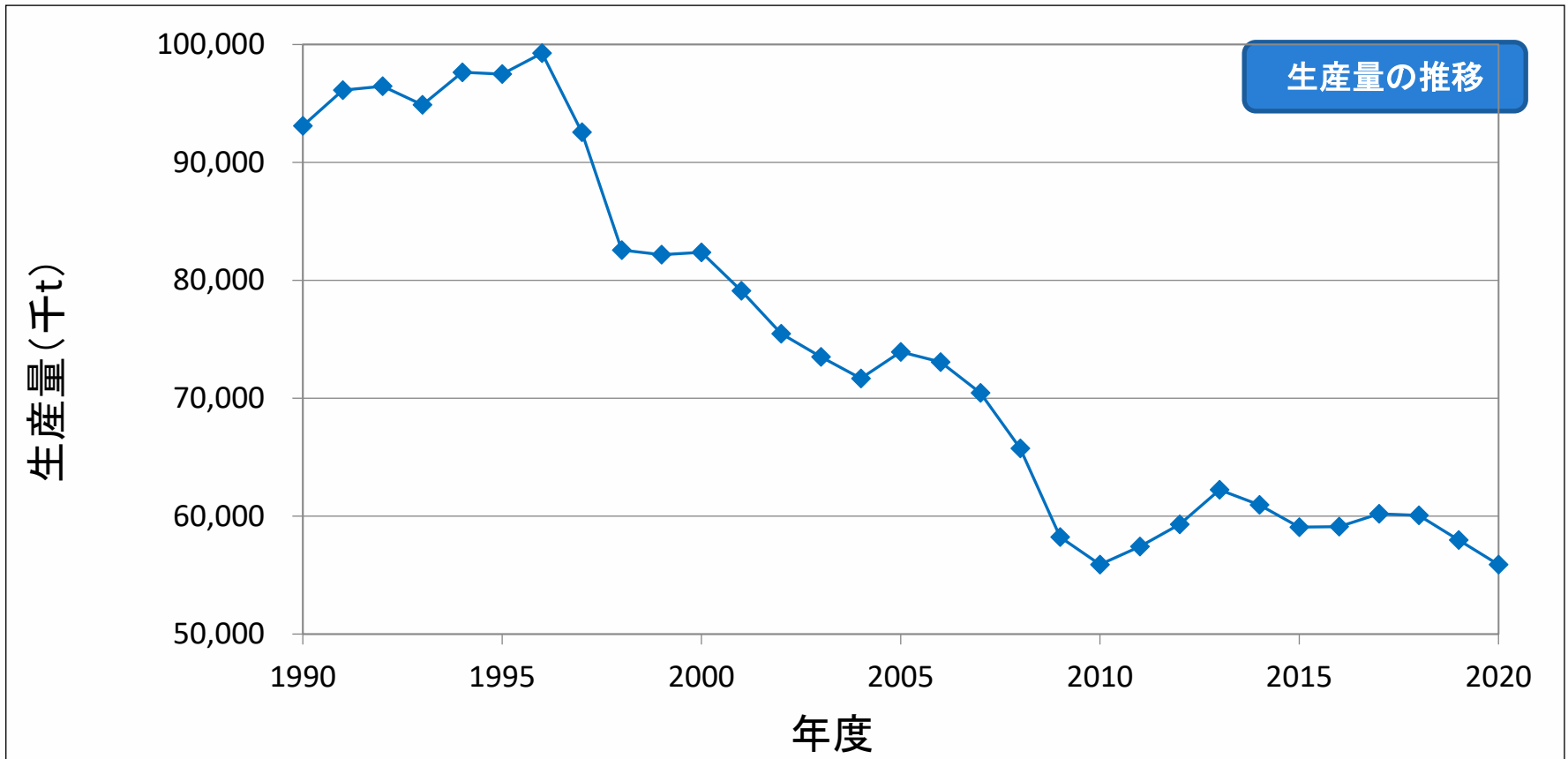


セメント産業における 廃棄物・副産物の有効利用について

2021年10月26日

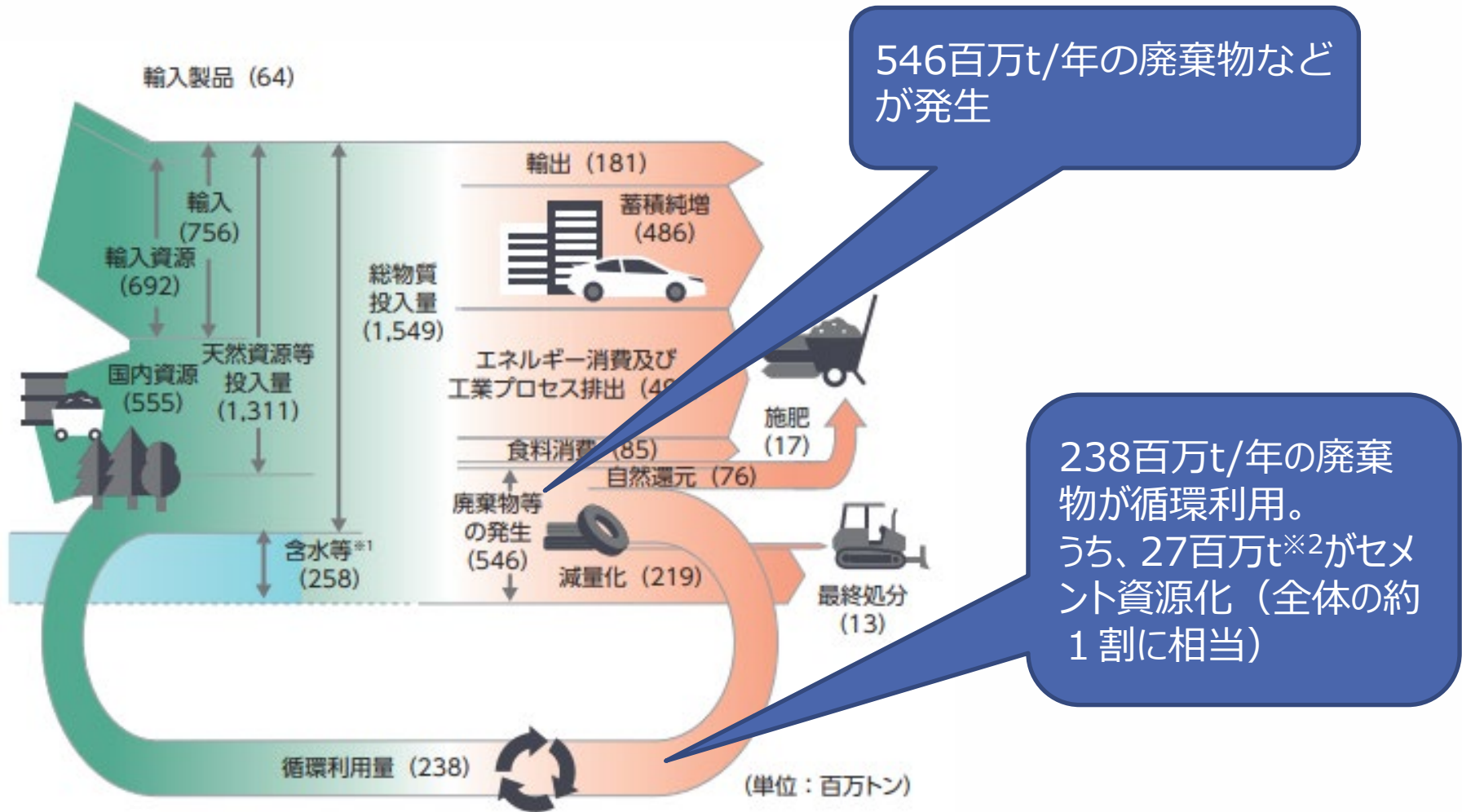
一般社団法人 セメント協会
生産・環境部門 細川浩之

セメント産業の現状



- 市場規模:5,284億円(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、2010年度は55,901(千t)と最盛期の6割を下回る生産量となり、1990年以降最も低い水準となった。
