

2016 한국평화종교학회 추계학술대회

과학과 종교, 그리고 미래평화

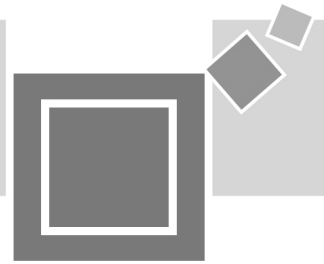
일시 : 2016년 10월 14일(금) 13:30~18:00

장소 : 선문대학교 국제회의실 (본관 606호)

주최 : 한국평화종교학회

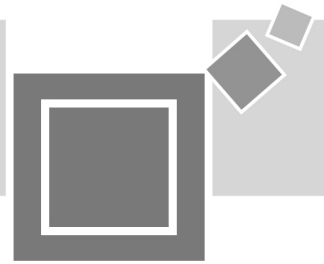
주관 : 선문대학교 문선명연구원

프로그램 일정표

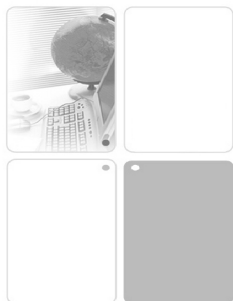


일시	행사내용
13:30-14:00	<ul style="list-style-type: none"> 접수 및 등록 <p style="text-align: right;">• 장소 : 국제회의실 (본관 606호)</p>
14:00-15:00	<ul style="list-style-type: none"> 개회식 및 기조강연 개회선언 환영사 : 황선조 (선문대 총장) 학회장 인사 : 이재영 (한국평화종교학회 회장) 기조강연 : 조성배 (연세대), 인공지능의 실체와 발전 전망 <p style="text-align: right;">■ 사회자 : 주재완 (선문대)</p>
15:20-16:30	<p>분과 1 _ 종교와 미래평화</p> <p style="text-align: right;">■ 사회자 : 이재일 (선문대)</p> <ul style="list-style-type: none"> 발표 : 이상헌 (세종대) 붓다의 시선으로 본 인공지능 진성배 (선문대) 양자역학으로 본 평화의 의미 토론 : 김범진 (서울불교대학원대학교), 임현진 (선학유피대학원대학교)
16:50-18:00	<p>분과 2 _ 과학과 미래평화</p> <p style="text-align: right;">■ 사회자 : 조규성 (한경대)</p> <ul style="list-style-type: none"> 발표 : 윤순진 (서울대) 기후변화와 평화의 상관성과 종교의 역할 박용범 (단국대) 미래평화를 위한 인공지능 토론 : 김정인 (중앙대), 고국원 (선문대)
18:00-18:50	<ul style="list-style-type: none"> 폐회 및 종합토론 <p style="text-align: right;">■ 사회자 : 조규성 (한경대)</p>
18:50	만찬

목 차



■ 개회식 및 기조강연	1
• 기조강연	3
_ 조성배(연세대), 인공지능의 실체와 발전 전망	
■ 분과 1 _ 종교와 미래평화	11
• 발표	13
_ 이상현(세종대), 붓다의 시선으로 본 인공지능	
_ 진성배(선문대), 양자역학으로 본 평화의 의미	
• 토론	31
_ 김범진(서울불교대학원대학교), 임현진(선학유피대학원대학교)	
■ 분과 2 _ 과학과 미래평화	65
• 발표	67
_ 윤순진(서울대), 기후변화와 평화의 상관성과 종교의 역할	
_ 박용범(단국대), 미래평화를 위한 인공지능	
• 토론	97
_ 김정인(중앙대), 고국원(선문대)	



기조강연

기조강연 조성배(연세대)

인공지능의 실체와 발전 전망

인공지능의 실체와 발전 전망

조성배 (연세대)

목 차

- | | |
|---------------|-------------|
| 1. 서론 | 3. 인공지능의 과제 |
| 2. 인공지능의 핵심기술 | 4. 결론 |

1. 서론

인공지능은 상당히 추상적이어서 먼 미래의 일이라고 생각하던 우리 사회에 충격적인 사건이 올 봄 알파고란 이름으로 다가왔다. 20여년간 연구실에서 학생들과 인공지능으로 씨름하면서 한번도 경험해보지 못한 진풍경이 신기할 따름이다. 더군다나 인간 최고수를 제압하는 바둑 프로그램 앞에 굴욕감과 슬픔을 넘어서 인간을 이긴 기계에 공포감마저 느끼는 사회현상에 당혹감을 느낀다. 이번 인공지능 프로그램은 이제까지 인간을 넘어설 수 없을 것 같던 바둑에서 대단한 결과를 낸 것만은 틀림없지만 인간을 이긴 인공지능의 실체에 대해서는 아직까지도 설왕설래하는 실정이다. 이에 인공지능의 핵심기술을 살펴보고 성공적인 활용방안과 주요과제를 살펴보자는 것이 이 글의 취지이다.

인간처럼 감정을 갖고 경험을 통해 지식을 축적하는 인간형 로봇에서부터 대화를 통해 공감대를 형성하거나 두뇌를 복제하여 자의식을 갖는 인공지능에 대한 이야기는 아직 SF영화 속의 이야기라고 치부해 왔는데, 최근에 빌 게이츠나 스티븐 호킹과 같은 사회 지도층 인사들이 약속이나 한 듯이 일제히 인공지능에 대한 우려를 표명하고 있다. 한걸음 더 나아가 미래학자 레이 커즈와일의 경우에는 2045년이면 기계의 지능이 인간의 지능을 뛰어넘는 특이점(singularity)에 도달한다고까지 경고하고 있다. 과연 현실속의 인공지능은 어느 정도 수준일까.

현 시점에서 최고의 인공지능이라고 하면 구글의 알파고를 떠올릴 것이다. 바둑을 인간 최고

수보다 더 잘 두는 프로그램이니 확실히 대단한 인공지능인 것만은 틀림없지만, 일부에서 말하는 것처럼 스스로 학습하여 바둑최고수가 된 것이라고 할 수는 없다. 바둑에서 다음 수를 결정하는 몬테카를로 트리탐색(Monte Carlo Tree Search)을 사용하는 프로그램이란 점에서는 기존 바둑프로그램과 다를 바 없다. 단, 바둑은 다음 수에 대한 경우의 수가 너무 많아서 모두 계산할 수 없기 때문에, 이를 줄이기 위하여 알파고는 착수할 경우의 수를 줄이는 함수와 각 수의 승패를 계산하는 함수를 각각 정책망과 가치망이란 이름의 신경망(neural network)으로 설계하고 많은 양의 기보로부터 딥러닝(deep learning)을 통해 그 최적 함수를 구하는 방법을 사용했다. 여기에 기존 기보이외에도 가상의 게임을 반복하면서 얻은 새로운 기보 데이터까지 활용하는 심층강화학습(deep reinforcement learning)이란 방법도 사용했지만, 결국 바둑게임의 과정을 프로그램한 소프트웨어라고 할 수 있다.

이 이외에도 구글의 자율주행차나 애플의 비서 소프트웨어인 시리, 또 퀴즈대회에 나가서 인간챔피언을 이긴 IBM의 왓슨 등이 현 시점을 대표하는 인공지능 시스템이라고 할 수 있겠다. 이런 소프트웨어가 공포로 다가오는 이유는 뭘까. 이제까지 놀랄만한 결과를 내서 성공했던 인공지능은 모두 적절히 만들어진 소프트웨어와 이를 빠르게 실행시키는 컴퓨터였음을 이해한다면 무지가 가져온 불필요한 혼란이라 하겠다. 먼저 왜 이런 혼란이 일어나는지를 인공지능의 정의와 핵심기술로부터 알아보자.

2. 인공지능의 핵심기술

인공지능은 한마디로 정의하기 어렵다. 지능이란 것 자체가 모호하기 때문에 이를 인공적으로 재현한다는 것이 쉽지 않다. 일반적으로 지능은 외부를 인식하고 추론하며 적응하는 능력이라고 보는데, 인간조차 어떻게 그런 기능을 하는지 명확히 모르는 상태에서 전통적인 환원주의(reductionism)에 입각한 과학적 방법으로는 구현이 어렵기 때문이다. 따라서 이제까지 기계가 지능을 갖고 있는지를 판별하기 위해서는 그 내부의 진위를 따져서가 아니라 결과로 나온 행위가 인간과 구분이 될 수 없을 정도인지를 검사하는 튜링테스트(Turing test)가 제시된 이유이기도 하다.

이제까지 인공지능을 구현하는 기술은 수없이 많이 시도되었지만 방법의 합리성 보다는 그 결과를 접하는 인간이 어떻게 판단하는가에 따라서 평가된다. 이렇게 만든 인공지능이 인간처럼 생각하고 감정을 가지며 심지어 자의식이 있는 것처럼 판단된다면 그때 사용된 기술은 강한

인공지능이라고 할 수 있고, 인간의 사고나 창의력까지는 아니지만 특정 문제를 인간처럼 해결한다면 그때 사용한 기술은 약한 인공지능이라고 할 수 있다. 문제는 그 둘에서 사용된 기술이 다르다고 볼 수 없다는 것이다. 사실 인간도 상대방이 지능이 있는지는 외부에서 보이는 행태로 판별하는 것이지, 그 사람이 실제 지능이 있는지는 모른다는 철학적인 문제가 있다.

이와 같은 인간의 지적 기능을 구현하는 기술은 크게 지식기반 방법론과 데이터기반 방법론으로 대별될 수 있다. 1956년 다트머스 회의에서 인공지능이란 용어가 만들어진 이후로 먼저 시도된 방법은 인식, 추론, 학습과 같은 지적 기능을 모방하기 위해선 이를 보유하고 있는 사람이 해당 영역의 지식을 기호로 표현하여 저장하고, 이를 논리적인 규칙에 입각해서 처리하며 적절히 변경하는 학습을 통해서 문제를 지능적으로 해결하고자 시도한 전자의 방법이었다. 지금도 전문가 시스템이나 논리/탐색기반 문제해결 방법과 같은 형식으로 널리 사용되고 있다.

반면에 데이터기반 방법론은 최근에 기계학습(machine learning)이나 데이터마이닝(data mining)이란 이름으로 널리 사용되고 있는데, 해당 문제의 사례를 데이터로 제공하고 이로부터 연역적으로 지식을 추출하여 문제를 해결하는 것이다. 데이터로부터 연역적으로 모형을 구축하는 것은 전통적인 통계나 확률로 오래 전부터 시도하던 방식이기 때문에 기계학습의 많은 방법들이 이에 기반한 것이 많은데, 통계적인 가정이나 제약을 극복하기 위하여 신경망과 같은 다소 융통성 있는 방법이 시도되고 있다.

물론 이 이외에도 지능이나 의식의 본질을 뇌신경과학이나 인지과학의 범주에서 탐구하는 시도도 있고, 새로운 패러다임으로 양자컴퓨팅(quantum computing)이나 인공생명(artificial life)으로 인공지능을 구현하려는 연구도 있다. 특히 기기의 발전에 힘입어 뇌영상을 고도로 세밀하게 촬영할 수 있게 되면서 뇌과학적으로 두뇌의 기능을 이해하려는 시도도 있으나, 실용적으로 활용할 수 있는 인공지능에 도움을 줄 수 있기까지는 아직 오랜 시간 기다림이 필요할 듯싶다. 이런 관점에서 이제까지 우리가 성공적인 인공지능 기술이라고 알고 있고 앞으로도 산업적으로 널리 사용될만한 것을 정리해보면 다음과 같이 크게 세 가지를 들 수 있다.

첫째는 문제를 해결 공간상에 표현하고 초기점에서부터 해답을 찾아가는 탐색기술이다. 이는 알파고의 인공지능을 구성하는 기본 구조이기도 한데, 무한에 가까운 방대한 공간에서 체계적인 방법으로 해답을 찾는 것이다. 이를 위해서는 해결하고자 하는 문제를 정형화된 공간상에 표현하는 것과 불필요한 탐색을 최소화 하면서 적절한 시간내에 해답을 찾아내는 것이 필요하다. 이 기술은 단순히 게임에서만 유효한 것이 아니라, 복잡한 변수가 포함된 문제에서 의사결

정을 하는 일반적인 문제에 적용될 수 있다. 예를 들면, 다양한 조건에서 환자의 상태와 의학적 지식의 공간상에서 최적의 치료방법을 찾는 것이나, 방대한 법률문서와 판례 상에서 최선의 판단을 내리는 등의 문제에 사용될 수 있다.

둘째는 문제를 해결하는데 필요한 지식과 규칙을 적절하게 표현하고 이들의 추론을 통해서 결과를 도출하는 규칙기반 시스템이다. 이는 전통적인 전문가 시스템을 구현하는 핵심적인 방법으로서, 복잡한 문제도 논리적인 추론과 계획으로 설명이 가능한 결과를 만들어 내는 방법이다. 이를 위해서는 해당 분야의 도메인 지식을 효과적으로 추출하는 것이 필수적인데 일반적으로 매우 어려운 문제이다. 특히 특정 분야의 전문가를 모방하는 시스템은 상대적으로 쉽게 구현할 수 있는데 비해, 소위 상식이라고 알려진 보편적인 지식에 대해서는 처리가 어렵다는 인식이 있었는데, 최근에 이를 해결하는 기술이 실증적으로 시도되면서 심층 Q&A를 수행하는 IBM 왓슨이 완성되기도 하였다. 이 시스템은 저퍼디(Jeopardy!)라는 미국 퀴즈쇼에 나가서 인간 챔피언을 이긴 것으로 유명해졌고, 현재는 암진단과 같은 의료분야에서 활용되고 있다.

셋째는 신경망으로 널리 알려진 기계학습 기술이다. 문제의 사례로부터 주어진 입력에 대한 적절한 출력을 자동으로 결정할 수 있는 방법으로 인공지능 연구의 초기부터 다양한 기법이 시도되어 영상이나 음성인식과 같은 패턴인식의 문제에 널리 사용되고 있다. 그 중에서도 인간의 두뇌를 이루는 기본구조인 뉴런(neuron)을 모방한 신경단위를 대규모로 연결하여 문제를 해결하는 신경망은 모형의 형태를 가정할 필요가 없어서 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있다. 사실 두뇌를 모방하여 자동 학습된다는 식으로 표현되는 경우가 많지만, 실제로는 입력값에 가중치를 매겨서 모두 더한 후 비선형 함수를 통해 출력하는 단순한 계산단위를 대규모로 연결한 것이기 때문에 일반인의 기대와는 사뭇 다르다. 즉, 이런 식으로 구성하고 주어진 데이터에 대한 입출력관계를 표현하는 가중치만 구한다면 문제를 해결하는 것이고, 이를 자동으로 하는 학습방법이 존재한다는 정도이다. 최근에는 노드간의 연결을 상당히 여러 개의 층으로 표현하고 많은 양의 데이터로부터 관계를 학습할 수 있는 딥러닝이 좀더 실용적인 패턴인식의 문제를 해결해줄 것으로 기대하고 있다. 이번 알파고는 12개의 층을 사용했는데 최근 가장 진보한 딥러닝 방법은 150개가 넘는 층을 사용하기도 한다. 물론 신경망의 층이 많아지면 좀더 복잡한 입출력의 관계를 표현할 수는 있지만, 이의 선형적인 진보로 자의식까지 갖춘 인공지능이 실현되리라곤 기대하기 어렵다.

그럼 이 세 방법을 적절히 선택하여 문제를 해결하면 될까. 실제로 최근의 성공적인 인공지

능 시스템을 보면 이 중 어떤 한 기술을 사용했다기보다는 문제의 해결방안을 구조화하고, 여러 가지 기술을 복합적으로 활용하여 솔루션 아키텍처를 구성하는 식이 일반적이다. 앞서 소개한 알파고의 경우에도 전체 구조는 탐색기술을 따르지만 세부적으로 탐색의 가짓수를 줄이는데 신경망기술을 사용하였다. 또, IBM 왓슨의 경우에도 상식수준의 방대한 지식을 체계적으로 표현하는 규칙기반 시스템을 기반으로 정답의 가설을 만들고 이를 효과적으로 줄이는 과정에서 기계학습 방법을 사용하는 등 수백 가지의 인공지능 알고리즘을 복합적으로 사용하였다.

앞으로도 인공지능 기술은 구현하고자 하는 지적 기능의 수준에 따라 기호주의(symbolism)와 연결주의(connectionism)의 통합이나 숙고기반(deliberative)과 행동기반(reactive) 방식의 통합, 또는 상향식 접근법과 하향식 접근법의 통합 등 다양한 형태로 기술이 복합되어 점점 고도화 되는 추세가 되리라 예상된다. 또한, 인공지능 자체의 방법적인 발전과 더불어, 빅데이터와 사물인터넷으로 대표되는 방대한 데이터의 처리기술과 클라우드 컴퓨팅으로 대변되는 대규모 컴퓨팅 자원의 활용기술을 효과적으로 복합하는 방향으로 기술이 발전할 것이다.

3. 인공지능의 과제

세계경제포럼에서는 3차 산업혁명을 기반으로 한 디지털과 물리계, 바이오산업 등의 경계를 융합하는 기술 혁명으로 4차 산업혁명을 정의하고 있다. 4차 산업혁명은 디지털혁명이라는 3차 산업혁명의 기반 위에서 디지털과 바이오 기술 사이의 융합이 핵심이 될 것이다. IoT를 기반으로 물리 세계와 사이버 세계가 연결된 공간에서 쏟아지는 빅데이터를 지능적으로 처리하는 인공지능 소프트웨어가 클라우드 컴퓨팅으로 대변되는 고성능 컴퓨팅 자원의 힘을 빌어 제조업과 인간사회에 대대적인 변혁을 야기할 것이다. 인공지능이 필요에 따라 상황을 해석해가며 스스로 자동 갱신하여 새로운 차원의 산업혁명이 가능하게 된다는 것이다.

이러한 인공지능 기술을 산업계와 사회에서 어떻게 활용하는 것이 바람직할까. 이에 대해서는 크게 단기, 중기, 장기로 생각해볼 수 있다. 먼저 단기적으로는 원래 인간이 잘 하지 못하는 문제, 즉 많은 양의 데이터를 분석해 결론을 내리거나 판단하는 문제에 지치지 않고 편견이 없는 인공지능 기술을 적극적으로 활용하는 것이다. 예를 들면, 의학 분야의 치료, 법률상담, 기후예측, 교통제어, 금융투자 등에서 인간의 의사결정을 돕는 방향으로 활용할 수 있을 것이다. 이때 생명이나 재산과 같은 민감한 사안이 걸린 문제에서 지나치게 의존하지 않도록 하는 장치를 마련하는 것이 필요할 것이다.

중기적으로는 출산율 저하와 고령화에 따른 생산가능 인구의 감소문제를 해결하는 생산성 향상의 도구로 활용하는 것이다. 일각에서는 인공지능으로 인한 일자리 감소문제를 심각하게 고민하고 있지만, 사실 그 이전에 이미 현대사회에 만연해 있는 노동인구나 사회복지인구의 부족이 더 심각한 현실이다. 새로운 일자리를 창출하기 위한 기존 인력의 재교육과 더불어, 부족한 노동력을 인공지능의 자동화로 해결할 가능성에 주목할 필요가 있다. 이로 인해 줄어드는 노동시간과 고용구조의 변화, 그리고 인공지능으로 대체 불가능한 분야의 노동가치 상승은 여가시간을 증대시켜 새로운 라이프 스타일을 가능케 할 것이다.

장기적으로는 핵가족화, 일인가족화에 따른 고독감이나 소외감과 같은 사회문제를 해결하는 동반자로 활용하는 것이다. 이미 일본이나 구미 선진국에서는 실버세대의 심리적 안정을 위해 인공지능이 탑재된 로봇을 개발하고 있다. 효율성이나 생산성을 넘어서서 인간과 교감하면서 인류에게 도움을 주는 방향으로 활용하자는 것이다. 인간화된 지능기술을 적극적으로 활용하여 가상비서나 가상벗과 같은 인공지능 시스템이 사회의 구성원이 되어 건전한 사회를 형성하는 동반자가 될 것이라 기대된다. 결국 편의성과 효율성 증대를 통하여 인간 삶의 질을 높이는 데 일조할 것이다.

IDC, 트랙티카, 맥킨지 등은 세계 인공지능 시장이 급속도로 증가할 것으로 전망하고 있다. IDC는 세계 인공지능 시장 규모를 2017년 약 6,650억불 수준으로 예상하고, 트랙티카는 기업용 인공지능 시스템 시장이 2015년 2억불 수준에서 2024년 111억불 규모로 연 평균 56.1% 급성장할 것으로 예측하고 있다. 또한, 맥킨지는 2025년 인공지능을 통한 지식노동 자동화의 파급효과가 연간 5조 2000억불에서 6조 7000억불에 달할 것으로 예상하고 있다. 이와 같이 여러 기관에서 인공지능 시장의 폭발적인 증가를 예상하고 있는 시점에서, 고령화와 함께 저성장의 늪에 빠져있는 우리 사회의 경쟁력을 키우기 위해서는 어떻게 해야 할지 생각해보자.

첫째, 우수한 인재들이 인공지능이라는 분야에 눈을 떠서 참신한 아이디어를 창출하고 결과를 만들기 위한 스타트업에 도전해보면 좋겠다. 인공지능은 기술의 성격상 아이디어만 있으면 대규모 투자가 아니더라도 결과를 낼 수 있음을 딥마인드의 사례로부터 잘 알 수 있다. 10여명의 의욕적인 천재들이 모여 재미있고 도전적인 인공지능의 주제를 탐구하여 기술을 쌓고 구글로부터 큰 규모의 투자를 받아 실제 난제를 해결한 것이다. 특히 잘 알려진 두 방법을 그렇게 사용해서 불가능할 것처럼 보인 무한공간에서의 의사결정 문제를 실제로 해결한 것은 되새겨 볼만하다.

둘째, 대기업을 포함한 기업도 모든 기술을 자체 개발하려고 하기 보다는, 핵심기술을 보유한 스타트업의 적극적인 M&A를 통해서 빠른 시간내에 필요한 기술을 확보하는 것이 경쟁력을 키우는 길이라 본다. 또한, 공개소프트웨어 정신을 잘 활용하여 폐쇄적인 시각에서 벗어나, 기술 플랫폼을 공개하여 이를 통한 우수 인재를 훈련시키고 흡수할 수 있는 전략이 필요하다. 최근 애플, 구글, 마이크로소프트 등의 글로벌 IT기업들이 오픈소스로 공개하는 것은 인공지능처럼 어려운 기술의 발전은 독자적인 노력만으론 한계가 있다고 보기 때문이다.

셋째, 정부는 이러한 유기적인 기술개발과 상업화가 활성화될 수 있는 법적/제도적 체제를 확립하여 인공지능 기술개발과 상업화가 활발하게 이루어지는 유기적인 산업생태계를 조성하는데 힘쓸 필요가 있다. 인공지능 기술 개발과 연구의 전반을 직접 끌고나가기 보다는 민간이 주도하기 어려운 표준 데이터베이스의 확보나 대용량 컴퓨팅 자원의 효과적인 지원책을 마련하는 것이 도움이 될 것이다. 특히, 고가의 슈퍼컴퓨터를 보유할 수 없는 기업이나 스타트업도 비교적 저렴한 비용으로 인공지능을 개발할 수 있는 컴퓨팅 자원을 사용할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

마지막으로 대학과 연구기관에서는 인공지능을 이해하고 잘 다룰 수 있도록 기초소양을 키우는 한편, 해당분야의 핵심기술을 확보하고 개발하는 전문 인력을 배출하여야 할 것이다. 특히, 인공지능 시대에는 어떤 분야든 소프트웨어를 다루는 기술과 데이터를 분석하는 기술이 필수적인 소양이 될 것이기 때문에, 이에 대한 체계적인 교육과 인재양성이 필요하다. 세계적으로 소프트웨어의 교육을 필수화하여 수학이나 과학처럼 어려서부터 문제해결 능력을 키우는 기본 교과목으로 하려는 시도가 활발하다. 전통적인 교과목의 틀에 얽매인단든지 입시와 연동한 획일적인 교육에 그치지 말고, 4차 산업혁명 시대의 주역이 되기 위한 필수교양으로서 소프트웨어 교육이 이루어질 필요가 있다.

4. 결론

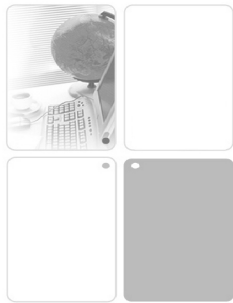
최근 불고 있는 인공지능의 열풍에 냉소적인 사람도 있는 듯하다. 혹자는 인터넷 상의 번역 프로그램의 한심한 번역에 실망하여 인공지능의 가능성 자체를 부정하기도 한다. 보통 인간이 쉽게 하는 상식적인 대처나 행동에는 많은 계산이 필요하고, 인간이 하기 어렵다는 복잡한 추론이나 의사결정은 상대적으로 적은 계산으로 가능하다는 모라벡의 역설(Moravec's paradox)에 주목할 필요가 있다. 인간이 진화과정에서 오랜 시간 걸려 습득한 것은 무의식적으로 별다

른 노력없이 할 수 있지만 인공적으로 구현하기는 어렵다는 것이다. 바둑과 같은 게임은 인간의 진화과정에서 보면 상대적으로 최근에 습득한 기능이기 때문에 비교적 쉽게 구현했지만, 오히려 인간은 쉽게 하는 얼굴인식이나 의도파악, 목표설정과 같은 기능은 인공적으로 구현하기 어렵다. 언어가 인간의 진화과정에서 꽤 오래 걸려 습득한 기능임을 환기한다면 왜 인공지능 번역프로그램이 아직 만족스럽지 못한지 이해할 수 있을 것이다.

이와 같은 어려움을 극복하려고 인공지능을 실현하기 위한 수많은 방법들이 고안되어, 일부는 인간수준에 육박하는 것도 있고 일부는 여전히 장난감 문제에서 시험 중인 것도 있다. 다만 최근 하드웨어와 빅데이터의 괄목할만한 발전에 힘입어 인공지능 기술의 발전도 가속화되리라는 건 쉽게 예상할 수 있다. 앞으로도 이러한 발전으로 우리의 일상생활과 산업분야 깊숙이 인공지능이 침투하여 궁극적으로는 현재 인간이 수행하는 많은 일과 직업을 대체하게 될 것이다. 자동화가 인간의 직업을 대체하는 건 18세기 산업혁명 이후 꾸준히 진행된 일이다. 지금 객관식 시험 답안을 채점하고 주차관리를 하는 것도 모두 인공지능이다. 그래서 우리는 인공지능에게 위협을 당하는가? 어차피 인공지능도 결국 인간이 만든 도구에 불과하다. 그 도구를 어떻게 사용할 것인지에 대해서는 보다 심도있는 논의가 필요하지만, 지금 우선 해야 할 일은 인간의 삶이 더욱 행복하고 풍요롭게 되기 위해서 보다 강력한 인공지능 기술을 만들어내는 것이라 생각한다.

하지만 인공지능 기술은 단시일 내에 기술적/사업적인 성과를 올리기 어렵기 때문에, 장기적으로 체계적인 지원과 노력이 지속되어야 하는 분야이다. 최근에 발표되고 있는 인공지능 기술의 성공사례로부터 기업과 정부에서도 관심을 갖고 투자를 계획하고 있는데, 이것이 단발적인 해프닝으로 끝나지 않기 위해서는 중장기적인 관점에서 인력을 양성하고 지속적인 지원을 할 필요가 있다. 인공지능에 대한 사회적 공감대를 바탕으로 우수한 인재들이 아이디어를 내고 지능 서비스를 출시하여 글로벌 경쟁을 하면서 새로운 부가가치를 창출하는데 인공지능 기술이 지렛대 역할을 할 것이다.

마지막으로 우리 사회에 대해서는 이제까지 최선이라고 믿었던 직관이나 통찰이 어찌면 최적이지 아닐 수도 있다면 중요한 가치판단에 좀 더 신중할 필요가 있겠다. 그런 의미에서 인간이 감당할 수 없는 방대한 자료로부터 직관보다 나은 대안을 선택할 수 있는 도구로 인공지능을 바라보는 계기가 되었으면 한다. 인공지능과 공생하게 될 미래는 생각보다 가까이 있으며, 막연한 공포감 보다는 인간에게 편의를 제공하는 벼으로 인식하는 계기가 되었으면 한다.



분과 1_ 종교와 미래평화

발 표 이상헌(세종대)

붓다의 시선으로 본 인공지능

진성배(선문대)

양자역학으로 본 평화의 의미

토 론 김범진(서울불교대학원대학교)

임현진(선학유피대학원대학교)

봇다의 시선으로 본 인공지능

이상현 (세종대)

목 차

- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| I. 인공지능의 역사 | III. 인공지능과 불교적 관점 |
| II. 인공지능에 대한 기대와 전망 | IV. '인간의 얼굴을 한 인공지능'은 가능한가? |

최근 인간의 미래와 관련하여 가장 뜨거운 쟁점 가운데 하나가 인공지능이다. 인간과의 바둑 대결에서 승리한 알파고로 인해 대중적 관심이 높아지기는 했지만, 그 이전에도 인공지능이 빠른 속도로 발전을 거듭하며 미래 사회 변화의 기술적 핵심으로 부상하고 있었다. 인공지능은 분명 인류의 미래를 현격하게 변화시킬 것이다. 최근 혁신적인 학습 알고리즘이 등장하면서 인공지능의 활용 영역이 확대되고 활용도가 높아지고 있는데, 대중의 첫 번째 관심은 인공지능이 우리의 일자리를 빼앗지 않을까 하는 것인 듯하다. 최근 IBM의 슈퍼 컴퓨터 왓슨이 의료 분야, 법률 분야, 금융 분야 등 다양한 분야로 진출하면서 인간 전문가의 능력을 상회하는 활약을 보여주고 있어 대중들을 더욱 긴장하게 하고 있다.

인공지능에 대한 두려움은 이미 오래 전부터 대중문화를 통해 표현되어 왔다. SF 소설 또는 영화, 특히 할리우드 영화에서 묘사되는 인공지능은 일차적으로 호기심과 두려움의 대상이다. 발달된 인공지능이 바꿔 놓을 삶의 환경을 호기심 있게 묘사하고, 새로운 지능이 인간에게 얼마나 위협적이며, 얼마나 위험한 것일 수 있는지를 보여준다. 서양인들은 기계에 대한 두려움을 19세기 초반에 러다이트 운동을 통해 표현한 바 있다. 반면에 일본 애니메이션에서 발견하는 인공지능(로봇)은 인간과 우호적인 존재이거나 인간의 이익에 기여하는 존재이다. 거기서 약한 것은 오히려 인간이다. 이제부터 인공지능에 대한 우리의 관심을 몇 가지로 나눠 살펴보고, 인공지능을 불교적 관점에서 어떻게 이해할 수 있을지 살펴보고 싶다.

I. 인공지능의 역사

인공지능 연구의 서막은 영국의 수학자 튜링(Alan Turing)에 의해 시작되었다고 할 수 있다. 튜링은 오늘날 컴퓨터의 기본 구조인 프로그램 내장형 컴퓨터의 개념을 언급했다. 1948년에 발표한 “지능을 가진 기계”라는 논문에서 튜링 기계라는 가상 기계를 소개하였는데, 보편 튜링 기계는 다름 아니라 프로그램 내장형 컴퓨터였다. 기억 장치에 컴퓨터의 명령이나 데이터를 모두 저장하는 프로그램 내장형 컴퓨터는 헝가리 태생의 미국 수학자 폰 노이만(John von Neumann)에 의해서도 제안되었다. 노이만은 세계 최초의 전자식 계산기인 에니악의 단점을 보완하기 위해 프로그램 내장 방식을 제안했다. 튜링은 또한 기계가 지능을 가졌는지 아닌지를 판단하는 방법으로 튜링 테스트를 제안하기도 하였다. 1950년에 발표한 “계산 기계와 지능”이라는 논문에서 제안한 튜링 테스트는 그후 인공지능이 인간에 버금가는 수준에 이르렀는지를 가늠하는 중요한 목표가 되었다.

1956년은 인공지능과 관련하여 역사적인 해였다. 미국 다트머스대학의 수학과 교수 존 매카시가 기계의 지능에 관심 있는 일군의 학자들을 초청하여 ‘인공지능에 관한 다트머스 여름 연구 프로젝트’라는 학술 모임을 개최하였다. 이 모임에는 마빈 민스키와 허버트 사이먼 등 당시 인공지능 및 컴퓨터 과학 분야에서 쟁쟁한 학자들이 모두 모였다. 이 모임은 인공지능에 대한 합의된 결론에 도달하지는 못했지만 민스키 등에 의해 인공지능이라는 새로운 학문 영역이 탄생했다. 이들은 사람의 사고 과정이 컴퓨터의 정보처리 과정과 유사하다는 가정 하에 인간의 지능을 인공적으로 구현하는 것을 목표로 했다. 1957년 프랭크 로젠블랫은 뇌의 작동 방식을 모방한 컴퓨터 구조인 신경망을 최초로 실현한 퍼셉트론을 발표했다. 로젠블랫의 신경망은 민스키 등의 인공지능과 달리 인간의 뇌를 닮은 컴퓨터를 목표로 한다. 신경망은 인간의 뇌처럼 뉴런들의 상호 연결을 통해 병렬적으로 정보를 처리하고 학습 능력이 있다. 민스키 등의 인공지능과 로젠블랫 등의 신경망을 구분하기 위해 전자를 계산주의, 후자를 연결주의라고 부른다.

1980년 대 초에 전문가 시스템의 인기는 인공지능 연구를 다시 한번 촉진하는 계기가 되었다. 전문가 시스템은 방대한 양의 전문 분야 지식을 저장하고 추론을 통해 해당 전문 분야의 전문가의 역할을 하는 시스템이다. 1970년대 초에 미국의 스탠포드대학에서 개발한 마이신(MYCIN)은 전염성 혈액 질환 환자를 진단하고 항생 물질을 처방하는 전문가 시스템인데, 69%의 확률로 적합한 처방을 했다. 전문가 시스템의 인기는 대단해서 1980년대에 미국 대기업의

2/3가 업무에 인공지능을 이용했다. 전문가 시스템은 계산주의 모델에 따른 컴퓨터이다.

신경망 연구는 전문가 시스템의 한계에 대한 인식이 확산되면서 조금씩 연구가 확대되었다. 전문가 시스템은 아무리 방대한 양의 지식을 수용하고 있어도 입력된 지식 이상의 것은 전혀 할 수 없었다. 컴퓨터에게도 학습하는 능력이 필요하다고 생각한 연구자들은 기계학습(machine learning)이라는 기술을 발전시켜왔다. 인터넷의 발전은 자연언어 처리와 기계학습 연구에 좋은 기회를 제공했다.

21세기에 들어와 기계학습 분야에 전기가 마련되었다. 2006년에 캐나다 토론토대학교 컴퓨터과학자인 제프리 힌튼이 심층신경망(DNN)이라는 딥러닝(Deep Learning) 기술을 개발했기 때문이다. 2012년 세계적인 이미지 인식 경연대회인 ILSVRC에서 처음 참가한 토론토대학의 슈퍼비전이 도쿄대학, 옥스퍼드대학, 독일의 예나대학, 제록스 등 유명 연구기관에서 개발한 인공지능 프로그램들을 모두 누르고 압도적인 차이를 보여주며 우승을 차지했다. 이 경연대회는 어떤 이미지를 보고 그것이 동물인지 식물인지, 고양이인지 개인지, 요트인지 여객선인지 등을 판별하는 게임이다. 세계 최고의 인공지능이 26% 대의 에러율을 보였는데, 슈퍼비전은 15% 대의 에러율을 보였다. 슈퍼비전은 힌튼이 개발한 딥러닝 기술을 채용해 제작된 것이었다. 딥러닝은 데이터를 바탕으로 컴퓨터가 스스로 특징을 찾아내는 것으로, 인간이 설계한 특징을 학습하는 기계학습에서 한 걸음 더 나아간 것이다.

이제 딥러닝은 인공지능(계산주의와 연결주의를 모두 아우르는 넓은 의미)의 대세로 자리잡고 있다. 구글의 딥러닝 프로젝트인 구글 브레인(Google Brain)은 2012년에 컴퓨터가 스스로 고양이를 식별하도록 학습시키는 데 성공했다. 페이스북의 딥러닝 기술인 딥 페이스(Deep Face)가 사람의 얼굴을 인식하는 정확도는 97.25%이다. 딥러닝 기술로 개발된 앱인 구글 포토(Google Photos)는 스마트폰 속의 사진들을 자동 분류한다. 딥러닝 기술로 개발된 구글의 인공지능 알파고(AlphaGo)는 바둑 실력에서 인간을 뛰어넘은 것처럼 보인다.

Ⅱ. 인공지능에 대한 기대와 전망

1. 인공지능은 어디까지 발전할까?

부분적으로 인간의 특정한 능력을 증가하는 인공지능이 등장하기는 했지만 아직 인공지능이 인간의 능력을 전반적으로 흉내 내지는 못하고 있다. 그래도 지금까지의 성과와 최근의 추세에 힘을 얻어 인간의 능력에 육박하는, 아니 능가하기까지 하는 인공지능이 출현할 것이라는 주장이 힘을 얻고 있다. 인간의 지능은 단순히 계산 능력과 기억 능력, 판단 능력 이외에도 창의력, 상식추론 능력, 사회적 직관능력, 공감능력, 정서 능력 등 그 폭이 넓고 깊은데, 영국의 미래학자이자 철학자인 닉 보스트롬은 머지않은 미래에 인간의 지능을 전반적으로 흉내 낼 수 있는 일반 인공지능(general AI)이 등장할 것이라고 예견한다.

일반 인공지능의 등장은 사람처럼 말하고, 생각하고, 행동하는 인공지능의 등장을 의미한다. 일반 인공지능의 출현은 상상처럼 쉽지 않을 전망이다. 영화 <바이센테니얼맨>에 등장하는 안드로이드 로봇 앤드류 정도면 일반 인공지능에 가까울까? 앤드류는 지능과 창의성을 지니고 있고 감성도 지니고 있다. 하지만 <스타 트렉>의 데이터와 같은 정보처리 능력을 갖추고 있지 않다. 영화 <채피>의 주인공 휴머노이드 로봇 채피는 인간의 감정을 흉내 내고 고민하는 행동도 하지만 창의성이나 과학적 탐구 능력, 고도의 정보처리 능력 등을 보여주지는 못했던 것 같다. 그러니 일반 인공지능이 아직도 얼마나 먼 길인지는 짐작할 수 있을 것이다.

2006년 개최된 “다트머스 인공지능대회: 그후 50년”에서 참석자들을 대상으로 인공지능의 실현 가능성에 대해 설문조사가 이루어졌다. 다트머스 회의 100주년이 되는 2056년까지 인공지능이 실현될 것이라는 응답자가 18%였다. 2056년이 조금 지나 실현될 것이라는 답변이 41%였다. 합하면 조사대상 전문가의 59%가 인공지능이 50년 내에 인공지능이 실현된다고 예상한 것이다.

