9. 광양만의 환경오염과 해조군집 변화 연구

김정하 · 박성우
성균관대학교 생명과학과 생태학연구실

요 약

광양만 지역 수직군집구조는 최상부는 해조류가 거의 분포하지 않으며, 상층 하부부터 *Ulva* spp.가 우점하고 있으며, 저서동물은 최상부지역에는 따개비류가 우점하며, 하부로 갈수록 Oysters가 우점하였다. 그리고 층별군집구조는 상층부는 Biofilm이, 중·하층부는 *Ulva* spp.가 우점하며, 하층부로 갈수록 Turf algae의 밀도가 높다. 따개비류는 상층부와 중층부에서 우점하고 있으며, 중·하층부로 갈수록 Oysters가 우점하며 총알고동은 상층부에서 중하부에서는 삿갓조개류의 밀도가 높았다. 남해 서상지역의 수직군집구조는 8월 조사결과 상부는 Brown crustose algae가 중부부터는 지충이, *Ulva* spp. 등이 하부에서는 유절산호조류, 개서실 등이 우점하였으며, 10월 조사에서 상부에는 해조류가 거의 발견되지 않았으며, 중부이하에서 지충이, 개서실, 유절산호조류 등이 하부에는 가시덤불 등이 우점하였다. 저서동물은 말미잘, 삿갓조개류, 고둥류 등이 높이와 관계없이 균일한 밀도를 보였다. 그리고 층별군집구조는 상층부는 지충이, 무절산호조류 등이, 중층부는 개서실, *Ulva* spp. 유절산호조류, 지충이 등이, 하층부는 개서실, 유절산호조류, 가실덤불 등이 우점하였다. 저서동물은 전층에서 따개비류, 말미잘 등이 우점하였다. 상주지역의 수직군집구조는 상부는 해조류가 거의 대부분 분포하지 않으며, 중부는 Biofilm, 우뭇가사리가, 하부에서는 지충이, 패, Brown crustose algae, 무절산호조류, 톳 등이 밀도가 높게 나타났다. 저서동물은 상부에는 총알고둥과 따개비류, 중·하부는 삿갓조개류, 말미잘이 우점하였다. 그리고 수평군집구조는 Biofilm이 상층부의 일부 지역에서 조사되었으며, 중층부는 Biofilm, Brown crustose algae, 무절산호조류, 패, 지충이 등이 우점하며, 하부는 지충이, 톳, 유절산호조류, 무절산호조류, Brown crustose algae 등이 우점하였다. 저서동물은 상층부는 총알고둥이 중층부는 삿갓조개류, 말미잘, 군부, 해면류가 하층부는 해면류, 삿갓조개류, 말미잘 등이 우점하였다.

서 론

남해안의 광양만 및 남해도 일대의 지속성 오염원 유입에 따른 연안 저서생태계의 반응을 주요 생물군의 개체군 수준에서 변동을 파악하고, 또한 군집 수준에서 종간상호작용 및 먹이사슬에 미치는 영향을 실험생태학적 방법으로 이해하고, 저서생물다양성 변화를 연구하고자 한다. 특히, 오염정도의 차이에 따라 군집 내 먹이사슬의 섭식효과의 변화를 분석하고, 오염물질의 이동경로 및 정량적 분석을 통하여 해양오염과 저서생태계 변화의 연관성을 시스템화하여 향후 유사환경조건 발생시 군집변화에 대한 예측모델링을 개발하고자 한다.

재료 및 방법

연구지역

오염부하 정도에 다른 3개의 암반조간대 지역을 현장조사(2002년 4월과 6월)를

통해 선정하였다. 가장 오염부하가 심한 광양만 지역(Impact Site)은 전남 광양시 금당동 광양제철소 방파제 지역으로 암석이 투기된 지역으로 방파제 일부 지역을 제외한 지역은 경사가 거의 없으며, 인근에는 섬진강 하구와 콘테니어 부두, 산업시설 등으로부터 오염물질의 유입이 지속적으로 일어나는 지역이다. 서상지역(Intermediate Site)은 경남 남해군 서면 서상리 예계마을에 위치한 지역으로 암반조간대가 매우 넓게 형성되어 있으며, tidal pool이 산재하고 있으며, 특정종에 대한 인간의 포획이 심한 지역으로 지리적으로 오염 지역과 대조지역의 중간에 위치하고 있으며, 오염부하 역시 중간정도에 해당하는 것으로 예측되는 지점이다. 상주지역(Control Site)은 가장 오염부하가 가장 낮은 지역으로 경남 남해군 상주면 상주리에 위치하고 있으며, 국립수산과학원 남해수산종묘시험장 인근에 위치하고 있어 인간의 간섭이 제한된 지역으로 외해를 향하고 있다. 조간대의 경사는 가장 급한 지역으로 파도의 세기가 광양만, 서상지역에 비해 가장 강한 편이다.

