

松川浦のノリ漁場の生産力について

小野 剛・寺井 胖・岡本 隆*

Productivity of Nori Culture Farm in Matsukawa-ura Inlet

Takeshi ONO, Yutaka TERAI and Takashi OKAMOTO

緒 言

松川浦は福島県東北部にある、面積約 6.3 km^2 の小さな潟湖で、県下唯一のノリ漁場で、全国的にアサクサノリの種苗供給地として知られているが、浅水深で起伏が多く、かつ典型的な閉塞内湾漁場で海水交流が不十分である。そのため、低比重、貧栄養、水温変化の不順、海水交流の不足など、ノリ養殖生産の負の要因として早くから漁場改良開発の必要性が強調されてきたところである。

昭和41年、国の浅海漁場開発事業の調査地区として指定をうけ、以来3ヶ年にわたり調査を実施した。本調査はノリの生育環境改善のために大規模な土木工事によって湾内外海水の交流・混合・拡散がいかにあればよいかを追求し、効果との関連から最適な改良法および工法を求めることを目標として漁場基礎条件、漁場および生物、社会環境の3部門にわたり行なわれた。(水理部門は農業土木試験場、東北大学、生物、海洋の一部は東京水産大学に委託した。)

水産試験場は漁場および生物、漁場基礎条件調査の一部を担当し、従来にない統計だった調査を実施したつもりであるが、未知の分野も多くどれだけ深く追求できたか疑問のある点もないわけではない。本調査の結果はそのつど報告書¹⁾が出されているのでその内容については別の機会にゆずることとしたい。

漁場の生産性については、既往の実験データや経験的事実から生産力の如何を検討推定するほかないと言われている。即ち、ノリ生産には多くの要因が関連するが、それらの要因を1つの理念の下に互に密接な連携を保持して考察した総合結果でなければ漁場の生産性とは言えない。しかし、ノリには不明瞭な点がまだまだ多い。たとえば、ノリ生育上の環境が、その栄養生理ないし病理にどのように影響するか明確に知られていないことなど。

松川浦の漁場生産力については、岩崎・松平²⁾がノリの窒素、燐含有量と環境要因、栄養塩類の補給量とノリの実生産量について検討した結果、栄養塩濃度の絶対不足により接触水量×栄養塩濃度、つまり流速がノリの生育に大きく影響するように考えられるとしている。

* 県水産課

本報告は、浅海開発関係の調査を通じて重要なポイントである事業効果算定のため、環境面からノリの漁場生産力について2,3検討したものである。

方 法

ノリの栄養生理がその生産力に影響するという見地から、環境とノリ生育の関係について、1つは流況などの変化による生産力、とくにリンの吸収量の変化から、2つは環境要因の中でノリの生育と大きな相関関係をもつ主要要因から生産力推計をこころみた。つまり、前者では、潮位、流速、栄養塩濃度、塩分、水温などの環境要因とノリ葉体分析、柵当り生産量、漁場豊度区分との関係をMunkの式を根拠とし、後者は、流速、塩素量、生産量との相関関係を根拠として計算して、関係式をみちびき生産量の推計を行なった。

結 果

Munkの式による生産量推計

1. 試験柵の生産力

1.1 試験柵の潮流 試験設置箇所図1の各点について満潮位と養殖網張込層間の潮差 (cm/hr) および流速 (m/sec) について大潮、小潮時に2~3回観測しその平均値は表1のとおりである。

表1より単位時間当り満潮位と張込層間の潮差 (h) と流速 (V) との関係は

St. 1	$V_1 = 0.0375h - 0.17$
St. 2	$V_2 = 0.0436h + 0.00368$
St. 3	$V_3 = 0.0157h + 0.0509$
St. 4	$V_4 = 0.0083h + 0.027$
St. 5	$V_5 = 0.0044h + 0.03488$
St. 6	$V_6 = 0.00489h + 0.036831$

上式の図2より図1に示した自記潮位計が湾口 (St. 1, 2), 岩ノ子 (St. 3, 4), 新柏 (St. 5, 6) の潮位を代表するものとして、ノリ養殖期 (試験柵張込期間) 11~12月の毎日の満潮位と張込層間のhを読みとり、各月の各試験柵周辺平均流速を算出した。

なお過去5ヶ年間の月別平均潮位変化は図3のとおりで、その傾向線 $y = -0.82x - 4.11$ (y : 潮位 T.P = 0 表示, x : 10日間) にそって1ヶ月毎に張込層が順次下げられるものと仮定する。

1.2 試験柵の生産量 各試験柵から同時点で3回の摘採を行ない、ノリ製品の総重量、1枚当り重量、枚数を測定すると表2のとおりである。

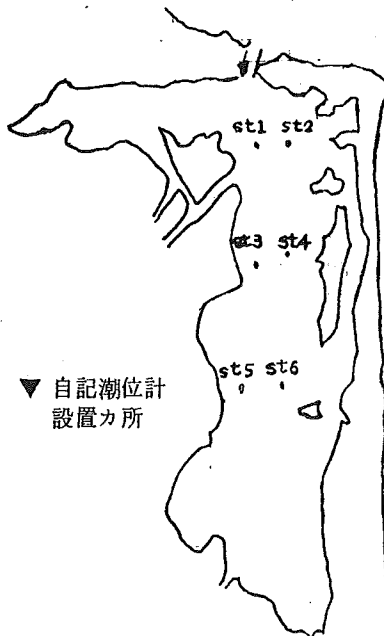


図1. 試験柵位置

表 1. 1 時間当りの昇降潮差と流速の平均値

St.	単位時間当昇降潮差 cm/h		9.10.11 月観測時の平均流速	
	満潮位 \rightarrow 張込層	(小潮)	大潮 m/sec	小潮 m/sec
1	(大潮) 9.07	5.6	0.1673	0.0427
2	8.8	4.9	0.3853	0.22048
3	9.5	3.0	0.2003	0.0976
4	10.0	2.8	0.1138	0.0502
5	14.8	2.8	0.1001	0.0467
6	12.1	2.7	0.0963	0.0505

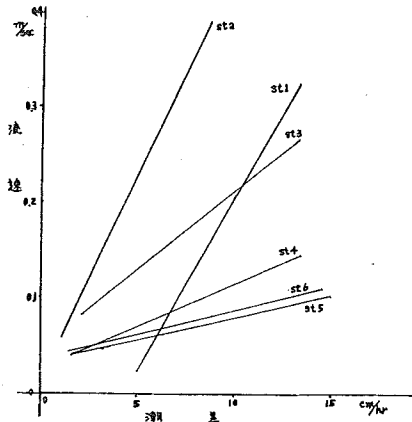


図 2. 単位時間当昇降と流速の関係

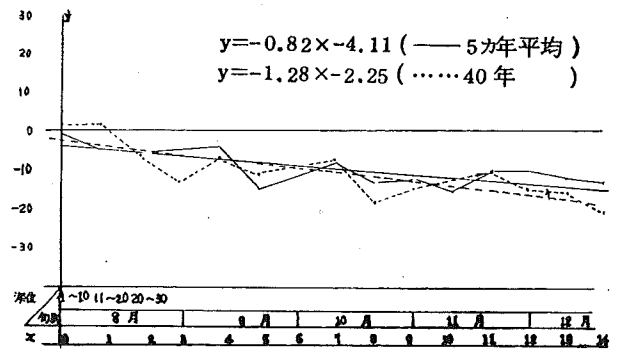


図 3. 旬別潮位変化 (T・P=0表示)

