

수력발전산업



이 광 만 |

한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원
lkm@kwater.or.kr



김 우 구 |

한국수자원공사 부사장
wgkim@kwater.or.kr



정 관 수 |

충남대학교 공과대학 토목환경공학부 교수
ksjung@cnu.ac.kr

1. 서론

북한 전력산업의 핵심은 수력발전이다. 이는 유리한 지형조건을 바탕으로 풍부한 수자원을 효과적으로 활용하는데 기인한다. 북한의 수력발전산업은 이미 현재 운영되고 있는 발전설비의 60%가 일제강점기에 개발되었으며, 인민경제발전 제3차 7개년계획시기(1985~1991)에는 전력산업이 정점에 도달한 것으로 알려져 있다. 북한은 한국전쟁 이후 수력자원을 효과적으로 개발하기 위하여 댐식, 유역변경식, 수로식, 갑문식, 대형, 중대형, 중소규모 및 소규모 등의 다양한 방식으로 전방위적 수력개발정책을 지속해 왔으며, 에너지난이 심각한 오늘날에도 수력개발을 통한 에너지 공급난 해소를 끊임없이 도모하고 있는 것

으로 알려지고 있다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 설비 노후화와 홍수 등의 자연재해로 인한 피해복구의 부진, 재원부족으로 인한 적절한 유지관리의 불능, 신규수력개발의 부진 등으로 만성적인 에너지 부족 상태에서 벗어나지 못하고 있다. 본 논고에서는 북한 수자원이라는 큰 틀 속에서 북한의 수력발전산업 현황을 살펴보고 문제점과 향후 발전방향을 진단해 보았다. 특히 북한의 수력발전 건설 사업을 시대별로 정리하고 주요 설비에 대한 설명과 전력계통을 포괄적으로 기술하여 북한전체의 전력사정을 이해하는데 도움을 주고자 하였다. 또한 개략적이거나 북한의 수력발전산업 전망을 제시하여 향후 동 분야의 사업규모와 개발방향 등을 가늠할 수 있는 정보도 같이 제공하고자 하였다.

2. 북한의 전력산업 기본 방향

북한은 전력산업을 자연계에 존재하는 여러 가지 동력자원(연료, 수력, 풍력, 원자력, 태양열, 지열 등)을 개발하여 전기에너지를 생산하는 산업으로 분류하고 있다. 전력산업의 발전을 위해 수력발전과 화력발전을 모태로 대규모 발전소와 중소규모 발전소를 병행하여 균형잡힌 시스템을 구축해 가는 것을 목표로 하고 있다. 산업전반의 경제발전 부진에도 불구하고 전력산업을 정상화하기 위하여 발전능력의 예비를 확보하면서 다른 산업의 발전을 이끌 수 있는 실현방안을 추진해 오고 있다.

이중 수력발전소는 자원이 있는 곳에 건설해야 한다는 특징과 생산된 전력을 공간적으로 분포하는 수요지에 공급해야 한다는 원칙을 고려하고 있다. 이를

위해 수력발전소의 건설은 수력에너지 생산, 홍수조절, 하천운하, 민물어류양식, 관개용수, 공업용수, 생활용수 및 경관조성 등 수자원을 종합적으로 이용하는 측면에서 접근하고 있다. 또한 지형·지질조건이 유리하고 작은 구조물로 큰 효과를 얻을 수 있어야 하며, 지하자원, 경작지, 철도, 도로, 주민이주 및 기존산업시설 등이 저수지건설로 침수되지 않게 하거나 시설물의 이설이 가능한 적어야 한다는 원칙을 세워 놓고 있다. 아울러 시공성이 우수해야 하며 경제적 효과가 뛰어난 곳을 택하고 있는데 언제를 건설하는 골짜기의 단면이 가능한 적고 발전소의 운영관리가 양호하며 건설자재의 확보가 쉬운 곳을 택하고 있다. 조력발전소의 경우는 평균조차가 가능한 크고 짧은 제방으로 넓은 면적의 저수지를 형성할 수 있는 곳을 선정하고 있다.

수력과 화력의 배합비율은 전력생산에서 자연기후적 조건의 변화를 받지 않도록 하는 원칙에서 설정되며 자연상태와 기술발전요인, 경제적 개발 가능성 등에 의하여 끊임없이 변한다. 일정한 지역 또는 전국적 범위에서 동력균형표를 합리적으로 설정하고 발전 수요의 요구에 맞게 개선해 가야 한다는 원칙을 적용한다. 또한 시간대별, 계절별 부하특성에 맞게 발전소 용량, 최대부하와 최대부하 허용시간 등을 고려하여 개발형식, 댐 규모와 전압과 전류의 내부균형 그리고 합리적 배분을 기준으로 하고 있다.

