

ノリ漁場の集団施肥による窒素の分布と効果

北 嶋 博 卿

はじめに

本県有明海は筑後川、六角川および塩田川等多くの河川の流入によって、一般に富栄養海域に入っている。とくに、10月から12月までは栄養塩が増加し、11定点平均 $150\mu\text{g}/\text{l}$ を越す富栄養状態となり、¹⁾ 全国でも有数の良質ノリの養殖漁場となっている。しかし、12月下旬以降は急激に栄養塩が低下し、翌年2月には $50\mu\text{g}/\text{l}$ を割る状態となる。なかでも、この傾向が早期に現われる西部地区においては、 $10\mu\text{g}/\text{l}$ を割ることがしばしばあり、このためノリの色落ち現象が顕著となり、以前から施肥が積極的に検討されていた。昭和49年度に大規模な施肥が計画され、水試による予備実験を経たのち、²⁾ 有明漁連によって大規模な本試験が実施され結果はおおむね目的通りの効果がみられ、以後毎年本格的な事業として実施されている。一方、他地区でも同様な考えにより、昭和52年度に東部地区が、昭和53年度には中部、南部地区が加わり、全地区一斉に実施されるに至った(表-1)。この集団施肥の調査結果の概要を報告する。

表-1 年度別施肥実施経過

年度	49	50	51	52	53
施肥実施組合数	6	8	8	16	24
対象網数	60,323	93,981	93,232	313,510	403,753
肥料の種類	塩安、チッカリン	塩安、チッカリン	塩安、チッカリン のりむらさき	塩安、チッカリン のりむらさき	塩安、チッカリン のりむらさき
投入肥料量 (トン)	700 (塩安 650 チッカリン 50)	997 (塩安 900 チッカリン 97)	1,465 (塩安 1,351 チッカリン 57 のりむらさき 57)	2,410 (塩安 1,800 チッカリン 80 のりむらさき 530)	3,419 (塩安 3,259 チッカリン 80 のりむらさき 80)
施肥方法	河川投入	河川投入 葉面散布	河川投入 葉面散布	河川投入 葉面散布 漁場吊下	河川投入 葉面散布 漁場吊下
実施期間 (実数)	50.1.10~1.20 (11日)	50.12.21~12.31 (11日)	51.12.21~52.2.1 (29日)	52.12.23~53.2.18 (50日)	53.12.25~54.1.26 (28日)

2) 調査地点および調査回数

調査点を図-1に示した。水質は3日間隔に9回、底質は肥料投入をはさんで前後各1回調査しプランクトンは月2回、乾ノリは期間中8回採集した。

3) 調査方法および分析方法

水質 各漁協が満潮時を原則に1~4点を分担し採水した。塩素量はサリノメーターによって測定、 $PO_4 - P$ 、 $NO_2 - N$ 、 $NO_3 - N$ はStrickland&Parsons法、 $NH_4 - N$ はIndophenol法によった。

底質 エックマンバージ型採泥器により採集した。 H_2S はヘドロテック-S(北沢産業㈱)によって測定。IL

は $850^{\circ}C$ で1.5時間焼却後定量、全窒素はCNコーダー(柳本製作所㈱製MT500)によって測定、無機-Nおよび無機 $PO_4 - P$ は湿泥20gをN・Pを含まない人工海水400mlとともに20分間激しく振った後濾過し、濾液について水質と同様分析した。

プランクトン 表層から2mを北原式定量ネット(××13)により鉛直曳きし、24時間沈澱量を測定した。

乾ノリ 各採水点に近接するノリ網から摘採し乾製品にした後、感応検査により等級格付けした。

結果および考察

(1) 肥料成分の漁場への拡散

図-2に調査日ごとの三態-Nの拡散状況を示した。

調査開始日の54年1月4日は西部地区は既に肥料投入を実施しており、塩田川河口域にその影響がみられているが、他地区には施肥を実施しておらず、その影響はない。即ち、河口漁場で $200\sim 300\mu g/l$ の濃度域があったものの漁場全体はやっと $100\mu g/l$ を越す状態で、前月の濃度に比べ栄養塩減少の傾向が現われていた。とくに、南部地区では $10\mu g/l$ にも満たない貧栄養状態になっていた。肥料投入が1月6日に一斉に行なわれ、翌7日には漁場の栄養レベルは全体的にアップされ、貧栄養

