

ノリ生育に対する環境, 特に水流の影響に関する研究

松 本 文 夫

広島大学水畜産学部水産学科

Studies on the Effect of Environmental Factors on the Growth of 'Nori' (*Porphyra tenera* KJELLM.), with Special Reference to the Water Current

Fumio MATSUMOTO

Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Animal Husbandry,

Hiroshima University, Fukuyama

(Text-figs. 1~15 ; Tables 1~40)

緒 言	249
(I) 瀬戸内海と朝鮮のノリ漁場の比較	251
(II) 低比重海水のノリ生育に及ぼす影響	266
(III) ノリの生育に及ぼす内海及び朝鮮の漁場環境の影響	271
(IV) ノリ生育の好適水温について	278
(V) ノリの生育に対する窒素源の影響	279
(VI) ノリの生育に対する最適水流について	284
(VII) 最適水流と他の環境要素との関係	294
(VIII) 光とノリの生育について	300
(IX) 水流の生理的意義	312
(X) 水流の漁場における意義	320
結 語	327
Summary in English	329
参 考 文 献	332

緒 言

天然の状態において、ノリ (*Porphyra tenera* KJELLM.) はその生育環境である海水の性状・気象・海況・地勢など外界の支配を受けて生存を続ける。即ちノリの生育に影響を及ぼす環境要因として、水温・海水比重・溶在栄養分・水流・地盤・光などその生育する水界によって制約される種々の要素をあげることができるが、ノリが干満潮線間に生息する植物であるため、空気中への露出・波浪による動揺・気温の変化など水界外からの影響も無視できない。

ノリを養殖する場合にはこれら環境がノリの生育に適合するような水域をえらばねばならないが、養殖技術の進歩即ち養殖方法並びに装置を考案し適当な操作をほどこすことによって、ある程度人為的に不良環境に対処することができる。例えば古くからノリの着生材として使われているソダ類・竹筴のような建策では、好適な漁場を選定し其処に簀を設置すれ

ばその後の技術的管理の余地は甚だ少ないが、近来急激に普及しつつある水平箕では露出乃至浮動を最適条件に設定することができ、またその後も気象・海況の変化に応じて適宜管理することが容易となった。更に技術が進めばこの種の装置では栄養塩類の不足を補うため施肥によって水質を変換し、光を抑制するため遮蔽又は沈潜することなども不可能ではないと考えられる。

このようにノリの生育環境を養殖上からみると、人為的に調整し得る管理的要素と場所によって強く制約される漁場の要素とに分けて考えられ、養殖方法乃至養殖装置の改善とともに管理的要素の部分が増大し、より安定した養殖事業が可能となるものである。しかし現在の養殖技術の段階では気温・水温・風雨・比重・水質・水流・地盤など未だなお漁場の要素の強い面が多い。これら漁場の環境要素のうち、気温・水温・風雨など気象に関連したものはノリの生育可能な地方を限定するものであって、比較的年変化が大きく、技術的にはそれぞれの事象に応じ臨機の処置を講じ得るに過ぎず、本質的にこれを制御することは困難である。これに対し比重・水質・水流・地盤のように海況乃至地勢に関連したものは養殖に適する水域を規制するもので、もし施肥・水流の調整などが技術的に容易となれば、これらは管理的な面が強くなり、漁場の制約をまぬがれることになる。しかし実際には経済的な理由もあって、これら環境の種々の制約のもとに強く天然に依存してノリの養殖が行われているのが現状である。従ってノリの養殖を合理的に行うためにはその生育を制約している天然の環境を解析し、各要素についてノリの生理からみて生育に最も好適な条件を明らかにし、その条件に適合する漁場をえらび、またそれに合致する管理をほどこす必要がある。このような考え方からする研究は昭和初年より朝鮮総督府水産試験場において富士川^{21), 22), 23), 24)}によってとりあげられ、著者らが従事して行われてきた。即ち抽出したそれぞれの環境要素について培養実験その他の室内実験により生育に及ぼす影響を明らかにし、これをもとにして現場試験を行い、その実証によって得た知見を用いて養殖技術の改善乃至漁場の開発をはかるものである。

戦後著者らは同様の趣旨によって瀬戸内海沿岸にノリ漁場の開発をはかったが、その際内海の漁場を制約する環境要素と朝鮮におけるものとの間にはおのづから相違のあることを認め、これについての究明を試みた。即ち従来から開発されている内海の養殖場と朝鮮の養殖場を比較するに、最も顕著な相違は朝鮮では一般に外洋性の濃い海水の洗う場所に存在するに対し（洛東江下流漁場のように川裾が必ずしも不適ではないが）内海では川裾もしくは河川の流入する内湾に限られて存在する点である。上にも述べたように主として漁場を制約する環境条件として気温・水温・水質・比重・水流・地盤などをあげることができるが、内海の養殖場のように川裾乃至内湾にあるために現出する環境の性状としては比重の低下・水温の降下・栄養塩類の補給・水流の加速・干潟地の発達などが考えられる。これらのうちいずれの要素がノリの生育にとって最も重要であり、内海の漁場を規制しているものであるかを検討した結果、水温・水流・栄養塩類が互に関連しながら関与しており、いずれも同様に重要であるとの結論に達した。かつて朝鮮においては漁場を規制する条件として“ノリの最適生育場は外洋性の濃い海水の洗う場所であって、比重の低い処は却って不適當であり、海水中の窒素成分は外洋の海水に含有される微量の窒素で適當且つ充分で、窒素の欠乏は海水の流れの停滞する場合にのみ起る現象に過ぎないから適当な強さの水流さえあれば考慮の要がない”とし、²³⁾水温についても殆んど言及の要を認めなかったもので、内海における上記

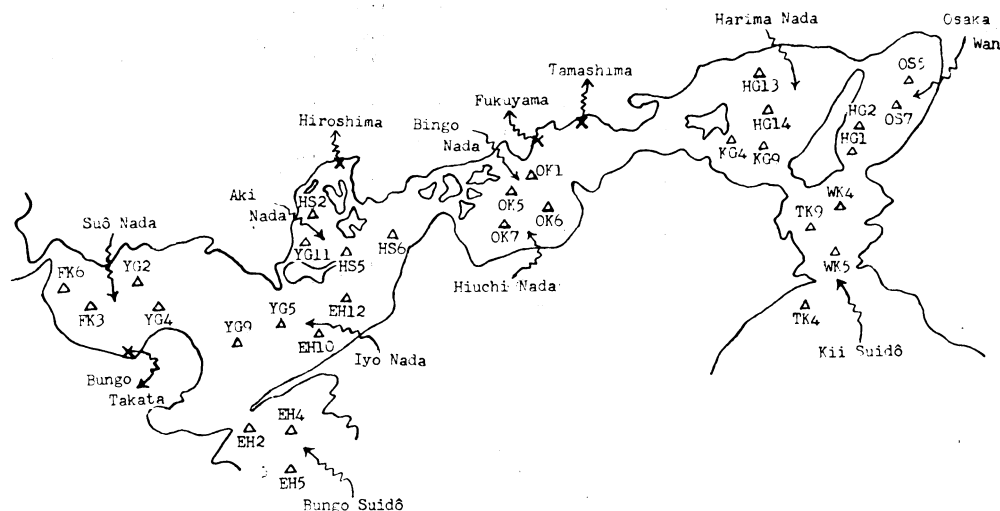
所見とはやや趣を異にしている。思うに内海においてはノリの生育にとって比較的高水温で養殖しているものであって、これがひいては代謝作用の増進をきたし、栄養塩類の不足を生じ、その補給のために水流の必要性が大きく加わるものであらうと考えられる。

これら相互の関連についての研究、特に水流については実際の養殖場におけるノリ生育状態の観察によってその重要であることは認められていながら、^{1), 2), 3)} 未だその適度・意義などについて深く研究されたものが見あたらないので、これを究明することを中心として漁場構成要因としてのノリ生育環境要素全般について論述する。

(I) 瀬戸内海と朝鮮のノリ漁場の比較

瀬戸内海と朝鮮沿岸のノリ養殖場の環境条件に如何なる相違があるかを明らかにするため、著者らが行った調査及び諸種の報告をもとにして両者の海況の比較を行ってみる。

まず瀬戸内海の家況の概要を知るため“瀬戸内海水産連絡調査要報”⁵¹⁾ に発表されている沿岸各府県水産試験場が分担して行った海洋調査の数値を次のように整理してみた。この調査は3, 6, 9, 12月に定期連絡調査を行っているもので、その調査定点のうちから計24地点をえらびその水温・塩分(比重に換算)及び硝酸態窒素について3ケ年の平均値をTable 1に示した。定点としては内海を大阪湾・播磨灘・備後灘(及び燧灘)・安芸灘(広島湾を含む)・伊予灘・周防灘の6海域に大別し、各海域ごとに著しく接岸していなくてまた近接していない調査定点それぞれ4ヶ所ずつをえらんだ。なおこれに外洋からの影響をみる意味で紀伊水道と豊後水道の調査定点7ヶ所を加えた。(それらの地点はText-fig. 1に示す)。



Text-fig. 1. Location of observation stations in the Seto Inland Sea.

次にこれらと比較するための朝鮮沿海の数値として、対馬海峡において4ヶ年乃至19ヶ年にわたって行った横断観測³⁵⁾の平均値をTable 2-1にかかげた。(観測定点はText-fig. 2に示す)。いずれの観測値にも欠測の月があり、また観測日の特殊な海況(降雨などによる)も考慮されていないから単に平均値をとることはやや危険であるが、概略の傾向を知るにはさしつかえないものとした。なお朝鮮においては漁場を規制する条件として外洋性の濃い海水

Table 1. Oceanographical data of the Seto Inland Sea (mean of Dec., 1953~Sept., 1956).

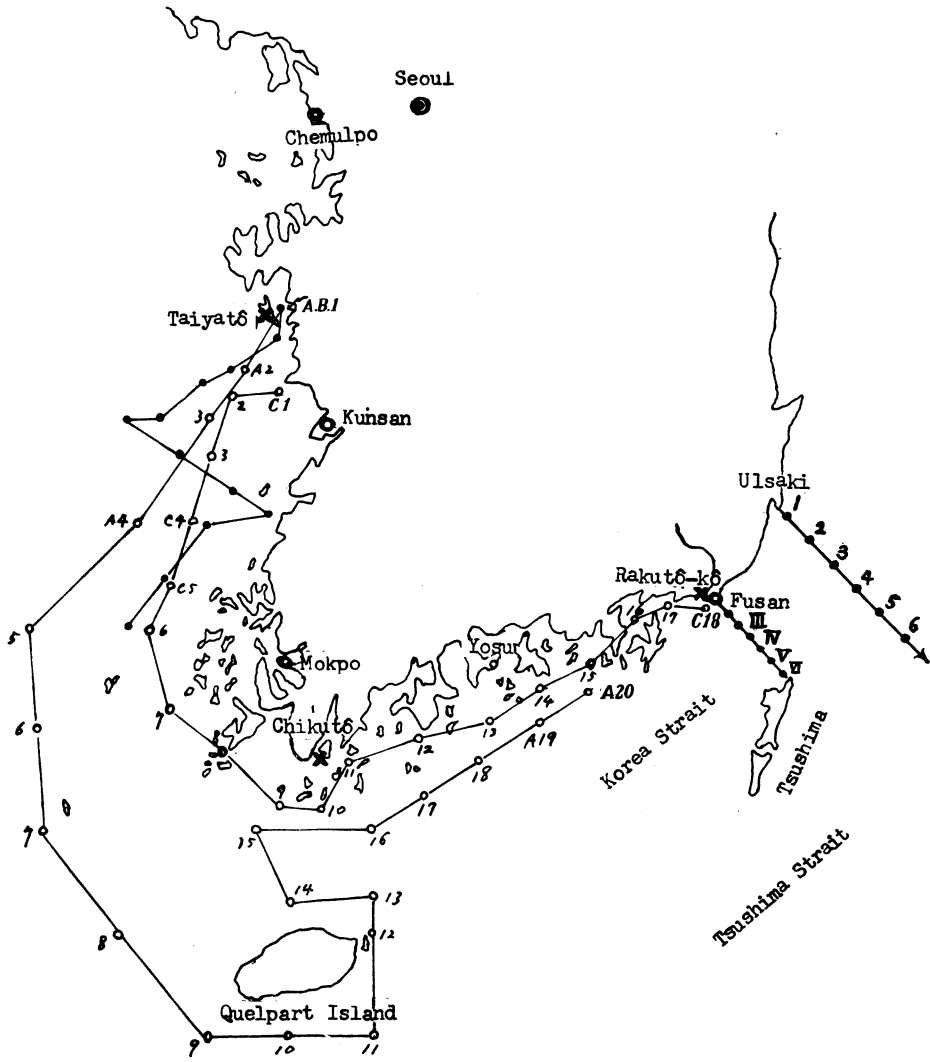
Area	Obs. St.	Depth (m)	Water temperature (°C)				Specific gravity (ρ_{15})				NO ₃ -N (γ/L)			
			Mar.	Jun.	Sept.	Dec.	Mar.	Jun.	Sept.	Dec.	Mar.	Jun.	Sept.	Dec.
Kii-suidō	TK4	0	11.8	19.6	25.8	18.7	1.024	1.024	1.024	1.025	6	1	×	15
		25	12.5	20.2	25.6	19.0	1.025	1.025	1.025	1.025	—	tr	×	15
	WK5	0	12.5	19.0	25.5	17.8	1.025	1.024	1.021	1.025	4	7	41	22
		25	12.8	18.0	24.4	18.9	1.025	1.024	1.024	1.025	12	12	41	29
	TK9	0	9.7	18.5	25.4	16.4	1.024	1.023	1.022	1.024	3	4	×	22
		25	9.9	18.0	25.3	17.2	1.024	1.024	1.024	1.024	—	16	×	11
	WK4	0	10.9	19.2	25.6	17.5	1.024	1.024	1.022	1.025	2	6	35	28
		25	11.3	18.9	25.1	18.1	1.024	1.025	1.024	1.025	7	4	18	24
Ōsaka-wan	HG1	0	10.3	19.1	25.5	17.1	1.024	1.024	1.024	1.024	4	7	14	68
		10	10.4	18.1	25.0	17.2	1.024	1.024	1.024	1.024	6	19	16	72
	HG2	0	10.4	19.5	22.6	16.3	1.024	1.024	1.023	1.024	2	7	5	57
		10	10.0	18.5	25.0	16.4	1.024	1.024	1.024	1.024	2	7	6	76
	OS7	0	9.7	21.0	27.0	15.7	1.022	1.023	1.022	1.024	6	×	tr	—
		10	9.1	17.9	25.0	16.2	1.023	1.024	1.023	1.023	2	×	4	—
	OS5	0	9.2	21.1	27.5	15.0	1.022	1.021	1.022	1.023	2	×	1	—
		5	9.0	19.1	24.7	17.5	1.023	1.024	1.023	1.024	1	×	2	—
Harima-nada	HG13	0	8.4	19.7	27.6	15.1	1.024	1.023	1.022	1.023	3	4	—	38
		10	7.9	16.4	25.7	15.3	1.024	1.023	1.023	1.023	1	2	4	36
	HG14	0	8.4	21.3	26.4	17.3	1.024	1.023	1.023	1.023	—	2	1	56
		10	8.1	17.5	25.5	17.2	1.024	1.023	1.023	1.023	tr	14	6	30
	KG9	0	9.4	18.9	25.9	15.0	1.024	1.024	1.023	1.023	3	tr	25	29
		10	9.1	17.8	25.7	15.0	1.024	1.023	1.023	1.023	35	tr	31	70
	KG4	0	9.2	18.6	26.2	15.5	1.024	1.024	1.023	1.023	23	—	5	41
		10	8.8	17.5	25.9	15.2	1.024	1.024	1.023	1.023	12	—	20	49
Bingo-nada & Hnuchi-nada	OK1	0	9.4	19.8	26.9	15.0	1.024	1.023	1.023	1.024	—	—	1	6
		10	9.2	17.7	26.2	15.2	1.024	1.024	1.023	1.023	4	8	1	17
	OK5	0	9.5	20.4	27.0	16.2	1.024	1.023	1.023	1.024	2	7	—	12
		10	9.5	17.7	26.2	16.4	1.024	1.024	1.023	1.023	2	4	2	18
	OK6	0	10.6	19.9	26.9	16.0	1.024	1.024	1.023	1.024	3	4	4	1
		10	9.6	18.1	26.1	15.8	1.024	1.024	1.023	1.024	4	3	11	6
	OK7	0	10.2	20.1	26.9	16.1	1.024	1.023	1.023	1.024	3	3	—	25
		10	9.8	18.3	26.2	16.1	1.024	1.024	1.023	1.024	3	—	7	11

Area	Obs. St.	Depth (m)	Water temp. (°C)				Sp. gr. (ρ_{15})				NO ₃ -N (γ/L)			
			Mar.	Jun.	Sept.	Dec.	Mar.	Jun.	Sept.	Dec.	Mar.	Jun.	Sept.	Dec.
Aki-nada & Hiroshima-wan	HS6	0	10.6	16.8	24.8	16.1	1.023	1.024	1.024	1.023	5	71	23	15
		10	10.7	16.3	24.1	17.1	1.024	1.024	1.024	1.023	7	9	5	17
	HS5	0	10.9	17.5	25.4	16.7	1.024	1.024	1.024	1.023	8	3	tr	18
		10	10.8	16.3	24.2	17.1	1.024	1.024	1.024	1.023	20	19	1	21
	YG11	0	10.3	18.3	25.7	16.6	1.024	1.024	1.023	1.024	14	3	1	7
		10	10.5	16.3	24.7	16.7	1.024	1.024	1.024	1.024	12	5	3	6
	HS2	0	10.1	19.4	26.4	16.1	1.024	1.022	1.020	1.023	4	35	14	16
		10	10.5	16.4	24.4	16.4	1.024	1.024	1.023	1.023	—	6	12	5

Iyo-nada	EH12	0	11.9	17.3	23.0	18.4	1.024	1.024	1.024	1.024	—	—	tr	—
		10	11.6	15.9	22.5	18.8	1.024	1.024	1.024	1.024	—	—	tr	—
	YG5	0	11.4	17.7	24.7	18.5	1.025	1.025	1.024	1.024	4	2	6	7
		10	11.4	16.8	24.4	18.9	1.025	1.025	1.024	1.024	5	2	4	7
YG9	0	11.3	18.2	25.2	18.8	1.025	1.024	1.024	1.024	10	1	3	14	
	10	11.4	16.4	24.9	18.9	1.025	1.024	1.024	1.024	15	8	4	25	
EH10	0	12.3	17.1	23.8	18.4	1.025	1.024	1.024	1.024	—	×	tr	—	
	25	12.6	16.9	22.7	18.9	1.025	1.024	1.024	1.024	—	×	tr	—	
Suō-nada	YG4	0	10.2	17.7	25.9	17.1	1.025	1.024	1.024	1.024	1	3	2	7
		10	9.8	17.2	24.6	17.3	1.024	1.024	1.024	1.024	1	2	3	9
	YG2	0	9.4	18.0	25.8	17.2	1.025	1.024	1.022	1.024	2	2	4	8
		10	9.3	17.3	24.6	17.3	1.025	1.023	1.023	1.024	5	3	2	67
FK3	0	9.8	23.0	24.7	13.9	1.024	1.022	1.023	1.024	5	1	3	1	
	15	9.6	20.0	24.6	13.8	1.024	1.023	1.023	1.024	6	3	2	1	
FK6	0	10.4	24.0	25.6	13.0	1.024	1.022	1.023	1.024	3	1	2	1	
	5	10.2	21.1	24.5	13.0	1.024	1.023	1.023	1.024	1	1	2	1	
Bungo-suidō	EH2	0	12.3	17.1	24.4	18.4	1.025	1.024	1.023	1.024	—	×	tr	4
		25	12.5	17.0	22.6	18.7	1.025	1.025	1.024	1.024	—	×	tr	—
	EH4	0	12.8	17.5	23.6	19.2	1.025	1.025	1.024	1.025	—	×	tr	6
25		12.9	17.4	22.3	19.3	1.025	1.025	1.024	1.025	—	×	tr	4	
EH5	0	13.9	18.3	25.4	19.3	1.025	1.025	1.025	1.025	—	×	tr	—	
	25	13.6	18.8	22.8	19.5	1.025	1.025	1.025	1.025	—	×	tr	—	

の洗う場所であればよいとされていると緒言にも述べたが、この場合の外洋性の海水とは朝鮮のノリ養殖場が半島の南乃至南西部のいわゆる多島海の地方を中心として開けているので、主として対馬海峡を通る海水の影響を受けるものと考えて一応この数値を採用した。ただし硝酸態窒素含有量に関しては更に沿岸の観測値をも Table 2-2 としてかかげた。これに対し内海では深く内陸に入っているので外洋から直接に海水が影響するとは考えられない。よって上のように大別した各海域ごとに海況を展望すれば内海全般の海況の概要を知ることができると考え、このような方法で整理して比較の対象とした。

Table 1 を通覧してまず目につくことは瀬戸内海では水温・海水比重・硝酸態窒素含量のいずれもが各海域ごとにかなり著しい相違を示していることである。傾向としては紀伊水道並びに豊後水道から奥に入れば入るほど内陸の影響が強くなり、また各海域の地勢、特に流入する河川の影響を受けてそれぞれ特長的な様相を呈している。これは内陸海である以上当然のことではあるが、その現われ方は予期以上に明瞭である。従って内海沿岸を洗う外洋水という通念で内海各海域の海水を一様に律することはできない。例えば水温をとりあげてみても、一連の豊後水道・伊予灘・周防灘について比較すると、黒潮の影響を大きく受けるとされる EH4・EH5 から伊予灘の EH10・YG9 を通って周防灘に入るにしたがって内陸の影響が強くなり、気温が水温より低い 3 月・12 月には奥に向うにしたがって低くなり、気温が水温より高い 9 月には反対に次第に高くなっている。更に奥の安芸灘・広島湾に入ると太平洋の影響は直接には殆んど感じられないような様相となる。硝酸態窒素についても、冬季 12 月頃に多いとの一般の傾向をあらわしているが、6 月もしくは 9 月によく最多量を示す地域もあって、これはその頃のその地方の比重が低い点からみて陸水の影響が大きいものとみなされる。これに反し対馬海峡の観測値についてみるに (Table 2-1) 水温は沿



Text-fig. 2. Location of observation stations in Korea.

Table 2-1. Sectional observation data of Tsushima Strait.

I. Water temperature (°C)

(Fusan ~ Tsushima, mean of 1922~1940)

Obs. St.	Depth (m)	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
I	0	13.6	12.7	12.0	12.7	13.7	18.0	20.4	24.3	24.1	21.3	17.8	16.0
	25	13.3	12.3	11.7	12.4	13.3	14.8	16.6	18.5	19.5	19.5	17.0	15.2
II	0	14.4	13.1	12.9	13.4	14.8	18.0	21.4	25.8	24.8	22.0	19.1	16.4
	25	14.4	13.0	12.5	13.1	14.1	15.8	17.0	19.5	22.0	21.7	18.5	16.0
III	0	14.8	13.7	13.3	13.8	15.1	18.6	22.4	26.3	25.2	22.4	19.6	17.0
	25	14.8	13.7	13.1	13.5	14.6	15.8	17.5	20.8	23.2	22.1	19.1	16.8
IV	0	15.4	14.3	13.9	14.4	16.0	19.2	23.0	26.3	25.5	22.9	20.6	17.8
	25	15.4	14.3	13.7	14.1	15.3	17.4	18.3	21.8	24.4	22.6	20.3	17.6
V	0	15.5	14.3	13.9	14.5	16.1	19.4	23.4	26.1	26.0	23.5	20.7	17.8
	25	15.6	14.4	13.8	14.2	15.6	17.6	19.7	22.4	24.4	22.6	20.6	17.8
VI	0	15.6	14.2	13.8	14.4	16.1	19.2	22.5	25.7	25.9	23.0	20.5	17.7
	25	15.6	14.2	13.6	14.1	15.7	17.9	19.9	22.5	23.8	22.4	20.3	17.6

(Ulsaki~Kawashiri-misaki, mean of 1932~1940)

Obs.St.	Depth (m)	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1	0	14.2	12.1	11.4	12.1	13.4	15.6	18.6	21.5	23.1	20.3	17.6	15.5
	25	13.9	12.2	11.6	11.8	12.3	13.7	12.3	16.0	18.5	18.2	15.9	15.2
2	0	14.9	13.1	12.4	13.3	14.9	17.2	20.8	24.1	23.7	21.5	18.4	16.5
	25	15.1	13.2	12.4	13.1	14.3	15.0	14.9	17.9	20.7	20.3	18.6	16.7
3	0	15.5	13.2	13.1	13.7	15.6	18.0	21.7	25.9	24.5	22.4	20.6	17.7
	25	15.6	13.2	13.2	13.7	15.0	16.9	17.5	19.7	23.6	22.6	20.3	17.9
4	0	15.4	13.2	13.0	13.5	15.2	18.1	22.5	26.1	24.8	22.7	20.7	17.8
	25	15.5	13.2	13.0	13.4	14.8	17.5	18.4	22.2	23.8	23.0	20.6	18.1
5	0	15.5	13.3	12.8	13.5	15.3	18.5	22.6	26.6	24.9	22.7	20.7	17.5
	25	15.6	13.3	12.8	13.4	15.0	17.1	20.2	22.5	23.5	22.8	20.7	17.7
6	0	15.6	13.9	12.9	13.5	15.6	18.9	22.6	26.6	25.4	22.6	20.4	17.7
	25	15.7	13.9	12.9	13.4	15.2	17.2	19.7	22.6	24.4	22.7	20.6	17.9
7	0	15.8	13.9	13.2	13.8	15.7	18.6	22.9	26.6	25.4	22.7	20.6	18.2
	25	15.8	14.0	13.3	13.6	15.2	17.0	19.8	21.8	24.5	22.8	20.6	18.5
8	0	16.0	14.3	13.4	13.9	15.9	19.1	22.9	26.8	25.6	23.0	21.1	18.3
	25	16.0	14.3	13.6	13.8	15.4	18.1	19.7	22.5	24.3	22.9	20.8	18.5
9	0	16.0	14.1	13.5	14.1	16.2	19.4	23.5	27.0	25.7	23.2	21.1	18.4
	25	16.0	14.0	13.5	14.0	15.8	18.8	20.7	23.9	25.1	23.1	21.1	18.7
10	0	15.7	13.9	13.4	13.9	16.2	19.5	23.6	26.9	25.7	22.9	20.8	18.5
	25	15.8	14.0	13.4	13.8	15.9	18.8	21.6	25.0	25.3	23.0	20.9	18.7
11	0	15.4	13.5	13.0	13.4	15.7	19.2	22.7	26.4	25.7	22.7	20.5	18.1
	25	15.5	13.4	13.0	13.3	15.3	18.6	21.5	24.4	24.9	22.5	20.6	18.3

II. NO₃-N (γ/L)

(Ulsaki ~ Kawashiri-misaki, mean of 1932~1935)

Obs. St.	Depth (m)	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1	0	88	54	(31)	(33)	29	4	7	7	4	4	1	83
	25	60	56	38	21	42	8	40	1	30	11	33	85
2	0	57	54	29	21	3	0	0	3	9	5	2	34
	25	(56)	48	40	25	25	4	(73)	10	10	7	7	48
3	0	48	59	37	26	3	4	6	3	4	3	2	20
	25	55	(59)	52	32	47	9	6	(127)	4	(11)	2	23
4	0	41	55	(36)	30	8	4	15	0	3	2	3	22
	25	(57)	50	50	28	13	4	10	5	5	5	10	24
5	0	41	51	49	31	4	4	2	0	5	2	3	18
	25	58	60	51	30	4	15	5	19	3	3	4	19
6	0	55	(46)	50	32	4	0	9	1	4	3	1	20
	25	54	44	57	34	8	12	9	26	7	5	2	18
7	0	(49)	47	49	48	4	4	3	3	5	1	1	20
	25	51	58	47	47	6	18	10	8	3	6	2	25
8	0	45	58	37	28	3	0	4	0	5	3	11	20
	25	47	60	42	40	6	12	10	10	7	3	8	38
9	0	38	48	42	39	4	0	0	1	7	4	8	23
	25	41	46	43	38	8	12	9	20	8	7	11	24
10	0	35	49	39	36	4	12	8	1	2	2	7	1
	25	39	41	39	32	5	15	8	15	7	3	10	8
11	0	20	30	34	16	3	0	6	3	4	3	9	17
	25	22	34	27	11	5	12	6	5	6	6	11	12

Table 2-2. NO₃-N contents of sea water at western and southern coast of Korea. (γ/L)

	1st Observation (3~7, Sept.)		2nd Observation (6~8, Nov.)		3rd Observation (10~14, Nov.)	
	Obs. St.	NO ₃ -N	Obs. St.	NO ₃ -N	Obs. St.	NO ₃ -N
Western Coast	A 0	{ 22 90	B 0	{ 17 25	C 1	{ 32 33
	A 1	{ 15 15	B 1	{ 26 20	C 2	{ 32 32
	A 2	{ 14 14	B 2	{ 15 26	C 3	{ 32 34
	A 3	{ 6 15	B 3	{ 23 35	C 4	{ 53 61
	A 4	{ 9 15	B 4	{ 5 26	C 5	{ 63 73
	A 5	{ 6 9	B 5	{ 2 3	C 6	{ 71 80
	A 6	{ 8 15	B 6	{ 24 25	C 7	{ 77 80
	A 7	{ 11 51	B 7	{ 20 21		
	A 8	{ 2 14	B 8	{ 15 23		
	A 9	{ 0 6	B 9	{ 22 23		
	A 10	{ 0 16	B 10	{ 46 46		
		B 11	{ 63 59			
Southern Coast	A 11	{ 7 5			C 8	{ 80 82
	A 12	{ 6 16			C 9	{ 80 82
	A 13	{ 2 15			C 10	{ 67 68
	A 14	{ 15 16			C 11	{ 68 66
	A 15	{ 8 8			C 12	{ 1 59
	A 16	{ 4 9			C 13	{ 29 23
	A 17	{ 0 15			C 14	{ 11 38
	A 18	{ 3 7			C 15	{ 91 117
	A 19	{ 15 16			C 16	{ 0 0
					C 17	{ 18 36
				C 18	{ 57 108	

Note : { Surface
Below 10m

岸に近づくにしがって陸地の影響を受け夏冬によって僅かずつ高低を示し、硝酸態窒素は冬多く夏少く表層から底層に向って順次減少する典型的な外洋性の変化を示している。このような外洋水が多島海の島嶼部をぬって其処に朝鮮のノリ養殖場が育くまれ、たとい島島の間が入りこんで地形的には複雑な態様を呈していてもその間を一樣に外洋水が洗っているものと思われる。勿論沿岸に所在する養殖場がその周辺の地勢の影響を受け水流・水温などに多少の変化のあることは当然であるが、陸水の流入する水域ほどはげしいものではないと考えられる。

このように内海と朝鮮のノリ漁場の環境要素にはその第一義的な海水の由来の相違による本質的な差異が認められるが、それではこの海水の如何なる性状が内海のノリ漁場を川裾に局限している原因であろうか。これを明らかにするため内海と朝鮮のノリ養殖場の海水の性状及びそれらに接して流れる外海水の性状を比較してみる。

上にもふれたように内海の海況について考察する場合には局地的にみる必要があるので、古くから沿岸にノリ養殖場が開けている備後灘・広島湾・周防灘について上記“調査要報”の月例観測の測定値を同じ要領で整理し、それぞれ Table 3, 4, 5 にまとめた。これら海水の性状にそのままではノリの生育に適せず川裾に至ってはじめて好適となる要因が介在しているはずであるが、各表を通覧するに各海域によってそれぞれ特長的な様相が見出される。即ちノリ生育盛期（12月～3月）を主として比較するに、備後灘では（Table 3）水温の低下は多くは 9～10°C の間にとどまり、最低のもので 8.3°C を示し、硝酸態窒素は月例観測を欠くため微細な変化をたどることはできないが、この表にあらわれている限りでは概して稀薄ではないかと思われる。例外的にただ一回 OK 9 で 12 月に 49 γ /L を示しているが、この観測地点は陸岸に近く最低水温を示したのもこの定点であり、陸水の影響を受けるものと思われる。広島湾では（Table 4）硝酸態窒素の量は比較的多く、他の内海海域に比べ特長的にみえるが、その量の多い時期は冬季よりは却って夏季であり比重の低下している時期で明らかに河川により供給されたものと思われる。このように備後灘の場合と同じく、硝酸態窒素の給源は陸水におおぐもので、外洋水で海底に生産され冬多夏少の型を示す場合（先にかかげた対馬海峡の観測値ではこの型となっている）とは本質的に相違する。水温は備後灘に比べやや高く、冬季 10°C 以下は二回に過ぎず、しかも陸岸に近い観測地点の表層水温であって、一般には他海域よりかなり高いものとみられる。更に周防灘においても（Table 5）陸水の影響の消長によって硝酸態窒素の量が増減し、また陸岸に近接した地点では水温の低下がみとめられる。

以上要するにそれぞれの海域によって特長的にみえる海水の性状も、すべて内陸の影響の多少に帰し得るものと思われる。而して冬季ノリ生育盛期の水温は海域によって多少の差があり、陸地の影響の大きいとみられる特定の地点では低い場合もあるが、概観すると 8～10°C の程度であり、しかもこのような低温を示す期間は至って短かく、多くは 10°C 前後とみなしてよい。この概数は宇田が 1918～1930 年の間に内海臨海各府県水産試験場で行った定期横断観測の結果をまとめ各月別の最高最低水温を示したもの²⁰⁾（Table 6）においてもみられるところで、備讃瀬戸・備後灘・周防灘では水温の最も低い 2 月 3 月の時期に最低値 6.7～8.4°C・最高値 11.9～9.7°C と記録されている。この最低値 6.7°C は上記の“調査要報”を整理して述べた数値よりはかなり低い、この観測には陸岸近くの地点も含まれており、表面水温のみの観測であるから特に低い数値を示す場合もあるので、一般にはこれ

Table 3. Oceanographical data of Bingo-nada (meam of Oct., 1953~Sept., 1956).

