は蚕が蛹になる時にフィブロインという繊維状のたんぱく質の中心のまわりを水溶性であるセリシンたんぱく質で囲み生糸にすることによって形成されている。セリシンたんぱく質は、絹織物として利用する場合に、このたんぱく質を除去する精練を行い破棄されていた。このセリシンたんぱく質については、これまでに、アトピー性皮膚炎の改善、便秘解消効果、脂質代謝の改善、抗酸化作用を有することからがんの抑制効果等を有する生理作用について報告がなされている¹⁾。これらの生理作用は、セリシンの難消化性の性質に依存し、食物繊維様の作用に類似していることから、「レジスタントプロテイン」とも呼ばれている。現在、セリシンは、ヒトの皮膚のたんぱく質に近いアミノ酸組成で構成されているために、また、コラーゲンよりも長時間にわたって保水効果を維持すること、チロシナーゼを阻害することから紫外線防御機能を利用した化粧品として利用されている²⁾。

近年、コレステロールと脳における神経系機能との関連が検討されている。体内のコレステロールプールは、食餌性及び肝臓と小腸でアセチル CoA から合成されたものから構成されている。過剰摂取した余分な食餌性コレステロールは肝臓に輸送されるが、さらに肝臓から LDL-コレステロールとして分泌され過剰なものは血管壁に酸化 LDL-コレステロールとして沈着する。肝臓からの分泌量が多くなると動脈硬化は加速的に進行し、心筋梗塞や狭心症の危険因子となることは動物実験においても証明されている³⁾。

コレステロールの病態は主に動脈硬化症との関連についてであったが、最近ヒトの精神活動や行動への影響として血中コレステロールと行動との関係が報告されるようになってきた。すなわち、循環器系疾患の患者の中で自殺または暴力により死亡した患者や精神疾患の中で自殺志向の患者は、血中コレステロールが低い値を示している。また、血中コレステロール値が高いとアルツハイマー病発症のリスクが高まり、逆にその値を低下させる薬物にアルツハイマー病の進行を抑制するなどコレステロールと中枢との関係を示唆する報告がみられる⁴⁾。しかしながら、血液脳関門に守られた独立した組織ともいえる中枢神経系におけるコレステロールの関与を指摘する報告もある。

一方、D-アミノ酸が神経系作用に影響を及ぼすことが明らかにされ、分子レベルでの検討がされている。遊離の D-セリンは脳に存在し、記憶、学習といった脳の高次機能に関わる N-メチル-D-アスパラギン型 (NMDA) グルタミン酸レセプターのコアゴストとして働き、脳内 D-セリンの動態と総合失調症やアルツハイマー病との関連が検討されている⁵⁾。

一方、D-アミノ酸が神経系作用に影響を及ぼすことが明らかにされ、分子レベルでの検討がされている。

遊離の D-セリンは脳に存在し、記憶、学習といった脳の高次機能に関わる N-メチル-D-アスパラギン型 (NMDA) グルタミン酸レセプターのコアゴストとして働き、脳内 D-セリンの動態と総合失調症やアルツハイマー病との関連が検討されている⁵⁾。

ラットの脳では、L-セリン濃度を高めるとD-セリン濃度が上昇すること等が報告されている⁶⁾。

本研究材料である蚕セリンたんぱく質は名称の由来になっているようにセリン (30%) の含有量が多いことが特色である。これまでの研究材料は、高分子化合物であるセリンたんぱく質を用い、その生理作用について検討がなされてきた⁷⁾。

我々は、利用しやすい蚕セリンたんぱく質を調整するために加圧処理することによって低分子化されたセリンたんぱく質を調整し、本実験材料とした。セリンたんぱく質の新たな生理作用の検索のために低分子化セリンたんぱく質とコレステロールを同時に投与し脂質代謝 (特に、コレステロール代謝) と脳内成分の動向と行動に及ぼす可能性についてラットを用いて検討した。

2. 実験方法

2.1 試料蚕セリンの調製

生糸の精練を行い、精練液1%になるようにクエン酸を添加した。この混液は、電気透析による脱塩したものを180°C、1気圧、1時間加圧処理し低分子化したものを調製した。セリンたんぱく質が1g/3mLになるように濃縮した溶液を実験試料として用いた。

アミノ酸組成分析はアミノ酸自動分析器 (LC-10A、島津製作所) を用いて行った。カラム: Shim-pach Amino-Na、移動層: クエン酸ナトリウム、反応液A: 過塩素酸ナトリウム、反応液B: OPA、検出波長: Ex350nm、Em450nm で分析した。

2.2 実験動物

ウイスター系雄ラットを九動動物飼育所 (熊本) より入手し、1週間の予備飼育後1群7匹 (体重80g前後) 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30日間とし、飼育条件は室温22±2°C、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°Cに冷凍保存した。

本実験に関しては、九州女子大学倫理委員会の承認を得て実施した。

2.3 飼料の調製

飼料組成は、糖質源としてスクロース48.4%、コーンスターチ15%、ビタミンフリーカゼイン (たんぱく質) 18%、大豆油3%、ラード5%、ビタミン混合1%、ミネラル混合3.5%、セルロース粉末3%、メチオニン0.15%、酒石酸コリン0.15%、コレステロール0.5%、

コール酸ナトリウム0.25%で飼料のエネルギー量は1g当たり4.05kcalとなった。試料の投与はゾンデを用いて、3mLを直接胃内に毎日投与した。

2.4 血清成分の分析

血清総コレステロールと遊離コレステロールはオキシダーゼ・フェノール法、リン脂質はコリンオキシダーゼ・フェノール法、HDLコレステロールはマンガンを用いHDLを分離した後、コレステロールをオキシダーゼ・フェノール法で定量した。トリアシルグリセロールはフェノール法、いずれも市販のキット (和光純薬製テストワコー) を用いて測定した。アデポネクチン濃度は、市販のサンドイッチ法によるEIA (Enzyme Immuno Assay) ラット用のキット (免疫生物研究所)、レプチン濃度は市販のサンドイッチ法によるEIA (Enzyme Immuno Assay) ラット用のキット (大塚製薬製)、アンギオテンシン変換酵素活性値の測定は、市販のACEkit-WST (同仁研究所) インスリンはラットインスリン測定キット (森永生科学研究所) アセチコリンはコリン・アセチルコリン測定キット (USA)、カテコールアミンは高速液クロを用いて測定した。SOD、GPT、GOTは市販のSOD、GPT、GOT測定キット (和光純薬製) を用いて定量した。

2.5 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n-ブタノール10mLに溶解したものを検液とし、血清の場合と同様に総コレステロール、トリアシルグリセロール及びリン脂質を市販のキットで測定した。

2.6 糞中の中性ステロールと胆汁酸の分析

糞は1匹のラットが3日間に排泄した総量を70°Cで3時間通風乾燥した後、粉末にした。糞200mgを精秤し、クロロホルム:メタノール=2:1混液で抽出した後、1N水酸化ナトリウムで1気圧120°C、5時間加水分解した。加水分解した溶液からエチルエーテルで中性ステロールを抽出し、中性ステロールは市販のキット (コレステロールテストワコー, 和光純薬製) で測定した。胆汁酸の定量は抽出残液を中和した後、市販のキット (胆汁酸テストワコー, 和光純薬製) で測定した。

2.7 糖負荷試験

糖質代謝に及ぼす影響を検討するために、飼育期間中に、一昼夜絶食させた後、セリン液3mLにグルコース500mg溶解し、ゾンデを用いて直接胃内に投与し、時間経過における血糖値を測定した。投与前、投与後30分における血糖値およびインスリン濃度を尻尾より採血した。血糖の測定は小型電極式血糖測定機器アントセンス（堀場製）を用いて測定した。

2.8 血圧の測定

飼育終了の2日前にラット・マウス用観血式血圧計TK-370Cを用いて、収縮期及び拡張期の血圧を3回測定し、その平均値で示した。

2.9 臓器・組織の肉眼的観察

解剖時に各臓器重量（体重比）の測定、異常が観察された臓器については組織切片を作製し、顕微鏡観察を実施した。

2.10 脳内成分の測定

- ①カテコールアミン：500mgの脳部をとり、生理的食塩水でホモジナイズしたものを試料として用いた。
- ②アセチルコリン：200mgの脳部をとり、生理的食塩水でホモジナイズしたものを試料溶液とし、市販のコリン・アセチルコリン測定キット（USA）を用いて測定した。
- ③アミロイド色素（蛍光成分）：脳部の一定量を採取し、クロロホルム：メタノール（2:1）で抽出したのについて吸光度を測定した。
- ④SOD 活性値：脳部の一定量を生理的食塩水でホモジナイズしたものを試料溶液とし、市販のSOD測定キット（和光純薬製）で阻害率を測定した。

2.11 脳が関与する一般行動への影響

- ①協調運動の観察（ロタロッド法）
駆動装置を用い、1分間に3回転する回転棒上に回転とは逆行する方向にラットを乗せて、3分間に落下する回数を測定した。
- ②上向性脳幹網様賦活系への影響
全身麻酔薬（ペントバルビタールナトリウム：50mg/mL）62.5mg/kgを腹腔内投与し、麻酔から目覚め、正向反射消失と正向反射の再現（覚醒）するまでの時間を測定した。

2.12 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 もの多重検定法により各群間の有意差検定

を行った。

3. 実験結果

加圧処理により低分子化された蚕セリンたんぱく質中の遊離アミノ酸組成は、表1に示した。

表1. 遊離アミノ酸組成 (%)

	(%)		(%)
グリシン	13.5	アスパラギン	18.3
アラニン	5.4	バリン	1.5
プロリン	1.4	ヒスチジン	2.2
セリン	30.4	アルギニン	6.8
トリオニン	7.7	チロシン	3.5
システイン	6	ギャバ	0.2

低分子化されたセリンたんぱく質の遊離アミノ酸は、中性アミノ酸のセリンが最も多く（30%）を占め、約半数が、中性アミノ酸の組成であった。

3.1 体重増加の推移

高コレステロール食で飼育し、低分子化されたセリンを経口投与した実験における体重増加量を図1に示した。

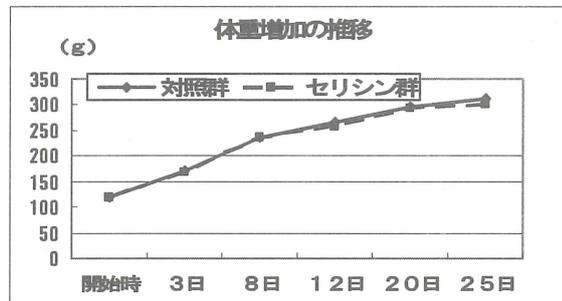


図1. セリン投与における体重の推移

飼育期間中の体重増加量は、対照群 194g、セリン群 181g、となり対照群と比較してセリン投与により幾分増加量が低くなっているが対照群と有意差は認められなかった。

また、セリンを連続30日間投与したが、その間の体重増加量及び肉眼的な組織、臓器には対照群と比較して、セリン群で異常は認められなかった。

3.2 臓器重量

実験終了時におけるラットの肝臓・腎臓重量・脾臓重量及び心臓の体重比率を表2に示した。肝臓重量、腎臓重量、脾臓重量は対照群と各試験群とで差異はなかった。

表2. 臓器重量及び体重比

	対照群	セリシン群
体重 (g)	303 ± 19	293 ± 21
肝臓 (g)	16.7 ± 1.3	15.9 ± 1.6
肝臓/体重 (%)	5.5 ± 0.2	5.4 ± 0.2
腎臓 (g)	2.4 ± 0.1	2.4 ± 0.2
脾臓 (g)	0.7 ± 0.01	0.80 ± 0.9

3.3 糖負荷試験

この測定の目的は、セリシンがインスリンの節約効果及び血糖上昇の緩慢化を有するかの有無を検討した。セリシン液 3 mL とグルコース 500 mg を同時投与し、30 分後、60 分後及び 120 分後の血糖値の推移は 2 図に示す結果となった。血糖値の上昇は対照群で、投与 30 分後に最高値となり、試験群では 60 分後に血糖の最高値となった。また、血糖の最高値は対照群で 180 mg/dL、セリシン群では 154 mg/dL となり、血糖の上昇もリシン群で低値となった。

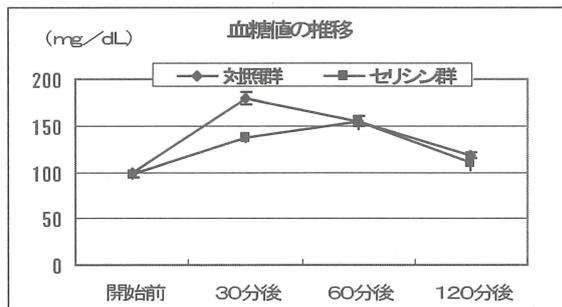


図2. 糖負荷における血糖値の推移

表3 糖負荷30分後における血清インスリン濃度

	(ng/mL)
対照群	6.14 ± 0.54
セリシン群	4.92 ± 0.54*

*対照群と比較して有意差あり P < 0.01.

血糖の数値: mg/dL、インスリン濃度: ng/mL

*対照群と比較して有意差あり p < 0.01、** p < 0.05.

グルコースとセリシンの同時投与、30分後の血中インスリン濃度は、表2のような結果となった。インスリン濃度は、対照群 6.14 ng/mL、セリシン群 4.92 ng/mL となり、対照群と比較してセリシン群で有意に低濃度となった。

3.4 血圧

飼育終了前日における収縮期と拡張期の血圧を測定した結果を図3に示した。対照群、セリシン群の収縮

期の血圧は、それぞれ 123 mmHg、111 mmHg となり、対照群とセリシン群で差異が認められた。また、拡張期の血圧は、対照群 88 mmHg、セリシン群 67 mmHg となりセリシン群で対照群に比べて、有意に低くなった。

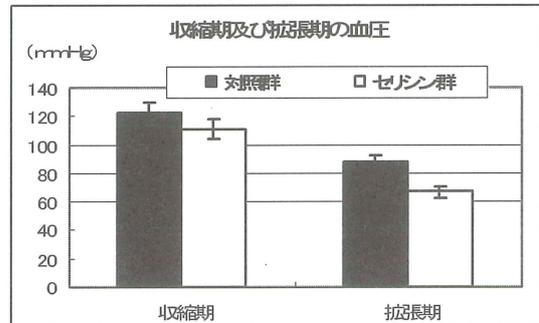


図3. 飼育最終日の収縮期と拡張期の血圧

3.5 血清脂質濃度

血清脂質成分濃度に及ぼすセリシン投与の影響は図4に示した。

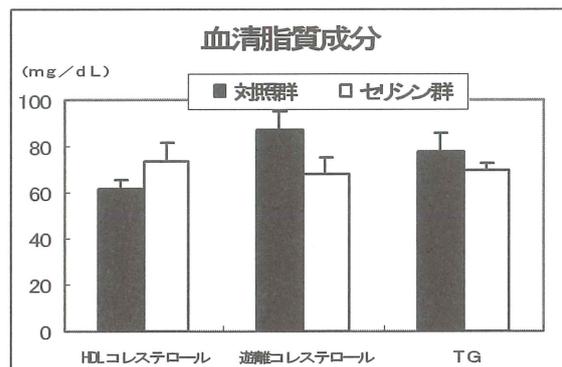


図4. 血清脂質成分濃度

血中総コレステロール濃度は、対照群 243 mg/dL に対して、セリシン群 242 mg/dL となり有意差は認められなかった。また、セリシン群のトリアシルグリセロール濃度は 70 mg/dL、対照群の 86 mg/dL よりも有意に低濃度であった。

総コレステロール濃度は、対照群とセリシン群で差異はなかったが、HDL-コレステロール濃度はセリシン群 74 mg/dL、対照群 59 mg/dL でセリシン投与により有意に高い濃度となった。

3.6 血清ホルモン濃度及び酵素活性

血清中の GOT、GPT 活性値、スーパーオキシドジムターゼ (SOD)、アンギオテンシン変換酵素 (ACE) の活性阻害値 (阻害率) は、図5に示すような結果となった。GPT 活性値は各群間で差異はなかったが、GOT 活性値は

対照群と比較して有意にセリシン群で低い活性値となった。

活性酵素除去酵素のSOD活性は対照群と比較してセリシン群で同様の活性となった。アンギオテンシンIから血圧上昇成分アンギオテンシンIIに変換するアンギオテンシン変換酵素作用の阻害率は対照群16%、セリシン群39%となり対照群に比べてセリシン投与によって高い阻害率となった。

血清中のアセチルコリン濃度と皮下脂肪組織から分泌されるペプチドホルモンのアディポネクチン及びレプチン濃度は図6に示す通りである。

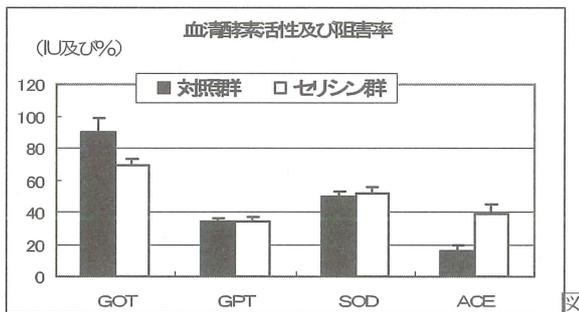


図5. 血清酵素活性と酵素阻害率
ACE、SOD：阻害率(%)、GOT、GPT：国際単位

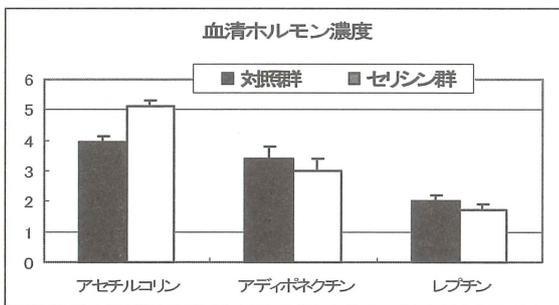


図6. 血清アセチルコリンと皮下脂肪分泌ペプチドホルモン濃度
アセチルコリン：(nmol/mL)、
アディポネクチン、レプチン：(pg/mL)

神経伝達成分であるアセチルコリン濃度はセリシン群5.12nmol/mL、対照群3.92nmol/mL、レプチン濃度は、セリシン群177pg/mL、対照群200pg/mLとなり有意差が認められた。

3.7 肝臓の脂質

高コレステロール食にセリシンを添加した飼料で飼育した場合の肝臓の脂質濃度の結果は、図7に示す通りである。

肝臓の総脂質濃度は、対照群 183mg/g、セリシ

ン群174mg/g、コレステロール濃度は、対照群63mg/g、セリシン群43mg/g、また、トリアシルグリセロール濃度は対照群45mg/g、セリシン群35mg/gとなり、セリシン投与によって総コレステロール量が低くなった。

アミノ酸代謝に関与する肝臓のGOT、GPT活性、また、活性酸素を除去するスーパーオキシドジムターゼ活性は対照群とセリシン群とでは差異は認められなかった。

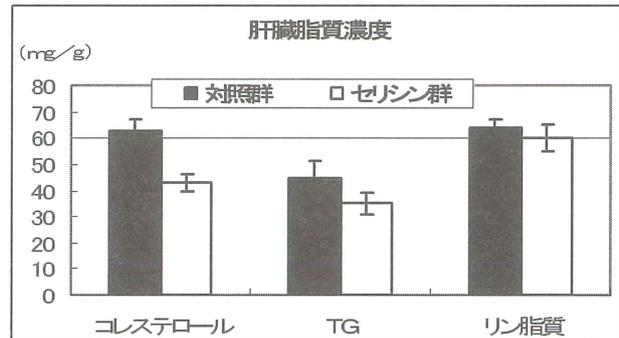


図7. 肝臓の脂質濃度

3.8 排泄糞量とコレステロール及び胆汁酸の排泄

対照群およびセリシン投与における排泄糞量、糞中コレステロール及び胆汁酸量を表4に示した。飼料摂取量、排泄糞量は各試験群で差異はなかった。

排泄糞中のコレステロールおよび胆汁酸量は、それぞれ、対照群38mg/日、28mg/日、セリシン群41mg/日、43mg/日となり対照群に比べセリシン投与により胆汁酸排泄量が有意に多くなった。

表4 排泄糞量及び糞中コレステロールと胆汁酸量

	対照群	セリシン群
排泄糞量 (g/日)	1.8 ± 0.1	1.8 ± 0.1
コレステロール	38.3 ± 4.3	41.1 ± 4.8
胆汁酸	28.0 ± 4.8	43.3 ± 3.1*

コレステロール、胆汁酸：(mg/日)

*対照群と比較して有意差あり、p < 0.01.

3.9 脳内成分の測定

蚕セリシンのアミノ酸組成の特徴はアミノ酸のセリシンの含有量が多いことである。近年、このセリシンの脳内における生理作用が注目されるようになったことから、本実験でも脳内成分の測定を試みた。

表5に脳内(大脳部分)の成分のアセチルコリンとカテコールアミン濃度、蛍光成分及びSOD活性値の測定結果を示した。

脳内のアセチルコリン濃度は対照群と比べてセリシン投与により有意に高濃度であった。重要な神経伝達成分であるカテコールアミン濃度がセリシン群で有意に高濃度であった。セリシン投与における脳内のアセチルコリン濃度とセリシン投与のカテコールアミン濃度が対照群と比較して上昇したことから、セリシン中の成分が脳に対して影響したものと推察される。

一方、脳の老化の指標とされている蛍光成分量は対照群 0.38, セリシン群 0.32 となり、セリシン投与によって若干低濃度となったが、有意差は認められなかった。

表5 脳内神経伝達成分と酵素活性

	対照群	セリシン群
アセチルコリン	1.33 ± 0.15	1.78 ± 0.22*
カテコールアミン	15.0 ± 1.2	36.1 ± 1.2*
蛍光成分	0.38 ± 0.02	0.32 ± 0.02
SOD	64.6 ± 4.4	58.9 ± 3.0

アセチルコリン: (n mol/g),

カテコールアミン: (ng/g)

蛍光成分: (-log T), SOD: (%)

*対照群と比較して有意差あり、p < 0.01.

