North Korea Cement Industry in Satellite Imagery

Chul-Seoung Baek¹, Jun-Hyung Seo¹, Jin-Sang Cho¹, Ji-Whan Ahn², Kye-Hong Cho^{1,†}¹Department of Research and Development, Korea Institute of Limestone and Advanced Materials, Danyang 27003, Korea²Center for Carbon Mineralization, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 34132, Korea

위성사진으로 본 북한의 시멘트 산업

백철승¹, 서준형¹, 조진상¹, 안지환², 조계홍^{1,†}¹한국석회석신소재연구소 연구개발실, ²한국지질자원연구원 탄소광물화사업단

(Received September 20, 2018; Revised April 2, 2019; Accepted May 24, 2019)

Abstracts

The possibility of economic exchange with North Korea is increasing, but there is still a shortage of information of cement industry, which occupies the largest proportion of North Korean construction material industry. Therefore, this study researched the status of cement production facility management using satellite photographs of 16 cement factories in North Korea, and examined the operating status of North Korean cement industry by observing smoke discharged from the chimneys of the cement production facilities. When the satellite photographs were analyzed, it was observed that the monthly stack fog ratio of the North Korean cement factories was 55% in 2016, 60% in 2017 and nearly 65% in 2018. This demonstrates that the average operating ratio has been increasing continuously. However, the operation rate of the five major cement factories reaches the limit, actual cement production is estimated to have maintained the previous level or small increased.

keyword: North Korea, Cement, Kiln, Limestone, Satellite image

1. 서론

2018년 4월 27일 남북정상회담에 앞서 국내 증권시장은 뜨겁게 달아올랐다. 특히 북한을 통과하는 대륙횡단 철도 및 고속도로 등 사회간접자본시설 투자에 대한 기대

심리로 건설 산업과 밀접한 관련성이 있는 국내 시멘트 업체의 주가 또한 연일 최고가를 갱신하였다. 하지만 북한 지역의 시멘트 산업에 대한 정보는 매우 부족한 상황으로 국내에서 유통되고 있는 대부분의 북한 시멘트 공장 현황에 대한 자료는 1990년대 조사된 자료가 대부분이다.

Table 1. 국내에 보고된 북한의 시멘트 산업의 생산 규모¹⁾

	명칭	생산규모 (만톤)	소성로	제조방식
1	순천시멘트연합기업소	300	3	SP
2	상원시멘트연합기업소	200	2	NSP
3	2.8시멘트연합기업소	160	8	습식 6기, 건식 2식
4	해주시멘트공장	125	5	개량소성
5	승호리시멘트공장	95	5	습식 3기, 개량소성 2식
6	8.2(만포)시멘트공장	60	2	SP
7	구장시멘트공장	20	2	개량소성
8	천내리시멘트연합기업소	80	4	단순건식 3기, SP 1기
9	고무산시멘트공장	57	4	단순건식
10	부래산시멘트공장	30	2	개량소성방식
11	회령시멘트공장	19	—	미상
12	해산시멘트공장	5	—	미상
13	기타	75	11	
	합계	1,226	48	

※ 생산규모는 1993년 이전 기준임 (통일부, 북한정보포탈, 2018)

2014년 한국시멘트협회에서 제공하고 있는 자료에 따르면 Table 1과 같이 시멘트 공장은 13개 내외이며 생산 규모는 약 12백만 톤 규모인 것으로 알려져 있다. 그러나 해당 자료는 2000년대 중반 이후 남북교류가 단절됨에 따라 추가적인 업데이트가 진행되지 않아 현재 운영되고 있는 시멘트 생산시설의 규모를 파악하는데 한계가 있다.

통계청, 한국정책금융공사 및 미국 지질조사국의 조사에 따르면 북한의 시멘트 생산량은 Table 2와 같이 지속적으로 증가하고 있는 것으로 보고되고 있다. 북한의 시멘트 및 석회제품 생산량은 1995년에 420만 톤 수준까지 감소하였지만 2010년 640만 톤에서 2016년 708만 톤으로 증가하였다. 이와 같은 수치는 연간 약 1,200만 톤 수준으로 알려진 북한의 시멘트 생산설비 규모를 고려할 경우 평균가동률은 59% 수준으로 국내 시멘트 산업의 평균가동률이 80% 수준인 점을 감안한다면 매우 낮다.^{1,2)} 북한 시멘트 산업의 가동률이 낮은 이유는 여러 가지가 있

겠으나 오래된 설비로 인한 문제가 가장 큰 원인으로 알려져 있으며 전기, 석탄 등 에너지 자원의 부족 및 철도, 트럭 운송 등의 낙후한 물류체계도 생산성을 떨어뜨리는 원인인 것으로 알려져 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 북한은 해외기업과의 합작투자를 추진하였으며 세계적인 글로벌 시멘트 업체인 라파즈(Lafarge)의 계열사인 이집트 오라스콤의 투자를 받아 2007년 평양 인근에 위치한 상원시멘트연합기업소의 시설현대화를 추진하였다. 최근 북한 관영매체에서는 상원시멘트연합기업소가 시멘트 목표생산량을 계속적으로 초과 달성하였다고 보도하고 있으며 순천시멘트연합기업소, 천내리시멘트연합기업소, 부흥시멘트공장 및 신원시멘트공장에서도 시멘트 생산량이 증가하였다고 보도하고 있다.³⁻⁷⁾

하지만 북한의 시멘트 산업이 기술적으로 빠르게 개선되고 있음에도 불구하고 북한 시멘트 산업의 현황을 파악하기 위한 연구는 거의 이루어지지 못하고 있는 상황이다. 이에 본 연구에서는 국내외 언론보도 자료 및 위성영상을 활용한 분석을 통해 북한 시멘트 산업의 현황을 조사하였다.

Table 2. 북한의 시멘트 생산량

연도	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016
생산량 (만톤)	613	422	460	593	640	670	708

① 순천시멘트연합기업소	⑨ 승호리시멘트공장
② 부흥시멘트공장	⑩ 만달시멘트공장
③ 상원시멘트연합기업소	⑪ 천내리시멘트연합기업소
④ 2.8시멘트연합기업소-경암시멘트공장	⑫ 룡담시멘트공장
⑤ 2.8시멘트연합기업소-마동시멘트공장	⑬ 부래산시멘트공장
⑥ 해주시멘트공장	⑭ 6.18시멘트공장
⑦ 신원시멘트공장	⑮ 고무산시멘트공장
⑧ 8.2(만포)시멘트공장	⑯ 구장시멘트공장

Fig. 1. 조사대상인 북한 시멘트 공장의 위치

2. 분석대상과 방법

국제 시멘트 전문통계자료집인 Global Cement Report 에는 북한의 시멘트 공장이 11개가 있는 것으로 보고하고 있다. 그러나 북한 관영매체 및 국내의 언론보도에 따르면 3~4개의 시멘트 공장이 더 있는 것으로 조사되었다.

Fig. 1은 해외 시멘트 통계자료와 북한 관영매체 자료를 이용하여 조사한 북한 지역에 위치한 시멘트 공장의 위치를 나타낸 지도이다. 조사대상인 시멘트 공장은 총 16개소로 함경남도 순천시 동북부에 위치한 순천시멘트연합기업소와 부흥시멘트공장, 평양시 동남부에 위치한 상원시멘트연합기업소, 황해북도 봉산군에 위치한 2.8시멘트연합기업소의 경암시멘트공장과 마동시멘트공장, 황해남도 해주시와 신원군에 위치한 해주시멘트공장 및 신원시멘트공장, 자강도 만포시에 있는 8.2(만포)시멘트

Fig. 2. Planet 1-month mosaic 위성사진 서비스

Fig. 3. Planet daily imagery 위성사진 서비스

공장, 평양시 승호구역에 위치한 승호리시멘트공장과 만달시멘트공장, 강원도 천내군에 위치한 천내리시멘트연합기업소의 천내리시멘트공장과 룡담시멘트공장 및 부래산시멘트공장과 6.18시멘트공장, 함경북도 부령군에 위치한 고무산시멘트공장, 평안북도 구장군에 위치한 구장시멘트공장이다. 참고로 앞서 Table 1의 1990년대 자료를 통해 보고된 회령 및 혜산시멘트공장은 공장규모가 매우 작아 굴뚝연기 측정을 통한 관찰이 어려워 제외하였다.

