

바다 생태복원력 회복 등 수산분야
탄소중립 실현방안 연구

2024. 7

해양수산부

박명래

목 차

I. 연구배경	1
II. 생태복원력 회복 필요성에 대한 이론적 검토 ...	2
III. 기후변화가 바다에 미치는 영향	22
IV. 기후변화 및 환경 관련 국제협력	31
V. 기후변화 대응을 위한 국가별 노력 및 동향 ...	67
VI. 탄소중립 실현을 위한 수산분야 과제	97
[참고문헌]	102

① 국외훈련 개요

1. 훈련국 : 영국(United Kingdom)
2. 훈련기관명 : 에식스대학교(University of Essex)
3. 훈련분야 : 수산정책
4. 훈련기간 : 2022. 9. 12 ~ 2024. 7. 11

2 훈련기관 개요

명 칭 및 이수과정	University of Essex(MRES Political Science)
소 재 지	Wivenhoe park Colchester Essex, CO4 3SQ
홈페이지	https://www.essex.ac.uk/
연혁 및 개요	<p>에식스대학교는 1964년 설립된 공립학교로서 오랜 역사를 가진 다른 영국 대학에 비해 신생학교라 할 수 있음. 2000년에는 east15 acting studio를 합병하여 연기 전공을 운영하고 있으며, 영국에서 이 분야 톱을 달라고 있다. 2007년에는 에식스주 남쪽에 위치한 South-end-on sea에 캠퍼스를 추가하여 운영하고 있다. 연구중심의 대학으로 알려져 있으며 신생학교임에도 불구하고 연구성과가 상당한 것으로 알려져 있고, 정치학, 경제학, 사회학 등 사회과학분야가 강하며, 데이터 사이언스 분야도 각광 받고 있다.</p>
이수과정의 특성	<p>영국 석사학위의 경우 통상 1년 과정이고, 이수학점도 120학점(논문 60학점 포함)이나, 에식스 대학 내 MRES Political science와 political economy의 경우 2년 과정으로 구성되어 있으며, 이수학점이 연간 180학점, 2년 총 360학점으로 정치학 및 정책학과 관련한 많은 분량의 학습을 요구하고 있다. 특히, 졸업논문의 경우 통상 15,000자 내외이나, 에식스 대학 MRES 과정은 35,000자 논문을 제출하도록 하고 있어 많은 분량의 논문 등을 읽고 분석하여 창의적인 보고서를 작성하여야 한다. 또한, 정량적 분석(통계분석)을 상당히 강조하며, 데이터 분석에 많이 사용하는 R코딩을 가르치는 등 높은 수준의 교육을 실시하고 있으며 학생들에게 심도있는 아웃풋을 요구한다.</p>

3 훈련 보고서 요약

성 명	박 명 래	직 급	행정사무관
훈 련 국	영국	훈련기간	2022. 9. 12 ~ 2024. 7. 11
훈련기관	University of Essex	보고서 매수	매
훈련과제	수산분야 탄소중립방안 연구		
보고서 제목	바다 생태회복력 등 수산분야 탄소중립 실천방안 연구		
내용요약	<p>1. 연구배경</p> <p>UN에서 발간한 ‘2000~2019 세계 재해 보고서’에 따르면, 최근 20년 동안(2000~2019) 앞선 20년(1980~1999)보다 재해가 2배 가까이 증가하였다고 보고되고 있다. 또한, 2015년 기후변화당사국총회(UNFCCC)에서 체결된 파리협약에서 21세기 말까지 산업화 이후 상승한 지구 평균기온을 1.5℃ 이하로 묶기로 결정하였다. 각 국가는 2050년까지 탄소배출의 감축을 위해 각별히 노력하여야 한다. 바다는 기후변화로부터 인류를 지키는데 엄청난 역할을 하는 공간이기 때문에, 우리는 바다의 생태복원력 유지 및 향상방법을 모색함으로써 인류와 지구 생명들의 지속 가능한 생존 및 번영을 가능하도록 하여야 할 것이다.</p> <p>2. 생태복원력 회복 필요성에 대한 이론적 검토</p> <p>바다는 화물, 여객이 이동하는 수단 등 다양한 용도로 사용되며, 어획, 양식과 같은 생산의 공간, 레저의 공간으로도 활용된다. 최근에는 풍력, 조력 등을 이용한 신재생 에너지를 생산하는 공간으로도 활용될 만큼 바다의 쓰임새는 무한히 증가하고 있다. 또한, 바다라는 공간은 지구의 70%를 차지할 만큼 넓은 면적을 차지하고 있어 관리하기도 쉽지 않다. 소유권이나 사용권이 정해진 영해나 배타적 경제수역 외에도 누구나 사용할 수 있는 공해가 많기 때문에 관리도 쉽지 않다. 이러한 성질은 바다의 생태회복력을 넘어서는 과잉이용의 가능성이 높아질 수밖에 없으며, 앞에서 이미 언급한 바와 같이 기후변화 등으로 대기 중 온실가스과 복사열 흡수라는 역할이 점점 과중해 지고 있는 것을 고려할 때 바</p>		

다는 생태회복력을 빠르게 잃고 있으며, 바다의 생태회복력을 되살리고 지속 가능한 이용과 기후변화를 극복할 수 있는 역할을 유지할 수 있도록 다각적인 노력이 필요하다. 또한, 경제학자 아담스미스에 따르면, 시장은 ‘보이지 않는 손’에 의해서 균형을 달성한다고 한다. 이는 용역이나 재화를 이용하고자 하는 수요와 이를 제공하고자 하는 공급이 적정한 선에서 균형을 이룬다는 것이다. 하지만, 재화나 용역의 특별한 성격 때문에 시장의 원리가 작동되지 못해 사회적으로 적정한 균형을 이루지 못하고 과잉 또는 과소생산(수요)가 발생된다는 것이다. 이렇게 시장실패가 발생하는 경우 사회적 후생이 감소하기 때문에 사회적으로 적정한 균형을 달성하도록 만들기 위해 인위적 간섭이 필요해진다.

바다는 공유재라는 특성, 외부 불경제가 존재하는 영역으로 지속 가능한 이용을 위해 정부의 간섭이 필요한데, 환경 보존을 위한 규제 및 단속 또는 공유재 성격에 가격 메커니즘을 적용하는 시장 중심적 접근 방법이 있다. 두 가지 방식은 현실에서 혼재되고 있으며, 여러 보고서나 실제 사례를 살펴볼 때 직접규제 방식보다는 시장 중심적 접근방식이 더 효과적인 것으로 나타나고 있다.

3. 기후변화가 바다에 미치는 영향

국립수산과학원의 연구보고서에 따르면 우리나라 연안의 표층수 온은 1.35℃가 상승함으로써 2.5배나 높게 상승한 것으로 보고되었다. 이러한 수온변화는 여름철 고수온과 겨울철 저수온 현상에 영향을 미쳤다. 이에따라 과거에 비해 여름철과 겨울철에 고수온과 저수온 현상이 잦아지고 있으며, 이는 양식 수산물의 성장을 억제하는 결과를 낳고 있으며, 심한 경우 폐사에 이르러 양식어가에 많은 손실을 발생시키고 있다. 또한, 해수온 상승은 유해생물 출현에도 영향을 미친다. 그 대표적인 예가 적조현상이다. 여름철 해수온의 상승은 수증기 발생량을 증가시킨다. 이는 구름을 형성하고 잦은 강우를 만들어 내는데, 이에 따라 육상에서 영양염류가 바다로 유입되고, 유해 조류의 최적 서식환경을 만들어 내면서 적조가 확산된다.

바다는 대기 중 온실가스를 흡수함으로써 기후변화에 중요한 역할을 하지만 그 반대급부로 바닷물이 산성화됨으로써 해양생태계에 영향을 미치며 특정 해양 동식물의 개체수 감소나 멸종에 이르게 된다. 또한,

해수온 상승은 유해생물의 출현빈도를 높여 바다의 생산성을 감소시키며, 고수온, 저수온 및 염해 피해를 유발시켜 생산성 감소를 확대시킨다. 이러한 변화는 특히 바다를 생산의 공간으로 삼고 있는 수산업 종사자들에게 막대한 피해를 끼친다. 그렇기 때문에 우리는 기후변화가 수산분야에 미치는 과급효과를 고려하여 바다가 그 기능을 유지할 수 있도록 다양한 대응방안을 찾을 필요가 있다.

4. 기후변화 및 환경 관련 국제협력

기후변화를 유발하는 정도에 대해서는 국가별로 차이가 있을 수 있지만, 기후변화 해결을 위한 노력은 한, 두 국가의 노력만으로 해결이 불가능하다. 교통, 통신기술의 발달로 다른 나라와의 왕래와 교류가 쉬워졌다. 또한, 세계화가 진행되면서 상품의 교역, 기술이전이 발생하여 교류가 없었다면 소비할 수 없는 재화와 서비스를 보다 싼 가격에 소비할 수 있어 소비자들의 편익은 세계화 이전에 비해 상승하였다. 하지만, 세계화를 통한 상품, 서비스, 기술 등의 교류는 이전에 비해 많은 환경오염을 발생시키고 있고, 국경을 넘어 오염원을 확대시키고 있으며, 부국에서 빈국으로 오염물질을 수출하는 문제도 낳고 있다. 그래서 기후변화에 대응하기 위한 국제적 협력의 필요성이 그 어느 때보다 증가하고 있다.

환경문제는 국경을 넘어서기 때문에 한 나라의 행동이 다른 나라에도 영향을 미치게 된다. 이러한 상황에서 단기적으로 국익을 추구하는 나라들이 환경문제를 해결하는데 실패하게 되면, 모든 나라가 이전보다도 더 나쁜 상황에 처하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 국제적으로 제도가 필요하며, 국제제도는 국제적인 문제를 해결하고 국제적인 환경경영을 위한 국제기구, 법률, 규제 등의 국제제도를 구축하여 효과적으로 해결할 수 있다. 대기질, 기후변화, 생물다양성 보존 등 국제적 환경이슈를 다루기 위해 많은 국제규범 및 질서가 형성되고 있다.

기후변화에 대응하기 위해 가장 대표적으로 기후변화 국제협약 체계가 형성되어 탄소배출 수준을 산업화 이전으로 돌리려는 국제적인 노력이 추진되고 있으며, 기후변화에 따라 훼손되는 생물의 서식지 훼손 및 생물다양성 감소 등 다양한 국제협력 체계가 조직되어 운영되고 있다.

5. 기후변화 대응을 위한 국가별 노력 및 동향

국가별 기후변화에 접근하는 방식의 차이는 있지만, 대체적으로 큰 틀은 유사한 듯하다. 기존 석탄, 석유 등 탄소 중심의 발전에서 재생 에너지 등을 활용하는 친환경 에너지원으로 전환하고, 전기, 수소 등 온실가스 배출로부터 자유로운 에너지원으로 전환하기 어려운 산업에 대해서는 배출 가스를 포집하고 저장하도록 하고, 이를 위해 관련 기술(CCUS), 개발에 투자 및 지원을 확대해 나갈 전망이다. 또한, 현재까지 보급률이 낮은 전기 및 수소 에너지 사용이 활성화 될 수 있도록 충전설비, 도로 등의 정비도 필요하다. 이와 함께 대부분의 나라들은 생물 다양성 확대, 서식지 보존 및 조성 등을 생태계를 복원함으로써 대기 중 온실가스를 자연이 흡수할 수 있도록 생태복원력을 확보하는 노력도 기울여 갈 것이다. 기존과 다른 녹색산업으로의 전환은 새로운 제도 도입이 필요하고 기존 제도의 개선도 수반되어야 한다.

기후변화에 대응하기 위해서는 많은 노력과 비용이 수반된다. 특히 철강, 화학 등의 산업을 보유하고 있는 우리나라는 기후변화 대응은 위협요소로 다가올 수 있다. 하지만, EU 국가들은 기후변화 대응을 녹색산업, 녹색기술 및 금융 등의 전환 및 선점의 기회로 생각하고 있다. 우크라이나 사태 때문에 지연되기는 했지만, 독일의 경우 2023년 4월 운영되던 원전의 가동을 중단하며 완전한 탈원전 국가로 전환하였다. 탈원전에 따라 단기적으로는 에너지 비용상승 등 부작용이 있지만, 장기적으로는 재생에너지 발전, 설비 및 운영 부분 등에서 다른 나라에 우위를 보일 수 있고, 국가 목표보다 감축된 탄소 배출권을 다른 국가에 판매함으로써 장기적으로는 이익일 수도 있다.

우리나라도 기후변화 대응이 새로운 녹색산업의 전환의 기회라 여기고 산업의 전환이 순조롭게 될 수 있도록 규제개선 및 제도마련, 각종 기술개발, 친환경 에너지 전환을 위한 예산 및 금융지원을 아끼지 말아야 할 것이다.

6. 탄소중립 실현을 위한 수산분야 과제

수산양식, 어로행위 등 생산과정에서 폐그물, 부표 등 유실 기자재에 의한 오염, 장기간 양식에 따라 사료의 잔여물, 배설물 등에 의한 부영양화 등으로 인해 바닷 속 생태계가 점점 나빠져 가고 있

다. 우리는 생산의 공간으로 사용하는 어장환경을 개선하여 자연 회복이 가능하게 만들어 줌으로써 지속 가능한 어장의 사용이 가능해지게 된다. 따라서, 우리는 어장의 생태회복 능력을 계산하고 생태회복 능력에 맞춘 생산을 할 수 있도록 하여야 한다. 이와 함께 어장환경의 변화를 지속적으로 모니터링 및 진단할 수 있는 시스템 구축이 필요하다. 또한, 바다도 육상의 경우와 마찬가지로 여러 가지 요인에 의해 변화된 바닷속 생태계를 복원하기 위해 바다숲 조성 등 생태계 복원작업이 필요하다. 물론 지금도 바다식목일을 정해서 바다숲 조성사업을 실시하고 있지만, 기후변화에 따라 빠르게 변화하고 있는 해수온 상승, 산성화 등에 대응하기에는 역부족인 듯 하다. 바다 생태계의 변화정도를 전면적으로 파악하고 바다의 생태 복원력을 향상시킬 수 있도록 바다숲 조성 등 해양생물의 서식지 복원을 지금보다 강화할 필요가 있다.

기후변화의 영향으로 잦은 자연재해와 저수온 및 고수온의 발생이 수산양식에 막대한 피해를 입히고 있다. 따라서, 기존의 생산방식으로는 기후변화에 대응하기 어렵다. 연안에서의 양식은 수온 및 수질의 변화와 질병을 통제하기 어렵기 때문에 이러한 생육환경을 통제할 수 있는 육상양식으로의 전환이 필요하다. 하지만, 육상양식은 해상에 비해 토지의 확보, 건축물 구축 등 많은 투자가 필요하다.

기존의 수산양식은 양식어민의 다년간 쌓인 경험에 의존해 시행착오를 겪었다. 또한, 경험에 의존하는 방식은 안정적인 환경에서는 문제가 되지 않지만 갑작스러운 환경변화에 대응하는데는 한계가 있다. 이러한 경험에 의존하는 생산방식에서 첨단 ICT장치를 활용한 데이터에 기반한 생산방식으로 전환이 필요하다.

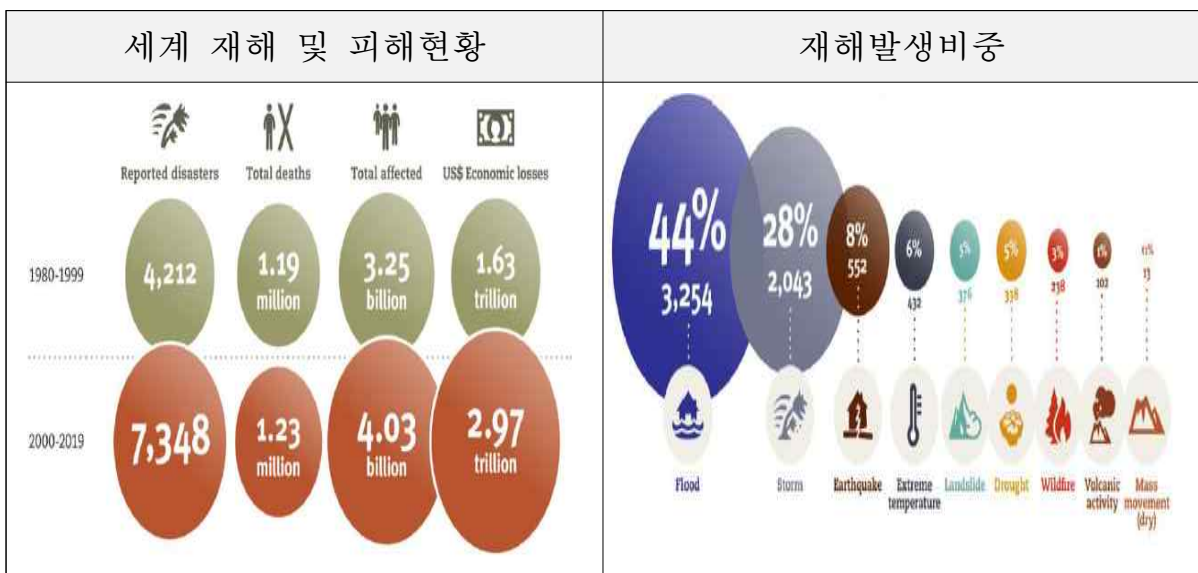
많은 국가들은 수소경제로의 전환을 위해 기존 화석연료를 통해 만들 수 있었던 수소를 다양한 바이오매스를 통해 조달하기 위한 연구에 투자하고 있으며, 이러한 산업 선점을 위해 개도국과 협업을 추진하고 있다. 현재, 해조류를 통한 수소를 생산하는 연구들이 시행되고 있으며, 수소생산을 위해 다량의 바이오매스가 필요하기 때문에 수소를 안정적으로 많이 생산할 수 있는 해조류의 공급이 필요한 바 비식용 해조류 양식기술의 개발과 현장 도입 등의 연구가 필요하고, 관련 산업들의 선점을 위해 인근 국가들과의 연구 및 기반기술의 협력 또한 필요하다.

4 혼련 보고서

I. 연구배경

최근처럼 기후변화가 세계인의 관심사 떠오른 적이 없었을 것이다. 이는 기후변화가 초래하는 영향이 인류의 생존에 엄청난 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 산업화 이후 수없이 많은 인간의 개발행위 및 경제활동 등으로 발생한 오염물질이 지구가 자연정화 할 수 있는 한도를 초과하였다. 이는 많은 부작용을 낳았는데, 대기의 오존층을 파괴하여 온실효과를 발생 시킴으로써 지구 온도가 지속적으로 상승하도록 하게 만들고 있다. 대기 온도의 상승은 극지방의 빙하를 빠르게 녹이고 있으며, 이는 해수면의 상승을 유발하고 있다. 대기 온도의 상승과 함께 해수면의 온도가 상승하여 많은 해양생물의 생존에 위협이 되는 등 바다 생태계에 부정적인 영향을 미치고 있다.

UN에서 발간한 ‘2000~2019 세계 재해 보고서’에 따르면, 최근 20년 동안(2000~2019) 앞선 20년(1980~1999)보다 재해가 2배 가까이 증가하였다고 보고되고 있다. 특히, 70%가 넘는 재해가 홍수와 태풍인데, 이러한 종류의 재해는 기후변화가 관련되어 있다. 증가하고 있는 자연재해는 많은 인명피해와 경제적 피해를 발생시키고 있다.



[표1. 출처 : UNDRR, Human Cost of Disasters 2000-2019]

2015년 기후변화당사국총회(UNFCCC)에서 체결된 파리협약에서 21세기 말까지 산업화 이후 상승한 지구 평균기온을 1.5℃ 이하로 묶기로 결정하였으며, 협약 당사국들은 2050년까지 온실가스 감축목표가 담긴 장기 저탄소 개발전략(Long term low green gas Emission Development Strategies, LEDS)을 마련할 것을 요구받았다. 우리나라도 2020년 12월 부처합동으로 ‘2050 탄소중립 추진전략’을 마련하였다¹⁾.

기후변화 위기를 막는 방법은 무엇이 있을까? 가장 쉬운 방법이라면 기후변화가 발생하는 원인을 제거하면 될 것이다. 다시말해, 기후변화를 야기하는 인간의 경제활동을 중단하는 것이다. 경제활동의 중단이 아니더라도, 지구 생태계가 항상성을 유지할 수 있는 수준만큼의 경제활동을 한다면 쉽게 해결될 수 있다. 하지만, 이는 현실적인 대안이 아니다. 하루아침에 모든 국가가 동시에 경제활동을 중단하거나 규모를 줄일 수 있는 정도가 인류가 생존하는 세계 환경이 간단한 구조가 아니기 때문이다.

바다는 뜨거워진 지구 온도를 식히는 역할을 하는데, 지구 복사열의 90%를 흡수한다. 또한, 인류의 경제활동으로 배출된 온실가스의 23%를 바다가 흡수한다²⁾. 하지만, 이는 바다의 산성화를 유발하여 바다 생태계에 나쁜 영향을 미치기도 한다. 바다는 기후변화로부터 인류를 지키는데 엄청난 역할을 하는 공간이기 때문에, 우리는 바다의 생태복원력 유지 및 향상 방법을 모색함으로써 인류와 지구 생명들의 지속 가능한 생존 및 번영을 가능하도록 하여야 할 것이다.

II. 생태복원력 회복 필요성에 대한 이론적 검토

(1) 공유지의 비극

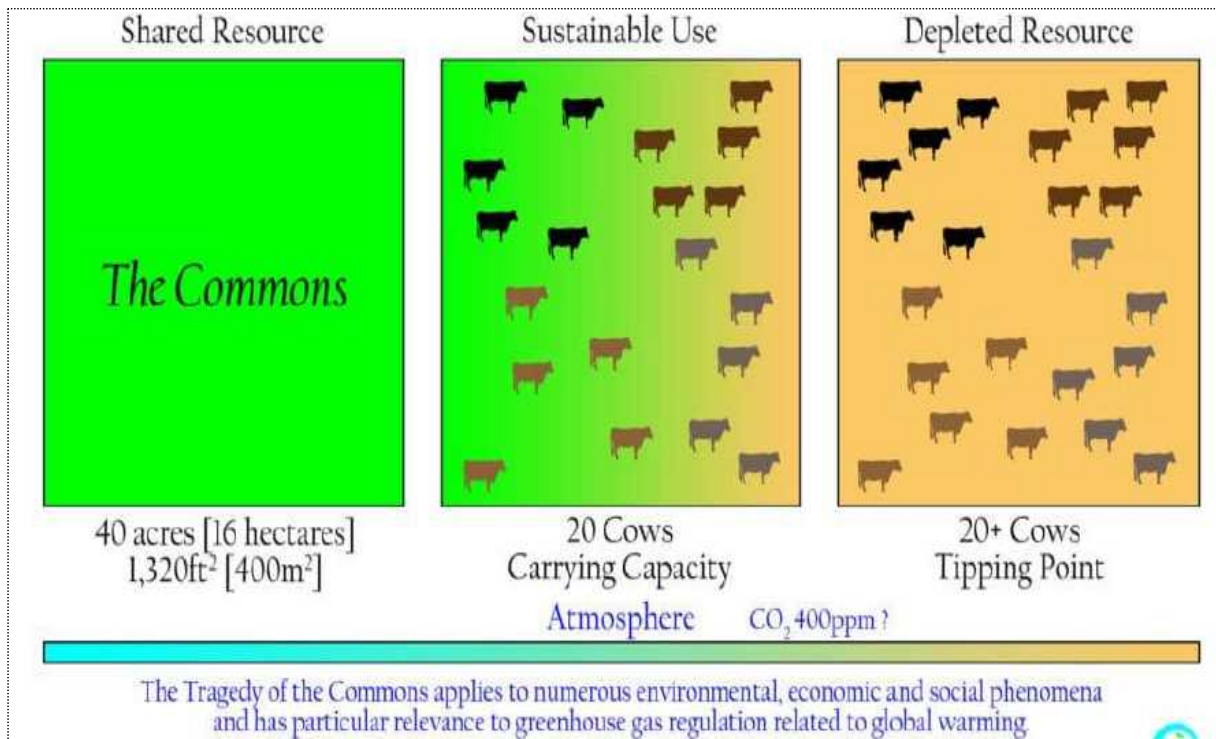
University of California Santa Barbara의 생물학과 교수인 하딘(Garret Hardin)은 소유권이 정해지지 않고 누구나 사용할 수 있는 공유지는 사

1) 김수이, 탄소중립의 개념과 당위성, 전기저널 special issue 1

2) THE GLOBAL CLIMATE (2015-2019), WMO

용 가능한 한도를 넘을 때까지 사용함으로써, 황폐해지고 결국 모든 사용자들이 공유지를 사용할 수 없게 된다고 주장한다. 하딘은 목초지를 예로 드는데 아래 그림과 같이 목초지에 20마리의 소를 방목하는 경우 사용 한도를 넘지 않아 공유지가 유지된다. 하지만, 적용 사용한도인 20마리를 넘어가면서부터 목초지는 황폐화되기 시작하며, 결국 목초지엔 소들이 먹을 수 있는 신선한 풀이 사라지게 되어 모든 소가 굶어 죽게 된다는 것이다.

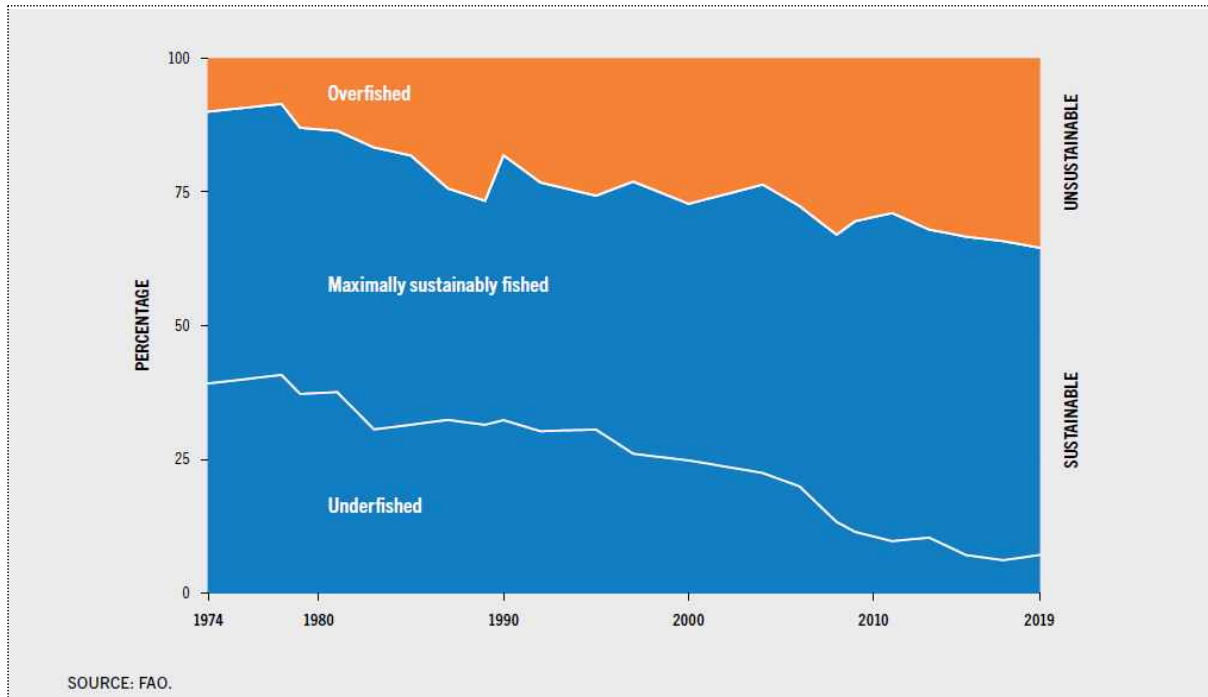
[그림1. 공유지의 비극의 발생과정]



바다는 Hardin의 주장하는 공유지의 비극이 발생하기 가장 쉬운 공간 중 하나이다. 예를들어, 바닷속 생물들은 성장하고 재생산되는 순환과정이 필요하고, 이러한 성장 및 재생산 과정을 통해 적정 개체수가 유지된다. 하지만, 인간의 식용을 위해 포획하는 수산물이 적정 개체수를 유지할 수 있을 만큼의 수량보다 더 많아진다면, 장기적으로는 수산물은 씨가 마를 것이고 그것을 소비해서 살아가는 인간 또한 공유지의 비극을 맞이하게 될 수밖에 없다. FAO 보고서에 따르면 우리가 살고있는 지구의 바다에서 공유지의 비극이 이미 발생하고 있다. ‘FAO 2022 세계수산양식 보고서’에 따르면, 세계 수산물 총량이 지속적으로 감소하고 있는데, 그것은 지속 가능한 수준의 어획량을 이미 넘어섰으며, 남획이 지속적

으로 발생하고 있는 것으로 보고되고 있다. 표2에서 확인할 수 있는바와 같이 주황색으로 표시된 남획(overfished)은 지속적으로 증가하고 있고, 이 문제를 해결하기 위한 전 세계적 노력을 기울이지 않는다면, 인류가 공유지의 비극을 맞이하게 될 시간이 점점 빠르게 다가올 것이다.

[표2. 세계 어획량 현황 추세³⁾]



또한, 바다는 사용하는 용도에 따라 쓰임새가 다르다. 바다는 화물, 여객이 이동하는 수단으로 활용되며, 어획, 양식과 같은 생산의 공간, 레저의 공간으로 활용된다. 최근에는 풍력, 조력 등을 이용한 신재생 에너지를 생산하는 공간으로도 활용될 만큼 바다의 쓰임새는 무한히 증가하고 있다. 또한, 바다라는 공간은 지구의 70%를 차지할 만큼 넓은 면적을 차지하고 있어 관리하기도 쉽지 않다. 소유권이나 사용권이 정해진 영해나 배타적 경제수역 외에도 누구나 사용할 수 있는 공해가 많기 때문에 관리도 쉽지 않다. 이러한 성질은 바다의 생태회복력을 넘어서는 과잉이용의 가능성이 높아질 수밖에 없으며, 앞에서 이미 언급한 바와 같이 기후변화 등으로 대기 중 온실가스와 복사열 흡수라는 역할이 점점 과중해 지고 있는 것을 고려할 때 바다는 생태회복력을 빠르게 잃고 있으며, 바다의 생태회복력을 되살리고 지속 가능한 이용과 기후변화를 극복할 수 있

3) The State of World Fisheries and Aquaculture 2022

는 역할을 유지할 수 있도록 다각적인 노력이 필요하다 하겠다.

(2) 시장실패

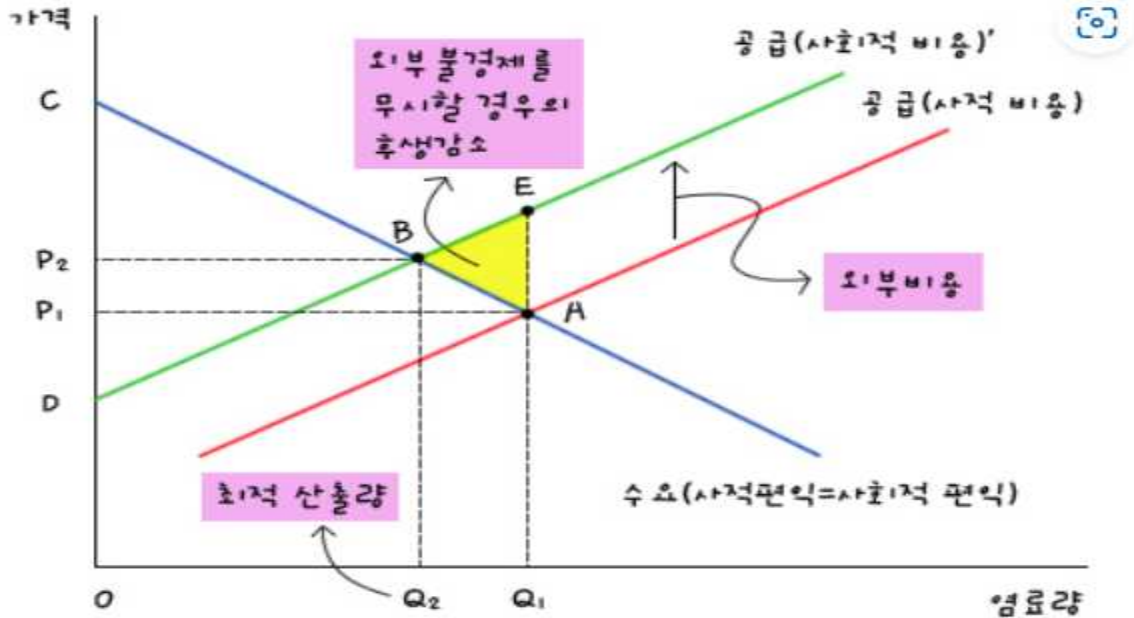
경제학자 아담스미스에 따르면, 시장은 ‘보이지 않는 손’에 의해서 균형을 달성한다고 한다. 이는 용역이나 재화를 이용하고자 하는 수요와 이를 제공하고자 하는 공급이 적정한 선에서 균형을 이룬다는 것이다. 하지만, 재화나 용역의 특별한 성격 때문에 시장의 원리가 작동되지 못해 사회적으로 적정한 균형을 이루지 못하고 과잉 또는 과소생산(수요)가 발생된다는 것이다. 이렇게 시장실패가 발생하는 경우 사회적 후생이 감소하기 때문에 사회적으로 적정한 균형을 달성하도록 만들기 위해 인위적 간섭이 필요해진다.

가. 외부 불경제

한 경제주체의 행위가 자신의 의도와 상관없이 다른 경제주체에게 의도치 않은 손해를 발생시키지만 그에 대한 비용을 지불하지 않는 것을 외부 불경제라고 하며, 발생하는 손해는 사회적으로는 비용이지만 개인에게는 비용으로 인식되지 않아 사회적으로 바람직한 수준보다 많이 공급이 된다는 것이다. 아래의 그림에서 외부 불경제가 나타나지 않는다면 사회적으로 바람직한 산출량은 Q_2 이 될 것이지만, 외부 불경제가 나타나는 경우 개인은 사회적 비용을 인식하지 못하고 초과공급을 하게되어 Q_1 에서 균형을 나타내므로 사회적 적정수준인 Q_2 보다 많이 생산되어 사회적 후생을 감소시킨다는 것이다⁴⁾.

예를들어 A라는 공장에서 제품을 제작한 후 발생하는 오폐수를 바다에 흘려보낸다고 하자. 이 때 시장기능에 맡겨 놓을 경우 공장에서는 오폐수를 바다로 흘려보내면 별다른 비용이 발생하지 않는다. 하지만, 오폐수가 바다로 흘러가 오염이 되기 때문에 사회적으로는 비용이 발생된다. 그래서, 시장기능에만 오롯이 맡겨 놓을 경우 바다는 회복할 수 없는 오염이 발생되고, 공유지의 비극을 맞이할 수밖에 없을 것이다. 외부불경제는 대표적인 시장실패의 한 유형으로 정부의 간섭이 필요하다 하겠다.

4) 이준구, 재정학



나. 배제 불가능성

우리는 어떤 재화나 서비스를 사용할 때 특정인이 비용을 지불하는 대신 그 재화나 서비스를 독점적으로 사용한다. 예를들어 A라는 사람이 B라는 과일가게의 10개의 사과 중 5개를 구입하여 가져가게 된다면 다른 사람들은 남은 사과 5개만 구입 가능하게 된다. 이렇듯 일반적인 재화하는 한 사람이 사용하게 되면 다른 사람의 사용을 배제시킬 수 있다. 하지만, 공기, 국방서비스, 바다(물론 바다에 접근할 때 사용료를 지불한 사람만 이용할 수 있도록 담장을 친다면 가능하겠지만)와 같은 누구나 사용할 수 있는 공유재화는 다른 사람의 사용을 배제하기가 현실적으로 어렵다. 이러한 공유재의 경우 누구나 자유롭게 사용하도록 시장기능 맡긴다면 적정 사용량 보다 더 많이 사용하게 되어 앞에서 언급했던 공유지의 비극을 발생시키고 말 것이다. 이러한 공유재화의 배제 불가능성의 특징은 시장실패를 발생시키기 때문에 공유지의 비극이 발생되지 않도록 중재 역할이 요구된다 할 것이다.

(3) 소결

바다라는 공간은 정말 다양한 용도로 활용되고 있다. 사람과 화물을 실어 나르는 운송의 공간, 인간에게 식량을 제공하기 위한 생산의 공간,

관광과 레저를 즐길 수 있는 휴양의 공간이자 대기 중 온실가스를 가두어 두는 등 지구 생태계의 균형을 유지하는 수단으로 활용되는 등 많은 역할을 하고 있다. 또한 앞에서 살펴본 바와 같이 바다는 대표적인 공유재이자 외부 불경제와 배제불가능성의 특성을 지니고 있어 전통적인 시장 메커니즘에만 맡길 경우 과다사용으로 인한 생산성 감소와 오염 등으로 제 기능을 못하게 될 가능성이 크고 이에 따른 연쇄작용으로 인류의 생존에 영향을 미칠 가능성이 크다고 하겠다. 바다의 생태복원력 등 지구 생태계의 균형을 유지하는 기능을 온전히 다 할 수 있도록 시장실패를 보완하기 위한 정부의 간섭이 필요하다 하겠다.

Ⅲ. 생태복원력 회복을 위한 규제방식에 대한 이론적 검토

우리는 지금까지 바다라는 공간이 공유지라는 속성을 가지고 있으며 사용의 배제가 불가능하며, 외부 불경제를 발생시켜 시장실패가 발생됨을 검토하였다. 이는 사회적 적정 사용량보다 더 많은 사용을 하게 되어서, 바다가 가지는 생태복원 능력을 잃게 되고 결국은 인류는 공멸의 위기를 맞게 될 것이다. 이를 막기 위해서는 바다가 운송, 수산물의 생산 기능 외에 대기 중의 탄소를 흡수하는 생태복원력을 유지할 수 있도록 정부의 간섭이 필요하다 하겠다. 그렇다면, 정부가 어떤 방식으로 규제를 해야 시장경제 체제를 해치지 않는 효율적인 방법인지에 대해 검토하도록 하겠다.

(1) 직접규제

환경보호를 위해 법령 등을 통해 특정 행위를 제한하는 방식을 말하며, 환경 유해물질 사용금지, 일정 기준을 충족하지 못하는 오염수의 배출금지, 노후 경유차량 운행금지 등이 그 예라 할 수 있다. 직접규제의 경우 특정행위를 직접적으로 못하게 함으로써 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있기 때문에 효과성이 높다고 할 수 있지만, 필연적으로 피규제자가 행위 제한을 잘 준수하는지 감시해야 하기 때문에 규제에 대한 관리·감독이 필요하다. 이에 따라 규제준수 여부를 관리하기 위한 조직운영을 위한 비용이 수반되기 때문에 달성하고자 하는 효과와 비용에 대해 면밀히 검토해

불 필요가 있다.

연구결과에 따르면 법령 등에 의한 직접규제방식은 관련 기업의 창의성 및 자율성을 제약하여 기업의 생산성의 걸림돌로 작용한다고 보고되고 있으며, 이는 특히 중소기업과 외국계 기업에 더 크게 작용한다고 한다.⁵⁾

직접규제는 규제 이행여부를 관리하기 위한 조직운영 비용이 필요하고, 기업의 자율성 훼손에 따른 생산성을 감축을 초래함에도 불구하고 현실에서는 가장 많이 사용되는 방식이다. 이러한 이유를 역사 및 사회문화적 맥락과 맞물려 있는데, 규제가 없는 상태에서 특정 기업이 자연을 보호하기 위해 자발적으로 추가적 비용을 지출한다 하더라도 오래가지 못할 가능성이 높다. 왜냐하면, 한 산업에서 경쟁 기업이 많은 경우 제품생산시 환경보호를 위해 추가적 비용을 지출해야 한다면 생산비가 상승하게 되고, 오염물질을 배출하는 기업과의 경쟁에서 도태될 수밖에 없기 때문이다. 역사적으로나 사회적으로나 환경보전을 경제적 가치보다 높게 인식하는 사회와 경제 가치를 우선시하는 사회는 분명히 자연 보전을 위한 조치가 다른 방식으로 규율될 것이기 때문이다.

또한, 직접규제는 피규제자의 강력한 반발을 일으킬 가능성이 있다. 따라서, 피규제자의 정치적 영향력이 강할 경우 규제집행이 어렵고, 심지어 규제가 오래지 않아 폐지되는 경우도 있다. 이런 경우, 애초에 달성하려는 정책목표는 사라지고 정책수립자와 정책현장 간의 갈등만 남게 된다.