3.10 脳が関与する一般行動への影響

本実験材料の有効性を検索する目的の一つに、脳への生理作用を期待・予測したものであることから、中枢への影響を以下のことについて検討した。

1) 協調運動の観察 (ロタロッド法)

脳の中枢神経系の機能が測定できる運動の能力の測定を回転方向とは反対に乗せて、3分間に回転棒から落下する回数を用いるロタロッド法にて測定した結果は表6に示す通りである。

この測定は協調運動への対応を観察するもので、主に脳の中枢性が関与するものである。対照群に比べてセリシン投与により落下回数が少なく順応が速やかであった。中枢神経の機能が高コレステロール食摂取によって影響を受けて、ラットの行動が著明な被刺激性の増大または興奮状態ともとられる行動が観察される。この結果から、セリシン投与がラットの中枢性に影響を与えることが予測された。

表6 回転棒行動の遂行に及ぼす影響

対照群	セリシン群
8.7 ± 1.3	7.0 ± 1.4

数値は3分間にラットが落下した回数

2) 上向性脳幹網様体活系への影響

全身麻酔薬 (ペントバルビタールナトリウム) を腹腔内投与し、麻酔から目覚め、正向反射消失と正向反射の再現 (覚醒) までの時間を測定した結果は、表7に示した。

表7 正向反射の再現

対照群	セリシン群
90 ± 7	118 ± 10*

全身麻酔薬による麻酔 (睡眠) に対する応答について検討したところへの影響を調べたところ、麻酔薬投与後、正向反射できるまでに再現できる時間 (分) は対照群 90 分、セリシン群 118 分となりセリシン投与により再現 (目覚め) まで時間が対照群よりも長くなった。麻酔薬は上向性脳幹網様体活系に関与しており、血清中のコレステロール濃度が高くなると再現までの時間が短縮されることが報告されており、このことから、セリシン投与が脳幹に影響を及ぼす可能性を示唆する結果となった。

4. 考察

蚕セリシンたんぱく質を加圧処理すると生成される成分は、遊離のアミノ酸、ペプチド及び分解されないセリシンが存在する混合物である。

高コレステロール食に低分子化したセリシンたんぱく質を30日間投与した場合、ラットの体重増加量、肝臓、腎臓及び脾臓には異常が認められなかった。このことから、セリシンは、本実験に用いた投与量でラットの成長及び臓器への影響は与えないと考えられる。

糖の投与後、30分あるいは60分後に血糖値は、最高になるが、対照群の最高値が30分後、セリシン群で60分後であった。血糖の最高値がセリシン群で時間的に遅く現れたこと及び最高値が低い濃度になったことは、セリシンは、血糖の上昇を抑制すること及び小腸からのグルコースの吸収への関与を示唆する結果となった。未処理のセリシンたんぱく質の性質として、食物繊維と同様の機能を有していることに由来したと考えられる。このために、セリシン投与により、糖の小腸からの吸収が緩やかになり、その結果としてインスリンの節約効果が現れたものと推察される⁸⁾。

セリシン投与による血清及び肝臓の脂質濃度は、対照群と比較し、血清コレステロール、トリアシルグリセロール及び肝臓のコレステロールとトリアシルグリセロール濃度が低くなり、セリシンに脂質代謝の改善効果が確認できた。

血中及び肝臓中のトリアシルグリセロール・コレス

テロール濃度の低下及び糞中排泄の胆汁酸の上昇させる原因成分としては、食物繊維、摂取するアミノ酸組成、ある種のペプチド、共役リノール酸や他の多価不飽和脂肪酸などの成分がある⁹⁾。セリシンはセリシンたんぱく質を低分子化したもので、遊離のアミノ酸およびペプチドが含まれていることが、血中トリアシルグリセロール度の上昇を抑制した原因であろう。

本実験飼料でラットを飼育すると2週間で高コレステロール血漿となり、動脈硬化を誘発する。このような病態になると脳卒中、脳梗塞の原因となることは明かであり、血圧の上昇も伴うことが予測でき、セリシンが血圧の上昇を抑制できるか確認するために実施した。

収縮期及び拡張期の血圧は、対照群と比較して、いずれもセリシン群で低くなった。血圧の上昇を予防及び改善するには、動脈硬化の改善と予防、アンギオテンシンⅠ変換酵素の阻害及び摂取食塩の減少などである。血清及び肝臓の脂質濃度が、対照群に比べセリシン群で低くなり、このことは、血圧測定でセリシン群における拡張期血圧と収縮期血圧が対照群より低くなっていることと一致した。

あるいは、低分子化したセリシン中にはペプチドが含まれているために、アンギオテンシンⅠ変換酵素を阻害(図5)によると推察される¹⁰⁾。

神経伝達の中心的成分であるアセチルコリンは、セリシン投与により対照群と比較し有意に高い濃度となりセリシン投与により、生体の活性が増加したと推察される。

皮下脂肪組織より分泌されるアディポネクチン濃度は、対照群とセリシン群と比較して有意に高い濃度となった。アディポネクチンの血中濃度は肥満者や男性において低く、体重の減量によって増加する。また、肥満状態が同じでも、動脈硬化性疾患およびⅡ型糖尿病で低下するので、抗動脈硬化作用およびインスリン抵抗性の改善などの作用を有していることが報告されている。

また、血中のレプチン濃度は、セリシン群で対照群と比べて有意に低濃度であった。レプチンは白色皮下脂肪組織細胞より分泌される抗肥満ペプチドホルモンであり、視床下部にあるレセプターに反応すると満腹中枢に作用して摂食を抑制し、交感神経を活性化してエネルギー消費を増大させる成分である。

血中のアディポネクチン及びレプチン濃度から対照群とセリシン群と比較して動脈硬化を予防あるいは改善する可能性もある。

セリシンが中枢に対する影響を検討するために、脳

内の成分および睡眠、協調運動性に対する適応性について検討した。

脳内の神経伝達成分であるアセチルコリンは副交感神経や運動神経の末端から放出され、神経刺激をある種のシナプスを通して伝える役目を果たしている。脳内のアセチルコリンの相対的な減少はアルツハイマー病と関連があるとされている。

高コレステロール食は、全身麻酔による麻酔(睡眠)からのめざめまでの時間、睡眠時間を短縮する作用があるが、セリシン投与によってこの時間が延長した。麻酔薬は上向き脳幹網様体賦活系に関与しており、血中のコレステロール濃度が高くなると再現までの時間が短縮されることが報告されており¹¹⁾、このことから、セリシン投与が脳幹に対し刺激を抑制する可能性を示唆する結果となった。しかし、高コレステロール食が肝臓の薬物代謝酵素を誘導した可能性も否定できない。

高脂血症と中枢作用に関する研究で注目されるのは、HMG-CoA還元酵素阻害薬の使用によってコレステロールの生合成を妨げるとアミロイドβたんぱく質の凝集を促進するアルツハイマー病発症の危険性が低くなるという¹²⁾。コレステロール値を下げると、脳内セロトニン量の減少や脳内セロトニン受容体数が減少するなど血中コレステロールとうつや不安など情動の指標ともなる脳内セロトニンとの関係を示唆する報告もある¹³⁾。

ラットの脳では、L-セリシンの濃度を高めるとD-セリシン濃度が上昇し、D-セリシン濃度を上昇させるとL-セリシン濃度が選択的に増加するなどの現象より、D-セリシンをL-セリシンから合成するセリンラセマーゼの存在の可能性が指摘されている⁶⁾。このことから、セリシンたんぱく質中のL-セリシンがラットの脳内でD-セリシンに変換し、中枢への関与を示唆していることが推定される。

5. おわりに

高コレステロール食に加圧処理し低分子化した蚕たんぱく質セリシンを30日間、毎日、経口投与し、血清、肝臓及び排泄脂質及び脳の成分について検討し、以下のような結果を得た。

セリシン投与は肝臓のコレステロール濃度の低下と排泄胆汁酸の増加が認められた。この結果、生体のコレステロール濃度を減少させた原因は血清および肝臓のコレステロールから胆汁酸を合成し糞中への胆汁酸の排泄を増加させ、間接的にコレステロール濃度の低下になったことを示している。また、血清中のレプチン濃度の低下とアディポネクチン濃度の上昇から脂質

代謝の改善に対して有効である。

血糖値に及ぼすセリシンの影響は、糖負試験で血糖の上昇抑制と最高血糖値の遅延と 30 分後のインスリン濃度の低下が認められた。このことは、セリシン投与で血清中のインスリン濃度が低く、また、血糖の上昇が緩やかになっていることから、小腸からのグルコースの吸収を遅延させる作用がある。

血圧へのセリシンの影響は、実験結果からも明らかのように収縮期と拡張期の血圧の低下傾向が認められた。低下する要因は、血清中のアンギオテンシン変換酵素の阻害が *in vitro* でセリシン添加により高くなっており、血圧に対しても影響を及ぼす作用があると推察される。

セリシンの脳への関与については、神経伝達成分と一般的行動の観察から検討し、セリシンが脳中成分と一般的行動から中枢に関与している可能性を示唆する結果となった。

最後に、本実験は、「新分野進出研究開発事業」として鹿児島県宇検村の助成により実施したものである。

参考文献

- 1) 加藤 範久、栢下 淳、佐々木真宏：レジスタントプロテインとしてのそばタンパク質とセリシンの生体調節機能、日本栄養・食糧学会誌、53, 71-75 (2000)
- 2) 加藤 範久：セリシンの機能と用途開発、日皮協ジャーナル、29, 1-7 (2006)
- 3) Finkking, G., Hanke, H., : Antischkow established the cholesterol-fed rabbit as a model for atherosclerosis research., *Atherosclerosis*, 135:1-7 (1997)
- 4) Wolozin, B., Kellman, W., Ruosseau, P., : Decreased Prevalence of Alzheimer disease associated with 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase Inhibitors., *Arch Neurol.*, 57, 1439-1443 (2000)
- 5) 西川 徹：脳の内在性D-セリシンの代謝・機能と精神神経系疾患における意義、生化学、80, 267-275 (2008)
- 6) Takahashi, K., Hayashi, F., and Nishikawa, T. : *J. Neurochem.*, 69, 1286-1290 (1997)
- 7) 源川博久、山本祐司、田所忠弘：絹糸より調整した水溶性セリシンの精製とその消化性、日本食生活学会誌、14, 97-100 (2003)
- 8) Sugano M, Goto S, Yamada Y, Yoshida K, Hashimoto Y, : Cholesterol-lowering activity of various undigested fractions of soyben protein in rats, *J. Nutr.*, 27, 1395-1400 (1990)

- 9) 加藤 範久、友竹浩之、佐々木真宏：レジスタントプロテインの栄養機能、臨床栄養、97, 793-796 (2000)
- 10) Iwaki K, Sakakibara K, Ibuki F: Involvement of post-digestion hydrophobic peptides in plasma Cholesterol-lowering effect of dietary plant proteins, *Agric. Biol. Chem.*, 50, 1217-1222 (1986)
- 11) 松本禎明、大庭優子、中村由貴、石橋源次：高コレステロール食長期摂取マウスの行動に関する研究、九州女子大学紀要、41、23-39 (2004)
- 12) Jick, H., Zornberg, G. L., Jick, S. S., and Drachman, D. A.: Statins and the risk of dementia, *Lancet*, 356, 1627-1631 (2000)
- 13) Golier, J. A., Marzuk, P. M., Leon, A. C. and Tardiff, K. : Low serum cholesterol level and attempted suicide, *Am. J. Psychiatry*, 152, 419-423 (1995)

(原稿受付 2011 年 11 月 1 日)

梅を詠む中日詩歌についての考察

——共通点および相違点を中心に

羅 雪梅 (九州共立大学共通教育センター)

On Sino-Japanese poetry in the Praise of Plum
----based on the common and different points

Setsubai RA

Abstract

Plum is the original plant in China. "Ode to plum" --- we can read this kind of poetry both in Japanese and Chinese. The paper conducts a research on the characteristics of "Ode to plum", and analyses the similarities and differences. The paper also points out the difference resulting in different historical background.

Key Words: "Ode to plum", Snow and plum, The Southern Song Dynasty, Similarity, Difference, Background

1. 中国における梅を詠む詩歌

中国において、梅は戦国時代の昔からも美しい植物の一つとして、人々に意識され始めた。南朝の梁・陳の時代に入ってから、梅を詠む詩歌が芽生えた。そして、宋、特に南宋の時代に入ると、梅は急に盛んに詠み上げられ、ピークに達した。詩歌の特色・風格から梅を詠む詩歌の歴史を振り返ってみると、宋の時代を境に大まかに二つの段階に分けられる：

1.1 宋の時代以前

物を詠んで賛美する詩歌、いわゆる“詠物詩”は南朝に始まる。梅を詠む気運もこの時から興った。この時期には梅の花を形・色・香りなど外観からとらえて、描写することによって、賛美や感心などの気持ちを込める。例えば、蘇子卿の『梅花落』に“只言花似雪，不悟有香来”のように、色や香りから素直に描いている。最初の段階なので、素直な外観描写にとどまるのは文学の一般的な規律である。

唐の時代に入ると、梅を詠む技法は前より進歩したと見える。詩人は“擬人”という手法を多用し、梅の花への愛着を詩歌に表わす。梅の花を美人・瘦せている美人に譬えて、驚き、喜び、賛美などの情を伝える。例えば、王適の『江浜梅』：“忽见寒梅树，开花汉水滨。不知春色早，疑是弄珠人。”

宋の蘇軾に至ると、美人に譬えて、更に見事に梅の花を詠んでいる：『紅梅』：“怕愁贪睡独开迟，自恐冰容不入时。故作小红桃杏色，尚余孤瘦雪霜姿。寒心未肯随春态，酒晕无端上玉肌。诗老不知梅格在，更看绿叶与青枝。”

このように、外観だけを美しい言葉を借りて、説明するというふうには描くより、全体的なイメージ・気品を重点に描くようになったと考えられる。梅の花の全体的なイメージをうまく伝達するために、“擬人”という技法を巧みに使って、その中身・内在的な精神を表現しようとする。見事に美人に譬えて、人間の精神・意志・心理を与えて、描写し、梅も静的な植物から生命のある動的な存在に変身し、いかにも真に迫っていると言えよう。

1.2 宋の時代及びそれ以後

宋の時代になって、梅は急に盛んに詠み上げられた。また、風格も前と明らかに変わった。以前は梅はもっとも早く咲いて、春を知らせる花として、詠まれていた。素敵な梅の花自身を描いて、賛美する詩があるが、多くの作品はその目的は風景にあるのではなく、むしろ美しい梅の花という媒介を通じて、詩人の心境・心象を描き出そうとすると言える。つまり、詩人は寒い時節に咲いている梅の花を見て、それに触発され、興奮したり、春の訪れを喜んだりする。言い換えれば、梅の花を描くことによって、抒情するのである。

しかし、宋の時代、特に南宋になると、梅花を描写するのに、その気骨・気品・気高さに重点を置くようになった。それは歴史背景に原因していると見られる。宋の開国によって、五代十国の戦争・紛争ばかりの局勢に句点を打ったが、宋は唐のような確固とした、安定した統一ではない。さらに南宋になると、絶えず、金の侵略に悩まされるようになる始末だった。気骨のある人は金に抵抗しようと主張するが、勢力のある、また優位に立つ投降派に反対され、抵抗しようにも抵抗することはできない。しかたなく、これらの人々は梅花の花に自分の心象・気持ち・考え方を託した。梅が厳寒にもかかわらず、美しく咲いているため、くじけないで、あくまで戦い、最後まで信念を押し通す詩人の気節を象徴する。また、梅はほかの花がまだ咲かないうちに、春に先立って、雪の中で見事に咲いていて、静かに、さびしくも見える。愛国心が遂げられない、しかたなく隠居する道を選んだ人は梅によって、投降派とは決して心をついにしないという強い意志をも強調する。そのため、南宋には“対梅欲作語、当在梅之外”（梅自身が詩歌の目的ではなく、梅以外が詩歌の目的である）という基準もできた。こうして、詩人はみんな梅の気高さを描くことによって、自分自身の意志を訴えたり、自分自身の気持ちを伝えたりするので、梅の詩歌は栄えたのである。

南宋の時代に梅を詠む詩人として、もっとも有名で、梅を詠む詩歌を大成したのは愛国主義詩人陸遊だと言える。陸遊の作った詩は万首にもものぼるが、梅を詠む詩は150余りもある。例えば、『落梅二首』：“雪虐风饕愈凛然，花中气节最高坚。过时自令飘零去，耻向东君更乞怜。醉折残梅一两枝，不妨桃李自逢时。向来冰雪凝严地，力斡春回更是谁。”『卜算子·咏梅』“驿外断桥边，寂寞开无主。已是黄昏独自愁，更著风和雨。无意苦争春，一任群芳妒，零落成泥碾作尘，只有香如故。”詩から陸遊は厳しい環境に置かれているにもかかわらず、なお挫けないで戦い、気節が保たれていることが分かった。愛国主義が詩の中を貫いている。

中国の梅を詠む詩歌にはもう一つ注意しなければならぬ現象がある。それは常に雪の世界に置いて、梅を吟詠することである。

1.3 梅と雪の取り合わせ

梅を描き、詠むのに、常に雪を取り上げる。雪がまだ積もっている時期に花を咲かせるので、

梅の花の早さ・春のことぶれであることを強調する。また、白梅も雪も白くて、紛れてしまうことがよく詩歌に出てくる。更に、厳寒にひるまないので、花を咲かせる梅の強い品格を際立たせて、賛美するのも雪を取り上げる。例えば、張謂『早梅』：“一树寒梅白玉条，迥临春路傍溪桥。不知近水花先发，疑是经冬雪未消。”卢照邻『梅花落』：“梅岭花初发，天山雪未开。雪处疑花满，花边似雪回。”南宋卢梅坡『雪梅』：“梅须逊雪三分白，雪却输梅一段香。”また、すでに挙げた陸遊の『落梅二首』もそうである。

2. 日本における梅を詠む詩歌

日本人にとって、梅は中国から渡来した植物である。『古事記』や『日本書紀』『風土記』といったものにはその名が見られない。『懷風藻』に慶雲二年（七〇五）になくなった葛野王の作に見える。これは漢詩である。『万葉集』をみると、奈良に都を遷ったあと、天平の時代になって、急激に詠み上げられるようになった。天平二年（七三〇）正月に太宰府で大伴旅人が催した梅花の宴が梅の花のもとでの宴として早い時期のもの、あるいは最初の催しだったのではないかと思われる。こうしたことから、梅は千三百年ほど前、おそらく藤原の宮の時代に日本に伝えられたのだと推定される。

『万葉集』は日本民族の古典で、日本人の植物に対する基本的な考え方は『万葉集』に集約されているといっても過言ではない。梅を詠む詩歌（日本の場合、和歌のことだが）も『万葉集』に集中されている。『万葉集』に表現された植物およそ百六十種類の中で梅は萩について、百首以上の歌に詠まれているが、庶民に歌われた歌を中心にする巻々や額田王・柿本人麻呂などが活躍した前期の歌には見られない。梅は大伴旅人や山上億良など貴族・官人の作に詠まれて、まず、文雅の士に迎えられたのである。『万葉集』に現れた歌人の花鳥への趣向はその後の日本文学の風雅の伝統の源流となったと思われる。

例：842 我がやどの 梅の^{しづえ}下枝に 遊びつづ
うぐひす鳴くも 散らまく^を惜しみ
さつまのさくわんかうじのあま
薩摩日高氏海人

（我が家の^{したえだ}梅の下枝でうれしそうにうぐいすが鳴いているわ 散るのを惜しんで）

これは天平二年正月十三日に、^{だざいのそちたびときょう}太宰師旅人卿の邸宅に集まって、宴会を開いた時に作った梅花の歌三十二首の一首である。

太宰師大伴卿の梅の歌一首
1640 我が岡に 盛りに咲ける 梅の花 残れる
雪を まがへつるかも
(この岡に盛んに咲いている梅の花と消え残っている雪とをつい見違えた)

^{やつか}藤原朝臣八束の梅の歌二首
398 妹が家に咲きたる梅の 何時も何時も 成りなむ時に事は定めむ
399 妹が家に咲きたる花の梅の花 実にし成りなば かもかくもせむ

「梅の花」によって美しいおとめを比喻し、「実に成る」ことによって二人の恋の成就を表現しているのである。

『古今和歌集』に至ると、桜を詠む和歌が圧倒的に多くなったが、それにしても梅は依然として、親しまれて、よく和歌に詠まれる。

例：巻第一 春歌上

34 屋戸ちかく梅の花うゑじあぢきなく待つ人の香にあやまたれけり

読人知らず

(庭先近くには、梅の木を植えまい。せんないことだが、それから漂ってくる芳香を私が待っているあの方の香りと間違えてしまったよ。)

梅の花に恋人の訪れを待つ意を遠回しに託した巧みな歌である。

題知らず ^{そせいほふし}素性法師

37 よそにのみあはれとぞ見し梅の花あかぬ^{いろか}色香は折りてなりけり

(今までは、もっぱら遠くから美しいと観賞していた梅の花だが、いくら賞美してもまだ十分といえないその色と香りは、折り取って身近に置いて初めてその本当の素晴らしさが分かったことであるよ。)

梅の花に託して女性のことに触れて詠んでいるとも見ることができる。

梅の花を折りて人におくりける ともりの

38 君ならで^{たれ}誰にか見せむ梅の花色をも香をも知る人ぞ知る

(梅の花を折って人に贈った時の歌 紀 友則
あなたでなければ誰に見せたらいいのかしら、この梅の花を。色にせよ香りにせよ、ものの美しさを解するあなたにだけ分かっていただけるのです。)

以上の二首は色と香りとの双方を題材とし、人に贈る時の歌という点でも共通している。

3. 中日における梅を詠む詩歌の比較

ここまで中日における梅を詠む詩歌を見てきたが、似ているところもあれば、かなり異なっているところもある。まとめてみると、下記のようなのである。

3.1 共通点

- 1) 中国の詩人も日本の歌人も多種多様な手法でともに色・香りに力を入れて、梅を描写するが、その風景だけを描写するのではなく、詩人の気持ちも込められる。つまり、美しいし、香りの高い梅の花を見て、喜んだり、感動したりする。花に触発されるから、感情を込めて、花を詩歌に詠む。花を描写し、賛美することによって、託された感情・感慨・心境も自然に伝わってくる。まさに王国維が『人間詞話』の中で“一切景语皆情语”とまとめているように、花を詠むことによって、抒情するのである。
- 2) 日本のは中国の宋以前の梅を詠む詩歌に似ている。両国とも梅を春のことぶれとしてとらえ、その外形や香りを賛美する。ともに雪と梅を混同するいわゆる“まぎれ”の趣向がある。中日友好往来歴史、または梅の伝来歴史を考えると、日本は中国の漢詩漢文からの影響を受けたと思われる。また、梅の花を美しい女の子に譬えることがよくある。

3.2 相違点

- 1) ともに梅を美しい乙女に譬えることがあっても、かなり異なるところもある。中国の詩人は梅を美人に譬えることによって、その全体的なイメージ・気品を生々しく、生き生きと描写するためである。ところが、日本の歌人は自分の恋心を訴えるために、梅の花を恋人に譬えたり、愛情が実らないという残念な気持ちを梅の花

に託して、伝えたりするのである。

2) 中国ではよく梅と雪をセットにして、梅を描くが、日本の方は梅とうぐいすがいつも一緒に取り上げられる。ことわざ“梅に鶯”のように、和歌でいつもペアになっている。梅も鶯も春を告げて、梅は静的な植物で、鶯は動的な鳥で、どんなに取り合わせがいいであろう。

3) 中国の方は宋の時代に入ると、風格が一変した。梅の外観を描くより、梅の品格・気骨を注目するようになった。前にも論じたように、それは時代背景に関係するのである。詩人は困難にひるまない、気高い梅の気節を描くことによって、自分の意志、志を表明するのである。つまり梅の精神は詩人の精神を象徴する。中国語でいえば、いわゆる“詩言志”である。梅は前の時代の梅とは変わらないが、詩人の心境・目的によって、気品の高い存在として、親しまれるようになった。

しかし、日本ではそのような風格の変化は見られなくて、ずっと抒情の段階にとどまっている。日本には梅より早く春を告げる花はなかった。中国から梅が渡来し、春のことぶれの花、雅の花として、天平貴紳に歓迎された。実用の植物というより、見る花——観賞用の花になっているのである。

4. 結語

両国の間でどうしてこの違いが出てきたかという、その原因は歴史に求めなければならぬと思われる。まず、すでに述べたように、中国における梅を詠む詩歌の風格変化はその特殊な時代背景に原因するのである。次に、この風格変化は日本に影響を与えなかったからである。平安時代の前に日本は中国に遣随使や遣唐使を派遣して、中国の進んだ文化や政治制度などを積極的に取り入れた。ところが、八九四年になって、菅原道真の意見により、遣唐使の派遣を廃止した。文化の面では唐風文化の規範から脱して、国風的なものが次第に興った。和歌への関心が深まり、貴族の間に歌合わせが行われるようになり、十世紀に入って、『古今和歌集』が編集された。『古今和歌集』の中で、桜がすでに盛んに詠み上げられるようになった。それ以後、梅はだんだん影が薄くなり、桜は和歌に詠まれる花の中心となって、日本文化に定着した。だから、中国の宋・特に南宋の時代の前に、日本はすでに独自の国風文化を育ん

だのであり、中国から影響されなかった。日本人に認められる精神の気高さはむしろ“花は桜、人は侍”がいうように、梅ではなく、桜に託してあるであろう。日本において、今では梅は雅な春のことぶれの花として、“松竹梅”という組み合わせでめでたいものの象徴となっているのである。

参考文献

- 1) 程杰, “美人”与“高士”——两个咏梅拟象的递变, 南京师大学报(社会科学版), 1999-11, pp. 102-108, 1999
- 2) 程杰, 梅与雪——咏梅范式之一, 阴山学刊, 2000-3, pp. 29-33, 2000
- 3) 邱占勇, 宋人咏梅诗的三种境界, 辽宁工程技术大学学报(社会科学版), 1999-3, pp. 71-73, 1999
- 4) 小沢正夫 松田成徳(校注・訳), 古今和歌集, 小学館, 1994
- 5) 小島 憲之, 木下 正俊, 東野 治之, 万葉集, 小学館, 2008
- 6) 森淳司 俵万智, 新潮古典文学アルバム2 万葉集, 新潮社.
- 7) 桜井満, 花と日本人, 雄山閣, 1994
- 8) 遠藤嘉基 池垣武郎, 注解 日本文学史 九訂版, 中央図書, 1999

(原稿受付 2012年1月7日)

プチインターンシップを通じた大学生に対する 就業力育成事業 I 期の調査研究 —事前調査と事後調査を通して—

藤渕 明宏 (九州女子短期大学・子ども健康学科)

Research of the 1st period of career preparation service for the university student through the petit internship. - Through pre-project and post-project survey -

Akihiro FUJIBUCHI,

Abstract

The career preparation service at Kyushu Women's Junior College aims at raising students to "a pre-member of society". The purpose of this study is to analyze the transformation of the student by carrier design I and the petit internship through pre-project and post-project survey, and then to find problems of those. As a result of those investigations, students participated eagerly. Furthermore, their "sense of cooperation," "suitable work," "leadership," "concentration," "sense of duty," and "knowledge beyond specialized field" have been developed by petit internship. The more students' opinion should be heard so that this service develops more.

keyword:Power upbringing business, A pre-member of society,Carrier design I,Petit internship,Pre-project and post-project survey

1. 研究の目的・方法

1.1 プチインターンシップの位置づけ

大学生の就業力育成事業とは、入学から卒業までの間を通じた全学的かつ体系的な指導を行い、学生の社会的・職業的自立が図られるよう、大学の教育改革の取組を支援する「大学生の就業力育成支援事業」を各短大・短期大学に対して文部科学省が公募した取組である⁶⁾。

全国で大学・短大合わせて441件の申請があり、そのうち180件が選定された。その中で、短期大学では83件申請し19件選定された。九州女子短期大学は、九州内で短期大学3件選定された中の一つである。

