

제5장 환경과 플랑크톤

1. 환경 조절자로서 플랑크톤

1.1 열역학적 비평형과 생물의 역할

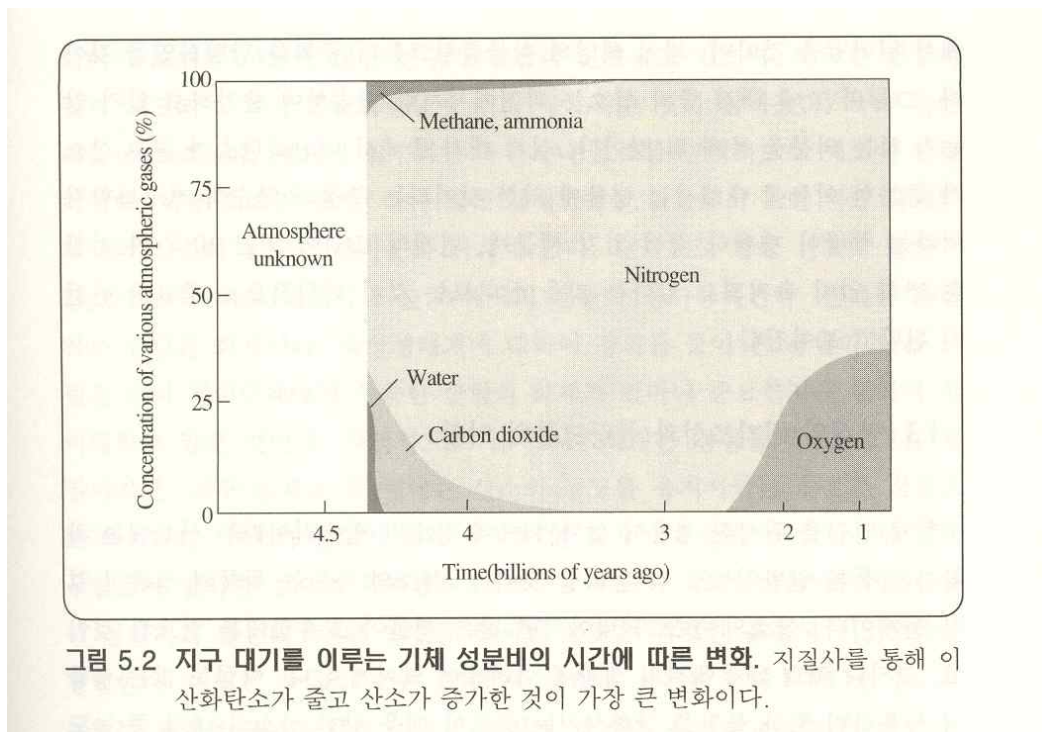
표 5.1 현재 지구의 대기와 해수를 구성하는 물질의 성분비와 열역학적 평형을 가정했을 때의 물질의 성분비와의 비교

		주성분 물질의 조성비(%)	
		현재의 지구	평형을 가정한 지구
대기	화학적 성분		
	이산화탄소	0.03	99
	질소	78	0
	산소	21	0
	아르곤	1	1
해양	물	96	85
	염분	3.5	13
	질산나트륨	미량	1.7

1.2 플랑크톤과 원시대기의 진화

표 5.2 지구와 인접 행성 대기의 성분비교

기 체	행 성			
	금성	생명이 없는 지구	화성	현재의 지구
이산화탄소(%)	96.5	98	95	0.03
질소(%)	3.5	1.9	2.7	79
산소(%)	미량	0.0	0.13	21
아르곤(%)	70ppm	0.1	1.6	1
메탄(%)	0.0	0.0	0.0	1.7ppm
표면온도(°C)	459	240~340	~53	13
기압	90	60	0.0064	1.0