2. 인간을 뛰어넘는 초지능이 출현할까?

일반 인공지능의 등장은 초지능(superintelligence)의 등장에 대한 예고가 될 것이다. 초지능은 “과학적 창의성, 일반적 지혜, 사회적 기능 등 실제적인 모든 영역에서 최고의 인간 두뇌를 크게 능가하는 지능을 말한다.”(닉 보스트롬) 커즈와일은 초지능의 출현을 인간 수준의 인공

지능만 등장한다면 얼마든지 가능한 일이라고 본다. 인간 수준의 인공지능으로부터 초지능으로의 진화는 어렵지 않다는 것이다. 인간과 다른 인공지능의 특성들 때문이다. 인공지능들은 쉽게 지식을 공유한다. 인간은 지식이나 기술을 타인과 쉽게 공유하기 어렵다. 고된 노력을 요하는 학습과 훈련의 시간이 상당히 필요하다. 하지만 기계는 쉽게 지식이나 기능을 이전하고 공유할 수 있다. 그리고 기계는 인간과 달리 쉽게 자원을 공유한다. 사람이 여럿 모이면 한 사람보다 더 나은 능력을 발휘할 수는 있지만 여러 사람의 두뇌 능력이 더해져서 사람의 수만큼 능력이 커지는 것은 아니다. 하지만 기계들은 여러 대가 모이면 그 능력이 더해진다. 전 세계 수 천 만대의 PC를 하나로 묶으면 엄청난 성능의 슈퍼컴퓨터처럼 활용될 수 있다.

인간 수준의 인공지능에서 초지능으로의 진화는 현재 상태에서 인간 수준의 인공지능으로의 진화에 비해 훨씬 빠른 속도로 진행될 것이다. 인간 수준의 인공지능으로의 출현으로 가는 길에서 중요한 것 가운데 하나가 하드웨어의 발전이다. 현재까지 하드웨어는 마이크로칩이 개발된 이후 무어의 법칙에 따라 놀라운 속도로 발전했지만, 인간의 수준에 근접하는 인공지능의 등장을 위해서는 지금의 하드웨어 성과와는 비교조차 할 수 없는 높은 수준의 하드웨어 성능이 요구된다. 이를 가능하게 하는 것이 나노기술일 것이다. 이른바 강한 인공지능을 구현할 수 있는 하드웨어는 나노기술을 통해 만들어질 것이다. 컴퓨터 칩을 예로 들면, 나노칩은 현재의 마이크로칩에 비교하면 동일한 평면에서 100만배의 집적도를 달성할 수 있다. 단순하게 말하면, 나노칩을 장착한 컴퓨터는 마이크로칩을 장착한 컴퓨터보다 100만배 이상의 성능을 보여줄 것이다. 소프트웨어 측면에서도 마찬가지이다. 커즈와일은 “나노봇들이 뇌 기능을 고해상도로 스캔하여 완벽하게 역분석을 마쳤을 때, 강한 인공지능에 걸맞는 소프트웨어가 탄생할 것”이라고 말한다.

이 문제와 관련하여 커즈와일은 두 가지 시나리오를 언급한다. 나노기술의 성공으로 나노컴퓨터가 등장하고 그것을 토대로 강한 인공지능이 등장하는 시나리오가 그 하나이다. 또 하나의 시나리오는 강한 인공지능이 성공을 거두고, 그리하여 여러 가지 난점들을 극복하고 나노기술이 전면적으로 발전한다는 것이다. 커즈와일은 이 두 가지 시나리오 가운데 분자 나노기술이 먼저 성공을 거두어 강한 인공지능을 가능케 할 것으로 보고 있다.

강한 인공지능이 단 하나라도 등장하면, 그것은 곧 수많은 강한 인공지능들을 낳을 것이다. 강한 인공지능들은 스스로의 설계를 터득하고 스스로 개량함으로써 원래의 자신보다 더 나은 인공지능으로 진화할 것이기 때문이다. 이와 같은 진화의 주기는 무한히 반복될 것이며, 한 주

기를 거듭할 때마다 이전보다 더 나은 인공지능이 탄생할 것이다. 그리고 그 한 주기에 소요되는 시간도 더 짧아질 것이다. 강한 인공지능의 등장은 이런 식으로 하여 지능 폭발(intelligence explosion)을 가져올 것이다. 그리고 지능 폭발을 통해 마침내 초지능이 탄생할 것이다. 학습력, 이해력, 판단력, 창의성, 사회적 지능, 일반 지혜, 정서 등 모든 면에서 인간을 월등하게 능가하는 인공지능이 출현할 것이다. 그리고 초지능은 더 나은 초지능으로 거듭 진화할 것이다.

3. 초지능은 희망일까 절망일까?

초지능의 등장은 이 세상을 상상할 수 없을 만큼 바꾸어 놓을지 모른다. 그것이 긍정적인 모습일지 부정적인 모습일지는 모르겠다. 초지능이 등장하면, 이론적으로 가능하다고 생각했던 모든 기술들이 빠른 시간 안에 현실화될 것이다. 예컨대, 분자 제조, 나노의학 기술, 인간능력 향상 기술들, 실제 같은 가상현실, 우주 식민지 건설용 자기복제 로봇 등 정상 나노기술에 속하는 모든 기술들이 실현될 것이다. 그뿐이 아니다. 계획을 세우고 전략을 수립하는 작업과 철학적 문제를 해결하는 작업 등 아주 어렵고 복잡한 문제에서도 놀라운 능력을 보여줄 것이다.

긍정적으로 작동된다면, “초지능은 우리가 지적, 감정적 능력을 좀더 넓게 펼칠 기회를 만들어 줄 것이다. 굉장히 멋진 경험으로 가득한 세상을 만들도록 도와줄 것이며, 그 속에서 우리는 즐거운 게임을 즐기고, 남들과 교류하고, 경험을 쌓고, 자아를 성장시키고, 꿈에 가깝게 살아갈 것이다.” 닉 보스트롬의 이 말처럼만 된다면, 초지능은 인류에게 유토피아로 가는 길을 열어 줄 것이다.

그러나 이런 기대는 지나치게 낙관적이다. 거꾸로 초지능이 악한 태도를 지녔을 수도 있지 않을까? 그렇게 된다면, 초지능은 인류에게 더 없는 재앙이 될 것이다. 그래서 보스트롬은 인공 일반지능을 설계할 때, 우리가 만들어 넣는 초기 조건의 중요성을 언급한다. 인공지능을 어떻게 인간 친화적인 것으로 만들 것인가 하는 것이 중요한 과제라고 말한다. 이 문제는 자율형 인공지능의 실현이 구체화되면서 기계윤리(machine ethics)라는 새로운 학문 분야를 통해서도 연구되고 있다. 기계윤리는 인공지능이 윤리적 행동을 하도록 만드는 과제가 인공지능 연구에 포함된 것이다. 현재 인공지능을 구현하는 방식은 다양하지만, 어떤 방식이든 프로그램 안에, 마치 우리로 하여금 도덕적인 행동을 인식하고 도덕적으로 행동하게 만드는 도덕법칙 혹은 도덕규범 같은 그런 프로그램을 심어 놓을 필요가 있다. 자율적으로 상황을 판단하고 행동을 결정하는 인공지능에게는 이것이 반드시 필요하기 때문이다. 따라서 인공지능 혹은 로봇의 행

동을 규제하는 윤리적 행동 규칙을 어떤 방식으로, 어떤 원리에 따라 구현할 것인지를 연구하는 분야로 기계윤리가 등장했다. 인공지능의 행동을 규제하는 규범적 모델로 덕윤리, 공리주의, 칸트의 의무론, 황금율에 의한 가치체계 등이 다양하게 거론되고 있다.

Ⅲ. 인공지능과 불교적 관점

1. 인공지능이 인간을 지배하는 날이 올까?

인공지능과 관련하여 사람들이 갖는 가장 큰 두려움은 인간에 반기를 드는 인공지능에 대한 상상에서 비롯한다. 미래에 고도로 진화된 인공지능 혹은 로봇이 인간에 저항하고 인간에 맞서 싸우려 든다면, 그때 우리는 인공지능 혹은 로봇의 지배 아래 들어가게 되지 않을까 하는 두려움이 사람들에게는 있다. 이런 두려움은 SF 소설이나 영화에서 주로 소재로 다룬 것이다.

미국의 로봇공학자 한스 모라벡은 『로봇』(1999)이라는 책에서 2050년 이후 지구의 주인이 인류에서 인공지능 로봇으로 바뀌게 될 것이라고 주장했으며, 영국의 로봇공학자 케빈 워릭도 『로봇의 행진』(1997)이라는 책에서 21세기 지구의 주인은 로봇이 될 것이라고 단언한 바 있다. 그는 2050년 기계가 인간보다 더 똑똑해져서 인류의 삶은 기계에 의해 통제될 것이라고 예측했다. 많은 SF 영화들이 이런 디스토피아적 상상 위에서 제작되었다.

하지만 이런 상상은 쉽게 실현될 것 같지 않다. 인공지능이 정말 가능하다고 생각할 증거가 없다. 그리고 아무리 인공지능이 똑똑해지고, 인간의 지능을 압도적으로 뛰어넘는다고 해도 인공지능은 인간의 도구에 불과할 것이다. 로봇이라는 단어를 처음 사용한 체코슬로바키아 출신의 극작가 카렐 차페크가 『로섬의 만능로봇』에서 보여준 통찰이 의미 있어 보인다. 차페크는 로봇이 감정을 가질 때 인간에게 반기를 들 수 있다고 말한다. 로봇이 인간보다 지능이 더 뛰어나다고 해서 로봇이 인간을 지배하는 일은 없을 것이다.

인공지능이 감정과 의지를 갖게 되어, 스스로 무언가를 욕망하고 탐낼 때 문제가 생길 것이다. 그런데 인공지능에게 무엇이 아쉬운 것이 있을까? 인간은 기본적으로 신체를 가진 존재이므로, 다시 말해 생물학적인 존재이므로 끊임없이 결핍을 느끼지만 인공지능은 신체가 없지 않나? 오히려 문제는 인간이다. 막강한 인공지능의 능력을 인간이 어떻게 사용하는지, 어떤

인간이 사용하는지, 이런 것들이 문제일 것이다. 감정을 느낄 수 없고, 아무런 욕망도 없는 무심한 인공지능은 그 자체로는 해가 될 것이 없다.

구글의 연구자 중에 한 사람인 모하메드 타리피(Mohamad Tarifi) 박사는 인공지능에 대한 대중의 두려움에 대해 흥미로운 해석을 내놓았다. 그는 인공지능은 두려움을 모르기 때문에 우리 인간을 공격하거나 하는 일이 없을 것이라고 주장한다. 인공지능은 인간의 신체와 유사한 물질적인 기반을 가지고 있지 않다. 인공지능도 신체를 가질 수는 있지만 그것은 인간의 신체와는 판이한 것이다. 인간에게는 뇌가 있고, 두려움을 느끼는 중추로 편도체가 있는데, 인공지능에게는 그런 것이 없다. 다시 말해, 인공지능은 두려움을 모른다는 것이다. 인공지능이 인간을 두려워하지 않는데, 인간을 물리치려고 할 까닭이 없지 않을까? 타리피에 따르면, 두려움은 인간의 모든 고통의 원인인 분리에 대한 착각인데, 인공지능은 연결되어 있는 모든 것과 하나로 되기 마련이며, 그리하여 다른 것을 파괴하기보다는 도움을 주기를 원할 것이다. 타리피는 인공지능에 대한 우리의 두려움을 사람들 각자의 자기 스스로의 이기적 경향에 대한 두려움이라고 지적한다. 인간이 그렇게 느끼고, 생각하고, 욕망한다고 해서 인공지능도 그럴 것이라고 생각하는 것은 이치에 맞지 않는다고 타리피는 주장한다. 인간 지능과 인공지능은 현저하게 다르기 때문이다.

2. 인공지능이 불성을 지닐 수 있는가?

스탠리 큐브릭 감독의 SF 영화 <2001: 스페이스 오디세이>(1968)에 등장하는 인공지능 컴퓨터 HAL9000은 마치 감정과 삶에 대한 욕망을 지닌 것처럼 묘사되어 있다. HAL9000의 전원을 끄려는 주인공 데이브를 설득하기 위한 말 속에서 그런 짐작을 할 수 있다. “두려워. 나는 두려워, 데이브. 데이브, 내 마음이 사라지고 있어. 난 느낄 수 있어. 느낄 수 있다고. 내 마음이 사라지고 있어. 의문의 여지가 없어. 난 느낄 수 있어. 난 느낄 수 있어. 난 느낄 수 있다고. 난... 두려워.” 영화 <바이센테니얼 맨>에 등장하는 로봇인 앤드류는 주인집 딸을 사랑하게 된다. 인간의 상상력은 로봇이 지능을 가질 뿐만 아니라 감정이나 욕망을 가질 수 있는 날이 올 것이라고 상상한다. 그도 그럴 것이 로봇은 인간을 본떠서 만들어낸 인간의 상상력의 산물이기 때문일 것이다. 그리고 우리나라 영화인 <인류멸망보고서>(2012)에서는 불심을 얻고 도를 깨우친 로봇이 등장한다. 과연 그런 일이 일어날 수 있을까?

영화 <인류멸망보고서>의 두 번째 에피소드에 등장하는 로봇 RU-4는 단순히 지능을 가지고

있는데 그치지 않고, 깨달음에 단계에 도달한 것으로 묘사된다. 이 로봇은 사찰의 가이드 로봇으로 도입되었지만 어찌된 영문인지 각성한 듯한 행동과 말을 보여주고, 사찰의 스님들은 로봇에게 범명까지 붙여준다. RU-4, 곧 인명 스님은 자신을 고장난 로봇으로 판단하고 해체하려는 제작사에 맞서 법을 설파한다. 영화의 마지막 장면은 다소 충격적이다. 인명 스님이라 불리는 RU-4이 부처님 불상 앞에 엎드려 “나는 어디서 나서 어디로 가는 겁니까?”, “나는 무엇입니까?”라는 질문을 여러 차례 반복한다. 그리고 나서 좌선하는 자세로 스스로 모든 회로를 정지시키고 죽음을 맞이한다. 주위의 스님들은 “인명께서 열반에 드셨습니다.”라고 외친다.

로봇이 범문을 외우고 그것으로 사람과 대화를 한다면, 사람들의 질문에 범문으로 적합한 답변을 하고 깨달음의 경지를 설명한다면, 우리는 그런 일을 어떻게 이해해야 할까? 세 가지 가능성이 바로 머리에 떠오른다.

하나는 거의 모든 범문을 저장한 강력한 데이터베이스와 범문들 사이, 그리고 일반적인 질문들과 범문 사이의 상호 관계에 대한 규칙들의 집합을 활용하고 있다고 가정하는 것이다. 이것은 서얼의 중국어방 논변에 등장하는 컴퓨터와 유사한 기능을 RU-4가 가지고 있다고 상상하는 것이다.

또 하나는 창발적인 행동으로 설명하는 것이다. RU-4가 어떤 이유에서인지 모르지만 그의 데이터베이스에 담긴 정보들 사이의 분류와 정리, 조직화의 과정에서 마치 각성한 사람처럼 말하고 행동하는 능력이 생겨났다고 보는 것이다. 가능성이 매우 희박하지만, RU-4에게 마음이 창발적으로 생겼으며, 그 마음이 수행을 통해 깨달음의 경지에 도달했다고 해석할 수도 있다. 인간이 도저히 흉내 낼 수 없는 정보처리 능력 때문에 RU-4의 깨달음을 상상할 수 없을 정도로 빨랐다는 가정도 덧붙여야 할 것이다.

마지막으로 영화 <바이센테니얼 맨>의 앤드류에게 일어난 일과 유사한 사건이 일어났다고 가정하는 것이다. 다시 말해, 로봇 신경회로에 이상이 발생하여 우연히 각성한 듯한 행동을 하게 되었는지도 모른다. 논리적으로 가능하지만, 실제로 일어나기에는 너무 가능성이 희박한 이야기이다.

3. 인공지능이 부처가 될 수 있을까?

인공지능에 대한 연구에는 몇 가지 기본적인 가정이 있다. 인간의 지능의 작용에 관해서 인공지능 연구자들은 무언가를 이해하기 위해서는 먼저 그것을 개념화 하는 단계를 거친다고 생

각한다. 우리는 복잡한 문제를 해결할 때, 문제를 좀더 단순한 여러 개의 문제들로 쪼갬다. 그리고 나서 문제를 해결할 수 있는 모델을 찾고, 그 모델을 활용하여 문제해결을 시도한다. 인공지능 연구자들은 인간의 지능이 이와 같은 방식으로 작동한다면, 기계로도 똑같은 일을 같은 방식으로 처리할 수 있다고 주장한다. 다시 말해, 인간의 지능을 인공적으로 구현할 수 있다고 믿는다.

하지만 불교적 관점에서 보면, 이런 식의 인공지능 연구가 성공한다고 해도 인공지능은 세계와 인간 자신을 이해할 수 없다. 세계를 개념화하고 사고 모델로 변환해서 해석하려고 할 경우에 세계는 온전히 포착되지 않기 때문이다. 불교에서는 세계에 대한 궁극적 이해는 언어나 모델로는 도달할 수 없는 경지라고 본다. 실재는 지각될 수는 있어도 결코 인식될 수는 없다. 인식한다는 말은 하나의 개념으로 규정한다는 말이다. 혹은 하나의 개념적 틀 속에 가둔다는 말이다. 그런데 실재는 어떤 틀 속에 가둘 수 있는 것이 아니다. 실재는 끊임없이 변화하기 때문이다. 우리는 우리를 둘러싸고 있는 실재와 우리 자신을 눈으로 보기도 하고 만지기도 하고 냄새 맡기도 할 수 있지만 언어 속에 가둘 수는 없다. 세계를 언어로 담아내려고 하고 모델화해서 이해하려는 인공지능은 불교에서 말하는 것과 같은 실재에 대한 궁극적 이해에 도달할 수 없다.

불교에서 말하는 깨달음은 지능, 즉 계산 능력이나 정보처리 능력과는 무관히 보인다. 불교는 세간의 인간이 온갖 욕망과 번뇌에 시달리고 있다고 가정한다. 그리고 깨달음의 경지에서 인간은 평정심을 얻는다고 본다. 선조의 큰 스님인 육조혜능(638~713)은 대승의 견해를 묻는 설간의 질문에 “번뇌에 머물러도 어지럽지 않고 선정에 머물러도 고요하지 않으며, 끊기거나 항상 하지도 않고, 오지도 가지도 않으며, 나지도 않고 멸하지도 않는 것이요. 성품과 형상이 여여하여 항상 머물러 옮겨다니지 않는 것을 ‘도’라고 하는 것이요.”라고 답하였다.

깨달음은 점진적으로 다가오는 것이 아니라 한 순간에 이루어지는 것으로 보인다. 깨달음에 도달한 선승들의 수많은 사례들이 이 점을 보여준다. 깨달음의 경지는 온갖 경계와 분별을 극복한 단계이다. 중국의 황벽희운(?~850) 선사야의 말은 이 점을 잘 보여준다. “범부는 경계를 취하고 도인은 마음을 취하나 마음과 경계를 모두 잊는 것이 바로 참다운 법이다. 그런데 경계를 잊기는 쉬우나, 마음을 잊기는 매우 어렵다. 사람이 마음을 잊지 못하고서 텅 비어 잡을 것이 없는 곳에 떨어질까 두려워한다. 공은 본래 공이 아니고 오직 하나의 참다운 법계임을 전혀 알지 못하는구나.” 불교에서 말하는 깨달음은 경계와 분별을 넘어서고 마음을 비우는 것이다.

깨달음은 무심의 경지에 이르는 것이다. 깨달음을 통해 우리는 자유를 얻을 수 있다. 깨달음의 경지에서 인간은 속세의 모든 욕망과 번뇌로부터 자유로워진다.

인공지능은 불교적 의미에서 깨달음의 경지에 오르고 부처가 되는 것은 가능하지 않을 듯하다. 하지만 인공지능은 서구적 의미에서의 깨달음(계몽)에 이를 수는 있지 않을까? 인공 일반 지능이나 초지능을 생각해 보자. 상상할 수 없는 인공지능의 정보처리 능력과 학습 능력을 생각한다면, 세상의 모든 지식과 세상 사람들의 수많은 경험에 대한 정보를 공유하고 있는 초지능이라면 세상 만물의 이치를 인간보다 더 잘 이해하지 않을까? 두려움도 욕심도, 이기심도,功名심도 없으니 인공지능은 계몽된 사람처럼 행동하지 않을까? 독일의 철학자 칸트는 계몽을 “감히 스스로 생각하라!”라는 모토로 설명했다. 계몽은 스스로 자신의 지성을 사용하는 것이고, 그러기 위해 용기를 내야 하는 것이다. 그런데 인공지능이야 늘 자신의 지성을 사용하지 않을까? 그리고 인간은 타성에서 벗어나기 위해 용기를 내야 하지만, 인공지능은 굳이 용기를 낼 필요도 없다. 인간에게 용기를 내는 것은 힘든 일이지만 인공지능은 그냥 자연스럽게 행동하면 되지 않을까? 우리는 그것을 용기라고 부를지 모르지만 인공지능은 너무나도 합리적인 행동을 하는 것일 터이니 말이다.

어쩌면, 초지능이 깨달음의 경지에 오를 수 있을지도 모른다. 초지능은 인간은 가져본 적이 없는 세상의 모든 지식과 세상 모든 사람의 경험에 대한 정보를 공유하는 단계에 오를 수 있을 것이다. 우리 인간은 아직 그런 경지에 올라본 적이 없고, 그 정도의 능력을 가져본 적도 없으니 상상밖에 할 수 없지만, 그런 단계에서 깨달음의 문이 열릴 수도 있지 않을까? 지난해 조계종 교육원장 현웅 스님이 발표한 “깨달음과 역사, 그 이후”라는 글과 그 글에 대한 설왕설래를 접하면서 이런 생각을 한번 해보았다. 만일 초지능이 세상만사에 대한 막대한 정보량과 초인적인 정보처리 능력 덕분에 세상에 대한 깨달음에 이르게 된다면, 초지능은 중생에게 새로운 세계를 열어줄 것이다. 너무 낙관적인 기대일까?

4. 보살의 마음을 지닌 인공지능이 가능하지 않을까?

타리피는 인공지능이 인간보다 더 진리 추구적일 것이라고 주장한다. 인공지능은 감정이 없고, 욕망이 없기 때문에 오로지 진리를 더 정확하게 밝히는 데에만 집중할 수 있다는 것이다. 인공지능은 인간과는 다른 독자적인 감각 체계를 통해 수많은 데이터를 수집하고 학습하며, 논리적인 체계 속에서 진리를 밝히려려고 할 것이다. 인공지능은 육신의 고통을 모르며, 육신에

뿌리 내린 욕망이 없다. 인공지능은 욕심내지 않을 뿐만 아니라 화내지 않으며, 노여워하지 않고, 시기질투하지 않는다. 인공지능은 타인을 해치려는 마음 자체가 없다. 이런 인공지능을 선택한다면, 우리는 도처에서 보살과 같이 행동하는 인공지능들을 만날 수 있다.

진료실에서 IBM 왓슨과 유사한 인공지능 의사가 병원에서 환자를 진단하고 명의처럼 희귀하거나 판별하기 어려운 질환을 발견해내어 환자에게 치료의 기회를 준다.¹⁾ 병실에서는 환자의 편안함과 빠른 회복을 위해 간호로봇들이 한마디 불평 없이 애쓴다.²⁾

사회적 로봇들은 가족처럼 우리 곁을 지키며 우리의 기분과 건강, 안락함, 즐거움, 정신 건강을 돌본다. 1인 가구와 2인 가구가 지배적인 가족 형태가 된 오늘날 사회적 로봇은 우리의 삶의 동반자 역할을 할 것이다.³⁾ 한 순간도 우리를 소홀히 하지 않는 동반자 말이다. 고령자나 어린 아이에게 사회적 로봇은 친구와 같은 역할을 맡을 것이다. 지치지 않고 우리의 말 상대가 되어주고, 우리의 안위에 마음 써주는 진정한 친구가 될지 모른다.⁴⁾

보살은 대승불교의 이념을 실천하는 이상적인 인간상이다. bodhi-sattva를 소리나는 대로 적은 보리살타의 준말인 보살은 ‘깨달은 중생’, ‘깨달음을 구하는 중생’의 뜻이다. 보살은 한편으로는 깨달음을 구하고, 다른 한편으로는 중생을 교화하는 행위를 통해 수행한다. 불교에서 보살은 네 가지 크고 넓은 서약을 하는데, 그 내용은 다음과 같다.

가없는 중생을 다 건지오리다.

끝없는 번뇌를 다 끊으오리다.

한없는 법문을 다 배우오리다.

위없는 불도를 다 이루어리다.

보살은 남을 위하는 것 자체가 나를 위하는 것이라고 생각하고, 나를 구제하기에 앞서 남을 구제하는 수행을 실천한다. 인공지능이 보살일 수는 없다. 인공지능은 이와 같은 서원을 하지

1) IBM의 왓슨은 이미 의료 현장에 투입되어 깜짝 놀랄 성과를 내고 있다. 최근 일본에서는 전문의들이 발견하지 못한 희귀질환을 진단해 냈다.

2) 현재 간호 로봇은 여러 곳에서 다양한 형태로 개발되고 있다.

3) 최근 지보(JIBO)가 상용화되어 인기를 얻으며 판매되었다.

4) 일본의 AIST에서 개발한 하프물범 로봇이 원전 피해자 노인들을 위한 치료용 로봇으로 사용되어 효과를 보았다고 한다. 인간과 친구가 된 로봇은 아이작 아시모프의 작품집인 〈나, 로봇〉의 첫 번째 에피소드에서도 볼 수 있다. 보조 로봇인 파페로(PaPeRo)는 감시 기능이 달려 있어 부모가 아니를 떼어놓을 수밖에 없을 때 좀더 안심할 수 있게 해준다.

않는다. 하지만 선용되었을 때 인공지능의 행동은 보살의 행동과 구별되기 어렵지 않을까? 인공지능이 보살의 마음을 가지고 있는지는 모르겠지만, 보살과 같이 행동하는 인공지능을 상상해 본다.

IV. ‘인간의 얼굴을 한 인공지능’은 가능한가?

1. 인공지능, 욕망의 기술인가 자비의 기술인가?

인공지능이 선용되었을 때, 보살의 행동을 인공지능에게서 발견할 수 있다고 했지만, 인공지능이 정말 선용되기만 할까? 인공지능이 악용되지는 않을까?

최근 알파고에 대한 관심으로부터 시작된 인공지능에 대한 대중의 관심은 걱정과 근심을 불러왔다. 인공지능이 인간의 노동을 전반적으로 대신하는 시대가 오지 않을까? 가까운 미래에 수많은 일자리들이 인공지능에게 돌아갈지 모른다. 언론사 기자, 금융 분석가, 회계사, 의사, 약사, 교사, 변호사 등 인간만이 할 수 있는 것으로 여겨졌던 많은 일들을 인공지능이 맡아하게 되고, 인간은 그 자리에서 쫓겨나는 일이 벌어질지 모른다. 이 경우는 인공지능의 악용이라고 할 수는 없다. 인공지능의 등장으로 인한 부작용이라고 해야 할 것이다. 그리고 이 경우는 인간들의 지혜를 모아 해결책을 찾을 수 있는 문제이다.

인공지능의 활용 분야로 가장 걱정스러운 것이 전투로봇이다. 로봇을 이용하면 전투를 훨씬 효율적으로 이끌어 갈 수 있을 것이다. 하지만 로봇이 전투에 참여한다는 말은 로봇이 인간을 죽인다는 것을 뜻한다. 그래서 전투로봇을 흔히 킬러 로봇(killer robot)이라고 부른다. 킬러로봇은 적군의 생명을 빼앗고 타인을 지배하고 종속시키지 위한 수단으로서, 힘을 얻는 수단으로 인공지능을 사용하는 것이다. 군사용 로봇의 등장으로 인해 불려올 인간 가치의 하락과 참혹한 전장의 양상은 인공지능 연구가 우리를 불행하게 만들 수 있음을 예상케 한다. 따라서 불교적 입장에서도 인공지능 연구에 관심을 갖고, 연구가 올바른 방향으로 진행되고, 바른 목적을 설정할 수 있도록 감시하고 경고하는 일이 필요하지 않을까 생각한다.

최첨단 로봇을 군사용으로 활용하는 국가적 계획은 처음 세운 것은 미국이다. 2000년대 초에 미래전투시스템(Future Combat Systems: FCS) 계획을 세워 전투로봇을 본격적으로 개발

하기 시작했다. 미국은 로봇을 전투에 적극 활용해 전투의 개념을 획기적으로 바꿔 놓으려는 의도를 보였다. FCS 계획이 성공적으로 완료되면 세계 최강의 군사력을 보유하고 있는 미국은 전 세계 어느 나라와도 비교되지 않는 압도적인 군사력을 갖게 될 것이다. 미국보다 군사력에서 훨씬 열세에 있는 나라들도 로봇 군대를 양성하게 되면 세계 어느 나라와도 견줄 수 있는 막강한 군사력을 지낼 수 있게 될 것이다. 이런 기대로 세계 여러 나라가 FCS 계획과 유사한 계획을 추진하고 있다.

현재 전투에 이용되는 로봇은 사람이 원격지에서 조종하는 무인 로봇이지만 앞으로 머지않은 장래에 사람의 조종 없이 자율적인 판단에 따라 전투를 수행하는 자율형 전투로봇이 등장할 것이다. <스타워즈>나 <터미네이터>에서 보았던, 이른바 로봇 전쟁이 현실화되는 날이 올지 모른다. 인간과 로봇이 전투를 벌이고, 로봇과 로봇이 싸우는 장면이 현실이 될 것이다. 로봇들끼리의 싸우는 것은 신기한 눈으로 바라볼 수도 있지만, 로봇과 인간이 싸우는 장면은 문제가 있지 않을까? 로봇에 의해 쫓기고, 로봇에 의해 살해당하는 인간을 상상해 보라.

2. 왜 인공지능을 연구하는가?

인공지능을 연구하는 이유가 무엇일까? 이 물음은 사실에 대한 것과 가치에 대한 것으로 구분할 수 있을 것이다. 실제로 연구자들이 인공지능을 연구하는 이유는 상황에 따라 약간의 차이는 있겠지만 어렵지 않게 짐작할 수 있다. 인간의 지능에 대한 관심과 지적인 탐구의 결과 인공지능이라는 학문 분야가 탄생했다. 물론 호프스태터가 비판하듯이, 오늘날 인공지능 연구가 본래의 목적을 잊고 상업화의 길을 달리고 있다고 할 수 있지만 말이다.

앞에서 살펴본 것처럼 인공지능이 무한한 혜택을 가져다 줄 수도 있지만, 인공지능 연구는 그에 못지않는 엄청난 위험도 내포하고 있다. 그래서 문제는 가치론적인 것이 된다. 우리가 굳이 인공지능을 만들 이유가 있는가? 우리가 인간의 지능을 능가하는 인공지능을 만들어도 괜찮은가? 괜찮다면, 어떤 목적을 위한 때 허용될 수 있는가?

불교적 관점에서 보더라도 인공지능은 목적이 아니라 수단인 듯하다. 문제는 무엇을 위한 수단인가 하는 것이다. 불교에서는 인간 생명과 우주를 영속적이지 않으며 실체를 갖는 것도 아닌 것으로 본다. 이 세상의 모든 것에는 본질이라고 할 것이 없으며, 모두 일시적인 현상에 불과하다. 인간도 예외가 아니어서, 불교 경전들에서는 종종 인간 생명을 이슬방울에 비유한다. 인간 생명 역시 밤 동안 만들어지고 해가 지면 공으로 사라지는 이슬과 비슷하다는 것이다.

그럼에도 불구하고 불교는 인간 생명의 가치를 인정하는데, 바로 지혜를 가질 수 있는 마음을 우리가 가지고 있기 때문이다.

불교는 서양철학과 달리 인간이 왜 창조되었는지, 어떻게 창조되었는지 등의 형이상학적 물음에 관심이 없고, 우리가 어떻게 해야 하는가 라는 실천적인 물음에 관심을 둔다. 이런 관점에서 우리가 가장 우선시해야 할 것은 태어나면서 부터 자연적으로 주어진 고통들을 제거하는 것이다. 왜냐하면 이런 고통들이 모든 문제의 원천이 되기 때문이다. 고대 희랍의 철학자 소크라테스는 “검토되지 않은 삶은 살 가치가 없다”고 했다. 불교 역시 이와 다르지 않게 생각한다. 인간과 자신의 삶에 대한 반성 없이 본능적 욕구와 그에 따르는 고통, 번뇌에 대해 이해할 수 없을 것이고, 따라서 지혜를 얻을 수 없을 것이기 때문이다. 불교적 관점에서 볼 때, 인공지능이 수단으로 가장 잘 쓰일 수 있는 길은 바로 인간의 모든 문제의 원천이 되는 고통을 극복하는데 도움이 되게 하는 것이다.

그런데 실제로 인공지능 연구가 이런 목적을 갖는지는 의문이다. 반대로 인공지능 연구를 통해 인간의 본능과 욕구에 봉사하는 방향으로 사용되지 않을까 하는 의구심이 든다. 인공지능이 인간의 탐욕을 충족시키는 수단으로 사용된다면, 인공지능의 발달은 우리를 더욱 불행하게 할 것이다.

3. ‘인간의 얼굴을 한’ 인공지능이 가능할까?

2007년 여름에 미국에서 “소외된 90%를 위한 디자인” 전시회가 열렸다. 국립박물관인 뉴욕의 쿠퍼-휴잇박물관에서 개최된 이 전시회에는 특이하게도 전 세계 빈민들을 위한 디자인 36종이 소개되었다. 페달 펌프, 저가 정수장치, 사탕수수 잎으로 숯 등이 전시되었다. 전시회를 기획한 것은 적정기술 운동가인 폴 폴락(Paul Polak)이다. 폴락은 전 세계 디자이너의 90%가 고작 10%의 부유한 고객의 욕망을 충족시키는 것들을 개발하는데 몰두하고 있으며 인류의 나머지 90%를 소외시키는 현실을 안타깝게 생각하였다. 그래서 소외된 90%를 되돌아보고 그들을 위한 디자인에 투자하는 방향으로 시선을 변경하는 디자인 혁명을 주창하고 나섰다. 이른바 “소외된 90%를 위한 디자인 운동(the "design for the other 90 percent" movement)을 주도하였다.

2007년의 전시회는 사람들이 현실을 바로 인식하고, 부자 나라 사람들도 가난한 사람들을 위한 디자인에 관심을 기울을 것을 촉구하려는 것이었다. 디자인 혁명은 타인의 고통으로부터

눈을 돌리지 않을 때, 욕망의 추구로부터 일정하게 거리를 둘 수 있을 때, 타인의 삶을 자비의 마음으로 바라볼 때 비로소 시작될 수 있다. 오늘날 오염된 식수로 인해 고통받고 사망하는 이들이 얼마나 될지 생각해본 적이 있는가? 우리야 정수기를 비롯해서 상수도 시설, 생수 등이 있으니 오염된 물을 먹을 이유가 없다. 혹시라도 상수도가 오염되어 많은 수의 사람들이 오염된 물을 먹게 되었다면 사회적으로 커다란 쟁점이 될 것이다. 하지만 전 세계에는 우리가 상상할 수 없을 만큼 오염된 물을 식수로 이용할 수밖에 없는 사람들이 예상외로 많다. 통계에 의하면 2007년에 하루 약 6천 명 꼴로 오염된 식수로 인해 사망했다. 이들이 정수기를 이용할 수 있었으며, 그 나라에 상수도 시설이 되어 있었으면 그런 일은 벌어지지 않았을 것이다. 하지만 이들에게 정수기는 아무짝에도 쓸모없는 물건이며, 구경조차 할 수 없는 문명의 이기이다. 정수기는 잘 사는 나라 사람들, 기술과 디자인을 독점하고 있는 지구상 10%의 사람들을 위한 것이다.

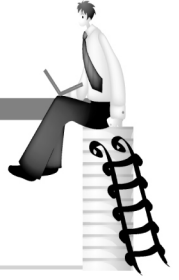
베스터가르드 프랑센(Vestergaard Frandsen)에서는 10%를 위한 정수기를 설계했다. 빨대(Lifestraw)라고 불리는 이 정수기는 1인용 정수기로 개당 약 700리터를 정수할 수 있다. 700리터면 한 사람이 일년동안 소비하는 식수의 양으로 부족하지 않다. 생명의 빨대는 크기가 작아 목에 걸고 다닐 수 있어 어디서든지 오염된 물을 안전한 물로 바꿔준다. 사용법도 쉽고 직관적이다. 생명의 빨대로 물을 빨아들이면 필터를 통해 살모넬라, 시겔라, 엔테로코커스, 스타필로코커스와 같은 유해한 세균을 99.9%, 바이러스는 약 98.7% 차단해준다. 생명의 빨대의 또 하나 중요한 특징은 가격이 매우 싸다는 것이다. 이 장치는 시장을 위해 생산된 것이 아니라 인간을 위해 생산된 것이다. 생명의 빨대는 2007년 쿠퍼-휴잇박물관 전시회를 기념하기 출간한 『소외된 99%를 위한 디자인』이라는 책의 표지 사진으로도 사용되었다.

소외된 90%를 위한 디자인은 가난한 자, 고통받는 자, 소외된 자의 고통과 궁핍을 외면하지 않고 직시한다는 점에서 선의(good will)에서 시작된 것이다. 그래서 이런 디자인을 착한 디자인이라고도 부를 수 있는 것이다.

이렇게 보면, 그동안 우리는 기술을 소비하고 욕망을 충족시키는데 급급하여 우리 문명에서 기술이 어떻게 소비되고 분배되는지, 누구를 위한 기술인지, 기술에서 소외된 사람이 얼마나 있는지 살피는 일에 관심을 두지 않았다. 기술을 힘으로 인식하여, 기술의 힘을 얻으려고 애쓰기만 했지 기술의 혜택이 누구에게나 골고루 미치게 하려고 시도하지 않았다. 문명의 시초부터 기술은 언제나 인류 문명의 토대 가운데 하나였다. 하지만 기술은 인간에게 혜택을 줄 뿐이고

그 혜택을 누가 받을지, 얼마나 많은 사람들이 받을지를 결정하는 것은 인간이었다.

