

カーボンニュートラル実現に向けた セメントのJIS改正の概要

(一社)セメント協会 規格専門委員会

1. はじめに

日本政府は、2020年10月に「2050年カーボンニュートラル」の実現を目指すことを宣言し、同年12月には「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を閣議決定した。セメント産業では、国の目指す方向性を念頭に置きながら「カーボンニュートラルを目指すセメント産業の長期ビジョン」¹⁾を掲げている(図1)。

セメント産業は国内の製造業の中でも二酸化炭素(以下、CO₂と記載)の排出量が多く、2024年度の排出量は約3,300万tであった。

セメント製造におけるCO₂排出の特徴として、1500℃程度の高温でクリンカーを焼成するために必要な熱エネルギーを多量に消費することに加え、主原料である石灰石の脱炭酸に由来するCO₂排出量(プロセス起源)が全体の6割を占めることである。このプロセス起源のCO₂排出量は石灰石を原料に使わざるを得な

いクリンカー製造では削減手段が限られているため、クリンカー／セメント比の低減が有効な手段の1つである。上述の長期ビジョンでは、2030年にクリンカー／セメント比(国内生産量ベース)を現在の0.85から0.825に低減することを目指しており、これを実行するために今回のJIS改正に取り組んだ。

現在、セメントに関するJISは、表1に示すように9規格が制定されている。今般のセメントJIS改正は、長期ビジョンにおけるクリンカー／セメント比の低減対策を主目的として取り組み、2026年3月23日、セメントの品質規格のうちJIS R 5210、JIS R 5211、JIS R 5212およびJIS R 5213、セメントの試験方法規格のうちJIS R 5201およびJIS R 5203の計6規格が官報公示された。

規格の改正にあたり、当委員会は規格の草案を作成し、技術委員会傘下の専門委員会とともに、JIS改正の内容に対する技術的な調査・検討・試験等を行った。その後、坂井悦郎氏(東京工業大学 名誉教授)を委員長としたJIS原案作成委員会を組織して、JIS原案の検討・作成を行い、日本産業標準調査会に産業標準原案を提出し、JIS改正の申出を行った。

本稿はこれらの6つの規格の改正内容について紹介するものである。

2. 品質規格の改正点

2-1. 品質規格の改正点の概要

今回の改正点の概要とそれに対応するセメントの種

(一社)セメント協会 規格専門委員会

〈委員構成〉

委員長 伊藤貴康 [UBE三菱セメント(株)]

委員 藤澤拓馬 [日鉄高炉セメント(株)]

堀田卓秀 [(株)トクヤマ]

桐野裕介 [太平洋セメント(株)]

國米 敦 [住友大阪セメント(株)]

事務局 谷村 充, 野上 暁, 小林幸一, 蒲生真也
[(一社)セメント協会]

本ビジョンの狙い

わが国の目指すカーボンニュートラルの実現に貢献するため、現時点において、2050年に向けての目指す対策と絵姿をビジョンとして示した。

目指すべき対策の方向と克服すべき課題

- ・ **クリンカー/セメント比の低減** ・原料の低炭素化 ・省エネルギー ・鉱化剤使用等による焼成温度低減
- ・使用エネルギーの低炭素化 ・低炭素型新材料の開発 ・二酸化炭素回収・利用・貯留への取り組み
- ・セメントカーボネーション(セメント水和物の二酸化炭素の固定)
- ・コンクリート舗装の推進による重量車の燃費向上に伴う二酸化炭素低減

目指す対策

(1)プロセス起源二酸化炭素

- ・ **普通ポルトランドセメントの少量混合成分の増量により、クリンカー/セメント比を低減する。**

(2)エネルギー起源二酸化炭素

- ・省エネとエネルギー代替廃棄物の利用拡大を進め、また、**クリンカー/セメント比の低減分のエネルギー使用量削減**が可能。

図1 カーボンニュートラルを目指すセメント産業の長期ビジョン(抜粋)

表1 セメントのJIS規格一覧

品質を規定する規格		試験方法を規定する規格	
● JIS R 5210	ポルトランドセメント	● JIS R 5201	セメントの物理試験方法
● JIS R 5211	高炉セメント	JIS R 5202	セメントの化学分析方法
● JIS R 5212	シリカセメント	● JIS R 5203	セメントの水和熱測定方法(溶解熱方法)
● JIS R 5213	フライアッシュセメント	JIS R 5204	セメントの蛍光X線分析方法
JIS R 5214	エコセメント		

