

養殖ノリの施肥に関する研究

寺井 胖 ・ 小野 剛

Studies on Manuring of Cultured Lavers

Yutaka TERAI and Takeshi ONO

まえがき

松川浦は福島県東北部にある，面積約 6.3 km^2 の小さな閉鎖型の潟湖で，狭い人工水路で太平洋に連結しているにすぎず，ノリ養殖場として古い歴史をもちながら近年その生産は低迷を続けている。

松川浦の漁場環境について岩崎・松平¹⁾は，湾外の仙台湾水の影響を強くうけ養殖期間の栄養塩は親潮に依存しており，しかも極めて貧栄養漁場であり，ノリのN:P比の変動からN分の不足が目立つとしている。浅海漁場開発事業調査²⁾では地形条件から海水交流が悪く，湾口～湾奥で漁場価値の優劣が明らかであり，ノリ生産の主要な要因は流速と塩素量であるとしている。したがって，当地のノリ養殖においては他所よりも早く色落ち（退色現象）が顕著になり，生産量の少ない当漁場ではなおさら品質低下は重要な問題となっている。

施肥によりノリの品質向上と増産を計ろうとする試みは当然古くより始められている。個人による撒布法（葉面および水面）浸漬法，固形肥料の海底撒布や垂下法および共同施肥船（病害防除も兼ねる）による大量撒布などである。これらの方法もそれぞれ一長一短があるが，眼にみえる効果があがっていないことからどのように施肥を行なうか苦慮している現状である。

昭和44年，岩ノ子組合で施肥施設を設置した。これは香川県小豆島のをまねたもので，陸上にタンクを置きパイプをとりつけパイプの穴より肥料を撒布するものである。（以下パイプ式と呼ぶ）

筆者らは省力化による大量施肥を目的として昭和44～47年当施設より施肥を実施し，その効果確認のため肥料液の拡散やノリ色素の変化について調査したので報告する。

方 法

施肥施設は字田川左岸白山堤防に溶解槽（木製・容量1.5トン）をおき，塩ビパイプ（径，5 cm・延長150 m・3 m間隔に3 mmの穴）をノリ網の上に固定したもので，用水は堤防下の湛水を利用するものである。施肥は前日溶解した肥料液を，上・下潮時ノリ網が浸水し始めてから1日1回30～60分撒布する。流量調整はコックにより行なう。肥料はノリ用肥料として微量金属やアミノ酸等を含む各種のものが市販されているが，前記の事情により当漁場は窒素の不足が著しいので安い単肥を施肥す

ることとした。昭和44年は硫安2~3袋, 過石1袋, 昭和45年は尿素(N46%)6袋, 燐酸(P46%)1袋を1日分とし, 昭和46年は尿素10袋, 燐酸2袋, アミノ酸(15kg入3缶, 3日間のみ)などを使用した。なお, 施肥期間は海況, ノリの状況にもよるが, ノリの色落ちがみられる11~12月病害等で中断する場合を除き継続実施した。施肥区域は白山堤防と水路に囲まれた南北に細長い漁場で水面積67,500 m²(東西150m, 南北450m)で約900欄(4尺×10間)のノリ俵がある。(図1参照)

