

이동식 가두리 양식장의 이동적지 선정에 관한 연구

조 규 대 · 박 성 은 · 고 우 진*
부경대학교 해양산업개발연구소 · 국립수산진흥원 남해수산연구소
(1997년 12월 31일 접수)

A Study on the Choice of Proper Region for Moving Cage Culture Facilities

Kyu-Dae Cho, Sung-Eun Park, and Woo-Jin Go*

Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

*South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Agency, Yosu 550-120, Korea

(Manuscript received 31 December 1997)

A Study on the choice of proper region for moving cage culture facilities were carried out in the South Sea of Korea. Optimum temperatures of habitats for cage culture fishes, *Sebastes schlegelii*, *Paralichthys olivaceus*, *Seriola quinqueradiata*, *Lateolabrax japonicus*, *Pagrus major*, *Takifugu vermicularis*, and *Mugil cephalus* were 18~26°C, 10~25°C, 15~29°C, 15~29°C, 15~30°C, 15~25°C, and 19~27°C, respectively.

In winter, wintering regions for continuous growth of fishes were proper around Komundo, Sorido, Soimal, Gadukdo and Chejudo for *Paralichthys olivaceus* and *Lateolabrax japonicus*, while Seoguipo and Udo for *Seriola quinqueradiata*, *Pagrus major* and *Takifugu vermicularis*. Sanji was not proper for wintering region because variation of water temperature is large by effect of strong northwestern wind. Wintering regions of *Sebastes schlegelii* and *Mugil cephalus* were not in the south of Korea.

In summer, proper regions for fishes to avoid from damage by red tide were Komundo and around Chejudo. No red tide has occurred in these regions for 6 years. Mokpo and Yoja Bay were not proper for moving region because the former had strong tides and the latter had only one exit out of the bay which made it impossible to move cages in other route when dangerous red tides burst into.

Key words : moving cage culture, wintering, red tide

1. 서 론

가두리 양식(cage culture)은 1954년 일본 近畿大學의 어업실험실장이었던 Harada 교수에 의해 최초로 시작되었으며, 1960년대 노르웨이와 스코틀랜드에서 대서양 연어를, 그리고 Auburn대학에서 틸라피아를 양식하는데 성공하면서 현대적인 가두리 양식이 발전하기 시작했다¹⁾. 우리나라는 1975년 방어의 치어를 축양하면서부터 시작되어 지금은 남해안을 중심으로 약 1010.8 ha 이상(1995.12.31 현재)의 해역에 해상 가두리가 설치되어 있다.

그러나 현재까지 사용되고 있는 가두리는 내만에 장기간 설치하는 고정시설로서 다른 해역으로의 이동이 불가능하기 때문에 따르는 몇가지 문제점을 안고 있다. 첫째, 오랜 기간에 걸쳐 해저로 침적된 사료와 배설물로 인해 자가오염이 증가되어 내만의 어장기능이 저하되었다. 따라서 양식장을 내만에서 연안으로 이동시킬 필요가 있다. 둘째, 낮은 수온으로 인해 대부분의 양식어류

성장이 정지되는 동계에 월동장으로의 이동이 불가능하다. 즉, 상품크기로 성장하기까지 약 1~3년 이상 소요되는 기간을 단축시켜 출하시기를 앞당기고 경영비용을 절감하기 위해서는 수온이 낮아지는 동계에도 성장을 지속시킬 수 있는 월동장으로 어류를 이동시켜야 한다. 셋째, 해마다 발생하고 있는 적조 및 선박의 좌초로 인한 유류유출사고 등 갑작스런 재해에 대한 대처방안이 없으므로 고정형 가두리는 막대한 재산피해를 입고 있다. 따라서 재해 발생시 안전한 해역으로 이동시킬 수 있는 시설의 개발이 요구된다. 최근 양식장의 피해가 가장 극심했던 해는 1995년으로 적조로 인한 연안어장의 피해액이 무려 764억 원에 달했으며, 유조선 Sea Prince호가 좌초되면서 유류오염까지 발생하여 대부분의 연안어장이 황폐화되었다²⁾.

이동식 가두리 시스템은 이러한 문제점들을 해결하기 위해 고안된 것으로 기존의 고정형 가두리를 이동이 가능한 시설로 개발하여 유사시 양식어류를 능동적으로

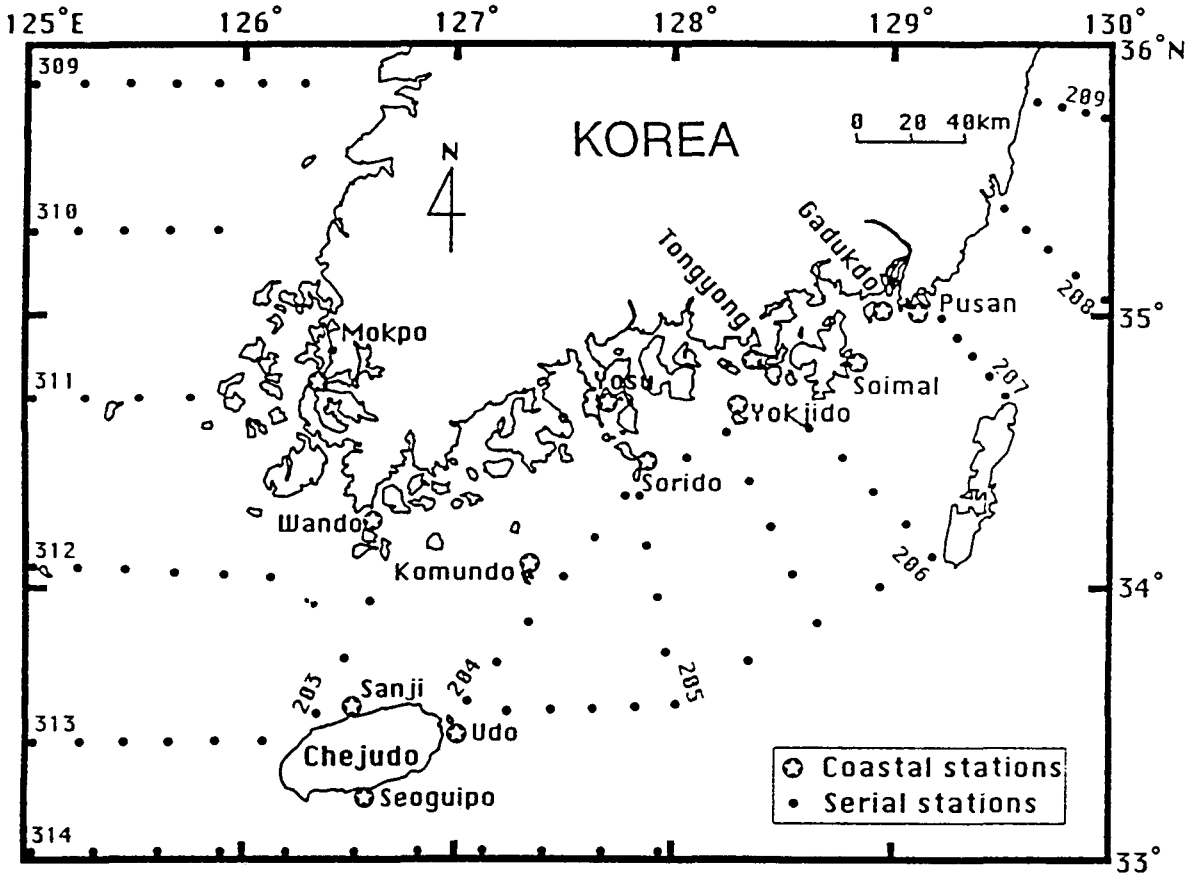


Fig. 1. The coastal and serial oceanographic stations of the NFRDI, in the South Sea of KOREA.

