

ISO14001 환경영향평가방법을 이용한 청정공정관리

- Tourah Portland Cement회사를 중심으로 -

박 영 규

대전대학교 화학공학과

Cleaner Production Management using Evaluation Method of Environmental Impact of ISO14001

Young G. Park

Dept. of Chemical Engineering, Daejin University

요 약

영국 BS7750에서 사용하는 환경영향평가방법을 이용하여 시멘트공정내 환경영향심각도를 결정하기 위한 방법을 연구하는 데 목적이 있다. 이를 위하여 제조공정내 물질수지식을 세우고 제품과 폐기되는 환경오염원을 정량화하여 환경영향의 심각도를 발생가능성의 평가등급과 발생결과 평가등급을 종합한 환경 위해평가 매트릭스법을 도입, 환경오염원을 줄이기 위한 우선순위를 결정하였다. 환경영향평가결과, 각 단계별 공정의 환경영향의 심각도를 계량화할 수 있었으며 공정 개선후 얻어진 효과에 대한 결과를 청정관리 개선사례로 제시하였다.

ABSTRACT: The unique method for evaluating the environmental impact, which is restricted to use in BS7750, was performed to determine the priority for reducing environmental loads in the cement process. Mass balance in the unit process was achieved, it was utilized to introduce the matrix method which are composed of two different evaluation's criteria by occurrence possibility and by occurrence results. The purpose of this paper is first to explain the matrix method in the practical plant and secondly to show the successful examples of environmental improvement. Conclusively, the seriousness of environmental impact could be quantified in several different unit processes and suggested some progressive results obtained after process improvement.

1. 서 론

대부분의 선진기업들은 무역이나 상업상 필요에 의해 환경인증을 취득하고 있다. 이와같은 이유는 환경경영시스템의 입안과 실시는 이미 수십년에 걸친 실제적인 경험이 적용법규에 정한 요구사항을 준수할 것을 보증하고 잠재적 환경보전 책임을 관리하며, 또한 환경문제에 대한 일반사회의 관심과 압력에 대응할 수 있는

시스템을 확립해 왔기 때문일 것이다. 1996년 이래로 EMS(Environmental Management System)의 ISO(International Standard Organization)규정은 사실상 기업의 입장에서는 특별한 관심을 끌만한 조항이 포함되어 있지 않으며 ISO 14001은 다만 환경보호에 대해 널리 인정된 경영원칙을 적용하고 있는 데 지나지 않기 때문이다.

그러나 앞으로 ISO 14000의 보급이 확대되면 그

린마케팅과 맞물려 구매자와 소비자의 성향이 환경적합성을 증시하는 방향으로 변환 될 것이고 조직은 이에 대응하기 위해 경영방법과 상품생산 등 전과정을 환경적합성으로 전환해야 하는 경제적인 부담이 발생하게 된다. 여기에는 환경주의 경영을 위한 설비투자, 문서화, 종업원의 외부교육훈련, 전문인력확충 및 자문이 필요하고 준비에 따른 시간과 제반 수수료 부담이 발생하게 된다. 모든 활동을 정량적이고 과학적으로 증명하여야 하며 이에 필요한 기술적 부담이 발생한다. 여기에는 환경친화적 제품개발을 위한 노력과 청정공정기술에 대한 연구노력이 필요하고 조직내 각종 환경데이터를 수집분석하고 관리할 수 있는 생산기술관리 및 데이터베이스화 기술을 갖추어야 한다. 조직의 생산활동이 투명하고 공개적으로 이루어져야 하고 이해관계자와의 공감대를 형성해야 하며 조직이미지 관리차원의 심적부담이 발생한다.

이와같이 ISO 14000의 기본정신은 조직활동의 투명성과 공개성이다. 기업들은 이해관계자의 환경친화성에 적극적으로 대응하기 위해 이미 공개적인 환경경영을 실시하고 있다. 사전적, 능동적, 예방적인 체계화된 활동, 나아가서는 이러한 활동을 통해 지속적인 환경개선 및 조직성장과 경쟁력 확보를 기할 수 있는 경영전략의 활동인 "환경경영"개념으로 의식을 전환하고 있다. 환경친화적 기업들은 이러한 소극적 관리에서 벗어나 적극적인 환경경영체제의 구축을 통해 중요한 경제적 이익을 달성하고 향후에는 세계적인 기업이 되려고 노력하고 있다. 여기서 이야기하는 경제적 이익이란 운전 및 생산 효율성, 제품손실의 최소화와 시장에 있어서 제품 및 서비스의 증가된 대고객 접근성 등을 말한다. 즉, 환경투자를 제품의 인식 고양 및 대고객 접근에 적극활용하고, 각종 환경폐기물의 원천적인 감소를 통해서 처리비용의 감소와 환경폐기물 관련비용을 줄임으로써 실질적인 국제경쟁력 강화 수단으로 환경경영체제를 활용하고 있다.

그러므로 기업의 ISO 14000전략은 기존의 품질기준과 공정개선에 영향을 주므로 기업의 미래 전략으로 추진하는데 필요한 전략이다. 이를 위해 규격의 요건과 환경영향 그리고 계획을 이해하여 현존하는 관리시스템과 방법을 조절하기 위한 조치를 취했다. 본 논문에서는 시스템내의 환경적인 관점에 따라 청정관리를 실행하고 있는 Tourah시멘트공장(이하 "TPCC"로 칭함; 이집트 카이로에 위치하며 90년 역사를 가진 대표적인 국

영기업)을 중심으로 환경인증에 적합한 환경영향평가방법을 이용하여 공정내 환경영향의 중대성을 도출하는데 초점을 두고 있다.

