

## 기후변화에 따른 해양생태계 변화와 어업

홍선기\*

목포대학교 도서문화연구원

**Changes in Marine Ecosystem according to Climate Change and Fishery. Hong, Sun-Kee\***  
(*Institution for Marine & Island Cultures, Mokpo National University (Mokpo Campus), Songrim-ro 41-11, Yonghae-dong, Mokpo, Jeonnam Korea*)

**Abstract** Global climate change is significant issue in marine ecosystem and fishery market. According to rising of both seawater temperature and sea-level, global fishery environment and marine ecosystem are changing drastically. Moreover, over-exploitation in fishery areas is the most important issue in the marine ecosystem conservation. In analysis and statistics of global network, major fish populations are decreasing very fastly, but fish catch are increasing annually. It means balance between product and consume is not appropriate in the global market. China as emerging new fish consumer in the world is strongly developing fishery industry and technology. In this paper, I try to review a relationship between marine ecosystem and climate change in global scale according to references. I also suggested possibility of sustainable global fishery in changing marine ecosystem by analysis of some related reports of international global fishery.

**Key words:** EEZ, fishery, global climate change, large marine ecosystem, marine ecosystem

### 서 론

지구규모의 기후시스템에서 해양은 매우 크고 중요한 요소이다. 과연 “기후”는 무엇을 의미하는가. 기상(혹은 날씨, weather)과 기후(climate)의 차이점을 혼동하지만, 기후는 예측하는 것이며, 예측된 자료는 기상으로 결과를 얻는다. 예를 들면, 기상연구에서는 태풍이나 저기압, 고기압 같은 개별적인 날씨의 형성, 이동, 그리고 예측을 한다. 반면에 기후연구에는 기상연구의 결과가 지구 온난화와 관련하여 가까운 시일에 어떤 방향성을 가지고 나타날 것인지, 태풍은 위도상으로 변화를 주며 영향을 미칠 것인지에 대하여 포괄적으로 예측하는 것이다.

‘기상(혹은 날씨)’은 대기권에서 발생하는 단기간의 변화에 대한 사항을 다루지만, 기후는 보통 30년 기간의 변화를 예측한다(Maribus, 2013). 기후변화라는 것을 대부분의 사람들이 온도나 강수량의 변이로서 받아들이고 있으며, 실제로 갑작스런 온도와 강수량 변화는 많은 자연적 기후변화의 원인이 되기도 한다. 대기圈(atmosphere)은 개별적 시스템이 아니며 지구상의 다른 시스템, 즉 해양과 상호작용한다. 또한 빙권(빙하와 눈), 생물권(동물과 식물), 토양권(토양), 그리고 암석권(바위) 등 다른 시스템과도 밀접한 관계를 가지고 있다. 기후변화의 산물인 남북극의 빙하는 수백만 년 동안 변화하고 있으며, 특히 현대에 들어 급속하게 녹아 내리고 있다. 이러한 해양과 대기 사이의 상호작용을 통하여 기후를 예측할 수 있게 된다. 이 두 시스템의 거대한 상호작용으로 저기압이나 태풍, 허리케인 등 기상은 불과 며칠 사이에 경로와 속도를 달리하며 나타나게 되는 것이다

Manuscript received 23 November 2014, revised 8 December 2014,  
revision accepted 9 December 2014  
\* Corresponding author: Tel: +82-61-260-1708, Fax: +82-61-260-1704,  
E-mail: landskhong@gmail.com

(IPCC, 2007b).

기후에 미치는 인간의 영향은 과거 수백년간 급속하게 증가하였다. 산업혁명 이후 인간은 기후에 영향을 미칠 수 있는 많은 가스들을 대기에 방출시켰다. 그 결과 대기권의 태양 열복사 시스템의 균형을 깨면서 지구온난화를 유발시켰다. 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 비롯하여 메탄, 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx) 등이 여기에 해당한다. 그러나 무엇보다 중요한 것은 화석연료를 태우면서 발생하는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)이며, 산업혁명 이전에는 그 280 ppm이었던 농도가 현재 390 ppm으로서 20세기에 들면서 이산화탄소의 증가와 함께 기온이 상승하게 되었다. 이러한 기온 상승은 지구상 중요한 해류의 하나인 걸프해류(Gulf Stream System, 멕시코 만류, 플로리다 해류, 북대서양 해류)로 이어지는 대해류계(북대서양의 북아메리카 연안을 따라 북쪽으로 흐르는 暖流로써 멕시코만류)에도 영향을 주고 있다. 이산화탄소는 온실효과 가스 농도에 절대적인 영향을 주고 있고, 결과적으로 탄소순환 같은 글로벌 이화학적 순환의 변화를 일으킨다(IPCC, 2007a). 이산화탄소는 물에 잘 용해된다. 산업혁명 이후 해양은 지구에서 발생하는 이산화탄소의 절반을 흡수해 왔다. 그러나 이러한 자연적 작용은 매우 서서히 변화하기 때문에 미래 기후에 대한 해양의 역할은 크게 달라지지는 않을 것이며, 결국 기후에 미치는 가장 중요한 사항은 인간의 활동일 것이다. 이 결과 영구 동토의 땅이었던 그린란드가 녹기 시작하여, 지구상 해수면 높이가 수 미터 상승하는데 그다지 오랜 시간이 걸리지 않을 것이다. 현재 남북극의 빙하는 조각이 나서 바다로 흐르고 있다. 이러한 대량의 담수의 증가는 대양순환(Oceanic circulation)에 치명적인 영향을 주며 21세기가 끝나기 전에 전 세계 해수면 상승은 1m가 넘을 것이다(Maribus, 2013).

물은 기후시스템의 핵심적인 역할을 한다. 물의 밀도는 염분과 온도에 따라 달라지며, 차갑고, 염분이 높은 물은 무거워서 깊은 바다에 잠긴다. 이것이 대양에서의 물 순환의 원인이 된다. 각 극지에서 발생하는 자연적인 물 순환을 對流(convection)라고 하는데, 북태평양 지역의 물은 대류에 의하여 2,000미터 수면 아래로 잠기게 되며, 해저로 확장하면서 밀도가 더 높은 심해층까지 확산된다. 차갑고 높은 염도의 지표수가 대류에 의해 깊은 수괴(sink)형태로 가라앉으면 염분 있는 물이 적도방향으로 계속 흘러오게 된다. 적도로부터 북극으로 올라 온 물은 다시 냉각되면서 심해로 가라앉게 된다. 심해로 가라앉기 전에 해수표면의 이산화탄소 같은 가스들을 대량으로 흡수한다. 이러한 이유 때문에 대류 기점에서 이

산화탄소 농도가 높게 나타난다. 저온과 고염도는 대류의 중요한 원인이다. 이 두 가지 요인에 의해 극지의 고밀도 물은 적도로 밀려나게 되는데, 이것을 열·염분순환(thermohaline circulation)이라고 한다. 비록 대류는 일부 극지에서 발생하지만, 이것이 열·염분순환을 촉발시켜서 전 세계의 해류로 확산시키는 역할을 한다.

