

屋外タンク培養によるのりの人工発病実験

—干出と病気の発生との関係について—

吉川 浩二・斉藤 雄之助

Studies on the Disease Inducing Experiments by Using a shaking Culture Apparatus of Nori (*Porphyra*) with Controlled-Atmospheric Exposure.

—On the Relationships between the Exposure and the Occurrence of Disease and its Process—

Kôji YOSHIKAWA and Yunosuke SAITÔ

The effect of environmental conditions (period of exposure, speed of shaking and salinity) on the occurrence of disease and its process of bud, young thalli and adult thalli of Nori by using a shaking apparatus of Nori with controlled-atmospheric exposure was tested.

The results are as follows:

1). As buds temperature (temperature on a group of bud) rised when air temperature got over 24°C and the period of exposure lasted long at daytime, and with the rise of sea water temperature over 20°C, buds developed into physiological damages.

2). Buds, even if the sea water temperature are normal, developed into physiological damages when the average chlorinity was between 11~14‰, or the chlorinity was about 7‰ just before exposure and right after immersion. These physiological damage became serious with the rise of sea water temperature and air temperature.

3). When the period of exposure lasted long and thalli temperature (temperature on a group of thalli) rise up during exposure, and the temperature difference was large between thalli temperature right after and after immersion, and the rate of dryness of thalli during exposure became big, young thalli and adult thalli of Nori developed into physiological damages (such as white and dead cells, redish violet spots, blackish violet spots), and these symptoms seemed to have relation to White rot.

4). When the temperature was relatively low during exposure and the rate of dryness was moderate (the rate of water content was 30~40% of thalli weight right after exposure), young thalli and adult thalli of Nori have got a little physiological damages (white and dead cells, redish violet spots, blackish violet spots).

のり養殖における病害発生と漁場環境条件は密接な関係にあるが、環境要因としては天候、風向力、気温、塩素量、水流速などの自然的条件および漁場行使法、養殖技術などの人為的条件があげられており、今日までこれらの相互関係についての検討がなされている。しかしながら漁場ではこれらの環境要因の変化が激しく、病害発生前における環境要因を把握することは甚だ困難である。従ってなるべく漁場の環境条件に近い条件下で行ない得る培養設備を用い、さらに漁場において得られた生育環境要因の変化を設定条件とした発病実験が発病要因を究明するため必要であると考えられる。

本実験はのりの発病と病害発生に關係する環境要因の抽出および相互作用の關係を明らかにして、発病機構の解明に努めることを目的とした。

材料および実験方法

培養タンクは屋外に設けられたコンクリート水槽12槽〔1.0×2.0×0.7mのもの、3水槽並び×4列〕を用い、それに水平駆動・干出装置を設置し、上屋には半透明塩化ビニール板を張った (Fig. 1)。水流の変化はタンク内でのり網が往復水平駆動するようにし、変速機により移動速度を調節することで代用した (注水による水の流れは小さいのでほぼ一定と考え、水流速としては無視した。)。また、干出については、のり網の枠を吊り下げた回転軸とモーターを取り付け、タイムスイッチにより回転軸を正・逆転させて、任意の時刻に任意の干出時間が与えられるようにのり網を上下させた。

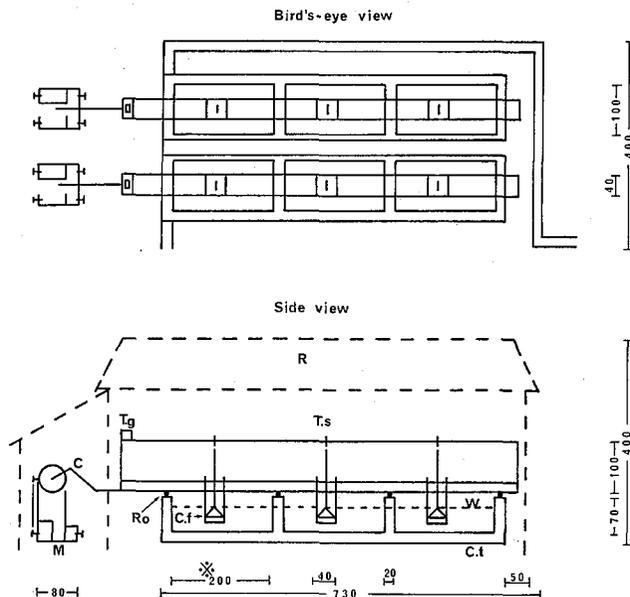


Fig. 1. A shaking culture apparatus of Nori with controlled-atmospheric exposure.

R: Roof, T.g: Turning gear, T.s: Turning shaft, C.f: Culture frame
C: Crank shaft for horizontal motion, C.t: Culture tank, W: Water level
Ro: Roll, M: Motor

* is shown in cm.

光、気温、水温については特に調節せず、また干出中の乾燥についても通常のまま行なった。

実験に用いたのりは広島湾産のもので、広島市のり人工採苗所において人工採苗されたものを屋外水槽タンク内で培養したもの、研究所地先で通常の養殖方法で育成したもの、或は葉長3~5cmで冷蔵したものを出庫して育成した葉体を実験に供したが、各実験毎に1枚(1日15×15cm)または2~5枚重ねて枠に取付け実験に供した。

1970年度における実験タンクの海水は通常深さ0.5mでオーバーフローさせて水槽内が1トンに保たれるように4l/min位注水したが、塩素量低下の影響を加えた場合には、天然の潮時にほぼ対応した塩素量が種々の変化で与えられるように干出前1.5~2時間に塩素量が低下し始め、また干出中より塩素量が上昇し始め、干出時あるいは浸漬時にはそれぞれ設定した塩素量となるよう海水および淡水(水道水)の注

Table 1. Culture conditions of bud of Nori on the experiment. (Experiments No. 1~3, in 1970)

	*	Condition of sample	Speed of shaking	Time of exposure	** Period of exposure	**** Chlorinity	Note	
Experiments No. 1	I	Sample used in all experiments were 1). made seedling on Sept. 23 and kept in culture tank without exposure till Oct. 5, 1970, 2). made seedling on Sept. 23 and kept in culture tank exposed twice a day at appointed time for 2 hrs. till Oct. 5, 1970, 3). made seedling on Sept. 29 and kept in the culture ground till Oct. 5, 1970.	10 cm/sec.	11:30~13:30 23:30~ 1:30	*** 2 hours	***** Down		
	II		10 cm/sec.	10:30~14:30 22:30~ 2:30	4 hours	Down		
	III		10 cm/sec.	11:30~13:30 23:30~ 1:30	2 hours	No change		
	IV		10 cm/sec.	10:30~14:30 22:30~ 2:30	4 hours	No change		
Experiments No. 2	I	Sample used in all experiments were 1). made seedling on Sept. 29 and kept in the culture ground till Oct. 15, 1970, 2). made seedling on Sept. 23 and kept in the culture tank exposed twice a day at appointed time for 2 hrs. and kept in the culture tank without exposed till Oct. 15, 1970.	Same as experiments No. 1					
	II							
	III							
	IV							
Experiments No. 3	I	Sample used in all experiments were 1). made seedling on Oct. 17 and in the culture ground till Nov. 5, 2). made seedling on Sept. 29 and kept in the culture tank exposed twice a day at appointed time with tide till Nov. 5, 1970.	10 cm/sec.	11:30~13:30 23:30~ 1:30	2 hours	Down		
	II		10 cm/sec.	10:30~14:30 22:30~ 2:30	4 hours	Down		
	III		10 cm/sec.	10:30~14:30 22:30~ 2:30	4 hours	No change		

* Experimental section No..

** Sample were exposed on the air twice a day at set time.

*** 2 hours at daytime and 2 hours at nighttime.

**** Low chlorinity water was obtained by mixing natural sea water with fresh water.

***** Just before exposure and just before immersion.

Table 2. Culture conditions of young thallus and matured thallus on the experiment.
(Experiments No. 4~7, in 1971 and 1972)

		Condition of sample	Speed of shaking	Time of exposure	Period of exposure	Chlorinity	Note
Experiments No. 4	I	Young thallus0.5 mm	10 cm/sec.	10:00~12:00 22:00~24:00	2 hours	No change	Net placed in 2 layers
	II	Sample used in all experiments were made seedling on Oct. 4 and kept in the culture ground till Oct. 27, 1971.	10 cm/sec.	9:30~12:30 21:30~0:30	3 hours	Cl. 17‰	
	III		10 cm/sec.	9:00~13:00 21:00~1:00	4 hours		
Experiments No. 5	I	Thallus.....3 cm	15 cm/sec.	10:00~12:00 22:00~24:00	2 hours	Same as experiments No. 1	
	II	Sample used in all experiments were made seedling on Oct. 4 and kept in the culture ground till Nov. 10, 1971,	5 cm/sec.	10:00~12:00 22:00~24:00	2 hours		
	III		15 cm/sec.	9:00~13:00 21:00~1:00	4 hours		
	IV	5 cm/sec.	9:00~13:00 21:00~1:00	4 hours			
Experiments No. 6	I	Thallus.....3~5 cm	5 cm/sec.	9:00~13:00 21:00~1:00	4 hours	Same as experiments No. 1	Net* placed in 5 layers
	II	Sample used in all experiments were made seedling on Oct. 4 and kept in the culture ground till Nov. 10, 1971.	5 cm/sec.	10:00~12:00 22:00~24:00	2 hours		Not placed in 2 layers
	III		15 cm/sec.	9:00~13:00 21:00~1:00	4 hours		
	IV	5 cm/sec.	9:00~13:00 21:00~1:00	4 hours			
Experiments No. 7	I	Thallus.....3~5 cm	5 cm/sec.	9:00~13:00 21:00~1:00	4 hours	No change	*
	II	Sample used in all experiments were Nori net's preserved in refrigerator taken out on Dec. 24, 1971 and kept in the culture ground with given exposure till Jan. 12, 1972.	5 cm/sec.	10:00~21:00 22:00~24:00	2 hours		Net placed in
	III		5 cm/sec.	no exposure			
	IV	5 cm/sec.	9:00~13:00 21:00~1:00	4 hours			

The same as Table 1.

* Increased in water temperature.

