

# 홍수피해저감지수(FDRRI) 개발 및 시범적용

문승록<sup>†</sup> · 양승만 · 최선화

국립재난안전연구원

(2013. 9. 17. 접수 / 2014. 1. 22. 채택)

## Development and the Application of Flood Disaster Risk Reduction Index

Moon, Seung-rok<sup>†</sup> · Yang, Seung-man · Choi, Seon-hwa

National Disaster Management Institute

(Received September 17, 2013 / Accepted January 22, 2014)

**Abstract** : Community-based disaster preparedness approaches are increasingly important elements of vulnerability reduction and disaster strategies. They are associated with a policy trend that values the knowledge and capacities of local people. In this research, we describe the community diagnosis method and develop Flood Disaster Risk Reduction Index(FDRRI) for assessment of flood vulnerability. FDRRI is composed of four indicators such as Flood Exposure Indicator(FEI), Sensitivity Indicator(SI), Risk Reduction Indicator(RRI), and Community Preparedness Indicator(CPI). We anticipate to present the guideline for selection national preparedness projects and uplift community's preparedness capacity.

**Key Words** : flood disaster risk reduction, community preparedness index, assessment of vulnerability

### 1. 서론

최근 대형 재난은 국가 전 영역에 걸쳐 재난대비의 중요성과 인식을 증대시키고 있고 특히 지역사회의 재해 취약성 및 위험노출 수준 평가 및 적응, 회복능력 등의 개념이 강조되고 있다. 선진국의 재난 및 위험관리는 위험에 대한 평가와 각 위험유형에 대한 조치에만 초점을 두기 보다는 지역현황을 조사하여 위험이 발생하였을 때 어떻게 대처하고 위험으로부터 회복하여 재난 이전 상태, 또는 더 나은 상태로 대응할 수 있는지에 대한 능력을 진단하고 지역 특성에 맞는 재해 적응 및 회복능력 향상을 위한 계획 수립 및 실행에 중점을 두고 있다.

미국의 Community Rating System(CRS)은 지역의 저감 능력에 해당하는 지역평가시스템으로 미국 홍수보험프로그램의 보험요율 산정에 있어서 홍수보험가입의 최소 요구사항을 맞추고 홍수관리에 대한 지역 및 주민의 참여를 유도하기 위한 시스템으로 공공정보사업, 계획 및 규제, 홍수피해감소, 홍수대책의 4가지 부분으로 구분하여 평가하고 있다. 유럽에서는 EU 회원국간의 다양한 정보를 공유, 구축하고 재해와 관련하여 ESPON 131 Project를 시행하여 유럽 전역의 재해위험도를 평가하고 있다. 프로젝트의 시행목적은 유럽 전역의 재해 위험도를 평가하는 것으로 재해를 크게 자연재해와 인위적 재해로 각각 위해성과 취약성 측면에서 유럽 전역을 지수화하고 있다.

국내에서도 홍수 위험성에 대한 연구는 많이 진행되었으나, 위험관리 측면에서 홍수 취약성과 노출성에 대한 연구는 2000년대에 들어서면서부터 시작 되었다. 소방방재청에서는 지역안전도 진단을 통해 지역별 안전도에 따라 풍수해 보험료율 차등을 위하여 보험 대상 사유시설에 대한 진단지표를 개발하고 지역별 안전도의 형평성을 제고하기 위하여 재난위험 및 피해규모 산정기법, 인구 및 재정지표, 사회·경제적 요소 등 지역특성을 고려한 취약성 기준을 개발하고 있다<sup>1)</sup>. 국토연구원에서는 홍수피해특성 분석 및 홍수피해지표 개발에 관한 연구에서 과거자료를 이용하여 전국 232개 시군구별 홍수피해 특성을 분석하고 홍수피해지표를 개발하였으며, 이 지표를 통해 홍수피해에 상대적으로 취약할 것으로 판단되는 지역을 선정하고 사전에 적절한 대응방안 마련을 위한 연구를 하였다<sup>2)</sup>.

