

시화호와 인근 해역의 동물플랑크톤 분포로 본 시화호의 생태적 안정성

박 철 · 허성회*
충남대학교 해양학과, *부경대학교 해양학과

Ecological Stability of the Shihwa Lake Evaluated by Zooplankton Distribution in the Lake Shihwa and Adjacent Coastal Area

CHUL PARK AND SUNG-HOI HUH*

Department of Oceanography, Chungnam National University, Taejeon 305-764, Korea
*Department of Oceanography, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

시화 방조제의 건설로 형성된 시화 인공호수의 생태적 안정성을 동물플랑크톤의 종 구성과 생물량 변동을 통해 파악하였다. 방조제 바깥쪽 해수면의 동물플랑크톤은 인근 아산만의 경우와 매우 유사한 종 구성과 계절간 변동을 보였다. 그러나, 시화호의 동물플랑크톤은 기수종으로 알려진 요각류 *Sinocalanus tenellus* 단 한종이 차지하는 비율이 절대적으로 높았으며(봄철 약 66%, 겨울철 약 80%, 여름과 가을에는 98% 이상 점유), 종 구성이 매우 단순하였고, 생물량에 있어서도 10^4 단위까지 차이가 나는 매우 격심한 변동을 보였다. 이러한 변동은 인공호수인 시화호가 생태적으로 매우 불안정한 상태에 있음을 보이는 것이며, 그 원인은 담수 유입시의 오염 부하량의 변화나, 부정기적인 수문의 개폐와 수문 개폐시의 물의 흐름 방향의 가변성 등에 기인된 염분의 불규칙적인 변화 등이 주요 원인으로 판단되었다.

Ecological stability of the Lake Shihwa, artificially made by the construction of the Shihwa Dike, was evaluated by the species composition and variation in biomass of zooplankton. Species composition and seasonal variation in biomass in the seaside stations were similar to those observed in nearby bays and coastal zone. However, those in the lake sites showed very different patterns. The brackish water copepod, *Sinocalanus tenellus*, held the first rank in every season (with more than 66% in spring, 98% in summer and fall, and 80% in winter). The species composition was very simple and the biomass (in terms of total individuals m^{-3}) varied markedly with season up to the order of 10^4 magnitude. These results imply that the lake ecosystem made by the construction of Sihwa dike is in very unstable stage probably due to the input of industrial wastes as well as unpredictable variation in salt content caused by irregular control of the watergate of the dike and resultant irregular flow direction of the water through the gate.

서 언

시화호는 섬과 섬, 섬과 육지를 연결하는 방조제의 건설로 1994년 1월 형성된 면적 약 61 km^2 의 인공 호수이다. 주변에서 유입되는 담수와 남아있는 해수가 수직적으로 성층을 이루고 있는 이 인공 기수호는 최근 인근 공업단지로부터 유입되는 공업 폐수로 인한 오염이 크게 문제로 대두된 바 있다. 오염의 문제는 오염원의 제거가 가장 근본적인 해결책이지만, 현실적으로 쉽게 해결되지 않는 속성상 방조제의 수문을 통하여 오염된 호수의 물을 바다로 방류하는 일이 그간 몇차례 있었다. 한편, 이 시화 방조제의 수문 개방이 항상 호수의 물을 바다쪽으로 방류하는 결과만을 초래하지는 않았다. 때에 따라서는 수문 개방을

통하여 해수를 인공호수 쪽으로 유입시키기도 하였다.

이러한 일정하지 않은 해수와 담수의 교환, 오염 물질 유입의 가능성, 정체되는 수괴 특성 등은 이 시화호에 서식하는 생물종의 구성 변화, 생물량의 급격한 변화 등 생태계 자체가 매우 유동적인 상태에 있음을 예측하게 한다. 또한 시화호는 환경 자체의 특이성 때문에 비교할 만한 과거의 연구 결과가 드물 뿐만 아니라, 동물플랑크톤의 하루 이동 거리 범위(daily ambit) 보다 다소 큰 거리의 크기 구조를 가지고 있어(수백 m-수십 km의 coarse-scale, Haury et al., 1978) 생태계 변화를 파악하기에는 매우 적절한 크기이기도 하다.

