북한의 수문조사 체계 분석과 평가

Analysis and Evaluation of the Hydrologic Data Survey System in North Korea

이광만*, 황의호, 고덕구
Gwang Man Lee, Eui Ho Hwang, Deuk Koo Koh

요 지

2000년 남북정상회담 이후 여러 분야에서 남북한경제협력사업이 진행되어 오고 있다. 특히 물 관련 산업 분야는 금강산관광, 개성공단, 경의선 및 동해선 철도·도로 연결사업 등과 같은 대규모 사업에 비해 미약하나마 임진강 유역 수해방지를 위한 협력체계가 어느 정도 진행되고 있다. 이 사업은 2000년 8월 29일부터 평양에서 개최된 제2차 남북장관급회담에서 합의되어 2004년 3월에는 남북경제협력추진위원회 제8차 회의에서 임진강 남북 공동 현지조사 등 수해방지 대책수립에 합의하고 동년 4월에는 임진강수해방지 실무협의회 제3차 회의를 통해 현지조사와 관련된 조사항목, 북측에 제공할 조사용 기자재 품목, 북측의 기상·수문 자료 제공 등에 대한 합의가 있었다. 이상과 같이 남북한 공유하천에 대한 협력체계도 타 분야와 마찬가지로 지속적으로 발전하여 보다 효과적인 협력체계 단계로의 진입이 예상되고 생활·공업용수 공급, 하천관리 및 골재개발 등 보다 넓은 영역에서 다양한 협력을 기대할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 북한과의 수자원분야 협력사업이 확대될 경우를 대비하여 북한의 수문조사 체계의 일반을 분석하여 제시하고자 하였다.

핵심용어: 남북수자원분야 협력, 기술수준, 수문조사 체계

1. 서론

본 연구에서는 미래지향적 관점에서 북한과의 수자원분야 협력 사업이 확대될 경우를 예상하여 북한의 수문조사와 관련하여 하천망과 수문권역, 조사방법, 수문계수 및 수질항목, 관련 연구 분야와 내용 등 조사 체계의 일반을 분석하여 제시하고자 하였다. 따라서 본 연구는 북한의 수문조사 방법이나 기술수준을 판단하고 향후 기대되는 수자원 분야 남·북협력사업에서 이용 가능한 수문자료의 실태와 활용방안을 가늠할 수 있는 정보를 제공하고자 하였다.

2. 북한의 하천분류와 수문구획

2.1 하천분류

북한은 하천분류를 하천동태의 지리학적 개괄을 쉽게 이해하고 수문구획의 기초로 삼기 위하여 수계별 특성이 다양하더라도 일정한 공통적 특징을 가지는 유형으로 나누고 있다. 우선 하천분류의 기준은 하천의 수원(함양원)과 흐름상태의 변화단계를 고려하여 하천의 함양원천과 하천

* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원 공학박사 · Email : lkm@kwater.or.kr

유출의 연간분포특성을 활용하고 있다. 이는 다시 말해 함양론적 측면에서는 강우와 융설 그리고 강우만으로 함양되는 하천으로 구분한다. 흐름상태의 발전단계에 대해서는 유출의 연간분포, 최소값과 최대값의 도래시기와 반복정도, 유량증가와 감소과정의 특성, 3개월 유량의 최소와 최대, 유출의 월별·계절별 분포 그리고 자연 지리적 특징 등을 이용하여 판단하고 있다. 북한은 이와 같은 분류기준에 따라 하천을 2종류 10개 유형으로 구분하고 있는데(표 1) 이를 위한 지도화 작업(황태순, 1992)과 유역과 하천의 속성을 개발하는 연구(위재명과 윤광현, 2000)가 진행되고 있음을 알 수 있었다.

