

한국의 연어생물학 연구 동향과 전망

김수암* · 이채성¹ · 강수경¹

부경대학교 자원생물학과
¹국립수산과학원 영동내수면연구소

Present Status and Future Prospect in Salmon Research in Korea

SUAM KIM*, CHAE SUNG LEE¹ AND SUKYUNG KANG¹

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

¹Yeongdong Inland Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Gangwon-do 215-821, Korea

우리나라에서 연어(*Oncorhynchus keta*)에 대한 관심은 1980년대 양양내수면연구소가 설치된 이후에 크게 증가하였다. 그 이후 연어방류사업이 점차 확대되어 최근에는 한반도의 18개 하천에서 연어가 방류되고 있다. 하지만 아직 연어에 대한 충분한 연구 투자가 선행되지 않아, 연어에 대한 생태학적 이해는 부족한 편이다. 특히 지구환경은 지난 수십 년 동안 급격히 바뀌었고, 연어 개체군의 생물학적 특성도 변화하는 환경의 영향을 받아왔다. 연어 분포의 남방한계선에 있는 우리나라의 연어는 기후 및 해양의 변화에 민감하게 반응할 것이므로, 향후의 환경 변화를 주시하여야 할 필요가 있다. 본 특별호에서는 북태평양에서 연어가 차지하는 수산생태학적 위치를 개괄하였고, 현재 우리나라에서 수행 중인 연어 연구의 결과를 요약하였다. 본 특별호가 우리나라 연어 연구의 방향을 제시하는 계기가 되기를 바란다.

Interest in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) biology in Korea has increased since the establishment of the Yangyang Inland Hatchery of the National Fisheries Research and Development Institute during mid 1980s. The enhancement program of chum salmon was expanded thereafter, so that chum salmon were transplanted 18 streams in the coast of the Korean Peninsula. However, ecological research on salmon species was very limited due to the lack of a research program. Though involvement in the North Pacific Anadromous Fish Commission (NPAFC) requires scientific investigation on salmon research of each member nation, no conspicuous increase in research funding was achieved in Korea. Oceanic environments have been rapidly altered by climate change during the last a few decades, and ocean ecosystems including salmon populations will be modified by global warming. Special attention is needed for stocks near the southern boundary of distribution, such as Korean chum salmon. This special issue is the venue for reviewing ongoing researches in Korea, and we hope that this issue will be a big step toward active ecological research in Korea under changing environments.

Keywords: Chum Salmon, Enhancement Program, NPAFC, Korean Waters

서 론

북태평양에는 모두 7종의 연어류가 서식하고 있는데(Groot and Margolis, 1991), 모친회귀라는 그 신비로운 생활사 때문에 어느 다른 어류보다도 과학자들과 일반인들의 관심이 높은 어종이다. 종마다 약간씩 다른 분포와 회유양상을 보이는 연어류는 여러 나라의 경계를 지나들며 살아가고 있으며, 경제에 미치는 영향이 크기 때문에 종종 국제적인 문제를 발생시키는 민감한 어종이기도 하다. 우리나라 해역과 하천에서도 연어(*Oncorhynchus keta*), 곱사연어(*O. gorbusha*), 시마연어(*O. masou*) 등이 서식하는 것으로 보고되었으며(정, 1977), 1900년대 초반부터 동해안을 중심으로 연어류

자원 증식을 위한 노력을 지속적으로 기울여 왔다. 해양수온의 관점에서 보면, 우리나라 해역은 북서태평양의 중위도권에 위치해 있으므로 냉수성 표층어류인 연어류가 분포하는 남방한계에 해당된다. 태평양의 동부에 주로 서식하고 있는 홍연어(*O. nerka*)는 서식하고 있지 않지만, 북한수역에서는 연어, 시마연어(북한명: 송어)와 함께 곱사연어(북한명: 곱추송어), 왕연어(북한명: 왕송어), 은연어(북한명: 은송어) 등의 연어과 어류들이 분포하고 있다(손, 1980).

