

북한의 수자원 연구동향 분석

배 덕 호 (창원대학교 토목공학과 조교수)

최 영 진 (기상연구소 예보연구실 연구관)

1. 머리말

최근의 한반도 주변정세 변화와 남북교류의 증진으로 통일에 대한 기대감이 높아가고 있어 어느 때 보다 북한에 대한 관심이 고조되고 있다. 그 동안 북한과 관련된 연구는 정치, 경제, 사회, 문화 등 인문·사회과학 분야가 대부분을 차지하였고, 자연과학 및 공학에 대한 연구는 상대적으로 빈약한 실정이다. 특히 수자원 분야와 관련된 연구는 최근 몇몇 학자들이 원격탐사 기법을 이용하여 연구를 수행한 바 있으나 전체적인 연구동향 및 수준은 잘 알려지지 않은 상태이다. 필자는 우연한 기회에 북한에서 발행되는 학술지 '기상과 수문'에 게재된 83편의 논문을 읽을 수 있는 기회가 있었다. 같은 민족이지만 오래 동안 교류가 단절되어 그들의 연구 경향을 알 수 없었는데 이와 같은 논문을 통해서 알 수 있을 것 같아 매우 관심있게 읽었다. 용어의 생소함과 필자의 식견부족으로 수자원의 전분야를 심도있게 분석하는데는 다소 어려움이 있었지만, 향후 북한의 수자원 관련 연구에 도움이 될까해서 소개하고자 한다.

2. 연구 분야별 특징

다소 주관적이기는 하지만 연구 분야별 특징을 살펴보기 위하여 발표 논문을 주제별로

표 1과 같이 분류하였다. 표 1에서와 같이 전체 논문 가운데 절반 이상인 55.4%가 수문학 분야의 논문이며, 수리학 분야 19.2%, 수질 6.0%, 지하수 2.5% 및 기타 16.9%로 나타났다. 기타에는 침투량산정 실험, 대표유역 운영, 관개용수, 수자원평가, 전력생산, 증발량 산정 문제 등이 연구되고 있다. 특히 수문학 분야에서는 거의 대부분이 관측자료를 이용한 유출량 계산 및 홍수 유출에 관련된 논문이나 편의상 표 1과 같이 구분하였으며, 수리학 분야의 논문은 유수량 측정 및 산정 관련 논문이 상당 부분 차지하고 있다. 각 분야별 특징은 다음과 같다.

(1) 수문기상자료의 통계적 분석

북한에서도 강우량, 기온, 유출량 자료 등 각종 수문기상 관측 자료들을 분석하기 위해서 통계적 기법을 사용하는 연구가 많이 진행되고 있는 것 같다. 그

표 1. 연구 주제별 논문 발표 현황

대 분야	소 분야	논문 편수	비율(%)
수 문학	수문기상자료의 통계적 분석	14	16.9
	설계홍수량 산정	3	3.6
	수위-유량관계곡선 산정	6	7.2
	유출량 산정 및 홍수추적	23	27.7
수 리 학	유사 및 안정하도	9	10.8
	열흐름 및 수온변화	4	4.8
	얼음공학	3	3.6
지 하 수	지하수 추정 및 수치해석	2	2.5
환경공학	수질수리, 수질측정분석, 자연정화	5	6.0
해안항만공학	해류자료 분석, 해수온도 변화분석	2	2.5
기 타	침투량실험, 대표유역, 관개용수, 전력, 증발	12	14.4
계		83	100

들의 대표적인 예는 하천 유출량 자료를 이용한 자기 상관성 분석, 수문요소들의 시공간적 분포상태를 구역화하기 위한 크라스터 분석, 홍수유출 수문곡선의 발생기간 간격 분석을 위한 확률 분포형 적용 등이다. 그러나 이와 같은 수문자료의 분석은 컴퓨터 기기의 사용이 필수적인데 컴퓨터가 널리 보급되어 있지 못한 것으로 판단되는 북한의 경우 연구가 제한적일 수밖에 없는 것 같다.

우리나라에서는 논문이라기 보다는 보고서 수준의 내용이 연구 논문으로 수록된 사례를 많이 발견할 수 있었다.

