

# 풍수해 피해예측 시스템에 관한 연구

양동민\* · 장대원\*\* · 윤정환\*\*\*

## 1. 서 론

최근 기상이변에 따른 전지구적인 이상재해의 발생은 이제는 생소하거나 이상한 현상이 아니라 받아들여야 하는 현실이 되어버렸다. 재해의 발생은 어느 지역적인 부분에 한해서 그 영향을 미치지 않지만 재해를 유발시키는 기상현상은 전지구적인 문제로 생각되고 있다. 비가 많이 오는 지역은 더욱 더 강수가 집중되고 건조한 지역은 사막화되어 가는 현상이 세계 각지에서 일어나고 있으며 그 피해가 점점 가중되고 있다. 그러나 자연재해로 인한 피해를 단순 기상이변의 결과라고 하기에는 무리가 있다. 기상이변이 피해를 유발시키는 원인이 되기는 하지만 그 피해규모의 대형화와 광역화에 영향을 주는 요소에는 경제발전, 도시화, 산업 고도화와 같은 인간 행동에 따른 영향도 크기 때문이다.

최근 우리나라에서도 이상기후로 인한 풍수해 피해가 급증하고 있다. '96년, '98년, '99년, '06년에

태풍 및 집중호우에 의한 홍수피해가 발생하였고, '02년 태풍 루사와 '03년 태풍 매미로 인하여 각각 4조원이 넘는 경제적 손실이 발생하였다. 또한 '04년도에 중부지방의 대설과 호남지역의 폭설 등 예상하지 못했던 피해가 발생하였다.

최근 과학기술의 발달과 지형자료의 수치고도화, 그리고 과거 재해 이력에 대한 다양한 정보들이 DB로 구축되면서 외국의 경우에는 재난관리를 위해 풍수해 예측 시스템들이 개발되어 방재전략 수립에 활용되고 있다. 그러나 과거 우리나라의 방재정책은 피해가 발생하면 복구를 하는 사후 처리의 방식으로 진행되어 그 결과 매년 반복적인 풍수해 피해가 발생하였다. 따라서 우리나라에서도 사전 대응체계 확립을 위해서 풍수해예측 시스템의 개발이 필요하다. 이를 위하여 풍수해 예측을 위한 현황 분석, 설계 및 확보방안을 도출할 필요성이 강조되고 있으며 최근 들어 이러한 사업과 학계의 피해예측 관련 연구가 다양하게 진행되고 있다.

본 연구는 이러한 배경에서 태풍 등에 의한 풍수해 피해 예측 및 평가 도구를 개발하여 풍수해 위험도의 사전 평가 및 진단을 수행하고 대책 수립의 자료로 활용할 수 있도록 시스템을 구축하는 것을 최종목적으로 하고 있다. 이를 위하여 피해 예측에 필요한 유관기관 정보의 발굴 및 연계 방

※ 교신저자(Corresponding Author): 양동민, 주소: 서울시 서초구 서초동 1572-12번지 명지빌딩 5층 (주)수로텍(130-070), 전화: 02)3471-6980, FAX: 02)3471-6935, E-mail: ydm320@surotech.com

\* (주)수로텍 기술연구소 본부장

\*\* 인하대학교 수자원시스템연구소 연구원  
(E-mail: poohstyle@empal.com)

\*\*\* (주)수로텍 기술연구소 개발1팀 팀장  
(E-mail: lenablue@surotech.com)

안을 검토하여 이를 반영한 통합 DB 체계를 구축하였다.

## 2. 홍수해피해예측시스템의 개발

홍수해 피해 예측을 위해서는 재해발생 요인별 적정 분석 기법의 선정 및 개발이 가장 중요한 부분이라고 할 수 있다. 일반적으로 홍수와 관련해서는 강우량이 가장 큰 재해피해 유발요인이 되고, 산사태의 경우는 강우나, 토양 및 식생상태, 경사 등이 중요한 부분이 된다. 본 연구에서는 홍수해 피해예측 기술 중 홍수범람에 의한 피해예측 시스템을 구축하였으며 홍수의 유발요인인 강우 분석과 이를 이용한 유출량 산정, 그리고 유출량을 홍수위로 전환하여 침수면적을 산정하는 방법을 이용하였다. 또한 이 방법을 적용하기 위한 다양한 자료의 구축 및 연계방안을 고려하였다.

