

1978년 진해만 적조와 양식굴의 대량폐사

MASS MORTALITYS OF OYSTER DUE TO RED TIDE IN JINHAEBAY IN 1978

조 창 환*

Chang Hwan CHO*

In early August 1978, a huge red tide occurred off Chilcheon Is., at the mouth of Jinhae Bay. It expanded rapidly into the central part and then soon covered all the bay except the innermost part of the bay. After staying for a week it disappeared, and thereafter several small scale red tides partially occurred and disappeared until the end of August. It differed from the red tides hitherto recorded from this bay in respect of the dominant plankton, the geographical extent and the severe damaging effect to local oyster resources. During the red tide period, nevertheless, no oyster damage was found.

In September, however, oyster mortality was found from all rafts and longlines in the bay. Except the inner most part of the bay the oyster farms were completely destroyed. Of the oyster production in the winter 1978, 96% of an estimated yield of 5,879 tons (shucked meat) was lost and it was estimated to be 2,275 million won, equivalent to US\$ 4.55 million.

The dominant species was a dinoflagellate, *Ceratium fusus* and it constituted about 45% of the total phytoplankton. Cell count showed 7.0×10^4 cells/l and chlorophyll-a, 50 mg/m^3 during red tide peak. No oxygen was found in the bottom waters in September. Sulphides in bottom waters and in the superficial mud increased to 15 and 8-fold respectively in September compared with July and August. Precipitation from January to May of 1978 was about a third in comparison with the past ten years average but rainfall in June was two and half-fold more than normal year, and thereafter drought persisted till September. Air and water temperatures were also higher, and sunny days continued for a long time without strong winds. Therefore, water was calm for a long time after the red tide extinguished.

The result indicated that the occurrence of the *Ceratium* red tide occurred in that year which was characterized by the combination of the formation of almost anoxic bottom water before the red tide occurrence, high air temperature and the calmness after a great quantity of rainfall in June. The mass mortality of oysters was presumed not to be directly related with the red tide but with the depression of dissolved oxygen in the environmental waters at the bottom due to settling of the red tide organisms.

서 론

보고 되었다.

적조로 인한 어패류에 대한 피해 보고는 많다. 특히, 대량폐사에 관해서는 미국과 일본에서 많이

1946~1947년 미국 Florida 연안에서 발생한 적조로 약 500만미의 어류가 죽었고¹⁾ 1962년과 1965년 일본 大村灣에서 있었던 적조는 양식 피조개 60.8%

*통영수산전문대학, Tong-Yeong Fisheries Junior College

와 98.4%를 폐사시켰다.^{2,3)} 또한, 1969~1970년 廣島灣에서는 적조로 인해 축양 방어 30만미중 83%가 죽었으며 양식 굴은 한 해에 약 1만톤씩 죽었다.⁴⁾ 따라서, 미국과 일본에서는 적조에 관한 보고가 많다. 적조의 발생원인,^{5,6)} 원인종(原因種)에 대한 분류,^{7,8)} 심지어는 적조와 그로 인한 피해, 예방, 대책등에 관한 단행본 및 교육, 홍보용의 팜플렛까지 나와있다.⁹⁻¹³⁾

다행히도 우리나라에서는 1977년까지는 적조로 인한 대규모의 피해는 없었다. 1961년 진해만에서 발생한 적조로 피해가 있었다는 보고¹⁴⁾가 있지만 그 피해규모는 밝혀지지 않았다. 그 후, 진해만을 포함한 충무부근 양식장 일대에서 부분적인 적조현상이 발견되었지만^{15,16)} 큰 피해를 초래한 것은 아니었다.

그러나, 1978년 8월 진해만에서 있었던 적조는 그 규모도 컸고 또 그로 인한 피해도 커서 당시 진해만에서 양식되던 약 6,000%의 굴이 대부분 폐사하였다. 피해액만도 22억7천5백만원이었다. 우리나라에서는 1973년의 대량 폐사 이후 두번째의 대 피해이었다.