조사 방법

각 지역의 암반조간대 군집구조를 파악하고자 수직 및 층별군집조사를 실시하였다. 수직군집구조 조사를 위해 수직 Transect Line을 설치하여 1~2m 간격으로 50×50㎝ 방형구 설치하였으며, 층별군집구조를 조사하기 위해 조간대를 높이 및 출현종에 따라 상·중·하층으로 구분하여 각 층별로 10개씩의 방형구(50×50㎝)를 설치하였다. 방형구내 서식종별 피도 및 밀도를 조사하였다. 조사주기 및 시기는 매 2개월 주기(2002년 8월 이후)로 대조기에 수행하였다.

조사 결과

◦광양만 지역

· 수직군집구조

▸해조류

8월 조사 결과 출현종은 2종으로 매우 낮으며 최상부는 해조류가 거의 서식하지 않았으며 전반적으로 *Ulva pertusa*가 가장 우점하며, 하부로 갈수록 밀도가 점진적으로 높아지는 경향을 보였으며, 애기가시덤불은 5%미만으로 조사되었다(그림 1).

10월 조사 결과 출현종이 10여 종으로 8월에 비해 증가하였으며, *Ulva pertusa*를 제외한 나머지 종은 5%미만의 낮은 피도를 보였다(그림 2).

▸저서동물

최상부는 따개비류가 가장 우점하며, 상층하부부터 Oysters가 우점하며, 따개비류와 Oysters의 밀도는 서로 상반되는 경향을 보이고 있으며, 8월에는 삿갓조개류의 밀도가 높은 반면, 10월에는 상대적으로 고등류의 밀도가 높게 나타났다(그림 3과 4).

· 수평군집구조

▸ 해조류

8월 조사결과 상층부는 *Ulva pertusa*만이 소규모의 patch type으로 부분적으로 우점하고 있으며, 중층부는 *Caulacanthus okamurae* 등이 우점하였으며, 하층부는 조간대가 나출되지 않아 조사되지 않았음

10월 조사결과 상층부는 *Ulva pertusa*의 밀도가 감소하였으며, 대신 Biofilm의 피도가 급증하였으며 8월에 비해 톳, 지충이 등이 출현하였다. 중층부는 *Ulva pertusa*가 균일하게 우점 분포하고 있으며, Biofilm의 피도가 높으며, 꼬시래기, Brown crustose algae 등이 10% 정도의 피도를 보이며, Turf algae가 1개 방형구에서 높은 피도(89%)를 보였다. 하층부는 중층부와 같이 *Ulva pertusa*가 가장 우점하며 Turf algae가 10%내외의 균일한 피도를 보였다.

▸ 저서동물

8월 조사결과 상층부는 따개비류가 가장 우점하였으며 중부는 Oysters, 따개비류 등이 우점하였으며 고둥류, 배무라기의 개체수가 비교적 많은 것으로 조사되었으며 하층부는 조간대가 나출되지 않아 조사되지 않았다.

10월 조사결과 상층부는 따개비류가 가장 우점하였으며, 8월에 비해 Oysters의 밀도가 상대적으로 높아졌으며, 중층부는 8월과 거의 유사한 것으로 나타났으며, 하층부는 중층부에 비해 따개비류의 빈도가 상대적으로 높게 나타났으며, 댕가리의 출현이 조사되었다.

◦서상지역

· 수직군집구조

▸ 해조류

8월 조사결과 최상층부는 Biofilm이 우점 분포하고 있으며, 중상층부부터 지충이, *Ulva pertusa* 등이 우점하고 있으며, 하층부는 유절산호조류, 개서실 등이 우점하는 것으로 조사되었다. 전층에 걸쳐 유절산호조류, Brown crustose algae 등이 균일하게 분포하는 것으로 조사되었다(그림 5).

