

九州共立大学工学部研究報告



Bulletin of Kyushu Kyoritsu University, Faculty of Engineering

第35号

平成23年2月

目 次

ステンレス鋼冷間圧延の摩擦係数と圧延鋼板表面特性に及ぼす 圧延潤滑油粘度とロール研磨方法の影響	山本普康 集勇太 畑勝大 水田次士	1
冷間圧延における板材の幅広りの簡易数値解析	山本普康 岩佐英和 佐々木万作	9
曾根干潟における地形と底質、底生動物の特性について	熊谷和也 小島治幸 那曙光 原喜則 清水敬司	17
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	那曙光 小島治幸	23
変動の激しい社会に於ける学園運営とその模索 企業機密としていた因子に関する考察	鈴木要	29
21世紀の里山再生計画 その1 暖帯林内に於けるブナ林の現況	鈴木要	35

ステンレス鋼冷間圧延の摩擦係数と圧延鋼板表面特性 に及ぼす圧延潤滑油粘度とロール研磨方法の影響

山本普康*, 集勇太*, 畑勝大*, 水田次士**

*九州共立大学工学部メカエレクトロニクス学科

**大同化学工業(株)奈良生産技術事業所

Effect of Rolling Lubricant Viscosity and Roll Polishing Method on Friction Coefficient and Surface Characteristics of Rolled Sheets in Cold Rolling of Stainless Steel

Hiroyasu YAMAMOTO, Yuta ATSUMARI,
Katsuhiko HATA and Tsugio MIZUTA

The experiments for cold rolling of stainless steel with rolls polished in #800 axially direction and in #800 circumferential direction were made, using 4 rolling lubricants with almost the same compositions and the different viscosities. Then, the friction coefficients and the surface characteristics of rolled sheets were analyzed to investigate the effects of rolling lubricant viscosity and roll polishing methods on them. As a result, it has been shown that the friction coefficient and the ratio of flat area on rolled sheet surfaces decrease with increase of the rolling lubricant viscosity in case of rolls polished in #800 axially direction as well as in case of conventional rolls polished in #800 circumferential direction, and that the friction coefficient in case of rolls polished in #800 axially direction is smaller than that in case of conventional rolls polished in #800 circumferential direction at the same ratio of flat area.

Key Words : Friction coefficient, Ratio of Flat Area, Cold Rolling, Stainless Steel, Roll Polishing

1. 緒言

鋼板の冷間圧延において、ロールと板との間の摩擦係数を制御することは、圧延した鋼板の良好な表面品質を確保するために重要な課題である。そのため、これまでに摩擦係数と圧延速度^{(1)~(5)}や圧下率⁽²⁾⁽³⁾, ロール径⁽⁴⁾, 圧延潤滑油の粘度⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁵⁾, エマルジョン濃度⁽⁶⁾等の関係が実験解析されて報告されている。これらの報告は、いずれも通常の冷間圧延で使用されている円周方向研磨ロールを用いた場合の結果である。また、潤滑油の粘度に関する実験⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁵⁾は、いずれも組成が統一されていない潤滑油を用いたものである。一方、近年ステンレス鋼の冷間圧延において、圧延鋼板(圧延した鋼板)表面の光沢度を向上させる方法として、軸方向研磨ロールを用いた冷間圧延の研究が報告されている^{(7)~(9)}。そして、1種類の粘度の潤滑油を用いて、従来の円周方向研磨ロールと軸方向研磨ロールを使用した場合の摩擦係数の比較が行われている⁽¹⁰⁾。

ここでは、ステンレス鋼の冷間圧延において、軸方向研磨ロールを用いた場合の摩擦係数と圧延鋼板表面特性に及ぼす圧延潤滑油の影響を明らかにする

ことを主目的に、軸方向研磨ロールと従来の円周方向研磨ロールを用い、潤滑油の組成をほぼ一定にして粘度を変えた4種類の潤滑油を使用して、ステンレス鋼の冷間圧延を行う。そして、摩擦係数と圧延鋼板の表面特性(表面粗さと平坦率⁽¹¹⁾)とを測定解析して、摩擦係数と圧延鋼板表面特性に及ぼす圧延潤滑油の粘度とロール研磨方法の影響を考察する。

2. 実験方法

冷間圧延の実験条件を **Table 1** に示す。実験に用いた圧延機は2段式圧延機で、ロールは直径が100mm、胴長が70mmの合金鋼(SKD11)である。圧延材料(圧延前の材料)は、厚さが0.96mm、幅が20mm、長さが300mmのステンレス鋼板(SUS430)である。この材料の降伏応力 σ_s は **Table 1** の中に示してあり、式の中の $\bar{\sigma}$ は相当応力、 $\bar{\epsilon}$ は相当ひずみである。圧延材料の表面粗さ(Ra, 算術平均粗さ)は、**Table 2** に示すように、圧延方向と板幅方向の平均値で $0.034 \mu\text{mRa}$ である。圧延ロールには#800研磨紙で軸方向と円周方向に研磨を行う。**Fig. 1** に圧延ロールの軸方向研磨と円周方向研磨の方法を示す。圧延ロールの表面

Table 1 Conditions of cold rolling experiments.

1) Rolling mill : 2 high mill Roll size : $\phi 100\text{mm} \times 70\text{mmW}$
2) Rolling material and size : Stainless steel (SUS430) $\bar{\sigma} = 1405.4(\bar{\varepsilon} + 0.00145)^{0.138}$ $0.96\text{mm t} \times 20\text{mmW} \times 300\text{mmL}$
3) Roll polishing ① #800 polishing in axial direction ② #800 polishing in circumferential direction (Conventional polishing)
4) Reduction in thickness r ① 15%, ② 25%, ③ 35%, ④ 40%
5) Rolling speed V_R : 37.0mm/s
6) Rolling lubricant : Mineral oil Viscosity at 40°C ① $\eta = 180$: 181.0mPa·s ② $\eta = 135$: 134.8mPa·s ③ $\eta = 90$: 90.3mPa·s ④ $\eta = 40$: 42.3mPa·s
7) Experimental temperature : Room temperature

($\bar{\sigma}$: Equivalent stress, $\bar{\varepsilon}$: Equivalent strain)

Table 2 Surface Roughness of rolling materials.

Material	Surface roughness (μmRa)		
	Rolling direction	Width direction	Average
SUS430	0.029	0.039	0.034

粗さ(Ra)は、Table 3に示すように、ロールの円周方向(圧延方向)と軸方向(板幅方向)の平均値で#800軸方向研磨ロールが0.074 μmRa 、#800円周方向研磨ロールが0.079 μmRa である。入側板厚をH、出側板厚を h_0 とすると、式(1)で与えられる圧下率 r は、

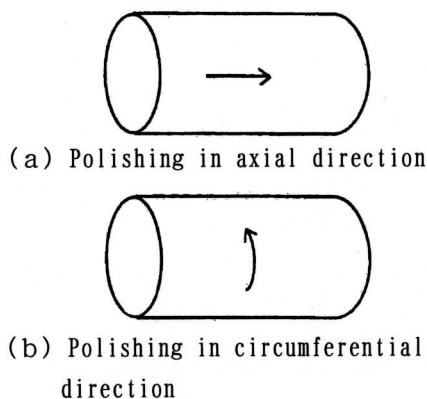


Fig. 1 Polishing methods of rolls.

Table 3 Surface roughness of rolls.

Rolls	Surface roughness (μmRa)		
	Circum.	Axial.	Average
#800 Axial.	0.082	0.066	0.074
#800 Circum	0.070	0.088	0.079

Table 4 Properties of rolling lubricants.

Properties		$\eta=180$	$\eta=135$	$\eta=90$	$\eta=40$
Viscos. mPa·s	40°C	181.0	134.8	90.3	42.3
	100°C	15.8	12.9	9.9	6.1
Compo. %	Paraf	64.5	64.5	64.5	66.0
	Naph	29.0	29.5	30.0	29.5
	Aroma	6.5	6.0	5.5	4.5

(Paraf:Paraffin, Naph:Naphthene, Aroma:Aromatic)

$$r = \frac{H - h_0}{H} \times 100 \quad (\%) \quad \text{----- (1)}$$

である。圧延潤滑油には粘度の異なる4種類の鉱油系潤滑油(粘度 $\eta=180, 135, 90, 40$, 単位[mPa·s])は省略をニート(100%濃度)の状態を使用する。Table 4に潤滑油の特性を示す。40°Cの粘度は $\eta=180$ が181.0mPa·s, $\eta=135$ が134.8mPa·s, $\eta=90$ が90.3mPa·s, $\eta=40$ が42.3mPa·sであり、組成はいずれもパラフィン系が約65%, ナフテン系が約30%, 芳香族が約5%である。

冷間圧延の実験では、ロールと板との間の摩擦係数を求めるために、式(2)で与えられる先進率 f_s を測定する。

$$f_s = \frac{V_0 - V_R}{V_R} \times 100 \quad (\%) \quad \text{----- (2)}$$

ここで、 V_0 は圧延出側の板速度、 V_R はロールの周速度である。また、圧延鋼板は2次元粗さ計で表面粗さ σ_s (Ra)を、光学顕微鏡にCCDカメラを取り付けてその画像を解析する画像解析装置で鋼板表面の平坦率 $\alpha_0^{(1)}$ を測定する。ここで平坦率は、画像解析した表面において、全面積に対する平坦な(表面損傷の無い)領域の割合である。なお、ロールおよび圧延材料、圧延鋼板の表面粗さは、それぞれの表面の任意5ヶ所においてロールの円周方向と軸方向、あるいは板の圧延方向と板幅方向で測定し、それぞれの方向で平均した値をロールの円周方向と軸方向、あるいは板の圧延方向と板幅方向の値とする。圧延鋼板の表面の平坦率も任意5ヶ所の測定値の平均値である。

約15, 25, 35, 40%である。圧延速度 V_R は37mm/s

3. 実験結果

Fig. 2は、式(1)で求められた先進率 f_s と圧下率 r の関係である。(a)は#800 軸方向研磨ロールの場合、(b)は#800 円周方向研磨ロールの場合を示し、以下同様である。軸方向研磨ロールと円周方向研磨ロールのいずれも、先進率は圧下率の増加とともに増大し、同一圧下率では潤滑油粘度が小さいほど、先進率は大きくなる。また、軸方向研磨ロールと円周方向研磨ロールを比較すると、同一の潤滑油粘度と圧下率では、先進率は軸方向研磨ロールの方が円周方向研磨ロールより小さい。

Fig. 3は、Table 1の中に示している圧延材料の変形抵抗式と Fig. 2に示した先進率とを用い、Bland & Fordの圧延理論式^(1,2)から求めたロールと板との間の摩擦係数 μ と圧下率 r の関係である。軸方向研磨ロールと円周方向研磨ロールのいずれも、摩擦係数は圧下率の増加とともに増大し、同一圧下率では潤滑油粘度が小さいほど、摩擦係数は大きくなる。また、軸方向研磨ロールと円周方向研磨ロールを比較すると、同一の潤滑油粘度と圧下率では、摩擦係数は軸方向研磨ロールの方が円周方向研磨ロールより小さい。

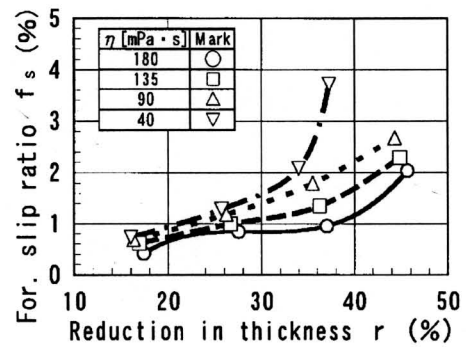
Fig. 4は、圧延鋼板の表面粗さ σ_s と圧下率 r の関係である。軸方向研磨ロールと円周方向研磨ロールのいずれも、表面粗さは圧下率の増加とともに減少する。表面粗さに及ぼす潤滑油粘度の影響は、軸方向研磨ロールと円周方向研磨ロールのいずれも、今回の実験では明確に現れておらず、潤滑油粘度が異なっても、表面粗さはほとんど同程度の値を示している。これは、表面粗さの値が小さいため、測定精度の問題ではないかと推察され、今後より精度の高い粗さ計での確認が必要と思われる。

Fig. 5は、圧延鋼板表面の平坦率 α_0 と圧下率 r の関係である。軸方向研磨ロールと円周方向研磨ロールのいずれも、平坦率は圧下率の増加とともに増大し、同一圧下率では潤滑油粘度が小さいほど、平坦率は大きくなる傾向にある。また、軸方向研磨ロールと円周方向研磨ロールを比較すると、 $\eta = 180$ で圧下率約18%の例外もあるが、同一潤滑油粘度と圧下率では、平坦率は軸方向研磨ロールの方が円周方向研磨ロールより大きい。

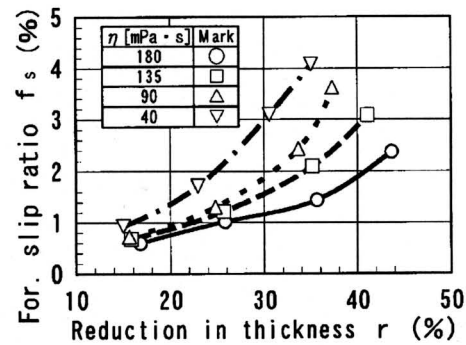
4. 考 察

ここでは、第3章で求められた実験結果から、摩擦係数および圧延鋼板表面の平坦率に及ぼす潤滑油粘度の影響について考察する。

Fig. 6は、圧延鋼板表面の平坦率 α_0 と潤滑油粘度

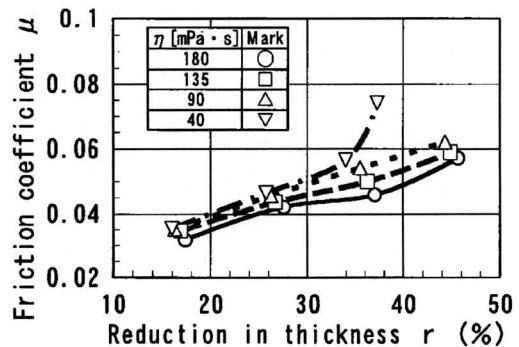


(a) Roll polished in #800 axial direc.

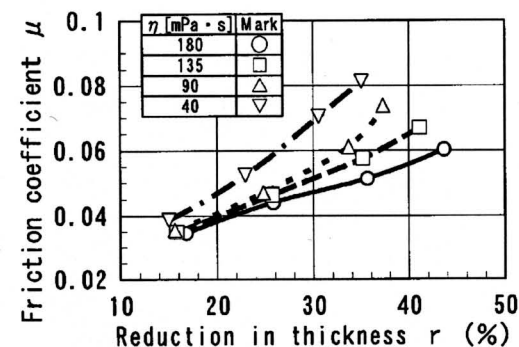


(b) Roll polished in #800 circum. direc.

Fig. 2 Relation between forward slip ratio f_s and reduction in thickness r .

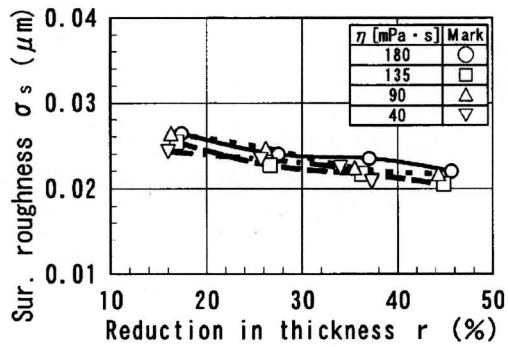


(a) Roll polished in #800 axial direc.

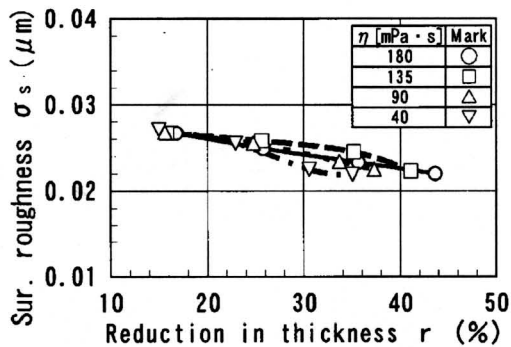


(b) Roll polished in #800 circum. direc.

Fig. 3 Relation between friction coefficient μ and reduction in thickness r .

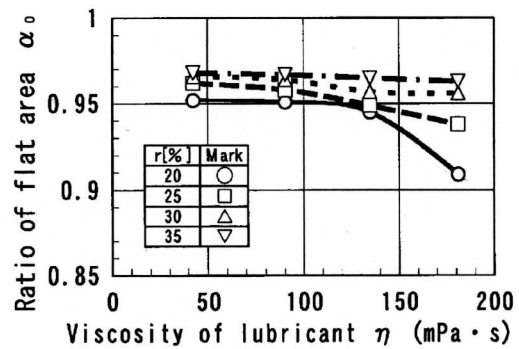


(a) Roll polished in #800 axial direc.

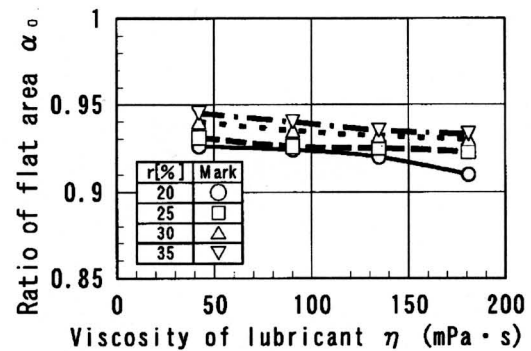


(b) Roll polished in #800 circum. direc.

Fig. 4 Relation between surface roughness σ_s and reduction in thickness r .

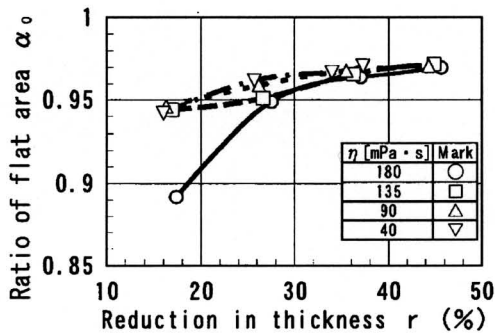


(a) Roll polished in #800 axial direc.

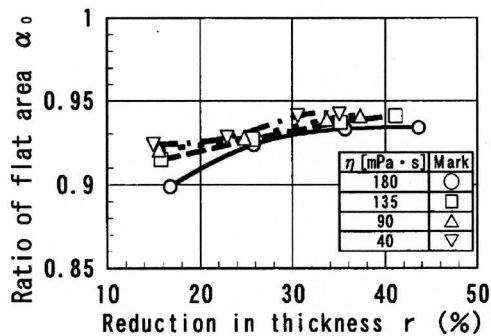


(b) Roll polished in #800 circum. direc.

Fig. 6 Relation between ratio of flat area α_0 and viscosity of lubricant η .



(a) Roll polished in #800 axial direc.

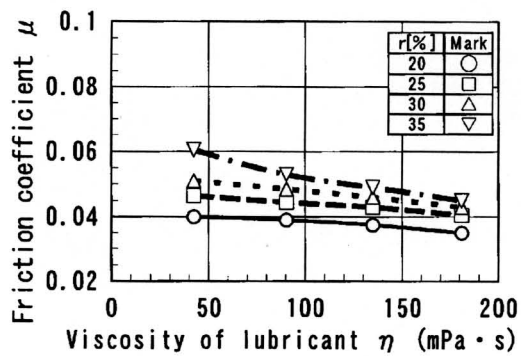


(b) Roll polished in #800 circum. direc.