## 기후변화와 해양생태계 보호

기후변화는 다양한 방향으로 해양에 영향을 미치고 있으며 해류와 열 수지를 변화하는데 극히 중요한 역할을 할 것이다. 대기권내에서 이산화탄소 농도의 증가로 인하여 대양에서도 높은 농도를 나타낼 것이다. 이러한 대양내의 이산화탄소 농도 증가는 탄산(Carbonic acid) 농도의 수위를 높일 것이며 이것으로 물의 산화를 증가시킨다. 산화된 해양수가 해양생물(어류 포함)과 생태계에 미치는 영향은 날로 증가하게 된다. 한편 약화되고 있는 열·염분순환이나 멕시코만류가 어떻게 해양생물 군집에 영향을 미치는가에 대해서는 잘 알려지고 있지 않으며, 특히 대양의 해류를 통하여 이동하는 게나 어류의 치어의 생활사에 대한 연구는 매우 미약하다. 해수면 상승과 관련된 위험에 대한 것도 해양생태계를 위협하는 중요한 사항이다. 특히 과거 수십 년간의 이산화탄소 농도 증가율을 적용하여 지구상의 온실가스배출이 지속한다면 21세기말에는 지구상 모든 곳이 1m 가량 침수할 것으로 확실한다. 그 결과 몰디브와 같은 섬 국가는 수십 년 내에 침수되어 사람이 거주 할 수 없는 무인도로 남을 것이다(IPCC, 2007a).

인간 사회에서는 기후변화가 가지고 올 여러 가지 상황을 가능한 한 대비할 수 있는 준비가 필요하다. 기후시스템은 인간의 간섭으로 인해 매우 천천히 반응하고 어떤 변화의 경우 이미 돌이킬 수 없는 불가역적인 상황일 가능성도 매우 높다. 이러한 위기는 기후 관련 가스의 배출을 현격하게 감소시키는 충분한 모티브를 제공한다. 더 이상 기후변화에 대한 의심을 가질 필요는 없을 것이며 이미 많은 연구와 자연 현상이 제시한 바와 같이 기후변화에 대응할 수 있는 유일한 방법은 저탄소 기술을 위한 투자를 해야 한다는 사실을 피할 수 없다.

이산화탄소는 온실가스로서 지구 대기권과 수권(해양)의 온난화에 결정적인 요인이다. 지구 기후변화는 역사상 대기 속의 이산화탄소의 변동과 밀접한 관련이 있다. 산업화 이후 30퍼센트 이상 급속하게 발생한 이산

화탄소는 자연적인 것이 아니고 오로지 인간 활동에 의한 것이다. 현재 390 ppm까지 도달한 이산화탄소의 농도는 21세기 말에는 600~700 ppm에 달하게 될 것이다(Maribus, 2010). 이러한 이산화탄소의 증가로 인하여 해양의 산성화는 더욱 촉진된다. 앞서 설명되었지만, 대기와 바다 사이에서 가스교환이 일어나고 있다. 대기 속의 이산화탄소 수위가 증가하면 인근 바다의 이산화탄소 농도도 따라서 증가한다. 용해된 이산화탄소는 바다 속에서 탄산으로 변화하며 이것이 해양산성화를 유발한다(Caldeira and Wickett, 2003). 이렇게 진행되는 산성화로 인하여 조개, 산호, 성게와 같이 껍질과 뼈대를 갖추는 해양무척추생물에게 필수적인 탄산염광물(carbonate mineral, 炭酸鹽礦物)의 형성에 치명적인 영향을 준다.

이미 많이 연구된 사례 중 하나는 산호인데, 이들의 골격은 산성화에 매우 취약하다. 산호와 산호초는 난류성 어류의 산란지이고 서식처이다. 이산화탄소량이 계속 증가할 경우, 산호는 멸종될 가능성이 많다. 조개, 성게, 불가사리와 같은 무척추동물의 경우 이산화탄소 증가로 인하여 탄산염 생산율이 감소되고 있다. 이들 생물들은 탄산염 생산뿐 아니라 성장률도 감소하고 있다. 그러나 오징어나 연어 등 보다 활동적인 어류의 경우 이산화탄소 증가가 성장률과의 관계가 명확하게 밝혀지지 않고 있다. 그러나 무엇보다도 해양산성화에 치명적인 영향을 받는 것은 플랑크톤이다(IPCC, 2007a). 광합성을 하는 해양식물성플랑크톤은 해양생태계 먹이사슬의 중요한 요소이다. 식물성플랑크톤은 광합성을 위하여 수면위에서 생활한다. 따라서 해양산성화에 직접 노출되어 있다. 또한 식물성플랑크톤은 지구온난화와 함께 온도, 빛, 영양염류 등 다른 변수들의 작용에 의하여 다르게 발생한다. 이산화탄소의 증가, 해양산성화, 기타 요인 등이 복합적으로 해양생물의 생존과 생산에 영향을 미치고 있지만, 생물종이나 지역마다 다르게 영향을 결과 나타내고 있음에도 주목할 필요가 있다(FAO, 1994). 문제는 이러한 해양생물에 미치는 영향이 생물상 자체에 국한하지 않고, 생태계 시스템 속의 먹이사슬에 의하여 연쇄적으로 타 생물과 생태계에 영향을 줄 수 있다는 사실이며, 그 피해의 마지막에는 인간이 있다는 것을 명심할 필요가 있다.

