

기획연구 2008-07

# 재난발생의 지역경제효과 분석사례 및 기법연구

임경수 · 송두범 · 박지영 · 윤성수



# 발 간 사

2007년 12월 7일 발생한 허베이스피리트호의 기름 유출 사고는 지금까지 한국에서 발생한 기름유출 사고 중 최악의 사건으로 기록되었다. 뿐만 아니라 기름 유출 사고 후의 피해복구가 아직까지도 진행되고 있고 중앙정부 차원에서는 이 지역을 재난관리지역으로 선포하고 지속적으로 방재사업을 수행하고 있다. 더욱이 3 면이 바다로 둘러싸인 우리나라의 입지적 여건과 해외 수출의존도가 높은 경제적 상황을 고려할 때, 이와 같은 유사한 사건은 언제든지 재현될 가능성이 있다.

허베이스피리트호의 기름유출사고가 심각한 이유는 그 피해 규모가 엄청날 뿐만 아니라 향후 발생할 여러 가지 환경적 변화와 이에 따른 인간의 정주여건에 어떤 부정적 효과를 초래하게 될지 예측하기가 매우 어렵기 때문이다. 이 연구에서 제시한 국내외 사례에서 알 수 있듯이 이와 같은 자연 및 환경재난의 복구에는 엄청난 노력과 비용, 시간이 투입되어야 복구될 수 있다. 설사 복구된다 해도 인위적 복구는 불완전한 경우가 대부분이어서 장기적인 자연치유와 복구가 뒤따르지 않으면 오랫동안 제 기능을 발휘하지 못하는 경우가 대부분이다.

현재 우리나라의 재난관리에 관한 연구나 정책적 대안을 모색한 연구는 매우 부족한 현실이다. 주로 2000년대 이후 재난 방재에 관한 연구들이 속속 발표되고 있으나 주로 제도적인 문제라든가, 물리적 피해와 복구에 관한 연구, 재난 방재나 그 예방에 관한 긴급처리 및 대처계획 등이 주류를 이룬다. 이들 연구에 비해 상대적으로 재난피해규모의 추정에 관한 연구는 미약한 편이다. 특히 특정 재난 사고가 발생한 후 현지조사에 의한 직접적 피해규모나 그 보상에 관한 연구는 대형 사고 후에 많이 있어 왔지만 이 사고와 연관된 전후방 파급효과나 지역 및 국가 경제에 미치는 영향에 관한 연구는 흔치 않았다.

이 연구는 이런 차원에서 대형 재난 사고가 초래하는 사회경제적 파급효과를 추정하기 위한 정량적 모형에 관한 시도이다. 2001년 9·11 테러 후에 미국에서는 이러한 대형 재난 사고가 초래하는 사회경제적 파급효과를 추정하기 위한 정량적 모형에 관한 연구가 많이 시도되었다. 허베이스피리트호의 사고가 충남 지역에서 발생했고 이에 관한 직접적 피해는 또 다른 연구에

서 다루어질 것이지만 이러한 재난 사고에 대한 보다 정량화된 예측모형이 구축된다면 충남에서 뿐만 아니라 전국적 차원에서도 적용이 가능할 것이다.

이 연구는 크게 두 부분으로 구성되었다. 하나는 사례연구로 허베이스피리트호의 사고와 유사한 미국의 엑스 발데즈호의 기름유출사고를 사례로 조명하였고 더불어 국내외 대형 재난사고 사례를 담았다. 다른 하나는 이러한 재난사고의 피해규모를 정량적으로 추정하기 위한 모형구축에 관한 내용을 담았다. 이러한 연구를 통해 대형사고의 사회경제적 파급효과를 추정할 수 있는 정교한 모델이 구축되어 현실적인 정책대안을 모색할 수 있으리라고 본다.

끝으로 미국 남가주대학(USC)에서 연구년을 보내면서 이 연구를 수행한 임경수 교수와 뉴욕주립대 박지영 교수, 남가주연합정부(Southern California Association of Government)의 윤성수 연구원의 노고를 치하하며, 연구의 수행과정에서 유익한 심의와 자문에 응해준 전문가 여러분에게도 감사의 말씀을 드린다.

2008년 12월 31일

충남발전연구원장 김용웅

# 연구요약

## 1. 연구 배경 및 목적

본 연구의 목적은 제시된 재난관리의 분야 중 경제, 사회적 부문의 재난과 그로 인한 피해추정을 위한 모형을 제시하는 데에 있다. 현재, 한국의 경제 규모가 급속도로 성장한 수 십년 전부터는 매년 인재나 자연재해로 인한 경제적 사회적 손실과 그 피해 규모도 대규모화하고 있다. 특히, 2007년 12월 7일 발생한 허베이스피리트 호의 기름 유출 사고는 지금까지 한국에서 발생한 기름유출 사고 중 최악의 사건으로 기록 되고 있다. 하지만 허베이스피리트 호의 기름 유출 사고의 피해액에 대한 조사 및 보상에 대한 처리가 아직까지도 현재진행형으로 남아있으며, 해당 지역은 재난지역으로 선포되어 있는 실정이다.

따라서, 허베이스피리트호 사고와 같은 대형 재난사고가 지역경제에 어느 정도의 파급효과를 초래했는지를 추정하는 것은 향후의 정책 마련을 위해 매우 필요하며 이와 유사한 재난예방 프로그램의 마련을 위해서도 매우 중요하게 다루어야 할 과제라고 할 수 있다. 특히, 직접조사를 통해 피해액을 추정하는 데에 따른 여러 한계점을 극복하기 위해, 중앙정부 및 지방 연구기관에서 월별, 기별, 혹은 연도별로 발표하는 여러 통계 자료와 현재까지 개발된 여러 정량적 연구방법론을 조합하여 재해 재난으로 발생되는 피해액을 추정해 내는 것은 시급하면서도 중요한 문제라 할 수 있다.

## 2. 주요 연구내용

본 연구는 허베이스피리트호 사고와 같은 대형재난 사고가 발생했을 때 이의 지역경제 파급효과를 분석한 외국의 사례와 국내의 대표적 사례를 소개하고, 외국의 사례에 적용된 정량적 연구방법론에 대한 선진분석기법을 소개하여 향후 한국적 현실에 이러한 방법론이 응용될 수 있는 여지를 살펴보고자 한다. 본 연구진은 이러한 정량적 연구방법론의 소개를 통해 재난위기 대응에 있어서 효과적인 정량적 연구모형을 바탕으로 한 체계적인 프로그램에 대한 필요성을 강조하고 소개된 모형에 함유된 정책적 시사점을 제안하여 이를 공유하고자 한다.

이에 따라 본 연구는 다음과 같이 네 가지 연구내용으로 요약할 수 있다.

첫째, 국내의 사례로 태풍 매미에 대한 소개 및 경제적 피해에 대한 여러 연구보고를 소개한다. 또한, 허베이스피리트호의 기름유출 사고와 유사한 재난으로 1989년 3월 24일에 알래스카에서 발생했던 Exxon Valdez호의 기름유출 재난과 허리케인 카트리나로 큰 피해를 입은 루이지애나 주 (Louisiana state)의 재난사고를 소개한다.

둘째, 이와 같은 대형재난사고, 특히 최근에 활발하게 연구가 진행된 카트리나로 인한 경제적 파급효과 분석에 사용된 양적분석기법의 소개한다.

셋째, 사례 분석 및 양적 방법론의 소개를 통해 허베이스피리트호와 같은 한국적 재난 및 재해의 발생시 경제적 파급효과를 분석할 수 있는 파급효과분석모형을 이론적으로 구축하여 후속 연구에 응용될 수 있도록 한다.

넷째, 허베이스피리트호와 유사한 사고에 대한 경제적 파급효과 모형이 향후 피해지역의 경제 활성화를 위한 중앙정부 및 지방정부의 노력에 필요한 정책에 어떻게 활용될 수 있는 지에 대한 사후관리 및 대응방안과 정책적 시사점을 모색하고자 한다.

### 3. 결론 및 정책 제언

본 연구는 이론적으로는 전통적인 지역 및 도시경제 부분에서 다루어져 오던 분석기법을 보다 발전시켜 재난에 관한 경제적 위기분석 기법으로 모형화하였다. 이를 위해 본 연구는 먼저 재난과 관련된 분석기법의 의미와 필요성을 언급하였고, 국내외 재난 사고 사례의 조사 및 분석을 통해 기존의 재난 관련 피해내역 및 그에 따른 분석기법의 흐름을 정리하였다. 그리고 이를 바탕으로 보다 정밀한 경제적 위기분석 기법인 한국형 재난피해추정모형을 제시하였다.

본 연구를 통해 제시된 한국형 재난피해추정모형인 KEIMODE는 허베이스피리트호와 같은 재난 및 재해 사고가 초래한 직접적인 지역경제 파급효과를 산업별로 파악하는 데에 활용될 수 있다. 이를 바탕으로 여타 산업에 대한 간접적 파급효과 및 다른 지역에 미치는 간접적 파급효과까지 측정가능하다. 또한 향후 발생가능한

추가적 파급효과에 대한 시간적 확장성까지 추가적으로 측정할 수 있다.

KEIMODE를 활용한 연구 결과들은 지역내의 재난관리 시스템에 대한 전반적인 점검을 하는데 크게 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다. 그리고 이러한 지역경제 파급효과를 추정하는 데에 있어 정량적 접근법을 사용하므로 재난과 관련한 충청남도의 예산 책정이나 도 및 중앙정부의 사후 관리비용을 산정하는데 일관성이 담보된다고 할 수 있다. 이는 재난과 관련한 공공부문과 사적부문의 역할 분담과 비용분담에 대한 적절한 기준을 모색하는데 크게 기여할 것으로 기대된다. 비록 본 연구가 실제적으로 KEIMODE를 적용하지는 않았으나, 향후 후속 연구에서 KEIMODE의 실제적 적용이 가능할 것으로 기대한다.



# 차 례

## 제 1 장 서 론

1 연구의 배경 및 목적 .....	1
1) 연구의 배경 .....	1
2) 연구의 목적 및 방법 .....	2
3) 연구의 내용 .....	3
2 연구의 방법 및 선행연구와의 차별성 .....	4

## 제 2 장 국내·외 재난 사고 사례

1. 재난 사고 사례 조사 목적 .....	6
2. 태풍 매미 .....	6
1) 사건 개요 .....	6
2) 피해내역 및 규모 .....	9
(1) 주요 산업시설 피해 .....	9
(2) 농작물 및 농업시설 피해 .....	13
3. 엑손 발데즈 (Exxon Valdez) 기름유출 사고 .....	14
1) 사건 개요 .....	14
2) 피해 내역 및 규모 .....	16
(1) 동물, 환경관련 피해 .....	16
(2) 구체적 피해 내역 .....	20
① 동물, 환경관련 복구비용 규모 .....	21
② 지역경제의 직접 피해 규모 .....	23
4. 허리케인 카트리나 (Hurricane Katrina) .....	24
1) 사건 개요 .....	24
2) 피해 내역 및 규모 .....	25
3) 주요 산업 및 물류 관련 피해 규 .....	32

(1) 석유정제시설 피해 .....	32
(2) 경제물류이동 및 물류량의 변화 .....	33
5. 분석 방법론 고찰 .....	37

### 제 3 장 재난 관리에 관한 분석모형의 이론적 소개

1. 전통적 계량 모형 접근법 .....	40
2. NIEMO .....	43
3. 연구 모형의 확장 .....	48
4. 한국형 재난 피해 추정 모형 (KEIMODE) .....	51

### 제 4 장 결론 및 정책적 시사점

참고문헌 .....	58
------------	----

# 표 차례

<표 1> 주요 선행 연구와 본연구의 차별성 요약 .....	5
<표 2> 주요 태풍의 비교: 매미, 셀마, 루사의 피해내역 .....	8
<표 3> 태풍 매미의 구체적 피해규모 .....	9
<표 4> 주요 산업단지 피해내역 및 규모 .....	10
<표 5> 중소기업단지의 피해내역 및 규모 .....	10
<표 6> 농림부문 시설 및 농작물 피해내역 및 규모 .....	13
<표 7> 엑손 발데즈호 사고 원인 .....	15
<표 8> 기름오염관련 오염도 측정법 .....	17
<표 9> 개체비교법에 따른 동물 피해 내역 .....	18
<표 10> 사고지역의 기름 오염도 측정내역 .....	19
<표 11> 사고지역과 기타지역간의 오염도 비교내역 .....	20
<표 12> 엑손 발데즈 기름 유출관련 동물, 환경 복구를 위한 예산안 .....	22
<표 13> 미국 역대 허리케인 피해 규모 .....	29
<표 14> 허리케인 카트리나의 피해내역 및 규모 .....	30
<표 15> 실증조사의 장점과 한계점 .....	39
<표 16> IO, CGE, 동태적 IO, FlexIO 접근법의 비교 .....	50
<표 17> 산업연관표 연혁 .....	52

# 그림차례

<그림 1> 태풍 매미의 이동경로 .....	7
<그림 2> 산업피해현장 .....	12
<그림 3> 막대한 민간피해 .....	12
<그림 4> 침수피해현장 .....	12
<그림 5> 이재민 피해 .....	12
<그림 6> 엑손 발데즈 유조선 기름 유출사고 현장 .....	14
<그림 7> Exxon Valdez Oil Spill 피해지역 .....	16
<그림 8> 허리케인 카트리나의 이동경로 .....	24
<그림 9> 허리케인 카트리나로 파괴된 도시 인프라 .....	26
<그림 10> 허리케인 카트리나의 해일, 침수피해 현장 .....	26
<그림 11> 뉴올리언스의 수몰된 도시 현장 .....	27
<그림 12> 뉴올리언스의 이재민 .....	27
<그림 13> 태풍의 눈 상륙시 폭풍으로 인한 파괴 .....	28
<그림 14> 태풍으로 발생한 파괴 .....	28
<그림 15> 파괴된 석유정제시설 현장 .....	31
<그림 16> 독성물질에 노출된 시민들 .....	31
<그림 17> 허리케인 카트리나, 리타의 이동경로 .....	32
<그림 18-1> 뉴올리언즈 지역의 월별 실제, 추정, 예상 국외 수출량 .....	34
<그림 18-2> 뉴올리언즈 지역의 월별 실제, 추정, 예상 국내 수출량 .....	34
<그림 19-1> 뉴올리언즈 지역의 월별 실제, 추정, 예상 국외 수입량 .....	35
<그림 19-2> 뉴올리언즈 지역의 월별 실제, 추정, 예상 국내 수입량 .....	35
<그림 20> 카트리나로 인해 감소된 총경제적 손실 .....	36
<그림 21> 사전 사후 비교 분석법의 과정 .....	42

<그림 22> 지역산업연관모형의 구분 .....	44
<그림 23> NIEMO의 구성과 분석과정 .....	46
<그림 24> 일반적 경제모형 분석 과정 .....	53
<그림 25> KEIMODE의 구성과 활용모형 .....	54



# 제1장 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

### 1) 연구의 배경

인재 및 자연재해로 인한 피해는 사실상 인류의 시작과 더불어 시작되었다고 할 수 있다. 그러한 재난이 불확실성을 내재함으로 인해 재난 관리와 관련된 과정은 크게 다음의 세 가지 측면에서 접근될 수 있다. 첫째, 재난의 예방 및 대비적 접근법. 둘째, 재난 발생 후 이에 대한 긴급 처리, 대처 계획 및 복구 과정. 셋째, 재난의 실제적 피해규모 추정과 이에 대한 사후 보고 및 향후 대응 방안 강구 등으로 요약될 수 있다. 그리고 재난관리를 접근하는 방향성에 있어서는 크게 공학·기술적 접근, 경제·사회적 접근, 그리고 제도·심리적 접근으로 나눌 수 있다.

현재 한국의 대부분의 연구가 재난관리와 관련하여 제도·심리적 접근에 초점을 맞추어 재난 발생 후 이에 대한 긴급 처리 및 대처 계획, 그리고 복구 과정에 있어서의 절차적 부문을 중심으로 다루고 있는 것으로 판단되며 (이재은 외, 2006; 성기환, 2006), 공학·기술적 접근은 대부분 재난의 예방 및 대비에 초점을 맞추어 논의가 되고 있다. 또한 재난의 실제적 피해규모 추정과 이에 대한 사후 보고 및 향후 대응에 대한 정책적 접근법은 대부분 직접조사를 바탕으로 이루어지고 있는 실정이다. 이에 따라 상대적으로 경제·사회적 피해에 대한 방법론적 모형 구성이 소홀하며, 특히 정량적 접근법 개발에 대한 연구가 거의 이루어지지 않고 있는 것으로 파악되고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 제시된 재난관리의 분야 중 경제, 사회적 부문의 재난과 그로 인한 피해추정을 위한 모형을 제시하는 데에 있다. 현재, 한국의 경제 규모가 급속도로 성장한 수십년 전부터는 매년 인재나 자연재해로 인한 경제적 사회적 손실과 그 피해 규모도 대규모화하고 있다. 특히, 2007년 12월 7일 발생한 허베이스피리트 호의 기름 유출 사고는 지금까지 한국에서 발생한 기름유출 사고 중 최악의 사건으로 기록 되고 있다. 하지만 허베이스피리트

호의 기름 유출 사고의 피해액에 대한 조사 및 보상에 대한 처리가 아직까지도 현재진행형으로 남아있으며, 해당 지역은 재난지역으로 선포되어 있는 실정이다.

이러한 문제가 단순히 허베이스피리트호 사건에 국한되어 논의되지 않는 이유는 앞으로 이와 유사한 사건이 언제든지 재현될 가능성이 크다는 데에 있다. 이러한 우려는 허베이스피리트호 사건 이후 실제로 2008년 9월 24일에 발생한 유사 기름유출 사고에서도 알 수 있다. 이 유사 기름유출 사고는 부산 서구 남부민동 남항일자방과제로부터 140m 떨어진 해상에서 선박에 연료를 급유하는 147 톤급 해상유조선 일해호와 233톤급 어선인 105통영호가 서로 충돌하면서, 벙커 C유 480톤 중 약 3톤이 유출되는 것이었다 (한겨레 신문, 2008). 이러한 심각한 일련의 사건들이 연속적으로 발생함에도 불구하고 한국 내 현실에서는 재난위기에 관한 구체적인 피해보고 프로그램 및 절차, 특히 정량적 방법론의 도입을 통한 경제적 파급효과에 관한 연구는 깊이 있게 다루어지고 있지 못하고 있는 것으로 파악되고 있다.

따라서 허베이스피리트호 사고와 같은 대형 재난사고가 지역경제에 어느 정도의 파급효과를 초래했는지를 추정하는 것은 향후의 정책 마련을 위해 매우 필요하며 이와 유사한 재난예방 프로그램의 마련을 위해서도 매우 중요하게 다루어야 할 과제라고 할 수 있다. 특히, 직접 조사를 통해 피해액을 추정하는 데에 따른 여러 한계점을 극복하기 위해, 중앙정부 및 지방 연구기관에서 월별, 기별, 혹은 연도별로 발표하는 여러 통계 자료와 현재까지 개발된 여러 정량적 연구방법론을 조합하여 재해 재난으로 발생되는 피해액을 추정해 내는 것은 시급하면서도 중요한 문제라 할 수 있다.

## 2) 연구의 목적 및 방법

그 동안 우리나라에서는 이러한 (자연적 재난이든, 인공적 재난이든) 대형 재난사고가 초래하는 지역경제의 파급효과를 측정할 수 있는 분석 기법에 대한 연구가 다양하고 활발하게 진행되어 오지 않은 것으로 파악된다. 이러한 분석기법에 대한 실질적 연구의 부재는 피해보상에 대한 정부정책이나 허베이 사고와 관련한 국제 분쟁의 경우에 있어서도 대부분 개인별 수준에서 직접피해를 계상하여 보상을 청구하고 있는 현실로 이어지고 있다 (대전일보, 2008).

최근에 들어서 일부 황사현상과 지역경제를 연계한 연구 (Park et al., 2008a)나, 조류인플루엔자에 대한 경제적 영향에 대한 연구(우병준 외, 2008)가 계량 모형 및 정량적 접근법을 활용

하여 그 피해를 추정하고 있다. 그러나 이런 연구들이 산업적 영향관계를 전반적으로 포괄한 다든지, 지역적 연계성을 담보한다든지, 혹은 미래에 발생 가능한 추가적 경제 피해 추정에 대해서는 여전히 일정정도 한계를 지니고 있다. 이로 인하여 사회경제적으로 대규모 재난이 발생한 경우, 보다 심도 있는 연구를 통해 이와 같은 다양한 형태의 경제적 파급효과를 추정할 수 있는 정밀한 모형 도입이 절실한 실정이다.

