

지배적 피드백 루프의 인지적 특성과 시사점

김병관

(중앙대 대학원 행정학과 석사과정, rookee@unitel.co.kr)

김동환

(중앙대 공공정책학부 조교수, sddhkim@cau.ac.kr)

지배적 피드백 루프의 인지적 특성과 시사점

김병관 (중앙대 대학원 행정학과 석사과정, rookee@unitel.co.kr)

김동환(중앙대 공공정책학부 조교수, sddhkim@cau.ac.kr)

요약문

시스템 다이내믹스 연구에 있어서 피드백 루프는 시스템의 구조와 행태를 연결시키는 핵심적인 개념적 도구이다. 특히 여러개의 피드백 루프로 구성된 복잡한 시스템에 있어서, 지배적 피드백 루프(dominant feedback loop) 및 그 전환(shift)은 시스템의 행태를 결정짓는 구조적 원인을 제공한다. 그러나 지배적 피드백 루프에 대한 연구는 아직까지 그 발견방법에 관한 알고리즘 연구에 머물러 있는 상태이다. 지배적 피드백 루프는 시스템의 급격한 변화를 예상하는 단초가 된다는 점에서, 지배적 피드백 루프를 어떻게 인식할 것이냐는 정부의 정책결정에 있어서나 기업의 의사결정에 있어서 중요한 문제라고 할 수 있다. 본 논문에서는 지배적 피드백 루프 및 그 전환에 대한 의사결정자의 인식에 관하여 살펴보고 어떠한 인지적 편향이 있는지에 관하여 검토하고자 한다.

I. 지배적 피드백 루프의 중요성

시스템 다이내믹스 연구에 있어서 지배적 피드백 루프의 개념을 처음으로 제기한 학자로 Richardson 을 들 수 있다 (Richardson 1984). 지배적 피드백 루프가 전환됨에 따라 지배적 극성이 바뀔으로서 시스템은 안정에서 일탈로 또는 일탈에서 안정으로 갑작스럽게 변화하는 것이다. 나아가 Richardson 은 지배적 피드백 루프의 전환과 지배적 극성의 변화에 대한 개념은 시스템의 변화를 이해하고 또 유도하는데 있어서 중요한 다리의 역할을 한다고 지적하면서, 이에 대한 연구는 정책분석에 매우 유용할 것이라고 전망하고 있다 (Richardson 1996). 또한 Ford 는 시스템 다이내믹스에서 가장 중심적인 메시지중의 하나는 구조가 행동을 일으킨다는 것이라고 지적하면서 그 설명의 도구로써 지배적 피드백 루프의 중요성을 강조하고 있다. (Ford 1999).

지배적 피드백 루프의 개념은 여러개의 피드백 루프가 상호작용하는 복잡한 시스템에 관

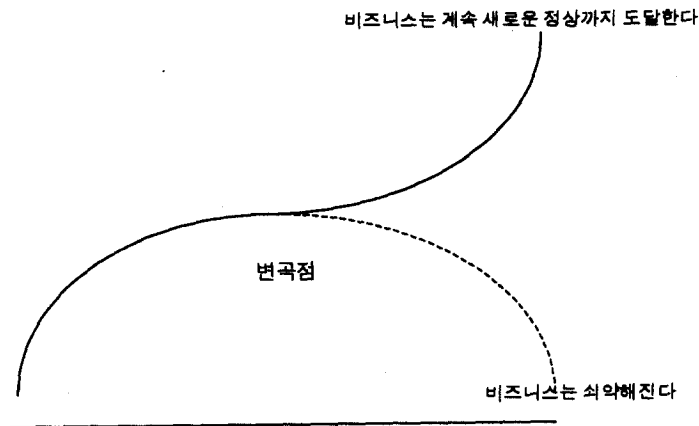
련된다. 시스템이 변화함에 따라서 특정 피드백 루프가 지배적인 영향을 미치다가 다른 종류의 피드백 루프에 그 지배권을 넘겨주곤 한다. 즉, 초기에는 양의 피드백 루프가 시스템의 성장을 주도하다가 어느 정도 성장의 한계에 다다르는 경우 음의 피드백 루프가 시스템의 변화를 지배한다. 이렇게 시스템의 행태를 지배하는 피드백 루프를 지배적 피드백 루프라고 하며, 지배적 피드백 루프의 변화를 전환이라고 한다. 결국 시스템의 행동 변화를 초래하는 구조적인 원인으로 지배적 피드백 루프의 전환을 들 수 있으며, 시스템의 행태와 구조를 연결시켜 이해하려는 시스템 다이내믹스에 있어서 지배적 피드백 루프는 가장 중요한 개념적 요소로 자리잡고 있다.

지배적 피드백 루프에 대한 개념이 시스템 다이내믹스의 연구에서만 중요한 것은 아니다. 시스템 다이내믹스는 복잡한 사회 시스템을 연구 대상으로 하고 있으며, 복잡한 사회 시스템의 변화를 이해하는 도구로써 지배적 피드백 루프가 등장한 것일 뿐이다. 그렇다면, 복잡한 사회 시스템을 다루는 정책결정자나 의사결정자들도 지배적 피드백 루프의 중요성을 인식하고 있을 것이라고 추론할 수 있다.

예를 들어, 인텔사의 회장인 앤드류 그로브는 최근 그의 저서에서 변곡점을 인식하고 잘 활용하는 기업만이 살아남는다고 지적하였다. 빌게이츠 역시 그의 저서에서 변곡점에 대한 언급을 하였다. 변곡점이란 지배적 피드백 루프가 바뀌는 지점이라고 할 수 있다. 지배적 피드백 루프는 시스템 다이내믹스라는 학문적 연구에서 뿐만 아니라 일상생활의 중요한 의사를 결정하는데 있어서도 핵심적인 개념이라고 할 수 있다. 앤드류 그로브 회장은 다음과 같이 지적하고 있다.