직접규제와 관련한 주목할만한 것은 사전예방원칙이다. 이는 한번 발생하면 회복이 어렵고 특정 행위가 행해질 경우 심하게 훼손되는 등 취약성을 드러내는 분야의 경우 특정 행위가 행해지기 전에 사전적으로 규제를 시행하자는 이론이다.⁶⁾ 대표적인 예가 개발행위 전 재해나 환경에 대한 영향평가를 시행하는 것이 대표적인 것이다. 특히 바다의 경우 육상보다 더 다양한 생물이 살고 있고, 육상에 비해 연구가 덜 되었으며, 알고 있는 것도 적다고 말할 수 있다. 그래서 개발행위와 같은 특정 행위가

5) Tang et al., 2020

6) O'riordan & Cserge, 1995

발생한 경우 이 행위가 바다 생태계에 어떤 영향을 미칠지 쉽게 판단하기 어렵다. 예를들어, 육상에서 각종 토목공사 및 건설을 위해 필요한 산업용 골재를 바다에서 채취할 경우 저서생물들의 생태계에 치명적일 수 있다. 왜냐하면 특정 동물의 경우 수심이 조금만 바뀌더라도 산란률이 떨어질 수도 있고, 기존 장소에서 더 이상 살 수 없게 될 수도 있다. 그렇기 때문에 바다에서 행해지는 개발행위의 경우 사전 물리적, 생태적 환경영향평가를 강화할 필요가 있다고 하겠다.

(2) 시장 중심의 통제방식

직접규제는 환경에 영향을 미치는 특정 행위에 대한 제약을 가한다면, 시장 중심의 통제방식은 시장가격(생산비용 또는 소비자 가격 등)에 영향을 미침으로써 공급자나 수요자가 환경보존을 하도록 유도하는 방식이다. 이러한 시장 중심의 통제방식의 경우 규제 관리비용을 줄일 수 있고, 직접 통제에 따른 피규제자의 반발을 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다.

Stavins와 Whitehead는 시장 중심의 환경통제 수단을 6가지 범주로 구분한다.⁷⁾ 첫 번째로 오염비용의 부과이다. 정책의 효과를 창출하고 있다고 알려진 사례 중의 하나가 런던의 (초) 저 배출구역((Ultra) Low Emission Zone)의 운영이다. 이 구역을 통행하는 자동차 중 배출가스 기준을 초과하는 오염물질을 배출하는 경우 비용을 부담해야 한다. 운전자에게는 배출가스에 대한 비용이 피부로 와닿게 되기 때문에 비용이 부담되는 경우 대중교통을 이용하거나 저공해 차량으로 바꾸게 할 유인이 생기게 되는 것이다. 자동차 제조사 입장에서는 자신 회사의 차량을 많이 판매하게 하기 위해서는 배출가스를 허용량 이하로 줄이려는 노력이 필요하고, 또한 다른 자동차 메이커와 경쟁하기 위해서는 배출가스 저감기술의 고도화를 통해 생산원가를 낮추려는 유인이 생기기 때문에 온실가스 저감효과를 나타낼 수 있게 된다. 연구보고서에 따르면 2008년부터 2012년까지 5년간 실제로 저 배출구역 바깥의 경우 대기 중 오염물질의 미립자 농도가 1%를 초과하는 데 비해, 저 배출구역 내에서는 기존 농도의 2.46~ 3.07%까지 대기 중 오염물질이 감소한 것으로 보고되었다.⁸⁾

7) Robert Stavins and Bradley Whitehead, 'Market-based Environmental Policies'

8) Richard B. Ellison, Stephen P. Greaves, David A. Hensher, Five years of London's low emission zone: Effect on vehicle fleet composition and air quality

두 번째는 오염물질 거래제이다. 대표적인 사례가 탄소배출권 거래이며 국내의 경우 기업 간 탄소배출권이 거래되고 있는데 반해, EU의 경우 국가 간 탄소배출권 거래를 허용하고 있다. 탄소배출권 거래제는 배출총량을 정해놓고 이를 초과하여 배출하려는 기업 또는 국가는 허용량 보다 적게 배출한 기업 또는 국가에게 탄소배출권을 구입하는 제도로서, 사회적 또는 전 지구적 수인 가능한 범위의 탄소배출량 이내로 배출하도록 유도하면서도 배출가스를 배출하는 기업이 탄소배출량을 기존과 동일하게 유증할 경우 생산비용이 증가하여 기업의 경쟁력을 낮추는 결과를 초래하기 때문에 탄소를 배출하는 기업들은 기술혁신 등을 통해 탄소배출을 줄이는 방식으로 생산방식의 전환을 초래하여 정책목적을 달성할 수 있다는 논리이다. 물론 이러한 과정이 자금력이나 기술력이 약한 중소기업에게는 불리한 측면도 있지만, 이는 중소기업에 대한 보조금 또는 기술 지원 등을 통해 부작용을 감소시킬 수 있다.

[그림2. EU 탄소배출권 거래제]



세 번째는 보증금 환급제도이다. 대표적인 사례는 독일에서 플라스틱병 재활용 자동회수기를 설치하여 사용 후 빈 플라스틱병을 자동회수기에 반납하면 처음 구매할 때 제품에 부과된 보증금을 돌려주는 형태로 운영하고 있다.

[그림3. 독일 플라스틱병 자동회수 시스템]



보증금제도를 도입하기 전에는 빈 플라스틱병을 버리는 것이 소비자에게 비용으로 느껴지지 않지만, 하지만 제품가격에 빈병 회수를 위한 보증금이 포함된다면 그것을 소비자는 비용으로 느끼기 때문에 빈병 회수에 적극적으로 참여할 유인이 생기게 되는 것이다. 이는 정부가 직접 개인의 행동에 간섭하지 않으면서도 가격이라는 수단을 통해 사회적으로 바람직한 행위를 유도하는 것이기 때문에 직접규제 보다 효율성이 높은 방식이라 할 수 있다. 코로나 팬데믹 이후 재택근무 등으로 배달시장이 빠르게 성장함에 따라 포장재로 사용되는 플라스틱 쓰레기의 배출이 엄청나게 늘었으며 이에 대한 대응문제가 날로 심화되고 있다. 포장재 쓰레기의 재활용을 높이기 위해 우리나라에서도 보증금 환급제도에 대한 고민이 필요하다고 하겠다. 수산분야에서도 수산양식에 사용하

는 부표(특히 스티로폼 부표)가 버려져 해양오염은 물론 파도에 휩쓸려 연안 쓰레기 처리에 골치를 앓고 있으며 이에 따라 부표에 대한 보증금제도를 검토했었지만, 부표의 경우 버려지기 보다는 파도 또는 태풍 등의 재난 시 많은 양이 유실되어 회수하지 못하는 경우가 많기 때문에 도입에 어려움이 있었다,

네 번째는 환경권의 거래이다. 대표적인 사례는 캘리포니아와 텍사스주의 지하수 관리제도이다.⁹⁾ 반복적인 가뭄과 도시화는 수자원의 부족을 야기하였으며, 단기적으로 하천수를 전용하여 위기를 모면하였지만, 지속 가능한 방법은 아니라고 생각하여 지하수 거래시장을 만들어 거래하도록 하였다. 모든 시장이 수요와 공급의 법칙에 따라 균형을 찾아 가는 것과 마찬가지로 지하수 시장이 형성되면 상대적으로 수자원이 풍부한 지역에서 부족한 지역으로 자원이 배분이 된다. 한정된 자원으로 배분을 나누어야 하기 때문에 수자원이 부족한 지역에서는 높은 가격으로 물을 구매하여 소비할 수밖에 없고, 소비자들은 이에 따라 물의 사용을 줄일 수 밖에 없게 되는 것이다. 호주 국가 수도위원회에 따르면 물시장이 도입되기 위해서는 네 가지 조건이 요구된다. 사람들이 물을 교환이 가능한 재화로 인식할 수 있어야 하고, 물의 수요자와 공급자에게 물의 수급사정 등 관련 정보 접근이 용이해야 하며, 이동 가능한 물의 양을 정확히 파악할 수 있어야 한다. 마지막으로, 물 공급자가 시장에 진입하기 위해 필요한 비용이 최소화 되어야 한다.¹⁰⁾

다섯 번째는 시장 왜곡요소의 보완 또는 제거이다. 예를들어, 국가에서 특정 분야에 보조금을 지급함에 따라 적정 시장가격 보다 재화가 낮은 가격에 제공됨으로써 그 재화를 낭비하게 되는 결과를 초래하게 된다. 이런 재화가 환경과 관련된 재화라면 자연을 빠르게 훼손하게 된다. 선의의 목적으로 사용한 보조금이 결국 의도치 않은 환경오염을 가속화하는 결과를 낳기 때문에 보조금을 폐지하고 그 재화가 정상가격에 공급될 수 있게 함으로써 적정수요로 돌아가게끔 유도하자는 것이다. 이는 단순히 보조금의 폐지뿐만 아니라 보조금을 조정하는 방법으로도 활용이 가능하다. 온실가스 저감을 위해 에너지 생산에서 재생에너지가 차지하는 비중을 높

9) 이병선, 송성호, 김원석, 미국 캘리포니아 및 텍사스 주의 지하수 최적 분배를 통한 관리 방안

10) Water markets in Australia: a short history, AG-NWC (Australian Government National Water Commission)

이기 위해서는 재생에너지 생산에 투입되는 비용이 기존 화석연료를 통한 생산비용보다 높기 때문에 에너지 공급업자가 재생에너지 생산에 대한 유인이 없다. 이 경우 기존 화석연료 생산 관련 업자에게 지급되던 보조금을 폐지하고 재생에너지 생산업자에게 보조금을 증액 시키는 방식으로 보조금 지급을 조정하는 방법을 사용할 수 있다.

여섯 번째는 소비자에게 친환경 소비를 유도할 수 있도록 정보를 제공하는 것이다. 일반적으로 생산자가 환경 친화적인 방식으로 제품을 생산하기 위해서는 많은 노력과 비용이 들어간다. 이는 제품의 생산원가를 상승시켜 제조사의 가격 경쟁력을 낮추는 결과를 초래한다. 이럴 경우 생산업체의 선의에만 기댈 수 없다. 친환경적 방식으로 생산되었음을 소비자에게 알리고 제품의 가격이 다른 제품에 비해 높다고 하더라도 지구 환경을 위해 공헌하고자 하는 소비자들은 친환경적으로 생산된 제품을 소비할 수 있도록 유도하는 것이다. 대표적인 예가 에코라벨링제도이며, 우리가 가장 많이 알고 있는 것은 농약과 같은 화학제품을 사용하지 않고 기르는 유기농인증이 있다. 과거 단위 면적 당 더 많은 양의 농산물을 수확하기 위해 농약, 화학비료를 사용하였지만, 이에 따라 생태계에 악영향을 미치고, 지하수 오염 등을 유발하는 등 생태복원력을 낮추고 있다. 이에 따라 비록 수확량은 줄어들더라도 생태계에 나쁜 영향을 덜 미치는 방식의 생산이 요구되고 있다. 또한 소비자들의 경우 농산물 생산 시 화학 기자재를 덜 사용한 농산물이 건강한 식생활을 도울 수 있기 때문에 소비자들도 비싸더라도 유기농 제품을 선호하게 된다. 이에 따라 일반 제품과 구별되는 인증표시를 함으로써 제품을 구별을 하는 것이다. 수산부문에 대표적인 에코라벨링 제도는 MSC와 ASC가 있다. MSC의 경우 자연에서 포획하는 수산물에 부여되는 인증으로 남획을 방지하려는 노력과 포획, 운송, 가공 등 생산 전단계가 추적 가능한 경우에 부여된다. ASC는 양식수산물에 부여되는 인증표시로서 양식수산물 사육 시 사용하는 사료, 물 등 각종 기자재에 대해 높은 수준의 관리를 요구하고 있으며, 양식 수산물의 생육환경 등 복지수준과 생태계 영향 최소화가 요구된다. 국내에도 친환경 수산물 인증이 운영되고 있으며, 최근 직불제와 연동되면서 친환경 수산물 생산량이 증가하고 있다. 에코라벨링 제도는 소비자가 제도에 대한 인지와 제품에 대한 신뢰가 필수적이므로 소비자 교육 및 홍보가 강화가 필수적이라 할 수 있다.

[그림4. 다양한 에코라벨링]



가. 시장 중심의 통제방식 관련 국내외 사례 분석

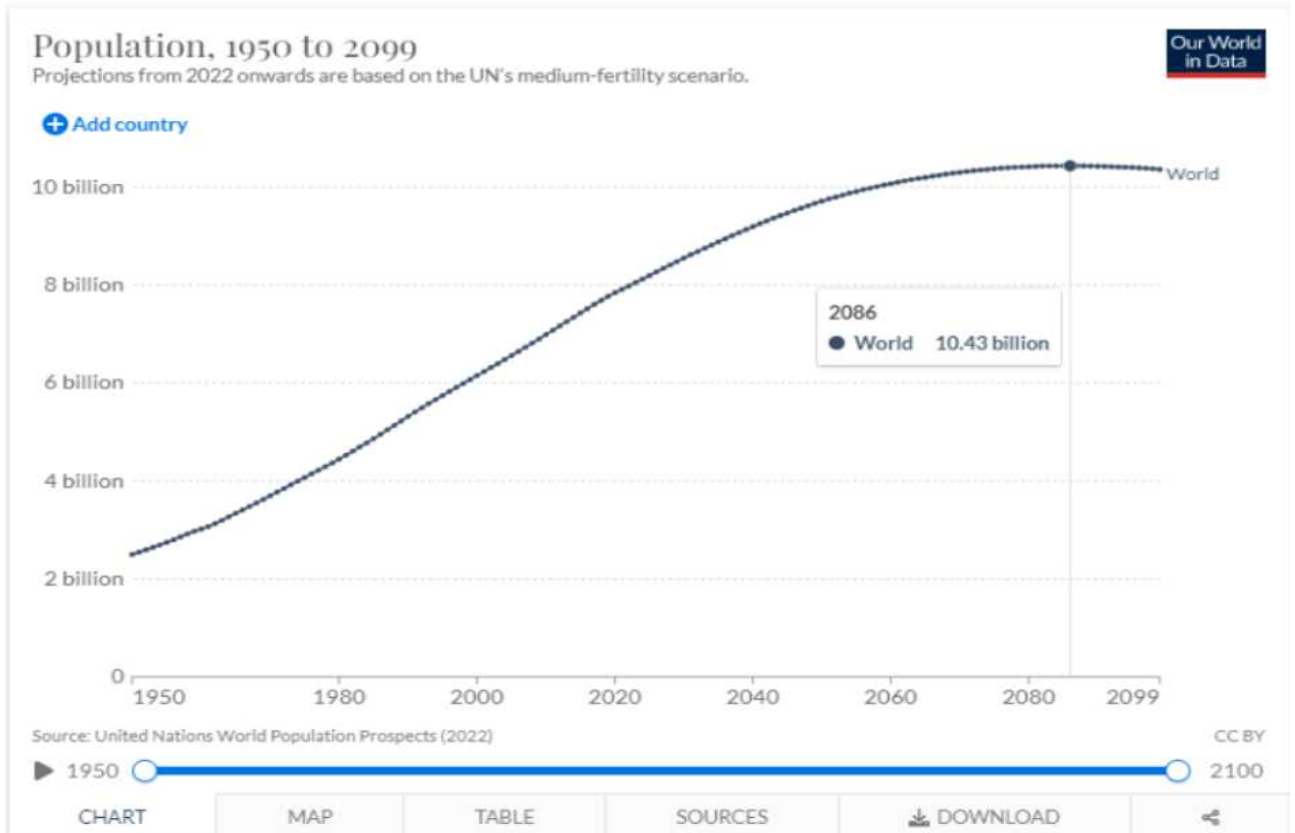
1) 수산물 남획방지 및 수산자원 보호를 위한 시장 접근방식의 노력(MSC)

UN 세계인구 전망보고서에 따르면 현재 세계 인구는 79억 4,200만 명이고 2100년에는 109억 명에 이를 것으로 전망하고 있다.¹¹⁾ 인구증가와 함께 1960년 9.9kg에 불과했던 1인당 세계 1인당 수산물 소비량이 2019년에는 20.5kg까지 증가하였고, 2030년에는 21.4kg에 이를 것으로 보고 있다.¹²⁾ 인구와 1인당 수산물 소비량의 지속적 증가는 필연적으로 자연상태에서 적정 개체를 유지할 수 있는 수준의 양보다 더 많은 양을 포획하게 되어 수산자원이 빠르게 고갈되어 공유지의 비극을 맞이하게 될 수 밖에 없다.

11) UN World Population Prospects 2022), 2022. 7.11 발표

12) FAO, 2022 The State of Fisheries and Aquaculture, SOFIA

[표3. 세계 인구변동 전망¹³⁾]



이미 앞에서 언급한 바 있듯이 남획을 방지하기 위해 직접규제방식을 사용할 수 있지만, MSC는 소비자의 선택을 기반으로 남획을 줄이고 특히 개체수가 감소하고 있는 종에 대한 포획량을 줄일 수 있는 방안으로 활용한다. MSC와 같은 에코라벨링 제도는 소비자에게 지속 가능한 방식으로 생산했다는 신호를 줌으로써 소비자 선택을 유도하는 제도이긴 하나 이 제도만으로 높은 수준의 효과를 기대하기는 어렵다. 그래서 환경보호단체들은 수산물 생산업체에 보다는 유통구조에 주목했다. 미국의 경우 메이저 10개 소매업체가 수산물 소비시장의 50%에 육박하고 있다.¹⁴⁾ 또한, 영국의 경우 90%의 수산물이 슈퍼마켓 체인을 통해 판매되고 있다.¹⁵⁾ 그린피스도 지속 가능한 방식으로 생산된 수산물을 철저히 검수하고 유통하는 업체에 대한 평가를 통해 점수를 매겨 소비자에게 공개함으로써 적극적으로 소비자들이 환경 친화적으로 생산된 수산물

13) UN World Population Prospects 2022), www.ourworldindata.org

14) BRIDGESPAN GROUP (2005) Seafood Choices Evaluation Prepared for the David&Lucile Packard Foundation. BridgespanGroup.com, Boston, USA.

15) GREENPEACE (2005) A Recipe for Disaster: Supermarkets' Insatiable Appetite for Seafood. Greenpeace, London, UK. [Http://www.greenpeace.org.uk/files/pdfs/migrated/oceans/supermarketsreport/supermarkets_seafood.pdf](http://www.greenpeace.org.uk/files/pdfs/migrated/oceans/supermarketsreport/supermarkets_seafood.pdf) [accessed 12 August 2008].

소비를 독려하였다. 또한, 남획 등으로 빠르게 개체수가 감소하고 있는 종들을 레드 리스트로 관리했으며, 레드 리스트에 포함된 어종을 판매하는 유통업체의 공개 등을 통한 업체의 평판에 치명상을 입힘으로써 개체수 감소종에 대한 유통을 차단하였다. MSC는 지속 가능한 수산물의 관리를 위해 생산자를 직접 규제하거나 소비자가 바람직한 소비를 할 수 있도록 유도하는 방법 중 후자의 방식이며, 이는 직접규제보다 시장 접근적 관리방식이 훨씬 효과적임을 반증한다 할 수 있다. 기본적으로 남획은 인간들이 과거에 비해 많은 양을 소비하기 때문에 발생하는 문제이고, 소비가 생산을 통제할 수 있는 문제이기 때문에 소비측면을 자극하는 것이 훨씬 효과적이라 할 수 있다.

세계 총 잡는 어업의 36% 수준인 3천만 톤의 어류가 어분과 어유형태로 가공되어 대부분이 양식어류, 닭 및 돼지의 먹이로 사용되고 있다고 보고되고 있다.¹⁶⁾ 국제 환경단체들은 이렇게 소비되는 수산물은 지속 가능한 생산으로 인정하기 어려운 것으로 보는 등 국제사회 및 각 국가에 지속 가능한 생산을 위한 노력을 강화해 줄 것을 지속적으로 주문하고 있다. 유럽 국가들을 중심으로 글로벌 유통 및 숙박업체 등에 납품하는 제품에 MSC 및 ASC와 같은 지속 가능한 방식으로 생산된 제품임을 입증할 것을 요구하는 추세가 강화되기 때문에 국내 수산물의 생산방식의 변화가 필요하다 하겠다.

2) 국내사례1 : 친환경 농산물 인증제와 농약사용량과의 관계 분석

우리나라의 경우도 시장 기반의 관리방식의 하나인 에코라벨링(친환경 농산물 인증제도)제도를 운영하고 있는데, 과연 이 제도의 운영이 실제 당초 생각했었던 만큼의 효과를 발휘하고 있는지에 대해 분석해 보았다. 분석대상 데이터는 ‘친환경농업 육성 관련사업의 평가와 개선방안¹⁷⁾’에 보고된 수치를 사용하였으며, 친환경인증제도 참여 농가수의 변화에 따른 농산물 생산 시 농약 및 화학제품 사용량의 변화를 회귀분석함으로써 친환경 농산물 인증제도 실시 이후 얼마나 효과적이었는지를 실증분석하였다.

아래 표를 통해 알 수 있듯이 친환경농산물 인증제도에 참여하는 증가세를 보이고 있으며, 농산물 생산 시 단위 면적 당(ha) 농약과 화학제품의 사용량이

16) ALDER, J., CAMPBELL, B., KARPOUZI, V., KASCHNER, K. & PAULY, D. (2008) Forage fish: from ecosystems to markets. Annual Review of Environmental Resources, 33, 7.1-7.14.

17) 임성수, 이종환(2012)

매년 증감이 있지만 감소추세에 있는 것은 유효하다.

[표4. 연도별 친환경 인증제 참여수와 농약 및 화학제품 사용량 변화]

year	the number of farmers using eco-friendly production methods	Pesticide usage per ha(kg)	chemical usage per ha(kg)	sum pesticide and chemical usage per ha(kg)
2000	2,000	12.4	382	394.4
2005	53,478	12.8	376	388.8
2006	79,635	6.9	257	263.9
2007	131,460	12.4	340	352.4
2008	172,553	13.2	311	324.2
2009	198,891	11.7	267	278.7

인증제도에 참여하는 농가를 독립변수로 단위 면적당 농약과 화학제품 사용량의 합계를 종속변수로 회귀분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 분석 시 2006년의 농약사용량이 과도하게 줄어드는 이상점(outlier)을 보이고 있어 전체 분석결과를 왜곡할 수 있어 분석대상 수치에서 제외하였다.

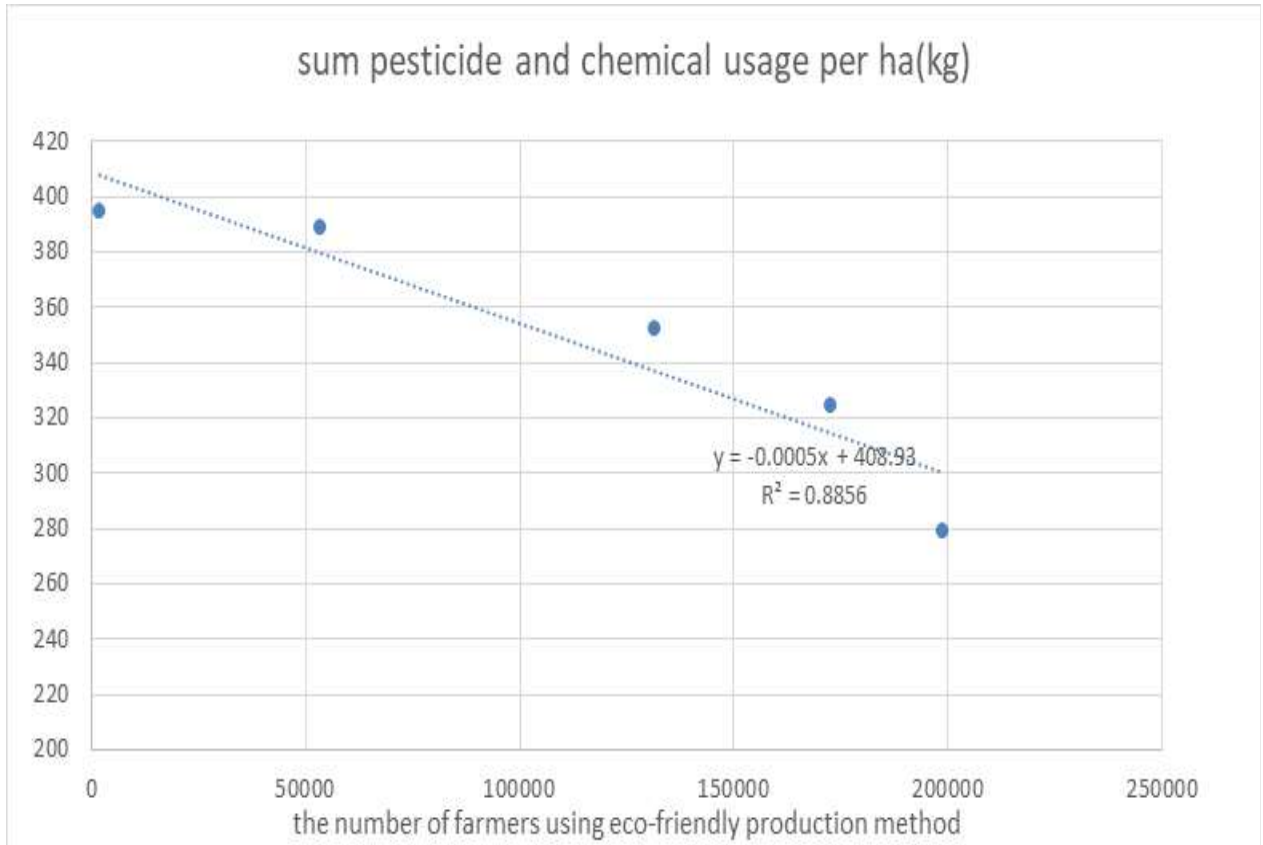
[표5. 회귀분석 결과]

Regression Statistics	
Multiple R	0.941076224
R Square	0.88562446
Adjusted R Square	0.847499279
Standard Error	32154.99351
Observations	5

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	24017873366	24017873366	23.22938426	0.017017411
Residual	3	3101830823	1033943608		
Total	4	27119704189			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	673305.614	117412.0854	5.734551187	0.01052836	299647.9565	1046963.271
X Variable 1	-1615.26952	335.1399114	-4.819687153	0.017017411	-2681.834298	-548.7047527

[표6. 변수 간 상관관계]



그래프에서 확인할 수 있는 바와 같이 친환경 인증 참여 농가가 늘어갈수록 농약 및 화학제품의 사용이 감소되고 있음이 명확하고, R square 값이 0.8856으로 1과 가깝기 때문에 변수 간 상관관계도 상당히 높음을 알 수 있다. 또한 Significance F값이 0.05보다 작은 0.017이기 때문에 친환경 인증제도 참여 농가수 증가에 따른 농약 및 화학제품 사용량 감소는 통계적으로 유의한 것으로 인정할 수 있다. 이는 국내에서도 환경 관련한 정책이 시장 접근적 통제방식이 효과성을 보이고 있음을 반증해 준다고 할 수 있다. 친환경 수산물 인증제도의 경우는 아직까지 인증제도 참여 어가수 증가에 따라 환경에 어떤 변화를 가져왔는지에 대한 분석데이터가 마련되지 않아 분석할 수 없었던 부분이 아쉽다. 친환경 수산물 인증제도는 직불금과 맞물려 빠르게 활성화가 되고 있기 때문에 현재까지의 제도 추진에 따른 환경성과를 측정하고 평가해 볼 때가 된거 같다.

3) 국내사례2 : 국내 미세먼지 관리정책 효과분석(직접규제방식과 시장 중심적 관리방식의 효과비교)

한국의 미세먼지 관리정책의 효과성을 분석해 보았다. 미세먼지 관리정책 중 계절별 집중관리제와 전기자동차 보급정책의 효과성을 분석해 보았는데, 계절별 집중관리제의 주 대상이 온실가스를 많이 배출하는 차량의 운행제한과 같은 직접규제이고, 전기자동차 보급정책의 경우 시장 접근적 통제방식이었기 때문에 기존 연구논문 등에서 주장한 바와 같이 시장 접근적 통제방식이 효과성이 높다는 것이 국내에도 적용되는 것인지를 확인할 수 있는 좋은 예라 생각했다. 미세먼지 저감을 위해 차량운행이 통제된다면 연 자동차 운행거리에 영향을 줄 것이라 생각했기 때문에 계절별 집중관리제의 미세먼지 저감효과는 연간 자동차 주행거리와 미세먼지 농도간 상관관계를 분석하였다. 전기자동차 보급정책은 전국 전기자동차 보급대수의 변화와 미세먼지 농도변화를 비교하였다. 각 변수(연간 자동차 주행거리, 전기자동차 보급대수)간 미세먼지 농도의 변화에 어떤 영향을 주었는지 회귀분석하였다.

환경부에 공개된 자료와 통계청에 공개된 자료를 통해 연간 미세먼지 평균농도, 연간 자동차 주행거리, 전기자동차 보급대수의 변화량은 아래와 같은 추세를 보였다.

[표7. 연도별 미세먼지 평균농도, 연간 자동차 주행거리, 전기자동차 보급대수]

	Concentration of fine dust($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	annual mileage (million km)	the number of electric vehicles supplied
2015	26	298,323	2,369
2016	26	313,236	5,629
2017	25	319,878	9,206
2018	23	327,073	15,549
2019	23	329,554	18,178
2020	19	332,024	22,285

표를 살펴보면 2015년부터 2020년까지 미세먼지 농도는 꾸준한 감소추세를 보여왔지만, 연간 자동차 주행거리 또한 지속적인 증가추세를 보이고 있다. 전기자동차 보급대수의 경우 2015년 2천여 대에 불과하던 것이 2020년에는 2만여

대로 증가하여 지난 6년간 10배 증가했음을 알 수 있다. 표의 수치만 분석할 경우 지난 6년간 미세먼지의 농도는 약 27%의 감소를 보여 주었기 때문에 정책효과는 있는 것으로 보인다. 하지만, 계절별 미세먼지 집중관리제의 시행에도 불구하고 연간 자동차 주행거리는 증가한 것을 확인할 수 있는 바, 회귀분석을 통해 계절별 집중관리제가 통계적으로 정책효과가 유의하지 않았는지 살펴볼 필요가 있겠다.

연간 자동차 주행거리, 전기자동차 보급대수 및 미세먼지 농도 간 회귀분석의 결과는 아래와 같다.

표의 수치만 놓고 분석했던 결과와 동일하게 연간 운행거리와 미세먼지 농도 간의 관계는 양(+)의 관계임을 알 수 있는데, 이는 계절별 미세먼지 집중관리제가 효과성이 있다고 하기 어렵다고 해석할 수 있다. 전기자동차 보급대수와 미세먼지 농도와의 관계는 음(-)의 관계에 있는데, 이것은 전기자동차 보급대수 증가에 따라 미세먼지가 저감하고 있음을 보여주고 있다. 변수간 상관관계 정도를 표시해 주는 R²가 0.930으로 높은 수치(1에 가까울수록 높은 상관관계를 설명함)를 보이고 있어, 통계적 유의성을 잘 설명해 주고 있다고 하겠다.

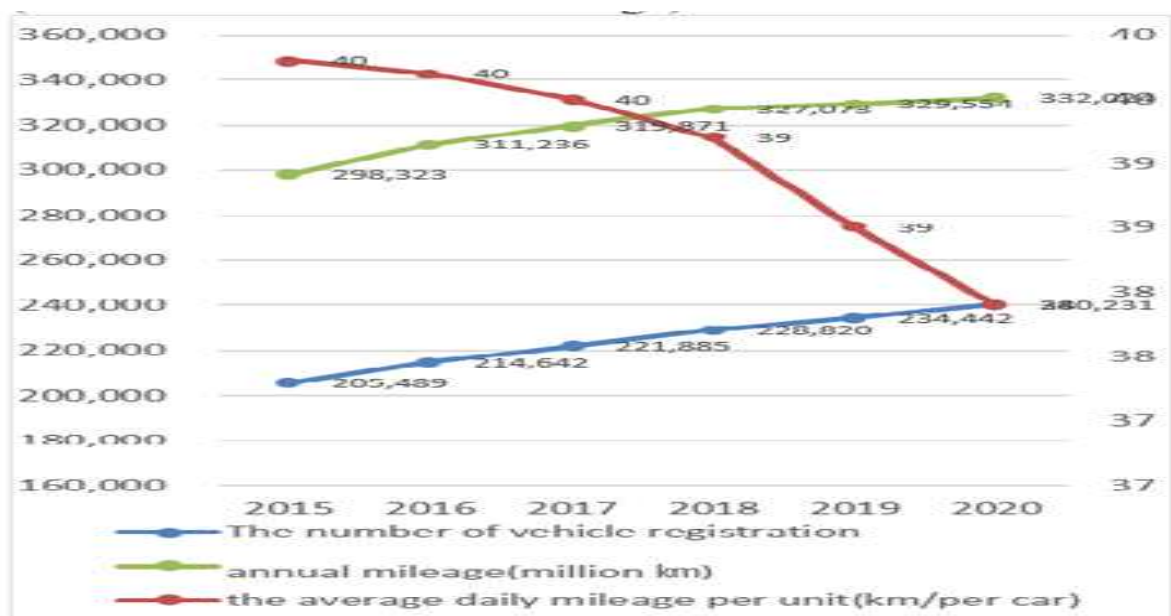
[표8. 회귀분석 결과]

<i>Dependent variable:</i>	
Concentration of fine dust($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
annual mileage (million km)	0.0002 (0.0001)
the number of electric vehicles supplied	-0.001** (0.0002)
Constant	-19.245 (28.728)
Observations	6
R ²	0.930
Adjusted R ²	0.884
Residual Std. Error	0.906 (df = 3)
F Statistic	20.033** (df = 2; 3)
<i>Note:</i>	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

앞에서 계절별 미세먼지 집중관리제가 정책 효과성이 없다고 하지 않고, 효과성이 있다고 하기 어렵다고 언급한 이유는 기본적으로 온실가스 배출이 높은 차량운행을 제한하는 경우 미세먼지 농도가 줄어드는 것이 당연한 것이기 때문에 효과가 전혀 없다고 말하기 어렵기 때문이다. 그렇다면, 왜 데이터 분석의 결과는 통계적으로 계절별 미세먼지 집중관리제의 효과성이 없는 것으로 나타났을까? 이것은 자동차 보급통계를 살펴보면 그 이유를 설명할 수 있다. 아래 표는 자동차 보급과 관련된 변화추이를 나타내는 표이다.

연간 자동차 주행거리(녹색선)의 경우 증가는 하고 있지만, 그 증가추세가 감소되고 있음을 알 수 있으며, 대당 일평균 운행거리는 가파르게 감소(붉은선)하고 있는 것을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고 왜 통계분석 결과는 미세먼지 감소에 영향을 미치지 못하는 것으로 분석했을까? 그것은 자동차 등록대수가 지속적으로 증가(파란선)하고 있기 때문이다. 개별 자동차의 운행을 줄인다 하더라도 자동차의 절대적 수치가 늘어난다면 미세먼지 농도가 감소하기는 어렵기 때문이다. 즉, 자동차 보급대수에 대한 통제를 직접적으로 가하지 않는 한 온실가스를 많이 배출하는 차량의 운행제한과 같은 직접규제 방식의 효과성은 가시적인 성과를 보이기 어렵다는 것이다. 이는 런던의 온실가스 저배출 존을 지정하고, 기준 이상의 배기가스를 배출하는 차량에 과태료 또는 요금을 부과함으로써 가격이라는 시장메커니즘을 통해 효과성을 올리는 정책방향으로의 검토 등이 필요한 것으로 보인다.

[표9. 연 자동차 등록대수, 연간 자동차 운행거리, 자동차 대당 일평균 운행거리]



(3) 소결(시사점)

앞에서 이미 여러 차례 언급한 바와 같이 바다는 대표적인 공유재로 시장기능에만 맡길 경우 시장실패가 발생하는 정부의 간섭이 필요한 영역이다. 그래서, 우리는 지금까지 시장실패를 보완하고 환경에 나쁜 영향을 덜 미쳐 지속가능한 방식의 소비와 생산을 유도하기 위한 정부의 환경과 관련한 통제방식에 대해 검토해 보았다. 많은 연구보고서에서 밝히고 있는 바와 같이 정부의 직접규제 보다는 가격을 통한 시장메커니즘의 조정을 통해 수요자와 공급자가 바람직한 선택을 할 수 있도록 하는 것이 정부의 역할이라 할 수 있겠다. 물론, 긴급하고 한번 훼손되면 돌이킬 수 없는 손해를 야기하는 경우 사전 예방적인 직접규제가 예외적으로 필요하다.

규제방식에 대한 국내외 사례분석의 결과에서도 정책의 효과성 측면에서 직접규제보다는 시장 접근적 통제방식의 효율성이 높음이 입증되었다. 수산분야는 생산과 관련해 대부분이 직접규제를 통해 이루어지고 있다. 우리나라 수산분야의 경우도 어린 물고기 포획금지, 어장환경 평가제도 등과 같이 직접규제 방식으로 규율하고 있다. 이는 단속 등 행정행위에 대해 현장에서 반발 등 마찰이 발생하는 등의 부작용을 낳고 있다. 이에 정책효과성에 대해 면밀히 재검토해보고, 규제방식의 보완 및 변경에 대한 고민이 필요하다 하겠다.

Ⅲ. 기후변화가 바다에 미치는 영향

(1) 수온상승에 따른 이상수온에 의한 재해 및 염해발생

수산과학원에 따르면 최근 54년(1968~2021) 간 전 세계 연안 표층수온이 0.52℃ 상승한데 반해 우리나라 연안의 표층수온은 1.35℃가 상승함으로써 2.5배나 높게 상승한 것으로 보고되었다.¹⁸⁾ 이러한 수온변화는 여름철 고수온과 겨울철 저수온 현상에 영향을 미쳤다. 이에따라 과거에 비해 여름철과 겨울철에 고수온과 저수온 현상이 잦아지고 있으며, 이는 양식

18) 2022 수산분야 기후변화 영향 및 연구보고서(국립수산과학원)

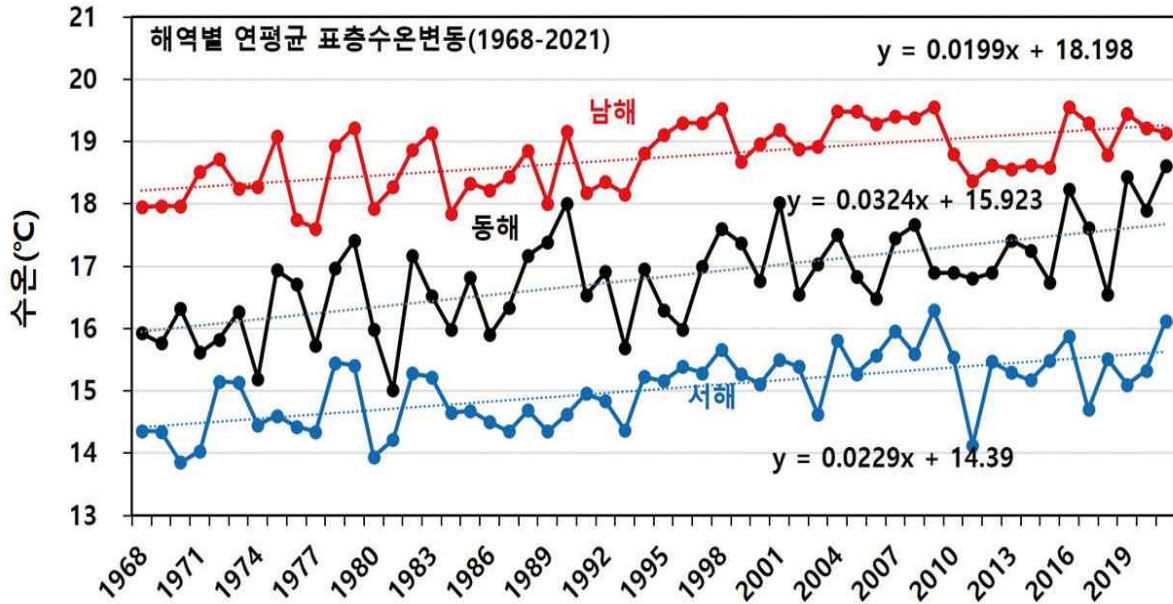
수산물의 성장을 억제하는 결과를 낳고 있으며, 심한 경우 폐사에 이르러 양식어가에 많은 손실을 발생시키고 있다. 또한, 수온 상승은 바다 생태계를 바꾸어 놓고 있다. 국내 연안 수온의 상승에 따라 한해성 어종의 출현빈도가 낮아지고 있으며, 대신 국내에서 볼 수 없었던 난류성 어종이 출현하게 되었다. 또한, 해수온의 상승 등 고수온 현상이 발생하는 경우 바닷물 속의 용존 산소가 부족해 짐으로써 수산생물의 생존에 영향을 미치는데, 특히 해상 가두리 방식의 양식수산물에 영향을 미친다. 자연상태에 비해 단위면적당 개체수가 많기 때문에 산소부족 현상이 훨씬 크기 때문이다.

