



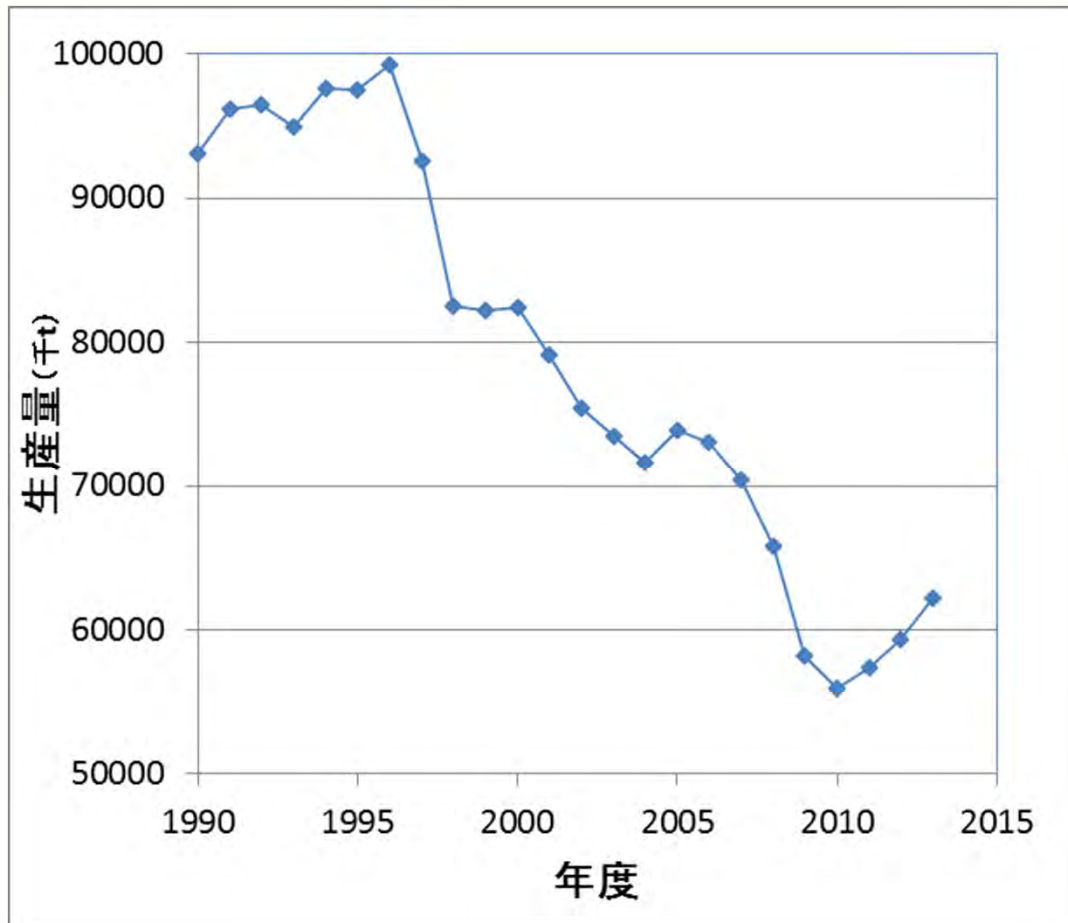
セメント産業の 省エネルギー対策について

総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会
第7回省エネルギー小委員会

一般社団法人セメント協会



セメント産業の現状



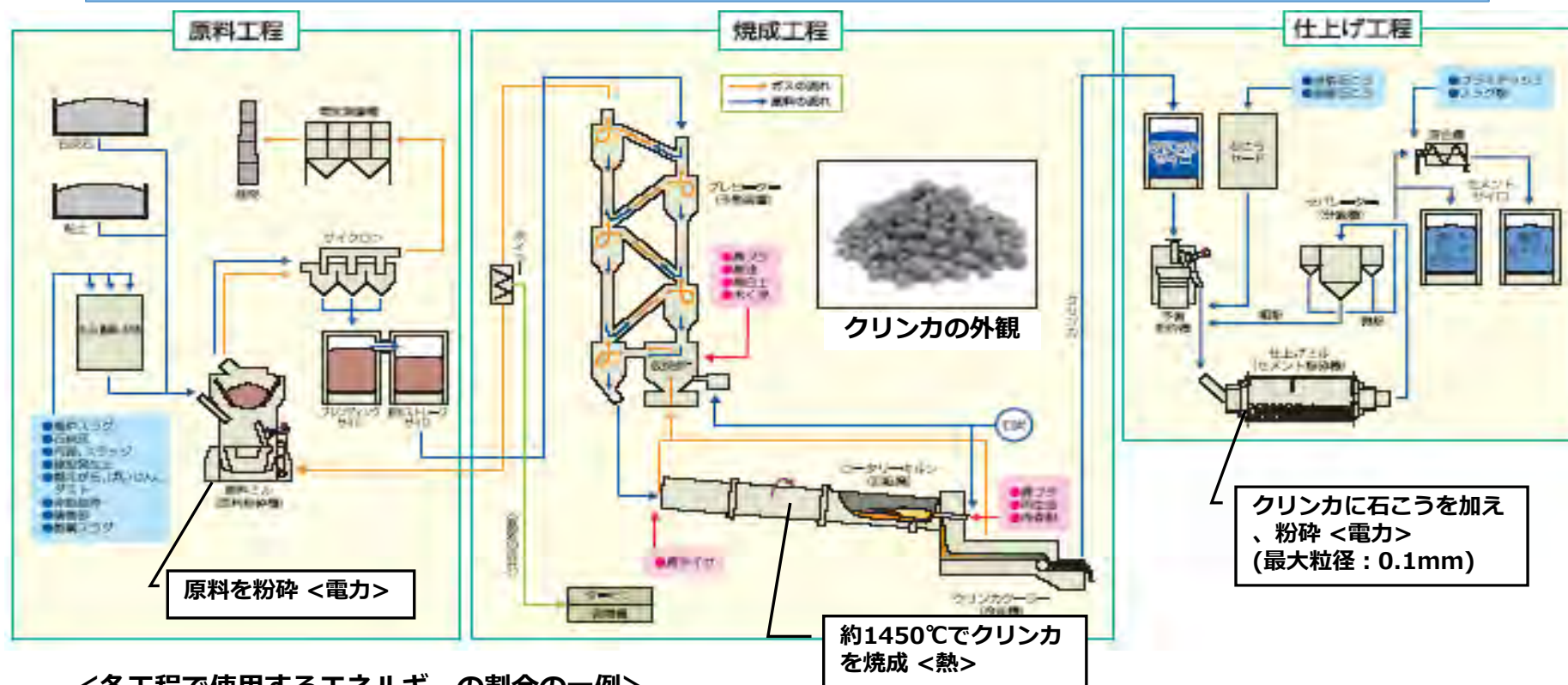
セメント産業の概要

- ・セメント製造会社(エコセメント、白色セメントを除く)：17社
※ 2013年度の生産割合：99.77%
- ・市場規模:5,498億円(セメント部門売上高)
- ・生産量は1996年度の99,267(千t)をピークに減少し、2013年度は62,240(千t)と最盛期の約6割の生産量となっている。
- ・2010年度以降、震災復興による需要増と共に、景気回復に伴う都市部の再開発や全国的な防災・減災事業が旺盛なことにより、三年連続で生産量が前年度を上回った。また、東京オリンピック・パラリンピックの開催決定に伴う整備事業も相まって短期的に国内需要は安定基調と考えられる。

セメントの製造工程

セメントの製造は次の三つの工程からなっており、熱と電気のエネルギーを使用する。