水量を調節（手動）した。

1971年度の場合は培養海水は止水とし、実験期間中は3～5日毎に硝酸ナトリウム (NaNO_3) で窒素量 100 mg/トン、燐酸第二ナトリウム ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) で燐量 10 mg/トン を補給した。

これらの実験において、実験毎に3水槽一列を一試験区 (I, II, III, IV) として扱ったが、この場合の環境条件である光、水温、気温、風向力は調節できないため、各試験区間でも、また同一試験区内でも光条件や干出中の乾燥度などに僅かの差がみられたが、試験区内の各水槽の差は少なかったので区内の差はなかったものとし、また試験区毎の差はそのまま設定条件とした。塩素量を人為的に変化させた実験においては、水槽毎でその変化に多少の時間的なずれがみられたが、変化の範囲には大差がなかったため、このずれは影響ないものと考えた。実験における環境条件の測定は気温、水温、干出中ののり温度はサーミスター温度計を用い連続観測（自記）を行ない、塩素量（2水槽のみ）は電磁式導電率計を用いた。干出中ののりの含水率の測定は枠に各々試験区毎に別にとりつけたのり重量（網糸とも）を干出直後から、干出終了時直前までの間、30分毎に上皿天秤で測ったが、干出後水滴が落下しなくなったときののり重量を（網糸とも）100とし乾燥による重量の変化で表わした。

のりの生育および病状については、実験開始時および開始後2～3日毎に各試験区毎に観察出来るように別に試料を枠にとりつけ、その後の実験条件に変化のないよう試料を採集し、各種の病状について肉眼的観察、顕微鏡観察を行い、幼芽期のものについては、150倍か60倍の視野について総個体数、異常細胞をもつ個体数、病状を観察し、幼葉期のものについては、網糸1cm間2～3ヶ所の葉体長5mm以上のものについて個体数・葉体長を計測し、病状を観察した。（5mm以下の葉体についても計測あるいは観察を行った場合もある。）成葉期のものについては、各観察毎に10～20個体の成葉について病状を肉眼的に観察した後、葉体全面あるいは1個体につき20～30ヶ所を鏡検して各種病状についての観察を行った。なお、のりの病症名については「のり病徴委員会」で発刊¹⁾されたものに基づいて記載した。

幼葉、成葉についてはエリスロシン染色による健全度の判定*を加えて実施した。

のりの生長度の測定については、生育環境調査を行った日に、前記に示した含水率を測定した時の干出30分後ののり重量を用い、実験開始時を1として、その重量比からみることに、エリスロシン染色率を調べた時に10～20枚の葉体長および巾を測定することで行った。

これらの各実験毎の設定条件は Table 1～2 に示した。

実験結果および考察

1970年9月下旬から10月上旬の間に3回（幼芽期実験1～3）、1971年10月下旬より1972年1月下旬の間に4回（幼葉期は実験4、成葉期は実験5～7）行った実験の結果について報告する。生育および病状の観察結果は Table 3～7 に、生育環境観測結果は Fig. 2～13 に示した。

1. 幼芽について

幼芽についての実験は時期および幼芽の大きさを変え実験したが各回とも器械の故障や淡水注水量の調節不能から一定した設定条件が保たれなかったが（それが特に影響はしないが）、支障のなかった時期のみについて検討した。

塩素量を変化させずに干出時間のみを変化させた場合についてみると実験1では、4時間干出では2時間干出に比べ成長がやや遅く、障害率は高くなってきており、障害を受けた個体には、多くは根部の細胞が死んでいるものが多かったが、生長や障害率に大差がみられず、実験2でも体長500 μ 位の芽およびや

* エリスロシン染色率による障害の判定法、Erythrosin ($\text{C}_{20}\text{H}_6\text{I}_4\text{Na}_2\text{O}_5$) はフタレイン染料の1つでトラヨードフルオレッセインにより死細胞およびある程度以上の障害（病害につながるような）を受けたのり細胞が赤く染色されるのを応用してのりの健康度を判定する方法で、染色細胞/全細胞数を百分率で表わした。

Table 3. Results of observation on bud and young thallus by microscope. (Experiments No. 1~3, in 1970)

Experimental section No.	Culture tank No.	Experiments No. 1				Experiments No. 2				Experiments No. 3		
		Oct. 6 Start	Oct. 8 After 2 days	Oct. 12 After 4 days	Oct. 15 Start	Oct. 17 After 2 days	Oct. 19 After 4 days	Oct. 22 After 7 days	Nov. 5 Start	Nov. 8 After 3 days	Nov. 10 After 5 days	
I	1	* 48 ** 0 ***138	0 100 —	0 100 —	— — —	85 22.3 500	116 77.6 —	83 84.3 —	— — —	— 8.3 875	132 36.2 —	
	2	9 0 50	0 100 —	0 100 —	282 — 500	99 76.8 500	— — —	— — —	— — —	— — 11300	— — —	
	3	93 10 ****3.8	0 100 —	0 100 —	— — —	15 86.7 875	11 100 —	2 100 —	— — —	— — —	— — —	
II	1	100 16 137	0 100 —	0 100 —	— — —	246 14.6 —	121 12.4 —	185 35.1 —	267 0 750	382 0.5 1250	339 8.0 —	
	2	148 25 85	9 75 60	0 100 —	— — —	226 49.1 —	192 61.5 —	176 64.8 —	30 — 11000	33 — 12800	17 — 13100	
	3	155 12 (4.3)	1 100 (3.0)	0 100 —	— — —	7 57.1 —	16 81.3 —	10 90.0 —	— — —	— — —	— — —	
III	1	64 7 122	64 4 218	82 7 500	— — —	89 7.9 —	253 10.0 —	259 15.1 —	— — —	430 0.7 1750	196 3.1 —	
	2	57 14 105	34 3 149	227 8 375	— — —	178 5.1 —	— — —	— — —	— — —	57 — 13300	57 — 13700	
	3	187 11 (4.1)	223 23 (7.9)	118 10 290	71 1000 —	73 21.9 —	51 29.4 —	28 96.4 —	— — —	— — —	— — —	

IV	1	Number of bud		68	14	3	56	102	49	300
		Rate of injury (%)	Size of bud (μ)							
		20	83	20	83	33	—	13.7	28.6	3.3
		136	203	136	203	150	500	—	—	—
	2	Number of bud		260	30	7	—	150	216	231
		Rate of injury (%)	Size of bud (μ)							
		10	62	10	62	14	—	15.3	12.0	3.9
		93	113	93	113	233	—	—	—	—
	3	Number of bud		132	9	14	—	9	51	24
		Rate of injury (%)	Size of bud (μ)							
		9	50	9	50	8	—	33.3	10.0	16.7
		(4.8)	(6.2)	(4.8)	(6.2)	200	—	—	—	—

* The value is shown number of bud attached on a synthetic fiber.

** Rate of injury is shown in percentage of white and dead cells to total number.

*** μ .

**** () is shown is number of cells.

Table 4. Results of observation on young thallus by microscope. (Experiments No. 4, in 1971)

Time	Oct. 27 (Start)	Nov. 4 (After 8 days)	Nov. 9 (After 13 days)
Culture tank No. 1	Healthy young thallus A slight injured young thallus	Growth Healthy young thallus A slight injured young thallus	Growth Healthy young thallus A slight injured young thallus A little groups of dead cells
Culture tank No. 2	50% 50%	50% 50%	50% 50%
Culture tank No. 3	Groups of white and dead cells, and cells with vacuole enlargement	Growth A serious injured young thallus Many groups of dead cells	Growth A slight injured young thallus A serious injured young thallus
		+	worse 10% 90%
		worse	worst 100% 90%

Table 5. Results of observation on thallus by microscope.

Symptoms	Nov. 10 (Start)			NO Nov. 12 (After 3 days)											
	I~IV			Experimental section No.											
	* M	L	N	I			II			III			IV		
1 White and dead cells at upper part of thallus	**	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100
2 White and dead cells at lower part of thallus	10	30	60	—	—	100	10	40	50	—	—	100	—	10	90
3 Dead cells with pink and blackish violet spots	—	10	90	—	10	90	—	10	90	—	—	100	—	—	100
4 Crape	—	—	100	—	10	90	—	10	90	—	—	100	—	10	90
5 Cells of vacuole enlargement	—	—	100	—	10	90	—	10	90	—	10	90	—	—	100
6 Calluses	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100
7 Number of attached bacterias	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—
Rate of injury by Erythrosin dyeing (%)	3			0			1			0			0		

* M: Many, L: Little, N: None.

** The value is shown in percentage of symptoms to total thallus.

Table 6. Results of observation on thallus by microscope.

Symptoms	Dec. 7 (Start)			Dec. 13 (After 7 days)											
	I~IV			Experimental section No.											
	* M	L	N	I			II			III			IV		
1 White and dead cells at upper part thallus	—	**	100	80	20	—	—	100	—	70	30	—	60	40	—
2 White and dead cells at lower part of thallus	—	100	—	80	20	—	—	100	—	60	40	—	40	60	—
3 Dead cells with pink and blackish violet spots	—	100	—	30	70	—	—	100	—	30	70	—	20	80	—
4 Crape	—	—	100	—	50	50	—	20	80	—	40	60	—	30	70
5 Cells of vacuole enlargement	—	—	100	—	70	30	—	20	80	—	40	60	—	30	70
6 Calluses	—	—	100	—	20	80	—	10	90	—	10	90	—	10	90
7 Number of attached bacterias	—	10	90	—	30	70	—	30	70	—	20	80	—	20	80
8 Chytrid blight	—	—	100	—	50	50	—	—	100	—	10	90	—	10	90
9 Red rot	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100
10 Green spot	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100
Rate of injury by Erythrosin dyeing (%)	13			29			12			26			28		

* M: Many, L: Little, N: None.