3. 북한의 수력발전 산업

북한의 수력발전 산업은 크게 해방 전과 후로 나누어 설명할 수 있다. 해방 전은 일본의 강점기 시대로 주로 전쟁에 필요한 물자와 군수품을 생산하기 위하여 거점지역 인근의 하천이나 고낙차를 이용하는 유역변경식 수력발전체계를 건설하였다.

실제 현재 북한에서 운영되고 있는 대부분의 수력발전시스템은 일본 강점기에 건설된 것이라 할 수 있으며 북한은 해방 후 이를 기본으로 새로운 생산시설

과 공급체계를 구축해 왔다.

3.1 해방전

북한에서의 수력발전소는 일본이 1923년 통천발전소를 건설하면서 시작되었으며, 한편으로 철원변전소까지 91.8km의 구간에 66kV 2회선 철탑선로를 건설하였다. 그 후 비교적 규모가 큰 부전강발전소와 장진강발전소를 건설하고 그 일부 전력을 평양과 서울에 송전하기 위하여 1935년에 154kV 2회선 철탑선로를 건설하였다. 이와 같이 대규모 수력발전소와 함께 장거리 송전선이 건설되면서 도시에 있던 소규모 화력발전소들이 폐기되고 전력산업은 수력위주로 재편되었다.

이후 일본은 대륙침략을 개시하면서 전쟁을 위한 군수공업과 관련된 주로 화학공장과 금속공장 등 반제품을 생산하는 공장을 건설하고 이곳에 전기를 공급하기 위하여 1940년에는 허천강과 흥남사이, 1941년에는 수풍댐과 평양사이에 송전선을 건설하였다. 이 시기 전력계통을 이루는 전압은 64, 110, 154 및 220kV로 각기 다른 전압의 송전망이 일본이 건설한 공업지대 위주로 소비지와 방사형으로 무질서하게 연결됨으로서 전력공급체계가 지역적으로 편중되었다.

예를 들면 흥남지구의 비료공장, 제련소 등에 전력을 보장하기 위해 110kV의 장전과 사포사이, 부전과 흥남사이, 장전강, 부전강 및 허천강 발전소 전력을 청진제강소지구와 청진지구 부량야금공장 등에 보내기 위해 기단선(기곡개폐소와 단전개폐소 사이), 단청선(단천개폐소와 청진수성변전소 사이), 허흥선(허천강발전소에서 흥남변전소 사이), 허청선(허천강발전소에서 청진수성변전소 사이), 청부선(청진수성변전소에서 부령발전소 사이) 등이 건설되었다. 한편 서부지구에서는 수풍발전소로부터 평양과 서울사이 그리고 장진강과 부전강발전소 전력을 서부지구에 공급하기 위한 장평선(장진강발전소와 평양 사이)이 건설되었다.

북한은 해방전 일본에 의해 이루어진 수력발전산

업을 약탈적 목적으로 건설된 송전망 구성으로 인해 발전소간, 지역간 전력흐름이 원활하지 못했으며, 국토건설과 토지이용 측면에서 발전을 저해한 것으로 평가하고 있다. 또한 한 개의 선로를 통해 높은 전압으로 송전할 수 있게 건설되지 않아 전력손실이 크며, 계통운영을 합리화 할 수 없었던 것으로 평가하고 있다. 이와 같은 문제점은 90년대 경제후퇴기를 거치면서 설비의 현대화나 재투자 등이 적절히 이루어지지 않아 오늘날에도 전력산업에서 북한이 안고 있는 가장 큰 문제로 남아 있다.

3.2 해방후

북한도 해방 후 새 사회를 건설하면서 산업경제를 하루빨리 복구하고 늘어나는 전력수요를 보장하기 위하여 전력산업 육성에 많은 투자를 하게 된다. 우선 수풍, 허천강, 장진강 및 부전강 발전소를 비롯한 기존 시설을 복구하고 변전소와 도시, 농촌을 연결하는 송전선을 건설하였다. 1949년에는 110~220kV급 1차 변전소 10개소, 22~66kV급 2차변전소 276개소, 10kV급 산업변전소 3개소에서 모두 166만 kVA이상의

변전설비가 복구 또는 신설되었으며 송전선의 총 연장은 7,000km로 확대되었다.