이동시키기 위한 시스템이다. 이미 노르웨이에서는 강한 바람에 견딜수 있는 외해 가두리 양식시설을 지속적으로 개발해오고 있으며, 일본에서도 세토나이카이(瀬戸内海)와 가고시마(鹿児島)만에서 적조생물에 대한 피해를 줄이기 위해 이동식 가두리를 사용하고 있다.

최근 우리나라에서도 조 등³⁾이 이동식 가두리 양식시설의 개념적인 설계를, 홍과 김⁴⁾이 이동식 가두리 시설의 개발에 대해서 연구한 바 있으나, 국내연구는 아직 시작단계에 불과하다. 또한, 이동시킬 해역이 고정형 가두리가 위치하고 있는 내만보다 외해역이기 때문에 강한 파에 견딜 수 있는 내파성 양식시설 개발에 관한 공학분야의 연구만 주로 이루어졌을 뿐, 이동 가능한 해역에 대한 어장환경을 규명하려는 연구는 시도되지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 16년간 수온자료를 분석하여 동계에도 양식어류를 지속적으로 성장시킬 수 있는 월동장으로서의 이동적지, 그리고 적조발생 속보자료를 이용하여 하계에 적조발생 해역으로부터 양식어류를 대피시키기 위한 이동적지를 선정하고자 하였다.

2. 자료 및 방법

양식어류를 이동시킬 장소를 선정할 때 양식대상 어종에 대한 서식 및 산란적수온을 고려하는 것은 매우 중

요하다. 따라서 日本水産資源保護協會⁵⁾의 水産生物適水溫度를 이용하여 양식어류의 서식 및 산란적수온을 파악하고 남해안 수온자료와 비교하여 서식에 적합한 이동적지를 살펴보았다.

수온자료는 국립수산진흥원이 1996년 및 1978~1993년까지 조사한 연안정지 및 정선관측 정점(Fig. 1) 자료와 한국근해 수온분포도(1996)의 위성관측 자료를 사용하였다. 가두리 양식시설은 수심 약 4~7m 정도에 위치하고 있으므로, 동일 수심의 수온자료를 사용하는 것이 바람직한 방법이겠으나, 정지정점의 경우 표면수온자료만 관측하고 있고 정선관측시에도 표면 다음으로 10m 층을 관측하고 있어 표면과 10m 층의 수온자료만을 사용하였다. 수온과 함께 양식어류에 영향을 미치는 환경인자들의 분포를 알아보기 위하여 용존산소 분포를 함께 나타내었다.

하계에 적조발생 해역으로부터 양식어류를 대피시킬 수 있는 적지를 선정하기 위해 1991~1996년 사이의 적조발생상황을 분석하고 지난 6년간 적조가 발생하지 않았던 해역을 중심으로 적조발생 해역으로부터 양식어류를 이동시키기 적합한 적지를 살펴보았다. 적조자료는 국립수산진흥원의 韓國 沿岸의 赤潮와 남해안의 적조발생 현황 자료를 사용하였다⁶⁾.

Table 1. Facilities and regional production of fixed cage culture in the South Sea of Korea (by NFRDI⁷⁾)

	Region	Facilities (ha)	Facilities (cho)	Regional Production (ton)
Southwest Sea of Korea	Mokpo	80.8	330	713
	Jindo	4	80	58
	Haenam	3	60	17
	Wando	178.5	2,840	1,140
	total	266.3	3,310	1,928
South Sea of Korea	Kohung	58.7	477	240
	Yosu	335.0	3,560	4,387
	Namhae	27.7	306	96
	total	421.4	4,343	4,723
Southeast Sea of Korea	Samchunpo	15	93	42
	Tongyong	233.5	3,497	2,264
	Gujae	74.6	1,400	2,735
	total	323.1	4,990	5,041

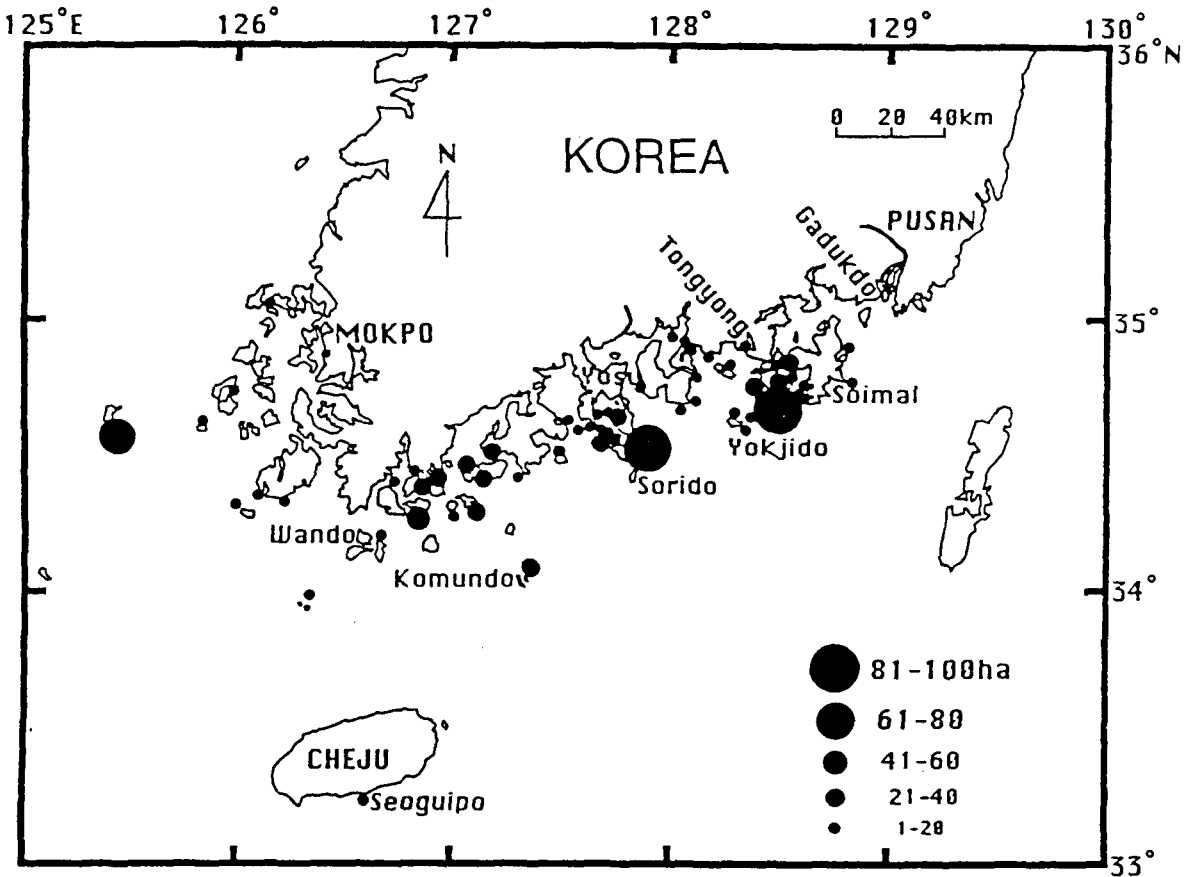


Fig. 2. Distribution of fixed cage aquaculture facilities in the South Sea of KOREA.