이처럼 재해 위험지역의 방재능력을 진단하는 여러가지 방법이 제시되고 있으나 대부분 지역의 인구, 재정력, 시설, 인력, 자원확보 및 계획 등 정량적 정보를 종합하여 위험도를 진단하고 있어 재해 위험에 대한 지역민과 지역사회가 느끼는 취약성이 반영되지 못하고 있는 실정이다. 이를 위해 본 연구에서는 지역사회 대비능력을 고려한 홍수피해저감지수(Flood Disaster Risk Reduction Index, 이하 FDRRI)를 개발하여 체계적이고 정량적인 취약성 평가를 하고자 하였다.

<sup>†</sup> Corresponding Author : Moon, Seung-rok, Tel : +82-2-2078-7863, E-mail : moonsr74@gmail.com

Disaster Prevention Research Department, National Disaster Management Institute, 136, Mapo-Daero, Mapo-gu, Seoul 121-719, Korea

## 2. 홍수피해저감지수 정의

취약성을 평가하기 위하여 외부 스트레스에 대한 반응과 시스템 내적인 상태를 통합하여 취약성을 정의하는 것으로 하였고 또한 홍수 피해를 가져오는 외부적 힘에 노출된 정도와 민감도, 그리고 시스템 내적 적응능력의 함수로 하는 개념을 확립하고 취약성 평가를 실시하였다.

홍수에 대한 노출이 시스템의 민감도에 따라 잠재영향으로 나타나게 되고, 이 시스템이 가지는 적응능력에 따라 최종적인 시스템의 취약성이 결정되는 것이다. Fig. 1과 같이 본 연구에서는 적응능력에 설문을 통한 지역주민 역량을 반영한 지역사회 홍수 대비능력을 포함시켜 기존의 유사한 평가와 다른 개념의 취약성 평가를 정의하였다.

홍수피해저감지수(Flood Disaster Risk Reduction Index, FDRRI)는 IPCC에서 제시된 취약성 개념을 도입하여 평가하기 위한 것으로 홍수노출(Flood Exposure Indicator, FEI), 민감도(Sensitivity Indicator, SI), 피해저감능력(Risk Reduction Indicator, RRI), 지역사회대비능력(Community Preparedness Indicator, CPI)의 함수로 결정된다.

홍수노출은 기상적 측면에서 극한홍수 경험빈도가 높을수록 홍수노출 가능성 크고, 지형적 측면에서 저지대인 경우 홍수노출 가능성이 높다. 민감도는 사회적 측면에서 인구 및 자산, 사회기반시설 등이 밀집된 지역일 수록 홍수피해 민감도가 높고, 과거피해 측면에서 과거 홍수피해 발생빈도 및 피해액이 높은 지역은 홍수 재발 가능성이 크다. 피해저감능력 측면에서 지역별 저감, 대비, 대응, 복구 대책 마련을 통해 홍수피해위험을 저감할 수 있고, 지역사회대비능력 측면에서 지역사회 및 거주민의 방재의식과 평상시 대비능력이 높으면 홍수피해위험을 저감할 수 있다. 이러한 지표별 주요 요인을 기반으로 이를 반영할 수 있는 대리변수를 선정하여 연구에 반영하였다.

