

어·패류 생태 및 방류효과 연구

김동우

I. 서론

산업적으로 중요 패류 중의 하나인 전복류는 옛날부터 식용으로 이용되어온 수산물중의 하나로 Murayama(1935)의 말전복, *Haliotis gigantea*의 초기 발생에 관한 보고를 시초로 猪野(1952)의 까막전복, *H. discus*를 이용한 초기 발생 및 생활사의 전모를 밝힌 것이 종묘생산의 본격적인 계기를 만들게 되었다. 전복류의 종묘생산은 우리나라 연안 수산자원 증강과 어민소득 증대를 위해 1976년부터 국립수산진흥원산하 수산종묘 시험장에서 본격적으로 실시된 이후 해마다 생산량이 증가되어 1998년까지 총 36,000천 마리에 달하는 종묘가 방류 및 양식용으로 공급되었으며, 근래에는 대량생산체제로 전환되어 종묘를 분양·방류함으로써 연안자원 및 어민소득증대에 한몫을 차지하게 되었다.

하지만 현재 우리나라 어장 환경의 악화 및 남획에 의해 연안자원 감소는 물론 어장 생산성이 급격히 감소되고 있어 다양한 방류어종 및 방류량 증가를 통해 유용 수산자원의 회복을 시도하고 있으나 방류효과의 여부는 의문시 되고 있는 상황이다.

전복류의 표지 및 방류는 1940년대 일본에서 시도한 후 여러 연구가 진행되었으며 국내에서는 Chang et al.(1985)이 한국 동해안 참전복의 성장과 재포율, Kang et al.(1996)이 접착제에 의한 표지방류 방법 및 효과에 대해 보고한 바 있으며 Kim et al.(2002)은 볼트와 너트 등 금속을 이용한 전복치패의 표지방류방법을 보고하였고 김 등(2005)은 플라스틱 tag를 이용한 전복치패의 표지방류방법에 대해 보고하였다. 하지만 방류한 전복의 생존율, 방류효과 등을 검증할 수 있는 효과적인 표지의 종류나 방법에 대한 연구는 미진한 상태이다.

최근에는 방류효과의 정확한 검증을 위해 수산생물의 유전적특성, 친자 분석, 유전육종 등의 연구에 이용되고 있는 microsatellite DNA marker를 이용하고 있으며, microsatellite DNA marker를 이용한 방류종묘의 방류 효과, 유전학적 평가, 유전학적 다양성 비교 등의 연구가 활발히 진행되고 있다.

따라서 본 연구는 전복방류시 표지방류 및 유전자 분석을 이용해 우리

연구소에서 방류하는 전복의 방류효과를 검증하여 최적 서식지를 개발함으로써 방류전복의 생존율을 최대화하여 자원량을 증가시키고 참전복 자원 관리를 위한 기초자료 축적을 위해 실시하고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 어린전복의 금속표지 부착에 따른 생태연구

전복 방류효과 조사를 위해 2011년 채란하여 사육한 각장 3~4cm의 어린전복 2만미를 사용하였다. 방류효과 조사에 사용한 어린전복은 패각에 클립식으로 제작한 금속태그를 부착하여 사육수조에서 약 2주간 사육하면서 태그의 탈락율, 전복의 생존율 등을 측정하였다.

금속태그를 부착한 어린전복 2만미는 2012년 10월 인천광역시 옹진군 자월면 대이작 해역에 방류하였으며(그림 1), 50마리는 방류한 전복과의 비교분석을 위하여 방류하지 않고 영흥화력본부 내 어패류양식장에서 사육관리 하였다.

