

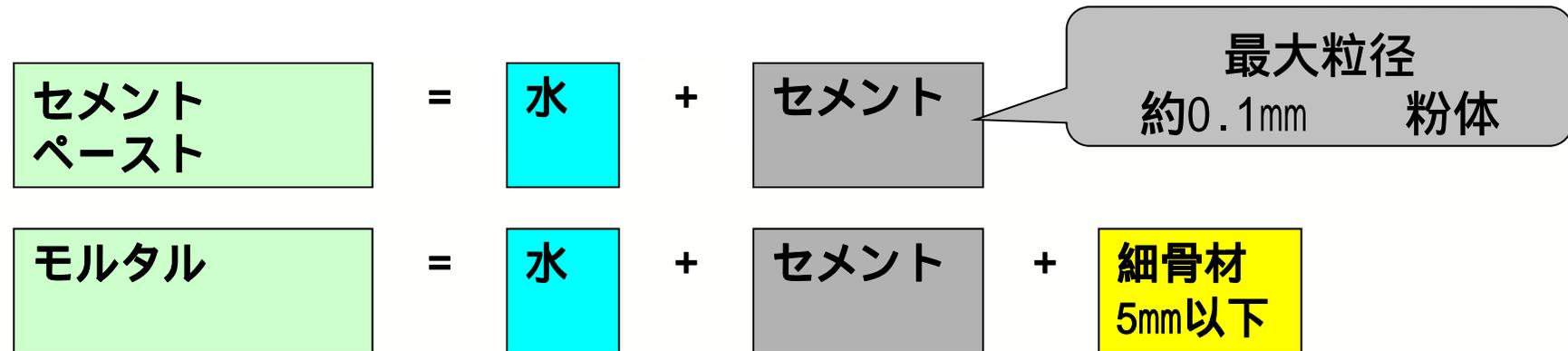


セメント産業における廃棄物の有効活用

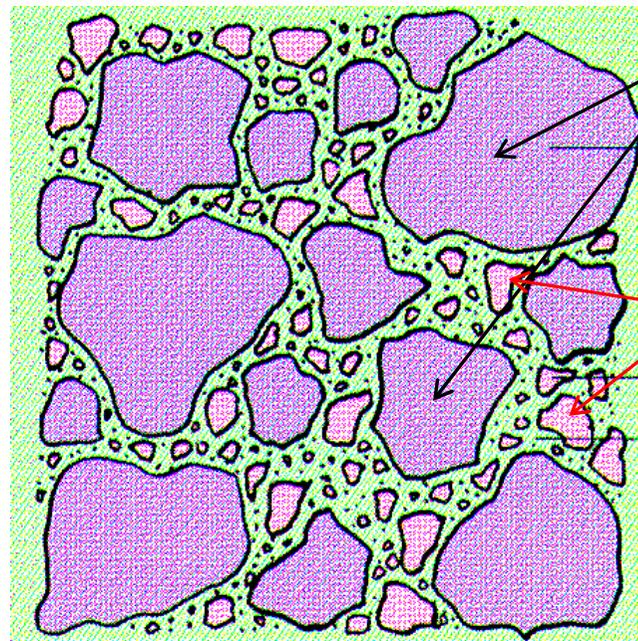
2014年4月24日

一般社団法人 セメント協会

セメントとコンクリート



コンクリート

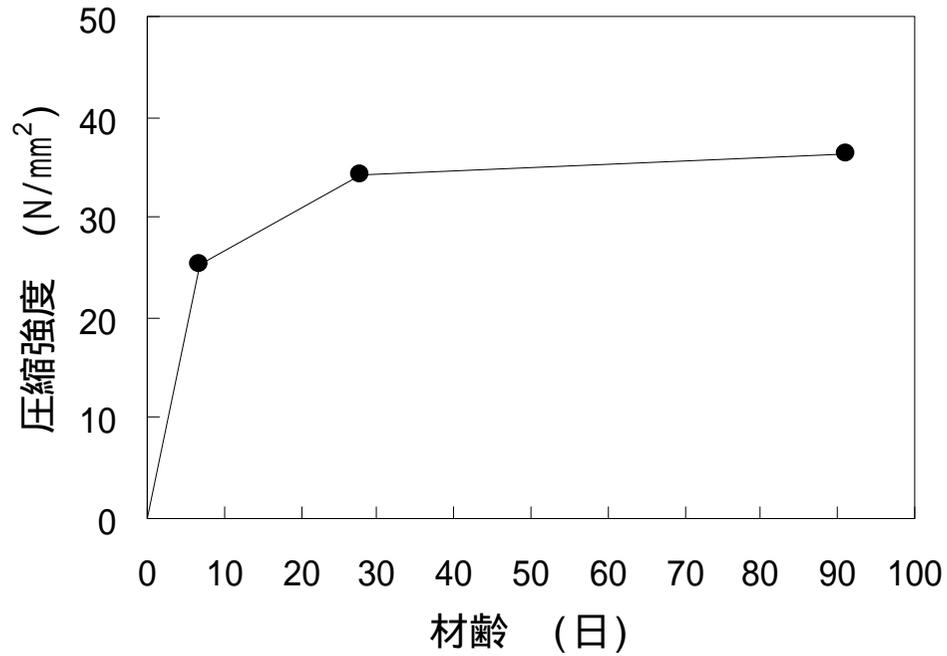


粗骨材 (5mm以上)

細骨材 (5mm以下)

セメントペースト
(粗骨材と細骨材の間)
(薄緑色の部分)

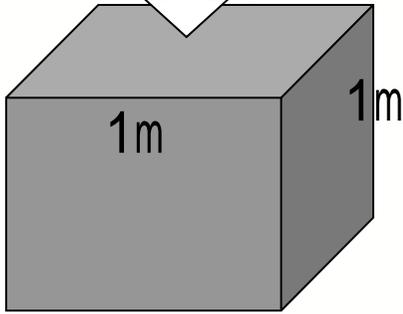
材齢とコンクリートの圧縮強度



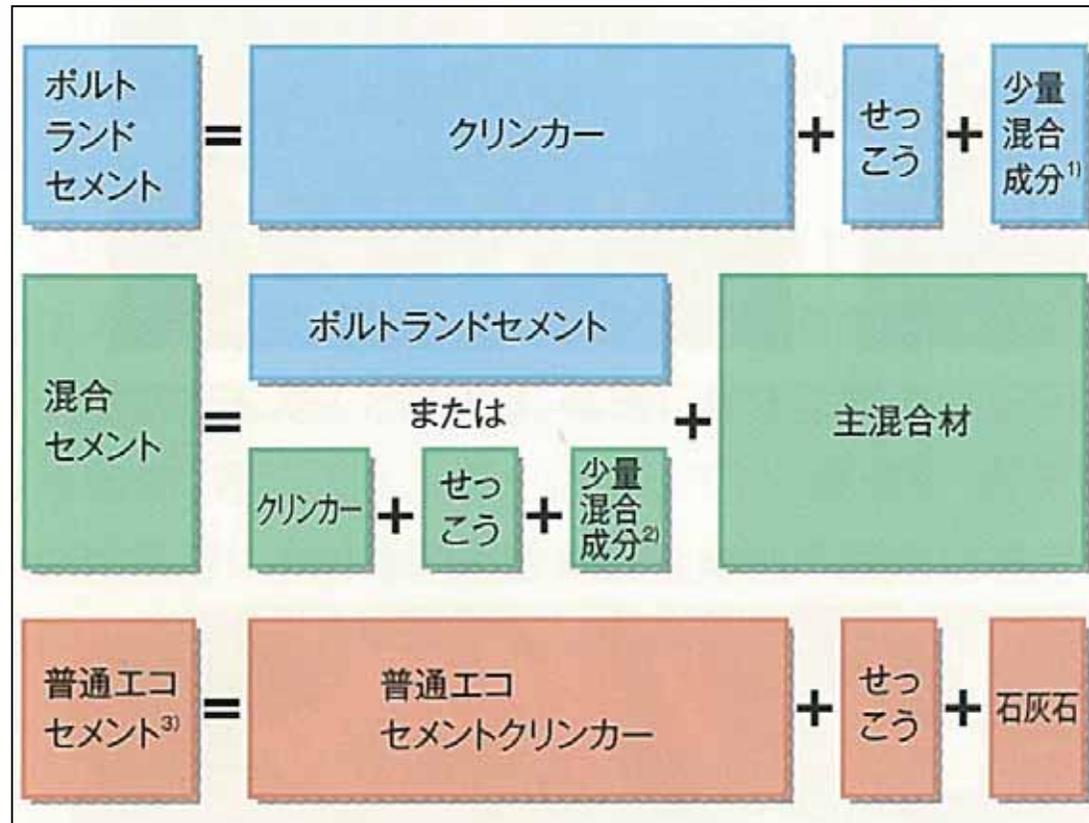
30N/mm²の場合

3059トン

耐えられます



日本工業規格で品質が規定されているセメントの構成



セメントの製造は、二つの工程に大別される。

- ・ クリンカーの製造
- ・ クリンカーとせつこうの混合

< JISで規定されている少量混合成分 >

・高炉スラグ
JIS R 5211の5.3(高炉スラグ)

