

성장의 한계 논의의 전개와 지속가능발전에서의 함의

Evolution of Limits to Growth Studies and its Implications on Concept and Strategy of Sustainable Development

문태훈*

Moon, Tae Hoon

Abstract

Purpose of this paper is to review series of Limits to Growth studies from its original Rome Club Report published in 1972 to the most recent one in 2012 by Jorgen Randers and finds its implications on concept and strategy of sustainable development. For this purpose first, this paper reviewed series of Limits to Growth studies in details with focus on scenarios used in simulation of world model. Second, response to the original Limit to Growth was reviewed and to see validity of its scenario based simulations, simulated results of interest variables and actual historical data up to the year 2010 was compared. Third, structure and key arguments in both studies, Limit to Growth studies and Our Common Future was explained and compared. Finally, implications of the Limit to Growth studies on concept and strategy for sustainable development was discussed. Based on the comparison, this paper argued that even if the term sustainable development was not used in the Limit to Growth at all, concept and strategies for sustainable development implied in the Limit to Growth are more clear and specific than those of Our Common Future. Since Limit to Growth studies were simulation based ones that produce detailed behaviors on interest variables, it clarifies more clearly the abstract concept of sustainable development and thus, provides specific guidelines for the direction of sustainable policy which has been suffering long from vagueness of concept of sustainable development.

Keywords: 성장의 한계, 지속가능한 발전, 시스템다이내믹스, 월드모델, 시간지연, 한계용량, 경제성장(Limit to Growth, Sustainable Development, System Dynamics, World Model, Time Delay, Carrying Capacity, Economic Growth)

* 중앙대학교 도시계획·부동산학과 교수 (단독저자, sapphire@cau.ac.kr)

I. 서론

1972년 스톡홀름 지구정상회의에서 시작된 환경문제에 대한 국제적인 관심은 1987년 유엔의 보고서, <우리들의 공동미래>에서 지속가능발전에 대한 논의로 발전하였다. 1960년대 이후의 양적 경제성장이 가져온 공과를 평가하면서 새로운 발전모델로서 지속가능발전의 필요성을 천명한 것이었다. 그리고 1992년 브라질 리우회의에서 지속가능발전은 국제사회가 추구해야 할 발전모델로 전세계에 확산되는 중요한 계기를 마련한다. 이러한 국제사회의 흐름은 새천년을 시작하면서 2000년에 설정되었던 유엔의 새천년발전목표(Millennium Development Goals: MDGs)가 2015년 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals: SDGs)로 확대되면서 지속가능발전을 위한 국제사회의 노력은 새로운 전기를 맞고 있다.

지속가능발전을 지향하는 이러한 국제사회의 논의는 1972년 발간된 로마클럽의 보고서, <성장의 한계>가 중요한 영향을 미친 것으로 알려지고 있다. 비록 지속가능발전이라는 용어는 1987년 유엔의 브룬트란트 보고서에서 처음으로 공식화되었으나 동 보고서에서 제시하고 있는 지속가능한 발전은 <성장의 한계>가 주장하고 있는 핵심적인 논지와 매우 닮아 있다. 이러한 맥락하에 이 논문은 1972년 처음 출간되고 지금까지 지속적으로 업데이트되고 있는 성장의 한계 논의에서 보여지는 지속가능발전과 관련된 논의들을 검토한다. 그리고 이러한 성장의 한계 논의가 <우리들의 공동미래>에서 제시된 지속가능발전의 개념과 전략에 가지는 함의를 찾아보려는 것이 목적이다. 이를 위하여 이 논문은 크게 네부분으로 구성되었다. 첫째, 1972년 처음 출간된 <성장의 한계>를 등장 배경, 주장과 제안, 모델의 구조, 시나리오별 시뮬레이션의 결과, 미래 비전, 그리고 이 보고서에 대한 세상의 반응과 평가들을 살펴본다. 둘째, 1972년 이후 성장의 한계 논의는 1992년, 2004년, 2012년 3차례에 걸쳐 지속적으로 업데이트되었는데 그 내용과 시나리오들을 1972년의 시나리오의 결과와 비교, 검토한다. 셋째, 1972년 <성장의 한계>의 기준시나리오(Business As Usual: BAU)에 의한 미래 전망과 그간의 역사적 데이터와 비교한 연구들을 검토하면서 모델의 타당도 등을 살펴본다. 넷째, <성장의 한계>에서 나타나는 지속가능한 발전의 핵심요소, 개념, 전략들을 <우리들의 공동미래>¹⁾에서 제시된 지속가능발전의 개념, 전략들을 서로 비교하면서 양자의 유사성과 차이점을 살핀다. 그리고 지속가능발전의 개념과 전략에 대한 성장의 한계 논의의 함의를 모색해 본다.

1) 유엔의 환경과개발에 관한 세계위원회 보고서(Report of the World Commission on Environment and Development). 이 보고서의 정식 명칭은 <우리들의 공동미래> (*Our Common Future*)이며, 동 위원회 위원장인 노르웨이 여총리 브룬트란트(Gro Harlem Brundtland)의 성을 따서 일명 브룬트란트보고서 (*Brundtland Report*)로도 불린다

II. 성장의 한계 논의의 전개

성장의 한계 논의는 1972년 로마클럽보고서 <성장의 한계>²⁾로 처음 출간된 이후 1992년 <Beyond the Limit>³⁾, 2004년 <성장의 한계 30년 업데이트>⁴⁾, 2012년 <더 나은 미래는 쉽게 오지 않는다>⁵⁾라는 제목으로 지속적으로 업데이트 되어 왔다. 2012년 저작은 엄밀한 의미에서 기존 <성장의 한계> 업데이트라고는 할 수 없고 <성장의 한계> 원저자 중의 한 사람이었던 요르겐 랜더스(Jørgen Randers)가 성장의 한계 논의에 바탕을 두고 2052년에 대한 미래예측을 시도한 저서이다. 이전의 성장의 한계 논의가 시나리오별 시뮬레이션을 통한 미래 전망이었다면 <더 나은 미래는 쉽게 오지 않는다>는 현재의 민주주의와 시장경제 상태가 지속된다는 가정하에 2052년의 세계모습에 대한 직접적인 예측을 시도하고 이에 기반한 함의를 찾아내고 있는 것이 다른 점이다.

1. <성장의 한계, The Limit to Growth> 1972

1) 배경

로마클럽(Club of Rome)은 이탈리아의 실업가이자 경제학자였던 아우렐리오 페체이(Aurelio Peccei)가 설립한 국제적인 연구모임으로 기업가, 정치가, 과학자들로 구성된 민간 단체였다. 설립자 페체이는 이탈리아 항공사 알이탈리아(Alitalia)의 설립자였고 피아트, 올리베티 회사의 사장을 역임하였으며 국제컨설팅사인 이탈리아컨설팅(Italconsult)의 설립자였다. 이탈리아에서 태어나 경제학 교육을 받았고 중국과 아르헨티나에서도 거주하였으며, 세계2차대전 때는 이탈리아 레지스탕스로 활약하다가 체포되어 무솔리니 체제하에서 고문을 당하기도 하였다. 비즈니스와 가정사로 세계 각처를 끊임없이 돌아다니면서 페체이는 자기가 본 것에 대하여 걱정하기 시작하였고 주변의 지인들을 모아 1968년 로마에서

2) Meadows, Donella H., Dennis Meadows, Jørgen Randers and William W. Behrens III, (1972). *The Limit to Growth*. New York: Universe Book. 메도우즈, D.H. 외., (1972). <인류의 위기. 로마 클럽 레포트>. 김승한역. 삼성문화문고, 삼성문화재단.

3) Meadows, Donella N. Dennis Meadows and Jørgen Randers. (1992). *Beyond the Limit, Global Collapse or a Sustainable Future*. London: Earthscan Publications Limited.

4) Meadows, Donella, Jørgen Randers and Dennis Meadows. (2004). *Limits to Growth, The 30-Year Update*. Vermont, USA: Chelsea Green Publishing Company. 도넬라 H. 메도즈, 데니스 L. 메도즈, 요르겐 랜더스 (2004). 김병순 옮김(2012). <성장의 한계>. 갈라파고스.

5) Randers and Jørgen. (2012). *2052 A Global Forecast for the Next Forty Years*. Chelsea Green Publishing, Vermont, USA. 랜더스, 요르겐 (Randers, Jørgen, 2012). 김태훈역. 2013. <더 나은 미래는 쉽게 오지 않는다>. 생각연구소.

첫모임을 가진다. 첫 번째 모임부터 모임의 이름은 개최지의 이름을 딴 로마클럽이었고 작업은 당시 세계가 직면한 문제들을 파악하는 것이었다. 1970년이 되면서 로마클럽의 회원은 75명으로 늘어났고 세계문제(World's Problematique)는 66개의 일련의 문제로 정리되었다. 여기에는 빈곤, 전쟁, 오염, 범죄, 억압, 자원고갈, 테러리즘, 경제적 불안정, 인종주의, 마약중독 등의 문제들이 리스트에 포함되어 있었고 로마클럽은 이 문제들을 어떻게 해결할 수 있을 것인지에 대해 깊은 관심을 가지고 있었다. 그러나 페체이는 각 문제에 개별적으로 대응하기 보다 모든 문제들을 야기시키는 근본적인 원인들을 어떻게 해소할 수 있을 것인가에 관심을 두고 있었다. 일련의 문제들이 서로 연관되어 있는 복합적인 문제라 보았기 때문이다. 로마클럽 이사회의 이사이자 미국 매사추세츠공과대학(MIT) 동료 교수였던 캐롤 윌슨(Carrol Wilson)이 페체이와 로마클럽의 관심을 풀어줄 연구자로 제이 포레스터(Jay Forrester) 교수를 추천하였다. 로마클럽이 당시 열거하고 있던 66개의 세계문제들에 어떤 질서와 관련성을 포레스터가 부여해줄 수 있을 것으로 생각하였기 때문이었다. 포레스터는 스위스 베른의 로마클럽 모임에 초청되었고, 이후 포레스터의 초청으로 MIT에서 2주간의 워크숍을 거친다. 가능성을 확인한 로마클럽은 MIT에 연구를 수탁하게 된다. 당시 폭스바겐이 US\$ 25만불을 연구비로 지원하였다(Meadows, 2006:191-192).

