

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

- 대기오염을 중심으로 -

김정인* 박창원**

〈 目 次 〉

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| I. 머리말 | IV. 북한의 환경오염 전망 |
| II. 북한의 천연자원 보유현황 | V. 결론 |
| III. 북한의 환경법과 환경오염 현황 | |

요 약

본 논문은 심각한 환경오염에 직면한 북한 환경오염에 관한 현황을 분석하고 향후의 환경오염 발생량을 추정하였다. 그러나 제한적인 북한의 에너지, 환경 및 경제관련 자료를 이용하여 에너지 수요 및 환경오염을 예측하였음으로 모형에 사용

본 논문은 97 한국자원경제학회 정기학술대회 발표논문을 수정 보완한 것임

* 포스코 경영연구소 연구위원

** 한국가스공사 연구개발원 선임연구원

되는 계수의 설정과 추정결과의 어려움은 있음으로 향후 계속해서 보완해야 할 것이다. 구소련권과 통일 독일의 경우에서 보듯이 환경파괴에 의한 복구비용이 엄청난 경제적 비용을 초래하고 있다는 점을 고려할 때, 지금까지 제한되어 왔던 북한의 환경에 관한 연구를 본격적으로 시작하여 남·북한 환경협력방안을 수립하는 것이 바람직하며 환경기술의 이전을 통한 환경산업의 활성화도 남북 경협의 차원에서 고려해 볼만하다고 본다.

I. 머리말

북한은 3차 7개년 계획(1987-'93년)의 실패로 인하여 90년대 이후부터는 연속 마이너스 성장을 기록하고 있다. 한국은행이 1997년에 추정한 북한의 '96년 경제 성장률은 -3.7%이다. 이같은 마이너스 경제성장의 원인은 상당부분이 에너지 부족과 농업 생산력의 현저한 감소와 관련되어 있다.

지금까지 북한의 에너지 문제에 대해서는 정우진(1994), 장영식(1993), Peter Hayes(1994) 등의 연구가 있었으며 농업문제에 관해서는 김운근(1996)의 연구가 있다. 그러나 에너지 부족과 식량 부족이 경제성장에 직접적인 영향을 미치고 있다면, 경제성장에 장기적이고 간접적인 영향을 미치는 환경문제에 대한 연구는 관련 자료나 정보의 부족으로 매우 적은 편이다. 설혹 북한의 환경에 관한 자료가 있다고 하더라도 공개할 가능성은 거의 없다고 보아야 한다. 이러한 자료의 제약에도 불구하고 최근부터 북한 환경에 관한 연구가 시작되고 있다는 것은 바람직한 일이다. 대표적인 연구가 정희성(1995), 고일동(1995), 정희성, 강광규, 강철구(1996), 등의 연구가 있다. 그러나 대부분의 연구가 자료의 제약으로 인해서 단편적인 아쉬움이 있다.

구소련권과 동구권, 특히 통일 독일의 경우에서 보듯이 환경파괴에 의한 복구비용으로 엄청난 경제적 비용을 치르고 있다는 점을 고려할 때 통일을 대비한 남·북한 환경 협력방안에 대비한 심층적인 연구가 있어야 한다. 또한 통일 후에 필요로

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

하는 천연자원의 확보와 비무장지대, 금강산, 백두산 등의 관광자원 개발을 위해 서도 남북한 경제협력을 통한 환경협력을 사전에 연구해 놓는 것이 필요하다. 한편 통일을 대비한 환경 협력방안을 다각도로 검토하기 위해서는 중국, 러시아 등 동북아시아 지역의 환경오염실태에 대한 분석도 중요하다고 본다. 본 논문에서는 심각한 환경오염에 직면한 북한의 환경 오염에 관한 현황을 조사하고, 북한의에너지 수요를 보다 정확한 근거자료에 의거하여 분석하고 이를 토대로 향후의 환경 오염 발생량을 추정하고 남북한 환경협력에 관한 향후의 과제를 제시하고자 한다.

II. 북한의 천연자원 보유 현황

북한에서는 석탄공업, 광업, 원유 및 가스채굴업, 임업, 어업 등을 ‘채취공업’으로 정의하고 있다. 북한에서는 채취공업이 가공공업보다 먼저 발전되어야 가공공업에 연료와 원료를 충분히 공급할 수 있다는 논리하에 채취공업의 발전을 중시하고 있다. 특히 구사회주의권 붕괴이후 광물 및 관련제품의 수출을 통한 외화획득이 더욱 중시되고 있는 실정이다. 실제 1991년 이후 광산물 및 이를 원료로 한 정광 및 제련된 각종 비철금속 및 그 제품이 북한 대외 전체 수출액의 30 - 40% 수준을 유지하고 있다.

1. 광물자원 매장량

남한에 매장된 광물자원은 30여종이 확인되고 있으나, 북한에는 400여종이 있는 것으로 확인되었으며 매장량도 풍부하고 이중 220여종은 경제적 가치가 큰 것으로 판명되었다. 특히 경금속의 원료인 마그네사이트는 세계 최대 매장량을 가지고 있다. 원자력 에너지의 원료인 우라늄은 2,600만톤 규모의 매장량을 보유하고 있으며, 순천등 2곳에 고품위 우라늄광산이 있다(〈표 II-1〉 참조).

김정인·박창원

1995년 일본의 동아시아 경제정보에 나온 자료에 의하면 북한의 석탄매장량은 석탄¹⁾ 중 무연탄과 유연탄만 계산할 경우 무연탄은 150억톤, 유연탄은 80억톤으로 추정하고 있으며 국제 에너지 협회(IEA)는 75억톤으로 추정하고 있다. 이같이 매장량 추정치가 UN, 통일원, IEA 등 기관마다 다른 이유는 매년 새로운 매장량이 확인되고 있기 때문이며 갈탄, 야탄, 니탄의 포함 유무에 있다²⁾. 한편 금속공업에 필수인 제철, 제강용 코크스의 원료로 쓰이는 역청탄과 연료탄은 거의 생산되지 않으며 구소련이나 중국에서 거의 대부분을 수입하고 있다.

<표 II-1> 북한의 주요 광물 매장량 및 분포현황

광종	매장량	분포지
철	20~40억톤	함북 무산, 함남 이원·허천, 황남 은율·재령, 평남 개천·강서
종석	20~30만톤	황북 신평, 함남 대홍, 평남 양덕, 평북 창성
몰리브덴	1~3천톤	함북 수안, 함북 종성·어랑, 강원 금강
망간	10~30만톤	함북 부평, 강원 금강
니켈	2~3만톤	함남 광천, 함북 부윤
석탄	80억톤 (무연탄:55, 유연탄:25)	평남 남북부, 함북, 평안남도 안주 (무연: 덕천/순천지구, 유연탄: 안주)
마그네싸이트	30~40억	함남 광천, 양강 백암, 운흥

자료 : 한국건설업체 연합회, “북한 시장 진출방안에 관한 연구”, 1996.2

2. 석탄 생산량

북한은 주체사상에 의한 자립경제 원칙 하에 ‘主炭從油’ 에너지정책으로 에너지

- 1) 석탄에는 무연탄, 역청탄, 갈탄, 야탄, 니탄으로 구분되며 흔히 역청탄과 무연탄을 석탄의 범주에 넣고 있다.
- 2) UN은 북한의 석탄 매장량을 70억톤, 통일원은 160억톤으로 각각 추정하고 있으며 통일원의 추정치는 갈탄을 포함하고 있다.

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

자급을 비교적 풍부한 석탄과 수력에 의존하고 있다. 특히 석탄은 에너지원 및 공업원료로써 화력 발전소, 공장, 철도, 일반가정 등 사용범위가 가장 높으며 석탄의 원활한 공급은 북한 경제발전을 좌우한다고 해도 과언이 아니다. 이같은 '主炭從油'정책과 자급자족 에너지 정책의 결과, 1973년부터 1994년까지 북한의 에너지 자급률은 평균 90%로서 남한에 비하면 높은 에너지 자급 수준을 유지하고 있다. 이와는 대조적으로 남한은 같은 기간동안 에너지 자급률은 41.4%에서 3.6.%로 계속 하락했다.

무연탄은 서해안의 평안남도 일대와 동해안의 함경북도 일대의 2개 지역에 주로 매장되어 있으며 90%가 평안남도 북부 탄전 일대에 있다. 덕천지구, 순천지구, 개천지구 등이 중요한 탄전으로서 북한 매장량의 3분의 2를 차지한다. 개천지구에는 북한 최대의 노천 탄광인 조양탄광이 있다. 유연탄은 평남의 안주지구와 함북이 대표적이며 주요탄광은 화풍, 제남, 창동 등이다. 안주지구는 1988년 현재 18억톤이 매장되어 있으며 연간 700만톤으로 북한 최대의 단일 탄광을 자랑하고 있을 뿐만 아니라, 계속해서 새로운 지층이 발견되어 향후 7천만~1억톤의 생산을 목표로 하고 있다. 근년에는 국제적으로 주목을 받고 있는 두만강 일대에 풍부한 양의 유연탄이 매장되어 있다는 연구 보고가 있어 앞으로 유연탄 생산에 큰 부분을 차지할 것으로 보인다. 그러나 작년에 있었던 집중호우가 평남의 안주지구나 개천지구 등 주요 석탄단지에 막대한 피해를 초래했으므로 석탄의 생산, 나이가서 산업 전반에 미치는 영향은 심각할 것이다.