해양생태계는 여러 가지 요인에 의하여 스트레스를 받고 있다(Worm *et al.*, 2006). 대부분이 식물과 동물들의 서식처에 변화를 주는 것이다. 특히 기후변화에 의하여 이러한 스트레스는 증가하고 있으며, 기후변화와 연계된 다른 영향에 의하여 복합적으로 작용하고 있다. 우

리는 이것을 '복합적 스트레스'라고 한다. 해양생태계에 미치는 일상적인 스트레스 중에서 기후변화에 의하여 확장되는 것은 해양의 지속적인 산성화, 해수온도의 상승과 관련 효과, 염분 농도의 상승과 감소, 부영양화, 방조제건설에 의한 퇴적과정 변화와 해류변화, 외래종의 확산 등이 있다. 지구적 규모의 기후변화에 의하여 수많은 환경 변수가 동시 다발적으로 변화하고 있는 것은 사실이다. 이러한 다양한 변수와 요인들이 해양 생물체와 군집에 어떻게 영향을 미치고 있는지에 대하여 보다 확실한 연구가 필요하다. 어떤 복극의 플랑크톤의 경우에는 따뜻한 해수온도가 적합할 것이고, 어떤 발틱해의 담수성 플랑크톤의 경우, 염분 감소는 서식처에 도움이 될 것이다. 어떤 서식처의 경우, 외래종 도입으로 생물 다양성을 높일 수 있다. 그러나 대부분의 경우, 이러한 환경요인의 변화는 생물들이 생존하는 데 필요 이상의 스트레스로서 작용하게 된다. 어류나 해조류의 경우, 이러한 스트레스를 피하여 이동하게 된다(Francis and Hare, 2004). 무생물적 스트레스는 생물이 적응할 수 있는 시간 여유가 없이 발생할 경우, 매우 치명적이다. 무생물적 변화에 적응할 수 없는 생물은 생존을 위하여 보다 양호한 곳으로 후퇴한다. 그러나 물러설 만큼의 시간과 공간이 없다면, 그 서식처는 다른 종으로 대체되며 원래 종은 소멸된다. 다른 종들로 채워진 군집은 원래 군집의 기능을 변화시킨다. 생물종 쇠퇴의 잠재적 결과는 켈프 해조류 숲의 자생종인 해달의 사례로 알 수 있다. 켈프(Kelp)를 주식으로 하는 성게의 포식자는 해달이다. 과거 해달 사냥이 집중적으로 있었기 때문에 결과적으로 성게 개체군이 폭발적으로 증가하게 되고 켈프 숲도 파괴된 것이다. 해달과 켈프 숲의 서식처가 파괴되면서 연안 해류의 변화도 바뀌게 되었다.

전 세계적으로 약 30,000의 어종이 있으며, 수백 종 정도가 상업적 어획으로 잡는다. 수산업의 최대 관심은 연간 수확량과 내년에 잡을 수 있는 잠재적 어획량이다. 이러한 관심으로 인하여 확대되는 대규모의 상업적 어획은 지구규모의 해양서식처 전체를 변화시킨다. 현재 세계적으로 오랜 시간 어획량을 유지할 수 있는 조건을 고려한 아이디어가 개발되고 있으며, 또한 지금까지 조사된 것 보다 좀 더 집중적이고 효율적인 방법으로 지속가능한 어장을 유지할 수 있는 연구가 진행되고 있다(Botsford *et al.*, 1997).

가장 중요한 것은 해양생물의 가장 기본이라고 할 수 있는 식물성플랑크톤이 특정지역에서 어떻게 발생하느냐에 대한 것이다. 작은 어류의 주식인 동물성플랑크톤의 양과 구성도 중요한 역할을 한다. 최근 과학자들은

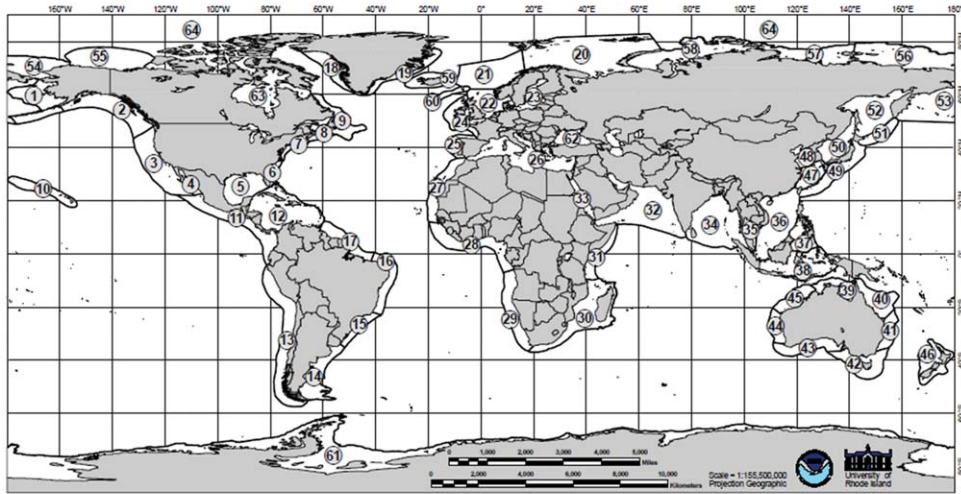


Fig. 1. Large marine ecosystems. Retrieved from <http://www.eoearth.org/view/article/154169>.

부수어획 (bycatch)하여 조사한 정확한 결과를 요구하고 있다. 그러나 ‘부수어획’은 특정 생물을 포획하는 과정에서 함께 그물에 들어온 불특정 어류나 동물들이 결국 버려지면서 죽게 되는 것을 의미한다. 최근 해양보전을 위한 국제적 공조가 활발해지고 있다. 전 세계 연안지역은 지정학적 경계를 포괄하는 광역해양생태계 (Large Marine Ecosystems, LMEs)로 분류되었다 (Francis and Hare, 2004). 이렇게 분류된 지구상의 연안해양지역은 64개이다 (Fig. 1). 광역해양생태계에는 전 지구의 95% 어장을 포함한다. 이 지역은 인간 활동에도 매우 중요한 지역이다. 수천만 명이 바로 이 광역해양생태계 주변에 거주하며 어업을 하고 있다. 따라서 광역해양생태계는 생물학적 요인에 사회경제적 관점을 포괄하는 개념이다. 그러나 광역해양생태계 보호를 위하여 설치한 이러한 개념도 원유생산 같은 경제적 측면 보다는 뒤쳐진다. 광역해양생태계의 개념은 해양서식처의 중요성에 대한 경각심을 주기 위한 장치이다. 광역해양생태계 (LMEs)의 개념은 매우 중요하고 필요하다. 그러나 국제 광역해양생태계 (LMEs) 프로젝트나 활동으로부터 얻어진 정보가 정치적 방향과 법을 만들어가고 있다는 사실에 대한 인지도가 낮다. 이 사업의 관점은 지역 주민들을 위한 교육이다. 지역의 과학자들이 국제 전문가와 함께 어장과 어획량, 순 생산량, 최근 해류변화에 따른 해양생물 변화 등에 대하여 기록하고 종합적으로 분석한다. 그러나 과거 많은 국가들이 지속가능한 수산경영 조사하기에 부족한 예산으로 가까운 연해에서 조사 해 온 사례가 있다. 따라서 기술적 정보와 지식은 미래 어업 보전 노력을 위하여 매우 필수적인 것이다. 또한 이 사업의 중

요한 목표는 다양한 광역해양생태계 (LMEs)를 평가하고 해석할 수 있는 지표를 개발하는 것이다. 해양의 지속가능한 관리를 달성하기 위한 목표는 다음 다섯 가지 분야의 모듈에 의한다 (Maribus, 2010).