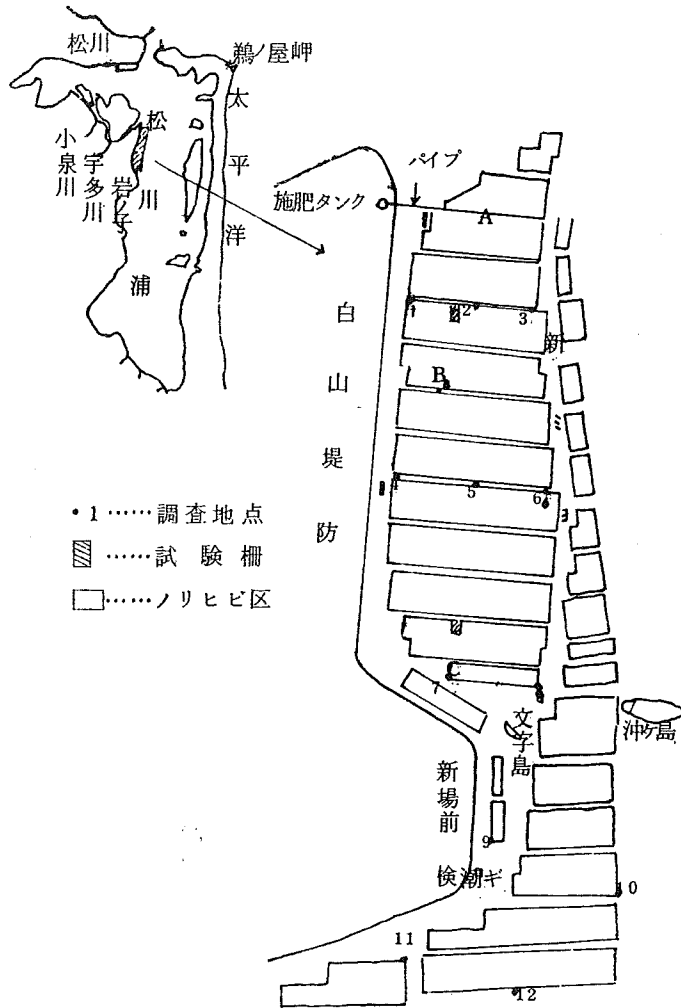


図1. 松川浦および施肥区域

施肥液の拡散調査は流速観測や水質分析(栄養塩, 塩検)により, ノリ色素の変化は試験欄やその周辺のサンプリングにより脂溶性色素を抽出し測定した。なお, 水質分析は海洋観測指針により, ノリの色素は生ノリ3gに炭酸マグネシウムMgCO₃を加え磨砕後アセトンで冷暗所で一夜放置し上澄液をとり, 残分をアセトンで5~6回洗滌して洗滌液を前の液に加えアセトンで100 mlとして吸光度を測定した。

結果並びに考察

拡散調査

昭和45年12月22日の調査結果は表1のとおりである。施肥時間は9時00分～10時00分(途中パイプの穴詰りで数回中断)施肥量は尿素6袋(120kg)・燐酸1袋(15kg)である。当日は長潮で湾口における高潮10時18分、湾口(10時00分)での水質はCl 17.73%, phosphate-Pおよび nitrite-N 0.23 $\mu\text{g-at}/\ell$ で極めて貧栄養の外洋水に依存している時期である。

表1から流速はSt.A 25cm/sec, St.B表層18～20cm/sec, St.C 13～16cm/sec程度であり, St.Cでは流れが収斂するため下層がやゝ大きい値を示している。St.Bで30分経過で10cm/sec程度増加している。この区域は地形から南北の流れで大潮時でも40cm/secを超えることはない。

施肥液は ammonia-N, 460 $\mu\text{g-at}/\ell$, phosphate-P, 120 $\mu\text{g-at}/\ell$, Cl 281‰であった。ammonia-N, phosphate-Pの値から施肥液は表層を流れ、水深0.5m以下には達しないがSt.Cでは上下層の差は小さく下層でも割合大きな値を示すこともある。施肥パイプの高さは2m(ノリ網から)程度で、肥料分は落下時点で数百倍に稀釈されながら流下するが、Clの値からみても均一に拡散するのでなく、水塊となっていることがわかる。

表1. 第1回拡散調査(S45.12.22)

