

우로보로스 효과(Ouroboros Effect)와 그 네트워크의 인과적 특성 연구

Soft SD Modeling about the characteristics of Ouroboros effects

홍영교* · 김태연** · 최남희*** · 이만형****

Hong, Young-Kyo · Kim, Tae-Yeon · Choi, Nam-Hee · Lee, Man-Hyung

Abstract

This article deals with a Causal-Loop analysis of the characteristics of Ouroboros effects. The meaning of the effects is that solutions to problems are usually intended as final fixes, but more often than not, while solving one problem, they generate more problems. It means 'to worsen through attempts to make better.' The Ouroboros effects are very dangerous because they are regarded as a kind of self-destructive mechanisms. While existing researchers recognize the risks of the effects, they are not able to solve the systematic problem but only to describe the symptom. Such a way to deal with the effects results in difficulty to clarify the cause-and-effect relationship within the system. Thus the authors are focusing on explaining the effects by SD (System Dynamics), which are considered as the sole methodology to do effectively so far since SD is a great tool to discover structural causes. To solve the self-destructive problem of the effects, the authors analyze the characteristics of several cases of the effects in elaborating the CLD (Causal Loop Diagram) for each case. The analysis reveals the structural characteristics of the effects and how to correct them towards maintaining the sustainability of systems.

Keywords: 우로보로스 효과, 자기파괴적 시스템, 인과지도, 시스템의 지속가능성
(Ouroboros effect, self-destructive system, causal loop,
sustainability of system)

* 숙명여자대학교 행정학과 박사과정 수료(evanion2@daum.net)

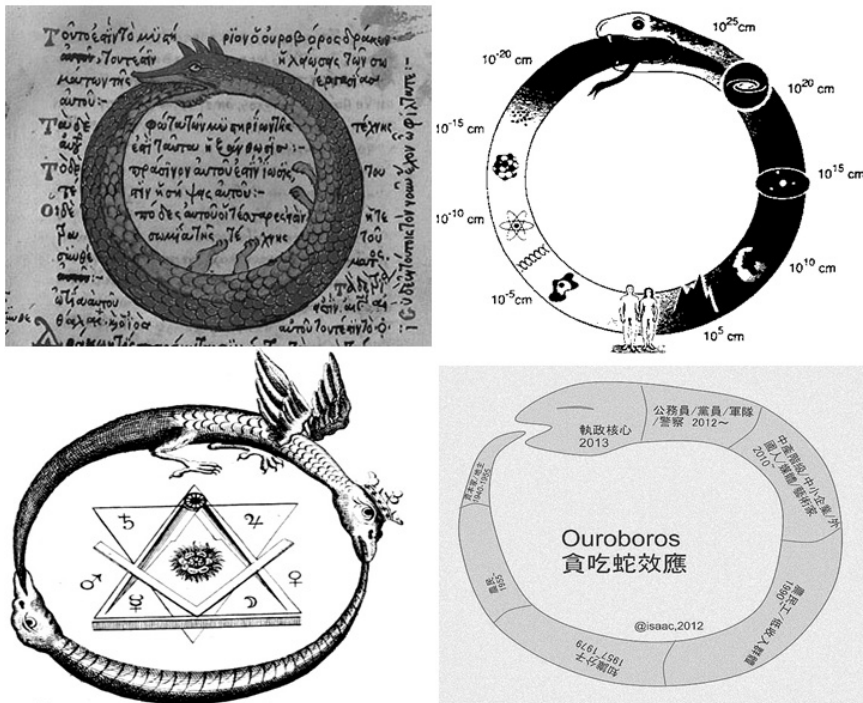
** 숙명여자대학교 행정학과 박사과정 수료(tyeun@hanmail.net)

*** 한국교통대학교 행정정보학과 교수(drnhchoi@cjnu.ac.kr)

**** 충북대학교 도시공학과 교수(manlee@chungbuk.ac.kr)

I. 서론

우로보로스(Ouroboros, 그리스어 ουροβόρος)는 본래 그리스어로 “꼬리를 삼키는 자”라는 뜻이다. 고대의 상징으로 커다란 뱀 또는 용이 자신의 꼬리를 물고 삼키는 형상으로 원형을 이루고 있는 모습으로 주로 나타난다. 수세기에 걸쳐서 여러 문화권에서 나타나는 이 상징은 시작이 곧 끝이라는 의미를 지녀 윤회사상 또는 영원성의 상징으로 인식되어왔다. 시대가 바뀌면서 우로보로스는 점차 많은 개념을 함께 지니게 되었는데, 특히 종교적·미신적 상징으로 중요한 상징의 하나로 특히 중세 연금술의 대표적인 상징물이 되었고 현대에서도 칼 융(Carl Gustav Jung)과 같은 심리학자들에 의해 인간의 심성을 나타내는 상징으로 여겨졌다. 따라서 어느 특정한 종류의 생물을 가리키는 것이 아니라 어떤 개념을 뜻하는 것이라고 볼 수 있다.¹⁾



[그림 1] Ouroboros 관련 이미지
출처: www.google.co.kr 이미지 검색

1) <http://ko.wikipedia.org> 참조.

우로보로스에서 파생된 우로보로스 효과(Ouroboros Effect)는 어떤 사건의 순환적(cyclic)이며 상호적인(interactive) 본질을 의미한다. 구체적으로 설명하자면, 어떠한 문제를 해결하기 위한 최선의 시도(best attempts)가 오히려 예기치 못한 나쁜 결과나 또 다른 문제를 초래하게 되는 경우를 의미한다. 우로보로스 효과를 독일어로는 verschlimmbessern 이라고하는 데 이 단어는 ‘고치려다 오히려 더 망쳐놓다’는 뜻을 지니고 있다. 즉, 개선을 하기 위한 어떠한 노력과 방법들이 오히려 더 나쁜 결과들을 가져온다는 것이다(Swenson, 2002: 1).

우로보로스 효과는 시스템 다이내믹스(System Dynamics)의 교과서에서 나오는 10가지 원형 중의 하나인 처방의 실패(fix that fail)처럼 보인다. 그렇지만 연구자들의 토론과 전문가의 조언²⁾을 통해, 우리는 우로보로스 효과는 처방의 실패와 비슷하지만 분명히 다른 특성을 지닌다고 판단하였다. 문제의 해결책이 문제를 더 악화시키는 것이라는 점에서는 유사하다고 볼 수 있으나, 처방의 실패보다 더욱 심각하게 고민해 보아야 하는 이유는 우로보로스 효과가 자기 파괴적인 시스템을 지니고 있다는 점이라는 것이다. 즉, 처방의 실패는 본래 시스템 내의 문제를 해결하기 위한 내적·외적 개선 노력이 실패되는 경우이지만, 우로보로스 효과는 자기도 모르는 사이에 스스로 자신의 본래 시스템 자체를 잠식해버린다는 점에서 더 큰 문제를 지니게 된다. 이처럼 우로보로스 효과는 일종의 역설(paradox)적인 동시에 자기소멸적인 시스템³⁾을 지니고 있다고 할 것이다.

연구자들은 이러한 우로보로스 효과의 자기파괴적인 네트워크 특성에 주목하였다. 현재 우로보로스 효과에 대한 연구는 그다지 많지 않으며, 진행된 연구들은 그 사례들을 중심으로 설명하고 있는 것이 대부분이다. 또한 우로보로스 효과를 발생시키는 네트워크의 특성과 그 특성간의 인과관계에 대한 연구 역시 찾기 어렵다. 그렇지만, 우로보로스 효과는 현존하고 있으며 많은 시스템이 이러한 네트워크 관계에 놓여 있다. 이러한 시스템은 자신의 시스템이 자기분열·멸망적인 루트인지 그렇지 않은지를 알지 못한 채 현재의 상태를 지속하고 있을 것이며 그로 인하여 궁극적으로는 시스템 자체가 파괴되게 될 것이기 때문이다.

이에 본고에서는 우로보로스 효과를 지닌 자기파괴적 시스템 네트워크의 인과적 특성에 중점을 맞춘 연구를 진행하고자 한다. 우로보로스 효과의 네트워크적 인과관계를 밝힘으로써 현재의 여러 시스템들이 스스로의 시스템을 점검하고 지속가능성(sustainable)을 유지하

2) 2013년 2월 23일 춘계학회 발표(The Ouroboros Effect에 대한 시스템 사고 접근) 후 연구자들에게 e-mail로 여러 조언을 해 주신 중앙대학교 김동환 교수님께 감사드린다.

3) 본 연구에서 의미하는 자기소멸적 시스템, 또는 시스템 자체의 파괴나 붕괴의 의미는, 시스템이 구현하고자 하는 본래적인 의미의 역할을 수행하지 못하고 예상치 못한 다른 문제들이 더욱 불거져 나오는 상황을 말한다. 즉, 정책의 입안자나 결정자가 의도한 상황을 구현하지 못하게 되어, 그 정책의 구현이나 수행을 더 이상 하지 못하게 되거나 전혀 뜻밖의 상황으로 흘러가게 되어 본연의 역할을 하지 못하게 되는 경우를 일컫는다.

