

동절기 남해안 참돔(*Pagrus major*)의 대량폐사에 관한 연구

최혜승[†] · 정승희* · 허영백 · 양준용**

국립수산과학원 남해수산연구소 양식환경연구센터, *병리연구과,
**환경연구부 해양연구과

Study on the Winter Mass Mortality of red sea bream, *Pagrus major* in South sea area

Hye Sung Choi[†], Sung Hee Jung*, Young baek Hur and Jun Yong Yang**

Aquaculture Environment Center, National Fisheries Research & Development Institute,
Tongyoung Gyeongnam 650-943, Korea

*Pathology Division, National Fisheries Research & Development Institute, 408-1
shirang Gijang, Busan 619-900, Korea

**Ocean Research Division, National Fisheries Research and Development Institute,
408-1 shirang Gijang, Busan 619-705, Korea

Pathological symptoms and hematological parameters of red sea bream, *Pagrus major* and water temperature in the culture ground was investigated to clarify the cause of winter mortality. Dead fish showed green liver and accumulation of ascites in the cavity. A few *Bivagina tai* were also found on the gill but either bacteria or virus were not.

When hematological parameters from fish taken before/after the winter mortality were compared, blood glucose, serum AST and ALT, and total cholesterol, triglyceride and total protein were significantly decreased in the fish after the winter mortality. These results may explain that the nutritional level of fish was decreased because fish could not fed during winter season.

According to the CORI monitoring system operating by KODC, NFRDI a long term water temperature from Dec. 25, 2005 to Feb. 24, 2006 (60 days) were exposed the low water temperature environments to the red sea bream.

First of all, mass mortality began at Sarayngdo where low temperature below 8°C continued for 42 days. The winter mortality did not occurred in the depths of 9 m to 19.2 m where difference of water temperature in the surface and bottom was only within 0.1°C. But in the depth of 7.5 m to 11 m winter mortality occurred where water temperature in the surface and bottom showed much variation ranged from 0.2°C to 1.4°C.

From these results, great difference of water temperature in the surface and bottom of the culturing area might results in winter mortality of red sea bream.

Key words: Mass Mortality, Winter season, Red sea bream, South sea area

우리나라 남해안 해상가두리양식장에서 양식하는 참돔 (*Pagrus major*)의 서식 생태 특성으로 수온 20°C 이상의 여름철 고수온기에는 생리대사가 원활하여 사료섭이가 원활하고 성장이 빠

르다. 그러나 수온이 15°C 이하로 떨어지는 겨울철이 되면 식욕과 활동량이 현저히 줄어들고, 10°C 이하에서는 사료를 거의 먹지 않는다 (유, 2000). 또한 양식산 참돔은 12월 이후의 수온이

[†]Corresponding Author : Hye-Sung Choi, Tel : 055-641-2142
Fax : 055-641-2036, E-mail : choihs@nfrdi.re.kr

저하되는 시기에는 생리장애로 녹간증이나 저수 온기 비브리오팀 등이 발생한다고 보고하고 있으나(Choi et al., 2002), 매년 기후나 해양환경이 변하고 양식어장의 수온이나 기상 환경에 따라 폐사의 발생여부나 양식작황이 달라지고 있다.

자연산 참돔의 경우, 난류를 따라 이동하기 때문에 겨울철의 월동이나 사료섭취는 문제가 되지 않으나, 인위적으로 만든 서식환경에서 생활하는 양식산 어류들의 경우는 이동이 불가능하므로 주변 환경의 급격한 변화는 직접적인 스트레스로 작용하고 이로 인한 일련의 급성 생리 반응들이 이들의 건강상태, 성장 및 생존에 직접적으로 영향을 미친다 (石岡, 1984).

우리나라에서 월동기간 중의 참돔의 폐사 현황은 2000년의 겨울, 2003년 1~2월에 전남과 경남해역에서 발생한 사례가 있으며, 2006년 1~2월에 경남과 전남해역의 해상가두리양식장에서 참돔을 포함한 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*), 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*), 말쥐치(*Navodon modestus*) 등 저수온에 내성이 약한 어종들의 대량 폐사 발생으로 약 131억피해를 가져와 양식 어업인들의 경제적 손실을 입혔다 (남해수산연구소, 2007).

이렇게 수온의 급격한 하락에 의한 어류 스트레스 반응에 대해 적절한 제어가 이루어지지 않을 경우, 실질적으로 어류의 생리대사가 변하고 대량폐사로 이어지고 있으므로 참돔과 같은 경제성이 높은 어류를 사육하고 있는 양식현장에서는 겨울철 수온 하강기에는 사전에 스트레스 징후를 밝혀내어 조기 출하나 월동 가능한 지역으로 이동할 방안을 모색하여야 한다.