1.3 현재의 대기 조성과 플랑크톤의 역할

표 5.3 대기 성분 중 반응성을 갖는 일부 기체와 가이아 가설에서 이들 기체의 역할

기체	조성비 (%)	유동량 (109톤/년)	비평형비율	역 할
질소	79	300	10^{10}	기압유지, 화재방지, 질산염 이온 대체물질
산소	21	100,000	기준점(1)	산화환원 에너지 표준기체
이산화탄소	0.03	140,000	10^3	광합성, 기후조절
메탄	10^{-4}	1,000	무한 배율	산소농도 조절
산화질소	10^{-5}	30	10^{13}	산소 및 오존농도 조절
암모니아	10^{-6}	300	무한 배율	pH 조절, 과거의 온실기체
황화물 기체	10^{-8}	100	무한 배율	황 순환매체
염화메틸	10^{-7}	10	무한 배율	오존조절
요오드화메틸	10^{-10}	1	무한 배율	요오드 순환매체

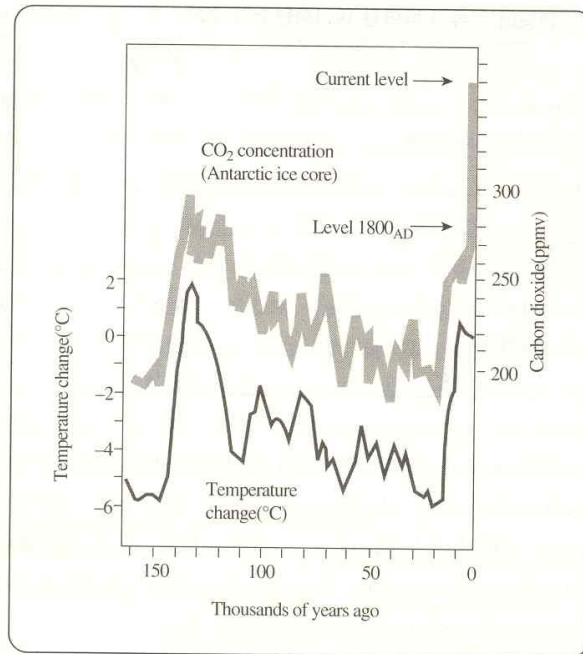


그림 5.3 남극의 얼음에 갇힌 기체방울로부터 복원한 최근 16만 년 동안 대기 중의 이산화탄소의 농도와 지구 평균온도와의 상관관계. 이산화탄소는 가장 중요한 온실효과 기체로서, 이들의 농도는 탄소의 생지화학적 순환에 의해 결정된다. 학자들은 해양의 식물플랑크톤이 광합성을 통해 대기의 이산화탄소 농도조절에 절대적인 영향력을 행사하였을 것으로 보고 있다.

나 나머지는 유사 민 체아새테게에서 흡수하는 것으로 세추려나 이런 케안

표 5.4 1995년도에 인류가 배출한 이산화탄소의 수치

(단위: 109톤/년)

배출원	산정값	오차
화석연료의 연소	5.5	0.5
열대 우림의 파괴 등 대지 이용	1.6	1.0
소계	7.1	1.1
흡수원		
대기에 누적된 양	3.2	0.2
해양이 흡수한 양	2.0	0.8
북반구에서의 산림 회복	0.5	0.5
시비효과(육상생태계)	1.4	1.5
소계	7.1	?

1.4 기후의 원격조절자?

2. 중금속오염

- 2.1 중금속의 정의
- 2.2 중금속 분포에 영향을 주는 요소
- 2.3 중금속 오염과 이동 경로
- 2.4 중금속 오염과 플랑크톤
- 2.5 중금속의 독성

표 5.5 해양의 중금속분포

중금속	원양역		연안역		하구, 만		
	북해	동해	황해 ²⁾	Bristol Channel ¹⁾ (공장폐수, 도시하수)	마산만 ³⁾ (공장폐수, 도시하수)	울산만 ⁴⁾ (공장폐수, 도시하수)	Restronguet Creek ¹⁾ (광산폐수)
As	1.35~2.5	1.52~2.4	8~23			1.73~7.27	3.3~65.4
Cd	0.002~0.025	0.005~0.48	0.02~0.05	0.4~9.4	0.010~0.028	0.26~0.30	0.7~38
Cr	0.088~0.56	-					
Cu	0.025~0.64	0.01~6.8	0.2~0.6	0.6~5.4	6.00~19.79	6.00~19.79	3~176
Hg	0.004~0.012	0.003~0.08		0.009~0.07			0.005~0.03
Ni	0.18~0.70	0.01~4.8	8~35	0.2~3.0			1~18
Se	0.06~0.12	0.09~0.47		0.2~1.8			0.1~0.3
Pb	0.006~0.015	0.006~1.23	0.01~0.045	0.385~13			<2~4
Zn	0.0007~0.588	0.006~70	0.1~0.3	2.7~44	5.48~48.13	5.48~48.13	22~20460

1) Furness and Rainbow, 1990.