## 3. 대리변수 선정 및 분석

### 3.1 대리변수 선정

FDRRI 개발 및 산정을 위한 대리변수는 기존 국내에서

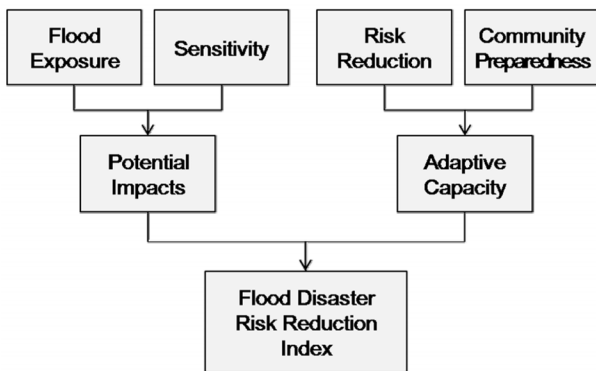


Fig. 1. Concept of FDRRI

Table 1. Proxy variable of advanced research

| Classification   |                                | MOLIT | KRIHS | SEOUL | NEMA |
|------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|------|
| Meteorological   | Rainfall                       | ○     | ○     | ○     | ○    |
|                  | Impermeability                 | ○     | ○     | ○     |      |
|                  | Undercurrent facility          |       | ○     |       |      |
| Topographical    | Lowland                        |       |       | ○     |      |
|                  | Stream density                 |       | ○     |       |      |
| Social           | Population density             | ○     | ○     | ○     | ○    |
|                  | Disadvantage Group of Disaster |       |       |       | ○    |
|                  | Financial independence rate    |       | ○     |       |      |
|                  | Property                       | ○     | ○     | ○     |      |
| Past damage      | Infrastructure                 | ○     |       | ○     |      |
|                  | Flood Damage                   | ○     |       | ○     | ○    |
|                  | Public facilities              |       | ○     |       |      |
|                  | Private facilities             |       | ○     |       |      |
| Damage reduction | Flooded Area                   |       |       | ○     |      |
|                  | Embankment improvement         | ○     | ○     | ○     |      |
|                  | Drainage pump station          | ○     |       | ○     |      |
|                  | Dam/Reservoir                  | ○     |       |       |      |
|                  | Sewer Volume                   |       |       | ○     |      |
|                  | Public Official                |       | ○     |       |      |
|                  | Reduction Plan                 |       |       | ○     | ○    |

취약성과 관련된 선행 연구를 통해 검증 및 적용된 수자원장기종합계획<sup>6)</sup>, 홍수피해 지표개발에 관한 연구<sup>2)</sup>, 소방방재청<sup>1)</sup> 및 서울시 지역안전도<sup>7)</sup> 연구에서 적용된 대리변수를 Table 1과 같이 분석하였다.

기존 연구에서 활용 빈도가 높은 대리변수는 해당 요인을 충분히 설명하는 것으로 판단할 수 있으며, 자료 취득 용이성을 고려하여 지표별 요인의 대리변수를 선정하였다. 대리변수 선정에 반영한 기존 연구는 기상 및 지형, 사회, 과거피해, 피해저감 등으로 대별되며, 구분에 따라 총 34개 대리변수가 사용된 것으로 분석되었다. 다만, 연구 목적에 따라 대상지역 및 자료처리 방법 등은 일부 차이가 있었으며, 이러한 부분도 포함하여 본 연구에서 활용 가능성을 판단하였다.

FDRRI를 산정하기 위해 4개 지표(Fig. 1)에 따른 대리변수를 Table 2와 같이 선정하였다. FEI는 기상적 요인은 호우에 대한 지역별 노출정도를 나타내는 것이며, 최근 10년간의 지역 관측소의 시강우량과 일강우량을 분석하였다. 지형적 요인은 불투수율과 수치지형도를 활용한 평균경사를 이용하였다. SI는 사회적 요인과 과거피해(홍수피해액)으로 구분하여 적용하였으며, RRI는 소방방재청이 개발한 지역안전도 피해저감능력지수를 활용하였

Table 2. Proxy variable list of factors

| Indicator | Factors                        | Proxy variable                 | Unit                |
|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| FEI       | Meterorological                | Hourly Rainfall                | Point value         |
|           |                                | Daily Rainfall                 |                     |
|           | Topographical                  | Impermeability                 | Grid                |
|           |                                | slope                          | Grid                |
| SI        | Social                         | Population density             | Administrative Dong |
|           |                                | Announced Land Price           | City and Town       |
|           |                                | Financial independence rate    | City and Town       |
|           |                                | Disadvantage Group of Disaster | Administrative Dong |
|           | Past damage                    | Flood Damage                   | City and Town       |
| RRI       | Damage reduction ability       | Damage reduction ability       | City and Town       |
| CPI       | Community Preparedness ability | 38 Variables                   | Administrative Dong |

다. 이는 재난에 대한 지역의 시설, 인력, 자원 확보, 계획 등 대처능력을 종합적으로 판단하는 것으로 205개 변수를 사용하고 있다. CPI는 지역사회 재난대비 요령, 경험, 잠재적 역량 등은 정량화하기 어려운 암묵적 지식에 해당하는 것으로, 표면적으로 드러나지 않지만 재난 대비 및 대응능력을 잘 나타내고 있어서 지역민의 역량을 파악하는데 중요한 정보가 된다. 이를 위해 지역사회대비능력 진단을 위한 설문조사를 7개 세부항목(사유재산 및 기반 시설의 안전, 자원 확보, 대피소, 재난약자 지원, 지역 결속력, 비상연락 체계, 재난대비 교육 및 훈련)으로 구성하였으며, 대상지역 지자체 협조로 지역주민을 대상으로 면담 및 서면설문을 통해 총 3,949개 응답지 결과를 활용하여 평가하였다.