"경쟁사회에서 생존전략에 관한 분석은 정태적인 분석인 경우가 대부분이다. 어떤 사업을 좀더 나은 방향으로 또는 그 반대 방향으로 이끈 주요한 영향력에 관해 그때 그때 기술하는 정도라고 할 수 있다. 그러나 이런 식의 접근은 기존 영향력 간의 균형에 심각한 변화가 있을 경우까지 대비하기에는 미흡하다. 가령 특정한 영향력의 세기가 10 배로 되는 경우이다. 기존의 방식대로 이끌어오던 사업정책의 일부에 전례없는 대규모 변화가 생기면, 어떠한 방법도 소용이 없다. 이것은 전보다 10 배에 이르는 변화가 있었다는 의미이다. 이러한 변화가 사업에 미치는 영향은 대단히 크다. 또한 이런 변화에 어떻게 대처하는가가 그 사업의 미래를 좌우한다. (Grove 1998, 한국경제신문사 역)"

이를 그로브는 변곡점이라는 수학적 개념으로 표현하고 있다. 앤드류 그로브가 말하는 전략적 변곡점(strategic inflection point)이란 어떤 사업 영역에 근본적인 변화가 오는 시점이다. 그 변화는 새롭게 성장할 수 있는 계기가 될 수도 있고, 사업의 끝을 알리는 전조가 될 수도 있다. 전략적 변곡점은 사업경영 전반에 걸친 총체적 변화이다. 따라서 새로운 기술 도입이나 경쟁사들과의 싸움에 전념하는 것으로는 해결되지 않는다. 전략적 변곡점은 겉으로 명확하게 드러나는 것이 아니어서, 무엇이 변화되었다고 꼭 집어낼 수는 없지만 무엇이 변화되었구나라는 정도만 인지하게 된다. 다시 말하면, 전략적 변곡점은 주의를 기울이지 않으면 그 변화의 여파로 기울기 시작한 기업을 다시 복구하기가 거의 불가능할 정도로 치명적일 수 있다.



<그림 1>. 앤드류 그로브의 변곡점

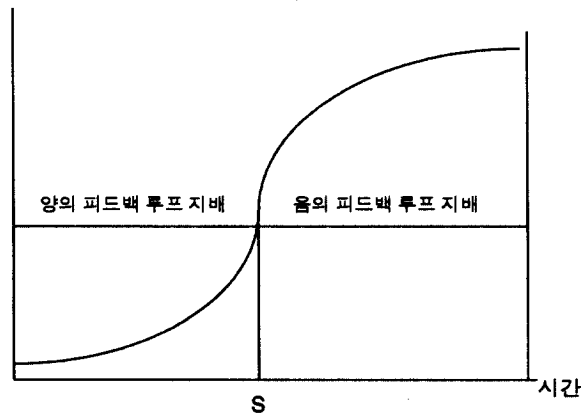
이러한 앤드류 그로브의 전략적 변곡점은 시스템 다이내믹스의 관점에서 보면 지배적 피드백 루프의 변화로 이해할 수 있다. 특히 앤드류 그로브는 음의 피드백 루프에서 양의 피드백 루프로 지배적 루프가 변화되는 상황을 강조하고 있다. 양의 피드백 루프가 지배하기 시작하여 시스템이 균형점에서 급격히 이탈할 때, 이에 신속하게 대응하지 못하면 낙오자가 된다는 것이다.

앤드류 그로브와 마찬가지로 George Soros 역시 시스템의 급격한 변화에 대해 주목할 것을 강조한다. 그는 변곡점이라는 행태에 초점을 두기 보다는 변곡점을 가져오는 시스템의 구조에 초점을 둔다. 시스템이 급격히 변화하는 이유는 시스템과 시스템 속의 행위자들이 상호작용하기 때문이라는 것이다. 이를 Soros는 재귀성(reflexivity)라고 부른다. 즉, 주식 시장에서의 가격은 투자자의 선호에 의해 결정되지만, 동시에 투자자의 선호는 주식 시장에서

의 가격에 의해 결정된다. 이러한 양방향 상호작용은 종종 시스템을 균형상태에서 급격히 벗어나게 한다는 점을 Soros 는 지적하고 있다. 이는 사실상 시스템 다이내믹스의 관점에서 오래 전부터 논의되어 왔던 개념이라고 할 수 있다. 즉, 주식 시장에서는 자기실현적 예언 (self-fulfilling prophecy)이라는 양의 피드백 루프가 작용한다는 점이다. 이러한 양의 피드백 루프가 시장을 지배할 때는 주식 시장이 급격히 균형점에서 이탈한다.

II. 지배적 피드백 루프에 대한 개념의 다양성

지배적 피드백 루프의 개념은 지수함수적인 성장의 예를 통하여 설명될 수 있다. 지수함수적인 성장 즉 확대 과정은 성장의 제약인 안정화 과정에 의해 영향을 받는다. 지수함수적 성장은 양의 피드백 루프에서 음의 피드백 루프로 변화하는 시그모이드 혹은 S-shaped 성장이라고 알려져 있다.