Month	Depth (m)	St. OK 9				St. OK 3				St. OK 8				St. OK 2			
		Air temp. (°C)	Water temp. (°C)	Sp. gr. (ρ_{15})	NO ₃ -N (γ /L)	A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N	A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N	A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N
Jan.	0 5or10	12.3	10.5 10.6	1.024 1.024	×	10.7	10.7 10.7	1.024 1.024	×	10.9	10.3 10.5	1.024 1.024	×	11.4	11.4 11.5	1.024 1.024	×
Feb.	0 5or10	11.4	8.3 8.5	1.024 1.024	×	10.3	8.9 8.8	1.024 1.024	×	11.0	9.2 9.1	1.024 1.024	×	12.1	9.2 9.1	1.024 1.024	×
Mar.	0 5or10	10.9	8.7 8.6	1.024 1.024	2 1	11.4	8.9 8.7	1.024 1.024	tr 3	12.8	9.3 9.0	1.023 1.023	1 4	12.4	9.0 8.9	1.024 1.024	8 —
Apr.	0 5or10	15.9	12.3 12.4	1.023 1.023	×	17.0	12.7 12.3	1.023 1.023	×	18.3	12.2 12.1	1.024 1.024	×	17.5	12.3 12.1	1.024 1.024	×
May	0 5or10	19.1	16.2 16.1	1.023 1.023	×	20.1	16.2 16.0	1.023 1.023	×	20.9	16.6 16.3	1.022 1.023	×	20.2	16.5 15.4	1.023 1.024	×
Jun.	0 5or10	22.1	18.4 18.4	1.023 1.023	tr 12	23.2	18.0 17.9	1.023 1.023	7 6	23.2	18.7 18.0	1.023 1.023	3 2	23.2	18.7 17.7	1.023 1.024	— —
Jul.	0 5or10	25.0	22.2 22.4	1.022 1.022	×	24.9	22.5 21.7	1.021 1.022	×	24.6	22.6 21.8	1.018 1.022	×	25.0	22.9 22.0	1.022 1.022	×
Aug.	0 5or10	28.1	25.6 25.3	1.023 1.023	×	27.0	25.5 25.2	1.023 1.023	×	29.3	26.5 25.5	1.022 1.023	×	28.0	25.7 24.3	1.023 1.023	×
Sept.	0 5or10	26.8	26.8 26.6	1.024 1.023	1 2	27.5	26.5 26.6	1.023 1.023	— 2	27.1	26.3 26.2	1.023 1.023	2 —	27.5	26.5 26.1	1.023 1.023	— 1
Oct.	0 5or10	24.4	24.8 24.7	1.023 1.023	×	24.3	24.6 24.7	1.023 1.023	×	24.5	24.3 24.6	1.022 1.023	×	24.4	24.6 24.7	1.023 1.023	×
Nov.	0 5or10	19.1	19.1 19.2	1.023 1.023	×	18.8	19.2 19.3	1.023 1.023	×	18.2	18.9 18.8	1.023 1.023	×	18.8	19.3 19.4	1.023 1.023	×
Dec.	0 5or10	14.2	14.7 14.6	1.023 1.024	8 49	15.0	15.0 14.9	1.023 1.023	— 8	13.1	14.7 14.8	1.023 1.023	2 4	15.0	15.2 15.3	1.023 1.023	1 1

Table 4. Oceanographical data of Hiroshima-wan (mean of Oct., 1953~Sept., 1956).

Month	Depth (m)	St. HS 21				St. HS 22				St. HS 23				St. HS 24			
		A. T. (°C)	W. T. (°C)	Sp. gr. (ρ_{15})	NO ₃ -N (γ/L)	A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N	A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N	A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N
Jan.	0		10.2	1.023	—		10.7	1.023	—		11.6	1.024	3		12.1	1.024	—
	5 or 10	6.5	10.3	1.023	—	7.7	11.1	1.024	—	19.5	11.9	1.024	—	9.1	12.4	1.024	—
Feb.	0		8.7	1.023	24		9.5	1.023	—		10.6	1.024	—		10.8	1.024	—
	10	10.0	10.0	1.024	6	12.1	10.2	1.023	3	13.2	10.3	1.024	3	12.4	10.5	1.024	6
Mar.	0		10.2	1.022	28		10.3	1.023	6		10.5	1.024	—		10.8	1.024	36
	10	11.6	10.4	1.024	55	12.3	10.2	1.024	7	12.4	10.3	1.024	3	12.3	10.3	1.024	39
Apr.	0		15.0	1.021	—		15.3	1.020	13		14.4	1.021	32		14.6	1.024	3
	10	15.4	14.1	1.024	45	16.4	13.9	1.023	47	16.4	13.8	1.024	20	16.4	14.1	1.024	21
May	0		18.4	1.020	43		18.2	1.021	13		16.9	1.022	7		18.1	1.023	tr
	10	19.8	16.3	1.023	28	20.7	15.2	1.023	tr	22.1	14.9	1.024	2	21.7	15.6	1.024	—
Jun.	0		21.6	1.018	5		21.9	1.020	—		21.2	1.022	—		21.3	1.023	10
	10	23.0	18.6	1.023	3	23.1	17.3	1.024	32	26.0	17.3	1.024	2	25.0	18.2	1.024	4
Jul.	0		24.5	1.016	683		25.2	1.013	13		25.2	1.015	34		23.6	1.021	97
	10	26.7	20.3	1.023	—	28.0	19.8	1.023	46	27.0	19.9	1.023	1	25.8	20.4	1.023	244
Aug.	0		27.9	1.020	45		27.2	1.021	16		25.9	1.022	20		27.2	1.023	44
	10	29.6	24.5	1.022	9	30.2	22.9	1.023	17	30.6	22.8	1.023	25	29.5	24.3	1.023	5
Sept.	0		20.7	1.009	149		21.6	1.012	137		23.8	1.013	94		24.1	1.021	19
	10	23.5	24.3	1.021	—	27.7	24.0	1.022	2	24.0	23.7	1.023	4	26.0	24.2	1.022	21
Oct.	0		21.2	1.022	80		21.1	1.023	46		22.3	1.022	4		22.6	1.024	2
	10	18.5	22.0	1.022	20	23.3	22.1	1.023	49	22.0	21.2	1.024	9	22.2	22.5	1.024	2
Nov.	0		17.5	1.023	17		18.6	1.023	8		18.7	1.023	5		18.9	1.023	2
	10	15.5	17.7	1.023	2	16.5	18.7	1.024	6	17.0	18.8	1.023	—	16.3	19.0	1.024	4
Dec.	0		12.8	1.022	14		14.1	1.023	6		14.9	1.023	—		14.8	1.024	—
	10	8.6	14.1	1.023	3	9.4	15.9	1.023	4	9.0	15.9	1.024	1	11.1	15.7	1.024	2

松本：ノリ生育に対する環境の影響

Table 5. Oceanographical data of Suô-nada (mean of Oct., 1953~Sept., 1956).

Month	Depth (m)	St. YG 1				St. YG 2				St. YG 3				St. YG 4			
		A. T. (°C)	W. T. (°C)	Sp. gr. (ρ_{15})	NO ₃ -N (γ /L)	A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N	A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N	A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N
Jan.	0	11.0	11.9	1.023	31	10.0	12.7	1.024	9	10.2	12.0	1.024	6	10.6	12.8	1.025	27
	10		12.3	1.024	11		13.0	1.024	4		12.0	1.024	9		13.0	1.025	7
Feb.	0	7.7	9.4	1.024	21	8.2	9.6	1.024	13	9.6	9.5	1.024	8	10.0	10.1	1.024	8
	10		9.3	1.024	10		9.5	1.024	9		9.5	1.024	10		10.2	1.024	7
Mar.	0	7.8	8.6	1.024	6	8.8	8.7	1.024	2	10.7	8.7	1.024	2	10.3	9.6	1.025	tr
	10		8.5	1.024	2		8.6	1.024	7		8.6	1.024	tr		9.4	1.025	tr
Apr.	0	13.6	12.4	1.024	8	14.2	12.2	1.024	8	14.8	12.3	1.024	9	15.4	12.3	1.024	9
	10		11.9	1.024	7		11.7	1.024	8		12.0	1.024	8		11.8	1.024	8
May	0	17.1	14.9	1.023	9	18.1	15.1	1.023	19	17.3	15.3	1.024	5	17.8	14.8	1.024	3
	10		14.4	1.024	3		13.8	1.024	28		13.8	1.024	6		13.9	1.024	5
Jun.	0	19.0	18.5	1.023	9	19.0	18.4	1.024	3	19.2	18.1	1.024	3	19.1	17.9	1.024	5
	10		17.5	1.024	4		18.0	1.023	4		17.6	1.024	3		17.5	1.024	2
Jul.	0	25.6	23.6	1.021	7	25.6	23.6	1.022	4	25.4	24.2	1.022	5	27.6	24.1	1.022	1
	10		19.2	1.024	1		20.5	1.024	1		20.8	1.024	4		19.8	1.024	1
Aug.	0	26.3	25.4	1.022	6	28.1	26.3	1.022	3	26.4	25.9	1.022	tr	26.7	25.7	1.022	3
	10		24.2	1.022	5		21.6	1.023	1		23.7	1.023	tr		24.0	1.022	—
Sept.	0	26.0	26.0	1.023	3	26.2	25.6	1.023	2	27.6	25.6	1.023	1	27.1	25.6	1.023	2
	10		25.9	1.023	3		24.8	1.023	1		24.2	1.023	2		24.9	1.023	2
Oct.	0	22.3	23.0	1.024	14	22.5	23.2	1.023	tr	23.2	23.3	1.024	8	22.6	23.2	1.024	4
	10		22.9	1.024	9		23.2	1.024	7		23.1	1.024	2		23.0	1.024	8
Nov.	0	15.5	20.1	1.024	—	16.4	20.9	1.024	3	17.8	20.8	1.024	7	18.0	20.6	1.024	tr
	10		20.1	1.024	—		20.8	1.024	2		20.8	1.024	—		20.8	1.024	1
Dec.	0	11.2	16.3	1.024	67	12.7	17.0	1.024	10	13.1	17.3	1.024	63	13.8	17.2	1.024	10
	10		16.5	1.024	11		17.1	1.024	99		17.8	1.024	7		17.5	1.024	9

Month	Depth (m)	St. FK 2				St. FK 4				St. FK 6				St. FK 7			
		A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N	A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N	A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N	A. T.	W. T.	Sp. gr.	NO ₃ -N
Jan.	0	4.9	10.1	1.024	tr	5.5	10.0	1.024	10	5.5	8.9	1.024	tr	5.4	8.9	1.024	×
	10		10.3	1.024	tr		9.7	1.024	8		8.9	1.024	8		8.5	1.024	×
Feb.	0	9.4	8.2	1.024	tr	10.5	8.2	1.024	tr	10.1	8.7	1.024	tr	10.3	8.1	1.024	×
	10		7.4	1.024	tr		8.0	1.024	tr		7.9	1.025	tr		7.6	1.024	×
Mar.	0	12.2	10.1	1.024	tr	12.2	10.1	1.024	1	12.2	10.7	1.024	2	11.4	11.2	1.024	1
	10		9.8	1.025	2		9.7	1.024	3		10.2	1.024	1		10.3	1.024	2
Apr.	0	12.7	14.0	1.022	16	11.9	13.9	1.024	3	13.1	14.4	1.024	3	13.9	14.5	1.023	×
	10		13.2	1.024	3		13.8	1.024	2		14.1	1.023	1		14.0	1.023	×
May	0	19.2	18.2	1.023	10	19.9	18.6	1.023	6	19.3	19.6	1.021	3	21.0	19.7	1.023	×
	10		16.8	1.023	6		17.0	1.023	2		16.3	1.023	2		16.6	1.023	×
Jun.	0	22.7	22.1	1.022	5	22.5	22.2	1.023	3	23.2	23.9	1.022	1	23.5	23.5	1.022	3
	10		20.5	1.023	5		20.5	1.023	1		21.8	1.023	2		22.4	1.023	15
Jul.	0	25.8	24.9	1.021	6	26.4	25.1	1.021	2	27.6	26.1	1.021	2	25.4	26.6	1.021	×
	10		22.8	1.022	1		23.1	1.022	2		23.2	1.022	2		23.6	1.022	×
Aug.	0	28.8	28.9	1.022	5	29.0	26.9	1.022	2	28.9	28.5	1.022	2	29.8	28.5	1.022	×
	10		26.1	1.022	tr		24.7	1.022	2		24.6	1.023	2		27.4	1.022	×
Sept.	0	26.5	25.9	1.022	tr	26.2	25.8	1.023	tr	26.5	26.6	1.023	tr	25.3	26.2	1.023	tr
	10		25.1	1.024	1		25.0	1.023	tr		25.5	1.022	1		25.5	1.023	5
Oct.	0	18.4	20.4	1.023	4	20.4	21.0	1.023	4	19.9	20.7	1.023	4	19.3	20.6	1.023	×
	10		20.5	1.023	3		20.7	1.023	4		20.3	1.023	4		20.3	1.023	×
Nov.	0	15.3	17.3	1.023	8	15.9	17.2	1.024	7	16.7	16.7	1.023	4	17.1	17.1	1.023	×
	10		17.4	1.023	8		17.2	1.023	7		16.1	1.024	3		16.6	1.023	×
Dec.	0	11.7	12.4	1.024	2	13.4	13.5	1.024	tr	12.5	13.3	1.024	2	12.9	12.9	1.024	tr
	10		12.4	1.024	1		12.9	1.023	2		13.2	1.024	1		12.3	1.024	tr

松本：ノリ生育に対する環境の影響

Table 6. Maximum and minimum of water temperature in winter in the Seto Inland Sea (1918~1930, monthly). (°C)

		Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
Southern part of Kii-suidô	max.	—	18.2	17.6	17.9
	min.	—	10.6	11.5	10.8
Northern part of Kii-suidô	max.	16.7	13.6	16.5	16.5
	min.	13.9	10.5	7.8	7.5
Osaka-wan	max.	16.4	10.4	8.1	8.7
	min.	9.2	6.8	6.2	7.3
Harima-nada	max.	16.2	10.6	8.2	8.7
	min.	11.2	8.4	6.4	6.0
Bisan-seto	max.	16.5	11.5	9.7	10.1
	min.	12.4	7.6	6.9	6.9
Hiuchi-nada & Bingo-nada	max.	16.5	12.5	10.5	11.9
	min.	12.5	9.4	7.5	7.7
Suô-nada	max.	17.2	11.8	11.0	10.7
	min.	12.2	10.4	8.4	6.7
Bungo-suidô	max.	20.7	16.7	15.5	17.2
	min.	17.5	15.0	12.8	12.7

らの海域を流れる海水の冬期の水温は 10°C 前後とみなしてよいものと思われる。ノリ生育にとっての好適水温は後に検討するように (IV) 節に記述) 成葉では 7~8°C であって、12~3°C あたりを高限界としているから、上に示す内海の外海水の冬季の水温はノリの正常な生育にとって限界点に近いものと言えよう。しかも後に指摘するように比較的高い水温でノリを生育させる場合には豊富な栄養分特に窒素源を必要とし、もし不足する場合にはノリ本来の黒紫色の色調を失うものであるが、上に述べたように内海では硝酸態窒素のような栄養分が冬季に却って減少している傾向にあるからこれら成分の不足も懸念される。要するに内海ではノリ生育にとって比較的高温で栄養分の不足した外海水が沿岸を洗っているものとみなしてよい。

次にそれでは現在川裾に開かれている養殖場においては水温乃至栄養塩類が如何なる状況を呈しているか。言いかえれば上に述べたような外海水の欠点が如何に排除されているかをみるため各海域沿岸の養殖場の海況を対比してみる。即ち備後灘 (水島灘を含む) 沿岸に所在する玉島 (高梁川下流) 及び福山 (芦田川下流, 箕島地先), 広島湾において広島 (太田川分流己斐川下流, 草津地先), 周防灘において豊後高田 (寄藻川下流) をえらびそれぞれの水温・比重・硝酸態窒素などの変動を示せば Table 7, 8, 9, 10 の通りである (養殖場位地については Text-fig. 1 参照)。これらの表と上記備後灘・広島湾・周防灘の海水の性状を比較するに、冬季ノリ生育期には水温において 1~3°C の低下, 硝酸態窒素において著量の増加をみとめることができる。しかしこれらの数値を細かに点検すると海域の場合と同様それぞれ特長の変動が見出されるもので、例えば広島では水温の低下は 1°C 内外で僅少であるが硝酸態窒素の増量が著しく、これに反し福山・豊後高田では硝酸態窒素の増量は広島ほど大きくはないが水温の低下が顕著であってノリ生育の好適水温 7~8°C を示している。即ち養殖場が川裾にあることによって前者は主として栄養分の補給が行われ、後者は同

Table 7. Oceanographical data of Tamashima Nori cultural ground (mean of Oct., 1953~Mar., 1956).

Month	Decade	A. T. (°C)	W. T. (°C)	Sp. gr. (ρ_{15})
Oct.	first	20.2	22.8	1.019
	second	18.5	20.4	1.020
	last	17.9	19.4	1.021
Nov.	first	14.4	17.2	1.021
	second	12.0	14.7	1.020
	last	12.8	13.9	1.020
Dec.	first	10.7	12.4	1.020
	second	8.5	10.8	1.021
	last	8.5	9.3	1.021
Jan.	first	5.9	8.6	1.020
	second	5.8	7.5	1.020
	last	5.0	7.3	1.021
Feb.	first	6.2	7.4	1.021
	second	5.6	7.9	1.022
	last	7.6	8.5	1.021
Mar.	first	6.7	9.1	1.021
	second	9.1	10.3	1.021
	last	11.1	12.0	1.021

Table 8. Oceanographical data of Fukuyama Nori cultural ground (1955~1956)

Month	Decade	A. T. (°C)	W. T. (°C)	Sp. gr. (ρ_{15})	NO ₃ -N(γ /L)	NH ₃ -N (γ /L)
Oct.	first	21.8	23.9			
	second	18.0	20.4			
	last	16.7	18.9			
Nov.	first	16.3	18.4			
	second	13.3	16.3			
	last	10.7	14.1			
Dec.	first	9.0	13.5	{ H 1.022 L 1.008		
	second	9.7	10.6	{ H 1.022 L 1.006		
	last	8.4	9.9	{ H 1.023 L 1.006		
Jan.	first	7.4	8.8	{ H 1.022 L 1.004	39 78	33
	second	7.3	7.8	{ H 1.021 L 1.008	74 147	23
	last	5.9	7.1	{ H 1.022 L 1.005	29 57	27
Feb.	first	5.5	5.8	{ H 1.022 L 1.003	48 97	28
	second	6.8	7.7	{ H 1.021 L 1.003	81 162	30
	last	12.7	10.1	{ H 1.022 L 1.007	46 83	21
Mar.	first	17.3	12.1	{ H 1.022 L 1.005		
	second	19.7	13.2	{ H 1.022 L 1.007		
	last	22.5	14.4			

(H-High tide , L-Low tide)

Table 9-1. Oceanographical data of Hiroshima Nori cultural ground.
(mean of 9 yrs.)

Month	Decade	W. T. (°C)	Sp.gr. (ρ_{15})
Oct.	first	23.0	1.023
	second	21.8	1.023
	last	20.2	1.023
Nov.	first	18.5	1.023
	second	17.4	1.023
	last	15.7	1.023
Dec.	first	14.3	1.023
	second	13.3	1.023
	last	12.0	1.023
Jan.	first	10.8	1.023
	second	10.4	1.023
	last	9.7	1.023
Feb.	first	9.2	1.023
	second	9.2	1.023
	last	9.5	1.022
Mar.	first	9.8	1.023
	second	10.5	1.023
	last	11.5	1.022

Table 9-2. $\text{NO}_3\text{-N}$ contents of sea water at Hiroshima Nori cultural ground. (γ/L)
(mean of 1954~1956)

Month	Surface	Below 5m
Jan.	—	—
Feb.	24	6
Mar.	28	55
Apr.	—	89
May	60	35
Jun.	41	20
Jul.	475	54
Aug.	55	12
Sept.	115	8
Oct.	81	19
Nov.	17	2
Dec.	14	3

Table 10. Oceanographical data of Bungo-Takata Nori cultural ground (1955~1956).

Date	W. T. (°C)	Sp. gr. (ρ_{15})	$\text{NO}_3\text{-N}$ (γ/L)
16, Jan.	7.0	1.023	25
19, Feb.	7.5	1.024	13
27, Mar.	11.1	1.023	22
26, Apr.	15.6	1.022	18
23, May	19.9	1.022	23
23, Jun.	25.0	1.021	42
21, Jul.	28.5	1.021	58
22, Aug.	28.0	1.018	42
20, Sept.	26.3	1.023	60
27, Oct.	19.4	1.023	53
18, Nov.	13.6	1.023	110
15, Dec.	12.2	1.024	28

時に水温の低下をとめない、更にいずれも干潟地を形成し、地形的に水流の増大が加味されて漁場としての価値を高めているものと考えられる。

なおこれらを朝鮮のノリ養殖場の海況と比較するため、竹島(全羅南道)の水温・硝酸態窒素その他の測定値を Table 11 にかかげた。竹島は朝鮮のノリ漁場の中心地である多島海

のほぼ中央に所在し、殆んど陸水の影響を受けず外洋水によって培かわれている養殖場である。この表についてみるに、川裾に所在しないにもかかわらず水温適度に低く、しかもその低温の時期が比較的長い。また気温は内海の養殖場に比べ水温の差以上に著しく低い。これら温度に関する事象は内海と朝鮮の漁場環境の最も大きな相違であり、また重要である。硝酸態窒素はやや多いようでもあるが、ある時期の広島などに比べれば決して特に秀でているとは言えない。しかし冬期ノリ時期に比較的多く、しかも内海にみられるようにはげしい変動を示さず安定している事実はみのがせない。これは何度も指摘したようにその給源を主として外洋水に受け、その硝酸態窒素は冬季に比較的豊富となるためと思われるもので、これまた彼我の漁場構成上の重要な根本的差異とみられる。

Table 11. Oceanographical data of Chikutô Nori cultural ground (in Korea).

Month	Decade	A.T. (°C)	W.T. (°C)	Sp. gr.(ρ_{15})	NO ₃ -N (γ /L)
Oct.	first	18.8	20.9	1.023	12.5
	second	17.1	19.2	1.024	15.0
	last	12.6	17.4	1.024	24.5
Nov.	first	9.8	15.1	1.024	27.0
	second	10.1	13.7	1.024	38.8
	last	9.9	13.0	1.025	54.7
Dec.	first	9.4	12.2	1.025	60.6
	second	4.8	10.6	1.025	70.9
	last	4.7	8.6	1.024	71.0
Jan.	first	1.4	7.8	1.025	77.8
	second	0.1	6.7	1.025	78.4
	last	-1.1	5.8	1.025	87.8
Feb.	first	2.4	6.1	1.025	67.1
	second	2.4	6.4	1.025	70.5
	last	3.2	7.3	1.025	66.9
Mar.	first	2.7	6.5	1.025	39.6
	second	6.2	6.6	1.025	34.2
	last	8.0	10.1	1.025	14.8
Apr.	first	10.3	9.4	1.025	13.0

更にこれら内海のノリ養殖場の海況を我が国の他の地方の養殖場の海況と比較するに、煩をさけて数値をかかげないが、各地水産試験場及び研究者によって報告されているように、東京湾²⁸⁾・伊勢湾²⁵⁾・三河・渥美湾⁴²⁾・有明海¹⁶⁾など好漁場を提供する養殖場では水温適度に低く栄養塩類を充分に保有しており、また東北方面⁴¹⁾では水温の低冷に特長を示している。このようなノリ生育の好適海況に欠ける内海ではこれを補う漁場の要素として何らか他の要素を必要条件とする。一般に高水温におけるノリの培養には豊富な栄養分の供給を必要とし、もし不足する場合には栄養分の消費はげしく貧栄養に拍車をかけることとなるので、その補給に迅速な海水の交替即ち水流が不可欠となり漁場構成要素として重要な意義をもつものとなる。上にもしばしばふれたように内海で川裾にノリ養殖場が開けた理由の一端は川裾に形成される浅海干潟によって生じる迅速な水流を加えねばならない。

以上の考察により内海のノリ養殖場が川裾に発達した必然性の一面は説明し得たと思うが、しかし一方見方を変え、水温・栄養分乃至水流の条件に適合するため止むをえず川裾に

局限されているものだと消極的にみず、川裾にあることが却ってノリの生育を助長する何らかの要素を含んでいるのではないかとの積極的な見方もなり立つ。上に述べた要素以外に川裾にあることによって変動を受けるノリの環境要素としては比重の変化をあげることができる。よって次に比重によって受けるノリの生育の異同について究明し、川裾にあって比重の変動を受けるために生じる利害得失を明らかにしなければならない。

(II) 低比重海水のノリ生育に及ぼす影響

河川の流入によりノリが受ける比重の変動には、流入した淡水が分散混和されて起る全般的な海水比重の低下によるものと、淡水が海水上に薄い層をつくり、これがそのまま退潮時に流下しこの淡水乃至低比重海水層にノリが一時的にさらされる場合の二様と考えられる。全般的な海水比重の低下によってノリの受ける影響は低比重海水中におけるノリの生育を意味することとなり、薄層の低比重海水によって受ける影響は高低比重の激変のくり返しを受けたと同じこととなる。

海水比重のノリ生育に及ぼす影響については、古くは東京湾のノリ養殖場における観測などから、比重 1.018 以下の場所でなければならぬとされていたこともあった¹⁾が、その後各地方の漁場の開発の経験から、高比重海水でもノリ生育にとって支障のないことが実証され、¹⁶⁾ 1.025 附近までは不適當でないと言われるようになった。²⁾ 富士川ら²³⁾ はこれを培養実験的に究明し、海水比重 1.018 以下は却ってノリの生育にとって不適當であり、1.024 前後を最適とし、更に高比重 1.030 においてもよく生育を遂げるものであることを明らかにした。而して低比重によって阻害される原因を海水組成が稀薄となることにより栄養障害を起こすこともその一であるとしている。松平ら⁴⁸⁾ は種々の塩分濃度の海水中にノリを 20 時間浸漬した後光合成を測定し、塩分 12.00 (比重 1.0158)~18.00 (比重 1.0241) を良好な生育範囲としている。富士川ら²³⁾ の比重を異にした海水中においてノリに光線を 2 時間照射して同化作用を測定した成績では、比重 1.024 以下で O_2/CO_2 の値が 1.0 以下となることから、この実験の範囲内では比重 1.024 を同化作用の調和のとれた最適の比重としている。これらの数値を検討してみると、ノリの生育に好適な海水比重は 1.024 を中心とする附近であり、低比重であって栄養分が不足する場合には 1.020 の程度ですでに障害があらわれ、栄養分の豊富な場合であっても 1.017 以下となれば生育を阻害されるものとするのは妥当とみなされる。実際に川裾のノリ漁場において降雨雪の後に一時的にこの程度の比重を示すことはあり得るが、長期にわたってこのような低比重を保持している川裾ではノリ養殖は適当ではないと言えよう。低比重養殖場の代表と目される東京湾の漁場においても比重 1.017 以下を呈することの多い場所は決して優良な養殖地ではないとされている。²⁶⁾

このように全般的な甚だしい比重低下はノリ生育にとって決して好適とは言えないが、川裾の漁場の海水が流入水によって均一な比重低下をきたすことは稀であって(内湾では勿論これに近い状態となることもあり得る)注流する河川の水量と地形によって差はあるが、一般には満潮時海水の上部に淡水乃至低比重の薄層をつくり、これがそのまま退潮時に流下し、漲潮時には多くは混和されるが、なお層をつくったまま押し上げられることさえあるのが実態である。従ってノリは 12 時間もしくは 6 時間に 1 回このような淡水乃至低比重海水にさらされることとなる。特に内海では波浪が弱くしかも干満の差が比較的大きいため、川裾の漁場ではこの傾向が強く 10 乃至 30cm 位の薄層として広がることが多い。これが

ノリ生育に好影響を与えるものであるかどうかを明らかにする必要があるが、このような現象について究明したものがないので次のような実験を行った。

[一時的海水比重激変のノリ生育に及ぼす影響]

ノリが上述のように低比重の海水にさらされる状態にはその低比重水層の濃度と厚さの違いにより差があるが、ノリにとっては一時的な比重の激変を受けることを意味し、その激変の程度と時間の違いが生じることとなる。

よってまず同一条件で培養しているノリを種々の低比重海水(1.000, 1.004, 1.008, 1.016, 及び 1.020 の6種)に1日4時間(比重1.000の場合は30分)浸漬した場合のノリ生育に対する影響を調べた。浸漬操作時以外には約320L容の木製水槽に比重1.024の濾過海水(NaNO_3 0.01%添加)をみだし、この中に一様にノリを懸吊して往復運動式動揺を与えて培養した。影響の有無は培養前後の面積を測定し面積増加率を算出し、同時に生育状態を観察記録し、それらの異同によって比較した。長さ3cm内外、巾4mm内外のややひ弱な若いノリを用いた場合と成葉を用いた場合の2回の実験の結果をTable 12に実験I及びIIとして示した。

表によってみるに実験Iにおいては、その面積増加率は比重の激変のはげしいものほど小さく殆んど直線的に下降し、比重1.004では毎日4時間の浸漬により数日間で枯死しは

Table 12. Effect of the sudden change of cultural medium specific gravity on the growth of Nori-frond.

[Exp. I] (exp. 1st~20th, Mar., W. T. $12 \pm 1^\circ\text{C}$)

No. of Exp.	Sp. gr. for sudden change	Area of fronds			Note
		Before culture (cm ²)	After culture (cm ²)	Growth rate	
1 (Sudden change for 30 min. a day)	1.000	1.82	1.88	2	After a week lost blackish color, turned slightly red, and has died partially on the last day.
2 (Sudden change for 4 hrs. a day)	1.004	1.16	—	—	On the 3rd day, showed abnormality in color and lustre, and died after 14 days.
3 (//)	1.008	1.34	2.11	57	On the 3rd~6th day, the color tone became gradually worse, and finally the marginal part of frond was broken.
4 (//)	1.012	0.60	1.54	157	As above, but somewhat better.
5 (//)	1.016	0.63	2.22	252	On the midst, vitality is vigorous and color tone is good as the followings.
6 (//)	1.020	0.68	2.71	298	Color and lustre are healthy throughout, and does not differ from No.7 macroscopically.
7 (Control, always only sea water)	1.024	0.51	2.45	380	Normal growth.

[Exp. II] (exp. 10th~25th, Mar., W. T. $12^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$)

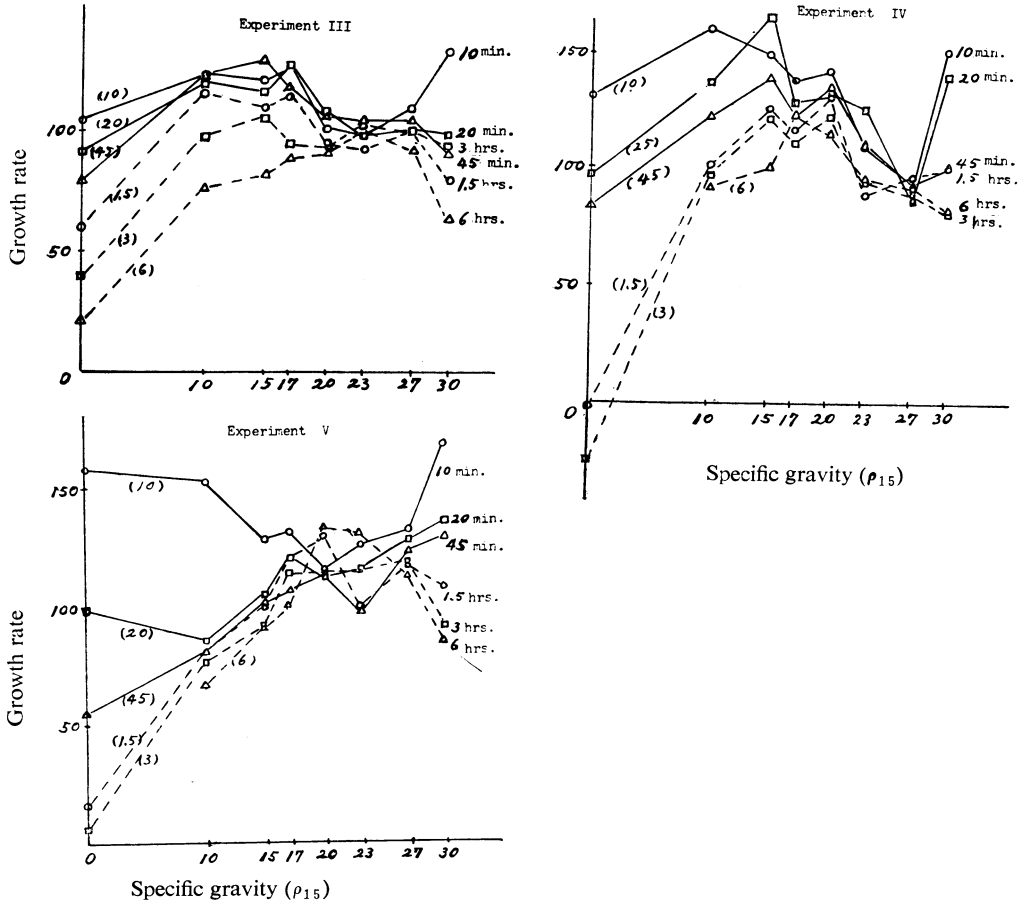
No. of Exp.	Sp. gr. for sudden change	Area of fronds			Note
		Before culture (cm ²)	After culture (cm ²)	Growth rate	
1 (Sudden change for 30 min. a day)	1.000	6.93	7.27	5	5th day, color tone became worse, and 8th day, three fronds almost died.
2 (Sudden change for 4 hrs. a day)	1.004	4.10	3.97	- 3	3rd day, became reddish, losing blackish color, and 5th day, two fronds are moribund.
3 (//)	1.008	4.08	6.49	59	8th day, color and lustre became worse, and marginal parts of fronds fell off partially
4 (//)	1.012	3.41	8.00	135	Became yellowish, losing characteristic nori color.
5 (//)	1.016	4.14	11.16	170	Normal healthy growth, relatively.
6 (//)	1.020	3.43	12.22	256	Last day, still show a vigorous vitality.
7 (Control, always only sea water)	1.024	3.00	10.41	247	As above, normal growth.

