

한국과 주요 선진 어업관리국의 TAC제도 운영에 관한 비교연구

김장근 · 박두현¹ · 윤분도² · 이도경^{1*}

지속가능어업자문연구센타, ¹오션아웃컴즈, ²국립수산과학관

A Comparative Study on the Operation of TAC Systems in Korea and Major Advanced Fisheries Management Nations

Zang Geun Kim, Doohyun Park¹, BunDo Yoon² and Dokyong Lee^{1*}

Consulting and Research Center for Sustainable Fisheries, Busan 48050, Republic of Korea

¹Ocean Outcomes, Busan 48513, Republic of Korea

²Fisheries Science Museum, Busan 46083, Republic of Korea

This study examines Korea's Total Allowable Catch (TAC) system using the "TAC machine" conceptual framework, a cybernetic loop involving data collection, stock assessment, scientific advice, policy decision-making and implementation. Building on this conceptual foundation, the study compares Korea's TAC system with those of the U.S., Australia, and Japan to analyze how boundary objects, boundary organizations, and standardized packages facilitate co-production among scientists, policymakers, and stakeholders. While Korea has introduced the institutional components of TAC machines, the system has failed to operate as an integrated governance structure. Major limitations include the limited availability and quality of data, which have resulted in lower-tier stock assessments; the absence of legally established boundary organizations to mediate between science and policy, and the lack of standardized fisheries management plans (FMPs). Drawing on international best practices, this study recommends the following institutional reforms to ensure functional coherence and overall sustainability of Korean fisheries through a more coherent and functional TAC system: building an internationally standardized data collection framework, implementation of precautionary buffers within the tier system, legal establishment of boundary organization, full adoption of FMPs, including HCR and MCS strategies, and integration of fisheries-related laws.

Keywords: TAC machine, Boundary objects, Boundary organizations, Co-production, Sustainable fisheries

서 론

총허용어획량(total allowable catch, TAC) 제도는 20세기 중반 어업의 산업화, 자원 남획, 업종 간 갈등의 심화로 인한 기존의 투입 규제의 한계를 보완하기 위해 발전해온 과학 기반의 정부 주도형 자원관리체계이다(Johnsen et al., 2009). 자원평가를 기반으로 한 TAC 설정은 1969년 북서대서양수산위원회(International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries)에서 처음 시도되었다. 초기에는 단위노력당어획량(catch per unit effort, CPUE) 지수나 Beverton-Holt 생산모델이 활용되었다(Beverton and Holt, 1957; Anderson, 1998). 그러나 과학적 불확실성과 관리 목표 간의 충돌로 인해 정책적 합의

도출에 있어 과학과 정책 간의 경계는 자주 논란의 대상이 되었다. 반면, 1972년 도입된 연령구조 기반의 자원평가 기법인 가상개체군분석(virtual population analysis, VPA)은 실제 어획정보로 연령별 자원량과 어획량 예측을 제공함으로써, 과학과 정책 간의 조율을 촉진하였고, 이후 TAC 제도는 VPA 기반 자원평가와 결합되어 제도화되었다(Nielsen and Holm, 2008). 이러한 제도는 과학, 정책, 이해관계자(어업인 등) 간의 상호작용 속에서 협업적 공동생산(co-production)을 통해 발전해왔으며, UN해양법협약(United Nations Convention on the Law of the Sea; UN, 1982), UN어족자원협정(United Nations Fish Stock Agreement, UNFSA; UN, 1995), FAO 책임있는수산업 강령(FAO code of conduct for responsible fisheries, CCRF;

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5950 Fax: +82. 51. 629. 5953

E-mail address: dokyong@oceanoutcomes.org

 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.2025.0790>

Korean J Fish Aquat Sci 58(6), 790-804, December 2025

Received 29 July 2025; Revised 2 September 2025; Accepted 24 September 2025

저자 직위: 김장근(대표), 박두현(선임매니저), 윤분도(관장), 이도경(담당관)

FAO, 1995) 등 주요 국제 규범에 반영되면서 전 세계로 확산되었다. 한국에서는 1996년 수산자원보호령 개정을 통해 TAC 제도의 법적 근거를 마련하였고, 1999년부터 일부 어종과 업종을 중심으로 점진적으로 도입하였다. 또한 제도의 원활한 시행을 위해 근본적인 조건과 개선사항에 관한 연구도 수행하였다 (Lee, 1999; Zhang and Lee, 2001; Zhang and Marasco, 2003; Ryu et al., 2005). 그러나, 최근 연근해 수산자원의 지속적인 감소, 자료 수집과 자원평가, TAC 설정 과정에 대한 신뢰 부족, 어업인의 낮은 수용성, 할당된 쿼터의 소진률 저조, 이행 및 모니터링 체계의 미흡 등 구조적 문제가 지속적으로 지적되고 있다(Lee and Park, 2019; Lee et al., 2019; Kwon et al., 2020; Hyun, 2023).

본 연구는 이러한 구조적 문제를 분석하기 위한 개념적 틀로서 TAC machine을 적용하고자 한다. TAC machine은 자료수집, 자원평가, 과학자문, 정책결정 및 이행으로 구성된 TAC 제도의 단계적 절차를 하나의 사이버네틱 시스템(cyber- netic system)으로 은유화한 개념이다(Nielsen and Holm, 2008; Johnsen et al., 2009). 각 단계는 상호 연계된 피드백 구조 속에서 경계객체(boundary object; Star and Griesemer, 1989), 경계 조직(boundary organization; Guston, 2001)과 표준화된 패키지(standardized package; Jasianoff, 1998)와 같은 요소들을 매개체로 과학과 정책, 이해관계자 간의 정보 교환과 협력을 가능하게 하여 TAC를 최종적으로 만들어낸다. TAC machine은 궁극적으로 TAC를 통해 어획사망률(F)을 통제하고, F는 산란자원량(spawning stock biomass, SSB)의 수준을 조절하며, SSB는 다시 향후 이용 가능한 자원으로 편입되는 가입량(recruitment, 어획집단에 합류하는 어린 물고기 개체수)에 영향을 주는 생태학적 피드백 루프를 통해 자원의 지속가능성을 제도적으로 생산한다(Nielsen and Holm, 2008). 이 TAC는 실제 어획 정보(어획량, 어획노력량, 생물학적 측정 등)를 사용한 자원 평가 결과를 바탕으로 자원평가 결과를 기반으로 이해관계자의 논의를 거쳐 확정되지만, 자원평가 결과에 대한 신뢰성은 데이터의 가용성과 품질에 의해 크게 좌우된다. 이러한 신뢰성을 확보하기 위해 자료수집, 자원평가 및 과학자문 단계는 ‘모드 2 과학(mode 2 science; Gibbons et al., 1994; Nowotny et al., 2001)’, 즉 문제 지향적이고 맥락 의존적이며 다분야적 협업 속에서 생산되는 지식과 ‘포스트-노멀 과학(post-normal science,

PNS; Funtowicz and Ravetz, 1993)’, 즉 불확실성과 가치갈등이 큰 상황에서 사회적 합의를 지원하는 과학의 성격을 지니며, 이러한 맥락때문에 국제 규범(FAO, 1995; UN, 1995)에 의해 법적으로 규정된 ‘법정과학(mandated science)’으로 제도화되었다(Guston, 2001).

재료 및 방법

이론적 분석틀(Theoretical framework)

TAC machine은 과학, 정책, 어업 현장의 다양한 행위자들이 상호작용하며 자원을 관리하는 구조적·제도적 체계를 설명하기 위한 분석틀이다. 이 분석틀은 과학기술학(science and technology studies)과 행위자-네트워크 이론(actor-network theory)의 관점에서 구성되었으며, 자료수집, 자원평가, 과학자문, 정책결정 및 이행으로 구성된 관리 전 단계에서 경계객체, 경계조직, 표준화된 패키지 간의 상호작용을 통해, 과학 지식과 정책 실천이 공동으로 생산(co-production)되는 과정을 해석한다(Jasanoff, 1998; Guston, 2001; Nielsen and Holm, 2008).

또한, 이 분석 틀은 ‘모드 2 과학’과 ‘포스트-노멀 과학’의 이론적 인식과도 접점을 가진다. 이러한 과학의 사회적 성격은 TAC machine이 작동하는 구조, 즉 경계객체, 경계조직, 표준화된 패키지 간의 상호작용을 이해하는 데 보완적인 이론적 기반을 제공한다.

경계객체(Boundary object)

Star and Griesemer (1989)는 경계객체를 서로 다른 행위자들이 각자의 해석과 목적에 따라 활용하면서도 공동의 목표를 위해 협력할 수 있게 하는 유연한 중재 도구로 정의하였다. 이러한 경계객체는 과학과 정책, 그리고 현장 이해관계자 사이에서 협업 생산의 핵심 메커니즘이며, 특정 사회적·제도적 맥락에서 제기능을 수행하기 위해 반복적으로 조율된다(Jasanoff, 1998).

본 연구에서는 어업자원 관리의 각 단계 ①자료수집 및 검증 ②자원평가 ③과학자문 ④정책결정 ⑤이행에서 작동하는 주요 경계객체들(Table 1)을 식별하고 국가별 운영을 비교하였다.

경계조직(Boundary organization)

Guston (2001)은 경계조직을 과학과 정책의 경계에서 작동하며, 중립성과 책무성을 동시에 확보하는 조직으로 정의하였

Table 1. Stage-specific boundary objects in TAC machine

Stage	Boundary object
Data collection	Logbook, observer program, E-monitoring (EM), VMS, data verification system
Stock assessment	Tier system, stock assessment models
Scientific advice	Tier system, allowable biological catch (ABC), harvest control rule (HCR), management strategy evaluation (MSE)
Decision-making	TAC, fisheries management plan (FMP)
Monitoring, control and surveillance (MCS)	IQ/ITQ, logbook, observer program, EM, VMS, etc.

다. 이러한 조직은 과학자와 정책결정자 모두에게 상호 책임성을 지니며, 과학 지식을 정책적 요구에 부합하는 형태로 번역하는 기능을 수행한다. 예를 들어, 미국 지역어업관리위원회(Regional Fishery Management Council, RFMC) 산하 과학통계위원회(Scientific and Statistical Committee, SSC)와 자문패널(advisory panel, AP), 호주의 어업자원관리청(Australian Fisheries Management Authority, AFMA) 산하 자원평가그룹(Resource Assessment Groups, RAGs)과 관리자문위원회(Management Advisory Committee, MAC), 그리고 국제해양탐사위원회(International Council for the Exploration of the Sea, ICES)의 관리자문위원회(Advisory Committee on Management) 그리고 일본의 수산연구교육기구의 생물학적허용어획량(allowable biological catch, ABC) 작업반과 자원관리위원회(Resource Management Committee, RMC) 등은 경제조직의 대표적 사례로, 자원평가 결과를 검토·승인하고 이를 관리당국의 의사결정에 활용 가능한 형태로 번역하는 역할을 한다.