[표10. 아열대 어종 목록(국립수산과학원)¹⁹⁾]

국명	학명	국명	학명	국명	학명
가시복	<i>Diodon holocanthus</i>	무늬갈돔	<i>Kyphosus cinerascens</i>	은하수놀래기	<i>Kyphosus cinerascens</i>
갈돔	<i>Lethrinus nebulosus</i>	무늬깜정어	<i>Kyphosus bigibbus</i>	자리돔	<i>Kyphosus bigibbus</i>
강덩돔	<i>Oplegnathus punctatus</i>	무늬홍어	<i>Okamejei acutispina</i>	자바리	<i>Okamejei acutispina</i>
거북복	<i>Ostracion immaculatum</i>	무점황놀래기	<i>Pseudolabrus eoethinus</i>	주걱치	<i>Pseudolabrus eoethinus</i>
고생놀래기	<i>Thalassoma cupido</i>	무지개놀래기	<i>Stethojulis terina</i>	주홍감팽	<i>Stethojulis terina</i>
구갈돔	<i>Lethrinus haemalopterus</i>	범돔	<i>Microcanthus strigatus</i>	주황족수	<i>Microcanthus strigatus</i>
그물코취치	<i>Rudarius ercodes</i>	벤자리	<i>Parapristipoma trilineatum</i>	줄갈돔	<i>Parapristipoma trilineatum</i>
금줄족수	<i>Parupeneus ciliatus</i>	비늘돔	<i>Calotomus japonicus</i>	줄도화돔	<i>Calotomus japonicus</i>
긴고리벵에돔	<i>Girella leonina</i>	빨간싹벵이	<i>Antennarius striatus</i>	줄동갈돔	<i>Antennarius striatus</i>
깨알홍어	<i>Okamejei boesemani</i>	불복	<i>Lactoria cornuta</i>	줄벤자리	<i>Lactoria cornuta</i>
꼬리줄나비고기	<i>Chaetodon wiebelli</i>	살살치	<i>Scorpaena neglecta</i>	줄싹벵이	<i>Scorpaena neglecta</i>
꼬치고기	<i>Sphyaena pinguis</i>	살자리돔	<i>Stegastes altus</i>	쥐돔	<i>Stegastes altus</i>
나비고기	<i>Chaetodon auripes</i>	세돔가리돔	<i>Roa modesta</i>	철갑둥어	<i>Roa modesta</i>
날뿔양태	<i>Repomucenus beniteguri</i>	세줄얼게비늘	<i>Ostorhinchus doederleini</i>	청복	<i>Ostorhinchus doederleini</i>
남방주걱치	<i>Pempheris schwenkii</i>	실꼬리돔	<i>Nemipterus virgatus</i>	청줄돔	<i>Nemipterus virgatus</i>
노랑가오리	<i>Hemitrygon akajei</i>	실놀래기	<i>Suezichthys gracilis</i>	파랑돔	<i>Suezichthys gracilis</i>
노랑벤자리	<i>Callanthias japonicus</i>	쓸배감팽	<i>Pterois lunulata</i>	호박돔	<i>Pterois lunulata</i>
노랑싹벵이	<i>Histrio histrio</i>	쓸종개	<i>Plotosus lineatus</i>	홍대치	<i>Plotosus lineatus</i>
능성어	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	썩감팽	<i>Scorpaenopsis cirrosa</i>	홍바리	<i>Scorpaenopsis cirrosa</i>
다금바리	<i>Niphonspinosus</i>	아홉동가리	<i>Goniistius zonatus</i>	홍치	<i>Goniistius zonatus</i>
다섯줄얼게비늘	<i>Ostorhinchus cookii</i>	연무자리돔	<i>Chromis tumea</i>	황놀래기	<i>Chromis tumea</i>
독가시치	<i>Siganus fuscescens</i>	옥돔	<i>Branchiostegus japonicus</i>	황점베도라치	<i>Branchiostegus japonicus</i>
두줄베도라치	<i>Petroscirtes breviceps</i>	옥두놀래기	<i>Iniistius dea</i>	흰점꺼끌복	<i>Iniistius dea</i>
두줄족수	<i>Parupeneus spilurus</i>	용치놀래기	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	흰점통돔	<i>Halichoeres poecilopterus</i>
목탁가오리	<i>Platyrrhina sinensis</i>	육동가리돔	<i>Evistias acutirostris</i>	히메치	<i>Evistias acutirostris</i>
				총 75종	

19) 2022 수산분야 기후변화 영향 및 연구보고서(국립수산과학원)

[표11. 최근 64년간 국내 해역별 표층수온의 변동(국립수산과학원)²⁰⁾]



최근 54년(1968~2021) 간 태평양 전체 해역의 연평균 표층염분 변화는 -0.05인 반면, 한국 연안 해역의 연평균 표층염분 변화는 -0.31로 6.5배나 높은 변화를 보였다.²¹⁾ 염분농도의 변화는 해수온 변화와 관련이 있는데 이는 해수온 상승에 따른 극지방 빙하가 녹으면서 담수가 바다로 유입되면서 낮아지거나 하천을 통해 바다로 유입되는 담수에 의해 염분의 농도가 변화하게 된다. 해수온 상승은 많은 수증기를 만들어 내고 대기가 불안정해짐으로써 국지성 호우가 빈번하게 발생되는데 이는 하천에서 많은 양의 담수를 바다로 흘러 보내게 됨으로써 염분농도를 단시간에 급격하게 낮추는데 기여한다. 국립수산과학원에 따르면 우리나라 연근해 염분의 변화는 극지방의 빙하의 영향이라기 보다는 하천에서 다량으로 유입되는 담수에 기인한 것으로 보고 있다.²²⁾ 이러한 연안에서의 염분농도의 변화는 양식수산생물에 영향을 미치며 단기간에 급격한 염분농도의 변화는 수산생물의 폐사를 일으켜 양식어민에게 많은 피해를 입히고 있다. 이러한 양식생물의 피해 외에도 염생식물의 성장에도 나쁜영향을 일으키며, 바닷 속 생태계에 연쇄적으로 영향을 미친다.

(2) 해양 산성화로 인한 바다 생태계 변화

20) ~ 22) 2022 수산분야 기후변화 영향 및 연구보고서(국립수산과학원)

바다는 인간의 경제활동 과정에서 발생하는 이산화탄소의 1/3 가량을 흡수하는 역할을 한다.²³⁾ 이 과정에서 대기 중 이산화탄소 (CO₂) 가 수소 이온(H⁺)과 결합하여 탄산(H₂CO₃)을 형성하고, 이 탄산이 물과 반응하여 수소 이온을 방출하면서 바다의 pH값이 낮아지기 때문입니다. 바다의 pH 값이 낮아지는 현상이 해양 산성화이며, 이는 바다 생태계와 수질 환경에 심각한 영향을 미친다.

먼저, 높은 수소이온 농도는 해조류, 패류 및 어류를 비롯한 바다 생물들의 성장과 번식을 방해한다. 이는 바다 생태계의 균형을 파괴하고 심지어 다양한 생물종의 멸종을 초래할 수 있다. 이러한 바다 생태계의 변화는 바다생물의 먹이사슬을 파괴함으로써 수산생물의 개체수를 감소시키며, 장기적으로는 바다가 인간의 단백질 공급원으로서의 역할이 현저하게 감소될 수도 있다.

앞에서 이미 언급한바 있듯이 바다는 대기 중 많은 양의 CO₂의 흡수한다. 이는 바다의 열속도를 높여 온실가스 효과를 완화시키는 역할을 한다. 하지만 CO₂ 농도가 높아지면, 바다는 더 많은 CO₂를 흡수하려고 노력하며 이는 바다의 온도 상승을 초래할 수 있다.

(3) 유해생물 출현 빈도의 증가

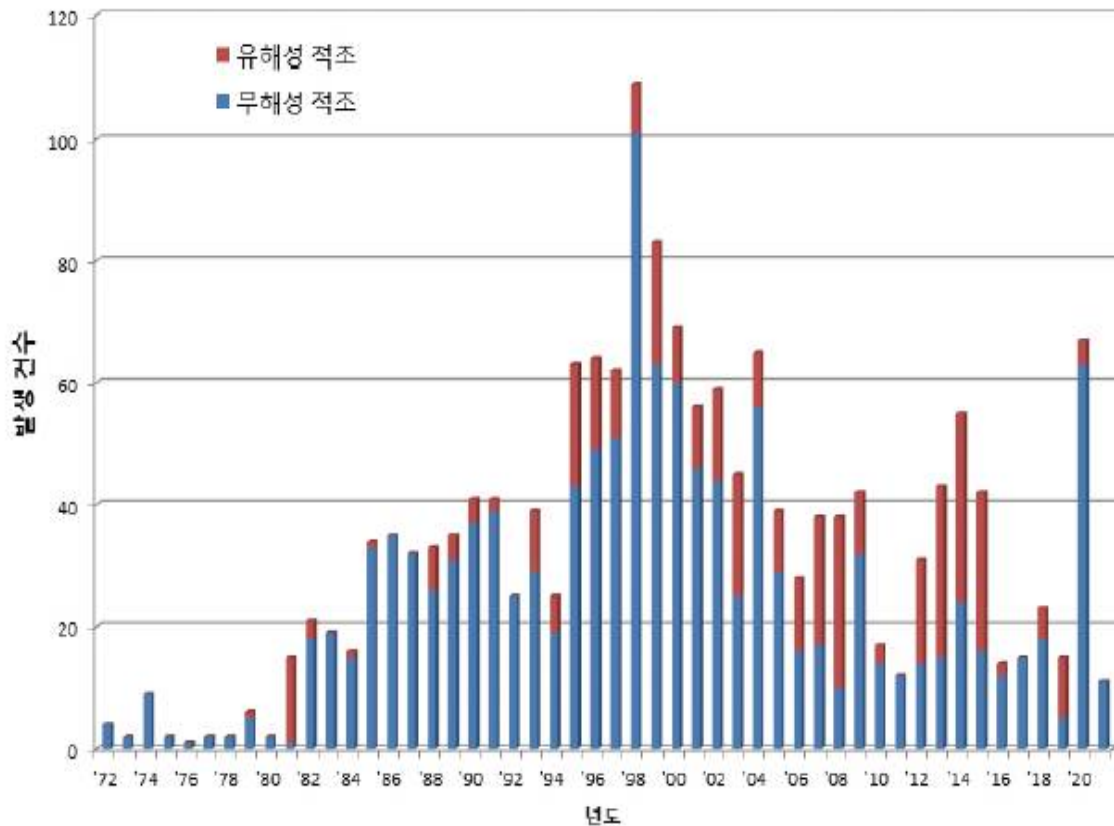
해수온 상승은 유해생물 출현에도 영향을 미친다. 그 대표적인 예가 적조현상이다. 여름철 해수온의 상승은 수증기 발생량을 증가시킨다. 이는 구름을 형성하고 잦은 강우를 만들어 내는데, 이에 따라 육상에서 영양염류가 바다로 유입되고, 유해 조류의 최적 서식환경을 만들어 내면서 적조가 확산된다. 적조는 유해조류의 대량 번식으로 인한 수소이온 농도, 산성화, 독소 발생, 산소부족 등의 문제가 발생하여 해양 생태계와 인간에게 피해를 줄 수 있다.

유해조류의 대량 번식으로 인해 해양 산성화가 일어나면서 수생생물들의 서식지와 생태계가 변화하게 되며, 대량 번식한 유해 조류가 죽으면서

23) Sabine & Feely 2007

대량의 유기물이 바다 바닥으로 침전된다. 이는 용존산소의 부족을 유발함으로써 어류 및 수산생물의 대량 폐사로 이어지게 만든다.

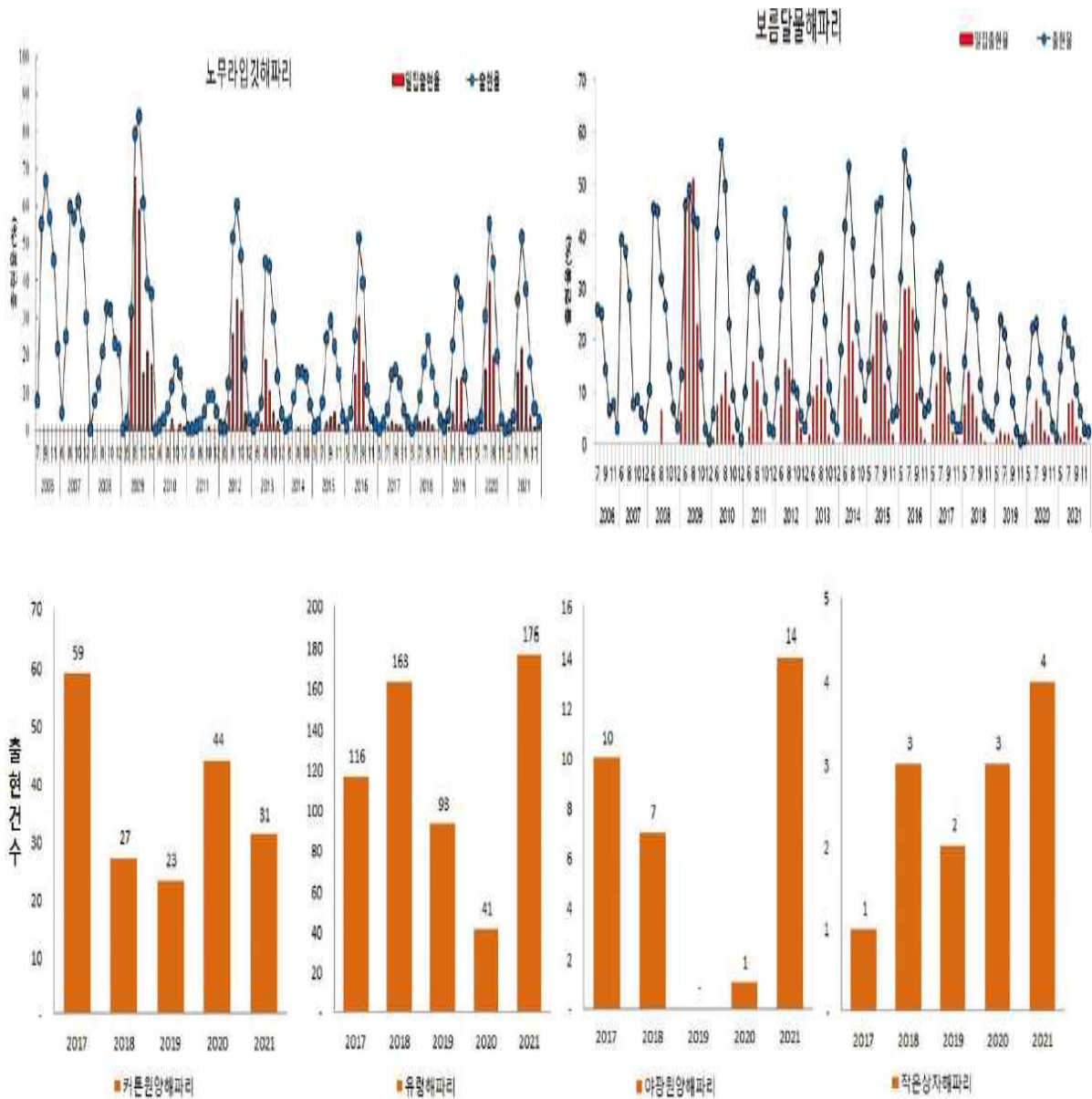
[표12. 최근 50년간 국내 연안의 적조발생 건수(국립수산과학원)²⁴⁾]



해수온 상승은 해파리 번식에 유리한 환경을 조성함으로써 해파리 개체수를 증가시키며 해수온이 상승하기 전 국내 연안에서 볼 수 없었던 외래종이 국내 연안에 출현하게 되었다. 해파리의 대량 발생은 수산물 생산에 직접적인 피해가 발생할 수 있다. 해파리는 어류와 조개류 등을 먹기 때문에 수산물의 감소와 품질 하락을 일으킬 수 있다. 또한, 독성이 있는 해파리의 출현은 여름철 해수욕장 등 해안가에서 물놀이를 즐기는 피서객들에게 쏘임사고를 일으킴으로써 피해를 입히고 있다. 해파리로 인한 피해는 과거부터 존재해왔었고, 유해 해파리 개체수를 줄이기 위한 폴립제거를 위한 지속적인 노력에도 불구하고, 해수온 상승에 따른 개체수의 급격한 증가는 수산물 생산 감소, 해파리 쏘임사고 증가 등 피해가 지속적으로 증가하고 있다.

24) 2022 수산분야 기후변화 영향 및 연구보고서(국립수산과학원)

[표13. 최근 국내 연안 유해 해파리 출현경향(빈도)(국립수산과학원)²⁵⁾]



(4) 해수면 상승으로 인한 연안지역의 피해

해수면의 상승은 해수면의 수위를 높이며, 이는 연안지역에 여러 가지로 악영향을 미칠 수 있다. 먼저, 해수면의 상승은 연안지역의 침수와 침식을 가속화한다. 해안 저지대에 거주하고 있는 가구의 경우 백중사리 기간동안 침수피해를 입는 경우가 많은데 해수면의 상승은 이런 피해를 가속화 시킬뿐만 아니라 지속적인 해수면 상승은 이 지역 전체가 침수될 가능성이 상존한다. 정부에서는 이러한 해안침수를 막기위해 해안정비사

25) 2022 수산분야 기후변화 영향 및 연구보고서(국립수산과학원)

업을 지속적으로 추진하고 있지만, 지속적으로 해수면이 상승한다면 대응에 한계가 있을 수 있다.

또한, 해수면 상승으로 인해 연안 육역까지 침투한 바닷물이 지하수에 영향을 미칠 수 있다. 해수면의 상승으로 강으로 해수가 유입되면서 담수와 섞이면서 식수, 농업용수 및 공업용수의 부족을 야기할 수 있다. 이는 농작물 생산이 감소함으로써 식량수급이 원활하지 않을 수 있다. 또한, 연안에서 담수를 이용하여 수산양식을 하는 어가의 피해도 예상할 수 있다. 또한, 공업용수의 부족은 제조업체가 적시에 생산할 수 있는 능력을 감소시키게 될 것이다. 연안습지는 다양한 생물과 풍부한 수산자원이 서식하는 곳으로 인간에게 중요한 역할을 하는 곳이지만, 해수면의 상승에 따른 연안침식으로 연안습지가 사라질 수 있으며 이는 연안습지 등의 서식지가 변화하면서 생물종의 이동이나 감소 등 다양한 문제가 발생할 수 있다.²⁶⁾

이외에도, 연안침식으로 태풍, 연안해일과 같은 자연재해에 취약해 지는데, 이때 항만, 도로 등의 사회기반시설의 파손될 수 있어 막대한 경제적 손실을 야기하게 된다.

(5) 기후변화에 따른 수산양식 환경의 변화

모든 생물은 종마다 다른 서식환경의 제공이 필요하다. 육상생물에 비해 해양생물은 서식환경에 더 민감하게 반응한다. 예를들어 어류의 경우 수심에 따라 서식하는 종이 달라지고 수온에 따라 어류가 이동하게 된다. 우리나라 연안에서는 어류, 패류, 해조류 등 다양한 종류의 해양생물들이 양식되고 있다. 현재도 여름철 고수온, 겨울철 저수온 현상이 빈번하게 발생되고 있고, 기후변화에 따라 이 빈도가 지속적으로 높아진다면 우리 연안에서 수산양식이 어려워 질 수도 있다. 또한, 수산양식 생물들이 성장을 위해서는 일정한 시간이 필요한데, 이를 위해서는 수온이 안정적으로 유지되어야 한다. 하지만, 기후변화에 따른 수온, 염분농도 및 용존산소 밀도 등의 변화는 수산양식 생물들의 성장을 방해하게 된다. 따라서, 수산양식 생물의 입식시기와 성장에 필요한 주기 등이 짧아질 수 있으며

26) 조광우, 맹준호(2007)

이에 따라 수산양식 생물의 품질이 나빠질 수 있다. 특히, 김의 경우 수온이 낮아져야 생산성이 높아지고 고품질의 김을 생산할 수 있지만, 기후변화에 따른 수온상승은 김생산에 치명적이다. 수산양식품 중 김은 수출 비중이 가장 높은 상품이기 때문에 기후변화는 수산양식분야에 엄청난 위기요인이다.

(6) 소결(시사점)

앞에서 이미 언급했던 바와 같이 바다는 대기 중 온실가스를 흡수함으로써 기후변화에 중요한 역할을 하지만 그 반대급부로 바닷물이 산성화됨으로써 해양생태계에 영향을 미치며 특정 해양 동식물의 개체수 감소나 멸종에 이르게 된다. 또한, 해수온 상승은 유해생물의 출현빈도를 높여 바다의 생산성을 감소시키며, 고수온, 저수온 및 염해 피해를 유발시켜 생산성 감소를 확대시킨다. 이러한 변화는 특히 바다를 생산의 공간으로 삼고 있는 수산업 종사자들에게 막대한 피해를 끼친다. 그렇기 때문에 우리는 기후변화가 수산분야에 미치는 파급효과를 고려하여 바다가 그 기능을 유지할 수 있도록 다양한 대응방안을 찾을 필요가 있다.

바다의 기능을 유지하기 위한 가장 효과적인 방법은 인간의 경제활동을 멈추는 것일 것이다. 하지만, 현실적으로 이것은 불가능하다. 그렇다면, 바다의 생태복원력을 회복 시키기위한 조치나 기후변화에 따른 피해를 최소화할 수 있는 방법을 찾아야만 한다.

바다의 생태복원력을 회복하기 위해서는 여러 가지 방법을 생각할 수 있다. 현재도 해양 생태계의 보존가치가 높은 해역을 보호구역으로 지정하고 있지만, 기후변화에 따라 그 필요성이 증가하고 있기 때문에 생태계적 보존가치 외에 기후변화에 따른 여러 가지 피해가 예상되는 해역또한 보호구역으로 지정하여 관리할 필요성을 검토할 필요가 있다고 하겠다. 이는 새로 도입된 해양공간계획 등에 면밀히 검토하여 반영할 필요성이 있다. 이러한 조치 외에도 바다가 산성화 됨에 따라 변화하고 있는 바닷속 생태계 복원을 위해 실시하고 있는 바다 녹화사업을 확대·강화하여야 한다. 우리나라 연안의 빠른 해수온 상승 등을 고려할 때 현재 수준보다 더 높은 강도로 추진하여야 한다.

바다의 생태복원력을 회복하기 위한 방법으로 생산과정에서 바다환경에 부하를 줄이는 방법을 생각해 볼 수 있다. 양식어업 중 해상 가두리 방식의 양식어업은 사료 잔여물, 양식생물의 배설물, 폐사체 등이 바다에 쌓여 부패하게 된다. 양식어업의 기간이 짧다면 바다의 자연 정화력으로 해결될 수 있지만, 장기화 될수록 자연 정화가 불가능해 진다. 이러한 어장환경 오염이 장기화 될 경우 단위면적당 생산성도 하락하기 때문에 사육환경 관리 측면에서도 환경관리가 필수적이다. 비교적 최근 시행된 일정기간 동안 수산양식어업을 영위한 양식장에 대하여 실시하는 양식장 면허평가·심사제의 내실화를 통해 양식장 바닥의 오염정도가 심한 경우 어장의 이동 등을 통해 생태복원력을 회복할 수 있다. 이외에도 어장환경과 해양 생태계를 보존하는 방식의 수산양식 기술개발에 대한 투자도 확대해 나가야 한다.

바다의 생태복원력 회복 외에 이미 기후변화의 영향으로 발생하고 있는 피해 최소화를 위한 방안도 고민하여야 한다. 앞에서도 언급한 바와 같이 인간의 경제활동을 당장 중지할 수 없고, 기후변화에 대응하는 것도 장기적 접근이 필요하기 때문에 지금 발생하는 피해에 대한 대응과 함께 장기적으로 예상되는 피해를 함께 준비하여야 한다. 반복되는 고수온 및 저수온 피해에 대응하기 위해 수산생물의 품종개발 기술개발이 필요하다. 당분간 해수온의 상승을 피할 수 없다면, 고수온에서도 잘 견디는 품종을 개발함으로써 피해를 줄일 수 있다. 또한, 성장이 빠른 품종을 개발함으로써 양식시기를 저수온이나 고수온기를 피할 수 있는 것도 방법이 될 수 있다. 이는 육상에서 어느정도 성장할때까지 육성 후 해상 가두리에 입식함으로써 해결이 가능할 것이다. 특히 고수온에 약한 품종의 경우 육상양식기술을 개발하여 보급할 필요도 있다.

또한, 기후변화에 따라 우리 연안에서 사라져 가는 수산생물에 대한 대책도 필요하다. 정부에서는 동해에서 개체수가 현저하게 줄어든 명태의 개체수 복원을 위해 명태 양식기술을 개발하여 성공하였다. 하지만, 경제성 부족을 양식기술이 민간에 확산되지 않는 않았다. 하지만, 지속되는 기후변화에 따라 바다 생태계가 어떻게 바뀔지는 누구도 예상할 수 없다. 현재 기술이 확보된 이상 미래의 식량안보를 위해 종보존 및 양식기술 고도화 연구는 지속적으로 필요하다. 기후변화에 따라 바다생태계가 지속적으로 변화하고 있기 때문에 개체수가 줄어들고 있는 종에 대한 보존과 지속적인 양식기술과 고도화 기술개발이 필요하다. 이를 위해 농림이나 산림분야와 같이 수산분야에도 수산종자 보존 및 연구기관을 설립할 필요가 있다.

IV. 기후변화 및 환경 관련 국제협력

기후변화를 유발하는 정도에 대해서는 국가별로 차이가 있을 수 있지만, 기후변화 해결을 위한 노력은 한, 두 국가의 노력만으로 해결이 불가능하다. 교통, 통신기술의 발달로 다른 나라와의 왕래와 교류가 쉬워졌다. 또한, 세계화가 진행되면서 상품의 교역, 기술이전이 발생하여 교류가 없었다면 소비할 수 없는 재화와 서비스를 보다 싼 가격에 소비할 수 있어 소비자들의 편익은 세계화 이전에 비해 상승하였다. 하지만, 세계화를 통한 상품, 서비스, 기술 등의 교류는 이전에 비해 많은 환경오염을 발생시키고 있고, 국경을 넘어 오염원을 확대시키고 있으며, 부국에서 빈국으로 오염물질을 수출하는 문제도 낳고 있다. 그래서 기후변화에 대응하기 위한 국제적 협력의 필요성이 그 어느때보다 증가했다 할 수 있다. 우리는 국제협력의 특성과 기후변화와 관련한 국제협력 현황을 알아보도록 하겠다.

(1) 국제협력의 특성

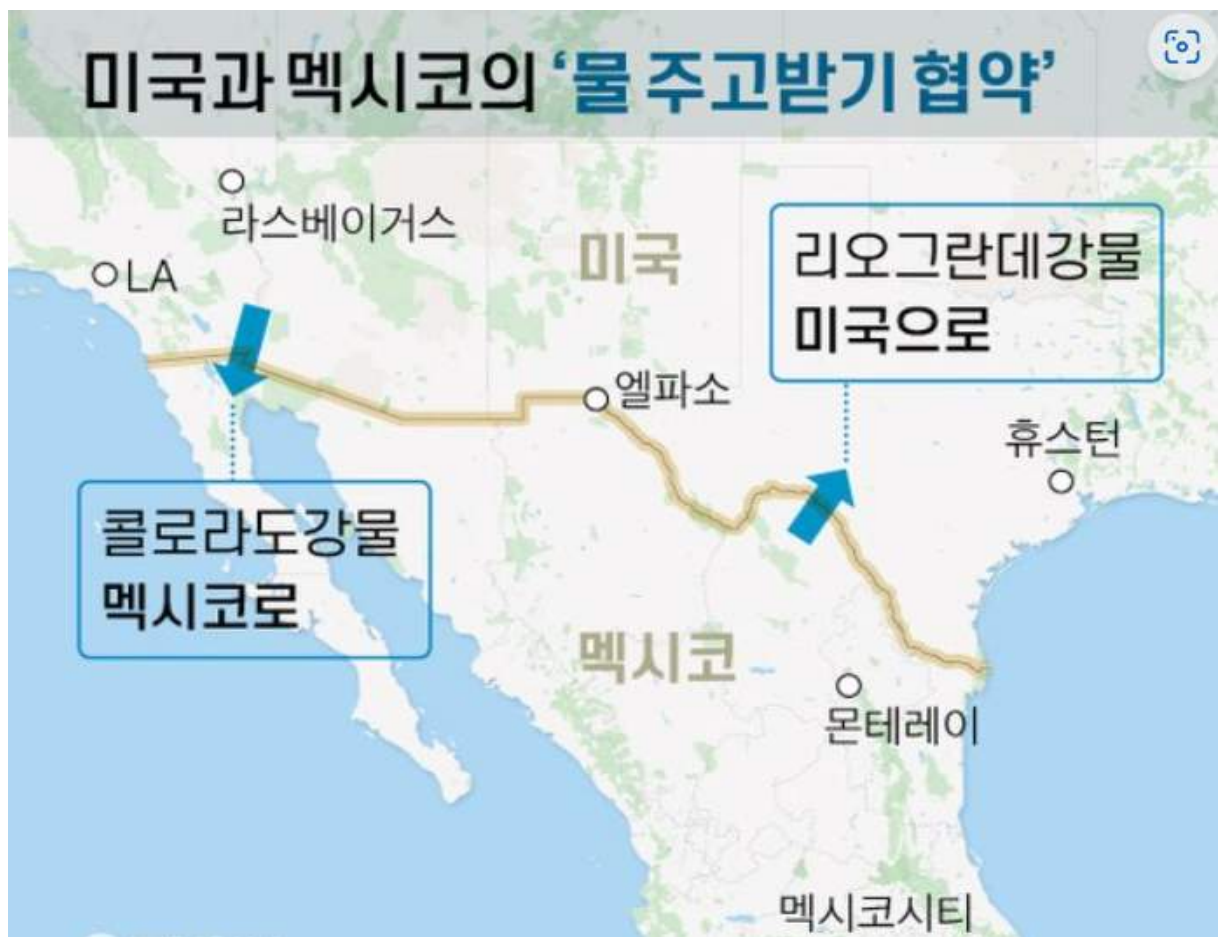
국제협력은 상호의존성(interdependence)을 특성으로 한다. 예를들어 점점 악화되고 있는 환경 문제에 대한 대처가 실패하면 전 세계적 공통 자원에 손해를 입히고 다른 국가에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 다시말해, 기후변화와 같이 전 지구적 환경문제의 경우 피해가 특정 한 국가로 한정되지 않으며 그 피해는 모든 국가가 나누어 지게 된다는 것이다. 이에 반대로, 다른 여러 국가들이 문제를 대처하면 몇몇 국가는 아무것도 하지 않더라도 혜택을 받게 됩니다. 이러한 상황은 국가들이 단기적인 국익을 추구하는 데 있어서 자신의 이익을 극대화하기 위해 다른 국가들의 노력을 무시하고 자신들이 적게 혹은 아예 아무것도 하지 않으려는 동기를 만들어내기도 한다. 이러한 경향은 국가들 간의 상호작용이 점점 더 증가함에 따라 더욱 심화될 수 있으며, 이를 해결하기 위해서는 국가들 간의 협력과 국제적인 규제 등이 필요하다. 이러한 협력과 규제가 없으면 일부 국가들은 다른 국가들의 노력에 기대어 자신들이 쉽게 타협할 수 있는 자리를 만들어내고, 이로 인해 전 세계적인 문제를 해결하는

데 어려움이 생길 수 있기 때문이다. 이러한 국제협력의 상호의존적 특성 때문에 국가들은 독특한 인센티브를 가지게 되는데, 이는 대개 공공재나 공유 자원의 특성 때문이다. 공공재는 배제가 불가능하고 경쟁이 없는 특성을 갖는다. 즉, 그것을 생산하면 비용을 부담한 사람이든 아니든, 일반 대중이 모두 그 이익을 누릴 수 있으며, 이러한 특성은 일부 국가들이 환경 문제에 대해 조치를 취하지 않거나 적극적이지 않은 이유 중 하나가 된다. 이와 마찬가지로, 생태계를 안정적으로 유지하는 것도 공공재의 한 예이며, 안정적인 기후나 오존층, 생물다양성도 마찬가지이다. 이러한 자원은 모두 배제가 불가능하고 경쟁이 없는 자원으로서, 한 국가가 이를 보호하고 유지하는 노력을 하더라도 그 이익은 그 국가뿐 아니라 세계 모든 국가에게 돌아갈 수밖에 없다. 따라서, 환경 문제를 해결하고 대처하는 데 있어서 국제적인 협력과 규제가 중요하며, 이를 통해 일부 국가들이 다른 국가들의 노력에 기대어 자신들이 쉽게 타협하지 않고 적극적으로 문제를 해결할 수 있도록 돕는 것이 필요하다.

만약 국가들이 각자의 이익을 추구하는 것만을 우선시하고, 다른 국가들의 노력에 의존하여 자신들이 적극적인 조치를 취하지 않으면, 공공재와 공유 자원은 점차 파괴되거나 소모될 가능성이 높아진다. 이는 모든 국가가 심각한 문제를 경험하게 되는데, 이는 또한 모든 국가가 장기적으로 손해를 보게 됨을 의미한다. 이러한 상황을 “집단행동 실패(Collective action failure)”라고 부른다. 이러한 국가간 협력의 대표적인 실패의 사례로 미국과 멕시코간 리오그란데강의 용수관련 갈등이다. 리오 그란데강은 미국과 멕시코 사이의 경계를 이루는 강 중 하나인데, 인구 증가, 경제 성장 및 관개 농업 수요가 증가하였다. 두 나라 모두 강과 그 계류지에서 경제활동과 관련한 많은 물의 사용으로 멕시코만으로 흐르는 물의 양이 현저히 감소하였다. 미국과 멕시코에게 리오그란데강은 환경 공동재이다. 이러한 공동재는 다른 한 사용주체의 사용을 배제할 수 없기 때문에 사용할 수 있는 한계수량을 초과하여 사용할 경우 다른 나라에게 피해를 줄 수 밖에 없습니다. 결국 환경 공동재 사용의 현명한 해결을 위해 두 나라간 물의 적정 사용을 위한 노력을 기울여야 한다. 즉, 미국과 멕시코는 서로 협력하여 수요를 줄이는 방안을 모색할 필요가 있다. 이를 위해, 두 나라는 관개 농업 및 산업 등에서 물 사용을 줄이기 위한 기술과 정책적인 개선을 추진하고, 상호 협력하여 강과 계류지 생태계를 회복시키는 노력이 필요하다. 또한, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 미국과 멕

시코 뿐만 아니라 다른 관련 국가들의 참여와 국제적인 협력이 필수적이다. 이러한 집단행동 실패를 해결하기 위해 1944년 미국과 멕시코간 ‘물협약’을 맺었다. 미국과 멕시코는 각자의 관개 농업 및 산업 등에서 물 사용을 줄이기 위한 기술과 정책적인 개선을 추진하여 물 수요를 감소시키는 방안을 모색하였다. 이를 위해, 효율적인 물 관리 및 재활용 등을 실시하고, 수목재배와 같은 물을 보존하는 농업 방식 등을 적극적으로 도입하였다. 물 수요 감소와 함께, 강과 계류지 생태계를 회복시키기 위해, 환경 보호 및 생태계 회복을 위한 정책과 기술적인 개선 등을 추진하였다.

[그림5. 미국과 멕시코의 물협약²⁷⁾]



미국과 멕시코의 예와 같이 환경 공동체의 경우 두 나라간 협력체계를 구성하여 운영하면서 강의 사용한도를 고려하여 사용량을 줄이는 노력을 통해 공동 생존을 모색하는 것이 가장 바람직하지만, 상대방이 실제로 그러한 노력을 할지 하지 않을지에 대해 정확히 알 수 없고, 한 나라는 물의 사용을 줄이기 위한 노력을 함에도 불구하고 다른 나라가 하지

27) 중앙일보(2020. 9.15), "물 내놔"...멕시코, 미국 국경 코앞서 '물 전쟁' 벌인 까닭은?

않았을 경우 피해는 두 나라 모두에게 돌아가기 때문에 안정적 협력관계의 유지가 어려울 수 있다. 이는 경제학의 게임이론인 죄수의 딜레마(Prisoners dilemma)로 설명할 수 있다. 표14에서 볼 수 있는 바와 같이 미국과 멕시코 모두 물의 사용을 줄일 경우 얻을 수 있는 편익이 두 나라 모두 3이지만, 미국의 물사용의 절감을 위한 노력을 할 때 멕시코가 물 사용을 줄이지 않는 경우 편익이 절약할 때에 보다 높은 4로 증가한다. 반대의 경우도 마찬가지다. 결국 두 나라 모두 물 사용을 줄이는 것이 두 나라 모두의 편익을 높이는 것이지만, 상대방의 전략을 알 수 없는 경우 두 나라 모두 물 사용량을 줄이지 않아 두 나라 모두 절약했을 경우 얻을 수 있는 편익보다 감소하게 된다. 이러한 문제해결을 위해서는 두 나라간 협약을 통해 명확한 사용량을 정하고 이를 어길 경우 제재를 가하는 방안 등으로 해결이 가능할 것이다.

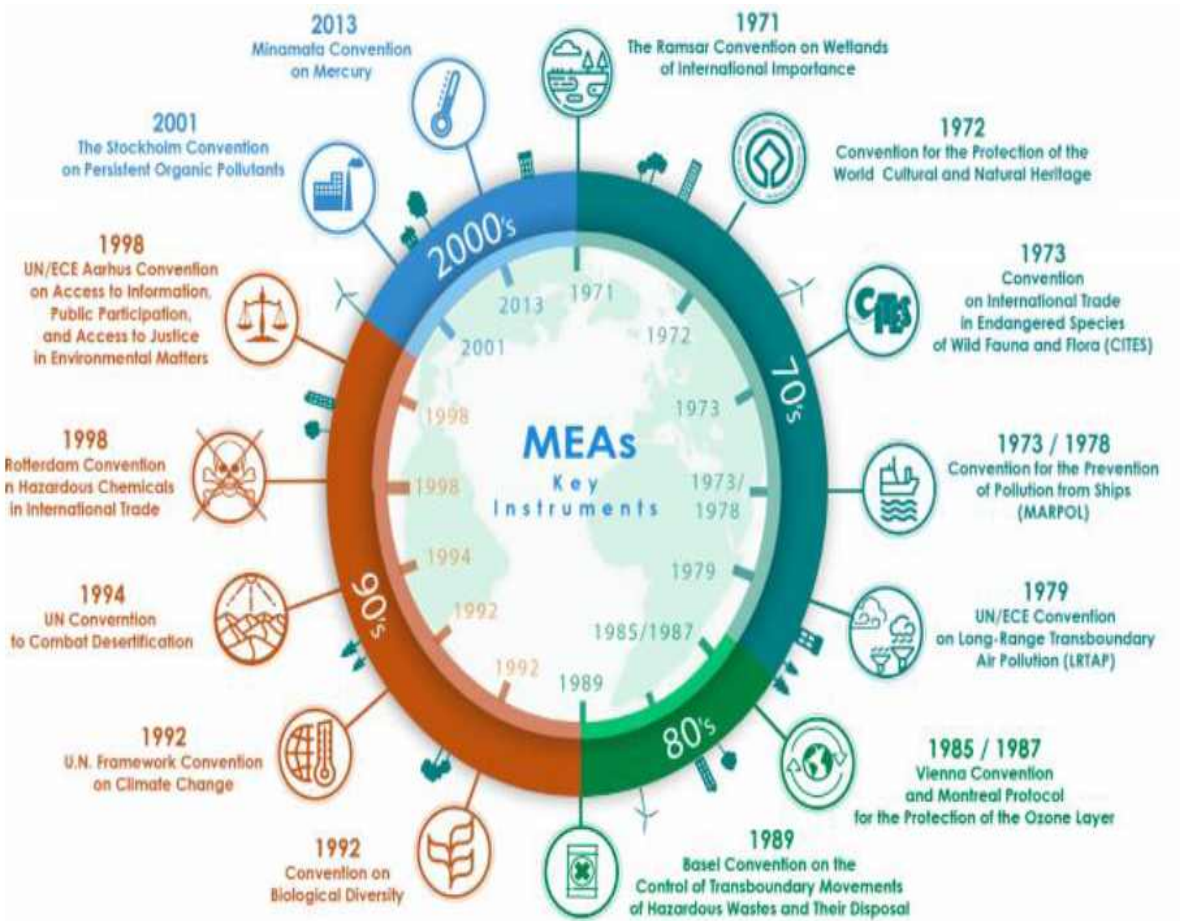
[표14. 환경 공동체의 최적 선택]

		Mexico	
		Save water	Don't
US	Save water	3,3	1,4
	Don't	4,1	2,2

(2) 국제환경협약(협력체계)의 특성

환경문제는 국경을 넘어서기 때문에 한 나라의 행동이 다른 나라에도 영향을 미치게 된다. 이러한 상황에서 단기적으로 국익을 추구하는 나라들이 환경문제를 해결하는데 실패하게 되면, 모든 나라가 이전보다도 더 나쁜 상황에 처하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 국제적으로 제도가 필요하며, 국제제도는 국제적인 문제를 해결하고 국제적인 환경경영을 위한 국제기구, 법률, 규제 등의 국제제도를 구축하여 효과적으로 해결할 수 있다. 대기질, 기후변화, 생물다양성 보존 등 국제적 환경이슈를 다루기 위해 많은 국제규범 및 질서가 형성되고 있다.