기 위한 전략을 형성하는 데 도움이 될 수 있으리라 판단한다. 연구를 위해서는 우로보로스의 효과와 특성에 대한 문헌연구와 더불어 구체적인 사례들을 시스템 다이내믹스의 소프트 모델링(soft modeling)기법인 인과지도(causal loop)를 통하여 구현하고 그 인과관계를 밝혀보도록 한다.

II. 우로보로스 효과 및 사례 소개

우로보로스 효과는 복수효과(revenge effects)라고도 불리우며, 어떠한 문제에 대한 개선노력이 의도하지 않은 다른 영향들로 인해 전체적인 구조가 훼손되는 경우를 의미한다. 본래, 발생한 문제에 대한 해결책은 보통 최종안을 의미하지만, 한 문제를 해결하는 동안에 또 다른 문제가 발생하기도 한다. 어떤 경우에는 새로운 문제가 원래의 문제보다 더 크고, 심각 또는 복잡해지거나 본래의 문제에 피드백이 되어 그 전보다 상황을 더 악화시키기도 한다. 즉, 개선의 노력이 더 심각한 내부적인 문제 심지어 자기파괴적인 성격까지 띄게 되는 경우를 우로보로스 효과라 할 수 있다.

이러한 우로보로스 효과가 발생하는 이유는, 대부분의 해결책이 단기적인 문제들만을 다루고 있고, 장기적인 효과(long term effects), 물결 및 파급효과(ripple and spin-off effects) 및 피드백 효과(feed back effects)등을 고려하지 않고 있기 때문이다. 우로보로스 효과에 대해서 스웬슨(Swenson)에 의해 약 50여개에 달하는 사례가 수집되었고(Swenson, 2002), 이중 대표적인 사례들을 몇 가지 언급하였다. 본 논문의 1)~8)까지의 사례는 Swenson 의 연구에 포함되어 있는 사례들 중 대표적인 것들을 발췌하였다. 9)와 10)의 사례는 한국에서 나타나는 우로보로스 효과에는 어떤 것이 있는지에 대해 연구자들이 고민을 통해 제시하였다. 언론에서 언급하는 기사들을 중심으로 몇 가지 사례를 추출하였고, 이들 중 토론을 거쳐 다음의 2가지 사례를 선정하였다.

1. 남아프리카의 체체파리(tsetse fly)

남아프리카의 오카방고 델타(Okavango delta)에서 실시한 체체파리(tsetse fly) 퇴치 정책은 결과적으로 실패했다. ‘소를 죽이는 파리’라는 뜻인 체체파리 때문에 약 10여 년 간 이 지역의 많은 소들이 수면병으로 폐사되자 식량난도 심각해졌다. 그래서 전문가들은 체체파리를 없애고 육우를 보급하면 문제가 해결될 것이라 판단했다. 그렇게 실시한 체체파리 박멸 정책이 초기에는 성과를 보였다. 소의 생존율이 증가하여 주민들의 식량 자급률이 높아

지게 된 것이다. 그러나 곧 소와 사람이 먹는 식수가 한정적이었기 때문에 물이 부족해졌고, 풀도 말라 죽어 결국 소와 사람들의 생명이 위태로워졌다. 결과적으로 지나친 방목 때문에 소가 기하급수적으로 증가하였고, 결국 사막화 진행 속도도 빨라졌다.

2. 하와이의 란타나 카마라(Lantana Camara)

서인도 제도가 원산인 란타나 카마라(Lantana Camara)가 어떻게 하와이(Hawaii)로 들어왔고, 어떤 과정을 거쳐 생태계를 교란시키게 되었는지를 살펴보면, 이 열매를 먹은 찌르레기와 야생 비둘기가 이 씨앗을 하와이(Hawaii)로 날아와 배설하면서 문제가 시작되었다. 이 외래종 잡초는 적응력도 강해 급속도로 번져 나갔으며, 토종 식물들의 생존까지 위협하였다. 전문가들은 이를 해결하기 위해 잎굴파리(Agrotyzid Fly)를 이용하였다. 잎굴파리는 란타나 카마라 열매에 알을 낳기 때문에 이 외래종 잡초를 박멸시키는데 큰 역할을 할 것이라고 보았다.

그러나 잎굴파리가 란타나 카마라를 말살시키자 란타나 카마라의 열매를 먹고 사는 조류의 개체 수 감소 및 이동이 이루어졌다. 그러자 예상하지 못했던 문제 — 조밤나방이라는 해충의 급증 — 로 인해 사탕수수 농장과 초원이 또다시 황폐해졌다. 또한 란타나 카마라가 사라진 자리에는 생명력이 더 강하고, 더 빨리 퍼지는 다른 외래 식물들이 자라나게 되었다. 결국, 일방적인 한 식물종의 멸종을 통해 전체 생태계를 복원시키는 것은 불가능한 일이었고, 더욱 복잡한 문제들로 인해 하와이의 농장과 자생 식물들은 황폐해졌다.

3. 약품의 남용 사례 - 항생제

항생제 개발은 부상자와 전염병의 치료에 획기적인 변화를 가져왔다. 그러나 약품의 남용으로 이제는 약도 듣지 않고 전보다 훨씬 악성인 박테리아가 생겨나게 되었다. 이러한 악성 박테리아를 치료할 방법이 없어, 감염된 환자들은 사망에 이르렀다. 이러한 악성(슈퍼) 박테리아로 인해 한때는 사라졌다고 생각한 질병들이 오히려 더 강력하게 사람의 생명을 위협하고 있다. 일례로, 한때 거의 사라졌던 폐결핵은 지금 항생제 저항 변형으로 최소 42개 나라에서 많은 주민들의 건강을 위협하고 있다.

4. 신약의 개발 - 건강증진과 생명연장

1935년 윌리엄 오슬러(William Osler)는 저서에서 당시 대부분의 환자들은 주요 질병 보

다는 2차 감염 때문에 사망한 경우가 많다고 역설했다. 제2차 세계대전 전후인 1930년대 동안 설파제나 다른 항생제의 출현으로 무수한 불치병 환자들이 목숨을 구했다. 하지만 전신 건강이 증진된 대신에 약품은 만성적 질환과 장애도 증가시켰다고 보았다. 성능 좋은 약품이 많이 개발되면서 인간 수명이 전보다 2배 더 늘어났고, 알츠하이머 환자들의 수명까지도 연장시켜 주었다. 그 결과 전체 건강 케어 비용과 환자의 가족에게 엄청난 부담 또한 연장되었다.

5. 남아프리카의 불개미(fire ant)

1930년대 남미 불개미(South American fire ant)는 화물선에 실려 미국에 상륙했다. 이 개미는 농부와 가축을 물어 목숨을 위태롭게 할 뿐 아니라 종종 전선을 갉아먹기도 했다. 문제가 심각해지자 정부는 곤충을 살상할 때 30년 가까이 사용해 온 DDT를 살포했으나 불개미에게는 아무 효과 없었다. 오히려 살충제 남용으로 성가신 곤충들의 면역력은 증가했고, 천적인 이로운 곤충들이 사라지게 되었다. 그리고 사람들의 몸속에는 DDT가 축적되어 다양한 건강 문제를 야기시켰다.

6. 생명을 지켜주는 에어백

자동차 에어백의 개발은 안전벨트를 하지 않았을 때에도 부상당하지 않는다는 점을 강조하여 많은 운전자와 탑승자들에게 호응을 얻었다. 그러나 에어백은 주로 성인들 위주로 디자인되었으며, 이는 한 해에 잠정적으로 9천명의 생명을 보호해 줄 것이라는 점만 홍보하였다. 이러한 과장 광고는 에어백으로 인해 부상당하는 어린이들이 많다는 것을 간과하게 만들었다. 몇몇 연구에서는 아이들의 사상률과 사망률의 증가는 차가 충돌했을 때 에어백 때문에 발생한 것이라는 결과를 제시하면서, 어른들도 운전자나 탑승자가 안전벨트를 했을 경우에 에어백이 제 역할을 했다고 보고했다.

7. 노벨의 다이너마이트(Dynamite)

유럽은 가족 구성원이 모두 한 가지 직종에 종사하는 일이 일반적인 일이었고, 스웨덴의 한 가족이 광산 채굴용 폭약을 만드는 일을 하고 있었다. 그런데 한 젊은 화학자의 어린 동생이 제품의 성능을 개선하려다 사망하는 사고가 발생했다. 그 젊은 화학자는 제품을 안정화시키면 사람들의 목숨을 구할 수 있으리라 생각했다. 그래서 TNT 또는 다이너마이트

(dynamite)라는 안정적인 제품을 만들었고 이동이나 운반시의 안전성 때문에 이전보다 더욱 안전하게 채굴을 할 수 있게 되었다. 그렇지만, 이렇게 이동과 운반이 안정화되자 TNT는 다른 곳에도 활용되게 되었다. 바로 군수용품으로 사용되게 된 것이다. 전쟁에서는 바로 이 TNT로 인해 수많은 사람을 살상하게 되었다. 그 젊은 화학자는 바로 알프레드 노벨(Alfred Nobel)이다.