1. <原料工程> 原料を乾燥・粉砕・調合する。
2. <焼成工程> 原料から中間製品のクリンカを焼成する。
3. <仕上げ工程> クリンカに石こうを加え粉砕してセメントに仕上げる。



<各工程で使用するエネルギーの割合の一例>

	原料工程	焼成工程	仕上げ工程
熱	< 0.5 %	> 99 %	< 0.5 %
電力	30 %	33 %	37 %

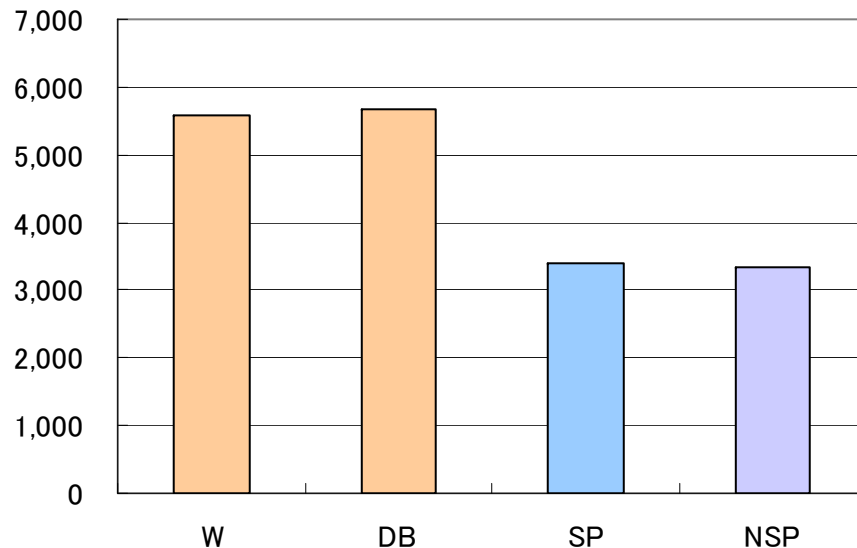


セメント製造プロセス様式の現状

- かつて、国内のセメント製造では熱効率の劣る湿式回転窯(キルン)や、予熱装置を有さない乾式キルン主流であった。
- 省エネルギーならびに生産量増大の観点から予熱装置(プレヒータ)を有するSPキルン、NSPキルンへの転換が進み、国内では1997年にその転換が完了している。
- 予熱装置を有するSPキルン、NSPキルンは国際的にも最も熱効率のよいセメント製造様式として認められており、新興国で設立される新規の工場では最新鋭の設備を有するSPキルン、NSPキルンが導入されている。

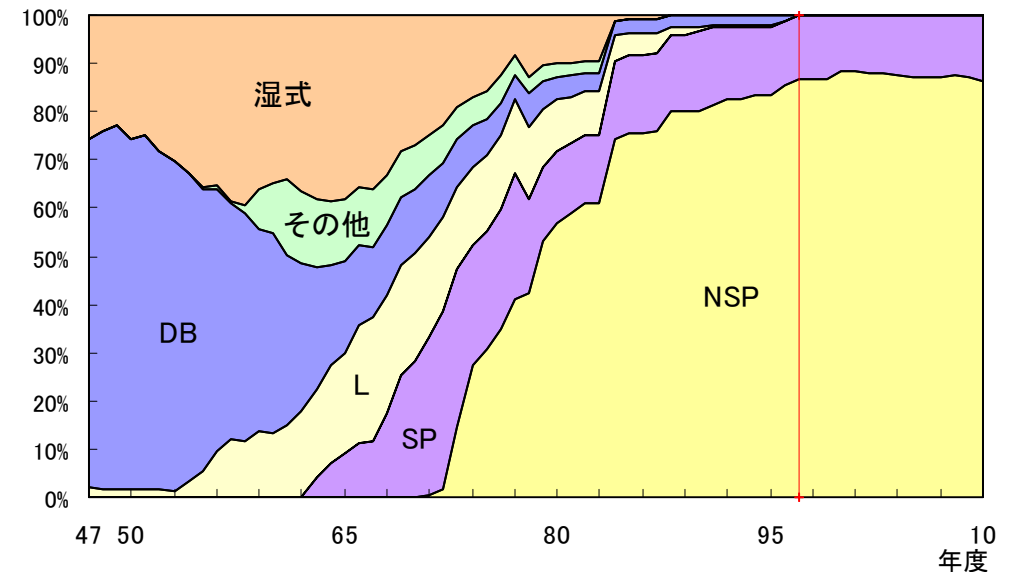
キルン様式別の熱エネルギー原単位の比較

(MJ/トーカー)