(2) 설계 홍수 수문곡선(설계홍수량) 산정

댐, 제방 등과 같은 각종 수공구조물을 건설하고자 할 때에는 그 구조물의 용도에 적합한 설계홍수량을 산정하게 된다. 현재 북한의 경우 설계 홍수량의 산정 방법은 크게 두 가지 방법이 이용되고 있는 것으로 생각된다. 하나는 기왕의 관측자료 가운데 전형적인 홍수 수문곡선을 모형으로 선택하고 이를 설계빈도에 적합한 수문곡선이 되도록 확대하는 방법으로, 이 방법은 전형적인 수문곡선을 선택할 때 사용자의 주관이 지배적이라 결과의 객관성 부족이 지적되고 있다. 또 다른 방법은 유량 관측자료가 없는 지역에 적용하는 방법으로 오랜 기간동안에 관측 자료를 가지고 있는 지점들에서 분석된 표준홍수수문곡선을 이용하여 특정 지점의 설계홍수수문곡선을 유도하는 방법이다. 최근에는 이들 방법 이외에도 강우량 자료를 이용한 강우-유출모형에 의한 설계홍수수문곡선을 결정하는 방법에 대한 연구가 진행되고 있는 것으로 판단된다.

이 분야에서 국내의 수준과 비교하면 기왕의 자료를 이용하는 첫 번째 기법은 우리나라에 컴퓨터가 본격적으로 보급되기 이전부터 사용되던 방법이고, 두 번째 방법은 유량관측 자료가 없는 지역의 경우 현재에도 사용되고 있는 방법이다. 최근 북한에서 연구가 진행되고 있는 유출모형을 이용하는 방법은 현재 국내에서 널리 이용되고 있는 방법이다.

(3) 유출량 산정 및 홍수추적

하천 유출량 산정 문제는 우리나라와 마찬가지로 북한에서도 가장 활발한 연구 분야 가운데 하나인 것으로 생각된다. 이 분야에서 진행되는 연구 형태는 크게 두 부류로 나눌 수 있다. 하나는 수위, 하천단면 등과 같이 하천에서 관측된 각종 수문기상자료를 이용하여 특정 지점의 유출량을 계산할 수 있도록 경험식 혹은 도표를 제시하는 일이다. 다른 하나는 하도홍수 추적 모형, 강우-유출모형 등 강수에 의한 유출 특성을 규명하기 위한 모형을 사용하는 것이다. 북한에서 사용되고 있는 강우-유출 모형으로는 Black-Box 모형인 집중파라메타 모형이 대표적으로 많이 사용되는 것 같다. 단위도법과 다중저수지를 결합한 모형에 관한 연구가 수행된 바 있으며, 하도홍수추적 모형은 Muskingum 법과 Saint-Venant 방정식의 근사식인 Kinematic-type의 운동량 방정식을 이용한 해석이 수행된 것으로 생각된다. 그러나 하도의 흐름해석에서 2차원 혹은 3차원 흐름 해석 연구는 이번에 검토된 논문에서 찾아 볼 수 없었다.

하천 유출 및 홍수에보 문제에서 북한과 우리의 수준을 비교하자면 이와 같은 모형 시스템 뿐 아니라 자료관측 시스템 및 모형 계산 방법론 등이 비교되어야 한다. 현재 국내의 홍수에경보 시스템에서는 유역 및 하도 공히 저류함수법을 사용하고 있으며, 관측시스템은 주요 지점의 수위 및 유량관측소로부터 무인방식의 Telemetry에 의한 실시간 자동관측이 되고 있다. 현재 북한의 홍수에보는 현업적 예보를 하고 있으나 관측 및 자료전송의 자동화, 자료수집 및 분석의 자동화, 예보계산의 전자계산기화, 예보결과 통보의 자동화 등 실시간 예보의 필요성이 인식되고 있는 단계로 아직 현업에 이용되지는 않는 것으로 판단된다.

(4) 유사 및 안정하도

북한에서 유사와 관련된 연구는 수리학 분야에서 가장 많은 연구가 진행되는 분야 중에 하나인 것으로 판단된다. 이는 수자원의 효율적인 이수 및 치수를 위해서는 유사문제가 기본적인 문제일 뿐 아니라 특히 북한에서는 강우시 황폐한 야산에서 발생하는 유사문

제가 사회적인 문제이기 때문으로 생각된다. 북한에서 진행되고 있는 대표적인 유사 연구 논문은 저수지 퇴사량 추정에 관한 문제, 년부유사량 추정식 개발, 하상세굴 및 안정하도 등이다. 이들의 공통적인 특징은 관측된 유사량 자료를 근간으로 하고 있다는 것이다.