북한의 16개 시멘트 공장에 대한 운영현황 조사는 온라인에서 제공하고 있는 위성사진 서비스와 북한 보도 자료를 활용하였다. 고해상도 위성사진의 경우 Google 이 제공하는 CNES & Airbus의 이미지 자료와 38 North Digital Atlas의 이미지 자료를 활용하였다. 북한 시멘트공장의 가동현황 분석에 사용된 위성사진은

온라인 위성영상 서비스업체인 Planet에서 제공하는 2016년 1월부터 2018년 12월까지 기간의 1-month mosaic과 daily imagery 위성사진을 사용하였다. Fig. 2와 Fig. 3은 북한 시멘트 공장의 가동현황을 조사하기 위해 사용된 1m급 해상도의 1-month mosaic과 3m급 daily imagery의 사용자 화면으로 daily imagery 위성사진의 경우 특정 범위를 지정한 면적이 촬영된 영상을 날짜별로 제공하고 있다. 조사 순서는 먼저 38 North Digital Atlas에서 제공하는 북한 시멘트 공장의 위치를 판독한 후 최종적으로 Google earth, CNES & Airbus 및 38 North Digital Atlas에서 제공하는 시계열별 고해상도 위성사진을 이용하여 시멘트 공장의 굴뚝과 설비현황을 검토하였다. 그리고 planet에서 제공하는 1-month mosaic를 이용하여 1개월 단위로 굴뚝연기를 관측하여 많은배출(large), 적은배출(small), 미관측(no watch)으로 구분하였으며, 1-month mosaic에서 굴뚝연기가 나타나지 않을 경우 해당기간의 daily imagery의 저해상도 위성사진을 통해 굴뚝연기 발생을 관측하여 운영여부를 판단하였다.

3. 북한 시멘트 산업 운영현황

3.1 순천시멘트연합기업소와 부흥시멘트공장

순천시멘트연합기업소는 1977년 일본 미쯔이 상사와 덴마크의 F. L. Smidth사가 자본을 투자하여 건설되었다. 시멘트 제조에 사용되는 석회석은 인접한 순천석회석 광산에서 수급하며 석탄은 직동탄광에서 가져온다. 그리고 순천시멘트연합기업소 동북쪽에 위치한 부흥시멘트 공장은 기존 국내 자료에는 보고되지 않았던 시멘트 공장으로서 2016년 북한 언론보도를 통해 알려진 곳이다.⁸⁾

Fig. 4는 순천시멘트연합기업소와 부흥시멘트공장 지역의 위성사진과 전경사진이다. a)는 평안남도 순천시 동쪽에 위치한 순천시멘트연합기업소 주변의 위성사진으로 시멘트 공장과 채광장은 컨베이어 벨트로 연결되어 있는 것으로 나타났다. 그리고 광산의 북동쪽에 컨베이어 벨트와 직선으로 이어지는 위치에 검은색의 구멍이 있는 것으로 보아 수직갱을 이용하여 광물을 파쇄/운송하는

공법인 글로리홀 방식을 적용한 것으로 추정된다. b)와 c)는 순천시멘트연합기업소의 위성사진과 전경사진으로 소성시설의 경우 3개의 회전형 소성로(Rotary kiln)가 있는 것을 확인할 수 있다. 각각의 회전형 소성로는 연 100만 톤 수준으로 보고되었으나 최근 북한 보도에 따르면 현재생산량의 1.2배 수준까지 증대하기 위한 설비개선이 이루어지고 있는 것으로 확인되었다.⁹⁾ 회전형 소성로의 형태는 SP(Suspension Preheater)형 소성로로 시멘트 제조에 사용되는 원료가 투입되는 전단(in-let)에 suspension 예열기(preheater)가 있으며, 클링커가 배출되는 후단(out-let)에는 1970년대에 선호되었던 planetary type의 냉각기(cooler)도 같이 설치되어 있다.¹⁰⁾ planetary cooler는 모든 연소공기가 회전형 소성로를 통과하는 Air-through 방식에서 사용하는 냉각방식으로 일부 연소공기가 소성로를 우회해서 통과하는 Air-separate 방식보다 에너지 효율이 상대적으로 떨어지는 것으로 알려져 있다. d)는 순천시멘트 석회석 광산의 위성사진으로 산의 중간까지 채광이 진행된 것으로 보인다. 그러나 채광지 바깥쪽 사면에 낙석이 다량으로 방치되어 있는 것으로 보아 채광 및 광해방지 기술은 많이

Fig. 4. 순천시멘트연합기업소와 부흥시멘트공장

낙후된 것으로 판단된다. e)는 부흥시멘트공장과 주변지역의 위성사진이다. 사진 중앙에 2기의 회전형 소성로로 추정되는 설비와 함께 사진 하단부 부분에 수직형 소성로(vertical shaft kiln)로 추정되는 건물이 있다. 회전형 소성로는 원료투입부에 예열기가 없는 것으로 보아 단순 건식형 회전형 소성로로 추정된다. 기존 국내 자료에 따르면 수직형 소성로는 없었던 것으로 보고되었으나 북한 언론보도를 통해 2기가 운영되고 있는 것으로 확인되었다. f)는 부흥시멘트공장의 수직형 소성로의 전경사진으로 기존의 노후 소성로를 개선한 이후 촬영된 사진이다. 북한의 언론 보도에 따르면 원료공급계통과 소성계통에 컴퓨터를 이용한 생산공정 현대화가 진행되었으며 수직형 소성로에서 고강도 시멘트 제조를 위한 최적배합비 도출 및 소성조건 확보를 위한 공정기술 확보에 성공하였다고 하였다. 그리고 공장의 위성사진에 나오는 주요한 건물과 북한의 TV로 보도된 자료에 나오는 시설물을 대조한 결과 회전형 소성로 전단에 위치한 6개의 사일로 설비의 개선과 수직형 소성로 설비의 자동화 및 현대화가 진행된 것으로 확인되었다. 이에 따라 시멘트 제조용 수직형 소성로 설비의 구축 및 운영과 관련된 기술력의 경우 상당한 수준까지 도달한 것으로 판단된다.¹⁰⁾

Fig. 5는 planet 1-month mosaic에서 제공하는 2016년 1월부터 2018년 12월까지의 기간 중 순천시멘트연합기업소를 촬영한 1m급 위성사진이며 Table 3은 조사기간 중 관측된 월간 굴뚝연기 관측 현황이다. 2016년 상반기의 경우 두 곳의 위치에서 굴뚝연기가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 2016년 하반기에는 8월을

Fig. 5. 순천시멘트연합기업소의 굴뚝연기 관측 결과

제외하면 모든 기간에서 연기의 발생량 정도의 차이는 있었으나 계속적으로 굴뚝연기가 관측되었다. 2017년 상반기에는 상부의 굴뚝에서만 연기가 발생하는 경우가 많았으며 6월과 7월에 연기가 관측되지 않았다. 그러나 하반기에는 전 기간 정상가동한 것으로 나타났다. 2018년 상반기에는 1월의 경우 1-month mosaic의 위성사진에서는 굴뚝연기를 확인할 수 없었으나 daily imagery 위성사진을 분석한 결과 1월 하순부터 대량의 굴뚝연기 발생이 있었던 것으로 확인되었다. 그리고 2018년 2월 이후부터는 9월을 제외한 모든 기간에서 굴뚝연기가 확인되었다. 결과적으로 2016년 이후 3년간의 굴뚝연기 관측결과 하반기에 정기적인 보수가 진행되는 것으로 예상할 수 있으며 국내 시멘트 업체의 회전형 소성로 보수기간이 1~2개월 내외인 것을 감안한다면 매우 양호한 가동률을 유지하고 있는 것으로 나타났다.