본 연구에서는 남해안 통영, 거제해역을 중심으로 동절기에 참돔의 폐사 발생이전과 폐사 발생시기의 참돔의 병리학적 조사와 혈액생화학 변화를 조사하여 폐사 징후를 보았고, 돔류가 폐사되는 해역과 폐사되지 않는 해역의 장기적인 수온 분석과 폐사양식장과 주변양식장의 단기 환경변화를 조사하여 참돔의 폐사에 미치는 영향을 종합적으로 비교 분석하였다.

재료 및 방법

해부진단 및 병리학적 진단

2006년 1~2월에 참돔의 폐사가 발생한 사랑도 양지(①), 한산도 염호(②), 미륵도 상덕(③), 거제 둔덕(④)의 해상가두리양식장의 참돔 1, 2년어에 대한 육안 및 해부학적 진단을 실시하였고, 세균은 세균 배양법, 기생충은 현미경 검정법, 바이러스는 PCR 진단법에 따라 조사하였다.

혈장화학 성분조사

2005년 11월, 12월에 양식어장의 참돔으로부터 폐사이전의 혈액시료 채취하였으며, 2006년 1월에 참돔의 빈사어 (저수온으로 인해 폐사가 진행중인 시료)로부터 헤파린 처리한 주사기로 미부혈관에서 혈액을 채취하여 실험실로 옮겨서 곧바로 Ht (헤마토크리트), Hb (헤모글로빈)을 측정하였다. 이어서 원심분리 (4℃, 12,000rpm, 10분)를 실시한 후에 상등액인 혈장을 분리하였으며, 건식자동혈액분석기(Fuji Dri-Chem 3000)를 이용하여 albumin, alkaline phosphatase, BUN, Ca, total protein (TP), total glyceride (TG), total cholesterol (TCHO), glucose, alanine aminotransferase (GPT/ALT), aspartate aminotransferase (GOT/AST) 등 10개 혈장생화학성분 항목을 분석하였다.

해양환경 및 수온변화

장기 환경 변화 분석

통영해역 연안정지 관측자료 (2003~2005)는 통영해양수산사무소의 자료를 인용하였고, 기온 자료는 기상청의 통영기상대 자료를 인용하였다. 수온자료는 국립수산과학원 한국해양자료센터 (KODC)의 실시간 양식어장 환경정보제공시스템 (CORI monitoring)에서 제공되는 경남해역 5개소에 대한 2005~2006년의 수온조사를 분석 비교하였다. 5개 지점에 대한 특징을 보면 사랑도 양지 (㉠), 풍화리 명지 (㉡)의 2개해역은

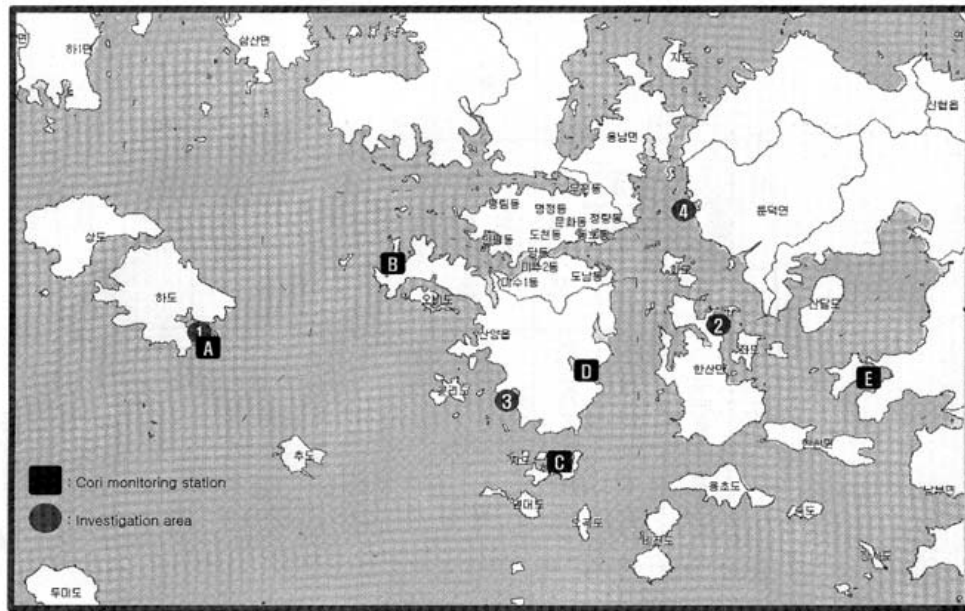


Fig. 1. Map of the investigation area.

