

시스템 다이내믹스 모델링을 통한 중·저준위방사성폐기물시설 부지선정 영향 인자 분석

이영준[†] · 조성경*

아주대학교, *명지대학교

(2008년 4월 16일 접수, 2008년 7월 21일 수정, 2008년 7월 29일 채택)

Logical Analysis for Parameters of Radioactive waste Policy using System Dynamics Technique

Y.J. Lee[†] and S.K. Cho*

Ajou University, Myongji University

(Received 16 April 2008, Revised 21 July 2008, Accepted 29 July 2008)

요 약

2005년 중·저준위 방사성폐기물처리시설의 부지선정 과정은 목표를 달성했다는 측면에서 성공 사례로 평가할 수 있다. 그러나 과정에서 나타난 한계점들은 여전히 풀어야 할 숙제로 남아 있다. 이 정책의 성공과 한계에 대한 영향 인자와 이들 상호간의 관계를 분석함으로써 향후 관련 정책 수립 및 추진에 효과적인 틀을 제공할 수 있을 것으로 예상된다. 방사성폐기물처리시설 정책의 정성적인 요인들은 변수로 설정하여 방사성폐기물처리시설 모델을 수립하였으며 이 모델을 계산하기 위하여 통합적 분석 틀인 시스템다이내믹스를 활용하였다. 시스템다이내믹스 분석 결과를 보면 정책주체의 투명성, 지역 지원 수준, 홍보를 조절 가능한 요인으로 설정하였을 때, 찬성 논리와 반대 논리 사이에 직간접적으로 영향을 미치고 중간에 신뢰가 매우 중요한 역할을 하고 있음을 가시적으로 나타낼 수 있었다. 신뢰는 제시된 여러 인자들에 영향을 미치거나 피드백되어 의견이 결정의 방향성을 전환할 있는 정책지렛대라 할 수 있다.

주요어 : 중저준위 방사성 폐기물 시설, 시스템다이내믹스, 부지선정, 신뢰

Abstract — Decision-making of the site for the medium and low-level radioactive-waste disposal facilities in 2005 can be estimated as a success. But the limits exposed during the process still remain as problems to be solved. Analyzing the causes of success and failure of the policy and their correlation was expected to provide an effective guideline on future policies. The analysis shows that the transparency of policy makers, the level of community supports and the public relations are decisive factors. System dynamics, a synthetic analyzing tool, is used as a methodology for policy analysis. The result of the system dynamics analysis shows that public confidence is to be the key role to for and against logics when transparency of stakeholder, subsidy and public information are set as adjustable parameters. Public confidence takes a role of leverage that can convert tendency of conclusion by the opinion which influenced by selected parameters.

Key words : Medium and low-level radioactive-waste disposal facilities, System dynamics, Decision-making of the site, Public confidence

[†]To whom correspondence should be addressed.
Energy System Center 202, AJOU Univ., San5, Won-chon
dong, Youngtong gu, Suwon si, Korea
Tel: 031-219-2683
E-mail: tearingtree@hanmail.net

1. 서 론

한동안 이슈가 되었던 중·저준위 방사선편기물처분 시설의 부지선정 과정은 정보가 대다수의 국민들에게 공개되고 지역 간의 이해관계가 강화되어지는 현대의 추세에서 과거와는 다른 양상을 띠고 있었다. 해당 지역의 보상 뿐 아니라 여론 및 정치적 상황이 복합적으로 고려되어야 하는 복잡성 때문에 성공적인 정책 실행을 위해 그동안 많은 시행착오를 겪어야 했다. 시행착오를 통한 경험을 바탕으로 중·저준위 방사선편기물처분시설에 관련된 정책에 영향을 미치는 영향 요인들을 감각적으로 체득하였으나 모든 요인들의 구체적이고 논리적인 흐름까지 파악했다고 할 순 없다. 체득한 요인들의 상호 영향 관계를 파악하는 것은 유사한 정책이나 고준위 방사선편기물처분시설 부지선정 정책에도 중대한 영향을 미칠 수 있으므로 중·저준위 방사선편기물처분시설의 부지선정 과정을 통해 세워진 논리적인 이론 체계를 검증하고 근거를 갖출 필요가 있다.

방사성폐기물 정책을 둘러싼 영향요인들은 국가적 차원의 요인으로부터 개인의 심리적 요인까지 그 범위가 상당히 폭넓을뿐더러 입지를 둘러싼 지역 간 갈등, 지방정부와 지역주민 간 갈등, 중앙정부와 지방정부 간 갈등 등 복잡한 양상을 띠고 있다. 실질적으로 2005년 중·저준위 방사선편기물처분시설 부지선정 정책은 방사성폐기물 정책이라는 전체적인 맥락에서 보면 지극히 일부분에 해당한다. 그러나 19년간의 갈등 구조에 간혀 움직이지 못했던 정책이 그 울타리를 뛰어넘었다는 것은 향후 방사성폐기물 정책을 수립하고, 결정하여 추진해 나가는 데 책임적인 열쇠를 제공할 수 있다는 점에서 평가할 만한 가치가 충분하다. 따라서 어떠한 영향요인들이 2005년 경주 중·저준위방사성폐기물처분시설 부지선정 정책 과정에서 작용했는지 꼼꼼히 분석하는 것은 반드시 거쳐야 할 것이다. 하지만 정책영향 요인들은 정성적인 면을 가지고 있을 뿐 아니라 외부환경에 영향을 주고받는 복합적인 양상을 띠고 있으므로 각각을 평가하기 위한 모델을 구성하는 것은 매우 난해하다.

정성적이며 외부 환경과의 경계를 나누기에 모호한 문제를 다루기 위해 외부 영향 인자들을 시스템 경계 안으로 끌어들여 실질적인 문제에 보다 근접한 환경을 조성하고 인자간의 복잡한 관계 및 피드백 등을 표현할 수 있는 시스템 다이내믹스를 사용하였다. 여기서 영향 인자란 외부 환경 및 정성적 혹은 정량적으로 결정된 서로 논리적 연계관계 형성이 가능한 요인들로 영향 인자들은 논리적 이해관계에 의해 일차 미분이 가능한 대수학적으로 연계되어 있으며 논리적 흐름을 시스템 다이내믹스의 다이어그램을 통해 시각적으로 쉽게 파악할 수

있도록 하였다. 본 연구에서는 경험이나 논리적으로 도출된 영향 인자를 변수로 설정하고 변수간의 관계 흐름을 통해 모델을 구성하여 실제 설문 데이터에 의해 유효성을 확인하였다.