포레스터는 로마클럽이 열거한 모든 복합적인 문제의 근본적인 원인은 성장에 있다고 보았다. 당시 직면하고 있던 개별 문제들에 대한 해결책이라 생각했던 성장을 오히려 문제의 원인으로 본 것이다. 에너지가 부족하면 더 많은 유정을 발굴하고 더 많은 원자력 발전소를 짓고, 빈곤은 더 높은 경제성장으로, 기아는 더 많은 식량의 생산으로, 도시빈민가는 더 많은 주택의 공급으로, 그리고 오염은 경제성장을 통하여 해결하는, 지금까지의 방식으로는 문제를 해결할 수 없다는 것이었다(Meadows, 2006:193). 이러한 역발상적인 관점을 로마클럽에 이해시키고 설득하는 것은 매우 힘든 일이었다고 한다. 그러나 결국 로마클럽은 포레스터의 관점을 이해하고 수용하게 된다. 그리고 데니스 메도우(Dennis Meadows)를 책임자로 하여 연구가 진행된다. 포레스터는 World2 모델을 계속 발전시켰고 이는 1971년 World Dynamics 책으로 출판되었다. 그리고 연구팀은 World3 모델을 개발하기 시작하였다. World3 모델은 포레스터의 초기 통찰력과 사회경제시스템간의 핵심적인 연결망에 기반하여 포레스터의 모델을 보다 정교하게 발전시킨 것이었다(Meadows, 2006:192). 이 모델들은 5개의 섹터로 구분되어 있었으나 두 모델의 다이내믹행태는 서로 비슷하다.

2) 주장과 제안

이러한 과정을 거쳐 로마클럽이 1972년 발표한 <성장의 한계>는 2차대전 이후의 경제

적 팽창기에 무한한 성장을 당연한 것으로 생각하던 당시 사람들에게 큰 충격을 준 보고서였다. 보고서는 당시의 인구성장, 공업화, 자원의 사용, 환경오염의 상태가 지속된다면 지구의 미래가 어떻게 될 것인지를 묻고 이에 대한 장기적인 대응 전략을 모색한 것이었다. 대응전략의 모색은 World3 모델을 이용하여 시나리오별로 미래 모습을 탐색하는 방법으로 진행되었다. 이 연구에서 MIT 시스템다이내믹스 연구팀이 내린 결론은 “유한한 자원을 지닌 지구상에서 지금처럼 무한한 인구성장과 경제성장을 추구한다면 앞으로 100년 이내에 성장은 한계에 직면한다”는 것이었다.

시스템다이내믹스 방법을 이용한 컴퓨터 모의실험으로 진행된 미래 전망에서 성장의 한계는 우선 자원고갈에서 오는 것으로 분석되었다. 석유의 경우, 가장 낙관적인 가정하에서도 2020년 정도가 되면 고갈되거나 공급의 부족으로 가격이 급속히 상승할 것으로 보였다. <표 1>은 당시 매장량 대비 소비율을 감안한 지하자원의 가용연수를 계산한 것인데 이중 석유는 1970년 당시의 추정 매장량 대비 5배를 더 발견한다고 가정했을 때에도 가용연수가 50년으로 전망되어 2020년경이면 석유시대가 거의 종말에 이를 것으로 보였다.

<표 1> 자원별 사용연한

자원	매장량	정태적내용연수* (1970년 기준)	성장률**	기하급수적 내용연수***	현존매장량을 5배로 했을 때 기하급수적 내용연수
철	1 x 10 ¹¹ 톤	240	2.3/1.8/1.3	93	173
천연가스	1.14 x 10 ¹⁵ 배럴	38	5.5/4.7/3.0	22	49
석유	455 x 10 ⁹ 배럴	31	4.9/3.9/2.9	20	50
석탄	5 x 10 ¹² 톤	2300	5.3/4.1/3.0	111	150

자료: Meadow, D. H., et al., (1972)

주) * 정태적 내용연수: 1970년 현재의 연간사용량이 계속되는 경우 사용가능 연수.

** 예상성장률: 년 평균치로 고/평균/저.

*** 기하급수적 내용연수: 현재의 자원소비성장률이 지속되는 경우 사용가능 연수.

자원부족의 한계를 기술발전으로 모두 극복한다고 가정했을 때 그 다음 성장의 한계는 환경오염에서 오는 것으로 나타났다. 자원사용의 한계가 없어져서 자원사용이 급속히 늘어나고, 이로 인한 환경오염이 생산기반을 파괴하여 성장의 한계를 가져오는 것으로 분석된 것이다. 여기서 한걸음 더 나아가 기술발전으로 환경문제를 극복한다고 가정할 때에도 식량부족으로 성장의 한계에 다시 직면할 것으로 전망되었다. 인구와 공업은 식량생산이 가능한 가경지의 한계까지 성장할 수 있지만 도시화와 공업화로 인한 가경지의 감소로 1인당 식량이 감소하고 보다 많은 자본을 식량생산에 투입함에 따라 공업성장이 저하하면서 성장

의 한계에 직면하게 된다는 것이었다. 그리고 식량부족 문제를 기술적으로 극복한다 하더라도 성장의 한계는 20-30년 정도 지연될 따름이지 피하지 못한다고 보았다.

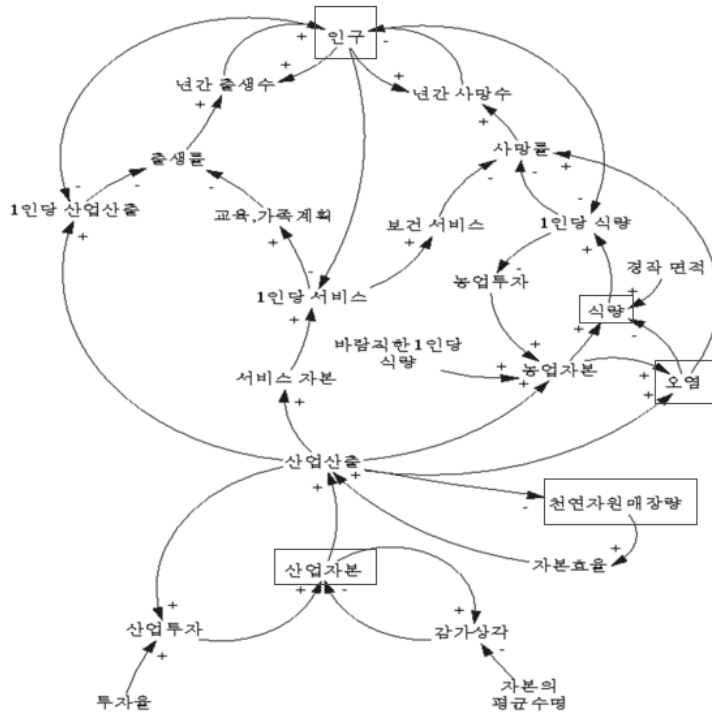
여기서 연구팀은 다음과 같은 결론을 내린다. “성장의 한계는 기술의 발전으로 극복할 수 있는 문제가 아니다. 유한한 지구에서 무한한 성장이 가능하지 않다는 것을 사람들이 인식하고, 성장지향적인 가치관을 바꾸고 성장의 방식을 변화시키지 않으면, 그리고 지금과 같은 소비위주의 생활습관을 변화시키지 못하면 성장의 한계를 극복할 수 없다”(Meadows, D. H., et al., 1972).

3) 모델의 구조

로마클럽 보고서에서 사용한 월드3모델의 기본구조를 시스템다이내믹스⁶⁾ 인과지도(Causal Loop Diagram: CLD)로 표시하면 [그림 1]과 같다. [그림 1]은 당시 세계가 직면하는 산업성장, 인구성장, 식량의 부족, 오염의 심화, 자원의 고갈 등의 문제가 상호 밀접하게 연결되어 있는 문제이며, 시간의 흐름에 따라 변화하는 동태적인 문제임을 나타내고 있다. 그림의 하단 왼쪽에서 시작하면, 산업투자가 증가하여 산업산출이 늘어나게 되면 자원 매장량은 점차 감소하고 남은 자원의 양이 적어질수록 자원투자의 효율은 하락하고 산업산출 증가율은 감소하게 된다. 도시화로 인한 1인당 경작지의 감소와 산업산출의 증가로 오염이 증가하면 식량생산에 부정적인 영향을 미친다. 그러나 산업산출의 증가는 농업자본을 증가시키고 농업생산성을 높여 식량생산을 증가시킨다. 산업산출은 인구증가에 두가지 영향을 미치는데 우선 1인당 산업산출이 증가하여 소득이 증가하면 출산률이 저하한다. 또, 산업산출의 증가로 서비스자본이 증가하여 교육과 가족계획이 잘 수행되면 출산률이 감소된다. 그래서 산업산출 증가는 인구증가를 억제하는 힘으로 작용한다. 그러나 다른 한편으로 1인당 서비스의 증가가 보건서비스의 증가로 이어지고 이는 사망률을 낮춰 인구를 증가시킨다. 1인당 식량의 부족과 오염으로 인한 사망률의 증가가 인구 증가를 억제시키기 전까지 인구는 보건서비스의 혜택으로 사망률이 급속히 감소하면서 인구가 급속히 늘어나게 된다. 인구가 늘어나고 가경지의 면적이 줄어 식량생산이 감소하게 되면 식량증산을 위해 산업산출 중 많은 부문이 농업자본으로 투자된다. 자원매장량은 점차 줄어들어 자원추출비용이 증가하면서 자본효율과 산업산출을 감소시키고, 산업투자 축소, 산업자본 감소라는 악순환

6) 시스템다이내믹스는 동태적이고 순환적인 인과관계의 입장에서 문제를 전체적으로 이해하고 이를 컴퓨터에서 재현하여 다양한 정책실험을 수행하는 현상을 이해하는 시각이자 준거틀이며 방법론이다. 시스템다이내믹스에서는 결과변수는 환류과정(Feedback)을 거치며 원인변수에 다시 영향을 미치기 때문에 독립변수와 종속변수의 구분은 의미가 없어진다. 영향의 강도와 지배적 경로의 방향은 시간의 흐름에 따라 변한다. 그래서 총체적인 변화의 모습은 동태적이고 비선형적이다(문태훈, 2007).

을 초래하기 시작한다.



[그림 1] 성장의 한계 World3 모델의 인과지도

자료: Meadows, Dennis L., William W. Behrens III, Donella H. Meadows, Roger F. Naill, Jørgen Randeres and Erich K.O.Zahn, (1974). *The Dynamics of Growth in a Finite World*. MA, USA: Wight Allen Press. 문태훈, 김병석, 2009에서 재인용.