[그림6. 국제환경규범]



국제협약은 종종 다양한 이유로 모호성을 띄게 된다. 첫째로 언어의 모호성을 들 수 있는데, 국제협약이 다양한 언어로 작성되는 것이 원인이다. 이 때문에 동일한 내용을 담고 있더라도 번역의 차이나 언어의 해석 방식에 따라서 다르게 이해될 수 있다. 또한, 협약의 범위와 법적 효력의 모호한 특성이 있다. 국제협약의 범위와 법적 효력은 협약 자체나 국제법상 규정되는 법적 효력의 차이 등에 따라 모호성이 발생할 수 있다.

국제협약에서 구체적인 내용을 다룰 때 모호성이 발생할 수 있다. 이는 협약의 구체적 내용이 충분히 구체적으로 정의되지 않거나, 명확한 실행 방안이 제시되지 않은 경우 모호성이 발생할 수 있다.

이외에도 국제협약이 시기적으로 모호한 경우가 있는데, 이는 협약이 특정한 상황에 대해서만 효력을 발생시키는 경우나, 시기적 조건이 충족되어야만 효력을 발생시키는 경우 등이 해당된다.

이러한 모호성은 국제협약의 이행과 해석을 어렵게 만들 수 있기 때문에 국제협약의 모호성을 최소화하고 구체적인 내용과 실행 방안을 명확하게 정의하는 것이 중요하지만, 환경이슈에 대한 국가 간 이해관계가 다르고 많은 국가들이 협력체계에 참여할 수 있도록 전략적으로 모호성을 유지하는 경우가 많기 때문에 협약의 명확성을 피하기 쉽지 않다.

환경문제는 국경을 넘나드는 문제로서 국제적인 대처가 필요한 문제이기 때문에, 환경문제를 해결을 위해 다양한 국제 환경협약이 체결되었다. 이러한 국제협약에서는 국가들이 권한을 일부 또는 전적으로 제3자에게 위임하는 위임 협약의 특성이 나타나는데, 이 경우 국가들은 일부 주권적인 결정을 위임받은 집행 기관이나 비서국에게 넘겨줌으로써 권한을 상실하게 된다. 이에 대한 대표적인 예시로는 유엔기후변화협약(UNFCCC)의 위원회인 기후변화협약기구(COP)와 생물다양성협약의 위원회인 생물다양성협약기구(COP)가 있으며, 이들 기구에서는 회원국들이 환경문제 해결에 필요한 결정을 내리는 위임협약의 특성이 나타난다. 그러나, 국가들이 일부 권한을 위임하는 것은 국가들 간의 협상과정에서 충돌이 발생할 수 있으며, 국가들의 주권적 결정권이 제약을 받게 될 수 있다. 따라서, 국가들 간의 권한 위임과 관련하여 각 국가의 이익과 주권을 보장할 수 있는 균형적인 대처가 필요하다.

환경체제는 유연성을 띄는 특성이 있는데, 이는 국가들이 환경협약을 맺은 후 그 국가에게 어떤 영향을 미칠지에 대해 불확실한 상황에서 협약이 발효되는 그 국가에 손해가 발생하는 상황을 줄이기 위해 사용되는 방법이다²⁸⁾. 이러한 유연성 장치는 회피 조항, 탈퇴 가능성 또는 수정된 의사 결정 절차와 같은 것들이 있다. 이러한 유연성 메커니즘은 국가들이 외부 충격이나 그 밖의 어려움을 극복하고 준수를 확대할 수 있도록 돕는 역할을 한다. 예를 들어, 회피 조항은 환경 규제의 특정 부분에 대한 국가의 특별한 허가를 제공할 수 있다. 이는 특정 상황에서 국가들이 환경 규제를 지키는 것이 곤란할 경우 이를 회피할 수 있게 해주는 장치가 된다. 또한 탈퇴 가능성은 국가가 체제에서 벗어나는 것을 허용할 수 있다. 이는 국가들이 자신들의 경제 또는 국가적 이익과 충돌하는 환경규제

28) Rosendorff, B. P., & Milner, H. V. (2001)

를 회피할 수 있는 장치이다. 수정된 의사 결정 절차는 국가들이 의견 충돌을 해결하기 위해 적용되며, 이를 통해 국가들이 합의하기 어려운 규제를 수정하여 일부 국가가 규제에 따라 작동하는 것을 가능하게 해준다. 이러한 유연성 메커니즘은 국가들이 주권, 권력 공유, 그리고 이행 등에 대한 우려를 다소나마 해소해주는 역할을 하기 때문에 국제협약에서 중요한 역할을 한다. 하지만 이러한 유연성이 장점만 있는 것은 아니다. 협약 조항의 수정, 협약 탈퇴의 자유 등이 허용됨으로써 국가간 이견이 있는 환경이슈에 대한 협약과 국제협력체계 구성이 어려워진다는 것이 국제협약의 유연성에서 비롯되는 것이기 때문이다.

국제협약 및 국제 거버넌스는 국가 간 협력관계를 형성하기 때문에 강제력이 약한 특징이 있다. 앞에서 설명한 바와 같이 다양한 국제 환경협약이 체결 시 국가들의 권한의 일부를 제3자나 기관에게 위임하기도 하지만, 이는 한 국가의 주권을 침해할 수 있기 때문에 그 위임이 범위는 그렇게 넓게 허용되지 않을 것이다. 이는 국제협약 및 거버넌스의 이행력이 약화되는 결과를 낳는다. 한 국가의 경우 환경보호 필요성에 대한 대중적 공감대가 형성된다면, 그 목적달성을 위한 강력한 제도적 장치를 마련하여 시행함으로써 당초 목적을 달성할 수 있겠지만, 국제 관계에서는 그 목적이 바람직하고 정당성이 확보된다 하더라도 국가 간 이해관계가 다르고 다른 나라의 주권을 침해하는 것이 불가능하기 때문에 국제 환경 문제는 실행력 담보를 위한 강력한 제도적 조치를 취하기가 어려운 것이 사실이다.

이러한, 국제 환경문제를 다루기 위해 형성된 국제법과 제도는 그 실행력의 강도에 따라 ‘Soft Law’ 와 ‘Hard Law’ 로 구분된다²⁹⁾. ‘Hard Law’ 는 법적 규제가 명확하게 정의된 규칙으로 법적 구속력을 가지며, 이행이 강제된다. ‘Soft Law’ 는 법적 구속력이 없지만, 국제적 합의를 통해 발표되는 일종의 가이드라인이다. 예를 들어, 선언문, 조약서, 지침서, 권고안 등이 이에 해당된다. 이러한 ‘Soft Law’ 는 국제적 합의를 통해 정해지기 때문에 구속력은 없지만, 국가들 간의 협력과 국제사회의 일원으로서의 존경을 얻는 데 중요한 역할을 한다. ‘Hard Law’ 는 구속력을 가지고 있기 때문에, 국제법을 통해 국제 사회의 안정과 질서를 유

29) Abbott, K. W., & Snidal, D. (2000)

지하는 데 중요한 역할을 한다. 그러나 ‘Hard Law’는 국가들 간의 협력이나 미래의 변화에 대응하는 데 제약이 있다는 한계가 있다. 반면에 ‘Soft Law’는 국제적 합의를 통해 발표되기 때문에, 협력과 존경을 유지하는 데 중요한 역할을 한다. ‘Soft Law’는 법적 구속력이 없기 때문에 미래의 변화에 대응하기 좀 더 유연하다는 장점이 있다. 그러나 ‘Soft Law’는 구속력이 없기 때문에 이행이 보장되지 않으며, 이를 따르는 것이 자율적 선택에 달려 있다³⁰⁾. ‘Hard Law’ 방식의 국제협약이 실행력을 높일 수 있기 때문에 더 효율적인 방식이라고 할 수 있지만, 반드시 그런 것은 아니다. 특정 환경이슈에 대응하기 위한 협약이 논의될 때 이 협약에 가입하는 국가는 반드시 국내법적 조치를 취해야 한다고 하면, 국내적으로 이익집단 등의 반대에 직면할 수 있기 때문에 그 협약에 가입하는 것이 어려울 수 있다. 그래서 많은 국제 환경협약은 가입 국가 수를 확보하기 위해 ‘Soft Law’ 방식을 취하는 경우가 많다. 과거에 비해 국가 간의 교류가 활발해 지고 정보교류 등이 확산되면서 어느 나라가 환경오염을 유발하는 지 알 수 있게 되었다. 또한, 그린피스와 같은 국제적 비영리 환경단체의 위상이 높아지면서, 환경오염을 유발하는 국가는 국제적 비판에 놓일 가능성이 높아졌다. 그래서 국제협약이 ‘Soft Law’ 방식을 취한다고 해서 이행력이 낮다고만은 할 수 없다. 많은 국제 협약들은 초기에는 많은 회원국가를 확보하기 위해 ‘Soft Law’ 방식을 취하다가 일정 회원국 수를 확보한 후에는 ‘Hard Law’ 방식을 취함으로써 실행력을 높이는 경우가 많아지고 있다.

(3) 기후변화 등 국제 환경 거버넌스 현황

가. 기후변화 국제협약체계

1) 개요

UN 기후변화협약은 지구 온난화를 막고 인류의 복지와 안전을 수호하기 위한 국제협약으로서, 1992년 6월에 리우데자네이루에서 개최된 UN 지구환경개발회의에서 채택된 ‘지구환경과 개발에 관한 리우데자네이루 선언’을 기반으로 협약이 탄생하였다. 이후, 1997년 12월에 일본 교토

30) Abbott, K. W., & Snidal, D. (2000). Hard and soft law in international governance. *International organization*, 54(3), 421-456.

에서 개최된 제3차 기후변화협약서 상정회의에서 '교토의 의정서'가 채택되어 협약이 발효되었으며, 각 국가는 그들의 대기 중 이산화탄소 배출량을 줄이기 위해 목표치를 설정하고, 그 목표치를 달성하기 위한 계획과 조치를 수립하여야 한다. 이와함께 탄소감축 목표달성을 위한 계획과 조치를 보고하고, 다른 국가들과 협력하여 기후변화를 막기위해 노력하여야 한다. 또한, 협약은 기후변화 문제에 대한 국제적인 협력과 기술 개발 등을 촉진하기 위한 다양한 방법들을 포함하고 있다.

2) 기후변화 국제협약 체계의 형성과정³¹⁾

기후변화 국제협약체계의 형성과정은 오랜기간 동안 많은 국가들의 노력과 협력으로 이루어졌으며, 이 체계의 형성과정은 다음과 같은 주요 사건들을 통해 발전해 왔다.

(1988년) 세계 기상기구(WMO)와 유엔 환경계획(UNEP)은 기후변화의 위험성을 경고하는 공식 선언을 발표하였고, 이 공식 선언은 기후변화 문제의 심각성을 인식시키는 데 큰 역할을 하였다.

(1992년) 지구환경과 발전에 관한 국제연합 회의(UNCED)에서는 기후변화 문제를 중요한 문제로 인식하고, 기후변화에 대한 협약을 체결하기로 결정하였다.

(1997년) 기후변화에 대한 국제협약인 “국제환경규제체제에 관한 기본협약”의 부속서인 “기후변화에 관한 기본협약”(UNFCCC)이 채택되었는데, 이 체제는 1992년 UNCED에서 결정된 대로 기후변화 문제를 해결하기 위한 국제적인 구조를 마련하는 데 중요한 역할을 하였다.

(2005년) UNFCCC의 회원국들은 쿠알라룸푸르에서 열린 회의에서 “기후변화에 대한 본 체제안”(Copenhagen Accord)을 채택하였으며, 이 체제안은 온실가스 배출 감축과 국가별 적응 대책 등을 다루는데 중점을 둔 것으로, 이후의 기후변화 협약의 기반이 되는 중요한 문서가 되었다.

31) Bodansky, D., & Rajamani, L. (2018). The Evolution and Governance Architecture of the United Nations Climate Change Regime. *Global Climate Policy: Actors, Concepts, and Enduring Challenges*, 13-65.

(2015년) 파리에서 열린 UNFCCC 회의에서 “파리협정“이 채택되었으며, 이 협정은 모든 회원국이 온실가스 배출을 감축하는 목표를 설정하도록 규정하고, 매년 이를 실천하는지 평가하는 절차를 마련하였다. 이 협정은 국제적으로 온실가스 배출을 감축하고 지구 기온 상승을 2도 미만으로 유지하는 것을 목표로 하고 있다.

(2021년) UN 기후변화협약(UNFCCC) 회의에서 “글래스고 협정“이 채택되었으며, 이 협정은 파리협정에서 설정된 목표를 달성하기 위해 각 회원국이 제출한 온실가스 배출 감축 계획을 평가하고, 추가적인 노력이 필요한 국가들에 대한 지원을 제공하는 등의 조치를 포함하고 있다.

이처럼 기후변화 국제협약체계의 형성과정은 여러 단계를 거쳐 왔으며, 이러한 협약체계는 세계 각국이 기후변화 문제를 공동으로 해결하는데 중요한 역할을 하고 있다.

[표15. 단계별 기후변화 관련 주요 회의 및 사건³²⁾]

단계/ 기간	주요회의 및 사건
제1단계 (1992년 이전)	<ul style="list-style-type: none"> - 제1차 세계기후회의(1979년) - 기후변화에 관한 정부간 패널기구(IPCC) 설립(1988년) - 제2차 세계기후회의(제네바, 1990년) ■ 제1차 IPCC 보고서에 근거하여 지구온난화에대한 성명채택 - 제45차유엔회의1990년 ■기후변화협약 제정을 위한 정부간 협상위원회(INC) 설치 - 총6회에걸친 INC회의 개최(' 91. 2 - ' 92. 2)
제2단계 (' 92- ' 97년)	<ul style="list-style-type: none"> - 제2차 유엔환경개발회의 개최 브라질리우 1992년 ■기후변화협약채택 - 기후변화협약발효 1994년 - 제1차 기후변화협약 당사국총회COP1, 1995년: 베를린Mandate - 제2차 기후변화협약 당사국총회COP2, 1996년 ■제네바장관선언Geneva Ministerial Declaration) - 제3차 기후변화협약 당사국총회COP3, 1997년: 교토의정서채택

32) 조용성(2008)

<p>제3단계 (' 98- ' 05년)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 제4차 기후변화협약 당사국총회COP4, 1998년 ■부에노아이레스action plan - 제5차 기후변화협약당사국총회COP5, 1999년, 독일 본 - 제6차 기후변화협약 당사국총회COP6, 2000년 네덜란드헤이그 - 제7차 기후변화협약 당사국총회COP7, 2001년 ■마라케쉬합의 교토메카니즘 의무준수체계 흡수원등 에대한합의 - 제8차 기후변화협약 당사국총회COP8, 2002년 ■뉴델리 각료선언 채택 - 제9차 기후변화협약 당사국총회COP9, 2003년 - 제10차 기후변화협약 당사국총회COP10, 2004년 - 교토의정서 발효2005년2월 - 제11차 기후변화협약 당사국총회COP11) 겸 제1차교토의정서당사국회의COP/MOP1, 2005년
<p>제4단계 (' 06년이후)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 제12차 기후변화협약 당사국총회COP12) 겸 제2차교토의정서 당사국 회의COP/MOP2, 2006년 - 제13차 기후변화협약 당사국총회COP12) 겸 제3차 교토의정서 당사국회의COP/MOP3, 2007년 ■발리로드맵 채택

3) 기후변화 국제협약 체계의 구조

기후변화 국제협약 체계는 UN 기후변화협약(UNFCCC), 교토의정서(Kyoto protocol), 파리협정(Paris Agreement)로 구성되어 있으며, UN 기후변화협약에 198개국, 교토의정서에 192개국, 파리협정에 195개국이 각각 참여하고 있다³³⁾.

기후변화 국제협약의 운영을 위해 기후변화 당사국 총회(COP), 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)와 기술 및 이행 보조기구를 두고 있으며, 협약 관련 행정사무 처리를 위한 사무국을 두고 있다.

기후변화 당사국 총회(Conference of the Parties, COP)는 기후변화협약 관련 최종의사결정기구로서, 협약진행 검토를 위해 1년에 1회 개최되고 있다. 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on

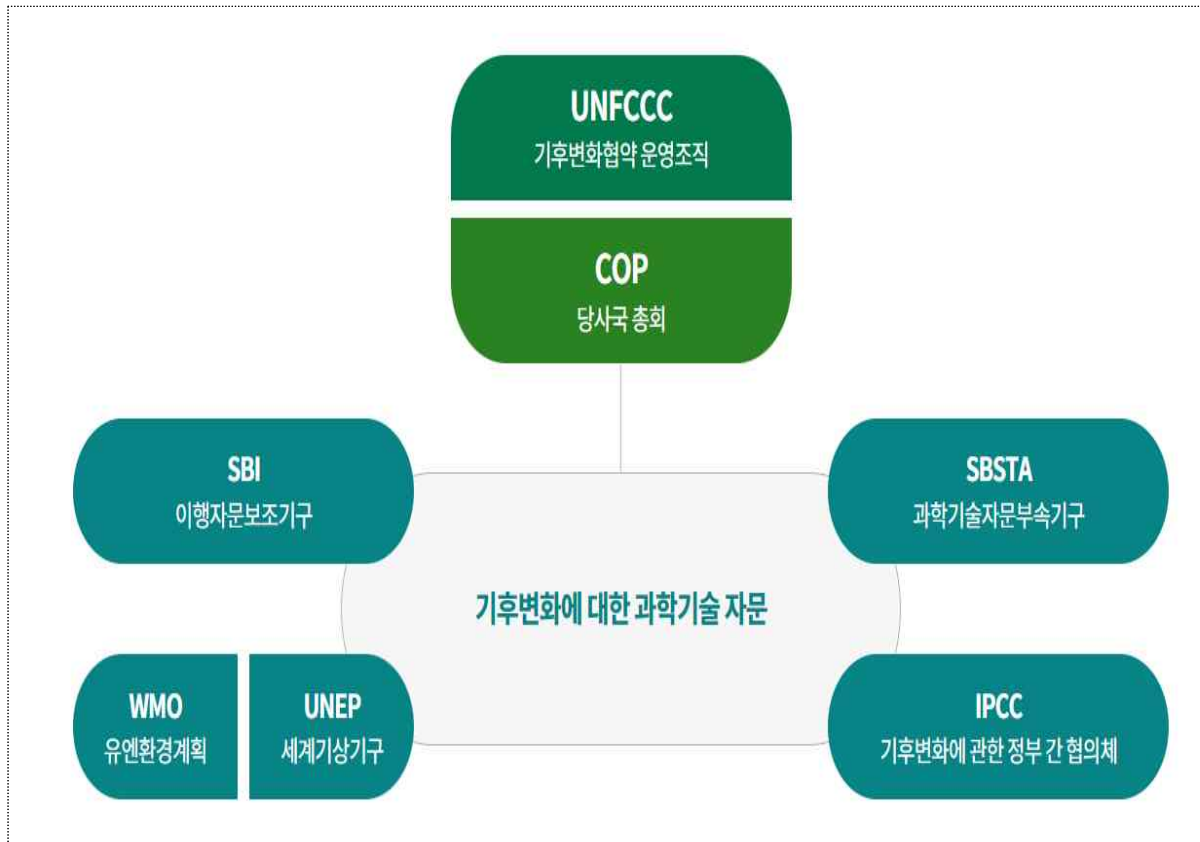
33) <https://unfccc.int/process/parties-non-party-stakeholders/parties-convention-and-observer-states>

Climate Change, IPCC)는 기후변화와 관련된 세계적인 정책 의사결정에 과학적 지식을 제공하기 위한 기구로서, 국제정치와 경제에 영향을 미치는 기후변화 문제를 다루기 위해 세계기상기구(WMO)와 UN 환경계획(UNEP)1988년에 설립되었으며, 국제정부간 기후변화문제에 대한 정책 수립과 실행에 대한 지원을 제공한다. 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)는 세계적으로 수많은 기후변화에 관련된 과학자들과 정부간의 협력적 노력을 통해 작동되며, 물리학, 화학, 지구과학, 생명과학, 사회과학 등 다양한 분야의 과학적 연구 결과를 평가하여, 이를 이해하기 쉽고 결정적인 정책 결정에 사용할 수 있는 정보로 요약한다. IPCC는 국제적으로 공식적인 지위를 가진 기구로서, 기후변화에 대한 과학적인 평가보고서를 작성하고 이를 정책 결정에 활용하기 위한 지원을 제공한다. 이를 위해 IPCC는 과학적 연구와 평가를 위한 작업 그룹과, 정책 결정에 대한 교류 및 협력을 위한 기타 조직적인 기구들을 운영하고 있다.

기후변화 당사국 총회(COP)를 지원하기 위한 보조기구로서 이행자문 보조기구(Subsidiary Body for Implementation, SBI)와 과학기술자문 부속기구(Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, SBSTA)를 두고 있는데, 이행자문 보조기구는 국가 보고서의 제출, 재정·기술지원 방안 등 협약이행과 관련한 권고안을 만들어 당사국 총회 또는 요청이 있을 경우 다른 부속기구에 제출하는 역할을 수행하고 있으며, 과학기술자문 부속기구는 협약이행과 관련된 과학 및 기술자문을 당사국 총회나 보조기구위 제공하는 역할을 하고 있다.

또한, UN 기후변화협약(UNFCCC)의 실행기관으로 기후변화협약 사무국(UNFCCC Secretariat)을 운영하고 있는데, 1992년 UN 기후변화협약이 채택된 이후에 설립되었다. 현재 사무국은 독일 본에 설치 및 운영되고 있으며, 사무국은 회원국과 기타 이해관계자들과 협력하여 기후변화 문제에 대한 정보교류와 정책 결정을 지원하고 있다. 구체적으로 사무국은 UNFCCC의 회의와 국제회의를 준비 및 주관하고, UNFCCC의 보고서와 문서를 작성하고, 관련 정보를 수집하여 보관, UNFCCC의 정책 결정에 대한 의견을 수렴하고, 이를 회의에 제시, 국가별 기후변화 대응 계획(National Climate Action Plans)을 수집하고 관리하는 역할 등을 수행하고 있다³⁴).

[그림7. 기후변화협약체계 운영조직³⁵⁾]



4) 기후변화 국제협약 체계의 성과

기후변화에 관한 당사국 총회(COP21)에서 채택된 파리협정을 통해 전 세계적 기후변화 대응을 위한 지침이 제공되었으며, 지구 온도 상승을 2°C 이하로 유지하기 위한 노력을 전 세계적 노력의 필요성에 대해서 언급하고 있으며, 현재까지 198개 국가와 EU가 이 협정에 가입하는 성과를 낳았다. 또한, 기후변화 대응에 대한 금융 지원을 위해 기후금융 협약체계가 만들어졌다. 2019년 UN 기후변화협약(UNFCCC)에서는 2025년까지 개발도상국들에 대한 기후금융 지원을 1조 달러 이상으로 늘리기로 약속함으로써 자본 동원력이 열악한 개발도상국들이 기후변화 대응에 참여하도록 할 수 있게 되었다.

이외에도, UN 기후변화협약(UNFCCC)의 기능강화, 기후변화 대응 기술 지원 및 기후변화 적응 등의 분야에서도 다양한 성과를 나타내기 시작하고 있다.

34) <https://www.ipcc.ch/about/>

35) <https://www.nie.re.kr/nie/main/contents.do?menuNo=200073>

5) 기후변화 국제협약 체계의 전망

① 위협요인³⁶⁾

기후변화 협약체계는 국제적인 협력과 행동을 바탕으로 구축되어야 하지만, 다양한 국가들 간의 이해 차이, 이익 충돌, 그리고 정치적 갈등 등으로 인해 협약체계가 위태로워질 가능성이 상존한다. 특히, 파리협정에서 언급된 1.5도 목표를 달성하기 위해서는 더욱 강력하고 실질적인 대응책을 수립해야 하지만, 각 국가들의 이해관계가 다르기 때문에 이를 위한 국제적인 협력에 대한 유인이 부족하여 이를 달성하기 어려운 상황에 처할 수도 있다.

기후변화 대응을 위해서는 탈탄소화 및 신재생에너지 도입과 같은 친환경적인 에너지 생태계 구축을 추진하여야 하지만, 이러한 노력이 상당한 경제적 비용과 불확실성을 동반하고 있어서 많은 국가들은 한정적 범위 내에서만 기후변화 대응을 위한 노력을 보이고 있다. 또한, 이러한 경제적 문제로 인해 국제적인 협상에서 더욱 강력한 협상력을 발휘하기 어렵다는 점도 문제로 지적되고 있다.

기후변화 대응은 단순히 기술적인 문제가 아니라, 사회, 경제, 정치 등 다양한 영역의 문제이기도 하다. 그러나 일반 대중이 기후변화의 심각성을 인식하지 못하는 경우, 기후변화에 대응해 나가는데 한계에 부딪힐 수 있다. 이는 국가별로 환경의 중요성에 대한 문화적·사회적 인식이 다를 수 있기 때문에 발생하는 것으로 기후변화에 대한 자국 국민의 호응을 받기 어려운 국가가 많아진다면, 협약체계가 위태로워질 수 있다. 기후변화를 인식하고 대응하는 데 있어서 국가 간의 문화적, 사회적 차이가 크기 때문에 이를 극복하고 대응책을 수립하는 것이 중요한 과제이다.

② 긍정적 전망

앞에서 언급한 위협요인에도 불구하고 기후변화 대응의 목표를 설정하

36) Daniel Bodansky, Jutta Brunnee, and Lavanya Rajamani(2011)

고 있는 파리협약은 지속 가능한 개발과 국제 간 기후 협력을 장려하며, 미래 세대를 보호하기 위해 필요한 글로벌 거버넌스 변화의 시작으로의 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대된다³⁷⁾.

협약이 다양한 이해 관계자들의 참여를 유도하고, 미래 세대의 이익을 고려하고 있으며, 기후변화는 인류 생존과 직결되는 문제이므로 일반 대중의 인식변화를 촉진하고 각 국가간 협력을 이끌어 내는 등 다양한 면에서 긍정적 영향을 미칠 수 있다. 이러한 다양한 요인들이 결합되어 기후 변화 문제에 대한 글로벌 대응을 촉진함으로써 공멸이 아닌 공존할 수 있게 될 것으로 전망된다³⁸⁾.

나. 오존층 보호를 위한 국제협력 체계

1) 개요

오존층은 지구 대기 중 상당 부분을 차지하고 있으며, 자외선을 차단하여 지구상의 생명체를 보호하는 역할을 한다. 하지만, 1970년 대규모로 생산 및 사용되던 CFCs(염화프로필 등)과 같은 화학물질이 오존층을 파괴한다는 것을 인식하게 되었다. 오존층의 파괴는 지구상에 서식하는 생명체의 성장을 방해하고 사람에게도 질병을 유발했기 때문에, 세계적으로 문제의 심각성을 인식하게 되었다. 따라서, 국제적으로 오존층을 파괴하는 물질의 생산과 사용을 조절하는 규제가 필요하다는 것에 공감대가 형성되었다. 이에 따라, 1985년 비엔나에서 개최되는 국제회의에서 이 문제를 해결하기 위한 협약이 채택되었다. 협약은 모든 참여국이 CFCs와 같은 화학물질의 생산과 사용을 금지하거나, 그 사용량을 감소시키도록 요구하며, 대체물질의 개발과 적극적인 보급을 촉진하는 내용을 담고 있다.

오존층을 파괴하는 화학물질(CFCs)의 규제와 대체물질의 개발 및 보급 등의 국제적 협력을 통해 증가하던 오존층 훼손이 감소하였고, 다시 회복되는 모습을 보이는 등 국제 환경협력의 성공사례로 꼽히고 있다.

37) Sebastian Oberthür and Lukas Hermwille(2018)

38) Harro van Asselt(2016)

2) 오존층 보호를 위한 국제협약 체계의 형성과정

(1974년) 몰리나(Mario Molina)와 롤랜드(Sherwood Rowland)가 논문³⁹⁾을 발표했는데, 그 논문에서 냉매로 많이 사용되는 염화메틸과 같은 화학물질이 성층권에서 분해되면서 화학 반응을 일으켜 오존분자를 파괴하는 메커니즘을 설명하였고, 이로 인해 성층권의 오존층이 파괴되어 지구에 자외선 노출량이 증가할 수 있음을 경고하였다.

(1970년대 후반) 1970년대 후반 여러 나라에서 CFCs와 같은 화학물질의 사용을 금지하게 되었고, 특히 미국의 경우 1978년 CFCs를 스프레이 충전제로 사용하지 못하도록 규제하였다⁴⁰⁾.

(1977년) 1973년 국제적 환경보호를 위해 설립된 UNEP는 세계 기상기구(WMO)와 함께 세계 대기 연구 프로그램(WCRP)을 시작하였는데, 이 프로그램은 성층권의 대기 조사와 오존층의 변화를 연구하기 위한 것이었다.

(1978년) 유엔환경계획(UNEP)은 국제적인 환경보호를 위한 계획을 발표하였으며, 이 계획은 “환경과 발전에 관한 세계 차원의 계획”(World Plan of Action on the Environment and Development)으로, 환경문제를 다루는 최초의 국제적인 행동 계획이었다. 이 계획은 선진국과 개발도상국 모두를 대상으로 하였으며, 에너지와 산업, 수질, 기후 등 다양한 환경문제를 다루었으며, 계획에는 오존층 보호도 포함되었다.

(1985년) 영국 남극조사단(British Antarctic survey)의 과학자들이 남극 상공에 지구 대기권에서 오존 농도가 급격하게 감소하는 오존홀이 반복적으로 나타난다고 보고하였고, 이에 대한 대응책을 마련하기 위해 유엔환경계획(UNEP)은 비엔나협약(Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer)을 개최했다. 이 협약은 오존층 파괴를 막기 위한 세계적인 협약으로서 무역용 염화물 등 화학물질의 생산과 사용을 제한하는 내용을 담고 있었으며, 이 협약은 1988년 9월 22일 발효되었다.

(1987년) 몬트리올 의정서(Montreal Protocol on Substances that Deplete

39) Mario Molina and Sherwood Rowland(1974)

40) 김찬국(2012)

the Ozone Layer)가 채택되었다. 이 협약은 이전의 협약에 추가되는 것으로, 염화물질을 대체하는 환경친화적인 대체물질을 개발하고 사용하는 것을 목표로 하였으며, 1989년 1월 1일 발효되었다.

[표16. 성층권 오존층 손상 및 회복과 관련한 연대기⁴¹⁾]

1928년	토머스 미즐리: 염화불화탄소(CFCs) 발명
1974년	롤런드, 몰리나: CFCs가 성층권에서 태양 분해되어 염소 배출 예측. 당시 CFCs를 냉매로 사용하는 냉장고 수백만 대 이상 팔림
1984년	남극 상공 오존층 구멍 확인
1987년	몬트리올 의정서에 27개국 동의 (2012년 9월 현재 197개국 참여). 이후 주요 염화불화탄소 화합물이 안정세를 유지하거나 줄어들
1995년	롤런드, 몰리나, 크루첸 노벨화학상 수상
1996년	미국 등 선진국 염화불화탄소 화합물과 연관 화합물의 생산 전면 금지
2002년	메틸브로마이드 화합물을 1995~1998년 수준으로 동결
2010년	몬트리올 의정서 가입국 HCFCs를 기준점의 65% 감축
2030년	몬트리올 의정서 가입국 오존층 파괴물질 전면 금지
2060~2075년	성층권 오존층 1980년대 이전 수준 회복 예상 (Gore, 2006; EPA, 2007)

3) 오존층 보호를 위한 국제협약 체계의 구조

① 협약체계

오존층 보호를 위한 국제협약은 크게 두 가지로 구성되는데 1985년 체결된 비엔나협약(Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer)과 1987년 체결된 몬트리올 의정서(Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer)이다.

비엔나 협약은 오존층 파괴물질인 염소플루오로카본(전기제품, 스프레이 등에서 사용되는 기체)의 생산과 사용을 줄이기 위한 국제적인 노력을 목적으로 하고 있다. 이 협약은 1985년 28개국에 의해 서명되었고, 현재 198개국이 가입하고 있으며, 가입국은 오존층 보호를 위한 다양한 조치를 취하고 있다.

몬트리올 의정서는 1987년 9월 16일 캐나다 몬트리올에서 개최된

41) 김찬국(2012)

국제회의에서 채택된 국제협약으로 지구 상층 대기의 오존층을 보호하기 위해 세계적인 오존파괴 물질(ODS) 사용을 제한하는데 초점을 둔 것이 특징이다. 몬트리올 의정서는 세계적으로 사용되는 오존 파괴 물질을 대상으로 그 사용을 금지하거나 대체할 수 있는 친환경 물질로 교체하는 것을 목적으로 하고 있다. 현재 협약 가입국은 198개국이며, 각국의 주도하에, 세계적인 규제 기구를 통해 오존파괴 물질 사용 제한과 같은 규제조치가 이행되고 있으며, 이를 위해 지속적인 모니터링과 강제적인 규제가 이루어지고 있다. 또한 국제적인 협력과 지원도 제공되고 있습니다.

② 협약 운영체계

오존층 보호를 위한 국제협약은 크게 협약이행과 관련한 운영기관과 지원기관으로 구분되며, 운영기관은 협약 당사국 회의와 오존협약 사무국이 있으며, 지원기관은 과학평가패널, 기술 및 경제평가 패널, 환경효과 평가패널 및 몬트리올 의정서 이행을 위한 다자기금으로 구성된다.

오존보호 협약의 의사결정기구로 당사국 회의(Meeting of the Parties, MOP)가 매년 개최되며, 참여국들의 대표가 모여 협약의 이행 상황과 관련된 다양한 이슈들을 논의한다. 당사국회의(MOP)는 오존보호협약의 총회에 해당하며, 이 협약에 가입한 모든 회원국들이 참여하며, 오존층 보호를 위한 국제적인 협력을 촉진하는 역할을 수행한다. 또한, 협약의 이행을 지원하기 위해 캐나다 몬트리올에 오존협약 사무국(The Ozone Secretariat)을 설치하여 운영하고 있다. 사무국은 협약의 이행 상황을 모니터링하고 보고서를 작성하고, 각 회원국으로부터 제출받은 이행 보고서를 검토하여 이를 종합해 협약의 이행 상황을 평가하는 보고서를 작성한다. 사무국에서 작성한 보고서는 MOP 회의에서 검토된다. 또한, 사무국은 협약에 가입한 회원국들의 다양한 정보교류 프로그램을 운영하고, 기술적인 지원 및 자금 지원을 제공한다. 아울러, 사무국은 화학물질의 국제적인 관리와 관련하여 다양한 프로그램을 운영하는데, 이 프로그램은 화학물질의 사용량을 추적하고, 안전한 대체물질의 개발을 촉진하며, 화학물질 관리에 대한 국제적인 지침을 제공하는 등의 활동을 수행한다.

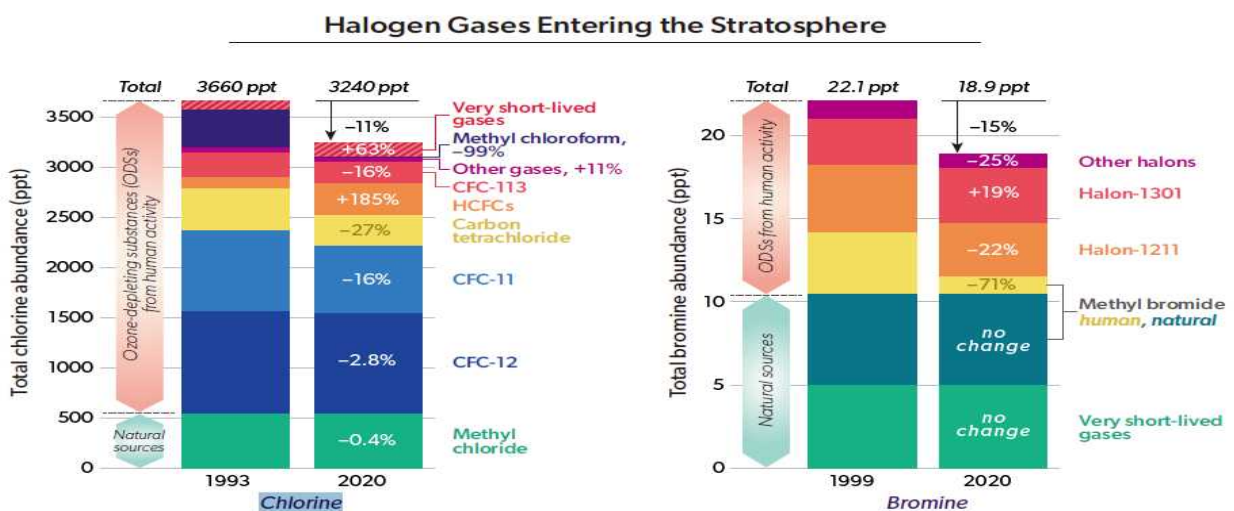
대안 기술에 대한 기술 정보와 오존 파괴 물질 소비와 생산을 줄이기 위한 기술적 정보를 제공하기 위해 보고서를 작성을 위해 과학평가패널(The

Scientific Assessment Panel), 기술 및 경제평가 패널(The Technology and Economic Assessment Panel), 환경효과 평가패널(The Environmental Effects Assessment Panel)을 운영하고 있으며, 오존보호협약의 이행을 지원하기 위해 캐나다 몬트리올에 몬트리올 의정서 이행을 위한 다자기금(The Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol)을 설치하여 운영하고 있다. 이 기구는 회원국들로부터 기금을 모아 화학물질의 대체, 기술 이전 및 용도 변경, 개도국에 대한 유예 대출 제공 등의 활동을 지원하고 있다.

4) 오존층 보호를 위한 국제협약의 성과 및 전망

몬트리올 의정서가 체결된 이후, 전 세계적으로 사용되던 오존층 파괴 물질인 CFCs와 같은 화학물질의 생산과 사용이 급격히 감소하였다. CFCs는 특히 냉장고, 에어컨, 스프레이 등의 제품에서 널리 사용되었으나, 이제는 CFCs를 사용하지 않는 대체물질을 사용하여 이러한 제품들이 생산되고 있으며, 이러한 노력들로 인해, 오존층 파괴를 일으키는 화학물질의 농도는 지속적으로 감소하고 있다. 세계 기상 기구(WMO)와 유엔 환경 계획(UNEP)의 공동 보고서에 따르면, 2020년에는 지구 상층의 오존층에서 파괴를 일으키는 물질인 염소(Chlorine) 농도가 1993년 대비 11% 감소, 브롬(Bromine)이 1999년 대비 15% 감소 한 것으로 나타났다⁴²⁾.

