

# 철강업과 시멘트업의 협력체제 구축

- (주)포스코의 환경관리를 중심으로 -

성 기 웅 (포스코 환경개선그룹장)

이 경 훈 (포스코 환경에너지실장)

## 1. 서 론

산업활동의 급속한 확대와 인구의 증가로 인해 대두되기 시작한 환경문제는 초기 지역적인 문제로 인식되었으나 점차 전지구적인 문제로 확대되고 있다. 지구온난화 방지를 위한 기후변화협약, 오존층과 파괴물질 규제를 위한 몬트리올 의정서, 환경과 무역규제를 연계하는 도하개발아젠다 등 국제환경협약이 제정되고 있어 철강업도 적극적인 대처 노력이 필요하게 되었다.

철강산업은 사회기반시설의 기초소재인 철강제품을 생산하는 기간산업으로서 사회발전에 공헌하여 왔으나 제조공정 특성상 석탄이나 철광석 등의 원료와 에너지를 많이 사용하고 있다. 과거 생산활동 중에 불가피하게 발생하는 분진 등의 오염물질로 인해 환경오염산업으로 인식되어 왔고 현재는 지구온난화의 주요인으로 인식되고 있는 이산화탄소를 다량으로 배출한다는 환경적인 측면의 부담을 안고 있다. 과거 철강산업의 환경보전활동은 주로 분진 등 환경오염물질의 배출억제를 위한 공해방지설비에 대한 투자를 지속적으로 추진해 왔으며 이산화탄소의 배출저감을 위해 1998년 정부와 에너지부문 자발적 협약을 체결하고 에너지절감 설비투자 및 절감활동을 강화하고 있다.

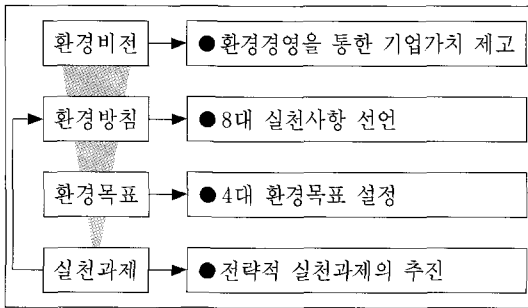
지구촌 시대에 환경과 자원절약의 문제가 세계 각

국의 주요 관심사로 떠오르고 있는 가운데 국내에서도 각종 부산물의 재활용과 관련 기술개발이 다각적으로 추진되고 있다. 특히 최근에는 제련, 제강 등 다양한 금속제품 생산공정에서 발생하는 슬래그의 적정처리와 재활용을 통한 환경보전과 자원절약의 사회적, 제도적 노력이 경주되고 있다. 슬래그의 재활용은 자원의 활용이라는 측면에서 여러 분야로 접근될 수 있으며 그 대표적인 예로 시멘트산업을 들 수 있다. 시멘트산업은 과거 단순히 공장내의 오염물질 배출을 억제한다는 측면에서 자원순환형 사회에서 중요한 위치를 점유하고 있어 그 역할을 재조명해야 한다.

근래 이종업체간의 제휴는 서로의 영역을 침해하지 않으면서 수익성을 높일 수 있다는 장점으로 인해 관련업계의 주목을 받고 있다. 본고에서는 포스코의 환경관리를 중심으로 시멘트업계와의 협력체제 구축방안에 대해 논하고자 한다.

## 2. 포스코의 환경관리체제

포스코는 포항과 광양에 각각 제철소를 운영하고 있으며 각 제철소는 제선, 제강, 압연공정으로 구성된 일관제철공정 등으로 이루어져 있다. 구체적으로 보면 포항제철소는 열연, 냉연, 선재, 후판, 전기강판 등을 생산하는 탄소강 공정과 스테인리스 제품을



〈그림-1〉 포스코의 환경경영

생산하는 스테인리스강 공정을 갖고 있으며 광양제철소는 열연, 냉연제품을 생산하는 탄소강 공정과 용선 및 고철을 이용하여 열연 및 냉연제품을 생산하는 미니밀 공정을 갖추고 있다.

양 제철소는 환경오염물질의 발생을 근원적으로 막는 청정설비와 에너지 효율이 높은 설비를 생산공정에 갖추고 있으며 발생한 오염물질을 철저히 처리하기 위한 환경설비를 가동하고 있다.