### 3.2 대리변수 DB 구축 및 표준화

본 연구에서 적용한 지역평가 분석단위는 일반적으로 평가되는 시군구 단위보다 정밀한 읍면동 단위를 대상으로 하였으며, 시범 대상지역은 낙동강 수계 4개 시군의 읍면동 평가를 수행하였다.

시강우 및 일강우는 지점별 관측값을 보간하여 읍면동 지역값으로 환산하였으며, 불투수율과 경사도는 등격자 자료값을 해당 지역값으로 적용하였다. 선정된 대리변수 중에서 공시지가, 재정자립도, 피해액과 피해저감능력은 시군구 단위로 자료 수집이 가능하다. 이러한 자료는 기상자료 등의 물리적 의미의 처리기법을 적용하기에는 무리가 있어, 홍수 및 재난 관리 분야 전문가 13명의 면담자문 수렴 과정을 거쳐 해당 시군구에 동일한 값을 부여하였다. 인구밀도와 재난취약자에 대한 정보는 행정동 단위로 제공되고 설문조사 결과인 지역사회대비능력은 법정동 단

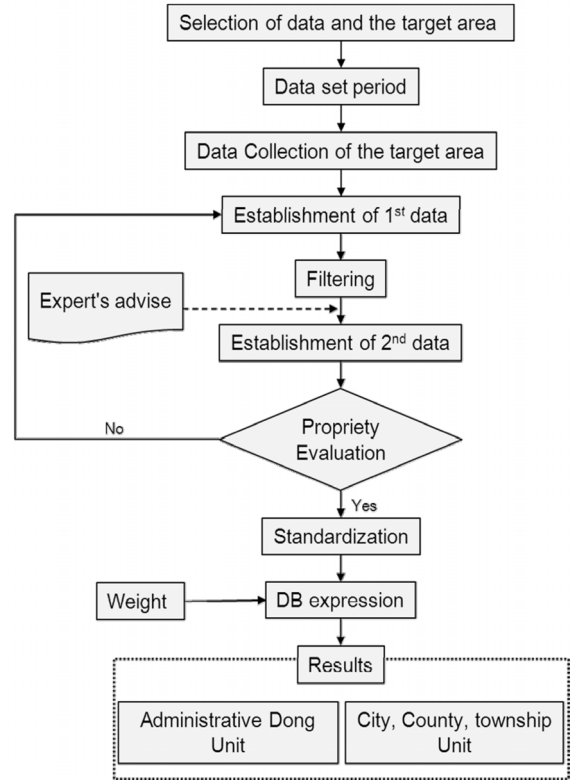


Fig. 2. Flow chart of database construction

위로 수집하여, 통계청에서 제공하는 인구와 관련된 자료를 고려하여 행정동 단위로 분석단위를 통일하였다. Fig. 2는 평가에 활용할 DB를 구축하는 단계로 자료의 적합성, 신뢰성, 확보 용이성 등에 중점을 두고 있다.

자료 표준화는 서로 단위가 다른 변수들 간의 연산을 위해서 필요한 과정으로 각 부분별 취약성 평가에 있어 가장 중요한 절차이다. 본 연구에서는 자료의 표준화를 위하여 Z-score 방법과 스케일 재조정방법으로 설명되는 Dimension Index 방법을 채택하였다. Z-score 방법은 가장 보편적으로 사용되는 방법으로 모든 자료들의 평균과 표준편차가 각각 0과 1이 되도록 만드는 방법으로 자료의 수치가 그 분포의 평균으로부터 표준편차의 몇 배 정도나 떨어져 있는지를 표준화된 확률변수인 Z 값으로 표출한다. 따라서 원점수의 상대적 위치를 파악할 수 있고, 기준보다 크고 작음에 따라 양수와 음수가 결정되는 특징이 있다. 그러나 자료가 정규분포가 아닌 경우, 왜곡된 결과를 가져올 수 있기 때문에 주의가 필요하다. Dimension Index 방법은 스케일 재조정을 적용하는 방법으로 표준편차보다 지표의 범위에 기반을 둔 변환 방법이다. 지표 최대값과 최소값을 이용하는 것으로 0 ~ 1 사이의 동일한 범위로 분포되기 때문에 부문 간 상대적 비교와 통합 평가 기능이 가능하다. 그러나 최대나 최소값이 이상치에 가까울 경우, 자료의 왜곡 가능성이 있기 때문에 주의가 필요하다.