5.3.1 高炉水砕スラグ
高炉水砕スラグは、急冷砕したものであり、その塩基度は1.60以上でなければならない。

$$b = (\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{SiO}_2)$$

5.3.2 コンクリート高炉スラグ微粉末
JIS A 6206に規定するもの。

・シリカ混合材
JIS R 5212の5.3(シリカ質混合材)

5.3 シリカ質混合材
二酸化けい素を60%以上含むもの。

・フライアッシュ
JIS A 6201に規定する 種又は 種

JIS A 6201(コンクリート用フライアッシュ)
(詳細は省略)

・石灰石

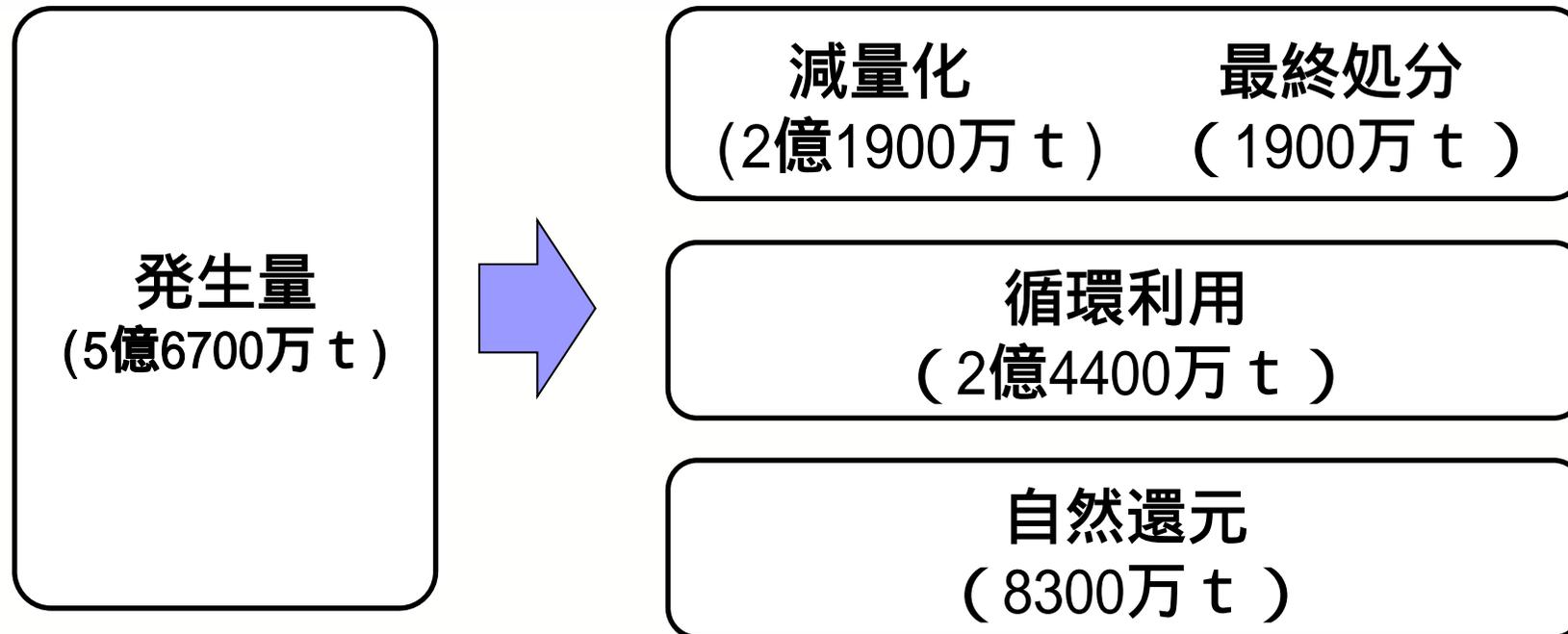
炭酸カルシウムの含有率が90%以上、かつ、酸化アルミニウムの含有率が1.0%以下であること。

$$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} \times (100.09/56.08)$$

< 粉砕助剤 >
セメントの品質に影響を及ぼさないことを確かめたもの。
使用量はセメントに対し、質量で1%未満とする。

わが国の廃棄物等の発生量

2010年度の状況



わが国の「循環利用」の内、約1割をセメント工場で有効活用

数値は環境省発表(平成24年度)

セメント産業で有効利用している廃棄物・副産物



セメント産業における廃棄物・副産物の利用

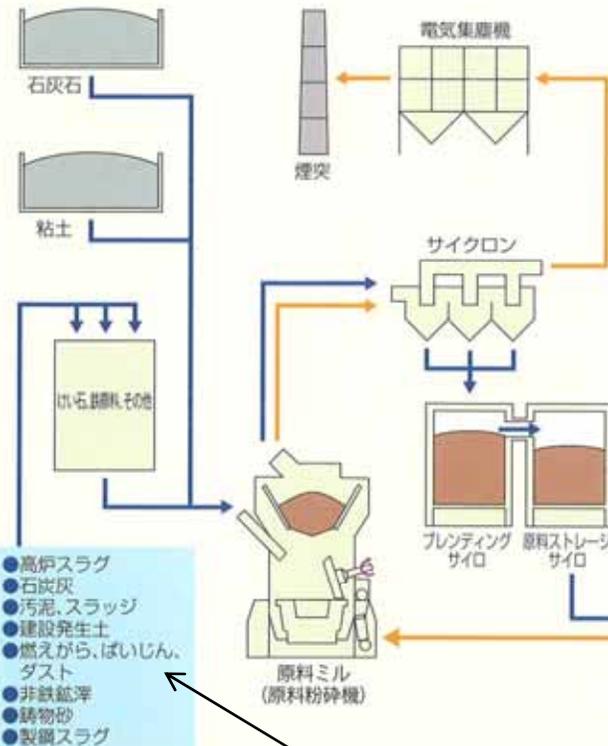
(1) クリンカー原料

(2) 熱エネルギー(クリンカーの焼成、自家発電)

