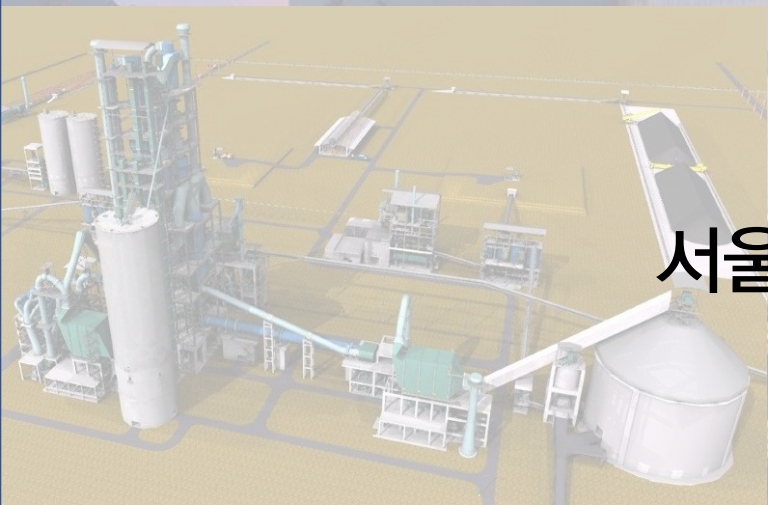


# 시멘트산업의 폐기물 재활용이 국가경제에 미치는 기여 효과

---

2021.10.

서울과학기술대학교 환경공학과 배재근



## 목 차

---

1. 시멘트산업의 필요성
2. 자원순환과 시멘트산업
3. 시멘트산업의 자원순환에 따른 효과
4. 제언

# 시멘트산업의 필요성

기초건축소재를 생산하여 건설업계를 통해  
국가발전과 국민의 삶 개선이라는 공공편익에 기여

## 기초건축소재 공급 **기** 반

시멘트



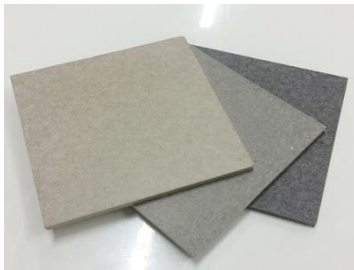
레미콘



요업제품



건축자재



## 국가필수 인프라 설치 **동** 력

주택



공항



도로



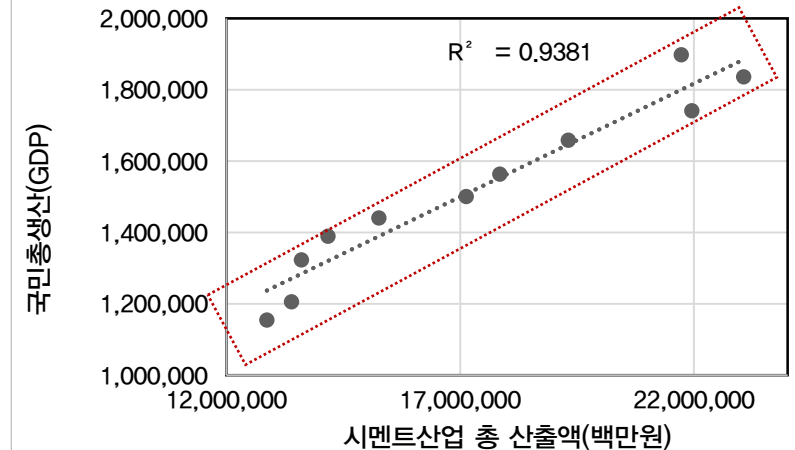
환경기초시설



## 국가발전 및 삶의 질 **개** 선

시멘트산업과 국민총생산, 관련 산업은 연관성 高

[시멘트산업 총산출과 GDP 관계]



중간수요율 : 98.26% → 다른 산업의 중간재로 다량 사용

\* 제조업 중간수요율 54.65

영향력계수 : 1.32 → 후방연쇄효과 높음

\* 제조업 영향력계수 1.05

# 시멘트산업의 필요성

시멘트산업은 내수중심의 기간산업이자 국가 주요계획과 부합하는 산업

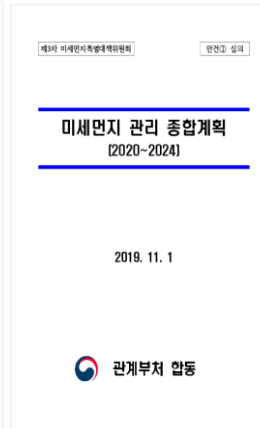
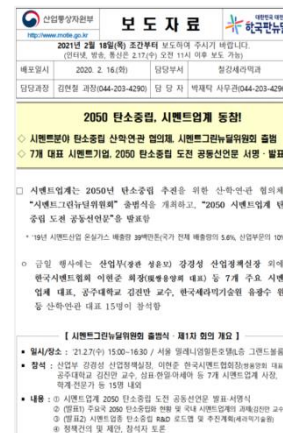
## 내수중심의 기간산업

- 인프라, 생활, 건축 등에 필요한 기초 소재를 공급하는 국가 필수산업
- \* 건축물 생산에 시멘트는 필수적인 소재
- 국내 수요를 충족하기 위한 생산
- \* 공급 50,635만톤, 국내수요 50,664만톤



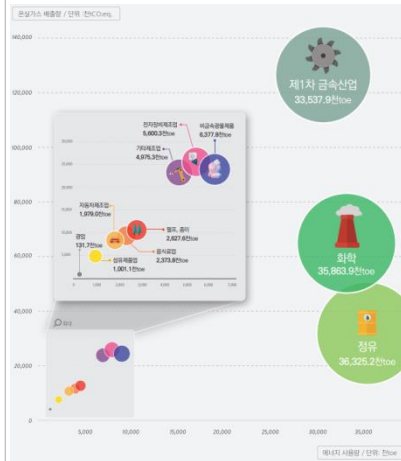
## 국가계획 이행 산업

- 에너지소비 및 온실가스, 오염물질 배출 저감
- \* 공정개선, 재활용을 통한 환경부하저감 계획 이행
- 재활용을 통한 폐기물 자원순환체계 구축
- \* 처분대상 폐기물을 물질·에너지화재활용, 소각재 재투입을 통한 매립제로화



## 에너지 의존도 高, 온실가스 배출 多

- 시멘트생산에 다량의 에너지 필요
- \* 시멘트 생산원가의 30%가 연료비, 유연탄 전량수입
- 주요 업종 중 탄소배출량 3위
- \* 철강 10,500만톤, 석유화학 5,800만톤, 시멘트 3,600만톤



# 시멘트산업의 필요성

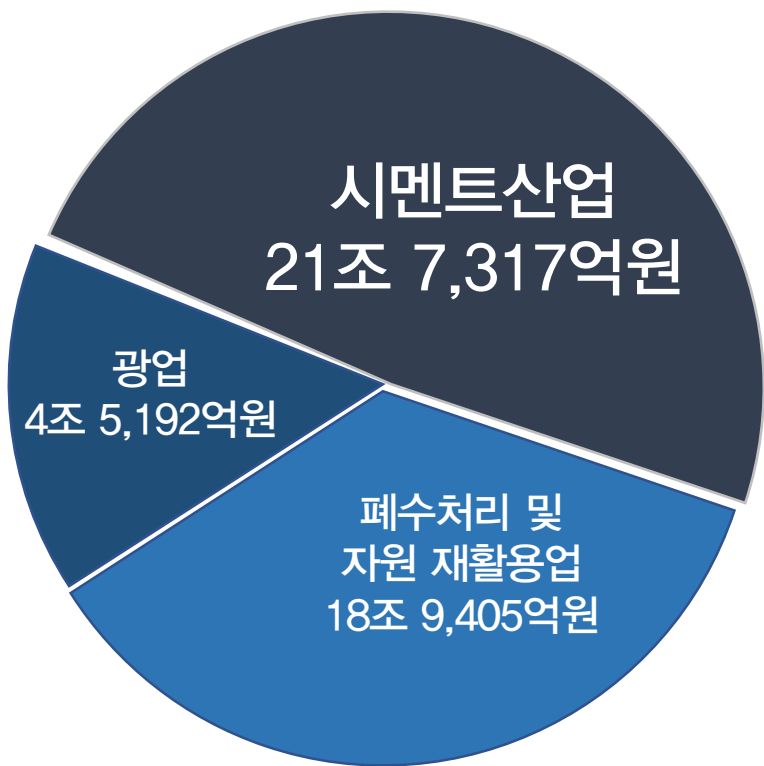
40개 업종 중 총 산출액은 25순위\*, 부가가치유발계수는 7순위\*\*로 국가경제기여효과가 높고  
시멘트 제품 단가에 따라 건설산업과 국가발전에 영향을 미침\*\*\*