2. 모델링 및 분석

2-1. 분석틀 - 시스템 다이내믹스

시스템 다이내믹스는 시스템의 구조적인 특성과 함께 시스템을 통제, 관리하는 정책과 의사결정을 함께 연구한다. Forrester에 의해 처음 개발된 시스템 다이내믹스는 산업, 경제, 사회, 환경 시스템을 분석하는데 사용되고 있다(Forrester, 1961). 시스템 다이내믹스의 가장 강력한 포인트는 복잡한 비선형 시스템에 대한 분석적인 해결책 제공이 가능하다는 점이다(Kwak, 1995). 시스템 다이내믹스 모델링은 시스템에 대한 모델 설계자의 고유 시각과 이해를 바탕으로 인과관계 루프 다이어그램 형태로 개념적 모델 구조를 만들어내는 것이다. 시스템 다이내믹스는 시스템의 구조와 시스템의 행태간의 상호 관련성을 연구하는 일종의 학문 체계라 할 수 있다. 시뮬레이션 즉 저장/유량(stock/flow) 모델을 통해 시스템 다이내믹스는 이 둘을 연계시킨다. 복잡성을 지닌 시스템에 있어 그 구조로부터 행태를 추론하는 것은 직관이나 일반적인 수리적 방법론으로는 불가능하다. 그렇기 때문에 컴퓨터 시뮬레이션 방법을 사용하게 되는 것이다(Sterman, 1991).

한편, 시스템 다이내믹스에서는 컴퓨터 시뮬레이션 모델 수행 이전에 모델의 대상이 되는 시스템의 구조적 특성을 분석하기 위한 방법론으로 인과지도(causal map)를 사용한다(Richardson, 1991). 인과지도(causal map)는 시스템의 인과 구조에 초점을 맞추고, 이를 화살표와 +, - 기호로 표현한다. 즉, 변수 간의 인과 관계를 표시하는 화살표에 의해 인과관계 루프 다이어그램의 변수들은 연결된다(Sterman, 2000). 특히 인과지도(causal map)는 피드백 루프(feedback loop)라는 구조를 중시한다. 이러한 맥락에서 볼 때, 시스템 다이내믹스 모델링은 시스템의 인과 구조를 파악하기 위한 인과지도 분석과 이를 시뮬레이션 하기 위한 모델링으로 이분화 된다고 할 수 있다.

시스템 다이내믹스는 다음과 같은 특징을 갖는다. 우선 시스템의 구성 요소들 사이의 순환적 인과관계와 피드백을 강조한다. 종속 변수와 독립 변수의 개념이 아닌 모든 인과 관계를 순환적 관계로 규정한다. 둘째, 시스템 요소들의 상대적 중요성을 시간의 흐름에 따라 변화하는 것으로 본다. 즉 지속적으로 상호 영향을 주고받는 다이내믹한 관계로 설정하는 것을 의미한다. 셋째, 시스템 다이내믹스는 분석적 사고와 통합적 사고의 조화

를 강조한다. 따라서 시스템을 구성하는 부분을 분석하고 차례로 부분들을 연결함으로써 시스템 전체를 이해하는 구도를 갖고 있다. 이러한 분석들은 현재 진행되고 있는 시스템의 특징이나 문제가 되는 행태에 대한 구조적이고 근본적인 이해를 가능하게 해준다. 시스템 다이내믹스는 다층적이고 상호 복합적인 사회적 변수들을 논리적으로 재구성해서 현실 사회와 거의 유사한 형태로 사이버 상에 구현함으로써 생각할 수 있는 모든 가설에 대한 결론을 도출할 수 있다. 따라서 복잡적이고 합성적인 방사성폐기물 정책을 분석하는 데 충분한 적합성을 갖고 있는 것으로 판단된다.

2-2. 방사성폐기물 정책의 인과 지도

방사성폐기물 정책에 있어 정책주체에 의해 결정될 수 있는 변수로 「정책주체의 투명성」, 「지역 지원 수준」, 「홍보」가 선정되었다. 세 결정변수들은 모델안의 다른 변수들에 영향을 미치는 초기 결정 변수로 설정되며 정책주체의 의지와 추진력에 의해 결정될 수 있는 능동적인 변수들이다.

「정책주체의 투명성」은 신뢰 변수에 영향을 주고 신뢰 변수는 다시 경제적 기대 심리와 올바른 정보 요인에 긍정적인 영향을 주며 반대활동 요인을 억제하는 효과가 있다. 「지역 지원 수준」은 경제적 기대 심리, 지자체의 유치 의지, 찬성 논리의 정당성 및 반대 논리의 정당성에 영향을 미치고 이들은 다시 찬성률, 올바른 정보, 주민 자체 유치 활동, 반대 활동의 인자에 복합적으로 영향을 주게 된다. 「홍보」는 올바른 정보를 제공하는 데 사용되며 올바른 정보는 찬성논리의 정당성과 반대논리의 정당성에 서로 반대 경향의 영향을 미치게

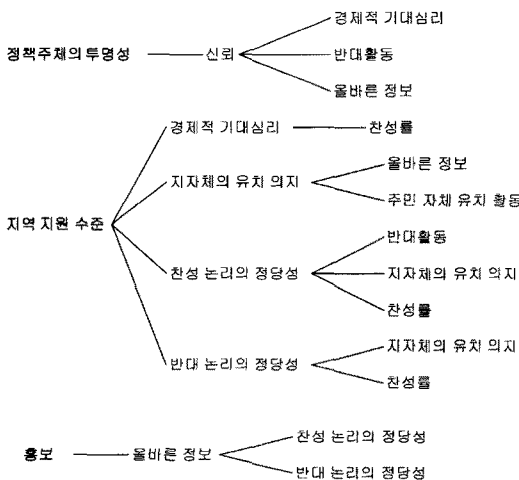


그림 1. 결정변수들간 영향효과 지도.

된다. 앞선 설명들을 정리하여 결정변수들의 다른 변수들에 대한 영향 흐름에 대한 지도를 그림 1에 나타내었다.

시스템다이내믹스에서는 문제를 시스템 관점에서 정의하고 분석하게 되는데, 시스템 영역의 정의에 있어서 다른 시스템과의 차별성이 존재한다. 환경과 상호작용하지 않는 폐쇄적 시스템으로 문제를 정의할 경우, 외부 환경에 대한 고려 없이 문제를 간편하게 정의 할 수 있다. 하지만 시스템 외부환경이 시스템 내부에 많은 영향을 미칠 경우, 문제의 정의는 현실과 괴리될 수밖에 없다. 반면 완전히 개방된 시스템으로 문제를 정의할 경우, 문제의 복잡도가 불필요하게 높아지게 된다. 외부 환경과 연관성과 모델의 현실성의 역함수 관계를 해소하기 위해 시스템 다이내믹스에서는 문제와 연관성이 높은 외부환경을 시스템 내부영역으로 흡수하여 현실 상황을 왜곡하지 않고 복잡한 문제를 충분히 설명할 수 있는 수준에서 시스템의 경계를 결정하고 문제를 정의하게 된다. 결정된 경계 안에서의 문제 영역에 대해 정의가 내려지면 해당 문제의 분석을 통해서 문제를 구성하는 변수들의 정의와 변수들 간의 인과관계에 대한 방향성, 상관관계의 극성 등을 규명하는 과정을 거치게 된다.