8. 위스콘신의 생산적 복지(Welfare to Work)

생산적 복지(Welfare to Work)라고 불리는 복지정책이 Wisconsin 에서 구현된 1997년 이후의 사례이다. 이는 직업을 가졌거나 취업활동을 하는 사람에게만 선택적으로 복지혜택을 주어 취업을 장려하고, 복지에 지출되는 비용을 줄여 기금을 확보하고자 하는 취지에서 시작되었다.

초기에는 성공적이라는 평가를 받았지만, 직업을 잃거나 취업활동이 어려운 계층이 복지기금을 받지 못하여 더욱 어려워졌다. 생계가 곤란해진 이 계층은 마약, 도둑, 매춘 등과 같은 범죄활동을 하게 되었고, 범죄를 저지른 이 계층들이 구속되거나 투옥되면서 이들이 남긴 자녀 등 피부양자들을 할머니나 할아버지 등이 부양하게 되었다. 이로 인해 조손가정이 급속히 증가하였고, 짧은 시간 내에 조손 가정 지원 특례 기금이 기하급수적으로 증가하자 복지기금의 고갈도 빨라졌다.

9. 한국의 사례 - 사교육 문제

대한민국의 대학입시에서 논술이 도입되기 시작한 것은 1997년이다. 이 제도는 수능의 변별력 부족 문제를 보완하고, 학생 개인의 독서와 글쓰기 능력의 향상을 통해 대학교수업 성취 능력을 고취시킬 것이라고 여겨졌다. 또한, 독서와 글쓰기 실력 향상을 위한 학생 개인의 자기주도적 학습이 뿌리내리게 되어 장기적으로 사교육 문제도 완화될 것이라고 판단되었다.

그러나 각 대학별 논술 도입되자, 각 대학과 전공에 따라 논술의 유형이 다양해졌고, 학교별로도 논술의 성향과 배점기준 등의 차이가 발생했다. 시험 문제는 어렵고 복잡해졌으며, 각 학교에 기준에 맞는 논술을 학생 개인이 준비하는 것은 너무 힘든 일이 되어 버렸다. 이에, 각 학교와 전공에 따라 맞춤형 논술이 유행하게 되었고, 학생들과 학부모의 전문가 의존도가 높아졌다. 사교육 근절을 위해 도입한 대입 논술 제도가 오히려 이를 중점으로 하는 사교육을 증가시킨 꼴이 되었다.

10. 한국의 사례 - 입양 문제

2012년 8월 개정된 입양특례법에 의하면, 입양시키기 위해서는 반드시 친부모의 가족관계등록부에 기재하도록 법이 바뀌었다. 이는 입양된 아기가 차후 성인이 되어서 자신의 부모와 혈연을 알 수 있도록 하고자 마련된 제도이며, 부모에게도 자녀에 대한 책임감을 고취시켜 아기를 유기하거나 쉽게 입양 보내지 못하도록 하려는 취지를 담고 있다.

그러나 실제로 입양을 보내고자 하는 경우는 미혼모나 결손가정이 많았고, 이들은 자신

〈표 1〉 Ouroboros 사례 정리

사례 분류	사례	우로보로스 효과
환경	남아프리카의 체체파리	소떼를 감소시키는 체체파리(tsetse fly)를 퇴치하고자 마련한 정책(진압, 육우 보급) 때문에 남아프리카의 사막화가 급속도로 진행됨
환경	하와이의 란타나 카마라	란타나 카마라(Lantana Camara)를 제거하기 위해 들여온 입굴파리(Agromyzid Fly)로 인해 하와이의 초목과 식물 생태계가 파괴되고 있음
의료·건강	항생제 개발	항생제 남용 사례가 늘어나면서 더 강력한 박테리아들 - 항생제 저항 변형- 이 등장함
의료·건강	신약품 개발	신약품 개발로 병세가 호전된 사례도 많지만, 완쾌가 어려운 증병에 걸린 환자들의 수명도 연장됨으로써 환자 가족의 간병 부담도 함께 증가함
의료·건강	남아프리카의 불개미	남미 불개미(South American fire ant)가 미국에 유입되어 각종 피해를 일으키자, DDT를 살포했음. 그러나 불개미의 진압에는 실패하고 다른 곤충들의 면역력이 증가하였음
교통	에어백	교통사고 발생 시 생명을 보호해주는 에어백은 실제로 안전벨트를 한 성인을 위주로 디자인 된 것이라 아이들이나 무방비 상태의 어른 탑승자들에게는 별로 효과가 없음
과학	노벨의 다이너마이트	노벨이 광산 채굴용 폭약의 성능을 개선시켜 보다 안정적인 제품인 Dynamite를 개발했는데, 오히려 전쟁에 활용되어 수많은 사람을 살상함
행정·정책	Wisconsin의 생산적 복지	복지 예산의 누수를 막기 위해 만든 생산적 복지(Welfare to Work) 정책은 생계가 어려운 계층들에게 혜택을 줄여 각종 범죄가 발생하고, 이들이 구속됨으로서 조손가정이 급증함. 조손 가정 지원 특례 기금의 고갈도 빨라짐
한국	사교육 문제	사교육을 근절하기 위해 입시 정책을 다양화(논술)시켰더니 역으로 각 대학별 맞춤형 논술 학원과 과외가 증가함
한국	입양 문제	친부모의 가족관계등록부에 등재된 아이만 입양할 수 있도록 개정된 입양특례법 때문에 영유아를 유기하는 수가 늘어남

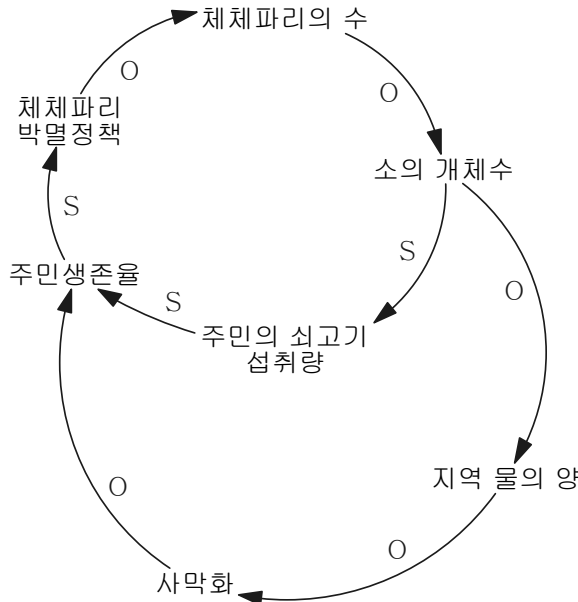
의 가족관계등록부에 자녀의 이름을 등록시키고 싶어 하지 않았다. 어린나이에 미혼모나 미혼부라는 것을 사회적으로 드러내는 것이 두려웠고, 다른 사회적 보장제도 없이 의무가 강조되는 것이 두려웠던 것이다. 가족관계등록부에 등록하지 않으면 입양을 시킬 수 없었기 때문에 오히려 영유아를 유기하는 수가 급증하게 되었다.

Ⅲ. 우로보로스 효과와 그 네트워크의 인과성 분석 (Causal Loop을 활용하여)

앞서 살펴본 우로보로스 효과의 대표적인 사례들을 통해서 연구자들은 해결의 노력이 오히려 상황을 악화시키는 패턴을 살펴볼 수 있었다. 연구자들은 이러한 사례에 내재된 네트워크와 그 인과성을 살펴보기 위해, 시스템 다이내믹스(system dynamics)의 기법인 인과지도(causal loop)를 활용하는 것이 더 타당하겠다는데 의견을 같이하였다. 그 이유는, 인과지도가 지닌 특유의 유연함과 쉬움(easy), 그리고 패턴을 분석하는 탁월한 기능 때문이다.

시스템 다이내믹스에서는 양적분석법(quantitative analysis) 또는 딱딱한 모델링(hard modeling)이라고 불리는 시뮬레이션(simulation)기법과, 질적분석법(qualitative analysis) 또는 부드러운 모델링(soft modeling)이라고 불리는 인과지도 분석법이 사용된다. 이 두 가지 방법은 시스템 다이내믹스 기법에서 모두 중요시 여겨지고 있으나, 김동환, Wolstenholme 및 Colye 같은 연구자들에 의하여 부드러운 모델링의 장점이 부각되기 시작하였다(Wolstenholme · Colye, 1983; Coyle, 1998, 1999; 김동환, 2004).

인과지도 분석법은 수량화하기 곤란한 시스템을 무리하게 계량화하여 시뮬레이션을 실시하기 보다는 인과지만으로 시스템을 이해하고, 이를 바탕으로 시스템전체에 대한 통찰을 하는 것이 더욱 바람직하다고 주장하고 있다. 인과지도는 시스템을 이해하는데 있어 도움을 줄 뿐만 아니라 시스템의 의미를 파악하는 데에도 커다란 영향을 준다. 또한 변수들을 포함하는 동시에 변수들 사이의 상관관계를 일목요연하게 표시해주어, 각 변수가 다른 변수와 어떤 인과관계를 형성하고 있는지를 총체적으로 관찰할 수 있으며 동시다발적 파악이 가능해진다. 즉, 현재 진행되고 있는 시스템의 특징이나 행태가 시스템의 어떤 부분, 특히 어떤 피드백구조에 의해 일어나고 있는지에 대한 근본적인 이해가 가능해진다(김동환, 2004: 64-72). 무엇보다도 인과지도를 중심으로 하는 시스템 다이내믹스 연구방법은 기존의 단선적 분석을 종합화시켜주며, 정책에 내재된 시스템사고를 추출하여 그 내용을 검토하여 정책에 대한 현실적 접근을 높여준다(김도훈 · 홍영교 · 김새림, 2009; 7-8).