### 3.3 산정식 및 가중치 결정

FDRRI를 산정하기 위한 산정식은 FEI와 SI는 음의 값으로, RRI와 CPI는 양의 값으로 정의하여 그 합으로 정의하였다. 이는 재해에 노출되고 그 피해에 민감하게 반응할수록 위험하다는 IPCC<sup>8-10)</sup>에 준하여 설정한 것이다. FDRRI의 산정을 위해 사용된 대리변수는 그 성격에 따라 4개 지표<sup>11-12)</sup>와 6개 세부사항으로 분류되어 있다. 대리변수와 세부항목의 가중치는 해당 값과 인명피해와의 Pearson 상관관계 분석을 통해 결정하였고, 상관관계 분석은 독립변수가 종속변수에 얼마나 관계가 있는지를 분석하여 그 정도를 상관계수로 제공하였다. 각 카테고리별로 대리변수와 세부사항의 상관분석을 수행하고 얻어진 해당 변수 및 세부사항의 상관계수가 상관계수 전체 합에 차지하는 비중을 최종 가중치로 결정하였다.

### 4. FDRRI 산정 및 분석

시범지역은 낙동강유역을 대상으로 최근 10년간 총 피해액, 우심피해지역 선정 횟수, 침수면적, 인명피해, 소하천 보유수, 재해위험지구 수 등을 고려하여 홍수 피해정도를 파악하고 지형적 특성에 따라 해안, 산간, 평야, 도심지역으로 구분하여 경남의 김해와 고성, 경북의 봉화와 김천을 연구대상 지역으로 선정하였다. 지역적 안배와 지형의 특성 그리고 홍수 피해정도를 고려하여 지역으로 선정하였다. 김해(1위)와 고성(4위)은 봉화(11위)와 김천(25위)에 비해 상대적으로 홍수 피해정도가 크므로 FDRRI를 비교하기에 좋을 것으로 판단된다.

시범지역 FDRRI 산정을 위해 각 대리변수별 자료 수집 및 표준화 수행, 가중치를 이용하여 Fig. 3과 같이 기상과 지형적 요인의 홍수노출 지표(FEI), 사회적 요인과 과거피해요인의 민감도 지표(SI)를 읍면동 단위로 제시하였다. 피해저감능력 지표(RRI)는 소방방재청 지역안전도의 피해저감능력 지수를 활용하고, 지역주민들 설문결과를 기반으로 한 지역사회대비능력 지표(CPI)를 각각 산정하였다.