じめ、比重 1.000 (淡水) では 30 分間の浸漬で殆んど生長のとどまることを知った。これに反し常時比重 1.024 の海水で培養した対照のものは特に生育良好生長旺盛であった。また成葉の実験では、比重 1.016 でやや生育阻害の徴がみえ、それ以上の激変では若い葉の場合と全く同様の傾向を示している。しかしいずれの結果においても比重 1.016 以上の海水に浸漬したものは外観的には差が認められず旺盛な活力を呈していた。

次に比重の種類を 1.000, 1.010, 1.015, 1.017, 1.020, 1.023, 1.027 及び 1.030 の 8 種類、浸漬時間を 10 分、20 分、45 分、1.5 時間、3.0 時間及び 6.0 時間の 6 種類に設定して同様の実験を 3 回行ったが、その成績は Text-fig. 3 の通りである。ただし数値が多いので対照 (常時海水中培養) の示した面積増加率を 100 とした場合の、それぞれの面積増加率の割合のみを算出してこれを図に示した。

これらの図から細部にわたってはいろいろの事実を知り得るが、これを要約すると次のような諸点を指摘できる。比重 1.020~1.027 の範囲では比重激変によって生育に及ぼす影響は全くあらわれていない。1.017 以下の低比重に 45 分以内の短時間浸漬することは生長促進の効果があるようであり、しかも比重の低くなるにしたがって一そう短かい時間でなければならない。比重の高い 1.030 の場合にも 10~20 分間の短時間であれば激変が有効にはたらいっているようである。しかしこの場合には肉眼的にみた色沢は必ずしも良好とは言えない状態であった。1.5 時間以上の浸漬はいずれの場合にも生育に障害を及ぼしている。

その他にも実験数値としては興味ある事実を見出し得るが、いずれにしても非常に短時間の激変が有効のようにみられるので、更に激変比重 1.017 以下、浸漬時間 15 分間以内につ

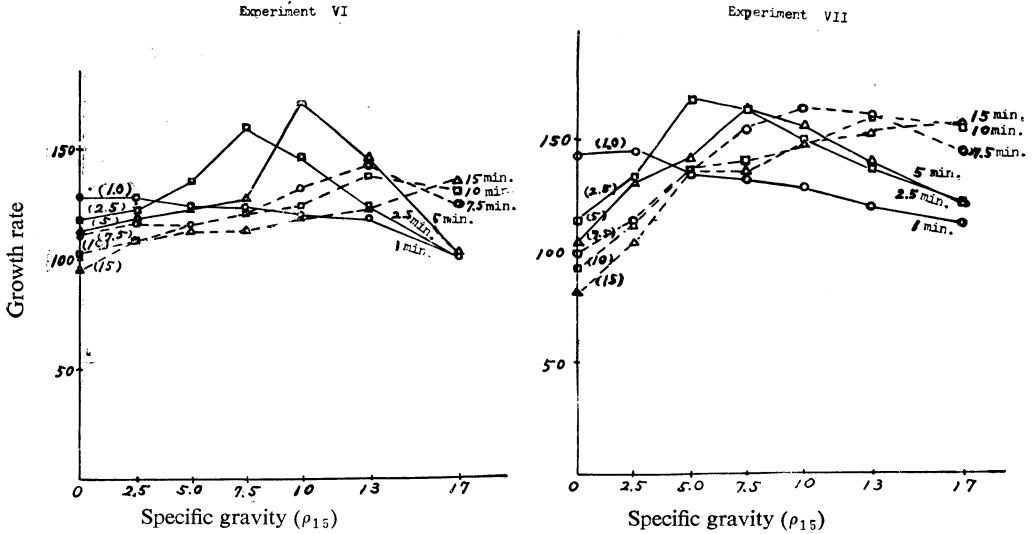


Text-fig. 3. Effect of the sudden change of cultural medium specific gravity on the growth of Nori-frond.

いて実験をくり返した。即ち比重を 1.000, 1.0025, 1.005, 1.0075, 1.010, 1.013, 1.017 の 7 種, 1 日の浸漬時間を 1 分, 2.5 分, 5 分, 7.5 分, 10 分, 15 分の 6 種として同様の実験を行った。2 回の実験の成績は Text-fig. 4 に示した。

培養実験としては非常に微細な異同を追究しているのだから、面積増加率の最高を示す浸漬時間と低比重の程度との間の関係には多少の差異がみとめられるが、図にみられるようにノリの受ける影響の傾向としては同様にあらわれているものであって、これらの成績及び前実験の結果を総括要約すると次のように言える。

- ① ノリをある一定時間、その培養している海水と相違した比重の海水に浸漬すると時間が長ければ障害を受けるが、短かければ生育に好影響を与えるものである。
- ② 好影響を与える浸漬海水の比重は 1.017 以下及び 1.030 であって、浸漬時間は 1 日 10 分間以内である。
- ③ 浸漬は同一比重であっても時間の長短により、また同一時間であっても比重の高低によりノリに与える影響の程度が異なる。最も良い影響を与えるためにはある比重ではある一定時間を、ある時間ではある一定比重を必要とする。
- ④ 今回の実験の範囲内では浸漬海水比重 0~1.0025 の間では 1 分間, 1.0025~1.0075



Text-fig. 4. Effect of the sudden change of cultural medium specific gravity on the growth of Nori-frond.

の間では 2.5~5 分間, 1.0075~1.013 の間では 5~7.5 分間, 1.013~1.017 の間では 10~15 分間を最適とし, 比重 1.017~1.027 の間は殆んど影響なく, 比重 1.030 では 10~20 分間が適当であって, 激変時間は一般的にいうと比重の低いほど短時間でなければならない。その影響の程度は比重 1.005 に 2.5 分間浸漬したものが通常海水のまま (比重 1.024) で培養したものより 70% の面積増加を示し最大であった。その作用は一種の刺激ではないかと思われるが機作については今後の究明によらなければ未だ明らかでない。

以上実験の示す通り一時的な比重の激変にさらされることはノリの生育にとって好影響を及ぼすものと認められるが, その時間は 15 分にみたない短かいことが必要で, その最適時間をこえると生育を阻害されるものである。従って実際の川裾のノリ養殖場で常にこの最適激変条件にノリがさらされているということとはあり得ないので, これをノリ養殖場が川裾に発達している主要な理由とすることはできない。強いて言えば川裾の漁場では河川の水量・地形によってはこのような好条件にめぐまれる場所もあり得るものであって, 川裾の漁場では場所による出来・不出来の差が著しいと言われる理由の一端はこれにあるかと思われる。しかし一般には常に一定の好条件にさらされるものではなく, 偶然最適状態になることもあり, またそれをはづれて生育を阻害されることもあるという変動をくり返していると推測される。而してこのような場所では降雨雪の後海水表面層が淡水層で覆われ, 特に浮筏を表面浮動にしている場合などにこれに長くさらされ死滅流亡することさえしばしば経験する処である。

要するに内海のノリ養殖場が川裾に局限されている理由として流入する淡水による比重低下を重要視することは妥当ではなく, 結局前節において考察したように水温の低下と栄養分の供給と更に適当な干潟地の提供と迅速な水流の加わることが主要なものであろうと考える。よって以下各節にこれら環境要素がノリ生育にとって如何なる影響をもつものであるかについて考察を試みる。

なおこれら考察に入るに先だち, 内海と朝鮮の漁場環境が実際のノリ養殖上に如何なる異同を示すかについて移植試験の成績によって検討してみる。即ちこれによって異なる生活環

境から受けるノリの生育並びに性状に対する影響若しくは適応性乃至抵抗力を知り、この後に環境条件を解析して考察する場合の参考知見とし、また前節の内海と朝鮮の海況の比較は観測数値上のものであったが、これをノリの生態の上に具象化し、彼我の相違を一層明白にすることができるものとする。

(III) ノリの生育に及ぼす内海及び朝鮮の漁場環境の影響

(I) 節において内海のノリ養殖場の海況と朝鮮のそれとを比較し、それぞれ異った漁場環境にあることを指摘したが、内海の典型的な養殖場である広島と、同じく朝鮮の典型的な漁場である竹島の間で互いに移植試験を行い、これによって実際の養殖にあたってノリの生育並びに性状にあらわれる環境の影響を明らかにしようとした。なお朝鮮においては極端に気温・水温の低い西海岸の大也島(富士川ら²⁴⁾によって新らしく開かれた養殖場)を加え、環境の特に甚だしい相違のある漁場についての考察の資とした。

まず各試験地のノリ養殖場としての特色の概要を述べて比較する。

広島(草津地先, Text-fig. 1 参照)は背後から太田川の七分流の一つ、最西端の己斐川が流入する南方に開けた干潟地であって、冬期には己斐川からの淡水の流入は比較的少く、他の分流からの淡水が沿岸水全体に混じる。古くから‘広島ノリ’の本場として知られ、優良な種子場でもある。干満の差は大潮時 3 m 内外小潮時には 2 m 弱となる。

竹島(Text-fig. 2 参照)は朝鮮南岸多島海の島嶋の間にあり河川の流入は全くない。海水は常に清澄で、干満の差は大潮時 4 m 内外に及ぶも小潮時には時期により変化があり、ノリ時期の初めには比較的大きく 2 m 前後であるが次第に小さくなり、3 月中旬には約 1 m となり海水停滞しノリは急激に衰滅する。漁場としては比較的古くから開け朝鮮のノリ生産地の中心で種子の採取も行う。

大也島(Text-fig. 2 参照)は西海岸に面する小島で陸岸からの淡水の影響は殆んどない。干満の差の激しいことを特長とし、大潮時には 7~8 m 小潮時でさえ 3 m に達する。従って海水はかなり混濁し水流速く、富士川らによって開発されるまではノリの養殖など思いも及ばなかった水域である。

以上三試験地における試験期間中の気温・水温・比重及び硝酸態窒素の測定値を旬別に平均したものを Table 13 に示した。ただし広島の硝酸態窒素については試験当時に測定したものを欠くので、先にも引用した“瀬戸内海連絡調査要報”所載の本試験地に近い観測地点 HS 21 (Text-fig. 1 参照)の測定値を参考としてかかげた。

Table 13 についてみるに、気温と水温とは広島が最高 大也島が最低で竹島はその中間にある。しかも大也島の時期的変化の傾斜は急激で広島のは緩慢である。その差は気温において最大約 11°C 水温において最大約 6°C の開きがあり、この両地において同様にノリの生育をみることは驚異に値し、ノリの温度に対する適応性が決してせまいものでないことを示すものと言えよう。海水比重は竹島がやや高いが、前節にも述べたようにこれらの程度であれば特に生育上の差異をあらわすとは考えられない。硝酸態窒素については竹島と大也島との比較では前者に多く約倍量を示している。而して 11 月頃から増加の傾向を示し 12、1、2 月の頃最大となり 3 月中旬から急激に減少している。その経過は外洋性の海水の影響を受ける一般の漁場における変化と同様であるが、両者を比較すると最大に達し下降する山は大也島の方が竹島より少しおくれてあらわれている。硝酸塩の減少は海水中の plankton

Table 13-1. Observation values at the three Nori cultural grounds during the transplanting experiment.

Month	Decade	Air temp. (°C)			Water temp. (°C)			Sp. gr. (ρ_{15})		
		Chikutô	Taiyatô	Hiro-shima	Chikutô	Taiyatô	Hiro-shima	Chikutô	Taiyatô	Hiro-shima
Nov.	first	9.8	9.0	16.7	—	—	19.2	—	—	1.023
	second	10.1	8.3	14.7	13.7	11.8	17.9	1.024	1.024	1.023
	last	9.9	6.7	13.5	13.0	12.1	16.7	1.025	1.024	1.023
Dec.	first	9.1	7.2	13.1	12.2	10.9	15.6	1.025	1.024	1.024
	second	4.8	1.7	7.8	10.6	9.0	13.7	1.025	1.024	1.024
	last	4.7	1.0	8.7	8.6	6.6	12.6	1.024	1.023	1.024
Jan.	first	1.4	-3.7	9.4	7.4	4.8	11.7	1.025	1.023	1.024
	second	0.1	-4.3	6.0	6.8	3.5	9.9	1.025	1.023	1.024
	last	-1.1	-5.8	5.1	5.8	1.8	8.6	1.025	1.023	1.024
Feb.	first	2.4	-1.5	8.2	6.1	2.5	9.2	1.025	1.023	1.024
	second	2.4	-0.9	7.0	6.4	3.0	8.8	1.025	1.023	1.024
	last	3.2	-0.6	6.7	7.3	3.0	8.4	1.025	1.023	1.024
Mar.	first	2.7	-0.4	6.7	6.5	3.1	8.6	1.025	1.023	1.024
	second	6.2	2.9	—	6.6	4.1	—	1.025	1.023	—
	last	8.0	5.1	—	10.1	5.3	—	1.025	1.023	—
Apr.	first	10.3	7.1	—	9.4	6.2	—	1.025	1.023	—
	second	10.7	8.1	—	9.0	7.0	—	1.025	1.023	—
	last	12.5	10.6	—	9.3	10.2	—	1.025	1.023	—

Table 13-2. Values of NO₃-N contents observed at Chikutô and Taiyatô Nori cultural ground (γ/L)

Month	Decade	Chikutô		Taiyatô	
		Value	Mean, monthly	Value	Mean, monthly
Nov.	first	27.1	40.3	17.5	18.5
	second	38.9		18.3	
	last	54.8		19.8	
Dec.	first	60.6	67.6	24.5	26.7
	second	70.9		28.0	
	last	71.0		27.5	
Jan.	first	77.8	79.6	33.5	35.8
	second	78.5		36.3	
	last	82.7		37.5	
Feb.	first	67.1	66.4	37.3	36.4
	second	70.5		37.3	
	last	61.9		34.4	
Mar.	first	39.6	26.2	23.0	19.4
	second	24.2		18.2	
	last	14.8		17.0	
Apr.	first	13.0	—	13.1	7.3
	second	—		6.1	
	last	—		2.7	

Table 13-3. Values of NO₃-N contents observed at Hiroshima Nori cultural ground. (γ/L)

Month	1954		1955		1956	
	Surface	Below 5m	Surface	Below 5m	Surface	Below 5m
Jan.	—	—	—	—	—	—
Feb.	—	—	24	6	—	—
Mar.	—	—	29	11	27	100
Apr.	—	—	—	89	—	—
May	—	18	85	38	96	48
Jun.	7	—	3	6	113	53
Jul.	7	—	1,360	—	67	54
Aug.	—	—	99	17	12	7
Sept.	149	—	—	—	81	8
Oct.	116	4	44	35	—	—
Nov.	22	3	12	—	—	—
Dec.	15	3	13	2	—	—

など微生物の繁殖によるとされているが、水温の比較では大也島がおくれて上昇しているからこれに関連あるものと思われる。いずれにしてもこの明らかな窒素源の差がノリの生育乃至品質に如何なる影響を与えるかは興味深い。参考としてあげた広島硝酸態窒素からみると、この漁場では夏期に高く却って冬季ノリ養殖時期に低く、(I)節においても指摘したように河川流による供給の故と思われるが、その量は冬期には竹島よりやや少いようである。

さて移植試験は竹島で種子付した割竹筈を11月1日に大也島に移植し、2時間及び4時間露出として培養したものと、広島で種子付した筈を1月9日に竹島に移植し4時間露出として培養したものと、これら移植した筈と同様の条件で竹島及び広島において対照として培養したものと相互の比較によって行った。即ち広島芽広島生育(4時間露出)、広島芽竹島生育(4時間露出)、竹島芽竹島生育(2時間及び4時間露出)、竹島芽大也島生育(2時間及び4時間露出)の6種の試験筈を設定したものであり、比較はそれぞれの摘採量及び摘採品の色調・硬硬度(いずれも標準品を定めこれを100として肉眼観察により採点)・全窒素・灰分・還元糖・還元糖定量残留物・同上中粗蛋白・粗繊維を測定並びに定量して行った。

測定並びに定量の結果はTable 14にかかげる。これらの数値をもとにして以下に比較検討を試みる。

摘採量による生育の比較は、広島芽竹島移植のものでは1月上旬に移植しているためその影響があると思われるのでこれにはふれず、竹島並びに大也島の摘採量について比較するに、当然のことではあるがそれぞれの海況を強く反映した生育過程をたどっている。即ち竹島では1月下旬に最高値を示し、この頃の水温(5.8~7.4°C)はノリ生育にとって好適であったものと思われる。これに対し大也島ではこの時期には水温なお低きに失し(1.8~3.5°C)十分な生長がみられず、却って2月末乃至3月中旬(水温3.0~4.1°C)に至って急激な

Table 14-1. Variation of crop of Nori by transplantation. (gr.)
(Grown at Chikutô, bud form Chikutô)

Duration of exposure	Species of laver	Date of harvest					Total
		Dec. 31	Jan. 28	Feb. 20	Mar. 17	Apr. 7	
2 hrs	<i>Porphyra</i>	65.0	652.0	120.0	60.0	60.0	957.0
	<i>Enteromorpha</i>	290.0	180.0	13.0	25.0	14.3	522.3
4 hrs	<i>Porphyra</i>	145.0	720.0	315.0	192.8	167.2	1,540.0
	<i>Enteromorpha</i>	95.0	100.0	95.0	47.0	6.7	343.7

(Grown at Taiyatô, bud from Chikutô)

Dur. exp.	Sp. laver	Dec. 15	Jan. 6	Jan. 28	Feb. 20	Mar. 17	Apr. 12	Apr. 26	Total
2 hrs	<i>Porphyra</i>	470.3	368.5	306.6	625.8	663.7	615.6	550.0	3,600.5
	<i>Enteromorpha</i>	20.5	9.9	9.0	74.6	—	—	—	114.0
4 hrs	<i>Porphyra</i>	270.9	245.5	219.1	191.2	283.6	313.0	336.2	1,809.5
	<i>Enteromorpha</i>	21.5	33.5	61.9	54.0	24.2	17.8	31.2	244.1

(Grown at Chikutô, bud from Hiroshima)

Dur. exp.	Sp. laver	Jan. 26	Feb. 10	Feb. 25	Mar. 17	Mar. 28	Total
4 hrs.	<i>Porphyra</i>	98.0	102.0	120.0	60.0	37.0	417.0
	<i>Enteromorpha</i>	3.0	18.0	13.0	25.0	20.0	74.0

増量を示している。勿論このような旺盛な生育を示しはじめるのは水温のみによるものでなく大也島の3月の水温はまだ最適とは思われないが、この頃漸やく日照時間も延長されてこのような良好な生育をみせるものではないかと考える。いずれにしても大也島の厳寒期の1,2月には気温も低く(旬平均値は常に零下で最低 -5.8°C)露出中のノリは氷結することもあり、一時生育を阻害されるにかかわらず死滅することなく、その後の生長は却って旺盛となり養殖期間も長くなり、総摘採量においては増大する傾向を示している事実は注目値する。これによってみるとノリは移植に対する適応性大きく、また低温に対する抵抗力はかなり強いもので、気温水温の低いことはそれが生育好適温度以下であっても漁場の環境要素として決して不適格でないと思われる。

次に商品としての品等をあらわし、ある程度生育状態の良否をも示す色調と硬軟度の異同について Table 14-2 によってみるに、広島芽竹島生育と竹島芽竹島生育の比較では、青味においては大差ないが、黄味は広島芽のものに強く、黒味と赤味とは竹島芽の方がやや優れている。硬軟度は広島芽の方が幾らか軟かい傾向にある。このように生育地を同じくしながら両者の外観には明瞭な差異が認められる。この事実からみるとノリは環境によって変化するが、なお完全に同一環境では同一となるものではなく、原産地で最初に受けた性質の一部を保有するものと思われる。

Table 14-2. Variation of color tone and softness of Nori by transplantation.
(Grown at Chikutô, bud from Chikutô)

Color tone and softness	Dur. of exp.	Date of harvest				
		Dec. 31	Jan. 28	Feb. 20	Mar. 17	Apr. 7
Blackish	2 hrs.	95	80	75	70	65
	4 hrs.	95	80	80	70	70
Reddish	2 hrs.	95	95	70	60	20
	4 hrs.	95	95	60	60	25
Bluish	2 hrs.	0	10	30	20	30
	4 hrs.	5	15	40	20	30
Yellowish	2 hrs.	5	15	30	30	70
	4 hrs.	5	15	40	20	70
Softness	2 hrs.	95	95	85	80	60
	4 hrs.	95	90	90	75	70

(Grown at Chikutô, bud from Hiroshima)

Color tone and softness	Dur. exp.	Jan. 26	Feb. 10	Feb. 25	Mar. 17	Mar. 28
Blackish	4 hrs.	95	75	70	60	60
Reddish	4 hrs.	95	30	20	40	10
Bluish	4 hrs.	0	10	60	50	50
Yellowish	4 hrs.	50	55	70	80	85
Softness	4 hrs.	100	100	95	85	70

(Grown at Taiyatô, bud from Chikutô)

Color tone and softness	Dur. exp.	Dec. 15	Jan. 6	Jan. 28	Feb. 20	Mar. 17	Apr. 12
Blackish	2 hrs.	90	90	90	80	70	65
	4 hrs.	90	95	80	90	85	75
Reddish	2 hrs.	100	85	65	50	40	10
	4 hrs.	100	90	55	85	70	50
Bluish	2 hrs.	0	0	5	30	30	70
	4 hrs.	0	0	5	5	20	40
Yellowish	2 hrs.	5	10	35	40	40	30
	4 hrs.	5	10	45	20	30	30
Softness	2 hrs.	90	85	60	50	45	30
	4 hrs.	90	85	75	70	60	50

異なる環境の影響として、同じ竹島芽の竹島生育のものと同大也島生育のものを比較するに、黒味と黄味においては前者が後者に劣り、青味と赤味においては時期によって甚だしく変化するが前者が却って勝っている。硬軟度は大也島生育のものが常に劣って幾分硬過ぎる感じがある。一般的に言って色調は大也島の方が良いが硬いと言える。而してこれらを広島芽竹島生育と竹島芽竹島生育の相違と比較するに、竹島芽大也島生育との相違の方がはるかに明瞭にあらわれているもので、環境の影響の如何に大きいかを知ることができる。

なおこれら性状の時期による変化をたどってみるに、一般にもよく言われているように黒味赤味が時期推移とともに減退し黄味と青味が漸次勝ってくる傾向がみられるが、広島芽を竹島に移植したもので特に著しいことが気づかれる。これによってみると生育場所を変えたものは特に時期の推移、主として水温・光線・栄養塩類など環境条件の悪化とみなしてよいと思うが、これらの変化に鋭敏に感じるようである。

次に Table 14-3 により成分を比較してみるに、生育した地方による差つまり生育環境の影響が濃厚にあらわれ、原産地の固有性は殆んど認められない。即ち窒素含有量についても、大也島のもの最も多く竹島がこれに次ぎ広島のもののはるかに少ないが、竹島生育のもの同広島芽と竹島芽の差異は殆んど認められない。また時期による窒素含有量の変化をみても、大也島が一番長く高い値を示し竹島これに次ぎ広島が最も早く減退している。しかし広島のものも時期の盛期（1月2日）には何らの遜色も認められない。今これを各地の気温及び水温と対比させてみるに、窒素の含有量は温度の低い処に生育したものほど多く且つその豊富な含有量が永続し、温度の高い処に生育したものは時期による減退の傾向がいちじるしい。大也島の海水中の硝酸態窒素含有量は竹島の約半量で比較的少いにもかかわらず（220 γ /L 前後）ノリの窒素含有量には全く影響していないものようである。しかし竹島では3月になって葉体の窒素含有量が低下するが、これには水温の上昇と光の増強と海水中の窒素量の減少と、更に水流の遅滞が総合されて影響するものではないかと考え

Table 14-3. Variation of constituents of Nori-frond by transplantation. (% in dry matter)
(Grown at Chikutô, bud from Chikutô)

Dur. of exp.	Constituent	Dec. 31	Jan. 28	Feb. 20	Mar. 17	Apr. 7
2 hrs.	Total-N	7.67	7.18	5.61	5.60	4.32
	Crude protein	47.9	44.9	35.1	35.0	27.0
	Reducing sugar	25.0	27.2	36.0	33.5	42.9
	Residue of above	34.5	29.8	28.9	32.4	32.4
	Crude protein in residue	42.0	32.6	24.6	29.0	21.6
	Crude fibre	20.0	20.1	21.8	23.0	25.4
	Ash	9.5	10.0	9.6	9.3	7.8
4 hrs.	Total-N	7.40	7.28	6.44	6.35	4.65
	Crude protein	46.3	45.5	40.0	39.7	29.1
	Reducing sugar	29.4	26.8	33.0	34.2	43.7
	Residue of above	34.0	34.6	27.6	32.5	32.6
	Crude protein in residue	43.8	42.2	27.9	38.5	31.3
	Crude fibre	19.1	20.0	19.9	20.0	22.4
	Ash	7.5	10.0	10.0	9.3	7.4

(Grown at Taiyatô, bud from Chikutô)

Dur. exp.	Constituent	Dec. 15	Jan. 6	Jan. 28	Feb. 20	Mar. 17	Apr. 12
2 hrs.	Total-N	8.56	8.44	7.51	7.25	6.22	5.82
	Crude protein	53.5	52.8	46.9	45.3	38.9	36.4
	Reducing sugar	19.1	20.6	26.6	22.3	20.1	22.4
	Residue of above	29.1	26.1	26.1	27.6	38.1	39.0
	Crude protein in residue	45.0	44.4	39.3	29.0	33.6	32.8
	Crude fibre	16.0	14.5	15.8	19.6	25.3	26.2
	Ash	13.1	12.3	12.0	15.0	17.5	17.0
4 hrs.	Total-N	8.45	8.71	8.12	7.80	7.75	6.66
	Crude protein	52.8	50.4	50.8	48.8	47.2	41.6
	Reducing sugar	19.2	20.8	25.5	23.2	23.1	29.9
	Residue of above	28.5	28.5	22.9	23.5	29.1	23.2
	Crude protein in residue	42.5	43.2	37.6	38.3	44.7	34.1
	Crude fibre	16.4	16.2	14.3	14.5	16.1	15.3
	Ash	12.7	11.7	10.8	13.0	13.0	14.1

(Bud from Hiroshima)

Place of grown up	Constituent	Jan. 26	Feb. 10	Feb. 25	Mar. 17	Mar. 28
Chikutô	Total-N	6.74	6.93	6.59	6.19	5.26
	Crude protein	42.1	43.3	41.2	38.7	32.9
	Reducing sugar	32.2	30.3	35.1	33.1	34.3
	Residue	24.0	25.2	23.2	30.8	27.2
	Crude protein in residue	29.2	34.5	33.6	38.3	19.9
	Crude fibre	17.0	16.5	15.4	19.0	21.8
	Ash	11.5	11.1	9.1	9.4	10.0
Hiroshima		Jan. 22	Feb. 6			Mar. 26
	Total-N	7.03	5.39			3.30
	Crude protein	43.9	33.7			20.7
	Reducing sugar	25.1	32.0			42.5
	Residue	27.3	30.4			27.9
	Crude protein in residue	34.1	35.2			15.8
	Crude fibre	18.0	19.7			23.5
Ash	14.4	14.6			13.2	

られるもので、この頃にノリは急激に衰滅する。

還元糖の含有量はおよそ窒素の含有量の逆の数値を示しているようで、気温・水温の高い処のものに多く、時期の推移とともに増大する傾向にある。しかし全般的な傾向としては他の成分と同様生育地別の差異と時期的変化は大きい、原産地による相違はあまり顕著ではない。

要するにノリはかなり適応性の強い植物であって異った環境に移してもよく生育し、その

環境の影響を受け、ある程度その地に特有な性状をもつに至るものと思われる。また時期の推移によって受ける変化も大きいが、これは自然の環境の変化の影響を受けたものとみなされ、特に温度（気温・水温）光による影響を重視しなければならない。即ち温度の上昇と光の増大にともなうノリの代謝作用が過大となり栄養分の不足をきたし正常な生育を続け得なくなり衰滅するものであろう。これらの経緯については以下の各節において更に考察をほどこすが、(I) 節において指摘した通り内海の養殖ではノリの生育にとって比較的水温高く栄養分も不十分であって、考え方によってはこのような衰滅期に近い状態でノリを養殖していることとなり、一層高度の技術的管理を必要とするものと言える。これに対し大也島のような低温の水域でも低温のためにノリは死滅するものでなく、生長は一時的に低下するが、窒素分の固定など却って良好で色調もノリ固有の状態にある点からみて、海水中の硝酸態窒素など概して豊富でなくとも低い水温と速い水流が充分これを補っているものであって、ノリの活度は比較的良好と言えよう。

(IV) ノリ生育の好適水温について

ノリ生育の環境要素のうち海水の温度が漁場を規制する要因として最重要なものの一つであることは論をまたないが、前節大也島の移植試験にも示されたようにノリは低温に対しかなり抵抗が強く生存を維持する温度範囲は広いので、その最適条件についてかって朝鮮において富士川²⁴⁾によって行われた培養実験の成績をもととして考察を試みる。即ち水温は本論文の主要課題である水流との関連が深いので、ここにその最適条件を明らかにしこの後の考察の基礎とする。

ノリの生育水温については実際の養殖時期中の観察から、“夏季の高水温が下降して 22°C 前後から 15°C 程度に低下するまでの期間が発芽期であり、15°C を下廻ると愈々発育生長の期となり寒冷となるに従ってよく繁茂し盛期となる。而して収穫の盛衰からみて、5°C から 8°C が成長適温と考えられる。水温が 4°C 以下に低下すると成長速度が急に衰える。その後春になり 12, 3°C となる頃生育の時期を終る。時期中にも 15°C を超えると成長を著しく阻害される”と植田²⁾によって述べられている。また松平⁴⁸⁾によってノリの光合成の温度の臨界点は 13.8°C 及び 15.8°C にあることがみられている。また孢子の発芽については実験的に果孢子では 8~14°C、単孢子では 16~20°C であると植田¹⁸⁾によって報告されている。²⁴⁾

富士川らの培養実験の結果によると 10°C 前後に良好な生育を示す山がありそれを越えると急激に衰えている。しかし低温では比較的良好に生長し、0°C 近い温度でも停止するものでなく、特に培養期間が長くなるにしたがってより良好な生育を維持する傾向を示している。この点上記の“水温が 4°C 以下に低下すると急に成長速度が衰える”と述べている天然の観察によった結果とはやや趣を異にしているようであるが、天然の場合に 4°C 以下の水温となる時期には気温は更に低くノリが露出中水結するような場合もあり、また一般にはその頃には日光の照射が弱くなるなど水温以外の生育阻害因子も加味されるのではないかと考える。培養実験では水温のみを規制しているもので水結することもなく実験の行われた時期も 3~4 月の頃であったから光量にも相違があり 0°C 附近でもよく生育を遂げるものであろう。前節大也島の試験によると、旬平均水温がなお 3.0~4.1°C（旬平均気温—0.9~2.9°C）程度の低温を示しているにもかかわらず 2 月末乃至 3 月中旬になると急激に生長が

回復してくる事実からみて、天然においても他の環境条件の相違によっては 4°C 以下でもよく良好な生長を維持するものと言えよう。このようにノリの生育に及ぼす環境の影響はただ一環境要素のみで律することができず各要素の関連において考察せねばならない。

更に前記富士川らの成績によるとノリの生育に対する好適水温は老幼の程度を異にするにしたがって相違し、幼葉においては $11\sim 13^{\circ}\text{C}$ が最も生長旺盛であるが、老いるとともに降下し $6\sim 8^{\circ}\text{C}$ が生育適温となるとする。而して温度の変化による生長に及ぼす影響は老葉の方が僅少であるが、高温に対する抵抗は幼芽の方が大きく $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ でもよく生育を維持し、成葉では $13\sim 15^{\circ}\text{C}$ ですでに衰滅に瀕する。これらの培養実験の成績は上記の植田の記載する処とほぼ一致しているが、この数値からみると冬季内海の普通の海水の示す最低温度 10°C 前後はノリ生育にとって最適温度の高限界に近い温度であり、養殖場の示す $7\sim 8^{\circ}\text{C}$ に至ってはじめて好適水温となるものと思われる。しかし (I) 節にも例示したようにその期間は比較的短かい。ここに内海のノリ漁場の欠点があり、これを補うものとして多量の栄養分の供給が必要であり、その伝達のため水流の増大が意義あるものとなる。