- 서식처 생산성: 식물성플랑크톤과 동물성플랑크톤의 생물다양성, 생체량, 광합성 활력도 등의 측정.
- 오염정도와 생태계 건강성: 생물독성, 부영양화, 해양생물 내 질병변화 등의 측정.
- 어류와 어업: 어류와 갑각류의 생물다양성 조사, 잠재적 어장의 조사와 어류조성의 변화 등 조사.
- 사회경제: 생태계 관리를 위한 과학적 사실의 실질적 적용 가능성 조사, 지속가능성 원리에 대한 경제기반 경영방법의 평가 등.
- 거버넌스: 어업, 관광, 에너지와 환경에 관심있는 관계자들의 지역 관리계획 참여 등.

## 해양환경의 변화와 어업

어업은 수만 년 동안 인간 생활에 필요한 양식을 제공하였다. 그러나 어류는 식량 이상의 고대문화 형성에도 영향을 주었다. 이제는 이러한 신비적인 특성은 사라졌고, 남은 것은 오로지 상업적인 목적뿐이다. 세계식량기구 (FAO)에 의하면, 6억~8억의 인구가 직간접적으로 어업에 의존한다고 보고하고 있다. 또한 FAO는 아시아에서만 87%인 5천4백만 명이 어부로 보고하고 있다. 이들 대부분이 소규모어업 (small fishery)에 종사하고

있으며, 따라서 어획량도 높지 않다(1.5톤/1인). 유럽 등 선진국과 비교하면 매우 낮은 수준이다(Table 1).

어업은 크게 두 가지로 구분한다: 산업어업과 전통 어업(소규모 어업). 각 지역에 따라서 보다 세분화 시키는 경우도 있다. 독일과 유럽국가에서는 세 가지로 구분한다(FAO, 2012; Maribus, 2013).

- 소규모 연안어업: 작은 모터보트를 이용하여 하루 정도 연안역에서 어업을 하며 대부분 작은 정박지를 가지고 있음.

- 소규모 근해어업: 대개 18~40 m 규모의 선박을 이용하여 수일 동안 작업. 대규모 항만에 정박.

- 대규모 근해어업: 40 m 이상의 선박을 이용하여 유럽지역에 국한하지 않고 활동함. 수확한 어류는 즉시 냉동하여 각국에 판매함.

한편 모리타니, 서아프리카 지역의 경우는 좀 다르게 분류한다.

- 소규모어업: 14 m 이하의 선박으로 별도의 조타실이 없음. 대부분이 목선이며 작은 모터나 풍력에 의존한다.

- 연안어업: 14~26 m 길이의 무동력 선박이나 26 m

이하의 동력선.

- 산업어업: 앞서 두 카테고리에 포함되지 않는 대형 선박. 모리타니아의 경우, 오징어를 낚을 수 있는 별도의 산업선박을 가지고 있으며, 형태는 거의 중국의 트롤선박과 유사하며 방식도 비슷하다.

장인어부들의 생계가 산업어업에 의해 위협을 받은 것은 단지 저개발국가의 현상만은 아니다. 많은 선진국에서도 소규모 가족단위의 어업은 사양길이다. 연료비 상승과 후계자 부재에 의하여 소규모 어업은 날로 쇠퇴하고 있으며 그 자리를 대형 어업이 차지하게 된다(Perry and Ommer, 2003). 1990년대 캐나다 동부의 대구 남획으로 인하여 소규모 가족 어업이 붕괴된 사실이 있다. 어민들은 캐나다 연안에서의 어종 감소를 강력하게 경고하고 있으나 아직도 트롤어선을 가진 대형 회사에서는 어업을 계속하고 있다. 일부 어민들은 다른 어업관련 업종으로 전환하였지만, 대부분 다른 연안지역으로 이주하여 생활하고 있다(Ommer, 2010). 이것과 유사한 상황이 1970년대 북해 청어어업이다. 어장이 고갈되기 전 불과 몇 년 전에 어업금지를 선포하였고, 다행히 어장은 회복되었지만, 이미 많은 어민들은 파산하였다. 그 자리에 몇몇 거대회사가 자리를 잡았다. 이러한 비극적인 상황이 반복되지 않도록 사회과학자들은 해양환경과 어장의 보전뿐 아니라 어업경영에서의 사회학적 관점을 강조하고 있다. 특히 생물학, 경제학, 사회학의 학제간 협력의 중요성을 강조하고 있다.

최근 유럽국가의 어업직은 쇠퇴하고 있다(Frost and Anderson, 2006). 포르투갈이나 스페인은 그나마 대형 어업을 유지하도록 국가재정을 투입하고 있지만, 독일이나 덴마크의 경우 선박수는 감소하고 있다. 그럼에도 불구하고 어류의 소비는 날로 증가하고 있다. 오늘날 유럽은 세계 최대 생산 수입지역이다(Table 2). 2010년 유럽

**Table 1.** Regional fishery productivity in 2010 (ton year<sup>-1</sup>). (Reference from FAO, 2012)

Region	Fishery	Aquaculture
Africa	2.0	8.6
Asia	1.5	3.3
Europe	25.1	29.6
Latin America, Caribbean countries	6.8	7.8
North America	16.3	69.0
Oceania	17.0	33.3
Total	2.3	3.6

**Table 2.** Import and export of marine product in major countries (unit: Million US\$). (Maribus, 2013)

Countries	Export		Countries	Import	
	2000 Year	2010 Year		2000 Year	2010 Year
China	3,603	13,268	USA	10,451	15,496
Norway	3,533	8,817	Japan	15,513	14,973
Thailand	4,376	7,128	Spain	3,352	6,637
Vietnam	1,481	5,109	China	1,796	6,162
USA	3,055	4,661	France	2,984	5,983
Denmark	2,756	4,147	Italy	2,535	5,449
Canada	2,818	3,843	Germany	2,262	5,037
Netherlands	1,344	3,558	UK	2,184	3,702
Spain	1,597	3,396	Sweden	709	3,316
Chile	1,794	3,394	Korea	1,385	3,193
Total	26,349	57,321	Total	26,349	69,949
World	55,750	108,562	World	60,089	111,786