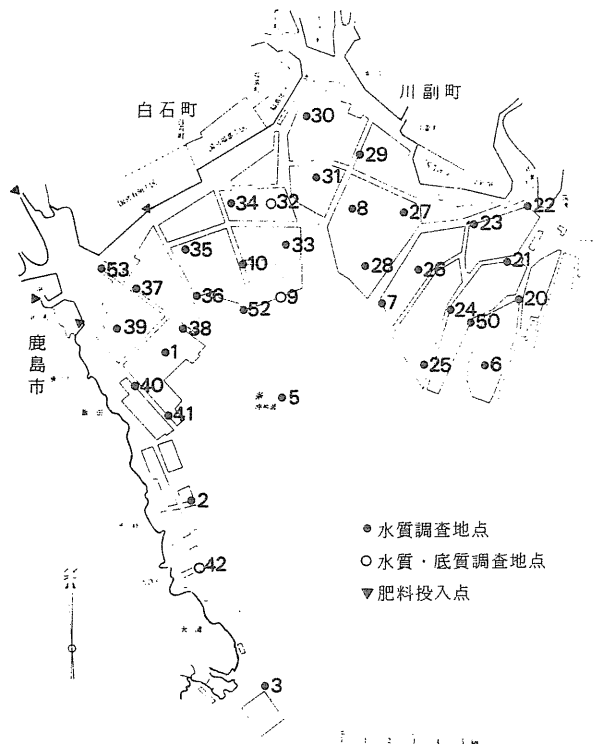


図-1 昭和53年度 施肥調査地点図

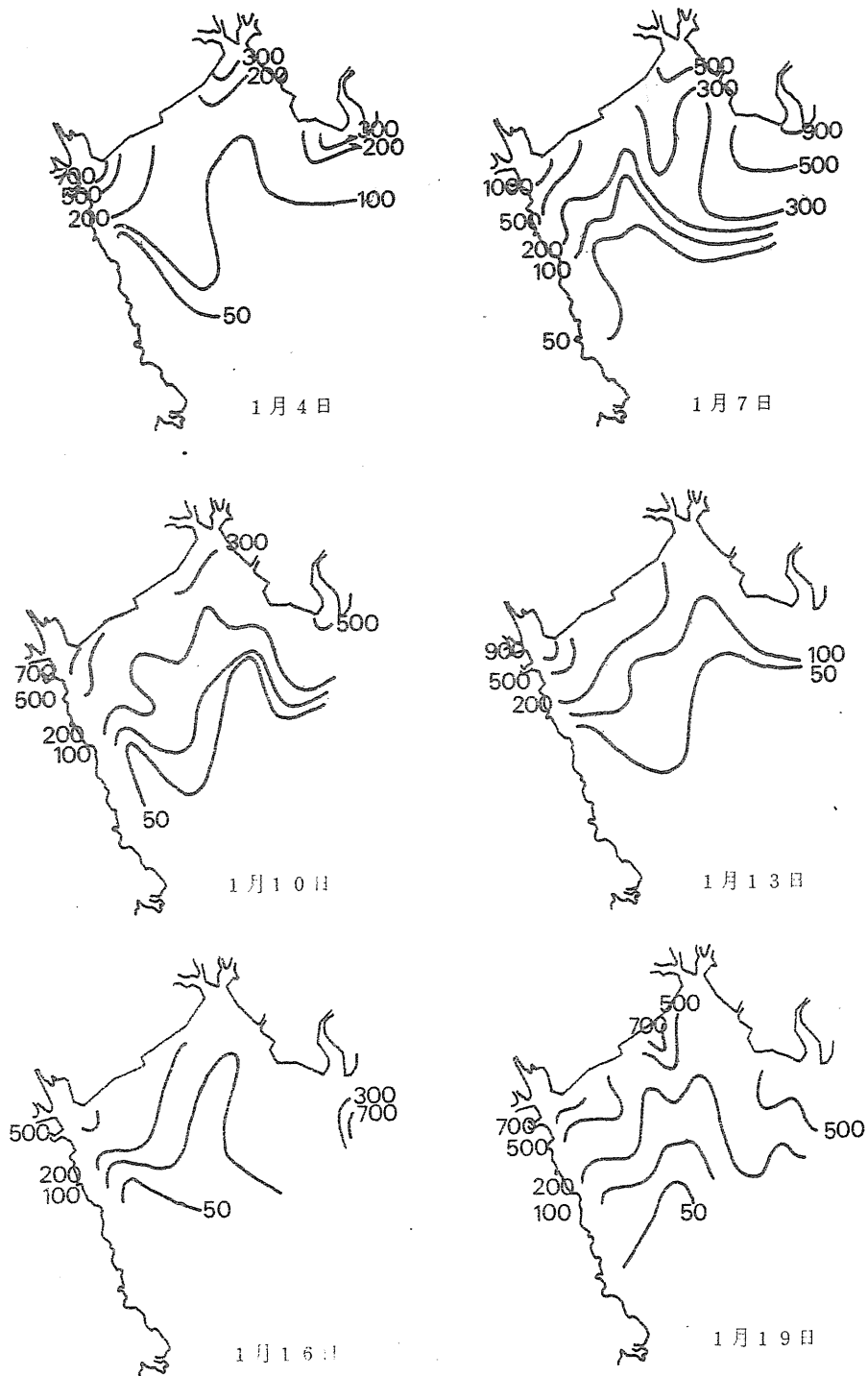


図-2-1 三態-N ($\mu\text{g}/\text{L}$) 分布の変動

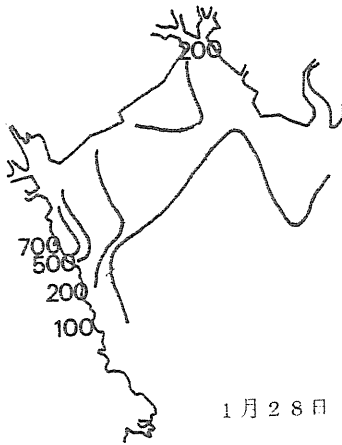
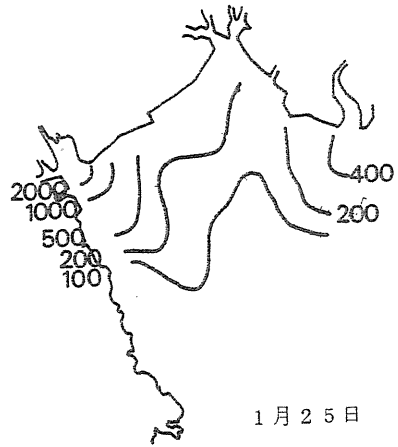
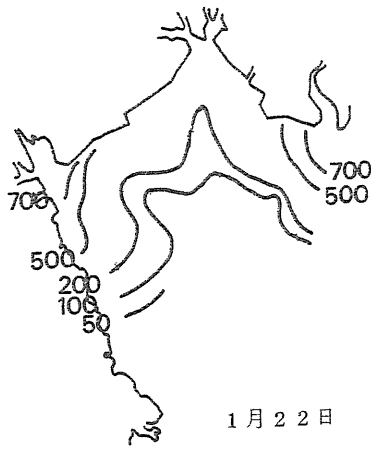


図-2-2 三態-N ($\mu\text{g}/\ell$) 分布の変動

状態にあった南部地区においても $50\mu\text{g}/\ell$ を越す状態となり、他の地区は全域がほぼ $200\mu\text{g}/\ell$ 以上になった。また、3河川から舌状に高濃度域が張出した形を示していたが、その到達距離は河川流量により異っており、筑後川、六角川、塩田川の順であった。河川投入法を採用している西部地区では、河口部の一部に $1000\mu\text{g}/\ell$ を越す高濃度域もみられた。この後、大潮にむかい全体的に若干減少しているが、1月10日までは南部地区や沖合漁場を除き漁場全域が $200\mu\text{g}/\ell$ 以上を保っていた。