본 연구는 허베이스피리트호 사고와 같은 대형재난 사고가 발생했을 때 이의 지역경제 파급 효과를 분석한 외국의 사례와 국내의 대표적 사례를 소개하고, 외국의 사례에 적용된 정량적 연구방법론에 대한 선진분석기법을 소개하여 향후 한국적 현실에 이러한 방법론이 응용될 수 있는 여지를 살펴보고자 한다. 본 연구진은 이러한 정량적 연구방법론의 소개를 통해 재난위기 대응에 있어서 효과적인 정량적 연구모형을 바탕으로 한 체계적인 프로그램에 대한 필요성을 강조하고 소개된 모형에 함유된 정책적 시사점을 제안하여 이를 공유하고자 한다. 이러한 정량적 연구방법론은 금번 허베이스피리트호 사고의 해당지역인 충남지역, 그 주변지역, 나아가 국가 전체에 영향을 끼친 경제적인 파급효과를 측정하는 데 기여할 수 있고, 이에 따라 허베이스피리트 사고로 인한 충남 및 중앙정부로부터의 재정지원에 대한 효과적인 근거를 제시하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### 3) 연구의 내용

이와 같은 연구목적은 좀 더 구체적으로 세분화해서 제시하면 아래와 같은 네 가지 연구내용으로 요약할 수 있다.

첫째, 국내의 사례로 태풍 매미에 대한 소개 및 경제적 피해에 대한 여러 연구보고를 소개한다. 또한, 허베이스피리트호의 기름유출 사고와 유사한 재난으로 1989년 3월 24일에 알래스카에서 발생했던 Exxon Valdez호의 기름유출 재난과 허리케인 카트리나로 큰 피해를 입은 루이지애나 주 (Louisiana state)의 재난사고를 소개한다.

둘째, 이와 같은 대형재난사고, 특히 최근에 활발하게 연구가 진행된 카트리나로 인한 경제적 파급효과 분석에 사용된 양적분석기법의 소개한다.

셋째, 사례 분석 및 양적 방법론의 소개를 통해 허베이스피리트호와 같은 한국적 재

난 및 재해의 발생시 경제적 과급효과를 분석할 수 있는 과급효과분석모형을 이론적으로 구축하여 후속 연구에 응용될 수 있도록 한다.

넷째, 허베이스피리트호와 유사한 사고에 대한 경제적 과급효과 모형이 향후 피해지역의 경제 활성화를 위한 중앙정부 및 지방정부의 노력에 필요한 정책에 어떻게 활용될 수 있는 지에 대한 사후관리 및 대응방안과 정책적 시사점을 모색하고자 한다.

## 2. 연구의 방법 및 선행연구와의 차별성

국내에서 허베이 스피리트호 사고와 같은 유사한 사고를 분석한 자료는 많지 않으나 재난과 관련, 황사로 인한 피해규모를 추정하는 연구는 보고서 형태로 두 편이 보고되었다 (추장민, 2003; 강광규 외, 2004). 하지만 이 두 연구가 비록 한국에 대한 국가적 손실을 보고하고 있으나, 두 연구 모두 설문조사를 바탕으로 경제적 손실을 추정하였다는 측면에서 정량적 방법론을 확립하여 일관성 있는 연구를 하였다고 보기는 어렵다. 비록 현재 경기개발연구원에서 설문지 조사방법을 통하여 해양 원유유출사고의 피해 및 비용을 추정하는 연구를 수행하고 있으나, 여전히 정량적 방법론을 다루지 못하고 경제적 손실 추정이 제한적인 산업을 기초로 한 부분적인 손실만을 보고한다는 측면에서, 향후 유사한 재난에 대해 일관되고 일반화된 접근법을 빠르게 보고 하기는 어려운 측면이 있다.

이에 따라 2차적 통계자료를 활용한 경제적 피해 손실 규모를 정량적으로 추정할 수 있는 모형을 구성하고 확립하는 것은 재난 관리에 있어 주요한 의제라고 할 수 있다. 이와 관련하여 현재 진행 중인 Park et al. (2008a)의 연구는 공간계량경제모형과 한국은행의 지역 간 산업연관모형을 이용한 다는 측면에서 방법론적 강점이 있다고 할 수 있다. 한국은행의 지역 간 산업연관모형 (IRIO)를 이용하여 경제적 과급효과를 분석한 경우는 대부분 정부재정 지출에 대한 긍정적 과급효과만을 분석하고 있다 (박지영 · 이성우, 2008; 조규영 · 박지영, 2008). 그러나 허베이 스피리트호와 같은 재난에 대한 한국은행의 지역 간 산업연관모형 (IRIO) 사용여부는 아직까지 보고되고 있지 않다. 따라서, 본 연구는 허베이 스피리트호 사고와 관련한 피해규모 추정에 대하여, 처음으로 양적 연구방법론의 모형적 확립에 대한 제안을 하고자 한다. 특히 재난에 따른 피해분석과 관련하여 경제에 미치는 부정적 과급효과를 제시할 수 있는 모형을 확립함으로써, 충남 및 중앙정부의 재정지출에 대한 일관되고 정형화된 결과를 유도할 수 있

다는 측면에서 본 연구는 선행연구들과 차이점이 있다고 할 수 있다. 다음의 <표-1>은 본 연구와 주요 유사 선행연구와의 차별성을 요약하고 있다.

다음 장에서는 외국의 재난 재해에 대한 소개와 이에 따른 경제적 피해 규모 및 그 경제적 피해를 추정하는 방법론에 대한 내용을 담고 있다. 제 3장에서는 최근 카트리나 재해에 따른 경제적 피해의 파급효과에 활발하게 응용된 정량적 연구방법론을 한국적 현실에 어떻게 응용 가능한 지에 대한 정량적 접근법에 대한 구성을 소개한다. 나아가 허베이스피리트호 등의 재난 재해에 대한 경제적 파급효과에 직접적으로 응용가능한 한국형 정량적 추정모형을 제시한다. 마지막 장에서는 본 연구가 가지는 정책적 함의 및 향후 기대되는 연구방향 등에 대한 시사점을 담는다.

<표 1> 주요 선행 연구와 본연구의 차별성 요약

구 분	선행연구와의 차별성		
	저자 및 연구제목	연구방법	주요 연구내용
주요 선행 연구	1 강광규 외, 2004, 『동북아지역의 황사 피해 분석 및 피해저감을 위한 지역 협력방안』 II, 한국환경정책평가연구원 연구보고서.	설문조사	황사에 따른 국가적 경제적 손실이 38억 달러에서 73억 달러 사이에 달할 것이라 보고
	2 경기개발연구원	설문조사	해양 원유유출사고의 피해 및 비용을 추정하는 연구
	3 박지영·이성우, 2008, 『대형국책사업의 지역경제 파급효과 분석: 대전지역 자기부상열차 시범사업을 중심으로』, 서울도시연구 제출 예정.	지역 간 산업연관모형	2003년 한국은행의 지역 간 산업연관모형 (IRIO)를 이용하여 대전 지역 자기부상열차 시범사업에 대한 경제적 파급효과를 분석
본 연구		계량경제모형 및 지역 간 산업연관모형	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 허베이스피리트호 사고가 초래한 경제적 파급효과와 영향을 분석하며,</li> <li>- 허베이스피리트호와 유사한 사고에 대한 해외 사례를 분석하고,</li> <li>- 허베이스피리트호 사고에 대한 경제적 측면에서의 사후관리 대안과 지역경제활성화를 위한 대응방안의 모색하는 것임</li> </ul>

## 제2장 국내·외 재난 사고 사례

### 1. 재난 사고 사례 조사 목적

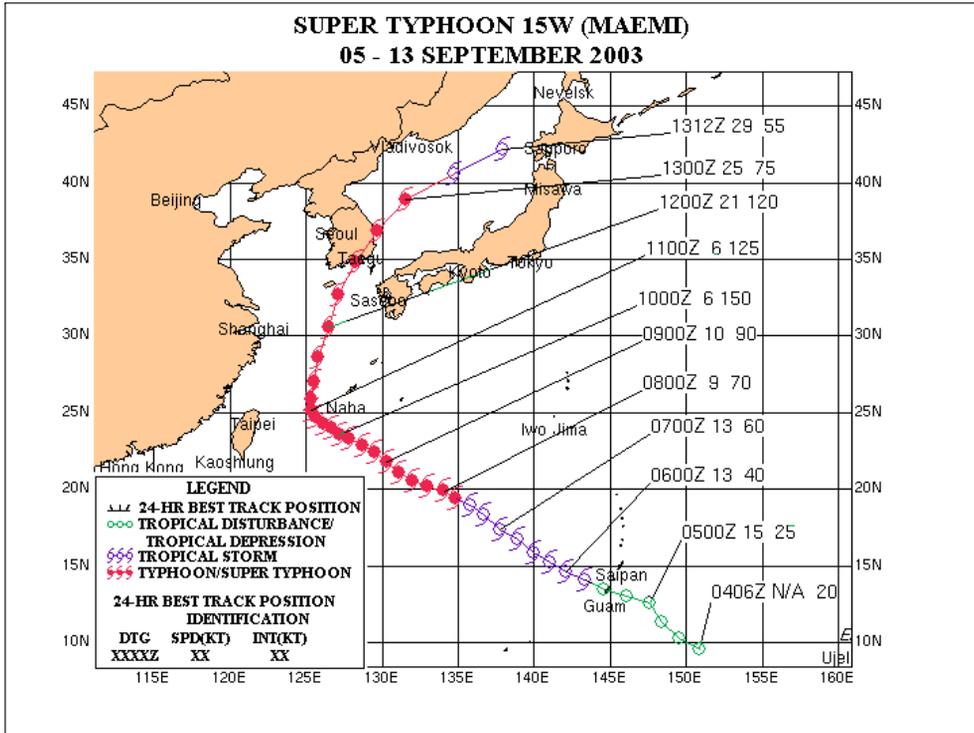
본 장에서는 국내외 유사한 재난 사고 사례를 소개하고 그에 따른 경제적 피해 규모 및 실제적 규모 산출을 위한 조사방법론을 소개하였다. 우선 국내 재난사고 대표적 사례인 태풍 매미 사례를 통해 국내에서 발생된 재난사고의 피해내역 및 피해액의 규모에 대하여 문헌 조사를 실시하였다. 그리고 국외의 사례로는 역사상 기록적인 기름 유출 사고 중 대표적 사례인 엑손 발데즈 기름 유출 사고(Exxon Valdez Oil Spill)에 대하여 그 발생 배경 및 그로 인한 경제 피해 규모에 대해 문헌 및 기타 자료를 통하여 조사하였다. 또한 다른 해외 재난 사례로 2005년 미국 남부 지역에서 발생한 허리케인 카트리나 (Hurricane Katrina)의 사례를 통해 자연재해 및 인재로 인해 발생된 총체적 피해 사항을 조사, 정리하였다. 이 뿐만 아니라 각 재난사고의 피해규모를 추정하기위한 방법론에 대한 개략적 분석도 시도하였다.

### 2. 태풍 매미 (2003)

#### 1) 사건 개요

태풍 매미는 2003년 9월 6일 발생해 9월 14일 소멸한 중형급 태풍으로 태풍 이름은 북한에서 제출한 것으로 제 14호 태풍이라고도 한다. 9월 6일 처음 발생했을 때는 중심 기압이 996hPa(헥토파스칼), 중심 최대 풍속이 18m로 열대성 폭풍에 지나지 않았으나 <그림 1>에서 보여지는 경로를 따라 이후 서쪽으로 이동하면서 점차 태풍으로 발달해 일본 오키나와 남쪽 450km지점에 이르렀을 때는 중심기압이 950hPa로 강해졌다.

<그림 1> 태풍 매미의 이동경로



자료: [www.commonswiki.org/wiki/Image:Typhoon\\_Maemi\\_2003\\_track.gif](http://www.commonswiki.org/wiki/Image:Typhoon_Maemi_2003_track.gif)

이러 북태평양 고기압을 타고 한반도로 북상하기 시작해 11일에는 2003년 발생한 태풍 가운데 가장 강한 중심기압 910hPa의 강력한 태풍으로 변모하였다. 북위 25도를 넘으면서 차츰 약해졌으나 여전히 중형급의 강한 위력을 유지한 채 같은 날 16시 제주도를 거쳐 20시에는 경상남도 삼천포 해안에 상륙하였다. 그 뒤 7시간 만에 영남 내륙지방을 지나 13일 03시 무렵에는 경상북도 울진을 거쳐 동해안으로 진출, 그 세력이 약해지기 시작한 뒤, 14일 06시 일본 삿포로 북동쪽 해상에서 태풍으로서의 일생을 마쳤다.

태풍 매미는 한반도에서 기상관측을 실시한 1904년 이래 중심부 최저기압이 가장 낮은 태풍으로 12일 사천 부근의 해안에 상륙했을 때의 최저 기압은 1959년 9월 발생한 태풍 사라(사망, 실종 849명)의 952hPa보다도 낮은 950hPa이었다. 당시 태풍 매미는 5000억원의 재산피해와 사망 및 실종 1,231명의 인명피해를 낸 1987년 7월의 셀마 (972hPa), 2002년 8월 30일~9월 1일 발생한 태풍 루사(970 hPa: 사망, 실종 270명)보다도 강한 태풍이었다 (<표 2> 참조).

<표 2> 주요 태풍의 비교: 매미, 셀마, 루사의 피해내역

	매미 (2003)	사라 (1959)	셀마 (1987)	루사 (2002)
지상 최저기압	950hPa	952hPa	972hPa	970 hPa
재산 피해	4조8천억원	2800억원	5000억원	5조3천억원
인명 피해	132명	849명	1,231명	270명

태풍 매미는 우리나라에서 불과 약 7시간 가량 머물렀지만 전국적으로 4조 7,810 억 원의 재산피해 및 10,975여명의 이재민을 발생시킨 것으로 보고되고 있다. 이재민의 경우 총 4,089세대 10,975명으로서, 지역별로는 경남 2,330가구 6,428명, 경북 15가구 1,346명, 부산 511가구 1,552명, 강원 335가구 922명, 전남 157가구 358명 등으로서 특히 경남지역의 피해와 그에 따른 이재민의 숫자가 전체의 58%로서 가장 많았다. 또한 태풍 매미로 인한 인명피해는 132명(사망 119, 실종 13, 부상 366)에 이르는 것으로 보고되었다 (<표 3> 참조).

인명피해와 관련해 보다 세부적인 내역을 살펴보면, 사망의 원인으로는 산사태 및 절개지 붕괴 사고 18명, 건물붕괴사고 12명, 하천급류사고 27명, 침수사고 18명 등으로 조사되었고, 지역별로는 경상남도가 63명, 경상북도가 19명, 부산이 16명, 강원도가 13명, 전라남도가 12명, 대구에서 4명, 제주도 2명 등으로서 특히 태풍의 상륙 지역인 경남지역에서 많은 인명피해가 발생하였다 (국가재난정보센터, 2003). 태풍이 동반한 집중호우와 낙동강 등의 하천 범람으로 인해 주택 42만 1015동과 농경지 3만 7986 ha가 침수되었으며 지역별로는 경남 16,129ha, 경북 9,281ha, 전남 3,732ha, 강원 등 8,844ha 등의 규모의 피해를 입었다. 그 밖에도 도로 및 교량 2,278개소, 하천 2,676개소, 수리시설 2만 7547개소가 유실되거나 파괴되었다.

그 외에도 총 1,477천 호에서 정전이 발생하였고 (부산 33, 대구 20, 전남 16, 경남 52, 제주 14, 충북 등 12), 원자력 발전소 5기(고리1-2-3-4호기, 월성 2호기)가 가동 중단되었으며, 부산 월래정수장 등 23개 시·군 47개 정수장이 가동 중단되어 가구에 식수공급이 이루어지지 않았고, 부산항을 비롯한 주요 항만 컨테이너 크레인 11기(전도 8기, 퀘도이탈 3기)가 파손되는 등 다양한 형태의 기반시설 피해가 발생했다 (국가재난정보센터, 2003).

이에 따라 2002년 루사 발생 후 전국 16개 시도와 203개 시군구 및 1,917개 읍면동이 특별재해 지역으로 선포된 데 이어 세 번째로 전국 14개 시·도, 156개 시·군·구, 1657개 읍면동이 특별재해지역으로 선포되었다 (국가기록원, 2006).

<표 3> 태풍 매미의 구체적 피해규모

내역	태풍 매미 피해규모
재산피해	4조 7,810 억원
이재민	4,089세대 10,975명
인명피해	사망 119, 실종 13, 부상 366
침수피해	주택 42만 1015동과 농경지 3만 7986 ha
유실피해	도로 및 교량 2,278개소, 하천 2,676개소, 수리시설 2만 7547개소
정전피해	민가 1,477천 호, 원자력 발전소 5기, 47개 정수장
특별재난지역	전국 14개 시도, 156개 시군구, 1657개 읍면동

‘재난재해 극복을 위한 경제계 네트워크 구성간담회’에서 발표된 「태풍 매미의 산업계 피해와 과제」 보고서에 따르면, 태풍매미 주요 피해지역인 부산, 울산, 포항, 거제, 마산·창원 여수·광양 등 6개 지역 실사 결과 건물, 기계장치, 제품 등 업계 총 직접피해규모가 약 3천 3백 9십억 규모로 추산되나 정밀조사와 추후 피해 조사까지 이뤄지면 그 피해 규모는 사실상 더욱 클 것으로 예상되었다.

## 2) 피해 내역 및 규모

### (1) 주요 산업시설 피해

산업시설의 피해는 2003년 9월 18일 현재 79개 산업단지 (국가 13개, 지방 18개, 농공 48개) 4,739개 업체에 약 7,250억 원 피해가 발생한 것으로 잠정 추정하고 있으며 마산자유무역지역 과 녹산·성서단지 등의 침수피해 지역의 경우에는 조사된 직접 피해 규모보다 추가적으로 발생될 피해가 더 큰 것으로 예상되었다 (유재준, 2003).

<표 4> 주요 산업단지 피해내역 및 규모

피해지역	산업단지	피해규모
부산지역	녹산단지 (271개사)	29,026 백만원
	신평장림단지 (130개사)	5,079 백만원
대구지역	성서, 달서단지 (130개사)	18,087 백만원
울산지역	울산, 온산단지 (121개사)	23,449 백만원
경남지역	창원단지 (234개사)	40,083 백만원
	진사, 안정단지 (9개사)	2,275 백만원
	마산자유무역지역 (39개사)	115,998 백만원
경북지역	포항철강단지 (39개사)	2,057 백만원
전남지역	여수단지 (29개사)	1,313 백만원
기타지역	양산지방 (67개 단지, 3,712개사)	601,594 백만원
조선소	대우, 삼성, 현대 3개사	30,700 백만원

<표 4>에서 보여지는 피해 내역과 같이 태풍의 경로에 위치한 남부지방의 주요 도시에 입지한 산업단지들이 많은 피해를 입었음을 알 수 있다. 이 밖에도 주요 기업들의 피해와 동시에 동일한 지역에 위치한 중소기업들 또한 막대한 피해를 입었다.

<표 5> 중소기업단지의 피해내역 및 규모

	부산/울산	경남	대구/경북	광주/전남	강원	제주	계
기업수 (개사)	766	1,308	451	91	41	12	2,669
피해액 (백만원)	96,252	153,050	33,590	3,260	7,226	346	293,724

\* 소상공인(10인 이하 제조업 및 5인 이하 도소매 서비스업)에 대한 피해액은 제외(피해지역이 광범위하여 정확한 피해조사에 다소 시일이 소요),

자료: 산업자원부, 태풍 「매미」 로 인한 산업피해 현황

<표 5>는 태풍 매미와 관련하여 각 지역별 중소기업의 피해 내역을 보여주고 있다. 표에서 보여 지듯이 태풍 매미의 직접적 영향권 내에 있었던 경남을 필두로 부산 및 대구/경북 지방

에 위치한 많은 중소기업들이 직접적 피해 대상자가 되었음을 알 수 있다 (산업자원부, 2003). 또한 중소기업의 피해 내역의 경우에는 특히 보고가 된 피해 내역보다 보고되지 않은 피해 내역이 많음을 고려할 때 그 피해규모가 상당할 수 있음을 알 수 있다.

본 문헌조사에 따르면, 산업시설의 피해 내역 및 규모는 건물, 기계장치, 제품 등 직접적인 피해만을 집계한 것이고 생산, 수출차질, 판매, 기타 영업피해 등 직접피해이외의 잠재적 피해는 포함되지 않은 금액이다. 특히 생산지연, 수출차질, 바이어 이탈 등 잠재적 피해는 사실 상 추산 보고 되지 않았으며, 또한 이러한 직접적 피해와 관련하여 다른 산업에 미치는 영향과 다른 지역에 미치는 영향 및 향후 발생 가능한 손실 등을 감안할 경우, 직접피해규모의 최고 20배에 이를 것으로 예상되는 것으로 보고되고 있다 (유재준 외, 2003). 뿐만 아니라 항만파괴 등 사회간접자본 시설의 피해를 고려할 때 발생 가능한 피해의 규모가 훨씬 클 것으로 예상된다. 실례로 부산항의 경우 하역능력이 12% 감소하는 등 수출입에 막대한 지장을 받은 것으로 보고되고 있기 때문이다 (유재준 외, 2003).

이와 같이 재난의 피해에 대한 직접적 피해는 어느 정도 정확한 추정이 가능하지만 간접 및 향후 발생 가능한 피해에 대해서는 정확한 추정이 매우 어렵다. 예컨대 재난으로 인한 직접적 피해로 인해 야기될 생산량이나 수출량의 차질, 국내 및 해외 고객의 이탈과 이로 인한 경제적 손실 등은 추정이 쉽지도 않을 뿐만 아니라 그 근거도 실증성이 미약한 경우가 많아 재난 피해의 전체적 규모는 대체로 그 실제보다 축소되어 발표되는 경우가 많다.