(5) 열흐름 및 수온

북한에서도 우리나라와 마찬가지로 하천의 수온변화에 관한 연구가 진행되고 있다. 몇 편의 논문으로 전체적인 경향을 파악하기는 어려운 문제이지만 북한에서는 하천의 생물 및 수질에 영향을 미칠 수 있는 화력발전소 배출수의 수온변화를 일차원적으로 해석한 사례가 있었고, 농업용 관개용수에 필요한 저수지 물온도의 계산을 열평형식 개념으로 수행한 바 있다. 이에 비해 우리나라와 같이 원자력발전소의 온배수에 관한 다차원 해석 논문은 찾아 볼 수 없었다.

(6) 얼음공학(Ice Engineering)

우리나라에서는 거의 연구가 되고 있지 않는 열역학과 에너지 평형 개념에 의한 얼음두께 계산, 저수지에 얼음이 어는 날짜 예측에 관한 연구가 진행되고 있는데, 이는 지역적 특성에 따른 관심 분야의 차이로 생각된다.

(7) 지하수

현 단계에서 북한의 지하수 관련 문제는 지표수 문제보다 관심이 덜한 것 같다. 전체 83편의 논문 가운데 2편 정도가 있는데, 주 내용은 북한의 지하수 분포 상태 및 매장량 계산, 지하수위 변화에 대한 수치모형이다. 수치모형은 컴퓨터의 보급 문제로 인해 그렇게 활발한 것 같지는 않다.

(8) 환경(수질) 공학

북한에서도 우리와 마찬가지로 수량적인 문제 이외에도 수질 문제에 관심을 갖기 시작하는 것 같다. 오염물의 배출기준, 비료나 종이공장의 폐출수를 화력발전소의 재처리장 같은 장소에서 중화하는 자연정화 방법 등이 소개되고 있다. 특히 하천에서 오염물질의

분포계산을 위한 다차원 모형이 소개되고 있는 것이 특징적이다.

3. 수자원 관련 기관

금번에 수집된 논문을 중심으로 수자원 관련 기관의 특성 및 역할을 살펴보면 다음과 같다.

3.1 연구소

(1) 수문연구소

수문학 관련 연구가 가장 활발히 진행되고 있는 연구소 가운데 하나라 판단되며, 주요 연구분야는 기상 및 수문자료의 통계적 분석, 수자원의 분포 특성 분석, 설계 홍수량 산정방법 개발, 용설, 수면온도 산정, 강우-유출모형 개발, 하도홍수추적모형 개발, 침투량 실험 및 대표유역 운영 등 북한에서 이루어지고 있는 수문학 분야의 전 부분에 관한 연구가 진행되고 있다.

(2) 기상수문연구소

본 연구소 역시 수문연구소와 함께 북한에서 연구되고 있는 수문학의 제반 분야에 대한 연구가 수행되고 있다. 수문연구소와 같이 수문자료의 통계적 분석 및 홍수추적모형 개발 이외에도 유사 및 안정하도, 지하수 수치해석, 수질오염 해석 등이 진행되고 있는 것이 특징이다.

(3) 수리공학연구소

금번에 조사된 논문 가운데 수리공학연구소에서 발표된 논문은 '열흐름이 있는 중소하천에서 물온도의 변화', '저장함수법의 모형파라미터에 대한 수리학적 고찰' 등 단지 2편에 불과하여 그 특성 및 역할을 파악하기는 다소 무리이지만, 발표 논문의 내용에 의하면 화력발전소 온배수에 의한 하천온도 변화 예측 및 하도홍수추적 모형의 수리학적 접근 등으로 판단된다.

(4) 중앙예보연구소

본 연구소는 유출량 산정을 위한 수위-유량관계 곡선의 작성, 하도홍수추적을 위한 수치모형 개발 등의

업무를 수행하고 있는 것으로 판단되나, 수문학 분야에서는 기상수문연구소의 역할과 별 차이가 없는 것으로 보인다.