### 가. 환경방침

포스코는 환경적 건전성과 경제적 수익성의 추구라는 상생의 원칙에 기초한 환경방침을 1995년에 제정하여 발표하고 〈그림-1〉에서 보이는 바와 같이 매년 환경방침에 준하여 회사가 시급히 해결해야 할 환경영향과 이해관계자의 의견을 반영한 환경목표

와 그 실천방안을 수립하고 추진하고 있다.

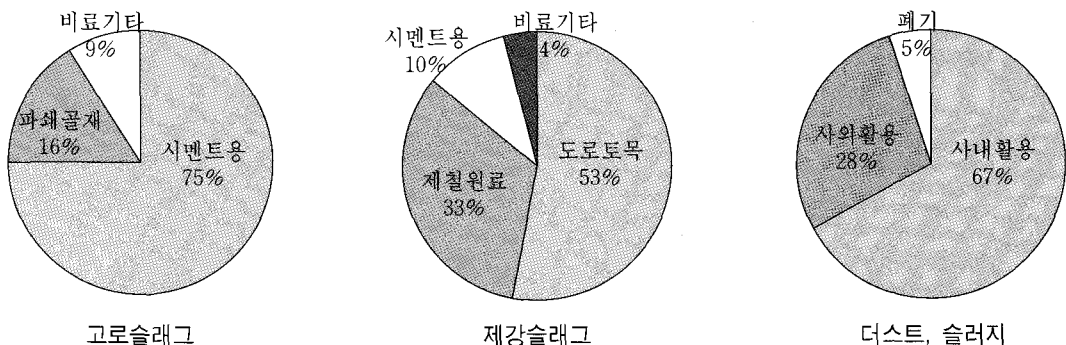
### 나. 환경경영체제

포스코는 환경방침을 제정하고 환경개선계획을 수립하는 등 체계적인 환경경영기반을 구축하여 1996년 7월에 환경경영체제 국제기준인 ISO 14001 인증을 획득하였다. 환경이슈와 이해관계자의 의견을 반영한 환경목표를 매년 수립하여 그 실천 과제를 추진하고 있으며 효율적인 환경경영조직 구성, 환경설비 관리, 환경교육, 환경사고 예방에 힘쓰고 있다.

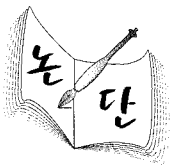
투명한 환경경영을 실천하기 위하여 정기적으로 사내외 심사원으로부터 점검을 받고 있으며 최고경영자는 환경경영활동과 이에 대한 이해관계자의 의견 및 새로운 환경이슈로 인한 기업활동의 영향을 검토하여 회사경영전략에 반영하고 있다.

## 3. 포스코의 부산물 활용현황

2003년 포스코에서 발생한 고로슬래그, 제강슬래그, 더스트, 슬러지, 폐내화물 등 부산물의 총량은 1,713만톤이며 이중 98.8%인 1,692만톤을 자원화하였다. 부산물 종류별 처리현황은 〈그림-2〉에 나타내었으며 발생한 부산물의 안정적인 활용 및 부가가치화를 위한 노력을 지속적으로 기울이고 있다.



〈그림-2〉 포스코 부산물 처리현황



### 가. 고로슬래그

고로슬래그는 고로에 연·원료로 장입된 철광석, 석회석과 코크스 등에 포함된 비철성분이 용융된 것으로 석회(CaO)와 규석질(SiO<sub>2</sub>)이 주성분이 무기물로 이루어져 있다. 고로슬래그는 용융상태에서 고압의 물로써 급랭하여 모래와 같은 형상으로 만든 수재슬래그와 냉각장에서 서서히 식힌 괴재슬래그로 나뉘는데 수재슬래그는 시멘트, 비료용으로 활용되고 괴재슬래그는 도로와 토목용 골재 등으로 활용되고 있다.

### 나. 제강슬래그

제강슬래그는 용융상태의 쇳물을 정련하는 공정에서 발생되는데 야적장에서 냉각 후 자력선별과 파쇄 및 선별공정을 거쳐 철 함량이 높은 것은 철강공정에서 재사용하고 나머지는 시멘트용 철질원료, 토목용 골재, 벽돌원료 등으로 활용하고 있다. 고로슬래그와 제강슬래그의 장점을 살린 복합슬래그 노반재를 개발하여 과거 고로 괴재슬래그만 사용되던 슬래그 노반재를 대체해 나가고 있으며 이러한 활동을 통해 1997년 43%에 불과했던 제강슬래그 자원화율은 2000년도 이후 전량 활용되고 있다.

