한국에너지공학회(1999년도)
추계 학술발표회 논문집 P155~161

방사성폐기물 처분부지선정의 이론적 기반조성에 관한 고찰

김지용,홍정석,최기련
아주대학교 에너지학과

A Basic Study on The Techno-economic Criteria for Siting of the Nuclear Waste Disposal Facility

J.Y. KIM, J.S. HONG, K.R. CHOI
Dept. of Energy Study, Graduate School, Ajou Univ.

Abstract

본 연구는 대표적인 혐오시설로 지역주민들에 의하여 기피되고 있는 방사성폐기물처분시설에 대한 주민들의 '수용의지'를 시스템 역학 모델을 통하여 분석하고, 개별요인들의 상대적 영향력의 크기를 규명하고자 하였다. 본 연구는 지역주민들의 정책수용거부에 대한 단선적이고 편협한 이해가 오히려 합리적인 시설입지전략의 구성을 어렵게 만들 수 있다는 인식 아래, 도넛효과(Doughnut-effect)가 발생하고 있는 울진원전 주변지역에 대한 실증분석을 통하여 지역사회의 정책결정과정 참여가 가장 중요한 문제해결요인임을 밝혔으며, 향후 사업추진측의 입지노력이 집중되어야 할 전략적 정책수행요인들을 제시하였다.

1. 서 론

1.1 방사성폐기물

우리나라는 총 발전량의 거의 절반을 원자력발전에 의존하고 있다. 과학문명은 인류사회에 사회적 편익을 가져다주는 동시에 새로운 사회적 비용을 유발하게 되며, 우리나라의 원자력발전 역시 예외일 수 없다. 즉 20여년의 운영을 통하여 원자력발전이 사회에 막대한 편익을 제공함과 동시에 상당량의 방사성폐기물을 지속적으로 발생시키고 있으며, 최근의 다양한 폐기물 감량화 기술발전에도 불구하고 방사성폐기물 처분부지를 단 한 곳도 보유하고 있지 못한 까닭에 2010년을 전후하여 발전소내의 임시저장고가 포화될 것으로 예견되고 있어, 사회의 발전을 지탱하고 있는 사회전체의 에너지문제에 심각한 도전이 되고 있다.

<표 1> 발전소별 중·저준위폐기물 저장현황

('96년말 기준)

구 분	운영기수	저장용량	저장실적	포화예상년도
고 리	4	50,200	28,895	2014
영 광	4	23,300	8,883	2014
울 진	2	17,400	7,622	2010
월 성	1	9,000	1,122	2018
합 계	11	99,900	48,032	-

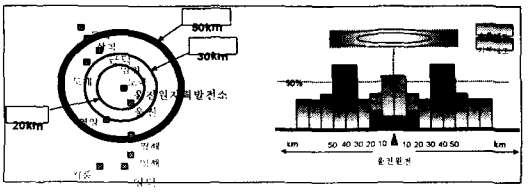
1.2 입지문제와 님비(NIMBY)주의

현대사회에서 정책의 정당성 또는 타당성 여부에 대한 최종적 판단은 국민이 내린다. 국민이 정책집행과정에서 정부의 의도를 수용하는 것은 기본적으로 정책의 공익성에 대한 신뢰 때문이다. 따라서 정부가 아무리 특정 정책의 공익성을 강조하더라도 국민이 수용하지 않는 경우, 정책의 정당성은 물론이고 집행자체도 어려움을 겪게 된다. 더욱이 방사성폐기물 처분시설과 같은 소위 '혐오시설'은 시설입지로 인한 '편익'은 사회전체에 고르게 발생하는데 반하여 시설입지에 따른 '비용부담'은 특정지역에 국한된다는 점에서 해당지

역주민들의 거센 반발이 이어지고 있다. 이러한 현상은 정책의 공익성을 주장하는 사람들에 의하여 'NIMBY'로 규정되어 부정적으로 인식되고 있으나 엄연히 존재하고 해결해야 할 사회적 문제일 따름이다.