(3) セメントの少量混合成分(高炉スラグ、フライアッシュ)とせっこう

クリンカーの製造プロセス

原料工程

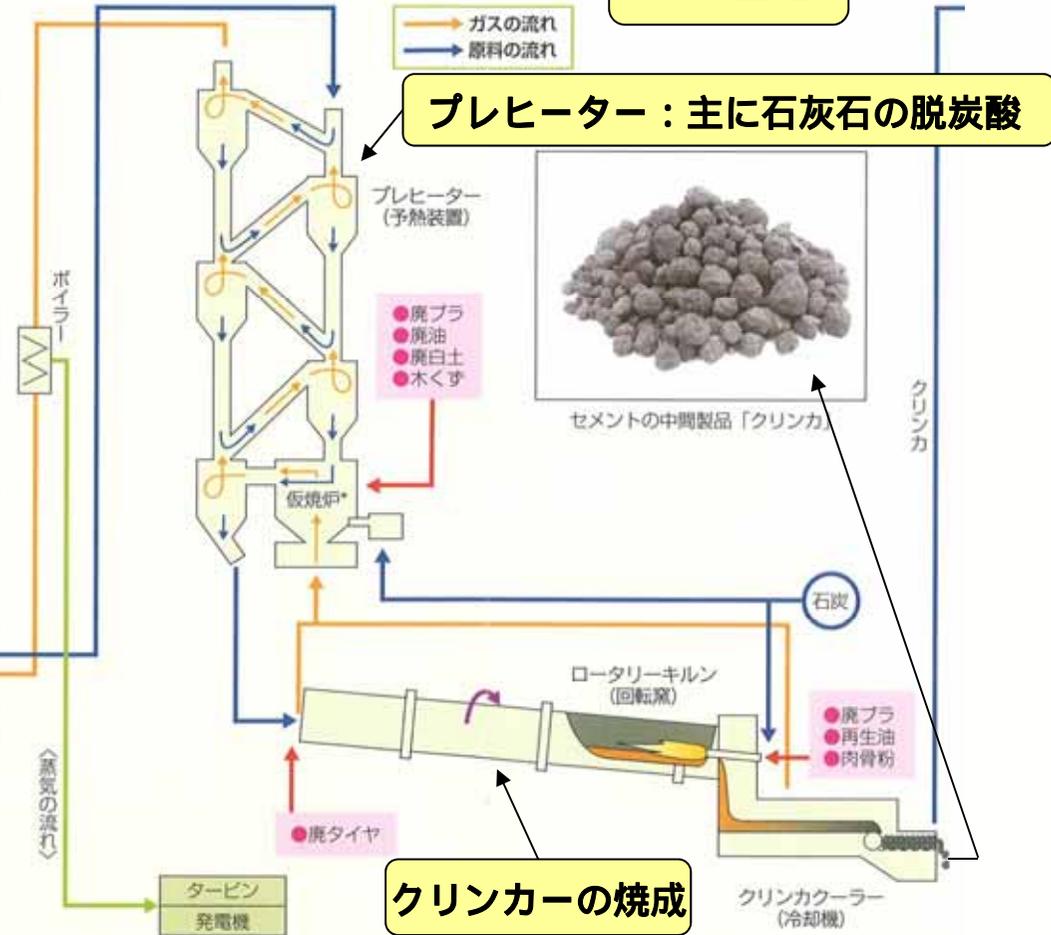


クリンカー原料：種々の廃棄物、副産物が使用されている。

原料工程：クリンカーの化学組成が所定の組成となるように、各種のクリンカー原料を調合して粉砕する工程。粉砕された原料を「調合原料」と呼ぶ。

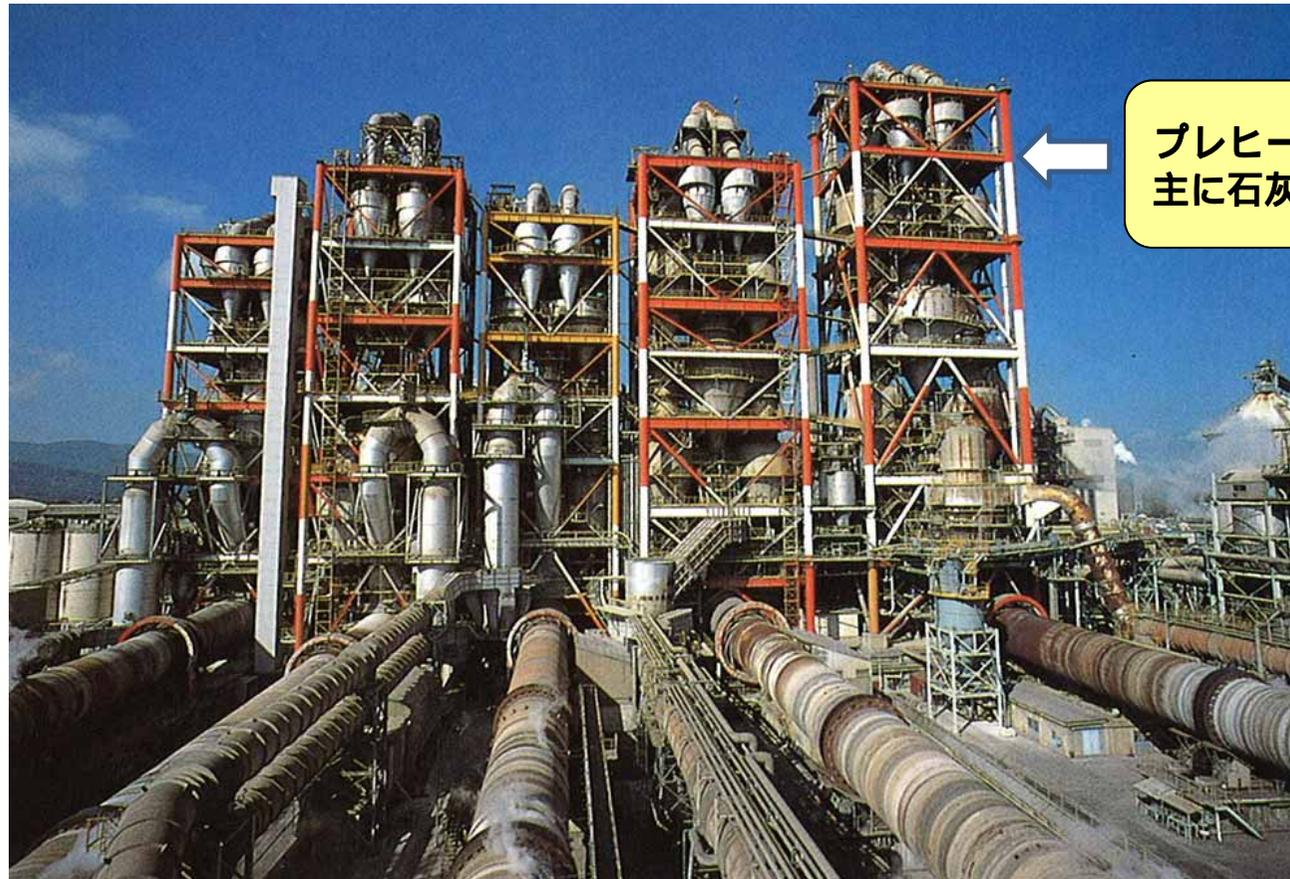
調合原料

焼成工程



焼成工程：調合原料をロータリーキルン（回転窯）で高温（約1450℃）で焼成し、クリンカーを製造する工程。この工程で調合原料はクリンカーを構成する化合物に変化する。

セメント工場の回転窯(ロータリキルン)



プレヒーター：
主に石灰石の脱炭酸

手前の太い円筒が回転窯

直径：4～6m 長さ：60～100m

傾斜：3～5% 回転数：2～3/分

平均的な焼き出し量(能力)：132トン/時間

クリンカーの化学組成と構成化合物、反射顕微鏡写真



20mm

クリンカーの切断面を500倍の顕微鏡で観察

クリンカーの化学組成の例

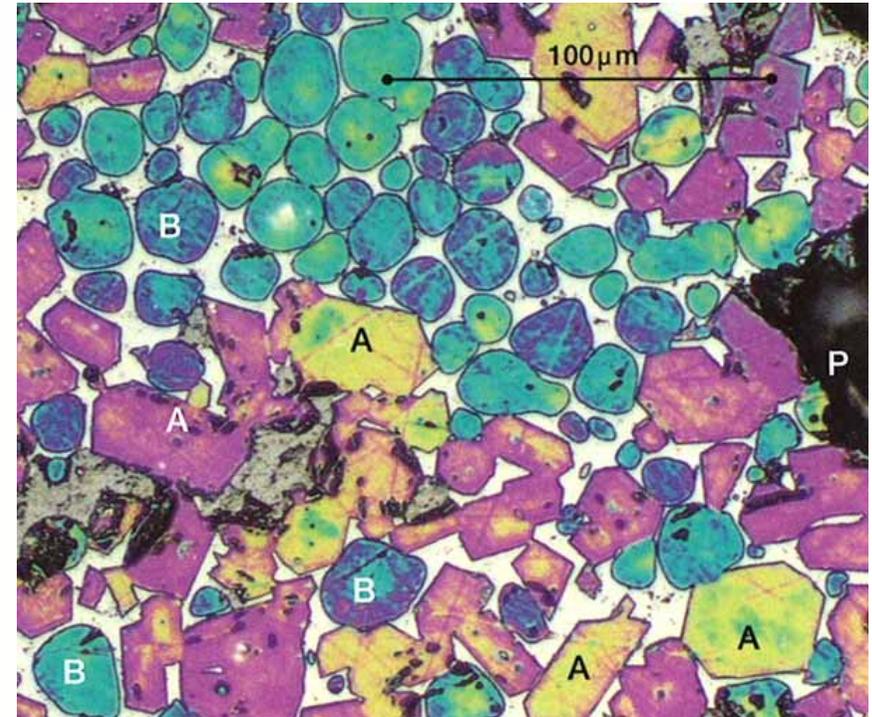
SiO₂ : 21.69 %

Al₂O₃ : 5.97 %

Fe₂O₃ : 2.89 %

CaO : 66.23 %

他にMgO、SO₃、Na₂O、K₂Oなどが少量、含まれている。



クリンカーは4つの主な化合物で構成されています(「クリンカーの構成化合物」という)

六角形状の化合物(A) : エーライト (化学式 : 3CaO·SiO₂)

丸みのある化合物(B) : ビーライト (化学式 : 2CaO·SiO₂)

白い部分 : アルミネート相 (化学式 : 3CaO·Al₂O₃)

フェライト相 (化学式 : 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃)

