

平成 27 年度 経済産業省委託事業

平成 27 年度エネルギー使用合理化促進基盤整備委託費

# セメント産業における省エネ製造プロセス の普及拡大方策に関する調査

-混合セメントの普及拡大方策に関する検討-

## 報告書

平成 28 年 3 月

経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課

(委託先 株式会社 エックス都市研究所)

## <目 次>

<b>第1章 調査の背景・目的・概要</b> .....	<b>1</b>
1. 1 調査の背景・目的.....	1
1. 2 調査内容・調査フロー.....	1
1.2.1 混合セメントの利用状況調査・分析.....	1
1.2.2 国内における混合セメントの需給見通し.....	2
1.2.3 今後の混合セメント普及拡大方策.....	2
1.2.4 調査フロー.....	3
1.2.5 検討会の開催.....	4
<b>第2章 国内における混合セメントの利用状況</b> .....	<b>6</b>
2. 1 混合セメントの生産使用状況.....	6
2.1.1 混合セメント生産動向.....	6
2.1.2 混合セメントの生産動向.....	8
2.1.3 地域ごとの混合セメント（高炉セメント）比率.....	9
2.1.4 グリーン購入法による高炉セメント・生コンの調達実績.....	10
2.1.5 需要部門別の国内販売量.....	11
2.1.6 需要部門別の混合セメント使用状況（推計値）.....	12
2. 2 混合セメントの利用実態調査（アンケート調査）.....	14
2.2.1 建設事業者アンケート結果.....	14
2. 3 混合セメントの普及拡大事例.....	31
2.3.1 ローカーボンハイパフォーマンスコンクリートの開発と適用（安藤ハザマ）.....	31
2.3.2 ECMセメントの開発・適用（竹中工務店等）.....	32
2.3.3 環境配慮型コンクリートの開発・適用（鹿島建設）.....	34
2.3.4 低炭素型コンクリートの開発・実用化（大林組）.....	36
2.3.5 環境配慮コンクリートの開発・適用（大成建設）.....	37
2.3.6 高品質フライアッシュを用いたコンクリートの技術開発（北陸地方の産官学連携による取組み）.....	38
2. 4 普及促進に係る関連支援制度等.....	40
2.4.1 低炭素建築物認定制度（国土交通省）.....	40
2.4.2 建築基準整備促進事業（国土交通省）.....	41
2.4.3 低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究（土木研究所）.....	42
2.4.4 CASBEE（建築環境・省エネルギー機構）.....	43
2.4.5 各国のグリーンビルディング認証制度.....	48
2.4.6 J-クレジット制度（環境省・経済産業省・農林水産省）.....	50
2.4.7 環境ラベル.....	52
2.4.8 メビウスループマーク.....	53

2.4.9	マンション性能表示（東京都）	54
2.4.10	コンクリート構造物のひび割れ対策等（山口県）	55
2.4.11	フライアッシュコンクリートの配合・製造及び施工指針（長崎県）	57
<b>第3章 世界における混合セメントの利用状況</b>		<b>58</b>
3.1	世界におけるセメントの概況	58
3.1.1	世界におけるセメントの生産量	58
3.1.2	日本と各国のクリンカ／セメント比率	59
3.1.3	世界におけるセメント分野でのCO2削減の潮流	61
3.1.4	世界におけるセメントの規格	62
3.2	先進国の混合セメント利用状況	68
3.2.1	欧州における混合セメントの状況	68
3.2.2	米国における混合セメントの状況	76
3.2.3	韓国における混合セメントの状況	77
3.2.4	シンガポールにおける混合セメントの状況	78
3.3	新興国の混合セメント利用状況	79
3.3.1	中国における混合セメントの状況	79
3.3.2	インドにおける混合セメントの状況	80
3.3.3	ブラジルにおける混合セメントの状況	81
3.4	混合セメントの利用が進んでいる国／地域などの要因分析	82
3.4.1	海外におけるセメントの要求性能	82
3.4.2	欧州における混合セメント普及の要因	86
3.4.3	韓国における混合セメント普及の要因	89
3.5	世界の混合セメント利用の調査結果のまとめ	91
<b>第4章 国内における混合セメントの需給見通し</b>		<b>93</b>
4.1	国内における混合セメントの需給見通し	93
4.1.1	国内におけるセメント生産量の見通し	93
4.1.2	将来の需要部門別の混合セメント使用状況（推定値）	95
4.1.3	将来の混合セメント使用に係るCO2削減効果の試算	97
4.1.4	将来の混合セメント利用促進におけるCO2削減効果のまとめ	98
4.1.5	将来の混合セメント使用拡大に係る配慮事項（他の副産物リサイクルへの影響）	100
<b>第5章 今後の混合セメントの普及拡大方策</b>		<b>105</b>
5.1	混合セメントの普及拡大に係る課題と取組みの方向性	105
5.1.1	過年度調査における提言の進捗状況を受けて	105
5.2	混合セメントの普及拡大方策	108
5.2.1	方向1 混合セメント利用の普及・啓発	108

5.2.2	方向2 混合セメントの環境価値を評価する仕組みづくり	110
5.2.3	方向3 供給側が混合セメントを供給しやすい環境づくり	120
5.2.4	方向4 混合セメントの普及拡大に向けた基盤整備	125
5.3	混合セメント利用普及拡大に向けたロードマップの提案	131
5.3.1	利用普及に係る関係者の役割分担イメージ	131
5.3.2	利用普及拡大に向けてのロードマップ	132

## **参 考 資 料**..... 135

1.	気候変動に関する国際交渉の経緯	137
2.	日本の約束草案：2030年度の温室効果ガス排出削減目標	138
3.	最近の低発熱高炉セメントB種の使用実績	139
4.	混合セメントの使用状況・課題等に関するアンケート調査票（建設事業者向け）	140
5.	平成20年度調査結果の概要について（過年度調査結果の概要）	147

# 第1章 調査の背景・目的・概要

本章では、本調査の調査概要を概括する。

## 1. 1 調査の背景・目的

我が国のセメント産業は、日本の温室効果ガス総排出量の約4%に相当する二酸化炭素を排出している産業であり、その排出削減対策は重要な課題となっている。その一方で、我が国セメント産業の省エネ技術は既に世界最高水準にあり、既存技術による省エネはほぼ限界に達している。

こうした中、混合セメントは、一般的に広く普及している普通ポルトランドセメントと比べ、エネルギー起源二酸化炭素排出原単位が約40%小さく、「環境負荷」の面で強みを持つセメント種であることが知られており、平成27年7月にとりまとめられた日本の約束草案においても、混合セメントの利用拡大が具体的な施策の1つとしてあげられていることから、我が国の省エネ・地球温暖化対策の有効な手段の1つであると考えられる。しかしながら、混合セメントはポルトランドセメントと異なる特性、価格等の制約要因があることから、その生産量はここ数年セメント生産量全体の21%程度で横ばい状態となっている。

このような状況を打開し、混合セメントの利用拡大を通じた我が国セメント産業の省エネ・地球温暖化対策を進める観点から、混合セメントの利用実態と将来の市場動向を調査・把握し、海外の混合セメント利用実態等を参考にしながら、今後の普及拡大方策について検討する。

## 1. 2 調査内容・調査フロー

本調査では、以下の調査を実施し、その結果を踏まえて、委員会（有識者、関係業界、計10名程度で構成）における討議・調整を行い、今後の混合セメントの利用の普及拡大方策について検討する。

### 1.2.1 混合セメントの利用状況調査・分析

#### (1) 国内における混合セメントの利用状況調査・分析

国内における混合セメントの利用状況については、国内関連企業へのヒアリング、各企業の公表資料、政府の公表資料等に基づき必要な情報収集及び分析を行う。

- ・ 土木での混合セメント使用量、全体のセメント使用量に占める混合セメントの割合
- ・ 建築での混合セメント使用量、全体のセメント使用量に占める混合セメントの割合
- ・ 公共事業における混合セメント使用量、全体のセメント使用量に占める混合セメントの割合

- ・ 民間事業における混合セメント使用量、全体のセメント使用量に占める混合セメントの割合
- ・ 地域別混合セメント使用量、全体のセメント使用量に占める混合セメントの割合
- ・ 混合セメントの普及拡大事例の調査 等

## **(2) 世界における混合セメントの利用状況調査・分析**

世界における混合セメントの利用状況については、以下の国／地域について、関連企業へのヒアリングや各企業の公表資料、各国・地域政府の環境政策や規格に関する公表資料等に基づき必要な情報収集及び分析を行う。

- ・ 先進国（欧州、米国）及び新興国（中国、インド、ブラジル）の混合セメント利用状況
- ・ 混合セメントの利用が進んでいる国／地域（欧州、韓国を含む）の要因分析

### **1.2.2 国内における混合セメントの需給見通し**

政府の公表資料（エネルギーミックスの検討におけるセメントの需給見通し等）や国内関連企業へのヒアリング結果、国内における混合セメントの利用状況調査結果、今後の需給に影響を与えうる点（例：2020年オリンピック、エネルギー市場の動向等）を踏まえつつ、2030年までの混合セメントの需給見通しを立てる。

### **1.2.3 今後の混合セメント普及拡大方策**

上記の調査分析結果を踏まえ、国内における具体的な普及拡大策を提案すると共に政策課題についても併せて整理する。

## 1.2.4 調査フロー

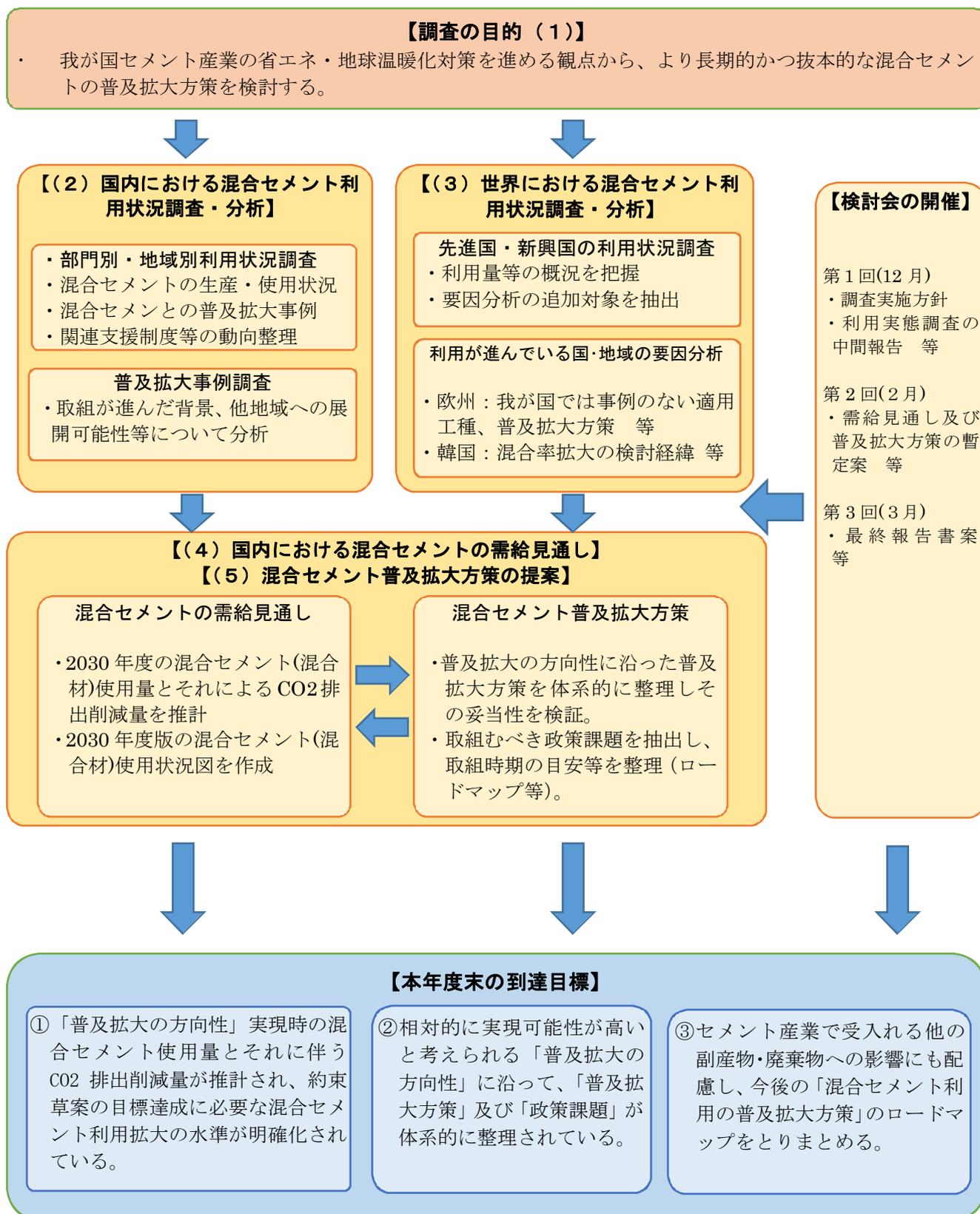


図 1-2-1 調査フロー

## 1.2.5 検討会の開催

### (1) 委員名簿

【検討会委員名簿】

区分	氏名	所属・役職
座長	坂井 悦郎	東京工業大学大学院 理工学研究科教授 (材料工学専攻)
委員	野口 貴文	東京大学大学院 工学系研究科教授 (建築学専攻)
	鹿毛 忠継	国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築研究部 建築品質研究官
	陣内 浩	一般社団法人日本建設業連合会 (大成建設株式会社 技術センター 建築技術研究所)
	柳田 直	一般社団法人全国コンクリート製品協会 技術委員長(株式会社日東 取締役生産部長)
	原田 修輔	全国生コンクリート工業組合連合会 (常務理事)
	田中 久順	一般社団法人セメント協会 技術幹事会 幹事長 (三菱マテリアル株式会社 セメント事業カンパニー セメント研究所所長)
	山田 勝年	日本フライアッシュ協会 (株式会社ジェイペック 資源リサイクル部長代理)
	野畑 健志	鉄鋼スラグ協会 東日本支部委員 (新日鐵住金株式会社 スラグ・セメント事業推進部)
オブザーバー	橘 義満	国土交通省 官庁営繕部 整備課 課長補佐
経産省	寺家 克昌	経済産業省 製造産業局住宅産業窯業建材課 課長
	行本 治代	経済産業省 製造産業局住宅産業窯業建材課 専門官(環境・技術担当)
	小早川 哲也	経済産業省 製造産業局住宅産業窯業建材課 企画調整第二係長
	和田本 啓	経済産業省 製造産業局住宅産業窯業建材課 セメント・骨材係長
	永渕 慎一郎	経済産業省 産業技術環境局 環境経済室 課長補佐
	榎本 宏	経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課 課長補佐
事務局		株式会社 エックス都市研究所

### (2) 検討会の開催状況

	開催日時	検討内容
第1回	平成27年12月8日	調査実施計画、利用実態調査の中間報告
第2回	平成28年2月4日	需給見通し及び普及拡大方策の暫定案
第3回 (最終検討会)	平成28年3月10日	最終報告書(案)の検討

# 「セメント産業における省エネ製造プロセスの普及拡大方策に関する調査」の全体像

## 第1章 調査の背景・目的・概要

- 調査の背景: 日本の約束草案(2015年)→非エネルギー起源CO2の削減メニューとして「混合セメントの利用拡大」を言及
- 調査の狙い: 混合セメントの利用拡大を通じた我が国セメント産業の省エネ・地球温暖化対策を進める観点から、混合セメントの利用実態と将来の市場動向を調査・把握し、海外の混合セメント利用実態等を参考にしながら、今後の普及拡大方策について検討を行う。

## 第2章 国内における混合セメントの利用状況

### 【混合セメントの生産・使用状況】

- 生産量に占める比率は約21%で推移
- 西日本の普及率が東日本より高い。

### 【建築分野における混合セメント利用実態】

- 基礎や地下構造部分での普及拡大が期待される。

### 【混合セメントの普及拡大事例】

- コスト的には課題を残しつつも、技術的問題は解決
- 大手ゼネコンを中心にCO2の排出を抑制し、かつ、これまでの混合セメントの施工と品質上の課題に対応した新しいコンクリート製品の開発が行われ、一部、実用化にも結びついている。

### 【普及促進に係る関連支援制度】

- グリーン購入法に基づく調達方針、CASBEE、グリーンビルディング認証等の環境配慮制度の動向
- 混合セメント普及に係る環境ラベル等の動向を整理

## 第3章 世界における混合セメントの利用状況

### 【先進国・新興国等の利用状況調査】

- 各国のセメントクリンカ比やセメント規格→日本のクリンカ/セメント比は約83.7%と高い。
- 欧州連合では、一番普及が進んでいる混合セメントは、混合量が6~35%と比較的低い。日本の高炉セメントA種に相当するセメント「CEM II」の普及率が高い。
- 日本はEN規格52.5Nに該当するセメントが広く流通し、北米や欧州では42.5Nクラスのセメントが最も多く利用されている。

### 【利用が進んでいるとされる国・地域の要因分析】

- 韓国は進んでいるとされるが、生コンでの混和材としての利用が多いとみられる。
- WBCSD(持続可能な発展のための世界経済人会議)、セメント産業部会(CSI=Cement Sustainability Initiative)の持続可能なセメントイニシアチブも踏まえ、海外における混合セメント利用の潮流を整理

## 第4章 国内における混合セメントの需給見通し

### 【2030年度の混合セメント使用量推計】

- セメント全体の生産量は減少→2030年:約5600万t
- 現状(2013年)の混合セメント生産量 13,788千トン
- 目標(2030年)の混合セメント生産量 14,270千トン(推計結果)
- 混合セメント利用率:現状22.1%→将来25.7%**

### 【2030年度の混合セメント普及によるCO2削減効果(推計)】

- 1990年のベースライン比で検討(京都議定書目標達成計画による計算方式採用)
- 2013年で約69万t-CO2削減
- 約束草案の目標年度2030年度**
- 約100万t-CO2削減(1990年比)**

### 【関連調査からみる混合セメント利用の普及促進に係る課題とポイント】

- 近年の混合セメント利用率は横ばい、**将来、セメント生産量の減少が見込まれるなか、どのように混合セメント利用の普及拡大を図っていくか?**
- 技術開発や実証事業はゼネコンを中心に活発化
- 海外では、国によって事情や背景がまちまちなものの、セメントクリンカ比でみると日本はその比率が高い。
- 需要部門別の混合セメント利用分析では、建築分野における基礎や地下構造部分での普及拡大が期待される(伸びしろが大きい)
- 大きな方策としては、OPCの少量混合成分拡大(セメント規格改定)等も示唆されるが、本調査の検討テーマは、**建築分野における基礎や地下構造部分での普及拡大の可能性について焦点を当てる。**

## 第5章 今後の混合セメントの普及拡大方策

### 【混合セメント普及拡大上の課題認識】

- ゼネコンの混合セメントを活用した環境負荷低減コンクリート開発の動きが活発、利用側に情報が十分に浸透していない
- 混合セメントの環境価値を評価し、利用側に訴えていくことが重要
- 混合セメントは市場の拡大があまり進んでいない。供給側が混合セメントに積極的に取り組み、それを市場に供給しやすい環境を整えていくことが重要
- 今後の混合セメントの普及拡大に向け、短期・中・長期の両方を睨みながら、その推進基盤を整えていく必要

～施策例に示した取組み項目は、政策手段として、①情報的手法、②自主的取組手法、③経済的手法(市場メカニズムの活用、助成・補助金)、④規制的手法に区分しており、実際の施策展開にあたっては、民間の自主性・主体性を阻害しないことに十分に留意することが必要～

### 方向性1: 混合セメント利用の普及・啓発

#### 【具体方策例】

- ① ガイドライン・マニュアル・指針の普及
- ② 混合セメント利用事例集の作成
- ③ 既存の混合セメント利用評価制度の周知
- ④ 混合セメントの利用メリットのPR

### 方向性2: 混合セメントの環境価値を評価する仕組みづくり

#### 【具体方策例】

- ① 市場メカニズムの活用: 混合セメントの利用をJ-クレジット制度に組み込み、そのCO2価値を認証
- ② 混合セメントの環境価値の「見える化」
- ③ 既存制度の混合セメント利用評価制度の活用
- ④ グリーン調達やリサイクル認定制度での採用拡大
- ⑤ 環境自主行動計画の活用

### 方向性3: 供給側が混合セメントを供給しやすい環境づくり

#### 【具体方策例】

- ① 混合セメントの技術開発支援や適切な施工管理方法の推奨
- ② 混合セメントの市場拡大に向けた補助制度等のあり方検討
- ③ 混合セメントの製造・流通体制の整備に向けた検討

### 方向性4: 混合セメントの普及拡大に向けた基盤整備

#### 【具体方策例】

- ① 混合セメントの普及推進体制の構築
- ② セメントの利用ルールの見直し
- ③ セメントの流通品種の検討
- ④ 廃棄物クリンカ原料使用維持・拡大とそれに伴う課題検討
- ⑤ 建築分野の基礎・地下構造部分等での使用拡大に向けた基盤整備

## 第2章 国内における混合セメントの利用状況

本章では、混合セメントの普及拡大方策の検討にあたって、国内における混合セメントの利用状況等を概括する。

### 2. 1 混合セメントの生産使用状況

#### 2.1.1 混合セメント生産動向

セメントの種類ごとの生産量推移を表 2-1-1 に示す。

セメント全体の生産量が減少傾向にある中、混合セメントの生産量も減少傾向となっており、2005年度から2014年度にかけて約1,611万トンから約1,323万トンへと推移している。

混合セメントの中での内訳では、高炉セメントが9割以上を占め、シリカセメントは2010年以降殆ど生産されず、フライアッシュセメントは1%に満たない。

表 2-1-1 セメント生産動向

(単位:千トン)

年度		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ポルトランドセメント	普通	49,438	50,441	47,432	42,769	36,114	34,650	36,348	37,427	39,514	39,266
	早強	3,101	3,073	3,072	3,056	2,688	2,679	2,893	3,162	3,414	3,141
	中庸熱	807	851	706	631	581	737	708	730	680	676
	低熱	—	—	159	185	138	164	175	169	153	189
	耐硫酸塩	4	4	10	4	3	2	1	2	3	7
	その他	179	247	4	3	2	3	1	1	2	0
	小計	53,528	54,617	51,383	46,648	39,527	38,235	40,126	41,491	43,766	43,281
混合セメント	高炉	15,485	14,631	14,071	13,491	12,442	11,523	11,382	12,384	13,716	12,230
	シリカ	28	23	25	17	6	0	0	0	0	0
	フライアッシュ	194	144	54	78	107	167	251	44	72	74
	その他	402	400	510	620	771	671	516	787	917	926
	小計	16,109	15,198	14,660	14,206	13,326	12,361	12,149	13,214	14,705	13,230
その他のセメント		—	—	117	139	136	148	153	178	150	183
計		69,637	69,815	66,160	60,993	52,989	50,744	52,429	54,883	58,622	56,694
輸出用クレンカ等		4,294	3,356	4,440	4,902	5,390	5,307	5,151	4,605	3,770	4,445
合計		73,931	73,170	70,600	65,895	58,378	56,051	57,579	59,488	62,392	61,139

データ出典)セメント協会 セメントハンドブック

(生産量:千トン)



図 2-1-1 セメント生産量の推移

混合セメント生産量のセメント全体生産量に占める割合は、ここ 10 カ年、約 21%前後で推移している。

表 2-1-2 セメント生産量(構成比)の推移

年度		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ポルトランドセメント	普通	66.9%	68.9%	67.2%	64.9%	61.9%	61.8%	63.1%	62.9%	63.3%	64.2%
	早強	4.2%	4.2%	4.4%	4.6%	4.6%	4.8%	5.0%	5.3%	5.5%	5.1%
	中庸熟	1.1%	1.2%	1.0%	1.0%	1.0%	1.3%	1.2%	1.2%	1.1%	1.1%
	低熟	—	—	0.2%	0.3%	0.2%	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%	0.3%
	耐硫酸塩	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	その他	0.2%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	小計	72.4%	74.6%	72.8%	70.8%	67.7%	68.2%	69.7%	69.7%	70.1%	70.8%
混合セメント	高炉	20.9%	20.0%	19.9%	20.5%	21.3%	20.6%	19.8%	20.8%	22.0%	20.0%
	シリカ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	フライアッシュ	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.1%	0.1%	0.1%
	その他	0.5%	0.5%	0.7%	0.9%	1.3%	1.2%	0.9%	1.3%	1.5%	1.5%
	小計	21.8%	20.8%	20.8%	21.6%	22.8%	22.1%	21.1%	22.2%	23.6%	21.6%
その他のセメント	—	—	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%	0.3%
計	94.2%	95.4%	93.7%	92.6%	90.8%	90.5%	91.1%	92.3%	94.0%	92.7%	
輸出用クlink等	5.8%	4.6%	6.3%	7.4%	9.2%	9.5%	8.9%	7.7%	6.0%	7.3%	
合計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	

データ出典)セメント協会 セメントハンドブックデータをもとに試算

## 2.1.2 混合セメントの生産動向

現在国内で販売・使用されている混合セメントは、フライアッシュセメント、高炉セメントA種、シリカセメントがそれぞれ年間数万トン程度あるものの、そのほとんど（混合セメントの約98%）は高炉セメントB種である。

セメント全体の販売が縮小する中、混合セメントの販売量も減少傾向になっている。セメント販売量に占める比率（高炉化率等）を高めてきたが、2009年度をピークとしてその比率も減少に転じ、2014年度のセメント国内販売量に占める混合セメントの比率は約22%、高炉セメントが約78%となっている。

表 2-1-3 セメント国内販売量の推移

(単位:t/年度)

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ポルトランドセメント	普通	39,686	40,501	37,944	33,247	27,631	27,827	29,063	30,167	32,257	31,861
	早強	2,735	2,669	2,589	2,577	2,200	2,090	2,309	2,492	2,683	2,509
	中庸熱	713	768	674	606	519	657	630	677	651	653
	低熱	—	—	173	183	138	173	186	172	186	188
	耐硫酸塩	4	6	8	4	3	2	1	2	2	6
	その他	257	316	4	4	5	2	2	3	2	2
	小計	43,395	44,259	41,392	36,622	30,495	30,751	32,190	33,514	35,781	35,220
混合セメント	高炉	14,242	13,234	12,670	11,984	10,837	9,739	9,365	9,938	10,858	9,450
	シリカ	19	23	24	20	5	1	1	0	1	0
	フライアッシュ	478	416	222	206	215	160	80	75	105	81
	その他	17	35	140	197	288	238	118	94	69	162
	小計	14,756	13,708	13,056	12,406	11,346	10,137	9,564	10,107	11,032	9,694
その他のセメント	—	—	128	136	135	153	158	134	139	135	
	合計	58,151	57,967	54,576	49,164	41,976	41,040	41,912	43,754	46,953	45,048

データ出典)セメント協会 セメントハンドブック

表 2-1-4 セメント国内販売量の推移(構成比)

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ポルトランドセメント	普通	68.2%	69.9%	69.5%	67.6%	65.8%	67.8%	69.3%	68.9%	68.7%	70.7%
	早強	4.7%	4.6%	4.7%	5.2%	5.2%	5.1%	5.5%	5.7%	5.7%	5.6%
	中庸熱	1.2%	1.3%	1.2%	1.2%	1.2%	1.6%	1.5%	1.5%	1.4%	1.4%
	低熱	—	—	0.3%	0.4%	0.3%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%
	耐硫酸塩	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	その他	0.4%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	小計	74.6%	76.4%	75.8%	74.5%	72.6%	74.9%	76.8%	76.6%	76.2%	78.2%
混合セメント	高炉	24.5%	22.8%	23.2%	24.4%	25.8%	23.7%	22.3%	22.7%	23.1%	21.0%
	シリカ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	フライアッシュ	0.8%	0.7%	0.4%	0.4%	0.5%	0.4%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
	その他	0.0%	0.1%	0.3%	0.4%	0.7%	0.6%	0.3%	0.2%	0.1%	0.4%
	小計	25.4%	23.6%	23.9%	25.2%	27.0%	24.7%	22.8%	23.1%	23.5%	21.5%
その他のセメント	—	—	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	
	合計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

データ出典)セメント協会 セメントハンドブックデータをもとに試算

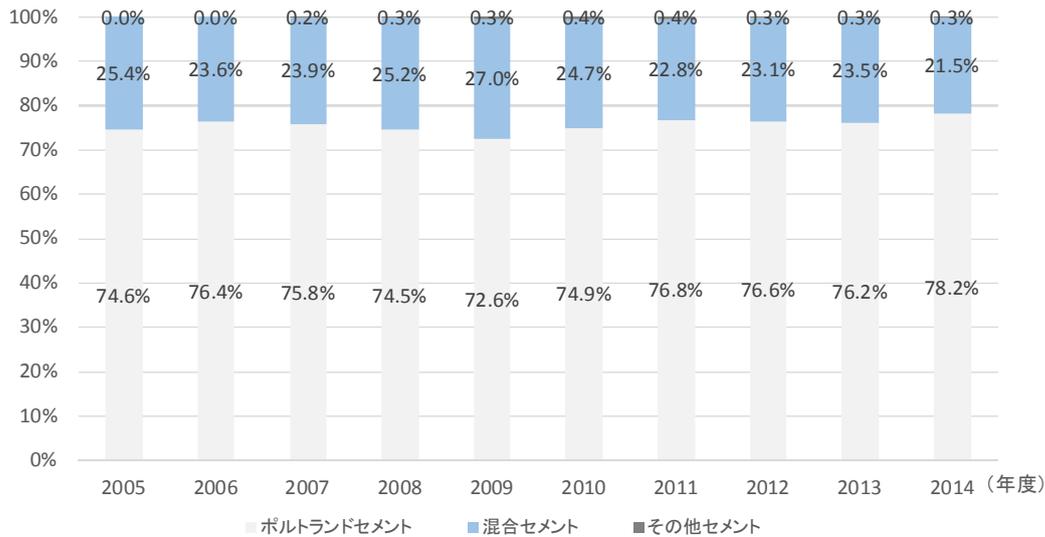


図 2-1-2 セメント国内販売量の推移(構成比)

データ出典)セメント協会 セメントハンドブック

### 2.1.3 地域ごとの混合セメント（高炉セメント）比率

全セメント販売高のうち高炉セメント販売高の比率（高炉化率）は表 2-1-5 のとおり。  
高炉セメント販売高の比率（高炉化率）を地域ごとにみると、

- ・ 全国平均値は 21.4%
- ・ 高炉化率の高い地域・・・四国（40.9%）、九州（34.0%）、中国（32.5%）
- ・ 高炉化率の低い地域・・・関東1区（12.6%）、関東2区（15.7%）

と、西日本と東日本で大きな差が見られる。

表 2-1-5 地域ごとの高炉化率(高炉セメント販売高/全セメント販売高)の推移

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014年
北海道	22.0%	22.7%	21.8%	19.3%	20.7%	21.7%	19.3%	20.8%
東北	12.9%	14.9%	18.0%	16.4%	13.9%	22.4%	23.8%	19.6%
関東1区	12.5%	17.5%	18.7%	14.4%	13.8%	14.2%	14.2%	12.6%
関東2区	15.9%	15.3%	19.3%	16.5%	15.1%	15.7%	16.1%	15.4%
北陸	25.4%	28.8%	31.7%	28.8%	24.2%	24.9%	25.7%	24.3%
東海	19.6%	22.2%	23.9%	21.3%	20.4%	19.4%	19.1%	17.5%
近畿	28.4%	27.4%	26.3%	27.3%	26.3%	25.4%	25.9%	24.0%
四国	43.1%	42.3%	45.8%	44.0%	43.6%	44.5%	42.7%	39.6%
中国	37.6%	36.7%	37.2%	39.0%	36.6%	36.1%	34.5%	32.0%
九州	38.8%	38.0%	39.8%	37.9%	36.4%	33.9%	36.3%	33.4%
沖縄	—	—	—	—	—	—	—	—
全国	23.2%	24.4%	25.8%	23.7%	22.3%	22.7%	23.1%	21.0%

凡例 東北・・・青森、岩手、宮城、秋田、山形、福島  
 関東2区・・・茨城、栃木、群馬、山梨、長野  
 東海・・・岐阜、静岡、愛知、三重  
 四国・・・徳島、香川、愛媛、高知  
 九州・・・福岡、佐賀、長崎、熊本、大分、宮崎、鹿児島

関東1区・・・埼玉、千葉、東京、神奈川  
 北陸・・・富山、石川、福井、新潟  
 近畿・・・滋賀、京都、大阪、兵庫、奈良、和歌山  
 中国・・・鳥取、島根、岡山、広島、山口

出典：社団法人セメント協会 資料

## 2.1.4 グリーン購入法による高炉セメント・生コンの調達実績

平成 25 年度 国等の機関における高炉セメント調達実績を下表に示す。

セメント・生コン調達量の規模は国土交通省、農林水産省が突出して大きいですが、その他の国の機関や独立行政法人等でも、グリーン調達の一環として混合セメントの積極的使用が図られている。

表 2-1-6 平成 25 年度 国等の機関における高炉セメント調達実績

	セメント(単位:t/年)				生コン(単位:m3/年)				セメント(生コン含む)(単位:t/年)			
	高炉	類似	合計	高炉率	高炉	類似	合計	高炉率	高炉	類似	合計	高炉率
国土交通省	668,731	101,574	770,305	87%	4,346,305	75,959	4,422,264	98%	1,972,623	124,362	2,096,984	94%
農林水産省	17,138	39	17,177	100%	399,367	14,113	413,480	97%	136,948	4,273	141,221	97%
都市再生機構 (UR)	9,086	0	9,086	100%	82,583	0	82,583	100%	33,861	0	33,861	100%
鉄道建設・運輸施設整備支援機構	7,946	0	7,946	100%	427,674	932	428,606	100%	136,248	280	136,528	100%
防衛省	1,382	0	1,382	100%	146,330	43,117	189,447	77%	45,281	12,935	58,216	78%
文部科学省	0	0	0	—	0	0	0	—	0	0	0	—
水資源機構	1,012	0	1,012	100%	24,816	0	24,816	100%	8,457	0	8,457	100%
財務省	13	2	15	87%	79	36	115	69%	37	13	50	74%
首都高速道路(株)	1,883	0	1,883	100%	7,131	0	7,131	100%	4,022	0	4,022	100%
東日本高速道路(株) (NEXCO 東日本)	0	0	0	—	9,000	26,000	35,000	26%	2,700	7,800	10,500	26%
西日本高速道路(株) (NEXCO 西日本)	5,925	0	5,925	100%	76,119	0	76,119	100%	28,761	0	28,761	100%
環境省	440	14	454	97%	10,455	0	10,455	100%	3,577	14	3,591	100%
厚生労働省	25	0	25	100%	2,599	2	2,601	100%	805	1	805	100%

\* 単位セメント量:300kg/m<sup>3</sup>として換算 出典)鉄鋼スラグ協会資料及び国等の各機関のホームページより作成

## 2.1.5 需要部門別の国内販売量

需要部門別のセメントの国内販売量は表 2-1-7 のとおり。

全セメントの国内販売量（生コン展開後）を需要部門別に見ると、各部門とも減少傾向にある。構成比率では、「道路・橋梁」や「その他」部門がやや減少傾向にあるものの、特に顕著な変化はみられない。

表 2-1-7 需要部門別販売量(生コン展開後)の推移

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 (暦年)	
鉄道・電力	1,107	1,029	1,204	1,212	1,186	1,014	945	1,246	1,299	1,040	709	690	
セメント製品	7,824	7,521	7,526	7,353	7,060	6,473	5,514	5,208	5,381	5,636	6,082	6,079	
港湾	2,074	1,740	1,802	1,669	1,772	1,707	1,687	1,173	1,074	1,579	1,941	1,611	
道路・橋梁	5,462	5,093	5,058	4,901	4,547	4,194	4,114	3,712	3,439	3,276	3,475	3,392	
土木	13,788	12,588	13,056	12,498	12,111	11,589	10,958	10,117	9,817	10,578	11,463	11,024	
建築	官公需	4,823	4,227	3,854	3,497	3,045	2,932	3,053	3,152	2,907	3,177	3,582	3,895
	民需	21,120	22,003	23,149	24,546	22,786	19,394	14,046	14,789	16,083	16,811	17,966	17,475
	計	25,943	26,230	27,003	28,043	25,831	22,326	17,099	17,941	18,990	19,989	21,548	21,370
自家用	22	20	43	65	41	19	15	13	10	9	13	17	
その他	2,636	2,521	2,460	2,227	2,027	1,842	1,643	1,630	1,900	1,646	1,722	1,673	
国内計	58,856	56,742	58,152	57,968	54,575	49,164	41,976	41,040	41,912	43,754	46,953	45,854	
輸出	9,879	10,373	10,273	9,592	10,017	10,672	11,054	9,967	10,006	9,632	8,503	9,108	
合計	68,735	67,115	68,425	67,560	64,592	59,835	53,030	51,007	51,918	53,387	55,455	54,962	

データ出典)セメント協会 セメントハンドブック

### 【部門別構成比】

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 (暦年)	
鉄道・電力	1.9%	1.8%	2.1%	2.1%	2.2%	2.1%	2.3%	3.0%	3.1%	2.4%	1.5%	1.5%	
セメント製品	13.3%	13.3%	12.9%	12.7%	12.9%	13.2%	13.1%	12.7%	12.8%	12.9%	13.0%	13.3%	
港湾	3.5%	3.1%	3.1%	2.9%	3.2%	3.5%	4.0%	2.9%	2.6%	3.6%	4.1%	3.5%	
道路・橋梁	9.3%	9.0%	8.7%	8.5%	8.3%	8.5%	9.8%	9.0%	8.2%	7.5%	7.4%	7.4%	
土木	23.4%	22.2%	22.5%	21.6%	22.2%	23.6%	26.1%	24.7%	23.4%	24.2%	24.4%	24.0%	
建築	官公需	8.2%	7.4%	6.6%	6.0%	5.6%	6.0%	7.3%	7.7%	6.9%	7.3%	7.6%	8.5%
	民需	35.9%	38.8%	39.8%	42.3%	41.8%	39.4%	33.5%	36.0%	38.4%	38.4%	38.3%	38.1%
	計	44.1%	46.2%	46.4%	48.4%	47.3%	45.4%	40.7%	43.7%	45.3%	45.7%	45.9%	46.6%
自家用	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
その他	4.5%	4.4%	4.2%	3.8%	3.7%	3.7%	3.9%	4.0%	4.5%	3.8%	3.7%	3.6%	
国内計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	

データ出典)セメント協会 セメントハンドブックデータをもとに試算

セメント国内販売量の需要部門別構成比の推移

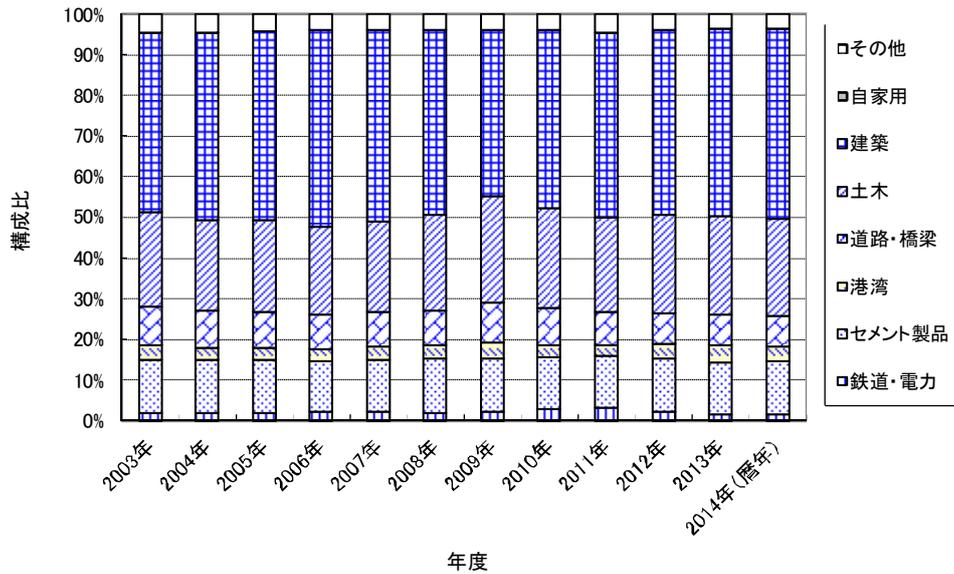


図 2-1-3 全セメント販売量の需要部門別構成比の推移

### 2.1.6 需要部門別の混合セメント使用状況（推計値）

混合セメントの普及拡大方策を検討するにあたり、需要部門別の混合セメント使用の現状把握が必要となるが、需要部門別かつセメント種類別の販売数量データが得られないため、全セメントの需要部門別販売数量（2013年）をもとに、需要部門ごとの高炉セメント使用比率を仮定して、百万t単位の概数として推計した。推計根拠及び仮定条件設定を下表に、結論を次頁の図に示す。

なお、本推計については、今後、後述する関連アンケートやヒアリング調査等から全セメント生産量の用途区分や用途区分別の高炉セメント使用率を設定した。

表 2-1-8 需要部門別の高炉セメント推定条件(現況推計値:2013年度)

	全セメント使用量に係る設定	うち高炉セメント使用量に係る仮定
建築	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象年販売量データのうち、「建築(官公需+民需)」+「その他」×0.6が該当するものとした。</li> <li>国交省大臣官房営繕部監修「グリーン庁舎基準及び同解説」の15,000㎡クラス庁舎モデルより、地下比率を20%と仮定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下部分の20%で高炉セメント使用</li> <li>地上部分の高炉セメント使用は現状ほぼ0</li> </ul>
土木	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象年販売量データのうち、「鉄道・電力」+「港湾」+「道路・橋梁」+「土木」+「その他」×0.4が該当するものとした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グリーン購入法に基づき調達実績が公表されている国の機関については実数を使用</li> <li>グリーン購入法の公表義務外では40%で高炉セメント使用と仮定</li> </ul>
プレキャスト コンクリート 製品	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象販売量データのうち、「セメント製品」が該当するものとした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無筋即時脱型製品の一部(2%)で高炉セメント使用と仮定</li> </ul>
固化材	<ul style="list-style-type: none"> <li>統計値がないため、対象年の生産量-販売量を固化材相当分とみなした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント協会の統計データ、セメント系固化材需要推移等から60%として設定した。</li> </ul>

(1) 混合セメント使用状況の現状 (2013 年度)

需要部門別(用途区分)の混合セメント使用状況の現状推計値 (2013 年度) は、表 2-1-9 のとおり。

表 2-1-9 需要部門別(用途区分)の混合セメント使用状況の現状(2013 年度)

用途区分		全セメント 使用量 (百万t)	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	BB 使用 量(推定) (百万t)
建築	基礎・地下構造	5	20%										0.9
	上部構造	18	0%										0.0
土木	国土交通省グリーン調達	2	94%										2.2
	その他土木	16	40%										6.4
プレキャスト製品		6	2%										0
固化材		7	60%										4.2
輸出		9	0%										0.0
全セメント計		62	高炉セメントB種計										13.8

\*)株式会社 エックス都市研究所推計値

注)四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。

データ出典)セメント協会ハンドブック等の統計資料に基づき試算

## 2. 2 混合セメントの利用実態調査（アンケート調査）

### 2.2.1 建設事業者アンケート結果

混合セメント普及拡大方策の検討にあたって、本年度調査では、一般社団法人日本建設業連合会の会員企業からゼネコン企業を中心に約 20 社を対象に、「混合セメント（高炉セメント、フライアッシュセメント等）の使用状況・課題等に関するアンケート調査」を実施した。

その結果、15 社から回答を得た。そのうち、2 社については、建築部門と土木部門から別々に回答を得たことから、回答調査票としては 17 通を回収した。

なお、調査対象の殆どが、資本金 100 億円以上の大手ゼネコン企業である。したがって、アンケート結果については、あくまでも大手企業からの回答結果であることを付記しておく。

#### （1）アンケート回答事業者の概要

##### 1）回答事業者の事業規模

回答事業者の資本規模は全て 10 億円以上の大手の建設会社であり、その内、資本金が 500 億円超えのいわゆるスーパーゼネコンからの回答も 35% を占めている。

同様に、従業員規模についても全ての企業が 1,000 人を超えており、その内、約 29% の回答企業が 5,000 人を超えている。

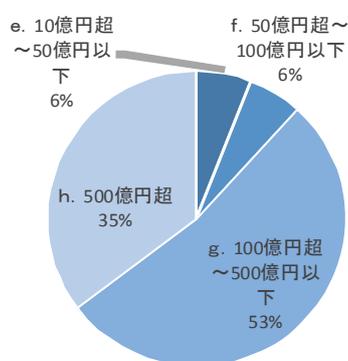


図 2-2-1 回答事業者の資本規模  
（有効回答数 17）

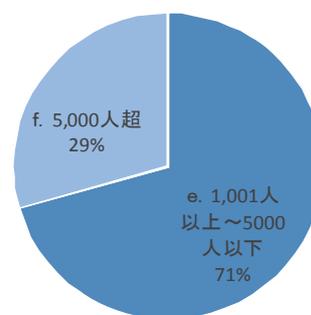


図 2-2-2 回答事業者の従業員規模  
（有効回答数 17）

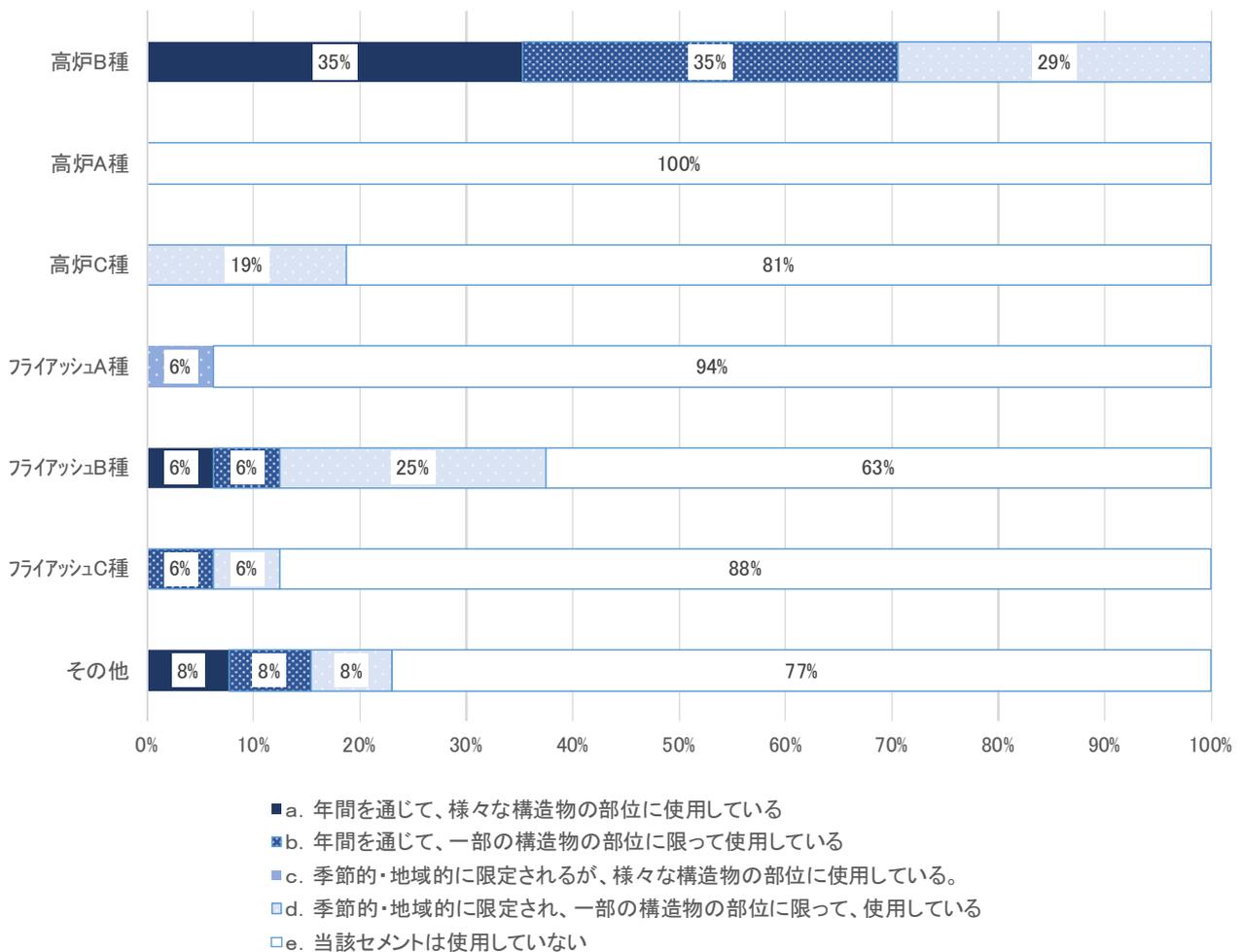
## (2) 混合セメントの使用実績について

混合セメントの使用実績については、高炉B種では、「年間を通じて、様々な構造物の部位に使用している」が35%、「年間を通じて、一部の構造物の部位に限って使用している」が35%、「季節的・地域的に限定され、一部の構造物の部位に限って使用している」が29%となっており、全ての事業者が何らかの形態で高炉B種を使用している結果が得られた。

一方、高炉A種では、「当該セメントは使用していない」の回答が100%の結果になり、フライアッシュA種は、「当該セメントは使用していない」の回答が94%、フライアッシュC種も「当該セメントは使用していない」の回答が88%の結果になっている。

高炉C種では、「季節的・地域的に限定され、一部の構造物の部位に限って、使用している」が19%で、81%の回答は「当該セメントは使用していない」になっている。

フライアッシュB種では、「年間を通じて、様々な構造物の部位に使用している」が6%、「年間を通じて、一部の構造物の部位に限って使用している」が6%、「季節的・地域的に限定され、一部の構造物の部位に限って使用している」が25%となっており、約4割の事業者が何らかの形態で使用している結果を得た。



注) 四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。

図 2-2-3 混合セメントの使用実績について(有効回答数 17)

### (3) 建築工事における高炉セメント使用について

#### 1) 高炉セメントの使用部位・工種について (建築)

高炉セメントの使用実績のある部位・工種として、「通常使用されている」及び「使用実績がある」という回答が多かったのは、「(3)場所打ち杭」では、「通常使用されている」27%、「使用実績がある」73%を合わせると有効回答の100%となる。

次いで多いのは「(1)地盤改良」の「通常使用されている」29%、「使用実績がある」50%を合わせると有効回答の79%となる。

「(5)基礎・耐圧版」は「使用実績がある」が67%、「(2)捨てコンクリート」及び「(6)地中梁」がともに、「使用実績がある」が60%になっている。

逆に、「高炉セメントの使用は適さない」は「上部構造」がもっとも多く67%、ついで「RC擁壁」が27%となっている。

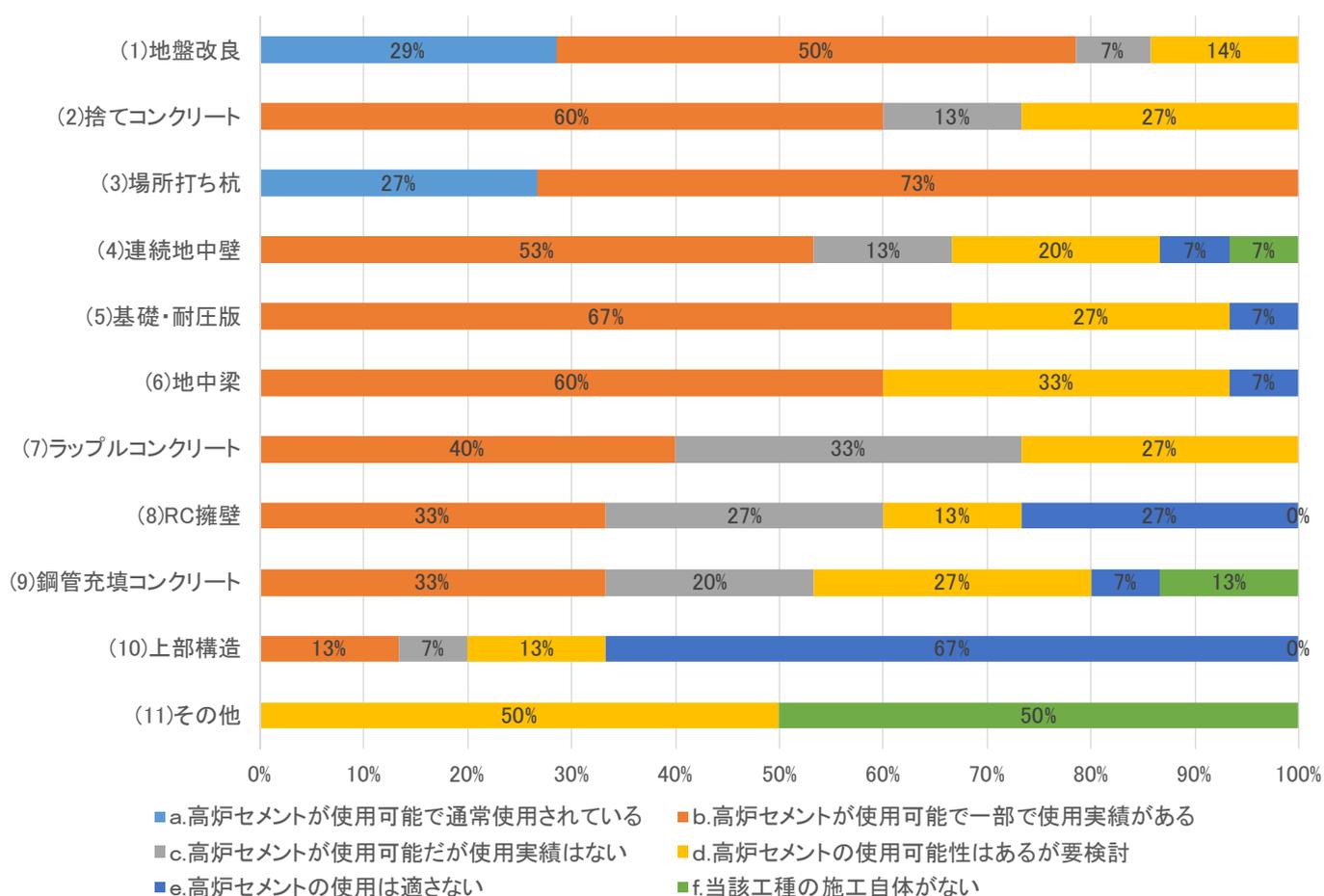


図 2-2-4 高炉セメントの使用部位・工種について (有効回答数 15)