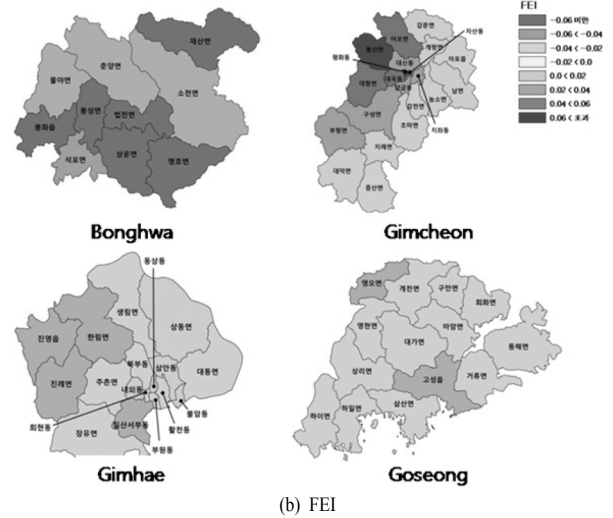


Fig. 3. Results of Indicator

지표별 산정 결과를 토대로 FDRRI를 산정하여 읍면동 단위로 평가하여 Fig. 4와 같이 봉화군, 김해시, 고성군, 김천시 순으로 결과가 나타났다. 시군의 FDRRI는 각 시군의 읍면동 FDRRI 결과의 산술평균으로 산정하여, Fig. 5 및 Table 3과 같이 시군별 결과를 산출하였다. 각 지역별 지표산정 결과 홍수노출에서는 경상북도 김천시가 (+)0.03로 가장 높았고 경상북도 봉화군이 (-)0.05로 가장 낮은 낮았다. 민감도에서는 경상북도 김천시가 (+)0.11로 가장 높고 봉화군이 (-)0.18로 가장 낮았다. 피해저감능력에서는 경상남도 김해시가 (+)0.12로 가장 높았고 경상남도 고성군이 (-)0.12로 낮게 나타나 차이를 보였다. 마지막으로 지역사회 대비능력은 봉화군이 (+)0.39로 가장 높고 김해시가 (-)0.15로 가장 낮은 것으로 각각 분석되었다.

분석된 결과 김해시는 CPI를 제외한 모든 지표에서 양의 값을 보이며, FDRRI를 산정을 위한 정량적인 평가 방법들에서 가장 안전한 지역으로 판단되나 정성적 평가인

