



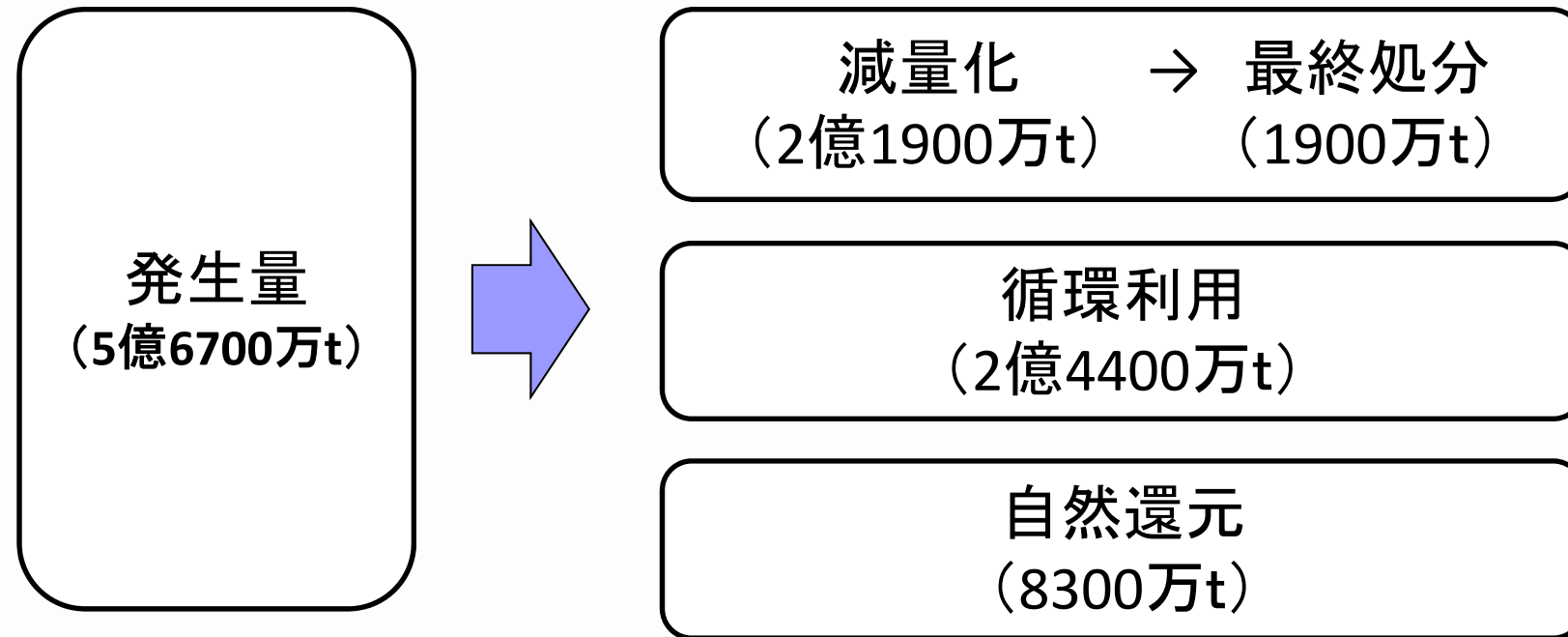
セメント産業における廃棄物の有効活用

2013年10月24日

一般社団法人 セメント協会
生産・環境委員長 関根福一

わが国の廃棄物等の発生量

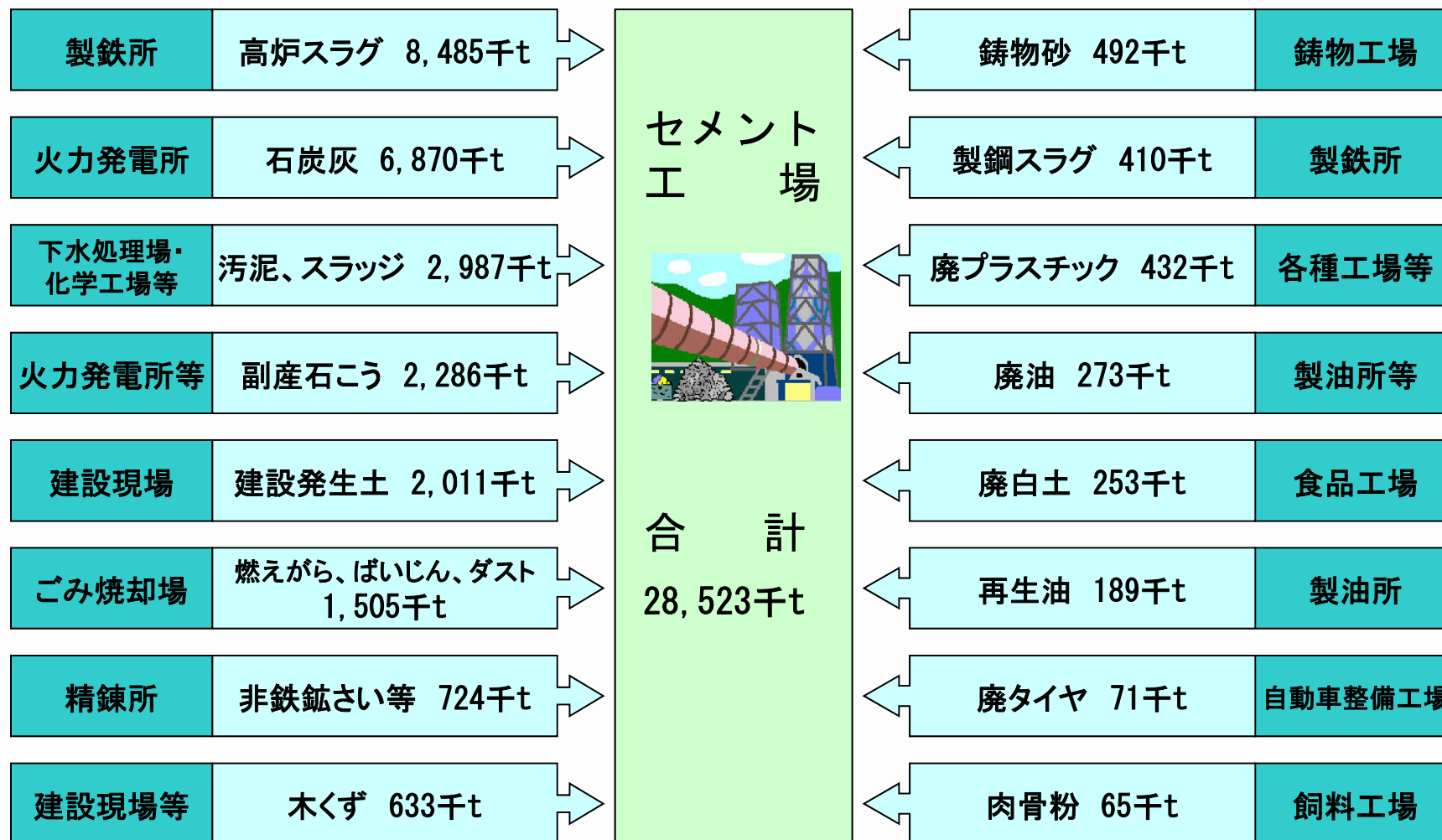
2010年度の状況



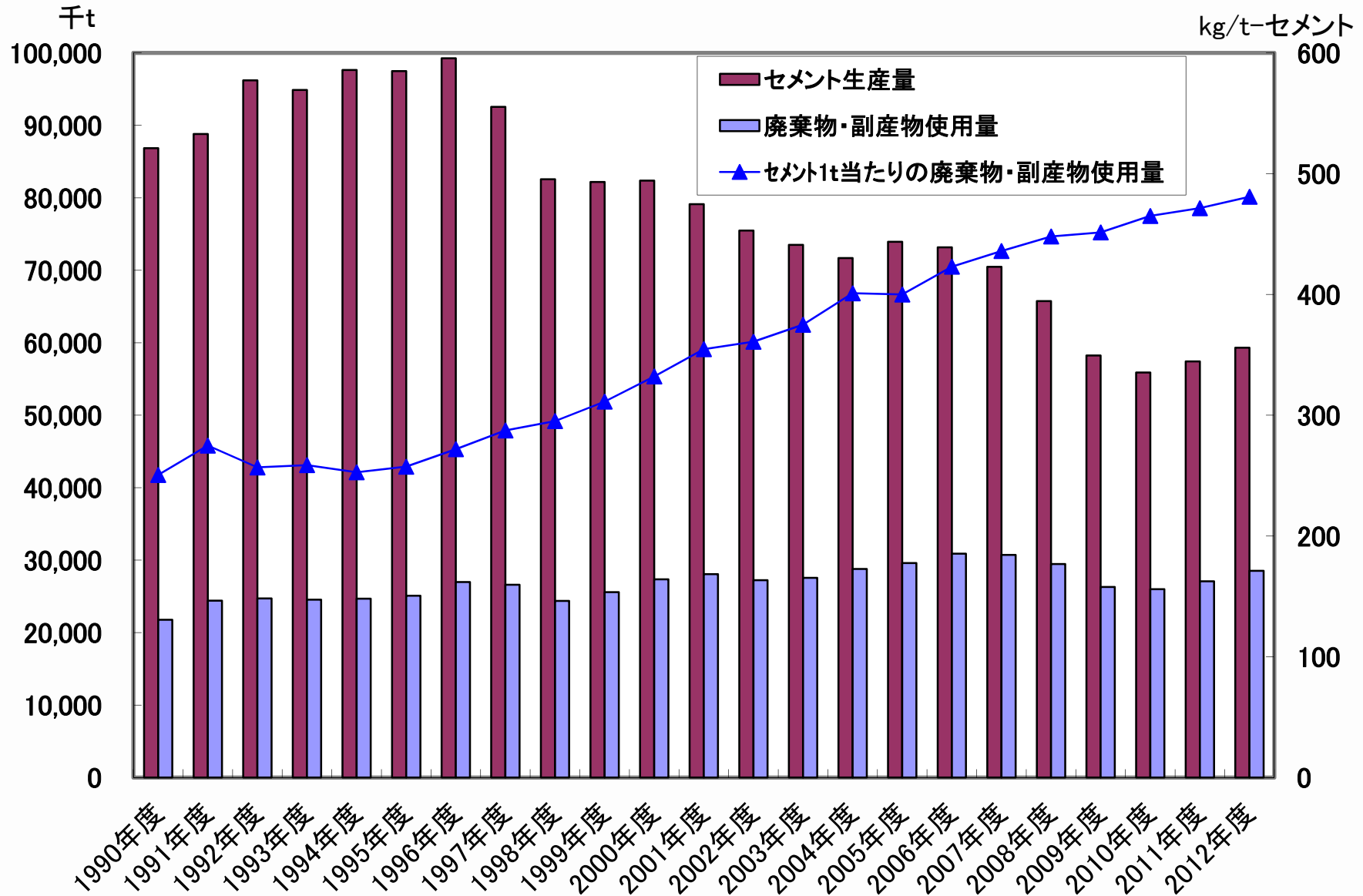
わが国の「循環利用」の内、約1割をセメント工場で有効活用

※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

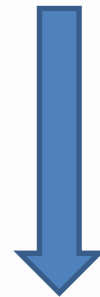
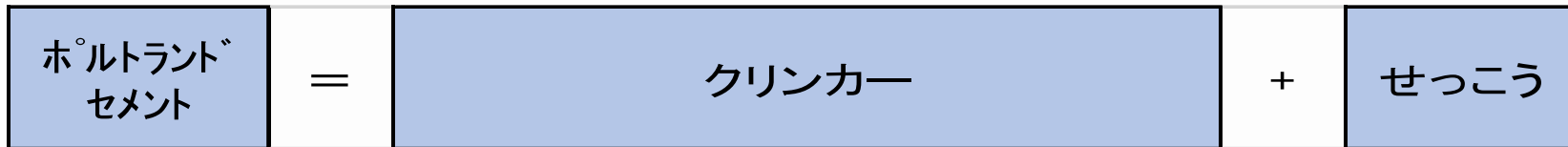