\* 유사 대분류 산업인 폐수처리 및 자원재활용업, 광업보다 높음

\*\* 국가 대표산업인 자동차, 반도체보다 높음

\*\*\* 시멘트 제품 단가 상승→건설경기 부진 및 레미콘 원재료 상승→건설산업 침체→국가발전 저해

[산업별 총 산출액]



[산업별 부가가치 유발계수]



[시멘트가격 상승(1%)에 따른 관련 산업 생산비용 증가율(%)]

구분	콘크리트	주거용 건물	비주거용 건물	건축보수	교통시설 건설	일반토목 건설	산업시설 건설	기타 건설
시멘트	0.198	0.014	0.012	0.007	0.025	0.018	0.005	0.006

자료 : 산업연관표 투입산출표 생산유발계수표

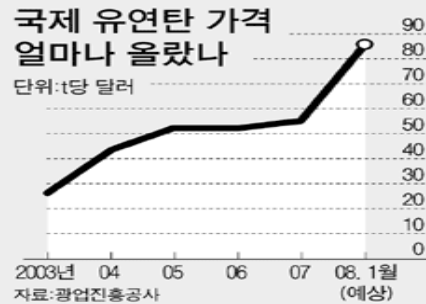
# 자원순환과 시멘트산업

## 국내 폐기물 처리문제와 시멘트 원가절감 문제 해결을 위해 시멘트산업에서 자원순환 도입

### 폐기물 처리문제 심화



### 고유가로 인한 부담 증가



### 광해로 광산개발 반대



### 대체 가능 물질 연구 시행



### 유해성 기준과 반입가능 물질 규정

국내산시멘트 6기종 용출시험 결과

본 적 기 준	시 기	결과 (배 / t)	시험방법
한국화학시험연구원	2005년 7월	대중용	폐기물용량시험법
한국화학시험연구원	2005년 9월	0.98~4.19	폐기물용량시험법
국립환경과학원	2005년 9월	0.5~1.7	폐기물용량시험법
오성기술원	2005년 9월	0.47~0.9	폐기물용량시험법
오성기술원	2005년 9월	0.38~4.44	폐기물용량시험법
국립환경과학원	2005년 10월	대중용	폐기물용량시험법
국립환경과학원	2007년 9월	0.52~1.71	폐기물용량시험법

자료: 각 환경기관

시멘트소성로 사용 가능 폐기물 제한 입법예고

구 분	개 정 (년)
부속	총크롬 1,000ppm 이하의 지정부산물, 소각재, 분진, 폐유물사, 도자기조각, 폐음수제 및 폐음수제, 폐목재, 오토유 등 7종
보조	발열량 3,500 kcal/kg 이상·열소함량(%) 이하의 폐타이어, 폐목재, 폐합성고분자합성물 등 5종

문제점: 현재 재활용되고 있어 사용중인 폐기물의 용량 능력 (산구 불령 재활용 가능 폐기물의 사용 용량 제한) (전세계적으로 가장 강력한 규제)

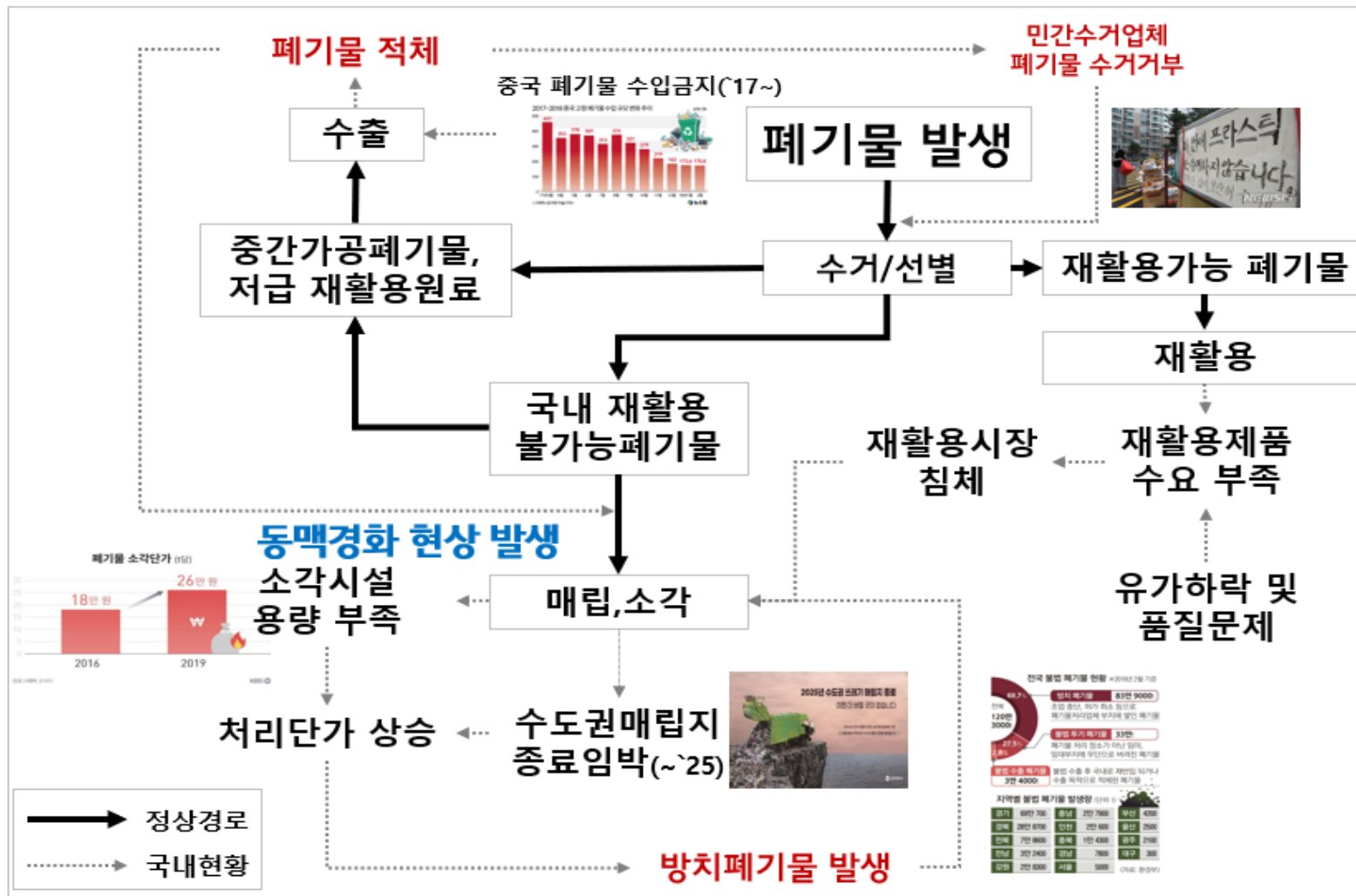
#### 시멘트에 사용 가능한 폐기물 목록

구분	폐기물 종류	사용 조건
부속	지정부산물(철강슬래그, 석탄재, 토사, 콘크리트, 벽돌 등) 소각재, 분진, 폐유물사, 도자기조각, 폐음수제 및 폐음수제, 기타 시도지사 또는 유역(지방)환경청장으로부터 승인받은 폐기물	총크롬 1,800ppm 이하
보조	폐타이어, 폐목재, 폐합성고분자합성물, 폐유, 유기성오니류, 기타 시도지사 또는 유역(지방)환경청장으로부터 승인받은 폐기물	저위발열량 3,000Kcal 이상 염소함량 2% 이하 * 유기성 오토유의 경우 발열량 2,000 Kcal 이상



## 자원순환과 시멘트산업

국내 폐기물 처리의 한계 극복과 탄소중립을 위해, 시멘트산업의 재활용 필요성 증대



## 시멘트산업의 재활용 기능 확대 필요

한국경제

CNN 보도에 '국가망신' 의성 쓰레기산, 해결 일등공신 알고 보니

시멘트社에 SOS한 환경부, 쓰레기 51% 시멘트연료로 재활용... 19만2000톤 폐기물 가운데 78%가 재활용 및 소각·매립 처리된 상태로 쓰레기 보다는 X

연등업체가 나서면서 의성 쓰레기산은 해결의 실마리가 보이기 시작했다.

