

野見湾における漁場保全の問題点と課題

漁場環境科 田 島 健 司

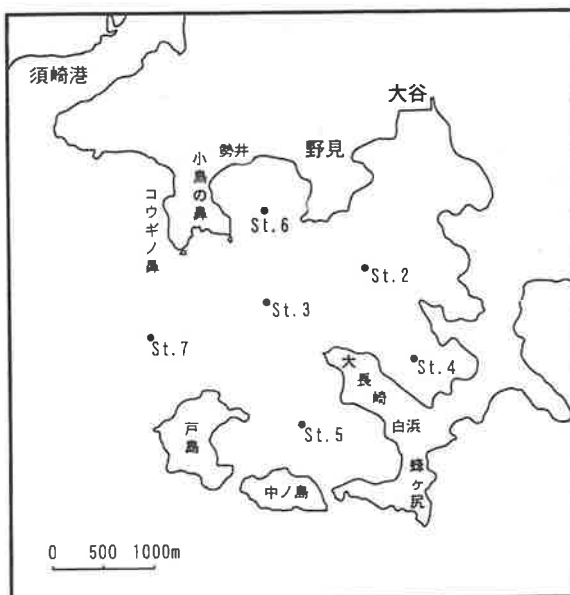
野見湾の養殖の現状

高知県では、宿毛湾、野見湾、浦ノ内湾が主な養殖漁場で、その地勢的な条件によって、それぞれ特色のある養殖が営まれている（図1）。平成7年度の魚類養殖生産量は、宿毛湾22,500 t、野見湾6,600 t、浦ノ内湾500 tで、県計での生産量は29,600 t、生産額は約170億円であった。

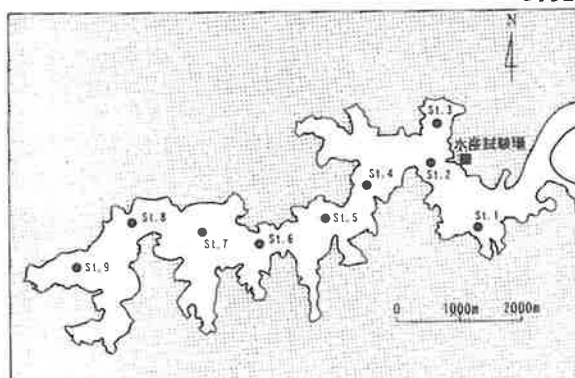
野見湾が高知県魚類養殖発祥の地となった背景には、地先沖合でモジャコが容易に入手できたことに加え、養殖に適した環境と小型定置網などによる餌の確保が容易であったことがある。モジャコ採捕業が減少し、餌料を県外に依存する今日の野見湾は完全に環境立地型の産地である。

湾内の魚類養殖生産量は79年には7,000 tを超えたが、85年には2,800 tまで減少し、その後再び増加して、93年以降は5,000～7,000 tで推移している。養殖対象魚種は、70年代はハマチが主体であったが、80年代に入るとハマチが減少し、80年代後半からはカンパチが増加している。95年はカンパチを主体とするブリ類が4,000 t生産された。マダイは80年頃から養殖が始まり、84年には1,000 t、91年には2,000 tを超え、93年以降は3,000 t前後の生産量となっている。ここ数年、マダイの生産量は横這いで、カンパチの増加が湾の生産量全体を押し上げている（図2、図3）。

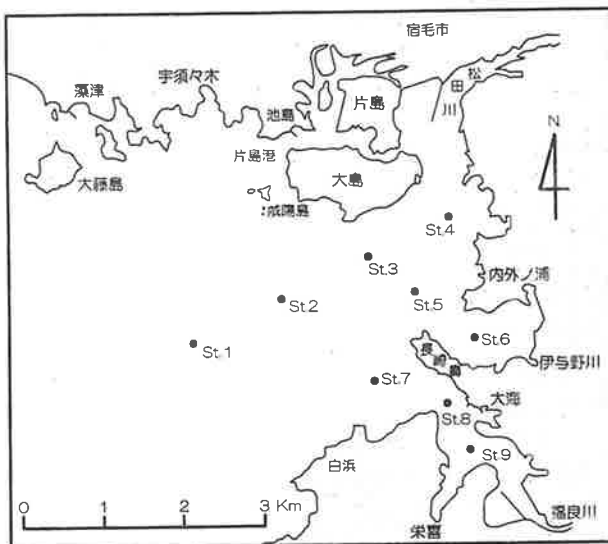
養殖用餌料も生産量の伸びに比例して増加しており、この5年間では、生餌10,000～50,000 t、配合飼料10,000 t程度が毎年使用されている。配合飼料1が生餌10に相当すると仮定すると、湾内での投餌量は生餌換算で150,000 tとなり、野見湾では年間9 kg/m²（漁場面積108万m²（33万坪）の餌が投与されていることになる（図4）。