본 연구는 이렇게 가능성이 큰 시화호의 생태계 변화를 파악하고자 시도되었다. 생태계 구성의 여러 요소 가운데 동물플랑

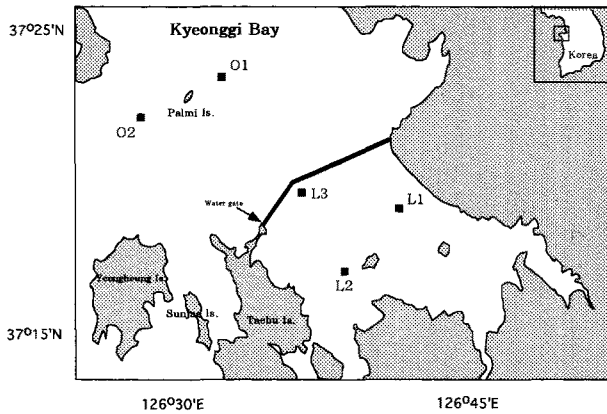


Fig. 1. Map of sampling sites.

크톤을 대상으로, 방조제 외측 해수면과 내측 인공호수의 생물량 비교, 종 조성 변화, 우점종의 변화 등을 파악하고자 하였다. 또한, 우리나라의 다른 기수호인 동해에 연한 향호, 송지호, 영랑호 등과 서해의 남양호 등에 대한 기존의 연구결과(김 등, 1981; 이와 조, 1995)와 비교하였다.

재료 및 방법

방조제를 경계로 하여 해수쪽과 인공 호수쪽에서 각각 정점을 설정하였는데, 바다쪽은 두점을 기준점으로 택하고(정점 O1, O2), 시화호에서는 방조제 중앙부 앞(L3), 북쪽 수로의 육지쪽 끝부분(L1), 남쪽 수로의 육지쪽 끝부분(L2)의 세군데로 정하였다(Fig. 1). 각 정점에서 주기적으로 동물플랑크톤을 채집하고, 수온과 염분을 측정하였다.

수온은 현장에서 봉상 온도계를 사용하여, 수심이 낮은 점을 감안하여 표층에서 측정되었고, 염분은 표층 해수를 실험실에 옮겨 염분측정기(Beckman Instr. Inc.)로 측정하였다.

동물플랑크톤의 채집은 원추형 넷(직경 76 cm, 망목 333 μm)를 사용하여 표층에서 저층까지 3회 반복 사선 인양하였다. 계절별 시료 채집을 기본으로 하였으나, 해황과 내수면의 결빙 등 사정에 따라 다소 변경이 이루어졌다.

가을철 시료는 시화호에서는 1995년 10월 및 11월에, 해수쪽은 1995년 10월에만 채집되었으며, 겨울철은 시화호의 표면 결빙으로 1995년 1월에는 바다쪽 정점에서만, 1996년 2월 말일과 3월 1일에는 호수쪽과 바다쪽에서 모두 시료 채집이 이루어졌다. 봄철과 여름철에는 양쪽 모두에서 각각 1996년 5월과 1996년 8월에 시료가 채집되었다.

채집된 시료는 선상에서 중성 포르말린으로 고정한 후(최종 농도 약 5%), 실험실에 옮겨져 시료분할기로 적정량의 부차시료를 얻은 후 광학현미경을 사용하여, 주요 우점군으로 나타난 요각류는 종의 수준까지, 기타 소량 출현한 다른 동물군은 가능한 낮은 분류 계급까지 동정하였다.