기업의 청정관리를 실행하기 위해서는 우선적으로 구체적인 목표를 가져야 하며 전조직원이 쉽게 이해할 수 있도록 환경영향평가방법을 작성하여야 한다. 이를 위해서 본 논문은 전과정평가에서 사용하는 환경지수를 이용하는 방법으로 환경영향을 평가하는 대신에 기업내에서 환경영향의 중요도를 결정하기 위한 단순지표를 결정하여 생산공정내에서 발생하는 환경영향을 평가하는 방법을 도입하였다. 즉, 각 공정내 환경영향의 심각도를 평가우선순위에 따라 청정관리개선사례를 설명하는데 주요점을 두고 있다.

그러므로 기업의 청정관리전략은 사전오염예방과 에너지절약 그리고 폐기물감소화를 기본축으로 하여 관련되는 경영체제에서 부터 기술혁신, 대내외적인 적극적인 협력체제구축 등의 제반노력을 경주하는 데 궁극적인 목표를 두고 있다. 이와같은 기업의 활동차원에서 대응 청정관리 전략과제의 핵심은 환경문제에 의한 다양한 요구를 해결할 기본적인 하부구조의 구성과 이를 활용한 끊임없는 기술혁신으로 요약될 수 있을 것이다. 본 논문에서는 환경오염 다발업체인 시멘트공장의 개선사례를 통하여 공정내 환경영향의 심각성을 파악하고 환경오염원을 저감할 수 있는 청정관리측면에서 환경영향의 심각도를 계량화하고 개선방향을 중심으로 연구하였다.

2. ISO14001규격내 환경영향평가관련 내용

ISO14001에서는 구체적으로 환경영향의 심각도를 측정하기 위한 내용이 기술되어 있지 않으며 아래와 같은 내용으로 ISO14001규격상 기술하고 있다.

"조직은 환경에 중대한 영향을 미치고 있거나 미칠 가능성이 있는 것을 결정하기 위하여 관리할 수 있고 영향을 미칠 것으로 예측되는 조직의 활동, 제품 및 서비스의 환경적 측면들을 파악하기 위한 절차를 설정하고 유지하여야 한다. 이러한 환경측면을 고려하기 위해서는 공정흐름도, 배관 및 계기도면, 각 유니트별 입력 및 배출양, 농도, 방지시설의 관리상태, 토양의 오염농도, 화학물질의 양 등을 공정분석을 통해 체계적으로 검토한 후 입출력에 대한 질적·양적 요소를 고려하는 것이 좋으며 가능하면 물질 및 에너지 수지가 균형을 이루도록 제반상태를 정량화하여야 한다.

환경측면과 환경영향과의 관계는 원인과 결과의 관계이며 전자는 환경에 영향을 줄 수 있는 긍정적, 부정적인 인자를 말하고 후자는 그 결과로서 환경에 나타난 변화를 의미한다. 이러한 일련의 과정은 조직에 영향을 미치는 잠재적인 법적, 규정적 그리고 기업적 노출에 대한 환경영향인자를 파악할 뿐만 아니라 보건안전 영향 및 위험인자도 포함된다.”

ISO14001의 환경영향평가법은 평가하는 사람에 따라 주관적일 수 있으므로 사람이 달라지면 같은 분야를 평가하더라도 점수가 달라질 수 있는 단점이 있으나 환경발생가능성과 발생결과의 평가서를 자체적으로 객관성있게 구성하게 되면 이러한 객관적인 점수차는 줄일 수 있으며 이러한 환경영향평가법은 단순하면서도 현재로서는 객관성있는 환경영향평가 수단이다.

이러한 환경영향 평가를 위해서 우선 환경측면에서 고려되는 공정흐름도를 중심으로 개별 환경분야에 대한 영향잠재력 점수와 준수 및 이행점수 두가지를 배분하여 환경영향을 평가한다. 개별 환경분야에 대한 평가를 하고 개별 환경영향의 심각도의 점수를 모두 더하여 사업장 전체의 환경영향평가의 점수를 구할 수 있다. 점수가 높으면 높을수록 심각도가 크므로 기업이 환경심각도 관리와 통제에 보다 주의를 기울여야 할 것이다. 개인차이도 있고 환경영향평가절차 적용시 유연성도 있어서 일반화하기는 어렵지만 개별환경분야의 점수가 세 자리 수(100점이상)이면 어느 정도의 심각도가 있으며 시정조치가 필요한 것으로 보아도 될 것이다. 이 환경영향평가절차는 하나의 사업을 대상으로 시점을 달리하거나 다른 구성요소들을 비교하는데 사용할 수 있다.

그림1은 흔히 ISO14001에서 사용하는 환경영향평

가 흐름도를 나타내며 흐름도 절차에 따라 환경영향을 평가한다.

3. Tourah시멘트의 환경경영 원칙

가. 환경경영 방침

환경영향을 줄이기 위해 Tourah Portland Cement 회사의 경우 아래와 같은 환경방침을 정하였다.