북태평양의 연어류 생산에서 연어가 차지하는 비중은 매우 높는데, 우리나라에서는 1984년 국립수산과학원 양양내수면연구소(현 영동내수면연구소)를 설립한 이후부터 연어에 대한 관심이 본격화되었다(이 등, 2007). 내수면연구소의 부화장에서는 가을에 회귀한 연어로부터 수정란을 만들고, 이듬 해 봄에 치어를 하천에 방류하고 있는데, 현재 우리나라에서는 동해안의 17개 하천, 남해안의 1

*Corresponding author: suamkim@pknu.ac.kr

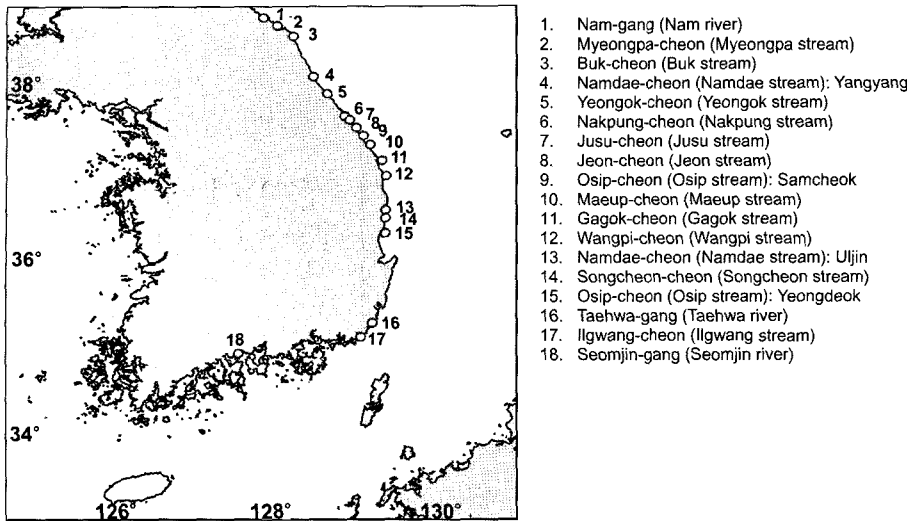


Fig. 1. The list of stream/river locations in the east coast of the Korean Peninsula where fry chum salmon are released.

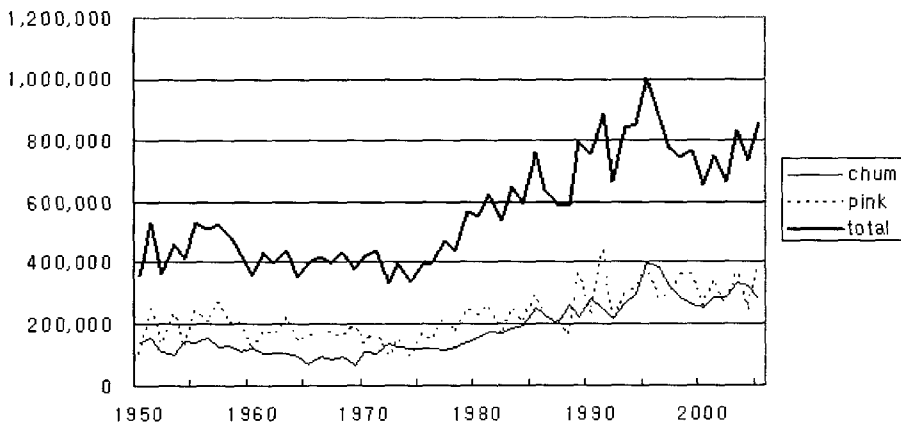


Fig. 2. All-nation catches (mt) of chum salmon (thin line), pink salmon (dashed), total salmon (thick line) in the North Pacific, 1950~2005.

개 하천에서 연어 치어를 방류하고 있다(Fig. 1). 방류된 치어들은 베링해와 알래스카 만까지 가서 살다가, 3세 혹은 4세가 되면 모천으로 회귀하는데, 우리나라의 연어 회귀율은 타국에 비교하여 상대적으로 낮은 편이다(김 등, 2007). 최근 10여 년간의 어획통계를 살펴보면, 북태평양에서는 약 80만 톤의 연어류가 어획되며, 이 중 연어가 약 30만 톤을 차지하고 있다(Fig. 2). 하지만 우리나라의 연어 어획은 아직 미미하여, 2000~2005년 동안에 포획된 연어는 연간 평균 약 35,000 마리, 평균 중량은 100톤 미만이었다(Salmon Research Team, 2006).

