

화진포호의 어류군집 특성

박승철 · 최재석¹ · 최의용 · 장영수² · 이광열³ · 최준길*

(상지대학교 생명과학과, ¹강원대학교 환경연구소,
²강원대학교 환경과학과, ³강원대학교 생물학과)

The Characteristics of Fish Community in the Lagoon Hwajinpo, Korea. Park, Seungchul, Jae-seok Choi¹, Euiyong Choi, Youngsu Jang², Kwangyeol Lee³ and Junkil Choi* (Department of Biological Science, Sangji University, Wonju 220-702, Korea; ¹Institute of Environmental Research, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea; ²Department of Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea; ³Department of Biology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

Fish community and its temporal-spatial variation in the Lagoon Hwajinpo, Korea were seasonally investigated with different types of fishing gears from November, 2005 to August, 2006. Total 35,812 fishes caught during the period were belonged to 24 families 37 species. Dominant species was *H. nipponensis* (60.8%), *T. hakonensis* (19.8%), and *K. punctatus* (5.5%) and these species were peripheral freshwater fish. Among 37 species, primary freshwater and seawater fish were 8 species (21.6%), respectively and peripheral freshwater fish were 21 species (56.8%). Total biomass of collected fish was 279.3 kg, and biomass of each species was *T. hakonensis* 152.9 kg, *H. nipponensis* 40.0 kg, *K. punctatus* 31.4 kg and *C. haematochelius* 25.3 kg, respectively. Hence, productivity of the Lagoon Hwajinpo was much higher than those of inland reservoirs. The aspect of community classified by surveyed period was changed according to the 'Breaking-sandbar', but some of peripheral freshwater fish populations made stable community in their life cycle in the lagoon. In conclusion, the Lagoon Hwajinpo seems to be maintained more natural ecosystem better than other lagoons in Korea. Therefore, the findings provide consideration of the management and restoration for this lagoon and others through the continuous observation and monitoring in future.

Key words : Lagoon Hwajinpo, fish community, productivity, breaking-sandbar, lagoon ecosystem

서 론

우리나라의 석호는 후빙기 해면 상승 이후, 고도가 낮은 하곡이 만(bay)의 형태를 이루며 연안하곡의 침수 및 파도에 의해 사주(sandbar)나 사취(sandspit)가 만 입구를 막아 생성된 자연석호이다(Kjerfve, 1994; Bird, 2000;

허 등, 2001; 권, 2002). 이와 같은 석호는 내륙에서 유입되는 담수와 간헐적으로 침입하는 해수가 섞이는 기수호로서, 호내의 생물은 각각 고염분과 저염분에 대한 내성이 강한 담수기원종 및 해양기원종 등이 공존하는 생태계로서 내륙의 인공호나 자연호에 비하여 생태학적으로 독특한 생태계를 지니므로 보존가치가 높다(홍 등, 1969; 원주지방환경관리청, 1997). 그리고 이러한 생태적 다양

* Corresponding author: Tel: 033) 730-0434, Fax: 033) 730-0430, E-mail: jkilchoi@sangji.ac.kr

성, 학술적 가치뿐만 아니라 주변 경관이 수려하여 관광적으로도 심미적 휴식과 여가선용 공간으로서의 가치도 높다. 이와 같이 석호가 가진 특성에도 불구하고 과거에는 농지확충과 공업단지 조성을 위하여 석호를 매립하였으며 또한 근래에 들어서는 관광 개발 목적으로 이루어지는 부분별한 자연훼손과 인위적인 변형으로 석호의 생태적 환경은 점차 변질되어 가고 있는 실정이다. 특히 경관을 정비하기 위하여 호내를 준설하거나 호수 주변의 수초를 제거하였는데 이는 생태학적 특성을 고려하지 않은 행위로서, 이곳을 서식처로 하는 많은 수중생물에게 악영향을 줄 수 있으며 경포호의 경우 호수 주변의 수초를 모두 제거함으로써 수질악화를 초래하였다(박, 2002). 이처럼 석호 생태계는 주변의 교란 요인에 의해 많은 영향을 받고 있으며 훼손되어가고 있는 실정이다. 따라서 교란된 석호 생태계의 회복과 보존을 위한 연구가 절실히 요구되고 있다.

화진포호는 강원도 고성군 거진읍 화포리, 원당리, 현내면 죽정리, 초도리, 산학리 일대에 걸쳐 있는 해안석호(coastal lagoon)로서, 둘레는 약 16 km, 최대수심 약 5 m, 면적은 2.3 km²로 동해안 석호 가운데 가장 큰 규모의 호수이다. 또한 남한의 최북단에 위치하고 있어 과거 군사시설의 통제에 의해 일반인의 출입이 제한되어 다른 석호에 비해 상대적으로 인위적인 간섭을 적게 받아왔다(염, 1998; 염 등, 2002). 따라서 주변의 경관이 아름답고 자연환경이 잘 보존되어 있어 1971년 강원도 기념물 제10호로 지정되어 현재까지 보호받고 있다. 그러나 1990년대 이후부터 군사지역의 규제 완화에 따라 1991년 국민관광휴양지로 지정되면서 호수 주변 지역 일대를 대규모 관광지구로 정하고 각종 숙박 및 위락시설 등이 조성되었으며 일반인의 출입이 가능하게 됨에 따라 인근에 농경지를 경작하는 등 각종 오염물질이 유입되었다. 원주지방환경관리청(1997)의 보고에 따르면 당시 화진포호의 주요오염원은 가축에 기인된다고 하였으며 유입담수인 중평천과 월안천, 그리고 2~3여 개의 소하천으로부터 오염원이 유입되어 적조현상이 나타나는 부영양화 현상을 보이고 있다고 하였다. 또한 금강산 육로가 개통되면서 해마다 수많은 관광객을 수용하고자 각종 휴게시설과 주차장을 건설하는 등 주변 환경을 인위적으로 변형시키고 있다.