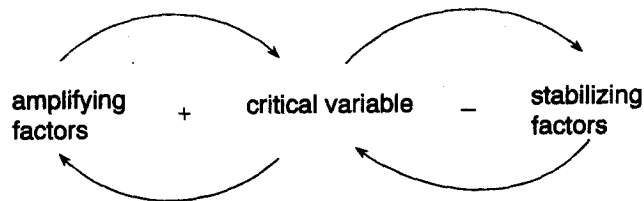


<그림 2> 지수함수적 성장의 일반적인 형태

<그림 2>는 S-shaped 성장 곡선을 보여주고 있다. 지수함수적 성장을 가져오는 양의 피드백 루프는 안정시키는 성장에 의해 제약을 받고 있다. 이러한 S-shape 곡선은 주위에서 흔히 볼 수 있는 현상이다. 유행, 소문, 종교의 확산은 이러한 곡선을 나타낸다. 특히 유행병이나 시장의 포화과정은 고전적인 예가 된다. 또한 면역체계의 변화나 어린 아이의 지적 능력의 발달과정 또한 이런 시그모이드 곡선을 나타낸다. 이러한 시그모이드 곡선은 지배적 루프가 shift 됨에 따라서 나타난다 (Martine 1996). 시스템은 양의 피드백 루프의 지배로 시작한다. 초기에는 양의 피드백 루프가 이 시스템을 지배하고, 음의 피드백 루프는 나타나지 않는 것처럼 보인다. 그러나 시스템이 성장함에 따라 서서히 음의 피드백 루프가 양의 피드백 루프를 대체하여 시스템을 지배하게 된다. 이러한 현상을 지배적 피드백 루프의 전환

(shift of dominant feedback loops)이라고 한다. S-shaped 곡선을 산출하는 일반적인 피드백 구조는 그림 3 과 같다.

<그림 3>에서 critical variable 이란 S-shape 곡선에 따라 변화하는 변수를 의미한다. 왼쪽의 루프는 양의 피드백 루프로써 이 변수를 증가시키는 역할을 하며, 오른쪽의 루프는 음의 피드백 루프로써 이 변수의 성장을 억제하는 역할을 한다. 그런데 이러한 피드백 루프들의 힘이 시간에 따라 변화된다. 처음에는 양의 피드백 루프가 강하게 지배하여 변수의 값이 증가하지만, 어느 정도 성장이 이루어지고 나서 S 지점에 도달하게 되면, 이후에는 음의 피드백 루프가 강하게 작용하여 서서히 성장이 억제된다.



<그림 3> S-shape 곡선을 산출하는 피드백 루프의 일반적 구조

Martine 은 <그림 2>의 S 지점에서 지배적 피드백 루프가 전환된다는 설명하지만, 왜 S 지점에서 지배적 피드백 루프가 전환되는지에 관하여는 명확하게 설명하지 않고 있다. 지배적 루프에 대한 개념 및 그 전환에 대한 엄격한 정의는 아직까지 합의되어 있지 않다. 그보다는 Martine 의 예에서 보듯이 피드백 루프의 지배가 전환되는 지점에 대하여 직관적인 판단에 의존하는 것으로 보인다. 지배적 피드백 루프의 개념을 명확히 정의함으로써 지배적 피드백 루프가 전환되는 지점을 보다 체계적으로 이해하고자 하는 시도는 많은 시스템 다이내믹스 학자들에 의해 시도되어 왔다 (Ford 1999, Richardson 1995, Kampmann 1996, Mojtahedzadeh 1996, Kim 1995).

지배적 피드백 루프에 대한 일반적인 관점은 Grove 의 변곡점과 유사하다. 일반적인 관점에 의하면 <그림 2>에서 S 지점까지는 양의 피드백 루프의 지배기이며, S 지점 이후부터는 음의 피드백 루프의 지배기이다. 여기에서 S 지점은 시스템의 기울기의 증가율이 +에서 -로 바뀌는 변곡점을 의미한다. 일반적으로 시스템 다이내믹스 학자들은 이러한 변곡점을 지배적 피드백 루프가 전환되는 지점이라고 간주한다(김도훈 외, Martin 1996). 그러나 지배적 피드백 루프에 대한 변곡점에 의존하는 상식적인 관점은 복잡한 시스템에는 적용되기 어렵다.

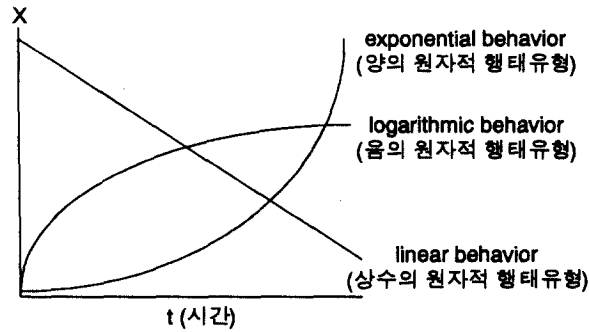
특히 피드백 루프가 세 개이상인 경우에는 변곡점만을 가지고 지배적 피드백 루프의 전환을 발견하기 어렵다. 복잡한 시스템이 보이는 행태는 변곡점 자체를 발견하기가 어렵기 때문이다. 이를 극복하고 보다 엄격하면서도 일관된 지배적 피드백 루프의 개념을 정립하기 위하여 George Richardson은 수학적 정의를 모색한 바 있다. Richardson은 유량과 저장의 개념을 사용하여 수준변수와 변화율 변수에 의하여 루프의 극성이 정해진다고 하였다. 수준변수를 미분한 것과 변화율 변수를 미분한 것이 같은 방향(++ 또는 --)이라면 positive의 극성을 갖고, 다른 방향(+ - 또는 - +)이라면 negative의 극성을 갖는다고 하였다. 즉 수준변수가 약간 변화할 때 그 수준변수에 영향을 주는 변화율 변수가 어떻게 변화하는가에 초점을 두어 피드백 루프의 극성을 정의하고 있다 (Richardson 1995).

Richardson이 수학적으로 피드백 루프의 극성을 정의한 것과는 달리 Ford는 변수의 행태에 초점을 두어 피드백 루프의 극성과 그 변화를 파악하고자 하였다(Ford 1999). Ford는 특정 변수의 변화의 절대값이 이전보다 더 커지는가 혹은 더 작아지는가에 초점을 두고 있다. 결국 Ford는 특정 변수가 변화하는 그래프상에서 기울기의 변화율에 초점을 둔 것이라고 할 수 있다. 따라서 Ford의 정의는 앞서 논의한 일반적인 관점과 유사하다고 할 수 있다. 다만 Ford는 행태의 변화에 대한 일반적인 관점을 체계화하여 피드백 루프의 극성과 그 전환을 발견하고자 했다. 즉 Richardson의 피드백 루프에 대한 접근이 구조에서 시작하여 행태로 접근하는 것이라면, Ford의 접근은 행태에서 시작하여 피드백 루프의 극성 및 그 전환이라는 구조에 이르는 것이라고 할 수 있다.