- Dust should be reduced 10% by 1999
- CO₂ should be reduced 5% by 1999
- Energy should be reduced 5% by 1999

나. 환경영향평가를 위한 원칙

환경방침을 수행하기 위해 아래와 같은 제안을 하였다.

첫째, 모든 환경개선 및 보수는 환경방침에 근거하며 환경측면 식별로부터 유도하여야 한다.

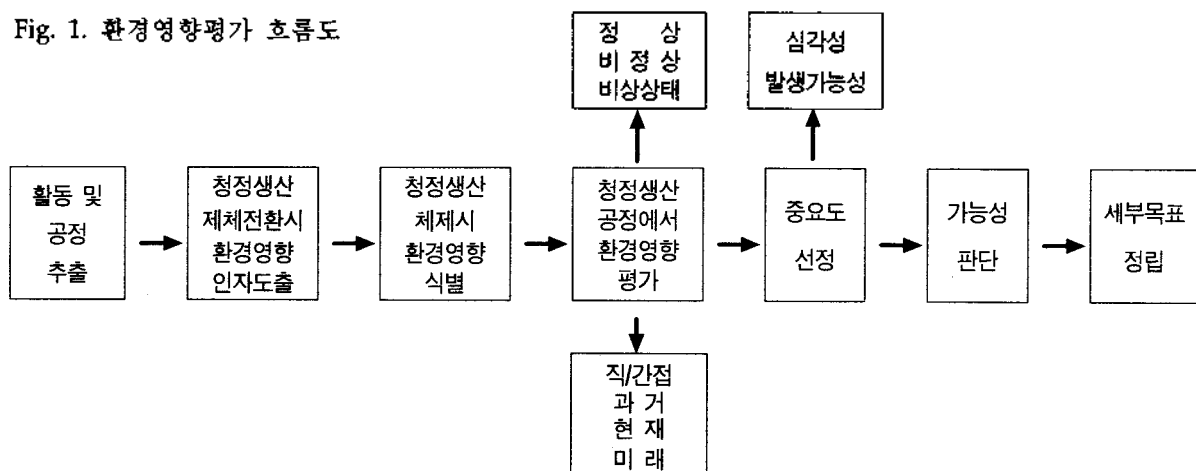
둘째, 발생먼지의 총량을 파악하여야 한다. 이를 위하여 공정내 먼지발생량, 먼지배기량, 먼지방출량, 먼지유출 및 원료의 손실량 등이 필요하다면 물질수지식 등을 이용하여 계산하여야 한다.

셋째, 모든 환경측면식별인자는 작업공정내에서 환경영향의 심각성을 평가하여야 한다.

넷째, 환경과 관련한 구입원자재의 양은 공정내에서 소모된 양을 물질수지관계를 통해 정량적으로 나타내어야 한다.

다섯째, 소모된 연료중 오염과 관련된 성분(예:황 성분)을 자세히 기록하여야 한다.

Fig. 1. 환경영향평가 흐름도



2) 물질수지표의 작성

Tourah시멘트회사는 본 환경측면식별을 나타내기 위하여 그림2와 같이 공장내 공정도(Process Flow Diagram)를 작성하였으며 공정도의 각 단위공정(Unit Process)별로 표1의 환경측면식별서도 작성하고 물질수

지와 관련하여 정량화 수치를 계산하거나 측정하여야 한다. 그림3은 공정중 Kiln #7에 나타난 물질수지표 내용의 일부를 사용된 원재료의 양, 발생된 폐수, 먼지의 양 및 이산화탄소의 양을 정량화한 결과를 나타냈다. 특히 이산화탄소 배출량을 계산하기 위해 화공양론적인 계산의 예는 아래와 같다.