Table 3. 순천시멘트연합기업소와 부흥시멘트공장의 월간 굴뚝연기 관측결과

(▲ : 관측확인, △ : 관측부분확인, • : 관측안됨, - : 관측불가)

공장명	연도	월											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
순천시멘트 연합기업소	2016	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	•	▲	▲	▲	▲
	2017	▲	▲	▲	▲	▲	•	△	▲	▲	▲	▲	▲
	2018	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	•	▲	▲	▲
부흥시멘트공장	2016	-	•	•	▲	▲	▲	▲	△	▲	▲	▲	△
	2017	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	▲	▲	▲	▲	△
	2018	▲	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	•	▲

Fig. 6. 부흥시멘트공장의 굴뚝연기 관측 결과

Fig. 6은 부흥시멘트공장의 굴뚝연기를 관측한 결과로 2016년 3월부터 2018년 12월까지 회전형 소성로가 위치한 곳에서 계속적으로 굴뚝연기가 관측되었으며 반기별로 1개월 내외로 가동중단이 정기적으로 발생하는 것으로 확인되었다. 북한의 TV보도에서 나타난 부흥시멘트 공장 관제실의 영상 등을 검토한 결과 단순 회전형 소성로와 수직형 소성로를 함께 운영하고 있는 것으로 추정되며 2기의 수직형 소성로의 높이는 40~50m 수준이며 지름은 6~8m급 규모로 추정된다.¹²⁾

이번 조사를 통해 2017년 하반기부터 순천시멘트연합기업소내 공장의 굴뚝연기의 발생량이 현저히 감소한 것으로 나타났다. 이에 따라 가동정지 기간 중 생산설비 보수는 물론 오염방지 시설에 대한 개선이 이루어진 것으로 추정된다. 이러한 예상이 가능한 이유는 2007년 해외기업의 투자과정에서 습득한 기술과 운영 노하우가 다른 공장으로 확산되고 있다는 북한의 관영매체 보도에 근거한다. 북한은 과학성 산하 과학기술 전문가를 현장의 문제가 해결될 때까지 장기간 파견 보내는 ‘과학기술돌격대’ 제도를 운영하고 있어 시멘트 공장 간의 기술교류가 신속히 이루어질 수 있는 여건을 가지고 있다. 이에 따라 북한 시멘트 산업의 기술력은 2007년 이전과 2007년 이후로 구분이 필요하며, 북한 시멘트 산업의 생산규모와 생산성 개선이 예상됨에 따라 향후 2~3년간 주요 4~5개 대형 시멘트 공장에 대한 세밀한 분석이 필요하다고 판단된다.

Fig. 7. 상원시멘트연합기업소 위성사진 및 공장사진

3.2 상원시멘트연합기업소

상원시멘트연합기업소는 독일 시멘트 기업인 Humboldt의 설비지원을 받아 1989년에 완공한 공장이다. 그리고 2007년 글로벌 시멘트 기업인 Lafarge의 자회사인 오라스콤을 통해 현대적으로 설비가 개선되어 비교적 높은 생산성을 유지하고 있는 공장으로 알려져 있다. 석회석은 시멘트공장 동쪽에 있는 상원석회석광산, 삼청광산, 일출봉광산에서 공급하며 석탄은 화천탄광에서 가져오는 것으로 알려져 있다.

Fig. 7은 상원시멘트연합기업소 지역의 위성사진과 시멘트공장의 전경사진이다. a)는 황해북도 상원군에 위치한 공장 주변의 위성사진이다. 석회석은 2곳의 광산에서 채광되고 있으며 중간지점에 선광장을 운영하고 있다. 공장 동쪽에 위치한 광산은 계단식 채광 방식을 운영하고 있는 것으로 보이며 1차 선광장에서 파쇄한 후 길을 따라 설치된 컨베이어 벨트로 석회석을 이송하는 것으로 보인다. b)는 시멘트 공장의 위성사진으로 2기의 회전형 소성로가 보이며 그 옆으로 연소공기를 예열기로 보내는 우회관로가 있다. 이에 따라 상원시멘트연합기업소의 회전형 소성로는 순천시멘트 공장과 달리 air-separate

Fig. 8. 상원시멘트연합기업소의 굴뚝연기 관측 결과

precalciner 방식의 회전형 소성로인 것으로 확인되었다. 연소공기를 우회하여 예열기로 보내는 NSP(New Suspension Preheater) 방식은 에너지 효율이 높아 동일한 크기의 SP 방식의 소성로보다 많은 양의 시멘트를 생산할 수 있다고 알려져 있다. c)는 공장 동북쪽에 위치한 광산으로 주로 사진 아래쪽으로 채광이 진행되는 것으로 보이며 광산 남쪽은 트럭으로 운송하고 북쪽은 컨베이어로 운송하고 있다. d)는 석회석을 채광하는 상원석회석 광산의 현장사진으로 트럭으로 석회석을 운송하는 것으로 보아 남쪽 광산에서 촬영된 것으로 판단된다. e)는 시멘트 소성로의 전경으로 순천시멘트공장과는 다른 예열기 구조가 잘 나타나 있다. f)는 시멘트 소포장 제품을 포장하는 공정의 사진인데 비닐류로 추정되는 재질의 포장

재를 사용하고 있는 것으로 확인되었다.¹³⁾

Fig. 8은 상원시멘트연합기업소의 굴뚝연기를 관측한 결과이며 Table 4는 조사기간 중 관측된 월간 굴뚝연기 관측결과를 정리한 표이다. 2016년의 순천시멘트공장과 비교하여 굴뚝연기의 발생량이 적는데 이는 비교적 최근에 유럽의 기술로 성능개선이 진행될 때 오염방지시설의 개선도 함께 진행되었기 때문인 것으로 예상된다. 굴뚝에서 배출되는 연기의 발생 여부를 통해 2개의 소성로를 함께 가동하는 경우가 많은 것으로 나타나 가동률은 높을 것으로 판단된다. 최근 북한 보도에 따르면 상원시멘트연합기업소가 2015년 이후 계속적으로 시멘트 생산량을 초과 달성하고 있는 것으로 홍보하고 있다. 이에 따라 북한 시멘트 산업의 평균 가동률인 55% 보다 월등히 높은 가동률을 유지하고 있음을 알 수 있다. 2016년 상반기에는 2월부터 4월까지 굴뚝연기의 발생 여부를 확인하기 어려웠는데 5월 이후부터는 굴뚝연기가 관찰되었다. 그리고 2017년 하반기에는 모든 기간에서 연기가 관측되어 높은 가동률을 유지했을 것으로 판단된다. 2018년 하반기에는 6월부터 9월까지 고해상도 및 저해상도 위성사진 모두 굴뚝연기가 관측되지 않았으며 10월 이후부터 관측되었다. 이에 따라 하절기에 정기적인 작업중단 또는 보수작업이 진행되는 것으로 예상된다. 최근 2018년 북한 언론을 통해 상원시멘트연합기업소가 개보수 기간을 크게 단축하였다는 내용의 보도가 있는 것으로 보아 해당기간 동안 유지보수 등의 목적으로 인위적으로 가동기간과 가동률을 조정하고 있는 것으로 판단된다.