표 1 수원(함양원) 및 유출특성에 의한 하천분류

분류	하천형	주요 지역
제1분류 (강우·융설)	내륙동부하천형	두만강 상류부와 서두수, 연면수, 소홍단수, 성천수 등
	내륙서부하천형	압록강 중·상류부와 장자강, 장진강, 허천강, 삼수천 등
	서해안북부하천형	압록강 하류부, 청천강하류, 대동강하류 등
	서해안중부하천형	예성강, 한강본류, 임진강, 북한강, 안성천, 삽교천 등
	서해안남부하천형	금강, 만경강, 동진강, 영산강 등
	동해안북부하천형	두만강 중·하류, 수성천, 어랑천, 남대천(길주) 등
	동해안중부하천형	남대천(단천), 남대천(북청), 성천강 및 남대천(안변) 등
	동해안남부하천형	남강, 남대천(양양), 삼척오십천, 형싱강 등
제2분류 (강우)	남해안하천형	낙동강, 섬진강, 남해안으로 유입하는 하천들
	제주도하천형	제주도의 모든 하천

2.2 수문구획

북한은 하천유형과 지역수문학적 특징을 기본으로 지형이나 유출이 진행되는 사면 등 자연지리적 조건을 반영하여 수문지리구획을 설정하고 있는데 유출방향, 수계의 특성, 유출의 연간분포, 수위상승과정 및 유출형태 등을 고려하여 표 2와 같이 남한의 대권역 및 중권역 구분과 같은 수준으로 4개 대권역과 13개 분구로 구분하고 있으며 그림 1과 같다. 이를 위해 주제도 구성을 자동화하기 위한 기호체계의 설계(윤일, 1992)와 수문구획 구분을 위한 항공사진처리방법(최동륜, 1993), GIS기반 수문자료시스템의 하천자료 검색방법에 대한 연구(김주화와 손광남, 2000) 등이 문헌에서 확인되고 있다.

표 2 북한의 수문지리구분을 위한 대권역 및 분구

대권역	분구
북부고원구(Ⅰ)	백마고원 및 백무고원 분구(Ⅰ-1)
	압록강 하류 분구(Ⅰ-2)
	두만강 하류 및 중류 분구(Ⅰ-3)
서해안구(Ⅱ)	청천강 및 대동강 유역 분구(Ⅱ-1)
	예성강 및 임진강 유역 분구(Ⅱ-2)
	한강유역 분구(Ⅱ-3)
	금강 및 영산강 유역 분구(Ⅱ-4)
동해안구(Ⅲ)	수성천 및 남대천(길주) 유역분구(Ⅲ-1)
	남대천(단천) 및 남대천(안변) 유역 분구(Ⅲ-2)
	남강(고성) 및 형상강 유역 분구(Ⅲ-3)
남해안구(Ⅳ)	낙동강 상류 및 중류 분구(Ⅳ-1)
	낙동강 하류 및 섬진강 유역 분구(Ⅳ-2)
	제주도 분구(Ⅳ-3)