2) 한국해양연구소, 1994.

3) 한국해양연구소, 1992.

4) 양 등, 1996.

2.6 금속의 독성 효과

표 5.6 중금속의 식물플랑크톤에 대한 성장률 장애

Species	Metal concentration($\mu\text{g l}^{-1}$)								반응	References
	Ag	As	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn		
천연군집				0.3					Reduced C ¹⁴ fixation	Sunda <i>et al.</i> , 1981
천연군집			1.0	1.0	1.0				Reduced C ¹⁴ fixation	Ibragin and Patin, 1976
천연군집				10.0					Reduced C ¹⁴ fixation	Saward <i>et al.</i> , 1975
천연군집		23	112	6.4	<6.0	60	20	20	Reduced C ¹⁴ fixation	Holibaugh <i>et al.</i> , 1980
<i>Monochrysis lutheri</i>					21.6				Reduced growth	Sunda and Lewis, 1978
					0.07(Cu ⁺)					
천연군집					0.8				Reduced division	Thomas <i>et al.</i> , 1977
천연군집					1.0				Reduced productivity	Thomas <i>et al.</i> , 1977
천연군집								15	Reduced photosynthesis	Davis and Sleep, 1979
천연군집	5								Reduced growth	Sunders and Vermersch, 1982

2.7 플랑크톤의 대량 번식과 중금속

표 5.7 적조발생과 관련 있는 중금속

Species	Associated metals		Environmental event	Situation	References
<i>Heterosigma akashiwo</i>	Fe, Mn		River run-off	<i>in situ</i>	Mee <i>et al.</i> , 1986
			Formation of bottom water with low oxygen content		Tauber, 1981 Smayda and Shimizu, 1991
<i>Gymnodinium breve</i>	Fe		River run-off in Florida	<i>in situ</i> and <i>in vitro</i>	Wells <i>et al.</i> , 1991 Katsunga <i>et al.</i> , 1984
<i>Gymnodinium</i> sp.	Fe Mn		Shrimp pond	<i>in situ</i>	Jiasheng <i>et al.</i> , 1991
		32-172 times higher than seawater content			
<i>Skeletonema costatum</i>	Metal	seawater	shrimp pond	Shrimp pond	<i>in situ</i> Mingyuan, 1991
	Fe	10	2.7-5.0		
<i>Coscinodiscus</i> sp.	Mn	2	0.22-0.47		
	Pb	0.3	0.003-0.01		
	Zn	1	0.22-0.26		
	Cr	0.5	<0.1		
	Cd	0.1	<0.0046		
	Cu	3	<0.01		
	Hg	0.3	<0.003		
<i>Aureococcus anophagefferens</i>	Metal conc.	growth response	Complexing ability of detergent (phosphate)	<i>in vitro</i> and <i>in situ</i>	Cosper <i>et al.</i> , 1991
	Fe	9	increased		
	Se	0.009	reduced		

3. 적조와 독성

3.1 적조란?