3.3 2.8시멘트연합기업소-경암시멘트공장과 마동시멘트공장

황해북도 봉산군에 위치한 2.8시멘트연합기업소는 일

Table 4. 상원시멘트연합기업소의 월간 굴뚝연기 관측결과

공장명	연도	월											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
상원시멘트 연합기업소	2016	▲	•	•	•	△	△	△	△	▲	▲	▲	▲
	2017	▲	•	•	•	•	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	2018	▲	▲	▲	△	▲	•	•	•	▲	▲	▲	▲

(▲ : 관측확인, △ : 관측부분확인, • : 관측안됨, - : 관측불가)

Fig. 9. 2.8시멘트연합기업소의 경암시멘트공장 및 마동시멘트공장

제 강점기 시절에 건설된 봉산시멘트공장을 모체로 하고 있으며, 6.25 전쟁기간에 파괴된 이후 1959년에 보수 및 확대하여 운영되었다. 그 이후 1962년에 1차 증설, 1668년부터 1974년 기간 중 2회의 확장이 진행되었다.

Fig. 9의 a)와 b)는 2.8시멘트연합기업소의 경암시멘트공장과 마동시멘트공장을 촬영한 위성사진이다. 북한 전문정보를 제공하는 38 north 서비스에서는 2.8시멘트연합기업소를 경암산시멘트공장과 마동시멘트공장으로 구분하고 있다. 그러나 국내 자료에는 2.8시멘트연합기업소와 2.8시멘트공장의 명칭을 혼용하고 있으며 마동시멘트공장을 따로 구분하고 있지는 않고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 2.8시멘트연합기업소가 두 공장을 함께 운영하는 것으로 추정하였으며 각각의 현황을 조사하였다. a)는 경암시멘트공장의 위성사진으로 2기의 회전형 소성로와 6개의 굴뚝이 나타나 있다. 위성사진에는 보이지 않지만 시멘트 공장 남쪽에 위치한 석회석 광산은 서남쪽 언덕의 사면을 따라 채광하고 있다. 그리고 채광장 옆에 형성된 호수는 석회석 광산 개발과정에서 인공적으로 발생한 것으로 추정된다. 1990년대에 작성된 조선향토대백과에서 등재된 사진에는 4개의 소성로가 있는 것

Fig. 10. 2.8시멘트연합기업소의 굴뚝연기 관측 결과

으로 나타났으나 google earth와 38 north에서 제공하는 위성사진을 비교한 결과 2000년 이후 가동률이 낮은 일부 소성로에 대해 해체가 진행된 것으로 판단된다. b)는 마동시멘트공장을 촬영한 위성사진으로 고해상도 위성사진에는 수직형 소성로만 확인되었다. 그러나 digital globe에서 제공하는 위성사진에서는 2개의 굴뚝이 있는 건물의 동쪽에 2개의 50m급 회전형 소성로로 추정되는 설비가 있는 것으로 확인되었다.

Fig. 10과 Table 5는 2.8시멘트연합기업소내 2개 공장의 위성사진 및 월간 관측결과로 경암시멘트공장에서 배출되는 굴뚝연기가 상대적으로 많이 관측되었다. 경암시멘트공장은 2016년 1월과 2월을 제외하면 2017년 9월까지 굴뚝연기가 지속적으로 관찰되었다. 그러나 2017년 10월부터 12월까지 연기가 관찰되지 않아 해당기간 중 정상적인 조업이 이루어지지 않은 것으로 추정된다. 2018

Table 5. 2.8시멘트연합기업소내 2개 공장의 월간 굴뚝연기 관측결과

(▲ : 관측확인, △ : 관측부분확인, • : 관측안됨, - : 관측불가)

공장명	연도	월											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
경암시멘트공장	2016	•	•	▲	▲	▲	▲	▲	△	▲	▲	▲	△
	2017	△	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	•	•
	2018	▲	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	•	▲
마동시멘트공장	2016	•	•	▲	▲	•	-	△	•	▲	▲	▲	▲
	2017	•	•	•	▲	▲	△	△	△	•	•	△	•
	2018	•	•	•	•	•	▲	•	•	▲	•	•	▲

Fig. 11. 해주시멘트공장 and 신원시멘트공장

년에는 11월을 제외한 모든기간에 굴뚝연기가 뚜렷하게 관측되었다. 마동시멘트공장의 경우 2016년과 2017년 모두 굴뚝연기가 관측되지 않은 달이 절반을 넘지 않으며 2018년에는 6월, 9월, 12월에만 굴뚝연기가 관측되어 작업일수가 지속적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다.

3.4 해주시멘트공장 and 신원시멘트공장

황해남도 해주시 해안가에 위치한 해주시멘트공장은 일제 강점기 시절부터 운영된 것으로 알려져 있으나 현재는 가동되지 않는 것으로 알려져 있다. 신원시멘트공장은 해주시멘트공장에서 25km 북쪽에 위치한 공장으로 원래 콘크리트 믹서 공장으로 알려져 있었으나 북한 언론보도를 통해 수직형 소성로를 운영하고 있는 것으로 나타났다.

Fig. 11은 해주시멘트공장과 신원시멘트공장을 촬영한 위성사진들이다. 2014년에 한국시멘트협회에서 보고한 자료에 따르면 해주시멘트공장은 개량형 소성로 5기가 운영된다고 설명되어 있다. 그러나 최근에 촬영된 위성사진에는 회전형 소성로가 1개만 있으며 구조물을 해체한 흔적과 공장의 천장이 뜯어진 것이 뚜렷하게 나타났다. 그리고 2016년부터 2018년까지 1개월 단위로 촬영된 고해상도 위성사진 및 저해상도 위성사진을 분석한 결과 해당기간 중 굴뚝연기가 전혀 관측되지 않아 현재는 운영되고 있지 않는 것으로 판단된다.

신원시멘트공장은 기존 국내자료에는 알려지지 않았

Fig. 12. 신원시멘트공장의 굴뚝연기 관측 결과

던 곳으로 2015년에 높은 생산량을 기록하여 북한 언론에서 홍보하였던 시멘트공장이다. Fig. 11의 c)는 2017년에 촬영된 위성사진으로 다른 시멘트 공장과 달리 설비 규모가 작은 수직형 소성로만 운영하고 있는 특징이 있다. 2011년 촬영된 위성사진에는 설비공사가 진행되고 있었으며 2014년에 촬영된 사진에서 공장이 완성된 것으로 나타나 2012년 또는 2013년 사이에 준공된 것으로 추정된다. d)는 신원시멘트공장의 수직형 소성로 사진이다. 2016년도 북한 언론보도에 개량된 수직형 소성로의 자동화와 설비개선을 위한 돌격대 활동이 진행되고 있다고 언급하는 것으로 보아 수직형 소성로를 이용한 시멘트 제조와 관련한 시설개선이 상당히 진행된 것으로 판단된다. 최근에는 배합 및 계량의 정밀도를 높이기 위한 전용 프로그램 등을 개발하는 등의 자동화 공정과 관련된 기술 개발이 진행되고 있는 것으로 확인되었다.¹⁴⁾

Fig. 12와 Table 6은 신원시멘트공장의 위성사진과 월간 굴뚝연기 관측결과이다. 2016년에는 8월부터 9월까지 굴뚝연기가 관측되었으며 2017년에는 6~10월, 2018년에는 5~6월 및 8~9월에 굴뚝연기가 관측되었다. 이에 따라 수직형 소성로를 소규모로 운영하는 시설의 특성상 굴뚝연기를 관측하기 어려운 특성을 감안하더라도 동절기 및 봄철에는 가동을 하지 않아 가동률이 낮은 것으로 추정된다.