** The value is shown in percentage of symptoms to total thallus.

(Experiments No. 5, in 1972)

Nov. 17 (After 8 days)												Nov. 22 (After 13 days)														
Experimental section No.												Experimental section No.														
I			II			III			IV			I			II			III			IV					
M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N
—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	90	10	—	100	—	10	90	—	—	100	—			
30	70	—	40	60	—	50	50	—	40	60	—	30	70	—	30	70	—	50	50	—	40	60	—			
—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	10	90	—	10	90	—	—	100	—	—	100	—			
—	—	100	—	—	100	—	10	90	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	50	50	—	10	90			
—	20	80	—	20	80	—	20	80	—	80	20	—	20	80	—	20	80	—	30	70	—	30	70			
—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—			
—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—			
10.0			1.3			1.4			14.0			10.0			16.0			22.0			15.0					

(Experiments No. 6, in 1972)

Dec. 20 (After 14 days)												Dec. 23 (After 17 days)														
Experimental section No.												Experimental section No.														
I			II			III			IV			I			II			III			IV					
M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N
100	—	—	80	20	—	50	50	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—			
100	—	—	60	40	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	80	20	—	70	30	—	80	20	—			
100	—	—	30	70	—	30	70	—	60	40	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—			
50	50	—	10	30	60	30	40	30	20	40	40	80	20	—	20	40	40	60	40	—	70	30	—			
—	80	20	—	40	60	—	100	—	—	—	100	—	10	90	—	100	—	—	100	—	—	100	—			
—	20	80	—	20	80	10	70	20	—	20	80	—	20	80	—	20	80	10	90	—	—	20	80			
10	80	10	10	90	—	10	90	—	10	90	—	10	90	—	10	90	—	10	90	—	10	90	—			
—	10	90	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	20	80	—	20	80	—	—	100	20	80	—			
—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100			
—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100			
69			46			32			71			73			52			56			61					

Table 7. Results of observation on thallus by microscope.

Time	Jan. 13 (Start)		Jan. 17 (After 5 days)													
	I~IV			Experimental section No.												
	*			I			II			III			IV			
Symptoms	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	
1 White and dead cells at upper part of thallus	**	70	30	—	90	10	—	100	—	—	100	—	—	90	10	—
2 White and dead cells at lower part of thallus		60	40	—	70	30	—	90	10	—	90	10	—	90	10	—
3 Dead cells with pink and blackish violet spots		—	100	—	20	80	—	—	100	—	10	90	—	—	100	—
4 Crape		—	—	100	10	—	90	—	10	90	—	—	100	—	—	100
5 Cells of vacuole enlargement		—	—	100	—	80	20	—	80	20	—	80	20	—	80	20
6 Calluses		—	10	90	—	20	80	—	—	100	—	10	90	—	10	90
7 Number of attached bacterias		—	90	10	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—
8 Chytrid blight		—	50	50	—	10	90	—	100	—	—	50	50	—	30	70
9 Red rot		—	10	90	—	10	90	—	20	80	—	30	70	—	—	100
10 Green spot		—	—	100	—	—	100	—	10	90	—	20	80	—	—	100
Rate of injury by Erythrosin dyeing (%)		38		43			50			65			59			

* M: Many, L: Little, N: None.

** The value is shown in percentage of symptoms to total thallus.

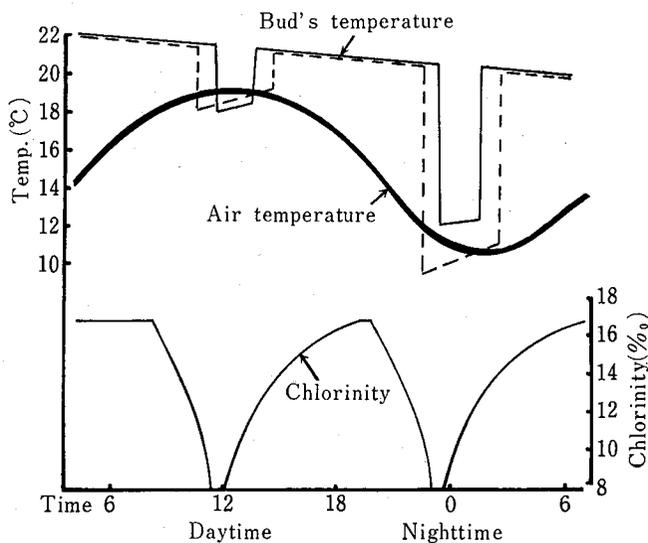


Fig. 2. Diurnal change of chlorinity and temperature of bud.
 — Exposure of 2 hours, Exposure of 4 hours

(Experiments No. 7, in 1972)

Jan. 20 (After 8 days)												Jan. 25 (After 13 days)											
Experimental section No.												Experimental section No.											
I			II			III			IV			I			II			III			IV		
M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N
80	20	—	90	10	—	100	—	—	80	20	—	100	—	—	50	50	—	100	—	—	60	40	—
80	20	—	70	30	—	70	30	—	40	60	—	100	—	—	10	90	—	100	—	—	60	40	—
—	100	—	60	40	—	—	100	—	—	100	—	100	—	—	—	100	—	100	—	—	20	80	—
—	10	90	—	20	80	—	—	100	—	50	50	50	40	10	10	20	70	100	—	—	50	30	20
30	70	—	80	20	—	60	40	—	20	80	—	50	50	—	80	20	—	50	50	—	70	30	—
—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100
—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	100	—	—	—	100	—
—	20	80	—	100	—	—	50	50	—	10	90	—	10	90	10	90	—	—	20	80	—	40	60
—	100	—	—	10	90	40	60	—	—	10	90	—	30	70	—	40	60	100	—	—	—	10	90
—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	20	80	—	100	—	—	—	100
44			29			52			41			64			36			81			28		

や大きい芽ともに4時間干出, 2時間干出とも生長, 障害率に大差がみられなかったが, 実験3では4時間干出のみであるが, 実験中干出過多があったにもかかわらず, 同じ位の大きさの芽で実験した実験2の2時間干出に比べて障害率は低くなっていた。

これらの場合についての環境条件の差についてみると, 培養中の気温, 水温では明・暗期とも実験1と2では21~22°Cで大差はなかったが, 実験3では16.5~17.5°Cと低く, また干出中ののり温度についてみると, 実験1では明期の2時間干出では平均24.5~25.8°C, 最高26.5~27°Cとなっており, 実験2, 3に比べ高かったが, 暗期は2, 4時間干出とも平均16.1~20.5°C, 最高17.0~21.0°Cで実験2に比べ低く, 実験3よりは高かった。また実験3では4時間干出で明, 暗期とも, 実験2より低かった。実験2では干出中ののり温度は培養水温より低いか, 僅かに高い程度であり, 実験3ではほとんど低くなっていた。

次に干出時, 浸漬時および浸漬中の平均塩素量を低下させた場合と低下させなかった場合との比較を行ってみると (Fig. 2), 実験1では, 塩素量を低下させなかった場合は長時間干出においてかなりの障害を生じはしたがのり芽は生きていた。しかし2時間, 4時間干出とも塩分濃度を低下させた場合はのり芽は著しい障害を受けて, 多くの場合のり芽は消失しており, 残存してもほとんど障害を受けていたが, 4時間干出の方が僅かに生残率がよかった。実験2では塩分濃度を低下させた場合には, 低下させなかった場合に比べ障害率は高くなったが実験1の場合のように全滅するほどではなかった。また干出時間による差では両者に大差はみられなかったが, 僅かに4時間干出の方が障害率は少なかった。実験3では塩素量を低下させた場合は, 低下させなかった場合に比べ障害率は高くなったが実験1, 2の場合よりも低く, 障害率としてはあまり高くなかった。

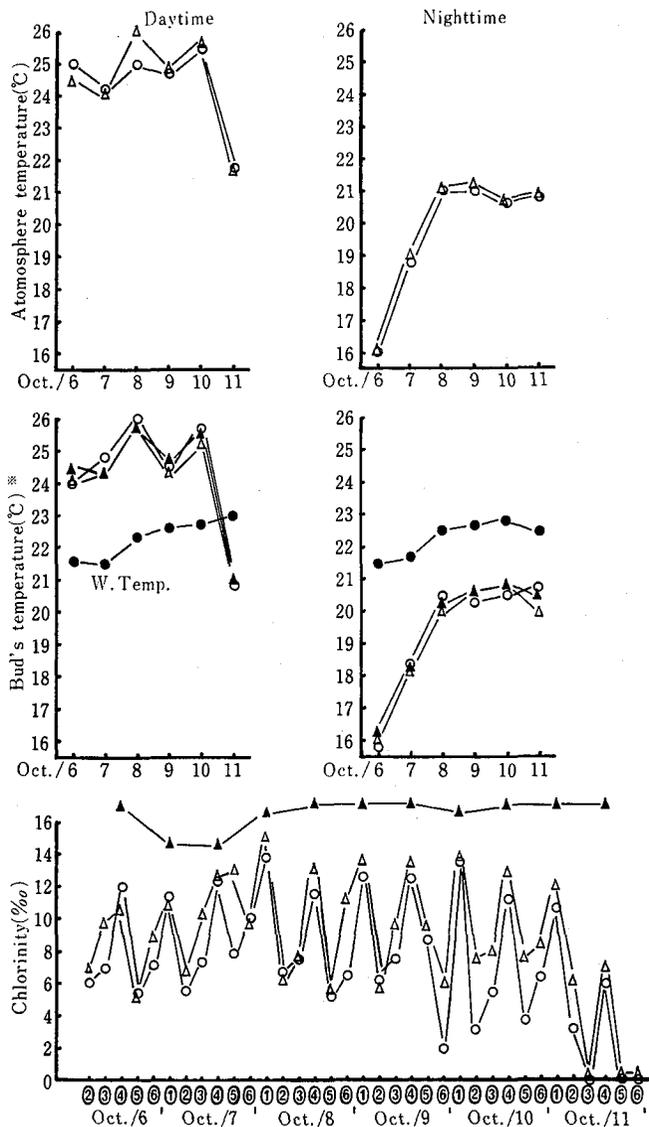


Fig.3. Change of culture conditions of bud. (Experiments No. 1, in 1970)

- ①.....Average chlorinity between two exposures at the nighttime.
- ②.....Average chlorinity during exposure at the daytime.
- ③.....Average chlorinity during immersion at the daytime.
- ④.....Average chlorinity between two exposure at the daytime.
- ⑤.....Average chlorinity during exposure at the nighttime.
- ⑥.....Average chlorinity during immersion at the nighttime.