(V) ノリの生育に対する窒素源の影響

海水を生活圏とするノリにとってその含有する塩類が栄養給源であることは当然であるが、海水の保有する栄養塩類中その多少がノリの生育に最も著しく影響するものは窒素源である、これに次いで燐の不足が目につき、その他にも微量の無機成分 (Fe, Mn, I, Zn, Co など) が何らかに関与していることは培養実験にあたって、これらを補給してはじめて正常に近い生育状態を示すことにより推測される。ノリが多量の窒素源を必要とすることはその葉体の窒素含有量が一般の海藻乃至陸上植物に比して特に多く、粗蛋白質量として 50% にも及ぶものがある事実により推測できよう。実際の養殖場においても培養実験中にも窒素の不足による障害が最も目立ち、ノリ葉体の窒素含有量が約 5% 以下になると著しい褪色を呈するものとされている⁴⁶⁾ が、これに窒素源を与えると容易に色調を回復することは常に経験するところである。このように海水中の窒素分がノリの色調、ひいては品等に目にみえて影響するため早くから学者に注目され、すでに 1913 年に松井¹⁴⁾ は東京湾の海水の成分と生産するノリの品質について調べ、優良なノリの産地は劣等なもの産地に比し河水の影響を多量に受け化合態窒素に富むと述べ、その後も多数の人々^{15), 26), 36)} により漁場の海水の性状と生育するノリの関係について報告されている。また不足窒素分の補給、即ち施肥の問題として古くから各地の府県水産試験場^{37) 17)} において試験的に、また最近は佐野ら²³⁾ によって研究が進められ実用化が企てられている。(I) 節において硝酸態窒素のみからの推論ではあるが内海の漁場では特にその量の不足の徴があり、これが漁場を規制する重要な要因であるとしているので、ここに窒素源の種類による優劣と濃度の生育に及ぼす影響を培養実験的に追究してみた。

〔窒素化合物の形態とノリ生育との関係〕

植物体に対する窒素源の肥料効果はその窒素源の化合形態によって相違のあることは、陸上栽培植物の研究においてよく知られている処であるが、その優劣は植物の種類によって相違があるものとされている。またノリの場合にはその環境が海水中であって栄養分摂取機構も陸上植物と異なるものであるから同日に論ずることはできない。

よってまず種々の化合形態の窒素化合物を用い、窒素量として 0.001% の濃度とした培養液を作りノリに往復運動を与えて培養し、その間の面積増加率及び色調の観察の結果により生育に及ぼす影響の差異を比較した。培養水温は 10~12°C、培養液は 5 L とし径 30 cm 深さ 20cm の円型白磁製水槽を用い隔日に換水する。培養試料としては生育状態良好で同様とみとめられるノリ葉体 14 枚ずつを小割竹に結着したものをを用いた。窒素化合物の種類は硝酸ソーダ・硝酸カルシウム・硝酸アンモン・亜硝酸ソーダ・硫酸アンモン・炭酸アンモン・塩化アンモン・酒石酸アンモン及び尿素の 9 種とし、対照として海水のみのものを加え 4 月23日~5 月20日の間培養したが、その成績は Table 15 に示した通りである。

Table 15. Effect of the form of nitrogenous compounds on the growth of Nori-frond.
(exp. 23, Apr.~20, May, W. T. 10±1°C)

Source of nitrogen	Area of fronds			Color tone			
	Before culture	After culture	Growth rate	Reddish	Bluish	Yellowish	Blackish
	(cm ²)	(cm ²)					
Natrium nitrate	77.8	240.8	209	5	25	45	25
Calcium nitrate	68.6	214.6	213	5	25	45	25
Ammonium nitrate	68.6	177.2	158	25	10	50	20
Natrium nitrite	81.6	215.0	164	0	10	70	20
Ammonium sulphate	66.1	133.2	102	25	10	50	20
Ammonium carbonate	62.3	166.2	167	25	10	50	20
Ammonium chloride	79.9	184.9	131	5	15	50	20
Ammonium tartarate	62.5	133.3	113	20	10	50	20
Urea	92.2	244.6	165	0	10	70	20
Control (only sea water)	84.9	128.4	51	0	30	70	0
Before culture				5	80	5	10

表の面積増加率の相違によって明らかなように、最も生長の緩慢なものは対照で、窒素を加えたものはいずれもこれより旺盛な生育を示し 2~5 倍に及ぶ生長率を示している。それらの中で最も良好なものは硝酸カルシウム、比較的良くないものは硫酸アンモンである。一般に硝酸塩の方がアンモニウム塩より有効なようでアンモニウム塩の中では炭酸アンモンが優良である。尿素がこれに近い生長を示すことは注目されるが、色調ではかなり違いがあり亜硝酸のそれに近く、少し黄味が勝っている。色調良好なものは活力旺盛と認められるが硝酸塩添加のもの特に硝酸カルシウム及び硝酸ソーダ添加のものが他を圧して優秀でノリ固有の色沢を有し、これに対しアンモニウム塩添加のものは黒味及び青味に乏しくやや赤味があった色調を呈している。対照のものは色調最も悪くやや青味をおびた黄色で黒味赤味は殆んど認められず明らかに栄養分不足の様相を呈する。

これらの成績からみるとノリは局限された量の海水中で培養される場合、窒素源を窒素量として 0.001% 程度加えることによって栄養分不足をある程度緩和し得るものであると言える。ノリの養殖中にこれと同じような効果を現わすかどうかはなお攻究の余地があるが、海水中の窒素源の消耗・水流の緩慢などによって起る栄養分の不足には適当な窒素源補給により対処し得るものと考えられる。而して本実験によると窒素源補給の効果は硝酸態特に硝酸カルシウム・硝酸ソーダが最上でアンモニウム塩ははるかにこれに劣っている。松平

ら⁴⁸⁾の3日間の窒素吸収量の測定によれば、アンモニウム塩の方が硝酸塩より早く利用されるもので HARVEY⁴⁹⁾の植物性 plankton における結果と同様であり重要な知見であるとしている。また著者ら⁵²⁾の硝酸ソーダ・硫酸アンモンを加えた短期間の培養中(6日間)におけるノリ葉体のエキス窒素増加をみた実験によると、アンモニア態の方が硝酸態より速かに吸収され特に allanine の増加が著しいとの結果を得ている。しかし本実験のように長く生育を続けて生長に及ぼす影響をみる場合にはいささか趣が異なるものであろう。松平は同じ報告に一週間後には、塩化アンモンは 20mg/L 量で光合成を阻害し、硝酸アンモン・硝酸カリ・尿素では促進すると述べているが、これに類する悪影響が本実験のように長くなると生育上に差として現われるものではないかと考える。なお松平ら⁴⁶⁾の生育実験によると幼芽期ではあるが硝酸カリが塩化アンモン・硝酸アンモンより窒素源として良かったとしている。また肉眼観察によるとアンモニウム塩類添加のものには一般に 20 日位後に萎縮然転など外形的な異常が認められるが、これは薬剤による障害の現われともみられるもので、アンモニウム塩の方が硝酸塩より速かに吸収利用されるとしても正常な生育を長く続けられないものとも思われる。従って肥料とするためには障害を及ぼさない濃度における効果を追究比較する必要があるものとする。陸上栽培植物の肥料効果は硝酸態のものが速効性であり、アンモニウム態が遅効性とされ、これら肥料の土壌に対する吸着性の相違、脱窒素後の残存基の影響などから、植物の種類にもより一律には優劣が論じられないとされているが、生活環境が全く異なり栄養分吸収機構を異にしていると思われるノリの場合にも、施肥効果の判定にはなお幾多の試験研究を要するものであろう。しかし上に述べた如くにより少くともノリの生育にとってある程度の栄養分欠乏の場合には窒素源の補給が有効であり、その窒素源としては硝酸態のものが危険なく効果も大きく使い得ると言えよう。

[窒素源の濃度によるノリ生育の相違]

ノリの窒素源の必要量は松平ら⁴⁸⁾によるとノリの含有窒素量と同化作用力の測定から正常な場合には乾物量の 5.0~6.5% 含むを要すると推定し、また富士川ら²²⁾によると養殖場の海水の窒素含有量と生育ノリの調査から海水交替の充分行われる場所では海水中の窒素成分含量 0.03mg/L にて足ると推論している。このような窒素源の濃度がノリの生育に如何なる影響を及ぼすものであるかを培養実験によってみるため次のような実験を行った。

即ち培養方法は前項実験と同様とし、窒素源の濃度のやや高い場合とやや低い場合と二回行った。ただし窒素源として前者は硝酸ソーダを、後者は硝酸カリを用い、また前者では培養期間中換水・露出を全く行わなかったもの、培養期間中換水せず露出は毎日 50 分行ったもの、毎日換水と 50 分間の露出を行ったものの三種の操作をほどこし、後者では毎日換水と 50 分間の露出を行った。窒素源を違えたのはこれが濃度の適度に何らかの関係あるものか、また換水は海水更新の影響を推測するため、露出はノリに健全さを保持させるため行ったものである。

これら二回の実験の結果は Table 16 に示した通りである。これらを実験 I 及び実験 II としてその結果を考察する。

まず表の面積増加率の数値を通覧するに、硝酸ソーダもしくは硝酸カリの添加はノリの生長に特に有効に作用するものではなく、却って全般的には対照即ち無添加のものに劣るという甚だ奇異なる結果を示している。これによれば窒素源の添加はノリの生長を助長するもの

Table 16. Growth of Nori-frond at various concentrations of nitrogenous source.
 [Exp. I] (used: Natrium nitrate, exp. 5, Feb.~2, Mar., W.T. $10 \pm 1^\circ\text{C}$)

Treatment	Concentration (%)	Area of fronds			Color tone			
		Befoce culture	After culture	Growth rate	Reddish	Bluish	Yellowish	Blackish
(A) No change of water and exposure.	1	(cm ²) 8.6	(cm ²) 43.1	401	30	80	70	30
	0.1	10.4	75.5	626	25	80	70	30
	0.01	12.0	79.8	565	20	85	85	25
	0.001	14.7	69.2	371	15	90	90	20
	(control) 0	13.4	84.2	528	10	100	100	20
(B) No change of water, but exposed daily	1	11.2	38.3	242	35	80	70	75
	0.1	13.5	57.2	324	30	80	70	35
	0.01	12.1	40.7	236	25	80	85	30
	0.001	10.0	30.9	209	20	90	90	25
	(control) 0	6.1	29.6	385	15	100	100	25
(C) Change of water, and exposed daily.	1	10.0	51.8	418	100	40	5	100
	0.1	12.1	90.6	649	100	40	5	100
	0.01	10.8	71.8	565	95	40	5	100
	0.001	14.4	77.7	440	95	40	5	90
	(control) 0	10.3	78.9	666	80	45	5	90

[Exp. II] (used: Kalium nitrate, exp. 21, May~10, Jun., W.T. $10 \pm 1^\circ\text{C}$, change of water every day)

Concentration (%)	Area of fronds			Color tone			
	Bef. cult.	Aft. cult.	Gr. rate	Reddish	Bluish	Yellowish	Blackish
	(cm ²)	(cm ²)					
0.01	15.6	39.5	153	100	80	40	100
0.001	9.0	21.6	140	100	80	40	100
0.0001	16.3	38.6	137	100	80	40	100
0.00001	10.4	20.2	94	100	100	40	100
(control) 0	9.4	24.8	164	60	80	100	70

でなく、その生長は自然の海水中に含有する窒素分で充分であると言わねばならない。この点前項の成績即ち窒素源の補給によりノリの生育を2乃至5倍高めることができるとの結果と大きな相違を示しているようであるが、この事実は細かく検討してみると次のようないろいろの興味ある事柄をあらわしているものである。

まず前項の実験と本実験の生育上にあらわれた相違を比較するに、前項実験の無窒素区（対照）の面積増加率は51に過ぎなかったが、本項実験では実験 I において358~666、実験 II において164に及んでいる。このように同じく天然海水のみを使っているながら生育に差を生じた原因と思われる実験上の相違は、培養時期・使用海水の性状・培養試料の大きさの三事項をあげることができる。このうち培養時期については本項実験 I は2月5日~3月2日、前項実験は4月23日~5月20日であってかなりのへだたりがあるが、本項実験 II は前項実験に続いて5月21日~6月10日の間に行ったもので時期的には近い。培養時期の違いは水温・気温の相違をもたらすとまず考えられるが、水温はいずれも $10 \pm 1^\circ\text{C}$ に調節しており影響は少く、気温は露出時に直接的に影響するものと思われる。次に光の照射の条件の違いが考えられ、また天然海水を使っているのもその性状の差が指摘される。本項実験 I と他の両実験の相違は培養時期の異なるためにおこるこれら条件の差によって説明できるが、本項実験 II と前項実験の相違はこれによっては説明しがたく、その主たるものとしては培

養試料の大きさの差が考えられる。即ち前項の実験では 84.9cm^2 のものを用いているに対し、本項実験 II では 9.4cm^2 で約 $1/9$ の大きさのものであった。処でこれらの実験を行った頃の海水中には比較的栄養分少く、本項実験のように小さい試料を使った場合には毎日換水を行えば 5L の天然海水中の栄養分で不足をもたらさず生育を続けるが、前項程度の大きさのものであると隔日の換水ですでに不足の徴を呈するものと思われる。このように推論した理由はノリの生育状態の良否をあらわすとみなされる色調の比較によって更に明らかに裏づけられる。即ち前項実験の対照のノリは殆んどノリらしい色調を呈していないが（黒味 0）、本実験 II の対照はなおよくノリ本来の色調を保ち（黒味 70）その生育状態が大して不良となっていないことを示している。これらの成績からみると、ノリはその葉体の大きさに対し海水中の栄養分がある限度以下になると色調を失い生育に支障をきたすが、さもなくば海水中の栄養分のみでも著しく生長を阻害されるものではないと言えよう。

このように本項実験 II の対照には甚だしい生長の障害は認められないが、これをノリ生育の好期である 2 月に行った同じ操作の実験 I の (C) の対照のものに比較すると生長率・色調ともに著しく劣っていることが認められる。この両者の条件の相違は培養試料の大きさには大差なく主として培養時期の差、即ちそれによって派生する照射光線及び使用海水の性状の違いによるものと考えられる。このように実験 I の対照は生育状態概して良好であるが、これを窒素添加のものに比較するに生長率においては優れているが色調においてはやや劣っている。同じような傾向は実験 I の露出・換水の操作を異にする他の実験でも、また実験 II では更に強調して対照と窒素添加のもの間に認められるところで、窒素源の補給は必ずしも生長を助長しないが、明らかに色調を良好にする効果があると言えよう。実験 II の成績が示すように 0.00001% (1L 中 0.1mg) ですでにその効が現われている。

窒素添加のものが一般に僅かではあるが対照即ち天然の海水のみのものより生長率の低い理由については未だ考察をほどこすに充分の資料をもたない。しかし窒素添加のもの間では 0.1 乃至 0.01% 添加のものがいずれも最高を示していることは充分の窒素分の存在する場合の最適とみなすことができ、上記の考察に一つの示唆を与えるものではないかと考える。上にも述べたように色調その他外観から生育状態を観察するに窒素添加のものは天然海水のものに比べノリ本来の正常な姿で健全な生育をしているようにみられる。かつて富士川²²⁾ はノリ固有の色調をもたずしかも著しい生長を示すものを異常生長とみなし、これらのものが面積の増大するにもかかわらず重量の増加をとまなわないうところから、あだかも密植した山林の樹木が日光を求めて徒長するものと同じく、色素の量の不足したノリはその日光吸収面をひろげるため異常な生長を示すものであろうと述べているが、このように合目的でなくとも、ノリはある程度の量の色素をもっておれば（主として Chlorophyll）同化作用には支障をきたさず普通の海水中の含有窒素量があれば充分生長し、それ以上の窒素源があれば他の色素蛋白の生成をうながし色調を良好にするものではないかと推測する。窒素源の補給が直接同化作用を促進させるものでないことは松平⁴⁸⁾ も指摘している処である。しかし以上は単に現象をもとにして推論したものであって今後更に究明を要する。実際の養殖中にもこの現象は見うけられる処で、瀬戸内海の外海水による培養においては色調不良でもよく生長する場合がある。この生長後のノリに上に述べたように窒素源を添加培養し色調を回復させることは養殖技術上興味ある問題である。

次に換水の影響を実験 I の結果についてみるに、換水を行ったものは行わないものに比し

生長率、色調ともに優れ、特に色調においてその差が著しい。生長率においては自然海水で培養したものの間ではかなり差があるが、窒素源を添加したものでは差が小さくなり、換水せず無露出のものと換水露出のものとの数値は殆んど近似する。換水しないものではノリの排出する老廃物の集積・栄養分の欠乏・微生物の発生による害作用などが考えられるが、同じく換水しないもの間でも窒素源添加のものは無添加のものほど害作用があらわれていない点からみると、栄養分の欠乏が最も顕著な障害であったものとみなされる。また窒素源添加のものも色調においては天然海水のものほどではないが換水しないものが換水したものに比し著しく劣っている。換水しないものでは窒素源を添加した場合でもこの実験の程度に培養期間が長くなれば色調に影響する程度の欠乏をきたすものではないかと考える。この点についても天然海水に含まれている他の栄養塩類をも含めて培養期間中の窒素源を追究する今後の究明にまたねばならない。いずれにしてもノリの生育はその適期には換水が充分に行われれば自然海水の程度の稀薄な濃度の窒素量でよく、それ以上の生長は窒素源を補給しても望みがたく、ただこれによって色調の発現に効果を示すものと言えよう。

露出を行ったものを行わなかったものの差異は一般に前者は後者に比して生長においては劣るが色調においては勝れ、富士川ら²³⁾によって野外試験の結果指摘される処とよく照合している。

(VI) ノリの生育に対する最適水流について

ノリは海水中にただよって生活しているので、その栄養分の補給には接触する周辺の海水の交替を必要とする。特に生長の早いものであって、かなりの窒素源を必要としながら前節に述べた海水中の窒素含有量が比較的少量で足る場合のように、栄養分が不十分でこれを補給するような場合には急激な海水の交替が行われねばならないものと思われる。それではその適度はどの程度であろうか。これについては密植との関連もあり漁場における観察をもととしてしばしば概念的に述べられている¹⁾²⁾³⁾が、数値的にこれを明らかにしようとしたものは富士川ら²⁴⁾が朝鮮において行った試み以外には見あたらない。

これによると“流速の最大度を 22cm/sec に制限し自然海水のままのものを培養液となす場合には培養海水 500L 中に長さ 3cm, 葉体面積約 1cm² のノリ 6個をつけた小簀 4 本を培養する程度でも、31日間の培養中に流速による色調・窒素含量・重量などの差異が現れて流速大なるほどすべてにおいて良好である”と極めて小型のノリを大量の海水中に培養する場合にも流速がその生育に至大の影響を及ぼすものであることを述べている。ただしこれについて“決して安定の結論を導くまでに多数の資料を集めたものでなく試案として提案する”と断り書きをしているものであってこれらを確認発展させるため次のような培養実験を行った。

実験成績を述べるに先だちまずこれらに用いた培養装置について説明しておく。

〔水流試験に用いた培養装置〕

水流を実験的に起させる方法としてはポンプ乃至プロペラを用いて海水の高低差若しくは流動を起させて水流を生じさせる方法がノリとの関係において最も実際の海水の流動に近いものと考えられるが、装置が大規模となりまた流速を一定にすることが難かしいので、海水を静止状態におきノリを一定速度で運動させ、これによってノリ自体に一定の水流を受け

るものとみなした。勿論これによって厳密に正確な流速を設定することは難かしいが、ノリの運動の遅速により接触する海水の交替に緩急を生じ、これに応じてノリの生育に対する影響があらわれるものとする。このようなノリの運動によって水流を生じさせる方法として、装置的に容易なものは往復運動式及び円運動式の二種が考えられる。それぞれの装置を説明すれば次の通りである。

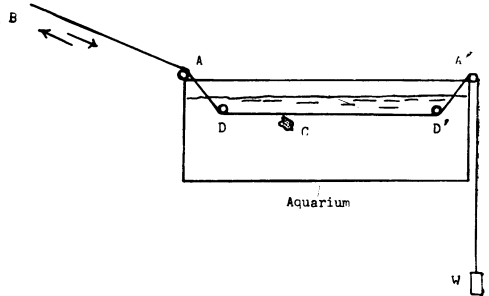
往復運動式培養装置：—

Text-fig. 5 に示すように培養水槽の壁の適当な位置 A, A' に滑車を設けこれに綿糸を通し、その一端を重錘 W に、他端を一定の速度で回転する曲軸 B に結び、線糸の中央部 C の処に供試ノリを附着させた箸を綿糸と直角に結びつける。こうすると箸は一定の速度で槽内の一定の深さを前後に往復運動することとなる。また箸と水面との深さは海水の量と槽内にとりつけた糸押へ D, D' の位置で

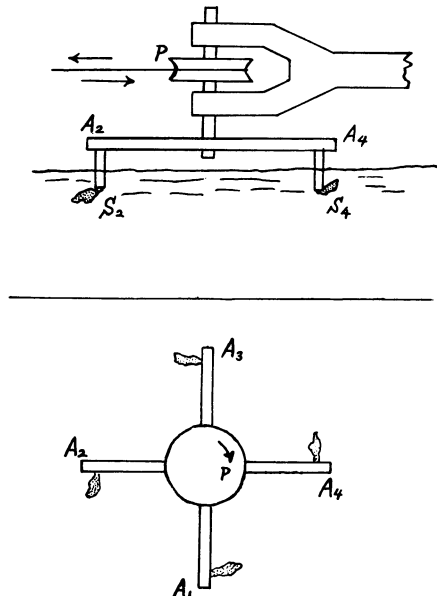
自由に一定に設定することができる。なお箸の運動の速度は軸の回転速度と曲軸の腕の長さで定まるから、腕の長さを変えれば同一軸の回転によって種々の速度が得られる。この装置を用いて実験する場合の欠陥は速度の大きいものを加えると攪拌作用がはげしくなり、同一水槽内にある速度の低いものにも、運動の速度であらわしている水流以外の流動を感じさせることにある。特に流速の小なるものを測定しようとする場合、この影響を著るしくこうむる。従って水質を一様にする意味で、同一水槽内で行う実験の流速の範囲を余り広くすることはできない。

円運動式培養装置：—

Text-fig. 6 のような装置を用い、ノリ自体に円運動を与えその角速度の遅速によって流速の変化を生じるようにした。即ち P なる木軸の下端に A₁~A₄ なる 4 本の腕を四方対称に出し、これを一定速度で回転させる。A の先端にはそれぞれ S₁~S₄ なる供試ノリをつけた竹箸を結びつける。一般には P の回転速度を変え、培養水槽には数個の同大の円形のものを用い一定の深さで A を回転させるが、A の長さを長くし、その中間に適切な距離をへだてて箸をとりつけ、同一水槽内で同時に異った流速の比較をすることもできる。勿論この場合にもあまり広い範囲の流速の違いを設定することは適当でない。そのためには P の回転



Text-fig.5. Culture apparatus of reciprocating motion type.



Text-fig. 6. Culture apparatus of rotating motion type.

を非常に早くするか、または A の長さを極端に長くすることとなり、水の回転流が大きくなるか、または装置の構造が大きくなるからである。またそれほど早く回転させぬ場合でも海水を完全に静止の状態におくことは不可能で海水は試料の回転にともなう水流乃至渦流を生じるから、明らかな回転流についてはその速度を実測しこれを減じて、流速として表示しているノリ自体の回転速度を補正する。

なお上記両装置を構造上の違いから、ノリの海水に接触する状態、光の受け方などに差異を生じるから考察にあたってはこれを考慮する必要がある。即ち往復運動の場合には折返しの際にノリは方向転換を余儀なくされるので、葉体が攪乱された形となるが、円運動のものは一定方向の流れを受けているため、葉体は常に同じような形を保っていることとなる。天然においても海水の流動は潮汐による水流・波浪による攪乱・温度差による対流など種々の原因によって起っており、それぞれの場合に応じてノリの受ける状態は違っているものであるが、前者は波浪によって葉体が攪乱されている様に、後者は潮流によって一方向に流されている様に似ており、ノリに接触する海水・照射する光などの関係が異ってくる。よって実験にあたってはその趣旨にしたがって適宜いずれかの方法を採用し、考察の際考慮することとした。

〔最適水流の探究〕

上述の富士川らの実験によると水流 22 cm/sec までは流速の早いものほど生育良好との結果を得ているので、流速 20 cm/sec と 0 cm/sec との間の比較を追試してみた。即ち上記実験が往復運動式培養装置を用いていたので、同様の装置を用い葉体の面積・重量・窒素含量及び色調にあらわれる影響をみた結果が Table 17 実験 I として示した処である。次にこのような往復運動式培養法では、その装置の機構上から水槽内の海水全体に攪拌的流動が生じ、流速の遅いものについての水流の影響が不分明となり最適水流の考察にも支障をきたすと考えたので、円運動式培養装置を用い 80, 44, 20, 5 及び 1 cm/sec の 5 通りの流速について同様の事項を比較した。ただし円運動による海水の回転流の影響をできるだけ実験結果に介入させないため、速いもの (44 cm/sec 以上) と遅いもの (20 cm/sec 以下) と培養水槽を別にした。その結果は Table 17 実験 I 乃至 IV に示したが、この中実験 IV の A, B は供試ノリとして特に老葉を用いた。

表の実験 I についてみるに富士川ら²⁴⁾の指摘した事実は正しく、13 日間の培養ですでに面積増加率・窒素含量・色調など全ての点において水流を受けたものと受けないもの間に明らかな差を生じている。

次に活力旺盛な葉体を用いた実験 II 及び III の成績についてみるに、面積ではいずれも流速 20 cm/sec が最も大きい増加率を示している。その上と下の低下傾向から推測して、この前後に水流の最も好適な条件があるのではないかと思われる。即ち 5 cm/sec 以下の停滞水に近い水域のものではその面積は殆んど増加しないか、却って多少損傷して減少しているものさえある。また流速大なる方の 44 cm/sec においては、すでに流速過大の徴があらわれ 20 cm/sec のものより生長率はかなり低下しており、更に 80 cm/sec に及ぶと殆んど面積の増大がみられない。このように 20 cm/sec をほぼ頂点として、停滞水も強水流も面積増加率の低下をもたらすが、その生育阻害の原因を考察してみると当然ながら全く異質のものである。肉眼観察によるノリの状態から推測するに、停滞乃至水流の弱い場合には、栄

Table 17. Effect of the velocity of water current on the growth of Nori-frond.

Exp. I (number of fronds 16, exp. 7~20, Feb., W.T. $10 \pm 1^\circ\text{C}$)

Series of exp.	Velocity of current (cm/sec)	Area of fronds			Weight of fronds			N content of fronds			Color tone			
		Before culture	After culture	Growth rate	Before culture	After culture	Growth rate	Before culture	After culture	Percent increase	Blackish	Reddish	Bluish	Yellowish
A	20	(cm ²) 83.0	(cm ²) 110.4	33	(gr) 0.063	(gr) 0.130	107	(mg) 3.74	(mg) 8.72	133	100	80	40	5
	0	118.6	130.6	10	0.090	0.134	50	5.35	7.17	34	80	60	30	5
B	20	117.1	129.4	19	0.090	0.139	54	5.37	8.46	58				
	0	99.9	109.9	10	9.076	0.105	39	4.51	5.86	30				
Before culture											90	70	40	5

Exp. II (number of fronds 16, exp. 18, Feb.~9, Mar., W.T. $10.5 \pm 1^\circ\text{C}$)

Series of exp.	Velocity (cm/sec)	Area of fronds			Wt. of fronds			N content of fronds			Color tone			
		Before culture	After culture	Growth rate	Before culture	After culture	Growth rate	Before culture	After culture	Percent increase	Blackish	Reddish	Bluish	Yellowish
A	80	(cm ²) 133.3	(cm ²) 118.3	-11	(gr) 0.085	(gr) 0.131	54	(mg) 5.33	(mg) 5.89	10				
	44	114.1	132.7	16	0.073	0.181	149	4.56	8.11	78				
	20	101.9	197.0	93	0.065	0.274	320	4.08	16.24	298				
	5	88.4	96.3	9	0.057	0.104	83	3.54	4.73	33				
	1	172.2	152.6	-11	0.110	0.167	52	6.89	7.84	14				
B	80	114.8	97.6	-15	0.073	0.096	30	4.59	4.03	-12	20	10	90	40
	44	90.9	110.5	22	0.058	0.134	131	3.63	5.97	64	60	60	40	60
	20	93.6	219.6	135	0.060	0.277	353	3.74	15.06	302	100	70	40	10
	5	97.2	90.1	-7	0.062	0.094	51	3.89	4.32	11	60	30	50	40
	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Before culture											90	60	40	5

Exp. III (number of fronds 16, exp. 21, Feb.~12, Mar., W.T. 10.5±1°C)

Series of exp.	Velocity (cm/sec)	Area of fronds			Weight of fronds			N content of fronds			Color tone			
		Before culture	After culture	Growth rate	Before culture	After culture	Growth rate	Before culture	After culture	Percent increase	Blackish	Reddish	Bluish	Yellow ish
A	80	(cm ²) 128.5	(cm ²) 160.0	24	(gr) 0.115	(gr) 0.144	25	(mg) 7.32	(mg) 5.07	-31	30	50	70	40
	44	147.8	190.8	29	0.133	0.228	72	8.40	11.17	33	50	70	60	30
	20	130.6	281.4	115	0.117	0.337	188	7.41	20.21	172	100	70	50	0
	5	139.1	161.2	16	0.125	0.149	20	7.90	7.40	-6	40	50	60	30
	1	114.0	101.8	-11	0.102	0.094	-7	6.48	4.29	-36	30	30	60	50
B	80	113.6	143.4	26	0.102	0.157	54	6.46	7.01	8				
	44	139.1	194.9	40	0.125	0.220	67	7.91	11.69	48				
	20	135.2	246.6	82	0.121	0.287	137	7.68	16.36	113				
	5	141.1	185.1	31	0.126	0.199	57	8.01	9.51	19				
	1	135.3	121.1	-10	0.121	0.110	-9	7.68	5.29	-3				
Before culture											90	60	50	10

Exp. IV (number of fronds 8, exp. 12, Mar.~1, Apr., W.T. 12±1°C)

Series of exp.	Velocity (cm/sec)	Area of fronds			Weight of fronds			N content of fronds			Color tone				
		Before culture	After culture	Growth rate	Before culture	After culture	Growth rate	Before culture	After culture	Percent increase	Blackish	Reddish	Bluish	Yellow- ish	
A (older frond)	80	(cm ²) 67.4	(cm ²) 99.6	48	(gr) 0.090	(gr) 0.130	46	(mg) 4.98	(mg) 6.56	32	75	70	50	10	
	44	78.9	126.0	60	0.105	0.178	69	5.84	9.29	59	90	70	50	5	
	20	68.5	115.6	69	0.091	0.141	55	5.06	7.65	51	90	80	50	5	
	5	79.4	127.4	60	0.106	0.188	78	5.87	8.67	48	80	75	50	5	
	1	70.9	40.7	-44	0.094	0.053	-44	5.24	2.54	-52	50	40	70	50	
B (older frond)	80	39.7	39.8	1	0.037	0.048	29	2.59	2.48	-4	50	60	50	60	
	44	45.6	76.8	68	0.043	0.092	113	2.98	4.57	53	100	70	50	5	
	20	44.3	41.6	76	0.042	0.041	-2	2.90	2.40	-17	100	80	50	5	
	5	42.2	79.7	89	0.040	0.118	196	2.75	5.60	103	90	75	50	10	
	1	42.3	36.2	-14	0.040	0.049	24	2.76	2.20	-31	60	50	10	40	
C	80	32.5	61.1	68	0.031	0.053	71	2.14	2.48	16	75	70	40	10	
	44	46.7	83.7	79	0.044	0.115	162	3.04	5.74	89	80	70	50	5	
	20	45.9	102.2	123	0.043	0.126	191	3.00	7.14	138	90	80	50	5	
	5	42.4	67.2	60	0.040	0.092	130	2.77	4.48	62	90	75	50	10	
	1	45.9	49.1	7	0.043	0.056	29	3.01	2.77	-8	60	50	70	45	
D	80	54.2	71.4	32	0.051	0.083	63	3.56	4.04	14	75	70	50	10	
	44	44.0	88.2	101	0.042	0.107	146	2.87	5.55	93	90	70	50	5	
	20	45.8	115.8	153	0.043	0.128	197	2.99	7.57	153	100	80	50	5	
	5	46.5	132.9	186	0.044	0.175	298	3.04	8.12	167	90	75	50	5	
	1	42.6	52.6	34	0.040	0.056	40	2.41	2.73	-1	60	50	70	40	
											Before culture	100	35	50	10

松本：ノリ生育に対する環境の影響

養分の補給が不十分となり、ノリの活力が鈍り老廃物の排除も不完全となり、その上浮游物の沈着・細菌類の着生をもゆるすものと思われる。これに対し水流の強い場合には、藻体の捩れにより受光面が減少し同化作用の減退をきたすことが最大の原因であって、本実験の程度では強水流のため、ノリ葉体が切れて流れるような機械的障害は起らないようである。勿論ノリの活力が落ちてくると切れて流れるものも見受けられるが、一般には活力旺盛な間は切れるものは見あたらない。

なお老葉を用いた実験 IV では水流に対する感応鈍く、また生長力そのものも低下しているようで、5~44 cm/sec の範囲ではそれほど顕著な差異を示さない。しかしこの場合にも停滞水に近いものの障害は明らかにあらわれるもので、生長の鈍っている試料である点から推測し、この障害の原因は栄養分補給の不足よりむしろ老廃物排除の不完全によるものではないかと考えられる。

次に重量の増減について Table 17 により検討してみるに、ほぼ面積の場合と類似の傾向を示しているものであることを知る。ただ適度の水流とみなされる 20 cm/sec における増加率は面積の場合の 2, 3 倍を示し、好適な水流はノリ葉体の厚さを増大させるもの、言い換えれば充実した状態にするものと認められる点は注目に値する。また窒素含有量の変化も重量と殆んど同様の傾向を示し、単位重量に対する窒素の含有量も流速 20 cm/sec が常に最高値であることは、好適な水流が品質を良好にし、窒素の同化作用にも優秀な条件となっていることを意味するものと考えられる。肉眼観察によると 5 cm/sec 以下の低速度のものでは葉体が黄味強くなり、葉面に細胞の死滅乃至孢子形成するものが多くなり、小孔を生じ遂に崩壊するに至る。この現象は特に周辺部に著しい。流速の速い 80 cm/sec のものでは葉面正中線の部分にかすり傷のような線条痕を生じその部分の色調うすれ細胞の死滅するものもみられる。しかし周辺部に至るにしたがって黒味勝り低速の場合のような小孔は認められない。この現象は特に一方向の水流を強く受けている円運動式による培養であるため強調されているようで、往復運動式の場合には認められず、また天然においてもこれに類似の水流である潮流を受ける場合であっても潮時ごとに方向の変動があり、また波浪による動揺も加わるからこれ程強調されることはないものと思われる。

以上の実験成績を通覧するに、ノリ生育に対する好適水流は流速 20 cm/sec 前後にあり特に生長期のものに著しく影響があらわれ、最適の範囲もせまくなるものとみられる。流速 5 cm/sec 以下においては、老幼を問わず、老廃物の除去不完全、細菌・浮游物などの附着乃至栄養分補給の不足のため生理的障害を受けるものであり、44 cm/sec 以上では葉体の捩れにより受光面減少し正常な生育を妨げられ、遂に葉面の正中線附近に細胞の死滅するものを生じるに至り、いずれもノリの生長を阻害するものである。

〔ノリ着生密度の相違による最適水流の異同〕

水流の効果が主として老廃物の排除と栄養分の補給にあるとすれば、ノリの葉体が密生しているため葉体間に排泄された老廃物の除去が充分行われず、また栄養分の補給も困難であることがあり得るわけで、その場合に適合する水流は海水の流通容易な場合とはおのづから異なるものと考えられる。最適水流を探索するために行った前項の実験ではノリは長さ 5 cm の笹竹に長さ 3 cm のノリを 8 乃至 16 枚附着させたもので、ノリ葉体の間隔は約 7 乃至 3.5 mm となり葉体間の海水の流通はかなり容易に行われたものと思われる。

本項ではノリが密生している場合の水流と生育との関係を明らかにするため、一定の長さの筵竹 (3.5 cm) に附着させるノリの葉体数を違い、密生度を異にした形として流速を一定 (20cm/sec) とした実験と、密生しているとみなされる程度に筵竹にノリを附着させたもの (3.5cm の長さの筵竹に 48 枚のノリ葉体を附着) を流速の異なる状態で培養した実験を行い、前者によって水流が密生度を異にしたノリの生育に及ぼす影響を、後者によって密生状態のものに対する水流の適度を知らんとした。実験 I の葉体数は 8, 48, 64, 88 枚つけたものと 8, 32, 48, 88 枚つけたものと 2 通りとしたが、ノリ葉体の間隔は平均 8 枚のもの 5 mm, 32枚のもの 1.1 mm, 48枚のもの 0.74 mm, 64枚のもの 0.55 mm, 88枚のもの 0.40 mm となる。培養装置は本実験が比較的せまい範囲の流速の変化内の実験 (20~50cm/sec) である処から、往復運動式を用いた。実験は時期を違えて 2 回ずつ行ったが、その結果は Tables 18 及び 19 に示した。

Table 18. Effect of water current at various densities of the frond attachment.
(Velocity of current : 20 cm/sec.)