野見湾



浦ノ内湾



宿毛湾

図1 高知県の養殖漁場

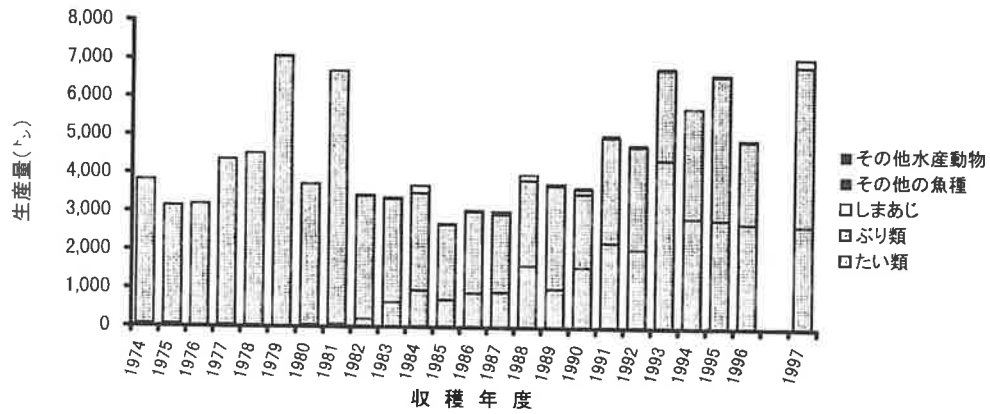


図2 野見湾の養殖生産量（農林水産統計）

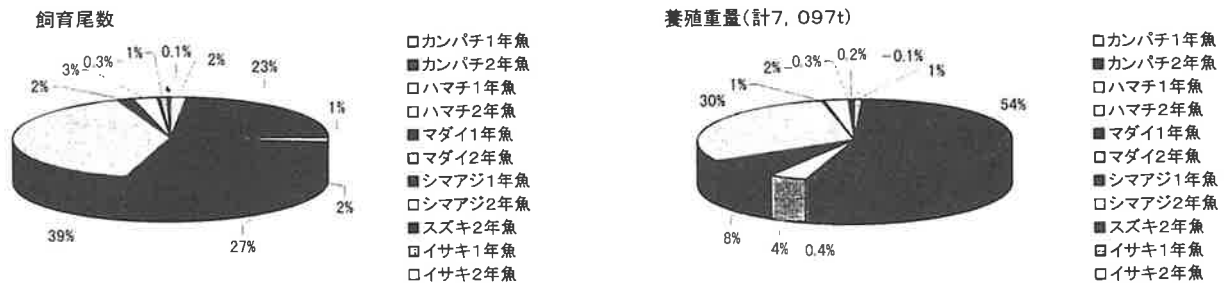
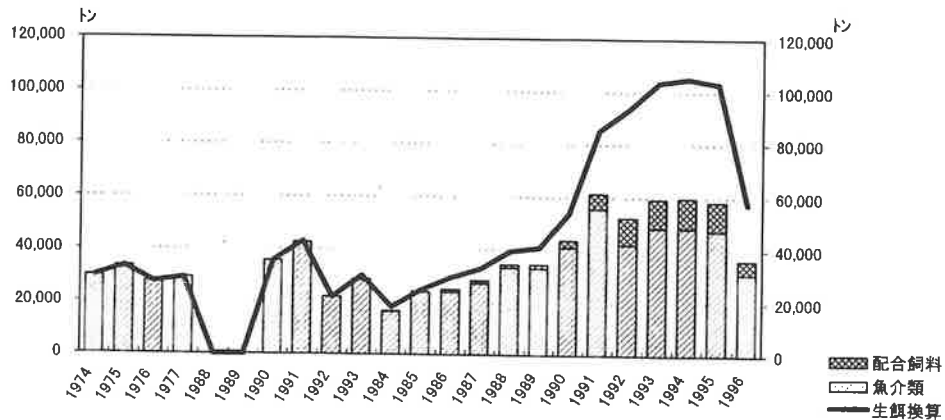


図3 野見湾の海面養殖量（1997年9月県調べ）



農林水産統計年報
88、89年度データなし
配合飼料は生餌5として換算

図4 野見湾で使用された餌の量

養殖による負荷の程度については、多くの研究がある（図5、表2）。餌の散逸率と生産量に対する負荷量の割合は、生餌が大きく、次いでMP、DP、EPの順に少なくなる。これは、ハマチもマダイも

同じで、DPやEPなどの配合飼料が負荷削減に効果のあることを示している。また、マダイはハマチほど餌を食べないので、負荷量は低いと思いがちだが、生産量に対する負荷率で見るとマダイも相当高

い値を示している。これらから、野見湾の養殖における問題点は、カンパチでは餌の散逸と増肉係数の高さ、マダイでは生産量当たりの負荷率の削減であることが分かる。

養魚と環境の関係

給餌養殖と漁場環境の関係を整理すると次のようになる(図5、表1)。

表1 給餌養殖が漁場に及ぼす影響

魚 ⇒ 酸素を消費する。

餌を与える ⇒ 食べる ⇒ 代謝 ⇒ 一部は肉になる ⇒ 尿・糞を排泄

尿 ⇒ 水に説ける ⇒ 溶存態窒素、リン ⇒ プランクトンに利用される

糞 ⇒ 溶解しながら底に沈む ⇒ 底に溜まる
⇒ 海底で分解される ⇒ 再溶出
⇒ 海底で硫化物に変わる ⇒ 硫化水素
⇒ 海底でヘドロ化 ⇒ 酸素消費

残餌：糞と同じ経過をたどる。糞より栄養価が高く、始末が悪い。

プランクトン：栄養塩類の吸収、酸素生産・消費、赤潮

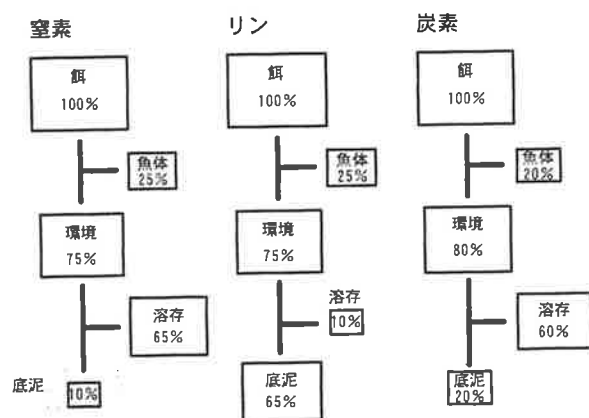


図5 養魚に伴う栄養成分の流れ

(1996尾形：平成7年度養殖ガイドラインを改変)

表2 海面給餌養殖における窒素およびリンの負荷量

魚種	飼料形態	魚体重g	タンパク質	飼料乾物あたりの含量(%)			増肉係数	負荷量(Kg/生産量t)		文献
				脂質	Nf	Pf		TN	TP	
ハマチ	シングルMP	490	51	14~15	9	2.2	1.1~1.2	69~73	19~21	高知水試(1983)
	冷凍イカナゴ	430	71	13	11.4	2	1.2	105	19	
	シングルMP		200	6~7	11	10.8		1	121	示野ら(1985)
			200	57~58	16~22	9.1~9.2		1.4~1.5	91~101	
	軟質DP	980	48	31	7.7	(2.3)	1.4	79		渡辺ら(1989)
	オレゴンMP	890	50	39	7.9	(2.3)	1.7	105	28	
マダイ	ドライベレット	36	52	10	8.3		1.0~1.1	57~64		竹内ら(1989)
	ドライベレット	540	53	18	8.4		3.2	240		木村・小川(1985)
	冷凍イカナゴ	490	57	17	9.1		4	365		
	ドライベレット	900	43~44	9~10	6.9~7.1	(1.8~2.2)	2.9~3.0	174	42~59	長崎水試(増養殖研)
	冷凍イワシ		870	68	26	10.9	2.3	3.6	363	
	ドライベレット	145	47	15	7.6		2.1	130		木村・小川(1988)
	オレゴンMP	135	52	14	8.4		2.1	147		
	ドライベレット	800	44~45	15	7.0~7.2		2.2	123~127		長崎水試(増養殖研)
	オレゴンMP		790	57	10	9.1		1.9	144	
シマアジ	ドライベレット	910	48	11	7.7		4.1~4.2	288		長崎水試(増養殖研)
	オレゴンMP		870	56	12~13	9		4.6	382	