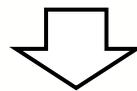
【原料工程】

クリンカーの化学組成が所定の組成となるように、各種のクリンカー原料を調合して粉砕する工程。

酸化アルミニウム (Al₂O₃) の場合

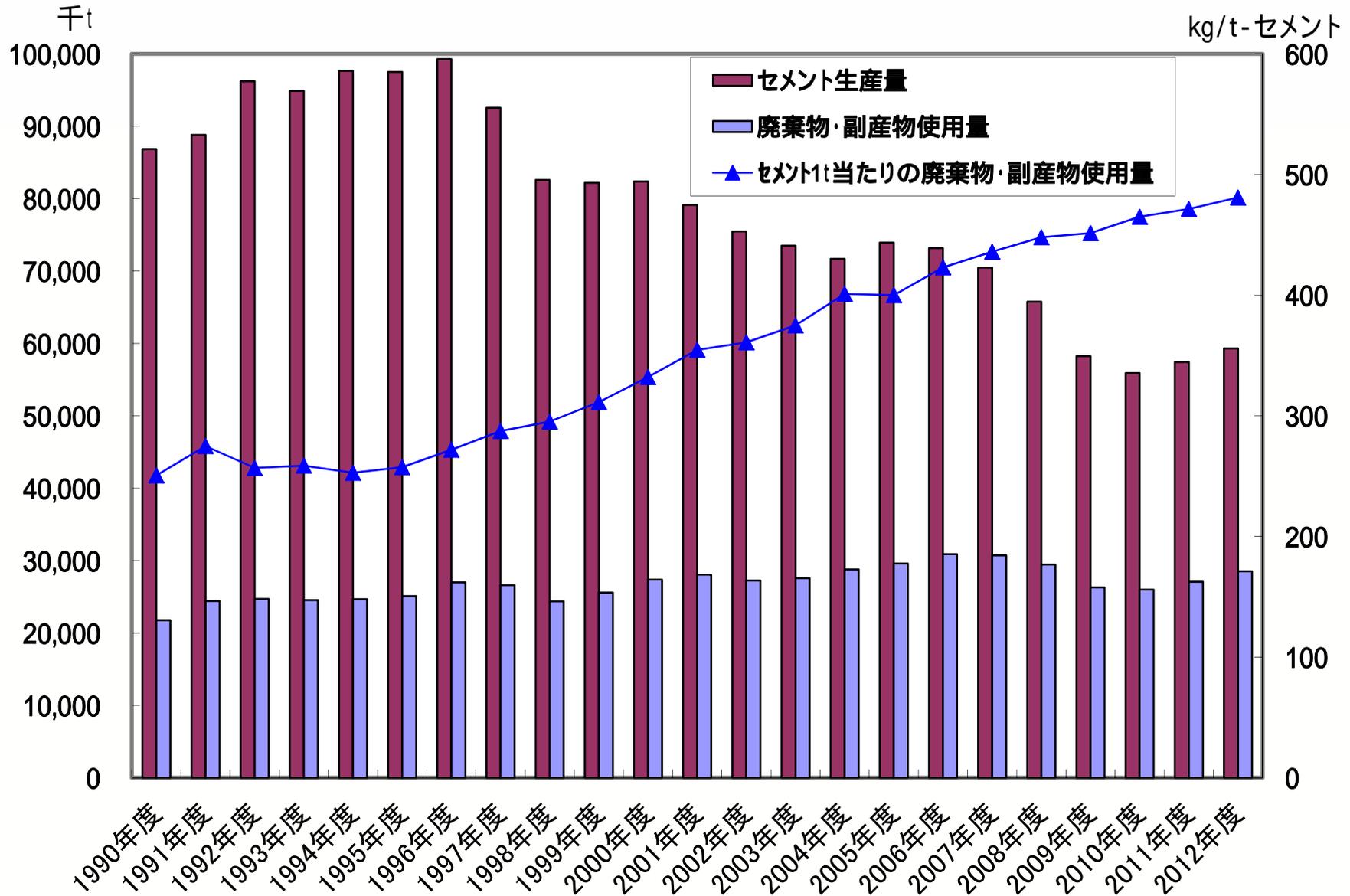
| | クリンカー原料 | 酸化カルシウム (CaO) | 二酸化けい素 (SiO ₂) | 酸化アルミニウム (Al ₂ O ₃) | 酸化鉄 (Fe ₂ O ₃) |
|---------|---------|---------------|----------------------------|--|---------------------------------------|
| 【天然】 | 粘土 | ~ 5% | 40 ~ 80% | 10 ~ 30% | 3 ~ 10% |
| | 石炭灰 | 5 ~ 20% | 40 ~ 65% | 10 ~ 30% | 3 ~ 10% |
| 【産業廃棄物】 | 焼却灰 | 20 ~ 30% | 20 ~ 30% | 10 ~ 20% | ~ 10% |
| | 下水汚泥 | 5 ~ 30% | 20 ~ 30% | 20 ~ 50% | 5 ~ 10% |

産業廃棄物の化学組成が天然の粘土の化学組成に近い



現在では、クリンカー原料として使用した粘土類のほとんどが廃棄物に置き換わっている。

廃棄物・副産物使用量の推移



日常生活とのかかわり

電気事業

全国の火力発電所で発生する石炭灰の受け入れ



水道事業

全国の下水処理場で発生する下水汚泥や
下水汚泥焼却灰の受け入れ

全国の浄水場で発生する浄水発生土の受け入れ



ごみ処理事業

清掃工場でごみを焼却した後に残る灰の受け入れ



石炭火力発電所からの石炭灰発生量と有効利用量の推移



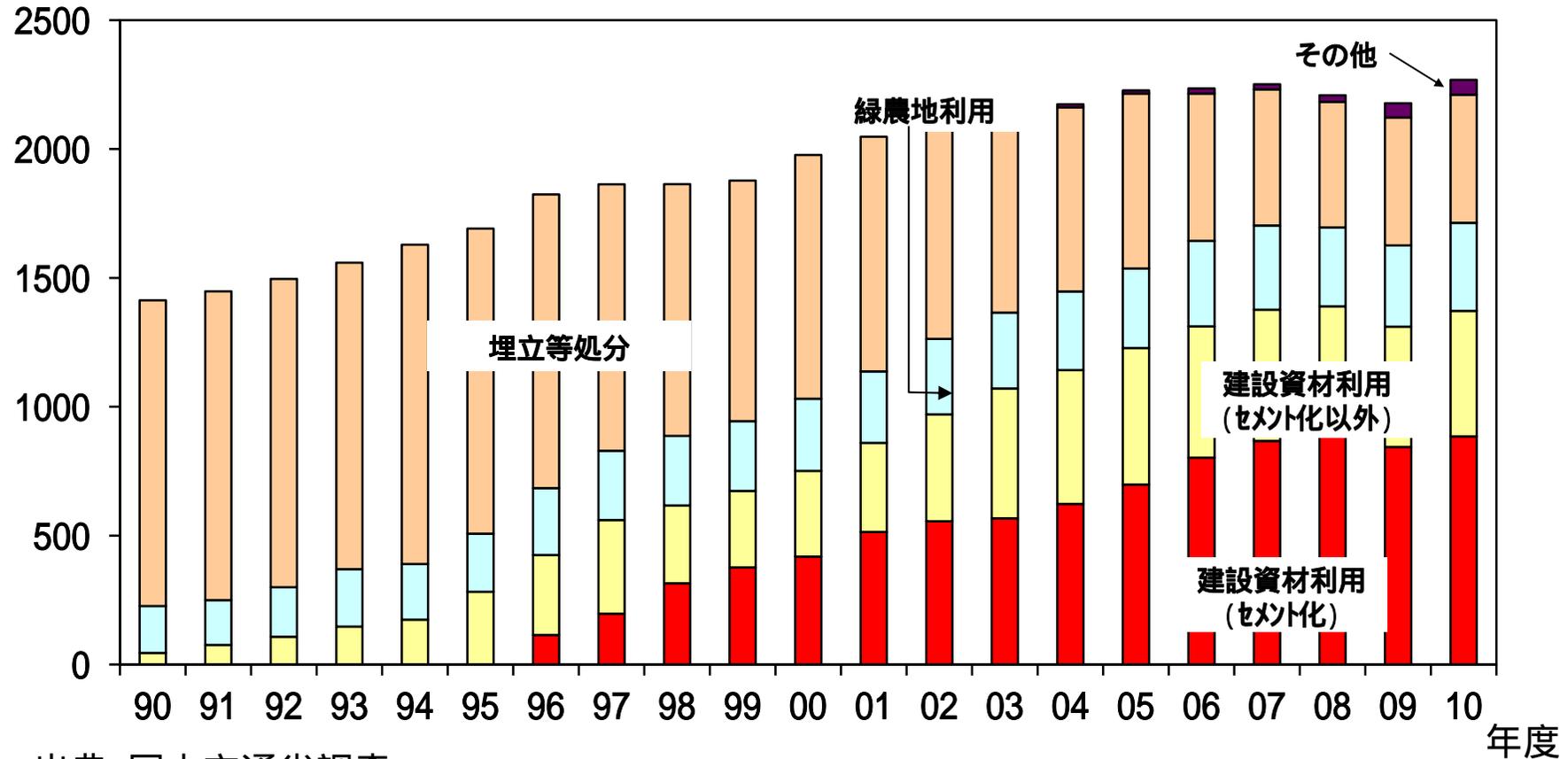
出所: 日本フライアッシュ協会

■ セメント用 ■ その他利用 ■ 埋立処理

全国の石炭火力発電所で発生する石炭灰の約6割を受け入れ

下水汚泥の発生量および有効利用状況の推移

発生汚泥量
(千DS-t)