○—○ Experimental section No. 1 (Exposure of 2 hrs. and low salinity)

△—△ Experimental section No. 2 (Exposure of 4 hrs. and low salinity)

▲—▲ Experimental section No. 3 (Exposure of 2 hrs. and low salinity)

Experimental section No. 4 (Exposure of 4 hrs. and low salinity)

* Buds temperature means temperature on a group of bud.

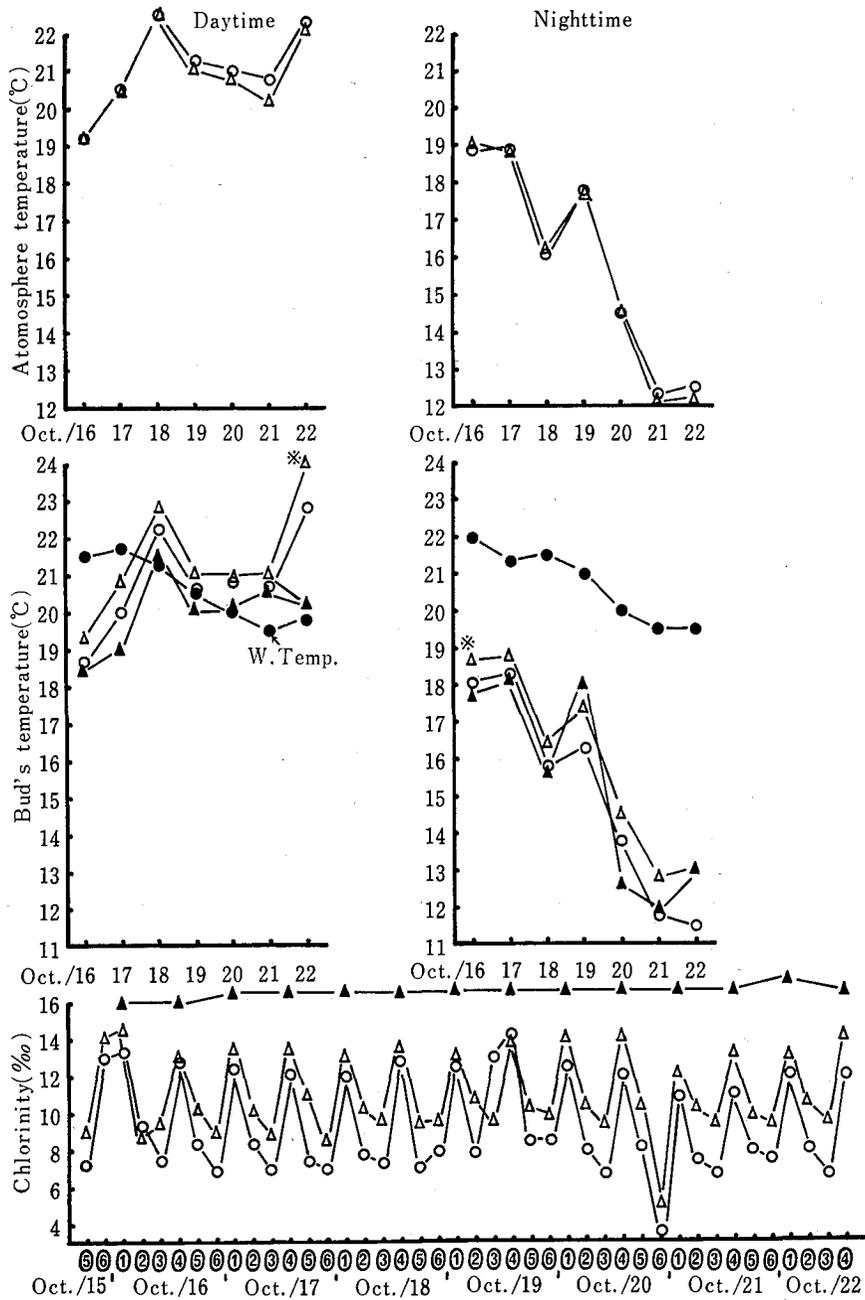


Fig. 4. Change of culture conditions of bud. (Experiments No. 2, in 1970)

The figure same as Fig. 3.

* is shown both experimental section No. 2 and experimental section No. 3.

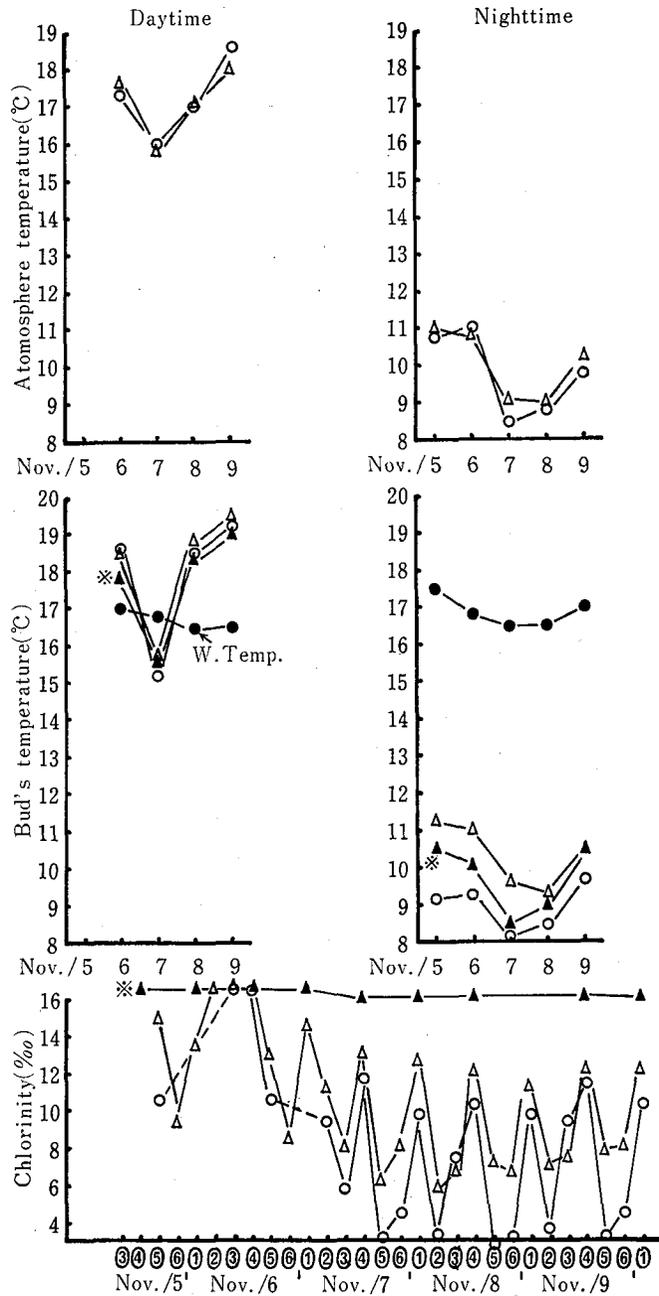


Fig. 5. Change of culture conditions of bud. (Experiments No. 3, in 1970)
The figure same as Fig. 3.

* is shown experimental section No. III.

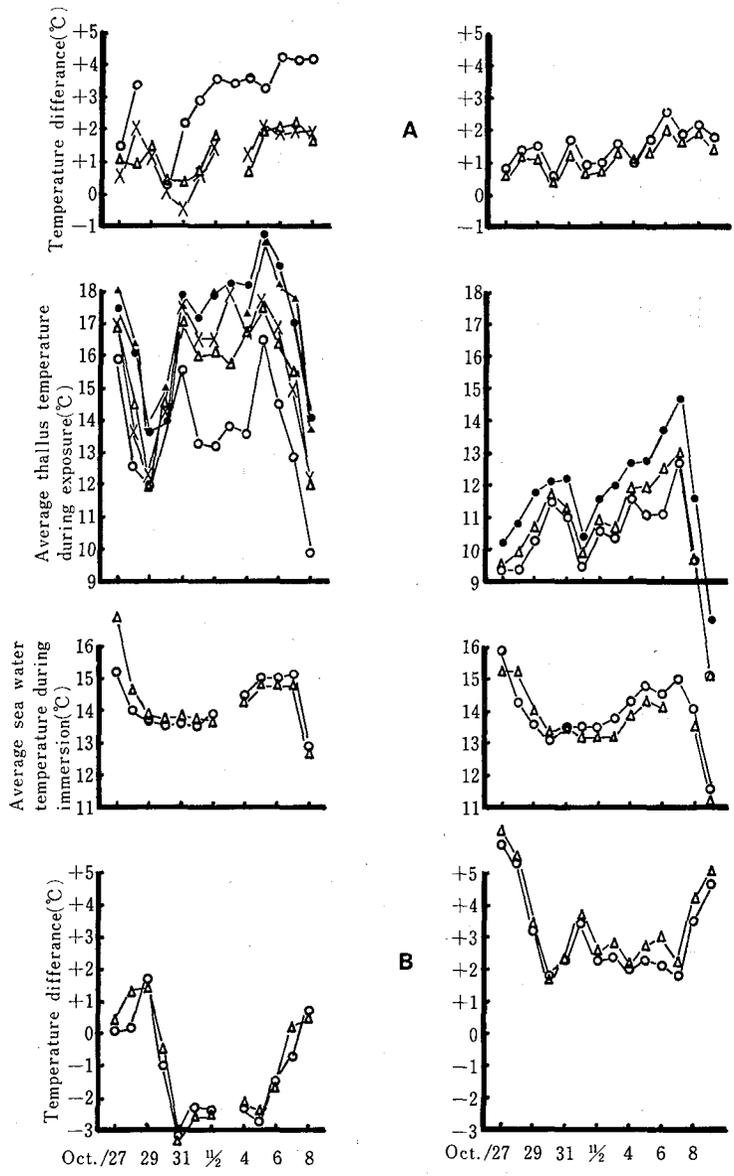


Fig. 6. Change of culture conditions of young thallus (Experiments No. 4. in 1971)

- Experimental section No. I (2 hours of exposure)
- Average air temperature
- ×—× Experimental section No. II (3 hours of exposure)
- △—△ Experimental section No. III (4 hours of exposure)
- ▲—▲ Average air temperature

A. The figure is shown the temperature difference between average air temperature and average thallus temperature at exposure.