● 印を付した規格が今回改正したもの

表2 品質規格の改正点の概要

箇条	概要	対応するポルトランドセメント					
		普通	早強	超早強	中庸熱	低熱	亜硫酸塩
種類及び構成	少量混合成分 10%以下 (石灰石以外は5%)	○	—	—	—	—	—
品質	強熱減量の規定値削除	○	○	○	—	—	—
	鉱物量算出を適用可能な品種を限定	—	—	—	○	○	○
原材料	人工炭酸カルシウムの使用可	○	○	○	—	—	—
報告	強熱減量の欄を削除	○	○	○	—	—	—

表2 品質規格の改正点の概要(続き)

箇条	概要	対応する混合セメント		
		高炉	シリカ	フライアッシュ
種類及び構成	少量混合成分 10%以下 (石灰石以外は5%)	○	○	○
品質	強熱減量の規定値削除	○	○	○
原材料	人工炭酸カルシウムの使用可	○	○	○
報告	強熱減量の欄を削除	○	○	○

類を表2に示す。国内で最も多く使用されている普通ポルトランドセメントのクリンカー/セメント比を低減するため、少量混合成分を5%から10%まで増量すると共に、関連する品種および規定についても併せて改正した。この改正によって、普通ポルトランドセメントのクリン

カー使用量は最大5%低減され、セメント業界全体でのCO₂削減効果は最大で年間100万tとなる。なお、表には記載していないが、JISの箇条は「用語及び定義」を新たに規定し、用いる用語を明確にした。

表3 普通ポルトランドセメントの少量混合成分の増量

普通ポルトランドセメント	クリンカーとせつこうの含量 (質量%)	少量混合成分の含量 (質量%)
	(旧規格) 95 以上 100 以下	0 以上 5 以下
	(新規格) 90 以上 100 以下	0 以上 10 以下 ^{a)}

注 a) 少量混合成分は10%以下とし、石灰石又はこれと同等の品質をもつもの以外のものは合計して5%までとする。

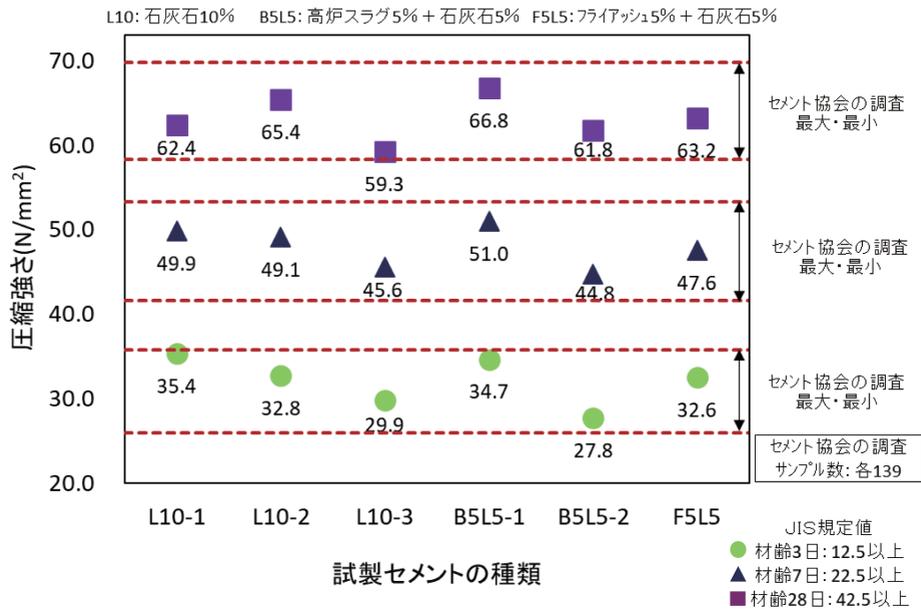


図2 少量混合成分を増量した試製普通ポルトランドセメントと改正前の市販品の圧縮強さの比較

2-2. ポルトランドセメント(JIS R 5210)の主な改正点

この規格は、ポルトランドセメントの種類、構成、品質、原材料、試験方法等を規定するものである。

主な改正点は、次のとおりである。

(1) 少量混合成分の増量

普通ポルトランドセメントを構成する材料のうち少量混合成分について、含量を質量で「0%以上5%以下」から「0%以上10%以下」に改めた(表3)。

増量してもよい少量混合成分は、石灰石またはこれと同等の品質をもつものだけとし、高炉スラグ、シリカ質混合材およびフライアッシュに関しては、従来どおり含量で5%までとした。石灰石以外の混合材を「5%を超え10%まで」増量した場合、混合材量が混合セメントA種と重複し、規格体系全体の見直しが必要となる可能性がある。このため既存規格との重複がない石灰石のみ