[그림8. 오존층 파괴물질 농도의 변화⁴³⁾]

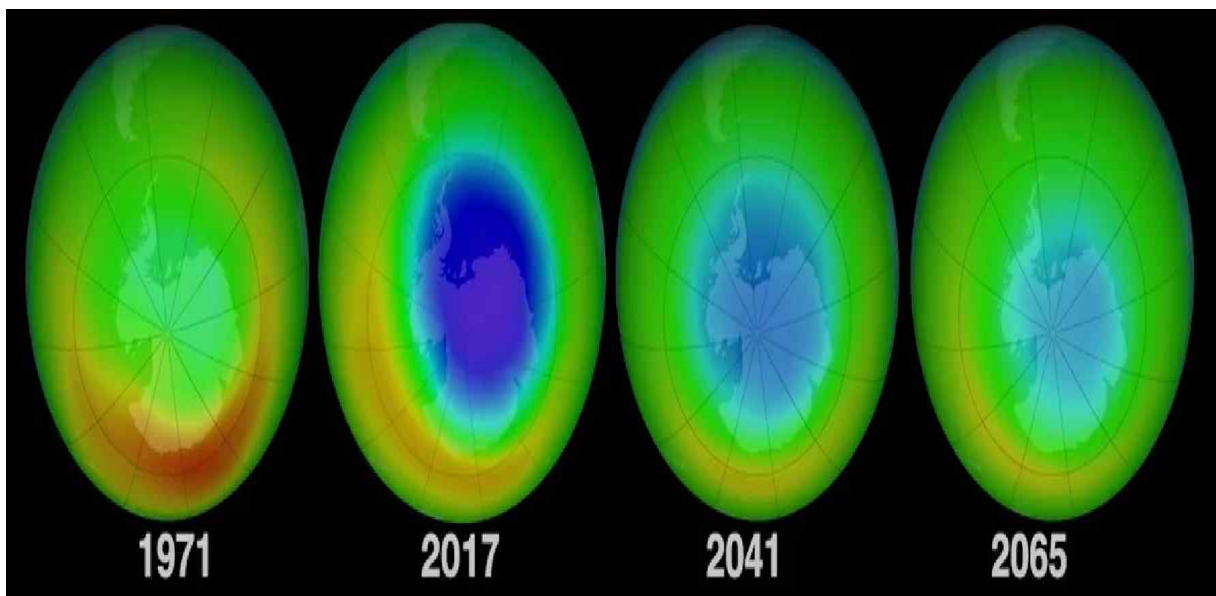


UN에 따르면 오존층 보호를 위한 국제협력이 현재 수준으로 유지된

42), 43) Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022, United Nations Environment Programme (UNEP)와 World Meteorological Organization (WMO)

다면, 오존층은 2040년까지 1980년 당시 수준으로 회복될 것으로 예상되며, 남극지역에서는 약 2066년, 북극 지역에서는 2045년까지 회복될 것으로 예상하고 있다. 하지만, 2019년부터 2021년까지 남극 오존 구멍의 크기 변화는 대기 상황에 크게 영향을 받은 것으로 보고 있다. 그러나 2000년 이후 남극 오존층의 면적과 깊이가 서서히 개선되고 있다. 또한, 몬트리올 의정서는 기후변화 완화에도 도움을 준 것으로 보고 있으며, 0.5° C의 기온 상승을 막는 데에 기여한 것으로 추정한다. 2016년 몬트리올 의정서의 추가 협약인 “키갈리 수정안“이 체결되어 일부 HFCs의 생산과 소비를 단계적으로 감축하도록 요구하고 있는데, HFCs는 기온 상승과 기후변화에 큰 영향을 미치는 강력한 가스이며 이러한 수정안이 기온 상승을 2100년까지 0.3 ~ 0.5°C 정도 막을 것으로 예상하고 있다⁴⁴⁾.

[그림9. 오존층 손실 및 회복⁴⁵⁾]



다. 생물 다양성 보존을 위한 국제협력 체계

1) 개요

생물다양성은 기후변화와 함께 가장 중요한 환경이슈이다. 인간은 육상, 담수 및 해양에 서식하고 있는 생물로부터 식량, 섬유, 건축재료 및 약물에 이르기 까지 다양한 유용성분을 얻고 있다. UN 환경계획의

44) <https://news.un.org/en/story/2023/01/1132277>

45) <https://youtu.be/zqRhRPLsDsM>

보고서에 따르면 100만 개의 동식물이 멸종 위기에 처해있으며, 조류, 포유류, 양서류, 파충류 및 어류 등의 1~2.5%가 이미 멸종되었다, 인구 밀도와 유전적 다양성이 감소와 함께 다양한 개체의 생물들의 서식지가 사라지고 있다⁴⁶⁾.

생물 다양성 보존을 위한 국제협력 체계는 전 세계적으로 다양한 생물이 인류와 공존할 수 있도록 보존하고 지속 가능한 방식으로 이를 관리하는데 초점을 맞춘 국제적인 협력 구조이다. 이 체계는 국가 간 협력, 국제기구 간 협력 및 민간부문 참여를 포함하여 다양한 참여 주체들이 함께 협력하고 있다. 국제적으로 생물 다양성을 보존하고 지속 가능한 관리를 위해 많은 국가들이 협력체제를 구축하고 있는데, 대표적으로는 UN 협약 중 하나인 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity, 총)이 그것이다. 생물다양성협약(CBD)은 1992년 리우데자네이루에서 개최된 UN 환경개발 정상회의에서 채택되었으며, 현재까지 196개 국가가 가입하여 전 세계적인 생물다양성 보전에 많은 역할을 하고 있다.

또한, CBD와 유사한 국제협약으로 CITES(Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), 랍사르협약(습지의 서식지로 지정된 토지의 보전에 관한 협약) 등이 있다. 이러한 국제협약 외에도 지속가능한 생물다양성 관리를 위해 국제기구나 지역 기구 등에서 다양한 활동을 펼치고 있다.

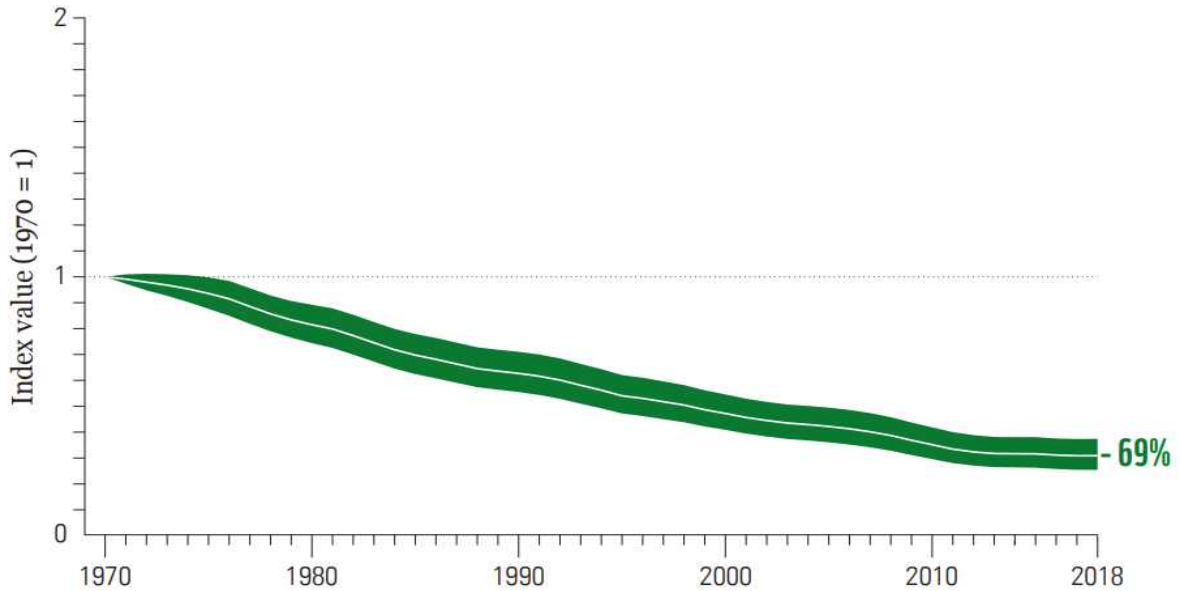
2) 생물 다양성의 변화 양상

세계 자연기금(WWF)은 세계 각지의 육상, 담수 및 해양에 서식하는 동·식물 모니터링 자료를 바탕으로 평균적인 추세를 계산하여 지구생명력 지수(LPI)를 발표하고 있으며, 야생 동물의 상대적 풍부도 변화를 추적·관찰하고 있다. 세계 자연기금에서 작성한 Living Planet report 2022에 따르면 2018년 현재 생물 다양성 지수(LPI)가 1970년에 비해 69%가 감소한 것으로 보고되고 있다. 담수생물의 경우는 더욱 심각한데, 1970년에 비해 83%나 감소한 것으로 보고되고 있다. 이는 기후변화에 따른 서식지 환경변화 등으로 생물 다양성 훼손이 더욱 가속될 수도 있을 것이다. 생물 다양

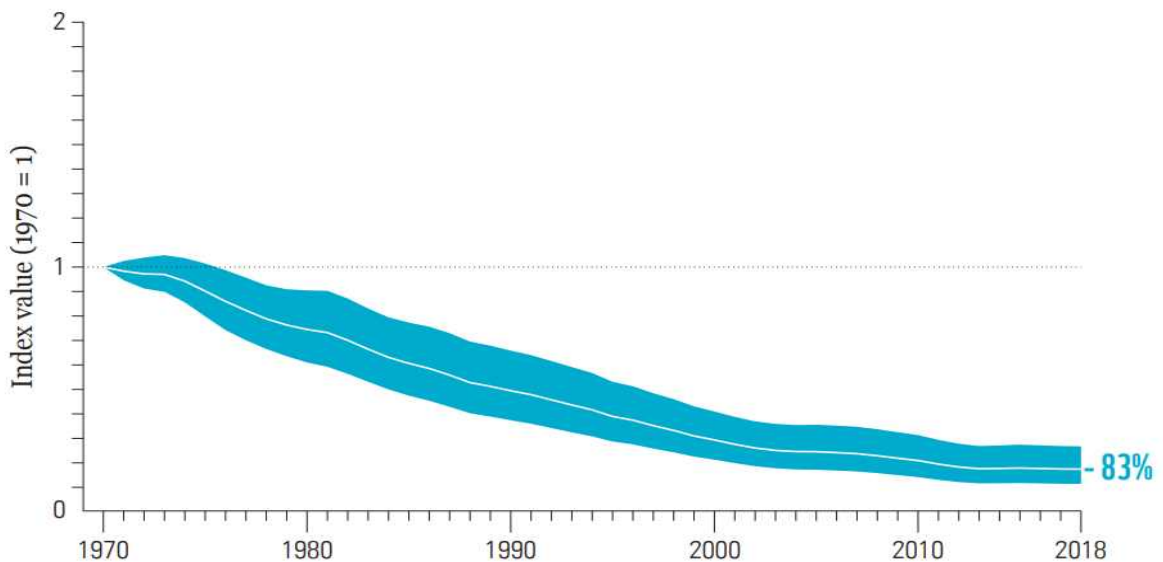
46) LIVING PLANET REPORT 2022

성의 감소는 인류 생존에 강력한 영향을 미치기 때문에 기후변화 대응을 위한 국제협력 못지않게 생물 다양성 회복을 위한 국제협력이 필요하다 하겠다.

[표17. 생물 다양성 지수(LPI) 변화 추세47)]



[표18. 담수생물 다양성 지수(LPI) 변화 추세48)]

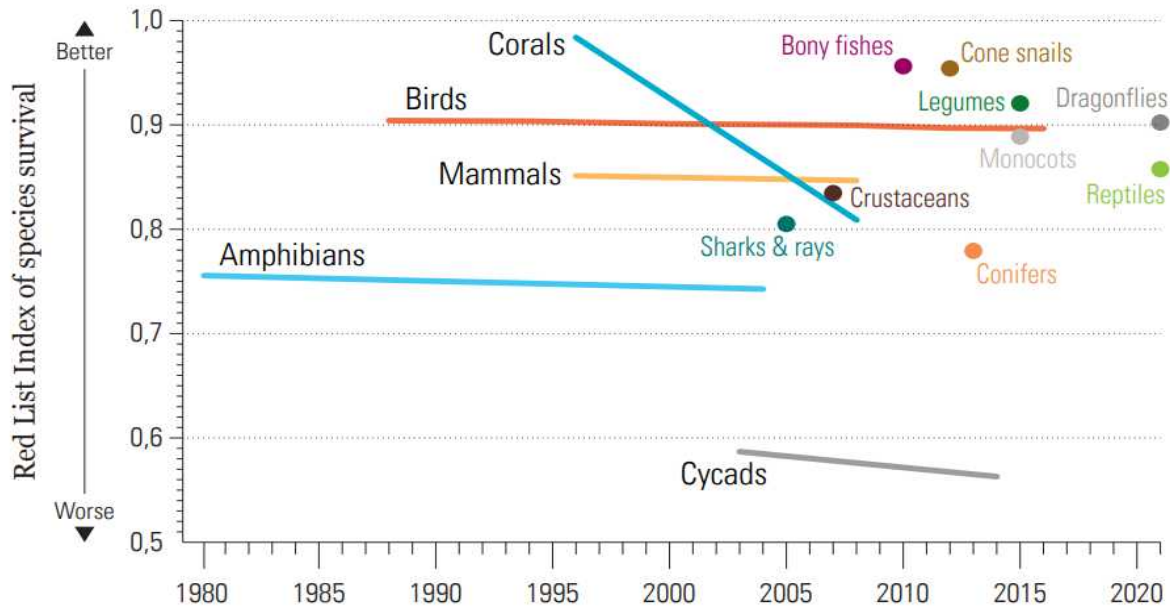


특정 생물그룹 내 생물종 멸종위협 추세를 나타내는 적색목록 지수

47), 48) LIVING PLANET REPORT 2022

(RLI)를 살펴보면 산호의 멸종정도가 심각한 것으로 나타나고 있으며, 이는 바다 생태계의 건강이 나빠지고 있음을 반증하는 것으로 바다의 생태력 회복이 시급한 것임을 알 수 있다.

[표19. 적색목록 지수(RLI)의 변화 추세49)]



3) 생물 다양성 보존을 위한 국제협력의 변화 과정

(1960년-1970년대) 생물 다양성 문제에 대한 인식이 처음으로 대중화되기 시작한 시기로, 이 시기에는 국제적인 협력체제가 구축되지 않았기 때문에 국가별로 각자 생물 다양성 보존 정책을 만들고 시행하였다. 이 시기에는 여러 나라에서 생물 다양성 보전을 위한 법률과 정책이 만들어졌는데, 미국에서는 1973년 멸종위기종 보호법(Endangered Species Preservation Act)가 제정되었다. 이 법은 멸종 위기 종의 보호를 위해 취해야 할 조치들을 명시하고 있다. 또한, 이 시기에는 생물 다양성 보전을 위해 국제적인 단체들이 형성되기 시작했는데, 1961년에는 세계적인 야생생물 보호 단체인 스위스 글란트에서 세계야생생물기금(World Wildlife Fund)이라는 이름으로 설립되었고, 1986년 세계 자연보호기금으로 명칭이 변경되었다. 세계 자연보호기금은 생물 다양성 보전을 위한 기금 모금과 활동을 전개하였다.

(1980년대) 1980년대에는 국제적으로 생물 다양성 문제를 해결하기 위한

49) LIVING PLANET REPORT 2022

시도가 이루어졌다. 이 시기에는 국제연합(UN)과 유엔환경계획(UNEP)이 생물 다양성 보존과 관련된 문제를 해결하기 위해 협력하였으며, 1982년에는 국제적으로 생물 다양성 보존을 위한 제도가 처음으로 제안되었다. 이것이 바로 생물다양성협약(Biodiversity Convention)이며, 이 협약은 1992년에 브라질의 리우데자네이루에서 열린 지구환경 정상회의에서 채택되었다.

(1990년대) 이 시기는 국제적으로 생물 다양성 보존을 위한 협약이 계속해서 만들어 졌는데, 1994년에는 CITES(국제적인 야생동물 및 식물의 무역에 관한 협약)이 개정되어서 상업적으로 채취되는 야생동물과 식물의 무역을 규제하게 하였고, 1999년에는 콜롬비아 카르타헤나에서 유전자변형 생물체의 국가 간 이동 시 안전성 확보를 목적으로 카르타헤나 의정서(Cartagena Protocol on Biosafety)가 제안되었으며, 이듬해(2000년) 1월에 채택되었다.

(2000년 이후) 생물 다양성 보존을 위한 협약이 더욱 발전하고 있으며, 2010년에는 Aichi Target(아이치 타깃)이라는 국제적인 목표가 제시되었고, 이 목표는 생물 다양성 보전을 위한 20가지 목표를 제시하고 이를 2020년까지 달성하겠다는 것이 주된 목표이며, 유엔의 지속가능발전목표(SDGs)에서 생물다양성 보전을 위한 목표가 포함되었다. 또한, 2022년 캐나다 몬트리올에서 열린 제15차 유엔 생물다양성협약 당사국총회에서 2030년까지 바다와 육지의 약 30%를 보호지역으로 보전·관리하겠다는 목표를 수립하였다.

[그림10. UN 지속 가능한 목표50]



50) <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

4) 생물 다양성 보존을 위한 국제협약 체계의 구조

국제적으로 생물 다양성 보존을 위해 CITES, 람사르협약 등 다양한 국제 협력체계를 구성하고 있지만, 생물다양성협약(CBD)과 다른 나라의 유전자원의 자유로운 접근방식에서 자원 보유국의 승인을 전제로 하고, 그 자원의 상업적 이용에 따른 이익발생 시 공유를 골자로 하는 나고야 의정서(Nagoya Protocol, 유전자원 접근 및 이익 공유에 관한 나고야 의정서)가 가장 중요한 협약이라 할 수 있다. 생물다양성협약은 지구에 서식하는 유전자원은 ‘인류 공동유산’으로 인류의 지속 가능한 발전을 위해 다양한 종을 보존하기 위한 공동목표를 수립하고 목표 이행을 위한 협력을 추진한다. 이러한 노력과 별개로 생물들은 의약품 및 소재 등으로 활용되는데, 생명과학 및 유전공학이 발전함에 따라 그 활용 가능성은 점점 커지고 있다. 하지만, 국가마다 생명자원을 활용할 수 있는 기술능력이 다르기 때문에 생명자원에 대한 자유접근은 생명과학 및 유전공학이 발달한 선진국이 인류 공동유산인 생명자원에서 발생하는 이익을 독점할 가능성이 크기 때문에, 나고야의정서를 통해 자국의 관할권 범위 내에 생명자원에 대한 권리를 인정하고 기술 선진국 등에서 그 나라의 생명자원에 대해 상업적으로 활용하여 이익을 발생시킬 경우 이익을 공유하도록 규정하고 있다. 이러한 생명자원에 대한 국가의 권리인정과 이익공유는 그 나라에 서식하는 생명자원의 다양성이 국가의 부로 연결되는 것이기 때문에 생물 다양성 보존을 위한 노력을 할 수 있도록 하는 역할을 하게 된다.

생물다양성 협약의 운영은 당사국 총회(CBD COP), 카르타헤나의정서 당사국회의(COP-MOP) 및 나고야의정서 당사국회의(COP-MOP)로 구성되어 있다. 또한, 2개의 보조기구와 사무국, 재정기구 및 과학기구로 구성되어 있다. 생물다양성 협약 당사국 총회는 최상위 의사결정 기관으로서 생물다양성에 대한 정책결정과 이행을 총괄적으로 담당하며, 협약의 전략과 운영계획을 승인하고 각국의 보고서를 검토하는 등의 역할을 수행한다. 또한 각 회의에서는 협약의 이행상황과 문제점, 그리고 추가적인 협약의 필요성 등에 대한 논의가 이루어지며, 회원국 간의 협력을 강화를 위해 노력한다. 카르타헤나의정서는 생물다양성협약의 부속협약 중 하나로, 생물안전성에 관한 것이며, 카르타헤나의정서 당

사국회의(COP-MOP)는 가입국가들이 회원으로 참여하는 의사결정 기관으로서 생물안전성을 보호하고 촉진하기 위한 협력과 조정을 위한 역할을 수행한다. 나고야의정서 당사국회의(COP-MOP)는 생물 다양성협약의 일환으로 개최되는 국제회의 중 하나이며, 모든 당사국이 참여하는 협약회의(COP)와 생물다양성 협약 이행을 위한 부대적인 회의인 당사국 회의의 합동으로 진행된다. 나고야의정서 당사국회의는 협약구현을 위한 정책개발, 유전자원과 그 이용에 관한 규제개발 등의 역할을 수행한다. 또한, 협약의 목표를 지원하기 위해 캐나다 몬트리올에 사무국을 설립하여 운영하고 있다. 과학 및 기술 측면에서 협약이행에 대한 조언과 권고를 당사국총회에 제공하는 기구로서 과학기술 자문보조기구(Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice, SBSTTA)를 두고 있으며, 생물다양성 협약 이행에 대한 보고서 분석하는 이행검토 보조기구(The Subsidiary Body on Implementation, SBI)를 두고 있다.

[그림11. 생물다양성협약 운영조직⁵¹⁾]



51) <https://www.nie.re.kr/nie/main/contents.do?menuNo=200072>

5) 생물 다양성 보존을 위한 국제협약 체계의 성과와 과제

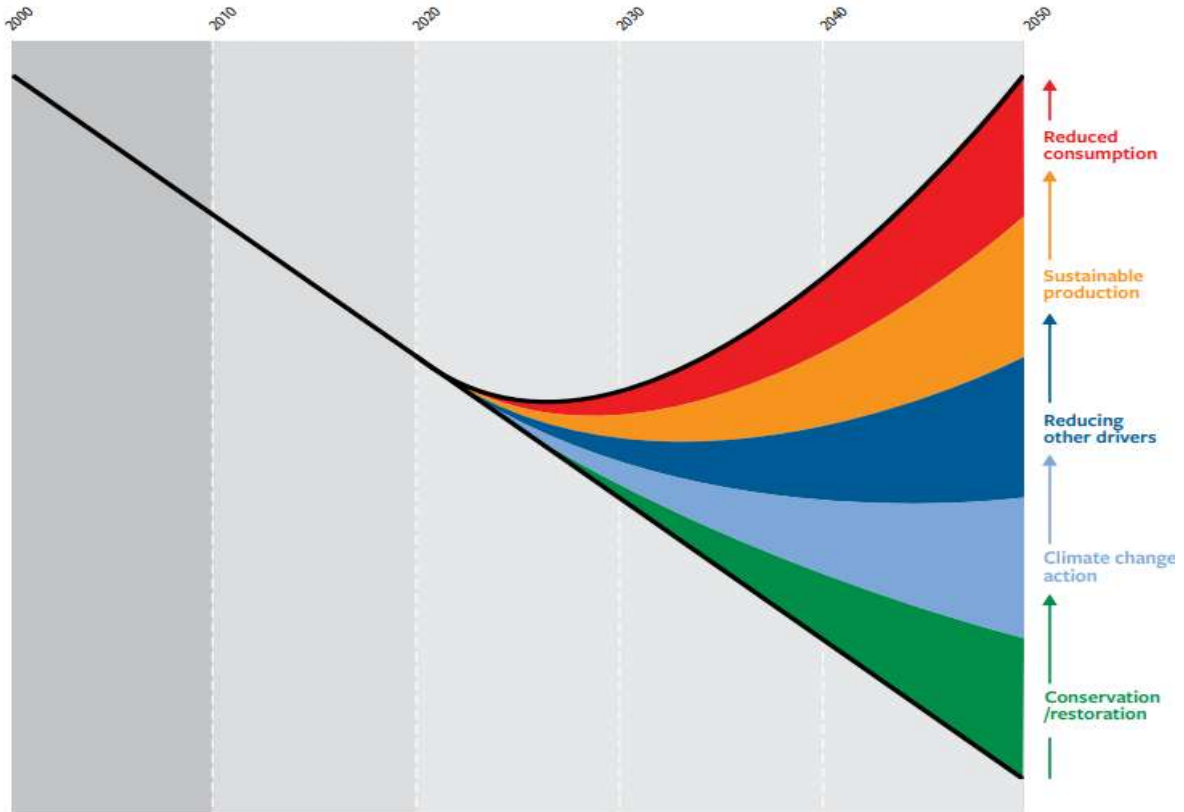
국가별 생물다양성 이행 보고서를 기반으로 작성한 글로벌 생물 다양성 전망에 따르면, 국제적 수준에서 당초 2010년까지 달성을 목표로 했던 아이치 타깃 20개 중 완전히 달성된 것은 하나도 없으나 6개의 목표가 부분적으로 달성되었다. 또한, 60개의 세부 요소 중 7개는 달성되었고, 38개는 진행 중이며, 13개의 요소는 진전이 없거나 목표에서 멀어지고 있는 것으로 밝혀졌고, 2개의 요소에 대한 진행 상황은 알려지지 않았다.

국가별 보고서에서는 전반적인 진전이 보고되었지만, 아이치 목표를 달성하기에는 여전히 충분하지 않은 수준이며, 개별국가들은 전체 국가 목표 중 34%가 달성 또는 초과될 것으로 보고하고 있으며, 51%는 달성을 위한 속도가 충분하지 않은 진행 중이라고 보고하였다. 또한 11%는 중요한 진전이 없으며 심지어 1%는 역행하고 있다고 보고하였다. 그러나 국가 목표는 아이치 생물다양성 목표와 일치하지 않는 경우가 많으며, 전반적으로 적극적인 수준과 행동이 필요하다고 평가되고 있다⁵²⁾.

보고서에서는 지금의 추세대로 가면 생물다양성이 계속해서 감소할 것으로 보고 있으며, 이는 토지와 해양의 이용 변화, 과도한 이용, 기후변화, 오염, 그리고 외래종의 침입과 같은 영향이 증가하기 때문이라고 지적하고 있다. 이러한 압력들은 현재 지속 불가능한 생산과 소비, 인구 증가, 기술 발전으로 인해 추진되고 있다고 지적하고 있으며, 생물다양성의 예상 감소는 모든 사람들에게 영향을 미칠 것으로 예상하고 있다. 특히 이러한 생물 다양성의 감소는 가난하고 취약한 사람들에게 더욱 부정적인 영향을 미칠 것이라고 지적하고 있다. 이러한 문제는 인류의 지속 가능한 발전 목표의 달성을 위협하기 때문에 인류와 생물의 지속 가능한 공존을 위해 불필요한 소비의 감축, 친환경적 생산, 기후변화 대응 및 생태계 보존을 위한 조치 등이 필요하며 이러한 조치들이 개별적으로 영향을 미치는 것이 아니라 함께 유기적으로 취해져야만 지속 가능한 생물 다양성을 확보할 수 있을 것이라고 보고 있다.⁵³⁾

52), 53) Global Biodiversity Outlook 5 SUMMARY FOR POLICYMAKERS

[그림12. 손실을 줄이고 생물 다양성을 복원하기 위한 조치의 조합⁵⁴⁾]



라. 국가 관할권 이원지역의 해양생물 다양성 보존을 위한 국제협력체

1) 개요

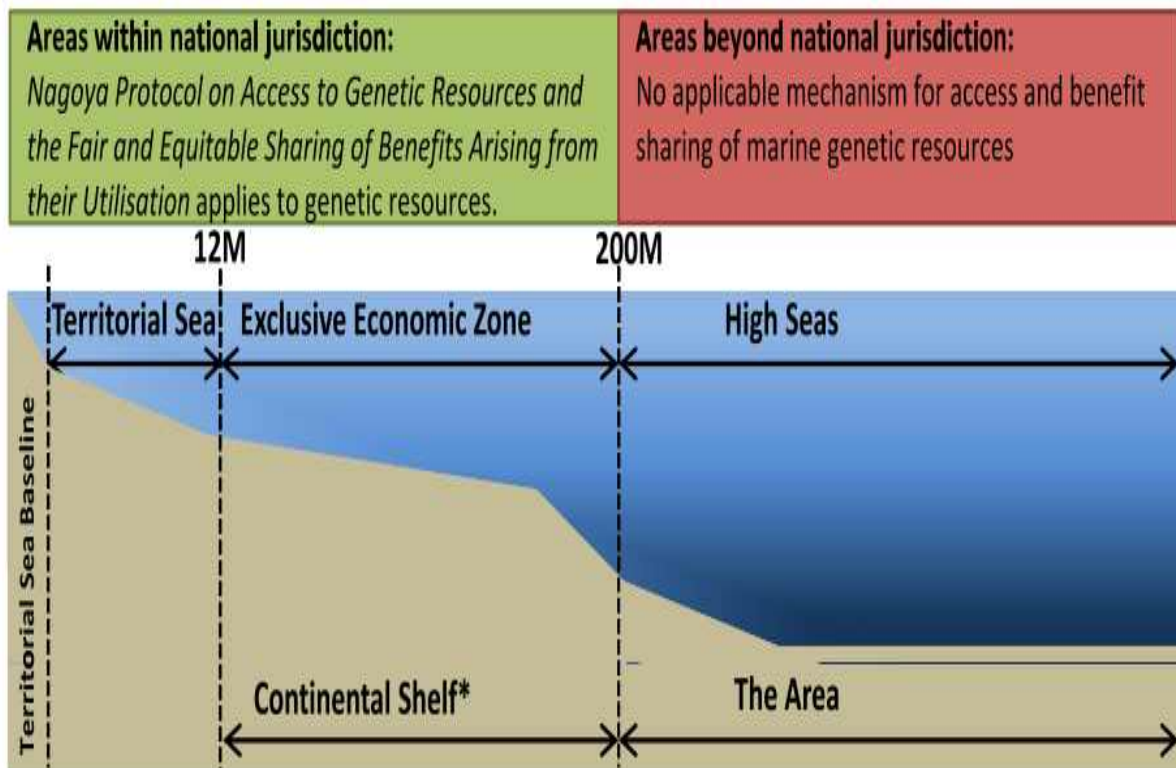
생물 다양성 국제협약 체계는 인류의 지속 가능한 발전을 위해 인간의 경제적 활동으로부터 생물 다양성을 회복하기 위한 국제 협력체계를 마련하고 지속적인 노력을 꾀하고 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 생물다양성 협약의 주요 골자는 생물에 대한 주권적 보장을 해주는 것이다. 다시 말해, 그 국가의 주권이 미치는 범위 내에서 생물에 대한 소유권을 인정할 해 준다. 그래서, 다른 나라의 생명자원을 접근하기 위해서는 보유국의 승인을 받아야하고 상업적 이용을 통한 이익이 발생하는 경우 그 이익을 공유하게끔 하고 있다.

생물 다양성협약에서 주권의 범위가 미치는 지역은 그 나라의 영토, 영

54) Global Biodiversity Outlook 5 SUMMARY FOR POLICYMAKERS

해, 영공일 것이다. 바다의 경우 어느 나라의 주권이 미치지 못하는 영역이 있는데, 이는 공해와 심해저이다. 공해는 국제관습법적으로 누구든지 자유롭게 이용이 가능한 ‘공해 자유의 원칙’이 인정되는 영역이었다⁵⁵⁾. 하지만, 기술이 발달함에 따라 여러 가지 경제적 이유로 공해와 심해저의 이용이 증가하게 되었다. 이에 따라 과거에 비해 공해와 심해저의 훼손 가능성이 점차적으로 증가하였다. 또한, 개발도상국들의 경우 기술이 부족하여 공해를 이용할 기회가 적은 반면, 선진국은 뛰어난 기술로 공해와 심해저를 더 많이 이용하는 것에 대한 불만을 가지고 있었다. 이에 따라, ‘공해 자유의 원칙’의 변화를 가져오게 되었다. 즉, 국가의 주권적 영향이 미치지 않는 공해와 심해저는 ‘인류 공동유산’으로서 인류의 지속 가능한 발전을 위해 보존이 필요하다는 데 많은 국가들이 인식을 같이했으며, 이에 따라 국가 관할권이 미치지 못하는 이원지역에 대해서도 생물 다양성 보존을 위한 노력이 필요하고, 국제적 협력의 필요성에 대한 인식으로 국제협력 체계가 형성되었다.

[그림13. 영해와 공해의 구분⁵⁶⁾]



55) 김자영(2007)

56) Vierros et al. (2016)

2) 국가 관할권 이원지역의 해양생물 다양성 보존을 위한 국제협약 체계의 형성과정

(2004) 제5차 UN 해양 및 해양법에 관한 비공식 자문회의(the Open-Ended Informal Consultative Process on Oceans and the Law of the Sea, UNICPOLOS)에 공해와 심해저에 대한 생물다양성 보존을 위한 규제에 대한 논의를 시작하였고, 2005년 UN총회 결의문⁵⁷⁾에 따라 공해와 심해저 관련 규제를 논의하기 위한 실무작업반이 설치 되었다⁵⁸⁾.

(2006~2015) 동 기간동안 해양자원의 이용과 이익공유, 보호구역 지정, 환경영향평가, 개도국에 대한 역량강화 및 기술이전 등 공해 및 심해저 생물다양성 보존을 위한 국제 협력방안 등에 대해 논의 하였다. 2015년 9회 실무작업반 회의에서는 규범력 있는 문서를 마련할 것을 결의하였다⁵⁹⁾.

(2016~2017) 국가 관할권 이원지역의 해양생물 다양성 보존을 위한 국제규범(BBNJ) 마련을 위한 준비위원회를 설립하여 BBNJ 초안 마련을 위해 노력 하였다.

(2018~2023) 기존 실무작업반과 준비위원회를 거쳐 2018년부터는 BBNJ 마련을 위한 정부 간 회의가 시작되었다. 규제 및 이익공유 대상이 되는 생물자원의 범위에 어류와 유전자 정보의 포함여부, 이용목적 등에 대한 국가 간 이견이 있었으며, 이익공유 방식과 실행을 위한 새로운 기구신설 등 광범위한 논의가 진행되었다. 이러한 다양한 논의를 거쳐 2023. 3월 BBNJ 협정안이 타결되었으며, 국가들의 비준을 앞두고 있다.

3) 국가 관할권 이원지역의 해양생물 다양성 보존을 위한 국제협약 체계의 전망

앞에서 언급한 바와 같이 2022년 캐나다 몬트리올에서 열린 제15차 유엔 생물다양성협약 당사국 총회에서 2030년까지 바다와 육지의 약 30%를 보호

57) United Nations A/RES/59/24

58) 류예리(2021)

59) 김두수(2022)

지역으로 보전·관리하겠다는 목표를 수립하였다. 그린피스와 같은 글로벌 비영리기구 등은 BBNJ를 “기후 위기와 해양 보호의 중요성을 인식한 것은 고무적”이라 평가⁶⁰⁾하였고, 앞으로 공해상 보호구역 확대 지정을 지속적으로 요구할 것으로 보인다. 기후변화 및 지속 가능한 생물 다양성 보존 측면에서는 보호구역을 확대하는 것이 바람직하지만, 공해상에서 조업을 하는 원양산업에는 큰 타격이 될 수 있다. 따라서, 인류 공동유산으로서 공해와 심해저, 그리고 거기에 서식하는 생물자원의 보존에 노력하면서도 원양산업이 공존할 수 있는 지혜를 모을 필요가 있다.

마. 남극지역 보존을 위한 국제협력체

1) 개요

남극 국제협력 체제는 1959년 12월 남극 영유권을 주장하는 국가 등 12개 국가가 서명된 남극조약(Antarctic Treaty)을 기반으로 한 국제협력 체제이다. 이 체제는 남극대륙과 그 인근 해역에 대한 국제사회의 공동 관리를 목적으로 하고 있다. 남극조약에 따르면, 남극은 국가나 지역의 소유가 아닌, 세계 공유 자원으로 인식하고 있으며, 이것은 남극 지역의 보호와 활동의 지속가능성을 보장하기 위한 것이다. 남극 국제협력 체계의 가장 핵심인 남극협약은 23년 현재 56개 회원국으로 구성되어 있다.

남극 국제협력 체제는 남극의 지속 가능한 관리와 보호를 위해 다양한 노력을 기울이고 있으며, 이러한 노력으로는 남극 지역에서의 과학 연구, 환경 보호, 생물 다양성 보전, 해양 자원 개발 등이 포함된다.

2) 남극의 특성과 가치⁶¹⁾

남극 대륙은 지구에서 가장 큰 대륙 중 하나이며, 면적은 약 1.4억 km²이고, 대체로 대륙의 고도가 높으며 가장 높은 산의 고도는 약 4,900m이다. 남극 대륙은 대부분 빙하와 빙산으로 덮여 있고, 전체 빙하의 크기는 약 14,000,000 km²로, 이는 지구의 빙하 중에서 가장 큰 면적을 차지한다. 또한, 남극의 빙하는 지구의 물 총량의 90% 이상을 차지하고 있다. 남극은 연평

60) 한겨레(2023. 3. 5), 유엔, ‘바다 생태 보호’ 국제조약 합의…그린피스 “역사적 합의”

61) Alan D. Hemmings. (2022)

균 온도는 -49°C 로 매우 추운 지역이며, 가장 온도가 낮은 지점에서는 -93.2°C 까지 기온이 떨어질 수도 있다. 하지만, 남극의 기후는 지구 온난화로 인해 서서히 변화하고 있다. 빙하와 빙산이 녹아 수면 상승을 유발하고 있으며, 또한 바람이 강해져 빙산의 이동 속도가 빨라지는 등의 현상이 나타나고 있다. 이러한 변화는 지구 환경에 큰 영향을 미치고 있으며, 이를 대응하기 위한 연구가 계속되고 있다⁶²⁾.

남극은 기온이 낮아 사람이 쉽게 접근하기 어려운 미개척 지역이지만 많은 양의 광물 자원, 유기물 자원, 해양 자원 등을 보유하고 있어 자원적 가치가 높은 지역이다. 또한 남극은 기후 및 우주, 해양 생물학 등 과학 연구를 위한 최적 지역 중 하나이다. 또한, 남극에서 수행되는 과학 연구는 지구 과학 분야 전반에 걸쳐서 매우 중요한 정보와 데이터를 제공하기 때문에 기후변화를 모니터링하고 대응기술 마련을 위한 중요한 장소이기도 하다. 남극은 현재 특정 국가의 소유가 인정되지 않기 때문에 국제공동체에서 매우 중요한 지역 중 하나로, 국제 협력을 통해 효과적인 남극 지역 보호와 과학 연구가 가능하다.

남극은 지구상에서 가장 깨끗한 지역 중 하나로, 대기와 물에서 존재하는 오염물질 수치가 매우 낮기 때문에 환경적으로 매우 중요한 지역이기도 하다. 남극의 생태계는 극도로 민감하기 때문에, 생태계 보전과 환경 보호가 매우 중요하다 할 것이다.

3) 남극의 지속 가능한 보존을 위한 국제협력 체계 형성과정⁶³⁾

(1819~) 영국 탐험가 윌리엄 스미스가 남극 근처의 리빙스턴과 사우스셰틀랜드 제도를 발견했고, 이후 유럽 국가들은 남극을 토끼 및 고래사냥을 위한 장소로 이용하기 시작하였다.

(1911) 노르웨이의 남극 탐험가 로알드 아문센이 인류 역사상 처음으로 남극에 도착하였다.

(~1940) 아문센의 남극탐험 이후 각 국가들은 개별적으로 남극탐험을 시

62) https://www.mofa.go.kr/www/wpge/m_4005/contents.do

63) 우양호(2020)

작하였는데, 영국, 프랑스, 아르헨티나, 칠레, 노르웨이, 호주, 뉴질랜드 등 7개국이 남극 탐험에 적극 참여하며 남극 지배권을 주장하게 된다.

(1950년대 초반) 미국은 대규모 탐사를 실시하여 남극의 전체 해안선을 확인하고, 러시아도 남극 연구팀을 파견하였다.

(1957~1958) 국제 공동 프로젝트의 일환으로 남극의 영유권을 주장하는 국가를 포함한 12개국이 남극에 67개의 국제 연구기지를 설치하고 약 5,000명의 과학자를 파견하였으며, 1958년에는 남극 연구와 국제협력을 위해 남극과학위원회(SCAR)가 설립되었다.

(1959.12) 미국의 요청과 러시아의 동의를 받아, 공동 남극 연구에 참여한 12개국이 미국 워싱턴에서 모여 ‘남극조약’을 체결하였다.

(1972) 남극에서 상업 목적으로 어획하는 바다사자 포획을 규제하기 위한 ‘물개 보존협약(Convention on the Conservation of Seals)’이 체결되었다.

(1980) 남극의 생물자원을 보호하고 관리하기 위한 ‘남극 해양생물자원 보호협약(Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources)’이 체결되었다.

(1988) 남극 광물 자원 탐사로 인한 남극 환경의 악영향과 분쟁을 방지하기 위한 ‘남극 광물자원활동 규제협약(Convention On the Regulation of Antarctic Mineral Resources Activities)’이 체결되었다. 하지만, 이 협약은 남극 광물의 개발과 환경보전의 양립이 어렵다는 이유로 협약이 발효되지는 않았다.