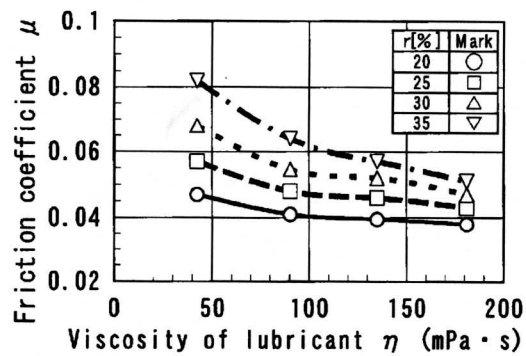
Fig. 5 Relation between ratio of flat area α_0 and reduction in thickness r .

η の関係である。潤滑油粘度は 40℃の値を使用し、以下同様である。また、**Fig. 7** は摩擦係数 μ と潤滑油粘度 η の関係である。ここで、**Fig. 6** は平坦率と圧下率の関係の **Fig. 5** において、**Fig. 7** は摩擦係数と圧下率の関係の **Fig. 3** において、圧下率 20, 25, 30, 35% の所の平坦率あるいは摩擦係数の値を内挿して求め、それを潤滑油粘度で整理したものである。

Fig. 6 において #800 軸方向研磨ロールの場合も、従来の #800 円周方向研磨ロールと同様に、潤滑油粘度の増加とともに平坦率は減少する。これは、**Fig. 8** の圧下率約 25% の圧延鋼板表面の光学顕微鏡写真に示すように #800 軸方向研磨ロールの場合も、#800 円周方向研磨ロールと同様に、潤滑油粘度の増加とともにオイルピット^(1,3)が増加することに起因する。このように、オイルピットが増加することは、ロールバイト(ロールと材料が接触している領域)内の材料表面も凹凸部が増加することを示しており、このことは凹部に潤滑油が捕捉されてロールバイト内での潤滑油量が増加することを推測させる。従って、潤滑油粘度が増加すると、ロールバイト内に導入される潤滑油量が増加すると考えられる。このことは、圧延潤滑理論のロールバイト入口の油膜



(a) Roll polished in #800 axial direc.

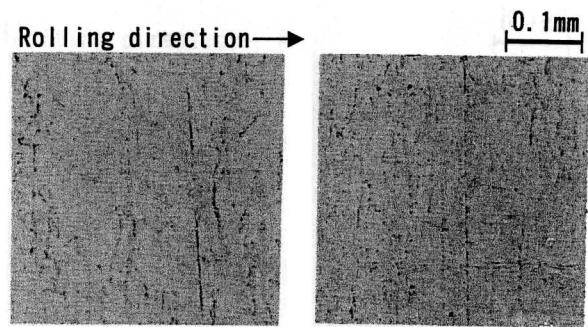
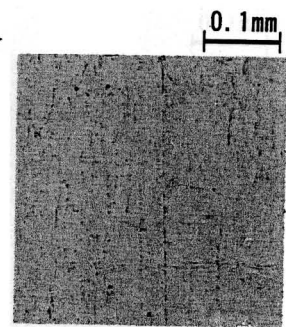
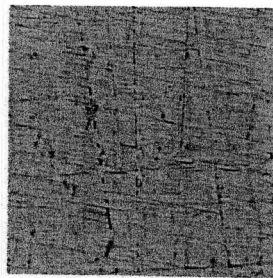
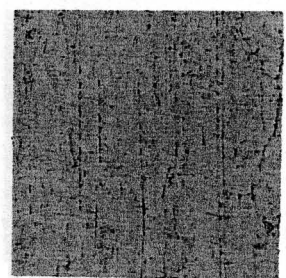


(b) Roll polished in #800 circum. direc.

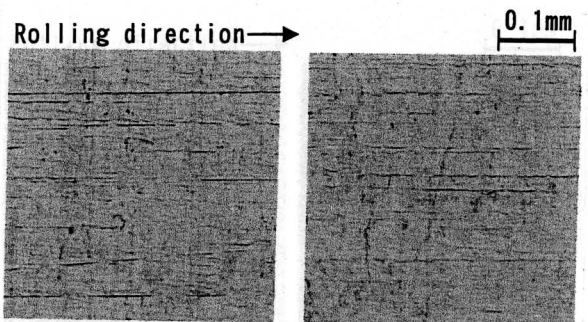
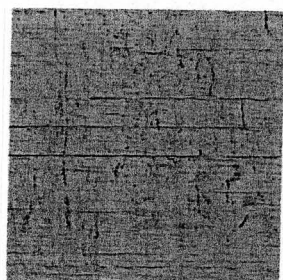
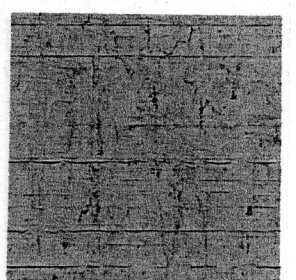
Fig. 7 Relation between friction coefficient μ and viscosity of lubricant η .

厚式⁽¹⁴⁾からも推察できる。また、**Fig. 7**において#800軸方向研磨ロールの場合も、従来の#800円周方向研磨ロールと同様に、潤滑油粘度の増加とともに摩擦係数が減少する。これは、**Fig. 6**の所で説明したように軸方向研磨ロールの場合も、円周方向研磨ロールと同様に、潤滑油粘度の増加とともにロールバイト内に導入される潤滑油量が増加することに起因すると推察される。

Fig. 9は、摩擦係数 μ と圧延鋼板表面の平坦率 α_0 との関係である。この図は、**Fig. 6**の平坦率のデータと**Fig. 7**の摩擦係数のデータとを用いて整理したものである。#800軸方向研磨ロールの場合も、従来の#800円周方向研磨ロールと同様に、平坦率の減少とともに摩擦係数は減少する。これは、上記の**Fig. 6**と**Fig. 7**の所で説明したように平坦率の減少がロールバイトでの潤滑油量の増加を示すため、ロールバイト内での潤滑油量の増加によるものと推察される。なお、摩擦係数と平坦率の関係は、軸方向研磨ロールと円周方向研磨ロールのいずれも、圧下率にほとんど影響されずにほぼ一つの曲線で表すことができる。これは、ロール表面が同一の場合には、ロールバイト内に導入される潤滑油量が圧延鋼板表面の平坦でない凹凸部の割合(1-平坦率)、すなわ

① $\eta=40, r=25.7\%$ ② $\eta=90, r=26.2\%$ ③ $\eta=135, r=26.7\%$ ④ $\eta=180, r=27.5\%$

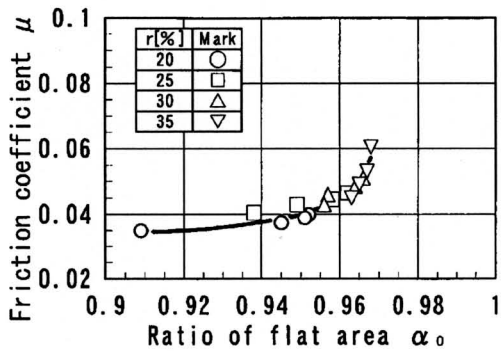
(a) Roll polished in #800 axial direc.

① $\eta=40, r=22.9\%$ ② $\eta=90, r=24.8\%$ ③ $\eta=135, r=25.7\%$ ④ $\eta=180, r=25.8\%$

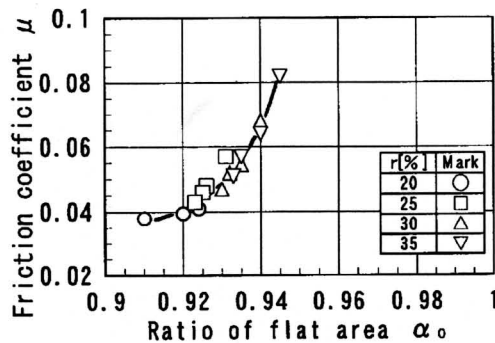
(b) Roll polished in #800 circum. direc.

Fig. 8 Micrographs of surface on rolled sheets.

ち平坦率によって決まるためと推察される。また、軸方向研磨ロールと円周方向研磨ロールを比較すると、同一平坦率の場合には、摩擦係数は軸方向研磨ロールの方が円周方向研磨ロールより小さい。これは、平坦率がロールバイト内に導入される材料表面上の潤滑油量の情報を与えるが、ロール表面上の潤滑油量に関しては何も与えないことに起因する。一方、ロール表面上の潤滑油量に関しては、ロール表



(a) Roll polished in #800 axial direc.



(b) Roll polished in #800 circum. direc.

Fig. 9 Relation between friction coefficient μ and ratio of flat area α_0 .

面の研磨疵(研磨によってロール表面上に形成されるほぼ直線状の凹凸)が圧延方向に対してほぼ平行に入っている円周方向研磨ロールよりも、研磨疵が圧延方向に対してほぼ直角に入っている軸方向研磨ロールの方が、ロールバイト入口の研磨疵凹部に付着した潤滑油をロールバイト内に押し込んで持ち込み易いと推測される。すなわち、機械的捕捉^(1,4)によるロールバイト内への潤滑油導入効果は、軸方向研磨ロールの方が円周方向研磨ロールよりも大きいと推察される。従って、圧延鋼板表面の平坦率が同一であっても、ロールバイト内へ導入される材料表面上の総潤滑油量は、軸方向研磨ロールの方が円周方向研磨ロールよりも多いと考えられる。このため、同一平坦率の場合には、摩擦係数は軸方向研磨ロールの方が円周方向研磨ロールよりも小さくなると推察される。

5. 結 論

#800 軸方向研磨ロールと従来の#800 円周方向研磨ロールとを用い、圧延潤滑油の組成をほぼ一定にして粘度を変えた4種類の潤滑油を使用して、ステンレス鋼の冷間圧延実験を行った。そして、摩擦係数と圧延鋼板の表面特性とを解析し、それらに及

ぼす圧延潤滑油の粘度とロール研磨方法の影響を考察した。以下に主要な結果を要約する。

(1) 軸方向研磨ロールの場合も、従来の円周方向研磨ロールと同様に、潤滑油粘度の増加とともに圧延鋼板表面の平坦率は減少する。これは、圧延潤滑油の粘度の増加とともに、圧延鋼板表面のオイルピット量が増加し、ロールバイト内に導入される潤滑油量が増大するためと考えられる。

(2) 軸方向研磨ロールの場合も、従来の円周方向研磨ロールと同様に、潤滑油粘度の増加とともに摩擦係数は減少する。これは、潤滑油粘度の増加とともに、ロールバイト内に導入される潤滑油量が増加することに起因すると推察される。

(3) ロール表面が同一の場合には、摩擦係数と平坦率の関係は、圧下率にほとんど影響されずほぼ一つの曲線で表すことができる。これは、ロールバイト内に導入される潤滑油量が圧延鋼板表面の平坦でない凹凸部の割合(1-平坦率)、すなわち平坦率によって決まるためと考えられる。

(4) 同一平坦率の場合には、摩擦係数は軸方向研磨ロールの方が従来の円周方向研磨ロールより小さい。これは、軸方向研磨ロールの研磨疵が圧延方向に対してほぼ直角に入っているため、軸方向研磨ロールの機械的捕捉によるロールバイト内への潤滑油導入効果が円周方向研磨ロールよりも大きいことに起因すると推察される。

参考文献

- (1) Saeki, K. and Hashimoto, Y., Speed Effects on the Cold Rolling of Thin Plate, *J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, Vol.7, No.63(1966), pp.183-192.
- (2) Gokyu, I., Kihara, J. and Azushima, A., Lubrication and Coefficient of Friction in Cold Rolling of Low Carbon Steel, *J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, Vol.15, No.160(1974), pp.400-406.
- (3) Azushima, A., Nagamori, H., Kihara, J. and Gokyu, I., Behaviors of Lubricants in Cold Sheet Rolling, *J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, Vol.18, No.194(1977), pp.189-196.
- (4) Nakajima, K., The Results of Joint Research in the Rolling Theory Section, *The Progress of Rolling Research and the Latest Rolling Techniques*, (edited by the Iron and Steel Institute of Japan), (1974), pp.1-30.
- (5) Yamamoto, H., Ataka, M. and Nakajima, K., Effect and Mechanism of Rolling Lubrication on Surface Gloss in Cold Rolling of Stainless Steel, *Proc. 4th Int. Conf. on Technology of Plasticity, Beijing, China*, Vol. II, (1993), pp.853-858.

- (6) Sakai, T., Saito, Y., Okamoto, S. and Kato K., Estimation of Lubrication State by Observation of Rolled Strip Surface in High Speed Cold Rolling of Mild Steel, *J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, Vol.19, No.214 (1978), pp.972-979.
- (7) Yamamoto, H., Matsudaira, Y., Shibahara, T. and Masui, T., Surface Brightness of Stainless Steel Strip by Axially Ground Rolls in Cold Rolling, *Tetsu-to-Hagane*, Vol.82, No.8(1996), pp.677-682.
- (8) Ikuta, H., Yamamoto, H., Okamoto, N., Ogata, Y. and Kakizoe, J., Effect of Roll Polishing Methods on Surface Characteristics of Stainless Steel Sheets Rolled in Cold Rolling, *Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng., Series C*, Vol.71, No.706(2005), pp.2072-2078.
- (9) Yamamoto, H. and Ikuta, H., Surface Characteristics of Rolled Sheet and Thickness of Lubrication Film in Cold Rolling of Stainless Steel, *Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng., Series C*, Vol.72, No.717(2006), pp.1673-1679.
- (10) Yamamoto, H., Sasaki, M. and Kitamura, T., Relations between Friction Coefficient and Roll Surface Profiles, Roll Sheet Characteristics in Cold Rolling of Steel Sheets, *Tetsu-to-Hagane*, Vol.95, No.5 (2009), pp.393-398.
- (11) Ikuta, H., Yamamoto, H., Ohta, H. and Ryuno, T., Discussion on Surface Characteristics of Stainless Steel Sheets Rolled in Cold Rolling, *Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng., Series C*, Vol.70, No.693(2004), pp.1516-1521.
- (12) Bland, D. R. and Ford, H., The Calculation of Roll Force and Torque in Cold Strip Rolling with Tensions, *Proc. Instn. Mech. Eng.*, No.159(1948), pp.144-163.
- (13) Ohnuki, A., Yasutomi, S., Toyama, H., Hashiguchi, Y., Tomari, Y., Sonoda, S. and Hironaka, S., On the Oil-pits Formation in Cold Rolling Lubrication, *J. Jpn. Soc. Tribologists*, Vol.35, No.12(1990), pp.845-851.
- (14) Yamamoto, H., Shibata, Y., Nakajima, K. and Kawanami, T., An Analysis of Friction Coefficient under the Condition of Mixed Lubrication, *J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, Vol.24, No.272(1983), pp.967-973.

冷間圧延における板材の幅広がり の簡易数値解析

山本普康*, 岩佐英和**, 佐々木万作**

*九州共立大学工学部メカエレクトロニクス学科

**九州共立大学工学部機械工学科

Simplified Numerical Simulation for Width Spread of Sheets in Cold Rolling

Hiroyasu YAMAMOTO, Hidekazu IWASA and Mansaku SASAKI

The simplified numerical analysis model for the width spread of sheets in cold rolling, which is similar in simplification to Bland & Ford's theoretical equations, has been derived by the slab method from Levy-Mises' equation based on the incremental strain theory and considering the material anisotropy. Then, the numerical simulation with this simplified numerical analysis model has shown that the width spread of sheets decreases with the increase of friction coefficient in the width direction, with the decrease of friction coefficient in the rolling direction, with the decrease of r_{90} value and with the increase of r_{90} value in cold rolling.

Key Words : Cold Rolling, Width Spread, Friction Coefficient, Material Anisotropy, Simulation

1. 緒 言

自動車用鋼板や飲料缶等に使用される炭素鋼板, 厨房器具や食器類, 建材, 車輛等に使用されるステンレス鋼板, あるいは航空機器や宇宙産業機器に使用されるアルミ合金やチタン合金の板材の冷間圧延では, 一般に圧延した板の幅が圧延前の材料よりも広がる幅広がりが発生する⁽¹⁾⁽²⁾. 冷間圧延における板材の幅広がり, は, 熱間圧延に比べると小さいが, 圧延材料の種類によっては無視できない程度に発生し, 寸法精度の低下や材料の歩留低下の原因となっている. これまでの圧延における板材の幅広がりに関する研究は, 主として幅広がり の発生が大きい熱間圧延において, 板材の幅広がり を予測して幅精度を向上させるために, 実験式の提案や理論解析が数多く行われてきた^{(3)~(9)}. しかし, 冷間圧延においては幅広がり が小さいため, これまでの研究報告は非常に少ない⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾.

幅広がり の理論解析に関する研究は, 熱間圧延を対象にしたものが大半である. 等方性材料で全歪理論を用いた初等解析法による方法⁽³⁾, 最小仕事の原理による方法⁽⁵⁾, 上界法を用いた方法⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁹⁾, ロールバイト部の材料内における3次元の力の釣り合い式を差分法で解いた方法で解いた方法⁽¹¹⁾⁽¹²⁾等があるが, これらはいずれも解法が複雑である. ここでは, 冷間圧延における板材の幅広がり の簡易数値解析モデルと

して, 圧延応力やロールと圧延材料との間の圧延方向の摩擦係数を求めるために良く使用されるBland & Fordの理論式⁽¹³⁾と同程度の簡易式を, 歪増分理論で材料の異方性を考慮したLevy-Misesの式⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾を用いてスラブ法⁽¹⁶⁾で導出する. そして, 戸澤ら⁽¹¹⁾の幅広がり の実験結果との比較を行い, 冷間圧延における板材の幅広がり に及ぼす圧延条件等の影響を考察する.

2. 冷間圧延の板材の幅広がり簡易数値解析モデル

2.1 数値解析モデルの仮定

Fig. 1に冷間圧延における板材の変形モデルを示す. 変形解析にはスラブ法⁽¹⁶⁾を適用するため, 3次元圧延変形として, Fig. 1(a)に示す板幅中央板厚断面の圧延モデルと, Fig. 1(c)に示すロールバイト内の板幅方向板厚断面の変形モデルとの組み合わせを考える. 圧延ロールの半径を R , 入側板厚を H , 出側板厚を h_0 , 入側板幅を W_1 , 出側板幅を w_0 とする. 圧延方向を x 軸(圧延入側を正), 板厚方向を y 軸(上ロール側を正), 板幅方向を z 軸とし, 圧延出口位置における板幅中央位置を (x, z) 座標の原点に取る. また, ロールバイト部の x 位置における板厚を h , 板幅を w , ロール角度を θ とする. さらに, ロールバイト入口のロール角度を θ_0 , 中立点位置 N

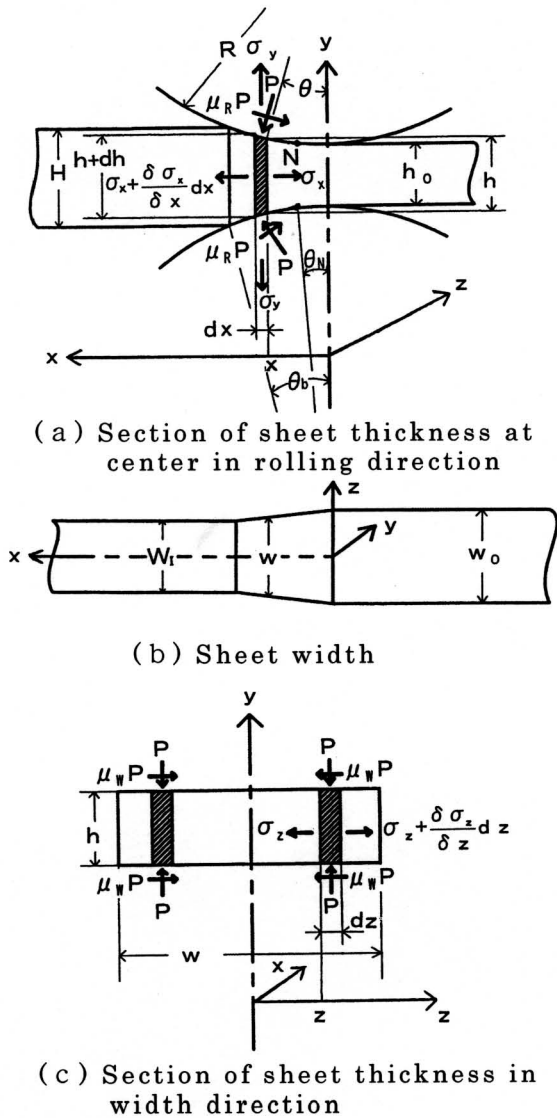


Fig. 1 Deformation of sheet in cold rolling.