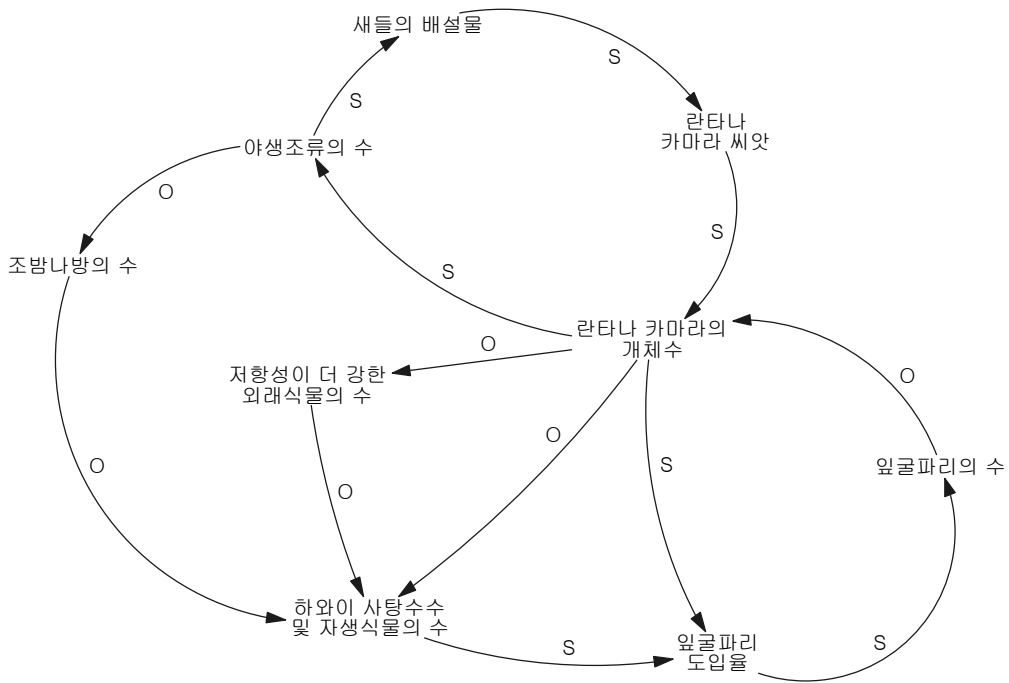


[그림 2] 체체파리 박멸정책 결과 인과지도

이처럼 인과지도를 활용하면, 각 사례들의 사항과 구조에 대한 쉬운 이해가 가능하고, 이를 통해 문제를 심화시키는 요인들을 일목요연하게 파악할 수 있다. 이러한 의미에서 본 연구자들은 우로보로스 효과에 내재된 인과적 특성을 밝혀보기 위하여 시스템 다이내믹스의 부드러운 모델링 기법을 활용하였다. 이를 이용한 분석 내용은 다음과 같다.

[그림 2]는 남아프리카의 오카방고 델타(Okavango Delta)의 우로보로스 효과 사례를 인과지도로 표현한 것이다. 우선 체체파리의 박멸정책을 실시하면 체체파리의 수가 감소하게 된다. 체체파리의 수가 감소하면 소의 개체수가 늘어나고, 주민들의 쇠고기 섭취량의 증가 등으로 생존율이 증가하게 된다. 이에 체체파리 박멸정책은 지속적으로 수행될 것으로 보여진다. 그렇지만, 처음에는 예상하지 못했던 문제가 발생하게 된다. 소의 개체수가 급증하게 되어 그 지역의 물의 양이 급감하게 된 것이다. 물이 부족하면, 목초도 자라지 못하게 되어 결국은 소의 개체수도 감소하게 되고, 결국엔 주민의 생존도 장담할 수 없게 되는 것이다. 실질적으로 오카방고 델타에서는 수원(水原)이 고갈되어 목초지가 황폐화되었고, 결국 소와 사람 모두 생명을 잃게 되었다. 우로보로스 효과가 분명하게 드러나게 되어, 결국은 애초의 문제보다 더 심각한 자기 파괴적인 패턴이 나타나게 된 것이다.

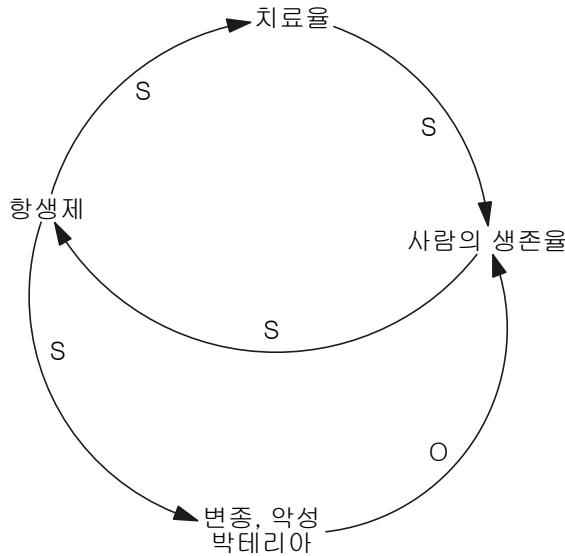
체체파리 진압을 위해 여러 분야에서 플래닝 전문가들이 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 해결책을 고안해 냈지만, 장기간 체계적인 영향과 조정, 그리고 이 시스템이 가지고 있는 우로보로스 효과와 자기파괴적 특성을 파악하지 못한 채 즉각적인 상황에서만의 문제를 해결



[그림 3] 하와이의 자생 식물지 훼손 과정 인과지도

하려고만 하기 때문에 이와 같은 오류가 발생했다.

[그림 3]은 하와이(Hawaii) 지역의 생태계 사례를 인과지도로 표현한 것이다. 외래종 식물인 란타나 카마라(Lantana Camara)는 강한 자생력을 지녀 하와이의 사탕수수 농장에 피해를 주고 자생식물과의 경쟁에서도 우위를 차지하게 된다. 이 문제를 해결하기 위한 방안으로, 란타나 카마라의 천적인 앞굴파리를 도입한다. 앞굴파리는 란타나 카마라의 성장을 억제하여, 표면적으로 이 문제가 잠잠해 지는 것으로 보여 졌다. 그렇지만, 란타나 카마라의 개체수가 급감하자 이 식물의 열매를 좋아하는 야생조류들의 수 역시 급감하였다. 야생조류의 수가 줄어들자 야생조류들이 섭취했던 조밤나방의 수가 급증하였고, 이러한 나방 및 해충의 피해로 하와이 사탕수수와 자생식물들은 여전히 위기에 처하게 된다. 또한, 란타나 카마라보다 더 저항성이 강한 외래식물들이 번성하여, 이 역시 하와이의 생태계를 교란시킨다. 이처럼 문제를 해결하고자 했던 노력 자체가 오히려 전체 생태계의 파괴를 초래하고 있으므로, 이 역시 자기파괴적인 네트워크의 효과가 나타나고 있는 것으로 보여 진다.

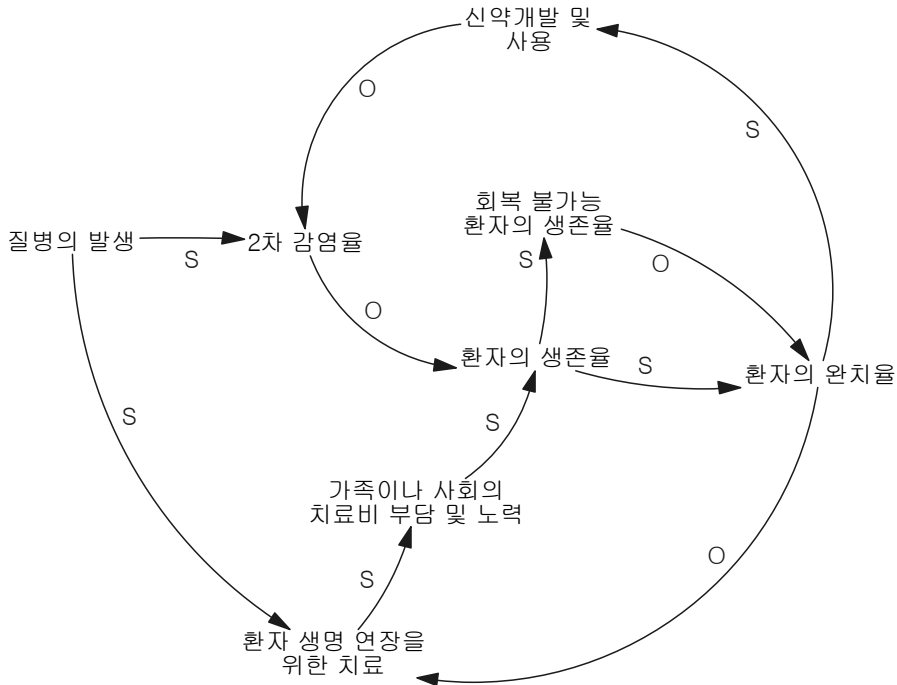


[그림 4] 항생제 남용으로 인한 영향 인과지도

[그림 4]는 지금도 병원과 환자들에게서 일상적으로 일어나고 있는 항생제 사례를 보여 주고 있다. 항생제를 통해 우선은 병을 치료하고 사람의 생명을 구할 수 있으나, 이러한 항생제에 내성이 생긴 변종 또는 악성 박테리아(소위 슈퍼 박테리아) 등의 등장으로 인하여 오히려 사람의 생명이 위협받고 있다.