(1991) 환경보호에 관한 남극조약 의정서(Protocol On Environmental Protection to the Antartic treaty)는 남극 대륙의 생태계와 환경을 보호하기 위한 국제협약으로서, 남극 개발의 금지, 자원 사용의 허가와 규제, 환경 영향 평가, 오염 방지, 생물 다양성 보호 등 남극의 보호 및 관리를 위한 규정을 마련하였다.

4) 남극의 지속 가능한 보존을 위한 국제협약 체계의 구조⁶⁴⁾

남극조약을 정점으로 물개 보존협약(Convention on the Conservation of Seals, CCS), 남극 해양생물자원 보호협약(Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, CCAMLR), 남극 광물자원활동 규제 협약(Convention On the Regulation of Antarctic Mineral Resources Activities, CRAMRA) 및 환경보호에 관한 남극조약 의정서(Protocol On Environmental Protection to the Antarctic treaty)로 구성되어 있다.

또한, 남극조약체계의 운영을 위해 여러 조직이 설립되어 운영되고 있다. 당사국회의(Antarctic Treaty Consultative Meeting, ATCM)가 설치되어 있으며, 매년 협상 당사국 회의가 열린다. 이 회의에서는 남극 지역의 행정 및 관리와 관련된 다양한 문제에 대해 논의된다.

다양한 국가 프로그램으로 수행하는 남극 과학 연구 활동을 촉진하기 위해 남극 프로그램 운영자회의(Council of Managers of National Antarctic Programs, COMNAP)가 설치되어 있으며, 연구활동을 위한 물자의 조달 및 운영 협력, 환경 보호, 과학 데이터 및 전문성 공유 등의 활동을 수행한다.

남극조약체계 하에 1982년에 설립된 국제기구로, 남극 해양생물 및 생태계를 보호하기 위한 목적으로 남극 해양생물 보존위원회(Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, CCAMLR)가 설립되어 있다. CCAMLR은 어류와 새우 등 생물 군집과 그들의 서식지를 보호하기 위한 어획 한도, 폐쇄구역, 모니터링 프로그램 등의 보존 조치를 채택하고, 남극지역에서 해양 보존에 대한 국제적 협력과 협조를 위한 포럼을 제공하며, 과학 연구를 촉진을 위해 과학자들에게 자금을 지원한다.

이외에도 자문기구와 학술기구, 지원기구가 설치되어 있다. 남극 환경 보호와 관련된 문제에 대한 전문적인 자문을 제공하기 위한 환경보호위원회(The Committee for Environmental Protection, CEP)와 남극 지역에서 국제적인 과학 연구를 조직 및 촉진하기 위해 설립된 국제 학술기구인 남극 연

64) <https://www.korea.kr/archive/expDocView.do?docId=28386>

구과학위원회(Scientific Committee on Antarctic Research, SCAR)가 설치되어 있으며, 당사국회의(ATCM) 및 환경보호위원회(CEP)에 대한 행정 지원을 제공 등을 위해 아르헨티나의 부에노스 아이레스에 사무국이 설치되어 있다.

5) 남극의 지속 가능한 보존을 위한 국제협약 체계의 성과와 과제

남극과 관련된 연구활동이 확대됨으로써, 극지의 기후, 빙하의 변화, 그리고 극지 서식지 등에 대한 이해가 높아지고 있으며, 이러한 활동들이 남극협약체계의 목표인 남극환경보호에 기여한다. 극지 기후변화와 그 영향, 빙하의 성장 및 수축 및 극지 생태계의 특성과 생태학적 상호작용에 대한 연구 등이 활발하게 이루어지고 있다. 남극지역에서 발생하는 기후 변화는 지구 전역에 영향을 미치기 때문에 이러한 연구성과들은 국제정부간 기후변화 패널(IPCC)의 온실가스 배출량 조절 목표설정에도 영향을 끼친다.

남극 지역과 관련된 정책 결정자, 과학자들이 사용할 수 있는 과학 논문, 남극 환경 정보를 제공하는 남극환경포털을 구축하였다. 이를 통해 남극 지역과 관련된 최신 정보 및 데이터를 제공하여 과학적인 결정을 지원한다. 이 포털은 남극 지역에서 일어나는 환경 및 생태계 변화 등을 지속적으로 모니터링하고 연구하는 국제적인 과학 연구 그룹인 남극 연구과학위원회(SCAR)가 운영한다.

남극협약체계는 또한 동물과 생태계 보호를 위해 높은 가치가 있는 남극 해 남쪽에 위치한 오르크니 제도(94,000km²)와 로스해 지역(1,550,000km²)를 보호구역으로 설정하여 해양생물 다양성을 유지하는 데 기여하였다⁶⁵).

남극협약체계는 남극 지역에서의 자원 탐사와 개발을 엄격하게 제한하고 있다. 특히, 1991년에 채택된 환경보호에 관한 남극조약 의정서에서는 광물 자원 탐사와 개발을 금지하고 있다. 하지만, 이 조약에 가입하지 않은 국가들에 대해서는 이러한 규제가 적용되지 않기 때문에 이들 국가들과의 갈등 발생의 여지가 있다. 또한, UN 해양법협약(UNCLOS) 76조는 연안국이 해안

65) summary of the work of the CEP on Marine Protected Areas 1988-2002

선으로부터 연장선 200해리 내에 위치한 해저지역의 지배권을 행사할 수 있도록 법적인 근거를 제공하고 있다. 이에 따라, 남극 연안지역의 영해 연장선 200해리 내에 위치한 해저지역의 지배권을 주장할 수 있다. 이러한 국가들은 연안국 위원회(CLCS)에 자신들의 부분 또는 전체적인 해저지역 지배권 주장 서류를 제출할 수 있다. 그러나, 이것은 남극조약체계의 범위 내에서만 적용되며, 남극조약체계에 가입하지 않은 국가와의 분쟁이 발생할 가능성이 있다. 이는 남극지역 내 가능한 해양자원의 탐사나 개발에 대한 접근권 문제로 이어질 수 있다. 이러한 문제들은 남극 지역에서의 자원의 탐사나 개발에 대한 논의가 이루어지는 과정에서 고려되어야 할 필요가 있다.

(4) 소결

이미 언급한 바와 같이 기후변화는 인간의 개발행위 및 경제활동 등에 의해 발생하는 것이기 때문에 개발행위나 경제활동을 멈추면 해결할 수 있다. 하지만, 인류가 살아가기 위해서는 이러한 것들을 멈출 수는 없다. 개발 및 경제활동을 하면서도 환경에 미치는 영향을 줄임으로써 기후변화에 대응할 수 있다. 하지만, 기후변화의 대응은 개별국가의 노력만으로 해결이 불가능하다. 기후변화 대응을 위한 여러 가지 조치에는 비용이 수반하기 때문에 일부 국가만 노력을 한다면 여기에 동참하지 않는 국가들은 경제적 이득을 얻을 수 있기 때문이다. 그렇기 때문에 인류 생존문제가 달린 기후변화의 대응은 국가간 협력이 필수라 하겠다.

앞에서 살펴본 바와 같이 국제협력 관계에서 국가는 주권을 가지고 있기 때문에 아무리 목적이 정당해도 개별 국가의 주권을 침해할 수는 없다. 그리고, 국제협약과 같은 협력체계의 참여도 강제되지 않는다. 국제협력의 이러한 특성 때문에 국제협력을 통한 전 지구적 문제에 대응하는 것이 쉽지 않은 것도 사실이다. 하지만, 최근에는 과거에 비해 국제협력 체계 내에서 새로운 규율을 만들고 성과를 내는 사례들이 늘어가고 있다. 또한, 국제 환경 비영리기관들의 환경보존에 대한 압박이 날로 강해지고 있다.

최근 빠르게 변해가고 있는 국제협력체계 내에서 인류공동의 목표를 달성하기 위해 노력하면서도 국내 산업을 보호 또는 피해 최소화를 위해

노력해야 할 것이다. 또한, 기후변화 대응기술 개발 등에 투자를 확대함으로써 기술적 우위를 확보할 필요가 있다.

V. 기후변화 대응을 위한 국가별 노력 및 동향

서두에 언급한 바와 같이 우리는 2100년까지 산업화 이후 상승한 지구 평균기온의 상승폭을 1.5℃ 이내로 묶어 놓아야만 하고, 각 국가에서는 2050년까지 탄소중립을 달성해야 한다. 이는 기존의 화석연료에 의존하던 산업 시스템과 제도 등 패러다임을 완전히 바꿀 것을 요구한다. 우리는 탄소중립에 대응하는 각 나라들의 제도의 특성 및 실행방안에 대해서 살펴보도록 하겠다.

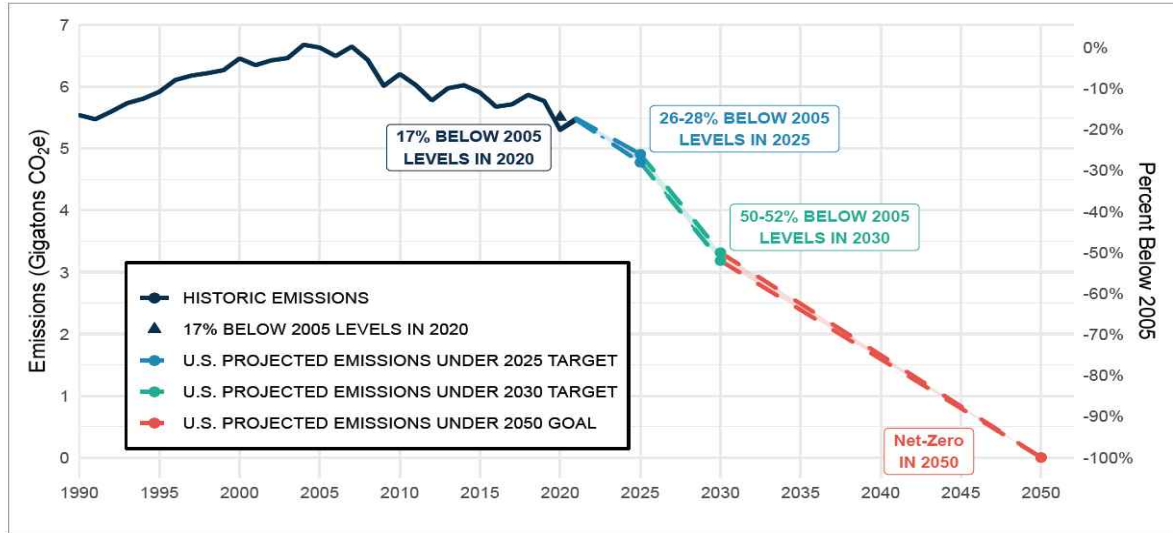
(1) 미국

가. 장기 목표

미국은 2021. 11월 ‘2050년까지 온실가스 순배출 0를 향한 장기전략(The long-term strategy of the United States pathways to Net-zero green house gas emission by 2050)’을 발표하였다. 이 전략에 따르면 2030년까지 전 세계 온실가스(GHG) 배출량을 1990년 수준보다 최소 40% 감축하기 위해 농업시스템 전환, 산림 벌목의 중단, 지구 온난화의 상당 부분을 차지하는 메탄 배출가스 관리, 이산화탄소 제거 기술개발 등을 추진할 예정이다. 특히, 2025년부터 2030년까지는 기존 온실가스 배출량 감소추세를 가속화하기 위해 집중적인 노력을 기울일 예정이다. 미국은 이 기간동안 온실가스 배출수준이 가장높았던 시기인 2005년 대비 50~52%까지 감축하겠다는 계획이며, 이를 위해 전기자동차 및 히트 펌프와 같은 에너지 효율화 기술의 보급을 신속하게 확대하고, 국가 전력망과 같은 중요한 에너지 효율화 인프라를 구축할 예정이다. 이러한 종류의 단기적인 조치는 결과적으로 미국이 수립한 2050 목표를 달성하기 위한 견고한 기반을 마련할 것으로 예상하고 있다. 2030년 이후 에너지 효율화, 친환경 에너지원 전환, 탈탄소화 전기, 탄소 저감기술 및 탄소저장 기술 도입 등을 통해 온실가스 배출량 감소추세를 견고하게 유지하여 2050년 온실가스 순배출 0(Net zero)으로 만들겠다는 계획

이다.

[표20. 미국 온실가스 감축 장기전략⁶⁶⁾]



나. 분야별 에너지 탄소배출 감축 방향

1) 전기생산 부문

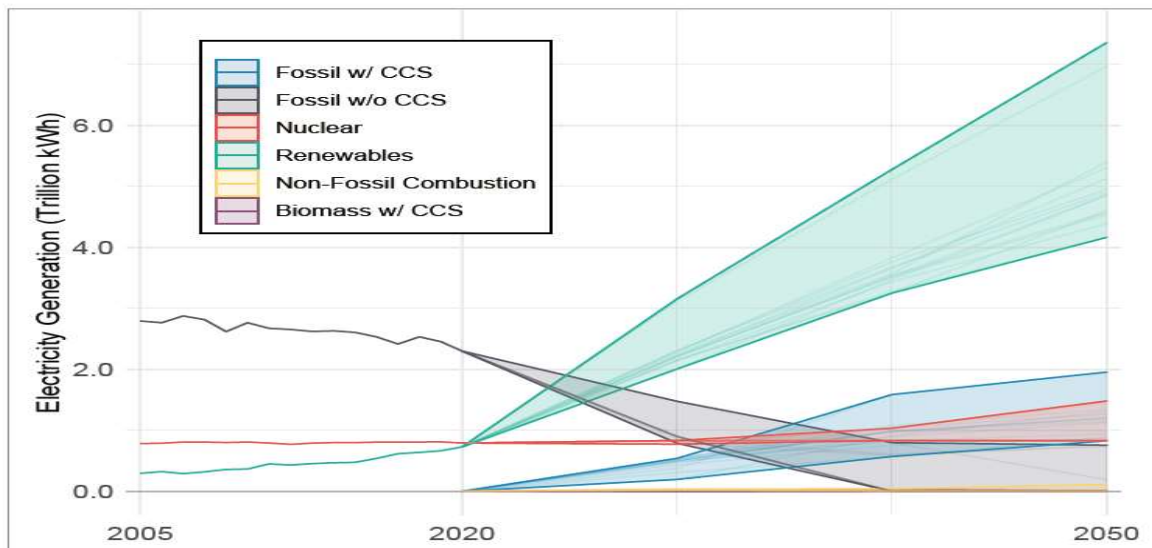
미국은 전기생산을 위한 발전과정에서 발생하는 온실가스가 전체 온실가스의 1/4을 차지할 정도로 크다⁶⁷⁾. 따라서, 전기 생산과정에서 온실가스 저감을 위한 노력이 필요한데, 미국은 재생에너지의 생산단가, 배터리 및 전기 저장기술의 발전을 통해 재생에너지 비중을 대폭 확대하고, 원자력 발전 비중 소폭확대 확대할 계획이다. 이에 비해 온실가스 배출의 주범인 화석연료를 통한 전기생산 비중은 대폭 낮추는 동시에 2050년에는 화석연료를 통한 전기생산량만큼 온실가스 포집·저장하도록 하게 함으로써 온실가스 순배출을 0로 만들겠다는 계획이다. 재생에너지는 자연력을 이용하는 특성으로 인해 공급이 안정적이지 않다는 특성이 있다. 이에 따라 미국에서는 전력망의 신뢰성을 유지 및 향상을 위한 새로운 전기전송, 분배 및 장기저장 인프라 구축을 위해 투자할 계획이다. 또한, 신재생 에너지 인프라 확대에 따라 중단기적으로 증가하는 전력수요를 충당하지 못할 경우를 대비하여 일부는 원자력 발전에 의존하고 일부는 화석연료를 통하되 화석연료를 통

66) The long-term strategy of the United States pathways to Net-zero green house gas emission by 2050(2021.11)

67) Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks(2019)

한 발전시 배출되는 온실가스를 포집하고 저장하는 기술을 개발에도 투자할 계획이다.

[표21. 연도별 미국 전기발전원별 비중⁶⁸⁾]

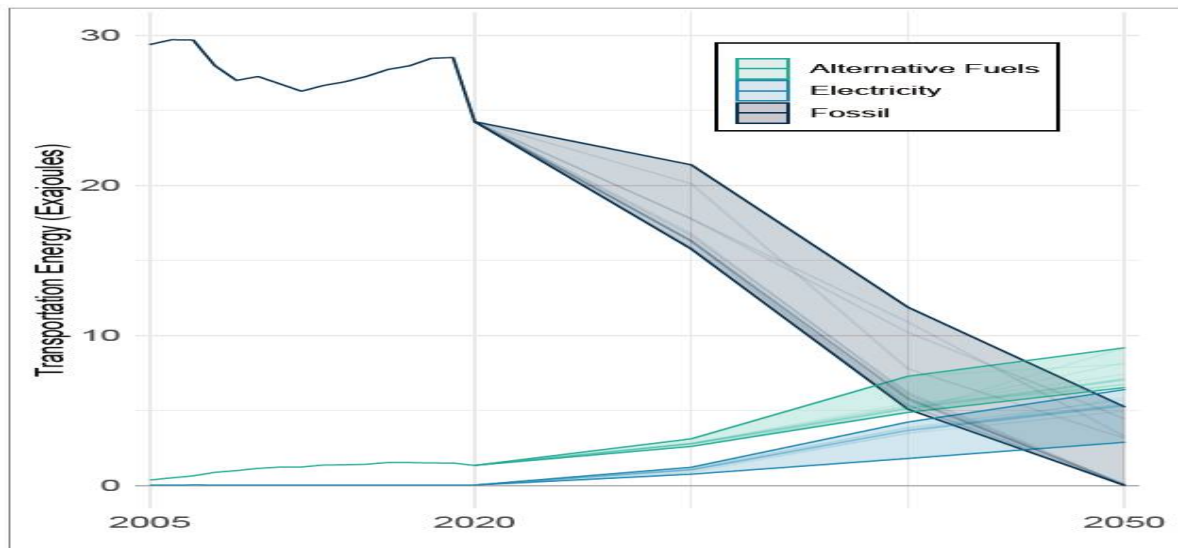


2) 운송 부문

사람이나 화물의 이동을 위한 차량, 기차, 비행기, 선박 등 운송 부문은 미국 전체 온실가스 배출량의 29%를 차지한다. 미국 정부는 저탄소 연료 사용을 증대시키기 위해 운송수단에 사용하는 에너지를 전기, 바이오 연료, 수소와 같은 청정 에너지로 전환을 추진할 계획이다. 특히, 전기차에 주목하고 있으며 2030년까지 전기차 50% 보급을 목표로 하고 있다. 또한, 전기차 및 배터리 효율향상 기술 개발 등을 통해 비용절감과 연료 사용량 감축도 함께 꾀할 예정이다. 또한, 전기차와 전력망을 연결하여 사용자가 직접 잉여 전력을 판매할 수 있도록 함으로써 태양광, 풍력과 같은 신재생에너지의 불안정한 출력을 완화하고, 전력부하가 높은 시간대에 전기차 방전을 통해 전력부하를 최소화할 수 있도록 해주는 차량-그리드(V2G) 인프라를 구축할 예정이다. 전기차 보급과 함께 자전거, 대중교통 이용 확대 등 자가용을 대체하는 대안교통 수단을 지원할 인프라 구축도 확대할 예정이다. 이러한 대안 교통수단의 활성화를 위해 철도 시스템의 일부를 전기화함으로써 기존 철도 시스템에서 배출하는 탄소 배출량 감소에 기여할 계획이다.

68) The long-term strategy of the United States pathways to Net-zero green house gas emission by 2050(2021.11)

[표21. 운송 분야 연도별 에너지원 비중⁶⁹⁾]



3) 건물 부문⁷⁰⁾

건물은 주거, 사무, 교육 및 상업시설 등으로 구분되며 건물에서는 냉난방, 온수, 조리 및 기타 서비스 등을 위해 에너지를 사용하면서 온실가스를 배출하고 있다. 건물 부문에서 온실가스를 줄이기 위한 미국의 주된 노력은 전기화에 달려있다. 기존에 건물에서 사용하던 화석연료를 전기로 대체해 나가는 것이다. 건물의 에너지원을 전기로 대체함과 동시에 보조 에너지로 지열 히트펌프, 벽과 지붕에 태양광 패널 설치, 바이오매스 등 대체 에너지 원으로의 전환도 추진한다. 화석연료는 운동에너지로 바꾸기 위해 발생하는 연소열의 손실이 발생되어 건물의 에너지원을 전기로 전환하는 경우 에너지 효율이 좋아지기 때문에 결과적으로 에너지 사용의 감소를 수반한다.

새로운 건물의 경우 건물 에너지원의 전면 전기화가 쉽지만 오래된 건물의 전기화가 쉽지 않기 때문에 에너지 효율화 기술을 적용을 통해 보완할 계획이다. 이는 천장 및 벽의 절연, 에너지 누수 방지를 위한 밀봉 및 에너지 효율 창문 적용과 에너지 효율이 높은 조명, 냉난방 장치 및 전자제품으로의 대체를 통해 추진 될 것이다.

69) The long-term strategy of the United States pathways to Net-zero green house gas emission by 2050(2021.11)

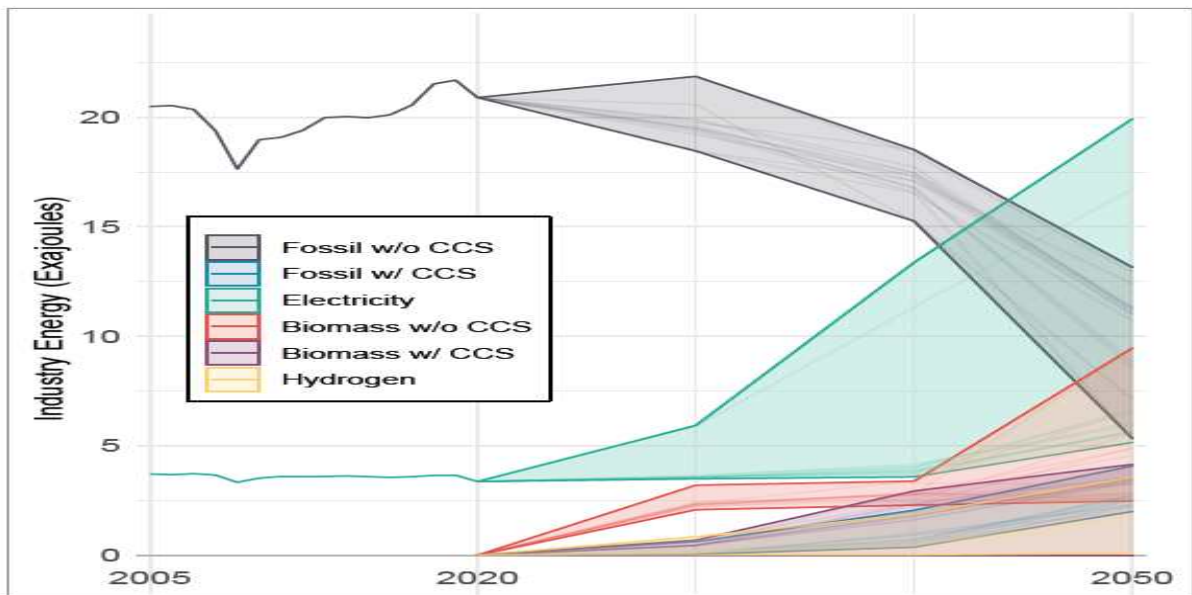
70) National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2021. Accelerating Decarbonization of the U.S. Energy System. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25932>.

4) 산업 부문

산업 부문은 미국 온실가스 배출량의 약 23% 차지하며 채광, 강철 제조, 시멘트 생산, 비료 등 화학제품 생산 등에서 많은 에너지와 온실가스를 배출하고 있다⁷¹⁾. 미국은 작업 공정에서 사용하는 각종 기계의 에너지 효율성을 향상시키고, 기존 화석 연료에서 첨단 비탄소 연료 및 전기로의 전환 등을 통해 2050년까지 산업 분야 전체 CO² 배출량을 69~95%까지 줄일 수 있을 것으로 보고 있다⁷²⁾.

하지만, 산업 부문은 운송, 건물 분야와 다르게 대체품이 존재하지 않거나 가격이 높아 대체가 현실적으로 어려움이 많은 것도 사실이다. 이러한 특성 때문에 산업 부문에서 발생하는 탄소를 포집해서 저장하는 프로그램을 운영하고 재활용을 촉진할 계획이다. 연료의 경우 제조 과정에서 뜨거워진 기계를 식힌 후 버려지는 냉각수의 폐열을 사용함으로써 에너지 효율을 향상 시키고, 제품의 재사용 및 재활용 유도 등을 통해 온실가스 배출량을 감축하도록 할 예정이다.

[표22. 산업 분야 연도별 에너지 사용⁷³⁾]



71), 72) The long-term strategy of the United States pathways to Net-zero green house gas emission by 2050(2021.11)

73) The long-term strategy of the United States pathways to Net-zero green house gas emission by 2050(2021.11)

다. 탄소중립 달성을 위한 탄소 저감 및 저장

앞에서 언급한 바와 같이 미국은 다양한 부문에서 전기화 등 탈탄소 정책을 추진할 계획이지만, 탈탄소화가 어려운 부문에 대해서는 탄소를 포집하여 가두는 탄소 저감방안을 추진할 계획이다. 이러한 저감방안은 육상과 해양을 구분하여 추진할 예정이다.

1) 육상 부문

미국은 세계 숲 면적의 8%와 농업용지 8%를 보유하고 있으며, 육상은 향후 30년간 경제 전반의 탄소 배출량 감소에 중요한 역할을 할 것으로 기대하고 있다⁷⁴⁾. 미국의 육지는 탄소 흡수량이 배출량이 많은 탄소 흡수지역이었으나, 화재의 발생, 충해 및 재해, 비료 및 농약의 사용 등으로 탄소 흡수능력이 지속적으로 감소해 왔다. 이에 따라 육상의 탄소흡수 능력을 강화하기 위해 산림용지를 다른 용도로 전환하는 것을 줄이고, 수목의 보호를 위해 화재 방지활동을 적극 추진할 계획이다. 또한, 새로운 산림 지역을 조성하거나, 불법 벌목으로 손상된 지역 또는 산불로 소실된 산림 지역을 식재하여 복구를 병행할 계획이다. 농지와 초원지대의 탄소 흡수능력 향상을 위해 나무와 농작물을 함께 재배하면서 생산성을 높이고 기후변화에 대응하는 아그로 포레스트리(agroforestry)⁷⁵⁾를 도입하고, 방목 초지 황폐화를 막기 위해 순환 방목 등도 추진할 예정이다. 또한, 에너지 부문 탄소감축을 위해 바이오 에너지 개발을 위한 바이오 매스 생산 및 사용기술 개발에도 박차를 가할 예정이다.

2) 해양 부문

해양 부문에서의 탄소 제거는 바닷물에 용해된 이산화탄소를 제거하는 기술로서, 자연 기반의 방법, 공학적 방법 및 두 가지 방식을 조합한 방식이 사용될 수 있다. 자연 기반의 방식은 식물성 플랑크톤이 광합성 하는 과정에서 해면에 녹아 있는 이산화탄소를 흡수하여 바닥으로 가라앉는데 이러한 자연적 방식을 활용하는 것을 말한다. 즉 식물성 식물성 플랑크톤의

74) The long-term strategy of the United States pathways to Net-zero green house gas emission by 2050(2021.11)

75) Kaonga, M. (Ed.). (2012).

재배 등을 통해 이러한 이산화탄소 흡수능력을 활성화 시키자는 것이다. 또한, 공학적 방법으로 바닷물에 녹아있는 이산화탄소를 공학기술적으로 포집하여 제거하는 방법이나 제거에 필요한 에너지 비용이 많이 들어가는 단점이 제기되고 있다. 이러한 해양기반의 탄소제거 기술은 연구 초기단계에 있어 미국은 이러한 탄소저감 기술에 적극 투자할 계획이다.

(2) EU

가. EU 기후변화 대응의 특징 및 장기 목표

EU 집행위원회는 기후변화 대응을 위해 2019년에 유럽 그린딜(European Green Deal)을 발표했으며, 기후변화를 현 시대의 위기이자 탄소중립과 같은 기후변화 대응을 위한 새로운 경제 모델을 구축하는 기회로 인식하고 이러한 변화에 대한 청사진을 제시하였다. 27개 모든 회원국들은 EU를 기초 기후중립 대륙으로 만들 것을 천명하였다. 2030년까지 탄소 배출량을 1990년 수준 대비 최소 55%까지 감축하고, 2050년에는 탄소중립을 달성할 것을 목표로하고 있다.

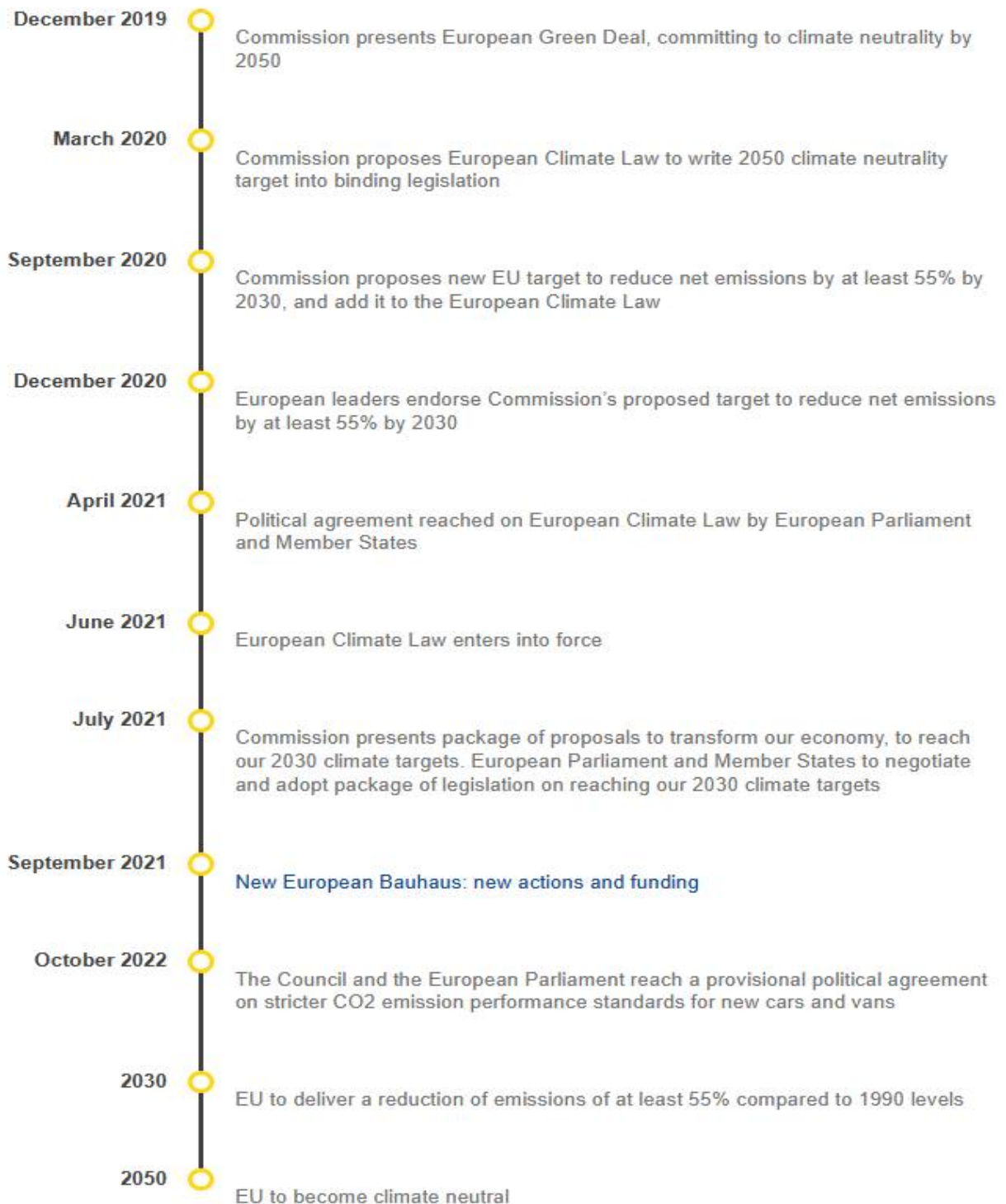
이러한 목표를 달성하기 위해 지속 가능한 운송시스템을 구축하고, 기후변화 대응을 위한 청정기술 및 제품시장 창출과 같은 새로운 산업을 구축하는 한편 탄소 의존형 에너지에서 탈탄소형 에너지 시스템도 구축할 예정이다. 에너지 절약형 주거 및 건물 등 에너지 효율화를 추진할 수 있도록 혁신형 건물의 도입도 추진할 계획이다. 또한, 생태계와 생물 다양성이 유지될 수 있도록 노력하고, 탄소중립이 확산될 수 있도록 국제협력 활동도 강화해 나갈 계획이다. 한편 이러한 조치들을 위한 자금 조달을 위해 EU예산 및 Invest EU를 활용한 투자계획도 제시하고 있다⁷⁶⁾.

각 국가마다 탄소배출 감축목표와 환경 규제 수준이 다른 경우 특정 국가가 교역에서 불리한 위치에 놓여 손해를 볼 수 있기 때문에 이러한 부작용이 발생하지 않도록 수입품에 대해 탄소 국경세를 부과하고 탄소배출이 적은 기업에 환불해 줌으로써 공정한 경쟁환경을 조성하는 제도를 신설하였으며, 기술 격차 등에 따라 탄소 감축목표 달성이 어려운 경우 등을 대비

76) 유럽그린딜(European Green Deal)추진동향 및 시사점(2020), KOTRA

해 회원국 간 탄소배출권을 거래할 수 있도록 하였다.⁷⁷⁾

[그림14. EU 탄소중립 추진 단계⁷⁸⁾]



77) 유럽그린딜(European Green Deal)추진동향 및 시사점(2020), KOTRA

78) https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en#documents

나. EU 그린딜 산업계획(EU Green Deal Industrial Plan; Putting Europe's net-zero industry in the lead)

EU 집행위원회는 '23년 2월 유럽의 탄소중립 산업의 경쟁력 강화를 위해 그린딜 산업계획을 발표하는데, 핵심 내용은 규제환경의 간소화, 자금조달의 촉진, 기술역량 강화 및 국제협력의 확대이다⁷⁹⁾.

EU 집행위원회는 규제환경 간소화와 관련하여 세 가지 이니셔티브를 제시하는데 탄소중립산업법(Net-Zero Industry Act), 핵심 원자재법(Critical Raw Material Act), 전력시장 개편안(Reform of the Electricity Market Design)이다. 탄소중립산업법은 태양광 패널 및 전지, 배터리 등과 같은 청정기술의 핵심 부품 및 기술의 생산능력을 높이기 위해 인허가 등 규제 절차를 간소화하도록 하고 있다⁸⁰⁾. 또한, 석유, 가스 등 화석연료 생산자는 그 생산량에 비례한 이산화탄소 저장부지 마련 등 이산화탄소 저장용량 목표를 제시하고 있다. 혁신적인 탄소중립 기술 등 정보를 EU 회원들과 공유 및 공조하도록 하고 있으며, 유럽 수소은행(European Hydrogen Bank)을 운영하여 그린수소의 생산 및 활용을 활성화하고, 역외 수입을 촉진하도록 하고 있다⁸¹⁾. 또한, 미국 인플레이션 감축법(IRA)에 대응하고 역내 원자재 공급망 강화 및 원자재 수급 다변화를 위해 핵심 원자재법을 EU 집행위원회에서 제안했는데, 전기차 배터리 풍력 터빈 등 친환경 에너지 전환을 위해 필요한 희토류, 마그네슘, 코발트 및 리튬과 같은 중국 등 대외 의존도가 높은 원자재의 일정 부분을 채굴, 가공 및 재활용을 EU 역내에서 수행하도록 하여 핵심 원자재의 안전하고 탄력적인 공급망을 구축하고자 하고 있다. 이와함께 국제교역 강화를 통한 공급선 다변화를 위해 파트너 국가들과 핵심 원자재 클럽(Critical Raw Material Club)을 구축하고, 핵심 원자재 공급망 지원을 위한 수출신용기관(Export Credit Facility)를 설립하였다. 전력시장 개편안은 재생에너지를 통한 전력이 안정적으로 공급되고 공급가격이 안정화될 수 있도록 하는 방안이 담겨 있다. 이는 최근 러시아-우크라이나 전쟁의 여파로 화석연료 가격이 전력가격에 미치는 영향과 변동성이 커지는 EU 전력시장 설계의 결함을 인지하고 이러한 결함을 개선하고자 하는 것이다. 재생에너지의 공급가격이 안정화될 수 있도록 전기사용자와 발전사

79) 이정은, 이슈브리프(2023)

80), 81) 세계 에너지시장 인사이트 제23-6호(2023)

업자가 정해진 계약기간 동안 사전에 협의한 가격으로 전력구매계약(Power Purchase Agreement, PPA)을 장기계약으로 유도하고, 이러한 장기계약 추진을 위해 전기 공급업자에게 전기 가격 변동성을 줄일 수 있는 헷징(hedging)의 의무를 부여하였다. 아울러, 재생에너지를 통한 전기 공급업자가 정부 또는 공공기관과 장기 전력구매계약을 체결한 후 전기 시장가격 변동에 의한 손실을 보전해주고, 수익 발생시 차액을 환수하는 양방향 차액정산 계약도 의무화하였다. 소비자가 전기요금 변동 가격제 외에 고정가격제 및 고정·변동 복합 계약 등 다양한 선택권을 제공하고, 가정에서 주거용 태양광 발전설비로 생산하는 잉여전기를 전기 사업자에게 판매할 수 있을 뿐만 아니라 이웃 등 인근 소비자와 공유할 수 있고, 전력 설비도 임대할 수 있도록 함으로써 소비자가 전기를 안정적 가격에 공급 받을 수 있도록 하고 있다.

EU 집행위원회는 회원국들이 탈탄소화 추진이 용이하도록 금융지원의 문턱을 낮출 계획이다. 재생에너지 보급 확대를 위해 보조금 이용 절차를 간소화하고 탈탄소 산업에 대한 보조금 규모를 상향조정하는 조치를 포함하고 있다. InvestEU, Innovation fund 등을 통해 탈탄소 산업과 관련한 공공 및 민간투자를 확대해 나갈 계획이다.

탈탄소 산업으로의 전환으로 인해 새로운 기술들이 급속도로 성장하고 있고, 이에 따라 이 분야에서 필요한 기술과 숙련 노동자들의 수요도 지속적으로 증가하고 있다. 이러한 변화에 대응하기 위해 EU는 Net-Zero Industry Academies를 설립하여 전략적 산업에서의 역량 강화 및 재교육 프로그램을 지원할 계획이다. 또한, 실제 역량을 인정하는 '기술 중심' 접근 방식을 기존의 자격증 중심 접근방식과 결합하는 방안을 함께 고려할 예정이다. 또한 숙련 노동자 수요가 높은 분야에서 제3국 국적자가 EU 노동시장에 접근할 수 있도록 하는 방안도 검토하고 있다. 마지막으로, 기술 개발을 위한 공공 및 사적 자금 지원을 촉진하고 조율하기 위한 조치또한 검토되고 있다. 이러한 노력들은 탈탄소 산업으로의 전환을 추진하는 데 필요한 인력을 확보하고, 전략적 산업의 역량을 강화하여 유럽의 경쟁력을 높이는 데 기여할 것을 기대된다.

[그림15. EU 그린딜 산업계획의 4가지 상호 보완적 기반요소⁸²⁾]



A predictable and simplified regulatory environment

Faster access to funding

Enhanced skills

Open trade for resilient supply chains

다. EU 수소 전략(EU Hydrogen Strategy)

2022년 현재 수소는 유럽 에너지 소비 비중은 2% 미만이며 원유 정제, 메탄올, 과산화수소 등 화학제품을 생산하는 데 주로 사용된다⁸³⁾. 이 수소의 대부분은 화석연료를 기반으로 생산되기 때문에 상당한 양의 CO2 배출을 초래하며, 재생에너지를 기반으로 한 청정수소는 매우 제한적으로 생산되고 있다. 또한, 태양열, 풍력 등 자연력을 이용하는 재생에너지는 저장역량 및 대용량 운송 등에 제약이 있는 반면, 수소는 다른 재생에너지 원에 비해 저장 및 운송능력이 뛰어나다. 따라서, 청정수소 생산을 확대하고, 수소 생산부터 저장, 운송, 산업에 적용 및 사용자 활용 단계에 이르기까지 수소 생애주기 전반에 걸쳐 수소 경제를 구축하겠다는 목표를 수립하였다. 국가별 수소경제 구축과 관련한 세부적인 중점 분야는 상이하지만, 전반적으로 모빌리티 분야에 정책을 집중하는 경향을 보인다⁸⁴⁾.