## 2) 高炉セメントの採用理由（建築）

高炉セメントを「通常」または「一部」に使用している場合に、その採用理由を尋ねたところ、「共通仕様書・積算基準等で高炉セメントを使用することとされているから」がもっとも多く有効回答者の40%、次に「高炉セメントの特性を活かせるから」、「環境負荷低減につながるから（鉄鋼スラグやフライアッシュなど再生資源を使用している点を評価）」、「環境負荷低減につながるから（セメント生産工程での省エネ・CO2排出削減効果を評価）」、「その他」が33%で続いた。「その他」の回答では、その事由として「再生骨材コンクリートの標準としているため」、「高炉セメントは一部で低発熱であると信じられているから」、「設計図に記載されているから」との回答が得られた。

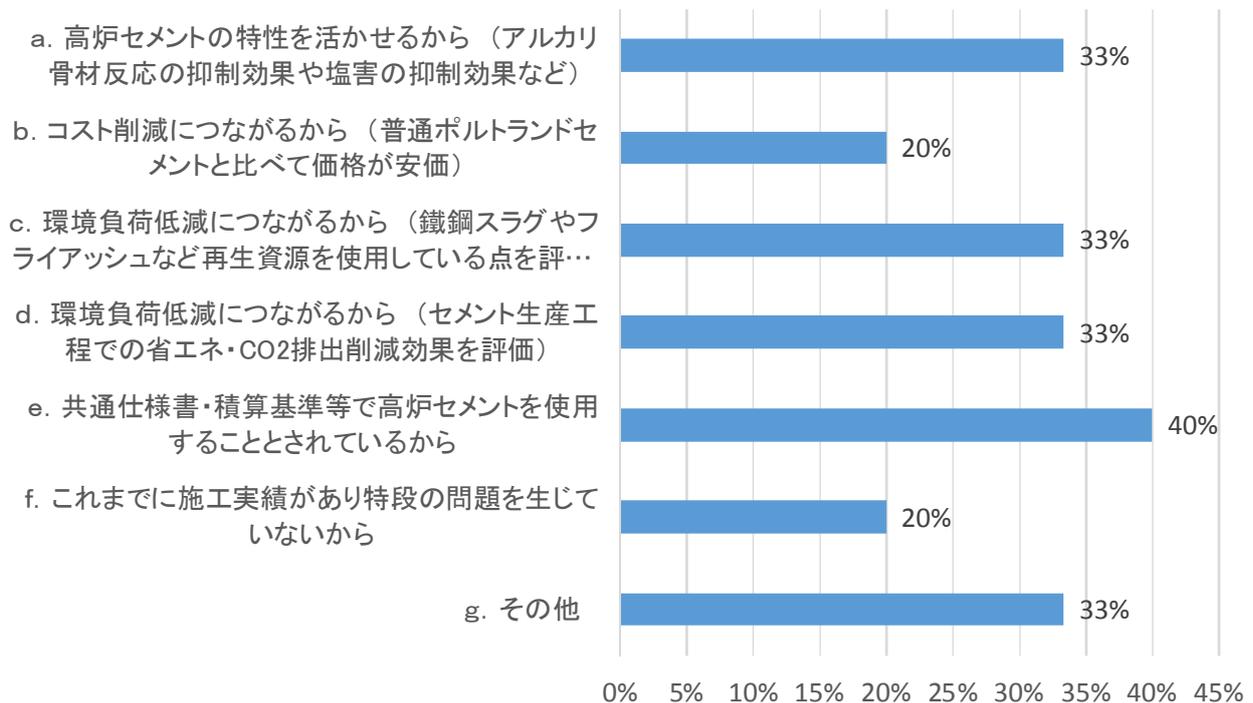


図 2-2-5 高炉セメントの採用理由(建築)(有効回答数 15 複数回答)

## 2) 高炉セメント使用上の問題点（建築）

「通常」あるいは一部に使用実績がある場合、「高炉セメントを使用したところ問題が発生したことがあるか」、という設問に対しては、「特に問題なし」が有効回答の40%であった。「建築物の品質面で問題が生じた」という回答は60%、「工期または費用面で問題が生じた」という回答は13%であった。

具体的な品質面での問題（記述式）としては、「若干、細かいひび割れが多い傾向にある」、「地中梁にひび割れが発生した」、「高炉セメントB種コンクリートを地下マスコン部材の温度ひび割れ抑制対策で使用したが、逆にひび割れが多数入ったため」、「スランプ等のフレッシュ性状及び強度が安定しない」、「初期養生不足によるひび割れ(夏季)」、「場所打ち杭での杭頭欠陥」、「基礎・地中梁でひび割れが発生した」といった問題が挙げられた。

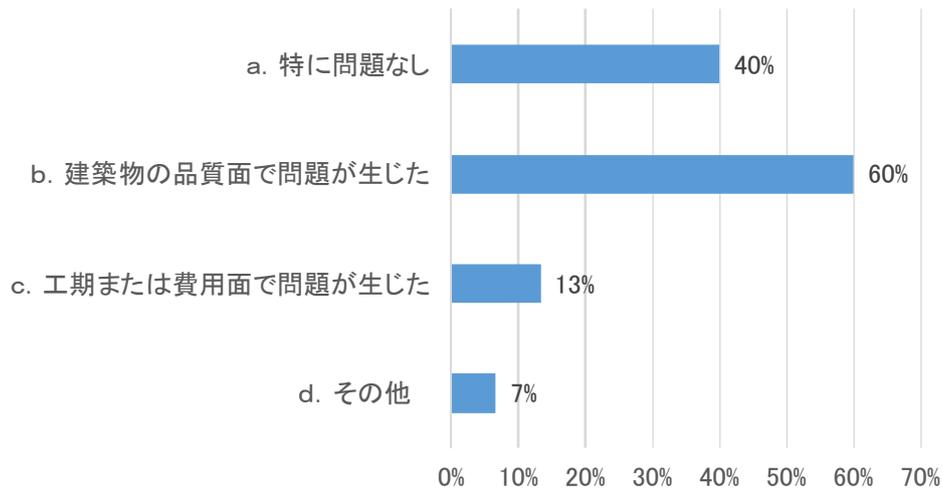


図 2-2-6 高炉セメントの使用上の問題点(建築)(有効回答数 15)

「高炉セメントを使用可能と言い切れない理由は何か」という設問に対しては、「中性化速度がやや速く、耐久性に不安があるから」と「普通ポルトランドセメントと比べてひび割れが生じやすいように思われるから」が最も多く、有効回答者の67%であり、次いで「初期強度が小さく、やや長い養生期間を要するから」が53%で続いた。

「その他」(記述式)の回答では、「設計仕様に合致しない、設計変更実施のメリットが少ない、品確法の規制の対応」や「銘柄による差、品質の変動、温度依存性などに起因する扱いにくさ」、「高炉セメントコンクリートは運搬時のスランプの低下傾向が大きく、施工時に充填不良などが危惧されるから」、「住宅性能表示制度の制約から使用が困難」、「十分な湿潤養生が必要であるから」といった回答があった。

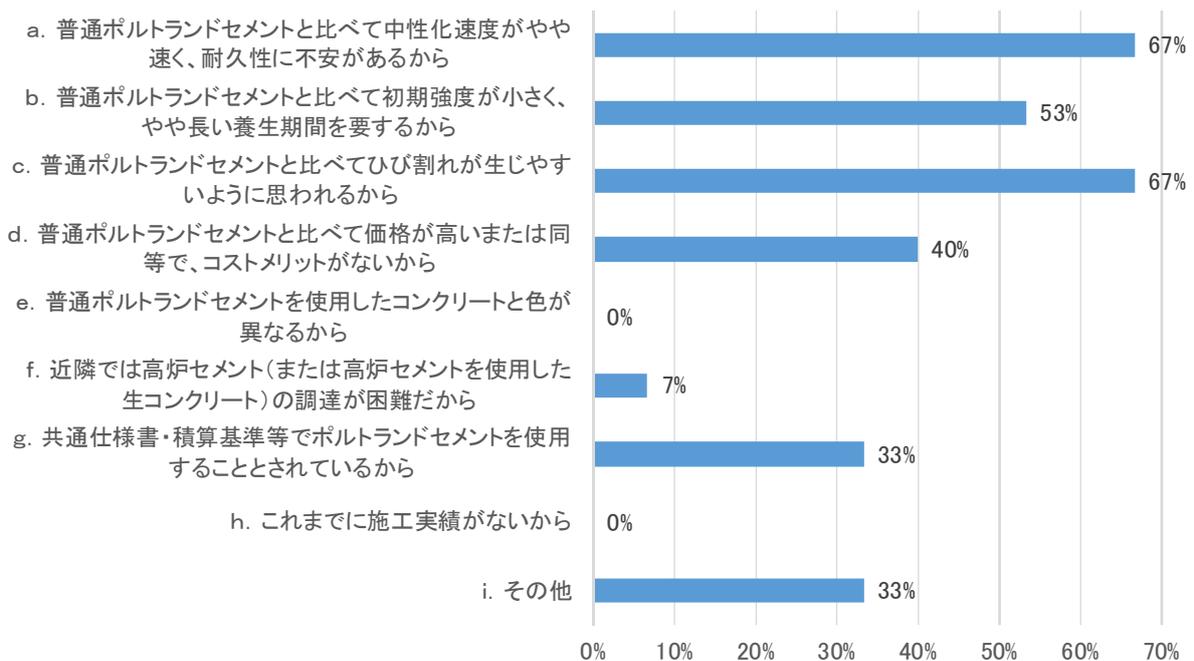


図 2-2-7 高炉セメントを使用可能と言い切れない理由は何か(建築)(有効回答数 15)

### 3) 高炉セメントの課題の解決事例（建築）

回答者から得られた高炉セメントの解決事例は表 2-2-1 のとおり。

なお、「e. 普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートと色が異なるから」、「f. 近隣では高炉セメント（または高炉セメントを使用した生コンクリート）の調達が困難だから」、「g. 共通仕様書・積算基準等でポルトランドセメントを使用することとされているから」、「h. これまでに施工実績がないから」に対する解決事例の回答はなかった。

表 2-2-1 高炉セメントの課題の解決事例(建築)

課題	a 中性化	b 初期強度・養生	c ひび割れ	d コストメリット	e 色の違い	f 調達困難	g 仕様書の規定	h 施工実績	i その他
・ 細かいひび割れがやや多いが、構造体として問題のある範囲ではないことを説明して了解をいただいた。	○		○						
・ 中性化が小さい高炉セメント A 種相当のスラグ微粉末(スラグ成分改良)を混入した低収縮型コンクリートを最近開発し事務所デッキスラブに打設した。	○								
・ 中性化の懸念がないCFT 鋼管内の充填コンクリートを対象に、高炉セメント B 種相当のセメントを改良した高強度コンクリートを最近開発した。現在都内で 5 件の適用実績がある。	○								
・ 課題を解決する高炉スラグ系の混和材を開発し、建物に適用	○	○	○						
・ 混合セメント(高炉 B)の使用をやめるように、設計者に進言した事例。		○							
・ 乾燥収縮が大きく、水和熱も大きい高炉 B が、一般のポルトランドセメントより高価で、わざわざ普通ポルトランド用サイロを空けてまで使うメリットが無く、費用アップして品質が低下するとの理由で変更した事例。		○							
・ 高炉セメント C 種相当の低発熱型セメントを開発し、温度応力が小さく水和熱による温度ひび割れが小さいコンクリートを最近開発した。現在、都内で2件、関西で 1 件の実績がある。			○						
・ JASS5-2003 の適用案件の場合は、呼び強度を保証する材齢を 56 日に延長して単位セメント量を減じてマスコン対策を行うと同時にコストダウンを図ったが、JASS5-2009 から S 値採用になり、今はほとんどそのような対策が取れない。				○					
・ 建物の上部構造には使用しない。場所打ちコンクリート杭や地下部分に限定して使用する。									○

#### 4) 総合評価方式等による環境性能の評価について(建築)

「建築工事の委託先選定に当たり、建築物総合評価制度(CASBEE)等により、建築物の環境性能に係る提案・届出を求められたことはあるか」という設問に対しては、「提案実績があり混合セメントの使用も盛り込んだ」と回答したのは有効回答の43%であり、「提案実績があるが混合セメントの使用を盛り込んだことはない」は28%であり、「提案・届出の経験はない」が有効回答の29%を占めた。

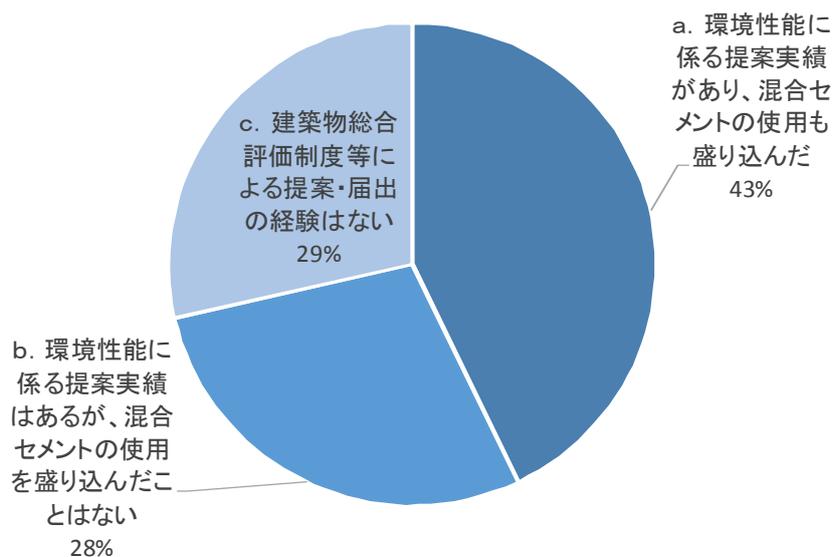


図 2-2-8 総合評価方式等による環境性能の評価について(建築) (有効回答数 14)

#### (4) 土木工事における高炉セメント使用について

##### 1) 高炉セメントの使用部位・工種について (土木)

土木工事では、様々な部位や工種に対して高炉セメントが活用されている実態が分かる。「通常使用されている」が約6割以上を占めている部位・工種は、(4)重力式擁壁、(5)重力式橋台、(11)RC擁壁、(13)半重力式橋台・擁壁、(25)護岸、(27)港湾工事一般が挙げられる。

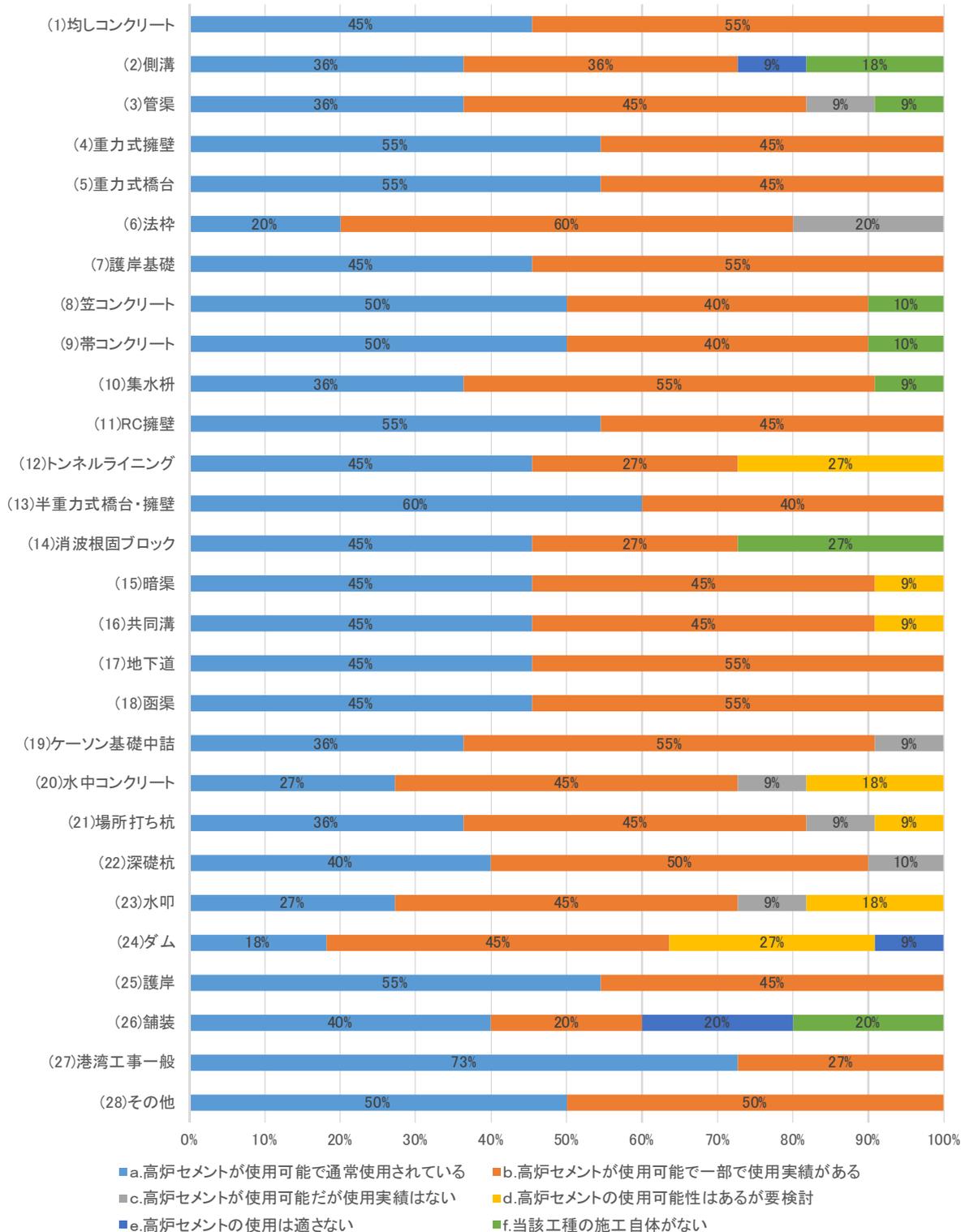


図 2-2-9 高炉セメントの使用部位・工種(土木) (有効回答数 11)

## 2) 高炉セメントの採用理由（土木）

高炉セメントを「通常」または「一部」に使用している場合に、その採用理由を尋ねたところ、「共通仕様書・積算基準等で高炉セメントを使用することとされているから」がもっとも多く有効回答者の 100%、次に「高炉セメントの特性を活かせるから」が 91%で続いた。「環境負荷低減につながるから（鉄鋼スラグやフライアッシュなど再生資源を使用している点を評価）」と「環境負荷低減につながるから（セメント生産工程での省エネ・CO2 排出削減効果を評価）」のは共に 45%との回答が得られた。

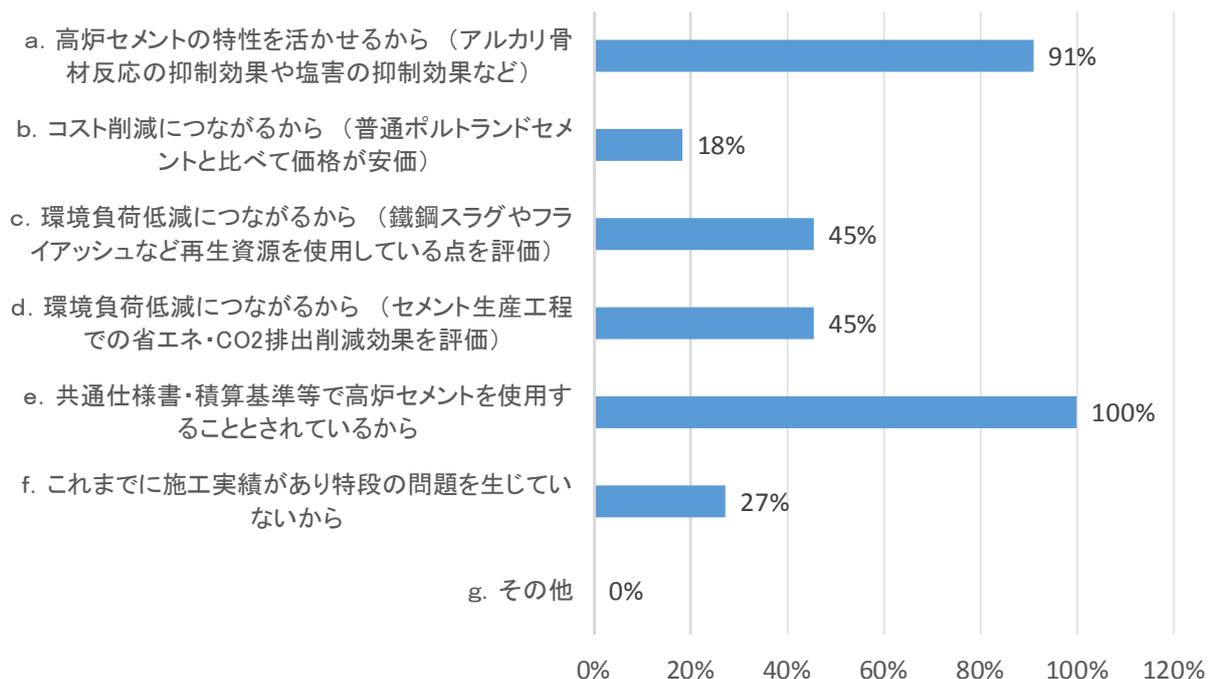


図 2-2-10 高炉セメントの採用理由(土木)(有効回答数 15 複数回答)

### 3) 高炉セメント使用上の問題点（土木）

「通常」あるいは一部に使用実績がある場合、「高炉セメントを使用したところ問題が発生したことがあるか」、という設問に対しては、「特に問題なし」が有効回答の18%であった。「構造物の品質面で問題が生じた」という回答は82%、「工期または費用面で問題が生じた」という回答は18%であった。

これは、建築部門に比較して、土木部門では、利用量（利用工事数）が多く、逆に、それに伴い、課題となる事例が多いことによると考えられる。

具体的な品質面での問題（記述式）としては、「ひび割れ、初期強度等」、「ひび割れ低減に効果なし」、「ひび割れが多く発生したことがあった。」、「初期強度発現が遅いため脱型時に表面剥離が発生」、「自己収縮によるひび割れの発生」、「収縮ひび割れの発生」、「①プラント毎に高炉スラグの品質の差がある。②乾燥収縮によるひび割れ発生。③コンクリート色が緑っぽくなる。また、色むらが生じる。」といった問題が挙げられた。

具体的な工期または費用面での問題としては、「型枠・支保工の解体が遅れ、工期に影響が及ぶことがあった。」「脱型時期や養生期間が長く、工期がきつい。」という問題が挙げられた。

その他の問題としては、「高炉 B 種使用時、型枠脱型後の色（青緑色化）を発注者からクレームされた。」「脱型・養生直後の表面の変色（青色）に対する問合せがあった。」という問題が挙げられた。

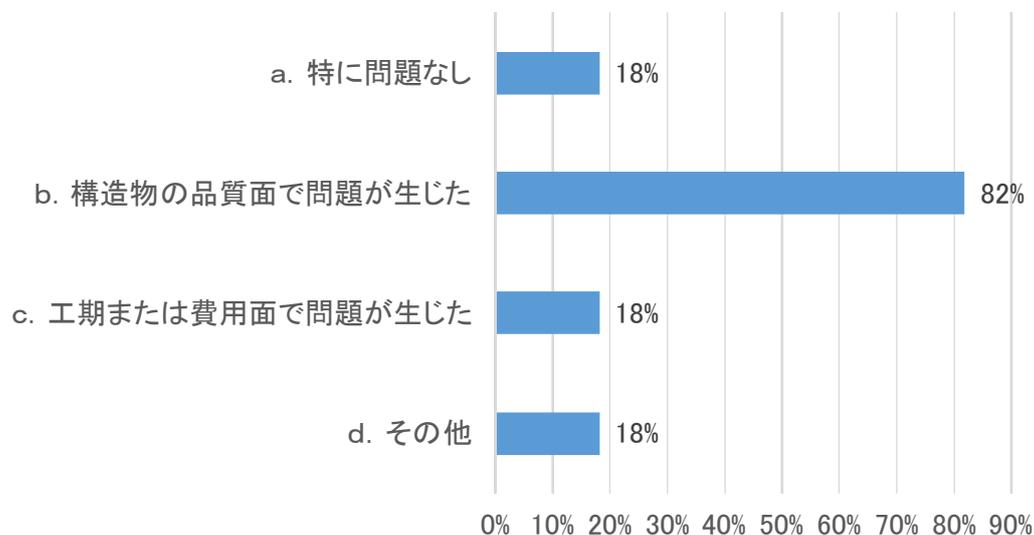


図 2-2-11 高炉セメントの使用上の問題点（土木）（有効回答数 11）

「高炉セメントを使用可能と言い切れない理由は何か」という設問に対しては、「普通ポルトランドセメントと比べてひび割れが生じやすいように思われるから」が最も多く、有効回答者の88%であり、次いで、「初期強度が小さく、やや長い養生期間を要するから」が75%で続いた。

また、「普通ポルトランドセメントと比べて中性化速度がやや速く、耐久性に不安があるから」、「共通仕様書・積算基準等でポルトランドセメントを使用することとされているから」は共に50%であった。

「その他」（記述式）の回答では、「性能を発揮させるには湿潤養生が必要だから」といった回答があった。

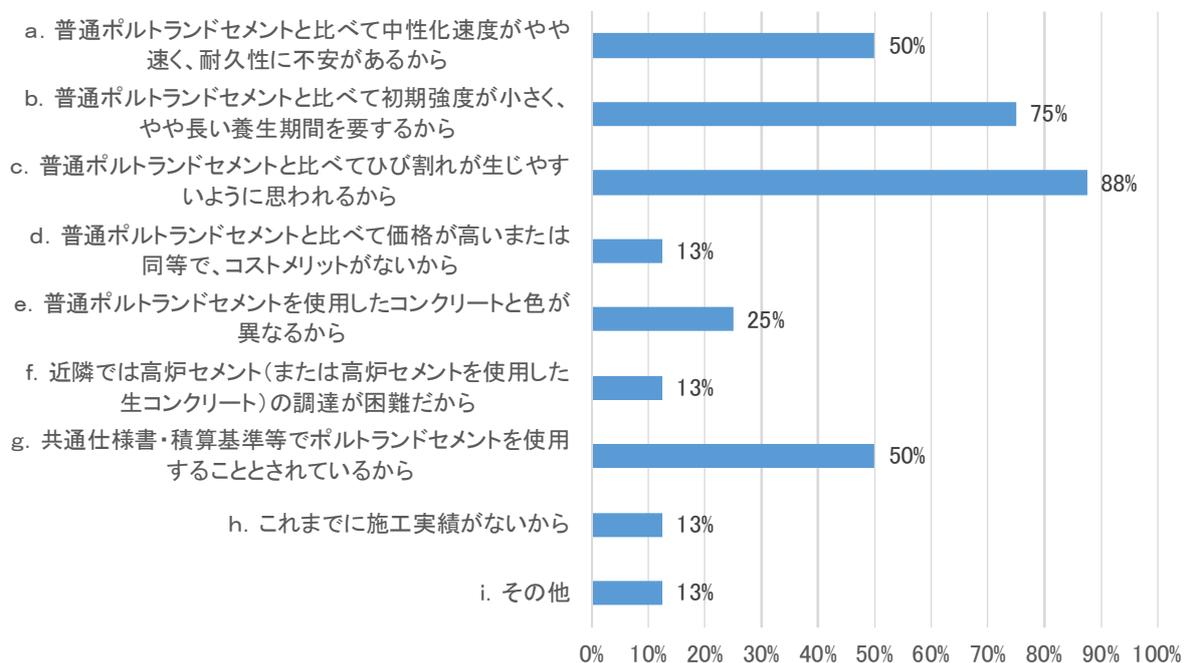


図 2-2-12 高炉セメントを使用可能と言い切れない理由は何か(土木)(有効回答数 8)

#### 4) 高炉セメントの課題の解決事例(土木)

回答者から得られた高炉セメントの解決事例は表 2-2-2 のとおり。

なお、「d. 普通ポルトランドセメントと比べて価格が高いまたは同等で、コストメリットがないから」、「f. 近隣では高炉セメント(または高炉セメントを使用した生コンクリート)の調達に困難だから」、「g. 共通仕様書・積算基準等でポルトランドセメントを使用することとされているから」、「h. これまでに施工実績がないから」に対する解決事例の回答はなかった。

表 2-2-2 高炉セメントの課題の解決事例(土木)

課題	a 中性化	b 初期強度・養生	c ひび割れ	d コストメリット	e 色の違い	f 調達困難	g 仕様書の規定	h 施工実績	i その他
・ 水セメント比を下げた。	○	○							
・ 膨張材を添加した。プレクーリング・ポストクーリングを実施した。両方を併用した。			○						
・ 呼び強度をランクアップし中性化抵抗性を向上	○								
・ 呼び強度のランクアップ、養生温度の管理、養生期間の延長		○							
・ 発注者より、養生後の表面の変色(青色)が目立つため品質に問題がないか確認して欲しいとの問合せがあった。変色(青色)は高炉スラグの水和により生じたこと、養生期間中しっかりと湿潤状態を保ったため変色(青色)が目立つこと、長期的には酸化して白色になること、品質には問題ないことを説明して納得していただいた。					○				
・ LBB(低発熱型高炉セメント)を使用した。			○						
・ トンネル覆工コンクリートであっても、長期に渡り湿潤養生を継続した									○

## 5) 総合評価方式等による環境性能の評価について(土木)

「土木工事の委託先選定に当たり、建築物総合評価制度(CASBEE)等により、建築物の環境性能に係る提案・届出を求められたことはあるか」という設問に対しては、「環境性能に係る提案実績があり、混合セメントの使用も盛り込んだ」と回答したのは有効回答の37%であり、「総合評価方式の経験はあるが、環境性能に関する提案を盛り込んだことはない」は27%であり、「環境性能に係る提案実績はあるが、混合セメントの使用を盛り込んだことはない」と「総合評価方式による技術提案の経験はない」が共に有効回答の18%を占めた。

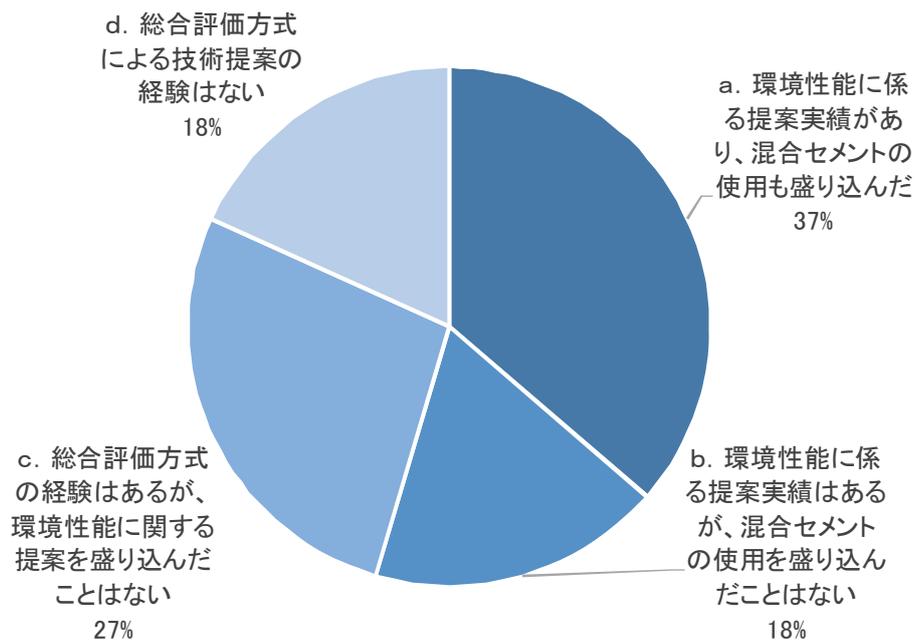


図 2-2-13 総合評価方式等による環境性能の評価について(土木) (有効回答数 11)

## (5) 混合セメントの使用拡大の可能性について（建築・土木共通）

### 1) 混合セメントの使用拡大を図っていくための方策

混合セメントの使用拡大を図っていくための方策に関する回答は以下のとおり。

一般的に、「混合セメントの価格の低廉化」、「積極的な取組みを実施している事業者を評価する仕組みづくり」、「ひび割れを生じにくい混合セメントの開発促進」、「混合セメントの建築物への適用支援」、「普及啓発による混合セメント利用の不安・懸念の解消」、「国や自治体のグリーン調達やリサイクル品認定制度等での採用拡大」を選択する回答が多い傾向にあった。

#### ①混合セメントの利用促進につながるインセンティブの付与

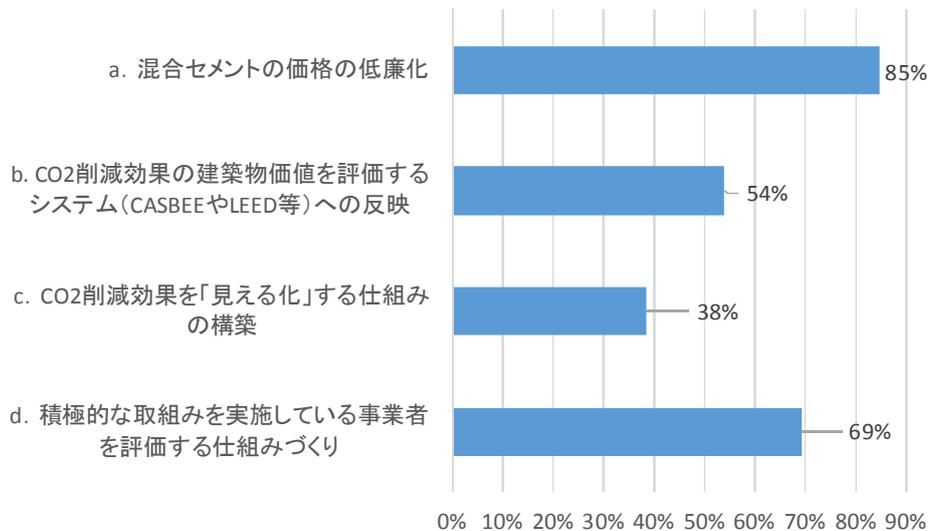


図 2-2-14 混合セメントの利用促進につながるインセンティブの付与

#### ②混合セメントの技術開発等の促進

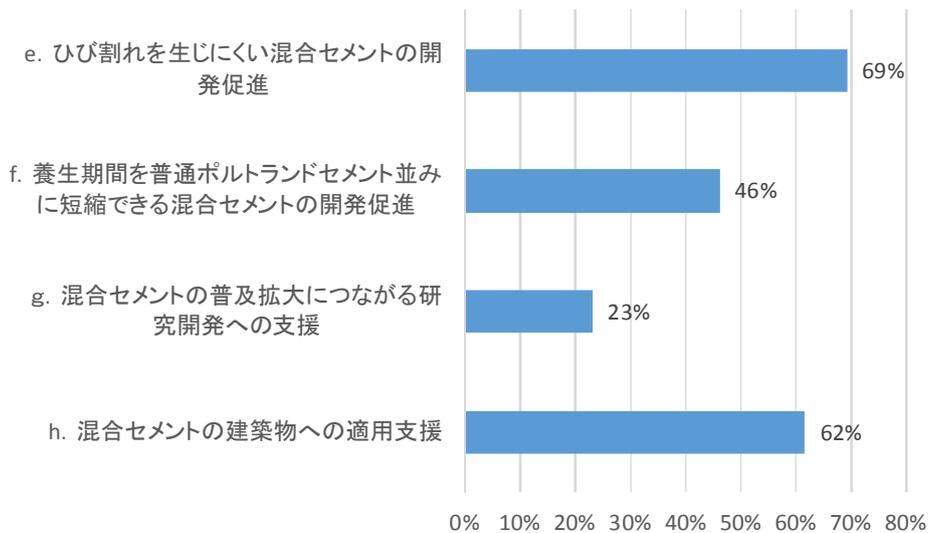


図 2-2-15 混合セメントの技術開発等の促進

### ③混合セメントの利用促進につながる環境整備

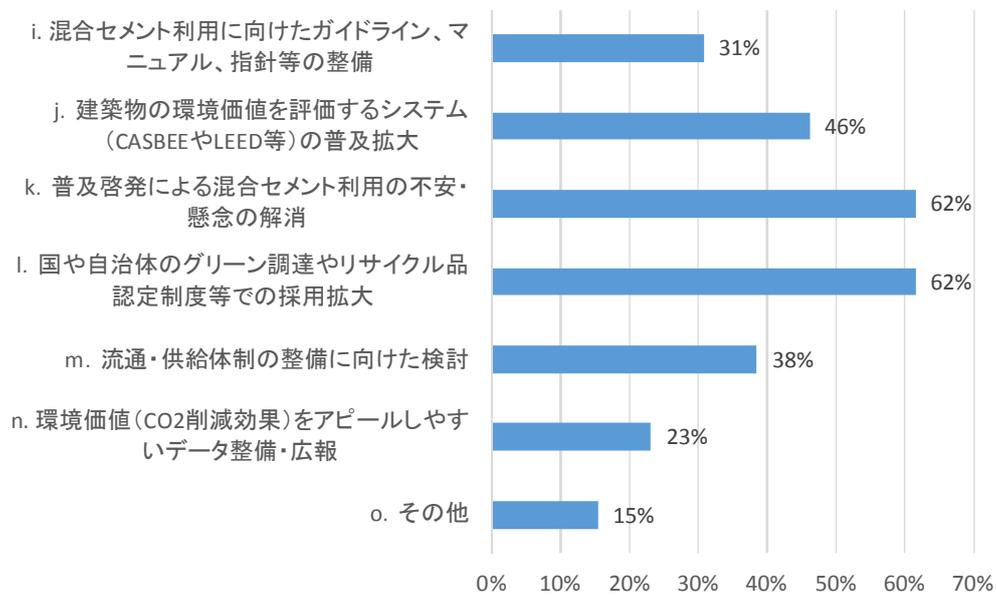


図 2-2-16 混合セメントの利用促進につながる環境整備

## 2) 混合セメントの利用拡大に向けたご意見等（自由記述）

混合セメントの利用拡大に向けた自由記述の概要（一部抜粋）は表 2-2-3～4 のとおり。

表 2-2-3 混合セメントの利用拡大に向けた自由記述回答の概要1

	回答者の属性	自由記述
B社	土木系	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定した供給体制の確立、地域や季節による変動のない品質の確保、混合セメントの仕様書等への記載が利用促進に向けて重要になる。</li> <li>高炉セメントの使用を推奨している国土交通省発注工事では、標準的に使用している。鉄道の上部工では、中性化速度に配慮して、仕様書のセメント種類に混合セメントが明記されていないなど、土木では、事業主の仕様書に記載があれば、標準的に使用している。</li> </ul>
H社	土建両方	<ul style="list-style-type: none"> <li>混合セメントを使うことの合理性が、環境性能(CO2削減効果)も含め、メリットとデメリットを比較した上で、きちんと説明できれば、自ずと利用は拡大すると思います。使えるか、使えないかの議論でいうと使えるものだと思いますが、表に出ていない品質管理や運用上の問題が多い点が、気になります。(リピーターが増えれば、関係者のロコミでも拡がるはずですが。製造・施工に関わった人の本音の部分はどうなのでしょう？)</li> <li>設問のような適用支援メニューは必要でしょうが、それだけでは使われなと思います。混合セメントに実力が伴わなければ、厳しいでしょう。</li> </ul>
Q社	土木系	<ul style="list-style-type: none"> <li>近年、ひび割れ抑制に有効とされる低発熱型の高炉セメントが開発、市販され、温度応力ひび割れの低減効果を確認している。</li> </ul>
M社	建築系	<p>混合セメントの利用拡大に向けての意見</p> <p>① 建築物の環境負荷を評価するシステム(CASBEEやLEED等)の普及拡大について →CASBEEは建物の環境評価全てを一元化して評価するツールであり、よく使用されている。しかし混合セメントの利用は6つある評価分野のうち「LR-2資源・マテリアル」の一部で評価されるのみであり、全体に対して点数アップの影響は微々たるものである。またスラグ混合率による点数差別化もないため、例えば高炉A、B、C種の使用による差異化も図れてない。</p> <p>混合セメントの利用拡大を図るためには、混合セメントを躯体に使用することが他の評価項目(室内環境など)よりも高く評価されなければならない。そのためには、建設時の躯体から発生する環境影響に大きな重み付けがなされるように見直しされる必要があると思われる。</p> <p>② 流通・供給体制の整備に向けた検討について →混合セメントを拡大普及するには、下記の6者にそれぞれ使用時のメリットがないと回らない。全ての関係者がうまく利益を得ながら協業できる流通・供給体制ができなければ普及は進まない。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建築主</li> <li>2. 施工者(建設会社)</li> <li>3. セメント会社(普通セメントメーカー)</li> <li>4. 混合セメント会社、(高炉セメントメーカー、高炉スラグ微粉末メーカー)</li> <li>5. レディーミクストコンクリート工場</li> <li>6. 生コンクリート協同組合</li> </ol>

注) 表内に記載している会社名のアルファベット名は集計上、便宜的につけている名前であり、実際の会社名とは関係ない。

表 2-2-4 混合セメントの利用拡大に向けた自由記述回答の概要2

	回答者の属性	自由記述
G社	土建両方	<p>(建築)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ これまでに、高炉セメントB種を用いたコンクリートのひび割れによる品質トラブルが多発し、弊社の建築工事ではなるべく使用しないようにしている。このような背景とCO2削減による社会的貢献のために、ひび割れが生じにくい混合セメントの開発に取り組んできている。</li> <li>・ 品質が担保されたうえで、普通セメントよりも混合セメントが安いものでないと普及しない。</li> <li>・ 混合セメントを使用した場合には、補助金がつくなどインセンティブが得られる仕組み作りも必要。</li> <li>・ 生コン工場のサイロを増設させるための寄付金などを国でバックアップしてほしい。特にフライアッシュは全く関東圏内では普及していない。フライアッシュを入れるサイロがないのも普及の阻害要因である。</li> <li>・ セメントメーカーが、高炉セメントB種の製造に困っていないならば、その製造を取りやめ、生コン工場のサイロにある高炉セメントB種を高炉スラグ微粉末の専用サイロに置き換える。これにより、ユーザーであるゼネコンが、普通ポルトランドセメント+高炉スラグA種あるいはB種あるいはC種とスラグ微粉末を混和材扱いで使用すれば、選択のバラエティが増える。セメントメーカーが高炉セメントB種のほかに新たに高炉セメントC種とかを作る必要もなくなる。</li> <li>・ 現在、生コン工場のサイロには、普通、早強、高炉Bの3本のセメントが基本であるが、普通、早強、高炉スラグ微粉末混和材、フライアッシュⅡ種混和材の4本に変われば、かなりユーザー側の使用の選択が広がると思われる。</li> <li>・ 地上躯体の普及においては、普通ポルトランドセメントコンクリートの代わりに、全て高炉セメントA種相当あるいはフライアッシュA種相当コンクリートに変われば、従来より普通コンの使用ボリュームが極めて多いことを鑑みると、塵も積もれば山となり、CO2削減効果にかなり寄与すると予測される。ただし、地上躯体でもひび割れがでないように、例えばスラグの成分などを改良する必要がある。</li> </ul> <p>(土木)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「全てを混合セメントで!!」というのは難しく、適材適所に使用すべき。その前提において、ガイドランやマニュアルは必須になってくる。また、混合セメントを利用した場合のインセンティブを発注者、受注者(建設会社)ともに明確に受け取ることができるシステムを国を挙げて構築していく必要がある。何かしらの利潤がなければ、民間は動かない。</li> <li>・ J-クレジット制度による推進などを含む「具体的で実現可能な施策」を官、民(+学)できちんと整備することが重要。施策が明確になれば技術的な課題も明確になり、これを解決するための技術開発も活発になる。技術開発を援助する施策も当然必要になる。利用を拡大するためには、それを推進する機動力が必要。全てそこに帰着するように思います。</li> </ul>

注) 表内に記載している会社名のアルファベット名は集計上、便宜的につけている名前であり、実際の会社名とは関係ない。

## 2. 3 混合セメントの普及拡大事例

### 2.3.1 ローカーボンハイパフォーマンスコンクリートの開発と適用（安藤ハザマ）

安藤ハザマは2013年にコンクリート製造時のCO<sub>2</sub>排出量が少なく、ひび割れ抵抗性が高いローカーボンハイパフォーマンスコンクリート（LHC）を開発している。

LHCはセメント質量の40%をフライアッシュと高炉スラグ微粉末で20%ずつ置き換えた3成分系コンクリートで、コンクリート製造時のCO<sub>2</sub>排出量を従来に比べて約45%削減できるとされている。

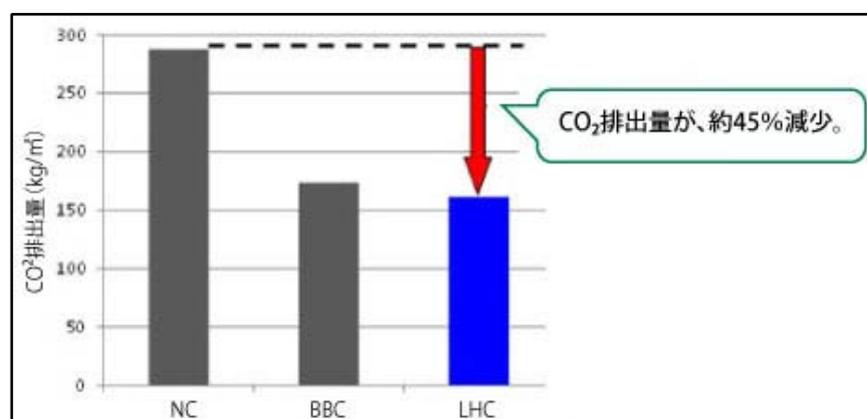


図 2-3-1 コンクリート製造時の CO<sub>2</sub> 排出量の比較

(NC：普通ポルトランドセメント使用、BBC：高炉セメントB種相当を使用)

出典) (株)安藤ハザマ資料より引用

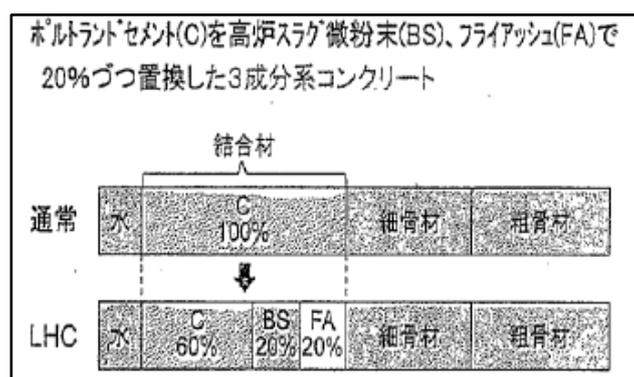


図 2-3-2 LHC の概要

出典) 安藤ハザマ資料より引用

また、LHCはひび割れ抵抗性、塩害・アル骨・化学的侵食に対する抵抗性が高いといった特徴を持ち、川崎市の長沢浄水場第3沈でん池・活性炭接触池設置工事、生田配水池等更新工事に適用されている。



図 2-3-3 川崎市の浄水場(左:長沢浄水場、右:生田浄水場)

出典)川崎市 website より引用

### 2.3.2 ECMセメントの開発・適用（竹中工務店等）

竹中工務店、鹿島建設、デイ・シイ、日鉄住金高炉セメント、東京工業大学、太平洋セメント、日鉄住金セメント、竹本油脂は 2014 年に、NEDO プロジェクト（※）の一環としてセメント生産におけるエネルギー消費量と二酸化炭素排出量を従来のセメントよりも 6 割以上削減する ECM（エネルギー・CO2・ミニマム）セメントを開発したと発表した。

（※）NEDO プロジェクト:省エネルギー革新技術開発事業／実用化研究／エネルギー・CO2 ミニマム(ECM)セメント・コンクリートシステムの研究開発(2011 年度～2013 年度)



図 2-3-4 ECM セメントの写真

出典)NEDO 資料より引用

ECMセメントは、高炉セメントの施工と品質上の課題面を踏まえ、成分構成と粒度構成の研究によるセメント技術、建設技術の融合によりこれらの課題を克服したものであり、基礎構造物（地盤改良、杭）や躯体構造物（建築地下構造物、土木構造物）をその適用対象としている。



図 2-3-5 ECM セメントを用いた構造体  
出典)NEDO 資料より引用

その後、竹中工務店は 2015 年に国内初の適用事例として、大阪府立成人病センター整備事業において地下基礎の一部（約 950m<sup>3</sup>）に ECMセメントを適用したと発表している。



図 2-3-6 ECM セメントの施工状況  
出典)竹中工務店資料より引用

なお、本事業の取組みは、平成 27 年度 地球温暖化防止活動環境大臣表彰を受賞している (35 頁参照)。

### 2.3.3 環境配慮型コンクリートの開発・適用（鹿島建設）

鹿島建設は中国電力、デンカ㈱（電気化学工業）と共同で、製造時に CO<sub>2</sub> を強制的に吸収させることにより、CO<sub>2</sub> 排出量を低減する環境配慮型コンクリート「CO<sub>2</sub>-SUICOM (SUICOM: Storage Under Infrastructure by Concrete Materials)」を開発している。

「CO<sub>2</sub>-SUICOM」はセメントの半分以上を特殊な混和材「 $\gamma$ -C2S」や産業副産物などに置き換えることで、セメント製造時に排出される CO<sub>2</sub> を大幅に削減する。混和材  $\gamma$ -C2S は CO<sub>2</sub> と反応することで CO<sub>2</sub> を吸収して硬化する性質を持ち、また、化学工場で発生する副生消石灰を原料としている。

この特殊な混和材をセメント代替として用いたコンクリートが、高濃度の CO<sub>2</sub> と接触（炭酸養生）することにより、大量の CO<sub>2</sub> の吸収を可能としている。

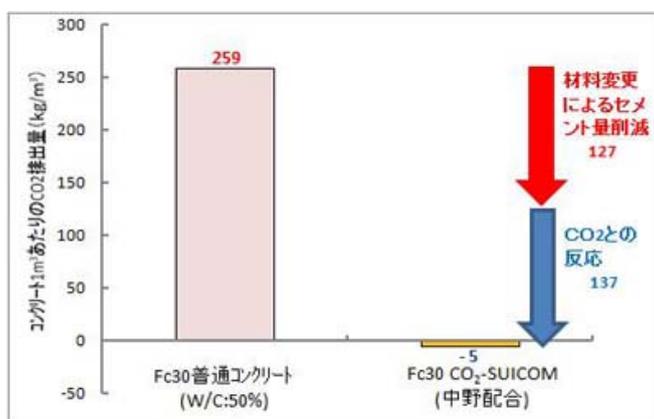


図 2-3-7 「CO<sub>2</sub>-SUICOM」の製造時における CO<sub>2</sub> 削減量  
出典)鹿島建設資料より引用

鹿島建設は 2012 年に「CO<sub>2</sub>-SUICOM」を建築分野に初めて適用したと発表しており、適用先は大規模都市開発事業「中野セントラルパーク」の住宅棟（中野セントラルパークレジデンス）のバルコニー天井部分である。



図 2-3-8 「CO<sub>2</sub>-SUICOM」の施工状況  
出典)鹿島建設資料より引用

なお、本事業の取組みは、平成 26 年度 地球温暖化防止活動環境大臣表彰を受賞している (35 頁参照)。

## ■参考 平成 26 年度及び平成 27 年度 地球温暖化防止活動環境大臣表彰

### 平成 27 年度 地球温暖化防止活動環境大臣表彰

#### エネルギー・CO<sub>2</sub>ミニマム(ECM)セメント・コンクリートシステムによる建設構造物の省CO<sub>2</sub>の実現

株式会社竹中工務店、鹿島建設株式会社、国立大学法人東京工業大学、日鉄住金高炉セメント株式会社、株式会社デイ・シー、太平洋セメント株式会社、日鉄住金セメント株式会社、竹本油脂株式会社

(代表)株式会社竹中工務店 住所：〒541-0053 大阪市中央区本町4-1-13 TEL：06-6252-1201  
URL：http://www.takenaka.co.jp/news/2015/06/01/index.html

CO<sub>2</sub>発生量を従来のセメントより6割以上削減できるECMセメントを開発。従来困難だったCO<sub>2</sub>発生抑制と施工性・強度発現性・耐久性等の基本性能の両立を果たしたECMコンクリート・地盤改良技術を確認し、適用の仕組みを整備。建設時の省CO<sub>2</sub>とコンクリート構造物の品質を両立。コンクリート構造物と地盤改良体の合計7件に適用し、従来より、エネルギー・CO<sub>2</sub>原単位を30～60%削減、計1300t以上のCO<sub>2</sub>を削減。持続可能な発展を志向する、サステナブル社会の実現に貢献した。



### 平成 26 年度 地球温暖化防止活動環境大臣表彰

#### CO<sub>2</sub>排出量をゼロ以下にできる環境配慮型コンクリート「CO<sub>2</sub>-SUICOM」の開発

中国電力株式会社、鹿島建設株式会社、電気化学工業株式会社

(代表)中国電力株式会社 住所：広島県広島市 URL：http://www.energia.co.jp/

CO<sub>2</sub>排出量をゼロ以下にする環境配慮型コンクリート「CO<sub>2</sub>-SUICOM(スイコム)」を開発。コンクリートがCO<sub>2</sub>と反応する炭酸化反応に着目し、コンクリートに大量のCO<sub>2</sub>を吸収させると共に、コンクリート内にCO<sub>2</sub>を固定/貯留する。結果、約300kg/m<sup>3</sup>のCO<sub>2</sub>削減を実現。日本で生産される道路用コンクリート製品160万m<sup>3</sup>/年を本製品に置き換えると約50万t/年のCO<sub>2</sub>削減が可能となる。



CO<sub>2</sub>-SUICOM炭酸化養生装置と適用先

### 2.3.4 低炭素型コンクリートの開発・実用化（大林組）

大林組は 2010 年に環境負荷低減技術の一つとして、二酸化炭素排出量の極めて少ないコンクリート「クリーンクリート」を開発している。クリーンクリートは、セメントの一部を二酸化炭素排出量の少ない高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの産業副産物に置換することで、一般的なコンクリートに比べて CO<sub>2</sub> 排出量を最大 80%程度低減するものである。

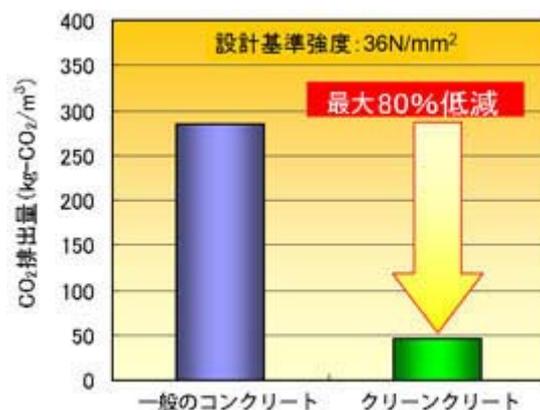


図 2-3-9 クリーンクリートの CO<sub>2</sub> 削減効果

出典)大林組資料より引用

大林組はクリーンクリートを製鉄所等の工場内の構造物への適用をはじめ、堤防などの海洋構造物、ダム、トンネルなどあらゆる構造物への適用を積極的に提案しており、東京都千代田区の紀尾井町プロジェクト住宅棟や宮城県亘理地区の災害廃棄物処理業務に適用してきた。