이러한 조직은 정책결정자에게는 신뢰할 수 있고 일관된 과학적 자문을 제공할 책임이 있으며, 동시에 자원평가 과학자들에게는 평가의 기술적 검토와 피드백 결과를 제공할 책임을 가지며, 과학적 신뢰성과 정책적 실행 가능성을 높이는 표준화된 패키지를 만드는 역할을 한다(Cash et al., 2003).

표준화된 패키지(Standardized package)

Fujimura (1992)는 표준화된 패키지를 다양한 행위자들이 공동의 목표를 달성하기 위해 사용할 수 있는 규칙, 지침, 알고리즘, 도구, 지식의 묶음으로 정의하였다. 이러한 표준화된 패키지는 과학자, 관리자, 어업인 등 서로 다른 이해관계자가 동일한 기준과 언어로 소통하고 협업할 수 있도록 공통 플랫폼을 제공한다. 어획일지(logbook, 로그북) 양식, 옵서버 프로그램과 전자모니터링(E-monitoring, EM)의 최소사양, 자료 검증 시스템, 어획통제규칙(harvest control rule, HCR) 기준, 어업관리계획(fisheries management plan, FMP) 표준 및 모니터링·통제·감시(monitoring, control and surveillance, MCS) 매뉴얼 등이 모두 표준화된 패키지에 해당한다. 이들은 자료 수집, 자원평가, 의사결정, 이행 및 감시의 각 단계에서 일관된 실행과 협업을 가능하게 한다.

분석

본 연구는 TAC machine의 작동 원리를 분석 틀로 삼아, 주요 어업국의 어업자원관리 체계에서 경계객체, 경계조직, 표준화된 패키지가 실질적으로 어떻게 제도화되어 작동하는지를 비교·분석하였다. 분석 대상 국가는 미국, 호주, 일본, 한국으로, TAC 제도의 선도적 발전 사례(미국, 호주)와 최근 제도 개선을 추진하고 있는 대표 사례(일본, 한국)로 선정하였다.

분석은 TAC machine을 구성하는 다섯 가지 단계, 즉 ①자료수집 ②자원평가 ③과학자문 ④정책결정 ⑤이행 및 각 단계의 원활한 작동을 뒷받침하는 ⑥법·제도적 체제를 대상으로 하

였다.

자료수집은 각국의 어업자원관리 담당 기관의 공식 웹사이트에 공개된 문서와 자료를 활용하였다. 구체적으로, 미국은 해양대기청의 어업국(National Oceanic and Atmospheric Administration; <https://www.fisheries.noaa.gov/>), 호주는 AFMA (<https://www.afma.gov.au/>), 일본은 수산청(Fisheries Agency; <https://www.jfa.maff.go.jp/e/index.html>), 한국은 해양수산부(Ministry of Oceans and Fisheries; <https://www.mof.go.kr/index.do>), 그리고 ICES (EU 회원국 평가의 참조 사례, <https://www.ices.dk/Pages/default.aspx>)의 자료를 활용하였다.

결 과

TAC machine 개념을 토대로 어업자원 관리의 절차적 단계(자료수집, 자원평가, 과학자문, 정책결정, 이행) 및 단계별 법체제에 관하여 미국, 호주, 일본, 한국을 대상으로 비교·분석하였다.

자료 수집(Data collection)

TAC machine의 자료수집 단계에는 로그북과 어업생산량통계 및 자료검증 시스템이 핵심 경계객체다. 옵서버 프로그램과 EM, 선박위치추적장치(vessel monitoring system, VMS), 양륙보고서, 위판 및 판매실적 그리고 시험선 조사 등은 이들의 신뢰성과 정확도를 보장하기 위한 필요 조건인 경계객체이다. 자료수집의 표준화된 패키지는 이들 경계객체들의 운용 매뉴얼과 지침들이다(Fujimura, 1992; Nielsen and Holm, 2008). 로그북은 어획활동기록(어종별 어획량, 노력량, 체장 등)의 초본으로, 어업인에게는 어획 사실과 준수의 증빙자료, 과학자에게는 자원평가에 필수적인 자료, 관리자에게는 정책 시행의 피드백 자료 그리고 NGO에게는 감사(audit) 자료이다. 자료의 정확도와 시기 적절성(accurate and timely provision of data)은 자원평가 등급체계로 연결되어 TAC machine에 영향을 미친다.

미국

미국은 매그너슨-스티븐스 어업자원보존관리법(Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act, MSA; United States Congress, 1976)과 자료품질법(Data Quality Act)에 따라, 과학 기반의 자원평가 체계와 책임있는 자원관리를 목표로, FMP 중심의 다중 자료수집 체계를 발전시켜 왔다(NMFS, 2011; Coakley, 2017). 상업어선의 조업활동에서 수집되는 로그북을 중심으로, 양륙보고(landing reports)와 거래보고(dealer reports), 옵서버 프로그램과 전자모니터링(VMS, EM) 등을 상호 보완적으로 활용해 왔다(NMFS, 2020; Benaka, 2024). 게다가 상업어업 자료의 한계(자료 누락, 선택성 등)를 보완하기 위한 시험어획조사(survey-based sampling)의 빈도도 높다(Methot and Wetzel, 2013). 자료 수집은 NOAA의 어업국(National Marine Fisheries Service, NMFS) 통계과

(statistics division)와 NOAA의 지역수산과학센터(Regional Fisheries Science Centers, RFSCs)의 통계과(statistics division)가 협력하며, 수집된 데이터는 NMFS 통계과(statistics division)에 의해 통합·검증된다. 검정은 다단계 품질보증(quality assurance)/품질관리(quality control) 체계에 따라, 로그북-옵서버-거래 기록을 교차 검정하며, 과학적 품질 검정은 RFSCs가, 법적·행정적 준수 여부는 NMFS가 관리한다(NMFS, 2020; NOAA OLE, 2022). 규정을 위반한 경우, 위반 정도에 따라 민·형사상 처벌 및 면허(허가) 정지 등 강력한 제재를 부과한다(United States Congress, 1976).

호주

호주는 어업자원관리법(Fisheries Management Act; Parliament of Australia, 1991), 환경보호 및 생물다양성보존법(Environment Protection and Biodiversity Conservation Act; Parliament of Australia, 1999) 등에 따라 배타적 경제 수역(exclusive economic zone, EEZ) 내 상업어업의 어획자료 수집과 검증 통계 생산 체계를 구축하고 있다(ABARES, 2023; AFMA, 2023). AFMA는 상업어선 로그북제도, 옵서버프로그램, EM 프로그램을 운영한다. 어업인은 배부 받은 로그북에 어종별 어획량, 노력량, 위치를 기록해서 제출한다. EM 프로그램은 영상·센서 데이터를 활용해 로그북의 정확성을 검증하고, 보호종(endangered, threatened, protected species, ETP)과의 상호작용(interaction)도 기록한다. 또한, 조업선에 옵서버가 승선하여 어종별 계수, 어획물 폐기, ETP와의 상호작용을 추가로 기록한다(AFMA, 2024; Emery et al., 2019). 어업관리청은 이렇게 수집된 자료를 정제 및 검증 후 요약 통계를 작성하며 어업보고서로 공표한다. 호주의 농림수산부(Department of Agriculture, Fisheries and Forestry) 산하의 농업자원경제과학원(Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences)은 어업관리청과 각 주 수산부서의 공표통계를 통합해 국가 단위의 공식 어획·생산 통계를 발표한다(ABARES, 2023).

일본

일본은 어업법(Government of Japan, 1949), 통계법(Government of Japan, 2007), 그리고 농림성령 제 65호의 해면어업 생산통계조사규칙(Government of Japan, 1952)에 따라, 수산청과 수산연구교육기구(Fisheries Research and Education Agency, FRA)를 중심으로 어획통계를 수집·검증하고 있다. 1963년부터 근해 대형어업(대형선망, 저층트롤 등)에 대해 로그북 제도를 운영해왔으며, 2018년 어업법 개정 이후에는 과학기반 자원관리 강화를 위해 연안어업까지 포함하는 ‘어업현장통합자료수집체계’를 구축하고 있다(FA, 2022, 2024).

전통적으로 어업자는 조업결과를 수협에 제출하고, 수협은 이를 일본어업정보서비스센터(Japan Fisheries Information Service Center)에 전산 입력 후, 수산청과 FRA로 전달하는 체제

를 운영해왔다. 그러나 최근에는 허가권자인 수산청 또는 지방자치단체와 FRA로 직접 보고하는 체제로 단계적 전환이 이루어지고 있다. 자료 검증은 2018년 신설된 수산청 자원관리부의 어획감리관이 총괄하며, 전자어획일지(e-logbook), 어업인 협력 조사, 시장(거래)자료, 조사선 조사 등 다중 출처 데이터를 활용하며, 행정기관, 연구기관, 어업인이 공동으로 참여하는 체계적 조사·평가 시스템을 통해 수행된다. 어획감리관은 이상치 발견 시 현장실사도 실시한다. 이와 같이 통합 및 검정된 자료는 해면어업생산통계로 수산청이 공표한다((FA, 2019, 2021, 2022)).

한국

한국의 어업통계자료 수집은 수산업법(Republic of Korea, 1953), 수산자원관리법(Republic of Korea, 2010), 통계법(Republic of Korea, 1970)에 따라, 해양수산부, 국립수산과학원(National Institute of Fisheries Science), 한국수산자원공단(Korea Fisheries Resources Agency), 수협중앙회 어선안전조업본부, 지역 수협 및 통계청 등 다양한 기관이 관여한다. 「수산업법 시행규칙」 제91조(조업상황 등의 보고), 「연근해어업의 조업상황 등의 보고에 관한 고시」에 따라, 어업 허가를 받은 자는 조업상황 보고서(로그북)를 수협을 통해 제출하거나, 일부는 무선통신 시스템을 이용해 어선안전조업본부에 실시간으로 보고하고 있다. 어선안전조업본부는 이렇게 보고된 자료를 취합하여 해양수산부에 제출한다.

한편, 통계청은 위판장 상장정보를 기반으로 국가 공식 어획량 통계를 생산한다(Statistics Korea, 2000). 로그북은 모든 어업에 동일한 포맷으로 중량이 많은 것 순으로 상위 10종만 기록하기 때문에, 어구별 노력량 특성과 관련 종에 대한 기록에는 한계가 있다(수산업법 시행규칙 별지 제80, 81호서식). 또한, 연근해어업생산량통계는 어획량 상위 50종 중 절반이 ‘류’로 집계되고 있다. TAC 대상 어종의 경우, 한국수산자원공단이 위판장을 중심으로 표본조사를 수행하며, 국립수산과학원은 조사선을 이용한 해역별 자원조사와 생물학적 샘플링을 통해 자료를 확보한다.