Table 6. 신원시멘트공장의 월간 굴뚝연기 관측결과

(▲: 관측확인, △: 관측부분확인, •: 관측안됨, -: 관측불가)

공장명	연도	월											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
신원시멘트공장	2016	•	-	•	•	•	•	-	▲	▲	-	•	•
	2017	•	•	•	•	•	△	▲	▲	△	▲	•	•
	2018	•	•	•	•	▲	△	•	▲	▲	•	•	•

Table 7. 만포시멘트공장의 월간 굴뚝연기 관측결과

(▲: 관측확인, △: 관측부분확인, •: 관측안됨, -: 관측불가)

공장명	연도	월											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
만포시멘트공장	2016	•	•	•	•	△	▲	△	▲	▲	•	-	•
	2017	•	•	•	△	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	•
	2018	△	•	▲	▲	▲	▲	•	•	•	▲	▲	•

3.5 8.2(만포)시멘트공장

자강도 만포시에 위치한 만포시멘트공장은 1982년에 구축된 시멘트 공장으로서 국내외 자료에는 8.2시멘트공장으로 표기된 경우가 많다. 기존 국내자료에는 연 30만 톤급 생산능력을 가진 2기의 SP형 회전형 소성로를 운영하고 있는 것으로 보고되었다.

Fig. 13은 만포시멘트공장의 위성사진과 전경이다. a)의 사진과 같이 만포시멘트공장은 가까운 지역에 석회석 광산이 없었으나 공장 북동쪽 3km 거리에 2개의 채광장이 있는 것으로 확인되었다. b)의 공장 전경에 suspension preheater가 보이는데 순천시멘트공장과 유사한 형태로 판단된다. c)와 d)는 2012년과 2017년 촬영된 만포시멘

트공장의 위성사진으로 소성로 오른쪽에 위치한 저장시설 천장이 파손되었으며 2017년에 이르러서야 보수하고 있는 것이 확인되었다. 그리고 사진 오른쪽의 6개의 원형 구조물은 시멘트 완제품을 저장하고 차량에 상차하기 위한 사일로로 추정된다.

Table 7은 만포시멘트공장의 월간 굴뚝연기 관측결과이다. 2016년 1월부터 4월까지 굴뚝연기가 관측되지 않았으며 5월과 9월에만 굴뚝연기가 관측되어 하절기에만 가동된 것으로 추정된다. 2017년은 6월부터 12월의 기간에 굴뚝연기가 관측되었으며 2018년에는 2월, 7~9월 및 12월에는 관측되지 않았다. daily imagery의 저해상도 위성사진을 조사한 결과에서도 2017년 11월 9일부터 2018년 4월 25일까지의 기간 중 2~3일을 제외하면 굴뚝연기가 관측되지 않아 동절기에는 가동률이 매우 낮은 것으로 판단된다. 2018년 7월~10월의 경우 앞선 기간과 달리 굴뚝연기가 관측되지 않아 원인미상의 조업중단이 발생한 것으로 추정된다. 만포시멘트공장의 경우 지리적으로 겨울철 매우 추운 날씨로 인해 노천채광이 어려워지는 문제와 함께 2012년에 촬영된 위성사진에서 나타난 것과 같이 저장시설의 파손과 같은 재해피해 사례가 있어 가동률이 낮을 것으로 예상된다.

a) 만포시멘트공장 및 인접지역의 위성사진

b) 만포시멘트공장 전경

c) 2012년 촬영된 만포시멘트공장

d) 2017년 촬영된 만포시멘트공장

Fig. 13. 만포시멘트공장

Fig. 14. 승호리시멘트공장 및 만달시멘트공장

3.6 승호리시멘트공장과 만달시멘트공장

평양시 승호구역에 위치해 있는 승호리시멘트공장은 1919년 오노다시멘트에 의해 건설된 국내 최초의 시멘트 공장으로 광복 이후 3개의 소성로에서 시멘트를 생산했으며 6.25 전쟁으로 파손된 공장을 1950년대 복구하였다. 이후 2000년 언론보도를 통해 3기의 소성로 계통에 대해 대규모 보수를 실시한 것으로 알려져 있다.¹⁵⁾

Fig. 14는 승호리시멘트공장과 만달시멘트공장을 촬영한 위성사진이다. 기존 국내 보고에서는 습식 3기 및 개량소성 2기의 소성로가 있는 것으로 보고하고 있으나 이번 조사를 통해 습식 회전형 소성로의 수가 2기로 축소된 것으로 확인되었다. 그리고 2기의 개량형 소성로는 만달시멘트공장에 위치한 수직형 소성로가 합산된 것으로

판단된다. a)는 승호리시멘트공장과 공장 북쪽에 위치한 노천광산이 함께 나타난 위성사진이다. 채광장은 시멘트 공장 동북쪽에 위치한 석회석 광산으로 인근에 위치한 만달산에 시멘트용으로 활용이 가능한 석회석이 대량으로 매장된 것으로 추정된다. 채광장은 총 6개소로 나뉘며 현재는 북쪽 2개 광산이 가행되는 것으로 보인다. 그리고 위성사진에는 나타나지 않았으나 동북방향 약 15km 떨어진 곳에 있는 화천탄광에서 석탄을 공급받을 것으로 판단된다. b)의 위성사진에는 길이가 약 50m로 추정되는 총 4개의 회전형 소성로가 있다. 그러나 c)에서는 2기가 제거된 형태로 설비 축소가 진행된 것으로 나타났다. google에서 제공하는 시계열별 위성사진을 조사한 결과 2006년말 촬영된 위성사진에는 4개의 회전형 소성로가 있었으나 2010년 촬영된 위성영상에서 가장 북쪽에 위치한 소성로가 철거되는 것이 관측되었고 2011년에 촬영된 위성사진에서는 추가적으로 소성로 1기의 철거가 시작된 것으로 확인되었다. d)는 승호리시멘트공장에서 동쪽으로 4km 떨어진 거리에 위치한 만달시멘트공장으로 1기 또는 2기의 수직형 소성로가 있는 것으로 추정된다. 위성 사진에는 소성로 이외에도 3개의 원통형 건물이 있으나 연소공기를 배출하기 위한 배관이 없는 것으로 보아 원료 저장용 사일로일 가능성이 높다.

승호리시멘트공장을 촬영한 위성사진 관측결과와 2016년의 경우 동절기인 1~2월과 8월을 제외하고는 전기간 짙은 굴뚝연기가 관측되었다. 2017년에는 전 기간에 연기가 관측되었으며 2018년에는 6~8월을 제외한 모든 기간에서 굴뚝연기가 계속적으로 관측되었다. 2018년 6월에 촬영된 저해상도 위성사진을 분석한 결과 6월 24일 이후 굴뚝연기로 추정되는 연기가 관측되었으나 7월 및 8월에 굴뚝연기가 관측되지 않아 조업이 중단된 것으로 예

Table 8. 승호리시멘트공장의 월간 굴뚝연기 관측결과

(▲ : 관측확인, △ : 관측부분확인, • : 관측안됨, - : 관측불가)

공장명	연도	월											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
승호리시멘트공장	2016	•	•	▲	▲	▲	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲
	2017	▲	△	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△
	2018	▲	▲	▲	▲	▲	△	•	△	▲	▲	▲	▲

Fig. 15. 천내리시멘트연합기업소와 주변지역의 3개 시멘트 공장

상된다. 설비노후화도가 높아 가동률이 낮을 것으로 예상되었던 승호리시멘트공장이 굴뚝연기가 많이 관측된 이유는 노후화된 회전형 소성로 2기의 해체를 통한 부품 확보 및 설비개선 등으로 가동률 향상 등의 효과가 있었던 것으로 판단된다.

