

총허용어획량제도 유래 및 국내 수산자원평가의 전반적 개요

현상윤*

부경대학교 수산과학대학 자원생물학전공

An Overview of the Total Allowable Catch Policy and Fish Stock Assessments in Korea

Saang-Yoon Hyun*

College of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea

Since 2019, Korea Ministry of Oceans and Fisheries has set the annual total allowable catch (TAC) by fish species, and has allocated the annual TAC into each fishery vessel. Also the Korea government plans to adopt the individual transferrable quota system in time. The TAC allocation is similar to the individual fishermen/fishing quota, which the US National Oceanic and Atmospheric Administration has implemented. However, the TAC based management faced fishermen's complaints and a debate is still underway about how to allocate TAC. Because the ideas of the Korea policy are from those in the foreign countries, I intended to provide the Korea fisheries community with an overview about how the TAC has been developed, what problem it caused, and foreign examples of how to allocate it. Furthermore, I pointed out a substantial room for improvement in their current practice of stock assessments, because, otherwise, their current methods for estimation of TAC by species cannot be trusted. Finally I made specific suggestions about what they need to do to reform their current stock assessments.

Keywords: Catch quotas, Fishery management, Stock assessments in Korea, TAC

서론

해양수산부는 2019년 이후로 어종별 총허용어획량(total allowable catch, TAC)을 정하고, 그 TAC를 어선별 어획량 할당방식(individual quota)으로 배분하고 있으며, 장기적으로 개별양도성 할당방식(individual transferable quota, ITQ) 제도를 고려하고 있다(MOF, 2019). 한편 이런 제도에 어민들의 불만(Kyungbuk Maeil Shinmun, 2020; Jejutori, 2021)이 꾸준히 제기되고 있고, ITQ 제도는 2023년 현재까지도 실행되고 있지 않다. 국내 TAC 및 ITQ 제도는 외국의 어업관리 선진국에서 시작된 것이기에, 외국의 어업관리 사례를 검토하여 앞으로 적용할 ITQ제도에 도움이 되고자 이 글을 쓴다. 현재 어업관리 선진국들은 과거 고전적인 어업관리 목적인, "개체군의 생물학적 보존 및 경제적 이익 추구" 외에 다른 요소를 추가적으로 고려하고 있다. 예를 들면, 어업관련 종사자들의 고용율을 고려한 사회적 이익(social benefits)을 추구하고, 개체군 수준이 아니

라 생태계수준에서 보존을 고려하며, 기후변화 주 원인인 탄소(carbon)를 적게 배출하도록 하는 어업과정을 조장하고, 어체 내에 존재하는 수은, 디옥신(dioxins), PCB화합물(polychlorinated biphenyls), 등의 농도를 고려한 식품안전도 및 남획에 처한 개체군을 명시하여 소비자들이 선택하도록 하는 bottom-up 전략이 있다. 또한 원양어업선 노동자들의 인권유린 방지도 고려사항이다. 어업관리의 이러한 여러 목적을 추구하기 위하여 정부관리자뿐만 아니라 비영리단체(예, Marine Stewardship Council, Seafood Watch 등)도 관여하고 있다. 이런 여러 목적을 동시에 단기간에 달성하기는 현실적으로 어렵기에, 어업관리 선진국 조차도 여전히 전통적인 관리 개념(개체군의 생물학적 보존 및 경제적 이익추구)에 초점을 맞추어 어업관리를 실행하고 있다. 개체군의 생물학적 보존이라함은 개체군 크기(개체수 또는 생체량) 뿐만 아니라 개체군의 유전적 형질면에서도 보존함을 의미한다. 1970년대 전에는 공해(the high seas)에서 혹은 국가 영해 내일지라도 주인없는 어류의 어업은 규제없이 이

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5929 Fax: +82. 51. 629. 5931

E-mail address: shyun@pknu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0001>

Korean J Fish Aquat Sci 56(1), 1-6, February 2023

Received 10 January 2023; Revised 25 January 2023; Accepted 31 January 2023

저자 직위: 현상윤(교수)