4) 시나리오별 분석의 결과

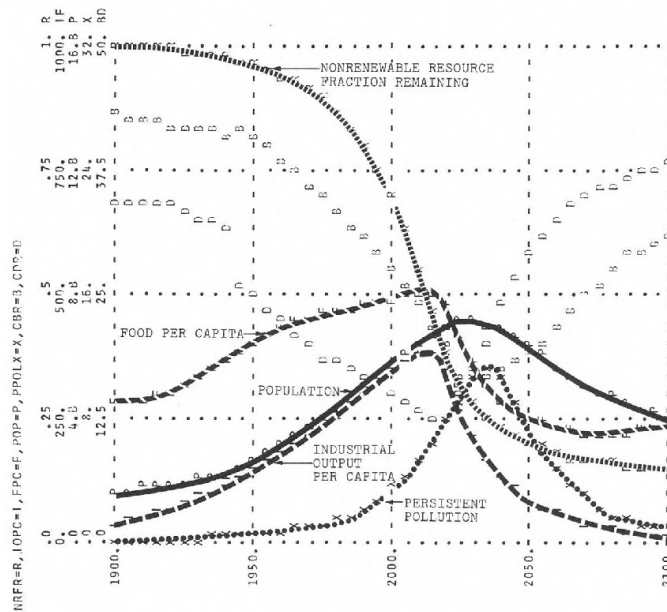
성장의 한계는 미래 예측서라기 보다는 다양한 시나리오를 설정하고 이 시나리오에서 설정한 조건을 따르면서 세계시스템이 변화해 나갈 때 어떤 상태에 도달할 것인가를 분석하는(메도우즈 외, 1972) 시나리오별 분석결과서로 볼 수 있다. 시나리오에 따른 분석결과가 바람직한 것이라면 그 시나리오는 그러한 상태를 추구하기 위한 전략적, 정책적 방향으로도 해석할 수 있다. 각 시나리오별 조건과 그에 따른 결과는 다음과 같다.

(1) 시나리오 1

현재 상태가 지속되는(Business As Usual: BAU) 경우를 상정하는 시나리오이다. [그림 2]는 BAU 경우의 모델 준거행태(Reference Mode)를 나타낸다. 준거행태는 현재 상태가 지속

되는(BAU) 경우 주요 변수들이 시간의 흐름에 따라 어떻게 변하는지 보여준다. [그림 2]에서 보면 인구나 1인당 산업산출물이 성장하다가 급속하게 하락하는(overshoot and collapse) 모습을 보이고 있다. 1인당 산업산출물의 하락과 1인당 식량의 감소, 그리고 오염악화는 인구를 감소시킨다.

자원이 무한하다면 성장의 한계를 피할 수 있을까? 다음은 모델의 가정을 연쇄적으로 변경시키면서 각 시나리오에 기반하여 세계시스템이 어떻게 변화해 나갈 것인지를 시뮬레이션한 결과이다(메도우즈 외, 1972:150-156).



[그림 2] World3 모델의 준거행태(Reference run)

자료: Meadows, Dennis L., William W. Behrens III, Donella H. Meadows, Roger F. Naill, Jørgen Randeres and Erich K.O. Zahn, (1974). *The Dynamics of Growth in a Finite World*. MA, USA: Wight Allen Press.

(2) 시나리오 2

천연자원이 무제한인 경우인 경우의 시나리오로 무제한의 핵에너지, 개발가능한 자원이 2배로 증가한 경우를 가정한 시나리오이다. 그러나 자원이 무제한인 경우에도 세계시스템은 지속적으로 성장하지 못한다. 자원의 무제한 사용은 오염을 지속적으로 증가시키고 오염 때문에 지구성장은 한계에 직면한다. 이는 세계시스템의 과멸을 피하기 위해서는 자원의 이용가능성이 초래하는 경제적인 자극은 오염 억제를 수반하지 않으면 안된다는 것을 알려준다.

(3) 시나리오 3

자원이 무제한이고 오염방지를 행한다면 성장의 한계를 피할 수 있을까? 시나리오3은 자원이 무제한이고 오염방지를 행할 경우, 즉 1975년 이후 농업생산 1단위당의 오염발생량을 1970년의 1/4로 감소하는 경우를 가정한 시나리오이다. 시뮬레이션 결과는 여전히 식량부족으로 인한 성장의 한계에 직면하는 것으로 나타났다.

(4) 시나리오 4

식량부족을 완화시키면 성장의 한계를 피할 수 있을 것인가? 시나리오4는 식량부족을 완화하기 위하여 자원 무제한과 오염방지 시나리오를 그대로 유지하면서 1975년 이후 토지의 평균생산성을 2배로 하는 시나리오이다. 그러나 시뮬레이션 결과는 세계시스템은 여전히 성장의 한계에 직면한다. 인구와 공업이 높은 수준으로 증가하여 오염방지에도 불구하고 총생산량의 증가로 오염이 증가하고 오염의 악화가 다시 성장의 한계로 작용하기 때문이다.

(5) 시나리오 5

자원이 무제한이고 오염방지를 하고 1975년 이후 산아제한을 하는 경우의 시나리오인데 이 경우에도 여전히 식량위기로 성장한계에 직면한다. 식량위기는 10년이나 20년 앞으로 연기될 따름이다.

(6) 시나리오 6

자원이 무제한이고, 오염방지를 유지하면서 토지의 생산성 증대 대신 산아제한을 시행하는 경우의 시나리오이다. 이 경우에도 지구는 여전히 성장의 한계에 직면한다. 토지의 피폐로 식량생산은 저하되고 자원은 소비촉진으로 극도로 고갈된다. 그리고 오염 상승으로 식량생산은 감소하고 사망률은 증가한다.

결국 이상의 모의실험들은 기술적 해결책의 적용만으로는 인구와 공업의 성장기간을 연장하는데 그치고 성장의 궁극적인 한계를 극복하는 것은 불가능하다는 것을 보여준다. 이러한 계산결과는 어느 것이나 예측이 아니라 시나리오에 따른 시뮬레이션 결과를 보여주는 것이었다. 이상 여러 실험결과에서 얻을 수 있는 결론은 다음과 같다. 세계시스템의 기본적인 행동양식은 인구와 자본의 기하급수적 성장과 그 후의 과국이다. 이같은 기본적인 행동양식은 현재의 시스템이 앞으로 하나도 변하지 않는다고 가정해도 일어나며 또 어떠한 기술변화를 가정해도 일어나는 것이다. 성장의 한계에서 제시하는 모든 계산의 암묵적인 전제는 인구와 자본은 자연한계에 이르기까지는 성장을 계속하는 것이 허용되어야 한다는 것을 가정하고 있다. 이 전제는 현실세계에서 일반에 통용되고 있는 인간의 가치시스템의 기

본적인 부분인 것처럼 생각되기도 한다. 이 가치관을 모델로 채택하는 한 시스템은 한계를 넘게되고 결국 파국에 빠져버리게 된다. 인구와 자본의 성장을 의식적으로 제한할 것이 아니라 자유로이 갈 수 있는데 까지 성장시켜야 한다는 최초의 가정을 취하는 한, 파국적인 행동양식을 회피하는 정책을 발견해내는 것은 불가능하다는 것이다(메도우즈 외, 1972: 160-161). 다음 시나리오 7과 시나리오 8은 각각 인구의 안정화와 자본의 안정화 시나리오이다. 그러나 인구의 안정화와 자본의 안정화 시나리오의 경우에도 성장의 한계를 피하지 못한다.

(7) 시나리오 7

BAU 시나리오에 1975년부터 출생률과 사망률을 동일하게 하여 인구의 성장이 정지하는 상태를 유지하는 경우이다. 인구가 안정화된 경우 시나리오에서 1인당 공업생산, 식량, 서비스의 기하급수적인 성장을 계속한다. 그러나 천연자원의 고갈로 공업시스템은 돌연히 파탄에 이르게 된다(메도우즈 외, 1972:186)

(8) 시나리오 8

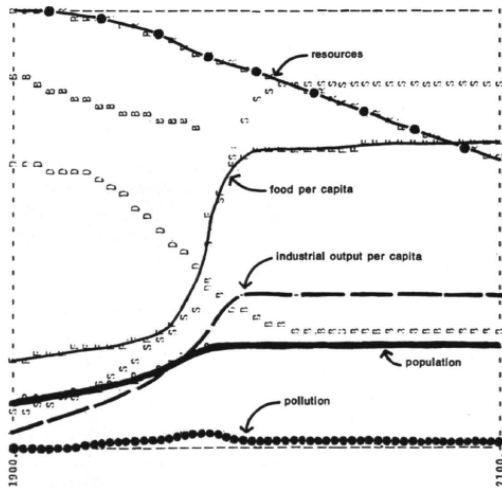
1975년 인구성장을 멈추는 인구 안정화 시나리오에 1985년부터 공업성장을 멈추고 자본의 투자율과 소모율을 같게 하여 자본이 안정화되는 조건을 추가한 시나리오이다. 시나리오7에서 나타난 과도한 성장과 파국은 방지된다. 그러나 인구는 일정한 수준에서 안정화되지만 자원을 보존하기 위한 기술이 가정되어 있지 않다. 이 상태의 인구와 자본은 자원을 급속히 소모시키고도 남는 수준이다. 결국 자원이 감소하면서 공업생산이 저하하고 자본재의 효율은 저하한다. 공업시스템도 파탄에 이르게 된다(메도우즈 외, 1972:188).

(9) 시나리오 9

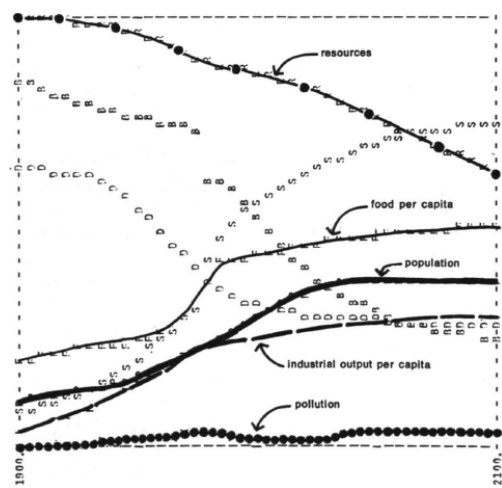
시스템의 성장경향을 줄이는 가치관의 변화와 기술의 변화를 결부시켜 모델의 행태를 개선하는 경우 세계모델은 시나리오8의 경우보다 훨씬 더 안정적이고 높은 생활수준을 지탱할 수 있는 가능성을 보여준다. 시나리오 9는 1) 1975년에 출생률과 사망률을 같게 하여 인구를 안정화시키고, 공업자본은 1990년까지 성장을 허용하고 그 후에는 투자율과 감모율을 동일하게 만들어 안정화시킨다 2)공업생산에서 단위당 자원의 소비량을 1970년의 1/4로 감소시키고 이와 더불어 다음 5가지 정책을 1975년에 도입한다. 3)자원의 고갈과 오염을 더 줄이기 위해 공장에서 생산되는 재화보다 교육과 보건시설 등의 서비스에 대한 사회의 경제적 선호를 크게 한다. 4)공업생산과 농업생산 단위당 오염발생량을 1970년의 1/4로 감소시킨다 5)1인당 식량의 부족을 피하기 위해 자본을 식량생산에 추가적으로 사용한다 6) 농업자본의 증가는 토양의 생산성을 저하시켜 장기적인 농업생산을 위협할 수 있다. 따라

서 농업자본은 토양의 비옥화와 보존에 우선적으로 사용한다. 도시의 유기성폐기물을 퇴비로 만들어 땅으로 다시 돌려주어 지력을 증진시킨다 7)공업자본을 서비스와 식량생산, 자원재활용, 오염통제에 투입하면 공업자본 스톡이 줄어든다. 공업자본 스톡의 감소 문제를 해소하기 위해 제품의 내구성과 수복성을 증가시켜 공업자본의 평균수명을 연장시킨다.