□, Corimonitoring monitoring sites; ▣, Saryang; ▢, Myongji; ▤, Haklim; ▥, Youngun; ▦, Kabae
○, Investigation sites; ①, Yangji; ②, Yeumho; ③, Samduk; ④, Kabae

참돔이 폐사한 해역이었으며, 통영 학림 (▤)과 영운 (▥), 거제 가배 (▦)의 3개지역은 참돔이 폐사하지 않은 해역이었다 (Fig. 1).

가두리 양식어장별 폐사 및 환경 특성

2006년 1월에 참돔의 폐사가 발생된 해역인 한산도, 미륵도, 사랑도의 3개해역의 양식장 5개소 (한산동좌리, 풍화명지, 풍화함박, 사랑양지, 사랑백학)와 폐사가 발생하지 않은 해역인 미륵도의 학림, 저도, 달아, 삼덕의 양식장 4개소에 대한 수심을 조사하고 수심에 따른 수온 변화를 조사하였다.

결 과

2006년 1~2월에 동절기 참돔 대량폐사가 발생되고 있던 경남 통영지역의 사랑도, 한산도, 미륵도 및 거제도에 위치한 해상가두리양식장의 참돔 (*Pagrus major*)은 당년어와 2년어 모두 폐사되어 연령에 관계없이 폐사가 발생되었다.

폐사가 진행중인 빈사어의 병리학적 조사결과, 육안적으로 뚜렷한 외부 증상이 없었으며, 해부 소견으로 조사 개체 시료중 간 녹변 (녹간증)이 75~100%, 아가미부식이 33.3%, 장내복수가 12.5~33.3%, 아가미빈혈 증상이 25~100%로 관찰되었다. 이러한 증상의 25~60%는 경증의 아가미흡충 (*Bivagina tai*) 감염에 의한 것으로 추정되며, 세균성 및 바이러스성 질병은 전혀 검출되지 않았다 (Table 1).

참돔의 폐사가 발생하기 이전인 2005년 11~12월과 본격적인 폐사발생 시기인 2006년 1월의 참돔의 혈액생화학적 조사결과, 단백질 성분인 총단백 (TP)은 폐사이전인 11월과 12월에 각각 3.16 g/dl, 3.3 g/dl 이던 것이 폐사 발생시 2.4 g/dl으로 낮아졌다. 혈액의 지질관련성분인 중성지방 (TG)은 11, 12월에 각각 223.6 mg/dl, 113.5 mg/dl에서 80.3 mg/dl로 급격히 저하되었으며, 총콜레스테롤 (TCHO)은 11, 12월에 각각 200.3 mg/dl 230.7 mg/dl이던 것이 다음해 1월에는 145.3 mg/dl로 급격히 저하되었다.

Table 1. The pathological examination of red seabream, *Pagrus major* during the winter season

Date	Station (St. No.)	Age (No. of examined)	Total length (cm)	Total weight (g)	Symptoms		Pathogens		
					External	Internal	Parasite	Bacteria	Virus
Jan, 05, 2006	Sarayangdo	2(n=3)	28 ± 2.5	474 ± 85.9	Good	*GLS(100%) Gill eroision(33.3%) Ascites(33.3%)	** <i>Bivagina tai</i> (33.3%)	ND	ND
	①	1(n=5)	15 ± 0.5	59 ± 9.4	Good	GLS(80%), Gill anemia(100%)	<i>Bivagina tai</i> (60%)	ND	ND
Jan. 20, 2006	Hansando ②	1(n=8)	17 ± 1.9	91.6 ± 39.8	Good	GLS(75%) Gill anemia(62.5%) Ascites(12.5%)	<i>Bivagina tai</i> (25%)	ND	ND
Jan. 20, 2006	Mireukdo ③	1(n=4)	14 ± 2.6	52.5 ± 24.8	Good	Gill anemia(25.0%)	<i>Bivagina tai</i> (50%)	ND	ND
Feb, 16, 2006	Kojaedo ④	2(n=3)	33 ± 0.6	640 ± 56.8	Good	Gill anemia(33.3%)	<i>Bivagina tai</i> (33.3%)	ND	ND
		1(n=4)	20 ± 1.2	126 ± 24.2	Good	Gill anemia(100%)	<i>Bivagina tai</i> (25.0%)	ND	ND

* : GLS (Green Liver Syndrom)

** : Part of gill

어류의 혈장의 포도당 (Glucose)은 폐사이전에 147.7~266.8 mg/dl 이었으나 폐사 후에 477 mg/dl 로 1.7~3.2배 높은 값을 나타내었다. 간의 활성효소인 AST (GOT)와 ALT (GPT)은 각각 11월에 비해 폐사직전인 12월에 급격히 높아졌으며, 폐사가 주로 발생한 1월에는 낮아지는 경향이였다 (Fig. 2).