廃棄物・副産物使用量の推移



セメントとクリンカーの構成

セメントの構成

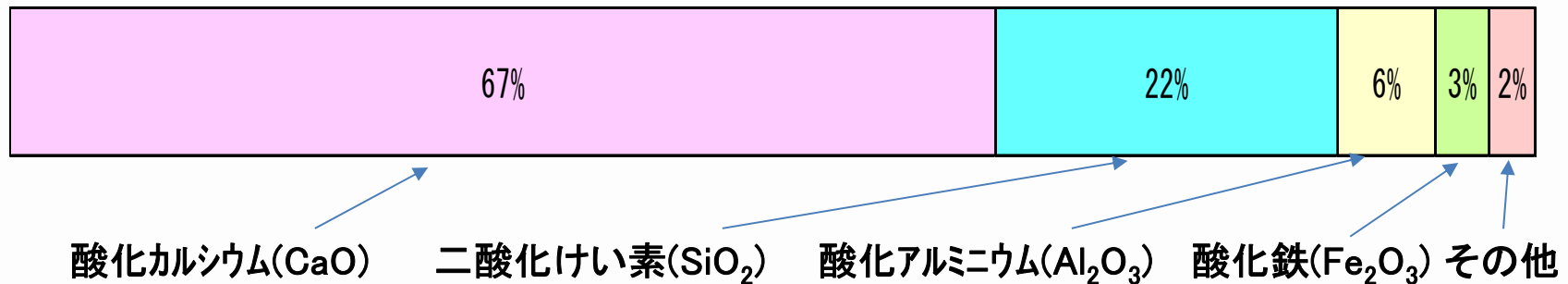


調合原料を熱エネルギーにより
1,450度の高温で焼成



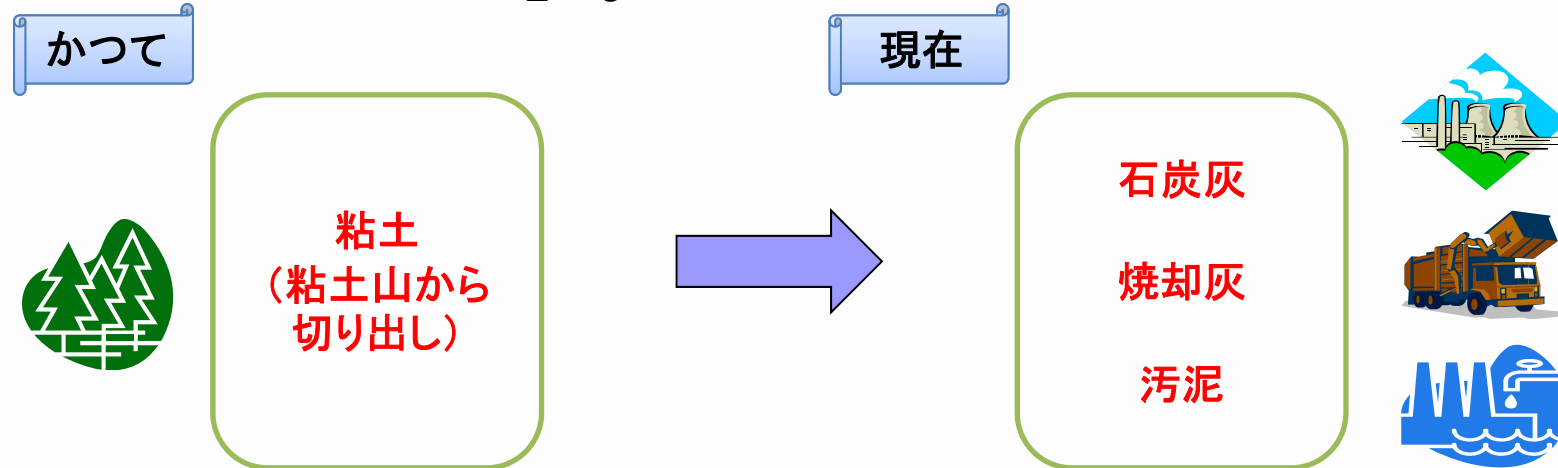
クリンカーの写真

代表的なクリンカーの化学組成



クリンカー原料としての廃棄物の利用例

酸化アルミニウム (Al₂O₃) の場合



化学組成の一例

クリンカー原料	酸化カルシウム	二酸化けい素	酸化アルミニウム	酸化鉄
粘土	～5%	40～80%	10～30%	3～10%
石炭灰	5～20%	40～65%	10～30%	3～10%
焼却灰	20～30%	20～30%	10～20%	～10%
下水汚泥	5～30%	20～30%	20～50%	5～10%