만달시멘트공장의 경우 굴뚝연기의 형태가 매우 작은 것으로 보아 소규모 소성시설로 판단된다. 2016년 4월, 2017년 9월 및 2018년 8~10월에 굴뚝연기가 뚜렷하게 관측되어 조업기간은 적지만 꾸준히 운영되고 있는 시멘트 공장으로 확인되었다. 그러나 나머지 기간의 위성사진

은 관독이 어려워 공장의 운영여부만 확인하였으며 월간 굴뚝연기 관측 대상에서 제외하였다.

3.7 천내리시멘트연합기업소, 룡담시멘트공장, 부래산 시멘트공장 및 6.18시멘트공장

강원도 천내군에 위치한 천내리시멘트연합기업소는 1929년 일본 고노다 시멘트가 연간 13만 톤 규모의 설비를 구축한 것이 시초였으며 6.25 전쟁 이후 지속적인 설비 확충을 통해 1960년대 말에 80만 톤 규모까지 확대되었다. 순천, 상원, 2.8 시멘트연합기업소와 승호리시멘트공장 등이 북한 서쪽지역에 위치한 것과 달리 천내리, 룡담, 부래산 및 6.18 시멘트공장은 북한 원산시 주변에 밀집해 있다.

Fig. 15는 천내리시멘트연합기업소와 룡담시멘트공장, 부래산시멘트공장, 6.18시멘트공장을 촬영한 위성사진이다. a)는 천내리시멘트연합기업소 인근지역의 위성사진으로 사진 중앙의 천내리시멘트공장 오른쪽에 룡담시멘트공장이 있으며 남서쪽에 6.18시멘트공장, 7km 북쪽에 부래산시멘트공장이 있다. b)는 2018년에 촬영된 룡담시멘트공장으로 1기의 회전형 소성로가 있는 것으로 확인되었다. 해당 시설은 2014년 이후의 위성사진에서 예열기로 추정되는 시설이 구축된 것으로 확인되어 비교

Table 9. 천내리시멘트연합기업소와 3개 공장의 월간 굴뚝연기 관측결과

(▲ : 관측확인, △ : 관측부분확인, ∙ : 관측안됨, - : 관측불가)

공장명	연도	월											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
천내리 시멘트연합기업소	2016	▲	▲	▲	▲	∙	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	2017	▲	▲	▲	▲	▲	∙	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	2018	▲	▲	▲	▲	▲	∙	▲	▲	▲	▲	▲	▲
룡담시멘트공장	2016	∙	▲	▲	∙	∙	-	-	∙	∙	∙	∙	▲
	2017	∙	∙	∙	∙	∙	∙	∙	∙	▲	∙	∙	▲
	2018	∙	▲	▲	∙	▲	∙	▲	▲	▲	▲	▲	▲
부래산시멘트공장	2016	▲	∙	∙	▲	∙	▲	▲	∙	∙	▲	▲	▲
	2017	∙	∙	∙	▲	▲	∙	▲	∙	∙	∙	∙	∙
	2018	▲	∙	∙	▲	△	▲	∙	∙	∙	∙	∙	∙
6.18 시멘트공장	2016	∙	▲	∙	∙	∙	∙	▲	∙	-	▲	∙	▲
	2017	▲	▲	∙	∙	∙	∙	∙	△	▲	▲	▲	∙
	2018	∙	△	▲	△	△	▲	▲	▲	▲	▲	∙	▲

적 최근에 생산설비가 개량된 것으로 판단된다. c)는 부래산시멘트공장의 위성사진으로 기존의 자료에서는 1기의 단순진식형 회전형 소성로가 운영되는 것으로 보고되어 있었으나 2017년 4월에 촬영된 위성사진에 원통형 구조물에서 회전형 소성로에 설치된 롤러로 추정되는 설비가 관측되어 2기의 소성로를 운영 중인 것으로 추정된다. d)는 6.18시멘트공장은 위성사진과 북한 언론보도를 통해 2012년부터 2기 내외의 수직형 소성로를 운영하고 있는 것으로 확인되었다.¹⁶⁾

Table 9는 강원도 천내리 지역의 4개 시멘트 공장에 대한 굴뚝연기 관측 결과이다. 천내리시멘트연합사업소의 경우 2016년 5월, 2017년 6월 및 2018년 6월 이외의 모든 기간에 굴뚝연기가 관측되었다. 그리고 매년 5~6월에 정기적인 조업중단이 발생하는 것을 확인할 수 있으며 나머지 기간의 조업일수가 매우 높은 것으로 확인되었다. 룡담시멘트공장의 경우 2016년 및 2017년 기간 동안에는 2016년 2~3월 및 12월, 2017년 9월 및 12월을 제외한 기간에서 굴뚝연기가 관측되지 않았으나 2018년 부터는 굴뚝연기가 관측되는 기간이 크게 증가하여 조업일수가 상당히 증가하였을 것으로 판단된다. 특히 2018년 하반기부터는 굴뚝연기의 발생량이 크게 증가한 것으로 보아 조업환경이 변경된 것으로 예상된다. 부래산시멘트공장은 1m급 해상도의 1-month mosaic 위성사진에서 2016년의 경우 1월, 4월, 6~7월, 10~12월에 굴뚝연기가 관찰되었으며 2017년 4~7월, 2018년 1월 4~6월에만 연기가 관찰되었다. 그리고 저해상도 위성사진인 daily imagery를 이용하여 분석한 결과에서도 2017년의 경우 3월과 6월의 기간에서만 굴뚝연기가 관측되었다. 이에 따라 부래산시멘트공장은 시멘트 수요가 증가하는 기간에만 제한적으로 운영하고 있는 것으로 판단된다. 6.18시멘트공장의 경우 2016년 상반기에는 2월 이외에는 굴뚝연기가 관측되지 않았으며 하반기에는 7월에는 큰 연무가 발생하고 있는 것이 관측되었다. 2017년에는 1월에 연기가 관측되었으나 2~3월에는 관측되지 않았다. 그리고 2017년 9월 이후부터는 꾸준히 굴뚝연기가 관측되었다. 2018년의 경우 상반기에는 고해상도 위성사진에는 굴뚝연기가 관측되지 않거나 저해상도 위성사진을 통해서만

굴뚝연기로 추정되는 기간이 많았으며 7~10월의 경우 고해상도 위성사진을 통해 가느다란 굴뚝연기가 뚜렷하게 관측되었다. 이에 따라 비교적 최근에 구축되었음에도 불구하고 6.18시멘트공장의 연간 평균 조업기간은 6개월 내외로 추정된다.

3.8 고무산시멘트공장

함경북도 부령군에 위치한 고무산시멘트공장은 일제강점기 시절부터 운영되었으나 일제가 철거하면서 광복 이후에 복구과정을 거쳐 1946년에 다시 운영되기 시작하였다. 부령군 일대는 석회석과 자원이 풍부한 지역으로 고무산시멘트공장은 고무산 석회석 광산과 무수 석회석 광산에서 원료를 공급받는 것으로 알려져 있다. 그러나 1998년 홍수로 인해 해주, 천내리 및 고무산 시멘트공장 및 주변 광산들이 큰 피해를 입었으며 2000년 이후부터 피해복구가 진행된 것으로 알려져 있다.