방사성폐기물처리시설의 인과지도 작성 또한 외부환경의 영향들을 내부영역으로 흡수하기 위해 외부환경 영향들을 변수로 설정하였으며 변수들의 특성에 따라 변수명 앞에 이니셜을 넣어 구분하였다. 변수명 앞에 들어가는 이니셜에 대한 설명은 표 1에 나타난 바와 같이 8가지로 나누었으며 아무런 이니셜이 붙지 않는 경우 일반적으로 설정된 변수를 의미한다.

방사성폐기물처리시설의 인과지도 중심에는 찬성 논리와 반대 논리가 지닌 각각의 정당성과 함께 찬성률과 반대활동으로 이루어진 강력한 양(+)의 피드백이 놓여있다. 지역에 대한 경제적 지원 수준은 그림 2와 같이 찬성률과 찬성 논리의 정당성을 높이는 역할을 하고 있는 반면에 반대논리의 정당성을 영향력을 줄여주고 있다. 홍보의 경우는 찬성 논리의 정당성을 확보하는 데 긍정적인 영향을 미치는 반면, 반대 논리의 정당성을 약화시키는 역할을 한다. 한편, 지자체의 유치 의지와 주민의 자체 유치 활동을 모두 고려한다면 그림 2와 같은 인과지도가 완성된다. 인과지도에서 보여주는 바와 같이 양

표 1. 이니셜에 따른 변수 종류 설정.

이니셜	내용	이니셜	내용
c	일반 상수	p	프로그램에 의해 구해지는 상수
d	의사결정 상수	w	가중치
i	초기값	x	지역
L	Look-up table	D	데이터표

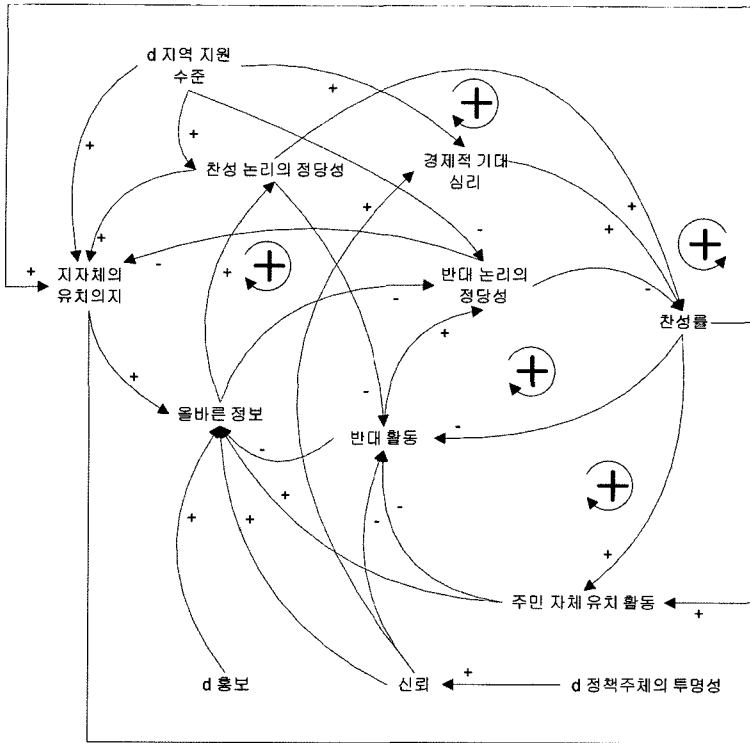


그림 2. 방사성폐기물 처분시설 인과지도.

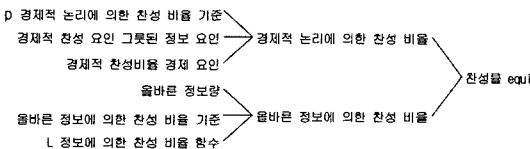


그림 3. 찬성률 인과 관계.

의 피드백이 주요 모델의 구조를 형성하고 있다. 그리고 그 중심에는 「찬성률」과 「올바른 정보」가 있음을 확인할 수 있다.

찬성률은 다음 그림 3와 같이 경제적 논리에 의한 것과 올바른 정보에 의한 것으로 나타내어 모델화하였다. 정보의 양은 올바른 정보량과 그릇된 정보량으로 구분하여 모델화하였으며, 올바른 정보량은 홍보로, 그릇된 정보량은 반대 활동의 결과에 의해 누적되는 것으로 가정하였다.

누적 과정에 효과를 고려하였는데, 각각 신뢰가 중요한 역할을 하는 것으로 판단된다. 신뢰는 전체 시스템의 Behavior에 대해 상당히 영향력 있게 작용하며 다음 그림과 같이 3가지 경로를 통해 시스템에 영향을 미치

는 것으로 모델화하였다. 우선 반대 활동이나 홍보활동의 효과에 영향을 주어 또 다른 중요한 변수인 정보량에 영향을 주도록 하였다. 또 지역에 대한 경제적 지원에 대한 믿음이 최종적으로 찬성률에 영향을 미치도록 되어 있다.

2-3. 방사선 폐기물 정책의 유량-저량 다이어그램

인과지도를 작성한 후 이를 계산하기 위한 상세 모델이 유량-저량 다이어그램이다. 다이어그램은 시간에 대한 미적분 및 대수식으로 이루어져있으며 이를 유량과 저량에 비유하여 나타낼 수 있다. 유량-저량 다이어그램을 통해 각 변수들의 시간 변화를 계산하였으며 인과지도를 근거로 변수간의 모델을 그림 4~그림 11과 같이 나타내었다.

우선 유치 찬성 및 반대의 주민 비율은 그림 4과 같이 유치를 찬성하는 주민과 반대하는 비율의 변화를 추적하여 나타낸다. 여기서 유치찬성 주민 비율은 각 지역별로 경제적 논리에 의해 찬성하는 비율과 올바른 정보에 의해 찬성하는 비율의 합을 나타내며 유치 반대 주민 비율은 전체에서 무관심 주민 비율과 유치 찬성 주민 비율을 제외한 비율을 뜻한다. 각 유치 찬성 및 반

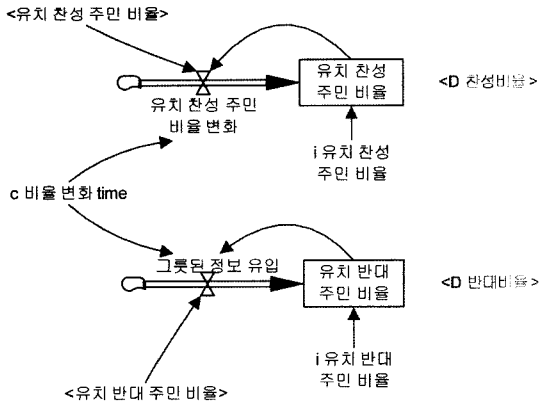


그림 4. 유치 찬성 및 반대에 대한 유량-저량 모델.