EU 수소 전략 로드맵에 따르면 EU 역내에서 수소생산을 단계적으로 증대하겠다는 계획을 가지고 있으며 1단계로 2020년부터 2024년까지 물을 전기적으로 분해해 수소를 만드는 재생 가능한 수전해 설비를 최소 6GW용량을 설치해서 최대 100만 톤의 수소를 생산할 계획이다. 2025년부터 2030년까지는 수전해 설비 최소 40GW 구축 및 재생수소 1000만 톤을 생산하고, 2030년부터 2050년까지 재생 가능한 수소 생산기술을 안정화하고 탈탄소가

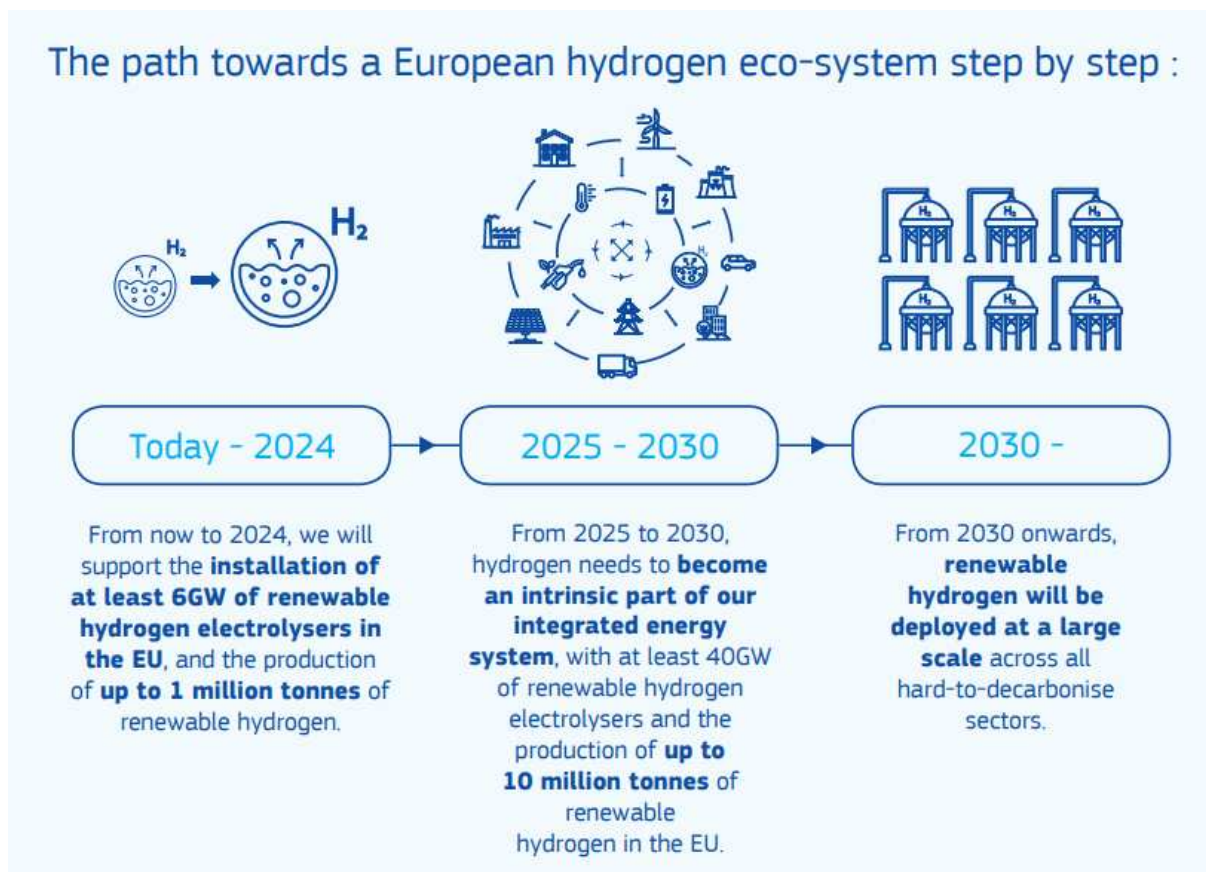
82) The green deal industrial plan fact sheet(2023)

83) https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en

84) KOTRA Global Market Report 23-002

어려운 모든 분야에 걸쳐 수소를 사용하겠다는 계획이다.

[그림16. EU 수소 전략 단계적 로드맵⁸⁵⁾]



EU 수소 전략은 투자지원, 생산·수요지원, 수소시장 및 인프라 구축, 연구협력, 국제협력 등 5개 영역에서 정책대안을 제안하고 있다. 투자지원 영역에서는 유럽의 수소기술 연구 및 혁신을 위해 설립된 민관 협의체인 청정수소파트너십 프로젝트에 10년간(2020~2027년) 1,000억 유로 이상을 투자하여 수소 관련 기술개발, 생산시설 구축, 연구 개발 등에 박차를 가할 계획이다. 청정수소의 생산 및 수요지원과 관련하여 수소생산을 위한 신규 공장의 건설 및 기존 공장의 수소 생산능력 강화를 지원하며, 수소차량 등 수소 전기차의 수요확대를 위한 인센티브를 강화할 예정이다. 수소차량 등 수소 수요의 확대를 위해 수소 충전소 및 전기차 충전 인프라 구축도 확대할 계획이다. 청정수소 기술을 적용한 새로운 제품의 개발 및 상용화를 위해 국가 및 민간의 연구협력을 강화하고, 수소 관련 규제와 국제표준 개발, 국제 수 생산 및 공급망 구축 등을 위해 국제협력체계 구축에도 힘쓸 계획

85) A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe(2020. 7)

이다.

EU 수소전략 발표와 함께 20개의 행동조치가 실시되었고, 2022년 현재 20개의 모든 조치는 완료되었다.

[표23. EU 수소전략 20개 행동조치 내용 및 조치결과⁸⁶⁾]

분류	행동	결과
투자	유럽 청정수소연합을 통해 수소 생산 촉진 및 수소 프로젝트 구체화를 위한 투자 계획 개발	청정수소연합 하 진행 중인 수소 프로젝트 750개 이상
	코로나 회복 계획에 맞춰 청정수소의 전략적 투자 지원	15개 회원국이 코로나 회복 계획에 총 93억 유로 규모의 수소 프로젝트를 포함
생산 및 수요 확대	운송 부문 내 수소 및 기타 파생 연료 사용 방안 등을 제안	2020년 12월 지속가능하고 스마트한 모빌리티 전략 발표
	재생에너지 지침 내 사용자를 위한 정책 및 지원 조치 모색	재생에너지 지침안에 산업 및 운송 부문 재생 수소 목표치 포함
	수소 생산 설비 촉진을 위해 저탄소 기준 도입 작업	'재생가스 및 수소 내부시장을 위한 규정'에 저탄소 기준 포함
	재생·저탄소 수소 용어 규정 작업	재생에너지지침안 및 '재생가스 및 수소 내부시장을 위한 규정'에 재생·저탄소 수소 인증 체계 포함
	저탄소 철강 및 기본 화학품 생산에 사용될 탄소차액지원제도(Ccfd) 파일럿 계획 개발	EU-ETS 개정안에 Ccfd를 도입할 수 있는 옵션 포함
지원 프레임워크	충전 네트워크 포함, 수소 인프라 계획 돌입	범유럽에너지인프라규정안, '재생가스 및 수소 내부시장을 위한 규정'안에 수소 인프라 계획 포함
	충전 인프라 구축 가속화	대안연료인프라지침 개정안과 범유럽에너지인프라규정안에 수소충전소 지원 포함
	수소 개발 장애물을 없애는 것 포함해 수소 시장 규칙 계획	'재생가스 및 수소 내부시장을 위한 규정'안 및 지침안은 수소 인프라 및 시장에 대한 규칙 포함
	100MW 수전해설비 및 녹색공항·항구 프로젝트 모집 실시 청정수소파트너십 구축	Horizon2020 프로젝트 모집을 통해 3개의 100MW 수전해설비 재정지원 파트너십 구축 완료
지원 프레임워크	수소밸류체인 파일럿 프로젝트 개발	수소를 재생가능연료 워킹그룹에 포함
	혁신적인 수소 기술 시연 촉진	혁신기금 하 대규모·소규모 프로젝트에 총 8개 수소 프로젝트 포함
	탄소 집약 지역간 혁신 수소 파일럿 프로젝트 모집 실시	2개의 유럽 수소밸리 파트너십 지원
국제관계	수소 기술 기준, 규정, 개념정의에 있어 EU의 리더십 강화	IPHE는 수소 생산 시 온실가스배출에 관한 방법론 보고서 발표
	Mission Innovation 2에서 수소 미션 개발	Mission Innovation 하 청정수소미션을 공동 주도
	우크라이나 등 남·동부 이웃국과 재생에너지와 수소 관련 협력 촉진	전략적 우선순위로서의 수소로 공동 커뮤니케이션 발표
	아프리카 연합과 아프리카-유럽 녹색에너지 이니셔티브 협력 방안 구축	수소가 우선순위로 포함된 이니셔티브 구축 완료
	유로 표시 거래에 대한 벤치마크 개발	유럽 경제 및 재정 시스템 커뮤니케이션에 수소 포함

(3) 영국

86) KOTRA Global Market Report 23-002

가. 영국의 기후위기 대응 동향

2019년 6월 영국은 기후변화법(climate change Act of 2008)을 수정하면서 2050년까지 탄소중립을 달성하겠다는 목표를 법제화하는 등 기후변화에 적극적인 모습을 보이고 있다. 또한, 2030년까지 산업화 시대인 1990년 대비 53% 감축에서 68% 감축으로 목표치를 상향 조정하였는데, 이 수치는 EU의 감축 목표치인 55%보다 훨씬 높은 수치이다. 영국의 이러한 기후변화 대응에 적극적일 수 있는 것은 화석연료의 의존성을 줄이고 태양광·풍력과 같은 재생 에너지와 친환경에너지의 비중을 지속적으로 늘려왔기 때문이다,

[표24. 영국 에너지 비중의 변화⁸⁷⁾]

(단위: TWh, %)						
	2015	2016	2017	2018	2019	1990~2019 연평균증가율
발전량 (TWh)	336.83	336.94	335.77	330.93	321.95	0.05
· 석탄	22.8	9.3	6.9	5.3	2.4	-10.72
· 석유	0.6	0.6	0.5	0.3	0.3	-11.39
· 천연가스	29.7	42.5	40.7	39.7	41.1	11.96
· 원자력	20.9	21.3	20.9	19.7	17.5	-0.54
· 수력	1.9	1.6	1.8	1.7	1.9	0.47
· 지열/태양/풍력/기타	14.2	14.1	18.2	21.1	23.9	36.63
· 바이오/폐기물	9.9	10.6	11.0	12.2	13.0	15.27
· 열	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-

영국은 탄소중립 달성을 위한 장기전략과 정책방향을 정립하여 발표하였는데, 녹색 산업혁명을 위한 10대 중점계획(The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution), 에너지백서 2020(Energy White Paper: Powering our net zero future) 및 2050 탄소중립 전략 보고서(Net Zero Strategy : Build Back Greener)이 그것이다.

나. 녹색 산업혁명을 위한 10대 중점계획

영국은 탄소중립 정책의 추진을 통해 녹색 관련 산업의 혁신의 기회로 삼음으로써 경제성장을 촉진할 계획이다. 이를 위해 10개 분야를 정하여 집중 육성할 계획이며 이를 통해 녹색기술과 녹색금융의 선두 위치를 선점하고자 한다. 영국정부는 2030년까지 10개 분야에 50억 파운드, 민간투자

87) 영국의 2050 탄소중립 전략 수립 동향

포함시 120억 파운드를 투자함으로써 25만 개의 일자리 창출효과가 나타날 것으로 기대하고 있다.

1) 해상풍력 확대, 저탄소 수소개발 및 원자력 연구개발

먼저, 청정에너지원인 해상풍력의 규모를 2020년 20GW 수준에서 2030년 40GW까지 확대하고, 다른 에너지원과 함께 입찰토록 하였던 해상풍력을 독자적으로 입찰하도록 함으로써 해상풍력의 비중을 확대할 계획이다. 앞에서도 언급한 바와 같이 현재 수소는 화석연료를 기반으로 생산되기 때문에 수소생산시 오히려 탄소배출이 심화된다. 따라서 영국도 탄소비중이 낮은 수소개발에 집중투자할 계획이다. 영국은 2억 4천 만 파운드 규모의 탄소중립 수소펀드(Net Zero Hydrogen Fund)를 활용하여 저탄소 수소 연구개발에 투자하여 2030년까지 저탄소 수소 생산능력을 5GW까지 확대할 계획이다. 수소의 대중화를 위해 가정용 난방에 수소 및 수소 혼합물 도입을 추진할 계획이며, 이를 위해 300가구에 난방용 수소 및 수소 혼합물 시범사업을 추진할 예정이다. 영국 정부는 가정에서 난방용으로 사용하는 천연가스를 수소 또는 수소 혼합물로 대체할 경우 온실가스 배출이 최대 7%가 감축될 것으로 예상하고 있다. 이와함께 영국정부는 3억 8,500만 파운드 규모의 차세대 원자력 펀드(Advanced Nuclear Fund)를 조성하여 소형·차세대 원자력 발전 개발에 집중 투자함으로써 원자력 발전을 확대하겠다는 계획이다.

2) 운송분야 혁신(탈탄소 자동차, 친환경 대중교통, 저탄소 항공 및 선박)

영국은 운송부문에서 온실가스 배출을 감축하기 위해 2030년까지 내연기관 자동차를 판매금지 시키고, 전기차 보급 및 산업을 육성할 계획이다. 다만, 하이브리드 자동차의 경우 2035년까지 판매를 허용할 예정이다. 또한 영국 정부는 1억 2천만 파운드를 투자하여 영국 전역에 4,000대 이상의 전기 버스를 도입할 예정이다. 이와함께 자전거 전용도로 확대 등을 통해 시민들의 자전거 이용을 확대하고, 철도노선도 확대함으로써 대중교통을 친환경적으로 개선을 꾀할 예정이다. 이외에도 해운 및 항공운송에도 수소연료를 도입할 예정이다. 영국에서는 수소연료 항공기 개발이 활발하게 진행되고 있으며, 2020년 9월 첫 번째 상업용 수소항공기 시험비행이 성공한 바 있다⁸⁸⁾.

88) 영국의 2050 탄소중립 전략 수립 동향

3) 건물 에너지 효율 향상 및 탄소포집 및 활용 투자확대

영국 정부는 또한 건물에 태양광 패널 외에, 지열 히트펌프 등을 설치하여 건물의 에너지 효율을 향상시킴으로써 온실가스 배출을 줄일 계획이다. 또한, 2030년까지 천만 톤의 이산화탄소를 포집하여 저장하고 이를 활용하기 위해 CCUS 클러스터(carbon capture, utilization and storage cluster) 구축에 과감한 투자를 할 계획이다. 2030년까지 총 4개의 산업클러스터 내에 CCUS 설비를 구축하여 산업시설의 생산과정에서 발생하는 온실가스를 가두어 대기 중 배출가스의 양을 줄이겠다는 계획이다.

4) 생태복원 및 녹색금융 육성

장기적으로 자연의 탄소 흡수능력을 향상 시키기 위해 영국 정부는 자연 생태계 복구 프로젝트도 함께 추진할 계획이다. 또한, 기후변화 적응을 제고하기 위해 52억 파운드를 투입하여 홍수 위험 해안지역의 복원 및 기초 보강 공사를 진행할 예정이다. 런던을 기후변화 적응형 친환경 투자의 중심으로 키우고 녹색금융으로 조성하기 위해, 부유식 해상풍력, 소형 원자로, 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, ESS), 바이오 에너지, 친환경 수소, CCUS 등 탄소감축 중점사업에 민간투자를 장려할 계획이다.

다. 에너지 백서

영국 정부는 2020년 12월 에너지 백서 2020(Energy White Paper 2020)을 발간하였는데, 녹색 산업혁명을 위한 10대 중점계획과 관련한 에너지 분야 정책방향을 제시하였고, 저탄소 사회실천방안을 제시하였다. 이 백서에서는 특히 발전부문과 관련하여 녹색 산업혁명을 위한 10대 중점계획을 보완하는 내용과 전력믹스에 대한 장기계획을 담고 있다.

2030년까지 1GW 부유식 해상풍력을 포함한 400GW 규모의 해상 풍력설비를 보급하고, 안정적인 공급 기반을 갖추기 위해 2년마다 정기적인 장기차액거래(Contract For Difference, CFD) 경매를 실시할 예정이다. 영국 정부는 가스발전소를 중심으로 CCUS 기술을 적극적으로 도입하여, 탄소 중립화를 위한 대규모 탄소 저장 기술을 구축하고자 하고 있으며, 이를 위해

2030년까지 최소 한 곳 이상의 가스 발전소에 CCUS 기술을 접목해 운영할 계획이다. 이는 기존 가스 발전소 등에서 발생하는 이산화탄소를 포집하여 저장함으로써 발전소에서 대량으로 발생하는 온실가스 배출을 감소시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다. 영국 내 기존 원자력 발전소의 수명이 끝나감에 따라 3.2GW용량의 힌클리 포인트 C(Hinkley point C) 원자력 발전소를 건설해 2020년 상업적 가동을 예정하였으나 원자재 공급 등이 원활하지 못해 2026년으로 계획이 지연되고 있다. 또한, 영국 정부는 탈탄소 에너지 정책에 활용하기 위해 에너지 모델링을 추진하고 있는데, 이는 현재 에너지 시스템에 대한 기본적인 데이터와 정보를 수집하여 분석하고, 영국이 현재 사용하고 있는 에너지와 탄소 배출량, 에너지 수요 및 공급 구조 등을 파악한 후 영국 정부가 제시한 국내 탄소 중립화 목표를 달성하기 위해 필요한 에너지 생산 및 사용량, 탄소 배출량 등을 예측하기 위한 시스템이다. 이러한 에너지 모델링은 에너지 수요와 공급의 변화, 발전 기술과 시장 변화, 에너지 저장 및 전송 기술의 발전, 재생에너지 및 청정화력 발전의 비중 등 여러 가지 요인들을 고려 및 분석하여 에너지 시스템의 변화 및 국내 탄소 중립화 목표를 달성하기 위해 필요한 정책과 기술 등이 제시될 수 있다.

라. 2050 탄소중립 전략 보고서

영국 정부는 2021년 10월 탄소중립 달성을 위한 구체적 투자계획 및 계획 추진의 중간 경로 제시를 위해 탄소중립 전략보고서(Net Zero Strategy : Build Back Greener)를 발표하였다. 이 보고서는 녹색 산업혁명 추진을 위한 10대 중점계획의 세부 계획에 기초하여 작성되었으며, 기존 계획이 정부의 온실가스 감축계획에 초점이 맞춰진 반면, 이 보고서에서는 기업 및 소비자들이 청정 에너지 및 녹색기술로의 전환이 용이하도록 지원에 초점이 맞춰져 있다.

이 계획에는 2035년까지 발전부문의 완전한 탈탄소화를 주요 목표로 제시하였고, 이를 달성하기 위한 주요 수단으로 해상풍력과 원전을 제시하고 있다. 미래원자력 기금을 통해 소형원자로와 차세대 원자로 개발에 집중 투자할 계획이다. 녹색 산업혁명 추진을 위한 10대 중점계획에서 제시한 2030년까지 수소 생산설비 5GW 구축 목표가 재확인 되었으며, 석유·가스부문에서 배출되는 온실가스 배출을 50%로 감축하겠다는 목표가 제시되었다. 이 목표의 달성을 위해 석유·가스 부문의 규제와 대륙붕 개발권에 대한

신규 기후 적합도 평가 체계를 구축하겠다는 계획이 제시되었다. 또한, 육상에서의 탄소흡수 능력을 강화하기 위해 2021년까지 새로 3만ha의 산림을 조성하겠다는 내용이 담겨 있으며, 인간의 생활에서 발생하는 쓰레기 등 폐기물의 소각시 발생하는 열을 활용한 에너지 생산 및 철강 생산과정에서 발생하는 불소가스 배출을 감소시키는 기술개발에 7,500만 파운드를 지원할 계획이다. 이와함께, 2030년까지 연간 최소 5MtCO² 가량의 온실가스 흡수를 목표로 제시하였고, 이 목표 달성을 위한 혁신기술개발에 1억 파운드를 투자할 계획이다.

[표25. 영국 정부의 탄소중립 관련 계획 간 비교⁸⁹⁾]

분야	10대 중점계획	에너지백서	탄소중립 전략
전력		<ul style="list-style-type: none"> · '50년까지 최종에너지 50% 이상 전력으로 공급 · 송배전망 확충, 스마트미터기 도입 · 빅데이터 관리 시스템 도입, 데이터 접근성 개선 	<ul style="list-style-type: none"> · 2035 발전부문 완전 탈탄소화 위해 1,500억~2,700억 파운드 투자 · ESS, 유연성 전원 확대
해상풍력	· 2030년 40GW 목표	· 작동	· 작동(1GW 부유식 해상풍력 포함)
신재생		· 2년마다 CfD 경매 시행으로 '30년까지 신재생에너지 2배 이상 확충	
수소	<ul style="list-style-type: none"> · 2억 4천만 파운드 규모 '탄소 중립 수소펀드' 조성 · 2030년 저탄소수소 생산능력 5GW · 4년간 300가구 수소혼합물 난방용 시범공급 		· 2030년 저탄소수소 생산능력 5GW 확대
바이오매스		· CCS와 결합된 바이오매스 (BECCS) 이용 및 연구개발 장려를 포함한 신규 바이오매스 전략 '22년까지 발표	
원자력	· 3억 8,500만 파운드 규모 '차세대 원자력 펀드' 조성 : SMR에 2억 1,500만 파운드, 차세대 원자로 1억 7천만 파운드	· 대형원전 건설 추진 및 소형·차세대원전 개발·세부 투자 계획 작동	<ul style="list-style-type: none"> · 올 하반기 중 대규모 원전 FID 승인 · 1억 2천만 파운드 '미래 원자력 기금' 조성
혁신기술		· 부유식 해상풍력 차세대 원전, 바이오에너지 등에 약 10억 파운드 투입	
수송	· 내연기관차 판매금지 2035년에서 2030년으로 앞당김(하이브리드차량은 2035년까지 허용)	· 작동	<ul style="list-style-type: none"> · 도로수송 탈탄소화 목표 설정 및 국제수송 탈탄소화 추진 · 2030년 신규 내연기관차 판매 금지, 2035년 무배출차량 의무화

89) 영국의 2050 탄소중립 전략 수립 동향

분야	10대 중점계획	에너지백서	탄소중립 전략
대중교통	<ul style="list-style-type: none"> 4천대 이상 전기버스 도입을 위해 1억2천만 파운드 투자 		<ul style="list-style-type: none"> 2050년까지 무배출 버스 4천 대 확대 2040년까지 경유 기관차 운행 금지, 2050년 철도부문 탄소중립 실현
항공 및 선박	<ul style="list-style-type: none"> 지속가능연료 도입 연구 투자 	<ul style="list-style-type: none"> 탈탄소화 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 10%의 지속가능항공유(SAF) 도입을 위한 SAF 생산공장 설립
건물	<ul style="list-style-type: none"> 히트펌프 설치 	<ul style="list-style-type: none"> 신축주택 탈탄소화 기준 마련, 스마트미터기 설치 장려, 주택 개보수 바꾸쳐 지급, 공공건물 개보수 추진 현재 90%에 달하는 화석연료 난방방식을 청정수소 천연가스 내 바이오매스 비중 향상 등을 통해 전기화 또는 히트펌프 중심으로 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 2035년까지 가정 직장에서 저탄소 난방기기 설치 2035년까지 신규 가스보일러 판매 금지, 2026년까지 수소마을 시범 운영 2028년까지 60만 개 히트펌프 설치 2037년까지 공공건물 온실가스 75% 감축
산업		<ul style="list-style-type: none"> '50년까지 산업 부문 배출량 현재 대비 90% 감축 목표 산업 부문 탈탄소화 전력, 수소전략 발표 예정 신규 배출권 거래제 마련 	<ul style="list-style-type: none"> 산업 부문 탈탄소화 전력, 수소전략을 통해 2023년에 최대 230MW 수전해 설비 구축 3억 1,500만 파운드 산업에너지전환 기금 활용
CCUS	<ul style="list-style-type: none"> 2030년 천만 톤 CO2 포집능력 확보를 위해 2020년 중반까지 2개, 2030년까지 총 4개의 CCUS 클러스터 구축 	<ul style="list-style-type: none"> CCUS 활용 가스발전소 건설 추진하여 '30년까지 최소 1개소 이상 운영 	<ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 4개 CCUS 클러스터 조성
석유·가스		<ul style="list-style-type: none"> '50년까지 대륙붕 시추활동 탈탄소화 석유가스정 생산 종료시 CCUS 자산으로 전환 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 온실가스 절반 감축 목표 설정 석유가스부문 온실가스 규제 대륙붕 개발 라이선스 관련 기후적합도 평가 마련
자연보호, 탄소포집 및 기후변화 적응	<ul style="list-style-type: none"> 탄소포집효과 향상을 위한 자연경관 복구 프로젝트 홍수 위험 지역에 52억 파운드 투입 		<ul style="list-style-type: none"> 올 회기 동안 삼림훼손 연간 3만ha로 확대 목표 천연자원, 폐기물, 불소가스 관련 연구개발 투자 2030년까지 연간 최소 5백만 톤 CO2 제거 목표
녹색금융	<ul style="list-style-type: none"> 런던을 녹색금융 도시화 		<ul style="list-style-type: none"> 공공 및 영국인프라은행 등 민간조달 확대 기후 금융 공개 확대, 기술 시스템 개혁 등
소비자		<ul style="list-style-type: none"> 가구 효율 개선 전기요금 개편 검토 	

(4) 중국

가. 탄소중립 목표

중국은 탄소중립 목표를 효과적으로 달성하기 위해 ‘1+N’ 탄소중립 체계를 구축하였으며, 여기서 1은 탄소배출 정점 및 탄소중립 달성 업무의견이며 N은 2030년 이전 탄소배출 정점 행동방안을 일컫는다. 중국은 탄소중립을 2025년과 2030년 중간단계를 거쳐 2060년 탄소중립을 달성하는 것을 목표로 하고 있으며, 2025년까지는 탄소배출 최고정점 및 탄소중립 실현의 기초를 확립하고 2030년에 탄소배출 최고 정점에 도달 후 안정적으로 배출을 감소하여 2060년에 탄소중립에 도달하는 로드맵을 구상하고 있다. 2025~2030년까지 GDP대비 에너지 소비량을 대폭 감축하고, 풍력 및 태양광 등 재생에너지 발전 설비량을 2020년 대비 2.2배까지 상향하는 것을 목표로 하고 있다.

[표26. 중국의 탄소중립 로드맵⁹⁰⁾]

시기별 목표	2025년	2030년	2060년
	탄소중립 정책 기반 조성	탄소 배출 정점	탄소중립 달성
GDP 단위당 에너지 소모 감축량	(2020년 대비) 13.5%	대폭 감소	-
GDP 단위당 탄소 배출 감축량	(2020년 대비) 18%	(2005년 대비) 65% 이상	-
비화석에너지 소비 비중	20% 내외	25% 내외	80% 이상
삼림피복률	24.1%	25% 내외	-
삼림축적량	180억㎥	190억 ㎥	-
풍력, 태양광 발전설비량	-	1,200GW 이상	-

중국은 탄소배출이 많은 분야에 대해 탄소 배출총량을 엄격하게 규제하고, 에너지 효율을 향상하는 한편, 저탄소 산업구조로 탈바꿈함으로써 탄소중립을 추진할 계획이다.

나. 분야별 추진 방향

1) 에너지 분야

석탄, 전력, 철강, 비철금속 등 에너지 소비가 많은 업종의 신규 진입기준

90) 세계경제 포커스, KIEP(대외경제정책연구원)(2022.1)

을 강화하고, 에너지를 많이 소비하는 산업에 대한 전기요금 상향하는 등 요금체계를 조정할 계획이다. 또한, 지역별 에너지 통제목표를 설정하여 관리하는 등 에너지 총량관리 실시를 통해 에너지 소비를 절감해 나갈 계획이다. 공공기관 및 각 산업분야에서 에너지 절약을 추진하고, 에너지 절감 기술을 도입할 계획이다. 또한, 화석 에너지에서 가장 많은 비중을 차지하는 석탄의 수요 및 공급을 구조조정하고 재생에너지 공급망 구축 등 탈탄소 에너지 확대도 함께 추진해 나갈 계획이다.

2) 산업 분야

산업 분야에서는 탄소배출량이 많은 업종의 신규 시장진입을 억제하고, 철강, 시멘트 등 에너지를 많이 소비하는 업종의 생산량을 철저히 관리함은 물론, 녹색 저탄소 산업을 촉진할 계획이다. 공업기업의 온실가스 배출량 정보를 알 수 있는 플랫폼을 구축하고, 기업이 자발적으로 온실가스 배출량 정보를 공개하게 함으로써 에너지 고소비 및 환경 유해 기업 정보 등 상장사의 환경정보를 강제로 공시하도록 추진할 예정이다. 신용평가등급기구가 이러한 에너지 다소비 및 환경 유해 등 ESG(Environmental, Social and Governance, 환경·사회·지배구조) 요인을 기업 신용평가에 포함하도록 지원할 예정이다⁹¹⁾.

[표27. 중국의 산업분야 탄소중립 주요 추진방향⁹²⁾]

추진 방향	주요 내용
산업구조 조정	- 농업 녹색발전 추진, 에너지·철강·비철금속·화학·건축재료·운송·건설 업종의 탄소 배출 정점 실시방안 제정, 산업구조 조정 지도목록 개정 등
에너지 다소비 업종 관리	- 철강·시멘트·판유리·전해 알루미늄 등의 생산량 관리, 화력발전·화학(석유·석탄) 등 생산통제 정책 수립, 석탄·석유 생산규모 합리적 조절 등
철강	- [생산량 관리] 설비 신규 증설 금지, 낙후 분야 퇴출 등 - 산업구조 조정, 청결 에너지 대체 추진, 비(非)고로 제철기술 시범 추진, 이산화탄소 포집(CCUS) 시범사업 추진 등
비철금속	- [생산량 관리] 전해알루미늄 과잉생산 문제 해결 노력, 신규 증설 금지 - 수력·풍력 등 재생에너지 적용비중 확대 등
건축재료	- [생산량 관리] 판유리, 시멘트 생산능력 확대 제한 - 수력·풍력 등 재생에너지 적용비중 확대, 친환경 건축재료에 대한 R&D 확대 등
화학	- [생산량 관리] 석탄화학 증설 통제 - 에너지 사용방식 전환 유도, 2025년까지 중국 내 원유 1차 가공능력 10억 t 이내 등
녹색 저탄소 산업 발전	- 차세대 IT·바이오·신에너지·신소재·첨단장비·신에너지 자동차·환경보호·항공우주·해양장비 등 전략적 신흥산업 발전, 녹색제조 체계 건설 - 인터넷·빅데이터·인공지능·5G 통신망 등과의 융합을 통한 효율 개선 추진 등

91) 박소희 KIET 산업경제 산업포커스(2021.11)

92) 세계경제 포커스, KIEP(대외경제정책연구원)(2022.1)

3) 운송 및 건설 분야

2020년 현재 중국의 화물운송은 육로가 50%, 철도가 20%⁹³⁾를 차지하고 있지만, 육로운송은 철도운송에 비해 에너지 효율이 떨어지기 때문에 화물 운송방식을 철도 중심으로 재편할 계획이다. 이와 함께 친환경 자동차인 전기차 및 수소차 보급을 확대하고, 이러한 친환경 자동차로 전환이 신속히 추진될 수 있도록 충전시설 등 각종 인프라를 구축해 나갈 계획이다.

또한 신축건물에 대해서는 친환경 건축자재를 사용할 수 있도록 유도하고, 에너지 효율 및 환경 인증 등 녹색 건축물 인증제 강화를 통해 건물의 에너지 효율화를 꾀할 계획이다. 도시지역의 건축물의 경우 에너지의 8%를 재생에너지를 통해 조달할 계획이고, 신규로 조성되는 공공기관 청사와 공장 옥상의 50%에 태양광 패널을 설치함으로써 에너지 탈탄소 청정 에너지 사용을 확대를 추진할 예정이다⁹⁴⁾.

다. 탄소중립 목표 달성을 위한 지원체계

중국의 2060년까지 탄소중립 목표를 달성하기 위해 탄소중립 추진 지원체계를 구축할 계획인데, 첫째로 탈탄소 관련 기초연구를 강화하는 한편, 관련 선진기술 도입을 위한 연구개발과 기술보급을 위한 지원을 확대할 계획이다. 둘째로, 탄소흡수 능력 강화를 위해 국토 공간계획 실시, 국토 녹화사업 추진, 경작지 개선 및 보호사업을 병행할 예정이다. 셋째, 관련 규제 및 법령을 정비하고, 탄소배출 모니터링을 강화하고 저탄소 전환을 위한 금융지원을 확대 및 강화할 계획이다. 탄소 배출총량을 정하고, 탄소배출권 거래제를 전국으로 확산하여 지역의 산업적 여건에 따라 배출량을 탄력적으로 운용하게 할 계획이다. 넷째, 에너지 소비가 많은 제품의 수출량을 관리하는 한편, 저탄소 제품 및 서비스의 수입을 확대하고, ‘일대일로’에 참여하는 국가와의 탄소중립 관련 협력을 강화하는 한편, 탄소 저감 기술의 공동개발, 청정 에너지 개발지원, 개발도상국의 기후변화 대응능력 향상의 지원 등 대외협력을 강화도 추진할 계획이다.

93), 94) 세계경제 포커스, KIEP(대외경제정책연구원)(2022.1)

[표28. 중국의 탄소중립 추진 지원체계⁹⁵⁾]

분야	추진 방향	주요 내용
과학기술	기초연구 강화	- 탄소중립 기술 발전 로드맵 작성, 저탄소 소재·기술·장비 연구 추진, 생태환경의 탄소 흡수 등에 대한 방법론 연구, 태양광 전지 및 수소, 핵융합 제어, 제로 탄소 배출 공업 공정 수립 등 관련 기술 연구 추진 등
	선진기술 R&D 및 보급 확대	- 스마트 그리드 기술 연구, 전기화학·압축공기 등 신형 저장기술, 시범 및 산업화 응용 강화, 수소 생산·저장·응용 기술 연구개발 및 시범 응용 강화, 계단식 에너지 이용(energy cascade use) 등 저탄소 에너지 저장기술 보급, 에어로젤 등 신소재 연구개발 응용 추진 등
탄소흡수	생태계 탄소흡수 능력 공고화	- 국토 공간 계획 및 용도 관리강화, 생태보호 레드라인 준수, 생태 공간 점용 관리강화, 신규 건설용지 규모 통제, 토지 사용기준 강화 등
	탄소흡수 능력 제고	- 생태 회복 중대 프로젝트 실시, 산·물·숲·밭·호수·초원·사막(山水林田湖草沙) 보호 및 복원 전개, 대규모 국토 녹화 행동 추진, 습지 보호 강화, 생태 농업의 탄소흡수 능력 제고 등
대외개방	녹색무역 체계 수립	- 무역구조 최적화, 에너지 다소비 제품 수출 관리, 저탄소 제품 및 서비스 수입 확대
	녹색 '일대일로' 건설	- 일대일로 투자협력의 녹색전환 가속화, 일대일로 공동 건설 국가의 청정에너지 개발 이용 지원, 남남협력 추진을 통해 개발도상국의 기후변화 대응 능력 지원 등
	국제교류 및 협력 강화 추진	- 기후변화 대응 국제협상에 적극 참여하여 중국의 개발도상국 지위 견지, 'UN 기후변화 협약' 및 '파리협정' 이행, 중국 중장기 온실가스 배출 발전 전략 발표, 기후변화 대응 국제교류 강화 등
법률통계	법규 개정	- 탄소 배출 정점 및 탄소중립 정책에 맞게 법규 개정, 탄소중립 관련 전문 법률 제정 연구, 에너지법·전력법·석탄법·재생에너지법 등 법규 유효성 강화 등
	표준 제량 체계 개선	- 에너지 절약기준 개선, 인증·평가·모니터링 완비, 전력 및 철강·건축 등 영역 모니터링 체계 개선
	통계 모니터링 능력 개선	- 전력·철강·건설 등 업종 에너지 소비 통계 모니터링 구축, 이산화탄소 배출 통계 산출 능력 강화 등
정책기제 개선	투자정책 개선	- 탄소 배출 정점, 탄소중립에 맞는 투융자 체계 구축, 석탄발전·철강·전해알루미늄 등 고탄소 배출 프로젝트 투자 억제, 친환경·신에너지·저탄소 교통운수 장비 등 지원 확대 등
	녹색금융 발전	- 녹색 저탄소 금융상품 및 서비스 개발 추진, 녹색대출을 건전성 평가에 포함시켜 은행의 녹색 저탄소 프로젝트 대출 지원 유도, 국가 저탄소 전환형 기금(国家低碳转型基金) 설립 연구 등
	재정 세금 가격 정책 개선	- 녹색 저탄소 산업 발전, 기술개발 등에 대한 재정 지원 확대, 정부의 녹색 저탄소 제품 구매 확대, 에너지 절약·신에너지 및 청정에너지 차량과 선박에 대한 세수 혜택, 탄소 저장 관련 세수정책 연구 등
	시장화 메커니즘 도입	- 전국 탄소배출권 거래시장 정비를 통해 교역 품목 및 방식 개선, 기업 및 금융기관 등의 탄소 배출 공시 추진 등

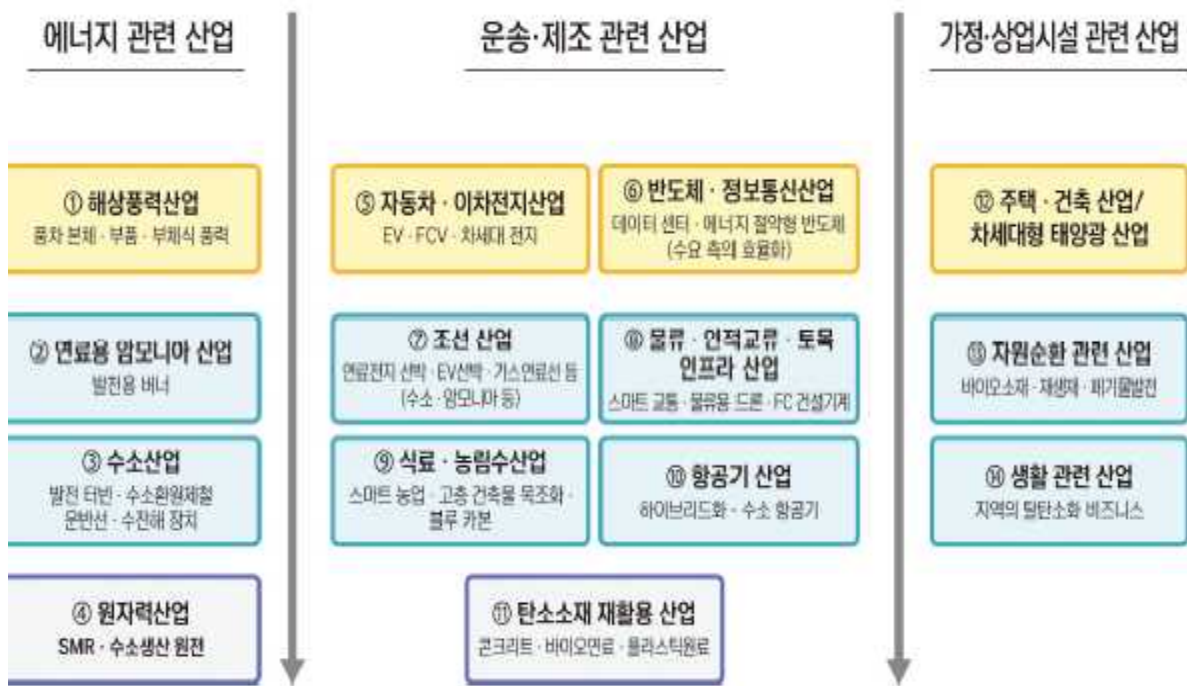
95) 세계경제 포커스, KIEP(대외경제정책연구원)(2022.1)

(5) 일본

가. 일본의 탄소중립 목표 및 전략

일본은 2020년 12월 탄소중립을 달성하고 경제·환경 관련 분야를 연계하기 위해 녹색성장 전략을 발표하였으며, 이 전략에는 탄소중립 달성을 위한 14개 중점분야를 선정하였고, 분야별 탄소배출에 대한 현재 수준과 향후 목표와 대응방안을 제시하고 있다.