이와 같은 환경변화는 호내에 서식하는 생물상의 변화를 야기하므로 석호의 생물상 연구는 매우 중요하다고 판단된다. 우리나라에서 석호 수질에 관한 육수학적 연구로는 1960년대부터 이루어져 왔으나 석호 생태계에 대한 연구는 상당히 드문 편이다(최 등, 2006). 따라서 육수

학적 연구를 통한 수질개선 역시 중요하지만, 석호 내의 지속적인 환경 유지와 안정적인 생태계의 회복을 위하여 석호에 대한 연구가 시급하다고 판단된다. 특히 어류는 수생태계의 고차소비자로서, 육수생태계를 직·간접적으로 이해하고 해석하는데 좋은 재료이며 어류군집과 수체와는 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(장 등, 2006). 최근 국내에서는 내륙에 위치한 인공호의 어류군집에 대한 조사는 활발히 이루어지고 있는 편이지만(변 등, 1997; 손 등, 1997; 양 등, 1997a, b; 최 등, 2003, 2004, 2005; 변 등, 2004; 이, 2005; 최, 2005a, b, c) 자연호인 석호의 어류군집에 대한 연구는 상대적으로 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 동해안의 석호들 중 현재까지 비교적 잘 보존된 화진포호에 대한 어류 현황, 군집구조, 분포 특성 등을 연구함으로써, 본래의 석호 어류군집의 특성을 이해하고자 하며, 이를 바탕으로 그밖의 다른 석호에 대한 연구시 자료를 제공하는 등 많은 도움이 되고자 실시하였다. 뿐만 아니라, 궁극적으로 우리나라 석호 생태계의 본보기가 되는 한편 장기적 생태모니터링 자료 및 석호의 효율적인 관리와 보전방안을 마련하기 위한 기초자료로서 이용되고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사기간 및 지점

조사기간은 2005년 11월부터 2006년 8월까지 4회에 걸쳐 실시하였으며 각 조사기간은 다음과 같다.

1차 조사: 2005년 11월 25일~26일

2차 조사: 2006년 4월 27일~28일

3차 조사: 2006년 6월 22일~23일

4차 조사: 2006년 8월 24일~25일

조사지점은 화진포호의 내호 3개 지점과 외호 3개 지점 등 총 6개의 지점을 선정하였으며 각 지점의 명칭은 다음과 같다(Fig. 1).

내호지점

St. 1: 강원도 고성군 현내면 죽정리

St. 2: 강원도 고성군 거진읍 화포리(내부)

St. 3: 강원도 고성군 거진읍 화포리(외부)

외호지점

St. 4: 강원도 고성군 현내면 초도리(내부)

St. 5: 강원도 고성군 현내면 초도리(외부)

St. 6: 강원도 고성군 현내면 초도리(유출부)

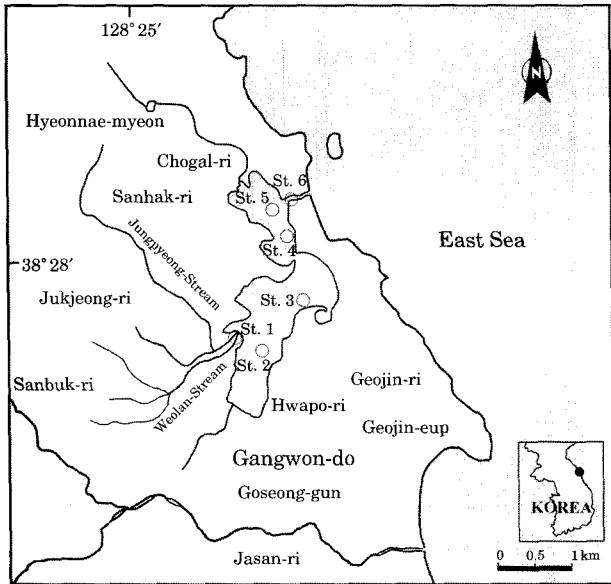


Fig. 1. Map showing the studied stations.

2. 어류 채집 및 동정

어류표본의 채집은 유입하천인 지점 1과 동해안으로 유입되는 지점 6에서 각각 투망(7×7 mm: 14회)과 족대(4×4 mm: 40분)를 사용하였다. 또한 호내의 지점 3과 4에서는 삼각망(5×5 mm)을 사용하였으며 2와 5에서는 망목 크기가 서로 다른 삼중자망(50×50 mm, 180×180 mm; 15×15 mm, 140×140 mm)을 사용하여 12시간 수중에 설치한 후 수거하였다. 채집된 어류는 현장에서 동정 및 분류하여 습중량을 측정된 뒤 방류하였으며 동정이 불가능한 개체 또는 표본이 필요한 경우에는 10% 포르말린 용액으로 고정한 다음 실험실로 운반하였다.

어류의 동정에는 지금까지 국내에서 발표된 검색표(전, 1980, 1986, 1989; 김과 강, 1993; 김, 1997; 김과 박, 2002; 명, 2002; 최 등, 2002; 김 등, 2005)를 이용하였으며, 어류목록의 배열은 Nelson (1994)의 분류체계를 참고하였다.

결과 및 고찰

1. 출현종 및 서식현황

화진포호에 대한 어류조사 결과 총 24과 37종 35,812 개체가 채집되었다(Table 1). 이중 한국고유종은 출현하지 않았으며 멸종위기 야생동·식물 II급 어종으로는 가시고기(*Pungitius sinensis*)와 잔가시고기(*P. kaibarae*) 2

종이 출현하였다. 또한 외래도입종으로 떡붕어(*Carassius cuvieri*) 1종이 출현하였다. 각 조사지점별 어종을 살펴보면 내호에 속하는 지점 1에서 11과 22종 1,077개체가 채집되었고 지점 2에서 7과 9종 158개체, 지점 3에서 13과 21종 18,384개체로 확인되었다. 그리고 외호에 속하는 지점 4에서 15과 22종 14,244개체, 지점 5에서 9과 10종 202개체, 지점 6에서 15과 20종 1,747개체가 각각 채집되었다.

본 조사에서 채집된 어종들을 각 과(Family)별로 살펴본 결과 망둑어과(Gobiidae)가 6종(16.2%)으로 가장 많은 종수를 차지하였고 잉어과(Cyprinidae) 5종(13.5%), 큰가시고기과(Gasterosteidae) 3종(8.1%), 송어과(Mugilidae)와 바다빙어과(Osmeridae) 각각 2종(5.4%) 등의 순으로 나타났다. 그밖에 뱀장어과(Anguillidae), 멸치과(Engraulidae), 청어과(Clupeidae) 등을 포함한 19과에서 각각 1종(2.7%)씩 확인되었다. 이와 같이 망둑어과(Gobiidae) 어종의 수가 많이 출현한 것은 연안과 인접해 있어 해수의 영향을 받는 기수역이기 때문인 것으로 생각되며, 동해안의 석호뿐만 아니라 우리나라의 서·남해안으로 유입되는 여러 하천의 하구역과 조간대 등(이, 1990, 1992; 박과 허, 2003; 이 등, 2003)에서 나타나는 일반적인 현상으로 판단된다.