루어졌다. 누구나 원하는 대로 어획이 가능하다보니 수역에 관계없이 겪었던 공통적인 부작용은 남획(over-exploitation)이었는데, 미국 생태학자인 Garrett Hardin은 이런 현상을 “공공재의 비극(the tragedy of the commons)” (Hardin, 1968)이란 표현으로 나타내었는데 어류 어획 및 육지 야생생물 사냥에도 이런 현상이 일반적으로 일어난다. 결국 이런 부작용을 방지하기 위하여, 1970년 후반에 유엔해양법(the United Nations Law of the Sea)으로 200 해리 경제수역(200 mile economic zones)이 만들어진다. 200해리 경제수역은 국제법이기에, 각기 개별국가는 “공공재의 비극” 현상을 막기위해 자국내 법규를 만들었다.

그런 법규 중의 하나가 TAC 제도인데다, 국내의 경우 아직 TAC을 어떻게 할당할 지에 관한 논의가 진행 중이므로, TAC 유래, TAC의 배분안, 불확실한 TAC 수치의 개선을 위한 현행 자원평가방법 주요 이슈를 검토하고 기술하는 것이 이 글의 목적이다.

TAC 개념 및 어획쿼터 관리제도

TAC제도의 취지는 수산자원을 개체군 크기 및 유전형질면에서 보존하되 동시에 수산자원의 잉여생산량을 최대로 어획하여 경제적이익을 추구하기 위함이다. 하지만 실제 TAC 제도를 실행하면서 몇 가지 부작용이 발생했는데 가장 잘 알려진 문제점으로는 어민 간 “경쟁(race)”으로 인한 경제적 남획(economic overfishing)이다. 개체군의 크기가 다시 복원될 수 없을 정도로 줄어들게 야기하는 생물적 남획(biological overfishing) 개념과 달리, 경제적 남획이라함은 어획으로 인한 이익보다 손실이 더 커지는 개념이다. 정부가 허가한 어획 기간 내에 어민들은 제한된 TAC내에서 먼저 어획하기 위해서 서로 경쟁하게 되는데, 이러한 경쟁 과정에서 어획물에서 얻는 소득보다 더 많은 비용(즉, 더 많은 어획노력량을 투입)이 들어서 경제적으로 손해를 보게 된다. 이런 경제적 손실은 어업을 하면 할수록 더욱 커지게 되어, 어민들은 TAC 제도에 불만을 가지게 된다. 정부는 이러한 손실을 보전해 주기 위해서 정부 보조금(subsidies)을 어민들에게 종종 지불하는데, 이런 정부보조금은 국가적 수준에서도 경제적 남획을 초래하게 된다(Hilborn, 2011). TAC 제도 관리의 부작용을 해소하기 위해서 외국에서 추가적으로 제안하고 실행하고 있는 대표적인 시스템이 IFQ (individual fisherman's quota; 개인에게 어획량 할당)이고 그 바탕으로 여러 시스템이 제안되고 실행되고 있다: 예, ITQ (individual transferrable quota; 개인에게 할당된 어획량을 타인에게 양도 가능); sector allocation (개인 수준이 아니라 단체/회사에게 어획량 할당); individual vessel quota (IVQ; sector allocation 후에 해당 회사/단체 내에서 각각 어선에게 어획량 할당); TURF (territorial user rights to fish; 바다에 인접한 해안동네 거주민만이 해당 해역에서의 어획권을 소유); 공개입찰 (auction; 어획 할당량을 공개입찰을 통해 매도하여 정부는 수익을 얻는 효과도 누림), 등.