일본의 연어 어획량은 북태평양에서 가장 높으며, 1998년에는 전체 연어 어획량의 57%인 18만 톤이었다(NPAFC, 2002). 따라서 아시아에서 연어에 대한 연구는 주로 일본 과학자들에 의하여 수행되었는데, 최근의 주요 논문으로는 Mayama and Ishida(2003)의 연어 초기생활사 생물 특성, Sato *et al.*(2001, 2004)의 유전자 분석에 의한 계군 구분, Kaeriyama *et al.*(1998)과 Kaeriyama(2003)의 연어 생산량과 환경변화 연구 등이 있다. 러시아에서도 연어 연구가 활발히 진행되고 있는데, Karpenko(2003)는 최근까지 러시아에서 수행한 연어 연구 결과를 요약하였다. 반면, 우리나라에서는 연어를 선호하지 않는 식습관 때문에 연어에 대한 관심이 상대적으로 적은 편인데, 2000년대 이후 연어에 대한 성장(Seo *et al.*, 2006),

계군분리(정 등, 2003; Sohn *et al.*, 2005; Kim *et al.*, in press), 이석의 화학조성(Kang and Kim, 2004; Sohn *et al.*, 2005) 등에 대한 연구가 수행되어 연어에 대한 관심이 증대되고 있다. 본 특별호는 최근 우리나라에서 진행되고 있는 연어에 대한 연구를 집약하여 정리함으로써, 향후 우리나라의 연어 연구 방향을 정립하기 위하여 마련되었다.

우리나라 연어의 생물학적 특성

우리나라의 주 방류대상 어종인 연어는 인근의 다른 연어자원과 비교하여 생태학적 특성치가 다르게 나타나고 있다. 즉, 우리나라에서 가장 큰 부회장이 위치한 양양의 남대천으로 회귀하는 연어의 평균 체장과 체중은 지난 1985~2005년에 2.4 kg으로서, 타국에 회귀하는 연어에 비하여 가볍다. 예를 들면, 1998년 일본과 러시아로 회귀하는 연어의 평균 체중은 모두 3.3 kg이었으며, 북미의 연어는 이보다 높은 3.9~5.6 kg의 범위를 갖는다(NPAFC, 2002). 또한 우리나라로 회귀하는 연어의 평균 체장은 지난 1985~2005년에 63.4 cm로, 일본 홋카이도에 회귀하는 연어의 66.4 cm에 비하여 크기가 다소 작았다(unpublished data). Kang and Kim(2004)의 연구에서는 아시아산 연어가 북미산 연어보다 작고, 가벼우며, 이석의 중량도 두 지역에서 유의한 차이가 있다고 보고하였다. 우리나라

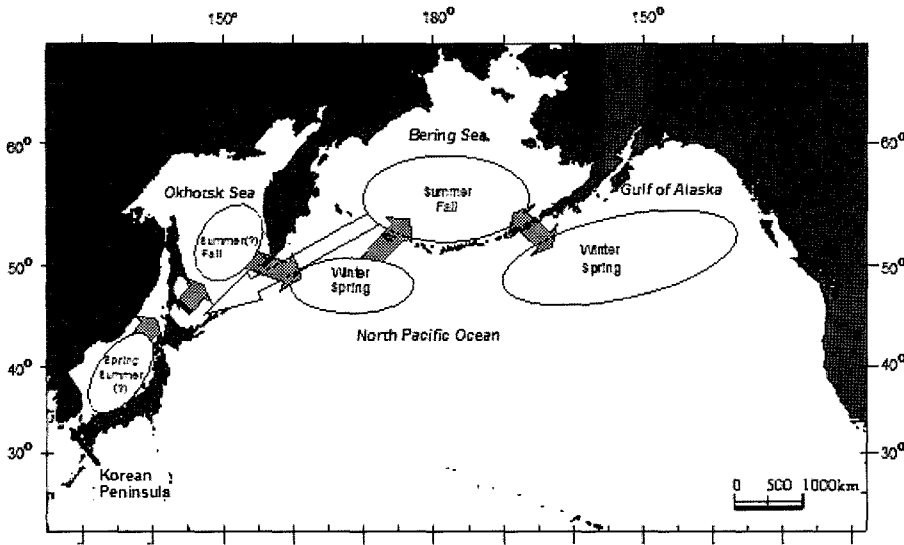


Fig. 3. Schematic migration model of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) released from Korea (Seo et al., 2006).