이후 한국전쟁을 거치면서 파괴된 시설들을 복구하고 전쟁 후 인민경제복구발전 3개년계획(1954~1956)을 통해 수력발전생산을 1956년에는 전후 직후에 비해 5배 이상 늘린 것으로 나타났다. 이 기간에는 공업입지와 관개사업이 적극 추진됨에 따라 새로운 송배전선이 건설되고 동부지구와 서부지구를 연결하는 220kV의 새 송전선이 건설되어 전력응용능력이 높아졌다. 구체적으로는 수풍과 평양간, 장진과 평양간, 부전과 흥남간, 장진과 사포간에 특고압송전선이 복구되었고 함흥화학공업지구를 비롯하여 주요 공업지역에 전력을 보장하는 한편 66kV급 지방송전선인 수풍과 락원간, 운산과 개천간, 수풍과 북중사이를 비롯해 모두 1,000km의 구간에 새로운 송전선을 건설하여 수력발전에너지 활용하게 되었다.

이어진 5개년인민경제시기(1957~1961)에는 장자강발전소가 완성되었고 중소규모수력발전소들이 건설됨으로써 전력생산이 증대되었으며, 서부지역에서는 강제청년발전소와 운봉발전소 건설이 추진되었다. 인민경제발전7개년시기(1961~1967)에는 강제청년발

표 1. 해방전 북한지역내 주요 수력발전소건설 현황

하천	저수지	행정구역	유역면적 (km ²)	평균유량 (m ³ /s)	수면적 (km ²)	사용수량 (m ³ /s)	총낙차 (m)	시설용량 (kW)
장진강	장진강체계	장진, 영광	1796.4	38.75	48.91	34~35	1011.8	346,770
	장진호	장진	1510.6	33.51	46.0			
	장진2호	장진	215.8	5.24	2.91			
부전강	부전강체계	부전	937.5	17.81	22.43	17~36	1156	202,260
	부전호	부전	794.0	14.18	20.34			
	한대2호	부전	81.2	1.59	1.62			
	수산3호	부전	62.3	2.03	0.47			
허천강	허천강체계	풍서, 풍산 허천, 단천	2478.2		37.68	32~70	888	354,600
	풍서호	풍서	1253.7	16.8	17.97			
	황수원	풍산	529.0	9.3	11.38			
	내중	풍산	278.6	3.6	6.28			
	사초평	풍산	416.9	4.9	2.05			
압록강	수풍호	삭주	52328	735.9	298.16	635.8	76.6	700,000

전소와 운봉발전소가 건설되었으며, 3월17일발전소의 공사가 시작되었고, 평양화력발전소가 준공되었으며, 북창화력발전소의 건설이 시작되었다. 아울러 중소규모의 수력발전소가 다수 건설되었으며, 화력발전소의 생산능력도 높아졌다. 따라서 수력부문 전력생산 시설용량은 전체의 65%인 190만kW에 이르렀다. 인민경제발전 6개년시기(1971~1976)에는 수력자원 개발이 대대적으로 이루어졌는데 중국의 자금지원과 동유럽국가에서 제작된 설비를 이용하여 두만강의 지류인 서두수를 막아 연면수와 소흥단수를 유입시킨 후 함경산맥을 넘어 동해사면으로 발전하는 3월17일발전소를 완성하였다. 이 기간 동안 대동강발전소가 완성되었으며 위천 및 회천발전소 건설이 추진되었다.

전후 수력발전산업은 인민경제발전 제2차 7개년계획시기(1978~1984)에 이르러 1981년 10월 5일 당중앙위원회 제6기 제4차 전원회의에서 30만 정보의 간석지를 개발하고 20만 정보의 새 땅을 찾아내며 서해갭문과 태천발전소의 건설을 독려한 대자연개조사업에 의거 새로운 국면을 맞게 된다. 이때 대동강발전소와 3월17일발전소의 제3호발전기와 남리발전소, 미림갭문발전소가 완성되었고 관개수로와 연결되는 새로운 형태의 태천발전소와 위원발전소 건설이 적극 추진되었으며, 평안북도와 량강도를 비롯한 곳곳에서 중소형수력발전소의 건설이 진행되었다. 일례로 1983년 기준 수력발전시설용량은 전체설비의 50%를

차지하며 250만kW에 이르게 되었다.