※2012年度では、クリンカー原料として使用した粘土類のほとんどが上記廃棄物に置き換わっている。

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

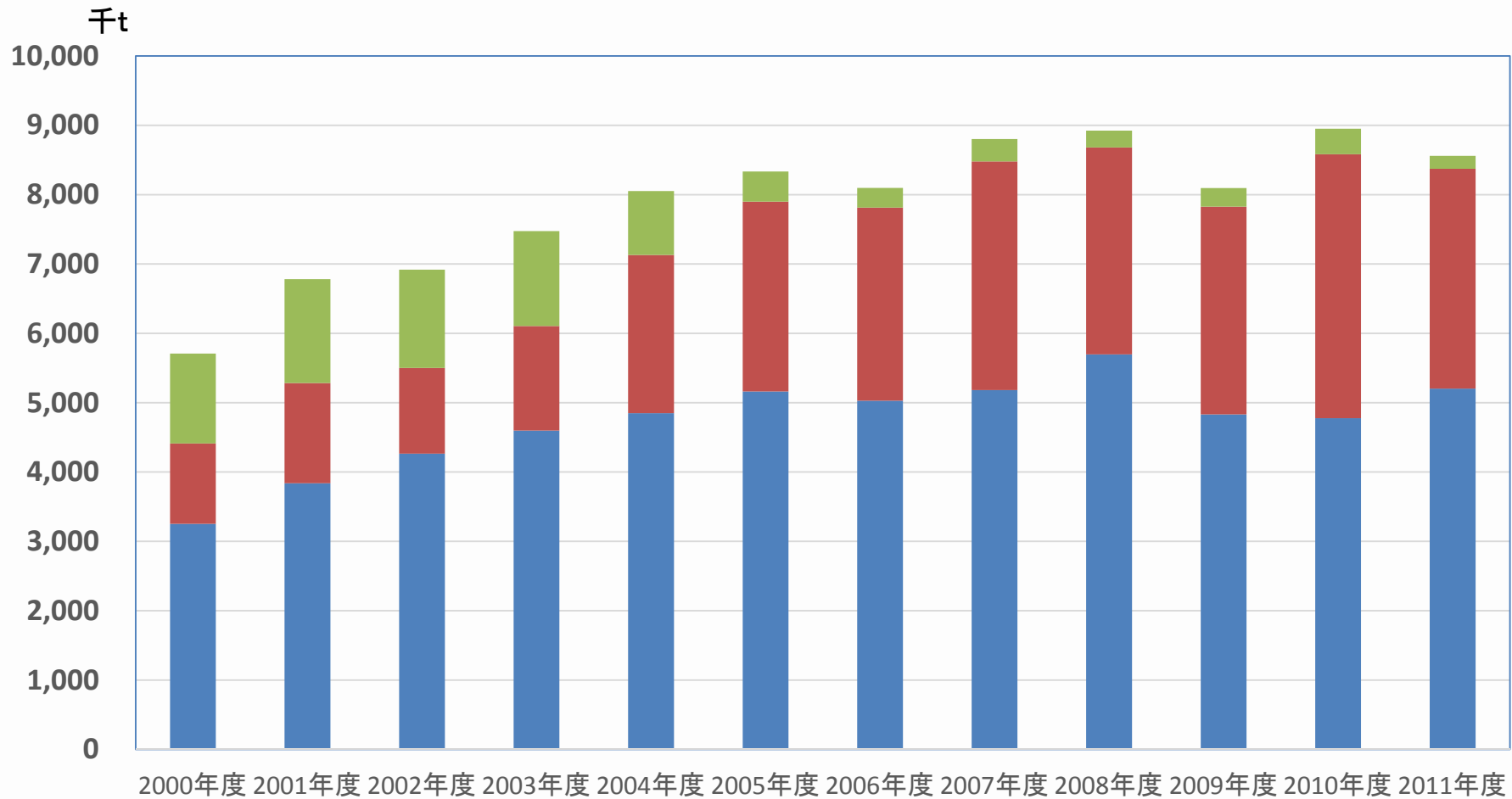


ごみ処理事業

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