<표 II-2> 북한의 무연탄 수출, 1987-1994

(단위: 천톤)

	87	88	89	90	91	92	93	94
중국		160	145	117		71	15	
일본	29	50	50	53	50	27	46	41
한국			2	7	7	6		2

자료 : 대한무역진흥공사, "북한의 석탄사정", 북한뉴스레터, 1996. 1

김 정 인 · 박 창 원

무연탄은 대표적인 수출상품으로 주로 중국, 일본, 한국에 수출하고 있다. 중국에는 80년대 중반까지는 연간 300만톤이 수출되었으나 80년대 후반부터 백수십만 톤으로 감소하였으며, 일본에는 평균 50만톤을 수출하고 있다(〈표II-2〉 참조). 한편, 일본북한간에는 계약이 체결되어 석탄기술을 북한에게 제공하고 있다.

북한의 석탄 생산량이 남한의 4배에 이르고 있지만 1975년부터 1994년까지 기간별 북한의 석탄생산 증가율은 계속 하락하는 추세에 있다³⁾. 채탄층의 심화에 따른 채굴장비 및 자재공급의 어려움, 석탄연소에 따른 공해 방지책의 미흡 등으로 북한의 석탄생산량은 1985년의 3,750만톤에서 1994년에는 2,540만톤으로 감소하였으며 국제경쟁력도 현저히 약화되었다. 이같은 석탄 생산감소의 원인은 첫째, 기존탄광의 장기 채굴에 따른 심부화를 들 수 있으며, 둘째는, 자본 부족에 의한 채탄장비의 노후화 및 신규 탄광 개발의 곤란 등이다. 일례로 구소련과 중국의 재정 지원이 중단되어 태천, 영변의 발전소 건설은 몇 년 동안 정지되고 있다.

〈표 II-3〉 북한의 석탄생산 실적 추이

(단위 : 만톤, %)

		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	평균
목 표		8,155	8,693	9,267	9,879	10,530	11,226	12,000	9,964
북한	실 적	7,800	9,532	8,500	(9,002)	(9,533)	(10,096)	(10,710)	(9,310)
발표	수행율	95.6	109.7	91.7	91.1	90.5	89.9	89.3	93.4
통일원	실 적	3,900	4,070	4,330	3,315	3,110	2,920	2,710	3,479
	수행율	47.8	46.8	46.7	33.6	29.5	26.0	22.6	34.9

자료 : 대한무역진흥공사, 「북한의 산업」, 무공자료 95-23.에서 재구성.

주 : 1) 목표치는 1987 - 1993년의 연평균 증가율 적용 산출.

2) () 내 수치는 1990 - 93년의 연평균 증가율에 의거 산출

3) 통일원 발표치는 정부 자체 평가치임

3) 1975년부터 1994년 기간동안 5년 단위로 계산한 연평균 석탄생산 증가율은 각각 2.3%, 2.1%, 1.2%, -6.4%이다.

3. 석유 공급량과 석유 정제 능력

북한의 주요 석유 수입국은 구소련, 중국, 이란 등 3개국이다. 1985년까지는 연간 250만톤 정도를 수입했으며, 1996년부터 1988년까지 3년 동안은 연간 300만톤을 수입하였으나 기존에 해오던 대금 결제 방식의 변경으로 북한의 석유 수입은 급격히 줄었다. 과거에는 3국과의 우호적인 관계로 인해서 구소련과 중국은 30%에서 50%까지 가격을 인하한 바터(Barter) 식 유가를 설정하여 원유를 공급하였으나 1991년부터는 Hard Currency방식에 의한 계약으로 구소련 유가는 3배 이상, 중국산은 2배이상 상승하여 심각한 외자부족에 있는 북한에게 큰 부담이 되고 있다.

<표 II-4> 북한의 정제시설 가동률

(단위: 천톤, %)

	75	86	87	88	89	80	91	92	93	94
정제능력	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
원유투입	2,590	3,119	2,904	3,020	2,485	2,520	1,880	1,520	1,360	910
가동률	74	89	83	86.3	71	72	53.7	43.4	38.9	26

자료: 환일본해경제연구소, “최근 북한의 에너지 수급현황”, 북한, 1996.2

1994년말 현재 남한의 정유능력은 북한의 24.6배(남한 1,700천 BPSD, 북한은 69천 BPSD)이며, 원유도입량은 86.7배(남한이 5,781 백만톤배럴, 북한이 6.7백만 배럴)이다. 북한은 중국산 원유를 정제하는 봉화화학 공장(3만 9천 배럴 정제)과 구소련산 원유를 정제하는 승리화학공장(3만 배럴 정제)이 있을 뿐인데 원유의 부족으로 가동률은 40%에 그치고 있다. 북한의 석유 소비(휘발유, 경유)는 수송분야에 집중되어 있고 석유화학 공업의 기본연료인 나프타의 생산은 극히 미약하다. 이것은 석유가 에너지원으로만 사용됨을 의미하며 석유화학공업은 상대적으로 낙후되어 있음을 알 수 있다. <표 II-4>는 환일본해경제연구소(ERINA)

의 발표 자료로서 북한의 정체 능력을 3백 50만 배럴로 보고 있는데 우리나라의 통계와는 2배의 차이를 보여준다.

4. 북한의 지하자원 개발·생산 현황

북한은 자급자족경제를 지속해 왔기 때문에 광산물 생산도 국내의 수요와 외국의 상품구입을 위한 결제수단으로서 필요에 따라 계획 생산하고 있다. 따라서 풍부한 지하자원을 보유하고 있음에도 불구하고 중공업 및 군수산업과 관련이 깊은 철광석, 석탄 등 일부 광물을 제외하고는 개발 및 생산실적이 저조한 상황이다. 특히 산업용 연료의 거의 대부분을 석탄에 의존하고 있고 화학공업도 석탄계열 화학공업이 대부분을 이루고 있기 때문에 북한의 공업발전은 석탄수급여하에 달려 있는 실정이다.

따라서 북한은 지난 3차 7개년계획기간중 연료, 원료, 동력문제를 원만히 해결하고 ‘인민경제의 주체화를 다그치기 위하여’ 석탄생산 증대에 주력하였다. 아울러 철광석 생산부문에서 무산광산을 대대적으로 개선·확장하고 서부지구 철광산의 생산능력을 제고시키는 한편 신규 철광석 후보기지 개발을 적극 추진키로 한 바 있다.

그러나 이러한 목표는 1990년대 들어 재정사정 악화로 인해 신규탄광의 건설 및 확장이 거의 이루어지지 못하였으며, 기존 광산에서도 장비노후화, 채굴의 심부화 등 열악한 채탄환경으로 인해 증산운동이 실패한 것으로 보고있다. 또, 철광석 부문에 있어서도 북한 철광석 생산량의 50% 이상을 점유하고 있는 무산광산의 확장공사가 부진하였을 뿐만 아니라 전반적으로 철광산 매장상태가 점차 심부화하여 채광여건이 악화되고 있으며 광산 장비의 노후화와 대체장비의 공급부진 등으로 북한의 철광석 생산량은 큰 향상을 보이지 못하였다.

통일원, UN, EIU, 미상무국 및 CIA등에서 광물생산관련 자료를 발표하고 있기는 하지만 서로 상이하다는 단점은 있다. 실제로 지난 3차 7개년계획 기간중 북한의 석탄생산실적 추이는 북한 발표 자료와 정부의 평가치가 큰 차이를 보이고

있다.

III. 북한의 환경법과 환경오염 현황

1. 북한의 주요 환경법

최초의 북한 헌법에는 기본적 인권으로서의 환경권이 없었다. 최초의 환경 관련 법은 1977년 4월 29일에 제정된 「토지법」이다. 토지법에는 국토건설 총계획에 따라 국토건설을 계획적으로 추진할 것을 강조하였으며 토지의 정리, 개량, 보호, 개간이용을 위한 방향과 대책, 산림보호, 천연기념물의 보호, 수자원 보호, 공해 현상 등에 대한 대책 등을 규정하였다. 북한이 환경문제에 대해 사회적으로 인식한 결과 나온 것이 1986년에 제정한 「환경보호법」이다. 이 법은 전 5장 52조로 구성되어 있으며 1장에서는 환경보호원칙으로 환경보호관리사업을 계획적으로 진행할 것을 규정하였으며 2장과 3장에는 환경보호에 대한 원칙과 질서를 규정하고, 4장에서는 환경보호에 대한 지도관리 규정을 두어 정무원 산하에 비상설 환경보호 위원회를 설치하였으며 5장에서는 환경피해에 대한 손해배상에 관한 규정을 두고 있다.