통영기상대의 자료에 의하면 2005년 12월의 기온이 평년의 12월에 대비하여 낮은 기온분포였으며, 2003, 2004년의 같은 시기에 비해서도 낮은 경향으로 관찰되었다 (Fig. 3).

국립수산과학원에서 운영하는 실시간 양식어장 환경정보제공시스템 (CORI monitoring, KODC)의 2005년 12월 25일부터 2006년 2월 24일까지 60일간의 수온 분석 자료에 의하면 돌류의 폐사가 가장 먼저 시작된 해역인 사랑도 해역은 참돔의 저온 한계수온인 8°C 이하의 수온이 42일간 지속된 것으로 나타났다 (Fig. 4).

또한, 통영해양수산사무소의 통영연안 양식어장 환경 조사 결과에서 참돔의 폐사가 많았던 사랑도 양지와 미루도 명지해역의 2003년에서

2006년까지 3년간 장기수온변화를 보면, 월동기간인 2005년 12월에서 2006년 2월까지의 수온이 2003, 2004년의 같은 시기에 비해 낮은 수온분포를 보인 것을 알수 있었다 (Fig. 5).

2006년 1월 중순에 참돔이 폐사된 해역과 폐사되지 않은 해역의 양식장의 수심별 수층별 수온 조사 결과, 비폐사해역은 수심이 9.0~19.4 m로 표층과 저층의 수온변화는 0.1°C 내외였으며, 폐사해역은 수심이 7.5~11.0 m로 표층과 저층의 수온변화는 0.2~1.4°C로 폐사해역이 비폐사해역에 비해 수온변화가 0.1~1.3°C 큰 것이 특징이었다 (Fig. 6).

고 찰

우리나라 남해안은 리아스식 해안으로 굴곡이 심하고 다양한 만의 발달 등 지형적으로 국지적인 수온변동이 크기 때문에 내만과 연안층에 근접한 어장에서는 참돔(*Pagrus major*), 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*), 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*), 능성어(*Epinephelus septemfasciatus*), 방어(*Seiola quinqueradiata*), 말쥐치(*Navodon*

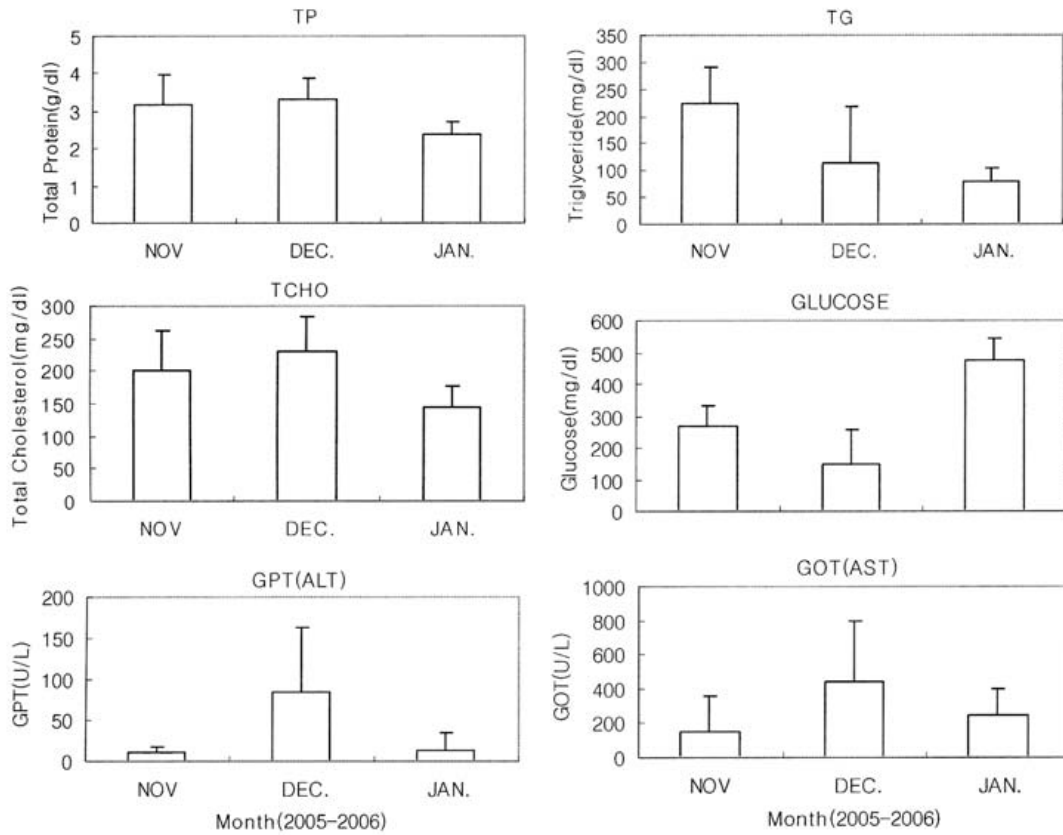


Fig. 2. Total protein (TP), triglyceride (TG), total cholesterol (TCHO), GLU (Glucose), GOT (AST) and GPT (ALT) in serum of red seabream, *Pagrus major* during the winter season.