Series of exp.	Number of fronds	Area of fronds			Note
		Before culture	After culture	Growth rate	
A (exp. 30, Dec. ~13, Jan.)	8	7.56	12.24	62	Healthy, color and lustre are very good. As the density increases, the growth condition becomes unhealthy and color tone turns abnormal. Look nearly bluish green and completely lustreless.
	48	6.77	10.33	53	
	64	6.55	9.99	53	
	88	7.35	11.44	54	
B (exp. 27, Jan. ~10, Feb.)	8	6.40	12.50	95	
	32	7.25	12.58	73	
	48	6.52	11.09	70	
	88	6.74	11.08	64	

Table 19. Effect of water current at high density of the frond attachment.
(48 fronds / 3.5 cm stick)

Series of exp.	Velocity (cm/sec)	Area of fronds			Note
		Before culture	After culture	Growth rate	
A (exp. 30, Dec. ~13, Jan.)	20	6.54	10.58	62	Healthy, and find no macroscopic difference each other. Color tone is good relatively. "
	30	6.10	11.19	83	
	40	5.97	8.90	49	
	50	4.88	7.06	45	
B (exp. 27, Jan. ~10, Feb.)	20	6.00	9.06	51	
	30	6.75	12.90	91	
	40	5.25	7.53	43	
	50	7.81	10.65	36	

Table 18 についてみるに、流速 20 cm/sec では密生度 8 枚のものがひとり良好な生育を示しているのであって、その他はいずれもこれに劣るが、相互の間には著しい差異を示していない。しかし肉眼的観察によると密生度の異なるにしたがって色調が悪くなり、密生度 88 枚のものは殆んど青緑色となりノリ固有の色調は全く失われている。この状態は明らかに老廃物排除の不完全な場合乃至栄養分補給の不十分な場合に見られる現象であるが、外観

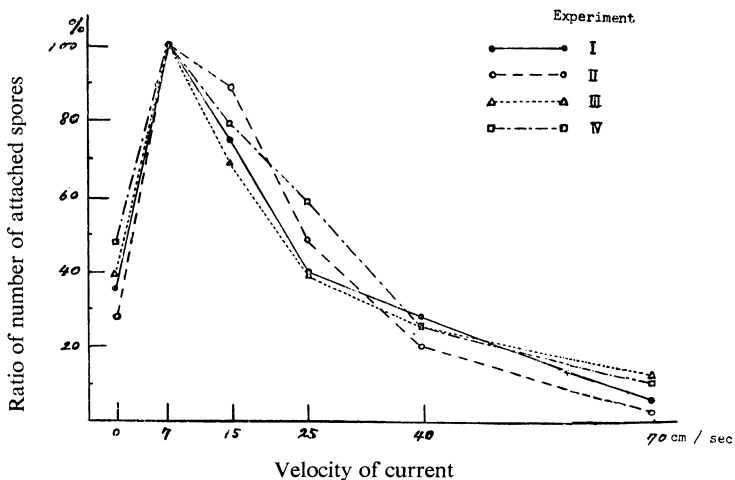
の悪化ほどには生長が阻害されていない点は甚だ興味ある事実である。前節の窒素源の肥料効果についての実験の際、窒素源が不足して色調不良のノリが窒素源の豊富なものと同様に普通の生長を示した事実ともあわせて考えると、ノリの色調と生育との関係の一端を表明しているものとして今後解明せねばならない重要な所見である。いずれにしても 3.5cm の筈に密生度 8 枚（葉体間隔約 5mm）以内でないと、この実験のような種類の水流を受ける場合には流速 20 cm/sec ですでにノリは充分正常な生育を遂げ得ないと言えよう。

次に Table 19 の成績によると、明らかに密生度の高い筈では早い水流を要することが認められる。20 cm/sec と 30 cm/sec の間にノリの外観には余り大きな差異が認められないにもかかわらず面積の増加率に大差のあることから、流速の適・不適が密生度の高いものでは特に生長に大きく影響するとみなされる。即ち流速を同じくして密生度を変えた場合には密生度小なるほど生育良好であるが、密生度を同じくして流速を変えた場合にはそれぞれの密生度に応じて水流の適度が存在するものであろう。実際の養殖筈では部分的には非常に高い密生度のものがあり漁場においては一層水流の適度について留意されねばならない。

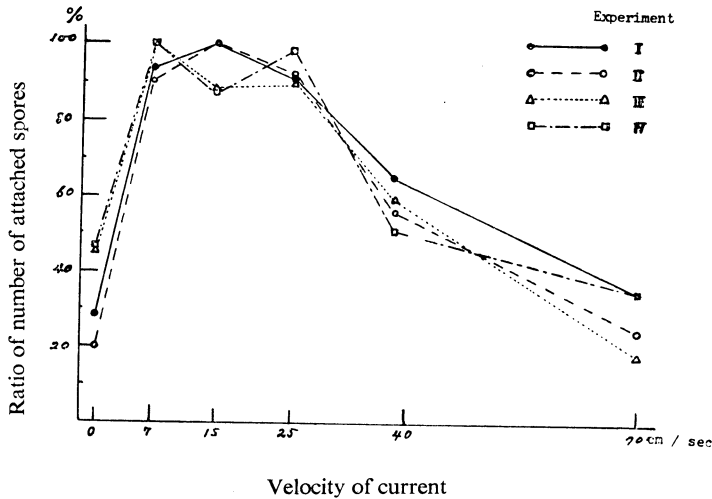
〔孢子着生期の水流について〕

ノリの生育にとって水流の適度は 20cm/sec 前後であり、特に生長期のものに著しく影響があらわれ老葉はその感じ方が鈍いようであると上に述べたが、これを更に広くみて、ノリ養殖の最初の段階、即ち筈への孢子的の附着及びこれに次ぐ発芽生長の時期には水流の影響が如何にあらわれるかについて明らかにするため、次のような二種の実験を行った。

まず多量の孢子を含有する海水中に小竹筈を 6 時間所定の各種速度で浮動させた後、全部を一様に大型水槽に移し、一定の流速で 10 日間培養をつづけ、その後の芽の数によって附着時における流速と着生の関係をみた。また小竹筈を孢子濃厚海水中に 10 分間浸漬し、これをとり出し湿度 50% の密閉容器中に 30 分間放置し、ついで大型水槽中でそれぞれ異った速度で 10 日間培養し、その後の芽の数によって附着後の流速と着生の関係をみた。いずれの実験も流速は円運動によって起こす方式をとり、一対ずつ 2 回計 4 回行った。流速は



Text-fig. 7. Effect of water current on attachment of spores (at the time of attachment).



Text-fig. 8. Effect of the water current on the attachment of spores (after attachment).

0, 7, 15, 25, 40, 70 cm/sec の 6 種とし、結果はそれぞれの実験の最高の着生数を 100 とした百分率であらわしそれぞれ Text-fig. 7 及び Text-fig. 8 に示した。

Text-fig. 7 についてみるに、孢子附着時の流速は 7 cm/sec のものがいずれも最も良好であり、これより早くなるにしたがって漸減し、40 cm/sec では 7 cm/sec のものの 20% 内外に過ぎず 70 cm/sec に及ぶと殆んど着生し得ない。他方流速 0 cm/sec 即ち静止しているものは 7 cm/sec の半数以下となっている。次に附着後の流速の影響を Text-fig. 8 についてみるに、着生の良好な範囲が前者に比較し著しく拡大され 7 cm/sec から 25 cm/sec まで殆んど同数となっており、これより早くなると減少はしているが附着時の場合のように急激ではなく、40 cm/sec において半数以上、70 cm/sec においてさえ 30% 前後の着生数がみられる。しかし全く静止の状態にあったものは附着時のものより却って悪く、ノリは幼芽の初期においてもある程度の水流を必要とすることが明らかである。

以上の成績を総合して、附着時には水流のないものでは水中に浮游している孢子が笹竹に接触する機会が少いため着生が悪く、海水の流動がはげしくなると孢子と笹竹の接触する機会は多くなるが、接触した孢子に生理的に着生する機能があらわれない中に、再び洗い流されるため比較的緩慢な流速が最多の着生を示し、発芽生長期になると水流のもつ生理的な意義があらわれるものとする。しかし顕微鏡的存在である幼芽の時期に生育に対するような栄養分の供給、老廃物の排除などの意義が主なものとは考えられず、浮泥・微生物などの沈着の防止の他刺戟的な意義があるのではないかと想像されるが、未だ推測の域を出ない。なおこの実験の範囲内ではないが、やや生長の進んだものでは水流が単孢子の放出着生に対して好影響を与えることも考えられる。いずれにしても附着時には 7 cm/sec 程度の水流を必要とし、その後の発芽生長期にはやや早い 25 cm/sec 程度までの水流が好影響あるものとみなしてよい。

(VII) 最適水流と他の環境要素との関係

前節においてノリに対する最適水流をその生長段階に応じて種々検討したが、最適水流は他の環境要素によってもある程度左右されると思われるので、水温・比重・栄養塩類などが如何に関係しているものか、前節同様培養実験的に究明を試みた。実験としては環境要素を抽出して組合せ、その個々に対して水流適度の異同をすべて網羅すべきであるが、これでは甚だ複雑多岐にわたるので、実際に起り得ると考えられるもの及び影響が特に大きいと思われるものの範囲で実験を行った。なおこの場合にも孢子の着生期と成葉の生育期とによって差異があるものと思われるが、前節にも考察したように前者は水流を必要とする機構が機械的意義深く、栄養分の補給・老廃物の排除など生理的意義が比較的うすいと思われるので、主として後者について検討することとした。

〔低比重海水中における水流と生育について〕

(I) 節においてふれたように内海のノリ養殖場には川裾に発達したものが多く、その所在理由の一つに、このような場所が一般に水流の大なる点があげられるが、このような養殖場では当然比重の低下する場合もあり得るので、その場合の最適水流は正常な海水におけるものと如何なる関係にあるか、このような際の基礎知見を得るため次の実験を行った。

海水を淡水で稀釈して比重を下げてこれを培養液として実験を行うと、一般には栄養分不足の徴候をあらわして正常な生育が続け難くなるが、河川流の注流がある場合には栄養分が供給されながら比重が下がるような形となるので、実験は硝酸ソーダ 0.01%, 第一磷酸ソ

Table 20. Relation between the growth of Nori fronds and the water current of sea water at low specific gravity. (exp. 14~28, Jan., number of fronds 8)

Series of exp.	Velocity of current (cm/sec)	Area of fronds			Note	
		Before culture (cm ²)	After culture (cm ²)	Growth rate		
I (Sp. gr.) (1.020)	A	20	7.71	16.16	110	} Grown to a large size, in a harmonized form. Color light yellowish a little, lustre good. Small in size, color lost brown and add greenish. Tendency of the above more emphasized.
		30	6.36	12.84	102	
		40	5.95	10.94	84	
		50	6.35	11.50	81	
	B	20	9.14	12.61	105	
		30	6.25	12.60	102	
		40	6.80	12.54	84	
		50	6.46	11.63	80	
II (Sp. gr.) (1.018)	A	20	6.33	13.23	109	Normal, color and lustre good. Same as above, but somewhat yellowish. Color and lustre worse, frond thin relatively. Worse than above.
		30	6.52	12.63	94	
		40	6.94	12.56	85	
		50	6.54	11.47	75	
	B	20	5.75	12.09	110	
		30	7.20	14.23	98	
		40	5.89	11.06	86	
		50	7.28	12.14	67	

ーダ 0.001%を加えた培養液で行った。また(II)節において考察したように、比重低下が 1.018以下になると栄養分を添加してもノリは長期にわたっては正常な生育を続け難くなるので、実験は比重 1.018 のものと 1.020 のものにとどめた。培養は往復運動式装置を用い 20, 30, 40, 50 cm/sec の流速を与えた。実験結果は Table 20 に示した。

表に現われた数値の上から比較するに、20 cm/sec が最良でそれより流速の大なるにしたがって不良となっている。特にその傾向は低比重のものに著しく、比重の高低によって生理作用に相違があるものと考えられる。あるいは水流が早いと低比重の害が強くなるものではないかとも考えられる。いずれにしても川裾の漁場などで低比重となる場合にはこの点に一応留意しなければならない。

[貧栄養海水中における水流と生育について]

水流が栄養分補給に重要な関係を有するものとすれば、海水中の栄養分の多少によって水流の適度には相違があるものと考えられる。また栄養分の不足する海水中でノリが生育すれば、水流の強さに応じて栄養分補給の程度が異なり、ノリの呈する生育状態に明瞭な変化があらわれるものと思われる。先に(V)節の培養実験の際に指摘したように、ノリ生育の適期には培養液として天然の海水そのままを使用するか、少なくとも窒素源として硝酸ソーダ 0.01%を加え隔日に換水すれば、ノリは一ヶ月程度の培養期間であるとはほぼ正常な生育状態を維持させることができる。しかし海水(約比重 1.024)を淡水で稀釈して比重 1.018 程度まで下げると、これに食塩を加えてもとの比重にもどしても、これを使ってノリを培養すると暫時のうちに栄養分不足の徴候をあらわす。前節において最適水流を追究した実験に使用した培養液は天然の海水もしくは窒素源を加えたものであったので、栄養分の不足した場合の最適水流について知るために上に述べたような復元海水を使用して培養実験を行った。培養装置は流速の範囲を最適水流を中心とする 7~50 cm/sec の間としたので往復運動式を採用し、培養液は海水を淡水で比重 1.018 まで稀釈し、これに局方食塩を加えもとの比重にもどし、貧栄養培養液として使用した。実験は二回行い、第二回目は富栄養培養液によるも

Table 21. Effect of the water current on the growth of Nori fronds cultured in an oligotrophic sea water.

Exp. I (exp. 14~28, Feb., number of fronds 8, W. T. $10 \pm 1^\circ\text{C}$)

Series of exp.	Velocity of current (cm/sec)	Area of fronds			Note
		Before culture	After culture	Growth rate	
1		(cm ²)	(cm ²)		Color and lustre of 30 cm/sec is best, and 20 cm/sec next, and follows 40, 15, and 50 cm/sec is worst.
	15	10.07	15.66	55	
	20	8.41	13.56	61	
	30	6.64	13.05	97	
	40	7.94	12.46	57	
2	50	9.00	13.67	52	
	15	6.92	10.57	53	
	20	7.25	12.04	66	
	30	7.06	13.92	99	
	40	7.33	11.67	59	
	50	8.03	12.06	46	

Exp. II (comparison between oligo- and eutrophic sea water)

Series of exp.	Velocity of current (cm/sec)	Area of fronds			Note
		Before culture (cm ²)	After culture (cm ²)	Growth rate	
A (oligotrophic sea water)	7	6.33	11.09	75	Color yellowish, somewhat lustreless. Frond thin a little, growth rather abnormal. Growth state good. Growth state very good. lustrous. Color and lustre good. Growth state worse than above.
	15	7.04	12.96	84	
	20	7.59	14.53	91	
	30	7.48	14.56	94	
	40	6.46	11.02	71	
	50	6.76	10.73	59	
B (eutrophic sea water)	7	6.38	12.13	90	Color more brownish, lustrous, as compared with those of series A. Growth state good. Grown up most proportionally of the whole. Good growth. Color tone good, but break out porous fissures in part of fronds. Tendency of the above more intense.
	15	6.75	14.48	115	
	20	5.91	12.94	119	
	30	5.63	11.67	107	
	40	7.03	12.99	85	
	50	6.51	11.50	77	

のと比較したが、この場合には海水に硝酸ソーダ 0.01%、リン酸ソーダ 0.001% を加えたものを富栄養海水とした。実験結果は Table 21 に示した通りである。

表によってみるに、実験 I, II いずれの成績においても貧栄養海水中で培養したものは流速 30cm/sec のものが最高の面積増加率を示し、外観も最も優れており生育状態良好であった。その最適をはなれた場合の面積増加率低下の状態は明らかに貧栄養海水のものでは鋭くあらわれており、ノリにとって海水の栄養分が不十分の場合にはその補給のために水流が強く要求されるので、水流の適否により生育の良不良の差が比較的鋭敏にあらわれるものではないかと思われる。数値であらわせば、水流の適度は 15~30cm/sec の範囲内において、海水中の栄養分が充分であれば 20 cm/sec の前後、貧栄養海水では栄養分補給上、より以上の流速を要し、30cm/sec 附近に最適度が移るものと言えよう。勿論栄養分補給の上から言えば流速は早ければ早いほど良いはずであるが、早過ぎると物理的な障害を生じ、おのづから最適の限度がきまるものと思われる。

〔富栄養海水中における水流と生育について〕

前項実験において貧栄養海水中に培養した場合の水流と生育の関係を明らかにし、その中で富栄養海水中における場合と対比するため海水に 0.01% 硝酸ソーダ、0.001% リン酸ソーダを加え、これを富栄養海水とみなして比較したが、更に一步を進めてより以上富栄養海水にした場合の水流と生育の関係について究明してみた。即ち富栄養海水として 0.01% 硝酸ソーダを添加するもの他、0.1% 添加したもの及び腐熟尿の濾過液を加えて同様の実験を行った。硝酸ソーダ 0.1% のものを加えた理由は (V) 節の培養において、硝酸ソーダ 0.1% 添加のものが 0.01% 添加のものよりやや良好との成績を得ているので、その傾向が水流との関係に如何にあらわれるかを見るためである。また腐熟尿を用いた理由は、別に行った実験によると、このものの添加はノリの栄養分欠乏を補って生長を助長するのみでなく、その呈する色調も非常に優良で、ノリ固有の黒紫色をもった状態を維持することができ、ノリ

に対しある程度完全な栄養分補給をしているのではないかと考えたからである。腐熟尿尿中の如何なる成分がこの作用をしているか不明であるが、他の栄養塩類の添加によってはこの程度の効果の発現は困難であるので、未知の要素を含むが富栄養海水作成の添加栄養源として加えた。

培養装置は円運動式を採用したが、その他の培養方法は常法に従った。なお腐熟尿尿は農家にて腐熟させているものを2倍に稀釈し、よく混和攪拌して煮熟後脱脂綿で濾過しこれを原液とした。実験に用いた富栄養海水はこの原液を0.1%加えて作成する。その一般分析値はTable 22 附表として示した。培養実験の結果はTable 22 の通りである。

Table 22. Effect of the water current on the growth of Nori fronds cultured in an eutrophic sea water. (exp. 16~30, Mar., W. T. 10~12°C)

Series of exp.	Velocity of current (cm/sec)	Area of fronds			Note
		Before culture	After culture	Growth rate	
A (added 0.1% NaNO ₃)	0	(cm ²) 7.53	(cm ²) 12.04	60	Color and lustre good, but inferior to those of C.
	5	6.00	12.11	102	
	16	7.78	17.93	130	
	26	6.82	14.55	113	
B (added 0.01% NaNO ₃)	0	5.16	8.52	65	Nearly same as the above.
	5	6.49	12.86	98	
	16	5.03	11.25	124	
	26	5.51	12.01	118	
C (added 0.1% faeces and urine)	0	5.18	10.23	97	Keep always the proper color of Nori-frond.
	5	6.61	16.24	149	
	16	5.75	14.90	159	
	26	7.12	18.14	155	
D Control (only sea water)	0	5.92	8.56	45	Color tone worse, so-called 'brass-colored.'
	5	7.31	12.07	65	
	16	8.56	18.22	114	
	26	6.09	14.29	135	

Additional table : Constituents of the completely decomposed faeces and urine.

NH ₃ -N	0.225%
NO ₂ -N	trace
NO ₃ -N	0.065%
Prot.-N	trace
K	0.440%
P	0.136%

面積増加率の大小を検討するに、前項実験成績にあらわれた処と甚だよく照応している。即ち富栄養海水中では水流の影響は概して鈍く現われ、比較的遅い流速であってもそれほど著しく生育を阻害されるものではない。しかし0 cm/secではかなり生長が鈍くなっておりその影響は明らかであるが、培養装置の機構上完全な停滞水とはなし得ないから、完全に停滞している場合には更に甚だしい阻害をうけるものであろう。水流が遅いために生長を阻害される程度は栄養の豊富なものほど鈍く、尿尿添加のものでは5cm/secでも殆んど面積増加率は落ちないが、同じく栄養源を添加したものであっても、硝酸ソーダでは流速に応じてやや生長が低下する。しかし0.1%と0.01%の添加量の差はそれほど明瞭にはあらわれてい

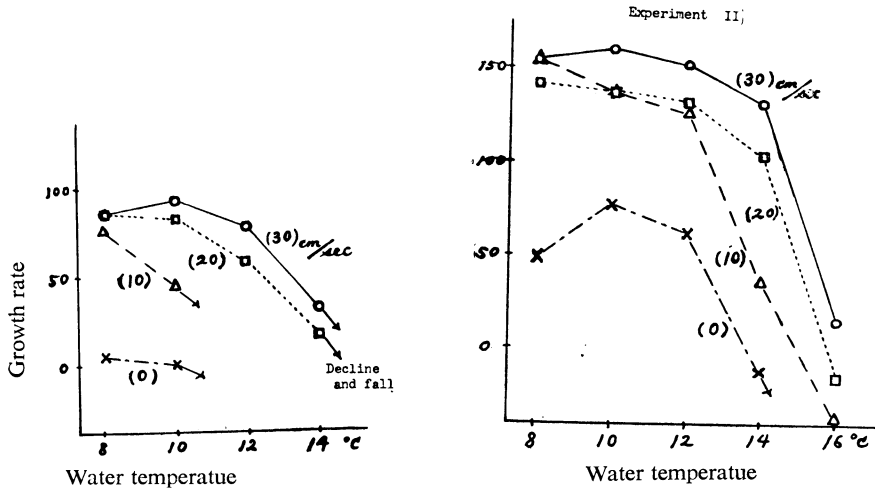
ない。無添加のものでは水流の流速による面積増加率の増減が最も著しく、流速の大きいものほど良好であって、前述の貧栄養海水における場合と同様の傾向である。無添加のものが色調劣悪にもかかわらず、その最高の生長率を示す 26cm/sec においては硝酸ソーダ添加のものと遜色のない数値を示している事実は、(V)節において異常生長ともみなされる現象と指摘した場合と同じく、ノリは色調の褪色したような状態でも、また海水中に含まれている栄養源がそれほど豊富でなくとも、その栄養源と色調に適合する水流が与えられれば、生長のみは充分なしとげるものであると思われる。而して単なる窒素源のみの補給ではこれ以上の生長は期しがたいが尿尿の添加は色調を回復しなおよく生長をも助長するものではないかと考える。これが真因はノリのもつ色素と同化作用の関係及び必要栄養素のすべてを明らかにしてはじめて解明できるものであって今後の究明にまたざるを得ない。

[水温による水流の生育に及ぼす影響の異同について]

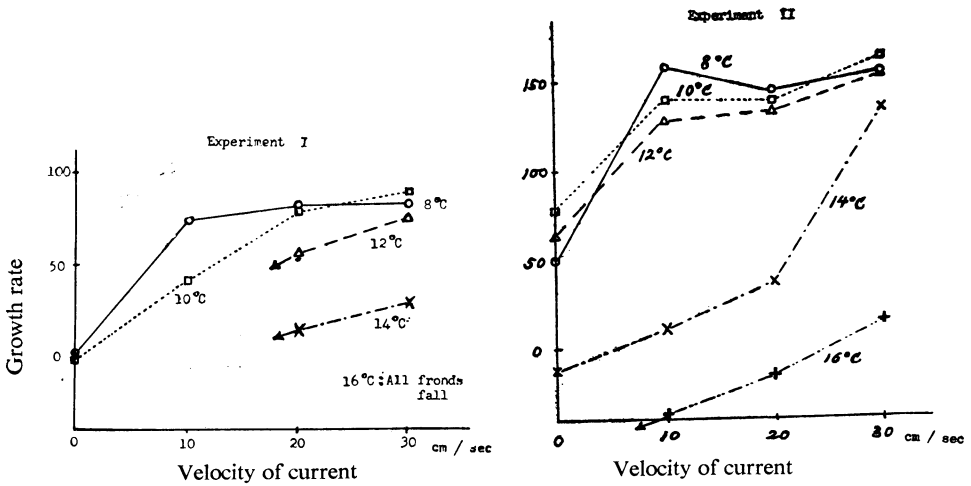
(IV)節にノリの生育にとって好適な水温は 10°C 前後であるが、老幼によって相違があり、幼葉では 11~13°C、老葉では 6~8°C であり、水温の変化によって受ける影響は老葉の方が僅少、高温に対する抵抗は幼葉の方が大で、老葉では 13~15°C で既に衰滅に瀕するも、幼葉では 18~20°C にてなおよく生育を維持することを考察した。ノリの生育にとってこのような好適水温の限界を認められるが、水流の適度についても更に水温によって影響されて異同を示すものと思われる。何故ならば水温のノリの生育に及ぼす影響は明らかにノリの営む代謝作用に対する影響であり、水流の影響も栄養分の補給・老廃物の除去を主な作用とするものであって同じく代謝作用に関与するものであるから、これら両者は互いに関連してノリの生育に影響するものと思われる。しかも前項に述べたように水流は栄養塩類と関連をもつものであるから、ここに水温と水流との関係を探究するにあたっては、同時に栄養塩類との関連も考察の中にいれなければならないので、次のような実験を行った。

培養装置及び操作は前項実験と同様として、流速を 0, 10, 20, 30cm/sec の 4 種、水温を 8, 10, 12, 14, 16°C の 5 種に設定し、これら各々の天然海水のみの場合及び 0.1% 腐熟尿尿添加の場合についてノリの生育状態を調べた。実験結果を水温と面積増加率の関係に図示して水流別にあらわしたものが Text-fig. 9、水流と面積増加率の関係に書き改めて水温別にしてあらわしたものが Text-fig. 10 である。

まず Text-fig. 9 により海水のみの場合について水流の影響をみるに、水温の低い時には水流の要求度少く、10cm/sec 以上の流速があれば大差なく生長するが、水温が上昇するにしたがって速い水流を必要とする状況が明らかである。而して如何に水流を強めても 16°C でも早や約 2 週間の生育にも耐えられないものである。しかるにこれを富栄養の場合についてみるに、水温の高いほど水流を必要とする点では同様の傾向を示しているが、10°C 以下のノリ生育適温とみなされる低温では殆んど流速による差異を示さない。また 16°C の高温であってもある程度に水流の強さがあれば、海水のみの場合ほど急激には衰滅しない。しかし全く水流のない停滞水では、たとえ富栄養で低温であっても著しく生長が鈍るものである。この関係を見方を変えて、Text-fig. 10 により同じ水温における流速が生長に及ぼした影響としてみると一層明瞭である。8°乃至 10°C で富栄養の場合には流速 10cm/sec 以上であれば、殆んど生育上の差異を示さないが、海水のみでは 10cm/sec においてすでに充分の生長を遂げ得ない徴候をあらわし、20cm/sec 以上において、はじめて生



Text-fig. 9. Effect of the current and temperature of cultural medium on the growth of Nori-fronds. Exp. I Oligotrophic medium; Exp. II Eutrophic medium.