시나리오9에 따른 시뮬레이션의 결과는 [그림 3]과 같다. 인구는 현재보다 약간 많고 1인당 평균식량은 1970년의 2배 이상, 평균수명은 70세, 1인당 서비스는 3배, 1인당 평균소득은 1800달러로 현재 미국 평균소득의 절반, 유럽의 평균수준, 세계 평균소득의 3배로 된다. 이 경우 자원은 서서히 소모되는데 소모율은 완만한 것이어서 기술과 생산이 자원의 이용가능성의 변화에 대처할 수 있는 시간이 있다. 이 예는 가장 낙관적인 가정하에서 인구와 자본을 어떠한 수준으로 물리적으로 유지 가능한가를 예시하기 위한 것만을 목적으로 제시한 것이다. 모델은 어떻게 이들 레벨에 도달하는지를 말할 수는 없다(메도우즈 외, 1972:190).



[그림 3] 시나리오9 - 균형상태의 세계1



[그림 4] 시나리오10 - 균형상태의 세계2

자료: Meadows, D.H. (1972). *The Limit to the Growth*. p.165 & p.168.

(10) 시나리오 10

시나리오 9의 ‘인구와 자본을 갑자기 그리고 완전히 안정화할 수 있다는 가정’을 완하시킨 경우이다. 이것은 시나리오 9의 결과를 만들어낸 7개의 정책 중 첫 번째 정책을 1975년에 시작하는 다음 정책으로 대체하는 경우를 가정한 시나리오이다.

1)인구는 100% 실효성 있는 산아제한을 시행할 수 있다, 2)바람직한 평균 가족구성원은

자녀2명, 3)경제시스템은 1인당 평균 공업생산을 거의 1975년 수준으로 유지하도록 노력한다. 이 경우 시나리오 9의 경우보다 인구는 많아지고 1인당 재물, 식량, 서비스는 낮아진다. 그래도 오늘날의 세계평균보다는 높아진다(메도우즈 외, 1972:194).

(11) 시나리오 11

시나리오10에서 1975년에 시작한 것과 같은 정책을 2000부터 시작하는 시나리오이다. 균형상태는 더 이상 지속되지 않는다. 인구와 공업자본은 2100년 이전에 식량과 자원의 부족을 가져오기에 충분할 정도로 높은 레벨에 이른다. 기하급수적 성장이 계속되는 것을 허용하는 기간이 길수록 그만큼 최종적으로 안정상태에 이를 가능성이 적어진다는 것을 보여주고 있다 (메도우즈 외, 1972:195).

5) <성장의 한계>가 제시하는 비전 - 동태적 균형상태의 세계

성장의 한계가 제안하는 사회는 균형상태의 사회이다. 여기서 균형상태란 인구와 자본이 일정한 상태를 유지하는 사회를 말한다(메도우즈 외, 1972:197). 성장의 한계가 기반하고 있는 세계모델에는 두 개의 상응하는 피드백루프가 있는데 하나는 인구와 자본스톡을 증가시키는 루프(바람직한 가족규모가 큰 것, 산아제한의 효과가 낮은 것, 자본투자율이 높은 것), 다른 하나는 인구와 자본스톡을 감소시키는 루프(식량부족, 오염, 자본의 감모 혹은 진부화율이 높은 것)로 구성되어 있다. 균형상태는 인구와 자본을 늘리는 힘과 감소시키는 힘이 주의깊게 제어된 밸런스에 도달하여 인구와 자본이 본질적으로 안정적인 균형을 유지하는 상태를 의미한다(메도우즈 외, 1972:198).

이러한 균형상태에서는 성장이 정지되는 것이 아니라 새로운 형태의 발전이 추구되는 상태이다. 혁신과 기술개발을 선택하는 사회, 평등과 정의위에 서는 사회는 우리들이 오늘날 경험하고 있는 성장의 상태보다도 균형상태의 세계에서 훨씬 발전가능성이 크다(메도우즈 외, 1972: 204). 균형상태에서 일정하게 유지되어야 할 것은 인구와 자본뿐이다. 대량의 자원을 소모하지 않고 환경악화를 가져오지 않는 인류의 활동은 무한히 성장을 계속한다. 특히 교육, 예술, 유학, 종교, 기초과학 연구, 운동 경기, 사회적 교류가 성행하는 사회, 비자원소비적, 비오염적 활동에 주어지는 여가가 증가되는 사회를 지향한다.

균형상태의 사회에서 중요시되는 기술진보는 폐기물의 회수, 오염의 방제, 무용물을 재생이용하기 위한 새로운 방법, 자원의 고갈속도를 줄이기 위한 효율성있는 재순환 기술, 자본의 감모율을 최소화 하기 위해 제품의 수명을 증가하고 수복을 쉽게 할 수 있는 설계, 오염이 적은 동력원인 태양에너지 이용기술, 생태학적 상호관계를 완전히 이해한 후에 해충을 자연적으로 구제하는 방법, 사망률을 줄일 수 있는 의료의 진보, 감소하는 사망률에

출생률을 대등하게 하도록 도우는 피임법의 진보 등을 제시하고 있다.

이러한 사회는 생산성의 증가가 혼잡과 환경의 악화, 사회적 불평등을 심화시키는 것이 아니라 생활수준의 향상, 여가의 증대, 모든 사람의 환경의 쾌적성 등의 목표에 연계되는 사회이다. 생산성의 향상이 생활수준 향상, 여가 증대, 환경의 쾌적성 등을 향상시킨다는 보장은 없다. 그러기 위해서는 사회의 제일주의적 가치를 성장에서 이러한 목표로 바꾸는 일이 필요하다(메도우즈 외, 1972:208).

현재의 성장이 인류의 평등에 이바지 할 것이란 생각은 잘못된 생각일 수 있다. 현재의 성장방식은 불평등의 증대와 성장의 한계와 파국에 이르게 할 뿐이다. 균형상태에서의 자유는 아이를 무한히 낳는다던지, 자원을 마음껏 사용하는 등의 자유로부터 오염, 혼잡 그리고 파국의 위기로 부터의 자유이다. 균형상태의 자유는 보편적이고도 제약받지 않는 교육, 창조와 발견을 위한 여가, 굶주림과 가난으로부터의 자유를 의미한다.

균형사회는 지구가 유한하기 때문에 생기는 트레이드 오프관계를 현재 인간의 가치뿐 아니라 미래 세대의 가치를 동시에 고려하면서 결정해야 한다(메도우즈 외, 1972:215). 이것은 현재세대와 미래세대의 필요를 동시에 충족시키는 발전이라는 지속가능발전의 개념과 정확히 일치한다. 인류는 이러한 새로운 형태의 사회를 창조하는데 물질적으로 필요한 모든 것을 가지고 있다. 없는 것은 두가지, 인류를 균형사회로 이끌만한 현실적이고 장기적인 목표와 그 목표를 달성하려고 하는 인간의 의지이다(메도우즈 외, 1972:218).

6) 반응과 평가

로마클럽은 이 연구의 결과물을 1971년 여름에 모스크바와 리우데자네이로에서 열린 두 국제회의에 제출하였다. 로마클럽 회원들과 국제회의에서의 평가는 “보고서에서 연구된 상호작용은 부분적인 것에 불과하다”, “변수의 집적정도가 너무 높다”, “같은 실험을 현실세계에 적용하는 것은 불가능하다”, “과학기술 진보의 가능성을 너무 경시하고 있다”, “모델이 너무 기술주의적이다 인간은 단순한 생물기계가 아니다”, “모델이 인간을 단순히 물질적인 시스템 속에서만 다루고 있다” “연구의 결론이 지구전체로서는 타당하지만 세계사회의 불균형성, 국가의 정치 형태와 발전단계의 상위가 있는 이상 어떤 특정국이나 지역에 대한 세부의 적용이 안된다” 등 다양하였다(메도우즈 외, 1972:219-225). 연구의 결과물은 워싱턴의 싱크탱크인 포�맥 협회에서 채택되어 미국의회, 전세계 국가의 수장, UN, 세계 주요저널리스트들에게 배포된다(Meadows, 2007:194). 그리고 뜨거운 찬반논쟁을 야기하게 된다.

<성장의 한계>에 대한 비판은 대체로 앞서 열거된 내용들과 같은 내용들이었다. 특히

주류 경제학자들 중에서 모델에 대한 많은 비판이 제기되었다. 그러나 “계몽사상을 전파한 프랑스의 백과사전(French Encyclopedie 1751-1722)의 출판에 견줄만한 획기적인 연구”(Washington Post, 1972.3.2)라는 격찬을 받기도 하고(Meadows, 2007:194), “과학자들 지구재난을 경고(Mainichi Daily News, Japan), ”컴퓨터로 내다본 전율할 미래(the Saskatoon Star-Phenix, Canada), “2100년 재앙을 예고한 연구”(the Cleveland Plain Dealer, USA)등 비교적 긍정적인 평가를 받는다.

2. <성장의 한계> 논의의 업데이트 1992, 2004, 2012

1972년 <성장의 한계>가 출판된 이후 1992년에 1972년 모델과 데이터를 업데이트하고 20년간의 새로운 경향을 포함한 업데이트판이 출판되었다. 이후 2004년에도 모델과 데이터를 업데이트한 <성장의 한계 30년 업데이트>가 출판되었고 2012년에는 랜더스가 <성장의 한계> 논의를 예측서로 발전시킨 <2052년>을 출간한다. 물론 업데이트가 거듭될수록 모델이 더 개량되고 데이터들도 업데이트 되었다. 그러나 시뮬레이션에 사용된 시나리오들은 기본적으로 1972년 <성장의 한계>에서 사용한 시나리오가 약간씩 변형되어 사용된 정도이고, 시나리오에 따른 모델의 행태나 <성장의 한계>가 전달하는 메시지는 여전히 동일하다. <표 2>는 원전과 업데이트판들에서 사용된 시나리오들을 비교한 것인데 거의 유사한 시나리오에 기반하고 있는 것을 알 수 있다. 그리고 기술발전을 통한 성장의 한계 극복을 위한 노력은 모두 실패하고 이들 기술들의 진보와 더불어 인구와 산업성장을 계획적으로 관리하는 시나리오들에서만 안정적이고 지속적인 균형상태의 세계시스템이 가능해진다는 점을 보여주고 있다. 랜더스의 <2052년>은 시나리오 없이 현재의 상태가 지속될 경우 2052년의 모습이 어떻게 될지를 예측한 예측서의 형태를 띤다. 그러나 이러한 예측은 기존의 성장의 한계 연구들이 모델의 기본행태를 나타낼 때 사용하였던 BAU에 기반한 것이므로 2100년을 시뮬레이션 목표년도로 잡지 않은것만 제외하면 이것 또한 기존의 연구들이 전달하는 메시지와 크게 다르지 않다.