출현한 37종 중 개체수구성비가 높은 어종은 빙어(*Hypomesus nipponensis*)로서 60.8% (21,784개체)를 차지하였고, 황어(*Tribolodon hakonensis*) 19.8% (7,082개체), 전어(*Konosirus punctatus*) 5.5% (1,984개체), 흰발망둑(*Acanthogobius lactipes*) 4.2% (1,522개체), 날망둑(*Gymnogobius castaneus*) 3.1% (1,121개체) 등의 순으로 나타나 개체수구성비에서도 역시 기수역에 서식하는 어종들이 우세한 비율을 차지하였다. 그밖에 개체수의 상대 풍부도가 0.1% (15개체 미만) 이하로 나타나 희소하게 분포하는 어종으로는 멸치(*Engraulis japonicus*), 가물치(*Channa argus*), 송사리(*Oryzias latipes*), 개구리걱정어(*Myoxocephalus stelleri*), 참붕어(*Pseudorasbora parva*) 등 모두 17종으로 확인되었다.

한편 출현한 어종을 일차담수어(Primary freshwater fish), 주변성담수어(Peripheral freshwater fish), 그리고 해산어(Seawater fish)로 생태적 특성에 따라 각각 구분하였다. 이중 순수한 담수에서 서식하는 일차담수어는 잉어(*Cyprinus carpio*), 붕어(*Carassius auratus*), 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 등 총 8종(21.6%)이었으며 담수와 해수를 왕래하며 서식하는 주변성담수어는 뱀장어(*Anguilla japonica*), 전어(*K. punctatus*), 황어(*T. hakonensis*) 등 총 21종(56.8%), 그리고 해안이나 연안에

Table 1. A list and individual number of fishes collected at the Lagoon Hwajinpo from November, 2005 to August, 2006.

| Species | Stations | | | | | | Total | R.A. (%) | Remarks |
|-----------------------------------|----------|-----|--------|---------|----|-----|--------|-------------|---------|
| | Inside | | | Outside | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | |
| Anguillidae | | | | | | | | | |
| <i>Anguilla japonica</i> | | | | 1 | | | 1 | <0.1 | Ph |
| Engraulidae | | | | | | | | | |
| <i>Engraulis japonicus</i> | | | | 14 | | | 14 | <0.1 | S |
| Clupeidae | | | | | | | | | |
| <i>Konosirus punctatus</i> | 11 | 17 | 1,500 | 237 | 64 | 155 | 1,984 | 5.5 | Ph |
| Cyprinidae | | | | | | | | | |
| <i>Cyprinus carpio</i> | 1 | | | | | | 1 | <0.1 | Pr |
| <i>Carassius auratus</i> | 29 | | 39 | | | | 68 | 0.2 | Pr |
| <i>Carassius cuvieri</i> | | 1 | | | | | 1 | <0.1 | Pr |
| <i>Pseudorasbora parva</i> | 4 | | | | | | 4 | <0.1 | Pr |
| <i>Tribolodon hakonensis</i> | 16 | 116 | 951 | 5,910 | 85 | 4 | 7,082 | 19.8 | Ph |
| Cobitidae | | | | | | | | | |
| <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> | 1 | | | | | | 1 | <0.1 | Pr |
| Siluridae | | | | | | | | | |
| <i>Silurus asotus</i> | 2 | | 1 | | | | 3 | <0.1 | Pr |
| Osmeridae | | | | | | | | | |
| <i>Hypomesus nipponensis</i> | 323 | 9 | 14,345 | 6,928 | 9 | 170 | 21,784 | 60.8 | Ph |
| <i>Plecoglossus altivelis</i> | 1 | | | | | | 1 | <0.1 | Ph |
| Salangidae | | | | | | | | | |
| <i>Salangichthys microdon</i> | 5 | | 443 | | | 1 | 449 | 1.3 | Ph |
| Mugilidae | | | | | | | | | |
| <i>Mugil cephalus</i> | 6 | 6 | 58 | 5 | 9 | 5 | 89 | 0.2 | Ph |
| <i>Chelon haematochelius</i> | 3 | 1 | 84 | 12 | 16 | | 116 | 0.3 | Ph |
| Adrianichthyidae | | | | | | | | | |
| <i>Oryzias latipes</i> | 6 | | | | | | 6 | <0.1 | Pr |
| Belonidae | | | | | | | | | |
| <i>Strongylura anastomella</i> | | | | | | 2 | 2 | <0.1 | S |
| Hemiramphidae | | | | | | | | | |
| <i>Hyporhamphus sajori</i> | | | 71 | | | 1 | 72 | 0.2 | Ph |
| Gasterosteidae | | | | | | | | | |
| <i>Gasterosteus aculeatus</i> | | | 2 | 21 | | 9 | 32 | 0.1 | Ph |
| <i>Pungitius sinensis</i> | 14 | | 32 | 41 | | 10 | 97 | 0.3 | Ph |
| <i>Pungitius kaibarae</i> | 11 | | 22 | 34 | | | 67 | 0.2 | Ph |
| Scorpaenidae | | | | | | | | | |
| <i>Sebastes schlegelii</i> | | 1 | | 15 | 6 | 4 | 26 | 0.1 | Ph |
| Cottidae | | | | | | | | | |
| <i>Myoxocephalus stelleri</i> | | | | 1 | | 4 | 5 | <0.1 | Ph |
| Hemitripterae | | | | | | | | | |
| <i>Blepsias cirrhosus</i> | | | 2 | 1 | | | 3 | <0.1 | S |
| Agonidae | | | | | | | | | |
| <i>Tilesina gibbosa</i> | | | | | 1 | | 1 | <0.1 | S |
| Sparidae | | | | | | | | | |
| <i>Acanthopagrus schlegelii</i> | | 1 | 2 | 7 | 4 | 5 | 19 | 0.1 | S |
| Stichaeidae | | | | | | | | | |
| <i>Opisthocentrus tenuis</i> | | | | | | 2 | 2 | <0.1 | S |
| Pholididae | | | | | | | | | |
| <i>Pholis nebulosa</i> | | | | 1 | | 1 | 2 | <0.1 | S |
| Gobiidae | | | | | | | | | |
| <i>Gymnogobius castaneus</i> | 98 | | 437 | 450 | | 136 | 1,121 | 3.1 | Ph |
| <i>Gymnogobius urotaenia</i> | 1 | | | 37 | | | 38 | 0.1 | Ph |
| <i>Acanthogobius flavimanus</i> | 12 | 6 | 84 | 196 | 7 | 32 | 337 | 0.9 | Ph |

Table 1. Continued.