북한은 1992년 협법을 개정하면서 제 57조에 “국가는 생산에 앞서 환경보호대책을 세우며 자연환경을 보존, 조성하고 환경오염을 방지하며 인민들에게 문화·위생적인 생활환경과 노동조건을 마련하여 준다” 란 규정을 새로 삽입하였다. 이외의 환경관련 법으로는 1992년에 제정한 「외국인 투자법」, 「합영법 시행규칙」, 1993년의 「자유경제무역지역법」, 「토지 임대법」 그리고 1994년의 「외국인 기업법 시행규정」 등이 있다.

2. 환경오염 현황

북한은 기술의 낙후로 환경기초시설을 제대로 갖추고 있지 않아 환경오염은 매우 심각한 실정이라는 것이 북한을 방문한 사람들의 공통된 지적이다. 북한은 1946년 12월 지하자원·산림·수역의 국유화 법령을 공포 하였으나 1960년대 이후부터 추진한 「4대 군사노선」, 1970년대 중반부터 실시한 「자연개조 5대 방침」에 의한 다락밭 개간사업, 그리고 1980년대에 추진된 「새땅찾기 운동」과 「자연개조사업」, 「어휘새김전투」 등으로 심각한 환경파괴를 가져왔다. 이와 동시에 산업 구조적인 면에서 공업화에 치중한 점과 사회주의 체제가 갖는 시장가격구조의 부재는 북한의 환경을 더욱 악화하게 만드는 원인이 되었다.

가. 산림파괴

북한은 고산이 많고 수평적·수직적 기후가 다양하여 식물의 분포가 다양하다. 북한의 산림식물 종수는 1,100여종이며 침엽수가 19종, 활엽수가 136종이 되는 것으로 알려져 있다. 이외에도 700여종의 약용식물, 200여종의 산채류, 450여종의 공업용 식물 등 경제적으로 유용한 식물이 풍부하다. 가장 식생이 양호한 지역은 양강도와 자강도이다. 그러나 산림자원은 1976년부터 시작한 9백만평의 계단식 밭의 확장으로 황폐화하여 생태계의 파괴까지 우려하고 있다. 북한의 산림훼손은 휴전선과 평양·원산 이남에서 심한 것으로 알려져 있다. 연료림에 의한 산림채취가 산림훼손의 주된 원인이며 땅굴건설, 지하대피시설 등 국방시설의 지하갱도화로 인한 산림의 훼손도 심각하다. 최근 인공위성이 촬영한 개마고원의 식생을 보면 일부지역의 원시림이 파괴된 것으로 나타나고 있다. 또한 김일성 부자의 찬양글귀를 위해서 자연경관이 뛰어난 곳에 새기고 있는 작업도 산림파괴의 주요한 원인이 되고 있다(정희성, 1995)⁴⁾.

4) 북한 자연바위의 글자를 원칙과 규정까지도 작성하여 제시하는 등 주요 행사때마다 추모 및 찬양글귀를 조각하여 총 4만자의 글귀를 새긴 것으로 알려지고 있다.

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

<표 III-1> 북한의 산림별목 현황 (단위: 1,000m³)

구 분	1988	1989	1990	1991	1992
총 계	4607	4649	4692	4737	4783
침엽수	2657	2699	2742	2787	2833
활엽수	1950	1950	1950	1950	1950
건재용	600	600	600	600	600
연료용	4007	4049	4092	4137	4183

자료 : 한국개발연구원, 「북한경제동향 1995년도」, 1996.

북한의 토양오염도 심각하다. 북한의 화학비료 사용량은 1993년 ha당 2500kg으로 남한의 373kg, 일본의 415kg, 미국의 84kg에 비하면 몇 백배에 달하여 대다수의 토양이 산성화되었다. 또한 옥수수의 경작이 토양의 척박을 기속화 시켰으며 특히 광산, 제철소 인근 지역의 중금속 오염도는 심각한 실정이다.

<표 III-2> 북한의 4대 자연 개조사업의 내용

	계획목표	완공 목표연도	실적
간석지 개간	30만 정보	1988	5만 - 6만 정보
새땅 찾기	20만 정보	1989	
서해갑문건설	8 Km 방조제	1985	1896년 완공
태천발전소	260만 Km	1985	1단계 완료

2. 수질오염

두만강은 총 길이 505.4Km에 달하는 강으로 490.4Km는 중국과 북한이 공유하고 있으며 나머지는 러시아와 공유하고 있다. 두만강과 압록강은 중국과 인접해 있어 비교적 수질오염의 상황이 잘 알려져 있으며 자료의 신빙성도 있다. 두만강

의 주요한 오염원은 두만강 상류에 위치한 무산공장을 우선 들 수 있다. 무산공장은 연간 1,000 - 1,500 만톤의 광석가루를 두만강으로 흘려보내고 있다. 이 같은 가루의 피해는 수질오염뿐만 아니라 인근 농경지에 막대한 피해를 주고 있다. 중국측은 광석가루가 물 관개에 피해를 주어 논 2800ha, 과수원 300ha가 폐경된 것으로 주장하고 있으며, 벼 수확량이 7 - 20% 감소하였다고 발표하고 있다.

중국의 개산툰 화학섬유 펄프공장은 해마다 3,000만 입방미터 정도의 폐수를 배출하는데 이로 인한 오염도는 BOD는 $180,000\text{m}^3$, COD는 $70,560\text{m}^3$ 인 것으로 알려져 있다. 개산툰 공장은 물처리 비용으로 500 - 600만원을 사용하고 있으나 여전히 수질 개선은 없으며 종종 생산 중단까지도 하고 있다고 한다. 석현의 종이 공장도 해마다 2,000만 입방미터 정도의 폐수를 방출하여 BOD가 $13,900\text{m}^3$, COD는 $61,300\text{m}^3$ 인 것으로 알려져 있으며 아오지 탄광도 매일 18만 m^3 의 폐수를 방출하고 있는 것으로 알려져 있다.

최근 10년간 개산툰 화학공장과 석현 종이 공장에 약 2억원의 투자를 하여 오염물질배출량을 40%까지 감소시켰으나 여전히 오염은 심각한 상태이며 80%까지 감소하기 위해서 향후 1억원의 투자를 할 예정이다. 한편 「두만강 수자원보호계획」 「두만강 오염처리 및 방지계획」 등을 수립하여 두만강의 오염을 막으려고 하고 있으나 효과는 없는 것으로 알려 지고 있다.

이같은 공장폐수의 방출로 과거에는 송어, 연어, 산천어, 봉어, 모래류, 등 37 종이 두만강에 있었으나 백두산 기슭의 상류 1백Km를 제외하고는 중류, 하류에 사는 고기는 멸종되었다고 하며 두만강은 공업용수로도 쓸 수 없는 3급수 수준으로 하락했다고 한다. 한편 두만강의 수질오염중 부유물질은 상류지역인 남평에서 3급수(기준치 25 PPM)의 7백배가 넘는 940mg/l 이며 중류는 하동에서 COD가 43mg/l 이다. 하류인 권하에서 페놀의 성분이 0.022mg/l 검출된바 있다(정희성, 1995). 또한 어획량도 1950년대에는 100 - 180 만톤이던것이 4 - 10톤 정도로 감소한 것으로 훈춘시 수산공사는 보고있다. 이같은 두만강의 오염은 식용수의 확보를 어렵게 하여 지역 주민에게도 피해를 주고 있다.

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

<표 III-3> 북한내 주요강의 오염 현상

주요강	수질오염 실태
대동강	<ul style="list-style-type: none"> · 오수·분뇨폐수, 중·절반이 정화하지 않고 유입 · 물고기의 집단 폐사 목격
청천강	<ul style="list-style-type: none"> · 함흥의 염료공장, 가죽공장의 폐수로 회복 불능의 강
두만강	<ul style="list-style-type: none"> · 무산탄광, 회령제지공장, 중국개산툰펄프공장 등의 탄광폐수로 수질 오염심각
압록강	<ul style="list-style-type: none"> · 혜산, 중강, 만포, 신의주, 중국의 장백, 남강, 집안시, 단동시의 폐수 유입으로 3급수 이하의 수준
연근해안	<ul style="list-style-type: none"> · 남포시 유색 금속제련소에서 발생하는 정광 및 제련 찌거기로 연안오염가중 · 원산앞바다의 적조 현상(5월~8월)로 어패류, 해조류의 멸종 · 서해안 간척사업으로 인한 해양오염 · 서해갑문 건설 이후 폐수의 역류로 땅 상류의 평균 온도 상승

자료: 정희성, 강광규, 강철수, 「북한의 환경문제와 통일한국의 환경정책 방향」, KETRI, 1996. 12

해양오염도 심각하다. 특히 원산 앞바다의 적조현상은 심각한 상태로 알려져 있다. 해조류는 사라진지 오래이며 매년 5월 하순부터 8월 상순에 걸쳐 적조 현상이 빈발하여 어패류, 해조류는 멸종상태에 있다. 또한 북한의 4대 지역 개조사업의 일환인 서해안 간척사업으로 인해 황해남도 앞바다에 2억 4천여평, 평안남도 앞바다에 3억 3천여평 등 모두 5억 7천여평의 땅이 개척될 예정이며 이로 인한 해양오염이 우려된다(정희성, 1995).