결과 및 고찰

염분 및 수온

해수쪽의 염분은 전 시기를 통하여 27.4~31.0‰로 비교적 일

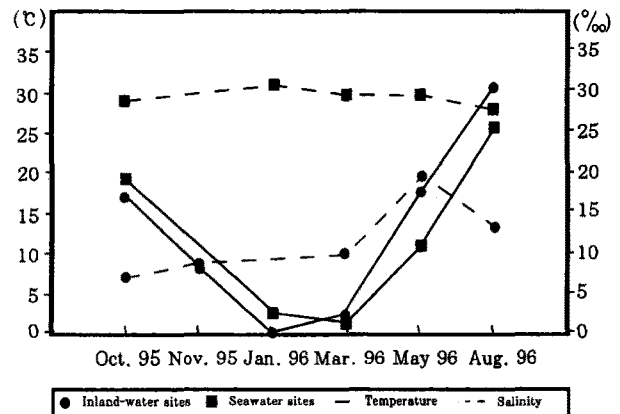


Fig. 2. Temperature (solid lines) and salinity (broken lines) variations at inland-water stations (circles) and seawater stations (squares).

정한 수준을 유지하고 있었던데 반하여, 시화호의 경우는 방조제 건설 이후 염분이 10‰ 이하로 유지되다가, 1996년 3월 8일부터 12일간 방조제 수문이 개방되어 해수가 다시 호수 쪽으로 유입되어, 1996년 5월의 경우 약 20‰ 정도를 유지하였다(Fig. 2). 그후 시화호에 임한 공업 단지의 하수 유입으로 인한 오염이 사회적 문제로 대두되면서 1996년 6월 29일과 7월 18일에 수문을 열어 시화호의 오염된 물들을 해수쪽으로 방류하고, 다시 호수에 담수가 유입되면서, 시화호의 염분은 8월에 약 13‰ 정도로 낮아졌다. 따라서 이러한 인위적인 수문의 개폐와 수문 개폐 시 흐름의 방향에 따라, 시화호의 염분에 급작스런 변화가 발생하였다. 따라서, 계절에 따라 강수와 증발에 의하여 점진적으로 변화할 자연적인 염분의 변화는 인위적인 수문 개폐로 인하여 전혀 감지할 수도 없고, 무의미하게 되었다. 이러한 인위적인 요인에 의한 염분의 변화는 일정한 시간 간격의 주기적 관측 및 채집의 의미를 격감시키는 결과를 초래하였다.

수온의 경우는 시화호의 변화와 바깥 해수면의 변화가 비교적 비슷한 양상으로 변화하고 있었다. 그러나 시화호와 인접 해수쪽의 수온을 비교하면, 1995년 가을의 경우에는 바다쪽이 19°C로 시화호의 약 17°C 보다 다소 높은 수온을 유지하였지만, 겨울에 들어서서는 오히려 시화호쪽이 더욱더 낮아져 관측이 불가능한 결빙 상태가 되었는데, 이는 시화호의 낮은 염분 효과로 판단된다. 이러한 수온의 역전은 이른 봄 3월 초에 들어서면서 호수쪽의 수온 상승 폭이 커지기 시작하여 봄철에 최대의 차이를 보이다가(5월의 경우 호수쪽의 수온이 인접 해수의 수온보다 약 7°C 이상 높았다), 여름철(8월)에는 그 격차가 줄어들어 약 5°C 정도 높았다(수온의 일변화에 따른 차이를 배제하기 위하여 수온의 측정은 각각 오전 11시에 측정됨). 따라서, 수온의 경우는 일사량이 증가하는 봄과 여름에는 호수쪽에서 상대적으로 높은 수온을 보이고, 일사량이 감소하는 가을과 겨울에는 해수쪽이 상대적으로 높은 수온을 보이는 양상으로 판단되었다.

종조성 및 종다양성 지수

출현 동물플랑크톤의 종 조성을 살펴보면, 1995년 가을부터 방조제 수문을 열어 해수가 호수로 들어 오도록한 1996년 3월

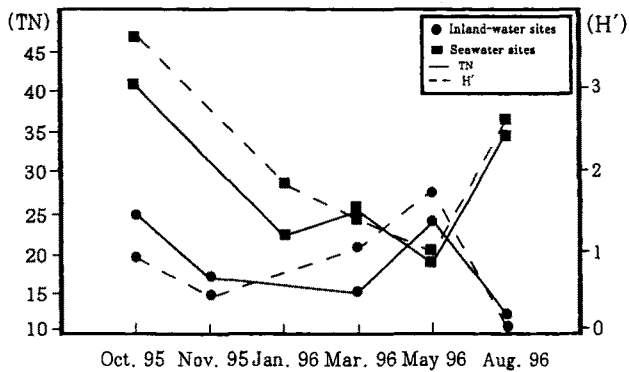


Fig. 3. Total number of taxa appeared (TN, solid lines) and Shannon-Weaver's species diversity (H', broken lines) at inland-water stations (circles) and seawater stations (squares).