고정형 가두리의 위치와 면적 및 시설량과 생산량은 국립수산진흥원의 남해안 어류양식 어업권 현황⁷⁾과 어류양식지도 상황보고⁸⁾ 자료를 사용하였으며, 어종의 학명은 김과 강⁹⁾의 원색 한국 어류도감의 것을 인용하였다.

3. 결 과

3.1 남해안 고정형 가두리 양식 현황

Table 1 은 1995년 12월 31일 현재의 고정형 가두리의 시설량 및 생산량을 지역별로 정리한 것으로 수평분포는 Fig. 2에 나타내었다.

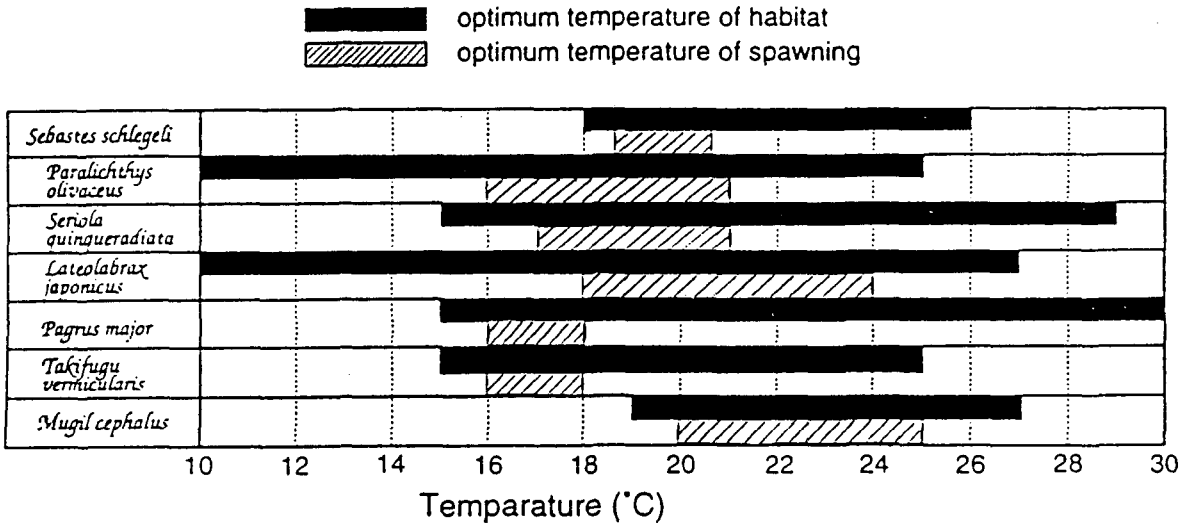


Fig. 3. Optimum temperature of habitat and spawning for fish.

1995년 12월 31일 현재, 남해안에 설치되어 있는 해상가두리 양식시설의 총면적은 약 1010.8 ha였으며, 시설면적이 가장 넓은 곳은 여수연안과 통영연안으로 각각 전체 고정형 가두리 시설면적의 33.1%와 24.3%를 차지하고 있었다. 지역별 생산량은 총 11,692톤으로 여수지역이 전체 생산량의 37.5%(4387톤), 거제지역 23.4%(2735톤), 통영지역 19.4%(2264톤) 순으로 생산량이 높게 나타났으며, 이들 지역에서 생산되는 양이 남해안 전체 생산량의 약 80% 이상을 차지하고 있었다.

어종별 생산량은 조피볼락과 넙치가 전체 생산량의 약 80% 이상을 차지하였으며, 그 외에 농어, 방어, 참돔, 능성어, 복어, 돌돔, 숭어 등이 생산되고 있었다. 본 연구에서는 서식 및 산란적수온을 파악할 수 있었던 조피볼락, 넙치, 농어, 방어, 참돔, 복어 그리고 숭어 등 모두 7가지 어종을 대상으로 하였다.

3.2 양식어류의 서식 및 산란적수온

Fig. 3은 우리나라 가두리 양식의 주요 대상어종인 조피볼락(*Sebastes schlegelii*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*), 방어(*Seriola quinqueradiata*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 참돔(*Pagrus major*), 복어(*Takifugu vermicularis*), 그리고 숭어(*Mugil cephalus*)의 서식 및 산란적수온을 나타낸 것이다(日本水産資源保護協會(Japan Fisheries Resource Protection Institute)⁹⁾). 어종별 서식적수온은 조피볼락 18~26℃, 넙치 10~25℃, 방어 15~29℃, 농어 10~27℃, 참돔 15~30℃, 복어 15~25℃, 그리고 숭어가 19~27℃ 사이였으며, 산란적수온은 조피볼락 18.5~20.5℃, 넙치 16~21℃, 방어 17~21℃, 농어 18~24℃, 참돔 16~18℃, 복어 16~18℃, 그리고 숭어가 20~25℃ 범위 내에 분포하고 있었다.

3.3 동계와 하계의 남해안 수온분포

1) 연안정지 정점별 표면수온의 계절변동 특성(16년간)

서식적수온의 범위를 벗어난 해역에서는 어류가 먹이를 거의 먹지 않게 되어 사실상 성장이 멈추게 되며 심한 경우 사망하게 된다. 따라서, 어류의 성장을 지속적으로 유지시키기 위해서는 특히 수온이 낮아지는 동계에 양식어류를 월동시키기 적합한 따뜻한 수온대를 찾아 이동시켜야만 한다.

Fig. 4는 1978년부터 1993년까지 16년간 월평균 표면수온의 계절변동을 연안정지 정점별로 도시하고 월별로 최대최소값 및 표준편차를 그린 것이다. 실선은 16년간 월평균 표면수온, 점선은 월별 표면수온의 최대값과 최소값, 그리고 막대의 상한선과 하한선은 각각 월별 표준편차를 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 대부분의 연안정지 정점에서 수온의 최저값은 2월에, 최대값은 8월에 나타내며 그 변동범위는 각각 4~14℃, 20~25℃ 정도로 나타났다.

주목할만한 것은 2월에 여수의 수온은 약 4℃인데 반해 서귀포와 우도(성산포)의 수온은 약 14℃ 정도로 무려 10℃나 높게 나타난다는 점이다. 또한, 서귀포, 우도, 산지, 거문도, 서이말, 그리고 가덕도의 경우 수온의 최저값이 나타나는 2월에도 10℃ 이상의 수온을 유지하고 있었으며, 이 가운데 서귀포와 우도는 약 14~15℃의 수온을 보였다. 그러나 산지는 2월 평균수온의 표준편차가 약 1.6으로 서귀포(0.6)와 우도(0.6)에 비해 크게 나타나고, 수온의 최대값(18.4℃)과 최소값(10.8℃)의 편차도 무려 7.6℃의 차이를 보여 서귀포(1.1℃)와 우도(1.9℃)에 비해 6℃나 크게 나타났다.