### 2.1 홍수범람피해예측시스템의 구성

홍수범람피해예측시스템은 크게 세부분으로 (재난관리정보, 통합 GIS, 분석모형) 구성되어 있다. 먼저 재난관리정보는 지형자료, 토지피복자료, 토양도, 기상자료, 방재시설자료, 재해유형자료, 보험자료, 피해이력자료 등으로 구성되며 이는 재난관리정보 DB 센터에서 자료를 연계하여 구축하였다. 피해 예측을 위한 홍수량은 강우분석을 통하여 빈도별 확률강우량을 산정하여 홍수량을 계산하는 일반적 방법을 이용하였다. 실시간으로 기상청에서 들어오는 강우량 정보를 이용하여 빈도별 강우량을 분석하고 이를 활용하여 예측 시나리오에 따른 홍수량을 산정하였다. 침수구역의 산정은 일반적으로 사용되는 홍수위를 제내지로 연장하는 방법을 이용하였으며 이를 GIS 정보로 수치지도에 표시하여 시간당 변화되는 양상을

구현하도록 구축하였다. 그림 1은 전체적인 시스템 구성도를 간략하게 나타낸 것이다. 그림에서 가운데 해석부분이 분석모듈에 해당되고, 자료연계 및 통합부분이 재난관리정보DB센터에 해당되며, 자료연계 및 분석을 통하여 산정된 침수구역 및 피해현황은 재난관리정보DB센터의 통합 GIS에 저장하여 Web으로 표출한다.

### 2.2 홍수량 산정

일반적으로 홍수관련 시스템은 그림 2와 같은 과정에 부합되도록 구축된다. 먼저 실시간 수문자료의 수집 및 전송이 가능하고 이를 분석하여 강우예측을 시행한다. 예측된 강우량을 이용하여 유출모형을 통해 유출량을 계산하게 되며 이 과정에서 유역 추적, 저수지 추적, 하도 추적 등 수리-수

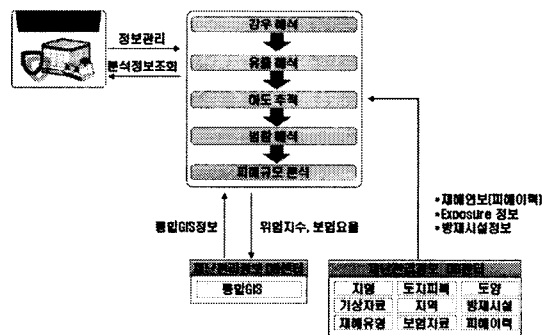


그림 1. 시스템 구성도

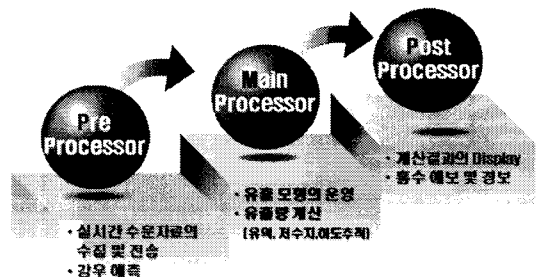


그림 2. 홍수관련 시스템의 일반적 절차

문학적 모형의 계산이 이루어진다. 최종적으로 계산결과를 지도상에 표출하여 홍수 예보 및 경보에 활용하고 있다.

홍수량의 산정은 홍수 예·경보 측면에서 매우 중요하다. 일반적으로 홍수 예보는 강우량에 따른 수위 및 유량자료와 댐수위 및 댐의 방류량과 같은 수문자료를 신속하게 분석하고 이를 홍수예보 모형에 적용하여 주요 지점의 홍수위 및 도달시간을 예측하여 이를 유관기관 및 지자체에 통보하는 과정을 거친다. 여기서 분석된 홍수위가 계획 홍수량을 50% 초과하면 홍수주의보가 발령되고, 계획홍수량의 70%를 초과하면 홍수경보가 발령된다(그림 3).

홍수 예보의 과정에서 알 수 있듯이 홍수 예·경보의 발령은 계산된 유출량을 계획홍수량과의 비교를 통해 이루어진다. 즉, 유출량의 정확성이 매우 중요하다는 의미이다. 정확한 유출량 계산을 위해서는 유역의 특성을 반영할 수 있는 모형을 적용하는 것이 바람직하다. 일반적으로 유출모형은 크게 집중형 모형과 분포형 모형으로 나눌 수 있다.