Fig. 2. 시멘트제조 공정도 및 환경영향 개략도

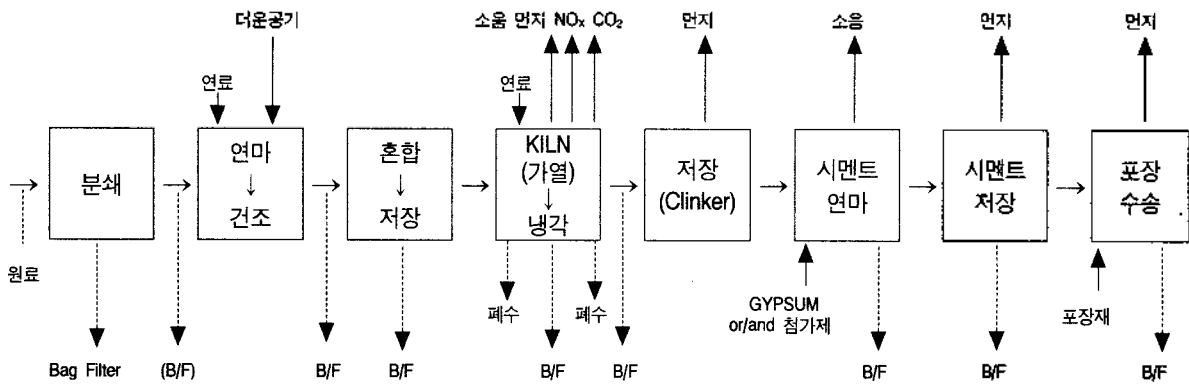
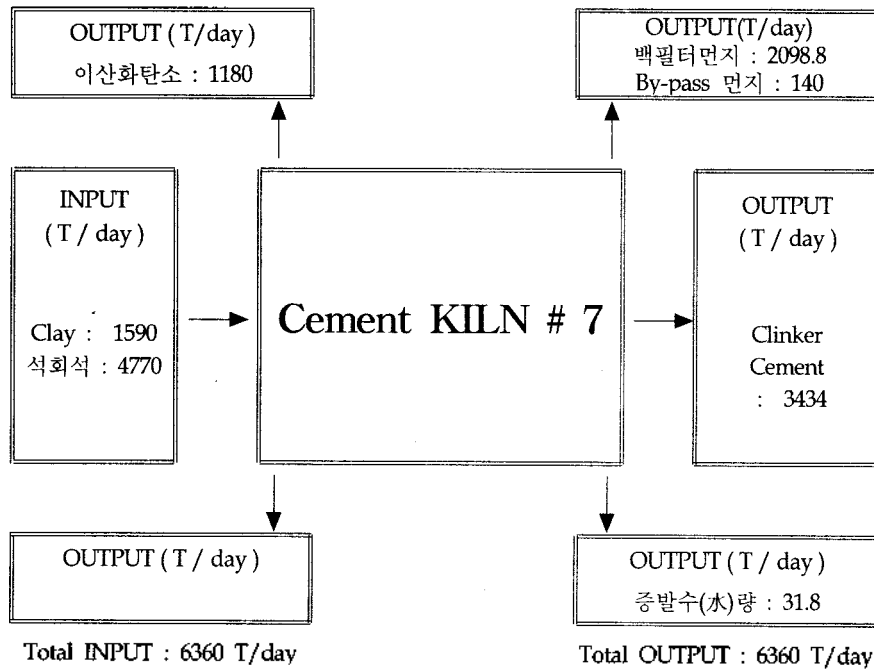


Fig. 3. Kiln #7의 물질수지표



우선 그림2에서와 같이 각 단위공정에서 발생되는 Clinker의 생산량을 계산하면 TPCC의 일년 생산량

은 3,360,870톤이고 이를 토대로 투입되는 원료의 양은 아래와 같이 계산된다.

1톤의 원료 투입량 → 0.565톤 [1] Clinker생산량
 사용된 x톤의 원료의 양 → 생산된 3,360,870톤 [1]의 Clinker양

Table 2. '95년 ~'96년기간의 Kiln #7에서 에너지사용량의 비교

사용시기 (년 - 월)	운전시간 (Hour-min)	원료사용량 (Ton)	Clinker생산량 (Ton)	중유소비량 (m ³)	경유소비량 (ℓ)
'95년 7월	543시간 25분	90,366	45,227	5,090	31,100
8월	570시간 30분	94,683	47,342	5,390	35,650
9월	567시간 40분	94,483	47,006	5,294	34,350
10월	598시간 55분	99,327	49,541	5,627	38,850
11월	603시간 05분	101,226	50,083	5,650	36,100
12월	565시간 50분	93,642	49,601	5,281	33,100
'96년 1월	547시간 00분	60,601	50,289	4,831	37,150
2월	499시간 30분	83,457	46,286	4,456	35,650
3월	639시간 30분	106,801	59,113	5,778	33,000
4월	624시간 35분	103,648	57,391	5,635	39,950
5월	556시간 00분	89,691	5,023	5,108	37,150
6월	246시간 55분	38,290	21,250	2,282	11,000
TOTAL	6,563시간 55분	1,086,215	573,352	60,422	403,050

위 관계에서 얻어진 전체의 원료의 양은 5,948,442톤이 투입되어야 하며 원료의 구성을 보게 되면 크게 25%는 Clay(SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃)이고 75%는 석회석(Lime Stone)을 차지하고 있다. 그러므로 석회석의 양은 투입량 중 4,461,332톤이 이에 해당하며 다시 소성로에서 가열하여 발생하는 이산화탄소의 양을 계산하기 위해서 아래의 화학식을 이용한다.



탄산석회 1몰을 기준으로 발생하는 이산화탄소의 양을 계산하기 위해서는 아래와 같은 수식이 필요하다.

$$\begin{aligned} & \text{석회석생성을 위해 사용된 이산화탄소의 양(톤/년)} \\ &= \frac{44 \times 4,461,332}{100} = 1,962,986 \text{톤/년} \end{aligned}$$

Clinker 3,360,870톤/년을 생산하기 위해서 필요로 하는 이산화탄소의 양과 발생하는 이산화탄소의 양은

3,155,942톤/년으로 나타난다. 여기서 발생하는 연소가스내 이산화탄소의 양은 가스유속을 측정하여 아래의 식을 이용하여 이산화탄소의 조성을 곱하고 이로부터 식내에서 이산화탄소의 양을 계산한다.

$$v = C \sqrt{\frac{mh}{2g_c}}, \quad C = \text{Orifice coefficient} = 0.85$$

여기서 m은 발생가스의 질량을 나타내고 h는 발생가스원에서 측정기구까지의 높이를 나타낸다. 이를 종합해 볼 때, 일년에 연료에서 연소되어 배출되는 총 이산화탄소의 양은 1,220,194톤인 것으로 나타났다. 발생하는 연소가스내 이산화탄소의 양을 측정하기 위하여 참고적으로 Kiln #7에서 사용된 에너지와 관련된 자료를 표2에 나타냈다.

