

石膏球によるノリ・カキ養殖漁場の時間平均流の測定

藤澤邦康・林 浩志*・小橋啓介

Measurement of Time-Average Water Motion Intensity at Stations in Nori, *Porphyra* spp. and Oyster *Crassostrea gigas* Culturing Grounds using Plaster Balls

Kuniyasu FUJISAWA, Hiroshi HAYASHI, and Keisuke KOBASHI

キーワード：石膏球，時間平均流，ノリ養殖漁場，カキ養殖漁場

ノリは海水中の栄養塩類を利用，カキは海水中に漂うプランクトンを捕食して成長する。海水中のこれらの物質は流れによって運ばれることから，ノリ，カキへの栄養塩やプランクトンの供給量は，それらの現在量と流れの強さによって決まるといえ，流速はノリ，カキ養殖上重要なファクターといえる。

流速測定は機器により行われてきたが，機器がきわめて高価であることから，海域のきめ細かい観測には限界がある。一方，石膏が流れの強さによって減耗することを利用して，石膏球による沿岸，内湾での多定点の流速測定が行われている¹⁾。

今回，養殖漁場の特性としての流速を把握するため，石膏球を用いて県下のカキ養殖漁場での平均流測定を行った。その結果について報告する。

方 法

石膏球作成

石膏球作成は，小松らの方法²⁾に準じて行った。石膏は，美術教材用の特性焼石膏（日本焼石膏工業組合）を用いた。石膏球型枠（内径38mm）は枠内に流し込んだ石膏の剥離が良い超高分子量ポリエチレン：ニューボードを用いた。

石膏球型枠内側に石鹼を塗布し，石膏球型枠ホルダーにセットした。石膏と蒸留水をの割合（30g：21g）で空気が混入しないよう混ぜて液状化し，150ml容注射筒から型枠内に充填した。24時間静置後，石膏球型枠より石膏球を取り出した。この装置で作成した石膏球は，自然乾燥して，4週間以上経過したものを起伏を削り取り，サンドペーパーをかけて表面を成形した。

石膏球と流速との対比

定常流試験：室内水槽中に鉛直に円形パイプ（直径10cm×長さ100cm）を設置し，底部からパイプ内に海水を通し，上部より排水した。装置の概念図は図1に示した。海水の流速はパイプ下端から50cmの位置から上方90cmの位置（40cm長）に水面が上昇する時間をストップウォッチで測定して流速を求めた。石膏球は蒸留水に測定前1時間浸漬後，ガーゼで球表面の水分をふき取り，秤量した。そして，石膏球は直径10cmのパイプの中央に設置し，24時間通水した。また，海水温は排水を棒状