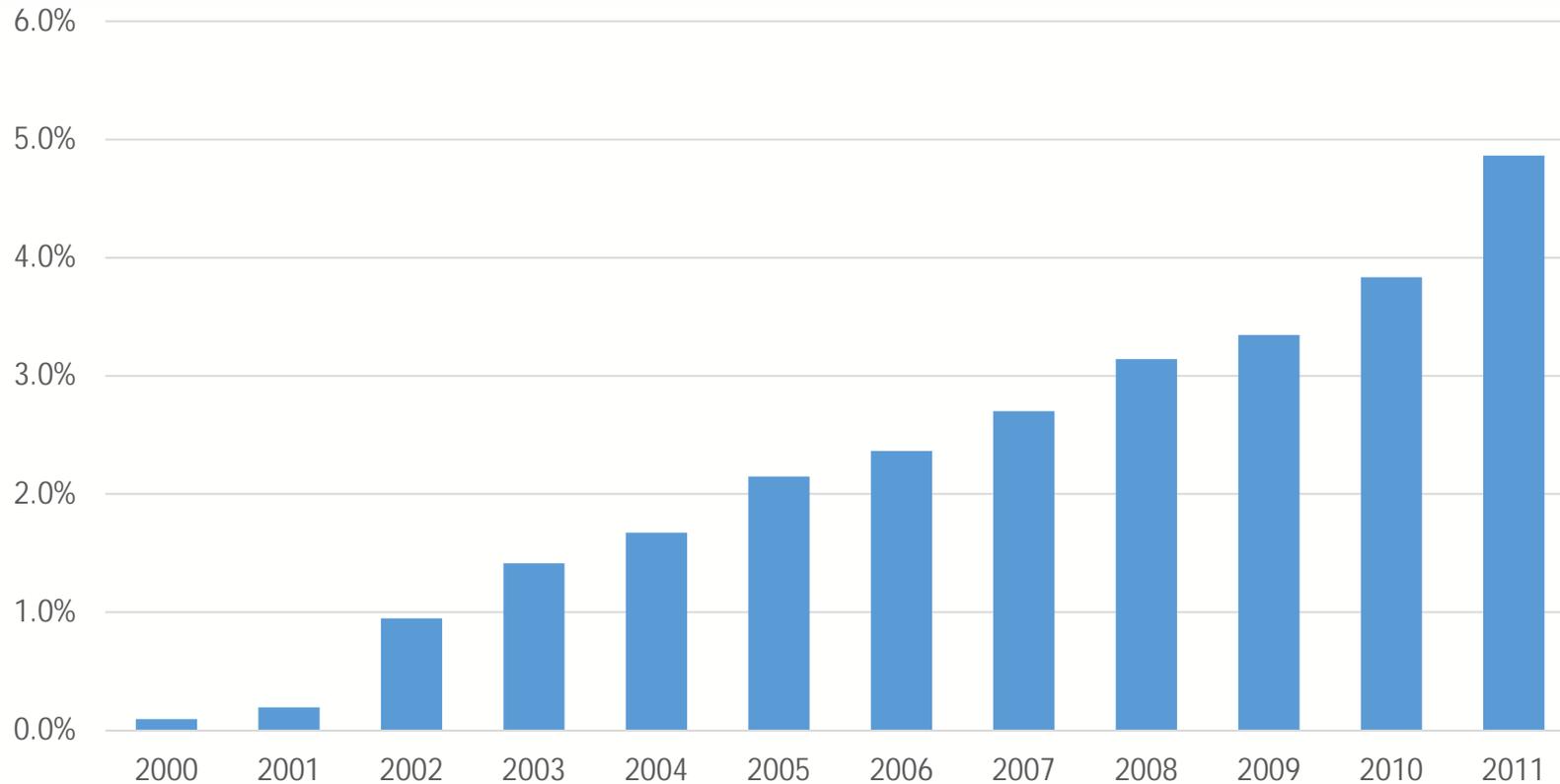
出典：国土交通省調査

発生時DSベース：汚泥の濃縮後の形態における、汚泥中の固形分(dry solid)の重量

全国の下水処理場で発生する下水汚泥の約4割を受け入れ

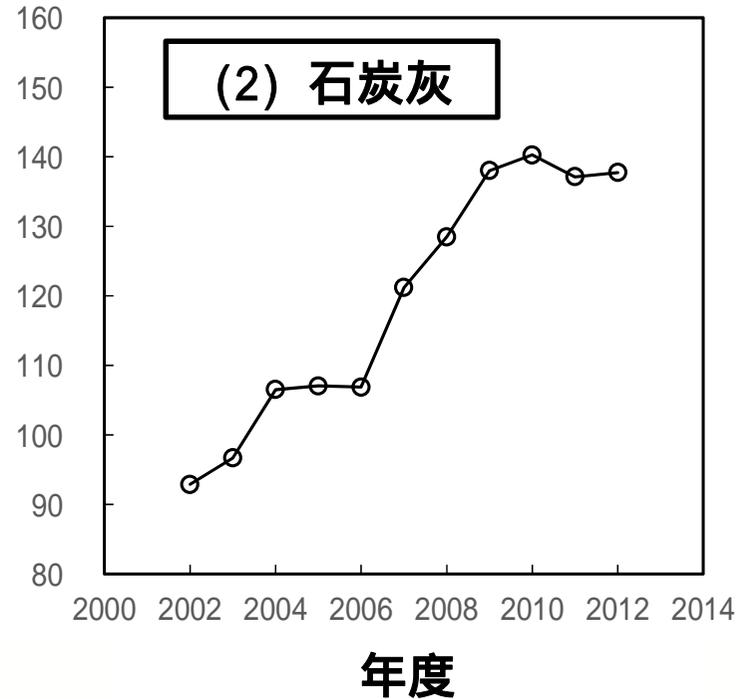
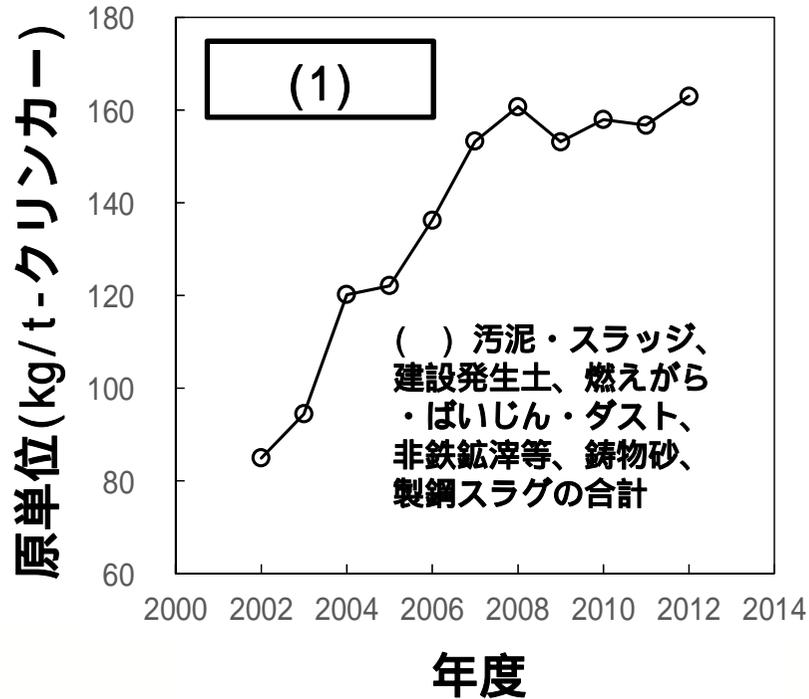


都市ごみ焼却灰の発生量に占めるセメント業界の 受け入れ割合の推移

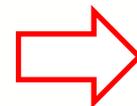


$$\text{受入割合(\%)} = \frac{\text{(セメント業界の受け入れ量)}}{\text{(焼却残渣最終処分量) + (セメント業界の受け入れ量)}}$$