のロール角度を θ_N とする。冷間圧延の幅広りの数値解析のために、以下の仮定を置く。

- (1) 上下のロール半径 R は圧延入側の板厚 H に比べて十分大きい。
- (2) 変形は板幅中心軸および板厚中心軸に対して対称であり、板厚方向では一様である。
- (3) ロールと材料との間はクーロン摩擦条件⁽¹⁶⁾を仮定し、圧延方向の摩擦係数を μ_R 、板幅方向の摩擦係数を μ_w とし、ロールバイト内では一定である。
- (4) 圧延材料は加工硬化型塑性材料であり、材料の降伏条件には Tresca の式⁽¹⁶⁾を用いる。
- (5) 材料の剪断降伏応力 k は圧延方向(x 方向)のみに変化し、板厚方向(y 方向)、板幅方向(z 方向)では一定である、 $k = k(x)$ 。
- (6) 板厚 h と板幅 w は圧延方向のみに変化し、

板厚方向、板幅方向では一定である、 $h = h(x)$ 、 $w = w(x)$ 。

(7) Fig. 1 (a)の圧延モデルは、板幅中央位置であるため、平面歪条件⁽¹⁷⁾を満足する。ロールバイト部の材料内の応力としては、垂直応力 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ のみを考慮し、剪断応力は考慮しない。また、この圧延モデルには Bland & Ford の理論式⁽¹³⁾を適用する。

(8) Fig. 1 (c)の板変形モデルには、板幅方向に板厚変化のない矩形断面を考える。ロールバイト部の材料内の応力としては、垂直応力 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ のみを考慮し、剪断応力は考慮しない。また、仮定(2)より垂直応力 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ は x と z の関数として与えられる、 $\sigma_x = \sigma_x(x, z)$ 、 $\sigma_y = \sigma_y(x, z)$ 、 $\sigma_z = \sigma_z(x, z)$ 。

(9) Fig. 1 (c)の板変形モデルにおける σ_z は、3次元圧延解析によって求められた σ_z の分布が σ_x に類似し、 σ_x の分布を各 (x, z) 位置において応力の負側に移動させたような形を概略示している⁽¹²⁾ため、未知数 m と g を x の関数 $m = m(x)$ 、 $g = g(x)$ と置いて、次式で仮定する。

$$\sigma_z = m \sigma_x + g \quad (1)$$

(10) ロールバイト部の材料内の歪式には、歪増分理論で材料の異方性を考慮した Levy-Mises の式⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾を適用する。

(11) ロールバイト内の板幅 w は x あるいは θ の関数であるため、後述する圧延出側の板幅 w_0 (式(37)参照)の計算でロールバイト内の各 x あるいは θ 位置において w の収束計算が必要となり、計算が複雑になる。ここでは計算を簡略化するため、3次元圧延解析の板の幅広りの計算結果⁽¹²⁾を考慮し、ロールバイト内の板幅 w の式を次式で仮定する。

$$w = W_1 + \frac{W_0 - W_1}{2} \left[\tanh \left(10 - \frac{15\theta}{\theta_b} \right) + 1 \right] \quad (2)$$

2.2 ロールバイト部の材料内の力の釣り合い式

ロールバイト内においてロールが板に作用する圧縮応力を p とすると、仮定(2)より p は x と z の関数である、 $p = p(x, z)$ 。Fig. 1 (a)の圧延モデルから x 軸方向の力の釣り合い式は次式で与えられる⁽¹³⁾。

$$\frac{\partial(\sigma_x h)}{\partial x} + 2 p (\tan \theta - \alpha \mu_R) = 0 \quad (3)$$

$$\text{但し、} \theta_b \geq \theta \geq \theta_N \text{ (後進域) : } \alpha = 1$$

$$\theta_N > \theta \geq 0 \text{ (先進域) : } \alpha = -1$$

また、 y 軸方向の力の釣り合い式は、仮定(1)を

考慮すると、次式で与えられる⁽¹³⁾。

$$\sigma_y = -(1 + \alpha \mu_R \tan \theta) p_c = -p \quad (4)$$

さらに、Fig. 1 (c)の板変形モデルから、変形は板幅中心軸に対称であるため、板幅の右半分を考えると、z軸方向の力の釣り合い式は次式で与えられる⁽¹²⁾。

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} - \frac{2\mu_w P}{h} = 0 \quad \text{但し、} \quad \frac{w}{2} \geq z \geq 0 \quad (5)$$

2.3 板幅中央位置の応力

式(3)と式(4)の力の釣り合い式から、Bland & Fordの理論式⁽¹³⁾と同様に式を展開し、板幅中央位置の圧縮応力 p_c を求める。冷間圧延のロールバイト内の応力は、3次元圧延解析⁽¹²⁾によって $\sigma_y < \sigma_z < \sigma_x$ であることが分かっているため、仮定(2)より降伏条件式は次のように与えられる。

$$\sigma_x - \sigma_y = 2k, \quad 2k = \bar{\sigma} \quad (6)$$

ここで、 k と $\bar{\sigma}$ は圧延材料の剪断降伏応力と降伏応力(相当応力)⁽¹⁶⁾であり、 $\bar{\sigma}$ には次式を用いる。

$$\bar{\sigma} = a(\bar{\varepsilon} + b)^n, \quad \bar{\varepsilon} = \frac{2}{\sqrt{3}} \ln \left(\frac{H}{h} \right) \quad (7)$$

ここで、 a, b, n は材料強度を規定する定数、 $\bar{\varepsilon}$ は相当歪⁽¹⁶⁾である。また、ロールバイト内の任意位置の板厚 h とロール角度 θ は、以下の式で与えられる⁽¹³⁾。

$$h = h_0 + R' \theta^2 \quad (8)$$

$$\theta = \sqrt{\frac{h - h_0}{R'}} \quad (9)$$

ここで、 R' は扁平したロール半径であり、次のHitchcockの式⁽¹⁸⁾で与えられる。

$$R' = R \left[1 + \frac{16(1 - \nu^2)}{\pi E} \frac{P}{W_m(H - h_0)} \right] \quad (10)$$

E と ν はロールの縦弾性係数とポアソン比、 P は圧延荷重(後述の式(25)参照)であり、 W_m は次式で与えられる平均板幅である。

$$W_m = \frac{1}{2}(W_1 + w_0) \quad (11)$$

式(9)からロールバイト入口のロール角度 θ_b は、次式で与えられる。

$$\theta_b = \sqrt{\frac{H - h_0}{R'}} \quad (12)$$

式(4)と式(6)を式(3)に代入して、Bland & Fordの理論式⁽¹³⁾と同様に式を展開すると、板幅中央位置の圧縮応力 p_c は以下の式で与えられる⁽¹³⁾。

$$\left. \begin{aligned} &\theta_b \geq \theta \geq \theta_N \quad (\text{後進域}) \quad \text{の場合} \\ &p_c = \frac{kh}{k_b H} (2k_b - \sigma_{bc}) \exp[-\mu_R(\Theta - \Theta_b)] \\ &\theta_N > \theta \geq 0 \quad (\text{先進域}) \quad \text{の場合} \\ &p_c = \frac{kh}{k_f h_0} (2k_f - \sigma_{fc}) \exp[\mu_R \Theta] \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

$$\text{但し、} \quad \Theta_b = 2 \sqrt{\frac{R'}{h_0}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{H - h_0}{h_0}} \right)$$

$$\Theta = 2 \sqrt{\frac{R'}{h_0}} \tan^{-1} \left(\frac{R'}{h_0} \theta \right)$$

ここで、 k_b と k_f は圧延入口と出口における圧延材料の剪断降伏応力であり、 σ_{bc} と σ_{fc} は板幅中央位置における圧延入口と出口の板の引張り応力(後述の2.5節参照)である。また、中立点位置のロール角度 θ_N は、式(13)から次式で与えられる⁽¹³⁾。

$$\theta_N = \sqrt{\frac{h_0}{R'}} \tan \left(\sqrt{\frac{h_0}{R'}} \frac{\Theta_N}{2} \right) \quad (14)$$

但し

$$\Theta_N = \sqrt{\frac{R'}{h_0}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{H - h_0}{h_0}} \right) - \frac{1}{2\mu_R} \ln \left[\frac{H k_b (2k_f - \sigma_{fc})}{h_0 k_f (2k_b - \sigma_{bc})} \right]$$

板幅中央位置における σ_x と σ_y は、式(4)と式(6)から以下の式で与えられる。

$$\sigma_x = 2k - p_c \quad (15)$$

$$\sigma_y = -p_c \quad (16)$$

また、板幅中央位置では平面歪条件⁽¹⁶⁾を満足するため、板幅中央位置の σ_z は次式で与えられる。

$$\sigma_z = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} = k - p_c \quad (17)$$

2.4 板幅全域の応力

最初に、式(1)を式(5)に代入し、式(4)と式(6)から p に関する微分方程式を導いて解き、3個の未知数 m, g 、積分定数を含んだ p の式を求める。そして、式(4)および式(6)と式(1)から σ_y と σ_z を求める。次に、 $z = w/2$ の時 $\sigma_z = 0$ の境界条件、板幅中央 $z = 0$ における式(4)の σ_y と式(16)の σ_y 、式(1)の σ_z と式(17)の σ_z との応力の連続条件を用いて、3個の未知数を決定する。以上から、式(1)の m と g およびロールバイト内の板幅右半分域($w/2 \geq z \geq 0$)の圧縮応力 p は、以下の式で与えられる。

$$m = \frac{k - p_c}{2k - p_c} \quad (18)$$

$$g = \frac{2\mu_w}{h} \left(\frac{2k - p_c e^{-\eta}}{1 - \eta - e^{-\eta}} \right) \quad (19)$$

$$p = \frac{2k - p_c e^{-\eta}}{1 - \eta - e^{-\eta}} + \frac{(1 - \eta) p_c - 2k}{1 - \eta - e^{-\eta}} e^{-\frac{2\eta z}{w}} \quad (20)$$

ここで、 η は次式で定義される。

$$\eta = \frac{\mu_w W}{h} \left(\frac{2k - p_c}{k - p_c} \right) \quad (21)$$

なお、 h, w, k, p_c はいずれも x の関数であるため、 m と g は x の関数となり、仮定(9)を満足する。

次に、ロールバイト部の材料内における板幅右半分域 ($w/2 \geq z \geq 0$) の応力 σ_x と σ_y は、式(20)を式(4)と式(6)に代入して整理すると、以下のように求められる。

$$\sigma_x = \frac{(p_c - 2k) e^{-\eta} - 2k\eta}{1 - \eta - e^{-\eta}} - \frac{(1 - \eta) p_c - 2k}{1 - \eta - e^{-\eta}} e^{-\frac{2\eta z}{w}} \quad (22)$$

$$\sigma_y = -p = -\frac{2k - p_c e^{-\eta}}{1 - \eta - e^{-\eta}} - \frac{(1 - \eta) p_c - 2k}{1 - \eta - e^{-\eta}} e^{-\frac{2\eta z}{w}} \quad (23)$$

また、ロールバイト部の材料内における板幅右半分域 ($w/2 \geq z \geq 0$) の応力 σ_z は、式(1)、式(18)、式(19)および式(22)から次式で与えられる。

$$\sigma_z = \left(\frac{k - p_c}{2k - p_c} \right) \left\{ \frac{(p_c - 2k) e^{-\eta} - 2k\eta}{1 - \eta - e^{-\eta}} + \frac{2k - p_c e^{-\eta}}{1 - \eta - e^{-\eta}} \left(\frac{2\eta z}{w} \right) - \frac{(1 - \eta) p_c - 2k}{1 - \eta - e^{-\eta}} e^{-\frac{2\eta z}{w}} \right\} \quad (24)$$

なお、ロールバイト内の板幅左半分域 ($0 \geq z \geq -w/2$) の圧縮応力 p と応力 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ は式(20)と式(22)、式(23)、式(24)における μ_w を $-\mu_w$ 、 W を $-W$ と置くことによって求められる。また、圧延荷重 P は式(20)の圧縮応力 p を用いる

と、次式で与えられる。

$$P = 2 \int_0^\theta \int_0^{w/2} p R' dz d\theta \quad (25)$$

2.5 ロールバイト入口と出口における板幅中央位置の板の引張り応力

圧延入口および出口における板張力 T_b および T_f と板の引張り応力 σ_x との釣り合いは、以下の式で与えられる。

$$2H \int_0^{w/2} [\sigma_x]_{\theta=\theta_b} dz = T_b \quad (26)$$

$$2h_0 \int_0^{w_0/2} [\sigma_x]_{\theta=0} dz = T_f \quad (27)$$

式(22)、式(13)および式(21)を式(26)と式(27)に代入して整理すると、板幅中央位置における圧延入口と出口の引張り応力 σ_{bc} と σ_{fc} は、以下の式で与えられる。

$$\sigma_{bc} = \left(1 - \frac{2\mu_w W_1}{H} \right) k_b + \frac{\mu_w T_b}{H^2} \quad (28)$$

$$\sigma_{fc} = \left(1 - \frac{2\mu_w W_0}{h_0} \right) k_f + \frac{\mu_w T_f}{h_0^2} \quad (29)$$

2.6 圧延出側の板幅

Fig. 1 のように x, y, z 座標軸を取ると、異方性を考慮した時の Levy-Mises の式⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾は、次式のように書くことができる。

$$d\varepsilon_z = \frac{F(\sigma_z - \sigma_y) - J(\sigma_x - \sigma_z)}{G(\sigma_y - \sigma_x) - F(\sigma_z - \sigma_y)} d\varepsilon_y \quad (30)$$

ここで、 F, G, J は Hill の異方性降伏関数の異方性定数⁽¹⁴⁾であり、 G および F とランクフォード値 r_0 および r_{90} との関係は以下の式で与えられる⁽¹⁹⁾。

$$G = \frac{J}{r_0}, \quad F = \frac{J}{r_{90}} \quad (31)$$

なお、 r_0 および r_{90} は圧延方向および板幅方向のランクフォード値⁽¹⁹⁾で、定数であると仮定する。式(31)を式(30)に代入すると、次式が導かれる。

$$d\varepsilon_z = \frac{r_0(\sigma_z - \sigma_y) - r_0 r_{90}(\sigma_x - \sigma_z)}{r_{90}(\sigma_y - \sigma_x) - r_0(\sigma_z - \sigma_y)} d\varepsilon_y \quad (32)$$

今、歪増分 $d\varepsilon_z$ と $d\varepsilon_y$ は仮定(6)より x の関数

であるのに対し、応力 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ はいずれも x と z の関数である。そのため、式(32)の一次近似として、式(32)の右辺の応力 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ に板幅方向の平均応力 $\sigma_{xm}, \sigma_{ym}, \sigma_{zm}$ を用いた次式によって、圧延出側の板幅 w_0 を求める。

$$d\varepsilon_z = \frac{r_0(\sigma_{zm} - \sigma_{ym}) - r_0 r_{90}(\sigma_{xm} - \sigma_{zm})}{r_{90}(\sigma_{ym} - \sigma_{xm}) - r_0(\sigma_{zm} - \sigma_{ym})} d\varepsilon_y \quad (33)$$

但し、

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{xm} &= \frac{2}{w} \int_0^{\frac{w}{2}} \sigma_x dz, & \sigma_{ym} &= \frac{2}{w} \int_0^{\frac{w}{2}} \sigma_y dz \\ \sigma_{zm} &= \frac{2}{w} \int_0^{\frac{w}{2}} \sigma_z dz \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

式(22)の σ_x 、式(23)の σ_y 、式(24)の σ_z を式(34)に代入して整理すると、平均応力 $\sigma_{xm}, \sigma_{ym}, \sigma_{zm}$ は以下の式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{xm} &= \frac{2k - p_C}{\eta} + k, & \sigma_{ym} &= \frac{2k - p_C}{\eta} \\ \sigma_{zm} &= \left(\frac{k - p_C}{2k - p_C} \right) \left\{ \frac{2k - p_C}{\eta} + 2k + \frac{2k - p_C e^{-\eta}}{1 - \eta - e^{-\eta}} \left(\frac{\eta}{2} \right) \right\} \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

一方、Fig. 1の圧延モデルから式(8)を考慮することによって、 $d\varepsilon_z$ と $d\varepsilon_y$ は次式で表すことができる。

$$d\varepsilon_z = \frac{dw}{w}, \quad d\varepsilon_y = \frac{dh}{h} = \frac{2R'\theta}{h_0 + R'\theta^2} d\theta \quad (36)$$

式(35)と式(36)を式(33)に代入して整理し、圧延入口から出口 ($w: W_1 \sim w_0$, $\theta: \theta_b \sim 0$) まで積分を行うと、次式が求められる。

$$w_0 = W_1 \exp \left[\int_0^{\theta_b} \frac{\Phi}{\Psi} \frac{2R'\theta}{h_0 + R'\theta^2} d\theta \right] \quad (37)$$

ここで、

$$\left. \begin{aligned} \Phi &= r_0 \left\{ (1 + r_{90}) \left[\frac{\eta}{2} \left(\frac{k - p_C}{2k - p_C} \right) \frac{2k - p_C e^{-\eta}}{1 - \eta - e^{-\eta}} - \frac{k}{\eta} \right] \right. \\ &\quad \left. + \frac{2k[(1 - r_{90})k - p_C]}{2k - p_C} \right\} \end{aligned} \right\} \quad (38)$$

$$\left. \begin{aligned} \Psi &= r_0 \left\{ \frac{2k(k - p_C)}{2k - p_C} + \frac{\eta}{2} \left(\frac{k - p_C}{2k - p_C} \right) \frac{2k - p_C e^{-\eta}}{1 - \eta - e^{-\eta}} \right. \\ &\quad \left. - \frac{k}{\eta} \right\} + 2r_{90}k \end{aligned} \right\} \quad (39)$$

なお、式(38)と式(39)の中の η にあるロールバイト内の板幅 w は、仮定(11)の式(2)によって与えられる。板幅方向の摩擦係数 μ_w が既知の場合には、 w_0 を変化させ、この w_0 と式(37)の w_0 とを一致させる収束計算によって、圧延出側の板幅 w_0 が求められる。圧延出側の板幅 w_0 が既知の場合には、 μ_w を変化させ、既知 w_0 と式(37)の w_0 とを一致させる収束計算によって、板幅方向の摩擦係数 μ_w が求められる。

3. 数値解析と考察

3.1 実験結果との比較

Fig. 2は、戸澤ら⁽¹¹⁾の幅広がり率 η_w ($\eta_w = (w_0 - W_1) \times 100 / W_1$) の冷間圧延実験結果と簡易数値解析モデルから求めた計算結果との比較である。冷間圧延は、ロール直径 D が $\phi 200$ mm、入側板厚 H が 2.0mm、入側板幅 W_1 が 100mm、後方張力(平均入側張力) σ_b と前方張力(平均出側張力) σ_f が共に 0、圧延材料が炭素鋼(SPCC)である。図中の r は圧下率 ($r = (H - h_0) \times 100 / H$) であり、大きな●は実験結果⁽¹¹⁾、小さな●

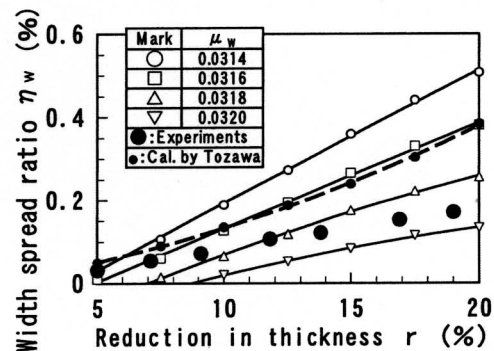


Fig. 2 Comparison on width spread ratio between experimental results given by Tozawa et al.⁽¹¹⁾ and calculated results in cold rolling of carbon steel (SPCC) ($D = \phi 100$ mm, $H = 2.0$ mm, $W_1 = 100$ mm, $\sigma_b = \sigma_f = 0$, $\mu_R = 0.2$).