은 전 세계 유통량의 40%에 해당하는 40억 US\$의 수산물을 수입하였다. 두 번째 수입국은 미국이며, 세 번째는 일본이다(Maribus, 2013). 따라서 글로벌 수산자원의 중요한 보전역할은 결국 이 세 지역에 의해 결정된다. 이 지역의 소비자들은 지속가능한 어업과 환경친화적 양식에 대하여 보다 중요한 위치에 있다. 아직도 개발도상국에서는 소규모 어업이 주요 산업이지만, 어민들에 대한 지원과 후생복지는 매우 빈약하다. 특히 어린이들이 소규모 어업에 동원되기도 한다. 전 세계적으로 어류의 수입은 날로 증가하고 있으며, 저개발 국가의 어민 노동조건이 매우 부실한 상황이라 결국 대규모 선단에 의한 산업적인 조업으로 인하여 어장을 잃고 있는 것이 현실이다.

어류의 정확한 위치나 행동은 아직 명확하게 밝혀지고 있지 않다. 따라서 전 세계적으로 어느 정도 규모의 어장이 있으며, 매년 어느 정도로 어류가 번식하고 성장하는지에 대해서는 정확한 데이터가 없다. 따라서 전 세계적으로 사용되고 있는 데이터는 거의 추정이나 예상치일 뿐이다. UN산하의 FAO에서는 가능한 한 많은 조사와 자료를 통하여 정확한 데이터를 구하려고 한다(FAO, 2012). FAO에서는 2년에 한번씩 SOFIA Report (The State of World Fisheries and Aquaculture)를 발간한다. 생선은 전 세계 식량에 매우 중요한 자원이기 때문에 이 리포트는 UN의 국제정책 결정에 중요한 역할을 한다. 이 리포트는 크게 두 가지 자료를 토대로 만들어진다. 하나는 어민들의 자료로서 어민들이 각 정부에 보고하는 자료, 특히 해양관련 정부부처에 제공하는 어민들의 자료를 토대로 만들어진다. 두 번째는 과학자들의 자료이다. 어민의 자료를 이용하기도 하며, 직접 어선에 승선하여 어류의 나이, 크기, 길이, 그리고 개체수를 측정하기도 한다. 그리고 연구자 독자적으로 과학 선박을 이용하여 다양한 지점을 선택하여 어장의 특성을 파악한다. 또한 이러한 어류의 상태에 따라서 어떤 어망을 사용하는가에 대한 것도 측정한다. 이렇게 모아진 자료들은 각 정부, 연구기관, 국제네트워크를 통하여 정리된 후 FAO에 모이게 된다. 개발도상국가의 경우에는 어민들의 자료를 신뢰할 수 없기 때문에 각 정부에서 조사한 자료 또한 신뢰할 수 없는 자료가 FAO에 보내지게 된다.

FAO조사에 의하면, 전 세계에는 약 1,500곳의 대규모 어장이 있는 것으로 확인되고 있다(FAO, 2012). 그러나 그 중에서도 약 500여 곳 정도가 어장량을 추정할 정도이다. 이들 어장들은 수십 년간 상업적으로 이용된 곳이다. 특히 개발도상국가의 접경수역인 EEZ의 경우

에는 정확한 자료를 얻기는 더욱 어렵다. FAO도 정확한 어장의 위치와 어장의 규모에 대한 자료가 어렵다는 것을 인지하고 있다. 미국과 독일 등 선진국에서는 상호 협력하여 세계 어장의 추정을 위한 다양한 모델을 만들어 적용하고 있다. 이러한 특수한 모델을 이용하여 분석한 결과, FAO는 500개 어장 중에 약 56.4%가 이미 고갈상태에 있음을 확인할 수 있다.

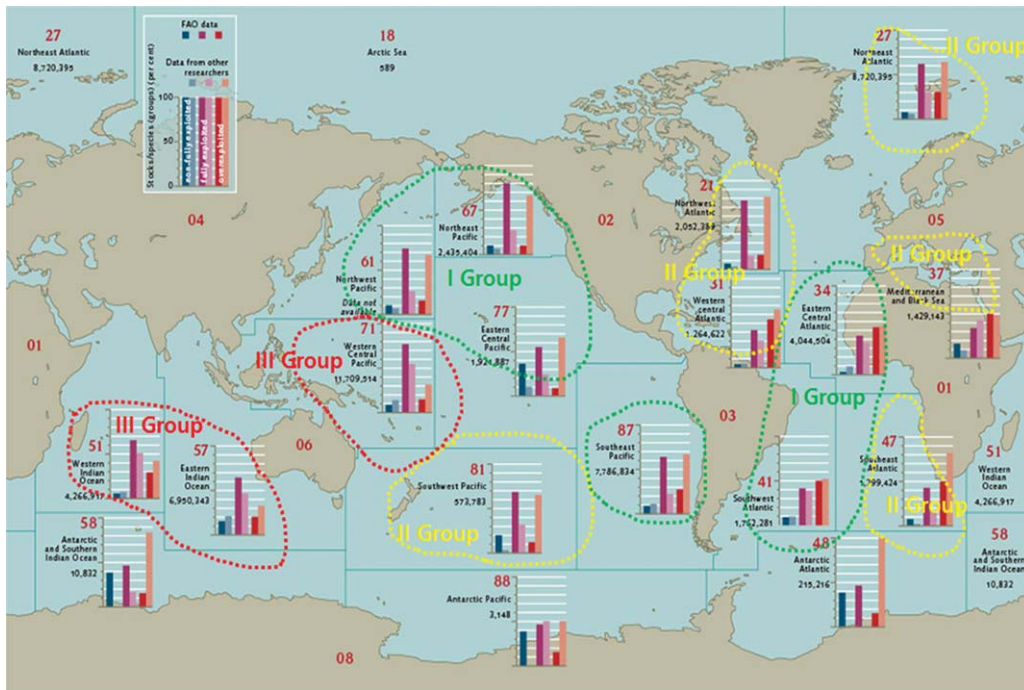
중국을 이미 세계 최대의 수산 국가이다. 그러나 소규모로 구성된 어선들에 의해서 대규모 작업을 수행하고 있는 상황이다(Maribus, 2010, 2013). 2009년까지 세계에서 두 번째 어업국가였던 페루는 2013년 현재 세계 4위로 하락하였으며, 그 자리에 인도네시아와 미국이 포함되었다. 러시아는 2004년에는 불과 1백만톤에 불과하였으나 현재 4백만톤에 이르고 있다. 러시아는 2020년까지 6백만톤을 목표로 하고 있어서 거의 EU국가들의 규모에 접근할 수준이다(Maribus, 2013).