Text-fig. 10. Effect of the current and temperature of cultural medium on the growth of Nori-fronds. Exp. I Oligotrophic medium; Exp. II Eutrophic medium

育上の差異を示さないものとなる。

これらの成績から推測すると、当然のことではあるが、水温が上昇するにしたがってノリ体内の代謝作用が進み、栄養分の要求が高まり、その補給に強い水流を必要とするものと考えられる。海水中から代謝作用に要する栄養分が充分供給できれば、水流は老廃物の除去に要する最低限の程度の遅いもので良くなるものであろう。その限度は現在までの実験の範囲では普通の海水で 10cm/sec の程度とみなされる。ただここに注意すべきは、上の考え方からすれば、栄養分が豊富であって水温が高ければそれだけ代謝が進み生長が促進されるから、これに強い水流が加われば生長は何処までも助長されると考えられるが、水温にもおの

づから限度があり、ある範囲内の水温における生育は一定の調和をもって営まれているものと考えられる。即ち低温であってもそれに適応するだけの栄養分が海水中の含有量と水流の適度とによって供給されれば、ノリは正常な生育を遂げ十分な生長を示すものであろう。これがノリの生育適温として示されるべきものである。即ちノリの生育にとって、水温と海水中の栄養分と水流とが調和の保たれていることが必要で、この中のいずれかに高低・大小・過不足を生じれば、それに応じて他の要素も加減され調和が保たれなければならないものとする。なお上に述べたようにノリの生育は代謝の結果であるから、以上三要素に加うるに同化作用に直接関与する光との関連をも無視することはできない。これについては他の要素ほど人為的に選択の自由をもつ漁場構成の要素とは言えないが、養殖技術の面からみると光量の加減は人為的に可能であり、この要素の知見も水流のノリ生育に及ぼす影響を理解するには無関係でないから、次に節を改めて考察をほどこす。

(VIII) 光とノリの生育について

ノリの生育は同化作用の結果招来されるものであるから、その直接のエネルギー供給源である光がノリの生育と深い関係を持つことは当然であるが、特にその色調の現出には大きな影響を及ぼすもので、ノリの生育状態を考察するには常に念頭においておく必要がある。よって直接水流その他の環境との関連において行った実験ではないが、光とノリの生育との関係をみた実験 2, 3 をここにかけ考察を試みる。

従来藻類の生理と光に関する研究は実験が比較的容易なことから単細胞藻類について、また海藻が特殊の色素を有し、水中で吸収された日光のある特定の波長のもとに生活している処から、学術的興味をもたれて行われているものが多いが、ノリの生育と光について行われた研究の報告は殆んど見あたらない。

最近岩崎⁴⁶⁾・木下⁴⁴⁾・敦賀⁴³⁾ などの人々によって種々の角度から断片的な報告が行われているが、光の質及び量について系統的にノリの生育との関連を究明したものは古く富士川^{23), 24)} によって朝鮮において行われたものがあるに過ぎない。その報文によるとノリの培養実験に際し日光のスペクトルの中、赤色部及び黄色部の光線は面積増加率・重量増加率・窒素固定率のいずれにおいても普通の日光と遜色なく、緑色部及び青色部に比して著しく優れるとしている。而して面積の増加においては黄色光線を受けたものが特に著しいが、その色調は赤味黄味を欠き黒味を帯びた緑色となり、赤色の光線を受けたものは赤味を欠き殆んど青色に近く、緑色部のもは青色に僅かに赤味を混え、青色部のもは全く青味を欠きただ赤色素のみを認められるものとなるという。また光線の量が生育に及ぼす影響は、墨色を異にしたガラスを通して光線量を変えて培養した処によると、ノリ養殖の初期においては光線の強い方が生育良好であるが、強い程良いわけではなく、遮光して少し弱められた光線が有効で、この傾向は時期の推移にしたがって明瞭となり、生長の盛んな点は漸次墨色の濃い方に移るものであるという。その色調も照射量と関係があり、時期の終りの葉体の黄色化は光量を少くすることによりある程度防止出来るとしている。これに関し岩崎らによると発芽後 2 週間位の幼芽では光源として天然光が優れ、直射でない天然光のもとではノリの光合成は光の強い方が良さそうであり、温度と光週期を適度にすれば、培養には 25,000Lx までは明るい方が良いとしている。而して電灯光では一日 9 時間の照明で生長よく健全であるが、螢光灯では 9~12 日間の培養で、すでに色素体消失し葉体がくずれ始めるという。

また木下らによると 1cm^2 に切った 12 月のノリの葉片を昼光色蛍光灯を使用し、 $13^\circ\sim 15^\circ\text{C}$ にて 10 日間の振盪培養をした結果では $6,000\text{Lx}$ の光のもとで最高の生長を示すという。しかしこれは細胞分裂が $10,000\sim 6,000\text{Lx}$ の間では光の強さの低下に伴って旺盛となり、 $6,000\sim 1,000\text{Lx}$ の間では光の強さにかかわらず旺盛であり、また各細胞の大きさが光の強さの低下にもなって小となるためであるとしている。なお色調は $2,000\text{Lx}$ 以下では濃い黒褐色を呈し、光の強さの増大にもなって黒味が順次淡くなると共に赤味を増し、 $8,000\text{Lx}$ 以上では全体の色調が次第に淡くなるという。以上三者の成績には一致した部分もあるが、かなり相違した点も多い。その理由は本報文中にもしばしばふれているように、ノリは生育時期によって環境に対する好適条件が相違し、またかなり適応性もひろく、いろいろの環境条件が互に関連して影響を及ぼし、それによって性状も変るものであるから、これらの試験もその行われた際の培養条件を考慮にいれて考察をほどこし、また実験の企画にあたって、それだけの準備が必要であって、更に数多くの研究成果が累積されなければ普遍性のある判断は下されないものとする。いずれにしてもこのように光の質・量ともにノリの生育にとって著しい影響を及ぼし、特に色調に大きな変化をもたらせるものである。光線の質及び量の変化は実際のノリの養殖中にも大小の差はあるが常にみられる処で、時期の推移による日射量の変移・海水の混濁による光量の差・晴曇による光線の強弱などがあげられ、特に比較的潮汐干満の差のはげしい瀬戸内海の固定筏のようにある程度沈潜される場合には、光の量並びに質の変化の影響をかなり受けるものと思われる。ここにかかげる実験はこれらの事象解明の一助として前記富士川の報文にある処を一步進め人工の一定光線下における光量の差とノリの生育の関係を追究した実験及び異なる水層下におけるノリの生育状態について攻究した実験である。

〔人工光線による光量とノリの生育との関係〕

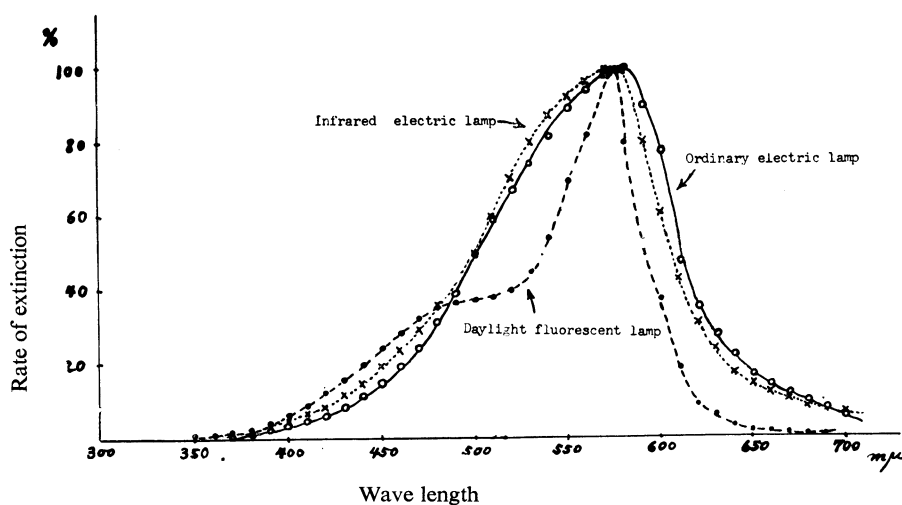
光量のノリの生育に及ぼす影響については、上にも述べたように、富士川によれば決して光線は強ければ強いほど良いというものではないとされているので、その強さを明らかにするため照度の明確な人工光線のもとにおいて培養実験を行った。

実験はまず光源の種類と光線照射時間の影響を吟味し、その結果光源としては赤外電灯と蛍光灯の混合照射が適当とみとめ、光線照射時間は全日照射ではやや生理障害があるように思われたので、赤外電灯と蛍光灯の混合照射を 1 日 10 乃至 15 時間行って、照度 $3,000\text{Lx}$ まで及び $10,000\text{Lx}$ までの二種の実験を実施した。実験結果はそれぞれ光源の種類 (Table 23)・光線照射時間 (Table 24)・照度の相違 (Table 25 実験 I 及び II) とノリの生育の関係として各別に表に示した。

まず光源の相違のノリ生育に及ぼす影響をみるに (Table 23), 同じ照度では普通電灯にて照射したもの最も優れ、赤外電灯のものこれに次ぎ、蛍光灯は甚しく劣っている。蛍光灯の不良なる点は岩崎ら⁴⁴⁾の幼芽による実験の結果と同様である。因みにこれら光源の吸収係数を波長 $10\text{m}\mu$ ごとに測定し図示すると Text-fig. 11 のようになるが、これによってみると普通電灯といわゆる赤外電灯とは殆んど差がなく、 $500\sim 600\text{m}\mu$ の辺では後者の方が却って前者よりやや短い方へずれており、強いて言えば $700\text{m}\mu$ 以上で赤外電灯の傾斜が僅かに鈍ってくる程度である。これに対し蛍光灯では曲線が急勾配となり $550\sim 600\text{m}\mu$ において鋭くなっている。このような光線の質の差が上記の生育の相違としてあらわれたもの

Table 23. Effect of the kind of light source on the growth of Nori-frond.
(Duration of irradiation 10 hrs., exp. 8~23, Dec., W. T. 10°C)

Kind of light	Culture medium	Area of fronds			Note
		Before culture (cm ²)	After culture (cm ²)	Growth rate	
Fluorescent lamp (3,000 Lx)	Sea water only	9.62	12.69	32	Fronds brownish; thin; abnormal
	Sea water + 0.01% NaNO ₃	9.20	12.70	38	Brown, somewhat bluish
Ordinary electric lamp (3,000 Lx)	Sea water only	8.82	17.55	99	Nearly normal
	Sea water + 0.01% NaNO ₃	8.65	19.80	129	Rather better than above
Infrared electric lamp (3,000 Lx)	Sea water only	8.77	15.09	72	Nearly normal ; faintly reddish
	Sea water + 0.01% NaNO ₃	8.93	15.50	74	Nearly normal ; faintly reddish
Fluorescent lamp + Infrared electric lamp (5,000 Lx)	Sea water only	10.33	24.88	141	Normal ; margin of frond somewhat reddish
	Sea water + 0.01% NaNO ₃	9,55	24.99	162	Normal



Text-fig. 11. Nature of each light source.

ではないかと思われ興味深い。0.01% 硝酸ソーダ添加のものが海水のみのものよりいずれも良好な生育状態にあることは、この培養海水は窒素分が不充分であったものと思われる。赤外電灯と蛍光灯を混合照射したものは照度 5,000Lx にあがっている 相違はあるが、生育最も良好で光線の質が適当であったものと思われる。

次に一日の照射時間の影響をみるに (Table 24) 全日照射のものが明らかによく、12 時

Table 24. Effect of the duration of irradiation on the growth of Nori-frond.
(Use: fluorescent lamp 3,000 Lx, exp. 15~30, Dec., W. T. 10°C)

Dur. of irradi.	Area of fronds			Note
	Before culture	After culture	Growth rate	
(hrs)	(cm ²)	(cm ²)		
24	11.67	42.87	239	Buff, rather reddish
15	14.20	46.24	226	Buff
12	8.28	20.77	124	Moderately blackish
9	9.35	17.01	77	Appear blackish
6	13.81	20.23	50	Brownish
3	12.41	17.85	44	Rather yellowish

間以下になると時間の短縮に応じて甚だしく生育が鈍っている。岩崎らは前にも記したように幼芽期の培養実験と光合成活力の測定の結果、一日 8~9 時間の照射を適当としているが、本実験においても全日照射の数値と 15 時間照射のものがかなり接近している点、及び肉眼観察によると 15 時間のものではノリ本来の黒味がややうすれはじめている点からみて、実験の条件を変えれば（例えば水温を高くするとか、光を強くするとか、培養期間を長くする）同様の数値を得られるのではないかと思われる。富士川^[23]によるとノリは常に旺盛な成長（特に同化作用）を続けさせると生理的調和がやぶれ早く衰滅するもので、これが調整に露出の意義があるのではないかとしているが、岩崎らの一定週期の暗条件が必要であるとする見解とは同様の理由によるものではないかと考えられる。これについては今後の究明によらねば明言はできないが、いずれにしても一日の照射時間を余り長くすることには生理的障害のおそれがあるので、次の照度の実験には弱いものでは 1 日 15 時間、強いもので

Table 25. Effect of the intensity of light on the growth of Nori-fronds.
Exp. I (Use: fluorescent lamp, dur. of irradi. 10 hrs., exp. 22, Jan.~8, Feb., W.T. 10±1°C)

Intensity of light	Area of fronds			Note
	Before culture	After culture	Growth rate	
(Lx)	(cm ²)	(cm ²)		
3,000	12.00	29.74	148	Bluish
2,000	9.35	21.64	132	
1,500	8.59	15.04	75	Somewhat blackish
1,000	11.09	15.35	38	
500	11.53	12.89	12	

Exp. II (use fluorescent and infrared lamp, dur. of irradi. 10 hrs., exp. 17, Jan.~2, Feb., W. T. 10±1°C)

Intensity of light	Area of fronds			Note
	Before culture	After culture	Growth rate	
(Lx)	(cm ²)	(cm ²)		
10,000	6.68	17.40	261	Reddish; frond thin
7,500	9.10	17.47	190	Somewhat reddish
5,000	7.26	12.63	174	
3,000	10.04	14.91	149	Normal

は 1 日 10 時間の照射とした。

さて照度の相違による生育の差異をみるに (Table 25 実験 I, II), 3,000Lx までのものもまたそれをこえて 10,000Lx までのものも、いずれも照度の強くなる程生長は良好となっている。この点温度と光週期が適当であれば 25,000Lx までは明るいほどよいとしている岩崎らの結果と同様である。しかし肉眼観察によると 10,000Lx のものは色調黄色味をおび、やや生育状態が不良に傾いているので、一日の照射時間を長くするとかまたは長く培養を続ければ光の強すぎる害があらわれるものではないかと思われる。本実験では培養温度が比較的低いことも益して生長の面では 10,000Lx までは明るいほど良いという結果になったようである。木下らによると 6,000Lx のものが最高の成長率を示したというが、その実験では蛍光灯を用い 13~15°C で行ったもので、光源・水温・照射時間の点で最良の条件であったとは認められず、富士川の実験では時期の推移につれ墨色の濃いガラス板で光線を遮断したものが優れているとしているが、その照度は数値的に明示されていない。しかし今回の結果並びにこれら報告された成績からみて、ノリ生育の最適照度は、ノリの生育段階及び他の環境要素特に水温・海水中の栄養分などの他光の種類・照射方法も関連し、要するにその時のノリの示す生理状態に応じてかなり幅広く、しかもその状態及び条件に対しては鋭敏に異同を示すものではないか考える。次に述べる深さによるノリの生育の相違の実験はこれを実証する一例とも言えよう。

[異なる水深におけるノリの生育について]

ノリの生育と光との関係は、一般の紅藻類に比べ比較的多量の光を必要とするもののように甚だ興味深い。しかし上にも考察したように光の量は決して多ければ多いほど良いというものではなく、ある限度を越えると却って生育に支障を来し、色調など生育状態が全般的に悪くなってくる。この現象は実際の養殖上にも経験する処で、時期が遅れてくると覆をして日光を遮断したものの色調が良くなり、また瀬戸内海のように比較的海水が混濁して干満差が大きい処では満潮時水中に潜没する固定簀の方が表面に浮遊する浮動簀より色調その他生育に良好な状態を示すことがある。しかしこれらは経験的に観察するのみで、外観からは明らかに色調は良くなるが生長そのものも良好であるか、また生長も明らかに良好となるがそれは一時的で生理的には変調を示すものではないか、など不明の点も多い。よってこれが解明の手がかりとして、また水面下において深さにより光との関係が量・質ともに異なる状態にあるノリの実態を明らかにするため、次のような一定の水深下のノリの生育についての一連の実験を行った。

実験方法は縦約 3m・横約 2m・深さ約 2.5m のコンクリート製水槽に海水をみだし、この中に 5L 容無色ガラス壺に 3L の海水 (予め脱脂綿で濾過し 0.01%NaNO₃ を添加) を入れ、水面及び水面下 0.5m, 1.0m, 2.0m の深さに吊り下げ、この壺中にノリを培養する。而してこのガラス壺には長短 2 本のガラス管をつけた栓をほどし、これによって培養海水中に空気を吹込み試料ノリにたえず適当な動揺を与える。供試ノリは肉眼で一樣に活力の旺盛と見えるものをえらび、これを綿糸で小竹簀に結びつけ、重錘及び浮子で培養液の中間部に浮遊するようにする。培養液は 3 日毎に取り替え、露出は行わない。なお培養壺の配列には、水槽壁の陰影の影響のないよう配慮した。このようにして 10 日乃至 40 日間順次取りかえて培養したノリについて常法のように培養前後の面積を測定し、色調を標準品と比色して

生育状態を比較した。実験は二回行ったが、二回目は順次行かう培養の前後のものを同時に壇中にあるようにし、なるべくノリの個体的生理状態の相違の影響を除くよう心がけた。

実験 I, II として各別に結果を考察する。

Table 26. Relation of the depth of water and the growth of Nori-frond. [Exp.I]

Series of exp.	Duration of exp.	Depth of water	Area of fronds			Color tone				W. T. (average)
			Before culture	After culture	Growth rate	Black-ish	Red-ish	Bluish	Yellow-ish	
1	30, Dec. ~ 21, Jan. (22 days)	0	(m ²)	(m ²)	(per day)	60	35	30	60	Surface 4.6°C
		0.5	17.17	31.67	3.84	65	35	40	50	
		1.0	15.59	26.22	3.10	80	30	50	25	Bottom 5.5°C
		2.0	14.22	21.67	2.38	90	20	70	0	
			Before culture			90	60	40	0	
2	11, Jan. ~ 5, Feb. (25 days)	0	11.89	41.00	9.79	60	20	25	65	Surface 4.2°C
		0.5	9.47	29.76	8.57	60	20	30	50	
		1.0	11.69	35.53	8.16	75	25	40	50	Bottom 4.9°C
		2.0	11.37	29.68	6.44	90	10	95	0	
			Before culture			80	30	45	35	
3	5, Feb. ~ 13, Mar. (37 days)	0	10.70	32.22	5.44	40	15	20	80	Surface 7.1°C
		1.0	9.17	30.20	6.20	50	20	30	60	
		2.0	11.46	36.38	5.88	90	5	95	0	Bottom 8.0°C
					Before culture			80	30	
4	13, Mar. ~ 15, Apr. (33 days)	0	4.23	10.17	4.26	25	15	5	90	Surface 9.5°C
		1.0	3.89	9.62	4.46	35	20	30	80	
		2.0	3.93	12.80	6.84	90	5	95	0	Bottom 10.2°C
					Before culture			80	30	
5	15, Apr. ~ 11, May (26 days)	0	4.02	5.74	1.65	10	15	5	90	Surface 12.8°C
		1.0	4.88	12.34	5.88	20	15	30	80	
		2.0	5.15	14.30	6.83	90	5	95	0	Bottom 13.2°C
					Before culture			80	30	

(水深とノリの生育：実験 I)

実験 I の成績は Table 26 に示したが、第 1 回目培養（12 月 30 日～1 月 21 日）の結果では水面においたものが最も旺盛な生長を示し、それより水深の深くなればなるほど生長率は低下する。即ち水面下にノリをおくことはその生育にとって不適當であることを示している。なお色調の変化も顕著であって水面培養のものは培養中次第に黒味・赤味・青味を減じ、ただ黄色のみが著しく認められるようになるが、深度を増すにしたがってその黄味は減じ、これに代って青味を帯び赤味も水面のものより少くなるのでノリは異様な暗青緑色となる。この色調の変化は光が水中を透過したため各ノリの受ける光の質並びに量が異なるによるものと考えられる。この変化の様相から推測すると、水深の深くなるにともなってノリ葉体内における葉緑素の生成多く、水面近くのものは却って培養前より減少するものではないかと思われる。

次に第 2 回培養（1 月 11 日～2 月 5 日）の結果をみるに前回と異なる点は各試料とも生長が一樣に旺盛な状態を示したことである。しかし各の生長率の順位を比較してみるに、最も生長の旺盛なものはやはり水面のものでそれより水深を増すにしたがって生長が鈍く、その傾向は前回と全く同様である。前回より全般的に生長が旺盛であったのは供試ノリの性状

によるものか、光がこの時期に好適であるためか、おそらくそれらの総合した現われであろうと思われる。水温も影響するはずであるが記録にもあるようにこれらの間には大差がなかった。いずれにしても水深の生育に及ぼした影響という点では前回と同様であったとみなしてよい。この時期にはノリの生長には水面が最も適当で水面以下に沈めることはそれだけ環境が不適当となったものと言える。なお培養後の色調も前回と同様で、この現象の偶然でなかったことを確認することができる。

第3回目(2月5日~3月13日)の成績によると生長率は前回よりやや低下し第一回との中間の値を示している。而して各試料間の生長率を比較するに前二回と異なる興味ある現象が見出される。即ち前2回の培養では生長の最も旺盛を示したものは水面のものであったが、今回のものでは水面のものが最下位で水深1mのものが第一位を示している。各の間の数値の差が小さいのでこの順位は不確実とも言えるが、前2回の成績に比べ水深による差が小さくなったことが既に特異であり、何らかの意味のある現象と考えられる。更に進んで第4回目に現われた傾向を見れば、この第3回目の現象は決して無意味に現われたものでなかったことが認められよう。

第4回目(3月13日~4月15日)の各生長率の順位を比較するに第1回・第2回とは全く逆転して、2m下のものが著しく他を凌駕している。これらの成績からみると、2月乃至3月の環境条件としては既に水面は水面下1m或は2mよりノリの生育にとって不適当なある種の因子を含んでいると想像しなければならぬ。それが何であるか、考えられるものは水温・光その他未知要素であるが、未知要素については論ずるを得ないから水温と光について考察してみる。水温については、第三回目の培養が7~8°C第4回目が10°C前後であって、ノリ生育の好適温度の範囲内であったとみなされる。若し同一培養の上層と下層にこの程度の水温の差があれば上・下層のノリの生育に差を生じることも考え及ばれるが、上層と下層との温度差は1°C以内でありこれが大きく影響したとは考えられない。このように考えると、上記の結果を導いた要因は時期によって水深の違いがノリの生育に及ぼす影響に差があったためとする以外には考えられない。而して時期によって水深が示す変移は照射日光の違いで、これに水温の変動が加味されるものであろうと考えられる。この推論は第5回目(4月15日~5月11日)の培養成績をみれば更に明瞭となる。即ち水面のものは著しく生長が不良となるにもかかわらず水面下のものではなお旺盛で、水深によってノリの生育の時期による違いが甚だ顕著なることを認めざるを得ない。

なお色調の変化は、時期の推移とともに水面のものでは黒味・青味を減じ黄味を帯びるがこの傾向は時期の遅れるにしたがいますます著しくなり、第5回目の試料では殆んど黄色に近いいわゆる真鍮色のノリとなる。1m下のものは水面のものほど甚しくはないがやはり次に第に黄味をおびてくる。これに対し2m下のものでは第5回目的ものでも黒味・青味を保有し、第1回目肥料の色調として指摘した異様な暗青・緑色の色調を残している。而してどちらかと言えば時期の終りには水面のものより、深い処のノリの色調の方がノリ本来の黒紫色(製品として)に近いものとなる。

(水深とノリの生育: 実験 II)

実験IIの結果は Table 27 及び Table 28 に示した。ただし Table 28 は培養中共存したノリの生長率を平均した数字で、これによればたとえ供試ノリの個体的生理状態に相違があっても、著しく緩和されて現われてくるはずである。

本実験の趣旨ができるだけ共試ノリの個体的な性状の入りこまない数値を得ることを目的とするものであるから、以下主として Table 28 によって考察する。

第1回と第2回の平均生長率をみるに最大は水面のもので、1m下・2m下と深度を増すにしたがって低下している。この傾向は実験Iの結果と同様である。次に第2回の培養を中心とし、ある期間これを共存させて培養した第1回・第3回の生長率の三者を平均した数値(便宜上これを第2回目培養の生長率とよぶ、以下これにならう)をみるに、前回のものとよく似ておりその順位も水面・1m下・2m下となっている。而して生長率におけるこの順位は第7回目まで異なることなく、ただその数値が変動しているに過ぎない。即ち初回(12月30日～1月29日)から第4回目(2月2日～2月17日)までは1m下及び2m下のものの生長率が次第に低下してきているに反し、水面においては第2回目の成績を除き漸増の経過を示している。それより以後第5回(2月9日～2月24日)・第6回(2月17日～3月9日)は各水深のものとも一様に生長が盛んになっており、生長率増大の割合もおよそ似ているが、第6回と第7回の生長率を比較するとそれ以前とはやや異った傾向を見出す。即ち第7回培養(2月24日～3月19日)の水面のものの生長率は前回に比し約2/3に激減しているに反し、1m下のものの示した生長率の低下はきわめて僅

Table 27. Relation of the depth of water and the growth of Nori-frond. [Exp. II]

Series of exp.	Duration of exp.	Depth of water	Area of fronds			W. T. (average)
			Before culture	After culture	Growth rate	
1	30, Dec. ~ 29, Jan. (30 days)	(m)				
		0	31.1	58.8	2.98	Surface 11.2°C
		1	33.9	62.0	2.75	Bottom 10.9°C
		2	35.4	62.6	2.56	
		0	66.1	106.8	6.15	Surface 9.6°C
		1	62.6	94.2	5.04	Bottom 9.6°C
2	23, Jan. ~ 2, Feb. (10 days)	2	55.5	71.0	2.78	
		0	29.2	42.9	4.28	Surface 10.1°C
		1	32.7	45.1	3.47	Bottom 10.0°C
3	29, Jan. ~ 9, Feb. (11 days)	2	32.5	40.7	2.30	
		0	67.0	101.6	3.44	Surface 8.5°C
		1	60.2	82.0	2.42	Bottom 8.2°C
4	2, Feb. ~ 17, Feb. (15 days)	2	46.2	56.9	1.54	
		0	35.3	82.0	8.85	Surface 7.4°C
		1	42.1	68.9	4.24	Bottom 7.1°C
5	9, Feb. ~ 24, Feb. (15 days)	2	48.1	57.3	1.27	
		0	61.5	124.3	5.10	Surface 7.9°C
		1	47.2	91.5	4.70	Bottom 7.7°C
6	17, Feb. ~ 9, Mar. (20 days)	2	59.3	99.2	3.36	
		0	95.4	190.2	4.32	Surface 10.0°C
		1	85.8	152.1	3.36	Bottom 9.7°C
7	24, Feb. ~ 19, Mar. (23 days)	2	96.4	158.4	2.80	
		0	61.2	112.6	2.97	Surface 9.9°C
		1	67.8	135.0	3.54	Bottom 9.9°C
8	9, Mar. ~ 7, Apr. (29 days)	2	67.5	123.5	2.96	
		0	44.2	65.6	1.74	Surface 11.5°C
		1	38.0	87.7	4.67	Bottom 11.3°C
9	19, Mar. ~ 17, Apr. (29 days)	2	33.6	67.0	3.55	

以上が Table 28 についてみた生育状態の概要であるが、平均していない Table 27 についてみると生長率の変動に今一つの特異な現象が見出される。即ち培養の回数を異にするにしたがって生長率がかなり変動するが、その程度は水面のものが特に著しく 1m 下・2m 下と深さを増すにしたがって次第に緩慢となっている。これによってみると、環境の変化の影響（ここでは主として光）は深さを増すにしたがって小さくなる。換言すればノリの生育に影響を及ぼす環境条件の時期的相違は表面に大きく、水層を通るにもなって緩和されるものと言えよう。

実験 I では初期に水面・1m 下・2m 下の順で生育が良かったものが終期には逆転していた。これに反し実験 II では 1m 下と 2m 下の関係は時期的推移とともに次第に接近する傾向にあったが逆転することはなかった。これは実験を 2 ケ年にわたって行っているのだから、その年の気象により（主として照射日光の量）水層を通過してから後の影響に差があるものではないかと考える。

以上 2 回の実験を要約するとノリの生育は比較的時期的始めには水面において旺盛であるが、2 月～3 月以後になると水面における生育は次第に衰退し、同様にノリの色調も黄味を増し品質不良となってくる。これに対し水層を 1m 或は 2m 通過した光の照射下では始めには余り旺盛な生長を示さないが長期にわたって続き、色調も黒味・青味を保ち黄色化しないものであると結論できる。これは光のノリ生育に及ぼす影響を観点を変えて明らかにしたもので、更に時期による光の違いの何物がこのような現象を引き起こす因子となっているか究明する端緒となるものと考えられる。

〔水深とノリの炭素同化作用〕

上記実験の結果ノリの生育が季節の推移にしたがい水深によって差異のあることを知り、その原因は主として光によるものと考えられるので、光が生育に関与する場合最も密接な関係にある炭素同化作用を水深と季節の推移についてたどってみた。ただし同化作用の強弱を正確に知るためには炭酸ガス摂取量と酸素呼出量を測定すべきであるが、本実験では強弱の比較に主眼があるので測定の容易な酸素呼出量のみによった。

まず実験方法について述べるに供試ノリとしては活力旺盛なもののみをえらび、その数葉を綿糸で小割竹に結びつけ、予め内容を精密に測容した 1L 容無色ガラス壺に海水（濾過して後約 40°C に加温し暫時攪拌して溶存酸素の一部を駆逐したもの）とともに入れ、気泡を残さないよう注意して密栓し直ちに所定の深度に沈める。これを正確に 2 時間放置した後取りあげ、手早く黒布製袋に入れて実験室に持帰り WINKLER 法によって溶存する酸素を定量し、実験の前後における酸素量の差をもって 2 時間中にノリの呼出した酸素の量とした。なお供試ノリは重錘及び浮子によって常に壺の中央部にあるようにし、また実験中壺の底部にとりつけた紐を海上から引いてノリを動揺した。

水深の種類は 0m（水面）・0.5m・1.0m・2.0m・4.0m・6.0m の 6 種とする。実験は 12 月 27 日～5 月 9 日の間に約 1 ヶ月ごとに 5 回行う。なおこの実験には水温・天候・海水の透明度などが影響するから、これらについても観測記録した。

これらの実験の結果は Table 29 に実験 I～V として示した。

実験結果を考察するに先だち、深度による温度の影響をみるに深度による水温の差はいずれも 0.6°C 以下であってこれによる影響は無視してさしつかえないものとみなした。その

理由は乾物 1gr に相当する量のノリを 7°C 及び 13°C の海水に浮べ、150W 電灯を 2 時間照射して発生する酸素量を測定した処によると、7°C の時は 20.08 cc, 13°C の時は 26.39cc であった、即ち温度 1°C の上昇により 1.5cc の発生酸素量がふえたことになる。ノリ葉体 1cm² の乾物重量は 1.0~2.0mg であるから、平均 1.5mg として 100cm 当りの酸素量に 1.5 cc/gr をなをしてみると、0.225 cc となる。温度差 0.6°C ではこれ以下の酸素発生量の差となるのでこれによる影響は問題外であるとした。

よって温度の差は考慮せずに Table 29 により実験の結果を検討するに、まず実験 I (12 月 27 日) ではノリの単位面積当りの酸素呼出量は水面が最も多くそれより水深を増すにしたがって少くなっている。その状態は水深の増加とともに殆んど直線的に減少する。

Table 29. Difference of CO₂ assimilation of Nori cultured at various depths of water.