<그림 2~5> 태풍 매미 이후의 산업피해 현장 및 침수피해 현장

<p data-bbox="368 290 639 321">그림 2. 산업피해현장</p> 	<p data-bbox="796 290 1096 321">그림 3. 막대한 민간피해</p> 
<p data-bbox="368 848 639 880">그림 4. 침수피해현장</p> 	<p data-bbox="825 848 1082 880">그림 5. 이재민 피해</p> 

자료: [news.bbc.co.uk/.../photo\\_gallery/3105520.stm](https://www.bbc.com/news/3105520),

(2) 농작물 및 농업시설 피해

태풍 매미의 경우 강풍을 동반한 집중호우로 인하여 농작물의 도복 및 침수와 과실 낙과 피해가 심했다. 지역별로는 태풍 통과경로와 인접한 경상 남·북도, 전라 남·북도, 강원, 영동 및 제주지방의 피해가 컸고, 분야별로는 수확기를 앞둔 벼 등 농작물 30천ha가 침수되고 46천ha가 도복되었으며, 배, 사과 등 과수원 22천ha에서 낙과 피해가 발생하였다.

이 밖에도 농업시설과 관련된 직접적 피해 사항은 주로 폭풍과 침수로 인해 파손된 시설과 농작물, 동물의 피해의 집계를 통해 산출되었으며, 구체적으로 집계된 농업 시설 및 기타 직접 피해 내역으로 농업시설은 1,188ha에 이르는 비닐하우스, 인삼재배시설이 붕괴 혹은 피해를 입었으며 축사 232동이 파손되고 216천마리의 가축의 폐사가 발생하였으며 567개소의 수리시설이 붕괴 혹은 파손되었으며 양곡의 피해로는 일반벼 2,140톤, 쌀 461톤 그리고 보리 160톤이 피해를 입었다. 마지막으로 산림의 피해로는 산사태가 발생한 257ha와 임도 123km, 밤이나 기타 낙과는 23,200ha에 달하는 면적에서 발생하였다 (농림부, 2003). 이러한 직접적 피해 내역을 <표 6>에서 요약적으로 제시하였다.

<표 6> 농림부문 시설 및 농작물 피해내역 및 규모

피해 내용	피해 내역 및 규모
농업시설	비닐하우스·인삼재배시설 1,188ha, 축사 232동이 파손
가축폐사	216천마리 (닭 173, 돼지 5, 꿩 등 38)
수리시설	567개소 (취입보 166, 저수지 물넘이 73, 용·배수로 197, 방조제 등 131)
양곡피해	일반벼 2,140톤, 쌀 461톤(국내산 175, MMA 286), 보리 160톤
산림피해	산사태 257ha, 임도 123km, 밤, 낙과 23,200ha

### 3. 엑손 발데즈(Exxon Valdez) 기름 유출 사고 (1989)

#### 1) 사건 개요

1989년 3월 23일 오전 9:12분경 알래스카 송유관 터미널 (Trans Alaska Pipeline terminal)을 출발한 986-푸트(foot) 규모의 엑손 발데즈호 (Exxon Valdez)는. 윌리엄 머피(William Murphy)와 조 헤즐우드(Joe Hazelwood) 및 헬름스만 해리 클러(Helmsman Harry Claar)의 책임 아래 출항하였다. 당시 엑손 발데즈호는 발데즈 해협을 지난 후, 빙하를 피해 항로를 변경한 이후에도 정상 항로로 변경하지 않아 다음 날인 24일 오전 12:04경 프린스 윌리엄만 (Prince William Sound) 에서 암초에 걸려 좌초되고 말았다.

<그림 6> 엑손 발데즈 (Exxon Valdez) 유조선 기름 유출사고 현장



자료: Page et al., (2003), 'The industrial History of Prince William Sound, Alaska and its Relationship to Oil Spill Presentation', Slide 4

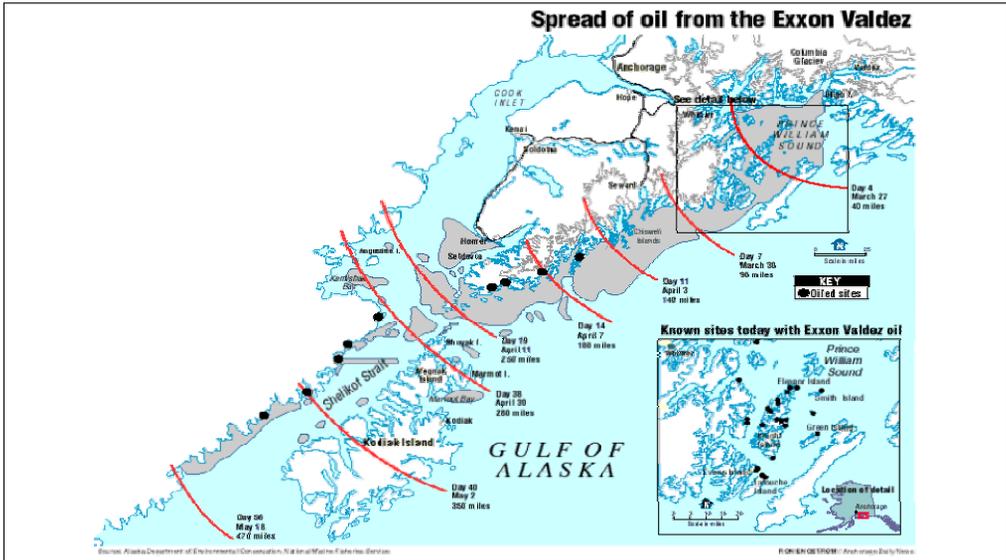
미국 국가 교통운항 안전관리 위원회(National Transportation Safety Board)는 구체적인 사고경위에 대해 조사하였고 항해사가 운항 미숙 가능성, 지나친 항해로 인한 피로 누적으로 판단력 저하, 항해사가 정확한 항로를 통보하지 못했을 가능성, 음주항해의 가능성, 미숙한 선원들을 고용한 회사측의 책임, 미국 해안관리대(U.S. Coast Guard)의 미흡한 운항정보제공, 효과적인 운항, 안내 서비스의 부족 등으로 그 사고 원인을 추측하였다.

<표 7> 엑슨 발데즈호 사고 원인

추측되는 사고 원인	
1	책임 항해사의 운항미숙 가능성
2	지나친 항해로 인한 피로누적으로 판단력 저하
3	항해사의 음주항해의 가능성
4	운항에 미숙한 선원들을 고용한, 운용한 회사측의 책임
5	미국 해안관리대(U.S. Coast Guard)의 미흡한 운항정보제공
6	효과적인 운항 안내 서비스의 부족

그 당시 엑슨발데즈호는 약 53백만 갤런 (53,094,510갤런=1,264,155배럴)의 기름을 옮기고 있었으며, 그 중 약 20% 정도인 약 11백만갤런 (257,000 배럴 또는 38,800톤)의 기름이 유출되었다. <그림 7>에서 보여지듯이 기름유출의 면적은 약 125개의 정식규격의 수영장의 넓이에 이르는 규모로 배가 좌초된 지점인 프린스 윌리엄만 (Prince William Sound) 으로부터 알래스카반도 470마일 남서쪽의 치그닉(Chignik) 마을까지 기름이 유출되었고 약 1,300마일에 이르는 해안지역이 기름으로 오염되었다. 200마일의 범위 지역은 심각하거나 확연히 드러나는 직접적 피해를 입었으며, 1,100마일의 범위 내에 위치한 지역은 기름광택이나 타르볼과 같은 경미한 영향을 받았다. 총 피해 오염지역은 9,000마일의 길이의 해안에 걸쳐 형성되었던 것으로 보고되었다.

<그림 7> Exxon Valdez Oil Spill 피해지역



자료: [http://www.adn.com/evos/pgs/ev\\_illustrations.html](http://www.adn.com/evos/pgs/ev_illustrations.html)

엑손발데즈호 사건 발생 이후 4년 동안 매년 여름마다 2.1천만 달러가 투입되어 1,500마일 (mile)에 이르는 오염된 해안선에 대한 피해 복구 작업이 진행되었으며 복구 작업이 한창 진행 될 때에는 약 11,000명의 인부와 1,000척의 배와 100대의 비행기로 구성된 인원들이 동원되었다. 그러나 상당 수 전문가들은 동원된 인력의 노력보다 겨울철 이 지역에 발생된 폭풍이 복구에 더 효과적이었던 것으로 분석하고 있다 (McCammon, 2003).

## 2) 피해 내역 및 규모

### (1) 동물, 환경관련 피해

일반적으로 기름 유출으로 인한 자연재해의 피해 내역을 조사함에 있어서는 두 가지의 방법이 널리 사용된다. 하나는 유출 사건의 전후 계수된 동물, 어패류의 개체 수를 채집 비교하는 개체비교법이 있다. 이러한 개체비교법은 직접 개체조사 방법과 간접 개체 변화 추이법으로 나눌 수 있다. 또 다른 방법은 화학오염성분 추정법으로 화학 및 오염물질의 오염농도에 따라

오염범위를 측정하여 총 오염도를 측정하는 방법과 기타 오염도 측정법으로 오염지역의 동식물을 채집해 독성물질의 성분분석을 통해 해당 지역의 오염도를 측정하는 방법이다.

<표 8> 기름오염관련 오염도 측정법

기름오염 측정법		
조사 방향		조사 방법
개체수 조사	직접개체조사	피해지역의 모든 개체수를 조사, 비교함
	간접개체변화조사	대표적 개체를 정해 개체수 변화내용을 조사, 비교함
화학성분조사	대상지 오염도 측정	대상지역의 토질, 수질의 오염도 조사함
	개체 오염도 측정	대상지역에서 채집된 개체의 오염도 조사함

먼저, 개체비교법은 그 지역의 모든 개체를 조사하는 것이 아니라 대표성이 있는 한 개체를 정하고 그 개체의 개체수를 비교함으로써 그 지역의 오염도를 측정하는 간접개체변화조사의 방법이 있다. <표 8>과 같이 실제로 엑손발데즈 기름 유출 사고로 발생된 기름 유출로 인해 조사된 피해 대상 지역에서만 대략 21,000 마리의 바다오리와 1,100 마리의 청둥오리, 838마리의 가마우지와 151마리의 대머리 독수리 그리고 1,000마리의 해달들의 시체가 계수 되었다.

이러한 표본조사는 극히 일부분이라는 측면과 생태계의 먹이사슬을 고려한다면, 전체적으로 생태계에 어떠한 교란이 일어났는지를 정확하게 분석하기는 쉽지 않지만, 그 피해가 엄청날 것이라는 것은 쉽게 예상 가능하다. 예를 들어 바다오리의 경우 계수된 시체는 21,000마리이지만 전문가들의 추정에 의하면 물속에 가라앉거나 발견되지 않은 시체까지 합쳐 적어도 250,000마리의 바다오리가 생명을 잃었을 것이라 추정하고 있으며 이 숫자는 사건 전 동일한 지역의 전체 개체수의 40%에 육박하는 수치로 절반에 가까운 수의 바다오리를 비롯한 어패류와 동물들이 유출 사고로 인해 직접적인 피해를 입었음을 보여주는 조사결과이다 (McCammon, 2003). 이와 유사한 방법으로 다른 개체를 추정하면, 2,800마리의 해달과 300마리의 갈매기, 22마리의 고래 또한 생명을 잃은 것으로 예측되었다 (<표 9> 참조). 고래의 경우 실제로 시체가 발견되지는 않았으나 기름 유출 사건 전인 1989년 개체 수가 36마리로 보고되

였으나, 사건 후인 1990년에 조사된 고래의 숫자는 14마리로 보고되어 고래의 개체 수가 50% 이상 감소한 것으로 보고되었다. 더욱이 후속조사에 따른 보고서에 의하면 조사기간 내에 이 지역에서 새로 태어난 고래도 발견되지 않았다(McCammon, 2003).

<표 9> 개체비교법에 따른 동물 피해 내역

피해 동물	피해 내역 (단위: 마리)
바다 오리	21,000 (250,000로 추정)
청둥 오리	1,100
가마우지	838
대머리 독수리	151
해달	2,800
갈매기	300
고래	22

이 뿐만 아니라 비슷한 시기에 조사된 청어나 연어의 경우도 유출된 기름으로 뒤덮인 해안선과 바다환경으로 인해 생식과 부화가 큰 수치로 감소되었으며 발육속도나 크기 등에서도 정상적인 환경의 비교 대상군의 어류들에 비해 현저히 저하되었던 것으로 조사되었다. 이와 같이 기름 유출에 직접적인 영향을 받는 어패류 및 동물들은 사고 당시의 직접적인 피해뿐만 아니라 사고 후에도 계속적으로 피해지역의 관련 어류 및 동물들의 생식, 성장 그리고 유전자 변형 등 치명적인 생태 변화를 초래하게 된다는 측면에서 미래의 잠재적 피해까지도 보고될 수 있는 방법론의 개발이 절실히 요구된다.

또 다른 피해규모 측정의 방법론으로는 그 지역의 엑손발데즈 기름 유출 사고로 인한 실제 기름오염도를 화학 및 오염 성분을 이용해 측정하는 방법으로 사건 전후의 동일 지역의 토질 및 환경조사를 실시하여 지역의 실제적 화학성분 및 오염 성분의 조사 및 비교를 통해 오염수준을 측정하는 것이다 (Harwell and Gentile, 2006). 이 방법은 사고지역을 중심으로 주변 지역 해안가들 중에서 기름으로 오염된 해안선의 면적을 조사함으로써 그 지역의 정확한 오염도를

측정할 수 있다. 또한 이와 같은 오염지역의 면적 조사를 통해 연구자는 그 지역의 오염 상황의 호전 혹은 악화 상태를 측정할 수 있다.

<표 10>에서 보여지는 것과 같이 사건 발생 직 후인 1989년의 경우 심각한 기름오염 해안선의 길이가 141km에 이르렀으며 어떤 정도이든지 기름 피해를 입은 지역의 총 길이가 783km에 이르는 것을 알 수 있다.

<표 10> 사고지역의 기름 오염도 측정내역(단위 km)

년도	매우 경미	경미	보통	심각	모든 오염지역
1989	223	326	94	141	783
1990	323	80	46	21	420
1991	68	15	12	0.1	96
1992	8.7	0.8	0.6	0.2	10

주: 오염범위에 따른 오염정도 정의

심각 = >6m 폭과 >50% 오염범위

보통 = >6m 폭과 >10~50% 오염범위 혹은 3-6m 폭과 >10% 오염범위

경미 = <3m 폭과 >10% 오염범위

매우경미 = 어느 폭이든 <10% 오염범위

자료: Harwell and Gentilel., (2006), 'Ecological Significance of Residual Exposures and Effects from the Exxon Valdez Oil Spill' p.211

또한 기타 오염물질의 오염도를 측정하는 방법으로는 사고 지역 인근의 조사 대상지를 정하고 그 지역의 동식물 혹은 어패류 등의 조사 대상을 정해 성분분석을 통한 기름오염의 정도 측정 및 기타 탄화수소 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons[PAHs]) 등의 독성물질의 측정량을 바탕으로 그 지역에 발생한 정확한 피해 상황 및 지역의 환경오염의 심각도를 도출해 내는 것이다. <표 11>은 1998년부터 2002년까지 엑손발데즈 기름 유출 사고 대상지였던 프린스 윌리엄만 (Prince William Sound) 에서 채취된 홍합을 대상으로 이뤄진 조사 독성물질 집적도에 대한 조사로 최근에 이르기까지 영향을 주고 있는 기름 유출오염의 정도를 잘 보여준다.

<표 11> 사고지역과 기타지역간의 오염도 비교내역 (단위ng.g<sup>h</sup>)

	1989의 오염지역	접근가능 비오염지역	접근불가 비오염지역
표본 수	218	36	37
산술평균 ± 표준편차	100 ± 138	677 ± 2035	48 ± 62
TPAH 최고치	1,190	12,056	355
TPAH 최저치	2.4	3	3

\* TPAH: Total Polycyclic Aromatic Hydrocarbon

자료: Harwell and Gentile, 2006, 'Ecological Significance of Residual Exposures and Effects from the Exxon Valdez Oil Spill'

하지만 이러한 피해내역 조사의 어려운 점은 그 조사 시기를 어떻게 설정하는가에 따라 많은 결과들이 달라지는 점이다. 태풍이나 해일 등의 예상되지 않은 자연환경 변화 등으로 인해 발생하는 환경적 요인 변화나 사건 발생 후 일정기간 내에 조사된 항목에 있어 사건 전의 생태환경 및 어류, 동물들의 개체 수 비교 연구를 진행함에 있어 그 사건으로 인한 발생한 피해 혹은 기타 영향력이 어느 한 시점에서 종료되는 것이 아니다. 따라서 중·장기적으로 피해 내역이 조사 및 추가될 수 있는 가능성에 항상 준비되어야 한다.

## (2) 구체적 피해 내역

사실상 피해 규모를 산출함에 있어 가장 어려운 문제 중의 하나가 어류나 동물의 피해 내역을 경제적 규모로 어떻게 환산할 수 있는가 하는 문제라고 할 수 있다. 수달이나 물오리의 폐사와 관련하여 그 개체 당 경제 가치를 산출하거나 생식하지 못하는 개체들, 성장이 둔화된 개체들에 대한 경제적 피해 가치 등의 총체적 피해 규모를 경제 가치로 환산해 도출해 내는 것이 과연 합리적이고 가능한 일인지, 또 그러한 측정 기준이 모호한 경우 이로 인한 논란이 있을 수 있기 때문이다.

이러한 문제점으로 인해 경제 가치 산정을 위한 방법론은 크게 두 부분으로 나누어진다. 첫째, 사고로 인해 발생된 동물 및 환경 보호 활동과 관련되어 책정된 정부의 예산 비용이나 혹은 관련 단체에 책정된 예산 비용 등을 통해 구체적인 동물들의 보호관리 및 자연으로의 재방사(再放飼) 비용을 산정할 수 있다. 이러한 비용들이 비록 전체적인 생태계교란 비용 등을 완전히 담보하지는 못하나, 향후 생태계 복원에 중요한 기여를 할 수 있다는 면에서 경제적 피해에 대한 대체 가치로 받아들여질 수 있다. 둘째로는 지역 관광수입과 관련된 산업의 경제효과를 측정하는 것으로 예를 들면 낚시, 해변관광 등의 사고로 인해 직·간접적으로 영향을 받는 산업의 경제적 기회비용을 산출하여 이를 기반으로 피해 규모를 예측하는 것이다.

#### ① 동물, 환경관련 복구비용 규모

<표 12>는 회계연도 1992년부터 2002년까지 예정되고 집행된 기름유출 피해지역의 동물, 환경 등과 관련하여 복구에 책정된 예산 비용을 보여준다. 아래의 표와 같이 11년간 정책적으로 집행된 직접 복구비용에만 약 \$128 백만불이 지출되었으며 <표 12>에 언급되지 않은 2002년 이후로도 프린스 윌리엄만 (Prince William Sound)을 중심으로 계속적인 복구관련 작업이 진행되고 있고 이에 대한 주정부의 예산안이 책정되고 또 집행되고 있다. 그러므로 현재에도 복구 비용은 계속적으로 추가되고 있으므로 동물과 환경에 대한 복구와 관련된 비용 역시 계속적으로 증가하고 있음을 알 수 있다.

