

agricultural fields, and urbanized areas appearing in the extended parts of each hypothetical map are objects for restoration. A restoration plan of each landscape element type can be practiced on the bases of information about the potential natural vegetation (See Table 3, Seoul city 1997, 1998).

Our restoration plans were focused on the riverside and footpath, which maintain good connectivity. When I sought to restore the footpath, I chose two methods, depending on width of the space (Fig. 10). When it is narrow, I tried to transplant street trees, which are planted on the roadside, to the center of the footpath. Furthermore, I planned to increase vegetation volume by introducing sub-trees, shrubs, and herbs on both sides. In the case of wide footpaths, I applied similar methods but increased the number of tall trees.

In order to restore the urban river with low ecological quality, I selected a stepwise restoration, in which the urban river will recover a feature of the natural river gradually over time, by imitating natural rivers (Fig. 11). I regarded natural rivers within the CCZ (civilian control zone), which have remained without any artificial disturbance for about 50 years since the Korean War, as our restoration model (Lee, C.S. unpublished data). In the initial stage, I plan to introduce plants on concrete block remained to ensure safety at flooding. To accomplish this restoration practice, I used soil ameliorators to improve the physico-chemical properties of the planting bed.

## S-2

### 댐 저수지에서의 어류서식환경 복원

김동섭

한국수자원공사 수자원연구소

우리나라의 대형댐은 다목적댐으로서 1965 년과 1973 년에 완공된 성진강댐과 소양강댐을 시작으로 최근까지 13 개의 댐이 건설되었다. 이 외에도 용수전용댐과 농업용 댐을 포함하는 대댐(높이 15.0m 이상, 높이 10m~15m로서 길이가 2,000m 이상과 저수용량이 300 만<sup>3</sup>이상)은 1999 년말 기준으로 1,214 개로 조사되었다(수자원공사, 2001). 대부분의 대형댐들은 농·생·공업용수를 위한 수자원 확보, 홍수조절과 전력생산을 목적으로 건설되었다. 이러한 댐의 건설은 하천의 물 흐름을 차단함으로써 그곳에 서식하는 생물의 환경에 영향을 미치게 된다. 특히, 바다와 하천을 왕래하는 회유성 어종에게는 댐의 위치에 따라서는 서식처와 산란처가 소실되는 치명적인 영향을 줄 수도 있다. 또한 최근에 건설되는 댐들은 작은 강을 대상으로 하면서 하구로부터 가깝게 위치하게 되는 경향을 보이게 되었다. 댐이 하구로부터 가까워지면서 회유성 어류 등의 어족보호에 대한 관심이 사회적으로 문제가 대두되게 되었다. 우리나라에는 낙동강, 영산강, 금강 하구둑의 대형 하구언에 어도가 시설되어 있으며, 하천을 횡단하는 작은 보에 어도가 설치되어 있다. 대형 다목적댐의 어도는 국내에 설치된 곳이 전무하며, 최근에 양양 양수발전댐에 시설되는 어도가 유일한 실정이다. 외국의 경우 높이 20-30 m 이상의 대형댐에는 경제적인 부담과 어류소상에 대한 비효율이 우려되어 어도시설을 하지 않고 있는 실정이다(寺蘭 등, 1996).

하천을 차단하는 구조물에 의한 어류 서식·산란처에 대한 영향은 단순히 어도에 의해서만 해결할 수 있는 문제는 아니다. 하천에 서식하는 어류는 다양한 종이 분포하며, 또한 각 종마다 특정한 생리·생태적 특성을 갖는다. 그러므로 저수지 및 하천에서 어류를 보전하기 위해서는 어류의 분포 및 생활사와 하천이 갖는 고유의 특성을 고려한 다양한 대책이 필요할 것으로 사료된다.