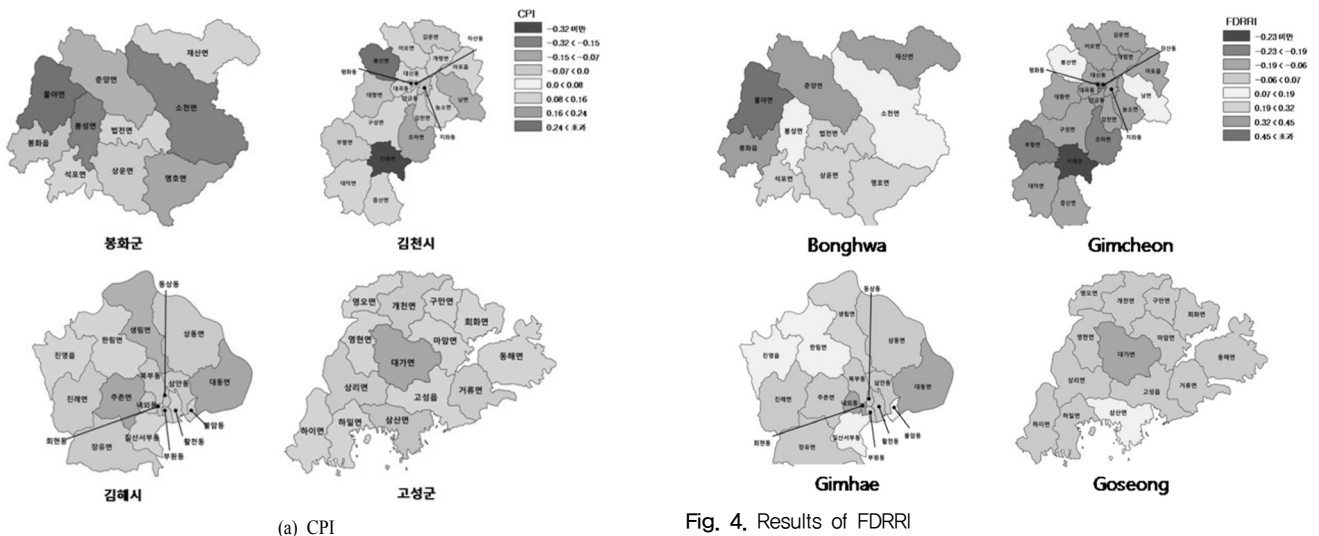


Fig. 4. Results of FDRRI

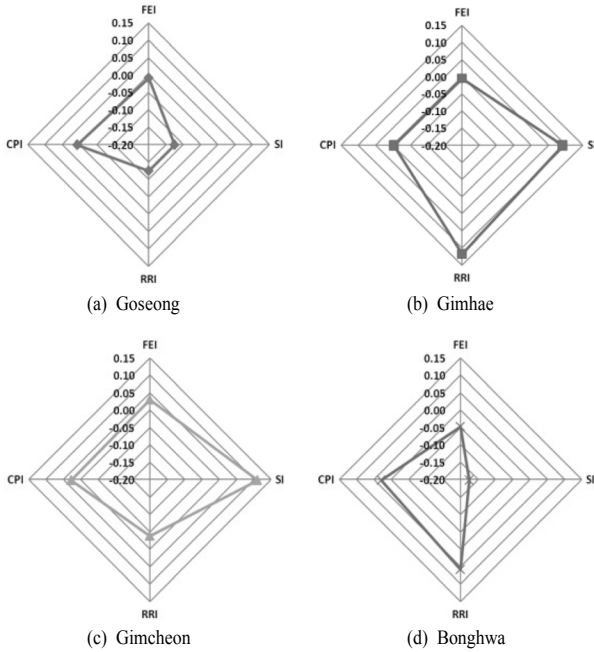


Fig. 5. Distribution of FDRRI indicator

지역사회대비능력 지표 결과는 다른 시범지역에 비해 매우 낮게 나타나 홍수 피해에 대한 주민대처 역량이 낮은 것으로 판단되었다. 이와 반대로 경상남도 고성군은 FDRRI 산정을 정량적인 평가 방법을 통한 결과가 음의 값을 보이며 불안정한 지역으로 판단되나 정성적 평가인 지역사회대비능력 지표 결과는 상대적으로 높게 나타나 홍수 피해에 대한 인지 및 주민대처 역량이 높은 것으로 판단되어 홍수 피해 발생시 주민들의 대처가 신속히 이루어져 추가적 피해 발생률을 좀 더 낮출 수 있을 것으로 판단된다.

### 5. FDRRI의 결과 분석

본 연구에서 산정한 시범지역 FDRRI의 적용성을 검토하기 위해서 지역별로 지역의 홍수로 인한 인명피해, 홍수 피해정도 및 FDRRI를 비교해 보았으며 Fig. 6과 같이 결과가 분석되었다. FDRRI가 가장 낮은 경북 김천의 경우 인명피해는 타 지역에 비해 다소 높았지만, 홍수 피해

Table 3. Regional indicator of study area

| Indicator | Gyeongsangnam-do |        | Gyeongsangbuk-do |         |
|-----------|------------------|--------|------------------|---------|
|           | Goseong          | Gimhae | Gimcheon         | Bonghwa |
| FEI       | -0.01            | 0.00   | 0.03             | -0.05   |
| SI        | -0.13            | 0.09   | 0.11             | -0.18   |
| RRI       | -0.12            | 0.12   | -0.04            | 0.06    |
| CPI       | 0.06             | -0.15  | 0.05             | 0.39    |
| FDRRI     | 0.01             | 0.03   | -0.15            | 0.31    |

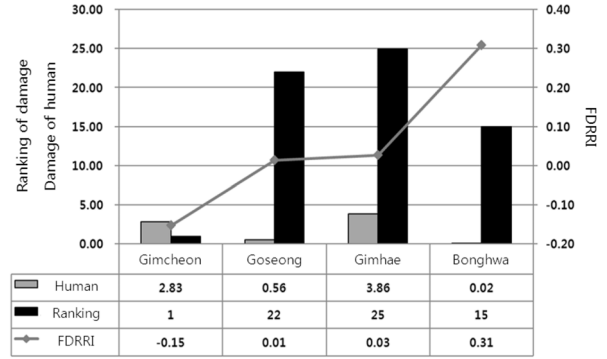


Fig. 6. Comparative Analysis of the Results

정도 가장 낮았다. 또한 FDRRI가 가장 높게 나타난 경북 봉화는 인명피해는 가장 낮고, 홍수 피해정도도 상대적으로 낮게 나타났다. 이 결과는 홍수저감능력이 증가할수록 홍수 피해가 감소되는 경향을 보인다고 할 수 있어 본 연구에서 개발된 FDRRI는 지역사회 홍수 저감 및 적응능력을 잘 반영하고 있다고 할 수 있다.