廃棄物のクリンカー原料としての利用の課題



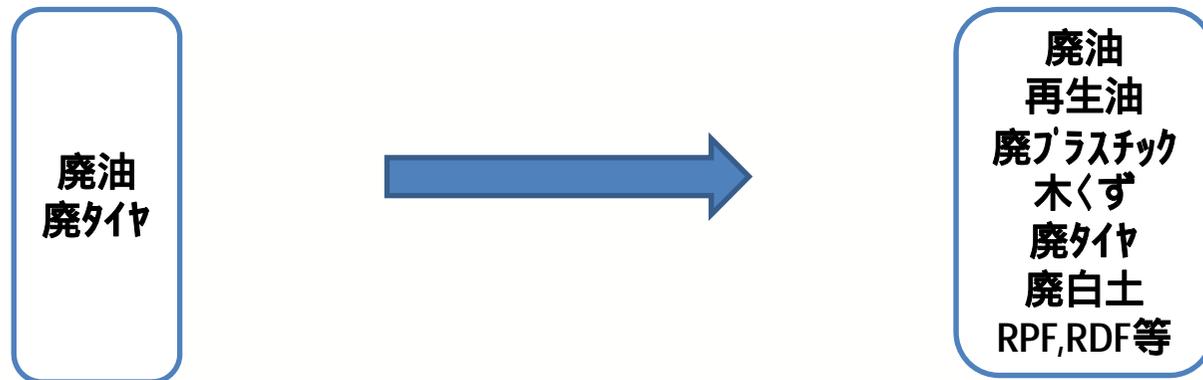
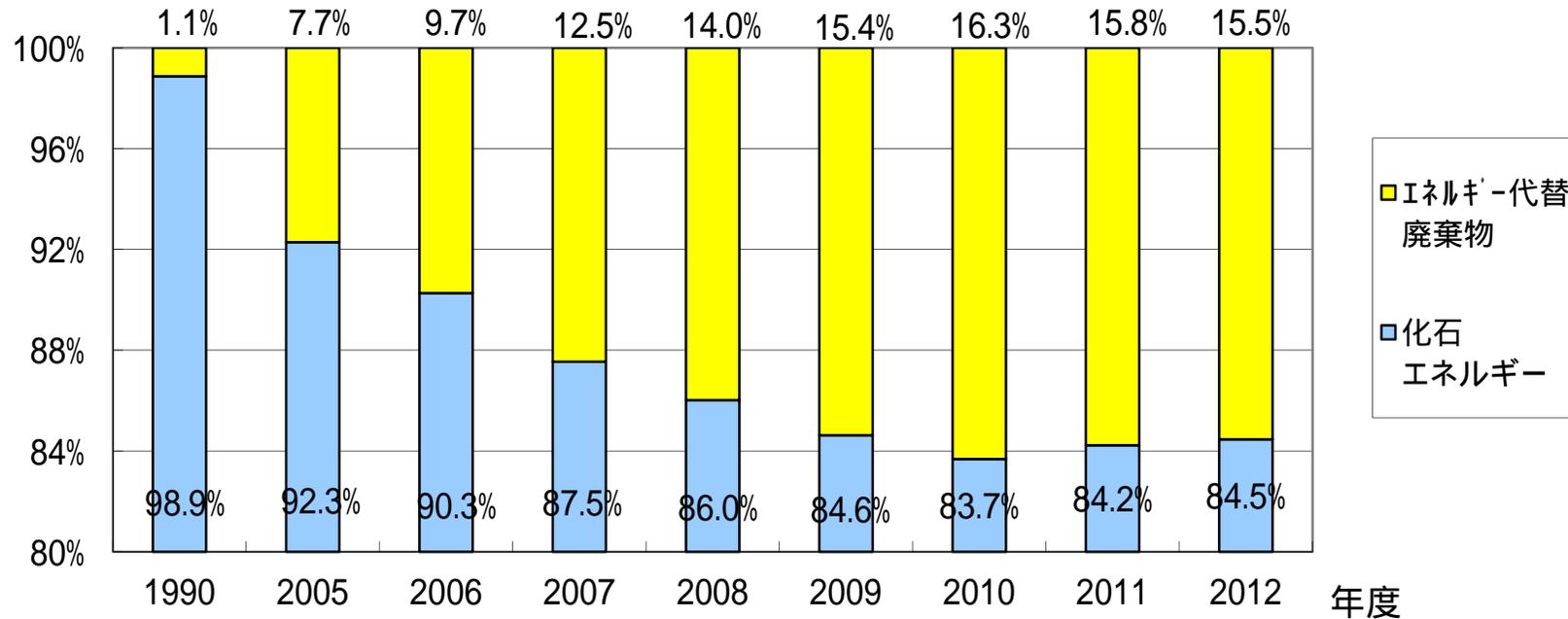
(1)と(2)の合計
2009年度～2012年度は
291.1～300.7(kg/t-クリンカー)