W : 湿式キルン DB : ボイラー付き乾式キルン
NSP : 仮焼炉および予熱装置付き乾式キルン

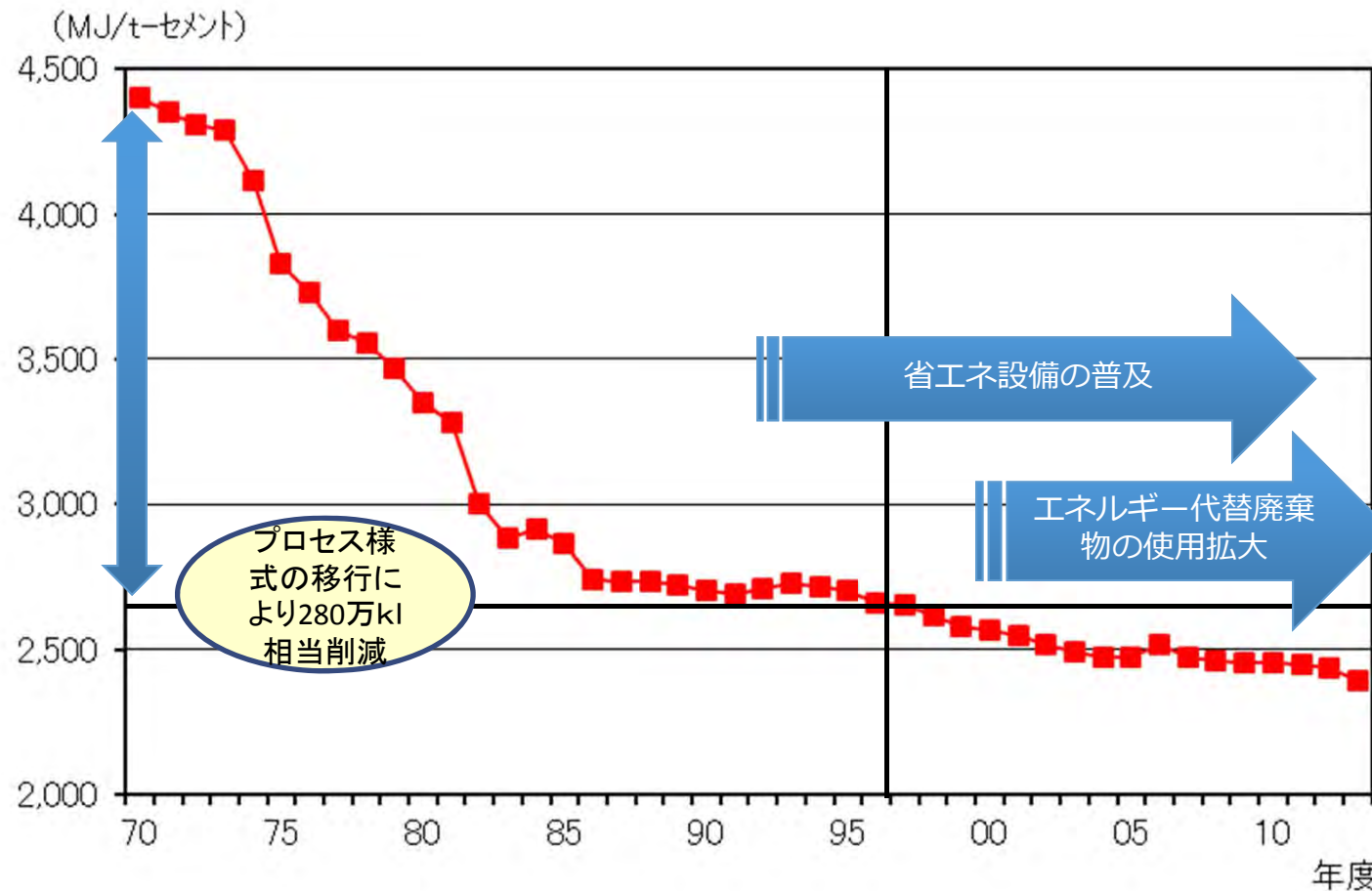
国内のキルン様式別生産能力構成比の推移



L : 乾式ロングキルン SP : 予熱装置付き乾式キルン

セメント製造用熱エネルギー原単位の推移

- ・国内のセメント製造様式は最も省エネ効率の高い予熱装置を有する乾式プロセス(SP、NSP)への転換が1997年度に完了している。そのため、製造様式による省エネルギーはほとんど望めないのが現状である。
- ・近年は個別設備の更新やアップグレードによる省エネ化やエネルギー代替廃棄物の使用拡大によりエネルギー原単位の低減に努めている。