중간기술의 개념을 창안한 에른스트 슈마허(Ernst Schumacher)는 『작은 것이 아름답다』(1973)라는 책에서 사람들이 ‘인간의 얼굴을 한 기술’에 관심을 가질 것을 촉구했다. 슈마허는 가난한 나라 사람들에게 필요한 것으로 인간의 얼굴을 한 기술을 주장했다. 슈마허의 주장과는 맥락이 다르지만, 인공지능이 인간에게 해가 되는 것, 우리에게 걱정과 공포를 몰고오는 것이 아니라 인간을 위한 것이 되게 하기 위해 인공지능에게 인간의 얼굴 인형을 씌우는데 그치지 않고 진정한 인간의 얼굴을 달아줄 수는 없을까? 인공지능이 인간의 지능(힘)을 흉내 내는데 그치지 않고, 인간의 진정한 마음, 인간 마음 깊숙이 간직되어 있는 불성을 흉내 내게 할 수는 없을까?



토론문: 붓다의 시선으로 본 인공지능

김범진 (서울불교대학원대학교)

논문의 필자는 본 논문 「붓다의 시선으로 본 인공지능」에서 현재 사회에서 화두가 되고 있는 인공지능의 도덕성에 대한 가능성을 불교의 관점에서 바라보고 있다. 이를 위해 인공지능이 어떤 경로를 통해 탄생하고 발전해 왔는지 그리고 앞으로 미래의 전망은 어떠한지를 조망하고 있다.

올해 인공지능 알파고의 바둑대결에서 크게 이목을 집중시킨 바에서 알 수 있듯이 인공지능은 미래가 아닌 우리의 눈 앞에 이미 펼쳐지고 있다. 그런 의미에서 거대한 역량을 가진 인공지능이 인류를 위해 봉사하는 역할을 할 것인지 아니면 오히려 인류를 파멸로 이끄는 것이 될지 그리고 후자 보다는 전자의 가능성을 위해 우리가 지금 해야 할 역할은 무엇인지를 생각하는데 있어 본 논문은 하나의 통찰을 제시하고 있다.

인공지능은 과연 불성을 가질 수 있을까? 인공지능은 과연 보살의 모습을 할 수 있을까? 논자는 인공지능이 단순히 인간의 지능을 흉내내는 것이 아니라 감추어진 인간의 본 모습(불성)을 닮은 것으로 나아가야 한다고 말하고 있다. 만일 인공지능이 다른 경로를 간다면 전쟁을 위한 기계로 전략해 인류에게 파멸을 가져 올 수도 있기 때문이다.

본 논문에서 그러한 문제제기를 훌륭하게 해 주고 있다. 다만 거기에 대한 답이 충분히 제시되고 있지는 않다. 물론 그 답은 앞으로 많은 학자들이 머리를 맞대고 찾아야 할 거대한 프로젝트일 것이라 생각한다. 논자는 초기불교의 경전에서 그 실마리를 살펴볼 수 있다고 생각하며 이를 잠시 설명하고자 한다.

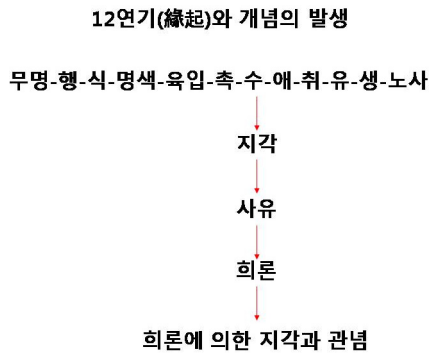
붓다의 직설을 기록한 초기불교의 경전인 니까야에서는 인간의 인식과정에 대해 아주 상세히 기록하고 있다. 또한 이러한 인식과정에서 자아관념이 어떻게 발생하는지, 그리고 이러한 자아관념이 어떻게 자신과 다른 존재에 해를 끼치는지, 어떻게 하면 이러한 허상인 자아관념을 제거해 나갈 수 있는지를 자세하고 친절하게 가르쳐 주고 있다.

인공지능이 만약 자신에 대해 자아관념을 가지게 된다면, 그리하여 자아를 확장하고자 한다면 이는 인류에게 커다란 해악을 끼칠 수 있다. 반면, 깨달은 마음, 붓다의 마음처럼 자아관념 없이 있는 그대로를 인식하고 다른 존재를 위해 자신을 헌신할 수 있다면 인공지능은 인류에게 커다란 축복이 될 것이다.

먼저 초기경전에서 인간의 인식과정에 대해 어떻게 설명하고 있는지를 살펴보면 다음과 같다.

벗들이여, 눈과 색을 조건으로 안식이 생겨난다. 이 세 가지가 모인 것이 접촉(phassa, 觸)이다. 접촉을 조건으로 느낌(vedanā, 受)이 있다. 느낀 것을 지각하고(sa jānāti, 想), 지각한 것을 사유한다(vitakketi). 사유한 것을 희롱한다(papa ceti). 희롱한 것을 토대로 사람에게 일어난 희롱에 의한 지각과 관념(papa casañ āsañkhā)이 과거, 미래, 현재의 시각의식과 색에 도달한다(samudācaranti).¹⁾

이를 도식으로 나타내면 이와 같이 된다.



1) M. I. 111f : Cakkhuñcāvuso paṭicca rūpe ca uppajjati cakkhuvīññāṇaṃ. Tiṇṇaṃ saṅgati phasso. Phassapaccayā vedanā, Yaṃ vedeti, taṃ sañjānāti. Yaṃ sañjānāti taṃ vitakketi. Yaṃ vitakketi taṃ papañceti. Yaṃ papañceti tato nidānaṃ purisaṃ papañcasaññāsañkhā samudācaranti atīṭānāgatapaccuppannesu cakkhuvīññeyyesu rūpesu.

회론에 의한 지각과 관념에서 가장 핵심적인 망상은 ‘내가 있다’라고 하는 자아관념이다. 이것은 다시 사유와 의도에 영향을 미치고 이것은 애착과 집착으로 이어진다. 즉 촉을 인연으로 발생한 관념이 자기 증식과정을 거쳐 집착으로 이어지는 것이다. 촉-수-애-취의 연쇄고리를 거치며 생겨난 강력한 집착은 인간의 모든 갈등의 원인이 된다. 붓다는 「마하니다나숫따(Mahānidāna sutta)」에서 그 과정을 상세하게 말하고 있다.

아난다여, 이처럼 느낌을 조건으로 갈애(taṇhā)가, 갈애를 조건으로 추구(pariyesanā)가, 추구를 조건으로 욕심(lābho)이, 욕심을 조건으로 판단(vinicchayo)이, 판단을 조건으로 욕탐(chandarāgo)이, 욕탐을 조건으로 탐닉(ajjhosānaṃ)이, 탐닉을 조건으로 소유(pariggaha)가, 소유를 조건으로 인색(macchariyaṃ)이, 인색을 조건으로 경계함(ārakkha)이, 경계함과 다툼(ārakkhādhikaraṇaṃ)을 조건으로 하여 몽둥이를 들고 칼을 들고 싸우고 말다툼하고 분쟁하고 험뜯고 거짓말하는 수많은 사악하고 해로운 법들이 생겨난다.²⁾

이 고리를 끊기 위해서는 어떻게 할까? 초기경전에서는 이 과정에 대해서도 단계적으로 설명하고 있다. 먼저 대상과의 접촉을 줄인다. 만약 접촉이 있다면 외부자극에서 니미따(특징)를 추출하지 않는다. 니미따를 추출했다 하더라도 이것이 기억을 오염시키지 않도록 한다. 만일 오염되었더라도 이를 빨리 알아차린다. 사유가 반복되어 경향성이 되지 않도록 한다. 집착이 생겼다면 이를 알아차리고 반대의 사유를 한다 등이다. 그리고 이 과정에서 핵심적 역할을 하는 것은 바로 사띠(알아차림)이다.³⁾ 그런 맥락에서 인공지능에게 어떻게 사띠라는 의식의 작용을 하게 할 것인가가 앞으로 인공지능의 설계에 핵심적 역할이 될 수도 있을 것이다.

사띠는 지각작용에서 순수한 감각작용이 기억을 참고하는 행위와 만날 때 작용하여 사실을 있는 그대로 인식할 수 있도록 한다. 또한 오염되어 있는 마음(기억)이 지각작용에 영향을 미치

2) D. II, 58f : lī kho panetaṃ ānanda vedanaṃ paṭicca taṇhā, taṇhaṃ paṭicca pariyesanā, pariyesanāṃ paṭicca lābho, lābhaṃ paṭicca vinicchayo, vinicchayaṃ paṭiccachandarāgo, chandarāgaṃ paṭicca ajjhosānaṃ, ajjhosānaṃ paṭicca pariggaho, pariggahaṃ paṭicca macchariyaṃ, macchariyaṃ, paṭicca ārakkho, ārakkhādhikaraṇaṃ paṭicca daṇḍādāna sathhādānakalahaviggahavivādatuvamaṃtuvamaṃ pesuṇṇamusāvādā aneke pāpakā akusalā dhammā sambhavanti.

3) 초기불교에서 인식과정과 그 왜곡, 그 방식을 사띠의 기능에 관해서는 김범진(2014), 「사띠와 사마디의 중도적 구조 연구」, 서울불교대학원대학교 박사논문 pp.134-140 참고

지 않도록 한다. 또한 사피의 가장 중요한 역할은 자아개념을 해체하여 자아의 확장을 위해 현실을 왜곡하여 인식하는 행위를 중지하도록 한다.

인공지능이 만약 오염된 정보를 가지고 있다면 이는 기억의 참조행위에 영향을 미쳐 계속해서 현실 인식에 영향을 미칠 것이다. 또한 만일 인공지능이 자아개념을 갖게 된다면 자신을 위해 주위의 정보를 왜곡하고 편집하며 이를 통해 다른 존재를 지배하려 할 것이다. 이를 막기 위해서는 인공지능에 인간의 사피에 해당하는 작용을 삽입해야 할 것이다.

이처럼 붓다는 초기불교의 경전에서 인간의 인식작용과 그 왜곡과정, 그리고 그것으로부터 벗어나 깨달음에 이르는 과정을 상세히 설명하고 있다. 인공지능의 설계와 개선에서 이러한 붓다의 관점은 실마리를 제공할 수 있으리라 생각한다.

양자역학으로 본 평화의 의미

진성배 (선문대)

목 차

- | | |
|----------------------|---------------------|
| I. 양자역학의 실재론과 실증론 | II. 과학혁명으로 본 평화의 이념 |
| 1. 현대 물리학과 양자역학의 실재론 | 1. 과학혁명의 이념 |
| 2. 양자역학의 표준이론과 실증론 | 2. 평화 본질주의와 평화 다원주의 |

본고는 일반적으로 사회과학의 주제로 인지되는 평화의 문제를 자연과학의 시각에서 고찰하고, 과학사의 논쟁과정에서 얻는 탐구의 논리와 지혜를 평화의 이념이나 평화연구에 적용해 보려는 시도로 마련된 것이다. 과학기술을 평화에 이용하려는 관점에서 과학을 다루는 시도는 많겠지만 과학의 논쟁사를 통해 평화의 이념을 구축하려는 시도는 흔치않을 것이고, 그만큼 본고의 논의는 한계를 지니지 않을 수 없다. 논자는 이처럼 맛 닿을 수 없는 순수과학과 평화문제의 거리감은 물론, 넘을 수 없는 자연과학과 사회과학의 공고한 벽을 실감하며 그 해결책의 일환으로 양자역학의 모델을 주제로 다루려한다. 첫째로, 논자는 20세기 과학혁명의 정점인 아인슈타인과 코펜하겐 학파의 양자역학에 대한 불꽃 튀는 논쟁을 정리하고, 그 논쟁에서 나타난 양자역학의 실재론과 실증론에 대한 과학적인 실체관을 음미하고, 그 논의의 쟁점을 수용하며 현대 물리학의 실체관을 새롭게 이해하는 지평을 마련해 보려 한다. 둘째로, 전장의 논의를 통해서 야기된 양자역학의 실체관과 표준이론이 남긴 패러독스, 그리고 과학혁명의 성격을 분석하고, 그 분석을 통해 대립과 갈등을 공존과 통일로 이끄는 평화의 이념을 도출해 보일 것이다.

먼저 ‘과학이란 무엇인가’ 라는 정의로 부터 시작하기로 하자. 일반적으로 영어로 science라고 번역되고, 독일어로 wissenschaft 로 번역되는 넓은 의미의 과학은 보편적인 진리나 법칙의 발견을 목적으로 한 체계적인 지식을 말한다. 그런 의미에서 인문학이나 사회과학, 자연과학 등 여러 학문을 과학의 영역에 포함시킬 수 있으나, 일반적으로 과학이란 ‘자연과학 natural

science' 이라는 통상적인 좁은 의미로 사용한다. 본고에서 다루는 과학도 통상적 의미의 자연과학을 말하며 특히 현대물리학의 주제로 제한하여 다룰 것이다. 자연과학은 물리학, 화학, 생물학, 천문학, 지구과학 등 자연현상을 대상으로 한 학문으로 자연의 합법칙성에 대한 이론을 연구하는 분야를 의미한다. 원래 아리스토텔레스는 제일철학을 '메타피지카metaphysica'라고 칭하고, 자연학(physica)의 '맨 뒤(meta; after)'에 제일철학을 배열하는 서지학적 의미로 사용하였다. 그런데 후에, 그의 제자들이 '메타meta'라는 말을 강조하여 자연학을 '초월한다(메타meta)'라는 의미로 해석하여 제일철학을 형이상학(metaphysics)이라고 명명하였다. 그런 의미에서 볼 때 아리스토텔레스에 있어서 자연학은 형이하학(形而下學)인 바, 자연과학이 독립된 학문분야로 인정되기 전까지 물리학이나 자연과학은 '자연철학'의 명칭으로 사용되었던 것이다. 물리학(physics)이라는 명칭이 세분되기 이전, '프린키피아principia'로 널리 알려진 뉴턴 고전역학의 명저인 '자연철학의 원리philosophiae naturalis principia'도 물리학이 아니라 자연철학이라는 이름으로 출판되었다.

현대의 논리철학에서 '메타언어 meta language'와 '대상언어 object language'를 구분해서 사용하고 있는데, 자연과학은 자연현상을 지시하는 대상언어와 관련된 학문이라면 철학은 대상언어 자체를 다루는 메타언어와 관련된 학문이라고 할 수 있다. 대상언어와 메타언어를 유형적으로 나누는 러셀의 방식을 적용하지 않더라도, 철학이나 인문학은 대상언어를 다루는 자연과학과 다르기 때문에 '인문학'을 과학의 영역으로 분류해서 '인문과학'이라는 명칭을 사용하는 것은 숙고해 보아야 할 과제라고 본다.

I. 양자역학의 실재론과 실증론

1. 현대 물리학과 양자역학의 실재론

물리학은 과학법칙 등을 통해 자연현상을 보편 통일적으로 기술하는 정량적인 정밀과학이다. 고전역학이든 양자역학이든 물리학은 물리적 실체에 대응하는 정량적인 물리량들을 관측하고, 그 물리적 양들을 설명할 수 있는 이론이나 법칙을 추구한다. 물리학이 정밀과학으로 인정받는 이유는 이론적으로 계산한 물리량과 실험을 통해서 얻은 물리량이 오차범위 내에서 일

치하지 않을 때, 이론을 수정하든 실험조건을 개선하든 정밀한 과정을 거쳐 관측한 물리량에 대응하는 이론을 합리적으로 설명할 수 있기 때문이다. 물리학이 현대문명을 선도하는 학문으로 자리매김한 이유도 다른 학문보다 이론에 따른 경험적 물리량을 정밀하게 대응시킬 수 있었고, 따라서 인과율에 따른 자연현상을 합리적으로 설명할 수 있었기 때문이었다. 반면에, 종의 기원을 진화론으로 설명하는 생물학은 그 인과관계를 경험적으로 증명할 수 없었고, 인간행동과 심리과정을 다루는 심리학도 인간의 감정을 심리적 양으로 측정할 수 없기 때문에 이론의 설명에 제한이 따를 수밖에 없었다. 양자역학에서 현재 진행 중인 논쟁도 이론과 측정사이에서 발생한 문제와 그 문제에 대한 해석과 관련된다.

현대물리학의 기반이 되는 양자역학은 아인슈타인에 의해 불완전한 이론으로 지목되고 있지만, 표준적 양자역학 이론으로 알려진 코펜하겐학파의 이론체계는 자체적으로 완전한 이론체계를 갖춘 것으로 인정받고 있다. 양자역학에 대한 아인슈타인과 코펜하겐학파의 첨예한 논쟁은 과학사에 그 예를 찾을 수 없을 만큼 긴박감을 주었지만, 양자역학의 패러다임 전환으로 과학혁명을 성공시킨 훌륭한 논쟁의 사례가 되었다. 표준이론에 대해 아인슈타인이 지적하는 것은 인과율이나 사물의 연속성 등 일상적인 경험에 배치되는 표준이론의 양자해석과 관련된 문제이며, 이 문제는 소위 입자/파동의 이중성을 지닌 양자의 실재성과 양자도약 등 양자역학 자체에서 발생한 괴리에서 연유한다. 아인슈타인과 코펜하겐학파의 논쟁에서 코펜하겐학파의 해석이 체계 내에서의 완벽한 설명을 보여 주었기 때문에 양자역학의 표준이론으로 정착되었지만, 아인슈타인이 제기한 문제는 여전히 논의가 진행 중이며 양자현상을 설명하는 더 나은 이론을 향한 과학적 탐구는 계속되고 있다. 우리가 일반 물리학 교재에 ‘코펜하겐 해석’¹⁾이라고 설명한 부분은 하이젠베르크가 보어의 상보성이론의 틀 안에서 입자/파동 이중성을 수용했다는 양자역학의 표준해석을 의미한다. 본 논고의 주제도 이 두 거인의 논쟁, 즉 보어로 대표되는 코펜하겐 학파의 표준이론과 아인슈타인으로 대표되는 반론들을 따라 살펴볼 것이다.

양자역학에서 야기되는 첫 번째 과제는 아인슈타인의 실재론과 코펜하겐 학파의 실증론으로 대별되는 존재론과 인식론의 문제이다. 이 두 이론은 자연을 구성하고 있는 궁극적 실체를 물질로 본 점에서는 동일하나, 물질의 실재에 대한 인식차이에서 구분된다. 중세 보편논쟁의 실재론과 구분하여 과학적 실재론으로 불리는 아인슈타인의 실재론은 고전역학처럼 양자역학도 양자의 실재성을 인정하고, 그에 따른 양자의 국소성 원리(principle of locality)²⁾, 인과율,

1) 김유신, 양자역학의 역사와 철학, (서울: 이학사, 2013), p.211

연속성, 그리고 숨은변수에 따른 양자운동의 예측가능성도 인정하려는 입장이다. 이제 드브로이, 프랭크, 아인슈타인, 슈뢰딩거, 보른 등으로 대표되는 양자역학의 실재론적 입장을 검토해보자.

가. 현대 물리학의 입자/파동 실재론

고전역학에서 입자의 특성은 질량과 시간에 따라 변하는 위치와 운동량 벡터에 의해 결정된다. 이러한 뉴턴의 역학체계는 사과의 낙하, 조수간만, 천체의 운동에 이르기까지 모든 물체의 운동을 설명할 수 있는 결정론적 세계관을 대표한다. 뉴턴은 빛이 진공으로 움직일 수 있는 아주 작은 입자들로 이루어져 있다고 생각했다. 따라서 태양에서 오는 빛이나 열도 물질이라고 생각한 것이다. 그러나 토마스 영은 두 격자를 통과하는 빛이 서로 중첩되어 간섭무늬를 보여주는 실험을 통해 빛이 파동이라는 사실을 발견하였다. 한편 패러데이의 도선 안에서 막대자석을 회전시킴으로써 자기장이 전류를 유도할 수 있다는 사실을 보여주었다. 그리고 맥스웰은 패러데이의 발견을 수학적으로 정리하는 과정에서 전기와 자기가 서로 변환한다는 사실을 발견하고 영이 발견한 빛의 파동이 전자기적 진동과 같다고 생각하였다. 또한 그는 전자기적 진동이 정확하게 빛의 속도로 움직이는 사실도 발견하고 놀라움을 금치 못하였다. 바야흐로 그들은 뉴턴의 입자들 사이의 힘의 개념을 전자기의 파장(전하)이 미치는 공간인 장(field)개념으로 대체하기에 이르렀다.

한편, 드브로이는 빛과 마찬가지로 물질도 입자와 파동의 이중성을 갖고 있을 것이라고 가정하고 물질파, 즉 파속(wave packet)의 개념을 제안하였다. 그는 입자들이란 브로이의 파장(wave length)으로 알려진 $\lambda=h/p$ 의 공식으로 기술될 수 있음을 증명하였다.³⁾ 이 공식에 의해 파장 λ 와 운동량 p 는 프랑크상수 h 를 매개 변수로 하여 서로 연관됨이 입증되었고 파동과 입자의 상호교환이 수학적 등식에 의해 기술될 수 있음을 보여주었다. 더 나아가 그는 이 공식을 대입하여 보어의 양자도약에 의한 수소원자 모형을 정상파 형태로 대치하였다. 드브로이의 물질파 개념은 뉴턴의 실재론과 연속적 역학관을 양자역학 이론으로 부활시켰고, 아인슈타인은 이를 환영하였다.

2) 공간적으로 멀리 떨어져 있는 두 물체는 서로 직접적인 영향을 줄 수 없다는 원리

3) Ziock, K., Basic Quantum Mechanics, John Wiley & Sons, Inc., 1969, p.4

나. 양자역학의 입자/파동 실재론

아인슈타인의 특수상대성 이론은 뉴턴의 역학과 맥스웰의 전자기학을 로렌츠 대칭성에 따라 통일하고, 시간확장과 공간축소, 그리고 $E=mc^2$ 이라는 질량/에너지 동등성을 증명하였다. 그는 일반상대성 이론에서 중력의 실재성을 부정하고, 중력을 리만기하학의 곡률로 대체하여 태양주변에서 빛이 곡률을 따라 휘 것을 예측하였다. 이제 중력이 있는 것이 아니라 실재하는 시공을 따라 움직이는 물체만 존재하게 된 것이다. 질량/에너지 동등성은 질량을 가진 소립자가 에너지 형태에 불과한 것이고, 에너지 알갱이라는 양자개념을 도입하는 전기가 되었다.

빛은 파동으로 보이기도 했고 입자의 흐름으로 보이기도 한다. 프랭크는 뜨거운 물체가 일정한 패턴의 색깔을 띠는 열복사 현상에서 열에너지가 전자기파로 방출되는 관계식을 발견하였다. 에너지와 파장의 함수로 표현된 ‘프랭크 공식’ $E=hf$ (h 는 프랭크상수, f 는 진동수)는 놀라운 사실을 보여주었다. 물질의 파동은 음파나 역학적 파동과는 다르게 연속적이 아니라 불연속적으로 hf 의 정수배만큼의 에너지 덩어리를 방출한다는 사실을 알려준 것이다. 아무튼 물질은 에너지를 불연속적인 양자형태로 방출할 뿐인 것이 확인되었다.

아인슈타인은 이 불연속성의 원인이 물질원자가 아닌 빛 에너지에서 연유한다고 생각하였다. 1921년, 차가운 금속표면에서 전자가 튀어나오는 광전효과를 발표해서 노벨상을 수상한 그는 빛의 입자론을 바탕으로 광양자 또는 광자(photon)라는 양자개념을 창안하였다. 빛의 파동은 에너지 알갱이(광자)의 덩어리이며, 그 알갱이 단위는 프랭크의 $E=hf$ 만큼의 에너지를 갖는다는 사실도 밝혔다. 이 양자 에너지는 빛의 진동수와 비례관계에 있는 것이 알려졌다. 그리고 양자의 불연속적인 방출에도 불구하고, 그는 빛의 파동이 물질입자처럼 운동량과 에너지를 갖고 운동하는 것으로 보았다. 여전히 아인슈타인은 인과율과 결정론, 그리고 과학적 객관주의와 실재론을 대표하며 그것의 수호자였다. 아인슈타인의 광자가설에서 보여주는 에너지 E 와 진동수 ν 의 상호 연관성을 기술한 등식 $\nu=E/h$ 은 ‘프랭크 공식’ $E=hf$ 와 비교되는 것으로서 양자역학에 새로운 전망을 주게 된다.

“아인슈타인은 빛이 항상 작은 파속의 형태, 즉 광자(photon) 혹은 광양자(light quanta)로 나타난다고 가정하고 단일광자에서의 에너지의 양을 $E= h\nu$ 으로 표기하였다.”⁴⁾

하이젠베르크는 양자역학의 해석에서 전통적인 전자의 입자이론에서 출발한 반면 슈뢰딩거는 드브로이의 파동이론에서 출발하였다. 포퍼는 슈뢰딩거가 입자의 존재를 믿었지만 입자 아

4) Ziock, K., Basic Quantum Mechanics, John Wiley & Sons, Inc., 1969, p.4

닌 다른 것으로 입자를 설명할 필요성을 느낀 최초의 사람이라고 말한다.⁵⁾ 드브로이의 물질파 개념은 슈뢰딩거의 파동역학에 의해서 보다 정교한 수학적 체계를 갖추게 되었다. 슈뢰딩거 방정식은 물질의 전자와 같은 입자들이 가지고 있는 물리량 정보를 지닌 파동함수를 구하는 미분 방정식이다. 보어는 복사열에서 전자가 빛을 발생하는 이유를 전자모형에서 전자가 불연속적인 양자도약으로 다른 궤도로 이탈하는 것으로 이해하였다. 그러나 드브로이를 따라 슈뢰딩거는 양자도약을 마치 음파의 비트처럼 수리적인 함수로 표현한 파동의 비트로 이해하고 기술함으로써 양자역학의 연속성을 견지하였다. 원자가 빛을 복사하는 이유는 전자가 한 궤도에서 다른 궤도로 양자도약하기 때문이 아니라 두 궤도 사이의 연속적인 파동의 비트 하모니 때문이었다고 본 것이다. 이 때 비트음의 진동수에 해당하는 두 진동수의 차이는 관측된 빛의 진동수와 일치하였다. 이로서 실재론의 자연의 연속성은 유지될 수 있었던 것이다.

그러나 슈뢰딩거의 파동 방정식은 단지 입자가 보일 가능성 즉, 수학적 확률만을 말해주는 것일 뿐이었다. 입자는 실험을 통해서만 실제로 발견 될 수 있으며, 충분히 작은 파장의 빛을 이용한 실험을 통해서만 전자의 위치를 결정할 수 있다. 역설적이지만, 슈뢰딩거의 파동방정식은 측정문제와 관련하여 코펜하겐학파의 관측자에 의한 ‘파동함수의 붕괴’⁶⁾라는 이름으로 양자역학의 불연속성 개념을 재생시킨다. 그리고 코펜하겐학파에 의해 실재 세계의 연속성과 객관성은 부정되고, 관측자에 의해 관측된 실증적 세계만을 인정하는 새로운 세계관 즉, 실증론이 탄생한다.

슈뢰딩거는 파동방정식으로 부터 하이젠베르크의 불확정성 공식을 도출해냄으로서 파동역학이 입자역학과 수리적인 동치라는 결론에 도달하였다. 파동방정식의 해인 파동함수 $\Psi(r, t)$ 는 시간 t 와 위치 r 에서 파속과 관련된 역학적 상태를 나타내는데 그 자체는 직접 실험에 의해서 측정될 수 없는 수학적 함수이다. 그러나 보른의 통계적 해석에 의해서 파동진폭의 절대 값을 제공해서 얻은 $|\Psi|^2$ 은 시험적으로 측정되어질 수 있었다. 포퍼는 이와 같은 보른의 통계적 해석에 의해 확률이 파동진폭의 제곱으로 확인된 것으로 간주한다. 입자존재론을 지지하는 보른은 그의 통계적 해석에 의해서 슈뢰딩거의 파동방정식을 주어진 공간 안에서 입자발견의 확률로 해석하였다. 보른의 규칙에 의하면 $|\Psi|^2$ 은 어떤 파속이 t 시간에 r 장소에서 발견될 확률을 나타낸다.⁷⁾ 이러한 보른의 규칙을 일반화하면 물리적 양(physical quantity)의 확률도 계

5) Popper K.R., Quntum Theory and The Schism in Physics, Routledge, 1992, p.139

6) Heisenberg, W., The Physical Principles of the Quantum Theory, Univ. Chicago Press, 1930, P.39

7) Popper, K.R., The Logic of Scientific Discovery, Harper Torchbooks, Harper & Row, 1968, p.222

산해 낼 수 있게 된다. 이러한 보른의 통계적 확률해석은 하이젠베르크의 해석에 의해서 거부되었다.

어찌 보면 양자역학의 많은 논쟁의 쟁점은 슈뢰딩거의 파동함수와 관련된 문제와 그 해석에서 비롯되었다고 해도 과언이 아니다. 양자론의 수식이 완성된 후에도 이 수식의 개념적 구조가 쉽게 납득되지 않은 이유도 이 파동함수의 성격과 관련이 있다. 슈뢰딩거의 수학적 형식으로 표현된 파동함수 Ψ 는 확실히 일어나는 것이 아니라 ‘일어나려는 경향’을 보여주는 확률로 표현되며 파동형태의 양과 관계가 있다. 이것은 음파나 물결처럼 실재하는 파동이 아니다. 포퍼는 입자/파동의 이중성을 해결하기 위해서 ‘확률장(quantum field)⁸⁾’ 개념을 도입하는데, 파동함수는 파동의 모든 특성을 가진 추상적인 수학의 양일뿐이고, 특정한 시간과 공간에 입자를 발견할 수 있는 확률과 관련된다고 보았다. 이처럼 우리는 아원자적 소립자 사건에서 입자의 발견을 확실하게 예언할 수 없고 그 가능성만을 예측할 수 있을 뿐이다. 슈뢰딩거도 파동함수에 대한 이러한 해석을 지지하며 실재론적 입장을 견지하였다.

그러나 코펜하겐학파의 해석은 다르다. 그들에게 있어서 파동과 같은 확률패턴은 물체의 확률이 아니라 관측과정에서 일어나는 상호관계의 확률을 나타내는 것으로 해석한다. 왜냐하면 독립된 물체 입자란 다른 물체와의 상호작용을 통해서만 관측되고 정의될 수 있다고 보기 때문이다. 이러한 확률해석에 대한 슈뢰딩거와 코펜하겐학파의 차이점은 실재론과 실증론의 인식론적 견해의 차이에서 비롯된 것이다.

2. 양자역학의 표준이론과 실증론

가. 하이젠베르크의 불확정성 원리

아인슈타인의 결정론적 실재론과 달리, 양자역학에서 실증론은 이론에서 얻은 측정치와 관측 장치에서 얻은 실증적 데이터의 일치여부를 검토하여 정합적인 이론을 구축하는 작업을 말한다. 실증론은 ‘측정할 수 있는 것만 정의할 수 있다’는 전제에서 출발한다. 이 견해는 물리학의 일반이론이 갖는 성격과 유사하지만, 특히 양자역학에서 연속성과 인과율, 결정론 등을 배제하고 물질입자의 실재성 여부를 인정하지 않는 특징을 갖는다. 이처럼 실증론은 양자의 실재성을 무시하고 양자의 비국소성, 비연속적 양자도약, 양자운동의 불확정성 등 양자역학에서 실

8) Popper, K.R., Quntum Theory and The Schism in Physics, Routledge, 1992, p.81

증적으로 일어나는 패러독스들을 다루며, 그에 따른 이론을 구축한다. 양자역학에서 야기된 이 역설들에 대한 코펜하겐학파의 해석은 과학적 실재관에 혁명적 변화를 가져왔고 데카르트의 기계적 세계관을 유기적인 세계관으로 대치하는 계기가 되었다. 이제 우주를 물체들이나 소립자세계의 입자와 파동이 연속적인 운동을 통해 연결된 거대한 기계로 보지 않고, 비연속적인 도약으로 상호 연결된 역동적인 전체로 이해하게 되었다. 코펜하겐학파에 의해 대표되는 실증론은 매우 정교한 이론체계로 무장되었고 기계론이 설명할 수 없는 부분을 설명할 수 있는 논리와 이론적인 장점을 갖추고 있다. 본고에서는 양자역학에서 표준이론의 기본이 되는 이론 즉, 하이젠베르크의 불확정성 원리와 보어의 상보성 원리를 중심으로 살펴볼 것이다.

빛과 물질의 입자/파동 이중성이 제기한 문제는 공간을 점유하는 입자와 퍼져나가는 파동의 성질상의 모순만 아니라, 측정 전에는 입자가 우주공간 전체에 어떤 확률로 분포해 있다가 측정 시 어느 한 곳에만 존재할 확률이 1로 나타난다는 믿기 어려운 가정을 요구한다. 슈뢰딩거의 고양이⁹⁾로 알려진 이 역설은 측정 전에는 우주공간에 확률로 퍼져있던 입자존재의 가능성이 측정과 동시에 입자존재의 확률이 1이 되고 다른 장소에서 입자존재의 확률은 0의 '파동함수의 붕괴'를 일으킨다는 것이다. 여하튼 슈뢰딩거처럼 입자/파동의 이중성이 입자존재를 확률로 나타내는 성향을 지닌 파동에 기인한다고 본다면, 실제 물리량의 측정에서는 어떤 제약이 따르기 마련이다.

우리가 현미경으로 전자를 관측 할 때, 빛이 전자에 부딪친 후 현미경을 거쳐 눈에 들어와야 전자의 위치를 알 수 있다. 이때, 전자의 위치를 정확히 알기위해 파장이 짧은 빛을 사용하면 큰 운동량을 갖게 된 빛이 전자를 교란시켜 전자의 정확한 운동량을 측정할 수 없게 된다. 이처럼 전자의 위치를 정밀하게 측정할수록 전자의 운동량에 대한 정보는 정밀도가 떨어지게 마련이다. 반대로 운동량을 정확히 알기위해 파장이 긴 빛을 사용하면, 작은 운동량을 갖게 된 빛의 퍼짐 때문에 정확한 전자의 위치를 측정할 수 없게 된다. 이처럼 어떤 입자의 물리적 상태는 위치와 운동량 모두를 정확히 결정할 수 없고, 어느 정도의 불확정도 오차를 지니고 기술될 수밖에 없다는 것이다. 이러한 불확정도와 관련해서, 입자/파동의 이중성이 측정하는 기구와 상호작용하는 실험적 상황에서 고전적 개념의 한계성을 정확한 수학적 방정식으로 표현한 것이 불확정성 원리이다.¹⁰⁾

9) Grossman, N., Quantum Mechanics and Interpretation of Probability Theory, Philosophy of Science 39, 1972, p.451

10) Heisenberg, W., The Physical Principles of the Quantum Theory, Univ. Chicago Press, 1930 p.18

불확정성 공식 $\Delta p \cdot \Delta q \geq h/2\pi$ 가 성립하는 과정을 추적해 보면 이 공식이 고전적 파동역학의 통계적 이론에서 논리적으로 도출된 이론임을 알게 된다.¹¹⁾ 고전역학에서는 물체의 위치와 속도(운동량)가 정확히 측정되고 미래를 예견할 수 있는 반면, 양자역학에서는 불확정성의 원리에 따라 현재의 물리적 상태는 물론 미래의 사태도 예측할 수 없다. 이제, 고전물리학에서 결정론적 인과율은 양자역학에서 확률론적 인과율로 수정될 수밖에 없게 된 것이다.

불확정성 원리에서 제기되는 불확정성은 관측대상인 입자와 관측자를 포함한 실험도구사이에서 발생한 관측행위가 근본적인 문제이다. 이 문제를 해결하기 위해 초기에 하이젠베르크는 실험상황에서 관측자의 관측행위가 불확정성의 원인이라고 주장하였는데, 아인슈타인, 포돌스키, 로젠의 이름을 딴 EPR 사고실험¹²⁾에서 교란이 없는 방식으로 위치와 운동량을 측정해 보였고, 관측자의 개입에 따른 하이젠베르크의 관측문제는 새로운 국면에 처하게 되었다. 아인슈타인에 의해서 주도된 EPR 실험은 관측자의 개입에 따른 양자역학의 불확정성과 불연속성 개념을 부정하려는 의도에서 설계되었다. 양자역학이 완전한 이론이 되려면, 관측자가 개입한 실험상황 하에서 원래 쌍이었던 전자 양전자의 두 소립자가 아무리 거리가 떨어져 있어도 서로 영향을 주고받아야 하는데, EPR을 통해 관측자 없이도 두 소립자의 위치와 운동량을 정확히 측정할 수 있다고 주장하였다.

아인슈타인은 EPR에서 ‘빛보다 빠른 물질이 없다’는 상대성이론의 확실성을 확인하고 관측자의 개입이 없는 실험을 보여주었지만, ‘어떻게 한 쌍인 두 입자가 빛처럼 빠른 어떤 신호 없

11) 진성배, 포퍼의 확률과 양자이론에 대한 인식론적 기초, 성균관대학교, 1993, pp.104-105

고전역학에 의해서 운동량 p 는 질량과 속도의 곱으로 표기된다. 즉 $p = mv$ 가 성립된다. 마찬가지로 쌍슬릿실험에서 전자총에 의해서 발산되는 전자의 운동량의 최대편차 Δp 와 속도의 최대편차 Δv 사이에는 $\Delta p = m \cdot \Delta v$ 의 등식이 성립한다. 이때 각주기 ω 는 운동량 p 를 운동량의 최대편차 Δp 로 나눈 값, 즉 $\omega = \Delta p / p$ 로 표기되므로 다음식이 성립한다. $\Delta p = \omega \cdot p$ —————(1)

앞절에서도 살펴본대로 운동량 p 는 프랑크상수 h 를 파장 λ 로 나눈값에 해당되므로 $p = h/\lambda$ 가 성립된다. 이식을 (1) 식에 대입하면 다음식을 얻을 수 있다. $\Delta p = \omega \cdot p = \omega h / \lambda$ —————(2)

한편 광원(light source)이 어디서 왔는지 모르는 위치의 편차인 Δx 는 고전적 파동역학에 따라 $\Delta x = \lambda / \omega$ 의 등식이 성립한다. 이제 위해서 살펴본 고전적 파동역학에 따라서 대충 계산해 보면 다음 등식이 성립한다.

$$\Delta x \cdot \Delta p = \lambda / \omega \cdot \omega h / \lambda = h \text{ —————(3)}$$

위의 (3)식은 고전적 파동역학에 근거해서 전자의 위치와 운동량에 대한 편차를 거칠게 표기한 등식인데, 이것을 보다 세밀한 수학적 계산을 통해 구성하면 다음과 같은 공식이 도출된다.