### 다. 더스트, 슬러지

더스트, 슬러지는 제철공정 전공정에 걸쳐 발생되고 CBP(Cold Bonded Pellet), Briquette 형태로 가공되어 제철공정에 재사용되거나 시멘트용, 비료용 등으로 사외활용되며 일부 매립이나 소각을 통해

안정처리 되고 있다.

## 4. 포스코 부산물의 시멘트업계 활용현황

### 가.철강슬래그

제철공정에서 발생된 철강슬래그(고로, 제강)는 조성면에서는 조업형태에 따라 특징적인 차이를 보이나 CaO-Silicate를 기본으로 하고 있는데, 슬래그의 종류에 따라 <표-1>과 같이 알루미나(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 마그네시아(MgO), 산화제1철(FeO), 산화망간(MnO) 등을 함유하고 있다.

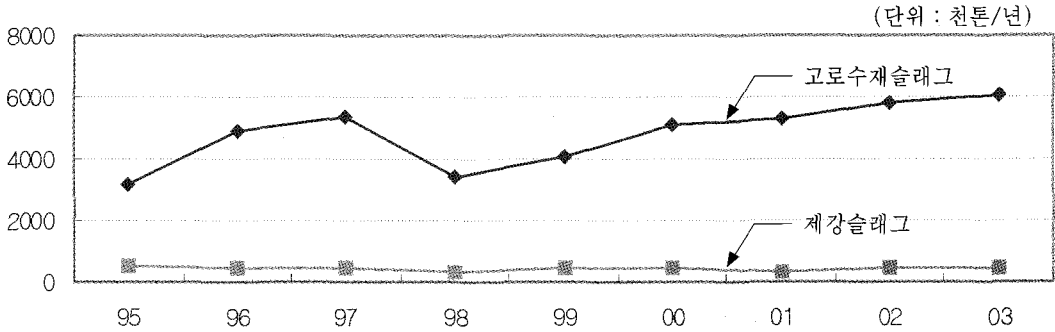
고로 수재슬래그는 열역학적으로 불안정하기 때문에 고pH 분위기하에서 알칼리 성분과 반응하여 유리질의 미세구조가 파괴되고 SiO<sub>2</sub> 및 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 용출되어 고화된다. 이러한 성질을 잠재 수경성이라 부르며 이의 특성을 활용하여 시멘트의 혼화재나 콘크리트의 혼화재로 사용된다. 특히 수재슬래그는 수산화칼슘과 같은 강알칼리와 석고 등의 자극제가 존재하면 시멘트와 같이 고화하는 특성을 가지고 있다. 이러한 특성을 이용하여 현재 시멘트 원료, 콘크리트 혼화재 등에 주로 사용되고 있다.

제강슬래그는 일반적으로 용융상태에서 슬래그 운반차로 냉각야드에 운반하여 공냉과 살수를 병행하면서 냉각, 고화되는데 고화된 슬래그는 파쇄, 체거름 공정을 거쳐 소정의 입도로 조정된다. 입도구분시 철분은 자력선별을 거쳐 제철원료로 회수 재사용되며 미립의 제강슬래그는 시멘트원료 등으로 활용되고 대형 입도의 것은 도로나 항만, 토목공사 등의 골재로 사용된다. 제강슬래그는 석회, 이산화규소, 산화철 등이 주성분이며 이들 성분은 대개 지각

<표-1> 철강슬래그의 화학조성 예

(단위 : wt%)

구 분	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T.Fe	MgO	MnO	S	TiO <sub>2</sub>
고로슬래그	33.5	41.8	13.6	0.4	6.4	0.5	1.0	1.3
제강슬래그	14.8	46.1	1.5	16.4	6.3	5.4	0.08	1.5



〈그림-3〉 철강슬래그 시멘트업계 공급추이

또는 천연암석을 구성하는 것으로 골재의 형상은 천연암석과 비슷하다. 당사에서 발생된 슬래그의 시멘트업계 공급실적은 〈그림-3〉에 나타내었다.

### 나. 더스트, 슬러지

2002년 국내 시멘트사들의 크링카 생산량은 5,004만톤이었으며 크링카 제조시 생산량의 약 2.8%인 140만톤의 철질원료를 사용하였다. 철질원료는 시멘트 원료 중 철분함량이 높을수록 낮은 소성온도에서 크링카 반응이 진행되어 연료비가 절감되는 효과가 있어 시멘트업계에서 사용중이며 과량 투입시 고밀도로 소성된 크링카가 제조되어 분쇄비가 증가함으로써 적정 이상의 사용은 어려울 것으로 판단된다.