(5) 국가과학원 지리학연구소

금번에 조사된 논문은 '수리통계학적 선형예보모형에 의한 저수지의 년류입량추정방법' 1편으로 그 내용은 하천의 연유출량을 산정하기 위한 통계적 모형에 유도한 것이다. 이 논문만으로 판단할 때는 연구소의 역할이 수문자료의 조사분석에 속하지만, 연구소의 명칭을 감안할 때 지리학과 관련된 기타의 연구가 많이 수행될 것으로 생각된다.

(6) 서해해양연구소

해류 시계열의 스펙트럼 분석 및 해수의 온도변화 분석 등과 같은 해안 및 항만공학 분야에 연구를 수행하는 것으로 판단된다.

3.2 현업 관측소 및 예보소

현업에서 수문자료를 정기적으로 수집하는 기관으로는 기상수문관측소(평안남도, 평안북도, 함경남도, 강원도, 개성 등), 수문관측소(함경북도 어랑군), 평안북도 박천수문예보소, 함경북도 선봉해양예보소, 평안북도 어랑군 등), 수문예보소(평안북도 박천 등), 수문조사통보소(청천강, 레성강 등), 해양예보소(함경북도 선봉 등)가 있다. 이들 현업기관에서는 기상 및 수문자료를 정기적으로 수집하고, 하천단면 측정, 유사량 및 하상변동 조사 등을 수행하는 것으로 판단된다. 이외에도

실측자료와 관련된 관측기기 개발, 유출량 곡선 산정 등을 수행하고 강우-유출모형의 한 부분에 해당하는 초기손실모형 등을 개발하는 일까지 수행하고 있는 것으로 판단된다.

3.3 대학

금번에 조사된 83편의 논문 가운데 대학에서 발표된 논문은 수리동력대학의 '간석지 및 강바닥 토질의

표 2. 연구기관의 특성 및 역할

구분	명칭	논문수	주요역할
연구소	수문연구소*	17	각 관측소에서 수집된 수문자료를 분석하고, 유출량 산정 모형 개발 등 수문분야에 관련된 모든 연구를 수행하는 것으로 판단됨
	기상수문연구소	20	수문연구소에서 하는 연구 이외에도 유사문제, 지하수, 수질해석 등의 연구를 수행하며, 수문연구소와 비슷한 역할을 수행하는 것으로 판단됨
	수리공학연구소	2	발전소 온배수 문제 등 수리학의 제반 연구를 수행할 것으로 예상
	중앙예보연구소	4	수문학 분야에서는 기상수문연구소와 비슷한 역할을 담당
	서해해양연구소	2	해양 및 항만공학 관련 연구를 수행할 것으로 예상
	국가과학원 지리학연구소	1	지리학 관련 연구 수행
관측소	기상수문관측소 (평남, 평북, 함남, 강원, 개성)	12	수위, 유사, 하천단면 측정 등 기상수문자료 관측 및 이들과 관련된 간단한 분석 수행
	수문조사통보소 (청천강, 예성강)	5	
	수문관측소 (함경북도 어랑군)	1	
	평안북도 박천수문예보소	2	
	함경북도 선봉해양예보소	1	
대학	수리동력대학	1	수문인력 양성 및 수리관련 연구 수행
	평양 기상수문 전문학교	1	기상수문인력 양성 및 수리관련 연구 수행
기타	중앙기상수문해양 자료보급사	5	기상수문해양자료 보급 및 자료분석 연구 수행
	평양지구 물자원조사대	2	물자원 조사 및 분석
	평안남도 개천 수문지질탐사대	1	지하수 분포상태 및 매장량 조사 분석
	황해남도 농촌경리위원회	1	농업관련 수리사업 수행

주 : *표시의 수문연구소와 기상수문연구소가 동일 기관인지가 명확하지 않음.

패임안정성' 및 평양기상수문전문학교의 '임의의 한 점 측정자료에 의한 측선평균흐름속도계산' 등 단지 두 편에 불과하다. 전자의 논문은 유사 및 하상변동과 관련된 분야의 논문이고, 후자는 유출량 산정을 위한 하천의 평균유속 계산방법을 제안한 것이다. 이와 같이 북한의 수자원 관련 연구는 대학보다 연구소 및 관측소를 중심으로 진행되고 있고, 대학에서는 연구보다 수리·수문분야의 전문인력 양성이 주요 역할인 것으로 판단된다.