저자는 충무부근 수하식 굴 양식장의 노화정도를 구명코저 저질조사¹⁷⁾를 실시하던 중 1978년 8월초 진해만에서 대규모의 적조현상을, 또 9월에는 만내에서 양식되던 굴의 대량폐사 현상을 관찰, 조사하였기에 그 결과를 보고한다.

끝으로, 본 조사에 있어 각종 시료분석에 협조하여 준 통영수산전문대학 김용술 교수께 심심한 사의를 표하며 아울러 굴 폐사에 대한 자료를 제공해 주신 경상남도 수산국 생산과 여러분께 감사한다.

재료 및 방법

현장조사는 Fig. 1에서 보는바와 같이 진해만의 가조도와 수도 사이(St. 1), 원문포 입구(St. 2), 그리고 남촌포와 어의도 사이(St. 3)에서 실시하였다.

현장에 도착하면 수색을 관찰한 후, 수심을 제고 직독식전기수온계로 표면부터 바닥까지 미-터별로 수온을 측정하였다. 다음, VanDorn 채수기를 사용하여 식물플랑크톤과 각종 분석용 시수를 채수하였고 저니(底泥)는 직경 30mm의 core채니기로 채니하였다. 각종 시료는 필요에 따라 현장에서 고정할 후 ice box에 담아 실험실로 운반하였다.

적조 원인종은 카메라가 부착된 고배율현미경으로

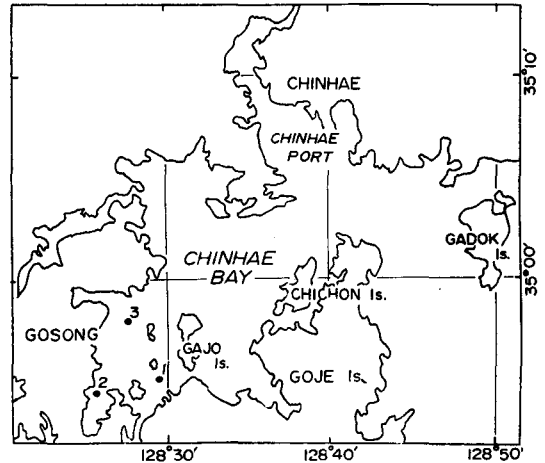


Fig. 1. Map showing Jinhae Bay and sampling stations for phytoplankton, seawater and mud characteristics.

검정하여 동정(同定)하였고, 필요에 따라 사진을 찍었다. 플랑크톤 정량은 침전법에 의한 세포수와 클로로필-a로 표시하였다.

엽분, 용존산소, 클로로필-a, 유화물 및 저니중의 유화물은 진보(前報)¹⁸⁾와 동일한 방법으로 분석, 정량하였으며, 기온과 강수량은 충무측후소의 자료를 이용하였다.

굴 폐사 현상은 경상남도 수산국 생산과의 자료를 사용하였다.

결 과

1. 굴 폐사

1978년에 멧목 및 연승시설에 수하한 종패로부터 수획할 충무군해에서의 생산예정량은 진해만에서 멧목 158대, 연승 5,385대에서 5,897%, 한산, 거제만에서 멧목 679대, 연승 3,781대에서 6,817%, 그리고 고성만 및 기타 해역에서 연승 4,626대로부터 5,551%으로 총 18,265%이었다(Table 1).¹⁹⁾ 이 중 1978년 9월에 확인된 진해만에서의 폐사량은 생산예정량 5,879%의 96%인 5,687%이었다.²⁰⁾ 이는 Table 1에서 보는바와 같이 1978년 경상남도 총 생산예정량 중 약 1/3에 해당한다. 경상남도에서 생산되는 굴량은 1977년을 기준으로 할 때, 우리나라에서 생산되는 총량의 약 79%(Table 2)²⁰⁾이므로 1978년 진해만에서 있었던 대량폐사는 엄청난 피해이었다.