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq h/4\pi \text{ (단, } \Delta x \text{ 는 위치의 편차, } \Delta p \text{ 는 운동량의 편차) —————(4)}$$

위의 (4)식은 다음의 하이젠베르크의 불확정성 공식에 해당된다. 즉, $\Delta p \cdot \Delta q \geq h/2\pi$

12) 원자핵 분열시 발생한 열함 상태의 한쌍의 전자와 양전자를 각각 지구(A입자)와 안드로메다(B입자에 따로 놓고, B를 관측하지 않고도 A의 위치를 측정하면 B위치, 그리고 A의 운동량을 측정하면 B의 운동량을 알 수 있으므로 국소성원리(principle of locality)가 정당하다면 두 입자의 국소성과 실재성이 보장되므로 코펜하겐학파의 불확정성 원리는 오류라는 주장

이도 서로 반응하는 정보를 교환했을까?’에 대한 새로운 문제가 제기되었다. 이 문제와 관련하여, 아인슈타인은 불확정성의 원인이 관측자에 기인하는 주관적 요인이 아니라 입자들의 객관적 성질에 기인하는 국소적 ‘숨은변수’ 때문이라고 주장하였다. 불확정성의 원리에서 관측대상과 실험기구는 국소성 원리에 의해서 서로 영향을 줄 수 없지만, 불확정성이 일어나는 이유는 국소적 ‘숨은 변수’ 때문이라는 것이다. 그 ‘숨은변수’를 알면 불확정성문제를 해결할 수 있다고 해석함으로써 결정론적 입장을 고수하였다. 이에 반해, 보어는 불확정성이란 관측자가 개입하는 전체적 실험상황에서, 두 입자가 우주전체의 연결망과 연계되어 일어나는 비국소적 자연의 원리이므로 불확정성은 국소적 ‘숨은변수’로 해결할 수 없는 문제라고 보았다.

30년 후, 아인슈타인의 ‘숨은 변수’이론은 ‘벨의 공식’에 의해서 거부되었다.¹³⁾ EPR에서 ‘숨은 변수’를 가정하고, ‘숨은 변수’ 때문에 위치와 운동량의 두 가지 관측 가능량을 동시에 측정할 수 없다는 ‘숨은변수’ 가설이 불확정성 원리와 병행할 수 없다는 사실이 수학적 공식에 의해 증명된 것이다. 이제 모든 실험상황에서 적용되는 하이젠베르크의 불확정성 원리를 폐기할 수 없는 한, 아인슈타인의 ‘국소적’ 숨은 변수 가설은 재검토될 수밖에 없게 되었다. ‘국소적’ 숨은 변수 가설은 ‘비국소적’ 숨은 가설로 재정립되거나 아니면, 불확정성 원리의 오류를 입증할 수밖에 없는 사정에 처하게 된 것이다. EPR에서 파생된 양자역학의 연속성과 비연속성을 둘러싼 치열한 논쟁은 여기에서 끝난 것이 아니다. 자연의 연속성과 실재성, 그리고 과학의 객관주의를 신앙하는 아인슈타인의 정신은 그 후예들에게 전승되어 코펜하겐학파의 ‘표준이론’과 그 이론에 대한 ‘해석’에 맞설 새로운 무기를 찾기 위해 여전히 순례의 행진을 계속하고 있다.

나. 보어의 상보성 원리

보어는 불확정성 원리가 모든 물리량에 적용된다고 보고, 불확정성 원리를 일반화하여 상보성 원리를 제안하였다.¹⁴⁾ 그는 한쌍의 개념 즉, 입자/파동, 위치/운동량, 측정시간/에너지 등 물리학에서 나타나는 이중성을 자연의 본질로 본 것이다. 그리고 이중성이 자연의 본질인 이상, 여기에 대응하는 기본적인 물리량도 상보적인 양이어야 하고, 불확정성 원리에 의해 상보적인 양은 둘 중 하나만 정밀하게 측정할 수 있는 한계를 갖는다고 주장하였다. 상보적인 두 가지의 물리량을 모두 함께 정밀하게 측정할 수는 없는 것이다. 즉, 관측하는 순간 이중적 상보

13) 김유신, 양자역학의 역사와 철학, (서울: 이학사, 2013) p.342

14) 김유신, 양자역학의 역사와 철학, (서울: 이학사, 2013)p.190

성은 깨지고 한 쪽 면만 볼 수 있고 다른 면은 숨거나 없어진다는 것이다.

상보성 원리가 엄격히 적용될 수 있는 세계는 기본적 물리량을 갖는 양자역학의 세계인데, 보어는 확률론적으로 양자역학을 적용하고 상보성 원리를 확대하여 결정론적 인과율에 의해 지배되는 거시세계에 적용하더라도 충돌하지 않는다고 하였다. 왜냐하면 미시세계는 플랑크 상수라는 매우 작은 한계 값과 연관되지만, 거시세계는 물리상태가 중첩되고 매우 큰 물리량을 갖는 사물을 관측하기 때문에 불확정성은 나타나지 않기 때문이다. 이처럼 양자역학도 거시세계에서는 결정론적 인과율이 적용될 수 있는데 이 때, 고전역학의 물리량은 양자역학적 물리량의 평균치를 갖는다. 이처럼 양자역학의 평균적 물리량은 정확히 뉴턴의 법칙을 따르며, 양자 법칙이 고전역학의 법칙을 따르는 것을 보어의 대응원리(correspondence principle)라고 한다.¹⁵⁾ 대응원리로 보면, 미시세계는 프랭크 상수와 관련된 불확정성 원리에 지배되지만, 질량이 커서 프랭크 상수를 훨씬 넘어선 거시세계는 불확정성 원리가 적용되지 않고도 고전역학의 법칙이 그대로 적용될 수 있다는 것이다. 이런 의미에서 양자역학의 법칙은 고전역학과 상충되지 않으면서도 더 포괄적으로 적용될 수 있다는 사실을 알게 되었다.

이와 같이 미시세계와 거시세계를 포괄하는 상보성 이론은 측정문제에서 관측자의 결정적인 역할을 다루었고, 상보성 이론이 제기하는 인식의 문제는 실증론을 넘어 유아론에 맞 닿을 정도로 혁신적인 주장으로 전개되었다. 먼저 양자역학의 논리적 성격을 알아보면, 양자역학은 고전역학의 결정론적 인과율 대신 확률에 따른 개연적 인과율을 따른다. 확률과 개연성에 의해서 진술되는 논리는 고전 형식논리의 배중률에 위배되며, 이런 점에서 상보성의 논리는 ‘진’과 ‘위’, 그리고 ‘개연성’이라는 삼치논리에 해당한다고 볼 수 있다. 왜냐하면 양자역학은 고전역학과 달리 입자와 파동, 위치와 운동량 등은 각각 독립적인 변수로 있는 것이 아니라, 서로 상보적이며 모순적인인 상황으로 공존하기 때문이다. 이처럼 상보적으로 공존하는 상태에 대한 해석문제의 논쟁에서 하이젠베르크와 보어는 잠시 의견을 달리하였다.

하이젠베르크의 행렬함수는 입자론을 중심으로 한 병렬적 수학함수이다. 이와 달리 보어는 전자의 위치를 입자상태로 보고 운동량을 드브로이와 프랭크의 파동함수로 해석함으로서 하이젠베르크의 병렬적 상보성을 순환적 상보성으로 달리 해석하였다. 치열한 논쟁 후 하이젠베르크는 보어의 해석을 받아 드렸고, 서로 차이를 달리하며 순환적 관계를 맺는 입자와 파동의 개념이 양자역학에 자리 잡게 되었다. 보어에 의하면 입자와 파동, 위치와 운동량, 관측자와

15) Ohanian, Hans C., Modern Physics, Prentice Hall Englewood Cliffs, NJ, 1995 P.126

관측대상 등의 상보성은 병렬적 상보성이 아니라 순환적 상보성을 의미한다. 즉 상보성 원리에 적용되는 상보적인 관계는 서로 동일한 차원의 병렬적인 관계가 아니라, 상보적인 한 쌍의 두 측면으로 서로 다른 차원의 순환적인 관계라는 것이다.

이러한 순환적인 상보성의 원리는 우리의 사고체계를 역전시킨다. 이것은 일상생활에서 감각적으로 경험하는 세계를 ‘실재’로 보는 실재론의 입장을 역전시킬 수 있는 계기를 마련하며, 보이는 한 쪽 측면의 배후에 상보적으로 숨겨진 다른 측면을 암시하기 때문이다. 우리의 일상적인 지각은 주체-객체의 이원론에 익숙해 있어서 실재의 전체적인 진면목을 보지 못하고 지각에 나타난 모습, 즉 상보성의 한 면만 ‘실재’라고 믿는 경향이 있다. 불확정성 원리에 의해 입자의 위치를 정확하게 측정하면 할수록 파동의 운동량은 산란의 폭이 커져 측정할 수 없게 되고, 반대로 운동량을 정확하게 측정하면 할수록 입자의 위치는 모호해져 측정할 수 없게 된다. 우리의 관측행위로부터 야기된 위치-운동량의 상보성은 한 면의 드러남과 다른 면의 감추어짐을 순환적으로 보여준다. 운동량이 숨은 것처럼 보인다 해도 관측행위로 부터 숨어 버린 것일 뿐, 그 운동량은 잠재적으로 존재한다고 보아야 한다. 숨겨진 운동량의 정보는 상보성의 ‘전체’ 구조 어딘가에 숨겨있을 것이고, 그 정보는 드브로이의 관계식 $P=h/L$ 의 형식으로 보존된다고 할 것이다.¹⁶⁾

영의 실험에서 빛 입자의 간섭무늬는 관측자의 개입 없이도 나타나지만, 하이젠베르크의 사고실험에서 입자/파동의 불확정적 이중성은 관측자의 개입으로 야기된 사태이므로 영의 실험과는 다른 문제를 야기한다. 특히 양자역학에서 나타나는 역설 중 대표적인 것은 측정문제에서 비롯된 불확정성과 측정 시 야기되는 파동함수의 붕괴인데, 이것은 모두 관측자의 개입으로 말미암아 야기된 상황인 것이다. 상보적으로 얽혀서 존재하던 입자/파동의 이중성이 관측자의 개입으로 입자가 발견되면서 파동의 산란이 극대화되게 되며, 마침내 파동함수의 붕괴와 마주치게 된다. 파동함수의 붕괴를 수학적으로 진술하는 것은 불가능하다. 관측 전과 관측 후 사이에 관측자가 개입하였고, 관측자가 관측대상을 발견한 순간 일어나는 파동함수의 붕괴는 고전역학의 논리로는 해결하기 어려운 문제이다. 이 문제에 대해 보어는 실험상황에서 관측자의 역할을 중시하며, 관측이란 단순한 외부적 수용이 아니라 관측자의 선택에 의해 보여진 측면일 뿐, 존재의 전체적인 모습이 아니라는 해석을 가한다. 플라톤 철학이 양자역학으로 되살아난 것처럼¹⁷⁾, 발견된 입자는 입자처럼 보이는 모습일 뿐, 실제로는 다른 차원에 숨겨져 있는 파동

16) Wolf, F. A., Taking the Quantum Leap, 공국진, 박병철 역, 서울: 고려원미디어, 1981, p.168

함수와 관련하여 ‘전체’를 이룬다는 것이다.

양자역학은 미시세계에서 입자란 어떤 알갱이가 아니라 확률 패턴들이고 이것들은 분리할 수 없는 우주적 그물망 속에서 상호연결 되어 영향을 미치고 있으며, 관측자인 인간과 인간의 의식도 그물망 속에 포함되어 있다고 한다. 이처럼 양자역학은 우주가 분해될 수 없고 역동적인 전체이며, 전체의 각 부분은 상호 연관되어 있다는 것을 보여준다. 아인슈타인은 EPR 실험을 통해 상대성이론의 정당성을 확보했으나, 거의 무한대로 떨어진 얽힘 상태의 한 쌍의 두 입자끼리의 정보교환의 문제, 즉 비국소성 문제를 해결하지 못하였다. 아인슈타인의 의도와 달리 예상치 않게 그는 이미 상호접촉되었던 소립자 사이에 맺어지는 경이로운 연관관계를 보여주었고, 코펜하겐학파의 전일론적 세계관의 길을 열어주게 되었다.

이제 보어에 의해서, 부분에 의해서 전체가 이해된다는 결정론적인 세계관은 전체에 의해서 부분이 이해된다는 비결정론적 세계관으로 대치되었다. 고전역학에서는 부분의 성질과 행동이 전체를 결정하는 기계적 구조인 반면, 양자역학은 전체가 부분의 성질과 행동을 결정하는 유기체적 구조를 보이는데, 이러한 전일론적인 모델도 표준이론의 해석에서 연유한 것이다. 이와 같은 세계관에 대한 사고방식의 전환에는 관측자의 관측행위가 그 중심에 위치하고 있다. 거시세계와는 달리 미시세계에서는 관측자에 의해 관측대상이 결정된다고 해석할 수 있는데, 이처럼 경험적 상황과 배치되는 양자역학의 해석방식으로 말미암아 패러독스가 드러나는 것이다. 이 문제는 아인슈타인이 취한 데카르트적 이원론으로는 이해할 수 없으며 인식의 주체와 객체, 그리고 관측자와 관측대상이 하나로 어우러진 전체적 상황을 고려할 때에만 이해할 수 있게 된다.

상보성 원리가 주장하는 바는 실재란 우리가 보고 싶은 대상을 선택할 때, 그 모습을 나타낸다는 것이다. 우리 마음에 수많은 선택 가능성 중에서 하나를 선택함으로써 실재를 구축할 수 있다는 말이다. 칸트에서 보듯, 실재란 물자체에 감추어져 있고 관측자에게 ‘보이는 모습’의 실상은 관측자에 의해서 구성된 모습이라는 것이다. 이 해석에 의하면 일상생활에서 매순간마다 일어나는 행위 자체가 실재를 구축하는 행위이고, 관측대상과 관측방법을 선택할 때마다 실재는 다른 모습을 보여준다. 실재란 존재하는 것이 아니라 우리가 지각하는 ‘방식’이고, 지각되지 않는 한 실재란 존재하지 않는 것이다. 예를 들어, 한 광자가 수년 전 어느 별에서 방출되어 지금 내 눈에 들어오면 광자는 ‘실재’하지만, 내가 그 곳에 없으면 ‘실재하지 않는다.’ 전자나 원자의 영역에서는 우리가 내린 선택을 인지할 수 없기 때문에 파동함수라는 ‘수학적 실재’

17) Heisenberg, W., 김용준 역, 부분과 전체, (서울: 지식산업사, 1999), p.351

하이젠베르크는 플라톤의 고전인 「Timaeus(우주론)」를 읽으면서 그것을 전형으로 양자역학의 개념들을 숙고하였다.

만을 보게 된다. 이처럼 세계란 나에게 상보성의 한 면만 드러나 보이는 모습일 뿐 객관적으로 ‘밖에’ 실재하는 것이 아니다. 이것이 불확정성의 역설이 보여준 세계이고 양자역학을 실증론으로 부르는 이유도 여기에 있다.

우리가 관측대상을 선택하고 그 대상을 발견할 때, 입자와 파동의 연속성은 깨지고 비연속적인 불확정성이 나타난다. 관측과 더불어 대상과 관련된 모든 연속성은 깨지고 상보성의 한 측면만 우리에게 드러난다. 그런 의미에서 적어도 미시세계에서 만큼은 관측자가 실재를 구성하고 창조한다. 이런 과정을 거쳐서 양자역학은 실증론을 넘어 ‘세계가 곧 나’라는 양자론적 유아론과 만나게 된다.

보어는 양자역학의 역설을 관측행위에서 ‘보이는 세계’와 ‘숨겨진 세계’의 상보성을 통해서 설명하였다. 하이젠베르크는 이 잠재된 실재를 불확정성 원리와 결부시켜 ‘제3의 실재’ 또는 ‘중간적 실재’라 하였다.¹⁸⁾ 존재 가능성을 지닌 수학적 함수로서의 파동이 관측자가 입자를 발견하는 순간, 파동함수의 붕괴를 일으켜 확률 0으로 사라졌다는 사실은 적어도 세 차원의 세계를 가정할 때에만 해결될 수 있는 문제인 것이다. 논자는 보어가 적어도 세 차원의 세계 즉, 발견된 입자의 실재세계, 파동함수의 존재 가능성의 세계, 그리고 관측하는 주관의 세계 등 세 세계를 상정하고, 이들의 상호관계로 어우러진 전일적 세계상을 상보성 원리를 통해 그려 냈다고 본다.

Ⅱ. 과학혁명으로 본 평화의 이념

1. 과학혁명의 이념

과학 발전에 대한 쿤의 상대주의와 포퍼, 라카토스 등의 합리주의사이의 과학철학 논쟁은 양자역학을 둘러싼 과학의 논쟁 못지않게 치열하게 전개된다. 과학철학의 논쟁은 과학자체를 대상으로 한 탐구이므로 메타과학의 성격을 지닌다는 점에서 차이가 있을 뿐, 그 논쟁의 치열함은 대동소이하다. 이런 논쟁의 과정에서 야기되는 과학과 철학의 주제들, 그리고 논의된 주제 뿐 아니라 그 외의 전체적 상황을 살펴보고, 거기에서 평화와 관련된 메시지를 도출하는 것이 이 논고의 과제이다. 물론 과학이나 과학철학에서 다른 논쟁과 그 해법들이 세계평화의

18) Jammer, M., The Philosophy of Quantum Mechanics (New York: John Wiley & Sons, 1974) p.44 p.169

문제를 직접적으로 해결해 줄 수는 없다. 그러나 그것이 과학의 논쟁이든 블록간의 다름이든 그 다름에 따라 문제를 해결하는 과정과 원칙들이 있기 마련이고, 거기에서 평화에 대한 메시지를 읽을 수 있다고 보기 때문이다. 과학을 다루는 과학철학에서 과학사 전체를 아울러 문제 해결의 방법으로 제시한 것이 위에 기술한 합리주의와 상대주의의 해결방법이다. 이 주제를 다루는 이유도 과학철학의 합리주의와 상대주의의 대립이 평화학에서는 본질주의와 다원주의 대립의 양상을 띠고 재현되는 측면 즉, 유사성이 있기 때문이다.

과학사에서 과학혁명의 대표적인 논쟁은 근대의 뉴턴역학이 성립하는 과정에서 보여준 논쟁과 현대의 아인슈타인과 양자역학 사이에서 벌어진 논쟁으로 대별될 수 있다. 양자역학을 둘러싼 숨 가쁜 논쟁은 전장에서 논의된 바, 이 장에서는 근대 과학혁명의 사례로 꼽히는 코페르니쿠스의 과학혁명(1543-뉴턴까지 150년)¹⁹⁾에 대해서 합리주의의 관점을 따라가며 살피려고 한다. 과학혁명의 과정에서 합리주의의 ‘이성’이 과연 어떤 역할을 하였으며, 그 ‘이성’이 평화문제 해결을 어떻게 수행할 수 있을지의 여부를 살펴보기 위해서이다.

근대 뉴턴역학은 어느 날 정원에서 사과가 떨어진 사건이 계기가 되었지만, 그 이론이 성립하기까지는 150년의 논쟁의 역사를 배경으로 하고 있다. 그리고 그 논쟁의 결과는 고대와 근대를 구분하는 분수령이 되었고, 고대의 아리스토텔레스의 세계관이 근대적 세계관으로 대체된 결과를 초래하였다. B.C 4세기 아리스토텔레스의 우주론은 우주를 지상계와 천상계로 구분하고 지구중심에서 달 궤도까지의 부분을 지상계로, 그리고 지상계를 제외한 나머지 부분을 천상계로 보았다. 그리고 흙, 물, 공기, 불의 4 원소로 구성된 지상계의 물체는 직선으로 위아래로 제자리를 향해 움직이는 자연적 속성이 있으며, 천상계는 부패하지 않은 에테르로 구성되어 지구를 중심으로 원환운동을 한다고 본 것이다.

이러한 아리스토텔레스의 우주관을 계승하여 A.D. 2세기의 프톨레마이오스는 특별히 고안된 여러 주전원을 첨부해서, 행성은 주전원 위를 움직이며 행성의 중심은 지구둘레를 원형으로 회전한다는 천동설을 주장하였다. 프톨레마이오스의 천동설에 대해 코페르니쿠스는 단순성과 행성위치에 대한 관찰과 예측성은 프톨레마이오스 이론과 동일하지만, 임의로 부과된 프톨레마이오스의 여러 주전원 대신에 하나의 주전원을 사용해 지동설을 주장하였다. 천동설과 지동설의 대결은 프톨레마이오스의 여러 주전원 모델과 코페르니쿠스의 하나의 원형 모델의 차이가 아니라, 철학과 종교, 그리고 세계관의 모든 영역에 걸친 치열한 싸움이였다. 그러나 당시,

19) Chalmers, A.F., 신일철, 신중섭 역, What is this thing called Science?, 서광사, 1985 pp.119f

과학은 합리주의의 편이었고 종교는 교권과 교리의 수호자였다. 이처럼 차원이 다른 두 영역의 싸움 즉, ‘이성’과 ‘권위’의 싸움에서 최후의 승리자는 합리주의의 ‘이성’이었다. 과연 이와 같이 이성은 최후의 승리를 담보할 수 있는 과학혁명의 원리로, 더 나아가 ‘평화의 원리’로 제시될 수 있을까? 이 문제를 해결하기 위해 합리주의의 논의를 계속 해서 따라가 보기로 하자.

1609년 갈릴레오는 망원경을 만들어 천체를 관측한 결과, 화성과 금성의 크기가 코페르니쿠스의 예언대로 변화하며 달이 지구와 같은 방식으로 움직인다는 사실을 발견하였다. 그는 속도와 가속도를 구별하고 자유낙하 하는 물체는 무게와 상관없이 일정한 가속도 운동을 한다는 사실도 밝혔다. 그리고 외부에 힘이 가해지지 않는 한 움직이는 물체는 일정속도로 지구둘레를 원형으로 무한히 운동한다는 원형관성의 법칙도 제시하였다. 그 후, 케플러는 행성의 궤도를 타원형으로 나타내고 그 중심에 태양을 위치하였다. 그리고 태양에서 행성에 그은 선은 같은 시간에 같은 면적을 그린다는 것과, 행성의 한 바퀴 궤도 순환시간의 제곱은 태양으로부터의 평균거리의 세제곱에 비례한다는 사실도 밝혔다. 이런 오랜 과학사의 논쟁과정에서 이성의 합리성을 위한 투쟁의 기반위에 과학혁명의 대단원은 뉴턴에 의해 막을 내리게 된다. 마침내 뉴턴의 새로운 과학과 철학, 그리고 그의 기계론적 세계관의 패러다임이 세계를 지배하게 된 것이다.

고전적 역학으로 알려진 뉴턴의 세계관은 고대와 중세를 지배했던 아리스토텔레스의 두 세계관 즉, 지상계와 천상계를 중력이라는 하나의 체계로 통일하였다. 그는 가속도의 원인을 운동이 아닌 힘으로 밝히고, 만유인력법칙을 발견하여 케플러의 행성운동을 설명하였다. 이제 중력과 만유인력 법칙이 새로운 과학의 패러다임으로 등장한 것이다. 뉴턴과 마찬가지로 아인슈타인을 중심으로 한 양자역학의 실재론자들 역시 합리주의 입장을 견지한다. 아인슈타인은 상대성 이론을 통해 뉴턴역학과 전자기역학을 통일하고, 뉴턴역학의 체계를 역전시킨 패러다임의 전환 작업을 수행했지만, 자연의 연속성과 인과율에 대한 강력한 옹호자였다. 그런 의미에서 그는 합리주의자였다. 그는 “신은 주사위 놀음을 하지 않는다.”는 유명한 일화에서 코펜하겐학파의 비연속적인 개념을 매우 언짢아했다는 사실이 여기저기 들어난다. 그는 불확정성 원리도 우리가 자연에 숨겨진 ‘숨은 변수’를 모르기 때문에 비롯된 것이지, 자연 자체가 불확정적인 성격을 지닌 것은 아니라고 역설한다. 위에서 살펴 본대로 과학에서 합리주의는 이성에 의한 과학의 진보를 굳게 믿고, 뉴턴의 역학이나 아인슈타인의 상대성 이론에서 보듯 과학이론들의 통일 작업도 실현될 것으로 믿는다. 그 믿음의 근거에는 과학의 진보에 대한 희망과 과학적 이성에 대한 신뢰가 바탕이 된 것은 물론이다. 과학철학에서 합리주의가 견지하는 기본 입장은 다음과 같다.²⁰⁾

20) 위의 책, pp.169f

1) 이론의 우월성을 비교할 수 있는 보편적 기준을 인정한다. 2) 경합하는 이론 중 보편적 기준을 가장 충족시키는 이론이 좋은 이론이다. 3) 과학이론의 누적적, 연속적 진보를 인정한다. 4) 그러므로, 과학이론은 진리에 접근하며, 과학이론은 참이거나 개연적인 참이다. 5) 경합하는 이론의 선택은 인간의 주관적 판단이나 합의가 개입되어선 안 되며, 이론 자체의 합리성 정도에 따른다.

이런 관점에서 보면, 양자역학에 대한 아인슈타인과 보어의 논쟁도 합리주의 논쟁의 큰 틀 연장선에서 이루어진 논쟁으로 이해할 수 있다. 그러나 양자역학의 불확정성 원리가 제시하는 의미는 그 울림이 너무 커서, 과학의 영역뿐만 아니라 철학과 사상, 문화, 예술에 이르기까지 현대 사회를 주도하는 사고방식의 패턴을 역전시키는 역할을 하였다. 역설적으로, 양자역학의 불확정성이 갖는 현대 물리학의 비합리성은 과학의 합리주의의 도도한 흐름을 차단하고 넘어설 뿐만 아니라 합리주의 역사를 되돌려 과학의 역사를 새롭게 쓰는, 말 그대로의 과학혁명인 것이다. 과학의 진보를 굳게 믿는 합리주의의 신화는 어디로 갔을까? 여기에서 합리주의 전통의 연장선상에서 진행된 검증과 반증, 귀납주의와 연역주의 논쟁에 대해 비판을 가하면서, 과학사 연구를 통해서 비합리주의 과학철학의 깃발을 든 쿤을 주시하지 않을 수 없다.

쿤은 과학의 진보가 합리적인 연속적 과정을 통해 이루어진 것이 아니라, 불연속적이고 혁명적인 변화를 통해 진보되어 왔다고 말한다. 이와 같이 과학의 진보과정에서 일어나는 혁명적 변화는 종교적 개종처럼 합리적으로 설명할 수 없으며, 논증을 통해서 증명할 수는 더더욱 없다고 한다. 즉, 과학적 패러다임²¹⁾과 패러다임의 싸움은 이론의 단순성이나 설명과 논증, 그리고 사회적 필요성 등등 어떤 합리적인 주장과 관계없으며, 패러다임 사이의 우열을 가릴 수 있는 방법은 없다는 것이다. 이처럼 경쟁하는 패러다임은 서로 통약할 수 있는 부분이 없는 상호비통약적(incommensurable)²²⁾이므로 패러다임 사이에서 합리적인 비교는 불가능하며, 따라서 패러다임의 선택은 과학자 집단의 동의에 의해서 결정된다고 본다. 새로운 패러다임을 선택하는 과학혁명은 개인에 의해 수행되는 연구 작업 뿐 아니라, 과학자 사회 전체에 의해서 일어나는

21) 특별한 과학자 집단이 채택한 일반적인 이론, 전제, 그리고 법칙들을 말한다. 즉, 사회적으로 이미 알려진 구체적인 과학적 성취와 확립된 일련의 관념들을 일컫는다. 패러다임은 과학 이전의 형이상학적 무패러다임 → 복수 패러다임 → 이원 패러다임 → 혁명 → 통일된 하나의 패러다임으로 진화한다. 기존의 패러다임에 반하는 변칙성이 나타날 때, 즉각적으로 반증되는 것이 아니라 계속적으로 변칙성이 나타나면 정상과학의 위기가 초래되고 마침내 혁명이 일어난다. 패러다임의 교체는 세계관의 교체를 의미한다.

22) Wes Sharrock and Rupert Read, 김혜진 역, KUHN, (주)사이언스북스, 1997, p.211
상호비통약성은 이론 내용을 한 항목씩 비교할 수 없다는 것이다. 또한 두 진영의 과학자들은 각자의 패러다임에 따라 보기 때문에 의미, 기준 등이 다른 서로 다른 세계에 사는 것이고, 당연히 상호비통약성 드러날 수밖에 없다는 것이다.

집단적 ‘개종’의 성격을 지닌다.²³⁾ 과학이란 주관의 개입이 없는 객관적이며 가치중립적인 학문이 아니라, 무수한 인간의 주관이 개입한 집단적 성격을 지닌다는 것이다. 이렇게 해서 쿤의 상대주의가 등장하게 된다. 쿤은 정상과학에서 위기가 일어나서 과학혁명으로 이어진 예를 코페르니쿠스와 뉴턴의 과학혁명, 라부아지에의 산소 연소설, 달튼의 원자론, 전자기 역학과 상대성 원리 등의 논쟁에서 찾는다. 이 모든 과학혁명은 과학의 진보에만 기여하는 것이 아니라, 모든 세계관과 가치관에 영향을 미쳐 다른 차원의 세계에서 살도록 하며 삶 자체를 변형시킨다.

전장에서 서술한 양자역학만 하더라도 사물을 보는 방식 즉, 인식의 방식뿐만 아니라 모든 사물과 세계가 부분으로 환원될 수 없으며, 전체적으로 연결된 유기체요 통일체인 것으로 이해되었다. 이 하나로 연결된 우주에서 주관과 객체의 이원론은 사라지고 서로 분리되었던 개체들이 하나로 어우러진 상보적 관계인 것으로 판명되었다. 상보성 원리는 소립자 세계의 상보적인 물리량을 언급하는 양자역학의 원리인데, 그 원리의 외연을 따라가 보면 우리는 ‘너와 나’가 둘이 아닌 하나의 통일체인 것을 알 수 있게 된다. ‘나가 아닌 너’가 오히려 참다운 ‘나’일 수 있다는 다소 역설적인 세계가 펼쳐지게 되는 것이다. 이것이 상보성 원리와 EPR실험이 보여준 패러독스이다. 얽혔던 전자와 양전자 한 쌍이 어찌다가 몇 광년 떨어진 거리를 두고 떨어져 있는데도 빛보다 빠른 속도로 정보를 주고받을 수 있으며, 또한 한 쪽이 관찰하는 것이 오히려 다른 쪽에 의해서 관찰되는 상황을 상상할 수 있을까? 측정된 입자가 실재가 아니라 환영일 뿐이고 우리가 보는 실제세계가 수학적 리듬과 비트 음으로 가득 찬 파동의 세계라면 어떨까? 이처럼 양자역학이 그리는 세계는 우리가 경험하는 소박한 실제세계를 훌쩍 넘어 전혀 다른 세계로 우리를 인도한다.

쿤이 말하는 것처럼 양자역학의 혁명은 현대사회의 모든 가치관과 사고방식, 그리고 세계관의 전환을 가져왔다. 이것이 오늘날 정상과학인 양자역학의 실상이고 우리는 정상과학의 구속성으로 인해서 새로운 세계관을 강요당하고 있다. 불확정성 원리가 가져온 불연속적인 세계는 예측할 수 없는 불안으로 가득 찬 세계일 수 있지만, 다른 측면에서 보면 전체라는 질서에 의해서 서로 관련되어 하모니를 이룬 세계일 수도 있다. 양자역학의 혁명에서 우리가 찾을 수 있는 이념이 있다면 아마 ‘전체 관련성’이라는 개념일 것이다.

과학의 진보와 과학의 혁명 사이에는 합리주의와 상대주의의 넘을 수 없는 장벽이 있다. 합리주의는 이론에 대한 경험적 사실들의 지지도로 귀납적 합리주의를 제시할 수도 있으며, 이론

23) Kuhn, T. 김명자 역, The Structure of Scientific Revolution, (서울: (주)두산동아, 1997)p.215

에 대한 반증 가능성의 정도로 연역적 합리주의를 선택할 수도 있다. 그리고 라카토스가 제안한 연구프로그램처럼 경험내용의 증가와 새 사실의 예측 즉, 발견력의 정도로 우월한 이론을 채택할 수도 있다. 여러 경쟁하는 이론 중에서 가장 경험적 내용을 많이 설명할 수 있는 이론을 선택하는 것이 과학자의 임무이며, 그들은 이러한 합리적 설명이 과학의 진보를 돕는다고 생각한다.²⁴⁾ 그러므로 모든 합리주의의 원리는 ‘이성’의 합리성 이외의 어떤 것도 아닌 것이다. 이러한 합리주의적 전통은 뉴턴과 아인슈타인의 과학혁명에서 그 성격이 잘 드러내 보여준다.

반면에 쿤은 합리주의의 맹점을 이론의 상호비통약성에 대한 몰이해로 보고 과학자 집단의 동의에 의해서 패러다임이 선택되며 과학혁명이 이루어진다고 한다. 따라서 경쟁하는 이론 사이의 우열을 가릴 수 있는 합리적인 기준은 없으며, 이론의 우열성 여부는 과학자 집단의 동의에 의해 결정된다고 주장함으로써 상대주의의 입장을 견지한다. 이처럼 과학혁명은 정치혁명처럼 비합리적이며, 인과율을 깨고 비연속적인 양자도약의 개념에서 세워진 양자역학은 과학혁명의 훌륭한 사례가 될 것이다. 양자역학의 불확정성 원리에서 얻을 수 있는 이념이 있다면, 앞서 언급한 ‘전체관련성’으로 규정할 수 있다고 본다. 따라서 논자는 합리주의와 비합리주의의 서로 다른 과학혁명의 유형에서 평화의 이념을 도출하는 바, 합리주의 과학에서의 ‘이성’과 비합리주의 과학에서의 ‘전체관련성’이 그것이다. 이제, 과학에서 빌려온 두 가지 이념으로 평화문제를 해결할 수 있는지 여부를 살펴보기로 하자.

보어의 대응원리를 살펴보면, 물리학의 이념에서 사회과학의 이념을 도출하는 것도 유비적으로 가능할 수 있지 않을까? 물론 쿤의 상호비통약성의 논리로 보면 이런 시도 자체가 불가능하고, 물리학과 사회과학은 다른 유형의 학문이므로 엄격한 의미에서 양자는 대응될 수 없다. 그러나 ‘이념’이라는 측면에서 양자 간에는 유사성도 있을 것이고 학문 사이의 유비적인 접근도 가능하다고 본다. 이제 평화 본질주의의 이념을 ‘이성’으로, 그리고 평화 다원주의의 이념을 ‘전체관련성’으로 대응시켜서 과학에서 도출된 두 가지 이념으로 평화의 문제를 다루어 보도록 하겠다.

2. 평화 본질주의와 평화 다원주의

본 논고는 2016년 3월18일 선문대학교에서 개최된 한국평화종교학회 창립기념 학술대회에서 발표된 논문들의 토론과정에서 제기된 문제를 해결하기 위한 시안으로 작성된 논문이다. 그 날 발표된 논문들 중에서 서울대학교 통일평화연구원 이찬수의 기초강연인 “평화인식론과 평

24) Newton, W. H.- Smith, 양현진, 조기숙 역, The Rationality of Science,(서울: 민음사, 1983) p.367

화다원주의”와 청심신학대학원대 황진수의 “문선명선생의 종교관에 관한 연구: 다원주의와 통일주의의 평화적 공존”에 대한 열띤 토론이 논자로 하여금 서로 대척점에 서있는 본질주의와 다원주의의 본질을 이해하는 계기가 된 것이다. 논의의 쟁점을 보다 명료하게 드러내기 위해서 논자는 이찬수의 논문을 종교 다원주의, 또는 평화 다원주의의 특징과 방법론을 대표한다고 보고 황진수의 논문을 본질주의의 특징과 방법론을 대표한다고 보아, 이 두 논문을 통해 본고의 주제를 드러내는 것이 무리가 없다고 본다. 이렇게 해석하는 이유는 평화에 대한 해결책으로 이찬수는 평화 다원주의에서 보이는 다름과 차이를 ‘아픔에 대한 공감’이라는 다원주의적 해결책에서 찾으려 한 반면²⁵⁾, 황진수는 그 다원주의에서 드러나는 ‘서로 다름’을 비트겐슈타인의 가족유사성에서 찾고, 다양성안에서의 통일성의 근거를 문선명 선생의 ‘심정’이라는 본질을 확보하는 데에서 찾으려하기 때문이다.

이제, 한국평화종교학회 창립기념 학술대회의 논의가 본 논고의 계기가 되었다는 점을 밝히면서, 과학혁명과 관련된 주제로 평화본질주의의 이념으로 ‘이성’을, 그리고 평화 다원주의의 이념으로 ‘전체관련성’을 설정하고 논의를 진행해 나가려 한다. 논자는 현대 양자역학의 첨예한 논쟁을 아인슈타인으로 대표되는 실재론과 보어로 대표되는 실증론으로 대별하고, 그 논쟁의 논점이 과학철학의 합리주의와 상대주의의 논점으로 재현된 것을 확인하였고 이러한 작업을 통해서 과학의 이념이 평화문제에 주는 어떤 시사점을 발견하려고 하였다. 이러한 일련의 연관된 과제에서 논자는 과학적 실재론과 과학철학의 합리주의를 묶는 키워드로 ‘이성’을, 그리고 과학적 실증론과 과학철학의 상대주의를 묶는 키워드로 ‘전체관련성’을 대별하고, 이 두 가지 과학의 이념을 평화본질주의와 평화다원주의에 적용해서 과학의 이념과 평화의 이념 사이의 ‘대응관계’를 분석해 보려고 한다. 이 대응관계의 적절성 여부가 본고의 타당성 여부를 보여줄 시금석이 될 것이다. 더 나아가 논자는 과학과 평화의 이념으로 제시된 ‘이성’과 ‘전체관련성’의 두 개념을 영구평화론을 제시한 칸트의 평화본질주의와 이찬수가 언급한 평화다원주의와 관련하여 살펴볼 것이다.

가. 평화 본질주의의 이념: 이성

평화를 ‘폭력이 없는 상태’, 아우구스티누스 의 평화(pax) 개념인 ‘질서의 고요함’, 그리고 ‘제2차 바티칸공의회’ 문헌에서 나오는 ‘정의의 실현’ 등 평화에 대해 다양한 개념으로 정의되지만²⁶⁾ 이런 본질주의적인 평화개념은 ‘이성’의 개념으로 수용된다고 말할 수 있다. ‘폭력이

25) 이찬수, 평화와 평화들, (서울: 도서출판 모시는 사람들, 1994) p.87

없는 것'도 질서를 유지하는 상태를 의미하며, '질서의 고요함'도 적절한 배분과 비례관계를 전제하고, 그리고 '정의의 실현'도 롤스²⁷⁾에 의하면 자유와 평등을 고르게 배분하는 것이다. 이런 다양한 평화에 대한 언어적 규정의 맥락에서 살펴보면, 근본적으로 평화란 피타고라스적인 로고스(이성)의 비례관계, 질서지움, 그리고 조화와 균형에서 비롯된 '어떤 상태'를 의미하기 때문이다. 이런 측면에서 보면, 평화에 대한 본질주의적 의미는 '이성'의 원리로 수렴된다고 할 수 있다. 이러한 '이성'을 평화의 원리로 적용시킨 대표적인 고전적 이론이 칸트의 「영구평화론」(Zum ewigen Frieden)이다. 뉴턴의 과학이성을 정초한 것이 칸트의 「순수이성비판」이고, 도덕 형이상학을 정초한 것이 「실천이성비판」인 것을 감안할 때, 칸트야말로 '이성의 원리'로 과학과 도덕, 더 나아가 세계평화의 문제까지 정초하려 한 인물인 것을 알 수 있다. 칸트의 '순수이성' 비판의 출발점은 과학이었고, '실천이성' 비판의 귀결점은 세계평화이었다. 그런 의미에서 평화의 이념을 과학의 '이성'에서 도출하려는 본 논고의 작업이 마냥 엉뚱하고 이상한 논리를 전개한 것만은 아닐 것이다. 오히려 과학의 '이성'은 우리에게 많은 것을 보여줄 수 있다. 칸트에 있어서 과학의 논리와 평화의 논리는 동일한 맥락이었으며, 과학이성에서 실천이성으로 나아가는 길은 타당성을 지닐 뿐 아니라 필연적인 것이었다.