공정내 발생하는 먼지의 양은 정량적으로 나타내는데 많은 어려움이 있으나 표3에 나타난 자료와 같이

Table 3. 먼지 총발생량의 산출 데이터 비교

1) Stack Dust 발생량 산출의 예

현 장 명	평균발생량 (kg/hr)	발생밀도 (g/m ³)
7A	10	144
7B	10	145
By-pass	3.2	95
8A	9	150
8B	8.5	145
By-pass	6	95

* "7" & "8"은 kiln장치의 site번호이며, 여러개중 일부만 나타내었음.

2) 각 라인별 먼지발생량

현 장 명	발생량 (T/day)	발생밀도 (g/m ³)
By-pass를 통한 각 라인당 먼지배출량	120~140	
Kiln의 배관이나 공정장치에서 먼지누출 발생량	2	
시멘트 Silo의 배관시스템을 통한 먼지누출발생량	1	
總라인에서 By-pass 배출시 먼지누출발생량	8	
원료조입 Silo라인 #8 & 9		5~7
시멘트의 백필터		5~7
석회석채광저장소, Gypsum & Clinker 저장소		5~7

공정내에서 발생하는 먼지의 양을 비교적 실험적 측정치를 기준으로 상세하게 산출한 자료이다.

3) 환경영향평가서의 작성

환경영향의 심각성 여부를 파악하기 위해서는 어떤 의미에서 심각도에 대한 가치기준을 확립하며 가치기준에 대해 어느정도 이상이면 중요하다고 판정하는지에 대한 기준을 설정하여야 한다. 환경적으로 고려할 사항은 환경영향의 범위, 환경영향의 심각성, 발생빈도, 환경영향의 기간 등을 고려하여 환경적인 사항들을 고려하면서 사업상 잠재규범 및 법적노출내용을 검토하고 환경영향변경의 어려움, 이해관계자의 관심 그리고 환경적인 활동 및 공정에 대한 변경상의 영향을 고려하여 최종적으로 환경영향의 심각도를 결정한다.

(1) 발생가능성평가

설정된 평가기준에 따라 발생가능성 등급평가표를 사용하여 각각의 환경영향에 대한 발생가능성 등급을 평가하는 방법이다.

① 환경관리적인 발생가능성의 일례

평가기준	그렇다 (1점)	일부 그렇다 (2점)	아니다 (3점)
운영절차서를 소지하고 있는가?			
공정을 즉각 관리할 수 있는 응급절차서를 소지하고 있는가?			
환경오염원을 정기적으로 측정하고 감사하고 있는가?			
물질을 재활용/재이용하는가?			
환경오염원의 처리를 잘 관리하고 있는가?			
총 점			

(2) 발생결과의 평가

설정된 평가기준에 따라 아래와 같은 발생결과등급평가표를 사용예를 적용하여 각각의 환경영향에 대한 발생결과 등급을 평가하는 방법이다.

① 원료의 독성

독성 내용	점수
독성이 매우 유독하고 물체와 접촉시 갑작스러운 폭발위험이 있고 부식성과 휘발성이 상당히 있다.	5
독성이 유독하고 증대하고 폭발성이 자체적으로 일어날 수 있으며 부식성과 휘발성이 크다.	4
독성이 환경에 영향을 줄 수 있으나 인간에게는 해롭지 않고 물질의 접촉이나 미취급으로 인해 열이 발생하고 정상적이 상태에서도 부식성과 휘발성이 있을 수 있다.	3
독성은 존재하나 영향력은 작고 고온, 고압하에서 열이 발생하거나 부식성과 휘발성이 있다.	2
전혀 해롭지 않으며 열이 발생하지도 않는다.	1

* 분류기준은 Newman[2]의 "Ecotoxicity"에 기준을 두고 있다.

② 환경오염원의 정도(예: 폐수처리시 COD배출기준)

COD(화학적산소요구량)의 배출허용기준	점수
130이상	5
90~130	4
50~90	3
30~50	2
30이하	1

* 분류기준은 국내의 수질환경보전법 제40조 방류수질 기준의 분류를 적용하였으며 TPCC가 수용한 기준임.

③ 발생빈도

빈도 정도	점수
끊임없이 일어난다.	5
반복해서 일어나고 반복 빈도가 높다.	4
반복해서 일어나지만 계속적이지 않고 반복 빈도가 적다.	3
가끔 일어나지만 반복해서 일어난다.	2
가끔 일어난다.	1

④ 오염원발생량

가) 먼지발생량

기 준	점수
1 kg/제품100톤 이하	1
1~10 kg/제품100톤	2
10~50 kg/제품100톤	3
50~100 kg/제품100톤	4
100 kg/제품100톤 이상	5

* 입자상물질 중 열처리시설의 가열로에서 1일 기준으로 먼지무게를 환산한 수치임.

나) 이산화탄소 발생량

기 준	점수
1 ppm 이하	1
1~10 ppm	2
10~100 ppm	3
100~300 ppm	4
300 ppm 이상	5

* TPCC 자체적으로 정한 규격임

다) 폐수발생량

기 준	점수
50 톤/일 이하	1
50~200 톤/일	2
200~700 톤/일	3
700~2000 톤/일	4
2000 톤/일 이상	5

* 수질환경보전법 제10조1항관련 사업장폐수방출규모분류기준이며, TPCC가 수용한 기준임.