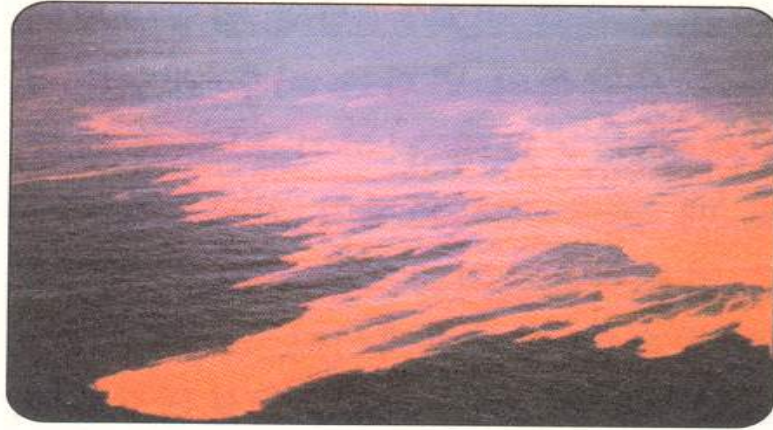


그림 5.4 적조발생에 의한 해색변화모습

3.2 적조 발생원인과 환경

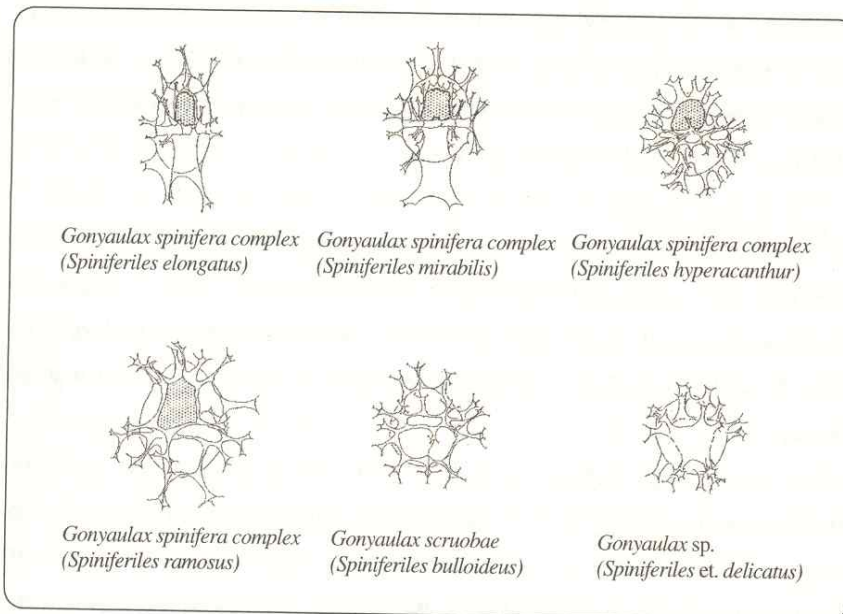


그림 5.5 여러 가지 모습을 갖는 *Gonyaulax*속의 휴면포자

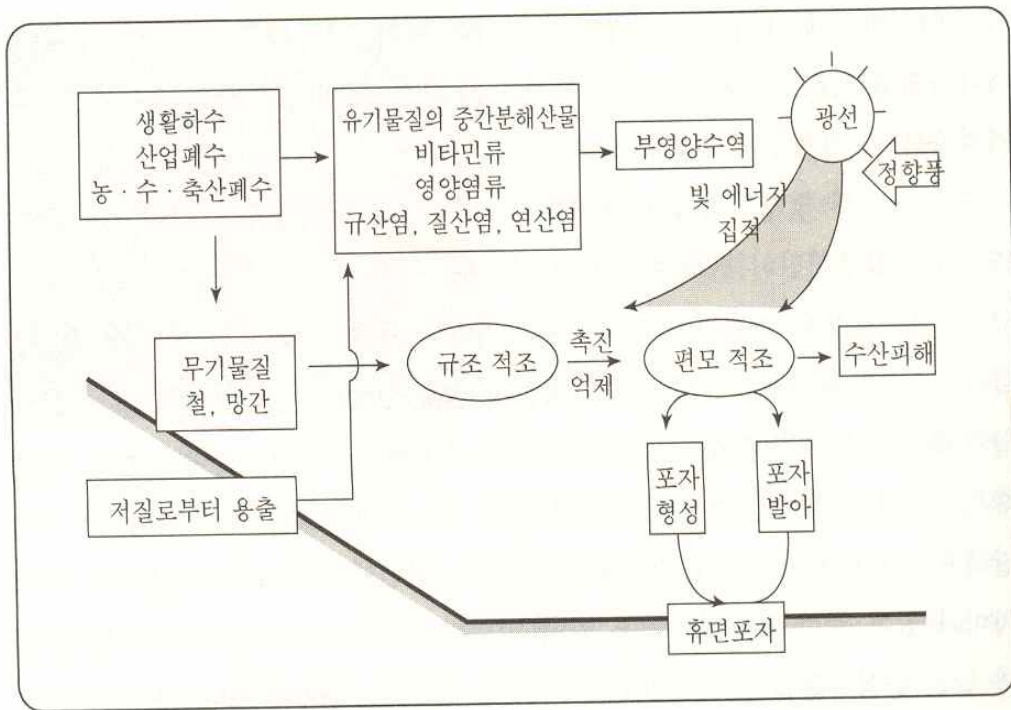


그림 5.6 적조발생 모식도(수산진흥원, 1997)