2) 수심 10m의 16년간 평균수온의 수평분포

Fig. 5는 1978년~1993년까지 수심 10m의 수온자료를 각 정점별로 평균하여 동계(2월)와 하계(8월)의 수평분포도로 나타낸 것이다. Fig. 4에서 표면수온이 가장 낮게 나타났던 2월의 경우 거문도와 소리도는 11℃ 이하, 산지와 서귀포는 14~15℃, 그리고 우도(성산포)는 15℃ 이상으로 나타났다. 8월의 평균수온은 전해역이 20℃ 이상으로 산지와 우도는 25℃ 이상, 서귀포는

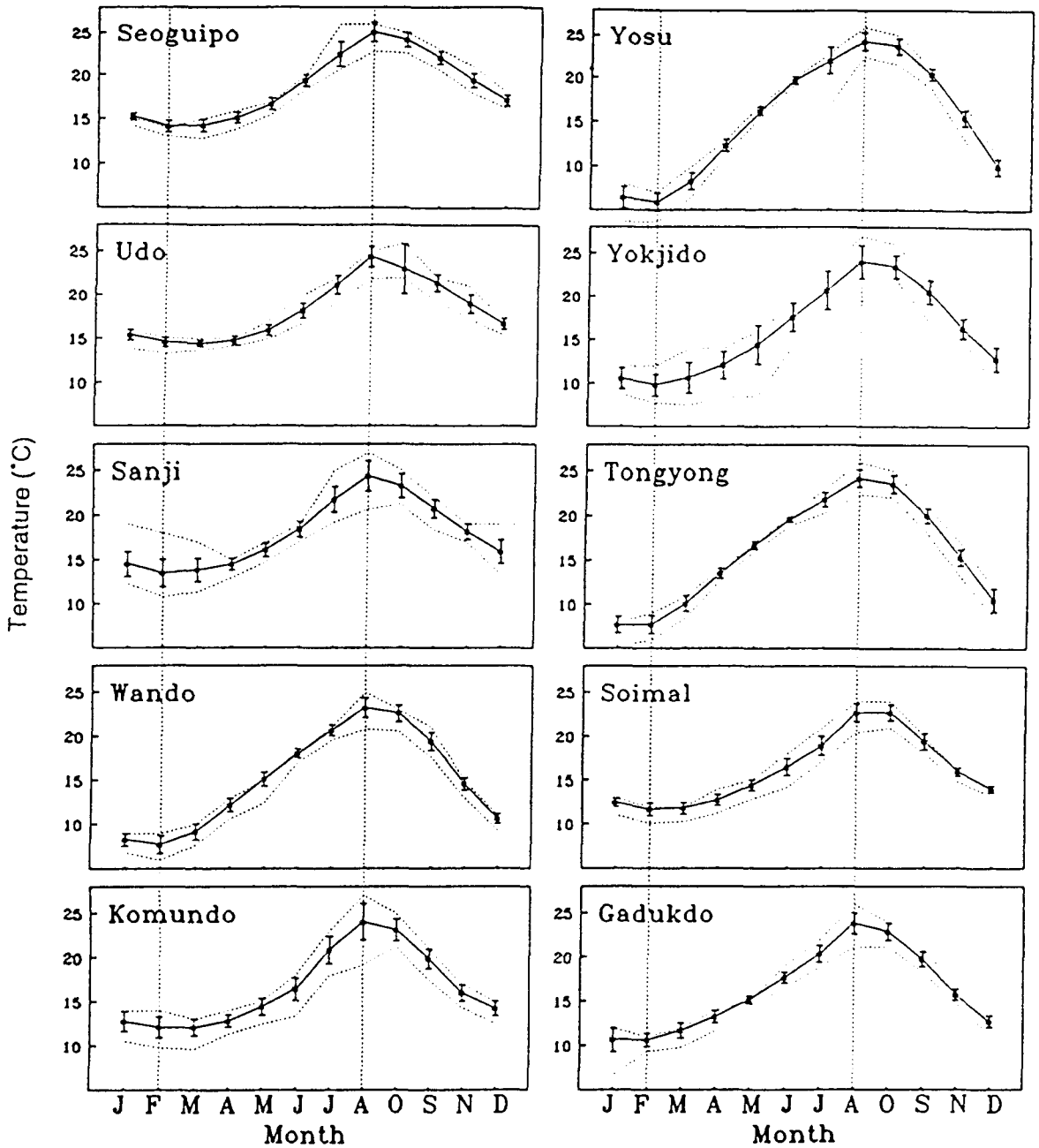


Fig. 4. Monthly variation of mean temperature(straight line) and standard deviation(bar) from 1978 to 1993 at the coastal stations(dashed line is max. and min. value).

26℃ 이상의 수온이 분포하였으며, 동계에 비해 약 10℃ 정도 높은 값을 나타내었다.

Fig. 4의 정지정점 수온자료와 동계(2월)의 평균수온 분포를 비교해보면 거문도, 서이말, 가덕도, 그리고 제주도 주변해역에서는 서식적수온이 10℃ 이상인 넓치와 농어의 월동이 가능할 것으로 보이며, 이 가운데서 귀포와 우도는 15℃ 이상인 어종(방어, 참돔, 복어)도 월

동시킬 수 있는 수온을 나타내었다.

3) 1995년의 수온분포

Fig. 6은 1995년의 수심 10m에 대한 수온의 수평분포를 나타낸 것이다. 동계의 경우 Fig. 5에서 나타난 16년간 평균수온 분포와 전반적으로 유사한 양상을 보였으며, 제주도 부근 해역의 수온은 평균수온보다 약 1℃ 높은 15~16℃로 나타났다. 또한 Fig. 4에 나타낸

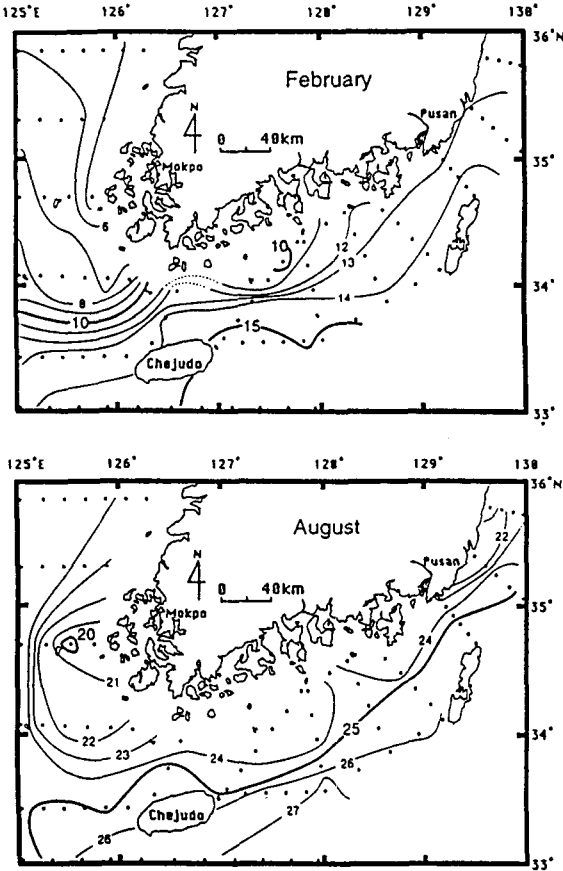


Fig. 5. Mean temperature(°C) from 1978 to 1993 at 10m.