は戸澤ら⁽¹¹⁾が3次元圧延変形に差分法を用いて求めた理論計算値(摩擦係数 $\mu_0 = 0.2$)である。白印は、今回の簡易数値解析モデルから求めた計算結果である。なお、この計算では降伏応力式が戸澤ら⁽¹¹⁾の文献に示されていないため、既に報告している炭素鋼(SPCC)の式⁽²⁰⁾を使用し、ランクフォード値 r_0 と r_{90} はともに 1.0 の等方向性を仮定した。また、圧延方向の摩擦係数 μ_R には 0.2 を用いた。今回の数値解析モデルにおい

て、板幅方向の摩擦係数 μ_w に0.0316~0.032の値を用いると、計算結果と実験結果が概ね一致する。なお、戸澤ら⁽¹¹⁾の摩擦応力の解析結果では、摩擦係数 μ_0 のベクトル方向は板端近傍で板幅方向に向き、板幅内で急激に圧延方向に向く。そのため、板幅方向の摩擦係数として考えた場合、摩擦係数は板端近傍で大きく、板幅内では急激に小さくなり、板幅全域の平均ではかなり小さな値となる。一方、今回の簡易数値解析モデルでは、板幅方向の摩擦係数 μ_w を板幅全域の平均値として与えているため、板幅方向の摩擦係数の値は小さくなっている。

3.2 数値解析

ここでの冷間圧延における幅広りの数値解析では、ロール直径Dが $\phi 100\text{mm}$ であり、圧延材料はステンレス鋼で、その降伏応力式は次式で与えられる⁽²⁰⁾。

$$\bar{\sigma} = 893.0 (\bar{\epsilon} + 0.00314)^{0.136} \quad (40)$$

なお、入側板厚H、圧下率 r ($r = (H - h_0) \times 100 / H$, h_0 : 出側板厚)、板幅W、後方張力と前方張力 σ_b と σ_f 、圧延方向と板幅方向の摩擦係数 μ_R と μ_w 、ランクフォード値 r_0 と r_{90} は、図に示している。

Fig. 3は、幅広がり率 η_w と板幅方向あるいは圧延方向の摩擦係数 μ_w, μ_R との関係である。幅広がり率は、板幅方向の摩擦係数の増加とともに、圧延方向の摩擦係数の減少とともに減少する。なお、これまで報告されている幅広りに及ぼす摩擦係数の影響に関する数値解析結果では、摩擦係数の増加とともに幅広りが減少する場合⁽⁵⁾⁽⁶⁾と増加する場合⁽⁴⁾⁽⁶⁾とが存在する。これは、摩擦係数が圧延方向と板幅方向に分離されない形で取り扱われているため、板幅、板厚等の圧延条件によって異なる結果が生じたと推測される。なお、実際の圧延ではロール研磨方法等によって、圧延方向の摩擦係数と板幅方向の摩擦係数が大きく異なると予想される場合が存在する⁽²¹⁾。このような冷間圧延の実験によって、幅広りに及ぼす圧延方向と板幅方向の摩擦係数の影響の確認は今後の課題である。

Fig. 4は、幅広がり率 η_w と入側板幅Wあるいは入側板厚Hとの関係である。幅広がり率は板幅の増加とともに減少する。しかし、板厚に関しては、板幅によって幅広りの傾向が異なり、板幅が大きくなると(**Fig. 4**では約26mm以上)、板厚の減少とともに幅広がり率は減少する。幅広りに及ぼす板幅の影響は、これまで報告さ

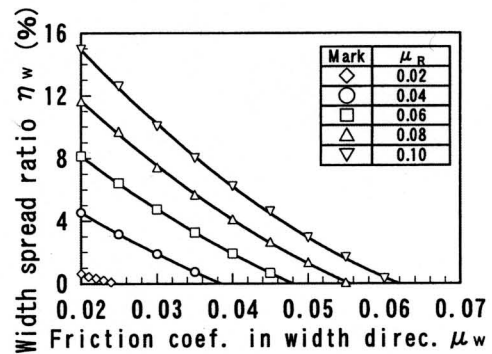


Fig. 3 Relation between width spread ratio η_w and friction coefficients in width direction μ_w or in rolling direction μ_R ($H=1.0\text{mm}$, $r=30\%$, $W=20\text{mm}$, $\sigma_b=\sigma_f=0$, $r_0=r_{90}=1.0$).

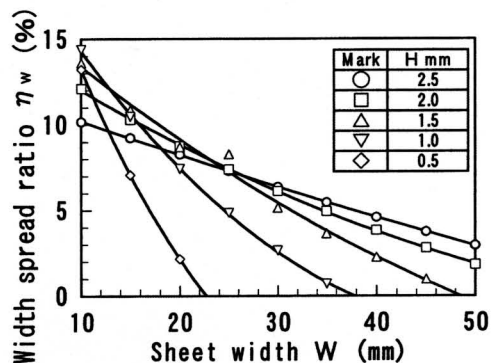


Fig. 4 Relation between width spread ratio η_w and sheet width W or sheet thickness H at entrance ($\mu_R=0.08$, $\mu_w=0.03$, $r=30\%$, $\sigma_b=\sigma_f=0$, $r_0=r_{90}=1.0$).

れている実験結果⁽⁵⁾⁽⁸⁾⁽¹⁰⁾や数値解析結果⁽⁴⁾⁽⁷⁾と一致する。また、幅広りに及ぼす板厚の影響に関しては、実験や数値解析の例が非常に少ないが、その傾向が一定していないことが実験で報告されている⁽¹⁰⁾。

Fig. 5は幅広がり率 η_w と前方張力 σ_f あるいは後方張力 σ_b との関係である。幅広がり率は、前方張力の増加とともに、後方張力の増加とともに減少する。また、幅広がり率に及ぼす影響は前方張力よりも後方張力の方が大きい。これらの傾向は、既に報告されている数値解析の結果⁽⁷⁾と一致する。

Fig. 6は、幅広がり率 η_w とランクフォード値 r_0 あるいは r_{90} との関係である。幅広がり率は、 r_0 の減少とともに、 r_{90} の増加とともに減少する。幅広がり率に及ぼす r 値の影響に関しては、これまで実験や数値解析のいずれも報告例がない。そのため、今回導いた簡易数値解析モデルにおける r 値の影響に関しては、今後実

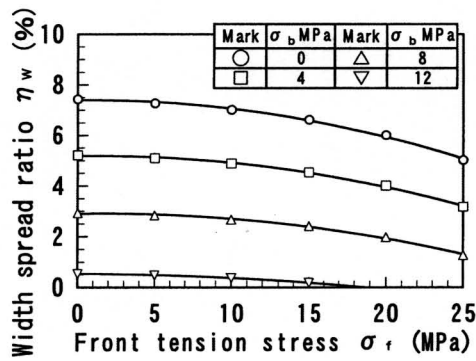


Fig. 5 Relation between width spread ratio η_w and front tension stress σ_f or back tension stress σ_b ($\mu_R = 0.08$, $\mu_W = 0.03$, $H = 1.0\text{mm}$, $r = 30\%$, $W = 20\text{mm}$, $r_0 = r_{90} = 1.0$).

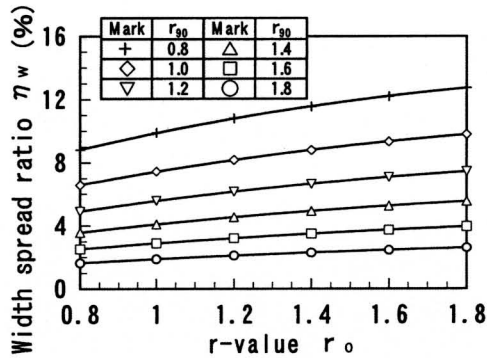


Fig. 6 Relation between width spread ratio η_w and r -values r_0 or r_{90} ($\mu_R = 0.08$, $\mu_W = 0.03$, $H = 1.0\text{mm}$, $r = 30\%$, $W = 20\text{mm}$, $\sigma_b = \sigma_f = 0$).

験等による確認が今後の課題である。

4. 結 論

冷間圧延における板材の幅広がり率の簡易数値解析モデルとして、冷間圧延の圧延応力や圧延方向の摩擦係数を求める Bland & Ford の理論式と同程度の簡易式を、歪増分理論で材料の異方性を考慮したの Levy-Mises 式を用いてスラブ法で導出した。そして、この簡易数値解析モデルを用いた数値計算によって、以下のことが新たに明らかになった。

(1) 幅広がり率は、板幅方向の摩擦係数の増加とともに、圧延方向の摩擦係数の減少とともに減少する。

(2) 幅広がり率は、ランクフォード値 r_0 の減少とともに、 r_{90} の増加とともに減少する。

参考文献

- (1) The Iron and Steel Institute of Japan, *The Handbook for Iron and Steel, 3rd edition, III(1)*, (1980), pp.391-394, Maruzen.
- (2) The Iron and Steel Institute of Japan, *Theory and Practice of Flat Rolling*, (1984), pp.72-77, ISIJ.
- (3) Yanagimoto, S., Studies on the Three Dimensional Deformation in Rolling, *Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng., Series C*, Vol. 27, No.181 (1961), pp.1431-1439.
- (4) Yanagimoto, S., Studies on the Experimental Formula of Spread in Rods and Plate Rolling, *J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, Vol.5, No.40 (1964), pp.315-322.
- (5) Gokyu, I., Kihara, J. and Mae, Y., Study on the Width Spread in Flat Rolling, *J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, Vol.11, No.108(1970), pp.11-16.
- (6) Oh, S. I. and Kobayashi, S., An Approximate Method for a Three-Dimensional Analysis of Rolling, *Int. J. Mech. Sci.*, Vol.17, (1975), pp.293-305.
- (7) Kato, K., Murota, T. and Kumagai, T., Flat-Rolling of Rigid-Perfectly Plastic Solid, *J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, Vol.21, No.231 (1980), pp.359-367.
- (8) Shibahara, T., Misaka, Y., Kono, T., Koriki, M. and Takemoto, H., Edger Set-up Model at Roughing Train in Hot Strip Mill, *Tetsu-to-Hagane*, Vol.67, No.15(1981), pp.2509-2515.
- (9) Kato, K., Murota, T. and Kumagai, T., Flat-Rolling of Bar of Work-Hardening Plastic Solid, *J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, Vol.23, No.262 (1982), pp.1087-1094.
- (10) Yanagimoto, S., Experimental Studies of Width Spread in Cold Rolling, *J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, Vol.2, No.7(1961), pp.129-134.
- (11) Tozawa, Y., Ishikawa, T. and Iwata, N., Improved Three-Dimensional Analysis for Strip Rolling, *J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, Vol. 23, No. 263(1982), pp.1181-1187.
- (12) Tozawa, Y., Nakamura, M. and Ishikawa, T., Method of Three-Dimensional Analysis and an Applied Example, *J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, Vol.17, No.180(1976), pp.37-44.
- (13) Bland, D. R. and Ford, H., The Calculation of Roll Force and Torque in Cold Strip Rolling with Tensions, *Proc. Instn. Mech. Eng.*, Vol.159, (1948), pp.144-153.

-
- (14) Hill, R., *The Mathematical Theory of Plasticity*, (1950), pp.38-45, pp.318-320, Oxford.
 - (15) Yamada, Y. *Plasticity · Viscoelasticity*, (1972), pp.74-79, Baihukan.
 - (16) Ohyane, M., *Plastic Working*, (1986), pp.161-166, pp.157-158, pp.144-155, Youkendou.
 - (17) Malvern, L. E., *Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium*, (1969), pp.134-135, Prentice Hall.
 - (18) Hitchcock, J. H., *Roll Neck Bearings*, (1935), pp.33-41, ASME.
 - (19) Tomita, Y., *Foundation and Application of Elastic-Plastic Mechanics*, (1995), pp.49-53, Morikita-syuppan.
 - (20) Yamamoto, H., Uchimura, T. and Yamada, K., Discussion on Formation Mechanism of Surface Roughness of Cold Rolled Steel Sheets, *Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng., Series C*, Vol.67, No.685(2001), pp.2032-2037.
 - (21) Ikuta, H., Yamamoto, H., Okamoto, N., Ogata, Y. and Kakizoe, J., Effect of Roll Polishing Methods on Surface Characteristics of Stainless Steel Sheets Rolled in Cold Rolling, *Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng., Series C*, Vol.71, No.706(2005), pp.2072-2078.

曾根干潟における地形と底質，底生動物の特性について

熊谷 和也^{*}，小島 治幸^{*}，鄒 曙光^{*}，原 喜則^{**}，清水 敬司^{**}

^{*} 九州共立大学 工学部 環境土木工学科

^{**} (株)三洋コンサルタント 調査部

On Characteristics of Geographical Features, Bottom Sediment and Micro Benthos of the Sone Tidal Flat

Kazuya Kumatani, Haruyuki Kojima, Shuguang YAN, Yoshinori Hara and Keiji Shimizu

The aim of this study is to clarify environmental characteristics of the Sone tidal flat, such as geographical features, bottom sediment and micro benthos, through analyzing data obtained from field investigations from 1995 to 2009. Consideration is placed on relationship between any changes in the natural environmental elements and the construction of large-scale artificial structures like a land reclamation and an artificial island. Notable changes are identified as a rapid decrease in the ground level and a gradual increase in the mud content. By using the principal component analysis and the cluster analysis, the tidal flat is divided into 4 to 5 grouped areas depending on the natural environmental elements considered.

Key words: Sone tidal flat, coastal environments, sediment quality, micro benthos, artificial island, multivariate analysis

1. はじめに

福岡県北九州市小倉南区にある曾根干潟(図-1)は、幅(南北)約3km、干出距離(東西)が約1.7km、最大干出面積が約517haであり、渡り鳥の中継地としてズグロカモメなど貴重な野鳥が多く渡来し、またカブトガニの繁殖地としても有名である。干潟の北には新門司港があり、沖合約3kmには2006年3月に開港した新北九州空港島(現状の護岸は1998年に完成)が位置している。また、干潟の南には苅田港があり、その整備に伴う新松山地区の埋立てが施工中である。これらの建設により自然環境の悪化が危惧されている。平均大潮時における潮位差は約3.96mであり、高波浪の波は東から東南東方向が卓越しており、30年確率波としては波高2.5m、周期6.2秒である。図-2は、上図にカブトガニの産卵した番い数、下図に産卵場所ごとの番い数の経年変化を示している¹⁾。2000年から2005年まで増加傾向だったが、2007年まで急激な減少となった。2008年以降徐々に増加傾向である。朽網川河口、貫川河口、吉田海岸の産卵場で多く番いが確認され、特に朽網川河口での増減が干潟全体の番い数

に大きく影響している。これらの産卵番い数の急

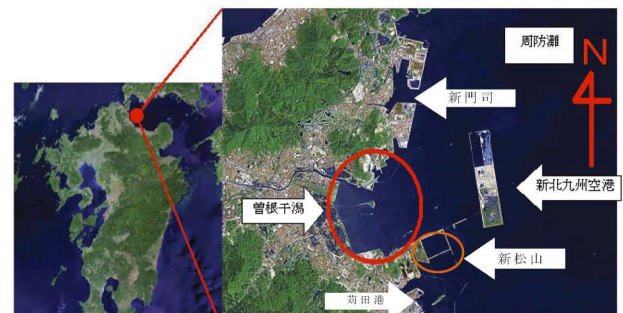


図-1 曾根干潟位置図

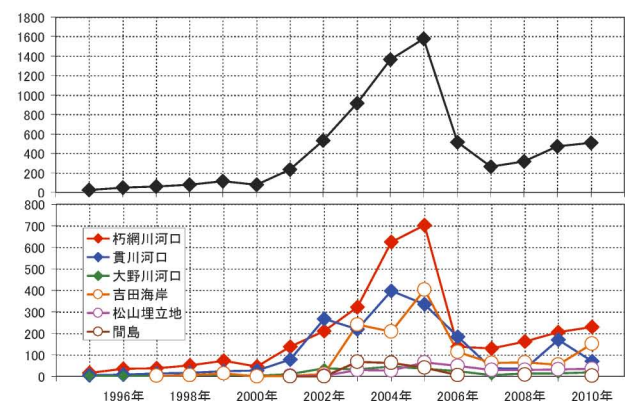


図-2 カブトガニの産卵番い数の経年変化

激な増減の原因は解明されていない。

本研究は、曾根干潟の地形や底質・底生動物の現地調査を行い、既存資料と比較し、それらの自然環境特性を明らかにすることを目的としている。特に、大規模な人工構造物の建設との関連性を考察する。さらに、カブトガニの産卵番い数の急激な変化の要因やその生態を解明するため基礎的なデータを得ることを目的として、カブトガニ幼生の生息環境について考察する。

2. 調査方法

現地調査は、1995年～2010年にかけて表-1に示すように地形調査、底質・底生動物調査およびカブトガニの幼生調査が行われた。

(1) 地形調査：測量測点は、干潟域に図-3のように86点(X印)設けている。南から北にかけてA～Nまでの測線記号を振り、西から東にかけて1～6の番号を振って識別し、250mメッシュを基本としている。調査は電子平板とトータルステーション(TS)を用いて地盤高を測定した。それらの結果を過去の資料²⁾と比較し地盤高変化などを調べた。

(2) 底質・底生動物調査：調査地点は図-3におけるP1～P23の測点23点(●印)で、干潮時に6.5cm口径アクリル柱状パイプ採取器を用いて試料を採取し、粒度組成や底質の化学的要素を分析した。また、同測点で底質硬度を測定した。底質硬度は平面型の山中式土壤硬度計を用いて測点の周辺を20回測定した。底生動物は、スコップで試料を採泥後、1mmふるいにかけて、残った生物の種類数と個体数、湿重量を分析した。

(3) カブトガニ幼生調査：曾根干潟の底質測点23点とそれらを結ぶ黄色のルートにおいて、2006年～2009年にかけて8月にカブトガニ幼生の目視調査を実施し、個体数とハンディGPSによる各個体数の位置および個体の前体幅、全長を調べた。また、2008年～2010年の4月～11月にかけて月1回、図-3の赤線で示したルートにおいて、同様の調査(月例調査と呼ぶ)を行った。