Table 1. Expected oyster production (shucked meat, %) in Kyeongsang Namdo in the winter 1978

Area	Number of facilities		Total production (%)
	Raft (165m ²)	Longline (200m)	
Jinhae Bay	158	5,385	5,897*
Hansan Bay	679	3,781	6,817
Others	None	4,626	5,551
Total	837	13,792	18,265

After the Bureau of Fisheries, Kyeongsang Namdo¹⁹⁾

*96% of it was killed.

폐사현상은 진해만에 시설된 멧목과 연승을 합친 5,543대에서 발견되었는데, 통영군 용남면, 장목면, 광도면 지선의 일부분에서의 30~80%를 제외하고는 전 면에서 폐사율 95~100%로 피해 총액은 22억 7천 5백만원이었다.

Table 2. Oyster production(unshucked, %) in Korea in 1977

Province	Production, %	%
Kyeongsang Namdo	119,079	78.7
Chungcheong Namdo	14,562	9.6
Jeonra Namdo	10,991	7.3
Others	6,693	4.4
Total	151,325	100.0

After Yearbook of Fisheries Statistics of Korea published in 1978²⁰⁾

2. 적조현상

1978년 7월말부터 나타나기 시작한 적조현상은 8월초에 가장 심해서 진해만 일대를 덮었다. 이는 약 1주일간 머물다 소멸되었는데 8월말경까지의 대, 소형의 적조현상을 합치면 거의 1개월간이나 적조현상의 발생, 소멸이 계속하였다는 결과가 된다.

종류 및 양: 원인종은 와편모조(渦鞭毛藻)의 일종인 *Ceratium fusus* (Ehrenberg) Dujardin으로서, 각장은 350 μ m, 자폭은 20 μ m 정도의 대형 플랑크톤이었다(Fig. 2).

이 종은 당시에 나타난 전체 식물플랑크톤의 약 45%를 차지하고 있었다(Table 3). 나머지 중 약 47%가 규조류(硅藻類)인 *Chaetoceros* spp. 이었는데 이들은 그 크기가 작아서 현미경하에서는 *C. fusus*

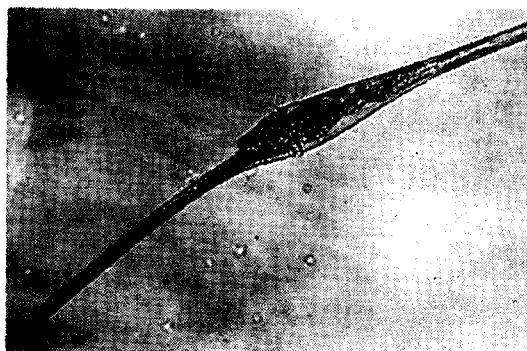


Fig. 3. The red tide species, *Ceratium fusus* occurred in Jinhae Bay in August 1978. Cell size is approximately 350 μ m in length and 20 μ m in breadth.

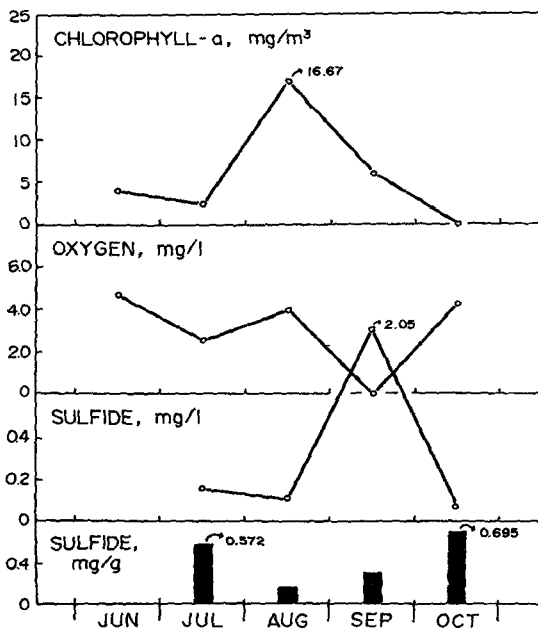


Fig. 3. Chlorophyll-a, dissolved oxygen and sulphide in bottom waters and in the superficial mud at station 1 in Jinhae Bay in 1978.