**탐진댐 어류보전 시설 연구 사례 :** 탐진댐은 전라남도 장흥군과 강진군을 흐르는 탐진강 상류에 건설되는 댐으로서 댐 건설에 따른 어류의 서식환경에의 영향을 고려하여 보전방안을 수립하기 위하여 어류분포, 서식환경 변화를 조사하였다. 탐진강에는 댐 건설지 상□하류에서 총 49 종의 어류가 서식하고 있는 것으로 조사되었다. 주요 어종으로는 바다와 담수를 왕래하는 회유어인 은어와 뱀장어가 조사되었으며, 환경부 보호종으로 지정되어 있는 꺾저기가 조사되었다. 댐이 건설되면 저수지가 담수됨에 따라 유수환경에서 저수환경으로 변화됨으로서 계류어의 서식□산란 공간이 감소하게 되며, 소상어류의 회유가 차단되게 된다.

본 연구에서는 이러한 환경변화에 대처하여 어류를 보전하기 위하여 다양한 방안을 제시하였다. 저수지 상류의 유입부에는 감소된 계류어의 서식□산란처를 보완하기 위하여 소규모 보에 어도를 시설하고, 수변공간 조성 및 인공의 부유산란장을 시설하도록 하였다. 또한 수심이 약 10 m 내외의 장소에는 돌무덤을 조성하여 뱀장어의 서식처를 조성하도록 하였다. 저수지 내에는 연중 수위변동으로 수변부 산란처의 자연적인 조성이 어려우므로 인공구조물을 이용한 부유식 산란시설을 계획하였다. 댐 하류에는 하천의 감소된 서식□산란처 조성 및 탐진강 서식 어류의 종 다양성 및 풍부성을 유도하기 위한 수로형 서식□산란처를 조성하도록 하였다. 또한 은어 등의 회유성 어류가 하류 하천에서 상류 저수지로 회유할 수 있도록 저비용 고효율의 조작식 어도를 제안하였다.

**대형댐 건설에 따른 어류 생태계 보전 방향 :** 하천에 댐을 건설하는 것이 기존의 생태계에 대하여 변화를 초래하는 것은 자명한 사실이다. 또한 생태계 변화가 인간의 삶에 미치는 영향을 파악하는 것은 더욱 중요하다. 생태계 변화에 대한 가치 판단은 시대적 흐름에 따른 인간의 환경에 대한 가치 기준의 변화에 따라 달라지며, 생각하는 사람에 따라 다르게 평가되는 매우 유동적인 기준이다. 그러므로 생태계의 변화를 예측하고, 가치를 평가하는 것은 다양한 분야의 전문가의 의견이 종합되어야 한다.

대형댐 건설에 따른 어류 생태계 보전은 댐 건설 전□후의 어류생태계 변화와 서식 어류에 대한 영향을 정확히 파악하여야 한다. 그러나 이에 대한 연구가 매우 미비한 실정이므로 지속적인 장기모니터링을 통한 연구가 요구된다. 현시점에서는 서식 어류를 파악하고, 각 어류에 대한 서식□산란□이동□섭이 등의 생리□생태적 특성을 정리하여 우선적인 보호대상 어종을 선정하여야 한다. 선정된 각 어종에 대하여는 서식처 등 환경변화를 고려하여 대체 서식처 조성, 치어 방류 및 이동통로의 조성 등을 종합 검토하여야 한다. 어류보호를 위한 대책으로는 우선 회유어종의 존재유무 또는 보호가치 여부를 판단하여 어도의 설치를 검토하여야 한다. 어도의 설치에 댐의 크기, 특성, 이용할 물고기의 예측, 기술력 및 경제력 등 많은 조건을 만족하여야 하므로 신중한 검토가 필요하다. 두 번째로는 대체 서식처로서 수변지역의 조성, 유입수역의 정비를 검토하여 하천과 호소를 왕래하는 어류를 중심으로 하는 대책이 필요하다. 세 번째로는 담수 후에 증가하는 어종을 위한 호내의 부유산란시설 등을 검토하여야 한다. 네 번째로는 대체 서식처의 조성으로 보호가 불가능하거나 부족한 경우에는 지속적인 방류에 의한 증식이 추천된다. 특히, 경제성 어종(붕어, 잉어, 뱀장어, 빙어 등)이 이에 해당된다.