IFQ 제도의 장점은 크게 두 가지로 요약된다. 어민들끼리의

불필요한 어획 경쟁을 막고, 어획물의 질(quality), 즉 상품성을 고려하게 하여 궁극적으로 효율적인 경제효과가 있게 된다. 구체적으로 기술하자면, IFQ를 실행할 경우 어민들은 개인에게 할당된 어획량을 초과하여 필요 이상으로 어획할 필요가 없으니 경쟁할 필요가 없어져 불필요한 비용(어획 노력량)을 없앨 수 있다. 특히, 어획시기나, 어획 어선의 크기도 어민 본인이 상황에 맞게 스스로 정하면 되는 이점이 있다. IFQ와 ITQ를 동시에 적용할 경우[예, 미국 알래스카 헬리벳(Alaska halibut *Hippoglossus stenolepis*) 어업], 어민들은 본인의 IFQ를 타인에게 매도한 후 은퇴할 수도 있어서 경제적으로도 이익을 얻을 수 있게 되고, 전체 어업 선단의 규모가 줄어들게 되어 어획되는 어류의 상품성도 좋아지게 된다. 즉, 더 좋은 가격에 어획물을 팔 수가 있게 된다. 실례로, 2009년 알래스카 헬리벳이 파운드당 평균 미화 2.33달러에 팔렸으나 ITQ실행 후, 파운드당 평균 19-22달러에 팔 수 있었다. 즉, 같은 양의 헬리벳 어획량을 ITQ 실행 전에 10만달러에 팔았던 것을, ITQ 제도로 88만달러에 팔 수 있었다(Hilborn and Hilborn, 2019).

한편, IFQ와 ITQ 제도의 단점도 존재한다. IFQ와 ITQ 실행으로 어획 선단규모가 전보다 줄어들게 되어 그에 따라 관련된 직종(어구제조업, 조선업, 어선수리업 및 어선판매상 등)의 규모도 줄어들게 되어 종전보다 해당 분야에서 실업률이 높아지게 된다. 또한 어획할당량을 해당해역의 어민과 관련 없는 외부인(또는 외부 기업)에 양도하게 되면서 어업이 일반 비즈니스 투자형식으로 변질이 된다(예, 뉴질랜드의 ITQ). 이런 문제를 막기 위해 미국 알래스카 어업의 ITQ제도에선 해당해역에서 어업활동을 하는 사람에게만 어획할당량을 양도할 수 있도록 하였다.

TAC 제도의 개선

TAC의 값이 부정확하면 그 값을 근거로 실행하는 어업규제는 엉뚱한 결과를 초래하게 된다. 이 섹션에서 TAC 수치의 계산과정을 간략히 소개하고 올바른 자원평가의 중요성을 기술한다. 국내TAC 계산의 큰 틀은 미국 연방정부 산하기관인 해역별 어업관리체(Regional Fishery Management Council, RFMC)가 정한 계산방식을 참고하고 있으나 수산자원평가 세부 방법론에선 차이가 있다. 미국전역에 8개의 RFMC가 각각 관리하는 해역에서 남획수준 어획량/수(overfishing limit, OFL), 남획수준이하의 어획량/수(acceptable biological catch, ABC), 매년 할당되는 어획량/수(annual catch limit, ACL), 그리고 매년 어획목표치(annual catch target, ACT)을 정한다. 우리나라 국립수산과학원 고시에는 ABC를 생물학적 허용어획량이라고 표현하고 있다. ACL 값 혹은 ACT 값이 TAC에 해당된다. 우선 OFL 계산하고 그 계산값의 불확실성 때문에 그 값보다 적게 ABC 및 ACL를 정한다: i.e., $ACT \leq ACL \leq ABC \leq OFL$ (<https://www.fisheries.noaa.gov/southeast/sustainable-fisheries/frequent-questions-annual-catch-limit-monitoring>). OFL와 ABC계산은 수산자원평가 과학자가 결정하나, 나머지

수치들은 자원평가 과학자뿐만 아니라 어업 이해 관계자(연방 정부 및 해당 주정부 관료, 어업 종사자 등)와 함께 회의를 통해 결정된다.

해양수산부에서 매년 제시하는 어종별 TAC의 값은 주로 잉여생산모델(surplus production models)로 부터 계산되고, 또한 서베이(survey) 자료 대신 단위노력당 어획수(량) (catch-per-unit-effort, CPUE) 자료가 이용되고 있음을 발견한다. 해양수산부 소속 기관인 국립수산과학원은 잉여생산모델뿐만 아니라 연령구조모델(age-structured models; 예, VPA, SCAA 등)도 적용한다고 주장 하지만 아직 문서로 된 것을 발견하지 못하였을뿐만 아니라, 특히 매년마다 혹은 주기적으로 주요 어류 개체군의 어획물(상업 어획 및 서베이 어획)에서 무작위 추출하여 어획물 표본 개체들의 연령사정을 한 결과물을 접해 본 적은 없다. 몇몇 문헌(Jung et al., 2021)에서 한국 고등어(chub mackerel *Scomber japonicus*) 개체군의 체장-연령관계표(length-at-age key, LAK)가 발표되었지만, 주기적으로 만들어진 LAK를 근거로 연령구조모델을 적용한 자원평가에 관한 보고서 혹은 문헌을 아직 발견하지 못했다. 또한 그런 주기의 빈도(frequency)를 확인하지 못했기에 그 주기의 빈도적절여부를 판단하지 못한다.