選定された各大学は、それぞれ独自のカリキュラムをつくって取り組んでいる。

本大学の取組は図

1-1⁶⁾のように、キャリア教育を土台に4つの専門的なコースを目指す中で、就職後必要な人材として扱われ、短絡的に退職などでつまづかないような就業力育成支援を目指したものとなっている。本学の卒業生がキャリアモデルとして学生に現場の話などを行うことで自分の将来のイメージを抱かせ、学生自身に社会人になることを意識させたり、就職活動に対してモチベーシ

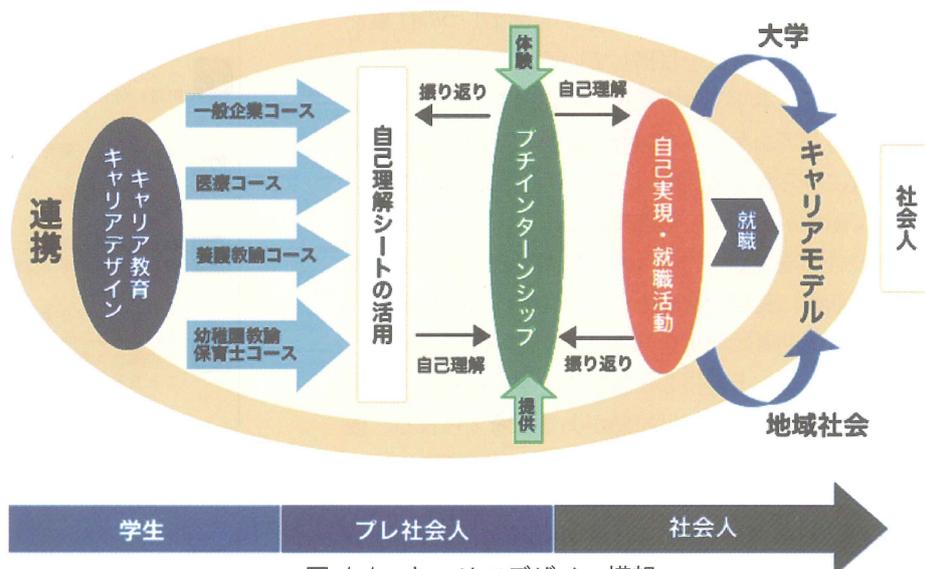
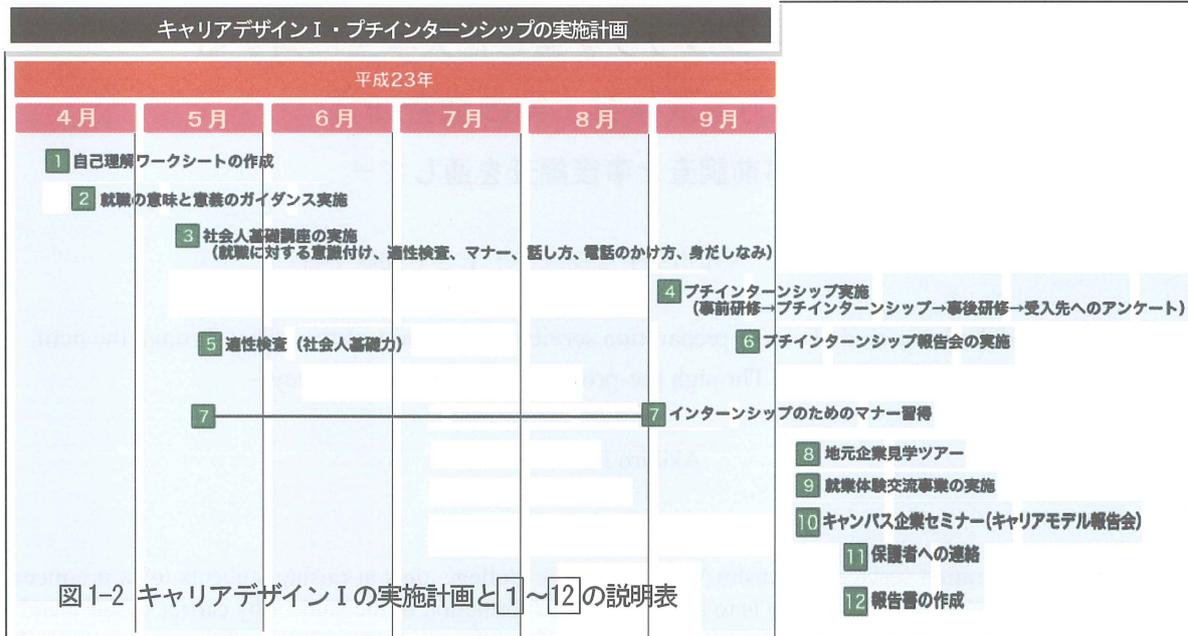


図 1-1 キャリアデザイン構想



ョンを高めたりしようとしている。また、工場を含む地元企業等見学・体験することで様々な働き方があることを学ばせる。本大学創設した「プチインターンシップ」(1週間程度の就業体験学習、やや短期間であるのでプチを付している。)では、地元を中心として商店街等で就業体験を実施することで就業力の強化を図る。これは全国的な早期離職問題解消に繋がることを目指すだけでなく、“大学だけではなく地域が育てる”という観点から、またその取組によって昨今の急激な経況の変化により九州圏内の過疎化や商店街のシャッター化が進む疲弊した地域の活性化をも目指すプログラムとなっている³⁾。

以上のことをとおして、本学は早期離職が雇用側にとっても雇用される側にとっても有益ではないことを第一に考え、少なくとも卒業後3年間は1つの仕事を継続できる人材育成を目指している。

ところで、本学では卒業後3年以内の就職先及び卒業生に対しアンケートを実施したが、その結果、早期離職者にみられる共通点は“きつく叱られる”ことに対して耐性が欠けている点である³⁾。

逆に仕事を継続できている者にみられる共通点は“就職活動に長期間を要した者”“アルバイト経験者”であった。前者は内定を得るまでに苦い経験を何度も繰り返し、やっと獲得した就職先を手放したりして再度就職活動をすることに抵抗感があると考えられる。後者はアルバイト経験(とりわけ接客業)で“きつく叱られた”経験があり、その経験が“お金を稼ぐ=仕事上叱られることは当然”ということを経験によって習得している。

図における本補助事業プロットの説明

- 1
 プチインターンシップに使用する自己理解シートを作成する。仕事する前に何ができるのか、自分自身を確認することが目的となっている。
- 2
 “何のために働くのか” “誰のために働くのか” “仕事とは何か” など、目的意識を持って働くことをテーマに学生自身に問いかけることで社会人としての責任感など自己を見つめなおすガイダンスとなっている。
- 3
 社会人基礎講座では、社会人として、また人間関係を培う上でも最低限必要と思われるスキルやマナーを講義や演習により身につけさせることを目的として実施。
- 4
 「プチインターンシップ」大きな企業ではなく小規模な地域商店街の協力を基に就業体験を実施することで、小規模だからこそ見える経営側が期待する人材、お客様が期待する人材を体験を通じて理解し、耐性の備わった“ブレ社会人”として育成することを目的として実施。
- 5
 社会人としてどんなことが不足しているか、自分自身を知ることを目的とした検査。
- 6
 プチインターンシップに参加することで、発見したこと、感動したこと、反省も含め今後どう生かしていくか、学生・教職員を集めて報告会を実施し、全体の士気を高めることを目的に実施。
- 7
 社会人として欠かせないコミュニケーション能力の一つとしてマナーを習得させ、プチインターンシップを円滑に行うことを目的として実施。
- 8
 企画・製造・販売など“ものづくり”→“販売”までの流れを理解し、自分が働くイメージ強化することを目的として実施。
- 9
 幼稚園教諭・保育士コースの授業の一環として知的障害者後援施設等の交流を実施。
- 10
 キャンパスセミナーは学内企業説明会日に合わせて内定報告会を実施、1年生にとっては先輩が見本となるため卒業後の自分の姿としてイメージできるようにすることを目的とする。
- 11
 保護者への連絡としては、今回の取組を中心に大学・地域・家庭においても学生の就職に対して関心をもってもらい、就職環境が厳しいこと、就職しても安易に退職を承諾することのないような対応を保護者に促すことが必要。
- 12
 本取組の成果が確実に向上し、短大の取組としてモデル化できるように報告書を作成する。

この働くレディネスを身につけた両者を「プレ社会人」と定義づけ、在学学生全員をプレ社会人として卒業させ、一人ひとりが社会に必要とされる人材として活躍できることを目的とする。

平成23年度9月までは、その年に発足した子ども健康学科を対象に図

1-2の流れで事業を実施した。まずは現在のカリキュラムにプラスして③で社会人としてのマナーなどを習得させるために、電話のかけ方やお客様との対応など即戦力に繋がるスキルを身につけさせた。⑦プチインターンシップ前のマナー習得をさせた。④でプチインターンシップの実施と⑥報告会、⑧地元企業見学、⑩卒業生によるキャリアモデル報告会などを行い、卒業までにプレ社会人として育成することを目指した。

以上においてもプチインターンシップがキャリアデザインⅠの要であることが明らかである。



写真1-1 マナー講座

1-1に示している。そこでは、1週1回90分間で15週、外部講師による講話・演習を中心として展開された(写真1-1、写真1-2)。

1.2 プチインターンシップの実施

今回が本事業の本格的な実施であったために、準備時間がやや不足したこともあって、プチインターンシップ先の企業等は教員側が準備し、それらへ学生を交通の便などを考慮しつつ教員側で割り当て、夏季

表 1-1 キャリアデザインⅠの実践内容及びプチインターンシップの位置付け

回	日時	内容	回	日時	内容	回	日時	内容
1	4/8	○講話 「子ども健康学科で学んでいくもの、学生の皆さんに期待する事」 講師: 副学長	6	5/12	○講話 「保育士になる為に必要なこと」 ～保育士の重要性～ 講師: 外部講師	11	6/16	○講話・演習 「マナーの基礎Ⅰ」 ・実習事前相談のためのマナー ・電話のかけ方・敬語の使い方・話し方 講師: 外部講師
2	4/8	○講話 「キャリア形成をする為に必要な事」 「今からの学びを考える」 「卒業後のライフワークプラン形成」 「キャリアデザインの概略説明」 講師: 学生支援課課長	7	5/19	○講話 「現役 幼稚園教諭に聞く、平成時代の幼稚園教諭のあり方」 講師: 外部講師	12	6/23	○講話 「自己のキャリアデザインを描く」 ・適性診断検査の結果の解説とキャリア形成の仕方 講師: 外部講師
3	4/14	○講話 「就職の意味とは、女性の生き方とは」 講師: 外部講師	8	5/26	○講話 「一般企業の強み・弱み」 ～女性が一般企業で働くということ～ 講師: 外部講師	13	7/7	○演習 「文章の書き方・書類の書き方Ⅰ」 担当: 担当教員
4	4/21	○講話・演習 「キャリアデザインを形成するにはⅠ」 講師: 外部講師	9	6/2	○講話 「保護教諭になる為には……」 講師: 外部講師	14	7/14	○演習 「文章の書き方・書類の書き方Ⅱ」 担当: 担当教員
5	4/28	○講話・演習 「キャリアデザインを形成するにはⅡ」 講師: 外部講師	10	6/9	○検査 ・適性検査 ・適職診断検査 講師: 外部講師	15	7/21	○まとめ 「キャリアデザインⅠのまとめ」 担当: 担当教員
9/12～9/17(5～6日間)			○プチインターンシップ(約50か所、対象学生約160人)					

休業中に5～6日間で行った(表1-2)。参加者は167名学生中、160名ほどの多数にのぼった。

短期間であったが、学生たちは、欠席等は全くなく、それぞれの箇所が無事に終えることができた(写真1-3)。

その中で多くの企業で学生へ説話をするなど教育的な配慮がなされていた(写真1-4)。

表 1-2 プチインの派遣先及び学生数

事業名	対象	箇所	人数
神社	巫女見習い	1	2
健康総合施設	補助員	1	13
老人養護施設	介護補助	4	20
書店	補助店員	5	10
株式会社	事務補助員	8	26
ホテル	従業員補助	3	14
スポーツ店	補助店員	1	2
外科病院	整理補助員	1	3
写真館	補助員	1	2
スーパー	補助店員	7	18
家具店	補助店員	1	4
動物病院	整理補助員	1	2
ペット店	補助店員	1	1
音楽教室	補助員	2	3
楽器店	補助員	1	2
学童保育所	補助員	1	4
電気工事会社	補助員	1	2
学校食堂	補助員	1	4
百貨店	補助店員	1	4
駅員	補助駅員	1	2
ドライビングスクール	指導補助	1	4
図書館	司書補助	1	6
観光バス	事務補助員	1	2
観光協会	事務補助員	1	1
商店街事務局	事務補助員	1	1
結婚式場	従業員補助	2	7
合計		50	159

1.3 研究の目的

本研究の目的は、本学の学生が「プレ社会人」へ高めるために、プチインターンシップを仕組んだキャリアデザインⅠにおける学生の変容とキャリアデザインⅠの課題をとらえて、今後の本学の就業力育成事業に資したい。

よって以下の課題を設定する。

【課題1】

就業力育成事業のキャリアデザインⅠ(1学年前期分)10回(1回につき90分授業)を受講した子ども健康学科1学年全員(167名)対象に6月事前調査実施し、プチインターンシップ(1週間)実施直後の9月末にほぼ同一項目の事後調査を行い、キャリアデザインⅠ、及びプチインターンシップの教育的効果を調べる。

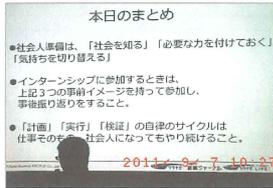


写真1-2 プチインターン事前指導



写真1-3 書店でプチインターン



写真1-4 プチインターンにおける企業から説話キャリアデザイン構想図

【課題2】

調査1のプチインターンシップ先は、教員側が用意した企業等であるが、前年度（H22）実施した学生が自由に選択した企業等のインターンシップとの教育的効果の差異及び課題を検討する。

【課題3】

就業力育成事業におけるキャリアデザインは、子ども健康学科1学年対象にした2年間にわたるI～IV段階カリキュラムの第I段階であるが、その時点において、今後の教育的成果・課題を検討する。

1.4 研究の方法
上記の課題に対して、以下の方法をとる。

【方法1】
プチインターンシップ事前（H23.6）、事後（H23.9）に同一学生、同一調査項目によるアンケート

調査を実施し、比較研究をする。そのアンケート内容は、昨年度のインターンシップ調査研究²⁾の調査内容項目を踏まえる。

【方法2】

事前・事後調査における、全調査項目及び一人ひとりの学生の変容を求めるために、因子分析・階層クラスター分析、クロス処理などを通して行う。また今後のキャリアデザインの改善を求めて、CS分析をも取り入れ検討する。

1.5 研究の意義
本研究では、大学生の就業力育成事業の内容・構成に深く立ち入ることは考えていない。しかし、大学での教育目標を本事業における「プレ社会人」育成にあるとするならば、本研究での具体的な行動目標に当たると考える調査項目、とくに表2-1における1～46項目を行動目標としてそれが具現化に近づく方法や課題を求めて本研究を進める。

そうした前提に立ち、本研究は、大学の教育目標の検討とともに、その底に流れる学生の意識を深く検討し、かつ今後のキャリアデザインの在り方、プチインターンシップの課題を究めていきたい。

2. 調査用紙設定及びアンケート実施

2.1 アンケートの内容

本研究でのアンケート調査項目は、平成22年の河野志穂¹⁾をベースにして作成した平成23年の藤渕明宏²⁾の項目に、その研究で課題であったフェイスシートに相当する項目を事前・事後とも7個ほど追加した。

項目の構造を図2-1のようにある。最終到達の目標は、多くの学生に「インターンシップは大きな意義が

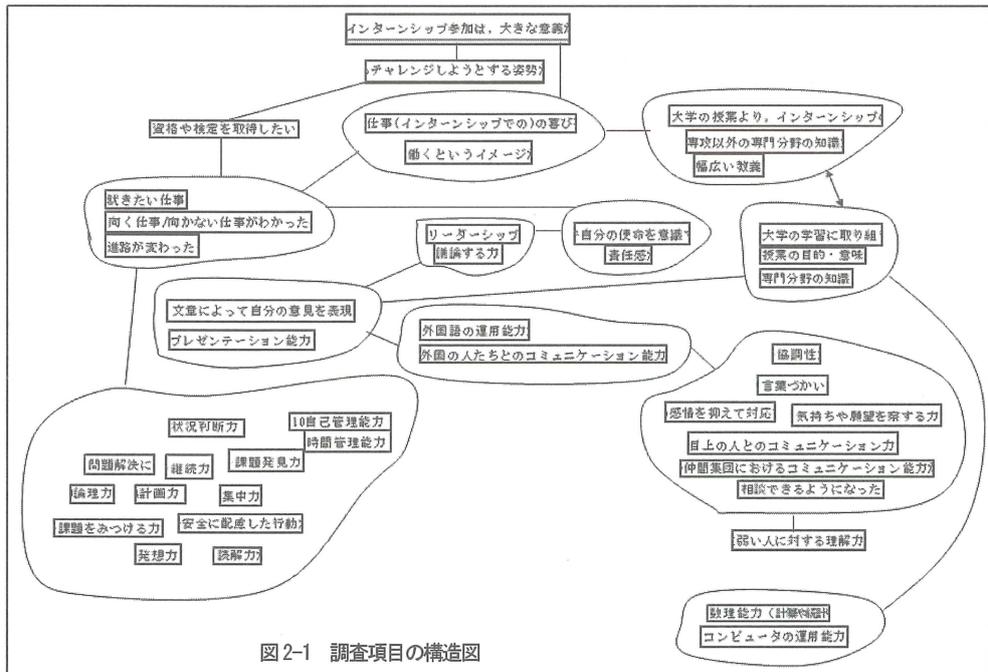


図2-1 調査項目の構造図

表2-1 事前調査の調査項目一覧

項目	質問	項目	質問
1	「本学に入って『働く』ことのイメージが違った」	47	「コンピュータの運用能力が高まった」
2	「憧れや憧れを取扱いたい」	48	「大学の授業より、インターンシップの学びが理解できた」
3	「憧れというイメージ」	49	「憧れというイメージ」
4	「憧れや憧れを取扱いたい」	50	「憧れや憧れを取扱いたい」
5	「憧れや憧れを取扱いたい」	51	「憧れや憧れを取扱いたい」
6	「憧れや憧れを取扱いたい」	52	「憧れや憧れを取扱いたい」
7	「憧れや憧れを取扱いたい」	53	「憧れや憧れを取扱いたい」
8	「憧れや憧れを取扱いたい」	54	「憧れや憧れを取扱いたい」
9	「憧れや憧れを取扱いたい」	55	「憧れや憧れを取扱いたい」
10	「憧れや憧れを取扱いたい」	56	「憧れや憧れを取扱いたい」
11	「憧れや憧れを取扱いたい」	57	「憧れや憧れを取扱いたい」
12	「憧れや憧れを取扱いたい」	58	「憧れや憧れを取扱いたい」
13	「憧れや憧れを取扱いたい」	59	「憧れや憧れを取扱いたい」
14	「憧れや憧れを取扱いたい」	60	「憧れや憧れを取扱いたい」
15	「憧れや憧れを取扱いたい」	61	「憧れや憧れを取扱いたい」
16	「憧れや憧れを取扱いたい」	62	「憧れや憧れを取扱いたい」
17	「憧れや憧れを取扱いたい」	63	「憧れや憧れを取扱いたい」
18	「憧れや憧れを取扱いたい」	64	「憧れや憧れを取扱いたい」
19	「憧れや憧れを取扱いたい」	65	「憧れや憧れを取扱いたい」
20	「憧れや憧れを取扱いたい」	66	「憧れや憧れを取扱いたい」
21	「憧れや憧れを取扱いたい」	67	「憧れや憧れを取扱いたい」
22	「憧れや憧れを取扱いたい」	68	「憧れや憧れを取扱いたい」
23	「憧れや憧れを取扱いたい」	69	「憧れや憧れを取扱いたい」
24	「憧れや憧れを取扱いたい」	70	「憧れや憧れを取扱いたい」
25	「憧れや憧れを取扱いたい」	71	「憧れや憧れを取扱いたい」
26	「憧れや憧れを取扱いたい」	72	「憧れや憧れを取扱いたい」
27	「憧れや憧れを取扱いたい」	73	「憧れや憧れを取扱いたい」
28	「憧れや憧れを取扱いたい」	74	「憧れや憧れを取扱いたい」
29	「憧れや憧れを取扱いたい」	75	「憧れや憧れを取扱いたい」
30	「憧れや憧れを取扱いたい」	76	「憧れや憧れを取扱いたい」
31	「憧れや憧れを取扱いたい」	77	「憧れや憧れを取扱いたい」
32	「憧れや憧れを取扱いたい」	78	「憧れや憧れを取扱いたい」
33	「憧れや憧れを取扱いたい」	79	「憧れや憧れを取扱いたい」
34	「憧れや憧れを取扱いたい」	80	「憧れや憧れを取扱いたい」
35	「憧れや憧れを取扱いたい」	81	「憧れや憧れを取扱いたい」
36	「憧れや憧れを取扱いたい」	82	「憧れや憧れを取扱いたい」
37	「憧れや憧れを取扱いたい」	83	「憧れや憧れを取扱いたい」
38	「憧れや憧れを取扱いたい」	84	「憧れや憧れを取扱いたい」
39	「憧れや憧れを取扱いたい」	85	「憧れや憧れを取扱いたい」
40	「憧れや憧れを取扱いたい」	86	「憧れや憧れを取扱いたい」
41	「憧れや憧れを取扱いたい」	87	「憧れや憧れを取扱いたい」
42	「憧れや憧れを取扱いたい」	88	「憧れや憧れを取扱いたい」
43	「憧れや憧れを取扱いたい」	89	「憧れや憧れを取扱いたい」
44	「憧れや憧れを取扱いたい」	90	「憧れや憧れを取扱いたい」
45	「憧れや憧れを取扱いたい」	91	「憧れや憧れを取扱いたい」
46	「憧れや憧れを取扱いたい」	92	「憧れや憧れを取扱いたい」

ある」という意識を持たせることにある。その意識を持つまでの過程において、プレ社会人として育つためにも「状況判断力」「協調性」「コンピュータ運用能力」「外国語運用能力」「プレゼンテーションの力」等を基盤としながら、「進路希望の見直し」、それに伴って「大学授業の見直し」「幅広い教養の高め」、それらの行き着くところに「働くイメージの高揚、終末に資格習得等の「チャレンジ精神の高まり」となり、「インターンシップの意義の確認」へ行き着く流れになると考える。

たしかに図2-1構造図の下部に、仕事人として問題解決力、発想力といった「基本的な能力」が、かたや右に社会人としてコミュニケーションなどといった「協調性」という行動規範がある。それらを培うとともに専門知識を高めるために右中の「大学の学習」に取り組み、文章表現力などを高めつつ中左の「就きたい仕事」を求めて「インターンシップに参加」し右上の「大学以外の幅広い教養・知識」を培い、それらが相まって上中の「チャレンジ精神」を高めることになれば、最上の「インターンシップは大きな意義があった」と本研究の到達目標となる。このように本研究、実践を構造化できる。こうした構造がこの後の因子分析等でどのように分析されるかが期待される。

なお、質問紙は、表2-1のように、先述した昨年度の調査項目46個で作成した。項目47以降は、学年、学科、アルバイト経験、就業実績、キャリアデザインの有意味の間、等のフェイスシートである。

2.2 アンケートの実施

子ども健康学科の全学生対象に事前調査、事後調査とも一般の授業終了直後に実施した。事前調査は167名中、事前事後共回答した学生138名のデータを確保し、その回収率は、82.6%であった。

また事後テスト項目(表3-1)のフェイスシートには、項目51「プチインターンシップはあなたの就職希望職種か」及び項目52「プチインターンシップは有意義であったか」を追加した。

3. アンケート分析

3.1 項目の単純集計から

事前・事後の調査項目「年齢」は、18・19歳に99%と集中し適正な分析が不可として削除した。

まず単純集計で事後調査各項目の結果をみるところ、図3-1のように概ね良い結果が出ているようである。全体を通して入学後2カ月余りの短期間に、自分の高まりを感じている学生が多いということである。

