

수해시 위기관리 향상을 위한 정보의 정비 및 활용
Building a Data Base and Its Utilization to Reduce Flood Risk

姜 相赫*, 박원배**

* 나가사키 대학 공학부 사회개발공학과, ** 제주발전연구원 연구원

- I. 서론
- II. 수해발생의 요인
- III. 홍수에 따른 주민의 위기의식 조사
- IV. 결과 및 고찰
- V. 결론

I. 서론

최근 일본의 도시지역에 있어서 수해의 빈번한 발생이 사회문제로 대두되고 되고 있다. 1998년부터 2000년간 9, 10월의 강우전선 영향에 따른 집중호우 재해의 피해액은 약 8,500 억엔에 이르고 있는 것으로 보고되고 있다. 이와 같은 피해의 대부분은 전 인구의 절반이 거주하는 국토의 약 10%에 해당하는 하천의 범람지역에서 발생하고 있는 것으로써, 무계획적으로 급격하게 진행된 도시화의 진전에 기인한다고 할 수 있다. 특히, 후쿠오카(일본 서부지역에 위치)지역에서는 집중호우와 그에 따른 하천의 범람으로 시가지의 지하공간이 수몰되는 등 종래의 재해경험으로는 상정하지 못한 수해가 일어났으며 또한 히로시마(일본 중부지방 위치)지역에서는 1일 325건의 토사재해가 발생하여 24명의 인명피해가 발생하기도 하였다. 도시지역에 있어서 재해(본 연구에서는 수해)는 자연환경의 변화와 사회구조의 변화에 주요한 원인이 되고 있으나 지금까지 발생하지 않았던 지역에 있어서도 금후 언제 수해가 급습할 지 모르는 상황에 이르게 되었다. 도시지역에 있어서 수해는 광역적인 시가지의 침수, 지하상가 등의 지하공간의 침수, 정전, 전화 등의 통신불통 등 생활필수품의 기능저하, 교통기능의 혼란 등 여러 분야에 걸쳐 피해가 발생하여 도시기능의 마비상태를 초래한다. 이와 같은 사태에 대처하기 위한 기초자료로써 수해의 상황에 관한 기초조사, 영향예측을 행하는 것이 중요하다. 침수는 미묘한 고저차에 의해 상황이 다르게 전개되므로 침수상황 파악의 기초는 유역의 지형조사에 있다. 그러나 이러한 지역에 대하여 재해예방을 위한 수방시설에만 의존하여 피해의 발생을 완전히 억제하기에는 한계가 있다. 침수에 따른 인적, 재산상의 피해를 최소화하기 위해서는 수방시설에 의한 치수대책과 함께 피난, 구제활동 등을 포함한 수방 대응능력을 향상시킬 필요가 있다. 이와 같은 배경으로 인하여 최근 일본에서는 홍수범람위험지구라든가 침수예측도 등의 제반 정보를 활용한 재해경감대책이 행정적인 차원에서 수립되어 각 지역별로 독자의 기준에 의해 피난체제가 책정되기에 이르렀다(하천정보센터, 1996; 建設省 九州地方建設局, 1995). 이와 같은 방재 대책이 효과적으로 운용되기 위해서는 먼저 수해에 관련한 유효정보를 수집, 정비하여 재해 발생시 원만하게 기능을 발휘할 수 있는 지원시스템을 수립하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구의 목적은 침수지역 주민의 행동양식에 기초자료를 근거로 하여 수해시 피난행동의 사회적 영향인자의 도출과 아울러 GIS를 이용한 지리적인 유역정보의 축적 및 활용을 통하여 재해위기관리 대책이 유기적으로 그의 기능을 발휘하여 수해에 따른 피해를 최소화하도록 하는 데에 있다.

II. 수해발생의 요인

2.1 도시화와 수해발생과의 관계

도시화는 인구가 증가하여 고밀도 지역에 거주하고 있다는 측면과 시가지가 확대되어 불침투 지역에 속하고 있다는 물리적인 측면으로 분류하여 고려할 수 있다. 이와 같은 도시화 현상에 따른 수해발생의 주요 요인으로는 다음과 같이 크게 2가지 요인으로 분류할 수 있다. 첫 번째로 종래 물의 저류능력이 탁월한 논 또는 습지가 도시지역의 확대에 인하여 이들 지역이 직접적인 피해를 입는 경우와, 두 번째로는 토지의 콘크리트화, 아스팔트화에 의해 불침투면적의 확대와 우수배수 정비의 확대에 의한 홍수유출량의 증대에 기인된다. 자연상태의 지역에서는 우수가 수목에 의해 차단되며, 농촌지역의 농경지에 있어서 우수가 침투하기 쉬운 상태가 되지만 도시화된 지역에는 토양수분 보유량의 감소, 지하수 함양량의 감소, 하수도에 의한 우수배제 등에 의해 결국 지표 유출량의 증대를 초래한다.