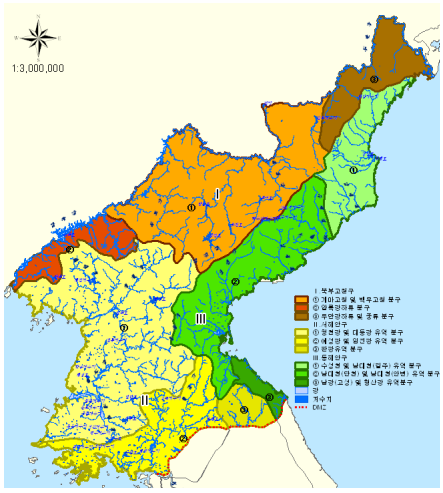

그림 1 북한의 수문지리 구획도

3. 수문조사 내용

3.1 하천망과 유역특성

북한의 하천망 조사는 본류와 지류에 상관없이 최소 길이 5km이상에 대해 조사한 것으로 나타났으며, 이에 따른 하천 총수는 6,610개이다. 이중 하천길이 50km이하의 하천은 6,475개(98%)이며, 길이 50~200km는 121개(1.8%), 200km이상은 4개(0.2%)이다. 또한 하천을 북쪽, 서해, 동해 그리고 남해로 유입하는 하천으로 구분하고 있으며, 유역면적에 따라 하천을 구분하기도 하였는데 10,000km^{2}인 하천은 6개이다. 또한 수계별 하천의 수와 하천의 만곡률과 밀도 등을 조사하였고 지류의 발달정도를 파악하고 있는데 압록강과 두만강은 5차 지류까지 구분하고 있다. 하천유역의 특성에 대해서는 분수계와 형태학적 특성 등을 고려하여 유역면적을 50km^{2}이하로부터 10,000km^{2}이상까지 9등급으로 구분하여 유역경계의 길이, 유역의 평균 폭, 유역계수 및 평균높이 등을 조사하고 있다.

3.2 강수와 유출

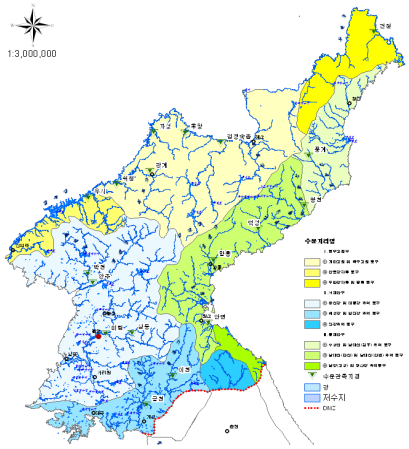

그림 2 북한의 주요 수문관측소 위치도

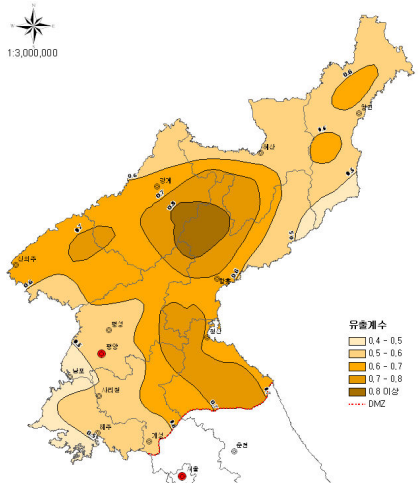

그림 3 북한 지역의 등유출계수도

북한은 수원을 강우, 융설, 지하수, 호소수 및 얼음 등으로 구분하고 있다. 조사 항목으로는 강우에 대해서는 연평균 강우량을 19개 유역으로 구분하여 제시하고 있으며, 관측지점 강우량과 유역·관측소별 자료를 조사하여 월 자료를 제시하고 있다. 특히 강우관측소는 최소 65개 이상으로 나타났으며, 24개 유역에 대해 2~5개의 관측소 지점별 우량자료를 제시하고 있는데 29개 관측소에 대한 기상정보는 WMO를 통해 구할 수 있다. 그림 2는 북한전역에 설치되어 있는 수문관측소의 위치도이다.

한편 유량자료에 대해서는 장기 유량은 30 및 60년 평균자료가 있으며, 연평균 유량과 유출률, 유출심 및 유출계수를 수문관측소별로 조사하고 있다. 또한 연평균유량에 대한 빈도별 보장유량을 10, 20, 25, 50, 75, 80 및 90%로 구분하여 제시하고 있다. 유출 관련 조사내용 중 특이한 것은 지점간 유출식을 회귀방정식을 이용하여 결측자료의 보완에 이용하고 있다. 계절별 유출 자료는 주요 관측지점에서의 월 유량과 월별분포, 특히 관개를 고려한 계절별 분포 등의 변동성을 조사하고 있다. 물론 하천과 저수지에서의 증발산량도 조사하고 있는데 관측소에서는 연평균 350~600mm, 저수지에서는 700~900 mm 정도로 조사되었다. 그림 3은 북한 전역의 등 유출계수를 도시한 것이다.