| Species | Stations | | | | | | Total | R.A. (%) | Remarks |
|------------------------------------|-----------------------|-----|--------|-----------------------|-----|-------|--------|-------------|---------|
| | Inside | | | Outside | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | |
| <i>Acanthogobius lactipes</i> | 308 | | 233 | 204 | | 777 | 1,522 | 4.2 | Ph |
| <i>Tridentiger trigonocephalus</i> | 128 | | 37 | 70 | | 401 | 636 | 1.8 | Ph |
| <i>Trigentige robscurus</i> | 96 | | 15 | | | 15 | 126 | 0.4 | Ph |
| Channidae | | | | | | | | | |
| <i>Channa argus</i> | | | 8 | | | | 8 | <0.1 | Pr |
| Paralichthyidae | | | | | | | | | |
| <i>Paralichthys olivaceus</i> | | | | 2 | 1 | | 3 | <0.1 | S |
| Tetraodontidae | | | | | | | | | |
| <i>Takifugu niphobles</i> | 1 | | 18 | 57 | | 13 | 89 | 0.2 | Ph |
| No. of family | 11 | 7 | 13 | 15 | 9 | 15 | 24 | | |
| No. of species | 22 | 9 | 21 | 22 | 10 | 20 | 37 | | |
| No. of individuals | 1,077 | 158 | 18,384 | 14,244 | 202 | 1,747 | 35,812 | | |
| Total of inside and outside | 16Fa. 29Sp. 19,619In. | | | 20Fa. 28Sp. 16,193In. | | | | | |

Pr: Primary freshwater fish; Ph: Peripheral freshwater fish; S: Seawater fish; R.A.: Relative abundance; Fa.: Family; Sp.: Species; In.: Individuals

서 서식하는 해산어는 멸치(*E. japonicus*), 동갈치(*Strongylura anastomella*), 날개횃대(*Blepias cirrhosus*) 등 총 8종(21.6%)으로 각각 나타났다. 그리고 각 지점별로 출현한 일차담수어, 주연성담수어 및 해산어의 종구성비를 비교한 결과 내호에 해당하는 지점 1에서는 총 22종 중 일차담수어 6종(27.3%), 주연성담수어 16종(72.7%), 해산어는 출현하지 않았고 지점 2에서는 총 9종 중 일차담수어와 해산어가 각각 1종(11.1%), 주연성담수어가 7종(77.8%)이었으며, 지점 3에서는 총 21종 중 일차담수어 3종(14.3%), 주연성담수어 16종(76.2%), 그리고 해산어 2종(9.5%)으로 확인되었다. 그러나 외호의 지점인 지점 4, 5, 6에서는 일차담수어가 모두 출현하지 않아 내호와 차이점을 나타내고 있었다. 지점 4에서는 총 22종으로서 주연성담수어가 17종(77.3%), 해산어가 5종(22.7%)이었고 지점 5에서는 총 10종 중 주연성담수어가 7종(70.0%), 해산어가 3종(30.0%)이었으며, 지점 6에서는 총 20종으로서 주연성담수어가 16종(80.0%), 해산어가 4종(20.0%)인 것으로 확인되었다(Fig. 2). 이와 같이 각 지점별로 살펴본 결과, 해산어는 담수가 직접적으로 유입되는 지점 1을 제외한 모든 지점에서 출현하였으나 일차담수어는 내호의 지점에서만 출현하였으므로 본 지역에 분포하는 어종들 대다수가 주연성담수어와 연안에 서식하는 해산어인 것으로 확인되었다. 이렇듯 주연성담수어 및 해산어의 분포율이 일차담수어보다 광범위하게 나타난 것은 갯터짐 현상 또는 사주의 모래층 밑을 통하여 해수가 유입되고 있는 반면, 담수의 유입은 계절적인 자연갈

수 등을 비롯한 호내의 유입량이 상대적으로 적기 때문인 것으로 판단된다. 또한 그에 따라 호내의 수체가 해수에 더 가까워져 염분 농도에 내성이 강한 주연성담수어 및 해산어는 대부분의 지역에서 비교적 폭넓게 분포하고 있으며 염분 농도에 내성이 약한 일차담수어는 담수의 영향을 받고 있는 내호에서 제한적으로 분포하고 있는 것으로 사료된다. 이처럼 주연성담수어는 대체로 우세하고 일차담수어와 해산어는 담수와 해수의 유입 정도에 따라 분포양상이 변화하므로 어류의 다양성이 매우 높은 것으로 생각된다. 이러한 현상은 시간에 따라 어류의 종류와 분포가 달라지는 전형적인 석호 어류군집의 특성이 라고 할 수 있으며 따라서 화진포호는 담수와 해수가 혼합되는 기수호의 특성이 잘 보존되어 있는 석호인 것으로 판단된다.

2. 생체량

본 조사에서 채집된 어종들의 생체량을 측정하여 각 어종별, 시기별로 비교·분석한 결과 총 279.3 kg으로 확인되었다. 각 어종별로 비교해 보면 황어(*T. hakonensis*)가 152.9 kg으로 생체량이 가장 많았고 다음으로 빙어(*H. nipponensis*) 40.0 kg, 전어(*K. punctatus*) 31.4 kg, 그리고 가승어(*Chelon haematochelius*) 25.3 kg 등의 순으로 나타났다. 이밖에도 생체량이 우세한 어종은 대부분 주연성담수어로 확인되었는데 이는 본 지역이 주연성담수어와 같이 기수역에 적응한 어종이 서식하기에 적합하

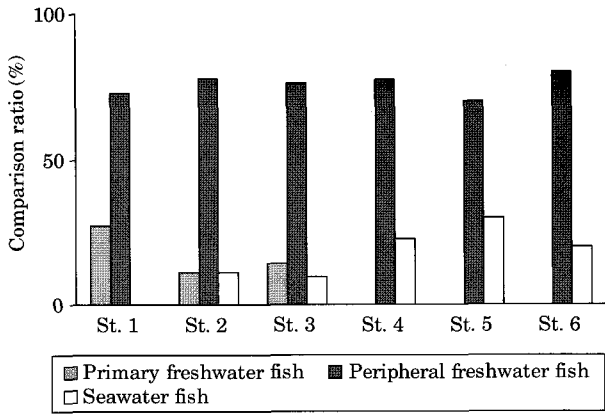


Fig. 2. Comparisons of the fish composition based on migrating characteristics. The data were based on Table 1.

기 때문인 것으로 생각된다. 또한 각 조사시기별 생체량을 비교한 결과 3차 조사인 6월에 123.9 kg으로 가장 많았고, 1차 조사인 11월에 45.1 kg으로 가장 적었으며 2차 조사인 4월에는 52.6 kg, 4차 조사인 8월에는 57.7 kg으로 각각 나타났다. 특히 황어(*T. hakonensis*)의 경우 6월에 생체량이 급격하게 증가하였는데 이는 성어 개체군이 호내로 이동하였기 때문인 것으로 생각되며 경포호(최 등, 2006)에서는 7월에 생체량이 현저히 증가한다고 하였으므로 본 종의 가장 큰 성어 개체군은 이 시기에 호내에서 가장 많이 출현하고 있음을 간접적으로 보여주는 사례로 판단된다.