포스코에서 발생되는 더스트, 슬러지는 제선, 제강, 압연 전공정에 걸쳐서 다양한 성상으로 발생되고 있으며 주로 제선, 제강공정 슬러지와 압연공정 더스트 중의 T-Fe는 50% 이상을 함유하고 있다. 더스트는 활용하기는 용이하나 분상이라는 특성상 이송이 어렵고 슬러지는 이송이 용이한 반면 수분을 함유하고 있어 활용이 곤란하여 적정품위의 Fe와 수분을 관리하여 시멘트업체에 공급하고자 노력하

고 있으며 품위에 따라 처리비를 지원 또는 판매중이며 1999년 이래 시멘트 철질원료로의 활용량은 〈표-2〉와 같이 계속 증가해 왔으며 현재 40만톤 이상 안정적으로 활용중이다.

## 5. 포스코와 시멘트업계의 협력방안

포스코와 시멘트업계의 이업종간의 협력방안은 당사의 부산물의 시멘트업계 활용에 따른 석회석자원의 절약과 자연환경의 유지, 부산물의 유효이용, 에너지절감, 이산화탄소 배출량의 저감 등으로 구분할 수 있다.

### 가. 석회석 자원의 절약과 자연환경의 유지

보통 시멘트의 주성분은 석회석이고 고로시멘트는 슬래그의 혼합량만큼 석회석을 절약할 수 있어 천연자원의 보존 및 자연환경 유지가 가능하다. 우리나라의 경우 석회석 매장량은 〈표-3〉과 같으며 약 90% 이상이 강원도에 부존되어 있으며 석회석은 〈표-4〉와 같이 주로 시멘트용으로 80% 이상 사

〈표-2〉 더스트, 슬러지 시멘트업계 공급실적

(단위 : 천톤/년)

구분	1999	2000	2001	2002	2003
공급량	166	156	337	462	436

〈표-3〉 석회석(백운석, 대리석 포함) 매장량 현황

(2002. 12. 31 현재)

매장량(확정+추정)	가채광량	가행년수
6,239백만톤	4,466백만톤	52년

※ 자료 : 광물자원매장량 현황(2003, 산업자원부, 대한광업진흥공사)

〈표-4〉 석회석 연도별 생산실적(생산보고량 기준)  
(단위: 천톤)

구 분	2000	2001	2002
시멘트용	62,835	64,519	67,208
제철용	8,848	8,606	8,792
화학용	3,793	4,279	5,427
기타	1,024	1,145	1,113

※자료: 광산물 수급현황(2003. 5, 산업자원부)

용되며 기타 제철용, 화학용으로도 사용되고 있다.

### 나. 폐기물의 유효이용

시멘트 소성로의 경우 최대온도 2,000℃로 피소성물을 1,450℃까지 상승시킬 수 있어 소성로를 이용한 폐기물 처리시 기존 처리시설보다 우수한 성능을 가지고 있으며 처리시 발생하는 재(Ash)는 시멘트

원료로 재활용된다.

일본 시멘트업계에서도 시멘트 소성로의 우수한 폐기물처리 성능을 이용하여 〈표-5〉와 같이 다양한 산업 폐·부산물을 활용하고 있다.

또한 산업폐기물의 활용을 증가시키기 위한 다양한 기술개발이 진행되고 있다. 폐기물 중의 염소분은 시멘트 소성로 조업과 시멘트 품질에 악영향을 미치지만 염소분을 시멘트 소성공정 도중에 제거하는 '염소 바이패스 기술', 재활용이 안되는 저품위의 폐플라스틱을 시멘트 소성용을 연료화하는 '폐플라스틱 연료화 기술' 등이 개발·실용화 되고 있다.

이러한 특성을 고려시 〈표-6〉과 같이 시멘트산업에서 재활용 중인 산업폐·부산물의 재활용량이 지속적으로 확대될 것으로 판단되며 더불어 시멘트 철질원료로 사용중인 당사 더스트, 슬러지도 안정적으로 활용되기를 기대한다.