- 2020年度は、輸出が2年連続で前年度を上回ったが、国内需要が2年連続でマイナスとなったため、2年連続で対前年マイナス生産となった。

我が国の物質フローと廃棄物のセメント資源化の関係



※1：含水等：廃棄物等の含水等（汚泥、家畜ふん尿、し尿、廃酸、廃アルカリ）及び経済活動に伴う土砂等の随伴投入（鉱業、建設業、上水道業の汚泥及び鉱業の鉱さい）

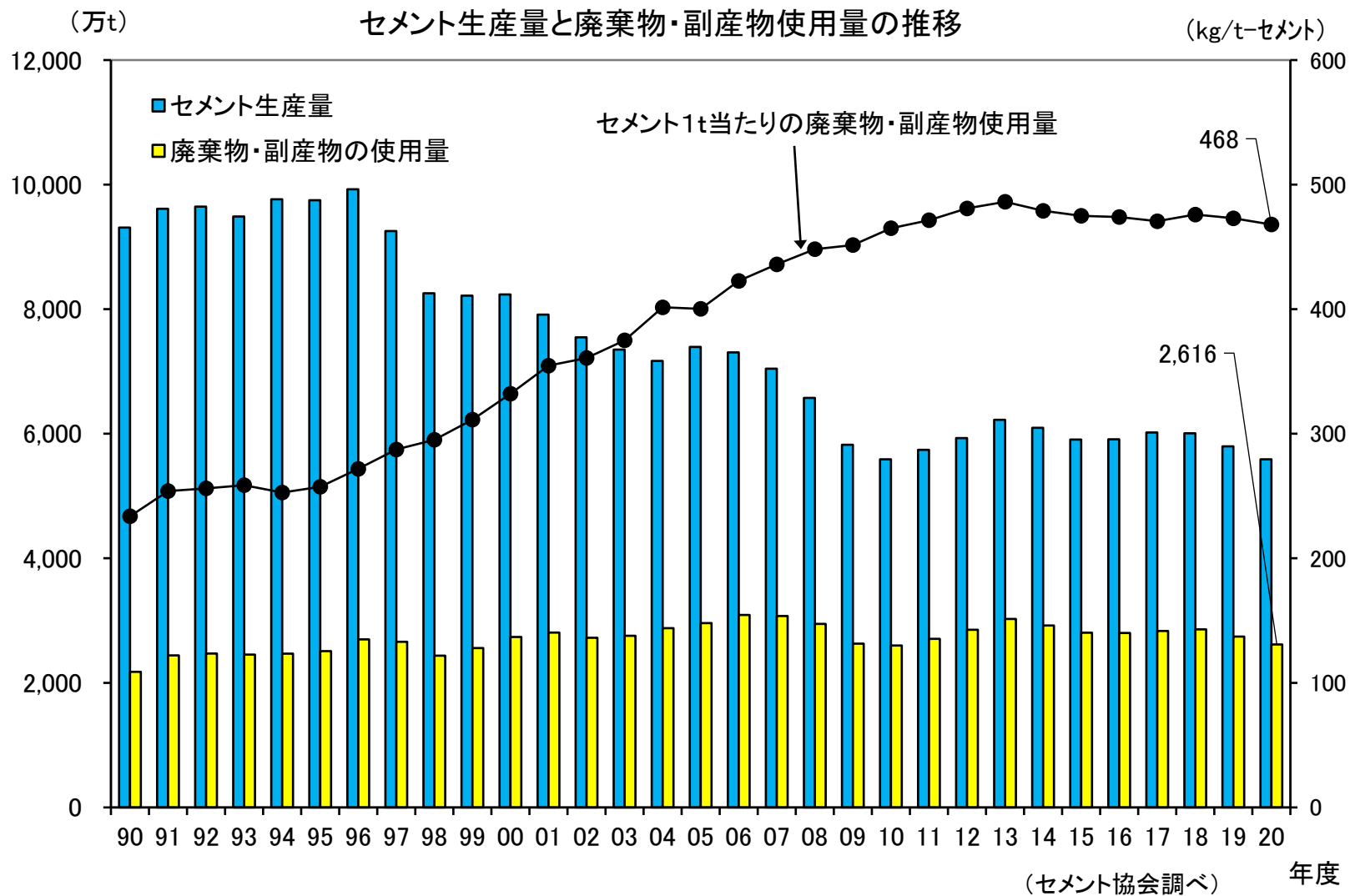
※2：2018年度のセメント産業の廃棄物・副産物使用量は約2800万tであるが、本物質フローの“廃棄物等”に建設発生土は含まれていないため、その分は除外した。