表3-1 事後調査各項目カテゴリの各度数

変数(項目)	選択肢(カテゴリ)			
	適 合	や や	余 り	不 適 合
	4	3	2	1
1後「働く」イメージ	54	74	8	3
2後「状況判断力」	44	84	8	2
3後「自分が向く仕事」	34	85	38	1
4後「年上・目上コミュニケーション能力」	35	81	18	2
5後「就きたい仕事」	38	62	31	6
6後「継続力」	31	79	25	3
7後「協調性」	34	87	15	2
8後「相手察する力」	33	89	15	1
9後「課題発見力」	19	77	39	1
10後「自己管理能力」	35	82	18	3
11後「時間管理能力」	63	55	17	3
12後「資格や検定を取得」	64	62	8	2
13後「専攻以外専門知識」	37	65	30	5
14後「計画力」	32	79	23	3
15後「弱い人への理解力」	30	78	25	4
16後「プレゼンテーション能力」	18	55	62	4
17後「大学への学習意欲」	38	84	15	2
18後「教養」	31	80	28	1
19後「論理力」	20	69	45	3
20後「仲間へのコミュニケーション能力」	52	63	18	3
21後「発想力」	25	65	45	3
22後「大学より「学外実習」が役立つ	38	81	17	2
23後「文章意見表現力」	28	91	19	2
24後「議論する力」	13	56	63	6
25後「進路希望変化」	6	34	53	44
26後「専門分野」知識	25	78	25	9
27後「コンピュータの運用能力」	11	66	42	17
28後「大学「授業目的・意味」	23	85	26	4
29後「読解力」	11	62	58	7
30後「数理解能力」	4	43	89	22
31後「問題解決」粘り姿勢	18	80	37	2
32後「仕事へ「集中力」	36	81	18	3
33後「先輩・先生に相談」	23	52	49	12
34後「受け答え・言葉づかい」	26	94	15	2
35後「安全」配慮行動	25	85	21	5
36後「チャレンジ」姿勢	40	75	19	2
37後「責任感」	46	75	15	2
38後「自分の使命」意識	26	83	25	3
39後「自分の感情制御」	33	88	14	3
40後「課題をみつける力」	23	83	32	0
41後「外国の人コミュニケーション能力」	6	21	80	51
42後「外国語」運用能力	3	29	61	44
43後「大学「勉強に喜び」	7	64	52	14
44後「リーダーシップ」	12	43	68	15
45後「本大学「職種適合大学」	34	80	18	4
46後「本大学「入学」意義	37	79	18	3
47後「学年」	137	0	0	1
48後「就職経験」	3	3	3	128
49後「就職希望先決定」	18	42	50	29
50後「プチインターン参加」	138	0	0	2
51後「インターン「就職希望職種」	3	19	110	0
52後「プチインターン有意義か」	64	59	13	0
53後「アルバイト経験」	28	30	53	26
54後「現在アルバイト」	52	4	8	74
55後「キャリアデザイン職業意識役立つ」	33	81	19	4
56後「年齢」	128	9	1	0
57後「学科」	87	71	0	0

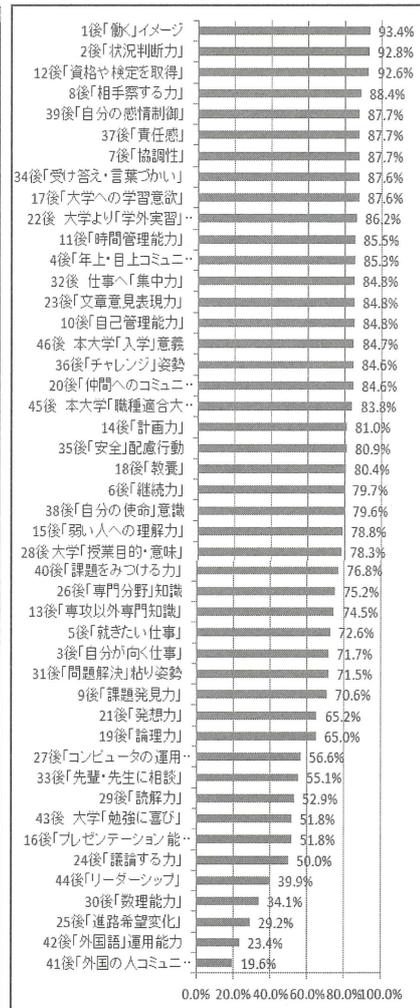


図3-1 事後調査の各項目達成度グラフ

例えば、働くイメージが高まり、資格を取得したい、他の人との協調性を高め、コミュニケーション力を高揚し、教養を更に身につけていると感じる学生、本大学の学ぶ喜びを感じ、入学して良かったと感じている学生が多くを占める。文章表現、問題解決など様々な力が高まり、自分の求める仕事を明確にする学生が7割以上にもなる。論理力・プレゼンの力なども半数の学生が伸びたと認識している、これらは素晴らしいことでもある。

よって、本調査の40項目ばかりの内容を絶対的に評価すると大学の教育活動、また本就学力事業は大いに成果を高めていると言えるようである。

そこで、本調査のデータの分析を進めて、本大学、教育活動をより改善し進めていくための課題や方法開発へのカギを求めようとした。

表3-1（事後調査）のようにデータ分布が偏っている傾向が、事前調査にも同様にある。また一部には天井・床効果（表3-1の項目12、48）もある。しかし12「資格取得」などは、本研究の大事な項目であるため、できるだけ全ての項目を用いて、今後の分析を進めていった。

3.2 昨年度のインターンシップとの比較

そこで、昨年度

8月～9月に九州女子大学・九州女子短期大学で科目「インターンシップ」（2単位）10日間（26名）を実施した。その調査分析結果は、九州女子大学研究紀要²⁾で示したところであるが、それとの事後調査項目1～46との比較を試みた。

その結果、平均の差T検定で有意な項目だけを図3-2にまとめた。その中で、大学入学後「文章意見表現力が高まった」と意識している学生が多い。これは、今回の就業力育成事業「キャリアデザインI」において毎時、まとめ感想を提出させ教員よりフィードバックした成果であろうと推測できる。外国語に関する高まりは、本大学の科目等、外国語環境の高まりからであろう。

3.3 事前・事後比較

3.3.1 項目の対応から

各変数においてそれぞれ事前事後の平均値が上ったか（↗、下向したか（↘）の検定（T検定、両側、*：P<0.05、**：P<0.01）を行って、判断の基準を求めた。その結果、事後に少々高まっている様子があるが、事前・事後に大きな差はないようである。有意差（*、**）を示した変数の個数は、事後：事前=10：7で僅差であった（表3-2）。

表3-2（↗から、プチインターンシップ体験直後でもあるのか、「年上・目上の人とのコミュニケーション能力」「リーダーシップ」「協調性」と人との関係のまとまり、及び「大学より学外研修のほうが役に立つ」「自分に向く仕事が見つかった」とインターンシップの意義

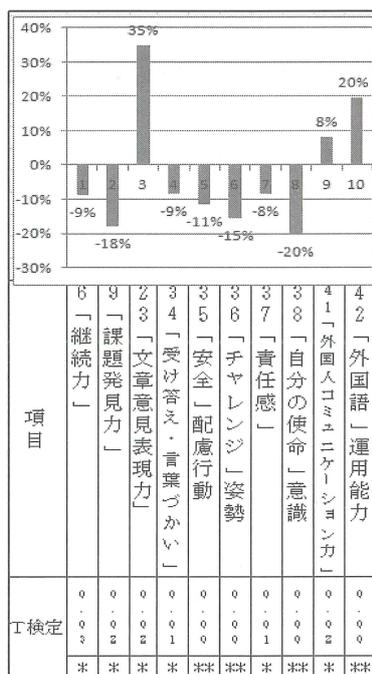


図3-2 昨年度インターンシップとの比較

表3-2 事前・事後比較 *：p<0.05, **：p<0.01

p値	判定	平均値↗:事後平均向上 ↘:事後平均下向	p値	判定	↗:事後平均向上 ↘:事後平均下向
0.000	**	↗ 4後「年上・目上コミュニケーション能力」	0.000	**	↘ 51後 インターン「就職希望職種」
0.000	**	↗ 3後「自分に向く仕事」	0.000	**	↘ 5後「就きたい仕事」
0.003	**	↗ 44後「リーダーシップ」	0.004	**	↘ 12後「資格や検定を取得」
0.011	*	↗ 22後 大学より「学外実習」が社会役に立つ	0.007	**	↘ 45後 本大学「職種適合大学」
0.019	*	↗ 7後「協調性」	0.007	**	↘ 26後「専門分野」知識
0.025	*	↗ 41後「外国人のコミュニケーション能力」	0.007	**	↘ 29後「読解力」
0.029	*	↗ 42後「外国語」運用能力	0.018	**	↘ 43後 大学「勉強に喜び」
0.036	*	↗ 32後 仕事へ「集中力」	0.062		↘ 39後「自分の感情制御」
0.037	*	↗ 38後「自分の使命」意識	0.064		↘ 23後「文章意見表現力」
0.047	*	↗ 13後「専攻以外専門知識」	0.096		↘ 27後「コンピュータの運用能力」
0.077		↗ 18後「教養」	0.204		↘ 8後「相手察する力」
0.093		↗ 20後「同年齢・仲間へのコミュニケーション能力」	0.244		↘ 28後 大学「授業目的・意味」
0.106		↗ 6後「継続力」	0.344		↘ 35後「安全」配慮行動
0.109		↗ 31後「問題解決」粘り姿勢	0.347		↘ 15後「弱い人への理解力」
0.133		↗ 34後「受け答え・言葉づかい」	0.372		↘ 46後 本大学「入学」意義
0.144		↗ 16後「プレゼンテーション能力」	0.406		↘ 37後「責任感」
0.146		↗ 33後「先輩・先生に相談」	0.419		↘ 10後「自己管理能力」
0.180		↗ 19後「論理力」	0.453		↘ 36後「チャレンジ」姿勢
0.189		↗ 25後「進路希望」	0.458		↘ 21後「発想力」
0.262		↗ 2後「状況判断力」			
0.356		↗ 17後「大学への学習意欲」			
0.357		↗ 11後「時間管理能力」			
0.363		↗ 9後「課題発見力」			
0.365		↗ 24後「議論する力」			
0.403		↗ 40後「課題をみつける力」			
0.455		↗ 1後「働く」イメージ			
0.458		↗ 14後「計画力」			
0.462		↗ 30後「数理能力」			
0.463		↗ 49後「就職希望先決定」			

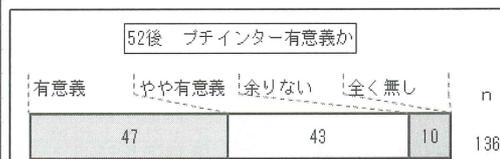


図3-3 「プチインターン」は有意義か

を見ることができる。さらに「自分の使命感が高まった」「大学での専攻以外の専門意識が高まった」とこれまたプチインターシップの実践からの変容であろう。

表3-2(\\)で下向した変数では、「本大学は自分の職業適合した大学」が低くなり、それを裏打ちするかのように「大学の勉強に喜びが高まった」も低くなっている、ということとは、プチインターシップの実践から、大学での専門的な学びを振り返り、プチインターシップのほうの学びの素晴らしさを認めていると言うこともできよう。こうしたことは、学外における多様な人々にふれ、慣れない職種を体験したプチインターシップから、実践を通して“学びの本質”とは何かを多くの学生が考えた結果であろう。

ただし、事前から83%余りの大半の学生が「職業適合大学」と認めている。それが事後調査になって減少したということであるが、それだけ職業意識の域を広げたということにもなる。

なお、事後調査項目に「プチインターシップはあなたに有意義でしたか」を追加したところ図3-3のように90%の学生が有意義と認めている。このことは今回のインターシップの事業は、良い取組であったと認められよう。

また、プチインターシップ体験後、表3-2の「自分に向く仕事」が分かった」と6月時点より高まっているという有意差が見られたが、それを図3-4のようにクロスしてみたところ、「余り分からない」と事前に回答していた学生のうち67%が「わかった」「ややわかった」と数多く回答している。これもプチインターシップの成果とみれよう。

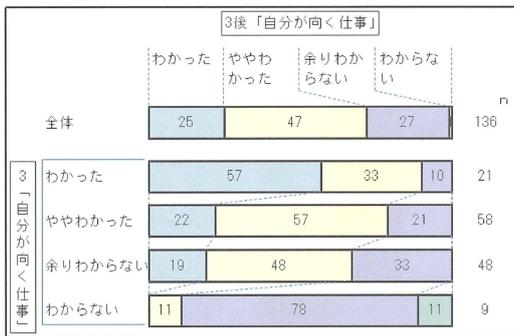


図3-4 「自分に向く仕事」における事前・事後クロス

3.3.2 各学生の変容から

138名それぞれ事前・事後調査データを対応させ平均差のT検定を行ったところ、表3-3のように事後に平均値が高くなった者は55.8%であり、平均の差で有意な学生はそれぞれ28名と全く同一であった。

このことから、各学生の変容の全体的な伸びは僅か

表3-3 事前・事後各学生対応比較結果

事前調査と比べて		度数	T検定有意 (P<0.05) な度数
平均値	事後高くなった^	77	28
	事後低くなった^	61	28
合計		138	56

であったと言えるだろう。

3.3.3 各項目間から

ここまで、各項目の事前・事後調査から、その項目相互の関係が如何様にあるか、またどのような因子が見出され、キャリアデザイン等の本事業を推し進める因子、また課題となる事柄は何かを探ろうとした。

まず、因子分析を事前・事後調査それぞれ試みた。

<事前調査>事前調査では、主因子解、プロマックス回転、因子負荷量0.5以上を採用し、各因子の寄与率(表3-4)及び固定値のスクリープロット(図3-5)から6因子を析出し、表3-5の結果となった。

表3-5において、因子1は、計画をしっかりと練り、課題を見つけ、責任を持ってチャレンジしていく姿勢

から「自己管理能力」と命名した。因子2は、コンピュータ、専門知識、表現力などを駆使して集中して取り組んでいく

表3-4 事前の固有値

因子	固有値	寄与率	累積
1	14.27	32.42%	32.42%
2	3.17	7.21%	39.63%
3	2.35	5.35%	44.98%
4	1.87	4.25%	49.23%
5	1.74	3.96%	53.18%
6	1.63	3.71%	56.89%
7	1.30	2.95%	59.84%
8	1.22	2.78%	62.62%

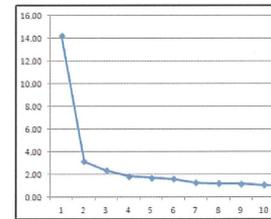


図3-5 事前のスクリープロット

表3-5 事前調査の因子分析表

事前調査因子分析	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	因子6
40「課題をみつける力」	0.796	-0.185	-0.010	0.197	0.100	0.050
10「自己管理能力」	0.770	-0.147	0.139	-0.080	0.098	0.105
14「計画力」	0.722	0.173	-0.112	-0.184	-0.008	0.227
13「専攻以外専門知識」	0.682	-0.007	-0.115	-0.025	-0.145	-0.070
18「教養」	0.613	0.123	-0.045	0.032	-0.105	-0.054
36「チャレンジ姿勢」	0.586	0.011	0.186	-0.073	0.093	0.042
37「責任感」	0.511	0.084	0.248	-0.149	0.044	0.145
32「仕事へ「集中力」	-0.109	0.776	0.157	-0.129	-0.008	0.091
27「コンピュータの運用能力」	-0.058	0.656	0.016	0.190	-0.025	0.149
29「読解力」	0.140	0.610	-0.037	0.065	-0.144	-0.121
26「専門分野」知識	0.164	0.590	-0.147	-0.063	0.141	0.012
28「大学」授業目的・意味	0.033	0.566	-0.136	-0.089	0.129	-0.165
17「大学への学習意欲」	0.282	0.522	0.021	-0.125	-0.030	-0.066
23「文章意見表現力」	-0.096	0.511	0.308	0.002	0.145	0.113
4「年上・目上コミュニケーション能力」	-0.027	-0.054	0.757	0.139	-0.076	0.073
7「協調性」	-0.061	0.052	0.686	-0.095	-0.023	-0.233
8「相手」察する力	0.164	-0.109	0.579	-0.054	0.021	-0.145
33「先輩・先生に相談」	-0.031	0.065	0.535	0.059	0.055	0.085
41「外国のコミュニケーション能力」	0.075	-0.275	0.048	0.897	0.041	0.081
42「外国語」運用能力	-0.188	0.141	-0.077	0.795	-0.007	0.013
45「本大学」職種適合大学」	-0.094	0.048	0.021	-0.008	0.807	0.013
46「本大学」入学」意義	-0.063	0.084	0.075	-0.009	0.651	-0.131
50「アルバイト経験」	0.232	0.004	-0.253	0.039	-0.063	0.541
51「現在アルバイト？」	0.001	-0.012	0.058	0.079	-0.037	0.455

「仕事への前向きな構え」と命名した。因子3は、相手を思いやり、協調して取り組んでいく「コミュニケーション能力」と命名した。因子4は、そのとおり「外国語の運用能力」とした。因子5は「本大学入学満足感」とした。因子6は、1. 1で述べたこのキャリアデザインを支える「アルバイト経験」とした。

この事前調査因子分析6因子相互の関係をよりつかむために、表3-5の24個の項目による階層クラスター分析を行った(図3-6)。

先の因子分析で因子6個を析出していたので、図3-6の事前調査の階層クラスター分析テンドロームで、6個のクラスターが生じる

ところに直線を引いてみた。

因子分析での因子1と3に相当するクラスターがより近い関係にあり、その上に因子分析因子2に相当するクラスターが、さらに因子分析因子4に相当するクラスターが、またその上に被さっている関係を見ることが

表3-6 事前クラスター分析の6因子

クラスターNo.	項目No.	項目名
1	4	10「自己管理能力」
	5	13「専攻以外専門知識」
	6	14「計画力」
	8	18「教養」
	16	36「チャレンジ」姿勢
	17	37「責任感」
2	7	17「大学への学習意欲」
	9	23「文章意見表現力」
	10	26「専門分野」知識
	11	27「コンピュータの運用能力」
3	12	28 大学「授業目的・意味」
	13	29「読解力」
	14	32 仕事へ「集中力」
	1	47「年上・目上コミュニケーション能力」
4	2	7「協調性」
	3	8 相手「察する力」
5	15	33「先輩・先生に相談」
	19	41「外国の人コミュニケーション能力」
6	20	42「外国語」運用能力
	21	45 本大学「職種適合大学」
7	22	46 本大学「入学」意義
	23	50 アルバイト経験
	24	51 現在アルバイト?

ことができる。例えば、「協調性」と「年上コミュニケーション」が強いかかわり、それに「相手を察する力」と「先生・友達に相談」がかかわっている関係とみれる。また「大学での学習意欲」と「専門分野の知識」が強いか関係がある。

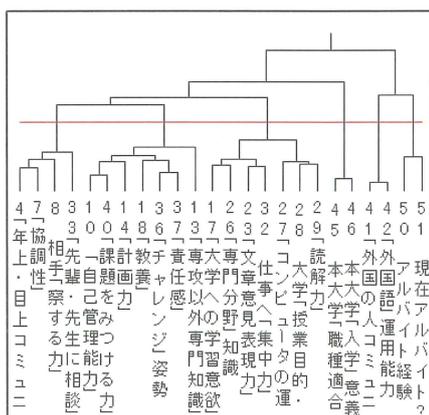


図3-6 事前調査の階層クラスター分析テンドローム

またクラスター分析の因子5と6は、左側のクラスター分析因子1~4とは、遠い関係にあることが分かる。さらに、各項目間において、かつその距離が近いほど関係が深いということが

これらのことから事前調査を行った時点の入学後2か月ほどで、大学の教育活動、キャリアデザインIの10回ほどの実践からも、学生は「協調性」の大切さ、それも自らチャレンジしていくほどの前向きな「自己管理の力」を高めようと大学での勉強に望んでいる様子が見て取れる。大いに好ましいことととらえる。

<事後調査>事前調査と同様にして因子分析を行ったところ、固有値のスクリープロットが図3-7のようにな

因子	固有値	寄与率	累積
1	13.02	33.38%	33.38%
2	2.85	7.31%	40.69%
3	2.28	5.85%	46.53%
4	1.69	4.34%	50.87%
5	1.62	4.15%	55.02%
6	1.31	3.37%	58.39%
7	1.21	3.10%	61.49%

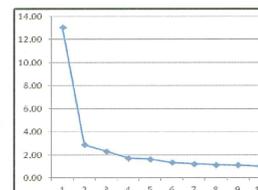


図3-7 事後スクリープロット
したが、固有値が1より大きく、その累積が60%以内であったことから、表3-8のように6因子を析出した。

因子の命名は、事前調査とやや異なる。因子1は、仕事を求めるチャレンジ姿勢から、相手とのコミュニケーションを大事にしながら、計画力、文章表現力などを培った「仕事への前向きな構え」とした。因子2は、大学以外の専門知識の蓄積を求めて教養、論理力、プレゼンの高めなどを求めて行こうとする精神がみえることから「専攻以外のプレゼン能力」とした。因子3は、本大学への学びの喜びがみえることから「本大学学びの喜び」とした。因子4は、集中して課題を求めようとする先ある仕事に向けての自分の仕事に向けてのモチベーションが感じられることから「仕事への

表3-8 事後調査の因子分析表

事後調査	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	因子6
7後「協調性」	0.836	-0.079	0.088	-0.047	-0.076	0.035
8後「相手察する力」	0.795	0.062	-0.081	-0.126	0.055	0.000
20後「仲間へのコミュニケーション能力」	0.667	-0.027	-0.005	0.144	0.012	-0.063
34後「受け答え・言葉づかい」	0.652	-0.024	-0.133	0.131	0.096	0.148
10後「自己管理能力」	0.632	-0.055	0.033	0.094	-0.028	-0.053
23後「文章意見表現力」	0.616	0.010	0.001	-0.084	-0.020	0.028
14後「計画力」	0.574	0.344	-0.109	-0.021	-0.170	0.081
36後「チャレンジ」姿勢	0.550	-0.030	0.225	0.154	-0.221	-0.048
3後「自分が向く仕事」	0.550	-0.172	0.086	0.121	0.033	-0.310
13後「専攻以外専門知識」	-0.320	0.723	0.097	0.112	-0.099	0.152
16後「プレゼンテーション能力」	0.132	0.715	-0.148	-0.106	0.163	-0.013
17後「大学への学習意欲」	-0.009	0.656	0.176	0.060	-0.041	-0.072
18後「教養」	0.224	0.589	-0.046	0.080	-0.115	-0.049
19後「論理力」	0.192	0.574	-0.044	0.098	0.099	0.054
21後「発想力」	0.240	0.522	-0.131	-0.033	0.228	-0.077
46後 本大学「入学」意義	-0.079	-0.033	0.849	0.060	-0.002	0.096
43後 大学「勉強に喜び」	-0.162	0.066	0.703	0.074	0.271	0.100
45後 本大学「職種適合大学」	0.158	-0.115	0.694	0.082	-0.066	0.018
38後「自分の使命」意識	0.183	-0.028	0.077	0.669	-0.061	0.025
40後「課題をみつける力」	-0.129	0.235	0.079	0.624	0.106	-0.038
32後 仕事へ「集中力」	0.176	-0.021	-0.005	0.507	-0.024	-0.017
42後「外国語」運用能力	-0.079	-0.050	0.109	0.113	0.904	0.107
41後「外国の人コミュニケーション能力」	-0.031	0.089	0.060	-0.091	0.831	0.027
26後「専門分野」知識	-0.109	0.223	0.260	-0.099	-0.012	0.595
27後「コンピュータの運用能力」	0.046	-0.095	0.109	0.083	0.071	0.581

使命感の高まり」とした。因子5は、そのとおりの「外国語運用能力」とし、因子6は、学生に専門分野へのコンピュータ活用の力を高めようとしている姿勢が感じられることから「専門分野へのPC運用」とした。

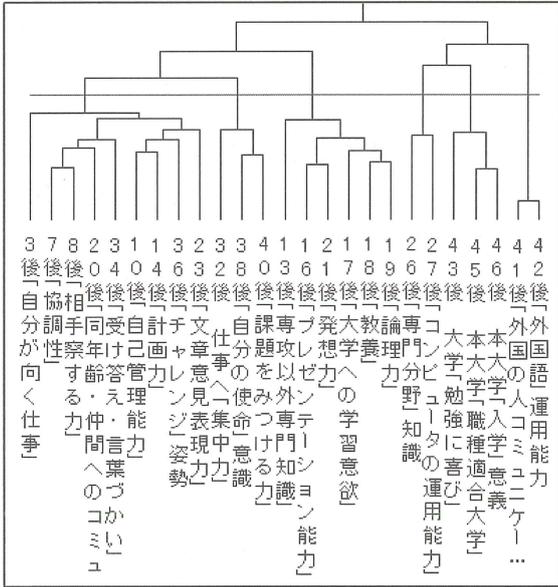


図3-8 事後調査の階層クラスター分析シンドローム

その因子分析をもとに、事前と同様の手続きにより図3-8のような階層クラスター分析による樹形図を得た。これから先述の因子分析6因子の関係を垣間見ることができる。

左のクラスター1は、因子分析の因子1「仕事への前向きな構え」を意味しているととらえる。それに「自分が向く仕事」が被さっている。それに寄り添うようにして因子分析の因子4「仕事への使命感の高まり」に相当するクラスター3が被さっている。ここは、仕事への前向きな構えは、使命感に溢れた仕事への構えが肝要であることを意味しているかのようである。そうして因子分析因子2「専攻以外のプレゼン能力」に相当するクラスター2が存在する。適確なプレゼンの能力を高めようと教養、論理・発想力を高めようとして大学で学習に意欲を持とうとしているかのようである。右側の3個のクラスターは、まさに学生が大学内でコンピュータや外国語の力を高めることであり、大学の外部で様々な能力を求めようとするクラスター4個と

対峙しているかのようである。

こうしたことから、事後調査の因子分析、階層クラスター分析において、事前調査に見られなかった仕事へのひたむきな姿勢を大学の学び高めることも並行しながら高めようとしている学生が多くなってきたといえるであろう。これは、学生の多くがキャリアデザインを好意的に理解するとともに、それによってプチインターンシップの教育的成果が一層明確になったといえよう。