단일종으로 구성된 것 처럼 나타났다. 세포수는 최고 7.0 $\times 10^4$ cells/l이었으며(Table 3) 클로로필-a량은 50.0mg/m³으로서 적조가 있기 전인 7월의 2.5mg/m³과 적조 소멸후인 9월중 6.0mg/m³에 비해 약 8~20배나 많은 양이 있었다(Fig. 3).

Table 3. Species composition and cell number of the phytoplankton at station 1 in Jinhae Bay on August 7, 1978

Cell composition,	%
<i>Ceratium fusus</i>	44.55
<i>Chaetoceros</i> spp.	47.66
<i>Nitzschia</i> spp.	2.74
<i>Coscinodiscus</i> spp.	1.34
Others*	3.71
Cell numbers, cells/l	69,014

* All other species, each being less than 1% of total number.

3. 기상 및 해황

기온·강수량 : 1978년의 월별기온은 과거 10년간의 월평균 기온과 비교할 때 2월만이 0.4°C가 낮았을 뿐 그외의 달은 0.2~2.4°C로 높았고, 특히 3월부터는 계속 높아져 7월에는 2.4°C가 높았다(Table 4). 1978년 강수량은 5월까지의 평년에 비해 약 1/3이었다. 특히 4,5월에 적어 평년의 354.1mm에 비해 48.2mm로 매우 가물었다. 6월에는 비가 많아 평년의 두배 반이 넘는 423.3mm이었다. 그러나, 그 후 다시 가물어 9월까지의 양은 평년의 1/2정도이었다(Table 5).

Table 4. Monthly mean air temperature(°C) in Chungmu area and its vicinity for ten years from 1968 to 1977 and that of 1978

Month	1978	1968-1977	Difference
January	3.4	2.2	1.2
February	3.0	3.4	-0.4
March	7.6	7.1	0.5
April	13.4	12.9	0.5
May	18.2	17.0	1.2
June	21.0	20.3	0.7
July	26.5	24.1	2.4
August	26.8	25.6	1.2
September	22.6	22.2	0.4
October	17.1	16.9	0.2
November	12.0	10.6	1.4
December	6.2	4.4	1.8

Table 5. Monthly precipitation (mm) in Chungmu area and its vicinity for ten years from 1968 to 1977 and that of 1978

Month	1978	1968-1977	Difference
January	19.7	34.6	-14.9
February	28.0	41.2	-13.2
March	79.2	77.9	1.3
April	34.7	182.8	-148.1
May	13.5	171.3	-157.8
June	423.3	159.9	263.4
July	92.5	245.4	-152.9
August	157.8	203.6	-45.8
September	65.7	167.4	-101.7
October	66.7	53.4	13.3
November	57.3	54.3	3.0
December	29.9	33.9	-4.0

수온·염분 : 1978년 하계중 표층수온은 과거 6년간의 평균²²⁾에 비해 7월은 0.34°C, 8월은 1.06°C 그리고 9월엔 1.74°C가 높았다(Table 6). 표층염분은 수온과 마찬가지로 약간씩 높아져 7월은 0.52‰, 8월은 1.11‰ 그리고 9월엔 0.50‰가 높았다(Table 7).

용존산소·유화물 : 6월중 용존산소는 표, 저층이 각각 5.22와 4.58mg/l 이었고 7월에는 5.31과 2.79mg/l로서 저층엔 빈(貧) 산소상태이었다, 8월엔 4.73과 3.24mg/l 이었지만 9월엔 4.48과 0으로 저층엔 완전히 무(無) 산소상태인 곳도 발견되었다(Fig. 3). 유화물은 7,8월중 저층수에 0.155~0.110mg/l이던 것이 9월에는 2.050mg/l로 7,8월에 비해 약 15배 이상의 많은 양이 발견되었다(Fig. 3).