집중형 모형은 유역이 특성이 그 안에서는 모두 동일하다고 보고 계산을 하는 것으로 사용성이 간편하고 입력자료와 매개변수가 적어서 계산이 빠르게 되지만 강우의 공간적 변동성과 지역의 공간

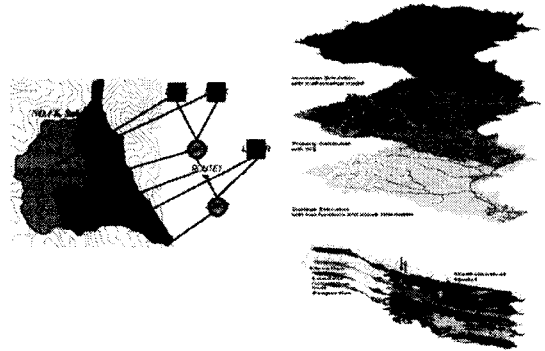


그림 4. 집중형 모형과 분포형 모형의 개념도

적 다양성을 반영하지 못한다는 단점이 있다. 이에 반하여 분포형 모형은 유역의 특성을 다르게 보고 공간적 변동성을 고려할 수 있도록 개발된 모형이다. 비가 내려서 강으로 흘러들어가는 제반 과정, 즉 물리적 과정을 반영하여 정확한 계산을 이용할 때 이용되나, 토지이용도, 토양도, 수치지도 등 지형지수 계산 및 매개변수 최적화 과정 등 많은 자료와 계산 시간이 소요되는 단점이 있다.

현재 우리나라의 5대강 홍수통제소에서는 다양한 모형을 적용하고 있으나 저류함수법과 같은 집중형모형을 이용하여 홍수예경보를 하고 있다.

### 2.3 범람구역 산정

홍수범람구역의 산정에 있어서 중요하게 고려해야 할 사항은 지역의 지형지물과 방재시설을 고려하여야 한다는 것이다. 이를 기반으로 침수심, 침수시간, 침수면적 세가지 항목을 계산하여 범람구역을 산정하게 된다. 그러나 침수심과 침수시간, 침수면적의 계산의 정밀도와 정확도를 높이다보면 많은 시간이 필요하게 된다. 그래서 개략적인 방법으로 홍수위를 제내지로 연장하여 침수구역을 산정하는 방법이 과거에 주로 이용되어 왔다. 이 방법은 제방의 바깥쪽(제내지)의 고도가 홍수위보다 높은 지점까지 침수된다는 이론을 적

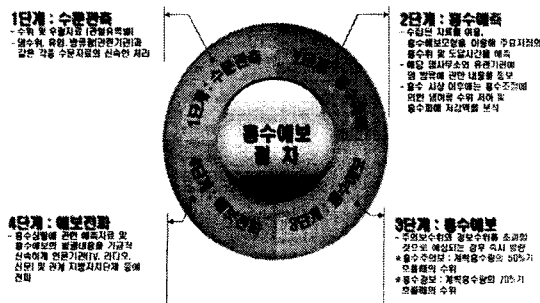


그림 3. 홍수예보 절차

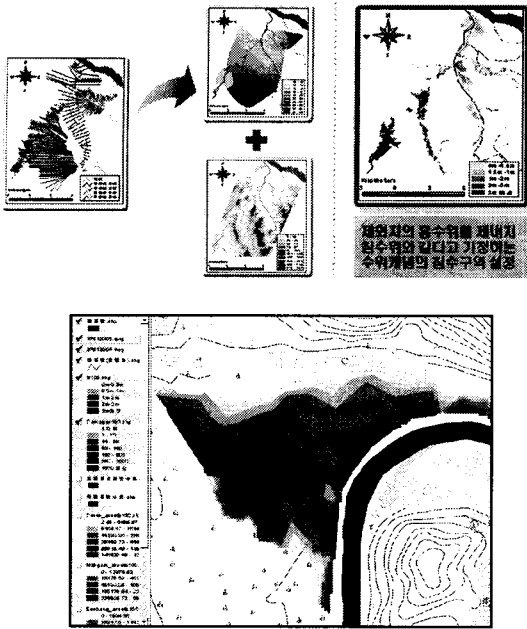


그림 5. 홍수위를 이용한 간편한 홍수범람구역 설정용하는 것이다.