연어의 평균 회귀연령은 3.4세로서 타국의 연어와 비교하여 어리고, 회귀어군 중에서 미성숙 연어가 차지하는 비율도 높은 편이다. 이러한 연어 특성치의 차이는 우리나라 연어가 분포의 가장자리에 속해 있기 때문일 가능성이 있다.

Seo et al.(2006)은 정 등(2001)과 Urawa(2000)의 연구결과를 토대로 하여 우리나라 연어의 회유 경로를 제시하였다(Fig. 3). 우리나라의 동해안에서 방류되는 연어는 홋카이도의 북쪽에 있는 소야해협(Soya Strait)을 통하여 오희츠크해(Okhotsk Sea)로 들어가 첫해의 여름을 보낸 후, 겨울이 되면 북태평양으로 나와 월동을 한다. 그 이후, 여름에는 베링해(Bering Sea)에서 섭식활동을 하며 겨울에는 북태평양 혹은 알래스카만(Gulf of Alaska)으로 나와 월동을 하다가, 3~4세가 되면 우리나라로 되돌아온다. 생활사에 따른 각 해역에서의 성장 정도는 다르게 나타났는데, 시대적으로 변화한 기후 혹은 해양환경이 동물플랑크톤의 풍도를 변화시켰으며, 이 결과는 연어의 성장과 밀접한 관계를 보이고 있었다.

아직 우리는 연어 연구의 역사와 경험이 짧고, 연어 연구자의 수가 적기 때문에, 우리나라 연어가 어떠한 생물학적 특성을 가지고 있는지에 대한 정보가 부족하다. 하지만 2003년에 북태평양소하성어류위원회(North Pacific Anadromous Fish Commission: NPAFC)에 가입한 이후에는 연어 연구의 선진국들과 활발한 국제과학교류 사업도 펼치고 있으며, 이들과의 공동연구를 통하여 우리의 연어에 대한 이해가 빠른 속도로 증진되고 있다.

본 특별호의 내용과 향후의 연구 방향

연어의 습성학적, 자원학적 특성에 대한 일반인들의 관심과는 별도로, 과학계에서는 연어의 생물학적 특성에 매료되어 있다. ‘과연 그들은 어떻게 그 먼 거리를 헤매지 않고 회유할 수 있는가?’, ‘연어의 개체수 증가와 체장 감소가 발생하는 원인은 무엇인가?’, ‘왜 지역마다 회귀율이 다르고, 회귀율에 영향을 미치는 요인은 무엇인가?’ 등등의 과학적 의문점을 해결하기 위하여 각국의 과학자들은 고심하고 있다. 우리나라는 연어의 회귀율 향상을 위하여 적정 방류 시점과 크기, 방류 후 하천과 연안에서의 성장, 회유경로 추적, 연어의 유전 분석 등의 연구를 수행하고 있다. 또한 NPAFC를 통

하여 원양에서의 연어류 분포 및 혼재상태를 파악하기 위한 Bering-Alteutian Salmon International Survey(BASIS) 조사에 적극적으로 참여하고 있다.

연어류는 1980년대 이후 그 생산량이 급증하고 있는데, 그 중에서 곱사연어와 더불어 연어의 생산량 증대가 큰 비중을 차지하고 있다(Fig. 2). 연어의 생산량은 각국의 활발한 증식사업의 결과에 힘입은 바가 크지만(Kaeriyama, 2003), 최근의 상황을 분석하면 북태평양의 기후 및 해양환경조건도 연어류의 증가에 유리한 방향으로 변화한 것처럼 보인다. Beamish et al.(1999)은 연어 생산량이 북태평양에서 진행되고 있는 기후현상과 연동하고 있음을 보고하였으며, Francis and Hare(1994)는 기후의 변동이 서서히 진행되었다기 보다는 특정한 시기에 갑작스럽게 변화를 보이고 있으며, 이 결과는 연어자원에도 심대한 영향을 미쳤다고 하였다. 로(1986)는 1920년대부터 1980년대 중반까지 북한에서의 곱사연어 어획변동을 보고하였는데, 이 연구결과는 북태평양 기후체제변환(climate regime shift)에 의한 연어 자원량 변동 결과와 일치하였다(Francis and Hare, 1994). 본 특별호에서는 이러한 현상과 관련하여 우리나라 연어와 기후의 관계를 추구하고, 산란 자국을 유도하기 위한 생리적 연구, 산란군의 유전적 변이, 성어의 기생충 감염 등의 성어에 대한 연구에서부터 부화된 연어 치어의 초기성장과 하천 및 연안역에서의 연어 치어의 분포와 섭식상태를 보고하였다.