セメント産業が有効利用している廃棄物・副産物

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(クリンカ原料)、熱エネルギー、混合材として有効活用している。

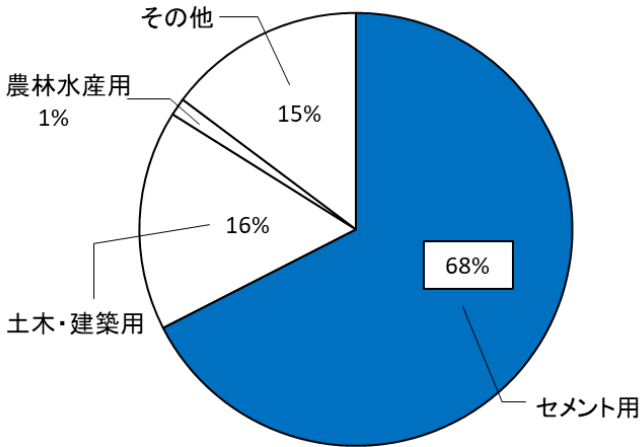


セメント産業の廃棄物・副産物使用量の推移



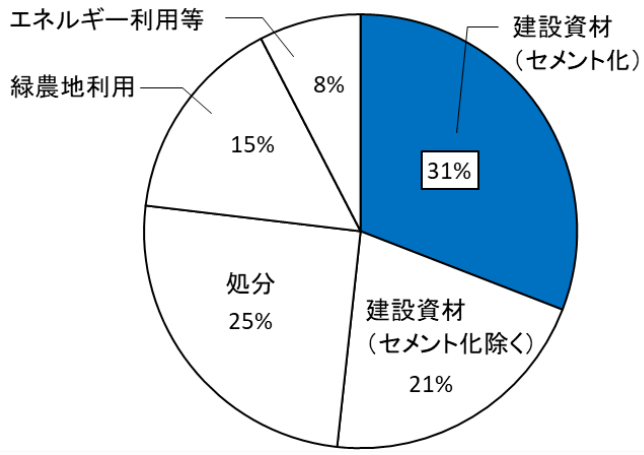
セメント産業の廃棄物利用：社会インフラの円滑運営への貢献

石炭灰の有効利用状況



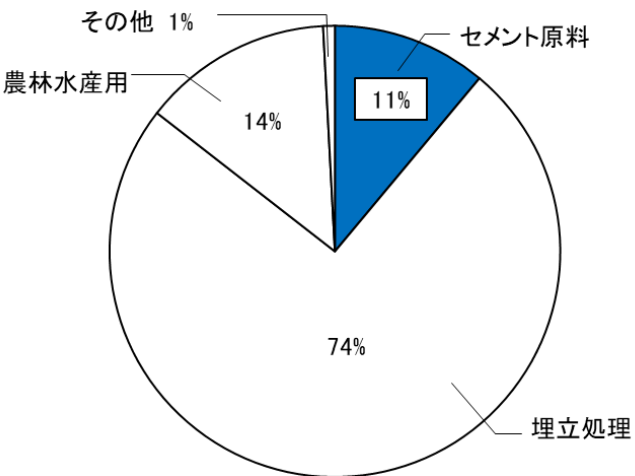
出所：(一社)石炭エネルギーセンター
(2019年度利用量：8,407千t)

下水汚泥の有効利用状況



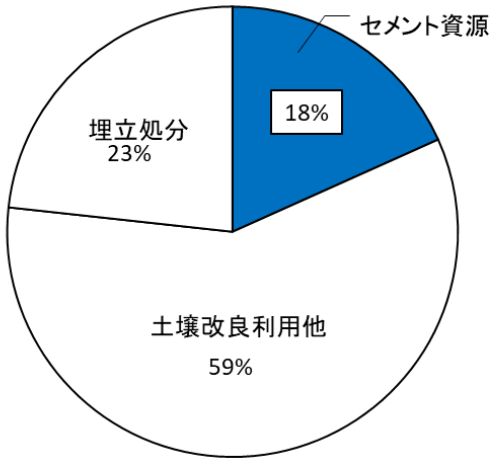
出所：国土交通省 (2019年度発生量 2,341千t)

