

전국단위 재해위험도에 기초한 급경사지 재해의 단위권역 구분 Division of Small Unit Based on a Nationwide Disaster Vulnerability Map

김성욱¹⁾, Sung-Wook Kim, 최은경²⁾, Eun-Kyeong Choi, 박덕근³⁾, Dug-Keun Park, 오정림⁴⁾, Jeong-Rim Oh

¹⁾ (주)지아이, 지반정보연구소 대표, CEO, Geo-Information Research Group Co., Ltd.

²⁾ 지아이, 지반정보연구소 부장, General Manager, Geo-Information Research Group Co., Ltd.

³⁾ 소방방재청 방재연구소, 시설연구관, Senior Analyst, National Emergency Management Agency

⁴⁾ 소방방재청 방재연구소, 시설연구사, Analyst, National Emergency Management Agency

SYNOPSIS : This study made a nationwide metropolitan region map on the basis of disaster vulnerability and administrative boundary, and based on it, it divided small-sized regions and constructed disaster history of each region. For the disaster vulnerability, the study wrote slope, aspect, curvature, wetness index, and drainage density, compared and analyzed regions with disaster and geomorphic elements to distinct the factor with high correlations, and based on it, it divided small-sized regions for forecasting and warning system of middle regions(Gangwon province, Chungchung province, and Jeolla province). Through the method, Gangwon region were divided into 4 small-sized regions, Chungchung into 5 small-sized regions, and Jeolla into 6 small-sized regions.

Keywords : disaster vulnerability map, small-sized regions

1. 서론

전국권역도에 기초한 소규모단위의 발령범위를 선정하기 위하여 강원권, 충청권, 전라권의 재해위험도를 작성하고, 수계밀도와와의 비교를 통해 소규모 권역도를 작성하였다. 재해위험도는 200m 간격의 단위격자를 이용하여 각 지역별 고도분포도, 경사 분포, 방위 분포, 점선구배곡률 분포, 윤곽구배곡률 분포, 상부사면 기여면적 분포, 습윤지수 분포를 작성하고 각각의 요소를 중첩하여 작성하였다. 도심지역의 경우 인구의 밀집도가 높아 재해 발생 시 대규모의 피해가 우려되기는 하지만, 지형요소를 기반으로 하는 재해도에서 도로, 단지 조성 등의 인위적인 개발 사업으로 인한 지형의 변화를 즉각적으로 반영하기 어려우므로 본 연구에서는 광역시와 도서지역은 제외한 재해이력도를 작성하였다.

2. 권역도

2.1 전국단위의 재해도 작성

전국단위의 지형자료 구축을 위해 미국지질조사소(USGS) 30m의 수치지형자료를 이용하여 지형자료에 고도값을 갖는 자료층을 추출하였다. 구축된 지형자료로부터 200m×200m의 격자 크기로 대상유역(322×500km)에서 4,025,000개의 단위격자를 설정, 수치고도모형(DEM)으로 변환하였다. 지형의 고도, 방위, 경사, 곡률은 Tapes_G 지형 수문모델을 이용하여 산정되었다. 지표수의 수렴 및 발산, 상부사면기여면적, 습윤지수는 Costa Cabral과 Burges(1994)에 의해 제안된 DEMON(Digital Elevation MOdel Networks) 알고리즘을 적용하였으며, 알고리즘은 지표수의 수렴정도를 2차원적 흐름을 고려하여 하부

격자로 흐름을 분배하였다. 지형의 개별 요소에 대한 상세한 내용은 급경사지 현장정보 축적 연구 및 분석시스템구축(2008, 방재연구소)에 상세하게 기술되어 있으므로 지형요소 산정에 관한 간략한 내용을 표 1로 정리하였으며, 개별 지형요소 산정결과는 그림 1과 같다.