図 2-3-10 クリーンクリートの施工状況(紀尾井町プロジェクト住宅棟)

出典)大林組資料より引用

その後、大林組はクリーンクリートの汎用性を高めることを目的として、セメントと高炉スラグ微粉末などの混合が済んだセメントをメーカーから製品として生コンプラントに出荷することで製造段階での実用化を図り、2015年にクリーンクリートを JIS 適合低炭素型混合セメントとして施工中の建物（大林組大阪機械工場）に初適用している。

なお、クリーンクリートは、2015年に文部科学省「科学技術賞」、2014年に日本建築学会「日本建築学会賞（技術部門）」を受賞している。

### 2.3.5 環境配慮コンクリートの開発・適用（大成建設）

大成建設株式会社は、2014年にコンクリートにおける産業副産物の使用割合を極限まで高めた「環境配慮コンクリート」を開発、実施適用したと発表した。同コンクリートは、産業副産物を使用することでCO<sub>2</sub>の排出が抑えられるため、製造に由来するCO<sub>2</sub>排出量を実施工で80%削減することが可能とされている。

一般的に高炉スラグを多量に用いると、アブサンデン現象等の硬化や強度の発現が遅くなったり、ひび割れが発生したりすることも懸念されるが、これらの課題を克服するため、高炉スラグの硬化を促進するために用いる刺激剤の改良に着目し、刺激剤の材料と、その組み合わせについて研究を重ねた結果、最適な配合を見出したとしている。

実施工では2013年にJFEスチール東日本製鉄所京浜地区圧延工場（神奈川県川崎市）、大成建設技術センター建設ICT実験棟（神奈川県戸塚区）において適用し、ひび割れの発生がなく、硬化や強度発現が順調であることを確認したとしている。



JFEスチール東日本製鉄所  
京浜地区圧延工場での施工



当社技術センター  
建設ICT実験棟での施工

図 2-3-11 環境配慮型コンクリートの施工

出典)大成建設資料より引用

### 2.3.6 高品質フライアッシュを用いたコンクリートの技術開発（北陸地方の産官学連携による取り組み）

北陸の大学（金沢大学、富山県立大学、金沢工業大学、福井大学）、生コンクリート工業組合（富山県、石川県、福井県）、北陸電力（株）及び、国（国土交通省北陸地方整備局）、県（富山県、石川県、福井県）の産学官連携による「北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会」は、北陸地方で顕在化している構造物のアルカリシリカ反応や塩害への対策として、火力発電所の副産物として産出されるフライアッシュに着目し、地域の発電所において分級することで高品質なフライアッシュを供給する体制を確保したうえで、耐久性の高いフライアッシュコンクリート製造を行い、実工事に適用するまでのシステムを産学官連携で構築している。

なお、この取り組みは、平成 26 年度土木学会賞環境賞を受賞している。更に、平成 25 年 6 月には「北陸地方におけるフライアッシュコンクリートの配合・製造および施工マニュアル（案）」を取りまとめている。



フライアッシュコンクリートの施工状況例  
（石川県内地方道の橋台）



フライアッシュコンクリートの完成状況例  
（石川県内国道のボックスカルバート）

出典) 北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会資料、金沢大学SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)HP 等をもとに作成

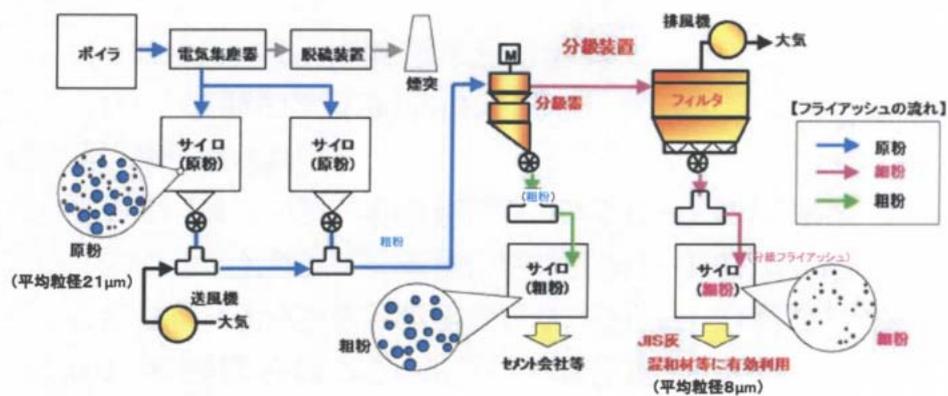


図 2-3-12 フライアッシュの品質管理及び出荷体制構築イメージ図

出典) 北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会資料

(N:普通ポルトランドセメント, BB:高炉セメントB種, N+F:フライアッシュ15%置換)

比較項目	富山・石川県		福井県		試験項目	
	BB	N	BB	N		
(1) 施工性向上	◎	◎	◎	◎	・12打フロー試験 ・ブリーディング試験	
(2) 初期強度発現	☆	△	☆	△	・圧縮強度試験	
(3) 長期強度増進	○	☆	○	☆		
(4) 収縮抑制	◎	◎	◎	◎	・乾燥収縮試験 ・自己収縮試験	
(5) 発熱量抑制	☆	☆	☆	☆	・簡易断熱温度上昇試験	
(6) ASR抑制	◎	☆	○	◎	・モルタルバー法(JISA1146 およびデンマーク法)	
⑦ 耐久性向上	a. 透水抑止性	○	○	○	・透水量の測定	
	b. 塩化物イオン浸透抑止性	◎	☆	○	◎	・塩化物イオン浸透深さ ・見かけの拡散係数の測定
	c. 鉄筋腐食抑止性	○	○	○	○	・鉄筋の腐食状況
	d. 凍害抵抗性	○	○	○	○	・相対動弾性係数の測定 ・質量減少率の測定
	e. 中性化抑止性	◎	○	○	○	・中性化深さの測定
	f. 細孔率	○	○	○	○	・細孔率

図 2-3-13 地域材料を使用したコンクリートでの耐久性確認

出典)北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会資料

呼び強度 27 N/mm<sup>2</sup> (28日強度), スランプ 8 cm, 粗骨材の最大寸法 25 mm の場合の配合表

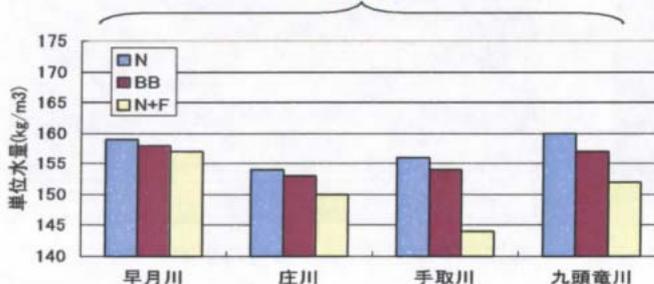
凡例 N:普通ポルトランドセメント, BB:高炉セメントB種, N+F:フライアッシュ15%置換(内割り)

(手取川産骨材使用)

	水結合材比 W/(C+FA) (%)	細骨材率 s/a (%)	セメント C (kg/m <sup>3</sup> )	フライアッシュ FA (kg/m <sup>3</sup> )	水 W (kg/m <sup>3</sup> )	細骨材 s (kg/m <sup>3</sup> )	粗骨材 G (kg/m <sup>3</sup> )	混和剤 Ad (kg/m <sup>3</sup> )	備考
N	54.7	44.0	285	—	156	802	1036	2.85	
BB	53.7	43.4	287	—	154	789	1044	2.87	
N+F	53.3	45.8	230	40	144	851	1021	2.43	

【フライアッシュ使用による単位水量低減効果】

(河川砂利)



・生コンクリートプラントで参考となる**標準配合を作成**。  
・フライアッシュを使用することにより、**単位水量を低減**できることが明らかとなった。

図 2-3-14 フライアッシュコンクリートの標準配合の作成

出典)北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会資料

## 2. 4 普及促進に係る関連支援制度等

ここでは普及促進に係る関連支援制度等として、低炭素建築物認定制度、建築基準整備促進事業、CASBEE、J-クレジット制度、メビウスループマーク、東京都のマンション性能表示、山口県のコンクリート構造物のひび割れ対策等について概括する。

### 2.4.1 低炭素建築物認定制度（国土交通省）

低炭素建築物認定制度は、2012年に施行されたエコまち法（都市の低炭素化の促進に関する法律）にもとづき、低炭素化に関する先導的な基準に適合する建築物を認定する制度である。低炭素建築物は所管行政庁が認定し、認定を受けた建物は所得税の減税、容積率の不参入などの特例措置が受けられる。

低炭素建築物の認定基準は「定量的評価項目（必須項目）」と「選択的項目」に分かれ、「定量的評価項目（必須項目）」は、①外皮の熱性能、②一次エネルギー消費量がそれぞれ基準値を上回ることとなっている。

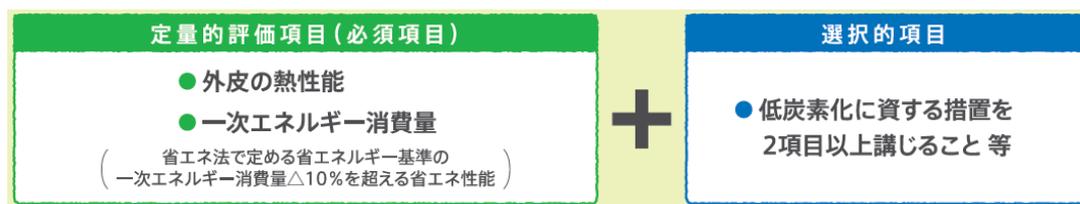


図 2-4-1 低炭素建築物認定制度の認定基準

出典)国土交通省資料

また、「選択的項目」は節水対策、エネルギーマネジメント、ヒートアイランド対策、建築物（躯体）の低炭素化に関連する8項目のうち、2項目以上を講じることとされている。

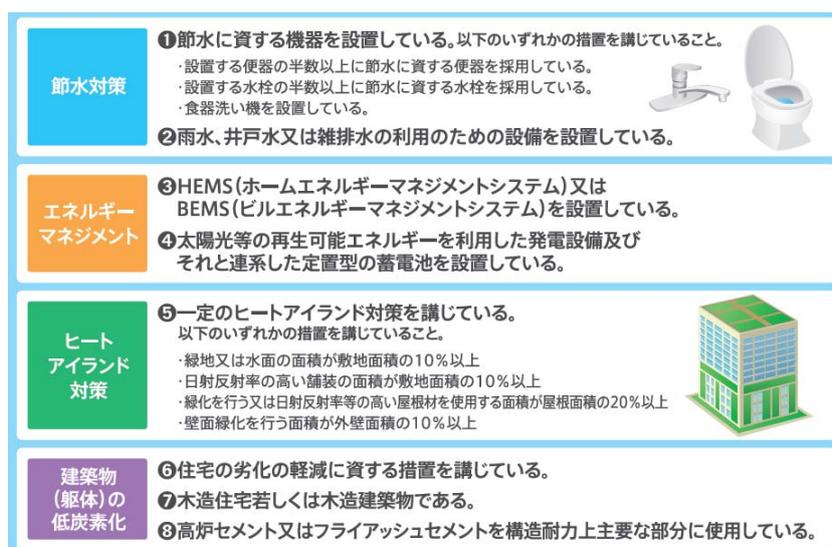


図 2-4-2 低炭素建築物認定制度における8つの選択項目

出典)国土交通省資料

そして、この8項目のひとつとして混合セメントに関する項目「高炉セメント又はフライアッシュセメントを構造耐力上主要な部分に使用している。」が挙げられている。

## 2.4.2 建築基準整備促進事業（国土交通省）

建築基準整備促進事業は、建築基準法に係る技術基準整備のための検討について、民間の能力を積極的に活用して、基準の整備、見直しを図ることを目的として実施し、2008年度に開始された事業である。

同事業は国が建築基準の整備を促進する上で必要となる調査事項を提示し、これに基づき、基礎的なデータ・技術的知見の収集・蓄積等の調査及び技術基準の原案の基礎資料の作成を行う民間事業者等を公募で募り、最も適切な調査内容等を提案した者に対して、国が当該調査を支援するスキームとなっている。2014年度に大林組・宇都宮大学・東京理科大学・鹿島建設・清水建設・大成建設・竹中工務店「混合セメント等を使用したコンクリートの耐久性に関する検討」が採択され、その成果が報告されている。また、2015年度の「混合セメント等を使用したコンクリートの水セメント比の評価方法に関する検討」が、採択されている。

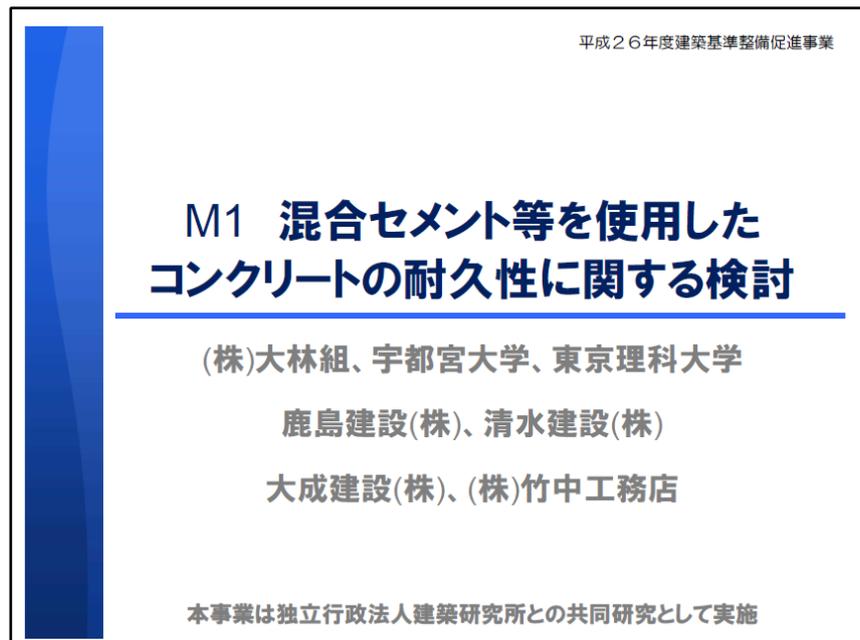


図 2-4-3 建築基準整備促進事業で採択された混合セメント関連のテーマ

出典)国土交通省資料

### 2.4.3 低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究（土木研究所）

国立研究開発法人土木研究所は 2011～15 年に実施した「低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究」の成果として、「低炭素型セメント結合材を用いたコンクリート構造物の設計・施工ガイドライン（案）」並びに、低炭素型セメント結合材に関する 5 編の「設計・施工マニュアル（案）」を刊行した。これらのガイドラインとマニュアルは、土木研究所のホームページで公開されている。

このガイドライン（案）では、低炭素型セメント結合材の定義を、「国内で一般的に用いられているセメントよりも混和材の置換率を高め」かつ「フレッシュコンクリート及び硬化コンクリートが所要の品質を有する結合材」としている。

なお、この共同研究は土木研究所とプレストレスト・コンクリート建設業協会、大林組、大成建設、前田建設工業、戸田建設、西松建設、電源開発及び鉄鋼スラグ協会により実施された。



図 2-4-4 低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究報告書の構成と概要

※共同研究報告書第 472～476 号では、第Ⅰ部に「低炭素型セメント結合材を用いたコンクリート構造物の設計・施工ガイドライン（案）（共同研究報告書第 471 号の第Ⅰ部）」を共通編として収録し、第Ⅱ部に対象とする結合材や構造物の種類ごとに設計及び施工の標準的な方法を取りまとめた「設計・施工マニュアル（案）」を収録している。  
 出典）低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究報告書（Ⅰ）－低炭素型セメント結合材を用いたコンクリート構造物の設計・施工ガイドライン（案）－

## 2.4.4 CASBEE（建築環境・省エネルギー機構）

CASBEE は建築物を環境性能で評価し、格付けする手法で、省エネルギーや環境負荷の少ない資機材の使用といった環境配慮はもとより、室内の快適性や景観への配慮なども含めた建物の品質を総合的に評価するシステムである。

建築物の環境に対する様々な側面を客観的に評価するという目的から、(1)建築物のライフサイクルを通じた評価ができること、(2)「建築物の環境品質(Q)」と「建築物の環境負荷(L)」の両側面から評価すること、(3)「環境効率」の考え方をを用いて新たに開発された評価指標「BEE（建築物の環境性能効率、Built Environment Efficiency）」で評価すること、という3つの理念に基づいて開発されていることが特徴である。また、評価結果が「Sランク（素晴らしい）」から、「Aランク（大変良い）」「B+ランク（良い）」「B-ランク（やや劣る）」「Cランク（劣る）」という5段階のランキングが与えられることも大きな特徴となっている。

評価のしくみについて、CASBEE の評価対象は、(1)エネルギー消費(energy efficiency)、(2)資源循環(resource efficiency)、(3)地域環境(outdoor environment)、(4)室内環境(indoor environment)の4分野であり、評価項目は下図に示すBEEの分子側Q（建築物の環境品質・性能）と分母側L（建築物の外部環境負荷）に分類される。具体的にQはQ1：室内環境、Q2：サービス性能、Q3：室外環境（敷地内）の3項目、Lは、L1：エネルギー、L2：資源・マテリアル、L3：敷地外環境の3項目で評価する。

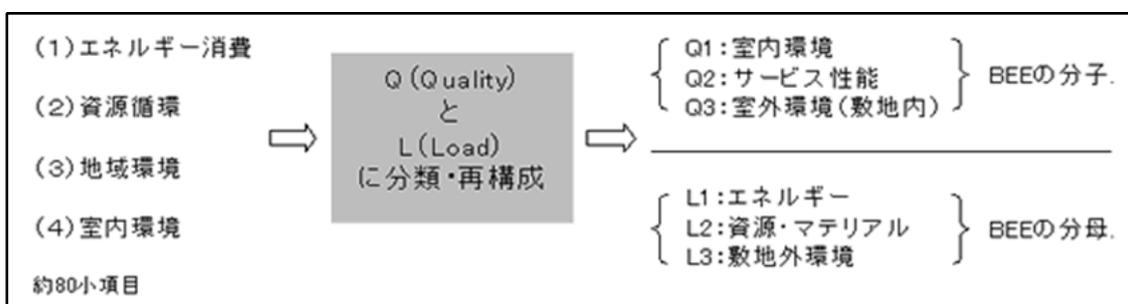


図 2-4-5 評価項目の Q(建築物の環境品質)と L(建築物の環境負荷)による分類・再構成

出典)建築環境・省エネルギー機構資料

Q と L の 2 つの評価区分を用いた環境性能効率 (BEE : Built Environment Efficiency) は、Q (建築物の環境品質) を分子、L(建築物の環境負荷)を分母として算出される指標である。

BEE を用いることにより、建築物の環境性能評価の結果をより簡潔・明確に示すことが可能になる。縦軸を Q、横軸を L とすると、BEE 値の評価結果は原点 (0, 0) と結んだ直線の傾きとして表示される。Q の値が高く、L の値が低いほど傾きが大きくなり、よりサステナブルな方向の建築物と評価できる。BEE 値が増加するにつれて、建築物の評価結果を、C ランク（劣っている）から B- ランク、B+ ランク、A ランク、S ランク（大変優れている）としてランキングされる。

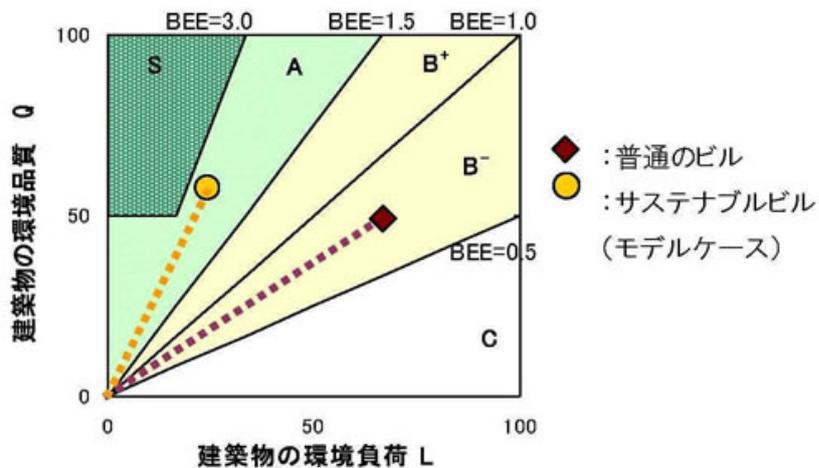


図 2-4-6 評価項目の Q(建築物の環境品質)と L(建築物の環境負荷)による分類・再構成

出典) 建築環境・省エネルギー機構資料

なお、CASBEE の「躯体材料におけるリサイクル材の使用」の評価項目で混合セメント利用は加点（評価）され、その定義は下図のようにになっている。

混合セメント	高炉セメント	【判断の基準】 ○高炉セメントであって、原料に 30%を超える分量の高炉スラグが使用されていること。
備考)「高炉セメント」については、JIS R 5211 で規定される B 種及び C 種に適合する資材は、本基準を満たす。		
混合セメント	フライアッシュセメント	【判断の基準】 ○フライアッシュセメントであって、原料に 10%を超える分量のフライアッシュが使用されていること。
備考)「フライアッシュセメント」については、JIS R 5213 で規定される B 種及び C 種に適合する資材は、本基準を満たす。		

図 2-4-7 CASBEE における混合セメントの定義

出典) CASBEE-住戸ユニット(新築)2014 年版の解説

### 2.3 躯体材料におけるリサイクル材の使用

事・学・物・飲・会・工・病・ホ・住

用途	事・学・物・飲・会・工・病・ホ・住
レベル1	(該当するレベルなし)
レベル2	(該当するレベルなし)
レベル3	構造耐力上主要な部分にリサイクル資材をひとつも用いていない。
レベル4	(該当するレベルなし)
レベル5	構造耐力上主要な部分にリサイクル資材を用いている

#### □解説

本項目は躯体材料におけるリサイクル資材の使用状況を評価する。

評価対象は(公財)日本環境協会が認定している「エコマーク商品」及び「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律(グリーン購入法)(平成12年5月制定)」で認定されている「特定調達品目」の内、躯体材料でリサイクル資材のものとする。なお、間伐材など持続可能な森林から産出された木材を使用したものは「2.5持続可能な森林から産出された木材」で評価する。

極端に少量の場合を除き、一部でも使用されていたら、使用されているものとする。

木造建築物の基礎にリサイクル資材を使用している場合も、構造耐力上主要な部分にリサイクル資材を使用しているものとする。

#### リサイクル資材の例)

##### ①グリーン調達品目(公共工事)

- 高炉スラグ骨材
- フェロニッケルスラグ骨材
- 銅スラグ骨材
- 電気炉酸化スラグ骨材
- 高炉セメント
- フライアッシュセメント
- エコセメント
- 製材

##### ②エコマークを取得した「木材などを使用したボード」(エコマーク商品類型111)

##### ③エコマークを取得した「間伐材、再・未利用木材などを使用した製品」(エコマーク商品類型115)

図 2-4-8 CASBEE における混合セメント利用の加点評価

出典)CASBEE-住戸ユニット(新築)2014年版の解説

CASBEE（建築環境総合性能評価システム）は、自治体版 CASBEE として、全国 24 の自治体では、一定規模以上の建築物を建てる際に環境計画書の届出を義務付けており、その際に CASBEE による評価書の添付が必要となっている。また、東京都においては、独自に、建築物環境配慮制度（建築物環境計画書制度）を平成 14 年から開始しており、こうした建築環境総合性能評価システムの活用が始まっている。

資源の適正利用	
Ⅱ.1 エコマテリアル	Ⅱ.2 混合セメント等利用
<p>＜適用用途と評価基準＞</p> <p>杭、特定建築物の地下部分その他の当該セメントが利用できる部分に、次に掲げるセメントのいずれかを利用してのこと。</p> <p>① 高炉セメントB種若しくはC種又はフライアッシュセメントB種若しくはC種</p> <p>② 廃棄物を焼却した際に発生する灰を主たる原料としたセメント</p> <p>③ その他環境に配慮したセメント</p>	
<p>＜解説＞</p> <p>「平成 25 年度公共建築工事標準仕様書(国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)」では、場所打ちコンクリート杭の使用セメントとして、特記がなければ 高炉セメントB種が標準とされています。混合セメントは生産する工場が限られていることや長期強度の発現までに通常ポルトランドセメントより養生期間を長く要するなど制約も多い材料です。そこで、躯体の一部(基礎、杭も含む)にでも高炉セメントやフライアッシュの B、C種及びその他ごみ焼却灰を利用したセメントなど環境負荷の相対的に小さいセメントが使用されれば、段階 2 とします。評価基準に掲げるセメントを利用していない場合は、取組・評価書「評価基準の適用」及び「評価基準の段階」欄を「適用するー(適合なし)」とします。</p>	

図 2-4-9 東京都建築物環境配慮制度における混合セメントの位置付け

出典)東京都建築物環境計画書作成の手引 (第 2 版:平成 26 年 4 月 1 日以降、第 3 版:平成 26 年 7 月 1 日以降)

一方、図 2-4-10 に CASBEE の普及状況を示すように全国でも約 600 件程度であり、全国的な規模からいうと普及面では大きな課題を有している。



図 2-4-10 過去の CASBEE 評価件数の推移

注)2008 年度は集合住宅除いている。

出典)日建連会員会社における環境配慮設計(建築)の推進状況  
 -2014 年 省エネルギー計画書および CASBEE 対応状況調査報告書-  
 平成 27 年 2 月 一般社団法人 日本建設業連合会



3 横浜市重点項目についての環境配慮概要		
各項目について配慮した内容を、該当する番号(①~)を示し記述してください。		
地球温暖化対策(G) global warming	重点項目への取り組み度(5点満点)	3
<b>■室内環境対策 (①室温制御 ②昼光利用・制御)</b> ①複層ガラス、Low-eガラスの採用、断熱パネルの採用により室温を制御しています。 ②昼光率を1.5%以上確保しています。 ③ブラインドにより glare を制御しています。		
<b>■エネルギー対策 (③建物の熱負荷抑制 ④自然エネルギー利用 ⑤設備システムの高効率化 ⑥効率的)</b> ①断熱性能の高い外壁・屋根とし、開口部も複層ガラス(西面はLow-eガラス)を採用しています。④ハイサイド ⑤ポイント法にて各設備レベル3以上を確保しています。 ⑥エネルギー量を把握し、消費特性の傾向を把握し、運用・維持・保全の方針を計画しています。		
<b>■資源・マテリアル対策 (⑦水資源確保 ⑧低環境負荷材利用)</b> ⑦主要水栓に節水コマ、省水型機器が採用されています。		
⑧躯体材料に高炉セメント、免構造材料としてタイル(風除室、ホール、トイレ)タイルカーペット(事務室等)、ビニル床材(リフレッシュルーム、更衣室)を採用しています。		
<b>■屋内外環境対策 (⑨地球温暖化への配慮)</b> ⑨断熱性能のある外壁、開口部とし、ベリメーター空調を採用することで地球温暖化へ配慮しています。		

高炉セメント利用を評価として扱われているが、わかりにくいとの指摘もある。

図 2-4-11 横浜市の CASBEE (建築環境総合性能評価システム) のスコアシート例

出典) 横浜市の CASBEE の HP

## 2.4.5 各国のグリーンビルディング認証制度

イギリスや米国・カナダ、フランスにおけるグリーンビルディング認証制度の概要とそこでの混合セメントの位置づけを表 2-4-1 に整理する。

表 2-4-1 各国のグリーンビルディング認証制度の概要と混合セメントの位置づけ

度制	CASBEE・日本 出典：(16)	BREEAM・イギリス (1) (2) (3)	LEED・米国やカナダ (4) (5) (6) (7) (8)	HQE・フランス (9) (10) (11)
概要	日本では 2001 年 4 月から国土交通省住宅局の支援のもと産官学共同プロジェクトとして、(財) 建築環境・省エネルギー機構内により開発されてきた CASBEE という認証制度がある。	イギリスでは「Building Research Establishment」が 1990 年に開発した「Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (BREEAM)」認証制度が主となる。50 ヶ国以上で使われており、建物数で世界一番使われているグリーンビルディング認証制度である。	米国やカナダでは「U. S. Green Building Council」組織が 2000 年から管理する「Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)」という認証制度が主となる。世界 60 ヶ国で使われており、建物数では世界で 2 番目のグリーンビルディング認証制度である。認証に当たって、グリーン項目ごとにクレジットを手に入れ、最高クレジット数は 100 点となっている。	フランスでは 1996 年に設立された「Haute qualité environnementale (HQE)」認証制度が存在しており、フランス標準化協会に認められた。国内だけで使われている。
混合セメントの取扱	CASBEE-建築(新築)2014 年版及び CASBEE - 住戸ユニット(新築)2014 年版の「LR2 : 資源を大切に使いゴミを減らす」項目では、 <u>各種混合セメント(混合率 30%以上の高炉セメント、混合率 10%以上のフライアッシュセメント等)の使用が評価されている。</u> 評価に当たって、LR2 項目の 5 つ星のうち 0.24 星を取得できる。	BREEAM の「Wst 02 : Recycled Aggregates」項目では、 <u>コンクリートなどの骨材として、フライアッシュや高炉スラグ等の二次資源の使用は評価されている。</u> 使用する骨材の内 25%以上が 2 次資源の場合 1 点を取得でき、50%を超える場合はボーナス点も取得できる。	LEED の新築用認証枠組みでは、 <u>高炉セメント使用量がセメント使用量全体の 40%以上を占める場合、又はコンクリートに 40%以上のフライアッシュを混和する場合にクレジットの取得ができる。</u>	混合セメントの使用については記述がない。
認証のメリット		LEED 認証で得られるメリットとしては、イメージアップによる売り上げの上昇及び人材の確保、省エネ・省水・メンテナンスの削減による運用費の低減、高性能空調による従業員の生産性の向上が挙げられる。さらに米国では、 <u>LEED 認証は国と自治体の補助金又は優遇税制の取得とつながることができる。</u> イギリスについては、 <u>自治体が BREEAM 認証を求める場合がある。</u> (12) (13) (14) (15)		

出典:

- (1) イギリスグリーンビルディング協会ホームページ
- (2) イギリスグリーンビルディング協会の BREEAM 認証マニュアル「BREEAM International New Construction Technical Manual」(2014 年)
- (3) 学士論文「LEED and BREEAM requirements in building services design process」(2015 年)
- (4) LEED 認証制度ホームページ

- (5) 米国グリーンビルディング協会「LEED v4 for Building Design and Construction」(2015 年)
- (6) 米国グリーンビルディング協会「LEED v4 for Building Operation and Maintenance」(2015 年)
- (7) カナダグリーンビルディング協会ホームページ
- (8) 米国ポルトランドセメント協会「コンクリートでグリーン建築」(2005 年)
- (9) フランスグリーンビルディング協会 ホームページ
- (10) フランス標準化協会のグリーンビルディング認証マニュアル「RÉFÉRENTIEL POUR LA QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE DES BÂTIMENTS - Bâtiments Tertiaires」(2012 年)
- (11) フランス標準化協会のグリーンビルディング認証マニュアル「RÉFÉRENTIEL POUR LA QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE DES BÂTIMENTS EN RÉNOVATION - Bâtiments tertiaires」(2015 年)
- (12) 米国環境協会 NRDC ホームページ
- (13) 米国建築会社 Castalia Homes ホームページ
- (14) イギリス建築コンサルティング会社 HRS ホームページ
- (15) イギリスサステナビリティコンサルティング会社 Dalen ホームページ
- (16) CASBEE-建築(新築)2014 年版及び CASBEE-住戸ユニット(新築)2014 年版 評価マニュアル

グリーンビルディング認証制度は、日本では、前述の CASBEE (建築環境総合性能評価システム) が有名であり、これを世界的な動向でみると、世界グリーンビルディング協会「World Green Building Council」が米国、イギリス、ドイツ、オーストラリア、ブラジル等 60 ヶ国の建築関係会社 (※) で実施したアンケートによると、グリーンビルディングのシェアが過去 6 年間で著しく向上してきた結果となっている。

(※)アンケートの対象会社は、専門サービス・コンサルティング会社、建築家・設計会社、オーナー、工事会社、エンジニアリング会社などである。

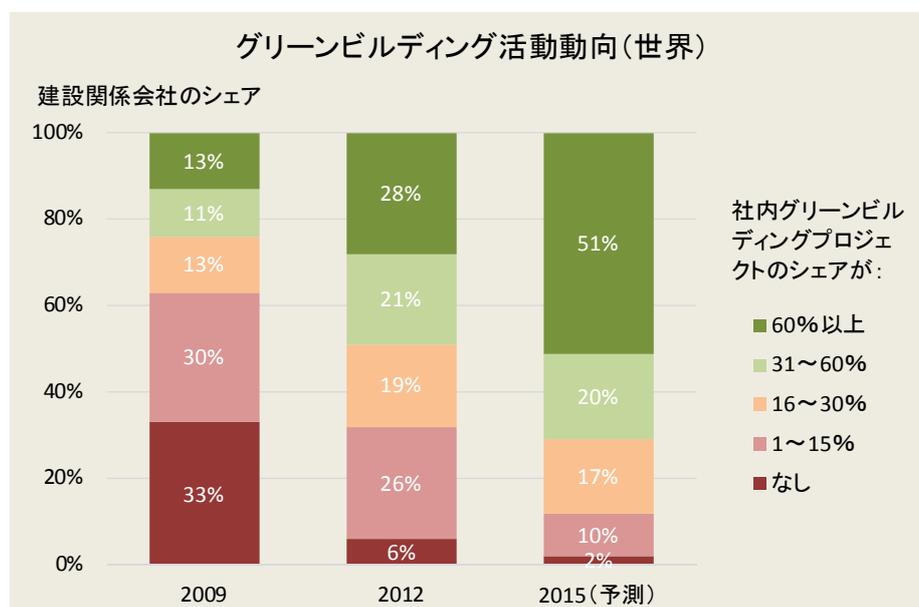


図 2-4-12 グリーンビルディングの世界の動向

出典: World Green Building Council「世界グリーンビルディングトレンド」(2014 年)より作成

## 2.4.6 J-クレジット制度（環境省・経済産業省・農林水産省）

J-クレジット制度は、中小企業等の省エネ設備の導入や森林管理等による温室効果ガスの排出削減・吸収量をクレジットとして認証する制度で、中小企業・自治体等の省エネ・低炭素投資等を促進し、クレジットの活用による国内での資金循環を促すことを目的としている。

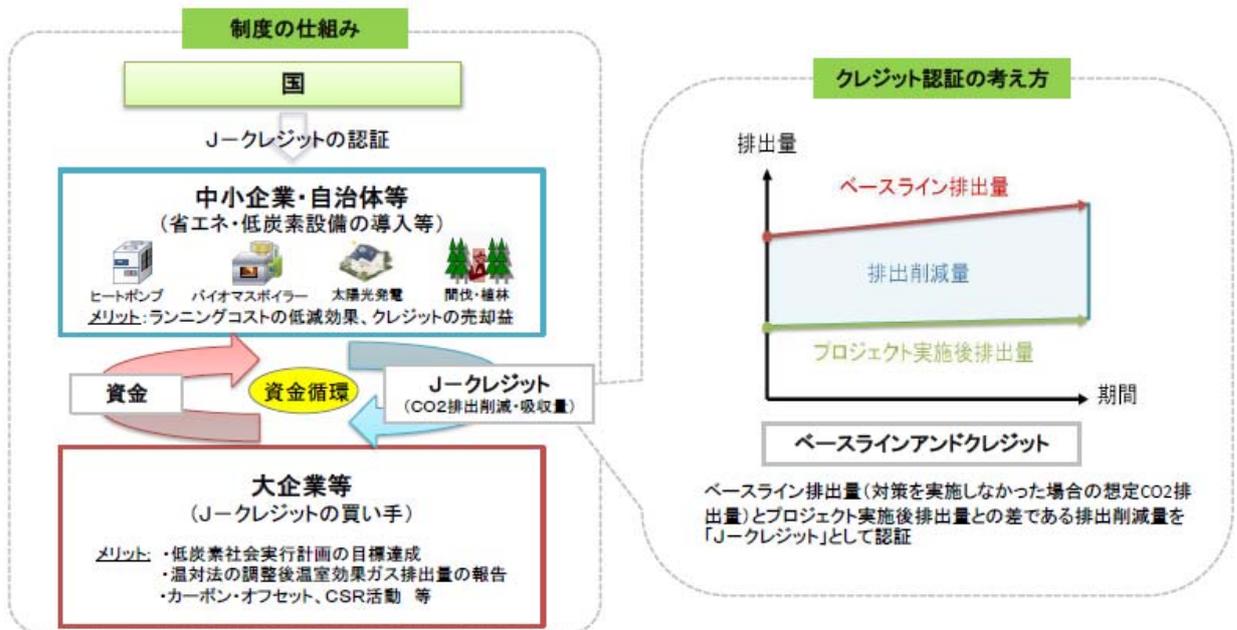


図 2-4-13 J-クレジット制度の概要

出典)環境省資料

J-クレジット制度は政府が提示する温室効果ガスの排出削減・吸収に資する方法論を用いて企業等がプロジェクト申請・登録を行い、排出削減・吸収量をクレジットとして認証を受ける。認証を受けたクレジットは低炭素社会実行計画の目標達成、カーボン・オフセット、温対法の調整後温室効果ガス排出量の報告等に活用することができる。

方法論は省エネルギー、再生可能エネルギー、工業プロセス、農業、廃棄物、森林の分野で合計 60 件が提示されており、新規の方法論として「ポルトランドセメント配合量の少ないコンクリートの打設」が 2015 年末にパブリックコメントにかけられ、その後、J-クレジット制度運営委員会によって審議され、新規方法論として承認されている（次頁参照）。

表 2-4-2 新規の方法論「ポルトランドセメント配合量の少ないコンクリートの打設」

<p>○対象</p> <p>建築物において産業副産物(高炉スラグ等)等の配合率を高めたコンクリートを打設することによりポルトランドセメントの使用量を削減する排出削減活動</p> <p>○適用条件</p> <p>以下の条件全てを満たす場合に適用可能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>条件 1: 建築基準法第六条第一項の規定により確認済証の交付を受けた建築物の建築において、ベースラインのコンクリートよりも少量のポルトランドセメント(混合セメント含有分を含む)を使用したコンクリートを打設すること。</li> <li>条件 2: 打設するコンクリートの全部又は一部の呼び強度が、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」の定める 18 から 60 の範囲内であること。</li> <li>条件 3: 打設するコンクリートは JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」の認証を受けた事業者から調達すること。</li> <li>条件 4: 打設するコンクリートの原材料は全て国内で生産されたものであること。</li> </ul>
---

出典)J-クレジット制度事務局「J-クレジット制度の概要」(2015年12月)、環境省公表資料

**EN-S-040: ポルトランドセメント配合量の少ないコンクリートの打設**

<b>【削減方法】</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 産業副産物(高炉スラグ等)等の配合率を高めたコンクリートを打設することによりポルトランドセメントの使用量を削減して、ポルトランドセメント製造時の燃料消費及び化学反応に由来するCO2排出量を削減する。</li> </ul>
<b>【主な適用条件】</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 建築確認を受けた建築物の建築において、ベースラインのコンクリートよりも少量のポルトランドセメント(混合セメント含有分を含む)を使用したコンクリートを打設すること。</li> <li>② コンクリートの全部又は一部の呼び強度が、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」の定める18から60の範囲内であること。</li> </ol>
<b>【ベースライン 排出量の考え方】</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● プロジェクトと同体積・同仕様のコンクリートを、現在の標準的なセメント種別利用率(建築部位[基礎・地下構造/上部構造]別)及びセメント配合量(仕様別)で混練する場合に使用されるポルトランドセメント及び高炉セメントB種を製造する過程で想定されるCO2排出量</li> </ul>
<b>【主な モニタリング項目】</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● プロジェクトにおける下部構造/上部構造別かつ仕様別のコンクリート打設量(m<sup>3</sup>)</li> <li>● プロジェクトのコンクリートに使用する各種結合材(ポルトランドセメント、コンクリート用高炉スラグ微粉末、コンクリート用フライアッシュ等)の量(t)</li> </ul>

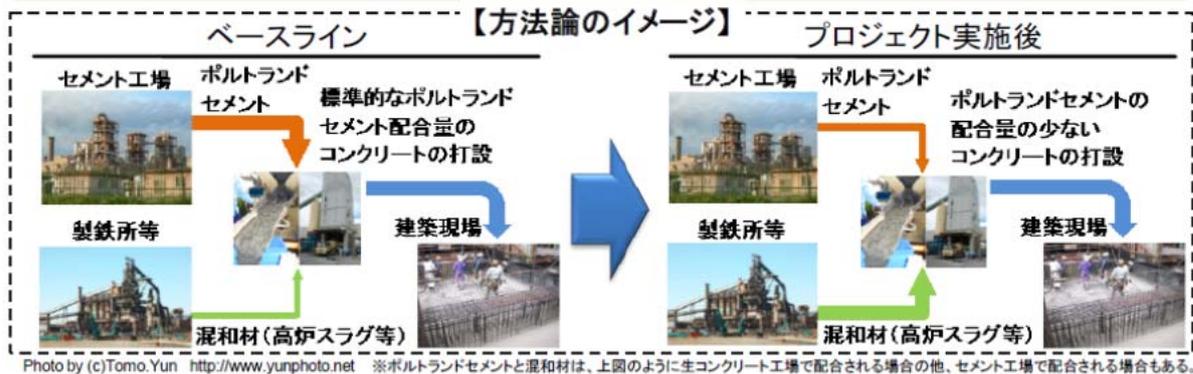


図 2-4-14 EN-S-040: ポルトランドセメント配合量の少ないコンクリートの打設概念イメージ

出典)J-クレジット制度事務局

## 2.4.7 環境ラベル

「環境ラベル」は広義には「環境表示」の範疇に入り、その種類も多種多様になっている。

環境省では、環境表示方法に関する統一的な考え方やルールを示すため、環境表示に関する様々な問題点や課題をとりまとめ、国際的な動向を考慮しながら検討を重ね、平成 20 年 1 月に「環境表示ガイドライン～消費者にわかりやすい適切な環境情報提供のあり方～」を策定・公表し、さらに、平成 25 年 3 月に改定版「環境表示ガイドライン」を公表している。

同ガイドラインでは、ISO (International Organization for Standardization: 国際標準化機構) において、環境ラベルを 3 つのタイプに分けて規格を制定していることを踏まえ、主に事業者及び事業者団体等が消費者に向けて環境情報を提供する場合の望ましいあり方について、環境表示に関する国際標準 (ISO/JIS Q 14020、14021) を基本としつつ、国際標準だけではわかりにくい部分を補うものとして、独自の項目を提示している。

表 2-4-3 国際標準化機構によって規格化されている「環境ラベル及び宣言」

ISO における該当規格 (採択年)及び名称		特徴	内容
ISO14020:1998 環境ラベル及び宣言 — 一般原則		指導原則	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ISO14020 番台の他の規格(タイプ I、II、III)とともに使用することを要求</li> <li>・認証・登録のためには使用できない</li> </ul> 備考:ISO14020:1998 を JIS Q 14020 として 1999 年に制定。ISO14020:1998 は 2000 年に軽微な改訂
a タイプ I	ISO14024:1999 環境ラベル及び宣言— タイプ I 環境ラベル 表示 — 原則及び手続き	第三者認証による環境ラベル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第三者実施機関によって運営</li> <li>・製品分類と判定基準を実施機関が決める</li> <li>・事業者の申請に応じて審査して、マークの使用を認可</li> </ul> 備考:日本では JIS Q 14024 として 2000 年に制定。原則として一国一制度 (日本はエコマーク) 
タイプ II	ISO14021:1999 環境ラベル及び宣言— 自己宣言による環境 主張 — (タイプ II 環境ラベル 表示)	事業者等の自己宣言による環境主張	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自社基準への適合性を評価し、製品の環境改善を市場に対して主張する</li> <li>・製品やサービスの宣伝広告にも適用される</li> <li>・第三者による判断は入らない・製造業者、輸入業者、流通業者、小売業者、その他環境主張から利益を得るすべての人が行える</li> </ul> 備考:日本では JIS Q 14021 として 2000 年に制定。 ISO14021 は、2011 年 12 月に追補採択 (ISO 14021:1999/Amd.1:2011)
タイプ III	ISO14025:2006 環境ラベル及び宣言— タイプ III 環境宣言— 原則及び手順	製品のライフサイクルにおける環境負荷の定量的データの表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>・合格・不合格の判断はしない</li> <li>・定量的データのみ表示</li> <li>・判断は購買者に任される</li> </ul> 備考:日本では JIS Q 14025 として 2008 年に制定。

出典)環境省 環境表示ガイドライン 平成 25 年 3 月改定版等を基に作成

■国及び第三者機関の取組による環境ラベル例



エコマーク



カーボンフットプリント



省エネルギーラベル・統一省エネルギーラベル

■事業団体又は事業者の取組による環境ラベル例



PCグリーンラベル



低炭素セメントラベル



国産材100%

■地方公共団体の環境ラベル例



山口県認定リサイクル製品マーク



広島県登録リサイクル製品  
広島県登録リサイクル製品



しまねグリーン製品  
しまねグリーン製品認定制度

図 2-4-15 多種多様な環境ラベル例

出典)環境省 環境ラベルデータベース

2.4.8 メビウスループマーク

メビウスループマークは、日本工業規格 (JIS) によって定められた環境ラベルで、企業が自社の製品やサービスにおける環境改善を自己宣言として示すタイプのラベルとして使用できる。一般にはリサイクルマークとして知られ、紙類やプラスチック、金属などリサイクル可能な製品やリサイクル素材を使った製品・包装に表示されており、生コンにも用いられている。



2014年の「JIS A5308 レディーミクストコンクリート」改正において、生コン納入書のメビウスループマークの表示要件として高炉スラグ微粉末、シリカフェームの使用が追加された。

## 2.4.9 マンション性能表示（東京都）

東京都は家庭部門の温暖化対策を進めるため、「建築物環境計画書制度」にもとづき、新築等のマンションの建築主に対して、東京都に建築物環境計画書を提出し、環境配慮に取り組むことを2005年度より義務づけている。対象は、延べ面積1万㎡（2010年10月以降は5千㎡以上）以上の新築・増築を行う建築物で、建築物の建築主は計画書を提出するとともに、間取り図の表示のある販売広告でマンション性能表示を実施することとなっている。

制度の狙いは、①マンションを購入しようとする人に情報を提供し、環境に配慮したマンションを選択しやすいようにする、②環境に配慮したマンションが市場で評価されるしくみをつくる、③マンション建築主の自主的な環境配慮の取組を促すことの3点である。

マンション環境性能の評価項目及び段階評価は「東京都建築物環境配慮指針」に沿っており、建築主は、①建物の断熱性、②設備の省エネ性、③太陽光発電・太陽熱、④建物の長寿命化、⑤みどりという5つの環境性能を示すラベルを広告で表示することとなっている。

こうした建築物環境性能の評価のなかに「混合セメントの利用」を組み込み、マンションの建築主の利用促進と一般へのPRを行っていくことが考えられ、混合セメントの利用を建築物環境性能の評価に組み込んだ制度が各自治体に広がっていくことが期待される場所である。

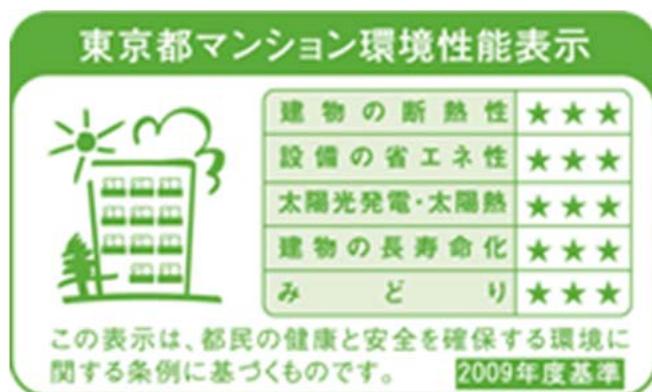


図 2-4-16 東京都マンション環境性能の表示ラベル  
出典)東京都資料

東京都建築物環境配慮指針別表(住宅用途)			マンション環境性能表示	
区分		評価 段階	項目名	評価及び表示
建築物の 熱負荷の低減	建築物の形状・配置外壁・ 屋根の断熱、窓部の 熱負荷の低減	1	建築の断熱性	★
		2		★★
		3		★★★
省エネルギー システム	設備システムの 省エネルギー	1	設備の省エネ性	★
		2		★★
		3		★★★
再生可能エネ ルギーの利用	再生可能エネルギーの 変換利用	1	太陽光発電 ・太陽熱	★の表示なし
		2		太陽光又は太陽熱を利用する設備の ・5kw未満の場合(★) ・5kw以上の場合(★★)
		3		★★★
長寿命化等	維持管理、更新、改修、用途 の変更等の自由度確保	2	建物の長寿命化	段階2(1点)、段階3(2点)の合計点 ・0点及び1点(★) ・2点(★★) ・3点以上(★★★)
		3		
	躯体の劣化対策	2		
緑化	緑の量の確保	2	みどり	段階2(1点)、段階3(2点)の合計点 ・0点及び1点(★) ・2点(★★) ・3点以上(★★★)
		3		
	緑の量の確保及び 生態系への配慮	2		
		3		

図 2-4-17 東京都マンション環境性能の評価項目及び段階評価

出典)東京都資料

#### 2.4.10 コンクリート構造物のひび割れ対策等（山口県）

山口県は 2007 年に「コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料」を作成し、ひび割れ抑制システムの運用を開始した。対策資料に基づいて施工した工事の記録は打設管理記録としてデータベース化して山口県のホームページに公表し、後続工事の参考データとして活用し、ひび割れ抑制システムとして運用しており、同システムは 2012 年制定コンクリート標準示方書の改訂の参考とされている。

その後、山口県ではひび割れ抑制の趣旨を踏まえ、目的をコンクリート構造物の品質確保に拡大し、2014 年に「コンクリート品質確保ガイド」を取りまとめている。

この「山口方式」は、例えば国土交通省東北地方整備局南三陸国道事務所で応用されるなど、全国的な取組みが広がっている。

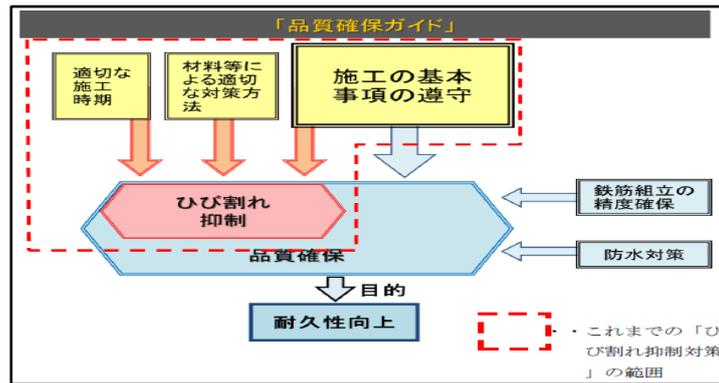


図 2-4-18 品質確保ガイドの概念図

出典) 山口県資料

記録シート②

**サンプル**      コンクリート打込み管理表

○基本情報

発注・施工・検査者	山口宇部組	工期	H18. 4. 1	～	H19. 3. 31
工事名	運路改良工事	工区	I		
構造物名	〇〇橋				
構造物詳細	A1橋台	リフト名	第2リフト		

○コンクリート

材 料 ・ 配 合	呼び強度	27 N/mm <sup>2</sup>	スランブ	8 cm	骨材最大寸法	20 mm
	水セメント比	55 %	単位体積重量	300 kg/m <sup>3</sup>		
	セメント種類	高炉C種	セメント会社	〇〇セメント(株)		
	減水剤	AE減水剤	減水剤	—		
	生コン工場	〇〇(株) 〇〇工場				

品質管理試験

試験採取時期	打込み開始時	150m <sup>2</sup> 打込み時又は午後	300m <sup>2</sup> 打込み時	試験許容値
スランブ	9.0 cm	— cm	— cm	8±2.5cm
空気量	5.5 %	— %	— %	4.5±1.5%
塩化物イオン量	0.03 kg/m <sup>3</sup>	— kg/m <sup>3</sup>	— kg/m <sup>3</sup>	0.30 kg/m <sup>3</sup>
コンクリート温度	24.0 °C	— °C	— °C	
打込み時気温	22.0 °C	— °C	— °C	
7日強度	19.0 N/mm <sup>2</sup>	— N/mm <sup>2</sup>	— N/mm <sup>2</sup>	
28日強度	21.0 N/mm <sup>2</sup>	— N/mm <sup>2</sup>	— N/mm <sup>2</sup>	

塗装合板、無塗装合板、鋼製型枠、等を記入  
 「ポンプ(配管あり)」の場合記入  
 船運利(名物)、溜池運利+高圧洗浄、テッピング、等を記入

○運送・打込み・養生

打込み日	2006年5月25日	天気	りのち晴	下着リフト日	2006年5月10日	
型枠種類	塗装合板	下着リフト種類	船運利(〇〇)			
運送	運送までの運送時間	20 分	運送待機時間	0 分	発卸し時間	20 分/台
	現場内運送方法	ポンプ(車等なし)	ポンプ圧送距離	m	ポンプ車台数	1 台
打込み	開始時刻	8:10	終了時刻	11:00		
	リフト高さ	3.0 m	打込み量	70.0 m <sup>3</sup>	打込み速度	1.0 m/h
作業員	バゾレ台数	3 台	バゾレ人数	4 人	バゾレ手数	1 台
	ホース優先	1 人				

○コンクリート温度履歴

初期温度	24.0 °C	最高温度	48.0 °C	温度上昇量	24.0 °C
最高温度に到達した時間	30 時間後				

○養生

設置日	2006年6月5日	養生期間	11 日
養生方法	型枠面	型枠+ブルーシート	
	打込み面	養生マット+ブルーシート+敷水	
養生(覆覆状態)期間	7 日		