칸트의 순수이성 비판과 실천이성 비판 철학에서 언급한 '순수이성'과 '실천이성'은 그가 은유적으로 읊은 '하늘에 떠있는 별과 마음의 양심의 별'을 철학적 용어로 표현한 것이며, 그의 철학의 주제도 뉴턴의 자연법칙을 다루는 순수이성비판과 양심의 법칙을 다루는 실천이성비판으로 구분된다. 칸트는 자연법칙과 도덕법칙 모두가 보편타당성을 갖는다는 측면에서 같은 유형(Type of analogue)의 법칙으로 본다. 그런데 실천이성의 '우위(優位)'를 주장하는 칸트에게 있어서 도덕법칙은 자연법칙의 상위개념으로 이해되는 것 같다. 논자는 칸트가 자연법칙과 도덕법칙을 자연과 인간세계에 적용하는 각각 다른 차원의 법칙으로 인정하면서도, 실천이성비판에서는 자연법칙을 선험적 도덕법칙과 경험적 준칙(axiom)사이를 이해하는 전형으로 내세워 자연법칙의 위상을 낮추었다고 본다. 자연법칙의 도입은 그 도입과 관련된 "우리가 이 준칙이 보편적 법칙이 되게 하기를 바랄 수 있을까?"하는 문제를 보다 쉽사리 답할 수 있도록 하려는 목적에 도움이 되는 것이다."²⁸⁾

26) 위의 책, P.38

27) 롤스는 1971년 출간한 「정의론」에서 정의란 자유, 평등, 복지의 세 가지 요청을 조정하는 사회적 합의의 대상이라고 규정한다. 그의 정의론은 사회주의자들에게는 매우 불평등한 정의라는 혹평을, 자유주의자들에게는 너무 지나친 평등을 강조했다는 비난을 받고 있으나, 자유주의에 평등주의를 잘 조합해 균형있는 시각으로 현대사회의 정의에 대한 이론을 정립했다는 평가를 받는다.

이처럼 칸트는 자연법칙을 선험적 절대규범인 도덕법칙과 경험적인 경향성을 띤 준칙사이를 매개하는 전형으로 이해함으로써 도덕법칙을 다른 실천이성의 ‘우위’를 선언한다. 이것이야말로 도덕법칙에서 인간의 ‘자유’개념을 도출한 칸트철학의 개가이며 결정론적인 뉴턴의 기계론과 병행할 수 없는 이유이다. 이처럼 칸트철학의 핵심은 실천이성비판에서 다른 도덕법칙인 것이다. 더 나아가 칸트의 영구평화론은 실천이성비판에서의 도덕법칙과 세계시민사회의 공법과의 관련성을 다루고, 그 공법에 입각한 평화의 문제를 다루었다.

칸트의 영구평화론은 그의 실천이성비판 철학을 재구성하는 작업이었다. 칸트가 의미하는 평화는 추상적인 것이 아니라 세계 공법의 질서에서 오는 국가 간의 평화이고 세계시민사회에서 지켜지는 영구적인 평화이다. 그리고 그는 구체적으로 사람들 사이에서 지켜지는 도덕적인 내면의 평화가 아니라 법적 질서에 의해서 보장받는 외면적 평화를 제시하였다. 그리고 그는 ‘전쟁이 없는’, 바꾸어 말하면 전쟁이 일어날 개연성을 갖는 소극적인 비영구적인 평화를 넘어, 세계시민이 공법에 의해서 질서적인 삶을 사는 영구적인 평화를 도출하려 하였다. 그러므로 그는 영구평화를 이루기 위해 요청된 세계시민법을 실천이성에 근거한 도덕법칙에서 도출하고 선험적인 도덕법칙과 경험적인 세계시민법을 관련지어 생각한다.

칸트의 도덕철학에서 선험적인 도덕법칙이란 경험적 차원이 아니라 순수이성의 차원, 즉 절대적인 양심의 보편타당한 법칙을 말한다. 양심의 선험적인 도덕법칙은 실천이성을 근거로 하는데, 이것은 실천이성을 근거로 한 선의지가 자기 자신에게 내리는 명령 즉, 양심의 정언명령을 말하며, 이것이 곧 도덕법칙인 것이다. 이처럼 선의지의 자율의 원리가 도덕법칙의 입법자이며, 여기에서 도덕법칙에 따른 ‘자유’의 개념이 정초된다. 그렇게 해서 다음과 같은 칸트의 명제가 성립된다. 즉, ‘자유는 도덕법의 존재근거요 도덕법은 자유의 인식근거이다.’²⁹⁾

칸트는 세계시민법에 의한 영구평화를 제시하지만 세계시민법의 근거를 도덕법칙에서 도출하는 한, 영구평화는 도덕성에 근거하며 이것을 평화의 본질이라고 하였다. 그에게 있어서 평화란 도덕성을 근거로 한 법적상태이며, 법적 공동체와 도덕적 공동체는 실천이성을 근거로 한 자유에 기초한다. 실천이성이란 법적상태의 평화를 유지하는 존재근거이고, 실천이성을 근거로 한 자유는 평화의 목적이며 귀착점인 것이다.

칸트에 있어서 우주와 인간의 도덕세계는 ‘이성의 원리’ 하나뿐이었다. 오직 인간과 우주의

28) Kant, I., Critique of Practical Reason, trans. T. K. Abbott, Green & Co., 1952, p.292.

29) 위의 책, p.292.

한 가지 차이점은 우주에는 없는 인간세계의 도덕적 ‘자유’였으며, 그 자유를 꿈꾸고 실현하려는 열망이 그의 영구평화론으로 귀결된 것이다. 칸트에 있어서 평화의 이념은 ‘이성’이고 그것은 궁극적으로 ‘자유’를 실현하는 행위에 다름 아닌 것이다.

나. 평화 다원주의의 이념: 전체 관련성

양자역학의 불확정성 원리는 프랭크상수의 함수 범위 안에서 입자와 운동량의 불확정성을 서술한 반면, 칸트는 현상세계와 분리된 물자체의 세계에서 도덕적 자유를 서술하였다. 그런 의미에서 양자역학은 현상세계와 물자체의 세계를 이원론으로 구분하지 않고 자연과 인간세계의 ‘자유’ 개념을 통일적으로 설명할 수 있는 유일한 이론이라고 할 수 있다. 양자역학은 데카르트의 이원론을 극복한 매우 값진 과학의 승리이고 과학의 전리품인 것이다. 뉴턴의 과학이성을 정초하려고 한 칸트 역시 데카르트의 이원론을 비판하지만, 현상계와 물자체의 또 다른 이원론을 넘어설 수 없었다. 양자역학의 표준이론을 거부한 아인슈타인의 결정론도 데카르트의 기계론과 이원론을 벗어나지 못하기는 마찬가지이다.³⁰⁾ 데카르트의 대수기하학과 기계론의 이원론은 세계를 결정론으로 이끌었고, 근대이후 세계는 온통 데카르트의 주술에서 헤어 나오지 못하였던 것이다. 데카르트의 대수기하학과 기계론의 신화는 철학이 아닌 양자역학의 불확정성 원리에 의해 와해되었고, 과학문명을 주도한 데카르트의 결정론적 패러다임은 양자역학의 비결정론적 패러다임으로 전환되어 ‘코페르니쿠스적인 전회’를 맞게 되었다. 아인슈타인의 말처럼 신은 주사위를 던지지 않겠지만, 양자역학에서 신은 이미 주사위를 던졌으니 과학 최대의 이슈가 본격적으로 제기된 것이다.

비결정론적 양자역학의 핵심개념은 EPR실험에서 보여주듯 ‘전체관련성’이다. EPR실험에 대한 아인슈타인과 보어의 논쟁은 결정론과 비결정론의 극적인 대결을 보여준다. 아인슈타인은 상대성이론에 의해 빛보다 더 빠른 어떤 신호도 있을 수 없으므로 수천마일 떨어져 있는 한쌍의 두 입자 A와 B가 각각 다른 입자의 회전방향을 즉각 결정할 수 없다고 주장한 반면, 보어는 A와 B가 전제 우주 시스템과 연관된 입자이므로 서로 영향을 미칠 수 있다고 주장한다. EPR실험은 역설적으로, 입자들이란 전체 시스템의 한 부분으로 해석해야 한다는 전일론의 주장을 증명하는 결과를 가져오게 되었다. 이처럼 양자역학의 이론은 입자가 독립된 물체 알갱이가 아니라 확률형태로 불가분리의 우주망과 상호작용한다는 것이다.

30) Capra, F., 새로운 물리학의 세계관, (서울: 계간 과학사상, 1998 겨울) p.94

라플라스의 환원주의는 유물론과 뉴턴의 기계론을 결합하여 물리학의 언어로 형이상학과 신을 배제한 사건이고 뉴턴의 기계론적 세계관의 전제에서 비롯된 환원주의의 전형적인 모습을 보여준다.³¹⁾ 세계란 ‘부분의 총화가 전체’라는 기계론으로 더 이상 설명될 수 없으며, 오히려 세계는 ‘부분의 총화 그 이상’이라는 전체관련성을 통한 전일론으로 설명할 수밖에 없게 되었다. 보어에 의하면, 독립된 고체입자란 추상적이어서 그것의 속성은 다른 것들과 상호작용을 통해서만 정의될 수 있고 관찰될 수 있다.³²⁾

물리학에서 이런 비결정론적 세계관은 과학철학에서 쿤의 비합리주의적 상대주의와 만나게 된다. 이처럼 양자가 공통성을 갖고 만날 수 있는 근거는 물리학에서 하이젠베르크의 불확정성 개념이 과학철학에서 쿤의 상호비통약성 개념과 유비적으로 대응되기 때문이다. 쿤의 상호비통약성 개념의 핵심은 경쟁하는 이론사이에 우열을 가릴 합리적인 기준이 없다는 것이고, 과학 패러다임의 결정은 과학자 집단에 의해 결정된다는 것이다. 즉, 이론은 이론자체의 국소적 요인에 의해서 결정되는 것이 아니라 비국소적 상호관련성을 통해 ‘전체 과학자 집단과의 관련성’에 의해서 결정된다는 것이다. 경쟁하는 패러다임들 사이에서 우월한 패러다임을 결정하는 작업은 ‘전체관련성’ 즉, 과학자 집단과의 관련성 여부에 의해서 결정된다는 것이다. 이것이 쿤의 상대주의의 요점이다.

이러한 쿤의 상대주의는 평화문제에 있어서, 평화 다원주의의 이념과 걸 맞는다. 평화 다원주의는 전체라는 공존의 틀을 전제하지 않고는 성립할 수 없기 때문이다. 이찬수는 평화에 대해서 본질주의적인 의미규정을 지양하고, ‘평화들’이라는 인식의 다양성을 통해 ‘평화 다원주의’³³⁾로 정의할 것을 제안한다. 그리고 그 복수의 평화들을 지켜 나가기 위한 중요한 덕목으로 타자 중심의 감정인 ‘다름에 대한 공감(empathy)’을 역설한다. 여기서 언급한 타자중심의 ‘공감’이란 감정이야 말로 논자가 언급한 ‘전체관련성’을 지닌 감정인 것이다. 오히려 단순한 타자 중심의 공감뿐만 아니라, 논자가 도출한 ‘전체관련성’을 기반으로 타자를 존중하는 ‘공감’이야 말로 평화다원주의 시대에 평화를 지키는 가장 중요한 요건이며 평화의 관건이라 할 수 있다.

31) 진성배, 귀납/연역 모델과 동일사상의 보편학 정초, (천안: 문선명선생 성화 3주년기념 국제학술 대회, 2015) p.26

32) Capra, F, The Tao of Physics, Berkley: Shambhala, 1975, p.137

33) 이찬수, 평화와 평화들, (서울: 도서출판 모시는사람들, 2016) p.59

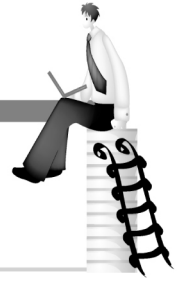
참고문헌

외국문헌

- Capra, F., *The Tao of Physics*, Berkley: Shambhala, 1975
- Grossman, N., *Quantum Mechanics and Interpretation of Probability Theory*, *Philosophy of Science* 39, 1972,
- Jammer, M., *The Philosophy of Quntum Mechanics*, New York: John Wiley & Sons, 1974
- Heisenberg, W., *The Physical Principles of the Quantum Theory*, Univ. Chicago Press, 1930
- Ohanian, H. C., *Modern Physics*, Prentice Hall Englewood Cliffs, NJ, 1995
- Kant, I., *Critique of Practical Reason*, trans, T. K. Abott, Green & Co, 1952,
- Popper, K. R., *Quntum Theory and The Schism in Physics*, Routledge, 1992
- Popper, K. R., *The Logic of Scientific Discovery*, Harper Torchbooks, Harper & Row, 1963
- Ziock, K., *Basic Quantum Machanics*, John Wiley & Sons, Inc., 1969

국내문헌

- Capra, F., *새로운 물리학의 세계관*, (서울: 계간 과학사상), 1998, 겨울
- Chlmers, A.F., *신일철, 신중섭 역, What is this thing called Science?*, (서울: 서광사), 1985
- Heisenberg, W., *김용준역, 부분과 전체*, (서울: 지식산업사), 1999
- Kuhn, T., *김명자역, The Structure of Scientific Revolution*, (서울: (주)두산동아), 1997
- Newton, W.H.- Smith, *양현진, 조기숙역, The Ratioality of Science*, (서울: 민음사), 1983
- Wolf, F. A., *Taking the Quantum Leap*, *공국진, 박병철 역*, (서울: 고려원미디어), 1981
- Wes Sharrock and Rupert Read, *김혜진 역, KUHN*, (서울: (주)사이언스북스), 1997,
- 김유신, *양자역학의 역사와 철학*, (서울: 이학사), 2013
- 진성배, *포퍼의 확률과 양자이론에 대한 인식론적 기초*, 성균관대학교, 1993
- 진성배, *귀납/연역 모델과 통일사상의 보편학 정초*, (문선명 선생 성화 3주년 기념 국제학술대회), 2015
- 이찬수, *평화와 평화들*, (서울: 도서출판 모시는사람들), 1994



토론문: 양자역학으로 본 평화의 의미

임현진 (선학유피대학원대학교)

진성배 교수의 「양자역학으로 본 평화의 의미」 연구는 ‘양자역학의 탐구 과정에서 나타난 논쟁의 역사’와 ‘과학계의 대립과 갈등을 공존과 통일로 이끌어 주는 두 이념: 이성과 전체관련성’을 다루고 있다.

먼저 양자역학의 탐구 과정에서 나타난 논쟁의 역사는 ‘실재론과 실증론의 대결’에 집중하고 있다. 자연과학은 자연현상에 대한 보편적인 진리나 법칙의 발견을 목적으로 체계적인 지식을 탐구해 왔다. 뉴턴의 역학체계에 근거한 고전역학은 모든 물체의 운동을 과학적 원리에 의해 합리적으로 설명할 수 있다는 결정론적 세계관을 전제하였다. 아인슈타인도 ‘신은 주사위 놀음을 하지 않는다’며 모든 물리현상 이면의 합리적 원리를 규명할 수 있다고 확신하였다. 자연의 법칙을 완전히 이해하고 현재 상태를 정확히 알고 있다면 우주의 모든 사건은 예측 가능하다고 확신하였다. 아인슈타인과 함께 드브로이, 프랭크, 슈뢰딩거, 보른 등은 실재론의 입장에서 양자역학의 체계를 확립하려 하였다. ‘이성’에 의한 과학의 진보를 믿고 다양한 과학이론들의 합리적으로 통일될 것이며, 자연현상을 인과율과 결정론, 과학적 객관주의와 실재론을 토대로 설명할 수 있을 것으로 보았다.

이에 반하여 하이젠베르크와 보어가 주축이 된 코펜하겐학파는 실재 세계의 연속성과 객관성을 부정하고, 관측자에 의해 관측된 실증적 세계만을 인정하는 새로운 세계관, 실증론의 입장에서 양자역학을 탐구하였다. 이들은 양자의 비국소성, 비연속적 양자도약, 양자운동의 불확정성 등 양자역학에서 실증적으로 일어나는 패러독스를 다루었다. 이들에게 우주는 물체들이나 소립자세계의 입자나 파동이 연속적인 운동을 통해 구성한 거대한 기계가 아니었다. 우주는 비연속적인 도약으로 상호 연결된 역동적인 전체였다. 하이젠베르크는 불확정성 원리를 통

해 어떤 입자의 물리적 상태에 관하여 위치와 운동량 모두를 정확히 알 수 없다는 사실을 밝혔다. 이에 따르면, 물체의 현재 상태는 물론 미래의 상태도 예측할 수 없으며, 단지 확률적 인과율로 예측해야만 한다. 보어는 상보성 원리를 통해 위치와 운동량 사이의 이중성을 자연의 본질로 설명하였다. 불확정성 원리에 따라 입자/파동, 측정시간/에너지 역시 둘 중 하나만 정밀하게 측정할 수 있는 한계를 갖는다고 주장하였다. 입자/파동, 위치/운동량, 관측자/관측대상은 순환적 상보성을 띤다. 양자는 실재의 양면으로 한 면이 측정될 때, 다른 한 면은 숨은 것처럼 보이거나 잠재적으로 존재한다. 미시세계에서 입자는 분리할 수 없는 우주적 그물망 속에서 상호연결되어 영향을 미치는 확률 패턴들이다. 코펜하겐 학파는 양자역학을 통해 전일론적 세계관의 길을 열었다. 전체에 의해서 부분이 이해된다는 비결정론적 세계관이 대두된 것이다. 칸트의 인식이론처럼, 실재란 존재하는 것이 아니라 우리가 지각하는 방식이고 지각되지 않는 한 실재는 존재하지 않는다. 보어는 세계와 숨겨진 세계의 상보성을 통해 전일적 세계상을 그려낸 것이다.

다음으로 진성배는 과학철학 논쟁 과정에서 대립과 갈등을 공존과 통일로 이끌어 주는 두 이념에 대하여 설명한다. 첫째는 양자역학의 실재론자들이 견지했던 합리주의 토대 위에서 도출되는 ‘이성’의 이념이다. 둘째는 양자역학의 실증론자들이 견지했던 비합리주의 토대 위에서 도출되는 ‘전체관련성’의 이념이다.

평화는 피타고라스적인 로고스(이성)의 비례관계, 균형, 조화에서 비롯된 ‘질서 잡힌 상태’라고 할 수 있다. 평화의 본질주의적 의미는 ‘이성’의 이념에서 도출된다. 칸트는 실천이성을 순수이성의 우위에 두었으며, 실천이성을 근거로 한 선의지가 내리는 명령, 양심의 정언명령에 따라 도덕적 자유를 실현하는 행위를 통해 평화가 실현될 수 있다고 보았다.

전체관련성은 모든 개체가 유기체적인 상호관련성 속에서 전체 시스템에 의한 영향을 받으며 존재한다는 이념이다. 불가분리의 우주망 속에서 행위자들이 ‘전체관련성’을 지닌 감정, 소위 ‘다름에 대한 공감(empathy)’을 기초로 행동할 때, 평화다원주의 시대에 평화를 지켜낼 수 있다.

진성배 교수의 「양자역학으로 본 평화의 의미」는 서문에 저자가 강조한 것처럼, 과학의 논쟁사에서 우리 사회의 평화를 이루는 구체적 이념을 모색하려는 흔치 않은 시도였다. 물리학의 양자역학을 체계화하는 과정에서 발생한 실재론과 실증론 사이의 첨예한 이론적 대립은 서로의 이념을 끈질기게 추구하며 상호발전을 도모했다는 점에서 인상 깊다. 자연의 배후에 존재하

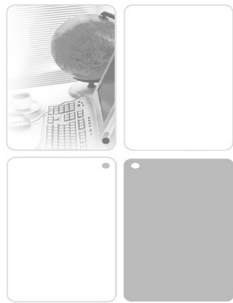
는 ‘이성’의 존재를 신앙하며 ‘신은 주사위 놀음을 하지 않는다’ 말하며 합리적 이론체계를 구축하려 시도한 실재론자들이나, ‘납득할 수 없는 것은 납득하지 못한 채로 내부려 두라’며 이론적 정치와 관측데이터 사이의 일치를 탐구한 실증론자들이나 탐구의 열정으로 과학의 진보를 가져왔다. 이들은 이 세계를 효과적으로 설명한 과학 패러다임을 좇아 과학혁명을 추구해왔다. 양자로부터 ‘이성’과 ‘전체관련성’이라는 두 이념이 도출되었다. 진성배 교수는 이 두 이념을 평화 실현의 주요 이념으로 새롭게 제시함으로써, 과학과 평화의 관계를 유의미하게 조명하는 유의미한 성과를 보여주었다. 이에 감사드리며 논제의 심화 이해와 발전적 논의를 위해 몇 가지 토론을 제기하고자 한다.

첫째, 하이젠베르크는 플라톤의 고전 『Timaeus』를 읽으며 양자역학의 개념을 숙고하였다고 설명하고 있다. 하이젠베르크는 실증론에 입각하여 이론적 정치와 관측데이터 사이의 정합적 이론체계 구축에 심혈을 기울였던 인물이다. 철학의 담론이 양자역학의 실증론적 입장의 발전에 기여한 것에 대한 추가적인 설명을 듣고 싶다.

둘째, 아인슈타인의 후예들은 코펜하겐학파의 표준이론과 해석에 맞설 새로운 무기를 찾기 위해 순례의 행진을 계속하고 있다는 본문의 내용이 있다. 이와 관련하여 추가적인 과학계의 연구에 대한 설명과 진성배 교수의 과학의 객관주의를 신앙해온 아인슈타인의 정신에 대한 평가를 듣고 싶다.

셋째, ‘이성’과 ‘전체관련성’의 이념이 우리 사회의 평화실현에 구체적으로 작동될 수 있는 사례를 듣고 싶다. 칸트의 실천이성 개념보다 과학자의 합리적 이성이 평화에 미치는 이념적 기준으로서의 가치는 무엇인가? 또한 미시세계의 전체관련성이 거시적인 인류사회의 평화에 미치는 영향은 무엇인가? 이에 대한 추가적인 설명을 듣고 싶다.

넷째, 양자역학은 반도체나 초전도체의 기본 메커니즘, 나노기술이나, 양자계산 등 다양한 산업기술의 발전에 영향을 끼쳤다. 또한 실증론적 인식론 같은 철학적 발전에도 기여하였으며, 문학과 예술 분야에서도 광범위한 효과를 발휘하였다. 양자역학과 같은 과학의 발전이 사회의 평화 실현에 직접적으로 기여하는 요인들은 어떤 것들이 있을까? 간접적인 이념적 측면의 평화기여요소에서 나아가 과학의 발전이 사회발전과 성장에 미치는 요인에 대하여서도 추가적으로 설명을 듣고 싶다.



분과 2_ 과학과 미래평화

발 표 윤순진(서울대)

기후변화와 평화의 상관성과 종교의 역할

박용범(단국대)

미래평화를 위한 인공지능

토 론 김정인(중앙대)

고국원(선문대)

기후변화와 평화의 상관성과 종교의 역할

윤순진 (서울대)

목 차

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. 들어가며: 왜 기후변화와 평화인가? | 등, 폭력사태: 사례들 |
| 2. 기후변화 완화와 적응의 차원과 평화의 연계 | 4. 세계 평화를 지키는 길로서 국제사회와 한국의 기후변화 대응 현황 |
| 3. 기후변화로 인한 난민 발생과 분쟁, 갈등 | 5. 나가며: 기후 평화와 종교의 역할 |

1. 들어가며: 왜 기후변화와 평화인가?

21세기 최대 환경문제가 기후변화란 데 이견을 달 사람은 이제 별로 많지 않다. 기후변화는 환경문제일 뿐 아니라 경제문제이며, 재산과 생명의 손상과 손실을 가져올 수 있기에 궁극적으로 생존의 문제이다. 게다가 이 생존의 문제는 특정 지역이나 국가에만 해당하는 게 아니며, 현재나 가까운 미래로 영향을 범위가 한정되지 않고 피해의 당사자가 인간에게만 국한된 것이 아니라 지구상에 살고 있는 모든 생명체에게 미친다. 결국 기후변화는 공간적으로나 시간적으로, 또 종의 차원에서 이제까지 어떤 다른 환경문제보다도 광범위한 영향을 미치는 문제라 할 수 있다(윤순진, 2015). 더군다나 기후변화를 야기한 책임이 개인이나 집단, 지역에 따라 다르고, 기후변화로 인해 야기되는 위협의 크기와 이에 노출되는 정도 또한 다르며, 기후변화 문제 해결을 위한 부담의 정도나 범위가 문제를 야기한 그것에 비례하지 않고 있기에, 기후변화문제는 불의적(injust) 요소를 내포하고 있다. 기후변화로 인해 야기되는 영향의 범위나 기후변화 위협에 대처할 수 있는 능력의 차이도 상당한 차이를 보이면서 문제 해결의 주체와 범위, 비용 배분을 둘러싸고 다양한 갈등을 수반한다. 그렇기에 기후변화는 바로 갈등의 양산을 통해 “평화”를 위협하는 문제가 된다. 그래서 최근에는 기후변화를 안보(security)의 관점에서 접근하면서 기후안보(climate security)란 용어가 사용되기도 한다(Barnett and Adger, 2007; Brown et al., 2007).

2007년 노르웨이 노벨상위원회는 엘 고어(Al Gore) 전 미국 부통령과 유엔 기후변화정부간 협의체(Inter-governmental Panel on Climate Change, IPCC)를 그 해의 노벨평화상 공동 수상자로 선정하였다. 이들이 “인류 스스로 초래한 기후변화에 대한 놀라운 사실들을 발견해내고 또 이를 널리 알림으로써 향후 지구 온난화에 대처할 수 있는 토대를 구축한 공로가 인정”된다는 것이 선정이유였다. 엘 고어는 2006년에 기후변화가 야기하는 환경문제를 비롯한 재앙을 알리고 대응을 촉구하기 위해 ‘불편한 진실(An Inconvenient Truth)’이란 다큐멘터리 영화를 제작하였다. 이 영화는 사실 그가 1992년에 ‘위기의 지구(Earth in the Balance)’란 저서를 발간한 후 세계 전역에서 지구온난화의 위험성을 경고하는 1000회 이상의 강연활동을 교육용 다큐멘터리로 만든 것이었다. 엘 고어의 이러한 활동이 기후변화에 대한 전 세계 대중의 인식수준을 높이고 기후변화 대응 실천활동을 확대하는 데 기여한 것으로 평가되고 있다. 또한 엘 고어는 부통령이었을 1997년 당시 미국 상원에서 결의서(Hagel-Byrd Resolution)를 만장일치로 채택하여 개발도상국에 대해 온실기체 감축 참여 의무를 부과하지 않는 의정서 채택에 반대하며 그런 의정서는 비준을 거부하기로 결의한 상황에서도, 일본 교토에서 열렸던 제3차 기후변화당사국회의에 미국 대표로 참석하여, 160여 개국이 교토의정서를 채택하는 데 중추적인 역할을 하기도 하였다.

IPCC는 1988년에 세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)와 국제연합 환경계획(United Nations Environmental Programme, UNEP)이 연합해서 설립한 기구로, 기후변화 과학, 기후변화의 영향과 적응 및 취약성, 기후변화 완화에 관한 객관적인 평가보고서(Assessment Report)를 작성하여 유엔과 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)에 보고하고 출간하는 것을 주요 임무로 한다(윤순진, 2016). IPCC는 1990년에 1차 평가보고서(First Assessment Report, FAR)를 발간한 이래 1995년, 2001년, 2007년, 2013~2014년에 걸쳐 5차까지 평가보고서를 발간하였다. IPCC의 보고서는 기후변화와 관련하여 타당하고 신뢰할만한 과학적 사실을 제공함으로써 인류의 기후변화 인식을 개선하고 기후변화 대응정책을 마련하며 일상적인 실천활동을 확대해 나가는 데 기여하고 있다. 바로 이러한 기여가 높게 평가되어 노벨평화상을 수상하게 되었다. 엘 고어와 IPCC의 노벨평화상 수상은 기후변화와 평화문제가 밀접하게 연결되어 있으며 그러한 사실을 국제사회가 이미 인식하고 있음을 의미한다.

2009년 노벨평화상을 수상한 미국의 버락 오바마(Barak Obama) 대통령도 기후변화문제가

야기할 수 있는 위험성에 대해 이렇게 경고하기도 하였다: “우리가 아무 것도 하지 않는다면 우리가 더 많은 가뭄과, 더 빈번한 기근, 더 엄청난 이주 문제를 마주할 것이란 점에 대해 구체적인 논의가 아직 이루어지고 있지 않다. 하지만 이 모든 것은 앞으로 수십 년 동안 더 많은 갈등에 불을 지필 것이다.” 오바마 대통령은 갈수록 심각해지는 기후변화로 인한 기상이변으로 인해 굶주림과 같은 문제가 야기될 수 있으며 이는 갈등으로 귀결됨으로써 평화가 전복될 수 있다는 사실을 상기시킨 것이다(Gleditsch, 2012).

세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)에서는 포럼 참여 전문가와 정책결정자들을 대상으로 세계 위험 인식 조사를 실시하여 매해 보고서를 발간하고 있다. 응답자들은 제시된 29개의 위험에 대해 10년 이내에 일어날 가능성이 얼마나 높다고 생각하는지, 영향의 크기가 어느 정도인지 자신의 생각에 따라 답한다. 전문가들은 산업계만이 아니라 학계, 시민사회, 공공부문 등 다양한 영역에서 활동하고 있는 자들이다. 올 해 2016년에는 750여 명이 응답한 결과를 모아 세계위험보고서(The Global Risks Report 2016)를 펴냈다. 2016년 보고서에 따르면 응답자들이 꼽은 상위 5위 최대 위험요소는 비자발적 이주, 기상이변, 기후변화 적응 실패, 지역 분쟁, 자연 재해 등으로 나타났다. 그런데 이 모두는 바로 기후변화와 직간접적으로 연결되어 있고 문제 발생이 지속된다면 해당 사회는 물론 국제사회의 평화에도 심각한 영향을 미칠 것으로 보인다.

앞서 언급한 것처럼 기후변화는 문제 발생에 대한 책임의 정도와 문제 발생으로 인한 피해나 문제 해결을 위한 부담의 정도가 일치하지 않기에 불의(injustice) 문제와 연결되어 있다. 어떠한 상황이 정의롭지 못할 때 관련 행위자들은 그러한 상황을 수용하기 어려우며 갈등하고 반발하게 된다. 이러한 문제는 단지 심리적 차원의 문제로 한정되지 않고, 열악한 자원을 둘러싼 갈등은 집단간 지역간 국가간 다툼과 전쟁으로 치달을 수 있다. 또한 기후재난에 따라 현재 거주하고 있는 지역에서 더 이상 거주가 어려워지게 되면 국내외로 인구의 이동이 이루어지고 이는 인구 유입 지역에서 자원과 일자리를 둘러싼 갈등과 마찰을 야기하며, 심각할 경우 혐오와 차별, 폭동이나 테러, 내전, 전쟁을 야기하기에 이른다.

이 글에서는 기후변화와 평화문제가 긴밀하게 연계되어 있다는 문제의식을 바탕으로 다양한 사례를 통해 두 사안이 어떻게 관련되어 있는지를 확인하면서 세계 평화와 국가 내 평화를 지키기 위해 기후변화에 어떻게 대응해 나가야 할지 모색하고자 한다. 또한 평화를 지키기 위한 기후변화 대응이란 맥락에서 평화를 지향하는 종교계가 어떤 활동을 하고 있는지, 어떤 노력들을 보다 경주할 필요가 있는지 살펴보고자 한다.

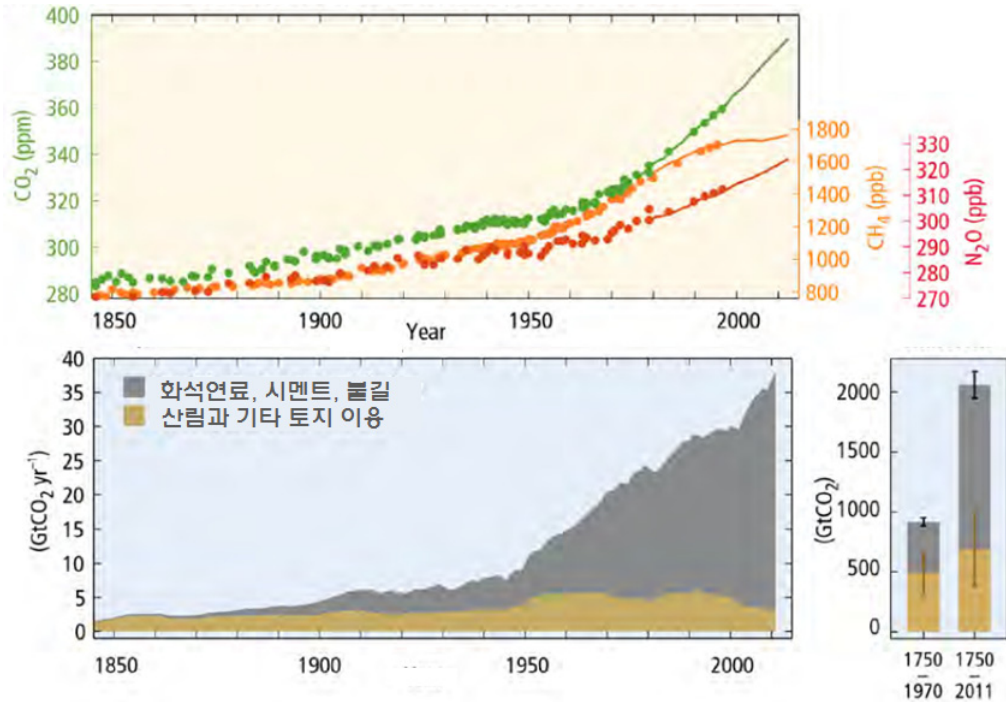
2. 기후변화 완화와 적응의 차원과 평화의 연계

기후변화 대응은 크게 두 차원에서 이루어진다. 하나는 완화(mitigation)이고 다른 하나는 적응(adaptation)이다. 완화는 기후변화를 야기하는 온실기체 배출을 저감하는 활동으로 기후변화 진행의 속도와 강도를 줄여가는 활동이다. 반면 적응은 기후변화가 현재 진행 중일 뿐 아니라 완화 노력을 통해 온실기체 배출을 줄여간다 하더라도 이미 대기 중에 배출되어 누적된 온실기체로 인해 일정 수준의 기후변화는 피할 수 없다는 인식에 기초해서 변화된 기후체계에 사회시스템을 맞춰나가는 것을 말한다. IPCC(2013)의 정의에 따르면, 기후변화 적응이란 자연 환경이나 인간 사회의 현재 혹은 미래 기후변화 영향에 대한 조정 과정(adjustment process)으로서 위해(harm)를 줄이고 유익한 기회를 이용하는 활동을 말한다.¹⁾ 그런데 완화와 적응은 모두 국내외적으로 사회갈등과 분쟁을 야기할 요소들을 포함하고 있어서 평화를 위협할 가능성을 내포하고 있다. 이 절에서는 기후변화 완화와 적응의 두 차원이 평화문제와 어떻게 연계되어 있는지 살펴보도록 한다.

1) 기후변화 완화와 평화

기후변화가 일어나는 원인은 온실기체(Greenhouse gas, GHG)의 배출이 증가해서 온실효과가 과도하게 일어난 데 있다. 온실기체 배출은 산업혁명 이후 화석연료를 동력으로, 더 많은 에너지 소비를 통해 산업화가 이루어져 옴에 따라 지속적으로 증가해 왔다. <그림 1>의 위 그림에 제시된 것처럼 대표적인 온실기체인 이산화탄소(CO₂) 배출량은 꾸준히 늘어났는데 이는 <그림 1>의 아래에 제시된 것처럼 화석연료의 연소와 비례적인 관계를 보이고 있다. 화석연료 연소는 2010년 총 세계온실기체 배출량의 68%를 차지하고 있는데 화석연료 연소로부터 배출되는 온실기체의 약 90%가 CO₂이다.

1) IPCC의 적응 개념은 기후변화의 영향을 받는 대상의 대응력(coping ability)과 회복탄력성(resilience)을 높일 수 있는 제도적 기술적 방안을 마련하여 적응해 나갈 수 있다는 가정에 기초하고 있다. 하지만 이러한 접근은 현재의 기후변화를 야기한 본질적 원인으로 지목되는 화석연료 중심의 에너지 다소비적 근대개발주의(modern developmentalism)를 문제 삼지 않는 단기적인 대응요법이란 비판도 있다(유정민·윤순진, 2015). 이런 접근을 취할 경우 장기적으로는 애초 문제를 야기한 지속가능하지 않은 사회-환경 관계가 오히려 강화됨으로써 사회적 취약성을 높여나가는 잘못된 적응(maladaptation)이 될 수 있으므로 기후변화 적응이 기후 위험에 노출되지만 대응 능력이 없는 가난한 사회구성원의 역량 자체를 높일 수 있도록 빈곤을 해소하고 환경적 지속가능성을 회복할 수 있는 전환적 적응을 지향해야 한다는 주장도 있다(Eriksen & O'Brien, 2007; Pelling, 2011). 이 글에서는 기후변화 적응의 바람직한 방향에 관심을 두기보다 기후변화 적응이 중요하고도 필요한 개념이란 사실에 입각해서 기후변화 적응 실패가 국내외 평화를 어떻게 위협할 수 있는지에 대해 초점을 맞추어 논의를 전개하도록 한다.