Ford는 변수의 변화곡선상의 기울기의 변화율을 '원자적 행태유형(Atomic Behavior Pattern)'이라고 부르면서, 특정 변수 x 에 대하여 $\partial(|\partial x/\partial t|)/\partial t$ 로 정의하고 있다. 여기에서 t 는 시간을 의미한다. 이렇게 정의되는 원자적 행태유형의 값에 따라 변수 x 는 다음과 같은 기본적인 행태를 보인다.

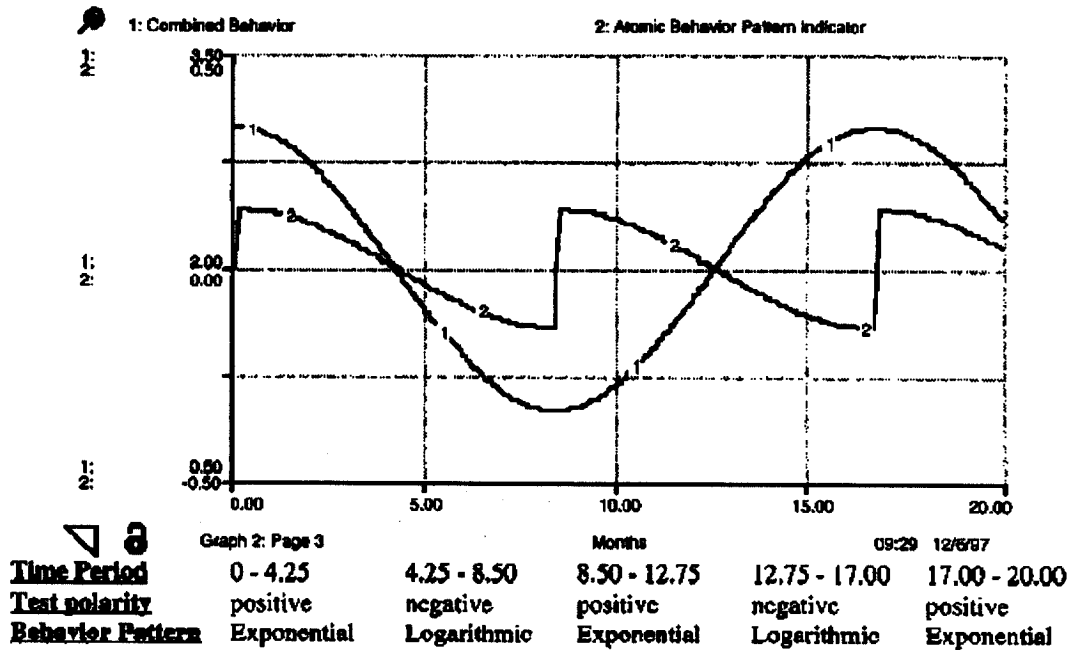
1. 선형적 행태유형: 원자적 행태유형이 상수일 때 변수는 선형적인 증가나 감소를 보인다.
2. 지수함수적 행태유형: 원자적 행태유형이 양의 값을 지닐 때 변수는 기하급수적인 증가를 보인다. 이때에는 양의 피드백 루프가 지배적인 것으로 간주할 수 있다.
3. 로그함수적 행태유형: 원자적 행태유형이 음의 값을 지닐 때 변수는 균형점을 향하여 증가하거나 감소하는 행태를 보인다. 이때에는 음의 피드백 루프가 지배

적으로 작용하는 것으로 간주할 수 있다.



<그림 4> 시간에 따른 변수의 행태유형과 원자적 행태유형

<그림 4>의 행동 유형에서 지수함수적 행동 유형은 positive의 극성을 갖는 피드백 루프에 의해서 발생되며, 로그함수적 행동패턴은 negative의 극성을 지니는 피드백 루프에 의해 발생된다. Ford는 일반적으로 변수의 변화는 위의 3가지 행동패턴이 결합하여 나타난다고 지적한다. 예로서 아래의 그림은 3가지 행동패턴 중에 2가지의 결합의 형태를 보여준다. 지수함수적 행동 패턴은 원자적 행동 유형 값이 양일 때 발생한다고 규정할 수 있고, 로그함수적 행동 패턴은 원자적 행동 유형 값이 음일 때 발생한다고 규정할 수 있다.



<그림 5> 원자적 행태유형의 변화와 지배적 피드백 루프의 전환 (Ford 1999)

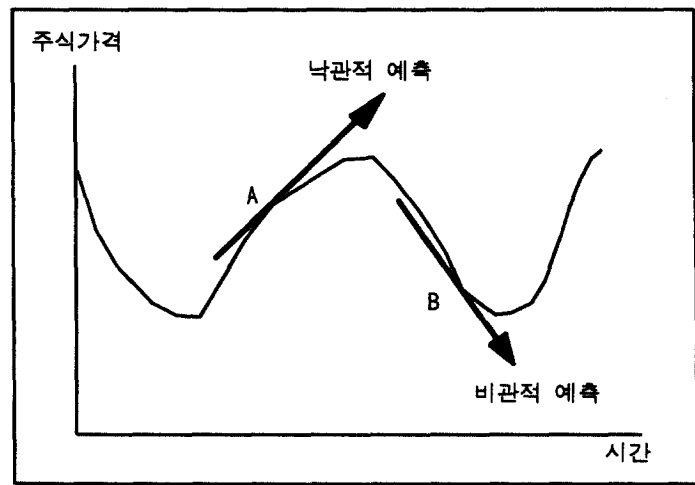
Ford 가 밝힌 지배적 피드백 루프의 변화와 <그림 1>의 Grove 가 지적한 변곡점은 유사하다. 그러나 Ford 가 지적한 지배적 피드백 루프의 전환지점과는 달리 Grove 는 음의 피드백 루프에서 양의 피드백 루프로 전환되는 점만을 지적하고 있다. 양의 피드백 루프에서 음의 피드백 루프로 지배적 피드백 루프가 변화되는 지점에 대해서는 Grove 는 그다지 강조하고 있지 않다. Ford 의 연구는 다양한 지점에서 지배적 피드백 루프의 전환이 일어나고 있다는 점을 보여주고 있다. 그러나 이에 비해 Grove 는 특정한 지점에서의 변곡점만을 강조하고 있다.