場 所	時 間	水 位	流 速 cm/sec	ammonia -N $\mu\text{g-at}/\ell$	phosphate -P $\mu\text{g-at}/\ell$	Cl ‰
A パイプ下 1m 水深1.0m	9.35	表層	25.1	3.59	11.3	14.62
		中層	27.4	8.17	9.65	6.33
		下層	22.1	1.05	0.32	16.91
B 白山中央 パイプより 175m下 水深0.8m	10.05	表層	20.3	1.60	0.43	7.05
		下層	13.0	0.76	0.32	16.59
	10.15	表層	18.5	4.50	0.1	9.39
		下層	12.7	2.76	0.6	16.68
C 白山尻 水深1.0m	10.22	表層	12.7	9.59	0.43	7.05
		下層	16.0	1.30	tr	16.94
	10.32	表層	14.5	5.70	0.32	16.59
		下層	16.0	3.76	0.32	16.88
宇多川尻		表層	0.6	2.59	0.05	8.16
		下層	0.1	18.10	0.15	17.06
施肥前 A		表層		tr	0.55	14.88
		下層		0.47	0.05	16.62

ノリ施肥では ammonia-N を $50 \mu\text{g}/\ell$ 以上にすることが目標であるとよく云われるがこの点からみるとSt.Aの表, 中層, St.Bの表層, St.Cの表, 下層にみられるのみで、白山地区の水容積(仮に水深0.3mとしても約22,150 m^3)に比しN分はわずか55.2kg(120kg \times 0.46)の施肥である。phosphate-Pもほとんど $10 \mu\text{g}/\ell$ 以下でP分(15kg \times 0.46)の投下では当然であろう。なお、nitrite-Nは各地点とも微量であるので省略した。

昭和46年1月14日の調査結果は表2のとおりである。施肥時間13時30分～14時30分、施肥量は前回同様、湾口の潮時低潮11時36分、高潮16時56分、中潮で調査時3～5m/secの季節風があった。12地点で15分間隔で同時観測（測流－漂流ピンの10m流下時間、採水－栄養塩分析）をおこなった。

施肥液（溶解槽）は ammonia-N 1.415 $\mu\text{g-at}/\ell$, phosphate-P 0.59 $\mu\text{g-at}/\ell$, Cl 2.04%であった。表層だけの観測であるが、表2からわかるとおり特に、ammonia-Nが少なく痕跡の所が多かった。パイプより36mの所でも宇多川尻に比しはるかに少ない。このことは無風状態の前回と異なり、季節風により空中で霧状となって水中に落下するので急速に拡散が行なわれることによるものであろう。また、風波により東へ流されたことも新霧の ammonia-N からうかがえる。したがって、風のある時には、施肥液が水塊を形成しがたく、よほど大量に施肥しない限り確認することも容易ではない。

表2. 第2回拡散調査 (S46.1.14)

場所	流速 cm/sec	Cl %	ammonia-N $\mu\text{g-at}/\ell$	phosphate-P $\mu\text{g-at}/\ell$
1	13.3～20.0	16.94～17.29	tr～0.6	0.15～4.4
2	10.0～14.3	16.88～17.79	tr～0.2	0.17～1.0
3	11.1～22.2	17.50～17.99	tr～0.05	0.04～1.0
4	13.3～22.2	17.00～17.67	tr～0.7	0.42～2.7
5	9.1～14.3	17.56～17.85	tr～1.05	0.17～2.5
6	9.1～14.3	17.38～17.82	tr～0.59	0.26～1.15
7	11.1～19.2	17.38～17.88	tr～0.3	0.32～1.38
8	15.4～20.8	17.41～18.11	tr～0.59	0.21～1.44
9	16.7～22.2	17.41～17.88	tr	0.26～1.21
10	13.0～19.6	17.53～18.05	tr～0.47	tr～0.93
11	11.7～18.5	17.35～17.94	tr～0.59	0.1～2.0
12	6.6～12.5	17.35～17.99	tr～0.88	0.17～1.1
パイプ下	9.9～10.9	16.12～17.39	0.18～0.94	1.05～5.0
宇多川尻	6.6	10.61	2.47	0.17
新ミヨ		17.38	6.8	0.32