1.3 도넛효과(Doughnut Effect)

도넛효과란 이미 원자력관련시설이 존재하는 지역에 새로운 원전관련시설의 입지를 시도하는 경우, 경제적 보상과 시설의 안전운전을 경험한 주민들이 나타내는 수용태도를 대변하는 현상이다. 즉, 기존 원전관련 시설로부터 가까운 곳에 거주하는 주민들의 경우 시설에 대한 안전성인식에 기초해서라기보다는 새로운 시설에 의하여 집중될 것으로 예상되는 경제적 보상에 대한 기대에 따라 새로운 원전관련시설에 대하여 높은 수준의 수용태도를 나타내며, 기존 시설로부터 먼 거리에 거주하는 주민일수록 원전관련 시설에 대한 낮은 안전성 인식과 경제적 보상으로부터의 소외경험으로 인하여 수용태도가 사업추진측의 투명성·공정성과 같은 '협상적' 요소에 의존하게 되는 것을 말한다. 미국의 유타산 폐기물처분시설 입지를 다루고 있는 'The Dilemma of Siting of A High-level Waste Repository (D. Eastererling & H. Kunreuther)'에서 처음 소개되었으며, 과거 DOE의 원자력관련 프로그램에 긍정적인 역사성을 가지는 시설인근지역에서 주민들의 시설입지에 대한 태도가 일정한 원거리 주민들에 비하여 높다는데서 기인한다. 또한, 울진원전 주변지역에 대한 연구조사[1]를 통하여 우리나라의 경우에도 시설입지에 있어서 도넛효과가 발생할 수 있음이 알려져 있다.



<그림1> 울진원전 주변지역에서의 도넛 효과

1.4 연구의 필요성

현재 우리나라에서는 원전의 추가건설과 미래를 대비한 에너지수급계획에 걸림돌로 작용하고 있는 방사성폐기물 처분시설의 입지문제해결에 대한 정책적 관심이 감퇴하고 있는 느낌이다. 이에 본 연구는 방사성폐기물 처분시설의 입지문제 해결을 위하여 향후 정책적 노력이 집중되어야 할 요인들을 밝히는 것을 목표로 하고 있다. 본 연구이전에 행해진 다양한 조사와 연구를 통하여 드러난 결과를 토대로 System Dynamic Causal Loop를 구성하고, 관련기관 및 주민단체의 전문가 면담을 통하여 입지요인분석모델을 세워 개별 요인들의 입지과정에 대한 영향력의 크기를 알아보는데 그 실증적 의미를 두고 있다.

2. 본 론

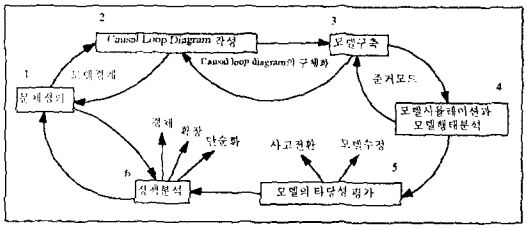
2.1 시스템역학

1961년 '산업동태론(Industrial Dynamics)'을 시작으로 출발한 시스템역학의 고유한 방법론적 특성은 시스템의 동태적인 행태변화(dynamic behavior) 즉, 시간의 경과에 따른 시스템의 행태변화에 관심을 둔다는 점이다. 시스템의 동태성을 강조함으로써 시스템의 진화·발전·쇠퇴라는 실천적 측면을 중요시한다는 점을 나타내며 따라서 현실의 정책문제, 기업경영상의 문제를 해결하는 응용학문이다. 시스템역학은 동태적 변화의 원인을 시스템의 피드백구조에서 찾으며, 순환적 인과관계를 총칭하는 이 피드백구조는 시스템을 구성하는 다양한 변수들간의 인과관계가 상호 연결되어 하나의 닫힌 회로를 형성하는 것을 의미한다. 피드백구조를 강조함으로써 시스템의 변화요인을 외부보다는 내부에서 설명하려고 하며, 정책의 성공조건이나 실패조건과 관련된 피드백구조를 발견해냄으로써 원인을 구조적인 측면에서 이해하고 정책처방을 내리는데 도움을 준다.

2.2 시스템역학 모델링의 연구방법론

시스템역학에 바탕하는 모델링은 다음의 <그림1>과 같은 연구방법론적 절차에 의하여

특징지을 수 있다.



<그림2> 시스템역학의 연구절차

먼저, 고려하고자 하는 문제를 정의하고 영역을 구분하기 위한 모델의 경계를 구분한다. 그리고 밝혀내고자 하는 시스템을 구성하는 모든 변수들을 이용하여 인과관계순환고리(Causal loop)를 구성하며, 이러한 인과관계를 컴퓨터 시뮬레이션이 가능하도록 시뮬레이션 모델(stock-flow diagram)로 전환한다.