〈표 12〉 엑손발데즈 기름 유출관련 동물, 환경 복구를 위한 예산안

사업 대상 내역	92년	93년	94년	95년	96년	97년	98년	99년	00년	01년	02년	92 - 02년
분홍 연어 (Pink Salmon)	2,507. 9	906.6	1,512. 6	2,316. 8	1,902.6	1,809.8	1,177.3	845.4	822.4	722.5	229	14,752.9
태평양 정어 (Pacific Herring)	291.4	0	511.2	1301.5	1238.5	924	724.6	496	151.6	94.1	129.7	5,862.6
바다 관련 사업 (SEA and related projects)	0	0	5604.6	4403.9	5120.3	3766.1	2576.7	1,096.4	609.1	377.4	209.7	23,764.2
홍연어 (Sockeye Salmon)	1653. 5	1552.3	1803.1	1497.3	1139.4	555.5	11.7	0	10.3	0	131.3	8,354.4
송어 (Cutthroat Trout, Dolly Varden and other fish)	227	0	0	147.5	222.3	261.6	352.5	332.7	178.7	180.8	132.3	2,035.4
바다 동물 (Marine Mammals)	62.2	332.8	293.6	839.6	704.9	776.3	724.8	983	829.1	645.8	347.7	6,539.8
연안 생태(Nearshore Ecosystem)	5081	2,751.6	2,338	2,882. 2	2,865.8	2,195.3	2152.9	1362	848.4	1,210.5	1,322.3	25,010
바다조류, 식용어류(Seabird/Forage Fish & Related Projects)	907.4	411.7	1273.6	2022.6	2370.3	2353.6	2908.3	2,737.1	2,138.8	544.7	153.1	17,821.2
고고학사료(Archaeological Resources)	348.3	81.6	234.4	276.3	449.1	204	176.2	136.9	84.6	0	0	1,991.4
생활지원비용 (Subsistence) 재할 (Recreation)	0	241.7	430.3	895	1250.3	1319.5	1453.4	1,259.2	1,011.3	684.2	441.5	8,956.4
오염 (Reduction, Marine Pollution)	0	0	0	260.8	48.4	241.5	0	5.6	0	0	0	556.3
주거지개선 (Habitat Improvement) 생태시스템 관련 (Ecosystem Synthesis/GEM Transition)	663	886.9	0	123.9	479.8	647.4	542.3	465.8	22.8	0	0	3,801.9
운영비(Pub.Info./Sci.Mgmt./Admin)	0	0	0	0	0	55.4	308.4	757.7	1,068.9	783.7	1,260.6	4,234.7
연구시설 (Research Facilities)	0	0	69.4	0	35	0	8.7	316.6	26.9	265.3	128.7	850.6
사업관리 (Project Management)	0	0	87.3	37.6	0	0	0	0	0	0	0	124.9
자료관리 (Data Management)	704.5	184.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,299.1
총합	12,411 6.2	7,390.2	14,233	17,005	17,921.1	15,682.6	13,523. 8	11,210.1	8,164.3	5,780.2	4,633.7	127,960.3

자료:Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council, 2003

## ② 지역경제의 직접 피해 규모

### - 스포츠 낚시(Sportfishing)

알래스카주의 주요 산업 중 하나인 스포츠낚시는 기름 유출사고로 인해 가발생한 오염으로 가장 큰 피해를 입은 산업중 하나이다. 실제로 엑손발데즈 기름유출 사고 직후인 1989년에는 알래스카 주정부에서 집계한 자료에 따르면 스포츠 낚시의 경우 예년의 집계에 비해 13%의 감소를 보였으며 일반적으로 사고 지역과 인근지역의 수질상태를 간접적으로 보여주는 낚시 가능 일자 또한 예년에 비해 6%나 감소했다. 그에 따라 자연히 이 지역의 어획량도 예년에 비해 10%나 감소되었으며 이에 따른 산업의 피해 내역을 경제적 가치로 환산해 보면, 스포츠 낚시의 경우 한 사람 당 하루에 \$250의 비용을 소비한다고 가정했을 때 낚시 일수와 결합하여 산출된 경제적 피해 규모는 약 \$3천 1백만불에 이른다고 보고되었다 (McCammon, 2003).

### - 관광산업(Tourism)

관광수입에 관련된 경제적 피해 규모산출 및 비교는 매년 알래스카 주 정부가 예측하여 작성한 예상 관광인구 숫자와 실제 이 지역을 방문한 관광인구의 총합을 비교하는 간접조사방법을 바탕으로 산출하였다. 조사된 내용에 의하면 사고 해역 및 인근에 위치한 지역들에서의 관광객의 지출 비용은 예년에 조사된 관광수입과 비교해볼 때 사고가 발생한 1989년에는 예년에 비해 관광관련 업종의 총수입이 8% ~ 35% 감소하였으며 특히 유출된 기름으로 직접적인 피해를 받은 지역의 경우 약 60%에 이르는 지역 사업장이 폐업 또는 이전한 것으로 조사되었다. 또한 이 지역의 잠재적 여행객을 대상으로 조사된 설문내용에 의하면 16%에 해당되는 답변자들이 기름 유출 사고로 인해 이 지역으로의 관광이나 여행계획을 재고하였으며 가장 큰 피해를 입었던 프린스 윌리엄만(Prince William Sound)의 경우에는 여전히 부정적인 인식을 가지고 있다고 답변하였다(McCammon, 2003).

실제로 알래스카 주정부에 보고된 관광수입 관련 보고서에 의하면 1986년 같은 기간과 비교해 볼 때 알래스카 남중부 지역의 관광수입은 1986년 \$141백만불에서 기름유출 사건이 발생한 1989년의 경우 \$131백만불로 감소하였으며 남서부지역의 경우 1986년 \$22.4백만불에서 1989년 \$14.5백만불로 감소하였다. 이를 종합해 볼 때 기름 유출사건 후 관광객 감소에 따른 지역의 경제적 손실 비용은 1989년 기준으로 약 \$18 백만불(Million)에 달하는 것으로 추정되었다

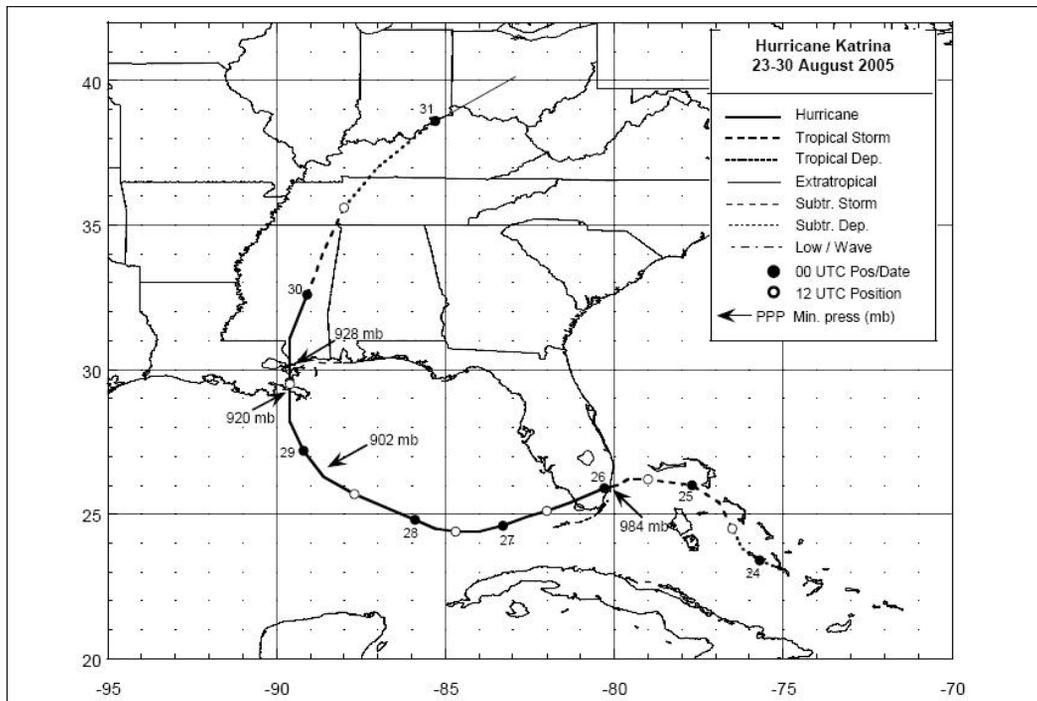
(Mcdowell Group Report, 1990). 이와 같이 기름유출 사고로 인해 발생하는 경제적 피해 범위 및 규모는 오염으로 인한 어획량 감소나 양식장 피해와 같은 직접적 피해뿐만 아니라 사고 후 지속적인 관광객의 인식변화와 그에 따른 지역 경기악화와 같은 간접적 영향까지 고려할 때 매우 심각함을 알 수 있다.

## 4. 허리케인 카트리나 (2005)

### 1) 사건 개요

허리케인 카트리나는 2005년 8월 23일 바하마 남동부 지역에서 열대성 저기압으로 생성되어 다음날인 24일 오전에는 열대성 폭풍으로 발전하였다. <그림 8>에서 보듯이 이후 북서풍을 따라 서서히 북진하기 시작하였으며, 바하마를 통과한 뒤 서쪽으로 이동하면서 그 규모 및 세기가 계속적으로 강화되었다.

<그림 8>. 허리케인 카트리나의 이동경로



자료: Knabb et al, 2005, "Tropical Cyclone Report, Hurricane Katrina 23-30 August 2005"

허리케인 카트리나가 미국 동부 시각 8월 25일 18시 30분 플로리다남부 지역에 도달할 당시 평균 풍속은 약 128km/h, 최대풍속은 144km/h이상의 위력을 가진 1등급의 허리케인으로 발전되었으며 그 후에도 세력을 유지하며 걸프만에 진입한 후 고기압과 따뜻한 해수 등의 지형적 영향을 받아 위력이 더욱 강화된 2등급 허리케인 (풍속 160km/h)으로 발전하였다. 또한 계속적으로 서진하며 그 세력이 한층 강화되었고, 8월 28일 오전에는 최대풍속이 300m/s (5등급)에 최소중심기압이 902mb까지 떨어진 강한 위력의 허리케인으로 발전하였다. 비록 카트리나는 1969년에 발생한 허리케인 카밀레의 기록에 다소 미치지지는 못했지만, 루이지애나 남부에 상륙한 후에도 여전히 위력적인 허리케인으로 걸프만 전 지역에 걸쳐 직·간접적 영향을 주었다 (이상만, 2005).

특히 허리케인이 루이지애나주 그랜드 아이즐에 도달했을 당시 풍속이 약 224km/h, 중심기압은 920mb였으며, 이는 미국 대서양 연안에 상륙한 허리케인 중 3번째로 낮은 수치였다. 이러한 위력의 카트리나는 루이지애나 동부의 해안선에 위치한 도시들을 포함해 뉴 올리언즈 동부를 강타했으며, 불과 몇 시간만에 3등급의 허리케인 (풍속 200km/h)으로 미시시피지역에 상륙하였다. 이로 인해 카트리나의 중심부와 북동부에서는 높은 파고와 해일로 인해 해안가에 위치한 대부분의 지역이 파괴되거나 수몰, 유실되는 등의 극심한 피해를 입었다. 그 후 캐나다 퀘벡의 남동부와 뉴브런즈윅(New Brunswick) 주변에서 완전히 소멸될 때까지 허리케인의 진로에 위치한 도시들에 큰 피해를 주었다 (이상만, 2005).

## 2) 피해내역 및 규모

허리케인 카트리나로 인해 추산되는 피해규모는 많은 지역에 퍼져 발생한 직접적인 시설 및 인명 피해를 비롯해 관광산업, 도시의 인프라와 특히 걸프만에 위치한 석유 관련산업 그리고 교통시설에 이르기까지 다양한 산업 및 사회 기반시설에 걸쳐 피해를 주었다. 이처럼 다양한 부문에 발생한 피해로 인해 정확한 피해규모를 산출하는 것은 매우 어렵다. 특히 도시의 80%가 수몰되는 등 직접적인 피해를 입은 뉴 올리언즈 지역 및 걸프만에 위치한 주요 도시들의 사회기반시설 재건과 복구비용 등의 목적으로 마련된 긴급재정과 같은 국가적 지원사업의 경우에도 예측하기 어려운 막대한 피해규모로 인해 각 주정부는 물론 연방 정부의 세원 확충에도 심각한 타격을 주게 되었다. 실제로 허리케인 카트리나로 인해 발생한 잠정적 피해 내역

과 관련하여 미국 보험협회에서 발표한 사고관련 피해액 추정보고서에서는 보험에 가입된 피해 보상 규모만도 4억불의 규모에 이르며 보험에 가입되지 않은 시설물 및 인명피해까지 포함할 경우에는 그 추정되는 보상규모가 8억불의 이를 것이라고 추정했다 (Knabb et al, 2005).

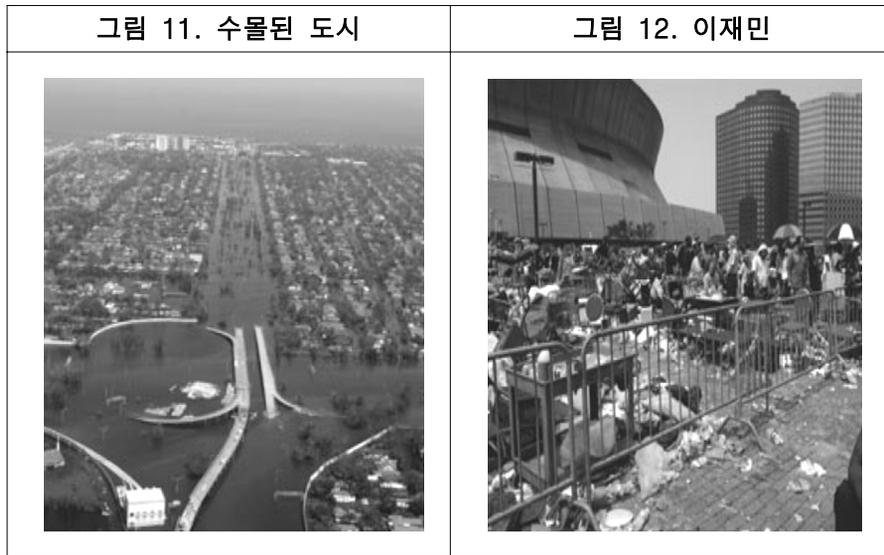
<그림 9~10> 허리케인 카트리나로 인해 파괴된 도시 인프라와 해일, 침수피해



자료: Final report of the Select Bipartisan Committee to Investigate the Preparation for and response to Hurricane Katrina, Photo by FEMA

더욱이 많은 피해를 입은 관광산업들과 주요산업 시설들의 경우 사고 지역을 찾던 관광객은 감소는 물론이고 사업에 종사하던 근로자들 역시 태풍을 피해 도시를 떠난 후 아직 재건되지 못한 일터와 허리케인으로 인한 이 지역에 대한 부정적 인식 등으로 인해 이 지역으로 다시 돌아오지 않는 현상이 발생하고 있으며 이로 인해 피해 지역의 산업시설 및 기업들은 장기적인 경기침체 및 후속피해 발생이 우려되고 있다.

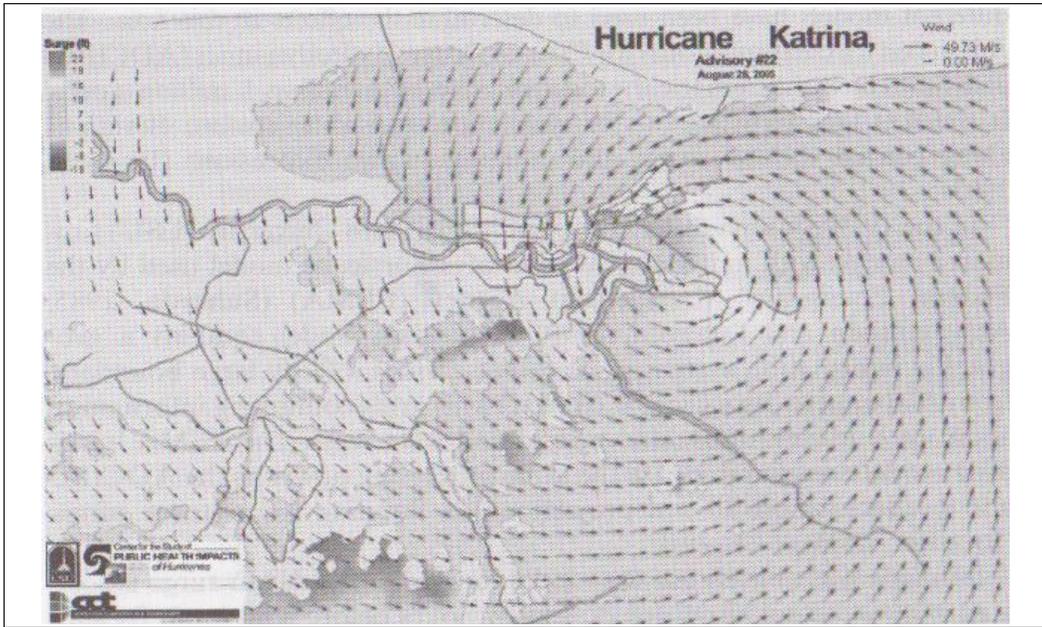
<그림 11~12> 뉴올리언스의 수몰된 모습과 이재민 상황



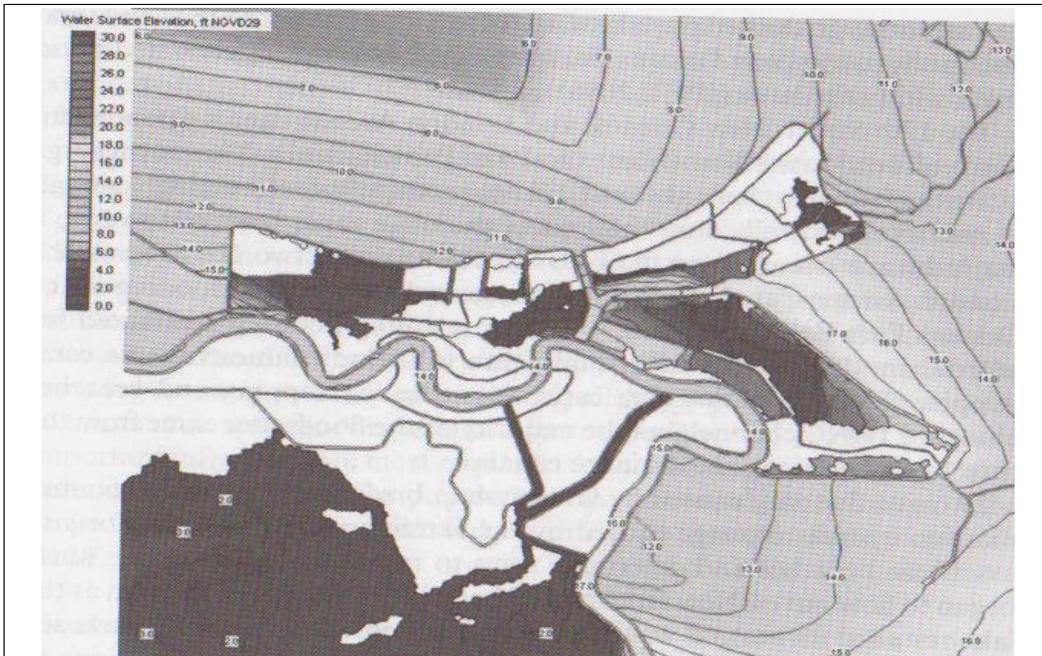
자료: Final report of the Select Bipartisan Committee to Investigate the Preparation for and response to Hurricane Katrina, Photo by FEMA

이처럼 뉴 올리언즈를 비롯한 많은 도시들에 극심한 피해가 발생된 원인 중 가장 큰 이유로는 허리케인이 동반한 높은 파고와 해일로 인한 제방의 파손과 같은 안전시설물의 피해 때문이었다. <그림 13>은 2005년 8월 29일 오전 8시 30분경 허리케인 카트리나의 태풍의 눈 지점이 뉴 올리언즈의 동쪽 지역에 상륙했을 당시의 파고를 나타내고 있으며 <그림 14>는 같은 시간 이 지역에 발생한 최대 파고의 수치를 나타내고 있다. 두 그림을 통해 그 당시 엄청난 높이와 위력의 파도가 미시시피강 하류지점부터 주요해안과 해안에 인접한 제방 및 도시지역에 발생되었음을 알 수 있다 (Lee and Willardson, 2008).

<그림 13> 태풍의 눈 상륙 시 폭풍으로 인한 파고



<그림 14> 태풍으로 발생된 파고



자료: Lee and Willardson. 2008, "Hurricane Katrina: Lessons Learned"

이러한 강한 위력의 해일과 폭풍으로 인해 뉴 올리언즈와 같은 해안 인접지역의 도심제방시설들이 붕괴됨으로 인해 급기야는 도시 대부분이 수몰되는 치명적 피해를 불러오게 된 것이다. 물론 제방 및 안전관리시설의 관리운용 및 보수 상태가 온전하지 못했던 인위적인 문제점도 큰 피해 원인으로 조사되었지만 허리케인이 동반한 강력한 해일은 이 지역에 막대한 피해를 발생시키기에 충분했음을 위의 자료들을 통해 알 수 있다.

<표 13> 미국 역대 허리케인 피해 규모

허리케인	년도	규모	피해액 (현재 1,000달러기준)
플로리다/알라바마	1926	4	\$ 96,758,700
앤드류 (FL/LA)	1992	4	\$ 44,289,000
텍사스 (Galveston)	1900	4	\$ 35,619,900
텍사스 (Galveston)	1915	4	\$ 30,180,900
플로리다	1944	3	\$ 22,566,300
뉴 잉글랜드	1938	3	\$ 22,255,500
플로리다/ 레이크 오키초비	1928	4	\$ 18,459,300
벤티 (FL/LA)	1965	3	\$ 16,638,900
도나 (FL/Eastern U.S.)	1960	4	\$ 16,128,300
카밀 (MS/LA/VA)	1969	5	\$ 14,674,200

자료: Burton and Hicks, 2005, "Hurricane Katrina: Preliminary Estimates of Commercial and Public Sector Damages"

이처럼 <표 13>에서 보듯이 허리케인 카트리나는 미국의 허리케인 피해 집계 역사 중 가장 강력한 파괴력을 지닌 허리케인 중 하나로 기록되었으며 이 피해 규모면에서는 1992년 발생하

있던 허리케인 앤드류의 약 2배에 해당되는 피해액이 발생했으며 미국의 기상 관측 이래 가장 큰 피해를 입혔던 1926년의 허리케인보다 허리케인으로 인한 피해액의 규모면에서는 가장 큰 허리케인으로 기록되었다 (Burton and Hicks, 2005).