북한의 해양오염을 악화시키는 또 다른 원인은 중국에 있다. 중국의 1인당 수자원량은 세계 평균의 1/4 이하이며 공장·생활폐수의 처리율도 낮다. 중국은 1970년대에는 길림성의 송화강에서 수은중독사건이 발생한 바 있으며, 300km에 걸쳐 물고기가 강수면에 떠오르고 수취병과 유사한 지장해를 가진 환자가 속출 했었다. 「1994 중국환경상황공보」에 의하면, 송화강의 수질오염은 지금도 심각하고, 1994년에만 황하에서도 2번의 대규모 사고가 발생하여 500km에 달하는 강이 오염된 것으로 밝히고 있다. 이같은 오염물질이 모두 중국의 동해로 배출되는

것이다.

미국의 월드 워치 연구소는 1995년도 보고서에서 황해를 적갈색의 바다로 표현 할 정도로 황해의 오염을 경고한 바 있다. 현재까지는 세계에서 흑해 다음으로 서 해를 오염된 해양으로 판단하고 있으며, 세계 최대의 오염바다가 되는 것은 시간 문제라는 것이다. 그 이유는 중국 연안지역에 4억의 인구가 살고 있으며, 40%의 공장이 밀집해 있으나, 공업폐수와 생활하수의 등의 폐수가 90% 무단방류되고 있는데 기인하는 것이다. 중국측에서 조사한 자료에 의하면 1백 23종의 어류가 폐수로 멸종되었다고 보고하였다. 또한 중금속 유해물질은 바닷속 퇴적층에 축적되어 심각한 어업 자원의 감소를 가져왔으며, 1993년부터는 황해연안 어업생산량의 급격한 감소를 가져왔다. 이러한 문제를 해결하기 위해 북한은 이미 중국어민의 조업을 막기 위해 연안 50마일내에는 어업활동을 금지하는 군사경계지역을 선포하기도 했다.

3. 대기

에너지원별 구성에서 81.4%를 석탄에 의존하고 있는 에너지 다소비형 중화학 공업 체계의 북한은 산업시설의 노후화, 저급갈탄의 사용으로 대기오염은 심각한 지경이다. 경직적인 '주탄중유정책'으로 대부분의 광산이 심부화되어 산림자원이 황폐화되고 저질탄의 공급으로 에너지 효율은 하락하여 대기오염의 악화를 가져왔다. 또한 대기오염기술의 낙후와 산성분이 많아 대기가 확산되지 못하는 지형적 특성으로 인한 것도 대기오염의 원인이 된다.

북한의 대표적인 대기오염 지역은 홍남, 함흥, 청진, 신의주, 평양, 신안주지 구 등이다. 「홍남제철소와」 「2.8 비닐론 공장」에서 발생하는 염소가스, 일산화탄소 등은 노동자들의 호흡기 장애를 일으키는 주 요인이 되고 있다. 청진 지역 주민들은 김책제철소와 청진화학발전소에서 나오는 매연과 이산화황 등 유해 가스로 인해 호흡기 질환이 만연되어 있다고 한다. 백두산에는 산도 4.6의 약산성비가 내릴 정도로 대기오염이 심각하다.

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

원산문평 제련소에서는 아황산가스, 수은연기 등이 배출되고 있으며 종업원의 치아가 빠지고 주민들이 피부염을 호소하고 있으며 농작물이 고사하는 현상이 일어난다고 한다. 만포시 훈화 액체화학연료공장 주변의 주민들은 간염, 간경변증, 간암 등 간질환 환자의 발생이 많고 여성근로자들 사이에 불임증, 유산, 기형아 출신이 있다고 한다. 이같은 모든 원인은 대기오염의 악화와 밀접한 관계에 있다는 것이다(정회성, 강광규 외, 1996).

4. 기존의 북한 환경오염 추정

지금까지 남한에 관한 오염물질 배출량의 추정 조사에 관한 연구는 다수의 논문이 있다. 그러나 북한의 환경오염물질 배출량에 관한 연구는 드문 편이다. 1993년에 일본의 과학기술정책연구소는 아시아 25개 지역을 대상으로 FUGI Global모델을 이용하여 에너지이용 기술의 진전에 따른 성에너지 사용량을 기준으로 국가별로 오염발생량 추정을 연구하였으며 이중에는 북한의 발생량도 포함되어 있다.

북한 오염발생량에 대한 추정치는 자료의 제약이라든가, 사용 배출계수의 다양성 및 가정 설정 등에 많은 논란의 여지가 있다. 그러나 과학기술정책연구소의 오염배출 추정이 최초의 추정이었다는 점과 에너지 이용기술의 향상과 배연탈황을 위한 환경대책의 효과를 통합적으로 파악하였다는데 의의가 있다.

일본 과학정책연구소의 연구 결과에 의하면 아시아 지역의 경우, 이산화황의 배출량이 2000년에는 40.7 - 43.7만톤, 2010년에 55.6 - 62만톤으로 1987년 대비 각각 1.5배, 및 2.1배로 크게 늘어날 것으로 전망하고 있다. 특히 2000년에는 중국, 인도, 한국, 대만, 일본의 순으로 오염배출량이 많을 것으로 보고 있으며 이들 5개 국가가 아시아 전체 배출량의 86%를 차지할 것으로 전망하고 있다. 질소산화물의 경우, 2000년에 24 - 26만톤, 2010년에 33.3 - 37만톤으로 1987년과 비교할때 각각 1.7배, 2.2배의 수준에 달할 것으로 추정하고 있다. 이중 신장율이 가장 높은 나라는 한국, 대만, 말레이시아로 나타났으며 중국, 말리부, 한국, 말레이시아, 일본이 전체 배출량의 82%를 차지하는 것으로 나타났다.

이산화탄소의 경우, 2000년에는 220억톤으로 1987년 대비 1.5배로 연평균 3.2%의 신장률을 기록할 것으로 전망하고 있다. 이산화탄소는 지구온난화의 주범으로 기후변화협약에서 중요하게 다루는 물질이다. 이산화탄소의 성장율이 아시아에서 가장 많이 발생할 것이라는 점은 한국으로서는 향후 기후변화협상에 상당한 부담으로 작용할 것이 틀림없다. 특히 전체 배출량중 중국(41.3%), 일본(16.4%), 인도(15%), 한국(5.4%), 인도네시아(5%) 등 아시아 국가가 전세계 발생량의 83%를 차지할 것으로 전망하고 있으며 2010년에도 같은 추세를 보일 것으로 보인다. 특히 연평균 신장률에서 중국, 한국, 대만, 말레이시아, 타이, 싱가폴 등의 국가에서 높을 것으로 전망하고 있으며 중국은 1987년의 6.4억 톤에서 2000년에는 9.1억톤, 2010년에는 12.3억톤으로 증가할 것으로 전망하고 있다.

<표 III-4> 북한의 오염물질별 배출량 예측, 1987 - 2010

(단위: 천톤/년)

환경정책 에너지 정책		2000			2010		
		없음	있음	일본수준	없음	있음	일본 수준
SOx	BAU	453	450		526	504	
	기술진보	362	359	46	342	328	44
NOx	BAU	669	668		779	744	
	기술진보	534	534	333	507	485	317
CO ₂	BAU	52,089			60,124		
	기술진보	41,903			39,620		

자료 : 과학기술정책연구소, “아시아지역의 에너지 이용과 환경예측,” 1993. 5

일본 과학기술정책연구소는 오염배출량 추정을 위해 에너지와 환경정책을 혼합한 다양한 경우의 시나리오를 가정하여 오염배출량을 추정하였다. <표 III-4>에서 보듯이 환경정책의 경우는 3가지로 가정하였다. 즉, 지금 현재 환경개선을 위한

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

환경정책이 없을 경우(없음)와 있을 경우(있음), 그리고 환경정책 수준이 일본 수준으로 아주 강화된 경우(일본수준)로 나눈 것이다. 에너지 정책의 경우, 현재와 같은 에너지정책이 지속되는 경우(BAU)와 에너지효율 향상 등을 위한 에너지 절약 기술이 도입되었을 경우(기술진보)로 나누어서 분석하였다.