2.2 종합적인 수해대책의 필요성

종래, 치수 대책 중 우선적으로 고려되어 온 것은 하천의 물을 범람시키지 않게 하는 것이었다. 하도로 유출된 물은 하천관리구역 즉, 전용댐이나 조절지에서 조정하는 것이 하천관리에 있어서 기본이 되어 왔으나 이와 같이 하도에서의 유출증대, 일시 저류 등은 홍수방어는 계획홍수량의 증가, 돌발적인 집중호우와 같은 상황에서는 치수상으로는 대응하기 어려운 한계를 가지고 있다. 그러나 최근 도시화에 의한 농경지 및 산림지역의 개발은 지금까지 유역에 있어서 보수(保水), 유수능력(遊水能力)을 저하시켜 이에 따른 치수시설의 정비가 대처하지 못함에 따라 도시근교에 있어 수해가 자주 발생하는 상황에 이르게 되었다. 더욱이 지대가 상대적으로 낮은 저지대의 개발이 빠르게 전개되어 그에 따른 피해 잠재력은 점점 증대되는 경향에 있다. 도시에 있어서 하천의 확장은 용지매수의 면에서 어려움이 많으며 새로운 치수방식이 시도되지 않으면 해결하기 어려운 국면에 이르게 되었다.

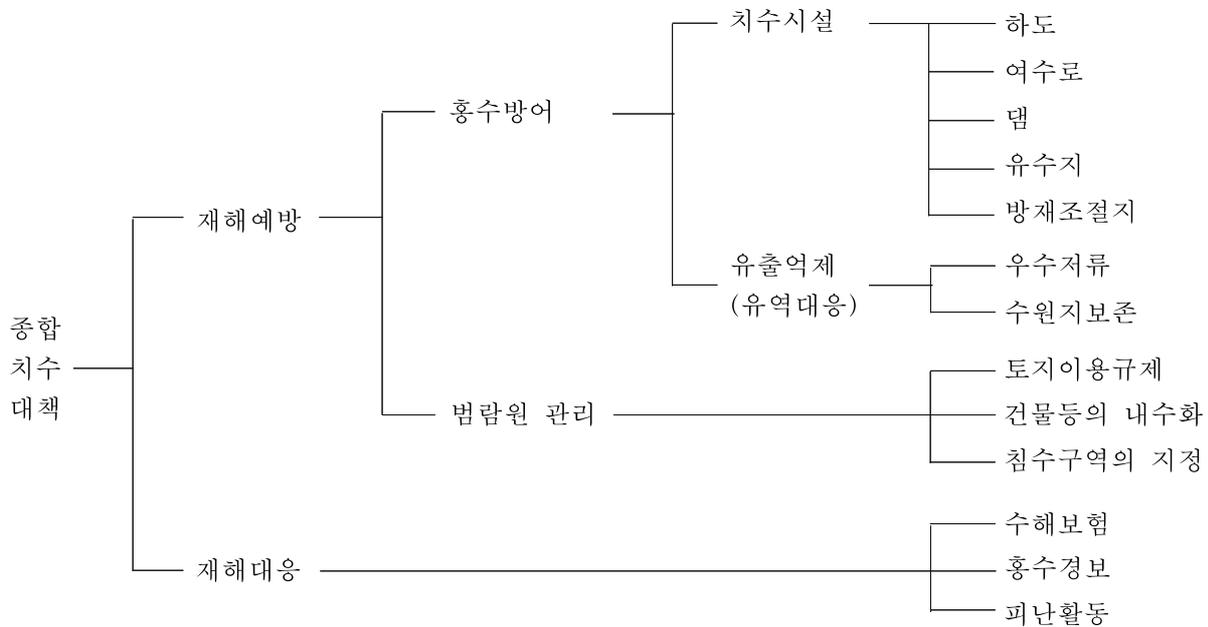


그림 1. 종합적인 수해대책의 수립

따라서 홍수류의 제어는 하천 및 제반 시설물뿐만 아니라 유역전체의 보수·유수기능을 높임과 동시에 유역주민의 수해인식 향상을 고려한 대책이 요구되게 되었다. 그림 1에 나타내는 바와 같이 종합치수대책은 하천개수, 여수로 등 공학적 구조물에 의한 홍수방어를 진행시키는 한편, 조정지, 우수저장, 하수도 관내저류, 지하침투 시설 등에 의한 유출억제 대책을 필요로 한다. 또한 유역의 토지이용규제, 시설의 내수화 등의 범람원 관리라든가 침수실적도의 공표, 홍수예측·경보시스템의 확립, 수해보험, 침수위험지구 주택의 내수시설의 촉진 등을 포함한 주민대책의 실시가 불가피하다. 따라서 본 연구에서는 수해의 대응대책 중에서 2차적인 피해를 최소화하는데 중요한 피난대책을 중심으로 고찰하기로 하였다.