3. 結果と考察

(1) 地形環境：図-4は、2007年の地形調査の結果である等高線図(左)と2007年と1995年と比較した地盤高差分平面図(右)を示している。左図の曾根干潟の地形は、間島によるトンボロ地形が特徴的で、T.P. 0mの等高線がそれをよく表

わしている。地盤高の変化(右図)では、全体的に若干の侵食が見られ、南東側のC5、D5で30cm弱の侵食であった。竹馬川の河口の付近で唯一堆積が見られた。

(2) 底質・底生動物環境：図-5は、2007年の含泥率分布(左)と1995年との差分図(右)である。左図の含泥率を見ると、干潟の陸側では高い傾向にあり、逆に海側では低い傾向にある。右図の差分図を見ると北東部と南西部のP5、9、14、18で約30%増加し、P4で27%の減少を示した。

表-1 既存資料と現地調査項目一覧

北九州市環境局, 九州共立大学		
年度	1995, 2007	1995～2000
項目	底質 (P1～P23)	地形, 底質 (A-1～N-1)
	1) COD 2) 硫化物 3) T-N 4) T-P 5) ORP	底生生物 (P1～P23)
九州共立大学		
年度	2005～2009	
項目	底質・底生動物 (P1～P23)	地形 (A-1～N-1)
	1) 粒度組成 2) 強熱減量 3) 硬度 4) クロロフィルa 5) カブトガニ幼生個体数など	地盤高

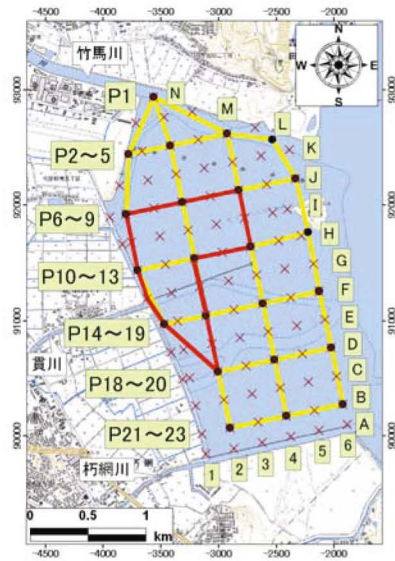


図-3 調査地点位置

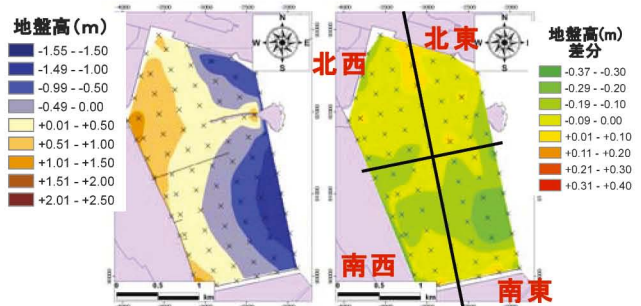


図-4 2007年等高線分布図(左)と2007-1995年差分図(右)

P4, 5, 9 で約 30%の増減を示しているのは、竹馬川の河口に位置するため流れてきた土砂が影響し、底質が変化した可能性がある。

図-6 は 2007 年の COD の分布図 (左) と 1995 年との差分図 (右) である。分布図を見ると最北側と南の陸側で大きくなり、特に干潟最北端の陸側 P1, 2 および南干潟の陸側の P18 では 3.0 mg/g 以上となった。また北の中央部から南の海側にかけて低い分布となり、P4 で最低値 0.96 mg/g となった。差分図をみると全体的に減少がみられ、竹馬川の河口部の P4 で 2.94 mg/g 減少を示した。逆に P9 で 1.36 mg/g の局所的な増加を示した。

図-7 は、2007 年の底生動物の種類数の分布 (左) と 1995 年との差分図 (右) である。左図を見ると干潟の沖側で種類数が多く、陸側で少なく南東部で最も少なかった。右図を見ると竹馬川の河口部の P4, 5 で 20 種以上減少し、逆に干潟の北西から中央と南東にかけて 1~10 種の増加が見られた。

図-8 は、2009 年の底質硬度の分布図 (左) と 2008 年との差分図 (右) である。硬度は、硬度計先端部が底質に貫入するときの抵抗値を長さの単位 (mm) で表し、その数値が大きいほど底質が硬いことを示している。分布図を見ると干潟の中

央部で比較的硬くなっており、P12 で 16.3mm となった。また陸側に行くにしたがい比較的軟らかい底質となっている。差分図を見ると干潟の中央部で 5~10mm の減少を示している。逆に竹馬川の河口部の P4, 9 で 5~10mm の局所的な増加が見られた。

図-9 は、2009 年のクロロフィル a の分布図 (左) と 2008 年との差分図 (右) である。分布図を見ると干潟ほぼ中央の P11 近傍と、最南端の P21, 22 で 4.0 $\mu\text{g/g}$ 以上と比較的高い値を示し、P1, 2, 10, 23 で 1.0 $\mu\text{g/g}$ 以下と比較的低い値を示した。差分図を見ると全体的に増加傾向が見られ、P11, 21 で約 1.0 $\mu\text{g/g}$ の増加が見られた。逆に P4 で 1.4 $\mu\text{g/g}$ の減少が見られた。

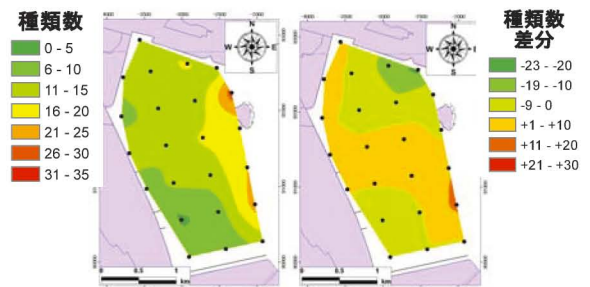


図-7 2007 年底生動物の種類数分布図 (左) と 2007-1995 年差分図 (右)

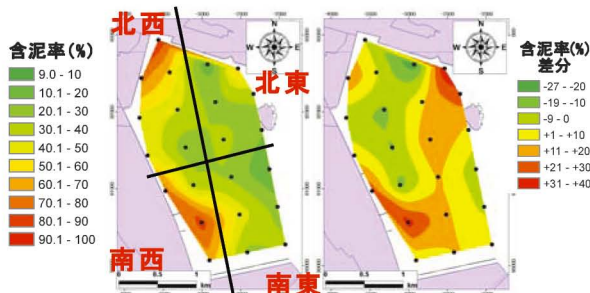


図-5 2007 年含泥率分布図 (左) と 2007-1995 年差分図 (右)

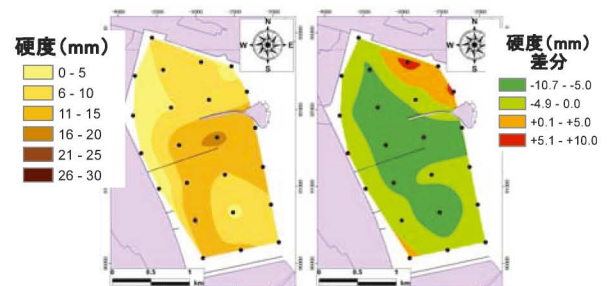


図-8 2009 年の硬度分布図 (左) と 2009-2008 年差分図 (右)

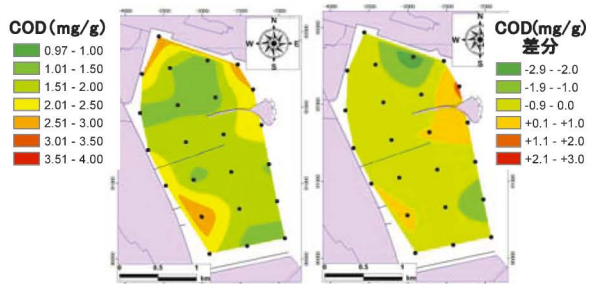


図-6 2007 年 COD 分布図 (左) と 2007-1995 年の差分図 (右)

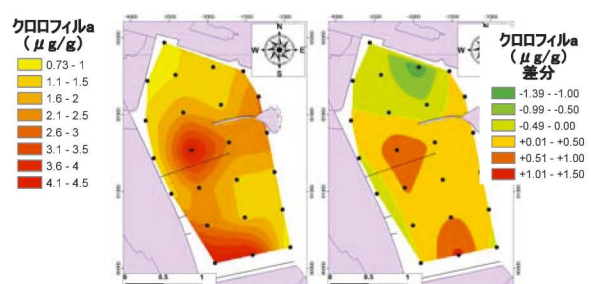


図-9 2009 年のクロロフィル a 分布図 (左) と 2009-2008 年差分図 (右)

以上の結果から, 1995年と2007年の地盤高, 含泥率, COD, 底生動物の種類数は, 全体的な増減は小さいが, 竹馬川の河口部で局所的な変化が大きい傾向が見られた。

(3) カブトガニ幼生調査: 図-10は, 2006~2009年の8月に行われた干潟全体の調査で発見されたカブトガニ幼生を測量測点86点で集計し, 棒グラフで示している。2006年では干潟全体で幼生が発見されたが, 2007年~2009年では南干潟の陸側で多く発見される結果となった。年々北干潟の幼生が減少傾向にある。

図-11は, 8月に計測されたカブトガニ幼生の前体幅より推定した齢ごとの個体数を年ごとに表し, 図中の表は推定齢の判別表である。総個体数を見ると, 幼生は年々減少傾向である。2006年は4, 6, 7齢, 2007年は6, 7齢, 2008年は4, 5, 8齢, 2009年は7齢が多く生息していた。このように年により発見個体数の多い幼生の齢が異なるのは, 8月が脱皮時期と重なり, 調査日が

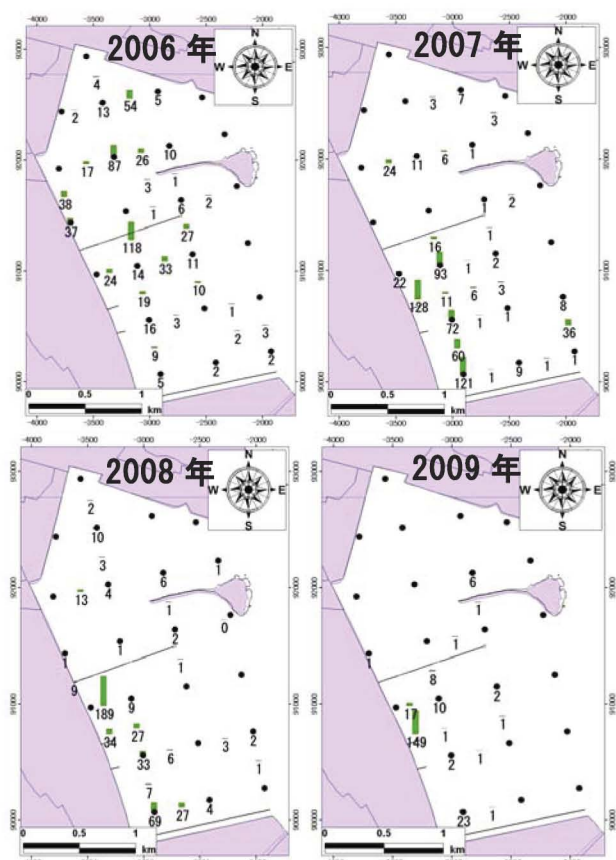


図-10 カブトガニ幼生の分布 (上段: 2006年, 2007年, 下段: 2008年, 2009年)

脱皮の前後のどちらに来るかで発見された幼生の前体幅に違いがでたためと思われる。

図-12は, 月例調査において発見された幼生を1~3齢, 4~6齢, 7~10齢に分けた個体数と降水量(左軸), 調査日の平均水温と調査日までの平均気温(右軸)を2008~2010年の月ごとで表している。調査時の平均水温が18℃以下, 一ヶ月の平均気温が15℃以下の場合は, ほとんど幼生を発見できない結果となった。ただし2010年の4月は水温が2008, 2009年の4月と比べると高いため, 幼生の活動が活発になり, 平均気温が11℃でも多く発見できたとおもわれる。2009年の6月は700匹, 2010年の7月は420匹となった。翌月に150匹以上減少するのは, 降水量が300mm程度を超えると川の流量が急激に増大し, 幼生が沖に流されたためと考えられる。

(4) 経年変化: 図-13は, 1995年を基準として地盤高の差分図を4つに区分(図-4右図)し, 各区分で差分値の平均を求めたグラフである。2005年までは西側で変動が少なく, 東側で変動が激しかった。2005年から2006年の間で, 急激

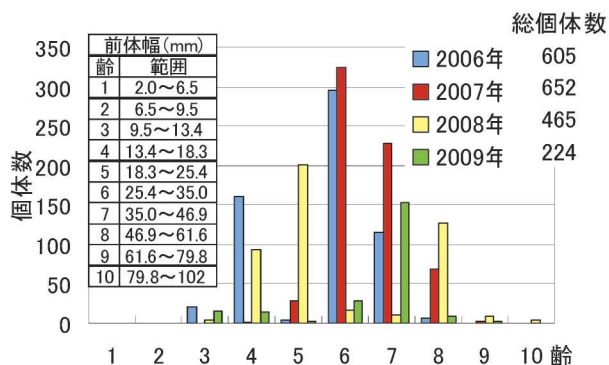


図-11 推定齢判別表と齢別の個体数

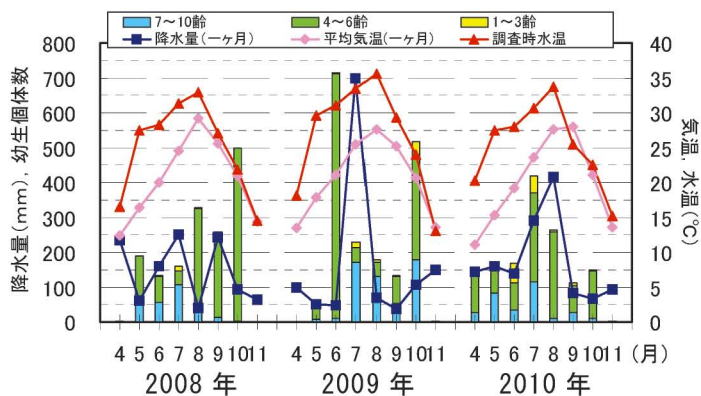


図-12 2008~2010年の個体数と降水量, 気温・水温の関係

な侵食(全体で -0.09m)が起こった。これは、2006年の調査日の直前に台風13号が通過したためと思われる。2006年以降は回復傾向にある。

図-14は、含泥率平面図を4つに区分(図-5左図)し、各区分で含泥率の平均を求めたグラフである。西側(陸側)で含泥率が50~60%と高く、東側(海側)で20~30%と低くなっている。全体的に若干の増加傾向にある。これは、前面の人工島により干潟における波高が最大で60%程度減少²⁾したことが一因となっている可能性がある。

(5) 多変量解析結果：底質調査測点であるP1~P23における1995年と2007年のデータのうち、データが揃っている地盤高と含泥率、COD、ORP、含水比、底生生物の種類数に対して、それぞれクラスター分析と主成分分析を行った。

図-15は、2007年のクラスター分析(上図)と主成分分析(下図)の結果である。上図中のように縦に線を入れ、4つのグループに分けA~Dとする。下図の主成分分析によると、第一主成分は+方向には含泥率とCODが、-方向には種類数とORPが影響し、第二主成分は+方向には地盤高が、-方向には種類数と含水比が影響している。1995年と2007年で第一、第二固有ベクトルは類似した結果となった。

図-16は、多変量解析で求めたグループを地図上で表したものである。左図が1995年でA~Eまで5つのグループ、右図は2007年でA~Dまでの4つのグループに分けられた。1995年は地盤高や含泥率の分布に対応するように、大きく海側と陸側に分かれ、竹馬川の河口部で3つのグループに細かく分かれた。2007年では、含泥率や底生動物種類数の変化が影響し、2つの大グループが岸から沖に4つの小グループに分かれた。

また、2008年と2009年に対して1995、2007年と同様にクラスター分析、主成分分析を行った。分析に用いた項目は、含水比と含泥率、地盤高、底質硬度、クロロフィルaである。図-17の上図に2009年のクラスター分析結果を、中図と下図にそれぞれ2008年、2009年の主成分分析結果を示している。上図に縦に線をいれ、4つの区分に分けた。2008年も同じ位置に線を入れ4つの区分に分けた。2008年と2009年の第一主成分(中図と下図)は同じ結果で、+側に底質硬度、-側に含泥率と含水比が主に影響している。第二主成

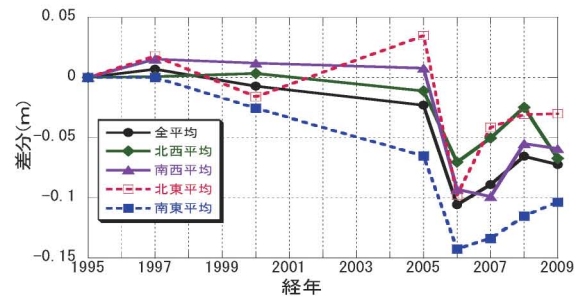


図-13 区域別地盤高差分の経年変化

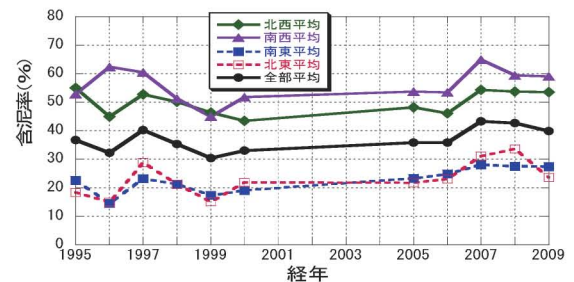


図-14 区域別含泥率の経年変化

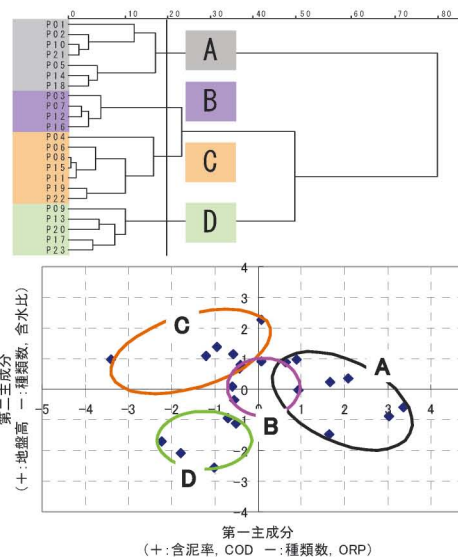


図-15 2007年のクラスター樹形図(上)
主成分散布図(下)

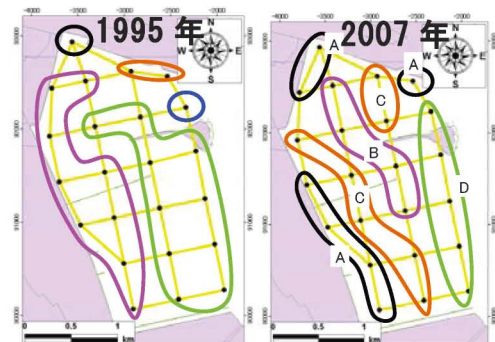


図-16 グループ分け
(左: 1995年 右: 2007年)

分は若干異なり、2009年では+側に地盤高とクロロフィルa、-側に含水比が主に影響し、2008年では+側に地盤高、-側に含水比が影響している。

図-18は、クラスター分析によりグループ分けをした結果を平面的に示し(左:2008年,右:2009年)、図中の棒グラフと数値は各年の8月に発見した幼生を測量測点86点で集計した個体数を示している。2008年ではカブトガニ幼生は、Cグループに多く発見された。2009年は、Dグループで多く発見された。2008年のCグループと2009年のDグループ、ともに主成分分析結果の第一象限に属し、第一象限は地盤高と硬度が比較的高く、含泥率と含水比が比較的低い特徴がある。

4. まとめ

- (1) 自然環境要素は、全体的な増減は小さいが、竹馬川の河口部で局所的な増減が大きい傾向が見られた。
- (2) カブトガニ幼生の個体数は、年々減少傾向にある。毎年各齢の分布が異なるのは、調査日が脱皮時期の前後になり、幼生の前体幅に違いがでるためと思われる。月例調査では調査時の平均水温が18℃以下、一ヶ月の平均気温が15℃以下の場合、ほとんど幼生を発見できない結果となった。
- (3) 干潟における自然環境要素の経年的な変化は、1995年から2009にかけて顕著な変化が見られた要素として、台風T0613号の影響と思われる地盤高の急激な低下、人工構造物の建設による波高の減少が一因と考えられる含泥率の増加および底生動物種類数の場所的な増減が上げられる。
- (4) 多変量解析結果から干潟環境は、1995年では海側と陸側で大きく分かれていたが、2007年では底質・底生動物環境の変化によると思われる4つのグループ分けとなった。カブトガニ幼生は、地盤高と硬度が比較的高く、含泥率と含水比が比較的低い特徴の干潟に多く生息する結果となった。

参考文献

- 1) 林 修(2010):曾根干潟のカブトガニの現況、かぶとがに、NO.30、日本カブトガニを守る会、2010年、PP.29-31

- 2) 原 喜則ら(2009):北九州空港島周辺の沿岸環境データベースを用いた自然環境評価に関する一考察、沿岸域学会誌、Vol. 21, No.4, pp.59-68.