기존 연구별로 경상남도 고성군과 김해시, 경상북도 김천시와 봉화군을 비교한 결과, 홍수피해잠재능 결과에서는 봉화군이 상대적으로 낮게 나타났으며 김천시, 김해시와 고성군은 비슷하게 나타났다. 홍수피해지표결과에서는 봉화군, 김해시의 순서로 높게 나타났고 김천시와 고성군이 비슷한 결과를 보였으며 지역안전도 진단 결과에서는 봉화군과 김천시가 상대적으로 안전한 결과를 보이는 것으로 나타나 연구별로 차이를 보였다. 이러한 결과로 볼 때, 기존 국내 취약성 관련 연구 중 한국수자원공사(2006)의 홍수피해잠재능 결과와 비슷한 양상을 나타내는 것으로 분석되었다.

### 6. 결론

본 연구에서는 적응능력을 강조한 홍수 취약성 개념틀을 정립하고 이를 평가하기 위한 홍수피해저감지수를 개발하여 국가차원의 홍수 적응정책 수립 시 정책적 도구를 제공하고자 하였으며, 이에 따른 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

1) IPCC 취약성 개념 모델에 지역민의 대비 및 적응능력을 강조하는 지표를 추가한 홍수피해저감지수 개념 정립 및 홍수노출, 민감도, 피해저감능력, 지역사회대비능력의 4개 지표에 대하여 정의하였다.

2) 낙동강유역 시범지역 홍수피해저감지수 개발 및 검증에 위해 지형적 특성, 홍수피해정도 등을 고려하여 시범지역을 경남 고성, 김해, 경북 김천, 봉화 4개 지역을 선정하였다. 상관성, 주성분 분석 및 정규성 검토를 통해 시범지역 홍수피해저감지수가 지역의 홍수 위험도 뿐만 아니라 지역민의 적응능력을 잘 반영하고 있음을 확인하였다.

3) 홍수피해저감지수는 4개 지표의 강·약점과 패턴을 분석하여 지자체에서는 맞춤형 저감대책 수립이 가능하며 이를 근거로 소하천 정비사업 우선순위 선정과 같이

중앙정부의 한정된 자원을 적시적소에 배정함으로써 효과적인 재난관리에 활용될 수 있다고 사료된다.

4) 또한, 지역 FDRRI를 지역사회에 공개하고 의견을 공유하는 진단워크숍을 통해 지속적으로 발전되는 지역 재난관리 정책을 통해 지역민이 스스로의 안전을 책임지는 의식 확산이 될 수 있다고 판단된다.

향후 지표 세부항목 및 대리변수의 민감성과 타당성 검증, 가중치 연구를 통해 지수 개발방법을 고도화 하고 지속가능한 지수개발 체계 마련 등을 위한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

### References

- 1) NEMA, "Regional Safety Assessment", 2008.
- 2) KRIHS, "Analysis of Flood Damage Characteristics and Development of Flood Damage Index", 2005.
- 3) C. Aall, "The Concept of Indicators", Paper Presented at a Seminar within the EU Project Capacity Building to Enable the in Corporation of Urban Sustainability Parameters in Spatial Urban Development and Planning Policy Practices through the use of Indicators, Nicosia, Cyprus, pp. 8-9, 2005.
- 4) Kron, W. Keynote lecture: Flood risk = hazard X exposure X vulnerability, Flood Defence '2002, Wu et al.(eds). Science Press, New York Ltd., 2002.
- 5) Cambridge University Press, "UNDP Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures", 2005.
- 6) MLTM, "Water Vision 2020 (Long-term Water Resources plan)", 2006.
- 7) The Seoul Institute, "Development of the Regional Safety Assessment Model in Seoul (Focusing on Flood)", 2006
- 8) IPCC, "Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability", Fourth Assessment Report, McCarthy et al.(Eds). Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
- 9) KEI, "Development and Application of a Climate Change Vulnerability Index", 2007
- 10) R. H. Moss, E. L. Brenkert and A. L. Malone, "Vulnerability to Climate Change : a Quantitative Approach", Prepared for the US Department of Energy, 2001.
- 11) J. Birkmann, "Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies", United Nation University, 2006.
- 12) British Columbia, "Hazard, Risk and Vulnerability Analysis Tool Kit", 2004.