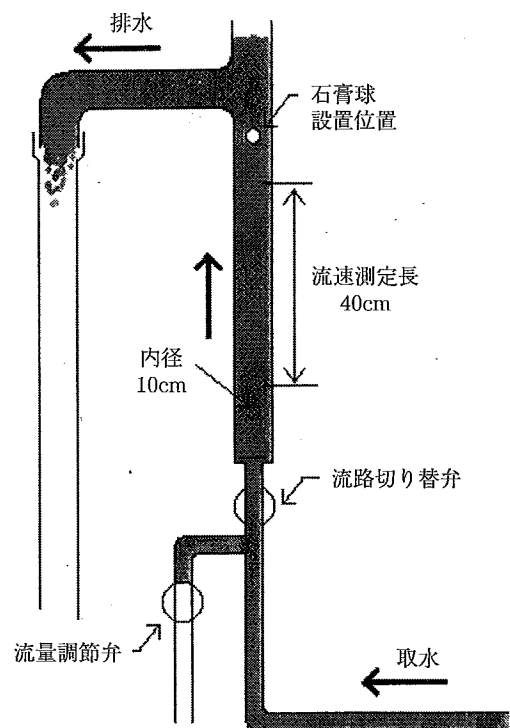


図1 定常流中での石膏球溶解速度試験装置概念図

*現 岡山県生活環境部環境管理課

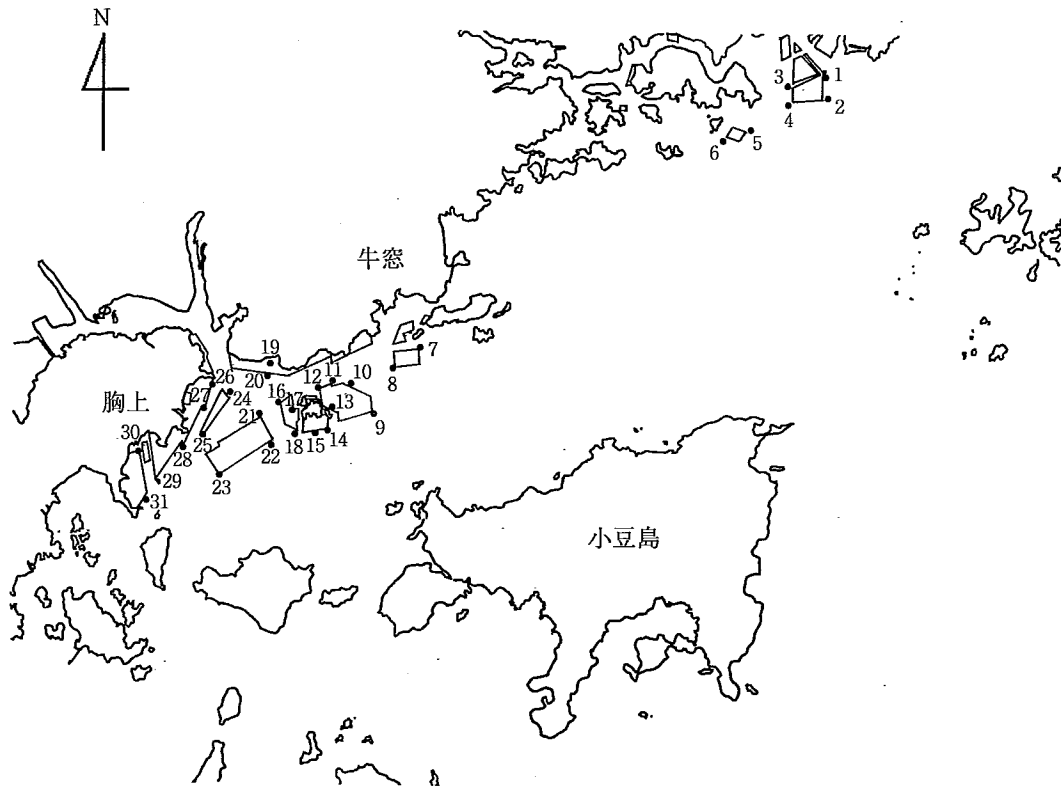


図 2-1 石膏球によるノリ養殖漁場平均流測定定点図 (県東部)