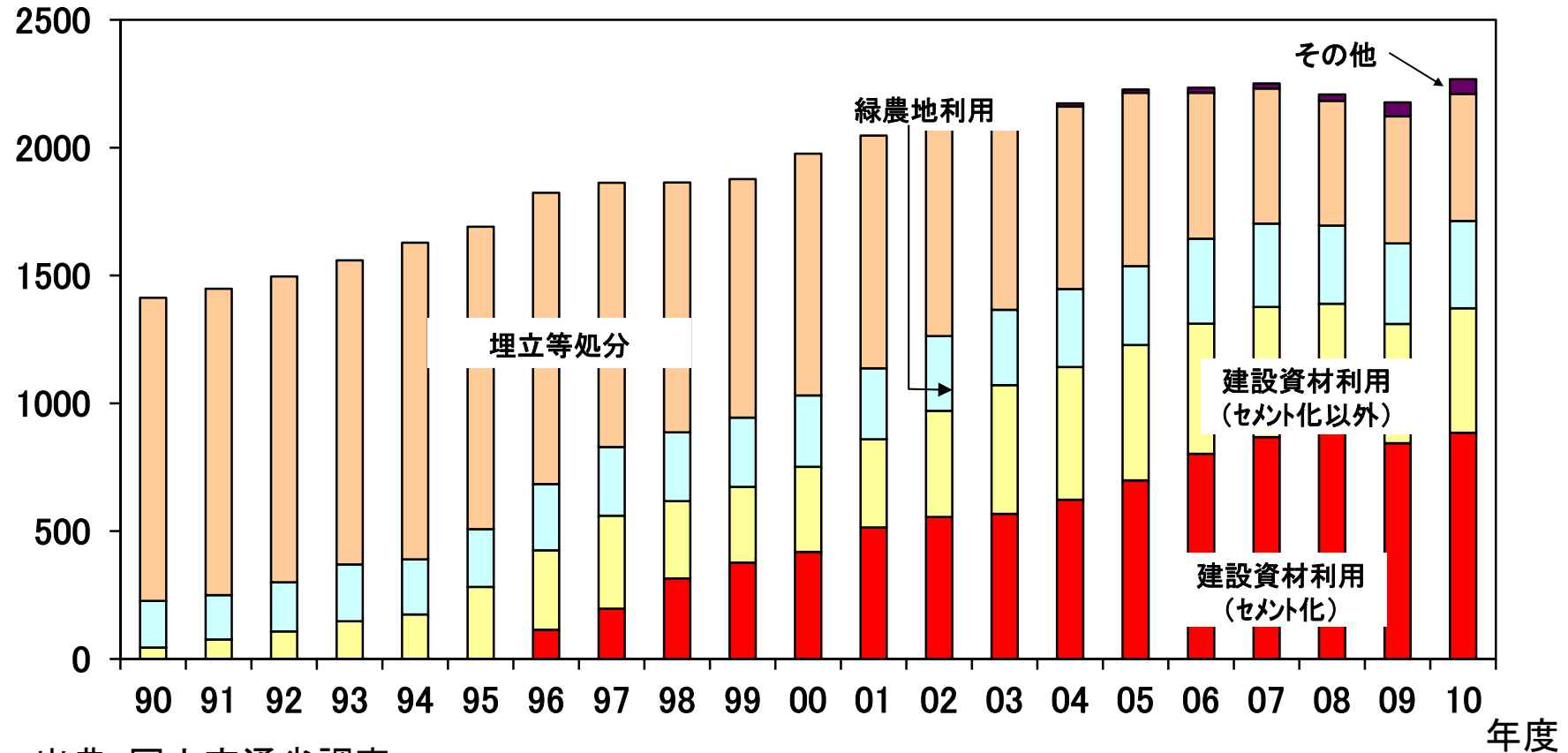
出所: 日本フライアッシュ協会

■ 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)



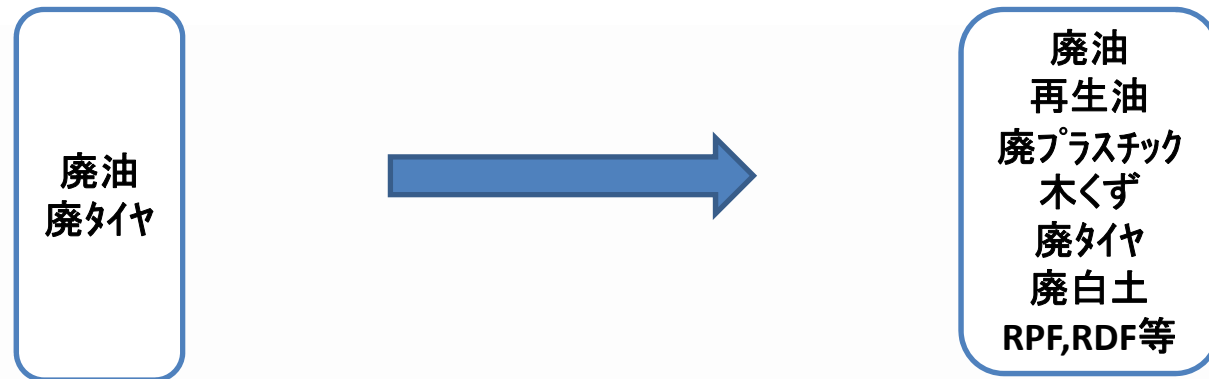
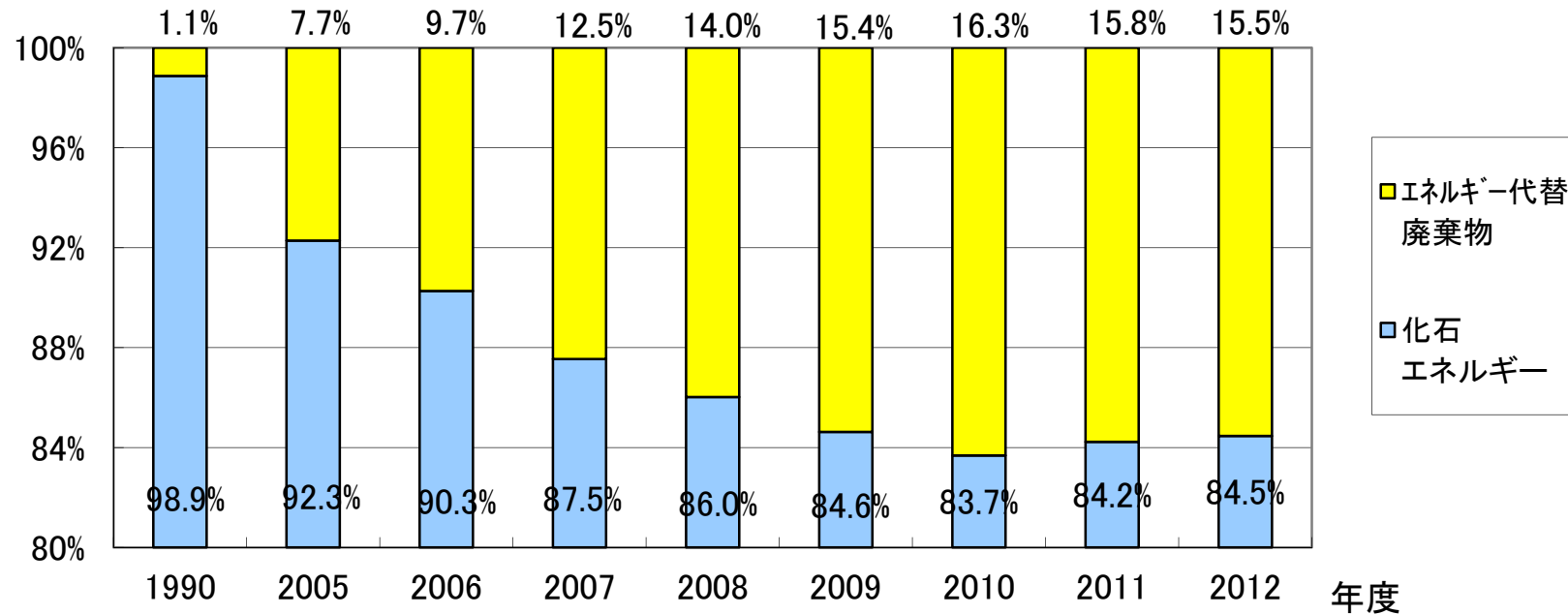
出典：国土交通省調査