野見湾の水質環境

赤潮の発生

大規模な赤潮の発生状況は87年（S62）に5件あり、以後、年3～4件の発生のうち1～2件で漁業被害が発生している。75年当時の漁業被害は毎回原因種が異なっていたが、ここ数年は*Heterosigma*赤潮が多くなっている。赤潮に慣れて被害量が減ってきているような感覚を持ちやすいが、1回あたりの発生期間が長くなる傾向があり、被害量も決して減少している訳ではない。赤潮の発生時期は夏季が多かったが、97年は春先と冬に発生するなど、発生時期が周年化している。88年からは*Heterocapsa*赤潮も発生している（図6）。

透明度

赤潮の発生が長期化する傾向とは逆に、透明度は84年以降良くなっている。その理由については後述するが、このような現象は野見湾に限らず、浦ノ内湾、宿毛湾でも起こっている（図7）。

DO

DOの湾内月別平均値は、春から秋かけて漸減するパターンが毎年繰り返されている（図7）。この原因として養殖魚の成長との関係が推測される。また、4月より5～6月のDOが高い年があることについても、カンパチの出荷が3～5月に終了すると、漁場内の酸素消費量が減少し、DO環境が急速に回復するためと考えられる。

魚は呼吸し、酸素を消費する。その消費量は魚種・体重・水温から予測でき、それに魚種毎の尾数を乗じると養殖魚による酸素消費量を求めることができる（図8）。

湾内では、出荷が終わる5月に酸素消費量はいったん下がり、そのあと水温の上昇と魚の成長により再びDO消費量が増加する。酸素消費量は9月で最大になり、その後水温の低下とともに緩やかに減少する（図9）。湾に流入する海水の量はほぼ一定であるので、消費された分だけ湾内の酸素濃度が減少する。従って、湾内への流入が少ない秋の小潮時に

は、海水交換だけでは酸素供給が消費に追いつけず、養殖魚が危険な状態までDOが低下することになる。野見湾での秋の酸素不足は狭い海域に許容量以上の養殖魚が飼育されていることが大きな要因である。養殖が環境に与える影響は無視できない程大きい。

栄養塩（DIN・DON・DIP・DOP）

野見湾内の平均DINは、92年頃が最も高く、近年は低下傾向にあったが、97年には再びDINが高くなった。月別のDINは4月以降10月まで増加する傾向が毎年認められる。DONの変化は複雑だが、6～8月に少し低い傾向がある。PO₄-Pについては、10数年来ほぼ一定で推移している。DOPは84～86年頃は30～40 μgat/lと高かったが、88年以降は10 μgat/l程度に抑えられている。しかし、96年は90～91年頃と比較すると高く、今後の養殖形態によっては再び増加する可能性もあると考えられる。DOPは季節的には秋に若干高くなる傾向がある（図10）。

環境と生産量の関係では、生産量の多い年はDTNが高く、DO濃度は低い傾向がある。しかし、最近15年間のデータでは、生産量が増加しているにも関わらず、透明度の上昇という矛盾するような現象が認められる。生餌から配合飼料への転換が進んだ結果、湾内の環境に何らかの変化が生じつつあると推測される。透明度の上昇は海水中の酸素生産力の低下につながるため、透明度の上昇とDO低下が同時に進行している状況も認められる（図11）。

最近の傾向としては、窒素とリンの存在比が変化していることが注目される。87年以前にはN:P比が5～10であったのに対し、88年以降では10～20に増大している。投餌した栄養成分のうち、窒素は75%が可溶化するのに対し、リンの可溶化は25%に過ぎないため、海水中のN:P比に変化が生じていると推測される。近年、DINが増加傾向にあり、植物プランクトン等の繁殖に都合が良いと考えられるのに透明度は逆に高くなる傾向がある。その変化とN:P比の動向はよく一致する（図12）。

配合飼料の使用量がこの現象に関係していると考え

え、餌全体のなかの配合飼料の割合に対してN:P比を調べた。その結果、配合飼料の使用量とNP比には高い相関があることが分かった(図13、図14)。東京湾、大阪湾などで、N:P比が高くなると生物の多様性が低くなる傾向があると指摘されている。また、N:P比の上昇は環境汚染が更に悪化する前兆であるという意見もある。

以上から、野見湾の水質についての状況を整理すると次のとおりである。

- ・生産量が増加する傾向にありながら、透明度は逆に良くなっている。
- ・栄養塩濃度は生産量に比例して段々高くなってきている。
- ・栄養塩濃度が高い年はDOが低い傾向がある。

透明度とDOの間には特定の相関は認められない。

- ・N:P比が高い年は透明度も高い。N:P比が高くなると珪藻など一般のプランクトンが減るのではないかと考えられる。逆に、N:P比の高い海域では有害赤潮が頻発するという事も報告されているので、栄養塩の動きにはこれからも注意する必要がある。

栄養塩濃度を減らすような養殖をおこなうことが大事である。

野見湾の底質

野見湾の底質を評価するため、86~96年までの底質のCOD、IL、AVS、TNを整理したところ、各指標ともに、増減をくり返しながらも増加傾向にあることが明らかになった(図15)。なかでも、CODとAVSの増加は顕著で、CODでは91年と93年以降は20mgO₂/g乾泥以上、AVSでは99年以降は0.4mgS/g乾泥以上が観測されている。水産用水基準で有機汚染の進んだ底質と規定しているのは、COD20mg/g乾泥、AVS0.2mg/g乾泥であるので、野見湾の底質は相当に有機汚染の進行した状態にあると言える。

生産量と底質との関係を明らかにするため、各指標値と生産量とを対比させて図16に示した。いずれ

の項目も生産量との相関は高く、特にCODは投餌にともなう負荷が直接影響するため顕著に現れている。CODでは、年間生産量約5,000t付近を境にしてCOD20mg/g乾泥を超えている。このことからすると、現在の生産量は底質環境の維持という点でも過剰であると言えよう。AVSについてもCODと同様の傾向がある。