허리케인 카트리나의 정확한 직·간접적 피해액을 추정하는 것은 재난 사고의 특성상 여전히 어려움이 있지만 허리케인 카트리나로 인한 직·간접적 손실액의 규모에 관련된 많은 연구 중 피해액 추산과 관련된 한 연구에 따르면 공공시설 및 그와 관련된 피해 보상액에 관한 보고서에서는 <표 14>에서 나타난 것과 같이 약 156 천억불(Billion)에 이른다고 추산하고 있다 (Burton and Hicks, 2005).

<표 14> 허리케인 카트리나의 피해내역 및 규모

피해부문	피해액 (1,000달러)
산업 구조물 피해	\$ 21,109,006
산업 기계 피해	\$ 36,401,310
주택 및 주거지 피해	\$ 49,724,451
주거용품 피해	\$ 24,437,028
산업소득 손실액	\$ 4,634,533
전기 기반시설 피해	\$ 231,371
고속도로 피해액	\$ 3,049,758
배수시설 피해액	\$ 1,262,512
총 피해액	\$ 156,650,004

자료: Burton and Hicks, 2005, "Hurricane Katrina: Preliminary Estimates of Commercial and Public Sector Damages"

위의 표와 같이 공식적으로 조사되고 집계되는 내역과 달리 공식적 보상 대상에서 제외된 개인적인 손실이나, 그 밖에도 정신적, 환경과 관련된 피해, 그리고 보고서에 포함되지 않은

공공시설의 피해액 및 복구 및 재건과 관련된 비용까지 고려할 때 허리케인 카트리나로 인한 직, 간접적 피해액은 미국 역사상 가장 큰 피해액으로 기록되었다.

이 뿐만 아니라 표의 내용과 같이 집계되기 어려운 부문에서 발생된 환경관련 피해 또한 심각하다. 이번 허리케인을 통해 심각한 피해를 입은 루이지애나 주는 미국 내에서 5번째로 큰 석유정제 산업시설이 집중되어 있는 곳이며 특히 뉴 올리언스의 경우 미국 전역의 30% 이상에 해당하는 원유 정제 시스템이 집중되어 있는 석유정제 산업의 허브 도시로 이번 허리케인으로 인해 정제산업시설 역시 막대한 침수, 시설 파괴의 피해를 입었다. 석유정제시설의 피해는 단순히 직접적인 정제시설이나 수송관과 같은 관련 시설파괴로 인한 경제적 피해액에 그치는 것이 아니라 파괴된 시설과 설비로 인해 유출된 기름과 관련 화학물질들로 인해 주변 지역의 자연환경 및 동식물의 서식환경에 악수로 환산될 수 없는 치명적인 피해를 주었다는데 더 큰 문제점이 있다(Hurricane Katrina External Review Panel, 2006).

<그림 15~16> 파괴된 석유정제시설과 독성물질에 노출된 시민들

그림 15. 파괴된 석유정제시설	그림 16. 독성물질에 노출된 시민들
	

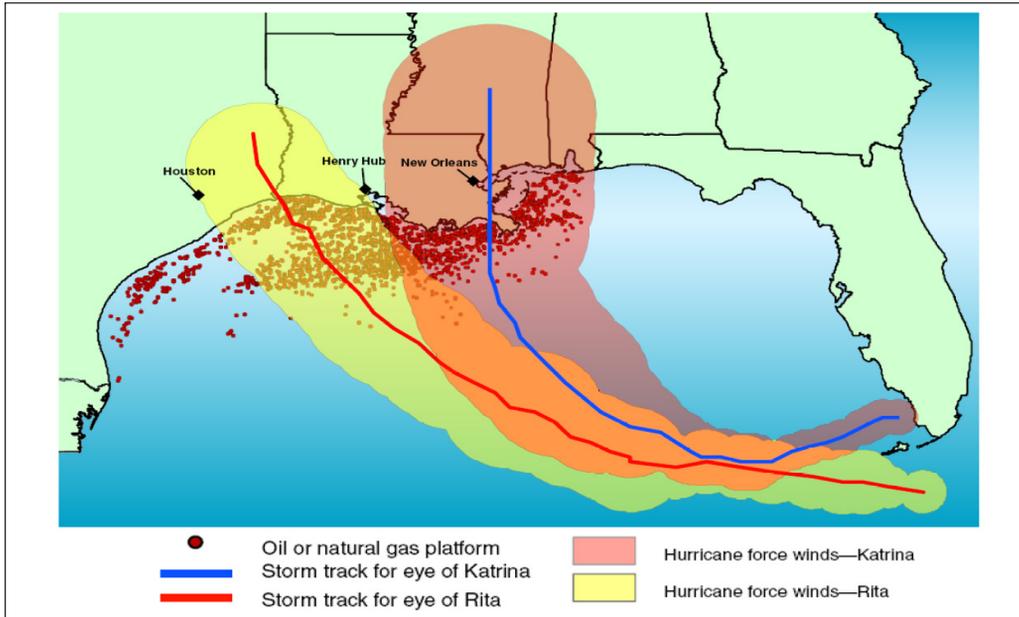
자료: Hurricane Katrina External Review Panel, 2006, 'The New Orleans Hurricane Katrina Protection System: What went wrong and why'

### 3) 주요 산업 및 물류 관련 피해규모

#### (1) 석유정제시설 피해

위에 언급한 것과 같이 허리케인 카트리나와 그 뒤에 연이어 발생한 허리케인 리타(2005)의 이동경로는 미국 남부지역의 걸프만에 인접한 주요 석유정제산업 단지들을 가로지르며 미국 내 막대한 석유정제산업이 몰려있는 지역의 산업시설물과 정제된 원유를 저장하던 석유저장 창고의 파괴 등 사업 전반에 걸친 심각한 피해를 발생시켰으며 이로 인한 경제적, 산업적 피해는 막대했다. 실제로 <그림 17>에서 보여지는 것과 같이 멕시코 걸프만에 위치한 석유관련 시설들이 위치한 지역을 통과한 허리케인의 진로와 강력한 위력으로 관련 산업 전반에 엄청난 피해를 발생시켰다 (Park et al., 2008b).

<그림 17> 허리케인 카트리나, 리타의 이동경로



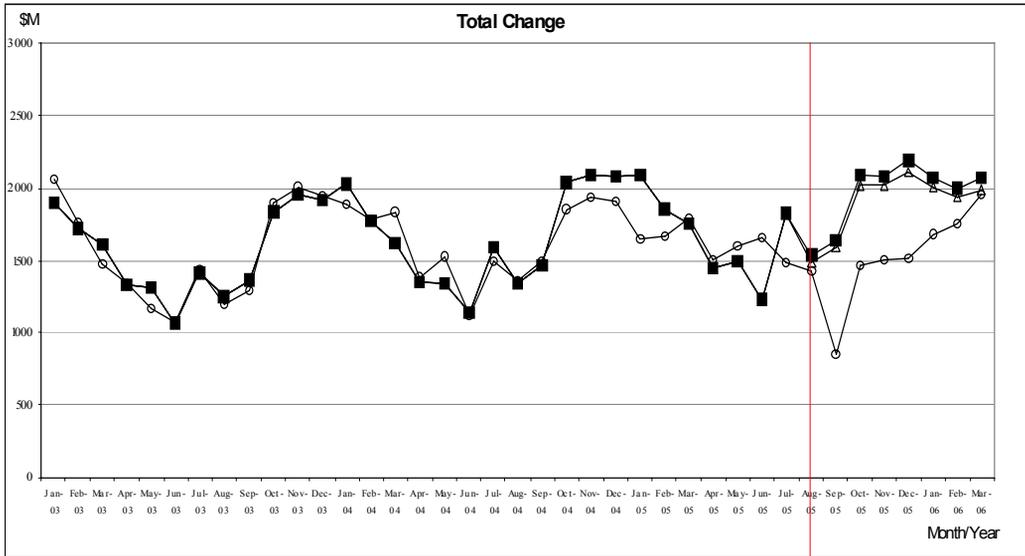
자료: Park et al, 2008b, "Estimating the State-by-State Economic Impacts of Hurricane Katrina"

## (2) 경제물류이동 및 물류량의 변화

허리케인 카트리나로 인해 발생한 미국의 각 주(State) 간의 경제 물류의 이동량의 변화 추이를 통해 허리케인 카트리나가 실제적 경제 및 물류이동에 구체적으로 어떠한 영향을 주었는지 알 수 있다. <그림 18~19>은 NIEMO (National Interstate Economic Model) 경제과급효과 분석모델에 사용되어진 직접적 과급효과의 자료를 구하는 기초 자료 분석을 보여준다. 정해진 기간 동안 각 주간의 경제적 물동량의 변화량 및 추이를 조사하고 카트리나가 일어나기 전의 자료를 바탕으로 카트리나가 발생하지 않았다면 있었을 실제 물동량 추이를 계측하여 이들의 차이를 분석한 그래프로서 홀터 윈터즈 (Holter-Winters)의 시계열 분석방법론을 활용하여 뉴 오올리언즈 (New Orleans) 지역을 포괄하는 항만의 수출입에 대한 물동량변화량을 예측하고 실측치와의 차이를 보여주고 있다 (Park et al., 2008b). 다시 말해, 허리케인 카트리나가 발생한 시점을 기준으로 전, 후의 경제 물류 이동량을 비교함으로써 허리케인 카트리나가 물류 경제에 미친 직, 간접적 영향을 알 수 있다. NIEMO를 포함한 가설적 (what-if) 추정 분석 방법론에 대한 소개는 다음 장에서 다루어 질 것이다.

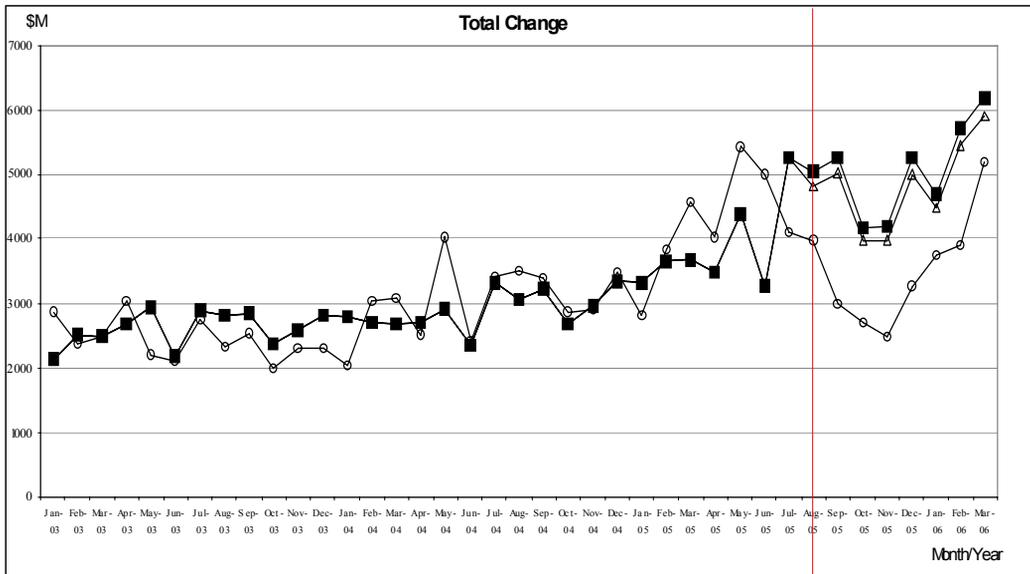
이처럼 물류 이동량의 변화량 분석을 통해 카트리나로 인해 발생한 경제효과 및 피해 규모를 추측해 볼 수 있을 뿐만 아니라 실제적으로 허리케인 카트리나가 가져온 기타 시설물들의 피해내역 분석을 통해 보다 정확히 그 피해규모를 산출해 낼 수 있다. 예를 들어 허리케인으로 인해 발생한 항구 시설의 피해로 인한 경제손실비용에 대한 보고서에 의하면 뉴 올리언즈 항구들의 운영중단으로 인해 \$62.1 천만불(billion)의 직, 간접 경제비용의 손실이 발생했으며 13개월 동안의 정유산업 시설들의 파괴 및 운영중단으로 인해 \$4.8 천만불(billion)의 경제적 손실이 발생된 것으로 추산하고 있다(Park et al, 2008b).

<그림 18-1> 뉴오올리언즈 지역의 월별 실제, 추정, 예상 국외 수출량



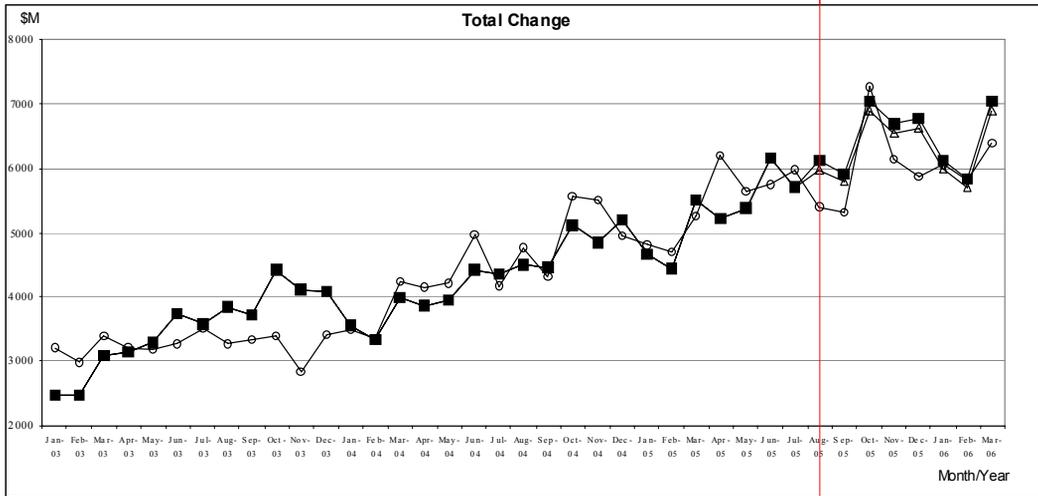
카트리나 발생

<그림 18-2> 뉴오올리언즈 지역의 월별 실제, 추정, 예상 국내 수출량



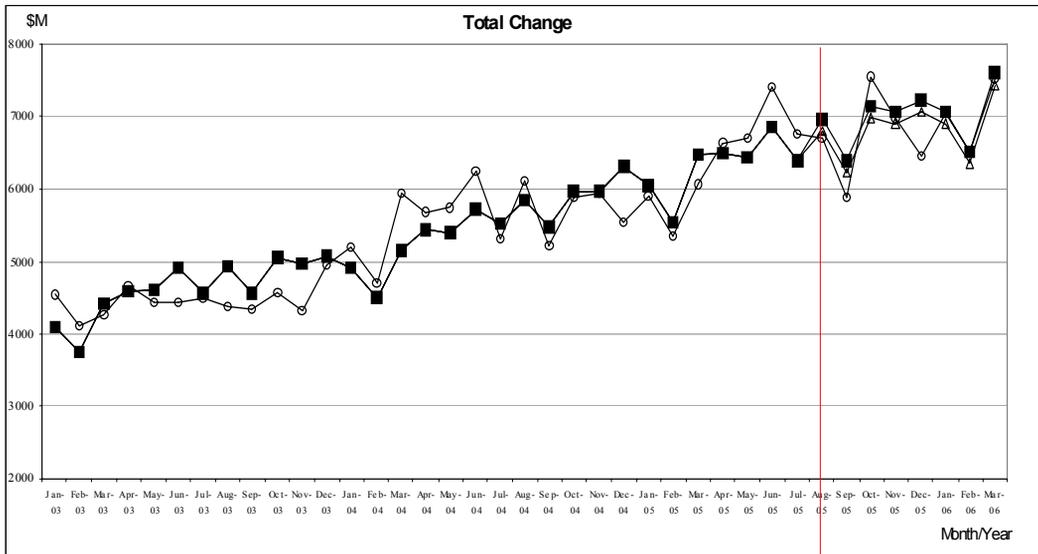
카트리나 발생

<그림 19-1>뉴올리언즈 지역의 월별 실제, 추정, 예상 국외 수입량



카트리나 발생

<그림 19-2> 뉴올리언즈 지역의 월별 실제, 추정, 예상 국내 수입량

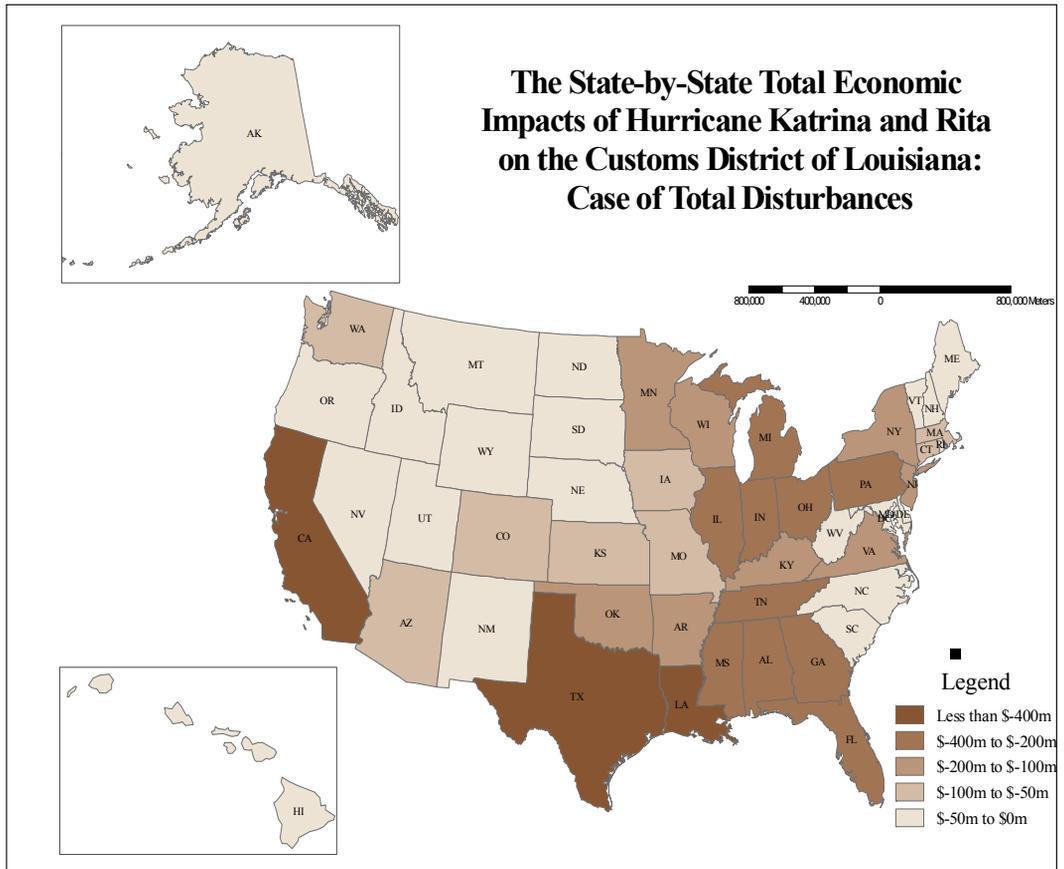


카트리나 발생

자료: <그림 18-1,2~19-1,2>의 자료는 Park et al., 2008b, "Estimating the State-by-State Economic Impacts of Hurricane Katrina": p.154-157

또한 <그림 20>는 위에 분석된 물류 이동량의 차이, 즉 직접적 피해를 산출하여 NIEMO를 통해 만들어진 지역적 물류 이동량 변화에 대한 분석그림이다. 이를 통해 허리케인 카트리나와 리타로 인해 발생한 직, 간접적 경제손실의 규모를 파악할 수 있다 (Park et al, 2008b).

<그림 20> 카트리나로 인해 감소된 총 경제적 손실



자료: Park et al, 2008b, "Estimating the State-by-State Economic Impacts of Hurricane Katrina"

## 5. 분석 방법론 고찰

사건사례의 피해 내역 및 규모를 추산함에 있어서 태풍 매미의 경우 많은 자료와 내역들이 국가기관의 보고의 용도로 피해 지역의 실제 가구 및 산업지역 조사를 통해 집계된 수치로 구성되어 있으며, 이러한 피해내역 보고를 위해 각 지방자치단체를 통한 직접조사 및 추정의 방법론이 주로 사용되었다. 국외 사례의 경우 엑손발데즈호 기름 유출 사고의 경우에는 태풍 매미의 피해규모 산출과 유사하게 알래스카 주정부 및 엑손발데즈 사고 위원회 (Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council) 에서 작성된 기름유출사고로 인한 지역 경제 및 자연환경과 변화와 관련하여 직접 조사된 피해 내역 및 피해 규모와 관련된 많은 보고서 및 관련 자료를 바탕으로 총 피해규모를 산출하는 방법이 사용되었다. 이러한 방법론은 재해의 피해를 산출하기 위해 직접적 조사에 의존하는 방식을 택하고 있다. 이러한 경우, 직접 손실에 대한 윤곽이 어느 정도 가능하나, 조사되지 않은 부분들은 누락된다는 점과 간접적 혹은 향후 발생 가능한 피해에 대해서는 직접적 조사 없이는 피해 규모를 파악할 수 없다는 문제점이 있다. 특히 조사 시 발생하는 비용이 무척 크다는 면에서 방법론적 효율성이 떨어진다고 할 수 있겠다.