2020. 9. 22

이데일리  
코로나발 폐기물 대란에 '구원투수' 나선 시멘트 업계  
[이데일리 김보준 기자] 시멘트 업계가 코로나19 사태 이후 늘어난 열회용 폐기물 처리 '구원투수'로 떠올랐다. 배달, 택배 수요 증가로 늘어난 플라스틱...

한국경제

코연 코멘홀 유입 시멘트 협회장 "30년 내 시멘트 제조 연료 95% 폐기물로 대체"

"유입 시멘트 업계는 30년 안에 시멘트를 생산할 때 쓰이는 화석연료(유연탄)의 95%를 재활용 폐기물로 대체한다는 목표를 세웠습니다." 코연 코멘홀 ...

2020. 12. 29.

서울신문

한국남동발전, 석탄재 100% 재활용... 순환경제 발맞춤

한국남동발전이 석탄재를 100% 재활용해 폐기를 친환경 처리하고 그 석탄재 모두를 레미콘 혼화재, 시멘트 원료 등으로 재활용해 쓰고 있다.

3주 전

시멘트 업계, ESG 경영 날개달고 친환경 사업 전환 나선다  
순환자원 재활용, 탄소중립 추진 등을 지속가능한 발전 동력으로 삼아 ESG 경영업계의 향후 행보가 더욱 주목 받을 것으로 ...  
3주 전

# 자원순환과 시멘트산업

## 시멘트산업의 재활용은 증가추세, '19년 기준 809만톤의 폐기물을 재활용

\*대부분 기반시설에서 배출되는 폐기물을 처리함으로써 공공처리시설의 기능 수행

연간 폐기물 재활용량



[폐기물 종류별 주요 반입처 및 재활용량]

구분	대체원료 폐기물(수입 제외)		
	원료명	주요 반입처	재활용량(톤/년)
폐기물	석탄재(Fly ash)	화력발전소	2,227,312
	유기성오니류	정수장 및 하수처리시설	727,435
	무기성오니류		1,587,714
	광재류	제철제련소	245,742
	분진류		25,515
	폐촉매	석유정제소	13,420
	폐석고 및 폐석회	화력발전소	108,608
	소각재	소각시설	16,232
	폐흡착제 및 폐흡수제	활성탄 사용 사업장	9,076
	폐토사류	고령토 발생 사업장	148,167
	폐섬유류	합성섬유제품 제조 및 처리업	4
	폐금속류	금속가공업	-
	폐주물사 및 폐사	주물업	606,047
	폐유리류	유리 제조업	23,764
	폐내화물 및 도자기	요업제품 제조업	-
	폐타이어	자동차 정비업체	170,905
연료	폐합성수지(폐합성고분자화합물)	플라스틱 사업장	1,015,799
	폐고무류	폐고무 발생 사업장	75,931
	폐목재	폐목재 파렛트, 포장재 배출원	35,449
합계			8,092,640

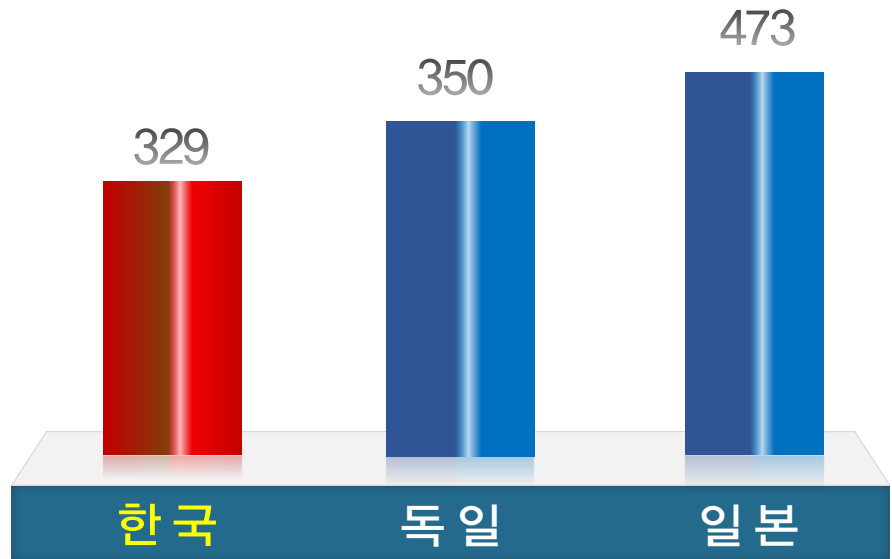
# 시멘트산업의 자원순환에 따른 효과

폐기물 재활용은 선진국\*에 비해 대체율이 낮음에도, 세계 최저가로 시멘트 공급\*\*

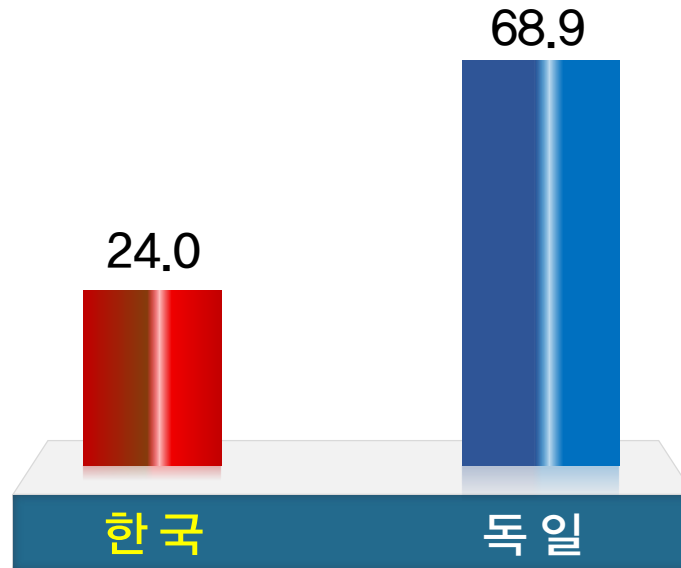
\*독일 및 일본 등의 선진국은 안정적인 처리, 매립량 절감, 자원의 유효활용 측면에서 시멘트 재활용을 적극적으로 도입 중

\*\* 시멘트가격 상승 시 건설업계의 침체로, 시멘트가격 현실화가 어려운 상황

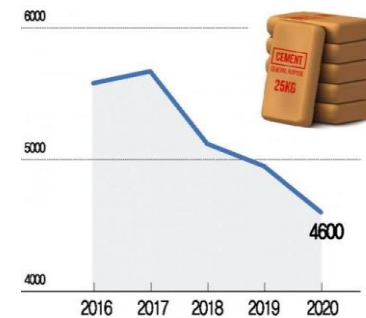
[시멘트 1톤당 부산물 및 폐기물 사용량(Kg)]



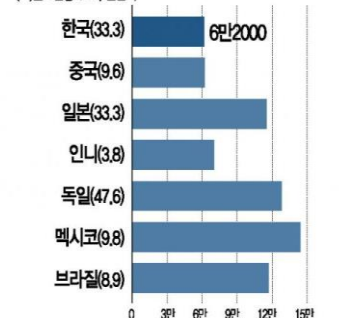
[소요 연료 중 대체열량 비율(%)]



최근 5년간 시멘트 판매(내수) 실적  
(단위: 만톤, 자료: 한국의 시멘트산업 통계(한국시멘트협회 발행))



2019년 주요 국가별 시멘트 내수가격 비교  
(단위: 원/톤, 자료: KORTRA 해외시장조사, 2019)  
(\*)는 1인당 GDP, 천달러



2019년 기준 글로벌 시멘트 가격 비교

\*원화 환산  
(단위: 원/톤)