を対象とし、長期ビジョンの早期実現を目指した。

JIS改正の検討にあたり、少量混合成分の含量が10%の普通ポルトランドセメントを実機で製造し、品質面での性能確認を行った。その結果、粉末度、鉱物組成などを適切に調節することによって、改正前の製品と同等の性能が確認された²⁾。セメントの圧縮強さにおいても、図2に示す通り、市販されている製品と同等であることが明らかとなっている。

(2) 強熱減量の規定値を削除

これまで、風化の指標として強熱減量の規定値を設けてきたが、少量混合成分を混合した場合、強熱減量は風化の指標として有効ではないため、規定値を削除した。なお、セメント協会の調査によって、「セメントの出荷段階において、セメントの風化はほぼ生じていないこと」、「生コンクリート工場が強熱減量が活用されている実態はなく、セメントの風化が原因で問題が生じ

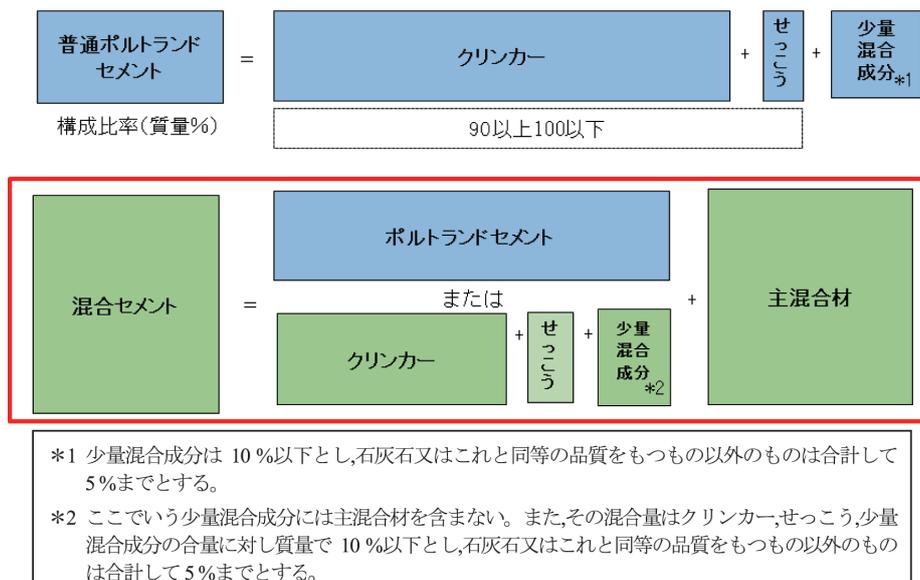


図3 セメントの構成

た事例もないこと」, 「風化が生じた場合でも, 目視(固結物の有無), 凝結試験または圧縮強さ試験などによって確認する方法があること」が明らかになっている。そのため, 強熱減量の規定値を削除しても, セメントの風化による問題が増加することは無いと考えられる。

(3) 鉍物量の算出における規格計算式を適用する品種の明確化

少量混合成分が混合されているセメントでは鉍物量の算出が適切に行えないため, 計算式を適用できる品種を中庸熱ポルトランドセメント, 低熱ポルトランドセメントおよび耐硫酸塩ポルトランドセメントに限定した。鉍物量は, セメントの化学分析を行い, 化学成分の含有率から計算式で求める。しかし, 化学成分の内訳として少量混合成分と鉍物の区別はできないため, 少量混合成分の混合が可能な普通ポルトランドセメント, 早強ポルトランドセメントおよび超早強ポルトランドセメントは適用から除外した。

(4) 少量混合成分に用いる石灰石

これまで少量混合成分に用いる石灰石は「炭酸カルシウムの含有率が90%以上, かつ, 酸化アルミニウムの含有率が1.0%以下の品質をもつ石灰石」と規定していたが, 今回, 「炭酸カルシウムの含有率が90%以上,

かつ, 酸化アルミニウムの含有率が1.0%以下の品質をもつ石灰石又はこれと同等の品質をもつもの」とし, 石灰石と同等の品質をもつ人工炭酸カルシウムの使用を可能にした。