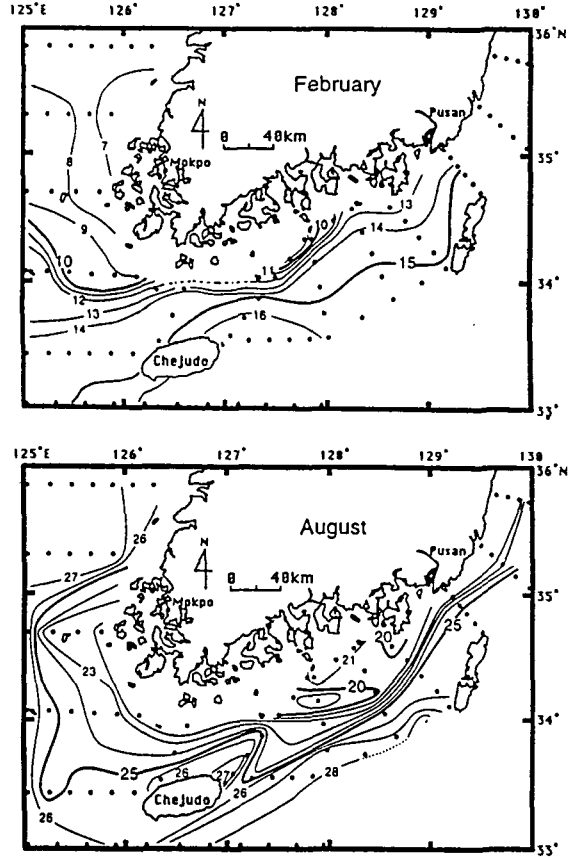


Fig. 6. Distribution of temperature(°C) at 10m in summer and winter, 1995.

10개 정지정점 가운데 소리도만 10°C 이하의 낮은 수온을 나타내었다. 하계에는 전해역이 20°C 이상으로 수온이 높았고 산지와 서귀포는 26°C, 그리고 우도는 약 27°C로 매우 높은 수온을 보였다. 보다 동시성이 있는 수온자료를 검토하기 위해 인공위성에서 관측된 95년 2월 10일의 한국근해 표면수온(Fig. 7)을 살펴본 결과 Fig. 6과 거의 일치하는 분포를 나타냈다.

3.4 용존산소 분포

Fig. 8은 1995년의 수심 10m에 대한 용존산소의 분포도를 나타낸 것이다. 동계인 2월의 경우 전해역이 5.4ml/l 이상으로 산소량이 높게 나타났고, 목포부근에서 약 6.0~6.8ml/l 정도의 최대값이 존재하였다. 하계인 8월에는 제주도 서부와 남해, 옥지도 주변해역이 5.4ml/l로 높고, 외양에서는 4.8ml/l 이하였다.

3.5 적조발생 해역의 분포

1) 1991~1996년 적조의 년별 분포특성

Fig. 9는 1991년부터 1996년까지 발생한 유무독성 적조생물의 분포도이다. 1991년에는 총 42건의 적조가 발생하였고, 이 가운데 편모조류에 의한 적조는 32건이

었다. 주로 진해만을 중심으로 통영, 남해, 여수해만 등에서 발생하였으며, 유해성 적조는 9월에 *Cochlodinium polykrikoides*에 의한 적조가 거제 고현만, 남해군 삼동면과 미조면에서 약 3,000cells/ml의 밀도를 보이며 발생하였다.

1992년의 총 적조발생 건수는 27건으로 편모조류에 의한 적조는 18건이었다. 91년에 비해 적조발생 건수는 감소하였으며, 8월에 유해성인 *Gyrodinium sp.*가 통영과 거제를 중심으로 고밀도의 적조를 일으켰다.

1993년에는 총 39건의 적조가 발생하였으며, 이 중 편모조류에 의한 적조가 34건이었다. 적조발생 해역은 부산, 진해만, 거제, 통영, 남해도, 여수연안 등이며, 전년도에 비해 진해만에서는 적조가 빈번하지 않았고, 통영, 여수, 거제연안에서 주로 발생하였다. 4월에서 9월까지는 무독종에 의한 적조가 지속되다가 10월에 남해도, 통영, 여수연안을 중심으로 약 한달간 유독종인 *C. polykrikoides*적조가 발생하였다.

1994년에는 총 29건의 적조 가운데 편모조류에 의한 적조가 18건이었다. 적조발생은 예년과 마찬가지로 마산만, 행암만, 거제연안, 통영, 사량도, 여수연안에서 주로 발생하였고, 8월에 유독종인 *C. polykrikoides*에 의

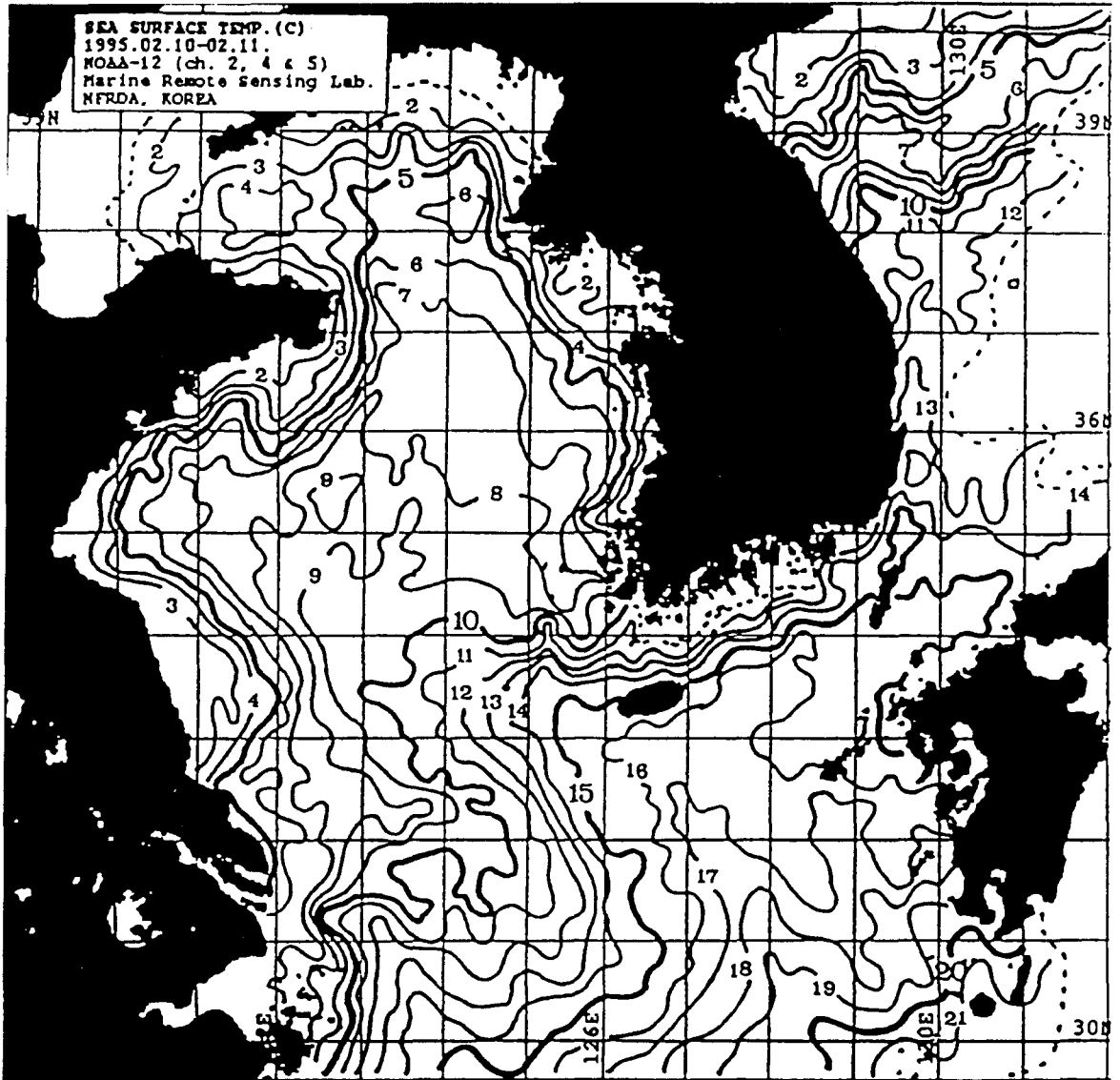


Fig. 7. NOAA-12 satellite image showing the sea surface temperature(°C) around the Korean Peninsula on 10-11 February 1995(by NFRDI, 1996).