국립수산과학원의 고시에서도 TAC 계산에 잉여생산모델이 집중적으로 사용됨을 감지할 수 있다. 국립수산과학원은 고시 제 2020-15호의 별표 2, “정보수준에 따른 단계별 생물학적 허용 어획량 추정방법(신설 2018.4.1)”에 ABC수치의 계산 방식을 정보 다섯단계로 나누어서 소개하고 있다(NIFS, 2020). 그 고시 별표 2에서 정보 수준 1단계에서 3단계를 보면 연령구조 모델을 적용할 수 있을 것처럼 암시 하나, ABC 계산은 연령구조를 무시하여 잉여생산모델처럼 다음과 같이 표현하고 있다.

$$ABC = \frac{B \cdot F_{ABC}}{M + F_{ABC}} \cdot (1 - e^{-(M + F_{ABC})}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

여기서, B=개체군의 생체량; F_{ABC} =ABC 어획강도에 해당하는 어획사망율; M=자연사망율. 그 고시 별표2에 구체적인 설명은 없지만, 식(1)에서 B와 ABC는 자원평가자료의 ‘최근 연도(terminal year)’에서의 개체군 생체량과 ABC 값에 해당하는 것으로 이해하며, 식(1)은 Baranov 어획등식(Ricker, 1975)에 근거한 것이다. 자연사망율, M 값은 종종 해당 자원평가모델과 독립적으로 결정되므로 이 글에서 자연사망율에 관한 논의는 하지 않는다. 또한 OFL 어획강도에 해당하는 어획사망율(F_{OFL}) 대신, ABC 어획강도에 해당하는 어획사망율(F_{ABC})이 왜 사용되었는지에 대한 질문도 이 글에선 보류한다. 이 글에서 저자가 우려하는 핵심은, 식(1)에서 연령구조가 고려되고 있지 않다는 것이다. 그 고시 별표2의 정보 수준 1단계에서 3단계에서 암시 하듯 연령구조모델 적용이 가능하다고 했으면, 식(1)은 다음과 같이 계산되어야 한다.

$$ABC_a = \frac{B_a \cdot S_a \cdot F_{ABC}}{M_a + S_a \cdot F_{ABC}} \cdot (1 - e^{-(M_a + S_a \cdot F_{ABC})}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$ABC = \sum_a ABC_a$$

여기서 첨자 a는 연령을 나타내고, S_a 는 연령 a의 개체들이 어업 어구에 선택되는 비율(selectivity)을 뜻한다. 그 고시 별표 2에서 정보 4단계는 잉여생산모델을 적용하고있고, 그리고 자료가 가장 부족(연도별 어획량만의 정보)한 정보 5단계에서는 어획량 추이를 근거로 ABC를 계산하고 있다.

국내에서 주로 사용하는 잉여생산모델은 어업관리의 선진국에서 자원평가에 이용되지 않는다. 그 주요한 몇 가지 이유는 다음과 같다: (i) 추정되는 자원량은 자치어와 성어별로 구별이 되지 않아, 시장에서 좋은 가격을 받을 수 있는 성어 자원량만을 알 수 없음; (ii) 어획강도에 따라 가입당 어획량(yields-per-recruit)이 어떻게 변하는지를 보여주지 못함; (iii) 어획강도에 따라 가입당 성숙어(spawners-per-recruit) (또는 spawning potential ratio) 정보를 알 수 없음; (iv) 연금군 강도(연금군별 개체수 또는 생체량)을 보여주지 못함; (v) 어미수(량)과 자식수(량)간의 관계 추론 불가능 등. 특히, 잉여생산모델에서 근거한 TAC 값은, 연령구조모델에서 추정된 TAC값과 종종 차이가 많다(Rothschild and Jiao, 2013).