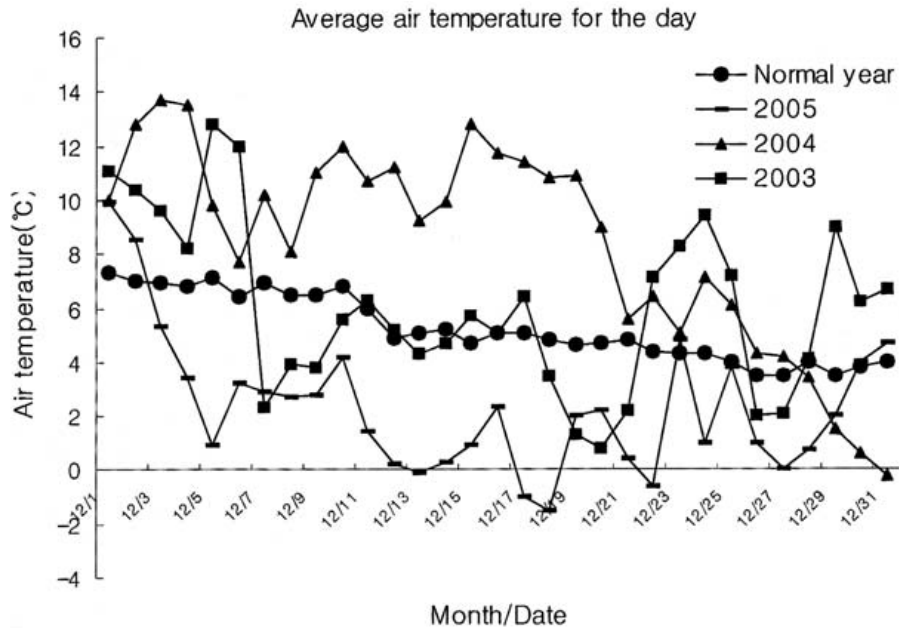


Fig. 3. Air temperatures during December of 2003 to 2005 in Tongyoung area.

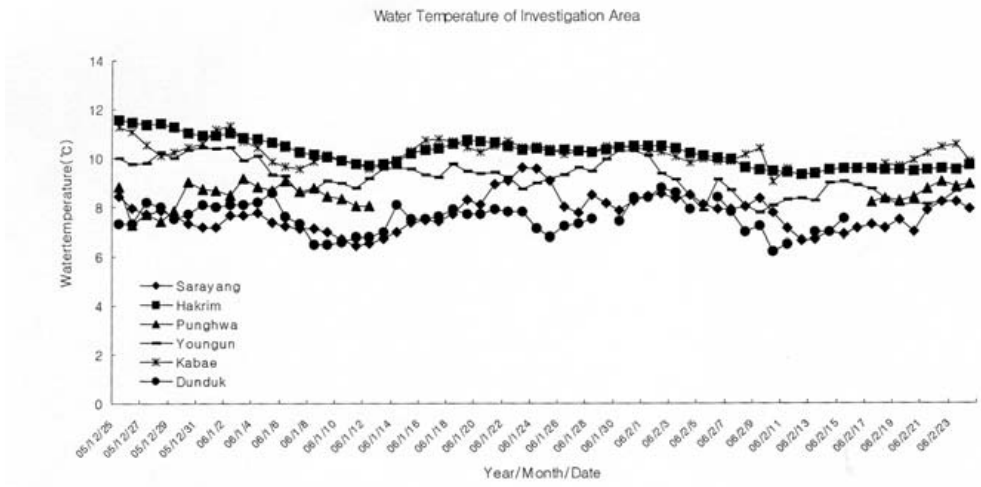


Fig. 4. Water temperatures from the CORI Monitoring data during the winter season.