한편 내륙의 담수호에서 채집된 어종과 본 조사 지역에서 채집된 어종의 생체량을 비교하였다. 그 결과, 담수호인 평화의 댐(최 등, 2005)에서 86.1 kg, 의암호(최, 2005a)에서 92.1 kg, 청평호(최, 2005b)에서 72.0 kg, 그리고 소양호(최 등, 2003)에서 85.3 kg 등으로 생체량이 100 kg 미만으로 확인되었다. 그러나 본 조사인 화진포호에서는 279.3 kg으로 담수호보다 많았으며 경포호(최 등, 2006)의 경우 401.8 kg으로써 해안석호가 담수호보다 생체량이 월등히 많은 것으로 확인되었다. 이러한 차이는 석호가 내륙담수호보다 상대적으로 영양염류가 풍부하므로 석호의 어류 생산성이 매우 높기 때문인 것으로 생각된다.

3. 시기별 군집 및 개체군의 변화

본 조사지역의 시기별 어류군집의 변화 양상을 알아보기로 각 시기별 출현종 현황을 비교하였다. 1차 조사인 11월에는 19종 9,638개체, 2차 조사인 4월에는 21종

12,254개체, 3차 조사인 6월에는 26종 5,848개체 그리고 4차 조사인 8월에는 25종 8,072개체가 각각 채집되었다. 이처럼 4월에 가장 많은 개체수가 채집된 것은 계절적으로 봄에 해당하며, 이 시기에는 각종 어류의 산란시기 또는 치어의 성장시기로서, 수심이 얕은 지역이나 호의 가장자리 또는 지류가 유입되는 곳으로 이동하여 채집이 수월하였기 때문인 것으로 생각된다. 한편 11월에는 19종으로 가장 적은 어종이 확인되었는데, 이는 겨울철 어류군집으로서, 내륙담수호인 소양호(최 등, 2003)와 파로호(최 등, 2004)와 같이 주로 빙어(*H. nipponensis*) 등이 높은 비율로 우점하는 단조로운 어류상을 보이는 것으로 확인되었다. 이와 같이 어종들의 개체수는 4월에 급격히 증가하였다가 6월에 감소하는 경향을 나타내었는데, 본 조사에서 출현한 어종의 대부분이 담수와 해수를 왕래하는 주연성담수어인 점을 감안한다면 여름 무렵에 간헐적으로 발생하는 갯터짐 현상과 관련이 있을 것으로 생각되며 이로 인하여 봄에 호내에서 성장한 어류들이 여름에 동해안으로 이동하였을 것으로 판단된다.

한편 전 조사시기에서 우세하게 출현한 빙어(*H. nipponensis*), 황어(*T. hakonensis*), 전어(*K. punctatus*), 흰발망둑(*A. lactipes*), 날망둑(*G. casteneus*), 그리고 두줄망둑(*Tridentiger trignocephalus*) 등 6종의 어류에 대하여 시기별 전장크기와 개체수의 변화를 알아보기 위하여 계절별로 각 개체군의 전장범위를 백분위수(percentile)로 산정한 다음 box plot으로 표현하여 비교하였다(Fig. 3). 그 결과 빙어(*H. nipponensis*)의 경우 전장범위가 4월에 다소 감소하였으나 모든 시기에서 큰 변화를 보이지 않았으며 개체수는 6월까지 감소하다가 8월에 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 황어(*T. hakonensis*)의 전장범위 역시 차이가 없었으나 중앙값은 6월까지 감소하다가 8월에 증가하였고 개체수에서는 4월에 증가하였다가 점차 감소하는 양상을 보였다. 그리고 전어(*K. punctatus*)의 전장범위는 4월까지 큰 개체가 출현하지 않다가 6월과 8월에 각각 전장 200 mm 이상의 개체들이 출현하였으며 개체수 역시 6월부터 급증하였다. 한편 망둑어과(Gobiidae) 어종인 날망둑(*G. casteneus*), 흰발망둑(*A. lactipes*) 및 두줄망둑(*T. trignocephalus*)의 경우 흰발망둑(*A. lactipes*) 개체군에서만 전장범위가 다소 증가하다가 감소하였으나 전체적으로 커다란 변화를 보이지 않았으며 개체수는 모두 8월에 증가하는 추세를 나타내었다.

이와 같이 시기별로 개체수의 변화가 일어나는 것은 어류의 산란과 섭식 등을 위한 이동에 의해 일어나는 것으로 생각되며, 실제로 조사기간 중 8월에 갯터짐 현상이 1회 목격되었다. 따라서 갯터짐 현상에 따라 주연성담수