평가모델 자체의 이슈뿐만 아니라 사용되는 자료 또한 중요하다. 개체군 CPUE의 의미는 개체군 모집단의 크기(개체수 또는 생물량)의 상대적인 값을 나타내는 것이다. 즉, 개체군의 CPUE와 그 모집단의 크기는 비례한다고 가정한다. 이런 비례관계를 나타내는 CPUE 자료를 수집하는 게 현실적으로 매우 어렵다(Hilborn and Walters, 1992). 그런 이유로, 수산자원평가 선진국 기관에서는 CPUE 자료 보정과정(중종 CPUE standardization라고 명명; Campbell, 2004)을 한다. 또한 자원평가 대상이 저서어류인 경우, 통계학 표본론에 근거한 서베이(survey)를 실시하여 개체군 모집단의 상대적 크기(survey index라고 명명)를 계산한다. 또한 서베이에서 어획된 주요 어류의 생물학 정보(연령, 체장, 체중, 성숙도 등)도 수집한다. 국내 해역 어류 개체군의 TAC 계산에 이용되는 CPUE 자료의 수집과정 및 검증, CPUE standardization 등에 관한 문헌이 부재하기에, 그 CPUE 자료가 해당 개체군 모집단의 크기의 상대적인 값을 어느정도 나타내는 지 알 수 없다.

자원평가모델 및 CPUE 자료의 이슈말고도, 환경변화를 반영하는 자원평가노력 역시 부족하다. 기후변화로 수서환경이 변하고 어류의 생물특성(예, 서식하는 어종조성, 어체 성장률 등)이 변하고 있다는 연구보고는 이미 잘 알려져 있으나, 국내 자원평가와 직접 연결하는 연구는 상대적으로 적다. 국립수산과학원 고시 제 2020-15호의 별표 2, “환경자료”가 정보수준 1단계에서 3단계에 포함이 되어 있지만(NIFS, 2020), 어떻게 적용되는지에 대한 기술은 전무하다. 과거에 비해서 최근 점차 어획량이 감소추세에 있는 이유로는, 밀도 의존성 혹은 포식당한 영

향으로 모집단 개체군 개체수의 감소, 또는 경제적 남획으로 인한 어민의 어획량 감소, 등이 가능한 해석일 수 있으나 기후변화의 원인도 한몫한다. 구체적인 예로서, 어류는 저수온에서보다 고수온에서 빨리 성장하나 산란 후 성어의 크기는 더 작다 (temperature-size rule, TSR; Zuo et al., 2012). 국내 연근해 어류도 이런 TSR을 겪는다면, 같은 어획강도(어획노력량 및 어획경제적비용)를 투입할 경우, 최근(따뜻한 해수를 겪은)의 가입당 어획량(yields-per-recruit)이 과거(차가운 해수)의 가입당 어획량보다 더 작아지게 된다. 위에서 언급한 TAC제도의 부작용(예, 어민간 경쟁), 자원평가 모델 자체의 문제 및 이런 환경영향도 종합적으로 고려하여 TAC 추정치의 정확성을 높여야 한다.

제 안

TAC제도 관리면에서

위에서 기술하였듯이, TAC제도를 개방된 해역에서 제한된 어획기간동안에 실행할 경우 어민 간의 비효율적인 경쟁을 초래하고, 정부입장에서도 손실보전금(subsidies)을 어민들에게 지불하여 세금 낭비할 우려가 있다. 우리나라의 경우도 IFQ 및 ITQ 제도의 단점도 고려(위의 “TAC 개념 및 어획쿼터 관리제도” 섹션 참조)하면서, 이런 경제적 남획을 막기 위해서 IFQ, ITQ, TURF, 공개입찰(auction)의 제도를 적용할 필요가 있다.