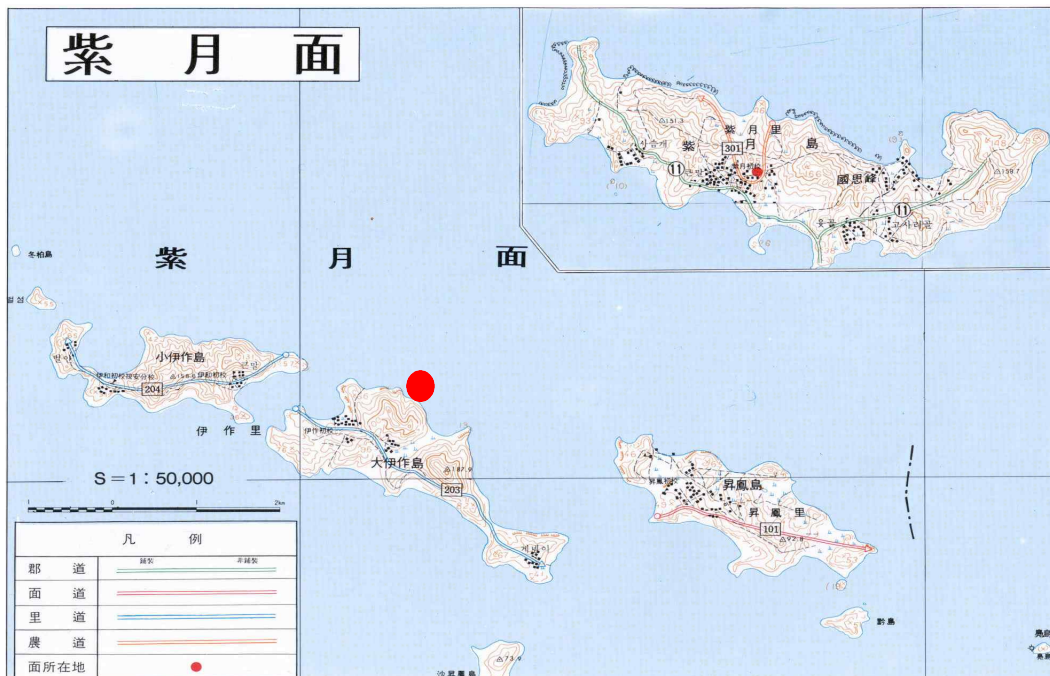


그림 1. 금속태그 부착전복 방류효과 조사지역(●)

어린전복 사육시 동절기를 제외한 시기에는 자연해수를 주수하여 사육하였고 동절기에는 사육수온을 15℃내외로 유지하였으며, 환수량은 1일 15회전 내외로 유지시켜 주었고 먹이는 EP사료와 건다시마를 병행하여 공급하였다.

2. 방류 전복의 분포 및 생태 조사

금속태그를 부착한 어린전복의 분포 및 생태를 조사하기 위해 2011~2012년도 방류지역인 용진군 자월면 대이작해역에 대하여 잠수 조사와 수중촬영을 실시하였다. 잠수조사는 2인 1조 또는 3인 1조로 실시하였으며, 잠수 조사시 수중촬영 및 주변 생태조사를 실시하였다.

2011년도에 대이작해역 조사시 정확한 방류위치 파악을 위해 방류지점에 약 100m 길이의 수중 라인을 설치하였으며, 2012년도 조사시 수중라인이 설치된 곳을 중심으로 조사를 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 어린전복의 금속표지 부착에 따른 생태연구

금속태그 부착이 어린전복에게 미치는 영향 및 방류한 전복과의 비교를 위하여 각장 4.5cm 내외의 전복 50마리의 패각에 금속태그를 부착하여 실내에서 사육하였다(표 1, 2).

표 1. 방류효과 조사에 사용한 어린전복의 각장 측정

계량회수	크 기(cm)	계량회수	크 기(cm)	계량회수	크 기(cm)
1회	4.1	6회	4.4	11회	4.0
2회	4.5	7회	4.7	12회	4.1
3회	4.6	8회	5.2	13회	4.6
4회	5.1	9회	5.5	14회	4.4
5회	4.3	10회	4.7	15회	4.1
평 균	4.54 cm				

표 2. 방류효과 조사에 사용한 어린전복의 무게측정(회당 10마리)

	1회	2회	3회	4회	5회	평균체중(g)
습중량(g)	4.91	4.64	5.29	4.68	5.06	
개체당무게(g)	4.74	4.52	5.22	4.57	4.98	4.806

금속태그는 약 1cm 크기의 평판형 클립의 형태로 스테인레스 재질로 제작되어 무게가 가볍고 해수 중에서 부식에 강해 전복의 패각에 부착시 작업이 용이하였고 어린전복에게 영향이 없었다. 금속태그는 어린전복의 호흡공 반대편 패각에 한개 씩 부착하였으며 부착한 총 개수는 2만개였고 전복 한 마리씩 수작업으로 실시하였다(그림 2).