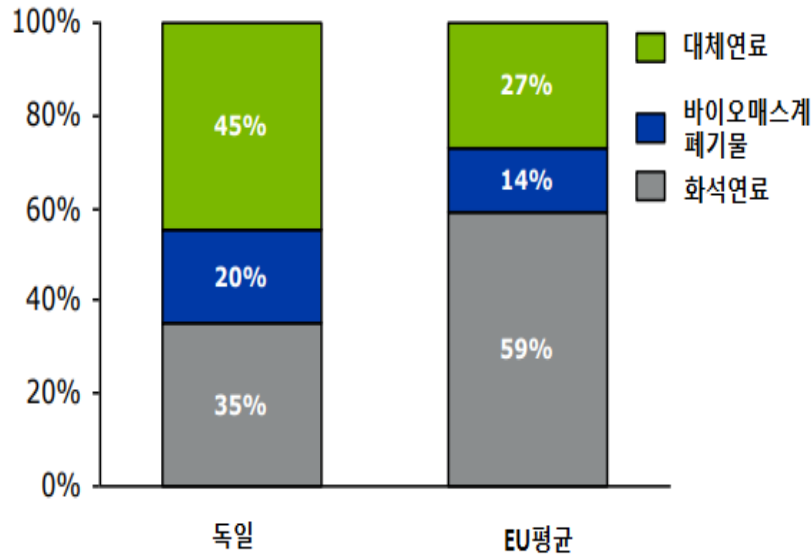


자료: 블룸버그, 미래에셋대우  
그래픽: 이지혜 디자인기자

# 시멘트산업의 자원순환에 따른 효과

## 독일은 화석연료의 65% 대체, 구중에 가연성폐기물은 60%

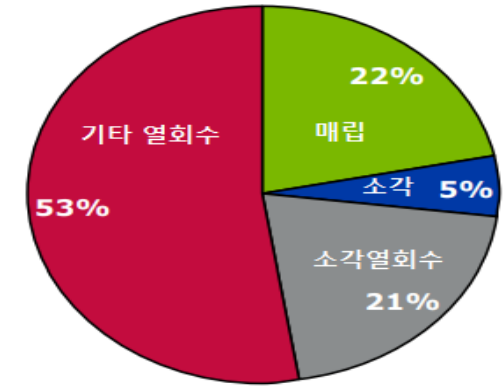
\* 소각시장과 경쟁관계를 유지하면서, Nox 저감압력을 받고 있음, 온실가스 감축을 통하여 제공되는 인센티브가 탄압과 비교하여 불합리하게 적용



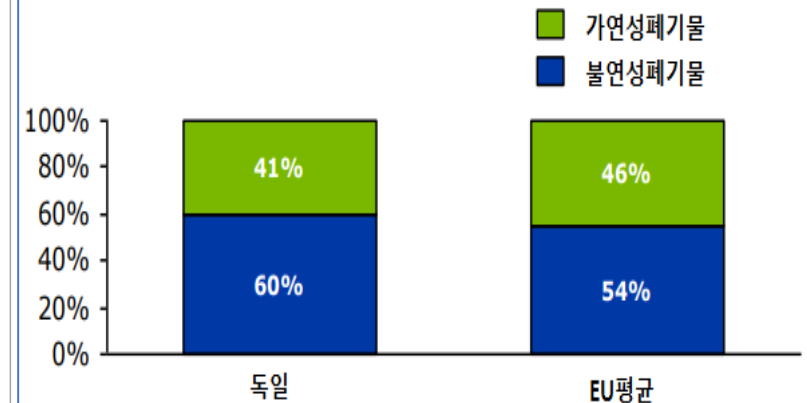
시멘트킬린에서 평균 열회수율(2014), 화석연료제외 65%, 2020년 80%전망

\* 대체연료: 유기용제, 폐유, 폐수, 타이어(폐고무), 산업슬러지, 비유해성 산업폐기물, 생활폐기물, 하수슬러지, 건설폐기물, 생쓰레기, 동물잔재물

폐기물 시장 조직	Low	식별된 심각한 장벽 없음
폐기물 시장 상황	Medium	특히 소각시장과 경쟁 (시장 왜곡) 특히 바이오매스, 열 및 전력 부문에 인센티브 (시장 왜곡) 시멘트공장과 소각로 사이에 회계 차이
환경정책	Medium	EU 내에서 NOx 규정 법률 제정
사회적 관점	Low	식별된 심각한 장벽 없음
시멘트 산업	Low	식별된 심각한 장벽 없음



독일의 폐기물처리 추이



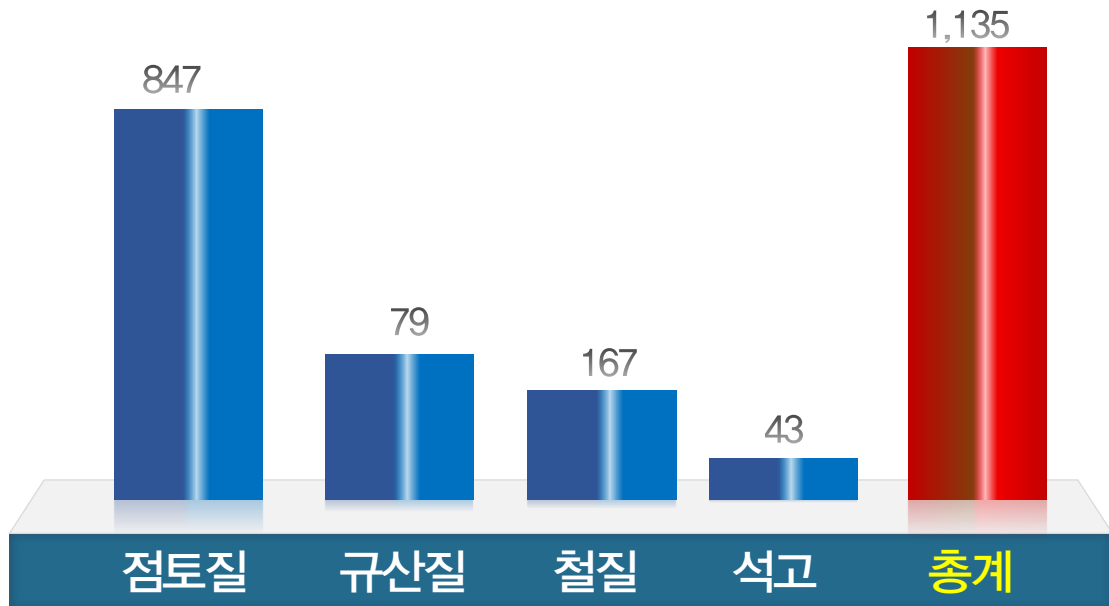
시멘트킬린 반입 폐기물의 가연성과 불연성의 비율

# 시멘트산업의 자원순환에 따른 효과

원료/연료 대체를 통해 천연자원 및 연료 수입비용을 연간 1,938 억원 절감

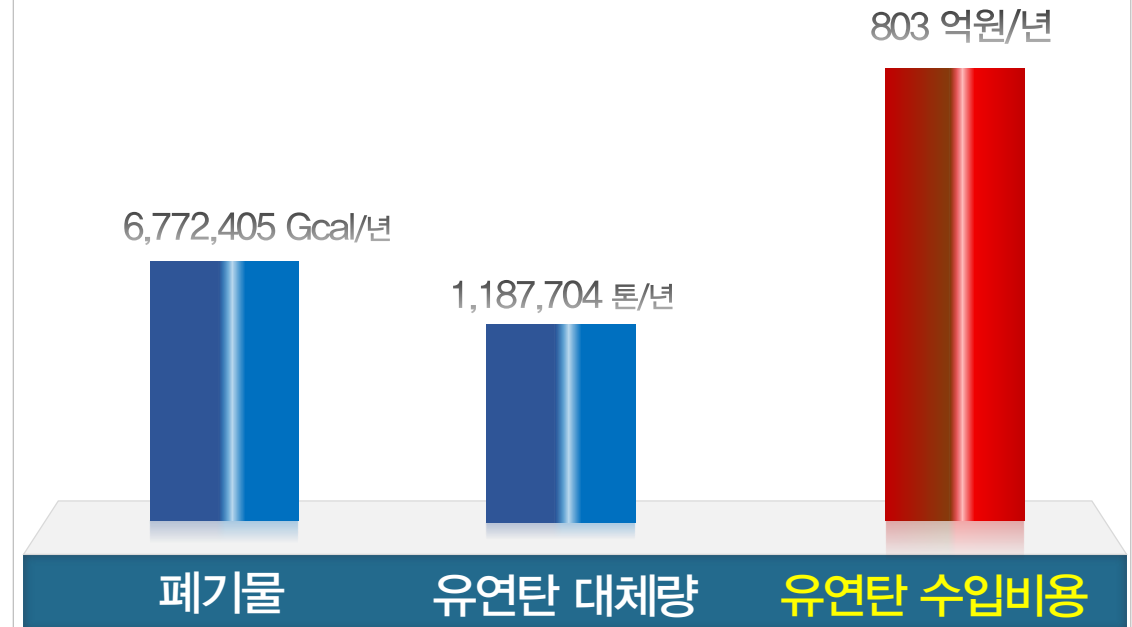
[원료비용 절감액]