〈표 2〉 〈성장의 한계〉와 후속 시리즈에서 사용된 시나리오 비교와 결과

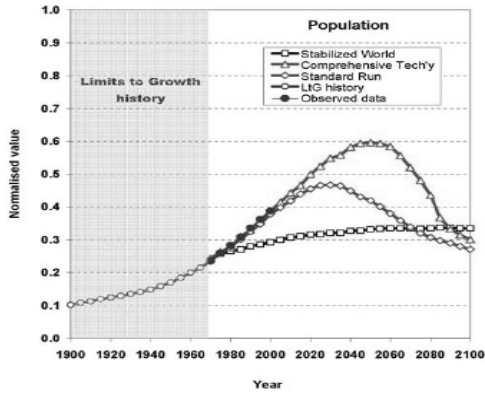
시나리오	1972	1992	2004
S1	현재상태가 지속되는 경우 Business As Usual	현재상태가 지속되는 경우 Business As Usual	현재상태가 지속되는 경우 Business As Usual
S2	1900년 자원매장량을 2배로 가정	부존 자연자원의 양을 두배로 증가	재생불가능자원이 더 풍부한 시나리오. BAU 시나리오 보다 두배 많은 재생불가능자원+자원추출기술의 발전
S3	S2+천연자원이 무제한인 경우 (무제한의 핵에너지)	S2+오염저감 기술을 적용	S2+오염저감 기술을 적용
S4	S3+오염방지를 행하는 경우(공업및농업생산 1단위당 오염발생량을 1970년의 1/4로 감소시키는 경우)	S3+단위토지당 생산성 증가	S3+단위토지당 생산성 증가
S5	S4+단위토지 당 평균생산성 증가 (1975년 이후 2배로 증가)	S4+토양침식보호	S4+토양침식보호
S6	S5의 식량생산증대 대신 산악제한의 유효성을 증대	S5+재생불가능자원 사용효율화	S5+재생불가능자원 사용효율화
S7	S1+ 인구안정화(1975년 이후 출생률과 사망률을 동일하게)	시나리오6+시간지연단축 (기술발전확산속도 20년->5년)	2002년부터 산악제한 2인자녀 지속
S8	S7+자본의 안정화(1985년에 자본성장률과 감소율을 동일하게)	1995년 산악제한(2명) 목표	S7+2002년부터 1인당 산업산출량 고정 (2000년의 산출량보다 10% 많은 수준으로 고정)
S9	S8+기술정책. 안정화된 세계모델(1975년 출생률=사망률, 1990 공업자본투자율 = 감소율, 자원재순환, 오염방제, 자본수명연장, 토양재생을 포함 공업생산보다 식량과 서비스에 중점을 두는 가치관변화)	S8+산업산출 목표 수준 감소(한국수준)	S8+2002년부터 오염감소, 자원보전, 단위토지당 농업생산량 증가, 농업토지 보호기술을 적용 - 80억 인구가 높은 복지수준과 생태적발자국을 줄여나가는 사회
S10	S8의 인구출생률=사망률, 공업자본증가=공업자본감소의 조건대신 100% 실효 있는 산악제한, 바람직한 평균가족구성원=2명, 1인당 평균 공업생산을 1975년 수준으로 유지	S9+자원보전, 농경지보전, 토지생산성, 오염감소 기술을 적용	S9를 20년 일찍 1982년에 적용 - 더 적은 인구, 적은 오염, 더 많은 재생불가능자원, 더 높은 복지수준

시나리오	1972	1992	2004
S11	S10이 1975년대신 2000년 까지 연장된 경우 - 균형 상태 달성불가	S10을 1975년에 적용 - 적 은 인구규모, 오염, 더 많은 자원보전, 생활수준의 향상	
S12		S10을 2015에 적용 -인구, 산업, 오염의 과도한 증가, 기술혁신의 효과는 제한적	
S13		S11+식량 소비수준 목표를 더 높게 설정 - 초기 생활수 준은 향상, 장기 지속불가능	

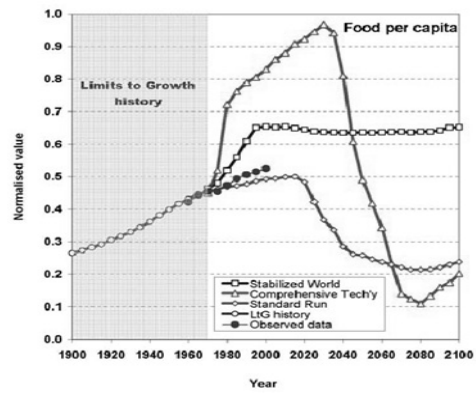
주: 볼드이탤릭체로 표시된 것은 균형상태의 안정적인 세계시스템을 달성하는 시나리오임.

3. <성장의 한계>의 전망과 실측 데이터와의 비교

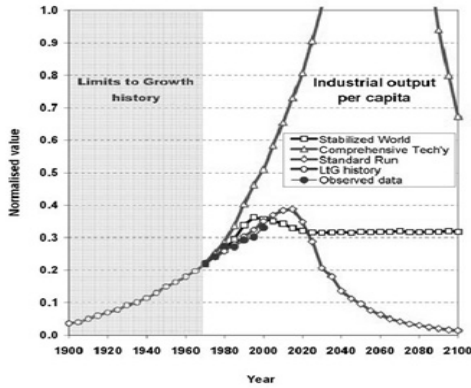
<성장의 한계>가 1972년 출판된 이후 월드3모델에서의 시나리오별 미래 세계시스템 전망치 그간의 관찰된 데이터간의 일치도를 확인하려는 시도가 여러차례에 걸쳐 이루어졌다(Meadows et al., 1992; Meadows et al., 2004; Randers, 2000; Graham, 2008, 2014). 연구들은 <성장의 한계>에서 사용한 기본시나리오(BAU)의 시뮬레이션 결과에서 나타나는 주요변수들의 행태가 2000년까지 역사적 데이터와 매우 유사하게 진행되고 있음을 밝히고 있다(Randers, 2000; Simmions, 2000). [그림 5]-[그림 9]는 Graham의 연구에서 BAU 기본시나리오상의 인구, 일인당 서비스(Service per Capita), 일인당 식량, 일인당 산업산출, 재생불가능자원, 오염상태 등의 행태를 보여준다. 1970-2000년까지의 실측데이터와 시뮬레이션데이터의 추이가 상당부분 유사한 것을 알 수 있다. 특히 과성장과 붕괴의 형태는 비록 완벽하지는 않더라도 상당부분이 유사하게 나타나고 있다. 그리고 BAU시나리오의 시뮬레이션 결과는 최근의 기후변화와 피크오일 그리고 식량생산의 제약과 유사한 모습을 보이고 있다(Graham, 2008:35). 종합적인 기술대응 시나리오하에서 식량, 산업산출과 일인당 서비스, 지속적인 환경오염은 과도하게 낙관적으로 추정되었고, 이와 유사하게 인구, 식량, 오염문제는 역사적 추세와 균형상태 시나리오의 시뮬레이션 결과치와의 중간정도에 머물고 있는 것으로 확인되었다. 전체적으로 볼 때 세계시스템은 지속불가능한 궤적을 따라 움직이고 있음을 보여주고 있다(Graham, 2008:37-38).



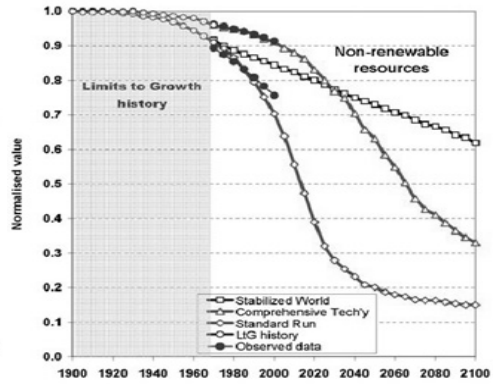
[그림 5] 인구증가



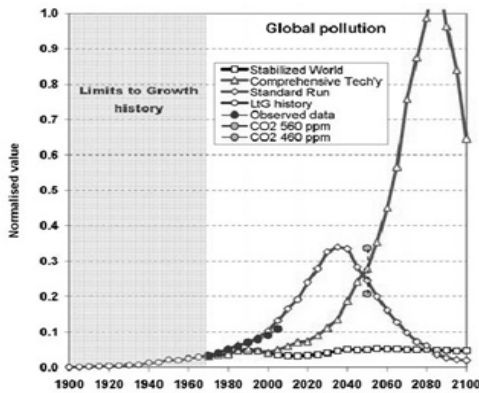
[그림 6] 1인당 식량수준



[그림 7] 1인당 산업산출물



[그림 8] 재생불가능자원

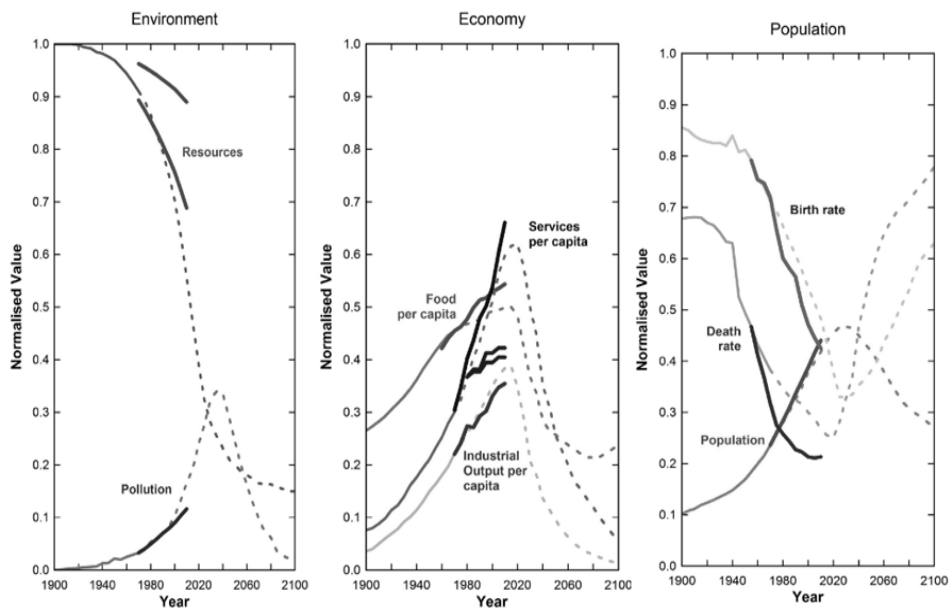


[그림 9] 오염수준

주: -◇-BAU시나리오 결과치, -●- 실측데이터, -△-종합적기술정책*, -□- 균형상태 결과, -○- 성장의 한계 역사데이터.