表 2. 試験柵ノリ生産量

St.	第 1 回摘採			第 2 回摘採			第 3 回摘採			計		
	乾重	枚数	1枚重	乾重	枚数	1枚重	乾重	枚数	1枚重	乾重	枚数	1枚重
1	35.5 g	14	2.54 g				1,025 g	410	2.5 g	1,060.5 g	424.4	2.52 g
2	353.5	133.5	2.65	990.0	437	2.24	1,870	525	3.56	3,213.5	1,083.5	2.82
3	397.0	155.0	2.56	885.0	214	2.25	1,076	331	3.25	2,358.0	700.0	2.69
4	11.1	4.3	2.58				825	330	2.5	836.1	334.3	2.54
5	60.1	23.3	2.58	440.0	190	2.27	1,050	413	2.54	1,550.1	626.3	2.46
6	108.5	42.0	2.58	1,115.0	484	2.23	876	344	2.55	2,099.5	870.0	2.45

註 9月16日天然採苗(福田地区) 10月7日仮殖 11月9日試験柵本張
11月29日第1回, 12月20日第2回, 1月11日第3回摘採

1.3 ノリ葉体の分析結果 試験柵から摘採したノリ葉体の分析結果は表3のとおりである。

表3. 試験柵のノリ葉体分析

採取日	場所	100 g中 水分(%)	100 g中 T-N (%)	100 g中 C-prot	100 g中 P(mg%)	100 g中 Ash (%)	* P含有量
41.11. 9	St. 1	8.8	2.83	17.69	246.0		2.189
	2	8.8	2.50	15.63	265.2		2.360
	3	9.2	3.15	19.69	313.7		2.914
	4	8.5	2.77	17.31	332.3		2.853
	5	10.7	3.11	19.44	294.7		3.183
	6	8.4	3.12	19.50	359.2		3.046
11.29	St. 1	8.7	3.72	23.25	366.8	8.5	3.191
	2	8.0	3.87	24.19	431.3	9.6	3.450
	3	8.5	3.70	23.18	444.9	9.3	3.782
	4	9.0	3.86	24.83	380.9	9.2	3.428
	5	8.7	4.11	25.69	378.5	8.2	3.293
	6	8.4	3.76	23.50	429.0	9.9	3.604
12.20	St. 2	14.4	5.25	32.81	589.9	11.9	8.554
	3	11.2	5.00	31.25	557.6	10.9	6.301
	5	11.13	4.31	26.93	477.1	10.4	5.344
	6	11.0	4.05	25.31	518.0	12.3	5.750

* 製品の平均水分 9.9%に換算した製品 1 g中の P含有量 mg/g

1.4 海水中の栄養塩 観測期間中(11~12月)のノリ葉体をとるまく海水の栄養塩中、Pの量およびClは表4のとおりである。

1.5 生産力推計の指標 海水分析結果と浦内の特性から容易に指標となり得るP(磷酸), Cl(塩素量), W.T.(水温)を利用しMunkの比例式によりノリ葉体への磷吸収量の松川浦における一般式を算出する。

表4. 海水中のP, Cl

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
PO ₄ -P γ/l	9.7	3.5	6.0	4.7	9.2	8.7
Cl ‰	17.9	17.9	17.5	17.4	17.25	17.20

$$P = a \cdot r \sqrt{v} \dots\dots(1)$$

ここに a : 係数, r : 海水中磷濃度 mg/m³, v : 漁場の流速 m/hr, P : 1時間当り磷吸収量 vは前述の如く算出した。rは流速観測時および定期採水, 定期連続採水(黒木, 田中による方式)の海水分析による。したがってPを次のように算出し, W.T.およびClとの関係より係数 aを得ることとした。

$$P = g' \cdot C \cdot M / K \dots\dots(2)$$

ここに g' : 乾ノリ(製品)1枚の重量, C : 乾ノリ 1 g中の磷含有量, K : 養殖期間中のノリ網海水浸漬時間, M : 総生産枚数

$$P = g', C, M \left(\frac{K_1}{K} + \frac{3K_2}{4K} \right) / 4 \dots\dots(3)$$

ここに K_1, K_2 : 期間中昼の浸漬時間 (K_1) および夜の浸漬時間 (K_2), 夜の栄養塩吸収量は $\frac{3}{4}$ とされている。

試験柵ノリ網の海水浸漬時間は, 自記潮位グラフより求めると表5のようにになる。

表5. 試験養殖期間中のノリ網海水浸漬時間

St.	1		2		3		4		5		6	
	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2
11月	176.6	270.6	176.6	270.6	108.4	181.3	108.4	181.3	154.6	298.9	154.6	298.9
12月	240.8	236.8	240.8	236.8	116.2	195.3	116.2	195.3	172.2	215.4	172.2	215.4
平均	208.7	253.7	208.7	253.7	112.3	188.3	112.3	188.3	163.4	257.1	163.4	257.1

以上と表2, 3, 5より, 試験柵のノリ葉体が網1枚1時間当り海水中よりPを吸収する量を逆算すると表6のとおりである。

表6. P算出量

St.	1	2	3	4	5	6
11月	0.182	7.717	8.674	0.102	3.086	7.751
12月	12.196	29.324	18.344	14.483	12.453	11.204
平均	6.189	18.5205	13.509	7.2925	7.7695	9.4775

したがって以上を総括して(1)式 $a = P/r\sqrt{v}$ より a を算出する。これまでの総括資料は表7のとおりである。

表7. ノリ葉体栄養吸収量と流速・栄養濃度

St.	網1枚当り 磷吸収量	無機態磷 mg/m ³	(流速) ^{1/2} m/h	$a \times 10^{-2}$	水温 °C	Cl ‰
1	6.2 mg/h	9.7	35.49	1.8	10.5	17.9
2	18.5	3.5	39.43	13.4	11.5	17.7
3	13.5	6.0	22.28	10.1	10.8	17.5
4	7.3	4.7	16.21	9.6	10.65	17.4
5	7.8	9.2	13.81	6.1	8.45	17.25
6	9.5	8.7	13.94	7.8	7.65	17.20

表7より Cl と係数 a との関係は

$$a = (1.34Cl - 224.1) \cdot 10^{-2} \dots\dots(4)$$

W.T. と係数 a との関係は

$$a = [1.12(t - 9.5)^2 + 1.35(t - 9.5) + 6.34] \cdot 10^{-2} \dots\dots(5)$$

または

$$a = 1.33t - 3.614 \dots\dots(6)$$

(1)式と(4)式から

$$P = (1.34Cl - 224.1) \cdot 10^{-2} \cdot r \cdot v^{\frac{1}{2}} \dots\dots(7)$$