라) 폐기물발생량

일반폐기물발생량기준	점수
10kg/일 이하	1
10~100kg/일	2
100~300kg/일	3
300~1000kg/일	4
1톤/일 이상	5

* 환경보전법 제14조 1항 일반폐기물 분류기준이며 TPCC가 수용한 기준임.

(특정폐기물 종류별로 유해성 및 발생량기준은 재분류하여야 함.)

⑤ 소 음

기 준	점수
75 dB 이하	1
75~85 dB	2
85~90 dB	3
90~95 dB	4
95 dB 이상	5

* OSHA의 소음관련 작업환경기준

⑥ 환경오염원 발생기간

기 준	점수
1년내내	5
매반기 1회	4
매월 1회	3
매월 2회이상	2
주 1회이상	1

* 환경보전법제38조 제3항 자기측정대상항목과 관련한 사항이며 TPCC가 수용한 기준임.

⑦ 법적요구사항

기 준	점수
정부규제에 벗어난다.	1
정부규제에 관심사항이나 법적으로 요구되지는 않는다.	3
법적으로 규정된다.	5

(3) 종합평가

우선, 수집된 정보 및 규모의 등급으로서 환경영향평가 모형이 매트릭스형태로 작성된다. 즉 사건의 규모와 빈도를 결합하면 질적 분석의 경우에 각 영향에 어떤 등급이 할당되는지에 대한 결정은 분석자 마음이기 때문에 주관적인 문제이다. 환경영향의 중요도는 기업의 현재 환경영향에 대한 심각성을 식별하고 그들에 대처하는 조직의 환경성과를 평가하여 만드는 것이다. 이를 위한 환경영향의 중요도를 아래의 매트릭스법에 의해 구분하여 평가할 수 있다.

아래와 같이 결과의 심각성과 발생빈도의 척도에 대해 발생결과 평가등급을 결정하기 위해서 우선 발생결과 계량화지수는 아래의 수식을 사용하여 환경영향평가를 실시한다. 이와같은 평가방법은 영국의 BS7750

(ISO14001규격제정시 근간이 된 영국환경경영규격)에서 기수행된 계량화방법[3]을 적용하고 있다.

$$(\sum_{i=0}^{\infty} \text{오염발생량} + \sum_{i=0}^{\infty} \text{건강위해지수}) \times \text{결과심각성 (유해성)} \times \text{발생빈도} \times \text{발생기간} \times \text{법적요구기준}$$

발생가능성등급은 수질, 대기, 폐기물과 관련한 환경오염관리의 문서절차서 및 문서양식 그리고 유자관리사항들을 정기적으로 감사하는가 여부와 관련이 있으며 사전오염예방측면에서 조치하여야 할 관리상의 문제이다.

이미 얻어진 발생가능성 평가등급과 앞서 얻어진 발생결과 평가등급을 종합하여 종합평가표를 사용하여 각각의 환경영향에 대한 영향의 심각도를 평가하기 위한 매트릭스를 작성한다. 환경관리상의 등급은 매트릭스 상 좌변 행의 위에서 아래로 (H1, H2, H3, H4)로 구분하며 환경오염원 배출로 인한 결과의 심각성의 등급은 매트릭스의 상단 1열의 우에서 좌(A1, A2, A3, A4, A5)로 구분하여 표시한다. 두 등급의 매트릭스내에서 상호(Cross)점점을 통해 최종 규모등급을 결정하고 아래와 같이 환경영향의 심각도의 구분을 표시하여 얻어진다.

Table 4. 환경영향심각도를 나타내기 위한 매트릭스 사용의 예

	A5	A4	A3	A2	A1
H1	M	M	H	H	H
H2	S	M	M	H	H
H3	L	S	M	M	H
H4	L	L	S	M	M

표4는 환경영향의 심각도를 결정하기 위하여 상호점점법에 의한 매트릭스의 작성 예를 나타낸 것이며 매트릭스내의 내용을 기술하면 다음과 같다.

- H : 높은 위험이 있으며 연구개발 및 경영계획을 반영하여야 한다.
 - M : 중요한 위험이 있으며 경영자의 관심이 필요하다.
 - S : 적당한 위험이 있으며 관리자의 책임을 명시할 필요가 있다.
 - L : 낮은 위험이 있으며 정해진 절차에 의해 관리하여야 한다.
- 등으로 나타난다.

5. 환경영향평가의 결과

(1) TPCC의 환경방침 대응방안

공장설립당시에는 질 좋은 석회석이 많고 인력충원도 가능하면서 수도권 카이로에서 비교적 멀리 떨어져 위치(60km)하였으나 카이로 도심의 급격한 인구팽창(1100만)과 인근 위성도시의 동반 인구팽창 등으로 인하여 오늘날에는 회사의 위치가 대도시에 인접하여 공해 및 먼지발생 등으로 환경민원이 발생하고 있다. 주요내용으로는 시멘트회사에서 발생하는 이산화탄소와 먼지가루의 날림현상으로 인근주택에 먼지쌓임과 그늘음 등의 민원이 자주 발생하여 특히 고급주택가등으로 부터 항의가 제기되고 있다.