1月13日の大潮になると水の交換がよくなり、肥料投入を継続している西部地区を除き全域が大幅にN濃度が低下した。筑後川、六角川の河口域で $200\mu\text{g}/\ell$ を越す部分はみられなかった。1月16日には全体的に低濃度になっており、西部地区でも1月14日以降、肥料投入を停止したため塩田川河口域の濃度も低下した。筑後川尻地先に $700\mu\text{g}/\ell$ を越す高濃度域がみられたが、これは福岡県の肥料投入の影響と思われる。1月18日には全域で肥料投入を再開し、翌19日には前回同様に漁場全域のN濃度はアップされた。東部地区では1月21日にも肥料投入を行なったので、翌22日の調査時に筑後川河口域で19日より更に高い $700\mu\text{g}/\ell$ 以上の高濃度域が出現した。全体的にも影響は長く継続し1月25日でも南部地区を除きほぼ全漁場が $100\mu\text{g}/\ell$ 以上あり、 $200\mu\text{g}/\ell$ を越す漁場が多かった。塩田川河口域には $2000\mu\text{g}/\ell$ を越す異常な高濃度域もみられた。1月26日の肥料投入の終了とともに、全漁場からN量が急速に減少していった。しかし、28日の調査時にも、高濃度域は少ないものの、東部地区の沖合漁場を除きほぼ全漁場が $100\mu\text{g}/\ell$ 以上を保っていた。また、 $700\mu\text{g}/\ell$ を越す高濃度域も西部地区の