図 2-4-19 コンクリート打ち込み管理表の例

出典) 山口県資料

## 2.4.11 フライアッシュコンクリートの配合・製造及び施工指針（長崎県）

長崎県内では、県内の火力発電所から排出されるフライアッシュをコンクリート用混和材として利用することで、再生資源（指定副産物）の有効活用を図ると共に、コンクリート構造物の長寿命化や耐久性向上などフライアッシュの有用性の活用を目指して「長崎県におけるフライアッシュコンクリートの配合・製造及び施工指針」を平成 27 年 1 月に公表している。

同指針（ガイドライン）の特徴は、フライアッシュを結合材として扱い従来の「水セメント比（W/C）」を「水結合材比（W/（C+FA）」と定義し、長崎県の発注工事における標準化を目指した点にあるとしている。

項目	条件	規定値
水結合材比 (W/B) ※B=C+FA	鉄筋コンクリート	55%以下 注1)
	無筋コンクリート	60%以下 注1)
単位水量 (W)	粗骨材の最大寸法 20~25 mm	175 kg/m <sup>3</sup> 以下
	粗骨材の最大寸法 40 mm	165 kg/m <sup>3</sup> 以下

※ B：結合材 C：セメント FA：フライアッシュ

図 2-4-20 配合に関する規定値

出典)「長崎県におけるフライアッシュコンクリートの配合・製造及び施工指針」平成 27 年 1 月

同指針では、フライアッシュのセメント置換配合を以下のように規定している。

- ① 標準型は、セメント（C）とフライアッシュ（FA）の総和を結合材（B）として、水結合材比（W/B）で管理する。
- ② フライアッシュの置換率は、10±2%の範囲とする。水結合材比は、コンクリートの所要の強度や耐久性などを考慮して定める。
- ③ 強度の管理材齢は、通常のコンクリートと同様に材齢 28 日を基本とする。

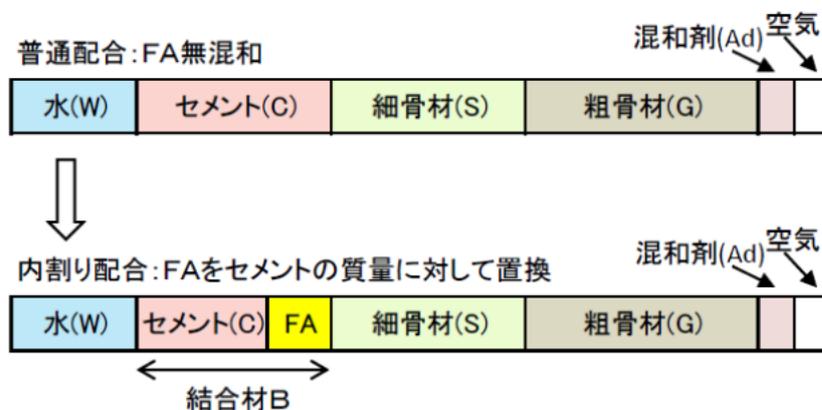


図 2-4-21 標準型の概念図

出典)「長崎県におけるフライアッシュコンクリートの配合・製造及び施工指針」平成 27 年 1 月

### 第3章 世界における混合セメントの利用状況

本章では、混合セメントの普及拡大方策の検討にあたって、海外における混合セメントの利用状況等を概括する。

#### 3. 1 世界におけるセメントの概況

##### 3.1.1 世界におけるセメントの生産量

世界のセメント生産量は、中国の年間生産量が 20 億トン以上と抜きん出て生産量が多く、次いでインドが 2.7 億トン、それに米国、ブラジル、ロシア、日本、インドネシア、韓国が続いている。

日本の年間生産量は約 6 千万トン程度、消費量は約 5 千万トンである。生産ベースでみると米国、ブラジル、韓国、ロシア、インドネシアと近似し、消費ベースでみると韓国と近似している。

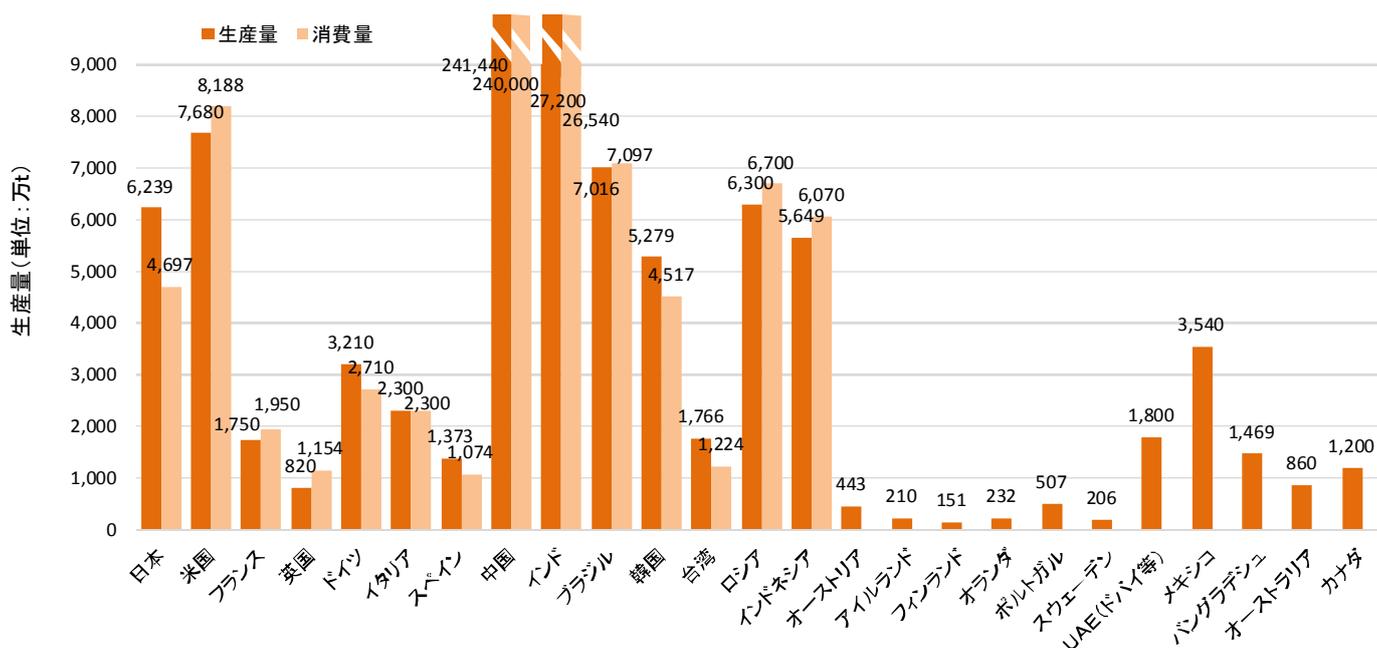


図 3-1-1 諸国のセメント生産量・消費量の比較

注: 日本からインドネシアまでのデータは 2013 年、オーストリアからカナダまでは 2011 年の実績である。

出典(1) (日本からインドネシアまで)セメントハンドブック 2015 年度版

出典(2) (オーストリアからカナダまで)U.S. Geological Survey「Mineral Commodity Summaries」

### 3.1.2 日本と各国のクリンカ／セメント比率

世界の混合セメントの状況の検討にあたっては、国によって、混合セメントの規格に相違があり、単純な混合セメントの生産量では比較しにくいことから、本節では、世界的に統一された指標であるセメント中のクリンカの割合を表す「クリンカ／セメント比率」に注目し、以下に、関連の統計データが公表されている主要国の「クリンカ／セメント比率」を整理する。

#### (1) 国別のクリンカ／セメント比率

世界の主要国のクリンカ／セメント比率の推移は下図のとおりである。

国別にみても、日本は各国に比べて高い水準にあることが分かる。

なお、米国や韓国も同程度のクリンカ／セメント比率となっているが、当該国についてはコンクリートにおける混和材の利用が広く普及しており、混和材の利用はクリンカ／セメント比率に含まれないことに留意が必要である。

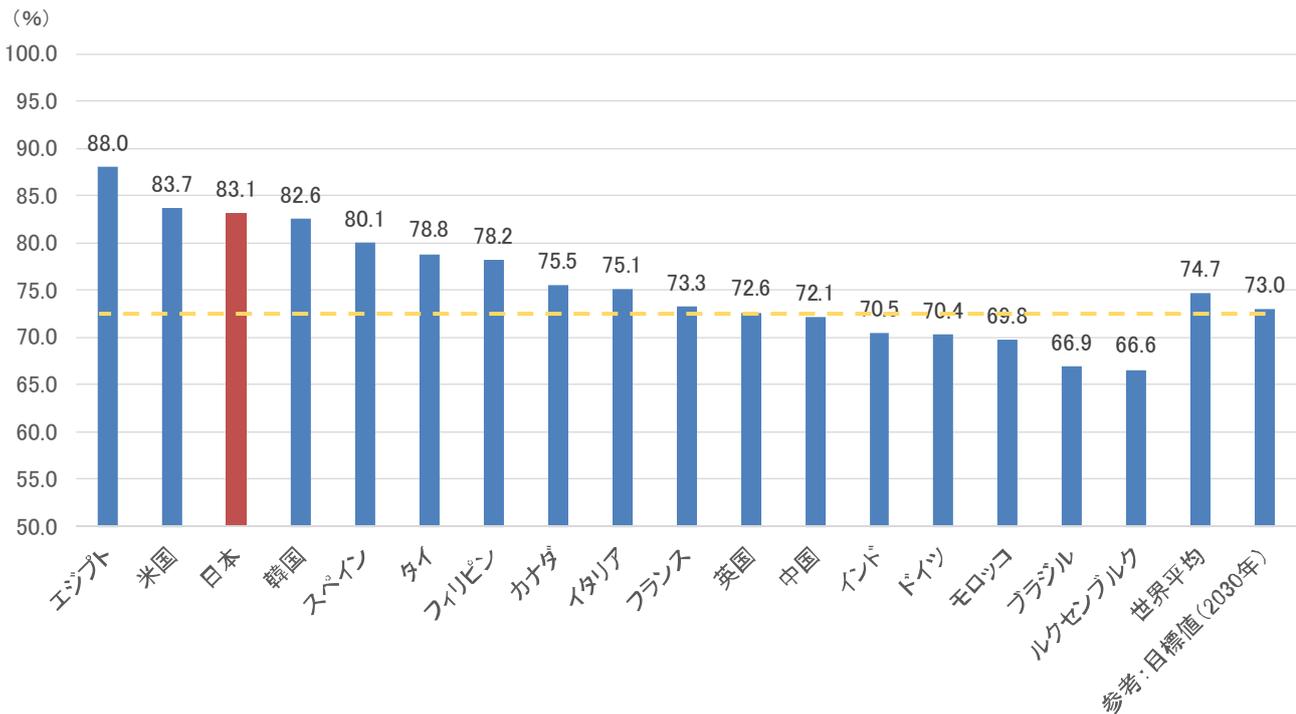


図 3-1-2 現状の世界各国のクリンカ／セメント比率

注 1:クリンカ／セメント比率は入手可能な最新データを表示している。日本、韓国、フランスは 2014 年、ルクセンブルクは 2012 年、その他は 2013 年のデータである。

注 2: 上部については、一部のデータがセメント産業を完全にカバーしておらず、現状を正確に把握するものではない。

出典: (日本)セメントハンドブック 2015 年度版、(韓国)韓国セメント協会ホームページ

(ルクセンブルク)Cimalux 社報告書「持続可能な発展への取組状況」(2013 年)

(その他)WBCSD-CSI(持続可能な発展のための世界経済人会議-セメント産業部会)「世界セメントデータベース」

注 3: 参考の目標値は、WBCSD-CSI の目標値

## 【参考 クリンカ／セメント比率の基本的な算定手法】

### ①世界の主要国のクリンカ／セメント比率

クリンカ／セメント比率は、WBCSD-CSI の「セメント産業向け CO<sub>2</sub>・エネルギー算定報告基準」報告書を参考に、[クリンカ／セメント比率＝国内のクリンカ消費量／国内のセメント生産量]とした。

世界各国（日本、韓国、ルクセンブルクを除く）のクリンカ／セメント比率のデータは WBCSD-CSI の「世界セメントデータベース」の「92AGW - Clinker to cement ratio - Weighted average | Grey and white cement (%)」項目の数字をそのまま用いる。

### ②日本のクリンカ／セメント比率

日本のクリンカ／セメント比率は世界セメントデータベースに入っておらず、セメントハンドブック 2015 年度版のデータに基づき算定する。計算式は、WBCSD-CSI の考え方より、クリンカ／セメント比率＝国内のクリンカ消費量／国内のセメント生産量とするが、日本の国内のクリンカ消費量のデータが集計されないことから、**【国内のクリンカ消費量】を【クリンカ生産量－輸出用クリンカ等生産量】に置き換え、下記のとおり**に算定する：  
**【クリンカ／セメント比率】＝【クリンカ生産量－輸出用クリンカ等】／【輸出用クリンカ以外のセメント生産量】**

2014 年の例では、

クリンカ生産量＝51,573 千トン（セメントハンドブック 5 頁）

輸出用クリンカ等生産量＝4,445 千トン（セメントハンドブック 8 頁）

輸出用クリンカ以外のセメント生産量＝56,694 千トン（セメントハンドブック 8 頁）

→ クリンカ／セメント比率＝(51,573-4,445)/56,694＝83.1%

### ③韓国のクリンカ／セメント比率

韓国のクリンカ／セメント比率は世界セメントデータベースに入っておらず、韓国セメント協会ホームページのデータから算定する。計算式は、WBCSD-CSI の考え方より、クリンカ／セメント比率＝国内のクリンカ消費量／国内のセメント生産量とした。

2014 年の例では、

クリンカ消費量＝38,879 千トン

セメント生産量＝47,048 千トン

→ クリンカ／セメント比率＝38,879/47,048＝82.6%

### 3.1.3 世界におけるセメント分野でのCO2削減の潮流

WBCSD-CSI(※)と国際エネルギー機関は共同で「セメント技術ロードマップ」を作成している。本ロードマップでは、セメント生産分野におけるCO2排出削減の一つの手段として、「クリンカの代替」を挙げて、2050年のセメント業界のCO2排出量のうち、3.4%程度の削減効果を期待している。加えて、世界平均のクリンカ/セメント比率については、2006年実績の78%から、2020年には74%、2030年には73%、2050年には71%まで下げる目標を挙げている。(2013年実績は75%を下回っている)。

このように、海外におけるセメント分野でのCO2削減の潮流においても、クリンカ/セメント比率を下げ、混合セメント等の利用を推進していくことが推奨されていると考えられる。

(※)WBCSD-CSI((World Business Council for Sustainable Development・Cement Sustainability Initiative)「持続可能な発展のための世界経済人会議・持続可能な発展のためのセメント産業自主対策」)は、世界のセメント生産量のシェア30%を占める世界中の25社が参加する集団であり、セメント業界の持続可能発展を目的としている(日本のセメント会社では太平洋セメントが参加している)。

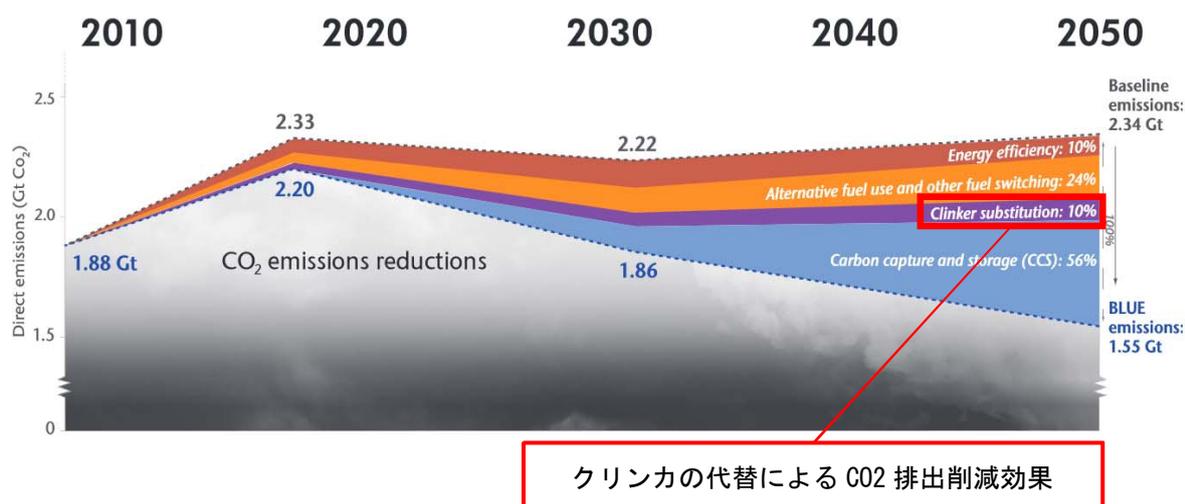


図 3-1-3 国際エネルギー機関及び WBCSD-CSI が挙げたセメント製造における CO<sub>2</sub> 排出量削減目標

出典:

WBCSD-CSI(持続可能な発展のための世界経済人会議-セメント産業部会)ホームページ

WBCSD-CSI 及び国際エネルギー機関「セメント技術ロードマップ」(2009年)

### 3.1.4 世界におけるセメントの規格

#### (1) 欧州連合のセメント規格

欧州連合では欧州規格を基にして、各国がそれぞれ規格を制定する権利はあるが、欧州規格をそのまま用いることが多い。以降、欧州連合の標準となる欧州規格「EN 197-1」を紹介する。

欧州連合のセメント規格は、ポルトランドセメント及び混合セメントは成分による分類と圧縮強度による分類の組み合わせにより規定されている。その組み合わせにより、日本や韓国と異なり、圧縮強度の比較的低い(32.5N/mm<sup>2</sup>)ポルトランドセメント及び混合セメントの販売が可能である。

成分による分類について、CEM Iはポルトランドセメント、CEM IIは混合量6～35%の混合セメント、CEM IIIは混合量36～95%の高炉セメント、CEM IVは混合量11～55%の混合セメント、CEM Vは混合量36%～80%の多混合成分の混合セメントである。

表 3-1-1 欧州連合のセメント規格・成分による分類

注：表中「-」は「0」を表す。

セメントの種類			混合材(質量%)										少量混合成分			
			Main constituents													
			クリンカー K	高炉スラグ S	シリカ D <sup>2)</sup>	ポゾラン natural natural calcined		フライアッシュ siliceous calcareous		頁岩 T	石灰石 L LL					
CEM I	Portland cement	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Portland-slag cement	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-silica fume cement	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-pozzolana cement	CEM III/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-fly ash cement	CEM III/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-burnt shale cement	CEM III/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-limestone cement	CEM III/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
CEM II/B-L		65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5	
CEM III/A-LL		80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5		
CEM II/B-LL		65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5		
Portland-composite cement <sup>3)</sup>	CEM II/A-M	80-94	<----- 6-20 ----->										0-5			
	CEM II/B-M	65-79	<----- 21-35 ----->										0-5			
CEM III	Blastfurnace cement	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM IV	Pozzolanic cement <sup>3)</sup>	CEM IV/A	65-89	-	<----- 11-35 ----->					-	-	-	0-5			
		CEM IV/B	45-64	-	<----- 36-55 ----->					-	-	-	0-5			
CEM V	Composite cement <sup>3)</sup>	CEM V/A	40-64	18-30	-	<----- 18-30 ----->				-	-	-	0-5			
		CEM V/B	20-38	31-50	-	<----- 31-50 ----->				-	-	-	0-5			

CEM II=混合セメント(混合量 6～35%) (例えば日本の高炉セメントA種に相当する混合量)

CEM III=高炉セメント(混合量 36～95%) (日本の高炉セメントB～C種に相当する混合量)

CEM IV、CEM V=混合セメント (複数混合材、混合量 11～55%)

圧縮強度による分類について、28日の圧縮強度が32.5MPa以上、28日の圧縮強度が42.5MPa以上、28日の圧縮強度が52.5MPa以上の3種類があり、それぞれ「普通」と「早強」の種類により2日の圧縮強度要件が異なる。

表 3-1-2 欧州連合のセメント規格・圧縮強度による分類

強度クラス	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )(MPa)			始発(分)	安定性(mm)
	2日	7日	28日		
32.5 普通	-	≥16.0	32.5~52.5	≥75	≤10
32.5 早強	≥10.0	-			
42.5 普通	≥10.0	-	42.5~62.5	≥60	
42.5 早強	≥20.0	-			
52.5 普通	≥20.0	-	52.5~	≥45	
52.5 早強	≥30.0	-			

表 3-1-3 欧州連合のセメント規格・化学成分の規定

注:表中「-」は「要求なし」を表す。

セメントの種類	三酸化硫黄(%)	強熱減量(%)
CEM I	強度クラスにより、 ≤3.5 又は ≤4.0	≤5
CEM II		-
CEM III		≤5
CEM IV		-
CEM V		-

出典:欧州連合格格

## (2) 米国のセメント規格

米国のポルトランドセメントは ASTM C150 規格で規定され、以下に 2007 年時点の ASTM C150 規格における圧縮強度要件を抜粋している。

表 3-1-4 米国のポルトランドセメントの圧縮強度要件(MPa)(ASTM C150 規格)

	ポルトランドセメントの種類							
	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
1日	-	-	-	-	12.4	10.0	-	-
3日	12.4	10.0	10.3	8.3	24.1	19.3	-	8.3
7日	19.3	15.5	17.2	13.8	-	-	6.9	15.2
28日	-	-	-	-	-	-	17.2	20.7

混合セメントは ASTM C595 規格で規定され、以下に 2010 年時点の ASTM C595 規格を紹介する。高炉セメントは、耐硫酸塩性により次頁のように規定されている。化学成分や物理・化学特性は、スラグの分量が 70%以上か未満かで異なり、次頁のとおりである。

【参考 米国の混合セメント規格 ASTM C595】

表1. 耐硫酸塩性による分類			表2. 化学成分 最大(%)		
タイプ			項目	IS(<70)	IS(≥70)
ポルトランド 高炉スラグ セメント	Type IS		MgO	—	—
	Type IS (MS)	中耐硫酸塩性	SO <sub>3</sub>	3.0	4.0
	Type IS (HS)	高耐硫酸塩性	S <sup>2-</sup>	2.0	2.0
			不溶残分	1.0	1.0
			強熱減量	3.0	4.0

表3. 物理・化学特性		( ) はスラグの分量			
項目		IS (<70)	IS (<70) MS	IS (<70) HS	IS (≥70)
オートクレーブ膨張 (%) 最大		0.80	0.80	0.80	0.80
オートクレーブ収縮 (%) 最大		0.20	0.20	0.20	0.20
凝結	始発 (分) を超え	45	45	45	45
	終結 (時) を下回る	7	7	7	7
モルタル空気量 (%)		12	12	12	12
圧縮強度 (MPa) 最小	3日	13.0	11.0	11.0	—
	7日	20.0	18.0	18.0	5.0
	28日	25.0	25.0	25.0	11.0
水和熱 (kJ/kg) 最大	7日	290	290	290	—
	28日	330	330	330	—
モルタル膨張 (%) 最大	14日	0.020	0.020	0.020	0.020
	8週	0.060	0.060	0.060	0.060
硫酸塩抵抗性 (%) 最大	膨張180日	(0.10)	0.10	0.05	—
	膨張1年	—	—	0.10	—

出典: 鐵鋼スラグ協会「高炉セメント百年史」(2010年)

(3) 韓国のセメント規格

韓国では、セメントの品質はKS規格の規程に適合する必要がある。

2009年以前、圧縮強度の要件は比較的lowかった。普通ポルトランドセメントの28日の圧縮強度要件は28.48MPaとなっており、第1種・第2種高炉セメントの28日の圧縮強度要件は28MPaとなっていた。従来の低い圧縮強度要件が高炉セメントの一つの普及要因として考えられる。

2009年には、国内規格を国際規格ISO 679のレベルに引き上げるため、ポルトランドセメント及び高炉セメントの規格を改正した。2009年以降、普通ポルトランドセメント及び第1種・第2種高炉セメントの28日の圧縮強度要件は42.5MPaとなり、日本のJIS規格とほぼ同様のものになった。

表 3-1-5 韓国のセメント規格

セメントの種類		混合材 (質量%)	少量混合 成分 (質量%)	比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	凝結 (min-h)		圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) (MPa)			水和熱 (J/g)		化学成分(%)		
					始発	終結	3日	7日	28日	7日	28日	酸化マグネシウム	三酸化硫黄	強熱減量
ポルトランドセメント (2009年改正前) (KS L 5201:1989年)	1種:(普通)	0~5	適量	≥2800	≥60min	≤10h	≥12.74	≥19.6	≥28.48	-	-	≤5.0	≤3.0	≤3.0
	2種:(中庸熱)			≥2800	≥60min	≤10h	≥10.78	≥17.64	≥27.93	≤292.9	≤334.7	≤5.0	≤3.0	≤3.0
	3種:			≥3300	≥60min	≤10h	≥24.5	≥27.44	≥30.38	-	-	≤5.0	≤3.5	≤3.0
	4種:(低熱)			≥2800	≥60min	≤10h	-	≥7.5	≥17.64	≤251.0	≤292.9	≤5.0	≤2.3	≤2.5
	5種:(耐硫酸塩)			≥2800	≥60min	≤10h	≥8.82	≥9.8	≥20.58	-	-	≤5.0	≤2.3	≤3.0
ポルトランドセメント 最新版 (KS L 5201:2013年)	1種:(普通)	0~10 (注2)	適量	≥2800	≥60min	≤10h	≥12.5	≥22.5	≥42.5	-	-	≤5.0	≤3.5	≤3.0
	2種:(中庸熱)			≥2800	≥60min	≤10h	≥7.5	≥15.0	≥32.5	≤290	≤340	≤5.0	≤3.0	≤3.0
	3種:			≥3300	≥45min	≤10h	≥20.0	≥32.5	≥47.5	-	-	≤5.0	≤4.5	≤3.0
	4種:(低熱)			≥2800	≥60min	≤10h	-	≥7.5	≥22.5	≤250	≤290	≤5.0	≤3.5	≤3.0
	5種:(耐硫酸塩)			≥2800	≥60min	≤10h	≥10.0	≥20.0	≥40.0	-	-	≤5.0	≤3.0	≤3.0
高炉セメント (2009年改正前) (KS L 5210:2004年)	1種	5~30	適量	≥3000	≥45min	≤7h	≥7	≥15	≥28	-	-	-	≤3.0	≤3.0
	2種	30~60		≥3000	≥60min	≤10h	≥6	≥12	≥28	-	-	-	≤4.0	≤3.0
	3種	60~70		≥3000	≥60min	≤10h	≥5	≥10	≥27	-	-	-	≤4.5	≤3.0
高炉セメント 最新版 (KS L 5210:2013年)	1種	5~30	適量	≥3000	≥45min	≤7h	≥12.5	≥22.5	≥42.5	-	-	≤5.0	≤3.5	≤3.0
	2種	30~60		≥3000	≥60min	≤10h	≥10.0	≥17.5	≥42.5	-	-	≤6.0	≤4.0	≤3.0
	3種	60~70		≥3300	≥60min	≤10h	≥7.5	≥15.0	≥40.0	-	-	≤6.0	≤4.5	≤3.0
ポゾランセメント 最新版 (KS L 5401:2012年)	A種	5~10	適量	≥3000	≥60min	≤10h	≥12.5	≥22.5	≥42.5	-	-	≤5.0	≤3.0	≤3.0
	B種	10~20		≥3000	≥60min	≤10h	≥10.0	≥17.5	≥37.5	-	-	≤5.0	≤3.0	-
	C種	20~30		≥3000	≥60min	≤10h	≥7.5	≥15.0	≥32.5	-	-	≤5.0	≤3.0	-
フライアッシュセメント 最新版 (KS L 5211:2013年)	1種	5~10	適量	≥2500	≥60min	≤10h	≥12.5	≥22.5	≥42.5	-	-	≤5.0	≤3.0	≤3.0
	2種	10~20		≥2500	≥60min	≤10h	≥10.0	≥17.5	≥37.5	-	-	≤5.0	≤3.0	-
	3種	20~30		≥2500	≥60min	≤10h	≥7.5	≥15.0	≥32.5	-	-	≤5.0	≤3.0	-

注 1:表中「-」は「要求なし」を表す。

注 2:石灰石:0~5%、高炉スラグ/フライアッシュ/ポゾランのうち1種:0~5%

出典:

(各規格の旧版) Tong Yang セメント会社資料(韓国語)

(2009年の改正内容) Lafarge Halla セメント会社資料「KS規格変更に伴うお知らせ」(2009年1月)

(各規格の最新版) KS規格(韓国国家規格)

表 3-1-6 日本におけるセメントの標準(規格)

セメントの種類		混合材 (質量%)	少量混合成分 (質量%)	比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	凝結 (min-h)		圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )			水和熱 (J/g)		化学成分(%)		
					始発	終結	3日	7日	28日	7日	28日	酸化マ グネシウム	三酸化 硫黄	強熱減 量
ポルトランドセメント (JIS R 5210:2009)	普通	0	≤5	≥2500	≥60min	≤10h	≥12.5	≥22.5	≥42.5	-	-	≤5.0	≤3.5	≤5.0
	早強	0	≤5	≥3300	≥45min	≤10h	≥20.0	≥32.5	≥47.5	-	-	≤5.0	≤3.5	≤5.0
	超早強	0	≤5	≥4000	≥45min	≤10h	≥30.0	≥40.0	≥50.0	-	-	≤5.0	≤4.5	≤5.0
	中庸熱	0	0	≥2500	≥60min	≤10h	≥7.5	≥15.0	≥32.5	≤290	≤340	≤5.0	≤3.0	≤3.0
	低熱 耐硫酸塩	0 0	0 0	≥2500 ≥2500	≥60min ≥60min	≤10h ≤10h	- ≥10.0	≥7.5 ≥20.0	≥22.5 ≥40.0	≤250 -	≤290 -	≤5.0 ≤5.0	≤3.5 ≤3.0	≤3.0 ≤3.0
高炉セメント (JIS R 5211:2009)	A種	5~30	クリンカー、石 膏及び少量混 合成分の含量 に対し、質量 5%以下	≥3000	≥60min	≤10h	≥12.5	≥22.5	≥42.5	-	-	≤5.0	≤3.5	≤5.0
	B種	30~60		≥3000	≥60min	≤10h	≥10.0	≥17.5	≥42.5	-	-	≤6.0	≤4.0	≤5.0
	C種	60~70		≥3300	≥60min	≤10h	≥7.5	≥15.0	≥40.0	-	-	≤6.0	≤4.5	≤5.0
シリカセメント (JIS R 5212:2009)	A種	5~10		≥3000	≥60min	≤10h	≥12.5	≥22.5	≥42.5	-	-	≤5.0	≤3.0	≤5.0
	B種	10~20		≥3000	≥60min	≤10h	≥10.0	≥17.5	≥37.5	-	-	≤5.0	≤3.0	-
	C種	20~30		≥3000	≥60min	≤10h	≥7.5	≥15.0	≥32.5	-	-	≤5.0	≤3.0	-
フライアッシュセメン ト (JIS R 5213:2009)	A種	5~10	≥2500	≥60min	≤10h	≥12.5	≥22.5	≥42.5	-	-	≤5.0	≤3.0	≤5.0	
	B種	10~20	≥2500	≥60min	≤10h	≥10.0	≥17.5	≥37.5	-	-	≤5.0	≤3.0	-	
	C種	20~30	≥2500	≥60min	≤10h	≥7.5	≥15.0	≥32.5	-	-	≤5.0	≤3.0	-	
エコセメント (JIS R 5214:2009)	普通	-	5以下	≥2500	≥60min	≤10h	≥12.5	≥22.5	≥42.5	-	-	≤5.0	≤4.5	≤5.0
	速硬	-	0	≥3300	-	≤60min	≥22.5	≥25.0	≥32.5	-	-	≤5.0	≤10.0	≤3.0

注:表中「-」は「要求なし」を表す  
出典) JIS 規格

#### (4) 中国のセメント規格

中国のセメントは中国国家標準 GB 175 で規定され、成分による分類と強度クラスによる分類の組み合わせによって規定されており、以下に 2010 年時点の GB 175 規格の一部を紹介する。

表 GB175 のタイプ

タイプ		クリンカー +石膏	高炉スラグ	火山灰質 混合材料	フライ アッシュ	石灰石
ポルトランド セメント	P・I	100	—	—	—	—
	P・II	≥95	≤5	—	—	—
		≥95	—	—	—	≤5
普通ポルトランド セメント	P・O	80-95	5-20			—
						—
高炉スラグポルト ランドセメント	P・S・A	50-80	20-50	—	—	—
	P・S・B	30-50	50-70	—	—	—

表 GB175 の強度クラス

タイプ	強度 クラス	圧縮強度 (MPa)		曲げ強度	
		3 日	28 日	3 日	28 日
P・O	42.5	≥17.0	≥42.5	≥3.5	≥6.5
	42.5R	≥22.0		≥4.0	
	52.5	≥23.0	≥52.5	≥4.0	≥7.0
	52.5R	≥27.0		≥5.0	
P・S・A P・S・B	32.5	≥10.0	≥32.5	≥2.5	≥5.5
	32.5R	≥15.0		≥3.5	
	42.5	≥15.0	≥42.5	≥3.5	≥6.5
	42.5R	≥19.0		≥4.0	
	52.5	≥21.0	≥52.5	≥4.0	≥7.0
52.5R	≥23.0	≥4.5			

表 GB175 の成分規定

タイプ	不溶物	強熱減量	SO <sub>3</sub>	MgO	Cl
P・I	≤0.75	≤3.0	≤3.5	≤5.0	≤0.06
P・II	≤1.50	≤3.5			
P・O	—	≤5.0			
P・S・A	—	—	≤4.0	≤6.0	
P・S・B	—	—		—	

出典：鉄鋼スラグ協会「高炉セメント百年史」(2010 年)

### 3. 2 先進国の混合セメント利用状況

本節では、先進国の混合セメントの利用状況を以下に概括する。

#### 3.2.1 欧州における混合セメントの状況

##### (1) 欧州連合全体における混合セメントの状況

欧州連合では、混合セメント（CEM II、III、IV、Vを含む）の生産量は全体のセメント生産量の約73%を占め、広く普及している。普通ポルトランドのセメントは約27%になっている。

一番普及が進んでいる混合セメントは、欧州連合のセメント規格上に「CEM II」と呼ばれ、生産量の約56%を使用しており、前述のとおり、日本の高炉セメントA種に相当する混合量のセメントであり、混合量が比較的低いセメント（6～35%）となる。

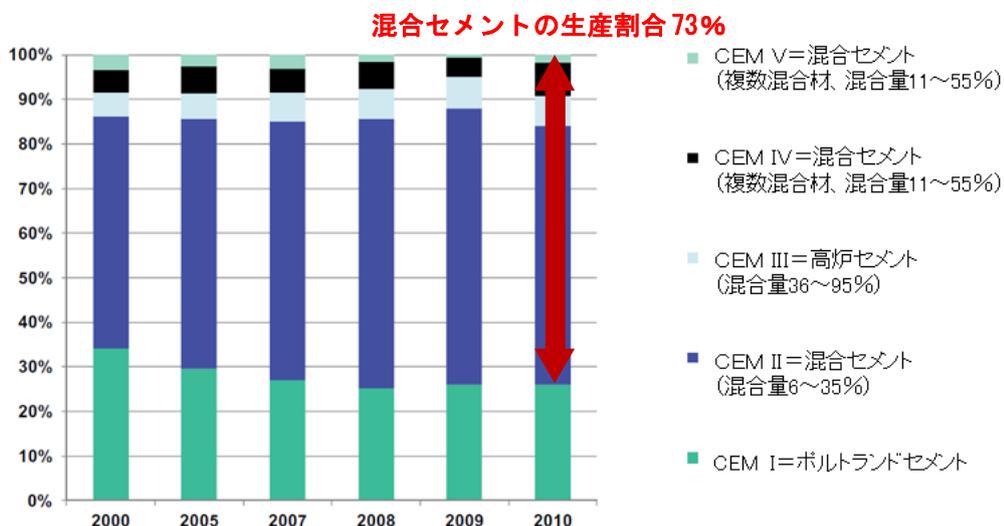


図 3-2-1 欧州連合のセメント生産量割合の推移<sup>(1)</sup>

また、CEM II (混合量 6～35%) の中、利用されている主な混合材は石灰石である。

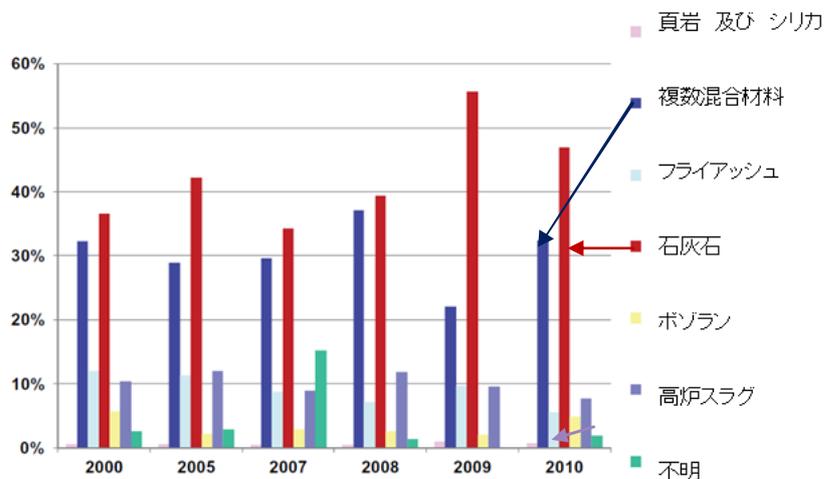


図 3-2-2 欧州連合の CEM II の中の混合材の割合の推移 (%) <sup>(1)</sup>

なお、石灰石に比較して高炉スラグのセメント混合材としての利用は低く見えるが、欧州では高炉スラグの60%程度は、セメント分野で再利用されており、日本と大きく異ならない再利用率になっている（日本の平成26年度実績：70.1%）。

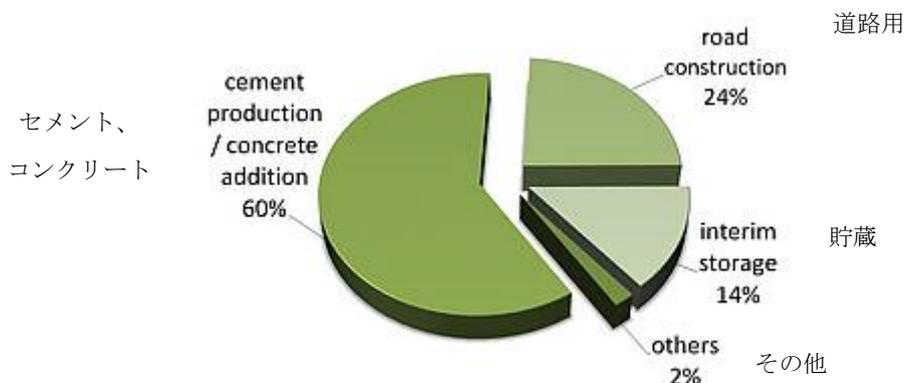


図 3-2-3 欧州 12 カ国の高炉スラグの利用状況(2012 年データ)<sup>(2)</sup>

出典:

(1) 欧州セメント協会「Cements for a low-carbon Europe」(2013 年 1 月)

(2) 欧州スラグ協会ホームページ

## (2) フランスにおける混合セメントの状況

フランスでは欧州の中でも混合セメントの普及が進んでいるとされる。高炉スラグの約6割がセメント原料として利用されており、高炉セメントと石灰石セメントを中心に混合セメントは広く普及している。<sup>(3)(4)</sup>

近年ではそれぞれのセメントのシェアは安定しており、CEM III（規格上の混合量36～95%）のシェアのみ少しずつ上昇しつつある。住宅関係においては、石灰石を混合したコンクリートが主流となってきている。<sup>(2)</sup> その実態を踏まえて、欧州連合からフランスを本調査における混合セメントの普及要因分析の一つの対象として後述の3.4.2にて取り上げる。

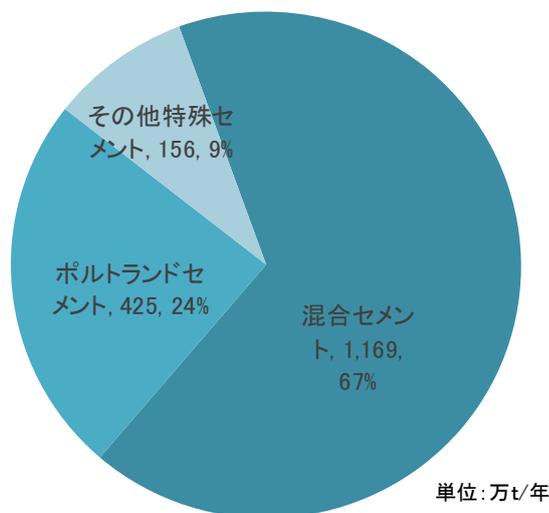


図 3-2-4 フランスのセメント生産量割合(2013 年)<sup>(1)(3)</sup>

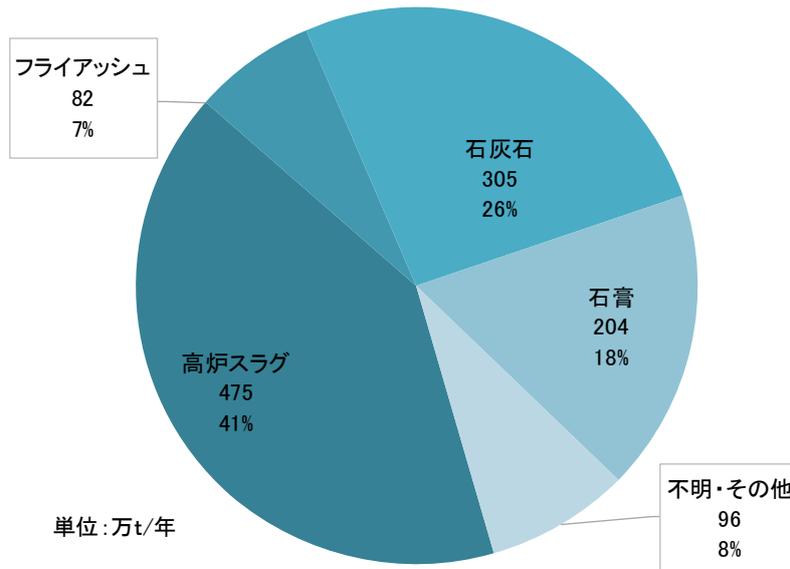
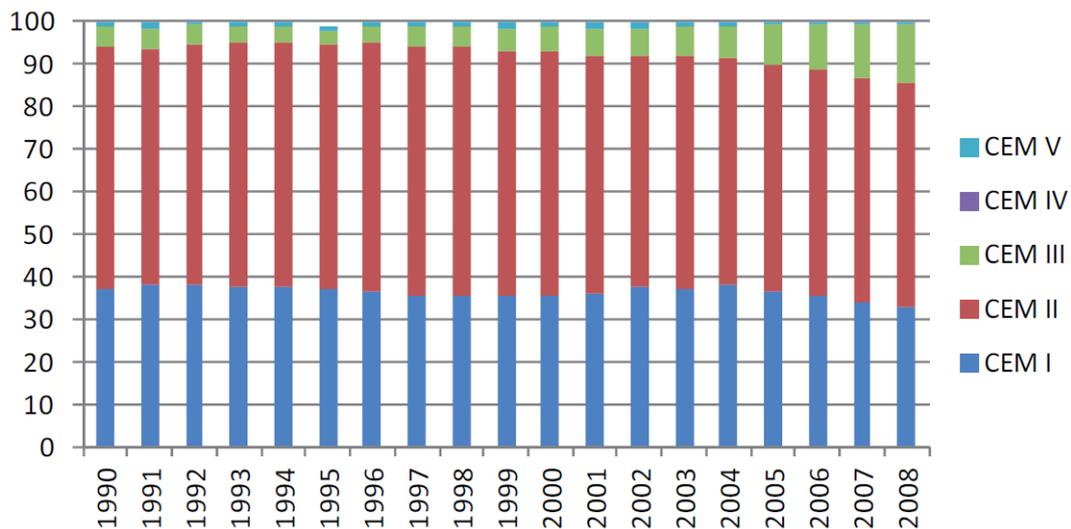


図 3-2-5 フランスのセメント中の成分の割合(クリンカを除く)(2014年)<sup>(3)</sup>



CEM V=混合セメント(複数混合材、混合量 36~80%)  
 CEM IV=混合セメント(複数混合材、混合量 11~55%)  
 CEM III=高炉セメント(混合量 36~95%)  
 CEM II=混合セメント(混合量 6~35%)  
 CEM I=ポルトランドセメント

図 3-2-6 フランスのセメントの生産量割合の推移(単位: %)<sup>(2)</sup>

出典:

- (1) セメントハンドブック 2015 年度版
- (2) 欧州セメント協会「Cements for a low-carbon Europe」(2013 年 1 月)
- (3) フランスセメント協会「セメント統計覧」(2015 年)
- (4) フランス高炉スラグ再利用促進組合資料(2014 年)

### (3) 英国における混合セメントの状況

英国では他のヨーロッパ諸国に比べて、混合セメントの普及率は比較的低い。ただし、近年では混合セメントの利用は増加しており、混合セメントの生産量の割合は 2002 年の 4%から 2009 年には 25%となっている。

一方、生コンクリートにて高炉スラグまたはフライアッシュを、【セメント+混和材】の量の平均 18%に混和しているとの情報がある。<sup>(3)</sup>

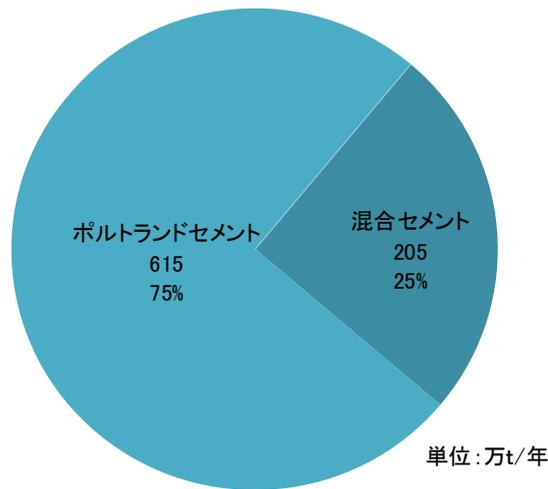
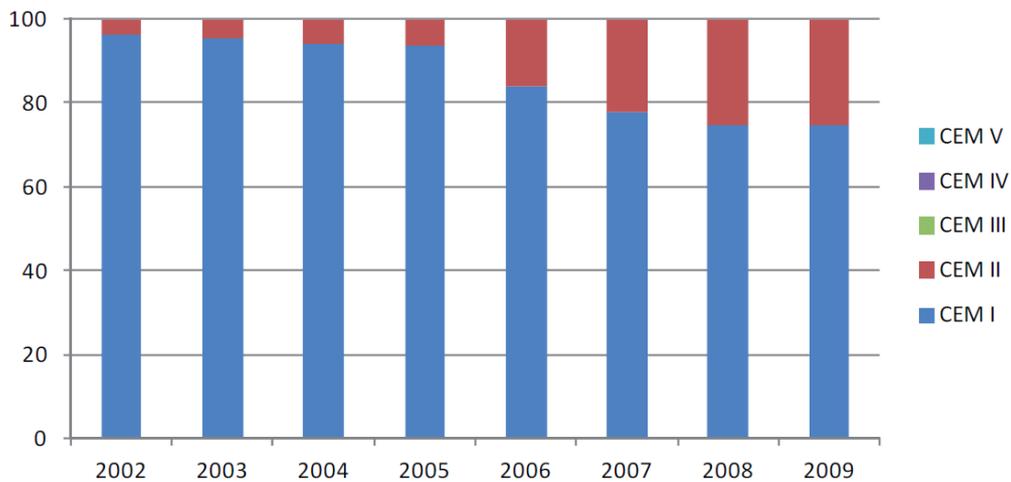


図 3-2-7 英国のセメント生産量割合(2009 年)<sup>(1)(2)</sup>



CEM V=混合セメント(複数混和材、混合量 36~80%)  
 CEM IV=混合セメント(複数混和材、混合量 11~55%)  
 CEM III=高炉セメント(混合量 36~95%)  
 CEM II=混合セメント(混合量 6~35%)  
 CEM I=ポルトランドセメント

図 3-2-8 英国のセメント生産量割合の推移(単位: %)<sup>(2)</sup>

出典:

- (1) セメントハンドブック 2015 年度版
- (2) 欧州セメント協会「Cements for a low-carbon Europe」(2013 年 1 月)
- (3) 英国コンクリート情報センター「Specifying Sustainable Concrete」

#### (4) ドイツにおける混合セメントの状況

ドイツでは CEM II の混合セメント（規格上の混合量 6～35%）と CEM III の高炉セメント（規格上の混合量 36～95%）は 100 年前から製造され、標準化されてきた。

下図に示すとおり、混合セメントの利用率約 69%と高い利用率になっている。

なお、2005 年から、複数のセメントメーカーが新しい多混合材混合セメントの CEM II を開発・発売し、CEM II の更なる拡大を図っている模様である。

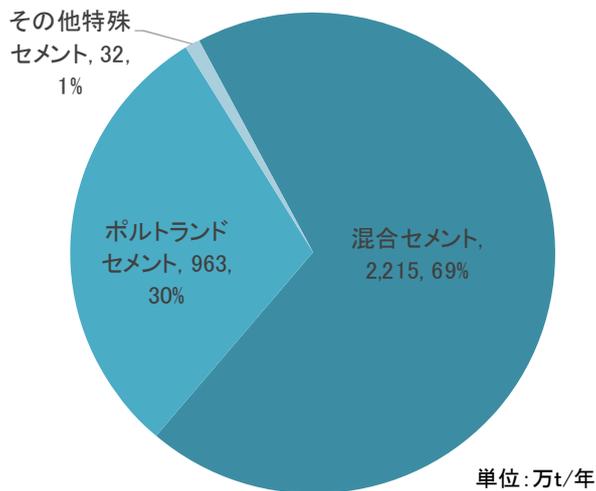
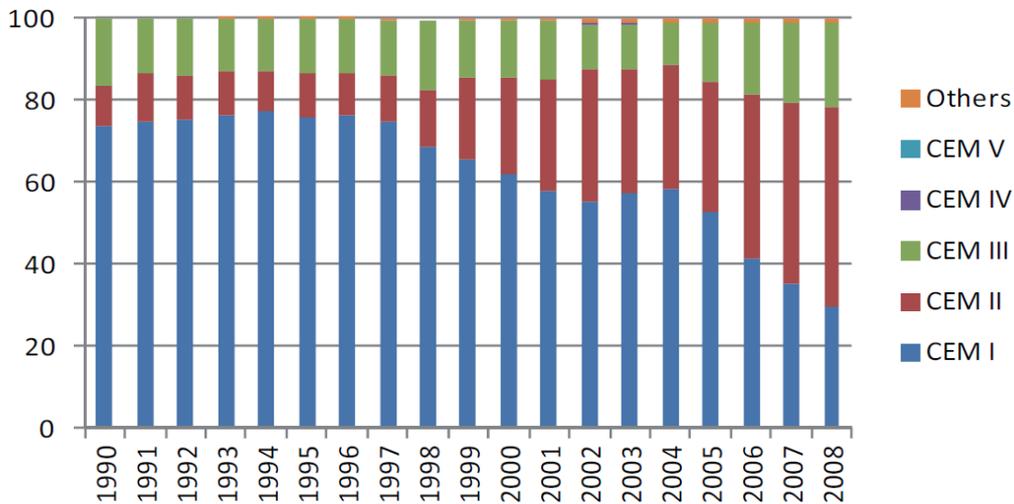


図 3-2-9 ドイツのセメント生産量割合 (2008 年) <sup>(1)(2)</sup>



CEM V=混合セメント(複数混合材、混合量 36～80%)  
 CEM IV=混合セメント(複数混合材、混合量 11～55%)  
 CEM III=高炉セメント(混合量 36～95%)  
 CEM II=混合セメント(混合量 6～35%)  
 CEM I=ポルトランドセメント

図 3-2-10 ドイツのセメント生産量割合の推移 <sup>(2)</sup>

出典:

(1) セメントハンドブック 2015 年度版

(2) 欧州セメント協会「Cements for a low-carbon Europe」(2013 年 1 月)

### (5) オランダにおける混合セメントの状況

オランダでは、海洋関係の建造物（堤防など）が非常に多く、60年前からそのすべてが CEM III の高炉セメント（規格上の混合量 36～95%）で構築されており、その結果として混合セメントの普及率は 75%となっている。

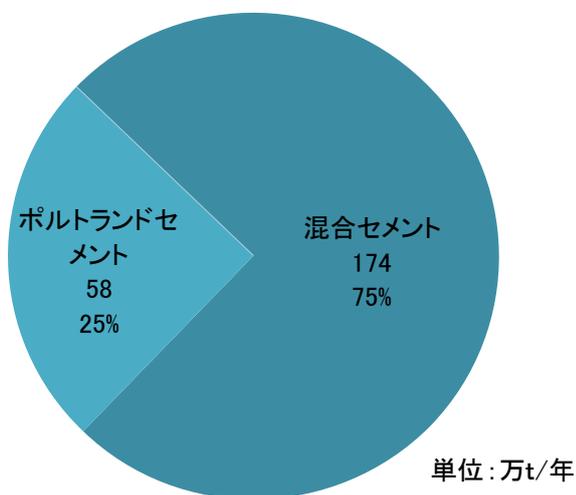


図 3-2-11 オランダのセメント生産量割合 (2007 年)<sup>(1) (2)</sup>

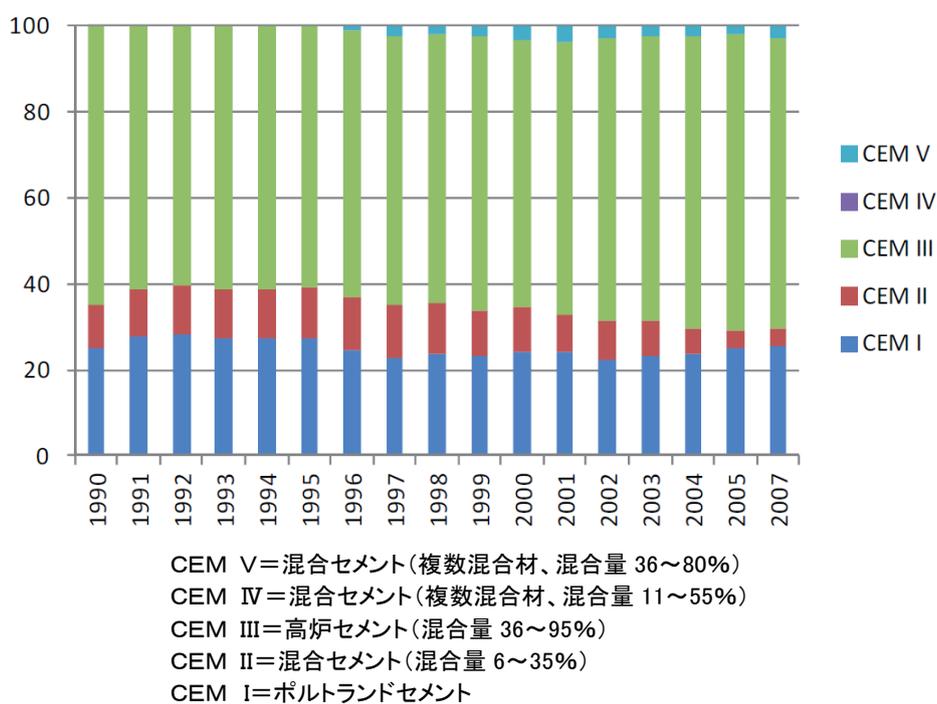


図 3-2-12 オランダのセメント生産量割合の推移<sup>(2)</sup>

出典:

(1) U.S. Geological Survey「Mineral Commodity Summaries」

(2) 欧州セメント協会「Cements for a low-carbon Europe」(2013 年 1 月)

### (6) アイルランドにおける混合セメントの状況

アイルランドでは、1930年から2004年まで、ポルトランドセメントは99%以上のシェアを占めていた。

しかし、2004年から2008年まで、国内のセメント製造業は共同で、品質管理を重視しながら複数の CEM II の混合セメント（規格上の混合量 6～35%）を発売した。その結果、混合セメントのシェアは著しく上昇し、2009年には、フライアッシュセメントと石灰石を混合したセメントが75%のシェアを占めている。

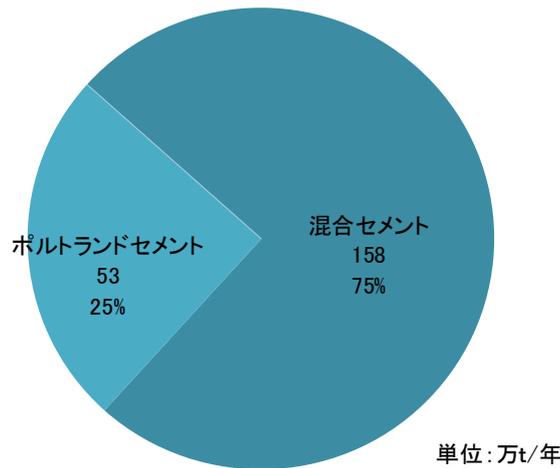
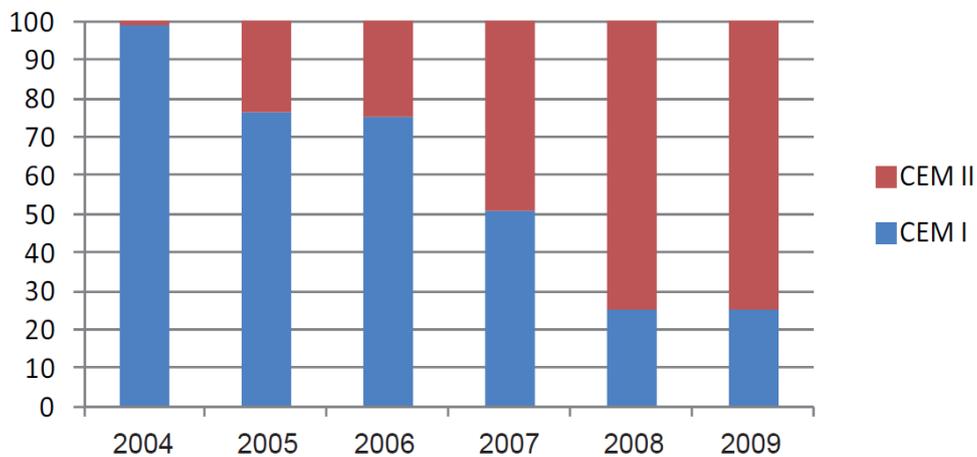


図 3-2-13 アイルランドのセメント生産量割合(2009年)<sup>(1)(2)</sup>



CEM V=混合セメント(複数混合材、混合量 36～80%)  
 CEM IV=混合セメント(複数混合材、混合量 11～55%)  
 CEM III=高炉セメント(混合量 36～95%)  
 CEM II=混合セメント(混合量 6～35%)  
 CEM I=ポルトランドセメント

図 3-2-14 アイルランドのセメント生産量割合の推移<sup>(2)</sup>

出典

(1) U.S. Geological Survey「Mineral Commodity Summaries」

(2) 欧州セメント協会「Cements for a low-carbon Europe」(2013年1月)

### (7) ルクセンブルクにおける混合セメントの状況

ルクセンブルクのクリンカー／セメント比率は 2008 年に 61.8%、2012 年には 66.6%と、非常に低い水準にある。ルクセンブルクは内陸国であるにもかかわらず、混合セメントの使用量が多く、その殆どが高炉セメントである。<sup>(1)</sup>

その実態を踏まえて、ルクセンブルクを本調査における混合セメントの普及要因分析の一つの対象国とし、3.4.2 にて取り上げる。

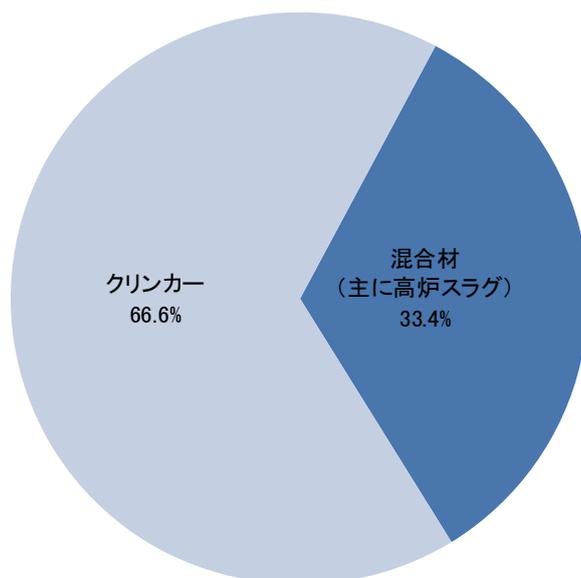


図 3-2-15 ルクセンブルクのセメント中の混合材の割合(2012 年)<sup>(1)</sup>

出典：(1) Cimalux 社報告書「持続可能な発展への取組状況」(2013 年)

### 3.2.2 米国における混合セメントの状況

米国では、セメント産業は数多くの小さい規模の会社がメインとなっており、全体的なデータの入手は困難であるが、部分的な統計によると、クリンカ/セメント比率は 83.7~91.7% (2013 年) と高い水準にある。2013 年では、米国の全体セメント生産量 7,680 万トン<sup>(1)</sup> に対して、高炉セメントの生産量は 50.0 万トン<sup>(2)</sup>、混合セメント用及びクリンカ製造用のフライアッシュ利用量は 228.6 万トン<sup>(3)</sup> となっていた。

一方、生コンクリートの混和材として利用された高炉スラグの量は 214.1 万トン<sup>(2)</sup>、フライアッシュの量は 1235.6 万トン<sup>(3)</sup> と、混合セメントの混和材としての利用よりも、生コンクリートの混和材としての利用が多い。

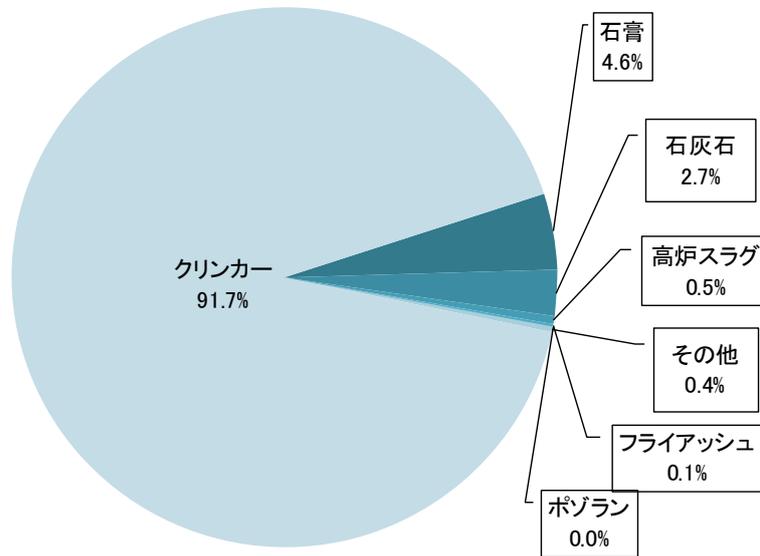


図 3-2-16 米国のセメント中の混合材の割合 (2013 年)<sup>(4)</sup>

注: 入手可能なデータは限られており、上記のグラフのデータは米国のセメント産業の 3 分の 2 程度をカバーしており、全国の現状を正確に把握するものではない。

政策面では 2001 年から 2010 年まで、米国環境保護庁は石炭燃焼から生じる副産物 (フライアッシュを含む) の再利用を促すため、「Coal Combustion Products Partnership (C2P2)」政策を施行してきた。現在では、混合セメントの利用促進策は特にない。<sup>(5)(6)</sup>

出典:

- (1) セメントハンドブック 2015 年度版
- (2) 米国高炉セメント協会ホームページ
- (3) 米国石炭灰協会「石炭燃焼による副産物の生産及び利用調査」(2013 年)
- (4) WBCSD-CSI(持続可能な発展のための世界経済人会議-セメント産業部会)「世界セメントデータベース」
- (5) 米国環境保護庁パンフレット
- (6) 米国プレキャストコンクリート協会ホームページ(2013 年 10 月)

### 3.2.3 韓国における混合セメントの状況

韓国のクリンカ／セメント比率は82.6%（2014年）と、日本（83.1%）と同水準にある。

2013年のセメント生産量のうち高炉セメントが21%と、日本と同程度のシェアを占めている。そのシェアは10年前からほぼ横ばいに推移している。<sup>(1)(2)</sup>

利用されている高炉セメント中の高炉スラグの混合量も、40～45%程度であり、日本と同様の水準である。韓国の高炉スラグは、59%がセメント原料として利用されている。<sup>(3)</sup>

一方、セメントに混合材を混合する方法に加え、生コンクリートに混和する混和材の利用も進んでいるとされている。韓国のフライアッシュの46%程度はコンクリートの混和材として再利用されており、一般的な混和量はコンクリート中のセメントの10～20%を代替する。近年、フライアッシュと高炉スラグの両方をコンクリートに混和する事例も増えている。<sup>(3)</sup>

韓国の混合セメントの利用量は日本と同水準である等の実態を踏まえ、本調査における混合セメントの普及要因分析の一つの対象国とし、3.4.2にて取り上げる。

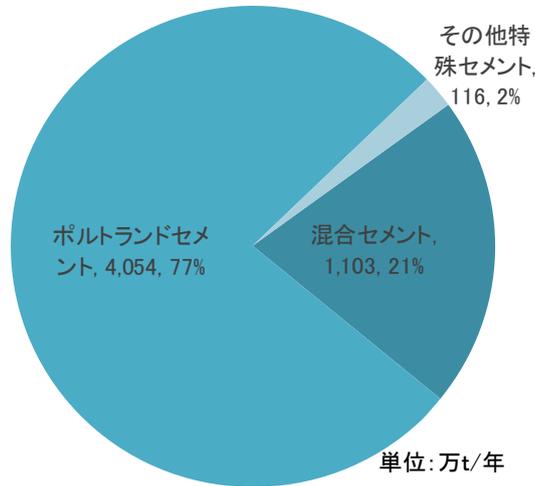


図 3-2-17 韓国のセメント生産量割合 (2013年)

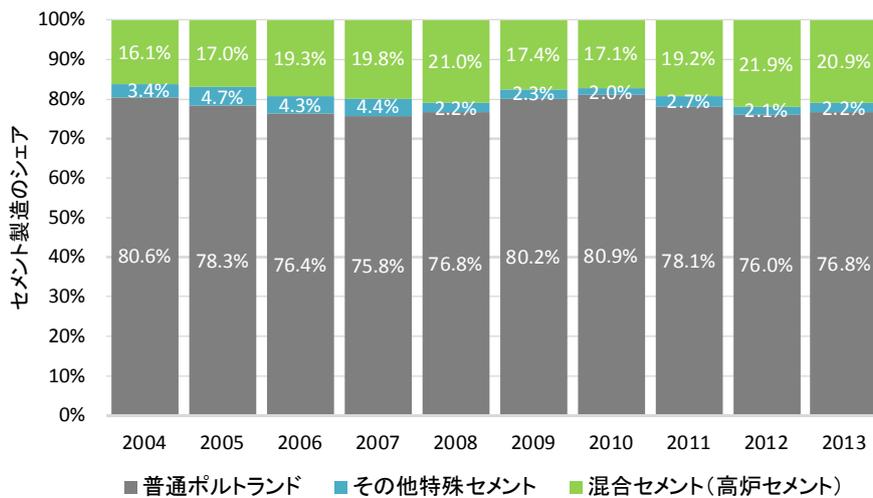


図 3-2-18 韓国におけるセメント生産量割合の推移

出典：(1)U.S. Geological Survey「Mineral Commodity Summaries」(2)韓国セメント協会ホームページ(3)アジアコンクリート連合(ACF)サステイナビリティフォーラム(SF)報告書(2014年12月)

### 3.2.4 シンガポールにおける混合セメントの状況

シンガポールでは、高炉セメントは全体のセメント消費量の 20%を占め、そのうち 60%～70%までの混合量の多いセメントの利用が普及している。(2)(4)(5)

国内にクリンカの製造工場がないために粉砕設備は一つしかなく、使用するセメントの殆どを輸入している。なお、セメント輸入量の半分程度を日本から輸入している。(2)

地下鉄や高速道路をはじめとしたインフラ整備が進められるなかで、セメント需要は堅調に推移しており、なかでも大型・大断面のコンクリート構造物（マスコンクリート）の温度ひび割れ対策として、低発熱型セメントへのニーズが増加しているという。(1)

混合セメントは環境に配慮した製品であることから現地でグリーンラベルを取得することができる。(3)

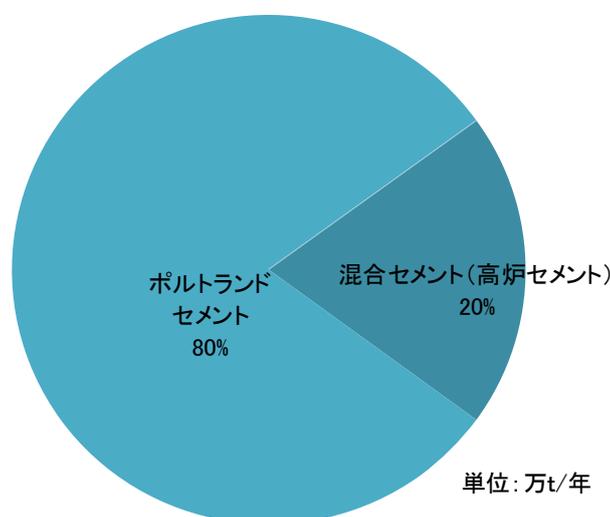


図 3-2-19 シンガポールのセメント消費量割合



図 3-2-20 混合セメントが対象となるシンガポールのグリーンラベル

出典:

- (1) 太平洋セメント株式会社「News letter」(2015 年 5 月)
- (2) World Cement 記事「The smaller six : cement prospects and potential」(2013 年 2 月)
- (3) Singapore Environment Council ホームページ(グリーン認証)
- (4) Lafarge マレーシア者ホームページ
- (5) Holcim Singapore 社ホームページ

### 3. 3 新興国の混合セメント利用状況

本節では、新興国の混合セメントの利用状況を以下に概括する。なお、新興国については、統計データ等が不足していることが多く、データ取得の制約が大きいことから、実態面と乖離している可能性があることを付記しておく。

#### 3.3.1 中国における混合セメントの状況

中国では、下記図表の通り、混合セメントは多く利用されており、混合材は多様のようなのである。<sup>(1)</sup> なお、セメント中の混合材以上に、生コンクリート中の混和材は普及しているとの情報がある。<sup>(2)</sup>

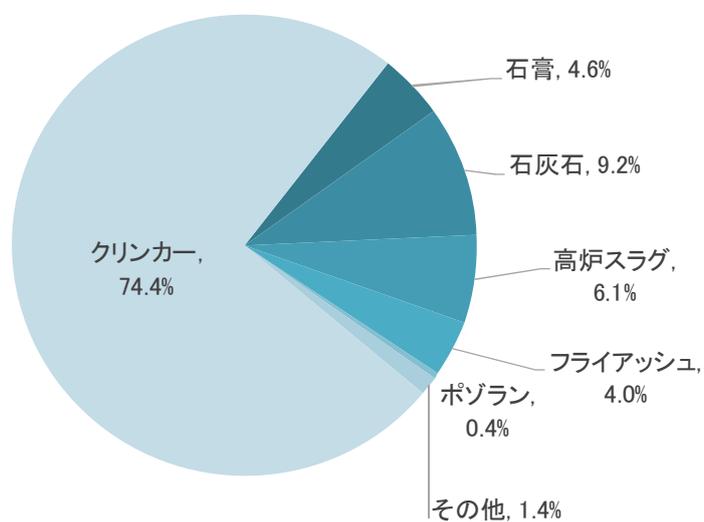


図 3-3-1 中国のセメント中の混合材の割合(2013年)<sup>(1)</sup>

注:入手可能なデータは限られており、上記のデータは中国のセメント産業の一部のみカバーしており、全国の現状を正確に把握するものではない。

出典:

(1)WBCSD-CSI(持続可能な発展のための世界経済人会議-セメント産業部会)「世界セメントデータベース」

(2)コンクリート工学年次論文集、Vol.32、No.1「委員会報告 コンクリート材料ならびに関連規格の国際調査研究委員会」(2010年)

### 3.3.2 インドにおける混合セメントの状況

インドでは、クリンカ／セメント比率は 70.9%（2014 年）であり、フライアッシュセメントを中心に混合セメントは広く普及しているようである。<sup>(1)</sup>

インドのフライアッシュの約 40%はセメント原料として利用されており、フライアッシュセメントにおける混合量は 30%程度。<sup>(2)</sup>

なお、高炉セメントも利用されており、インドの高炉スラグの全量はセメント原料として利用されている。高炉セメント中の高炉スラグの混合量は 50%程度。<sup>(3)</sup>

また、セメント中の混合材よりも生コンクリートの混和材が普及しているとの情報がある。<sup>(4)</sup>

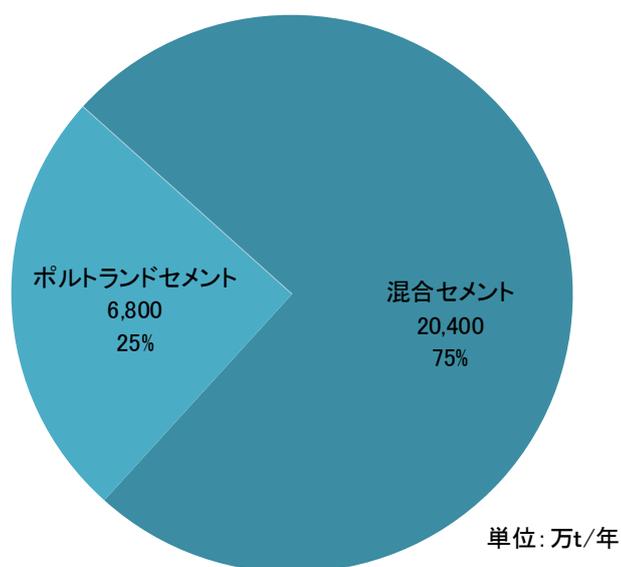


図 3-3-2 インドのセメント生産量割合(2013 年)

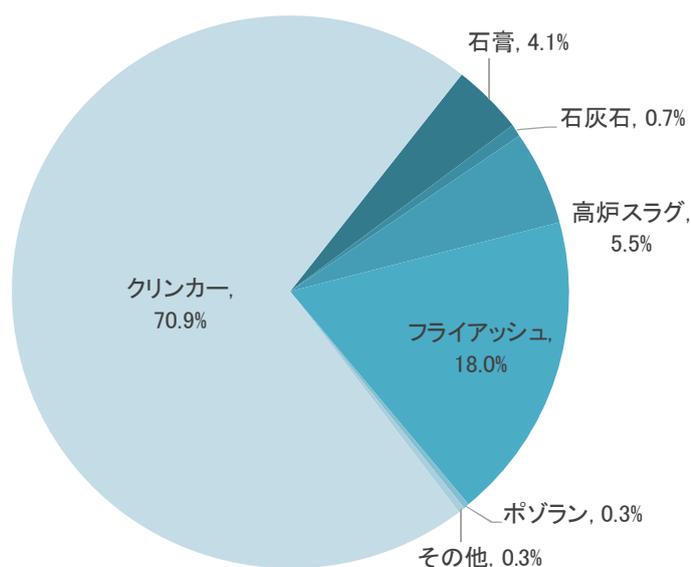


図 3-3-3 インドのセメント中の混合材の割合(2013 年)

注: 入手可能なデータは限られており、上記の図表のデータはインドのセメント産業の 40%程度しかカバーしておらず、全国の現状を正確に把握するものではない。<sup>(3)</sup>

出典:

- (1) 世界中 26 セメント会社共同プロジェクト「持続可能なセメント」の「世界セメントデータベース」
- (2) ACF(アジアコンクリート連合)サステイナビリティフォーラム(SF) 報告書(2014 年 12 月)
- (3) 世界中 26 セメント会社共同プロジェクト報告書
- (4) コンクリート工学年次論文集、Vol.32、No.1「委員会報告 コンクリート材料ならびに関連規格の国際調査研究委員会」(2010 年)

### 3.3.3 ブラジルにおける混合セメントの状況

ブラジルでは、下記図表の通り、高炉セメントを中心に混合セメントは多く利用されているようである。

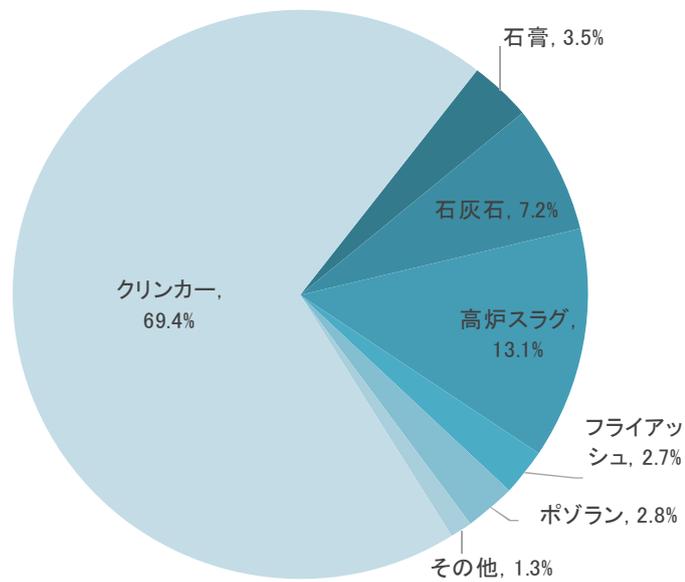


図 3-3-4 ブラジルのセメント中の混合材の割合(2013 年)<sup>(1)</sup>

注:入手可能なデータは限られており、上記のデータは中国のセメント産業の一部のみカバーしており、全国の現状を正確に把握するものではない。

出典:

- (1) WBCSD-CSI(持続可能な発展のための世界経済人会議-セメント産業部会)「世界セメントデータベース」

### 3. 4 混合セメントの利用が進んでいる国／地域などの要因分析

ここでは、前節までの文献調査を踏まえて、混合セメントの利用が進んでいる国／地域などの要因分析を以下に概括する。

#### 3.4.1 海外におけるセメントの要求性能

海外では、セメントに求める圧縮強度は異なるとの基本的な違いがあり、諸外国における混合セメントの普及の一つの共通要因として考えられる。以下に、選定した数ヶ国について概括する。

##### (1) セメント規格上の強度要件

###### 1) 欧州連合のセメント規格上の強度要件

ポルトランドセメント及び混合セメントは成分による分類と圧縮強度による分類の組み合わせにより規定されている。その組み合わせにより、日本や韓国と異なり、圧縮強度の比較的低い(32.5N/mm<sup>2</sup>)ポルトランドセメント及び混合セメントの販売ができ、混合セメントの一つの普及要因として考えられる。

圧縮強度による分類について、28日の圧縮強度が32.5MPa以上、28日の圧縮強度が42.5MPa以上、28日の圧縮強度が52.5MPa以上の3種類があり、それぞれ「普通」と「早強」の種類により2日の圧縮強度要件が異なる。

表 3-4-1 欧州連合のセメント規格・圧縮強度による分類(再掲)

強度クラス	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )(MPa)			始発(分)	安定性(mm)
	2日	7日	28日		
32.5 普通	-	≥16.0	32.5~52.5	≥75	≤10
32.5 早強	≥10.0	-			
42.5 普通	≥10.0	-	42.5~62.5	≥60	
42.5 早強	≥20.0	-			
52.5 普通	≥20.0	-	52.5~	≥45	
52.5 早強	≥30.0	-			

出典: 欧州連合規格

## 2) 米国のセメント規格上の強度要件

ポルトランドセメントの強度要件について、28日の圧縮強度の要件は種類によって13.8～24.1MPa以上（ASTM C150規格で規定、下表を参照）。一番多く使われているセメントは規格上の第I種（7日・28日に19.3MPa以上の圧縮強度）であるとの情報がある。

表 3-4-2 米国のポルトランドセメントの圧縮強度要件(MPa)(ASTM C150 規格)(再掲)

	ポルトランドセメントの種類							
	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
1日	-	-	-	-	12.4	10.0	-	-
3日	12.4	10.0	10.3	8.3	24.1	19.3	-	8.3
7日	19.3	15.5	17.2	13.8	-	-	6.9	15.2
28日	-	-	-	-	-	-	17.2	20.7

混合セメントについて、28日の圧縮強度の要件は混合量により11.0～25.0MPa以上（ASTM C595規格で規定）。

表 3-4-3 米国のポルトランドセメントの圧縮強度要件(MPa)(ASTM C150 規格)(再掲)

注:「IS」は混合材の分量を示す。

項目	IS (<70)	IS (<70) MS	IS (<70) HS	IS (≥70)
オートクレーブ膨張 (%) 最大	0.80	0.80	0.80	0.80
オートクレーブ収縮 (%) 最大	0.20	0.20	0.20	0.20
凝結	始発 (分) を超え	45	45	45
	終結 (時) を下回る	7	7	7
モルタル空気量 (%)	12	12	12	12
圧縮強度 (MPa) 最小	3日	13.0	11.0	11.0
	7日	20.0	18.0	18.0
	28日	25.0	25.0	25.0
水和熱 (kJ/kg) 最大	7日	290	290	290
	28日	330	330	330
モルタル膨張 (%) 最大	14日	0.020	0.020	0.020
	8週	0.060	0.060	0.060
硫酸塩抵抗性 (%) 最大	膨張180日	(0.10)	0.10	0.05
	膨張1年	-	-	0.10

### 3) 韓国のセメント規格上の強度要件

2009年以前、圧縮強度の要件は比較的低かった。普通ポルトランドセメントの28日の圧縮強度要件は28.48MPaとなっており、第1種・第2種高炉セメントの28日の圧縮強度要件は28MPaとなっていた。従来の低い圧縮強度要件が高炉セメントの一つの普及要因として考えられる。2009年には、国内規格を国際規格ISO 679のレベルに引き上げるため、ポルトランドセメント及び高炉セメントの規格を改正した。2009年以降、普通ポルトランドセメント及び第1種・第2種高炉セメントの28日の圧縮強度要件は42.5MPaとなり、日本のJIS規格とほぼ同様のものになった。

表 3-4-4 韓国のセメント規格(再掲)

セメントの種類		混合材 (質量%)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) (MPa)		
			3日	7日	28日
ポルトランドセメント (2009年改正前) (KS L 5201:1989年)	1種:(普通)	0~5	≥12.74	≥19.6	≥28.48
	2種:(中庸熱)		≥10.78	≥17.64	≥27.93
	3種:		≥24.5	≥27.44	≥30.38
	4種:(低熱)		-	≥7.5	≥17.64
	5種:(耐硫酸塩)		≥8.82	≥9.8	≥20.58
ポルトランドセメント 最新版 (KS L 5201:2013年)	1種:(普通)	0~10 (注2)	≥12.5	≥22.5	≥42.5
	2種:(中庸熱)		≥7.5	≥15.0	≥32.5
	3種:		≥20.0	≥32.5	≥47.5
	4種:(低熱)		-	≥7.5	≥22.5
	5種:(耐硫酸塩)		≥10.0	≥20.0	≥40.0
高炉セメント (2009年改正前) (KS L 5210:2004年)	1種	5~30	≥7	≥15	≥28
	2種	30~60	≥6	≥12	≥28
	3種	60~70	≥5	≥10	≥27
高炉セメント 最新版 (KS L 5210:2013年)	1種	5~30	≥12.5	≥22.5	≥42.5
	2種	30~60	≥10.0	≥17.5	≥42.5
	3種	60~70	≥7.5	≥15.0	≥40.0
ポゾランセメント 最新版 (KS L 5401:2012年)	A種	5~10	≥12.5	≥22.5	≥42.5
	B種	10~20	≥10.0	≥17.5	≥37.5
	C種	20~30	≥7.5	≥15.0	≥32.5
フライアッシュセメント 最新版 (KS L 5211:2013年)	1種	5~10	≥12.5	≥22.5	≥42.5
	2種	10~20	≥10.0	≥17.5	≥37.5
	3種	20~30	≥7.5	≥15.0	≥32.5

注1:表中「-」は「要求なし」を表す。

注2:石灰石:0~5%、高炉スラグ/フライアッシュ/ポゾランのうち1種:0~5%

出典:(各規格の旧版) Tong Yang セメント会社資料(韓国語)

(2009年の改正内容) Lafarge Halla セメント会社資料「KS規格変更に伴うお知らせ」(2009年1月)

(各規格の最新版) KS規格(韓国国家規格)

## (2) 利用されるセメントの強度

### 1) 米国で利用されるセメントの強度

実際のセメント利用については、米国ではセメント産業は数多くの小さい規模の会社がメインとなっており、全体的なデータの入手は困難であるが、例として、Central Plains Cement Company社は28日の圧縮強度が36.7~47.8MPaのポルトランドセメントを販売しており、Suwannee American Cement社は28日の圧縮強度が47.7MPaのポルトランドセメントを販売している。

出典:「Pavement Interactive」HP、米国 Ash Grove セメント会社HP

米国 Central Plains Cement Company セメント会社ホームページ

米国 Suwannee American Cement セメント会社HP

## 2) フランスで利用されるセメントの強度

利用されているセメントの強度について、最も多く使われているセメントは強度クラス「52.5」（規格上の強度 52.5N/mm<sup>2</sup>以上）と高い強度のポルトランドセメント CEM I（32%）、それに強度クラス「32.5」（規格上の強度 32.5～52.5N/mm<sup>2</sup>）と比較的低い強度の混合セメント CEM II（27.1%）である。

表 3-4-5 フランスの種類別のセメント製造量割合(2005 年)

成分クラス	強度クラス	製造割合
CEM I	<b>52.5R/52.5N</b>	<b>32%</b>
	42.5R/42.5N	1.4%
CEM II/A 及び CEM II/B	52.5R/52.5N	3.9%
	<b>32.5R/32.5N</b>	<b>27.1%</b>
CEM III/B 及び CEM III/C	32.5N	0.5%
CEM III/A 及び CEM III/B	52.5N/42.5N	7.7%
CEM V/A	32.5N	0.8%
特殊セメント		4.2%
その他セメント		5.1%
不明		17.3%
合計		100%

出典:フランス化学協会ホームページ

## 3) ルクセンブルクで利用されるセメントの強度

ポルトランドセメントの強度については強度クラス「42.5」（規格上の圧縮強度 42.5～62.5N/mm<sup>2</sup>）及び強度クラス「52.5」（規格上の圧縮強度 52.5N/mm<sup>2</sup>以上）、高炉セメントについては強度クラス「32.5」（規格上の圧縮強度 32.5～52.5N/mm<sup>2</sup>）及び強度クラス「42.5」（規格上の圧縮強度 42.5～62.5N/mm<sup>2</sup>）のセメントが利用されている。<sup>(3)</sup>

出典:Cimalux 社ホームページ

## (3) 韓国で利用される生コンクリートの強度

韓国では、従来として 21～24MPa の比較的低い強度の生コンクリートが普及している。<sup>(3)</sup>

表 3-4-6 韓国の生コンクリートの強度別生産量割合(2010 年)

強度	生産量割合
≤18 MPa	14.2%
<b>21 MPa</b>	<b>38.6%</b>
<b>24 MPa</b>	<b>31.0%</b>
27 MPa	7.6%
≥30 MPa	8.7%

アジアコンクリート連合(ACF)サステイナビリティフォーラム  
(SF)報告書(2014年12月)

### 3.4.2 欧州における混合セメント普及の要因

#### (1) フランスにおける混合セメント普及の要因

フランスでは1890年から高炉セメントは使われ、同時期に標準化された。1959年～1994年の間、全ての混合セメントが標準化されてきた。<sup>(1)</sup>

近年ではそれぞれのセメントのシェアは安定している。CEM III（規格上の混合量36～95%）のシェアのみ少しずつ上昇しつつある。

住宅関係においては、石灰石を混合したコンクリートが主流となってきた。<sup>(1)</sup>

今後のセメント生産量の予測について、近年では経済危機の影響で2,300万t/年から1,700万t/年まで著しく低下したが、今後も継続する人口増加などに支えられ、将来には2,000～2,100万t/年に戻る見込みである。

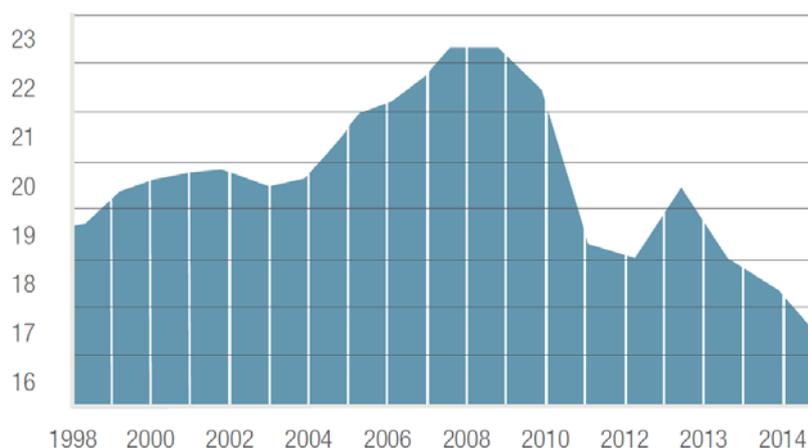


図 3-4-1 フランスのセメント生産量の推移(単位:100 万トン/年)<sup>(3)</sup>

混合セメントの普及要因について、政策面やセメント生産が世界一とされる Lafarge 社の状況等を踏まえて、その要因を以下に概括する。

#### 【政策面の取組の状況】

フランスセメント情報共有センターの「耐久性の高い建造物のためのセメントガイドライン」では、耐硫酸塩性が必要なセメントには、混合量20%以上の混合セメントを挙げている。加えて、同ガイドラインでは、海洋構造物の使用するセメントに高炉セメントを挙げている。<sup>(6)(7)</sup>

セメントの規格面では、フランス規格「NF P 15-319」では、耐硫酸塩性が必要なセメントに対する要求性能が定め、すべての混合セメントは要求に適合している。また、フランス規格「NF P 15-317」では、海洋構造物のためのセメントに対する要求性能が定め、混合量36%以上の高炉セメントは適合している。

行政が発注する公共工事の40%程度は公募の形となり、建設業者の選択に当たって、CO2排出量は一つの評価指標として普及しつつあるという。<sup>(8)</sup>

### 【世界的なセメント企業 Lafarge 社\*における混合セメントの生産・供給について】

Lafarge 社は、セメント生産が世界一であり、生コンの生産量も世界第 4 位とされる。同社のフランスにおける市場シェアは 34% を占め、市場影響力は強い。

同社では、現行のクリンカ製造設備を維持しながらセメントの生産量を上げる戦略として、また、環境配慮活動として、CEM I の製造量を減少させつつ、CEM III 及び CEM V の普及拡大を図っている。下記の図表のとおり、Lafarge 社のクリンカ／セメント比率は近年少しずつ減少してきた。<sup>(5)(8)(9)</sup>

注\*)Lafarge 社は 2015 年 7 月にスイス大手セメント会社 Holcim 社と合併し、“LafargeHolcim”社になっている。

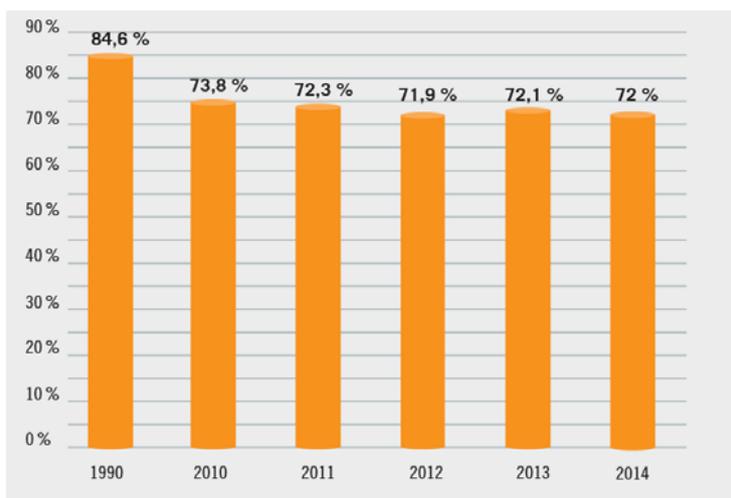


図 3-4-2 Lafarge 社のクリンカ／セメント比率の推移<sup>(5)</sup>

具体的な施策として、Lafarge 社は混合セメントの価格をポルトランドセメントより安価に設定している。なお、自社が開発した混合セメントを、自社以外の生コン業者による採用を促すため、積極的なデータの提供や技術支援を行っているという。<sup>(8)</sup>

高炉スラグの粉砕においても自社保有設備で実施し、製造プロセスの一貫となっている。

なお、自社の生コンクリート事業を通して、一部セメントの製造から生コンクリートの供給まで一貫して実施し、日本のようにセメント生産会社と生コンクリート生産会社が分離している業態構造よりも、混合セメントの流通が容易であり、コストダウンが図られていると考えられる。<sup>(9)</sup>

### 【フランスの建設業の構造にみる混合セメント普及の要因】

フランスの建設分野では、分離発注と元請会社の自社施工を特徴としており、分離発注が多く、各企業それぞれが発注者の直接の要請でコスト抑制努力を行うことが多くなる。このため、安価な建設資材として混合セメントが普及してきたと推察される。

更に、建設業の殆どが中小企業であり、各企業はコストの安い Lafarge 社の混合セメントを利用することが多いと考えられる。

出典:

(1) 欧州セメント協会「Cements for a low-carbon Europe」(2013 年 1 月)

(2) フランスセメント協会「セメント統計覧」(2015 年)

- (3) フランス高炉スラグ再利用促進組合資料(2014年)
- (4) フランス化学協会ホームページ
- (5) Lafarge 社公表資料「サステイナブルデベロップメントレポート」(2014年)
- (6) フランスセメント情報共有センター「耐久性の高い建造物のためのセメントガイドライン」
- (7) フランス規格 NFP15-317「海洋関係のためのセメント」及び NFP15-319「耐硫酸塩性セメント」
- (8) Lafarge 社「CEM V に関する事例紹介」(2011年)
- (9) Lafarge 社 2014 年報告書

## (2) ルクセンブルクにおける混合セメント普及の要因

セメントの生産会社は Cimalux 社のみであり、工場は 2 箇所ある。一つはクリンカの製造、もう一つはクリンカや高炉スラグの粉砕を行っている。輸入はほとんどしていない。<sup>(2)</sup>

歴史的にみると、19 世紀末から 1970 年の間、ルクセンブルクの経済は主に鉄鋼業に支えられてきたこともあり、そうした背景が、1894 年から現在まで、主に高炉スラグを利用したセメント製造を続けている要因になっていると考えられる。

Cimalux 社は、現在でもポルトランドセメント及び高炉セメントのみを販売している。販売している高炉セメントのスラグ混合量は 21%～80%の範囲で様々。強度は、ポルトランドセメントについて 42.5～52.5N/mm<sup>2</sup>、高炉セメントについて 32.5～42.5N/mm<sup>2</sup>。<sup>(3)</sup>

Cimalux 社のクリンカ／セメント比率の推移は、下図のとおりである。Cimalux 社の報告書によれば、2008 年で低水準であったクリンカ／セメント比率が、2009 年には急上昇し、2010 年以降、高炉セメントの普及により、クリンカ／セメント比率が減少に転じている。この要因は、2009 年は経済危機の影響による鉄鋼業の減産がセメント生産にも影響を与え、高炉スラグの供給側である鉄鋼業から大きな影響によるものであり、2010 年以降は、経済危機を脱して徐々に経済危機前の水準に戻りつつある。

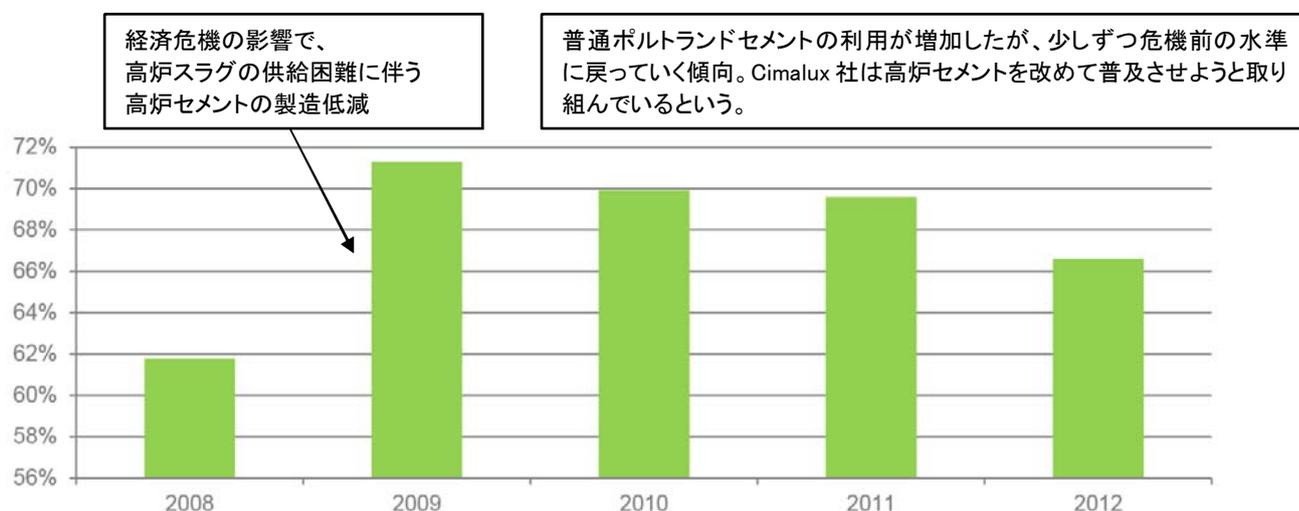


図 3-4-3 ルクセンブルクのクリンカ／セメント比率の推移<sup>(1)</sup>

出典:

- (1) Cimalux 社報告書「持続可能な発展への取組状況」(2013年)
- (2) グローバルセメントデータベース(2006年)
- (3) Cimalux 社ホームページ

### 3.4.3 韓国における混合セメント普及の要因

韓国のクリンカ／セメント比率は82.6%（2014年）と、日本（83.1%）と同水準にある。

2013年のセメント生産量のうち高炉セメントが21%と、日本と同程度のシェアを占めている。そのシェアは10年前からほぼ横ばいに推移している。<sup>(1)(2)</sup>

利用されている高炉セメント中の高炉スラグの混合量も、40～45%程度であり、日本と同様の水準である。韓国の高炉スラグは、59%がセメント原料として利用されている。<sup>(3)</sup>

一方、セメントに混合材を混合する方法に加え、生コンクリートに混和する混和材の利用も進んでいるとされている。韓国のフライアッシュの46%程度はコンクリートの混和材として再利用されており、一般的な混和量はコンクリート中のセメントの10～20%を代替する。近年、フライアッシュと高炉スラグの両方をコンクリートに混和する事例も増えている。<sup>(3)</sup>

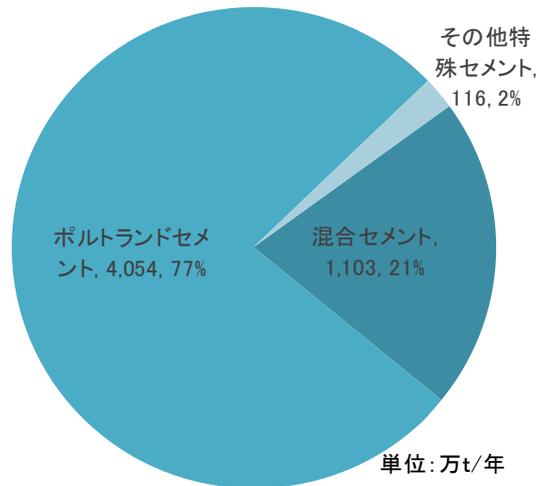


図 3-4-4 韓国のセメント生産量割合(2013年)(再掲)

### 韓国におけるセメント製造のシェア推移

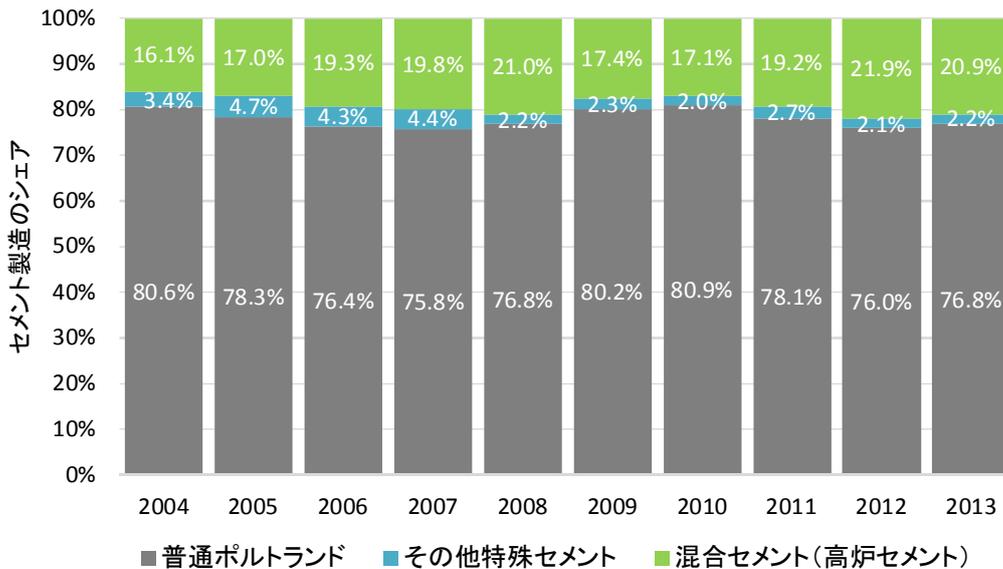


図 3-4-5 韓国におけるセメント生産量割合の推移(再掲)

政策面において、韓国政府はフライアッシュの再利用目標を 75%に設定した（現在 68%）。  
なお、2012 年から、セメント生産業者に対して、2020 年までに 8.5%の CO2 排出削減目標を課したという。<sup>(3)</sup>

この目標を達成するために、韓国セメント協会は下記の取組みや施策等を挙げている。

- ・ ポルトランドセメントにおけるクリンカ/セメント比率の低減:2013年の規格改正により、ポルトランドセメントの混合材の質量の上限は 5%から 10%に引き上げられた（石灰石：0～5%、高炉スラグ/フライアッシュ/ポゾランのうち 1 種：0～5%）。
- ・ 混合セメントの生産量割合を現在の約 21%から 2020 年までに 28%に引き上げる。

出典:

(1)U.S. Geological Survey「Mineral Commodity Summaries」

(2)韓国セメント協会ホームページ

(3)アジアコンクリート連合(ACF)サステイナビリティフォーラム(SF)報告書(2014 年 12 月)

### 3. 5 世界の混合セメント利用の調査結果のまとめ

#### (1) 世界におけるセメントの潮流

海外のクリンカ／セメント比率を俯瞰すると、日本は平均より高い傾向にある。また、海外におけるセメント分野でのCO2削減の潮流においても、クリンカ／セメント比率を下げ、混合セメント等の利用を推進していくことが推奨されている。

#### (2) 先進国における混合セメントの利用状況

欧州連合では、56%と一番普及が進んでいる混合セメント（「CEM II」）は日本の高炉A種に相当し、規格上の混合量が6～35%と比較的低い。なお、利用されている主な混合材は石灰石微粉末である。

米国では、クリンカ／セメント比率は83.7～91.7%（2013年）と高い水準にあり、混合セメントは特に普及していない。一方、高炉スラグやフライアッシュは生コンクリートの混和材として多く利用されている。

韓国はクリンカ／セメント比率、高炉セメントの普及率、高炉セメント中の混合量は全て日本と同水準にある。一方、セメントに混合材を混合する方法に加え、生コンクリートに混和する混和材の利用も進んでいるとされている。

#### (3) 新興国における混合セメントの利用状況

一部の統計データによれば、中国では混合セメントの混合材の種類は多様であり、混合材は全体のセメント生産量の約25%程度を占めているが、中国全体の状況は不明である。なお、セメント中の混合材よりも、生コンクリートの混和材の利用は普及しているとの情報がある。

インドでは、フライアッシュセメントを中心とする混合セメントは多く普及しているようであるが、正確なデータ取得に課題を残している。なお、セメント中の混合材よりも、生コンクリートの混和材の利用は普及しているとの情報がある。

ブラジルでも高炉セメントを中心に混合セメントは多く利用されているようである。

この実態を踏まえ、新興国では、セメント会社などにおける成長期中の設備投資の段階に、コスト削減や環境保護のため、最初から混合セメントの製造・利用を想定していたと考えられる。

#### (4) 混合セメントの利用が進んでいる国／地域などの要因分析

海外では、日本と比較して、国によっては、セメントに求める圧縮強度の要求水準の運用の違いが推測される。そして、この運用の柔軟性が混合セメント利用の普及に寄与していることも示唆される。

文献情報では、当該事項に係る正確なデータ取得は困難な側面があるが、例えば、欧州連合の規格ではセメントは成分による分類と圧縮強度による分類の組み合わせにより規定され、その組み合わせにより、日本とは異なり、圧縮強度の比較的低い（32.5MPa以上）セメントの販売はできるようである。

米国の規格や韓国の 2009 年以前の規格でも、セメントの圧縮強度の要件は日本より低い。

実際の利用については、フランスでは最も多く使われているセメントは強度クラス「52.5」（規格上の強度 52.5N/mm<sup>2</sup>以上）と高い強度のポルトランドセメント CEM I（32%）、それに強度クラス「32.5」（規格上の強度 32.5～52.5N/mm<sup>2</sup>）と比較的低い強度の混合セメント CEM II（27.1%）である。

セメントに求められる強度に応じて高い強度のポルトランドセメントと比較的低い強度の混合セメントを使い分ける慣習が見られ、諸外国における混合セメントの普及の一つの共通要因として考えられる。なお、米国では、利用されるポルトランドセメントの圧縮強度要件は 36.7～47.8MPa となっている。こうした点では、日本の要求水準が過剰なスペックになっているケースも想定されることから、再点検することも必要と考えられる。

なお、有識者のヒアリング結果によれば、日本は EN 規格 52.5N に該当するセメントが広く流通し、北米や欧州では 42.5N クラスのセメントが最も多く利用されているとしている。

また、混合セメント利用の進んでいる地域である、フランス、ルクセンブルク、アイルランド等欧州諸外国のセメントの歴史を見ると、混合セメントの普及にあたっては、セメント業界自身の積極的な取組が、利用率の向上に結びついていることが窺える。

## 第4章 国内における混合セメントの需給見通し

本章では、政府の公表資料（エネルギーミックスの検討におけるセメントの需給見通し等）や国内関連企業へのヒアリング結果、国内における混合セメントの利用状況調査結果等を踏まえつつ、2030年までの混合セメントの需給見通しについて概括する。

### 4.1 国内における混合セメントの需給見通し

#### 4.1.1 国内におけるセメント生産量の見通し

国内における混合セメントの需給見通しの検討にあたって、国内のセメント生産量の見通しについては、下記の政府の公表資料（エネルギーミックスの検討におけるセメントの需給見通し等）を基軸とした。

セメント業界における2020年以降の「低炭素社会実行計画」で想定されている2030年度のセメント生産量は5,558万トンと推計しており、本調査においても、検討会の議論等も踏まえてこの推計値を採用した。

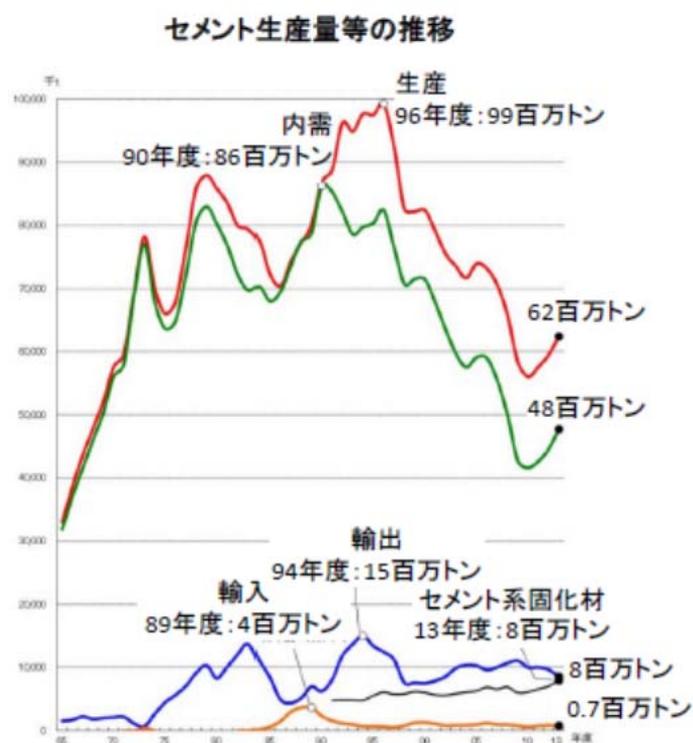


図 4-1-1 セメント生産量の推移

データ出典)一般社団法人 セメント協会資料

本推計値は、①復興需要、全国的な減災・防災需要、2020年東京オリンピック・パラリンピック関連需要などの要因により増勢・安定基調で推移すること、②2020年以降は需要が一服し、やや減少に転ずること等が考慮された水準としている。