저니의 유화물 : 7월중에는 0.155mg/g, 8월엔 0.1

Table 6. Mean surface water temperature(°C) in the summer season in Jinhae Bay for six years from 1971 to 1976* and that of 1978

	July	August	September
1978	23.80	27.40	25.60
1971-1976	23.46	26.34	23.86
Difference	0.34	1.06	1.74

* After Lim²¹⁾

Table 7. Mean surface salinity(‰) in the summer season in Jinhae Bay for six years from 1971 to 1976* and that of 1978

	July	August	September
1978	32.09	31.25	30.68
1971-1976	31.57	30.14	30.18
Difference	0.52	1.11	0.50

* After Lim²¹⁾

23mg/g 이던 것이 9월에는 1.069mg/g으로서 7,8월에 비해 약 8배의 많은 양이 발견되었다(Fig. 3).

고찰

적조의 발생기구(發生機構)는 강우로 인한 다량의 육수유입에 따른 특수 유기물 공급후의 기온의 상승과 해상의 평온 및 장일조(長日照)의 장기간 계속, 축양 및 양식 어패류에 의한 배설물 및 저니에 의한 유기물 및 유화물 공급, 저층에 무산소 또는 빈산소수괴의 출현, 산업폐수 및 도시하수에 의한 부영양화, 그리고 원인종의 생리적 성질등으로 해명하고 있다.^{5,6,9-13,22)}

1978년 진해만에서의 기상 및 해양상태는 적조가 발생할 수 있는 소지가 짙었다. 평년에 비해 춘기에 강우량이 절대적으로 부족하였고 아울러 고온이 지속된데다 6월에는 평년의 두배 반이 넘는 많은 비로 인해 표, 저층간에 성층(成層)이 형성되어 결과적으로는 조류소통이 원활치 못한 곳에서는 저층에 빈산소 내지 무산소수괴가 형성되었고 다우(多雨) 후에 지속된 고온과 장일조 그리고 해상의 잔잔함이 적조를 유발시킨 주 원인의 일부가 되었다고 추측된다. 일본 廣島灣에서 1969~1970년에 있었던 양식굴의 대량폐사도 적조때문이었다고 보고하였다. 이와같은 적조의 발생기구는 오래전 부터 알려져 왔고 현재도 무시할 수 없는 주요 원인의 일부로 되어 있다.²³⁻³³⁾

어패류의 대량폐사는 적조생물의 고농도에 의해 질식하여 죽는 경우도 있지만 그런 경우는 드물고 대부분의 경우에는 적조생물로 인한 산소 소모에 의해 저층수에 빈산소 또는 무산소수의 형성이 폐사의 원인이 되는 경우가 많다.^{2-5,11,22,29,34,35)} 그 밖에, 적조로 인한 고농도의 식물플랑크톤에다 고온이 접

쳐 폐사하는 경우도 있다.

Scholz^{등,36,37)}에 의한 미국 태평양 연안의 양식 굴 *Crassostrea gigas*의 대량폐사에 관한 조사에 의하면, 폐사는 주로 굴의 condition index가 저하하는 늦여름과 초가을에 나타나는데 이는 오랜 기간동안의 산란으로 인한 생리적 stress에다 지속되는 고온과 식물플랑크톤의 고농도, 특히 *C. fusus*의 고농도가 폐사의 원인이었다고 보고하였다. 영국에서 같은 종에 대한 폐사를 조사한 Askew³⁸⁾는 condition index의 저하시에 고온과 고농도의 식물플랑크톤이 그 원인이었다는 점에서는 Scholz^등과 동일한 의견이었지만 산란과는 관계가 없었다고 지적하였다.

이상과 같은 보고들로 보아, 진해만에서 1978년 8월에 있었던 대규모의 적조현상은 적조를 진후하여 지속된 고온과 9월중 저층의 빈산소 내지 무산소상태가 결과적으로 양식 굴의 대량폐사를 초래한 주요 원인의 일부가 되었다고 생각된다. 이는 1973년 진내양 서쪽 해역에서 있었던 굴의 대량폐사를 조사한 결과에서도 지적되었다. 즉, 6~8월중 강우량의 격감과 8,9월중 흑갈색의 오조(汚潮)가 폐사의 한 원인이었다³⁹⁾고 하였다.