塩田川河口部から西岸部にかけて、細長く張りついた形でみられた。この後、2月13、14日の海況観測時には海域平均 $12\mu\text{g}/\text{l}$ ($5\sim 37\mu\text{g}/\text{l}$) となっており、肥料投入による影響はみられなくなった。

(2) 無機三態-Nの経時変化

調査期間中のデータに一部前後のデータを加えて東、中、西部地区の三点について無機三態-Nの経時変化をみた(図-3)。図中、上の実線は無機三態-N量を、下の実線は $\text{NO}_2\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の合計値を、中間の破線は肥料投入前の三態-N量中における $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合がその後も継続するものとして想定した三態-N量を示したものである。それゆえ、上の実線から中間の破線までの距離が、肥料投入により人為的に添加されたN量とみなすことができる。

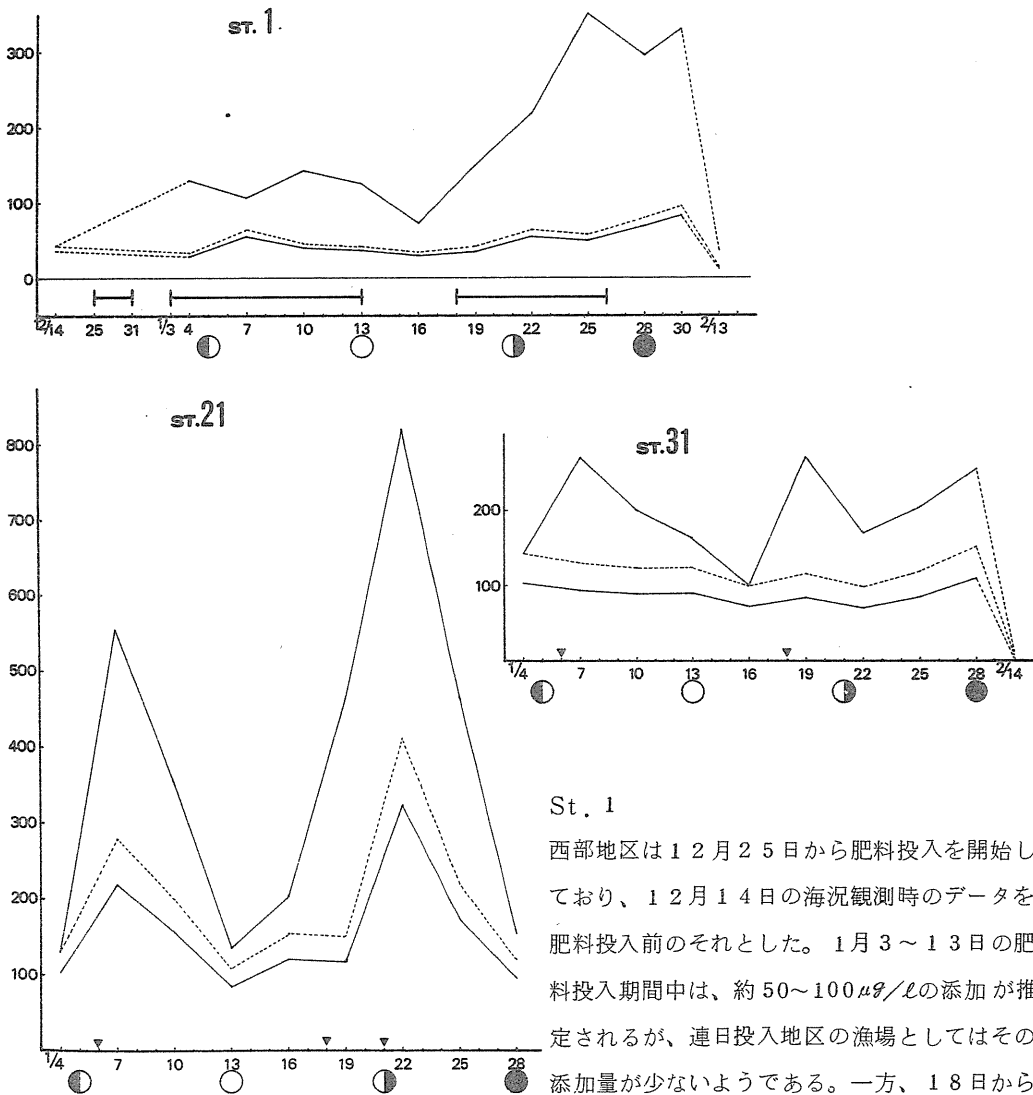


図-3 海水中の肥料成分の経時変化

St. 1

西部地区は12月25日から肥料投入を開始しており、12月14日の海況観測時のデータを肥料投入前のそれとした。1月3~13日の肥料投入期間中は、約 $50\sim 100\mu\text{g}/\text{l}$ の添加が推定されるが、連日投入地区の漁場としてはその添加量が少ないようである。一方、18日からの肥料投入では約 $100\sim 300\mu\text{g}/\text{l}$ の添加が推