표 1. 지형요소의 산정방법

| | |
|-----------|--|
| 고도 | <ul style="list-style-type: none"> 수치고도자료로부터 단위격자의 고도자료 추출 |
| 경사도 | <ul style="list-style-type: none"> 수치고도모형을 이용하여 유한차분법을 이용하여 경사도 계산 $s = \sqrt{z_x^2 + z_y^2}$ (z_x, z_y : 미분계수) |
| 방위도 | <ul style="list-style-type: none"> 수치고도모형을 이용하여 북쪽을 기준으로 시계방향으로 적용 $\Psi_{FD} = 180 - \arctan\left(\frac{Z_y}{Z_x}\right) + 90\left(\frac{Z_x}{ Z_x }\right)$ (Z_{xx}, Z_{yy}: 2차 미분 계수) |
| 곡률 | <ul style="list-style-type: none"> 접선구배곡률(Kt): 흐름의 수렴/발산을 평가 윤곽구배곡률(Kp): 흐름속도나 침전이송과정의 변화를 특성화하는데 중요한 잠재구배율을 평가함 $Kt = \frac{Z_{xx}Z_y^2 - 2Z_{xy}Z_xZ_y + Z_{yy}Z_x^2}{pq^{1/2}}$ $Kp = \frac{z_{xx}z_x^2 + z_{xy}z_xz_y + z_{yy}z_y^2}{p^{1/2}q^{3/2}}$ (z_{xx}, z_{xy}, z_{yy}: 2차 미분계수, $p = z_x^2 + z_y^2$, $q = p + 1$) |
| 상부사면 기여면적 | <ul style="list-style-type: none"> 흐름분배 알고리즘인 DEMON(Digital Elevation Model Networks) 알고리즘을 적용하여 상부지역으로부터 받을 수 있는 잠재 흐름량의 측정치인 상부사면 기여면적을 모의 |
| 습윤지수 | <ul style="list-style-type: none"> 국소지역의 포화정도를 반영하는 인자로 흐름울에 의해 산정 (<i>Wetness Index</i>) = $\ln(a/\tan\beta)$ |

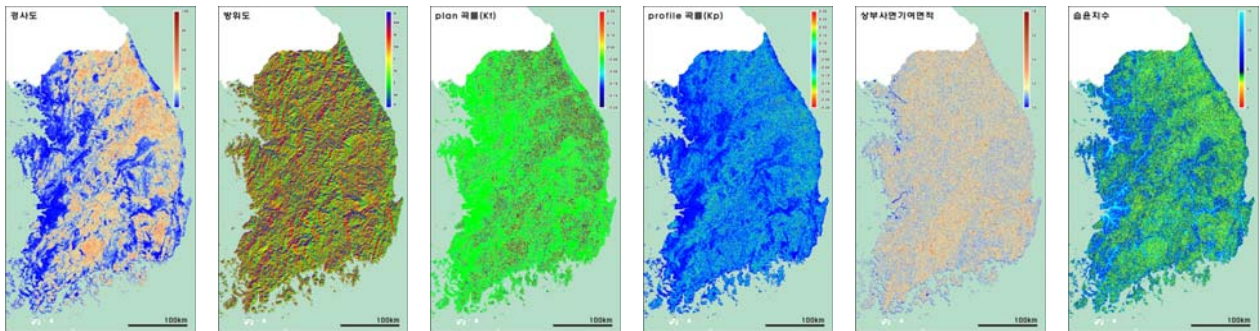


그림 1. 전국단위의 지형요소

2.2 전국권역도에 기초한 소규모 권역도

과거 급경사지 붕괴에 의해 인명피해가 발생한 지역은 지형 요소에 기초하여 작성한 재해위험도의 위험도가 높은 지역에 주로 해당되며, 고밀도수계가 분포하는 지역은 실제 사례 검토에서 산사태와 같은 재해 발생 빈도가 높은 지역으로 조사되었다(국립방재연구원, 2008, 2009). 재해발생 지역과 수계망, 지형요소를 비교 분석하여 상관성이 높은 요소를 판별하고, 이를 토대로 중권역(강원권, 충청권, 전라권)의 예·경보 발령을 위한 소규모 권역을 구분하였다.

2.2.1 강원권 권역도

강원권은 속초시, 강릉시, 동해시, 삼척시, 태백시, 춘천시, 원주시의 7개 시와 고성군, 양양군, 양구군, 인제군, 홍천군, 평창군, 정선군, 영월군, 철원군, 화천군, 횡성군의 11개 군으로 구성되어 있다. 선행연구에서 강원권의 권역 구분은 소하천의 밀도와 재해도 등급을 기준으로 하였으며, 구분 경계는 행정경계를 기준으로 하였다. 그림 2는 강원도의 행정경계, 고도분포도, 경사도, 방위도, 경사구배곡률, 접선구배곡률, 상부사면기여면적, 습윤지수를 나타낸 것이며, 표 2의 기준에 따라 재해위험도를 작성하였다.