하순 이전까지는 해수쪽에서 더 많은 종류가 출현하고 있었으며, 종 다양성 지수(Shannon and Weaver, 1963)도 해수쪽에서 훨씬 높은 값을 보이고 있었다(Fig. 3, Table 1). 가을과 겨울철에 해당하는 이 기간 동안 내수면 호수쪽에서는 기수성 요각류인 *Sinocalanus tenellus* 한 종이 차지하는 조성율이 약 80% 이상으로 매우 높은 것이 두드러진 특징이었다. 바다쪽과 비교하여 호수쪽의 낮은 출현 분류군 수, 매우 낮은 종 다양성 지수, 높은 우점도 등은 방조제 건설로 형성된 내수면 인공호가 생태적으로 매우 불안정한 상태임을 시사하고 있다.

1996년 3월 중순에서 하순에 이르는 기간 수문을 열어 해수를 호수 쪽에 유입시킨 이후인 5월에 들어서는 출현 종수나 종 다양성 지수에서 호수쪽이 오히려 크게 나타나고 있는데(Fig. 3, Table 1), 이는 호수의 염분이 약 20‰로 조사기간 중 가장 높았던 시기에 해당되었다. 이기간에는 호수쪽의 최우점종이었던 *S. tenellus*의 양과 조성율이 현격히 감소한 것으로 나타났고, 해수에서 유입된 따개비 유생들이 최우점군으로 나타났다(Table 1).

5월 이후, 해수의 유입이 차단되고 담수의 유입이 증가하면서

염분이 다시 감소하여 약 13‰ 수준에 이른 여름철 8월의 경우는 다시 해수쪽에서 높은 종 다양성 지수와 많은 출현 종수를 보였다.

출현 종수와 종 다양성지수에서 해수쪽이 높거나, 해수가 유입된 시기에만 호수 쪽에서 높게 나타남은, 결과적으로 호수의 생태 환경이 해수면쪽 보다 열악한 상태에 있어, 해수와외의 교류가 차단된 호수에서는 출현 종수가 격감하며 열악한 환경에 적응할 수 있는 극히 제한적인 종류(이들테면, *S. tenellus*)만이 살아남아 우점율이 현격히 높아짐을 알 수 있다. 기수종 요각류인 *Sinocalanus tenellus*의 조성율은 5월을 제외하면 약 80% 이상 거의 100%에 이르고 있었다(Table 1).

우리나라 담수호에서 연구된 과거의 결과들을 살펴보면, 완전한 담수호에서는 지각류의 *Bosmina*, *Daphnia*, 요각류인 *Cyclops*, 윤충류인 *Keratella*, *Brachionus* 속 등에 속하는 종류가 대부분 주요 우점군으로 나타나고 있다(조 등, 1989; 유와 임, 1992; 김과 조, 1995; Yoo et al., 1987). 그러나, 본 연구 대상인 시화호에서는 아직 이러한 종류는 출현하지 않고 있었다. 이는 시화호에 유입되는 자연 담수의 양이 매우 적고, 따라서 염분 분포에서 보듯이 아직은 해수의 영향이 보다 강하게 남아 있어, 시화호의 담수호로의 이행은 아직은 미미한 상태인 것으로 여겨진다.

생물량의 시간별, 정점별 변화

해수에서는 봄과 가을에 야광충인 *Noctiluca scintillans*가 다량 분포하고 있는데, 이 종은 네트의 clogging 효과 때문에 정량적 처리를 생략하였다. 이 종의 정량적 계수는 채수를 통하여 이루어져야 신뢰성이 높기 때문에 본 조사에서는 이 종의 경우 출현만을 확인하고 전체 개체수나 종 조성율 등의 계산에서는 제외하였다.