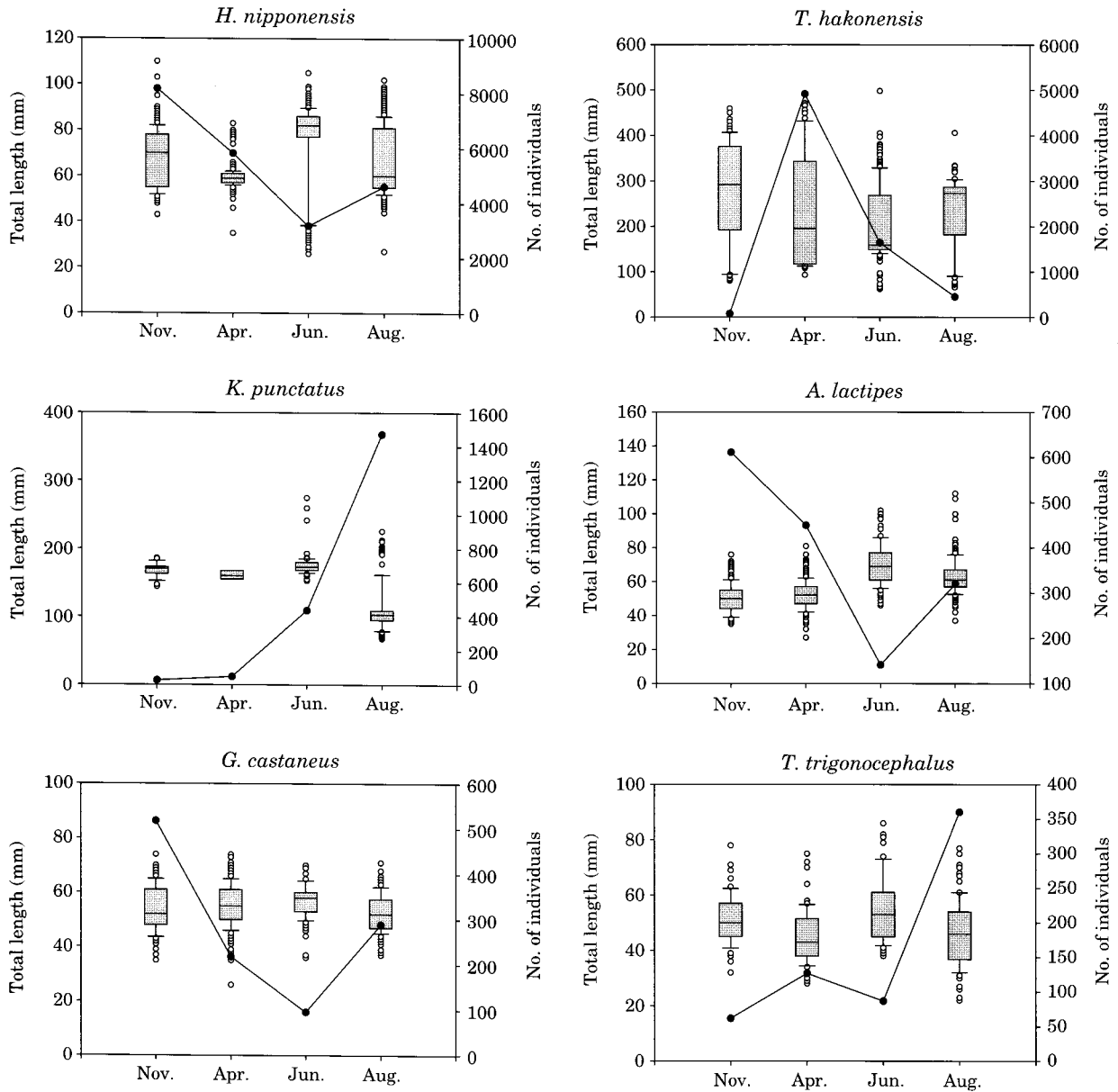


Fig. 3. Comparison of seasonal variation in total length and individual numbers of dominant species caught from the Lagoon Hwajinpo, from November, 2005 to August, 2006.

어와 해산어는 호수와 바다로 드나들게 되고 해수의 유입으로 염분 농도에 내성이 약한 일차담수어는 내호의 유입하천으로 이동할 것으로 판단된다.

한편 우세종의 전장범위는 모든 어종이 시기별로 큰 차이를 보이지 않았는데, 일부는 바다로 이동을 하지만 대부분의 개체군은 본 지역에서 정착하여 안정된 군집을 이루고 있는 것으로 판단된다. 석호는 기수(brackish water)로 이루어져 끊임없는 염분농도의 변화와 같이 역

동적인 환경으로서, 영양염류가 풍부하여 기수에 적응한 생물들은 신속하게 성장하며 최 등(2006)의 연구에 의하면 석호는 주연성담수어가 산란하고 성장할 수 있는 산란지 및 배양처로서의 역할을 한다고 하였다. 그러나 조사 결과, 호내에서 주로 서식하는 주연성담수어 군집은 산란을 위해 일시적으로 머물렀다가 이동하는 것이 아니라 안정된 개체군을 형성하여 생활사를 유지하는 것으로 보이며, 본 지역을 서식처로 이용하고 있는 것으로 생각

된다. 따라서 화진포호는 각종 생물의 산란지와 배양처 등의 역할뿐만 아니라 어류군집의 생활사가 이루어지는 기수생태계로서 다른 기수호에 비해서 상대적으로 보존이 양호한 것으로 사료된다.

4. 화진포호 어류의 역사

문헌상으로 기록되지는 않았지만 과거 화진포호의 어류에 대한 소개나 설명은 인근 주민이나 어부들의 구전을 통하여 전래되어 오고 있다. 그 내용에 의하면 수십 년 전 화진포호 전역에는 전어(*K. punctatus*), 송어(*M.*

cephalus), 꼭저구(*Gymnogobius urotaenia*) 등 바다에서 유입된 각종 어류들이 풍부한 것으로 알려져 있으며 뱀장어(*A. japonica*), 연어(*Oncorhynchus keta*) 등의 회유성 어종들도 자주 목격되었다고 하였다. 또한 어류 외에도 문어, 굴 등의 해양 저서생물이 다수 서식하고 있는 것으로 알려져 있었다. 그 후 1980년대 이후부터 학술조사를 통하여 본 지역에 대한 연구가 진행되었는데, 보고된 자료들 중 변(1984)은 강원도의 6개 기수호에 대하여 개괄적인 설명을 하면서 화진포호는 과거에 내호에서 가두리 잉어양식을 하였고 바다쪽에서는 굴양식을 한 바가 있다고 하였으며 담수어와 해산어 등 여러 어종이 널리

Table 2. Comparison of the fish fauna based on previous references for the Lagoon Hwajinpo.

| Species | Kim et al. (1997) | ME* (2001) | Present survey | Remarks | Species | Kim et al. (1997) | ME* (2001) | Present survey | Remarks |
|-----------------------------------|-------------------|------------|----------------|---------|------------------------------------|-------------------|------------|----------------|---------|
| Anguillidae | | | | | <i>Pungitius kaibarae</i> | ● | | ● | Ph |
| <i>Anguilla japonica</i> | | | ● | Ph | Scorpaenidae | | | | |
| Engraulidae | | | | | <i>Sebastes schlegelii</i> | | | ● | Ph |
| <i>Engraulis japonicus</i> | | | ● | S | Cottidae | | | | |
| Clupeidae | | | | | <i>Myoxocephalus stelleri</i> | | | ● | Ph |
| <i>Konosirus punctatus</i> | ● | ● | ● | Ph | Hemipteridae | | | | |
| Cyprinidae | | | | | <i>Blepsias cirrhosus</i> | | | ● | S |
| <i>Cyprinus carpio</i> | | ● | ● | Pr | Agonidae | | | | |
| <i>Carassius auratus</i> | ● | ● | ● | Pr | <i>Tilesina gibbosa</i> | | | ● | S |
| <i>Carassius cuvieri</i> | | | ● | Pr | Sparidae | | | | |
| <i>Pseudorasbora parva</i> | | | ● | Pr | <i>Acanthopagrus schlegeli</i> | ● | | ● | S |
| <i>Tribolodon hakonensis</i> | ● | ● | ● | Ph | Stichaeidae | | | | |
| <i>Hemiculter leucisculus</i> | ● | | | Pr | <i>Opisthocentrus ocellatus</i> | ● | | | S |
| Cobitidae | | | | | <i>Opisthocentrus tenuis</i> | | | ● | S |
| <i>Lefua costata</i> | | ● | | Pr | Pholididae | | | | |
| <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> | ● | ● | ● | Pr | <i>Pholis nebulosa</i> | | | ● | S |
| Siluridae | | | | | Gobiidae | | | | |
| <i>Silurus asotus</i> | ● | | ● | Pr | <i>Gymnogobius castaneus</i> | ● | ● | ● | Ph |
| Osmeridae | | | | | <i>Gymnogobius urotaenia</i> | | ● | ● | Ph |
| <i>Hypomesus nipponensis</i> | ● | ● | ● | Ph | <i>Acanthogobius flavimanus</i> | | | ● | Ph |
| <i>Plecoglossus altivelis</i> | | | ● | Ph | <i>Acanthogobius lactipes</i> | | | ● | Ph |
| Salangidae | | | | | <i>Rhinogobius brunneus</i> | | ● | | Ph |
| <i>Salangichthys microdon</i> | | | ● | Ph | <i>Tridentiger trigonocephalus</i> | | | ● | Ph |
| Mugilidae | | | | | <i>Tridentiger bifasciatus</i> | | ● | | Ph |
| <i>Mugil cephalus</i> | ● | ● | ● | Ph | <i>Tridentiger obscurus</i> | ● | | ● | Ph |
| <i>Chelon haematochelius</i> | | | ● | Ph | <i>Tridentiger brevispinis</i> | | ● | | Ph |
| Adrianichthyidae | | | | | Channidae | | | | |
| <i>Oryzias latipes</i> | | ● | ● | Pr | <i>Channa argus</i> | | | ● | Pr |
| Belonidae | | | | | Paralichthyidae | | | | |
| <i>Strongylura anastomella</i> | ● | | ● | S | <i>Paralichthys olivaceus</i> | | | ● | S |
| Hemiramphidae | | | | | Tetraodontidae | | | | |
| <i>Hyporhamphus sajori</i> | ● | ● | ● | Ph | <i>Takifugu niphobles</i> | | | ● | Ph |
| Gasterosteidae | | | | | No. of family | 12 | 10 | 24 | |
| <i>Gasterosteus aculeatus</i> | ● | ● | ● | Ph | No. of species | 16 | 18 | 37 | |
| <i>Pungitius sinensis</i> | | ● | ● | Ph | Total | 24 family | 43 pecies | | |