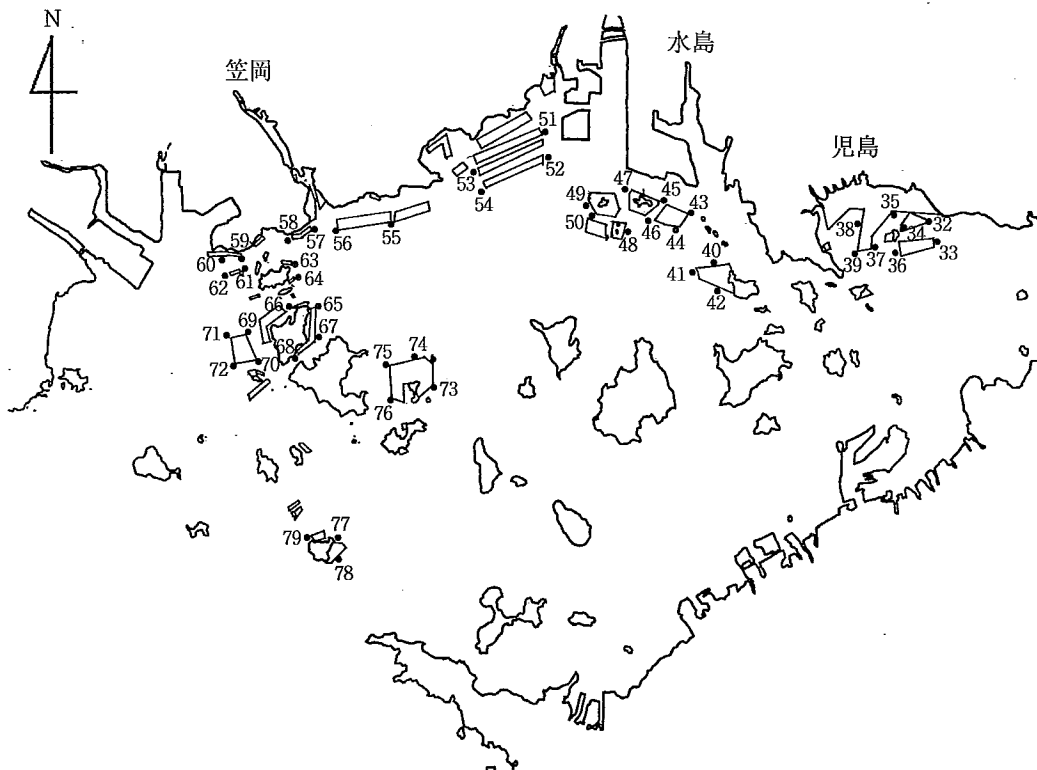


図 2-2 石膏球によるノリ養殖漁場平均流測定定点図 (県西部)

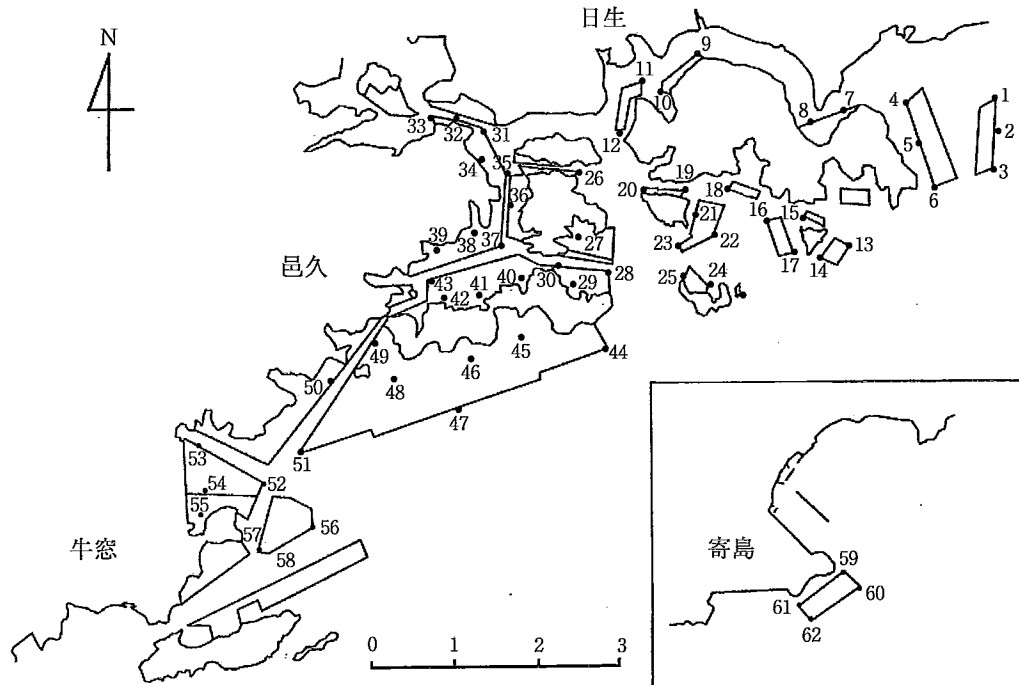


図3 石膏球によるカキ養殖漁場平均流測定定点図

水温計にて測定開始時と終了時の2回測定した。そして、通水後、石膏球は直ちにガーゼで球表面の水分をふき取り、重量を測定した。

石膏球と流速計との対比：水産試験場前筏に電磁流速計（time interval：5 mins.）を設置し、水深1m層の流速を24時間測定した。石膏球は電磁流速計近傍のセンサーと同一水深に垂下した。