## 광역해양생태계와 어장

FAO는 세계 대양을 19개 주요 어장으로 구분한다(Fig. 2). 이러한 지역적 구분은 시간에 따라서 달라진다. 이 구분은 단순히 인근 국가의 정부나 연구기구 등에서 보내주는 어획량 자료로 구분한다. 앞서 설명한 광역해양생태계(large marine ecosystem)에 기초를 둔 다른 분류시스템도 있지만, FAO의 전통적인 구분 방식은 매우 효과적으로 활용된다. 19개 지역은 다시 3개의 범주로 구분된다(Maribus, 2013). 첫째 그룹(I group)은 1950년 이후 어획량의 변동을 보이는 지역이며, 둘째 그룹(II group)은 매년 어획량이 감소하는 지역, 세 번째 그룹(III group)은 어획량이 지속적으로 증가하는 지역이다. FAO는 이러한 구분은 전 세계 500개 어장에서 비교적 신뢰할 만한 자료를 토대로 나눠진 것이다. 그러나 19개 지역 중 북극과 남극의 세 지역 등 네 지역은 어획활동이 별로 없기 때문에 제외한다.

### 제 I 그룹

동중부 대서양(FAO어장 Number 34, Fig. 2), 남서부 대서양(41), 북서부 태평양(61), 북동부 태평양(67), 동중부 태평양(77), 그리고 동남부 태평양(87)이 포함된다. 이 5개 지역은 전 세계 어획량의 52% 수준을 기록하고 있다. 오늘날 이 중에서 가장 중요한 지역은 북서부 태평양이다. 2010년에 전 세계 어획량의 1/4인 2천1



**Fig. 2.** The FAO divides the oceans into 19 major fishing areas which differ markedly in their annual catches (ton /living weight). The bar charts show the conditions in the corresponding maritime regions. These 19 fishing areas are divided into 3 groups according to annual fluctuation of fish catches ([http://worldoceanreview.com/wp-content/downloads/wor2/WOR2\\_chapter\\_3.pdf](http://worldoceanreview.com/wp-content/downloads/wor2/WOR2_chapter_3.pdf)). Each bar shows situation of fishery development (Left: non-fully developed, middle: fully developed, right: over-developed).

백만 톤을 수확하였다. 이 어종의 대부분은 작은 크기의 멸치이다. 동중부 대서양과 동남부 태평양은 남미 연안에서부터 시작되는 양분이 높은 용승에 의해서 어류가 풍부하다. 이러한 용승에 의해 멸치나 정어리 등 무리로 몰려다니는 작은 물고기들이 많기 때문에 어획은 매년 큰 변동을 보이고 있다. 양분이 높은 해수가 심해에서 지표로 올라와서 플랑크톤의 성장과 번식에 영향을 주게 된다. 그러나 기후변화에 의하여 해류가 약해지기 때문에 플랑크톤도 줄어들고 어류의 먹이도 줄어들게 된다.

일반적인 세계 어장 규모와는 다르게 동중부 대서양의 52% 어장은 이미 과다어획 되었다고 보고되고 있으며, 43%는 완전히 고갈되었고, 오로지 4%만 어획이 가능하다고 알려지고 있다(예, 세네갈). 정어리가 대표적인 어종이다. 남서부 대서양은 매우 심각한 어획량 고갈에 시달리고 있다. 주요 어종은 아르헨티나의 대구와 브라질의 멸치이다. 두 종류 모두 과다 어획을 하고 있지만, 최근 연구에 의하면 멸치어장은 약간 회복을 보이고 있다고 한다. 이 지역 어장은 50%가 과다 어획 상태이며, 41%는 매우 고갈된 상태이고, 오로지 9%만 이용할 수 있는 상황이다. 반면에 FAO는 북동부 태평양에 긍정적 평가를 주고 있다. 이 지역의 최대 수확기록은 1980년대

였으며, 주요 어종은 대구류이다. 오늘날 80% 어장이 완전히 고갈되었고, 10% 정도만 수확이 가능한 것으로 보고되고 있다. 그러나 이 지역의 해양기후 체계가 달라지고 있어서 대구와 연어 등의 먹이가 되는 동물성플랑크톤의 형성이 변화되고 있음은 주지할 필요가 있다(Francis and Hare, 1994).

### 제 II 그룹

이 지역은 매년 어획량이 감소하고 있는 지역으로서 북서 대서양(21), 북동 대서양(27), 중서부 대서양(31), 지중해와 흑해(모두 37), 남동 대서양(47), 그리고 남서태평양(81) 지역이 포함된다. 과거 5년간 이 지역은 전세계 어획량의 평균 20% 정도를 보이고 있다. 비교적 관리가 잘 되어 있기 때문에 어장이 회복되는 경향이 있다. 북동 대서양에서 대구, 가자미, 넙치의 수확은 서서히 감소하고 있다. 동북 북극의 산란 어류들이 2008년 수준으로 증가하고 있어서 1960~1980년대의 수준으로 어장이 회복될 것으로 보인다. 심해어종의 상황은 매우 심각하다. 남동 대서양의 상황은 62%가 완전 고갈된 상황이며, 31%가 과다 어획, 7%만이 일상적인 어획

이 가능한 곳이 되었다. 북서 대서양의 빈곤상태는 계속되고 있다. 대구나 농어의 경우, 캐나다 정부에서 이 두 종에 대한 상업어업을 완전히 금지하고 있지만, 1980년대 집약어업 이후 어장이 회복되지 못하고 있다. 돛발상어, 각시가지미, 큰넙치 등 이 지역 주요 어종의 재생을 위하여 관리를 하고 있으나 여전히 77%의 어장은 완전히 고갈될 것으로 보고되고 있다. 지중해와 흑해는 모두 하나의 FAO어장에 포함되어 있다. 이 지역은 50%가 과다 어획, 35%가 완전 고갈, 17%가 어획가능 상태이다. 이 지역에서는 유럽대구, 붉은송어가 과다 포획되고 있다. 정어리나 멸치 등은 여전히 고갈되거나 과다 포획되고 있는 상황이다.