포스코 발생 더스트, 슬러지의 활용으로 시멘트업

〈표-5〉 일본 시멘트업계의 폐·부산물의 주요 용도 및 사용량 추이

(단위: 천톤)

종 류	주요 용도	1998	1999	2000	2001
고모슬래그	원료, 혼합재	11,353	11,449	12,162	11,915
석 탄 재	원료, 혼합재	3,779	4,551	5,145	5,822
부산석고	원료(첨가재)	2,426	2,567	2,643	2,568
오니, 슬러지	원 료	1,394	1,744	1,906	2,235
비철광재 등	원 료	1,161	1,256	1,500	1,236
철강슬래그	원 료	1,061	882	795	935
연소재(석탄재 제외), 분진, 더스트	원료, 연료	531	625	734	943
저급석탄	원료, 연료	1,104	902	675	574
주 물 사	원 료	454	448	477	492
페타이어	연 료	282	286	323	284
재 생 유	연 료	187	250	239	204
폐 유	연 료	131	88	120	149
폐 백 토	원료, 연료	90	109	106	82
폐플라스틱	연 료	29	58	102	171
기 타	-	388	367	433	450
합 계	-	24,371	25,584	27,359	28,061

※자료: 일본 폐기물업계 폐기물 처리현황(2004, 한국양회공업협회)

〈표-6〉 국내 시멘트산업의 산업 폐·부산물 재활용 현황  
(단위 : 천톤)

구 분	1999	2000	2001	2002
합 계	8,438	9,893	10,050	11,159

\*자료 : 한국양회공업협회 홈페이지

계에서는 싼값의 철질원료의 안정적인 확보와 더불어 당사 더스트, 슬러지의 안정적인 수요처 확보는 상호 이익으로 작용할 것이다.

### 나. 에너지 절약

고로 수재슬래그의 경우 〈그림-4〉에서와 같이 소성공정 다음 단계인 분쇄 및 혼합공정으로 투입되므로 별도의 소성공정이 필요 없어 시멘트 제조에 소요되는 에너지(석탄, 전력)의 소비량을 저감시키는 효과가 있다.

### 다. 이산화탄소의 배출량 저감

시멘트 산업의 경우 시멘트를 생산하는 과정에서부터 시멘트를 사용하는 건설공사 과정에 이르기까지 모든 과정에서 CO<sub>2</sub>를 배출하고 있어 원료채굴 단계부터 소성, 분쇄, 수송 그리고 건설에 이르기까지 각 단계에서 에너지 절감을 적극적으로 추진해 오고 있으나 앞으로 지속적인 노력을 경주하여야 할 것이다. 제철공정에서 발생된 고로슬래그를 포틀랜드

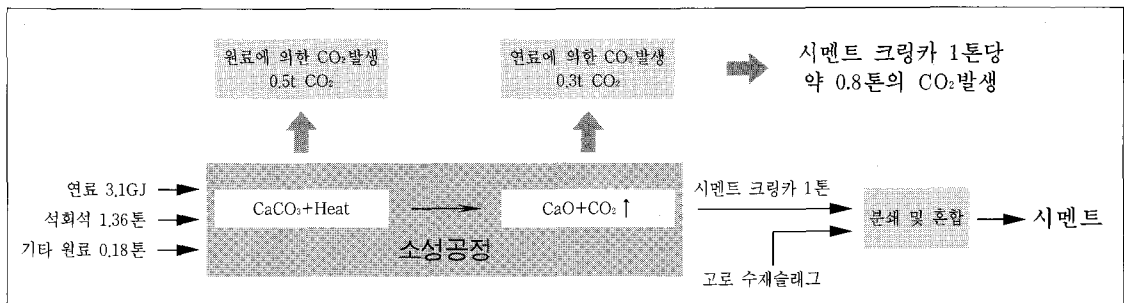
시멘트에 적극 활용할 경우 석회석 의존도를 낮추는 효과와 더불어 고로슬래그의 재활용 효과로 인하여 지구환경문제를 해결하는데 일조할 수 있을 것으로 판단된다.

고로슬래그의 시멘트 대체효과는 화력발전소에서 발생하는 플라이애쉬의 시멘트 효과와 더불어 시멘트 콘크리트의 장기강도 증진 및 내구성 증진의 효과도 매우 큰 것으로 보고되고 있다. 따라서 플라이애쉬 또는 고로슬래그 등의 혼화재를 이용한 혼합시멘트의 활용은 에너지 절감 뿐만 아니라 환경부하저감 효과도 기대할 수 있어 내구성 증진효과까지 감안하면 일석이조의 기술이라고 볼 수 있다.