3.3 적조 원인 생물

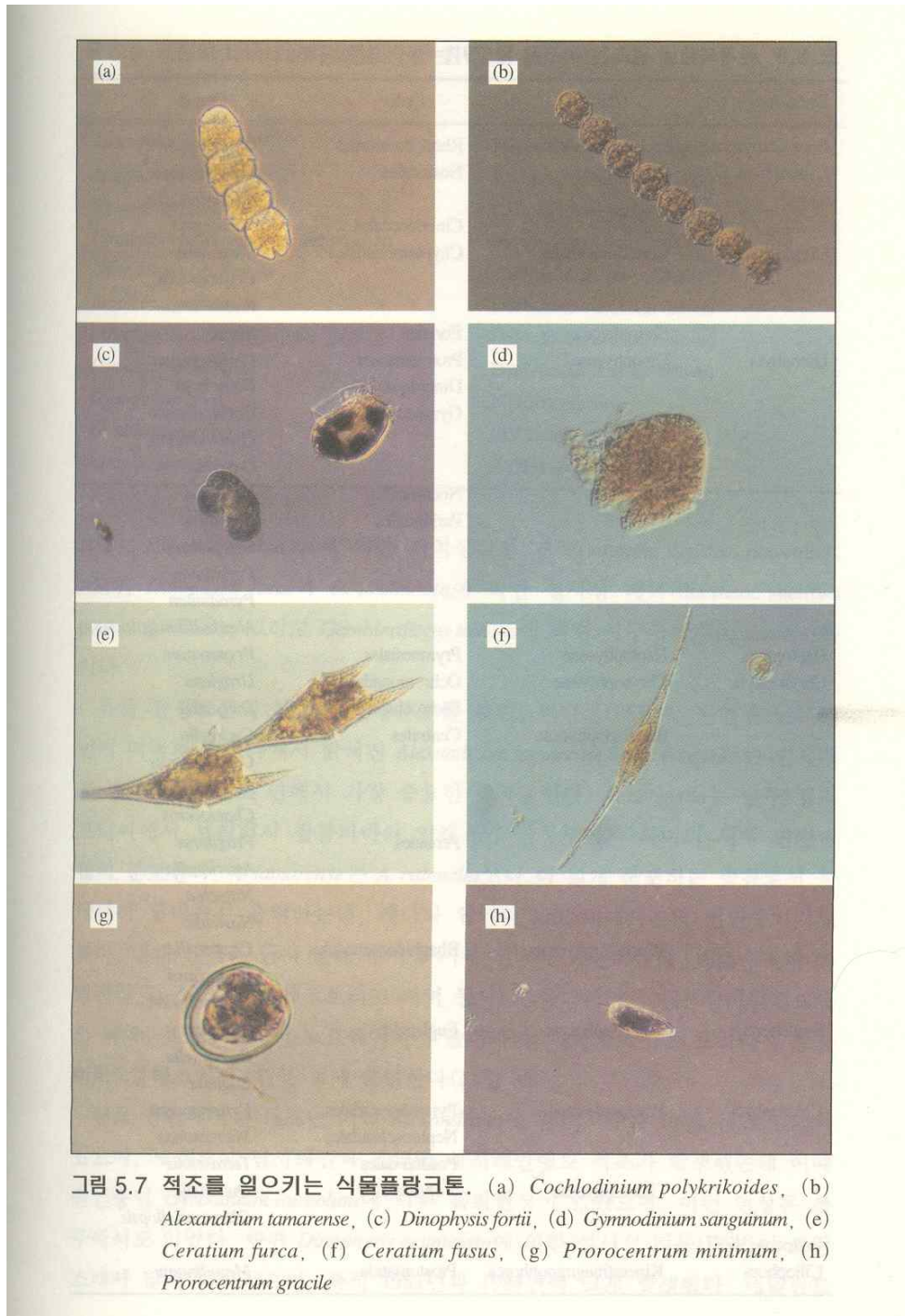


표 5.8 세계적으로 알려진 적조를 일으키는 플랑크톤 종류

Division	Class	Order	Genus
Bacteriomycota	Pseudomonadomycetes	Rhodobacterales	<i>Chromatium</i>
Cyanophyta	Cyanophyceae	Nostocales	<i>Tricodesmium</i> <i>Anabaena</i>
		Chroococcales	<i>Microcystis</i>
Cryptophyceae	Cryptomonadales	Chyptomonadales	<i>Chroomonas</i> <i>Cryptomonas</i> <i>Rhodomonas</i>
	Ebriophyceae	Ebriales	<i>Ebria</i>
Dinophyta	Dinophyceae	Procentrales	<i>Prorocentrum</i>
		Dinophysiales	<i>Dinophysis</i>
		Gymnodiniales	<i>Cochlodinium</i> <i>Gymnodinium</i> <i>Oxyrrhis</i>
		Noctilucales	<i>Noctiluca</i>
		Peridinales	<i>Ceratium</i> <i>Gonyaulax</i> <i>Peridinium</i> <i>Pyrodinium</i> <i>Alexandrium</i>
Haptophyta	Haptophyceae	Prymnesiales	<i>Prymnesium</i>
Chrysophyta	Chrysophyceae	Ochromonadales	<i>Uroglena</i>
		Dictyochales	<i>Dictyocha</i>
	Bacillariophyceae	Centrales	<i>Cyclotella</i> <i>Coscinodiscus</i> <i>Skeletonema</i> <i>Chaetoceros</i>
		Pennales	<i>Fragilaria</i> <i>Asterionella</i> <i>Nitzschia</i> <i>Navicula</i>