(1)式と(5)式および(6)式から

$$P = [1.12 (t - 9.5)^2 + 1.35 (t - 9.5) + 6.34] \cdot 10^{-2} \cdot r \cdot v^{\frac{1}{2}} \dots\dots(8)$$

$$P = (1.33 t - 3.614) 10^{-2} \cdot r \cdot v^{\frac{1}{2}} \dots\dots(9)$$

係数 a と Cl および W.T. の変化曲線は図 4, 5 のとおりである。

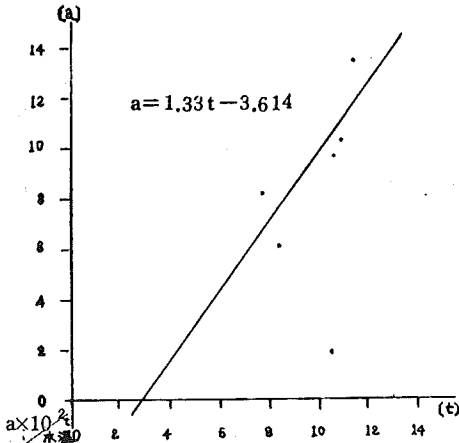


図4. a と水温の関係

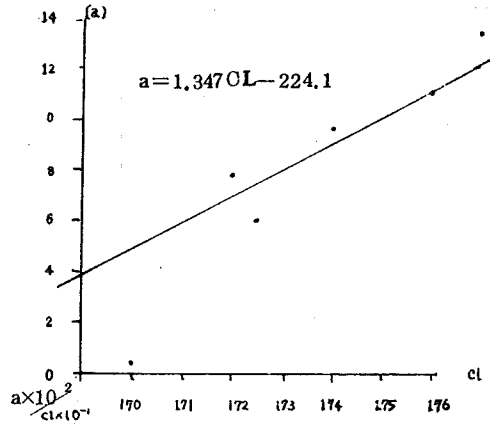


図5. a と Cl の関係

1.6 試験柵とノリ養殖業者のノリ網との比較

一般ノリ養殖業者の漁場別生産量が試験柵網の生産量とどのような関係があるか。試験柵網の生産量はその漁場の特色を代表しているかどうか問題であるが、図 6 は浦内ノリ研究会にあらかじめ指定したノリ養殖網張込位置であり、表 8 はそこからの生産量である。

試験柵とその周辺指定柵から生産されたノリ生産量による母集団の属性を見ると、表 9 より $\alpha^2 = 99.974$ で、試験柵の枚数と周辺の柵の生産枚数との間に、試験柵がその周辺の期待とするには有意であるが、St. 4 を除くと $\alpha^2 = 8.611$ となり d.f. = 4 で、その出現確率は 10% より大きく一応その周辺の漁場を代表しているものとみることができる。

2. 開発後の生産力推計にともなう流速の条件

2.1 期待生産量算出の条件 (9)式より $\sqrt{v} = \frac{P}{r} (1.32 t - 3.614) \cdot 10^{-2}$ として期待流速が得られるが、松本⁵⁾によれば $V = 0.35 \text{m/sec}$ 以上では流速との関係がなくなるようである。したがって、 $V = 0.35 \text{m/sec}$ を(8)式に代入して限界生産枚数を出すと、例えば $P = (g \cdot c \cdot 0.6 M) / K$ (0.6 : 11~12月の生産量を漁期全体の生産量の6割とする。)表 2.3, 5~7より $g \cdot c = 8.2$, $K = 924.2$ $t = 11.5$, $r = 3.5$, $\sqrt{v} = 0.35 \text{m/sec} = 1.260 \text{m/hrs}$ から $M = 2,701.2$ 枚 全漁期で $2,701.2 / 0.6 = 4,520$ 枚となる。同様にして St. 1~6 の限界生産枚数は全漁期で St. 1 = 4,805.7 枚, St. 2 =

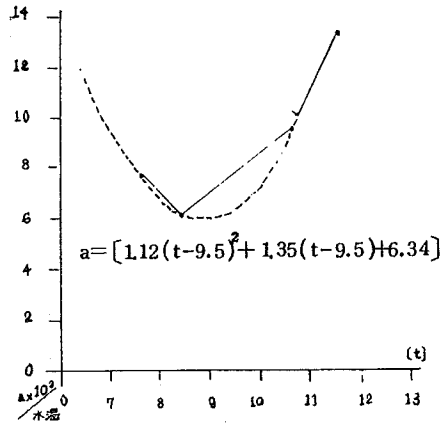


図5. a と Cl の関係

= 4,197.7枚, St.4 = 3,639.3枚, St.5 = 7,186.0枚, St.6 = 5,705.0枚となる。

表8. 昭和41年度漁場別柵当生産量

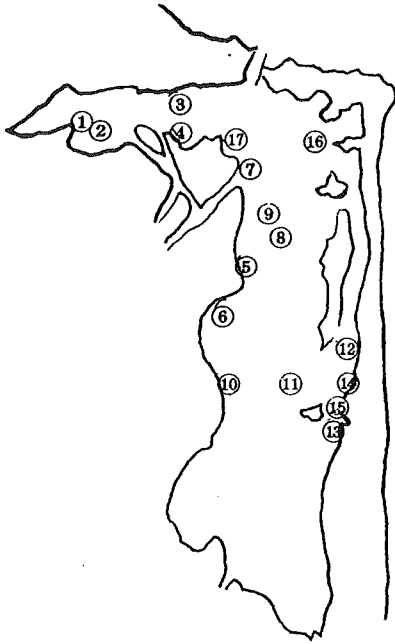


図6. 指定柵配置図

所属組合	養殖場所	張込日	柵当生産量(枚)		
			11月	12月	1月
和田	①上浦	10.21	200	500	
	② "	"	280	550	
	③平前	10.25	350	400	
	④六郎兵衛	"	315	560	
第1	⑤新場後	"	580	450	
	⑥第1漁協前	"	400	350	
岩ノ子	⑦中セ	11.6		770	
	⑧株釜	"		750	
	⑨南福田	10.23	530	340	
新柏	⑩大堀2号	10.15	500	550	
	⑪ " 4号	10.25	710	550	
磯部	⑫水途西イ-17	11.5	190	770	250
	⑬大州航路東	11.15		250	300
	⑭仁田	11.15		150	200
	⑮古港前	"		100	100
松川	⑯	10.21	1,210	350	
	⑰	10.21	250	400	

表9. 試験柵とその周辺の生産量

区分	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	計
試験柵	(10.4) 424	(26.9) 1,095	(17.2) 700	(8.7) 349	(15.4) 626	(21.4) 870	(100.0) 4,064
指定柵	650	1,560	1,030	750	1,050	1,260	6,300
試験柵	(11.4) 424	(29.2) 1,095	(18.8) 700	St.4を 除く	(16.9) 626	(23.4) 870	(100) 3,715
指定柵	650	1,560	1,030		1,050	1,260	5,550