このようなことから、野見湾の底質浄化力の限界は生産量5,000t付近にあるのではないかと推定できそうである。

野見湾ではカンパチの生産量が急増しているが、本種は生餌に強い嗜好性を示すため、餌の散逸が大きく増肉係数は10を超える場合が多い。当然、底質への影響も大きいと予想される。また、マダイで使用する自動給餌器の問題点も指摘され始めている。餌の投下量と魚の食欲が一致しない場合、食い残し、吐き出しなどにより、餌が有効に摂取されていないという問題である。自動給餌器は無駄がないという神話の見直しと配合飼料についての投餌方法を再考する必要があると考えられる。

県下養殖漁場の底質

高知県下の浦ノ内湾、野見湾、宿毛湾の各漁場の底質を比較した(図17)。

有機汚染が進むと底質の酸素消費により底層DOが低くなる傾向があるので、各漁場毎に底層DOとCOD、AVSの関係を整理したところ、野見湾は宿毛湾に比べると底層DOが総体的に低く、AVS、CODは高かった。底質の汚染は、養殖量すなわち負荷の多少と漁場の広さや負荷の拡散、つまり漁場における流れの大きさが影響し、とくに底層流の大きさが深く関わっている。底層流の大きさを直接測るのは難しいが、底層流の大きさと泥分率(MC)は大凡比例する。つまり、泥分率が低い底質の所(≒砂質)は底層流が速く、汚染が溜まりにくい。逆にMCが高い所(≒軟泥あるいはヘドロ)は底層流が遅く、汚染も堆積し易い。野見湾のMCは20~70%で宿毛湾の35~98%に比べると高く、野見湾の方が宿毛湾より底層流が大きいことが分かる。しか

し、各湾において、MCが同値の地点で底質を比較すると、COD、AVSとも野見湾の12月の分析値が宿毛湾の8月の分析値より若干高くなった。冬のCOD、AVSは夏のそれに比べると20%程度低いことが知られているので、野見湾の底質は宿毛湾に比べて相当汚染が進んでいることになる。一方、浦ノ内湾は底層流が非常に小さく、野見湾とは比較しにくい、MCが同程度の地点で比較する限りでは、CODは野見湾の方が高かった。

野見湾の底層流は大きく、汚染が堆積し難い状況があるにも関わらず、宿毛湾あるいは浦ノ内湾の湾口部に比べて底質が悪いという事実は、過剰養殖の影響以外に原因があるとは考え難い。

これからの漁場管理

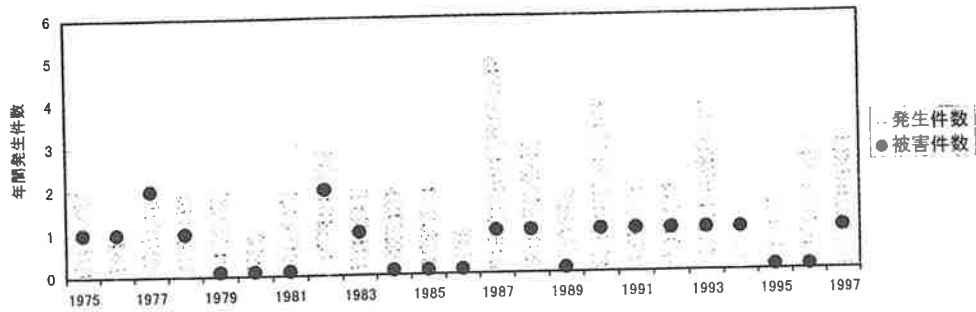
野見湾に限ったことではないが、環境に配慮した養殖が求められている。きれいな環境で生産された養殖魚が付加価値の高い魚として市場価値を持つ時代が遠からず来ることはまちがいない。漁業収入を飼育尾数でカバーするのではなく、生残率を高める飼育方法、増肉係数を低く押さえる努力、原価意識

を持つことで、生産性の高い養殖経営が可能になると考えられる。これらが結果として漁場環境の保全、生産力の維持につながっていくと考えられる。

従来は、水質に注意が注がれがちで、底質の保全はおざなりにされてきた傾向は否定できない。97年に野見湾の養殖マダイに大きな被害をもたらした白点虫も、そのシストは底泥中で夏季を過ごし、秋にふ出した幼生が魚に寄生する生活史を持っている。赤潮のシストについても同様に泥の中で冬を越す。もし、海底の生物相の多様性が保たれているならば、寄生虫のシストも他の生物とのバランスのなかで淘汰され、爆発的な発生には至らないと考えられる。

底質の有機汚染が進むと海底付近の生物の多様度が低下する。きれいな川の底には様々な生物が生息しているが、家庭排水の流入する下水溝には糸ミミズのような汚染生物しか住まなくなり、生物相は単純化する。生物の多様性を維持することが環境浄化の鍵を握っている。

きれいな環境で飼育した魚を消費者は求めている。高知県の魚類養殖の進むべき道もこれ以外にはないと考えられる。



赤潮種類と漁業被害

年 度	赤 潮 構 成 種	被 害 の 状 況
1975～1978年	<i>Gymnodinium</i> sp.	1件あたり数千～数万尾
1982年	<i>Gymnodinium</i> sp.	マダイ4万尾
1983年	<i>Gymnodinium</i> sp.	ハマチ3万尾
1984～1989年	<i>Heterosigma</i> sp., <i>Eutreptia</i> sp.	被害僅少
1990年	<i>Gymnodinium nagasakiense</i>	カンパチ4万尾
1991年	<i>Heterosigma akashiwo</i>	シマアジ2千尾
1992～1996年	<i>Heterosigma akashiwo</i>	ハマチ・シマアジ・マダイ・カンパチ等若干
1997年	<i>Heterosigma akashiwo</i>	カンパチ等11万尾 2.4億円