ノリ・カキ漁場の平均流測定

ノリ漁業権区域の浮標灯（図2-1、図2-2）に2002年10月8日～9日の24時間及びカキ漁業権区域内のカキ筏（図3）の縁辺部に2002年10月8日～9日の24時間、石膏球を水面下1m層に垂下し、同時に水温を測定した。

結果及び考察

流速と石膏球溶解速度の関係

小松ら²⁾によると温度と流速が一定の場合、石膏球の湿重 (W_p) の減少量は定常流に沈漬した時間 (t) に比例した (1) 式で表される。ここで、 W_{p0} は測定前の石膏球の湿重であり、 ΔW_p^{1-m} は石膏球減少量、 k は流速によって決まる比例定数である。

$$W_{p0}^{1-m} - W_p^{1-m} = \Delta W_p^{1-m} = (1-m) kt \quad (1)$$

そして、水槽試験の結果から m を求めると、 $m=1/2$ と

なる場合が多いことを報告している。

今回行った $8\sim 28^\circ\text{C}$ の各試験水温下での ΔW_p^{1-m} と流速 (V) との関係を表 (2) 式に当てはめた。

$$\Delta W_p^{1-m} = aV + b \quad (2)$$

$m=0$ の回帰を求めると流速が速い測点での ΔW_p^{1-m} が低め、すなわち回帰の直線性が薄れてきた。上記の $m=1/2$ を用いた場合、直線性は増したことにより、以後 $m=1/2$ を用いることとし、その計算結果を表1にまとめた。そして、各水温別の (2) 式で得られた a と b の値を用い

表1 各水温で測定された水管感中で測定された石膏球減量と流速の関係

水温 ($^\circ\text{C}$) 範囲 平均	流速 (cm/sec) 範囲 例数	回帰式	相関 係数
		$\Delta W_p^{1/2} = AV + B$	
8.4- 8.9 8.7	0.6-23.1 6	$\Delta W_p^{1/2} = 0.0725V + 0.1204$	0.9939
14.4-15.5 14.8	0.8-17.5 8	$\Delta W_p^{1/2} = 0.0893V + 0.1793$	0.9974
19.5-20.2 19.8	0.8-17.5 7	$\Delta W_p^{1/2} = 0.1167V + 0.1785$	0.9988
25.6-26.8 26.0	0.7-20.3 7	$\Delta W_p^{1/2} = 0.1345V + 0.2736$	0.9971
27.4-28.7 28.2	0.7-20.5 6	$\Delta W_p^{1/2} = 0.1459V + 0.2895$	0.9915

$\Delta W_p^{1/2}$ ：石膏球減量（沈漬前重量（1/2乗）－沈漬後重量（1/2乗））
 V ：流速

て、水温 (Wt) と a の関係式

$$a = 0.0038Wt + 0.0377 \quad (3)$$

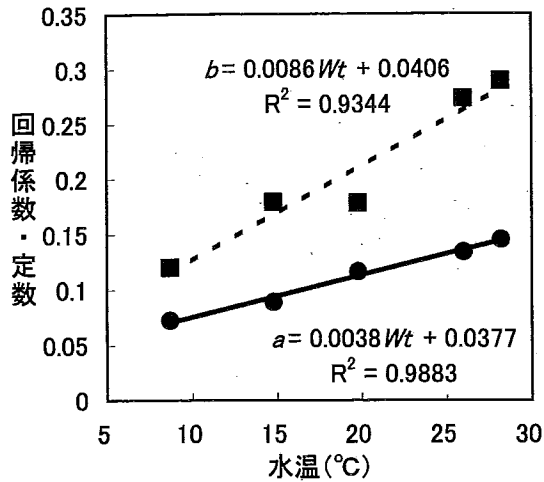


図4 水温と回帰係数・定数 ($\Delta W_p^{1/2} = aV + b$) との関係

表2 石膏球と電磁流速計との流速の対比 (cm/sec)