마지막으로 허리케인 카트리나의 경우 현재까지도 보다 정확한 피해 내역 및 규모를 산출하기 위해 많은 자료들을 적절히 분석할 수 있는 방법론들이 개발되고 제시되고 있다. 다만, 산업이나 지역적인 연관 관계성을 담보하고 있기는 하나, 피해 추정에 있어 여전히 산업연관모형이 내재하고 있는 기본적인 문제점인 고정계수의 한계성이 해결되지 못하고 있다. 이는 시간적으로 확장되는 모형을 통한 피해사항들의 집계가 미흡하다는 것으로 보여주므로, 보다 정확한 피해 규모를 산출할 수 있는 방법론이 여전히 필요하다. 그러므로 위에 언급된 다양한 규모의 재난 사례와 같이 재난 사고 발생 시 피해 내역, 규모의 추정 및 경제적 파급효과를 산출해내기 위한 보다 나은 분석 모형의 개발 및 운용이 필수적인 실정이다.

### 제3장 재난관리에 관한 분석모형의 이론적 소개

재난관리에 관한 주요 연구가 재난 및 위기에 대한 예방에 초점이 맞추어진 관계로 예방적 차원의 긴급구조계획이나 경감 기법, 제도적 정비에 대한 연구들이 상대적으로 활발하게 진행 되는 편이다. 재난 대응 및 복구에 대한 연구들도 사실상 규범적 측면에 초점이 맞추어져 진행 되며, 미국의 경우 통상 통합위기관리시스템 (Integrate Emergency Management System: IEMS) 을 통해 테러를 포함한 재해 및 재난 에 대해 광범위한 비상 대응 전략을 절차적 시스템으로 구축하고 이에 대한 보완작업을 수행하는 것이 그 주를 이룬다. 이러한 점은 현재 재난 관리에 대한 한국의 주요 출판 서적들이 다루는 범위와 크게 다르지 않으며 그 내용 역시 개괄 적인 재난 관리에 관한 소개와 재난 예방 및 대응에 대한 매뉴얼 중심의 내용에 국한된다는 면에서 일치하고 있는 것으로 파악된다 (재난 관리에 관한 소개는 이재은 외, 2006; 성기환, 2006 참고).

그러나 미국의 경우 지난 9-11 테러 이후 재난 피해에 대한 연구의 방향이 기 발생한 재해를 포함하여 예상되는 재해에 관한 경제적 파급효과를 예측하는 연구의 형태로 전환되어 활발 하게 진행되고 있다. 이러한 연구들은 주어진 2차 자료를 바탕으로 재해 피해를 예측할 수 있는 계량 모형 개발을 통해 이루어지고 있다. 특히, 재해가 발생했을 경우 그 피해가 산업 및 지역적 연관성을 통해 파급되는 점이 주요하게 작용하여, 재난 피해 예측모형의 실제적 운용 에 관한 급격한 발전과 이에 대한 보고가 활발하게 진행되어 왔다 (Richardson et al, 2005; 2007; 2008).

한국의 경우 방재연구에 발표되고 있는 주요 재난관리에 대한 분석 보고들을 살펴보면, 대 부분 기 발생한 재해에 대하여 현장에 대한 실증조사를 바탕으로 한 조사 연구가 주를 이룬다. 이와 같이 실증조사를 바탕으로 한 연구는 직접적으로 재난에 대한 피해를 답사·파악할 수 있다는 측면에서 장점이 있다. 그러나 직접조사는 발생된 개별적 재난 사건에 초점을 맞추어 기존의 재난 사건 및 향후 발생할 가능성이 있는 재난에 대한 피해 예측과 체계적으로 공유되

기 어렵고, 서베이 되지 않는 항목은 피해조사에서 누락되는 자의성이 있다. 또한 많은 경우에 있어서 재난으로 인한 직접적 피해는 산업간 연계성이라던지 지역적 연결성 등의 간접적 연관 관계를 맺지만, 직접적인 실증조사를 통해서서는 재해로 인해 발생하는 직접적 피해규모의 연관성을 사실상 파악하기 어렵다는 문제점들이 있다. 마지막으로 직접조사에 의존할 경우, 향후 발생 가능한 재난 피해에 대한 피해액에 대한 예측 가능성을 담보할 수 없다는 방법론적 한계가 있다고 할 수 있다. (<표-15> 참조).

<표-15> 실증조사의 장점과 한계점

장점	단점
직접적 피해 보고 가능	예측성과 체계성 부족
피해 상황의 구체성	재난 피해 연구의 연속성 결여
	피해 조사의 자의성
	간접적 피해조사의 어려움

이와 같은 연유로 재난 관리에 대한 분석모형을 구축하는 것은 직접조사가 내재한 여러 한계점들을 극복하는 동시에 직접조사의 결과와 결합하여 보다 정확하고 효과적인 피해보고가 가능하다는 측면에서 중요한 과제가 아닐 수 없다. 또한, 향후 발생 가능한 여러 재난에 대한 가상적 시뮬레이션이 가능하다는 측면에서 지방정부 및 중앙정부의 재해 예산에 대한 집행 및 추정 근거를 명확하게 제공한다는 측면에서 불필요한 재정 소모를 방지하는 데 기여할 수 있다.

다음 절에서는 재난 관리에 관해 현재 미국에서 활발하게 응용연구가 진행되고 있는 대표적인 분석모형들을 고찰하고 한국적 현실에서 이러한 모형들의 응용가능성에 대한 논의를 할 수 있도록 한다. 특히 전통적 계량모형 접근법과 다지역연관산업모형 (Multi-regional Input-Output: MRIO)을 결합하여 특정 지역에 발생한 재난재해의 피해를 지역 및 산업적 연관성을 파악하여 발생가능한 간접적 피해까지 추정한 방법론을 중심으로 소개한다. 전통적 계

량모형의 응용은 직접 조사 되어진 자료나 혹은 기 구축된 자료를 활용하여 선형회귀분석을 통해 추정된 선형회귀선을 바탕으로 재해가 발생하지 않았을 때의 효과와 실제 재해가 발생함으로써 나타난 효과를 분석하여 재해의 직접적 피해를 추정한다. 지역연관산업분석모형은 산업적 연관성을 조사한 산업연관표를 바탕으로 투입산출모형을 활용하여 피해액에 대한 간접적 효과를 추정할 수 있게 한다.

다만 다지역연관산업모형이 산업연관모형을 바탕으로 한다는 측면에서 기본적으로 산업연관모형이 내재하는 고정계수의 문제점을 여전히 가지고 있으며, 이에 따라 경제적 피해의 장기적 추정시 과대 추정되는 문제가 여전히 내재한다. 그러므로 이러한 고정계수의 문제점을 향상시키는 방법론적 소개를 통해, 경제적 피해의 시간적 확장성에 대한 논의까지 담보할 수 있도록 한다.

마지막으로 재난 재해에 대한 경제적 파급효과 추정 시 한국적 현실에서 실제로 응용 가능한 자료와 모형방법론을 살펴본다. 이를 위해 최근에 발표된 재난의 피해 추정에 응용된 정량적 연구들을 살펴보고, 실제로 한국적 현실에 응용 가능한 재난의 경제적 파급효과 추정에 대한 방법론적 모형을 제안한다. 본 연구에서 제안되는 방법론적 모형은 후속 연구에 직접적으로 활용가능하리라 기대된다.

## 1. 전통적 계량모형 접근법

전통적 계량모형 접근법은 사전-사후 비교 분석법 (Ex-ante comparison analysis) 혹은 가설적 (what-if) 분석법으로 지칭될 수 있다. 사전-사후 비교 분석법은 먼저 특정 재난이 일어나기 전의 사회경제적 상황이 특정 재난이 일어나지 않았다는 가정적 정상상황을 바탕으로 특정재난 시기의 정상적 상황을 추정한다 (가정적 추정치). 그리고 실제 특정재난이 일어난 당시의 사회경제적 상황을 종합한다 (실제 측정치). 따라서 가정적 추정치와 실제 추정치의 차이는 특정 재난이 발생함으로써 사회경제에 미치는 영향을 반영하는 것이라 할 수 있다. 이러한 사전-사후 비교 분석법의 경우에 있어서는 특정 재난 시기에 대한 정상적 상황을 과거 상황의 연속성을 통해 담보해야 하므로, 사실상 시계열 분석법 내지는 패널 분석법이 가장 널리 쓰이는 계량모형 접근법이라고 할 수 있다.

이를 함수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$y = f(X) \quad (1)$$

여기서

$y$ 는 특정 재난 발생과 관련하여 주어진 사회경제적 상황을 최적으로 대표할 수 있는 변인으로서 특정 재난 발생에 따른 변화 추이가 분석되어야 하는 종속변인,

$X$ 는 특정 재난 발생시 종속변인  $y$ 에 영향을 미치는 독립변인으로서 시계열분석을 포함하는 경우에 있어서는  $y$ 의 시차(lag) 변인들을 포함할 수 있으며,

$f(*)$ 는 연구자에 의해 결정되는 함수형태로 다양한 계량모형 (Econometric models)이 연계되어 활용될 수 있다.

식 (1)을 통해 특정 재난이 일어난 시기의  $y$ 를 예측한 값을  $\hat{y}_{event}$ 으로 정의하고 실제 특정 재난이 일어나고 난 뒤의 실측치  $y$ 를  $y_{event}$ 로 지정하면, 특정 재난으로 인한 피해 ( $L_{event}$ )는 다음의 식 (2)와 같이 정의된다.

$$L_{event} = \hat{y}_{event} - y_{event} = \Delta y_{event} \quad (2)$$

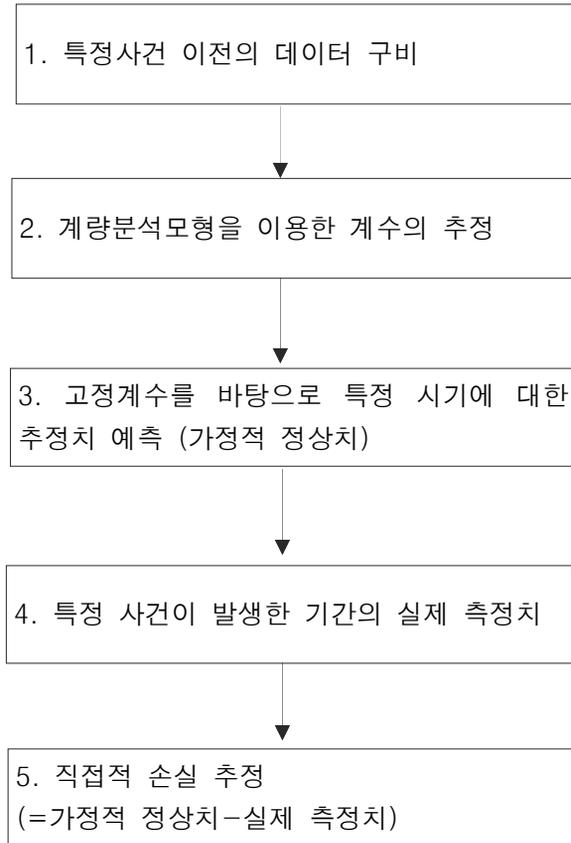
여기서, 대부분의 재난 사건의 경우에 있어서 재난으로 인한 피해액  $L_{event}$ 는 정(+)의 값을 가지게 되는데, 이러한 이유는 일반적인 경우 정상적 사회 경제상황으로 예측된 값

$\hat{y}_{event}$ 은 재난으로 인해 실제 발생한 피해액 규모값 보다 더 크기 때문이다.

그러나 산업부문에 따라서는 특정 재난으로 인해 해당 산업의 생산액이 증가되기도 하므로, 피해액  $L_{event}$ 이 부(-)의 값 즉 특정재난으로 인한 증산액으로 이해되기도 한다. 이러한 예로는 황사로 인해 병원진료산업이 호황을 누리게 되어 이 부분의 산업생산액이 긍정적으로 영향을 받는 경우라 할 수 있다<sup>1)</sup>. 따라서, Park et al. (2008b)의 그림 18-19의 허리케인 카트리

나의 경우에 응용된 예처럼 사전-사후비교 분석법은 전체 수출 및 수입 물동량의 변화뿐만 아니라 각 산업별로 파악되어질 때  $L_{event}$  에 대해 더욱 구체적이고 다양한 결과를 얻을 수 있다. 그림-xx는 사전-사후 비교분석법에 대한 내용을 요약적으로 보여주고 있다.

<그림 21>. 사전 사후 비교 분석법의 과정



주어진 허베이스피리트 호 사건의 경우 사전-사후 비교법은 충남지역의 경제적 상황을 대표

---

1) 연구에 따라서는 의료산업의 증가에 대한 이해를 소비자의 손실부담 부분으로 이해하여 의료비 증가에 따른 손실로 이해하기도 한다. 그러나 거시적 측면의 산업적 차원에서 이 부분을 접근할 경우 의료산업생산액이 증가하고 이에 따라 관련 산업들이 긍정적으로 영향을 받으며, 의료진의 노동임금이 다시 소비 증대에 영향을 미치는 점 등의 환류효과를 고려하면 결국 산업에 긍정적 영향을 주는 것으로 이해되는 게 타당한 것으로 보인다.

하는 변인을 선택할 수 있다. 가령 충남지역의 지역내총생산액 (Gross Regional Domestic Product: GRDP) 이라든지, 충남지역의 총종사자 수 등의 과거 기간의 (예를 들면, 1980~2006의 연도별 혹은 분기별) 자료 등이 활용될 수 있다. 이와 함께 충남지역의 산업구조 등이 과거에 여러 변화가 있었을 경우 이러한 변화들을 더미 변인으로 처리해 주고, 선택된 종속변인을 결정짓는 데 영향을 미치는 독립변인이 있다면, 동일한 기간에 대해 이러한 변인들을 특정지어 활용하면 된다.

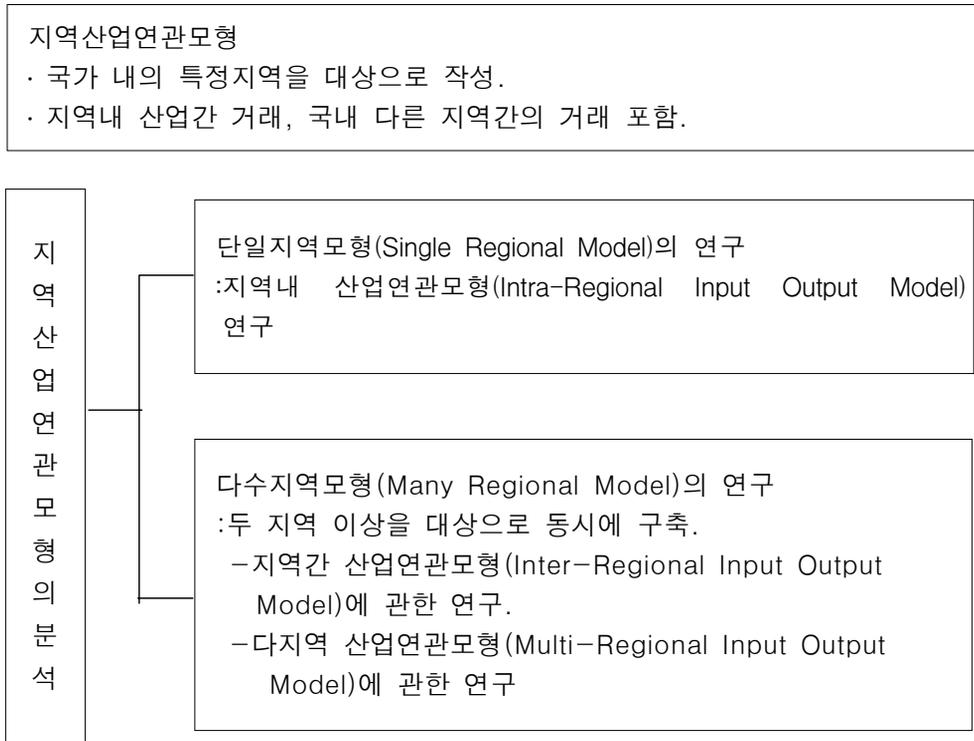
최근에는 이러한 전통적 계량모형법에 불확실성 (Uncertainty)를 반영하여 계량모형 구성에 있어 보다 발전된 형태로 응용되기도 한다. 재난 모형으로 이러한 전통적 계량모형에 불확실성을 가미한 모형은 추정치  $\hat{y}_{event}$  에 적절한 범위를 줄 수 있으므로 최악의 경우와 최선의 경우에 대한 시나리오를 가능하게 한다는 면에서 유용하리라 판단된다 (Vose, 2008).

## 2. NIEMO(National Interstate Economic Model)

NIEMO는 미국의 각 주 (state) 및 산업간 (interindustry) 경제적 파급효과를 측정하기 위해 만들어진 다 지역 경제모형 (Multi-regional Input-Output: MRIO) 형태의 지역산업연관모형이다. NIEMO의 모형에 대한 이해를 돕기위해 다음의 <그림22>와 같이 지역산업연관모형을 분류하였다.

따라서, NIEMO는 지역산업연관모형의 분석모형 중 다수지역모형(Many Regional Model)에 대한 연구에 속한다고 할 수 있으며, 이 중에서도 다지역 산업연관모형(Multi-Regional Input Output Model)에 속한다고 할 수 있다. 다수지역모형은 모형을 구축하는 방식에 따라 구분되며, 모형 구축 방식이 직접 조사에 의존할 경우 지역간 산업연관모형(Inter-Regional Input Output Model)이라고 할 수 있으며, 전국 투입계수와 지역간 물동량 자료 등을 이용하여 간접추정방법(non-survey-based method)으로 지역내 기술계수와 지역간 교역계수를 추정할 경우 다지역 산업연관모형(Multi-Regional Input Output Model)으로 구분된다고 할 수 있다. NIEMO의 경우는 지역적 수준이 미국의 각 주(State)라는 점에서 차이가 나나, 기본적으로 이러한 다 지역산업연관모형의 하나라고 할 수 있다.

<그림 22> 지역산업연관모형의 구분



이러한 다지역산업연관모형의 연혁은 사실 상 1950년 대에 Chenery (1953)년과 Moses (1955)년에 이론적으로 제시되었으나, 실제적으로 운용가능한 모형은 1980년대에 들어 만들어 졌다 (Polenske, 1980; Jack Faucett Associates, 1983). 비록 이론적으로 다지역산업연관모형이 간단하게 제시되어 있으나, 지역이 늘어나고 산업 수가 증가할 경우, 모형에 들어있는 산업연관계수가 기하급수적으로 늘어나는 문제로 인해, 사실 상 이러한 형태의 MRIO모형이 미국에서 제대로 운용되기 어려웠다. 특히, 미국 내 산업별 주(state) 간 무역량에 대한 정확한 정보가 가능하지 않은 관계로 이러한 다지역산업연관모형의 구성에 있어 무역량 추정기법을 개발하는 것이 중요한 문제였다 (Park et al., 2008b).