향후 연구 방향을 생각할 때, 우리나라의 지리학적 위치와 지구 온난화에 의한 해양 환경변화를 고려한 연구가 함께 수행되어야 할 필요가 있다. 우리나라의 연어 부화장은 연어 분포의 남쪽 경계에 위치해 있으므로, 해양으로 방류된 치어가 봄철 높은 수온을 만나 대량 사망이 유발될 수 있다(Mahnken et al., 1998; Fukywaka and Suzuki, 2000). 실제로 쿠로시오 해류의 영향을 많이 받는 일본 혼슈의 서해안에서는 고수온 때문에 방류된 치어가 대량으로 사망하게 되는 현상이 빈번하게 관찰된다. 우리나라 주변 해역의 겨울 표층수온이 지난 100년 사이에 약 1.8°C 상승한 것을 감안할 때(Han, 1994), 21세기에는 우리나라 동해에서의 연어 자원 분포 및 자원량도 크게 바뀔 것으로 예상된다. 또한, 연어의 분포와 회유경로에 대한 연구가 필요한데, 우리나라 연어는 일본 홋카이도 연어에 비하여

회유경로가 길다. 연어 산란어가 초당 1~2 체장속도로 이동한다고 가정할 때(Weihs, 1973; Ware, 1978), 최소한 2주일 정도의 회유기간이 더 필요하다. 현재 진행되고 있는 Coded Wire Tag 연구와 이석 발안난 온도자극 표지 실험이 활발하게 수행된다면 연어의 성장, 분포, 회유경로 등에 대한 실마리를 제공하게 될 것이다.

감사의 글

본 특별호의 영문을 교정해 주신 부경대학교의 Donald R. Gunderson 교수님과 미국 NOAA의 Loh-Lee Low 박사님께 감사드립니다. 본 특별호는 국립수산물연구원 영동대수면연구소의 '연어 자원증강 및 보존연구(RP-2007-FR-017)'의 재정 지원으로 발간되었습니다.