전체 개체수 및 *Sinocalanus tenellus*: 전체 동물 플랑크톤의 풍도(개체수 분포)는 여름철 호수쪽에서 갑작스럽게 매우 높은 풍도를 나타내고 있는데(Fig. 4a), 이는 단일종인 *Sinocalanus*

Table 1. Total number of taxa appeared (TN), average species diversity (Shannon and Weaver, 1949; H') and dominant taxa (DT) at inland-water sites and seawater sites during the sampling periods. Average abundances (AA, individuals m⁻³) and percent composition(%) are also provided except those of *Noctiluca scintillans*, which are not included in calculations of composition and species diversity due to the low reliability of the data.

| Time of sampling | Inland-Water Stations | | | | | Seawater stations | | | | |
|------------------|-----------------------|------|--|-----------------|--------------|-------------------|------|---|-------------------------|---------------------|
| | TN | H' | DT | AA | % | TN | H' | DT | AA | % |
| Oct. 1995 | 25 | 0.96 | <i>Sinocalanus tenellus</i> | 783.6 | 97.9 | 41 | 3.67 | <i>Noctiluca scintillans</i> Cirripedia larva Polychaeta larva | 96.3 42.1 | 25.3 11.0 |
| Nov. 1995 | 17 | 0.47 | <i>Sinocalanus tenellus</i> | 2321.2 | 98.4 | - | - | - no sample due to rough sea - | | |
| Jan. 1996 | - | - | - no sample due to frozen surface - | | | 23 | 1.83 | <i>Acartia bifilosa</i> <i>Labidocera euchaeta</i> | 447.5 167.1 | 59.4 22.2 |
| Mar. 1996 | 15 | 1.04 | <i>Sinocalanus tenellus</i> <i>Acartia bifilosa</i> | 1652.7 283.1 | 79.7 13.6 | 25 | 1.45 | <i>Acartia bifilosa</i> <i>Labidocera bipinata</i> | 1710.0 152.5 | 75.2 6.7 |
| May 1996 | 24 | 1.78 | Cirripedia larva <i>Sinocalanus tenellus</i> | 5.4 1.4 | 65.5 16.4 | 19 | 1.00 | <i>Noctiluca scintillans</i> <i>Acartia bifilosa</i> <i>Calanus sinicus</i> | 1968.3 382.7 | 79.8 15.5 |
| Aug. 1996 | 12 | 0.03 | <i>Sinocalanus tenellus</i> | 23004.1 | 99.8 | 35 | 2.65 | Decapoda larva Bivalve larva <i>Acartia pacifica</i> | 739.3 175.3 140.8 | 47.5 11.3 9.0 |

*tenellus*가 단위체적당(1 m³) 약 23,000개체 이상(조성율 99.8%) 출현하여, 다른 시기 및 해수쪽의 정점들과 완연하게 구분된 결과였다. 이 한 종의 풍도를 제외한 나머지 동물플랑크톤 전체의 풍도는 해수쪽에서 일반적으로 높은 경향을 보였다(Fig. 4b).

1995년 가을철(10월)의 경우 내수면에서는 평균 총 800.6개체가 출현하여, 바다쪽의 381.3개체 보다 많았으며, 호수 쪽은 기수성 요각류인 *S. tenellus* 한 종이 점유하는 비율이 97.9%에 달하였다. 이 종은 인공호수내 정점 간에도 큰 분포 차이를 보였는데(Fig. 5), 정점 L2와 L3의 차이가 두 자리수 이상 차이가 있었다(1,547.0와 20.3). 역시 가을철로 판단되는 11월의 경우 심한 파도의 영향으로 바다쪽 채집이 불가하여 인공호수쪽 정점들에서만 채집이 있었는데, 10월의 경우와 같이 *S. tenellus* 한 종이 차지 하는 점유율이 98.4%에 이르렀으며, 정점간 차이도 역시 두자리 수 이상의 차이(3,984.3와 29.9)를 보이고 있다.

겨울철의 경우 호수쪽은 표층의 결빙으로 채집이 불가하였고, 해수면쪽은 가을과 비교하여 야광충이 격감하고 그밖의 종류는 전체적으로 증가하여 가을의 총 381.3개체(야광충 제외)의 약 2배에 해당하는 753.2개체가 출현하였다.