3.4 改善策を求めて

これまでみてきたように、多くの学生に今回のキャリアデザインI及びプチインターンシップをよく理解し受け入れられて多くの成果を残した。

しかし、図3-3においてプチインターンシップは、47%の学生がその意義を認めているが、「やや有意義

表 3-9 事後クラスター分析

クラスターNo.	項目名
1	3後「自分が向く仕事」
	7後「協調性」
	8後「相手察する力」
	10後「自己管理能力」
	14後「計画力」
	20後「仲間へのコミュニケーション能力」
	23後「文章意見表現力」
2	13後「専攻以外専門知識」
	16後「プレゼンテーション能力」
	17後「大学への学習意欲」
	18後「教養」
3	19後「論理力」
	21後「発想力」
	32後「仕事へ「集中力」
4	38後「自分の使命」意識
	40後「課題をみつめる力」
	43後「大学「勉強に喜び」
5	45後「本大学「職種適合大学」
	46後「本大学「入学」意義」
6	26後「専門分野」知識
	27後「コンピュータの運用能力」

表 3-10 事後調査2項目における改善度一覧

■改善度(降順)		■改善度(降順)	
CS分析「キャリアデザインは役立つ」	改善度	CS分析「進路希望が変わる」ための改善項目	改善度
51後 インターン「就職希望職種」	19.28	51後 インターン「就職希望職種」	29.55
44後「リーダーシップ」	14.45	30後「教養能力」	26.56
43後「大学「勉強に喜び」	9.32	29後「読解力」	22.24
30後「教養能力」	6.29	27後「コンピュータの運用能力」	20.33
9後「課題発見力」	6.03	54後「現在アルバイト」	17.96
45後「本大学「職種適合大学」	5.99	44後「リーダーシップ」	17.66
40後「課題をみつめる力」	5.83	16後「プレゼンテーション能力」	16.72
1後「働く」イメージ	5.48	24後「議論する力」	15.68
33後「先輩・先生に相談」	5.31	53後「アルバイト経験」	14.93
42後「外国語」運用能力	4.10	33後「先輩・先生に相談」	14.85
38後「自分の使命」意識	3.99	43後「大学「勉強に喜び」	10.62
37後「責任感」	3.82	26後「専門分野」知識	7.80
36後「チャレンジ」姿勢	3.63	19後「論理力」	5.76
13後「専攻以外専門知識」	2.71	28後「大学「授業目的」意味」	5.70
14後「計画力」	2.69	21後「発想力」	5.60
49後「就職希望先決定」	2.54	35後「安全」配慮行動	2.70
19後「論理力」	2.14	9後「課題発見力」	-0.48
54後「現在アルバイト」	1.12	34後「受け答え・言葉づかい」	-0.50
24後「議論する力」	1.04	31後「問題解決」粘り姿勢	-1.41
3後「自分が向く仕事」	0.34	13後「専攻以外専門知識」	-1.99
6後「継続力」	0.19	22後「大学より「学外実習」が社会役に立つ」	-2.20
18後「教養」	0.12	8後「相手察する力」	-3.68
32後「仕事へ「集中力」	-0.17	40後「課題をみつめる力」	-4.58
46後「本大学「入学」意義」	-0.19	49後「就職希望先決定」	-4.73
53後「アルバイト経験」	-0.26	7後「協調性」	-5.05
34後「受け答え・言葉づかい」	-0.30	15後「親しい人への理解力」	-5.08
28後「大学「授業目的」意味」	-0.52	18後「教養」	-5.77
16後「プレゼンテーション能力」	-0.52	10後「自己管理能力」	-5.80
2後「状況判断力」	-1.38	38後「自分の使命」意識	-6.20
41後「外国のコミュニケーション能力」	-1.38	20後「同年齢・仲間へのコミュニケーション能力」	-6.31
35後「安全」配慮行動	-1.49	23後「文章意見表現力」	-6.59
7後「協調性」	-1.97	4後「年上・目上コミュニケーション能力」	-6.59
11後「時間管理能力」	-2.21	39後「自分の感情制御」	-6.70
5後「就きたい仕事」	-2.36	12後「資格や検定を取得」	-6.82
12後「資格や検定を取得」	-2.60	27後「コンピュータの運用能力」	-6.89
31後「問題解決」粘り姿勢	-2.89	22後「大学より「学外実習」が社会役に立つ」	-7.17
27後「コンピュータの運用能力」	-3.54	14後「計画力」	-7.17
22後「大学より「学外実習」が社会役に立つ」	-3.91	3後「自分が向く仕事」	-9.01
39後「自分の感情制御」	-4.31	36後「チャレンジ」姿勢	-9.01
10後「自己管理能力」	-5.55	46後「本大学「入学」意義」	-10.14
17後「大学への学習意欲」	-5.96	17後「大学への学習意欲」	-10.35
25後「進路希望」	-6.01	32後「仕事へ「集中力」	-11.12
20後「同年齢・仲間へのコミュニケーション能力」	-6.26	6後「継続力」	-11.25
23後「文章意見表現力」	-6.60	37後「責任感」	-11.93
29後「読解力」	-6.69	2後「状況判断力」	-12.70
8後「相手察する力」	-6.73	11後「時間管理能力」	-12.83
26後「専門分野」知識	-6.81	5後「就きたい仕事」	-15.23
15後「親しい人への理解力」	-7.89	55後「キャリアデザイン」職業意識役立つ	-15.81
21後「発想力」	-8.62	45後「本大学「職種適合大学」	-19.74
4後「年上・目上コミュニケーション能力」	-9.30		

43%、「余りない」10%とある。その返した学生の他の項目の回答中に、この事業の改善策があるかも知れない。

そこで、これらの学生の反応から、統計的に本事業の改善策を求めて、事後調査データをもとに、どの要素に改善策を求めるかを探るためにCS (Customer Satisfaction)分析⁵⁾を試みた。その目的変数をキャリアデザインの評価ともいえよう「55キャリアデザインは職業意識を高めるのに役立つか」「25進路希望は変わったか」の2個を選んで分析に臨んだ。

その結果、55「キャリアデザインは役立つ」及び25「進路希望が変わった」に対して、表3-10の左列と右列のように改善度を求める高い項目から降順に出力された。

それらに共通して51「プチインターンシップは、自分の希望職種だったか」が、改善を求める度合いのトップである。プチインターンシップに満足していない学生の多くが、派遣された企業等は、「自分の希望職種」ではなかったと表明していることになる。

たしかに、今回のプチインターンシップは、今回が本格的な活動として本事業の初頭に相当する、加えて時間の不足からも大学側が準備した相手企業等に学生の意向を聞く間もなく割り当てたということが実際である。昨年の本大学のインターンシップは、学生自身に相手企業等を自由に選択させて成功した例⁶⁾がある。今回はそうした流れを作りえなかったことを反省すべきかもしれない。このように表3-10において、それぞれ改善度が降順に並んでいる。

また、逆に最下から眺めると、「キャリアデザインは役立つ」では、「目上の人とのコミュニケーションが高まった」「発想力が高まった」「相手を察する力」など満足度が高いといえよう。まさに、今回のプチインターンシップの目標のいくつかがかなえられているように考える。

さらに「進路希望が変わる」においては、最下に「本大学は自分に職種適合大学であった」「キャリアデザインは職業意識の高めに役立つ」「就きたい仕事があった」など本大学に良いアイデンティティを持つとともに、半ば強制的であったプチインターンシップも自分のこれから先の仕事を見直したり、選択したりするのに有効な体験学習であったと認めていることがうかがえる。

4. 分析のまとめ

本研究の目的は、本学の学生を「プレ社会人」へ高めるために、プチインターンシップを仕組んだキャリ

アデザインIにおける学生の変容とキャリアデザインIの課題をとらえて、今後の就業力育成事業に資したいと考えていた。

事前・事後調査とも学生のキャリアデザインI及びプチインターンシップには、意欲的に参加しているといえた。「プレ社会人」育成への歩みはしっかりと進められているととらえた。

そこで、具体的に項目でまとめてみる。

- ① 調査項目の構造図(図2-1)の各調査項目において、前年度比較、及び今回の事前・事後調査比較で、ほぼ目標に到達していた。
- ② 「キャリアデザインIは職業意識の高めに役立った」と82.6%、「プチインターンシップは有意義であった」には、89.1%と前向きに回答している。今回の前期及びプチインターンシップまでの取組は成果があったと評価できる。
- ③ プチインターンシップを通した結果、「協調性」「自分の向く仕事」「リーダーシップ」「集中力」「自分の使命感」「専攻以外の専門知識」「外国語運用」等学外実習ならではの有意な伸びを示した。これらは、プチインターンシップならではの教育的成果と言える。
- ④ キャリアデザインIと昨年度のインターンシップの成果との比較において、「文章意見表現力」有意であった。これはキャリアデザインIでの文章指導の成果と言える。
- ⑤ プチインターンシップ終了後、就業体験を終えてこそ生じると考える協調性の向上を伴った「仕事への前向きな構え」「専攻以外のものを学び、プレゼンをしようとする能力」が提示されてきた。これは、本事業の耐性ある「プレ社会人」へと成長することにつながる。
- ⑥ 事前調査に見られなかった「仕事へのひたむきな姿勢」と並行しながら「大学での学び」ことも高めようとしている学生が多くなってきたといえるであろう。これは、学生の多くがキャリアデザインを好意的に受け入れているととらえる。
- ⑦ 今後の改善策には、プチインターンシップへ学生の意見・希望を大いに取り入れて、派遣先や内容などの工夫をすることが求められる。
- ⑧ 本事業をとらえて「本大学は職種適合大学」「キャリアデザインIは役立つ」「就きたい職業判明」など、本大学へプラスのアイデンティティを持っている学生が多くなっている。

5. 今後の課題

本研究対象は、本大学生就業力育成事業のキャリアデザインⅠ～Ⅳ期で平成23年度から2年間にわたって取り組まれる、そのⅠ期及びプチインターンシップであった。その期間の分析を、プチインターンシップを挟んでアンケート手法で行ったが、学生の多くは良い反応を示している。本事業は教育的効果を上げていた。

ただし、より発展するためには、学生の意向を一層取り入れる工夫が望まれる。そのステージが高く組み立てられていくときの本事業の高まりが楽しみである。

参考文献

- 1). 河野志穂, “文系大学生のインターンシップが大学での学びに与える効果”, 日本インターンシップ学会第11回大会発表要旨収録 pp. 17-18 2010.
- 2). 藤渕明宏, “大学生の「職業適性」を高めるインターンシップ”, 九州女子大学紀要第48巻1号, pp. 1-13, 2011.
- 3). 九州女子短期大学, “育ての絆—地域力を生かした就業力育成”, 九州女子短期大学大学生の就業力育成支援事業平成22年度報告書, pp. 1-7, 2010.
- 4). 文部科学省高等教育局専門教育課編 “インターンシップの導入と運用のための手引き” pp. 1-31 2009.
- 5). 菅 民郎, “すべてがわかるアンケートデータの分析”, 現代数学社, pp. 145-152, 2010.
- 6). 「育ての絆」〈<http://www.kwuc.ac.jp/support/content/>〉(2011/12/10アクセス) .

(原稿受付2012年1月12日)

保育者・教育者志望の短大生は、どのように 「人生の時間」を生きようと思うのか？

小沢 日美子 (九州女子短期大 子ども健康学科)

How do junior college students to become childcare workers or elementary school teachers plan to live through lifetime?

Himiko OZAWA

Abstract

I questioned 131 junior college students to become childcare workers in order to investigate their way of life regarding "the time of life". First, they were asked what time they were at if comparing the whole life to 24 hours and why they thought so (Question 1). The most frequent answer was six o'clock or so, and the reasons for it were classified into four types. Then, they were asked what their age were at noon and why they thought so (Question 2). The most frequent answer is 40's, and the reasons for it were classified into three types. I conducted regression analysis and correlation analysis on the answers of the Question 1 and Question 2. As a result, it was suggested that the recognition of the present time predicts recognition of the peak of life.

1. 問題

「人間とは何か」を解明するターニングポイントともいべき理論として、19世紀後半から20世紀初頭にかけて登場したのが、Darwin, C. (1809-1882)の進化論、それに影響を受けたと考えられる Freud, S. (1856-1939)の精神分析理論である (e.g., 石田, 2001)。当初 Jung, C.G. (1875-1961) は、Freud, S. に理論的共通点を見出したとされるが、その後、「リビドー」を自らも定義して、深層心理学に関する理論的展開を独自にしたとされる。そこで、Jung は、「人間とは、本来『人格の全体性』という一つの目的に向かって変容し続ける存在であり、その中心である『自己 (Self)』を実現するために生をまっとうしようとするのだ」と主張した (e.g., Meier, C.A.; 訳, 氏原, 1993)。人間のライフサイクルを大きく人生の前半と後半とに分け、前半は従来の「発達」のプロセスとしている。そして後半に、「『個性化』のプロセス」が現れると考えた。この過程は、「個人に内在する可能性を実現し、その自我を高次の全体性へと志向せしめる努力の過程」とされる。つまり、個性化の過程とは不適応を経験しつつ、自分の足りなさや欠損、本来の姿を知り、適応を目指す人間的成長過程を指し示すものと考えたのである。とくに Jung は生涯を通じた人間の発達は、(Jung 自身は 40 歳頃という)「人生の正

午」を境に影になっていた部分に光が当たり、光を受けていた部分に影が潜むようになると考えて後半を重視した (河合, 1994)。つまり、後半の発達とは、自分らしい自分の発見のプロセスとしての「個性化」であり、いわゆる抑圧してきた自分、自然なありのままの本来の自分の人生の目的・方向性を発見、潜在的能力を開発し、自己実現していく過程とされている。したがって、従来は、人生の前半に焦点を当てた自己実現に関する研究が多かったが、人生の前半と後半は表裏一体であり、後半に焦点を当てることで、人生の前半後半両者における自己実現のプロセスの意味理解が深まるものと考えられる。とくに、その転換期となる「人生の正午」、また、その前提となる「人生の時間」をどのように意識するかは、「人格の全体性」という目的に向かう中心にある「自己」の実現に影響をもたらすものであると考えることができる。

森谷 (2000) は、「人生の時間」に関して「今の時間」と「人生の正午」を、(十分な量のデータを得ている訳ではないがと前置きしながら) 高校生、大学生、中年期頃の成人に尋ねた結果を報告している。まず、「今の時間」について、高校生に尋ねると非常に個人差が大きかったが、公立大学3年生の平均は午前10頃であった。「人生の正午」については、高校生の平均が、25~26歳

頃に対して、大学3年生は30歳頃が正午と想定した。また、30歳過ぎの人は、正午を50歳頃に想定した人が多かった。これらのことから、「人生の正午」とされる頂上には見かけ上のピークが幾つもあって、そのうちに本当の頂上が見えてくると考えた方がいいかもしれないと述べる。森谷の報告から考えると、公立大学3年生のように近い将来の選択肢が明確になると「今の時間」の範囲が狭い可能性、また、生活年齢によって「人生の正午」は変化する可能性が考えられる。そこで、本研究では、森谷(2000)では報告されていない保育者・小学校教諭を志望している短大生について、「今の時間」、また、「人生の正午」の生活年齢を調査することとした。

2. 目的

現代社会では、青年期の職業選択が多様化されるとともに、生涯発達という観点が入り込まれるようになった。Jungのライフサイクル理論では、人生の前半と後半は、相補的關係にあると考えられる。したがって人生の前半の「人生の時間」に関する自己意識は、人生前半についての自己実現のプロセスだけでなく、生涯発達を展望するものであることが考えられる。ここでは、森谷(2001)では検討されなかった短期大学生を対象に調査し、その傾向の検討を行う。本調査の対象者は、保育士・幼稚園教諭、小学校教諭を志望する学生であるので、人生前半の自己実現・職業選択が、比較的明瞭であることが予想される。そのため、つぎのことが考えられる。「今の時間」: ①専攻の性質から職業志向が限定されやすいことから、「今の時間」はある程度偏りがある。②理由づけにおいては、特定の領域の職業選択が、将来のピーク(目標)とある程度関連する。「人生の正午」: ③「今の時間」が本専攻の職業志向と関連し、ピークとなる「人生の正午」を予測するかどうか。④理由づけは、人生前半の課題、職業、子育てと、人生後半の生涯発達との両者に関連する。

そこで、対象学生に「今の時間」と、ライフサイクルの境にあるとされる「人生の正午」とを、森谷(2000)と同じ質問文を用いて、その理由とともに尋ねる。そして、対象学生における「今の時間」、「人生の正午」の回答内容の傾向について検討し、また、「今の時間」と「人生の時間」を両者の関係についての分析・考察も試みる。

3. 方法

【調査対象】 関東圏内にあるA短期大学生2年生131名(女子128名、男子3名)、【実施時期】 2009年9月。筆者担当授業後に行い、結果は後日フィードバックした。

【調査方法】 質問紙法。質問項目I、II(森谷,2000)。問I。「あなたの一生を24時間にたとえると、今あなたは何時ごろを生きていますか」及び理由(自由記述)。問II。「あなたにとって正午は何歳の頃になると思いますか、あるいは、何歳の頃でしたか?」と理由(自由記述)。

【分析方法】 まず、平均値、範囲、標準偏差、最頻値より、各回答の傾向を検討する。加えて、質問I、IIにおいて、「今の時間」を何時、「人生の正午」を何歳と認識しているかの理由づけの主項目を特定する。そのために、理由づけの自由記述の内容について、「今の時間」、「人生の正午」の時間・年齢(の時間の軸・基点の取り方)から、質問Iでは、A~D、質問II A~Cに分類する。そして、それぞれの度数データをもとに分析、考察する。

4. 結果・考察

I. 「今の時間」について

Fig.1 参照。

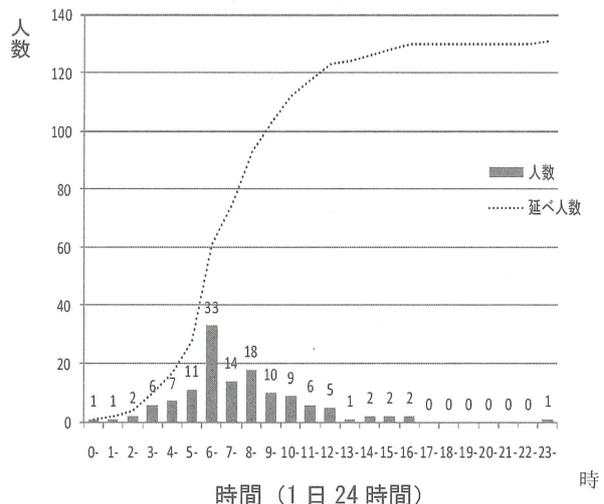


Figure. 1 「今あなた何時ごろを生きていますか」

1. 「今の時間」の時刻について

平均値: 午前7時32分。範囲: 午前0時3分~23時59分。標準偏差: 3.16。最頻値: 6時台(33人: 25%)。

<各時間帯の人数と% [累積%]>

・午前0時 ~午前6時未満: 28人(21%) [21%]

- ・午前6時～午後12時未満:90人(69%) [90%]
 - ・午後12時～午後6時未満:12人(9.2%) [99.2%]
 - ・午後6時～午前0時未満:1人(0.8%) [100%]
- 以上のように、「今の時間」における午前6時～午後12時未満が最頻値で70%近くを占め、午後12時よりも前の時間帯が合わせて90%を示した(午後6時～午前0時よりも前の回答者1人は外れ値とみなされる)。

したがって、「今の時間」を、4分の1強の学生が、朝起きて一日を始める時間帯にあると答え、9割の学生が、一日の前半の時間帯を過ごしていると答えていた。

回答数131人の内、外れ値とみなされる23時59分と答えた1人を除く130人の時間帯は、0時～16時の範囲に分布された。この130人の回答の範囲に基づいた一要因の分散分析では、有意傾向($F(16) = (0.32)$ 、 $p < 0.1$)が示され、時間帯間の偏差が示唆された。

2 「今の時間」の理由づけについて

つぎに、理由づけの回答を、今の時間の区切り方から、

人生全体の時間的展望に基づいたものと、人生のプロセスにおける位置づけと関連するものなどの諸特徴(青年期、社会、独立)が得られた。そこで、理由づけの分類による内容と関連する(後に示す)キーワードにより、つぎのA～Dの4つに分類した。理由づけのA～Dの4項目、それぞれの評価基準に関連するキーワードを2人の評価者によって選出した(2人一致が82.6%。不一致のケースは評価者間の協議により一致させた)。

[理由づけ分類とキーワード] つぎのキーワードによって分類。1A. 「時間的、期間的に」:「一生のうちの半分」、「人生を100歳」、「4分の1」、「5等分」、「80歳まで」、「60歳くらい」、「70歳頃」、「24時間を」、「起きる時間」。1B. 「これからピークだから」:「まだまだ経験は浅い」、「あともう少し」、「これから」、「早すぎ」、「朝の」、「未熟」、「やっと慣れた」、「最初の」、「学校が始まる時間」。1C. 「これからスタートだから」:「これから」、「スタート」、「生まれて」、「まだまだ」、「迎える」、「人生始まった」。1D. 「準備段階だから」:「支度や準備」、「準備段階」、「まだまだ」、「やっと」、「まだこれから」。

<理由づけごとの人数>

- 1A. 「時間的、期間的に」(49人)
- 1B. 「これからが、ピークだから」(39人)

1C. 「これから、スタートだから」(25人)

1D. 「準備段階だから」(20人)

<理由づけごとの平均値・標準偏差>

理由づけ	平均値	標準偏差
1A. 「時間的、期間的に」	5:09	1:09
1B. 「これからピークだから」	13:16	3:23
1C. 「これからスタートだから」	4:19	0:07
1D. 「準備段階だから」	7:21	0:45

理由づけの4項目の1要因分散分析の結果は有意だった($p < 0.01$)。

<理由づけ分類と感想例>

1A. 「時間的、期間的に」(年齢を配分して応えている)。

[感想例]:「人生の半분을50歳と考えたので」「20歳は4分の1だと思っているので」。

1B. 「これからが、ピークだから」(ピークと関連づけて応えている)[感想例]:「12時頃が一番楽しくてこれからもっと楽しいことがあると思うので」「中学から30歳までの(時間が)一番動けて楽しいので」。

1C. 「これから、スタートだから」(スタートと関連づけて応えている)。「夢に向かってスタートしたばかりだから」「これから社会に出るので」。

1D. 「準備段階だから」(準備との関連から応えている)。「保育士になることが正午の基準だから」「これから動きだし、支度や準備をする時期だから」。

II. 「人生の正午」について

Fig2参照。人生の正午にあたる年齢の平均は34.5歳だった(最小値12歳、最大値62歳、標準偏差10.1、最頻値40代)。年代別:10代4

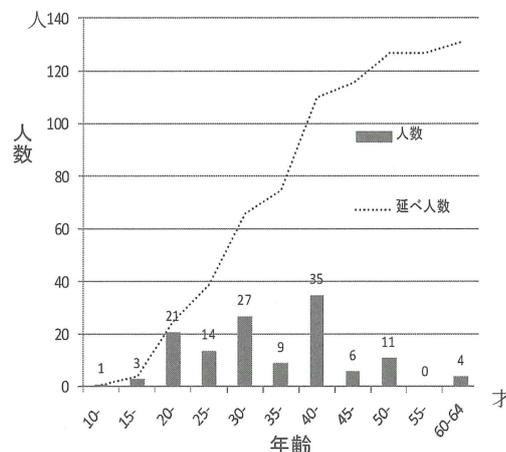


Figure2 「人生の正午」の年齢

人、20代35人、30代36人、40代41人、50代11人、60代4人。

つぎに理由づけの回答について、生涯発達の観点から、「年齢の軸 (2A)」、「人生設計 (2B)」、「輝き (2C)」に分類した。理由づけの2A~2Cの3項目、それぞれの評価基準に関連するキーワードを2人の評価者によって選出した(2人一致が83.1%、不一致のケースは評価者間の協議により一致させた)。

〔理由づけ分類とキーワード〕 つぎのキーワードによって分類。2A. 「人生の時間全体から」: 「人生の折り返し」、「何だか変わる」、「人生の半分」、「その半分」、「80歳まで」、「100歳まで」、「折り返し地点」、「だんだん人生設計」、「24時間の時間と」、「1/2」。2B. 「年齢による課題から」: 「老後に向けて」、「今が転機」、「人生のピーク」、「一段落して」、「結婚をして」、「落ち着いて」、「一度休憩中」、「働き好きなことが出来る」、「何しようっていう時間」、「どンドン様々な部分が衰えて」。2C. 「年齢のもつ印象から」: 「日が一番高く昇り輝く時」、「一番楽しい時」、「一番明るく」、「充実して」、「一番輝いて」、「一番楽しいそう」、「わくわくして」、「一番暑く」。

＜理由づけの内容と人数＞

A. 「年齢的な課題から」(人生前半の心理社会的課題である仕事、恋愛、結婚、出産等による): 60人。

B. 「人生全体の時間と比べて」: 53人。

C. 「年齢の印象から」: 18人。

＜理由づけ分類と感想例＞

2A. 「年齢による課題から」(人生の仕事・結婚・子育てなどの役割による転換点)。「感想例」: 「出産と結婚は人生の正午なので」、「40代になって落ち着いてくるので」、「子どもが小学生くらいになり落ちつくので」。