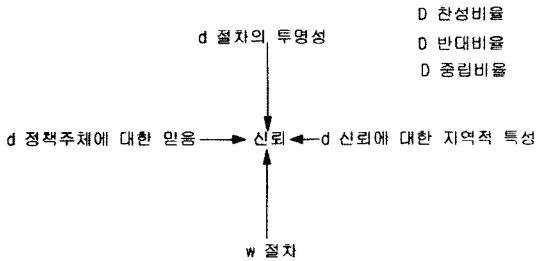


그림 5. 신뢰에 대한 모델.

대 비율은 변화요인에 의해 전격적으로 수용되는 것이 아니라 시간에 따른 비율로 feedback되도록 하여 현실 세계에서 주민들이 일시에 찬성이나 반대로 입장을 반복하는 현상을 방지하였다.

신뢰는 절차의 투명성과 정책주체에 대한 믿음이 절차에 의해 가중되어 결정되며 다시 각 지역별로 신뢰에 대한 지역적 특성에 의해 영향을 받도록 설정되어 있다. 본 연구에서 사용되어진 신뢰는 다른 변수에 영향을 주는 지수의 역할을 하며 최대 10의 값을 갖는다. 신뢰에 대한 모델은 그림 5에 나타내었다.

올바른 정보량은 올바른 정보 유입과 decay의 차에 의해 결정되며 올바른 정보 유입은 각 지역별로 신뢰의 정도와 그릇된 정보의 비로 나타내어지는 홍보활동의 효과와 홍보 활동 수준의 조합으로 구성된다. 올바른 정보량 모델과 마찬가지로 그릇된 정보량은 각 지역별 신뢰의 정도와 올바른 정보의 비를 나타내는 그릇된 정보 유입과 그릇된 정보의 decay 양의 차에 의해 나타내어진다. 즉, 올바른 정보량은 신뢰도가 높은 지역에서 더욱 효과적으로 유입되며 그릇된 정보량은 반대의 효과를 나타내도록 설정되어졌으며 이에 대한 모델은 그림 6와 같다.

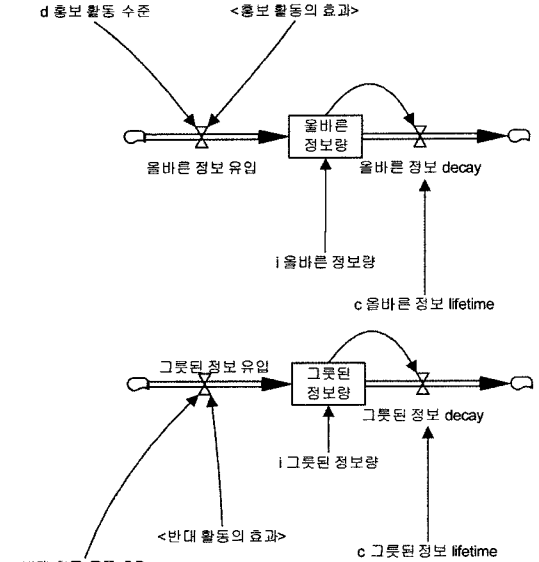


그림 6. 정보에 관한 유량-저량 모델.

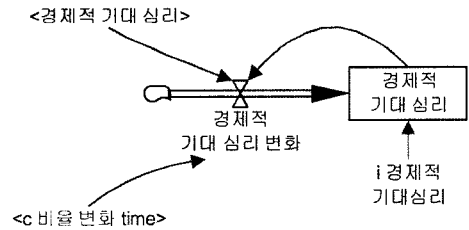


그림 7. 경제적 기대심리에 관한 유량-저량 모델.

경제적 기대 심리는 그림 7에 모델링한 바와 같이 초기의 경제적 기대 심리에 각 지역별 신뢰의 변화에 영향을 받으며 주민 찬성 및 반대 비율과 마찬가지로 시간에 따른 급격한 배반 행동을 보이지 않게 하기 위해 시간에 따른 비율 변화에 따라 일정 부분만 영향을 받도록 되어있다.

반대활동 운동 효과는 반대활동 효과에 대한 증가와 감소의 차에 대한 누적으로 이루어져있다. 반대활동 운동 효과에 대한 유량-저량 다이어그램에서 반대활동은 유치활동이 비효율적으로 행하여지고 있고 반대 세력의 활동이 활발한 곳에서 효과가 증가하며 반대활동의 시간이 길어지거나 홍보 등 인위적인 행위에 의해 효과가 감소하는 것으로 그림 8과 같이 모델링 하였다.

주민의 관심도에 대한 설정은 그 지역의 주민의 수를 고려하였다. 즉, 주민의 수가 많은 곳에서는 상대적인 비율은 낮으나 관심에 따른 주민 변화의 절대수는 많음을 반영한 것이다. 또한 주민들의 관심은 시간이 지날수록

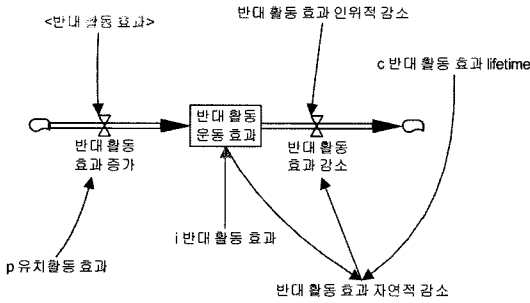


그림 8. 반대활동 운동 효과에 관한 유량-저량 모델.

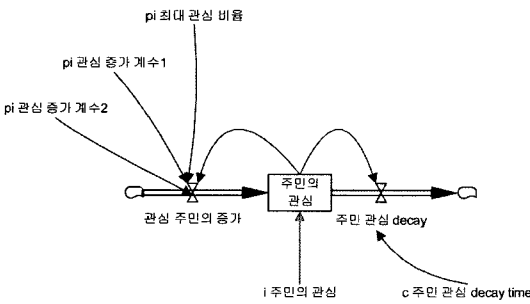


그림 9. 주민 관심에 관한 유량-저량 모델.

감소되는 경향이 있으므로 주민의 관심은 인구수와 관심 정도가 고려된 관심 주민의 증가와 주민 관심의 감소분에 대한 차에 대한 시간 누적으로 이루어져 있다. 주민수와 관심도에 관한 관계도를 그림 9과 같이 모델

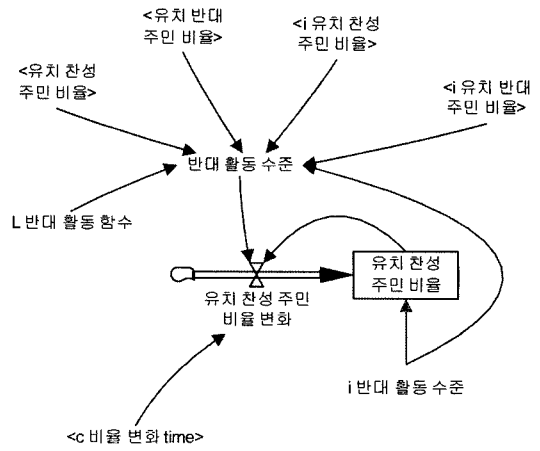


그림 10. 유치 반대 운동 수준에 관한 유량-저량 모델.