図6 野見湾における赤潮発生と漁業被害件数

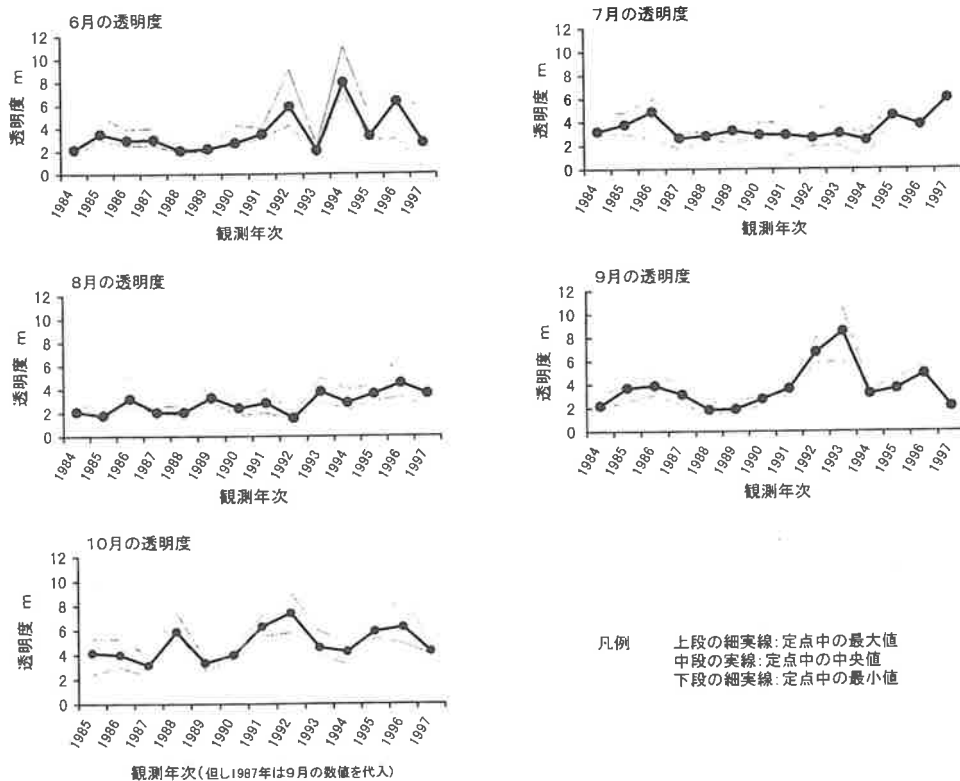


図7 野見湾の月別透明度 (定点数: 6 1984～1997年)

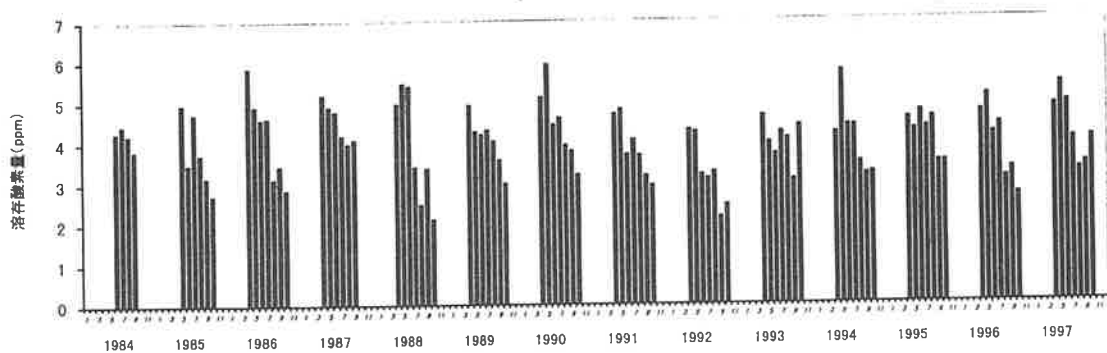


図8 野見湾の酸素量の推移 (6 定点の酸素量平均値 単位: ppm)