クリンカー原料としての
使用が限界に近づい
ている。

廃棄物のエネルギー利用

セメント製造用熱エネルギー構成比率の推移

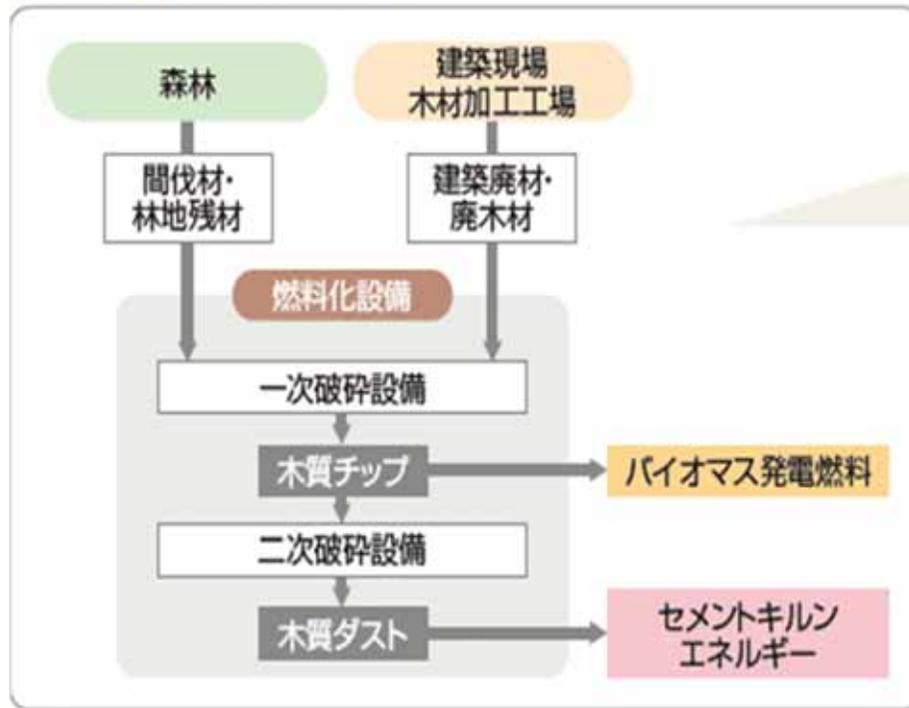


エネルギー自給率の低いわが国では、廃棄物のエネルギー利用も重要

廃棄物のエネルギー利用

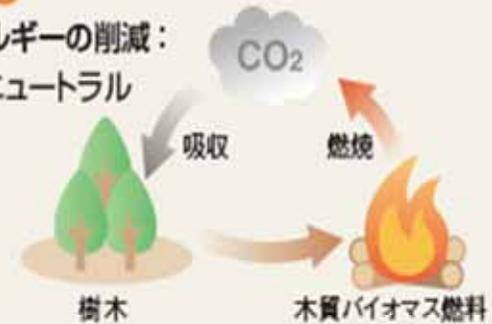
・木質バイオマスのエネルギー利用

木質バイオマス燃料化フロー



POINT ①

化石エネルギーの削減：
カーボンニュートラル



POINT ②

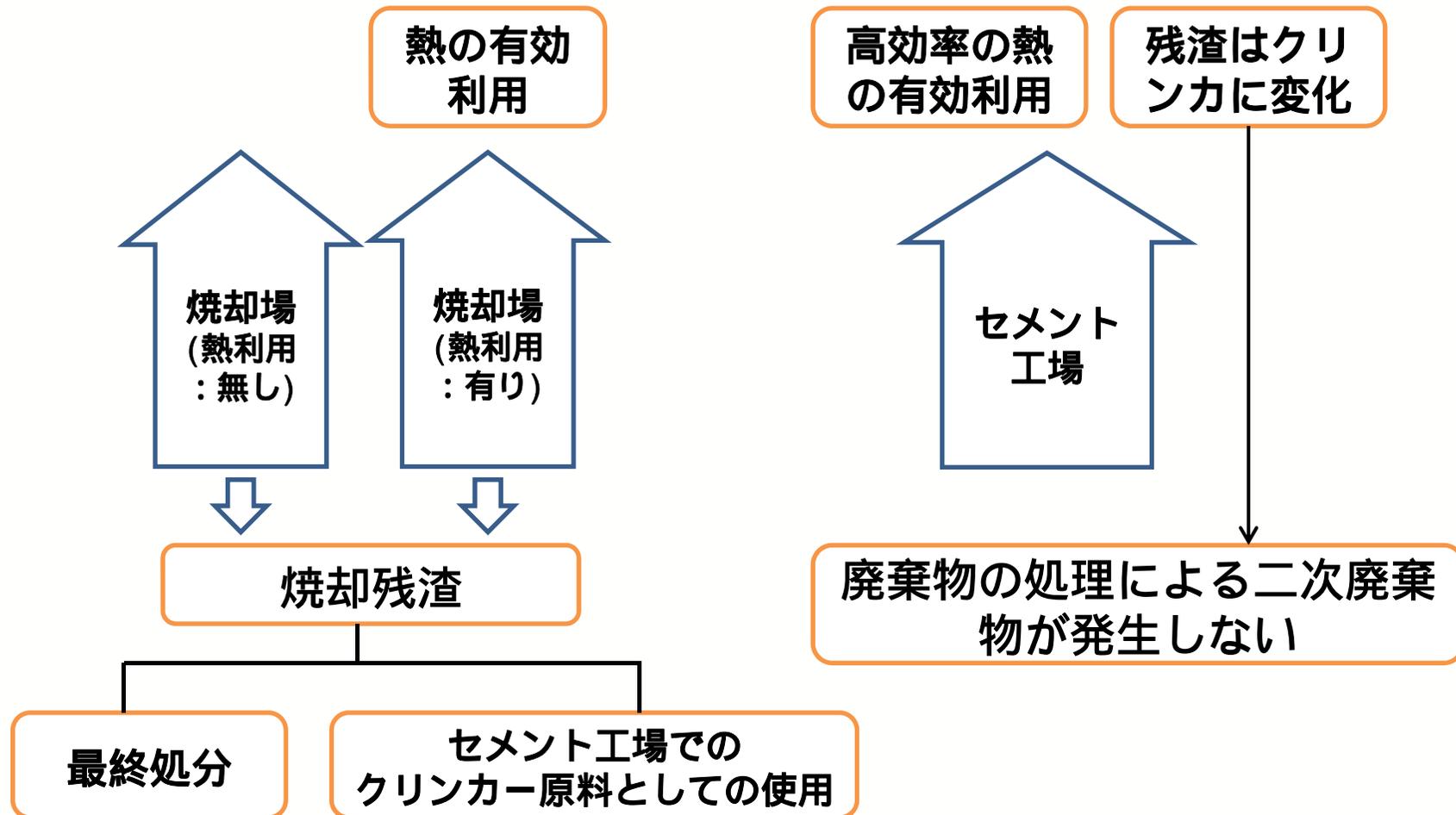
森林整備への貢献：
CO₂吸収量のアップ



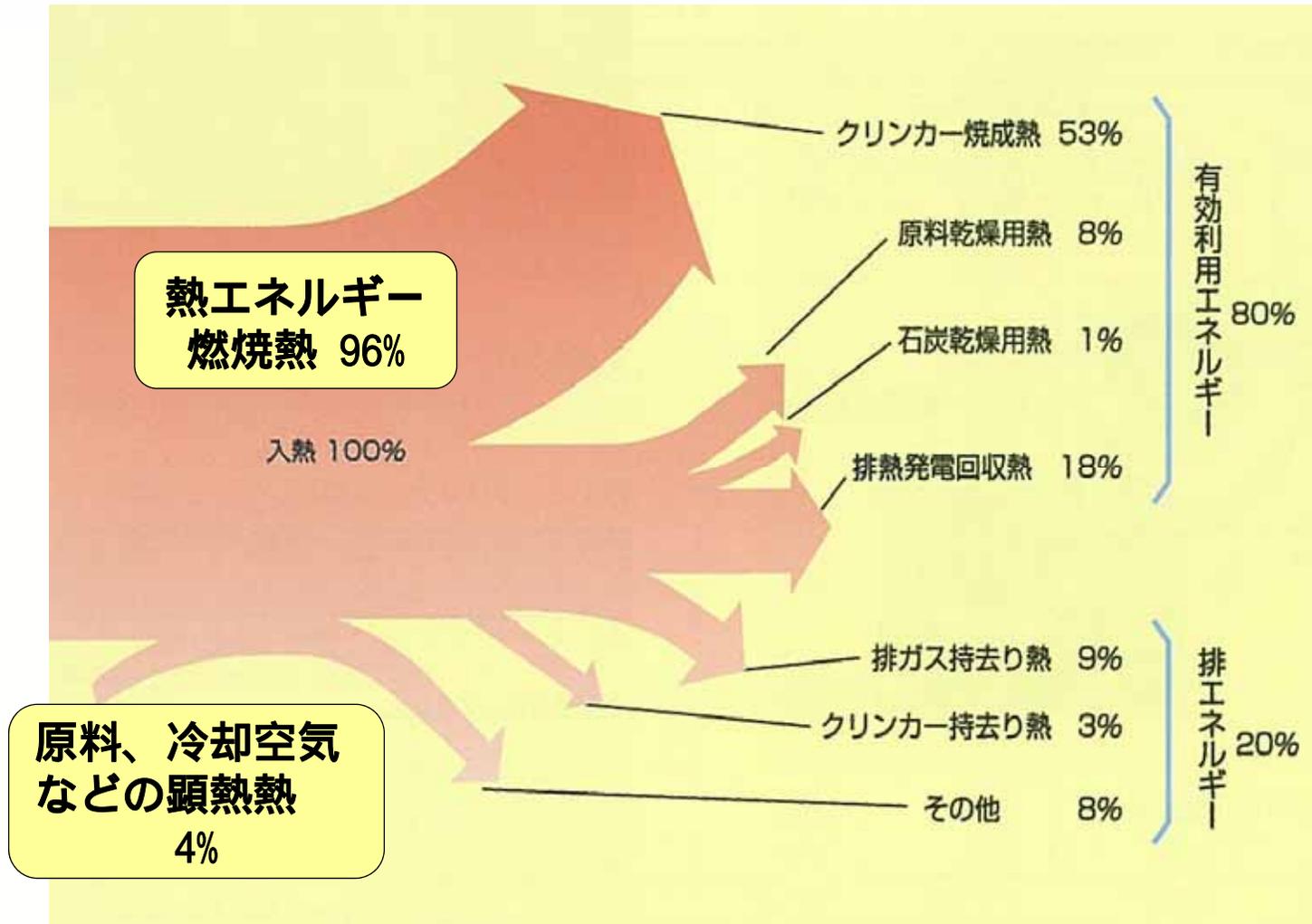
地域の森林整備に協力

住友大阪セメント(株)CSRレポート2012より抜粋

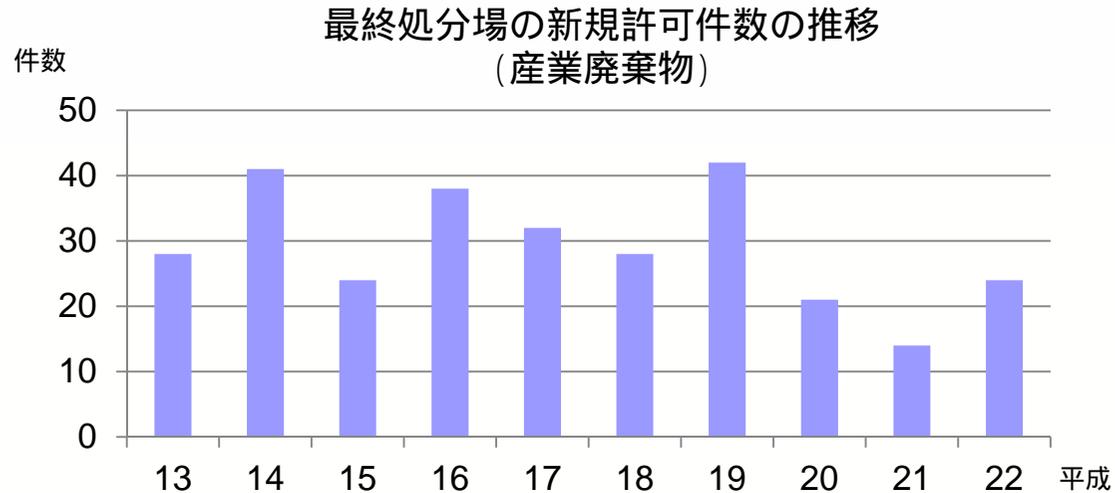
廃棄物のエネルギー利用による考え方



クリンカーの焼成過程における熱エネルギーの有効利用率



最終処分場の延命化

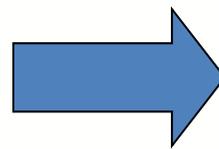


セメント業界が廃棄物・副産物を受入処理している現状での産業廃棄物の最終処分場の残余年数

13.6年

< 環境省発表 >

(2011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...