요약

1978년 진해만에서 있었던 적조현상과 양식 굴의 대량폐사에 관한 조사결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 진해만에서 1978년 9월중 양식 굴의 대량폐사가 있었다. 폐사량은 96%인 5,687%으로 피해액은 22억 7천 5백 만원이었다.
2. 상기의 대량폐사는 지속된 고온, 대규모의 적조와 그로 인한 저층수의 빈산소 내지 무산소화로 인한 질식이 주 원인의 일부라고 추측된다.
3. 적조의 원인종은 와편모조의 일종인 *Ceratium fusus*로서 각장 340 μ m, 각폭 20 μ m 정도의 대형 식물플랑크톤이었다. 클로로필-a량은 최고 50mg/m³이었다.
4. 춘기의 가뭄과 6월의 다우로 성층이 형성된데다 지속된 고온과 장일조 그리고 해상의 평온함이 대규모의 적조를 유발시킨 원인의 일부라 생각된다.

문헌

- 1) Gunter, G., R. H. Williams, C. C. Davis and F. G. W. Smith (1948): Catastrophic mass

- mortality of marine animals and coincident phytoplankton bloom on the west coast of Florida, November 1964 to August 1947. Ecol. Monogr. 18(3), 309-324.
- 2) 鹽川司・立石賢・飯塚昭二・入江春彦(1966) : 1962年 大村灣に發生した赤潮現象と水産被害について. 長崎大水研報 21, 45-58.
 - 3) _____・入江春彦(1966) : 1965年夏期大村灣赤潮時の海況とその被害-VI. 赤潮による水産被害について. 同誌 21, 115-129.
 - 4) 木村知博・溝上昭男・橋本俊將(1973) : 漁業被害をもたらした廣島灣の赤潮, その發生狀況と發生環境. 日フ報 19(2), 24-38.
 - 5) 花岡資・入江春彦・上野福三・飯塚昭二・岡市友利. 岩崎英雄(1972) : 内灣赤潮の發生機構. 日本水産資源保護協會 p. 105.
 - 6) Steidinger, K. A. (1975) : Basic factors influencing red tides. Proc. 1st Intern. Conf. Toxic Dinoflagellate Blooms p. 153-162.
 - 7) _____ and J. Williams(1970) : Dinoflagellates. Mar. Res. Lab. Fla. Dep. Memoirs of the Hourglass Cruises 2, 251.
 - 8) 安達六郎(1972) : 赤潮生物の分類學的研究. J. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie 9(1), 1-145.
 - 9) 柳田友道(1976) : 赤潮. 講談社 p. 198.
 - 10) 岩崎英雄(1976) : 赤潮. その發生に關する諸問題. 海洋出版株式會社 p. 126.
 - 11) 入江春彦(1973) : 赤潮研究の現狀と問題点. 日フ報 19(2), 57-66.
 - 12) Murphy, E. B., K. A. Steidinger, B. S. Roberts, J. Williams and J. W. Jalley, Jr. (1975) : An explanation for the Florida east coast *Gymnodinium breve* red tide, November 1972. Limnol. Oceanogr. 20(3), 481-486.
 - 13) Steidinger, K. A. and E. A. Joyce, Jr. (1973) : Florida red tides. Fla. Dep. Nat. Resour. Mar. Res. Lab. Educ. Ser. 17, 26.
 - 14) 박주석・김종두(1967) : 진해만의 적조현상에 관한 연구. 水振研報 1, 63-79.
 - 15) 임두병・김용술・김무상・정연수(1973) : 굴 양식장에 미치는 적조의 피해에 대한 연구. 문교부 학술연구보고 p. 17.
 - 16) 조창환(1978) : 진해만의 *Gonyaulax* 적조에 관하여. 韓水誌 11(2), 111-114.