	1	2	3
石膏球時間平均流流速	5.5	8.5	12.0
電磁流速計流速平均値	2.5	5.9	7.8

Wt と b の関係式

$$b = 0.0086Wt + 0.0406 \quad (4)$$

を得た(図4)。さらに(3)式と(4)式を(2)式に代入して下記の石膏球減少量と水温による平均流推定式(5)を得た。

$$V = (\Delta W_p^{1/2} - 0.0086Wt - 0.0406) / (0.0038Wt + 0.0377) \quad (5)$$

よって以下の試験では(5)式を用いて平均流を計算した。

石膏球と流速計との対比

電磁流速計瞬間値の平均値と石膏球(直径36mm)の減量の関係は $\Delta W_p^{1/2} = 2.28 \times V + 0.96$ の関係が得られている³⁾。

一方、今回の石膏球による平均流値と電磁流速計の流速平均値とを対比すると、石膏球の方が1.5~2倍程度高めとなり(表2)、小松の報告と同様の傾向が得られた。今後、例数を増して両者の関係式を求める必要がある。

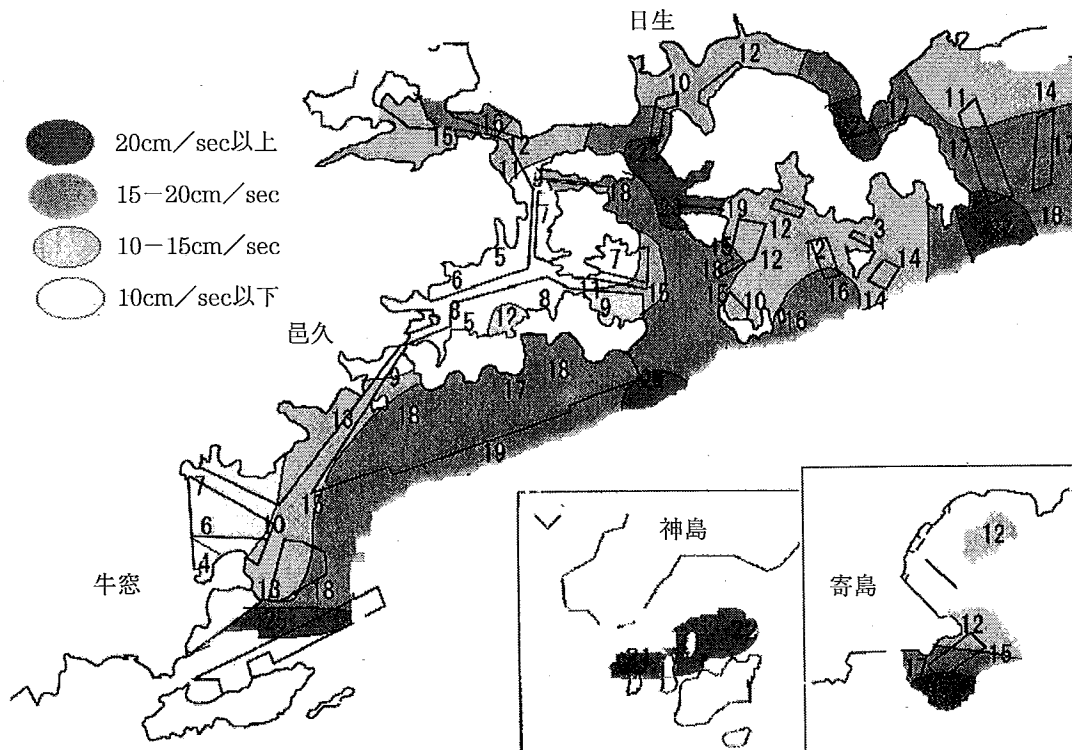


図5 石膏球で測定されたカキ養殖漁場の平均流流速分布

ノリ・カキ養殖漁場の平均流

カキ漁場定点で行った石膏球による平均流測定結果は付表1, ノリ漁場の測定結果は付表2のとおりである。ノリ漁場は, カキ漁場と比べて沖合にあることから, 平均流は17.3~30.5cm/secと大きい値となり, 定点間の差は小さい結果となった。一方, カキ漁場は平均流は5.0~24.7cm/secと定点間の差は大きかった。その分布は図5に示したが, 灘に面した漁場及び水路で大きく, 内湾奥部で小さい値が得られた。過去に虫明湾カキ漁場で行われた石膏球平均流調査結果³⁾と今回の虫明湾定点調査結果はほぼ同程度の値が得られた。今回の調査は大潮期1回であり, さらに小潮期の調査も行い, 漁場の特性を明らかにしてゆく必要がある。

文 献

- 1) 小松輝久, 1992: 石膏球による時間平均流の強さ測定方法の改良とその観測例, 海洋, 24, 8, 503-511.
- 2) Komatsu, T. and H.Kawai, 1992: Measurements of time-averaged intensity of water motion with plaster balls. *J. Oceanogr.*, 48, 353-365.
- 3) Kira S, Horiguchi H, Nogami Y, Komatsu T, Fujisawa K., Ito T and Hayatsu H, 1997: Improved blue rayon hanging technique that can measured a time-weighted average concentration of benzo (a) pyrene in sea water, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 59, 941-947.