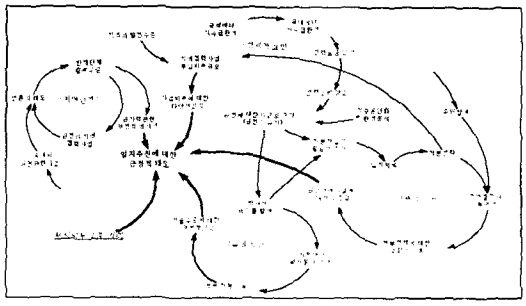
전통적으로 시스템역학연구자들은 모델링 방법으로 두 가지를 제시해왔으며, 하나는 *Causal loop diagram*을 먼저 구성한 다음에 *Stock flow diagram*을 구성하는 top-down방식이고, 다른 하나는 Stock flow diagram을 구성하고 나서 causal loop diagram을 구성하는 bottom-up방식이다. 참고로 본 연구에서는 top-down방식에 의하여 모델을 구성하였다.

모델을 구성한 다음에는 컴퓨터시뮬레이션을 하게 되며, 타당성 검토를 거쳐 모델의 구조분석을 통하여 가장 효과적인 정책지렛대(policy leverage)를 찾게 되는 과정으로 시스템 역학의 연구방법론이 구성된다.

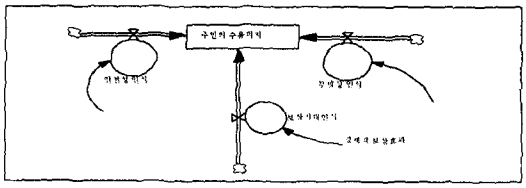
따라서, 시스템역학 모델링은 특정 변수의 시간에 대한 변화가 시스템의 전체 거동에 미치는 영향의 규모와 성격을 규정하는데 유용한 접근방법론이다. 특히 정책관련 모델링에 있어서는 고려하는 시스템의 거동변화와 변수를 체계적으로 연관지을 수 있도록 함으로써 효과적인 정책수행전략의 구성을 지원한다.

2.2 입지모델의 구조

본 연구는 과거의 선행연구들에 대한 인과관계분석을 통하여 주민의 '긍정적 태도' 결정요인들을 경제적 배경을 구성하는 요인, 기술안전성에 관련된 요인, 지역환경요인으로 구분하여 Causal loop로 재구성하였다(<그림3>). <그림3>에서와 같이 방사성폐기물 시설 입지과정에 관련되는 모든 경제적·기술적·지역환경적 요인들이 "입지추진에 대한 긍정적 태도"에 영향을 미치는 상관관계를 가지는 인과관계로 표시될 수 있다. 이 경우, "긍정적 태도"를 구현하고 실행에 옮길 수 있는 대응수단의 연계관계를 파악하고, 대응메커니즘의 형성체계를 구체적으로 설정할 수 있다. 이러한 결과, 모델의 Stock-flow diagram을 구성하는 과정에서 입지성공여부 즉 입지추진에 대하여 주민이 긍정적인 태도를 갖게 되는데 가장 결정적인 영향을 미치는 요소는 해당지역 주민들의 '시설수용의지'인 것으로 설정할 수 있다. 또한 본 시스템역학 모델은 도넛 효과(Doughnut-Effect)를 활용하는 입지전략구성을 위하여 울진원전 주변지역을 연구대상으로 하였다. 본 연구모델은 선행연구를 통해 분석한 경제적 요인을 '보상에 대한 기대의식'으로 대변하고 있으며 정책적 요인은 '투명성 인식'으로, 기술적·지역환경적 요인은 '안전성 인식'으로 대변하고 있다(<그림4>).



<그림3> 시설수용태도 형성의 Causal Loop Diagram

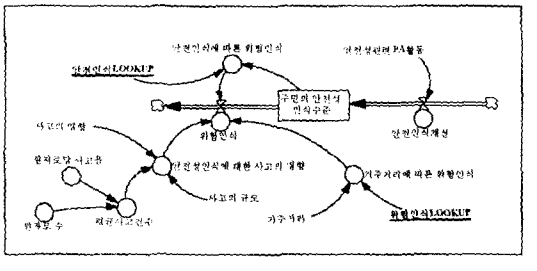


<그림4> '시설수용의지'에 대한 Stock-Flow Diagram

선행연구들에 대한 분석을 통하여 입지모델에서 가장 중요한 시스템변수로 규정된 주민의 '시설수용의지'는 주민의 안전성 인식, 투명성 인식, 그리고 보상에 대한 기대의식 등이 시간이 지남에 따라 변화(flow)하여 축적(stock)되는 것을 의미하며, 따라서 입지시스템은 이러한 3개의 하부시스템(sub-system)으로 구성되는 시스템이다.