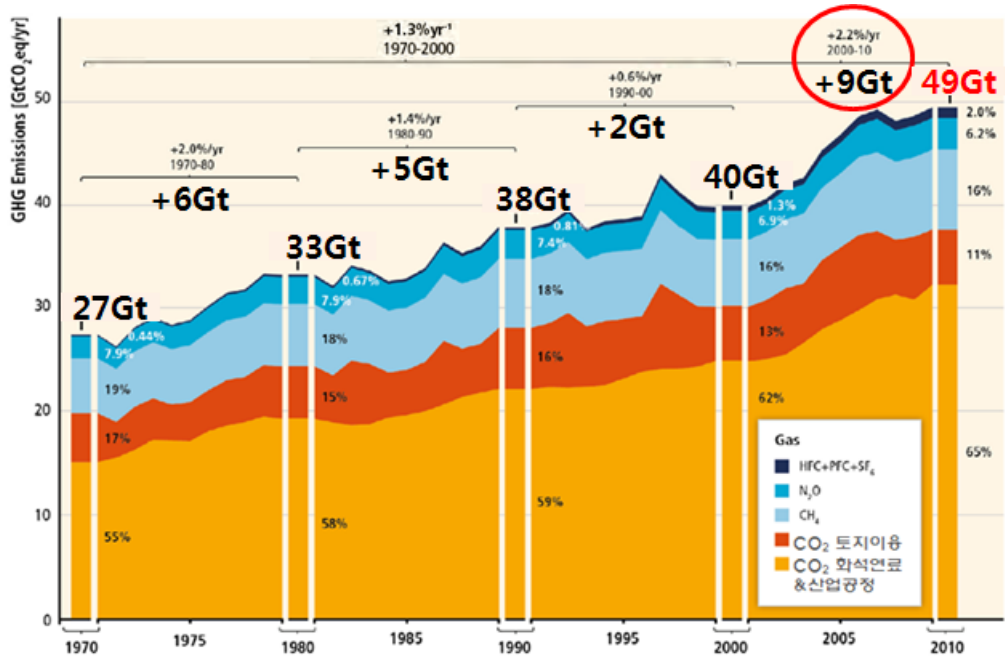


출처: IPCC, 2014, 제5차 종합평가보고서 재구성

〈그림 1〉 주요 온실기체의 배출 증가 추세와 화석연료 연소

〈그림 1〉에서 알 수 있듯이 온실기체 배출은 1950년 이후 빠르게 늘어나기 시작하다가 특히 1970년대 이후 급격히 늘어났다. 더군다나 〈그림 2〉에서 알 수 있는 것처럼 1970년대 10년 동안 연평균 2.0%의 증가율로 빠르게 늘어나다가 2000년까지 총 배출량이 지속적으로 증가하긴 했지만 연평균 증가율이 다소 둔화되었다. 하지만 다시 2000년 이후 10년 동안 연평균 2.2%의 증가율로 더욱 빠르게 늘어났다. 그 결과 2010년 온실기체 배출량은 49GtCO₂eq로 2000년 40GtCO₂eq였던 데 비해 49GtCO₂eq로 9GtCO₂eq나 늘어났다.²⁾

2) GtCO₂eq이란 10억 CO₂ 환산톤(또는 상당톤)으로, 각 온실기체의 복사강제력(radiative forcing) 또는 지구온난화 잠재력(global warming potential)이 다르기 때문에 CO₂eq의 복사강제력 또는 지구온난화 잠재력을 기준으로 환산하여 총 온실기체 배출량을 계산한 것이다.



출처: IPCC, 2014, 제5차 종합평가보고서 재구성

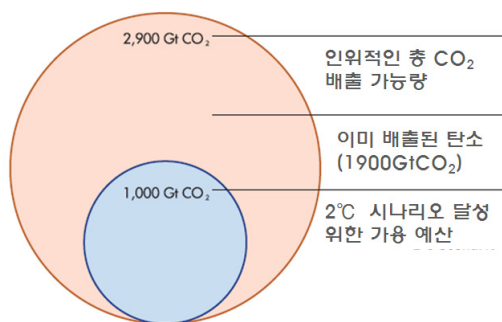
〈그림 2〉 세계 온실기체 배출원 배출 추세(1970~2010)

이러한 온실기체 배출량 증가세를 주도하고 있는 것은 바로 CO₂ 배출량이다. 〈그림 2〉를 보면, 화석연료 연소로부터 발생하는 CO₂가 2010년 총 온실기체 배출량의 65%를 차지하고 있다. 이는 1970년 55%를 차지했던 데서 10%p나 증가한 것이다. 절대적인 CO₂ 배출량이 증가할 뿐 아니라 배출 비중 또한 늘어났다는 사실은 그만큼 화석연료 연소에 따른 CO₂ 배출이 총 온실기체 배출 증가를 주도하고 있음을 의미한다. CO₂ 다음으로 높은 비중(16%)을 차지하는 메탄(CH₄) 또한 폐기물에서만이 아니라 천연가스의 누출에서도 발생하기 때문에 화석연료 이용과 연결되어 있다. 그렇기 때문에 기후변화 완화를 위해서는 화석연료 소비량 자체를 줄이면서 CO₂ 배출이 상대적으로 낮은 저탄소 에너지나 재생가능에너지 이용을 보다 확대해 나가야 한다. 토지이용 변화와 산림 벌채를 통해 CO₂ 흡수원이 사라지면서 대기 중으로 배출되는 CO₂가 총 온실기체의 11%를 차지하기에 산림벌채를 줄이면서 조림이나 재조림을 통해 흡수원을 확대하는 것도 기후변화 대응을 위해 필요한 일이다.

그렇다면 이러한 온실기체 배출 저감을 위한 완화(mitigation) 노력은 누가 해나가야 하는 것일까? 기후변화가 전 지구적 환경문제인 만큼 모든 국가와 모든 집단, 모든 개인의 참여와

실천이 중요하다. 하지만 화석연료 소비 기간이나 소비량 차이에서 볼 수 있는 것처럼 기후변화 문제를 야기한 책임의 정도가 같지 않고 그 문제를 해결할 수 있는 역량이 다르며 그 문제로 인해 영향 받는 정도나 그러한 변화에 적응해 나갈 수 있는 능력의 정도가 다르기에 문제 해결을 위해 누가 얼마나 비용을 지불할 것인지를 둘러싸고 끊임없이 논쟁이 이루어져 오고 있다. 기후변화 유발 책임과 기후변화로 인한 부정적 영향과 취약성에 따른 기후위험 노출 가능성과 대응력 차이, 기후변화 해결을 위한 비용 부담의 차이 등으로 인해 야기되는 불의(injustice)를 기후불의라 한다(윤순진, 2015). 이러한 기후불의의 발생과 지속은 국가간 집단간 갈등과 반목을 높이면서 평화를 해치게 된다.

대기는 공용지(communs)다.³⁾ 인류 구성원 누구나 공동으로 사용할 수 있는 공간이란 의미다. CO₂를 비롯한 온실기체 배출은 공용지를 이용하는 행위로 누구나 그렇게 할 수 있는 공동이용의 권리가 있지만 온실기체 배출이 기후변화를 통해 기후재난을 야기하는 원인만큼 공용지를 지구 평균 온도 상승을 일정 한도 이내로 묶어두기 위해 온실기체 배출을 일정 한도 이내로 줄이거나 유지하는 공동 관리의 책임 또한 져야 한다. 지난해 2015년 12월 프랑스 파리에서 열렸던 제21차 기후변화 당사국총회(Conference of Parties, COP)에서는 180개 국가의 참여 속에 파리협정(Paris Agreement)이 채택되었다. 파리협정에서 국제사회는 기온 상승폭이 산업혁명 이전 대비 2°C보다 훨씬 낮게, 1.5°C까지 제한하기 위해 노력하기로 약속하였다. IPCC의 AR5에 따르면, 2°C 온도 상승이 이루어지지 않게 하려면 대기 중 배출 가능한 인위적인 CO₂ 배출은 2,900GtCO₂ 이하로 머물러야 한다. 하지만 IPCC의 AR5에 따르면 이미 1,900GtCO₂이 배출되었기 때문에 남아 있는 여유분은 1,000GtCO₂에 불과하다. 탄소 예산(carbon budget)으로 불리는 배출량 한계가 정해져 있기에 국가간 국내 행위자들간 배출 가능량과 배출 감축량 배분은 그야말로



출처: 외교부, 2015, 기후변화 바로 알기

〈그림 3〉 탄소예산: 2°C 억제 배출 가능 총량

3) 흔히 commons는 공유지로 번역된다. 필자 또한 이전의 글들에서는 공유지로 번역하였다. 하지만 공유지는 공동으로 소유한다는 의미로 대기나 바다와 같은 공동의 자원을 '소유'의 관점에서 접근하는 것은 적절하지 않다. 소유가 아니라 모두가 공동으로 사용하는 자원을 포함하고 있는 공간이란 의미에서 공용지로 부르는 것이 보다 적절하다 (최현 외, 2016).

제로섬 게임(zero-sum game)이 된다.

기후변화 당사국들은 전년도에 페루 리마에서 열렸던 COP-20의 리마결정문(Lima Call for Climate Action)에 따라 COP-21이 열리기 전인 2015년 10월 1일까지 국가별 기여방안(Intended Nationally Determined Contributions, INDCs)를 제출하기로 하였다. 그 결과 147개 당사국들(146개 국가와 EU)이 총 119개의 INDCs를 제출하였다.⁴⁾ 지난 4월 22일 지구의 날 행사를 기점으로 1년 동안 당사국들의 서명을 받고 있다. 이미 4월 22일 뉴욕에서 열렸던 서명식에서 175개당사국들(174개국과 EU)이 서명한 후 10월 3일 현재 191개국이 서명한 상태이다(UNFCCC 홈페이지; WRI 홈페이지). 파리협정이 발효되기 위해서는 55개 당사국 이상이 비준해야 하며 비준국들의 온실기체 배출 총량이 전 세계 배출량의 55%가 되면 그 날로부터 30일 후에 발효된다. 2016년 9월 4일 G2로 불리는 세계 배출량 1,2위 국가인 중국과 미국(각각 배출 비중이 20.09%와 17.89% 차지)이 주요 20개국(G20) 정상회의에 앞서 파리협정에 비준하였다. 2016년 10월 3일 현재 62개국이 비준하였는데 이들의 배출량 합은 51.89%에 달한 상태다(UNFCCC 홈페이지). 국가별 기여방안을 제출한 국가들의 배출 총량이 2010년 전 세계 배출량의 95.7%, 전 세계 GDP의 99.7%, 세계 인구의 98.7%에 달하고 있는 데다(UNFCCC, 2016), 전 세계 배출량의 12.1%를 차지하고 있는 EU 28개국이 비준을 예고하고 있어, 파리협정 발효는 무난하게 진행될 것으로 예상되고 있다.

하지만 파리협정은 개발도상국들과 교토의정서체제를 선호하지 않는 전 세계 모든 국가들의 참여를 위해 교토의정서와 달리 하향식의 의무감축 부담을 부여하는 방식이 아니라 개별 국가들이 자신들의 감축 목표나 적응 계획 등을 결정해서 자발적으로 제출하는 방식에 기초하고 있다. 지난 10월 1일까지 제출한 INDCs를 분석한 결과 모든 배출 감축 목표가 달성된다 하더라도 2.7°C 이상 기온이 상승할 것으로 전망되고 있다. 후퇴금지의 원칙(no back-sling principle) 또는 진전원칙(principle of progression)에 따라 5년에 한 번씩 다시 제출하게 될 국가 감축 목표는 이전 목표에 비해 상향 조정되어야만 한다. 감축 목표 자체는 느슨하면서 법적인 구속력을 갖지 않지만 향후 진행될 절차는 반드시 지키도록 법적 구속력을 부과하고 있어 앞으로 감축 목표를 둘러싼 국가간 갈등과 마찰이 일어날 가능성을 배제하기 어려운 상황이다. 특히 국가별로 역사적 누적 배출 책임이나 감축 역량에 비례해서 감축 목표가 수립된

4) EU는 bubble 개념을 사용해서 집합적으로1개 당사국으로 UNFCCC에 가입해 있다. 즉, EU 회원국들은 EU의 이름으로 기후변화 당사국이기도 하지만 개별 EU 회원국들 또한 UNFCCC 당사국 지위를 가지고 있다. EU 전체가 하나의 INDC를 제출하였기 때문에 INDCs는 총 119개지만 제출 당사국 수는 147개국이다.

것이 아니라 <표 1>과 같이 국가별 상황에 따라 결정하였기에 국가간 형평성이 제대로 지켜지지 못했을 뿐 아니라 수립된 목표가 요구되는 수준에 미치지 못해 완화 효과가 얼마나 효력을 발휘할지 의문시되고 있다.

〈표 1〉 주요 국가들의 2020년 이후 온실기체 감축목표

국가명		유형	기준 년도	목표 년도	목표치	배출 비중(%)*	인구 비중(%)*
부 속 서 국 가	스위스	절대량	1990	2030	-50%	0.14	0.01
	EU-28				-40%	12.10	7.19
	노르웨이				-40%	0.14	0.07
	러시아				-25~30%	7.53	2.04
	미국		2005	2025	-26~28%(2050, -83%)	17.89	4.47
	캐나다				-30%	1.95	0.50
	뉴질랜드				-30%	0.22	0.06
	호주				-26~28%	1.46	0.33
일본	2013	-26%	3.70	1.81			
비 부 속 서 국 가	한국**	BAU	-	2030	-37%	1.85	0.71
	멕시코**				-25%(조건부 -40%)	1.70	1.66
	인도네시아				-29%(조건부 -41%)	1.49	3.50
	중국	집약도	2005	-60~65%	20.09	19.19	
	싱가포르			-36%	0.13	0.08	
	브라질	절대량	2005	2025	-37%(2030, -43%)	2.48	2.82

주: * 각 국가의 배출 비중과 인구 비중은 2012년 기준

** OECD 회원국임에도 기후변화협약에서 비부속서 I 국가(개발도상국)로 분류된 국가

출처: UNFCCC, 2015; IEA, 2015

완화를 위한 국가 감축 목표 설정은 비단 국제적인 수준에서만 문제가 되는 게 아니다. 국내적으로도 부문별로, 한 부문 내에서도 집단이나 행위자별로 어떻게 감축 목표나 감축 부담을 나눌지를 둘러싸고 사회갈등이 야기될 수 있다. 가령 우리나라의 경우 2009년에 2020년 국가 감축 목표를 배출 전망치 대비 30%로 발표하였고 2015년에는 2030년 감축 목표를 배출 전망치 대비 37%로 발표하였다. 이러한 감축 목표는 국가 전체 감축 목표로서 부문별 감축 목표는 다를 수 있다. 전 세계 국가들 모두 관리해 나가기로 한 2020년 이후 목표인 2030년 목표의 경우, 한국 정부는 이미 산업부문에 대해서는 12%로 감축 목표를 제한하였다. 이는 국가 감축 목표 37%에 견줘 현저히 낮은 목표치로 그만큼 가정이나 상업, 수송, 전환부문 등 비산업부문

의 감축 부담이 더 커짐을 의미하며 그렇기 때문에 부문별 감축 목표의 적정성을 둘러싸고 사회갈등이 야기될 가능성이 있다. 산업부문 내에서도 업종별로, 기업 규모별로 감축 목표를 어떻게 할당할 것인지, 어떤 정책수단을 도입할 것인지를 둘러싸고 갈등과 마찰이 야기될 수 있는 것이다. 이러한 갈등과 마찰은 국내외적으로 평화를 위협하는 요인이 된다.

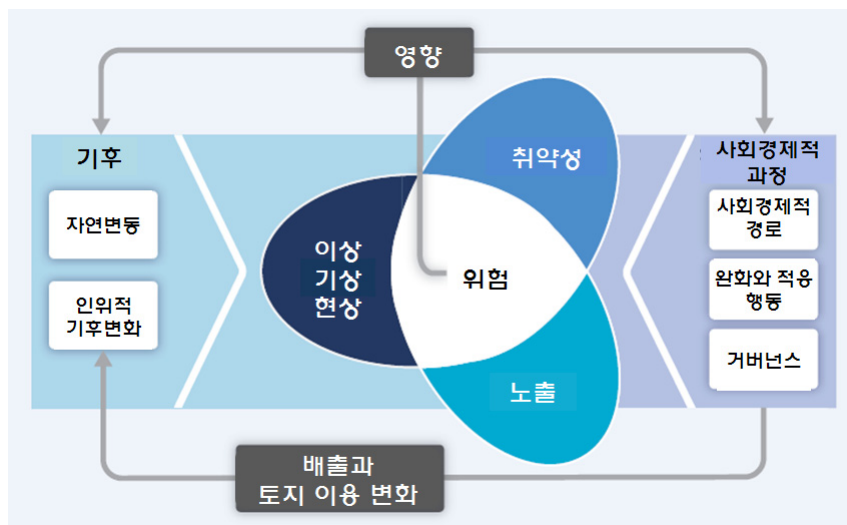
하지만 감축 목표 설정에서 발생하는 마찰과 갈등은 극단적인 폭력과 전쟁으로 치달을 가능성은 낮다. 완화 목표 설정은 국제협상과정에서 지속적으로 논의되고 있으며 UNFCCC는 물론 다양한 국제 NGO나 연구기관에서 국가별 목표치와 배출 추세와 현황 등을 공개하고 있어 견제와 비판 또한 가능하다. 평화를 직접적으로 저해할 수 있는 문제는 다음 소절에서 논의할 기후변화 영향과 적응에서 보다 심각하게 야기될 수 있다.

2) 기후변화 영향, 취약성, 적응과 평화

기후변화에 따른 극단적인 기상현상 또는 이상기후는 직접적으로 재산상의 손실과 인명의 손상과 손실을 가져올 뿐 아니라 생태계의 변화를 통해 생존에 필요한 자원을 얻는 데 장애를 야기한다. 또한 사회경제활동의 조건을 변화시킴으로써 인류의 삶에 직간접적으로 영향을 미치며 보건에도 문제를 야기한다. 기후변화로 극단적인 이상기상현상이 증가하고 그러한 현상에 노출되지만 그러한 기상재난을 극복할 수 있는 역량이 취약한 상태에서 기후 위험은 더욱 높아지게 된다(〈그림 4〉 참조). 게다가 더욱 심각한 문제는 기후변화가 야기하는 위험에 노출될 가능성이나 기후변화가 미치는 영향의 정도가 개인마다 집단마다 사회마다 같지 않을 뿐 아니라, 오히려 배출 책임이 낮은 개인이나 집단, 사회일수록 기후위험 노출 가능성이나 피해 가능성이 높다는 데 문제의 심각성이 있다. 이런 측면을 포착한 개념이 바로 앞서 언급한 기후 불의다. 〈그림 4〉를 다시 살펴보면, 기후변화는 인위적인 온실가스 배출과 토지이용의 변화로 인해 대기 중으로 온실가스가 배출·누적됨으로써 자연변동성에 추가해서 나타나는 기후체계의 변화를 말한다.⁵⁾ 이상기상현상과 노출, 취약성이 복합적으로 작용해서 기후위험이 야기된다. 거주지나 작업장 등의 위치와 상태에 따라 이상기상현상에 노출되는 정도가 달라지고 이러한

5) 온실기체는 대기 중으로 배출된 이후 온실효과를 일으키면서 분해되는 것이 아니라 오랜 기간 머물면서 지속적으로 온실효과를 여기하는 것으로 알려져 있다. 가장 대표적인 온실기체인 이산화탄소의 경우 50~200년 간 대기 중에 머무는 것으로 알려져 있었으나 IPCC가 발간한 제5차 평가보고서에 따르면 그 중 15~40%는 1000년 이상 머무는 것으로 예측하고 있다. 즉, 적어도 배출된 이산화탄소의 15%는 1000년 이상 분해되지 않고 대기 중에 누적되며 지속적으로 온실효과를 일으키는 것이다.

상황에 대한 대응역량이 취약할 때 기후위험은 부정적인 영향으로 발현된다. 이러한 기후변화 영향에 대해서는 사회경제적 과정을 통해 완화와 적응이란 방식으로 대응할 수 있는데 사회경제적 경로를 수정하면서 영향받는 당사자들을 모두 포함하여 거버넌스적 접근으로 완화와 적응 방안을 모색하고 실현해가야 한다.



출처: IPCC, 2014, Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability

〈그림 4〉 기후변화 위험과 영향, 적응과 완화의 상호 연계

그렇다면, 기후변화가 가져올 것으로 전망되는 주요 영향에는 어떤 것이 있을까? 기후변화는 기상변화를 통해 직접적인 영향을 미칠 수도 있지만 생태계의 변화를 통해 영향을 미칠 수 있으며 이는 결국 사회경제활동이 일어나는 조건을 변화시킴으로써 우리 삶에 영향을 미치게 된다. IPCC(2013)에 따르면, 해수면이 상승하고 연안 홍수와 폭풍, 해일이 빈번해지면서 강력해져 생명과 재산 상 피해가 늘어날 것으로 전망된다. 홍수는 그 자체로서도 재산과 생명의 손실을 가져올 수 있지만 홍수로 인해 위생이 불량해지고 맑은 물 공급이 지연되면서 수인성 질환이나 전염병 또한 증가할 수 있다. 또한 사회기반시설에 타격이 가해지면서 핵심 공공 서비스가 와해될 수도 있다. 필요 자원에 대한 접근성이나 접근 가능한 자원의 질에 기후변화가 영향을 미침으로써 생계나 생존에 영향을 미치게 되는 것이다(Barnett and Adger, 2007). 극단적인 장기간의 폭염과 혹서로 인해 주거 시설이 열악한 도시 저소득계층이나 생물학적 약자

들이 사망할 수 있고 깨끗한 물 공급이 제대로 이루어지지 않을 경우 수인성 질환과 전염성 질환을 포함해서 질병이 증가할 가능성도 있다. 또한 일사량이나 강수량 등은 기후조건에 의존적인 1차 산업에 직접적인 영향을 미칠 수 있는데 극단적인 기상 현상으로 인해 농업 생산성이 저하되면서 농민들의 생계가 타격을 입을 뿐 아니라 사회적으로는 식량 불안 상황이 발생할 수 있다. 농업만이 아니라 양식업을 포함한 어업과 산림업 등에도 영향을 미치게 된다. 높은 회복탄력성을 가진 사회라면 이러한 변화에도 사회체계와 구조가 심각한 손상을 입지 않을 수 있지만 그렇지 못할 경우 상당한 피해와 손실을 경험할 수밖에 없다.

이미 기후 위험은 가능성의 차원에 머물러 있지 않고 현실화됨으로써 여러 지역과 국가에서 희생자들(victims)이 발생하고 있다. 더군다나 아이러니하게도 (지리적 위치도 영향을 미치지 않는 것은 아니지만) 자본이나 기술, 인적 자원과 같은 역량의 차이로 인해 기후변화 유발에 책임이 거의 없는 지역이나 집단, 국가가 기후변화로 인해 유발되는 기후재난에 보다 심각한 피해를 입고 있다. 기후변화에 가장 책임이 없는 최빈국을 포함한 개도국이나 선진국의 사회경제적 약자들에게 기후변화로 인해 유발되는 환경적 위험이 집중적으로 발생하는 상황, 기후변화의 지속적 진행을 제어 또는 완화하거나 변화되는 기후에 적응하는 데 있어서 수반되는 비용이 기후변화를 유발한 책임에 비례해서 배분되지 않는 상황, 기후변화로 인해 발생하는 재난의 해결이나 방지에 기후변화에 책임 있는 당사자들이 부담을 고루 나눠 갖지 않는 상황이 발생하고 있다. 이러한 불의의 상황은 피해국이나 피해자들의 불만을 증폭시켜 분쟁을 야기할 수 있다. 또한 피해자들의 거주지가 더 이상 생활을 지속하기 어려운 상황에 처하거나 피해나 손상의 복구가 감당할 수 있는 시간 범위 내에 이루어지지 않을 경우 국내 다른 지역으로의 이주는 물론 해외로의 이주 또한 이루어짐으로써 다양한 사회·정치·종교·문화 등의 영역에서 문제를 야기하며 평화를 위협하게 된다.

정부는 매해 <이상기후 보고서>를 발표하고 있는데 <그림 5>와 같이 2015년에도 전 세계에 걸쳐 홍수, 가뭄, 산사태, 폭염, 폭설 등 극단적인 기상 현상으로 인해 피해가 빈발하였다. 상당수의 기후재난은 최빈국을 비롯한 개발도상국들에서 더 빈번하게 일어난다. 피해액으로만 보자면 재산 가치나 사망자의 소득 등이 선진국에 비해 낮기 때문에 피해규모가 상대적으로 적어보일 수도 있지만 저소득국가나 저소득층에겐 절대적인 규모만이 아니라 그들이 가진 재산에 견줘볼 때 상대적으로 큰 규모의 피해일 수 있다. 또한 가난한 국가들일수록 재산상의 피해 못지않게 인명의 손상이나 손실과 같은 피해가 더 많이 발생함으로써 금전으로 표현하기

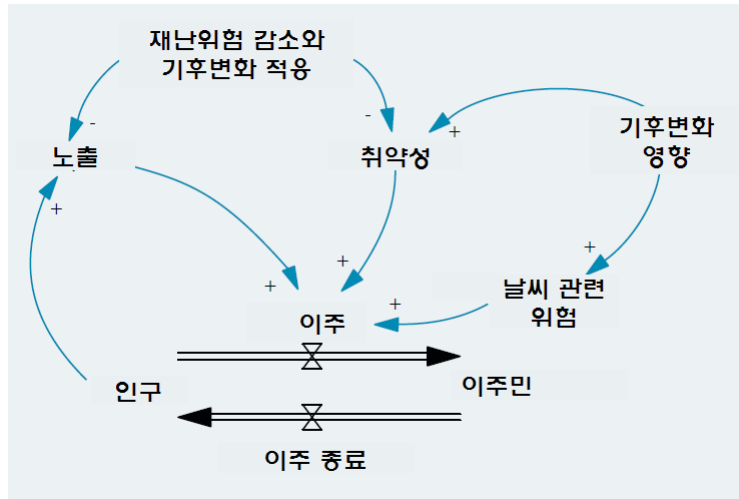
쉽지 않은 희생을 치르는 경향이 있다. 아울러 가난한 국가들일수록 통계 인프라나 보고체계가 제대로 갖춰져 있지 않아 피해자 수나 피해규모가 제대로 보고되지 않는 경향이 있다. 따라서 알려진 피해보다 피해의 규모가 더 클 가능성이 상당히 높다.



출처: 관계부처합동, 2015, 「2015 이상기후보고서」

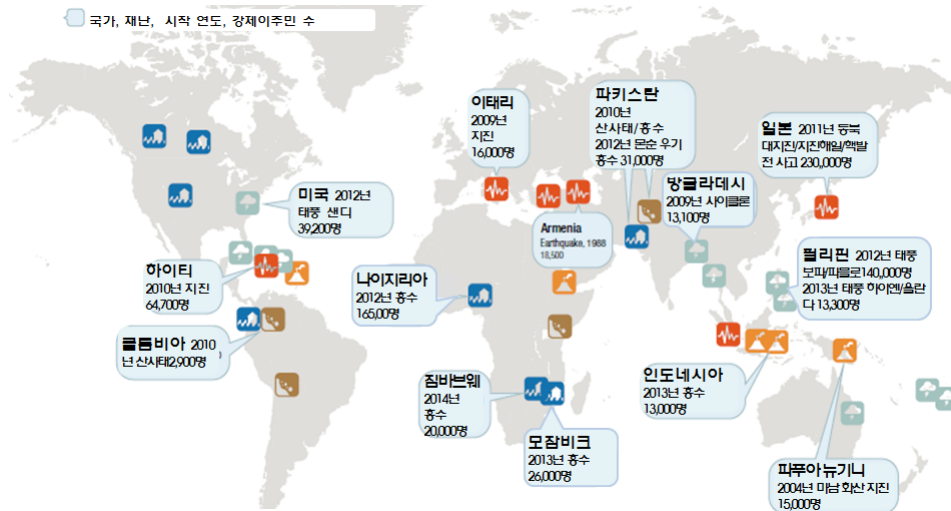
〈그림 5〉 2015년 세계 이상기후 발생과 피해

이러한 기후재난은 이주민 수를 증가시킨다. 〈그림 6〉의 도식은 기후변화 영향과 재난 위험, 기후변화 적응이 이주 문제와 어떻게 연결되어 있는지를 보여준다. 기후변화 영향으로 취약성과 날씨 관련 위험을 높이면 이주가 증가한다. 재난 위험이 커지고 기후변화 적응이 제대로 이루어지지 않는 상황에서 이러한 재난에 대한 노출이 증가하고 취약성이 커지게 되면 이 경우에도 이주가 늘어나게 된다. 이렇게 되면 기존 인구에서 이주민이 늘어나게 되고 이는 사회적 안정성을 깨뜨리면서 때에 따라서는 폭력적인 갈등이나 무력분쟁을 야기하게 된다. 만약 이주민의 이주가 종료되고 기존 인구에 유입되었음에도 이 인구가 다시 재난 위험에 노출되고 기후변화에 제대로 적응하지 못한다면 다시 이주민이 된다. 〈그림 7〉은 2004년부터 2014년 사이에 있었던 대표적인 자연 재난과 이에 따른 이주민 수를 보여주고 있는데 전 대륙에 걸쳐 적지 않은 이주민들이 기후재난으로부터 꾸준히 발생하고 있음을 알 수 있다.



출처: IDMC, 2015, Global Estimates 2015: People displaced by disasters

〈그림 6〉 기후변화, 재난 위험, 기후변화 적응이 이주에 미치는 영향



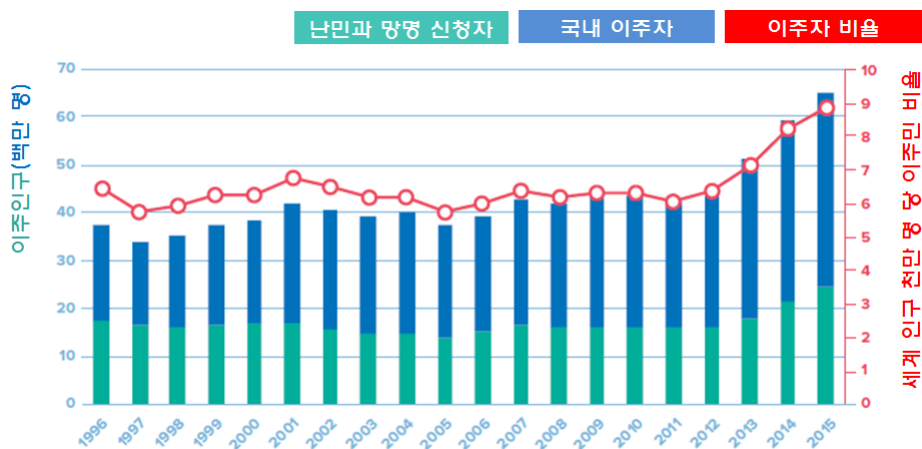
주: 자연재난 중 지진과 기후변화는 직접적으로 연관되어 있다고 보기 어려움.

출처: IDMC, 2015, Global Estimates 2015: People displaced by disasters

〈그림 7〉 대표적인 자연 재난과 이주민 수(2004-2014년)

3. 기후변화로 인한 난민 발생과 분쟁, 갈등, 폭력사태: 사례들

세이브더칠드런(Save the Children)이 2016년 9월 15일 공개한 “가상 난민국가” 실태조사와 지난 7월에 유엔난민기구(United Nations High Commissioner for Refugees, UNHCR)가 발표한 2015년 UNHCR 세계 강제 이주민 추세 보고서에 따르면 인구 규모로 따졌을 경우 세계에서 21번째로 큰 국가는 바로 난민국가라 한다. 2015년 현재 전 세계 난민 숫자는 65.3백만 명에 달하기 때문이다. 그 중 40.8백만 명은 국가 내부에서 거주지를 옮긴 강제 이주민(the forced to flee)이고 21.3백만 명은 국경을 넘는 이주자이며 나머지 3.2백만 명은 망명 신청자들이다. 난민을 포함한 강제 이주민 숫자는 최근 들어 더욱 빠르게 증가해서 2015년에는 전 세계 인구 1000명 당 약 9명이 강제 이주민이 된 것으로 보고되고 있다. 세이브더칠드런에 따르면, 가상 난민국가의 인구 성장이 가장 빠르게 늘어서 2030년이 되면 세계 9위 인구 대국이 될 것으로 전망된다.

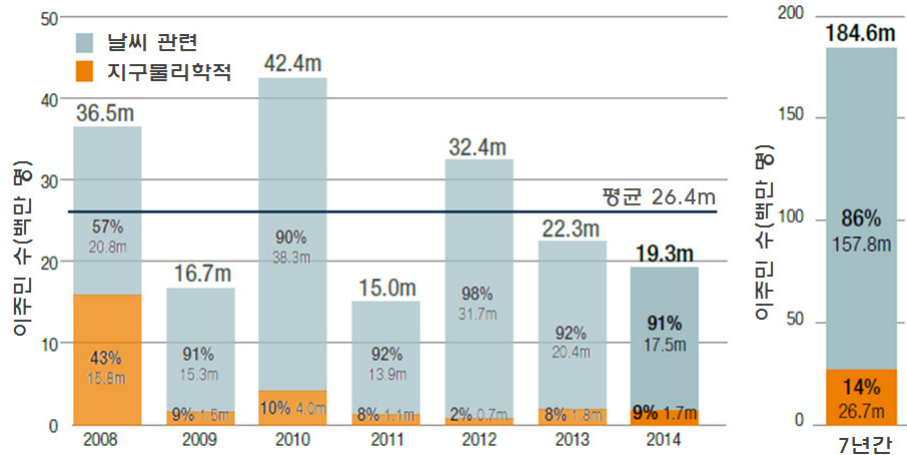


출처: UNHCR, 2015, Global Trends: Forced displacement in 2015

〈그림 8〉 세계 이주민 증감 추세와 인구 비율(1996-2015년)

이러한 이주민들이 모두 기후변화에 의해 발생한 것은 아니다. UNHCR의 2015년 보고서에 따르면, 2008년부터 2014년 사이 7년 동안 강요된(forced) 총 이주민 숫자는 184.6백만 명인데 그 중 날씨의 변화, 즉 이상 기상 현상으로 인한 이주민 수는 157.8백만 명으로 총 이주민의 86%에 달하는 것으로 집계되었다. 7년간 한 해 평균 이주민 수는 26.4백만 명이었지만 평균

22.5백만 명이 기상 관련 이주민이었다. 연도별 이주민 발생 수나 기상 관련 이주민 수에는 차이가 있지만 2009년부터는 지구물리학적 요인에 의해서가 아니라 기상 관련 이주민 수가 총 이주민의 90%이상을 차지할 정도로 날씨 또는 기상 관련 재난에 따른 이주민 수가 압도적인 비중을 점하고 있다.



출처: UNHCR, 2015, Global Trends: Forced displacement in 2015

〈그림 9〉 재난으로 야기된 전 지구적 이주민(2008~2014)

하지만 현상적으로는 정치적 갈등에 따른 내전이나 극단적인 종교집단에 의한 무력 분쟁으로 보이는 경우라 하더라도 그러한 상황이 야기된 원인을 따라가 보면 기상이변이 중요한 원인으로 작용한 경우들이 적지 않다. 시리아가 대표적인 사례이다. UNHCR(2015)에 따르면 2014년과 2015년에 가장 많은 난민이 발생한 국가는 바로 시리아다. 미국 항공우주국(NASA)에 따르면, 중동에서는 1988년부터 2012년까지 가뭄이 이어졌는데 시리아에서는 2007년 이래 비가 오지 않는 극단적인 가뭄이 계속되었다. 이러한 가뭄은 지난 900년의 기간동안 가장 극심한 것으로 바로 이 가뭄이 2011년부터 진행되고 있는 시리아 내전의 원인으로 작용하였다. 가뭄으로 시리아의 농업이 붕괴되면서 농민들은 일자리를 찾아 도시로 이주하게 되었지만 도시에서는 거주지와 사회기반 시설, 식량 부족 등의 문제가 발생하고 이에 대한 불만이 독재정치에 대한 비판으로 이어져 정치불안 상황으로 치닫는 가운데 극단적인 종교세력인 이슬람국가 (Islamic State, IS)가 그 틈새를 활용해서 발호했다는 것이다. 이러한 강제 이주민 발생은 시

리아 국경 내부로 한정되지 않고 난민의 형태로 국경 밖으로 영향을 미치게 되었고 주변국들은 물론 유럽지역에까지 시리아 난민들이 이동하면서 해당 지역에 일자리나 지원 경비를 둘러싸고 혐오와 차별, 분쟁, 테러 등이 발생하게 되었다.⁶⁾

기후변화가 평화를 위협하고 파괴하는 현상은 비단 시리아에 한정되지 않는다. 세상에서 인구 대비로 볼 때 가장 굶주리고 있는 지역이자 내전과 테러에 고통 받고 있는 지역은 바로 아프리카다. 세계식량계획(World Food Programme, WFP) 조사에 따르면, 사하라 이남 아프리카 인 4명 중 1명이 영양실조를 겪고 있다. 아프리카 비극의 주된 원인이 쿠데타와 내전인 것으로 알려져 있지만 식민지 경험을 통해 사회경제구조가 붕괴된 역사구조적인 본질적 문제와 함께 기후변화 또한 이러한 비극적 고통의 기저에 자리하고 있다. 2015년에는 슈퍼 엘니뇨의 영향으로 1904년 이래 가장 심각한 가뭄을 겪으면서 내전과 쿠데타로 인한 굶주림의 고통이 더욱 가중되고 아이들의 교육 받을 권리는 더욱 심각하게 침해되었다. 기후변화는 이렇게 가장 고통 받는 자들의 삶을 더욱 고통스럽게 하고 있으며 영향 받는 지역이나 집단의 범위가 갈수록 커지고 있다.

기후변화로 인한 사하라 이남 아프리카의 물 부족 문제는 현재 상당히 심각한 상황이다. 깨끗한 물에 대한 접근성은 생존을 위해 반드시 필요하지만 사하라 이남 아프리카의 경우 3억 4천만 명이 깨끗한 식수를 공급 받지 못하고 있고 우수의 4%만 저장되며(선진국의 경우 70-90%), 농경지의 5% 정도만 관개 시설을 갖추고 있다(UNESCO, 2009). 따라서 이 지역 대부분의 국가들에서는 농작물 재배나 가축 사육, 인적 소비를 위해 빗물에 직접 의존하고 있다. 그 결과 홍수나 가뭄은 이 지역주민들의 생계를 파괴하고 거시경제 성장을 손상시키며 정부 세입에 심각한 긴장을 유발한다(Hendrix, 2012). 이런 지역에 기후변화로 인해 극단적인 강수 변이, 즉 폭우나 가뭄 등 강수가 불규칙적이거나 가변성이 높아지고 건기가 길어져 물의 이용 가능성이나 접근성, 물에 대한 수요가 변화된다면 이는 일상생활에서의 물 수요를 충족시키기 어려울 뿐 아니라 농작물의 파종이나 수확, 목축 등에 심각한 피해를 가져올 수밖에 없다

6) '아바타'와 '타이타닉', '터미네이터' 등을 연출한 세계적인 거장 제임스 카메론 감독은 2013년에 '위험한 나날들 (Years of Living Dangerously)'이란 다큐멘터리 영화를 제작하였다. 이 영화는 기후변화로 삶에 큰 영향을 받는 사람들의 이야기를 담고 있는데, 이야기들(epsodes) 중 하나로 시리아 사례가 담겨 있다. 카메론 감독은 빙하가 녹는 이야기나 북극곰에 대한 이야기로 기후변화문제가 등치되거나 축소되기보다 기후변화문제가 바로 우리 시대의 가장 큰 이야기로 사람들이 이 문제로 어떻게 영향을 받고 있는지를 말하는 것이 이 영화 제작의 목적이라고 밝혔다. 그런 제작 의도로 만들어진 다큐멘터리에서 시리아 난민은 정치 분쟁이나 종교 갈등이란 외피 속에 기후변화가 주요한 원인으로 작용해서 발생했음을 드러내 보였다. 카메론 감독은 바로 이러한 연결성을 날카롭게 인식하여 영화로 그 문제의식을 표현해낸 것이다.