Pr: Primary freshwater fish; Ph: Peripheral freshwater fish; S: Seawater fish; ME: Ministry of Environment, Korea

분포하고 있다고 보고하였다. 그리고 최(1986)는 '강원의 자연(담수어편)'에서 고성군의 어류상을 정성적인 분석으로 소개하면서 본 지역에는 화진포호, 송지호, 천진호, 봉포호 및 광포호 등의 자연호와 여러 인공저수지가 있다고 하였다. 그 중 화진포호는 북부호(외호)와 남부호(내호)로 구분되며 북부호는 바다와 연결되어 있어서 염도가 높고 해산어가 다수 유입된다고 하였고 남부호는 개울과 연결되어 염도가 낮고 주로 담수어가 서식한다고 설명하여 당시에 일차담수어, 해산어가 고루 분포하고 있었음을 짐작할 수 있다. 그러나 변(1984)의 연구는 일부 어종을 제외하고 어종의 분류가 명확하지 않고 최(1986)의 조사는 각 읍면단위의 어류분포를 설명하였을 뿐 조사지역의 위치와 특히 화진포호에 대한 면밀한 어류조사가 이루어지지 않았다.

한편 1990년대 이후, 화진포호의 어류에 대한 연구보고는 원주지방환경관리청에서 발간한 동해안 석호 자연생태계 연구보고서(김 등, 1997)에서 일부 언급한 내용과 환경부(2001)에서 발간한 전국내륙습지 자연환경조사가 있다. 김 등(1997)은 본 지역에 서식하는 어종은 총 12과 16종이며 과거 우점종은 날망둑(*G. castaneus*)이었으며 중평천과 월안천이 유입되는 호의 남서쪽에는 붕어(*C. auratus*), 메기(*Silurus asotus*), 가물치(*C. argus*) 등과 같은 일차담수어도 많이 서식한다고 하였으나 수질이 악화되면서 당시에 많은 어종의 수가 감소하였다고 하였다. 그리고 환경부(2001)의 연구에서는 총 10과 18종의 어종이 서식한다고 하였다. 이와 같이 과거의 자료를 종합한 결과 총 14과 25종이었으며 본 조사에서는 총 24과 37종이 나타났고 호내에서는 대부분 주연성담수어 및 해산어가 출현하였으며 잉어(*C. carpio*), 붕어(*C. auratus*), 참붕어(*P. parva*), 미꾸리(*M. anguillicaudatus*) 등과 같은 일차담수어는 담수가 유입되는 지역에서만 일부 출현하는 등 종수와 종조성에 있어서 일차담수어가 감소하고 해산어가 출현하는 등 변화를 보였다.

지금까지 화진포에서 서식이 확인되어 문헌상으로 기록된 어종은 총 14과 25종으로 확인되었으며 본 조사와 합하면 모두 24과 43종이었다(Table 2). 이와 같이 과거의 자료에서 출현한 어종과 본 조사결과에서 확인된 어종의 수에서 확연한 차이가 나는 것은 과거 조사의 경우 채집방법이 단편적이고 조사 횟수가 상대적으로 적었기 때문인 것으로 판단된다. 즉 과거의 조사들은 1~2회성에 그친 조사로서, 방법에서 다양한 채집도구를 사용하지 않았으며 조사지점이 많지 않았을 것으로 생각된다. 그러나 본 조사의 경우 1년 중 시간에 따른 어류의 분포양상을 고려하여 4회에 걸쳐 족대, 투망, 삼중자망, 그리고 삼

각망 등의 다양한 채집도구를 사용하여 과거에 비해 더 많은 어종을 채집할 수 있었던 것으로 판단된다. 장 등(2006)의 연구에 의하면 포획도구에 따른 호내의 어류 채집 효과 분석에 대하여 설명하면서 출현종의 개체수는 그물 망목의 크기에 따라 증가하며 삼각망은 그 지역의 세부적인 어류상을 정성적으로 분석하는 데 알맞고 삼중자망은 특정 개체군의 시·공간적 이동 및 호내의 어류생태를 밝히는 데 좋은 방법이라고 보고한 바가 있다. 특히 담수와 해수의 유입 정도, 또는 조사시기에 따라 어류의 종류와 분포가 달라지는 석호 어류군집의 특성을 고려하여 조사 횟수를 증가한다면 출현종에 대하여 더욱 정성적으로 파악할 수 있을 것으로 생각된다. 뿐만 아니라, 정량적인 조사도 병행하여 과거와 현재, 향후의 자료들의 장기적인 비교가 이루어지게 되면 석호에 대한 보전 및 복원 방안의 수립, 변화정도 등을 파악하는 데 보다 정확하고 다양한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

적 요

화진포호의 어류군집과 시·공간적 변화를 파악하기 위해 2005년 11월부터 2006년 8월까지 4회에 걸쳐 다양한 조사도구를 사용하여 조사하였다. 채집된 어류는 총 24과 37종 35,812개체였다. 우점종은 *H. nipponensis* (60.8%), *T. hakonensis* (19.8%), 그리고 *K. punctatus* (5.5%) 등 주로 주연성담수어인 것으로 나타났다. 출현한 37종 중 일차담수어와 해산어는 각각 8종(21.6%), 주연성담수어는 21종(56.8%)이었다. 채집된 어종들의 생체량은 총 279.3 kg이었으며 *T. hakonensis* 152.9 kg, *H. nipponensis* 40.0 kg, *K. punctatus* 31.4 kg, *C. haematohelius* 25.3 kg 등의 순으로 나타나 내륙의 인공담수호에 비해 생산성이 매우 높은 것으로 나타났다. 조사 시기별 군집의 변화양상은 '갯터짐 현상'에 따라 변화하지만 일부 주연성담수어 개체군은 호내에서 생활사를 가지며 안정된 군집을 이루고 있었다.