2B. 「人生の時間全体から」(人生設計、将来の展望による相補的な分岐点)。「感想例」: 「100歳まで生きると考えその半分だから」、「人生の折り返しだから」、「人生の半分だから」、「だか変わるというイメージ」。

2C. 「年齢の持つ印象から」(人生の光の部分、生きがいなどに焦点を当てた変容の基点)。「感想例」: 「一番輝いてまぶしい時だと思うので」、「日が一番高く昇り輝く時と考えたので」、「わくわくしている頃なので」。

Ⅲ. 「Ⅰ. 今の時間について」と「Ⅱ. 人生の正午

について」の理由づけの関連について

問Ⅰ「今の時間は何時か」と、問Ⅱ「人生の正午は何歳か」についての回答内容の分析を行った。問Ⅰ「今の時間」の理由づけの1A~1Dの4項目及び、問Ⅱの「人生の正午」における理由づけの2A~2Cの3項目における各理由づけ項目相互の影響及び、全ての理由づけ項目の影響において有意に働く項目を特定し、問Ⅰ「今の時間」、問Ⅱ「人生の正午」における各項目の影響を分析するために、理由づけ中のキーワードとキーワードを含んだ質問紙中の言葉との重複の有無により求めたキーワード検出件数による度数データによる回帰分析、相関分析を行なった。そして、つぎに、「今の時間」と「人生の正午」のそれぞれの質問紙による理由づけ項目の影響を詳細に分析するためにつぎのことは行なう。各理由づけ項目が「今の時間」「人生の正午」に有意に影響しているかについて回帰分析を行う。また、各理由づけ項目の相互間が有意に影響しているかについて相関分析を行う。

ア. 回答した「今の時間」の時刻に対して、理由づけ項目(A.時間的・期間的に、B.これから、ピークだから、C.これからスタートだから、D.準備段階だから)ごとの影響の回帰分析の結果をTable 1に示す。「これから、ピークだから」について有意差が示された(回帰係数 $\beta=0.751$ 、 $p<0.01$)。

Table1 「今の時間」の理由づけ項目の回帰分析

項目	理由づけ項目	回帰係数 β	t
1A	時間的、期間的	0.229	1.115
1B	これからピークだから	0.751	3.856**
1C	これからスタートだから	-0.036	-0.209
1D	準備段階だから	0.236	1.579

注) ** $p<0.01$

イ. 質問紙に回答した「今の時間」の時刻に対して、理由づけ項目ごとの影響の相関分析の結果をTable 2に示す。(1)回答した時刻に対して、理由づけ項目の「時間的・期間的」と「これから、ピークだから」は有意だった($r=-0.454$ 、 $p<0.01$)。(2)回答した時刻に対して、理由づけ項目の「時間的・期間的」と「これから、スタートだから」は有意だった($r=-0.495$ 、 $p<0.01$)。(3)回答した時刻に対して、理由づけ項目の「時間的・期間的」と「準備段階だから」のは有意だった($r=-0.320$ 。

$p < 0.01$)。(4) 回答した時刻に対して、理由づけ項目の「これから、ピークだから」と「準備段階だから」は有意だった ($r = -0.307, p < 0.01$)。(5) 回答した時刻に対して、理由づけ項目の「これから、スタートだから」と「準備段階だから」は有意傾向だった ($r = -0.166, p < 0.1$)。

Table2 「今の時間」の理由づけ項目の相関分析

項目	理由づけ項目	相関係数		
		B	C	D
1A	時間的, 期間的	-0.454**	-0.495**	-0.320**
1B	これからピークだから	—	-0.113	-0.307**
1C	これからスタートだから		—	-0.166*
1D	準備段階だから			—

注) * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

ウ. 質問紙に回答した年齢における「人生の正午」における理由 (A.人生の時間全体から、B.年齢による課題から、C.年齢の持つ印象から) ごとくの影響の回帰分析の結果を Table3 に示す。(1) 回答した年齢において、理由「人生の時間全体から」は有意だった ($\beta = -1.009, p < 0.01$)。(2) 回答した年齢において理由「年齢による課題から」は有意だった ($\beta = -0.582, p < 0.01$)。(3) 回答した年齢において理由「年齢の持つ印象」は有意だった ($\beta = -0.207, p < 0.05$)。

Table3 「人生の正午」の理由づけ項目の回帰分析

項目	理由づけ項目	回帰係数 β	t
2A	人生の時間全体から	-1.009	-6.601**
2B	年齢による課題から	-0.582	-3.784**
2C	年齢の持つ印象から	-0.207	-2.002*

注) * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

エ. 質問紙に回答した年齢における「人生の正午」における理由ごとくの影響の相関分析の結果を Table4 に示す。(1) 回答した年齢において、理由「人生の時間全体から」と理由「年齢による課題から」は有意だった ($r = -0.764, p < 0.10$)。(2) 回答した年齢において、理由「人生の時間全体から」と理由「年齢の持つ印象」は有意傾向だった ($r = -0.167, p < 0.10$)。(3) 回答した年齢において理由「年齢による課題から」と理由「年齢の持つ印象」は有意傾向だった ($r = -0.323, p < 0.01$)。

Table4 「人生の正午」の理由づけ項目の相関分析

項目	理由づけ項目	相関係数	
		2B	2C
2A	人生の時間全体から	-0.764*	-0.167*
2B	年齢による課題から	—	-0.323**
2C	年齢の持つ印象から		—

注) * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

オ. 質問紙に回答した時刻、年齢において、「今の時間」の各理由と「人生の正午」の各理由への影響を相関分析した結果を Table5 に示す。(1) 回答した時刻、年齢において、「今の時間」の理由「時間的, 期間的」と「人生の正午」の理由「人生の時間全体から」は有意だった ($r = 0.313, p < 0.01$)。(2) 回答した時刻、年齢において、「今の時間」の理由「時間的, 期間的」と「人生の正午」の理由「年齢による課題から」は有意だった ($r = -0.243, p < 0.01$)。(3) 回答した時刻、年齢において、「今の時間」の理由「準備段階だから」と「人生の正午」の理由「人生の時間全体から」は有意だった ($r = -0.251, p < 0.01$)。(4) 回答した時刻、年齢において、「今の時間」の理由「準備段階だから」と「人生の正午」の理由「年齢による課題から」は有意だった ($r = 0.238, p < 0.01$)。

カ. 質問紙に回答した時刻、年齢において、「今の時間」全体と「人生の正午」全体の影響は、相関分析の結果、有意であった ($r = 0.221, p < 0.05$)。

Table5 「今の時間」の理由づけ項目と「人生の正午」の理由づけ項目の相関分析

		今の時間				
		1A	1B	1C	1D	
人生の正午	2A	時間的, 期間的	これからピークだから	これからスタートだから	準備段階だから	
	2A	人生の時間全体から	0.313**	-0.079	-0.088	-0.251**
	2B	年齢による課題から	-0.243**	0.083	-0.023	0.238**
	2C	年齢の持つ印象から	0.001	0.042	0.080	0.036

注) ** $p < 0.01$

5. 考察

森谷 (2000) によれば、今の時間は 高2 男子 平均 10 時 6 分、女子 9 時 48 分 (最小値 3 時、最大値 23 時)、公立大学 3 年生女子は平均 10 時、20 歳過ぎ青年は 10 時頃という。本研究では、こ

れらに比べて最も早い時間である平均7時32分が示された。短大2年という卒業や就職などによる生活の流れの速さの感じ方が影響したことが考えられる。

一方で、「人生の正午」の平均は、34.5歳であり、森谷(2000)の高校2年生(25~26歳)及び大学3年生(30歳頃)と、30歳過ぎの中年期世代(50歳頃)との間に位置している。高校生、4大生よりも目標が明確であるが、中年期よりも時間的展望は具体化されていないといえる。

また、「今の時間」、「人生の正午」の各理由間の影響について回帰分析、相関分析を行った。その結果、

- (I) 回答した時刻においての「今の時間」の回帰分析の結果、回帰係数が有意であった理由「これからピークだから」が「今の時間」に強く影響していることが示された。
- (II) 回答した時刻において「今の時間」の相関分析の結果、理由「これからピーク」と他の理由において相関係数が有意であったことから、「これからピーク」は他の理由に強く影響していることが示唆された。
- (III) 回答した年齢において「人生の正午」の回帰分析の結果より、回帰係数が有意であった各理由は、それぞれ「人生の正午」に影響していることが示唆された。
- (IV) 上記の「今の時間」と「人生の正午」の影響の分析から、Jungの人生の後半重視を示す結果が示唆された。
- (V) .上記の「今の時間」と「人生の正午」の影響の分析から、Jungの人生の後半重視を示唆する結果が示された。

また、Jungは、個性化は二つの主要な面を持っていると述べ、まず一つは、内的・主観的な統合の過程であり、他の一つも欠くことのできない客観的関係の過程であり、ときとして、どちらか一方が優勢となることもあるがどちらも欠かすことができないとしている。

本研究における今の時間の感じ方では、問Iの結果のようなばらつきが認められた。本研究の対象者は、保育者・教育者を志望し、ある程度職業意識を明確に持ちながら短期大学の生活を同じようにして送るものの、個性化の過程に関連する内的な過程の個人差の反映と捉えられるもの、それが、人生の時間のピークを異なったものになっていることが加えて考察される。

引用・参考文献

- ・赤塚大樹(編) 岸良範 増井武士 森谷寛之 『医療・看護系のための心理学—精神保健入門』 培風館、1991年
- ・C.G ユング 『心理学的類型』(高橋義孝ほか訳) 人文書院、1986/87年
- ・C.G ユング 『ユング人間論』(秋山さと子編) 思索社、1980年
- ・C.G ユング 『自我と無意識の関係』 野田倬訳、人文書院、1982年
- ・C.G ユング 『現在と未来 ユングの文明論』 松代洋一編訳、平凡社ライブラリー、1996年。
- ・C.G ユング 『創造する無意識 ユングの文芸論』 松代洋一編訳、平凡社ライブラリー、1996年
- ・石田美佐江 『Virginia Woolf の The Waves について—個性化の過程と意識と無意識—』、岡山理科大学紀要 37B、11-17、(大学・研究所等紀要)、2002年
- ・河合隼雄 『ユング心理学入門』 岩波書店、1994年
- ・森谷寛之・児島達美・森岡 正芳・酒木 保・菅野 泰蔵・森岡 理恵子 『心理臨床学の冒険』、星和書店、1991年
- ・森谷寛之、「2章 中年期の発達とメンタルヘルス」、赤塚大樹(編) 川瀬正裕 後藤忠治 児玉憲一 鈴木國文 豊田洋子 灰本元 星野和実(編) 『精神保健の見方、考え方—精神保健入門』、培風館、2000年
- ・西田直 『魂のライフサイクル—ユング・ウィルバー・シュタイナー』、東京大学出版会、1997年
- ・氏原寛訳 (Meier,C.A. 著) 『個性化の過程：ユングの類型論よりみた人格論』、創元社、1993年

(原稿受付 2012年2月3日)

小学校国語科教材分析と授業実践事例

— 『花いっぱいになあれ』と『こわれた千の楽器』の場合 —

白瀬 浩司*, 桑山 真喜子**, 鶴田 千絵**

*九州女子大学人間科学部人間発達学科, **九州女子短期大学初等教育科

"*Hana Ippai ni Nah-re*" and "*Kowareta Sen no Gakki*"
as the educational-materials for Japanese language art education

Koji SHIRASE, Makiko KUWAYAMA and Chi-e TSURUTA

Abstract

"*Hana Ippai ni Nah-re*" (written by Miyoko MATSUTANI) and "*Kowareta Sen no Gakki*" (written by Sakan NORO), these fairy tales are in the textbook of the elementary school and we can read it as the educational material. At Kyushu Women's Junior College and Kyushu Women's University, we are lecturing on the methods of the class-management for the Japanese language art education to our students who aim at the elementary school teachers. Therefore, in this essay, we will analyze "*Hana Ippai ni Nah-re*" and "*Kowareta Sen no Gakki*" as the educational material for Japanese language art education. Next, we introduce the actual examples of the classes.

Keywords : Teaching-materials analysis, Actual examples of the classes

1. はじめに

児童(学習者)のふと発した言葉が、作品世界の核心に鋭く迫っていることはよくある。だが、それは論理的というよりむしろ感覚的で、時に稚拙な言いまわしであったりすると、他の児童たちの前に誤答のごとき体裁でたち現れてくる。作品世界の文脈に照らしつつ、教員(授業者)がそれを掬い取れなかったとき、その言葉は教室においてなかったものとして虚しく消え去ることになる。

学習者の発言を、作品を読み解くためのひとつの指標として掬い上げていくために、授業者は作品世界をしっかりと捉えておく必要がある。教材分析は、児童たちの想いや意見を踏みつぶしてしまわぬためにも十全になされねばならない。その上で、教室の学習者たちの状況に応じた授業指導案(学習指導案)が用意されるべきであろう。当然ながら、大人である授業者の読解と子どもである学習者のそれに径庭のあることは否めない。だからといって、国語科授業を授業者の読解成果を披瀝する時と場所にしてしまってはならぬこともまた無論である。

本稿では、『花いっぱいになあれ』(松谷みよ子)と『こわれた千の楽器』(野呂昶)を教材分析の対象として取り上げ、授業実践の事例を示し

ていきたいと思う。ちなみに、前者は小学校2年生、後者は小学校4年生の国語科教材として、それぞれ平成23年度版の教科書に収録されている¹⁾。

第2章および第4章でふたつの物語の作品構造などについて分析をおこない、第3章および第5章で両教材の学習指導案と授業実践事例を示すことにする。ただし、今回の学習指導案は、短大の学生を児童役とする模擬授業に向けてまとめられたものである。したがって、小学校の国語科教室の1時間枠にそのまま流用しえぬ点もあるだろうが、授業展開のアイデアや工夫は十分に持ち込み可能なはずである。また、本時案にあたる部分だけを略案に近い書式で記載してあることも予め申し添えておく。第6章では、本稿をまとめるにあたっての経緯と背景について述べることになる。なお、第1・2・4・6章を白瀬、第3章を桑山、第5章を鶴田が分担執筆している。ゆえに、各章の文責はそれぞれの執筆者に帰するものである。

2. 『花いっぱいになあれ』教材分析

(2.1) 冒頭部と結末部の呼応

『花いっぱいになあれ』の冒頭部は、次のように語り出されている。

ある日のことでした。学校の子どもたちが、ふうせんに花のたねをつけてとばしました。／「お花をうえましょう。お花をいっぱいさせましょう」／こういう手紙もつけました。それから、みんなでいっせいに、／「花いっぱいになあれ。わあい」／と言って、ふうせんをとばしました。

物語の語り手は〈あちらのいえや、こちらのいえでひろわれるまで、ふわふわとんでいきました〉と語り添えながら、山中の野原に辿り着いたひとつの真っ赤な風船を焦点化していく。その風船にまつわる物語は、結末部で次のように語り終えられる。

つぎの年、また、ひまわりがめを出して、のはらじゅうに、大きな金色のひまわりの花をさかせました。／もし、あなたが山にのぼって、ぽっかりとさいたひまわりの花を見たら、それは、コンのひまわりです。そして、学校の子どもたちが、／「花いっぱいになあれ」／と言って、ふうせんにつけてとばした花なのですよ。

冒頭部・結末部の下線を施した箇所が呼応していることは言うまでもあるまい。子どもたちが空に放つ風船に付された種は、やがて野原に咲きほこる向日葵となっていく。それを育てたのが、子ぎつねのコンであった。きつねの彼に手紙の文面「お花をうえましょう。お花をいっぱいさせましょう」を読めるはずもないが、「花いっぱいになあれ」という子どもたちの願いは、結局のところ、コンによって叶えられることとなるわけだ。

種を飛ばした子どもたちと、それを育てて開花させるコンとは、風船(に付された種)を介して繋がっている。のみならず、〈もし、あなたが山に上って、ぽっかりとさいたひまわりの花を見たら、それは、コンのひまわりです〉という語り手の言葉によって、作品世界の子どもたちやコンと、現実世界を生きる読者である子どもたちまでもが(向日葵を介して)結びつけられるという《仕掛け》になっている。

(2.2) ふたつの花と、コンの見た夢と

この物語にはコンの眼前に降り立つ赤い花、
水やりのための青いコップ、やがて金色に輝く

向日葵の花……と、鮮やかな色彩語がちりばめられている。ちなみに、コンが懸命に育てた真っ赤な花は、彼の目にこう映っていた。

まるくって、ふくらんで、ふわふわゆるる花でした。白い、ほそい、糸のようなくきがついていて、なんだか紙づつみのようなねっこがついていました。

もちろん、ここでいう〈花〉は風船であり、〈くき〉は糸、〈ねっこ〉は種の入った紙包みのことである。

両手で土を掘り、紙包みの根っこを穴に埋めて〈トントン〉叩いた後、谷川で拾った青いコップで〈チャプン〉と水やりをする。そのときに〈おひげをひっぱって、にこにこ〉し、翌朝は〈びよんびよんはねながら〉花のもとへ向かう。これらの詞章から、花の成長を楽しみに見守る健気で可愛らしいコンの姿が浮き彫りになるだろう。だからこそ、赤い花が〈くたん〉と枯れた(実は風船が萎んだ)ときには〈わあわあ〉泣いて激しく落胆するコンなのであった。

コンの見た《花》が、風船とやがて咲く向日葵という二重の指示対象を有することで、勘違いした対象(風船)をわくわくしながら育てる楽しさと枯らしてしまった悲しみ、その後改めて発芽し開花する向日葵と出会う喜びといった感情の起伏をコンも読者も味わうことになる。

ところで、コンと風船の出会いから向日葵の種の発芽・開花・収穫までの間に、彼の見た夢に関する次のような表現が織り込まれていることにも留意しておきたい。

- ①コンは、とつても(A) いいゆめを見ていました。(B1) なんだかよくおぼえていないけれど、(C1) おいしいものをたくさん食べた後のような、うれしい気持ちで目をあけました。
- ②「(B1) なんか(A) いいゆめ見たとおもったけど、(B2) きっと、(D) この花のゆめを見たんだ」
- ③「(B3) たしかに(A) いいゆめを見たとおもったけど、あれは、(E) 金色の花がさいたゆめだったんだ」
- ④「(B4) ほんとに、(A) あの時見たゆめ、(C2) こういうあじがしたよ」

引用①はコンが風船と出会う直前の場面、②は彼が土を掘って風船の花を植えて水やりを終

えた場面での発話である。さらに、③は金色に輝く向日葵の咲いた場面、④は秋に実った種を口にした場面での発話として織り込まれる。

子ぎつねの他愛ない思い込みに過ぎぬとも言えそうだが、これは彼が眠っているときに見た心地よい夢(A)を曖昧な記憶の状態(B1, C1)から徐々に確かな眼前の現実(D・E)と重ね合わせていくさま(B2・B3・B4, C2)として描かれている。換言すれば、コンの夢が現実化していく過程ということになる。

先述したように、本作品には子どもたちの願いが叶っていく過程も描かれていた。それを夢と言い換えるならば、子どもたちの《夢》とコンの午睡時に見た《夢》の双方が現実化していく物語という、これまたふたつのイメージの重なり合っていることを看取できるはずである。

3. 『花いっぱいになあれ』授業実践事例

この物語をとおり、風船を飛ばした子どもたちの様子、風船の様子、また子ぎつねのコンの様子を捉えながら、登場人物それぞれの気持ちを読み取ることができるようにするのがねらいである。また、オノマトペ(擬音語・擬態語)にも注目していく。それぞれの場面でのねらいと授業内容は次のとおりである²⁾。なお、授業の流れについては、学習指導案(本時案)で確認していただきたい(Table.1)。

第1場面(10頁1行～12頁3行)は、子どもたちが花の種と手紙を付けた風船を飛ばす場面である。ここではまず、手紙の内容に触れ、子どもたちがどのような気持ちで風船を飛ばしたのかを考え、実際に飛ばす作業をする。しかし、物語のようにたくさんの風船を飛ばすことはできないし、見ている児童には風船がたくさん飛ぶ様子をイメージすることは難しいので、たくさんの風船が飛んでいる絵を、実際の風船の後ろに掲げることによって、よりイメージしやすくした(Photo.1)。そして、人の手から離れた風船の様子が擬人法で書かれていることに注目し、風船には多くの人に「拾ってもらいたい」という意思があると解釈した説明をおこなった。

第2場面(12頁4行～13頁4行)は、風船の1つが飛んで行く場面である。ここでは、本文のとおり風船が飛んだ風景を紙芝居風に説明し、学校から山まで飛んで行く説明をした。ここで

も風船は〈まいご〉や〈つかれた〉など擬人法的に描かれているので、第1場面での「拾ってもらいたい」という思いを引き継ぐ形で、今度は学校からコンの所まで飛ぶ場面を《風船の心》としてもう1度、紙芝居風に説明することで、擬人化された風船が自分の意思で飛んで行き、たまたま見つけたコンの所に降りたのだと印象づけた(Photo.2)。ちなみに、《風船の心》は次のような台詞で説明づけた。

「わーい、どこにいきかなあ。どんな人が拾ってくれるか、わくわくするなあ」

(ふわふわ ふわふわ)

「もう少し向こうまで行ってみようかな、この先は、どんな所だろう」

「あれえ、他の風船たち、どこ行っちゃったのかなあ。何だか、迷子になったみたいだし……」

「あのお山に下りてみようかな。山の中って誰かいるのかなあ」

(ふわふわ ふわふわ)

「あれ、野原だ。ちょっと、ここに下りてみよう！」

「あつ、誰か寝てる。起こさないように、そつと下りなくっちゃね」

第3場面(13頁5行～14頁7行)では、子ぎつねのコンが登場し、初めて見る風船を花だと勘違いする。ここではコンが擬人化されているが風船はもう擬人化されていない。擬人化される対象がコンに移っているわけだ。コンの様子を読み取り、コンが見た夢にも注目させる。また、目の前にある風船は花にたとえられ、赤い風船は花、ひもは茎、種の入った封筒は根っこだとコンが勘違いしている点にも注目させる。そしてコンがついたため息について考え、学習者個々が実際にため息をついてみることで様子を捉えることができるようにした。

第4場面(15頁1行～15頁12行)は、風船の花をコンが土に埋める場面である。一生懸命に風船の花を土に埋めているコンを想像しながら真似することで、コンの優しさを読み取れるようにしていく(Photo.3)。また手紙と一緒に花の種が入っていたことを確認する。そしてコンの行動や谷川のふちの説明をすることで、より様子が分かるようにした。

第5場面(16頁1行～16頁12行)で、コンの

見た夢が、第3場面とは変化していることに注目させる。またコンの癖を絵で説明することによって、より様子が分かるようにした。そしてこの物語では〈ふわふわ〉という言葉が多く使

われていることにも注目した。

まとめとして、子どもたち、風船、コンそれぞれの気持ちを理解していくことで物語後半の展開に対する期待を持たせていった。

Table.1

第2学年1組 国語科学習指導案

授業者＝御手洗笑，児玉和優美，桑山真喜子，山根美奈，山下亜耶，栗田沙也香

(1) 単元名・教材名

ようすをおもいうかべながら読もう

『花いっぱいになあれ』（まつたにみよこ・文，たかみやえこ・絵）

(2) 本時の学習活動（第3時間目）

目標 ①様子を想像しながら読もう。

②子どもたち・コン・風船の気持ちを読み取ろう。

(3) 展開

過程	学習活動	指導上の留意点（評価事項）	時間
導入	1. 前時の学習活動を振り返る。	○前時の学習内容を想起できるような発問をする。	3分
展開 (I)	めあて 場めんのようすや、とう場人ぶつの気持ちを読みとろう。 2. めあてを一齐読みする。 3. 本時の範囲の教師の範読を聞く。 (P.10 L.1～P.16 L.12)	○一齐読みしやすいよう黒板を指差する。 ○様子を想像しやすいように気持ちをこめて範読をする。 【評価①】	5分
展開 (II)	4. 句点読みをする。 (第1場面：P.10 L.1～P.12 L.3) 5. 子どもたちの様子を発表する。 6. 3人ほど教室の前に出て、実際に風船を飛ばしてみる。 ・他の児童は席に着いたまま、風船を飛ばす真似をする。	○「 」内は句点で切らずに読むよう指示する。 ○子どもたちが、どのような思いで風船を飛ばしたか読み取るように言葉かけをする。 【評価①】 ○冒頭部に登場する子どもたちが書いた手紙を見せる。 ○風船がたくさん飛んで行く場面を想像できるように画用紙に描いた絵を掛け声と共に高く揚げて見せる。	6分