가. 안전성 인식 하부시스템

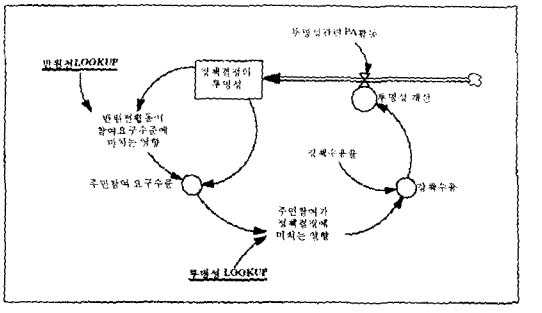
제안된 시설에 대한 지역주민의 안전성 인식은 크게 세 가지 영역으로 구분할 수 있다. 즉 제안시설에 대한 지역주민의 안전성 인식 수준은 시설로부터의 거주거리, 원자력관련 역사성 즉, 원전관련사고의 경험이나 원전과의 밀접한 생활경험의 존재, 그리고 기존 원전의 일상적 주민이해(PA)활동 등에 의존하는 것으로 파악하였다. 주민의 안전인식은 시간에 따라 강화되거나 약화될 수 있고 그 축적량이 일정한 비중으로 주민의 수용의지에 반영되는 것으로 파악하였다. 시설에 적용되는 기술에 따른 안전성 인식의 차이는 명백히 존재할 것으로는 여겨지지만, 정책당국이 최선의 기술을 적용할 것이라고 하는 점과 방사성폐기물 처분시설의 적용기술에 따른 주민태도에 대한 자료를 확보치 못하여 본 연구에서 고려하지 않았다.



<그림5> 지역주민의 안전성 인식 하부시스템

나. 투명성 인식 하부시스템

입지추진기관 및 입지정책에 대한 국민일반과 지역주민들의 신뢰여부를 가늠하는 요소로서 주민의 정책결정과정에의 참여수준을 설정하였으며, 주민의 참여는 그 수준에 따라 일정한 함수관계로 주민의 입지정책에 대한 투명성 인식개선에 영향을 주게 된다.

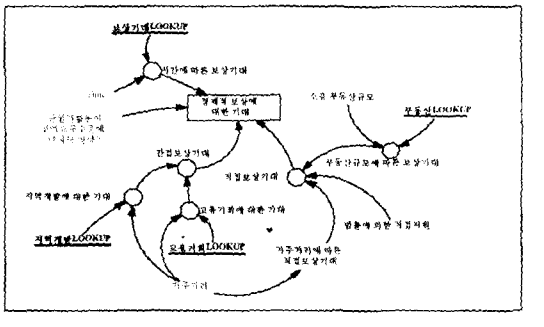


<그림6> 지역주민의 투명성 인식 하부시스템

그리고 일각에서 입지추진에 가장 커다란 장애요소로 간주되고 있는 환경단체·반핵단체의 반원자력 활동 역시 주민의 정책결정 참여수준에 의하여 영향을 받고 공식·비공식적으로 사업추진측의 정책조정과정에 반영되어 주민의 투명성개선에 영향을 미치는 것으로 파악하였다.

다. 보상기대의식 하부시스템

마지막으로, 시설입지에 따른 경제적 보상에 대한 기대의식은 본 연구에서 언급하고 있는 도넛 효과(Doughnut Effect)를 구성하는 핵심적 위치를 차지하고 있다. 시설수용에 따른 직접보상과 지자체를 통한 간접보상에 대한 기대를 구분하였으며, 모두 거주거리에 따른 기대수준을 반영하였다. 또한 반원전활동에 의한 영향도 고려하도록 하였다.