한 적조가 3,000cells/ml의 밀도를 보이면서 돌산도의 동쪽과 기장군 연안에서 발생하였다.

1995년에는 총 65건의 적조가 발생하였고, 이 가운데 편모조류에 의한 적조는 60건이었다. 8월말까지는 무독성 종에 의한 적조가 발생하다가 8월말부터 10월중순까지는 유해성 종에 의한 적조가 발생하였다.

1996년에는 총 61건의 적조가 발생하였다. 이 중 편모조류에 의한 적조가 55건으로 대부분을 차지하였으며, 2월 15일 통영 한산면 장좌리에서의 *Gymnodinium sanguineum*에 의한 적조를 시초로 하여 8월까지는 무독성 적조가 지속되다가 9월 5일~10월 2일까지 약 한달간 유독종인 *C. polykrikoides*에 의한 적조가 발생하였다.

1991년부터 1996년까지 발생한 적조생물의 분포를 종합해보면 1991~1994년의 분포와 1995~1996년의 분포양상이 뚜렷이 구분된다. 즉, 1994년까지의 적조는 여수의 가막만을 중심으로 동쪽해역인 여수해만, 남해, 그리고 통영, 거제주변에서만 발생하였고, 소라도, 나로도, 그리고 득량만 등 서쪽해역에서는 발생하지 않았다. 반면, 95년부터는 거의 남해안 전역에 걸쳐서 발생하였다. 또한, 여자만과 거문도 주변해역에서는 6년간 적조가 거의 발생하고 있지 않았다.

2) 1995과 1996년 유해성 적조의 분포특성

유해성 적조생물은 수색을 변화시킬 수 있는 농도가 아닌 매우 낮은 농도에서도 어류나 패류를 독화시키고 가두리 양식장의 양식어류에 직접적으로 피해를 주어

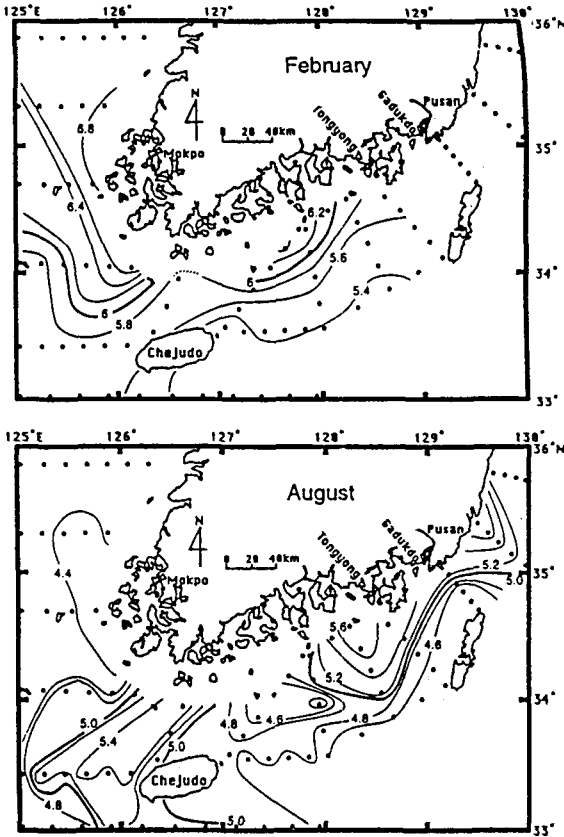


Fig. 8. Distribution of dissolved oxygen(ml/l) at 10m in 1995.

폐사를 일으키는 원인이 된다²⁾.

Fig. 10은 1995년(상)과 1996년(하)에 발생한 유해성 적조생물의 분포를 나타낸 그림이다. 1995년의 경우 8월 29일 *C. polykrikoides*에 의한 유해성 적조가 고흥군 덕흥리 연안에서 처음 발생하였으며, 남해안에서는 욱지도, 고흥군 도양과 도화면, 여천군 돌산연안, 남해도 갈좌, 창선면, 삼동면, 앵강만, 부산~기장연안, 득량만, 완도군 금당연안, 통영군 학림연안에 발생하였다. 764억원 이상의 어장피해를 낸 95년의 유해성 적조는 10월 21일 완전히 소멸되었다.

1996년에 발생한 유해성 적조는 9월 5일에서 10월 2일 사이에 발생하였으며, 주원인종은 *C. polykrikoides*였다. 최초 발생시기는 전년과 유사한 9월 5일로 전남 고흥군 동일면 덕흥리에서 발생하였다. 남해안에서는 고흥군연안, 여수연안, 남해도연안, 거제연안, 통영연안, 부산 다대포, 기장군연안, 가덕도 연안에서 발생하였다. 10월 2일 전 해역에서 완전히 소멸된 *C. polykrikoides*적조는 전년도에 비해 전반적으로 규모가 약화된 양상을 보였다.

4. 고찰

본 연구에서는 동계에도 양식어류를 지속적으로 성장

시키기 위한 월동장으로, 그리고 하계에는 적조로부터 피해를 최소화하기 위한 대피어장으로서의 이동적지를 선정하고자 하였다.

1) 동계 월동장으로서의 이동적지

양식어류의 대부분은 겨울철(12~4월)에 낮은 수온으로 인하여 성장이 멈추기 때문에 상품크기까지 성장하는데 오랜 시간이 소요되며, 이에 비례하여 경비도 그만큼 많이 들게 된다¹⁰⁾. 따라서, 수온이 낮아지는 동계에도 어류의 성장을 지속적으로 유지시켜 사육시간 및 경비를 절감하기 위해서는 수온이 항상 성장에 적합할만큼 높게 유지되는 해역에서 양식어류를 월동시켜야 할 것이다.

이러한 월동장을 Fig. 3에서 나타낸 양식어류의 서식적수온과 남해안의 수온(Fig. 4)만을 고려하여 살펴보면, 서식적수온이 10~25℃인 넘치와 10~27℃인 농어의 경우에는 수온이 가장 낮은 2월에도 10℃ 이상의 수온을 유지하고 있는 거문도, 서이말, 가덕도, 산지, 서귀포, 그리고 우도(성산포)가 월동장으로 적합할 것으로 보이며, 이 가운데 약 15℃ 이상의 수온을 나타낸 서귀포와 우도에서는 서식적수온이 15~29℃인 방어, 15~30℃인 참돔, 그리고 15~25℃인 복어의 월동까지도 가능할 것으로 생각된다. 그러나, 조피볼락과 숭어의 경우에는 각각 서식적수온이 18~26℃, 19~27℃이므로 2월에 수온의 최대값이 약 15℃밖에 되지 않는 남해안에서는 성장을 지속시키며 월동할 수 있는 해역이 없을 것으로 사료된다.

어류는 온도에 대한 감지능력이 뛰어나 0.1~1℃정도의 작은 수온변화에도 민감하게 반응한다^{11,12)}. 따라서, 수온을 고려한 적지라 할지라도 그 변동폭이 클 경우에는 어류에게 스트레스를 주거나, 병에 대한 저항력을 떨어뜨려 심할 경우 어류가 폐사할 수도 있다¹⁾. 이러한 측면에서 산지는 2월에 수온의 최대값이 18.4℃, 최소값이 10.8℃로 그 편차가 무려 7.6℃나 되어 10개 정지정점 가운데 가장 큰 변동을 보이므로(Fig. 5) 월동장로서는 적합하지 않을 것으로 생각된다. 이것은 수온의 최대값과 최소값의 편차가 각각 1.1℃, 1.9℃인 서귀포와 우도에 비하면 6℃나 높은 값이다. 또한, 수온의 표준편차도 서귀포(0.6)와 우도(0.6)에 비하면 산지는 1.6으로 약 1.0정도 크게 나타난다.