2.3 연구지역의 침수피해 발생상황

연구 대상지인 혼명가와(本明川) 하류부는 일본 서남단에 위치하고 있으며, 이 지역은 1957년 7월에 발생한 대홍수를 계기로 이를 방지하기 위한 하천개수사업, 조정지의 건설 등 종합적인 수해대책이 진행되고 있으나 풍수해에 따른 피해가 반복적으로 이어져 왔다(Kang, 1998). 최근 1999년 7월에 일어난 수해의 강우상황을 보면, 불안정한 열대저기압의 남하에 따른 호우의 발생으로 총 강우량 325mm에 대하여 3시간 강우가 227mm로 총 강우량의 약 65%를 차지하는 단시간집중형의 강우 형태를 나타내고 있다. 표 1은 이들 풍수해의 강우특징과 피해상황을 정리하여 나타낸 것으로 1999년 7월에 발생한 호우는 1957년 7월의 호우에 비하여 시간 최대강우량 및 3시간 최대강우량이 상회하고 있지만 선행강우가 없었던 것으로 볼 때 홍수의 침투유량이 1957년 재해의 약 65%에 그친 것으로 고려될 수 있다.

표 1. 주요 수해의 강우형태 및 피해개요

일시	강우상황				피해개요		
	시간최대 강우(mm)	3 시간최대 강우(mm)	24 시간 강우(mm)	강우 형태	침상침수 (호)	침하침수 (호)	피해액 (억엔)
1999년7월23일	95	227	325	강우전선	240	471	21
1957년7월23일	76	205	588	강우전선	2734	695	415

1999년 7월의 단기간 집중형의 출수상황을 구체적으로 보면, 강우시작으로부터 3~4시간후에는 시간 강우가 95mm를 기록하였으며, 유량기준점의 평수유량 1m³/s에 대하여 출수당시에는 그림 2에 나타난

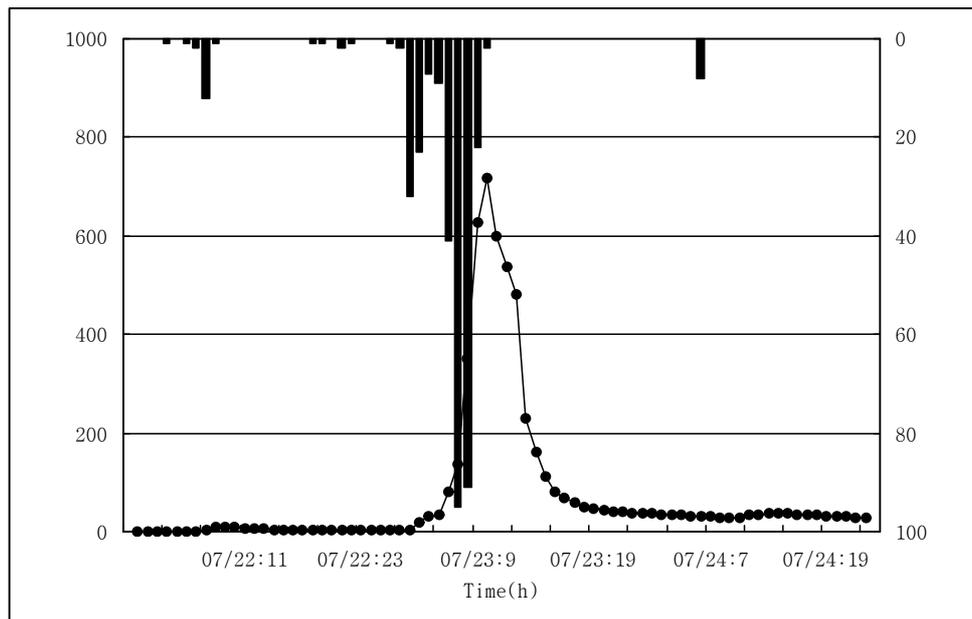


그림 2. 강우실적과 하천유량의 변화

바와 같이 약 700 m³/s에 달하여 각 지역에서 하천범람에 의한 침수피해가 발생하였다. 7월 23일 출수 당일 9시 15분에 피난권고의 사이렌이 시내전역에 걸쳐 울려 16시36분에 피난권고가 해제되는 경계체제가 진행되었으나 보도기관이나 행정기관에 의하면 인명피해 및 피난권고에도 불구하고 사이렌의 의미를 모르는 사람이 많았다는 조사결과가 보고되었다 (建設省 九州地方建設局, 1999). 따라서 재해에 따른 행정당국의 피난계획과 실제 피난을 필요로 하는 피난대상자가 피난에 이르기까지의 행동양식이 반드시 일치하고 있지 않음을 알 수 있다.