3.3 가뭄과 홍수

홍수에 대해서는 북한도 매년 3~5회, 많은 해에는 6~9회 발생하고 있으며, 예성강과 대동강 등 서해안 하천에 집중적으로 발생하고 있으며, 압록강이나 두만강 등에서는 1~2회 정도 발생하고 있다. 1950년대 이후 1980년까지 주요 하천에서의 홍수 발생횟수는 많게는 100회, 적게는 20회에 이르는 것으로 나타났다. 홍수지속기간은 큰 하천에서는 보통 5~10일 사이이고 작은 하천에서는 2~3일이고 첨두유량은 1~2일 사이에 끝나는 것으로 나타났다. 홍수통계조사 자료로는 주요 지점에서의 연 최대홍수량과 연평균 최대홍수량, 연평균 최대홍수량과 연평균유량의 비, 최대 첨두유량의 상승률(cm/시간)과 하강률(cm/시간)을 그리고 이들의 평균값을 구하고 있다.

또한 주요 유역별 홍수사상을 조사하고 있으며, 유역내에서 강우분포를 고려한 홍수유출을 해석하고 있는 것으로 나타났다. 홍수빈도에 대해서는 발생빈도와 유량의 크기를 호우사상별로 분석하고 있으며, 역사적인 홍수사상에 대해서는 상세히 조사하여 기록하고 있다. 아울러 대홍수시 전국적으로 등강우선도를 작성하고 유역별 주요 관측소의 시간별 유량을 분석할 뿐만 아니라 홍수 발생원인에 대한 연구도 진행되고 있는 것으로 파악되었다.

3.4 이상기후

북한은 이상기후에 대한 연구도 진행하고 있는 것으로 나타났다. 북한은 이상기후의 영향으로 1967년을 전후하여 수자원량이 급격히 감소하고 수문학적 특성이 변하였으며, 1972~1973년부터 더욱 심해진 것으로 판단하고 있다. 이를 분석하기 위해 수문변수의 편차누적곡선을 작성하여 변동성을 평가하고 있으며, 북한이 추정하고 있는 수문학적 이상년은 1929, 1931, 1968과 1977년이다. 특히 1967년에는 대동강 유역에서 재현기간 600년에 해당하는 홍수가 발생하였고, 1975년에는 청천강 유역에 1일 525.5mm의 강우가 내렸다는 기록이 있다. 최근의 연구사례에 의하면 평양지방에서 여름철 기온은 1990년대를 제외하면 0.3~ 1.3℃ 낮아졌으며, 강수량은 봄철은 적어지고 여름은 편차가 더욱 켜졌으며, 가을은 약간 증가한 경향을 보인 것으로 나타났다(서강훈). 원산지방에서도 100년간의 기후변동특성을 분석한 결과도 봄 및 겨울철 기온은 높아지고 여름철 기온은 낮아졌으나 연평균기온은 높아진 것이 확인되고 있다(김광혁과 김금철).

3.5 하천 수질

북한도 하천수의 이용을 위해 양적인 측면과 함께 수질조사를 수행하고 있다. 아울러 이용분야별 하천수질 허용기준을 정해 활용하고 있으며, 수질분포와 변화특성을 조사하고 있다. 우선 용수이용 분야별로는 음용수, 농업용수 및 공업용수로 구분하고 있는데 음용수는 색도, 철, 망간, 동, 아연, COD, BOD, 총 질소, 불소, 페놀 및 비소 등 유기물질과 무기물질 그리고 중금속 등 20개 수질항목에 대해, 관개용수는 pH, COD, 총 질소, 전기전도도, DO, 비소 및 망간 등 10여개 항목, 공업용수는 제지, 사진, 맥주, 양조, 섬유, 염색, 된장 및 전분 등으로 구분하고 경도, 고형물, Ca^{2+}, Mg^{2+}, 산화철, 규산, 질산, 아질산 및 암모니아 등 주로 이온형태의 물질을 대상으로 하고 있다. 조사 방법은 하천별 주요 지점에 대해 월별, 계절별 그리고 수질관리 취약시점에 대해 조사하고 있으며, 조사대상 수질인자의 최대, 최소, 평균값과 이온의 당량과 중량 등을 조사하고 있다.