10월 조사결과 8월 조사에 비해 다양한 종이 조사되었으며 최상층부는 해조류가 거의 서식하지 않는 것으로 조사되었으며 중층부에 지충이, 서실, 유절산호조류 등의 밀도가 두드러졌으며, 하층부는 가시덤불, 모자반 등의 밀도가 상대적으로 높게 나타났다(그림 6).

▸ 저서동물

8월 조사결과 전층에서 말미잘, 삿갓조개류, 고둥류 등이 균일하게 분포하였으며, 군부는 중부에서 따개비류는 중하부에서 밀도가 높은 것으로 조사되었다(그림 7).

10월 조사결과 전층에서 따개비류의 밀도가 높게 나타났으며, 이외의 저서동물의 수직군집구조는 8월 조사결과와 유사하였다(그림 8).

· 수평군집구조

‣ 해조류

8월 조사결과 상층부는 지충이, 무절산호조류 등이 우점하였으며, 중층부는 지충이, 개서실, *Ulva pertusa*, 유절산호조류, 무절산호조류, 패 등이 우점하였으며, 하층부는 유절산호조류, 개서실 등이 우점하였으며, *Ulva pertusa*, 무절산호조류, 지충이 등은 전 방형구에서 균일하게 분포하는 것으로 조사되었다.

10월 조사결과 8월에 비해 다양한 종이 나타났으며, 상층부는 거의 해조류가 거의 분포하지 않았으며, 중층부는 지충이, 개서실, *Ulva pertusa*, 유절산호조류, 무절산호조류 등이 우점하였으며, 하층부는 유절산호조류, 무절산호조류, 가시덤불, 우뭇가사리 등이 우점하는 것으로 조사되었다.

‣ 저서동물

8월 조사결과 상층부에서는 따개비류, 해면 등이 소규모의 patch type으로 분포하고 있으며, 말미잘, 삿갓조개류, 군부의 밀도가 높은 것으로 조사되었으며, 중층부에서는 말미잘, 대수리 등의 밀도가 높으며, 하층부는 말미잘, 따개비류, 대수리 등의 밀도가 높은 것으로 조사되었다.

10월 조사결과 출현종은 8월 조사결과와 유사하였으나, 상층부의 따개비류의 밀도가 높게 조사되었다.

◦상주지역

· 수직군집구조

‣ 해조류

8월 조사결과 상부에는 해조류가 거의 분포하지 않았으며, 중부이하에서 Biofilm의 피도가 높게 나타났으며, 이외에도 패, 톳, 지충이, Brown crustose algae등이 우점하는 것으로 조사되었다(그림 9).

10월 조사결과 8월과 같이 상층부에는 해조류가 거의 분포하지 않았으며, 중층부에는 우뭇가사리류와 Brown crustose algae 등이 우점하였으며, 하부에는 지충이, 패, 톳 등이 우점하는 것으로 조사되었다. 출현종수는 8월 조사결과에 비해 높게 나타났으며 밀도 역시 다소 증가하는 것으로 조사되었다(그림 10).

‣ 저서동물

8월 조사결과 상층부는 총알고둥이 가장 우점하였으며, 중부지역은 따개비류,와 대수리의 밀도가 높은 것으로 조사되었으며, 하부는 말미잘, 군부, 뱀고둥 등의 밀도가 높게 조사되었다(그림 11).

10월 조사결과 총알고둥의 밀도가 다소 감소하였으며, 이는 태풍의 영향인 것으로 추측된다. 따개비류와 갈고둥의 밀도가 높았으며, 중하부는 삿갓조개류, 말미잘 등이 우점하며, 하부는 해면, 뱀고둥의 밀도가 높은 것으로 조사되었다(그림 12).

· 수평군집구조

‣ 해조류

8월 조사결과 상층부는 대부분 나출된 암반으로 존재하며 애기가시덤불, Biofilm 등이 소규모의 patch type으로 분포하고 있다. 중층부는 Biofilm, 지충이, 패, 무절산호조류, Brown crustose algae, 톳 등의 밀도가 비교적 높다. 하층부 역시 중층부와 유사한 분포 양상을 보이고 있으며 톳과 유절산호조류의 밀도가 상대적으로 높게 나타났다.