B. The figure is shown the temperature difference between average water temperature during immersion and average thallus temperature at exposure.

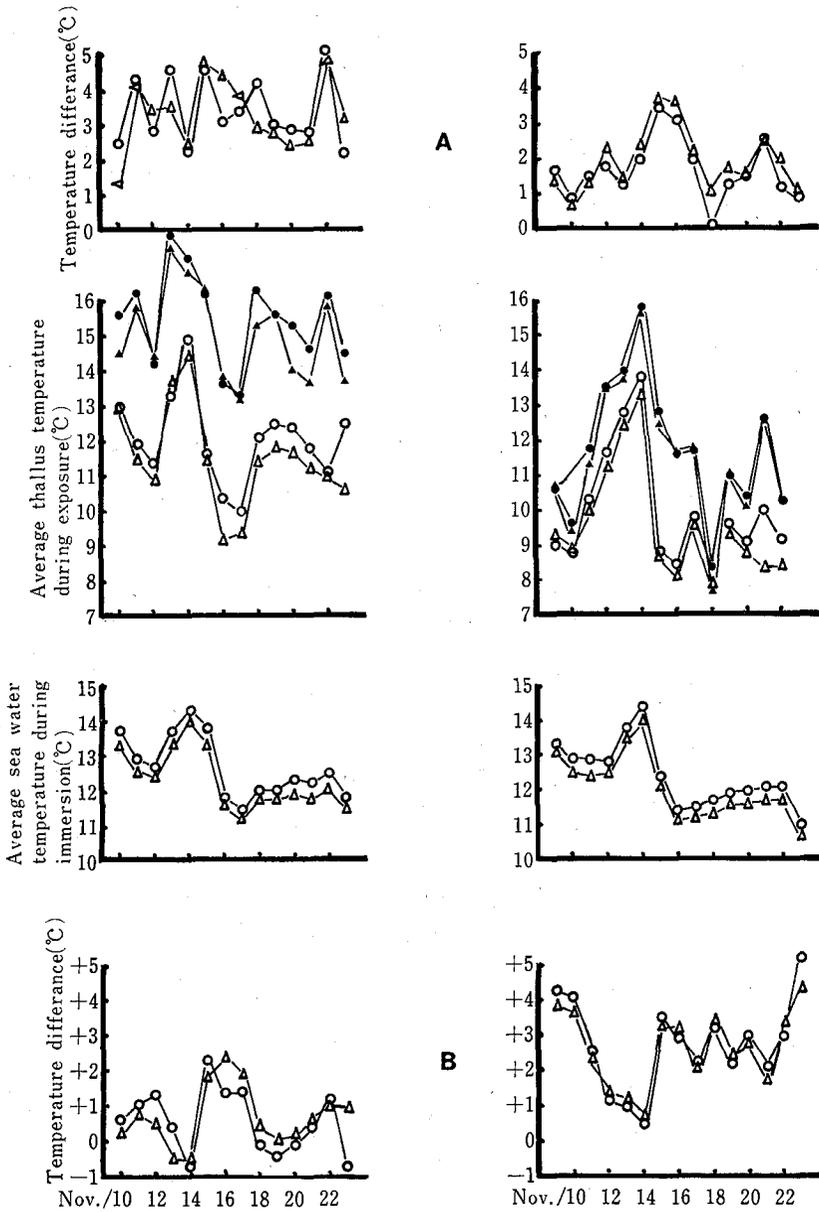


Fig. 7. Change of culture conditions of adult thallus (Experiments No. 5, in 1971)

The figure same as Fig. 6.

○—○ Experimental section No. II (2 hours of exposure)

△—△ Experimental section No. IV (4 hours of exposure)

* Thallus temperature means temperature on a group of thallus.

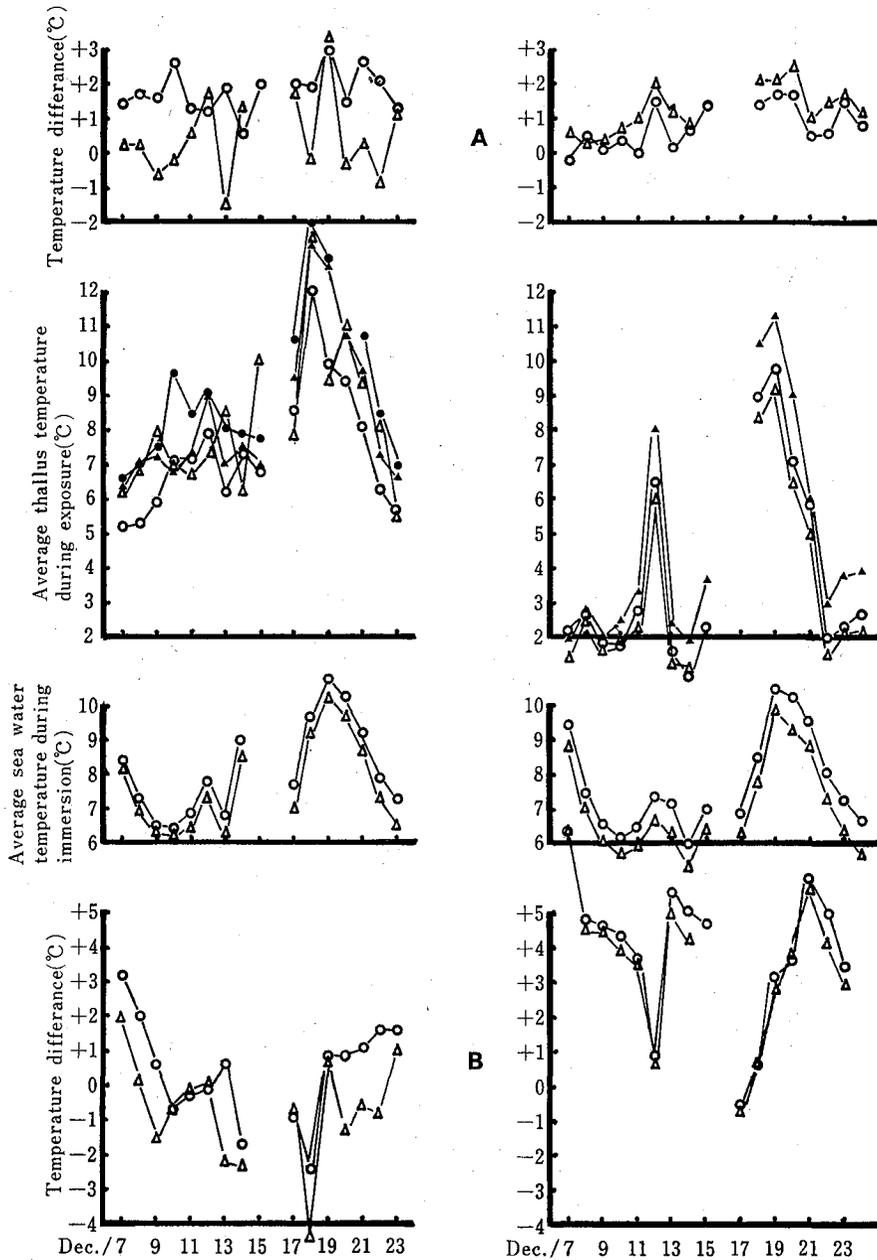


Fig. 8. Change of culture conditions of matured thallus (Experiments No. 6, in 1971)

The figure same as Fig. 6.

○—○ Experimental section No. II (2 hours of exposure)

△—△ Experimental section No. IV (4 hours of exposure)

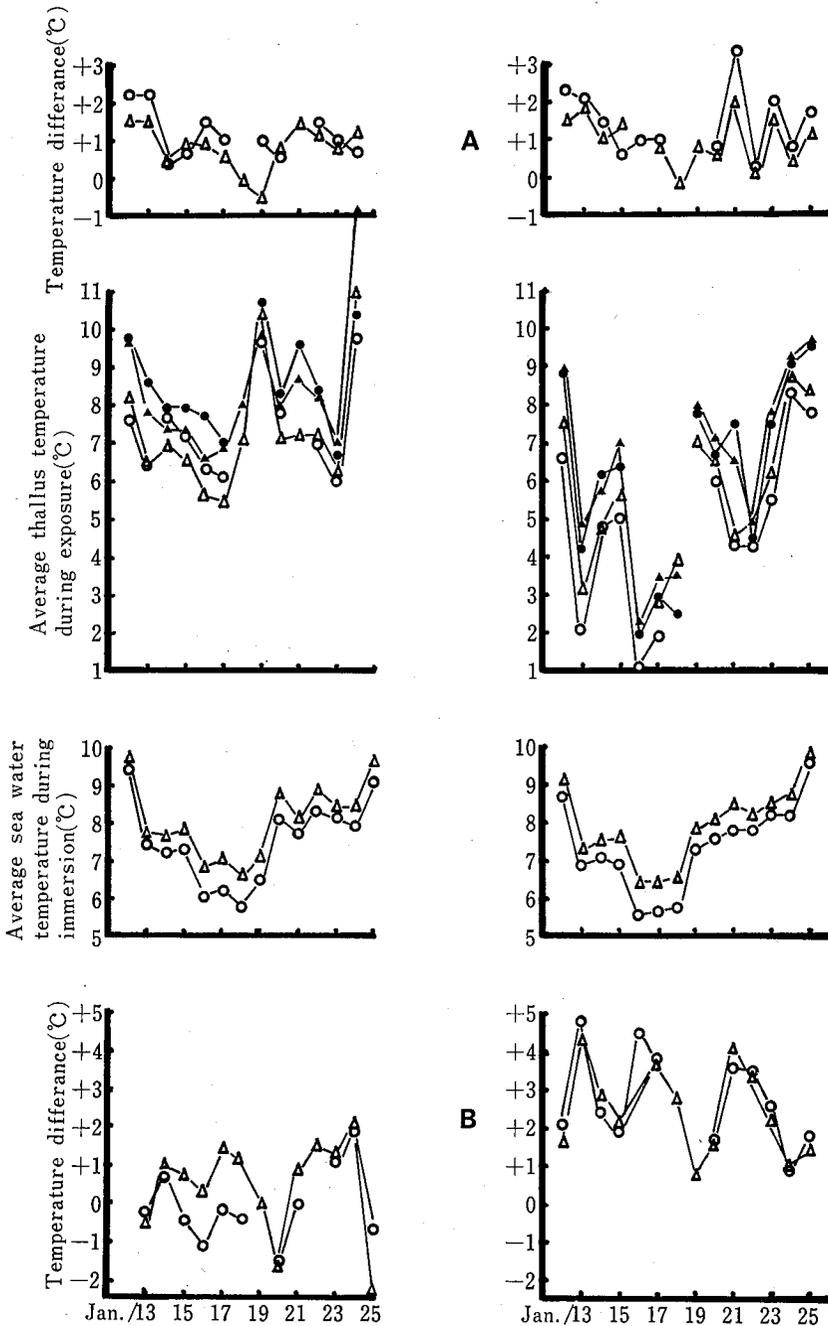


Fig. 9. Change of culture conditions of matured thallus (Experiments No. 7, in 1972)

The figure same as Fig. 6.