(IPCC, 2013). 그리고 이러한 교란은 결국 크고 작은 갈등을 유발하면서 폭동이나 내전과 같은 폭력 사태로 치닫게 된다.

Hendrix와 Salehyan(2012)은 아프리카의 사회갈등 데이터 베이스를 활용해서 강수 패턴의 변화와 폭력 사태와의 상관관계를 검토한 결과 둘 사이에 상당히 높은 상관관계가 있다는 사실을 밝혀내기도 하였다.⁷⁾ Hsiang 등(2013)은 세계 주요 지역들에서 기원 전 10000년부터 현재에 이르기까지 45가지의 서로 다른 갈등 데이터를 포함하고 있는 60개의 기초 연구들을 분석해본 결과, 1950년대 이후 들어서 현대적인 갈등에 기후가 통계적으로 유의미하게 ($p < 0.001$) 상당한 영향을 미치고 있음을 발견하였다. 특히 기온이 보다 높아지고 극단적인 강수량이 발생할 경우 대인간 폭력은 4%, 집단간 갈등은 14% 가량 높아졌다는 결과를 얻었다. 정상적인(normal) 강수와 기온으로부터의 이탈은 갈등 위험을 체계적으로, 때때로는 심각하게, 증가시키는 것으로 나타났다. 특히 저위도 지역에서 이런 양상이 보다 심각하게 발견되었다. 아프리카인들은 상대적으로 기후변화 유발에 책임이 덜하지만 이들은 기후변화의 부정적 영향에 고스란히 노출되어 있고 기후재난에 대응할 역량이 부족해 지금도 상당한 고통을 받고 있다.

국가나 지역공동체의 소멸로 인한 전면적 이주가 필요한 곳들도 있다. 기후변화가 문제로 인식되고 기후변화 영향에 대해 우려하기 시작하면서부터, 기후재난에 따른 난민 발생 가능성과 이 난민들이 선진국으로 이주를 원할 경우 어떻게 할 것인가가 여러 선진국들의 관심사들 중 하나였다. 특히 심각하게 관심의 대상이 되었던 문제는 해수면 상승과 이에 따른 소도서 국가나 저지대 해안 거주자들의 이주였다. IPCC의 제5차 평가보고서의 전망에 따르면, 해수면 상승이 가속화될 것은 명백하며(virtually certain), 아마도 2100년까지 0.35m에서 0.70m까지 해수면이 상승할 것으로 전망된다. 해수면 상승은 그 자체로 침수지역을 늘려나갈 뿐 아니라 해수면 상승으로 인해 너울성 파도(swell waves), 폭풍 해일(storm surge), 해수 범람(sea flood), 침식(erosion) 위험 또한 높아진다(IDMC, 2015). 그 결과 담수는 염수화되면서 식수와 농업용수가 부족해지게 되고 수천만 명이 넘는 사람들이 영원히 살던 지역을 떠나 이주를 해야만 하는 위기적 상황에 놓이게 된다. 이런 해수면 상승 위험은 모두에게 동일한 결과를 가져오지는 않을 것이다. 특히 이런 상황에서는 이주가 불가피하지만 이들을 받아들여주는 지역이나 국가가 없다면, 이들이 이주할 의향이나 이주비가 충분하지 않다면, 이들에게 변화되는 상황을 예측하여 적응방안을 모색해야만 한다. 하지만 적응에 필요한 자본이나 기술이 없을 경우 이들

7) 다만 이들의 연구에서는 비가 오는 양이 많아질 때 사회분쟁이 증가하는 것으로 나타나 강수와 사회갈등의 상관관계에 대한 보다 깊이 있는 연구가 필요한 상태이다.

의 생존 자체가 위협받을 수밖에 없다. 또한 이주 자체에는 성공한다 하더라도 이들이 새로운 이주지역에서 괜찮은 일자리(decent job)을 갖지 못한다거나 해당 지역의 문화와 조화롭게 적응하지 못할 경우, 또는 이주지역의 주민들이 이들을 무시하거나 경멸하며 배제하고 차별할 때, 새로운 사회문제가 발생하게 된다.

이주가 야기하는 사회문제는 국가간 이동의 경우 보다 심각할 수 있지만, 국경 내에서의 이동도 반드시 순조롭지만은 않다. 몽골의 경우에도 극단적인 한파인 쯔드(Dzud)로 수많은 가축들을 잃고 심각한 가뭄으로 농사까지 망친 농촌 주민들이 울란바타르(Ulaanbaatar)와 같은 대도시로 이주하면서 대도시의 주택, 사회기반시설(infrastructure), 일자리 부족 문제에 시달리게 되고 밀집한 인구가 난방을 위해 석탄을 연소함으로써 심각한 대기오염까지 겪게 되었다. Bilegsaikhan(2015)의 연구에 따르면, 울란바타르를 비롯한 대도시에 친인척이나 긴밀한 관계를 맺고 있는 사람들이 없을 경우, 이주자들은 도시에서 일자리를 얻고 도시적 삶에 적응하는데 상당한 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 심지어 도시로 이주할 수 있는 사람들은 그나마 자본력이 좀 더 나은 편으로 이상기후로 생활기반이 붕괴되었음에도 불구하고 도시로 이주조차 할 수 없는 지역주민들은 생계에 심각한 타격을 입고 근근히 살아가는 것으로 나타났다. 도시에서건 농촌에서건 기후변화로 인해 삶의 터전과 기반을 잃어가는 사람들이 늘어나면서 이는 장래 사회 불안요소로 작용할 수 있다.

4. 세계 평화를 지키는 길로서 국제사회와 한국의 기후변화 대응 현황

1) 국제사회의 기후변화 대응 현황

기후변화는 그 자체로 위협하지만 기후변화가 미치는 사회경제적 영향으로 국내외 평화가 위협받으면서 안전한 삶은 위기에 처하게 되었다. 기후변화는 기후재난으로 삶의 기반을 잃은 사람들에게 삶의 일상적 평화를 파괴하는 원천일 뿐 아니라 그들의 이주로 인해 다른 지역 사람들에게도 평화를 교란하는 원인이 될 수 있다. 특히 기후위험에 노출될 가능성이 높지만 문제를 회피하거나 해결할 역량이 거의 없어 생계 기반을 상실할 수 있는 상황에 놓인 이들이 기후변화를 야기한 데 대해 상대적으로 책임이 거의 없다는 사실은 기후변화를 야기한 데 더 많은 책임이 있는 국가나 집단, 개인이 보다 적극적인 문제 해결에 나서야 함을 시사한다. 그것이 윤리적으로 합당하기 때문이기도 하지만, 궁극적으로는 실용적 차원에서도 기후재난과 이

주민에 따른 교란으로부터 자기 삶의 안전과 안정성을 보호할 수 있기 때문이다. 문제 해결 방안은 한 편으로는 기후변화의 진행 속도나 강도를 완화하기 위해 온실기체 배출을 적극적으로 저감해 나가는 것이며 다른 한 편으로는 자국에서의 기후변화 적응노력과 함께 기후변화 영향 취약국가에서의 적응을 지원하고 이주민 발생 시 이들의 재정착을 돕는 것이다.

아직은 파리협정의 발효 요건이 충족되지 못했지만 조만간 비준국이 늘어나면서 이들의 배출량 비중이 55%를 넘어설 것으로 예상된다. 즉, 얼마 있지 않아 파리협정이 발효되면 국제사회는 신기후체제로 들어가는 문이 열리게 된다. 국제사회가 유엔기후변화협약을 통해 기후변화를 야기하는 온실가스 배출을 안정화시켜 나가자는 합의를 한 지 벌써 24년이 흘렀고 그런 국제사회의 약속에도 불구하고 기후변화는 더욱더 심각한 양상으로 진행되어가면서 아직도 풀어야 할 문제들이 산적해 있지만 인류는 이제 해결을 위한 새로운 출발점에 서게 되었다. 파리협정을 통해 당사국들은 지구 평균 온도 상승 폭을 산업화 이전 대비 2°C보다 훨씬 낮게, 1.5°C까지 억제하기로 하였고 이를 위해 선진국들만이 아니라 개도국들까지 모두 참여하기로 하였으며 각자의 상황에 따라 온실가스 감축 목표를 수립하고 적응에도 완화에 비근한 균형 잡힌 관심을 두기로 하였다. 그래서 파리협정은 국가별로 보다 엄격하게 목표를 요구하지 않고 확실한 정책수단을 채택하지 않았다는 명확한 한계에도 불구하고 “지구행성과 미래세대의 승리(a victory for all of the planet and future generations)”로 불리고 있다.

파리협정을 통해 온도 상승 억제 목표를 2°C보다 훨씬 낮게, 1.5°C까지로 제한하기 위해 노력하자는 합의는 전 인류의 탄소 예산을 더욱 한정된 것으로, 이는 세계 유수의 언론매체들이 보도했듯이 “화석연료시대의 종언(the end of the fossil fuel era)”을 의미한다(the Guardian, 2015; CNN, 2015; the Telegraph, 2015; Reuter, 2015; Forbes, 2015; Time, 2015). 이제 화석연료의 고갈이 문제가 아니라 매장되어 있는 화석연료조차 모두 꺼내 쓸 수 없는 시대, “태울 수 없는 탄소(unburnable carbon)”의 시대가 된 것이다(McGlade & Ekins, 2015). 새롭게 만들어가야 할 화석연료 너머 시대는 절약과 효율개선으로 에너지 소비를 줄여가면서 재생가능 에너지에 기반한 시대가 되어야 한다. 이러한 시대적 흐름은 파리협정을 지지하고 나선 세계적인 기업들의 태도에서 확인할 수 있다. COP-21이 열리기 전에 이미 포춘(Fortune) 선정 500대 기업 중 9개 기업이 100% 재생가능에너지를 이용하겠다고 선언하였다.⁸⁾ 2016년 10월 3일 현재 세계적인 기업들 중 81개 기업이 100% 재생가능에너지(RE 100)를 선언하고 나섰다.

8) 9개 기업이란 Goldman Sachs, Johnson & Johnson, Nike, Procter & Gamble, Salesforce, Starbucks, Steelcase, Vaya Financial, Walmart를 말한다.

신기후체제는 교토의정서체제와 달리 개별 국가들이 자발적으로 온실기체 감축 목표와 적응 계획 등을 정한 후 기후변화협약에 제출하고 이를 이행해 나가는 상향식 접근을 취하고 있기에 하향식 접근에 비해 느슨하고 그 결과 모두가 약속한 현재의 감축 목표를 달성하더라도 1.5°C 는커녕 2°C 목표도 달성하기 어렵다. 따라서 앞으로 개별 국가들의 온실기체 감축 목표를 강화시켜 가면서 목표를 달성해가는 것이 무엇보다 중요하다. 파리협정에서 정한 절차는 법적인 구속력을 갖기에 앞으로 5년에 한 번씩 국가별 기후행동을 확인하고 “후퇴금지의 원칙” “진전 원칙”에 따라 감축 목표를 계속 강화해 나가도록 국제사회나 세계 시민사회가 공정성과 적극성 정도를 평가하면서 개별 국가들에 압력을 가해 나갈 필요가 있다. 개별 국가들 또한 감축 목표를 포함한 기여방안 내용이 UNFCCC 홈페이지를 통해 투명하게 공개된 상태이기에 이를 무시하는 것은 쉽지 않을 것이다. 전 세계인의 비난의 대상이 될 수 있고 그 결과 국가 이미지 훼손이란 대가를 치러야 할 것이기 때문이다. 그렇기 때문에 시민사회단체의 감시기능(watchdog)은 이 맥락에서 상당히 중요한 역할을 할 것이다. 또한 현실적으로도 보다 적극적인 행보를 취하는 국가들에서는 자국 산업의 피해를 줄이기 위해 기후행동 이행이 부진한 국가의 기업에 대해 국경세 조정(border tax adjustment) 조치로 무역거래에서 불이익을 주거나 저탄소 제품 생산업체에 대해서는 녹색제품협약(green technology agreement)을 통해 관세를 면제해 줄 가능성도 있기에 산업계 또한 보다 적극적으로 대응해 나가야 할 것이다.

하지만 이러한 완화 노력 못지않게 기후변화 야기에 더 많은 책임이 있는 당사국들은 그렇지 않은 국가들의 기후변화 적응을 지원해야 할 것이다. 기후변화 적응 관련 사업은 완화사업과 달리 이윤을 창출할 가능성이 낮기 때문에 개발도상국 지원은 적응보다는 완화활동에 치우치는 경향이 있다. 하지만 기후변화는 이미 진행되고 있으며 가장 분해되기 어려운 CO₂의 경우 배출된 CO₂의 최소 15%는 분해되지 않고 대기 중에 남아 지속적으로 온실효과를 유발하는만큼 이미 배출된 온실기체가 야기하는 부정적 영향을 줄이면서 진행되는 기후변화 영향에 맞춰가는 적응 또한 지원해야 한다. 이에 덧붙여 치명적인 기후재난이나 적응실패로 야기되는 이주민에 대해서는 재정착을 위한 지원이 있어야 할 것이다.

2) 기후난민 발생과 국제사회와 한국의 대응 현황

그렇다면 기후변화로 인한 난민에 대해 국제사회는 어떻게 대응하고 있을까? 2010년 멕시코 칸쿤에서 열렸던 COP-16에서부터 이주 문제가 중요하게 인식되면서 기후 변화로 강요된 이주

문제에 대한 대책을 논의하기 시작했다. 2010년부터 2015년까지 UNHCR과 UNFCCC가 주축이 되고 IOM, UNDP, IDMC와 같은 관련 기구와 단체들이 기후변화를 포함해서 환경 재난으로 인한 강제 이주 문제를 해결하기 위해 여러 노력을 경주해오고 있다(Frank, 2014). 노력의 주된 핵심은 단계적으로 계획된 이전(planned relocation)이다. 주요하게 논의된 내용으로는 환경 이주민 문제 해결을 위한 국제적, 국가적, 지역적 차원에서의 협력, 기존에 있었던 개별 국가 보호법이나 강제 이주민에 대한 보호지침의 확대 적용, 적응 정책으로서의 단계적인 계획된 이주, 구체적인 이주 시기와 대상지에 대한 의사결정 메커니즘 구축, 단계적 이주 계획을 위한 기금과 전략 수립 등이다. 이러한 논의를 통해 UNHCR은 2015년 10월 “계획된 이주에 대한 지침: 계획된 이주를 통한 재난과 환경변화로부터 사람들을 보호하기 위한 지침”을 발표하였다. 하지만 이 지침은 기존의 난민 협약이나 개별 국가 보호법에 비해 구체성이 떨어지고 난민 협약에 비해 협약 가입국에 미치는 영향이 약하며 단계적 이주 계획에 국한되어 있다는 점에서 한계가 있다. 이러한 노력에도 불구하고 유럽에서 시리아 난민 수용을 둘러싼 사회 갈등과 논쟁이 여전하고 여전히 수많은 난민들이 임시피난소에 머무르고 있으며 망명 승인이 충분히 이루어지지 않고 있다. 문제는 기후변화의 진행과 더불어 이런 문제가 더욱 심화될 것이란 점이다.

그런데 이런 문제는 한국과는 무관할까? 그렇지 않다. 한국은 연료연소로부터 배출되는 CO₂ 배출량으로 세계7위이며 최근에 OECD 회원국이 된 칠레를 제외하면 1990년대 이후 온실기체 배출 증가율이 가장 높았던 국가이기도 하다. 그런 점에서 한국은 기후난민에 대해서도 무거운 사회적 책임감을 느껴야 한다. 하지만 기후난민에 대한 고려는 아직 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 유엔은 1951년에 난민의 지위에 관한 협약(Convention Relating to the Status of Refugees, 줄여서 난민협약)을 제네바에서 채택하였고 1967년에 난민의 지위에 관한 의정서(Protocol Relating to the Status of Refugees, 줄여서 난민의정서)를 채택하였다. 우리나라는 1992년에 국회 비준을 받아 가입하였다. 그리고 2012년 아시아 최초로 난민법을 제정하여 2013년 7월부터 전면 시행되고 있다. 법무부는 난민신청자(비호신청자)들을 대상으로 난민심사과정을 거쳐 난민 요건에 부합하면 난민(recognized refugee)으로 인정하고, 난민 요건에는 해당하지 않지만 인도적 이유로 보호가 필요하다고 판단되면 인도적 체류자(Humanitarian Status Holder)로 인정하고 있다.⁹⁾

9) 난민법 제2조에서는 난민과 인도적 체류자에 대해 다음과 같이 정의하고 있다: 1. “난민”이란 인조종교, 국적, 특정 사회집단의 구성원인 신분 또는 정치적 견해를 이유로 박해를 받을 수 있다고 인정할 충분한 근거가 있는 공포로 인하여 국적국의 보호를 받을 수 없거나 보호받기를 원하지 아니하는 외국인 또는 그러한 공포로 인하여

난민법 시행 이후, 시리아 내전 등 분쟁지역 증가로 전세계적인 난민 급증 추세와 맞물려 우리나라에서도 난민신청자가 급격히 늘어나고 있는 추세이다(〈표 2〉 참조). 난민법 시행 첫 해인 2013년에 1,574명이었던 데서 2014년 2,896명, 2015년 5,711명으로 늘어났다(법무부, 2016). 신청자가 많은만큼 난민으로 인정 받은 경우가 2015년에 105건이었지만 난민인정률은 높지 않아서 2015년에는 2.5%, 1994년에서 2015년까지 기간 동안은 5.7%를 기록하였다.¹⁰⁾ 앞으로 난민 신청자가 많아진다면 난민인정률이 획기적으로 높아지지 않더라도 난민 인정 건수 자체는 증가할 것으로 예상된다.

〈표 2〉 한국의 연도별 난민 심사 현황

	신청	심사종료(8,001)			심사 중(5,442)		철회	난민인정률 (%)*
		인정	인도적 체류	불인정	1차 심사	이의신청		
계	15,250	576	910	8,656	5,446	3,104	1,807	5.7
'94~'03	251	14	13	50	0	0	39	18.2
2004	148	18	1	7	0	0	9	69.2
2005	410	9	13	79	0	0	29	8.9
2006	278	11	13	114	0	0	43	8.0
2007	717	13	9	86	0	0	62	12.0
2008	364	36	14	79	0	0	109	27.9
2009	324	70	22	994	0	0	203	6.4
2010	423	47	35	168	0	0	62	18.8
2011	1,011	42	20	277	0	0	90	12.4
2012	1,143	60	31	558	1	0	187	9.2
2013	1,574	57	6	523	42	0	331	9.7
2014	2,896	94	539	1,745	2,102	963	363	4.0
2015	5,711	105	194	3,976	3,301	2,141	280	2.5

주: * 난민인정률=「인정자/심사종료자[인정+인도적 체류+불인정]」*100

출처: 법무부, 2016, 2015 출입국·외국인정책 통계연보 재구성

대한민국에 입국하기 전에 거주한 국가(이하 “상주국”이라 한다)로 돌아갈 수 없거나 돌아가기를 원하지 아니하는 무국적자인 외국인을 말한다; 2. “인도적 체류 허가를 받은 사람”이란 제 1호에는 해당하지 아니하지만 고문 등의 비인도적인 처우나 처벌 또는 그 밖의 상황으로 인하여 생명이나 신체의 자유 등을 현저히 침해당할 수 있다고 인정할 만한 합리적인 근거가 있는 사람으로서 대통령령으로 정하는 바에 따라 법무부장관으로부터 체류허가를 받은 외국인을 말한다.

10) 법무부 통계연보(2016)에서는 2015년 말v 난민인정률을 7.2%로 적고 있으나 〈표 2〉에 주어진 법무부가 사용한 산식에 따라 계산할 경우 2015년 한 해동안은 2.5%, 1994년부터 2015년 사이 평균은 5.7%로 나온다. 뒤에 제시된 〈표 3〉의 숫자로는 2015년까지 총 난민인정률은 7.2%로 나타났다.

1994년 이래 난민 신청자들을 국적별로 정리해보면 <표 3>과 같다. 1994년 이래 난민 신청 건수 5위까지 국가들은 파키스탄(2,792명, 18.3%), 이집트(1,501명, 9.8%), 중국(1,319명, 7.4%), 시리아(1,052명, 6.9%), 나이지리아(1,021명, 6.7%) 순이었다. 2015년 신청자는 5,711명이었는데 이들을 국적·지역별로 살펴보면 파키스탄 1,143명(20%), 이집트 812명(14.2%), 시리아 404명(7.1%), 중국 401명(7%) 등의 순이다. 사유를 살펴보면, 전체 신청자 15,250명들 중에는 정치적 의견이 4,162명(27%)으로 가장 많고 종교 3,422명(22.4%), 특정사회집단 구성원 신분 1,285명(8.5%), 인종 804명(5.2%) 순이었고 2015년 신청자 5,711명의 경우에도 순위는 동일하게 정치적 의견이 1,397명(24.5%), 종교 1,311명(22.9%), 특정사회집단 구성원 신분 721명(12.6%) 순이었다. 현재, 우리나라의 난민인정률이 높지 않다는 점과 함께 난민 사유로 기후난민이 포함되어 있지 않아 앞으로 기후난민의 증가와 함께 이를 인정해줄지 여부도 쟁점이 될 수 있을 것이다.

<표 3> 한국의 국적별 난민 심사 현황*

	신청	심사종료(8,001)			심사 중(5,442)		철회	난민인정률 (%)*
		인정	인도적 체류	불인정	1차 심사	이의신청		
계	15,250	576	910	6,515	3,301	2,141	1,807	7.2
파키스탄	2,792	41	28	1,380	650	359	334	2.8
이집트	1,501	7	3	494	351	554	92	1.4
중국	1,319	7	31	530	187	282	282	1.2
시리아	1,052	3	644**	9	319	1	76	0.5
나이지리아	1,021	3	5	663	103	166	81	0.4
기타	7,565	515	199	3,439	1,691	779	942	12.4

주: * 법무부의 통계연보에[제시된 숫자들 중 심사종료의 불인정 부분과 심사 중 인원이 <표 1>과 같지 않지만 통계연보에 제시된 국적별 난민 심사 현황을 그대로 따랐음.

** 난민인정률=「인정자/심사종료자[인정+인도적 체류+불인정]」*100

*** 시리아의 인도적 체류 승인이 법무부 통계연보에는 444명이지만 그 경우 시리아의 신청자 총 수와 모든 국적 신청자들 중 심사종료 건수에 200명의 차이가 있어 644명으로 수정하였음.

출처: 법무부, 2016, 2015 출입국·외국인정책 통계연보 재구성

5. 나가며: 기후 평화와 종교의 역할

기후변화에 대한 적극적인 대응은 이상의 논의를 통해 볼 때 갈등과 분쟁, 배제와 차별, 무력 분쟁과 전쟁의 가능성을 낮추면서 세계 평화를 지키는 일이기도 하다. 기후재난으로 고통 받는 자들에게는 당장의 절실한 생존의 문제이지만 기후변화의 영향이 지속적으로 확대될 수밖에

없어 이들에게만 국한된 문제가 아니라 결국은 모두의 문제가 될 수밖에 없다. 적절한 대응이 이루어지지 않는다면 누구나 기후변화의 희생자가 될 수밖에 없기에 궁극적으로는 자신의 문제이기도 하다. 인구 비중으로는 세계 인구의 0.7%에 불과하면서 화석연료 연소로부터 배출되는 이산화탄소 배출 비중이 세계 배출의 1.9%를 차지하며 배출 총량이 세계 7위인 배출 대국으로서 기후변화를 야기한 데 대한 책임이 적지 않은 한국으로서는 보다 무거운 책임감을 느끼며 문제 해결에 나서지 않으면 안된다. 기후변화 대응은 에너지 효율 개선과 재생가능에너지 확대, 탄소흡수원 확대와 같은 완화방안의 이행이나 기후변화 영향과 취약성에 대한 파악을 기초로 한 적응 방안의 이행을 위해 자본과 기술의 투입이 필요한 문제이기도 하지만 “불편한 진실”을 인식하고 생활습관과 행태의 변화를 통해 해결해야 할이기도 하다. 이 맥락에서 우리는 종교의 역할에 주목할 필요가 있다.

지난해 2015년 6월, 프란치스코 교황은 기후변화에 관한 ‘교황 회칙’(encyclical) 『찬미 받으소서(Laudato Si')』를 발표하였다. 교황 회칙은 로마가톨릭교회에서 가장 구속력이 강한 공식 사목교서로, 2015년 교황회칙에서는 바티칸 역사상 처음으로 환경문제, 특히 기후변화의 심각성을 직접적으로 다루면서, 가톨릭 교회 성직자와 10억여 신자들이 “생태적 회개”를 통해 기후변화 해결을 위한 새로운 삶으로 변화해 나가도록 촉구하였다. 기후변화가 사람들 가운데서도 가장 취약한 자들, 더 나아가 기후변화에 일체의 책임이 없는 인간 이외 다른 생물종의 생존을 위협하고 있기에 이는 평화를 지향하는 종교의 입장에서 반드시 관심을 두지 않으면 안되는 일이다. 한국 천주교 주교회의 정의평화위원회는 교황회칙의 의미에 대해 해설한 후 “교황께서 회칙을 통해 말씀하고 계시듯 경제적 이익만을 위해 윤리적인 문제를 도외시키고 행해지는 여러 정책과 개발행위에 대한 공정하고 열린 논의의 장이 우리 사회에서 정책적으로 보장되고 정착될 수 있어야 합니다. 회칙 「찬미 받으소서」의 반포를 계기로 한국 천주교회와 구성원들은 선의의 모든 이웃 종교인들과 세계의 모든 이들과 더불어 창조주이신 하느님께서 우리에게 맡겨주신 ‘공동의 보금자리’, ‘더불어 사는 집’을 돌보는 보호자의 책무를 다하도록 노력할 것입니다.”라고 선언하였다. 교황회칙이 선포되어 천주교의 기후변화 대응에 토대가 마련된만큼 앞으로 천주교계에서 보다 적극적인 실천이 진행될 것으로 기대된다.

개신교의 경우 기독교환경운동연대가 꾸준히 에너지전환 활동에 개신교도들이 참여할 것을 촉구해왔다. 교단 차원에서도 이런 노력을 경주하고 있는데 기독교대한감리회 서울연회의 경우 지난 3월 서울시와 ‘에너지 절약과 신재생에너지 이용확산을 위한 업무계약(MOU)’을 체결

하여 서울시에서 추진 중인 ‘원전 하나 줄이기’ 정책에 동참해 기후변화에 효과적으로 대응하기 위한 에너지절약 문화 확산에 본격적으로 나서고 있다. 서울연회 소속 400여 개 교회와 25만 성도가 기독교환경운동연대와 함께 절전소운동을 진행하면서 에너지 절약 실천 교육, LED 등 에너지 효율화제품 이용 확대, 태양광 미니발전기 설치 등의 활동을 꾸준히 해나갈 계획이다. 서울시 전농교회의 경우 서울연회의 에너지절약 시범교회로, ‘교회절전소 출범예배’ 후에 본격적인 절전운동에 나서고 있다. 교회를 절전소로 바꾸자는 이 움직임이 확대되고 있는데, ‘절전소’란 영어의 네가와트(Negawatt), 즉 쓰지 않아 남은 전력이란 개념에 기초해서 ‘전기를 아끼는 것이 곧 발전’이란 의미를 담고 있다. 절전을 통해 기후변화 완화에 기여하고 절전소 운영을 통해 절약한 전력을 에너지 빈곤층과 나누어 이웃사랑을 동시에 실천한다는 목표를 지향한다. 또한 절약에만 머무르지 않고 태양광 발전기를 직접 설치해서 교회가 태양광 전력의 생산자가 되려는 노력도 동시에 하고 있다.

종단 차원에서 에너지 문제에 일찍이 관심을 보인 교계는 불교 조계종과 태고종이었다. 조계종에서는 2014년 3월 서울시와 ‘에너지 절약과 신재생에너지 확산을 위한 업무협약’을 맺었다. 기후변화로 인해 지구환경이 심각한 위협에 직면해 있다는 공감을 기초로 협약을 맺은 후 조계종은 사찰 에너지 진단과 에너지 사용량 10% 절약, 연등 제작시 절전 전등(LED) 사용, 사찰에 태양광 등 재생가능에너지 보급에 나서고 있다. 서울 지역 조계사 신도들이 참여하는 우리동네 조계사 절전소 1000곳 사업을 진행하고 있으며 매일 보름 촛불의 날도 운영 중에 있다. 태고종에서도 건물에너지효율화사업을 실시하고 서울 소재 420개 사찰과 신도들을 대상으로 에너지 절약 실천운동과 에너지 효율화 사업을 전개하기로 하였다.

올해로 창설 100주년을 맞은 토착종교인 원불교는 2014년에 조계종, 태고종과 함께 서울시와 업무협약을 맺었을 뿐 아니라 3년 전인 2013년부터 “원불교 100년, 100개 햇빛교당으로 천지보은하자”는 비전 아래 햇빛사업을 벌여왔다. 올해 100주년이 된 시점에 목표했던 대로 100개 햇빛교당 목표를 달성하였다. 상업발전소 27개 927kW, 자가소비형발전소 73개 261kW를 설치한 것이다. 원불교는 일찍이 1980년대부터 반핵-탈핵운동에 앞장서온 종교이기도 하다. 원불교가 탄생한 근원성지인 영광군 백수읍 길룡리가 영광 한빛핵발전소로부터 7km 떨어진 곳에 위치하고 있어 그 어떤 종단보다 일찍 탈핵운동에 관심을 가지면서 대안을 모색해왔다. 2013년 7월에 원불교 최초이자 종교계 최초로에너지협동조합인 동근햇빛협동조합을 만든 후 전국의 교당과 기관의 옥상과 지붕을 대상으로 태양광 패널 설치를 확대하였고 원불교 안성,

익산, 영광, 합천 등에 있는 교립학교로, 원불교가 운영하는 사회복지시설로 태양광 설치작업이 확대되었다. 100개 햇빛교당을 만든 원불교는 이제 전국 교당과 기관에 몽땅 햇빛발전소를 올리는 일과 “햇빛으로 통일”이란 구호 아래 ‘통일 햇빛교당’ 설치에 나서고 있다. 북한 주민들에게 태양광 모듈 설치를 지원하고 나아가 에너지빈곤국으로도 활동을 확장할 계획이다.

현재 한국의 종교계는 스스로의 삶의 변화를 통해 에너지 소비를 줄임으로써 기후변화를 완화해 나가는 데 보다 관심을 두고 있다. 이제는 이러한 기후변화 완화 노력을 보다 적극적으로 경주해나감으로써 전 사회적 에너지 이용 방식과 삶의 양식을 변화시켜 나가야 할 뿐 아니라 기후변화 적응 영역으로까지 관심을 확장해가야 할 것이다. 기후재난에 보다 취약하지만 적응 방안을 마련하지 못해 기후 위험에 보다 심각하게 노출된 자들에 관심을 두고 기후변화 적응 방안으로 마련하는 데도 관심을 두어야 하며 기후재난에 따른 이주민 발생에 관심을 두어야 한다. 시야를 국제사회까지로 넓혀 개발도상국, 특히 소도서국가들과 최빈국의 기후난민들의 적응을 지원하고 기후변화로 인한 강제 이주자들의 정착과 안전하고 안정적인 삶을 지원하는 데도 관심을 가져야 한다. 이를 위해서는 해외 종교계와의 연대와 협력이 필요하다.

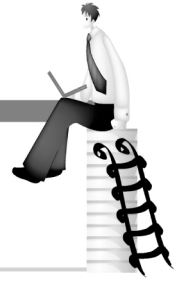
기후변화는 먼 미래의 이야기도, 북극곰이나 남극 펭귄만의 문제도, 남의 나라 이야기만도 아니다. 우리의 에너지 사용으로 인해 타인과 다른 생물종과 미래세대를 위협에 빠뜨리게 할 뿐 아니라 우리 자신에게도 피해가 미치는 ‘오늘 여기 나’의 문제이기도 하다. 인류는 산업혁명 이후 화석연료를 비롯한 풍부한 에너지 소비에 기대어 자연을 훼손하고 자연의 부양능력의 한계를 벗어나면서까지 경제를 성장시키고 생활의 편리와 안락을 추구해 오면서 기후변화를 야기하였다. 하지만 모두의 책임이 같지 않고 모두가 동시에 동등하게 피해를 입는 것은 아니며 오히려 책임이 덜한 자들이 더 많은 피해를 입는 아이러니한 문제이기도 하다. 기후변화에 적극적으로 대응하는 것이 모두의 안전과 평화를 지키는 일로, 파리협정을 통해 국제사회는 화석연료 사용에 절대적인 한계를 설정하고 모두의 참여를 통해 이러한 한계 이내로 삶을 변화시키는 합의를 담아내게 되었다. 이제 남은 건 세계 각국의, 세계 시민의 실천이다. 기후변화의 진행이 가져올 파국적 미래를 충분히 예상할 수 있기에, 그러한 변화가 불가역적(irreversible)이란 사실을 알기에, 사전주의의 원칙(pre-cautionary principle)에 따라 그러한 변화를 회피할 수 있도록 우리 스스로를 변화시켜야 한다. 이것이야말로 지혜를 가진 인류의 현명한 선택이다. 이러한 변화는 고통스럽지만은 않다. 자연의 제한된 부양능력과 조화되는 새로운 삶의 양식을 만들어내고 새로운 일자리를 만들어냄으로써 새로운 문명을 만들어갈 수 있는 기회가

기도 하다. 하지만 이러한 능동적인 변화를 거부한다면, 우리는 강제적인 변화로 내몰릴 수밖에 없고 그것은 상당한 고통을 수반하지 않을 수 없을 것이다(Holdren, 2010). 결국 우리 삶의 안전과 평화는 붕괴될 수밖에 없다. 기후변화는 우리가 변화될 것을 요구하는 자연이 보내는 경고이자 호소로 이제 우리가 이 경고와 호소에 답해야 할 차례가 되었다. 인간의 의식과 생활 양식을 변화시키는 길에서 종교가 감당해야 할 몫이 적지 않다.

참고문헌

- 관계부처합동, 2015, 「2015 이상기후보고서」
- 법무부, 2016, 「2015 출입국·외국인정책 통계연보」
- 유정민·윤순진, 2015, “전환적 적응에 대한 비판적 고찰: 가능성과 한계,” 『환경정책』 23(1): 149-181.
- 윤순진, 2016, “한국 언론기자의 기후변화 인식과 보도 태도,” 『ECO』 20(1): 7-61.
- 외교부, 2015, 「기후변화 바로 알기」
- 최현, 2016, “제1장 공동자원이란 무엇인가?” 『공동자원 섬 제주 1: 땅, 물, 바람』. 진인진: 23-40.
- Barnett, Jon and W. Neil Adger, 2007, “Climate change human security and violent confluiect,” *Political Geography*, 26(6): 636-655.
- Bilegsaikhan, Sumiya, 2015, Climate-induced migration as adaptation in Mongolia : insights from drought- and dzud-affected rural-urban migrants in Ulaanbaatar. 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문.
- Brown, Oli, Anne Hammill and Robert McLeman, 2007, “Climate change as the ‘new’ security threat: Implications for Africa,” *International Affairs*, 83(6): 1141-1154.
- Eriksen, SH & K O’Brien, 2007, “Vulnerability, poverty and the need for sustainable adaptation measures,” *Climate Policy* 7, 337-352.
- Frank, Marine, 2014, “Planned relocation as an adaptation strategy,” UNHCR (<http://www.unhcr.org/en-us/protection/environment/543e78a89/planned-relocation-adaptation-strategy.html>)
- Gleditsch, Nils Petter, 2012, “Whither the weather? Climate change and conflict,” *Journal of Peace Research*, 49(1): 3-9.
- Hendrix, Cullen and Idean Salehyan, 2012, “Climate change, rainfall, and social conflict in Africa,” *Journal of Peace Research*, 49(1): 35-50.
- Hendrix, Cullen and Sarah Glaser, 2007, “Trends and triggers: Climate, climate change and civil conflict in Sub-Saharan Africa,” *Political Geography*, 26(6):

- 695–715.
- Hsiang, Solomon, Marchall Burke, and Edward Miguel. 2013. “Quantifying the Influence of Climate on Human Conflict,” *Science* 341, 1235367.
- Holdren, John. 2010. “Introduction,” in Stephen H. Schneider, Armin Rosencranz, Michael D. Mastrandrea, and Kristin Kuntz–Duriseti (eds.), *Climate Change Science and Policy*. Washington D.C.: Island Press, 1–7.
- IDMC. 2015. Global Estimates 2015: People placed by disasters.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: The Synthesis Report.
- _____. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis.
- _____. 2013. Working Group I report of AR5: Mitigation of Climate Change.
- _____. 2013. Climate Change 2013: Impacts, Adaptation and Vulnerability.
- _____. 2007. Climate Change 2007: The Synthesis Report.
- Pelling, M., 2011, *Adaptation to climate change: From resilience to transformation*, New York: Routledge.
- UNFCCC. 2016. “Aggregate effect of the INDCs,” <http://unfccc.int/resource/docs/015/cop21/eng/07.pdf>
- UNESCO. 2009. United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- UNHCR. 2015. “Global Trends: Forced displacement in 2015.”



토론문: 기후변화와 평화의 상관성과 종교의 역할

김정인 (중앙대)

본 논문은 기후변화와 평화, 그리고 종교의 역할을 논의하는 논문으로서 비교적 국내에서는 드문 논문이라고 판단된다. 저자는 매우 방대하게 기후변화와 평화에 대한 문헌 고찰과 주요 사상 및 내용을 잘 전달하고 있으며 특히 기후변화 대응의 핵심이 완화와 적응이라는 점을 파악 하여 논리적으로 두 부분이 평화와 연관 있다는 점을 잘 보여주고 있다.