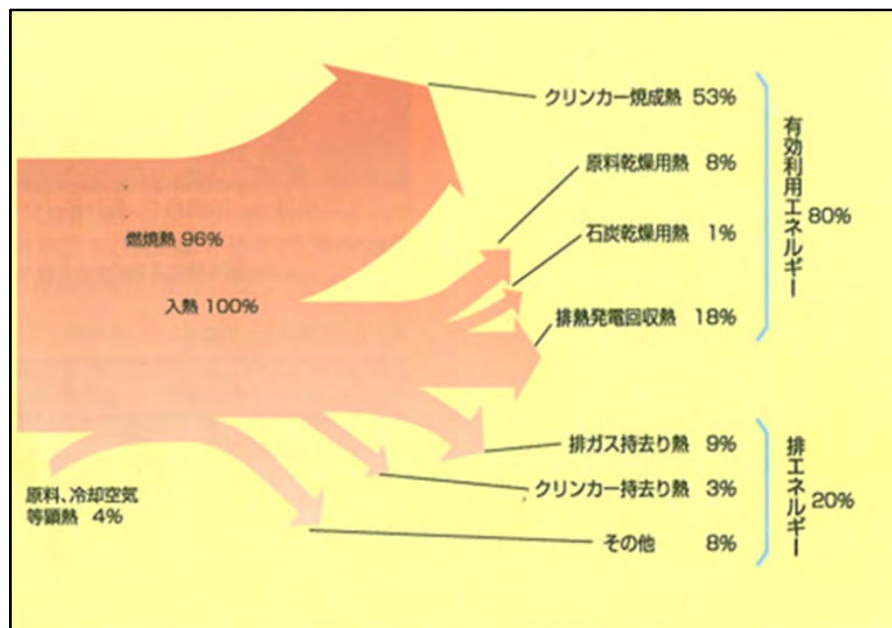


セメント製造における省エネルギー

熱エネルギーとその回収による有効利用

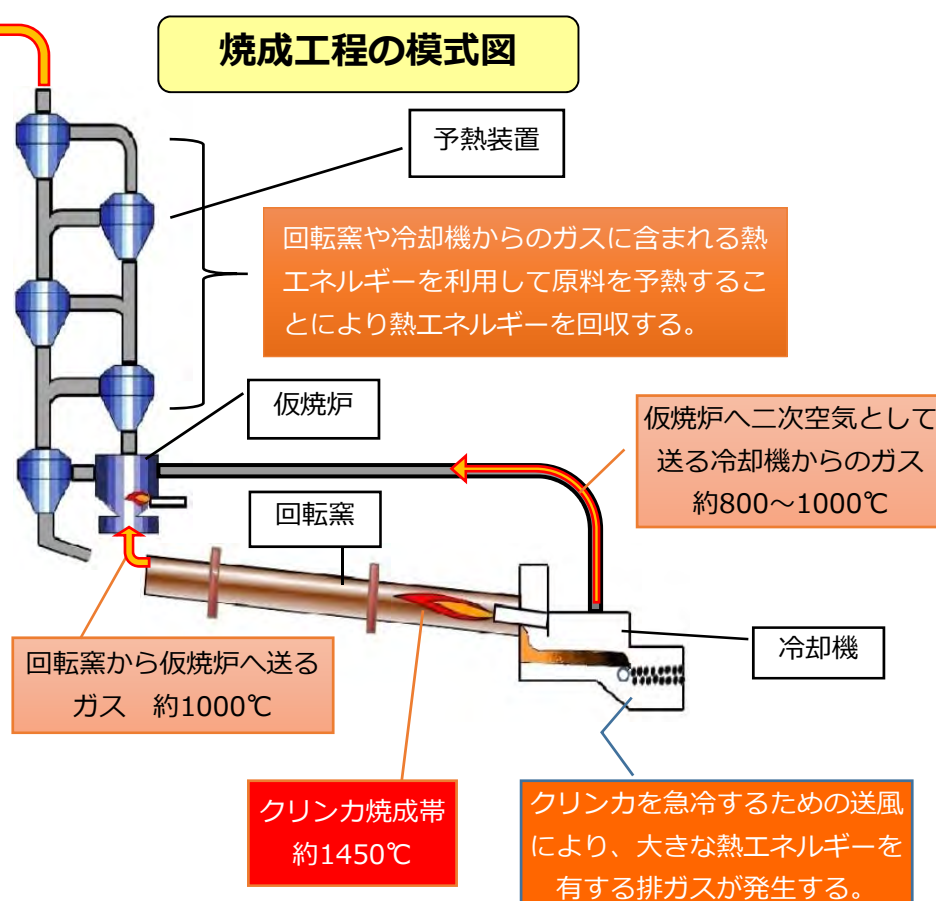
- ・セメント製造における省エネルギーの一つの特徴は多量に消費する熱エネルギーの回収にある。
- ・プロセスとして、原料の予熱、原料の乾燥、石炭の乾燥等に用いられる。
- ・さらには発電を行ったり、ある工場では地域への熱供給に利用したりしている。
- ・これらにより、セメント工場における熱の有効利用率は約80%にも達する。

予熱装置から出たガス(350~400℃)に含まれる熱エネルギーをさらに利用し、発電や原料・石炭等の乾燥を行うことによりエネルギーを回収する。



セメント製造における熱の有効利用率

焼成工程の模式図





セメント製造における省エネルギー

セメント製造における主な省エネ設備

- ・製造様式の省エネが望めない中、プロセス上の設備に対し、省エネ性能の高い設備を普及することによって省エネルギーに努めている。
- ・この設備リストはAPP(クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ)における「Energy Efficiency and Resource Saving Technologies in Cement Industry」やNEDOの「地球温暖化対策技術移転ハンドブック2008年版」にも掲げられているものである。

	項目	2010年度 普及率	2013年度 普及率	エネルギー削減 原単位(1基当たり)	イニシャルコスト(※)
①	排熱発電	60%	64%	約35~40kWh/t-cliの電力を回収	設備一式：20億円
②	スラグ粉砕 (堅型ミル)	73%	⇒	電力原単位の低減 堅型方式：40kWh/t-cem未満	5億円程度 (補機・工事費込)
③	ローラーミル 予備粉砕	46%	⇒	仕上げ工程の電力原単位を10~20%低減	5~10億円 (粉砕能力100t/h程度の規模)
④	高効率クーラー	50%	61%	42~167kJ/kg-cli程度低減 0.5~1.5kWh/t-cli程度低減	1.5~3億円/基程度 (クーラー1段目改造の場合)
⑤	セパレータの 改善	53%	⇒	電力原単位を 10%~20%低減	1.5億円 (3,000kWミル)
⑥	堅型石炭ミル	90%	⇒	電力原単位を 20~25%低減	ミル本体 6,000万円程度(10t/h)
⑦	堅型原料ミル	46%	⇒	原料工程の電力原単位を 約30%低減	15億円程度 (粉砕量200t-調合原料/h程度の場合)

(※)イニシャルコストは当時の推定値であり、現状では1.5倍程度が見込まれる。

出典：生産技術専門委員会報告T-22「省エネルギー・省資源技術に関する報告書」(2002)



セメント業界の省エネへの取組 -自主行動計画-

- ・経団連の提唱により、セメント業界も参加した「環境自主行動計画」では下記の目標を立て、「省エネ設備の普及」、「エネルギー代替廃棄物の使用拡大」等によりセメント製造用エネルギー原単位の低減に努め、目標を達成することができた。