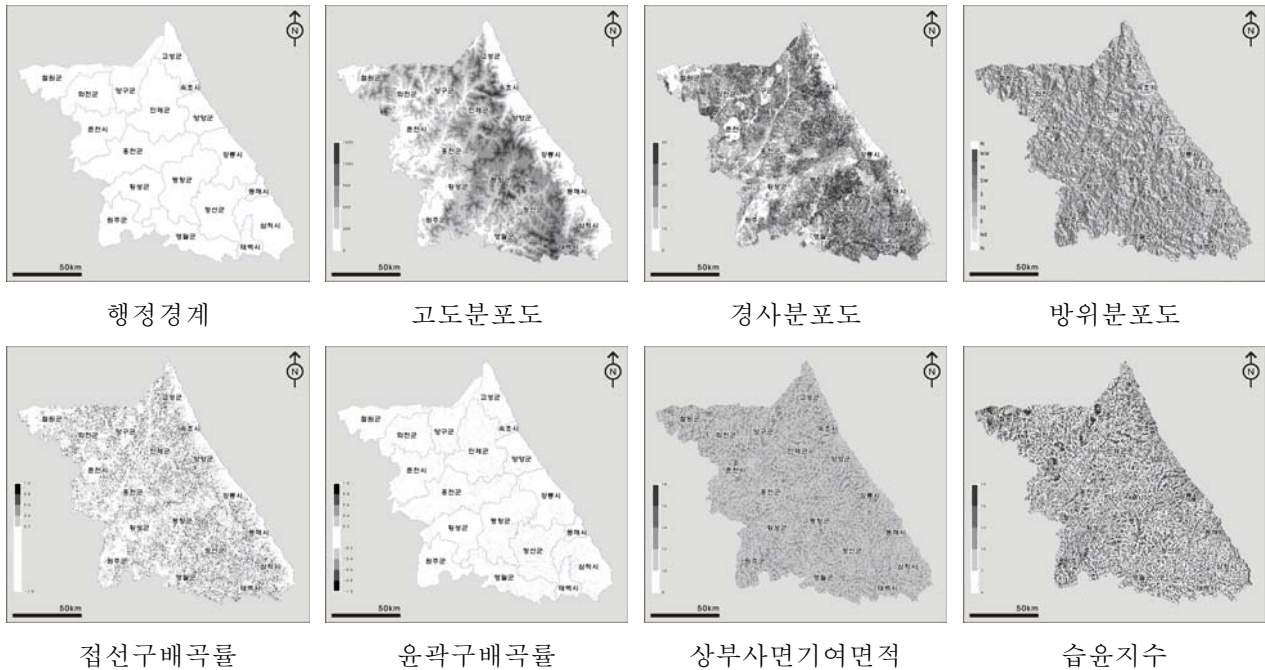


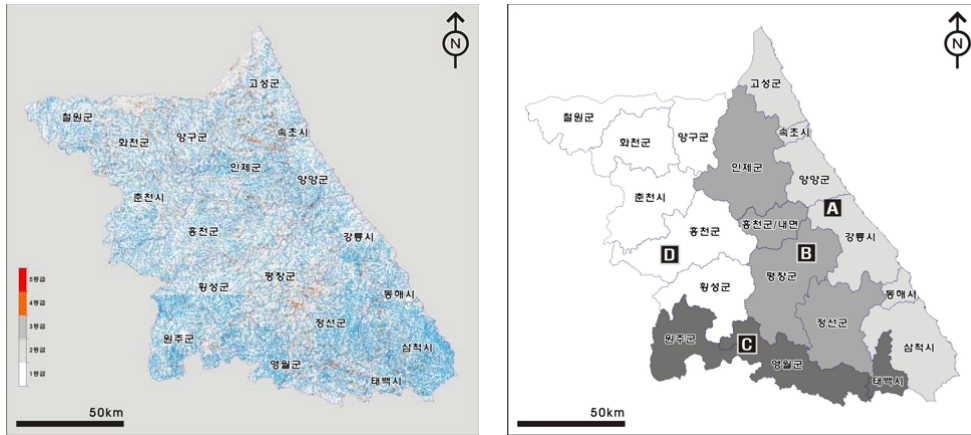
그림 2. 강원권의 행정경계 및 지형요소

표 2. 재해위험도 적용등급

| 등급 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|----|-------|-------|-------|-------|--------|
| 배점 | | 20~36 | 37~52 | 53~68 | 69~84 | 85~100 |
| 묘사 | | 안정 | 거의 안정 | 약간불안정 | 불안정 | 극히불안정 |
| 경사도 | 단위 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 배점 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| 방위도 | 단위 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 배점 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| 접선구배곡률 | 단위 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 배점 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| 윤곽구배곡률 | 단위 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 배점 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| 습윤지수 | 단위 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 배점 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |

작성된 재해위험도와 미소수계망을 중첩하였으며 이를 바탕으로 강원도의 권역도를 작성하였다(그림 3). 강원권은 크게 4개의 권역으로 구분되며, A 권역은 저지대 해안가 지역에 해당되며, B 권역은 높은 고도분포를 보이는 지역으로 경사도가 큰 지역에 해당되며, C 권역은 소지류의 수계밀도가 높은 지역에 해당되며, 기타 지역은 D 권역으로 구분하였다. 홍천군 동부에 위치하는 내면의 경우 평균 고도가 높은

지역으로 B권역에 포함시켰다.



재해위험도와 수계망 강원권의 권역도

그림 3. 강원권의 재해위험도와 권역도

2.2.2 충청권 권역도

대전광역시를 제외한 충청권은 충청남도가 천안시, 아산시, 서산시, 보령시, 공주시, 계룡시, 논산시로 7개의 시와 당진군, 태안군, 예산군, 홍성군, 연기군, 청량군, 부여군, 서천군, 금산군의 9개의 군으로 충청북도가 제천시, 충주시, 청주시의 3개시와 단양군, 음성군, 진천군, 증평군, 괴산군, 청원군, 보은군, 옥천군, 영동군의 9개의 군으로 구성되어 있다.

권역 구분의 기준은 강원권과 같이 소하천의 밀도와 재해도 등급을 기준으로 하였고, 구분 경계는 행정경계를 기준으로 하였다. 그림 4는 행정경계, 고도분포도, 경사도, 방위도, 경사구배곡률, 접선구배곡률, 상부사면기여면적, 습윤지수 분포를 나타낸 것이다. 이때 재해위험도는 강원권과 같이 표2의 기준으로 작성되었다.

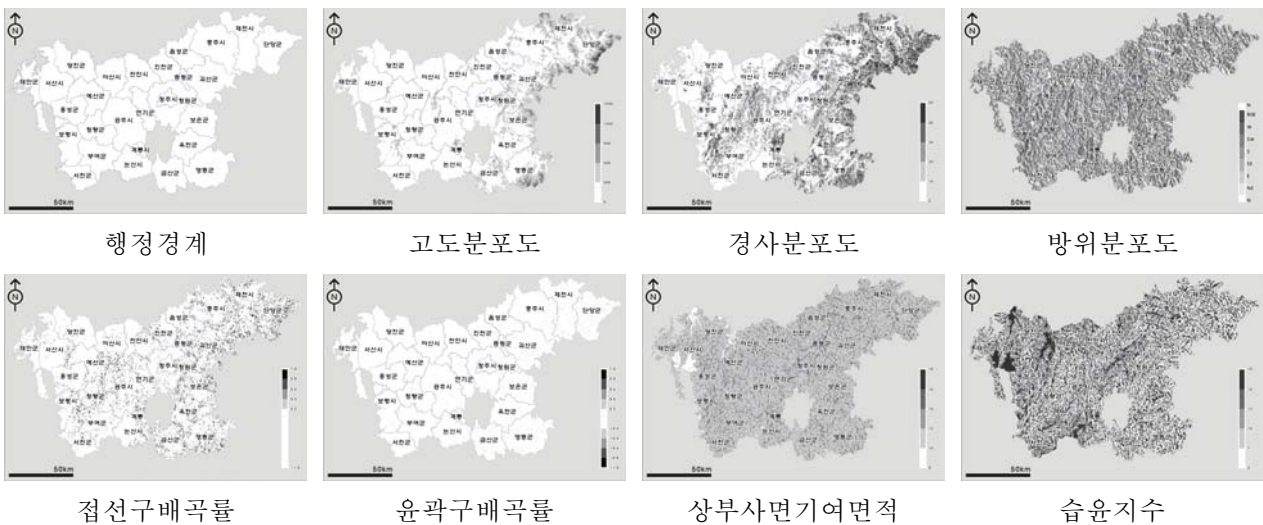
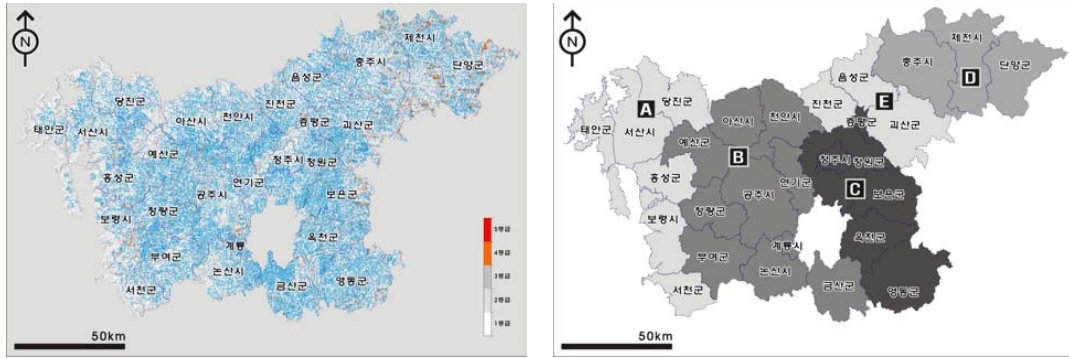