### 제 III 그룹

이 그룹은 1950년대 이후 지속적으로 어획이 증가하고 있는 지역이다. 여기에는 중서부 태평양(71), 동인도해양(57), 서인도해양(51)이 포함된다. 중서부 태평양의 어획고는 1970년 이후 1천1백톤(2010)을 기점으로 계속 증가하고 있다(전 세계 어획량의 14%). 그러나 상황은 변하고 있으며 어장은 점차 고갈되어 가고 있다. 특히 동지나해 서쪽 어장은 특히 심각하다. 과거 상업적 어업이 별로 없었던 동지나해는 최근 중국의 집약어업 산업이 확산되면서 큰 변화를 겪고 있다. 매년 중국의 어획량 목표는 지속적으로 늘어나고 있는 상황이지만, 수집되는 어민들의 자료는 정확하지 않아서 신뢰할 수 없다. 동인도해양의 연간어획은 증가하고 있는 추세이다. 2007~2010년 사이에 17% 어획량이 증가하였다. 안다만해와 벵갈만에서도 꾸준히 증가하고 있으나 42%가량은 특별한 어종이 아니다. 이처럼 집약적이고, 과다어획을 하는 저개발국가 지역의 경우에는 정확한 어종, 어획량에 대한 자료는 기대할 수 없는 상황이다. FAO의 19개 주요 어장은 각 지역별로 세부적으로 더 구분된다. 예를 들면, 동인도해양의 어획은 지속적으로 증가하고 있지만, 이곳의 세부지역인 호주의 배타적경제수역(EEZ)은 관리계획에 의해서 감소하고 있다. 어장 보호를 지속함에 의하여 호주와 뉴질랜드는 최고의 어장을 유지하고 있다. 또한 남서인도양 어업위원회(Southwest Indian Ocean Fisheries Commission)는 서인도해양의 세부 지역을 담당하고 있으며, 140여 어종을 관리하고 있다.

## 결 론

세계 식용어패울의 개인당 소비량은 1961년 9.1 kg

year<sup>-1</sup>에서 2009년에는 18.5 kg year<sup>-1</sup>로 50년 동안 배로 증가하였다. 인구도 2.3배 증가하였기 때문에 식용어패류의 공급량은 5배 이상 증가하고 있다. 세계 인구는 2050년에 96억 명까지 늘어날 것으로 예상되며 거기에 신흥국이나 개발도상국의 경제성장도 늘어날 것으로 기대되어 수산자원의 수요압력은 지속적으로 확대되리라 예상된다. 현재 전 세계의 바다는 남획, 난개발로 수산자원이 고갈되고 있다. 따라서 향후 증가할 수산자원을 충족하기 위해서는 지속가능한 어업의 대전환이 필요하다(Worm *et al.*, 2009). 구체적으로는 과학적 데이터에 기초한 적절한 '자원관리형 어업'과 '환경배려형 양식'에 크게 기대를 해본다(Mora *et al.*, 2009).

세계의 수산자원상황은 날로 악화되고 있으나 적절한 자원관리형 어업에 의하여 자원량을 회복시키고 있는 어종, 또한 이러한 어업을 도입하고 있는 지역이나 국가도 적지 않게 늘어나고 있다(Botsford *et al.*, 1997). EEZ가 설정되기 전에는 공해상에서의 무질서한 남획이 자행되었다(Agnew *et al.*, 2009). 그 결과 자원고갈에 직면하게 되었고, EEZ내에서 수산자원을 관리하고 자원량을 회복시켜 어업을 부활시키는 국가가 늘어나고 있다. 예를 들면, 자원관리의 성공적인 사례로 알려지는 노르웨이에서는 전통적 북해 청어어업이 번성하였지만, 어획량은 1965년의 120만톤을 기점으로 70년대 전반에 걸쳐 성어(成魚)의 6~8할을 포획했기 때문에 자원량이 격감, 절멸의 위기에 있었다. 노르웨이 정부는 70년대 후반부터 금어에 가까운 엄격한 어획제한을 설정하여 어업을 관리하게 되었고, 80년대 이후 자원량이 순조롭게 증가, 어획량은 80년대 후반에 80만톤까지 회복되었다. 어획제한에 성공한 것은 단순히 연간 포획 가능한 양을 설정했을 뿐 아니라 어선별 할당량(Individual Vessel Quota, IQ)제도를 도입한 것이었다(Katsukawa, 2012). 어획량만을 설정할 경우(올림픽 방식), 어민들의 포획 생탈전이 벌어질 수 있으며, 결과적으로 양질의 생선보다는 수량 확보에 집중하게 된다. 또한 시장성이 없는 작은 물고기라도 포획하여 양을 채울 수 있기 때문에 미성숙한 생선 포획은 어장의 황폐를 초래한다. 한편 IQ방식의 경우, 기존 어획량이 결정되었기 때문에 어부들은 양보다는 질에 목표를 두게 되므로 가급적 적절한 시기에 고가로 팔 수 있는 성어를 포획하게 된다. 단가가 높은 생선을 안정적으로 수확할 수 있기 때문에 경제적으로도 안정된다.

일반적으로 수산자원관리를 고려할 때, 성어(산란할 수 있는 어류 개체)의 양은 어획 시작 전의 수준의 40~50% 수준으로 유지할 필요가 있다고 하며, 그 수준을



**Table 3.** Fishery management in major countries (Katsukawa, 2012, <http://katukawa.com>).

	Setting Fishery Quota	Allotment type of Fishery Quota		
		IQ type	ITQ type	Olympic type
Iceland	○			
Norway	○	○		
South Korea	○	○		
Denmark	○		○	
New Zealand	○		○	
Australia	○		○	
USA	○		○	
Japan	▲			○

밀돌면 어획규제를 엄격하게 하고, 20%미만의 경우에는 禁漁, 10%를 밀돌면 자원붕괴로 판단한다. 노르웨이의 청어어업 경우에는 첫째, 지속가능한 산란성어의 양을 전제로 적절한 어획량이 설정되었고, 둘째, IQ방식에 의한 어획량 조정에 의하여 자원량이 회복함과 동시에 어업의 생산금액이 높아지는 결과가 되었다. 한편 뉴질랜드에서는 1983년에 IQ방식의 일종인 ITQ (Individual Transferable Quota, 할당된 어획량을 매매할 수 있는 방식을 채택하였다. 이 경우, 재산성이 없는 어업자의 양을 대규모 경영자가 취득하여 어업의 효율화를 도모하는 장점도 있지만, 대규모 업체에 의한 독과점의 염려가 있다.