III. 지배적 피드백 루프의 인식에 대한 가설

Grove 는 복잡한 시스템의 관리에는 능숙하지만, 피드백 루프의 변화에 대하여는 여전히 상식인이라고 할 수 있다. 따라서 Grove 를 포함한 일반인들은 피드백 루프의 지배 및 그 전환에 대하여 그다지 체계적인 관점을 지니지 못하고 있다고 판단할 수 있을 것이다. 특히 Grove 와 같이 복잡한 시스템에 대하여 능숙하게 관리하는데 익숙하지 못한 일반인들은 더더구나 피드백 루프의 지배와 전환에 대하여 잘못된 판단을 내릴 개연성이 높다고 할 수 있다.

지배적인 피드백 루프에 대한 인식 그리고 그 지배적 피드백 루프가 전환되는 지점에 대한 인식에서 오류를 범한다는 점은 정부의 정책결정이나 기업의 의사결정에서 결정적인 오류를 범할 수 있다는 점을 시사하여 준다. 예를 들어 양의 피드백 루프가 지배적인 상황에서 음의 피드백 루프가 지배하는 상황으로 변화되었음에도 불구하고, 경영자는 여전히 양의 피드백 루프에 적합한 정책을 고수할 수 있기 때문이다. 이는 시스템 다이내믹스 학자들에 의하여 자주 지적되어 왔던 오류이다. 예를 들어 김도훈, 문태훈, 김동환은 주식시장에서의 이러한 행태에 관하여 다음과 같이 설명하고 있다 (김도훈 외 1999).

"(그림 6에서) 주식의 값이 증가하는 A 지점에서 선형적인 예측을 하는 사람은 마냥 주식의 값이 증가할 것이라고 생각하여 낙관적인 예측을 하고, B 지점에서는 주식의 값이 마냥 하락할 것이라는 비관적인 예측을 하게 된다. 그러나 현실의 주식 시스템은 선형적으로 움직이는 법이 없으며 항상 오르고 내리기를 반복한다. 이때 선형적인 예측을 통하여 주식을 거래하는 경우 실패의 연속에서 헤어 나오지를 못할 것이다. (김도훈 외 1999, p.26)"



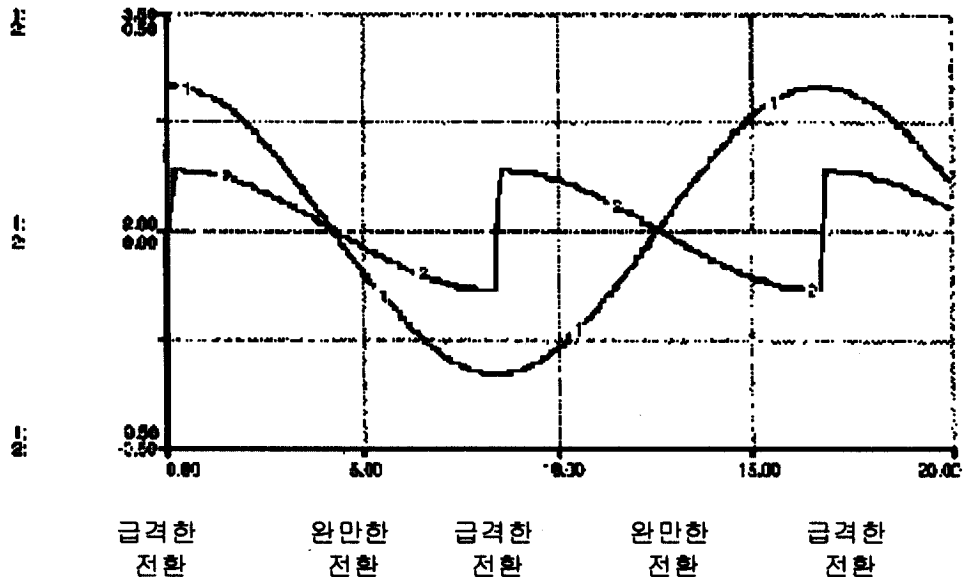
<그림 6> 주식시장에서의 단선적 사고 (김도훈 외 1999)

이러한 설명은 A 지점에서 시스템의 지배적 피드백 루프가 양에서 음으로 전환되었다는 점을 인식하지 못하고 지속적으로 양의 피드백 루프가 지속할 것이라고 투자자들이 믿을 것이라는 점을 전제로 하고 있다. 거꾸로 B 지점에서는 양의 피드백 루프에서 음의 피드백 루프로 그 지배적인 힘이 전환되었다는 점을 투자자는 인식하지 못한다는 점을 전제로 하고 있다. 이처럼 시스템 다이내믹스 학자들은 일반인들이 피드백 루프의 전환을 인식하는데 실패할 것이라는 점을 암묵적으로 전제하는 경향이 있다.