○—○ Experimental section No. II (2 hours of exposure)

△—△ Experimental section No. IV (4 hours of exposure)

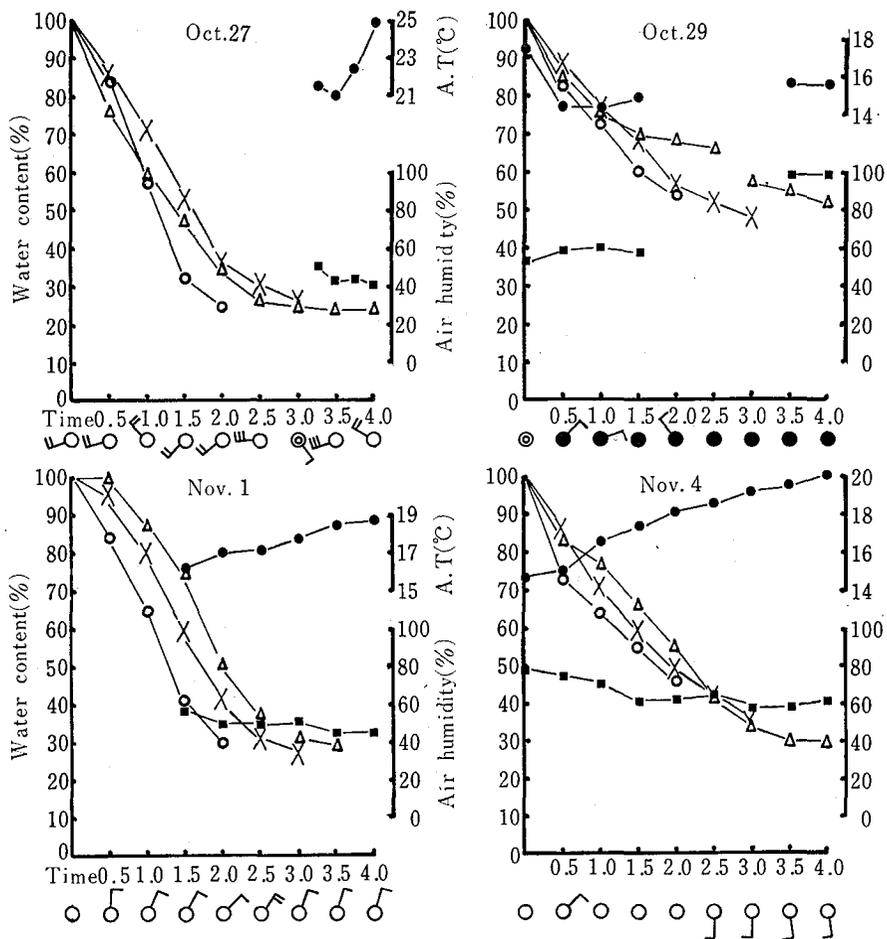


Fig. 10. Change of water content of young thallus at exposure, and weather. (Experiments No. 4, in 1971)

Experimental section No.		Weather		Wind	
				Force	Velocity
○—○	I (Exposure of 2 hr.)	○	Very fine	* 0	0 ~ 0.5m/sec.
×—×	II (Exposure of 3 hr.)	①	Fine	┌	1 0.5~1.7m/sec.
△—△	III (Exposure of 4 hr.)	☉	Cloudy	└	2 1.8~3.3m/sec.
●—●	Atmosphere temperature	●	Rain	≡	3 3.4~5.2m/sec.
■—■	Air humidity			≡	4 5.3~7.4m/sec.

* The weather marks are shown the direction and the velocity of the wind.

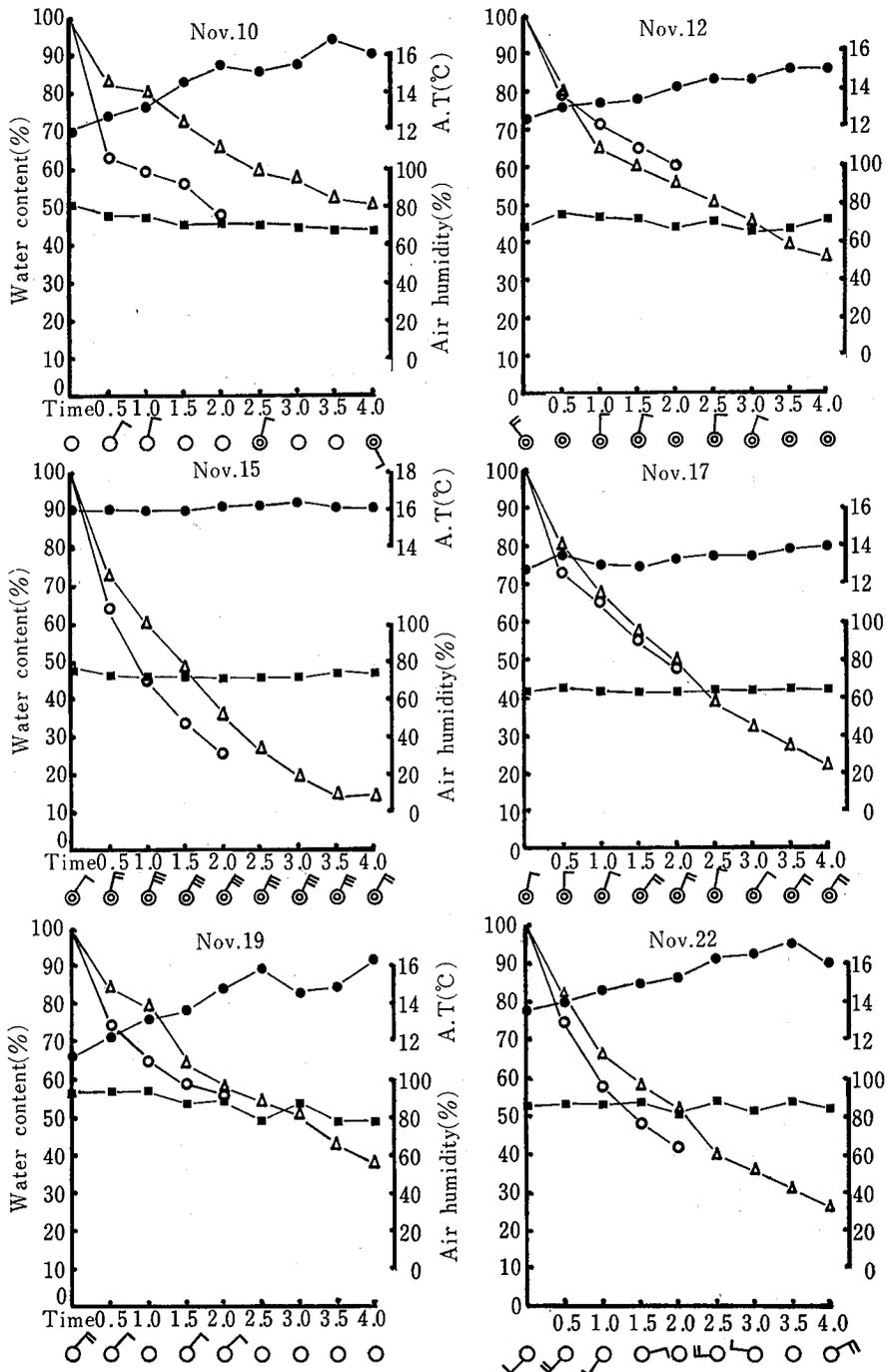


Fig. 11. Change of water content of thallus at exposure, and weather.
 (Experiments No. 5, in 1971)
 The figure same as Fig. 10. \