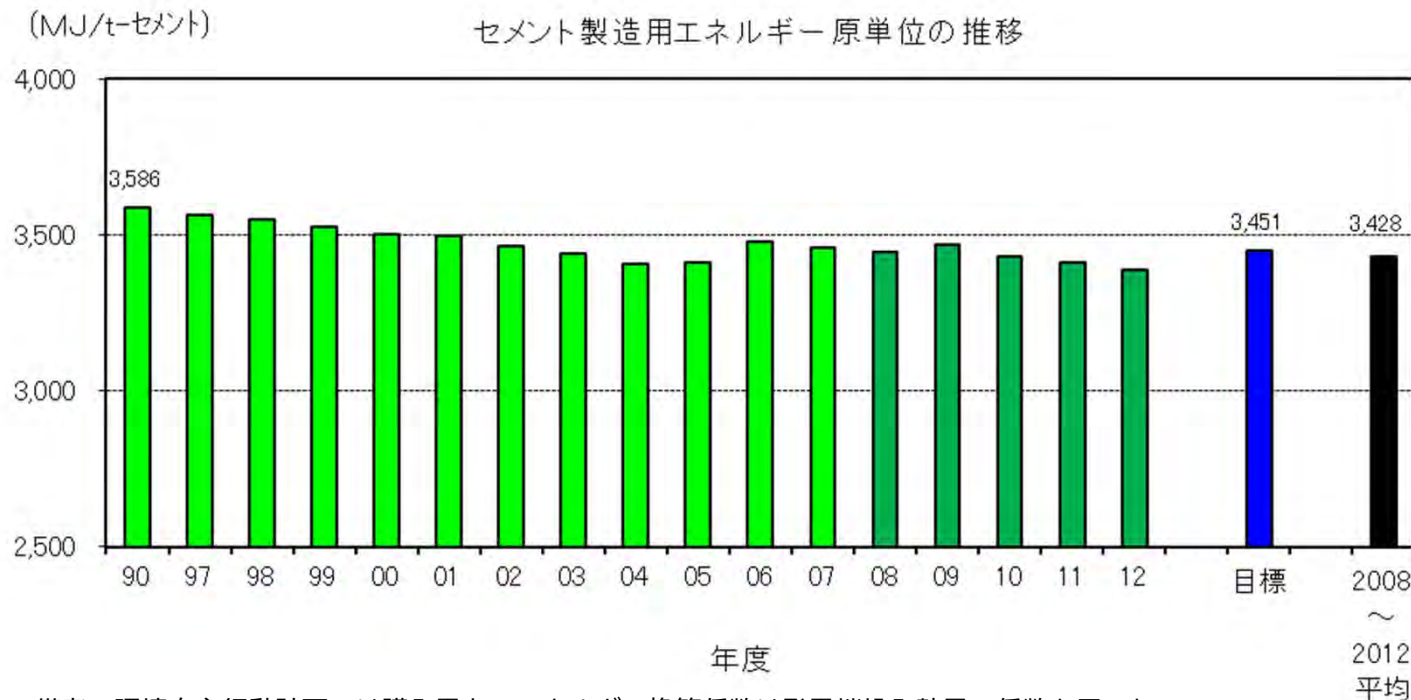
<業界目標>

2008年度から2012年度におけるセメント製造用エネルギー(*)原単位の平均を1990年度(3,586MJ/t-セメント)に対し、3.8%低減。 ∴目標値 : 3,451MJ/t-セメント

(*)[セメント製造用熱エネルギー(※)]+[自家発電用熱エネルギー(※)]+[購入電力エネルギー]

(※) エネルギー代替廃棄物による熱エネルギーは含めない

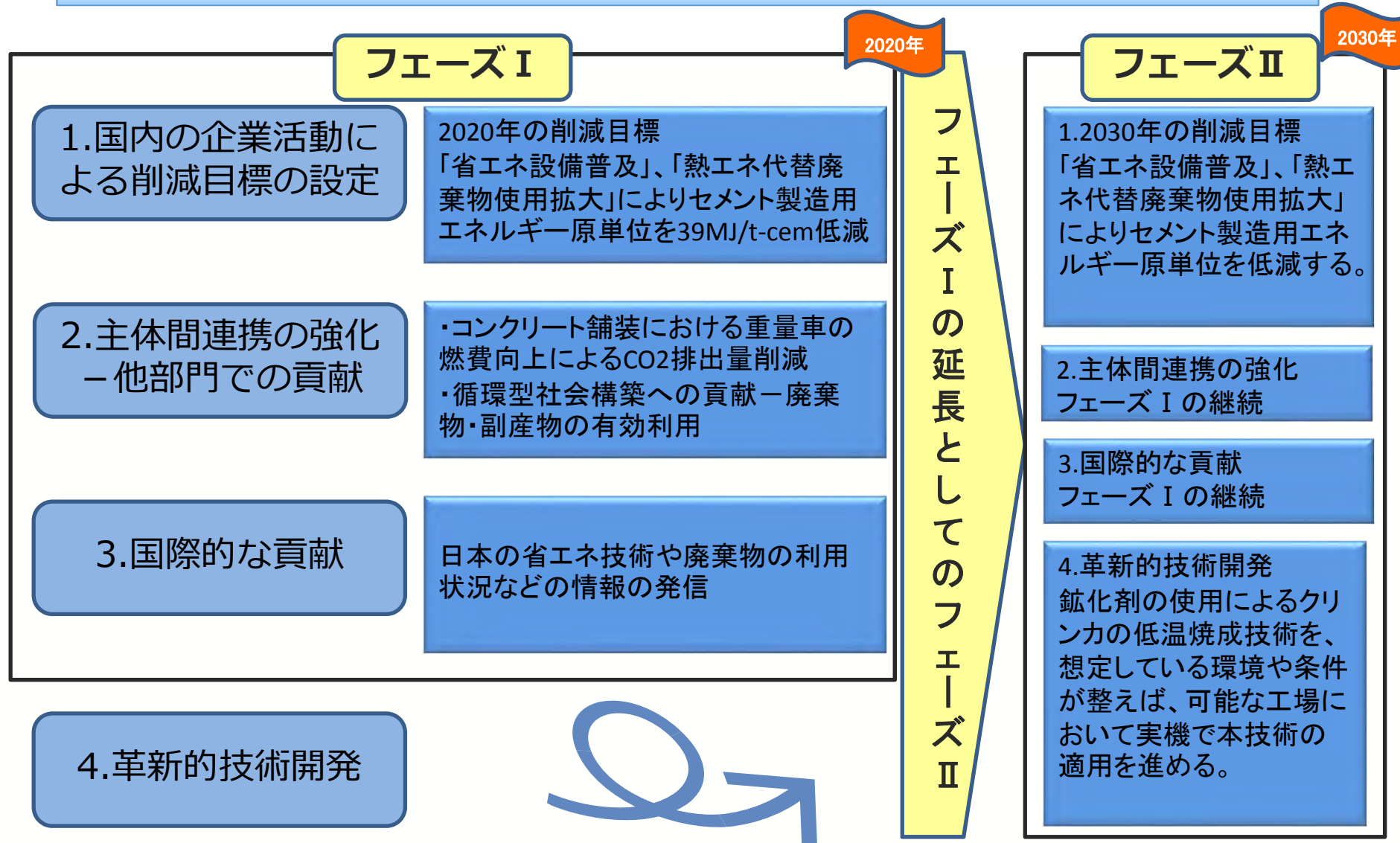
<2008~2012年度の平均> 3,428MJ/t-セメント (▲4.4%)