이상의 결과로 볼 때, 화진포호는 우리나라에 분포하는 석호 중 비교적 양호한 자연 상태의 생태계를 유지하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 지속적인 관찰과 모니터링을 통하여 본 석호를 비롯한 다른 석호의 관리와 회복방안을 강구해야 할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 2006년도 상지대학교 교내연구비 지원에

의하여 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- 곽석남, 허성희. 2003. 낙동강 하구역 어류의 종조성 변화, 한국수산물학회지 **36**(2): 129-135.
- 권혁재. 2002. 지형학. 법문사, 경기. p. 1-498.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권. 동물편(담수어류). 교육부, 서울. p. 133-520.
- 김익수, 강언중. 1993. 원색한국어류도감. 아카데미 서적, 서울. p. 252-264.
- 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 서울. p. 1-465.
- 김익수, 최 윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현. 2005. 원색한국어류대도감. 교학사, 서울. p. 43-515.
- 김형섭, 김일희, 전방욱, 김재관. 1997. 동해안 석호 자연생태계 연구, 원주지방환경관리청 보고서. p. 29-35.
- 명정구. 2002. 우리바다 어류도감. 다락원, 서울. p. 35-244.
- 박상덕. 2002. 경포호의 변천. 자연과 문명의 조화, 구 토목-대 한토목학회지 **50**(4): 52-56.
- 변중규. 1984. 기수호(향호, 매호, 영랑호, 송지호, 화진포)의 환경 및 생물상 조사 보고, 제주대학교 논문집 **18**: 93-105.
- 변화근, 이완옥, 김동섭. 2004. 영천호의 어류상과 어류군집, 한국어류학회지 **16**(3): 234-240.
- 변화근, 전상린, 김도한. 1997. 소양호의 어류상과 어류군집, 육수지 **30**(4): 325-335.
- 손영목, 송호복, 변화근, 최재석. 1997. 팔당호의 어류군집 동태, 한어지 **9**(1): 141-152.
- 양홍준, 채병수, 남명모. 1997a. 안동댐유역의 어류상과 어류군집구조, 육수지 **30**(4): 347-356.
- 양홍준, 채병수, 황수옥. 1997b. 임하댐유역의 어류상과 어류군집구조, 육수지 **30**(2): 145-154.
- 엄정훈. 1998. 동해안 석호의 수질 및 퇴적물 특성과 주변 지역 변화에 관한 연구, 한국지리환경교육학회지 **6**(2): 95-110.
- 염종권, 유강민, Sampei, Y., Touoka, T., Nakamura, T. 2002. 동해안 화진포 석호의 최근 400년간 퇴적 환경 변화, 지질학회지 **38**(1): 21-32.
- 원주지방환경관리청. 1997. 동해안 석호 수질개선 대책, 원주지방환경관리청, 강원.
- 이충렬. 1990. 만경강 하구 생태계의 구조와 기능, 한국생태학회지 **13**(4): 267-283.
- 이충렬. 1992. 금강하구의 하구언 축조 이후 어류군집의 변화, 육수지 **25**(3): 193-204.
- 이충렬. 2005. 합천호의 어류상과 어류군집구조, 한어지 **17**(2): 131-141.
- 이태원, 문형태, 김광천. 2003. 방조제 건설 중인 2001~2002년 새만금 하구역 어류 종조성의 계절 변동, 한국수산물학회지 **36**(3): 298-305.
- 장영수, 이광열, 최준길, 서진원, 최재석. 2006. 포획도구에 따른 황성호 내 어류채집 효과분석, 육수지 **39**(2): 245-256.
- 전상린. 1980. 한국산담수어의 분포에 관하여, 중앙대학교 박사학위논문. p. 14-49.
- 전상린. 1986. 한국산 농어과 주연성 담수어류의 분포와 검색에 관하여, 상명여대 논문집 **18**: 335-355.
- 전상린. 1989. 한국산 황어속, 연준모치속 및 버들치속(황어아과) 어류의 검색과 분포, 상명여대 논문집 **23**: 17-36.
- 최기철. 1986. 강원의 자연(담수어편), 강원도교육위원회. p. 171-176.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 2002. 개정 원색한국담수어도감. 향문사, 서울. p. 1-277.
- 최재석. 2005a. 의암호의 어류군집, 한어지 **17**(1): 73-83.
- 최재석. 2005b. 청평호의 어류상 및 어류군집, 육수지 **38**(1): 63-72.
- 최재석. 2005c. 춘천호의 어류상과 어류군집, 환경생물 **23**(2): 173-183.
- 최재석, 이광열, 장영수, 고명훈, 권오길, 김범철. 2003. 소양호의 어류군집 동태, 한어지 **15**(2): 95-104.
- 최재석, 이광열, 장영수, 최의용, 서진원. 2005. 평화의 댐 어류군집 분석, 육수지 **38**(3): 297-303.
- 최재석, 장영수, 이광열, 김진국, 권오길. 2004. 파로호의 어류상 및 어류군집, 환경생물 **22**(1): 111-119.
- 최준길, 박승철, 장영수, 이광열, 최재석. 2006. 경포호의 어류상 및 어류군집 특성, 육수지 **39**(2): 157-166.
- 허우명, 이상균, 권상용, 김동진, 김범철. 2001. 동해안 석호의 육수학적 조사 (1): 청초호, 육수지 **34**(3): 206-214.
- 홍사육, 조규승, 나규환. 1969. 화진포의 수질과 Plankton에 관한 연구, 육수지 **2**(3): 35-42.
- 환경부. 2001. 전국내륙습지 자연환경조사. 환경부, 서울.
- Bird, Eric C.F. 2000. Coastal Geomorphology. John Wiley & Sons. New York. p. 1-248.
- Kjerfve, B. 1994. Coastal Lagoon Processes. Elsevier, New York. 598p.
- Nelson, J.S. 1994. Fishes of the World (3rd. ed.). John Wiley & Sons. New York. p. 1-600.

(Manuscript received 27 August 2007,
Revision accepted 11 September 2007)