실제로 영국의 보건 영국 보건정책 최고책임자인 샬리 데이비스(Sally Davies) 박사는 2013년 3월 11일(현지시간) 항생제 내성 문제를 시한폭탄에 비유하며 테러나 기후변화와 같은 수준의 국가 안위와 관련한 중대 이슈로 이 문제에 적극적으로 대응해야 한다고 주장했다. 데이비스 박사는 이날 연례보고서에서 “영국 정부가 항생제 내성 문제에 당장 대응하지 않으면 간단한 감염증 때문에 생명을 잃는 19세기 상황에 직면할 수 있다”며 “이 때문에 암 치료나 장기 이식 수술도 불가능해질 것”이라고 밝혔다(연합뉴스, 2013). 이처럼 그동안 많은 환자들을 치료해오고 도움을 준 항생제라는 치료제의 지속적인 사용과 남용을 통해 나타난 문제로 인해, 결국에는 항생제 치료를 사용하지 못하는 자기파괴적 결과를 야기하고 있다.

[그림 5]는 신약의 개발과 사용에 대한 우로보로스 효과를 인과지도로 표현한 것이다. 윌리엄 오슬러(William Osler)가 저서에서 언급한 바와 같이, 질병이 발생하면 질병 때문에 야기된 2차 감염에 의해 더 많은 환자들이 사망하는 것으로 밝혀졌다. 이러한 2차 감염을 줄이기 위해 신약이 개발되고 이를 사용하기 시작하면서부터 다른 패턴이 나타난다. 신약의 사용으로 2차 감염이 줄어들고, 이로 인해 환자의 생존율이 높아져 환자의 완치율도 높

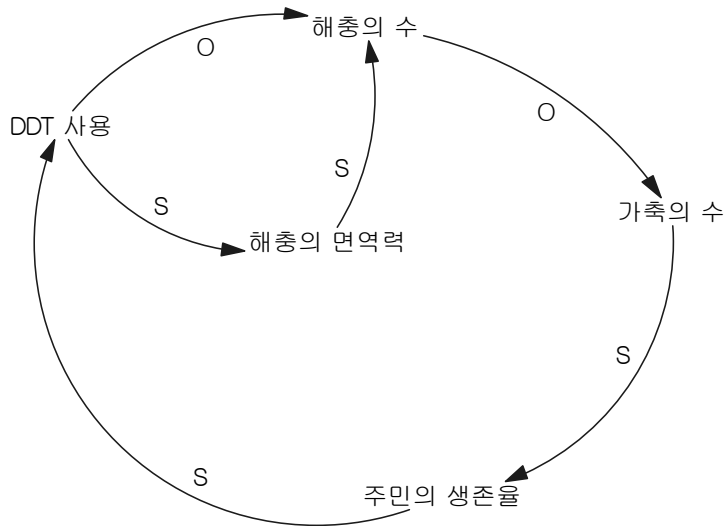


[그림 5] 신약 개발과 간병 부담 간의 인과지도

아지게 된다. 환자가 완치되게 되면 신약의 개발과 필요성에 대한 강력한 동기가 생겨 이를 개발하기 위한 노력이 강화되어 이는 우선 강화루프를 형성하게 된다. 또한 환자가 완치되게 되면 환자 생명 연장을 위한 치료가 필요없게 되고, 가족이나 사회의 부담도 줄어들게 되는 균형루프도 형성하게 된다.

그렇지만, 신약의 개발은 또 다른 문제를 야기하게 되었다. 이는 회복이 전혀 불가능한 환자의 생존율도 높여주었던 것이다. 사망에 이르지는 않으나 완치도 되지 않는 환자를 위해서는 지속적인 의학적 치료와 가족 및 사회의 부담과 노력이 필요하다. 생존하고 있기 때문에 이러한 의료적인 지원을 소홀히 할 수는 없다. 성능 좋은 신약이 많이 개발되면서 인간 수명이 전보다 2배 더 늘어났고, 알츠하이머 환자들의 수명도 연장되었다. 물론 그 환자들의 생명은 더할 나위 없이 소중하지만, 그들을 지키기 위한 전체 건강 케어 비용과 가족들의 엄청난 부담이 사라진 것은 아니다.

이처럼 환자의 완치율이 높아지지 않고 생명만 연장되게 된다면, 장기적으로 이러한 신약의 개발과 사용은 줄어들게 될 것이다. 일례로, 우리나라의 ‘김할머니 사건’이 대표적인 사례라 할 것이다. 이 사건에서 김할머니는 2008년 2월 폐암 조직검사를 받다가 과다출혈로 식물인간이 되셨다. 김할머니는 의식을 찾지도 못하고, 가족을 알아보지도 못한 채 생명

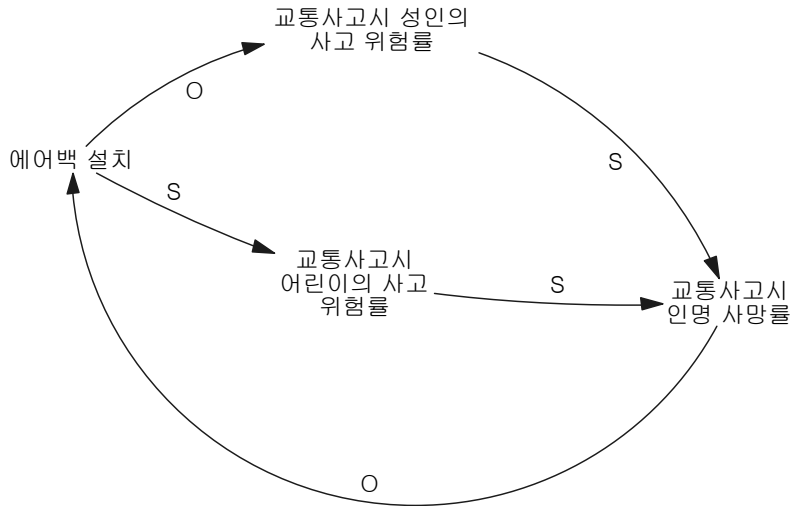


[그림 6] 해충 퇴치법의 역효과 인과지도

만을 연장하고 있었고, 이를 안타깝게 여긴 그녀의 자녀들은 김할머니의 연명치료의 중단을 요구하여 재판하여 2009년 5월 21 대법원에서 승소했다. 김할머니는 인공호흡기를 켜 뒤 생존하다가 2010년 1월 10일 사망했다(위키피디아 ‘김할머니 사건’, <http://ko.wikipedia.org>). 이는 국내에서 인간의 존엄사를 인정한 첫 사례로, 생명 연장만을 위한 치료와 신약 적용 등에 경종을 울린 사례로 볼 수 있다. 이처럼 환자를 완치시키지 못하는 신약의 개발과 사용은, 경제적인 부담뿐만 아니라 인간의 존엄성이라는 문제까지 고민하게 하여 궁극적으로는 그 사용이 줄거나 엄격하게 제한될 자기파괴적 성격을 지니고 있다 할 것이다.

[그림 6]은 앞선 사례와 유사하다. 이번에는 한때 기적의 살충제로 불리며 전 세계에서 사용된 DDT(Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane)에 관한 것이다. DDT의 사용으로 해충이 줄고, 이로 인해 사람들이 기르는 가축의 수가 증가하고 사람들의 경제력과 생존율을 높이는 데 도움을 주었다. 그래서 DDT는 지속적으로 사용되었다. 그렇지만, DDT는 지속적으로 생물체의 몸에 축적되었으며, 이러한 DDT에 내성을 지닌 해충(害蟲)이 등장하게 되었다. 남미불개미는 대표적인 사례로, DDT의 살포에도 전혀 영향을 받지 않았다. 오히려 익충(益蟲)들은 DDT로 인해 멸종되고, DDT에 면역력이 생긴 강력한 해충들로 인해 가축들은 큰 피해를 입게 되었고 주민들의 안전 역시 담보하지 못하게 된 것이다. 이 역시 우로보로스 효과에 의한 자기파괴적인 네트워크적 특성과 인과성이 나타났기 때문이다.