10월 조사결과 8월 조사에 비해 출현종수가 증가하였으며, 특히 하층부에서 두드러진 증가를 보였다. 상층부는 Biofilm 등이 소규모의 patch type으로 분포하고 있으나 대부분 나출된 암반으로 존재한다. 중층부는 지충이, Brown crustose algae, 가시덤불, 우뭇가사리류의 밀도가 높은 것으로 조사되었으며, 하층부는 애기가시덤불, 지충이, 톳, 유절산호조류, Brown crustose algae, 패 등의 밀도가 비교적 높은 것으로 조사되었다.

• 저서동물

8월 조사결과 상층부에는 주요 분류군이 대부분 patch type으로 분포하고 있으며, 중층부는 말미잘, 삿갓조개류, 고둥류, 해면 등이 우점하고 있으며, 특히 삿갓조개류의 밀도가 높다. 하층부는 해면의 밀도가 중층부에 비해 높으며, 상대적으로 말미잘의 밀도는 감소되었다. 그리고 삿갓조개류, 고둥류 등의 밀도가 감소하는 경향이다.

10월 조사결과 8월 조사에 비해 삿갓조개류의 밀도가 낮으며, 총알고둥의 밀도 또한 감소되었다. 전반적으로 8월 조사결과와 유사한 양상을 보이며 밀도는 감소하는 경향을 보였다.

향후연구 과제

현재 수행중인 오염·비오염 지역 저서군집구조의 장·단기적 모니터링을 지속적으로 수행하고 조사 결과를 토대로 군집개념의 모델을 수립하며, 오염물질에 따른 개체별 민감도 및 내성을 파악하고 주요 저서생물의 오염물질에 대한 농축 및 흡착력을 분석할 계획이다.

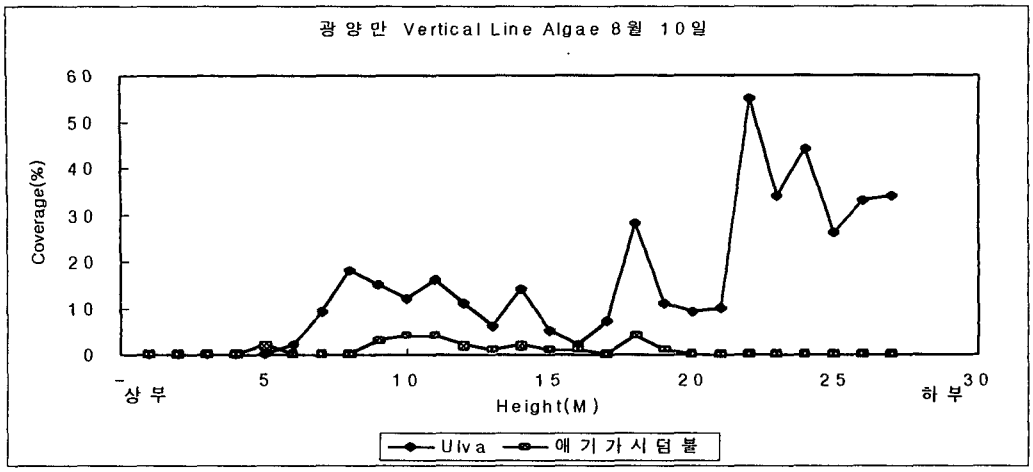

그림 1. 광양만 지역 해조류 수직군집구조(2002년 8월 조사)

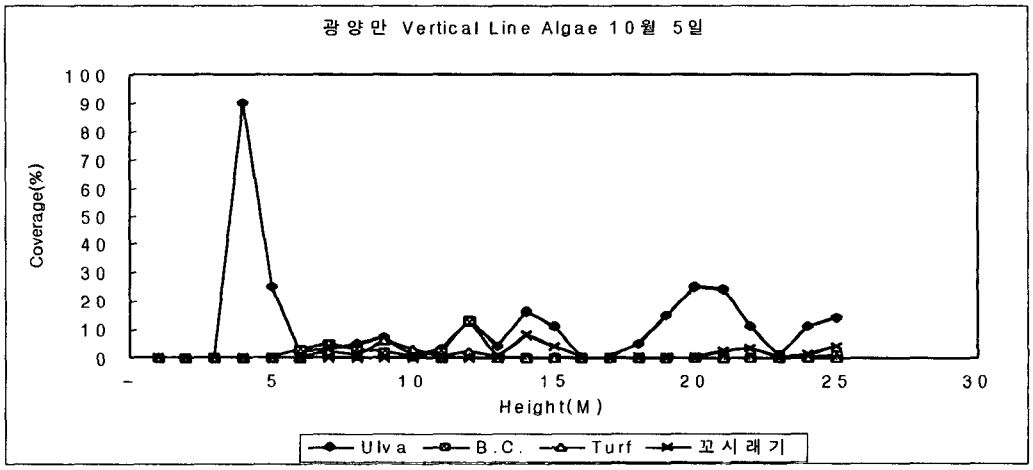

그림 2. 광양만 지역 해조류 수직군집구조(2002년 10월 조사)