그림 4. 충청권의 행정경계, 지형요소

지형자료를 이용한 재해위험도와 미소수계망을 중첩하여 충청도의 권역도를 작성하였다(그림 5). 충청

북도 지역은 높은 고도와 경사도를 보이는 영역이 많아 지형에 의한 재해위험도가 높게 평가되며, 충청남도는 전반적으로 낮은 고도를 보이며, 서해안에 접하고 있는 지역의 경우 저밀도의 수계를 지시한다. 충청권은 충청남도에서 A~B의 2개 권역으로, 충청북도에서 C~E의 3개의 권역으로 구분하여 모두 5개의 권역으로 구분하였다. A권역은 저지대 해안가 지역에 해당되는 곳으로 수계의 밀도가 낮은 지역에 해당되며, B권역은 미소수계의 밀도가 높은 지역에 해당한다. 충청북도의 C권역은 수계의 밀도가 높은 지역에 해당되며, D권역은 수계밀도는 낮으나 지형에 따른 재해위험이 높게 나타나는 영역에 해당하며, E권역은 충청북도에서 C와 D권역을 제외한 기타 지역으로 분류된다.



재해위험도와 수계망

충청권의 권역도

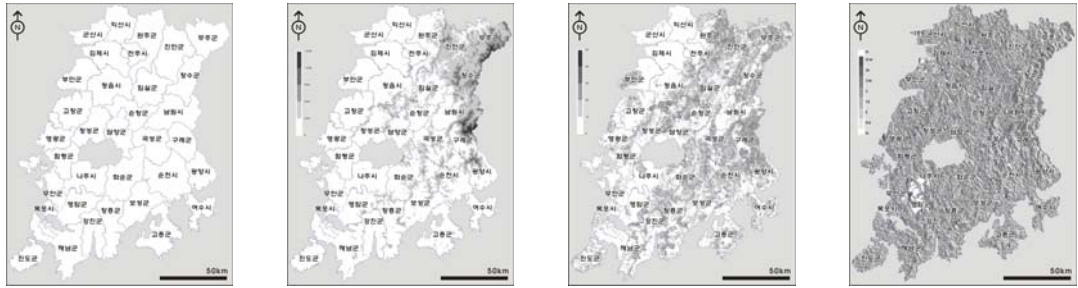
그림 5. 충청권의 재해위험도와 권역도

2.2.3 전라권 권역도

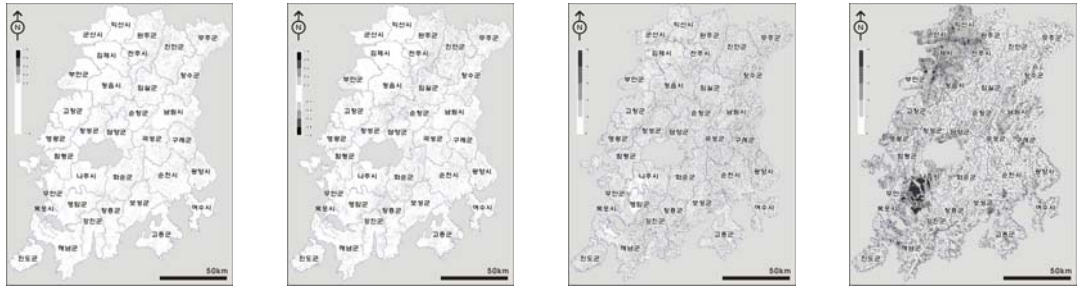
광주광역시와 서남해안의 도서지방을 제외한 전라권의 전라남도는 5개 시(광양, 여수, 순천, 나주, 목포)와 신안군, 완도군을 제외한 진도, 영광, 장성, 담양, 곡성, 구례, 화순, 함평, 무안, 영암, 보성, 고흥, 장흥, 강진, 해남의 15개의 군으로 구성된다. 전라북도는 전주, 군산, 익산, 정읍, 남원, 김제의 6개의 시와 완주, 진안, 무주, 장수, 임실, 순창, 고창, 부안의 8개의 군으로 구성된다. 타권역과 달리 전라권은 선밀도를 포함한 재해위험도와 소하천의 밀도, 급경사지 재해이력을 포함하여 구분하였으며, 구분 경계는 행정경계를 기준으로 하였다. 그림 6은 전라권의 행정경계, 고도분포도, 경사도, 방위도, 경사구배곡률, 접선구배곡률, 상부사면 기여면적, 습윤지수를 나타낸 것이며, 표 3에 기준에 의해 작성되었다.