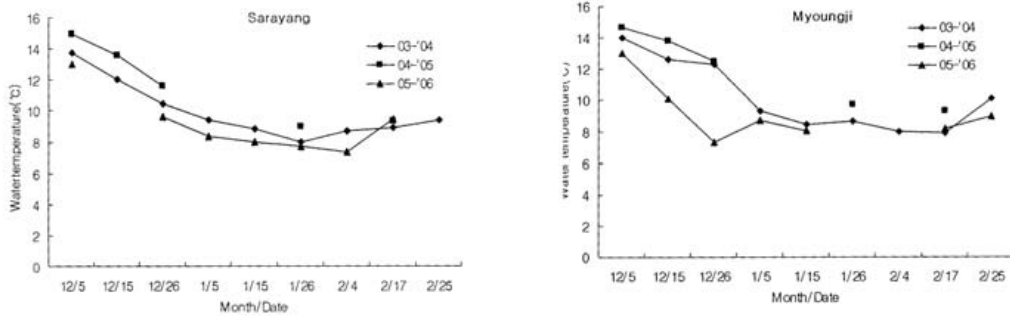


Fig. 5. Water temperatures from 2003 to 2006 in the area where winter mortality occurred.

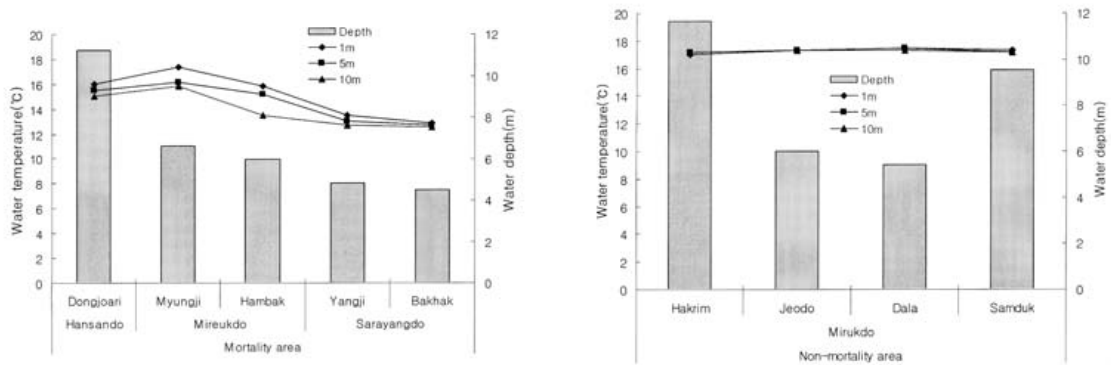


Fig. 6. Water temperatures at different depth in the areas where winter mortality occurred or not.

modestus) 등의 온수역을 좋아하는 어류가 월동 기간 중에 따뜻한 곳으로 이동시키지 않는다면 한파에 의한 피해를 입을 가능성이 큰 어종이다. 참돔과 같은 환경에서 양식하는 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*)의 경우는 돔류와는 달리 겨울철 저수온기에는 월동이 가능하기 때문에 대량폐사된다는 보고는 없다.

어류는 변온동물로 외부의 수온변화에 민감하게 반응하며, 수온은 어류의 생존에 매우 중요한 인자로 면역반응과 관계되어 생화학적 대사 기능을 저하시키므로 수온 그 자체만으로 폐사의 원인이 될 수도 있다. 또한 수온은 혈소판과 적혈구는 물론 세포의 인지질에 있어 고도불포화 지방산의 증가와 T-cell 반응의 blocking 현상이 세포막 점질물질 형성에 영향을 미친다고 한다 (Bly and Clem, 1988).

Menasveta (1981) 및 Procarione and King (1993)은 저수온의 영향으로 어류가 폐사하는 주요 원인은 아가미의 동맥혈이 냉각되었기 때문에 표면의 단열이 되지 못하며 열손실이 많아져 체온의 항상성이 깨어졌으며, 또한 외부온도의 하강에 따라 먹이 섭취가 단절되어 대사를 상승시킴으로서 체내 에너지가 고갈되었기 때문이라고 하였다.

한편, 금번 폐사된 참돔은 연령에 관계없이 폐사되었으나 2년어의 폐사가 당년어에 비해 다소 많았던 것으로 이러한 이유는 큰 개체가 작은 개체에 비해 저수온 환경에서 더 많은 체내 대사를 요구하기 때문에 큰 개체의 폐사가 많았던 것으로 유추한다. 저수온에서 폐사가 진행중인 참돔의 증상은 육안적으로 외부에 뚜렷한 질병 증상이 없었으며, 해부시 간의 녹변현상(녹간증), 아가미 부식과 복수가 고여 있는 증상이 일부 관찰되었다. 따라서 이러한 현상은 저수온과 같은 환경의 급격한 변화에 의해 신진대사장애에 의한 참돔의 생리적인 반응으로 사료되었다. 이러한 생리적 반응은 대표적으로 어류의 스트레스를 판단하는 혈장의 포도당 값에 있어서 폐사이전에 비해 폐사 발생후에 증가하는 것