都市ゴミ焼却灰の利用状況



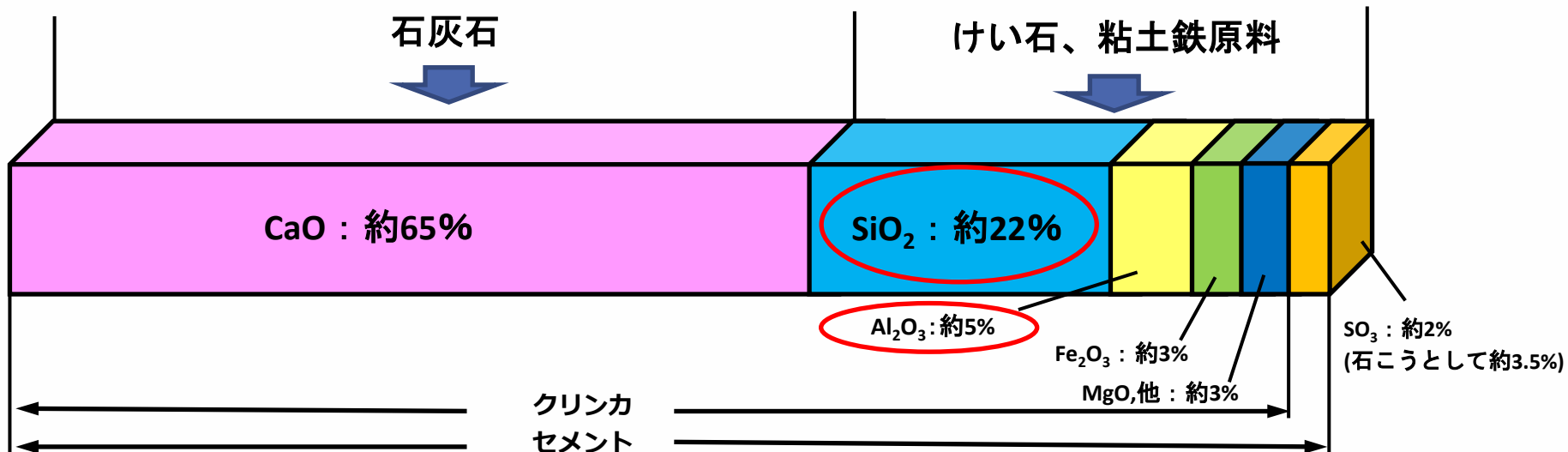
出所：環境省

上水汚泥の有効利用状況



環境省のデータを参考に試算

原料代替となる廃棄物とクリンカ組成の関係

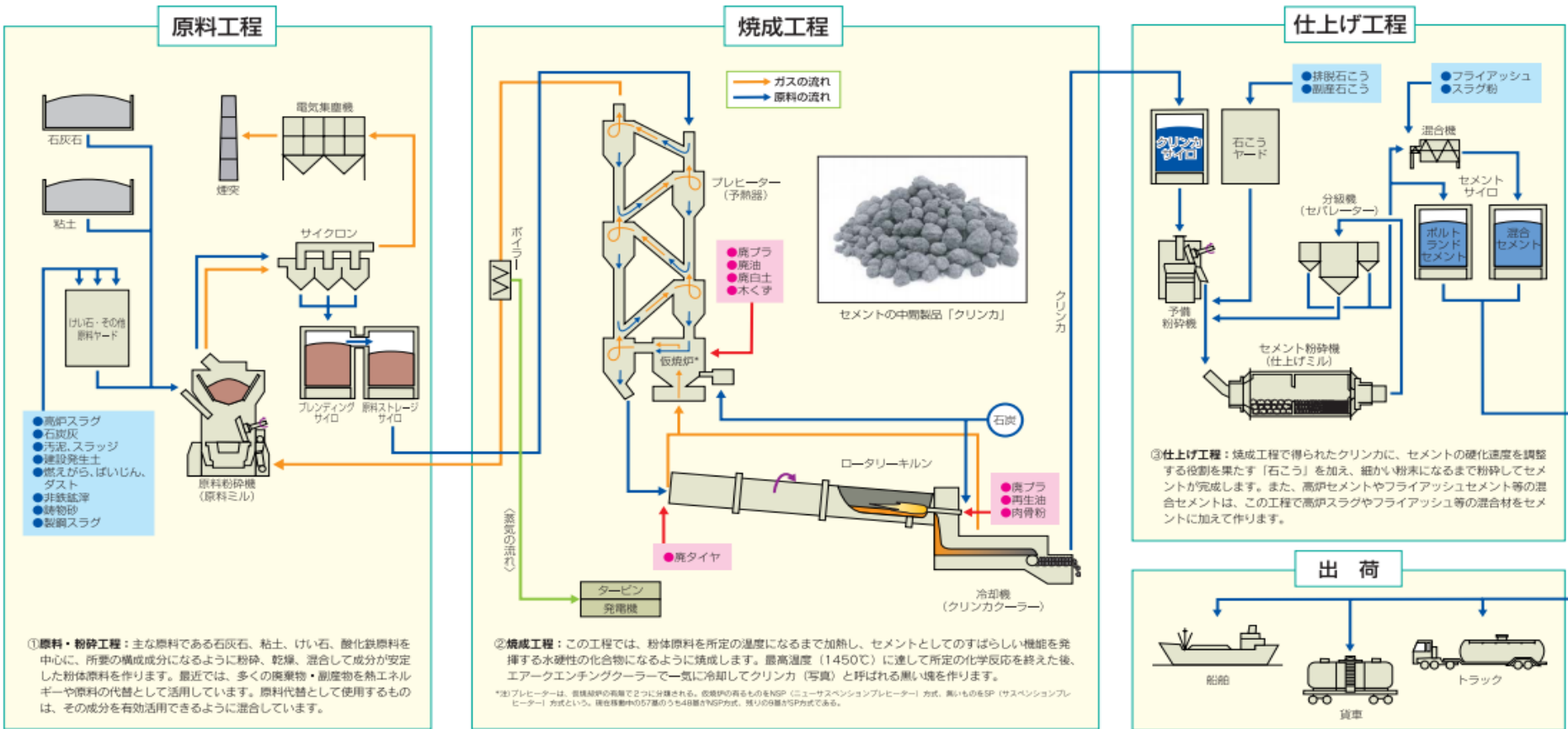


クリンカ原料	酸化カルシウム(CaO)	二酸化けい素(SiO ₂)	酸化アルミニウム(Al ₂ O ₃)	酸化鉄(Fe ₂ O ₃)
粘土	~5%	40~80%	10~30%	3~10%
石炭灰	5~20%	40~65%	10~30%	3~10%
焼却灰	20~30%	20~30%	10~20%	~10%
下水汚泥	5~30%	20~30%	20~50%	5~10%

【産業廃棄物】

産業廃棄物の化学組成が天然の粘土の化学組成に近く、
クリンカ原料として使用する粘土類のほとんどを廃棄物に置き換えることが出来ている。

セメント製造工程と廃棄物処理の特徴



工場に持ち込まれた廃棄物は、セメント製造の資源として利用(廃棄物処理法上では中間処理)され、焼成工程で1450℃の高温で天然原料とともに焼成し、中間製品である「クリンカ」に変わる。可燃性廃棄物も燃焼残渣は石炭灰などと同様にクリンカ原料として全て利用されるため、二次廃棄物は発生しない。

主なクリンカ原料用代替廃棄物の使用量の推移

単位: 千t	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
石炭灰	2,031	3,103	5,145	7,185	6,631	7,600	7,286
汚泥	341	905	1,906	2,965	2,627	2,933	2,950
燃え殻	468	487	734	1,189	1,307	1,442	1,482
建設発生土	-	-	-	2,097	1,934	2,278	1,241