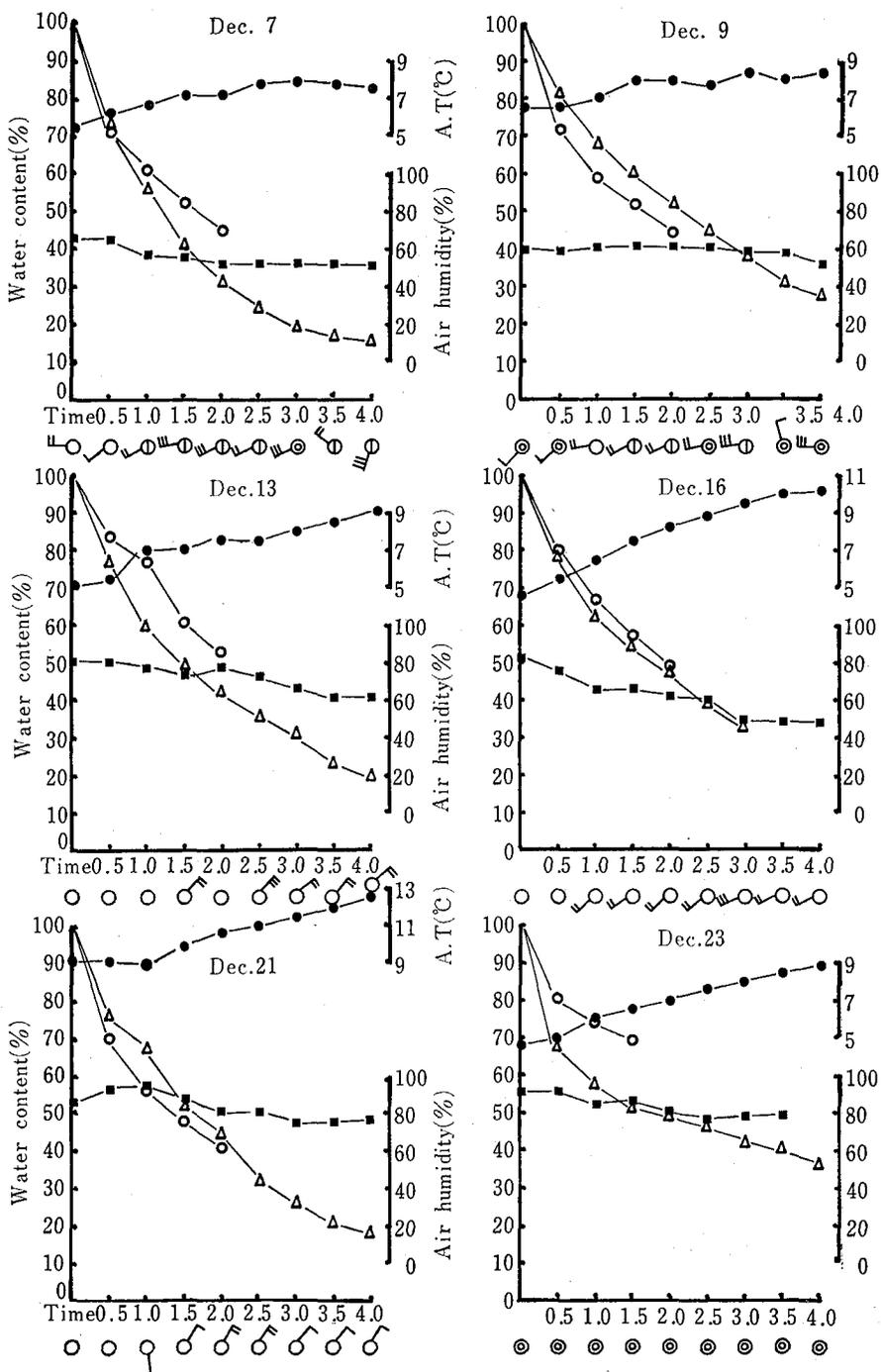


Fig. 12. Change of water content of thallus at exposure, and weather.
 (Experiments No. 6, in 1971)
 The figure same as Fig. 10.

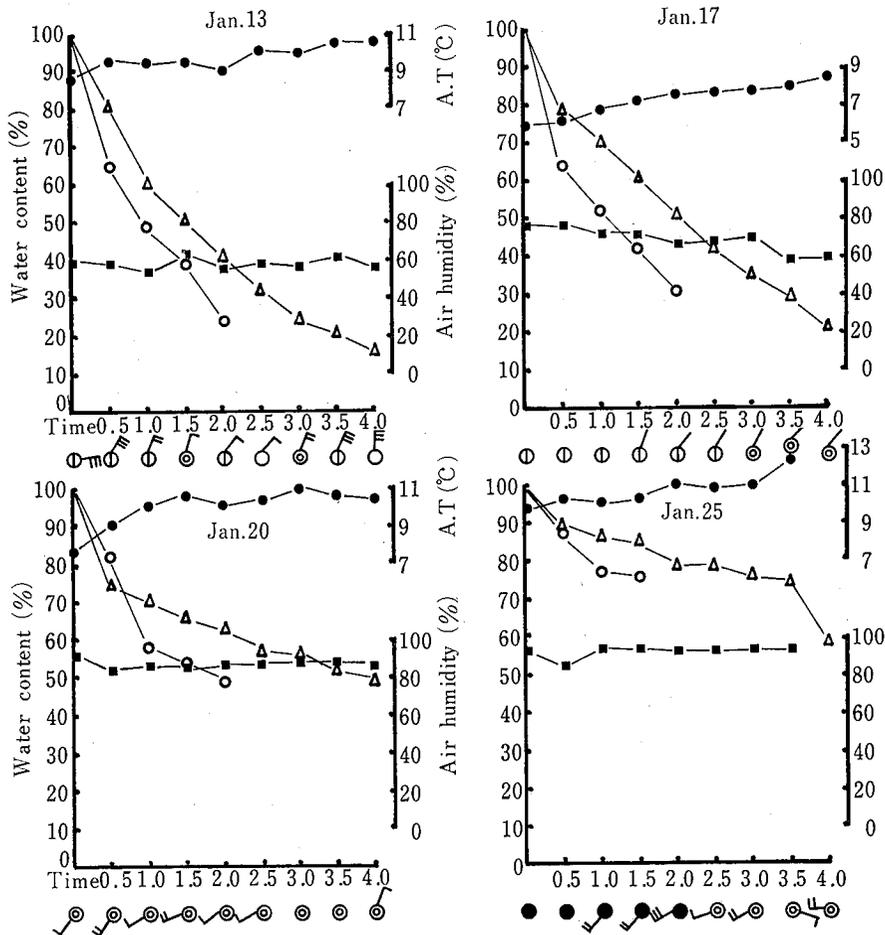


Fig. 13. Change of water content of thallus at exposure, and weather.
(Experiments No. 7, in 1972)
The figure same as Fig. 10.

これらの結果を考察してみると、水温が 20°C 以上と比較的高いときに干出中ののり温度が 24.5°C 以上と高くなったときは、一度の干出が4時間にもなると、のり芽は障害をうけるとみられる。障害の原因は幼芽の乾燥度が測定不可能で明らかでないが、2時間干出と4時間干出中ののり温度に大差ないことから、のり芽がこの程度の温度そのものでは障害を受けたとは考えられず、むしろ高温度下で長時間干出したことによる乾燥過多が影響を与えたものと考えられる。また塩素量低下の影響によるのり芽の障害は、塩素量低下が必ずしも一定条件に設定されなかったので明らかなことは言えないが、実験2でみられたごとく水温 21.5°C 位に、干出中ののり温度平均 21°C 、最高 23°C 位、干出時塩素量 $7.8\sim 9.4\%$ 、浸漬時塩素量 $6.7\sim 7.5\%$ 、浸漬中平均塩素量 $11\sim 14\%$ で、のり芽は低塩分の影響によって障害を生ずるとみられた。このことは喜田ら²⁾が成葉での実験において、 13.5°C 以下の水温で、干出前後の塩素量が 5% 以下で生育に悪影響が生じると報告されているのに比べれば、さらに高い塩素量でも障害を生ずることを示している。しかしこの差異は幼芽と成葉と異なること、水温に差のあることなどによるものと考えられ、養殖においても幼芽期には、この実験にみられる程度の水温であることから、幼芽が障害を受ける干出前後の塩素

量は少なくとも7%前後であると考えられよう。なお、実験1で塩素量を低下させた場合、障害が著しかったことは、水温および干出中ののり温度が高かったことと、干出前後の塩素量がやや低かったためと考えられるが、塩素量を変化させなかった場合とも比較して低塩分の影響は明らかにあり、これとのり幼芽において干出中の高温の影響とが相乗された結果と考えられる。また干出時間との関連についてはむしろ4時間干出が2時間干出より障害が少なかったが、これは干出前後の塩素量および平均塩素量が前者で高かったためとみられ、干出時間の長短と低塩分との相乗的影響は温度条件が同じであれば小さいと考えられた。

2. 幼葉について

実験3では4時間干出のみではあるが、実験開始後3日目、5日目と障害率は増加しなかった。実験4では、干出時間を2、3、4時間と変えてその影響のちがいをみたが、生長度は実験開始後2日目まではほとんど変わらないが、6日目以降位から干出時間の長短で差を生じ、2時間干出ではその後も生長はよかったが、3、4時間干出では、9日目位から死細胞が増加して、疑似白ぐされ症を呈し、生長はその後は止まり、特に4時間干出では衰退した。病障害の進行については、実験開始時にわずかに死細胞斑がすでに認められた疑似白ぐされ初期(前駆)症状ののり試料であったが、2時間干出では9日後でもほとんど死細胞数は増加せず、わずかに細胞の液胞が大きく、その後も症状は進行しないままであったが、3、4時間干出では9日目より疑似白ぐされ初期症状を呈する葉体は増加して、症状もかなり進行しており、死斑部は細胞が崩れるものも認められ、肉眼的にはカスレ状を呈する葉体が多くなった。

これらの実験の環境条件の差異についてみると実験3、4とも干出中ののり温度は、明期に水温より3~4°C高く、暗期では水温より低くなっており、干出時間の相違においては4時間干出の方が2時間干出に比べ1~2°C高いが差は小さかった。実験4では、干出中の気温、浸漬中の水温がわずかに上昇気味のなかで、特に3、4時間干出では2時間干出に比べて干出中ののり温度が1°C~3°C位高く、これと気温との差が小さく、また干出中ののり温度と浸漬直後水温との差がほとんどの場合大きいなど、のり体が受ける干出前後の温度変化の巾が広がった。

干出時ののりの含水率の変化をみると、葉体の大きさによる干出時刻の相違や干出中の天候等もあって、干出後2時間までの乾燥は大体2、3、4時間の順に早い、干出を終わって浸漬直前の含水率は、各干出時間での差がそれほど表われていない。

以上の結果から、3、4時間干出の方が2時間干出に比べ干出中ののり温度の変化の巾が大きく、かつより高く、また干出中ののり含水率の低下が大きく、低い含水率のままの時間が長かったことなどの相乗作用がのりの障害をより進行させ、拡大させたものと考えられる。さらには、干出中ののり温度が干出前後の水温より高くなってもその時間あるいは干出時間が短かければその影響は小さいことが推察された。しかしながら、これらの実験において死細胞や異常細胞として既に実験開始時に存在していた疑似白ぐされ初期(前駆)症状が実験により拡大したものであり、必ずしも干出によってより大きく拡大したとは断定は出来ず、また3~4時間の干出が不適であるとはいえない。またこれらの干出時間の長短がのりの障害の進行に差を生じさせたことは、温度条件によるのか乾燥条件による影響が大きく現われたのかは明らかに出来なかった。