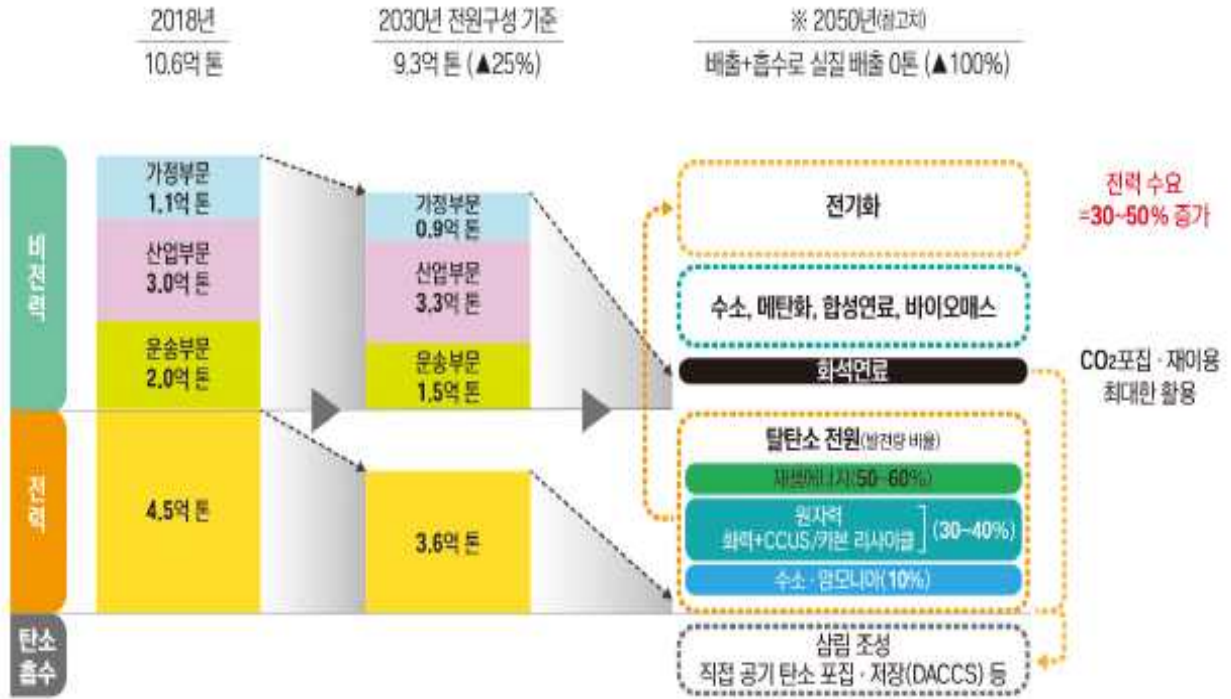
[그림17. 일본 녹색성장 전략 14대 중점분야⁹⁶⁾]



일본은 태양광, 풍력, 수력, 지열, 바이오매스 등 재생에너지를 이용한 발전비중을 50~60%까지 확대할 계획이며, 수소·암모니아를 활용한 발전이 10%, 원자력과 화력발전이 30~40%를 차지할 전망이다. 화력발전의 경우 에너지 생산시 발생하는 이산화탄소의 포집을 전제로 하고 있으며, 화석 연료를 통해 배출되는 온실가스를 흡수하기 위해 산림을 조성하고 포집·저장함으로써 2050년까지 실질배출을 0으로 만들겠다는 계획이다. 일본에서는 기본적으로 원자력 발전의 비중을 낮춘다는 계획이지만 발전의 안전성 강화를 통해 지속적으로 사용할 계획이며, 차세대 원자로 개발에도 집중할 계획이다.

96) 김유정, 조주현(2021.2), 세계원전시장 인사이트

[그림18. 일본 녹색성장 전략 14대 중점분야⁹⁷⁾]



나. 산업 부문별 추진방안(14대 중점분야)

1) 에너지 분야

일본은 핵심 재생에너지원으로 해상풍력에 주목하고 있으며, 2040년까지 해상풍력 발전설비의 60%를 국내에서 조달할 계획이다. 또한, 2050년까지 수소발전을 통해 2,000만 톤의 전력을 생산할 계획이며, 발전원가를 화력발전보다 낮은 수준으로 줄이겠다는 목표를 가지고 있다. 이와함께 2030년까지 소형모듈원전(Small Modular reactor; SMR) 기술을 실증하여 2050년에 상용화시킬 계획이다.

2) 산업 분야

2030년까지 판매되는 승용차를 100% 전기차로 전환할 계획이며, 전기차의 합성연료 비용을 낮추고 승용차에 탑재되는 축전지 제조능력을 100GWh까지 확장함으로써 전기차 보급을 뒷받침할 계획이다. 또한, 파워 반도체 제조에 사용되는 전력을 2030년까지 50%이상 절감할 계획이다. 선박에도

97) 김유정, 조주현(2021.2), 세계원전시장 인사이트

수소 및 암모니아와 같은 탈탄소 연료로 대체하고 LNG 선박의 연료효율 향상도 함께 추진할 계획이다. 일본정부는 농림수산 분야의 탄소배출 제로를 실현하겠다는 목표를 설정하고 있는데, 지속 가능한 식량공급 체계 확보를 위해 화학 농약 사용량을 50%로 감축하고, 수입원료와 화석연료를 사용하는 화학 비료 사용량도 30%가량 감축할 계획이다. 유기농 재배면적을 경지면적 전체에서 25%까지 확대하고 장어, 참다랑어 등 양식생산을 위한 인공종묘 비율을 100%를 실현하겠다는 목표를 설정하고 있다⁹⁸⁾.

3) 가정 및 사무 분야

일본은 2030년까지 신축건물에 대해 절약형 건축재료와 고성능의 단열재 등을 사용하여 건물의 에너지 소비를 최소화하는 한편, 건물이 소비하는 전기 에너지를 태양광 발전, 지열 발전, 풍력 발전 등의 재생에너지 발전 시스템을 설치하여 건물에서 소비하는 전기 에너지를 자체 발전을 통해 충당하는 제로 에너지 주택(ZEH)와 제로 에너지 건물(ZEB)를 달성할 계획이다. 또한, 바이오매스로 제조하는 플라스틱 200만 톤을 도입하여 현재 화석연료를 통해 제조하는 플라스틱을 대체함으로써 온실가스 배출을 감축할 계획이다.

다. 그린 성장전략의 정책 수단

1) 예산·세제 및 금융지원

일본정부는 2050년 탄소중립 목표달성을 위해 10년 간 2조 엔 규모의 예산을 에너지 및 산업 부문의 에너지 구조전환 연구개발 및 실증사업에 투자함으로써 약 15조 엔의 민간부문의 연구개발 및 설비투자를 유도할 계획이다. 또한, 연료전지 및 리튬이온전지, 해상풍력 발전설비 등의 생산설비 도입 시 세액공제 등의 인센티브를 제공하고 기업의 탄소중립 실현을 위한 시험연구비 증액에 대해 법인세 공제상한을 인상하는 등의 조치를 통해 녹색산업으로의 전환을 유도할 계획이다. 친환경 혁신기술 보유기업의 육성을 위해 10년 이상 장기 사업계획을 인정받은 사업자에게 장기 저금리 융자를 시행하고, 기업들이 탈탄소 산업을 안정적으로 추진할 수 있도록 각종 탄소

98) 황명철(2021)

투자펀드를 창설하여 지원할 계획이다.

2) 규제개선 및 제도 마련

전력회사는 탄소제로 전력의 조달을 의무화하고 재생에너지의 안정적 공급을 위해 재생에너지에 대해 송전망 우선 사용권 부여 등을 검토하는 등 친환경 에너지 산업이 확대될 수 있도록 제도를 개선할 계획이다. 또한 새로운 친환경·녹색기술의 보급이 확산될 수 있도록 제품의 인증 및 안전성 평가방법 등에 대한 표준화도 추진할 계획이다. 배출되는 탄소에 가격을 산정하여 기업이나 가계에 부담을 지우는 탄소세와 탄소배출권 거래제와 같은 탄소 프라이싱 제도의 시행을 통해 온실가스의 배출을 효과적으로 통제할 계획이다. 탄소 프라이싱 제도에 대해 기업들의 부정적 인식을 제거하기 위해 일본 정부에서 인증하는 에너지 절약을 위한 설비 업그레이드나 재생에너지 도입 등과 같은 탄소 저감활동을 수행한 기업이나 단체가 발행하는 금융상의 증서인 J크레딧을 발급하여 보상해 줄 계획이다. 이와함께 일본 기업이 다른 국가에서 수행하는 탄소 저감 프로젝트를 지원하고, 이를 통해 탄소 저감량을 측정하고 인증함으로써, 일본 기업의 탄소 중립화 노력을 인센티브로 보상하는 JCM(Japan's Joint Crediting Mechanism)제도도 추진할 예정이다.

3) 국제협력

일본은 미국 및 유럽과는 탄소중립과 관련한 혁신 정책에 대해 연대를 강화하고, 핵심기술의 표준화 및 가이드라인 제정에 협력할 방침이다. 아시아 신흥국에 대한 탈탄소화 솔루션을 제공하고 이를 통한 녹색시장 선점을 위한 다자간 협력을 강화하는 한편, 아시아 지역의 스타트업과 일본기업의 탈탄소 비즈니스 플랫폼 구축 등 일본기업과 해외기업의 협업을 촉진하는 J-Bridge(Japan Innovation Bridge) 프로그램을 추진할 계획이다.

(6) RE100

가. 추진배경

기후변화가 인류가 공동으로 대응해야 할 과제가 되면서 기업의 사회적

책임을 요구되고 있으며, 이에 따라 기업들에게 ESG(Environment, Social, Governance) 경영을 요구하고 있다. 또한, 세계적으로 이러한 ESG 경영은 그 기업의 경영평가의 주요 요소로 자리잡아 갈 전망이다. 국내에서도 2022년 6월 상장기업의 기업가치에 장기적으로 영향을 미칠 수 있는 ESG 사항을 경영성과 사업보고서에 의무적으로 기재하여 공시하도록 하는 자본시장법 개정안이 발의되었다. 따라서, 기업들은 환경 친화적 경영을 위해 각별한 노력을 기울여야 한다. 이러한 기후변화 대응과 기업의 사회적 책임에 대한 요구와 함께 최근 민간단체를 중심으로 RE100(Renewable Energy 100%) 캠페인이 확산되고 있다. RE100은 국가 차원의 기후변화 대응목표와는 별개로 기업들이 사용전력의 100%를 친환경 에너지로 전환하겠다는 것으로 비영리 단체인 The climate group과 CDP(Carbon Disclose Project)가 손잡고 2014년부터 캠페인을 추진하고 있으며, CDP에서는 태양광, 태양열, 풍력, 수력, 지열, 바이오매스, 바이오가스 및 그린 수소를 활용한 연료전지를 친환경 발전원으로 인정하고 있다⁹⁹⁾.

나. RE100 참여현황

CDP의 연례 보고서에 따르면 2021년 355개의 기업이 RE100에 참여하고 있으며, 이 기업들이 연 376TWh의 전기를 사용하고 있다고 보고하였다. 이 수치는 전 세계 전기 사용량의 1.5%를 차지하며, 영국에서 1년 사용하는 전기량 보다 많은 수치이다. 또한, 보고서 출간 당시에는 참여 기업이 393개로, 연 사용량도 437TWh로 증가했다¹⁰⁰⁾. CDP 기준 2023. 5월 현재 참여 기업이 더 확대되어 404개이며, 현대·기아자동차, 삼성전자, 삼성디스플레이, LG이노텍, SK하이닉스, 롯데칠성, 네이버, KT, 고려아연 등의 민간 기업과 인천공항, K-Water 등 공기업 30개 업체가 참여하고 있다. The climate group 기준으로는 2022년 현재 RE100을 선언한 기업은 546개이며, 이중 국내 기업은 33개였다. CDP KOREA 보고서 기준 RE100 참여 국내기업 총 수는 37개이고, 33개 기업은 100% 재생에너지로 전환, 1개 기업은 2035년까지 97.5%, 나머지 3개 기업은 2030년까지 22.14~46%를 재생에너지로 전환하겠다는 목표를 수립하였다. 지역별 참여 기업수가 2019년까지 유럽, 북미, 아시아순이었으나, 2020년 아시아지역이 북미를 추월하였고, 2021년에는 아시아지역의 참여율이 가장 높아졌다.

99) 신훈영, 박종배(2021)

100) RE100 Annual Progress and Insight Report 2020, Climate Group and CDP, 2022. 12.

[표29. 연차별 RE100 참여현황¹⁰¹⁾]



[표30. 지역별 RE100 참여현황¹⁰²⁾]

	2021	2020	2019	2018	2017	2016
Region	Number of members					
Europe	127	124	111	95	77	65
Asia-Pacific	130	102	68	54	26	9
North America	98	89	82	71	53	42

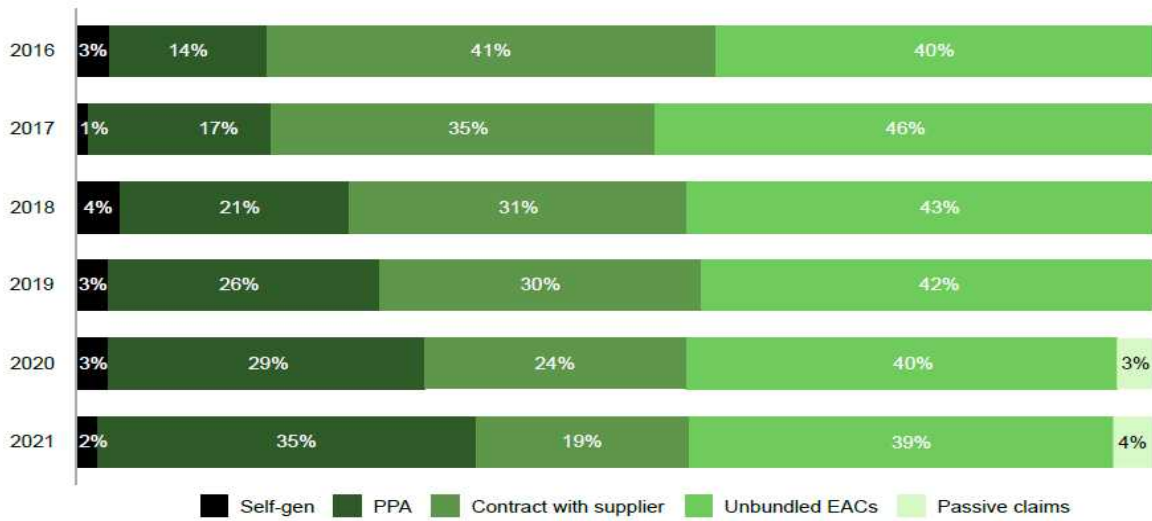
다. RE100 이행현황

RE100을 이행하는 방법에는 전기 소비자가 한국전력에 녹색 프리미엄을 납부하는 녹색요금제(Green Tariff), 에너지 공단이 개설한 거래시장에서 재생에너지 인증서(Renewable Energy attribute Certificate, Unbundled ECA)를 구매, 자가발전(Self-generation), 전기소비자가 한국전력을 통한 전력 구매계약(PPA)을 체결, Direct Line(Grid 연결없이 제3자가 생산하는 재생에너지를 직접구매하는 방식) 등이 있다¹⁰³⁾. CDP 보고서에 따르면 2021년 기준 재생에너지 인증서 구매방식이 39%로 가장 높고, 뒤를 이어 전력 구매계약이 35%를 차지하고 있으며, 녹색 프리미엄을 납부하는 비중이 19%를 차지하고 있다. 하지만, 재생에너지 인증서 구매와 녹색 프리미엄 납부의 비중은 점점 감소하는 반면, 전력 구매계약 방식은 점차 증가하고 있다.

101) 102) RE100 Annual Progress and Insight Report 2020, Climate Group and CDP, 2022. 12.

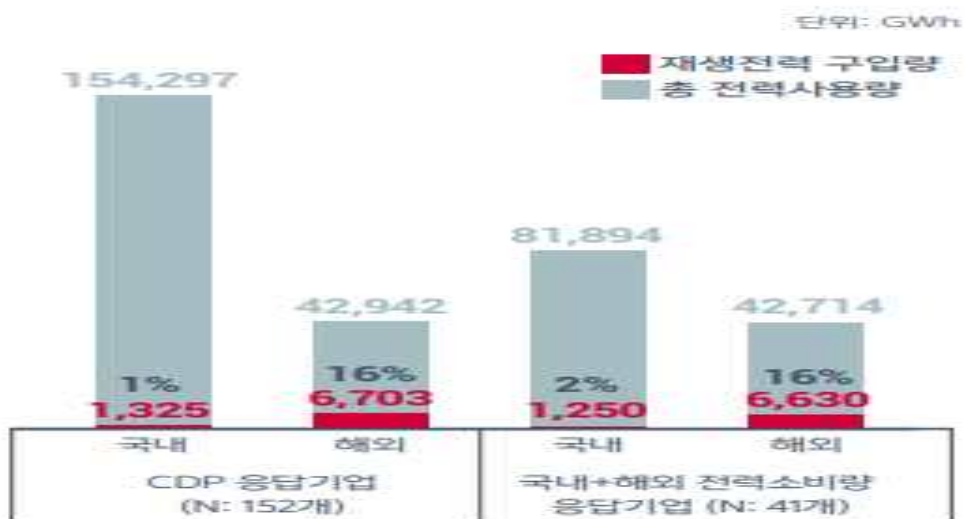
103) 안상효, 우중률(2022)

[표31 이행 수단별 조달비율¹⁰⁴⁾]



국내 기업의 경우 총 전력 사용량 대비 재생전력 사용량 비율이 국내 사업장에 비해 해외 사업장에서 현저하게 높게 나타났으며, 국내 기업이 국내에서 사용한 재생전력 조달방법은 녹색요금제(1,311GWh)와 재생에너지 인증서 구입(15GWh) 두가지 였다. 사용된 재생에너지원의 경우 녹색요금제는 풍력, 수력, 바이오에너지 등의 혼합, 재생에너지 인증서 구입은 태양광과 태양열이었다¹⁰⁵⁾.

[표31 이행 수단별 조달비율¹⁰⁶⁾]



104) RE100 Annual Progress and Insight Report 2020, Climate Group and CDP, 2022. 12.

105) 106) CDP Korea Climate Change and Water Report 2022

(7) 소결(시사점)

국가별 기후변화에 접근하는 방식의 차이는 있지만, 대체적으로 큰 틀은 유사한 듯하다. 기존 석탄, 석유 등 탄소 중심의 발전에서 재생 에너지 등을 활용하는 친환경 에너지원으로 전환하고, 전기, 수소 등 온실가스 배출로부터 자유로운 에너지원으로 전환하기 어려운 산업에 대해서는 배출 가스를 포집하고 저장하도록 하고, 이를 위해 관련 기술(CCUS), 개발에 투자 및 지원을 확대해 나갈 전망이다. 또한, 현재까지 보급률이 낮은 전기 및 수소 에너지 사용이 활성화 될 수 있도록 충전설비, 도로 등의 정비도 필요하다. 이와함께 대부분의 나라들은 생물 다양성 확대, 서식지 보존 및 조성 등을 생태계를 복원함으로써 대기 중 온실가스를 자연이 흡수할 수 있도록 생태복원력을 확보하는 노력도 기울여 갈 것이다. 기존과 다른 녹색산업으로의 전환은 새로운 제도 도입이 필요하고 기존 제도의 개선도 수반되어야 한다.

기후변화에 대응하기 위해서는 많은 노력과 비용이 수반된다. 특히 철강, 화학 등의 산업을 보유하고 있는 우리나라는 기후변화 대응은 위협요소로 다가올 수 있다. 하지만, EU 국가들은 기후변화 대응을 녹색산업, 녹색기술 및 금융 등의 전환 및 선점의 기회로 생각하고 있다. 우크라이나 사태 때문에 지연되기는 했지만, 독일의 경우 2023년 4월 운영되던 원전의 가동을 중단하며 완전한 탈원전 국가로 전환하였다. 탈원전에 따라 단기적으로는 에너지 비용상승 등 부작용이 있지만, 장기적으로는 재생에너지 발전, 설비 및 운영 부분 등에서 다른 나라에 우위를 보일 수 있고, 국가 목표보다 감축된 탄소배출권을 다른 국가에 판매함으로써 장기적으로는 이익일 수도 있다.

우리나라도 기후변화 대응이 새로운 녹색산업의 전환의 기회라 여기고 산업의 전환이 순조롭게 될 수 있도록 규제개선 및 제도마련, 각종 기술개발, 친환경 에너지 전환을 위한 예산 및 금융지원을 아끼지 말아야 할 것이다.

VI. 탄소중립 실현을 위한 수산분야 과제

우리는 외부 불경제와 무임승차 가능성 때문에 환경문제가 오로지 한 경제주체 또는 집단만의 힘으로 풀기 어려운 특징을 가지고 있어 각별한 노

력이 필요하다는 것을 시작으로 각 국가들이 환경문제를 해결하기 위해 접근하는 방식을 크게 규제 중심적인 방식과 시장 중심적 방식으로 나누어 살펴 보았다. 또한 기후변화가 바다와 수산업 등에 어떤 영향을 미치는 지에 살펴 보았으며, 환경 관련 국제 협력체계가 어떻게 조직되어 문제를 다루고 있는지를 살펴보았다. 그리고 마지막으로 주요 국가들이 기후변화에 대응하고 2050년 또는 2060년까지 탄소중립을 위해 어떤 준비를 하고 있는 지까지 살펴보았다. 이 장에서는 지금까지 살펴본 연구결과를 토대로 수산 분야에서 탄소중립을 실현하기 위해 어떤 것들을 추진해 나가야 하는 지에 대해 논의하도록 하겠다.

가. 생태 복원력 및 탄소 흡수능력 제고

우리는 지구의 탄소흡수 능력을 높이는 것을 생각할 때 나무를 심고 숲을 조성하는 것으로 알고 있다. 하지만, 앞에서 언급한 바 있듯이 바다는 약 23%의 온실가스를 흡수하는 역할을 한다. 그래서 우리는 바다의 탄소흡수능력을 높이기 위해 생태를 복원하는 다양한 방법을 고민할 필요가 있다고 하겠다.

(1) 어장환경 개선

수산양식, 어로행위 등 생산과정에서 폐그물, 부표 등 유실 기자재에 의한 오염, 장기간 양식에 따라 사료의 잔여물, 배설물 등에 의한 부영양화 등으로 인해 바닷 속 생태계가 점점 나빠져 가고 있다. 이는 바다의 자연 복원력을 훼손시켜 바다가 가진 탄소 흡수능력에도 영향을 미친다. 따라서 우리는 생산의 공간으로 사용하는 어장환경을 개선하여 자연 회복이 가능하게 만들어 줌으로써 지속 가능한 어장의 사용이 가능해지게 된다. 정부와 지자체는 폐그물 수거, 바다 환경에 영향을 덜 미치는 부표 사용으로의 전환과 신규 부표 개발, 육상 등으로부터 기인한 오염물로 훼손되는 어장환경 복원을 위한 청정어장 재생사업 등 다양한 노력을 기울이고 있다. 이러한 노력에도 불구하고, 우리는 바다 생태계의 자연 회복능력에 기초한 생산활동 및 환경개선에까지는 이르지 못하였다. 수산 선진국인 노르웨이의 경우 생산과정에서 생태계에 미치는 영향 등을 철저히 따지며, 바다 생태계가 다시 회복할 수 있도록 생태허용 가능 정도를 따지는 그린면허제를 운영하고 있다. 우리나라도 2018년 양식산업발전법이 제정되면서 양식업의 면허·심사

제를 도입하여 그린 면허제도와 유사한 제도적 기반은 마련해 놓았다. 하지만 우리 바다 생태계의 자연 회복력 등에 대해서는 세부적인 계산을 하지 않았다. 우리는 어장의 생태회복 능력을 계산하고 생태회복 능력에 맞춘 생산을 할 수 있도록 하여야 한다. 이와 함께 어장환경의 변화를 지속적으로 모니터링 및 진단할 수 있는 시스템 구축이 시급하다 하겠다.

(2) 친환경 생산지원 공익형 직불제도 개선 및 확대

현재 수산분야 공익형 직불제는 여러 가지가 있지만 그중 생산 시 환경에 영향을 덜 미치는 방식으로 생산하는 양식수산물에 친환경 생산지원 직불제를 시행하고 있다. 공익형 직불제에 포함되어 있지는 않지만 생산 과정에서 친환경적 생산을 유도하기 위해 미세 플라스틱 문제를 야기하는 스티로폼 부표를 내구성이 강한 플라스틱 부표로 교체할 경우 교체비용을 지원해 주고 있으며, 부표 사용량이 현저하게 적거나 사용하지 않는 방식인 개체굴 양식에 대해 자동화된 작업대 지원사업도 시행하고 있다. 큰 틀에서 친환경 방식의 생산을 유도하기 위해 지원하는 사업들을 친환경 생산지원 공익형 직불제 내에 포함하여 관리하고, 그 성과를 평가하는 시스템의 구축이 필요하다. 앞에서 살펴본 바 있듯이 친환경 농산물 인증제 시행이후 농약 사용이 지속적으로 감소했다는 것이 확인되었다. 따라서, 목적이 유사한 사업들을 친환경 생산지원 공익형 직불제 내에 포함시키는 한편, 직불제 시행 이후 바다 생태계에 미치는 영향을 파악할 수 있는 평가 시스템의 마련과 모니터링 제도의 도입이 필요하다.

(3) 바다 생태계 복원 및 보호

육상의 경우 탄소흡수 능력을 개선하기 위해 새로운 숲을 조성하고 수령(수령)이 많은 나무를 교체하는 사업들을 추진할 계획이다. 앞에서도 언급한 바 있지만, 바다의 경우 온실가스를 흡수하면서 바다가 산성화되고, 바다 생태계에도 영향을 미친다. 바다도 육상의 경우와 마찬가지로 여러 가지 요인에 의해 변화된 바닷속 생태계를 복원하기 위해 바다숲 조성 등 생태계 복원작업이 필요하다. 물론 지금도 바다식목일을 정해서 바다숲 조성사업을 실시하고 있지만, 기후변화에 따라 빠르게 변화하고 있는 해수온 상승, 산성화 등에 대응하기에는 역부족인 듯 하다. 바다 생태계의 변화정도를 전면적으로 파악하고 바다의 생태 복원력을 향상시킬 수 있도록 바다숲 조성

등 해양생물의 서식지 복원을 지금보다 강화할 필요가 있다. 또한, 탄소흡수 능력이 높은 갯벌의 보존을 위한 특별한 노력이 필요하다 하겠다. 최근 바닷속 공간을 합리적이고 효율적으로 이용하기 위해 해양공간계획법이 마련되었으며, 가치가 높은 갯벌의 지속 가능한 이용과 보존을 위해 갯벌법이 제정되었다. 제도적 기반이 마련된 온실가스 흡수능력 등을 충분히 고려하여 보존가치가 높은 공간을 보호구역으로 정하여 관리하고 생태계 변화와 탄소흡수 능력에 대한 평가체계 등도 함께 고려해 나가야 할 것이다.

나. 기후변화 대응형 생산방식으로서의 전환

기후변화의 영향으로 잦은 자연재해와 저수온 및 고수온의 발생이 수산양식에 막대한 피해를 입히고 있다. 따라서, 기존의 생산방식으로는 기후변화에 대응하기 어렵다. 연안에서의 양식은 수온 및 수질의 변화와 질병을 통제하기 어렵기 때문에 이러한 생육환경을 통제할 수 있는 육상양식으로의 전환이 필요하다. 하지만, 육상양식은 해상에 비해 토지의 확보, 건축물 구축 등 많은 투자가 필요하다. 그래서 육상전환에 대한 국가의 지원이 절실하다 할 것이다. 또한, 대규모 유향 농지 중 염해 등으로 농업적 활용이 불가능 농지의 어업적 활용을 할 수 있도록 정부의 과감한 지원이 요구된다 할 것이다. 이러한 대규모 유향 농지를 어업용으로 전환하여 양식시설을 집적화한다면 규모의 경제효과를 통해 생산단가를 낮추는데도 도움이 될 것이다. 또한, 기술 등의 미확립으로 육상전환이 어려운 경우는 해상양식 기간을 최대한 단축할 수 있도록 육상에서 치어, 채패 등을 충분히 양육해서 입식하는 방법 등도 고려할 필요가 있다.

다. 에너지 및 생산의 효율성 제고

우리나라는 사계절이 있어 해수온이 일정하게 유지되지 않는다. 이러한 특성은 해수온이 일정하게 유지되는 나라에 비해 수산양식 여건이 불리하다. 수산생물의 살 수 있는 적정온도, 수질, 산소의 공급이 중요하다. 이러한 수산생물의 적정 서식환경을 조성해 주기 위해 많은 에너지가 사용되게 된다. 특히 적정 수온을 유지하기 위한 가온이나 냉온에 많은 에너지가 소모된다. 따라서, 에너지 효율을 높이는 것이 온실가스 배출을 감소시키는데 기여할 수 있다. 생산과정에서 에너지 절감을 추진하기 위해 정부에서는 히트펌프, 인버터 등 수산분야 에너지 효율화 장비보급사업을 추진하고 있으

나 양식어가의 수요에 비해 턱없이 부족한 상황이다. 해상 양식의 육상양식의 전환과 함께 양식장에서 활용하는 에너지 효율화장비의 보급확대가 필요하다. 또한, 양식장 시설의 경우 대부분 가설 건축물 형태로 이루어져 있어 열효율이 취약하다. 따라서 열 손실을 방지할 수 있도록 에너지 효율성을 높이는 건설장비의 보강이 필요하다. 농림분야에서는 축산이나 원예시설의 에너지 효율성을 높이는 자재 보급사업을 추진하고 있다. 또한 농림축산 생산과정에서 탄소발생, 에너지 누수 등을 파악하기 위한 농림분야 탄소 인벤토리를 구축하고 있다. 수산분야의 경우도 생산과정 중 탄소를 많이 배출하는 과정과 에너지 손실 등이 발생하는 단계를 파악하여 개선할 수 있도록 수산분야 탄소 인벤토리 구축사업의 추진이 절실하다 하겠다.

에너지 효율성 외에 생산단계에서의 효율성도 생각해 볼 수 있다. 기존의 수산양식은 양식어민의 다년간 쌓인 경험에 의존해 시행착오를 겪었다. 또한, 경험에 의존하는 방식은 안정적인 환경에서는 문제가 되지 않지만 갑작스러운 환경변화에 대응하는데는 한계가 있다. 이러한 경험에 의존하는 생산방식에서 첨단 ICT장치를 활용한 데이터에 기반한 생산방식으로 전환하게 되면 최적 사육환경 조성과 갑작스러운 환경변화에 대응이 쉬워짐으로써 인력, 생산요소 투입을 최적화 함으로써 낭비소요가 감소된다. 이는 생산효율 및 에너지 효율을 꾀할 수 있고, 환경에 미치는 영향도 감소하게 된다. 이러한 생산 효율화 추진을 위해서는 각종 스마트 장비가 필요하고, 영세한 어업인 입장에서는 과감한 투자에 한계가 있기 때문에 정부의 파격적인 지원이 요구된다 할 것이다.

라. 기술개발 및 국제협력

많은 국가들은 수소경제로의 전환을 위해 기존 화석연료를 통해 만들 수 있었던 수소를 다양한 바이오매스를 통해 조달하기 위한 연구에 투자하고 있으며, 이러한 산업 선점을 위해 개도국과 협업을 추진하고 있다. 현재, 해조류를 통한 수소를 생산하는 연구들이 시행되고 있으며, 수소생산을 위해 다량의 바이오매스가 필요하기 때문에 수소를 안정적으로 많이 생산할 수 있는 해조류의 공급이 필요한 바 비식용 해조류 양식기술의 개발과 현장 도입 등의 연구가 필요하고, 관련 산업들의 선점을 위해 인근 국가들과의 연구 및 기반기술의 협력이 필요하다 하겠다.

참고문헌

1. Human Cost of Disasters 2000-2019(2020), UNDRR
2. 김수이, 탄소중립의 개념과 당위성, 전기저널, Special issue1
3. THE GLOBAL CLIMATE (2015-2019), WMO
4. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022, FAO
5. 이준구, 재정학, 문우사
6. Tang, H. li, Liu, J. min, & Wu, J. guang. (2020). The impact of command-and-control environmental regulation on enterprise total factor productivity: A quasi-natural experiment based on China's "Two Control Zone" policy. Journal of Cleaner Production, 254. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120011>
7. O' riordan, T., & Cserge, A. J. (1995). The Precautionary Principle in Contemporary Environmental Politics. In Environmental Values (Vol. 4).
8. Rovert Stavins and Bradley Whitehead, 'Market-based Environmental Policies'
9. Richard B. Ellison, Stephen P. Greaves, David A. Hensher, Five years of London's low emission zone: Effect on vehicle fleet composition and air quality
10. 이병선, 송성호, 김원석, 미국 캘리포니아 및 텍사스 주의 지하수 최적 분배를 통한 관리 방안
11. Water markets in Australia: a short history, AG-NWC (Australian Government National Water Commission)
12. FAO, 2022 The State of Fisheries and Aquaculture, SOFIA
13. UN World Population Prospects 2022), www.ourworldindata.org
14. BRIDGESPAN GROUP (2005) Seafood Choices Evaluation Prepared for the David&Lucile Packard Foundation.BridgespanGroup,Boston,USA.
15. GREENPEACE (2005) A Recipe for Disaster: Supermarkets InsatiableAppetite for Seafood. Greenpeace, London, UK. [Http://www.greenpeace.org.uk/files/pdfs/migrated/oceans/supermarkets/report/supermarkets_seafood.pdf](http://www.greenpeace.org.uk/files/pdfs/migrated/oceans/supermarkets/report/supermarkets_seafood.pdf) [accessed 12 August 2008].
16. ALDER, J., CAMPBELL, B., KARPOUZI , V., KASCHNER, K. & PAULY,

- D. (2008) Forage fish: from ecosystems to markets. *Annual Review of Environmental Resources*, 33, 7.1-7.14.
17. 임성수, 이종환(2012), 친환경농업 육성 관련사업의 평가와 개선방안
- 18~22. 24. 25. 2022 수산분야 기후변화 영향 및 연구보고서(국립수산과학원)
23. Sabine CL, Feely RA. 2007. The oceanic sink for carbon dioxide. In *Greenhouse Gas Sinks*, ed. D Reay, N Hewitt, J Grace, K Smith, pp. 31-49. Oxfordshire: CABI Publishing
26. 조광우, 맹준호(2007), 우리나라 해수면 상승 대응방향에 관한 소고
27. 중앙일보(2020. 9.15), “물 내놔“…멕시코, 미국 국경 코앞서 ‘물 전쟁’ 벌인 까닭은?
28. Rosendorff, B. P., & Milner, H. V. (2001). The optimal design of international trade institutions: Uncertainty and escape. *International Organization*, 55(4), 829-857.
- 29~30. Abbott, K. W., & Snidal, D. (2000). Hard and soft law in international governance. *International organization*, 54(3), 421-456.
31. Bodansky, D., & Rajamani, L. (2018). The Evolution and Governance Architecture of the United Nations Climate Change Regime. *Global Climate Policy: Actors, Concepts, and Enduring Challenges*, 13-65.
32. 조용성(2008), 기후변화 레짐과 거버넌스: 기후변화협약과 교토의정서
33. <https://unfccc.int/process/parties-non-party-stakeholders/parties-convention-and-observer-states>
34. <https://www.ipcc.ch/about/>
35. <https://www.nie.re.kr/nie/main/contents.do?menuNo=200073>
36. Daniel Bodansky, Jutta Brunnee, and Lavanya Rajamani(2011), *Global Climate Governance at a Crossroads: Experimenting with a Polycentric Future*
37. Sebastian Oberthür and Lukas Hermwille(2018), *The Paris Agreement: Reshaping Global Climate Governance on the Road to 2050*
38. Harro van Asselt(2016), *The Paris Agreement on climate change: a new hope?*
39. Mario Molina and Sherwood Rowland(1974), *Chlorofluorocarbons are Destroying the Ozone Layer*
- 40, 41 김찬국(2012), 성층권 오존층 고갈 사례를 통해본 환경교육의 역할

과 의미: 개념적 탐색과 실천

- 42, 43 Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022, United Nations Environment Programme (UNEP)와 World Meteorological Organization (WMO)
44. <https://news.un.org/en/story/2023/01/1132277>
45. <https://youtu.be/zqRhRPLsDsM>
- 46~49. LIVING PLANET REPORT 2022 BUILDING A NATURE-POSITIVE SOCIETY
50. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
51. <https://www.nie.re.kr/nie/main/contents.do?menuNo=200072>
- 52~54. Global Biodiversity Outlook 5 SUMMARY FOR POLICYMAKERS
55. 김자영. “해양법상 공해자유원칙의 현대적 의의.” 국내석사학위논문 고려대학교 대학원, 2007.
56. VIERROS, Marjo, et al. Who owns the ocean? Policy issues surrounding marine genetic resources. *Limnol. Oceanogr. Bull.*, 2016, 25.2: 29-35.
57. Fifty-ninth session Agenda item 49(a), Resolution adopted by the General Assembly on 17 November 2004 59/24. Oceans and the law of the sea
58. 류예리. (2021). 국가관할권 이원지역의 해양생물다양성 (BBNJ) 국제문서에 대한 논의 동향 및 주요 쟁점에 관한 연구. *한양법학*, 32(1), 31-48.
59. 김두수. (2022). 국가관할권 이원지역의 생물다양성 (BBNJ) 에 대한 국제법률문서 채택을 위한 국제적 논의와 접근 및 이익공유 (ABS) 에 관한 분석 및 검토. *강원법학*, 69, 387-421.
60. 한겨레(2023. 3. 5), 유엔, ‘바다 생태 보호’ 국제조약 합의…그린피스 “역사적 합의”
61. Alan D. Hemmings. (2022) The functional exclusion of Least Developed Countries from the Antarctic regime. *The Polar Journal* 12:1, pages 88-107.
62. https://www.mofa.go.kr/www/wpge/m_4005/contents.do
63. 우양호. (2020). 남극 해역의 영유권 분쟁과 국제질서의 방향: 제도, 이익, 패러다임의 충돌. *국제. 지역연구*, 29(1), 1-35.
64. <https://www.korea.kr/archive/expDocView.do?docId=28386>

65. summary of the work of the CEP on Marine Protected Areas 1988-2002
66. 68. 69. 71. 72. 74. The long-term strategy of the United States pathways to Net-zero green house gas emission by 2050(2021.11)
67. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks(2019)
70. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2021. Accelerating Decarbonization of the U.S. Energy System. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25932>.
75. Kaonga, M. (Ed.). (2012). Agroforestry for Biodiversity and Ecosystem Services: Science and Practice. BoD-Books on Demand.
76. 77. 유럽그린딜(European Green Deal)추진동향 및 시사점(2020), KOTRA
78. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en#documents
79. 이정은(2023), 이슈브리프; EU 그린딜 산업계획의 주요 내용, KDB 미래 전략연구소
80. 81. 세계 에너지시장 인사이트 제23-6호(2023)
82. The green deal industrial plan fact sheet(2023)
83. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en
84. 86. KOTRA Global Market Report 23-002, EU 수소 산업정책 및 프로젝트 동향
85. A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe(2020. 7)
87. 88. 89. 영국의 2050 탄소중립 전략 수립 동향, 김창훈(에너지경제연구원)
90. 92. 93. 94. 95. 세계경제 포커스(KIEP, 대외경제정책연구원), 중국의 탄소 중립 정책 주요 내용 및 전망(2022. 1)
91. 박소희, KIET 산업경제 산업포커스, 중국의 '1+N' 탄소중립 전략(2021. 11)
96. 97. 김유정, 조주현(2021.2), 세계원전시장 인사이트; 일본탄소 중립계획과 원자력 기술 개발계획
98. 황명철. (2021). 일본 농축산 분야 탄소중립 대책. 세계농업, 243, 59-82.
99. 신훈영, 박종배. (2021). 국내외 RE100 운영현황 분석 및 국내 RE100 활성화를 위한 방안. 전기학회논문지, 70(11), 1645-1654.
100. 101. 102. 104. RE100 Annual Progress and Insight Report 2020, Climate Group and CDP, 2022. 12.
103. 안상효, 우종률. (2022). 국내 RE100 이행방안의 경제성 비교분석 연구. None, 10(2), 62-71. doi:10.21218/CPR.2022.10.2.062