이에 대한 개선이 초미의 관심이기 때문에 이를 적극적으로 대처하기 위해서 TPCC는 공장내·외부에서 발생하는 먼지 및 이산화탄소의 발생량을 철저히 조사하여 물질수지식에 입각하여 총입출량과 총발생량의 관계를 규명하기 위한 환경영향평가를 전사적으로 실시하였다. 환경영향사전평가를 위해서 자체관리기준을 정하고 이에 대한 환경영향의 중대성을 점수로 나타내어 심각도를 분류하였다. 또한 표2에서 보듯이 TPCC가 사용하고 있는 에너지의 총사용량을 도출하고 청정에너지 및 공해저감 제품을 개발하기 위한 시도로서 저공해연료를 사용을 유도하여 에너지사용량을 저감하면서 청정공장이 될 수 있도록 원료의 공급에서부터 철저한 관리를 시도하였다.

이와같은 환경영향의 지속적인 발전을 위하여 환경개선사항중 최적의 공해방지시설을 유지관리하였으며 특히 3R(Reduce, Reuse, Recycle)운동의 대원칙을 정하여 본격적인 환경운동을 전사적으로 전개하고 이에 대한 실행을 점검하였다.

(2) 환경영향평가

포틀랜드시멘트 제품의 환경영향을 정량적으로 평가하는 방법으로 물질은 원료, 제품생산, 폐기물, 폐수, 대기오염원 그리고 에너지로는 전기에너지, 연소에너지, 사용재질의 에너지 사용량, 운송에너지 등의 입출력 데이터로 사용하고 있다.

시멘트 생산을 위한 공정흐름도(그림2)내에서 공정분석을 위한 환경적인 요구사항중 원재료, 에너지, 대기, 수질, 폐기물의 오염원 방출물에 대한 데이터수집이

필수적이다. 이러한 데이터는 그림3과 표3에 열거하였으며 여기서 얻어진 데이터들은 전과정분석을 전략적으로 이용하는 데 사용하며 장·단기적인 환경전략을 구체적으로 입안하는데 사용할 수 있다. Kiln #7의 공정 내 환경영향평가를 위해 TPCC는 예열, 예비소성, 신터링, 냉각, 저장의 소공정을 통해 반제품이 만들어지며 이들에 대한 환경영향평가의 계량 값의 예는 표5에 나타났다.

표5의 결과를 놓고 볼 때 생산공정의 환경영향에 대한 평가내용은 각공정의 환경영향의 심각도를 계수화하여 제품제조시 오염원 배출을 쉽게 정량화할 수 있으며 종합평가결과에서 얻어진 결과에 의해 환경개선의 우선순위를 정하였다. 즉, 이러한 청정관리가 정상적으로 목표대로 실천되었을 때 생산자가 청정관리 및 에너지절약을 위해서 우선순위를 정하는데 수많은 판단자료로 활용될 수 있다. 향후에 지구온난화와 토양오염과 같은 관련문제들도 자연스럽게 우선순위가 매겨질 수 있으며 공정상 대기오염원의 배출이 각 공정의 종류별로 차이를 나타낼 수 있다. 이는 곧 기업간 환경기준의 차이나 내부관리상의 문제 등으로 생산자측면에서 개선사항들을 상당히 환경개선 기회로 이용할 수 있다.

Table 5. Kiln #7에서 원재료사용량 100톤과 평방미터당 환경영향 계량 값

공정명	원재료	방출 폐수	CO ₂ 발생량	먼지 발생량	전체 점수	종합평가 결과
예열	72	8	212	172	464	M
예비소성	79	12	174	277	542	H
신터링	84	5	342	72	503	H
냉각	5	52	23	68	158	L
저장	0	0	0	68	68	S

(3) 청정관리개선사항

시멘트공정내 Kiln #7의 공정의 환경영향평가내용을 기준으로 TPCC는 이산화탄소를 비롯한 환경오염방출 감소 및 에너지 사용량 저감을 위해 청정기술 적용 사례는 아래와 같다.

① 원자재의 대체

석회석을 소성하는 공정은 다량의 이산화탄소를 방출할 뿐만 아니라 에너지 소비량이 많고 폐석회와 같은 폐기 부산물이 발생하므로 이에 대한 청정관리가 시급하

다. 최근에 전로슬래그를 원자재의 일부로 대체하는 경우에 폐기되는 전로슬래그의 재활용율을 높일 수 있을 뿐만 아니라 소성이 필요한 석회석의 양이 줄기 때문에 방출하는 이산화탄소의 양도 감소된다. TPCC인근에 위치한 제철소에서 발생하는 전로슬래그를 재활용하여 최종 시멘트의 조성이 유지되는 범위에서 환경오염원을 줄이고 있으며 그 결과 2%정도의 CO₂ 저감효과를 가져왔다.

② 에너지효율의 개선

이산화탄소 방출량을 줄이기 위해 기존의 클린커를 예비소성로로 Kiln공정에서 대체함으로써 에너지사용량을 줄일 수 있었다. 또한 대체되는 기술로는 고효율의 전기모터를 사용하고 분쇄시스템을 향상시키기 위해 고강도 분쇄공구를 사용하는 사례를 통해 에너지 절감과 이산화탄소를 줄일 수 있었다.