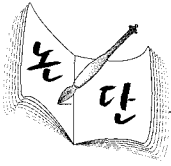
〈그림-4〉에서 보여지는 바와 같이 시멘트 크링카 1톤을 생산하는데는 약 1.36톤의 석회석이 사용되고 0.8톤의 CO<sub>2</sub>가 발생되는데 2003년도에 시멘트 원료 및 슬래그 미분말로 사용된 고로 수재슬래그의 양은 총 618만톤에 달해 820여만톤의 석회석 자원 절약과 함께 490여만톤의 CO<sub>2</sub> 발생을 감소시키는 효과를 거두었다.

## 6. 결 론

이상으로 포스코의 부산물 재활용을 중심으로 시멘트업계와의 협력체제 구축방안에 대해 간략히 살펴해보았다. 철강업과 시멘트업은 완전히 다른 별개의 제품을 생산하고 있으나 철강 부산물의 시멘트업계 활용을 통해 포스코 측면에서는 부산물의 안정적인



〈그림-4〉 고로 수재슬래그의 시멘트 크링카 대체에 의한 CO<sub>2</sub> 저감 효과



활용처 확보, 시멘트업계 측면에서는 시멘트 크링카 대체재 및 양질의 철질원료의 안정적인 공급선 확보라는 장점이 있다. 또한 국가적 측면에서는 지구온난화의 주범으로 관심을 받고 있는 이산화탄소 저감이라는 큰 역할을 할 수 있다.

포스코와 시멘트업계의 협력은 제로섬 게임이 아닌 상호간에 Win-Win하는 좋은 사례일 것이다. 윈윈전략의 본래적 의미가 전쟁상황에서의 동시승리에 있었다면 현대적 개념으로는 너도 이기고 나도

이기는 결국 사회적 모든 관계에서 최고의 상책을 찾는 실질적인 과정이라 생각된다.

손자는 '전쟁으로 승리를 얻는 것은 하책이고 싸우지 않고 이기는 것은 상책' 이라고 했다. 싸우지 않고 이기기 위해서는 상대에 관한 이해와 정보의 습득이 필수적인 요소일 터이며 국내가 아닌 세계적 동향을 직시하며, 과거가 아닌 미래지향적 상호협력을 통해 서로의 파이를 키워나가는 것이 지금을 살아가는 우리에게 필요한 지혜일 것이다. ▲

## 시사 용어 해설

### ▶ 바이러스 마케팅(Virus Marketing)

컴퓨터를 통해 자료를 다운로드 받을 때 컴퓨터에 바이러스가 침투되듯이 자동적으로 홍보 내용 또는 문구가 따라 나오게 하는 마케팅기법이다. 다운로드 받아 자료를 읽기 위해서는 어쩔 수 없이 광고 문구를 읽게 된다. 미국의 무료 전자우편인 핫메일(Hotmail)이 처음으로 시도해 큰 성공을 거둔 이후 보편화되었다. 핫메일은 무료 전자우편 서비스를 시작하면서 빠른 시간내에 여러 사람들에게 핫메일의 존재를 알리기 위해서 전자우편을 주고받을 때는 반드시 편지 말미에 '무료 전자우편 서비스 핫메일' 이라고 하는 홍보 문구를 붙이도록 하였다. 사이트 광고를 주변 사람들에게 재전송 해줄 경우에 경품이나 현금을 주는 것도 바이러스 마케팅의 일종이다. 최근 e-비즈니스의 수익모델에 대해 논란이 일고 있는 가운데 다양한 수익모델을 창출할 수 있는 방안이 모색되고 있다.

### ▶ 사회안전망(Social Safety Net)

1997년말 이후 우리나라에서도 '사회안전망(Social Safety Net)' 이란 용어를 흔히 들을 수 있다. 사회안전망은 넓은 의미로 '노령, 질병, 실업, 산업재해, 빈곤 등 사회적 위협으로부터 모든 국민을 보호하기 위한 제도적 장치'를 가리킨다. 즉 국민연금, 의료보험, 실업보험 및 산재보험의 4대 사회보험과 사회부조를 포괄하는 말이다. 한편 경제협력개발기구(OECD) 국가내에선 우리의 '사회보장'에 해당하는 용어로 'Social Protection'을 자주 사용한다. 이 용어는 사회보험과 사회부조를 포함하는 개념인 '사회보장(Social Security)'에 '건강 및 사회서비스'를 추가한 개념이다. 이는 우리나라에서 'Protection'이 '보호'로 번역되기 때문에 '생활보호' 정도로 받아들여지는 것과 달리 국제적으로는 훨씬 광범위한 의미를 지니고 있다.