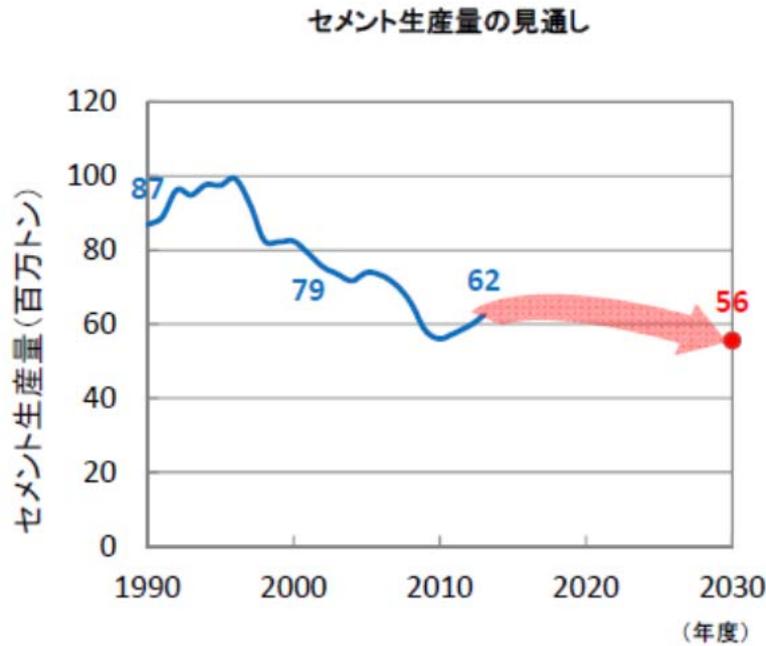


図 4-1-2 セメント生産量の見通し

データ出典) 一般社団法人 セメント協会資料

**【国内のセメント生産量の見通し】**

- セメント業界における 2020 年以降の「低炭素社会実行計画」で想定されている 2030 年度のセメント生産量は、5,558 万トン。
- ①復興需要、全国的な減災・防災需要、2020 年東京オリンピック・パラリンピック関連需要などの要因により増勢・安定基調で推移すること、
- ②2020 年以降は需要が一服し、やや減少に転ずること等が考慮された水準。

データ出典) 総合資源エネルギー調査会長期エネルギー需給見通し小委員会(第11回会合)資料3

## 4.1.2 将来の需要部門別の混合セメント使用状況（推定値）

### （1）将来推計の前提条件

混合セメントの普及拡大方策を検討するにあたり、将来の需要部門別の混合セメント使用の推計を行う。

現状値の把握と同様に、関連アンケートやヒアリング調査結果を踏まえて、需要部門別かつセメント種類別の販売数量データが得られないため、全セ.メントの需要部門別販売数量（2013年度）をもとに、将来の需要部門ごとの高炉セメント使用比率を仮定して、百万 t 単位の概数として推計した。

推計根拠及び仮定条件設定を下表に、結論を次頁以降の図に示す。

表 4-1-1 需要部門別の高炉セメント推定条件(将来推計値:2030 年度)

	全セメント使用量に係る設定	うち高炉セメント使用量に係る仮定
建築	<ul style="list-style-type: none"> <li>2013 年度の現状値の比率を用いて、2030 年のセメント生産量の予測値55,580千トン(約 560 百万トン)に乗じて、それぞれの用途区分でのセメント使用量を推計した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>現況の 20%からヒアリング結果等をもとに地下部分の 65%で高炉セメント使用</u></li> <li>・地上部分の高炉セメント使用を 0 とした。</li> <li>・なお、条件によっては、上部構造での</li> </ul>
土木		<ul style="list-style-type: none"> <li>・グリーン購入法に基づく土木工事での利用率は 100%とした。</li> <li>・グリーン購入法の公表義務外では 40%で高炉セメント使用と仮定した。</li> </ul>
プレキャスト コンクリート 製品		<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>現況の2%からヒアリング結果等をもとに、3%に設定した。</u></li> </ul>
固化材		<ul style="list-style-type: none"> <li>・現況と同水準の利用率として設定</li> </ul>

(2) 2030年度の需要部門別(用途区分)の混合セメント使用状況の将来推計結果

将来の需要部門別(用途区分)の混合セメント使用状況の推計値(2030年度)は、下表のとおり。

関連アンケート結果やヒアリング結果により、今後、利用量の伸びが期待される需要部門(用途区分)は、建築の基礎・地下構造部分と、プレキャスト製品になっており、それぞれの利用率は、調査結果を踏まえて、現状20%→将来65%と、現状2%→将来3%に設定し、加えて、グリーン購入法に基づく土木工事での利用率は100%とし、その他は現状の利用率と変わらないものとし、将来(2030年度)の混合セメント使用状況を推計した。

試算の結果、2030年度の全体で混合セメント利用量は約14.2百万トンと推計される。

なお、今回の試算モデルでは、建築の上部構造の利用率を0%、土木のその他土木の利用率を40%と設定しているが、今後の拡大方策の進展や技術開発促進の可能性によって、十分に伸びる可能性があることを付記しておく。

表 4-1-2 需要部門別(用途区分)の混合セメント使用状況の将来(2030年度)

用途区分		全セメント 使用量 (百万t)	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	BB 使用 量(推定) (百万t)
建築	基礎・地下構造	4							65%				2.6
	上部構造	16	0%										0.0
土木	国土交通省グリーン調達	2										100%	2.1
	その他土木	14					40%						5.7
プレキャスト製品		5		3%									0.2
固化材		6							60%				3.7
輸出		8	0%										0.0
全セメント計		56										高炉セメントB種計	14.3

\*株式会社 エックス都市研究所推計

注) 四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。

### 4.1.3 将来の混合セメント使用に係るCO2削減効果の試算

前述の混合セメント利用量の推計値に対して、京都議定書目標達成計画によるCO2削減効果を試算した。

#### 【定義・算出方法】

- ・ セメント生産量に占める混合セメント生産量の割合＝混合セメント生産量[千 t]／セメント生産量[千 t]
- ・ CO2 排出量＝セメントの製造に伴う CO2 排出量[kg-CO2]＝石灰石の CO2 排出係数[kg-CO2/t]×石灰石使用量(乾重量)[dry-t]
- ・ CO2 排出削減量は、当該年度の生産量を踏まえ、対策なしケース(セメント生産量に占める混合セメント生産量の割合が、基準年である 1990 年度における割合と同じままである場合)の CO2 排出量から、実績および対策ケースでの CO2 排出量を差し引くことにより算出。

#### 【排出削減量の算定根拠等】

- ・ 混合セメント生産量はセメントハンドブックにおける高炉セメント生産量とフライアッシュセメント生産量の和。
- ・ セメント生産量はセメントハンドブックにおけるセメント生産量に貿易統計における輸出クリンカ一量を加えることにより算出。
- ・ 石灰石の CO2 排出係数は 0.415[t-CO2/t] を使用。
- ・ 石灰石の CO2 排出係数の計算式: CO2 の分子量 / CaCO<sub>3</sub>(石灰石)の分子量 × 石灰石の純度(2000 年度～2004 年度までの業界実績の平均値)＝44.0098 / 100.0872 × 94.46%＝0.415
- ・ 石灰石使用量(乾重量)は、普通セメントの石灰石使用量比率: 1.092dry-t/t(2000 年度～2004 年度までの業界実績の平均値)および混合セメントの石灰石使用量比率: 0.630dry-t/t(2000 年度～2004 年度までの業界実績の平均値)を用いて、次式により算出。
- ・ 石灰石使用量(乾重量) [dry-t]＝(普通セメント生産量[t]×普通セメントの石灰石使用比率[dry-t/t])+(混合セメント生産量[t]×混合セメントの石灰石使用比率[dry-t/t])

#### 【使用した原単位】

普通セメントの石灰石使用比	1.092
混合セメントの石灰石使用比	0.63
石灰石のCO2排出係数(kg-CO2/t-limestone)	415

出典)京都議定書目標達成計画の進捗状況 平成 26 年7月1日 地球温暖化対策推進本部

将来の混合セメント利用促進におけるCO2削減効果の試算値は下表のとおり。

表 4-1-3 将来の混合セメント利用促進におけるCO2削減効果の試算値

	セメント生産量	混合セメント生産量	普通セメント生産量	混合セメント利用率	石灰石使用量	石灰石によるCO2排出量	BAU時の石灰石使用量	BAU時の石灰石によるCO2排出量	BAU対比のCO2削減量
単位	千t	千t	千t	%	千t	万t-CO2	千t	万t-CO2	万t-CO2
基準年(1990年)	90,177	14,728	75,449	16.3%	91,669	3,804	91,669	3,804	0
現状(2013年)	62,392	13,788	48,604	22.1%	61,762	2,563	63,424	2,632	69
<b>目標年(2030年)</b>	<b>55,580</b>	<b>14,270</b>	<b>41,310</b>	<b>25.7%</b>	<b>54,100</b>	<b>2,245</b>	<b>56,500</b>	<b>2,345</b>	<b>100</b>

データ出典)将来のセメント生産量は、セメント協会の統計データを活用して推計

参考)京都議定書目標達成計画の進捗状況 平成 26 年7月1日 地球温暖化対策推進本部

#### 4.1.4 将来の混合セメント利用促進におけるCO2削減効果のまとめ

将来の混合セメント利用促進におけるCO2削減効果のまとめを以下に概括する。

- ・ 2030年度の混合セメント生産量は、約14,270千トン、セメント生産量に対する混合セメントの利用率は約25.7%となり、京都議定書目標達成計画によるCO2削減効果は約100万t-CO2になる(1990年ベースライン比)。
- ・ 2013年度の1990年比に対するCO2削減効果は約69万t-CO2になっていることから、京都議定書目標達成計画の計算方式によれば、2030年度では、2013年度ベースラインでは、さらに約31万t-CO2の削減をはかることが試算値から得られている。
- ・ 参考までに、以下に、「日本の約束草案」における非エネルギー起源CO2の削減目標とその施策を示す。

#### 【参考】

#### 【「日本の約束草案」における非エネルギー起源CO2の削減目標とその施策】

非エネルギー起源二酸化炭素については、2013年度比▲6.7%(2005年度比▲17.0%)の水準(約7,080万t-CO2)にすることを目標とする。

2030年度の 排出量の目標 (百万t-CO2)	2013年度(2005年度) (百万t-CO2)	対策・施策
70.8	75.9(85.4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>混合セメントの利用拡大</b></li> <li>・ 一般廃棄物焼却量の削減</li> </ul>

出典)「日本の約束草案 平成27年7月17日 地球温暖化対策推進本部決定



- ◎ 2013年度75.9百万t-CO2-2030年度の排出量の目標:70.8百万t-CO2=**5.1百万t-CO2**
- ◎ 約束草案では、2013年度に対して2030年度に約5.1百万t-CO2の削減を、○混合セメントの利用拡大、○一般廃棄物焼却量の削減のふたつの施策で削減をはかる目標値になっている。

国内における混合セメントの需給見通しとCO2削減効果(株エックス都市研究所推計)

需要部門別(用途区分)の混合セメント使用状況の現状と将来推計値(株エックス都市研究所推計)

2013年(現状値推計)(再掲)													2030年(将来推計値)(再掲)																	
用途区分	全セメント 使用量 (百万t)	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	BB使用 量(推定) (百万t)	用途区分	全セメント 使用量 (百万t)	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	BB使用 量(推定) (百万t)					
建築	基礎・地下構造	5	20%												0.9	建築	基礎・地下構造	4	65%								2.6			
	上部構造	18	0%											0.0	上部構造		16	0%											0.0	
土木	国土交通省グリーン調達	2	94%										2.2	土木	国土交通省グリーン調達	2	100%										2.1			
	その他土木	16	40%												6.4	その他土木	14	40%										5.7		
プレキャスト製品	6	2%												0	プレキャスト製品	5	3%													0.2
固化材	7	60%												4.2	固化材	6	60%										3.7			
輸出	9	0%											0.0	輸出	8	0%											0.0			
全セメント計	62	高炉セメントB種計										13.8	全セメント計	56	高炉セメントB種計										14.3					

\*株式会社 エックス都市研究所推計  
注)四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。

\*株式会社 エックス都市研究所推計  
注)四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。

現状(2013年)の混合セメント生産量 13,788千トン  
混合セメント利用率:22.1%  
1990年のベースライン比で検討  
2013年で約69万t-CO2削減

将来(2030年)の混合セメント生産量推計値 14,270千トン  
混合セメント利用率:25.7%  
1990年のベースライン比で検討  
約束草案の目標年度2030年度  
約100万t-CO2削減

【参考】CO2削減効果試算

単位	年度	セメント生産量 千t	混合セメント 生産量 千t	普通セメント 生産量 千t	混合セメント 利用率 %	石灰石使用量 千t	石灰石による CO2排出量 万t-CO2	BAU時の石 灰石使用量 千t	BAU時の石 灰石による CO2排出量 万t-CO2	BAU対比の CO2削減量 万t-CO2
基準年	1990	90,177	14,728	75,449	16.3%	91,669	3,804	91,669	3,804	0
現状	2013	62,392	13,788	48,604	22.1%	61,762	2,563	63,424	2,632	69
目標年	2030	55,580	14,270	41,310	25.7%	54,100	2,245	56,500	2,345	100

普通セメントの石灰石使用比	1.092
混合セメントの石灰石使用比	0.63
石灰石のCO2排出係数(kg-CO2/t-limestone)	415

データ出典)将来のセメント生産量は、セメント協会の統計データを活用して推計  
\*京都議定書目標達成計画の進捗状況 平成26年7月1日における算定方式で試算

#### 4.1.5 将来の混合セメント使用拡大に係る配慮事項（他の副産物リサイクルへの影響）

本節では、将来の混合セメントの利用拡大にみる、他の廃棄物・副産物のセメントリサイクルへの影響について概括する。

##### （1）セメント産業における廃棄物・副産物使用量

セメント産業における廃棄物・副産物使用量は図 4-1-4 及び表 4-1-4 に示すとおり。

セメント産業では、1990 年では約 22 百万ト、2014 年では約 29 百万トの廃棄物・副産物の受入れを実施している。ここ数年では、セメント生産 1 トン当たり約 460～490Kg を廃棄物・副産物を使用し、また、1990 年に比較すると、2013 年では、生産量 1 トン当たりでは約 2 倍近くの廃棄物・副産物を受入れていることになる。（図 4-1-3 参照）。

なお、検討会委員によれば、このセメント 1 トン当たりの廃棄物・副産物の受入量については、今後の技術開発の進展や建設（建築）側の使用基準の緩和などによっては、まだ、若干の受入量が増える可能性があることを付記しておく。

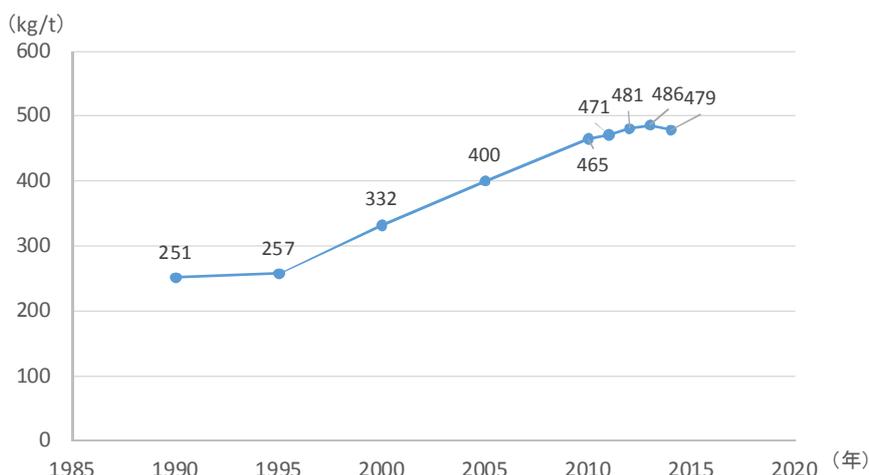


図 4-1-3 セメント生産 1 トン当たりの廃棄物・副産物使用量(kg/t)  
データ出典)セメント協会ハンドブックの統計データをもとに作成

CO2 排出削減の観点からは、今後のあるべき方向性として、混合セメントの利用拡大は推奨されることになるが、一方、将来の混合セメントの使用量の拡大は、こうしたセメント産業の廃棄物・副産物の受入機能を圧迫する可能性があることに配慮する必要性が考えられる。

前項で示した将来の試算モデルでは、混合セメントの利用率は、2013 年で 22.1%、2030 年で 25.7%であり、利用率では約 4%の伸び率になる。また、2030 年のセメント生産量予測 55,580 千トに 2013 年の利用率 22.1%を乗じると 12,283 千トであり、前述の将来予測量との 14,270 千トの差分は約 1,989 千ト≒約 200 万トである。仮に混合セメントの混合率を約 45%とすると、超概算では、セメント生産全体量の利用率ベースみると、混合セメント利用の普及拡大によって、年間約 90 万トン程度の他の廃棄物・副産物の受入が圧迫する可能性範囲として考えられる。

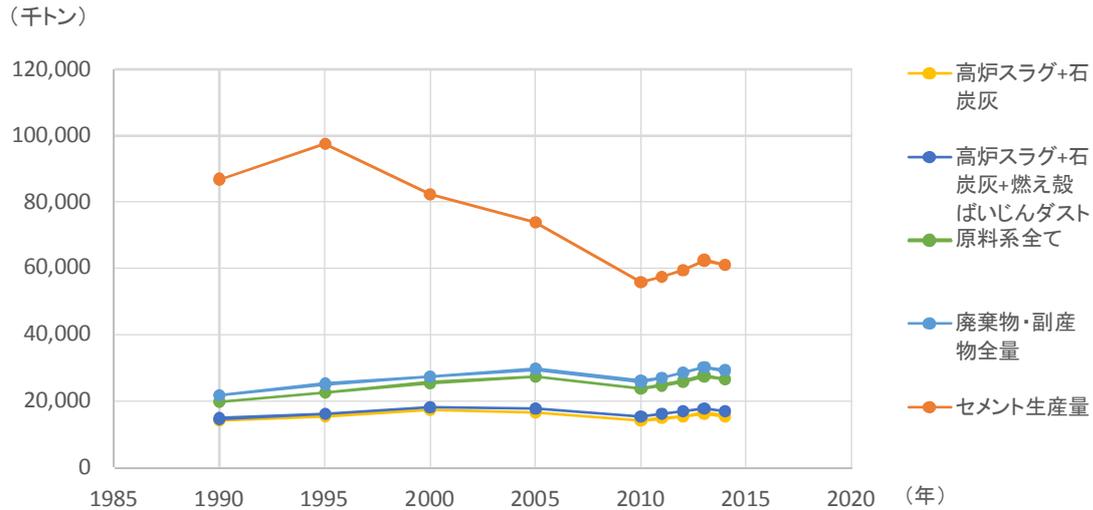


図 4-1-4 セメント産業における廃棄物・副産物使用量の推移  
データ出典)セメント協会ハンドブックの統計データをもとに作成

表 4-1-4 セメント産業における廃棄物・副産物使用量 (単位千トン)

種類	主な用途	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
高炉スラグ	原料、混合材	12,213	12,486	12,162	9,214	7,408	8,082	8,485	8,995	8,065
石炭灰	原料、混合材	2,031	3,108	5,145	7,185	6,631	6,703	6,870	7,332	7,407
汚泥、スラッジ	原料	341	940	1,906	2,526	2,627	2,673	2,987	3,206	2,970
建設発生土	原料				2,097	1,934	1,946	2,011	2,407	2,598
副産石こう	原料(添加材)	2,300	2,502	2,643	2,707	2,037	2,158	2,286	2,401	2,320
燃え殻(石炭灰は除く)、ばいじん、ダスト	原料、熱エネルギー	468	487	734	1,189	1,307	1,394	1,505	1,405	1,441
非鉄鉱滓等	原料	1,559	1,396	1,500	1,318	682	675	724	770	723
木くず	原料、熱エネルギー	7	41	2	340	574	586	633	657	696
廃プラスチック	熱エネルギー	0	9	102	302	445	469	479	518	595
鑄物砂	原料	169	399	477	601	517	526	492	461	454
製鋼スラグ	原料	779	1,238	795	467	400	446	410	423	421
廃白土	原料、熱エネルギー	40	94	106	173	238	246	253	273	275
廃油	熱エネルギー	90	107	120	219	275	264	273	273	264
再生油	熱エネルギー	51	126	239	228	195	192	189	186	171
ガラスくず等	原料	0	1	151	105	111	149	143	148	157
廃タイヤ	原料、熱エネルギー	101	266	323	194	89	73	71	65	58
肉骨粉	原料、熱エネルギー	0	0	0	85	68	64	65	63	58
RDF、RPF	熱エネルギー	0	0	27	49	48	51	50	55	54
ボタ	原料、熱エネルギー	1,600	1,666	675	280	0	0	0	0	0
その他	—	14	233	253	314	408	376	595	626	485
合計	—	21,763	25,098	27,359	29,593	25,995	27,073	28,523	30,265	29,212
セメント生産高		86,849	97,496	82,373	73,931	55,903	5,726	59,310	62,241	60,956
セメント1t当たりの使用量(kg/t)		251	257	332	400	465	471	481	486	479

注)1.「建設発生土」は2002年度以降調査を開始。2.「汚泥・スラッジ」は下水汚泥を含む。  
3.「ガラスくず等」「RDF,RPF」はその他より独立。「廃プラスチック」にはシュレッダーダストを含む。5.「石炭灰」は電力業界以外の石炭灰を含む。  
データ出典)セメント協会ハンドブック

## (2) 廃棄物の発生量の動向について

将来の混合セメントの利用拡大にみる、他の廃棄物・副産物のセメントリサイクルへの影響の検討にあたって、現状の産業廃棄物や一般廃棄物の排出量（発生量）の推移について、以下に概括する。

### 1) 産業廃棄物の排出状況

全国の産業廃棄物総排出量推移は図 4-1-5 のとおり。

全国の総排出量は約 3 億 7 千 9 百万トであり（平成 24 年度）、近年は微減の傾向にあり、平成 23 年度に比べると、平成 24 年度では約 200 万ト減少している。

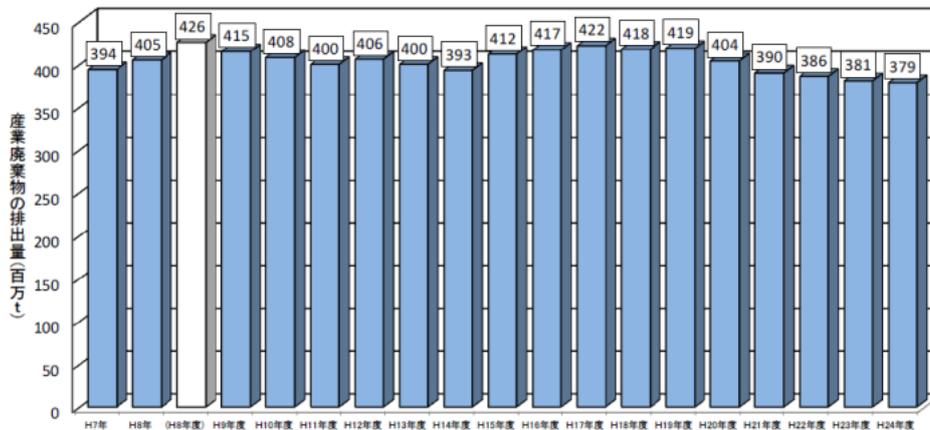


図 4-1-5 産業廃棄物の排出量推移 出典)環境省資料

### 2) 一般廃棄物の排出状況

一般廃棄物の排出状況の推移は図 4-1-6 のとおり。

平成 24 年度における一般廃棄物のごみ総排出量は 4,523 万トであり、ごみ総排出量は平成 12 年度以降継続的に減少していたが、平成 22 年度以降横ばい傾向である。



図 4-1-6 一般業廃棄物(ごみ量)の排出量推移 出典)環境省資料

### 3) 一般廃棄物の焼却灰・飛灰のセメント原料化量の推移

環境省のデータによれば、一般廃棄物の焼却灰・飛灰のセメント原料化量の推移は、図 4-1-7 のとおり。一般廃棄物の焼却灰・飛灰のセメント原料化量は、2006 年以降約 25～30 万トンの間で推移している。今後、一般廃棄物の最終処分場の逼迫化（残余年数 19.3 年：環境省公表値）に伴い増加することも考えられる。

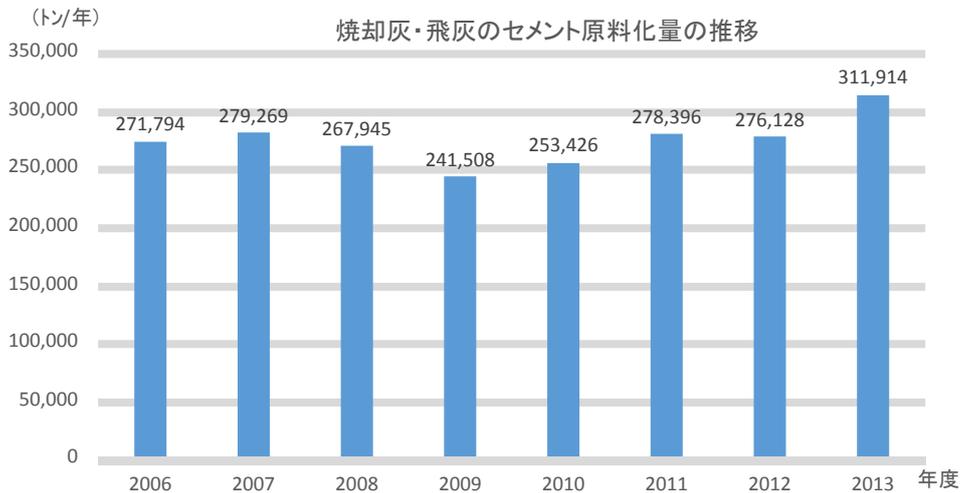


図 4-1-7 一般廃棄物の焼却灰・飛灰のセメント原料化量の推移 出典)環境省データ

### 4) 下水汚泥の排出状況について

下水汚泥は産業廃棄物であるが、セメントでの受入の観点から個別にみると、下水汚泥の排出状況は図 4-1-8 のとおり。

近年の総発生量は約 220 万 DS-t 前後で推移、セメント利用は 50～80 万 DS-t で推移している。

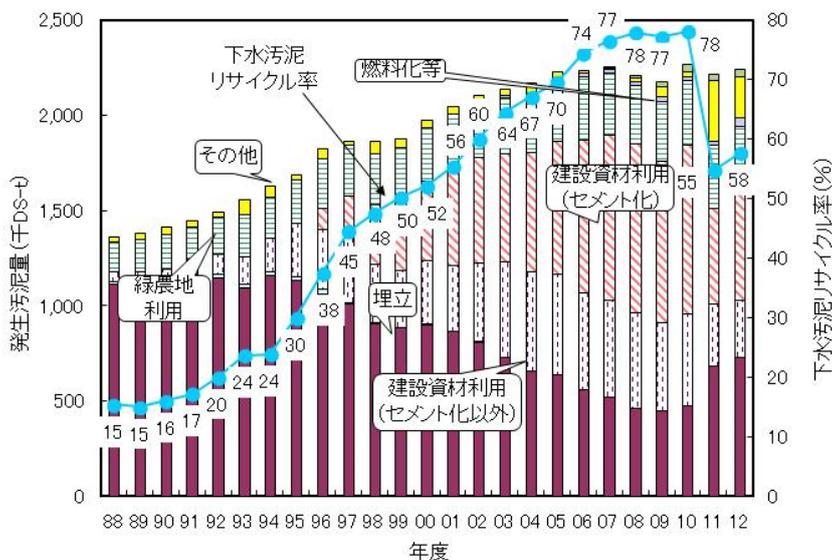


図 4-1-8 下水汚泥の排出状況 出典)国土交通省

## 5) 各種廃棄物の排出状況の推移について

1)～4)に示したとおり、各種の廃棄物の排出量の推移は、産業廃棄物全体は微減の傾向にあり、一般廃棄物は横ばいで推移しているものの、今後の人口減少化に伴い、その排出量は微減する傾向にあるとみられる。

一方、一般廃棄物の焼却灰・飛灰のセメント原料化量は、2006年以降約25～30万トで推移し、今後、一般廃棄物の最終処分場の逼迫化に伴い増加することも考えられる。また、下水汚泥についても、セメント利用は50～80万DS-tで推移しており、セメント産業における廃棄物の受入機能の重要性が窺われる。

当該廃棄物の排出量の将来の推移については、循環型社会形成や低炭素型社会形成の観点からは、排出抑制の方向に進められるべきであるが、実際の将来の排出量は、今後の経済状況等にも大きく左右されることから予測が困難な状況にある(年度によって大きく排出量がふれる性質を有している)。

本調査では、当該廃棄物の排出量予測は範疇外であるが、将来の混合セメントの利用拡大に向けては、引き続き、各種廃棄物の排出動向に注視していく必要があると考えられる。

### (3) セメント生産量の減産に係る影響について

前述のとおり、セメント産業では様々な廃棄物・副産物を受入っており、国の基幹産業として循環型社会形成の重要な機能を担っている。将来の混合セメント使用拡大に係る配慮事項として、セメント産業における他の廃棄物・副産物のセメントリサイクルへの影響の面では、セメント生産量自体が減産の傾向にあることも、十分に留意する必要があると考えられる。

この点では、2013年のセメント生産量が約62百万トであり、2030年の生産予測は約56百万トであり、約6百万ト近くの減産になる。超概算でみても、少なくとも、約6百万トの約半分の約3百万トの廃棄物・副産物の受入がなくなる可能性があることになる。

こうした点を鑑みると、セメント側でより多くの廃棄物・副産物が受入可能となる技術開発の促進(廃棄物のクリンカ原料使用維持・拡大)が求められることになる。

なお、検討会では、廃棄物のクリンカ原料使用維持・拡大については、技術的に可能にしようとする努力も必要ではあるが、セメント産業ばかりに求めるのではなく、現状で廃棄物の増えた状態でのセメントを利用できるような規格値の緩和や、需要者側の配慮について、それを使うユーザー側にも努力を求めるような取組みの必要性について有識者から指摘されたことを付記しておく。

## 第5章 今後の混合セメントの普及拡大方策

本章では、本調査の取りまとめとして、国内の混合セメント利用状況（2章）や世界における混合セメントの利用状況（3章）、国内における混合セメントの需給見通し（4章）の分析結果や検討会の意見等を踏まえ、国内における具体的な混合セメントの利用普及拡大策を提案すると共に政策課題についても併せて整理する。

### 5. 1 混合セメントの普及拡大に係る課題と取組みの方向性

#### 5.1.1 過年度調査における提言の進捗状況を受けて

平成20年度調査（過年度調査：経済産業省 平成20年度中小企業支援調査 「セメント産業における非エネルギー起源二酸化炭素対策に関する調査 ―混合セメントの普及拡大方策に関する検討―」）では、混合セメントの適用面、技術開発面という供給側を重視した6つの方向が示されている。

この6つの方向性について、ヒアリング結果、アンケート結果、検討会での意見を踏まえて、過年度調査における混合セメント利用普及拡大に係る提言の進捗確認を次頁の表5-1-2～3に示す。

過年度調査の提言の進捗を点検すると、幾つかの課題は当時より継続している面もあり、逆に、幾つかの技術的な課題は関係企業の努力により解決している面もあることが伺える。

こうした点に鑑みて、加えて、過年度調査以降、環境配慮意識の高まりなどにより利用側の存在感が高まっており、混合セメントの普及拡大に向けた基盤形成もその重要性が増していることから、

①利用側への普及・啓発、②利用側へのインセンティブ付与、③供給側のビジネス支援、④これらを推進する基盤形成の4点に着目し、本年度調査における方向性を以下のとおり設定した。

表5-1-1 混合セメントの普及拡大の方向性(過年度調査⇒本年度調査)

過年度調査における方向 (平成20年度)	本調査で示す方向性 (平成27年度)
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 方向1 混合セメントのメリットを活かした適所での活用促進</li> <li>・ 方向2 ひび割れメカニズムの解明と対策検討</li> <li>・ 方向3 長期養生に関する受容体制の促進</li> <li>・ 方向4 建築分野への混合セメントの適用可能性に関する検討</li> <li>・ 方向5 混合セメント使用に向けた建設工事発注者等の動機づけ</li> <li>・ 方向6 新たな混合セメントの開発促進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 方向1 混合セメント利用の普及・啓発 【利用側への普及・啓発】</li> <li>・ 方向2 混合セメントの環境価値を評価する仕組みづくり【利用側へのインセンティブ付与】</li> <li>・ 方向3 供給側が混合セメントを供給しやすい環境づくり【供給側のビジネス支援】</li> <li>・ 方向4 混合セメントの普及拡大に向けた基盤整備【体制整備・規制や基準の見直し】</li> </ul>

過年度調査における提言の進捗状況について（ヒアリング結果等を踏まえて）

表 5-1-2 平成 20 年度「混合セメントの普及拡大方策に関する検討調査」以降の動向整理(その1)

過年度調査における提言事項		過年度調査の提言事項の進捗状況		今後の対応 (27年度調査へ反映する方向性)
普及拡大の方向性	具体的方策例	これまでの官・民の主な動向	進捗及び課題（統計データやヒアリング・アンケート調査等から整理）	
① 混合セメントのメリットを活かした適所での活用促進	<ul style="list-style-type: none"> <li>混合セメントの適材適所での利用促進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2013 年度に「高炉スラグ微粉末・高炉セメントを使用するコンクリート研究小委員会」を設置し、高炉スラグ微粉末・高炉セメントを使用するコンクリートの調合設計・施工指針案を検討【日本建築学会】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント全体の生産量が減少傾向にある中、混合セメントの生産量も減少傾向、2005 年度から 2014 年度にかけて約 1,611 万トンから約 1,323 万トンへと推移（セメント協会データ）。</li> <li>セメント販売量に占める比率（高炉化率等）を高めてきたが、2007 年度をピークとしてその比率も減少に転じ、2014 年度のセメント国内販売量に占める混合セメントの比率は約 22%、高炉セメントが約 21%（セメント協会データ）</li> <li>混合セメントの使用は、土木分野での利用が中心で、幅広く利用されているとは言い難い状況にある。但し、セメント系固化材での需要は伸びている。＜ヒアリング＞</li> <li>民間の土木分野で混合セメントは使える場所にはすでに使っているという認識である。仕様変更には発注者との協議・承認等が必要で、コスト増につながる配合変更を積極的に行うことは困難。＜ヒアリング＞</li> <li>土木分野ではグリーン調達として公共工事の指定があるため、混合セメントの普及が進んできた。コンクリート充填鋼管構造において混合セメントを用いることが有効である。＜ヒアリング＞⇒土木分野（グリーン調達）ではわずかながらも活用促進余地が残されている。</li> <li>住宅の基礎は強度要求がさほど厳しくないため、そこに混合セメントを用いることが考えられる。＜ヒアリング＞⇒建築分野（基礎・地下構造）では活用促進余地がある。</li> <li>引き続き、混合セメントのメリットを活かした適所での活用促進が進むよう、発注者・設計者・施工者への普及・啓発が求められる。＜ヒアリング＞</li> <li>例えば、建築学会において高炉セメントの使用に係る指針を整備し、それを受けて JASS5「鉄筋コンクリート工事標準仕様書」に、そして、公共の共通仕様書や積算基準等に反映されるといった流れも、ひとつの推進の流れとして期待される。＜ヒアリング＞</li> <li>過年度調査の建設事業者向けアンケート結果（複数回答）によれば、建築工事における高炉セメントの採用理由、「共通仕様書・積算基準等で高炉セメントを使用することとされているから」の回答が建築分野で約 54%、土木工事分野で約 98%であった。＜過年度調査＞</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事例集の作成・普及啓発→混合セメントの利用事例をまとめた冊子を作成</li> <li>ガイドライン・マニュアル・指針の普及→混合セメントの利用先や利用方法をまとめたガイドライン等を普及</li> <li>混合セメントの利用メリットのPR →ガイドライン・マニュアル・指針や事例集の周知</li> <li>混合セメントの利用拡大を掲げる企業を紹介</li> <li>混合セメントの普及拡大に係るガイドライン・共通仕様書・積算基準、施工管理手順書等の基盤づくりに向けた公共並びに民間での継続的な検討</li> </ul>
② ひび割れメカニズムの解明と対策検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>高炉セメントを使用したひび割れメカニズム等の解明と情報公開</li> <li>高炉セメントのひび割れ対策事例の水平展開</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリート構造物の品質を確保するため、打設管理記録を活用（運用開始：2007 年度）【山口県】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>引き続き、「高炉セメントは普通ポルトランドセメントに比べてひび割れしやすい。」とするヒアリングやアンケート結果にみる回答が多い。＜ヒアリング等＞⇒ひび割れ対策の研究開発支援が引き続き求められる。</li> <li>未解決の側面はあるが、マスコンクリートのひび割れ対策としては、高炉スラグ混合低発熱セメントのように低熱 BB の開発が進められている。（第 1 回検討会）</li> <li>山口県ではコンクリート打設管理記録を活用し、コンクリートの温度ひび割れを抑制する対策を産官学協同で実施＜鉄鋼スラグ協会等資料＞⇒こうした取組が自治体に広がるのが望まれる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>混合セメントの技術開発支援 →混合セメントの技術開発の支援（ひび割れ対策等） →混合セメントの市場創出につながる実証等の支援</li> </ul>
③ 長期養生に関する受容体制の促進	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリート工事の適切な管理に係る普及啓発</li> <li>共通仕様書・積算基準等における配慮の必要性に関する啓発</li> <li>経済的な蒸気養生の検討等</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>高炉セメントは、普通ポルトランドセメントに比べ水と速度が遅く強度発現が遅れるため、コンクリートの養生期間を長くするとともに養生を入念に行う必要があるとされる。また、養生期間を長くすることは工期の問題から困難であるとする考え方も施工側に根強くある。＜ヒアリング等＞</li> <li>養生期間の課題は、現実的に養生期間を長くすることで工期の問題が起こるのは建物の地上部に限定される＜ヒアリング等＞</li> <li>過年度調査では、共通仕様書・積算基準等に、土木分野で高炉セメント B 種を標準とする検討が必要と示唆されているが、一方、行政側の共通仕様書の考え方として、市場に浸透し、認知されたものが標準仕様書に載せられるべきという考え方もある＜ヒアリング等＞。</li> <li>山口県ではコンクリート打設管理記録を活用し、コンクリートの温度ひび割れを抑制する対策を産官学協同で実施＜鉄鋼スラグ協会等資料＞⇒こうした取組が自治体に広がるのが望まれる。（再掲）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリート工事の適切な管理に係る普及啓発</li> <li>指針・ガイドラインの作成・普及啓発</li> </ul>

表 5-1-3 平成 20 年度「混合セメントの普及拡大方策に関する検討調査」以降の動向整理(その2)

過年度調査における提言事項		過年度調査の提言事項の進捗状況		今後の対応 (27年度調査へ反映する方向性)
普及拡大の方向性	具体的方策例	これまでの官・民の主な動向	進捗及び課題(統計データやヒアリング・アンケート調査等から整理)	
④ 建築分野への混合セメントの適用可能性に関する検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築地下躯体での混合セメント利用事例の水平展開</li> <li>住宅性能表示制度における特別評価認定の再周知</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「低炭素建築物の認定制度」(2012年度～)における認定基準の選択的項目のひとつに「混合セメントの使用」を位置づけ【国土交通省住宅局】</li> <li>「建築基準整備促進事業」(2008年度～)において、2014年度より「混合セメントを使用したコンクリートの耐久性の検討」を推進【国土交通省住宅局】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住宅の基礎は強度要求がさほど厳しくないため、そこに混合セメントを用いることが考えられる。&lt;ヒアリング&gt;(再掲)</li> <li>建築分野での混合セメントの活用に対する行政支援が期待される。&lt;ヒアリング&gt;</li> <li>「建築基準整備促進事業」(2008年度～)、2014年度より「混合セメントを使用したコンクリートの耐久性の検討」を推進⇒セメントの種類や養生期間中の周辺温度などに応じたコンクリートの材齢と設計基準強度に対する強度発現の状況確認、コンクリートが設計基準強度を発現することを担保するために必要な強度の確認に関する基準案を提案することが求められ、現在、取組み中である。&lt;ヒアリング&gt;⇒建築分野(基礎・地下構造)では活用促進余地がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築分野の基礎・地下構造部分等での使用拡大</li> <li>混合セメント使用建築物への補助</li> <li>→セメントのデファクトのシフト</li> <li>(普通ポルトランドセメントを高炉セメントA種にするなど)の可能性検討</li> <li>→普通ポルトランドセメントの少量混合成分拡大の可能性検討</li> <li>セメントの流通品種の検討</li> </ul>
⑤ 混合セメント使用に向けた建設工事発注者等の動機づけ	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境ラベルや各種環境配慮制度の水平展開</li> <li>環境報告書への記載の促進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2013年に施行された「エコまち法(都市の低炭素化の促進に関する法律)」の低炭素建築物認定基準の中に、高炉セメント・フライアッシュセメントの使用を追加【国土交通省】</li> <li>「J-クレジット制度」の方法論への「ポルトランドセメント配合量の少ないコンクリートの打設」の追加【環境省・経済産業省】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「エコまち法(都市の低炭素化の促進に関する法律)」の低炭素建築物認定基準の中に、高炉セメント使用が加えられているが、施工側がそれを意識することは少ないのが実態。&lt;ヒアリング&gt;</li> <li>従前は、混合セメントは普通ポルトランドセメントより価格が優位な面からの利用インセンティブが働く側面があったが、現状は、多くの地域ではその値段差がなく、なかなか利用のインセンティブが働かないという指摘も多い。&lt;ヒアリング&gt;</li> <li>CASBEE(建築環境総合性能評価システム)のさらなる普及拡大が必要と考える。&lt;ヒアリング&gt;</li> <li>環境省では、経済産業省及び農林水産省とともにJ-クレジット制度を運営:J-クレジット制度の方法論「ポルトランドセメント配合量の少ないコンクリートの打設」では、建築物において産業副産物(高炉スラグ等)等の配合率を高めたコンクリートを打設することによりポルトランドセメントの使用量を削減する排出削減活動を対象とするとしている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の混合セメント利用評価制度の周知→</li> <li>CASBEE(建築環境総合性能評価システム)における混合セメント使用評価等の利用側への周知</li> <li>CASBEE等の普及啓発</li> <li>「JIS A5308 レディーミクストコンクリート」において、生コン納入書に環境ラベル(メビウスループマーク)を表示要件として高炉スラグ微粉末等使用を追加</li> <li>低炭素建築物認定制度における混合セメント使用評価等の周知</li> <li>→高炉セメントを、生コン納入書の環境ラベル『メビウスループ』の対象とするようJISを改正</li> <li>→東京都マンション環境性能表示にみるように混合セメント使用を見える化し、他自治体に拡大</li> <li>混合セメントの利用をJ-クレジット制度に組み込み</li> </ul>
⑥ 新たな混合セメントの開発促進	<ul style="list-style-type: none"> <li>低強度・低発熱型混合セメントの研究開発の促進</li> <li>強度水準に関する一定の上限設定の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「省エネルギー革新技术開発事業」において2011～2013年度に「エネルギー・CO2ミニマム(ECM)セメント・コンクリートシステムの研究開発」を支援【NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大手ゼネコンを中心にCO2の排出を抑制し、かつ、これまでの混合セメントの施工と品質上の課題に対応した新しいコンクリート製品の開発が行われ、一部、実用化にも結びついている。&lt;ヒアリング及び文献調査等&gt;⇒さらなる研究開発の実証等が求められる。</li> <li>未解決の側面はあるが、マスコンクリートのひび割れ対策として、高炉スラグ混合低発熱セメントのように低熱BBの開発が進められている。(第1回検討会)(再掲)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>市場拡大に向けた取組支援</li> <li>JIS規格改定への対応可能性の検討(再掲)</li> </ul>
その他			<ul style="list-style-type: none"> <li>本年度調査の検討成果が継続的に活かされるような仕組みづくり、ゆるやかな関係者の連携、情報プラットフォームづくりへの期待[事務局]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今回調査で示した方向・施策のフォローアップ体制の構築</li> </ul>



- 過年度調査においては混合セメントの適用面、技術開発面という供給側を重視した6つの方向が示されている。
- 過年度調査以降、環境配慮意識の高まりなどにより利用側の存在感が高まっており、また、混合セメントの普及拡大に向けた基盤形成もその重要性が増している。
- 以上を踏まえ、今回調査における普及拡大の方向について、①利用側への普及・啓発、②利用側へのインセンティブ付与、③供給側のビジネス支援、④これらを推進する基盤整備の4つの視点で捉えるものとする。

## 5. 2 混合セメントの普及拡大方策

これまでの検討結果を踏まえて、混合セメントの普及拡大方策について以下に示す。

施策例に示した取組み項目は、政策手段として、①情報的手法、②自主的取組手法、③経済的手法（市場メカニズムの活用、助成・補助金）、④規制的手法に区分しており、実際の施策展開にあたっては、費用対効果の高さと民間の自主性・主体性を阻害しないことに十分に留意することが必要となる。

### 5.2.1 方向1 混合セメント利用の普及・啓発

#### (1) 方向性の概要

前述のとおり、環境配慮要請の強まりを背景にゼネコンの混合セメントを活用した環境負荷低減コンクリート開発の動きが活発であり、混合セメントの適用事例も増えてきている。しかし、利用側にはそうした情報が行き渡っておらず、混合セメントの利用意識が十分に浸透していないと考えられる。

このため、今後、ガイドライン・マニュアル・指針の普及、事例集の作成、既存の利用評価制度の周知、利用メリットのPRを通じて、混合セメント利用の普及・啓発を進めていくことが求められる。

#### (2) 具体的方策例

##### 1) ガイドライン・マニュアル・指針の普及

混合セメント利用のガイドライン・マニュアル・指針について、学会、関係団体等の既存の取組みとの連携を図りつつ、民が自主的に普及を進めていくことが求められる。その際、混合セメントの利用先や利用方法の周知、コンクリート工事の適切な管理に留意することが望ましく、関係者が具体的に利用する場面で役に立つ情報に容易にアクセスできることが重要である。

#### ○展開が期待される事項【自主的取組手法】

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>・ 混合セメントの利用先や利用方法をまとめたガイドライン等を普及</li><li>・ コンクリート工事の適切な管理に係る普及・啓発 など</li></ul> |
|--|

##### 2) 混合セメント利用事例集の作成

混合セメントの利用について、ゼネコンが開発した環境負荷低減コンクリートや混合セメントを利用した建物などの事例をまとめた冊子を作成し、混合セメントの具体的な利用先や利用方法を分かりやすくPRしていく必要がある。事例は混合セメントを用いた製品、製品の活用が望まれる部位、商品を活用した実際の建物などを幅広く盛り込み、関係者が具体的に利用をイメージできる内容とすることが望ましい。

<小山ダム（茨城県）>

<明石海峡大橋>

<東京湾アクアライン>

<国立国会図書館関西館>



図 5-2-1 高炉セメントが使用された構造物・建物の例 出典)鉄鋼スラグ協会資料

○展開が期待される事項【情報的手法】

- ・ 混合セメントの利用事例をまとめた冊子を作成 など

### 3) 既存の混合セメント利用評価制度の周知

混合セメントの利用について、既存の制度で既にその利用が評価に組み込まれていることを周知し、混合セメントの環境性というメリットを社会に訴求していく必要がある。

混合セメントの利用が評価に既に組み込まれている具体的な制度として、CASBEE（建築環境総合性能評価システム）、低炭素建築物認定制度などが挙げられ、こうした内容を官及び民が連携して周知し、利用者に混合セメントの活用メリットを浸透し、環境配慮の重要性を意識してもらうことが重要と考えられる。

○展開が期待される事項【自主的取組手法】

- ・ CASBEE（建築環境総合性能評価システム）における混合セメント使用評価等の利用側への周知
- ・ 低炭素建築物認定制度における混合セメント使用評価等の周知 など

### 4) 混合セメントの利用メリットのPR

混合セメントの利用はそのメリットをPRする機会や場をこれまで以上に多く創出し、利用者への周知と意識づけを図っていくことが求められる。その際には、ガイドライン・マニュアル・指針や事例集を周知したり、混合セメントの利用拡大を掲げる企業を紹介したりするなどし、業界関係者以外にも広くメリットをPRしていくことが重要と考えられる。

○展開が期待される事項【自主的取組手法】

- ・ ガイドライン・マニュアル・指針や事例集の周知
- ・ 混合セメントの利用拡大を掲げる企業を紹介 など

## 5.2.2 方向2 混合セメントの環境価値を評価する仕組みづくり

### (1) 方向性の概要

混合セメントには環境に優しいという大きなメリットがあるものの、その価値は利用側に十分に意識・認識されていない側面がある。このため、混合セメントの環境価値を評価し、利用側に訴えていくことが重要と考えられる。

このため、今後、市場メカニズムの活用、環境価値の「見える化」、既存の環境評価制度の積極的な活用や環境自主行動計画の活用などの取組みを進めていくことが求められる。

### (2) 具体的方策例

#### 1) 市場メカニズムの活用

J-クレジット制度は、省エネ設備の導入や再生可能エネルギーの活用によるCO<sub>2</sub>の排出削減量や適切な森林管理によるCO<sub>2</sub>の吸収量を「クレジット」として国が認証する制度である。認証された「クレジット」は、売買することができ、購入したクレジットは、低炭素社会実行計画の目標達成や、カーボン・オフセットなどへの活用の他、企業CSR、商品・サービスの差別化やPR、地域活性化等有効な手段の一つとして注目されている。

クレジットの認証・発行までには、プロジェクトの登録とモニタリング（削減量や吸収量を算定するための計測等）の2つのステップがある。

今後、混合セメントの普及拡大に向けては、前述のとおり、J-クレジット制度では、「ポルトランドセメント配合量の少ないコンクリートの打設」が新規の方法論として採用されており、このような混合セメント利用によるCO<sub>2</sub>削減の環境価値を高める取組みが更に拡大することが期待される。

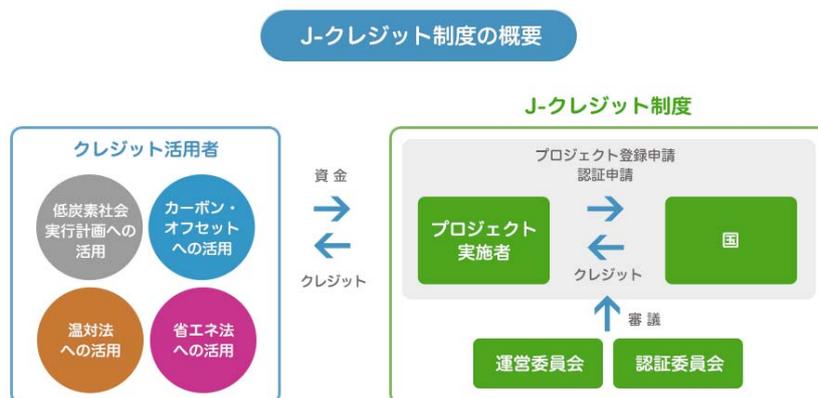


図 5-2-2 J-クレジット制度のイメージ

出典)J-クレジット制度事務局 HP より抜粋

○展開が期待される事項【経済的手法 市場メカニズムの活用】

- ・ J-クレジット制度の活用

## 2) 混合セメントの環境価値の「見える化」

混合セメントの普及拡大に向けては、混合セメントの環境価値の「見える化」の取組み促進への期待が大きいことがヒアリング結果等から明らかになっている。混合セメントの利用に伴うCO<sub>2</sub>削減効果の環境価値をわかりやすく、施主を含めた一般の人々（ユーザー）にわかりやすくアピールすることは、今後の普及促進にあたって、重要な要素として考えられる。

例えば、アイディアレベルでは、建築物の混合セメント活用状況の表示促進のアプローチとして、「この建築物（構造物）は環境面に配慮し、混合セメント利用により、●●トンのCO<sub>2</sub>削減をはかっています。」的な意味合いを含む、シンボリックな“使用章”のようなものを表示することへの期待がある。

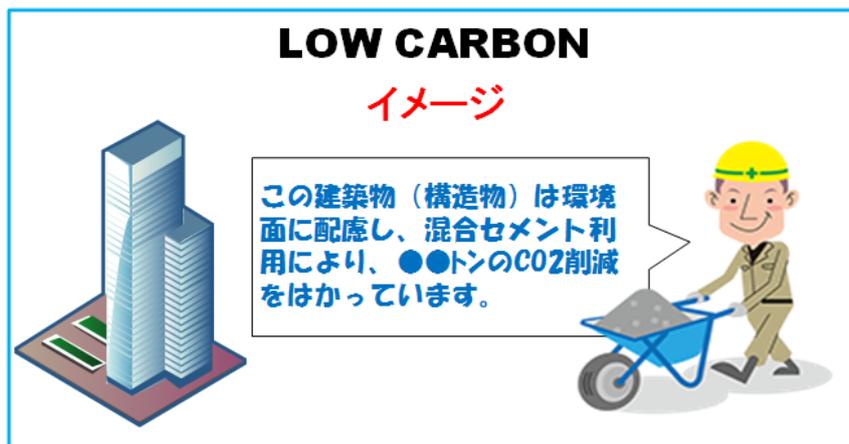


図 5-2-3 混合セメント活用状況の表示イメージ例

また「見える化」という点では、取組みの開始時には経済産業省も推進し、その後、民間主導で運営されている「カーボンフットプリント」の取組みも注目される。CFP（カーボンフットプリント）とは、Carbon Footprint of Products の略称で、商品やサービスの原材料調達から廃棄・リサイクルに至るまでのライフサイクル全体を通して排出される温室効果ガスの排出量をCO<sub>2</sub>に換算して、商品やサービスに分かりやすく表示する仕組みであり、LCA（ライフサイクルアセスメント）手法を活用し、環境負荷を定量的に算定している。