IFQ 및 ITQ제도를 실행하기 위해서 가장 우선순위는 IFQ를 어떤 기준으로 결정하는지의 문제이다. 재력의 외부인이나 기업에게 어획할당량이 배분되어선 안되고, 해당해역에서 과거 어업에 종사하였거나 현재 어업활동하는 어민들에게 우선적으로 개인별 어획량(IFQ)을 할당해야 한다. 해당해역에서 어업에 종사했던 개별 어민이 소유한 어선으로 어획하였던 과거 기록 및 최근에 어업에 투자한 기록(예, 어선구매), 등의 상황을 토대로 IFQ를 결정하는 것이 순리일 것이다.

저자는 어업관리의 두 가지 원칙을 제안하고, 현재 국내의 수산자원평가의 개선과 기후변화가 수산자원 역학에 미치는 영향을 고려하도록 권고한다. 어업관리는 (i) 공익면에서 “공공재의 비극(the tragedy of the commons) (Hardin, 1968)”을 막을 수 있도록, 그리고 (ii) 어민들이 경제적 손실을 입지 않도록 하는 원칙하에 관리를 해야 한다. 중앙정부나 지방자치체가 모든 어업을 규제할 경우, 어민들은 주인의식 없이 어업자원을 남획하고 수서환경을 해치게 된다. 외국의 경우, 공공재를 지속적으로 활용하기 위해서 민영화(privatization)로 운영하는 경우가 있지만 국내에선 “민영화”, 그 자체에 대한 국민들의 반감이 커서 다른 대안이 필요할 듯하다. 예를 들어, 민영화 대신 해당 수역의 지역 어민 공동체에게만 어획권을 부여하여, 공동체에서 스스로 어업을 관리하게 하는 것도 한 대안일 수 있다. 이런 공동체기반 관리의 효과는 노벨상(2009년 경제학분야) 수상자인 Elinor Ostrom의 연구(Ostrom, 1990)에서도 확인되었다. Ostrom (1990)의 연구대상은 수림(forestry) 자원관리이지

만 어업관리에도 같은 원리가 적용된다. 지역 공동체 스스로 관리하게 하여 성공적인 실례 중 대표적인 경우는 칠레 해안 Juan Fernández Islands의 스파이니 바다가재(spiny lobster *Panulirus interruptus*) 어업관리이다. 이 Juan Fernández Islands는 칠레 본토에서 670 km 떨어진 원거리에 있어서 칠레 본토 주민들의 접근이 어려운 관계로, 이곳 어민들만이 독점적으로 스파이니 바다가재를 어획할 수 있다. 그곳 어민들 스스로 규제(금지체장, 금어시기, 알을 밴 암컷을 잡을 경우 방류해야만 하는 의무 등)를 만들고, 합법적인 어구로는 통발(trap)로만 이용하고 다 이빙 채취는 금지하였다. 이런 공동체 스스로의 관리로 스파이니 바다가재 개체군도 보존하고, 어획으로 높은 경제적 이익도 동시에 누리고 있다. 지역 공동체 어업관리가 성공하려면 다음과 같은 선결조건이 있어야 한다(Hilborn and Hilborn, 2019): (i) 지역 공동체만의 독점적 접근 확보; (ii) 공동체를 이끌 리더십을 구축하고 그 공동체내 구성원 결속력(social cohesion) 확보; (iii) 지역 어민들의 생업에 경제적 지원을 할 만큼 어업대상 생물자원량[모집단 개체수(량)]이 충분히 존재.

TAC 계산면에서

위에서 기술한 이유로 해양수산부가 제시한 어종별 TAC추정치에 회의적이기에 개선방안을 제안한다. 해양수산부, 국립수산과학원의 역할은 미국 해양대기국(US NOAA, 이하 NOAA) 수산청(Fisheries Service) 업무와 비슷하기에, NOAA 수산자원평가 업무와 비교할 경우 몇 가지 차이를 발견한다. NOAA는 The Center of Independent Experts (CIE)라는 제3자 기관에 NOAA기관과 이해관계가 없는 심사자들을 섭외하도록 계약을 맺는데, 그 심사자들은 국적과 관계없이 해당분야에서 높은 수준의 전문가들이다(<https://www.st.nmfs.noaa.gov/science-quality-assurance/cie-peer-reviews/index>). CIE를 통해 선택된 심사자들과 NOAA 내부 수산자원평가 과학자들이 며칠간(3-10일) 대면 심사토론을 거친 후, CIE 심사자들은 평가문서(peer review reports)를 약 한달내로 작성하여 제공한다. 1999년 이후로 현재까지 이런 문서들이 투명하게 공개(<https://www.st.nmfs.noaa.gov/science-quality-assurance/cie-peer-reviews/peer-review-reports>) 된다. NOAA 내부 수산과학자들이 수준이 높음(양질의 publications이 하나의 지수)에도, 이런 외부 전문가로부터 심도높은 심사과정을 꾸준히 받게하여 그들의 자원평가 객관성을 더욱 높이고 있다. 국내 국립수산과학원도 심도있는 외부심사를 통해 수산자원평가의 객관성을 제고할 것을 제안한다.