환경정책과 에너지 정책의 Mix를 가정한 경우의 오염물질 배출 결과는 우선 SOx의 경우, 에너지 및 환경정책이 동시에 실행되고, 기술진보가 있을 경우 배출량은 20 - 30% 정도 감소하는 것으로 나왔다. 또한 북한의 환경기준이 일본과 같은 수준으로 대폭 강화된다면 거의 50%까지 배출량의 감축을 가져올 수 있다고 전망하고 있다. NOx의 경우도 같은 현상을 보이고 있으나 질소산화물과는 달리 배출량의 감소가 적은 것으로 전망하고 있다. 이산화탄소의 발생량은 석탄화력 중심의 북한에서 상당히 많이 나올 것으로 전망하고 있다.

만약 향후에 한국이 Annex 1 그룹으로 분류되어 이산화탄소 배출량을 1990년 수준으로 동결해야 한다면, 이산화탄소의 감소 설비투자로 인한 경제 성장의 부정적 효과는 막대할 것이다. 에너지 경제연구원의 추정에 의하면 남한이 1990년 수준으로 동결해야 한다면 2000년엔 3.0%, 2010년엔 4.1%의 GNP 감소효과가 있을 것으로 분석하고 있다. 이는 1985년 불변가격으로 환산하면 10조 2천억원과 16조 5천억의 GNP 감소인 것이다.

<표 III-5> 에너지원별 이산화탄소 배출량 추정

(단위: 천 탄소톤, %)

구분	1992	1997	2000	2010	2020	2030
석유	48,745 62.6	71,340 60.7	82,012 58.3	109,460 55.3	131,775 51.7	149,311 48.1
LNG	2,899 3.7	7,681 6.5	11,170 7.9	21,179 10.7	32,959 12.9	46,524 15.0
석탄	25,507 32.8	37,887 32.2	45,965 23.7	65,341 33	87,877 34.5	112,073 36.1

자료 : 에너지 경제연구원, 내부자료, 1995. 3

주 : 두 번째 숫자는 구성비를 의미.

1990년 현재 남한에서 에너지 부문으로부터 배출된 이산화탄소량은 65,474톤으로 총배출량의 94.1%를 차지하고 있다. 이를 부문별로 보면, 산업부문이 35.9%로 가장 높고, 가정, 상업부문이 27.9%, 수송부문이 17.6%, 발전부문이 15.7%의 순이다. <표 III-5>은 향후 예상되는 에너지원별 이산화탄소 배출량과 구성비를 보여주는 것인데, 석유의 이산화탄소 배출량이 감소 추세이기는 하나 가장 많이 배출하고, 다음이 증가 추세에 있는 석탄이며, 가장 낮은 구성비를 보이는 것은 LNG이다.

지구환경문제, 특히 기후변화협약과 관련하여 남북한간에 협력관계방안으로서 이산화탄소 저감의 강화를 위한 개도국의 지원에 공동이행(Joint Implementation)의 방안을 개발하여 활용할 경우 남북한 모두에게 이득이 되는 여건을 가져올 수 있을 것이다.

IV. 향후 북한의 환경오염 전망

1. 북한의 에너지 사용량

북한의 에너지 정책은 북한식 정치·경제적 이념을 따르고 있다. 즉, 에너지 생산과 소비에 있어서 효율성이나 경제성의 확보, 국가간 에너지 교역에서 나오는 국제분업의 이익 등을 추구하기보다는 국내에 부존된 자원에 의존하여 에너지 자급도를 높이는 것을 최우선 정책과제로 하고 있다. 북한은 국내에 풍부하게 매장되어 있는 석탄을 집중적으로 개발하고 석탄이용을 극대화시키는 등 국내 최대자원인 석탄중심의 공업화 정책을 추진하였다. 동시에 북한의 지형과 자연조건에 의해 천연적으로 풍부한 수력을 이용하는 수력발전소의 건설에도 집중적으로 투자하여 왔다. 그 결과 북한의 에너지 수급구조는 석탄중심이며 수력발전의 비중이 다

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

른 나라들에 비해 월등히 높은 특징을 갖게 되었다. 한편, 국내에서 생산되지 않는 석유는 소비를 최대한 억제하여 공업화된 나라들 중 석유소비율이 가장 낮은 편에 속하고 수송부문에 집중되어 있다.

환일본해경제연구소(1996)는 1975년부터 1995년까지의 북한에너지 통계를 수집, 분석하고 이를 토대로 회귀분석을 통하여 북한의 에너지 수요를 KEDO의 전설이 완료되는 2003년까지 추정하였다⁵⁾. 환일본해경제연구소의 연구는 자료의 신빙성을 고려하여 다각적인 검토를 하였으며 비교적 실제 북한의 에너지 소비와 근접하다는 평가를 받고 있다.

<표 IV-1> 북한의 1차 에너지 공급과 최종 소비 현황

(단위 : 천 TOE)

		1975	1980	1985	1989	1991	1992	1993	1994
공급	석탄	23,515	26,592	29,542	30,866	25,052	23,960	23,121	22,113
	석유	1,203	2,014	3,094	2,603	1,991	1,631	1,461	1,011
	수력	2,192	2,192	2,748	3,351	3,358	3,172	2,971	3,039
	신탄	768	861	920	947	967	981	994	1,008
1차 에너지 공급		27,679	31,659	36,304	37,767	31,368	29,744	28,547	27,171
소비	석탄	19,269	21,304	23,266	24,653	19,749	18,963	18,671	17,736
	석유	1,092	2,009	2,848	2,322	1,768	1,429	1,289	850
	전력	1,286	1,505	1,849	2,135	1,923	1,806	1,616	1,638
	신탄	768	861	920	947	967	981	994	1,008
최종소비		22,416	25,679	28,884	30,055	24,407	23,179	22,570	21,233
부문별 최종소비	산업	20,086	22,363	24,713	26,186	21,055	20,145	19,730	18,723
	수송	852	1,549	2,098	1,683	1,292	1,044	942	622
	민생	1,478	1,768	2,073	2,186	2,060	1,989	1,897	1,888

자료 : 환일본해경제연구소, 「최근 북한의 에너지 수급현황」, 북한, 1996. 2.

5) 이찬우(1996), 「최근 북한의 에너지 수급현황」, 북한, 1996. 2.

김정인·박창원

〈표 IV-1〉은 1975년부터 1994년까지 북한의 1차 에너지 공급과 최종소비 현황을 보여주는 것으로 1차 에너지 공급은 1989년까지는 증가했지만 그 이후에는 감소하여 1994년에는 1975년도 수준을 유지하고 있다. 1994년에 북한은 총 2717만 TOE의 1차 에너지를 공급했으며 이중 석탄이 81.4%를 점유하고 수력이 11.1%, 석유는 4%를 차지하고 있는 석탄 중심의 에너지 공급구조를 가지고 있다. 한편, 최종에너지 소비량은 2123만 TOE로 석탄이 83%, 전력이 7%, 석유가 4%를 차지하고 있다. 1994년을 기준으로 1차 에너지의 감소는 1989년 대비 석탄 72%, 석유 37%, 전력 77% 수준으로 감소한 것으로 석유와 전력의 감소는 특히 가정부문과 수송부문에 막대한 타격을 주었으며 광공업부문의 생산부진은 외화부족이 주된 원인으로 지적되고 있다.

2. 북한의 발전량

통일원 자료에 의하면, 북한의 총 발전시설용량은 1994년 현재 724만Kw로서 수력이 437만Kw(60%), 화력이 290만Kw (40%)로 구성되어 있다. 한편 남한의 총 발전시설용량은 북한의 4.1배인 2875만Kw로서 화력이 1,864만Kw (64.8%), 원자력이 761만Kw(26.5%), 수력이 249만Kw(8.7%)로 구성되어 있으나 원자력의 비중과 천연가스의 발전 비중을 점차 높여가려 한다.

북한은 화력발전 비중을 높이려 하고 있으며 화력발전 가운데 석유발전은 옹기발전소 뿐이고 나머지는 모두 석탄 발전이다. 한편, 정치적인 요인 이외에 매장된 우라늄을 이용하여 에너지를 자급자족하려는 북한은 원자력 발전에 상당한 정책적 배려를 하고 있다. 원자력 발전은 1986년부터 가동이 시작된 영변발전소 1호기의 5천 Kw의 실험용 원자로를 가졌으며 연변 2호에 5만Kw, 태천에 20만Kw의 건설을 시작하였으나 IAEA의 핵사찰로 중지되고 있는 상태이며, 남한의 KEDO(한반도 에너지개발기구) 지원을 받아서 경수로형 발전소를 건설하고 있다⁶⁾

6) 원자력발전소 시설별 현황은 한국원자력발전소의 “북한의 원자력 개발현황” 1993.7 참조

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

1994년 현재 남한의 발전량은 1,650억Kw로 북한의 231억Kw에 비해 7.1배이며 일인당 발전량에 있어서도 남한(3,712Kwh)은 북한(1,006Kwh)의 3.7배를 보여주고 있다. 북한은 1975년부터(총 176억Kw) 1994년까지 20년간 연평균 발전용량을 수력은 2.7%, 화력은 3.2%를 증가시켰다. 그러나 1989년부터는 전력 생산 2백 92억Kw를 최고로 계속 감소되어 1993년에는 2백 21억Kw에 불과하다⁷⁾(〈표IV-2〉 참조).