非鉄鉱滓	1,559	1,396	1,500	1,318	682	722	725
製鋼スラグ	779	1,181	795	467	400	395	364
鑄物砂	169	399	477	601	517	429	336

主な熱エネルギー代替廃棄物の使用量の推移

主な熱エネルギー代替廃棄物の使用量の推移（単位：千t）

品目	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
廃プラスチック	441	469	479	518	595	576	624	644	718	746	746
木くず	563	586	633	658	696	705	641	543	517	450	437
廃タイヤ	87	73	71	65	58	57	69	63	70	65	69
廃油	269	264	273	273	264	293	324	314	335	322	245
再生油	195	192	189	186	171	179	195	208	223	236	282

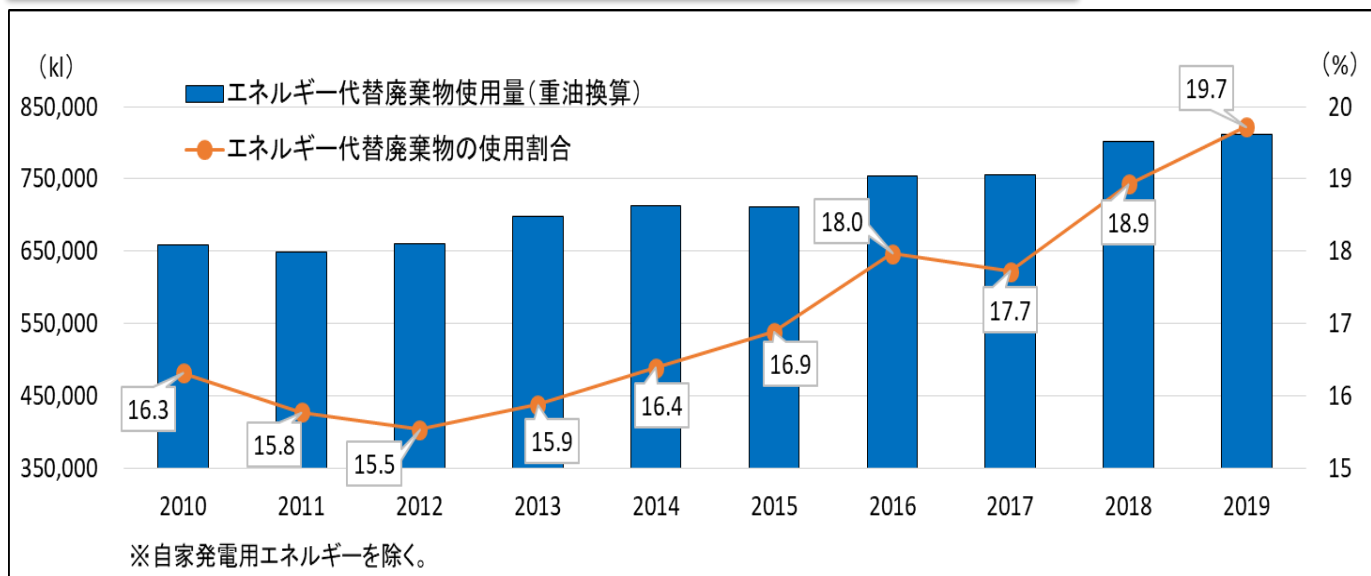
各種設備投資の状況（単位：百万円）

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	計 (2010～2019)
省エネ設備の普及 促進	5,144	749	1,807	2,356	3,634	8,744	3,469	889	2,975	11,256	41,023
エネルギー代替廃 棄物使用拡大	988	2,596	531	2,486	1,488	1,375	528	3,573	3,779	3,018	20,361
その他	1,621	1,127	3,762	1,003	1,456	1,194	357	657	413	188	11,778
合計	7,753	4,471	6,100	5,845	6,578	11,313	4,354	5,118	7,167	14,462	73,162