付表1 ノリ養殖漁場定点での時間平均流流速

定点	流速 (cm/sec)	定点	流速 (cm/sec)	定点	流速 (cm/sec)
1	30.5	31	23.8	61	20.7
2	27.3	32	25.8	62	25.4
3	29.8	33	26.1	63	21.6
4	30.4	34	25.2	64	19.9
5	26.4	35	23.7	65	21.2
6	29.7	36	25.9	66	25.7
7	22.1	37	26.0	67	19.6
8	23.2	38	20.5	68	26.2
9	25.8	39	22.3	69	24.4
10	23.7	40	27.1	70	22.1
11	24.2	41	26.3	71	23.8
12	22.5	42	25.2	72	24.8
13	21.6	43	24.9	73	19.7
14	24.5	44	23.3	74	24.9
15	22.9	45	26.3	75	24.6
16	25.4	46	22.7	76	26.2
17	22.1	47	22.2	77	22.9
18	23.4	48	24.1	78	26.5
19	22.2	49	25.0	79	23.4
20	20.8	50	25.4		
21	26.1	51	21.3		
22	23.3	52	21.0		
23	23.9	53	21.3		
24	25.2	54	20.0		
25	24.4	55	26.2		
26	18.4	56	26.1		
27	21.0	57	19.5		
28	22.5	58	20.7		
29	22.1	59	16.1		
30	17.3	60	23.4		

付表2 カキ養殖漁場定点での時間平均流流速

定点	流速 (cm/sec)	定点	流速 (cm/sec)	定点	流速 (cm/sec)
1	13.5	26	17.8	51	15.0
2	17.2	27	7.4	52	10.3
3	18.1	28	15.4	53	6.9
4	11.5	29	9.3	54	5.7
5	17.3	30	10.8	55	4.3
6	22.2	31	11.8	56	18.4
7	16.6	32	16.3	57	12.9
8	22.1	33	14.6	58	24.7
9	12.4	34	11.4	59	12.4
10	9.1	35	8.8	60	14.5
11	10.3	36	6.9	61	16.6
12	22.9	37	6.0	62	23.3
13	14.2	38	5.0		
14	14.4	39	6.0		
15	12.9	40	8.4		
16	12.8	41	11.7		
17	16.0	42	5.5		
18	12.3	43	8.3		
19	19.2	44	20.0		
20	23.1	45	18.0		
21	15.0	46	16.9		
22	11.7	47	19.0		
23	10.4	48	17.7		
24	16.1	49	8.8		
25	14.8	50	12.7		