댐 건설에 따른 어류 생태계 변화 및 보호대책에 대한 연구는 아직 초보적인 단계에 있으므로 앞으로 어류를 포함하는 생태계 전반에 걸친 보호방안의 연구가 요구된다.

## S-3

### Usage of bio-agent to control cyanobacterial and diatomal bloom in Pal'tang reservoir, a Korea fresh water

B.-H Kim\* and M.-S. Han

National Research Laboratory for Water Environmental Ecology & Restoration  
and Department of Life Science, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

Nowadays, eutrophication is accelerating due to disposal of large volumes of nutrient enriched domestic and industrial wastewaters into lakes and reservoirs. Algal blooms, one of the most representative phenomena in eutrophic or hypertrophic waters, mainly comprises cyanobacteria, diatoms, dinoflagellates and cryptomonads. In lake management, it is very difficult to quantify economic and psycho-social damage affecting daily human activities. However, it has come to be one of the biggest water management problems in the twenty-first century that the algal blooms give rise to bad odor, off-tasting water, increased turbidity and depletion of dissolved oxygen, and threatens zooplankton, fish, and ultimately, humans. Lots of efforts have been made to develop a technology for harvest or remove algae from water with the ultimate objective of preserving water quality. Recently, many countries have resorted to direct chemical methods, such as, use of cupric sulfate, dichromate and ozone, to decrease or completely remove algal biomass. However, these methods illicit deleterious impact on the aquatic ecosystem, via a decrease in population of other plankton and even fish, and also due to generation of carcinogenic trihalomethanes, which require secondary treatment for their removal. To solve this problem, various studies on the development of bio-agents have been carried out toward pan-ecological and environmental approaches of lake water conservation.

Since the 1980s, a high abundance of cyanobacteria (*Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*), diatoms (*Aulacoseira*, *Stephanodiscus*, *Fragilaria*, *Asterionella*), dinoflagellates (*Peridinium*, *Ceratium*) and cryptomonads (*Cryptomonas*) have been recorded all over Korea. The blooms range in increasing severity in sluggish reservoirs used for drinking water, in the upstream of artificial dams and in small streams near metropolitan areas with slow currents, respectively. The algae used in this study are the cyanobacterium *Microcystis*, and the diatom *Stephanodiscus*. The reasons for selecting these two species are that the former is the most well represented, often occurring in warm season when water temperature is above 20°C in Pal'tang reservoir, and the latter is prevalent in cold season at water temperatures below 20°C. Except for the period the water is covered with ice, the phytoplankton biomass shows a high density and produces green or brown colored water with bad odor, screen chapering, and finally contributed to high sludge production. The research team of the National Research Laboratory, KISTEP, Korea (NRL), has developed a bio-agent from the water and sediment to biotechnologically control algal blooms for a period up to 10 years. We have developed and sustained over 50 biota, such as, algicidal bacteria, zooplankton and ciliates, to effectively remove the algal biomass. This paper outlines the experimental results of how much a single or a double treatment of the bio-agent decreases the density of cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* and diatom *Stephanodiscus hantzschii*. One ciliate, *Stentor roeseli* as predators, and algicidal bacteria *Streptomyces neyagawensis* HYJMK0209-50 for *Microcystis*, and *Pseudomonas putida* for *Stephanodiscus*, were used, respectively.

Firstly, we examined the antialgal effects of the bacterium *S. neyagawensis* and the ciliate *S. roeseli* on *M. aeruginosa* in CB medium and filtered water of Pal'tang reservoir with single and double treatments. The inhibitory effect of *S. neyagawensis* on *Microcystis* was 43.4% in 5 days in CB media ( $r = -0.98$ ,  $P < 0.001$ ,  $n=6$ ), which is similar to the value in filtered water (35.8%). The ciliate not significantly inhibited the algal biomass, as 39.8% in the same period ( $r = -0.17$ ,  $P=0.75$ ,  $n=6$ ) of inoculation paralleling the high growth of itself. Bacteria and ciliates often spent 4~5 days without media. However, in the mixed culture of the ciliate and the bacterium, both decreased in 2 days, may be due to negative interaction. In the combined treatment, comprising