3. 成葉について

成葉については、干出時間のみを2時間、4時間とちがえた場合(実験5、6、7のIIとIV)でみると、のりの生長度、病障害の進行は、実験5では葉体長約3cmのものをを用いたが、実験前に既に疑似白ぐされ初期(前駆)症状による黒、ピンク色の死細胞斑の存在が認められるのり試料であったが、実験を通して2時間干出に比べて4時間干出がわずかにこれらが増加したが、病症は軽く、進行は遅かった。これらをエリスロシン染色率による障害の判定からみると、実験開始時にエリスロシン染色率は3%であったが、2、4時間干出のいずれも、実験を通じて前半は染色率が低く弱い葉体はほとんどみられておらず、7日後には染色率が13~14%前後になりわずかに病症が進行したとみられたが、9、12日目の後半も染色率が

らみても病症が軽く、進行も遅かったことがうかがえた。また終了時の14日目には2時間干出で染色率15%であるのに対して、4時間干出では31%と高く、エリスロシン染色率では障害の度合が明確にあらわれていた。

実験6では葉体長 3~5 cm のものを用いたが、実験5と同様疑似白ぐされ初期(前駆)症状がわずかに認められるのり試料であったが、生長は2時間干出が4時間干出に比べ開始後6日目位から早く、明らかにまさり、病障害については、2時間干出では開始時にみられた死細胞斑が13日目以降にわずかに増加した程度であったが、4時間干出では6日目から死細胞斑の増加、壺状菌の寄生や色の褪色も認められ、13日目ではさらに死細胞斑の増加や壺状菌寄生の増加が著しく、ちりめん症の発生も認められ、干出時間の相違により明らかな差を生じた。これらをエリスロシン染色率による障害の判定からみると、実験開始時にエリスロシン染色率は13%と病障害の観察と同様に障害がすでに少しみられていたものが6日目には2時間干出では12%とむしろ低い染色率で、病症の進行は停止したことを示し、4時間干出では28%と高い染色率を示し、病症の進行にともない干出時間によって明確な差を生じたが、13日目には2時間干出が46%、4時間干出で71%と両者の染色率は高くなって、障害の度合が強くなったことが明らかであった。

実験7では葉体長 5~6 cm のものを用いたが、生長は4日目まではほぼ同様の生長速度であったが、2時間干出が4時間干出に比べ、その後は著しく早くなったが、4時間干出では生長が停止した。病症の進行は、実験開始時すでに疑似白ぐされ初期(前駆)症状、壺状菌の寄生が目立ち、またどの葉体にも緑斑病、あかぐされ病などが観察されたが、7日目以後には2時間干出では疑似しろぐされ初期(前駆)症状、あかぐされ病は拡大せず、緑斑病はむしろ消失したのに比べ、4時間干出では疑似しろぐされ初期(前駆)症状は拡大し、緑斑病、あかぐされ病も小範囲であるが点在するようになった。これらをエリスロシン染色率による障害の判定からみると、実験開始時にエリスロシン染色率は38%と既に病症がひどいことを示したが、7日目以後には2時間干出では染色率が8日目41%、13日目28%と徐々に下がり、病症が拡大しなかったことを示したが、4時間干出では、染色率は開始時とほとんど変わらず、病症が強まりはしないが続いていたと判定された。

これらの実験における環境条件の差をみると、実験5では、干出中ののり温度をみると全期間中各干出時間での最高温度は明・暗期とも差は少ないが、平均温度では明期の高気温下にさらされるためか2時間干出が4時間干出に比べてやや高く、干出中ののり温度の変動巾は4時間干出が2時間干出に比べてやや大きくなった。また干出中ののり含水率については干出2時間後における結果では、測定したほとんどの日において4時間干出が2時間干出に比べて10~20%位高くなり浸漬直前との比較では、4時間干出が2時間干出より10~25%位低かった。

実験6では一般的に気・水温は低かったが、干出中ののり温度は明期ではほとんどの日で4時間干出が2時間干出より1°C前後高く、実験の後半でこの傾向が強くなり、また干出中ののりが受けた温度の変化の巾は明期で2時間干出で1.4~4.8°C、4時間干出で0.9~8.3°Cと4時間干出の方がやや大きかった。さらに干出中ののり温度と浸漬後の水温との差は2時間干出に比べて4時間干出が大きくなり、特に実験期間中の後半ではほとんどの日でのり温度が浸漬中の水温より高くなっていった。干出中ののり温度と気温の差をみても4時間干出が2時間干出に比べ、その変動差が大きくなり、特にのり温度が気温より上昇した場合もみられた。干出中ののり含水率については、干出2時間後における結果では測定した日のすべてで4時間干出が2時間干出より20%前後高い値を示し、浸漬直前との比較では4時間干出が2時間干出より15~35%低く示した。

実験7では一般的には気、水温は低かったが干出中ののり温度は2時間干出が4時間干出に比べてやや低く経過していたが、変動巾ではほとんど大きな差はみられなかった。6日目に干出中ののり温度が上昇して浸漬後の水温より高かったが、4時間干出で2時間干出よりこの変化の巾が大きかった。また干出中ののり温度と浸漬後の水温との差は2時間干出が4時間干出に比べ実験の前期の明期でやや低くなっていた。干出中ののり含水率については干出2時間後における結果については測定したすべての日も4時間

干出の方が2時間干出に比べて10~30%位高く、浸漬直前との比較では、4時間干出が2時間干出より8~15%位低く示し、同程度の含水率になってからの時間が長かった。

以上の結果を考察すると、のり葉体の大きさによって影響を受ける温度値には相違はあったが、のりの病障害は単に乾燥度によって大きく進行するのではなく、干出前後の水温より上昇すること、干出時間の長いこと、干出中ののり含水率の低下が大きく、低い含水率のままの時間が長く経過したことなどが相乗して、のり細胞の生理に障害を与え、特に疑似しろぐされ初期症状などの進行を促していると考えられた。またのりは干出したとき比較的低い温度で、短時間に適当な乾燥度(干出直後の30%位の重量)に達し、干出時間が短かく、干出前後に受ける温度変化の巾がせまいと生理的障害を生ずることが少ないと考えられ、これらと逆の条件では生理的障害を受けると推察された。乾燥とのりの生理については、尾形³⁾は光合成の回復は乾燥に対して極めて早いと報告され、渡辺⁴⁾は水分30%までの乾燥では海水に浸漬した場合速かに葉体生理上の常態に戻るが、それ以上脱水された場合は著しく遅れ、乾燥がはなはだしい場合は細胞に大きな生理的障害を生じると考えられると報告されている。これらの報告と本実験結果と合せ考えると、過度の乾燥はのりに生理障害を与えるであろうが、これが直ちに細胞死を招くのではなく、長時間の干出、干出中ののり温度の上昇、干出後浸漬したときの水温との差による温度変化などが加わると生理的障害が単に乾燥による場合よりさらに強く表われる。またすでに不健全な細胞やわずかな病症を生じた細胞では死に至るのではないかと推察される。なほ実験5、6、7とも水平駆動速度および干出時間を変えた場合について、これらの環境条件の差異が病障害の進行にどのような影響を与えるかを検討したが、これらの実験では不十分で明らかな結果は得られなかった。

幼葉、成葉については、実験で得られた病障害の原因が高温そのものか長時間干出による乾燥過多(最終的な含水率からみて)によるものかはさらに明らかにする必要がある、またのりの生長速度の差により含水率が変化をすることも検討する必要がある。さらには本実験においては供試材料として健全な葉体が得られなかったため、疑似しろぐされ症の初期(前駆)症状とみられる死細胞や異常細胞を生じさせる環境条件を十分には明らかに出来なかった。また屋外タンクでは、実験が天候に支配されやすく、かつ温度調節が十分でなく、漁場における環境より単純化されてはいるものの病症の発生・進行の原因となる環境要因を解明するにはさらに制御された環境条件下で実験を行い、さらには生物的環境、化学的環境要因をも含めて各種の病症害の発生・蔓延の原因を究明する必要がある。

要 約

のり幼芽、幼葉、成葉期の病障害の発病、進行に及ぼす影響について自動干出、水平駆動装置をもつ屋外タンク培養法で干出時間(干出時刻)、水平駆動速度および海水の塩素量などの環境条件を調節して実験を行い次の結果を得た。

1、のりの幼芽は昼の干出時の気温が24°C以上の高温期に干出時間が長いと干出中ののり温度が上昇し、浸漬水温が20°C以上になる条件が加わったなら、生理障害を受ける。

2、のり幼芽は通常、漁場であり得る温度条件下でも、浸漬中の平均塩素量が11~14‰なら、或は干出(直前)時ならびに浸漬(直後)時の塩素量が7‰前後ならば低塩分の影響によって障害を受けやすく、それらの障害は気・水温が高ければさらに大きくなる。

3、のりの幼葉、成葉では干出時間が長く、しかも干出中ののり温度が高くなれば、さらには干出後の浸漬時および浸漬後の水温と干出中ののり温度との差が大きいこと、のりの乾燥度が大きいことも加わると、のり死細胞斑の増加などの生理障害によるとみられる疑似しろぐされ初期(前駆)症状が進行する。

4、幼葉、成葉ではのり葉体の大きさにより、また干出中ののりが受ける温度の相違にもよるが、のりは干出した時、比較的低い温度でしかも適当な乾燥度(干出直後の30~40%の重量)に達するなら疑似しろぐされ初期症状などによる生理的障害を受けることが少なく、またそれからの進行もおそい。

謝 辞

本実験を進めるにあたり、実験の環境、生育調査等に御協力頂いた広島県農林事務所改良普及員柳谷弘道氏に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 須藤俊造, 齊藤雄之助, 秋山和夫, 梅林 脩, 1972: のりの病気の種類とその病徴. 東北区・東海区・南西海区水産研究所, 7~37.
- 2) 喜田和四郎, 朝倉章夫, 深津 功, 須藤俊造, 1970: タンク培養によるノリ生育条件の実験的検討. 伊勢湾奥部漁業開発調査報告書資料集, 1(三重県), 53~63.
- 3) 尾形英二, 1964: アサクサノリの生理と病理. 植物生理, 4(3), 171~182.
- 4) 渡辺 競, 加藤 盛, 阿部和夫, 鈴木健三, 1971: 宮城県下のノリ漁場における白グサレ病の発生機構に関する研究—II. のりの葉体生理に及ぼす干出の効果について, 宮城県水産試験場報告, 5, 1~14.