観測13.30～15.00 15分間隔・流速 漂流ピン

昭和46年は尿素を200kgに増加して施肥した。これは前年の拡散調査の結果から量的に不十分と考えたからである。昭和46年12月15日前回同様の調査を行ないその結果は表3のとおりである。施肥時間10時00分～11時25分湾口の潮時、高潮13時19分、低潮7時46分大潮で調査時2～3m/secの風があった。

施肥液は phosphate-P 34 $\mu\text{g-at}/\ell$, ammonia-N 194,000 $\mu\text{g}/\ell$ で表3からみると場所により、時間によりまちまちで水塊として流下していることがわかり、ammonia-Nでは1,000～4,000倍に稀釈されていることがうかがえる。St.3で大きな値がみられるが、パイプの継目がはずれ一時に流れためである。また、St.7,8,9が全般に高い値を示している。これは前にも触れたように地形から流れが収斂するため新場前(St.9)で平均して高い値を示している。新場前から南は過去の流況調査から舟通しのあるSt.11の方向へ流れ、やがて潮位の上昇につれて南(St.12)へ拡散するこ

表3. 第3回拡散調査 (S46.12.15)

場所	時間	水温 ℃	Cl ‰	NH ₃ -N γ/ℓ	PO ₄ -P μg-at/ℓ	場所	時間	水温 ℃	Cl ‰	NH ₃ -N γ/ℓ	PO ₄ -P μg-at/ℓ	
1	10.15	9.5	18.28	100	tr	6	10.15	7.0	18.26	40	tr	
	25	9.5	18.20	100	0.1		25	7.0	18.70	72	0.32	
	35	9.5	16.98	132	tr		35	7.1	18.61	80	tr	
	45	8.0	17.48	208	tr		45	7.3	18.49	40	0.05	
	55	8.0	18.06	60	tr		55	7.3	18.64	116	tr	
	11.05	8.0	18.27	90	0.2		11.05	7.3	18.58	66	1.66	
	15	8.0	17.69	100	tr		7	10.25	9.5		164	0.94
	25	8.0	18.46	130	0.26			35	9.7		146	0.88
2	10.15	8.4	18.31	60	1.38	45		10.9		226	0.95	
	25	8.4	18.43	90	0.83	55		12.0		146	tr	
	35	8.4	18.43	130	tr	11.05		11.4		216	0.38	
	45	8.5	18.23	54	tr	15	10.5		—	tr		
	55	8.7	18.37	124	0.2	8	10.30			220	0.05	
	11.05	8.7	18.51	112	tr		10.40			72	0.5	
	15	8.7	18.40	112	—		50			186	0.26	
	25	8.7	18.16	282	0.05		11.00			180	tr	
3	10.15	8.0	17.33	500	0.55		10			174	0.1	
	25	8.0	18.40	144	0.1	20			188	0.65		
	35	8.1	18.37	66	0.94	9	10.15	10.0	18.61	146	0.32	
	45	8.1	18.26	66	0.5		25	10.0	17.87	192	tr	
	55	8.1	18.43	1,500	0.5		35	10.0	18.00	246	0.2	
	11.05	8.2	18.28	118	0.5		45	10.5	18.05	216	0.18	
4	10.15	7.9	17.95	94	tr		55	10.5	18.08	316	0.05	
	25	8.0	18.02	60	0.05		11.05	10.5	18.17	164	0.05	
	35	8.0	18.26	40	tr	15	10.5	18.34	186	tr		
	45	7.9	18.31	66	0.15	パイプ	10.25	10.3	18.40	424	0.65	
	55	7.8	18.28	100	tr	20m下	11.05	10.1	18.58	146	0.38	
	11.05	7.8	18.47	32	tr	新場前	11.45			128	0.43	
5	10.15	8.4	17.29	100	tr	11	11.40			146	0.43	
	25	8.3	17.68	54	0.2		宇田川尻	11.20			116	—
	35	8.5	16.74	40	0.55							
	45	8.4	18.16	54	0.4							
	55	8.3	18.23	90	—							
	11.05	8.3	17.95	20	tr							