熱エネルギー代替廃棄物の使用量の推移

- 化石エネルギーの代替としてエネルギー代替廃棄物の使用割合が近年伸びている。
- アジア諸国における廃プラスチックの輸入規制の影響により、国内流通量が増え、セメント産業での利用量も増えた。
- 一方、木くずのように、バイオマス利用として需要の高い品目などは必ずしも増加傾向にはない。

セメント製造用熱エネルギー代替廃棄物使用量の推移



(株)デイ・シー 廃プラ粉碎機 (HPより)



太平洋セメント(株) 大分工場廃プラ粉碎機
(CSRレポート2019 p.47)

セメント産業の災害廃棄物処理実績推移

2004年以降の災害廃棄物の受入処理

発災日	災害名	主な処理品目
2004年10月	中越地震	木くず
2007年3月	能登半島地震	木くず
2007年7月	中越沖地震	木くず
2011年3月	東日本大震災	木くず、混合廃棄物、不燃物
2014年8月	広島県土砂災害	木くず
2015年9月	関東・東北豪雨	畳
2015年9月	D.Waste-Net に加入	
2016年4月	熊本地震	木くず、瓦、混合廃棄物
2016年12月	糸魚川大火	廃材
2017年7月	九州北部豪雨	混合廃棄物、木くず
2018年7月	西日本豪雨	土砂、汚泥、木くず
2019年8月	令和元年8月豪雨	汚泥
2019年10月	令和元年台風19号	土砂、稲わら、木くず
	処理量合計	157万 t

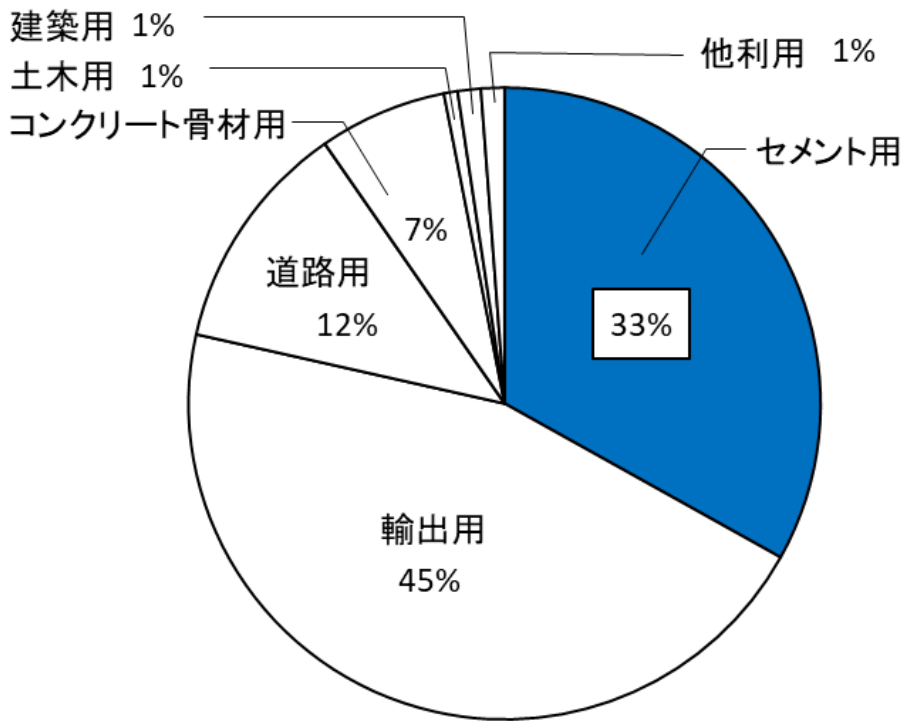
セメント工場では、これまでに左記の災害において発生した廃棄物の受入れを行っており、D.Waste-Net(災害廃棄物処理支援ネットワーク)発足後は、その一員として参画し、より一層、復旧・復興への協力に努めている。