Photo.1

「花いっぱいになあれ」
「わあい！」



<p>展開 (III)</p>	<p>7. 句点読みをする。 (第2場面：P.12 L.4～P.13 L.4)</p> <p>8. 風船が飛んで行く様子を発表する。 ・風船が飛んで行く様子を描いた紙芝居を見る。 ・風船の気持ちが分かるように、《風船の心》の紙芝居を見る。</p> 	<p>○風船がどこからどこまで飛んだかを確認する。 【評価①】</p> <p>○風船が飛んで行く様子をイメージしやすいように本文に沿った紙芝居を見せる。</p> <p>○風船が自分の意思でコンの所まで飛んで行ったことが分かるように《風船の心》の紙芝居を見せ、風船の気持ちを読み取らせる。 【評価②】</p> <p>Photo.2 「わーい、どこにいこうかなあ。 どんな人が拾ってくれるか、わくわくするなあ」</p>	<p>7分</p>
<p>展開 (IV)</p>	<p>9. 句点読みをする。 (第3場面：P.13 L.5～P.14 L.7)</p> <p>10. 目覚めたコンの様子を読み取る。</p> <p>11. コンが見た風船の様子を読み取る。</p> <p>12. コンがついたため息を実演してみる。</p>	<p>○昼寝から目覚めたコンの様子を読み取れるよう声かけをする。 【評価①】</p> <p>○風船の絵を使い、風船を「花」だと思っているコンの様子を確認する。 【評価①】</p> <p>○ため息はどんな時に出るか質問し、実際にため息をつかせる。</p>	<p>6分</p>
<p>展開 (V)</p>	<p>13. 句点読みをする。 (第4場面：P.15 L.1～P.15 L.12)</p> <p>14. コンの気持ちを読み取る。 ・風船を埋める場面を実際に演じる。 ・風船に付けられた手紙には種が入っていたことを確認する。 ・谷川のふちの説明を聞く。</p> <p>Photo.3 「コンは、両手で土をほりました。紙づつみのねっこを、あなにうめて、トントンたたきました」</p> 	<p>○風船を穴に埋めるコンの気持ちを確認する。 【評価②】</p> <p>・風船を埋める場面を実際に演じさせる。</p> <p>○手紙の中に種が入っていたことを確認できるように、絵で説明する。</p> <p>○コンのとった行動と谷川のふちをイメージしやすいように、絵で説明する。 【評価①】</p>	<p>6分</p>
<p>展開 (VI)</p>	<p>15. 句点読みをする。 (第5場面：P.16 L.1～P.16 L.12)</p> <p>16. コンの見た夢を確認する。 ・あやふやだった夢がだんだん明確になっ</p>	<p>○コンが見た夢がどんな夢だったかを確認する。 【評価①】</p> <p>・夢と実際の出来事を再確認する。</p>	<p>7分</p>

	ていく様子の説明を聞き、確認する。 ・コンの癖を、教科書の挿絵を見て確認する。	・あやふやだった夢が少しずつ現実と結びつく様子を説明する。 ・コンの癖を分かりやすく絵で確認する。	
終結	17. 本時のまとめを聞く。 18. 次時の予告を聞く。 ・後半の物語展開に期待を持つ。	○めあてとの繋がりを考えられるように説明する。 ・説明の内容は、風船・コン・子どもたちの気持ちに関するもの。 ○次時の学習内容に期待を持てるよう、予告に工夫をする。	5分
(4) 評価 ①様子を想像しながら読むことができたか。 ②子どもたち・コン・風船の気持ちを読み取ることができたか。			

4. 『こわれた千の楽器』教材分析

(4.1) 冒頭部と結末部の呼応

『こわれた千の楽器』の冒頭は、こう語り始められる。

ある大きな町のかたすみに、楽器倉庫がありました。そこには、こわれて使えなくなった楽器たちが、くもの巣をかぶって、ねむっていました。／あるとき、月が倉庫の高まどから中をのぞきました。／「おやおや、ここはこわれた楽器の倉庫だな」／その声で、今までねむっていた楽器たちが目をさました。

これに呼応するように、語り手は結末部で再び月を登場させ、楽器たちにまつわる物語を次のように語り終えていくのである。

ある夜のこと、月は、楽器倉庫の上を通りかかりました。すると、どこからか音楽が流れてきました。／(中略)／それは、前にのぞいたことのある楽器倉庫からでした。そこでは、千の楽器がいきいきと、えんそうに夢中でした。こわれた楽器は、一つもありません。一つ一つがみんなりっぱな楽器です。おたがいに足りないところをおぎない合って、音楽をつくっているのです。

冒頭部の引用の直後には、ひび割れた背中を隠しながら、自身を〈こわれた楽器〉だと認めたくないチェロの「ちょっと休んでい」という虚勢を張るような発話が織り込まれる。それは、弦が半分しかないハープ、ホルン、トランペット、破れた太鼓、ビオラ、ピッコロ、木琴、バイオリンやコントラバス、

オーボエ、フルート(物語中で名称のわかる楽器はこれで全て)などの楽器たちの自意識を代弁するものだ。

演奏をしたいという願いと、壊れているから無理だという諦めのはざまに葛藤する彼らの気持ちは、やがてビオラの「いや、できるかもしれない。いやいや、きっとできる。たとえば、こわれた十の楽器で、一つの楽器になろう。十がだめなら十五で、十五がだめなら二十で、一つの楽器になるんだ」という発話を契機に、皆で不足を補い合って演奏する方向へと一気に傾いていった。

生氣を取り戻した楽器たちが練習に夢中で励む姿は、「もっとやさしい音を!」、「レとソは鳴ったぞ」、「げんをもうちょっとしめて……。うん、いい音だ」、「ぼくはミの音をひく。君はファの音を出してくれないか」といった会話の応酬によって表現されている。

(4.2) 目撃者が月であることの意味

月の言葉で眠っていた楽器たちが目覚め、諦めていた演奏に再び挑んでいく。そして、結末部で楽器たちの演奏を祝福するかのよう光の糸を大空に吹き上げるのもまた月であった。いわば月は、楽器たちの壊れた姿の目撃者であると同時に、壊れた楽器たちがやがて生き生きと演奏する音曲の聞き手ともなる。

〈こわれて使えなくなった楽器たち〉は、もはや舞台上でスポットライトを浴びることなき存在であり、倉庫で〈くもの巣をかぶって、ねむって〉いる姿は、時間帯的な背景として、陽光降り注ぐ昼ではなく夜に似つかわしい。

夜が背景として選び取られたのは、絶望の闇の中で楽器たちが一縷の希望の光を見出していくという展開に見合うものとなっている。もしも冒頭部の対話相手が眩い太陽であったなら、チェロのひび割れた背中¹はまさに白日のもとに曝され、虚勢の言葉すら口に出来なかったことだろう。

月のイメージ的な属性をおさえるならば、月が放つ光は自身のものではなく太陽のそれを照り返したもので、陰陽の対比で言うと陰の存在と見なされる。また、月には満ち欠けがあり、当然ながら(地上から見える形状としては)欠けている期間のほうが長い。夜という時間帯設定のみならず、月が楽器たちの目撃者として選ばれたのは、時に陰の存在として捉えられ、満ち欠けをわが身をもって知る存在であるからで、物語世界が求める必然なのであった。

最後に、月が放つ光にかかわる描写を拾っておこう。チェロに反駁された場面では、

「いやいや、これはどうも失礼」／月はきまり悪そうに、まどからはなれました。
町は、月の光につつまれて、銀色にかすんでいます。

と、相手を傷つけたことを気遣うような光を放つ。そして楽器たちの演奏を耳にした場面では、讃辞をおくり祝福するがごとき明るい光を読者に想起させる詞章が織り込まれている。

月は音楽におし上げられるように、空高く上っていきました。／「ああ、いいなあ」／月は、うっとり聞きほれました。そして、ときどき思い出しては、光の糸を大空いっぱいにふき上げました。

5. 『こわれた千の楽器』授業実践事例

この作品は、壊れた楽器たちが欠点を補い合い、もう1度演奏するという物語である。

もう演奏ができないという絶望の中、楽器たちはビオラの一音で希望を見出し、お互いの欠点を補い合って、ひとつの楽器になる。

「十の楽器で、一つの楽器に……」という協力することのきっかけとなったビオラの言葉に重点を置き、お互いに協力し合うことの大切さ、いつまでも希望を持ち続けることの大事さを実感できるような指導を行う。また、心身ともに壊れていた楽器が精神的に立ち直

り、〈こわれた楽器〉ではなく、〈りっぱな楽器〉になったことをおさえていきたい³⁾。

授業展開は本時案(Table.2)に示したとおりだが、授業では児童それぞれに役割を与え、楽器たちの心情を考えながら読み進める。そして児童個々の体験談などとも繋げていきたい。

1つ目に、役割読みの活動のねらいについてであるが、班ごとに自分たちの楽器を持っておくことで、楽器たちに親しみやすく、その気持ちも考えやすいということが挙げられる。そして、自分も班の構成員としてしっかり読むことで、後で1人ひとりが協力しないと成り立たないパズル活動にもつなげることができると考えた(Photo.4)。

2つ目に、パズル活動のねらいについてである。「では、今からみんなで楽器たちの気持ちを体験してみたいと思います」という授業者の導入の言葉、そして説明の中の「みんなは壊れた楽器たちみたいに、このカードに書かれた文字しか話すことができません」という言葉どおり、この活動は、楽器たちと同じ立場になり、壊れた楽器たちの気持ちを体験することを大きなねらいとしている(Photo.5)。

短い単語から始め、難易度を上げながらパズルの練習をして、長い歌詞まで完成させる様子は、まさに楽器たちが試行錯誤しながら全ての音を出せるようになっていく様子と同じであろう(Photo.6)。そして、活動後の授業者による振り返りは次の通りである。

「みんなは、いま、1つの音しか出せない楽器と同じで、1つの文字しか声に出すことができなかつたよね。だけど、みんなで協力しあったら、『もみじ』の歌詞を完成させることができました。ということは、みんなは、『もみじ』を歌えるということですね。〈あ〉から〈ん〉のすべての文字が揃っているから、組み合わせを変えるといろんな文章や歌詞ができます。楽器たちもすべての音が出せるようになったから、今後はいろんな曲を演奏することができます。それで、音が出せるようになった楽器たちは躍り上がるくらい、嬉しかった。本当に、心から喜んだんだよね」

このように、児童がパズル活動の中で歌詞を完成させて楽しかった気持ちを、ただ「楽しかった」で終わらせることなく、楽器たちの気持ちも同じだったのだと気付かせることが必要だと考えた。今回は、時間の都合上、授業者の説明による振り返りという形になったが、児童の発言する時間を取り、「楽器たちもこれからたくさん演奏できることが嬉しかったんだね」といった感想が出れば、この活動をした成果をより感じられるのではないだろうか。

今回、模擬授業を行ってみて、評価の部分について、もっと詳細にしておくことが大切だと感じた。特に評価をどの段階で行うのかということは、評価の重要な点だと思われる。最初、評価①については、〈楽器たちの気持ちを考えて読むことができたか〉というものにしてきた。しかし、それはどこで判断できるのだろうか。役割読みをしている様子から、楽器たちの気持ちを考えて読めているか判断するのは難しい。

実際に授業を展開する中で、児童が楽器たちの気持ちを考えているか判断できる場面は別にあった。それは、読んだ後、楽器たちの気持ちを考えて書く班活動の場面である。そこで授業者が、「楽器たちの台詞を声に出して読んだとき、自分がどんな読み方をして、どんな気持ちになったかを考えて書いて下さい」という趣旨のことを言い添えて班活動に入ったため、班で話し合うときに、自分なりに楽器たちの気持ちを考えて意見を交わす姿が見られた。この姿を机間指導によって見回り、評価をするというように変更した。

評価②については、パズル活動をした後の児童の様子から判断するようにしているが、これも1人ひとりがどんな気持ちになったのか顔を見ただけで判断するのは難しい。評価②はどの段階で評価を行うのか、もう少し具体的に考える必要があると思われる。

Table.2

第4学年2組 国語科学習指導案

授業者＝米美里，鶴田千絵，高井未夢，野田千広，當間なぎさ，池田茜

(1) 単元名・教材名

物語をくふうして音読しよう

『こわれた千の楽器』（野呂昶・文，天野燕子・絵）

(2) 本時の学習活動（第2時間目）

目標 ① 楽器たちの気持ちを考えることができる。

② 体験することによって、場面の様子を感じることができる。

(3) 展開

過程	学習活動	指導上の留意点（評価事項）	時間
導入	1. 前時の学習活動を振り返る。	○題名と作者，第1段落の確認をさせる。	2分
展開 (I)	2. 第2段落の範囲と本時のめあてを確認する。 めあて 第2段落の場めんのようすを考えよう。	○第2段落の範囲を告げ，黑板のめあてをノートに書かせる。	13分
	3. 登場人物の確認をする。	○前時に予告した通り，役割読みをすることを再度指示する。	

	<p>4. 担当する楽器の台詞と役割読みの仕方を確認する。</p> <p>5. 役割読みをする。 (P.7 L.5~P.9 L.9)</p> <p>Photo.4 「はい、木琴！」 「それなら、ぼくにもできるかもしれない」</p>	<p>○ペープサートを出しながら確認し、班の担当の楽器を配る。</p> <p>○班の担当楽器と、その楽器の台詞を机間指導を行いながら確認させる。</p> <p>○役割読みの説明を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・台詞の部分だけを読み、地の文は読まない。 ・授業者がそれぞれの楽器名を呼ぶのを合図として、台詞を読んでいく。 ・ペープサートを持つ人は、その楽器が話しているように上に掲げ、少し揺らす。 	
<p>展 開 (II)</p>	<p>6. 班ごとに、担当した楽器の気持ちを考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・用意された紙に書き、黒板に貼る。 ・発表者を決める。 <p>7. 楽器たちの気持ちを発表する。</p> <p>8. 楽器たちの気持ちの変わり目がどこかを考える。</p> <p>9. 範読を聞きながら、場面の様子を思い浮かべる。</p> <p>10. 楽器たちの練習の様子を確認する。</p>	<p>○発表準備について説明する。</p> <p>○自分が読んでみて、どういう気持ちになったかということも考えて書くように示唆する。 【評価①】</p> <p>○台詞の順番通りに指名し、発表させる。</p> <p>○最初の方の台詞と最後の方の台詞では楽器たちの気持ちが違っていることをおさえ、ビオラの台詞で変わったことを確認させる。</p> <p>○本文を感情を込めて読む。 (P.9 L.10~P.10 L.6)</p> <p>○練習の様子を捉えることができているか発問によって確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・楽器たちが協力して作業を進める様子について。 ・全ての音が出た時、とても嬉しがっている様子について。 	<p>15分</p>
<p>展 開 (III)</p>	<p>11. 楽器たちが協力し合って全ての音を出す様子を、パズルを組み合わせる活動によって体験する。</p>	<p>○カードを配り、パズルについて説明を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・授業者が出す数字の列の中に、自分のカードに書かれた数字があったら、対応している文字を言う。 ・自分の数字がない人は、その文字列や歌詞が何かを考えながら聞く。 	<p>14分</p>



Photo.5

- 30` → 「ぼ」
- 45 → 「ん」
- 5 → 「お」
- 20` → 「ど」
- 40 → 「り」

- 12. 簡単な言葉をいくつかと、ある歌の歌詞を作る。
- 13. パズル活動を通して、音が出せるようになった楽器たちの気持ちを感じる。

- 簡単な言葉から始め、様子を見ながら読むテンポを上げていく。
- みんなでパズルを完成させた喜びと協力して音を出すことで再び演奏できるようになった楽器たちの嬉しい気持ちを重ねて考えさせる。 【評価②】

Photo.6

- 「あ」「き」「の」「ゆ」
- 「う」「ひ」「に」「て」
- 「る」「や」「ま」「も」
- 「み」「じ」



- 14. まとめを聞き、ノートに書く。

- 第2場面全体を黒板の流れにそって確認し、まとめを行う。

まとめ

えんそうをあきらめていた楽器たちが、ビオラの言葉で希望を持ち、協力して音を出す喜びを感じた。

終
結

- 15. 次時の予告を聞く。

- 音が出せるようになった楽器たちが演奏する様子を学習することを告げる。

1分

- (4) 評価 ①楽器たちの気持ちを考えることができたか。
- ②体験することによって、場面の様子を感じることができたか。

6. おわりに

九州女子短期大学の初等教育科が最後の年度を迎えた。今回、模擬授業に取り組み、本稿を執筆してくれた2人は、本年度(2011年度)3月に卒業予定の初等教育科在学学生である。

私の担当する国語科教育講座では、演習時にグループでの模擬授業を課している。九州女子大学人間科学部人間発達学科の『国語科

指導法』(人間発達学専攻・2年前期)と『国語科教育法Ⅱ』(人間基礎学専攻・2年後期)——これらは、それぞれ『国語科教育概論』(人間発達学専攻・1年前期)と『国語科教育法Ⅰ』(人間基礎学専攻・2年前期)に続いて開講されているものである。ただし、九州女子短期大学初等教育科においては、『国語科教育概論』(1年後期)と『国語科指導法』(2

年前期)双方で模擬授業を実施してきた。というも、短大の場合は、2年次の前期を終えるや、8月の保育実習を皮切りに9月に幼稚園教育実習、10月に小学校教育実習と続けて現場へ赴くこととなるため、できるだけ実践的な課題をこなさせておきたいという事情があるからだ。

ところが、初等教育科最後の学生(2010年度生)たちの1年次の模擬授業は、発声・目配り・発話内容といった基本的な技術面をなんとかクリアしたものの、教材分析と授業内容に関して、かなり首を傾げざるを得ないレベルであった。私が朱筆を入れた各グループの学習指導案を講義時に配布しなかった(2年次の教育実習に持参させる資料としてファイリングさせておくのは不適切と判断した)のは、短大で同科を担当以来はじめてのことである。

その学生たちが、2年次を迎え、2度目の国語科模擬授業に取り組んだ。今回は授業内容に関しても従来の卒業生たちに見劣りしないレベルであり、1年次に比するならば、まさに目を見張るほどの進歩が見られたのだった。初等教育科らしく、保育の知見や技術を授業に取り入れながらの模擬授業もあった。全てのグループに様々なアイディアと工夫に満ちた模擬授業の報告を執筆してほしいところだが、実習のスケジュールやそれと並行しての就職活動、各ゼミの卒業課題など慌ただしい状況があるため叶わない。本稿は、初等教育科最後の学生たちの達成した模擬授業の実践の一端を示すささやかなモニュメントでもある。

注

1) 『花いっぱいになあれ』は『みんなと学ぶ 小学校こくご』2年・上(学校図書)に〈ようすをおもいうかべながら読もう〉という単元の教材として、『こわれた千の楽器』は『新しい国語』4年・上(東京書籍)に〈物語をくふうして音読しよう〉という単元の教材として、それぞれ収められている。

なお、両作品の本文引用は、それぞれ上記教科書収載本文に拠る。ただし、改行箇所「/」を施したほか、下線および圏点はすべて引用者が私に付したものである。

2) 『花いっぱいになあれ』の学習目標と学習活動などは下記のウェブサイトで公開されている〈平成23年度・年間指導計画作成資料〉を参照した。

学校図書：<http://www.gakuto.co.jp/>

○学習目標・学習活動

- ・あらすじをとらえながら、場面の様子や人物の思いを想像することができる。
- ・様子を思いうかべながら音読することができる。
- ・人物がしたことをまとめることができる。

①本文を読み、あらすじをつかむ。

②場面の様子や人物の様子、言動を手がかりに気持ちを想像する。

③場面ごとに、周りの様子や人物の言動を思い浮かべながら音読する。

④心に残ったことを書いたり、話し合ったりする。

○評価事項

- ・書かれている事柄の順序や場面の様子などに気付いたり、想像を広げたりして読もうとしている。

- ・語と語や文と文の続き方に注意しながら、繋がりのある文や文章を書いている。

- ・語のまとまりや言葉の響きなどに気を付けて音読している。

- ・場面の様子について、登場人物の行動を中心に想像を広げながら読んでいる。

3) 『こわれた千の楽器』の学習目標と学習活動などは下記のウェブサイトで公開されている〈平成23年度・年間指導計画作成資料〉を参照した。

東京書籍：<http://ten.tokyo-shoseki.co.jp/>

○学習目標・学習活動

- ・場面の様子や人物の気持ちが伝わるように、工夫して音読することができる。

①学習のねらいを確かめて、物語を通読する。

②場面の様子や人物の気持ちを考えながら読む。様子や気持ちが伝わるような音読の仕方を話し合い、場面を決めて音読の練習をする。

③音読や部分暗唱の発表をし、互いに聞き合う。

○評価事項

- ・物語を音読することに興味を持ち、工夫して音読・暗唱しようとしている。

- ・場面の様子や人物の気持ちがよく分かるように、工夫して音読している。

- ・場面の様子や人物の気持ちについて叙述をもとに想像しながら読んでいる。

(原稿受付 2012年1月19日)

特異な柱状プラズマ法による新規な炭素物質の合成

生地文也, 長井達三
九州共立大学総合研究所

Synthesis of spherical carbon particles by a low pressure columnar plasma method

Fumiya SHOJI and Tatsuzo NAGAI

abstract

We have newly designed a columnar plasma source operating at a pressure in the range of 10^{-2} - 10^{-1} Pa for studying the synthesis of nano-materials in reactive plasmas. In this study, we have investigated how carbon materials are synthesized by applying the columnar plasma source to hydrogen gas containing methane 1%. It was found that the spherical carbon particles of micrometer sizes were synthesized on the Si (100) surface of 670□ by SEM observations, and that these particles were created by a self-organization process in the plasma sheath where a peculiar electric field existed.

Keywords: Reactive plasma, Plasma source, Spherical carbon particles, Nano-materials,

1. はじめに

プラズマ科学の分野においては、活性種を含むプラズマの化学反応性や、原子・分子から始まりナノやマイクロサイズでの制御性を活用した物質・材料創製に多くの関心が注がれるようになってきている。近年は特に、フラーレン¹⁾、カーボンナノチューブ²⁾ やカーボンオニオン³⁾ の発見が契機となり、炭素を含む原料ガスプラズマから新たな炭素系物質を創製する研究が国内外で非常に盛んである。

最近、メタンを混ぜたアルゴンガスを原料とし、特異な低圧柱状プラズマを鉛直方向に励起して基板表面に照射すると、極めて真球度の高いマイクロサイズの炭素粒子(真球度 98.9%) (以後、球状炭素粒子と呼ぶ) を合成できることが報告された。⁴⁻⁶⁾ その報告において、著者らはSEMおよびTEM観察結果に基づいて球状炭素粒子はプラズマ励起と同時に発生するメタンラジカルが互いに衝突してナノサイズの基本粒子が生まれ、これらがプラズマシースにおいて互いに融合して浮遊しながらマイクロサイズにまで成長しているにちがいないというメカニズムを提案している^{6,7)}。このような成長メカニズムは真空下における従来の“基板表面上での原子・分子の衝突を経た物質(薄膜)成長様式”とは異なる、“空間における原子・分子衝突を経た物質(微粒子)成長様式”を示唆している。

そこで本研究では、低圧柱状メタンプラズマにおいて成長する球状炭素粒子をフラーレン、カー

ボンナノチューブやカーボンオニオンに続く新規な炭素物質と位置づけ、その形成機構と微細構造をSEM、高分解能TEMおよび質量分析法によって調べることにした。本報告では、新規に開発した低圧柱状プラズマ源の特性、およびこれを1%メタン含有水素ガスに適用して合成される炭素微粒子の形態について調べた結果を紹介する。

2. 柱状プラズマ源とその特性

熱電子源とアノードによる電場、および永久磁石付き鉄ヨークによる磁場を組み合わせ、低ガス圧においてもプラズマを励起できるプラズマ源を考案した。このプラズマ源はFig.1に示すような構造である。

このようなプラズマ源では、その特異な電場と

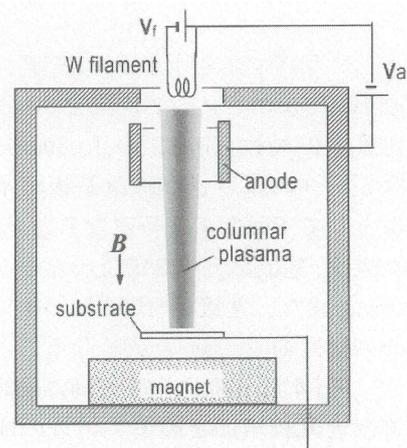


Fig.1 プラズマ源の概略

磁場のため、低ガス圧で励起されたプラズマは柱状となる。これは、熱電子源のタングステンフィラメントから放出された電子が電界と磁界に依存してトロコロイド運動をするため、電子のガス分子との衝突頻度が低ガス圧であっても高くなり、多くの電子・イオン対が形成されることに因ると考えられる。このプラズマ源を Fig.1 に示したように鉛直方向に配置すれば、鉛直方向に柱状プラズマは励起されて基板の表面を照射できることが分かる。

Fig.2 はプラズマ励起圧を $2 \times 10^{-1} \text{Pa}$ 、またアノード電圧を 100V に保った場合のラングミュア探針法による $I_p - V_p$ 特性の測定結果である。この結果を基に、プラズマの電子温度 T_e と電子密度 n_e を三種類のアノード電流値に対して求めた結果、電子温度は $T_e = 1.4 - 1.8 \times 10^5 \text{K}$ の範囲、また電子密度は $n_e = 1.5 - 4.2 \times 10^{16} \text{m}^{-3}$ の範囲であると分かった。