定される。このように、後半の添加量が多いのは16日の調査時点で前半のN量がそれ程減少していないところに再び添加されたことと、28日の大潮は干満差がそれ程大きくなかったため、域外へ出る部分が少なかったことによるものと思われる。

St. 21

1月6日の肥料投入により約 $300\mu\text{g}/\text{l}$ が添加され、翌7日の調査時には $500\mu\text{g}/\text{l}$ を越す値を示した。その後、急激な減少を示したが4～5日間は $100\sim 300\mu\text{g}/\text{l}$ 添加された形で経過した。1月13日の大潮時には、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は急減し肥料成分はすみやかに域外へ逸散したものと思われる。その後、やや増加したものの1月16日まで同じ水準で経過し、1月18日の2回目の肥料投入で再び $300\mu\text{g}/\text{l}$ の添加がみられた。1月21日の追加投入で更に $100\mu\text{g}/\text{l}$ が添加され、翌22日の調査時には $800\mu\text{g}/\text{l}$ を越す高濃度を示した。8～9日間ほど $100\sim 400\mu\text{g}/\text{l}$ 添加された形で経過し、1月28日にはほとんど消滅した。自然状態でも小潮時にN量が増加し、大潮時に減少するという形が想像されるが、この地点が筑後川の感応域であるため水の攪拌、交換がよいことによるものと思われる。

St. 31

肥料投入の翌日には2回とも $100\sim 150\mu\text{g}/\text{l}$ の添加が推定される。1回目の肥料投入による添加分は1月16日には消滅しているが、2回目では調査期間中は消滅するに至らない。図より自然状態のN量がかなり安定した経過を推定出来ることから、攪拌混合による域外への逸散が少ない漁場のため、他地区からの添加も考えられる。

(3) 塩素量の変動

肥料投入期間中の塩素量の変動を図-4に示した。期間を通じて漁場内は17%前後であり、大きな変動はみられない。例年のこの海域の姿と大差ない。小潮時に河口部が若干低鹹になるが、大潮時にはその傾向はみられない。なお、N量の拡散分布とほぼ一致している。

(4) 肥料投入によるノリ製品の変化

調査地点付近から定期的に採集し、この製品の品質への影響を調査した。品質の判定は検査員による等級判定によった(図-5)。肥料投入前の1月4、5日の等級分布は上3～8等までであり、上3～4等付近に集中していた。肥料投入後4日目の1月9日には上3～7等まで分布しており、8等という下等級のものがなくなり、4等を主体として5～7等の等級が増加していた。その後の調査ごとに下位等級のものが増加し、17日には6等以下の下位等級品が大勢を占めた。17日以降は横ばい状態で経過したが、25日と29日には若干の等級上昇もみられた。上昇傾向を示したのは東部地区のものであり、西部地区のものに等級の上昇はみられなかった。これは過去の施肥効果の中で最も劣った結果となった。