※ 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

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

最近の廃棄物のエネルギー利用例

ASR (automobile shredder residue)

廃車となった自動車からフロンを回収した後に解体し、エアバック・ドア・エンジン等を取り外した後の部材を破碎し、金属類を回収し、最後に残る破碎くず。

かつては、ほとんどが埋立処分。

自動車リサイクル法に基づく自動車メーカーのリサイクル率向上に貢献

詳細:公益財団法人自動車リサイクル促進センターに掲載



脱水汚泥の乾燥 & バイオマス利用

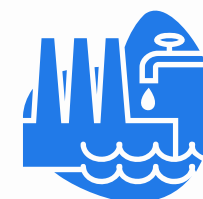
セメントの製造過程で発生する排ガスの余熱を有効利用

脱水有機汚泥を乾燥し、バイオマスエネルギーに

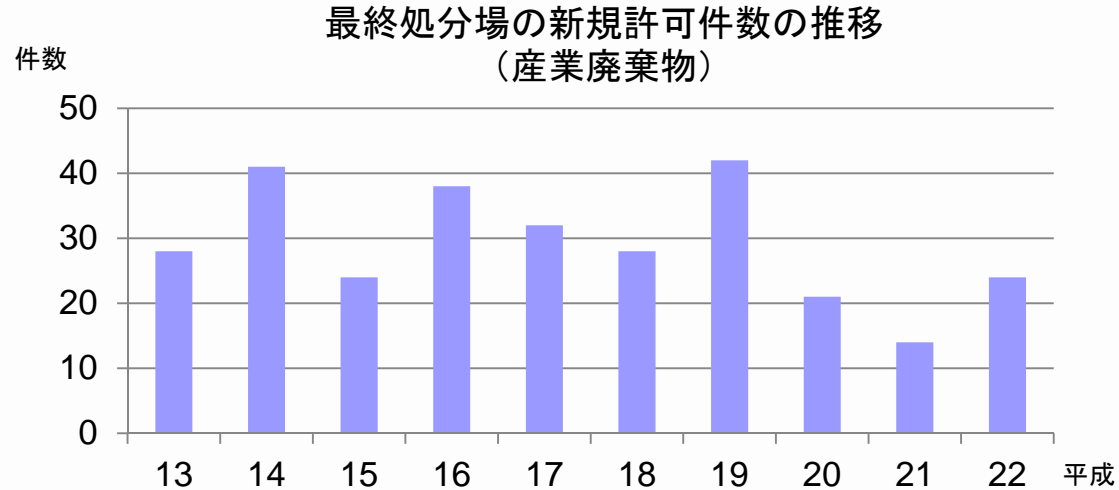
セメント製造における熱の利用率向上に資するだけでなく、

キルンの能力を維持したままリサイクル量の拡大が可能

詳細:住友大阪セメント(株)HP「ニュースリリース(H22/03/08)」に掲載



最終処分場の延命化

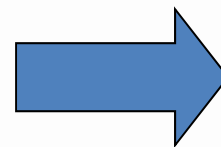


セメント業界が廃棄物・副産物を受入処理している現状での産業廃棄物の最終処分場の残余年数

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>



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

2013年10月24日

重工業研究会及び業界紙との定例懇談会

セメント産業の廃棄物の有効活用 － 補足資料 －

セメント協会
生産・環境委員会

【P. 2】わが国の廃棄物等の発生量

本図は、2010年度における廃棄物等の発生量を示している。

「減量化」とは焼却処理を指す。また、「自然還元」とは「農業から排出される稲わら、麦わら、もみがらの内、直接農地へのすき込み利用を行った量、又、畜舎敷地などに利用後に農地に還元された量」とされている。

2010年度における循環利用量「2億4400万 t」の主な内訳は次のとおりである。

がれき類	5600万 t
鉱さい	5300万 t
鉄スクラップ	3200万 t
古紙	1600万 t
汚泥	1600万 t
金属くず	1300万 t
紙くず	500万 t
木くず	500万 t

[出典]

環境省

平成24年度廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環移動量実態調査報告書

【P. 4】廃棄物・副産物使用量の推移

セメント業界の廃棄物・副産物の使用状況の推移は以下のとおりである。

(単位：千t)

品目	主な用途	1990年度	1995年度	2000年度	2005年度	2010年度	2011年度	2012年度
高炉スラグ	混合材、 原料	12,228	12,486	12,162	9,214	7,408	8,082	8,485
石炭灰	原料、 混合材	2,021	3,103	5,145	7,185	6,631	6,703	6,870
汚泥・スラッジ	原料	312	905	1,906	2,526	2,627	2,673	2,987
副産せつこ う	原料 (添加 材)	2,300	2,502	2,643	2,707	2,037	2,158	2,286
建設発生土	原料	-	-	-	2,097	1,934	1,946	2,011
燃え殻	原料	478	487	734	1,189	1,307	1,394	1,505
非鉄鉱さい	原料	1,233	1,396	1,500	1,318	682	675	724
木くず	熱エネルギー	-	-	2	340	574	586	633
鑄物砂	原料	169	399	477	601	517	526	492
廃プラスチック	熱エネルギー	-	-	102	302	418	438	432
製鋼スラグ	原料	779	1,181	795	467	400	446	410
廃油	熱エネルギー	141	107	120	219	275	264	273
廃白土	熱エネルギー	41	94	106	173	238	246	253
再生油	熱エネルギー	0	126	239	228	195	192	189
廃タイヤ	原料、 熱エネルギー	101	266	323	194	89	73	71
肉骨粉	原料、 熱エネルギー	-	-	0	85	68	64	65
ボタ	原料、 熱エネルギー	1,600	1,666	675	280	0	0	0
その他		361	379	431	468	595	606	835
合計		21,763	25,097	27,359	29,593	25,995	27,073	28,523