이후 사육수조에서 관리하면서 금속태그가 탈락한 전복은 수거하여 다시 금속태그를 부착시켜 사육하였으며, 금속태그를 부착한 첫날 어린전복의 폐사개체가 비교적 많이 발생하였는데 이는 금속태그 부착에 따른 폐사보다는 셀터에서 박리하는 과정에서 상처를 입어 폐사한 것으로 사료된다.



그림 2. 금속태그를 부착한 어린전복

금속태그를 부착시킨 전복은 방류 전에 50마리를 선별하여 사육수조에서 관리하였으며 금속태그의 탈락율과 전복의 생존율 등을 측정하였다. 금속태그는 부착 후 1~2일 사이에 탈락이 나타났으며 약 600개 정도가 탈락하여 3% 정도의 탈락률을 나타내었고 금속태그가 탈락한 개체는 각장 3.5cm 이하의 개체에서 많이 나타났다. 각장 3.5cm 이하의

개체에서 금속태그의 탈락이 많이 나타난 이유는 패각의 두께가 비교적 얇아 금속태그의 끝 부분이 패각에 잘 걸리지 않아 쉽게 빠진 것으로 사료된다.

금속태그 부착 1주일 정도 경과 후에는 전복패각이 성장하여 금속태그를 약간 감싸고 있어 더 이상 금속태그의 탈락이 나타나지 않아 금속태그 부착초기를 제외하고는 금속태그의 탈락이 발생하지 않았다.

금속태그를 부착한 어린전복은 금속태그 부착 후 1~2일 사이에 가장 많은 폐사가 일어났으며 2만마리 중 약 500마리가 폐사하여 생존율은 약 97.5%로 나타났다. 금속태그 부착 후 3~10일에는 하루에 10마리 미만으로 폐사개체가 나타났으며, 금속태그 부착 후 10일 이후에는 폐사개체가 거의 나타나지 않았다.

금속태그를 부착한 어린 전복은 금속태그를 부착하지 않은 어린 전복과 비교하여 보았을 때 먹이섭이나 활력도 등에서 전혀 차이를 보이지 않았고 생존율도 높게 나타나 금속태그 부착이 어린 전복에게 미치는 영향은 거의 없는 것으로 사료된다.

2. 방류 전복의 분포 및 생태 조사

우리연구소에서 방류한 전복의 이동 및 분포, 생존율 등을 조사하기 위해 2012년 웅진군 자월면 대이작해역에 금속태그를 부착한 어린전복 2만마리를 방류하고 주기적으로 조사를 실시하였으며, 2011년 웅진군 자월면 대이작 해역에 방류한 전복에 대해서도 조사를 실시하였다.

(1) 웅진군 자월면 대이작해역 현장조사

전복의 방류효과 조사를 위해 금속태그를 부착한 각장 4cm 내외의 어린전복 2만마리를 2012년 10월 웅진군 자월면 대이작해역에 방류하였으며 2012년 9월부터 11월까지 4회에 걸쳐 방류효과 현장조사를 실시하였다. 방류당시 방류지역은 전복의 먹이가 되는 다시마와 해조류가 다량 분포하고 있었고 전복이 은신할 수 있는 암반 등이 분포되어 있어 전복이 서식하기 적합한 지역이었다.

2011년도 방류한 전복의 방류효과 조사를 위하여 2012년 9월 방류해역에 대한 현장조사를 실시하였다. 현장조사시 현장 수온은 23~24℃로 저조시 수심은 2~5m이었고 시야는 4m정도 확보되었다. 전복의 먹이가 되는 다시마 등 해조류는 저조 기준 수심 2~3m 부근에 많이 분포해 있었으며 방류지점 초입부근에서 각장 3~5cm의 어린전복 패각이 다수

발견되었다. 이 중 금속태그가 부착된 패각은 약 1,000여개 정도로 추산되며, 발견된 패각은 대부분 금속태그 부착지점으로부터 패각이 6~10mm 성장하여 있었고(그림 3) 패각의 성장 크기로 보아 동계기간에 폐사한 것으로 사료된다.