	Rhaphidophyceae	Rhaphidomonadales	<i>Chattonella</i> <i>Fibrocapsa</i> <i>Heterosigma</i>
Euglenophyt	Euglenophyceae	Euglenales	<i>Eutreptia</i> <i>Eutreptiella</i> <i>Euglena</i>
Chlorophyta	Prasinophyceae	Pyramimonadales	<i>Pyramimonas</i>
		Nephroselmidales	<i>Micromonas</i>
		Prasino dales	<i>Tetraselmis</i>
	Chlorophyceae	Volvocales	<i>Dunaliella</i> <i>Oltmannsiellopsis</i>
Protozoa			
Ciliophora	Kinetofraagminophorea	Prostomatida	<i>Mesodinium</i>

3.4 유독 적조생물의 발생

표 5.9 독성을 나타내는 식물플랑크톤 종류

종 류	독
<i>Alexandrium catenella</i>	PSP(saxitoxin, gonyotoxins)
<i>Alexandrium tamarense</i>	PSP(saxitoxin, gonyotoxins)
<i>Alexandrium coarctatum</i>	PSP(saxitoxin, gonyotoxins)
<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>compressum</i>	PSP(saxitoxin, gonyotoxins)
<i>Gymnodinium catenatum</i>	PSP(saxitoxin, gonyotoxins)
<i>Prorocentrum lima</i>	DSP(okadaic acid derivatives)
<i>Dinophysis acuminata</i>	DSP(okadaic acid derivatives)
<i>Dinophysis caudata</i>	DSP(okadaic acid derivatives)
<i>Gymnodinium breve</i>	NTX(brevetoxin)
<i>Gambierdiscus toxicus</i>	MYX(ciguatoxin)
<i>Nitzschia pungens</i>	ATX(domoic acid)