	1990年度	1995年度	2000年度	2005年度	2010年度	2011年度	2012年度
セメント生産高	86,849	97,496	82,373	73,931	55,902	57,426	59,310
セメント1t当たりの使用量 (kg/t)	251	257	332	400	465	471	481

注) セメント生産高には「その他のセメント」は含まれていない。

[出典]

セメントハンドブック2013年度版

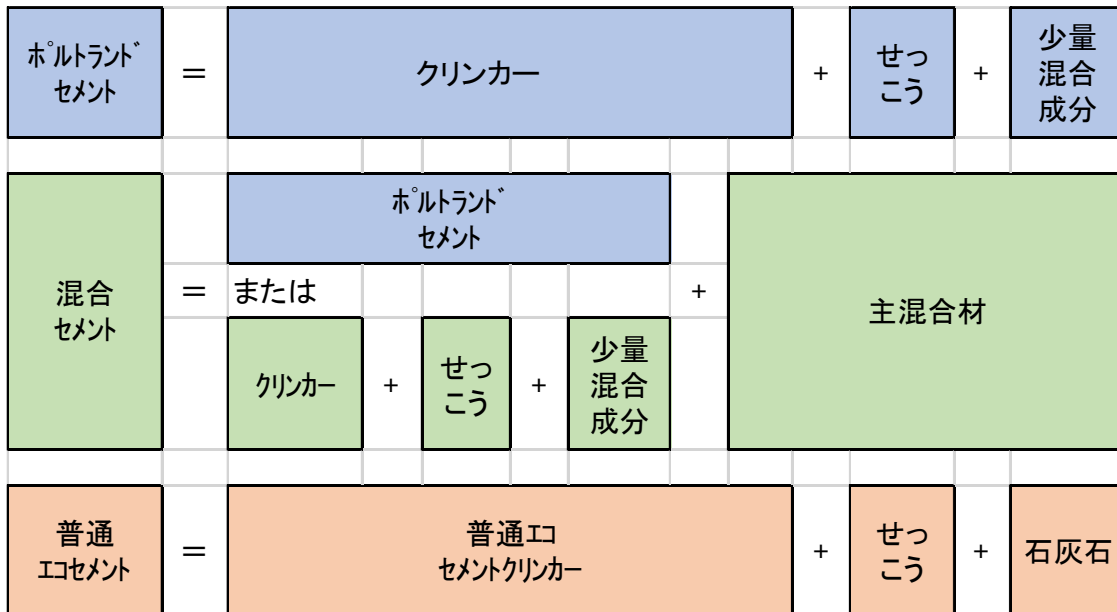
【P. 5】セメントとクリンカーの構成

(1)セメントの構成

- ・本図はポルトランドセメントの**基本構成**と代表的なクリンカーの化学組成を示している。
- ・ポルトランドセメントは、クリンカーにせつこうを加えて細かい粉末状に粉砕したものである。

<参考>

- ・市販されているセメントの品質については、日本工業規格で定められており、構成は下図のとおりである。



- 注 1) 少量混合成分とは、高炉スラグ、フライアッシュ、シリカ質混合材、石灰石の4種類で、普通、早強、超早強の各ポルトランドセメントに対し、質量で5%まで混合することが認められている。
- 2) ここでいう少量混合成分には主混合材を含まない。また、その混合量はクリンカー、せつこう、少量混合成分の含量に対し質量で5%以下。
- 3) 普通エコセメントにおいて、速硬エコセメントには石灰石の混合は認められておらず、また構成の要素として硫酸ナトリウムが加わる。

(2) クリンカーの製造

[STEP 1 (原料工程)]

目的のセメント(例えば、普通ポルトランドセメント)用のクリンカーを製造するために、目的の化学組成となるように原料調合が管理されているため、原料として天然原料以外に廃棄物を活用することが出来ることが大きな特長である。

なお、クリンカーの化学組成はセメントの種類により異なる。例えば、早く硬化する早強ポルトランドセメント用のクリンカーは普通ポルトランドセメント用のクリンカーと比較して、酸化カルシウムの含有量が高い。

[STEP 2 (焼成工程)]

調合された原料は、プレヒーターで予熱された後、直径4~6m、長さは60~100mのロータリーキルン(円筒状の鋼鉄のパイプで、内部に隙間無く耐火レンガが貼られている)に投入され、約1450℃で焼成される。焼成過程における化学変化の詳細は省略するが、この焼成工程で、調合原料はクリンカーへと変化する。

ロータリーキルンの右側(出口)から焼成されたクリンカーが排出され、クリンカークーラーで空気により急冷される。

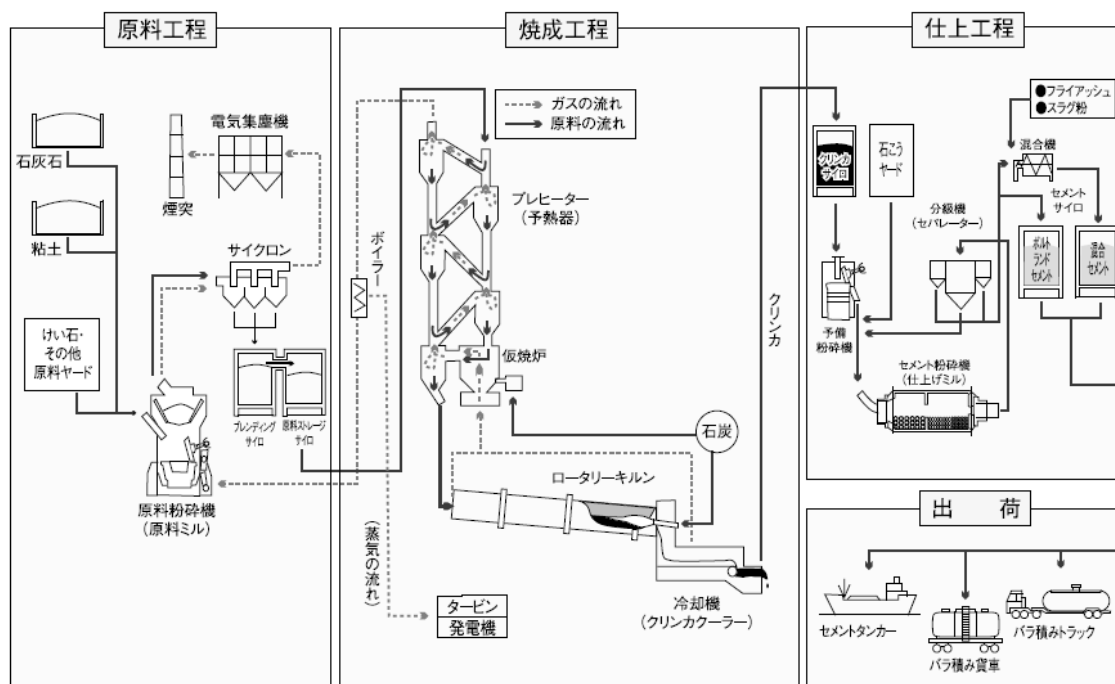


図1 セメントの製造工程¹⁾

[STEP 3 (仕上工程)]