자원평가(Stock assessment)

TAC machine의 두 번째 단계인 자원평가는 자원평가 모델과 자료의 가용성 및 질적 수준에 따른 자원평가 등급체계가 중요한 경계액체 역할을 한다(Nielsen and Holm, 2008). 자원평가 모델은 자원, 어획 및 기술을 관리 가능하도록 표현하는 도구(Methot and Wetzel, 2013)이다. 등급체계는 자료 수준의 불균등과 자원평가 모델로 인한 표현의 불확실성으로 발생하는 평가의 위험을 등급화하여, 등급별 예방적 접근의 강도를 차별화함으로써, 자료가 부족한 자원도 관리체계에 포함될 수 있도록 한다(Restrepo et al., 1998; DAWR, 2018).

미국

미국은 1996년 지속가능어업법(Sustainable Fisheries Act) 개

정 이후, 자원평가의 과학적 정합성과 정책결정의 예측가능성을 높이기 위해, 등급체계를 중심으로 한 자원평가 체계를 발전시켜왔다(Goodman et al., 2002; NMFS, 2024). 등급체계는 베링해 및 알류샨열도(Bering Sea and Aleutian Islands, BSAI)와 알래스카만 저어류의 FMP 개정(Amendment 44/44; 1996년 6월)에서 처음 정의되었으며, 개정 56/56 (Amendment 56/56; 1998년 6월)에서 과도어획제한량(overfishing limit, OFL)의 정의와 함께 공식적으로 적용되었다(Goodman et al., 2002). 이후 1999년 북태평양어업관리위원회(North Pacific Fishery Management Council, NPFMC)의 자원평가 보고서에서 Tier 등급(1~6)이 처음으로 활용되었으며, 각 등급별 HCR을 내장하도록 설계되었다. 이후 2009년 국가표준(national standard 1) 개정으로 등급별 통계적 예방적 감산계수(P)가 확립되어 연방차원의 표준으로 정착하였고(NMFS, 2009), 2016년 개정에서는 생태계 기반 접근(ecosystem approach to fisheries management, EAFM)과 관리 유연성이 추가로 강조되었다(NMFS, 2016).

자원평가는 RFMC의 FMP에 따라 수행되며, 수산과학센터(Science Center)에 소속된 평가 책임자가(assessment author)가 어종별 자원평가 초안을 작성하고, RFMC의 자원평가 계획팀(plan team)이 이를 검토하여 자원평가 및 어업평가 보고서(stock assessment and fisheries evaluation report, SAFE report)로 통합한다. BSAI 자원평가 및 어업평가 보고서(BSAI SAFE report)의 동부 베링해(Eastern Bering Sea) 명태 자원평가를 예로 들면, 총 7개의 후보 모델이 적용되었으며, 이들은 모델가정과 관측오차, 선택성 구조, 연령추정 오차, 조사자료 처리방식 등에서 차이를 보였다. 각 모델은 음의 로그우도(negative log-likelihood), 추정된 MSY수준의 자원량(B_{MSY}) 및 변동계수(coefficient of variation) 등의 지표를 바탕으로 비교되었으며, 최종적으로 적합도와 생물학적 타당성이 가장 높은 모델이 선정되었다. 해당 자원은 B_{MSY} 와 MSY수준의 어획사망률(fishing mortality at maximum sustainable yield, F_{MSY})을 신뢰성 있게 추정할 수 있으므로 Tier 1으로 분류되었고, 이 기준점을 바탕으로 연도별 ABC와 OFL이 산정되었다. SAFE 보고서에는 Tier 분류 사유, 모델선택 근거, 기준점 신뢰성 검토 결과 등이 모두 상세히 문서화되어 있어, 자문과 정책결정 과정에서 투명성과 재현성을 보장하는 중요한 과학적 기초자료로 기능한다(NPFMC, 2020).

호주

호주의 자료수준에 따른 자원평가 등급체계는 2007년 연방어획전략정책(commonwealth harvest strategy policy, HSP)을 통해 공식적으로 도입되었다(Australian Government, 2007). 이후 2018년 개정판에서는 EAFM과 자원·어업 특성별 맞춤형 관리전략을 강화하였다(AFMA, 2018). Tier 체계는 자료가 풍부하여 MSY 참고점을 추정할 수 있는 자원(Tier 1-3)과, 상대적으로 자료가 부족해 지표(biomass index)에 의존하는 자원

(Tier 4)으로 구분된다. 각 등급별 기본 예방적 감산계수(default buffer, 0.5–0.9 범위)가 적용되지만, 관리전략평가(management strategy evaluation, MSE)를 통해 해당 어획전략(harvest strategy)이 검증된 경우에는 예방적 감산계수를 적용하지 않도록 규정되어 있다.

자원평가는 주로 연방정부 산하 과학연구기관인 CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization)와 농업·자원경제과학원을 중심으로 수행되며, 학계 및 민간연구기관 전문가들이 참여한다(AFMA, 2018). 각 평가자는 자신이 분석한, ①자원에 적용된 평가모델과 등급 분류, ②사용된 자료의 특성과 품질, ③자원상태의 추정치(B/B_{MSY} , F/F_{MSY}), ④HCR에 따른 TAC 시나리오별 어획량 추정 결과, ⑤민감도 분석과 불확실성 진단, ⑥향후 자료수집 및 연구 권고안 등을 포함한 자원평가보고서(stock assessment report 또는 SAFE report)를 작성한다(SERAG, 2023). 이러한 보고서는 과학자문기구인 RAGs에 제출된다.

일본

일본은 미국과 호주의 등급체계와는 달리, 자료 수준에 따라 1A, 1B, 1C, 2계 자원군으로 구분하며, 각 자원군별 FRA매뉴얼에서 권장하는 평가모델[연령구조모델, 산란잠재비율 대용치(SPR proxy), 생산량모델 등]을 적용한다(Okamura et al., 2020). 자원평가는 수산청의 위탁을 받아 FRA 산하 수산자원연구소(Fisheries Resources Institute)가 수행한다. 자원평가자들은 ①수집된 어획자료 및 생물학적 자료를 ‘신뢰성, 정확성, 정합성’ 세 가지 기준으로 검토하고, ②어란·치어 조사 자료, 체계적인 시험선조사에 의한 CPUE 등 어업독립적 자원지수를 이용하여 어업종속적 자료의 불확실성을 보완한다. 이어서 ③ 재생산 함수와 생물학적 기준치(SB_{MSY} , SB_{target} 등)를 근거로 어획관리 기준점을 설정하고, 이를 바탕으로 ABC를 산출하는 자원평가 보고서를 작성한다(Okamura et al., 2020). 이 보고서는 수산청과 과학자문 조직인 ABC 워킹그룹에 제출되기 전, 과학적 타당성과 관리에 관한 의사결정과의 연계성을 확보하기 위해 독립 전문가 검토(peer review)를 거치며, 이 과정에는 NOAA 과학자를 포함한 국내외 전문가들이 참여한다(FRA, 2023).

한국

한국의 등급체계는 2000년대 초 연근해어업 자원평가 및 관리에 대한 새로운 접근법으로 제안되었으며, 자료의 수준별 적용사례와 개선방안 등이 보고된 바 있다(Zhang and Lee, 2001; Zhang and Marasco, 2003; Sohn et al., 2013). 이를 바탕으로 2018년 국립수산과학원 고시(제2018-2호, 현행 제2020-15호) 「수산자원의 정밀조사·평가의 방법 및 내용」에서 정보수준에 따른 1~5 등급의 평가체계를 규정하였다. 등급 1~3은 연령 기반(age-based), 등급 4는 CPUE 기반 그리고 등급 5는 어획량 기반으로 구분하여 ABC를 산출하도록 하고 있다. 이 등

급체계는 미국처럼 HCR를 내장하고 있으며, 자원량은 임계치 ($\alpha=0.05$)에 근접함에 따라 자원량에 비례하여 통해 자원량 비례하여 F_{ABC} 가 선형으로 감소한다. 자원량이 임계치에 접근하면 어획사망계수(F)가 0으로 설정되어 조업이 중단되는 예방적 장치이다. 다만, 미국과 호주의 등급체계와는 달리 등급별 예방적 감산계수(P-factor)는 포함되어 있지 않다. 자원평가는 국립 수산과학원 자원평가 그룹이 수행하며, 그 결과는 자원평가 보고서로 작성된다.

과학자문(Scientific advice)

TAC machine의 세 번째 단계인 과학자문은 과학과 정책 간의 연결과 소통에 의한 협업적 공동생산의 단계이다. 과학자문은 정치적 정당성 확보, 과학적 불확실성 관리, 과학-정책간 경계의 유지, 법정과학(mandated science)의 준수, 즉 과학기반 어업자원관리의 특징적인 단계이다. 이는 1970년대 후반부터 EU의 ICES와 미국의 RFMC의 SSC에서 비롯되었으며, 불확실성에 대한 예방적 접근 관리를 국제법화한 UNFSA (UN, 1995) 발효 이후 국가들에게 의무화되었다. 이러한 과학자문을 담당하는 장치가 경계조직(boundary organization)이며, 과학 및 정책 자문기구들이 이러한 기능을 한다(Guston, 2001; Zhang and Marasco, 2003; Nielsen and Holm, 2008). 경계조직은 TAC machine의 전 단계에 걸쳐 경계 객체들이 작동할 수 있도록 검토 및 승인하며, 필요한 새로운 경계 객체와 표준화된 패키지를 마련하는 등 과학과 정책의 경계를 왕래하면서 협업적 공동생산을 용이하게 하는 촉진자이다.

과학자문 단계의 경계 객체는 등급체계, HCR과 MSE이다. 등급체계는 자료 수준별 자원평가 지침이며, HCR은 자원평가 결과를 어획규칙으로 전환하며, 관리자, 어업자와 이해관계자가 사전에 합의한 중장기 자원 관리목표 달성을 자원회복 알고리즘이다. 또한 HCR은 생태계 접근법과 기후변화의 영향을 어업자원 관리 프레임으로 도입하는 메커니즘이다(Kvamsdal et al., 2016; Holsman et al., 2020; Free et al., 2022). MSE는 관리목표 대비 HCR 성능을 평가하는 모의시험 플랫폼이다(Restrepo et al., 1998; Punt et al., 2016; NPFMC, 2020).

미국

미국의 과학자문 단계는 RFMC 산하의 SSC와 AP로 구성되며, 이들은 각각 과학과 정책적 경계조직으로 기능한다. SSC는 어업법에 따라 법적으로 설치된 공식 자문기구로서, 과학적 근거에 기반한 정책결정을 지원하는 핵심적인 경계조직이다 (Guston, 2001; Goodman et al., 2002).