현재 DDT를 농약으로 사용하는 것은 대부분 국가에서 금지되어 있고 일부 경제력이 약한 나라에서는 말라리아에 대한 대책으로 다시 사용되고 있다 (나혜진, 2008: 128; 네이



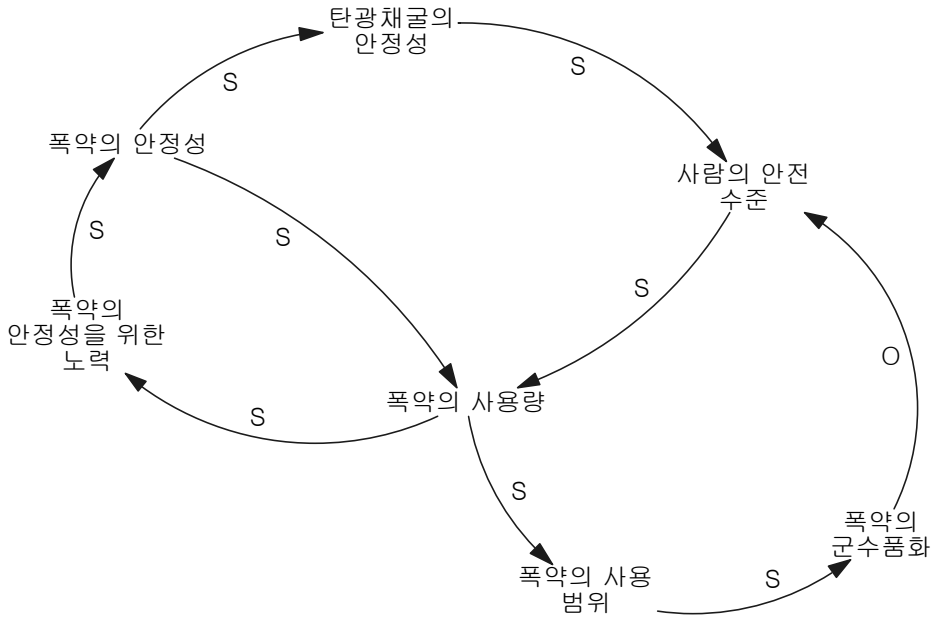
[그림 7] 에어백의 양면성 인과지도

버 지식백과, <http://terms.naver.com>).

[그림 7]은 일방적인 기술에 대한 믿음이 지닌 우로보로스 효과에 관한 사례이다. 에어백이 개발된 후 교통사고 발생 시 성인의 사망률은 현격하게 감소하였다. 이러한 결과, 대부분의 차량에는 에어백이 장착되었고 이것이 당연하다고 여겨졌다. 그렇지만, 대부분의 에어백은 성인들에게 효과가 있었고, 어린이들에게는 오히려 치명적인 사망요인이 되는 것으로 밝혀졌다. 오히려 안전벨트를 매는 것이 어린이들에게는 안전했다.

이로 인해 일반적인 에어백의 장착에 대해서 1997년부터 미국의 규제가 시작되어(동아일보, 1996; 매일경제, 1997), 결국 자기파괴적인 시스템적 특성이 구현되었다. 현재 에어백 관련 기술은 진일보하여 플렉시블-벤팅(Flexible-Venting)이 개발되게 되었다. 이 기술은 저속 사고나 어린이가 탑승한 경우 내부의 에어백이 터지지 않고, 겉의 에어백만 전개되는 식으로 동작한다. 하지만 고속추돌이나 성인탑승 사고가 발생하면 에어백 속의 다른 에어백 또한 함께 팽창해 탑승자를 보호한다(탑라이더, 2012). 자기파괴적 시스템이 보안을 통해 진일보한 면을 보여주는 사례이다.

[그림 8]은 유명한 노벨(Alfred Bernhard Novel)과 다이너마이트(dynamite)에 대한 사례이다. 과거 폭약은 탄광 채굴을 위해서만 사용되었고, 안전하지 못한 폭약 때문에 많은 사람들이 사망하였다. 이에 노벨은 폭약의 안정성이 높아지면 채굴이 안전해지고, 폭약을 많이 사용하면 더 많은 노력을 통해 폭약이 안정화 될 것이라고 생각했다. 그리고 초기에는 이렇게 활용되었다. 그렇지만, 폭약의 안정성이 높아지자 폭약을 먼 거리까지 운반하거나 이동시키는 것이 가능해졌고, 이로 인해 군수물품화 되어 전쟁에서 대대적으로 사용되게 되



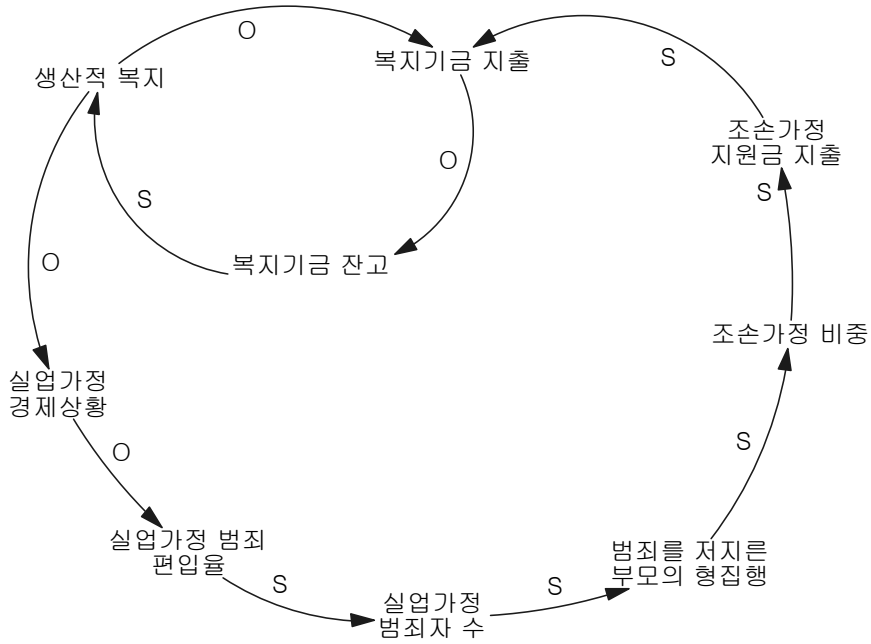
[그림 8] 폭발의 안정성과 활용 간의 인과지도

었다. 사람의 안전을 지키기 위해 개발된 폭약이 결국 더 큰 위험을 초래하게 된 것이다. 사람들이 폭약의 사용을 자제하고, 전쟁을 발발시키지 않기 위해 노력하지 않는다면 이 네트워크가 지닌 자기파괴적 속성으로 인류는 전멸할 수도 있다.

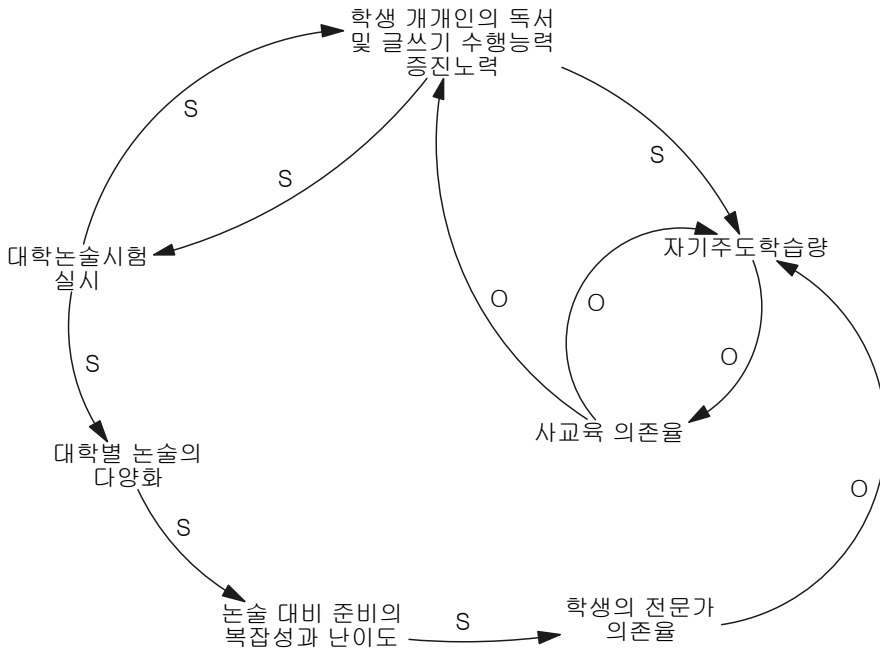
[그림 9]는 위스콘신 워크스(Wisconsin Works) 또는 생산적 복지(Welfare to Work)에 관한 사례이다. 일하는 사람에게만 복지금을 지원함으로써, 사람들의 노동의욕을 고취시키고 복지예산을 절감하기 위함이다. 실질적으로 생계가 어렵고 취업이 되지 않는 사람에게 자금을 지원하지 않게 됨으로써, 실업가정의 범죄 편입률이 증가하게 되었다. 실업가정의 부모가 형(刑)을 받게 되어 남아있는 자녀들을 돌보는 조손(祖孫) 가정이 늘게 되었고, 이로 인해 복지지출은 다시 늘어나게 되었다.