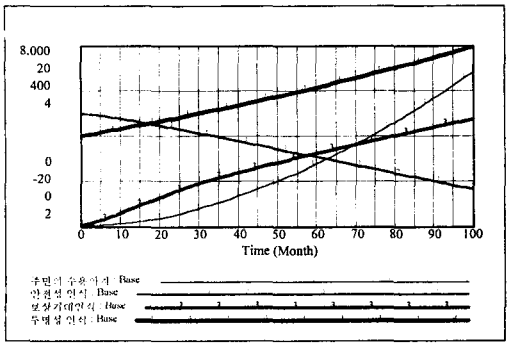
<그림7> 주민의 보상에 대한 기대인식 하부시스템

2.3 입지모델 시뮬레이션

구성한 입지모델의 시뮬레이션 결과는 <그림8>과 같으며, 기존 원전시설로부터 10km이내에 거주하는 주민의 경우에 해당한다.

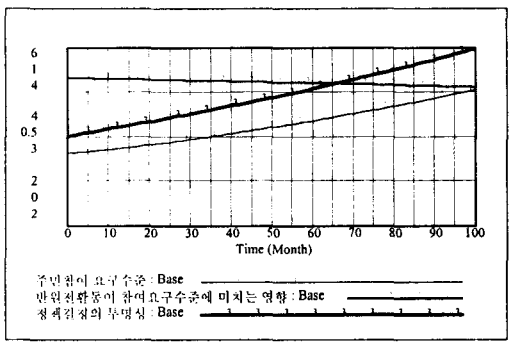
전체 시스템에 있어서, 안전성인식의 시간에 따른 감소에도 불구하고, 경제적 보상에

대한 기대와 특히 정책결정과정의 투명성 증가에 따라 주민의 시설수용의지가 증가하는 것으로 나타났다(<그림8>).



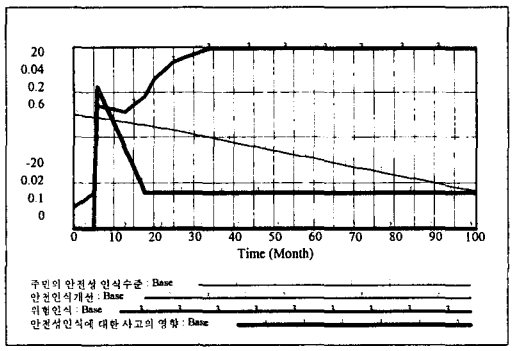
<그림8> 입지시스템의 주요 거동변화

입지시스템을 구성하는 3개의 하부시스템별 시뮬레이션 결과는 다음과 같다. 먼저, 주민의 정책결정에 대한 투명성 인식 시스템의 경우, 투명성제고에 따라 반원전활동에 의한 영향이 낮아지는 가운데, 주민의 참여요구가 시간지체를 두고 정책에 일정비율 반영되는 조건에서 주민의 참여요구수준이 증가함에 따라 정책결정의 투명성이 증가하는 것으로 나타났다.



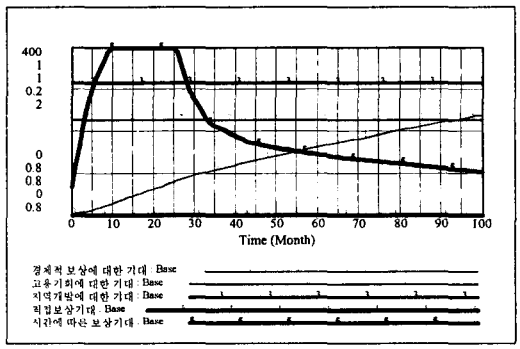
<그림9> 주민의 투명성인식 시스템의 주요 거동변화

둘째, 경미한 원전관련사고가 입지추진개시 후 약 6개월에 한 번 발생하는 것을 조건으로 한 시뮬레이션에서, 사고로 인한 위험인식은 크게 성장한 반면 안전성인식개선이 이루어지지 않아 주민의 시설에 대한 안전성인식은 시간에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 실제로 안전성인식개선이 원전의 안전성 개선기술확보를 통해서라기보다는 설득력있는 홍보와 일상적인 PA활동을 통해서 이루어진다는 점을 감안하면, 기존 원전관련 시설에 의한 혁신적인 PA활동이 이루어지지 않고는 지역주민의 안전성 인식이 제고되지 않으리라는 점을 알 수 있으며, 경미한 수준이라고 하더라도 원자력관련 사고는 지역주민의 원전안전성에 대한 인식이 치명적임을 나타낸다.