SSC는 자원평가 계획팀이 작성한 SAFE 보고서(SSB, F, MSY 등)를 검토하고, 평가 자료의 수준과 신뢰도에 따라 등급체계를 확정하며, HCR을 적용하여 ABC를 산정한다(Restrepo et al., 1998; Methot and Wetzel, 2013; NPFMC, 2020). 반면, AP는 SSC가 설정한 ABC와 기준점에 대해 사회·경제적 운용 가능성을 검토하고, TAC 수치, 계절·지역적 규제 등 구체적인

관리수단에 대해 자문한다(Goodman et al., 2002; NPFMC, 2020).

호주

AFMA 산하의 RAGs와 어업관리 자문위원회(MACs)는 TAC machine에서 경계조직으로 기능한다. RAGs는 연구기관, 주 정부 연구소, 대학, NGO, 민간 전문가 등 다양한 과학자들로 구성되며, 어획전략체계(harvest strategy framework) 운영의 핵심 기구로서 어종별 자원평가보고서를 검토하고, 자원 상태 및 기준점(B_{MEY} , F_{MEY} 등)을 승인하며 HCR과 MSE를 통하여 어종별 생물학적 허용 어획량(recommended biological catch)을 확정해 수산자원관리청에 권고한다(Punt et al., 2016; AFMA, 2018). MSE는 어획전략체계에서 HCR의 설계 및 검증의 필수 수단이다.

MACs는 자원평가 그룹의 과학적 권고를 바탕으로 사회·경제적 영향, 운용 가능성, 관리 현장 수용성을 종합 검토하여 TAC 옵션과 최종 관리조치 권고안을 확정한다. RAGs와 MACs의 구성원은 엄격한 투명성 및 이해상충 관리 기준을 적용 받으며, 회의록과 등록부를 공개해 독립성과 신뢰성을 보장한다 (AFMA, 2020).

일본

일본은 과학자문 단계에서는 FRA 산하의 ABC 워킹그룹이 과학자문, 그리고 FRA 산하의 RMC와 수산정책심의회 자원관리분과위원회가 정책자문을 수행한다. 먼저, FRA-ABC 워킹그룹은 과학적 자원평가 결과를 바탕으로 자원의 상태에 따라 ABC_{target} 또는 ABC_{rec} 를 산출한다. 이어서 FRA-RMC는 이 ABC 값을 기반으로, HCR과 예방적 감산계수 β 시나리오별 시뮬레이션에 따라 복수의 TAC 옵션을 작성한다. 이 과정에서 경제성, 어업 영향, 불확실성 등 사회경제적 요소를 검토하는데, 이는 과학적 분석을 정책적 고려와 결합하는 중간적 경계조직(hybrid boundary organisation)으로서 특징을 보여준다 (Okamura et al., 2020). 마지막으로 수산정책심의회 자원관리분과위원회는 FRA가 제출한 TAC 후보안을 대상으로 사회·경제적 영향, 운용 가능성, 이해관계자 의견을 종합 검토하여 최종 TAC 설정을 위한 정책자문을 제공하고, 이를 TAC 설정회의에 제출한다(MAFF, 2020; FRA, 2023).

한국

한국의 TAC machine에서 과학자문은 법정 연구기관인 국립수산과학원의 내부규정에 따라, TAC 워킹그룹과 TAC 전문위원회가 수행하고 있다(수산자원관리법 시행령 50조1항). TAC 워킹그룹은 외부 전문가, 관계 부처, 연구자들의 의견을 수렴하여 자원평가의 방법론과 추정된 ABC의 적절성을 검토하는 과학적 검증 단계이다. TAC 전문위원회는 국립수산과학원 연구자와 외부의 자원평가 전문가들이 참여하는 공식 회의 체로, 과학적 검토와 정책결정 간의 중간 매개자 역할을 수행한다는 점에서 경계조직으로 기능한다고 볼 수 있다(Guston,

2001; Nielsen and Holm, 2008). 이 위원회는 연근해 어종의 자원평가 결과와 ABC 산정치를 심의하며, 2024년 기준, 15개 주요 어종 및 시범 대상 어종에 대해 자원평가 결과를 기반으로 한 ABC 산정(안)을 확정하였다(NIFS, 2024).

정책결정(Decision making)

TAC machine의 네 번째 단계인 정책결정은, 과학자문조직이 제시한 ABC와 리스크 평가 결과를 바탕으로, 정책결정 주체들이 사회적·경제적·정치적 고려사항을 반영하여 TAC 수치와 이를 이행하기 위한 FMP를 확정하는 단계이다. 이 단계의 경계 객체인 TAC 수치는 관리자에게는 정책 수립과 집행의 대상, 어업인에게는 어획(경제 활동)의 한도와 준수의 대상, 과학자에게는 자원평가의 결과, NGO에게는 투명성과 책임성을 검증하는 대상이 된다(Star and Griesemer, 1989). 또 다른 경계 객체인 FMP는 TAC 수치의 이행계획을 포함한 TAC machine의 실행 계획으로서, 대상 어종과 어업, 자원평가, ABC 산정 및 TAC 결정 절차, 생태계 관련 사항, 그리고 모니터링·통제·감시 계획(자료수집) 등을 포함한다(FAO, 1995; MSC, 2014). 이러한 FMP는 관리자, 어업인, 과학자, 이해관계자 모두에게 TAC machine의 운영 매뉴얼이자 준수 체크리스트의 역할을 한다.

미국

TAC를 포함한 미국의 어업정책 결정기구는 RFMC이다. RFMC는 과학 및 이해관계자의 협력적 공동생산에 기반하여 운영되며, 다양한 단계에서 어업인, NGO, 학계, 일반 시민의 참여가 제도적으로 보장된다. 주요 구성은 ①주지사의 추천을 받아 상무부 장관이 임명하는 민간 위원(위촉직), ②각 주 및 NOAA의 NMFS의 정부대표(당연직), 그리고 ③해안경비대, 국무부, 어류야생동물국(U.S. Fish and Wildlife Service, US-FWS) 등의 비의결(non-voting) 위원으로 구성된다. RFMC는 산하 SSC가 산정한 ABC의 한도 내에서 산하 자원평가 계획팀(stock assessment plan team)과 AP 보고서, 지역사회와의 공청회 및 의견 수렴 절차를 거쳐 어업 경제, 생계, 시장 수요 등을 고려하여 실제 TAC를 결정한다. 또한 RFMC는 TAC의 이행계획인 FMP를 수립한다. 여기에는 어종, 어업, 등급체계, 기준점(B_{MSY} MSY), HCR, TAC 설정, 어획쿼터 배분, 어구·어장 규제, 옵서버 및 로그북 의무, 쿼터 양도 및 비용회수 규정이 포함된다.

확정된 TAC는 FMP의 일부로 상무장관이 승인하며, NOAA 어업국이 집행한다. 이러한 절차는 과학적 리스크 평가에 기반한 리스크 관리 중심의 정책 결정 구조와 제도화의 전형적인 사례이며, 과학과 정책 사이의 경계가 법적으로 명확히 설정되어 있다(Goodman et al., 2002; Methot and Wetzel, 2013).

호주

TAC machine에서 호주의 정책결정은 AFMA 위원회(commission)가 한다. 이는 어업행정법(Fisheries Administration Act; Parliament of Australia, 1991)에 따라 설치된, 연방수역

의 자원관리를 위한 법정 정책결정기구이다. 위원회는 농림수산부 장관이 임명하는 최대 8명의 비상임 위원과 CEO로 구성된다. 위원은 수산자원관리, 어업, 레저어업, 과학, 경제, 법률, 행정 등 분야의 전문성과 독립성을 갖춘 인사로 구성되며, 어업권 보유자나 어업단체 임원은 제외된다.

위원회는 RAGs의 과학자문(ABC 등)과 MACs의 정책자문을 받아 TAC와 FMP를 결정하며, 어업관리청의 CEO가 이를 집행한다. FMP에는 HCR과 기준점(B_{MSY} F_{MSY}), TAC 설정, 어획권 배분, 어구·어장 제한, 옵서버프로그램, EM 프로그램, VMS, 로그북 의무, 어획권 양도와 비용 회수 규정이 포함된다(ANAO, 2021).

일본

TAC는 수산청장이 TAC 설정 회의를 주재하여, ABC 수치, TAC 옵션과 관리 시나리오, 수산정책심의회 자원관리분과회와 공청회 의견 및 리스크 분석을 종합 고려해 연도별 TAC를 결정하고 공표하는 절차로 이어진다. 참석자는 자원관리과장 등 수산청 간부, 수산연구교육기구 이사장, 자원관리위원회장, 수산정책심의회 자원관리분과회장, 지방정부 담당자 등으로 구성되며, 협동조합 및 어업인 대표가 옵서버로 참석한다. 회의 운영과 기록은 수산청 자원관리과가 담당하며, 결정된 TAC는 회의록과 함께 공표되어 투명성을 확보한다.

일본의 TAC 이행계획은 미국과 호주의 FMP와는 달리, 수산청의 자원관리 지침에 의거 수산업협동조합(업종별 포함) 어업관리단체(Fisheries Management Organization)가 작성한다. 종별 또는 계군별로 SSB 대비, 목표 기준치, 한계 기준치, 어획 금지 기준치 및 대응하는 각각의 어획사망률(F)을 수리적으로 조정하는 HCR 체계를 명시하고 있다. 또한, 향후 일정기간(예: 10년) 내 자원이 회복기준치를 초과할 확률(50% 이상)을 목표로 하는 자원회복 시나리오를 포함하고 있다. 이행계획은 어업 유형별로 할당 방식, 어획량 보고 기한, TAC 초과량의 다음 연도 차감, 유보량의 재배분 등 이행 메커니즘을 포함하고 있어, TAC machine의 구조적 연계를 정교하게 구현하고 있다. 각 어종과 어업의 이행계획은 공표되며, 실적 검증을 통해 정책적으로 제도적 자율관리로 유도하고 있다.

한국

국립수산과학원 TAC 전문위원회의 ABC 권고안은 해양수산부에 제출되고, 해양수산부는 이에 대한 기관·단체의 의견을 수렴한다. 이후 해양수산부는 이를 바탕으로 중앙수산조정위원회에 최종 심의·의결을 받고, 심의 후 해양수산부는 TAC를 결정하고 장관고시로 시행한다. TAC 심의기구인 중앙수산조정위원회는 해양수산부 차관이 위원장, 부위원장은 해양수산부 고위공무원, 기타 위원은 수산업협동조합중앙회장이 지명하는 상임이사(1명), 해수부장관이 위촉하는 수산업 전문가(최대 5명), 그리고 시도지사가 추천하는 지역 어업인(최대 11명)으로 구성된다(중앙수산조정위원회 운영규정 제3조).

‘2024년 TAC 시행계획’에 따르면, 한국의 FMP는 어종, 어업, 해역, 기간과 TAC 배분량 그리고 이월과 당겨쓰기 및 정착과 연습 단계의 구분으로 구성되어 있다(MOF, 2025).