으로 보아 수온저하에 의한 쇼크의 스트레스를 받았으며, 이것은 Jeon et al. (1995)이 서식 수온이 낮을 수록 혈중 포도당값이 높은 경향을 나타내었다는 결과와 잘 일치하고 있다. 지질관련 성분인 총콜레스테롤과 중성지방, 단백질 성분인 총단백이 폐사이전인 11월~12월에 비해 낮았던 것은 저수온으로 먹이활동을 하지 못해 영양 성분이 저하된 것으로 판단되었다. 또한 간의 효소활성을 측정하는 ALT, AST가 같이 폐사직전에 높아지는 현상은 Kang et al. (2007)이 연구한 가승어 (*Mugil haematocheilus*)의 생리생화학 반응에서 수온저하에 따라 유의적으로 증가하다가 점차적으로 낮아지는 결과와 잘 일치하였다.

참돔은 온수성 어종으로 서식수온이 10~28°C, 적수온이 15~25°C, 성장수온이 20~28°C로 20°C 이하로 되면 먹이량이 줄고 10°C 이하에서는 먹이를 먹지 않으며, 수온이 완만하게 8°C로 떨어지면 폐사는 나타나지 않으나 수온이 심하게 변하면 7°C 정도에서 폐사한다고 하고 있다 (유, 1998). 돌돔의 경우, 6°C에서 2주간 저수온에서 지속적인 노출을 하였을때 90% 이상이 폐사하였고, 7°C에서 3주간 지속시에는 50% 이상 폐사한 결과가 있으며, 참돔의 경우 치사한계 수온이 5.5°C로 보고된 바 있으나 수온보다는 지속기간이 중요한 요인으로 작용하는 것으로 되어있다 (Woo and Fung, 1980).

경남 통영 영운리 연안의 수온관측자료에 의하면 겨울철인 2005년 12월에서 2006년 2월의 수온 및 기온은 전년과 평년에 비해 특별히 낮은 수온은 아니었다. 사랑도와 미륵도 해역의 4년간 수온관측 자료를 비교하면, 1~2°C 낮은 분포를 보였으며, 수온이 8°C 이하로 떨어진 것이 특징이었으며 미륵도해역은 평년대비 1.0~5.2°C 낮았다. 특히 12월말의 수온은 평년대비 5.0~5.2°C로 크게 하락하였다 (통영해양수산사무소, 2003~2005).

통영해역의 5개 지점에 대해 2005년 12월 25일~2006년 2월 24일까지 실시간 연속수온을 분석한 결과, 사랑해역은 8°C 이하가 42일간, 7°C

이하가 9일간 지속적으로 참돔의 서식 하한인 10°C 이하가 63일간 유지되었고 (CORI monitoring, KODC) 참돔의 폐사가 발생한 거제 둔덕해역은 8°C 이하가 36일간, 7°C 이하가 7일간 지속된 것으로 장기간 저수온에 노출되었던 것이 확인되었다. CORI monitoring의 관측자료에 따르면 동류폐사해역 (사랑, 풍화, 둔덕)이 비폐사해역 (학림, 가배)에 비해 같은 기간중에 2~3°C 낮은 수온 분포를 나타내었다. 또한 참돔의 비폐사해역인 삼덕, 학림해역은 수심이 9~23m로 표층과 저층의 수온변화는 0.1°C 였으나 폐사해역인 한산 (동좌리, 송도), 미륵도 (풍화리), 사랑도 (양지리)는 수심이 7.5~11m로 표층과 저층의 수온변화가 0.2~1.4°C로 수온변화가 큰 것이 특징이었으며, 염분이나 용존산소는 참돔 서식에 적합한 농도였다.

이러한 내용을 종합적으로 보면 남해안의 수심이 10m이내인 내만에 시설되어 있는 어류가두리양식장에서 참돔의 폐사발생은 기온의 영향을 많이 받고, 12월의 겨울철 낮은 기온과 저수온의 영향이 누적되고, 1월의 대륙성 고기압의 영향으로 기온이 큰 폭으로 하강하는 시기에 강추위가 계속되면 연안수온이 하강이 누적되어 수심이 얇은 내만의 양식장에서 고수온어종인 참돔이 대량 폐사하는 것으로 판단된다. 또 다른 폐사의 요인으로 양식장이 위치한 해역의 바람의 방향, 조류특성, 겨울철 육지에서 유입되는 낮은 온도의 육수에 영향을 받는 것도 배제할 수 없는 요인으로 추정된다. 향후 경제성 어종인 참돔 양식을 위해 가두리양식장의 동절기의 수온, 기온 등의 환경변화에 대한 지속적인 조사로 폐사예방에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

남해안 일원의 양식 대상종인 참돔의 월동기간중의 폐사발생 원인구명을 위해 병리학적, 혈액생화학적 성상 및 장·단기간 양식장의 수온

조사를 종합비교하였다.