그림 3. 조사지역에서 채집한 금속태그가 부착된 전복패각

대이작 어촌계에서는 2012년 봄까지 금속태그를 부착한 어린전복을 발견하였으며, 금속태그 부착전복은 대부분 방류지점 인근에서 발견되었고 일부개체는 선착장 부근에서 발견되었다고 한다. 따라서 금속태그를 부착한 어린전복은 방류지점에서 반경 1km 내외까지 이동한 것으로 사료된다.

2012년 10월에는 방류효과 현장조사와 함께 2011년도에 채란하여 사육한 각장 4.5cm 내외의 금속태그 부착 전복 2만마리를 방류하였다. 금속태그 부착 전복 방류는 다이버가 전복을 수중으로 가지고 들어가 암반 및 바위사이에 살포하였으며 방류지점의 바닥은 암반으로 되어있고 인근에 인공어초도 투하되어 있어 전복이 부착 및 은신하기에 적합한 상태였다. 또한, 전복의 먹이가 되는 다시마가 다수 분포하고 있었고 불가사리 등 해적생물은 많이 발견되지 않았으며 방류한 전복은 방류 즉시 암반에 부착하거나 바위사이로 은신하였다. 현장 조사시 수온은 18℃내외였고 수심은 5~7m 이었으며, 시야는 1m 정도 확보되었다.

조사당시 2011년도에 방류한 전복 2마리를 채집하였으며 채집시 암반 및 돌덩이 아래에 부착하고 있었고 방류한 지점 근처에 서식하고 있었다. 채집된 전복은 방류당시 각장 4cm내외, 무게 4.5g내외에서 각장 7.8cm, 무게 48g내외로 성장하였다(그림4).



그림 4. 방류해역에서 채집한 2011년도 방류한 금속태그 부착 전복

11월 조사시 수온은 11℃내외였고 수심은 5~14m이었으며 시야는 1m정도 확보되었다. 금속태그 부착 전복의 방류지역에는 전복의 먹이가 되는 다시마가 늦게까지 녹지 않고 상당량 분포하고 있었으며 불가사리 등 해적생물은 발견되지 않았다. 금속태그 부착전복은 50cm×50cm 방형구 기준으로 3~12마리(평균 5마리)가 암반에 부착하여 서식하고 있었으며 활력 또한 양호하였다. 대이작 어촌계에 2011년과 2012년에 방류한 금속태그 부착 전복 채취시 수량을 파악하여 연락해 줄 것을 요청하였으며, 2011년도 방류전복은 2013년도부터 채취 예정이라고 하였다.

(2) 금속태그 부착 전복 방류해역의 동계 수온비교

동물은 견딜 수 있는 한계수온에 가까워지면 먹이 활동을 중단하고 생리 기능의 조성이 어렵게 되어 휴면 상태에 들어간다. 이때에는 약간의 환경변화에 의한 스트레스의 영향도 견디기 어렵게 되어 휴면 상태에 들어가며, 질병을 일으키기 쉽고 심하면 죽게 된다. 반면에 적온에 가까워지면 먹이 활동이 다시 시작되지만 체중의 증가는 보이지 않는다. 생활 적수온 범위에 들어가면서부터 먹이 활동이 활발해지기 시작하고 성장이 빨라지게 되는데 가장 성장이 잘되는 수온 범위를 최적수온이라고 한다(목포지방해양수산청, 2004).

전복의 성장에 관여하는 환경 요소 중 수온의 영향은 가장 크다고 할 수 있다. 전복의 치사 상·하한 수온은 보고된 바 없으며 보통 7℃ 이

하에서는 먹이를 거의 먹지 않으며 활동이 둔해진다고 보고된 바 있다 (목포지방해양수산청, 2004).

따라서 2010년 이후 동계에 방류해역에서 대량폐사가 일어난 원인을 분석하기 위해 2010년부터 2012년 까지 동계 수온을 비교하였다(그림 5).