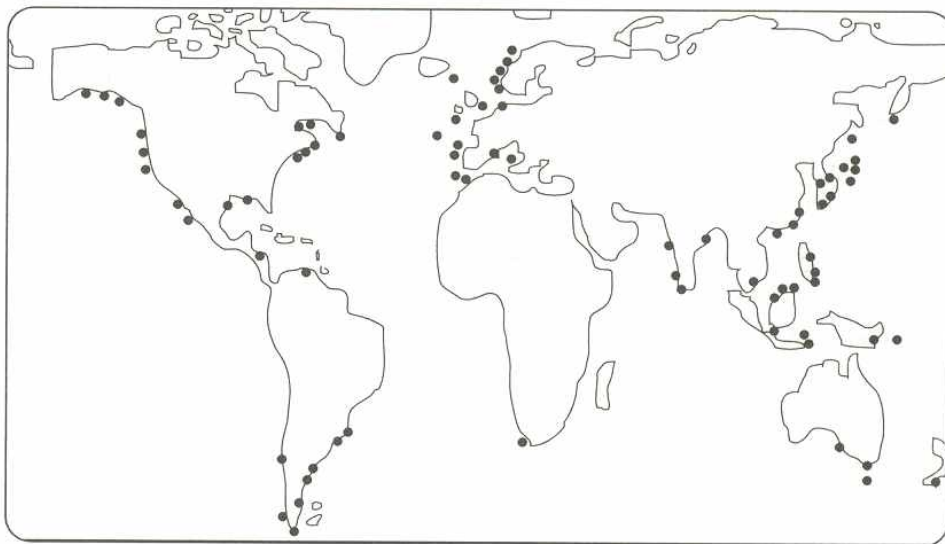


그림 5.8 PSP 발생분포도

3.5 적조의 피해

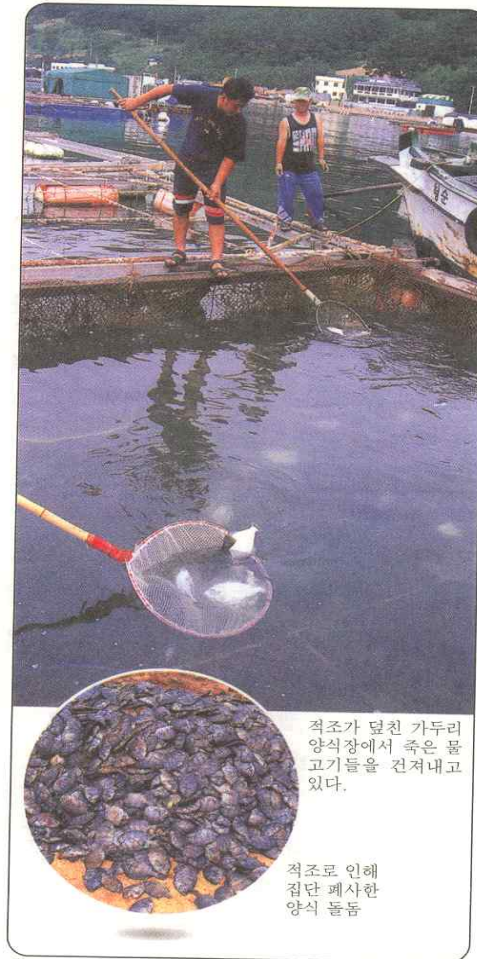


그림 5.9 무산소층 형성에 따라 대량 폐사한 어류

표 5.10 어패류 폐사를 일으키는 적조생물

적조생물	대상 생물	생산 독소
<i>Amphidinium carteri</i>	어패류 (test fish)	Choline esters
<i>A. klebsii</i>	어패류 (test fish)	Acetylcholinelike substances
<i>Chattonella</i> spp.	어패류 (방어)	Fat soluble substances
<i>Cochlodinium</i> Type '78	어패류 (방어)	-
<i>Gymnodinium nagasakiense</i>	어패류 (방어)	Fat soluble substances
<i>G. venificum</i>	어패류 (방어)	Acetyl cholinelike substances
<i>Noctiluca miliaris</i>	어패류 (Killfish)	Ammonia
<i>Peridinium polonicum</i>	어패류 (Killfish)	Glutodinine
<i>Protogonyaulax</i> spp.	어패류 (무지개송어)	Cytotoxin
<i>Prymnesium parvum</i>	어패류 (이스라엘 잉어)	Prymnesin(cytotoxin)
<i>Microcystis aeruginosa</i>	가축	Polypeptide
<i>Anabaena flos-aquae</i>	가축, 물새	Acetyl-derivatives