Ⅲ. 홍수에 따른 주민의 위기의식 조사

3.1 조사의 개요

호우시 피해경감을 위한 주민의식의 고양 및 원만한 피난행동을 진행하기 위해서는 주민의 행동양식을 자연적·사회적 환경인자와 관련하여 검토할 필요가 있다. 이를 위하여 과거 홍수피해를 경험한 지역을 대상으로 수해위기의식의 앙케이트 조사를 실시하였으며 조사방법으로는 수해발생 지역 전지역에 걸쳐 조사원을 배치, 직접회답을 얻는 방법을 이용하였다. 구체적으로 조사원을 배치한 장소는 지형, 피해경험의 유무 등을 참조하여 결정하였다.

3.2 호우에 대한 인식조사 결과

홍수에 대한 위기의식조사 내용으로는 현재 및 과거의 침수피해의 유무와 내용, 평상시 또는 호우시 유의사항 등으로 설문지 회답자의 속성을 보면, 전체121명중 60대가 26%(33명)로 가장 많고 다음으로는 70대 19%(23명), 50대 18%(22명)순으로 분포하였다. 회답자의 남녀비율을 보면 약 1:2로 여성의 수가 남성의 2배에 가깝게 많았고, 1957년에 발생한 수해의 경험 유무는 37%(45명)가 어떤 형태로든 경험한 바 있다고 회답하였다. 호우재해가 발생할 경우 가장 우려되는 사항에 대해서는 그림 3에 나타난 바와 같이 하천범람이라든가 침수피해가 가장 많았으며 특히 하천범람에 대해서는 우려보다는 오히려 공포심을 가지고 있는 경우도 있었다. 그밖에 유의사항으로는 가스, 전기 등의 장해라든가 토사의 붕괴, 토석류의 유출 등에 대하여 우려하고 있는 것으로 나타났다. 평상시 홍수재해의 방지·경감을 위해 주의를 기울이고 있는 사항에 대해서는 그림 4와 같이 호우에 따른 일기예보라든가 방재정보에 주의를 하거나 하천의 수위의 변동 등을 통해 유사시를 상정하여 준비를 기울이고 있음을 알 수 있었다.

특이한 사항으로는 호우에 대하여 유의하고 있는 사항이 없다는 회답자가 전체의 33%(40명)에 달하고 있다는 점으로 이에 대한 분석은 다음절에서 행하기로 한다.