(단위 : 억원/년)



\*수입단가는 광업광산물 통계연보('19) 참조

[유연탄 수입비용 절감액]

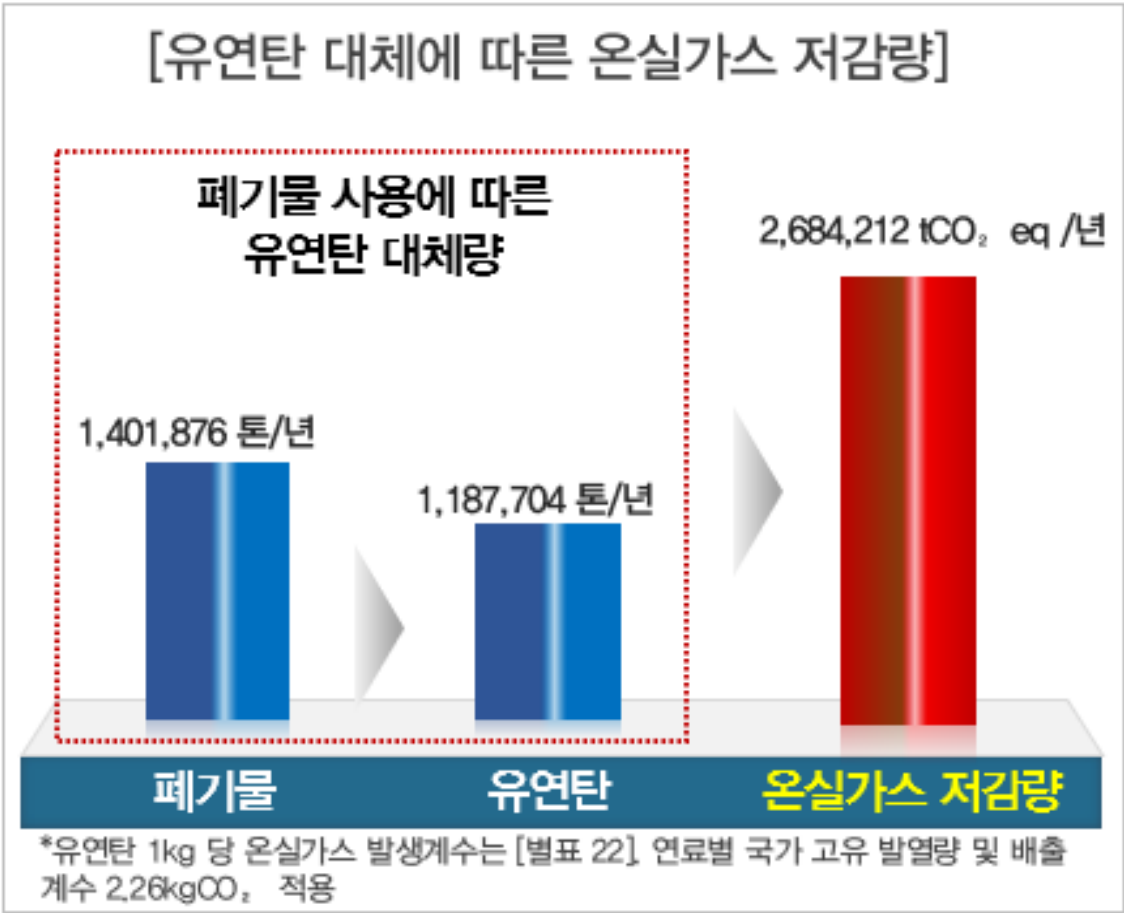
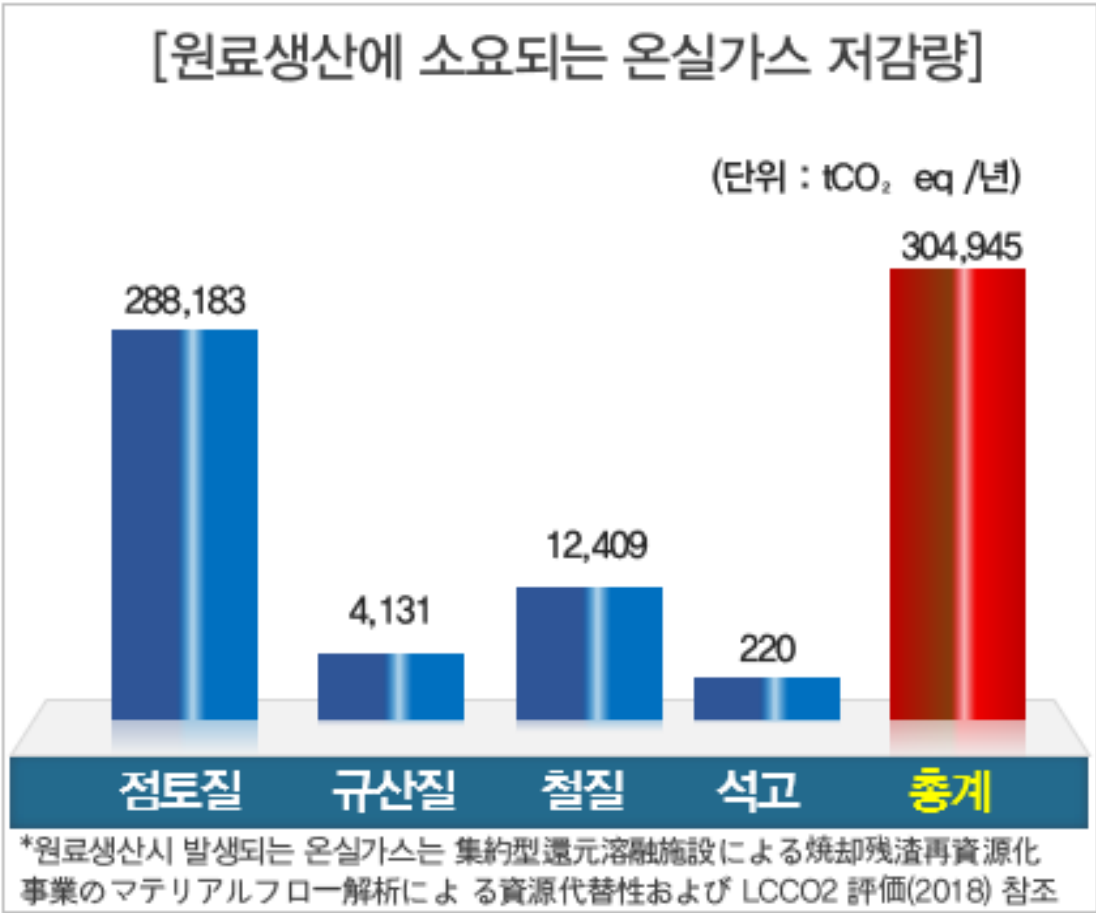


\*폐기물 열량은 시멘트협회 제공자료, 유연탄 열량은 5,660kcal/kg 적용

\*수입단가는 광업광산물 통계연보('19) 참조

# 시멘트산업의 자원순환에 따른 효과

원료/연료 대체를 통해 천연자원 및 연료 온실가스 배출량을 연간 2,684,212 tCO<sub>2</sub>eq 절감  
재활용에 따른 시멘트산업 시멘트 1톤 당 온실가스 배출 및 저감량 : 55(kgCO<sub>2</sub> )