災害廃棄物処理については、地元自治体と協定を結んでいる工場もある。



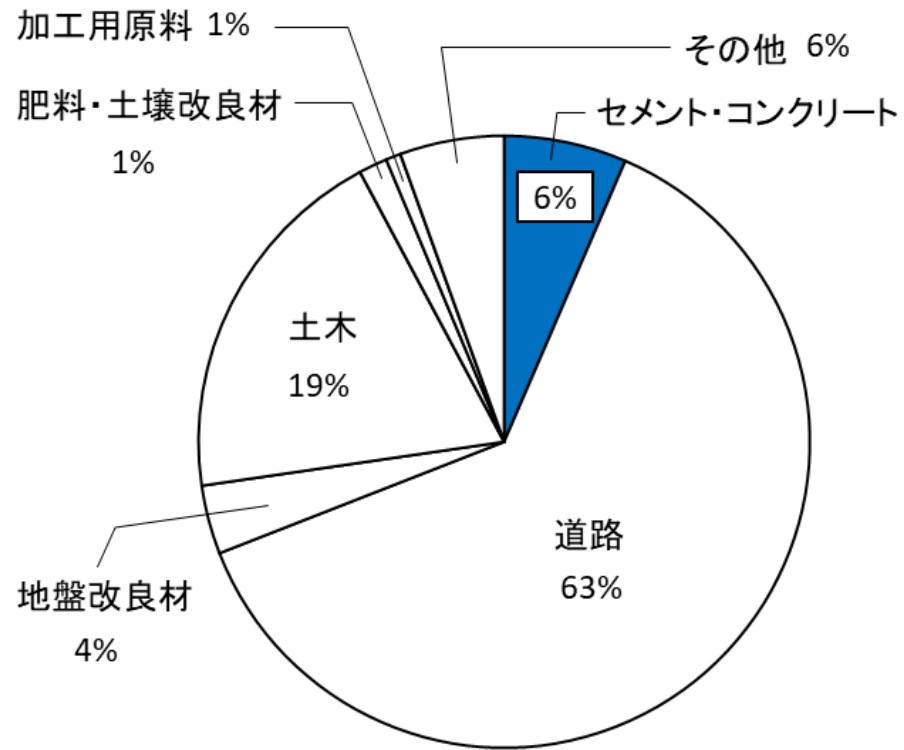
セメント産業の廃棄物利用：社会インフラの円滑運営への貢献

高炉スラグの有効利用状況



出所：鉄鋼スラグ協会
(2019年度発生量 22,802千t)

製鋼スラグの有効利用状況



出所：鉄鋼スラグ協会
(2019年度発生量 8,248千t)

種類別スラグの利用状況

品目	主な用途	使用量(千t)				
		2000年度	2005年度	2010年度	2015年度	2020年度
高炉スラグ(水砕)	混合材	12,162	8,554	7,142	6,994	6,710
高炉スラグ(徐冷)	クリンカ原料		660	203	308	270
製鋼スラグ	クリンカ原料	795	467	400	395	364

単位(千t)	2000年度	2005年度	2010年度	2015年度	2020年度
高炉セメント生産量	17,631	15,485	11,523	11,267	10,835
クリンカ生産量	74,542	67,137	47,279	50,307	47,522

高炉スラグ使用量：高炉セメントの生産量に影響される。

製鋼スラグ使用量：クリンカ生産量並びに同様の成分を持った廃棄物に影響される

クリンカ原料用廃棄物の今後について

<課題>

石炭灰の減少への対応

<対応例>

- ・都市ごみ焼却灰の受入増加
- ・バイオマスボイラー燃焼残渣の受入開始

表 4-4 廃棄物等由来原料の組成

大分類	種類	含水率	CaO 含有率	MgO 含有率
燃え殻（焼却残渣）	石炭灰	7.2～15.3%	5.0～5.8%	1.0～1.1%
	下水汚泥焼却灰 ¹⁾	10.9～17.4%	7.4～12.5%	3.5～3.8%
	一般ごみ焼却灰 ¹⁾	15.6～24.6%	10.0～26.5%	2.6～2.8%
ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず	ガラスくず・陶磁器くず ¹⁾	12.1～32.7%	17.5～31.1%	1.0～2.5%
	コンクリートくず ¹⁾	0～37.2%	6.4～43.9%	1.0～1.1%
鉍さい	高炉スラグ（水砕）	5.0～16.9%	40.0～42.4%	4.7～5.8%
	高炉スラグ（徐冷）	5.5～11.2%	40.8～41.5%	6.1～6.5%
	製鋼スラグ	7.7～14.1%	34.8～40.5%	2.0～3.0%
	非鉄鉍さい	3.8～8.4%	6.4～10.0%	1.1～1.5%
	鋳物砂 ¹⁾	9.6～14.0%	6.5%	1.3～1.6%
ばいじん類（集塵機捕集ダスト）	ばいじん、ダスト	8.9～14.3%	9.0～13.4%	1.2～1.5%
	石炭灰（流動床灰） ¹⁾	0.1～3.2%	14.5～20.7%	0.7～0.9%
	石炭灰	1.0～3.9%	4.1～5.0%	1.0～1.1%

1) 2009 年度よりの新規追加分

出展：日本国温室効果ガスインベントリ報告書2021年

https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/jqjm1000000x4g42-att/NIR-JPN-2021-v3.0_J_GI0web.pdf

脱炭素社会を目指すセメント産業の長期ビジョン(概要)

1. 本ビジョン策定経緯及び狙い

セメント産業は、これまで、主として省エネルギーを通じて、エネルギー由来の二酸化炭素排出削減に努めてきた。我が国の「長期戦略」は、2050年までに80%の温室効果ガスを削減する長期目標を設定するとともに、最終到達点として「脱炭素社会※」の実現を目指している。本ビジョンは、セメント産業が、この長期戦略の実現に貢献するため、2050年、更には、その先という不確実な将来を展望し、現時点において、目指すべき方向性を示すビジョンである。

※今世紀後半に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量との間の均衡(世界全体でのカーボンニュートラル)を達成すること

2. 広義の国内需要量

2050年における広義の国内需要量(セメントの官需、民需、セメント系固化材)は3,400万t～4,200万t程度と予測されるが、生産量は、輸出と輸入が加わるため、更に幅をもって捉えるべきである。