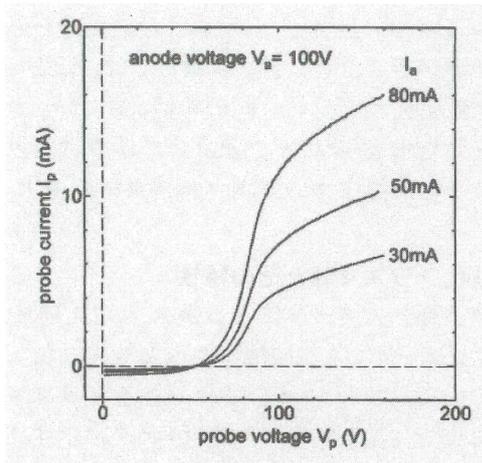


Fig.2 アノード電圧 V_a を 100V に保ち、アノード電流 I_a をパラメータにして測定したプローブ電流のプローブ電圧依存。

一方、プラズマ励起圧を $2 \times 10^{-1} \text{Pa}$ 、アノード電圧を 100V、またアノード電流を 50mA として測定した $I_p - V_p$ 特性 (Fig.2 の $I_a = 50 \text{mA}$) から、プラズマシースの厚さ d (mm) は基板バイアス電圧の関数として Fig.3 のようになると予想される。この結果は、基板がアース電位のときシース幅は約 0.7mm、また、基板が -100V にバイアスされるとシース幅は約 2.2mm と広がることを示している。 Fig.4 に実際に鉛直方向に励起した柱状プラズマと基板表面との境界付近の様子の写真を示すが、これらの写真から基板バイアス電圧に依存してシース幅は変化し、その幅の広がり

Fig.3 の傾向によく一致していることが分かる。

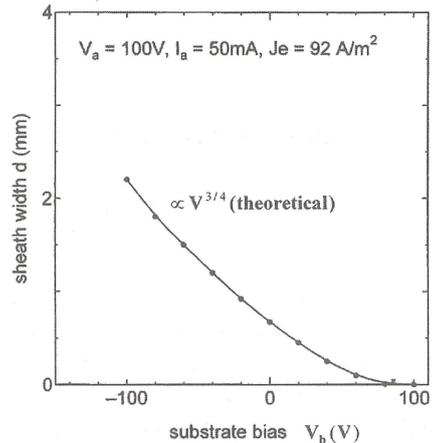


Fig.3 柱状プラズマにおける基板表面上のシース幅 d の基板バイアス電圧依存。プラズマ励起条件；圧力 $2 \times 10^{-1} \text{Pa}$ 、アノード電圧 100V、アノード電流 50mA

ここで、プラズマの電位を V_{pl} 、基板バイアス電位を V_b 、また、シース幅を d とすると、柱状プラズマシースのポテンシャルは模式的に Fig.5 のように表すことができる。これより、シースの電界強度は鉛直方向にほぼ、 $E = (V_{pl} - V_b)/d$ と表されることが分かる。したがって、柱状プラズマが励起されると、基板表面との境界で形成されるシースとプラズマの境界付近 (プリシース) のイオンは、プラズマ電位と基板バイアス電位に依存して、 $E_i = e(V_{pl} - V_b)$ のエネルギー粒子となって基板表面を絶えず衝撃していることが分かる。

3. 結果および考察

本節では、 $2 \times 10^{-1} \text{Pa}$ で励起した柱状プラズマを 670°C に保持した Si (100) 基板表面に、Fig.6 に模式的に示すように、照射した場合に合成される炭素粒子の形態をアノード電圧 (V_a) および基板バイアス電圧 (V_b) を変えて調べた結果について述べる。ここで、Fig.6 に示したプラズマシース幅 d は、前節 2 で示したアノード電圧 V_a および基板バイアス電圧 V_b に強く影響されることを強調しておきたい。

実際のプラズマ照射では、Fig.1 に示したプラズマ源をステンレス製のチャンバー内に組み込み、原料ガスであるメタン 1% 含有水素ガス (純度 99.99%) を精密可変リークバルブによって真空チャンバー内が所望の圧力 ($2 \times 10^{-1} \text{Pa}$) になるよう、真空排気をしながら導入した。なお、ガ

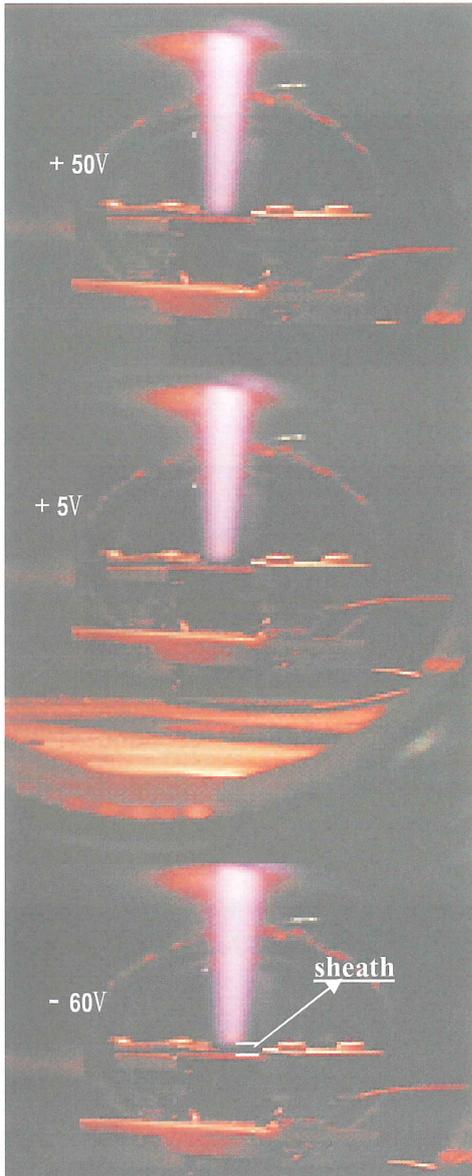


Fig.4 アノード電圧 100V, アノード電流 50mAで励起した柱状プラズマの基板付近に見られるシースの基板バイアス電圧依存

ス導入前のチャンパー内の圧力は 1×10^{-4} Pa以下であった。また、柱状プラズマを励起するために要したフィラメント電流 I_f は4~5A、そして、アノード電圧 V_a は60~150Vであった。

基板には厚さ0.5mmのSi(100)ウエハ(Pドープn型、抵抗率 $100 \Omega \cdot \text{cm}$)を $5 \times 25 \text{mm}^2$ に切り出して使用した。また、プラズマ照射中の基板温度(670°C)は基板に一定電流(2A)を直接流して確保したが、この温度は赤外線温度計を用いて真空チャンパーの外から計測した。プラズマ照射によってSi(100)基板上の堆積させた膜の形態は分析走査電子顕微鏡(JEOL JSM 6360LAB)を

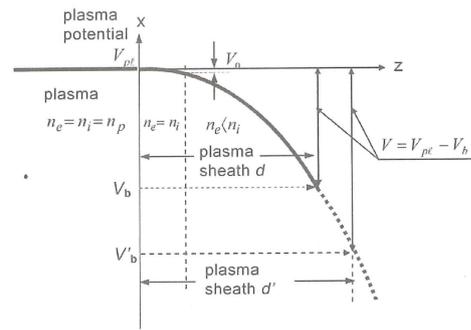


Fig.5 プラズマシースポテンシャル V およびシース幅 d の基板バイアス電圧 V_b 、 V'_b (負の値)による変化の模式図。 V_0 はボーム条件より導かれるプリシースの電位差。実際のプラズマでは、プラズマ電位 V_{pl} はアノード電圧 V_a にほぼ等しい。 n_e :電子密度, n_i :イオン密度, n_p :プラズマ密度

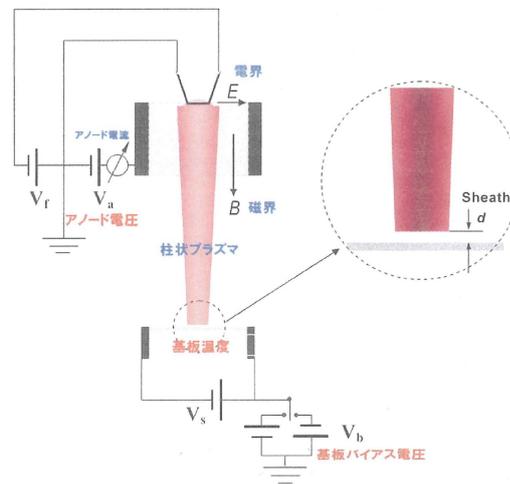


Fig.6 炭素微粒子の合成パラメータ

使って観察した。

Fig.7は670°CのSi(100)基板上に2時間プラズマを照射した場合の基板表面をSEM観察した結果である。このSEM観察結果から、プラズマ源を構成する鉄ヨークの形状による磁束密度の偏りが原因となって、粒子は楕円状に分布して合成され、Fig.7(1)および(2)に示すようにプラズマ照射領域(A:直下、B:内周、C:外周)に分けられることが分かった。さらに、プラズマ照射中心A(直下)のSEM像から、基板表面上には孤立したほぼ同じ大きさの粒子がランダムに高密度で合成されたことが分かる。次に、プラズマ照射領域B(内周)のSEM像から、基板表面上には粒子が隙間の無い状態で二次元的に高密度に合成されたことが分かる。また、プラズマ照射領域C(外

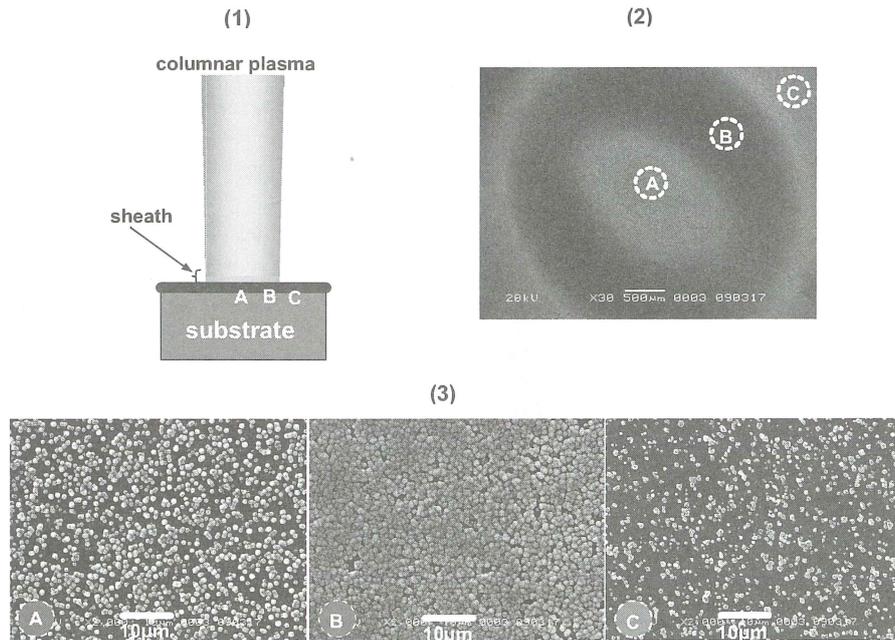


Fig.7 柱状プラズマ直下の基板表面の成膜後のSEM観察結果。
(1):柱状プラズマ照射と基板の関係、(2):プラズマ照射後の基板表面のSEM像(30倍) (3):プラズマ照射領域(A,B,C)における基板表面形態

周)のSEM像からは基板表面上には孤立したほぼ同じ大きさの粒子がランダムに低密度で合成されたことが分かる。結局、磁束密度分布がプラズマ密度に影響を与えた結果、合成粒子の表面密度に差が生じ、粒子密度がA領域からC領域へ変化したと考えられる。また、このような粒子合成が観察されたことについては、プラズマシース空間における特異な粒子形成機構に因ると考えられる。

Fig.7のSEM像を踏まえ、以後の実験ではプラズマ直下 (Fig.7(1)A)において合成される粒子に注目し、合成粒子の形態におよぼすパラメータ(アノード電圧およびバイアス電圧)の影響について調べることにした。

Fig.8に示すSEM像はアノード電圧のみを変えた場合に合成された粒子の形態である。これから、合成粒子の形態がアノード電圧に強く影響され、アノード電圧が90Vでは粒子は合成されず、アノード電圧が100V~140Vの範囲においては0.1~0.5 μmの球状粒子が合成されたことが分かる。さらに、アノード電圧が100Vと110Vの粒子像を比較すると、アノード電圧100Vの場合ではサイズが小さいことが分かる。一方、アノード電圧140Vでは粒子は大きくなった結果、その表面密

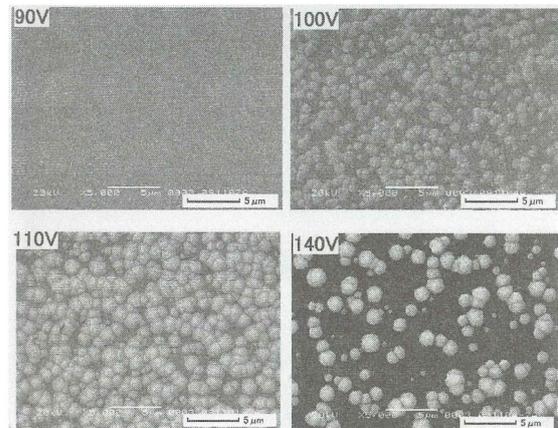


Fig.8 アノード電圧 V_a を変えて合成した場合の表面形態. 基板バイアス電圧 V_b : 0V, アノード電流 I_a : 50mA.

度が低くなっていることが分かる。このようなアノード電圧による粒子の形態変化は、プラズマシース境界(プリシース)のイオンのエネルギーが粒子合成に重要な役割を果たしていることを示唆している。

そこで、Fig.8の結果を踏まえ、合成される粒子の形態についてアノード電圧と基板バイアス電圧を広範囲に変えて調べた。その結果、プラズマ励起条件であるアノード電圧とプラズ

マ照射時の基板バイアス電圧に依存して変化するプラズマ-シース境界(フリシス)のイオンのエネルギー、 $E_i = e(V_a - V_b)$ 、($V_{pl} \approx V_a$) に注目して整理すると、Table 1 のようになった。これから、イオンエネルギーが 100eV~160eV の範囲なら、粒子を合成できることが分かる。

Table 1 アノード電流: 50mAとしてアノード電圧 V_a と基板バイアス V_b を変えて調べた粒子形成の有無。○印: 粒子形成有り, ×印: 粒子形成無し。 $E_i = e(V_a - V_b)$ はイオンのエネルギー。

E_i (eV)	V_a						
	70V	90V	100V	110V	120V	130V	140V
70							
80	×		×	×	×	×	
90	○	×		×	×	×	×
100	○	○	○	○	○	○	○
110		○		○			○
120		○	○		○		
130	○	○					○
140	○	○					○
150	○	○	○	○	○	○	
160	×	○	○	○	○	○	○
170	×	×	×	×	×	×	×

次に、Table 1 を踏まえて粒子を合成できるプラズマ励起・照射条件、 $V_a = 70V$ 、 $V_b = -60V$ ($E_i = e(V_a - V_b) = 130eV$)、における粒子の形態について、その側面も SEM 観察した。その SEM 像を Fig. 9 に示す。Fig. 9 の SEM 像から、(A) の真上から観察して球形に見える粒子については、側面から観察しても球形であることが (B) の SEM 像からはっきりと分かる。さらに、Fig. 9 の SEM 像 (B) から、どの粒子も基板表面上に極めて大きな接触角をなして付着していることが分かる。このような合成粒子の形態から、粒子はプラズマシース領域で形成されてマイクロサイズにまで成長して基板表面に落下していると考えられる。さらに、粒子の高分解 SEM 像を Fig. 10 に示す。これから球状の粒子は約 10nm サイズのナノ粒子が凝集することによってできていることが分かる。

また、合成された粒子を高分解能 TEM によって観察してグラファイトオニオンや、微小ダイヤモンド結晶を包含していると思われるオニオン粒子が見つかった⁸⁾。

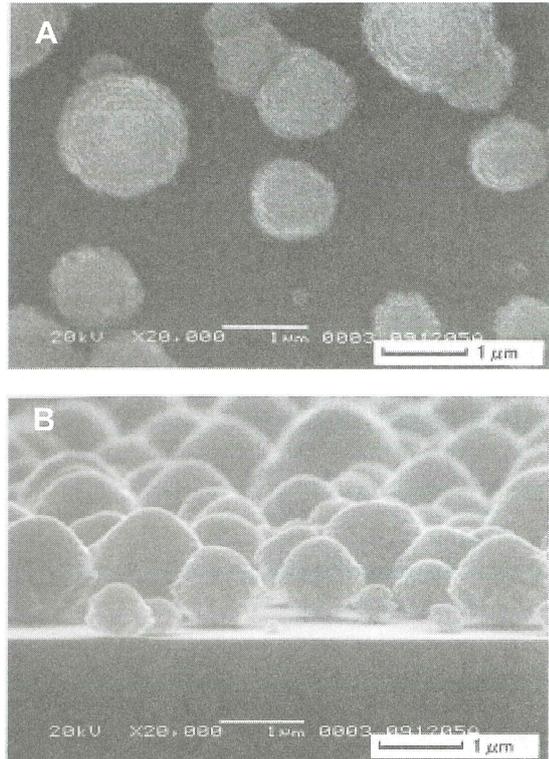


Fig.9 アノード電圧 $V_a = 70V$ 、アノード電流 $I_a = 50mA$ 、基板バイアス電圧 $V_b = -60V$ (イオンエネルギー $E_i = 130eV$) における粒子の形態。A: 真上、B: 側面

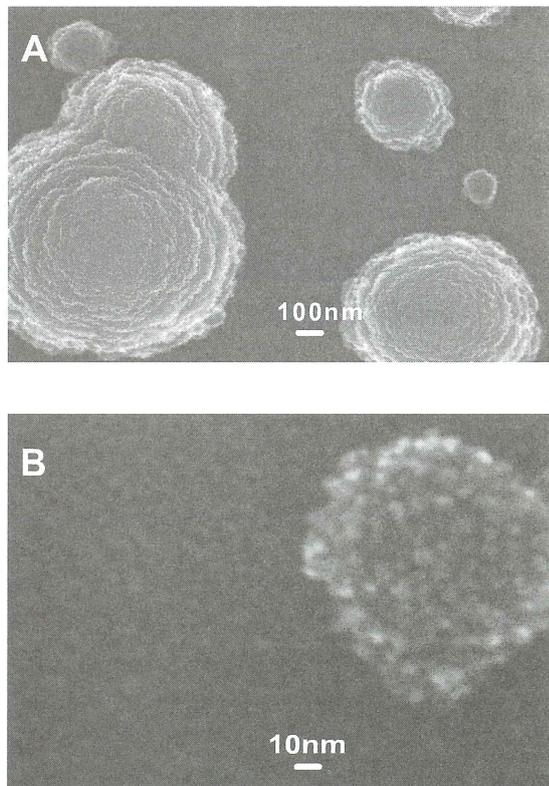


Fig.10 球状炭素粒子表面の高分解能SEM像

4. まとめ

これまでに示した結果を総合すると、1% CH₄-H₂ ガスを使って励起した柱状プラズマではCH₄-Ar ガスを使った場合に比べ真球度においては劣るが、球状炭素粒子を合成できるといえる。また、このように合成される球状粒子は大きさが約10 nmのナノ粒子が凝集してできているといえる。このことから、Fig.11 にモデル化して示すごとく、合成された球状粒子はCH₄-Ar ガスにおける粒子の成長メカニズム^{6,7)}と同様、プラズマ励起に伴ってナノ粒子が基本粒子として形成され、これがプラズマシースにおいて衝突凝集しながら負帯電粒子となって浮遊してマイクロサイズの粒子にまで成長していると考えられる。

このような特異な柱状プラズマ法を活かせば、メタン系ガスを使い、ナノダイヤモンド粒子をシース境界で合成してSi基板表面に膜として堆積させることができるかもしれない。このように、柱状プラズマ法による粒子合成は従来法と全く異なっており、新規なナノやマイクロサイズの物質・材料創製に極めて有用であると考えられる。

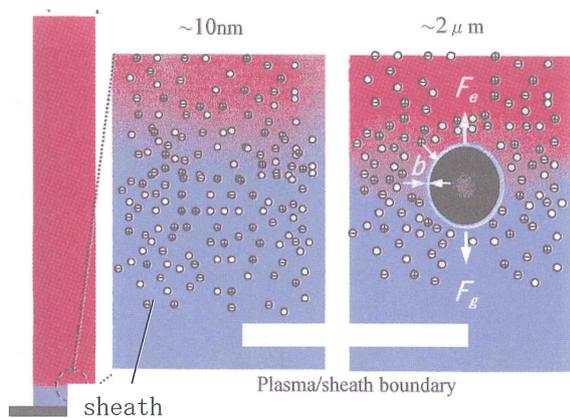


Fig.11 シースにおける球状炭素粒子の成長モデル

参考文献

- 1) H.W.Kroto, J.R.Heath, S.C.O'Brien, R.F.Curl and R.E.Smallley, Nature, **318**, 162(1985).
- 2) S.Iijima, Nature, **354**, 56(1991).
- 3) F. Banhart, T. Fuller, Ph. Redlich, and P. M. Ajayan, Chem. Phys. Lett. **269**, 349 (1997).
- 4) F. Shoji, Z. Feng, A. Kono, and T. Nagai, Appl. Phys. Letters, **89**, 171504 (2006).
- 5) Z. Feng, A. Kono, T. Nagai, and F. Shoji, Appl.

Phys.Letters. **90**, 221503 (2007).

6) T.Nagai, Z. Feng, A. Kono, and F.Shoji, Phys. Plasmas, **15**, 050702 (2008).

7) 長井達三, 馮 宗宝, 河野昭彦, 生地文也, 九州共立大学総合研究所 紀要, 第4号, 29 (2011)

8) M.Onoue, H.Okado, T.Ikari, M.Naitoh, T.Nagai, F.Shoji, 22nd European Conference on Diamond, Diamond-like Materials, Carbon Nanotubes and Nitrides, Sept.4-8, 2011 Garmisch-Partenkirchen, Bavaria, Germany.

(原稿受付 2012年1月30日)

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）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（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事務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、4頁以上、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事務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事務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なうものとする。
3. 査読者は査読を行なった原稿に対し「無条件使用」、「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な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な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、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投稿規程(平成21年2月2日制定)は廃止する。

九州共立大学総合研究所紀要編集委員

委員長 牧角 龍憲

委員 石橋 源次

委員 森部 昌広

委員 水井 雅彦

委員 小島 治幸

委員 能智 紀台

委員 生地 文也

事務 生田 宏

九州共立大学総合研究所紀要 第5号

平成24年3月31日発行

発行者 学校法人福原学園 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 照文堂製本

Contents

Refereed Paper		
Making organization for a successor of small businesses	Koichi Masuda	1
Research Paper		
The Relationships between Japanese Agricultural Impediments and Rural Strategy in Japanese Mountainous Country Regions: -A Case Study of SERA and AKIOTA Towns	Kenji HOSONO, Yuji YASHIMA, Jihyang LEE and Damon DRUMMOND	11
An Examination for an Air Pump System in Water Purification Operated by Solar Cell	Shizuo YAMAGUCHI, Yoshio MIYAIRI and Hisahide OGURA	19
Energy Conservation Measures in Sewage Treatment	Tomohiro OHTA, Takako FUKUDA, Shinya MIYAZAKI and Katsumi MORIYAMA	23
On Beach Transformations at the Sanrimatsubara Coast in Fukuoka Prefecture	Haruyuki KOJIMA and Shuguang YAN	27
Formation mechanism for lamella membranes in a mixture of oppositely charged ionic micelles I	Tatsuzo NAGAI and Shigeo SASAKI	37
Proposal of Renewable Energy Utilization- Development of Oscillating type Micro Hydropower Generator -	Ryunosuke KAWASHIMA and Mitsuo UNO	45
Dye Sensitized Solar Cell composed by applying the Oblique Evaporated Method to prepare the Ti oxide films with the both nanostructured columnar and controlled porosity	Norihiro NOUCHI, Terutada OUNO ,Fumiya SHOJI and Masahiko MIZUI	51
Effects of Fermented Product Cultivated from Soybean Milk Using Lactic Acid Bacteria, PS-B1 on Blood alcohol Levels in Rats	Genji ISHIBASHI, Yoshie MIYAZAKI, Hidetoshi HONDA and Ryuzou SAKAKIBARA	55
Physiological Functions of Low Molecular Weight Sericin from Silk Yarn	Genji ISHIBASHI, Naoshi SUGIMOTO and Nobuyoshi YAMASHITA	59
On Sino-Japanese poetry in the Praise of Plum -----based on the common and different points	Setsubai RA	67
Research of the 1st period of career preparation service for the university student through the petit internship. - Through pre-project and post-project survey -	Akihiro FUJIBUCHI	71
How do junior college students to become childcare workers or elementary school teachers plan to live through lifetime?	Himiko OZAWA	83
"Hana Ippai ni Nah-re" and "Kowareta Sen no Gakki"as the educational-materials for Japanese language art education	Koji SHIRASE, Makiko KUWAYAMA and Chi-e TSURUTA	89
Research Note		
Synthesis of spherical carbon particles by a low pressure columnar plasma method	Fumiya SHOJI and Tatsuzo NAGAI	101