링하였다.

반대활동 수준은 유치에 반대하는 주민과 찬성하는 주민의 비율에 의해 영향을 받는다. 즉, 반대하는 주민에 비해 찬성하는 주민이 많을 경우 그 활동 수준은 위축될 것이고 반대의 경우는 더 활발한 경향을 보일 것이다. 또한 반대 활동의 체계 정도와 강도에 따라 반대 활동 수준이 결정된다. 이 변수들을 조합하여 그림 10와 같이 반대 활동 수준을 결정하였으며 시간에 따른 비율에 영향을 받은 반대활동 변화의 누적에 의해 유치반대 운동 수준이 정해지게 된다.

다음은 홍보활동의 효과와 반대 활동의 효과에 대한

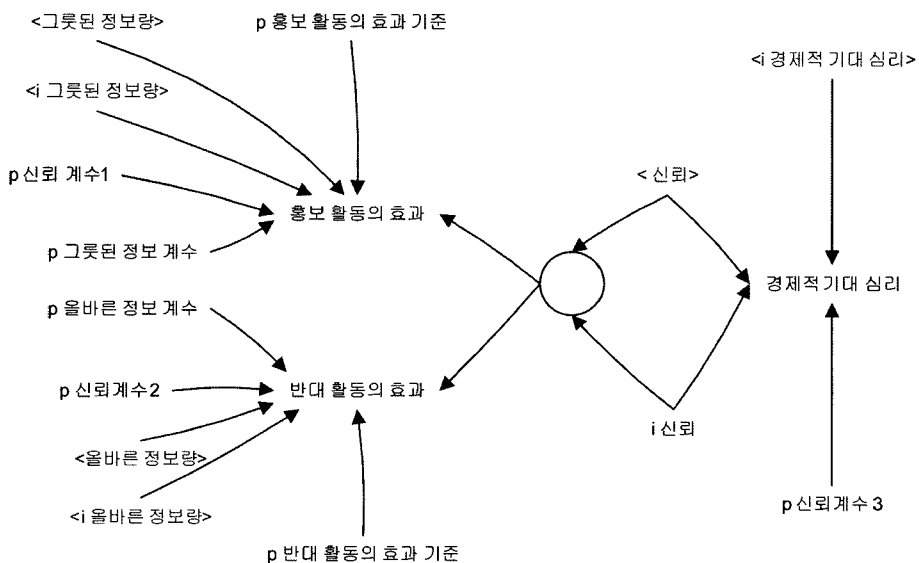


그림 11. 홍보활동 및 반대활동 모델.

모델로서 홍보 활동은 신뢰에 영향을 받아 홍보활동을 강화하며 그릇된 정보에 의해 그 효과가 감소된다. 마찬가지로 반대활동의 효과도 신뢰에 영향을 받으며 올바른 정보에 의해 영향력이 줄어드는 경향을 보이도록 설정되었다. 경제적 기대심리 또한 신뢰가 높을수록 기대치 또한 높아지는 현상을 반영하였으며 홍보 활동 효과, 반대 활동 효과, 경제적 기대 심리 모두 신뢰에 직

접적으로 영향을 받도록 모델링 하였다. 모델링 결과는 그림 11에 나타내었다.

마지막으로 그림 4-그림 11에서 설정된 모델들에 의한 변수들의 영향 관계를 그림 12에 나타내었다. 그림 12에서의 관계를 살펴보면 그릇된 정보와 올바른 정보, 경제적 요인, 무관심 주민 비율 등이 서로 영향을 주고받으며 결국에는 주민 찬성 비율과 반대 비율의 결과를

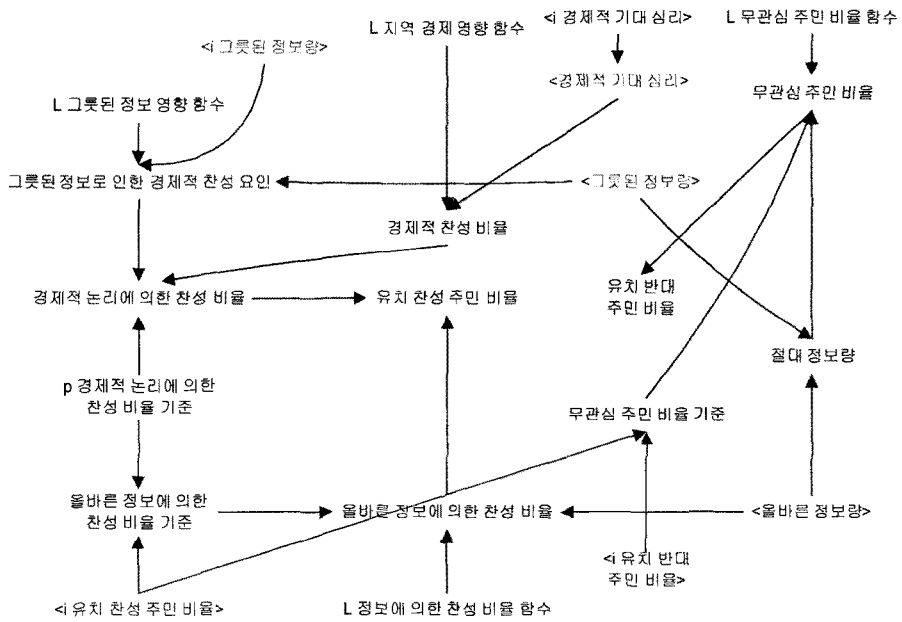


그림 12. 변수간 영향도.

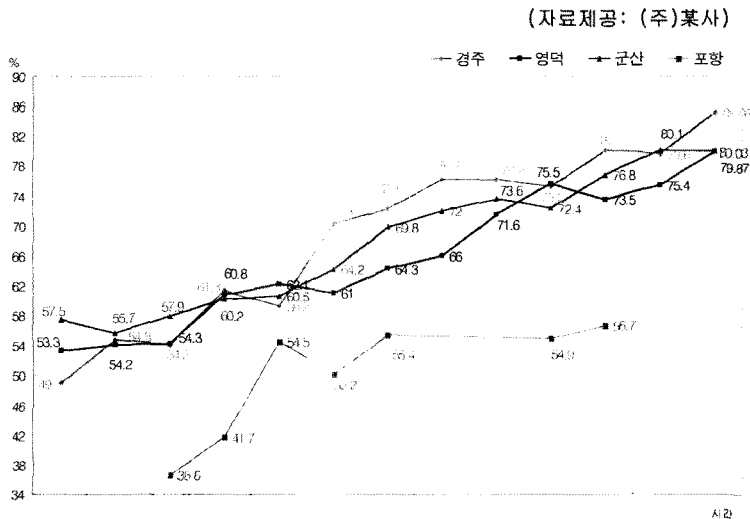


그림 13. 중·저준위방사성폐기물처리시설 유치 찬성 여론조사 추이.