* 종합적기술정책= 자원무제한 + 오염방지 + 농업생산성향상 + 완전한 산악제한의 동시적인 적용. 실측데이터들은 1970년을 기준으로 표준화됨.

[그림 10]은 Graham의 2008년의 후속연구로 1970-2010년까지의 업데이트된 데이터를 기준시나리오의 결과와 비교한 결과를 보여준다. 인구부문에서 총인구, 출생률, 사망률을, 경제부문에서 1인당 산업산출물, 식량, 서비스(위쪽 선은 일인당 전력, 아래선은 성인, 제일 아래선은 젊은층의 식자율(literacy rate)을, 환경부문에서 오염도, 재생불가능자원의 잔존량(위쪽선은 부존에너지자원의 최대치를 150,000EJ⁷⁾ 아래선은 최소치를 60,000EJ 사용한 것)을 나타낸다(Turner, 2014:8).



[그림 10] BAU(기준시나리오)와 1970-2010년간의 역사적 데이터와의 비교

주: 점선은 BAU 시나리오 시뮬레이션 결과치 실선은 실측데이터.

[그림 10]에서 실측치와 시뮬레이션 결과치와의 차이가 가장 크게 나타나는 부분은 환경 부문의 오염(이산화탄소 농도로 측정된)으로 관측된 데이터의 추이는 BAU시나리오의 추세치보다 더 적은 오염도를 보이고 있다. 이는 경제부문에서 1인당 산업산출물의 증가세가 예상치보다 낮아지기 때문에 오염의 증가세도 같이 낮아지는 것으로 보인다. 환경부문 자원량의 변화에서 위쪽선은 부존자원의 양에 대한 추정의 불확실성을 감안하여 부존자원의 양을 가장 높게 잡은 경우, 아래쪽선은 가장 낮게 잡은 경우의 실측치를 나타낸다. 기준시나리오(BAU) 경우 잔존 자원의 실측치 변화패턴은 잔존 자원의 양을 최소치로 추정된 경

7) exajoule로 10^{18} joule

우의 실측치와 예상치가 더 유사한 패턴을 보이고 있다. 경제부문에서 일인당 식량은 실측치가 예측치보다 높게 나타나고 있는데 증가세는 줄어드는 것으로 나타나고 있다. 또 인구 부문에서 사망률이 예상치보다 낮게 나타나고 있어 인구의 정점은 BAU 예상치보다 더 높게 형성될 것으로 보인다. 그러나 전체적으로, 2010년까지 환경, 경제, 인구 부문에서 대부분 변수들의 실측치 데이터들이 BAU 기준시나리오의 시뮬레이션 결과치의 패턴을 유사하게 따라가고 있는 모습을 보여주고 있다. 사실 지금까지 존재해온 어떤 경제-환경모델도 이 정도의 종합적이고 장기간에 걸쳐 실측치와 모델예상치가 근접한 결과를 보인 모델은 거의 없었다. (Turner, 2014:8). 이러한 결과는 <성장의 한계> 연구결과의 유용성과 타당도를 보여주는 것이라 할 수 있다.

이미 앞에서 살펴보았듯이 1972년 로마클럽보고서는 많은 비판을 받았다. 그러나 2007년을 전후하여 중국, 러시아, 인도네시아, 브라질 등 소위 친디아, 브릭스 등 개도국의 급속한 자원수요 증가로 곡물을 비롯한 자원가격이 급상승하면서 세계경제를 침체시키고 미국발 세계경제위기를 촉발시킨 것이나(문태훈, 김병석, 2009; 리프킨, 2012), 기후변화가 지구 여러곳에서 감지되고 있고, 지구온난화 극복을 위한 논의가 전지구적 차원에서 진행되고 있는 최근의 동향을 보면 무리한 예측이 아니었음을 알 수 있다. 토마스 프리드만의 <코드그린: 뜨겁고 평평하고 붐비는 세계>에서 우리가 지금까지 전혀 경험하지 못한 에너지 기후시대로 접어들고 있다는 주장이나(프리드먼, 2008), 제레미 리프킨이 재생에너지와 정보통신기술이 결합하면서 나타나는 제3차산업혁명은 분산된 신재생에너지 중심의 사회, 중앙집중적인 기존의 사회에서 철저히 분산되고 분권화된 소규모 중심의 세계로 변화할 것이라는 주장도(리프킨, 2012) 같은 맥락에서 이해할 수 있다.

Ⅲ. 성장의 한계와 지속가능한 발전

1. <성장의 한계>의 핵심 논지

1972년 <성장의 한계>의 핵심적인 논지는 한계, 과성장과 쇠퇴, 계획적인 성장의 관리, 균형상태의 발전이라는 키워드로 압축된다. 유한한 지구에서 무한한 성장을 추구하기 때문에 한계에 직면하게 되는데, 한계에 직면하고 있다는 위험신호가 발생하고 이에 대응하기까지는 오랜 시간지연이 있기 때문에 과성장이 일어나게 되고 결국 급격한 쇠퇴에 직면하는 성장의 한계에 이르게 된다는 것이다. 이러한 쇠퇴를 피하기 위해서는 기술적발전과 함께 인구와 자본의 성장을 계획적으로 억제하는 전략을 통하여 동태적 균형상태(Dynamic

equilibrium)의 사회로 변화해야 한다고 주장한다.

2. <우리들의 공동미래>의 핵심논지

한편, 1987년 발표된 브룬트란트보고서, <우리들의 공동미래>의 핵심적인 논지는 지구 사회의 발전모델을 기존의 경제성장 위주의 발전모델에서 지속가능한 발전 모델로 전환해야 한다는 주장으로 한계, 필요의 충족, 형평성을 핵심 키워드로 하고 있다(UN, 1987). 동 보고서에서는 지난 30년간의 경제성장이 유아사망률의 감소, 기대수명의 연장, 성인 가독률의 증가, 식량생산의 증가 등 많은 성과를 이루었지만 사막화, 삼림의 파괴, 토양오염, 음식과 물의 오염, 지구온난화, 오존층파괴 등 환경관리에는 실패하였으며 기아자와 문맹자의 수는 늘었고 안전한 물과 주거부족 문제는 더 심화되었으며 자원은 고갈되기 시작하였고, 불평등한 교역조건으로 부국과 빈국간의 격차는 더 벌어져왔다고 평가한다. 인간육구를 채우기 위한 지금의 발전방식은 부국과 빈국 모두에게 지속가능하지 않다고 평가하고(UN, 1987:Chapter 1 & 2), 이를 극복하기 위한 새로운 발전모델로 지속가능한 발전을 제시한다. 그리고 지속가능한 발전을 “현재세대의 필요를 충족시키면서 미래세대의 필요를 충족시킬 수 있는 가능성을 훼손하지 않는 발전”⁸⁾으로 정의한다. 지속가능한 발전을 기술과 조직 그리고 자정력의 함수⁹⁾로 보고 지속가능발전을 위해서는 1.모든 사람의 필요(Needs)를 충족시키며 그러한 기회를 모두에게 확대해야 하며, 2. 가난한자도 자기몫의 자원을 공정하게 사용할 수 있어야 하며, 3. 효과적인 시민참여를 보장하고 4. 국제적 의사결정이 민주화되어야 하며, 5. 부유한 사람들은 지구의 생태적 수단들이 허용하는 범위내의 생활스타일로 변화되어야 한다고 주장한다. 그리고 지속가능한 발전을 고정된 어떤 상태가 아니라 자원의 이용, 투자의 방향, 기술발전의 방향, 제도적변화가 미래는 물론 현재세대의 필요를 모두 감안하는 상태로의 조화로운 변화과정으로 본다(UN, 1987:Chapter 3). 그리고 이를 달성하기 위한 정책을 인구와 인적자원, 식량, 생물종과 생태계, 에너지, 산업, 도시 등 부분별로 제시하고, 국제적으로는 생태기반이 보호되고 상호 호혜적인 국제교역, 대양과 우주 남극과 북극 등 지구 공유지의 보호, 평화유지, 군사안보에서 환경안보의 개념으로의 전환, 사람들의 행동변화를 위한 교육, 그리고 이의 실행을 위한 제도적·법적 변화를 제시하고 있다(UN, 1987:Chapter 4-12).

8) Development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generation to meet their own needs.

9) $SD=f(\text{technology, organization, self cleaning capacity, self absorbing capacity})$

3. <성장의 한계>와 <우리들의 공동미래>

두 보고서를 비교해 보면 성장의 한계와 브룬트란트보고서 모두 기존의 성장방식에 의문을 제기하고 새로운 발전모델을 제시한다는 점에서 동일하며, 새로운 발전모델이 한계를 인식하고 한계를 수용하는 범위내에서의 발전, 이를 위한 정부의 계획적인 정책과 관리의 필요성, 그리고 가치관과 행동변화의 중요성 등을 강조한다는 점에서도 동일하다. 그리고 변화의 내용과 변화의 방향에 대해서도 유사하며, 궁극적으로 지향하는 사회의 형태도 유사하다.

성장의 한계가 지향하는 사회는 균형상태의 사회이다. 균형상태의 사회는 성장의 한계를 피하고 일정수준 이상의 삶의 질을 지속적으로 유지하는 사회이다. 성장의 한계 시리즈에서 사용된 여러 가지 시나리오중 성장의 한계를 피하여 균형사회를 달성할 수 있는 시나리오인 모두 인구와 산업의 성장을 일정수준으로 관리하고 공업생산보다 식량과 서비스에 중점을 두는 가치관의 변화, 그리고 이와 동시에 각종 기술정책을 통하여 자원보전, 오염방지, 토지생산성을 증가시키는 종합적인 노력을 가정하는 시나리오였다.

균형사회에서 필요의 충족은 무한한 욕구의 충족을 의미하는 것이 아니라 절제된, 그러나 “적정한(adequate)” 수준의 삶의 질을 지속적으로 유지할 수 있는 “충분성(sufficiency)”의 수준에서의 충족을 의미한다(Meadows, Donella N., Dennis Meadows, Jørgen Randers, 1992:209-214). 1987년의 <우리들의 공동미래>에서 제시되는 지속가능한 사회는 미래세대에도 지속적으로 존재할 수 있는 사회이다. 지속가능한 사회에서 필요의 충족 역시 무한한 욕구의 충족이 아니라 지구의 “한계”를 감안하는 “기본적인 필요의 충족 - 의식주와 일자리-”을 의미한다. 동시에 자원이 무한하지 않기 때문에 자원의 사용방법은 삼림과 물고기 등 재생가능자원은 자연적 성장률의 범위내에서 소비되어야 하고, 재생불가능한 자원은 대체제가 사용가능할 때까지 그 소비를 최소화해야 할 것을 주장한다(UN, 1987: Ch2).