人工炭酸カルシウムは, 廃コンクリートなどの廃棄物等から得たカルシウムとCO₂を反応させることにより製造される³⁾。製造方法として, 廃棄物を直接炭酸化する方法と, 廃棄物から酸化カルシウムを抽出して間接的に炭酸化する方法が知られている。今回のJIS改正で, 人工炭酸カルシウムの利用を促進することにより, 廃棄物の有効活用や石灰石の省資源化, カーボンリサイクルへの寄与が期待される。

2-3. 混合セメント(JIS R 5211, JIS R 5212 および JIS R 5213)の主な改正点

これらの規格は, 混合セメントの種類, 構成, 品質, 原材料, 試験方法等を規定している。

主な改正点は, 次のとおりである。

(1) 少量混合成分の増量

混合セメントは, ポルトランドセメントおよび主混合材で構成されるものと, クリンカー, せっこう, 少量混合成分および主混合材で構成されるものがある(図3)。

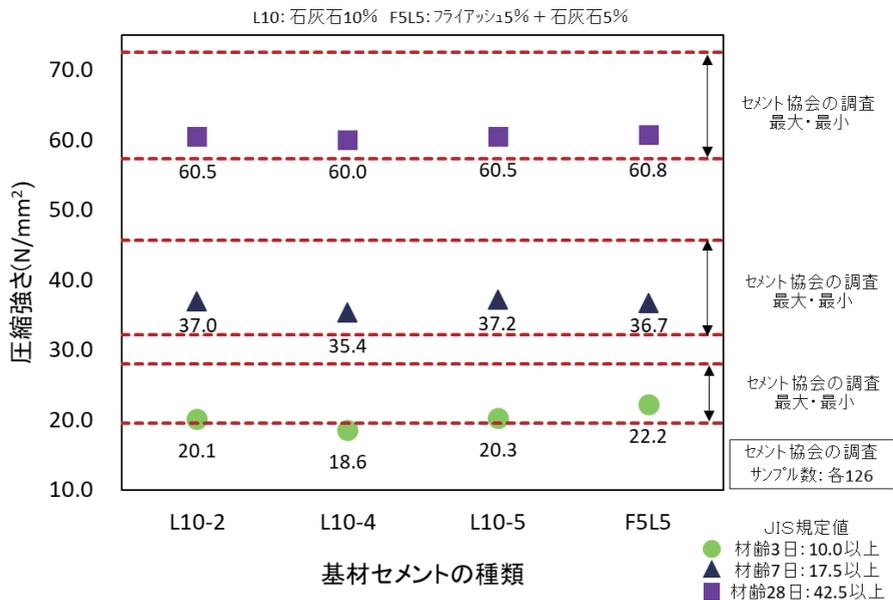


図4 少量混合成分を増量した試製高炉セメントB種と改正前の市販品の圧縮強さの比較

普通ポルトランドセメントのJIS改正に伴い、「少量混合成分の量は、クリンカー、せっこうおよび少量混合成分の含量に対し、質量で5%以下」を「10%以下」に改めた。

試製普通ポルトランドセメント(基材セメント)に、高炉スラグを43%混合した高炉セメントB種の圧縮強さの試験結果を図4に示す。普通ポルトランドセメントと同様、市販されている製品と同等であることが明らかとなった。

(2) 強熱減量の規定値を削除

普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメントおよび超早強ポルトランドセメントの強熱減量の規定値の削除に伴い、高炉セメントの全種、シリカセメントA種およびフライアッシュセメントA種の強熱減量の規定値を削除した。なお、シリカセメントおよびフライアッシュセメントは、従来A種のみ強熱減量の規定値が設けられていた。

(3) 少量混合成分に用いる石灰石

ポルトランドセメントと同様に、人工炭酸カルシウムの使用を可能とした。

3. 試験方法規格の主な改正点

3-1. セメントの物理試験方法(JIS R 5201追補1)

この規格は、セメントの物理試験方法について規定している。その中で、比表面積試験(ブレン法)は、粉末圧縮体に空気を透過させ、その透過性から試料の比表面積を測定する方法であり、測定時や結果を計算する際に、密度の値が必要となる。