표 3. 재해위험도 적용등급

| 등급 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|----|-------|-------|-------|-------|--------|
| 배점 | | 20~36 | 37~52 | 53~68 | 69~84 | 85~100 |
| 묘사 | | 안정 | 거의 안정 | 약간불안정 | 불안정 | 극히불안정 |
| 경사도 | 단위 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 배점 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| 방위도 | 단위 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 배점 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| 접선구배곡률 | 단위 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 배점 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 윤곽구배곡률 | 단위 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 배점 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 습윤지수 | 단위 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 배점 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| 선구조 | 단위 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 배점 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |

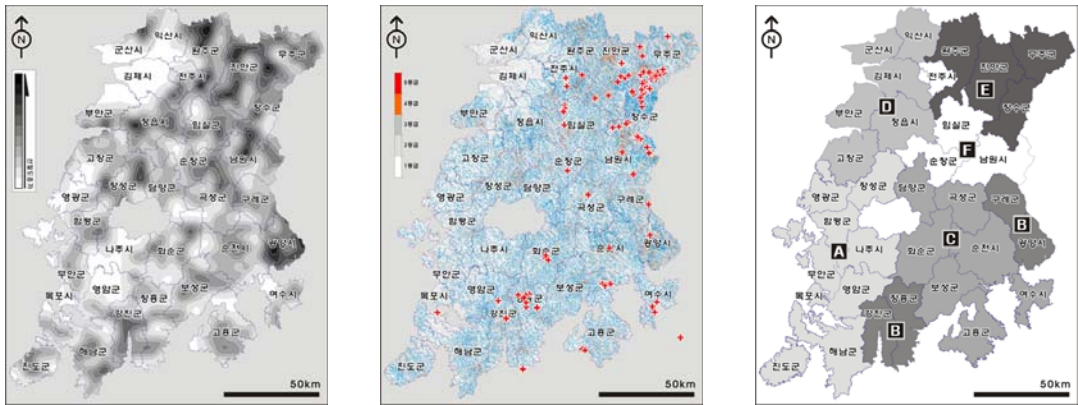


행정경계 고도분포도 경사분포도 방위분포도



접선구배곡률 윤곽구배곡률 상부사면기여면적 습윤지수

그림 6. 전라권의 행정경계 및 지형요소



선밀도 재해위험도, 재해이력, 수계 전라권의 권역도

그림 7. 전라권의 재해위험도와 권역도

3. 결론

강우량과 급경사지붕괴와의 상관성에 기초하여 급경사지 재해발생 예·경보시스템을 구축하고, 산사태 발생 이전에 주민들을 안전하게 대피시켜 인명피해를 최소화하는 대응시스템 마련을 위한 연구의 일환으로 수행되었다. 재해위험도는 지형의 경사, 방위, 곡률, 습윤지수, 수계밀도를 작성하였고, 재해발생 지역과 지형요소를 비교하여 상관성이 높은 요소를 판별, 이를 토대로 중권역의 예·경보 발령을 위한 권역을 구분하였으며, 강원권은 4개, 충청권은 5개, 전라권은 6개의 소규모 단위 권역으로 구분된다.

1. 국립방재연구원 방재연구소(2008), “급경사지 현장정보 축적연구 및 분석시스템 구축”, 연구보고서 NIDP-2008-08-02, pp.274
2. 국립방재연구원 방재연구소(2009), “실시간 강우자료의 분석 및 가시화모듈 개발”, 연구보고서 NIDP-주요-2009-07-02, pp.310