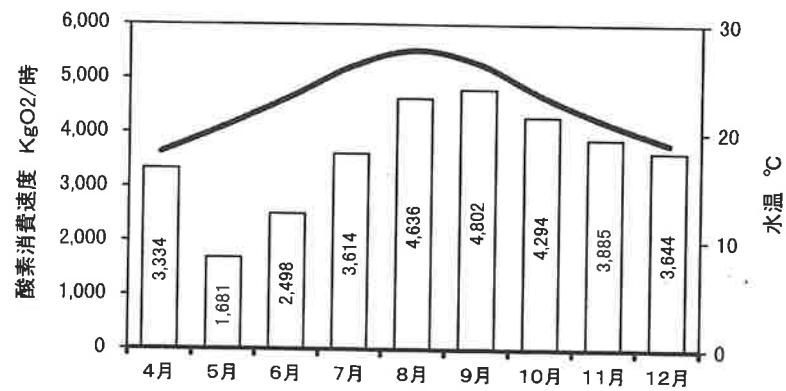


図9 養殖魚が消費する酸素量（野見湾97年度飼育尾数・体重・水温からの推定）

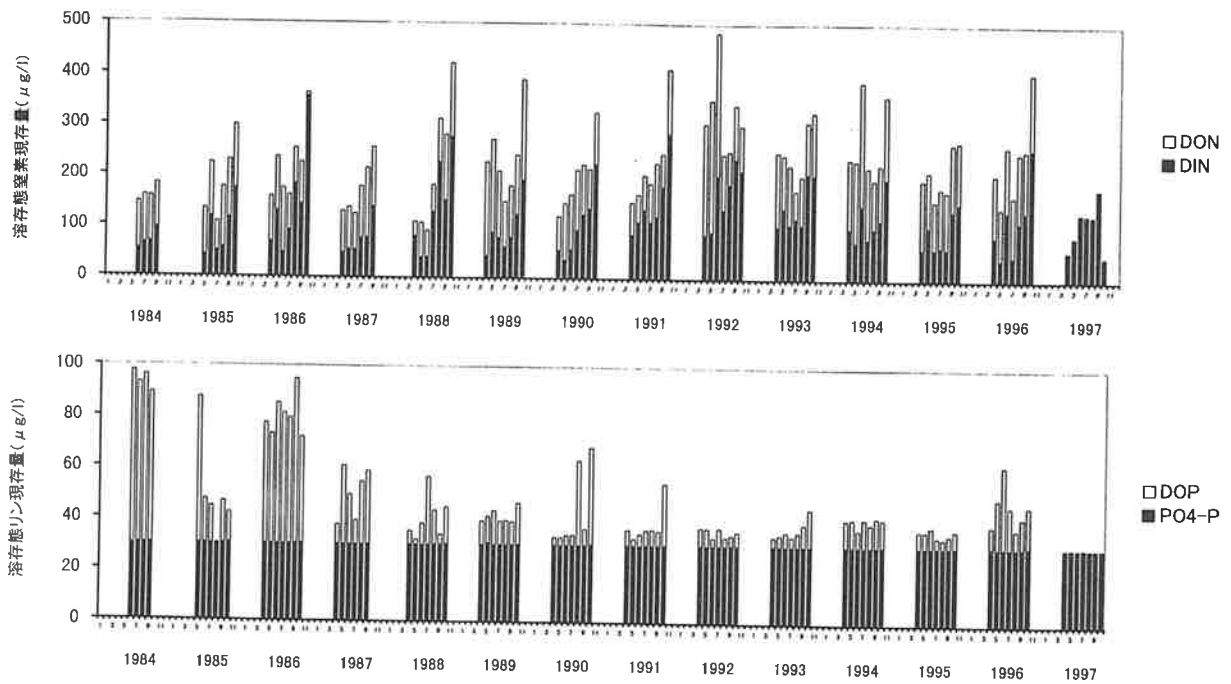


図10 野見湾の窒素・リン現存量の推移（6定点の平均値 単位： $\mu\text{g}/\text{l}$ ）

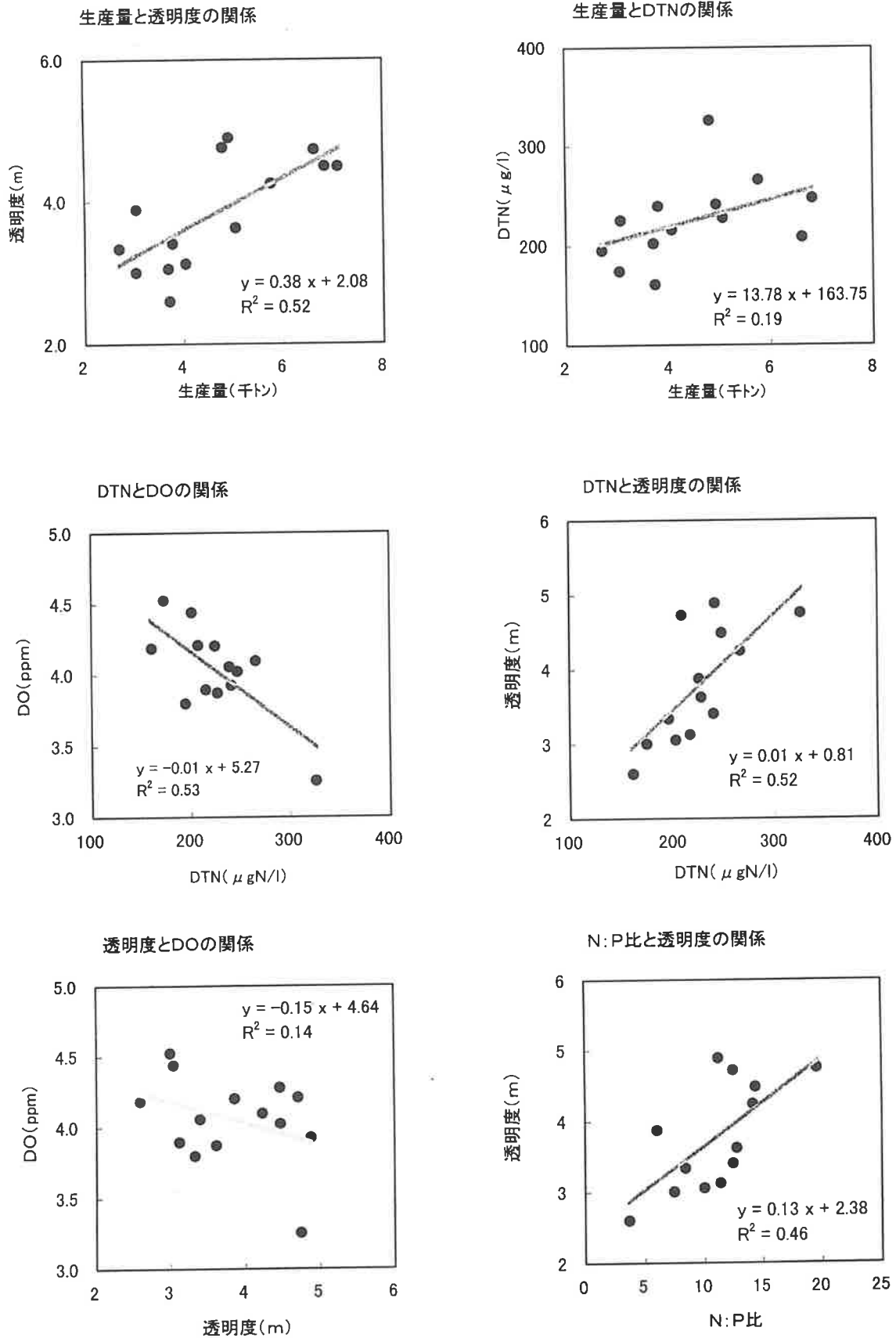


図11 生産量、溶存酸素量、透明度、栄養塩類の相互間の関係（各項目とも夏から秋の平均値）