5.6年

< セメント協会試算値 >



生分解反応（発酵）による都市ごみの資源化システム

工場名：太平洋セメント(株)埼玉工場
場所：埼玉県日高市

< 安全性 >

資源化物はセメントキルンで
高温焼成し無害化
安全に生分解処理
二次廃棄物が発生しない

< 経済性 >

清掃工場が不要
最終処分場が延命

< 地球環境 >

都市ごみの燃焼熱をそのまま利用
(化石エネルギーの削減)



不法投棄問題への貢献

わが国最大級の不法投棄事件(投棄量 109万 m^3)



写真出所: 岩手県
<http://www.pref.iwate.jp/kankyou/fuhoutouki/18923/015687.html>

青森県側 : 11ha (投棄量 約84万 m^3) 岩手県側 : 16ha (投棄量 約25万 m^3)

撤去された産業廃棄物を近隣のセメント工場で受入処理

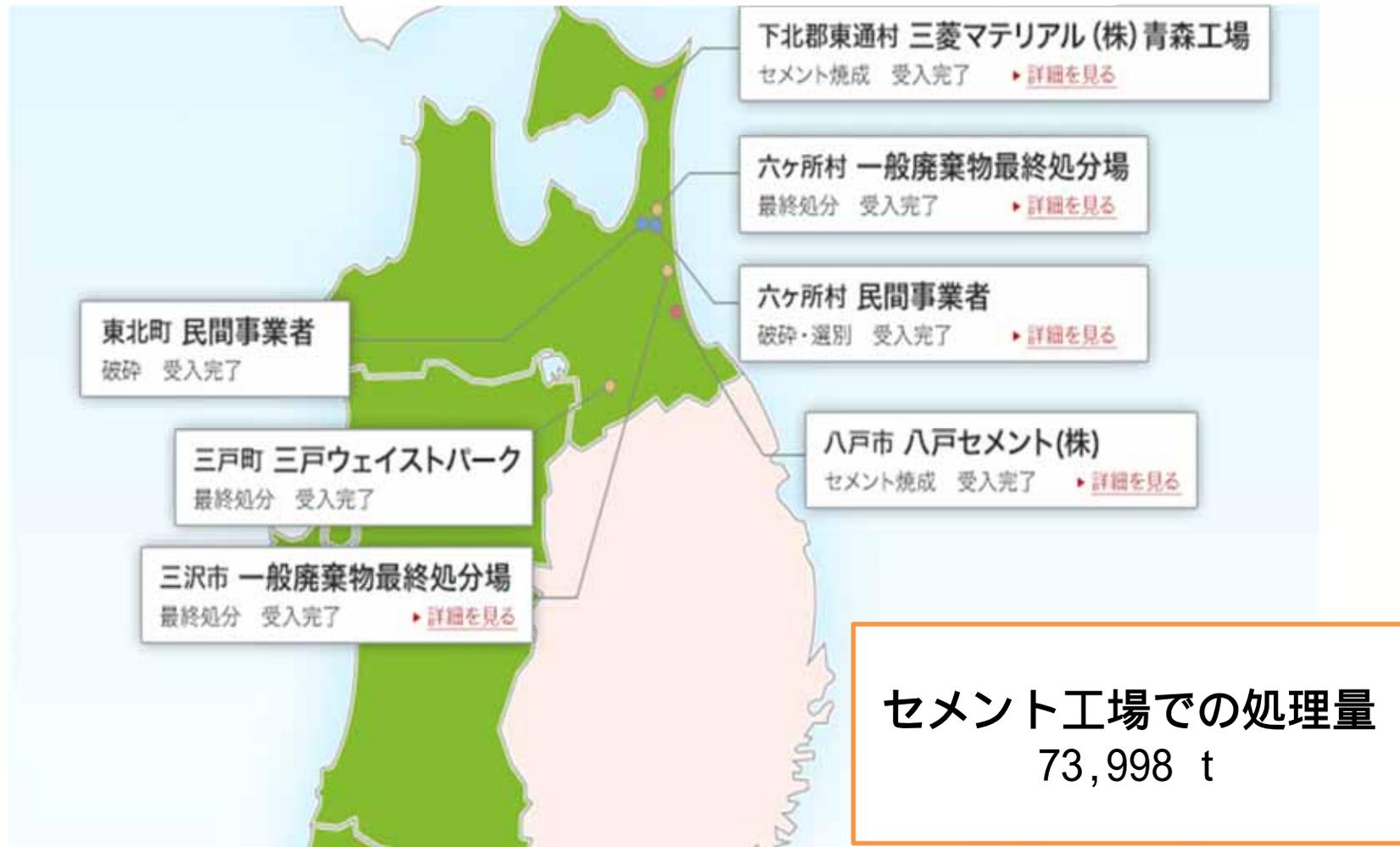
災害廃棄物の処理(岩手県)

表-3.2 平成24年度末時点の災害廃棄物処理処分先

| 処理・処分先 | 処理量(t) | 構成比(%) |
|-----------------------|-----------|--------|
| 建設資源化(津波堆積土、コンクリートがら) | 1,204,500 | 59.1 |
| リサイクル(金属くず) | 111,500 | 5.5 |
| リサイクル(燃料化、堆肥化) | 34,700 | 1.7 |
| リサイクル(その他) | 2,000 | 0.1 |
| 沿岸市被災市町村外廃棄物焼却施設 | 33,100 | 1.6 |
| 沿岸市被災市町村内廃棄物焼却施設 | 33,100 | 1.6 |
| 仮設焼却炉(宮古市内) | 29,500 | 1.4 |
| 旧熔融炉(釜石市内) | 22,500 | 1.1 |
| セメント工場(焼却)可燃物 | 51,100 | 2.5 |
| セメント工場(焼却)不燃物 | 27,900 | 1.4 |
| セメント工場(焼成)可燃物 | 104,500 | 5.1 |
| セメント工場(焼成)不燃物 | 232,500 | 11.4 |
| セメント工場(焼成)その他 | 400 | 0.0 |
| 広域処理(柱材・角材) | 16,700 | 0.8 |
| 広域処理(可燃物) | 60,500 | 3.0 |
| 広域処理(不燃物) | 34,200 | 1.7 |
| 広域処理(その他) | 13,000 | 0.6 |
| その他(最終処分等) | 27,900 | 1.4 |
| 合計 | 2,039,600 | 100.0 |

416,400 t
20.4%

災害廃棄物の受け入れ処理(広域処理)

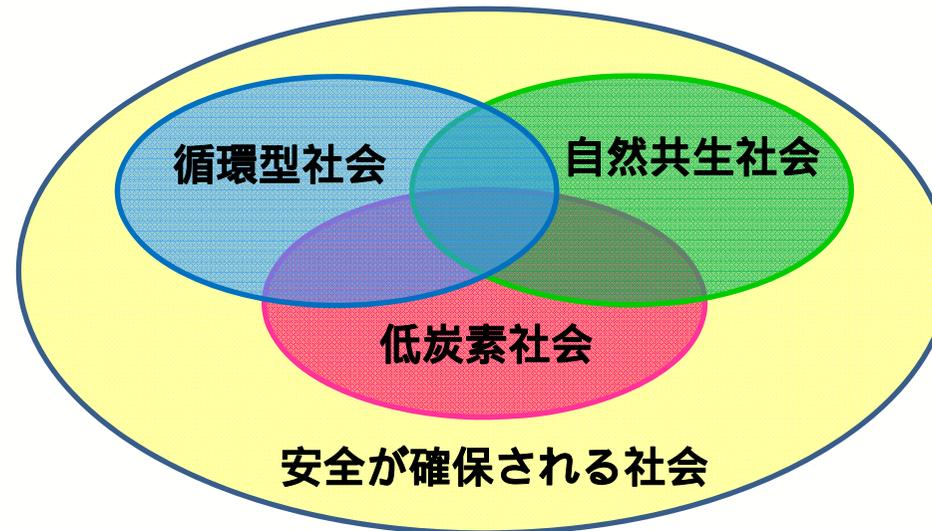


出所：環境省「がれき処理データサイト」

セメント業界は
今後も限りある資源を大切に
資源循環型社会の構築に一層貢献して参ります。

ご清聴ありがとうございました

持続可能な社会



第四次環境基本計画(平成24年4月27日)における
「目指すべき持続可能な
社会の姿」をもとに作図