備考：環境自主行動計画では購入電力のエネルギー換算係数は発電端投入熱量の係数を用いた。

セメント協会の低炭素社会実行計画の概要

・「環境自主行動計画」に引き続く自主的取り組みとして「低炭素社会事項計画」が始動している。





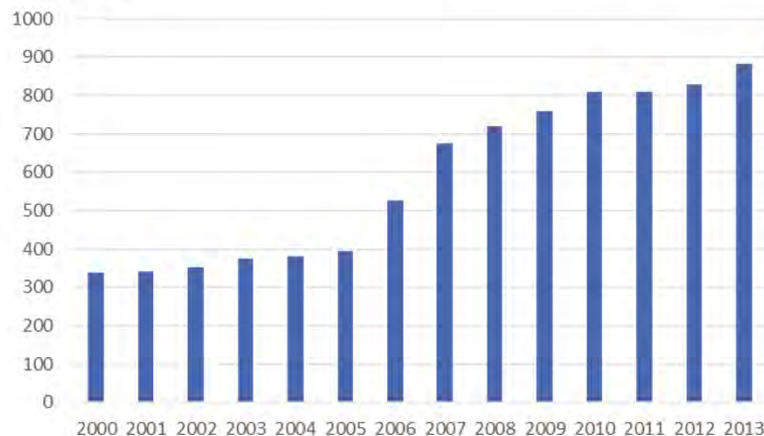
国内企業活動による2030年削減目標への対策

「省エネ設備の普及」

- ・省エネ設備の普及に向けた投資は、年度によって差異があるものの継続して行われている。
- ・今後の普及の見通しについての会員会社に対する調査の結果、2030年度までにおいていくつかの設備投資計画が挙げられており、省エネが進む。
- ・ファンやモータの更新やインバータ化のような小型設備への投資も今後は進み、これらの省エネ分の積上げは無視できないものと考えられる。

設備名	2014-2030年度の導入の見通し基数
スラグ用竖型ミル	2
石炭用竖型ミル	4
排熱発電	2
高効率クーラ	10
高効率セパレータ	1

セメント産業におけるエネルギー代替廃棄物使用量の推移
千kl(重油換算)