의사결정자들이 피드백 시스템을 충분히 이해하지 못한다는 점은 시스템 다이내믹스라는 학문을 정립시킨 Jay forrester 의 최초의 연구인 '산업동태론(industrial dynamics)'에서부터 제시되어 왔다 (Forrester 1961). 의사결정자들이 시스템의 피드백 구조를 인지하더라도 그 효과를 제대로 인식하지 못한다는 점을 체계적으로 증명한 최초의 연구는 Sterman 의 연구에서 찾을 수 있을 것이다. 그는 management science 저널에 발표된 일련의 연구를 통해서 단순한 피드백 시스템하에서도 의사결정자들은 피드백의 특성을 이해하지 못하며 따라서 잘못된 의사결정에 도달하여 시스템의 안정적 운영에 실패한다는 점을 증명하였다(Sterman 1987, 1989, Paich & Sterman 1991). 그러나 Sterman 이 발견한 오류는 피드백의 효과를 인식하지 못한다는 점이지, 지배적 피드백 루프에 대한 인식을 못한다는 점을 의미하지는 않는다.

이상에서 논의하였듯이 일반적인 의사결정자들은 지배적 피드백 루프가 전환되는 지점을 인식하는데 실패한다고 가설을 세울 수 있다. 그러나 모든 지배적 피드백 루프의 전환에 대해서 인식하지 못한다는 것은 아니다. 지배적 피드백 루프가 전환되는 양상은 크게 두가지로 나눌 수 있다. 즉, 급격한 전환과 완만한 전환으로 나눌 수 있다. 급격한 전환이란 지배적 피드백 루프의 전환에 따라서 변수의 값이 증가에서 감소 또는 감소에서 증가로 변화되는 경우를 의미한다. 반면 완만한 전환이란 지배적 피드백 루프가 전환되더라도 변수의 값이 지속적으로 증가하거나 감소하는 경우를 말한다. 이러한 구분을 앞서의 Ford 논의와 연결지어 설명하면 <그림 7>과 같다.

<그림 7>에서 보듯이 변수의 값이 파동을 이루면서 변화할 때, 변수의 값이 골이나 산에서 변화하는 경우에는 일반인들이 인식할 수 있을 정도로 급격한 변화가 눈에 띈지만, 변수의 값이 급격히 증가하다가 서서히 증가하는 경우에서와 같은 지배적 피드백 루프의 전환이 일어나는 경우 변수의 값은 완만히 변화하여 일반인들이 인식하기 어렵다. 따라서 지배적 피드백 루프의 전환에 대한 일반적인 가설을 다음과 같이 제시할 수 있다.



<그림 7> 지배적 피드백 루프의 급격한 전환과 완만한 전환의 구분

가설 1: 의사결정자들은 완만한 지배적 피드백 루프의 전환보다는 급격한 지배적 피드백 루프의 전환을 인식하는 경향이 높다.

가설 2: 의사결정자들은 완만한 지배적 피드백 루프의 전환에서 보다는 급격한 지배적 피드백 루프의 전환 지점에서 정책적인 개입을 시도하는 경향이 있다.

첫번째의 가설과 두번째의 가설은 상호 연관되어 있다. 첫번째의 가설은 인식에 한정되어 있으며, 두번째의 가설은 지배적 피드백 루프의 전환에 따른 정책적 개입에 관련된다. 이는 지배적 피드백 루프의 전환을 인식하였을 때 이에 대응하기 위하여 의사결정자들이 행동을 취할 것이라는 점을 전제로 하고 있다.

그런데 이러한 가설은 정책개입의 효과성과 관련하여 중요한 시사점을 주고 있다. 그림 7 과 같은 시스템에 있어서 포드의 분석에 의하면 지배적 피드백 루프가 급격히 전환되는 지점에서 그 피드백 루프의 힘(force)이 가장 강하기 때문이다. 따라서 지배적 피드백 루프가 급격히 전환되는 지점에서 이루어지는 정책 개입은 그 효과를 가져오기가 어렵다고 할 수 있다. 이에 비해 지배적 피드백 루프가 완만히 전환되는 지점에서는 이전의 피드백 루프나 새로이 지배적인 피드백 루프나 모두 가장 약한 힘을 지니고 있다. 따라서 그림 7 과 같은 시스템하에서는 급격하게 지배적 피드백 루프가 전환되는 지점에서 보다는 완만하게 전

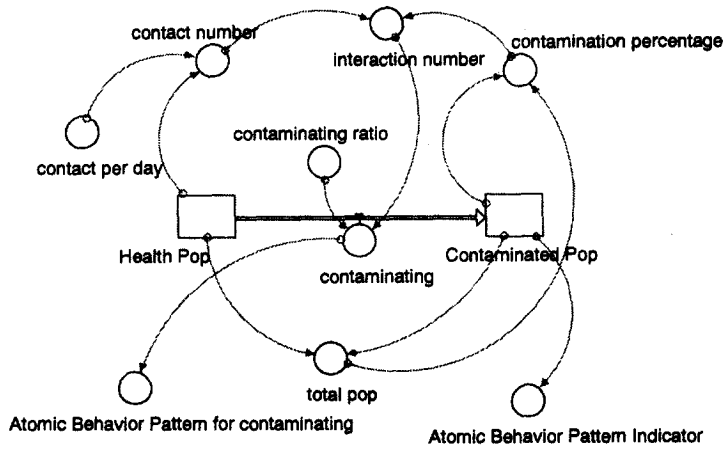
환되는 지점에서 정책개입을 시도할 때 그 효과가 더 크다고 할 수 있다. 물론 이는 모든 시스템에서 적용되는 것은 아니다. 시스템에 따라서는 완만하게 지배적 피드백 루프가 전환되는 지점에서 피드백 루프의 힘이 강한 경우가 있기 때문이다. 다만 지배적 피드백 루프의 전환이 급격하게 일어나는 지점이 정책개입이 효과성을 담보하는 지점이 아니라는 점만은 분명하다. 따라서 가설 1 과 가설 2 는 의사결정자들이 정책개입을 효과적으로 시도하지 못하는 경향이 있다는 점을 의미한다.