クリンカーにせっこうを加え、微粉砕してポルトランドセメントにする工程である。

なお、混合セメントについては、上記の図においては、混合機でポルトランドセメントと高炉スラグまたはフライアッシュが混合され製造される過程が示されている。

【P. 6】 クリンカー原料としての廃棄物の利用例

(1) クリンカーの酸化アルミニウム (Al_2O_3) 源の原料として、かつては「粘土」が多く使用されていたが、現在は「廃棄物」でほとんど賄われていることを示している。

クリンカー原料として廃棄物の使用が進んだことにより、ポルトランドセメント製造に使用された天然粘土の使用原単位は大幅に減少した。

表 ポルトランドセメント製造における粘土の使用原単位
(単位：kg/t-ポルトランドセメント)

2001年度	2011年度
45.7	4.1

(2) クリンカーの二酸化けい素 (SiO_2) 源の例を示す。鑄物砂の二酸化けい素含有量は天然のけい石に近く、けい石の代替として使用することが出来る。

表 けい石と鑄物砂の化学組成例

	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_2O_3)	酸化鉄 (Fe_2O_3)
けい石	~2%	70~95%	2~10%	~5%
鑄物砂	~5%	50~80%	5~15%	5~15%

鑄物砂などのけい石の代替となる廃棄物の使用により、ポルトランドセメント製造に使用されたけい石の使用原単位は減少した。

ポルトランドセメント製造におけるけい石の使用原単位は次のとおりとなっている。

表 ポルトランドセメント製造におけるけい石の使用原単位
(単位：kg/t-ポルトランドセメント)

2001年度	2011年度
79.0	60.3

【P. 8】石炭火力発電所で発生する石炭灰の受け入れ

(1) 本図は電力会社の石炭火力発電所からの石炭灰の発生量と有効利用量の推移を示している。セメント業界は、電力会社の石炭火力発電所以外の施設で発生する石炭灰の受け入れも行っており、2011年度における石炭灰の使用量は670万tで、内訳は次のとおりである。

表 石炭灰の受け入れ量

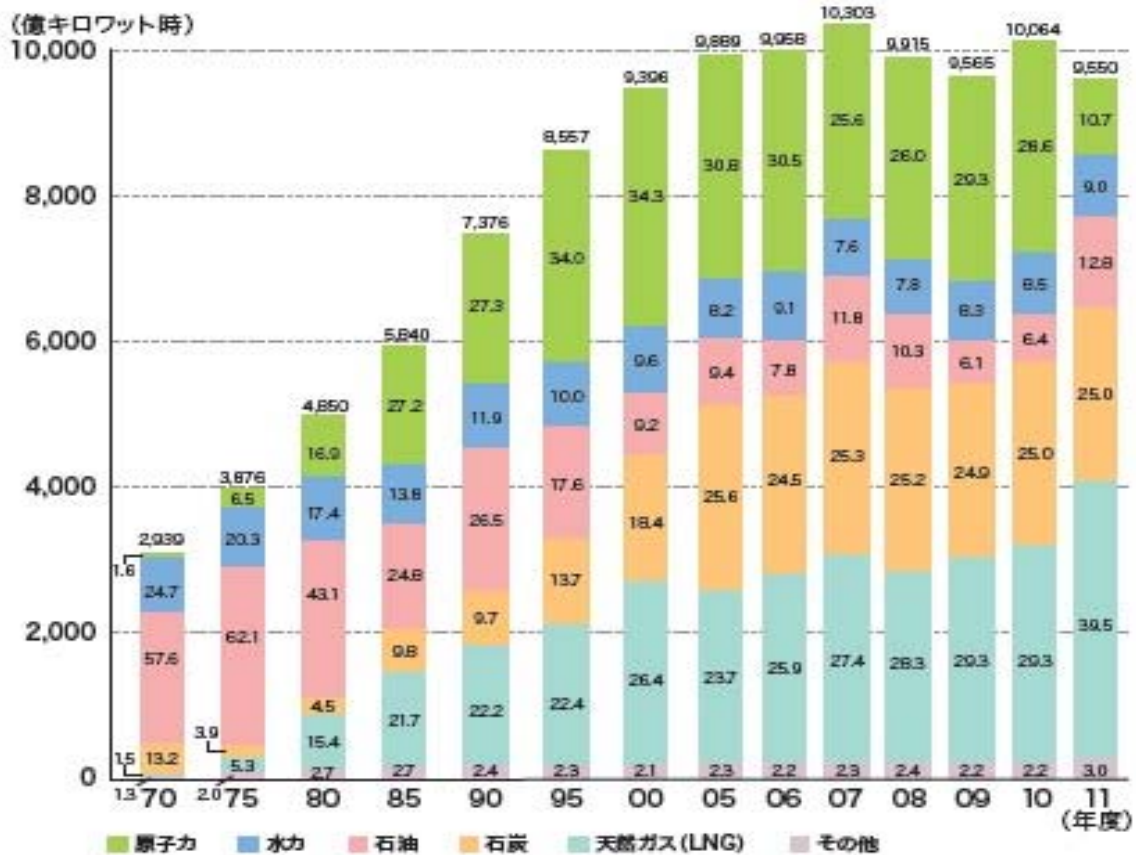
(単位：千t)

電力会社からの受け入れ量	5,200
電力会社以外からの受け入れ量 (自家火力発電を有する事業所より排出)	1,500

＜参考＞

東京電力など一般電気事業者のエネルギー別発電電力量構成比の推移は次のとおりで、2011年度における石炭火力発電の占める割合は25%となっている。

■エネルギー別発電電力量構成比の推移(一般電気事業用)



注：1. その他は、その他ガス、LPG、地熱、層青質混合物など。
 2. 四捨五入の関係で割合の合計が100%にならないことがある。
 出典：電源開発の概要 ほか

[出典]

電気事業連合会

【P. 9】下水汚泥の発生量および有効利用状況の推移

本図は、全国で発生する下水汚泥の発生量と有効利用状況の推移を示したグラフである。

2010年度では、全国で226万tの下水汚泥が発生し、その約4割に相当する88万tがセメント資源化されている(1996年度以降、利用している)。

国土交通省が発表した下水汚泥の発生量と有効利用量の推移は以下のとおりとなっている。

表 下水汚泥のマテリアル利用の推移

年度	合計 (千Ds-t)	内訳 (千Ds-t)								リサイクル 率 (%)
		処分			有効利用					
		埋立	海洋 還元	その他	建設資材 (セメント化 除く)	建設資材 (セメント 化)	緑農地 利用	燃 料 化等	そ の 他 有 効 利用	
95	1,691	1,136	20	28	282		226			30
96	1,824	1,062	28	49	311	114	260			38
97	1,863	1,009	10	15	364	197	269			45
98	1,864	908	7	63	302	315	270	0		48
99	1,877	884	4	45	296	377	271	0		50
00	1,977	899	4	42	333	419	280	0		52
01	2,047	868	1	41	345	514	277	0		56
02	2,105	811	1	29	415	556	293	1		60
03	2,138	728	1	30	504	567	295	12		64
04	2,174	661	0	52	519	623	305	13		67
05	2,227	637	0	42	530	698	308	12		70
06	2,235	560	0	11	509	803	332	20		74
07	2,251	522	0	6	509	868	326	15	5	77
08	2,208	463	0	25	500	890	306	16	9	78
09	2,177	448	0	49	466	844	315	27	28	77
10	2,268	473	0	24	487	885	342	20	38	78
11	2,218	686	0	316	323	505	331	21	35	55