水質調査の結果からは肥料投入によるノリ製品への効果が期待できたにもかかわらず、前述の製品調査の結果がみるべき成果を示していないのは

- a) 暖冬で冷凍網張込み時から気温が高かったところに、肥料投入時は一層高気温となった。

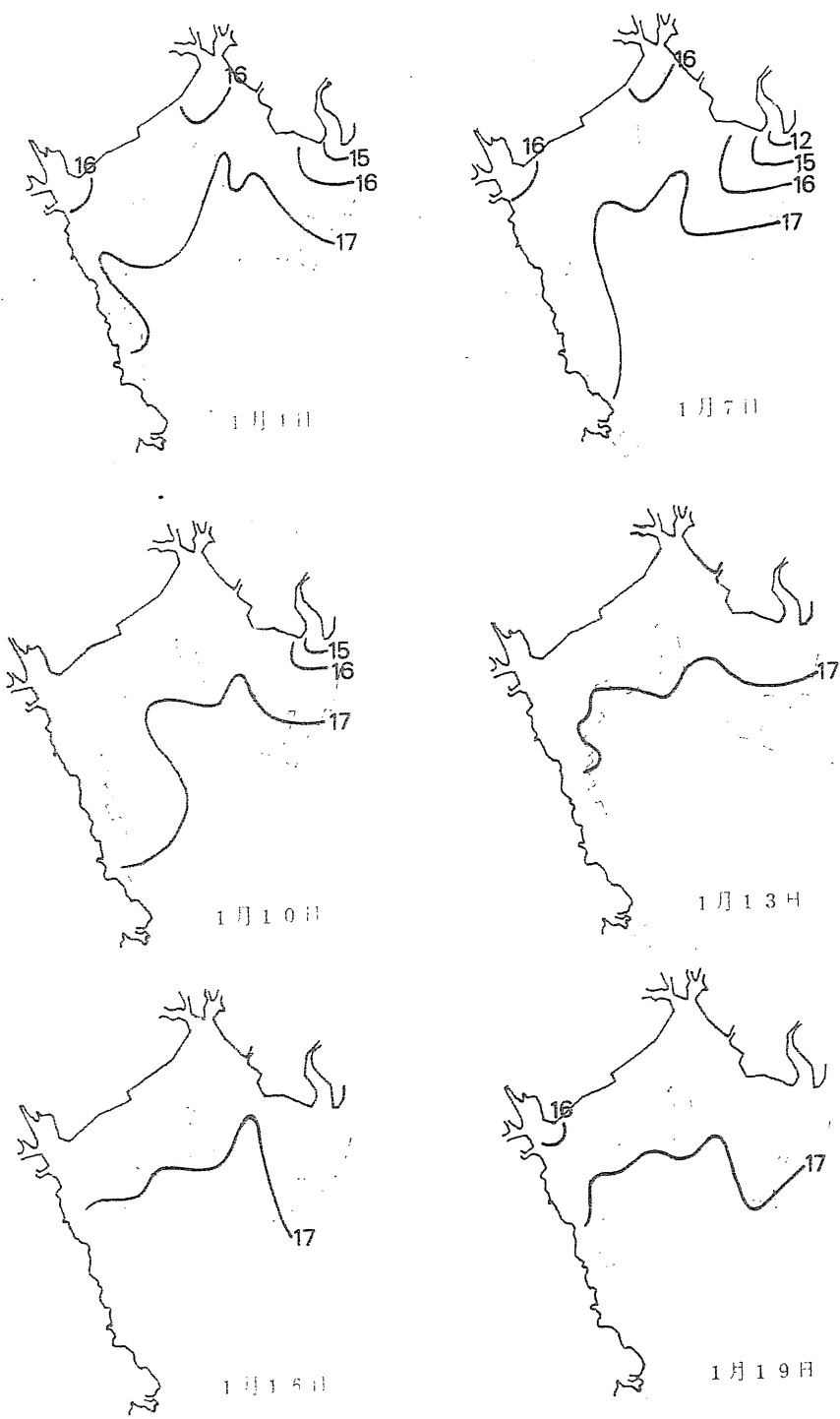


図-4-1 塩素量 (Cℓ%) 分布の変動

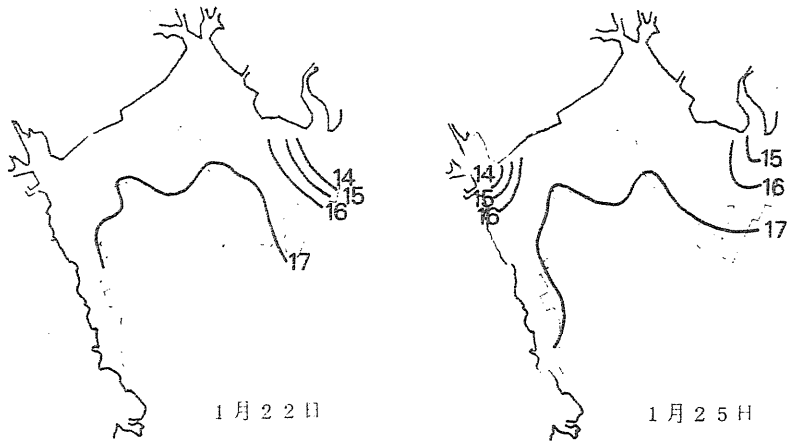


図-4-2 塩素量(Cℓ%) 分布の変動

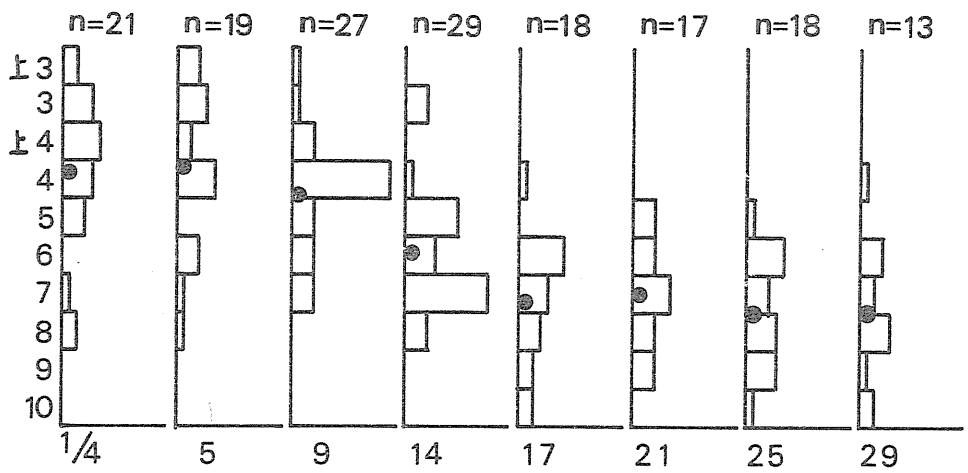


図-5 ノリの等級別度数変化

- b) 冷凍網張込み時から一週間ほど雨や「もや」が続き、のち一時回復していたが、肥料投入の1月6日から再び「もや」や霧がかけ、1月10～13日まで雨模様になった。
- c) 5～9日まで晴天が続き、7～8時間も日照時間があった。(1月上旬の日照時間は平均約6時間)
- d) 1月上旬の日平均風速が1.4 m/secしかなく平均よりかなり少ない。特に、7日から12日まででは平均約1.2 m/secで無風に近い状態が続いた。

以上の気象³⁾ 海況等の条件が重なり、ノリ葉体に緑斑病、細菌付着症が発生し、死細胞が急増するなどノリ葉体の衰弱がみられ肥料成分を吸収することができない状態にあったことが考えられる。

(5) 肥料投入による底質の変化

肥料投入前の53年12月27日と終了後の54年2月13日に図-1の三点につき底質調査を行ない、分析結果を表-3に示した。

全窒素は肥料投入の前後でSt. 42が若干増加したが、他の地点はやや減少した。間隙水の窒素のうちNO₃-Nがいずれの地点でも若干増加したが、NO₂-NとNH₄-Nはともに減少した。特に、NH₄-Nは29～84%も減少しており、肥料成分が底質に添加あるいは蓄積されたという恐れはないものと思われる。リンが三点とも若干増加しているが、投入した肥料に含まれるリンの量は僅かであるところから、肥料からの添加というより自然の生物的要因等が大きいものと思われる。H₂SやILについても大体地の要素と同じ傾向であり、短期的には肥料投入による底質への影響はみられないようである。