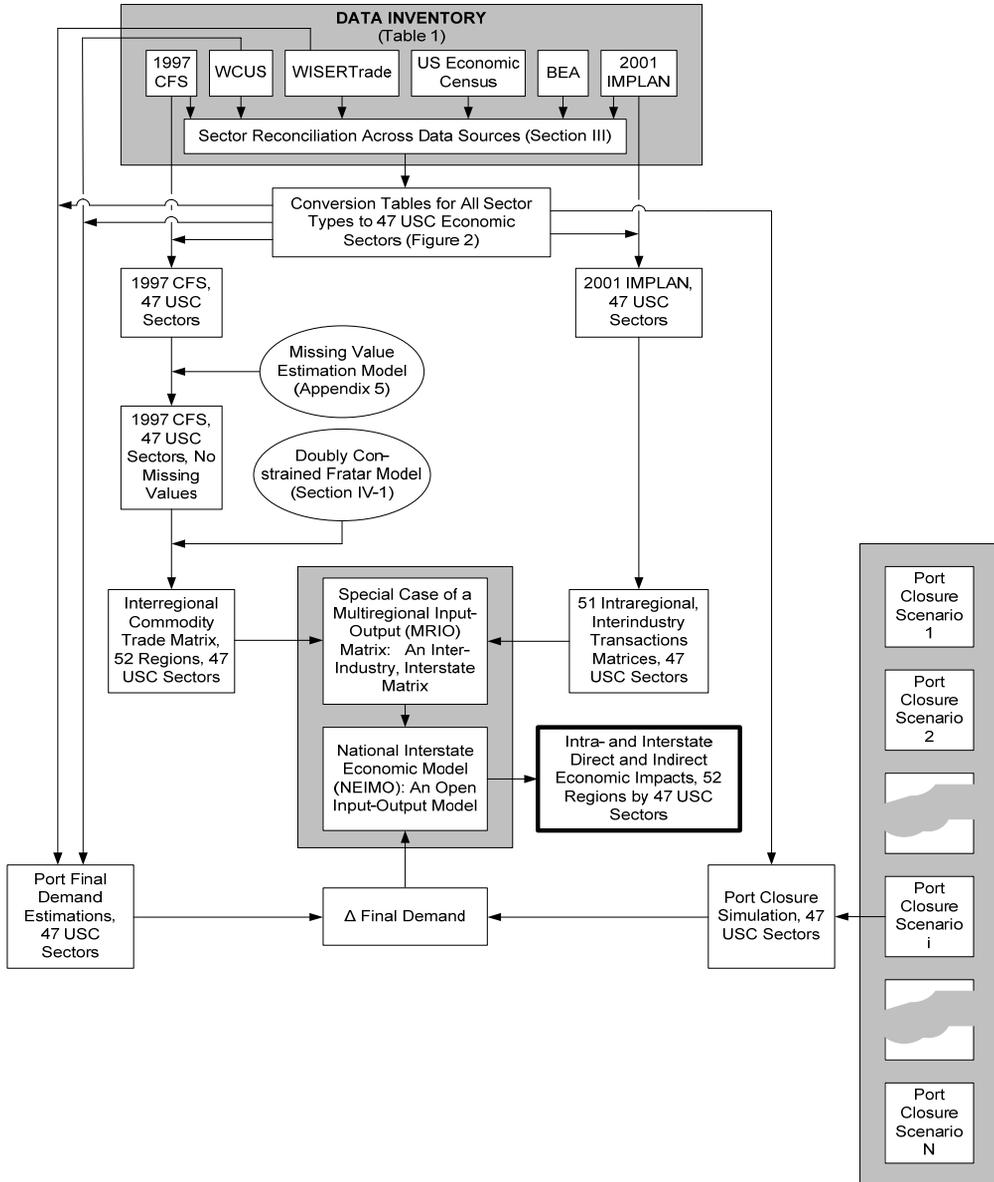
더욱이 서비스 산업의 지역간 교역량 추정은 사실 상 그 교역량 추정이 실제 조사를 통해서 파악하기는 어렵기 때문에, 교역량 추정에 대한 기법 개발이 무엇보다도 시급한 과제이다 (박지영·박창근, 2008). 현재 미국의 NIEMO는 이러한 문제점들 중 서비스 교역량 부분에 대한 추정치가 아직 반영되지 않은 상태이나, 실제 교역량 추정에 대한 여러 문제점들을 극복하고 미국 내에서 운용가능한 지역간 산업연관모형으로서 그 역할을 하고 있는 것으로 보고되고 있다 (Richardson et al., 2007; 2008; Park et al., 2007). 그림 xx는 NIEMO가 어떠한 자료 (data)를 어떠한 방법 등을 통해 구성되는 지를 향한 폐쇄에 따른 경제적 파급효과의 시나리오를 바탕으로 보여주고 있으며 대략 6백만개의 다지역산업연관계수 셀 (multiregional coefficients cells)이 NIEMO에 내재해 있다.

NIEMO와 같은 다지역산업연관모형이 구축되어지면, 이를 이용한 경제파급효과 분석은 의외로 간단하다.

$$X = (I - CA)^{-1}Y \quad , \quad (3)$$

- 여기서X           = 총산출량 벡터,
- Y            = 최종 수요 벡터,
- A            = 각 지역별 산업연관계수,
- C            = 각 산업별 지역간 무역계수이다.

<그림 23> NIEMO의 구성과 분석과정



자료: Park et al. (2007: 213)

NIEMO가 내재하고 있는 최종 계수는  $(I - CA)^{-1}$  로 표현되어지며, 주어진 시나리오와 다른 형태의 가정에 따라 NIEMO의 계수가  $(I - CA)^{-1}C$  로 바뀌기도 한다 (Lee and Willardson, 2008). 최종수요벡터 Y는 재해·재난으로 인해 소비자, 기업, 혹은 정부부문에 있어 재해로 인해 감소된 직접적 충격을 나타내고, NIEMO에서 작동하는 최종계수  $(I - CA)^{-1}$  를 따라 간접적 파급효과 및 총파급 효과가 추정되어진다. 이외에도 부가가치 유발계수나 임금 유발계수, 혹은 고용유발계수벡터 등을 최종계수와 결합함으로써, 각 부문에 대한 간접적 파급효과 및 총파급효과를 추정할 수 있다 (Miller and Blair, 1985).

NIEMO처럼 지역 간 혹은 다지역 산업연관모형의 유용성은 특정 지역에 발생한 재해나 재난에 대해서, 다른 지역에 미치는 공간적·산업적 경제적 파급효과를 동시에 파악할 수 있다는 것에 있다. 비록 이러한 유형의 모형을 구성하는 것이 상대적으로 많은 시간과 노력을 요하지만, 일단 모형이 구축되면 그 응용이 상대적으로 수월하기 때문에 실제로 일본 및 EU에서는 막대한 비용을 투입하여 지역 간 산업연관모형 (Interregional Input-Output)을 만들고 있다. 우리나라도 2007년 처음으로 6개 광역권역에 대한 지역 간 산업연관모형을 공포하였다. 이에 대해서는 3.4절에서 설명하도록 한다.

다만 다른 산업연관모형과 마찬가지로 NIEMO 및 지역 간 산업연관모형은 1년의 계정을 바탕으로 한 지역간 산업연관표를 구성되어진다. 이는 주어진 지역 간 산업연관표를 바탕으로 추정된 계수들이 시기적으로 변화하지 않는다는 불변성을 기초로 한다. 측면에서 재난 및 재해의 장기적 파급효과를 추정함에 있어서는 과대평가 (overestimate)의 오류가 발생하는 문제가 있다. 심지어는 단기간의 피해 추정에 있어서도 어느 정도를 단기간으로 설정해야 추정된 결과들을 신뢰할 수 있는지에 대한 논의가 명확하게 정립되지 않는 점 등, 지역연관산업모형은 사실 상 산업연관모형이 내재하는 기본적 한계성들을 고스란히 담고 있다.

이러한 일련의 한계성들은 과거 연산일반균형모형 (Computable General Equilibrium: CGE) 등이 다양한 가격탄력성을 도입하여 산업연관모형이 담보하지 못한 중·장기적 추정치를 구하려고 한 노력에서도 발견된다. 또한 다지역 연산일반균형모형 (Multiregional CGE)을 NIEMO에 응용하려는 시도 역시 중요한 모형적 발전이 될 수 있다. 이처럼 CGE방법론이 가격탄력성 계수를 통해 고정계수를 이동시켜 새로운 균형 상태로 도달한 고정계수를 제시하여

중·장기적 추정치에 보다 적합하다고 알려져 있다.

그러나 표-17에서 보여지듯이 이러한 CGE접근법 역시 하나의 시뮬레이션 기법으로 연구자가 의도하고 설정한 여러 관계에 따라, 결과들이 추론된다는 측면에서 확률적 결과가 아닐 뿐만 아니라, 모형 자체를 통한 완전한 내생적 결과의 산물이 아니라는 문제가 있다. 결국 (연구자의 의도에 의해) 기 설정된 여러 계수들을 통해 추정결과가 나온다는 측면에서 산업연관모형이 가지는 고정계수의 기본적인 한계를 벗어났다고 보기는 어렵다.

다음 절에서는 이러한 고정 계수의 문제에 직면해 이를 해결하고자 하는 여러 연구들을 소개한다. 특히 방법론적으로 아주 간편하면서도 시간적 물적 비용측면에서 수월한 FlexIO의 소개를 통해 새로운 산업연관모형의 가능성을 타진해 본다. 이를 바탕으로 4절에서는 한국형 재난모형에 대한 소개를 하도록 한다.

### 3. 연구모형의 확장

NIEMO와 같은 지역간 산업연관모형의 유용성은 비록 고정계수의 한계점이라는 단점에도 불구하고 지역간·산업간 연관관계를 담보하여 재난 피해에 대한 파급효과를 계측할 수 있다는 측면에서 그 효용성은 분명하다. 이러한 고정계수의 단점을 극복하고자 하는 노력은 동태적 산업연관모형 (Dynamic Input-Output)의 발전으로 귀결된다. 동태적 산업연관모형의 대표적인 응용은 계량경제모형을 산업연관모형에 결합하는 경우이다 (Rey, 2000). 최근에 들어서 다양한 동태적 산업연관모형이 발전적으로 제시되고 있음은 주목할 만하다. 다만, 동태적 산업연관모형의 경우에 있어서 계량경제학적 모형이 응용될 경우 잔차에 의한 계수의 변화가 상당히 민감하게 반응한다든지, 가격 변인을 활용하여 모형을 구성하는 등 점에서 산업연관모형계수의 시기적 변화에 대한 본질적 접근은 다루지 못한 것으로 보인다.

이와 관련하여, RAS 접근법은 기준연도를 바탕으로 세 가지의 벡터 정보인 중간투입 (intermediate input), 중간산출(intermediate output), 총산출(total output) 벡터를 바탕으로 기대연도로 산업연관계수를 추정한다든지, 세부 지역에 대한 계수를 추정할 수 있다는 점에서 주목을 받아왔다 (Hewings, 1985). 이러한 RAS접근법에 대한 다양한 발전은 시기적으로나 하

위 지역으로 산업연관계수를 추정하는 측정법에 대한 방법론으로도 응용 발전되어 오고 있다 (Jackson and Murray, 2004; de Mesnard and Miller, 2006). 최근의 Minguez et al. (2008)의 연구는 이러한 RAS 방법론에 대해 여러 시기에 걸친 산업연관계수를 집적하여 미래의 특정 시기에 대한 산업연관계수를 추정하려는 시도라는 점에서 RAS 접근법과 산업연관계수의 추정에 대한 상당한 진전이라고 할 수 있다. 다만, 너무 많은 정보가 요구되고, 결과론적으로 추정된 결과의 측정이 일관성 (consistency) 를 갖지 못한다는 점 등이 방법론적 응용에 있어 여전히 약점으로 남는다.

각 종의 산업연관모형이 그 단점에도 불구하고 널리 쓰이는 가장 큰 이유 중 하나는 모형의 이해와 응용이 수월하기 때문이다. 비록 모형의 구성이 복잡하더라도 일단 산업연관계수의 역행렬이 구성되면 그 응용은 굉장히 간편하다. 전통적인 RAS 방법론 역시 시간이 많이 걸리는 단점이 있으나, 방법론에 대한 구성과 적용은 비교적 수월하기 때문에 5년 정도 마다 직접 조사를 한 뒤 그 사이 기간 에는 기 조사된 산업연관계수를 바탕으로 중간투입, 중간지출, 총지출에 대한 세 가지 벡터의 조사와 RAS 방법론을 이용해 그 사이의 연도의 산업연관계수를 갱신 (update)한다. 즉, 산업연관모형을 실제로 구성하고 응용하는 데에는 편이성 역시 중요한 문제라고 할 수 있겠다.

이와 관련하여 최근의 Gordon et al. (2008)과 Park et al. (2009)에 의한 탄력적 산업연관모형 (Flexible Input-Output: FlexIO) 접근법은 상당한 시사점을 갖는다. 먼저FlexIO는 중간투입 (intermediate input) 및 중간산출(intermediate output)에 대한 일부 정보만으로도 기대시기에 대한 산업연관계수의 추정이 가능하다. 예를 들어, 재난으로 인해 특정 지역의 특정 산업에 대한 피해가 발생했을 경우, 다른 산업부문이나 지역은 이러한 피해에 직접적으로 연계되어 있지 않다는 가정 하에 그 특정산업과 특정지역에 대한 정보에 의존해 미래의 산업연관계수를 추정한다. 이렇게 기대시기의 추정된 산업연관계수는 특정지역과 산업에 대한 정보의 갱신뿐만 아니라 다른 지역 및 산업계수가 가지는 영향력도 반영하는 것이다. 따라서 중간투입 및 중간 산출에 대한 두 벡터 정보가 주어질 경우 기대시기의 산업연관계수는 모든 지역과 산업에 대한 정보를 동시에 담고 있음을 알려주는 것이라고 할 수 있다. RAS의 경우 기대시기에 대한 산업연관계수 정보를 가지기 위해서는 총 세 가지 종류의 벡터들이 필요했음을 감안

하면 사실상 FlexIO가 뛰어난 효율성은 가진다고 할 수 있다. 또한 추정된 FlexIO계수들이 가지는 측정오류는 여러 RAS가 보여주는 측정 오류에 범위와 비교해 상당히 작은 편에 속하며, 기대시기의 계수를 구하는 데에 걸리는 시간이 1초도 걸리지 않는다는 측면에서 과거 1시간 이상 소요되는 여러 RAS 접근법의 시간적 비용에 대해 효율성이 상당하고 할 수 있다 (Gordon et al., 2008).

<표 16> IO, CGE, 동태적 IO, FlexIO 접근법의 비교

사항	전통적 산업연관 모형 (IO)	지역간 산업연관모형 (MRIO, IRIO)	일반연산 균형모형 (CGE)	동태적 산업연관모형 (Dynamic IO)	탄력적 산업연관모형 (FlexIO)
지역적 세분화	X	O	X <sup>a</sup>	X	X <sup>b</sup>
미래 예측성	단기	단기	단기 혹은 중기	중기	장기
자료의 간편성	O	X	X	X	O
예측된 계수의 정확성	-	-	-	△	O
모형 운용 시 필요한 시간적 효율성	O	O	△	△	O

주. a. 지역간 CGE (Multiregional CGE)를 구성할 수 있음. 다만, 응용되는 방법론은 지역간 산업연관모형에서 활용되어지는 것과 유사하므로, 교역량 추정모형이 잘 구성되어야 함.

b. MRIO나 IRIO에 응용될 경우 탄력적 지역간 산업연관모형 (FlexMRIO 나 FlexIRIO)으로 응용될 수 있음.

X, O, △는 각각 부정적, 긍정적, 중간 정도를 나타냄.

'-'는 해당사항이 없음.

따라서, 충남지역을 기준으로 다지역산업연관모형을 구성하고 이를 시기적으로 확장하는 시공간확장모형을 구축하기 위해서는 Gordon et al (2008) 및 Park et al. (2009)의 FlexIO 접근법의 차용이 가장 효율적일 것으로 판단된다. 다음 절에서는 이러한 Flex모형 접근법을 바탕으로 한국형 재난피해추정 모형 (Korean Economic Impacts Model on Disaster Evaluation:

KEIMODE)을 소개한다. 이러한 KEIMODE는 향후 재난으로 인한 피해 추정에 있어 균일한 모형을 바탕으로 일관성 있는 피해액 추정을 가능하게 한다는 측면에서 한국의 재난모형의 있어 중요한 역할을 담당하리라 예상된다.

#### **4. 한국형 재난피해추정 모형 (Korean Economic Impacts Model on Disaster Evaluation: KEIMODE)**

한국형 재난 피해추정 모형을 구성을 위해 구비되어야 할 필요자료는 먼저 기준연도에 대한 산업연관모형이다. 한국에서 구비 가능한 산업연관모형에 대한 소개를 위해 먼저 한국은행에서 발간하는 산업연관모형의 연혁에 대한 이해가 필요하다.

우리나라에서 산업연관표 작성은 1958년 당시의 부흥부 산업개발위원회가 1957년과 1958년의 산업연관표를 작성한 것이 시초가 되었다고 볼 수 있다. 그러나 이 표는 기초통계자료의 부족과 전자계산기의 이용제한 등 여러 가지 제약으로 그 내용이 미흡했으며, 19개 산업부문으로 분류된 일종의 시산표에 지나지 않았다. 비교적 체계가 잡힌 형식과 내용을 갖춘 실질적인 산업연관표는 제1차 경제개발 5개년계획 수립을 위한 기초자료로 이용하기 위해 정부요청으로 한국은행이 1962년에 착수해서 1964년에 완성하여 공표한 '1960년 산업연관표'라고 할 수 있다.

그 후 경제규모가 확대되고 국가경제가 발전함에 따라 산업구조는 보다 복잡한 구조로 변화하게 되었다. 이와 같은 산업구조의 변화를 보다 정확하게 파악하여 국가경제 개발계획을 수립하기 위한 기초자료를 확보하고 각종 경제정책의 입안자료로 이용할 목적으로 1963년, 1966년, 1970년, 1975년, 1980년, 1985년, 1990년, 1995년, 2000년에 대한 실측산업연관표를 작성하였고, 1968년, 1973년, 1978년, 1983년, 1986년, 1987년, 1988년, 1993년, 1998년, 2003년에 간이연장표를 각각 작성하여 왔다(한국은행, 2003). <표 18>은 산업연관표의 연혁을 요약적으로 보여주고 있다.

<표 17> 산업연관표 연혁

산업연관표 연혁
<p>시초: 1958년</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 부흥부 산업개발위원회가 1957년과 1958년의 산업연관표를 작성.</li> <li>· 기초통계자료의 부족과 전자계산기의 이용제한 등의 단점 내포.</li> <li>· 19개 산업부문으로 분류된 일종의 시산표에 불과함.</li> </ul>
<p>1960년 산업연관표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 비교적 체계가 잡힌 형식과 내용을 갖춘 실질적인 산업연관표.</li> <li>· 제1차 경제개발 5개년계획 수립을 위한 기초자료로 이용하기 위해 정부요청으로 한국은행이 1962년에 착수해서 1964년에 완성하여 공표.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 1963년, 1966년, 1970년, 1975년, 1980년, 1985년, 1990년, 1995년, 2000년 실측산업연관표를 작성.</li> <li>· 1968년, 1973년, 1978년, 1983년, 1986년, 1987년, 1988년, 1993년, 1998년, 2003년 간이연장표를 각각 작성 ⇒ 국가경제개발계획을 수립하기 위한 기초자료를 확보하고 각종 경제정책의 입안 자료로 이용할 목적으로 작성</li> </ul>

자료: 한국은행(2003).

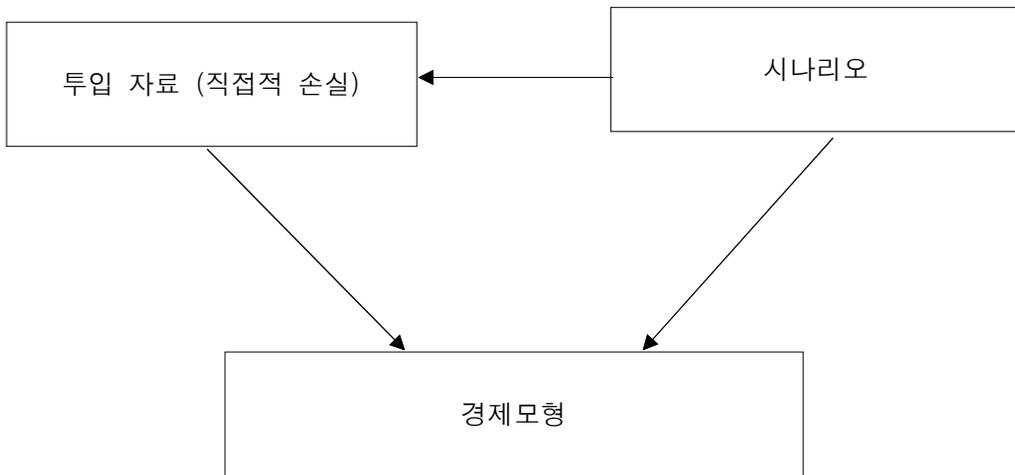
그러나 허베이스피리트호의 사고와 같은 대규모 재난은 비단 충남 지역에만 국한 되는 문제가 아닌 국가적 재난에 속한다고 볼 수 있다. 따라서 지역 간 연관관계 및 향후 미래의 발생가능할 피해까지도 고려하여 국가 전체 및 다른 지역에 대한 경제적 파급효과를 측정할 필요성이 있다. 이러한 모형 구축을 통한 피해액 추정치는 정부의 충청남도의 긴급 재정 지원에 대한 보다 명확한 근거로 제시될 수 있을 것으로 기대되기 때문이다.

다행히도 2007년 한국은행은 국내최초로 실지조사방법에 의한 지역간 산업연관표 (IRIO)인 「2003년 지역산업연관표」를 작성하여 발표하였다. 비록 6개 지역권역에 한정되어 발표되었다는 단점이 있으나, 77개 산업부문에 대해 공포되었다는 점에서 그 의의가 크다고 할 수 있으며, 지금까지 우리나라에서는 지역을 중심으로 작성된 자료가 충분하지 못하고 공신력과 정확성에 있어서도 의문이 제기되어 지역을 대상으로 하는 지역산업연관모형의 연구가 활발하게 이루어지지 못하였기 때문에, 한국형 IRIO모형은 여러 지역을 동시에 분석의 대상으로

하는 지역간 혹은 다지역 산업연관모형에 대한 연구에 기여할 것으로 예상된다. 따라서 한국은행의 IRIO 모형을 활용할 경우, 국내에서도 보다 활발하게 지역을 대상으로 하는 지역산업연관모형의 연구가 가능하리라 기대된다.