とが知られている。

3回の拡散調査から尿素200kgでようやく施肥をした形になったと云える。流速を0.3m/secとするとパイプから施肥区域の末端(約450m)まで25分ほどで流下することになる。施肥時間を60分とし、投下したN分を毎分約1.5kg(200kg×0.46÷60)とすると、水容積(22,700m³,比重1.025)

に対してほぼ 1500 万分の 1 (約 160 $\mu\text{g}/\ell$) となる。

パイプ式による施肥の意図するところは、ammonia-Nが 50 $\mu\text{g}/\ell$ 以下の貧栄養状態の時に、ある時間栄養塩(当地の場合N分とみなしてよい)を補給することによりノリがそれを吸収するのを期待するところにある。したがって、常に海水の移動がある状態でいかにN分をノリの葉体に接触させるかが要点であり、固定式網浜が干出から浸水し始める時間を選び昼間1回の施肥としたものである。ノリに吸収されることなくそのまま流下することは当然であり、ロスも極めて大きい。たゞ、施肥区域のみならず下流の新場前以南でも肥効が認められるという波及的効果も出ている。施肥量を多くすればノリに接触する海水中のN分は多くなるわけで、経費の問題はあるがかなり施肥できるだろう。しかし、ノリ葉体の栄養塩吸収の問題があるので、ただ単に大量に施肥したからといって目的を果すわけではない。即ち、ノリの生理状態—活力により吸収に差があるのは当然であって、ノリの色沢変化に関する研究³⁾や全く退色した葉体はなかなか回復しないことなどからもうかがえる。とりわけ、松川浦のように極端な貧栄養状態(例えば、昭和46年11月以降の晴天続きの時期)で退色して、かなりの期間経過したものは施肥による色出しは容易ではないであろう。さらに、施肥の時期の問題がある。気象、海況やノリの状況にもよるが目下のところは退色の徴候がみえる頃、漁協組と協議して実施している。ノリの生理状態も十分解明されておらず、貧栄養状態での施肥は全体の環境の問題でもあり、どの程度実施すればよいか、なお一層検討する必要がある。

ノリの色素

ノリの色素についてまとめたのが表4である。このうち脂溶性色素の吸収帯は、クロロフィルおよびカロチノイド類 λ 400~450 $m\mu$ (紫色部) λ 470~480 $m\mu$ (青紫部) および λ 650~680 $m\mu$ (赤色部) に山があり、前半のものはクロロフィルⅡおよびカロチノイドにより、後半のものはクロロフィルⅡによる吸収と考えられている。また、ノリの退色現象については水溶性色素の減少によりクロロフィルおよびキサントフィルの増加により黄緑色になると考えられている。

表5は施肥区での養殖試験によるノリの脂溶性色素の変化をみたものである。昭和45年9月16日土橋で天然採苗(アサクサノリ)した網を11月9日施肥区に移殖(単張り)し養殖開始とした。(葉長3cm)11月24日一部摘採(葉長約10cm)しそのまま養殖を継続中のところ、11月20~21日集中豪雨(200ミリ)により腐れ12月1日揚網して試験中止となった。

表4 "ノリ"の色素

色素名	吸収部の波長	色相
水溶性色素		
フィコエリスリン	620 ~ 600 $m\mu$	橙
フィコシアン	565 ~ 550	黄緑 } 緑
	540 ~ 510	緑 }
	500 ~ 490	青
脂溶性色素		
クロロフィル	λ 650 ~ 680 $m\mu$	赤
カロチノイド	400 ~ 450	紫
	キサントフィル	470 ~ 480

表5. ノリ脂溶性色素

波長 $m\mu$	移殖直 後 11/10	施肥区 11/24		対照区 土橋	湾口
		北	南		
430	0.657	0.800	0.925	0.468	1.460
480	0.270	0.250	0.265	0.154	0.418
630	0.078	0.092	0.098	0.048	0.305
645	0.075	0.098	0.105	0.062	0.275
660	0.325	0.399	0.441	0.256	1.100
663	0.193	0.514	0.571	0.336	1.555