IV. 지배적 피드백 루프의 인식에 대한 실험

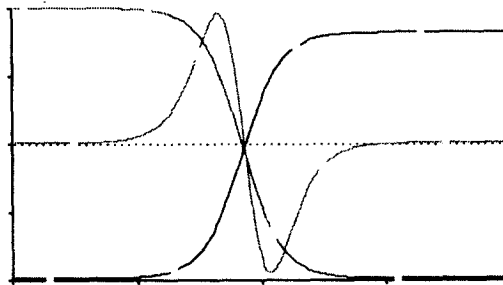
본 논문에서는 지배적 피드백 루프의 인식에 있어서 가설 1 과 가설 2 가 어느 정도 타당한지에 관하여 실험하고자 하였다. 여기에서는 전염병이 확산되는 단순한 시스템 다이내믹스 모델을 근거로 하여 실험하였다. 그림 8 은 전염병 확산 모델의 STELLA 다이어그램이며, <그림 9>와 <그림 10>은 전염병 확산 과정에 대한 Ford 의 원자적 행태유형의 분석을 적용한 그래프이다.

<그림 9>에서 알 수 있듯이 전염병에 걸린 환자의 수는 초기에 급격히 증가하다가 나중에는 그 증가속도가 감소한다. 초기에는 양의 피드백 루프가 지배하다가 25 일 경에서 음의 피드백 루프가 지배하는 지배적 피드백 루프의 전환이 발생된다. 이는 그림 10 에서도 마찬가지이다. <그림 10>은 전염병에 걸린 환자의 수가 아니라 건강한 사람이 전염병에 걸리는 변화율 변수를 의미한다. <그림 9>와 <그림 10>은 동일한 현상을 의미하는 것이다. 다만 그림 9 는 수준변수를 표현한 것이며, <그림 10>은 변화율 변수를 표현한 것이다. 그러나 원자적 행태유형의 변화는 <그림 9>와 <그림 10>에서 상이하며, 따라서 지배적 피드백 루프의 변화 역시 상이하다.

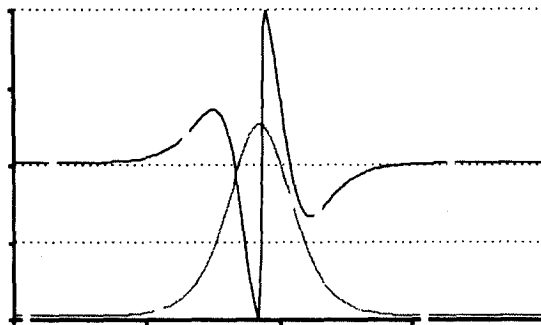
비록 <그림 9>와 <그림 10>은 상이한 원자적 행태유형의 변화를 보여주고 있지만, 기본적으로 두 변수는 하나의 시스템의 변화와 관련된다. 그리고 <그림 9>의 지배적 피드백 루프가 전환되는 지점과 <그림 10>에서 두번째로 지배적 피드백 루프가 전환되는 지점은 동일하다. 다만 <그림 9>에서의 지배적 피드백 루프의 전환은 완만한 형태로 보이는데 반하여, <그림 10>의 두번째 지배적 피드백 루프의 전환은 급격한 행태를 취한다. 따라서 앞서 제시한 가설에 따르면, 의사결정자들은 <그림 9>와 <그림 10>에 대하여 상이하게 지배적 피드백 루프의 전환을 인식할 것이라고 추론할 수 있다. 이 실험에서의 가설은 다음과 같이 정립될 수 있다.



<그림 8> 전염병 확산 모델



<그림 9> 전염병 확산 과정에 대한 지배적 피드백 루프의 전환 1(수준 변수)



<그림 10> 전염병 확산 과정에 대한 지배적 피드백 루프의 전환 2(변화율 변수)

가설 3: 수준변수에 대한 지배적 피드백 루프의 전환에 대한 인식과 변화율 변수에 대한 지배적 피드백 루프의 전환에 대한 인식이 상이하다.

이러한 가설은 의사결정의 시점에서 중요한 시사점을 준다. 의사결정자에게 수준변수의 변화에 대한 그래프를 보여주는 것과 변화율 변수의 변화에 대한 그래프를 보여줄 때 지배적 피드백 루프의 전환에 대하여 상이하게 인식한다면, 의사결정자의 인식과 이에 따른 정책개입이 일관성을 유지하기 어려워질 것이기 때문이다. 또한 어떠한 변화 그래프를 의사결정자에게 보여주는가에 따라 의사결정의 효과가 상이할 것이라는 점을 가설 3은 시사하여 주고 있다.

이상에서 논의한 가설들에 대하여 아직까지 피실험자들을 상대로 한 실험이 완료되지는 못하였다. 다만 이러한 실험을 수행하기 위한 전실험(pre-test)를 수행한 결과는 위의 가설 1,2,3이 어느 정도 타당할 것이라는 점을 말해 주고 있다. 예를 들어, 전염병 확산과정의 그래프를 학생들에게 보여주고, 그들에게 당신이 만약 보건복지부의 책임자라면 언제 치료약을 투여할 것인가를 물어보았다. 그들은 한결같이 전염병이 시작할 때, 즉 전염병 경보를 울리면서 동시에 치료약을 투여할 것이라고 대답을 하였다. 즉 그들은 치료약의 투여가 빠르면 빠를수록 전염병의 확산을 막는다는 믿음을 가지고 있었다. 또한 그들은 곡선의 형태가 전염병 확산이 아닌 조직의 사기저하과정에 대한 그래프라고 설명하고 당신이 그 기업의 사장이라면 언제 사기진작을 위한 노력을 하겠느냐는 질문에도 역시 사기가 떨어지기 시작하는 시점이나 오히려 약간 전에 사기진작을 위한 노력을 하겠다고 대답하였다. 즉 일반인으로써의 의사결정자들은 대부분 지배적 피드백 루프에 대한 인식을 하지 못하고, 자신들이 바라는 방향으로 그래프의 곡선의 모양을 바꾸기 위해서는 초기에 진입하는 것이 가장 좋다고 하였으며, 미리 알 수만 있다면 증상이 나타나기 전에 미리 대비하는 유비무환의 자세가 좋지 않겠느냐는 대답을 하였다.