일반적으로 재난 분석모형은 <그림 24>와 같이 분석될 수 있다. 현재 한국은행에서 제공하는 지역 간 산업연관 모형인 KIRIO를 지칭한다고 할 수 있다. 허베이스피리트호 사건과 같이 발생한 재난에 대해서는 시나리오가 주어진 형태이다. 만약 향후 발생가능한 재난에 직면할 경우는 여러 종류의 시나리오를 만들어 테스트할 수 있다. 시나리오의 경우 발생한 재난의 대응책을 제시하는 데도 활용된다. 이러한 시나리오는 직접적 손실을 측정할 수 있는 범위를 한정하고 경제모형의 구성에 관하여 어떤 식으로 대응책이 활용될 수 있는 가를 정의한다. 직접적 손실로 대변되는 투입자료는 여러 방법을 통해 살펴볼 수 있으나, 대표적인 방법이 직접조사와 계량모형을 응용하는 것이라 할 수 있다. 이러한 직접손실은 경제모형의 투입자료가 된다는 측면에서 경제모형과 지역적 산업적 통일성이 유지되어야 한다.

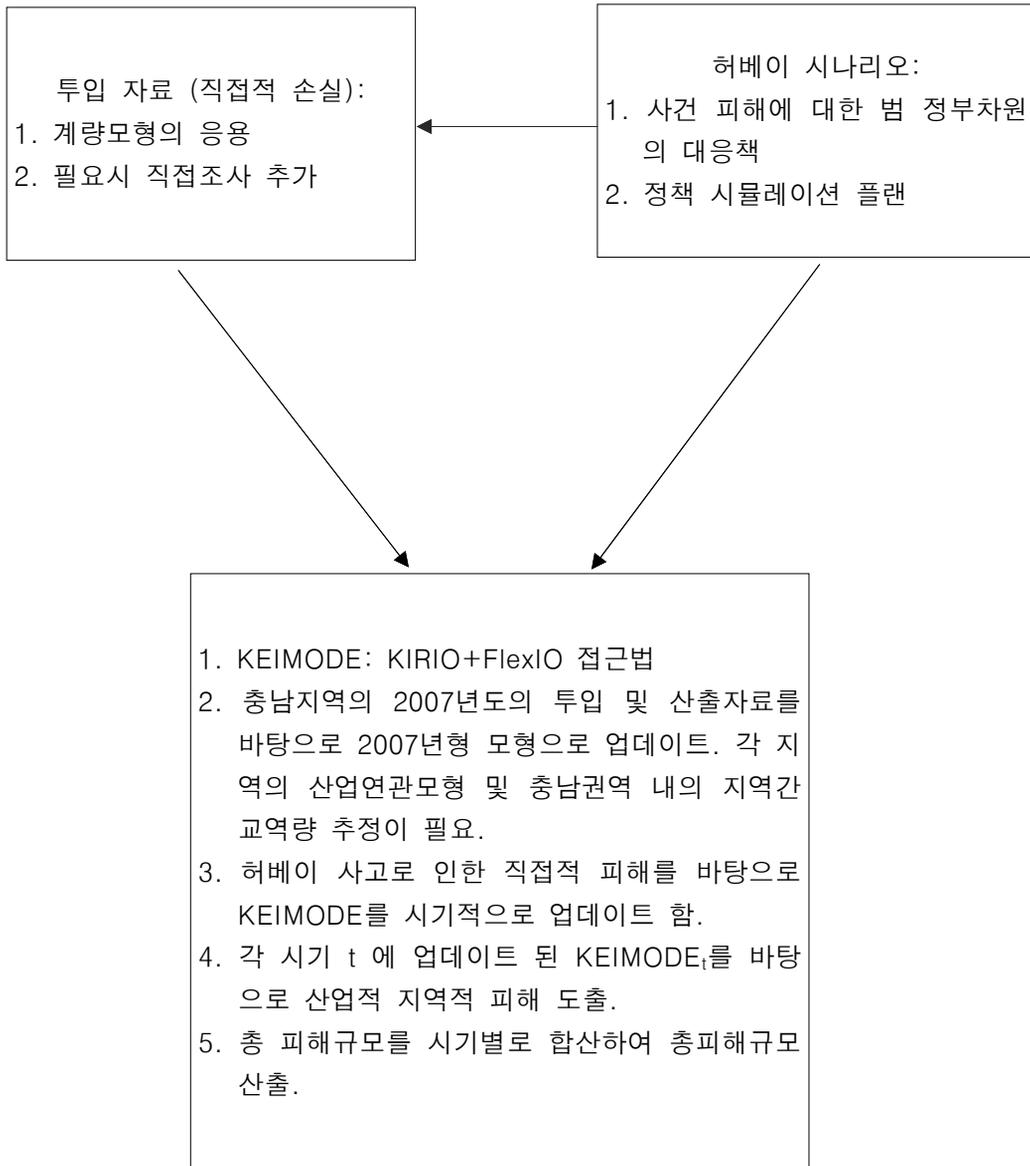
<그림 24> 일반적 경제모형 분석 과정



그러므로, 이러한 한국은행의 지역 간 산업연관모형을 바탕으로 FlexIO접근법을 결합한 KEIMODE는 다음의 <그림 25>과 같은 구성을 가진다. KEIMODE는 충남지역의 세부적인 산업연관계수 뿐만 아니라, 전국적으로 연결된 지역 간 산업연관모형이 2007년도 기준으로 추정

될 수 있으며, 이를 바탕으로 허베이스피리트 호로 인한 경제적 파급효과를 시기적으로 확장시켜 그 피해를 추정할 수 있다. 이러한 모형의 형성과정은 다음의 <그림 25>에서 살펴볼 수 있다.

<그림 25> KEIMODE의 구성과 활용모형



<그림 25>에서 볼 수 있듯이 한국형 재난피해추정 모형인 KEIMODE는 크게 세 가지 부문으로 나눌 수 있다. 먼저, 산업연관모형부문의 경우 한국은행이 제시한 2003년도 기준의 IRIO를 바탕으로 한다. 기준연도를 2007년도로 업데이트하고 각 지역권역을 세분화하기 위해 FlexIO의 접근법을 이용한다. 이를 통해 보다 세분화된 지역별 산업연관계수를 추정하기 위해서이다. 또한 충청지역권역 내의 지역간 교역량을 추정하기 위해서는 각 산업부문에 대하여 박지영·박창근(2008)이 제시한 공간계량모형을 응용한다. 따라서 이 두 가지 방법론이 적용될 경우, 각 지역권역에 대한 내부적 교역관계계수 및 산업연관계수가 만들어지므로 한국은행의 IRIO (Korean IRIO: KIRIO)모형에 있는 지역권역들의 계수행렬을 추정한 계수행렬로 대체한다. 이를 바탕으로 시기적으로 다른 여러 직접피해가 있을 경우, KEIMODE는 탄력적으로 (flexibly) 업그레이드 될 수 있다.

가령, 충청권역을 5개 세부 경제지역권으로 구분하고 총 16개의 산업부문을 가정한다면, 현재의 KIRIO모형은 충청권역에 대해 16개 산업부문에 대한 연관계수를 가지고 있으며 다른 광역권역과의 교역계수를 보여주고 있다. 이러한 충청권역의 세부지역 관계를 기 설명한 두 가지 방법론을 이용하여 KIRIO에 대체할 경우, 최종적인 KEIMODE는 5개의 광역권과 함께 충청권역의 5개 세부 지역경제권에 대한 산업 및 교역계수들이 생성되므로, 총 10개 지역에 대한 16개의 산업부문에 대한 지역산업연관계수가 생성된다. 즉,  $(10 \times 16) \times (10 \times 16)$ 의 행렬계수가 생성된다. 여기에 매달 다른 직접적 피해액이 5달 동안 보고되었다면, 각 월별에 대한 KEIMODE가 만들어 지므로 총  $(10 \times 16) \times (10 \times 16) \times 5$ 의 행렬계수가 형성되어 진다. 다만, 특정지역(가령 충청권)에 대한 KEIMODE는 분석할 시나리오를 예상하여 구축되어야 한다.

구축된 KEIMODE모형은 간접적 피해과급효과를 산업적·지역적·시기적으로 추정 가능하게 한다. 이는 시나리오를 바탕으로 각 시기별로 추정된 직접적 피해효과를 바탕으로 하기 때문에 시나리오를 가능한 한 구체화해야 한다. 직접적 피해효과는 제 I절에서 소개되었듯이 계량경제모형을 응용해서 재난으로 인한 직접적 피해효과를 추정할 수 있다.

따라서, 허베이스피리트호의 기름유출사고에 대한 KEIMODE의 적용은 다음과 같은 순서를 따르는 것이 하나의 예가 될 수 있다.

1. 허베이스피리트호 발생으로 인한 피해의 지역적 범위를 정한다 (시나리오 구성).
2. 통계청 혹은 지방자치연구기관으로부터 설정된 지역적 범위에 해당하는 월별 혹은 분기별 지역GRDP나 고용지표 등 이에 준하는 자료를 수집한다 (투입 자료 구축).
3. 수집된 자료를 바탕으로 계량경제모형을 이용하여 시기별 직접적 피해효과를 산업별로 산출한다 (투입 자료 산출).
4. 직접적 피해효과를 바탕으로 KEIMODE를 응용하여 허베이스피리트 기름유출사고로 인한 산업적·지역적·시기적으로 확장된 간접 피해효과 및 총피해를 산출한다 (KEIMODE의 응용).
5. 이를 지역적, 산업적, 시기적으로 분석하고, 향후 대응책에 대한 정부방안을 KEIMODE를 이용해 시뮬레이션한다. 가령 지방정부의 특정부문에 대한 재정지출을 동시에 실시할 경우, 어떤 시기에 그 효과가 가장 확대되는 지, 또는 어느 정도의 재정지출이 지출대비 효율성에 있어서 가장 효과가 큰 지 등을 테스트한다 (시나리오에 따른 KEIMODE의 시뮬레이션).

## 제4장 결론 및 정책적 시사점

본 연구는 이론적으로는 전통적인 지역 및 도시경제 부분에서 다루어져 오던 분석기법을 보다 발전시켜 재난에 관한 경제적 위기분석 기법으로 모형화하였다. 본 연구는 먼저 재난과 관련된 분석기법의 의미와 필요성을 언급하였고, 국내외 재난 사고 사례의 조사 및 분석을 통해 기존의 재난 관련 피해내역 및 그에 따른 분석기법의 흐름을 정리하였다. 그리고 이를 바탕으로 보다 정밀한 경제적 위기분석 기법인 KEIMODE를 도출해 내었다.

본 연구를 통해 제시된 한국형 재난피해추정모형인 KEIMODE는 허베이스피리트호와 같은 재난 및 재해 사고가 초래한 직접적인 지역경제 파급효과를 산업별로 파악하는 데에 활용될 수 있다. 이를 바탕으로 여타 산업에 대한 간접적 파급효과 및 다른 지역에 미치는 간접적 파급효과까지 측정가능하다. 또한 향후 발생가능한 추가적 파급효과에 대한 시간적 확장성까지 추가적으로 측정할 수 있다.

KEIMODE를 활용한 연구 결과들은 지역내의 재난관리 시스템에 대한 전반적인 점검을 하는데 크게 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다. 그리고 이러한 지역경제파급효과를 추정하는 데에 있어 정량적 접근법을 사용하므로 재난과 관련한 충청남도의 예산 책정이나 도 및 중앙 정부의 사후 관리비용을 산정하는데 일관성이 담보된다고 할 수 있다. 이는 재난과 관련한 공공부문과 사적부문의 역할 분담과 비용분담에 대한 적절한 기준을 모색하는데 크게 기여할 것으로 기대된다. 비록 본 연구가 실제적으로 KEIMODE를 적용하지는 않았으나, 향후 후속 연구에서 KEIMODE의 실제적 적용을 가능할 것으로 기대해 본다.

## 참고문헌

- 강광규 외, "동북아지역의 황사 피해 분석 및 피해저감을 위한 지역 협력방안 II", 한국환경정책평가연구원 연구보고서, 2004
- 국가재난정보센터 홈페이지, 2003 태풍 매미의 피해내용, [www.safekorea.go.kr](http://www.safekorea.go.kr)
- 농림부, 2003, "태풍 피해상황 및 대책보고", [www.krei.re.kr](http://www.krei.re.kr)
- 대전일보, 2008, 태안 기름유출 피해주민 첫 보상,  
[http://www.daejonilbo.com/news/newsitem.asp?pk\\_no=779095](http://www.daejonilbo.com/news/newsitem.asp?pk_no=779095)
- 박지영·박창근, "산업별 시,도간 경제교역량 추정", 지역연구 제 24권 제 2호, p. 27~57, 한국지역학회, 2008
- 박지영·이성우, "대형국책사업의 지역경제 파급효과 분석: 대전지역 자기부상열차 시범사업을 중심으로, 서울시도시연구" 제출예정, 2008
- 성재환, "재난관리와 파트너십", 한국학술정보, 2006
- 유재준 외, "태풍 매미로 인한 산업피해와 과제", 2003  
<http://www.fki.or.kr/Common/Download.aspx?id=cbf72d5a-b92e-417d-ae6e-d74075ff8363>
- 이상만, "카트리나의 발생 및 진행현황", 방재연구 제7권 제4호 (통권 28호), 2005
- 이재은 외, "재난관리론", 대영문화사, 2006
- 조규영·박지영, "낙동강 프로젝트 기본계획 수립용역에 대한 경제적 파급효과 분석", 국토연구원 연구보고서, 2008
- 추장민, "동북아지역의 황사 피해 분석 및 피해저감을 위한 지역 협력방안 I", 한국환경정책평가연구원 연구보고서, 2003
- 한겨레 신문, "부산 앞바다 기름 30t 유출", 2008  
[http://www.hani.co.kr/arti/society/society\\_general/311985.html](http://www.hani.co.kr/arti/society/society_general/311985.html)
- 한국은행, "2000년 산업연관표 편제방법", 2003
- Burton, M. L. and M. J. Hicks, "Hurricane Katrina: Preliminary Estimates of Commercial and Public Sector Damages", Marshall University: Center for Business and Economic

Research, 2005, 홈페이지 [www.marshall.edu/cber/research/katrina/Katrina-Estimates.pdf](http://www.marshall.edu/cber/research/katrina/Katrina-Estimates.pdf)

de Mesnard, L. and Miller, R.F. A Note on Added Information in the RAS Procedure: Re-examination of Some Evidence, *Journal of Regional Science*, 46(2): 517-528. 2006

Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council, 2003, "History of Project Costs (annual work plans only)", 홈페이지 [www.evostc.state.ak.us/Universal/Documents/Publications/ProjectCosts.pdf](http://www.evostc.state.ak.us/Universal/Documents/Publications/ProjectCosts.pdf)

Gordon, P., J.Y. Park (corresponding author), and H. W. Richardson, "Modeling Economic Impacts in light of Substitutions in Household Sector Final Demand," resubmitted to *Economic Modelling*. 2008

Harwell, M.A. and J. H Gentile, "Ecological Significance of Residual Exposures and Effects from the Exxon Valdez Oil Spill", *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2 (3): 204~246, 2006

Hewings G.J.D. *Regional Input-Output Analysis*, Beverly Hills, CA: Sage Publications, Inc. 1985

Hurricane Katrina External Review Panel, "The New Orleans Hurricane Katrina Protection System: What went wrong and why", 2006 [www.asce.org/files/pdf/ERPreport.pdf](http://www.asce.org/files/pdf/ERPreport.pdf)

Jack Faucett Associates, INC, "The Multiregional Input-Output Accounts, 1977: Introduction and Summary", Vol. I (Final Report), prepared for the U.S. Department of Health and Human Services, Washington, 1983

Jackson, R.W. and Murray, A.T. "Alternative Input-Output Matrix Updating Formulations", *Economic Systems Research*, 16(2): 135-148. 2004

Knabb, R. D., J. R. Rhome, and D. P. Brown, "Tropical Cyclone Report, Hurricane Katrina 23-30 August", 2005 홈페이지 [www.disastersus.org/katrina/TCR-AL122005\\_Katrina.pdf](http://www.disastersus.org/katrina/TCR-AL122005_Katrina.pdf)

Lee, J. and B. Willardson, "Hurricane Katrina: Lessons Learned", p. 53~70, in H.W. Richardson, P. Gordon and J.E. Moore II, eds., *Natural Disaster Analysis after Hurricane Katrina*. Cheltenham: Edward Elgar, 2008

McCammon, M., "Economic, Social and Environmental Effects of the Prestige Spill", *Consello da Cultura Galega and Association of Natural Resource and Environmental Economics*. Santiago, Spain. March 2003.

Mcdowell Group Report, "An Assessment of the Impact of the Exxon Valdez Oil Spill on the Alaska Tourism Industry", 1990

- [www.evostc.state.ak.us/Universal/Documents/Publications/Economic/Econ\\_Tourism.pdf](http://www.evostc.state.ak.us/Universal/Documents/Publications/Economic/Econ_Tourism.pdf)
- Miller R.E. and Blair, P.D. "Input-Output Analysis: Foundations and Extensions, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall", Inc. 1985
- Mínguez, R., J. Oosterhaven and F. Escobedo, "CELL-CORRECTED RAS METHOD (CRAS) FOR UPDATING OR REGIONALIZING AN INPUT - OUTPUT MATRIX", Online first published. 2008
- Page, D. S., "The industrial History of Prince William Sound, Alaska and its Relationship to Oil Spill Presentation", 2003
- [www.valdezsciences.com/artRes/PDFFiles/12\\_1\\_PWS\\_INDUSTRIAL\\_ARCH.pdf](http://www.valdezsciences.com/artRes/PDFFiles/12_1_PWS_INDUSTRIAL_ARCH.pdf)
- Park, J. Y., P. Gordon, J. E. Moore II, H. W. Richardson, S. Kim, and Y. Kim, "Estimating the State-by-State Economic Impacts of Hurricane Katrina," p.147-186, in H.W. Richardson, P. Gordon and J.E. Moore II, eds., Natural Disaster Analysis after Hurricane Katrina. Cheltenham: Edward Elgar. 2008b
- Park, J., forthcoming, "Application of a Price-Sensitive Supply-Side Input-Output Model to an Examination of the Economic Impacts of Hurricane Katrina and Rita Disruptions of the U.S. Oil-Industry," *Ecological Economics*.
- Park, J.Y., J. Cho, and D. H. Lee, "Spatially Disaggregate Economic Losses of Transboundary Air Pollution Experienced in South Korea," presented at the 2008 RSAI World Congress, Sao Paulo, Brazil, March 17-19. 2008a
- Park, J.Y., P. Gordon, J. E. Moore II, and H. W. Richardson, L. Wang, "Simulating The State-by-State Effects of Terrorist Attacks on Three Major U.S. Ports: Applying NIEMO (National Interstate Economic Model)," p.208-234, in H.W. Richardson, P. Gordon and J.E. Moore II, eds., *The Economic Costs and Consequences of Terrorism*. Cheltenham: Edward Elgar, 2007a
- Park, J.Y., P. Gordon, Y.K. Kim, J.E. Moore II, and H.W. Richardson, "The Regional Economic Impacts of Hurricanes Katrina and Rita on Oil and Gas Refinery Operations in the Gulf of Mexico: Applying a Flexible Multi-regional Input-Output Model, to be submitted to *Journal of Economic Geography*", 2009
- Polenske, K.R., "The U.S. Multiregional Input-Output Accounts and Model", DC Health, Lexington, MA, 1980

- Rey, S., "Integrated regional econometric+input-output modeling: Issues and opportunities",  
Papers in Regional Science, 79 (3): 271-292, 2000
- Richardson, H. W., P. Gordon, J. E. Moore, II, S.J. Kim, J.Y. Park, and Q. Pan, "Tourism  
and Terrorism: The National and Interregional Economic Impacts of Attacks on Major  
U.S. Theme Parks," p.235-253, in H.W. Richardson, P. Gordon and J.E. Moore II, eds.,  
The Economic Costs and Consequences of Terrorism. Cheltenham: Edward Elgar, 2007
- Richardson, H.W., P. Gordon and J.E. Moore II, "The Economic Costs And Consequences of  
Terrorism, Cheltenham": Edward Elgar, 2005
- Richardson, H.W., P. Gordon and J.E. Moore II, "Natural Disaster Analysis after Hurricane  
Katrina, Cheltenham": Edward Elgar, 2008
- Vose, D., "Risk Analysis: A Quantitative Guide(3rd ed.)", John Wiley and Sons, Ltd., England,  
2008



■ 집 필 자 ■

연구책임 · 성결대학교 지역사회개발학부 임경수 교수

공동연구 · 충남발전연구원 송두범 연구실장

뉴욕주립대학교(버팔로) 도시 및 지역계획학과 박지영 교수

남가주연합정부(SCAG) 윤성수 연구원

기획연구 2008-07 · 재난관리의 지역경제효과 분석 및 사례연구

글쓴이 · 임경수, 송두범, 박지영, 윤성수 / 발행자 · 김용웅 / 발행처 · 충남발전연구원

인쇄 · 2008년 12월 31일 / 발행 · 2008년 12월 31일

주소 · 충청남도 공주시 금홍동 101 (314-140)

전화 · 041-840-1103(직통) 041-840-1114(대표) / 팩스 · 041-840-1129

ISBN · 978-89-6124-069-7 03350

<http://www.cdi.re.kr>

© 2008, 충남발전연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.  
무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 이 연구는 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.