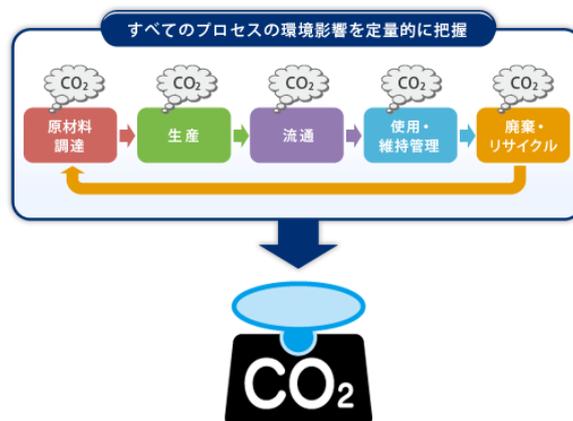


図 5-2-4 カーボンフットプリントの概念イメージ

出典)一般社団法人 産業環境管理協会 HP

こうした点では、最近、普及している「環境ラベル（環境表示）」の活用が期待される。

今後、混合セメントの環境ラベル作成に向けては、前述の環境省のガイドライン等を活用しながら、正確かつ信頼性を担保した適切な環境表示を目指し、国際規格にも準拠する環境表示づくりが求められる。

また、こうした取組みを業界団体としてアプローチしていくのか、事業者ごとに実施していくかといった議論も今後、必要になってくると考えられる。

#### ○展開が期待される事項【情報的手法】

混合セメントの環境価値の「見える化」

- ・ 建築物の混合セメント活用状況の表示促進
- ・ 環境ラベルとして建築物に混合セメント使用章（環境表示）を創設

### 3) 既存制度の混合セメント利用評価制度の活用

今後の混合セメントの利用拡大に向けては、ヒアリングやアンケート結果等から、現行の環境評価制度である「CASBEE（建築環境総合性能評価システム）」や「低炭素建築物認定制度」、「環境ラベル：メビウスループ」、「東京都マンション環境性能表示」を積極的に活用する、または、当該制度の運用を改変（見直しや評価ポイントの重み付けの変更）するような要望が寄せられている。なお、「CASBEEは、建築における省エネルギーや環境負荷の環境配慮に対する総合的な評価なので、制度自体の見直しは慎重にしなければならない。評価ポイントの重み付けは総合的な検討が必要である。」といった検討会委員のご指摘もある。こうした点から、他の廃棄物・副産物由来の再生資材利用とのバランスも考慮しながら、CASBEE（建築環境総合性能評価システム）をうまく運用しながら、混合セメント利用普及を進めていく方向性を模索することが期待される。

#### ①CASBEE（建築環境総合性能評価システム）の活用

CASBEE（建築環境総合性能評価システム）における、評価ポイントの加点に係るスコアシートイメージを図 5-2-5 に示す。

混合セメントの利用普及にあたっては、CASBEE（建築環境総合性能評価システム）の現行の評価ポイントの重み付けを大きくするべきといった要望（混合セメント使用についてより重視する内容に改変に対する要望）も多い。しかしながら、CASBEE（建築環境総合性能評価システム）では、評価項目は多岐にわたっており、そうした中で、建築物の環境評価を総合的に行う仕組みになっており、いたずらに混合セメントのみを重視することは難しい側面も有している。今後、こうした点も含めて、CASBEE（建築環境総合性能評価システム）を積極的に活用しながら、混合セメント利用普及拡大も睨みつつ、建築における省エネルギーや環境負荷の少ない資機材の使用といった環境配慮に対する取組みを推進していくことが期待される。

## CASBEEのスコアシート

スコアシート		実施設計段階		建物全体・共用部分		全体
配慮項目		評価点	重み係数			
LR2	資源・マテリアル	—				3.0
	1 水資源保護	3.0	0.20			3.0
	1.1 節水	3.0	0.40			
	1.2 雨水利用・雑排水等の利用	3.0	0.60			
	1	雨水利用システム導入の有無	3.0	0.70		
	2	雑排水等利用システム導入の有無	3.0	0.30		
	2 非再生性資源の使用量削減	3.0	0.60			3.0
	2.1 材料使用量の削減	3.0	0.10			
	2.2 既存建築躯体等の継続使用	3.0	0.20			
	2.3 躯体材料におけるリサイクル材の使用	3.0	0.20			
	2.4 躯体材料以外におけるリサイクル材の使用	3.0	0.20			
	2.5 持続可能な森林から産出された木材	3.0	0.10			
	2.6 部材の再利用可能性向上への取組み	3.0	0.20			
	3 汚染物質含有材料の使用回避	3.2				
	3.1 有害物質を含まない材料の使用	3.0				
	3.2 フロン・ハロンの回避	3.3				
	1	消火剤	4.0			
	2	発泡剤(断熱材等)	3.0	0.33		
	3	冷媒	3.0	0.33		

混合セメントの利用  
評価該当部分

この評価点をCASBEEの計算式に反映すると0.24点の加点になる。  
(基準点3点が5点に加点される、+2点だが重み係数0.6と配分0.2を乗じる)

図 5-2-5 CASBEE(建築環境総合性能評価システム)のスコアシート例

出典) CASBEE-建築(新築)2014年版及びCASBEE-住戸ユニット(新築)2014年版 評価マニュアル

### ②低炭素建築物認定制度の活用

前述(40頁)のとおり、国土交通省の「低炭素建築物認定制度」は、エコまち法(都市の低炭素化の促進に関する法律、2012年施行)にもとづき、低炭素化に関する先導的な基準に適合する建築物を認定する制度である。その認証(認定)にあたっては、低炭素建築物認定における8つの選択項目から低炭素化に資する評価項目を2項目以上選択する仕組みになっている。この中の8番目の項目として「高炉セメント又はフライアッシュセメントを構造耐力上主要な部分に使用している。」となっているが、この点の実情について、関係者のヒアリング結果からは、ほとんど選択する事業者がいないのが実態との回答を得ている。

こうした観点から、今後、実際の運用面でも混合セメント利用普及に結びつくように、低炭素建築物認定制度の監督官庁などに適正な運用を働きかけ、混合セメント利用に対する評価の再周知をはかっていくことが期待される。

### ③環境ラベル『メビウスループ』の対象拡大(生コンにおけるリサイクル材使用表示)

環境ラベル『メビウスループ』は、日本工業規格 (JIS) によって定められた環境ラベルで、企業が自社の製品やサービスにおける環境改善を自己宣言として示すタイプのラベルとして使用できる。一般にはリサイクルマークとして知られ、紙類やプラスチック、金属などリサイクル可能な製品やリサイクル素材を使った製品・包装に表示されており、生コンにも用いられている。



メビウスループ(再掲)

2014年の「JIS A5308 レディーミクストコンクリート」改正において、生コン納入書のメビウスループマークの表示要件として高炉スラグ微粉末、シリカフェームの使用が追加されている。

しかしながら、高炉セメントやフライアッシュセメントはリサイクル材料とはされておらず、また、あくまで生コン購入者への「納入書」記載のみにて、施主や一般には不分明といった課題が指摘されている。こうした点から、今後の混合セメントの普及拡大に向けては、高炉セメントやフライアッシュセメントについても、当該環境表示の表示要件であるリサイクル材料として、『メビウスループ』の対象となるような働きかけが必要になると考えられる。

### ④東京都マンション環境性能表示の水平展開

前述 (54 頁) のとおり、東京都の「マンション環境性能表示」は、家庭部門の温暖化対策を進めるため、「建築物環境計画書制度」にもとづき、2005 年度から新築等のマンションの建築主に対して、東京都に建築物環境計画書を提出し、環境配慮に取り組むことを義務づけている。本制度の狙いは、①マンションを購入しようとする人に情報を提供し、環境に配慮したマンションを選択しやすいようにする、②環境に配慮したマンションが市場で評価されるしくみをつくる、③マンション建築主の自主的な環境配慮の取組を促すことの3点となっている。

こうした点から、今後の混合セメントの利用拡大に向けて、本建築物環境性能の評価のなかに「混合セメントの利用」を組み込み、マンションの建築主の利用促進と一般への PR を行っていくことが効果的であると考えられる。加えて、混合セメントの利用を建築物環境性能の評価に組み込んだ制度が各自治体に広がっていくことが望まれる。

### ○展開が期待される事項【規制的手法 (枠組規制)】

既存制度の混合セメント利用評価制度の活用

- ・ CASBEE (建築環境総合性能評価システム) を活用し、環境負荷の少ない資機材の使用といった環境配慮の取組み推進
- ・ 低炭素建築物認定制度における混合セメント利用の評価の再周知や適正な運用への働きかけ
- ・ 高炉セメントを、生コン納入書の環境ラベル『メビウスループ』の対象とするよう JIS を改正
- ・ 東京都マンション環境性能表示に混合セメント使用が見える化し、他自治体に拡大

#### 4) グリーン調達やリサイクル品認定制度での採用拡大

##### ①グリーン調達制度の活用

グリーン購入法に基づく基本方針（環境物品等の調達の推進に関する基本方針）は、以下に示すように、高炉セメント及びフライアッシュセメント（ともにB種以上の混合率のもの）が、平成13年度のグリーン購入法施行当初から特定調達品目に位置づけられている。なお、建築分野や製品分野に関しては特段の記述はない。

#### 18. 公共工事

##### (1) 品目及び判断の基準等

公共工事	<b>【判断の基準】</b> ○契約図書において、一定の環境負荷低減効果が認められる表1に示す資材、建設機械、工法又は目的物の使用が義務付けられていること
------	--

注)義務付けに当たっては、工事全体での環境負荷低減を考慮する中で実施することが望ましい。

##### (2) 目標の立て方

今後、実績の把握等の検討を進める中で、目標の立て方について検討するものとする。

表1 資材、建設機械、工法及び目的物の品目

特定調達品目名	分類	品目名		品目ごとの判断の基準
		(品目分類)	(品目名)	
公共工事	資材	混合セメント	高炉セメント	表2
			フライアッシュセメント	

表2 【資材】

品目分類	品目名	判断の基準等
混合セメント	高炉セメント	<b>【判断の基準】</b> ○高炉セメントであって、原料に30%を超える分量の高炉スラグが使用されていること
	フライアッシュセメント	<b>【判断の基準】</b> ○フライアッシュセメントであって、原料に10%を超える分量のフライアッシュが使用されていること

出典)環境物品等の調達の推進に関する基本方針 平成28年2月2日変更閣議決定

土木分野でのグリーン調達による混合セメントの積極的利用は、前述の10頁に示すとおり、国等の機関では100%近い利用がはかられている。また、例えば、鉄鋼スラグ協会の資料によれば、最近では、建設業界においてもグリーン調達が実施され、大手建設会社では社内のグリーン調達品目に高炉セメントを指定し、調達実績を環境報告書やCSR報告書、ホームページ等で公表しているとしている。

こうした状況を鑑みると、今後の混合セメントの利用普及拡大に向けては、こうしたグリーン調達による積極的利用が、引き続き公共土木分野での積極的な利用の促進や、民間の土木分野への波及展開、さらには、土木分野だけではなく、建築分野や二次製品分野への波及展開させる仕組みづくりの検討が期待される。

## ～混合セメントおよび再生骨材のプレキャスト製品への適用についての実証的研究～

参考であるが、混合セメントがグリーン調達品目に指定されていることを受けて、中間法人全国コンクリート製品協会東北支部では、(社)日本コンクリート工学協会や、国土交通省東北整備局等との連携をはかり、平成 16 年から、「混合セメントおよび再生骨材のプレキャスト製品への適用についての実証的研究」を進め、さらに平成 17 年度から「混合セメントによる再生骨材を用いたコンクリート製品のアルカリシリカ反応抑制と耐凍害性対策技術に関する実証的研究」を進めている。同実証研究では、実際の使用現場での製品の暴露試験、養生方法の違いによる収縮特性への影響の検証等を実施し、課題はあるものの、今後の普及拡大の展開が期待できる結果を得ている。

プレキャスト製品は場所打ちに比べて、リサイクル材の使用においては優位な点が指摘されており、当該分野での混合セメントの利用拡大の普及が期待される。



高炉セメントコンクリート二次製品のフィールド試験の様子1

### 外観比較



高炉セメントコンクリート二次製品のフィールド試験の様子2(左が普通ポルトランドセメント右が高炉セメント)

出典) 高炉セメントおよび再生骨材のプレキャストコンクリート製品への利用に関する調査研究報告書 平成 24 年 3 月  
全国コンクリート製品協会東北支部

## ②リサイクル製品認定制度の活用

リサイクル製品認定制度は、資源の循環利用及び廃棄物の減量の促進を図ることを目的に、品質、安全性等について一定の基準を満たすリサイクル製品の認定を都道府県等の自治体が行い、潜在的ユーザーに対する普及啓発や市場開拓を支援し、その利用促進を図る制度である。

一例を挙げると、北海道、青森県、高知県等では、各都道府県産の高炉セメントB種がその認定を受けている。

### 北海道認定リサイクル製品

道内で発生した循環資源を利用し、道内で製造された一定の基準を満たすリサイクル製品を北海道が認定し、利用を推進することにより、循環資源の適正な循環的な利用及び廃棄物の減量化を促進し、もって道内におけるリサイクル産業を振興し、循環型社会の形成に寄与することを目的としています。  
胆振管内からは、9事業所の15の製品が認定を受けています。(平成24年12月末現在)

#### SZK

【循環資源】金属くず  
(アルミスクラップ)  
取引先が要求する成分規格に応じたアルミインゴットに加工し、自動車部品の材料や製鋼メーカーの脱酸材として使用します。



#### 高炉セメントB種

【循環資源】鉱さい(高炉スラグ)、  
ばいじん(石炭灰)、  
廃プラスチック類(廃タイヤ)  
高炉セメントは、普通ポルランドセメントに対して、多くの優位性を持ち、耐久性等が求められる大規模施設などの建設工事において広く利用されています。



図 5-2-6 高炉セメントB種のリサイクル製品認定事例イメージ(北海道)

出典) 北海道リサイクル製品認定制度資料

また、高炉スラグ、フライアッシュを利用したプレキャストコンクリート製品の認定は多数ある。

リサイクル認定製品の普及は、地域の副産物・再生資源の有効利用に繋がることから地域の自治体とリサイクル製品の関係者の利害が一致することや、廃棄物・副産物の発生原近傍での再利用の促進は、輸送に係るCO<sub>2</sub>削減の点からも望ましいと考えられる。また、一般的に、リサイクル認定製品は、公共利用だけではなく民間市場での積極的な利用が課題とされていることから、民間市場への普及が今後の課題となると考えられる。

今後の混合セメント普及拡大に向けては、一部の自治体で既に実施されているように、鉄鋼の高炉・石炭火力発電所、セメント工場が立地している他自治体での展開が期待される。加えて、混合セメントの利用が民間分野や建築分野でも拡大すれば、大都市圏の自治体での採用も高まる可能性も考えられる。

### ○展開が期待される事項【規制的手法(枠組規制)】

- ・ グリーン調達やリサイクル品認定制度での採用拡大
- ・ 混合セメントを利用したプレキャストコンクリート製品などの採用

## 5) 環境自主行動計画の活用

環境自主行動計画は民間が環境活動を進めるために自主的に策定する行動計画であり、主要な業界団体の計画及び進捗は日本経団連が取りまとめ、1998年からフォローアップしている。

日本経団連の温暖化対策は、環境自主行動計画（温暖化対策編）が2013年から低炭素社会実行計画として取りまとめられ、2016年公表の「低炭素社会実行計画（フェーズⅡ）」では参加56団体が従来の2020年目標に加え2030年の目標等を設定するとともに、主体間連携、国際貢献、革新的技術開発の各分野において、取組みの強化を図ることとしている。

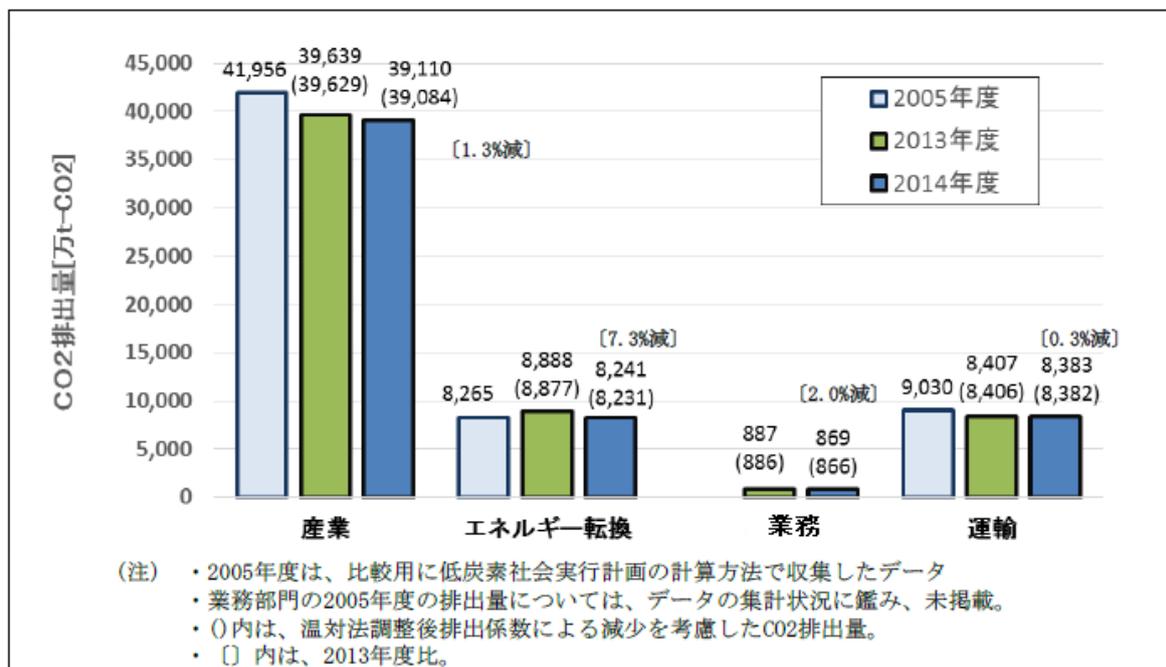


図 5-2-7 2014年度の各部門のCO2排出量(速報値)

出典)日本経団連「低炭素社会実行計画 2015年度フォローアップ結果 総括編<2014年度実績>[速報版]」(2015年)

政府の約束草案では日本経団連の低炭素社会実行計画が経済界の算定基礎とされており、同計画にセメント関係では日本鉄鋼連盟、セメント協会、日本建設業連合会などの団体が参加している。先述したJ-クレジット制度により削減したCO2は低炭素社会実行計画の目標達成にカウントすることが可能であり、政府制度と民の自主的な取組との一層の連携強化が期待される場所である。

表 5-2-1 日本経団連の低炭素社会実行計画への参加団体

部門	参加団体
エネルギー転換	電気事業連合会／石油連盟／日本ガス協会
産業部門	日本鉄鋼連盟／日本化学工業協会／日本製紙連合会 電機・電子温暖化対策連絡会／セメント協会 日本自動車工業会・日本自動車車体工業会／日本自動車部品工業会 日本鋳業協会／日本建設業連合会／住宅生産団体連合会 石灰製造工業会／日本ゴム工業会／日本製菓団体連合会 日本アルミニウム協会／日本印刷産業連合会／板硝子協会 全国清涼飲料工業会／日本乳業協会／日本電線工業会 日本ベアリング工業会／日本産業機械工業会／石油鋳業連盟 日本伸銅協会／ビール酒造組合／石灰石鋳業協会 日本レストルーム工業会／日本産業車両協会／日本鉄道車輛工業会
業務部門	日本チェーンストア協会／電気通信事業者協会 日本フランチャイズチェーン協会／日本百貨店協会 日本冷蔵倉庫協会／全国銀行協会／生命保険協会／日本貿易会 日本損害保険協会／日本LPガス協会／不動産協会 日本ビルディング協会連合会／日本証券業協会／日本ホテル協会
運輸部門	日本船主協会／全日本トラック協会／定期航空協会 日本内航海運組合連合会／日本民営鉄道協会 東日本旅客鉄道／西日本旅客鉄道／東海旅客鉄道／九州旅客鉄道 日本貨物鉄道／全国通運連盟

出典) 日本経団連資料

以上から、混合セメントの普及拡大に向けて環境自主行動計画を活用することが考えられ、関係団体の計画においてCO2削減対策として混合セメントを積極的に利用する方針を明確化し、各企業に混合セメント利用を浸透させていくことが想定される。その際、団体ごとに混合セメント利用によるCO2削減メリットに差があることから、利用メリットを関係団体に広くPRし、計画を推進していく必要があると考えられる。

また、混合セメント利用のごく一部の手法はJ-クレジット制度を通じてそのCO2削減効果が計画にカウントできるようになる見込みであるが、他の様々な手法についても政府制度への組み込みなどにより計画へのカウント可能性を検討していくべきである。

○展開が期待される事項【自主的取組手法】

<p>環境自主行動計画の活用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計画における混合セメント利用方針の反映促進</li> <li>・ CO2削減効果の計画へのカウント可能性の検討</li> <li>・ 環境自主行動計画への利用のPR</li> </ul>
---

## 5.2.3 方向3 供給側が混合セメントを供給しやすい環境づくり

### (1) 方向性の概要

混合セメントの普及利用拡大に向けては、技術開発事業を活発化させることや、補助金導入による市場への喚起等、供給側が市場に供給しやすい環境（供給側のビジネス支援）を整えていくことが重要と考えられる。

### (2) 具体的方策例

#### 1) 混合セメントの技術開発支援や適切な施工管理方法の推奨

「高炉セメントは普通ポルトランドセメントに比べてひび割れしやすい。」とするヒアリングやアンケート結果にみる回答が多い。一方、「技術的な課題は既に解決されている」や「適正な施工方法で実施すれば“ひび割れ”は抑制できる」とみる識者等の意見や、「最近、品質の高い低熱高炉セメントB種も開発されている」といったヒアリングの回答も寄せられている。



鷹島肥前大橋(長崎県・佐賀県)



東京ガス扇島 LNG 地下タンク(横浜市)

図 5-2-8 低発熱高炉セメントB種の使用事例

出典)鉄鋼スラグ協会パンフレット

一般にひび割れは、コンクリートの収縮（乾燥収縮や自己収縮）や温度応力等に起因して発生する。これらに影響する主な要素としては、設計上の要素（部材形状等）、材料や配合上の要素（単位水量、水セメント比、空気量、セメントの種類、混和材等の使用）、施工上の要素（養生方法や養生期間、打ち込み時期や環境、打ち込み手順等）がある。高炉セメントB種に関しては、「施工上の要素を除けばひび割れ発生状況はポルトランドセメントと変わらない。」という報告もあり、今後、関係者が連携し、高炉セメントを利用したコンクリートのひび割れ発生の実態とその材料特性・施工特性の要因を明らかにしていくことが求められる。

また、必要に応じて、混合セメント使用時の寒中コンクリート施工や混合セメントを使用した二次製品の経済的な養生方法、あるいは高炉セメントを使用した新たな製品開発等についての研究開発を推進していくことも求められる。

前述の31～39頁に示すように、最近では、大手ゼネコンを中心にCO<sub>2</sub>の排出を抑制し、かつ、これまでの混合セメントの施工と品質上の課題に対応した新しいコンクリート製品の開発が行われ、一部、実用化にも結びついていることもあり、混合セメントの市場創出につながる実証当該分野の技術開発支援を引き続き実施していくことが求められ、国等で用意している各

種の技術開発実証の補助金の活用も期待される。

“ひび割れ対策”としては、55 頁で示すように、山口県ではコンクリート打設管理記録を活用し、コンクリートの温度ひび割れを抑制する対策を産官学協同で実施しており、単なる“ひび割れ対策”の域を超えてコンクリート構造物の品質確保の面までに拡大しており、こうした取組が自治体に広がることが望まれる。

最近の動向として、国土交通省の中国地方整備局や東北地方整備局が、「コンクリート構造物の品質確保の手引き」として、施工管理手法等を詳細に取りまとめつつあり、こうした施工管理手法を広く普及していくことも期待される。

○展開が期待される事項【経済的手法（助成・補助金）、情報的手法】

- ・ 混合セメントの技術開発の支援（ひび割れ対策等）
- ・ 適正な施工管理方法の推奨

～参考 コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き（案）【材料編】中国地方整備局～

3. ひび割れ抑制対策

3.1. 温度ひび割れ抑制

ポイント

- 温度ひび割れ抑制には、低発熱型セメントの使用、単位セメント量の低減、単位水量の低減が効果的
- 水和発熱抑制のため、低発熱型セメント、混合セメントの使用が有効
- 単位水量の低減および水和熱による温度上昇の低減のため、混和材の使用が有効
- 単位水量の低減のため、混和剤の使用が有効

<解説>

1. 温度ひび割れ抑制のために

①温度ひび割れを抑制するためには、低発熱型セメントの使用、単位セメント量の低減、単位水量の低減が効果的である。

2. 低発熱型セメントの使用

①温度ひび割れを抑制するためには水和熱を抑えることが重要であり、低発熱型セメントである中庸熱ポルトランドセメントや低熱ポルトランドセメントの使用や、高炉セメントやフライアッシュセメントを使用すると効果がある。ただし、高炉セメント B 種は、近年ではコンクリートの断熱温度上昇量が普通ポルトランドセメントより高くなる場合もあり、部材寸法や拘束条件、環境条件等によっては温度ひび割れが発生する事例が報告されている。

3. 混和材の使用

①温度ひび割れを抑制するためには、単位水量低減や水和熱による温度上昇の低減効果を有するフライアッシュや高炉スラグ微粉末（粉末度や置換率を考慮）を使用すると効果がある。

②品質の優れたフライアッシュを適切に用いると、粒子が球状のため、コンクリートのワーカビリティを改善し単位水量を減らすことができること、水和熱による温度上昇の低減効果が期待できる。

③高炉スラグ微粉末は、製鉄所の溶鉱炉から排出されるスラグを水で急冷し、粒状化したものを微粉碎したものである。急冷するため結晶化せずガラス質となり、水和反応を起こしやすい（潜在水硬性）。効果は、ワーカビリティの改善、水和熱による温度上昇の低減など、効果をもたらす。

④膨張材は、セメント硬化時にコンクリート自体に膨張圧を与える（ケミカルプレストレス）ことによってひび割れを制御する効果がある。

4. 混和剤の使用

①温度ひび割れを抑制するためには、単位水量低減効果のある混和剤を使用すると効果がある。

②高性能減水剤、AE 減水剤、高性能 AE 減水剤は、単位水量の低減に加え、単位セメント量の低減効果も有しているため、これらの混和剤の使用は、温度ひび割れ抑制に有効である。

出典)コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き(案)【材料編】中国地方整備局 中国技術事務所 平成 27 年 3 月

## 2) 混合セメントの市場拡大に向けた補助制度等のあり方検討

現行制度においては、混合セメント利用への直接的に補助金等で助成する制度はみあたらないが、混合セメント普及拡大の有効な手法のひとつとして、補助金による市場拡大をはかる手法を要望する意見は、アンケートやヒアリング調査から得ている。

この背景は、従前は、普通ポルトランドセメントに比較して混合セメントが安い価格設定であったことがその要因として示唆されており、コストメリットがなければ、敢えて、混合セメントを使うインセンティブが働かないという意見も多いと推測される。また、現状では、一部の地域においては、普通ポルトランドセメントとの値段差がある地域があるとされているが、全国的にみれば、その値段差は殆どないと認識できる。いわゆる値差がない点についての分析は、本調査の主旨からははずれるので言及しないが、現行のセメント生産メーカーや生コンクリート業や関係業界の複雑な事情に起因していると考えられる。

一方、直接的な補助制度だと、一時的に供給量が増えるが、補助がなくなると元通りということがおきかねないといった指摘や、安易な補助金導入による利用促進はすべきでないといった検討会の有識者からの意見もあった。混合セメントの利用拡大の普及に向けては、今後、関係者間でその是非について慎重に検討を進めることが期待される。

### ○展開が期待される事項【経済的手法（助成・補助金）】

- ・ 関係者間での補助制度の是非についての検討
- ・ 効果的な補助の手法、制度設計

## 3) 混合セメントの製造・流通体制の整備に向けた検討

混合セメントの普及拡大に向けては、生産（製造）から流通・消費まで一貫した商流を俯瞰し、効率的な製造・流通体制の整備することの重要性が多くの関係者から指摘されている。特に、セメント全体の生産量が減少する見通しの中で、現行の供給・物流拠点等の集約化が求められることも予想され、製造・流通体制の整備に向けた検討は非常に重要である。

なお、鉄鋼スラグ協会によれば、現行では、高炉セメントB種の流通においては、一部の離島地域を除いて、全国に多くの供給サービスステーションが整備済みであり、流通の問題はないとの認識であるが、本項では、セメントの多品種化、加えて、高炉スラグやフライアッシュの混合材の利用拡大の可能性やその留意事項も踏まえて、発注者の要求に対して質量ともに安定的に対応できる利用・供給・流通体制を持続的に構築する観点から、その方向性について以下に概括する。

### ①生コンにおける混和材の使用拡大の可能性検討

広義の位置付けとしての混合セメントの利用普及拡大に向けて、そのひとつの手法として、生コンにおける混和材の使用拡大の可能性が考えられる。

今後の生コンにおける混和材の使用拡大の可能性検討にあたっては、例えば、セメント・混和材用サイロを多数保有する生コンメーカー（大臣認定取得事業者等）や施設の集約化・協業化に取り組む生コン協同組合等、対応能力を有する事業者では、フライアッシュ混和材や低熱高炉セメント等、通常の高炉セメントB種以外の混合セメントや混和材の供給体制整備の可能

性を検討することが求められる。その際、副産物・再生資源等を使用した生コンや二次製品の品質に対する、発注者・施工事業者の懸念を払拭するため、品質管理・品質保証体制を確立することが重要であると考えられる。

また、高炉や石炭火力発電所等の近隣地域において、地元産のリサイクル製品としての混合セメントや混和材の使用を促進する仕組み（リサイクル製品認定制度等）を活用し、原料（高炉スラグ・フライアッシュ等）発生源近隣地域での混合セメント・混和材等の一層の普及についての検討が求められる。

なお、過年度調査やヒアリング結果によれば、一部事業者の供給した生コンの品質不良等の問題から、発注者・施工事業者等が、再生資源・副産物を含む混合セメントや生コンに対して品質上の懸念を抱く例があり、こうした事情も混合セメント普及拡大上の支障の一つとなっていることが示唆されており、これに対して、生コンメーカーや協同組合・工業組合では、生コンの品質管理・監査体制の構築・運用、品質保証（瑕疵担保保障等）に取り組む例も見られることから、こうした取組を支援することにより、生コンの品質に対する信頼を獲得することが、混合セメントや混和材の使用拡大にも間接的に有効と考えられることを付記しておく。

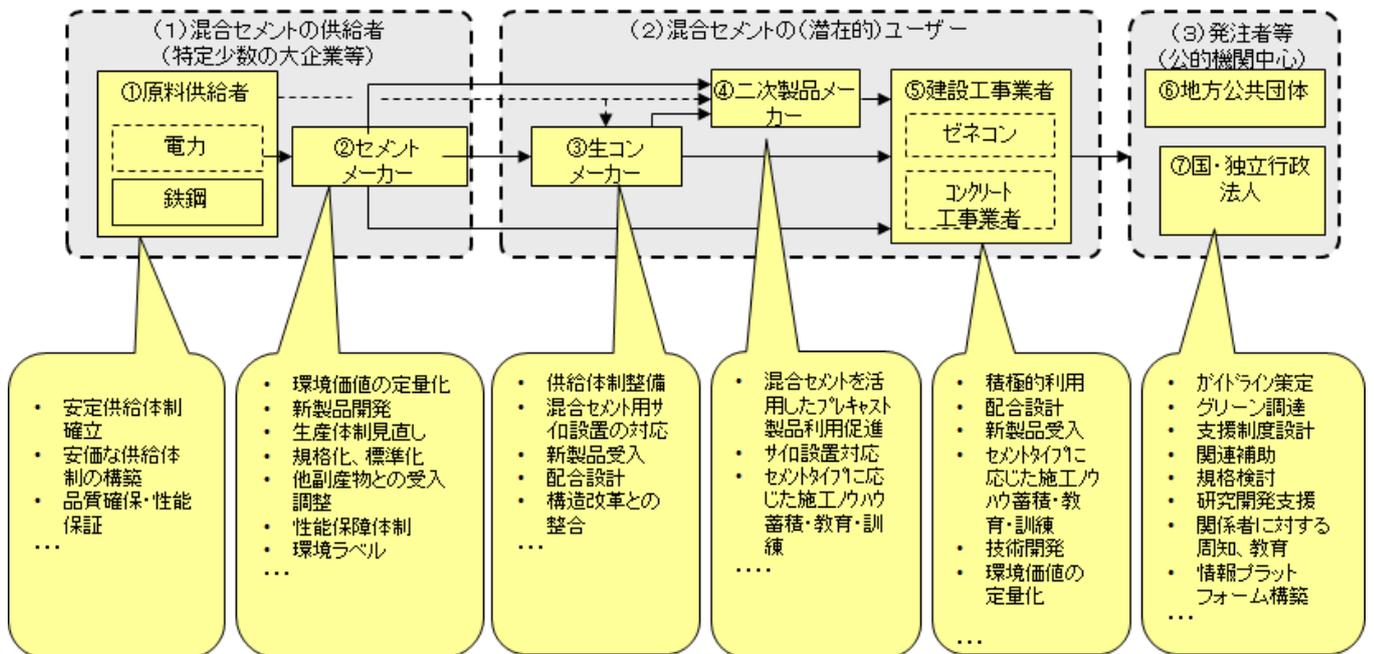
## ②サプライチェーンにおける課題の実証的検討

今後の混合セメントの普及拡大に向けては、セメント全体の生産量が減少する見通しの中で、現行の供給・物流拠点等の集約化も想定し、関係業界の意向等も踏まえ、実際の生産拠点や供給拠点を想定した供給実証等を行い、生産拠点や物流拠点の機能分担の可能性検討をはじめとして、実際のサプライチェーンにおける課題抽出及び課題解決のための実証的検討の必要性が有識者からは指摘されている。

この点については、上述のような実証的検討は、後述するセメントの流通品種の検討や新しい混合セメントのあり方等とも密接に絡んでおり、また、CO<sub>2</sub>削減の観点からは、例えば、長距離輸送によるエネルギー消費・CO<sub>2</sub>排出を差し引いた正味の効果を勘案しつつ、高炉や石炭火力発電所、混合セメント生産工場から遠隔地への供給体制構築のあり方の検討も必要になると考えられる。

<参考図>

混合セメント供給・流通体制(サプライチェーンイメージ)



○展開が期待される事項【自主的取組手法】

- ・ 生コンにおける混和材の使用拡大の可能性検討
- ・ サプライチェーンにおける課題の実証的検討

## 5.2.4 方向4 混合セメントの普及拡大に向けた基盤整備

### (1) 方向性の概要

過年度調査で示した施策例について、一部実行に移されたものもあるが、多くは十分に展開できていない側面もあり、こうした状況の本質的な課題をみると、将来のセメントの流通品種のあり方を含め、普通ポルトランドセメントの少量混合成分拡大の可能性、将来のセメント強度水準など、慎重な議論を要する課題も多い。

このことを踏まえると、今後の混合セメントの普及拡大に向け、短期、中・長期の両方を睨みながら、その推進基盤を整えていく必要がある。

### (2) 具体的方策例

#### 1) 混合セメントの普及推進体制の構築

混合セメントの普及拡大に向けた基盤整備のひとつとして、まず、普及推進体制の構築が挙げられる。

本調査では混合セメントの普及拡大に向けた方向と各対策例を示しているが、この調査・検討が一過性のもので終わらず、継続的にフォローアップされることが望ましい。そのフォローアップは、状況の変化に応じた方向性の確認や対策の具体的検討の進捗管理等を通じて、実際の対策実行につなげていくことを目的とする。こうした一連の作業を継続していくことが真の混合セメントの普及拡大につながるものである。

こうした取組は業界横断的に行うことが望ましく、今回調査の検討メンバーを中心としたフォローアップ体制を構築し、今回示された方向と各対策について、具体的に検討・実施を進めていくことが期待される。

また、フォローアップを実施していく過程で、現行の業界の体制では混合セメント普及の継続的な実施が難しいことも十分に想定されることから、普及を推進する強力な体制を構築していくことも必要になる。

#### ○展開が期待される事項【自主的取組手法】

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>・ 今回調査で示した方向・施策のフォローアップ体制の構築</li><li>・ 混合セメント普及推進体制の検討</li></ul> |
|--|

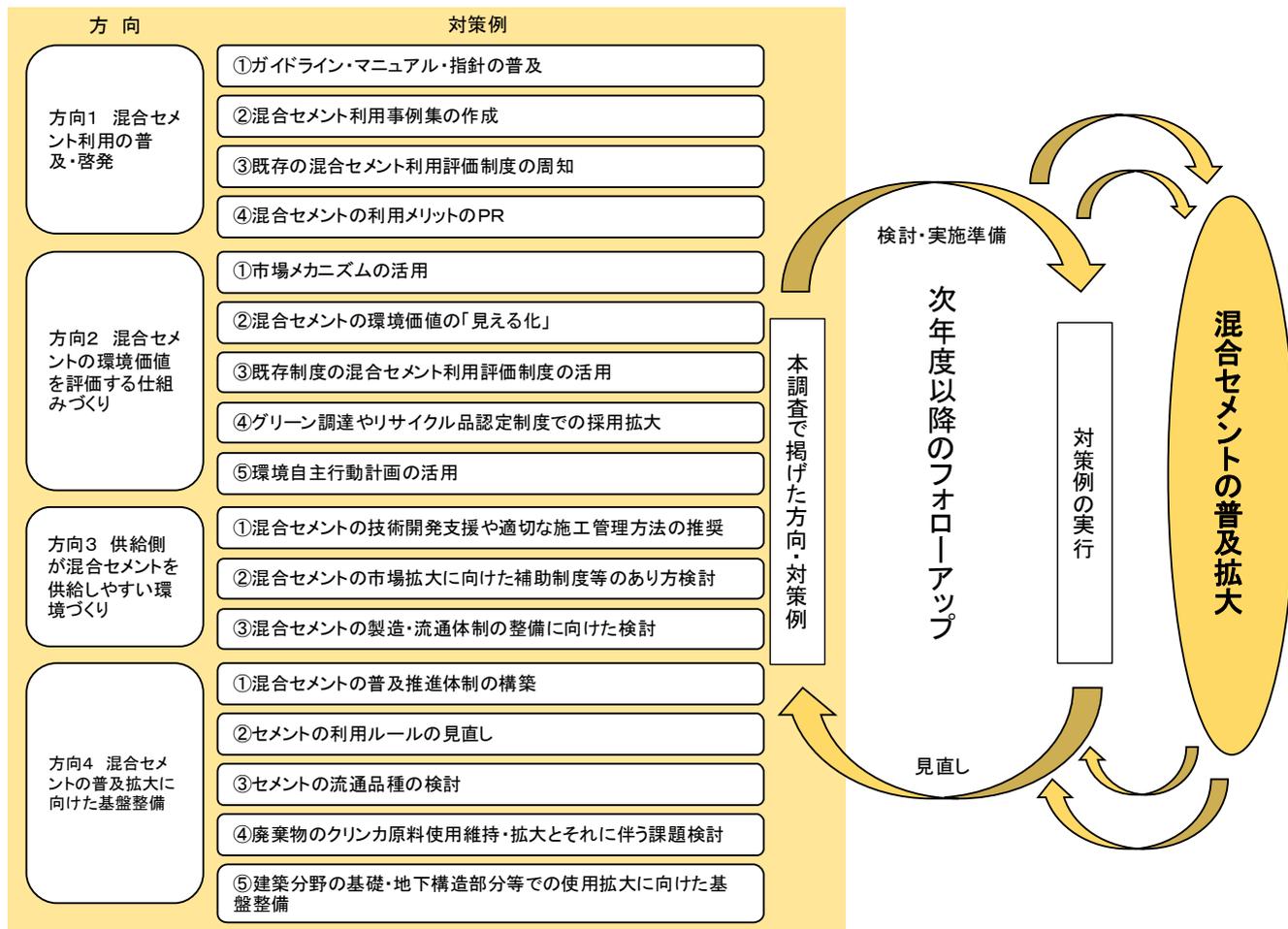


図 5-2-9 混合セメントの普及推進のイメージ

## 2) セメントの利用ルールの見直し

将来の混合セメント利用普及の拡大について、ヒアリングやアンケート結果から、例えば、普通ポルトランドセメントの少量混合成分の現状値5%を10%に引き上げ、ここに高炉スラグやフライアッシュ、石灰石微粉末等を添加するといった少量混合成分を拡大すれば、これらを薄く広く使用することにより、CO2削減に大きく寄与できるといった提案がある。これと類似する提案として、CO2削減の観点から、現行の普通ポルトランドセメントの規格を、現行の混合セメントA種相当に変更するなど、セメントのデファクトスタンダード（事実上の標準）をシフトすべきといった提案である。

また、これに付随して、第3章で示したように、日本では混合セメントの使用量が全体の約2割にとどまっているのに対して、EUでは混合セメントが全体の7割を占めている。中長期的に、良好な社会基盤整備と社会経済の持続可能性を確保するため、日本と欧米との環境・社会・経済・天然資源等の状況の違いを踏まえつつ、セメントの品質が過剰なスペックとなっている部分がないか、再検討することも必要と考えられる。

こうした提案は、現行のセメント利用ルールの抜本的見直しに繋がる手法であり、実際にこの提案を実効性のある施策や取組みにするには、JISの規格改正も含めた関連制度の大幅な見直しやセメントの強度水準の検討や検証、生産・供給システムの変更、セメント使用側の建設

基準の緩和等々の課題対応が必要になると考えられる。当該事項についての本格的な検討には期間も費用も要することから、本調査では、検討会の議論や関係者の意見等を踏まえて大きくは取り扱うことはしないが、近い将来には、国や業界等が主導的に関わり、関係者間の合意形成をはかりながら、この課題を議論（検証）していく必要がある。

○展開が期待される事項【規制的手法（枠組規制）】

- ・ 普通ポルトランドセメントの少量混合成分拡大の可能性検討
- ・ セメントのデファクトのシフト（普通ポルトランドセメントを混合セメント A 種にするなど）の可能性検討

### 3) セメントの流通品種の検討

検討会では、前項の「セメント利用ルールの見直し」と関連するが、需要側の多種多様なニーズに合わせて、セメントの流通品種の多様化に対してどこまで対応できるかといった、将来のセメント品種のあり方への議論（問題提起）がある。現状で流通しているセメントは、普通ポルトランドセメントが 70～80%、高炉 B 種が 20%前後、あとは早強セメント等があり、多品種化すると流通をどうするのか、セメント会社等が保有するサービスステーションのサイロで、どこまで多品種化すれば良いのかという議論である。

現状の生コン工場では、通常、セメントの種類として普通ポルトランドセメントと高炉セメント B 種、早強セメントの 3 種類程度を貯蔵するサイロを保有している。将来、そのどれかを混合材の分量を増した新品种のセメントに変えるという対応（可能性）も考えられるが、セメント製造工場から生コン工場に持ってくるためには中間基地などが必要になり、セメントの流通上の問題としてサービスステーションのサイロ確保等の問題も新たに発生することも想定されるとの指摘もある。加えて、実態として、受入サイロが混和材専用のサイロがないことや、現状の生コンの JIS 規格では、混和材に関しては単独で計量しなくてはならない（専用の計量器設置）などの設備負担の制約や規制面での制約も示唆されている。

本事項についても、本調査の主旨や検討会の議論を鑑みて、大きく取り扱うことはしないが、近い将来には、関係者間の合意形成をはかりながら、現行制度の規制緩和や規制強化、設備補助の可能性も含めて、この課題を検証していく必要があることを付記しておく。

○展開が期待される事項【規制的手法（枠組規制）】

- ・ セメントの流通品種の検討

#### 4) 廃棄物のクリンカ原料使用維持・拡大とそれに伴う課題検討

今後のあるべき方向性として CO2 排出削減の観点から混合セメントの利用拡大は推奨されることになるが、一方、セメント産業では様々な副産物・廃棄物を受入っており、国の基幹産業として循環型社会形成の重要な機能を担っており、将来の混合セメントの使用量の拡大は、現行のセメント産業の副産物・廃棄物の受入機能を圧迫する可能性があることに配慮する必要性がある。この点については、超概算であるが、将来、想定される混合セメントの利用量増大の影響度より、セメント生産量自体が減産の傾向にあることの影響度の方がはるかに大きいとみられる。

将来の廃棄物の排出量動向の予測は難しい面もあり、また、廃棄物全般についても大幅な排出抑制が求められているが、現実的には、大幅な排出削減が見込まれないことも想定する備えは必要である。こうした点からも、セメント側でより多くの廃棄物・副産物が受入可能となる技術開発の促進（廃棄物のクリンカ原料使用維持・拡大）への期待が大きいと考えられる。

今後の混合セメントの普及拡大に向けては、セメント産業の実態面や廃棄物処理産業としての重要な位置付けも配慮しながら、セメント側でより多くの廃棄物・副産物が受入可能となる技術開発の促進を引き続き促進していく必要がある。

また、廃棄物のクリンカ原料の拡大については、単なる技術開発の促進だけではなく、建設・建築サイド側での要求水準の見直しも必要になるケースも想定されることや、前述の将来のセメント利用やセメント品種のあり方の課題とも密接に関係しており、国や民間、研究機関等がそれぞれの立場で主導的な役割を果たし、関係者の合意形成をはかりながら、今後、基準の見直しも含めて総合的な取組みを実施していくことが求められる。

#### ○展開が期待される事項【自主的取組手法】

・ 廃棄物のクリンカ原料使用維持・拡大とそれに伴う課題検討
-------------------------------

#### 5) 建築分野の基礎・地下構造部分等での使用拡大に向けた基盤整備

今後の混合セメントの利用普及拡大に向けては、建築分野において中性化の影響の小さい基礎及び地下部分を中心に、高炉セメントを使用する部位・工種の拡大が進むことが期待されている。

過年度調査の建設事業者向けアンケート結果（複数回答）によれば、建築工事における高炉セメントの採用理由については、「共通仕様書・積算基準等で高炉セメントを使用することとされているから」の回答が建築分野で約 54%、土木工事分野で約 98%であった。こうした点を鑑みると、混合セメント利用の普及拡大には、公共並びに民間における共通仕様書や積算基準への記載効果は高いと考えられる。加えて、民間工事であっても、公共建築工事標準仕様書にならう実態があることについて、検討会の委員からも指摘されている。

また、民間主導での取組みでは、現在、日本建築学会において高炉セメントの使用に係る指針を整備している。これについては、その後、これを受けて JASS5「鉄筋コンクリート工事標準仕様書」を改変し、そして、公共の標準仕様書や積算基準等に反映されるといった段階をふむこともひとつの流れとして示唆されている。

こうした点を鑑みると、まずは、今後、建築分野における混合セメントの普及拡大に向けて、公共と民間が協調しながら、確実にその利用実績を積み上げていくことが重要である。そして、そうした取組みの中で、必要に応じて、規格の統一化・標準化、信頼性等についても慎重に配慮しながら、普及拡大に関する共通仕様書・積算基準等の検討だけでなく、前述のガイドライン（指針）や施工管理の手引き等も含めて、建築分野での普及拡大の基盤づくりに係る検討を継続して取り組むことが期待される。

○展開が期待される事項【自主的取組手法・規制的手法（直接規制）】

- |                                      |
|--------------------------------------|
| ・ 建築分野での普及拡大の基盤づくりに係る公共並びに民間での継続的な検討 |
|--------------------------------------|

＜今後の混合セメントの普及拡大方策＞

普及拡大の方向性 (方針・推進戦略)	全般的な問題認識	具体的方策(例)	対象	区分	時期	主体	個別課題等
方向1 混合セメント利用の普及・啓発 <b>【利用側への普及・啓発】</b>	□ 環境配慮要請の強まりを背景として、大手ゼネコンの混合セメントを活用した環境負荷低減コンクリート開発の動きが活発である。しかし、利用側にはそうした情報・意識が十分に浸透していない。	① ガイドライン・マニュアル・指針の普及 →混合セメントの利用先や利用方法をまとめたガイドライン等を普及 →コンクリート工事の適切な管理に係る普及・啓発	施主	自主的取組手法	短・中期	民	学会・関係団体等との連携
		② 混合セメント利用事例集の作成 →混合セメントの利用事例をまとめた冊子を作成	全体	情報的手法	短期	民	既存の動きとの連携
		③ 既存の混合セメント利用評価制度の周知 →CASBEE(建築環境総合性能評価システム)における混合セメント使用評価等の利用側への周知 →低炭素建築物認定制度における混合セメント使用評価等の周知	全体(建築等)	情報的手法	短・中期	官及び民	周知方法の検討
		④ 混合セメントの利用メリットのPR →ガイドライン・マニュアル・指針や事例集の周知 →混合セメントの利用拡大を掲げる企業を紹介	全体	情報的手法	短・中期	官及び民	学会・関係団体等との連携
方向2 混合セメントの環境価値を評価する仕組みづくり <b>【利用側へのインセンティブの付与】</b>	□ 混合セメントには環境に優しいという大きなメリットがあるものの、その価値は利用側に十分に意識・認識されていない。このため、混合セメントの環境価値を評価し、利用側に訴えていくことが重要と考えられる。	① 市場メカニズムの活用 →混合セメントの利用をJ-クレジット制度に組み込み、そのCO2価値を認証	施主	経済的手法(市場メカニズムの活用)	短・中期	官	方法論での民の積極的活用
		② 混合セメントの環境価値の「見える化」 →建築物の混合セメント活用状況の表示促進 →環境ラベルとして建築物に混合セメント使用章(環境表示)を創設	施主	情報的手法	中期	民	自治体等との連携
		③ 既存制度の混合セメント利用評価制度の活用 →CASBEE(建築環境総合性能評価システム)を活用し、環境負荷の少ない資機材の使用といった環境配慮の取組み推進 →低炭素建築物認定制度における混合セメント利用の評価の再周知や適正な運用への働きかけ →高炉セメントを、生コン納入書の環境ラベル『メビウスループ』の対象とするようJISを改正 →東京都マンション環境性能表示に混合セメント使用を見える化し、他自治体に拡大	施主	規制的手法(枠組規制)	中期	官及び民	民の主体性の発揮 自治体等との連携
		④ グリーン調達やリサイクル品認定制度での採用拡大 →混合セメント等を利用したプレキャストコンクリート製品などの採用	施主	規制的手法(枠組規制)	中期	官及び民	民の主体性の発揮 自治体等の連携
		⑤ 環境自主行動計画の活用(建設業者・施主・設計事務所等を対象) →計画における混合セメント利用方針の反映促進 →CO2削減効果の計画へのカウント可能性の検討 →環境自主行動計画への利用のPR	全体	自主的取組手法	中期	民	既存の動きとの連携
方向3 供給側が混合セメントを供給しやすい環境づくり <b>【供給側のビジネス支援】</b>	□ 混合セメントの普及利用拡大に向けては、技術開発事業を活発化させることや、補助金導入による市場への喚起等、供給側が市場に供給しやすい環境(供給側のビジネス支援)を整えていくことが重要と考えられる。	① 混合セメントの技術開発支援や適切な施工管理方法の推奨 →混合セメントの技術開発の支援(ひび割れ対策等) →適正な施工管理方法の推奨	建設工事業者 原料供給者等	経済的手法(助成・補助金) 情報的手法	短・中期	官	財源調達 自治体や地方局との連携
		② 混合セメントの市場拡大に向けた補助制度等のあり方検討 →関係者間での補助制度の是非についての検討 →効果的な補助の手法、制度設計	全体	経済的手法(助成・補助金)	中・長期	官	民の主体性の発揮 合意形成 財源調達
		③ 混合セメントの製造・流通体制の整備に向けた検討 →生コンにおける混和材の使用拡大の可能性検討 →サプライチェーンにおける課題の実証的検討	建設工事業者 生コンメーカー セメントメーカー等	自主的取組手法	中・長期	民	既存の動きとの連携
方向4 混合セメントの普及拡大に向けた基盤整備 <b>【体制整備・規制や基準の見直し】</b>	□ 過年度調査で示した施策例について、一部実行に移されたものもあるが、多くは十分に展開できていない側面もあり、このことを踏まえると、今後の混合セメントの普及拡大に向け、短期、中・長期の両方を睨みながら、その推進基盤を整えていく必要がある。	① 混合セメントの普及推進体制の構築 →今回調査で示した方向・施策のフォローアップ体制の構築、→混合セメント普及推進体制の検討	全体	自主的取組手法	短期	官及び民	既存の動きとの連携
		② セメントの利用ルールの見直し →普通ポルトランドセメントの少量混合成分拡大の可能性検討 →セメントのデファクトのシフト(普通ポルトランドセメントを混合セメントA種にするなど)の可能性検討	建設工事業者 セメントメーカー等	規制的手法(枠組規制)	中・長期	官及び民	合意形成
		③ セメントの流通品種の検討	全体	規制的手法(枠組規制)	中・長期	官及び民	合意形成
		④ 廃棄物のクリンカ原料使用維持・拡大とそれに伴う課題検討	セメントメーカー等	自主的取組手法	中・長期	官及び民	合意形成
		⑤ 建築分野の基礎・地下構造部分等での使用拡大に向けた基盤整備 →建築分野での普及拡大の基盤づくりに係る公共並びに民間での継続的な検討	建設工事業者	自主的取組手法・ 規制的手法(直接規制)	中・長期	官及び民	合意形成

## 5. 3 混合セメント利用普及拡大に向けたロードマップの提案

### 5.3.1 利用普及に係る関係者の役割分担イメージ

#### ①セメント業界

セメント業界は、循環型社会形成の中核を担い、多量の副産物・廃棄物の受入れを実施していることから、引き続き、国の基幹産業としての社会的責務を担い、全体の調和を図りながら、混合セメント利用の普及拡大に向けた実践的な取組みを主導的に展開することが期待される。

#### ②生コン業界

生コン業界では、セメント業界や建設業界と連携をはかりながら、品質が管理された混合セメントを用いた生コンクリートを安定的に供給できる生コンの生産・流通システムを継続的に維持していくことが期待される。

#### ③コンクリート二次製品業界

コンクリート二次製品業界では、コンクリート二次製品での混合セメント利用の研究開発を促進し、混合セメントの利用拡大をはかる取組みを実施していくことが期待される。

#### ④鉄鋼業界

鉄鋼業界では、鉄鋼スラグの発生者として発生者責任を担い、品質の安定した素材を提供する。一方では、高炉セメントの生産事業者の側面も有することから、全体の調和に配慮しながら、低炭素型のセメント生産システムを機能させるため、その責務を果たすことが期待される。

#### ⑤電気事業者

火力発電所を保有する電気事業者では、フライアッシュの発生者として発生者責任を担い、品質の安定した素材を提供することが期待される。

#### ⑥建設業界(設計会社や建設コンサルタント等を含む)

ゼネコンのみならず設計会社や建設コンサルタント等を含む建設業界全体では、混合セメントを積極的に利用する基盤整備を建設側として主導的にはかり、関連技術開発の実施を含め、実際の建設工事等で利用する体制を整備する。また、実際の利用者側からの提案(施主への提案や設計への反映を含む)を継続して実施していくことが期待される。