격감하고 있는 세계 수산자원의 자원량 회복을 위해서는 과학적 차원에서 적절한 어획량을 정하고 미성숙한 어류의 남획을 금지하는 것이 중요하다(Kawaguchi, 2013). 그러한 의미에서 IQ방식이나 ITQ방식을 도입하는 것이 중요하다(Table 3). 한편 어업자가 개별적으로 할 수 있는 국제적 네트워크로서 1997년에 설립한 해양관리협의회(MSC, Marine Stewardship Council)의 에코라벨(eco-label) 제도가 있다(<http://www.msc.org/>). 이것은 지속가능한 어업으로 잡은 수산물임을 나타내는 국제인증제도이다. 2013년 5월 17일 현재 세계 202개국의 어업자가 MSC를 취득하고, 100개 이상의 어업자가 추가 취득을 대기하고 있다.

지속가능한 어업으로서 어족자원 감소압력이 없는 양식을 기대할 수 있다(Matsuda and Katsukawa, 2002). 현재 양식의 세계생산량은 자연어획에 의한 생산량에 가깝다. 이 중에서 대부분은 중국의 자국소비용인 잉어나 민물고기류이지만, 양식생산을 수출용산업으로 육성하고 있는 국가도 있다. 특히 노르웨이는 연어나 송어의 양식도 적극적으로 하고 있으며 1994~2008년까지에 생산량은 약 4배로 확대, 세계 생산량의 4할을 점하고 있다. 일본의 경우, 생산량의 20%가 양식어류이다. 민물

장어, 덩, 새우, 방어는 일본 국내생산량의 반 이상이 양식어류이다. 양식이라고 해도, 산란부터 시작하여 치어를 생장시키는 것뿐 아니라 바다에서 자연 치어를 포획하여 키우는 경우도 적지 않다. 그래도 이 양식으로도 천연 자원량의 압박은 완전히 감소하지 않기 때문에 참치나 장어의 경우, 산란된 치어를 키우고 나아가 산란도시키는 완전양식의 기술개발이 필요하다. 이러한 양식은 비교적 고요한 해역에서 개발되는 경우가 많기 때문에 사료나 약제의 과다투여에 의한 환경악화가 염려된다. 또한 양식어를 1 kg 키우기 위해서는 3~10 kg의 사료가 필요하기 때문에 어중에 따라서는 반드시 자원보전과 연결된다고 볼 수 없다. 한편 환경배려형 양식도 개발되고 있다. 인도네시아에서는 새우양식을 전통적인 양식기법에서 배워서 인공사료나 항생제를 투여하지 않고 조방형으로 생산하는 에코슈림프가 주목 받고 있다. 향후 지속가능한 양식업을 지향하기 위해서는 장어나 참치 등 양식이 어려운 어류의 양식기술의 개발, 사료, 약제, 생장기법에 이러한 환경배려형 양식이 필요할 것이다.

## 사 사

이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2009-361-A00007).

## REFERENCES

- Agnew, D.J., J. Perace, G. Pramod, T. Peatman, R. Watson, J.R. Beddington and T.J. Pitcher. 2009. Estimating the world-wide extent of illegal fishing. *PlosOne* 4(2): e4570. DOI: 10.1371/journal.pone.0004570.
- Botsford, L.W., J.C. Castilla and C.H. Peterson. 1997. The Management of Fisheries and Marine Ecosystems. *Science* 277: 509-515. DOI: 10.1126/science.277.5325.509.
- Caldeira, K. and M.E. Wickett. 2003. Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature* 425(6956): 365-365.
- FAO. 1994. Review of the state of world marine fishery resources. *FAO Fisheries Technical Paper* 335: 1-136.
- FAO. 2012. The states of the world fisheries and aquaculture (SOFIA) 2012. 230p.
- Francis, R.C. and S.R. Hare. 2004. Decadal-scale regime shifts in the large marine ecosystems of the North-east Pacific: a case for historical science. *Fisheries Oceanography* 3(4): 279-291.
- Frost, H.P. and P. Anderson. 2006. The Common Fisheries Pol-

- icy of the European Union and fisheries economics. *Marine Policy* **30**: 737-746.
- IPCC. 2007a. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.), Cambridge University Press, 996pp. ([http://www.ipcc.cj/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/contents.html](http://www.ipcc.cj/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html)).
- IPCC. 2007b. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups, I,II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 104pp.
- Katsukawa, T. 2012. Japanese Problem in Fishery. NTT Publisher, Tokyo. pp.43. (<http://katukawa.com>)
- Kawaguchi, M. 2013. Sustainability in marine ecosystem. Japan's Economic Outlook. Daiwa Institute of Research **11**: 116-133. ([http://www.dir.co.jp/research/report/esg/esg-report/20130902\\_007619.pdf](http://www.dir.co.jp/research/report/esg/esg-report/20130902_007619.pdf))
- Maribus. 2010. World Ocean Review. maribus gGmbH, Hamburg, Germany. 232p.
- Maribus. 2013. World Ocean Review. maribus gGmbH, Hamburg, Germany. 143p.
- Matsuda, H. and T. Katsukawa. 2002. Fisheries management based on ecosystem dynamics and feedback control. *Fisheries Oceanography* **11**: 366-370.
- Mora, C., R.A. Myers, M. Coll, S. Libralato, T.J. Pitcher, R.U. Sumaila, D. Zeller, R. Watson, K.J. Gaston and B. Worm. 2009. Management Effectiveness of the World's Marine Fisheries. *PLoS Biol* **7**(6): e1000131. DOI:10.1371/journal.pbio.1000131.
- Ommer, R.E. 2010. The coasts under stress project: a Canadian case study of interdisciplinary methodology. *Environmental Conservation* **37**: 478-488.
- Perry, R.I. and R.E. Ommer. 2003. Scale issues in marine ecosystems and human interactions. *Fisheries Oceanography* **12**: 1-10.
- Worm, B., E.B. Barbier, N. Beaumont, J.E. Duffy, C. Folke, B.S. Halpern, J.B.C. Jackson, H.K. Lotze, F. Micheli, S.R. Palumbi, E. Sala, K.A. Selkoe, J.J. Stachowicz and R. Watson. 2006. Impacts of biodiversity lost on ocean ecosystem service, *Science* **314**: 787-790.
- Worm, B., R. Hilborn, J.K. Baum, T.A. Branch, J.S. Collie, C. Costello, M.J. Fogarty, E.A. Fulton, J.F. Hutchings, S. Jennings, O.P. Jensen, H.K. Lotze, P.M. Mace, T.R. McClanahan, C. Minto, S.R. Palumbi, A.M. Parma, D. Ricard, A.A. Rosenberg, R. Watson and D. Zeller. 2009. Rebuilding global fisheries. *Science* **325**: 578-585.