# 시멘트산업의 자원순환에 따른 효과

폐기물처리시설 설치비용 3조 9,790억원, 운영비용 591억원/년 절감

## 소각시설 설치 · 운영비용

### 소각 대상 폐기물 및 물량

- 유기성오니 : 727,435 톤/년
- 폐섬유류 : 4 톤/년
- 폐합성수지 : 1,015,799 톤/년
- 폐고무류 : 75,931 톤/년
- 폐목재 : 35,449 톤/년

필요 시설용량 : 5,081 톤/일

설치비용 : 1조9,359억원

\*소각시설 필요 용량÷365일×3.81억원/톤

연간 감가상각 : 1,139 억원/년

\*가동일수 310일, 내구연수 20년 적용

운영비용 : 488억원/년\*

## 매립시설 설치 · 운영비용

### 매립 대상 폐기물 및 물량

- 직매립 폐기물(불연성) : 2,690,285 m³/년
- 연소 후 매립폐기물(가연성) : 146,052 m³/년

필요 시설용량 : 2,836,337 m³/년

설치용량 : 2조431억원

\*연간 매립 필요 시설용량 × 30년 × 28.57천원/m³

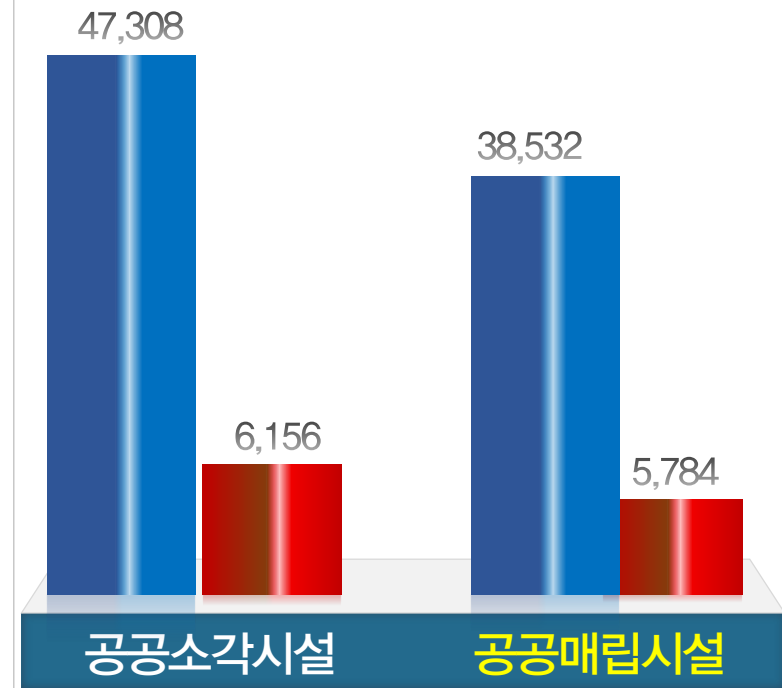
연간 감가상각 : 810 억원/년

\*내구연수 30년 적용

운영비용 : 103억원/년\*

## 공공폐기물처리시설 설치 · 운영비용

단위 : 억원/년



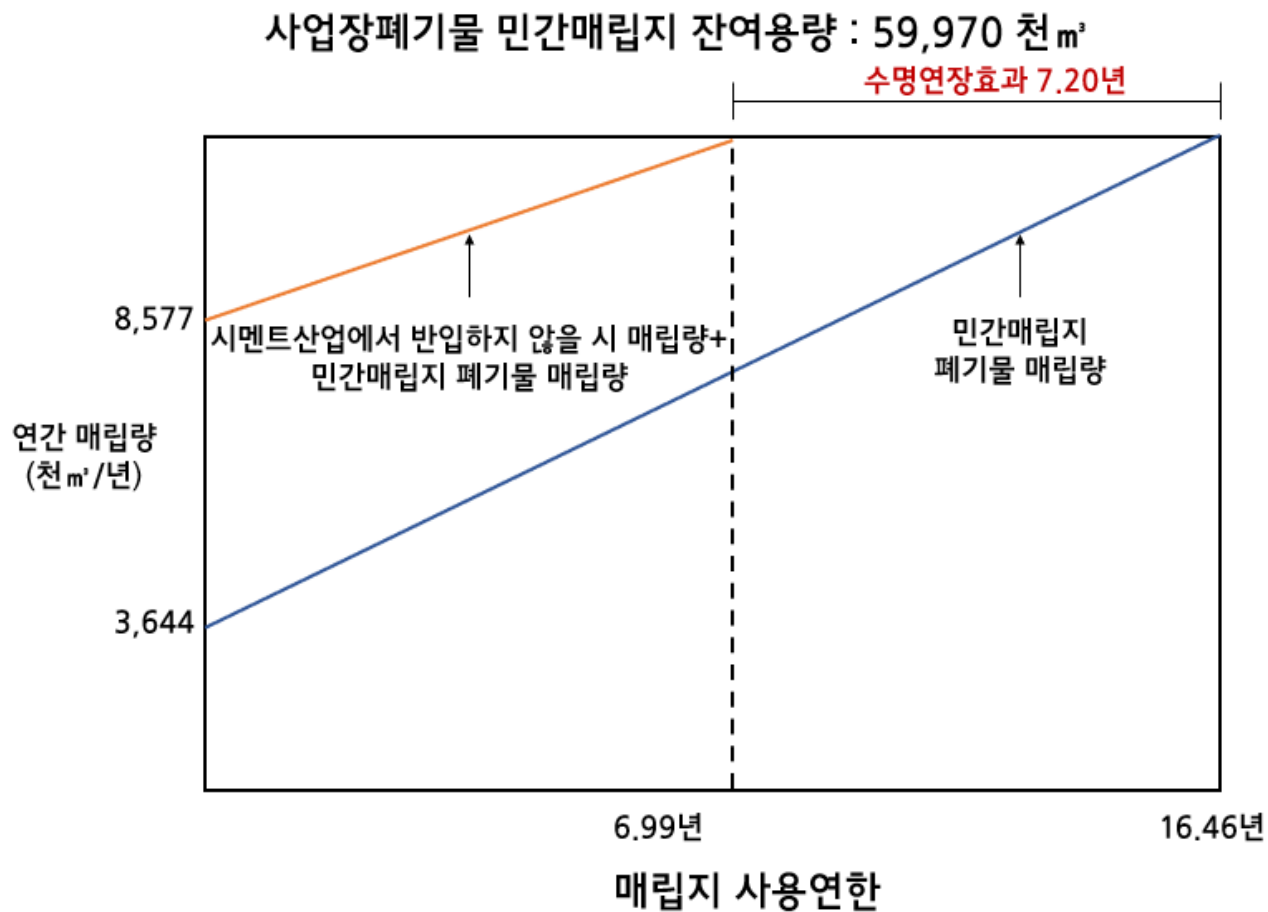
\*한국지방행정연구원, 다중회귀분석을 이용한 소각시설, 매립시설의 운영비용 예측연구('18) 활용

\*전국 폐기물 발생 및 처리현황('20)

# 시멘트산업의 자원순환에 따른 효과

## 시멘트산업의 재활용으로, 민간매립지의 수명 7.20년 연장

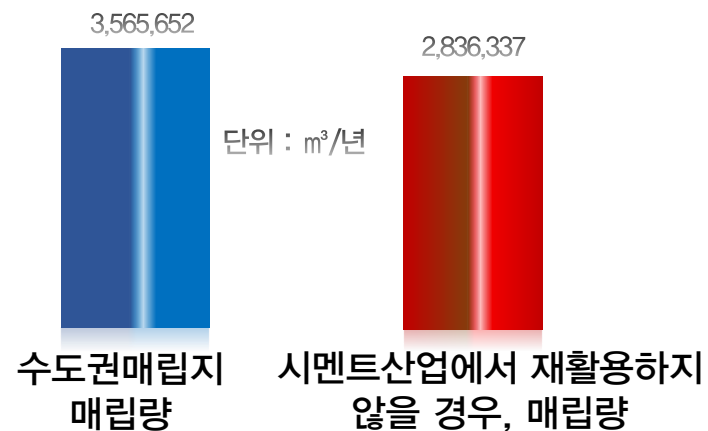
\*재활용하지 않는 경우, 연간 수도권매립지 매립량의 80% 해당하는 매립용량이 필요