연계 되는 구조를 가지고 있다.

3. 시스템 다이내믹스 시뮬레이션

3-1. 검증 모델: 여론조사

지난 2005년 8월부터 주민투표 이전까지 중·저준위 방사성폐기물처분시설 유치 신청 지역 네 곳에 대해 (주)某사에서 ARS를 통해 여론조사를 실시한 바 있으며 그 결과는 그림 13과 같다.

분석의 정확도를 높이기 위해 이 여론조사 결과를 바탕으로 경주, 영덕, 군산, 포항에 대해 시스템 다이내믹스를 통하여 시뮬레이션을 시도하였다. 그러나 포항의 경우는 나머지 세 지역과 전혀 다른 그래프 형태를 형성하고 있어 이번 분석에서 제외하였다.

3-2. 시뮬레이션 결과

앞서 도시된 여론 조사를 기반으로 모델을 검증하기 위한 결과로 각 지역별로 찬성율과 반대율을 계산하였다. 그림 14~그림 19에서 보이는 바와 같이 3지역 모두 경향 및 데이터 값의 유효범위에 벗어남 없이 일치함을 보였으며 이를 통해 최소 3지역에서 방사성폐기물 처분 시설의 정성적 영향 인자들이 고려된 여론 형성 모델을 실증하였다. 이 때 찬성 비율과 반대 비율을 제외

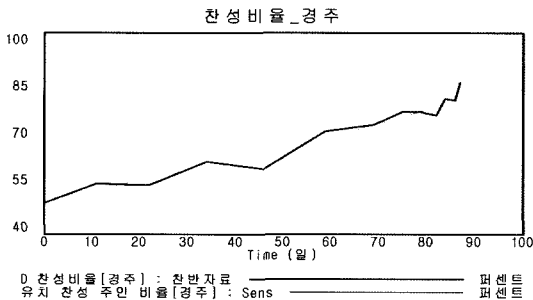


그림 14. 찬성비율 계산 결과(경주).

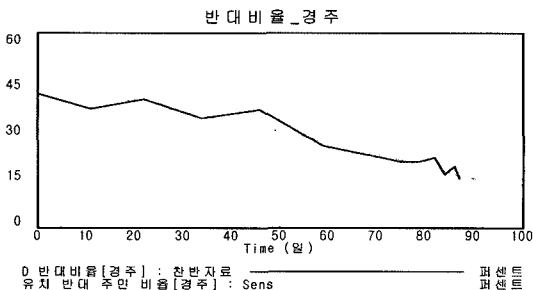


그림 15. 반대비율 계산 결과(경주).

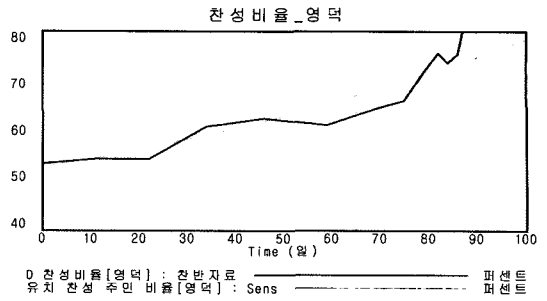


그림 16. 찬성비율 계산 결과(영덕).

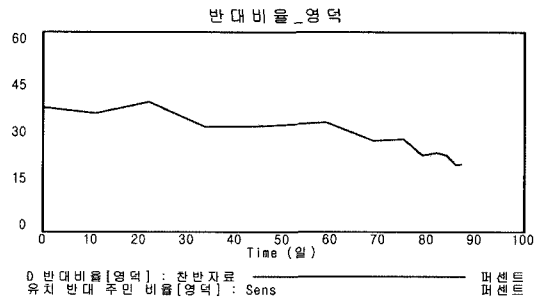


그림 17. 반대비율 계산 결과(영덕).

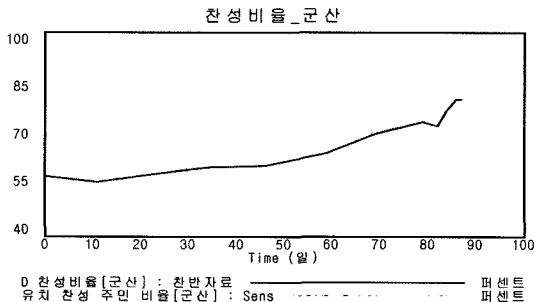


그림 18. 찬성비율 계산 결과(군산).

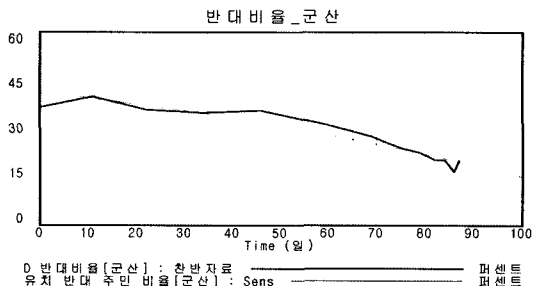


그림 19. 반대비율 계산 결과(군산).

한 나머지 비율은 무관심 주민의 비율을 의미한다.

3-3. 민감도 분석을 통한 방사성폐기물 정책에 영향을 미치는 요인 분석

모델에서 설정된 변수들은 실제 여론 조사 데이터를 통해 정량화되어 모델을 검증하게 된다. 결정된 변수들은 서로 다른 가중치를 가지고 영향을 주고받으며 비선형적인 거동을 하게 된다. 각 변수들의 상수 변화 및 가중치에 따라 중요성이 정해지고 비중이 큰 요인이 정책 수립을 위한 우선순위를 보여주어 정책 실행의 역량을 집중할 수 있는 근거를 확인할 수 있는 판단의 근거가 된다. 각 변수의 중요도 판단을 위해 민감도 분석을 실시하였는데 가정된 변수들에 적용된 상수는 시간, 신뢰, 기타 관련 상수로서 분류되었다. 시간 관련 상수는 그릇된 정보와 올바른 정보가 지속되는 시간과 반대 활동의 효과가 유지되는 시간 및 지역주민의 관심이 줄어드는 시간을 나타낸다. 신뢰 관련 상수는 정책주체에 대한 믿음과 정책추진의 투명성을 대표하는 수이다. 기타 상수로는 경제적 논리에 의한 찬성 비율 기준과 홍보 활동 효과, 반대 활동 효과, 경제적 기대 심리에 영향 상수들, 올바른 정보 상수, 주민들의 관심 증가 상수들이 있다. 각 상수들에 관한 민감도 분석 결과는 그림 20~그림 24에

도시하였다.