Series of exp.	Depth (m)	Area of fronds (cm ²)	O ₂ out-put				Observations note
			Total (cc)	Per 100 cm ² frond (cc)	Mean (cc)	Ratio (at surface =100)	
I	0.0	{ 12.7 14.6	1.52 1.66	11.97 11.37	11.67	100.0	Exp. 27, Dec., 0.30~ 2.30 p.m.
	0.5	{ 10.6 15.9	1.16 1.73	10.94 10.88	10.91	93.5	
	1.0	{ 16.0 —	1.59 —	9.94 —	9.94	85.2	W. T. { Surf. 12.5°C Below 6m 12.0°C
	2.0	{ 17.2 —	1.51 —	8.78 —	8.78	75.2	
	4.0	{ 16.0 —	0.98 —	6.13 —	6.13	52.5	Transparency 4.6 m
	6.0	{ 12.8 —	0.52 —	4.06 —	4.06	34.8	Wave slight
II	0.0	{ 9.1 8.1	3.97 3.58	43.63 44.20	43.92	100.0	Exp. 28, Jan., 1.48~ 3.48 p.m.
	0.5	{ 8.8 8.0	3.75 3.46	42.61 43.25	42.93	97.7	
	1.0	{ 8.7 8.6	3.17 3.30	36.44 38.37	37.41	85.2	W. T. { Surf. 10.9°C Bel. 6 m 10.5°C
	2.0	{ 9.0 —	3.18 —	35.33 —	35.33	80.4	
	4.0	{ 8.2 —	2.72 —	33.17 —	33.17	75.5	Trans. 5.5 m
	6.0	{ 9.0 —	2.48 —	27.56 —	27.56	62.8	Wave slight
III	0.0	{ 7.5 —	2.70 —	36.00 —	36.00	100.0	Exp. 28, Feb., 2.05~ 4.05 p.m.
	0.6	{ 7.7 —	2.41 —	31.30 —	31.30	86.9	
	1.0	{ 7.0 7.3	1.97 2.04	28.14 27.95	28.05	77.9	W. T. { Surf. 9.5°C Bel. 6 m 9.2°C
	2.0	{ 6.7 7.1	1.63 1.82	24.33 25.63	24.98	69.4	
	4.0	{ 9.2 —	1.24 —	13.48 —	13.48	37.7	Trans. 2.6 m
	6.0	{ 8.4 —	0.72 —	8.57 —	8.57	23.8	Wave high

IV	0.0	{ 6.3 5.6	2.11 1.84	33.52 32.84	33.18	100.0	Exp. 29, Mar., 1.50~ 3.50 p.m.
	0.5	{ 4.8 —	1.56 —	32.50 —	32.50	98.0	W. T. { Surf. 10.8°C Bel. 6 m 10.8°C
	1.0	{ 4.3 5.9	1.24 1.70	28.84 28.81	28.83	86.9	
	2.0	{ 4.7 —	1.30 —	27.66 —	27.66	83.4	Am. clouds 0
	4.0	{ 6.3 —	1.71 —	27.14 —	27.14	81.8	Trans. 3.5 m
	6.0	{ 5.1 —	1.21 —	23.73 —	13.73	71.6	Wave slight
V	0.0	9.6 9.8	1.29 1.35	13.44 13.78	13.61	100.0	Exp. 9, May, 10.10~ 12.10 a.m.
	0.5	12.5 8.6	1.67 1.20	13.36 13.95	13.66	100.4	W. T. { Sur. 14.3°C Bel. 2 m 13.7°C
	1.0	11.7 8.7	1.51 1.13	12.90 12.99	12.95	95.2	
	2.0	9.4 10.5	1.14 1.23	12.13 11.71	11.92	87.6	Am. clouds 2
	4.0	10.9 10.0	1.24 1.13	11.38 11.30	11.34	83.3	Trans. 4.5 m
	6.0	— —	— —	— —	—	—	Wave calm

次に実験 II (1月28日)の結果を実験 I と比較するに酸素呼出量が著しく増加していることが目につく。即ち実験 I では最も呼出量の多い水面のもので 11.69cc であったものが実験 II では 43.88cc と激増しており、更に同水深のものについて両実験を比較してみるに水深を増すにしたがって呼出量増加の割合が一層大きくなっている。而して水深を増すにしたがって呼出量そのものは減少しているが、実験 II の方が減少の割合は小さくなり、水面と 0.5m との差は特に著しく縮小されている。これによってみると、この時期には次第に照射光線の強さが増し同化作用は旺盛になるが、その影響は水深の深いものほど強く現われるものと思われる。換言すれば、光力の不足のため同化作用が抑制されていた水面以下のものも時期の推移にしたがい光力が増大しその抑制も幾らか緩和されたに反し、水面或はその附近のものは既に豊富な日光照射を受けているので光力の増大による同化作用促進の割合が少なかったものであろう。

実験 III (2月28日)の結果では水面においてノリ 100 cm² 当りの酸素呼出量は約 36cc となり、実験 II よりやや減少している。それより水深を増すにしたがって減少することは前二回の実験と同様であるが、特異な点はその減少状態が最も急激である。これは実験施行日の曇天の天候と実験時刻の遅延が原因と考えられるもので、この時期の常態ではなかったと思われる。

実験 IV (3月29日)の時は快晴で実験 III のような光力不足による異常はみられず、ノリの 100cm² 当り酸素呼出量は従来のもと同様水面のものが最大で水深を増すにしたがって低下している。その値は水面で約 33 cc であるから実験 II よりかなり減少している。

更に実験 V (5月9日) と比較するに、これでは一様に甚だしい激減を示し、最大量僅かに 13cc 余に過ぎない。而して水深の増すにしたがって酸素呼出量の低下する傾向は示しているが、その勾配は実験 IV, V と時期の遅れるにともなう次第に緩くなり実験 V では水面と 0.5m 下とでは殆んど一致している。酸素呼出量の減少することは同化作用の衰退を意味し、時期が遅れてノリの盛期が過ぎたためと考えられ(時期が遅れてノリの盛期が過ぎているということは水温が不適となったことが主と思われるが、同時に光もノリの生育に不適当になるものと考えられる) 各水位における酸素呼出量が接近していることは光の強度が増して来たためと思われる。

なお12月27日(実験 I) 及び 2月28日(実験 II) のように光の弱い場合には水深と酸素呼出量との関係が直線に近い形をとるが、次第に光が強くなると直線的でなく水面と 0.5m 下の値は接近し、1m 下における増加は比較的少く 2m 下乃至 4m 下のものと近くなる傾向を示すことは興味深い。これは 0.5m と 1m との間で炭素同化作用に關与する光の吸収される率が多く、それより深くなると 1m 下と 4m 下の差は比較的少く、更に深くなると光の不足が甚だしく顕著になることを示すものと考えられる。

以上水深によるノリの炭素同化作用の差を明らかにしたが、この成績を基にして上記水深とノリの生育についての培養試験の結果を検討してみる。即ち培養実験によるとノリは時期の始めには水面に近いものほど生長が良く水深を増すにしたがって鈍くなるが、2月から3月以後になると生長の最も旺盛な点は水面以下に移り、水面におけるものの生育が衰退しても 1m 乃至 2m 下のものはなお長期にわたって比較的良好的な生育を維持する。これを今回の成績と対比するに、同化作用は常に水面のものが旺盛であったから同化作用の旺盛なことが生長の旺盛なことを意味するとすれば、表面のノリの生育は常に旺盛な生長を維持しながら続くべきものである。しかし事実はある時期以後は表面のものの生育が阻害されるもので、これは同化作用のみ強いことは全体の調和を破り、却って抑制された状態で生育を続けた水面下のものの方が長く生活力を維持するものではないかと考える。この現象はノリの生育にあたって常に顕著に現われるもので、同化作用の旺盛な場合にはそれによって調和の破られないだけの栄養分の補給その他が適合していかなければならない。また水流の適度が栄養分の多少によって、また水温の高低によって異同の生じる事実も、この生理的調和の現われであろうと考える。この事実はノリの培養・繁殖にあたって常に念頭におかねばならぬ重要な基礎知見である。

(IX) 水流の生理的意義

(VII) 節において水流の遅速がノリの生育にとって如何に重要であり、また大きな影響を及ぼすものであるかを述べ、その適度を探究しそれが水温の高低・栄養塩類の多少など他の環境要素によって如何に変動するかについて説明することに努めたが、このような効果が何によって起るかについては、ただ単に水流により海水の交替が迅速となり、栄養分の供給並びに老廃物の排除が支障なく行われているためであると一般的な常識的な解釈にしたがってきた。この問題は栄養分の吸収並びに排泄即ち代謝の機構に關連するので、ノリは勿論海藻全般のこの方面の研究が充分進んでいない今日全くの仮説なしに説くことは困難であるが、以下いささか考察を試みる。

水流のノリの生理に対する意義は上に述べた常識的解釈に尽きるものであると思われる

が、しからは栄養分の供給と老廃物の排除が同程度に水流を必要とするものであろうか。それとも何らかの違いがあるものであろうか。(VII)節において行った実験によると水流は貧栄養の培養液では 30 cm/sec に近い流速を必要とするにもかかわらず、富栄養の場合には 5 乃至 10 cm/sec の程度ですでにそれ以上の流速のものと同様の生長を示すものであるとの結果を得た。このように富栄養の場合には少くとも老廃物の障害は眼にみえて生育の上に現われているとは思われないが、貧栄養において迅速な水流を必要とする理由もこれと同様栄養補給を主とするものと考えるべきであろう。若しそうでなければ生育良好を示したものは、老廃物の害を制圧してなおそれ以上にそれだけの生育度を示したものとみなさなければならぬ。而して老廃物の害がそれほど大きいものとすれば、一般に生長の良好な状態ほど代謝作用旺盛で老廃物の生産も多く、従って害作用も大とならなければならない。このように考えると富栄養の場合にも水流の遅いための害がもっと明瞭にあらわれねばならぬこととなり、上に述べた実験の成績と違った結果を示さねばならぬはずである。結局ノリの生育に水流の強さを要求するのは栄養分の供給を第一の目的とし、水流がある限度以下になってはじめて老廃物の害作用が起きると考える方が無理がないのではないかと考える。而して老廃物の害作用のあらわれる限度は栄養分を充分与えながら生育が低下しはじめる 5 乃至 10 cm/sec 附近以下にあるものと考え。しかしこれより以下にあるだろうということは推測し得るがこれを限界として老廃物の害作用があらわれると見るのは早計であって老廃物の害作用の限界は上記実験のみでは見出すことが出来ない。何故ならば、例えば 5 cm/sec において生育が低下しはじめたとすると、これより遅いものでは充分栄養源の補給が行われ得なかったものとも考えられ、老廃物の害作用との区別がつかない。即ちノリが栄養分を吸収すると葉体周辺の海水中の栄養源が減少し、水流が遅いとその旺盛な生育を遂げるために要求する栄養分すら充分補給出来なかったものとも考えられるからである。それでもっと栄養分を濃くした実験を行えばよいとも一応考えられるが、これについては(V)節「窒素源の濃度」についての実験に示すようにある限度以上濃厚にすることは濃厚にした添加物のための障害を引き起こすこととなりこのような実験は少くとも生育試験としては意味をなさない。

いずれにしても栄養分補給には 30cm/sec に近い水流を必要とする場合があるにもかかわらず、老廃物の障害を除くために必要な水流は 5 乃至 10cm/sec 以下にあるものとすれば、老廃物の害は比較的大きいものではないと考えられる。しかしある程度以下に水流が弱くなると急激にその害作用が増大することも考えられるので、更にこれについて検討を試みる。

まず老廃物とは何であるかを考えるに、これに関する研究はノリについては全く手がつけられていないのみでなく、他の海藻についても知られているところは少い。FOGG⁵⁾ が綜説的に述べている処によると藻類の細胞膜は有機質を通すから、代謝の結果生じた排泄物も細胞外に出すことが出来るものであり、従来の研究結果として、単細胞の藻類で純粋培養を行い、同化炭素の 2~12.5% が可溶性の形で体外に排泄されると述べている。しかしそれが何であるかは不明で、窒素化合物としては polypeptide であることも amide であることも考えられるとしているが、いずれにしてもこれらのものは普通の海水培養基中では塩類を作りそのままの形であるとは思われないと述べている。老廃物がこのようなものであると考えるとこれらの排泄物が細胞内から海水中に排出されて後に害作用をなすものとは思われず、細胞内に残っている場合に有害であって細胞内から滲透乃至拡散によってこれらのものを体外に放

に葉体表面を海水の流動することが必要となるものではないかと考える。従って水流の適度は老廃物に関する限り、これらが体内に蓄積されて害作用を現わすまでに至らない時間内に体外に持ち出す程度を限度とするものと考えてよい。

上の説にしたがえば老廃物が体外に排泄されて海水中に混和されて後の害作用は考えなくともよいが、実際にこれがノリの生育に対して如何なる影響を及ぼすものであるかをみるため次のような実験を行った。即ち多量のノリを培養して老廃物過量とみなされる海水を作り、これを通過しこれに NaNO_3 0.01% を加え常法の通り生育培養実験を行った。老廃物濃厚液作成のノリの培養は、培養を昼間のみ行ったもの（同化作用が旺盛に行われたと思われるもの）と夜間のみ二種とした。実験の結果は Table 30 に示す通りであるが、これによる

Table 30. Growth of Noi-frond in the wasteful medium of cultural excretion.
(exp. 20, Dec.~5, Jan., W. T. $10 \pm 1^\circ\text{C}$)

Series of exp.	Ratio of concentration	Area of fronds			Note
		Before culture	After culture	Growth rate	
A (medium for day)	4	(cm^2) 19.9	(cm^2) 47.5	138.7	(A medium of 10 L sea water in which 50gr of Nori-frond were cultured in day time only.) Add: 0.01% NaNO_3 to each med'um. Change of water every other day. Ajust: pH at 8.3.
	6	30.9	82.5	167.0	
	10	37.8	86.5	128.0	
B (medium for night)	4	32.5	68.5	110.8	(A similar medium to above but cultured in night time only.) Treatment same as above.
	6	36.1	82.0	127.1	
	10	38.5	76.0	97.4	
Control	0	46.5	87.0	88.5	Sea water only. Treatment same as above.

と老廃物濃厚海水が無害であるばかりでなく、却って何らかの生育を助長する成分を生成したものではないかと思われる成績を得た。即ち、昼間ノリを培養して旺盛な同化作用を行わせたものの廃液を培養液としたものももっとも良好な生育を示し普通海水で培養した対照がもつとも劣っている。老廃物の組成を明らかにしなければこの数値から余り微に入る推測はできないが、この結果から少くともいわゆる老廃物は海水中に混和すれば害作用を示す形では残っていないものとみなすことができるであろう。

ノリは炭素同化作用が盛んに行われている時には一般には他の代謝作用も盛んとなるもののように、豊富な硝酸態窒素を加えた海水10 L中にノリ50grを入れて培養しその時間経過による硝酸態窒素の消費状態をたどるに、Table 31 に示したように日光乃至電灯の照射により窒素の消費が著しく促進され特に窒素源の豊富な間は顕著である。これによって考察をめぐらせるに、昼間ノリを培養した海水中には炭素源のみでなく窒素源その他の栄養分も減少し、それに代って代謝作用の結果生成された老廃物がかなり蓄積され増量しているものとみてよい。このような組成の海水中でノリが良好に生育することは甚だ興味深い。ただし上に述べた老廃物過多の培養実験では0.01% NaNO_3 を加え隔日に換水を行っているもので、若し窒素源を添加せずそのままの培養液を用いるとノリは正常な生育を続けることが困難となり、また換水を怠っても急激に生育は不良となる。これらはひとえに栄養源の欠乏にもと

Table 31. Variation of contents of the dissolved-O₂ and nitrate-N in the culture of Nori.
(cult. 50 gr Nori-frond per 10 L sea water)

Date	Hour	Dissolved-O ₂	NO ₃ -N		Note
			Quantity remained	Quantity consumed	
		(cc/L)	(γ/L)	(γ/L)	
Mar. 28	12-00	5.86	540		Fine weather Irradiate: sunlight
	14-00	10.33	480	60	
	16-00	9.01	370	110	
	18-00	10.15	290	80	
	19-30	10.05	250	40	
" 29	11-30	5.58	180	70	Rain
	13-30	5.78	160	20	
	15-30	5.68	140	20	
	17-30	5.58	110	20	
	19-30	5.58	110	20	
" 30	10-30	3.38	85	35	Rain
	13-00	3.51	85	0	
	15-00	4.66	85	0	Irradiate: 100 W electric light for 2 hrs.
	17-00	5.20	75	10	
	19-00	5.92	70	5	
" 31	11-30	5.01	70	0	Cloudy weather Irradiate: 100 W electric light for 2 hrs.
	13-30	6.43	70	0	
	15-30	7.53	60	10	
	17-30	8.61	55	5	
	19-30	8.27	55	0	

ずくものと思われる。

一般にノリを換水せずに同一海水中に長く培養することは困難であるが、上に考察したように老廃物の蓄積による障害がないものとすればその原因は何によるものであろうか。これについても現在の研究段階で断定することは危険であるが、栄養分の欠乏（既知の栄養塩類以外の成分をも含めて）のほか pH の上昇・細菌その他微生物の繁殖が主要な障害ではないかと考える。即ち培養実験の経験によると春先になり水温がやや高く（12°C 以上）光が強くなってきた際には、温度調節および換水をせずに栄養分の補給のみによってノリを5,6日以上衰減させずに培養することは難かしいのであるが（特に水の流動が弱いとき）、冬期であれば普通に生育実験の基準としている2,3週間の培養期間中であれば死滅することはない。その実例として12月～1月に行った無換水の培養実験の結果を示せば Table 32 のようになる。培養方法は往復運動式の常法によったもので、培養液として沔過海水そのままのものと、毎日塩酸により pH を 8.2 に調整したものと、0.01% NaNO₃ を添加したものと三種を設定した。表に示した通り NaNO₃ 添加のものは正常に近く生育し無操作のものも死滅することなく僅かではあるが生長を示している。同時に測定した pH を見るに無操作のものは容易に pH 8.6 まで上り、これより下がることなく、NaNO₃ を添加したものはやや遅れて上昇する。この後者がやや遅れる理由は明らかでないが、障害の強弱にはこのような処にも因があるものであろう。いずれにしてもその他の環境条件がよい場合には、窒素源の補給により無換水の害をかなり除くことができるものである。この事実は先に (V) 節の「窒素源の肥料効果」の実験においても指摘したところであるが、更にこの培養を一カ月も続けると NaNO₃ 添加のものといえども甚だしく生育が鈍ってくる。このような点から考え同一海水で培養する弊の第一原因は栄養源の消費欠乏にあると思われる。而して上に述べた老廃物過多の場合の実験もこれを例証するものに他ならない。しかしこの実験にもみられるように限られた容器内では pH の上昇も無視出来ない。

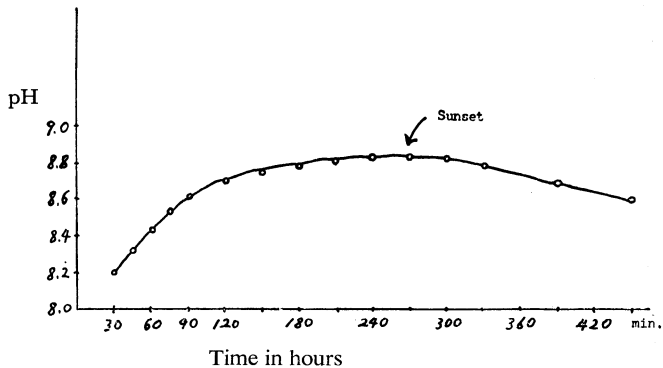
Table 32. Growth of Nori-frond in culture medium without change of water.
(exp. 20, Dec.~5, Jan.)

Treatment	Area of fronds			Note
	Before culture	After culture	Growth rate	
a. Untreatment	(cm ²) 48.0	(cm ²) 64.0	33.3	Yellowish color deepened
b. Adjust pH	38.4	61.5	60.2	Color tone weakened
c. Add 0.01% NaNO ₃	28.0	62.0	121.4	Color tone improved after 3~4 days

Variation of the pH value during culture (measured at noon every day).

Date	Dec. 21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Jan. 1	2	3	4
a.	8.4	8.4	8.5	8.5	8.6	8.6	8.4	8.4	8.5	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
b.	8.2	8.2	8.1	8.2	8.3	8.3	8.3	8.2	8.1	8.1	8.2	8.2	8.1	8.1	8.2
c.	8.0	7.8	7.8	8.0	8.4	8.3	8.3	8.4	8.4	8.4	8.5	8.6	8.6	8.6	8.6

富士川²⁴⁾の研究によるとノリの生育に及ぼす pH の影響はかなり顕著で、培養実験によると pH 7.0~7.5 がもっとも生長良好でアルカリ側は一般に不良である。ノリが同化作用の結果 pH の上昇をきたす速度は非常にはげしいもので、一例として 200cc の海水中に面積 160cm² (葉体 6 枚) のノリを拡げて日光を照射した場合の pH の時間的变化を示せば Text-fig. 12 の通りとなり、一時間で 8.6 に及び 3~4 時間で最高 8.8 をこえた点に達する。

Text-fig. 12. Change of pH value of culture medium by solar radiation.
(Experiment began at 12-30 a. m., 18th March. Weather fine, Water temperature 22~17°C,
Area of Nori-fronds 160cm², Quantity of sea water 200cc.)

実際に漁場で海水の pH がこのように上昇することはあり得ないと思われるが直射日光を受けた場合にノリの葉体のごく周辺にはこのような変化が起っているとみなしてよい。海藻による pH の上昇は ATKINS⁴⁾ などによっても観察されている処で、緑藻により Tide pool の海水の pH が数時間の日光照射によって 10 以上になったと報告している。この pH の上昇は排泄されたアルカリ性物質によるものもあると考えられるが、主要な原因は同化作用によって炭酸が消費されるためと思われる。従ってその上昇の速さは日光の照射によって促進

され、同時に水温によってもかなり異同を示すものである。その様相を知るため、1Lの海水中に5grのノリを入れ光線照射時間及び水温を変えて、その間のアルカリ度の変化をたどった実験の結果を示すと Table 33 の通りであって、その変化はかなりはげしい。この実

Table 33. Variation of alkalinity of culture medium under irradiation of 100W electric lamp and various water temperature.

Water temperature (°C)	Duration of irradiation (hrs)	Quantity of N/10 HCl consumed (cc)	Note
10	0	1.52	In dark room
	3	1.55	
	6	1.59	
	9	1.63	
	12	1.68	
10	3	1.89	Irradiated with electric light and agitated once 15 minutes
	6	2.13	
	9	2.40	
	12	2.64	
10	3	1.83	Irradiated with electric light but did not agitate the medium
	6	1.98	
	9	2.13	
	12	2.27	
15	3	1.90	"
	6	2.08	
	9	2.21	
	12	2.34	
20	3	2.04	"
	6	2.23	
	9	2.41	
	12	2.53	
25	3	2.32	"
	6	2.48	
	9	2.63	
	12	2.72	
30	3	1.97	"
	6	2.12	
	9	2.18	
	12	2.22	

験においては光線として 100W 電灯を用いたが太陽光線を受けた場合の変化が如何に強烈であるかは想像にかたくない。富士川²⁴⁾の実験によるとノリは海水より高いアルカリ性の溶液に一時的に浸漬してもその生育を著しく害するものであって、色調も甚だしく褪色する。これらの事実から推測すると、ノリの旺盛な生育にともなって起るアルカリ性の上昇による害作用も無視出来ないものと思われる。ノリ葉体のごく周辺は一時的にもせよこの害を受けるものであるから、これを排除する処に水流の効果の一端が存するものと考えられる。更に同様の事実を実証するものとして次の実験をあげることができる。ノリ葉体を拡げて浮遊させた容器を静置し換水を行うものを行わないもの、即ち毎日・2日毎・3日毎・4日毎・5日毎に換水するものと無換水のものとの6種の操作をほどこした場合のノリの生育状態を調べてみた。この場合の水の流動は換水を行う際だけで、その他の時間には気温と水温の温度差による対流と溶在塩類の濃度差による拡散によって栄養分の補給並びに老廃物

の排除が行われているものと考えられる。上にも述べたようにこのような状態で水温高く光線の強くなった春先には一週間以上の培養は困難であるが、冬の好期には死滅せず生育するもので、海水そのまま及び尿尿液を入れた富栄養海水で実験した成績は Table 34 のようになった。これによってみるとノリ生育にとってもっとも好適な時期には海水そのまま2日

Table 34. Effect of change of the culture medium on the growth of Nori-fronds.
Exp. I. Sea water only (exp. 10~31, Jan., W.T. 10°C)

Change of medium	Area of fronds			Note
	Before culture (cm ²)	After culture (cm ²)	Growth rate	
Every day	9.04	18.88	108.8	Color tone relatively good
Every other day	7.96	16.16	103.0	
Every 3rd day	6.56	11.04	68.3	Color rather faded Color tone became worse since the second change of water
Every 4th day	6.76	9.92	46.7	
Every 5th day	7.12	9.96	39.9	
No change	8.28	8.67	4.7	Almost decolorized, no vitality

Exp. II Eutrophic sea water (added 0.1% completely decomposed faeces and urine).
(exp. 16, Feb. ~5, Mar., W.T. 10±1°C)

Change of medium	Area of fronds			Note
	Before culture (cm ²)	After culture (cm ²)	Growth rate	
Every day	40.5	95.4	138.0	Color tone good
Every other day	42.2	104.3	147.2	
Every 3rd day	25.2	62.0	146.0	Color tone rather inferior
Every 4th day	19.2	42.7	122.4	
Every 5th day	34.7	68.1	96.3	
No change	37.1	31.9	-14.0	Pathological symptoms appeared

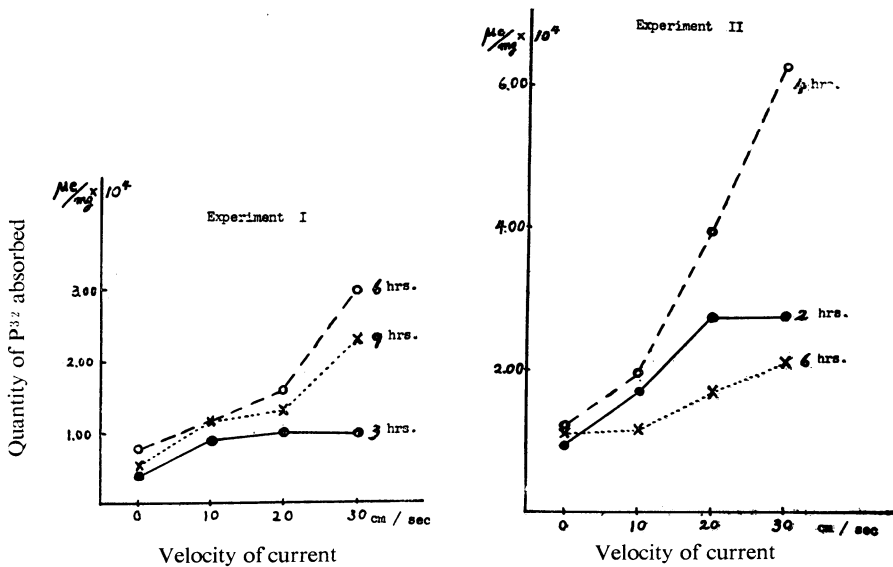
に一回の換水、栄養分の多い時には更に長く3日に一回の換水で、その余の時間には静置しておいても大した障害が起きない。しかしこの実験ではノリを拡げて海水による接触を出来るだけ能率よく行えるようにしたものであって、対流・拡散による効果は最大限發揮されているはずである。従ってこのような状態で富栄養であっても4日毎の換水の程度のものからやや害作用の徴候があらわれるのは、葉体周辺のpHの上昇乃至体内での老廃物の蓄積による障害がノリの生育にあらわれてきたのではないかと推測する。これに対し無換水のものの方が甚だしく生育を阻害されるのは、まず栄養分の不足が起り、これにpHの上昇・老廃物の蓄積・微生物の繁殖などの障害が並行的に附加されるのではないかと考える。

概念的に言えば、栄養分の補給はノリがその生理的狀態で要求するだけの量を海水が常にノリの細胞表面に接触して補給すればよく、老廃物乃至pHについてはそれらによる害作用が葉体にあらわれる以前に運び去られればよいわけであるが、水の流動による効果は前者の方により大きく現われるものであろう。而して海水による供給がノリの要求量に達しない場合には、その海水中に含有する栄養分のうちのどれかの成分がノリの生育を制限する因子となりその生育を阻害するものと考えられる。MUNKら⁵⁰⁾は植物体を長さ l cm・巾 d cm・厚

さ w cm の薄い plate と考え、この植物体が定着し、周囲の海水から q gr/sec の速さで栄養分を吸収する場合、その海水が栄養分 ϕ gr/cm³ を含有し、 d にそって流れるものとし、その時の必要な流速 v cm/sec を理論的に導き出し次の式を与えている。

$$v = \left(\frac{2q}{s} \right)^2 \frac{1}{\phi^2} \frac{d}{k^1} \quad \left(\text{但し } s \text{ は両面の表面積 即ち } 2ld \right. \\ \left. k^1 \text{ は拡散の常数、水では } 4.5 \times 10^{-6} \right)$$

この式によれば所要水流は海水中の栄養分の量の自乗に逆比例するもので、例えば海水中の燐の含量が 1 γ /L から 0.5 γ /L に減じると、 $q/s=10^{-10}$ gr/sec \cdot cm²、いま $d=4$ cm の形の藻体を仮想した場合 1 γ /L (即ち $\phi=3.1 \times 10^{-8}$ gr/cm³) では $v=37$ cm/sec となるが 0.5 γ /L では $v=150$ cm/sec となると計算している。即ち制限因子についてはこれに類する必要水流が存在することになるものである。しかしこれは藻体を模型的に考え、その生理的機構についての考慮を払っていないから実際の栄養分吸収状態とは異なるものと思われる。生理的な面を考慮しなければならない例として P³² を tracer として使用し水流の違いによって燐のノリ葉体への吸収が如何に相違するかをみるため行った 2 回の実験の成績を示すと Text-fig. 13 のようになる。これによってみると水流の速いものほど明らかに P³² の吸収



Text-fig. 13. Effect of water current upon absorption of P³².

量が多い。しかし P 吸収時間 (即ち培養時間) の短いもの (実験 I では 3 時間、実験 II では 2 時間) ではある程度以上流速が速くなると殆んど吸収量が相違しない (実験 I では 10 cm/sec 以上、実験 II では 20cm/sec 以上)。この理由は流速が速くなり P³² のノリ葉体への接触が頻繁であってもノリの P 吸収能力が生理的な限度以上には發揮出来ないためと考えられるもので、必要以上の供給が行われているものと言えよう。富栄養の場合に水流が比較的遅くとも充分効果があつて、それ以上速いものと生育が余り変らない事実も同様の現象であると考えられる。(VII) 節の成績によると富栄養の場合の培養実験では 5cm/sec と 30cm/sec とが殆んど生育に相違がない。)

以上水流のノリに対する生理的意義について種々の角度から考察をほどこしたが、要するに水流はノリに対する栄養分の供給を円滑にし細胞内における老廃物の蓄積及び海水の pH 上昇の排除を促進するものであって、実際には後者の作用は前者にともなっていられ余り顕著なものではないと推論した。

なお海水の流動それ自体がノリの生育にとって刺戟的乃至触媒的作用があるのではないかと考えられるが、これに対する考察の資料は遺憾ながら全く持合せていない。しかし (VI) 節において孢子発芽期の水流の意義として考察したように、少くともこの時期には水の流動はノリにとって栄養分の補給よりは刺戟的作用の方が大きいものではないかと考えられる。いずれにしても今後に残された興味深い問題である。

(X) 水流の漁場における意義

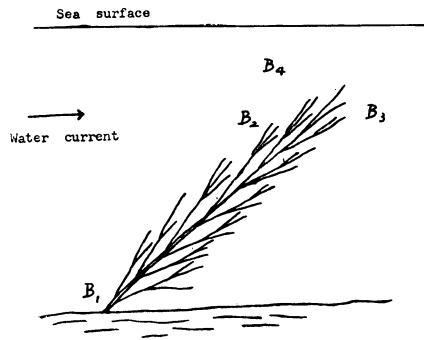
(VII) 節に述べたように水流の適度を培養実験的に探究した処によると、孢子着生期には 7cm/sec 附近、その発芽期には 25cm/sec までの範囲、生育期には普通の海水であれば 20cm/sec を中心とし 15~30cm/sec の程度にあるものと見られる。而してその作用は孢子着生期には篋に対する孢子の接触の機会を多くし、発芽期には単孢子の放出着生を助長し、生育期には栄養分の補給を主とするものであろうと推論した。これらの水流に対する知見をもととして漁場における水流の意義を考察しておくことは、これを産業面に応用する場合に重要であるからこれについて簡単にふれる。

漁場においてノリが受ける水流の影響は、培養実験で行ったように局限された容器の中で一定に設定された流速の水流を受ける場合とは異り、時々刻々変化するいろいろの種類の水の影響を受けているものと思われる。よって漁場においては、水流を水の交替乃至流動と解釈し、松平⁴⁵⁾の見解のようにノリ葉体表面に接触した水量とみなすこともできる。しかし接触する水量とみなす場合にはその量を接触水の積分で表わさなければならないから、数値的に正確に知ることが困難であって流速によって示す方が容易である。しかしこれによると局所的な表示にとどまることはまぬがれない。

今海水流動の種類を考えるに、海流・潮流・風波浪などがあげられるが、この中海岸近くには漁場をもつノリ養殖では海流の影響を受けるものは少く、特に瀬戸内海では海水流動の最も大きなものは潮流である。これによって海水全般の移動が行われ、漁場の水流を流速として表示する場合には主としてこれをさしていることになる。潮流は浅海においては流向もある時間内は比較的一定で、培養実験によって設定し得た水流、特に円運動式のものにはこれに近いと思われる。しかしその流速は漁場では局所的に最も変化を受けやすく、深さによっても変り、地形によっても相違し、篋その他障害物によっても増減する。例えば Text-fig. 14 のような女竹篋の附近の流速をプライス流速計で測定した状況を示せば、Table 35 のように篋の近くではその影響を受けない場所の約 1/3 となり、しかもその部位によって複雑な異同をみせている。このように篋など障害物に接近した部分では海水の流速が甚だしく削減されるので、若し篋が孤立していると篋の附近には流速計に感じない渦流が生じ水流が比較的遅くとも海水の交替が行われノリの生育を阻害しないが、密植していると渦流をも妨げられていわずゆる密植の害が部分的に著しく強調されると想像される。この潮流の障害物による流速の減退は、漁場の開発に当っても常に念頭におかなければならない事項で、篋の建っていない時期に潮流調査を行い冬期篋を建て込むと全く様相の変化することはしばしば経験する

Table 35. An example of actual survey upon the change of velocity of water current by an obstacle.

Observation position	Observation part	Velocity of current
A Depth of water ca 2.5 m	Bottom	27.1 (cm/sec)
	B ₁	12.8
	B ₂	20.6
	B ₃	12.5
	B ₄	31.8
	Surface	30.6
B Depth of water ca 2.0 m	Bottom	24.2
	B ₁	11.7
	B ₂	12.8
	B ₃	26.1
	B ₄	39.4
	Surface	33.6



Text-fig. 14. Parts of observation of water current near a Japanese medake-hibi. (a bamboo stick for attachment of Nori-fronds)

処である。従って培養実験において得た普通の海水における最適水流 15~30 cm/sec のみを基準として漁場の水流を格付けすることはできない。実際の漁場においては、水流が迅速に過ぎてノリが切れるなどの害をうけることは稀であるから潮流は一般には速いほどノリには好都合である。しかし潮流はある時間内は一定方向に流れるものであるから、円運動式培養装置の場合指摘したように速すぎるとノリ葉体が振れて受光面乃至海水接触面をせばめて生育を阻害することがある点には注意を要する。

漁場における潮流についてノリ養殖上今一つ注意せねばならぬことは憩流(たたえ)の現象である。一般に内海では漲潮及び落潮の転流時に殆んど海水は停滞するが、海域・地形によってはかなり長い時間そのままの状態を呈する場所がある。例えば笠岡湾に近い地点で、平時 50cm/sec の潮流を示しながら急に 8cm/sec 以下の停滞を一潮時 5 時間記録する観測を行ったことがある。よってこれに関連し、12 時間(1 潮時)の中 4 時間及び 6 時間運動を停止し、その余の時間には所定の流速を与えて円運動式培養実験を行ってみた (Table 36)。その成績によると 6 時間の停止即ち滞流によってノリは 2 週間の培養実験にも耐え得ない害作用を受け、4 時間の停止であっても一般に適度の水流に近いと思われる 20cm/sec ではまだかなり著しい生育阻害を受け、27cm/sec に至って漸やく順調な生長を示している。ただしこの実験では影響の差異を大きく出させるため、ノリ葉体を多くし培養水温を高くし

Table 36. Growth of Nori-frond under stagnant water current.
Exp. I (streamed for 8 hrs., and stopped for 4 hrs.) (exp. 3~17, Feb., W. T. $12 \pm 1^\circ\text{C}$)

Velocity of current (cm/sec)	Area or fronds		
	Before culture (cm ²)	After culture (cm ²)	Growth rate
27	237.1	430.5	27.7
23.5	432.0	495.2	14.7
20	422.5	464.0	9.8
16.3	426.8	457.7	7.2
13	426.8	452.0	5.9
9.3	356.7	376.5	5.5

Exp. II (streamed for 6 hrs., and stopped for 6 hrs.)