 - 17) _____・김용술(1978) : 굴 양식장의 환경에 관한 연구, 총무부군 양식장의 저질에 관하여. 同誌 11(4), 243-247.
 - 18) _____・_____ (1977) : 굴 양식장의 미세 환경에 관한 연구-1. 거제만의 양식장 밀도 및 부영양화에 관하여. 同誌 10(4), 259-265.
 - 19) 경상남도 수산국(1979) : 굴 양식 현황 및 진해만 피해복구 상황보고.
 - 20) 한국수산기술협회(1978) : 수산연감. pp. 444.
 - 21) 임기봉(1978) : 하계 진해만과 그 인접해역의 해수 화학성분의 월별변화. 水振研報 20, 7-19.
 - 22) 城久・矢持進・西村肇(1978) : 大阪灣における赤潮發生機構に關する研究. 大阪水試研報5, 26-41.
 - 23) Slobodkin, L. B. (1953) : A possible initial condition for red tides on the coast of Florida. J. Mar. Res. 12(1), 148-155.
 - 24) Silva, E. S. (1964) : Les red tide, a la lagune a'obidos; ses causes probables. Proc. 4th Intern. Sea Weed symp. 262-275.
 - 25) 佐藤忠勇・武市善彦・安達六郎(1966) : 1964年志摩半島に出現したる赤潮について. 日本水産資源保護協會 84-94.
 - 26) 平野禮次郎(1967) : 内灣における赤潮發生機構. 日フ研報, 松江博士還曆記念號 25-29.
 - 27) 岩崎英雄・藤山虎也・山下榮次(1968) : 赤潮鞭毛藻に關する研究-I. 福山沿岸水域に出現した *Entomosigma* sp. について. J. Fac. Fish. Anim. Husb., Hiroshima Univ. 7, 259-267.
 - 28) Prakash, A. and M. A. Rashid (1968) : Influence of marine substances on the growth of marine phytoplankton, dinoflagellates. Limnol. Oceanogr. 13(4), 598-606.
 - 29) 飯塚昭二・入江春彦(1969) : 大村灣における *Gymnodinium* 赤潮發生と海底水無酸素化現象との關聯. 日フ報 16(2), 99-115.
 - 30) 上野福三(1969) : 赤潮發生水域の環境特性と植物性ナノプランクトンの推移について. 同誌 16(2), 89-98.
 - 31) 岩崎英雄・佐々田憲(1969) : 赤潮鞭毛藻に關する研究-II. 五ヶ所灣に出現した *Heterosigma inlandica* について. 日水誌 35(10), 943-947.
 - 32) _____ (1973) : 赤潮鞭毛藻の生理特性からみた赤潮の發生機構. 日フ報 19(2), 46-56.

진해만 적도와 양식굴의 대량폐사

- 33) 飯塚昭二(1976) : 大村灣における汚染の進行と赤潮プランクトンの變遷. 同誌 23(1), 31-43.
- 34) 木村知博(1975) : 廣島灣北部水域における養殖カキの生育と貧酸素水塊の出現に関する研究. 水産増殖 22(1), 27-33.
- 35) 橋本俊將・木村知博・楠木豊(1977) : 吳灣におけるカキの成育と漁場環境. 廣島水試研報 9, 11-27.
- 36) Scholz, A. Y., Westley, R. E and M. A. Tarr(1968) : Pacific oyster mass mortality studies. Seasonal summary Report No. 2. State Wash. Dept. Fish.
- 37) _____, _____ and _____ (1971) : Seasonal summary Report No. 3. State Wash. Dept. Fish.
- 38) Askew, C. G. (1972) : The growth of oyster, *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* in Emsworth Harbour. Aquaculture 1, 237-259.
- 39) 정문기・전세규・유광일・권숙표(1974) : 다도해의 굴 성장요인과 연해 수질오염에 관한 연구. 학술원보고서 p. 22.