Fig. 16은 2008년부터 2018년까지 촬영된 고무산시멘트공장 지역의 위성사진이다. a)는 고무산시멘트공장과 고무산석회석광산을 촬영한 위성사진으로 공장 서북쪽 방향과 동북쪽 끝부분에 광산들이 위치하고 있다. b)는

a) 고무산시멘트공장 및 인접지역의 위성사진

b) 2008년에 촬영된 고무산시멘트공장

c) 2013년에 촬영된 고무산시멘트공장

d) 2015년에 촬영된 고무산시멘트공장

e) 2018년에 촬영된 고무산시멘트공장

f) 고무산시멘트공장의 회전형 소성로¹⁷⁾

Fig. 16. 고무산시멘트공장

Table 10. 고무산시멘트공장의 월간 굴뚝연기 관측결과

(▲ : 관측확인, △ : 관측부분확인, • : 관측안됨, - : 관측불가)

공장명	연도	월											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
고무산시멘트공장	2016	△	•	•	•	△	-	▲	•	▲	△	△	▲
	2017	-	-	△	•	△	•	▲	△	△	△	▲	▲
	2018	▲	•	•	•	•	•	▲	▲	▲	△	•	▲

Table 11. 구장시멘트공장의 월간 굴뚝연기 관측결과

(▲ : 관측확인, △ : 관측부분확인, • : 관측안됨, - : 관측불가)

공장명	연도	월											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
구장시멘트공장	2016	▲	•	•	△	△	▲	▲	▲	△	•	•	•
	2017	•	•	•	•	△	△	△	△	△	▲	▲	•
	2018	•	•	•	▲	△	△	▲	•	▲	▲	▲	•

2008년에 촬영된 위성사진으로 회전형 소성로가 없으나 c)의 2013년에 촬영된 위성사진에는 회전형 소성로와 이를 지지하는 콘크리트 구조물로 추정되는 구조물들의 형태가 보인다. 그리고 2015년 촬영된 위성사진인 d)에서는 완성된 형태의 회전형 소성로의 구조물이 보이며 2018년 촬영된 e)에서는 소성로 양옆으로 air-separate precalciner로 추정되는 시설이 있다. 그리고 2018년 촬영된 f)의 경우 사진에 촬영된 사진속 사람의 키를 통해 추정할 경우 소성로의 지름이 2.5m를 넘지 않을 것으로 예상된다. 기존 국내 보고에 따르면 고무산시멘트공장은 4기의 단순건식 소성로를 운영하고 있는 것으로 알려져 있으나 위성사진 분석 및 북한 관영매체의 보도자료를 검토한 결과 홍수 피해 이후부터는 1기의 회전형 소성로만 운영되는 것으로 판단된다.

Table 10은 고무산시멘트공장의 월간 굴뚝연기 관측결과이다. 2016년의 경우 전체적으로 위성사진의 해상도가 낮아 확인이 어려웠으나 하반기에는 8월을 제외한 모든 기간에서 굴뚝연기가 관측되었다. 2017년 상반기에는 뚜렷한 굴뚝연기가 관측되지 않았으나 하반기에는 2016년과 같이 모든 기간 동안 연기가 배출되는 것을 확인하였다. 2018년 상반기에는 1월에 굴뚝연기가 관측되었으나 2~6월에는 관측되지 않았다. 2018년 하반기에는 7~9월

에 굴뚝연기가 관측되었으나 10~12월에는 관측되지 않는 기간이 많았다. 이에 따라 고무산시멘트공장은 겨울철과 상반기에는 조업하지 않는 경우가 많으며 날씨가 따뜻한 하반기에만 운영하고 있는 것으로 판단된다.

3.9 구장시멘트공장

평안북도 구장군에 위치한 구장시멘트공장은 1950년대에 건설되었으며 1969년에 현대적인 설비로 개선된 공장으로 알려져 있다.

Fig. 17은 구장시멘트공장 및 인근 지역의 위성사진 및 공장전경이다. a)의 중앙부에 사진으로 배치된 2개의 회

a) 구장시멘트공장 인접지역의 위성사진

b) 구장시멘트공장 북쪽 채광장의 위성사진

c) 구장시멘트공장 전경

d) 구장시멘트공장 굴뚝연기 관측 (2017.11)

Fig. 17. 구장시멘트공장

전형 소성로가 보이며 북쪽과 서쪽에 위치한 채광장의 경우 소규모 채광장이 여러 군데로 퍼져 있다. b)는 시멘트 공장 북쪽의 채광장으로 남쪽방향으로만 채광하고 있는데 폭이 50m 내외의 소규모로 채광하고 있음을 확인하였다. 이외에도 사진 동북쪽에 1개, 공장 북쪽 인근에 1개소의 광산이 더 있지만 폭이 100m 내외의 소규모 채광장이다. 특히 2010년 초반에 촬영한 위성사진과 비교하였을 때 채광면적의 변화가 거의 없는 것으로 나타나 채광량이 적을 것으로 판단된다. c)는 구장시멘트공장의 전경으로 2개의 회전형 소성로와 굴뚝사이에 예열기가 없는 것으로 보아 preheater가 없는 회전형 소성로를 운영하고 있는 것으로 확인되었다. d)는 2017년 11월에 촬영된 daily imagery 제공 위성사진으로 1기의 굴뚝에서만 연기가 나오고 있는 것을 볼 수 있다.

구장시멘트공장의 굴뚝연기 관측은 일부기간을 제외 하면 대부분 저해상도 위성사진인 daily imagery를 통해서만 추정 가능할 정도로 굴뚝연기가 적다. 2016년에는 4월에서 9월, 2017년에는 5월부터 11월까지 굴뚝연기가 관측되었다. 2018년은 4월부터 11월까지 굴뚝연기가 관측되어 동절기를 제외한 4~11월의 기간에 집중적으로 조업하고 있는 것으로 판단된다.

3.10 북한 시멘트공장의 운영현황

Fig. 18은 시멘트 공장의 굴뚝연기 관측률을 연도별로 정리한 그래프이다. 대형시멘트공장인 순천, 상원, 경암, 천내리시멘트공장의 경우 관측률의 변화가 5% 미만으로 큰 변화가 없다. 부흥, 신원, 룡담, 6.18 시멘트공장은 굴뚝연기 관측기간이 증가하였으나 수직형 소성로를 운영하는 공정 특성상 북한 시멘트 총생산량에 차지하는 비율

Fig. 18. 2016~2018년 기간 중 시멘트 공장별 굴뚝연기 관측 비율

이 낮아 실제 시멘트 생산증가 효과는 미미할 것으로 판단된다. 만약 굴뚝연기 관측기간을 가동기간으로 가정할 경우 2018년은 상원시멘트연합기업소는 약 5% 증가, 순천시멘트연합기업소와 천내리시멘트연합기업소는 유지, 송호리시멘트공장은 소폭감소하였다. 수직형소성로를 운영중인 부흥시멘트공장, 신원시멘트공장, 룡담시멘트공장 및 6.18시멘트공장은 가동률 증가가 뚜렷하게 나타났다. 그러나 수직형 소성로 시설의 규모 및 연기 발생량이 적은 특성을 고려한다면 측정오차가 상당히 발생할 수 있어 향후 보다 정밀한 조사가 필요할 것으로 판단된다. 그리고 마동시멘트공장, 만포시멘트공장, 부래산시멘트공장, 고무산시멘트공장 및 구장시멘트공장은 낮은 가동률이 예상되며 아직까지는 개선이 이루어지지 못하고 있는 것으로 판단된다.

Fig. 19는 14개 시멘트 공장과 5개 시멘트 공장의 굴뚝연기 관측 비율을 나타낸 것으로 2016년의 북한 시멘트 산업의 굴뚝연기 관측비율은 58%로 통계청의 북한정보포털에서 제공하는 북한의 시멘트 생산량을 역산하여 추정한 가동률인 59%와 -1%의 차이가 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 수준의 오차는 북한지역의 정보접근의 폐쇄성으로 인해 누락된 시멘트 공장의 생산량을 고려한다면 굴뚝연기 측정을 통한 분석방법은 비교적 신뢰할 수 있는 방법으로 판단된다. 이와 같은 방법으로 추정한 북한 14개 시멘트 공장 가동률은 2017년 60% (약 729만 톤)으로 소폭 증가하였으나 2018년은 65%로 가동률이 급격히 증가한 것으로 나타났다. 그러나 주요 5개 시멘트

Fig. 19. 14개 시멘트 공장 및 5개 주요공장의 연도별 굴뚝연기 관측 비율

공장의 굴뚝연기 관측일수는 소폭 감소한 것으로 나타나 실제 시멘트 생산량은 2017년과 비슷하거나 소폭 증가하였을 것으로 예상된다.