시기적으로 이른 봄이나 수온은 오히려 최저로 겨울에 해당하는 1996년 3월(초순)의 경우에는, 호수에서는 전체 개체수가 감소한 반면(2,074.6개체), 바다쪽에서는 오히려 증가(2,275.4개

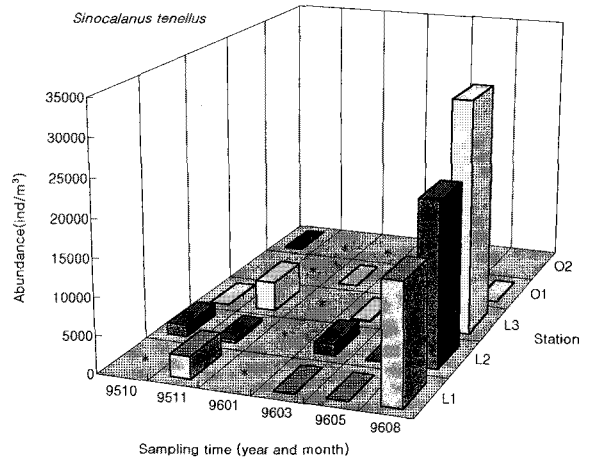


Fig. 5. Abundance distribution of *Sinocalanus tenellus* in the study area. Asterisks indicate absence of data.

체)한 양상을 띠었다(Fig. 4). 이러한 양상은 5월에 더욱 현격하여져서, 호수에는 거의 모든 생물이 전멸하다시피 하였으나 해수쪽에서는 연중 최대를 보였다. 3월까지 약 500개체 이상을 유지하던 호수의 기수성 요각류 *S. tenellus*도 5월에는 입방미터당 1개체 수준으로 매우 적은 양이 분포하였다(Fig. 5).

여름철에는 위에서 언급 되었듯이 호수쪽에서 매우 높은 생물량을 나타나고 있는데, 이때 *S. tenellus* 한 종이 약 23,000개체 이상(조성율 99.8%) 나타나고 있어 다른 시기 및 해수쪽의 정점들과 완연하게 구분되었다. 이 한종의 풍도를 제외한 나머지 동물플랑크톤 전체의 풍도(Fig.4b)를 보면, 전체적으로 해수쪽에서 높은 생물량을 보이고 있다.

해수쪽의 전체 풍도의 계절별 변화는 봄철과 여름철에 높은 생물량을 보이고 가을과 겨울에 낮은 생물량을 보여 인근 아산만 해역에서와 매우 흡사하였다(Choi and Park, 1993). 그러나, 시화호에서는 이러한 계절별 양상을 볼 수 없었다. 이는 시화호의 경우 *S. tenellus* 한종의 점유율이 극도로 높고, 이 종은 기수종으로 비교적 광염성으로 인식될 수 있으나 시화호의 경우 염분 변화가 앞서 언급되었듯이 자연적인 강수와 증발에 의하여 결정되지 아니하고 인위적인 방조제 수문의 개폐와 당시의 흐름의 방향에 의하여 결정되기 때문으로 판단되었다. 즉, 시화호에서의 동물플랑크톤 풍도는, 인위적인 배수감문 조작에 따라 급작스럽게 변화하는 염분에 의하여 분포가 좌우되는 것으로 판단되며, 특히 최우점종인 *S. tenellus* 한종이 결정짓고 있는 상태였다. 이러한 상태의 생태계는 매우 불안정한 상태로 특정지워질 수 있다.