<그림10> 주민의 안전성인식 시스템의 주요 거동변화

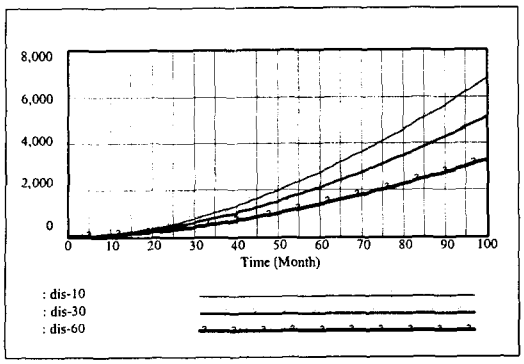
마지막으로, 법으로 규정한 직접보상범위인 5km이내에 보유한 부동산의 규모가 작아 직접보상에 대한 기대가 작더라도, 입지시도가 이루어지는 초기로부터 일정시기 동안 지역사회에 유지되는 '보상기대'와, 지역개발 및 고용기회 확대 등에 대한 기대로 인하여 10km이내에 거주하는 주민의 경우에는 소위 '보상적 접근'에 의하여 시설에 대한 수용태도를 제고할 수 있다는 점을 나타낸다.



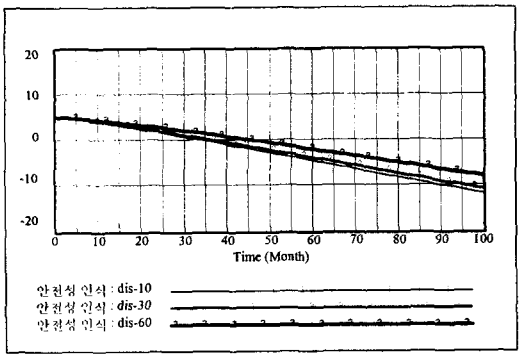
<그림11> 보상기대인식 시스템의 주요 거동변화

2.4 시뮬레이션 결과분석

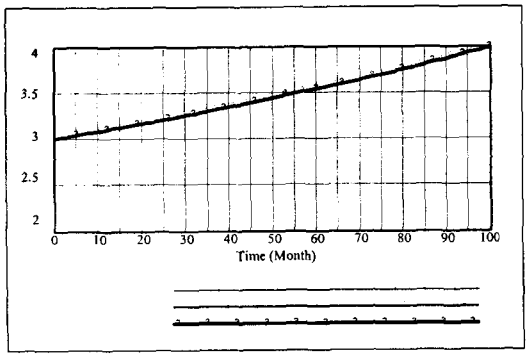
도넛효과를 활용하기 위하여 주민의 시설로부터의 거주거리를 30km, 60km로 하는 경우를 가정하였다.



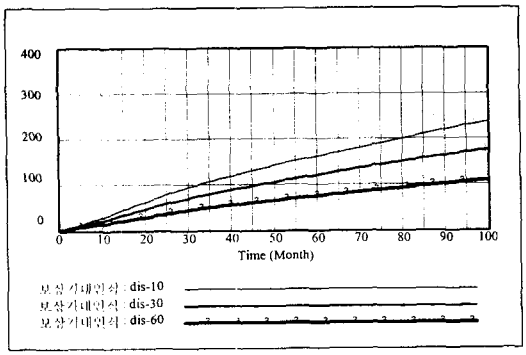
<그림12> 거주거리에 따른 시설수용의지의 변화



<그림13> 거주거리에 따른 안전성인식의 변화



<그림14> 거주거리에 따른 투명성인식의 변화



<그림15> 거주거리에 따른 보상기대인식의 변화

<그림13>과 <그림14>, 그리고 <그림15>는 주민의 시설로부터의 거주거리를 변화시켜 전체 시스템의 주요거동변화를 추적한 결과[2]이다. 거주거리가 멀어짐에 따라서 투명성인식에는 거의 변화가 없고 시설에 대한 안전성인식은 다소 개선되지만, 경제적 보상에 대한 기대인식이 크게 감소함으로써 주민의 시설수용의지는 감소하는 것으로 분석되었다.

3. 결 론

본 연구는 최근 입지정책수행의 가장 결정적인 역할을 하는 것으로 나타난 주민의 '시설수용의지'에 중요한 영향을 미치는 요인들을 분석함으로써 효과적인 입지전략의 기반을 제공하려는 이론적인 시도이다.