#### ⑦国

必要に応じて、現行制度の規制緩和や新しい制度の創設と関係者の利害の調整を通じて、低炭素型社会形成に向けた混合セメント利用普及拡大に向けた施策づくりや制度設計を率先して行い、引き続き、普及拡大の環境基盤を整備していくことが期待される。

#### ⑧自治体

地域の低炭素化に資する地域産業の活性化を念頭に、リサイクル資材の認定や建築物の安全管理を重点に、国と連携をはかりながら、混合セメントの利用拡大普及の基盤を整備する取組みを実施していくことが期待される。

#### ⑨大学・研究機関

大学・研究機関では、中立公平な立場から、関連する研究開発、関連するガイドラインづくり、環境評価ツールの開発等を進め、課題解決の処方箋を提案していくことが期待される。

### 5.3.2 利用普及拡大に向けてのロードマップ

#### ～混合セメントの普及拡大に向けた取組みの蓄積～

平成 20 年度調査（過年度調査）から約 7 年経過しているが、ゼネコンや大学・研究機関等を中心にした多くの関連技術の開発や実証事業が実施され、先進的な自治体や国土交通省の地方整備局による施工管理ガイドラインづくり、先進自治体でのリサイクル製品認定制度による混合セメントの利用促進、関連学会によるガイドラインの整備など、混合セメントの普及拡大に向けた取組みは醸成されつつある。

#### ～他の副産物・廃棄物とのバランスにも配慮する必要性～

一方、混合セメント利用の普及拡大に向けては、将来のセメント生産量が減産する見通しの中で、セメント産業が受入れている他の副産物・廃棄物とのバランスにも配慮する必要性や、生コンの供給拠点の集約化も踏まえた流通体制の整備が必要になる。加えて、産業廃棄物の排出抑制が求められるなかで、東日本大震災以降のエネルギー事情の変化から大型の石炭火力発電所の増設が多数計画されており、近い将来、こうした発電所由来のフライアッシュが相当量にのぼる可能性がある。

#### ～海外の混合セメント利用の潮流～

転じて、海外の混合セメント利用状況をみると、各国のセメント/クリンカ比の状況、セメントイニシアチブなどにみる海外のセメント産業における CO2 排出削減トレンドなどを踏まえると、近い将来、現行のセメント利用のルールの抜本的な見直しを見据えて、例えば、普通ポルトランドセメントの少量混合成分拡大の可能性検討などの議論が必要になっていくと考えられる。

#### ～多種・多様のステークホルダー～

混合セメント普及拡大に向けた課題を俯瞰すると、その関係者は、発注者、設計者、元請建設事業者、下請建設事業者、素材供給者、鉄鋼メーカー、電力事業者、セメントメーカー、生コン業者、使用者（ユーザー）、自治体、国、大学・研究機関と多岐にわたり、それぞれのステークホルダーの利害が複雑に絡みあい、その問題を複雑化している側面もある。

#### ～混合セメント普及拡大に向けた4つの推進の方向性～

本調査では、過年度調査（平成 20 年度）の検討も踏まえ、限られた期間の中で、ヒアリングやアンケート調査、検討会での議論をとおして、その実態把握や関係者の意向や提言、課題認識等を中心にまとめ、前節で示したように、今後の混合セメントの普及拡大に向けた方向性として、①利用側への普及・啓発、②利用側へのインセンティブ付与、③供給側のビジネス支援、④これらを推進する基盤整備の4つの視点で整理している。

実際の施策展開にあたっては、各関係者の自主性・主体性を阻害しないことに十分に留意することが必要となるが、本調査のまとめの成果（提案）として、2030 年度までの混合セメント

利用普及拡大に向けたロードマップを以下に提示する。

なお、本ロードマップは、現時点での認識に基づいて大胆に設定している面があり、必要に応じて、関係者の連携・協働により、適宜、修正し、より実践的な推進方策になることが期待される。

### ～混合セメント普及拡大に向けたロードマップ～

混合セメントは 2013 年度に全セメント使用量 62 百万トン中 13.8 百万トンの利用量であり、2030 年度には全セメント使用量 56 百万トン中 14.3 百万トンの利用量になると推計している。この数値を利用率で見ると、2013 年度から 2030 年度にかけて 23%から 26%への上昇と計算され、建築分野をはじめ、各分野で混合セメントの利用拡大を進めていくことが必要と考えられる。

こうしたなか、混合セメントの普及拡大方策として、その利用の普及・啓発は早期に着手し、2020 年度を目処に混合セメントの利用メリットや利用方法に関する情報が広く浸透している状況としていくことが望まれる。

また、混合セメントの環境価値を評価するしくみづくりを官の後押しによる民の主体性の発揮により進めていくことも求められ、次年度から開始される J-クレジット制度を除く各種制度が、2020 年度を目処に検討から実施段階に移されていることが期待される。

さらに、供給側が混合セメントを供給しやすい環境づくりについて、その技術開発支援や適切な施工管理の推奨を引き続き進めていくとともに、市場拡大に向けた支援制度の是非や製造・流通体制整備のあり方についても、業界構造や業界の事情を踏まえつつ、CO2 削減の観点から綿密な検討を進めていく必要があると考えられる。

そして、混合セメントの普及拡大の基盤整備として、セメントの利用ルール、流通品種、廃棄物のクリンカ原料の維持・拡大、建築分野での普及拡大の基盤づくり等の利用促進の抜本的な課題について、上記のサプライチェーンのあり方とともに業界での可能性検討と官と民の間での活発な議論を行い、混合セメントの利用促進を前に進めてくことが期待される。その際には、本調査で提言した方向・施策例が次年度から検討され、軌道にのるよう普及推進体制を構築し、官と民が連携して混合セメントの普及拡大を進めていけるよう両者が相互に協力・協調し、CO2 削減に向けて着実に歩みを進めていくことが重要と指摘できる。

現状(2013年)の混合セメント生産量 13,788千トン  
 混合セメント利用率:22.1%  
 2013年で約69万t-CO2削減(1990年比)



将来(2030年)の混合セメント生産量推計値 14,270千トン  
 混合セメント利用率:25.7%  
 約束草案の目標年度2030年度  
 約100万t-CO2削減(1990年比)

**(1) 混合セメント利用の普及・啓発 【利用側への普及・啓発】**

- ①ガイドライン・マニュアル・指針の普及
- ②混合セメント利用事例集の作成
- ③既存の混合セメント利用評価制度の周知
- ④混合セメントの利用メリットのPR

**(2) 混合セメントの環境価値を評価する仕組みづくり 【利用側へのインセンティブの付与】**

- ①市場メカニズムの活用  
→Jクレジット制度
- ②混合セメントの環境価値の「見える化」
- ③既存制度の混合セメント利用評価制度の活用
- ④グリーン調達やリサイクル品認定制度での採用拡大
- ⑤環境自主行動計画の活用

**(3) 供給側が混合セメントを供給しやすい環境づくり 【供給側のビジネス支援】**

- ①混合セメントの技術開発支援や適切な施工管理方法の推奨
- ②混合セメントの市場拡大に向けた補助制度等のあり方検討
- ③混合セメントの製造・流通体制の整備に向けた検討

**(4) 混合セメントの普及拡大に向けた基盤整備 【体制整備・規制や基準の見直し】**

- ①混合セメントの普及推進体制の構築/情報プラットフォーム構築
- ②セメントの利用ルールの見直し  
→OPCの少量混合成分拡大の可能性検討  
→セメントのデファクトのシフト検討
- ③セメントの流通品種の検討
- ④廃棄物のケムカ原料使用維持・拡大とそれに伴う課題検討
- ⑤建築分野の基礎・地下構造部分等での使用拡大に向けた基盤整備  
→建築分野での普及拡大の基盤づくりに係る公共並びに民間での継続的な検討

-現状-

2020年

2030年

図 5-3-1 混合セメント利用普及拡大に向けてロードマップ

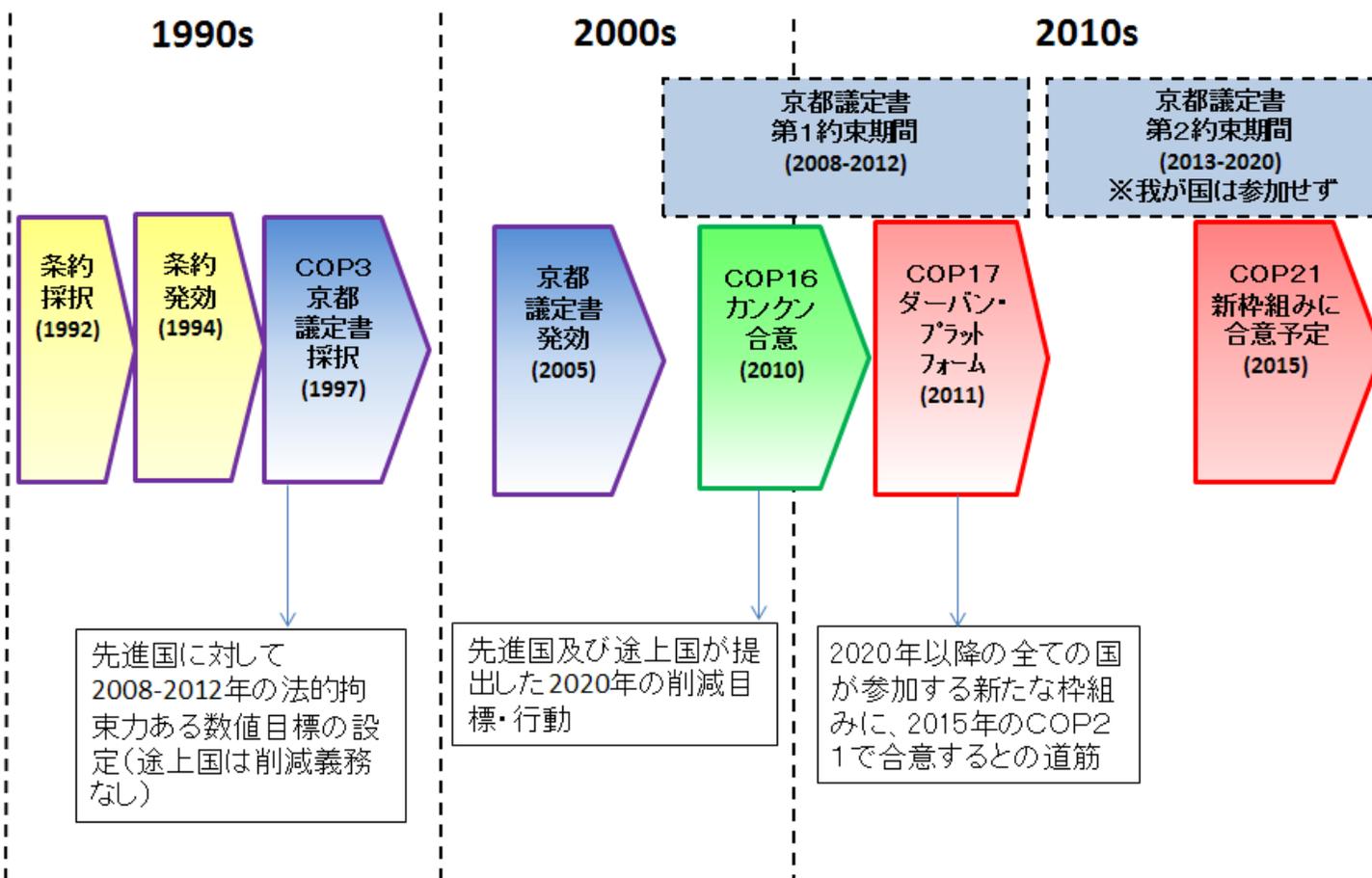
# 参 考 资 料



## 1. 気候変動に関する国際交渉の経緯

# 気候変動に関する国際交渉の経緯

COP(気候変動枠組条約締約国会議)が毎年年末に開催され、国際合意が積み重ねられている。

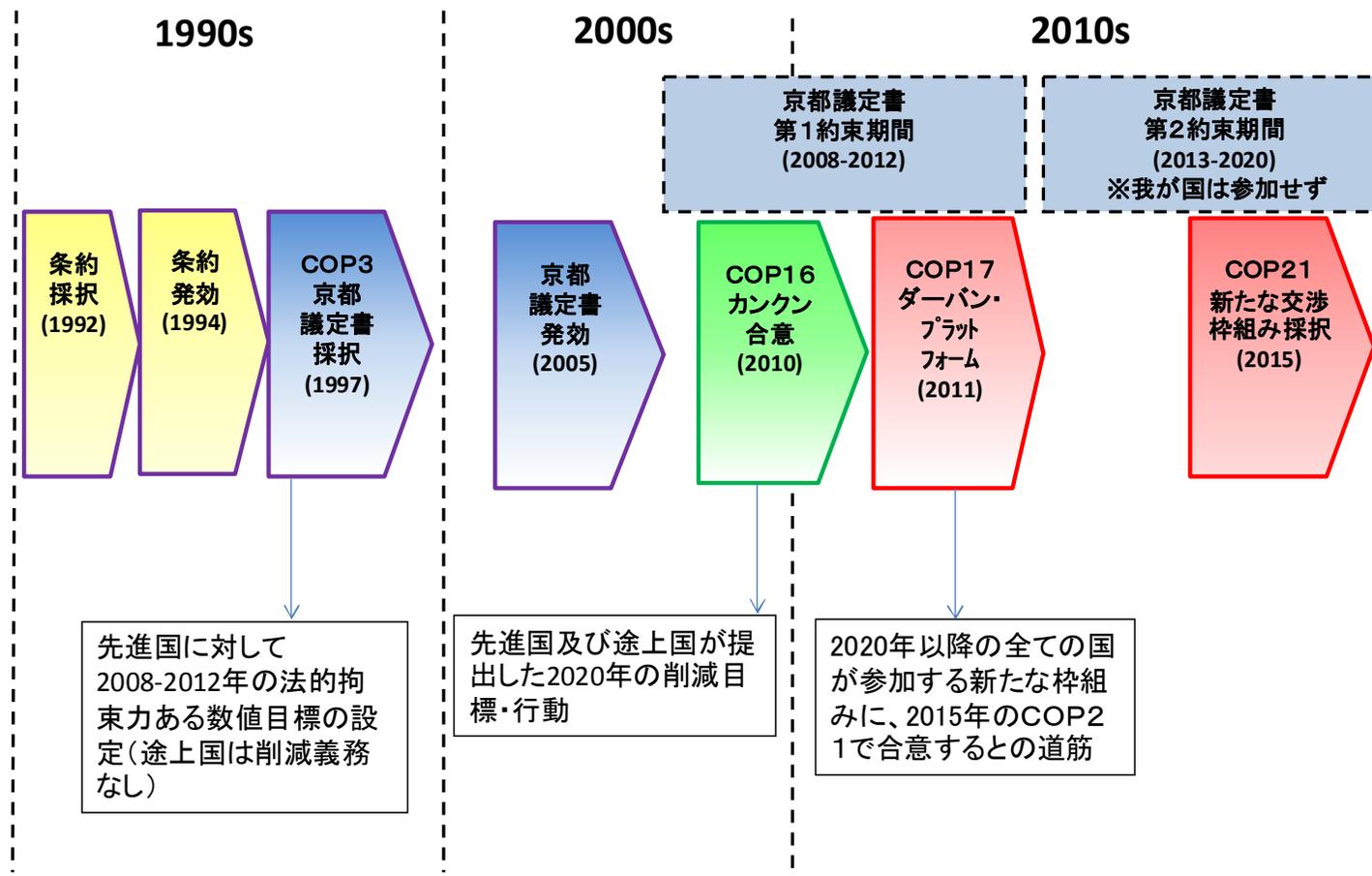


出典) 環境省地球環境局資料

## 2. 日本の約束草案：2030年度の温室効果ガス排出削減目標

# 気候変動に関する国際交渉の経緯

COP(気候変動枠組条約締約国会議)が毎年年末に開催され、国際合意が積み重ねられている。



出典) 環境省地球環境局資料

### 3. 最近の低発熱高炉セメントB種の使用実績

表 最近の低発熱高炉セメントB種の使用実績

工事名	施主	竣工年	使用部位	コンクリート量(m <sup>3</sup> )
広島南道路観音東改良第9工事	国交省中国地方整備局 広島国道事務所	H26	U型擁壁 L型擁壁	3,800
新名神高速道路 道場トンネル工事 のうち付帯橋脚工事	西日本高速道路	H26	橋脚	1,700
三次市三次水質管理センター建設工事その6	三次市 日本下水道事業団	H26	貯水池	1,000
(仮称) 安川電機 八幡西事業所 再配置計画 (本社棟)	民間	H26	耐圧版 地中梁	4,600
多岐朝山道路口田儀第4高架橋下部第3工事	国交省中国地方整備局 松江国道事務所	H26	深礎杭	1,500
水島港水島玉島地区臨港道路(水島側) 橋梁下部工事	国交省中国地方整備局 本局港湾部	H26	橋脚	400
水島港水島玉島地区臨港道路(渡河側) 橋梁下部(その6、7)	国交省中国地方整備局 本局港湾部	H26	橋脚	1,900
水島港水島玉島地区臨港道路(玉島側) (陸上部)橋梁下部工事(その2)	国交省中国地方整備局 本局港湾部	H26	橋脚	400
水島港水島玉島地区臨港道路(玉島側) 橋梁下部工事(その2)	国交省中国地方整備局 本局港湾部	H26	橋脚	400
H24・H25圏央道桶川インターCランプ橋下部工事	国土交通省 関東地方整備局	H26	基礎	1,500
中央環状線品川線シールドトンネル(北行)工事	首都高速道路	H26	スラブ・底版 側壁	27,000
横浜港臨港道路南本牧	国土交通省 関東地方整備局	H26	基礎	6,300
横浜港臨港道路南本牧	国土交通省 関東地方整備局	H26	基礎	1,600
YK43工区(F2)連絡路)	首都高速道路	H26		200
浜岡原子力発電所高台淡水槽工事	中部電力	H26	基礎	4,800
右岸流域処理場(川越)合流改善雨水滞水池外 築造工事	埼玉県 下水道局	H26		9,200
芝浦水再生センター雨天時貯水池	東京都 下水道局	H26	基礎	16,000
横浜港南本牧地区コンテナ	国土交通省 関東地方整備局	H26		2,800
扇島パワーステーション3号機増設工事	民間	H26	基礎	3,300
十国トンネル	県北農林事務所	H26		2,200
レッドウッド佐倉	民間	H26		15,500
星川雨水調整池築造工事 その2	横浜市 環境創造局	H26		25,000
横浜港臨港道路南本牧	国土交通省 関東地方整備局	H26	基礎	4,550
薬院新川幹線築造工事	福岡市 道路下水道局	H27	立坑	900
戸畑枝光線(牧山枝光間)橋梁基礎工工事(26-8)	北九州市	H27	橋脚	1,500
圏央道 桶川第5高架橋(下部工)工事	国土交通省 関東地方整備局	H27	底板	17,000

出典) 鉄鋼スラグ協会資料

## 4. 混合セメントの使用状況・課題等に関するアンケート調査票（建設事業者向け）

## I. 貴社の概要と混合セメント使用の概況

問 I-1. 貴社の概要を下欄にご記入下さい。選択肢がある場合はあてはまる記号に○を付けてください。

(1)会社名		
(2)回答者の部署・ 役職・氏名・連絡 先	TEL: _____ FAX: _____ E-Mail: _____	
(3)業種 (複数回答可)	a. 土木工事業 c. 専門工事業(コンクリート工事) e. その他 (具体的には: _____)	b. 建築工事業 d. 専門工事業(コンクリート工事以外)
(4)資本金規模	a. 5,000 万円以下 c. 1 億円超～3 億円以下 e. 10 億円超～50 億円以下 g. 100 億円超～500 億円以下	b. 5,000 万円超～1 億円以下 d. 3 億円超～10 億円以下 f. 50 億円超～100 億円以下 h. 500 億円超
(5)従業員数規模 (単体)	a. 20 人以下 c. 101 人以上～300 人以下 e. 1,001 人以上～5000 人以下	b. 21 人以上～100 人以下 d. 301 人以上～1000 人以下 f. 5,000 人超
(6)グループ企業	a. 生コンクリート製造業を営むグループ企業がある (企業名: _____) b. コンクリート製品製造業を営むグループ企業がある (企業名: _____) c. 上記のいずれにも該当しない	
(7)回答いただく方 の業務分野	a. 土木 b. 建築 c. 土木・建築両方	

問 I-2. 混合セメント(を用いた生コンクリート)を建設資材として使用していますか?セメントの種類ごとにa～eから1つずつ選んで該当欄に○を記入してください。

	高炉 B種	その他の混合セメント					その 他
		高炉 A種	高炉 C種	フライッ シュA 種	フライッ シュB 種	フライッ シュC 種	
a. 年間を通じて、様々な構造物の部位 に使用している							
b. 年間を通じて、一部の構造物の部位 に限って使用している							
c. 季節的・地域的に限定されるが、様々 な構造物の部位に使用している。							
d. 季節的・地域的に限定され、一部の 構造物の部位に限って、使用してい る							
e. 当該セメントは使用していない							

## Ⅱ. 建築工事における混合セメント使用について 建築工事に関わる事業者の方はご回答ください

問Ⅱ-1 建築工事の場合、下表(1)～(11)の部位・工種に高炉セメントは使用可能だと思われますか？また使用実績はありますか？下表のa～fから1つずつ選んで該当欄に○をご記入ください。

	a.高炉セメントが使用可能で通常使用されている	b.高炉セメントが使用可能で一部で使用実績がある	c.高炉セメントが使用可能だが使用実績はない	d.高炉セメントの使用可能性はあるが要検討	e.高炉セメントの使用は適さない	f.当該工種の施工自体がない
(1)地盤改良						
(2)捨てコンクリート						
(3)場所打ち杭						
(4)連続地中壁						
(5)基礎・耐圧版						
(6)地中梁						
(7)ラップルコンクリート						
(8)RC 擁壁						
(9)鋼管充填コンクリート						
(10)上部構造						
(11)その他						

問Ⅱ-2 「a.通常使用されている」または「b.一部で使用実績がある」場合、高炉セメントを採用される理由は何ですか？以下から選んで○をつけてください。(複数回答可)

<p>a. 高炉セメントの特性を活かせるから (アルカリ骨材反応の抑制効果や塩害の抑制効果など)</p> <p>b. コスト削減につながるから (普通ポルトランドセメントと比べて価格が安価)</p> <p>c. 環境負荷低減につながるから (鉄鋼スラグやフライアッシュなど再生資源を使用している点を評価)</p> <p>d. 環境負荷低減につながるから (セメント生産工程での省エネ・CO2 排出削減効果を評価)</p> <p>e. 共通仕様書・積算基準等で高炉セメントを使用することとされているから</p> <p>f. これまでに施工実績があり特段の問題を生じていないから</p> <p>g. その他 ( )</p>
---

問Ⅱ-3 「a.通常使用されている」または「b.一部で使用実績がある」場合、高炉セメントを使用したことで問題が発生したことはありますか？以下から選んで○をつけてください。(複数回答可)

<p>a. 特に問題なし</p> <p>b. 建築物の品質面で問題が生じた (具体的には… _____)</p> <p>c. 工期または費用面で問題が生じた (具体的には… _____)</p> <p>d. その他 ( _____)</p>
--

問Ⅱ-4 「d.使用可能性はあるが要検討」または「e.使用は適さない」場合、高炉セメントを使用可能と言い切れない理由は何ですか？以下から選んで○をつけてください。(複数回答可)

- |   |
|---|
| <p>a. 普通ポルトランドセメントと比べて中性化速度がやや速く、耐久性に不安があるから</p> <p>b. 普通ポルトランドセメントと比べて初期強度が小さく、やや長い養生期間を要するから</p> <p>c. 普通ポルトランドセメントと比べてひび割れが生じやすいように思われるから</p> <p>d. 普通ポルトランドセメントと比べて価格が高いまたは同等で、コストメリットがないから</p> <p>e. 普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートと色が異なるから</p> <p>f. 近隣では高炉セメント（または高炉セメントを使用した生コンクリート）の調達が困難だから</p> <p>g. 共通仕様書・積算基準等でポルトランドセメントを使用することとされているから</p> <p>h. これまでに施工実績がないから</p> <p>i. その他 ( )</p> |
|---|

問Ⅱ-5. 上記のような混合セメントの課題を解決された事例があれば教えてください。

対応課題(該当記号に○)	解決事例
a b c d e f g h i	
a b c d e f g h i	

問Ⅱ-6 建築工事における混合セメント(または混合セメントを使用した生コンクリートや二次製品)の調達・使用実績について、お分かりになる範囲で、データがある直近の年度の値をお答えください。

		平成__年度実績
セメントとして (固化材含む)	セメントの総使用量	約 t
	うち、混合セメントの比率(概数)	約 %
生コンクリート として	生コンクリートの総使用量	約 m <sup>3</sup>
	うち、混合セメントを用いた生コンクリートの比率(概数)	約 %
コンクリート二 次製品として	コンクリート二次製品の総使用量	約 t
	うち、混合セメントを用いたコンクリート二次製品の比率(概数)	約 %

問Ⅱ-7 建築工事の委託先選定に当たり、建築物総合評価制度(CASBEE)等により、建築物の環境性能に係る提案・届出を求められたことはありますか？(1つに○)

- |  |
|--|
| <p>a. 環境性能に係る提案実績があり、混合セメントの使用も盛り込んだ</p> <p>b. 環境性能に係る提案実績はあるが、混合セメントの使用を盛り込んだことはない</p> <p>c. 建築物総合評価制度等による提案・届出の経験はない</p> |
|--|

### Ⅲ. 土木工事における混合セメント使用について 土木工事に関わる事業者の方はご回答ください

問Ⅲ-1 下表(1)～(28)の部位・工種に高炉セメントは使用可能だと思われますか？また使用実績はありますか？下表のa～fから1つずつ選んで該当欄に○をご記入ください。

	a. 高炉セメントが使用可能で通常使用されている	b. 高炉セメントが使用可能で一部で使用実績がある	c. 高炉セメントが使用可能だが使用実績はない	d. 高炉セメントの使用可能性はあるが要検討	e. 高炉セメントの使用は適さない	f. 当該工種の施工自体がない
(1)均しコンクリート						
(2)側溝						
(3)管渠						
(4)重力式擁壁						
(5)重力式橋台						
(6)法枠						
(7)護岸基礎						
(8)笠コンクリート						
(9)帯コンクリート						
(10)集水枡						
(11)RC 擁壁						
(12)トンネルライニング						
(13)半重力式橋台・擁壁						
(14)波根固ブロック						
(15)暗渠						
(16)共同溝						
(17)地下道						
(18)函渠						
(19)ケーソン基礎中詰						
(20)水中コンクリート						
(21)場所打ち杭						
(22)深礎杭						
(23)水叩						
(24)ダム						
(25)護岸						
(26)舗装						
(27)港湾工事一般						
(28)その他						

問Ⅲ-2 「a.通常使用されている」または「b.一部で使用実績がある」場合、高炉セメントを採用された理由は何ですか？以下から選んで○をつけてください。(複数回答可)

a. 高炉セメントの特性を活かせるから (アルカリ骨材反応の抑制効果や塩害の抑制効果など) b. コスト削減につながるから (普通ポルトランドセメントと比べて価格が安価) c. 環境負荷低減につながるから (鉄鋼スラグやフライアッシュなど再生資源を使用している点を評価) d. 環境負荷低減につながるから (セメント生産工程での省エネ・CO2 排出削減効果を評価) e. 共通仕様書・積算基準等で高炉セメントを使用することとされているから f. これまでに施工実績があり特段の問題を生じていないから g. その他 ( )
--

問Ⅲ-3 「a.通常使用されている」または「b.一部で使用実績がある」場合、高炉セメントを使用したことで問題が発生したことはありますか？以下から選んで○をつけてください。(複数回答可)

a. 特に問題なし b. 構造物の品質面で問題が生じた (具体的には… _____) c. 工期または費用面で問題が生じた (具体的には… _____) d. その他 ( _____ )
--

問Ⅲ-4 「d.使用可能性はあるが要検討」または「e.使用は適さない」場合、高炉セメントを使用可能と言い切れない理由は何ですか？以下から選んで○をつけてください。(複数回答可)

a. 普通ポルトランドセメントと比べて中性化速度がやや速く、耐久性に不安があるから b. 普通ポルトランドセメントと比べて初期強度が小さく、やや長い養生期間を要するから c. 普通ポルトランドセメントと比べてひび割れが生じやすいように思われるから d. 普通ポルトランドセメントと比べて価格が高いまたは同等で、コストメリットがないから e. 普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートと色が異なるから f. 近隣では高炉セメント(または高炉セメントを使用した生コンクリート)の調達が困難だから g. 共通仕様書・積算基準等でポルトランドセメントを使用することとされているから h. これまでに施工実績がないから i. その他 ( )
--

問Ⅲ-5. 上記のような混合セメントの課題を解決された事例があれば教えてください。

対応課題(該当記号に○)	解決事例
a b c d e f g h i	
a b c d e f g h i	

問Ⅲ-6 土木工事における混合セメント(または混合セメントを使用した生コンクリートや二次製品)の調達・使用実績について、お分かりになる範囲で、データがある直近の年度の値をお答えください。

		平成__年度実績
セメントとして (固化材含む)	セメントの総使用量	約 _____ t
	うち、混合セメントの比率(概数)	約 _____ %
生コンクリート として	生コンクリートの総使用量	約 _____ m3
	うち、混合セメントを用いた生コンクリートの比率(概数)	約 _____ %
コンクリート二 次製品として	コンクリート二次製品の総使用量	約 _____ t
	うち、混合セメントを用いたコンクリート二次製品の比率(概数)	約 _____ %

問Ⅲ-7 土木工事の委託先選定に当たり、総合評価方式等により、建築物の環境性能に係る技術提案を求められたことはありますか？(1つに○)

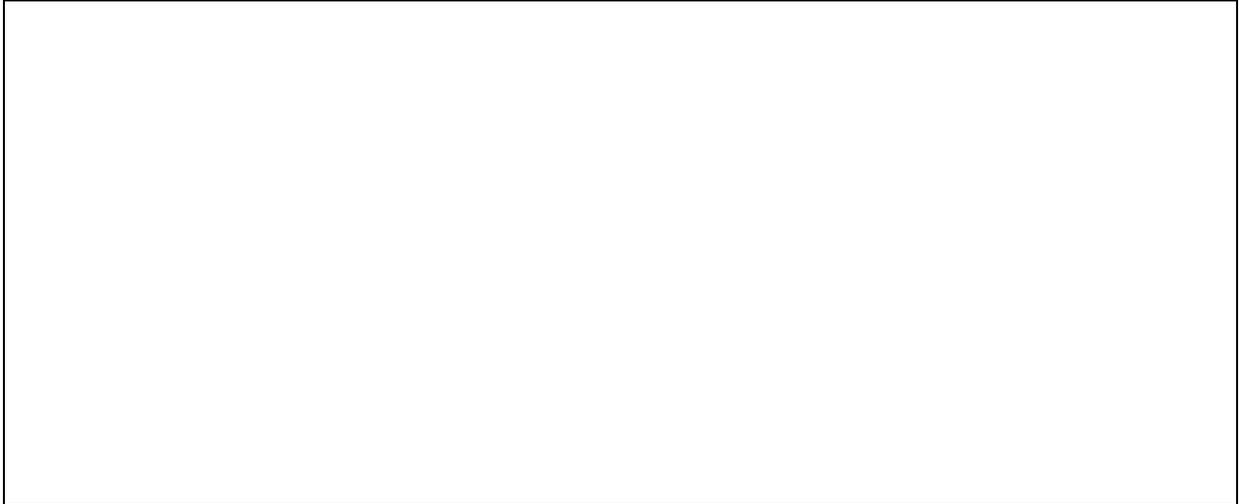
- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 環境性能に係る提案実績があり、混合セメントの使用も盛り込んだ</li> <li>b. 環境性能に係る提案実績はあるが、混合セメントの使用を盛り込んだことはない</li> <li>c. 総合評価方式の経験はあるが、環境性能に関する提案を盛り込んだことはない</li> <li>d. 総合評価方式による技術提案の経験はない</li> </ul> |
|--|

#### IV. 混合セメントの使用拡大の可能性について

問Ⅳ-1 今後、混合セメントの使用拡大を図っていくためには、どのような取組が有効だと思いますか？以下から重要と思われるものを選んで○をつけてください。(複数回答可)

- |   |
|---|
| <p>◆混合セメントの利用促進につながるインセンティブの付与(a~d)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 混合セメントの価格の低廉化</li> <li>b. CO2削減効果の建築物価値を評価するシステム(CASBEEやLEED等)への反映</li> <li>c. CO2削減効果を「見える化」する仕組みの構築</li> <li>d. 積極的な取組を実施している事業者を評価する仕組みづくり</li> </ul> <p>◆混合セメントの技術開発等の促進(e~h)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>e. ひび割れを生じにくい混合セメントの開発促進</li> <li>f. 養生期間を普通ポルトランドセメント並みに短縮できる混合セメントの開発促進</li> <li>g. 混合セメントの普及拡大につながる研究開発への支援</li> <li>h. 混合セメントの建築物への適用支援</li> </ul> <p>◆混合セメントを利用促進につながる環境整備(i~n)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i. 混合セメント利用に向けたガイドライン、マニュアル、指針等の整備</li> <li>j. 建築物の環境価値を評価するシステム(CASBEEやLEED等)の普及拡大</li> <li>k. 普及啓発による混合セメント利用の不安・懸念の解消</li> <li>l. 国や自治体のグリーン調達やリサイクル品認定制度等での採用拡大</li> <li>m. 流通・供給体制の整備に向けた検討</li> <li>n. 環境価値(CO2削減効果)をアピールしやすいデータ整備・広報</li> </ul> <p>o. その他 ( _____ )</p> |
|---|

問IV-2. 混合セメントの利用拡大に向けたご意見等があれば、自由にお書きください。



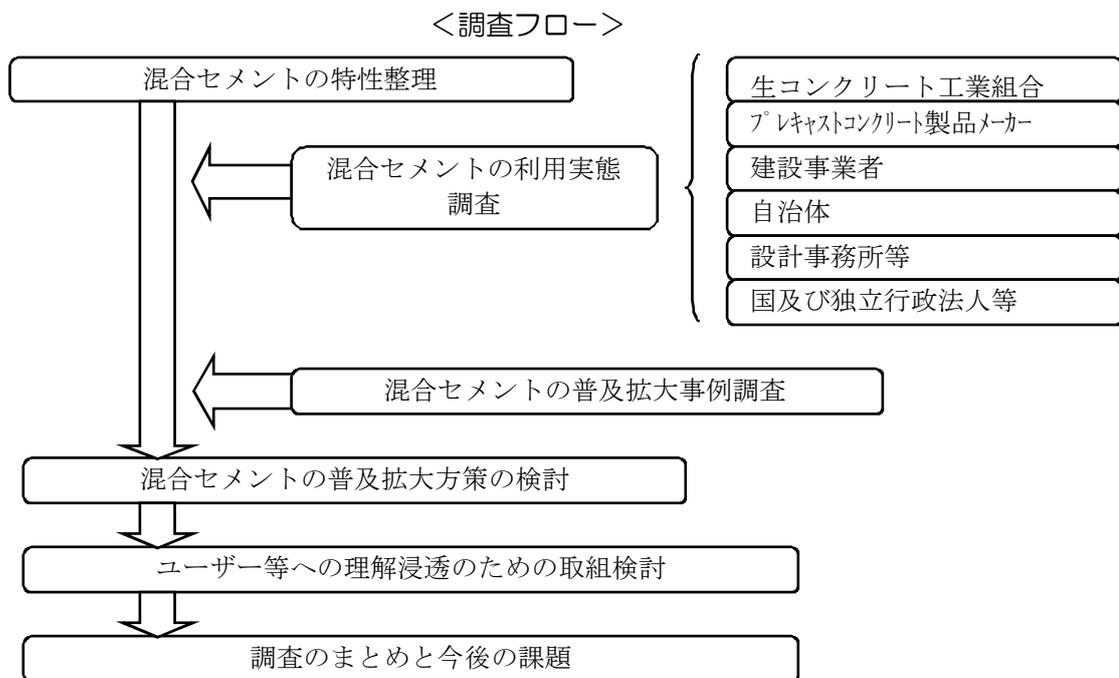
質問項目は以上です。ご協力頂きありがとうございました。

## 5. 平成 20 年度調査結果の概要について (過年度調査結果の概要)

経済産業省委託事業 平成20年度中小企業支援調査  
「セメント産業における非エネルギー起源二酸化炭素対策に関する調査  
ー混合セメントの普及拡大方策に関する検討ー」報告書(概要)

### ○調査の背景・目的・概要

- 混合セメントの特性及び利用実態を把握し、その結果を踏まえて、混合セメントの利用上のボトルネックを明らかにし、効果的かつ効率的な利用拡大方策を検討・提案することにより、京都議定書目標達成計画に織り込まれた数値目標の達成、及び中長期的な視点に立ったさらなる二酸化炭素排出量削減に寄与することを目的とする。



## ○混合セメントの特性と利用状況

- ・ 各種セメントの特性と主な用途を以下に示す。
- ・ 国内で生産・使用される混合セメントのうち 95%以上が高炉セメントであり、その大半は高炉セメントB種である。

## ＜各種セメントの特性と主な用途＞

		特 性	用 途
ポルトランドセメント	普通	一般的なセメント	一般のコンクリート工事
	早強	a. 普通セメントより強度発現が早い b. 低温でも強度を発揮する	緊急工事、冬季工事、 コンクリート製品
	超早強	a. 早強セメントより強度発現が早い b. 低温でも強度を発揮する	緊急工事、冬季工事
	中庸熱	a. 水和熱が小さい b. 乾燥収縮が小さい	マスコンクリート、 遮蔽用コンクリート
	低熱	a. 初期強度は小さいが長期強度が大きい b. 水和熱が小さい c. 乾燥収縮が小さい	マスコンクリート、 高流動コンクリート、 高強度コンクリート
	耐硫酸塩	硫酸塩を含む海水・土壌・地下水・下水等に対する抵抗性が大きい	硫酸塩の浸食を受けるコンクリート
高炉セメント	A種	普通セメントと同様の性質	普通セメントと同様に用いられる
	B種	a. 初期強度はやや小さいが長期強度は大きい b. 水和熱が小さい c. 化学抵抗性が大きい	普通セメントと同様な工事、 マスコンクリート、 海水・硫酸塩・熱の作用を受けるコンクリート、 土中・地下構造物コンクリート
	C種	a. 初期強度は小さいが長期強度は大きい b. 水和発熱速度はかなり遅い c. 耐海水性が大きい	マスコンクリート、 海水・土中・地下構造物コンクリート
フライアッシュセメント	A種 B種	a. ワーカービリティがよい b. 長期強度が大きい c. 乾燥収縮が小さい d. 水和熱が小さい	普通セメントと同様な工事、 マスコンクリート、 水中コンクリート
白色ポルトランドセメント		a. 白色 b. 顔料を用い着色ができる	着色コンクリート工事 コンクリート製品

出典:「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2003」,(社)日本建築学会

注:上表でいう「普通セメント」は「普通ポルトランドセメント」を指している。

近年、混合セメント生産量は減少しているものの、ポルトランドセメントがそれを上回る幅で減少を続けているため、混合セメントの比率はセメント全体の 21%程度で横ばいとなっている。

表 セメント生産動向 [実数(単位:千t/年)]

年度	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 (暦年)
ポルトランドセメント	75,896	72,381	63,380	62,002	60,894	56,534	53,441	51,429	51,149	53,529	54,616	51,383	48,053
混合セメント	18,336	16,938	17,229	17,917	18,426	18,475	17,284	16,677	15,480	16,109	15,198	14,660	14,305
その他のセメント	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	117	141
輸出用 クリンカ等	5,035	3,238	1,960	2,262	3,054	4,110	4,753	5,403	5,052	4,294	3,356	4,440	5,098
合計	99,267	92,557	82,569	82,181	82,374	79,119	75,478	73,509	71,681	73,932	73,170	70,600	67,598

[構成比]

年度	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 (暦年)
ポルトランドセメント	76.5%	78.2%	76.8%	75.4%	73.9%	71.5%	70.8%	70.0%	71.4%	72.4%	74.6%	72.8%	71.1%
混合セメント	18.5%	18.3%	20.9%	21.8%	22.4%	23.4%	22.9%	22.7%	21.6%	21.8%	20.8%	20.8%	21.2%
その他のセメント	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2%	0.2%
輸出用 クリンカ等	5.1%	3.5%	2.4%	2.8%	3.7%	5.2%	6.3%	7.4%	7.0%	5.8%	4.6%	6.3%	7.5%

出典:セメントハンドブック 2008 年度版, (社)セメント協会, 2008 年 6 月 及び経済産業省資料より作成

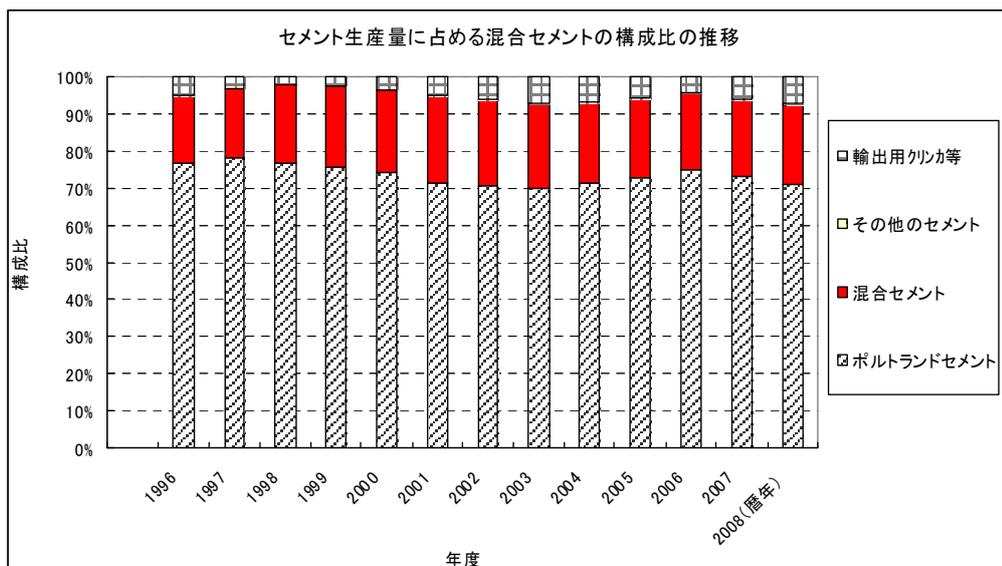


図 セメント生産量に占める混合セメントの構成比の推移

出典:セメントハンドブック 2008 年度版, (社)セメント協会, 2008 年 6 月 及び経済産業省資料より作成

- ・ 代表的な混合セメントである高炉セメントB種は、普通ポルトランドセメントと比べ、次に挙げるメリット/デメリットを持つ。

<メリット>

- (1)耐海水性や化学抵抗性が大きい。
- (2)アルカリ骨材反応の抑制効果がある。
- (3)水密性・耐摩耗性が高い。
- (4)発熱速度が小さい。
- (5)長期強度の増進が大きい。
- (6)地盤改良工事に使用しても六価クロムの溶出が少ない。

<デメリット>

- (1)初期強度の発現が遅い(養生期間が長くなる)。
- (2)中性化速度が若干速い。
- (3)部材寸法や拘束条件、環境条件によってはひび割れ発生が増加する事例報告されている。

- ・ セメントの生産・輸送段階における資源消費及び環境負荷をセメント品種別に見ると、混合セメントは、普通ポルトランドセメントと比べ、環境面で次のメリット/デメリットがある。

<メリット>

- (1)セメント生産時のCO<sub>2</sub>排出量が少ない。
- (2)原料である石灰石や化石燃料など天然資源の使用量が少ない。
- (3)副産物・廃棄物(高炉スラグ、フライアッシュ)が混合材として活用できる。

<デメリット>

- (1)セメント生産時にクリンカの前燃料として使用できる副産物・廃棄物の量が減少する。

- ・ 需要部門別の混合セメント使用状況は、全セメントの需要部門別販売数量（2007 年暦年）をもとに需要部門ごとの高炉セメント使用比率を仮定して推計。

&lt;用途ごとの高炉セメントB種（BB）使用状況（推定）&gt;

用途区分		全セメント 使用量 (百万 t)	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	BB 使用 量(推定) (百万 t)	
建築	基礎・ 地下構造	6	BB 率 20~30%										1~2	
	上部構造	22	BB 率 0%											0
土木	国土交通省 グリーン調達	3	BB 率 94%										2	
	その他 土木	17	BB 率 50~60%											9~10
プレキャスト製品		7	BB 率 約 2%											0
固化材		6	BB 率 20%										1	
輸出		10	BB 率 0%											0
全セメント計		71										高炉セメントB種(BB)計		14

※エックス都市研究所推計

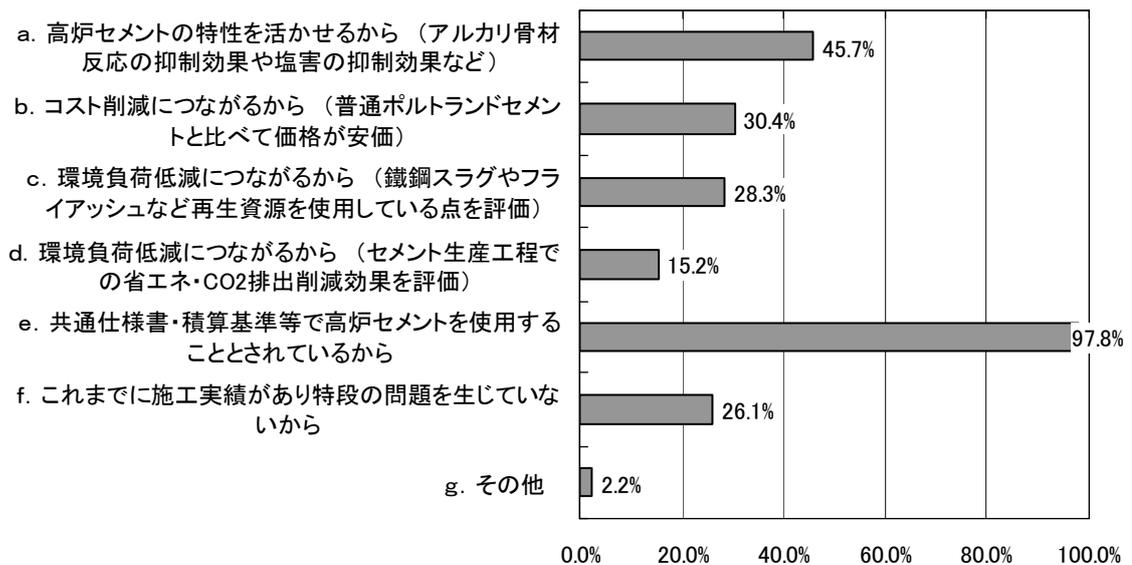
○混合セメントの利用実態調査（アンケート調査結果）

- ・ 生コンクリート工業組合、プレキャストコンクリート製品メーカー、建設事業者、自治体、設計事務所、国・独立行政法人等に対してアンケートを実施。

＜アンケート調査対象及び方法＞

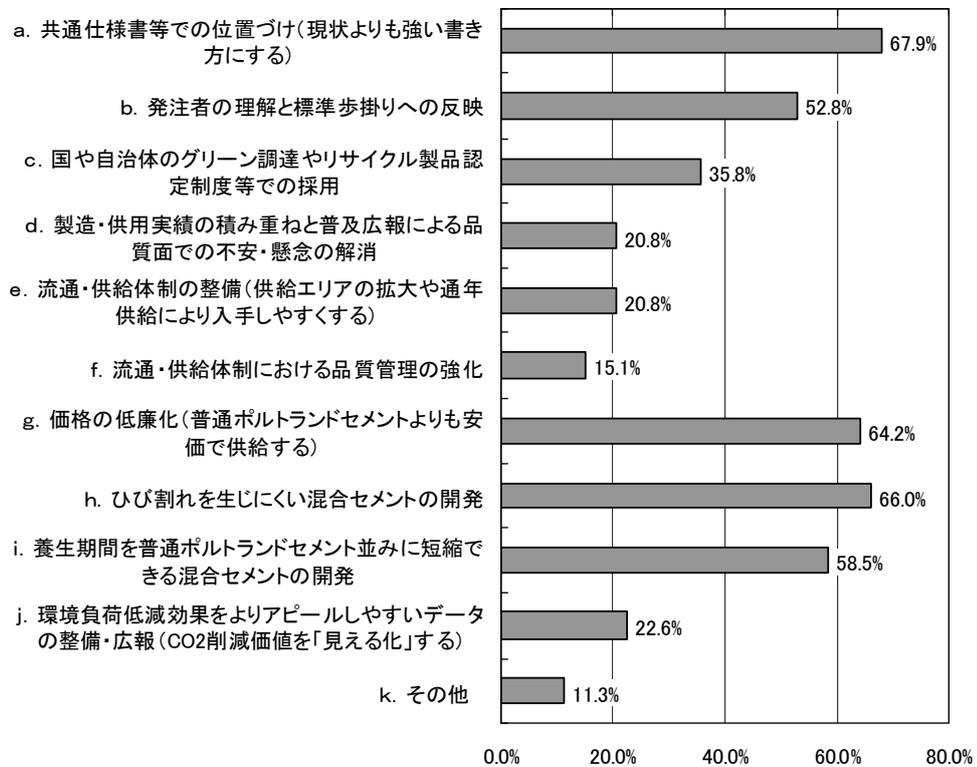
区分	対 象	方法・件数
生コンクリート工業組合	全国生コンクリート工業組合連合会傘下の工業組合 46 件(大阪+兵庫は 1 組合)	「工業組合御中」宛て郵送
プレキャストコンクリート製品メーカー	「コンクリート製品・企業便覧 2008」に掲載されている企業全数 346 件	「対象企業御中」宛て郵送
建設事業者	(社)建築業協会、(社)日本土木工業協会及び(社)日本建設業経営協会の会員企業 計 151 件	「環境担当者様」宛て郵送 (「※内容ご確認のうえ適切な方に回付下さい」とラベルに付記)
自治体	都道府県:47 件 市区町村:1805 件 計 1852 件 ※実施計画書記載(計 2005 件)との差異は合併による減少分	「総務担当者様」宛て郵送 (「※内容ご確認のうえ適切な方に回付下さい」とラベルに付記)
設計事務所	(社)日本建築構造技術者協会(JSCA)賛助会員のうち法人会員(建築設計事務所、ゼネコン設計部門) 約 80 件	JSCA よりメールで発送・回収
国・独立行政法人等	①国・国土交通省 地方整備局: 9 件 ・農林水産省 地方農政局: 8 件 ・林野庁 地方森林管理局: 7 件 (6 件*2(林道・治山)+1=13 件) ②社会インフラの整備・管理に関わる独立行政法人等 ・独立行政法人: 3 件 ・その他: 下水道事業団、高速道路 6 件、JR7 件	国の機関 本委員会委員・オブザーバ等を通じて回付・回収頂く  独法等 グリーン調達担当部署宛て郵送

高炉セメントの採用理由（建設事業者、有効回答数 46 件）＞



- ・ 建設事業者について、高炉セメントを「通常」または「一部」に使用している場合に、その採用理由を尋ねたところ、「共通仕様書・積算基準等で高炉セメントを使用することとされているから」という回答が圧倒的に多く有効回答者の97.8%。

＜混合セメント使用拡大のための条件（建設事業者、有効回答数 53 件）＞



- 建設事業者について「今後、混合セメントの使用拡大を図っていくためには、どのような条件を満たす必要があると思うか」という設問に対して、「共通仕様書等での位置づけ」が最も多くて67.9%、「ひび割れを生じにくい混合セメントの開発」が66.0%、「価格の低廉化」が64.2%。

○混合セメントの普及拡大事例調査

- 下表の①～⑧の事例を調査し、混合セメントの普及拡大方策に関する検討や、ユーザー等への理解浸透のための取組検討に活用。

	土 木	建 築	プレキャストコンクリート製品
規制的手法	・共通仕様書等における混合セメントの標準化	⑥建築物環境配慮制度(東京都)	・東京たまエコセメント製品の認証制度(東京都) ⑦リサイクル製品認定制度等による混合セメント製品の認定・普及促進(北九州市等)
手続的手法	・グリーン調達の目標設定・実績公表(国・独法等)		
情報的手法	①コンクリート構造物ひび割れ抑制対策(山口県) ②普及啓発パンフレット作成、研修会開催等(福島県)		
経済的手法	③フライアッシュの普及拡大支援(A社) ④ // (B社)		
技術的手法	⑤生コンクリート協同組合による混合セメント・混和材使用に係る試験研究(C生コンクリート協同組合) ・生コンクリート協同組合による品質管理徹底及び品質保証		⑧プレキャストコンクリート製品への高炉セメント使用(D社)

○混合セメントの普及拡大方策

- ・ 「普及拡大の視点とターゲット」から見た混合セメント普及拡大の方向性を示し、その概要、具体的方策例、期待される効果と課題を整理。

<混合セメントの普及拡大の方向性>

普及拡大のターゲット		既存の市場への浸透	新たな市場への展開
		普及拡大の視点	
既存の混合セメントのメリットを活かす	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セメント製造時のCO<sub>2</sub>排出が少ない</li> <li>・アルカリ骨材反応の抑制効果がある</li> <li>・水密性、耐摩耗性、耐海水性、化学抵抗性等が大きい 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土木分野では国・自治体等の多くで標準品としての採用進む</li> <li>・ただし工期・予算・気候(寒冷地の冬期施工)等からポルトランドセメントに変更される場合あり</li> </ul> <p>①混合セメントのメリットを活かした適所での活用促進</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現状、建築やプレキャストコンクリート製品分野での使用は限定的</li> <li>・一部の自治体でリサイクル認定制度や各種環境配慮制度に基づく採用も見られる</li> </ul> <p>④建築分野への混合セメントの適用可能性に関する検討</p>
既存の混合セメントの課題を解消軽減する	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初期強度発現が遅く養生に時間がかかる</li> <li>・中性化の進行が若干速い</li> <li>・近年のBBは従来品よりひび割れしやすくなっている 等</li> </ul>	<p>②ひび割れメカニズムの解明と対策検討</p> <p>③長期養生に関する受容体制の促進</p>	<p>⑤混合セメント使用に向けた建設工事受発注者等の動機付け</p>
新たな混合セメントを開発する	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現状のセメント仕様見直しや低発熱型混合セメントへの潜在ニーズ等の可能性</li> </ul>	<p>⑥新たな混合セメントの開発促進</p>	