이행

TAC machine의 마지막 단계인 이행(implementation)은 과학과 정책의 협업으로 생산된 TAC 수치가 어획쿼터로 할당되어 어획량으로 구현되는 단계이다. 이 단계에서 핵심적인 경계 객체는 정책결정 단계에서 승인된 FMP를 집행하는 MCS이다 (Cochrane, 2002; Garcia and Cochrane, 2005). 이는 로그북, 위판자료, 옵서버프로그램, VMS, EM 프로그램 등을 포함하는 표준화된 패키지로서 FMP의 집행력을 보장하며 불법·비보고·비규제(illegal·unreported·unregulated) 어업을 방지하는 실질적 피드백 루프를 제공한다(Nielsen and Holm, 2008). 각국의 MCS 이행은 할당된 쿠터 이행 여부를 모니터링·통제·감시를 통해 정밀하게 확인하는 것이며, 이는 TAC machine의 자료 수집 단계와 연결된다.

법체제

TAC machine이 효과적으로 작동하려면 자료수집→자원평가→과학자문→정책결정→이행으로 이어지는 어업자원 관리의 연속적 단계가 법적으로 보장되어야 한다(Nielsen and Holm, 2008). 이를 위해 UN해양법협약, UN어족자원협정, 그리고 FAO 행동강령은 MSY 유지, HCR 적용, TAC 설정을 핵심 관리수단으로 규정하고, 예방적 접근과 EAFM을 포함한 자원회복계획 및 MCS시스템을 법제화할 것을 요구한다(FAO, 2018). 또한 TAC machine의 단계별 여러 구성요소들이 경계 객체들과 표준화된 패키지는 상시 정밀한 점검과 관리뿐만 아니라 국내외적 법과 규범 및 관행에 변화에 대응하여 업데이트되어야 한다. 이러한 작업을 수행하는 경계조직의 임무와 권한은 법적으로 부여되어야 한다.

미국

미국은 MSA (United States Congress, 1976)로 EEZ 내 수산자원의 과학적 관리를 법제화하였다. 어업자원보존관리법 제2조는 자원의 지속가능한 이용, 과학 기반 정책, 이해관계자 참여, 불확실성 고려 등 10가지 국가표준을 명문화하여 TAC machine의 토대를 제공한다. 어업자원보존관리법 재인가법(Magnuson-Stevens Reauthorization Act; MSRA; United States Congress, 2006)은 과학·통계위원회를 경계조직인 법정 과학자문기구로서의 권한을 부여함으로써, SAFE를 바탕으로 ABC를 설정하고, RFMC는 이를 기반으로 TAC 및 FMP를 결정한다. 이러한 단계별 절차는 법률로 명확히 규정되며, 공청회와 참여를 통해 협업적 공동생산을 제도화한다. 미국의 어업자원보존관리법 체제는 자료수집→과학자문→정책결정→이행이 유기적으로 연결된 사이버네틱 시스템을 보장하는 구조이다.

호주

호주는 어업자원관리법(Fisheries Management Act; Parliament of Australia, 1991), 어업행정법(Fisheries Administration Act; Parliament of Australia, 1991)과 어획전략정책(harvest strategy policy, HSP; Australian Government, 2007)을 통해 과학기반 관리 및 불확실성 대응을 제도화하고 있다. HSP는 ABC-HCR-TAC를 자동 연계하며, 자원상태 기준(BM_{SY}, F_{MSY}), 불확실성 완충을 위한 보수계수(buffer), 관리목표를 명확히 제시한다. 과학자 중심의 자원평가그룹과 이해관계자 중심의 자문기구가 자원평가와 실행 타당성을 검토하며, 이들은 어업관리청의 감독 아래 통합 운영된다. 어획전략정책과 FMP 간 연계는 과학·정책·이행 전 과정을 연결하는 제도적 구조를 통해 협업적 공동생산의 기반을 형성한다.

일본

일본은 1949년 제정된 어업법을 2018년에 전면 개정하여 TAC 기반 어업관리 체제를 법제화하였다. 2018년 개정 어업법은 제2장(수산자원의 보존 및 관리)를 신설하여, 자원의 MSY 수준 유지, 관리참고점 및 자원관리지침 등 TAC machine의 운영에 필요한 사항을 규정하였다. 또한, 수산연구교육기구(FRA)가 TAC machine의 법정 경계조직(과학자문: ABC 워킹그룹, 정책자문: 자원관리위원회)으로 활동할 수 있는 법적 근거를 제공하고 있다. 또한 수산정책심의회는 어업법에 따라, TAC machine의 과학자문 결과를 기반으로 한 자원관리 기본 방침의 심의 및 TAC 설정 과정에 참여를 명시하고 있다. 수산청의 자원관리지침에 따라 수산업협동조합 어업관리조직(지자체 배분도 동일)은 어종과 해역별 TAC 실행계획을 작성하며, 이는 행정문서로서 효력을 갖는다.

한국

한국은 수산자원의 보존과 관리를 위한 법체제는 수산업법과 수산자원관리법으로 이분화되어 있다. 어업의 허가, 면허, 신고, 어업권, 중앙수산조정위원회, 혼획관리 및 제재는 수산업법, 수산자원의 정밀조사, 평가, 보호, 회복, TAC 및 조성은 수산자원관리법에서 규정하고 있다. 그러나 두 법률 공히 MSY, 예방적 및 생태계 기반 관리에 관한 국제법과 규범의 일반원칙과 목적, 그리고 실행지침을 규정하고 있지 않아 관리 목표와 기준, 과학(조사·평가)과 정책(불확실성 관리)의 연계가 법제화되어 있지 않다. 그 결과 TAC 전문위원회 등 과학자문 조직은 국립수산과학원의 내부 규정에 근거한 비법정 조직으로 독립성과 권한이 부족하다. 또한, ABC-TAC-FMP의 연계도 법적으로 명시되어 있지 않으며, 로그북과 그 겸중 및 보완 수단인 옵서버프로그램, E-monitoring, VMS 등 경계객체들의 설치와 운영에 관한 규정이 없다. 결과적으로 TAC machine의 운영에 필수적인 경계객체들이 상호 연결된 사이버네틱 협업적 생산 구조로 작동하지 못하고 있다.

고 찰

TAC에 의한 통제전략은 자원평가 모델인 VPA의 도입으로 제도화가 촉진되었다(Pope, 1972; Nielsen and Holm, 2008). 이는 절대자원량 추정과 어획량 예측을 조언함으로써 정책결정을 쉽게 해 주었던 것이 핵심 동인이었다(ICNAF, 1969; Jasanoff, 1998; Nielsen and Holm, 2007; FAO, 2018). 이러한 VPA 모델은 충분한 시계열의 연령별 어획량, 연령-성장자료, 자연사망률(M), 어구선택성, 성숙율곡선, 자원량 지수 등 많은 종류의 정확하고 정밀한 자료를 필요로 한다.

그러면 이러한 자료가 확보되지 않으면, ‘TAC제도로 관리할 수 없는가?’ 이에 대한 답은 ‘충분한 과학적 정보가 없다는 이유로, 보존관리 조치를 하지 않거나 이를 미루어서 안된다’는 것이 예방적 접근 어업관리(precautionary approach to fisheries management, PA)이다. 이는 UNFSA(5조, 6조 및 부속서 II)에 의해 국제법제화되었으며, CCRF(6.5조, 7.5조)에 의해 일반화되었다. 이에 따라 미국의 NPFMC는 1990년대 말, 자료의 부족과 불균형 그리고 과학적 불확실성 문제를 해결하기 위해 자료의 수준별 계층적 어획관리규칙(tiered-HCR)이라는 등급체계(tier system)을 고안하여 도입하였다(Mace and Sissenwine, 1993). Tier 체계는 데이터 가용성과 질에 따라 보수적 TAC 설정과 적합한 관리를 가능하게 하였다(Restrepo et al., 1998; Goodman et al., 2002). 따라서, 자료가 빈약한 자원도 등급체계로 평가 및 관리하여, 궁극적으로 등급을 향상시키는 것이 목표이다(Punt et al., 2016). 또한 HCR은 생태적 접근법이나 기후변화와 같은 새로운 불확실성을 TAC machine으로 관리 가능하도록 한다(Kvamsdal et al., 2016; Punt et al., 2016; Holsman et al., 2020; Free et al., 2022). TAC machine은 모드 2 과학과 PNS의 맥락 속에서, 어업자원평가와 관리 과정에서 과학과 정치의 협업과 순환적 피드백을 제도화함으로써 지속가능한 어업을 가능하게 하는 장치이다(Funtowicz and Ravetz, 1993; Jasanoff, 1998; Nielsen and Holm, 2007). 따라서, 본 연구는 TAC machine의 단계별 운용 현황과 그리고 그 작동을 뒷받침하는 법체제에 관하여, 미국, 호주, 일본의 사례와 한국의 현황을 비교하여 개선 사항을 고찰하였다.

자료수집 단계

로그북은 어획노력량 특성과 어종별 어획량을 기록한 조업활동(현장)의 원천 증명서이며 행정문서이다. 개선 사항으로서 첫째, 모든 연근해어업에 동일한 로그북 포맷을 운용하고 있다(수산업법 시행규칙 별지 80, 81호 서식). 기재할 어종은 어획량 순으로 10종으로 제한하고 있다. 따라서, 연근해 어업의 로그북 포맷은 어업그룹별 맞춤형으로 해야 하며, 기재 내용은 국제 표준화된 로그북의 최소 내용을 포함해야 한다(Brander, 1975; Pope, 1986; UN, 1995; FAO, 1995, 1999; Bishop et al., 2008). 둘째, 로그북의 현행 제출경로는 수산업협동조합 무선

국과 안전본부를 경유하고 있으므로, 관리당국과 법정 과학당국에 직접 제출되어야 한다. 신속한 보고를 위한 전자적 제출 시, 종이 로그북은 상호 검증을 위해 항차 후에 반드시 제출되어야 한다.셋째, 어업생산량통계는 최대한 현장기록인 로그북에 기반해야 하며, 270여종의 상업적 유용 어종을 한국표준코드와 FAO 수산과학 및 어업정보시스템(aquatic sciences and fisheries information system)과 호환가능한 개별 코드화해야 한다.넷째, 승선 옵서버프로그램은 로그북의 기록과 종식별 오류를 검증 및 보정하고, 선장이 기록하기 어려운 항목(ETP 종과 생물학적 측정 등)의 정보수집을 위한 필수적인 독립적인 수단이다. 옵서버의 승선이 어려운 연안 소형어선의 경우, EM 프로그램을 포함하여 정보통신기술(information and communication technology)을 활용하면 자료수집의 편의와 효율을 크게 향상시킬 수 있다. 자료의 가용성(availability)과 질(quality)은 TAC제도의 전제조건이다. 따라서, 로그북을 중심으로 승선 옵서버프로그램, EM 프로그램, VMS, 양륙량보고, 위판보고 및 감시보고(inspection report)을 상호 교차검정하는 자료검증체계(data verification system)를 갖추어 자료의 가용성과 질을 확보해야 한다(UN, 1995; Lee et al., 2021).