본 연구의 가장 큰 결론은 제한적인 지역에 대하여 '경제적 보상'에만 집착하고 있는 현재의 정책적 접근은 비효율적인 것이라는 점이다. 이 같은 비효율성은 그간 우리나라 원자력정책에서 분석적인 전략 아래 실천적인 주민이해(PA)사업 추진을 도외시해온 필연적인 결과라고 해석될 수 있다.

원자력관련 역사성이 존재하는 지역(울진원전 주변지역 사례)에 방사성폐기물 처분시설의 입지를 시도하는 경우에 대한 시스템역학 모델 시뮬레이션 수행결과, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 제안시설로부터의 거주거리와 무관하게 정책의 투명성 제고가 시설입지의 성패에 있어서 가장 중요한 열쇠이며, 해당지역주민 대표집단의 정책결정초기과정에의 참여를 통하여 투명한 입지정책결정과정이 가능하다. 따라서 각급 지방자치단체의 자발적 유치신청을 유도할 수 있는 방안이 마련되어야 한다.

둘째, 기존 원전의 지역주민에 대한 PA활동은 제한된 지역의 제한된 인원에 대한 소비적인 보상일변도에서 탈피하여, 원전운영정보의 실시간 공개 및 지속적인 주민태도 파악 등에 맞춰져야 한다.

셋째, 원전관련 사고 특히 입지추진과정에

서의 원전관련 사고는 사고의 질적 수준에 무관하게 주민의 시설수용의지에 치명적인 영향을 미친다. 따라서 원전운영의 안전운영은 물론 원전의 안전운영에 관련된 모든 정보를 지역주민들과 실시간으로 공유하려는 노력이 필요하다.

넷째, 우리나라의 원전관련시설의 입지과정에서도 대두되고 있는 도넛효과를 활용하기 위한 실천적 전략이 주민이해사업 실무자집단에 제공되어야 한다. 이를 위해서는 지역주민들의 시설에 대한 지속적인 태도조사 및 연구가 이루어져야 하고, 그 분석결과를 피드백할 수 있는 유연한 전략이 마련되어야 한다.

마지막으로, 정부 및 한국전력에 대한 주민들의 신뢰가 대단히 낮은 수준에 있음을 감안할 때, 방사성폐기물처분시설의 입지문제가 가지는 국가에너지정책상의 중요성을 인식하고 이론과 기술적 실천성을 가진 입지전문가 집단의 양성이 시급하다.

4. 참고문헌

1. 김지용, '방사성폐기물관리시설 입지에 있어서 도우넛효과에 관한 연구, 1997. 2, 아주대 에너지학과 석사학위논문
2. '원자력안전과 규제에 관한 국민인식도 조사보고서('95.12, 원자력안전기술원)'
3. '한국인의 위험인식 상태와 원자력관련시설의 사회문화적 환경개선을 위한 연구', '93.4, 원자력환경관리센터
4. '원자력의 국민수용성 증진을 위한 PA방안 연구', 원자력환경관리센터
5. '원자력 및 방사성폐기물관리사업에 대한 의식조사('95.1)'
6. 유해운, '비선호시설입지에 대한 주민반대 요인에 관한 연구', '95, 광운대 행정학박사학위논문
7. '방사성폐기물 관리대책 수립을 위한 정책연구', '97.11, 원자력환경기술원
8. 이종엽, '입지정책의 결정과 집행과정에서의 정책수용성에 관한 연구', '97.2, 충남대 행정학박사학위 논문
9. 이수장, '기피시설입지의 갈등해소에 관한 연구', 서울대 환경계획학과 박사학위논문
10. 박재묵, '지역반핵운동과 주민참여', 서울대 사회학과 박사학위논문
11. 방사성폐기물 관리 및 원자력환경기술개발 활성화 정책연구, '96.10, 아주대학교 에너지시스템연구센터
12. 방사성폐기물 관리대책수립을 위한 정책연구, '97.11, 원자력환경기술원
13. D. Easterling & H. Kunreuther, 'The Dilemma of Siting A High-level Nuclear Waste Repository', '95, Kluwer Academic Publishers

1) 김지용, '방사성폐기물 관리시설입지에 있어서 도우넛 효과에 관한 연구', 1997, 아주대 석사학위 논문

2) 원전관련사고의 유무, 보유부동산의 규모, 정책수용율, 원자로당 사고율 및 사고의 규모 등의 변화를 포괄하는 시나리오분석은 본 연구의 최종보고서를 참고할 것