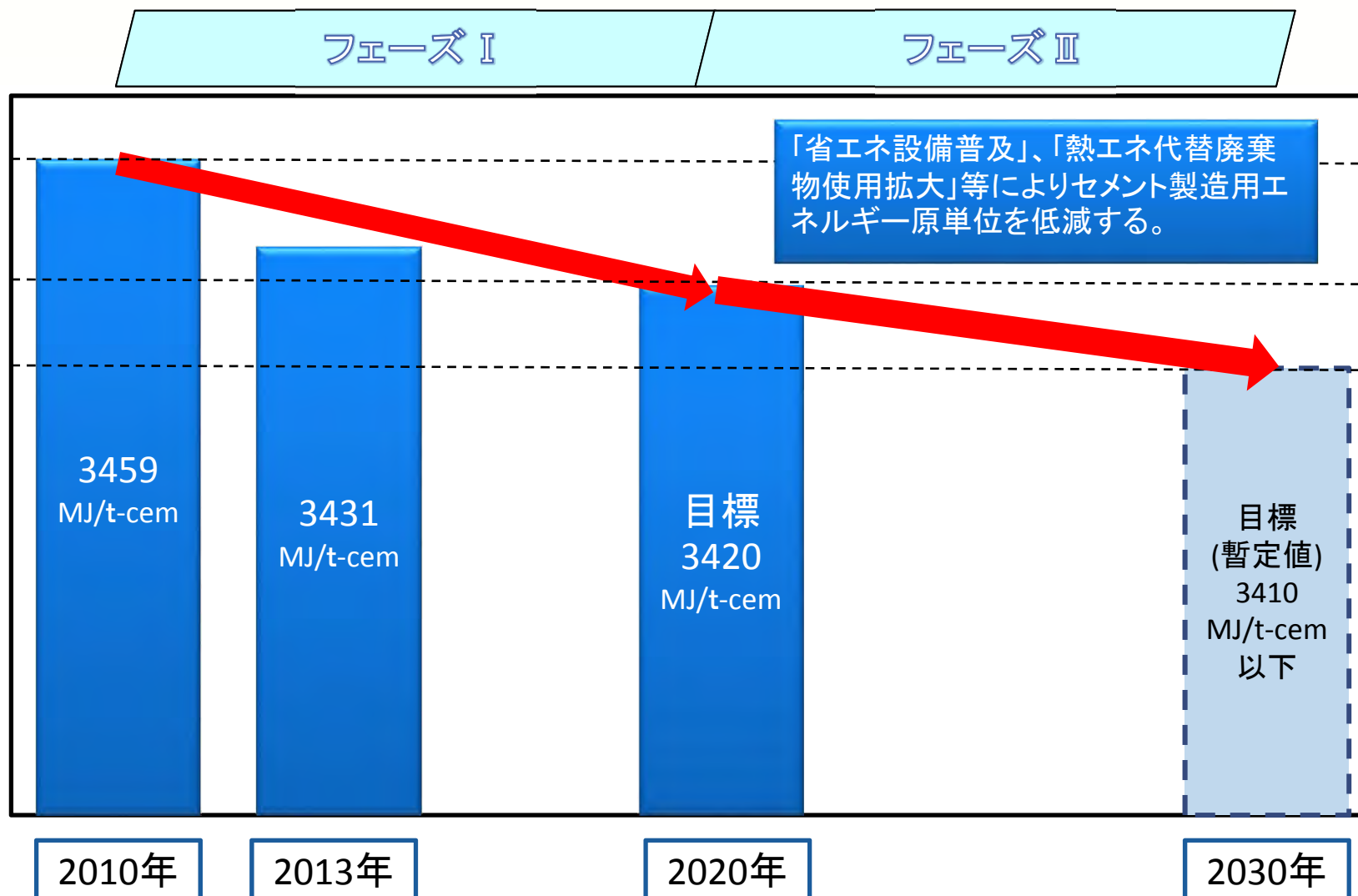


「エネルギー代替廃棄物の使用拡大」

- ・エネルギー代替廃棄物の使用量は年々増加し、エネルギー代替廃棄物の使用拡大に向けた投資は継続して行われている。受入れの余力は十分にあり、セメント焼成用や自家発用に用いる化石系熱エネルギーの代わりに廃棄物を使用し、化石系熱エネルギー使用量を低減できるポテンシャルはある。



国内の企業活動における2030年度の削減目標



エネルギー効率の国際比較

図 Current energy savings potential for cement, based on BATs

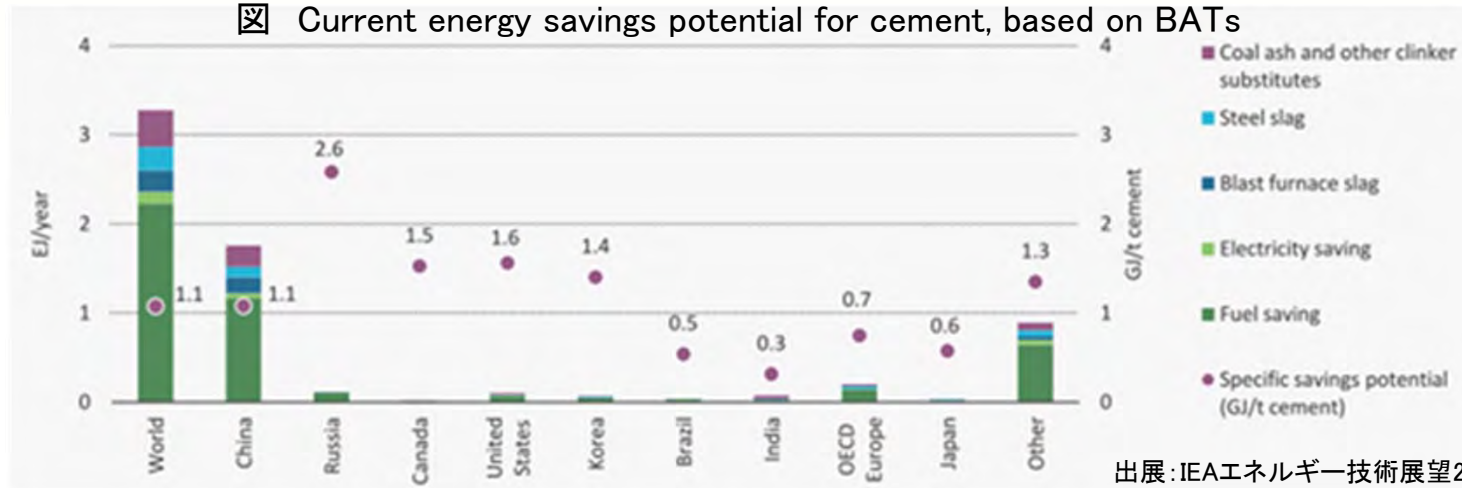
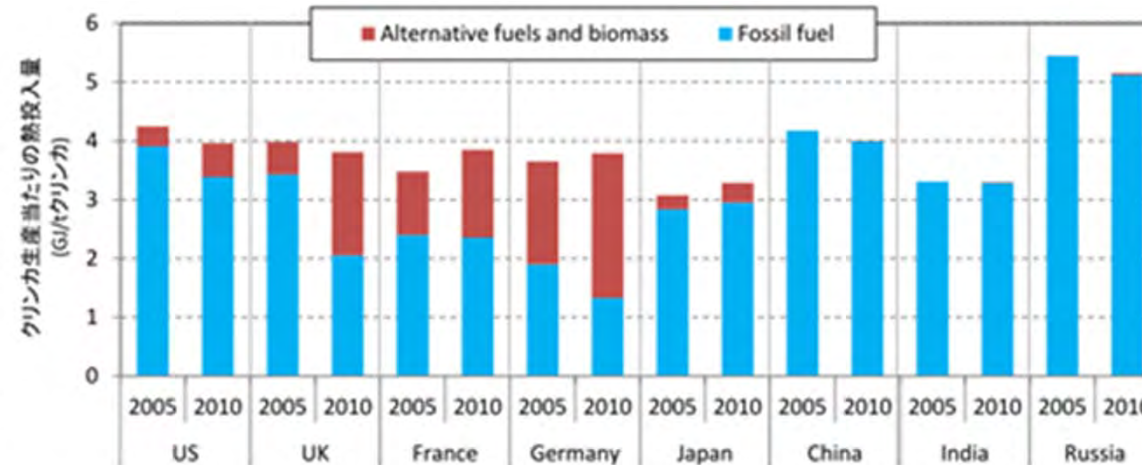