자원평가 단계

한국의 공개된 주요 어종들에 대한 자원평가 결과를 보면, 대부분 3단계 이하의 낮은 등급 수준으로 분류되고 있다(Zhang and Lee, 2001; Zhang and Marasco, 2003; Sohn et al., 2013). 2018년 행정 고시로 도입한 등급체계는 앞의 연구논문들에 기반하고 있으며, 이는 미국 NPFMC의 1996년 혹은 1998년 FMP 개정판(Goodman et al., 2002)을 벤치마킹한 것으로 보인다. FPFMC의 FMP 대상종은 대부분 고위도의 수명이 긴 저서어종들이다. 반면, 한국 연근해어업의 주요 대상종은 대부분 수명이 비교적 짧은 부어류들이 많다. 따라서, 연근해 어업 자원평가와 관리전략의 등급체계(tiered HCR)를 중위도 어장과 생물 및 생태학적 특성을 고려하여 개선할 필요가 있다고 본다. 모드 2 과학과 PNS인 어업자원평가의 등급체계(tiered stock assessment)와 HCR은 과학적, 절차적, 국제적 기준과의 정합성에 부합해야 한다. 또한, 어업인, 관리자, 과학자, NGO 등 이해관계자 모두에게 이해가 걸린 문제이므로, 국내외 전문가, TAC machine의 경계조직, 어업인, NGO, 지자체 등과의 공개적인 토론과 검토를 거쳐 합의하여야 한다.

과학자문 단계

한국의 과학자문 경계조직은 TAC 법정 연구기관인 국립수산과학원이다(수산자원관리법 시행령 50조 1항). 국립수산과학원은 내부 규정으로 TAC 워킹 그룹과 TAC 전문위원회를 운영한다. TAC 전문위원회는 외부과학자들이 포함되어 국립수산과학원 자원평가 과학자들과 TAC워킹그룹이 작성한 자원평가 보고서를 검토하여 ABC를 확정하며, 중앙수산조정위원회가 이를 심의하여 해양수산부장관이 TAC를 결정할 수 있도록 정

책자문을 한다. 그러나 중앙수산조정위원회의 구성원을 보면, ABC를 근거로 중장기 관리목표와 사회, 경제 및 생태계 요소를 반영하여 MSE 시뮬레이션 등에 의한 복수의 HCR 혹은 TAC 옵션을 마련하는 실무그룹(Hilborn, 2007)과 차이가 있다. 따라서, 과학자문조직(현행 TAC 전문위원회)은 ABC의 확정에 더하여, 혼획/생태계, 사회경제적인 요소를 반영한 여러 HCR 옵션과 자원회복전략의 옵션 제시 그리고 실질적인 자원관리 정책의 실행 가능성과 정당성 검토하는 과학, 정책자문 조직으로 기능해야 한다(Zhang and Marasco, 2003; Punt et al., 2016). 자문조직은 또한, TAC machine의 여러 경계객체들의 접점하여 작동 가능하게 유지해야 하고, 어업의 환경과 동향 변화에 따라 업데이트되어야 하며, 필요시 새로운 경계객체를 신설해야 한다. 한국의 연근해어업의 TAC machine에는 꼭 필요한 경계객체들이 빠져있거나 비정상이거나 혹은 방치되어 있다. 예를 들면, 1963년 수산자원보호령으로 법제화된 로그북이 60년이 지난 현재 경계객체로서의 기능을 하지 못하고 있다. 이는 과학과 정치를 연결하는 과학자문단계가 작동하지 않았기 때문이다. 설사, 과학-정책자문조직이 협업을 하였더라도 공동 생산할 수 있는 법적 지위와 책무가 부여되지 못하였기 때문일 것이다.

정책결정 및 이행 단계

앞의 결과에서 언급한 바와 같이, 미국과 호주는 TAC의 결정과 이행이 이분화되어 있다. 독립적인 어업자원관리 위원회가 결정하고 행정당국이 이행한다. 일본의 경우, 수산청장이 TAC를 결정하며, 수산청의 관리방침에 따라, 할당 받은 수산업 협동조합의 어업관리조직이 자원관리 이행계획을 수립·제출하며, 이 계획이 공식 실행 기준이 된다(MAFF, 2020, 2023). 미국과 호주의 FMP는 MCS전략과 TAC machine의 전 단계 및 EAFM을 포함하고 있다. 일본의 경우는 자원평가 결과, 관리목표(MSY 등)와 목표 및 한계 관리, HCR과 TAC 수치, 자원회복 전략, 휴어기, 제장 규제, 어법 제한 등의 자율적 조치를 명시하며, 책임기관과 감시체계, 이행일정, 실적보고 방식 및 평가와 수정 절차를 포함한다. 반면, 한국은 해양수산부 장관이 TAC를 결정하고, TAC 설정 및 관리에 관한 ‘시행계획고시’로 공표하여 시행한다. 이러한 시행계획에는 어종, 어업, 수역, 기간 및 TAC의 배분량, 이월과 당겨쓰기 및 시행단계 등을 포함하고 있다. 그러나 TAC 시행계획은 자료수집, 자원평가, 과학자문, 정책결정(TAC) 및 이행(MCS전략)을 포함해야 한다. 따라서, 한국의 TAC 시행계획은 국제표준 FMP에 정합해야 한다. 여기에는 어업현황, 자원평가, 등급체계, HCR (자원회복전략, EAFM), TAC, 할당기준과 배분, MCS 전략을 포함한다. FMP는 모든 행위자들(관리자, 어업인, 과학자, NGO 등)에게 어업 자원관리의 과거, 현재, 미래의 모습(경과, 평가 및 개선)을 볼 수 있게 하는 것이며, 참여와 협력을 위한 것이다.

법체제 측면

미국과 호주의 어업법은 국제법 원칙과 TAC machine을 기

반으로 제정되었다. 일본은 2018년 어업법(Government of Japan, 1949) 개정을 통하여 MSY와 PA 등 국제법 원칙과 TAC machine의 운영에 필요한 사항을 어업법 제2장에 상술하였다. 한국은 허가와 면허 등은 수산업법(Republic of Korea, 1953)에 수산자원 보호, 회복 및 조성 등은 수산자원관리법(Republic of Korea, 2010)으로 이분화되어 있다. 수산자원관리법에는 자원 보호를 위한 입구통제가 우선이며, 자원 악화 시 회복을 목적으로 TAC 통제와 조성이 병렬적인 체제로 되어 있다. 따라서 한국은 TAC machine의 운영을 위한 구조적 법체계 개편이 요구된다. 수산업법과 수산자원관리법을 통합하여, MSY, PA 및 EAFM을 법의 목적과 총칙에 반영하고, 자원의 보존과 관리에 관한 장(chapter)을 신설하여 TAC machine의 운영을 위한 자원관리지침, 경계조직, 경계객체와 표준화된 패키지에 대한 법적 근거를 마련해야 한다. 이는 과학-정책-이해관계자 간 공동 작업을 제도화하기 위한 핵심 전환이라 할 수 있다.

지금까지 TAC machine 개념에 의한 한국 어업자원 관리의 단계별 작동 현황을 살펴보았다. 어업자원 관리에서 TAC machine의 단계별 경계객체, 경계조직, 표준화된 패키지는 지속 가능한 어업을 협업 생산하는 핵심 행위자들이다(Star and Griesemer, 1989; Guston, 2001; Nielsen and Holm, 2008). 특히, 이러한 경계객체가 기능하게 하는 경계조직, 즉 과학자문조직과 정책자문조직은 TAC 제도의 ‘뇌’와 같은 기능을 수행한다(Johnsen et al., 2009). 여기서, TAC 제도의 뇌를 움직이는 기능은 Latour (1983)가 언급한 ‘laboratory of fish counting’이다. 즉, 현재의 F (어획사망량), SSB, 가입량(recruitment) 및 이용 가능 어획량을 계산하는 자원평가 연구소이다. 어업관리 선진국들은 TAC 제도를 시작하면서 ‘laboratory of fish counting’에 획기적 투자를 하였다. 미국 NOAA의 6개 RFSCs, 호주의 CSIRO, EU 회원국 연구소와 ICES 네트워크, 캐나다 수산해양부(Department of Fisheries and Oceans, DFO)의 5개 지역과학센터, 뉴질랜드의 국립수·대기연구소(National Institute of Water and Atmospheric Research), 그리고 일본의 수산연구교육기구의 수산자원평가센터가 그 예이다. 2024년 기준으로 보고된 자원평가 실적은 미국이 약 500개 자원군(NOAA, 2023), 호주 480개(FRDC, 2024), EU 240개(ICES, 2023), 캐나다는 연례 평가 대상 195개(이 중 다년간 전면평가(full stock assessment) 대상 126개, 연어류 SMU 제외; DFO, 2024), 뉴질랜드 128개(MPI, 2021), 일본은 84개(FRA, 2023)로 나타난다. 보도자료에 따르면, 한국은 2028년까지 모든 연근해 어업을 대상으로 TAC 제도를 확대한다고 밝히고 있다(MOF, 2025). 또한, 한국 연근해에서 어업 활동이나 식량 자원으로 유용하게 활용되는 어류는 272종에 이르는 것으로 보고되어 있다(NIFS, 2024). 이에 반해, 현재 한국의 Tier 수준별 자원은 Tier 3 수준 7종, Tier 4 수준 7종 및 Tier 5 수준 4종으로 보고되어 있다(OECD, 2025). 자원평가 결과가 보고되지 않은 250여종도 등급체계로 평가하고(tiered stock assessment), 해당 관리방식

(tiered HCR)으로 관리되어야 한다. 이는 UN SDG 14.4의 관리목표이다(UN, 2015). 이러한 공통의 목표하에 국제적으로는 자료 부족 자원(data-poor stocks)에 대해서도 등급체계를 적용하고, 이에 연동된 등급별 관리규칙을 통해 관리하는 것이 일반적이다(NOAA, 2023; AFMA, 2018; Okamura et al., 2020; ICES, 2023).

위와 같은 어업관리 선진국들 대비, 한국의 어업자원평가와 관리에 관한 많은 연구 논문과 보고서는 대부분 모니터링 체제의 개선과 자원평가 인력의 부족을 지적하고 있다. 현재 15종의 TAC 어종의 자원평가에 투입되는 자원평가 모델링 분야 연구자는 2~3명에 불과하다. 그러나 유용어종 270여 종에 대하여, 3~5년 주기의 자원평가(연간 70여 종)를 위해 자료정합성, 모델링 및 불확실성 시뮬레이션 등을 위해서는 적어도 20~30명의 자원평가 모델러(modeller)들이 필요하다. 생물학적 매개변수(연령, 성장, 성숙)에 관한 실험실 작업과 시험선 조사 등도 3~5년 주기의 자원평가 시간계획에 따라 반복되어야 하는 ‘모드 2 과학’과 PNS 맥락의 법정 과학이다. 이와 같은 TAC machine의 자료 수집과 자원평가 역량의 향상 역시 경계조직이 과학자문단계에서 과학과 정치의 협업으로 공생산해야 한다. 따라서, 경계조직이 이와 같은 TAC machine의 촉진자 역할을 할 수 있도록 그 조직과 업무 및 권한을 법제화해야 한다.