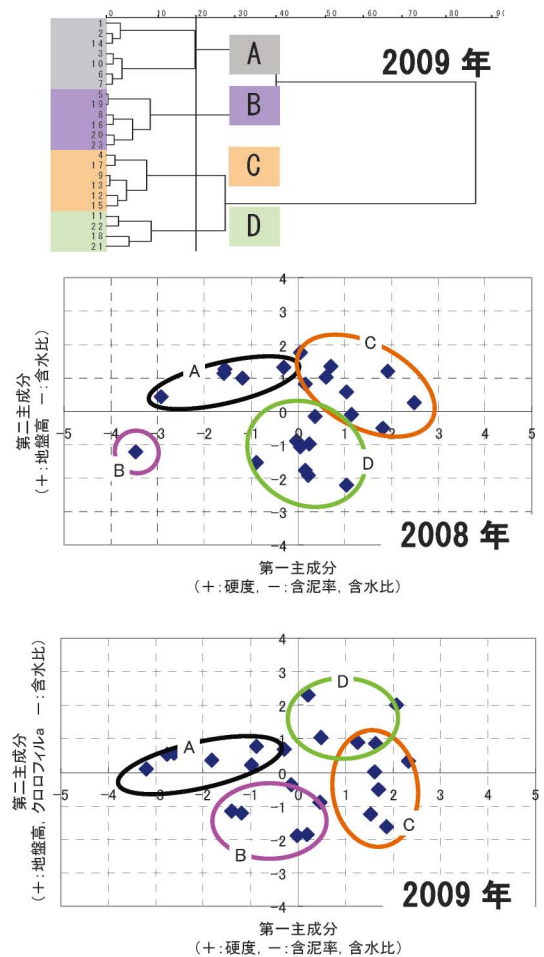


図-17 2009年のクラスター樹形図(上) 2008年(中), 2009年の主成分散布図(下)

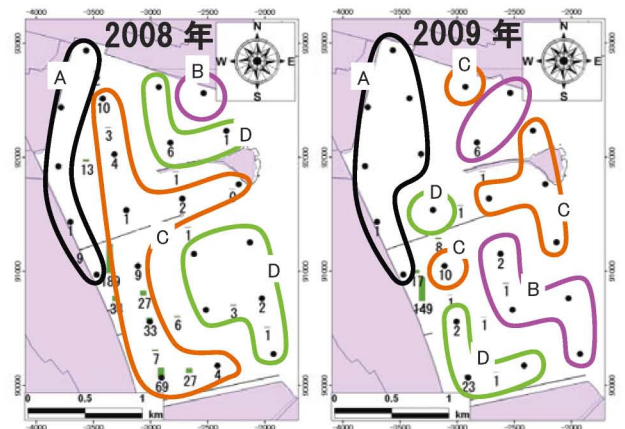


図-18 グループ分けとカブトガニ幼生 (左:2008年, 右:2009年)

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

鄢曙光・小島治幸*

*九州共立大学 工学部環境土木工学科

Estimation of the Predominant Direction of Littoral Drift at the Sanrimatsubara Coast in Fukuoka Prefecture from Sediment Budget Analysis

Shuguang YAN and Haruyuki KOJIMA

In the Sanrimatsubara Coastal zone, coastal protection works and Ashiya harbor were constructed. Consequently, the equilibrium of sediment balance in this coast was disrupted, due to considerable coastal erosion. In order to establish the sediment transport processes in this area and the influence of the coastal protection works, a sediment budget analysis has been carried out. The sediment budget analysis is based on available aerial photograph and dredging records extending from 1961 to 2008. Three periods were examined in this study: 1961 to 1982, 1982 to 2008, and 1961 to 2008. As a result, it was found that the predominant direction of littoral drift is west to east.

Key Words: sediment budget analysis, aerial photograph analysis, predominant direction of littoral drift, 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基設けられていたが、侵食を防止するために昭和59~61年(1984~1986年)にそれらを嵩上げ、延長、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。さらに東側の新松原海岸の区間では佐藤ら(2004)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(2008)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る。

本研究は、空中写真解析より求められる汀線変化の結果を用いて、対象海岸における広域土砂収支を求め、その結果から三里松原海岸における漂砂の卓越方向を把握することを目的とする。

2. 研究内容

(1) 土砂収支の考え方(栗山, 2001)

土砂収支図作成では、対象とする領域をいくつかの小領域に分割し、その小領域における各境界(側方, 岸,

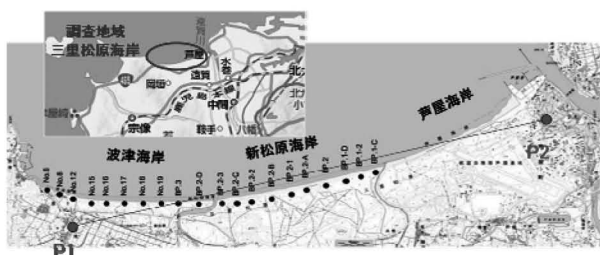


図-1 三里松原海岸と調査地域の位置図

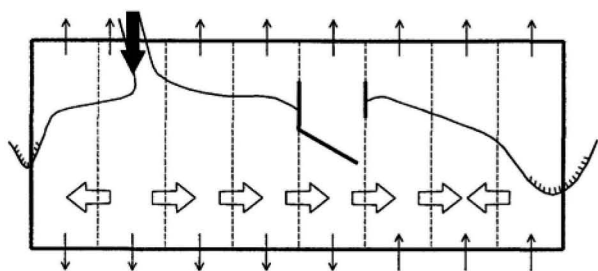


図-2 土砂収支図のイメージ

沖)での土砂移動量を推定していく。図-2は、土砂収支図を概略的に示したもので、図中の太い実線で囲まれた領域が土砂収支図作成の対象領域(大領域)を示しており、破線で区切られた領域が小領域を示している。土砂収支図の沿岸方向の範囲としては沿岸漂砂量(側方境界における土砂移動量)が0の地点から沿岸漂砂量が0の地点まで取ることが望ましい。これは、この範囲で一つの底質移動の系(漂砂系、あるいは漂砂セルと呼ばれる)が形成されているという物理的な理由と、大領域の側方境界における土砂移動量を0とおくことによって沿岸漂砂量の推定誤差を小さくできるという土砂収支図作成上の理由とによる。岸沖方向の岸側境界は波による漂砂の影響が無くなる荒天時の波の遡上位置に、沖側境界は漂砂量が小さくなる移動限界水深に設定した。

(2) 地形変化をもとにした作成方法

土砂移動量の推定方法としては地形変化をもとに求める方法と波浪データから求める方法とがあり、今回は地形変化をもとに求める方法を用いた。図-3は、ある領域における土砂移動を模式的に示したものである。岸沖方向には沖向きを正、沿岸方向には沖を見て右向きを正とし、 ΔQ をこの領域内の土量増加量、 Q_1 、 Q_2 をそれぞれ左、右側方境界における土砂移動量、 Q_3 、 Q_4 をそれぞれ岸、沖側境界における土砂移動量とすると、以下の連続の式が成り立つ。

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 + Q_3 - Q_4 \tag{1}$$

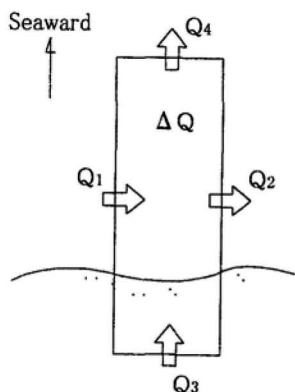


図-3 土砂移動の模式図

本方法は、この連続の式を利用して、大領域のある側方境界に接する領域から反対側の境界に向けて、地形変化をもとに底質の連続の式を満たすように順に土砂移動量を決定していく方法であり、その場合、未知数が二つ以上あるとそれらの値を決定することができないため、岸側境界における土砂量と沖側境界における土砂量とは予め与えておく。すると、大領域のある側方境界における沿岸漂砂量(0であることが多い)が与えられると、連続の式を使って順に沿岸漂砂量が求めていくことができる。

(3) 土砂変化量の推定法

空中写真によって各小領域における土量変化を計算する場合には、地形変化量は汀線変化量に比例すると仮定する。図-4はその仮定を模式的に示したもので、汀線の変化量を Δy_s 、小領域の沿岸方向の延長を L 、漂砂移動範囲の高さを D とすると、土量変化量 ΔQ は

$$\Delta Q = \Delta y_s LD \tag{2}$$

で表される。

また、漂砂移動高さ D は、深浅測量等の地形データがない場合、宇多(1997)によって次式で示されている。

$$D = h_r + h_c/2 - h_r(h_r/h_c)^2 - h_r(h_r/h_c)^3/2 \tag{3}$$

h_c : 移動限界水深(m)

h_r : 波の遡上高(m)

移動限界水深 h_c は、佐藤・田中の完全移動限界水深(佐藤, 1966)の推定式から求められる。

$$\frac{H_0}{L_0} = 2.4 \left(\frac{d_m}{L_0} \right)^{1/3} \left(\frac{H_0}{H} \right) \sinh \frac{2\pi h_c}{L} \tag{4}$$

H_0 : 沖波波高(m)

L_0 : 沖波波長(m)

d_m : 底質の中央粒径(m)

H, L : h_c における波高と波長(m)

波の遡上高さ h_r は、Swartの提案式(Swart, 1974)から求められる。

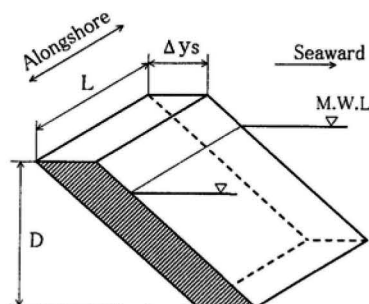


図-4 土砂変化量の推定に関する仮定図

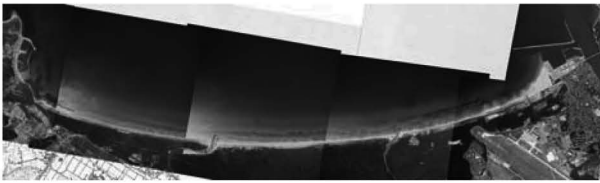


図-5 三里松原海岸の空中写真

$$\frac{h_r}{d_m} = 7644 - 7706 \exp\left(-0.000143 \frac{H_0^{0.488} T^{0.93}}{d_m^{0.786}}\right) \quad (5)$$

(4) 三里松原海岸土砂収支図の作成

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-5に示すようにポケットビーチと呼ばれる一連の海岸であり、その西端では黒崎鼻、東端では芦屋港があり、両端では沿岸漂砂の流出入量が少ないと思われ、一つの閉じた漂砂系として考えることが妥当であると判断した。

表-1 浚渫土量

浚渫実施年	浚渫土量(m ³)
1990年	2,250
1991年	1,400
1992年	1,250
1993年	2,300
1994年	3,150
1995年	11,673
1996年	46,358
1997年	
1998年	3,500
1999年	38,760
2000年	
2001年	
2002年	41,000
2003年	
2004年	5,410
2005年	34,800
合計	191,851

a) 検討条件の設定

土砂収支を算定するためには、沿岸域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、浚渫などの漂砂系への人工的な擾乱を考慮して、全ての土砂の流出入を評価する必要がある。沿岸域の土砂変化量を算定するために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、地形変化を求めた。当該漂砂系に流入する河川は矢矧川、汐入川である。生産土砂量は両方とも少なく、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観測データや飛砂量の現地観測データが必要となるが、それらのデータがないので、飛砂による損失量を考慮しないとした。芦屋港の浚渫土量は表-1に示すように1990年から2005年まで合計191,851 m³の浚渫土量があり、土砂収支の算定には浚渫土量を考慮した。

表-2 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	
	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					
	3	2					
	3	2					
	3	2					
	3	2					
	3	2					
1982	12	4	13	24	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	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	
	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	
	4	16	13	42	0.98	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	
海浜勾配	波津海水浴場		波津海岸(潮位差+)		波津海岸(潮位差-)		新松原海岸
	1/14.3		1/6.7		1/50		1/12.5
	芦屋海岸東側(A-1~A-12)		芦屋海岸西側(潮位差-1以上)		芦屋海岸西側(潮位差-1以下)		
1/28		26/73		1/59			
距離(km):8.376							

b) 土砂変化量の算出

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-2に示す。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、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。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。図-6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-3に示す。また、移動限界水深 h_c 、遡上高 h_r および移動範囲 D の高さを式(4)と(5)、(3)によりそれぞれ求め、-5m、1m、3.5mとした。汀線変化量 Δy_s と移動範囲 D の高さをを用いて小領域の土砂変化量を算出した。

c) 側方境界の土砂移動量の設定

西端では黒崎鼻の沿岸漂砂量を0とし、東端では1982年まで沿岸漂砂量を0とし、1982年以降、浚渫土量の年間平均値を流出量とした。すなわち、表-1に示した総浚渫土量191,851 m³より、1982年から2008年までの26年間は年間7,380m³、1961年から2008年までの47年間では年間4,080 m³とした。

d) 岸側境界の土砂移動量の設定

飛砂による損失量は考慮せず、土砂移動量を0とした。

f) 沖側境界の土砂移動量の設定

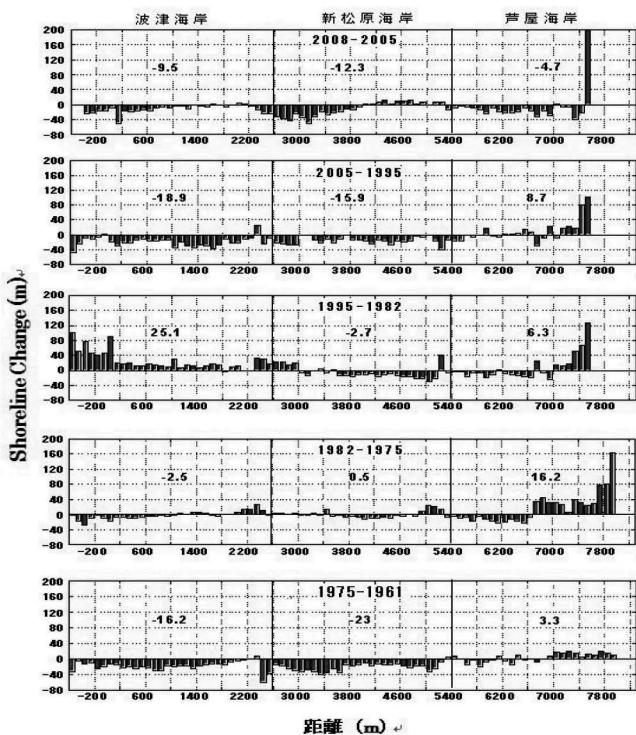


図-6 100m 間隔の汀線差分図

表-3 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
汀線変化量 (m)									
1982年-1961年	-28.9	-25.0	-2.2	-30.1	-25.1	-12.5	-13.8	-13.6	61.0
2008年-1982年	12.9	-16.0	-9.0	-37.7	-36.8	-18.3	-24.8	-25.4	76.9
2008年-1961年	-16.0	-41.0	-11.2	-67.8	-61.9	-30.8	-38.6	-39.0	137.9
汀線変化速度 (m/year)									
1982年-1961年	-1.374	-1.188	-0.103	-1.434	-1.195	-0.594	-0.658	-0.646	2.906
2008年-1982年	0.496	-0.616	-0.347	-1.449	-1.415	-0.704	-0.954	-0.978	2.956
2008年-1961年	-0.339	-0.872	-0.238	-1.442	-1.317	-0.655	-0.822	-0.83	2.934

现阶段では、岸沖方向漂砂量の精度よい推定方法は確立されていないため、ここでは大領域における岸側境界と両側方境界からの土砂移動量と大領域内の土砂変化量との差が沖側境界から出入りするものと仮定し、その差を沿岸方向距離で比例配分して各小領域の沖側境界における土砂移動量を求めた。

3. 結果と考察

図-7は、それぞれ1961年～1982年（上図）、1982年～2008年（中図）、1961年～2008年（下図）の土砂収支図を示す。1961年～1982年では、卓越した沿岸漂砂はすべ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～2008年においては、波津海水浴場での堆積が影響し、波津海岸で東から西向き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、最大漂砂量は16,000 m³/年であった。1961年～1982年の47年間では、1961年～1982年の傾向と同様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。

広域土砂収支解析結果の妥当性を検証するため、三里

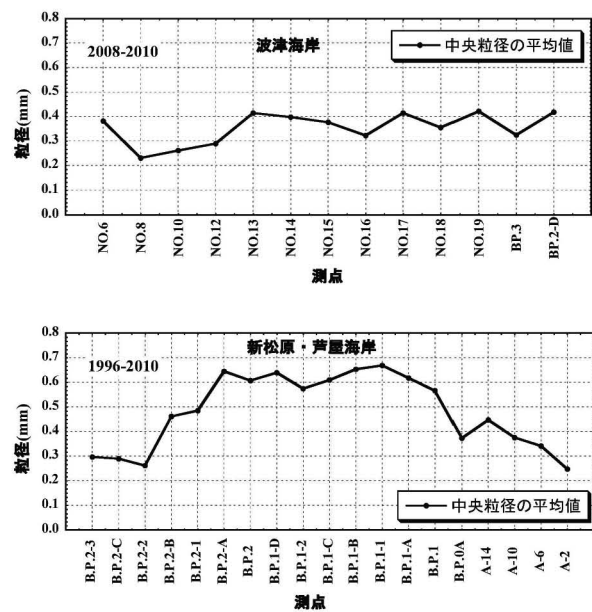


図-8 三里松原海岸の中央粒径分布

松原海岸の底質特性を調べた。図-8は、それぞれ波津海岸（上図）と新松原・芦屋海岸（下図）の前浜における中央粒径の平均値の場所的分布を表している。波津海岸において、波津海水浴場では中央粒径の平均値が小さく、他の測点では中央粒径の平均値が大きくてほぼ同じである。このことから、波津海岸における漂砂の卓越方向は顕著に表されていないが、東から西向きの沿岸漂砂であると推定される。

一方、新松原・芦屋海岸においては中央部で中央粒径の平均値が大きく、両側に行くほどその値が小さくなる傾向がある。このことから、新松原海岸の西側では漂砂の卓越方向は東から西であると推定されるが、新松原海岸の東側と芦屋海岸にかけて、漂砂の卓越方向は西から東であると推定される。広域土砂収支解析より求めた漂砂の卓越方向とほぼ一致していることから、広域土砂収支解析の結果は妥当であるといえる。

4. あとがき

本研究により、以下のことを明らかにした。

- (1) 47年間の広域的な土砂収支図より、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。
- (2) 1982年から2008年まで26年間の土砂収支の結果では、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。
- (3) 底質分布から求めた漂砂の卓越方向との比較より、広域土砂収支解析の結果の妥当性を確認した。

参考文献

- 1) 宇多高明 (1997) : 日本の海岸侵食, 山海堂, 442p.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.