한편, 본 연구에서 시화호의 가장 우점종으로 나타난 *S. tenellus*는 동해안의 기수호인 영랑호 등에서도 주요 우점종으로 출현하였지만 그 조성율은 시화호와 비교하면 상대적으로 낮은 편이었고(김 등, 1981), 이 종은 영산호(Yoo and Lim, 1989)와 서해의 남양호(이와 조, 1995)에서도 출현하고 있는 것으로 나타났다. 시화호에서 이 종이 보인 시간에 따른 급격한 변화 - 5월의 평균 1~2개체에서 8월에 20,000개체 이상 출현하는 것 - 는 매우 특별한 경우로, 요각류의 일반적인 성장을 고려하면, 그 기간 동안 시화호에서 재생산되어 휴지란(diapause eggs)의 상태로 있던 것이

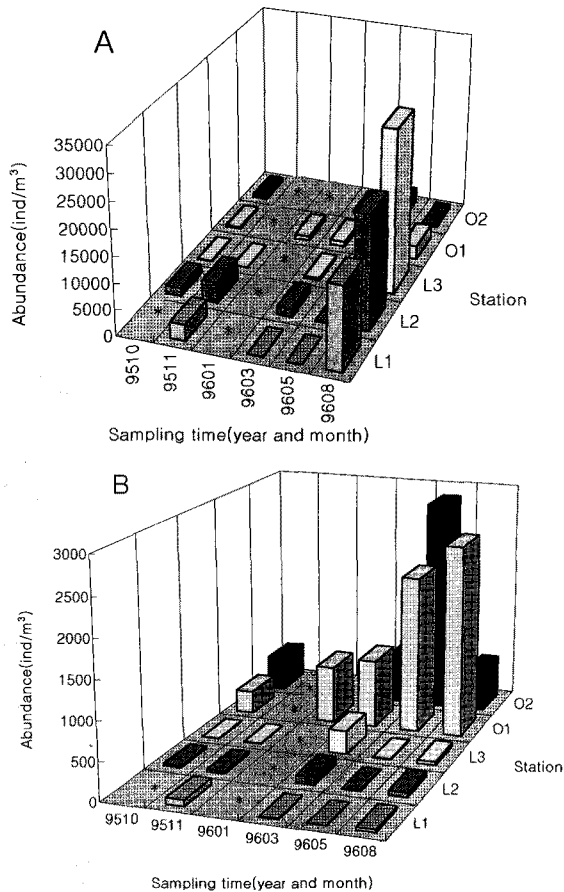


Fig. 4. Distribution of total zooplankton abundance (individuals/m³). A, *Noctiluca scintillans* was excluded. B, *Noctiluca scintillans* and *Sinocalanus tenellus* were excluded. Asterisks indicate absence of data.

성장하여 8월의 다량 분포로 나타났을 수도 있으나, 이를 입증할 만한 구체적인 자료는 없었다. 외부로부터의 유입 역시 구체적으로 판단할 근거가 부족하였다. 따라서, 이종의 생활사와 적정 서식처, 시화호로 유입되는 하천의 풍도 등은 추후의 연구과제로 남았다.

주요 우점종의 조성 변화: 호수쪽은 인위적인 해수 유입으로 가장 높은 염분을 보였던 시기인 봄철에만 해수의 유입으로 인하여 만각류(Cirripedia) 유생이 매우 낮은 개체수이지만(5.4개체, Table 1) 가장 높은 조성율(65.5%)을 보여, *S. tenellus* 한종이 극히 우점하였던 다른 시기와는 다른 양상이었다.

해수쪽 정점에서는, 가을철에는 Cirripedia 유생이 평균 96.3개체 및 조성율 25.3%로 최 우점군이었으며, 다음으로 Polychaeta 유생이 42.1개체 및 조성율 25.3%로 제 2의 우점군이었다(Table 1). 요각류는 전체가 약 21%의 조성율을 보였고, 요각류중에서는 *Labidocera euchaeta*, *Paracalanus indicus*, *Corycaeus affinis* 등이 높은 조성율을 보였다. 겨울철에는 *Acartia bifilosa*, *L. euchaeta* 등이 우점하였고, 봄철에는 1월 이후 우점종으로 등장한 *Acartia bifilosa*가 조성율 79.8%로 가장 우점하였으며 5월에 들어 상대적으로 큰 요각류 *Calanus sinicus*의 조성율이 증가하였다. 여름철에는 다시 십각류 유생, 부족류 유생과 *Acartia pacifica* 등이 우점종으로 나타났다(Table 1). 화살벌레인 *Sagitta crassa*는 각 시기별로 조성율은 높지 않았으나 연중 계속하여 상당량 분포하고 있었다.