図 エネルギー効率の国際比較-クリンカ生産量あたりの熱投入量

セメント

注) 地域・時点により
「代替燃料」の含水率
は大きく異なる

出典) WBCSD/CSIなど
を基にRITE仮試算



「自主行動計画の総括的な評価に係る検討会(第2回)」資料4-1より

日本のエネルギー効率は世界最高水準にある

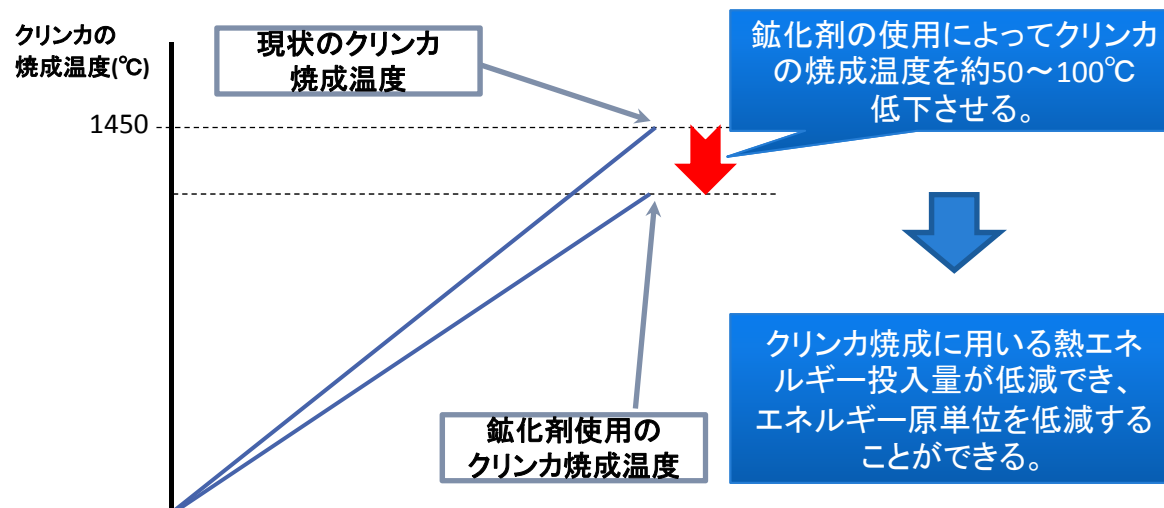
革新的セメント製造基盤技術開発

鉍化剤の使用によるクリンカの低温焼成技術

【技術の概要】 鉍化剤の使用によってクリンカの焼成温度を低下させることにより、クリンカ製造用熱エネルギー原単位の低減を図る。

【今後の進め方】 フッ素原料の確保、実機における製造条件や品質管理方法の確立など、想定している環境や条件が整えば、可能な工場において実機で本技術の適用を進める。

【想定される低減効果】 シミュレーション段階では、クリンカ中のフッ素含有量を0.1%とした場合、熱エネルギー原単位が現状より2.6%程度低減することが見込まれた。



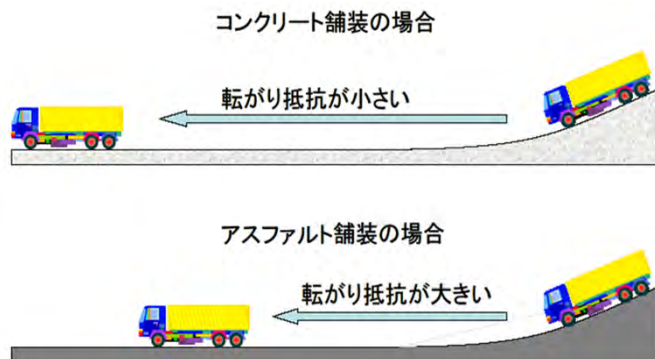
クリンカ焼成中の回転窯の内部

他部門での省資源・省エネルギーの貢献

コンクリート舗装における 重量車の燃費の向上

【転がり抵抗の差による同一距離走行時の燃料消費量】(セメント協会調べ)

アスファルト舗装を100とした場合、コンクリート舗装では**95.2～99.2**



ー 削減量試算例 ー 積載量を11tとし、100km走行した場合

軽油の使用量：55.44 L CO₂排出量：143.1 kg 【コンクリート舗装では】

(出典：平成18年3月29日 経済産業省告示第66号)⇒軽油の削減量：**0.44～2.66 L**

これらの値をアスファルト舗装の場合と仮定 CO₂排出量の削減量：1.14～6.87 kg

コンクリート
舗装の普及

重量車の燃費が
改善される

少量のCO₂削減の
積上げが期待できる

持続可能社会実現に向けた
循環型社会構築への貢献

様々な産業や自治体から排出される廃棄物・副産物をセメント原料、代替エネルギーとして有効に活用

製鉄所	高炉スラグ 8,995千t	セメント工場	←	鑄物砂 461千t	鑄物工場
火力発電所	石炭灰 7,333千t		←	製鋼スラグ 423千t	製鉄所
下水処理場等	汚泥、スラッジ 3,206千t		←	廃プラスチック 460千t	各種工場等
火力発電所等	副産石こう 2,401千t		←	廃油 273千t	製油所等
建設現場	建設発生土 2,407千t		←	廃白土 273千t	食品工場
ごみ焼却場	燃えがら、ばいじん、ダスト 1,405千t		←	再生油 186千t	製油所
精錬所	非鉄鉱さい等 770千t		←	廃タイヤ 65千t	自動車整備工場
建設現場等	木くず 657千t	合計 30,265千t (2013年度)	←	肉骨粉 63千t	飼料工場

セメント業界が廃棄物・副産物を受入処理している現状での産業廃棄物の最終処分場の残余年数

14.9年

(環境省発表、2012年3月31日現在)

仮に、セメント業界が全ての廃棄物・副産物の受入をやめた場合、その残余年数は

5.5年

<セメント協会試算値>