2.2 流量とClの関係 上潮時における各St.のCl分布状況は図7のとおりである。湾口～湾奥で高～低の関係にあり、外海水の影響度とみることができる。平均流速から流量を算出しClとの関係をみると、各St.の周辺では図8のとおりであり、St.を曲線で結ぶと次の傾向線を得る。

$$Q = 0.017(Cl - 17.2)^4 + 0.113(Cl - 17.2)^3 + 0.288(Cl - 17.2)^2 + 0.563(Cl - 17.2) + 1.992 \times 10^3 \text{ m}^3 / 6.25 \text{ hrs}$$

したがって、St.5～6周辺の生産量にSt.3程度の生産を期待するには、現流量を2.5倍にする必要がある。(Cl濃度と生産量および、流量と生産量が比例関係にあるとして)

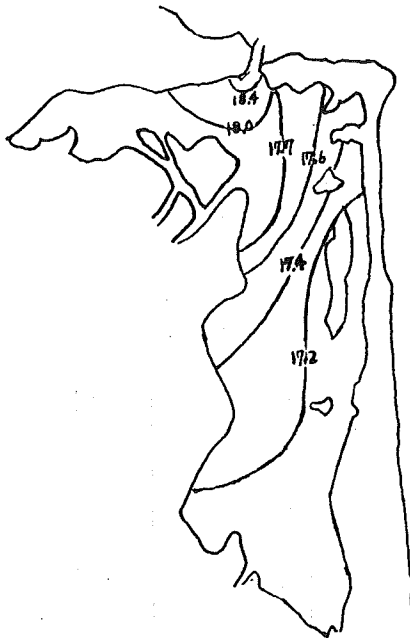


図7. 10~12月CLの平均分布等線図
(張込層↔満潮)

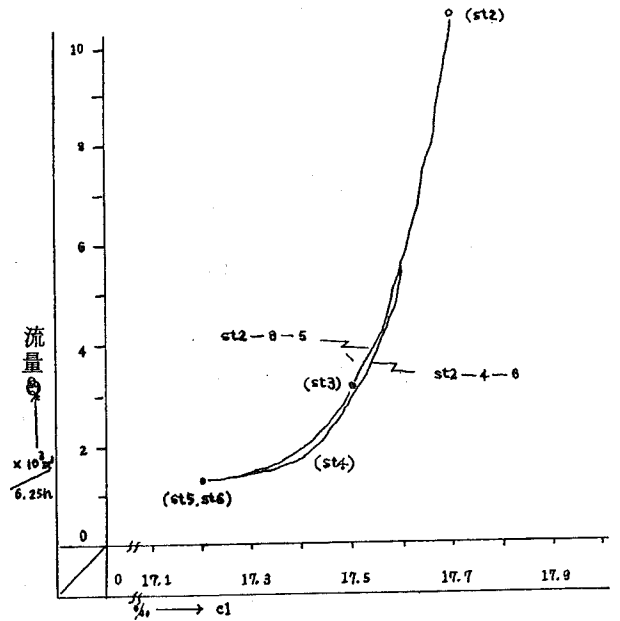


図8. 上潮(満潮位←張込層)間の
平均CLと上潮時の流量との関係

3. 柵当り生産量と漁場面積

3.1 浦内漁場豊度区分および柵当り生産量と漁場面積相関
浦内漁場総柵数 16,441 柵 (昭和40年), 漁場面積 5,534,975 m², 豊度区分漁場別柵当り面積は表10, 図9のとおりであるが, 相関関係をみると図10のようにながりのばらつきがある。これは漁場豊度が著しく違うためと思われるが, 相関係数 $r = 0.68$ 以上の中に含まれる漁場をみると, 図中斜線の範囲にあり, その漁場は図9の斜線の部分に該当し, 漁場面積の80.37%で全体としては相関関係にあるといえる。

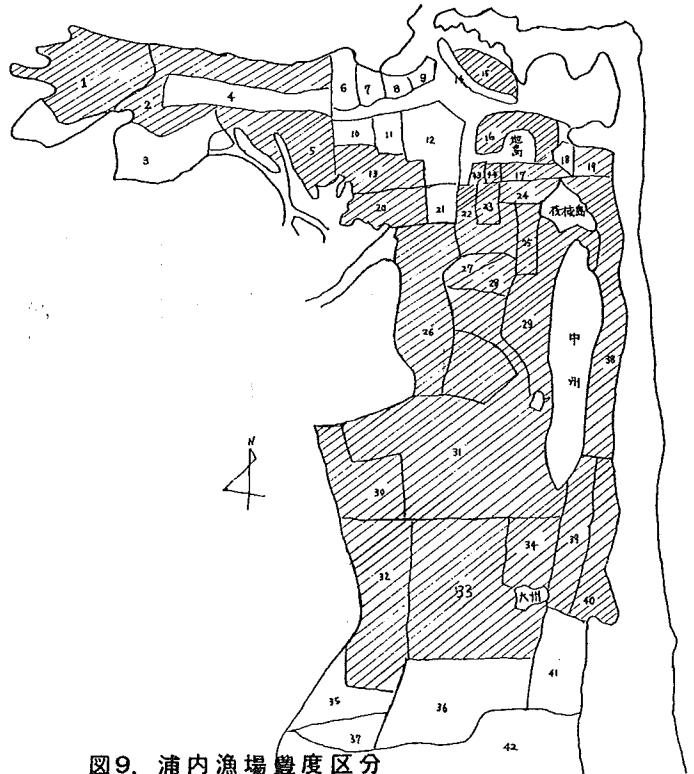


図9. 浦内漁場豊度区分

表10. 豊度別漁場面積

St.	現柵数	柵当生産量	柵当漁場面積	漁場面積	St.	現柵数	柵当生産量	柵当漁場面積	漁場面積
1	607	200	175.2	105,100	23	90	600	229.2	20,625
2	559	400	368.2	205,850	24	178	400	232.7	41,425
3	332	1,000	339.4	112,675	25,29	1,000	200	247.8	247,750
4	835	800	180.5	150,700	26	548	800	414.0	226,850
5(13)	898	600	308.5	277,050	27	100	800	149.5	14,950
6	64	400	488.3	31,250	28	200	600	284.8	56,950
7	26	800	474.0	12,325	30	580	320	355.5	206,175
8	39	800	240.4	9,375	31	1,637	520	381.0	623,775
9	40	1,000	354.4	14,175	32	925	360	294.0	272,250
10	98	800	168.4	16,500	33	1,241	320	258.9	321,300
11	96	800	196.8	18,900	34	404	80	214.6	86,700
12	445	1,200	241.3	107,375	35	165	120	557.1	91,925
14	115	800	266.1	30,600	36	915	200	330.5	302,400
15	113	280	354.4	40,050	37	453	160	457.0	207,025
16	77	800	401.6	30,925	38	1,265	480	184.9	233,950
17	128	200	216.0	27,650	39	436	400	146.3	63,800
18	78	600	194.9	15,200	40	756	480	195.1	147,475
19	115	200	184.3	21,200	41	477	200	396.5	189,125
20	190	600	339.7	64,550	43(42)	23	1,200	491.3	(792,050) 11,300
21	99	1,000	315.7	31,250	44	26	800	231.7	6,025
22	68	800	562.9	38,275	45	700	400	145.4	10,175
					計	16,441			5,534,975 ^{m²}