이들 해수쪽 주요 우점군의 개체수 분포는 인근 아산만에서와 비교하여 개체수에서 다소 증감이 있으나 계절별 양상은 매우 흡사하였다(Choi and Park, 1993). 반면에 호수쪽의 종 조성은 기존의 기수호에 대한 연구 결과에서 나타나는 종들이 거의 출현하지 않는 가운데(김 등, 1981; 이와 조, 1995; Yoo and Lim, 1989), 해수에서 유입된 종류들이 주를 이루고 있어 기수호의 전형적인 모습은 아직 보이고 있지 않았다.

결 론

인근 해수와 시화호의 염분 차이에서 시화호는 이미 기수(brackish water)로 채워진 호수임을 알 수 있었다. 그러나 시화호는 전형적인 하구역과는 달리 해수와 혼합이 계속적으로 일어나지 않고, 해수와는 완전히 차단되어 있으며, 인위적인 수문 개폐로 급작스런 염분 변화가 초래되고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 인위적인 수문 개폐가 항상 담수를 해양에 유출하는 방향이 아니고, 때에 따라서는 역 방향으로 해수가 호수쪽으로 들어오고 있음이 확인되었다. 따라서 이러한 연속성, 방향성이

결여된 염분 변화는, 변화하는 환경에 생물이 점진적으로 적응하는 것을 방해하는 결과를 초래하여, 궁극적으로는 생물상이 소멸하는 결과를 초래할 것으로 예측할 수 있었다.

시화호 바깥쪽 해수면의 생물상이나 종 조성의 계절 변화가 인접 해역의 그것들과 크게 다르지 않음에 반하여, 시화호의 생물상은 계절적 변화를 예측할 수 없는 상태이었고, 전체적으로 종 다양성이 매우 낮고 다른 기수호의 전형적인 종 조성과는 큰 차이가 있어, 현재의 시화호는 생태환경이 매우 불안정한 상태를 알 수 있었다. 특히 5월에 전체 개체수가 10개체/m³ 이하이었다가, 8월에 들어 20,000개체/m³로 급격히 변화하고, 이러한 증식이 단 한종에 의하여 이루어지고 있음은 이 시화호 내수면이 얼마나 불안정한 상태에 있는지 단적으로 말해주고 있었다.

참고문헌

김영건, 조규송, 1995. 소양호 동물성플랑크톤의 수직 및 계절적 변동. 한국육수학회지, **28**: 209-217.

김종만, 이순길, 허성범, 김동엽, 이재학, 이진환, 허형택, 1981. 동해안 기수호(향호, 송지호, 영랑호)의 해양생태학적 연구. 해양연구소 소보, **3**: 29-37.

유광일, 임병진, 1992. 팔당호에서 동물플랑크톤 군집 구조와 생물량의 계절적 천이. 한국육수학회지, **25**: 89-97.

이재용, 조규송, 1995. 남양호 동물플랑크톤의 출현과 분포. 한국육수학회지, **28**: 271-278.

조규송, 박영춘, 조성주, 1989. 소양호 동물성플랑크톤의 수직분포. 한국육수학회지, **22**: 191-197.

Choi, K.H. and C. Park, 1993. Seasonal Fluctuation of Zooplankton Community in Asan Bay, Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **26**: 424-437.

Haurly, L.R., J.A. McGowan and P.H. Wiebe, 1978. Patterns and Processes in the Time-space Scale of Plankton Distribution. In: *Spatial Pattern in Plankton Communities*, edited by J.H. Steele, Plenum Press, N.Y.

Shannon, C.E. and W. Weaver, 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana. 117pp.

Yoo, K.I. and B.J. Lim, 1989. Systematic studies on the freshwater copepoda (Crustacea) in Lake Yongsan, Korea. *Korean J. Limnol.*, **22**: 127-146.

Yoo, K.I., B.J. Lim and C.I. Choi, 1987. Ecological Studies on Zooplankton Community in Lake Yongsan, Korea. *Korean J. Limnol.*, **20**: 61-72.