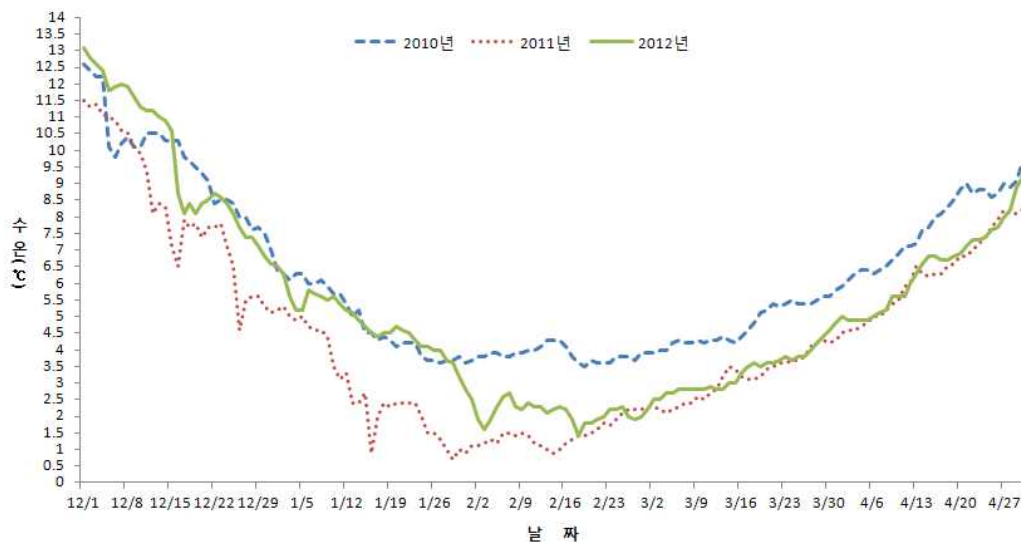


그림 5. 전북방류해역 인근의 동계 수온비교

2010년 동계의 경우 2월에 최저수온이 3.5°C 이었고 대부분 4°C 내외 또는 그 이상의 수온분포를 보였다. 전북의 경우 수온이 7°C 이하로 내려가면 먹이섭이량이 떨어지며 운동성이 저하되는데 2010년 1월부터 4월까지 수온이 7°C 이하로 수온이 내려간 일수는 116일 이었다.

2011년 동계의 경우 1월 말에 최저수온이 0.7°C 이었으며 1월 중순부터 3월 중순까지 3°C 이하의 수온분포를 나타내어 2010년에 비해 2°C 이상 낮은 수온을 나타내었다. 특히 1월 말부터 2월 말까지 수온이 2°C 이하로 지속된 일수가 31일이었으며, 수온이 1°C 이하로 내려간 기간이 7일로 이 기간에 전북의 생존에 좋지 않은 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 7°C 이하로 수온이 내려간 일수는 123일 이었다.

2012년 동계의 경우 2월 중순에 최저수온이 1°C 이었으며 1월 중순부터 3월 중순까지 3°C 이하의 수온분포를 나타내어 2010년에 비해 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 정도 낮은 수온을 나타내었다. 특히 2월 초부터 3월 초까지 수온이 2°C

이하로 지속된 일수가 약 20일이었으며 이 기간에 전복의 생존에 좋지 않은 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 7℃이하로 수온이 내려간 일수는 약 120일이었다.

본 조사에서 실시한 대이작해역의 경우 암반지역으로 이루어져 있고 전복의 먹이가 되는 다시마, 파래 등도 풍부하여 전복이 서식하기에 좋은 환경을 갖추고 있었으며 방류 전 및 주기적으로 불가사리 등 해적 생물 구제작업을 실시하고 있었다. 금속태그 부착 전복 방류 후 조사기간 동안 방류한 전복의 부착 및 은신 상태 등은 양호하였고 폐사개체가 많이 발견되지 않은 것으로 볼 때 방류지역에서 골고루 퍼져 분포하여 은신한 것으로 사료된다. 전복을 방류한 대이작해역의 경우 최근 2~3년 동안 동계에 저수온으로 인한 대량 폐사가 일어나 전복 채취량이 상당량 감소하였는데 2012~2013년 동계에 저수온으로 인한 피해만 없다면 금년에 방류한 방류전복의 비교적 높은 생존율을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 요 약