참고문헌

- 김수암, 강수경, 서현주, 김은정, 강민호, 2007. 북태평양 기후변화와 연어 생산력 변동. 한국해양학회지-바다(본 특별호).
- 로춘봉, 1986. 곱추송어의 성장과 수량변동 경향에 대한 연구. 수산과학기술논문집. 농업출판사, 평양, pp. 110-117.
- 손용호, 1980. 조선동해어류지. 과학, 백과사전 출판사, 평양, 464 pp.
- 이채성, 성기백, 이철호, 2007. 연어 방류사업의 역사와 현황. 한국해양학회지-바다(본 특별호).
- 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, 서울, 727 pp.
- 정용식, 이윤호, 김수암, 진덕희, 성기백, 2003. 유전적 형질에 의한 북태평양 연어(chum salmon, *Oncorhynchus keta*)의 계군 구분. 한국수산학회지, **36**: 578-585.
- 정용식, 이윤호, 신형철, 성기백, 김수암, 2001. Microsatellite DNA를 이용한 연어(*Oncorhynchus keta*, chum salmon)와 곱사연어(*O. gorbusha*, pink salmon)의 구분. 한국수산자원학회지, **4**: 30-41.
- Beamish, R.J., D.J. Noakes, G.A. McFarlane, L. Klyashtorin, V.V. Ivanov and V. Kurashov, 1999. The regime concept and natural trends in the production of Pacific salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **56**: 516-526.
- Francis, R.C. and S.R. Hare, 1994. Decadal-scale regime shifts in the large marine ecosystem of the North-east Pacific: a case for historical science. *Fish. Oceanogr.*, **3**: 279-291.
- Fukuwaka, M. and T. Suzuki, 2000. Density-dependence of chum salmon in coastal waters of the Japan Sea. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.*, **2**: 75-81.
- Groot, C. and L. Margolis, 1991. Pacific salmon life histories. UBC Press. Vancouver, 564 pp.
- Hahn, S.D., 1994. SST warming of Korean coastal waters during 1881-1990. *KODC Newsletter*, **24**: 29-37.
- Kaeriyama, M., 2003. Evaluation of carrying capacity of Pacific salmon in the North Pacific Ocean for ecosystem-based sustainable conservation management. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Tech. Rep.*, **5**: 1-4.
- Kaeriyama, M., S. Urawa, M. Fukuwaka, K. W. Myers, N.D. Davis, S. Takagi, H. Ueda and K. Nagasawa, 1998. Ocean distribution, feeding ecology, and return of Pacific salmon in the 1997 El Nino event year. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Tech. Rep.*, In: K. Myers (ed.), Workshop on climate change and salmon production, Vancouver, Canada, pp. 22-24.
- Kang, S. and S. Kim, 2004. Comparison of biological characteristics of chum salmon, *Oncorhynchus keta* from the eastern and western North Pacific. *J. Korean Soc. Fish. Res.*, **6**: 153-162.
- Karpenko, V., 2003. Review of Russian marine investigations of juvenile Pacific salmon. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.*, **3**: 69-88.
- Kim, G.-E., Y.-H. Lee, G. Kang, C.-g. Kim, W. Jung, K.-B. Seong, J.E. Seeb, S. Kim, and S. Kang. in press. Genetic Diversity and Population Structure of the Chum Salmon in the North Pacific. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.*, **4**.
- Mahnken, C., G. Ruggerone, W. Waknitz and T. Flagg, 1998. A historical perspective on salmonid production from Pacific rim hatcheries. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.*, **1**: 38-53.
- Mayama, H. and Y. Ishida, 2003. Japanese studies on the early ocean life of juvenile salmon. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.*, **3**: 41-67.
- NPAFC. 2002. Statistical yearbook 1998. *N. Pac. Anadr. Fish Comm.*, **28** pp.
- Salmon Research Team, 2006. Korean Chum Salmon Catch Statistics and Hatchery Releases in 2005 and 2006. East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Korea. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Doc.* 972, 3 pp.
- Sato, S., J. Ando, H. Ando, S. Urawa, A. Urano and S. Abe, 2001. Genetic variation among Japanese populations of chum salmon inferred from the nucleotide sequences of the mitochondrial DNA control region. *Zool. Sci.*, **18**: 99-106.
- Sato, S., H. Kojima, J. Ando, H. Ando, R.L. Wilmot, L.W. Seeb, V. Efremov, L. LeClair, W. Buchholz, D. Jin, S. Urawa, M. Kaeriyama, A. Urano and S. Abe, 2004. Genetic population structure of chum salmon in the Pacific Rim inferred from mitochondrial DNA sequence variation. *Environ. Biol. Fish.*, **69**: 37-50.
- Seo, H., S. Kim, K. Seong and S. Kang, 2006. Variability in scale growth rates of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in relation to climate changes in the late 1980s. *Prog. Oceanogr.*, **68**: 205-216.
- Sohn, D., S. Kang and S. Kim, 2005. Stock identification of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) using trace elements in otoliths. *J. Oceanogr.*, **61**: 305-312.
- Urawa, S., 2000. Ocean migration route of Japanese chum salmon with a reference to future salmon research. National Salmon Resources Center Newsletter, **5**: 3-9. (In Japanese)
- Wada, K. and Y. Ueno, 1999. Homing behavior of chum salmon determined by archival tag. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Doc.* 425, 29 pp.
- Ware, D.M., 1978. Bioenergetics of pelagic fish: Theoretical change in swimming speed and ration with body size. *J. Fish. Res. Board Can.*, **35**: 220-228.
- Weihs, D., 1973. Optimal fish cruising speed. *Nature*, **245**: 48-50.

2007년 5월 7일 원고접수

2007년 5월 15일 수정본 채택

담당편집위원: 김수암