<표 IV-2> 남북한 발전량 비교

구분	단위	남한	북한	남한+북한	남/북(배)
1990	발전량	억kwh	1,017	277	1,354
	발전량/인	kwh	2,512	1,275	2,096
1991	발전량	억kwh	1,186	263	1,449
	발전량/인	kwh	2,741	1,194	2,219
1992	발전량	억kwh	1,310	247	1,557
	발전량/인	kwh	3,000	1,106	2,359
1993	발전량	억kwh	1,444	221	1,665
	발전량/인	kwh	3,278	976	2,496
1994	발전량	억kwh	1,650	231	1,881
	발전량/인	kwh	3,712	1,006	2,791

자료 : 통계청·통일원, “남북한 경제 사회상 비교”, 1995

북한은 동계기간중 피크시간인 오후 6시부터 11시까지 단전을 하고 있으며, 단전의 우선 순위도 배급제도의 공급우선순위에 따라 가정, 상가 및 비군수공장 순이다. 이러한 현상은 에너지의 공급부족 외에도 에너지효율이 낮고, 준전시체제에

7) 1975년부터 1989년 동안의 연평균 전력생산은 3.7%이며, 1989년부터 1993년까지의 증가률은 -6.7%이다. 이중 발전을 위한 연료 투입구조에서 석유는 1989 ~1993년 동안 연평균 -11.2%의 성장을 가져왔다.

따른 배급순위에서 가정부문은 최우선 순위이며, 사회주의경제하의 사회에서는 전기요금제도가 없다는 점에도 원인은 있다. 한편, 미국의 Nautilus 연구소의 연구에 의하면 1990년을 기준으로해서 에너지효율의 개선이 연간 석탄에서는 37만, 발전에서 5만 TJ⁸⁾을 절약 할 수 있는 것으로 분석하고 있다.

사실 북한은 전력난을 해소하기 위해서 3차 7개년 계획(97-93) 기간중에 5백억 Kw의 이상의 발전능력을 수립하여 연간 1억 2천만 Kwh의 전력을 공급하려고 계획하였으나 건설자재 부족과 설비지원의 차질로 실패하였다. 결국, 북한이 극심한 전력난을 경험하고 있는 주요 원인은 석탄생산의 감소와에도 경직적인 '주탄중유정책'에 의한 에너지수급체제의 전반적 비효율성과 경화부족으로 인한 석유수입 감소, 발전 시설 노후화에 의한 가동률의 저하와 저열탄 사용의 증가, 에너지관리 기술의 미비에 의한 전력손실, 송배전시설의 노후 등이 원인이라고 하겠다. 특히 송배전 시설은 전반적인 설비노후로 인해 상당한 양의 전력손실을 가져오고 있으며 지중에 매설된 초고압선을 비롯한 송전라인은 절연처리의 미비로 이에 대한 보수가 시급한 것으로 보고있다⁹⁾. 그러므로 북한의 에너지 위기는 경제성장의 회복이 없는 한 앞으로도 계속될 것으로 전망된다.

3. 향후 북한의 환경오염 배출량 추정

가. 에너지 수요 모형

북한의 오염을 추정하기 위해서 에너지원별 수요 모형을 다음과 같이 정의하였다. 본 모형에서 석탄과 국민총생산의 두가지 변수만 사용한 이유는 구사회주의 국가의 경우와 마찬가지로 자료의 한계 때문이다. 그러나 국민총생산의 추정이나 해석은 사회주의 국가의 계산 방식이 다름으로 주의를 요한다.

8) 1TJ(Terajoule)은 24톤의 원유에 해당된다.

9) 세계에너지 협회(IEA)는 송배전손실률을 15%로 추산하고 있으나 한국은 북한이 최고 50% 이상의 손실이 있는 것으로 보고있다.

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

$$COAL_t = \alpha + \beta COAL_{t-1} + \gamma GNP_t$$

COAL_t : t기의 석탄 수요량

COAL_{t-1} : t-1기의 석탄 수요량

GNP_t : t기의 GNP 지수

$$OIL_t = \alpha + \beta OIL_{t-1} + \gamma COAL_t + \delta GNP_t$$

OIL_t : t기의 석유 수요량

OIL_{t-1} : t-1기의 석유 수요량

$$POWER_t = \alpha + \beta POWER_{t-1} + \gamma GNP_t$$

POWER_t : t기의 전력 수요량

POWER_{t-1} : t-1기의 전력 수요량

정확한 수요 분석을 위해서는 에너지원별·용도별 소비에 관한 자료가 필수적이거나 북한의 자료가 극히 제한적이기 때문에 간단한 수요모형을 이용하였다. 본 연구에서 사용한 자료¹⁰⁾는 1975년부터 1995년까지의 북한 에너지소비 실적을 토대로 20년의 자료를 이용하여 에너지원별(석탄, 석유, 발전)로 수요를 추정하였다.

$$COAL_t = 3996.7 - 0.00316 COAL_{t-1} + 217.02 GNP_t$$

(0.4233) (-0.1148) (3.197)

$$\rho = 0.95701$$

(15.119)

(): t-Statistic

$$R^2 = 0.8899$$

$$OIL_t = -2412.9 + 0.10184 OIL_{t-1} + 0.0684 COAL_t + 12.401 GNP_t$$

(-1.975) (0.3898) (3.066) (1.431)

$$\rho = 0.33408$$

(1.62428)

(): t-Statistic

$$R^2 = 0.8843$$

10) 환일본해경제연구소, “최근 북한의 에너지수급 현황”, 북한, 1996, 2.

$$\begin{aligned} \text{POWER}_t &= -7530.9 + 0.03104 \text{ POWER}_{t-1} + 178.31 \text{ GNP}_t \\ &\quad (-0.7825) \quad (0.1486) \quad (2.256) \\ &\quad () : t\text{-Statistic} \\ R^2 &= 0.2685 \end{aligned}$$

전력의 수요모형은 OLS방법을 이용하였고 석탄과 석유모형은 잔차간 자기상관이 존재하여 Cochrane-Orcutt 방법을 이용하여 도출하였다. 세 추정식의 결과에서, 시차변수들은 모두 유의성이 없는 것으로 나타난 반면 GNP 변수가 중요한 설명 변수인 것으로 나타났다. 전력 추정식의 경우 R^2 의 값이 상당히 낮아 GNP 변수와 전력의 시차변수가 전력의 수요를 설명하기에 충분하지 못한 것으로 보인다. 회기방정식에 시차변수가 독립변수로 존재할 때 Durbin-Watson 값이 2에 편기되는데 이와 같은 경우 통상 Durbin-h 값을 이용할 수 있다. 그러나 여기에서 추정된 식은 자료가 적고 시차변수의 계수에 대한 유의성이 낮기 때문에 Durbin-h 값으로 자기상관을 판단하기에는 유의성이 낮다. 전력 수요 추정식에서 정확한 자기 상관을 판단하기 위해 Dubin이 제안한 방법¹¹⁾을 이용하였다. 추정된 잔차의 1시차변수의 계수는 -0.36694이나 표준편차는 0.8271이어서 전력 수요식에서는 자기상관이 없는 것으로 나타났다.

나. 에너지 수요전망

에너지 수요에 대한 전망을 하기 위해서 각 에너지원별 수요 추정식을 토대로하여 GNP 성장률에 의한 예측치를 2개의 시나리오(GNP 성장 1%와 3%)로 산출하였으며 예측기간은 KEDO의 경수로 건설이 완료되는 2003년까지로 하였다.

본 연구에서는 GNP의 성장이 2003년까지 1%와 3%로 고정되어 성장한다고 가정하여 오염량을 추정하였다. 이 같은 가정은 언뜻 현실적인 면에서 다를 수 있으나 향후 경협이 진행되고 두만강 개발프로젝트가 활성화된다면 2000년 이후에는 3% 성장의 경우 얼마든지 가능하리라고 본다.

11) 초기에 추정된 방정식의 잔차를 종속변수로 하고 잔차의 1시차변수 그리고 초기에 사용되었던 변수들을 독립변수로 하여 OLS로 추정하고 잔차의 1시차변수의 유의성을 보는 방법이다.

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

각 시나리오별 수요 추정량은 〈표 IV-3〉, 〈표 IV-4〉와 같다. 시나리오 1에서, 석탄은 2003년까지 180만톤의 수요가 증대할 것으로 예상되는 반면 석유는 정체될 것으로 보인다. 시나리오 2에서 석탄은 680만톤의 수요가 증가할 것으로 보이며 석탄 증산정책의 합리화 기계설비 시설의 현대화를 추진하지 않는 한 에너지 공급 부족을 초래할 전망이다. 석유의 경우 20만톤 정도 증가하는데 KEDO의 대북한 중유지원이 1996년 이후 2003년까지 매년 50만톤 공급하는 것을 전제로 하면 석유공급은 무난할 것으로 전망된다.