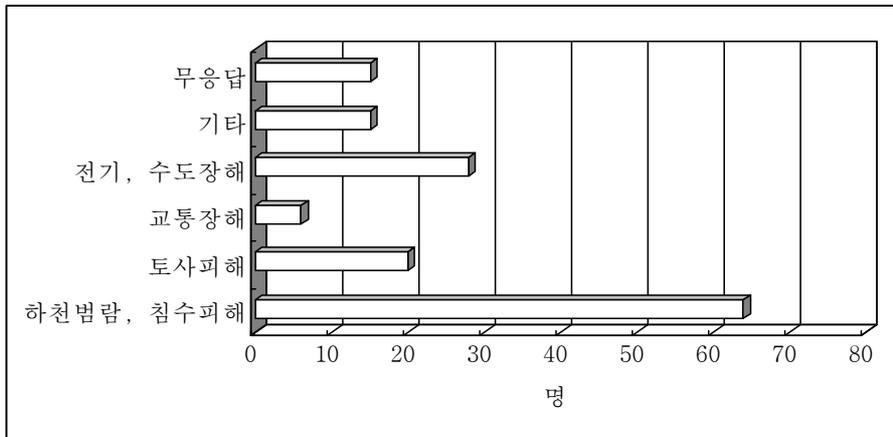


그림 3. 호우시 유의사항 조사결과

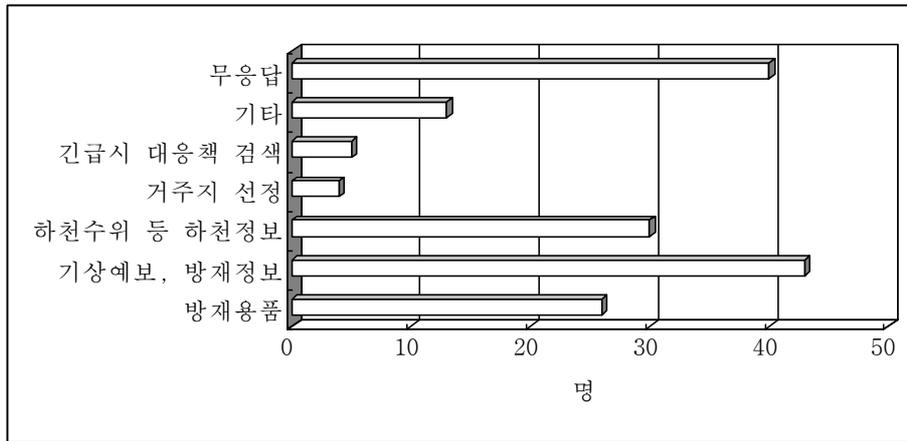


그림 4. 일상시 재해방지를 위한 유의사항

4. 결과 및 고찰

4.1 방재·경감의 행동양식 분석

수해시에 있어서 피난대상자가 피난을 하는가 또는 하지 않는가의 판단은 피난을 개시하기까지 인식하고 있는 동기가 중요하다고 할 수 있다. 피난대상자가 실제 피난행동을 하기까지 영향을 미칠 수 있는 주요인자로서는 ①적절한 피난명령 및 전 단계로써의 경계발령, ②과거의 수해경험 및 생활양식, ③인근의 재해발생 상황, ④위험도를 수치화한 정보(각종 강우정보), ⑤위험도를 영상화한 정보(유역의 각종 지리정보, 위험지구도-Hazard map-) 등이 있다. 여기서 과거의 수해경험을 통하여 실제 피난행동을 하기까지의 계기를 부여하는 영향요소를 내적 인자로 분류할 수 있으며 이는 유역주민이 과거의 경험에 따른 일상적으로 가지고 있는 수해의식등 수해시 정보에 대한 반응이라든가 행동의 배경이 되는 요인을 의미한다. 내적 인자는 수해에 대한 인식 외에 과거의 수해경험이라든가 위험에 대한 일반적인 태도, 성격, 생활태도 등도 포함된다. 이들 요인은 실제 피난행동을 제어하는 정보 즉 피난명령 등을 유역주민

에 전달할 경우 그의 효과를 간접적으로 좌우할 수 있는 요소라고 볼 수 있다.

피난행동을 개시하기까지의 행동양식을 결정하는 정보로는 각종대중매체로부터 제공받는 우량, 수위를 포함한 홍수 및 기상에 관한 정보 또는 행정기관으로부터 발신되는 피난명령 등이 있다. 이들 정보는 외부로부터 제공되어 유역주민의 피난행동에 관한 의사결정에 영향을 미치는 의미에서 수해피난행동의 외적요소라고 볼 수 있으며 피난행동을 직접적으로 유발하는 효과를 가진다. 이와 같이 수해에 대한 위험인식으로부터 피난경고에 의한 피난에 이르기까지의 경로는, 내적 요인에 의한 위험도의 인식으로부터 피난명령이라든가 유역주민의 권유 등과 같은 외적요인에 의해 최종적으로 진행된다고 볼 수 있다. 재해에 대한 피난행동의식은 본 설문지 조사에서 나타난 바와 같이 시간의 흐름에 따라 관심이 서서히 저하되는 경향이 있으며 이는 재해에 따른 복구 및 부흥대책 등을 통하여 재해가 발생하기 이전의 생활양식으로 회복되고 있음을 의미한다. 河田 등(1999)과 杉万(1995)에 의한 동 재해지역의 주민의식 조사에 의하면, 수해에 대한 유역주민의 관심도는 식 1과 같이 지수 함수적으로 저하되어 어느 수해의 발생으로부터 약 8년이 경과되면 일상적인 일로 인식한다고 지적하였으며 이는 적절한 시기에 방재 훈련이라든가 방재 교육을 실시하여 수해에 따른 위기관리의식을 재인식시킬 필요가 있음을 시사하고 있다.

$$y(t) = y(0)\exp(at) \quad (1)$$

여기서, $y(t)$: 피해후 제 t기에 있어서 방재에의 관심도

$y(0)$: 피해시에 있어서 방재에의 관심도

a : 정수

유역주민의 호우에 대한 심리적인 면 외에 지리적·사회적인 요소가 방재·경감에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. 분석 대상으로는 그림 3의 평상시 홍수재해의 방지·경감을 위해 주의를 기울이고 있는 7개 항목의 회답결과를 토대로 외적기준과 주거위치, 연령을 아이টে으로 놓고 질적인 데이터로부터 질적인 형태로 나타나는 결과를 판별하기 위하여 수량화(Ⅱ) 이론(有馬 등, 1987)을 이용하여 분석하였다.