연근해 자원평가에 핵심자료인 CPUE의 수집과정을 공개하고 필요하면 보정과정(CPUE standardization)을 거쳐 CPUE 자료의 신뢰성을 높여야 한다. 한편, 해양수산부도 저층트롤 서베이를 매년 두번(춘/추계) 내지 세번(춘/하/추계)하고 있어서 매우 고무적이다. 그 자료가 공개된 적이 없기에 구두를 통해 얻은 정보를 근거로 추측하면 최소 15년 이상의 자료가 누적

되어 있는 듯 하다. 자원평가 대상이 저서어류인 경우, 불확실한 CPUE 자료 대신 신뢰도가 높은 서베이 자료를 자원평가에 이용해야만 한다. 또한 주요 개체군만이라도 상업어업과 서베이의 어획물에서 랜덤 표본추출하여 연령사정을 매년, 매년 어렵다면 주기적으로라도 꾸준히 하길 제안한다. 몇몇 문헌(Jung et al., 2021)에서 한국 고등어(chub mackerel *Scomber japonicus*) 개체군의 LAK 연구가 수행되었듯이, 국내 수산과학자들도 연령사정의 중요성을 이미 인지하고 있다. 재정상황이나 인력부족으로 LAK 연구를 매년 수행하기 어렵다면 주기적(예, 2-3년마다)으로라도 수행하여 개체군의 연령조성 역학을 감지해야만 한다. 시간별 연령조성 정보를 모르면 산란어 자원량, 가입 자원량을 정확하게 추론하기가 어렵기 때문이다. 연령조성 정보, survey index, 어획량, 기타 생물정보(성숙률 등) 자료를 함께 종합하여 연령구조모델로 자원평가를 하면 TAC추정치의 신뢰도가 훨씬 향상될 것이고 그에 따라 개체군 생물적 보존뿐만 아니라 어민소득 보장에도 도움이 될 것이다.

끝으로 기후변화의 영향, 즉 환경변화를 수산자원평가에 포함하여 자원량 예보(forecast)도 시도할 필요가 있다. 내년 및 내후년 자원량을 예보할 수 있으면, 내년 및 내후년 TAC 값도 예보가 가능하게 되어 어민들이 근미래의 경영준비를 할 수 있어서 유용하다. 자원량 예보를 매년 실시하여 정부관리자 뿐만 아니라 어업종사자들의 수익에 도움을 주는 실례 중 대표적인 게, 북미 서부 연어 회귀 개체수 예보이다(Fried and Hilborn, 1988; Hyun et al., 2005; ADFG, 2022; Hyun and Cunningham, 2022). 미국 알래스카 주정부는 샷카이연어(sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*)가 모천으로 회귀하기 6개월 전에 회귀할 개체수를 예보하여 일반인에 공개하는데, 이런 회귀개체수 예보치는 특히 연어 가공업체(예, 통조림 공장)가 최적의 가공설비를 미리 정하는데 큰 도움을 준다. 이런 회귀개체수 예보치를 계산할 때, 환경변화 변수도 포함시켜 정확성을 향상시키고 있다(Cunningham et al., 2018).

저자의 이 글이 현행 TAC 관리 및 수산자원평가가 개선되도록 하는 건설적인 논의로 이어지길 바라며, 궁극적으로 연근해 어업자원생물의 보존과 어민들의 소득보장이 이루어졌으면 한다.