이러한 주장은 비록 지속가능한 발전이라는 용어는 사용하지 않았지만 1972년 <성장의 한계>에서의 주장과 일치한다. 지속가능한 발전이라는 용어가 사용되기 시작한 후에 출간된 성장의 한계 20년 업데이트 연구에서 부터는 성장의 한계를 피하기 위한 자원사용의 방향에 대하여 지속가능한 사회를 위한 자원사용의 방향을 경제학자 달리(Herman Daly)의 관점¹⁰⁾을 빌리면서 다음과 제시하고 있다. “시스템의 관점에서 지속가능한 사회라는 것은 정보, 사회, 제도적 메커니즘이 기하급수적인 인구의 성장, 자본의 성장을 가져오는 양의 피드백루프를 조절하는(to keep in check) 사회이며, 이는 출산률과 사망률, 자본투자와 감

10) Daly, Herman. 1991. “Institutions for a Steady-State Economy” in *Steady State Economics*. Washington, DC: Island Press.

가상각이 같아지는 사회이다. ...(중략) 지속가능한 사회가 되기 위해서는 인구, 자본, 기술이 잘 조화되어서 모든 사람이 물질적 생활수준을 충분성의 정도에서 만족시켜야 하는데 이를 실현시키려면 재생가능자원의 사용은 자원의 재생산률을 넘지 않는 범위내에서 사용되어야 하고, 재생불가능자원의 사용은 지속가능한 재생가능자원으로의 대체율을 넘지 않아야 하고, 오염물질의 생산이 환경자정능력을 넘지 않아야 한다”(Meadows, et al., 1992: 209). 자원사용에 대해서 양자는 완전히 같은 입장을 취하고 있음을 알 수 있다.

성장의 한계 논의에서 말하는 이상적 사회는 인구와 자본이 일정한 상태를 유지하는 균형상태의 사회를 말한다. 성장제로의 정태적 사회가 아니라 동태적균형(dynamic equilibrium)을 달성하는 상태로 물리적 성장이 아니라 질적성장을 추구하는 사회이다. 인구는 적절한 연령비율을 유지하면서 신규세대가 교체되며, 산업은 신규산업이 건강한 비율을 유지하면서 동태적이고 지속적으로 교체되면서 발전해 나가는 사회이다. 평등과 여가가 증가되는 사회이며 교육, 예술, 종교, 기초과학연구, 운동, 사회적 교류가 성행하는 사회이다. 자원절약적이고 오염혁신과 기술개발을 선택하는 사회이고 기술의 진보는 자본의 감모율을 감소시키고, 자원의 재순환과 재생가능한 에너지, 생태학적 해결, 건강 등 제품 개발보다 삶의 질을 실질적으로 증진시키는 방향으로 이루어지는 사회, 생산성의 증가가 혼잡과 환경의 악화, 사회적 불평등을 심화시키는 것이 아니라 생활수준의 향상, 여가의 증대, 모든 사람의 환경의 쾌적성 등의 목표에 연계되는 사회다. 생명, 유기체, 인간의 자기개발의 중시, 문명의 발달, 인간주의의 고양, 협동, 공생 등은 균형사회가 지향하는 가치이다(메도우즈 외, 1972:198-208).

한편 지속가능발전논의에서 제시하는 지속가능사회의 구체적인 모습은 그 개념만큼이나 뚜렷하지 않다. 이것은 지속가능한 발전이 지역이나 국가의 상황에 따라 모두 다른 형태로 나타날 수 있기 때문에 구체적인 모습을 형상화하기가 불가능하기 때문일 것이다. 다만 지향하는 가치와 원칙적인 면에서 보면 필요가 제한속에서 충족되어야 하므로 모두가 공정하고 평등한 상태에서 자원에 대한 접근성이 보장되는 사회를 지향하는 것으로 볼 수 있다. 이런 점에서 지속가능사회의 모습은 균형사회의 모습과 유사하다. 지속가능한 사회는 지속적인 성장을 위해 치열한 재분배정책이 시행되는 사회, 성장에 따른 각종 취약성이 감소되는 안전한 사회, 음식 에너지 주택 건강 물 위생 등 기본적인 필요가 충분히 보장되는 사회, 지속가능한 인구규모가 유지되는 사회, 자원기반이 잘 보전되는 사회, 소비를 절약하고 생계수단이 다양화되며 생산성이 향상되는 사회, 환경적 요인이 더 고려되는 기술이 발전되는 사회이다.

다른 측면에서 보면 지속가능사회는 효과적인 시민참여가 보장되는 정치시스템, 자족적이고 지속적인 기반위에서 흑자와 지식을 생산할 수 있는 경제시스템, 긴장과 갈등을 해소

할 수 있는 사회시스템, 생태적 기반을 보전하는 생산체제, 새로운 해결책을 지속적으로 찾는 기술시스템, 유연하고 자기수정적인 능력을 가진 행정시스템이 구비된 사회이다(UN, 1987: Chapter 2). 지속가능사회와 균형사회가 자원배분의 공정성과 형평성, 기본적 필요의 충족, 적정 인구규모의 유지, 소비절약, 환경적요인의 중요성, 자원기반의 보전 등의 면에서 같은 사회의 모습을 지향하고 있음을 알 수 있다. 이상의 비교를 요약하면 <표 3>과 같다.

<표 3> <성장의 한계>와 <우리들의 공동미래>의 지속가능발전 요소 비교

	성장의 한계	우리들의 공동미래
상황의 인식 - 한계(Limit)의 인정	유한한 지구에서 무한한 성장 추구 자원한계, 자정능력한계, 식량한계 과성장 후 급격히 쇠퇴	기존 성장방식의 한계 급속한 경제성장은 환경악화와 농수산 식품 생산성 저하, 자원의 고갈, 불평 등 심화
키워드(핵심논지)	한계(자원, 자정능력, 식량), 과성장과 붕 괴, 필요의 충족	한계(자원), 필요의 충족, 형평성
발전모델과 이상적 상태	균형사회 인구증가율=인구감소율 자본증가율=자본감모율 공업생산보다 식량과 서비스에 중점을 두는 가치관의 변화 물리적 성장보다 질적성장 추구	지속가능발전 사회 환경·사회·경제의 균형발전 환경한계용량내의 발전(생태수단이 허 용하는 범위내에의 생활)
추구하는 가치	균형사회의 가치 - 생명 유기체, 인간 의 자기계발, 문명, 인간주의, 협동, 공 생, 계획적관리	공정성, 형평성, 능률성, 참여, 안전
달성전략	기술적해결책+인구관리+자본성장 관 리, 한계점의 조심스러운 테스트, 느린 성장	경제, 환경, 사회의 균형된 발전 환경이 허용하는 범위내에서의 성장. 의사결정과정에 영향받는 사람들의 참 여
필요(Needs)의 충족	현재세대의 가치뿐 아니라 미래세대의 가치를 동시에 고려 충분성(Sufficiency), 적정성(Adequacy)	현재세대와 미래세대 필요의 충족을 동 시에 감안 - 기본수요(의식주와 일자 리)의 충족

4. <성장의 한계> 논의의 지속가능발전에 대한 함의

지금까지 성장의 한계논의에서 보여지는 지속가능성의 요소들을 <우리들의 공동미래>에서 제시된 지속가능성과 비교하면서 성장의 한계의 논점과 방향이 지속가능발전의 논점과 방향 그리고 모습에서 매우 유사함을 설명하였다. 그러나 성장의 한계논의는 이 유사점

을 넘어 오히려 지속가능성 논의가 제시하지 못한 명확성과 구체성을 가진다는 점에 주목할 필요가 있다. 지속가능한 발전은 브룬트란트 보고서의 출간 이후 지속적으로 그 개념의 모호성에 대하여 논란이 되어왔으며 정책적용의 관점에서조차 개념상의 모호함이 정책방향에 대한 혼란을 가져온다는 점이 여러차례 지적되어왔다.

그러나 성장의 한계 논의에서는 균형상태에서의 인구규모, 자본의 규모, 기술적용의 정도 등이 명확하게 제시되고 있다. 이것은 성장의 한계 논의가 모두 모델에 기반하고 있기 때문에 모든 상태와 시나리오별 결과가 수치로 표현되고 있기 때문이다. 모델의 시뮬레이션 결과치와 실측치간의 비교는 지속가능성의 정도를 모니터링하는 지표로도 활용될 수 있으며(문태훈, 1998), 모니터링의 결과는 지속가능성의 제고를 위한 정책으로 연계될 수 있다. 월드모델이 전세계를 대상으로 시작한 것이었으니 세계의 지속가능성을 모니터링하여 구체적인 정책적 방향과 목표를 설정하는데 도움이 될 수 있다. 국가별 적용에는 한계가 있겠으나 최근의 연구들은 대륙별, 국가별 적용도 하고 있다(Sterman, Fiddaman, Franck, et al., 2012; Millennium Institute, 2016).

또 성장의 한계논의는 과성장과 급속한 쇠퇴로 이어지는 세계 시스템의 행태가 시간지연으로 인한 것임을 밝히고 있는데 이러한 논의는 성장의 한계를 피하기 위한 정책에 대하여 시간지연이 가지는 여러 정책적 함의를 제공한다. 성장이 과도하게 진행되는 현상은 기술적으로는 시간지연 때문에 발생하는 현상이다. 시간지연은 자연적인 지연과 사회적인 지연으로 구분할 수 있다. 자연적인 지연은 성장이 가져오는 각종 환경, 사회경제적인 영향이 즉각적으로 나타나는 것이 아니라 오랜 시간을 거친 후에야 나타나기 때문에 문제에 대한 대응의 필요성을 인지하기까지 시간지연이 발생한다. 필요성을 인지하더라도 이에 대한 대응을 위한 의사결정은 즉각적으로 이루어지지 않는다. 사회적 함의를 거치는 과정에서 문제의 보정을 위한 노력은 다시 지연된다. 과성장의 위험신호가 나타나기 전은 물론 이미 나타나고 있는 경우에도 당장 개선책은 결정되지 않는다. 설사 결정된다 하더라도 이행에 시간이 소요되고 효과가 나타날 때 까지는 시간이 더 지연되기 마련이다. 이 과정에서 과성장은 일어날 수 밖에 없으며 그 다음은 급속한 시스템의 붕괴가 예정된 수순이다(메도우즈 외, 1972:164). 성장의 한계에 대응하는 정책에 시간지연의 효과를 감안하는 것은 적절한 정책개입 시점에 중요한 시사점을 제공한다.