의사결정자들은 지배적 피드백 루프가 바뀌는 변곡점에 대한 인식을 수행하지 못하는 경향이 있으며, 그 보다는 변수 값의 최고점과 최저점에 관심을 기울이는 경향이 있었다. 이러한 경향은 본 논문에서 지적한 바와 같이 완만한 지배적 피드백 루프의 전환보다는 급격한 지배적 피드백 루프의 전환에 민감하는 점과 일치하는 것이라고 해석할 수 있다.

또 다른 실험의 예로써 피실험자들에게 성장하던 벤처기업이 있었는데, 어느날 무능력한 사장이 취임하였다고 하였다. 그리고 그 기업은 무능력한 사장 때문에 전처럼 좋은 생산성을 내지 못하고 결국은 도산의 위기에 빠졌다고 하면서 그림 7에서와 같은 그래프를 보여주었다. 그리고 사장이 바뀐 시점이 언제였을까 라는 질문에 그들은 산출물이 정점에 이르렀던 지점에서 사장이 바뀌었을 것이라는 대답을 하였다. 이러한 인식은 역시 완만한 지배

적 피드백 루프의 전환보다는 급격한 전환에 인식의 초점을 두는 행태에서 비롯된 것으로 해석할 수 있다. 시스템 다이내믹스의 시각에서 보면 성장율이 증가하다가 감소하는 지점이 지배적 피드백 루프가 바뀌는 지점이고, 그 시점을 지나서도 성장율은 감소하나 성장 자체는 지속된다. 실제로는 지배적 피드백 루프가 바뀌었음에도 불구하고 일반인은 계속해서 성장을 주도하는 메커니즘이 지배하는 것으로 인식하는 것이다.

IV. 결론: 미래의 연구방향

본 논문에서는 지배적 피드백 루프의 전환에 대한 인식에 있어서 의사결정자들은 완만한 전환보다는 급격한 전환에 더 민감할 것이라는 점 그리고 어떤 변수에 초점을 두는가에 따라 의사결정자의 개입 시점이 달라질 것이라는 점 등에 대하여 살펴보았다. 그러나 아직까지 본 논문에서는 이러한 가설들을 체계적으로 실험하지는 못하였다. 향후 전염병 확산 모델 및 그 변화에 대한 그래프를 통하여 보다 체계적으로 실험을 수행함으로써 본 논문에서 제시된 가설들이 어느 정도 타당한지를 검토하고자 한다. 또한 이러한 가설들은 의사결정상황에서 대단히 중요한 시사점들을 내포하고 있다고 생각된다. 향후 본 논문에서 제시된 가설들이 의사결정상황에서 어떻게 다양한 형태의 오류를 발생시키는가에 관하여 연구를 수행해야 할 것으로 생각된다.

<참고문헌>

- Ford, D.N. 1999, "A behavior approach to feedback loop dominance analysis," *System Dynamics Review*, Vol. 15, No. 1. spring.
- Forrester, Jay W., 1961, *Industrial Dynamics*. Cambridge, The MIT Press.
- Kampmann, 1996, Feedback loop gains and system behavior, *Proceedings of the 1996 International System Dynamics Conference*.
- Karim Jamal., Paul E. Johnson., & R. Glen Berryman, 1995, "detecting Framing Effects in Financial Statements," *Contemporary Accounting Research*, Vol. 12, No. 1. fall.
- Kim, D.H., 1995, A new approach to finding dominant feedback loops: loop-by-loop simulations for tracking feedback gains, *System Dynamics: an International Journal of Policy Modeling*, 7(2), 1-15.
- Martine L.A., 1996, "Exploring S-shaped Growth," *System Dynamics Roadmap D-4476*.

- Mojtahedzadeh, M.T., 1996, *A Path Taken: Computer-Assisted Heuristics for Understanding Dynamic Systems*, Ph. D. thesis, Rockefeller College of Public Affairs and Policy, University of Albany, State University of New York, Albany, NY.
- Paich M., Sterman J.D., 1993, "Boom, Bust, and Failures to Learn in Experimental Markets", *Management Science*, Vol. 39, No.12, pp.1439-1458.
- Quattrone, George A. & Amos Tversky, 1988, "Contrasting rational and psychological analyses of political choice," *American Political Science Review*, Vol. 82, No. 3, september.
- Richardson, G.P., 1984, "Loop polarity, loop dominance, and the concept of dominant polarity," *System Dynamics Review*, Vol. 11, No. 1. spring.
- Sterman, J.D., 1987, "Testing Behavioral Simulation Models by Direct Experiment", *Management Science*, Vol. 33, pp.1572-1592.
- Sterman, John D., 1989, *Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision-Making Experiment*, *Management Science*, Vol. 35, No. 3, pp.321-339.
- 김도훈 문태훈 김동환, 1999, 『시스템 다이내믹스』, 서울: 대영문화사.
- 김동환, 1998, "IMF 시기의 정책딜레마와 합리적 대응방안에 관한 연구(김대중대통령의 인지지도분석 및 컴퓨터시뮬레이션)," 『아산사회복지재단 연구과제최종보고서』.
- 앤드류 그로브, 1998, 『편집광만이 살아 남는다』, 서울: 한국경제신문사.