1. 월동 기간중에 폐사한 참돔의 병리학적조사 결과, 육안적으로 녹간증, 장내 복수 증상을 나타내었으며, 경증의 아가미흡충 감염을 제외한 세균, 바이러스 질병은 확인하지 못하였다.
2. 혈액생화학적 분석결과, 폐사시기에 혈중의 AST, ALT는 폐사시기에 급격히 높아졌으며, 단백질, 지방 성분값은 저하된 것으로 나타났다.
3. 실시간 양식어장 환경정보제공시스템의 수온 분석에 의하면, 참돔의 폐사가 가장 먼저 시작된 해역인 사랑도 해역은 참돔의 저온한계수온인 8°C 이하의 수온이 42일간 지속된 것으로 나타나 저수온에 장기간 노출된 것으로 판단되었다.
4. 폐사가 많았던 사랑도 양지와 미륵도 명지해역의 2003년에서 2006년까지 3년간 장기수온변화를 보면, 월동기간인 2005년 12월에서 2006년 2월까지의 수온이 2003, 2004년의 같은 시기에 비해 낮은 수온 분포를 보였다.
5. 참돔의 폐사발생해역은 비폐사해역에 비해 수심이 얇으며, 수층별 수온변화가 큰 것이 특징이었다.

감사의 글

이 연구는 국립수산과학원 (양식생물 질병 모니터링 및 역학연구, RP-2008-AQ-020)의 지원에 의해 수행되었으며 본 조사를 위해 협조해주신 탐구 10호 직원들에게 감사드립니다.

참고 문헌

- Choi H. S., S. R. Park and C. G. Jung : Biochemical analysis of blood serum from wintering seabream with green liver syndrome. *J. Fish Pathol.*, 15(1), 43~48, 2002.

- Jeon J. K., P. K. Kim, Y. J. Park and H. T. Huh : Study of serum constituents in several species of cultured fish. J. Kor. Fish Soc. 28(2), 123-130, 1995.
- Kang D. Y., H. W. Kang, G. H. Kim, K. C. Jo and H. C. Kim : Effect of cold shock on the physiological responses of the cultured mullet, *Mugil haematocheilus* in Winter. J. Kor. Fish. Soc. 40(4), 226~233, 2007.
- Menasveta P. : Lethal temperature of marine fishes of Gulf of Thailand. J. fish biol. Vol 18, 603~607, 1981.
- Procarione, L. S and King, T. L. : Upper and lower temperature tolerance limits for juvenile red drums from Texas and South California. J. Aquat. Anim. Health. J. Vol. 5(3) 208~212, 1993.
- Quiniou, SM-A, Bligler, S, Clem, LW, Bly, JE : Effects of water temperature on mucous cell distribution in channel catfish epidermis : a factor in winter saprolegnia. Fish Shellfish Immunol. vol. 8(1) 1~11, 1998.
- Woo N. Y. S. and A. C. Y. Fung : Studies on the biology of the red sea bream *Chrysophrys major*. I . Temperature tolerance. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 3 121~124. 1980.
- Woo N. Y. S. and A. C. Y. Fung : Studies on the biology of the red sea bream *Chrysophrys major*. II . Salinity adaptation. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 69A. 237~242, 1981.
- Woo N. Y. S. and A. C. Y. Fung : Studies on the biology of the red sea bream *Chrysophrys major*. IV . Metabolic effects of starvation at low temperature. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 69A. 461~465, 1981.
- Woo N. Y. S. and J. C. Murat : Studies on the biology of the red sea bream *Chrysophrys major*. III . Metabolic response to starvation in different salinities. Marine biology. Vol. 61 255~260. 1981.
- 남해수산연구소: 남해안 양식생물 폐사원인 조사보고서. 국립수산과학원. 2007.
- 유성규 : 천해양식, 구덕출판사. pp570-590. 2000.
- 石岡宏子: マダイのストレス反応に関する生 理生化学的研究. 南西水研報, 17 : 1~133. 1984.
- 통영해양수산사무소 : 양식어장 환경조사연 보, 2003~2005.

Manuscript Received : February 18, 2008

Revision Accepted : March 14, 2008

Responsible Editorial Member : Kwan-Ha Park
(Kunsan Univ.)