이런 점들을 고려할 때 성장의 한계논의는 1972년 보고서에서 이미 지속가능발전의 핵심적 요소를 포함하고 있었고 이의 논점과 방향이 후에 발표된 지속가능성 논의와 매우 유사하다는 점을 알 수 있다. 뿐만 아니라 성장의 한계 논의는 지속가능발전의 모호함을 더 명확히하고 구체화시키는데, 그리고 시간지연의 중요성과 정책개입 시점이 빠를수록 지속가능성의 진전에 미치는 긍정적 영향이 얼마나 클 수 있는지를 알려주고 있다. 이를 정리

하면 <표 4>와 같다.

<표 4> <성장의 한계> 논의와 지속가능발전 논의의 구체성과 적용성의 차이

	성장의 한계 논의	지속가능발전 논의
균형, 지속가능사회에 대한 구체성	균형상태에서의 인구규모, 자본의 규모, 기술적용의 범위와 정도 등이 명확하게 제시됨	지속가능발전 개념의 모호함으로 구체성이 약하며 모호함
모니터링	한계, 적정자본, 인구개념에 입각한 목표치와 부문별 상태지표의 제시	개념의 구체화를 통한 지표체계 구축
시간지연 인식	자연적 지연, 사회적 지연	없음
실행가능성	균형사회, 인구관리, 자본성장관리에 대한 거부감	지속가능발전의 실행가능성 제고를 위한 타협적 입장 정치적 실행가능성이 균형사회보다 더 용이함

IV. 토론과 과제

지금까지 성장의 한계 논의에서 보여지는 지속가능성의 요소를 지속가능발전 논의와 비교하였다. 1970년대 부터 실질적으로 제기되기 시작한 지속가능발전의 필요성과 시급성에 대한 논의는 UN이 전 세계적으로 권고하는 새로운 발전모델임에도 불구하고 실행의 우선 순위는 여전히 후순위에 머물고 있다.

이의 중요한 이유는 경제성장에 대한 성장의 한계나 지속가능발전 논의의 관점이 얼마나 과학적 근거에 입각해 있는지, 또 얼마나 많은 사회적 공감대를 형성하는지의 정도에 있는 것으로 보인다. 이 두가지 점에서 지속가능성 논의의 실질적인 이행은 여전히 불투명하다. 성장의 한계 논의나 지속가능한 발전과 관련하여 경제성장에 대하여 제기된 핵심적인 질문은 세가지에 초점이 모아져왔다. 첫째, 환경에 영향을 미치고 있는 현재의 경제성장은 잘해봐야 미래의 경제적가능성을 축소시키고 최악의 경우엔 급격하고 광범위한 붕괴를 초래할 것인가? 둘째, 경제성장으로 인한 환경과 사회에 대한 부정적인 영향은 경제성장으로 인한 풍요의 이익보다 더 큰 것인가? 셋째, 시장경제에서 행해지는 현재의 경제성장 방식은 극심한 경쟁과 스트레스를 유발하여 개인이 풍요를 즐기지도 못하게 할 뿐만 아니라 경제가 의존하고 있는 사회의 문화적 도덕적 가치와 구성을 잠식하는 것이 아닌가? 첫 번째 질문은 생태적 지속가능성 논쟁이며 두 번째는 복지와 성장간의 논쟁, 세 번째는 사회적 지속가능성의 논쟁이다. 이에 대한 명확한 답과 공감대의 형성이 구체적으로 이루어지

기 전에는 지속가능성의 확산과 실현은 적절한 개입점을 놓치고 매우 느린 속도로, 성공확률이 매우 낮게 진행될 가능성이 높다(Ekins, 1998).

이러한 문제인식은 다른 관점이지만 랜더스에 의해서도 지적되고 있다. 성장의 한계요인으로 대두되고 있는 기후변화에 대한 세계의 대응은 민주주의와 자본주의의 속성으로 인해 지연되고 결국 적절한 개입시점을 놓치게 되어서 성장의 한계는 피하지 못할 것으로 본다. 기후변화의 완화를 위해서는 대규모의 투자가 하루라도 빨리 단행되어야 한다. 그러나 재원 마련을 위한 세금 인상을 민주주의 제도하에서 투표에 의해 선출되는 정치가들이 반대하고, 자본주의 속성상 가장 싼 해결방법을 찾는 시장의 습성과 미래의 불확실한 편익에 대하여 현재의 투자를 꺼리는 속성으로 인하여 대규모의 투자가 필요한 적절한 시기를 놓치게 된다는 것이다(랜더스, 2012).

하루 8시간 노동으로 사람들이 필요한 편을 모두 만들어내는 공장에서, 새로운 혁신으로 2배의 편을 만들 수 있게 되었을 때 세상은 어떻게 변할까? 현명한 세계에서는 일의 시간을 4시간으로 줄이겠지만, 현실세계에서는 경쟁을 통하여 파산하는 편 공장이 생기고 노동자 반은 실직상태에 이른다. 사회 전체적으로 여가시간은 두 경우 모두 동일하다. 그러나 반수의 사람들은 완전히 놀고 있는 상태이고 반수의 사람은 과중노동을 하는 상태로 된다. 불가피한 여가는 행복이라기 보다 불행의 근원이 된다(버트란트 러셀, 메도우즈 외, 1972:205에서 재인용). 포경업자가 한정된 환경속에서 영원히 성장을 계속하려는 경우, 대부분 동력과 기술의 강화로 이 문제를 극복하려는 것으로 나타난다. 그러나 이런 방법으로는 고래의 멸종을 재촉할 뿐이다. 절제된 성장, 느린 성장, 그리고 공존만이 답이 될 수 있다(메도우즈 외, 1972:205-206). 성장의 한계 논의가 주는 가장 중요한 함의가 아닌가 한다. 그러나 함의보다 더 많은 질문이 여전히 남는다. 어족자원의 한계를 알고 남획을 자제하는 어부의 지혜는 왜 지구자원의 한계를 인식하는 인류의 지혜와 행동으로 연결되지 않는 것일까? 지속가능발전 논의의 추상성을 넘어서 성장의 한계 논의에서 구체적으로 제시되고 있는 균형사회의 모습, 한계용량, 인구와 자본에 대한 관리를 현실에서 어떻게 이행할 수 있을까? 이것은 성장의 한계 논의가 가진 한계이며 동시에 성장의 한계 논의가 던지고 있는 가장 도전적인 과제이기도 하다. 후속 연구도 여기서 출발해야 하지 않을까 한다.

【참고문헌】

- 김도훈 · 김동환 · 문태훈. (1999). 『시스템다이내믹스』. 대영문화사.
- 랜더스 · 요르겐. (2012). 『더 나은 미래는 쉽게 오지 않는다』. 김태훈역. 생각연구소.
- 리프킨, 제레미. (2012). 『3차산업혁명』. 안진환역. 민음사.
- 메도우즈, D.H., D.L. 메도우즈, J. 랜더어즈, W.W. 배어런즈 III. 1972. 『인류의 위기, 로마클럽 레포트』. 김승환역. 삼성문화문고15. 삼성문화재단.
- 메도우즈 · 도넬라 H. · 데니스 L. · 메도우즈 · 요르겐 랜더스. (2004). 김병순 옮김. 『성장의 한계』. 갈라파고스.
- 문태훈 · 김병석. (2009). "인과지도로 본 한국의 성장의 한계: 인구, 경제, 자원, 환경, 식량 위기요인을 중심으로", 『한국시스템다이내믹스연구』, 제10권 3호. pp.47~79.
- 문태훈. (2007). 『시스템사고로 본 지속가능한 도시』. 집문당.
- 문태훈. (1998). "지속가능한 성장을 위한 환경용량의 산정과 환경지표 개발에 관한 연구", 『한국정책학회보』, 제7권 1호. pp.123~148.
- 프리드먼, 토마스 2008. 『코드그린 뜨겁고 평평하고 불비는 세계』. 21세기북스.
- Dator, Jim and Park. (2009). *Through a Brushwood Door: Should Korea Become a Conservator Society?*, A Report to Korea Telecom, Hawaii Research Center for Futures Studies.
- Ekens, Paul. (1993). "Limits to growth' and 'sustainable development': grappling with ecological realities", *Ecological Economics*. vol.8, pp.269-288.
- Forrester, Jay W. (1971). *World Dynamics* (2nd ed.). Wright-Allen Press Inc.:MA, USA.
- MacKenzie, Debora. (2012). "Boom and Doom: Revisiting Prophecies of Collapse" *World News Daily*. Information Clearing House.
- Meadows, Donella H., Dennis L. Meadows, Jørgen Randers and William W. Behrens III. (1972). *The Limit to Growth. A Report for the club of Rome's project on the predicament of Mankind*. A Potomac Associates Book.
- Meadows, Dennis L., William W. Behrens III, Donella H. Meadows, Roger F. Naill, Jørgen Randers and Erich K.O.Zahn, (1974). *The Dynamics of Growth in a Finite World*. MA, USA: Wight Allen Press.
- Meadows, Donella N. Dennis Meadows and Jørgen Randers. (1992). *Beyond the Limit, Global Collapse or a Sustainable Future*. London: Earthscan Publications Limited.
- Meadows, Donella, Jorgen Randers and Dennis Meadows. (2004). *Limits to Growth The 30-Year*

- Update*. Chelsea Green Publishing Co.:VT, USA.
- Meadows and Donella H. (Edited and condensed by Dennis Meadows from an unpublished original memoir). (2007). "The History and conclusions of The Limits to Growth", *System Dynamics Review*, vol.23 no.2/3, Summer/Fall.
- Millennium Institute. (2016). <http://www.millennium-institute.org/index.html> accessed on 2016. 6. 16.
- Mitchell, Bruce. (2002). *Resource and Environmental Management*. Pearson Education Limited: England.
- Randers, Jørgen. (2012). *2052 Global forecast for the next 40 years, A report to the club of Rome commemorating the 40th anniversary of the Limit to the Growth*. Chelsea Green Publishing: VT, USA.
- Randers, Jørgen. (2000). "From limits to growth to sustainable development or SD(sustainable development) in a SD(system dynamics) perspective", *System Dynamics Review*, vol.16 no.3, pp.213-224.
- Sterman, John. Thomas Fiddaman, Travis Franck, et.al., (2012). "Climate interactive: the C-ROADS climate policy model", *System Dynamics Review*, vol.28 no.3. pp.295-305.
- Turner, Graham and Cathy Alexander. (2014). "Limits to Growth was right. New research shows we're nearing collapse", *The Guardian*.
- Turner and Graham. (2008). "A Comparison of the Limits to Growth with thirty years of Reality". CSIRO Working Paper Series. ISSN: 1834-5638. CSIRO Sustainable Ecosystems, Canberra, Australia.
- Turner and Graham. (2014). "Is Global Collapse Imminent? An Updated Comparison of The Limits to Growth with Historical Data". Research Paper Series. Research Paper No.4. August. Melbourne Sustainable Society Institute, The University of Melbourne.
- UN. 1987. *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Transmitted to the General Assembly as an Annex to documentA/42/427-Development and International Co-operation:Environment. UN Documents. <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> Accessed on 2014.3.