인민경제발전 제3차 7개년계획시기(1985~1991)에는 전력산업이 정점에 도달한 때로 총발전량이 1,000억kWh에 이르게 된다. 이 때 역시 풍부한 수력자원을 적극 개발 이용하여 수력에 의한 발전능력을 결정적으로 늘려 수력발전의 비중이 급격히 상향되었다. 이 기간에는 이미 건설된 태천발전소를 비롯하여 공유하천의 유역변경과 댐의 안정성 문제로 남한과 갈등을 빚은 임남댐발전소와 회천발전소, 남강발전소, 금야강발전소 및 어랑천발전소 등 대규모 수력발전소의 건설이 시작되었으며, 에너지난 타개를 위해 큰 하천에서는 갭문발전소의 건설이 활발했고 또한 각지에서 중소규모 수력발전소 건설이 독려되었다. 이 때 새롭게 증가된 수력발전소의 시설용량은 400만kW를 넘어서게 되었다. 근래에 들어서는 전 지역에서 주로 중소규모의 발전소를 건설해 한정된 지역에 공급하는 정책을 취해왔는데 현황은 표 3과 같다.

4. 북한의 수력자원 평가

4.1 수력자원 이용

북한은 비교적 수력발전소 건설이 용이한 지형적 특성을 가지고 있다. 따라서 전체 생산시설에서 수력

표 2. 해방 후 건설된 북한내 수력발전시설 현황

서부지구		동부지구	
발전소	시설용량(kW)	발전소	시설용량(kW)
장자강	81,000	3월17일	455,000
운봉	400,000	부령	36,000
대동강	20,000	통천	16,830
강계청년	224,200	임남댐	200,000
미림갭문	32,000	어랑천	73,000
태천	400,000	금야강	135,000
위원	39,000		
생리	8,000		
남강	130,000		
태평만	190,000		

표 3. 북한의 근래 수력발전소 건설 사업 현황(한국수자원공사, 2005)

지역	근래 완공된 발전소	건설중인 발전소
자강도	<ul style="list-style-type: none"> • 2000년까지 400여곳 발전소에서 5만6천kW (개당 평균 140 kW) 생산 • 2002년 7,700 kW 조성 완료: 장자강 5호(강계), 창평(진천), 전천탄광, 호래(자성), 송관(송원), 후지(용림), 상평(우시), 화평군민(화평), 북천 4, 5호 	<ul style="list-style-type: none"> • 향후 100여개(10만kW) 추가 계획 • 홍주청년 2호, 귀인(자성), 의진(강계), 연주(강계), 연하(만포), 자성(자성), 중상(중강), 장백(화평), 용탄(위원), 고평 3호(고평), 장강군 6호, 동진, 삼수
량강도	<ul style="list-style-type: none"> • 2002년 7개 중소형 완공 • 2004년 군민발전소 완공 	<ul style="list-style-type: none"> • 리명수 9, 11, 12호(삼지연군), 농산, 6.18, 백암발전소(백암군)
함경북도	<ul style="list-style-type: none"> • 청진시 수성천에 10여개 건설 • 2004년 오봉산발전소(무산군) 완공 	<ul style="list-style-type: none"> • 어량천발전소(7.3만kW)
함경남도	<ul style="list-style-type: none"> • 290여개 중소형발전소 가동중 • 홍봉(함주군), 금진강 6호 청년(정평군), 단천청년, 신성철도발전소 	<ul style="list-style-type: none"> • 금야강발전소(13.5 kW)
평안북도	<ul style="list-style-type: none"> • 60여개의 중소형발전소 가동중 • 근년에 노현, 운흥, 은흥청년(중형급) 	<ul style="list-style-type: none"> • 태천발전소(2호기 확장, 3-5호기 건설중, 완공시 총 81만 kW의 대용량)
평안남도	<ul style="list-style-type: none"> • 평원 1, 2, 3호, 성룡강 청년 1호, 임진강 4월 5일 3, 4호, 상원군민(평양) 	
황해북도	<ul style="list-style-type: none"> • 275개(12만 7,390 kW) 건설 목표 가운데 152개 (1만 5,638 kW) 완공 • 개성시에 심탄수력, 선적, 송도 1호, 2호, 풍담발전소 	<ul style="list-style-type: none"> • 123개(11만 1,752 kW) 추가 추진 • 예성강(10만kW), 신평유(3천kW), 연탄호(1,400 kW), 은파호(5,200 kW), 서흥강에 100-150 kW급 12개 계획
황해남도	<ul style="list-style-type: none"> • 청단 1호, 2호, 3호, 4호 발전소, 구암 발전소 등 가동 중 	<ul style="list-style-type: none"> • 웅진군에 조수력발전소 건설중
강원도		<ul style="list-style-type: none"> • 원산청년(대형), 죽근 3호(고산군), 철원(철원군), 신림 1호(통천군), 용탄(문천시), 금평 1호(판교군), 임진강 2호(이천군), 포천 3호(회양군)