3.4 기타

(1) 중앙기상수문해양자료보급사

본 기관은 명칭에서 알 수 있는 것처럼 각종 기상, 수문, 해양자료를 보급하는 일 이외에도 전국의 관측소에서 수집되는 유속자료를 이용하여 수위-유량 관계곡선을 작성하여 일유출량을 계산하고, 새로운 유량산정 방법을 개발하는 역할을 하는 것으로 판단된다.

(2) 이와 같은 기관 이외에도 평양지구 물자원 조사대, 평안남도 개천수문지질탐사대, 황해남도 농촌경리위원회 등에서 각각 1~2편 수문 관련 논문들이 발표되었으며, 그 내용은 관측소에서 수행하는 것과 비슷하다. 연구기관의 특성 및 역할을 요약하면 표 2와 같다.

4. 사용기기 및 참고문헌 활용도

(1) 컴퓨터

이번 분석에 이용된 83편의 논문 가운데 일부 논문에 '전자계산기'에 대한 언급이 있지만, 어떤 기종이 사용되는지, 성능이 어느 정도인지를 짐작할 만한 내용은 없다. 따라서 그들의 컴퓨터 기기의 수준을 직접 평가할 수는 없지만, 그들의 연구 내용을 자세히 검토하면 간접적으로 평가할 수 있다. 즉 공학에서 컴퓨터의 주요 사용목적 가운데 하나는 모형의 지배 방정식에 대한 해석해를 얻을 수 없는 경우 수치해석 기법을 이용한 근사해를 구하는 것이다. 그들의 수치해석 수

준을 검토한 결과 하천에서 물 흐름을 기술하는 1차원 Saint-Venant 방정식을 유한차분법에 의해 해석한 경우는 몇 편 발견할 수 있으나 격자 생성(grid generation)을 포함한 2차원 또는 3차원 흐름을 해석한 경우는 없는 것으로 봐서 컴퓨터 기기의 보급은 상당히 제한적이고, 사용 수준은 초보 단계인 것으로 판단된다.

(2) 실험기기

북한에서 발행되는 논문의 상당한 분량이 관측 자료를 분석하는데 그 목적이 있는 것으로 판단할 때 관측기기는 상당히 보급되었을 것으로 판단된다. 그러나 전체 83편의 논문 가운데 실험 논문은 2편 정도인 것으로 보아 상시적으로 관측되는 강우, 하천유출, 유사량 자료 등을 제외한 실험은 별로 진행되고 있지 않은 것 같다. 또한 논문 작성시 실험기기에 대한 구체적인 언급이 없어 그들의 수준을 평가하기는 어렵지만 논문상에 나타난 문구를 의미해볼 때 강우계는 보통우량계와 자기유량계, 수위계 역시 준척수위계(staff gauge) 및 자기수위계(recording stage gauge), 유속측정은 프로펠러식 회전유속계, 증발량은 구리 증발접시가 사용되고 있는 것으로 판단되나, 이들을 무인방식으로 자동 송신할 수 있는 통신 및 컴퓨터 시스템은 구축되어 있지 않은 것으로 판단된다. 최근 초단파 통신에 의한 유속 및 유량 측정 실험 등 관측 장비의 전산화에 노력을 기울이는 것 같다.

(3) 참고문헌 활용도

이번에 검토된 논문을 바탕으로 판단할 때 참고문헌의 활용도는 매우 부족한 편이다. 총 83편의 논문 가운데 참고문헌이 인용된 경우는 9편이고, 나머지는 전혀 인용되어 있지 않다. 또한 인용된 참고문헌은 러시아(구 소련)의 논문이 큰 비중을 차지하고 있고, 세계기상기구(WMO : World Meteorological Organization) 보고서 역시 큰 비중을 차지하고 있다. 참고문헌이 있는 논문의 경우 참고문헌 인용 수는 약 1~6개 정도이며 평균 3.3개이다.

5. 맺음말

금번에 검토된 83편의 논문을 우리나라 수리·수문 분야의 논문과 비교할 때 다음과 같은 몇 가지 특징을 발견할 수 있었다.