1. 전복 방류효과 조사를 위해 2011년 채란하여 사육한 각장 4.5cm내외의 어린전복 2만마의 패각에 클립식으로 제작한 금속태그를 부착하여 사육수조에서 2주간 사육하면서 태그의 탈락율, 전복의 생존율 등을 측정하였으며, 금속태그를 부착한 어린전복 2만마는 2012년 10월 인천광역시 옹진군 자월면 대이작해역에 방류하였다.
2. 금속태그를 부착시킨 전복은 방류전에 50마리를 선별하여 별도의 사육수조에서 관리하면서 금속태그의 탈락율과 전복의 생존율 등을 측정하였으며, 3% 정도의 탈락율을 나타내었고 금속태그가 탈락한 개체는 각장 3.5 cm 이하의 개체에서 많이 나타났다.
3. 금속태그를 부착한 어린전복은 금속태그 부착 후 1~2일 사이에 가장 많은 폐사가 일어났으며 2만마리 중 약 500마리가 폐사하여 생존율은 약 97.5%로 나타났다. 금속태그 부착 후 3~10일에는 하루에 10마리 미만으로 폐사개체가 나타났으며, 금속태그 부착 후 10일 이후에는 폐사개체가 거의 나타나지 않았다.
4. 2012년 10월 조사시 2011년도에 방류한 전복 2마리를 채집하였으며 채집된 전복은 방류당시 각장 4cm내외, 무게 4.5g내외에서 각장 7.8cm,

- 무게 48g내외로 성장하였다
5. 2011, 2012년 동계의 경우 2010년에 비해 2℃이상 낮은 수온을 나타내었으며 수온이 2℃이하로 내려간 일수가 30일 이상 지속되어 전복의 생존에 좋지 않은 영향을 미쳤을 것으로 사료된다
 6. 대이작해역의 경우 암반지역으로 이루어져 있고 전복의 먹이가 되는 다시마, 파래 등도 풍부하여 전복이 서식하기에 좋은 환경을 갖추고 있었으며 방류 전 및 주기적으로 불가사리 등 해적생물 구제작업을 실시하고 있었다.
 7. 방류 후 조사기간 동안 방류한 전복의 부착 및 은신상태 등은 양호하였고 폐사개체가 많이 발견되지 않은 것으로 볼 때 방류지역에서 골고루 퍼져 분포하여 은신한 것으로 사료된다.

V. 참고문헌

- Chang, J.W., K.K. Baik and Y.I. Rho. 1985. Studies on the released effects of abalone in the Eastern waters of Korea (1) Growth and recatching rate of the released seed abalones *Haliotis discus hannai* Ino, Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 36, 61-68 (in Korean).
- Kang, K.H., C.H. Wi and K.S. Kim. 1996. Effects of stocking and laboratory rearing in abalone, *Haliotis discus hannai* by tagging. J. Aquacult. of Korea, 9, 109-115 (in Korean).
- Kim, B.S., Y.H. Lee and D.W. Park. 2002. Effects of the Tagging methods on the Growth and Survival of Abalone Juvenile, *Haliotis discus hannai*. J. Korean Fish. Soc, 35(3), 282-288 (in Korean).
- Sekino, M., T. Saido, T. Fujita, T. Kobayashi and H. Takami. 2005. Microsatellite DNA markers of Ezo abalone (*Haliotis discus hannai*): a preliminary assessment of natural populations sampled from heavily stocked areas. Aquaculture, 243, 33-47.
- 국립수산물과학원 자원회복사업단, 2008. (2008)수산종묘 방류효과 조사 보고서 148-157.
- 목포지방해양수산청. 2004. 해상가두리를 이용한 전복양식 127-130.
- 김민석, 명정구, 이순길, 김종만, 한경호, 김정, 서태호. 2005. 한국양식학회 2005년도 춘계학술발표대회 논문요약집. 419-420.

정달상, 박철지, 전창영. 2008. 종묘방류 해역에서 채집된 참전복의 microsatellite marker에 의한 유전 다양성 및 집단 구조. 한국수산학회지 41(6): 466-470.