出展：国土交通省

〈参考〉 都市ごみ焼却灰の受け入れについて

生活インフラで欠かせないのがごみ処理である。

一般廃棄物（いわゆる都市ごみ）の処理状況は環境省のHPで公表されている。

[詳細は「一般廃棄物処理実態調査結果」

(http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/index.html)で掲載されている。]

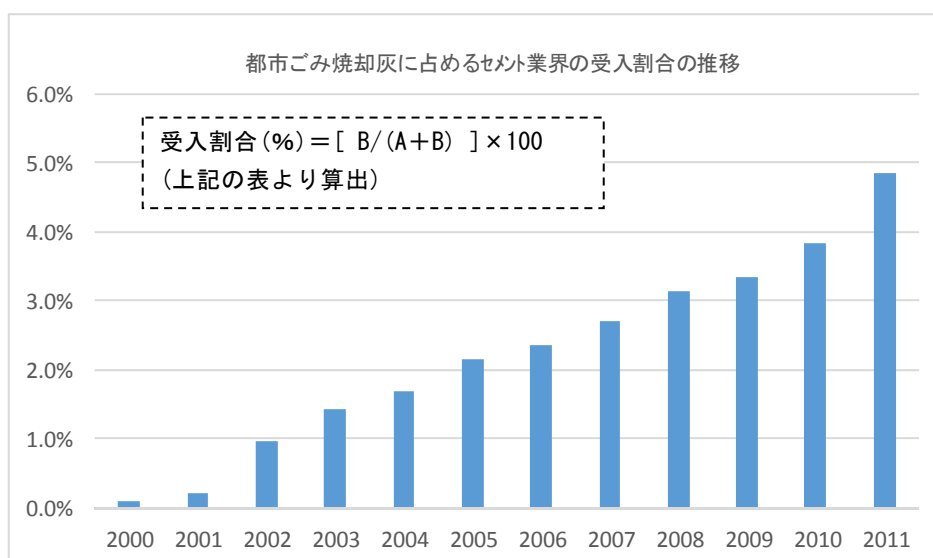
一般廃棄物の焼却処理に伴い発生する焼却灰の埋め立て量は減少傾向を示しているが、それでも350万t以上が埋め立て処理されている。

セメント業界は10年前より都市ごみ焼却灰の受け入れを開始し、受け入れ量は年々増加傾向にある。

表 一般廃棄物焼却残渣の最終処分量の推移

(単位：千t)

年度	一般廃棄物焼却残渣最終処分量 [A]	セメント業界の一般廃棄物焼却残渣処理量 [B]
1998	5,760	
1999	5,733	
2000	5,682	5
2001	5,645	11
2002	5,296	51
2003	5,112	73
2004	4,868	83
2005	4,548	100
2006	4,363	106
2007	4,037	112
2008	3,811	124
2009	3,595	124
2010	3,466	138
2011	3,512	180



【P. 10】廃棄物のエネルギー利用

本図は、セメント製造用熱エネルギーの構成比の推移を示している。

セメント業界で使用しているエネルギー代替廃棄物の品目は次のとおりである。

品目	概要
廃白土	食料油や洗剤油脂の脱色に使われる活性の白土
廃タイヤ	
廃プラスチック	
木くず	建設廃材、製材所の端材、間伐材など
肉骨粉	
R D F	Refuse Derived Fuelの略。ごみ固形化燃料とも呼ぶ。生ごみ・廃プラスチック、古紙などの可燃性のごみを、粉砕・乾燥したのちに生石灰を混合して、圧縮・固化したもの
R P F	Refuse Paper & Plastic Fuelの略。主に産業系廃棄物のうち、マテリアルリサイクルが困難な古紙及びプラスチックを原料とした高カロリーの固形燃料
廃油	
再生油	

【P. 12】最近の廃棄物のエネルギー利用例

ASRについて

- ・ASRとは“Automobile Shredder Residue”の略で、自動車破碎残さのことです。使用済み自動車からエアバッグ類やフロン類、ドア、エンジンなどの部品を取り外し、破碎（シュレディング）して有用金属を回収した後に残るのがASRで、かつては、そのほとんどが埋め立て処分されていた。
- ・日本では2005年に自動車リサイクル法が施行され、拡大生産者責任の考えにもとづき、自動車メーカーが引取・再資源化することが義務づけられている。
- ・再資源化を効率よく行うために、自動車メーカーは各地域のリサイクル施設と契約し、指定引取場所として引取業務を委託している。

- ・ASRの詳細については豊通リサイクル株式会社のHPに掲載されている。

<http://www.toyotsurecycle.co.jp/ASR/asr-question.html>

【P. 13】最終処分場問題への貢献

本図は廃棄物の最終処分場の新規立地件数の推移とセメント業界の廃棄物利用による最終処分場の延命について示している。

(1)最終処分場の延命の必要性

- ・廃棄物の最終処分場はリサイクルの進展に伴い、残余年数は緩和されつつも、新規立地の困難性から依然として非常に厳しい状況にあることが環境白書にも記載されている。
- ・国土が狭く、新規立地も困難なわが国では、今ある処分場をいかに大事に長持ちさせるかが重要な課題であり、セメント産業が他産業等から排出される廃棄物・副産物等を有効活用することは最終処分場の延命につながるものである。
- ・最近では、最終処分場を延命させるため、埋立処理されたものを掘り起こし、「汚泥」（「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」での分類）としてセメント工場で受入処理する取り組みも進められている。

(2)セメント業界の最終処分場の延命効果の試算

セメント工場が1年間に受け入れている廃棄物・副産物等を容積に換算すると、東京ドーム容積16杯分(東京ドーム容積：1,240千m³)となる。この容積の試算値を用いると、延命効果は以下のように試算される。

(A)	産業廃棄物最終処分場残余容量 (2011年3月31日現在)	194,529千m ³
(B)	産業廃棄物最終処分場残余年数(2010年4月1日現在)	13.6年
(C)	2011年度以降の産業廃棄物の年間最終処分量試算値 C=A/B	14,304千m ³
(D)	セメント工場が1年間に受け入れている廃棄物・副産物等の容積換算試算値	20,185千m ³
(E)	セメント工場が受入処理しなかった場合、最終処分場の残余年数試算値 E=A/(C+D)	5.6年
(F)	セメント工場が廃棄物等を受入処理することによる最終処分場の延命効果試算値 F=B-E	8.0年

(備考) (A)と(B)の値は環境省の公表値