(1) 논문으로서의 체계 부족

일반적으로 논문을 작성할 때에는 연구배경, 필요성, 연구동향 및 목적이 서론에 포함되고 이론, 접근방법 및 연구 결과 등이 본론에 기술되며 마지막에 결론 및 향후 계획 등이 포함된다. 북한에서 발행되는 논문은 연구의 필요성 및 목적은 기술되어 있으나 해당 연구와 관련된 연구동향은 잘 기술되어 있지 않고, 특히 외국의 연구 경향은 없는 상태이다. 또한 해당 연구의 이론은 어느 정도 기술되어 있지만, 논문에서 가장 중요한 접근방법 및 연구 결과에 대한 언급이 매우 빈약한 편이다. 거의 대부분의 논문이 논문 말미에 연구결과를 조금 기술해 둔 상태이므로 연구 목적이 달성되었는지에 대한 판단이 매우 어렵다. 또한 참고문헌의 인용이 매우 빈약한 것이 특징이다.

(2) 연구주제의 제한성

앞 절의 연구분야별 특징에서 알 수 있는 것처럼 북한에서 진행되고 있는 연구 주제는 수리·수문 분야의 실무와 매우 직결된 주제로 제한되어 있는 느낌이다. 수문학 분야에서는 수문자료의 통계적 분석, 유출량 산정 및 홍수 수문곡선의 유도가 거의 대부분을 차지하고 있고, 수리학 분야는 유사 및 하상변동 분야에 많은 연구가 진행되고 있는 것으로 볼 때 주로 수자원의 이수 및 치수 문제와 직결된 연구에 관심을 가지고 있는 것 같다. 도시수문학, 저수지 시스템의 연계운영, 상수도 관망해석 분야, 수리모형실험 등의 연구 결과는 찾아 볼 수 없었고, 일부 1~2편의 하천수질 논문이 발표되기는 하였지만 최근 국내에서 관심이 고조되고 있는 자연형 하천 및 하천환경 분야는 아직 연구가 진행되고 있지 않은 것으로 판단된다.

(3) 연구소 위주의 연구

북한에서는 대부분의 연구가 대학보다는 연구소 및 관측소 중심으로 이루어지는 것으로 판단된다. 금번에 조사된 논문 가운데 논문 저자의 소속이 불분명한 것을 제외할 때 연구소에서 발표된 논문이 46편, 관측소, 통보소 및 예보소에서 21편, 대학이 2편, 기타 9편인 것으로 나타났다. 대학은 전체의 약 2.6%에 불과하고 연구소 및 관측소의 논문이 85.9%로 대부분의 연구가 연구소를 중심으로 이루어지고 있는 것으로 판단된다.

(4) 외국과의 교류 제한성

북한에서 발표되는 논문에 인용된 외국의 논문은 검토할 때 외국과의 교류가 상당히 제한되어 있는 느낌이 있다. 일부 논문에서 러시아(구 소련)와 세계기상기구의 논문 및 보고서가 인용되고 있기는 하지만 상당히 제한적이다.

(5) 우리나라 논문 수준과의 비교

북한에서 발행되는 논문을 우리나라의 수준과 비교할 때 보고서 수준의 논문도 상당히 포함되어 있다. 또한 외국과의 교류 및 컴퓨터 시설 보급의 제한 등의 이유로 최근의 국제적인 연구 추세에는 이르지 못하지만 특정 분야의 이론은 상당히 발전되어 있는 것으로 생각된다. 그들의 장점 가운데 하나는 관측소에 수문관측원이란 전문 직업인들이 있어서 관측자료가 일관되게 수집되는 것으로 판단된다. 북한의 전반적인 논문 수준을 우리나라의 수준과 비교할 때 80년대 초반 정도의 수준으로 평가되며, 컴퓨터 등과 같은 전산기기 및 통신시설이 보완되면 그들의 수준은 급격히 향상되리라 생각된다.

그러나 이러한 분석은 금번에 조사된 학술지 '기상과 수문'에 게재된 83편의 논문에 근거한 것이므로 만약 '환경공학지'나 '해안항만공학지' 등 기타의 수자원 관련 전문 학술지가 발행된다면 그 결과는 달라질 수 있다는 것을 밝혀두고자 한다. ●