두 개의 그래프를 통해 도출된 한 가지 주목할 사항은 북한 내 대형 시멘트 공장들의 가동률이 이미 한계치에 다다랐을 것이라는 점이다. 경제제제가 강화된 시점인 2016년 북한 주요 5개 시멘트 공장들의 가동률이 평균 85~87% 수준이었던 점을 고려한다면 향후 시멘트 생산량이 폭발적으로 증가할 가능성은 거의 없다고 보는 것이 타당하다. 특히 UN이 주도하는 대북제재로 인해 중국과의 무역이 거의 이루어지지 못하고 있어 대형 장치산업 부품의 공급이 쉽지 않아 노후도가 높은 순천, 2.8, 승호리 및 천내리시멘트공장의 가동률 저하로 인한 시멘트 생산량 감소가 발생할 가능성이 크다. 이와 더불어 비교적 최신 설비인 상원시멘트연합기업소 또한 자체 공급이 어려운 수입부품의 공급이 어려워질 경우 생산부하를 낮추거나 보수기간을 조절하는 등의 안전조치로 생산량이 감소할 가능성이 있다.

4. 결론

본 연구는 위성사진 자료를 통해 가까이 들여다볼 수 없는 북한의 시멘트 산업에 접근하여 현재 북한 시멘트 산업의 현황을 분석하였다. 북한 시멘트 산업의 가동현황을 분석하기 위해 국내 및 북한 관영매체의 신문 및 TV 보도 자료를 조사하였으며 온라인에 공개된 위성사진 자료를 이용하여 북한 시멘트 공장에서 배출되는 굴뚝연기 관측을 통해 간접적으로 북한 시멘트 산업의 현황을 조사하였다.

가. 북한 시멘트 산업에서 운영되는 소성로는 기존에 보고된 소성로 숫자보다 줄어든 것으로 확인되었다. 특히 해주시멘트공장은 완전히 가동이 중지된 것으로 판단된다. 그리고 이번 조사에서 새로 확인된 6.18시멘트공장, 부흥시멘트공장 등의 경우 비교적 최신의 수직형 소성로 설비를 운영하고 있는 것으로 조사되었다.

나. 위성사진 분석을 활용한 북한의 시멘트 공장의 월별 굴뚝연기 발생현황을 조사한 결과를 바탕으로 시멘트

공장별 가동률을 추정한 결과 2016년 굴뚝연기 월간 관측비율은 평균 58% 수준인 것으로 나타났다. 해당 수치는 통일부에서 제공하고 있는 시멘트 생산량 자료보다 1% 적은 수치이다. 이와 같은 굴뚝연기 관측을 통해 추정된 북한 시멘트 산업의 가동률은 2017년에는 60%로 소폭 증가하였으며 2018년에는 65%로 대폭 증가하였다. 그러나 주요 5개 대형 시멘트 공장의 경우 2017년 89%에서 85%로 감소하여 실제 시멘트 생산량은 증가하지 않거나 소폭 증가하였을 것으로 추정된다.

조사과정에서 북한 시멘트 공장의 현대화가 상당부분 진행된 것으로 확인되었다. 2007년 Lafarge의 계열사인 오라스콧의 투자를 통해 진행된 상원시멘트연합기업소의 현대화 과정에서 시멘트 생산공정의 효율성과 관리능력을 향상시킬 수 있는 핵심기술을 상당부분 확보한 것으로 추정된다. 그리고 축적된 기술력을 기반으로 타 시멘트 공장으로 기술 확산이 진행되고 있는 것으로 확인되었으며 실제 시멘트 산업 부분에서 남북의 기술력 격차는 크지 않을 것으로 예상된다. 이에 따라 향후 한국과 북한의 자원산업 및 시멘트산업 분야의 협력을 위한 새로운 관점의 조사와 분석이 필요할 것으로 판단된다.

Acknowledgments

본 연구는 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (과제번호: 20005750)

참고문헌

1. The North Korea industry, Korea Finance Corporation (2010)
2. S. J. Hong, North Korea Cement Industry Situation and South-North Cooperation, Hyundai Research Institute (1999)
3. Global Cement Report™ - 12th Edition, International Cement review (2018)
4. U. S. GEOLOGICAL SURVEY MINERALS YEARBOOK - North Korea, USGS (<https://minerals.usgs.gov>) (2018)
5. NK Briefs - North Korea promotes French investment

- in cement company, North Korean Economy Watch (<http://www.nkeconwatch.com>) (2015)
6. H. J. Kang, Increase of North Korea Construction Industry with merger and technological innovation of cement companies, NKTech(<http://www.nktech.net>), Vol. A013 (2017)
7. S. J. Hong, North Korea Cement Industry Situation and South-North Cooperation, Hyundai Research Institute (1999)
8. R. Dormels, Profiles of the cities of DPR Korea - Sunchon (2014)
9. Chosun TV review, (<https://www.youtube.com/watch?v=qDEs4HiuJEw>)
10. B. Kohihass, Cement Engineers Handbook, ISBN 3-7625-0975-1, Bauverlag (1983)
11. 수입설비를 개조하여 생산에서 런일 혁신, <http://arirangmeari.com> (2018)
12. Chosun TV review, (<https://www.youtube.com/watch?v=dT8E0IGWYII>)
13. Chosun TV review, (<https://www.youtube.com/watch?v=nhQuxjYyQ>)
14. Chosun TV review, (<https://www.youtube.com/watch?v=oV9w3o2gMfQ>)
15. 북 승호리 시멘트공장 생산 정상화(2000.7.12.), 연합뉴스 (2000)
16. 북주민들, 김정은은 경제를 몰라, 자유아시아방송 (2012)
17. Chosun TV review, (<https://www.youtube.com/watch?v=QbE4-Q6lxx0>)

●● 백 철 승

- 2009년 한국지질자원연구원 연구원
- 2013년 광주대학교 화학공학과 석사
- 2017년 광주대학교 화학공학과 박사
- 현재 한국석회석신소재연구소 선임연구원

●● 서 준 형

- 2013년 한양대학교 자원환경공학과 석사
- 2019년 광주대학교 화학공학과 박사 수료
- 현재 한국석회석신소재연구소 연구원

●● 조 진 상

- 2001년 한국지질자원연구원 연구원
- 2001년 단국대학교 무기재료공학 석사
- 2013년 강원대학교 지역기반공학 박사
- 현재 한국자원리사이클링학회 이사
- 현재 한국석회석신소재연구소 선임연구원

●● 안 지 환

- 1988년 인하대학교 자원공학과 석사
- 1991년 연세대학교 경제학과 석사
- 1997년 인하대학교 자원공학과 박사
- 2013년 과학유공자 대통령 표창 수상
- 2018년 대한민국 기후기술대전 과학기술정보통신부장관 표창
- 현재 한국지질자원연구원 탄소광물화사업단 단장
- 현재 (사)한국자원리사이클링학회 회장
- 현재 (현) 한국지질자원연구원 책임연구원

●● 조 계 홍

- 1990년 인하대학교 요업공학 석사
- 2002년 쌍용양회공업(주) 과장
- 2009년 한국지질자원연구원 선임연구원
- 2010년 광주대학교 화학공학과 박사
- 현재 한국자원리사이클링학회 이사
- 현재 한국석회석신소재연구소 연구개발부장