3.6 적조 대책

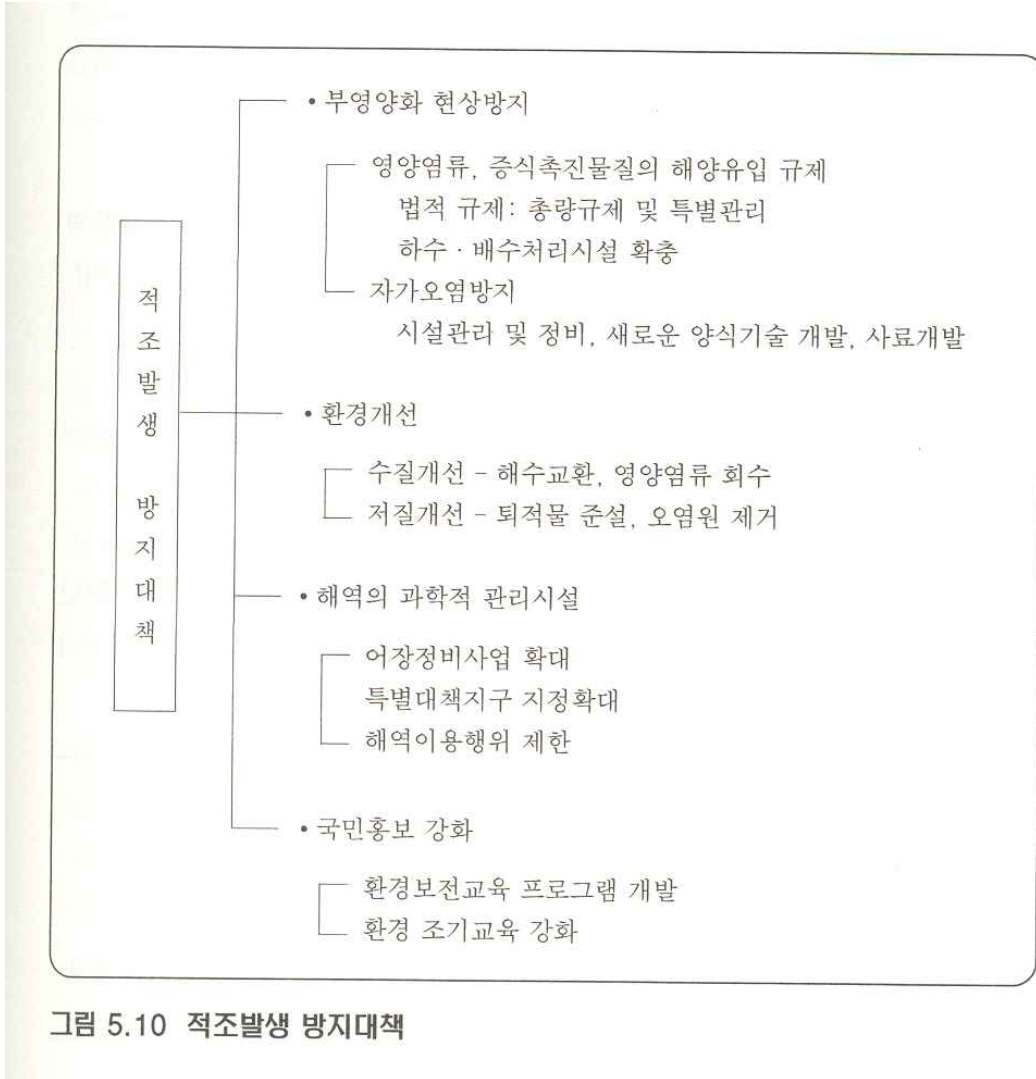


그림 5.10 적조발생 방지대책

표 5.11 적조생물의 구제방법

방 법	이용원리	응용물질
화학약품살포법	치사, 파괴	황산동, 유기화합물
초음파처리법	파괴	초음파(160~400kHz)
오존처리법	독성, 중화	오존
해면회수 및 침강법	응집, 여과	원심분리무기응집제, 계면활성제
점토살포법	흡착, 치사	활성점토(Montmorillonite)

3.7 독성물질

4. 배양과 이용

- 4.1 70년 이전의 실용적 연구
- 4.2 70년 이후의 실용적 연구
- 4.3 우리 나라의 실용적 이용연구

5. 온배수의 영향