表-3 底質調査結果

月日	項目 地点	H ₂ S mg/g	I L %	全窒素 mg/g 乾泥	無機-N μg/g 乾泥				無機態リン μg/g -乾泥
					NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	計	
12月27日	9	0.117	10.76	17.83	0.92	1.27	8.40	10.59	3.45
	32	0.357	9.69	17.93	0.86	0.59	8.18	9.63	2.73
	42	0.293	10.35	15.79	2.10	0.58	36.33	39.01	4.14
2月13日	9	0.085	10.35	17.54	0.63	1.32	3.49	5.44	3.96
	32	0.269	11.28	17.73	0.86	0.81	1.29	2.96	3.34
	42	0.280	9.59	18.71	1.32	1.05	25.79	28.16	4.47

(6) 肥料投入時のプランクトン量の変化

肥料投入時期前後を通じてプランクトン量の変化を表-4に、分布の変化を図-6に示した。有明海湾奥部でのプランクトンは近年1月から増加を始め2月増加をすることが多かったが、4) 今年度は12月中旬頃から増加し始め、1月中旬に大きなブルームを形成し、特に、西南地区ではその量が多くSt. 2で $1500\text{ml}/\text{m}^3$ にせまる大きな値を示した。このように、プランクトンのブルームの出現と肥料投入の時期が一致したが、プランクトンの増加傾向が見られ始めたのが12月中旬からで肥料投入の前であり、肥料投入による窒素量の増加のみがプランクトン量の増加の原因とは考えがたい。増加のみられる前から高気温、微風状態が続いており、気象、海況要因の方が大きく働いているものと思われる。