이처럼 겨울에 산지의 수온변동이 서귀포나 우도보다 크게 나타나는 것은 강한 북서계절풍의 영향으로 황해에서 형성된 저온의 남해연안수가 제주해협을 통과하면서 단시일(수시간~수일)에도 수온이 크게 변동하는 것에 주된 원인이 있는 것으로 생각된다¹³⁾. 즉, 강한 북서풍이 불 경우 대륙연안역에서 형성된 냉수가 취송류 효과에 의해 외해로 확장되고, 그렇지 않을 때에는 황해난류가 제주해협으로 유입되는데 이러한 과정이 제주도 북쪽연안의 수온변화를 크게하는 원인이 된다¹⁴⁾. 또한, 대한해협과 제주해협의 표면수온이 기상상태에 따라 크게 변동한다는 양¹⁵⁾의 주장과 초겨울에 제주해협과 대한해협에서 형성되는 연안전선의 위치가 바람의 영향에 의해 크게 변동하고 있다는 Lee et al.¹⁶⁾의 보고도 제주도의 북쪽해역에서 겨울철 북서계절풍의 영향에 기인하

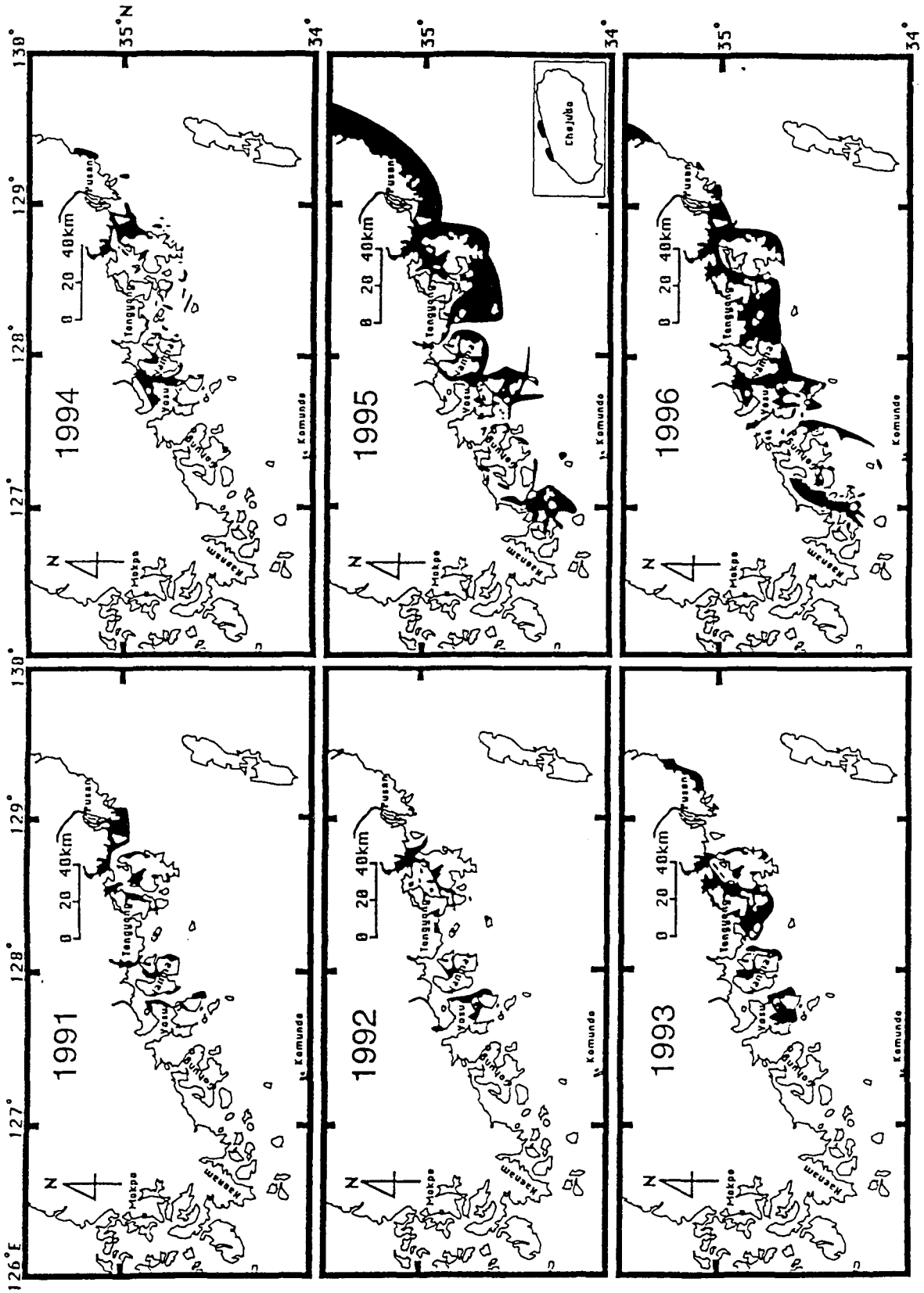


Fig. 9. Distribution of red tide from 1991 to 1996(by NFRDI, 1997).

적조발생 해역의 외해쪽으로 이동시켜야 하며, 이때 대피어장으로서의 이동적지를 선정하는 일은 매우 중요하다고 생각된다.

적조발생 해역으로부터 대피하기 위한 이동적지로서는 지난 수년간 적조가 발생하지 않았고, 육지나 섬과 가까워 어장관리가 용이한 해역이 가장 적합할 것이다. 따라서, Fig. 9에서 나타낸 바와 같이 지난 6년간 적조가 발생하지 않았던 목포주변 해역, 여자만, 거문도 주변해역, 그리고 제주도 주변해역 등이 하계에 적조발생 해역으로부터 양식어류를 대피시키기에 적합한 해역이라고 생각된다.

그러나, 목포주변해역은 조류가 강하여 시설물을 설치하기에 부적합할 것으로 사료되며, 여자만은 단지 1개의 좁은 만입구가 외해와 접하고 있어 만일의 경우 적조가 이 해역에서 발생하게 되면 다른 해역으로 대피시킬 수 있는 통로가 없어지게 되므로 이동적지로서는 위험할 것으로 여겨진다. 따라서, 하계의 이동적지로서는 지난 6년간 적조가 발생하지 않았고, 만일의 경우 적조가 발생하더라도 인근해역으로의 대피가 자유로운 거문도와 제주도 주변해역이 가장 적합할 것으로 사료된다.

이동시기는 1982년부터 현재까지 매년 수산피해를 일으키고 있는 *C. polykrikoides*²⁰⁾의 경우 1995년에 8월 29일 ~ 10월 21일, 1996년에는 9월 5일 ~ 10월 2일 사이에 발생한 것으로 보아 8월 중순 ~ 10월 말 사이가 적당할 것으로 생각된다.