분석 결과를 살펴보면, 우선 각종 상수에 대한 민감도의 폭은 매우 작은 것으로 확인되었다. 이는 기타 상수들의 영향력이 작다는 의미도 되지만 모델의 건전성이 견고함을 보여주는 결과이다. 시간에 대한 민감도 분석은 그 폭이 비교적 큰 편으로 나타났으나 찬성 주민 비율이 감소세로 돌아서지는 않았다. 신뢰에 대한 민감도 분석 결과는 매우 중요한 데이터를 제공하고 있다. 즉, 신뢰의 값에 따라 찬성 비율이 변하는 폭이 클 뿐 아니라 지역에 따라서는 찬성비율이 감소되는 상황이 될

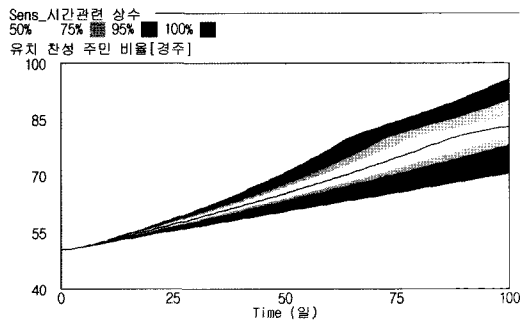


그림 20. 시간관련 상수에 대한 민감도 계산 결과.

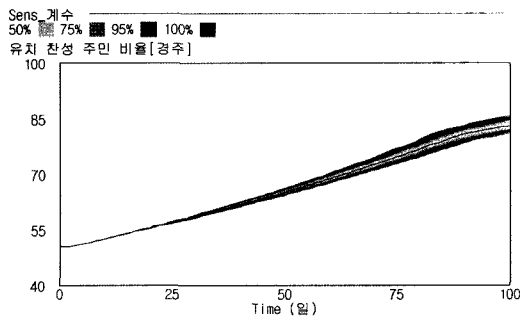


그림 21. 각종 상수에 대한 민감도 계산 결과.

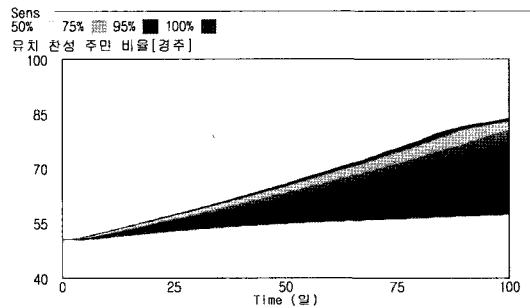


그림 22. 신뢰 관련 상수에 관한 민감도 계산 결과(경주).

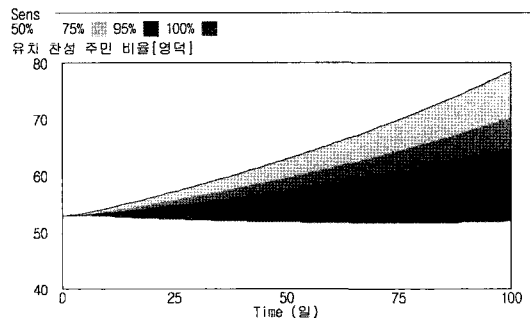


그림 23. 신뢰 관련 상수에 관한 민감도 계산 결과(영덕).

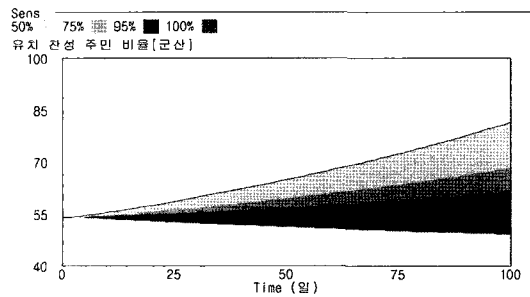


그림 24. 신뢰 관련 상수에 관한 민감도 계산 결과(군산).

수도 있음을 확인되었다. 다시 말하면, 경주를 제외하고 영덕의 경우 감소세로 돌아서거나, 군산의 경우 신뢰 수준이 100%일 경우 반대의 비율이 증가하는 추세를 보이다가 100일의 시간에서 찬성의 비율 48%로 반대의 비율에 역전될 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 즉, 방사성폐기물 정책 성공에 있어 중요한 요인은 신뢰의 구축임을 보여주는 결과이다.

4. 결 론

시스템 다이내믹스를 이용하여 방사성폐기물 정책을 분석한 결과 방사성폐기물처리시설과 관련된 사회 시스템은 양(+)의 피드백이 지배하는 시스템으로 확인되었다. 다시 말하면, 방사성폐기물처리시설에 대해 한 번 찬성의 입장을 갖게 되면 결국 찬성으로 귀결되고, 반대의 입장으로 돌아서기 시작하면 극단적인 반대로 돌아서게 되는 매우 불안정한 시스템이라는 것을 의미한다. 양의 피드백이 지배하는 시스템은 외부의 개입 없이는 스스로 방향성을 전환할 수 없으며 효과를 극대화하기 위해서는 핵심적인 부분에 외부 개입 요소가 추가 되어야 할 것이다. 역으로 말하면 핵심 부분에 양의 결과에 해당하는 외부 개입이 시도 될 경우 더 큰 진행성을 가질 수도 있다. 이번 연구를 통해 어떠한 외부 개입이 효과적으로 시도되었을 때 방사성폐기물 정책에 가장 긍정적인 결과를 이끌어 낼 수 있는지를 공학적으로 해석해 정책 결정에 가시적인 지침 근거를 마련할 계기를 만들었다.

방사성폐기물처리시설에 대해 반대하는 견해가 지배적일 경우에는 지역에 대한 지원이 찬성 주민의 입지를 오히려 약화시키는 부정적인 역할을 하기도 한다. 따라서 이번 중·저준위방사성폐기물처리시설 부지선정 정책의 경우 유치 신청 이후 반대쪽보다는 찬성의 입장이 다소 우세한 분위기에서 출발했다는 사실이 정책 추진에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다. 무엇보다 이 중심에는 신뢰에 대한 지역주민의 긍정적인 평가가 존재한다는 것을 알 수 있다.

신뢰는 중·저준위방사성폐기물처리시설 유치와 관련된 홍보에 대한 효과를 상승시키는 데 영향을 미친다. 또 반대 활동에 대한 신뢰를 상대적으로 저하시키는 역할을 할 뿐 아니라, 지역 지원에 대한 확실한 믿음을 심어줌으로써 시스템의 중심축이 되는 올바른 정보의 전달과 찬성률에 아주 큰 영향을 주고 있다.