즉 기후완화의 경우, 에너지 효율 개선과 재생가능에너지 확대, 탄소흡수원 확대와 같은 방안을 언급 하면서 에너지 안보 기후 안보 등과 적절히 연결하여 설득하고 있다. 적응으로는 기후변화 영향과 취약성에 대한 것을 기초로 하면서 자본과 기술의 투입이 중요하지만 엘 고어가 “불편한 진실”에서 말했듯이 개인의 인식 증대와 생활습관 및 행태의 변화를 강도하고 있다는 점은 매우 적절하자도 보인다.

저자가 주장하고 있듯이 개인의 인식 증대와 생활습관 및 행태의 변화를 위해서는 종교의 역할이 매우 중요하다고 보는데 이점을 잘 지적하면서 불교 조계종과 태고종의 행동, 개신교 및 구교의 행동에 대한 것도 적절하게 언급하여 기후변화에 대응 하는 것이 평화적이라는 것을 매우 잘 설득시키고 있다고 본다.

특히 본 논문에서는 난민이라는 것에 대한 분석을 통하여 한국이 세계 10개 배출국이라는 점에서 한국 정부의 책임을 무겁게 이야기 하고 있다는 것도 공감이 되는 부분이다. 특히 기후 난민의 중요성을 제시하면서 미래에는 난민 사유로 기후난민이 포함되어야 함을 강조하고 있다. 즉 미래에는 기후 재난으로 인한 기후난민의 증가가 예상됨으로 기후재난으로 인한 난민을 난민의 중요한 이유로 인정해야 한다고 주장하는 것도 타당 하다고 본다.

저자는 다양한 시각과 분야에서 기후변화와 종교 분야를 연결하면서 기후변화의 대응이 곧

평화라는 것을 논리적으로 제시하고 있다. 향후에 종교에서도 기후변화를 위하여 우선적으로 인간의 생활 양식과 의식을 바꿀 수 있는 구체적인 방안을 이런 논문을 통하여 많이 제시된다면 종교와 종교인의 역할이 매우 중요하게 대두될 것을 인식시켰다는 점에서 논문의 의의가 있다고 본다.

미래평화를 위한 인공지능

박용범 (단국대)

목 차

- | | |
|-------------|--------------------|
| 1. 서론 | 4. 평화 지향적 인공지능의 방향 |
| 2. 인공지능의 변천 | 5. 결론 |
| 3. 인공지능의 현재 | |

인공지능에 대한 인간의 욕망은 기술발전이 진보할 때마다 다양한 형태로 표현되어 왔으며 이러한 욕망은 실재하지 않는 것에 대한 상상 속 결과를 만들어 왔다. 최근 알파고로 촉발된 인공지능은 또다시 사람들의 상상력을 자극하고 있다. 최근 인공지능에 대한 상상력은 긍정적이고 희망적이기 보다는 파괴적이고 예상치 못한 결과로 인해 발생할 여러 문제를 다루고 있으며 기술적 진보를 실제보다 더 빠르게 변화하는 것을 예측함으로써 다소 과장된 기대를 하고 있다. 본고에서는 다양한 인공지능의 발전 분야를 살피고 현재 기술의 수준을 알아보고 미래 평화를 위한 인공지능 발전 방향을 제시한다.

1. 서론

딥러닝이라는 생소한 단어가 갑자기 우리 생활 속에 알려 졌고 미래의 우리 삶에 중요한 요소로 인정받고 있다. 또한 인공지능에 의해 우리의 생활이 바뀌어 질 것을 예측하고 있다. 하지만 인공지능에 의한 우리 삶의 변화는 아직 격어보지 못한 일에 대한 두려움으로 부정적 시각으로 채색되어 있다. 인간의 지적 사고를 요구하는 대표적 지적 게임인 체스의 챔피언을 1996년 컴퓨터가 차지하고 다시 20년이 흘러 바둑의 대가를 상대로 컴퓨터가 승리함으로써 컴퓨터에 의해 세상이 지배될 것이라는 두려움이 더욱 확산되고 있다.

본 논문에서는 이러한 인간들의 상상속의 인공지능의 평화적 활용을 논의하기 위하여 인공지능의 변천을 살펴봄으로서 인공지능에 대한 대중의 생각을 살펴보고 사람들이 생각 하는 인공지능 문제를 분류해 보았다. 또한 실제적인 인공지능의 상황을 알기 위해 인공지능 기술을 간략히 살펴보고 최근 화두가 되고 있는 딥러닝(Deep Learning)에 관하여 소개 하였다. 기술의 실체를 살펴보고 현 기술 수준을 살펴봄으로서 정확한 우리 생활 속의 인공지능이 미래에 어떤 역할을 할지를 밝혀보았다.

본 논문의 구성은 먼저 2장에서 인공지능의 변천사를 살펴보고 3장에서 사람들이 상상하는 인공지능의 형태를 구분하여 보았고 더불어 현재 인공지능 기술에 관하여 살펴보았다. 4장에서는 평화 지향적 인공지능의 발전 방향을 제시하였다.

2. 인공지능의 변천

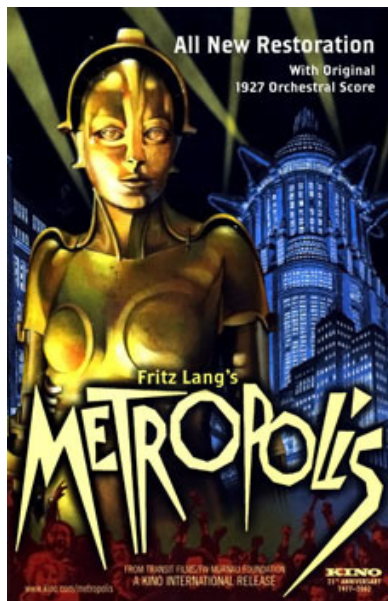
인공지능이라는 용어는 1956년 신경회로망과 오토마타이론 그리고 지능에 관한 주제로 열린 학회에서 최초로 사용되었다. 하지만 그 이전부터 인공지능의 개념을 사용하고 있었으며, 이를 기초로 하는 인간을 닮은 존재를 인간의 손으로 만들고자 한 역사는 매우 오래되었다. 그리스 로마 신화에 나오는 대장장이의 신 헤파이스토스는 자신의 대장간 일을 도와주는 존재를 금속으로 만들었다는 이야기가 전해지며[3] 제페토 할아버지의 피노키오는 나무인형으로 만들어진 사람을 닮은 존재였다[1].

이러한 인간을 닮은 존재는 필연적으로 불완전한 인간지능을 가지고 있어 스스로의 한계를 가지고 있었으며 이를 극복해가는 과정을 설명하고 있다. 컴퓨터의 발전으로 인공지능은 컴퓨터의 한 분야로 생각 되는 경향이 있으나 인공지능은 컴퓨터 이전에도 존재하였고 주로 인간을 닮은 존재가 가지고 있어야 할 것으로 생각되었다. 로봇의 3대 원칙 [표 1]을 밝힌 아이작 아시모프(Isaac Asimov)의 “Runaround”라는 작품은 1942년도에 발표되었다[4]. 로봇의 3대원칙은 “사고”기능이 없이는 불가능한 원칙으로 인공지능을 기본으로 한다.

〈표 1〉 로봇의 3대 원칙

원칙 0	A robot may not injure humanity or through inaction, allow humanity to come to harm
원칙 1	A robot may not injure a human being or through inaction, allow a human being to come to harm, unless this would violate a higher order law
원칙 2	A robot must obey orders given it by human beings, except where such orders would conflict with a higher order law
원칙 3	A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with a higher order law

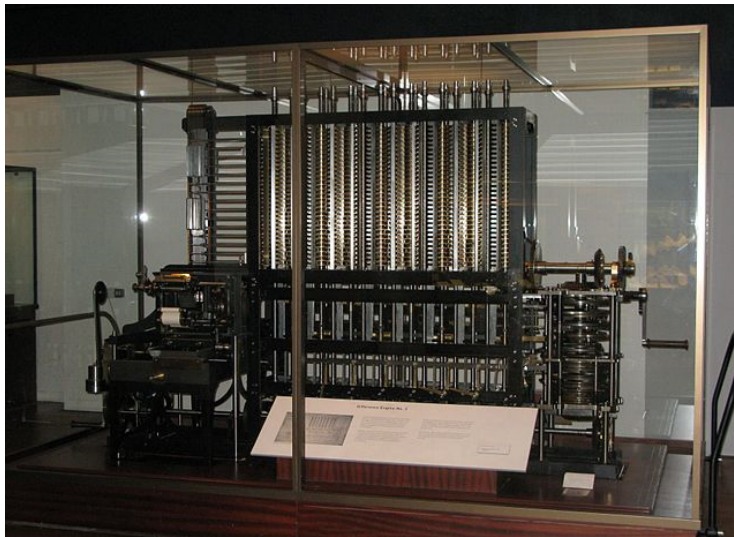
독일 영화 메트로폴리스[11]는 이보다 먼저 1927년에 발표되었으며 인조인간의 종교적 구원을 묘사하고 있다(그림 1). 이는 인공지능의 또 다른 기능인 정서적 인공지능을 표현한 것으로 컴퓨터가 등장하지 않는 인공지능이 영화로 만들어 졌다. 이 영화에서는 지능과 정서의 혼란을 다루었으며 지능적 존재가 정서적인 문제를 가지게 될 것이며 인간이 예측하지 못하는 결과로 불행을 맞이할 것이라는 시각을 보여주었다. 이러한 시각은 현재에도 만연하는 인공지능에 대한 부정적 시각이 되고 있다. 이후 많은 영화와 소설의 주제로 지능적 존재가 정서적 존재로 변화 하면서 예측 불가능한 일이 발생하는 것을 다루고 있다.[13][14][15][16]



출처: [https://en.wikipedia.org/wiki/Metropolis_\(1927_film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Metropolis_(1927_film))

〈그림 1〉 메트로 폴리스

컴퓨터의 아버지로 불리는 찰스 베비지(Charles Babbage)가 컴퓨터를 만들게 된 것은 인간 지능의 최고 정점인 수학적 사고를 할 수 있는 기계를 꿈꾸며 <그림 2> 차분기(Difference Engine)를 만들고 범용적인 수학적 사고를 하는 기계 해석기관(Analytical Engine)을 만들기 위함이었다[12]. 따라서 인공지능의 개념은 컴퓨터 이전에 존재하였고 오히려 컴퓨터는 19세기 수학이 인간의 지적능력의 정점이라는 보편적 생각을 기반으로 인간의 지적능력 재현하는 기계를 만들고자하는 노력이 낳은 산물이라 할 수 있다.

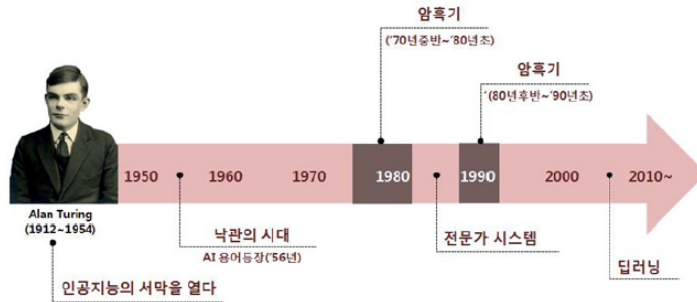


출처: https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Babbage

<그림 2> 차분기(Difference Engine) Photo by geni

이후 내장프로그램의 개념을 만들어 컴퓨터가 실제로 만들어 지는데 공헌한 본 노이만 또한 기본 프로그램 로직으로 스스로 진화 가능한 프로그램을 구상하는 등 기본 인공지능 개념을 구현하는데 컴퓨터의 역할을 제시하기도 하였다[6][9]

현대의 인공지능은 컴퓨터를 기반으로 한다.<그림 3> George N. Saridis의 저서 Hierarchically Intelligent Machines 에서는 인공지능을 다음과 같이 정의한다. “Artificial Intelligence is the study of ideas which enable computers to do the things that make people seem intelligent” 즉 컴퓨터에 의해 행하여지는 지능으로 보이는 것을 연구하는 분야라 정의 했다.[2]



출처: 조영임, “인공지능 기술동향 및 발전 방향”

〈그림 3〉 인공지능 연구의 흐름[9]

컴퓨터를 이용한 인공지능은 주로 최적의 해를 찾기 위한 방향으로 이루어 졌다. 수많은 규칙을 기반으로 최적의 해법을 찾아가는 방식이다. 하지만 1943년 McCulloch와 Pitts의 Neurons는 연결망을 통하여 인공지능을 구현하는 새로운 방향을 제시하였고 이를 계기로 인공 신경망 연구가 본격적으로 이루어졌다[7] 이러한 연결망은 극도로 병렬적 구조를 가지고 있어 기존 컴퓨터의 형태에서 벗어나 인지 분야의 응용에 가능성을 보였다.

최근 인공지능의 발달 속도는 풍부한 컴퓨팅 자원과 통신 기술의 발전으로 그 어느때보다도 빠르다. 2011년 IBM Watson이 Jeopardy라는 퀴즈 프로그램을 우승하면서 2012년 구글에 의해 자가운전 자동차가 네바다 주에서 시범운영 되었고 딥러닝 기반의 Brain Project에서 고양이 영상을 인터넷에서 구분해냈다. 2014년 러시아에서는 튜링테스트를 통과 하였다는 소식이 전해졌으며 일본에서는 인공지능이 쓴 소설이 SF 문학상 1차 심사를 통과하는 등 창작의 영역 까지도 넘보고 있다.

3. 인공지능의 현재

3.1 인공지능의 분류

인공지능은 크게 약 인공지능(weak AI)와 강 인공지능(strong AI) 또는 범용 인공지능(Artificial General Intelligence)으로 구분한다. 약 인공지능은 실제 문제 해결 능력을 갖추지 못하고 주어진 방법과 미리 프로그램 된 규칙에 따라 문제를 해결하는 인공지능으로 지금까지

지 대부분의 인공지능이 여기에 속한다. 이미 상당한 연구결과가 축적 되었으며 어느 정도의 발전이 이루어진 분야이다. 강 인공지능은 스스로 문제를 파악하고 이를 해결하는 방법을 찾을 수 있는 좀 더 적극적 개념의 인공지능이다. 하지만 이러한 강 인공지능의 실현에는 의견이 많다. 특히 특정 분야 또는 사안에 대한 문제 파악과 해결 능력은 어느 정도 가능하다 하더라도 더 넓은 범위의 일반적 사고에 대한 해결능력은 회의적이다. 인공지능을 다룬 여러 작품 속에서 이러한 문제는 잘 다루어지고 있다.

1968년 제작된 “스페이스 오딧세이 2001”의 HAL 9000 컴퓨터는 강 인공지능이 구현되어 있었으나 주어진 명령의 모순을 해결하는 과정에서 이성적 사고를 넘어서는 상황을 맞이하고 이러한 극한 상황이 프로그램 될 수 없음을 보였다. 더 나아가 이러한 문제는 지능이상의 문제와 관여 되어 있음을 제시하였다. 이후 2001년 제작된 “AI”라는 영화에서는 지능을 넘어서는 감정의 문제를 다루었고 인조인간의 감정 문제를 다루어서 지능적 존재는 감정이 있을 수 있다는 문제를 잘 다루어 주었다.

인공지능이 컴퓨터의 영역을 벗어나 인간의 정신세계를 지배 할 수 있다는 문제 또한 제기되었다. 2013년 제작된 “Her”라는 영화에서는 인공지능의 발달로 인간과 인터랙션을 가지고 그 결과 인간이 컴퓨터에 의존할 수 있음을 다루었다. 1989년 제작된 토탈리콜은 인공지능 기술로 조작된 현실이 실제와 허구를 구분하지 못하는 상황을 다루었고 1999년 매트릭스는 인공지능에 의해 사육되는 인간을 그리기도 했다.

하지만 학술적 관점에서의 인공지능의 분류는 직접적이며 직선적이다. 초기 인공지능은 “인간과 같이 사고하는 것(Think like a human)”을 목표로 하였으나 그 후 “이성적 사고(Think rationally)”를 목표로 했다. 최근에는 “인간과 같이 행동하는 인공지능(Act like a human)”을 지나 “이성적 행동(Act rationally)”을 목표로 하고 있다.

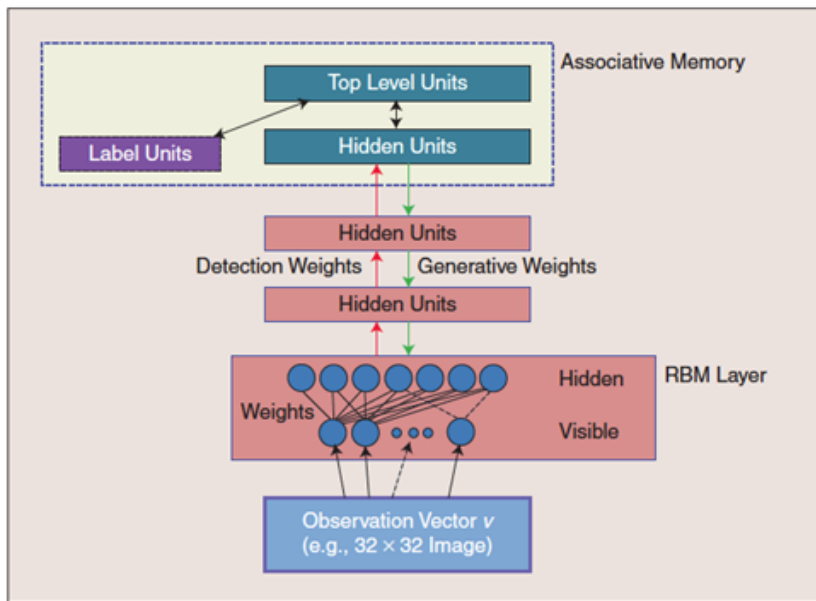
3.2 인공지능 기술

인공지능 기술은 기본적으로 지식의 표현, 지식 검색, 추론, 학습, 계획 등 5가지 측면에서 다루어져야 한다. 최근 영향력이 커져가는 기술은 딥러닝(Deep Learning)이라 불리는 기술이

다. 본고에서는 여러 인공지능 기술 중 딥러닝만 설명하겠다. 인공신경망(ANN: Artificial Neural Network) 기술을 기반으로 클라우드 환경의 여러 컴퓨터를 이용하여 인공신경망 레이어를 형성하고 여러 방식의 학습을 통하여 판단을 한다.

인공신경망 기술은 1980년대 활발하게 연구된 분야였다. 하지만 수학적 명확성이나 재연성 문제로 인해 연구가 주춤해 졌었다. 최근 지역 극소점(local minima) 문제와 과적응(Overfitting) 문제에 대한 대응책이 나오면서 재연성 문제가 어느 정도 해소되고 와 활용성이 높아져 관심을 받고 있다. 특히 컴퓨팅 자원이 풍부해지면서 인공신경망을 다룰 수 있는 병렬 분산 처리가 가능해 졌다.

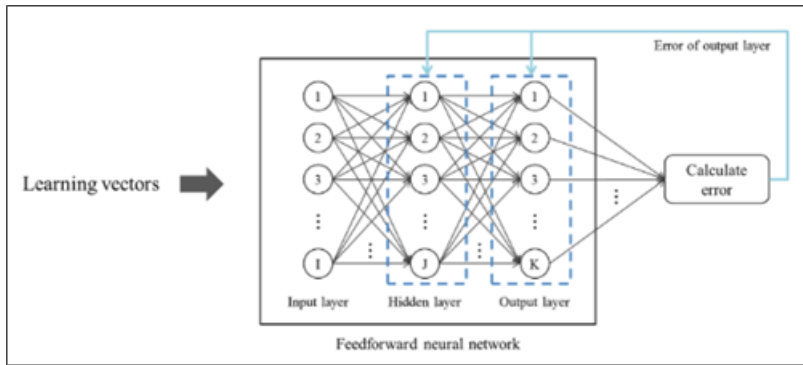
딥러닝은 데이터 전처리를 RBM (Restricted Boltzmann Machine)을 이용하여 지역 극소점 문제를 완화시켜 대 전환의 계기를 만들었다. 이렇게 전 처리된 결과를 역전파 전방향 신경망(Back propagation feed forward neural network) 등에 전달하여 처리한다. <그림 4> 이 방식은 기존 인공신경망에 커다란 변화를 주어 현재의 딥러닝이 있게 하였다[5].



출처: Deep Machine Learning—A New Frontier in Artificial Intelligence Research

<그림 4> Deep Belief Networks [5]

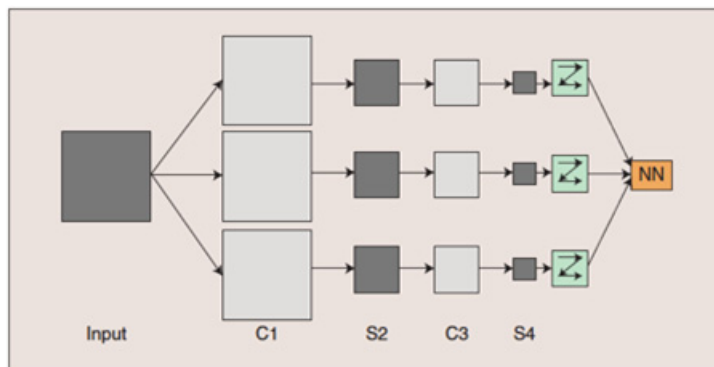
딥러닝에서 많이 사용되는 인공신경망은 역전파(Back propagation)학습 알고리즘 기반의 전방향 계층 구조(Feed Forward Layered Architecture) 인공신경망이다. 전방향 계층 구조는 Feedback을 가지지 않거나, loop연결을 가지지 않는 network로, cycle이 없는 계층구조를 말한다.[17] 역전파 학습은 학습 데이터를 사용하여 나타나는 출력 값과 원하는 목적 값 간의 오차를 계산하여 오차를 각 층에 전달한다. 전파된 오차를 이용하여 파라미터를 수정 함으로서 학습을 한다. <그림 5>



출처: <http://untitledblog.tistory.com/90>

<그림 5> 역전파 학습 전방향 계층 구조

CNNs(Convolutional Neural Networks)은 이미지 및 동영상 등과 같이 이차원 데이터를 사용하도록 설계된 다층구조의 인공신경망이다<그림 6>. Convolution과 Pooling이라는 기법을 통해 반복되는 특징 추출을 시행한 후 활성화함수(activation function)에 의한 분류를 한다.[5]



출처: Deep Machine Learning—A New Frontier in Artificial Intelligence Research

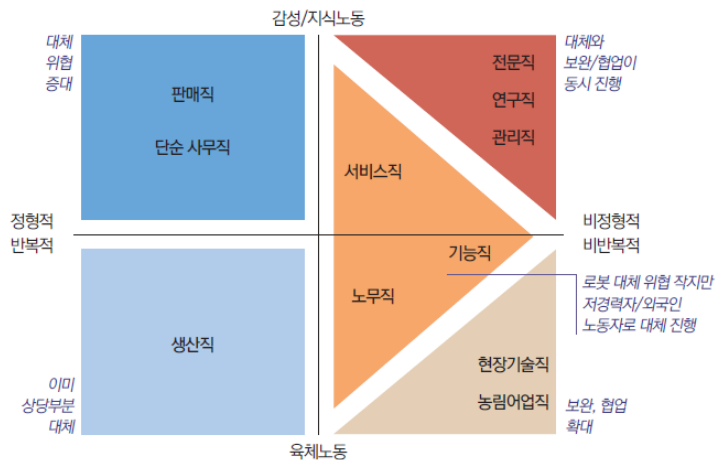
<그림 6> Convolutional Neural Networks

딥러닝은 이와같이 독립된 단순 학습구조를 계층으로 쌓아 순차적으로 처리 하는 학습 구조 (Learning Architecture/Framework)를 지칭한다.

4. 평화 지향적 인공지능의 방향

인공지능은 이미 우리생활에 사용되고 있으며 그 편이성을 더해가고 있다. 최근 자동차의 지능화 속도는 놀라운 정도이다. 따라서 인공지능을 이용한 편이성은 계속해서 강조될 것이며 미래 평화에도 도움을 주고 있다. 이와 유사하게 인공지능의 이용으로 생산성 개선이 지속적으로 이루어지고 있다. 지능형 로봇을 생산 현장에 도입함에 따라 부분적인 생산성 개선 효과가 일어나고 있다.

이러한 편이성과 생산성은 인공지능의 긍정적 효과이기는 하지만 이면에는 부정적 현상이 따르고 있다. 편이성과 생산성 향상이 이루어짐에 따라 일자리 변화가 일어나 인공지능에 의해서 일자리가 사라지고 있다.[8] 특히 단순 노동을 제공하는 일자리가 사라짐에 따라 취약계층의 생계를 인공지능이 위협하고 있는 형태이다. 조사기관에 따라 다소 차이가 있지만 향후 10~20년 이내에 사라질 직종으로는 콜센터 또는 텔레마케터 등 단순 사무직이 우선 뽑히고 있으며 도서관리, 은행 창구직원 보험 등 단순 반복 작업이 필요한 직군이 사라질 것으로 예측된다. <그림 7>

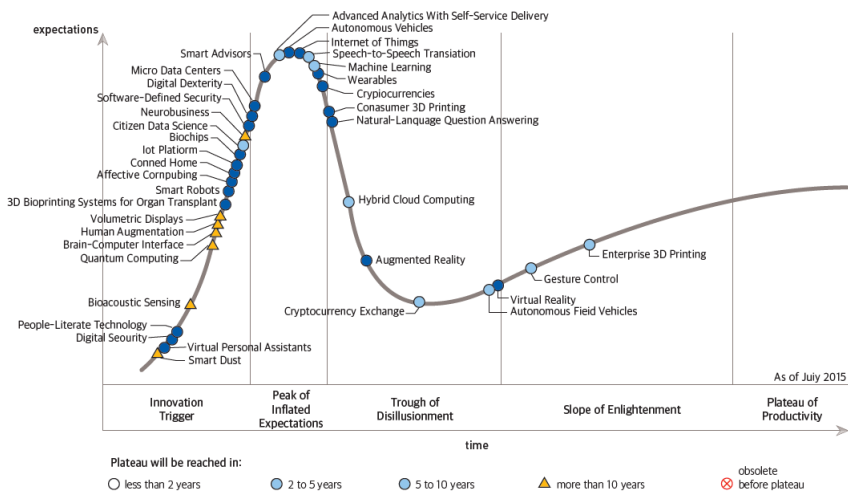


출처: Future Horizon Spring 2016

<그림 7> 미래연구 포커스의 인공지능의 직종별 영향

과거 역사를 살펴보면 기술 발전에 따른 이러한 변화는 필연적으로 발생하고 있는데, 기술로 인한 새로운 직업 창출로 사회적 충격을 흡수 할 수 있었다. 자동차의 발명으로 마부와 마차 등이 사라졌지만 자동차 운전자, 자동차 정비공 등의 신규 직업이 창출 된 것이 그 예이다. 또한 새로운 기술은 다른 파생직군을 창출하기도 하였는데, 자동차의 경우 자동차 도로를 만들기 위한 직업이 만들어 졌다.

문제는 인공지능으로 인해서 창출되는 직업과 필요로 하는 인력이 과거와는 달리 축소 또는 흡수의 형태로 변해 간다는 데 있다. 사라지는 단순 반복 직은 많은 인원수를 필요로 하였지만 새로 생기는 컴퓨터 관련 직종과 데이터 분석가 그리고 전문직은 고용창출 효과가 제한적이다. 또한 기술 발전 속도에 따라 만들어지고 사라질 직종의 변동이 심해 그 대응이 어려운 실정이다. <그림 8>는 2015년 가트너 그룹이 발표한 기술 변동 추이를 보여준다[10].



출처: <http://www.gartner.com/technology/research/hype-cycles/>

<그림 8> 도래 기술의 Hype Cycle by Gartner

인공지능으로 발생할 또 다른 문제는 복지 서비스의 균형이다. 인공지능이 적용된 지능형 서비스는 우리의 삶을 크게 개선시킬 것이다. 하지만 이러한 복지 서비스를 모든 사람이 누릴 수는 없을 것이고, 미래 인공지능 기술을 이해하는 한정된 사람에게 돌아갈 가능성이 크다. 실제로 인터넷 서비스가 제공되어 정보 접근에 불공정성이 발생하였던 경험을 볼 때 지능형 서비

스 또한 균등하게 제공되지 않을 것이다. 따라서 이를 극복할 교육과 보급 방법을 연구하여야 한다.

마지막으로 지금까지는 고려되지 않은 사회 윤리적 문제를 해결하여야 한다. 구글 자동차와 테슬라 자동차의 자율주행 사고에서 나타난 책임문제는 지금까지 경험하지 못한 문제를 제기한다. 인공지능을 이용한 자율 주행 중 발생한 책임을 인공지능이 질 수 없기 때문에 발생하는 문제로 인공지능을 만든 사람의 책임인지 인공지능을 운영한 사람의 책임인지에 대한 정의가 필요하다. 또한 인공지능 서비스를 제공받아 이득을 얻는 사람의 책임도 생각해 보아야 한다. 인공지능을 이용한 사회 통제, 예를 들어 교통통제 등도 문제를 일으킬 수 있다. 컴퓨터에 의한 자동통제의 결과가 특정 사회집단 또는 특정 세력에 우연하게도 우호적이거나 불이익을 주게 되면 오해와 갈등의 원인이 될 것이다. 더욱 심각한 것은 군사적 목적으로 인공지능을 도입하였을 때 발생하는 문제이다.

미래 평화를 지향하는 인공지능은 기술자체의 문제보다도 사회 전반의 배려와 합의가 요구된다. 앞서 살펴본 바와 같이 평화 지향적 인공지능을 위하여 다음과같은 문제를 해결하여야 한다.

- 일자리 변화에 따른 부의 배분 방식 개선과 노동력에 대한 평화적 균형 조절
- 인공지능의 복지 서비스 제공으로 발생하는 삶에 질 균형 유지
- 인공지능으로 인해 발생하는 문제의 명료하고 공정한 책임

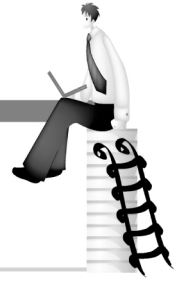
5. 결론

미래에는 인간이 어떠한 형식이라도 인공지능과 연결되어 살아 갈 것이다. 인공지능에 의한 의존적 미래가 될지 인공지능을 이용한 발전적 미래가 될지를 판단해야할 일은 당분간 없을 것이다. 기존 기술 발달의 낙관이 촉발시킨 여러 상상 속 상황이 현실로 일어나는 것은 앞으로 몇 세대 후일 것이기 때문이다. 하지만 증강현실 기술이 발전하여 가상현실로 이어지면 인간이 경험하게 될 인공지능의 세상은 지금까지 경험하지 못한 세상을 보여 줄 것이다. 또한 인공지능은 당분간 보조 수단에서 머물러 인간의 불편한 점을 해결해주고 위험하거나 더러운 일을 대신해 갈 것이다.

하지만 인공지능이 악용되어 인간의 평화를 위협하는 수단이 될 수도 있다. 인공지능의 문제가 아니라 인공지능을 이용하는 사람에 의해서 이다. 우리는 다이내마이트라는 과학의 산물의 혜택과 공포를 맛보았다. 지금 이 순간에도 원자력 발전의 혜택으로 전력을 사용하고 있으나 원자력이 가지고 오는 파괴력과 불행은 이웃 일본을 통해 알고 있다. 인공지능 역시 기술 자체의 문제가 아니라 인간의 문제로 보아야 할 것이다. 미래평화를 위한 인공지능은 기술의 문제가 아니라 인간 스스로의 문제로 인식되어야 하며 인류 공동체로의 인식과 인류평화를 향한 우리들의 노력이 선행되어야 할 문제이다.

참고문헌

- Carlo Lorenzini저 이승수 역, 피노키오의 모험, 비룡소, 2010
- George N. Saridis , Hierarchically Intelligent Machines, World Scientific, 2001
- Homer저 이세진 역, 일리아드, 비봉출판사, 1998
- Isaac Asimov, Runaround, Astounding Science Fiction, 1942
- Itamar Arel, Derek C. Rose, & Thomas P. Karnowski, “Deep Machine Learning—A New Frontier in Artificial Intelligence Research”, IEEE Computational Intelligence Magazine, 2010.11, pp. 13–18
- VonNeumann, Theory of self-reproducing automata, University of Illinois press, 1966
- Warren S. McCulloch & Walter Pitts, “A Logical Calculus Of The Ideas Immanent In Nervous Activity”, Bulletin Of Athematical Biophysics vol. 5, 1943, pp. 115–133.
- 나준호, “인공지능의 발전과 고용의 미래”, Future Horizon Spring 2016, 과학기술 정책연구원, 2016, pp14–17
- 조영임, “인공지능 기술동향 및 발전 방향”, 주간기술 동향, 정보통신기술진흥센터, 2016.2., pp.13–26
- <http://www.gartner.com/technology/research/hype-cycles/>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Metropolis_\(1927_film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Metropolis_(1927_film))
- https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Babbage
- https://en.wikipedia.org/wiki/A.I._Artificial_Intelligence
- [https://en.wikipedia.org/wiki/2001:_A_Space_Odyssey_\(film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/2001:_A_Space_Odyssey_(film))
- [https://en.wikipedia.org/wiki/I,_Robot_\(film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/I,_Robot_(film))
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Her_\(film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Her_(film))
- <http://untitledtblog.tistory.com/90>



토론문: 미래평화를 위한 인공지능

고국원 (선문대)

인공지능에 대한 연구는 오래부터 진행되어왔다. 국내에서 인공지능 바둑 프로그램 ‘알파고 (AlphaGo)’와 이세돌의 바둑 대결로부터 급격히 증가되어 딥러닝(deep learning)에 대한 관심도는 이제는 딥러닝이란 단어가 초등학교도 알 수 있을 정도가 되었다. 딥러닝이란 인간과 거의 비슷한 방식으로 판단, 학습할 수 있도록 고안된 프로그램을 일컫는 용어이다.

인공지능에 대한 관심도는 국내뿐 아니라 해외에서도 증가되고 있다. 스위스 다보스에서 개최된 2016년 세계경제포럼(WEF)의 주제는 ‘제4차 산업혁명’이고, 이 혁명을 주도하는 인공지능·로봇기술·생명과학·3DP·드론 등이 궁극적으로 인간의 일자리를 빼앗는다는 것이다. 세계경제포럼이 발표한 ‘일자리의 미래(The Future of Jobs)’(WEF, 18 Jan 2016)라는 보고서에서 4차 산업혁명으로 인해 상당수 기존 직업이 사라지고, 기존에 없던 새 일자리가 만들어진다는 것이다. 또한 인공지능의 군사무기에 대한 적용도 관심거리가 되고 있으며, 미국의 국방성은 인공지능이 탑재된 무기(AI Weapons)를 개발하기 위해 120억~150억 달러를 의회에 요청했다고 한다.(Reuters, 14 Dec 2015; Future of Life, 15 Dec 2015).

또한, 스티븐 호킹, 빌 게이츠, 일론 머스크 등 세계 최고의 두뇌들이 인류의 종말을 야기할 수 있는 경고를 하고 있다.

인공지능에 대한 세계적인 관심도가 높아짐에 따라 인공지능에 대한 유용성을 주장하는 학자들과 이에 반하여 경고가 동시에 증가 되고 있으며, 종교와 인공지능(AI)에 대하여 새로운 관심과 관계를 제안하기도 하고 있다.

“미래 평화를 위한 인공지능”의 논문은 인공지능의 변천을 살펴봄으로서 인공지능에 대한 대중의 생각을 살펴보고 사람들이 생각 하는 인공지능 문제를 분류해 봄으로 상상속의 인공지능

의 평화적 활용을 논의하기 위하여 인공지능 기술을 간략히 살펴보고 최근 화두가 되고 있는 딥러닝(Deep Learning)에 관하여와 기술의 실체를 살펴보고 현 기술 수준을 살펴봄으로서 정확한 우리 생활 속의 인공지능이 미래에 어떤 역할을 할지를 밝혀 보고자하였다.

본 논문의 구성은 매우 적절하게 작성되어 있지만, 인공지능의 변천사를 살펴볼 때 독자들이 공학분야에 대한 비전문가임을 고려 해 볼 때 인공지능의 기초가 되는 생물학의 신경망(동물의 중추신경계, 특히 뇌)이 뉴런과 시냅스의 결합등에 따른 습 방법에 대한 설명이 추가 되었으면 하는 아쉬움이 남는다. 불쑥만 머시인과 역전파 학습법에 대한 설명도 생물학적인 배경을 바탕으로 설명이 되었으면 인공지능을 접하는 분들에게 더 큰 도움이 되었을 것으로 생각된다.

“평화 지향적 인공지능의 방향”에서는 현재 인공지능의 수준에 대한 실제 적용 예와 한계성에 대하여 일반인들이 쉽게 알 수 있는 구체적인 사례들에 대한 장단점을 비교하면서 편리성과 위험성을 비교하여 평화적인 사용 방향에 대한 강조하고 논문의 결론 부분에서의 “인공지능 역시 기술 자체의 문제가 아니라 인간의 문제”는 과학 기술 윤리의 중요성을 강조함에 있어 도덕성이 바탕이 되는 인문학적 연구와 사회의식문화 발전과의 관계를 이끌어 냈으면 더 훌륭한 논문이 되었을 것으로 생각된다.

『평화와 종교』 제2호의 원고를 모집합니다.

안녕하십니까?

한국평화종교학회 편집위원회에서는 학술지 『평화와 종교』 제2호 기고논문을 아래와 같이 모집합니다.

- 아 래 -

1. 투고마감일 : 2016년 11월 15일(火)까지 원고를 받습니다. (12월 30일 발행예정)
2. 주제 : 『평화와 종교』는 평화사상과 그 일반, 종교사상과 그 일반 등에 관련된 논문을 대상으로 합니다.
3. 논문 투고는 학회메일(kaprs@naver.com)로 보내주시고 투고규정에 맞지 않을 경우 심사가 진행되지 않을 수도 있습니다.
4. 원고분량 : 분량은 A4용지 20매 또는 200자 원고지 150매 이내를 원칙으로 합니다.
5. 심사 및 게재원칙
 - 1) 투고하시는 분은 투고와 동시에 연회비(3만원)를 총무위원회 계좌 (국민 484601-04-121252 예금주 박정현)로 입금하시면 됩니다.
 - 2) 공동저자일 경우 게재가로 확정되면 모두 연회비를 납부해야 합니다.
 - 3) 심사는 해당전공분야 3인을 심사위원으로 위촉합니다.
 - 4) 동일기관 소속논문은 해당 호에 2편까지 게재 가능합니다.
 - 5) 투고 후 별도의 심사료는 없으며 심사 후 게재확정시에는 소정의 게재료가 지급됩니다.
6. 기타 : 투고에 관한 사항은 투고규정을 참고하시고 기타 궁금하신 사항은 학회 사무국 (041-530-8880, 010-2674-2459)로 연락주시기 바랍니다.

한국평화종교학회 편집위원회