표 2는 수량화 이론에 의한 주민의 방재 의식 결과로써 방재 의식이 높고 강우시 취하는 행동의 외적기준 I-3은, 특히 행동을 취하지 않는 외적기준 7과는 현저하게 다른 행동을 취하고 있음을 알 수 있다. 특히 I 축은 지역의 차이를 극단적으로 나타내고 있어 주민의 방재 의식이라든가 행동에 지역성이 크게 작용하고 있음을 알 수 있었다.

표 2. 수량화분석을 위한 아이টে 및 외적기준의 판별득점

아이টে	I 축	Ⅱ 축
	범위	범위
주거지(명)	3.04485	3.66310
연령 층	1.68550	2.75123
외적기준 1	-0.32940	-0.94893
2	-0.73022	0.02263
3	-0.44807	0.74389
4	-0.73742	0.50779
5	0.56256	-0.47486
6	0.14646	0.85785
7	0.93309	0.04531
상관비	0.49057	0.29230

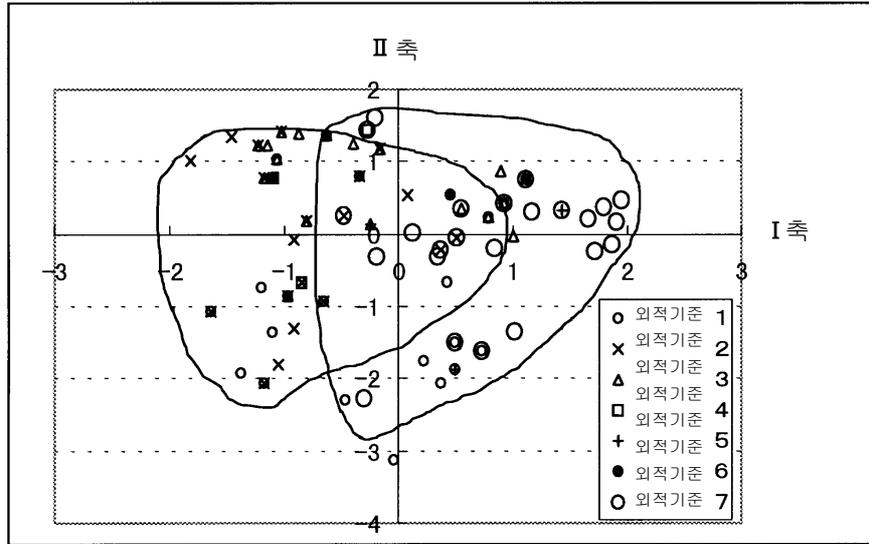


그림 5. 수량화(II) 이론에 의한 방재의식의 사회적, 지리적 환경인자의 분석결과도

4.2 호우시 방재정보의 정비 및 활용

본 연구대상지역은 상습적인 침수지역임에도 불구하고 비상시에는 위기관리 기능이 유기적으로 진행되지 않았다는 문제점이 노출되었다. 과거 침수피해 경험자가 37%(45명)임에도 불구하고 피난권고의 발령에 응하여 지정장소에 피난한 주민은 전체의 7%(8명)에 그쳤다. 피난을 필요로 하는 피난대상자가 실제 피난 행동을 하기까지는 개개인이 위험한 상태에 있는 것을 인식, 이론적으로 납득하여 피난하는 경우와 피난할 수 밖에 없는 심리상태에 이르러 피난하는 경우로 분류하여 해석할 수 있다. 어느 쪽이 주체가 되는가는 피난대상자의 연령구성이라든가 위험도의 인지도 등의 내적 요인과 유효 적절한 피난정보속지, 전달과 같은 외적인 요인에 좌우된다. 피난명령 또는 피난권유를 전달받아도 실제 피난행동을 취하는가는 결국 주민자신이 선택하는 판단에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 이 경우 주민자신이 피난행동에 이르기까지 판단의 적절성은 일상시 수해발생에 대한 주변환경의 파악에 의존하게 되므로, 다음절에서는 수해 관련 유역지반환경의 정비 및 정보 공유의 유효성에 대해 검토한다.