마지막으로, 미국과 호주는 정책결정 조직으로 각각 행정적 독립기구인 RFMC와 어업자원관리청 위원회(commission)를 법으로 설치하고 있다. 이를 정책결정 조직은 TAC 결정뿐만 아니라 FMP를 작성하거나 승인하며, 행정부가 그 FMP를 집행하는 것을 모니터링하고 평가하여 지속적으로 개선한다. 한편, 행정 기관장(장관 혹은 청장)이 TAC를 결정하는 일본, 캐나다, 뉴질랜드의 경우, 자원관리 분야 행정 관료들은 전문직들의 보좌를 받으며, 보직 기간이 15~30년으로 장기간인데 반해 한국은 2~3년에 불과하다(MOF, 2025). 이러한 실정은 ‘모드 2 과학’과 PNS 맥락의 TAC machine 작동의 분절을 초래한다. 이러한 경우, 미국과 호주의 사례와 같이 행정부 독립적인 정책결정 조직을 설치하는 방안도 검토하는 것을 권장한다. 현행처럼 행정부가 정책을 결정하고 집행하는 체제를 유지하려면, 일본과 같이 자원관리 분야의 행정관료들이 순환보직을 하더라도 평생 동일 업무를 수행함으로써 TAC machine의 작동에 단절이 없도록 하는 체제가 강구되어야 한다. 한편, 현재 중앙수산조정위원회의 법적 기능과 구성원의 구조는 TAC machine의 경계조직과 거리가 있다. 수산조정위원회는 그 기원이 분권형 관리조직들 간의 관리조정기구로, 이 경우 스스로에게 정책자문을 하는 형태가 되므로, 이것은 검토해야 할 사안이다.

국제 NGO는 오늘날 TAC 제도의 협업적 공동생산의 진화를 촉진시키는 데 큰 역할을 한 것으로 평가된다(Kim et al., 2024). TAC 제도가 운영되기 시작한 1970년 대 이래, 지속가능한 수산물 운동으로서 시장과 수요자의 힘을 이용하여 생태계 중요 종에 영향을 미치는 수산물의 보이콧(boycott), 지속가능어업

수산물의 바이콧(buycott, 선택적 구매운동), 지속가능어업 기준 제정(MSC와 FAO), 그리고 어업개선사업(fishery improvement projects) 가이드라인 제공 등으로 기여하였다(Kim et al., 2024). 이러한 역사와 경험의 연장선 상에서, NGO들은 한국 연근해어업에서 TAC Machine의 일련의 장치들(경계객체들과 조직들, 표준화된 패키지)이 올바로 작동할 수 있도록 협력적 동반자가 될 수 있을 것이다.

사 사

이 논문은 2025년도 Ocean Outcomes의 Korea domestic fisheries 사업(O5 Korea G-24-2142005)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

References

- ABARES (Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences). 2023. Australian Fisheries and Aquaculture Statistics 2022. Australian Government, Canberra, Australia, 4-14.
- AFMA (Australian Fisheries Management Authority). 2018. Fisheries Management Paper 1. Australian Fisheries Management Authority, Canberra, Australia, 5-27.
- AFMA (Australian Fisheries Management Authority). 2020. Fisheries Administration Paper 12: Resource Assessment Groups. Australian Fisheries Management Authority, Canberra, Australia, 1-30.
- AFMA (Australian Fisheries Management Authority). 2023. Annual Report 2022-23. Australian Fisheries Management Authority, Canberra, Australia, 1-152.
- AFMA (Australian Fisheries Management Authority). 2024. Monitoring Tools. Retrieved from <https://www.afma.gov.au/fisheries-management/monitoring-tools> on Mar 9, 2025.
- Anderson ED. 1998. The history of fisheries management and scientific advice: The ICNAF/NAFO history from the end of World War II to the present. J North Atl Fish Sci 23, 75-94.
- ANAO (Australian National Audit Office). 2021. Management of Commonwealth Fisheries. The Auditor-general Report No. 45. Australian National Audit Office, Canberra, Australia, 7-56.
- Australian Government. 2007. Commonwealth Fisheries Arrest Strategy: Policy and Guidelines. Australian Government, Canberra, Australia, 1-52.
- Benaka LR. 2024. National Observer Program FY 2022 Annual Report (NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO-250). National Marine Fisheries Service, Silver Spring, MD, U.S.A., 1-30.
- Beverton RJH and Holt SJ. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. In: Fishery Investigations Series II. UK Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London, U.K.,

- 1-19.
- Bishop J, Venables WN, Dichmont CM and Sterling DJ. 2008. Standardizing catch rates: Is logbook information by itself enough?. *ICES J Mar Sci* 65, 255-266. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm179>.
- Brander K. 1975. Guidelines for Collection and Compilation of Fisheries Statistics. FAO Fisheries Technical Paper No. 148, FAO, Rome, Italy, 1-46.
- Cash DW, Clark WC, Alcock F, Dickson NM, Eckley N, Guston DH, Jager J and Mitchell RB. 2003. Knowledge systems for sustainable development. *Proc Natl Acad Sci* 100, 8086-8091. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231332100>.
- Coakley J. 2017. Council process and organization. In: New Council Member Training (Oct 31, 2017). NOAA Fisheries, Silver Spring, MD, U.S.A., 1-23.
- Cochrane KL. 2002. A Fishery Manager's Guidebook-management Measures and Their Application. FAO Fisheries Technical Paper No. 424, FAO, Rome, Italy, 1-231.
- DAWR (Department of Agriculture and Water Resources). 2018. Commonwealth Fisheries Harvest Strategy Policy: Framework for Applying an Evidence-based Approach to Setting Harvest Levels in Commonwealth Fisheries (2nd edition). Department of Agriculture and Water Resources, Canberra, Australia, 1-24.
- DFO (Department of Fisheries and Oceans Canada). 2024. Fisheries and Oceans Canada's 2023-24 Departmental Results Report. Retrieved from <https://www.dfo-mpo.gc.ca/drr-rrm/2023-24/index-eng.html> on Apr 23, 2025.
- Emery TJ, Noriega R, Williams AJ and Larcombe J. 2019. Changes in logbook reporting by commercial fishers following the implementation of electronic monitoring in Australian Commonwealth fisheries. *Mar Policy* 104, 135-145. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.01.018>.
- FA (Japan Fisheries Agency). 2019. Resource Management Department Operational Guidelines. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tokyo, Japan.
- FA (Japan Fisheries Agency). 2021. Manual for the Sea Surface Fishery Production Survey Statistics Department. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tokyo, Japan.
- FA (Japan Fisheries Agency). 2022. Discussion on New Resource Management. Retrieved from <https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/index.html> on May 12, 2025.
- FA (Japan Fisheries Agency). 2024. On Resource Management. Retrieved from <https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/index.html> on May 12, 2025.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries (CCFR). FAO, Rome, Italy, 1-41.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1999. Guidelines for the Routine Collection of Capture Fishery Data. FAO Fisheries Technical Paper 382, FAO, Rome, Italy, 18-30.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the Sustainable Development Goals. FAO, Rome, Italy, 2-75.
- FRA (Fisheries Research and Education Agency). 2023. 2022 Fiscal Year Assessment Report on the Autumn Cohort of the Japanese Common Squid (Final Version). FRA, Yokohama, Japan, 1-80.
- FRDC (Fisheries Research and Development Corporation). 2024. Status of Australian Fish Stocks Reports?. 6th Edition. Retrieved from <https://www.fish.gov.au/about/what-are-the-status-of-australian-fish-stock-reports> on Mar 25, 2025.
- Free CM, Mangin T, Wiedenmann J, Smith C, McVeigh H and Gaines SD. 2022. Harvest control rules used in US federal fisheries management and implications for climate resilience. *Fish Fish* 24, 248-262. <https://doi.org/10.1111/faf.12724>.
- Fujimura JH. 1992. Crafting science: Standardized packages, boundary objects, and “translation”. In: Science as Practice and Culture. Pickering A, ed. University of Chicago Press, Chicago, IL, U.S.A., 168-211.
- Funtowicz SO and Ravetz JR. 1993. Science for the post-normal age. *Futures* 25, 739-755. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(93\)90022-L](https://doi.org/10.1016/0016-3287(93)90022-L).
- Garcia SM and Cochrane KL. 2005. Ecosystem approach to fisheries: A review of implementation guidelines. *ICES J Mar Sci* 62, 311-318. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2004.12.003>.
- Gibbons M, Limoges C, Nowotny H, Schwartzman S, Scott P and Trow M. 1994. The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies. SAGE Publications Ltd, London, U.K, 1-166.
- Goodman D, Mangel M, Parkes G, Quinn T, Restrepo V, Smith T and S Kevin. 2002. Scientific Review of the Harvest Strategy Currently Used in the BSAI and GOA Groundfish Fishery Management Plans (Draft Report). North Pacific Fishery Management Council, Anchorage, AK, U.S.A., 1-146.
- Government of Japan. 1949. Fisheries Act (Amended 2018). Retrieved from <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=324AC0000000267> on May 13, 2025.
- Government of Japan. 1952. Sea Surface Fishery Production Statistical Survey Rules (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries Ordinance No. 65). Retrieved from <https://laws.e-gov.go.jp/law/327M50010000065> on May 13, 2025.
- Government of Japan. 2007. Statistics Act. Retrieved from <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=419AC0000000053> on May 13, 2025.
- Guston DH. 2001. Boundary organizations in environmental policy and science: An introduction. *Sci Technol Hum Val* 26, 399-408. <https://doi.org/10.1177/016224390102600401>.
- Hilborn R. 2007. Managing fisheries is managing people: What has been learned?. *Fish Fish* 8, 285-296. <https://doi.org/10.1111/faf.12724>.