- 6) 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.

- 7) Swart, D.H. (1974) : A schematization of onshore-offshore transport, Proc. 14th International Conference on Coastal Eng., pp.884-900.

1982年-1961年

		波津海岸			新松原海岸			芦屋海岸		
領域延長(m)		3000			3000			2700		
沖側境界への土砂移動量 $Xm^3/year$		-4076			-4076			-3668		
沿岸漂砂量 $Xm^3/year$	0			-5254			-12458			0
土量変化量 $Xm^3/year$		-9330			-11280			8790		

		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	1200
沖側境界への土砂移動量 $Xm^3/year$		-1357	-1359	-1359	-1359	-1359	-1359	-951	-1087	-1630
沿岸漂砂量 $Xm^3/year$	0	-3453	-6254	-5255	-8916	-11737	-12458	-13117	-13840	0
土量変化量 $Xm^3/year$		-4810	-4160	-360	-5020	-4180	-2080	-1610	-1810	12210

2008年-1982年

		波津海岸			新松原海岸			芦屋海岸		
領域延長(m)		3000			3000			2300		
沖側境界への土砂移動量 $Xm^3/year$		-1276			-1276			-978		
沿岸漂砂量 $Xm^3/year$	0			-354			-11558			-7380
土量変化量 $Xm^3/year$		-1630			-12480			3200		

		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
沖側境界への土砂移動量 $Xm^3/year$		-427	-425	-425	-425	-425	-425	-298	-340	-340
沿岸漂砂量 $Xm^3/year$	0	2167	432	-353	-4995	-9523	-11558	-13600	-16000	-7380
土量変化量 $Xm^3/year$		1740	-2160	-1210	-5070	-4950	-2460	-2340	-2740	8280

2008年-1961年

		波津海岸			新松原海岸			芦屋海岸		
領域延長(m)		3000			3000			2300		
沖側境界への土砂移動量 $Xm^3/year$		-3274			-3275			-2511		
沿岸漂砂量 $Xm^3/year$	0			-1796			-10471			-4080
土量変化量 $Xm^3/year$		-5070			-11950			3880		

		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
沖側境界への土砂移動量 $Xm^3/year$		-1090	-1092	-1092	-1092	-1092	-1092	-764	-873	-873
沿岸漂砂量 $Xm^3/year$	0	-100	-2058	-1796	-5754	-9272	-10470	-11716	-13163	-4080
土量変化量 $Xm^3/year$		-1190	-3050	-830	-5050	-4610	-2290	-2010	-2320	8210

図-7 土砂収支図

変動の激しい社会に於ける学園運営とその模索

企業機密としていた因子に関する考察

鈴木 要

九州共立大学工学部建築学科

Research of Manegment in Sciety Inovated Severely Thinking of Factor Concerning Manegment

Kaname SUZUKI*

Possibility of substantial management in college was analyzed on 5 points and was recognized following results.

1. Collection of data concerning educational demand for college is the most important items.
2. In the case of education toward a member of society, a consistent curriculum is the most important items.
3. In the case of education toward a member of society, much and continuous educational demand exists within architecture in Tokyo.
4. In special technical educational fields, continuous educational demands are very small.
5. Outside of a campus is not so attractive for high school teachers.

Keywords: Architecture, Educational institution, Fussing of profession, Declining birth rate, Motivation for attendance

1. はじめに

日本における少子高齢社会の到来は話題になって久しく、少子化の象徴として取りざたされる18歳人口の減少とその結果訪れる大学の経営難、或いは、高齢者の人口に占める割合の増加とそれに伴う労働者の負担の増加などの問題が生じることは、既に1970年代にはユネスコなどにおいても議論されていた内容である。一般に人口構成の急激な変化は、社会の構造をも変化させる威力を持つことは歴史的にも知られており、変化に追従できない組織の場合、悲劇的結末を迎えることも否めない。

嘗て、著者は、運営手法を誤った場合、短期大学の次に淘汰されると言われていた専門学校経営健全化に奔走した記憶がある。1995年前後の、18歳の減少及びその他諸々の条件が因子とされる、専門学校への入学者数の激減に危機感を持っていた時期、時代の要請と称して専門性を特化した学科を立ち上げ、数年で学生減が生じ、消滅、さらに類似の新学科を立ち上げては消滅を繰り返す悪循環に翻弄され、経営の低迷を続ける工業系学園を暇がなく見てきた。

学生減に学園が翻弄される状況の中で、著者は、出生数の減少に伴う18歳の大学全入問題を、受け入れざるを得ない事実であると認識し、教育対象を25歳から35歳程度の範囲の、学部を卒業した社会人に変更する経営策を打ち

出した。

教育対象を、企業の中心的戦力でもある既卒の社会人としたこの教育システムは、学園の大方の職員には成果を期待されないままスタートした。著者としては、民間企業の研究所における商品開発研究を応用した学科創設であり、当然、社会の流動、企業人の心理、固有のデータを分析するなど、次世代の教育需要の存在を把握してのスタートでもあったため、経営は軌道に乗るところとなり、経過と成果に関する報告は学会誌に済ませた^{1),2)}。

ところが、これら報告の審査者、読者からは、経過と成果が記されているのみであり、肝心の成果が得られる根拠が記されていない点が指摘されていた。この点に関しては、当時は解析も進んでいなかったため、著者自身にも成果が得られる理由が判らず、常に企業機密と回答することが多かった。

著者は、1990年代後半、経営難に陥った東京都内の専門学校において新規学科の企画創設と、後に転職した、合計2校における経営を実践し、さらに現在は、東京を離れ、地方の大学に移籍し、嘗て専門学校で発生した同様の学生減現象に直面し、経営改革を実行しつつ教育研究に明け暮れている状況にある。東京を離れ2年が経過し、東京が単なる点に過ぎなくなった現在、東京に於ける学園経営に、冷静な分析を加えることが可能となった。本研究は、嘗て

審査者に企業機密として回答していた成果の根拠を明確に認識し、急激な学生減に見舞われている大学経営の一助になることを期待するものである。本論に於ける考察過程は、(1) 1990年代に現れた社会現象から、新規教育需要の因子となる可能性のある事項を取り上げ分析を行う。

(2) 仮説を証明するような資料データの収集および分析を行うことにより、運営上有利となる可能性を確認する。

(3) 最適と思われる教育システムの構築、カリキュラム構成、シラバスの作成を行う。(4) 学科の創設・運営および運営の結果得られたデータの分析を行い回答の根拠とする。(5) まとめ(回答)である。

2. 社会現象の分析による教育需要の予測

2.1 分析対象となった社会現象

私学である以上、損益分岐点を割り込むような企画は避けなければならないことは学園の経営職である以上当然考えなければならない事象の一つといえる。教育需要は社会変動に伴い新規に生じるものであり、社会事象の分析及び分析結果を素材として新規の仮説を組み立て、詳細に論理の詰めを行うことは健全な学園経営企画のためには必要不可欠な要件の一つといえる。そこで著者は、1995年に新規学科を創設するに当たり、1980年代から1990年代に発生した社会現象に注目した。当時、学園運営の最高決定機関でもある経営職会議に参画し、その場で盛んに語られた、次の6項目についての緻密な分析を行い、教育需要に関する存在場所の推測を行った。

- 1) 団塊の第二世代と少子高齢化社会の到来
- 2) 激しい技術革新と専門の特化
- 3) 新校舎効果
- 4) 日本の大学学部設置構成と職種の融合

2.2 団塊の第二世代と少子高齢化社会到来に関する分析

1980年代後半、団塊の第二世代と言われていた18歳の学生が専門学校に現れると、学内は学生で満ちた状況となった。すでに概要を報告⁽²⁾した学科の設立の構想を練っていた頃の1990年代になると、その世代の多くが20代後半になり、企業を中心戦力としての年代に達していた。また同時期は、10年以内の少子化と高齢化社会の到来の学園への学生減少による経営への影響が話題となった時期でもある。著者は、少子化社会の到来に対して団塊の第二世代は、当時の定年年齢であった60歳以降も労働力の一員とならざるを得ないものと認識することを予測した。また、高齢化社会という社会現象に対する団塊の第二世代は、今後半世紀以上の間地球上に生存し、平均寿命が80歳にとどく現況の日本の社会での生活を強いられる為、企業を中心戦力の武器として、習得した単一の専門知識のみならず、そこで何らかの再教育を習得することにより(技術を身に

つけ) 将来を開くものと予測した。

この現象を、少子化による将来の労働者不足、生涯の時間が僅か50年から80年への増加分30年間の為に身につけなければならない新規技術の習得の必要性、さらに団塊の第二世代が主役を占める時代の到来、これらの条件を総合的に判断し、教育需要の今後の存在を予測した場合、60歳の定年後に独立可能な職種に必要な技術、技能、資格を養成するような教育機関に就学し将来に備えるものと予測した。従って、新規教育システムを運営する場合、このような教育機関が必要とされるものと考えられる。

2.3 技術革新と専門の特化に関する分析

一般的傾向として、最先端と称する工業技術のイノベーションの速度は速いものがある。著者は建築学を修得する以前に、生物物理化学を基礎理論とする応用生物科学を専攻した経験がある。著者が在籍した1970年代前半、癌治療の特効薬としてインターフェロンが話題となりその製造方法も学部の学生に講義されていた。同時にその製造方法の欠点は、生産量が微量であり製造価格が高くなることもノートに書き取った記憶がある。しかし、著者が卒業して5年程度経過した1970年代後半、著者が建築工学科3年になった頃になると、中国地方の、全く業種の異なる食品メーカーが、著者を含め多くの技術者が想像もしなかった手法により大量生産の技術開発に成功するところとなった。その結果は生物学的工業技術としてのバイオテクノロジーなる分野の顕在化と業界改変が行われるところとなり、技術革新の熾烈な争いを目の当たりにした。この事例を記憶していた著者は、最先端技術の技術者養成の教育需要のみを見込んでの教育システムの創設は、技術革新の速さによる学科希望者の減少速度にともなう就学希望者の消滅、設備の未償却の課題などが生じるものと予測した。従って、イノベーションの激しい分野に於ける専門の特化を目指した教育需要は、当初はあるものの、しばらくすると減少をはじめ、次の技術革新が発生する10年以内に消滅することが考えられ、専門を特化した教育需要による長期の健全経営は見込めないことになり、教育設備投資を行ったとしても、減価償却をみないまま、次の技術革新のための設備投資の必要性が発生するため、学園側経営にはきわめて不利な状況になるものと予測した。

2.4 新校舎効果

新学科企画・創設を考えていた1990年代中期、建築系の教育が行われていた、学園で最も老朽化していた校舎の建て替えが行われた。その建造物としての規模は、区内で2番目に高い高層建築物であり(最も高い建物はイベント施設としても有名な建造物)、企画会議では、プロ野球の名門チームのオーナーが下した異例の監督人事に肖り、新校舎効果と称して学園経営者の所行を持ち上げるような発言が見られ

た。しかし、推薦入学制度になり、入学の可否の決定権が学園側から高等学校の進路指導の教諭に委ねられた場合、進路指導の教諭が、建物外観が刷新されたかことで、進路を勧めるかと考えた場合、それほどの軽率な指導は行わないのではないかと予測した。新校舎を建築し、新規教育設備を設置した場合、教育効果は期待される。しかし、校舎も含め、新規に接した設備が機能しない可能性も予測されるものでもあり、逆の効果の発生する可能性もあるとするのが著者の得た結論でもあった。従って、運営を始めて初めて成果、悪影響が証明されるものでもあるため、慎重な分析を必要とするものと判断した。

2.5 大学の学部設置構成と職種の融合

学科企画を行っていた 1990 年代に於ける、日本の大学の専門分野構成は、文学部が約 7 割と高い割合を占め、半面 3 割は理工系で構成されていると考えるのが一般的とされていた。建築工学は、日本に於いてのみ工学部に所属しているものであり、日本以外では、芸術系学部にも所属しているのが実情である。しかし、構造系と称する分野は間違いなくエンジニアリングであり、工業系学部であるとする 2 面性を持っていることは周知の事実でもある。著者が、教育対象と考えていた団塊の第二世代を中心とした社会人は、80 年を生き抜くための再教育の場として、工業系、芸術系双方の特性を持つ建築学が選択されることを予測した。工学部に含まれる為、物理、化学、数学の学習を必要とするが他の、機械や土木学科程必要としない建築学は、嘗て 70% を占めた、数学、物理、化学を学ぶ機会の少なかった文化系学部卒業者が工業技術を学ぶ専門分野として選択する可能性の高いものと判断した。

これらの仮説は、社会の流れ及びその動向の中で生活する我々日本人が、流れに沿って、より有意義に人生を送るための学習の場を求めることになることを述べていることになる。従って、教育需要は社会の流れを、より正確に把握することが必要となり、それは社会に存在する一般データの解析からより確実に予測しなければならないことになる。

3. 仮説分析による可能性の限界と正確な教育需要の把握

3.1 仮説の限界と詳細なデータ

著者は、同僚経営職の間で議論された 4 項目の論題について、教育需要を生む可能性を考察し前項に示した。しかし、これらの考察は、あくまでも仮説であり、希望的可能性に過ぎないものと考えられるものと判断した。

学園運営上の経営職の立場におかれていた 1995 年、学園で初めての社会人を対象とする教育システムの創設に取り組むことになった。この時未知の分野ではあったが、著者は、他専門分野を習得した後、企業在籍の状態では社会人教

育により建築学を習得した経験があり、その経験を活かせるものと確信した。この時、最初に取り組んだ課題として、長期に渡る継続的に存在する教育需要の開発を必要と考えた。本論の仮説部分に述べた確率的に期待できない考察と並行して、著者は、社会の流動変化の中に、新規教育需要の存在を確証するような、何らかのデータを探し求めていた。

3.2 教育需要のデーター蒐集

他分野を習得後、商社系列研究所に入所、研究上の必要性から企業在籍の状態、東京都立大学の社会人対象コース (B 類) で建築学を習得した。この間、1976 年の学部入学から、博士課程までの 11 年間在籍し、従来の破壊力学に、時間軸を導入した破壊熱力学分野を新規開拓、固体状態の物質の結合状態を測定可能とした。著者は、この間、企業に於ける商品開発とその需要の存在場所の視点にも配慮し、工学部社会人対象部門 (B 類^{注2)}) の応募状況の状況に注目するとともに教育需要の変化を調べていた。その間の特徴ある調査結果の一例を表 1 に示す。

表 1 工学部の応募者数の一例 (都立大学学内新聞)

学科	募集人員	応募者数	競争率
電気工学	8	9	1.1
工業化学	8	8	1.0
機械工学	8	9	1.1
土木工学	8	8	1.0
建築工学	8	193	24.1
合計	40	227	5.7

新聞紙上、あるいは受験雑誌には、総合競争率である合計倍率 5.7 倍のみが示されているのが常であったが、学科別競争率、総合競争率は、年 2 回程発行されていた都立大ニュースと命名された、A3 判程度の大きさの、わら半紙と思われる新聞誌が大学受付に置かれており、学生、職員、教員、外来者が自由に入手可能な状態にあり、公開されていた。例年の傾向として、建築工学以外は競争率 1 倍程度であり、建築工学のみが 20 倍～30 倍の間であった。著者も 1976 年、学部の 1 次、2 次試験を受験し、企業在籍の状態でも再入学し建築学を修得している。しかし、昼夜開講制であった東京都立大学の社会人教育部門の B 類は、21 世紀になり、諸々の理由により廃止となり、現在は開講されていない。

3.3 データー分析と教育需要数に関する考察

表 1 に示す、都立大学工学部 B 類の場合、工学部全体の受験者 227 人であり、その内訳は、建築工学科以外を 34 人が、建築工学科を 227 人から 34 人を差し引いた 193 人の受験者が生じていたことになる。もちろんこの数字は、新聞紙上、受験雑誌には公表されることはなく、学内新聞

の読者のみが目にしていた数字である。筆者は1976年の合格者8名の中の一人であったが、例年半分近い数名が、日本の最高学府を含む、建築学以外を専攻した、国立大学の卒業生で占められていた。ところが、この現象を、不合格の視点から考察すると、募集人員は8名であり、193人から8人を差し引いた185人が不合格者となっていることになる。この計算の教育需要に対する結論は、東京都内には、少なくとも、年間180人前後の建築学を学ぶことを希望している社会人が存在し、しかもそれが継続的に存在することを証明していることになる。従って、教育システム、カリキュラム、シラバスを、著者が建築工学の学生時代に都立大学で受講した内容とした場合、都内に、社会人教育コースを構築するだけで、経営上極めて効果的な建築学教育システム構築が可能となることになる。

4. 学習システムの構築・運営・成果

4.1 教育システムの趣旨と構築

学科設立にあたり、学習対象者を学部卒業生、理想年齢として、20代後半から30前半の企業在籍者とした。学部卒業生としたのは、既存のある専門の考え方、知識を身につけていることを期待してのことであり、年齢に関しては、著者の経験から、企業で最も戦力として期待されている年齢に注目した。この、異分野専攻の大学卒業生の社会人を対象とした、建築分野での社会人教育システムを企画した段階で、受講者への指導内容は、建築学に関する基礎知識を熟知させることと、建築特有の考え方、発想を認識させることを目的とした学科の構想を立て、複合化あるいは融合化は就学中に将来の構想として建てるような指導が行なわれた。表2に、著者がモデルとした東京都立大学のカリキュラムを、また表3には創設学科のカリキュラムを示す。表3は、企業在籍の状態を受講したカリキュラムを抜き出したものであり、教育システムもモデルとして応用されている。特殊な科目の設定はされず、最も基本的な科目のみを2年間で修得させることができるよう配慮している。既に習得した専門と建築学の考え方の相違を認識することを学びながら双方の専門を融合する学習方法は、著者が東京都立大学の、主に社会人教育コースで建築を学ぶとともに、企業の研究所における研究テーマの解法の為に、専門を横断的に融合することにより新規研究分野を開拓するために時に取り入れた学習手法であるが、創設学科のパンフレットやシラバスなどの教育内容説明には記録されていない。

4.2 具体的な運営

学園では、それまで、社会人教育を実施した経験がなく、運営のノウハウについては皆無に等しい状態であった。そこで、学科設立と同時に、学園訪問を希望した訪問者に対して、