4.3 GIS를 이용한 수해관련정보의 정비 및 활용

호우에 의한 하천재해는 하천범람원 상류지역의 토지이용변천에 따른 유출량의 변화와 자연·지리적 현상, 사회자본의 축적, 치수시설의 정비수준 등의 복합적 요인에 기인한다. 재해로 인한 피해를 경감하기 위해서는 먼저 유역내 수해를 유발하는 요인에 대하여 주민에의 공개를 전제로 정비할 필요가 있다. 호우에 따른 수해의 발생이 홍수의 발생확률과 같은 시간적 요인과 지형조건과 같은 자연적 요인에 의해 발생한다고 볼 때, 자연적 요인은 인위적인 가변요소가 적으므로 여기서는 이를 중심으로 피해를 최소화하는 방안에 대하여 검토하고자 한다. 본 연구대상지와 같이 수해재해가 토사유출을 유발하는 경우, 지형, 지질과 같은 지리적인 환경요인만으로는 그의 발생현상을 규명하는 것은 불가능하다 (國土聽土地

한 경우, 자신의 주거지역의 침수심을 용이하게 파악하거나 재해의 위험성을 사전에 주지시킴으로써 피난행동을 개시하기까지의 자주적인 판단능력을 향상시키는 것이 방재력을 높이는데 효과적일 수 있다.

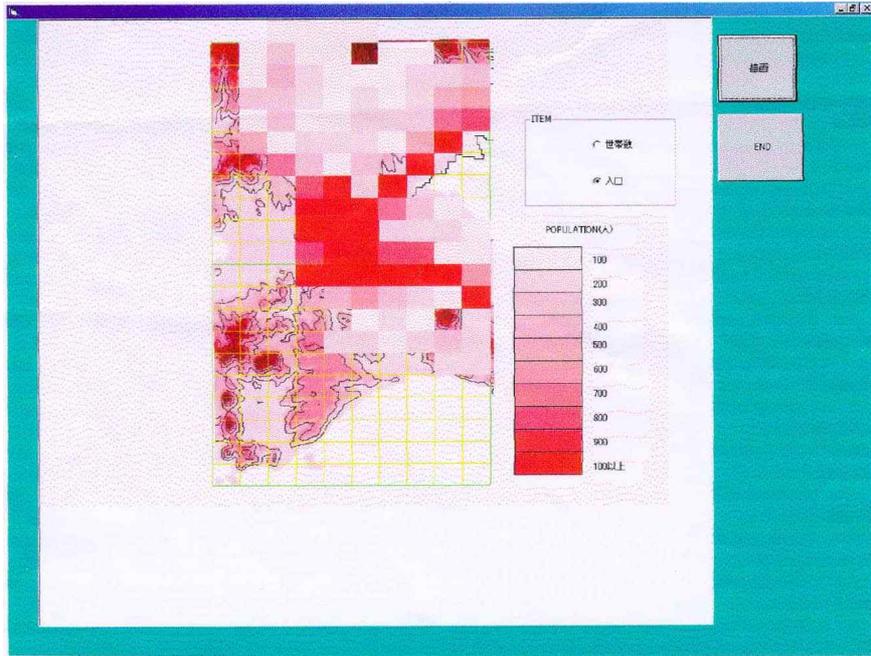


그림 7. 유역내 인구분포도(1997년 기준)

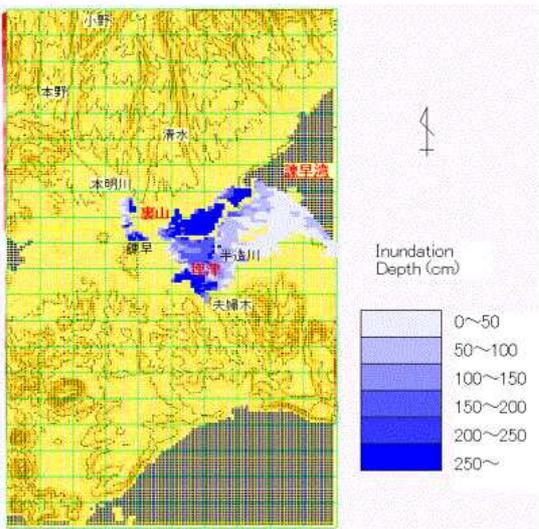


그림 8. 침수지역 및 침수심('57. 7월 당시)