対照区として土橋を選んだ。施肥区では各波長の吸光度も小さく色落ちにより典型的な黄葉になっている。同地区は浅い所で流速も小さく貧栄養の漁場を代表しているといえる。施肥区では移植直後11月10日と11月24日とでは明らかに色沢の増加がみられる。もちろん、対照区とは肉眼的にも明瞭な差が出ている。乾ノリの葉体分析では全窒素—施肥区1.38%であった。施肥区での効果は認められるが、湾口のノリと比較すればかなり劣り、黒いノリの感じにはほど遠い。湾口では流況がかなり異なることから当然といえよう。施肥区での北と南とでは多少、南の方が卓越して肉眼的にも分かるがそう大きな差はない。また、施肥区は対照区に比し環境条件が多少よいので施肥区の色沢改善が施肥による直接効果といいきれないところもある。

表6. ノリ脂溶性色素

(S46.12.15 採集)

波長	st 1	2	3	4	5	6	7	8	9	宇田川尻	st 11	白山 12.3	白山 12.21	湾口 12.21
430	1.900	0.900	0.670	1.270	1.550	1.370	0.468	0.880	0.740	1.800	1.200	1.340	1.950	2.100
480	.800	.255	.182	.480	.555	.508	.165	.277	.236	.569	.331	.680	.700	1.490
630	.221	.107	.084	.114	.186	.164	.068	.114	.097	.135	.214	.148	.304	.524
645	.198	.105	.082	.107	.156	.141	.063	.100	.086	.128	.190	.126	.264	.429
660	.850	.458	.383	.534	.710	.600	.268	.440	.390	.857	.590	.491	1.020	1.490
663	.124	.621	.521	.740	1.000	.855	.372	.600	.530	.810	1.190	.683	1.390	1.800

註 白山 12.3及び 12.21 はオオバアサクサ(試験柵)その他はアサクサノリ

表6は昭和46年12月15日拡散調査時サンプリングしたもので施肥区1~9,参考として稲村前(st.11)宇多川尻,さらに施肥区試験柵及び湾口のもの挙げた。前記のノリ網の前歴は不明で調査地点付近のよいものを抽出してもらった。尿素200kg施肥期間中であるが,前年度に比して色素の含量が大きく特に, λ 430m μ (紫色部), λ 660~663m μ (赤色部)が大きいことが目立っている。 λ 430m μ の吸光度の増加とともに λ 480m μ (青紫部)のそれも大きい。オオバアサクサ(11月25日出庫,11月26日張込み)をみてもかなり色沢の変化がみられる。湾口のは松川浦では最も条件のよい所であるので良質のものができる。表6からみると全般に良好なノリになっているが,施肥(12月7日~27日)による効果であるかはっきりしない。というのは,昭和46年度のノリ養殖状況にふれる必要がある。即ち,特徴としては11月以降12月27日まで全く降水量がなく,9月(330ミリ)10月(204ミリ)と対照的であった。この間,曇天が15日程度で,晴天が続いた。水温は平年偏差で11月上,中,下旬-0.5,-1.3,+0.6,12月は-0.3,+0.5,+0.7であった。ノリの状況は彼岸張り(9月20日頃の天然採苗)の伸びが悪く小芽のまゝ入庫するものが多く罹病したものがかなりあった。赤ぐされ病は10月25日頃~11月15日頃までかなり慢延したが16日以降の水温12℃台でようやくおさまった。その後,ノリの色落ちが目立ち黄葉になった。(その頃,外洋においても退色現象がみられ製品にならない程であった。11月20日~12月8日磯部沖ベタ流し養殖試験)沿岸でも暖水塊の影響が心配された時期であった。12月10日頃からノリの色沢の回復がみられるようになり生産は継続している。色沢の回復は浦全域にわたってみられ,回復には1週間と要しないようである。潮変りと云うか,沿岸水との関係か,降水量の長い期間,皆無の時の色沢の改善は何によるか不明である。湾口流入水の栄養塩追跡も十分でないが,2,3の例をあげると次のとおりである。ammonia-N,9月8日16時上潮54 μ g/l,12月3日憩潮時264 μ g/lであった。