결국, 방사성폐기물 정책을 움직이는 수면 밑에는 감정적 요소가 분명한 위치를 갖고 있음을 확인할 수 있었다. 다소 불확정성을 지닌 감정적 기반은 신뢰를 통해 실체화되며, 신뢰는 수면 위에서 방사성폐기물 정책을 직접 움직이게 하는 역할을 하고 있는 것이다. 뿐 만

아니라 신뢰는 방사성폐기물 정책 자체의 형태를 바꿀 수 있는 영향력을 갖고 있기도 한다. 이러한 사실은 방사성폐기물 정책의 결정은 그 추진 과정에서 일정 부분 수정, 보완할 수 있는 가능성 즉, 유연성이 내재되어야 한다. 물론, 원칙은 반드시 존재해야 하며 이는 또 철저히 지켜져야 한다. 여기서 말하는 유연성이란 원칙을 손상시키지 않는 범위 내에서 상하 좌우로 움직일 수 있는 여백을 뜻한다. 그리고 중요한 것은 그 여백이 정책을 결정하고 추진해 나가는 과정에서 미리 노출되어서는 안 된다는 점이다. 만약 그 여백의 크기가 미리 확인되면 감정은 그 여백을 염두에 두고 또 다른 가능성을 향해 재생산될 수 있기 때문이다. 그 여백의 부분이 바로 정부의 행정력과 맞닿아있는 부분이라 할 수 있다.

이제 더 이상 방사성폐기물 정책을 포함한 국가의 정책을 추진하는 데 있어 신뢰가 중요한 역할을 한다는 데 대해 이의를 제기할 여지는 없다. 물론 그 신뢰의 형태와 수준은 다를 수 있다. 특히 방사성폐기물 정책과 같이 복잡한 갈등 구조를 갖고 있고, 과거의 부정적 경험을 안고 있는 경우 신뢰의 중요성은 더욱 커질 수밖에 없다. 이와 같은 결과에서도 확인할 수 있듯이 정책을 추진하는 데 있어 신뢰는 핵심 요인이자 반드시 확보해야 할 요건이다.

본 연구의 분석 결과에 따르면, 방사성폐기물 정책 추진에 있어 정책주체에 의해 좌우될 수 있는 변수는 「정책주체의 투명성」, 「지역 지원 수준」, 「홍보」라 할 수 있다. 즉, 이 세 가지가 본 논문에서 설정된 외부 개입 가능한 요소들이다. 정책주체의 투명성은 신뢰와 직결되며, 이는 경제적 기대심리, 반대 활동, 올바른 정보에 영향을 미친다. 지역 지원 수준에 따라 경제적 기대심리, 지자체의 유치 의지가 좌우되는 경향이 있으며 이는 찬성 논리의 정당성에도 영향을 주고 있다. 홍보의 경우는 올바른 정보에 영향을 미치며 이를 바탕으로 반대 논리와 찬성 논리의 정당성이 평가된다. 세 종류의 정책 결정 변수들이 미치는 영향과 흐름을 파악하는 것은 향후 방사성폐기물 정책과 같이 구조가 복잡하고 다양한 갈등이 표출될 수 있는 정책을 추진할 때 어떠한 점에 초점을 맞추어야 하는지 시사한다.

단기적 목표인 방사성폐기물처리시설 설치에 대한 찬성에 이르는 두 가지의 길은 경제적 논리와 올바른 정보의 활용에 있다. 경제적 논리와 올바른 정보의 활용에 덧붙여 정책주체가 투명성 담보를 전제로 지역 지원 수준과 홍보를 어떻게 결정하고 이끌어 나가느냐 하는 것이 목표 달성 여부를 결정짓는 주요 변수가 되고 있다. 경제적 논리, 올바른 정보 활용, 정책주체의 투명성의 조화를 통해 정책 지렛대인 신뢰의 효과를 극대화하는 것이 현재 사용후핵연료 정책 결정 과정에 의미 있

는 제안이 될 것으로 예상된다.

다만 본 연구에서 설정된 변수들 외에 다른 환경 인자들을 시스템 경계안으로 포함할 경우 모델이 수정될 수도 있다. 하지만 최소한 본 연구에서 사용된 변수들에 의해 구성된 모델에 대한 결과에서는 「정책주체의 투명성」, 「지역 지원 수준」, 「홍보」가 신뢰를 향상하는데 집중한다면 향후 방사성폐기물 정책에 긍정적인 효과를 얻을 수 있다고 말할 수 있다.

참고문헌

- Easterling, D.; Kunreuther H. *The Dilemma of Siting a High-Level Nuclear Waste Repository*. Boston : Kluwer Academic Publisher, 1995.
- Forrester, J. *Industrial Dynamics*, Waltham, MA : Pegasus Communication, 1961.
- IAEA. *The Safety of Nuclear Installations*. Safety Series No. 110. Vienna : IAEA, 1993.
- Kwak, S. *Policy Analysis of Hanford Tank Farm Operation with System Dynamics Approach*, Doctoral Thesis, Department of Nuclear Engineering, MIT, Cambridge, MA, 1995.
- Lasswell, H. *The Preview of Policy Science*. New York : American Elsevier Publishing, 1971.
- Morgan, M.; Slovic, P.; Nair, I.; Geisler, D.; Macgregor, D.; Fischhoff, B.; Lincoln, D.; Florig, K. Powerline frequency electric and magnetic fields: A pilot study of risk perception. *Risk Analysis*, 1985, 5 139.
- Richardson, G.P. *Feedback Thought in Social Science and Systems Theory*, Philadelphia : University of Pennsylvania Press, 1991.
- Renn, O.; Jaeger, C.; Rosa, E.; Webler, T. *Risk, Uncertainty, and Rational Action*. London : Earthscan Publication, 2001.
- Slovic, P. *Trust, Emotion, Sex, Politics and Science: Surveying the Risk-assessment Battlefield*. In Slovic P. *The Perception of Risk*. London : Earthscan Publication, 2000.
- Slovic, P.; Kunreuther, H. (eds). *Risk, Media and Stigma*. London : Earthscan Publication, 2001.
- Sterman, J. *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*, New York : McGraw-Hill, 2000.
- Sterman, J.D. A Skeptic's Guide to Computer Models, In Barney, G.O. *et al.* (eds.) *Managing a Nation: The Microcomputer Software Catalog*, Boulder, CO : Westview Press, pp. 209-229, 1991.
- Stuart, S. Nagel (ed.) *Public Policy Evaluation*, Thousand Oaks CA : Sage, 2002.
- Trice, H.; Beyer, J. *The Culture of Work Organization*. New Jersey : Prentice Hall, 1993.
- Weidner, H. *Mediation as a Policy Instrument for Resolving Environment Disputes*. In Denre, B. (eds) *Environmental Policy on Search of New Instrument*. London : Kluwer Academic Publisher, 1995.
- 조성경. *핵폐기장뒤집어보기*, 서울 : 삼성경제연구소, 2005.
- 정재운; 김현수. *인과지도의 타당성 확보와 정보 표현력 향상을 위한 연구*, 한국시스템다이내믹스학회, 2007, 1, 97-116.