3. セメント産業の果たすべき役割

広義の国内需要量の減少が予測されているが、セメント産業は将来的にも次のような役割を果たしていく。
[基礎素材の供給者]、[循環型社会形成への貢献]、[地域経済への貢献]、[災害廃棄物処理への貢献]

4. 目指すべき対策の方向と克服すべき課題

目指すべき対策の多くは、克服すべき困難な課題を抱えており、その実現には「非連続なイノベーション」が不可欠であるとともに、建設業界をはじめとしたステークホルダーの理解と協力が必要である。

- ・ クリンカ比率の低減
- ・ 投入原料の低炭素化
- ・ 省エネルギーの推進
- ・ 鉱化剤使用等による焼成温度低減
- ・ 使用エネルギーの低炭素化
- ・ 低炭素型新材料の開発
- ・ 二酸化炭素回収・利用・貯留(CCUS)への取り組み
- ・ 供用中の構造物及び解体コンクリートによる二酸化炭素の固定(吸収)
- ・ コンクリート舗装の推進による重量車の燃費向上に伴う二酸化炭素低減

セメント産業における今後の廃棄物利用拡大に向けて

2020年3月に公表した「脱炭素社会を目指すセメント産業の長期ビジョン」では、2050年に向けた更なる循環型社会形成への貢献に向けて果たすべき役割や目指すべき方向性に関して次のように言及

<http://www.jcassoc.or.jp/cement/1jpn/200326.html>

【果たすべき役割】

- ◆ 更なる廃棄物の種類や使用量の拡大
- ◆ 災害廃棄物処理への貢献

【目指すべき方向性】

- ◆ 脱炭酸されたカルシウム源を含む廃棄物・副産物の利用拡大
(新たな廃棄物の活用や、コンクリートのリサイクル等)
- ◆ 使用エネルギーの低炭素化

それぞれの実現に関しては困難な取り組むべき課題があり、非連続なイノベーションが不可欠であるとともに、ステークホルダーの理解と協力が必要

出展：セメント協会「脱炭素社会を目指すセメント産業の長期ビジョン」（2020年3月26日公表）

廃棄物のセメント資源化による災害防止

大雨・濁水に備えるセメント

首都圏外郭放水路 / 埼玉県

地下50mで都市を守る世界最大級の放水路。



埼玉県東部の中川・綾瀬川流域はもともと土地が低く起伏が少なく、水が滞留しやすい面のような地形に中小の河川がいくつも流れている。古くは田畑が広がる豊かな穀倉地帯だったが、地形自体は変わらぬまま、近年では住宅や工場・商業地が急速に広がりがり市街地化が進んだ結果、ひとたび台風や豪雨に襲われると従来の河川だけでは大量に流れ込んだ水の処理が追いつかなくなり、これまで幾度となく水害が発生して人々の暮らしを脅かしてきた。この状況を打開する切り札として計画され、13年という工期を経て2006年に全通したのが、全長6.3kmの地下河川「首都圏外郭放水路」である。国道16号の地下およそ50mに直径10mの導水トンネルを掘り、深さ70m、直径30mの立坑5基が中小河川で処理しきれない水を集め、4基のガスタービン誘水ポンプで大きな河川である江戸川に放流する。放流前の水の勢いを調整する調圧水槽(写真上)はサッカー場がすっぽり収まる広さに加え、コンクリートの巨大な柱がそびえる姿から「地下神殿」のようだと見る者を圧倒する迫力を持つ。

■治水効果

平常時は空の状態(写真左)で待機している5基の立坑には、台風や豪雨などで水量が増した中小河川からそれぞれに多量の水が流れ込む(写真右)。そしてこれをつなぐ導水トンネル等の施設と一体となり、令和元年東日本台風(2019年10月台風19号)では、およそ1218万 m^3 、50mプールに換算して8,120杯の洪水を調整した。これまで台風や豪雨のたびに貯留、貯留+ポンプが稼働した回数は年平均で約7回、2020年11月時点で、129回稼働している。この放水路の活躍により、周辺の洪水は激減し、住民の生命・財産が守られている。



経済的損失軽減効果

完成(完全通水)から約14年間で約1,271億円の効果

項目	治水効果
平成20年8月未通水	129億円
台風17年-18年(2017年9月)	373億円
令和元年東日本台風	264億円

*浸水戸数は、埼玉県が公表している浸水被害状況より算出。浸水被害区域の中心を基点として、半径100m以内の浸水戸数を算出している場合がある。

■国内最大級の地下調節池

■環状七号線地下広域調節池

東京都内の地下でも防災インフラが水害から街を守っている。そのひとつが「神田川・環状七号線地下調節池」だ。全長4.5km、内径12.5mもの超巨大トンネルで、貯留量は54万 m^3 。現在、「白子川地下調節池」などと結ぶ拡張工事が行われており、完成すると総延長13.1km、貯留容量143万 m^3 の「環状七号線地下広域調節池」となる。これにより時間100mmの集中的かつ短時間での集中豪雨にも効果を発揮するという。



時間100mmの集中的かつ短時間での集中豪雨にも効果を発揮



注：環状七号線地下広域調節池(白子川・神田川)工事チームページ
http://kankyo2.com/business-summary/ を参照してください

神殿？ いいえ、防災施設です。

埼玉県春日部市の地下50メートルに現れた巨大神殿。
これは「首都圏外郭放水路」という防災施設で、
同県東部の浸水被害を軽減し、首都圏の安全を
守るためにつくられた世界最大級の地下放水路です。
こうした防災インフラに欠かせない素材がセメント。
もしものときも防災機能が発揮されるよう、
セメントの強さで施設そのものを守っています。

セメントが、日本をまもる。