よって,表6は色沢回復時の調査であるので前記のとおりどの時点で肥効なのか判然としなかった。

要 約

1. 色出しによる品質向上を目的としてパイプ式による施肥試験(1日1回ノリ網浸水時・30~60分)を実施した。パイプ式の施肥は手間がかからぬこと, 広い面積に同時に実施できること, 肥料液の拡散は噴水状に落下させるのですみやかに行なえるなどの利点がある反面, 肥料の残渣によるパイプの穴づまりや落差による自然流失なので水圧でパイプの延長がきまってくるなどの欠点がある。用水はガソリン・エンジンによるポンプ・アップなので少ない経費ですむ。また, 撒布時間の調整はコックの開閉による。

2. 肥料は当漁場の条件からN分の供給を考え安い単肥を選定し, 集中豪雨やくされによる中止はあるが尿素を主体に施肥した。施肥量は昭和44年度, 硫安 60 kg (10月5日~11月13日) 尿素 100 kg (11月13日~11月24日), 昭和45年度, 尿素 120 kg, ハイリン酸 15 kg (11月7日~19日, 12月20日~1月9日) 昭和46年度, アミノ酸 45 kg (液状, 12月1日~3日) 尿素 200 kg, ハイリン酸 30 kg (12月7日~27日) である。

3. 肥料液がどのように拡散するか, 施肥区(東西 150 m, 南北 450 m)の数点で3回調査を実施した。当地区は南北の潮汐流(上潮南流)で最大 30 cm/sec 程度があり, ammonia-N, phosphate-P, C1値からみると肥料分は表層(水深 50 cm以下)を流下するが, 濃度にむらがあり, 1・2回の施肥量では季節風などがあると確認するのが困難であり, ammonia-Nを 50 $\mu\text{g}/\ell$ 以上増加させるためには 200 kg程度の施肥が必要であると考えられる。

4. ノリの色沢改善の効果判定として脂溶性色素の吸光度を測定した。昭和45年度の養殖試験からは多少, 色素の増加がみられ肥効はあるように思われるが, 湾口など他の条件のよい所(無施肥)のものと比較して質的に劣っている。昭和46年度については色素含有量が多いが海況の好転による浦全域の色沢回復がみられているので自然的条件によるものか判然としなかった。

5. 栄養塩の極端な欠乏の時期での色落ち防止ということで施肥を実施したが, 全体として効果をおげるまでに至らなかった。今後は施肥量, 肥料の種類, 経済性などについて検討し, さらに実施中の浅海漁場開発事業終了後の松川浦全域での効果的な施肥方法も検討しなければならない。なお, 現在, 考えられる問題点は次のとおりである。

ノリ芽の健全度 活力-ノリ芽が健康で活力があるが栄養のない状態で肥効があるのではないか, 採苗網の重ね網, 展開, 仮殖, 芽いたみ等が関連してくる。

施肥時期 ノリの活力が余り低下しない時期, 色落ち初期を選定する。気象, 海況の推移とノリ状況との関係把握。

水温 $\leq 8^{\circ}\text{C}$ 以下(最低 4°C 位になる)の時の施肥によるノリの栄養塩の吸収力。

肥料の種類 無機以外の肥料, 例えばアミノ酸や安い有機肥料の大量海底埋没など。

文 献

- 1) 岩崎英雄・松平近義: 松川浦アサクサノリ養殖場の研究, 日水誌, 20, (2) (1954).
- 2) 福島県: 松川浦浅海漁場開発事業調査報告書, 1~4, (1966~1969).
- 3) 佐野孝: 養殖海苔の色沢変化に関する研究, 1~2, 東北水研研究報告, (4~5).