이 차지하는 비중이 60%를 상회한다. 또한 고낙차를 이용하기 위한 유역변경식 수력발전이 일본강점기부터 개발되어 왔는데 해발 1,000m 이상에 건설된 대부분의 수력발전소는 유역변경식이라 할 수 있다. 일례로 5개년인민경제시기에 건설된 강계청년발전소만 보더라도 자강도 량림에 대 댐을 건설해 장진강의 좁은 골짜기를 막아 9.7억^m의 물을 저류하고 험준한 황수령을 뚫어 33.3km를 도수한 후 큰 낙차를 이용하여 3개의 수차를 계단식으로 운영하고 있다. 3월17일 발전소도 함경산 줄기를 분수령으로 두만강지류의 서두수와 구운수의 물을 막아 원봉저수지와 신양저수지에 저류하였다가 동해안의 수성천으로 흘리는 발전체계로 전체 시설용량은 455,00kW이며, 총 낙차는 805m이며, 69.7km를 도수하는 과정에 8개의 도중취

수구를 통해 수량을 보충 받으며, 3개의 수차를 거치게 된다. 특히 함경산맥, 대봉산맥, 량림산맥, 부전령, 북대봉 및 적유령산맥 등 높은 산줄기가 발달해 있어 북부내륙고원지대와 높은 산악지대의 풍부한 수력자원을 최대한으로 이용할 수 있게 유역변경을 통한 계단식 수력발전소를 건설해 왔다.

북한의 수력자원 이용실태는 크게 동부지구와 서부지구로 구분할 수 있다. 과거 이용현황은 1970년까지 동부지구의 전력소비가 54% 이상이었으나 1980년대를 넘어서면서 서부지역이 52%를 보여 역전현상이 발생하였다. 수급측면에서는 동부지구의 경우 생산량에 비해 소비량이 많아 서부지구에서 생산된 전력을 동부지구로 보내고 있어 신규 발전소 건설은 동부지역에 중점을 두고 있다.

우선 동부지구의 대표적인 수력자원 이용현황을 살펴보면 표 2에서와 같이 여러 수력발전 시스템이 있는데 1943년에 완공된 장진강발전소는 압록강 지류인 장진강상류에 주 댐으로 갈전리댐과 양수하여 주 댐에 수량을 보충하기 위한 부 댐으로 메물리댐을 건설하여 저류된 수원을 이용하고 있다. 장진강발전소의 발전용수는 발전 후 함흥지구의 생활용수와 공업용수 그리고 함주벌의 농업용수로 활용된다. 장진강발전체계는 4개의 대형발전소와 2개의 중형발전소로 구성되어 있다. 부전강발전소는 압록강의 지류인 부전강상류 부전군 한대리에 댐을 건설하여 부전호를 형성하였다. 주 댐인 한대리댐외에 2개의 부 댐이 있으며, 발전체계는 3호댐의 물을 2호댐에, 2호댐의 물을 주 댐으로 양수하여 보충하는 총 낙차는 1,000m 이상으로 45km의 도수터널을 거치는 동안 4개의 대형발전기(1~4호기)와 2개의 중형발전기(5~6호기)를 돌린다. 허천강발전소는 압록강지류인 허천강과 그 지류인 능귀강을 막아 도수터널을 통해 부전령산맥을 넘겨 동해안으로 흘러드는 단천 남대천으로 유역변경시키는 방식으로 황수원저수지와 내중저수지, 사초평저수지 그리고 풍서호 등 4개의 댐과 6개의 발전소로 구성되어 있다. 발전생산량은 25~30억kWh이며, 량강도, 함경북도 및 함경남도의 전력수요를 담당하고 있다. 이외에도 동부지구에는 금야강발전소, 보성발전소, 허천읍발전소, 량강도 백암군의 박천발전소 등 많은 중소규모발전시설이 있으며, 근래에 건설된 임남댐의 물을 이용하는 안변청년발전소는 비교적 대규모에 속한다.

한편 서부지구의 대표적인 수력발전소는 북한 최대를 자랑하는 수풍댐이다. 수풍발전소는 압록강의 풍부한 물을 콘크리트댐으로 막아 전력을 생산할뿐만 아니라 초산까지 주운과 양식, 관광 등을 제공하는 다목적 기능을 가지고 있다. 여기서 생산된 전력은 북한의 주요 전력계통인 수풍과 신의주, 수풍과 평양 1발전소, 수풍과 평양3발전소, 수풍과 장자강발전소를 연결한 220kV 고압송전선으로 발전소간, 지역간 네트워크를 구축하고 있다.