이 방법(그림 5)은 하천의 단면을 일정 간격씩 지정하여 단면의 설계 홍수위를 입력하여 홍수위 TIN을 생성 GRID로 전환하여 침수불가능한 제 내지 DEM과 비교하여 침수구역을 설정한다. 그러나 수치지도를 DEM으로 변환하는 과정에서 격자(5 × 5m)내에서 실제 고도자료의 변형이 일어나는 경우가 발생하여 침수 면적을 과다 산정하는 문제점이 나타나기도 한다. 이러한 보완책으로 배수펌프에 의한 내수 배제량을 차감하여 침수구역 산정하는 방법이 이용되고 있다.

최근에는 수치자료의 정확도와 정밀도가 높아져서 실제 수치지도에 범람하는 홍수량을 계산하여 수리학적인 과정을 계산하는 모형을 이용하여 홍수범람도를 작성하고 있다.

### 3. 홍수범람피해예측시스템의 구축

앞에서 살펴본 바와 같이 홍수범람 피해예측을

위해서는 요소별 세부 기술에 대한 연구와 개발, 그리고 이를 이용하기 위한 시스템 등 다양한 부분의 연구가 필요하다. 본 연구에서는 홍수범람피해예측시스템을 구축하기 위하여 범정부 재난관리에서 이용할 수 있는 DB와 사용자의 요구사항을 분석하고 목표 시스템을 제시하였으며, 홍수범람프로토타입을 개발하여 이를 시범지역에 적용하여 그 적절성을 검토하였다. 본 시스템의 기능 구성은 그림 6과 같고, 범람구역을 산정하는 과정은 그림 7과 같다.

GIS 기반의 홍수범람피해예측 시스템은 두가지(실시간자료적용, 분석기능개발)측면에 중점을 두어 개발되었으며 시스템 상세 기능은 표 1과 같다.

상세기능 중 첫 번째인 기상특보현황에서는 태풍 경보/주의보와 같은 특보현황 정보와 예상강우량 정보, 예상 풍속 정보 등이 나타나며 기능상

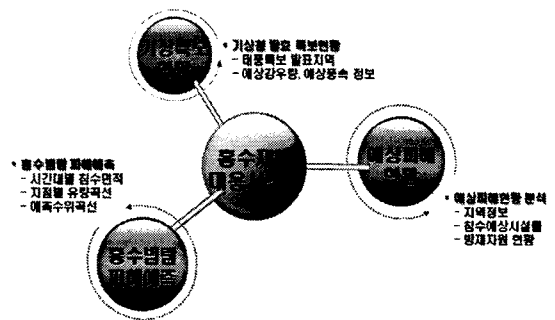


그림 6. 홍수재해대응시스템의 기능 구성도

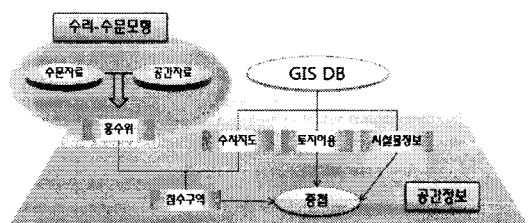


그림 7. 홍수량이 계산 되었을 때 GIS를 이용한 도시방안 개략도

표 1. 홍수피해예측시스템의 상세 기능

상세 기능	비고
기상특보현황	실시간 자료 획득
조위정보현황	실시간 자료 획득
유량곡선 조회	실시간 자료 획득
예측수위곡선 조회	모형의 결과를 통해 산출
홍수범람피해 예측	범람구역 산정 방법을 통해 예측
예상피해현황 조회	시설물별 피해액 산정방법

특보발효지역을 선택하여 지자체의 피해예측을 실행할 수 있도록 구성하였다(그림 8).

조위정보현황은 조위관측지점 및 조위 상태를 조회함으로써 조위에 의한 하천수위의 상승에 대한 영향을 알아볼 수 있도록 구성하였다(그림 9).