3.2 未利用漁場開発後の導入柵数 未利用漁場面積は図9の42区で792,050 m²がある。この地区は海水交流不全の著しい所で、養殖期前半(9~11月)の集中的な降雨により低比重となり、0.14%以下になることが多く、また、降雨による低比重の回復に長い期間を要することから、年により一部利用されることもあるが、ほとんど未利用のまま残り残されている。当地区の開発も浅海開発事業の大きな目標となっている。松川浦の水面積の約13%を占める当地区利用が可能だとすると、3,600柵(1柵の面積22 m²で1/10を柵面積とする。)が導入できることになり、その柵当り生産量を図10からさがすと200~400枚程度とみることができる。

4. 漁場別期待生産量と期待流速

4.1 期待生産量 表11より昭和35~40年までの青ノリを除く生産量の年平均は、14,178.6千枚(昭和38年の大凶作年を除く)であり、試験柵周辺の生産量表および聞き取り調査により漁場豊度を区分し、柵当りの生産量を推定し、総生産量を漁場豊度区分毎に整理すると表12のとおりである。これらの生産量が例えば開発事業後に平均値の約2倍の増収がみこまれると仮定すれば、表12の期待生産力欄の生産量になる。

4.2 期待流速 4.1の期待生産量のため流速を(2),(9)式および表2,3,5,6,7,より

$$\sqrt{v} = \frac{g' \cdot C \cdot M/K}{(1.33t - 3.614) r \cdot 10^{-2}}$$

の関係からMに期待生産量を入れて推計すると、表12の期待流速欄のとおりであり、湾口現状のままとして、湾央0.23~0.24 m/sec, 湾奥0.04~0.07 m/secの流速が要求されることになる。

流速・塩素量による生産量推計

松川浦は前述したとおり湾口が狭いことが隘路となり、浦内の生物学的環境条件に制限を加えている。つまり、海水交換の悪さ、淡水の影響、塩分の不均一などがノリの生産に制限を与えている。

岩崎・松平³⁾や浦内漁場豊度区分などにより、当漁場において「ノリ」の生産を支配する主要因として、流速・塩素量をあげることができる。そこで実際に流速・塩素量とノリ生産との関係を検討した。

1. 流速・塩素量 浦内を5区域に分け(図11)、既存の資料から区分毎に流速・塩素量の値を求めたのが表13である。塩素量は、昭和41年7~8月、昭和42年8月12~13日、20~21日の24時間観測値および昭和43年10月の観測値(500m間隔、上潮時)から大潮・小潮の平均値を求めた。流速値は局所的な資料で数例しかないが、昭和42年9~11月生産力調査、昭和43年8月流向、渦動拡散調査の資料からノリ網浸漬時、大潮・小潮の平均値を求めた。

2. 流速と塩素量の関係 表13から区域毎塩素量変化は図12のとおりであり、流速と塩素量濃度差(干・満潮間の濃度差)の関係は $V = 25.95 - 11.5CI$ なる式が得られる。(図13) さらに流速と塩素量の関係は次式で与えられる。 $CI = 11.47V^{0.153}$ (図14) (相関 $r = 0.90$)

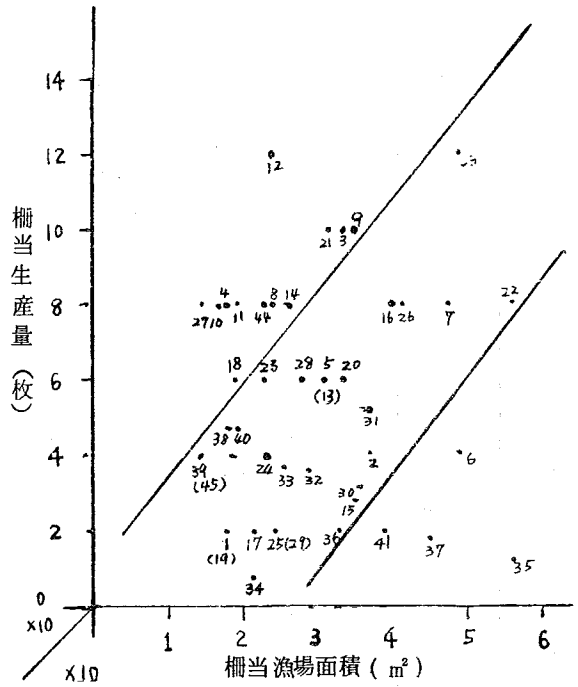


図10. 柵当り漁場面積と生産量の相関

表11. 松川浦ノリ生産量

単位 千枚

年度	ノリ生産量(農林統計)				組合統計
	黒ノリ	青ノリ	混ノリ	計	
29	2,390	147	0	2,537	13,420
30	2,710	786	730	4,226	4,480
31	771	1,006	2,288	4,065	2,750
32	266	0	194	460	470
33	3,588	1,627	2,931	6,173	8,320
34	1,615	652	3,032	5,300	5,300
35	4,736	6,915	6,193	17,844	27,250
36	16,112	3,355	3,141	22,608	23,030
37	8,650	5,403	1,537	15,590	27,520
38	849	644	0	1,493	740
39	4,160	4,971	5,093	14,224	12,344
40	15,900	830	5,030	21,760	24,680
41	8,283	1,549	9,609	19,441	19,024
42	3,819	406	2,502	6,727	15,283
43	2,996	3,931	—	6,927	7,200
44	5,305	4,666	—	9,971	9,580

表12. 漁場別期待生産量

豊度区分	現柵数	昭35~40平均		期待生産力			期待流速 cm/sec	豊度区分	現柵数	昭35~40平均		期待生産力			期待流速 cm/sec
		柵当り	総数量	柵数	柵当り	生産量				柵当り	総数量	柵数	柵当り	生産量	
1	607	400	242.8		400	242.8	0.2	26	548	1,600	876.8		2,100	1,150.0	24.01
2	559	800	457.2		1,500	838.5	6.0	27	100	1,600	160.0		2,100	210.0	24.01
3	332	900	298.8		2,000	664.0	4.99	28	200	1,200	240.0		1,820	364.0	23.55
4	835	1,400	1,169.0		2,500	2,087.5	16.67	30	580	700	406.0		1,800	1,044.0	5.90
5	445	900	400.5	+100 (545)	3,000	1,335.0	11.22	31	1,637	900	1,473.3		2,000	3,274.0	11.11
6	64	800	51.2		2,500	160.0	16.67	32	925	720	666.0		1,800	1,665.0	5.90
7	26	1,600	41.6					33	1,241	500	620.5		1,600	1,985.6	7.11
8	39	1,600	62.4					34	404	160	64.6		470	189.9	0.61
9	40	1,890	75.6		3,000	120.0	24.01	35	165	240	39.6		500	82.5	0.46
10	98	1,600	156.8		2,800	274.4	20.92	36	915	400	366.0		1,200	1,098.0	4.21
11	96	1,600	153.6		3,000	288.0	24.01	37	453	320	145.0		1,000	453.0	1.82
12	445	1,890	841.1		3,300	1,468.0	29.65	38	1,265	900	1,138.5		1,800	2,277.0	8.64
13	453	900	407.7	+240 (693)	2,000	1,386.0	2.10	39	436	800	348.8		1,300	568.8	4.51
14	115	1,600	184.0		2,500	460.0	16.67	40	756	940	710.6		1,400	1,058.4	5.23
15	113	500	56.5		1,000	113.0	2.67	41	477	400	190.8		1,000	477.0	2.78
16	77	1,600	125.2		3,000	231.0	24.01	42				3,600	400	1,440.0	0.44
17	128	400	51.2		1,000	128.0	2.67	43	23	1,890	43.5		1,890	43.5	9.53
18	78	1,200	93.6		1,800	140.4	8.64	44	26	1,600	41.6		1,890	49.1	9.53
19	115	400	46.0		600	69.0	0.96	45	700	800	560.0		1,800	1,260.0	23.04
20	190	1,200	228.0	+150 (340)	2,400	816.0	7.18								
21	99	1,890	187.1		3,300	326.7	29.65								
22	68	1,600	108.8		3,000	204.0	24.01								
23	90	1,200	108.0		1,890	170.1	9.53								
24	178	800	142.4		1,500	267.0	6.00								
25	1,000	400	400.0		500	500.0	4.55	計	16,441		14,182.3			30,979.7	