〈표 IV-3〉 시나리오 1 : GNP 1% 성장 가정

	단위	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
석탄	천톤	31,507	31,779	32,094	32,428	32,740	33,072	33,381	33,711
석유	천톤	1,516	1,501	1,480	1,470	1,462	1,459	1,455	1,453
전력	백만KWH	16,310	16,534	16,758	17,001	17,225	17,467	17,692	17,935

〈표 IV-4〉 시나리오 2 : GNP 3% 성장

	단위	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
석탄	천톤	32,072	32,930	33,852	34,815	35,778	36,783	37,830	38,894
석유	천톤	1,548	1,567	1,581	1,606	1,636	1,671	1,709	1,749
전력	백만 KWH	16,773	17,479	18,202	18,962	19,721	20,516	21,348	22,193

다. 북한의 대기오염 추정

북한 대기오염의 주된 원인은 석탄위주의 에너지체계에 기인한다. ‘주탄중유정책’으로 전체 에너지중 석탄이 70% 이상 점유하고 있으며 또한 석탄증산 정책에 의하여 저질탄이 양산되며 이에 따른 에너지효율이 저하됨을 물론 아황산가스, 질소산화물, 이산화탄소 등 대기오염물질의 증가로 대기질에 상당한 영향을 미치고 있다.

북한의 대기오염 예측을 위해 GNP 성장 시나리오에 따른 에너지 수요를 근거

로 대기오염물질 배출량을 계산했다. 에너지원 및 용도별 소비에 대한 자료가 제한적이므로 몇 가지 가정에 의하여 산출하였다. 첫째 석유류에서 휘발유, 경유, 및 중유의 소비비율은 33 : 37 : 30이고 휘발유와 경유는 수송용으로 그리고 중유는 산업 또는 발전용으로 쓰인다. 이 가정은 '94년 북한의 석유류의 소비 비율을 토대로 한 것이며 2003년까지 동일한 비율을 유지한다는 것으로 가정하였다. 둘째 황함유량의 경우 석탄은 0.5%이고 유류는 0.1%로 가정하였다. 이 가정은 북한의 실상을 정확히 모르기 때문에 일반적으로 우리나라에서 쓰여지고 있는 황함유량과 같다고 보았다. 셋째 전력부문에 있어 화력 및 수력의 비율은 40 : 60이고 화력발전부문의 석탄과 석유 투입비율은 TOE 환산 기준으로 95 : 5으로서 1994년 수준을 그대로 유지하는 것으로 가정한다. 넷째 에너지원별 아황산가스, 질소산화물의 배출량은 미국 환경보호청(EPA) 배출계수를 이용하였고 이산화탄소 배출량은 기후변화 정부간 협의체 (IPCCO : Intergovernmental Panel on Climate Change)의 배출계수를 이용하였다. 이 같은 가정을 근거로 경제성장 1%와 3%하의 계산된 결과는 아래와 같다.

<표 IV-5> 북한의 황산화물 발생량 전망

(단위: 톤)

	GNP성장	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
석 탄	1%	307,202	309,853	312,919	316,179	319,217	322,455	325,469	328,684
석 유		2,125	2,104	2,075	2,060	2,050	2,045	2,040	2,036
전 力		28,916	29,313	29,710	30,141	30,538	30,967	31,366	31,797
총 계		338,242	341,270	344,704	348,380	351,805	355,467	358,875	362,517
석 탄	3%	312,704	321,068	330,059	339,455	348,841	358,638	368,847	379,218
석 유		2,171	2,197	2,216	2,252	2,293	2,343	2,397	2,452
전 力		29,737	30,988	32,270	33,618	34,963	36,373	37,848	39,346
총 계		344,612	354,253	364,545	375,325	386,097	397,354	409,092	421,016

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

<표 IV-6> 북한의 질소산화물 발생량 전망

(단위: 톤)

	GNP성장	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
석 탄	1%	283, 571	286, 019	288, 848	291, 858	294, 662	297, 651	300, 433	303, 401
석 유		76, 382	75, 650	74, 596	74, 056	73, 676	73, 515	73, 329	73, 207
전 력		27, 201	27, 575	27, 949	28, 354	28, 727	29, 131	29, 506	29, 911
총 계		378, 154	389, 244	391, 393	394, 268	397, 065	400, 297	403, 268	406, 519
석 탄	3%	288, 650	296, 371	304, 669	313, 343	322, 007	331, 051	340, 474	350, 047
석 유		78, 007	78, 961	79, 657	80, 928	82, 423	84, 198	86, 136	88, 127
전 력		27, 974	29, 151	30, 357	31, 624	32, 890	34, 216	35, 604	37, 013
총 계		394, 631	404, 483	414, 683	425, 895	437, 320	449, 465	462, 214	475, 187

<표 IV-7> 이산화탄소(CO₂) 발생량 예측

(단위: 천 톤)

	GNP성장	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
석 탄	1%	19, 338	19, 505	19, 698	19, 903	20, 094	20, 298	20, 488	20, 690
석 유		1, 339	1, 326	1, 308	1, 298	1, 292	1, 289	1, 285	1, 283
전 력		600	608	619	625	634	643	651	660
총 계		21, 278	21, 440	21, 623	21, 828	22, 021	22, 230	22, 425	22, 634
석 탄	3%	19, 684	20, 211	20, 777	21, 368	21, 959	22, 576	23, 219	23, 871
석 유		1, 367	1, 384	1, 396	1, 419	1, 445	1, 476	1, 510	1, 545
전 력		617	643	670	698	725	755	785	816
총 계		21, 670	22, 239	22, 844	23, 486	24, 131	24, 808	25, 515	26, 234

계산된 결과에 의하면 북한의 아황산가스의 향후 배출량은 1% 성장의 경우, 33만톤에서 36만톤으로 증가하며, 경제성장 3%를 가정한 경우, 34만톤에서 42만톤에 이를 것으로 추정된다. 석탄의 소비비중이 높기 때문에 석탄의 아황산가스의

배출량 비중도 90% 이상 나타나고 있다. 질소산화물의 경우 GNP 1% 성장시 1996년 38만톤에서 2003년에 41만톤, GNP 3% 성장시 2003년에 48만톤에 이를 것이며 이중 석탄소비에 의한 발생은 70%인 것으로 추정된다. 일산화탄소 발생에 있어 석유 소비가 주된 요인으로 90% 이상 차지할 것으로 보인다. 전력부문의 이산화탄소 배출 기여는 극히 미미해 총발생의 3%정도인 것으로 예측된다. 그러나 북한의 탈황기술이 부족하고 환경규제가 남한보다 훨씬 낫다는 점을 고려한다면 실제 오염배출량은 더 많을 것이다.

오염 추정의 결과, 북한은 석탄위주의 주탄종유정책으로 환경오염의 배출에 상당한 기여를 하는 것으로 나타났다. 이는 향후에 통일 이후에 국제환경협약에 북한이 가입하게 된다면 상당한 부담이 될 것으로 보인다. 그러므로 북한으로서는 단계적인 에너지 전략을 수립해야 할 것이다. 우선 단기적으로는 남북 경제협력을 통한 기술설비의 현대화를 지원하는 방향이 도모되어야 하며 설비가 낙후된 설비는 과감히 철거하고 남한의 투자를 유도하는 것이 바람직할 것이다. 중장기적으로는 연료의 대체를 고려할 수도 있다. 즉 기존의 석탄 중심에서 천연가스를 발전용이나 산업용에 이용하는 방법을 적극 모색해야 한다.

V. 결론

환경에 관한 문제는 처음에는 오염원의 주변에서 발생하는 국지적인 형태에서 오염의 이동으로 국경을 넘어 주변 국가에까지 확산되어 영향을 주는 경우도 있으며 심지어 전세계에까지 영향을 미치는 결과를 초래하게 되는 경우가 있다. 이러한 이유로 환경 파괴는 한 국가내에서만 국한되는 문제가 아니라 국가간의 문제가 되어가고 있다.

예컨대, 국경간 흐르는 강은 세계인구의 44%가 의존해 있음으로 해서 물을 둘러싼 전쟁으로까지 비화하고 있다. 대표적인 예가 리인강, 유프라테스강을 둘러싼 물 분쟁일 것이다. 한편, 미국 월드워치 연구소는 「'96년 세계 현황보고서」를

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

통해 세계 식량사정이 급격히 악화되면서 식량무기화 조짐이 대두되고 있는 가운데 물사용 문제를 둘러싼 국가간 이해관계도 갈수록 첨예하게 대립하고 있어 새로운 분쟁의 요인이 되고 있다고 경고한 바 있다. 특히 UNEP 사무국장은 “지구상의 담수자원은 지속적인 인구증가 및 수질오염의 심화로 희귀 자원화되고 있으므로 30년이내에 세계인구의 1/3은 물 부족에 직면할 것”이라고 경고한 바 있다. 이같이 국제사회가 인구증가·과도한 물 소비패턴 등으로 2010년경에는 심각한 수자원위기에 직면할 것이라고 경고하고 있는 가운데, UN을 비롯하여 미국·EU·일본 등 주요국가들은 수자원 보호를 위한 노력을 적극 강화하고 있는 것도 향후 물 사용의 권리에 따른 선점을 하려는 정치적 배려에 있다고 본다.