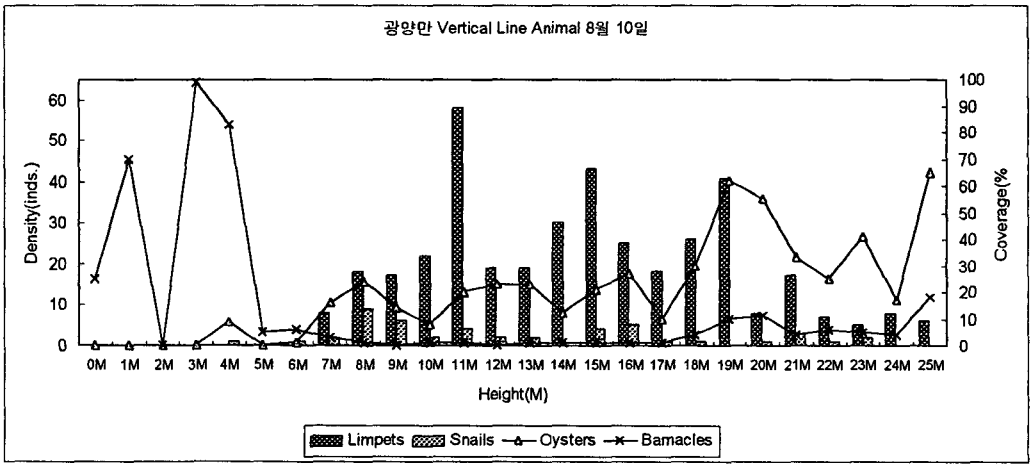

그림 3. 광양만 지역 저서동물 수직군집구조(2002년 8월 조사)

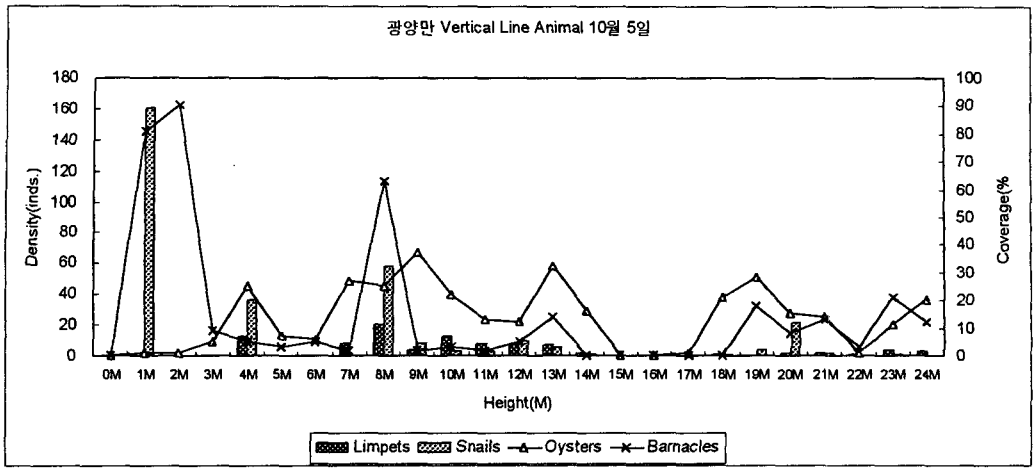

그림 4. 광양만 지역 저서동물 수직군집구조(2002년 10월 조사)