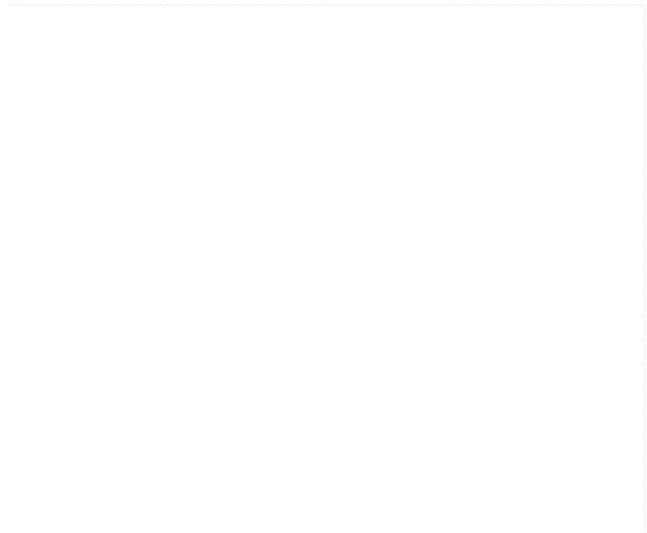


그림 9. 유역내 토지이용분류('87년 기준)

V. 결론

본 연구에서는 집중호우의 국지성, 유역의 사회적 요건의 급변에 따른 잠재적 피해요인의 급증, 피해 형태의 변화 등 유역의 제반 요소를 고려한 수해 경감대책의 필요성에 대하여 고찰하였다. 최근의 집중호우와 같은 돌발적인 피해에 대해서는 단순한 방재시설의 정비뿐만 아니라 정확한 정보전달에 기초를 둔 수방, 피난활동에 의해 피해를 줄이는 것이 중요하다. 구체적으로는 홍수시 유역주민의 경험적인 피난행동양식 조사에 기초하여 실제 피난에 이르기까지의 의사결정 요인을 추출하고자 하였으며 수해피해를 최소화하기 위한 유역 관련정보의 정비와 그의 활용에 대하여 검토하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 사항 및 기대효과를 정리하면 다음과 같다.

1. 수해에 대한 위기의식은 일정 시간이 경과에 따라 그에 대한 관심도는 저하되어 일상의 일로 인식하며 이는 피난행동의 의사결정에도 중요한 영향인자이므로 적절한 시기를 고려한 방재대책의 수립이 요구된다.
2. 수해유역주민의 홍수위기관리 의식조사를 위한 수량화(II) 이론의 분석결과, 주민의 방재의식, 행동양식은 지리적·사회적 환경인자에 의해 차이가 있는 것으로 나타나 지역적인 차이를 고려한 방재대책 수립이 요구된다.
3. 수해발생지역에 대한 과거 재해발생실적을 중심으로 금후의 잠재적 수해요인에 대한 평가를 하고자 하였다. 유역의 사회적 인자를 결합한 지리적 여건의 공간적인 정보관리 및 행동의 지역성을 고려한 정보의 작성·발신은 유역주민의 위기관리의식의 향상뿐만 아니라 홍수와 같은 재해가 발생할 경우의 위험성을 사전에 인지, 재해에 대하여 여러 가지 자주적인 사전준비가 가능하게 할 수 있다. 구체적으로 과거의 홍수위험지역도와 같은 유역정보의 공개는 주민으로 하여금 주거지역이 어떠한 환경에 있는가를 알리는 수단이 되어 궁극적으로 적절한 토지이용으로 유도될 수 있다. 아울러 지역주민에게 수해에 대한 이해를 증진시켜 금후 수해를 줄이는 노력에 적극적으로 참여할 수 있는 계기를 부여하여 피해를 최소화하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 建設省 九州地方建設局 (1999). 1999.7.23長崎縣諫早集中豪雨被害.
- 井上和也ら(1996). 洪水ハザードマップの作成についての一考察, 京都大學防災研究所報,第39号, B-2, pp. 459-481.
- 河川情報センター(1996).洪水ハザードマップの作成狀況,河川情報研究 No. 4, pp.49-58.
- 建設省 九州地方建設局 (1995). 本明川洪水氾濫シミュレーション(CD-ROM).
- Kang, S.H. (1998). *Study on the overall estimation of water environment associated with nature-friendly river work*, Ph.D. dissertation, Nagasaki University, Nagasaki, Japan, pp.2-5.
- 建設省 九州地方建設局(1999). 本明川洪水危機管理委員會 第2回幹事會資料.
- 河田恵昭, 柄谷友香 (1999). 社會の防災力の評價に関する一考察(II), 京都大學防災研究所年報 第 42 号 B-2, pp1-12.
- 杉万俊夫 (1995). グループ ダイナミックスと地域計劃, 土木學會論文集, No.506/IV-26, pp.13-23.

有馬哲,石村貞夫 (1987). 多變量解析のはなし, 東京圖書.

國土廳土地局國土調査課 (1985). 縮尺5萬分の1土地保全基本調査報告書, 都市域の集中豪雨による被害豫測.