서부지구 수력발전소 중 장자강발전소는 북한 건국 이후 북한이 직접 건설한 첫 수력발전소이다. 이 발전소는 66kV의 지방선로를 통해 만포지구를 비롯하여 자강도 지역의 수요지와 연결되어 있으며, 수풍, 강계청년발전소와 연결된 간선망에 접속되어 있다. 1958년에 시작하여 1964년에 완공된 운봉발전소는 110m의 낙차를 이용하고 있으며, 연간 생산전력은 8~10억kWh에 이른다. 이 발전소에서 생산된 전력은 운봉-강계사이의 220kV 선로를 통하여 장진강계통, 장자강과 수풍계통 그리고 북창계통의 간선에 접속되어 있다. 그밖에도 3개의 대형발전소와 1개의 중형발전소를 보유하고 있는 강계청년발전소가 있으며, 대자연개조사업에 의거 충만강에 저수지를 만들고 이 물을 대령강 상류로 도수하여 4개의 발전설비를 통해 전력을 생산하는 태천발전소가 서부지역의 대표적 수력발전시설이라 할 수 있다.

4.2 수력자원 부족량

북한은 여러 모로 하천수력과 조수력에 유리한 자연적 조건을 갖추고 있다. 이는 근래 지구온난화 방지를 위한 CO₂ 감소를 위해 각광 받고 있는 자연적으로 재생이 가능한 신재생에너지 개발 사업에 유리한 지리적, 지형적 우위를 점하고 있다. 북한은 연평균 강수량이 남한에 비하여 다소 적으나 1,000~1,200mm로 비교적 강수량이 풍부하고 산지가 많으며 고낙차를 이용할 수 있는 산골짜기가 잘 형성되어 크고 작은 하천들이 잘 발달되어 있다. 이와 같은 이유로 북한의 총 수력자원량은 830억kWh이며, 출력은 947만kW다. 이것은 국토면적 1km²당 77.4kW의 수력자원이 부족하는 것으로 세계평균인 50kW보다 월등히 높은 수치라 할 수 있으며, 수력자원의 자세한 이론치는 표 4와 같다.

수력자원이 많이 부족한 지역으로는 자강도, 량강도, 함경남도과 강원도 순이며, 이 지역에 전체 부족량의 74.2%가 있다. 이 역시 지세가 높고 강수량이 비교적 많으며 유역변경과 같은 고낙차를 이용할 수

표 4. 북한의 이론 수력자원량

구분	전체수력자원		단위면적당수력자원		하천수력자원에 대한 대비(%)
	에너지(10 ⁶ kWh)	출력(10 ⁶ kW)	에너지(10 ⁶ kWh/km ²)	출력(10 ⁶ kWh/km ²)	
하천수력자원	83,000	9.47	677,786	77.373	100
유역수력자원	121,594	13.88	992,952	113.35	146
강수수력자원	186,347	21.27	1,521,730	173.71	225

표 5. 북한의 주요 하천별 수력자원 부존량

하천	하천수력자원			총량 대비율(%)	표준연료 환산량(천톤)
	에너지(10 ⁶ kWh)	출력(10 ⁶ kW)	비출력(kW/km)		
압록강	39,643.92	4,524.50	5,634	47.90	13,782
두만강	8,146.10	929.9	1,698	9.50	2,851
대동강	7,508.17	857.1	1,905	9.10	2,628
청천강	4,406.96	503.1	2,374	5.30	1,542
임진강	2,806.91	320.4	1,975	3.40	982
한강	3,422.06	390.6	2,531	4.10	1,197
례성강	701.34	80.1	427	0.80	245
성천강	1,674.99	191.2	1,816	2.00	586
금야강	1,617.17	184.6	1,272	2.00	565
남대천(단천)	1,692.37	193.2	1,096	2.00	592
남대천(북청)	1,360.60	155.3	2,181	1.60	457
수성천	311.96	35.6	470	0.40	109
어랑천	1,451.77	165.7	1,403	1.76	503
남대천(길주)	767.80	87.6	353	0.90	263
남대천(장연)	49.84	5.7	94	0.06	17
온포천	540.40	61.7	1,212	0.65	189
남대천(안변)	554.43	63.3	604	0.67	193
남강(고성)	497.25	56.8	770	0.60	174
계	83,000.00	9,474.90		100.00	29,051

*1kWh = 표준연료 0.35kg으로 환산

있는 여건이 잘 갖추어져 있기 때문이다. 북한의 경우 수력자원이 비교적 지역적으로 잘 분포되어 있다고 할 수 있으나 하천의 발달정도와 강수량의 지역적 차이 그리고 지형조건에 의해 유역별로 차이를 보이는데 표 5와 같다.