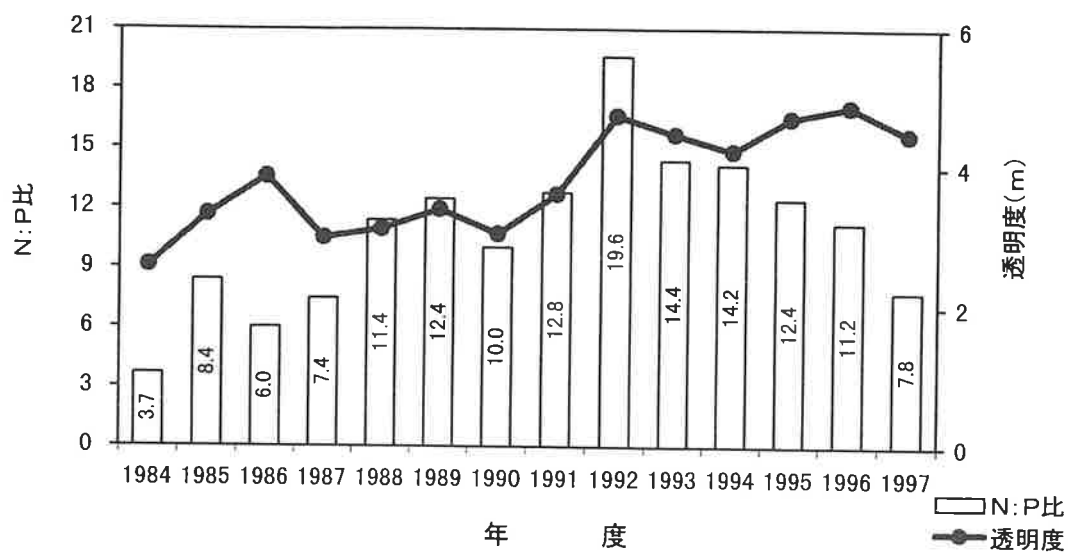


図12 海水中のN：P比（窒素とリンの比率）と透明度

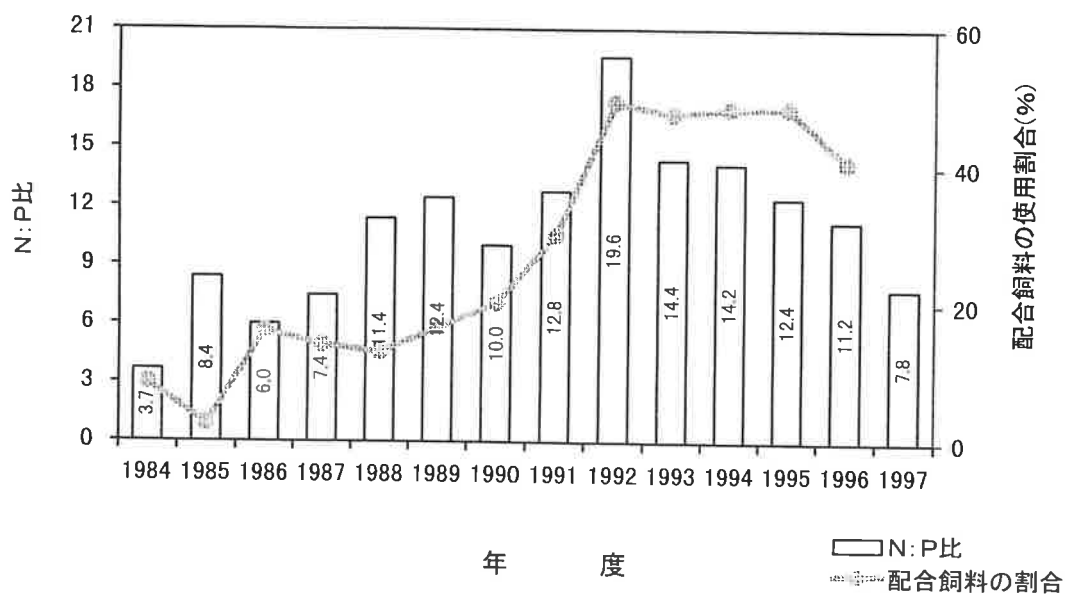


図13 海水中のN：P比と配合飼料の使用割合（％）の推移

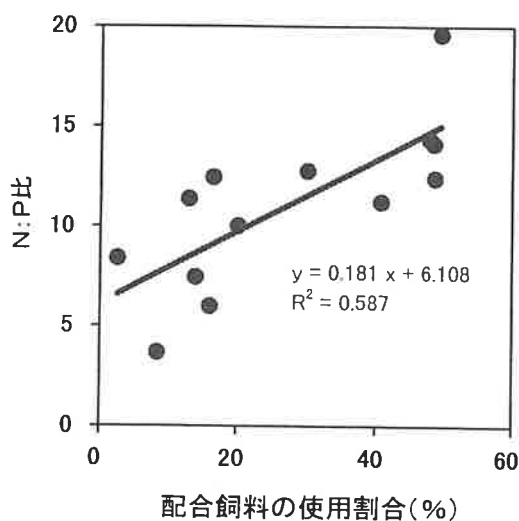


図14 配合飼料の使用割合（タンパク質換算、％）とN：P比

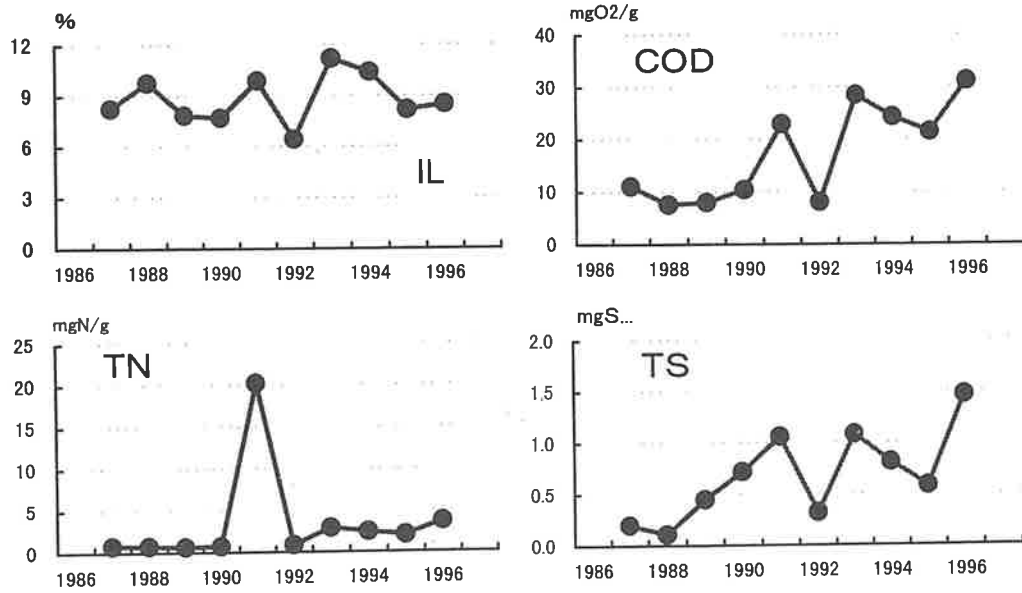


図15 底質4項目 (IL・COD・TN・TS) の推移 (St.3 1987～1996年)