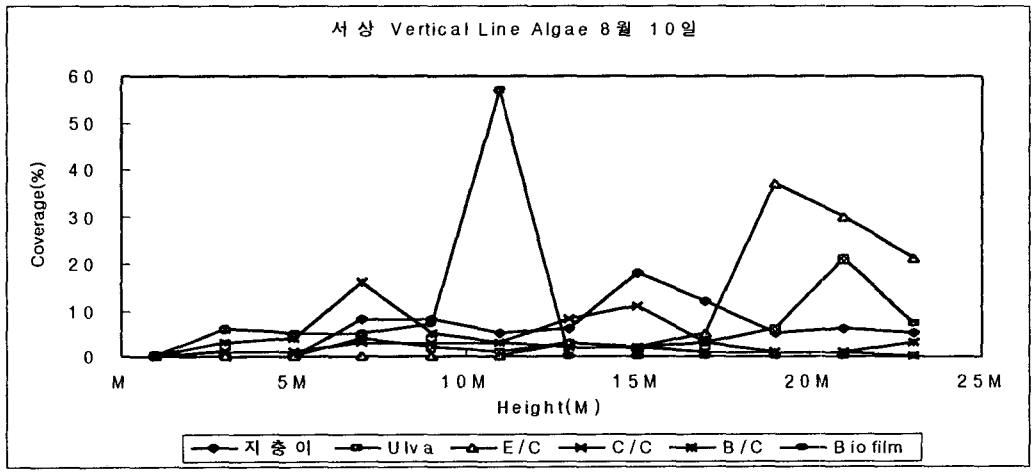

그림 5. 서상지역 해조류 수직군집조사(2002년 8월 조사)

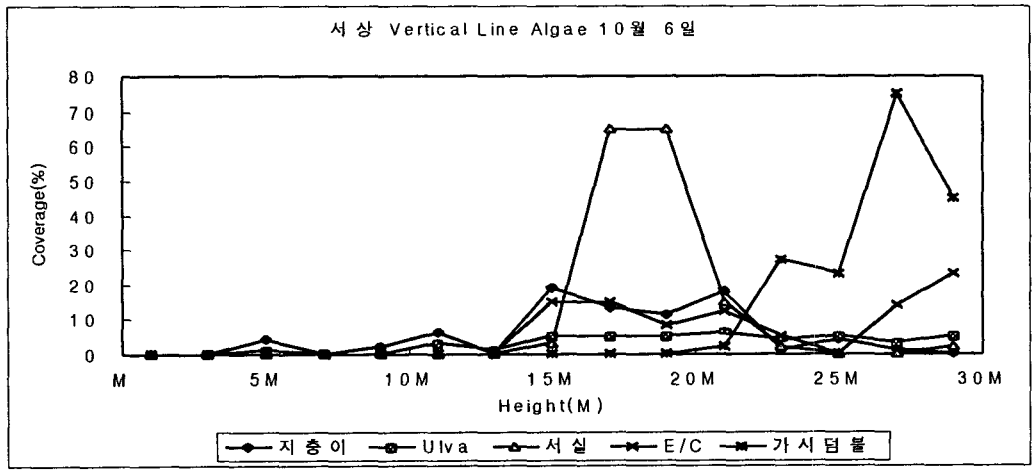

그림 6. 서상지역 해조류 수직군집조사(2002년 10월 조사)

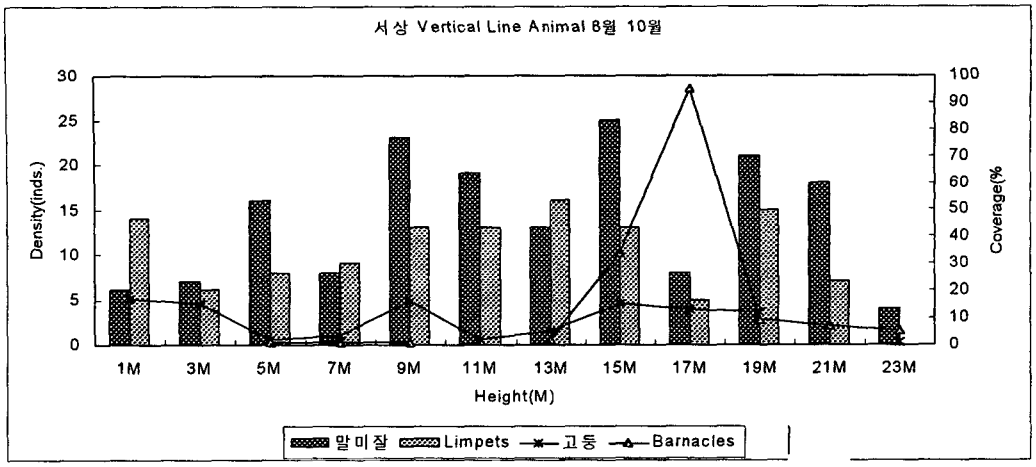

그림 7. 서상지역 저서동물 수직군집구조(2002년 8월 조사)