단편적인 문제를 해결하기 위해서 내리는 결정이나 정책을 생각하지도 못했던 문제들을 야기하기 때문이다. 생산적 복지의 취지는 나쁘지 않고, 실업자들에게 일을 해야만 복지혜택을 얻을 수 있다고 주장하는 것 또한 가치 있는 일이다. 그렇지만, 생산적 복지를 고취시키기 위해서는, 각 개인이 처한 문제에 대해 다르게 대처하고 구조적인 결함을 극복해야 한다는 연구(Alfred, 2005; 345)에서 보여주는 것처럼, 일방적인 생산적 복지를 강조하는 것은 궁극적으로는 자기파괴적 인과관계를 야기하게 될 것이다.

[그림 10]은 현재 우리나라의 대학입학 시험 중 하나인 대학논술시험의 구조에 관한 사례이다. 정부에서는 각 학생들의 개인적 역량과 능력을 평가함으로써 사교육의 의존도를



[그림 9] 복지정책의 한계 인과지도



[그림 10] 대학입시 개혁이 사교육에 미치는 영향 인과지도

대 학	출제단원	논제유형	특 징
A대	공간도형, 정적분	풀이형 우세	시험 시간이 100분이라 빠른 시간 안에 정교하게 답안을 작성해야/ 수학적 귀납법, 미·적분(극한포함), 기하와 벡터가 주로 출제
B대	경우의수, 수열의 귀납적 정의, 극한과 지수법칙	논증형 우세	제시문이 길고, 교과과정 외의 제시문이 출제되기도 해 제시문 분석능력과 끈기가 필요
C대	수열의 귀납적 정의, 수학적 귀납법, 극한, 무한 급수, 중간값 정리, 미적분	논증형 우세	출제되는 주제가 다양하므로 평소 수학 기본기가 탄탄하고 다양한 수학적 관점을 요구
D대	행렬의 일차변환, 최대·최소와 미분	풀이형·설명형	기본에 충실하면 해결할 수 있는 문제가 출제돼 논리적인 답안작성을 잘하는 학생이 유리
E대	독립시행의 확률, 극한(자연상수), 일차변환, 조월함수의 미적분	풀이형·설명형	수학과 과학이 통합돼 출제/ 제시문 분석능력과 끈기가 필요 / 그래프 분석 문제가 자주 출제되고 출제 유형이 매년 유사하므로 기출문제 풀이가 중요
F대	이차곡선, 좌표변환	풀이형·설명형	기본기에 충실하면 해결할 수 있는 난도 문제가 출제/ 2012학년도부터 출제경향 변화했기 때문에 최근 기출 참고(2012 모의·기출, 2013 모의)

※ 중앙일보(2012.11.09)

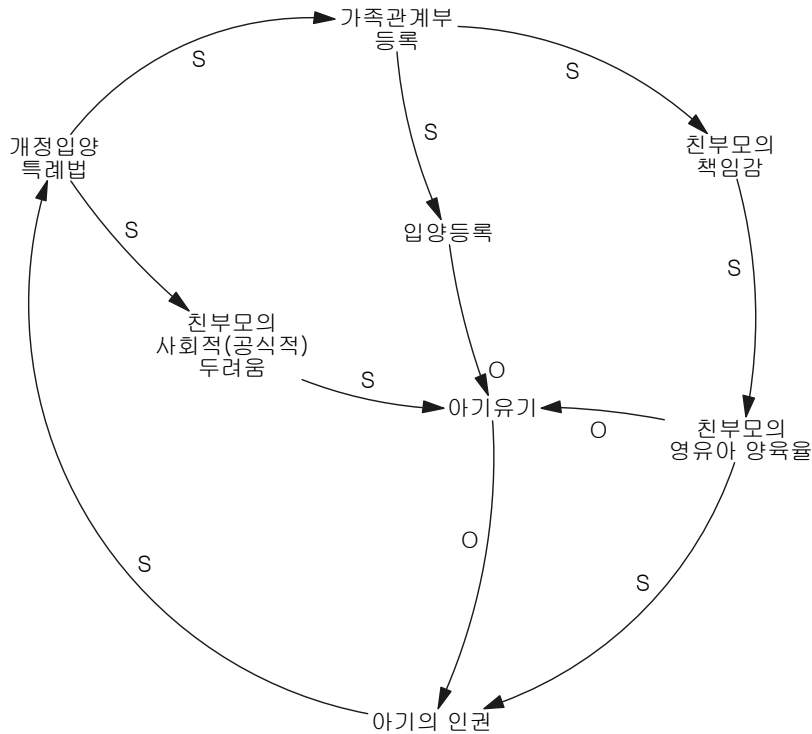
[그림 11] 2013학년도 대학별 자연계열 모의논술에서 수리논술 특징과 경향

낮출 것이라고 예상하였다. 이에 1997년부터 대학별 논술시험을 실시하도록 하였으나, 현재의 양상은 전혀 다르게 흘러가고 있다.

사례로 준비한 [그림 11]은 2013년도 입시를 준비하는 학생들을 위해 작성된 신문 기사에서 발췌한 도표이다. 원래 도표는 더 많이 복잡하였으나, 여기서는 예를 들기 위해 가장 단순한 도표를 삽입하였다. 이 도표는 몇몇 대학의 자연계 지원생들의 논술만을 정리한 것이다. 5개의 대학만 기술되어 있을 뿐인데 각 대학의 문제 유형과 수준, 중점을 두어야 하는 사항이 모두 다르다. 신문기사의 제목조차 ‘맞춤 준비’가 필요하다고(중앙일보: 고교 교과와 연계성 높지만 학교별 논술 유형 뚜렷 ... ‘맞춤 준비’ 필요, 2012년 11월 9일) 하고 있으니 말이다.

이처럼 각 대학별 논술이 개개인의 학생이 준비할 수 있는 수준을 넘어서는 정도의 복잡성을 지니게 됨으로써 실질적으로 학생들의 자기주도 학습은 거의 요원한 일이 되고 말았다. 오히려 전문가, 사교육에 의존하는 비중이 더욱 높아진 것이다. 현재 대학 논술을 준비하고 있는 학생들이 독서와 글쓰기 능력을 향상시키기 위해 스스로 준비하는 시간 보다는, 학원이나 과외 또는 최소한 EBS 특강이나 학교 선생님들의 지도하에 논술에 특화된 공부를 하고 있을 가능성이 크다. 이러한 문제점이 점차 부각되면, 점차 자기주도 학습을 위한 대학별 논술이라는 취지는 퇴색될 것이며 사교육의 폐단이 깊어지게 되면 결국 대학 논술도 존립하기 어렵게 될 것이다.

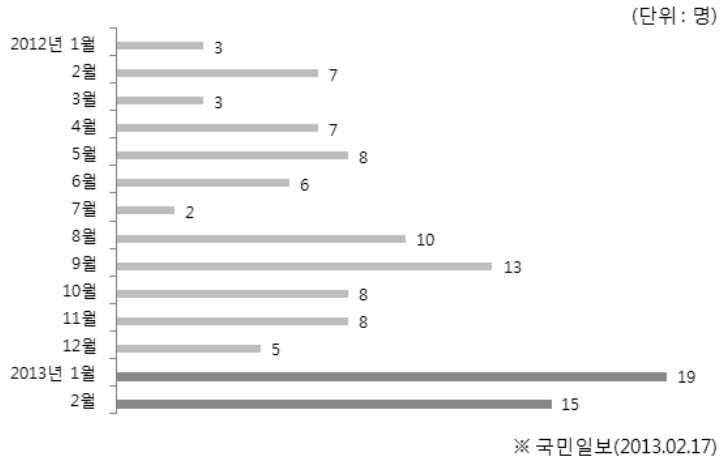
[그림 12]는 어린 시절 유기되거나 버려지는 아기들의 인권을 보호하고자, 2012년 8월 개정된 입양특례법에 관한 인과지도이다. 이 입양특례법에서는 영유아를 입양시키기 위해



[그림 12] 개정된 입양특례법이 미치는 효과 인과지도

서는 그 영유아가 반드시 친부모의 가족관계등록부에 기재되어야만 할 수 있도록 강제하였다. 이는 입양된 아기가 차후 성인이 되어서 자신의 부모와 혈연을 알 수 있도록 하고자 하며, 부모에게도 자녀에 대한 책임감을 고취시켜 아기를 유기하거나 쉽게 입양 보내지 못하도록 하려는 취지에서 도입되었다.

그렇지만, 이러한 입양특례법 때문에 더욱 심각한 부작용이 나타나게 되었다. 과거에는 자신의 가족관계등록부의 기재여하에 상관없이 입양을 보낼 수 있었기 때문에, 입양기관에서 영유아를 인계하여 보호하는 것이 가능했다. 실질적으로 자녀를 입양 보내고자 하는 경우는 미혼모나 결손가정 구성원이 많다. 자녀를 기를 여건이 되지 않기 때문에 입양기관에 문의하는 것이다. 그런데, 이런 미혼모나 결손가정 구성원의 가족관계등록부에 자녀의 이름을 기재해야만 한다는 것은 아직 한국사회에서는 받아들이기 어려운 일인 듯하다. [그림 13]에서 볼 수 있듯이, 2012년 8월 이후 버려지는 아기의 수가 증가하고 있다는 것을 알 수 있다. 과거 3년간 180여명이 버려졌다면, 현재는 한달 평균 18명이 버려지고 있다는 보고도 있다(한국일보, 2013). 결국, 영유아의 인권을 보호하고 성인이 된 후에도 자신의 뿌리를 찾게 해 주겠다는 좋은 취지로 많은 입양특례법이, 오히려 더 많은 아이들의 유기를



[그림 13] 베이비박스 유기 아동 현황

방조하게 된 것이다(노컷뉴스, 2013). 즉, 영유아의 인권을 보호하고자 한 법 제정이 오히려 더 인권의 사각지대로 몰아버리게 되는 결과를 보여주며, 근본적인 문제로 인해 결국 자기 시스템을 위협하게 되는 우로보로스 효과를 보여주고 있다.