- org/10.1111/j.1467-2979.2007.00263_2.x.
- Holsman KK, Haynie AC, Hollowed AB, Reum JCP, Aydin K, Hermann AJ, Cheng W, Faig A, Ianelli JN, Kearney KA and Punt AE. 2020. Ecosystem-based fisheries management forestalls climate-driven collapse. *Nat Commun* 11, 4579. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18300-3>.
- Hyun SY. 2023. An overview of the total allowable catch policy and fish stock assessments in Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 56, 1-6. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0001>.
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea). 2023. ICES Advice 2023. Retrieved from <https://doi.org/10.17895/ices.pub.c.6398177.v104> on Apr 16, 2025.
- ICNAF (International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries). 1969. Extracts from report of ICES liaison committee to North-East Atlantic Fisheries Commission 1969. In: Annual Meeting-June 1969. Serial No. 2215. Dartmouth, NS, Canada, 1-12.
- Jasanoff S. 1998. The Fifth Branch: Science Advisers as Policy-makers. Harvard University Press, Cambridge, MA, U.S.A., 1-302.
- Johnsen JP, Holm P, Sinclair P and Bavington D. 2009. The cyborgization of the fisheries: On attempts to make fisheries management possible. *Marit Stud* 7, 9-34.
- Kim ZG, Lee J, Park D, Park JH, Park H, Lim JH and Kwon Y. 2024. Sustainable fishery certification scheme and fishery improvement projects. *Korean J Fish Aquat Sci* 57, 410-422. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2024.0410>.
- Kvamsdal SF, Eide A, Ekerhovd NA, Enberg K, Guðmundsdóttir A, Hoel AH, Mills KE, Mueter FJ, Ravn-Jonsen L, Sandal LK, Stiansen JE and Vestergaard N. 2016. Harvest control rules in modern fisheries management. *Elem Sci Anthropocene* 4, 000114. <https://doi.org/10.12952/journal.elementa.000114>.
- Kwon Y, Lee E, Seo Y, Kang H and Zhang CI. 2020. Evaluation of total allowable catch (TAC) based fishery resources management in Korea. *J Environ Biol* 41, 1407-1423. [https://doi.org/10.22438/jeb/41/5\(SI\)/MS_35](https://doi.org/10.22438/jeb/41/5(SI)/MS_35).
- Latour B. 1983. Give me a laboratory and i will raise the world. In: *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*. Knorr-Cetina KD and Mulkay M, eds. SAGE Publications Ltd., London, U.K., 141-170.
- Lee CS and Park JH. 2019. Current Status and Improvement Directions of the Total Allowable Catch (TAC) System (Issue 2019-02). Fisheries Cooperative Association Central Union Fisheries Economics Research Institute, Seoul, Korea, 1-62.
- Lee H, Sohn D and Kim S. 2021. A Review on the Quality Control of Marine Fish Data. *J Korean Soc Oceanogr* 26, 277-289. <https://doi.org/10.7850/jkso.2021.26.3.277>.
- Lee JS, Ryu JG, Shim SH, Ko DH, Oh SY and Han DJ. 2019. A Study on Measures to Strengthen Fisheries Resource Management Based on Total Allowable Catch (TAC). KMI Report 2019-10, Korea Maritime Institute, Busan, Korea, 1-254
- Lee SG. 1999. A study on the Korean fishery management system and TAC system implementation on issues of the new ocean regime. *J Fish Bus Adm* 30, 1-29.
- Mace PM and Sissenwine MP. 1993. How much spawning per recruit is enough? In: *Risk Evaluation and Biological Reference Points for Fisheries Management*. Smith SJ, Hunt JJ and Rivard D, eds. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences No.120, Ontario, Canada, 101-118.
- MAFF (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries). 2020. Overview and Future Directions of the Total Allowable Catch (TAC) system. Retrieved from <https://www.maff.go.jp> on Mar 15, 2025.
- MAFF (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries). 2023. Annual Plan for Fisheries Stock Assessment and Management. Retrieved from <https://www.maff.go.jp> on Mar 15, 2025.
- Methot RD and Wetzel CR. 2013. Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fish Res* 142, 86-99. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.10.012>.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2025. Implementation Plan for TAC Setting and Management Effective from July 2024. Retrieved from <https://www.mof.go.kr> on Mar 15, 2025.
- MPI (Ministry for Primary Industries). 2021. Fisheries Assessment Plenary May 2021: Stock Assessments and Stock Status. Ministry for Primary Industries, Wellington, New Zealand, 1-52.
- MSC (Marine Stewardship Council). 2014. MSC Pre-certification Fisheries Management Template and Guidance. Retrieved from <https://www.msc.org> on Apr 26, 2025.
- Nielsen KN and Holm P. 2007. A brief catalogue of failures: Framing evaluation and learning in fisheries resource management. *Mar Policy* 31, 669-680. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2007.03.014>.
- Nielsen KN and Holm P. 2008. The TAC machine: On the institutionalization of sustainable fisheries resource management. In: *Boundary Construction in Mandated Science: The Case of ICES' Advice on Fisheries* (Doctoral Dissertation). Ph.D. Dissertation, University of Tromsø, Tromsø, Norway.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2024. Completion of Work to Calculate TAC with Fishermen and Experts (Press Release May 31, 2024). Retrieved from <https://www.nifs.go.kr/news/> on Mar 25, 2025.
- NMFS (National Marine Fisheries Service). 2011. Data Quality Act: Office of Management and Budget Peer Review Bulletin Guidance (procedure 04-108-04). NOAA Fisheries, Silver Spring, MD, U.S.A., 1-26.
- NMFS (National Marine Fisheries Service). 2020. NMFS Data Collection Enterprise: An Overview of NOAA Fisheries Data Collections. NOAA Fisheries, Silver Spring, MD,

- U.S.A., 1-40.
- NMFS (National Marine Fisheries Service). 2024. Fisheries Economics of the United States 2022. NOAA Fisheries, MD, U.S.A., 1-28.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2023. Status of Stocks 2022: Annual Report to Congress on the Status of U.S. Fisheries. NOAA Fisheries, MD, U.S.A., 1-30
- NOAA OLE (Office of Law Enforcement). 2022. NOAA Fisheries Enforcement Annual Report 2021. U.S. Department of Commerce, NOAA Fisheries, Silver Spring, MD, U.S.A.
- Nowotny H, Scott P and Gibbons M. 2001. Re-thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty. Polity Press, Cambridge, U.K., 1-50.
- NPFMC (North Pacific Fishery Management Council). 2020. C1 BSAI crab SAFE Introduction: Stock Assessment and Fishery Evaluation Report for Bering Sea/Aleutian Islands King and Tanner Crabs (October 2020). NPFMC, Anchorage, AK, U.S.A., 1-37.
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 2025. OECD Review of Fisheries 2025. OECD Publishing, Paris, France, 1-148.
- Okamura H, Ichinokawa M and Hilborn R. 2020. Evaluating a harvest control rule to improve the sustainability of Japanese fisheries. Bio Rxiv, Preprint. <https://doi.org/10.1101/2020.07.16.207282>.
- Parliament of Australia. 1991. Fisheries Management Act 1991 (No. 162 of 1991). Retrieved from <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC001015> on Apr 21, 2025.
- Parliament of Australia. 1991. Fisheries Administration Act 1991 (No. 161). Retrieved from <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC043733> on Apr 21, 2025.
- Parliament of Australia. 1999. Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999. Retrieved from <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC017072> on Apr 21, 2025.
- Pope JA. 1986. Guidelines for the Establishment of Logbook and Related Systems. FAO Fisheries Circular No. 793. FAO, Rome, Italy, 1-32.
- Pope JG. 1972. An Investigation of the Accuracy of Virtual Population Analysis Using Cohort Analysis. Research Bulletin of the International Commission of Northwest Atlantic Fisheries, Nova Scotia, Canada, 65-74.
- Punt AE, Butterworth DS, de Moor CL, de Oliveira JAA and Haddon M. 2016. Management strategy evaluation: Best practices. Fish Fish 17, 303-334. <https://doi.org/10.1111/faf.12104>.
- Restrepo VR, Thompson GG, Mace PM, Gabriel WL, Low LL, MacCall AD, Methot RD, Powers JE, Taylor BL, Wade PR and Witzig JF. 1998. Technical Guidance on the Use of Precautionary Approaches to Implementing National Standard 1 of the Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act. NOAA's National Marine Fisheries Service, Silver Spring, MD, U.S.A., 54.
- KLRI (Korean Law Information Center). 1953. Fisheries Act. Government of the Republic of Korea. Retrieved from <https://law.go.kr/LSW/lInfoP.do?lSeq=63229> on Apr 12, 2025.
- KLRI (Korean Law Information Center). 1970. Statistics Act. Government of the Republic of Korea. Retrieved from https://www.law.go.kr/LSW/lInfoP.do?lSeq=277157&utm_source=chatgpt.com#0000 on Apr 12, 2025.
- KLRI (Korean Law Information Center). 2010. Fisheries Resources Management Act. Government of the Republic of Korea. Retrieved from https://www.law.go.kr/LSW/lInfoP.do?lSeq=010965&utm_source=chatgpt.com#0000 on Apr 12, 2025.
- Ryu JG, Kim DY, Lee JS and Kim SJ. 2005. A Study on the Establishment of a Total Allowable Catch (TAC) System Evaluation in Korea. KMI Report 2005-11, Korea Maritime Institute, Busan, Korea, 1-108.
- SERAG (South East Resource Assessment Group). 2023. South East Resource Assessment Group (SERAG) Meeting 1, 2023. Australian Fisheries Management Authority, Canberra, Australia, 1-33.
- Sohn MH, Yang JH, Park JH, Lee HW, Choi YM and Lee JB. 2013. Stock assessment and optimal catch of blackfin flounder *Glyptocephalus stelleri* in the East Sea, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 46, 598-606. <https://doi.org/10.5657/KJAS.2013.0598>.
- Star SL and Griesemer JR. 1989. Institutional ecology, 'translations' and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. Soc Stud Sci 19, 387-420. <https://doi.org/10.1177/030631289019003001>.
- Statistics Korea. 2020. Regular statistical quality diagnosis report: Fisheries production trend survey 2020. Statistics Korea, Daejeon, Korea, 1-87.
- UN (United Nations). 1982. United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS). Retrieved from https://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf on Apr 4, 2025.
- UN (United Nations). 1995. ANNEX I. Standard requirements for the collection and sharing of data. In: ANNEX 1. Data Requirements Specified in the United Nations Fish Stocks Agreement. UN, New York, NY, U.S.A., 1-34.
- UN (United Nations). 2015. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Retrieved from <https://digitallibrary.un.org/record/1654217> on Apr 14, 2025.
- United States Congress. 1976. Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act (MSA) (Amended 1996, 2006). Retrieved from <https://www.fao.org/faolex/results/>

- details/en/c/LEX-FAOC163954 on Mar 12, 2025.
- United States Congress. 2006. Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Reauthorization Act of 2006 (MSRA). Retrieved from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-109publ479/pdf/PLAW-109publ479.pdf> on Mar 12, 2025.
- Zhang CI and Marasco RJ. 2003. New approaches in fishery assessment and management under the exclusive economic zone regime in Korea. Am Fish Soc Symp 38, 685-693.
- Zhang CI and Lee JB. 2001. Stock assessment and management implications of the horse mackerel (*Trachurus japonicus*) in Korean waters, based on the relationships between recruitment and the ocean environment. Prog Oceanogr 49, 513-537. [https://doi.org/10.1016/S0079-6611\(01\)00038-6](https://doi.org/10.1016/S0079-6611(01)00038-6).