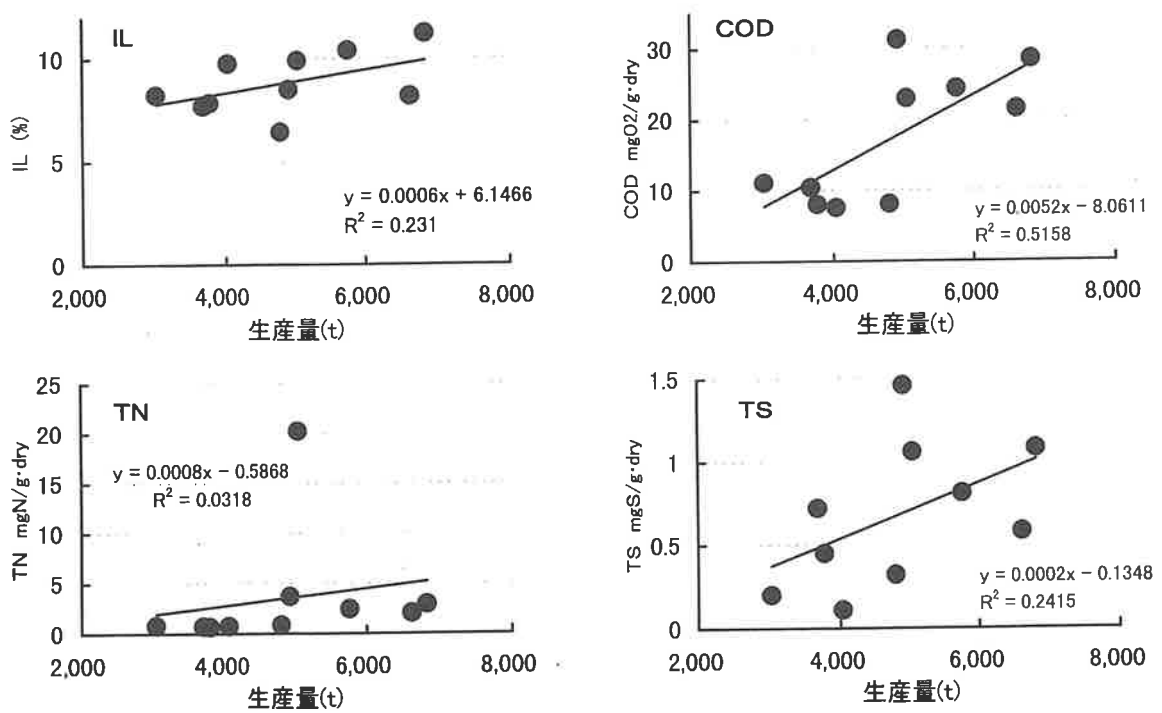


図16 生産量と底質の関係 (野見湾)

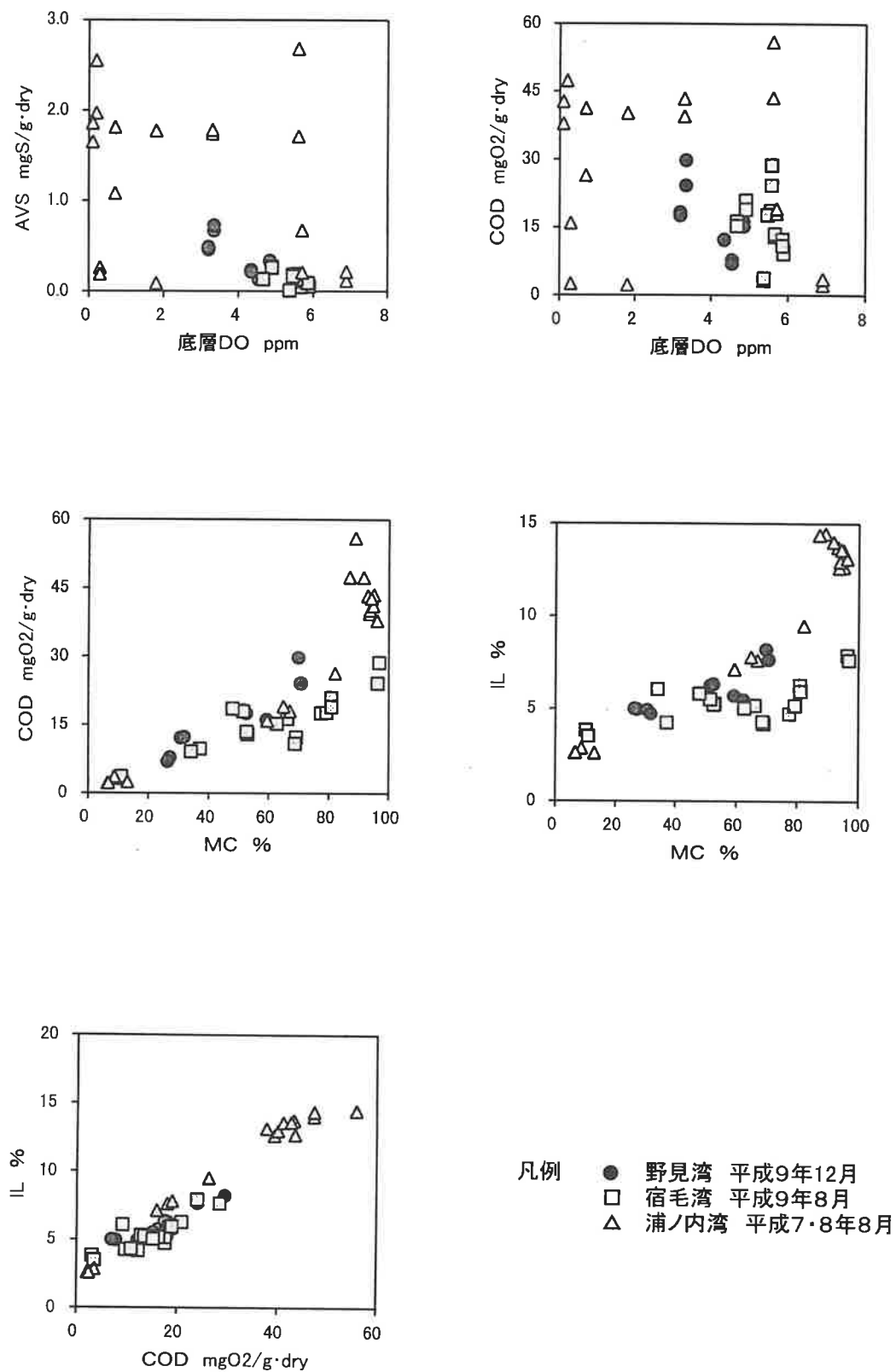


図17 県下3養殖漁場の底質環境