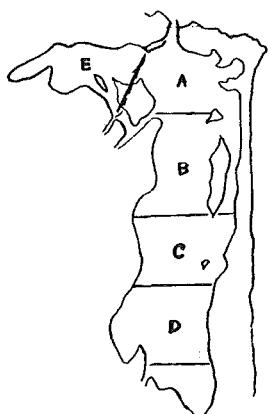


図11. 漁場区分図

表13. 区分毎平均流速・塩素量

	Cl(満潮)	Cl(干潮)	Cl(平均)	Cl(差)	流速
A	18.15%	17.65%	17.90%	0.50%	0.205 ^{m/s}
B	17.90	16.75	17.33	1.15	0.10
C	16.80	15.10	15.95	1.7	0.075
D	14.50	12.60	13.55	1.9	0.035
E	18.00	17.30	17.65	1.5	0.080

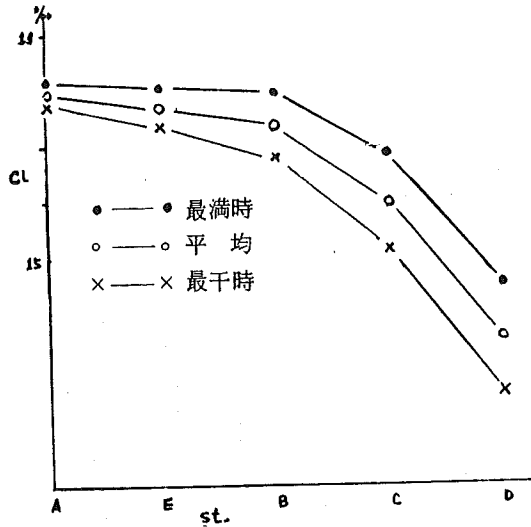


図 12. 漁場別塩素量変化

3. 流速・塩素量と生産量の関係 漁場毎の生産量 (昭和 35~40年の平均, 表 12) について平年の生産量を修正して表 14 のとおりまとめた。この表と流速・塩素量の相関からその関係を求めると, 流速 V と生産量 M (柵当り) との間に次式が成立する。

$$M = 204.6 V^{0.636} \dots\dots\dots \text{平年} \quad (\text{図 15})$$

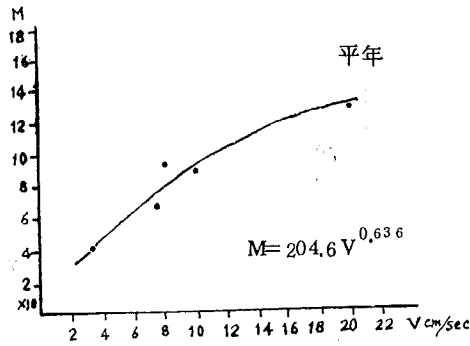


図 15. 生産量と流速の関係

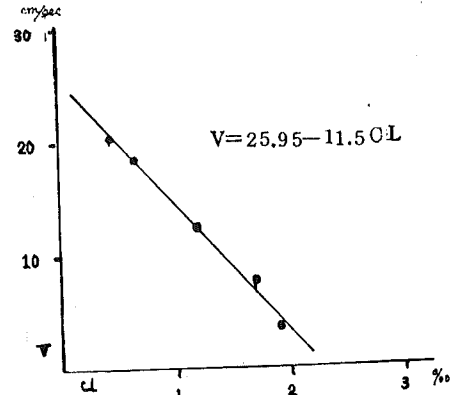


図 13. 流速と塩素量濃度差

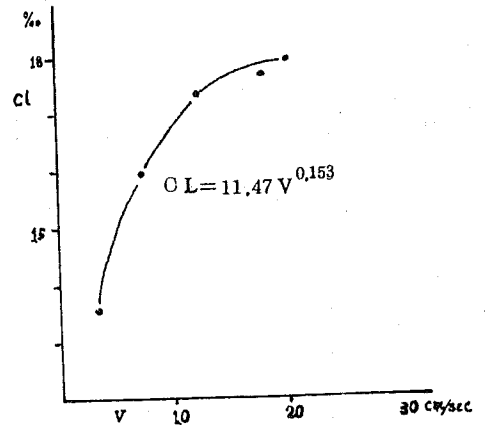


図 14. 流速と平均塩素量の関係

表 14. 漁場別生産量

	A	B	C	D	E	計
柵 数	1,695	5,630	4,825	1,772	3,019	16,941
柵当枚数	1,260	925	670	425	950	838
生産量	2,135,700	5,207,750	3,232,750	753,100	2,868,050	14,197,350

4. 生産力推計式の実証 浦内 29 地点 (500 m 間隔) でのノリ養殖試験 (昭和 44 年 12 月 2 日 ~ 45 年 1 月 20 日) の収量について 3. と同様の関係式を求めたところ次式のように表わされ、平均の関係式 (図 15) と酷似していることがわかる。ただし、流速値は試験期間 (12 ~ 1 月) の観測値 (大潮、小潮時、ノリ網張込層の流速平均値、表 15) を用いた。 $M = 245.8 V^{0.552}$ (昭和 44 年) (図 16) さらに、この関係式に種々の流速値の比をあてはめると図 17 のとおり和田地区 (区分 E) を除いて生産比 (平均) とやゝ一致する。

表 15. 漁場区分毎流速

	観測値	電算値 平均流速	St.
A	0.2171 m/s	0.16 m/s	5, 6, 7, 8
B	0.0806	0.141	9 ~ 18
C	0.0604	0.0938	19 ~ 24
D	0.0405	0.044	25 ~ 27
E	0.04	0.082	1 ~ 4