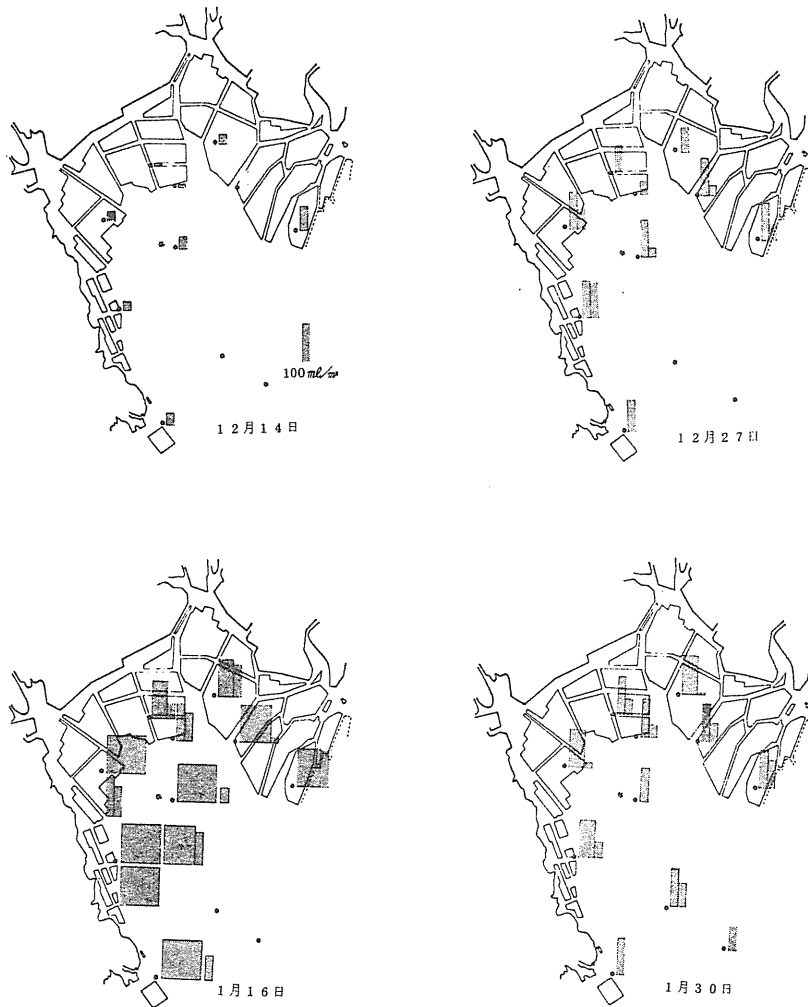


図-6 プランクトン分布図

表-4 プランクトン量の変化

調査地点	単位 ml/m^3			
	12月14日	12月27日	1月16日	1月30日
1	27.6	155.9	679.1	216.8
2	24.3	193.5	1486.4	242.2
3	33.2	84.1	564.0	97.3
4				163.7
5	32.1	126.1	537.5	79.6
6	64.1	141.6	398.1	175.8
7	48.7	127.2	415.8	148.2
8	27.6	67.5	287.5	207.9
9	10.0	35.4	174.7	133.8
10	7.7	75.2	240.0	142.7
11				66.4
Ave	30.6	111.8	531.5	152.2

要 約

1. 全地区一斉に行なわれた肥料投入により、ノリ漁場のほぼ全域が $200\mu g/l$ 以上の豊栄養状態となり、4～8日間は持続された。
2. 河川投入法を採用している地区での窒素の拡散分布域は、漁場吊下げ法を採用している地区のそれより狭く、河口域に高濃度域を形成した。
3. 肥料投入により漁場の肥料は高濃度に保たれたにもかかわらず、高温、無風等の悪条件によりノリが弱り肥料成分を吸収できずノリ乾製品の等級向上はみとめられなかった。
4. 肥料成分の底質への添加あるいは蓄積は短期的にみるかぎりみとめられなかった。
5. 肥料投入期にプランクトン量が増加したが、肥料投入による窒素分の増加より、気象、海況要因の影響が大きいと思われる。

文 献

- 1) 佐賀県有明水産試験場：本報
- 2) 佐賀県有明水産試験場（1975）：河川投入施肥法による肥料液の移動拡散および施肥効果について、ノリ施肥試験効果調査報告P.129

3) 日本気象協会佐賀支部：気象月報（1977・12～1978・1）

4) 福岡県有明水産試験場（1977）：有明海湾奥におけるプランクトンの季節的消長、福岡県有明水産試験場事業報告