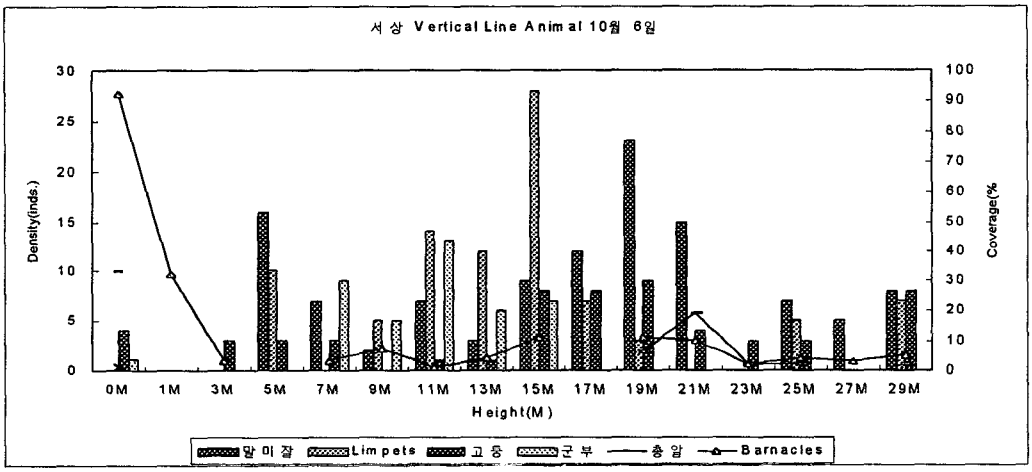

그림 8. 서상지역 저서동물 수직군집구조(2002년 10월 조사)

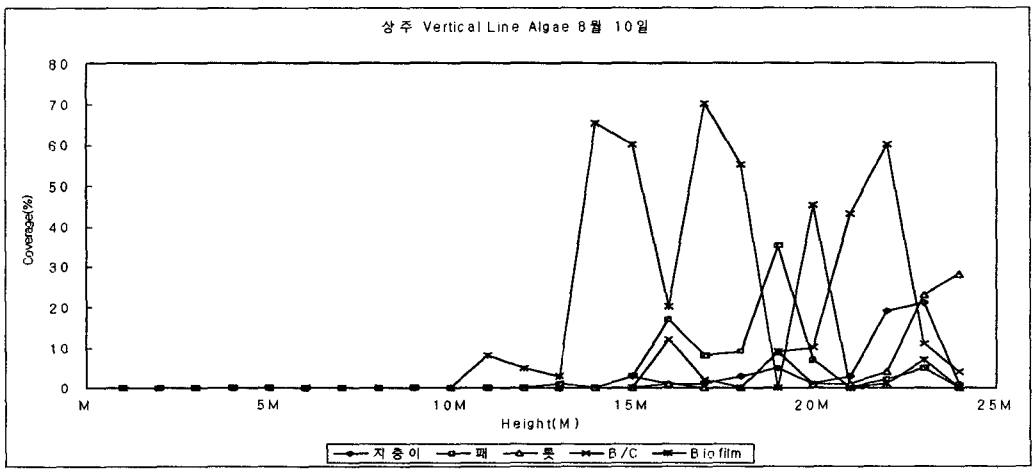

그림 9. 상주지역 해조류 수직군집구조(2002년 8월 조사)