4. 수문조사체계 평가

강우와 유출조사항목 측면에서 살펴보면 북한 전 지역을 하나의 조사체계로 구성하였다기 보다는 개별 유역단위로 조사가 이루어지고 있는 것으로 판단된다. 이의 근거로는 우선 유역통합관리 체계나 홍수예경보체계 등에 대한 언급은 찾아보기 힘들며, 다만 개별지점에 대한 조사에 충실하고 이를 유역단위로 발전시켜 합산된 정보를 생산하고 있는 것으로 판단된다. 조사항목들도 비교적 원시자료개념이 강하며, 강우와 홍수자료에 대한 빈도해석이나 예측도 기초통계해석에 중점을 두고 있다. 이 역시 가뭄이나 홍수관리를 위한 제방이나 수리시설물 건설에 PMP나 PMF를 적용하고 있지는 못하고 있는 것으로 판단된다. 다만 유사량 조사나 하천동결조사 등을 볼 때 기초정보에 대한 자료는 매우 충실히 하고 있는 것으로 판단할 수 있다.

하천수의 수질조사 측면에서는 북한의 물 이용과 수리시설물의 운영목적 등을 고려해 볼 때 우리와는 달리 공업용수 이용을 위해 이온형태의 인자에 대한 조사에 치중하고 있다. 이는 아직 정수처리시설이 미흡하고 반도체 등 고도산업기반이 형성되지 못한 결과로 판단되며, 음용수의 경우 지표수를 정수처리하기 보다는 지하수에 의존하고 있어 기본적 수질항목에 대한 조사에 그치고 있다. 하천유수에 대한 수질모의는 DO-BOD 역학구조에 국한되어 있으며, 저수지의 부영양화 등에 대한 조사나 연구는 아직 미흡한 것으로 추정된다.

5. 결론

이상에서 개괄적이나마 북한의 수문조사 현황과 그 체계에 대한 분석을 시도하고 주요 정보에 대한 자료를 제시해 보았다. 본 내용이 북한의 수문조사와 관련된 최근의 상황까지 모든 것을 정확히 언급하고 있다고는 할 수 없으나 70년대이후 근래에 이르기까지 북한의 내부상황과 경제상태 등을 고려할 때 큰 변화가 없었다는 것이 일반적 의견임을 고려하면 어느 정도 북한의 수문조사 체계를 이해하는데 도움이 되리라 생각한다. 다만 제한된 자료와 정보만을 바탕으로 실제 현지 확인이 불가능한 상황에서 작성된 점을 강조하며, 특히 90년대 이후 북한지역내에서 발생한 가뭄이나 홍수피해에 대한 자료를 접할 수 없어 이를 언급하지 못한 것은 아쉬움으로 남는다.

참고문헌

김광혁, 김금철, “원산지방의 기후변동특성”.
김주화, 손광남 (2000) “GIS의 수문자료기지화를 위한 강하천자료 검색방법”, 지질 및 지리과학, No.1, pp.16-18.
서강훈, “최근 년간 평양지방에서 농업기후조건의 변화 특성”.
윤일 (1992) “지도기호체계의 합리적인 설계와 구성에 관한 연구”, 김일성종합대학학보, 제38권 제11호, pp.89-92.
위재명, 윤광현 (2000) “우리 나라 지도에서 호수와 저수지 묘사의 한계와 기재량 설정에 관한 연구”, 지질 및 지리과학, No.1, pp.14-16.
최동륜 (1993) “항공우주사진의 해석적 처리에 관한 연구”, 김일성종합대학학보, 제39권 제11호, pp.81-84.
황태순 (1992) “우리나라 수문지리적 요소들의 지도학적간화에 대한 연구”, 김일성종합대학학보, 제38권 제8호, pp.80-84.