따라서 북한 수력자원의 절반이 수풍과 운봉발전소를 중심으로 하는 압록강수계에 분포하고 있으며, 두만강과 대동강이 많은 편이다. 특히 동해사면의 성천강, 단천 남대천, 금야강, 북청 남대천 및 어랑천 등의 수계도 부존량이 높다.

특히 북한의 제1 및 제 2 하천인 압록강과 두만강 수계는 중국과 북한이 70년대부터 추가적인 수력발전소 건설을 협의해 온 것으로 알려져 있다. 두만강에서는 4개 지점에 대한 타당성조사가 중국측에 의하여 수행되어 사업추진에 대한 협의가 있었으나 90년대 이후 북한의 경제난으로 구체적인 계획이 수립되지 못한 것으로 평가하고 있다.

압록강에 대해서는 한때 압록강 제5번째 수력발전소 건설 계획에 대한 협의가 활발했던 것으로 알려져 있다.

4.3 기타 재생에너지

북한 역시 서해안 지역은 조석간만의 차가 클 뿐만 아니라 해안선의 굴곡이 심하고 만과 갯, 각이 발달하여 조수력 자원도 매우 풍부하다. 조수력은 하천수력발전과 같이 기후조건의 제약을 받지 않으며 화력과 같이 연료의 제약을 받지 않는다. 북한이 추정하고 있는 조수력 부존량은 400만kW 이상이다. 실제 조수력 발전소를 건설하려면 평균조차가 1.33m 이상 되어야 하는데 북한 서해안의 경우 어디든 평균조차는 이 보다 커 개발 가능성이 높다고 할 수 있다.

또한 북한은 태양열, 풍력 및 지열자원을 동력자원으로 이용할 수 있는 가능성이 많다. 태양에너지는 일정한 태양열 설비로 태양복사를 열 및 전기에너지로 전환시켜 직접 열 및 동력으로 이용하는 시스템이다. 북한은 중위도에 위치하여 맑은 날이 많아 태양열 자원이 풍부하다. 지금까지의 조사결과에 의하면 태양열 자원은 맑은 날 총복사량에 의한 태양열 자원량은 계절별로 봄철에는 전체의 35.7%, 여름과 겨울에 23.9%로 파악되었다. 지역적으로는 황해남·북도, 개성시 및 평안북도가 유리하다. 추정량은 수직적복사량은 1,200조kWh이고 총복사량에 의한 에너지는 1,200~1,400kWh/m²이다.

북한의 풍력자원은 바람이 2~8m/s로 불 경우 420억 kWh이며, 이중 함경북도가 158억kWh이다. 북한은 지열을 동력으로 이용할 수 있는 곳도 많은데 50℃ 이상의 온천과 열수매장지대가 비교적 넓게 분포되어 있다. 지금까지 알려진 70℃ 이상의 지열열수광상은 5개이며, 유출량은 13,865m³/일, 40~70℃ 사이의 지열열수광상의 유출량은 32,757m³/일, 25~40℃의 유출량은 13,171m³/일이다. 지열 70℃ 이상으로 전력을 생산할 수 있는 유력지역은 길주, 용진, 은천, 석탄 및 배천 등이다.

5. 북한 수력발전소 진단

북한의 전력생산시설에 대한 정확한 수치는 알려져 있지 않으나 개략적으로 수력 500만kW를 포함하여 전체 777만kW에 이르는 것으로 파악되고 있다. 근래 북한의 전력 수요량은 500만kW 수준이나 공급량은 290만kW로 약 200만kW가 부족한 것으로 알려지고 있다. 시설에 비해 생산량이 적은 것은 앞서서도 언급하였듯이 대부분의 시설이 1980년 이전에 건설되었으며 수력은 40% 이상이 일제시대에 건설되어 노후화의 정도가 심하고 그동안 시설보완이나 재투자가 적절히 이루어지지 못한 탓이라 하겠다. 1990년 이후 건설된 설비용량은 60만kW 수준이다. 현재 발전설비의 가동률은 30% 내외로 수력발전설비중 3,950개 정도는 개보수가 필요한 것으로 알려지고 있다.

노르웨이의 노르컨설트가 2002년 조사한 6개 발전소(수풍, 태천2호, 장진강 1, 2, 3 및 4호) 개건 및 현대화보고서에 따르면 수풍발전소의 경우 운영상 고장을 일으킬 경우 북한전력공급에 심각한 영향을 미치므로 5년 이내의 단기조치로 5%의 효율성 향상이 기대되며 이를 위해 990만\$가 필요한 것으로 진단하였다. 태천2호 발전소는 사용연한이 짧아 비교적 양호한 것으로 나타났으나 함경북도 영광군에 있는 장진강발전소는 개보수 시험사업으로 선정하고 전체를 개보수하는데 23백만\$가 필요한 것으로 진단하였다.