表2 建築工学分野のカリキュラム構成（東京都立大学）

講義名	分類				
	基礎専門科目	構造系科目	材料施工系科目	計画系科目	演習系科目
数学(教養)	材料力学	建築材料学	建築計画	プログラミング	
化学(教養)	静定構造力学	建築材料実験	都市計画	建築設計演習Ⅰ	
電子計算機	不静定構造力学	建築施工	日本建築史	建築設計演習Ⅱ	
物理(教養)	建築一般構造	コンクリート工学	東洋建築史	建築設計演習Ⅲ	
社会科学	耐風工学		西洋建築史	建築設計演習Ⅳ	
人文科学	土質工学		建築経済		
	鉄筋コンクリート工学		環境工学		

表3 企画・創設を行った社会人対象建築学科のカリキュラム

講義名	分類				
	基礎専門科目	構造系科目	材料施工系科目	計画系科目	演習系科目
建築数学	構造力学	建築材料	建築計画	コンピュータ演習	
	建築一般構造	建築材料実験	建築史	プレゼンテーション技法	
		建築施工	環境工学	建築設計演習Ⅰ	
		建築測量実習	建築法規	建築設計演習Ⅱ	
				建築設計演習Ⅲ	

就学経験のある著者は、訪問者全員に対応し、その設立意義を説明するとともに、教員資質、ベースとなったカリキュラムの出处について克明に説明を行った。また、同時に、学園訪問者の就学の動機、組織内に於ける現況、個人的将来の展望について、プライバシーの守られる範囲で聞き取り調査を実施した。さらに、遂行する場合障害の多い社会人教育における建築学習の実践を完遂する手法の説明を行った。

4.3 運営状況（専門の横断的融合を目標にした指導）

1995年、著者が、専門技術の横断的融合による新規の建築技術者養成への期待を込めて建設系社会人教育システムを構築した頃、インターネットの黎明期であり、ノートパソコンの能力向上が始まった頃でもある。また、同時にコンピュータによる建築図面の作成教育が話題となり始めた時期でもあった。既に、建築材料実験、建築数学に高級言語によるプログラミング

が教育を導入していた著者は、自作のキットプログラムに必要な集積回路の負担が大きいことに気がつくと同時に、容量オーバーに悩まされていた。機械語はスピードに優れているため、機械語学習教材を入手し、自己啓発により機械語能力を高め、容量を必要とするキットプログラムを導入しキット教育を行うことを念頭に置いていた。著者がこのような能力を身につけるためには、一つには機械語能力を十分に持つことと、建築図面の描き方、そのシステム、考え方を身につけ双方を効率的に身につける必要があった。著者自身は、当時研究テーマの中で、表物理化学と材料力学の横断的融合をほぼ終わり、次期自己啓発の為の研究テーマとして電子工学と建築学による横断的融合により、効率的なコンピュータキットを創る技術を開発するためでもあった。写真1には、筆者が制作した機械語学習教材を示す。ところが、入学者の中に電子工学を専攻した学生が現れ、著者が目指した次の研究テーマはこの学生のための生涯学習の形で個人指導が行われることになった。この学生には、2級建築士の受験資格審査を受けること、

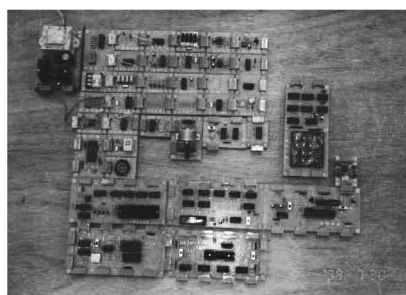


写真1 筆者がキットを使用し制作した機械語学習教材

在籍中に可能な限り資格取得を心がけ、建築産業の現実を認識するとともに、産業としてのキット開発に携わること勧めた^{4,5,6)}。

5. 運営結果の考察 (仮説と運営結果のギャップ)

5.1 団塊の第二世代と高齢化社会の到来

入学者80人の年齢分布は、20歳代が全体の70%、残りの30%が30代前半で占められ、35歳以上の入学者及び高齢者(65歳以上の定年退職者)の入学は3年に1名程度であった。就学者の多くは、企業の戦力ともみられる20代の、団塊の第二世代の就学者で占められていた。団塊の第二世代は、人口の絶対量の増加であるため、その世代の入学者の割合が多いことは当然見込まれることであるが、反面高齢者社会到来による高齢者の増加と、65歳以上の入学者の比例関係は生じないものとなった。

5.2 専門の特化を目指した学科のその後

著者以外の7名が開設した学科は、当初数十名の入学者

をみたものの、わずか3年ほどで、学生減が生じ始め、7年ほどで消滅している。専門を特化した場合、教育需要の母数を狭めることであり、絶対数が少ない分、教育需要の急激な減少が現れるものと考えられ、いずれの新設学科も僅か数年で損益分岐点を割る結果が生じた。

5.3 新校舎効果

新校舎の完成と同時期、ほとんどのコンピュータのO.S.がDOS版からマイクロソフト社のO.S.に代わり、新校舎には学内LANが導入された。新しさに肖った学内LANによる建築教育が試みられはしたものの、しかし、黎明期の学内LANの能力、パソコンの能力は、一クラスをコントロールすることが不可能である事態が生じ、建築教育に支障を来すところとなった。その結果、教育内容野不備が高等学校教諭から激しい批判を浴び、経営的視点からの効果は発生せず、寧ろ経営障害が発生することになった。

5.4 大学の学部設置と専門の横断的融合

入学者全体の半数が学部卒業者であり、専攻を調査したところ60%でいどが文系出身者であり、文系出身の学生が工業技術を就学する必要性を感じて入学してくることが判明した。当初期待した専門の融合は、電子工学出身者のキット開発者、植木職人の建築学修得、不動産業者(宅地建物取引)の建築学修得など一部に見られたのみで、いずれの就学者も建築士の受験資格を取得することを目的とすることが多く、当初の期待に反し、専門の横断的融合を齟齬しての入学とはいえないのが実情であった。

5.4 他校、都内私大における運営 (回答因子)

著者は、1学年2クラスで80人1、2学年合計160人の規模での運営を行ない、極めて利益率の高い運営を完成させた後、3年目に都内の他の学園の誘いにより移動した。その要因となったのが、前任校での経営、運営手腕を求められてのことであった。しかし、契約条件の関係で、創設、企画、経営に携わることはお断りし、前任校で作成したパンフレットのみを手渡した。移動した学校でも、形だけは全く同じカリキュラムであり、さらに設備も、アクセスもほぼ同じ条件となった。その結果は、運営担当者が変わった後の前任校と同じように、入学問い合わせ、学園訪問はあるものの入学手続きをとる希望者は定員の40%程度となった。また、都内の工業系私立大学において、電気系社会人教育部門の経営改革を依頼された時期、例年、都内に200人ほど存在する建築学希望者を対象に、経営改革を試みる試案も立てたが、学科廃止の決定が下されたため、頓挫した経過があり、その後、誘われるような形で現在所属している学園に移動した。

6. まとめ

6.1 議論された社会現象に対する仮説の信憑性

- 1) 確実な教育需要の把握は、健全な学園経営には必要欠くべからざる条件であり、社会の動向から考えられる仮説の中に存在することも考えられないこともなかった。しかし、社会の動向の中に存在する仮説を、仮説ではなく、正確な教育需要のデータとして把握するための基礎データの蒐集・分析は、経営を軌道に導く最も重要な事項と考えられる。
- 2) 教育需要の正確な把握は、学園運営上重要な事項ではあるが、特に社会人教育に於ける就学を希望する学園訪問者の場合、緻密な調査、正確な聞き取り調査を確認し、その教育内容に納得しないと入学手続きをとることはしないのが推薦入学制度といえる。従って、単純に情報提供の要請があったとしても、その結果が教育需要に直接には結びつくことは生じなかった。
- 3) 高齢社会の到来は、高齢者の建築教育需要に目立った影響はなかった。しかし、現役の企業の戦力といわれている世代の社会人には、平均寿命 80 年の与えられた時間の経過を、単一の専門の取得の取得のみでは、社会の変化に追従不可能と判断する社会人が多く、20 代から 30 代前半の社会人の高齢化社会を背景にした建築教育需要が生じた点に特徴があった。
- 4) インベーションの激しい専門分野の教育需要は、技術革新の速度が速いため、社会に、継続的な教育需要を発生させることはできなかったものと考えられた。結果として、その継続期間は 10 年以内のことが多く、教育需要の減少は、学科設立後 3 年程度で発生する傾向にあり、設備投資の回収をみないまま、廃科にせざるを得ない状況が生じた。
- 5) 学園の外観だけの教育環境が、教育需要を生むことは少なく、推薦入学制度となった場合、高等学校の教諭の進路指導は、教育内容の堅実な学園選択による指導が行われ、欠陥を持った教育内容と判断された場合、急激な学生減少が生じるものと認識を新たにした。

6.2 専門の横断的融合を指導した学生のその後

東京都内の国立大学の電子工学を卒業した建築学科の卒業生は、在学中に宅建と 2 級建築士の資格を取得、卒業後全国規模のハウスメーカーに就職、数年で今度は著名な構造計算事務所に転職さらにその後、本社がアメリカのキャットワトメーカーに就職し、建築製図のキャットワット技術者として重要な地位に就いている。

参考文献

- 1) 鈴木 要：建築研究者のための生涯教育-その 1 理想的な教育の場の模索-、日本建築学会技術報告集、第 11 号、pp. 271-274、2000. 12
- 2) 鈴木 要：生涯学習を意識した建築教育-設立企画・カリキュラム構成・成果-、日本建築学会技術報告集、第 13 号、

pp. 263-266、2001. 6

- 3) 鈴木 要：学園経営健全化への模索、新規学科に見られる光と影、日本建築学会技術報告集、第 21 号、pp. 389-392、2005. 6
- 4) 鈴木 要：拘束されたセメント硬化物の破壊に関する熱力学的研究、熱力学の 2 大法則による解析、日本建築学会構造系論文報告集、第 400 号、1989.6、pp.9~15
- 5) 鈴木 要：拘束されたセメント硬化物の破壊に関する熱力学的研究 その 2 熱力学的解析から導かれる力の挙動、日本建築学会構造系論文報告集、第 421 号、1991.3、pp11~19
- 6) 鈴木 要：建築研究者の継続学習に関する事例報告 異分野からの着想による破壊評価パラメータの選択、日本建築学会技術報告集、第 18 号、2003.12、pp.403~407

注

- 1) 当時の東京都立大学は、理学部、工学部、経済学部、文学部など全ての学部で昼夜開講制が採用されており、主に昼間に受講する A 類と、夜間に受講する B 類にわかれて学生募集が行われていた。
- 2) 筆者の行ったアドミッションセンターに於ける入学相談は、誘導ではなく、訪問者の将来像についての相談を受けたものである。
- 3) 既存の専攻に対する理解力が無い場合、適切な指導を行うことは困難であり、将来像へのイメージ感が少ない分、教育成果は限られることになる。
- 4) 専門の複合化は、既存の専門職にもう一つの専門を並行して取得することになり、企業内での職種の複合化としての成果は見られるものの、新分野技術者養成には至らないことも多い。
- 5) 専門の機能的融合の可能となる場合、既存の職種にない新規の技術者、研究者の養成が可能となる。
- 6) 融合による技術者養成は非常に希な場合が多く、指導する側も特殊な事例に陥ることが多い。
- 7) 学習内容としては、建築学における考え方を忠実に指導するに止まり、特殊な指導は不可能に近く、融合に関しては受講者の自らの置かれた状況で行うことにつきる。従って、融合に至れるか、複合化のままで居るかの判断は、専攻が重要な因子となるが、個人の努力も重要であるといえる。学園指導者は方向性を付けてやることしかできない。
- 8) 複合化と融合の違いは当事者の意識により変化するものと考えられる。

21世紀の里山再生計画

その1 暖帯林内に於けるブナ林の現況

鈴木 要

九州共立大学工学部建築学科

Reconstruction of SATOYAMA in the 21th Part 1 Present Situation in a Warm – temperature Forest

Kaname SUZUKI

Recently, Climate change has been discussed in the world. The most important factor is the increase of CO₂ in the atmosphere since industrial revolution. In this reports part 1, The Present situation of Japanese beech witherd has been reported in the Mount Amagi.

Key words: climate change, warm-temperature forest, temperature-forest, the Amagi, tourist farm
, national park

1. はじめに

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

の道路整備と都市化は、嘗て見通しの利く水田内でのハウス栽培から、住宅地の陰にみえるハウスに姿を変え、栽培条件の悪化も取り沙汰されている。ごく一部の部分のみが管理され、一步荒廃した里山に踏み込むと、農業生産用廃棄物が産業込みとして破棄されているような、地域全体での環境保全を踏まえていない、農村計画に寧ろ原因が存在すると考えるのが筆者の印象である。地球環境について議論のされることの多い昨今、棚田、里山などの環境に及ぼす効果について注目されることも多い中で、筆者は1940年代企画された里山と経済発展の経過、地球温暖化に伴う現況についての調査と原因究明を行い、その二酸化炭素の固定能力と、木材としての都市建築への貯蔵について論じた。

一連の里山再生研究において、筆者が早急に行わなければならないと実感したのは昭和17年に植林した栲、木樨などの落葉広葉樹林内における春先の新緑の衰えであった。植林後57年程経過した2000年頃特に木樨の樹勢の衰えが目に見えて目立つようになり、瘤の発生と枝の落下現象が多発し、状況調査と被害対策を思いついた時である。本報告は、プレート移動により太平洋の島であったとされる照葉樹林の多い伊豆半島に於ける、落葉広葉樹の実情を調査するとともに、その対策としての人工更新、樹種の変更など

今後の対応策を論じるものである。その1として、ブナ林の現況の調査報告を行うものである。

2. 暖帯林と温帯林の分布

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

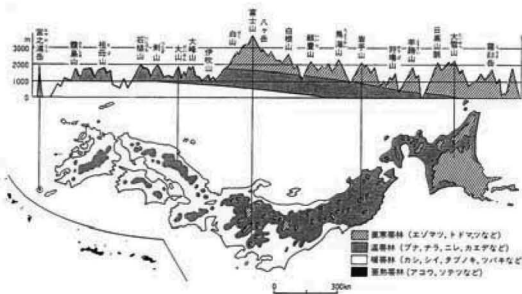


図1 日本の樹林帯の分布と海拔による樹林帯の関係

3. 伊豆半島の温帯林内のコナラ



図2 調査対象地域の位置関係

3.1 個体調査

図2に自生林の調査を行った、天城山系達磨山近辺の位置関係を示す、西端は達磨山982mを頂点に、僅かな水平距離の間に戸田港まで急峻な地形となりその後、駿

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



図3 平成19・20年に調査された地点の個体位置



写真1 天城山系の海拔の高い部分での木樨

3.2 調査結果

平成19・20年の正月、夏タイヤのまま凍結道路を緩いスピードでおそろおそろ個体を探しながら県道18号を修善寺から登坂した。海拔は1000m程度だが、水平距離が少ない分急坂が多い道路であった。達磨山高原の手前

800m 程の地点で自然林の個体を発見した。人工林は一定間隔で大量に植林されているため区別が可能となる。事実低いところには集中密植している人工林を見かけた。この地点は、天城山系の椎茸栽培が盛んな地域でもあり極端な相違がある。写真1, 写真2にその個体の状況を示す。

写真1に示すように枝はのびのびした状況であり、低地の暖帯林内のコナラに見られるような、癌腫はみられない、



写真2 海拔の高い温帯林内の木槨の樹皮の状況

また、写真2に見られるように、樹皮は光沢を擁しており、引き締まった状況が読み取られた。これが本来温帯林内で自然に発生した個体の状況といえる。

4. 伊豆半島の暖帯林内のコナラ



図4 暖帯林内のコナラの個体調査ルート

4.1 個体調査

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

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

4.2 調査結果

鈴木が論文集で報告した個体の中で、唯一人工更新を行わなかった個体は、現在でも生存するが、外皮のつやが失われ、色も褐色となり、胴吹き芽を盛んに発生さ



写真3 稜線部分を縦走中に見かけたコナラの個体



写真4 人工更新したコナラの死滅



写真5 唯一残った個体も胴吹き芽



写真6 温暖化が進んでいると思われる事例 (2010. 1. 3)

せているが、樹勢は明らかに衰えたものとなっている。また、写真3人工更新を試みた根回り2000cmほどの個体は一時発芽も見られたが、写真4に見られるように、現在は枯れ果てて無残な状況にある。また、縦走した稜線部分の個体は、鈴木が先代から受け継いだ個体より古いものが多く、巨木にはなるものの、枯れ死状態にあり、



写真7 温湿度変化を測定している状況

癌腫を無残に見せながら腐朽進行の状態にあった。また、2010年正月、森林の温湿度状態を測定する間において、写真6に見られるように、真冬の蝶の飛翔が見られた。確かに暖かいことを実感した。

5. まとめ

5.1 コアラと人工植林の関係

コアラは、柔らかく椎茸などの栽培のほだ木として使用され、天城山系の各地では、人工植林が行われている。しかし、温帯林内と思われる海拔では、成長はそれほど早くなく、かなりの年月を経て、ほだ木として使用されるようになるのが一般的である。しかし、伊豆半島の

400mほどの海拔の地域では、成長が早く、巨木になることが多い。従って、今回の調査点のように、ほだ木として植林したものの、更新せず放置した場合、巨大化するが、異なる気候帯に植林されたため、赤色癌腫という病巣により消滅することが多いものと考えられる。

5.2 コアラの天然林の特徴

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

5.3 人工植林がもたらすコアラへの弊害

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

5.4 温暖化現象の片鱗と思われる現象

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

5.5 今後の研究方向

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

参考文献

- 1) 環境省編：環境白書（平成18年版）、総合環境政策局環境計画課、平成18年5月31日発行
- 2) 宮脇 昭、板橋興宗：鎮守の森熱帯雨林再生プロジェクト PP.99-106、新潮社、2000.5
- 3) 宮脇 昭他6名著：リモートセンシングからみた地球環境の保全と開発、東京大学出版会、1995.11
- 4) 鈴木 要：Loblolly Pine による農山村経営の健全化への試み その1木材生産量と生産費の比較、日本建築学会計画系論文集、第533号、pp.83-88、2000.7
- 5) 鈴木 要：Loblolly Pine による農山村経営の健全化への試み その2複層林化による林床の高度利用、日本建築学会計画系論文集、第544号 pp.163-169、2001.

九州共立大学工学部
研究報告
第35号

平成23年2月28日

編集発行者 九州共立大学工学部

図書紀要委員会

北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8

TEL: 093-693-3043

印刷所 (株) ヤ マ ガ

北九州市八幡西区夕原町 4-8

TEL: 093-622-8600



Contents

Effect of Rolling Lubricant Viscosity and Roll Polishing Method on Friction Coefficient and Surface Characteristics of Rolled Sheets in Cold Rolling of Stainless Steel	Hiroyasu YAMAMOTO Yuta ATSUMARI Katsuhiro HATA Tsugio MIZUTA 1
Simplified Numerical Simulation for Width Spread of Sheets in Cold Rolling	Hiroyasu YAMAMOTO Hidekazu IWASA Mansaku SASAKI 9
On Characteristics of Geographical Features, Bottom Sediment and Micro Benthos of the Sone Tidal Flat	Kazuya KUMATANI Haruyuki KOJIMA Shuguang YAN Yoshinori HARA Keiji SHIMIZU 17
Estimation of the Predominant Direction of Littoral Drift at the Sanrimatsubara Coast in Fukuoka Prefecture from Sediment Budget Analysis	Shuguang YAN Haruyuki KOJIMA 23
Research of Manegment in Sciety Inovated Severely Thinking of Factor Concerning Manegment	Kaname SUZUKI 29
Reconstruction of SATOYAMA in the 21th Part 1 Present Situation in a Warm -temperature Forest	Kaname SUZUKI 35