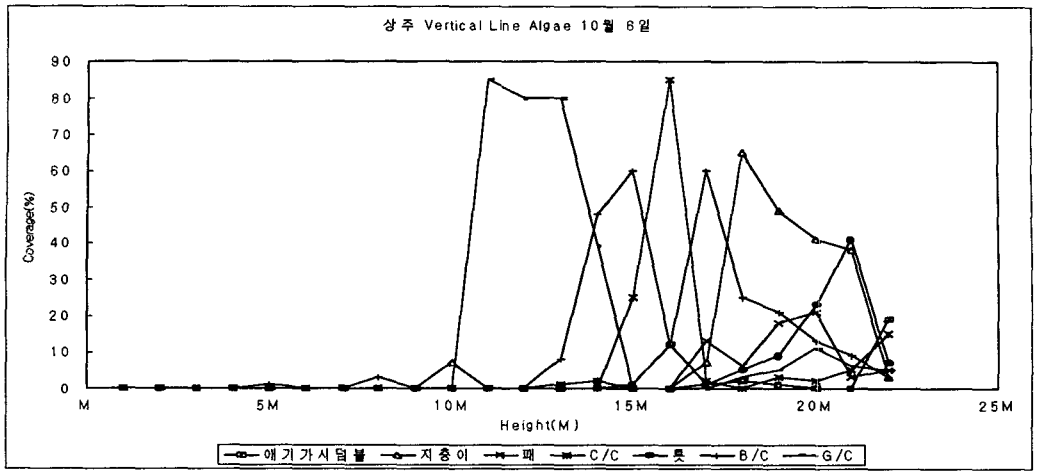

그림 10. 상주지역 해조류 수직군집구조(2002년 10월 조사)

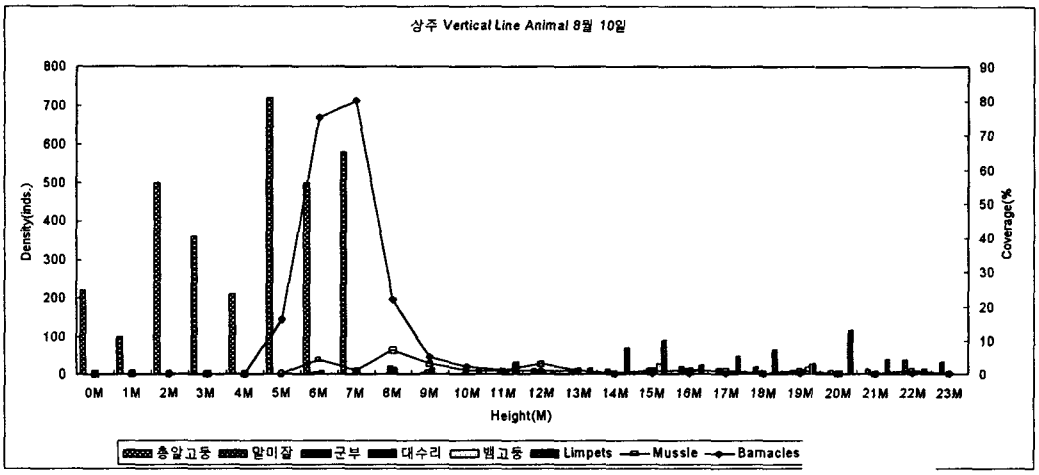

그림 11. 상주지역 저서동물 수직군집구조(2002년 8월 조사)

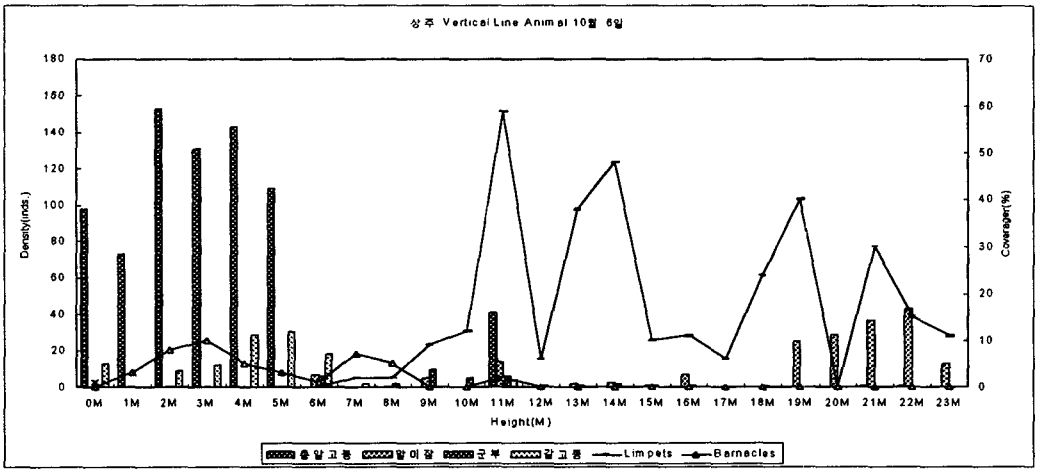

그림 12. 상주지역 저서동물 수직군집구조(2002년 10월 조사)