유량곡선 조회 기능은 하천의 수위관측지점의 유량관측곡선을 실시간으로 조회하는 기능으로 여기에서는 빈도별 강우량에 따른 예상 유량정보와 관측유량 정보를 표시하는 기능을 가지고 있다(그림 10). 유량의 계산은 시범지역의 강우분석을 통하여 빈도별 확률강우량을 산정하고 실시간 강우자료와 매칭하여 예상 홍수량을 산정하는 방법과 유역추적과 하도추적을 이용한 수리-수문 분석모형을 적용한 방법으로 구성하였다.

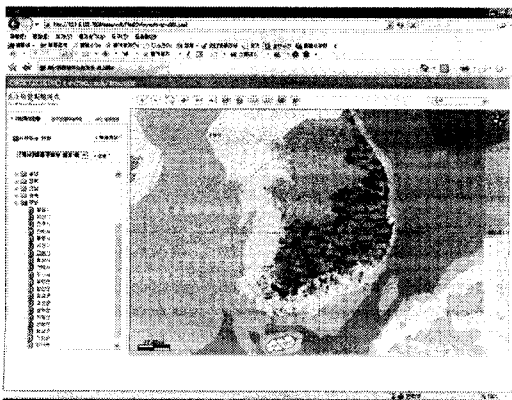


그림 8. 기상특보현황 조회

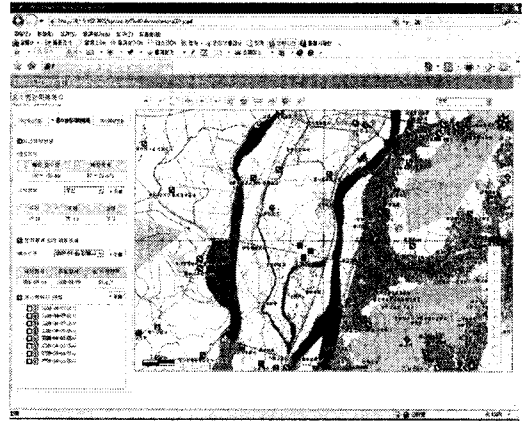


그림 9. 조위곡선 조회

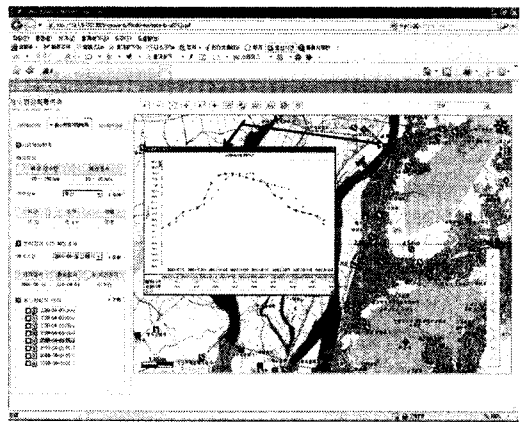


그림 10. 유량곡선 조회

홍수범람피해예측은 예상 홍수위를 그림 5의 방법을 이용하여 실제 지형도상에 표시함으로써 산정이 가능하다(그림 11). 이렇게 산정된 홍수범람예상지역의 공공시설, 사유시설 및 기타 토지이용현황에 따른 기준피해액을 적용하여 침수 시설물별 피해액을 산정함으로써 하천범람에 의한 홍수피해예측을 가능하게 하였다(그림 12).