구분	내용	비고
사업장폐기물 매립시설(공공제외) 잔여용량 [A] <sup>1)</sup>	59,969,819	m <sup>3</sup>
연간 폐기물 매립량 [B] <sup>1)</sup>	3,644,089	m <sup>3</sup>
매립지 내구연한 [C]	16,46	년, B/A
연간 시멘트산업에서 반입하는 부산물 및 폐기물 중 시멘트산업에서 시멘트산업에서 반입하지 않으면 매립되는량 [D]	2,836,337	m <sup>3</sup>
시멘트산업이 폐기물 미처리시 매립시설 잔여 수명 [E]	9.25	년, A/(B+D)
폐기물을 처리하는 시멘트산업의 수명연장효과	7.20	C-E

주 1) 전국 폐기물 발생 및 처리현황(2019)

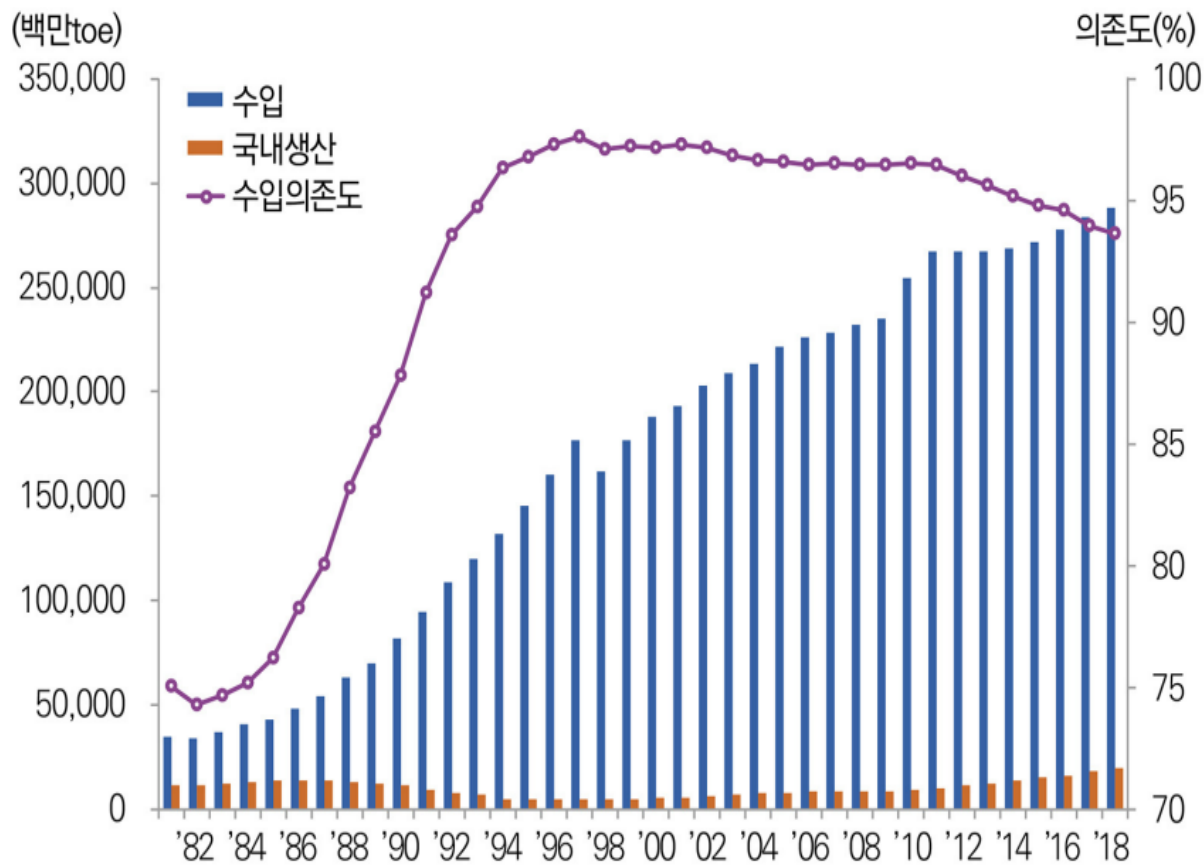
### [매립량 완충효과]



# 시멘트산업의 자원순환에 따른 효과

폐기물의 열량을 유효이용함으로써 에너지 자립도(現 자립율 30% 수준) 제고에 기여

\*국가 에너지 수입의존도는 93.7%(’18)이며, 시멘트산업의 주요원료인 유연탄은 전량 수입



\*에너지통계핸드북(’20)

(단위 : 천 toe)

연도	무연탄	국내탄					수입탄		유연탄	원료탄				연료탄	발전	시멘트	합계
		가정 상업	발전		가정 상업												
2001	3,680	1,812	553	1,210	1,868	-	42,044	12,748	29,296	24,157	3,613	45,724					
2002	4,070	1,714	529	1,151	2,356	-	45,061	13,264	31,797	26,494	3,742	49,131					
2003	4,562	1,766	528	1,220	2,796	10	46,563	13,536	33,027	27,477	4,000	51,124					
2004	4,369	1,742	617	1,060	2,627	9	48,829	13,754	35,076	30,038	3,504	53,198					
2005	4,770	1,956	882	1,059	2,814	31	50,025	13,735	36,291	31,582	3,173	54,795					
2006	5,172	2,068	1,001	1,060	3,104	62	51,480	13,682	37,798	33,131	3,127	56,652					
2007	5,580	1,876	870	1,003	3,704	143	54,073	15,063	39,010	34,402	3,132	59,653					
2008	5,927	1,922	1,006	911	4,004	83	60,173	16,498	43,676	38,930	3,246	66,100					
2009	5,687	1,448	812	632	4,239	128	62,908	14,514	48,394	44,076	2,767	68,595					
2010	6,044	1,166	776	390	4,878	124	71,097	19,047	52,050	47,538	2,830	77,142					
2011	6,827	1,041	789	252	5,786	83	76,860	22,233	54,627	49,844	3,129	83,687					
2012	5,382	1,030	764	266	4,352	68	75,254	22,041	53,213	48,748	2,849	80,636					
2013	5,500	924	779	145	4,575	93	76,044	22,437	53,607	49,090	2,863	81,544					
2014	5,226	739	626	113	4,487	119	79,173	26,328	52,845	48,188	3,028	84,399					
2015	5,593	694	583	110	4,900	89	79,808	25,727	54,081	49,498	2,864	85,401					
2016	5,687	618	510	108	5,070	61	75,812	23,422	52,390	47,901	2,828	81,499					
2017	4,524	588	477	111	3,936	35	81,653	25,294	56,358	52,279	2,472	86,177					
2018	5,003	520	411	109	4,483	21	81,648	24,129	57,519	53,732	2,196	86,651					