사 사

이 논문은 2020학년도 부경대학교 연구년 교원 지원사업에 의하여 연구되었다.

References

- ADFG (Alaska Department of Fish and Game). 2022. 2023 Bristol Bay Sockeye Salmon Forecast. ADFG, Anchorage, U.S.A. Retrived from <https://www.adfg.alaska.gov/static/applications/dcfnewsrelease/1443765652.pdf> on Jan 9, 2023.
- Campbell RA. 2004. CPUE standardisation and the construction of indices of stock abundance in a spatially varying fishery using general linear models. *Fish Res* 70, 209-227. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.08.026>.
- Cunningham CJ, Westley PA and Adkison MD. 2018. Signals of large scale climate drivers, hatchery enhancement, and marine factors in Yukon River Chinook salmon survival revealed with a Bayesian life history model. *Global Change Biol* 24, 4399-4416. <https://doi.org/10.1111/gcb.14315>.
- Fried SM and Hilborn R. 1988. Inseason forecasting of Bristol Bay, Alaska, sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) abundance using Bayesian probability theory. *Can J Fish Aquat Sci* 45, 850-855. <https://doi.org/10.1139/f88-103>.
- Hardin G. 1968. The tragedy of the commons: The population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. *Science* 162, 1243-1248.
- Hilborn R and Walters CJ. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman and Hall, New York, NY, U.S.A.
- Hilborn R. 2011. *Overfishing: What Everyone Needs to Know*. Oxford University Press, New York, NY, U.S.A.
- Hilborn R and Hilborn U. 2019. *Ocean Recovery: A Sustainable Future for Global Fisheries?*. Oxford University Press, New York, NY, U.S.A.
- Hyun S-Y and Cunningham CJ. 2022. A new in-season forecast density of anadromous fish return abundance. *Fish Res* 256, 106467. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106467>.
- Hyun S-Y, Hilborn R, Anderson JJ and Ernst B. 2005. A statistical model for in-season forecasts of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) returns to the Bristol Bay districts of Alaska. *Can J Fish Aquat Sci* 62, 1665-1680. <https://doi.org/10.1139/f05-071>.
- Jejusori. 2021. Angry Jeju fishermen against the TAC policy for the squid fishery. Jejusori, Jeju, Korea. Retrived from <http://www.jejusori.net/news/articleView.html?idxno=325972> on Jan 9, 2023.
- Jung, K, Kim H and Kang S. 2021. A study of growth and age structure for chub mackerel, *Scomber japonicus* caught by a large purse seine in the Korean waters. *Korean J Ichthyol* 33, 64-73.
- Kyungbuk Maeil Shinmun. 2020. Squid on the coast of Uleung Island are at extinction risk: From Chinese fishing and trawling to nearshore gillnet fishery. *Kyungbuk Maeil Shinmun*, Pohang, Korea. Retrived from <https://www.kbmaeil.com/news/articleView.html?idxno=864790> on Jan 9, 2023.
- MOF (Ministry of Ocean and Fisheries). 2019. MOF radically reforms the fishery management. Marine Policy Division, Sejong, Korea. Retrived from <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156317098> on Jan 9, 2023.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2020. Fish stock assessments: methods and contents. <https://www.law.go.kr/LSW/admRulLsInfoP.do?chrClsCd=&admRulSeq=21000>

00196810#J2147065 on Jan 9, 2023.

- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2007. Magnus-stevens fishery conservation and management act. US Department of Commerce, Washington D.C., U.S.A. Retrieved from <https://www.fisheries.noaa.gov/resource/document/magnuson-stevens-fishery-conservation-and-management-act> on Jan 9, 2023.
- Ostrom E. 1990. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull Fish Res Board Can* 191,1-382.
- Rothschild BJ and Jiao Y. 2013. Comparison between maximum sustained yield proxies and maximum sustained yield. *Open Fish Sci J* 6, 1-9. <https://doi.org/10.2174/1874401X01306010001>.
- Zuo W, Moses ME, West GB, Hou C and Brown JH. 2012. A general model for effects of temperature on ectotherm ontogenetic growth and development. *Proc Royal Soc B Biol Sci* 279, 1840-1846. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.2000>.