스위스의 STUCKY사도 2002년부터 스위스의 해외지원자금으로 북한의 댐과 수력발전시설에 대한 진단을 실시한 사례가 있다. 자세한 정보는 알 수 없으나 원산수력의 경우 생활용수와 관개용수공급을 고려하는 재개발을 통해 편익을 극대화하는 방안으로 67백만\$이 소요될 것으로 추정했으며, 판교소수력발전소는 38만\$을 투입하여 발전단가를 1.1~1.3센트/kWh로 낮출 경우 경제성이 있는 것으로 진단했다. 그 외 규모는 크지 않으나 금진강수력발전소와 대동수력발전소를 대상으로 진단한 사례가 있다.

결국 북한은 발전설비의 노후화와 시공불량 등으로 효율이 급격히 떨어졌고 송배전시스템 역시 시설

노후화와 낮은 전압으로 인해 전력손실이 매우 큰 것으로 알려지고 있다. 설상가상으로 90년대 홍수와 가뭄으로 인한 소규모 설비의 유실 및 하상퇴적으로 인한 저류량 감소 등으로 에너지 생산효율이 떨어지는 악순환을 반복적으로 겪고 있다. 전력생산원별로도 화력보다는 수력발전부문의 개선과 기존시스템의 효율개선을 통해 전제에너지 문제를 해결하는 전략이 필요해 보이며, 특히 소수력발전설비의 장려도 하나의 대안이 될 수 있으나 하천의 유량이나 관리상태 등에 따라 타당성이 달라질 수 있으므로 신중한 접근이 요구된다는 지적도 있다.

이와 같은 상황에 따라 북한의 전력난 문제는 어제 오늘의 문제가 아니며 획기적 전환점이 없다면 북한의 경제사정을 고려할 때 쉽게 해결될 것 같아 보이지는 않는다. 사실 북한의 전력난 해소를 위해 1994년 체결된 미·북 제네바 합의에 의해 북한이 핵개발을 중지한 대가로 미국 등이 실포에 100만kW 경수로 2기를 건설해주고 매년 중유 50만t을 북한에 제공하기로 했었으나 북한의 고농축우라늄 핵개발 계획에 따라 중단된 사례나 이후 남한에서는 핵개발계획 철회를 전제로 200만kW를 공급하는 방안이 제시되기도 하였으나 정치적 상황을 포함하여 여러 가지 문제점으로 그 결실을 보지 못한 점에 유의할 필요가 있다.

6. 결론

본 논고에서는 북한의 수력발전산업에 대한 실태와 전망을 개괄적으로 살펴보았다. 북한의 수력발전산업은 지형적 조건과 하천발달의 장점을 살려 일찍이 북한전력공급의 중추적 역할을 해 왔다. 그러나 80년대 이후 내·외부 정치적 상황으로 경제가 쇠퇴함에 따라 수력발전산업도 재투자가 이루어지지 못해 저효율, 고비용의 문제를 유발시켰다. 이는 에너지난으로 이어졌으며 사회주의 경제체제에서 나타나는 문제점을 더욱 어렵게 만드는 역할을 하게 되었다. 북한이 처한 에너지 문제가 어디에 있던 현재 북한은

주어진 자원을 효율적으로 개발하고 관리하는데 한계점을 노출시키고 있다. 수력발전은 수문이나 하천관리와 밀접한 관계를 맺고 있다. 즉, 하천개보수 사업이나 수문조건을 고려한 수력발전시스템의 최적 운영, 하천수의 다목적 이용 및 홍수방재 사업 등과 연계되어야 시너지 효과를 극대화할 수 있어 하천사업에 대한 기본적 문제해결 없이는 목표하는 효과를 얻기 어려울 것으로 판단된다. 이와 같은 점들을 종합하여 에너지난 해소를 위한 가장 효율적인 대안으로 수력발전산업이 제 역할을 해주길 기대한다.

참고문헌

- 노르컨설트, 2002, 북한 수력발전소 개건 및 현대화 보고서
- 에너지경제연구원, 2004, 에너지통계연보
- 한국수자원공사, 2005, 북한수력발전사업 진출방안 연구
- 한국수자원공사, 1998, 북한수자원현황조사연구
- 한국전력공사, 수력발전소 성능개선공사 예산검토보고서
- 한국전력공사, 2002, 전력수급기본계획
- ESCAP, 2002, 대동강미림발전소 개보수 사업