적조발생시 적조생물의 농도는 95년과 96년 모두 약 3000cell/ml 이상이었다²¹⁾. 김²¹⁾에 의하면 조피볼락의 경우 *Cochlodinium* 2000cell/ml에서 3시간 경과 후 100% 사망하였고, 1000cell/ml와 500cell/ml에서는 각각 5시간과 6시간 경과 후 100% 사망하였는데 이러한 결과로부터 95년과 96년의 적조생물의 농도는 수시간 내에 양식어류들을 모두 치사시킬 수 있을 만큼 고밀도로 발생하였다는 것을 알 수 있다.

적조발생범위(Fig. 10)와 수온분포(Fig. 5~7)를 비교해보면 완도, 거문도, 소라도, 남해, 육지도, 거제도 남단, 그리고 부산을 잇는 선을 중심으로 내만쪽에서 발생하고 있었으며, 대략 20~21℃ 이하의 수온대에서 발생했음을 알 수 있었다. 이것은 와편모조류가 20℃전후의 수온범위에서 증식속도가 빠르다는 失特²²⁾의 결과와 비교적 일치하고 있다. 따라서, 남해안에서 하계동안 적조를 피해 양식어류를 이동시킬 경우 이러한 적조발생 해역의 외해쪽으로 이동시켜야 적조로 인한 어류의 폐사를 막을 수 있을 것으로 사료된다. 하계의 수온범위는 약 20~26℃로 전체 해역이 양식대상 어류들의 서식적수온대에 포함되므로 이동시킬 때 어류의 서식적수온은 고려하지 않아도 문제가 되지 않을 것으로 생각된다.

실제 양식어류를 이동적지로 이동시킬 경우 양식장의 면허권 허가 문제나 이동시 어류의 스트레스 문제, 그리고 파랑의 영향 등을 고려해야 되나 본 연구에서는 다루지 못하였다.

5. 요 약

본 연구에서는 동계에 양식어류의 지속적인 성장을

유지시키기 위한 월동장으로서, 하계에 적조발생 해역으로부터의 대피장소로서 이동 가능한 적지를 수산물리해양학적으로 선정하고자 하였다.

동계에 월동장으로서의 서식적수온이 10℃ 이상인 어종(넙치, 농어)의 경우 거문도, 서이말, 가덕도, 그리고 제주도 주변해역이 적합하였으며, 15℃ 이상인 어종(방어, 참돔, 복어)은 서귀포와 우도(성산포)에서 월동이 가능한 것으로 나타났다. 산지는 동계에 강한 북서계절풍의 영향을 직접적으로 받는 지역으로 표면수온의 변화가 심하여 월동장으로서 적합하지 않았다.

서식적수온이 각각 18℃와 19℃ 이상인 조피볼락과 송어의 경우에는 성장을 지속시키며 월동할 수 있는 적지를 남해안에서는 찾을 수 없었다.

용존산소의 경우 동계와 하계 모두 전 해역에서 해양생물의 활동을 유지하는데 필요한 4ml/l이상의 농도를 나타내어 양식어류의 이동시 크게 고려하지 않아도 될 것으로 판단된다.

하계에 적조발생 해역으로부터 양식생물을 대피시키기 위한 이동적지로서는 지난 6년간 적조가 발생하지 않았고, 만일의 경우 적조가 발생하더라도 인근해역으로 대피가 자유로운 거문도와 제주도 주변해역이 적합하였다. 목포주변해역은 조류가 세고, 여자만은 적조발생시 대피시킬 수 있는 통로가 없어 이동적지로서는 적합하지 않았다.

감사의 글

본 연구는 부경대학교 해양산업개발연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- 1) 조규대. 1996a. 이동식 가두리. 양식공학. 부경대학교 해양산업개발연구소. 태화출판사, 332pp.
- 2) 국립수산진흥원. 1997a. 韓國 沿岸의 赤潮(1990~1996)
- 3) 조규대·조상래·김상봉·김성근. 1995. 한국형 이동식 가두리 양식 시스템의 개념설계, 부경대학교 해양산업개발연구소, 제5회 국내학술발표회 초록집, 101~104.
- 4) 홍봉기·김인철. 1995. 이동식 가두리 개발에 관한 연구. 한국어업기술학회지, 31, 93~106.
- 5) 日本水産資源保護協會. 1980. 水産生物適水溫度. 36~41.
- 6) 국립수산진흥원 남해수산연구소. 1997b. 남해안의 적조발생 현황
- 7) 국립수산진흥원 남해수산연구소. 1996b. 남해안 어류양식 어업권 현황
- 8) 국립수산진흥원 남해수산연구소. 1995b, 1996c. 어류양식지도 상황보고
- 9) 김익수·강언중. 1993. 원색 한국 어류도감. 아카데미 서적, 477pp.
- 10) 조재윤. 1996b. 총론. 양식공학. 부경대학교 해양산업개발연구소. 태화출판사, 332pp.
- 11) Bull, H. O. 1952. An evaluation of our

- knowledge of fish behavior in relation to hydrography. Rapp. ICES, 131, 8~23; In Fisheries Oceanography and Ecology edited by Laevatu and M.L.Hayes(1981), 4~9. Fishing News Books Ltd., Farrham, Suney, England.
- 12) 川本信之. 1975. 新版魚類生理生態學. 恒星社厚生. 水産學全集, 13, 188~189.
- 13) 나정열·한상규·조규대. 1990. 한반도 근해의 해류와 해수특성. 한국수산학회지, 23(4), 267-279.
- 14) 공영. 1971. 한국 남해연안 전선에 관한 연구. 한국해양학회지, 6(1), 25-36.
- 15) 양성기. 1994. 한국 남해연안의 해표면 수온분포와 천해전선의 변동특성. 한국환경과학회지, 3(2), 111-128.
- 16) Lee, J. C., J. Y. Na and S. D. Chang. 1984. Thermohaline structure of the shelf front in the Korea Strait in early winter, *J. Oceanol. Soc. Korea*, 19(1), 56-67.
- 17) Wallen, D. D. and D. W. Hood. 1968. Seawater analysis method: Dissolved oxyten progress report to U. S. Office of Naval Research. Inst. Mar. Sci. Report R68-6, Univ. Alaska, Fairbanks, pp. 88-93.
- 18) 柳哲雄. 1989. シンポジウム貧酸素水塊のまとめ. 海洋研究ノト, 26(2), 141-145.
- 19) Park, J. S. and H. G. Kim. 1991. Recent approaches on red tides. Korean and French Seminar on red tide. pp. 159.
- 20) Kim, H. G., J. S. Park, Y. Fukuyo, H. Takayama, K. H. An, and J. M. Shim. 1993. Toxic dinoflagellate bloom of an undescribed species of *Gyrodinium* in Chungmu coastal waters, Korea. In: Harmful Marine Algal Blooms. (eds.) P. Lassus, G. Arzul, E. Erard, P. Gentien, C. Marcaillou. Lavoisier, Intercept Limited, Paris, New York. pp. 59-63.
- 21) 김창훈. 1995. 유해유독 적조생물 발생과 독성 생산에 관한 연구, 부경대학교 해양산업개발연구소, 제5회 국내학술발표회 초록집, 86~88.
- 22) 失特進. 1984. 大阪灣に出現する赤潮鞭毛藻 6種の増殖に及ぼす水温の影響 *Japan*, 31(1): 15-22. 大阪灣に出現する赤潮鞭毛藻 *Prorocentrum micans*. *Eutreptiella* sp.および *Chattonella marina*의増殖制限榮養因子のついて *Plankton Soc. Japan*, 31(2), 97-106.
- 23) 이상근·박주석·김학균. 1993. 한국 남해연안 해역에서 출현하는 유독편모조류의 분류. 국립수산진흥원 연구보고, 48, 1-23.