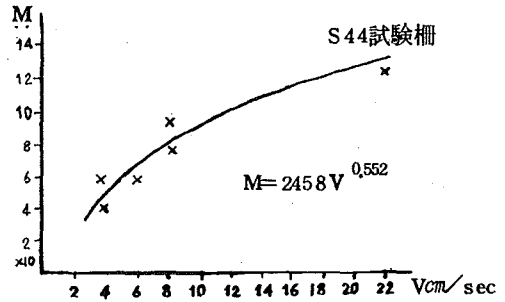


図 16. 生産量と流速の関係

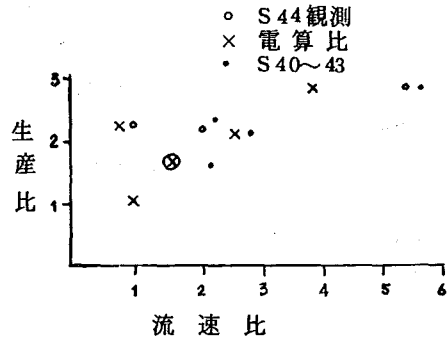


図 17. 種々の流速値と生産比

考 察

以上のとおりノリ生産量推計について調査結果をのべたが、このような考え方で開発事業後の生産力推計ができるだろうか。ここで問題点などを検討してみる。

Munk の式によれば、ノリの生産量は流速と海水中の栄養塩の如何によって推定しうるわけで、一応流速の $\frac{1}{2}$ 乗に比例するということである。ただし、この式の誘導過程には生理的な機構を考慮していないので、実際とは異なる面が多いことは当然予想される。

筆者らは漁場水環境の中の主要要因と生産量の関係から、なんとか生産量推計のための一般式を導こうとしたのだが、実際には未知の要素がからみ合い、栄養・生理をつかさどっているものと思われ、生産量を一概に表現することは、ノリの生理について未解明の点が多い段階では困難なことであろう。

こゝで、前記した環境要因とノリの関係について従来の知見を整理し、それらに対して当漁場の特性をみなおしてみる。

従来の知見^{3)~6)}を要約すると次のとおりである。

ノリは外界環境要因に支配されやすい反面、その変化に対する適応性ないしは、抵抗力はかなり強いものである。比重については1.020~1.027の範囲が最適であるが、それ以外の比重では短時間ならばかえって生育に良好である。水温は幼葉で11~13℃、老葉で6~8℃が良好である。栄養塩の濃度は自然の海水程度でよく、とくに色調を整えるのに有効である。流速は、一般に20 cm/sec前後が最良であるが、低比重海水ほど、流速の小なることを要し、およそ20 cm/secが最適である。栄養分濃度が十分なら20 cm/sec、不十分なら30 cm/secが適当である。水温との関係は天然海水では8~10℃で20 cm/sec程度、富栄養海水では8~10℃で10 cm/secがよいとされている。水温が上昇すれば同化作用が活発になり、栄養分の要求が高まり、その補給に流れが必要になり、同時に老廃物の除去に要する流れの作用も考えられ、その限度は10 cm/secとみられる。

以上は実験室における結果からで実際漁場では、憩流、波浪、対流と拡散、生育における深さ、微量要素などが各要因に働くわけである。

当漁場の主要環境要因についてみるとおおむね次のとおりである。

水温では気温と強い相関($r = 0.99$)がみられ、外海水の浦奥部への混合拡散が小さいことから11月以降は湾口が高く湾口から浦奥へと低下する。湾口(10時)の水温をみると、10月17.5℃、11月13.4℃、12月9.4℃、1月6.7℃、2月6.1℃、3月7.8℃程度で浦奥部では結水することもしばしばある。

浦奥部の低水温と湾口部の高水温とが関係し、11月上~中旬に水温の横ばい傾向がみられ、この強弱がノリくされ発生の一要素となっている。

比重、塩量では流入海水の支配がつよい湾口部で当然高く、湾口からの距離に比例して低下する。特に、この傾向は養殖初期に顕著で中後期に至るとほぼ均一化する。また、比較的降水量の多い養殖期前半(9~11月)では海水混合拡散が不十分のため淡水の影響がつよく現われ、30 mm程度の降水でも浦奥の塩量が16%に回復するには1週間以上を要することとなる。100 mm以上の集中豪雨でもあと比重1.000といった状態が暫く続くことになる。

栄養塩濃度では全般に貧栄養であり、仙台湾海域の親潮に大きく依存していることから、栄養塩の供給は外海水から83%、浦奥域12%、河川水から5%の割合となっている。

流速では潮汐流が主たるもので湾口から奥部に行くにしたがい平均流速は小さくなる。瞬間的には湾口で1 m/sec程度がみられるが、おおむね湾口周辺で15~50 cm/sec、中央部で7~17 cm/sec、奥部で4~7 cm/sec程度である。流向は地形条件から南北の方向(和田地区は東西)が卓越しているが、奥部へ行くほど複雑で風浪に左右されることが大きい。

潮位では湾口から奥部へ行くにしたがい、潮位変動が小さくなり、満潮時点では各地域とも時間、潮位ともほぼ一致するが、干潮時では奥部へ行くほど潮位差および時間にずれを生じる。

以上、松川浦の環境要因を松本⁵⁾の表(ノリ養殖漁場における各環境要因を総合判定するために提示した各パターン)にてらしあわせると、松川浦は④⑧⑩に相当するのではないかと思われる。こうしてみると松川浦のノリ生産は劣悪な環境条件で、しかも激変する環境要因の中でよく適応して行なわれていると言える。

漁場の生産力は各要因が互いに密接な関係で影響し合い総合された結果であって、地域、地区、時期、年によって異なる。その多様性、複雑性を逐一追求するのは実際に不可能であろう。

それでもなお当漁場のノリの生産力を表現するためには地区毎の特性をさらに把握する必要がある。つまり、水温では浦奥部での養殖時期のズレ、成長不良、昼夜の水温の変動などと生産量との関係、

低比重即ち降水の影響（ある程度長期間の）と成長、生産量との関係、流速は水平方向ばかりでなく対流や拡散といった垂直方向の水の動きと成長、ノリ成育層（固定式網でありノリ網の高さが問題になる）と生産量、ノリ葉体の栄養塩吸収率（環境の栄養塩含有量×流量）などについて地域差、時期差をどのように考えるか。具体的には、環境条件の異なる代表的な地点で同一条件（健全な葉体同一時期の採苗、張込層の統一など）による比較養殖試験で出来るだけ現況を把握するほかあるまい。

表16. ノリ生産に及ぼす水温、光、栄養分、水流の最適条件の相互関係

水温	光	窒素分	水流	ノリ葉体の生育状態	型
低温 4~7°C	弱	豊富	弱流	良好	①
			普通	良好	②
	強	欠乏	普通	良好	③
			普通~強流	多少堅い	④
中温 7~10°C	弱	豊富	弱流	良好	⑤たとえば東京湾の冬
			普通	普通	⑥たとえば瀬戸内海の冬
	強	欠乏	普通	普通	⑦
			普通~強流	光沢を失う傾向	⑧
高温 10~13°C	弱	豊富	弱流	色調が良好	⑨
			普通	色があせ堅い	⑩有明海
	強	欠乏	普通	ほとんど枯死	⑪
			普通~強流	枯死	⑫たとえば瀬戸内海の春先