Nori-fronds cultured in less than 15cm/sec water current are injured on the margin of frond into a reticulum in 3~4 days. And after a week, color of the middle portion of fronds also fades and loses entirely its vitality. Others maintain their vitality longer, but none continue 2 weeks' life.

ているから結果が明瞭になっており、また実際の漁場では波浪などのため攪乱がおり、海水の流動が全く停止したまま 4 時間も続くことはあり得ないが、水流の停滞が比較的長い場所ではこれに類する障害を受けているとみなさなければならない。

潮流についてなお注意すべき事項としては、Table 35 の表層と底層の観測値にもあらわれているように深さによる流速の相違で、一般には表面または少し下が最強で浮筏ではこの水層をえらぶ管理も考慮すべきである。また潮流による海水の交替は周期をもっており返されているため、地形によっては同じ水塊があまり組成が変わらず往復していることもあり得るから、このような漁場では栄養分消耗による密植の害も考えられるので留意せねばならないが、考え方によっては施肥が有効に行える場所とも言えよう。

潮流に次いで海水の流動として大きなものは風波浪であって局所的な海水混合攪拌という意味では潮流に勝るものではないかと考えられる。極端に言えば常に一定の風波浪を受けることができれば、ノリは潮流のような一定方向の流れがなくとも却って周辺の海水の交替は良好であり、葉体も拡がり受光面が比較的大となり、ノリにとって好適な環境を得るものと言える。特に表面浮游を行わせる浮筏においてその効果は大きく、浮筏がノリの生育に良好とされる理由には太陽光線を多量に受ける利点と同時に、この風波浪による海水の交替の好影響があげられる。しかしこの影響及び強さも的確に数値的に表示することは困難である。而して風波浪の強さの限界はノリの切断されて流失しない程度であれば強いほど良いわけであるが実際にはこのような風波浪に耐える装置の作製が問題となる。いずれにしても風波浪は常に一定の適度が維持されるとは限らないので漁場選択要素としては一般的ではないが、ある地方では冬季特有のものもあり、また筏の管理上には常に考慮を払わなければならない重要な要素である。

更にノリに接触する海水の交替として対流及び拡散があげられるが、漁場構成の重要な要因とは言いがたい。しかし水流の効果も最終のノリ自体との関係においては対流及び拡散の作用を助長していると言えるもので、これによってノリと海水の間に栄養分・老廃物の授受が行われると考えられる。これもまた測定して数値的に表示することのむづかしい要素である。

海水の流動にはこれら以外にも厳密な意味ではいろいろの種類があるが、ノリの生育に大

大きく影響を及ぼすものとしては、以上を主要なものとする。例えば漁場の開発にあたってはまず潮流の流速を測定し、次に冬季の風波浪の強弱を考慮して漁場としての適否を検討する。勿論上来述べ来たように、ノリの生育にとっては種々の環境要素が相関連して影響を及ぼすものであるから、海水の流動のみでなくこれらすべてを考慮の中に入れて漁場構成条件を検討しなければならない。このようにして内海のノリ漁場を開発した試験の中、水流を漁場構成条件中特に重視して行ったものを水流の漁場的意義を実際に生かした一例として次にかかげる。

〔陸水流入の少い漁場の開発試験〕

内海ではノリの生育にとって比較的高水温で養殖を行っているものであり、しかも海水中の栄養塩類特に窒素源の変動が大きく冬季その不足をきたす水域が多い。そのためできるだけ水温が低く栄養源の供給が豊富な場所をえらぶこととなり、従来は多少比重低下の危険をおかしても川裾に発達してきたものと思われる。而してこれらの欠陥を補うため特に海水の迅速な交替を必要としている。即ち内海ではその海況の特性からノリ生育に好適な環境条件に照応するためには、漁場には次のような条件を具備することが必要である。

水温について：冬期には水温より気温の方が低いから干潟乃至水深の浅い場所で、海水ができるだけ流動放冷されて水温の低下すること。

栄養源について：外洋からの供給は望み得ないので陸水により補給されることとなるが、比重の甚だしい低下は不適當であるから水量が少く、しかも栄養源を豊富に含む陸水の流入が望ましい。そうでなければ、地形的に陸水・海水の攪拌混和のできるだけ完全に行われる水域であること。

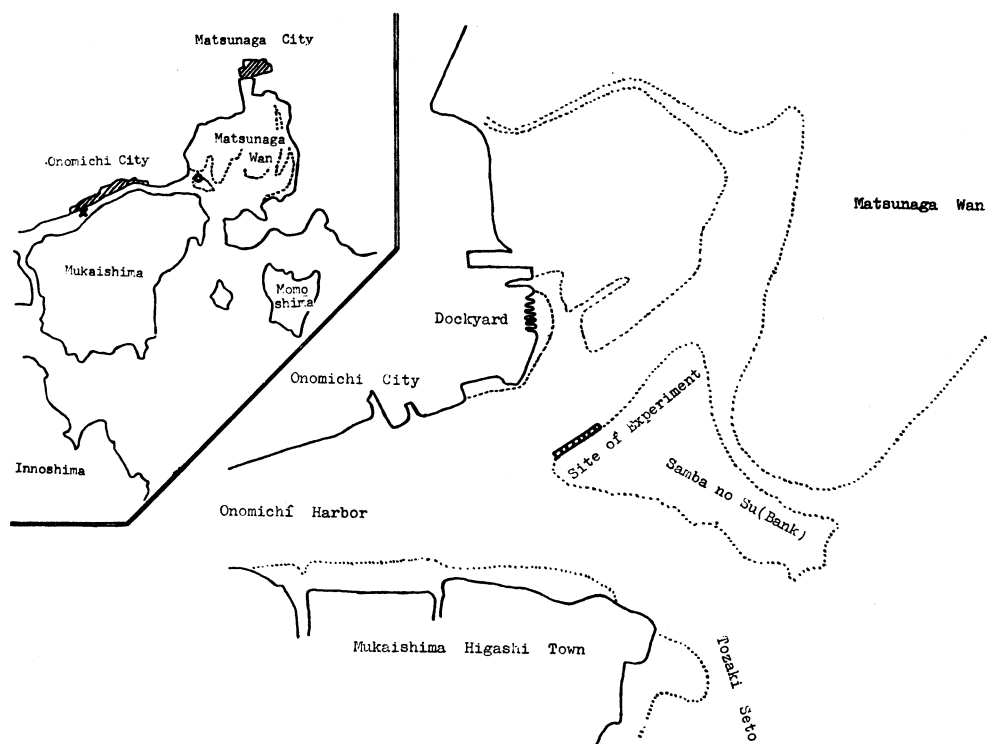
水流について：高水温・貧栄養海水の欠陥を補うためには必須の条件であり、海底に凹凸のある浅海・内湾・島嶼の間・濠筋・河川口のように適度の水流の生じる場所乃至波浪の比較的強い海域など、海水の流動はげしくしかもそれが継続すること。

光について：冬期には光に対する考慮は殆んど払う必要がないが、水温が比較的高く貧栄養海水である関係から春期には弱い方がよい。そのためには適度の混濁が有効の場合もある。

これらの漁場構成条件を目安として内海における漁場開発を行うものであるが、勿論各要素の間に条件としての軽重があり、内海では 水温：栄養源：水流：光＝35：35：20：10 の程度の比率を念頭において候補地をえらべば適當ではないかと考える。

ここにかかげる尾道水道における試験は 1951～1952 年に行ったもので、陸水の影響がなくとも水流の迅速な水域における漁場開発例として企画したものである。このような水域は内海のノリ養殖場に対する従来の通念では全く漁場としては想像もできない新しい場所であって、若しここでノリの生育が正常に行われるものとなれば、内海沿岸には島嶼間などにこれに類似の海況をそなえた場所が広範囲に見出し得るものである。

まず立地条件について述べるにこの地は Text-fig. 15 に示した通り淡水を流入する河川が殆んどなく、ただ広大な松永湾の海水が狭隘な尾道水道に向って干満にともなって漲退している処で、かなりはげしい水流を生じる。しかし底質が砂礫であるため海水は比較的澄明で、冬期の水温は松永湾の干潟の影響を受け外海備後灘の水温よりはやや低い川裾の漁場である一般の養殖場ほどには低下しない。上述のように河川の流入が殆んど皆無なので海水中の



Text-fig. 15. Site of experiment in Onomichi.

栄養分は決して多量ではないが、沿岸の尾道・松永両市の影響によるものか外海に比較するとやや多いようである。

次に開発試験の手順として、夏から秋にかけて数回試験地の潮位・水温・比重・流速・水質（栄養塩類）その他を測定する。これによって漁場の海況を知るものであるが、同時に気象統計により冬期の気温・風力・日照時間など気象に関する資料を検討する。このような調査を行った結果の一部を示せば Table 37 及び Table 38 に示す通りであるが、この試験地における最大流速が 58cm/sec にも達し 20cm/sec 以上を示す時間が 1 潮時（約 12 時間）に 6, 7 時間にも及ぶことを知り、この地が陸水の影響少く水流の速い試験地として興味あるものとして試験を開始した。

ノリ生育試験は基準となる当大学箕島浅海干潟実験所で予かじめ種子付した筵を養殖適期に移植し種々の試験筵を設定し、それらのノリの生育状態を観察し、摘採量を測定し、その成績を箕島試験地の成績と比較検討するものである。即ち 12 月 18 日 箕島試験地より 8 枚の試験筵（約 2.3m の竹を約 6mm 巾に割り、この割竹 60 本を 6cm 間隔に綱んだもの）を移植し、露出時間の試験及びこの地の海水が清澄であることを特色とするので水深に対する試験を組む。生育状態の観察並びに摘採量を測定した結果（Table 39 に一部を例示）によると、対照とした箕島試験地のものより生育は却って良好で、1 月末までの摘採量は約 2 割も上廻るものであった。また色調も黒紫色を呈し光沢においては特に優れていた。2 月中旬から表面浮游のものはやや褪せし一部切れて流れるものがあらわれたが水深 30cm 下のものにはこ

の現象がみられなかった。これは海水が清澄に過ぎ光が強くなりノリがやや弱った処へ、この土地の特色である強水流を受け一部切れたものと判断されるが、一般の養殖場でこのように水流が強過ぎて切れるものを観察することは殆んど例のないことである。しかしこの程度の生産があがれば産業的には成り立つもので、要するに冬期水温低く光の弱い間は強水流が益して箕島試験地以上の好成績を示したものと思われる。

この試験地におけるこの成果は内海のこのような陸水の影響のない場所においても適度の水流があれば、よくノリを養殖し得ることを実証したものである。ただしここにおいても内海の高水温がわざわざいし海水の澄明なることと相まって、やや盛期を短くしていると推断される。

Table 37. Oceanographic observations at Onomichi experimental ground.
[Sixth observation] (obs. 2, Dec., by tide-table low water : time 5-40, height 0.13m,
high water : time 13-15, height 3.51m)

Time	Height	Water temperature	Direction of current	Velocity of current	Note
hr min.	(m)	(°C)	(°)	(m/min.)	
1-30	2.70	Sur. 15.0 Bot. 15.0	170	18	Weather fine
2-00	2.40	Sur. 15.6 Bot. 15.4	250	25	NO ₃ -N content Surface 22 γ /L Below 2m 24 γ /L
3-00	1.80	Sur. 15.5 Bot. 15.5	250	35	
4-00	1.10	Sur. 14.9 Bot. 14.9	250	48	
5-00	0.50	Sur. 14.5 Bot. 14.5	260	45	
9-00	0.10	Sur. 14.6 Bot. 14.7	70	42	
9-30	0.25	Sur. 14.7 Bot. 14.7	70	40	
10-00	0.65	Sur. 14.8 Bot. 14.7	70	48	Current strong at water route
10-30	1.00	Sur. 15.1 Bot. 15.1	70	58	(NO ₃ -N content of first observation (19, July) —13 γ /L)
11-00	1.30	Sus. 15.8 Bot. 15.8	70	57	
11-30	1.70	Sur. 16.0 Bot. 16.0	70	55	
21-00	2.10	Sur. 16.5 Bot. 16.5	70	52	
12-45	2.45	Sur. 16.5 Bot. 16.5	70	48	
13-25	2.65	Sur. 16.5 Bot. 16.5	75	50	NO ₃ -N content Surface 28 γ /L Below 2m 28 γ /L
14-00	2.70	Sur. 16.6 Bot. 16.5	80	45	
14-10	2.70	Sur. 16.6 Bot. 16.6	80	27	Flood
14-30	2.68	Sur. 16.5 Bot. 16.3	80	17	
15-00	2.55	Sur. 16.2 Bot. 15.8	85	11	

Table 38-1. Water temperature and specific gravity in winter at Onomichi experimental ground.
(Observation by Onomichi-branch of Naikai regional fisheries research laboratory,
mean of 5 yrs., observation position is X in Text-fig. 15)

Month	Decade	W. T.	Sp. gr.
Dec.	first	15.4 (°C)	1.0236 (ρ_{15})
	second	14.2	1.0236
	last	13.4	1.0240
Jan.	first	12.1	1.0240
	second	11.2	1.0240
	last	10.6	1.0240
Feb.	first	9.7	1.0238
	second	9.8	1.0240
	last	9.8	1.0242
Mar.	first	10.2	1.0241
	second	10.6	1.0242
	last	11.3	1.0242

Table 38-2. Meteorological data of Onomichi experimental ground in winter.
(Observation by Matsunaga Meteorological Observatory, mean of 5 yrs.)

Month	Decade	Air temp.	Duration of solar radiation	Velocity of wind
Dec.	first	7.9 (°C)	6.3 (hrs)	1.8 (m/sec)
	second	6.5	5.8	2.5
	last	8.0	3.3	2.2
Jan.	first	4.7	4.8	2.5
	second	4.0	4.2	2.6
	last	4.6	4.4	2.7
Feb.	first	2.9	4.4	2.6
	second	4.0	3.0	2.5
	last	5.3	4.0	2.3
Mar.	first	5.9	3.8	2.2
	second	7.8	7.1	2.8
	last	7.3	5.7	2.9

Table 39. Crops of Nori at Onomichi experimental ground.
(Result of the growth experiment which shows the effect of sinking Nori-hibi into water in various depths.
Compare with those of Minoshima experimental ground (in Fukuyama Nori cultural ground)).

Experimental ground	Depth of sinking	Date of harvest	
		11, Jan.	29, Jan.
Onomichi	Surface	1,009 (gr)	748 (gr)
	Below 30 cm	983	1,028
	Below 100 cm	731	738
Minoshima	Surface	695	832
	Below 30 cm	715	720
	Below 100 cm	568	672

結 語

ノリの生活は海水を外囲環境として営まれているため、直接海水の物理的乃至化学的性状の影響を受ける処が大きい。即ち海水の温度・比重・塩類含量・pH・流動・透明度などによって生育を左右される。他方またその生長は体内の代謝機能の現われであるから光による影響も大きい。これら個々の環境要素のノリに対する適性条件を明らかにすることはノリの養殖を合理的に行い、技術的向上をはかる上に重要な事柄である。しかるにノリは比較的環境の変化に対する適応性乃至抵抗力の強いものであって、悪環境に遭遇しても死滅しない程度のまま生存をつづけるから（III）に例証）環境要素の適度は他の要素の条件と相まって決まってくるものである。このような環境要素のうち海水の流動 即ち水流がノリ養殖上その漁場構成要因として重要であり、特に瀬戸内海のノリ漁場では重視すべきであることを認め（I）記述）、しかもこの方面の研究に殆んど手がつけられていないので、水流のノリ生育に対する適度及び意義を究明しようとはかった。この研究遂行に当たっても、他の環境要素特に水温・栄養塩類をもあわせて考察をほどこさなければその一面を解明し得るに過ぎないとの見解をもつに至り、これらの要素の適度をも検討しながら（IV）（V）記述）水流とノリ生育との関係を培養実験的に追究した。即ち培養実験的には普通の海水であれば流速 20cm/sec 前後を適度とするが、栄養分の多い場合には 10cm/sec、少ない場合には 30cm/sec、水温においても高ければ速く、低ければ遅くとも生育にさし支えないことを明らかにした（VI）（VII）記述）。これは思うに、水流のノリに対する作用は栄養分の補給を主とするものであって海水中の栄養分の多少によってその及ぼす影響が異り、水温の高低によって代謝作用の盛衰が変わるから水流の適度にも差が生じるものであろう。更に水流の意義について論及するならば、概念的には水流の作用として栄養分の補給と老廃物の排除が考えられるが、諸種の角度から実験を行い考察を施こした結果、栄養分の補給を第一義とし、老廃物の害作用はノリ細胞内から海水中に排出されて後には顕著でなく、却って炭酸消費による pH の上昇が有害であるので、その排除には栄養分補給に要するほど強い海水の流動は要しないとの推論に達した（IX）記述）。なお海水流動の意義はノリ生育の初期即ち孢子着生期及び発芽期においては生育の場合とやや趣を異にし、主なものは孢子着生期には着生物（筵）への接触の機会を多くし、発芽期には栄養分の補給のほか一種の刺戟作用によって単胞子の放出並びに伝播を良好にするものであろうと考える。従ってその適度も生育の場合とはやや相違し培養実験的には前者では 7cm/sec 程度、後者では 7~25cm/sec までとなった（VI）記述）。勿論これらいずれの場合にも、野外においては培養実験以上に海水の流動による洗滌作用、即ち海水中の浮遊物・微生物などの筵への附着を機械的に除去する作用も見のがせない。この様にして水流を主としその他の環境要素のノリ生育に対する影響を明らかにし、これによって得た知見をもとにして従来海況的な欠陥からノリの養殖は川裾に限定されているとみなされていた瀬戸内海（I）記述）においても、適当な水流を得れば陸水の流入のない水域が漁場として開発可能であることを実証した（X）記述）。なおノリの生育にとっては光の条件も重要であるが、実際の養殖上では光は漁場的要素というよりは時期の推移の上にあらわれる変化が大きく、その適度はノリの生理状態・水温・栄養塩類など他の要素の変動によって強く影響を受けるから、若し光を人為的に調整できる場合には、これらの条件もあわせて考慮しなければならない。（VIII）記述）。

終りにこれら互に関連してノリ生育に及ぼしている各環境要素の間の影響の関係をまとめてあらわしてみると Table 40 のようになる。これは上述の成績と年来の観察をもとにして試みた一つの案であって、複雑な生物の生命現象であるから例外的な現象も多く、また今後研究の進むにつれて修正されるべきものであるが、各環境要素の変動に対応するノリ生育状態の変化を知る一つの目安として敢えてここにかかげた。表の示す意味はある温度の漁場に

Table 40. Mutual relations of favorable conditions in water temperature, light, nutritive source and water current upon the growth of Nori.

Water temperature	Light ¹⁾	N-source ²⁾	Water current ³⁾	Growth state of Nori-fronds	
Low (4~7°C)	Weak	Abundant Scarce	Weak Medium	Excellent Excellent	...① ...②
	Strong	Abundant Scarce	Medium Medium~Strong	Excellent Rather stiff	...③ ...④
Medium (7~10°C)	Weak	Abundant Scarce	Weak~Medium Medium~Strong	Excellent Ordinary	...⑤ ...⑥
	Strong	Abundant Scarce	Medium Strong	Ordinary Tends to fade	...⑦ ...⑧
High (10~13°C)	Weak	Abundant Scarce	Medium~Strong Strong	Color tone rather good Color fades, and stiff	...⑨ ...⑩
	Strong	Abundant Scarce	Strong	Nearly declines Declines	...⑪ ...⑫

Note : 1) Light—'strong' means that of early spring; 'weak' that of winter.
 2) N-source—'abundant' means the eutrophic condition; 'scarce' that of the ordinary open sea water.
 3) Water current—'strong' means the velocity of ca 30 cm/sec; 'medium' ca 20 cm/sec; 'weak' ca 10 cm/sec.

おける、ある時期（光であらわされる）に海水中の栄養分が多いか少いかによって水流は強くなければならぬ（強の場合）、もしくは弱くともよい（弱の場合）ということであらわそうとしたもので、更にそうあった場合のノリの呈する生育状態をも推測して示した。例えば、瀬戸内海の従来のノリ養殖場の環境は冬には⑥で、春先になると⑫となりノリが衰滅する。朝鮮大也島のような場合には、冬は②で、春先にも⑧の程度となり中々衰滅しないし比較的色調の良いノリを産する。東京湾では冬には⑤とみなされる。若し光線の調整が可能となり施肥が技術的に管理できるようになれば、⑨乃至⑩のような状態でかなり水温の高くなるまでノリ養殖を延ばすことができるものとなろう。勿論天然では病害の発生など他の障害があり、上記のみで律することはできないが一つの傾向を示し得るものとする。なお附言すれば、現在これらの環境の悪化に対処し得る管理技術としては露出操作の調整が最も有効である。また各要素のノリ生育に及ぼす影響の強弱については、瀬戸内海では

$$\begin{aligned} \text{水温：光：栄養分：水流} &= 30 : 10 : 35 : 25 \\ \text{若しくは} &= 35 : 10 : 35 : 20 \end{aligned}$$

の程度の比率を目安として、環境の適否を検討してよいのではないかと考える。

筆をおくに当り、本研究の遂行について終始ねんごろなる御指導をたまわった富士川瀧先生に衷心より感謝し、報文作成に際し、御教示をおおいだ森高次郎先生、御忠言をたまわった新崎盛敏博士、御協力いただいた当学部滝巖教授、小山治行助教授に深謝する。また実験

並びに試験にたづさわった旧朝鮮総督府水産試験場製造部の職員諸氏並びに佐藤孜郎・佐藤美和両氏をはじめ当学部水産化学教室の諸氏に謝意を表す。なお海況の数値について御指示にあづかった当学部西田敬三元教授，内海区水産研究所井上明・村上彰男両氏，東北大学松平近義教授，大分県豊後高田水産試験場小形国三氏，岡山県水産試験場畑宏氏，その他引用をかたじけなくした原著者の方々に心から謝辞を呈する。

(本報文は紙数の都合により論述に重点をおき実験方法の詳細乃至結果の吟味などを簡略にしたこととお詫びし，疑問があれば直接御質問たまわるようお願いいたします。)

SUMMARY

The laver, *Porphyra tenera*, 'nori' in Japanese, is extensively cultivated in Japan, where dried laver, prepared in the form of thin sheets, is beloved as a delicacy and one of the most popular foods. In many coastal areas of the country, inhabitants earn important part of their livelihood by engaging in the culture industry of this seaweed. The laver farms are distributed along the Pacific coast, and generally located in bays and inlets, but especially in the Seto Inland Sea, they are limited to the estuaries at the mouths of rivers. The growth of laver is affected by such various environmental factors as water temperature, salinity, nutrient contents of sea water, etc. The author investigated into the reason why the laver farms in the Seto Inland Sea are located exclusively in estuaries by comparing the hydrographic conditions of these farms with those of the laver farms in Korea, in which country the laver farms are mostly located in those inshore waters where no stream empties. It was recognized through this investigation that, in the Seto Inland Sea, the growth of laver is controlled by water currents no less than by water temperature and nutrient contents of water.

The author then studied the effect and the optimal range of each of the important environmental factors by carrying out culture experiments mainly in the laboratory and partly in the field. The results of these studies are summarized below.

(1) In the Seto Inland Sea, environmental conditions of the offshore waters are unsuitable for the growth of laver, because water temperature is relatively high (about 10°C in the winter or the peak season of laver's growth) as compared with the optimal temperature range for this seaweed (i.e., 6–10°C), and because the concentrations of nutrients in sea water are rather low and very changeable (Tables 1,3,4,5, and 6). In contrast, in estuarine waters, water temperature drops in the winter, water is rich in plant nutrients which are supplied by the river water, and moreover, water currents of favorable velocities are developed (Tables 7,8, 9 and 10). It is in these waters that laver farms are located.

(2) When water temperature is high, growth of laver is greatly affected by water current. Water currents transport nutrients to, and remove excreted metabolites from laver fronds.

(3) In estuaries laver fronds are exposed to changing salinities. When laver fronds are experimentally exposed to a sudden change of salinity, their growth is accelerated if the time of exposure is very short (less than 15 min.), but retarded if exposure lasts

longer (Table 12 and Text-fig. 3).

(4) It was found, through the transplanting experiments from the Seto Inland Sea to Korea and between the localities in Korean waters, that laver is rather tolerant to the changes of environmental conditions (Tables 13 and 14).

(5) The velocity of water current suitable for the growth of laver ranges from 15 to 30cm/sec, but the optimal velocity varies in relation to other environmental factors as well as the condition of laver frond (Table 17) as indicated below.

(i) Optimal range of current velocity is narrow for young fronds, but becomes wider for older fronds (Table 17). When fronds are growing thick, they require rapid currents of velocities nearly 30 cm/sec (Tables 18 and 19).

(ii) 7 cm/sec is the most suitable current velocity for the spores to attach. After attachment, however, growth is equally good within the velocity range from 7 to 25 cm/sec (Text-figs. 7 and 8).

(iii) Rapid water currents have ill effects upon the growth of laver frond at low salinities; at the specific gravity (ρ_{15}) of 1.018, optimal velocity is 20cm/sec (Table 20).

(iv) Optimal current velocity for the growth of laver varies very markedly according to the nutrient contents of sea water. It is about 20cm/sec in the ordinary sea water, but greater velocities (nearly 30cm/sec) are required if the concentrations of nutrients are lowered by diluting ordinary sea water with the NaCl solution of the same salinity. If ordinary sea water is enriched by adding nitrates and phosphates, water flow of 15cm/sec is sufficient for the best growth of laver. In the sea water enriched by adding ripe manure, laver fronds grow equally well over the velocity range from 5 to 20 cm/sec (Table 21).

(v) At favorable temperatures (below 10°C), the range of suitable current velocity is wide (i. e., from 10 to 30cm/sec). When water temperature is relatively high (10~14°C), especially when nutrients are not available in sufficient amounts, rather rapid current (30cm/sec) is need. Laver fronds do not survive longer than 2 weeks at the water temperatures over 16°C (Text-fig. 9).

(6) Growth of laver frond is affected also by light intensity. The growth increases with the increase of light intensity up to 10,000 lux, although the rate of the increase differs according to the light source (i.e., the spectrum of incident light). However, it seems that there exists an upper limit of suitable light intensity. This is inferred from the results of the growth experiment in which laver was cultured at different water depths throughout the growing season: the growth was best near the surface in December and January, but the zone of best growth moved downwards as the sun light became stronger with the further progress of the season (Tables 23, 24 and 25).

(7) The roles that water current plays in controlling the growth of laver are considered on the basis of the results of various experiments.

(i) As was shown in Section VII of the text and mentioned in summary (5) (iv), water current of nearly 30cm/sec is necessary for the maximum growth of laver frond if concentrations of plant nutrients are low in sea water, while a current only 5cm/sec is sufficient if the concentrations of nutrients are high. It seems therefore that the lower limit of the current velocity that is necessary for the maximum growth

of the frond depends on the nutrient contents of sea water. On the other hand, it seems that there is an upper limit of current velocity which the laver frond can tolerate physiologically. Water currents faster than this limit do not have favorable effect upon the growth of the frond (Text-figs. 12 and 13).

(ii) According to the results of the experiments in which laver fronds were cultured in the medium which presumably contained the external metabolites of this seaweed in excessive concentrations, it appears that the metabolic wastes of the laver, once liberated into the sea water, do not have any harmful effect upon the growth of the frond (Table 26). The culture medium employed in this experiment was the one in which laver fronds had been cultured in high densities; after these fronds were removed, the medium was enriched by adding nitrate and phosphate and used for the experiment.

(iii) When laver fronds are cultured without renewing the culture medium, their growth is retarded. The harmful effect of such a culture condition is ascribable to the deficiency of plant nutrients, the rise of pH and the growth of bacteria and other microorganisms, rather than to the accumulation of laver's metabolic wastes. The rise of pH, which is particularly remarkable (Text-fig. 11), is probably due chiefly to the consumption of carbon dioxide as a result of photosynthesis rather than to alkaline substances which laver fronds may excrete (Table 29).

(iv) It is concluded from the foregoing evidences that, from the viewpoint of the growth of laver, the major function of the water current is to transport dissolved plant nutrients to the fronds, that current velocities of 10~30cm/sec are needed for this function to be fulfilled, and that water currents of such velocities automatically accomplish such other beneficial functions as checking the rise of pH, removal of metabolic wastes, etc.

(8) It was deduced from the foregoing results that in the Seto Inland Sea commercial laver culture need not be limited to estuarine waters and that other parts of the Sea can also be utilized as laver farms if there is suitable water current. In order to test the validity of this idea, laver culture was conducted on an experimental scale in the Onomichi Suidô (Text-fig. 15) where the inflow of fresh water is very limited and commercial laver culture had never been attempted. According to our preliminary survey, the meteorological and hydrographic conditions of this strait did not appear unsuitable for the growth of laver. The results of this experimental culture indicated, as expected, that laver can be cultured commercially in this strait (Table 39).

(9) The over-all results of the present study are presented in a condensed form in Table 40. This table shows how the variations in the four important environmental factors (i.e., water temperature, dissolved nutrients, illumination and water current) affect such qualities of the laver frond as color, luster, toughness, flavor, etc. In addition, the relative importances of these four environmental factors are evaluated from the viewpoint of the growth of laver fronds, and the result is expressed in the form of the ratio as below:

water temperature : illumination : dissolved nutrients : water current
= 30 : 10 : 35 : 25 or 35 : 10 : 35 : 20

It is hoped that this ratio, although it is a crude approximation, will serve as a guide when one tries to select sites suitable for laver culture.

(XIII) 参 考 文 献

- (1) 岡村金太郎 (1909). 浅草海苔.
- (2) 殖田三郎 (1952). 海苔養殖読本.
- (3) 水産養殖談話会 (1957). 水産増殖, 4 卷 4 号, ノリ特集号.
- (4) SMITH, G. H. ed. (1951). Manual of phycology.
- (5) FOGG, G. E. (1953). The metabolism of algae.
- (6) HARVEY, H. W. (1955). The chemistry and fertility of sea water.
- (7) 水産試験場 (1931). 水産試験成績総攬.
- (8) 日本海洋学会 (1955). 海洋観測指針.
- (9) 中野治房 (1933). 植物生理及生態学実験法.
- (10) 須田皖次 (1938). 海洋科学.
- (11) 中野猿人 (1940). 潮汐学.
- (12) 岸春雄 (1944). 海の化学.
- (13) 野口弥吉・菅原友太 (1954). 葉面撒布に関する研究.
- (14) 松井秀三郎 (1916). 水講研究報告, 12 (3) : 29~35.
- (15) 斎藤光雄 (1924). 水研誌, 19 (5) : 184~187.
- (16) 藤森三郎 (1926). 有明海干潟利用研究報告, : 445~527.
- (17) 内藤新吾 (1927). 水研誌, 22 : 286~287.
- (18) 殖田三郎 (1929). 水講試報, 24 : 5.
- (19) 広島県水試 (1932). 神戸海時 2, 3, 1 号 : 545~582.
- (20) 宇田道隆他 (1933). 水試研報 : 137~164.
- (21) 富士川濂他 (1929). 朝水試報 4 : 16~89.
- (22) " (1930). " 5 : 32~125.
- (23) " (1932). " 7 : 1~135.
- (24) " (1933). " 8 : 1~131.
- (25) 三重水試 (1936). 浅草海苔発生育調査.
- (26) 松江吉行 (1936). 水会報 7 (1) : 35~62.
- (27) " (1936). " 7 (2) : 94~100.
- (28) 東京水試 (1937). 品川湾水産調査報告.
- (29) 高山活夫 (1937). 水研誌, 32 : 66~69.
- (30) 倉掛武雄 (1941). 全南水試報, 14.
- (31) 木下虎一郎 (1947). 水産科学叢書, 第2輯の1.
- (32) 神戸海洋気象台 (1952). 瀬戸内海の気象と海象.
- (33) 佐野 孝 (1952). 東北海区水研, 報 4 : 243~261.
- (34) " (1955). " 5 : 64~78.
- (35) 西田敬三 (1953). 日本海及其隣接海域の海洋調査成績, No. 1.
- (36) " (1955). " No. 2.
- (37) 野沢恰治 (1953). 水産増殖, 1 (1) : 34~36.
- (38) " (1955). 日水誌, 20 (10) : 878~880.

- (39) 大分水試(1955). 大分県水試高田分場業報(昭30年度).
- (40) 岩崎英雄・松平近義(1954). 日水誌, **20** (2) : 112~119.
- (41) " " (1954). " **20** (5) : 380~385.
- (42) 愛知水試(1954). 愛知県水試業務報告.
- (43) 花岡資・古川厚(1956). 日水誌, **22** (4) : 213~219.
- (44) 敦賀花人・新田忠雄(1957). 内海区水研報, **10** : 37~41.
- (45) 木下祝郎・寺本賢一郎(1958). 日水誌, **24** (5) : 326~329.
- (46) 岩崎英雄・松平近義(1958). " **24** (6/7) : 398~401.
- (47) MATSUDAIRA, C. and IWASAKI, H. (1953). *Tôhoku J. Agr. Res.*, **3** (3) : 27~291.
- (48) IWASAKI, H. and MATSUDAIRA, C. (1956). *Jbid.* **7** (1) : 65~83.
- (49) HARVEY, H. W. (1999). *J. Mar. Biol. Assoc.*, **23** : 499.
- (50) MUNK, W. H. and RILEY, G. A. (1952). *J. Mar. Res.*, **11** (23) : 215~240.
- (51) 内海区水研(1952~1956). 瀬戸内海水産連絡調査要報, Nos. 11~17.
- (52) 佐藤孜郎・佐藤美和・伊藤啓二・松本文夫(1959). 日水誌, **25** (10~12) : 661~666.