IV. 결론

우로보로스 효과는 매우 일상적으로 나타나고 있으며, 그 결과를 예측하기가 어렵다. 그렇기 때문에 소홀히 여겨지는 경우가 많으나, 사실 그 파급효과와 영향력이 상당히 때문에 실질적으로 이를 간과하는 것은 바람직하지 않다. 우로보로스 효과는 자기 꼬리를 무는 뱀으로 형상화 된다. 앞과 뒤가 이어져있는 순환의 고리로 볼 수 있으며, 자기 자신을 스스로 잠식시키는 모양도 지니고 있다. 이러한 모양과 특성에 대해서는 몇몇 연구자들이 사례를 중심으로 정리하기도 하였으나, 이러한 우로보로스 효과로 인해 각 시스템이 어떤 식으로 ‘자기파괴적’ 상황에 몰리는지를 파악하기는 쉽지 않았다.

이에 본 연구에서는 우로보로스의 네트워크적 특성을 시스템 다이내믹스 연구방법론의 부드러운 모델링 기법인 인과지도를 활용하여 살펴보았다. 인과지도 분석법은 화살표와 S, O 라는 몇 개의 부호만으로 각 시스템을 간단하고도 정확하게 표현할 수 있다. 이러한 분석법을 통해 10개 사례 내부의 네트워크와 그 안에 있는 인과관계를 단순하면서도 정밀하게 나타낼 수 있었다.

본 연구를 통해서, 우리는 인과지도를 이용하여 각 사례들의 복잡한 내부 네트워크 구조

가 형상화된 뱀의 꼬리를 무는 모습처럼 인과관계의 루프가 작동하고 있다는 것을 보다 쉽게 확인 할 수 있었다. 각 사례들은 바람직한 목적을 가지고 어떠한 정책, 법과 제도, 신약, 신제품 등을 준비하고 창출하였다. 그렇지만, 그러한 노력이 의도한 결과만을 가져온 것은 아니었다. 그러한 노력과정에서는 알 수 없었던 여러 가지 부차적인 문제들이 발생하였고, 이로 인해 자기과괴적인 우로보로스의 효과가 발동하여 자체 시스템을 붕괴시키거나 중단시킬 위기에 처해진 것이다. 인과지도 기법을 활용하여 우리는 각 시스템이 지닌 역효과-복수효과를 파악할 수 있었다. 그리고 어떠한 부분에서의 노력을 통해 이러한 우로보로스 효과를 줄이거나, 본래의 모습을 찾아갈 수 있는지를 쉽게 파악할 수 있었다.

에어백 사례에서 소개된 것처럼, 현재의 우로보로스 효과를 억제시키고 바람직한 방향으로 진행하기 위한 노력은 계속되고 있다. 에어백이 자동차 사고 발생 시 어른들의 생명을 구하는 데 기여하였으나 어린이들에게는 치명적일 수 있다는 것이 밝혀지게 되면서, 어린이 맞춤형 에어백을 만드는 노력과 기술개발이 이루어진 것이다. 즉, 정지해 있는 일방적인 시스템에서는 우로보로스 효과로 인해 자기과괴적인 성격을 지니게 되었지만, 이러한 문제점을 미연에 확인하고 이를 개선하기 위한 노력을 사전에 실시함으로써, 시스템의 붕괴를 막고 긍정적인 피드백 루프를 구현할 수 있다.

우로보로스 효과와 시스템 다이내믹스는 피드백 루프를 지니고 있다는 점에서 유사할 수 있으나, 우로보로스 효과의 내재적인 자기붕괴 네트워크라는 속성에서 가장 근본적인 차이점을 지니고 있었다. 현재까지의 연구는 우로보로스 효과를 사례별로 살펴보고 이러저러한 안타까운 문제가 등장하고 있다는 것을 설명하는 방식이 위주였다. 그러나 이번 연구를 통하여 연구자들은 시스템 사고와 시스템 다이내믹스 기법이 이러한 우로보로스 효과를 지닌 네트워크의 특성을 쉽게 밝히는 데 용이하다는 것을 알 수 있었다. 본 연구를 통해 시스템 사고와 시스템 다이내믹스 기법을 활용하여, 우로보로스 효과를 지닌 시스템을 명확히 진단하고 그 구조를 설명하여 발전적인 개선노력을 기울이는 것이 보다 용이해 진 것이다. 이러한 방법론적 결함과 세밀한 분석을 통해, 우로보로스 효과가 나타나는 구조라 할지라도 그 구조의 결함을 발견하고 그 시스템의 지속가능성을 높인다면 보다 안정적인 피드백이 구축되도록 할 수 있다 할 것이다.

【참고문헌】

- 김도훈 · 문태훈 · 김동환. (1999). 『시스템다이내믹스』. 서울: 대영문화사.
- 김도훈 · 홍영교 · 김새림 (2009). “교통체계의 지속가능성과 시스템사고”. 『한국시스템다이내믹스연구』 10(3): 5-23.
- 김동환. (2004). 『시스템사고』. 서울: 선학사.
- 나혜진. (2008). 『사용금지 농약의 식품 중 관리방안 및 농약위해평가 기법 연구』. 한국식품정보원 연구보고서.
- 정석환 · 홍영교. (2007). “대북포용정책의 차원과 타당화”. 『한국행정학보』. 41(1): 203-206.
- Alfred, Mary V. (2005). Does Wisconsin Works Work? Perspectives of Participating Women and their Employers. Journal of Family and Economic Issues Volume 26, Number 3: 345-370.
- Coyle, R. (1998). “The practice of system dynamics: Milestones, lesson and ideas from 30 Years of experience”. System Dynamics Review. 14(4): 343-365.
- _____. (1999). “Qualitative Modelling in System Dynamics or What are the wise limits of quantification?”. Proceedings of 1999 Conference of System Dynamics Society, New Zealand.
- David X. Swenson. (2002). The Ouroboros Effect: The Revenge Effects of Unintended consequences. Unpublished dissertation.
URL: <http://faculty.css.edu/dswenson/web/REVENGE.HTM>
- Forrester, Jay W. (1961). Industrial Dynamics, Cambridge. The MIT Press.
- Sterman, J D. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. The Mcgraw-Hill Company.
- Wolstenholme, E. F., Coyle, R. G. (1983). “The development of system dynamics as a methodology for system description and qualitative analysis”, The Journal of the Operational Research Society, 34(7): 569-581.
- 『경향신문』. (2013). “대입 자연계 논술 문제 대학 수준 강요 여전”. 2013년 3월 21일.
- 『국민일보』. (2013). “베이비박스 버려진 아기 4배, 무정한 法 · 죄짓는 사회... 올해 들어서만 벌써 아기 34명 유기”. 2013년 2월 17일.
- 『노컷뉴스』. (2013). “베이비 박스엔 탯줄 달린 아이까지...”. 2013년 4월 17일.
- 『뉴스한국』. (2009). “사막화로 골머리 앓는 인도... 원인은 가축과 사람”. 2009년 11월 26일.
- 『동아일보』. (1996). “美 에어백 어린이 질식사 비상”. 1996년 7월 25일.

- _____. (2013). “항생제에도 치료 안돼 ... 공포의 슈퍼 박테리아의 실태”. 2013년 1월 5일.
『매일경제』. (1997). “에어백 어린이 보호방안 논의 활발”. 1997년 6월 4일.
- _____. (2013). “입양법 개정 후 버려지는 아기 급증”. 2013년 4월 14일.
『연합뉴스』. (2013). “영국 보건당국 ‘항생제 내성은 시한폭탄’”. 2013년 3월 12일.
『중앙일보』. (2012). “고교 교과와 연계성 높지만 학교별 눈술 유형 뚜렷 ... ‘맞춤 준비’ 필요”.
2012년 11월 9일.
『탐라이더』. (2012). 웨보레 크루즈, 첨단 에어백 눈길...“에어백 속에 에어백 있다”. 2012년
12월 28일.
『한국일보』. (2013). “대입, 무엇보다 수능 변별력 강화해 혼란 최소화해야”. 2013년 4월 15일.
- _____. (2013). “아기 살해까지 생각하다 베이비박스 알고 달려왔대요”. 2013년 4월 27일.
구글 이미지 검색, <http://www.google.co.kr/imghp?hl=ko&tab=wi>
네이버 지식백과, <http://terms.naver.com>
위키피디아, <http://ko.wikipedia.org>

▶ 접수일 : 2013. 6. 29. / 게재확정일 : 2013. 7. 21.