註 光強とは春先、弱は冬の状態、窒素分欠乏とは外海水の普通の状態
強流とは 30 cm/sec, 普通とは 20 cm/sec, 弱流とは 10 cm/sec の流量を意味する。

生産力推計では水理部門の調査結果（農業土木試験場担当）である潮位、流速、流向（浦内格子点 150 m 間隔）についての電算による現況および開発後の解析値をどのように活用するか。⁷⁾つまり、ノリ葉体に接触する流速が問題となるが、電算値では全水深の平均流速であり観測値とかなりの差がある。

さらに大きな問題として養殖技術面即ち養殖様式や密度がノリ生産力に影響することが考えられる。ノリ養殖の技術革新といわれる冷蔵網の技術が、当漁場で昭和43年頃から導入され、従来、ノリの生産は秋芽網によるもので大体12月一杯、よくて1月中頃までであったものが、現在では1、2月での生産の比率が高まっている。（年内は病害などで不安定な要素が多い）したがって、赤グサレなどによる生産量激減~中止といった状況は最近では軽微に推移している。養殖密度では近年、柵数増加の傾向にあり、実態調査（昭和43年11月29日航空撮影）によると30,000余柵（4尺、10間）あり昭和40年頃の2倍程度となっている。密殖防止-適正漁場行使については現在、一部実施の段階であるが、昭和43年以降1千万枚前後の生産量（表11）に低迷しているわけで、単位面積当たりの生産量も低下していることは事実である。そこで、漁場別豊度区分（表10,12）も現況に合うよう再検討する必要がある。

したがって、当漁場のように生産性の低い漁場で一定限度の生産量（現在までの最高生産量約2100万枚）がある所（浦以外の漁場開発の可能性はうすい。）での生産量推計には、栄養生理の面からだ

けでなく養殖技術(人為的)な面も当然考慮に入れなければならない。

なお、浅海開発事業は昭和44～45年の設計調査を経て昭和46年着工、昭和48年完成、工費約4億円で現在、進捗中である。事業計画策定までの詳しい経過は他の機会にふれることにするが、海水交流増強のためにとるべき手段として湾口開さく、外海との新水路の開さく、浦奥部の低塩分水の外海へのポンプ・アップなどが検討されたが、種々の制約があって、最終的には湾口水路は現在のまゝとし、浦内の数本の主要水路掘削と湾口部浅瀬(干潟になる区域)の浚渫により海水交流を改善するという常識的な線におちついたわけである。(図18)

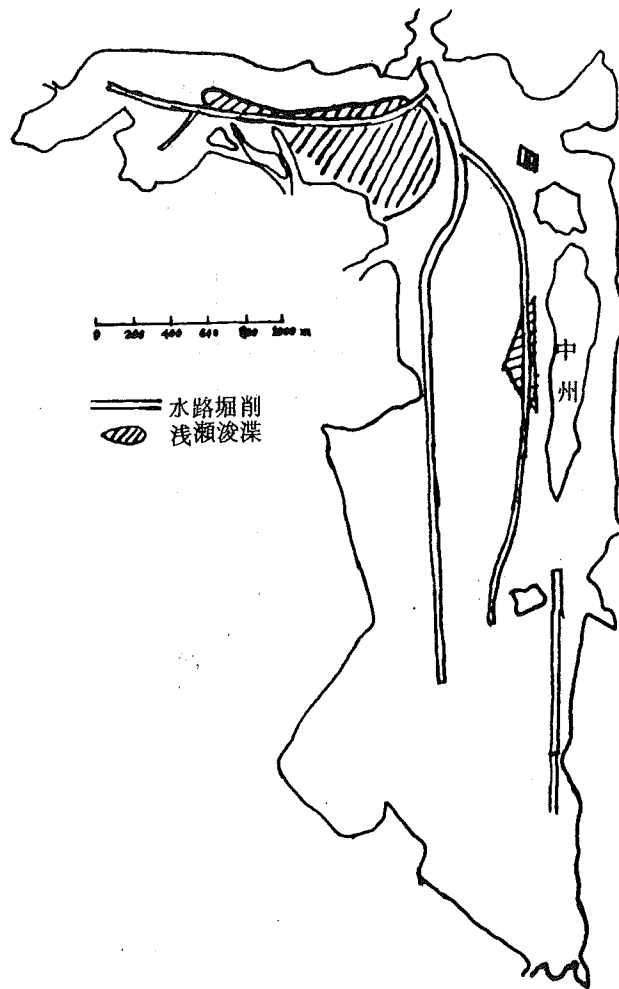


図18. 松川浦浅海開発事業計画

要 約

1. 松川浦における漁場環境改善のため現在進捗中の浅海開発事業の効果の算定について漁場環境面からノリ生産量推計をこゝろみた。
2. ノリの栄養生理がその生産力に影響するという見地から、Munkの式を根拠として養殖試験(昭和40年)によりリン吸収量の変化からノリ生産量を推計した。つまりリン吸収量、流速、塩素量、水温の関係から一般式を導き、漁場豊度区分(柵当り生産量; 漁場面積, 柵数)から期待生産量を2倍と仮定し、期待すべき流速を逆算した。 $P = (1.33t - 3.614)10^{-2} \cdot r \cdot V^{\frac{1}{2}}$
3. 流速・塩素量・生産量の相関関係から浦内を5区域に分けMunkの式に代る関係式を算出した。

$$Cl = 11.47V^{0.153} \quad M = 204.6V^{0.636} \dots \dots \text{平年} \quad M = 245.8V^{0.552} \dots \dots \text{昭和44年}$$
4. ノリの生産には多くの環境要因が相互に密接に関係し合っているわけで生産力とはそれらの総合された結果であり、その多様性、複雑性を可能な限り現場の実態に即して表現するためにはさらに、水温の変動、低比重の影響、渦動拡散、成育層、栄養塩吸収率などについての時期差、地域差を十分考慮する必要がある。
5. 生産性の低い、一定の限度のある当漁場のノリ生産には単に栄養生理の見地のみでなく人為的な影響(養殖様式や密度など)が当然予想され、今後の生産量推計にあたっては柵当り生産量および総生産量の低下、冷蔵網による漁期後半の生産増加などについても考察に入れなければならない。

文 献

- 1) 福島県： 松川浦浅海漁場開発事業調査報告書1～4(1966～69)。
- 2) 岩崎英雄, 松平近義： 松川浦アサクサノリ養殖場の研究, 日本誌, 20, 2～8(1954)。
- 3) 殖田三郎： 海苔養殖読本, 全国海苔貝類漁業協同組合連合会(1952)。
- 4) 殖田三郎： アサクサノリの生活史について, 水講試験場報告, 24, 180(1929)。
- 5) 松本文夫： ノリ生育に対する環境, 特に水流の影響に関する研究, 廣大水産産紀要, 2, 2(1959)。
- 6) 富士川： 朝鮮ノリの生理に関する研究, 朝鮮水試報告 7～8(1932, 33)。
- 7) 加藤重一, 乃万俊文, 荻野静也： ノリ漁場の改良保全に関する調査研究, 有明海および松川浦地区について, 農業土木試験場報告, 9(1971)。