본 논문에서는 깊이 있게 다루지 않았으나 중국으로부터의 환경오염이 한반도에 미치는 영향은 심각한 수준이다¹²⁾. 중국 내에서도 최악의 환경오염 도시인 북경, 심양, 본계 산동성 등 14개 등이 북부에 위치하고 있으며 중국 전체 오염물질량의 65%를 배출하고 있다. 특히 중국에서 황산화물을 가장 많이 배출하는 지역인 산동, 강소, 요령, 화북이 동북부 지역에 있는 점은 앞으로 이들 도시에 대한 오염이 개선되지 않는 한 한국은 국경오염의 영향권에 들어 있는 것이다. 중국으로부터의 월경오염(transboundary pollution) 문제를 둘러싸고 한중간 환경분쟁으로 까지 발전할 수 있는 여지는 충분히 있다. 그러므로 한국은 중국환경문제의 실태를 파악하고, 국경오염에 대한 피해를 최소화할 수 있는 방안을 한중일·북한간 국가 협력을 바탕으로 조속히 마련하는 것이 필요하다고 본다.

국경간 환경오염 문제에 대한 해결은 중국남북한과 일본이 국제적인 환경협약 등을 통해서 협력하여 해결해야 한다. 당분간 경제성장을 위해서 북한이 석탄위주의 에너지 정책을 고수하듯이 한다면 무작정 못하게 하는 것은 바람직하지 않다고 본다. 차라리 북한의 에너지기술투자에 재정적, 기술적인 지원을 통해서 국내기업이 에너지산업에 진출할 수 있는 발판을 마련하는 것이 좋은 방안이라고 본다. 이 같은 것은 경제협력차원에서도 적극 추진할 수 있다고 보며 북한으로서도 에너지

12) 중국 오염이 한반도에 미치는 영향에 관한 연구는 적으며, 민병승(1996), 한택환(1994), 국립환경연구원(1997) 등의 연구가 있을 뿐이다.

난의 해결과 경제성장에 도움이 될 수 있으리라고 본다.

효과적인 남북한 에너지협력방안을 유도하기 위해서는 협약위반시 적절하고 신뢰할 수 있는 제재를 서로가 동의 할 수 있는 문서를 제시해야 한다. 이것을 위해서 국가간 정부 협력체를 추진하는 것은 바람직하다고 본다.¹³⁾ 이때 중요한 것은 러시아·중국과 국제기구의 참여를 반드시 전제로 해야 한다는 것이다. 특히 중국은 월경오염의 당사자이기도 함으로 에너지협력에 중요한 역할을 할 수 있다. 또한 국제기구는 기구의 원활한 운영과 감시의 역할을 한다는 면에서도 중요하며 북한의 환경개선을 실질적으로 가능하게 할 수 있는 지원 가능성도 있기 때문이다.

특히 재정 지원을 위한 방법도 다각도로 연구해야 한다. ADB가 아시아 개도국의 환경개선을 위해서 설립한 “아태 환경기금”을 적극 이용하는 방안을 검토하는 것도 바람직 할 것이다. 현재 북한이 ADB국가의 지원 대상은 아니지만 외교적 노력을 기울여 북한이 가입할 수 있도록 적극 도와야 할 것이다. 한편 지구환경금융(GEF)을 이용한다든지 세계은행으로부터 재정지원을 받을 수 있는 가능성도 연구해 보아야 한다.

요약하면, 동북아 환경협력의 시작은 에너지 문제의 해결을 위한 협력에서부터 시작해야 한다고 본다. 이를 효율적으로 추진하기 위해서는 국가간 협력을 통한 에너지의 효율적인 관리가 필수적이며 청정석탄이나 연소기술의 개발도 중요하다.

우선 당장 남·북한 전력협력의 가능성이 있다. 즉 남·북한간 전력수요가 계절 별로 차이가 있음으로 이를 상호이용하는 것이다. 이로 인해 남한은 백만Kw, 북한은 70만 Kw의 혜택을 볼 수 있을 것으로 본다. 발전설비에서도 상호협력은 가능하다. 남한은 발전 및 송배전 설비를 건설하기 위한 토지를 확보할 수 있고, 북한은 연료와 기술을 확보할 수 있을 것이다.

에너지 협력을 위해서는 정부간 사전협의와, 지역에너지망의 구축 전력 계통연계 방안과 규모와 설정이 있어야 하며 재정지원에 대한 검토가 추후에도 연구되어

13) 유럽의 경우 European Coal and Steel Community의 설립을 통해서 국가간 이해관계를 원만하게 조정할 수 있는 단체가 되었다.

북한의 환경오염 현황과 오염배출량 추정에 관한 연구

야 할 과제라고 본다.

참고 문헌

1. 고일동, 남북한 환경공동체를 위한 협력방안세미나 『남·북한 교류의 현황 및 전망』, KETRI, 1995.8.18.
2. 과학기술정책연구소, 『아시아지역의 에너지 이용과 환경예측』, 1993.5.
3. 김운근, 『북한의 농업구조와 식량문제』 북한경제포럼, 1996.2.24.
4. _____, 『북한 에너지의 문제점과 향후과제』, 북한경제논총, 1996년 11월호
5. _____, 『環境-社會計定(ESAM)을 이용한 環境과 經濟와의 相關關係 分析』, 자 원경제학회지, 제 5권 1호, Vol. 5, No. 1, Sep. 1995.
6. 대한무역진흥공사, 『북한의 석탄사정』, 북한뉴스레터, 1996.1.
7. 손기웅, 『북한의 환경정책과 환경실태』, 국제정치논총, Vol. 35, 2호, 1995.
8. 呂理綜, 『중국의 에너지와 환경 문제 연구』, 대륙경제연구, 18권, 2호, 1993.3.10.
9. 유충걸, 『두만강 하류의 물자원 예비와 전망』, 북한, 1996. 9월호
10. 이찬우(환경본부경제연구소), 『최근 북한의 에너지 수급현황』, 북한, 1996.2.
11. 장영식, 『북한의 에너지 경제』, 한국개발연구원, 1994.9.
12. 정용승·윤마경, 『황사의 사례분석과 한반도 유입량』, 한국대기보전학회, 10원, 4호, 1994.
13. 정우진 외, 『북한의 에너지체계 비교분석 및 협력방안』, 에너지경제 연구원, 1993.
14. 정희성, 『북한의 환경문제와 남북한 환경협력의 추진방안』, KETRI, RE-12, 1995.12.
15. 정희성, 남북한 환경공동체를 위한 협력방안세미나, 『남·북한 환경실태·형력방안』, KETRI, 1995.8.18.
16. 정희성·강광규·강철수, 『북한의 환경문제와 통일한국의 환경정책 방향』, KETRI, 1996.12.
17. 통계청·통일원, 『남북한 경제 사회상 비교』, 1995.
18. 한국개발연구원, 『북한경제동향 1995년도』 1996.
19. 한국건설업체 연합회, 『북한 시장 진출방안에 관한 연구』, 1996.2.
20. 한택환, 『東北亞 環境協力의 推移와 課題』, 대외경제정책연구원, 1994.12.
21. 한택환 외, 『한·중 환경협력에 관한 연구』, 대외경제정책연구원, 1993.9.

김 정 인 · 박 창 원

22. 현명권, 『두만강 환경오염이 지역개발에 주는 영향과 개선대책』, 첨단환경기술, 1996.7.
23. Bojo. J, Maler, K. and Unemo L., *Environment and Development: An Economic Approach*, Kluwer Academic, London, 1993.
24. Durth, Ranier, *European Experience in the Solution of Cross-Border Environmental Problems*, Intereconomics, 1995.11.
25. International Trade Administration, *China: Environmentl Technologies Export Market Plan*, USDC, 1996.3.
26. Matsuura S., *China's Air Pollution and Japan's Response to It*, International Environmental Affairs, 1995.
27. Per Hayes, *Economic Dimensions of Restoring North Korea's Environment* 제 4회 북한경제 국제학술대회, 1994.10.
28. Vaclav Smil, *Environmental Problems in China: Estimates of Economic Costs*, East-West Center, 1996.
29. Zarsky, "The Prospects for Environmental Cooperation in Northeast Asia," *Asia Perspectives*, Vol. 19(2), Fall-Winter, 1995, pp. 103-130.