#### 4. 결론

본 연구에서는 홍수해피해예측시스템의 초기 연구단계로 기존 자료의 활용과 새로운 홍수범람

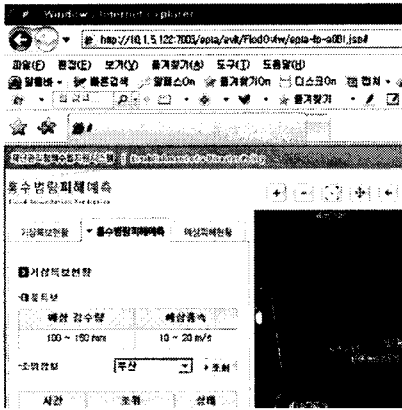


그림 11. 홍수범람구역 산정

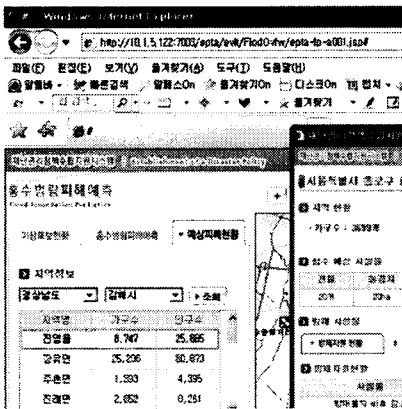


그림 12. 홍수범람구역 산정

프로토타입의 개발을 그 목적으로 추진되었다. 최근 몇 년간 소방방재청에서 방재와 관련된 재해자료, 시설자료, 기상자료 등이 구축되면서 자료 분석을 통한 재해예측 및 대응에 관한 부분에 어느 정도 이루어지고 있다. 그러나 실질적인 재해유형별 원인에 대한 연구나 기술개발이 없이는 그 예측에 있어서 한계가 있을 수 밖에 없다. 현재 구축된 범람을 이용한 홍수피해예측시스템은 홍수량을 추정하는데 필요한 모형과 범람예상지역 산정에 정확도를 높이는 부분에 대한 연구가 추가적으로 보완되어야 하지만 기존의 방재 관련 자료와 다른 기관의 자료를 연계하여 효율적이고 과학적

으로 재난에 적극적으로 대처한다는 측면에서 그 의의가 있다고 할 수 있다. 현재 본 연구를 수행하면서 개발한 홍수량 산정 모형과 범람원 산정모형에 대한 정확성 및 피해액 산정 기준 방안에 대한 연구가 지속적으로 진행되고, 이와 동시에 홍수범람만이 아닌 산사태, 지진 등 자연재해 전반에 대한 요소기술이 개발되고 시스템이 구축되어 재난관리 전반에 사용된다면 u-safe Koera를 실현하는데 중요한 역할을 할 것으로 생각된다.

시스템의 활용은 예방, 대비, 대응과 같은 방재 프로세스 전반에 걸쳐 이용될 수 있으며 한 예로, 범람구역 산정에 대한 방법론적이 부분에 대한 정확성을 높여서 이를 풍수에 보험요율 산정 등에 이용할 수도 있으며, 태풍의 예상 진로를 예측하여 예상 강수량에 대한 범람 피해를 예상해 신속한 대응을 할 수도 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 이충성의 3인, 홍수피해액 산정시 내수배제를 감안한 예상침수구역 설정 방안, 대한토목학회 정기학술대회, 2005
- [2] 강우예보의 시공간 특성을 고려한 홍수예보모형의 개발(1995), 김현준, 건설기술연구원
- [3] GIS 및 GCUH를 이용한 돌발홍수 경보발령기준 우량산정의 실유역 적용 연구-소백산 남천유역 중심(2004), 신현석 등, 부산대학교
- [4] SWAT 모형을 이용한 대청호 유역의 비점오염 물질 유출특성 연구, 심상보
- [5] 유역의 함양량 및 기저유출량 산정에 관한 연구, 한형구
- [6] 분포형 모형을 이용한 토사의 유출 및 퇴적분포 예측모형 개발(2004), 조영진, 영남대 대학원
- [7] 개발에 따른 토사유출량 산정에 관한 연구(1998), 국립방재연구소
- [8] 국립방재연구소, 재해원인분석조사단 운영 활성화 및 홍수범람지도 활용방안 연구, 2003
- [9] 최규현, 통합홍수예보 시스템과 홍수예보기술,

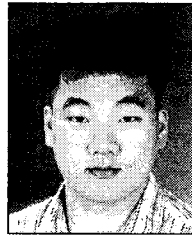
수자원학회 VOL.39. NO.9, 2006

[10] 윤용남, 공업수문학, 청문각, 2007



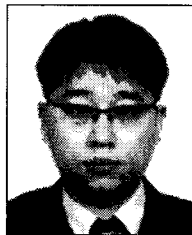
양 동 민

- (주)수로텍 기술연구소 본부장
- 한국방재협회 편집위원
- 한국재난관리표준학회 편집위원
- '08신기술분과, 기술위원, 방재협회
- '08재난대응한전한국훈련평가, 평가위원, 소방방재청.
- '07지역안전도진단, 평가위원, 소방방재청.



장 대 원

- 인하대학교 수자원시스템연구소 연구원



윤 정 환

- (주)수로텍 기술연구소 개발1팀 팀장