③ 대체에너지의 사용

화석연료를 이용한 에너지사용을 천연가스로 대체하는 경우에 시멘트 1톤 생산시 발생하는 이산화탄소의 양이 0.13톤으로서 기존의 연료보다 77%의 저감효과를 가져온다. TPCC는 연차적으로 연료대체계획을 수립하여 2006년까지 100% 천연가스로 대체하기 위한 계획을 준비하고 있다. 기존의 대체연료사용과 함께 대기오염물질내 이산화탄소 및 황의 방출을 줄이기 위해 1.6% Bunker-C유를 1.0%로 연료를 교체하여 사용하였으며 이를 통해 이산화탄소 및 황 함유유를 상당량 줄일 수 있었다.

④ 첨가원료의 사용

선진국에서는 시멘트제품에 석회석을 5%까지 첨가하도록 허용하고 있다. 만일 이러한 국제적인 규격이 보편화된다면 시멘트 1톤생산시 제조공정에서 3%의 이산화탄소가 감소될 것이다. TPCC는 이를 채택하여 2%의 이산화탄소 저감효과를 가져왔다.

⑤ 환경오염방지시설의 개선

폐수의 재이용을 위하여 용축수를 회수하였으며 물저장탱크의 overflow를 자동으로 제어할 수 있도록 설비를 최적화하여 폐수발생량을 감소시켰으며 이산화탄소발생의 저감을 위해 저NO_x버너를 설치하였고 전기 집진기와 Bag-filter를 보완-재정비하여 먼지의 누출을 막고 물질수지의 수치대로 확인이 가능하면서 대기오염물질의 총량을 감소시켰다. 여과장치를 냉각수마다 설

치하여 냉각수의 재이용량을 증대시켰으며 보일러와 배관의 자동밸브를 부착하여 스팀의 손실을 막았다.

중설되는 공정에는 환경측정결과를 자동 모니터링하기 위한 CIM을 구축하였으며 환경데이터(이산화탄소) 측정을 전산화하여 실시간 모든 데이터를 정량화하였다.

(4) 기대효과

회사의 환경에 대한 강약점을 파악하였고 환경관련 절차를 수립해 봄으로써 초보적인 회사내 하부구조구축을 통한 청정관리가 가능하였다. 특히 환경관련 데이터베이스를 구축함으로써 보다 정성적인 관리가 가능하게끔 함으로써 청정기술의 도입을 통한 개선사항들을 정량화하는 데 크게 기여하였다.

환경경영의 효율적인 운영을 통하여 종업원의 환경의식을 고취시키고 관련법규를 준수하면서 환경성과를 향상시키는 계기가 되었다. 특히 에너지를 절감하면서 폐기물을 감량화하는 청정관리의 초보적인 단계를 수립하였는데 에너지사용량은 첫째부터 크게 감소시킬 수는 없었으나 원재료사용의 공정대체기술 등으로 3~4%절감효과를 가져왔다. 또한 재생연료시설을 설치하여 폐기물을 재활용하거나 폐수의 생물학적처리를 통하여 공업용수를 세정용수로 재이용하는 방안도 마련하였다. 방음시설을 설치하여 소음발생을 감소시켜 종업원의 소음공해로부터 해방시키고 전체 공장내에서 50%정도의 저감효과를 가져왔다. 지하수오염을 파악하기 위해 지하수 감시정을 설치하였고 폐수의 재이용을 통해 용수사용량을 절감하였으며 이는 최고경영자의 확고한 신념과 종업원의 관심으로 얻어진 결과이며 지속적으로 절감의 효과를 얻어낼 수 있다.

이러한 환경개선사항들을 정량적인 수치로 표6에 나타내었다.

Table 6. 공장내 환경개선 결과

환경오염명칭		개선전	개선후	개선효과율(%)
대 기	SO _x	173 ppm	157 ppm	9.2
	CO ₂	630 ppm	590 ppm	6.3
	NO _x	158 ppm	151 ppm	4.4
	먼지	12 ppm	10 ppm	16.0
수 질	배출량	81톤/월	59톤/월	27.0
	재이용	6톤/월	15톤/월	150
폐기물	재이용	0.2톤/월	250톤/월	1250
소 음	소음초과	82개소	41개소	50.0
에너지	오일사용	1500톤/월	1430톤/월	4.6
	전력사용	32,000kwh/월	30,900kwh/월	3.4

감 사

본 환경기술자문은 이집트정부의 요청과 외무부 해외협력을 위한 정책사업의 일환으로 추진되었으며 기술자문비를 부담한 외무부산하 KOICA(국제협력사업단)와 이집트내 TPCC에 깊은 감사를 드린다. 또한 환경영향평가 자료를 위해 물심양변으로 협조해준 TPCC의 아메드, 모하마드에 감사를 표시하며, 특히 환경측정기술장비 및 측정자료 등에 협조하여 준 스위스 다국적기업 ASEC(Arab Swiss Engineering Corp.)에게도 감사 드린다.

참고문헌

1. Cahn, D., Greer, W., Grove, A.: World Cement, pp 64 (1997)
2. Newman, M., Jagoe, C.: Ecotoxicology, Lewis (1997)
3. 환경영향평가실무, 한국표준협회 (1997)