자료 : 에너지경제연구원 『에너지통계연보』

# 시멘트산업의 자원순환에 따른 효과

폐기물로부터 필요한 원료를 공급하여 광산 및 산림훼손, 환경오염을 최소화

시멘트원자재 공급을 위한 개발

석회석 광산



고령토 광산



철광석 광산



석탄 광산



개발 간 발생 가능한 환경오염

산림훼손



광산 폐수



지하 침하



광미 방치



## 시멘트산업의 자원순환에 따른 효과

폐기물처리시설의 신·증설 최소화를 통한 국가 신뢰저하 방지 및 사회적 비용 최소화

## 폐기물처리시설 설치 반대



## 국가 신뢰 저하 및 사회적 비용 증가



## 국가 신뢰도 제고 및 비용 최소화



1,450°C의 고온처리  
\*소각시설은 950°C

소각재 시멘트 제조에 활용  
\*소각시설은 별도 처리 요구

## 시멘트소성로로 폐기물처리시설 대체 가능



# 시멘트산업의 자원순환에 따른 효과

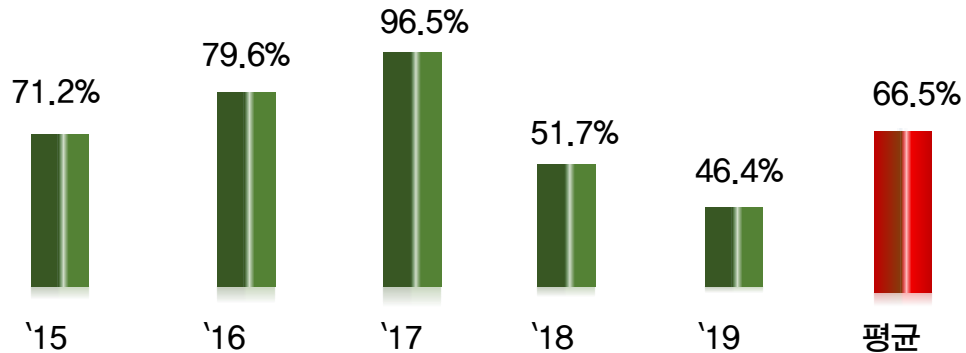
기간산업인 시멘트산업의 존치를 위해서는 재활용을 통한 고용유지가 필수적

산업별 고용유발계수(1인/십억원)\*

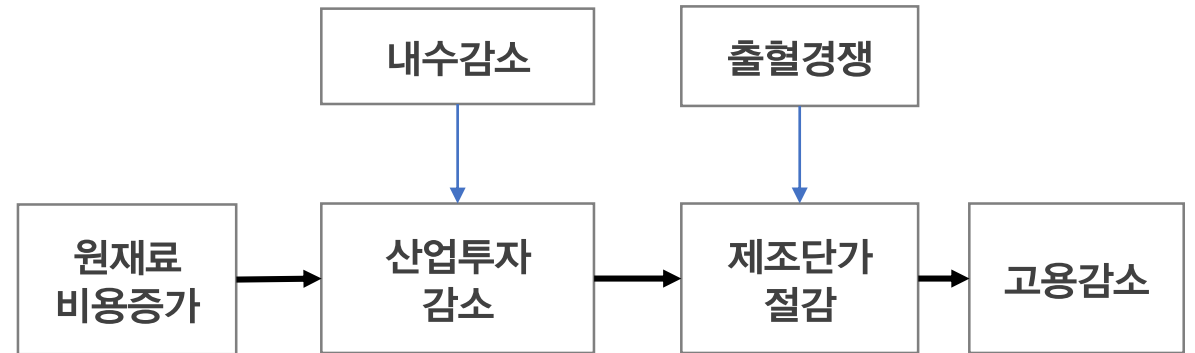
10억원 투입당 늘어나는 고용자 수 高



시멘트산업 인력수급 동향(충원율)



現 시멘트산업의 시장 구조의 장기화는 고용감소, 산업침체 유발



## 재활용 편익은 기간산업 안전자금 기능수행

광물 수입비용 절감액 : 1,135억원/년  
유연탄 수입비용 절감액 : 803억원/년  
총 원재료비 절감액 : 1,938억원/년  
+폐기물처리비용 @

고용유발효과 : 최소 1,366 인

# 시멘트산업의 자원순환에 따른 효과

종합적으로 국내 시멘트산업의 재활용을 통해 연간 5,031억원을 기여

구분		편익 (억원/년)	시멘트 1톤당 국가경제기여효과 (원 / 톤 시멘트)
온실가스 저감 편익	천연원료 대체	56	111
	유연탄 대체	497	981
원료 사용 절감	천연원료 대체	1,135	2,241
에너지 수입비용	유연탄 수입비용	803	1,586
폐기물처리시설 설치비용	매립시설 설치비	810	1,600
	소각시설 설치비	1,140	2,251
폐기물처리시설 운영비용	매립시설 운영비	103	203
	소각시설 운영비	488	963
합 계		5,031	9,936

= 매년 200톤 소각시설 6기 신설

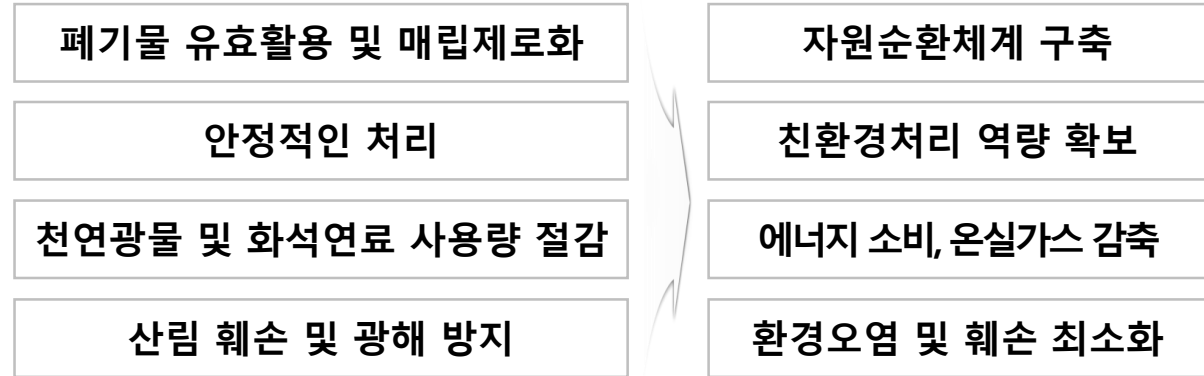
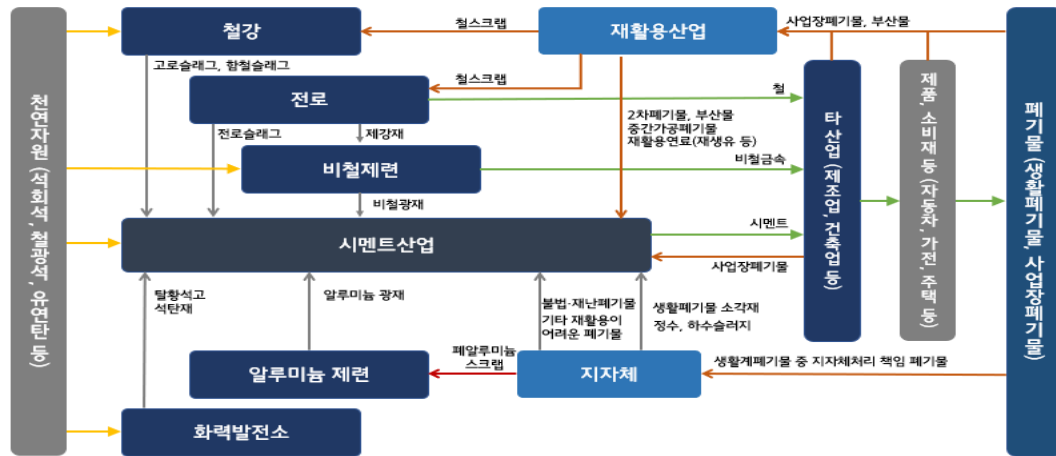


= 환경부 '20년도(9조5천억원) 예산의 5%



# 제언

시멘트 소성로는 폐기물관리 및 처리에 완충 역할을 하고 있으며, 매립제로화의 수단으로서 유용  
지속적인 기술개발 등으로 효율적인 처리와 동시에 2차오염물질 저감 방안이 요구

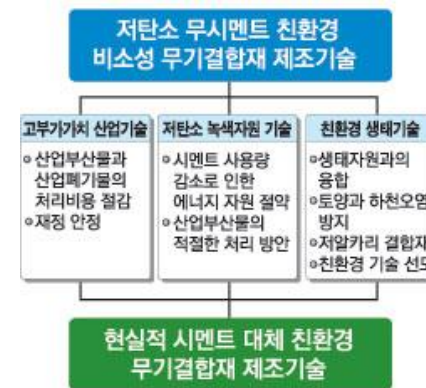


타 처리방법과의 형평성을 개선하면서 친환경경영, 상생경영을 통한 주민 수용성 제고 필요



시멘트업계 친환경 경영 현황	
회사	내용
쌍용양회	폐열발전 설비, 노후 가마 교체
성신양회	소성로 폐열 재사용, 미세먼지 감축시설
한일시멘트	최첨단의 여과집진기, 세륜시설 확충
삼표	폐기물 친환경 활용
한라시멘트	석회석 광산 생태계 회복 사업
아시아시멘트	초저발열 시멘트 생산 공급

자료: 각사





감사합니다