これまで、市販の普通ポルトランドセメントの密度の範囲は 3.15g/cm^3 前後で狭く、 3.15g/cm^3 固定としても比表面積の測定結果への影響は軽微であった。しかし、JIS R 5210の改正により、普通ポルトランドセメントの少量混合成分を増量可能としたことに伴い、密度の範囲が広がると比表面積に影響が出るため、計算に用いる普通ポルトランドセメントの密度を実測値に変更した。

3-2. セメントの水和熱測定方法(溶解熱方法)(JIS R 5203)

この規格は、ポルトランドセメント、高炉セメントおよ

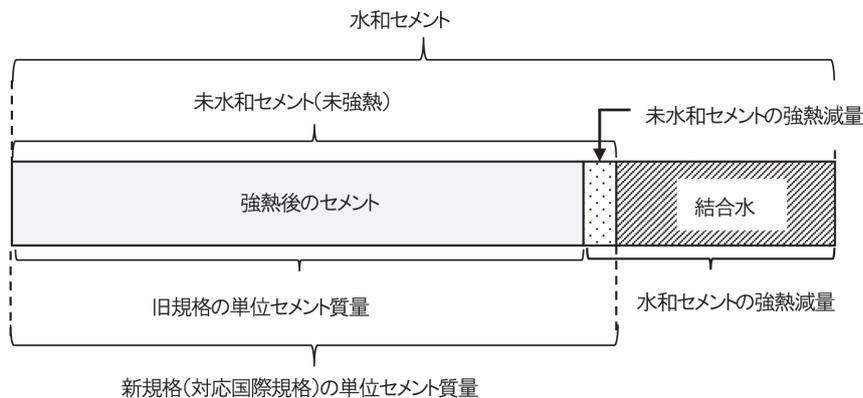


図5 溶解熱を求める際の単位セメント質量の概念図

びフライアッシュセメントの水和熱測定方法について規定している。溶解熱方法は、総熱量保存の法則を原理とした熱量測定方法であり、未水和のセメント試料の酸液への溶解熱および所定の材齢まで水和したセメント試料を粉砕して酸液に溶解させたときの溶解熱の差分を計算し、系外に放出された水和熱として求めている。

主な改正点は、次のとおりである。

(1) 水和熱の算出方法

対応国際規格との整合のため、未強熱のセメント質量当たりの水和熱を求める方法に変更した。

(2) 強熱時間

対応国際規格との整合のため、未水和セメントおよび水和セメントの強熱時間を90分から60分に変更した。

旧規格では、溶解熱を求める際のセメント質量を950℃±25℃で90分間強熱した後の状態に換算していた。一方、対応国際規格(ISO 29582-1:2009)では、水和セメントの結合水量を未水和セメントおよび水和セメントの強熱減量(950℃±25℃で60分間強熱して測定)から補正し、セメントの質量を、未強熱の未水和セメント質量あたりに換算し、その質量当たりの溶解熱を求めている(図5)。旧規格の問題点は、強熱減量が大きいセメントほど、対応国際規格との差が大きくなる場所にある。これまでの普通ポルトランドセメントで

は、その差はおおむね試験のばらつきの範囲内と見做すことができた。しかし、JIS R 5210の改正に伴い、少量混合成分の石灰石の増量で強熱減量が増加すると、その差は有意になる可能性がある。

そこで、今回の改正では、水和熱を求める際の単位セメント質量を対応国際規格に整合させ、セメント1gあたりの水和熱を正しく評価できるようにした。これによって、新規格(対応国際規格)で求めた水和熱は、旧規格で求めた水和熱と比較して、未水和セメントの強熱減量の比率分だけ小さくなる。例えば、未水和セメントの強熱減量が0.60%であった場合、“新規格(対応国際規格)で求めた水和熱”は、(旧規格で求めた水和熱)×[1-(0.60÷100)]で求めた値と同等になる。

4. おわりに

2026年3月23日に官報公示されたセメントの品質規格およびセメントの試験方法規格の改正内容について紹介した。この改正は、セメント協会が策定した「カーボンニュートラルを目指すセメント産業の長期ビジョン」¹⁾の具体化策の1つとして、1979年の規定以来、初めて少量混合成分の上限値を見直し、増量分は石灰石と、新たに少量混合成分としての使用が許容される人工炭酸カルシウムに限定し、これに係る

改正が行われた。一方、少量混合成分を増量したセメントをユーザーが円滑に受け入れるには、コンクリートの認証制度等の手続きが必要となる。セメント協会ではこの手続きの緩和に向けて、ステークホルダーと調整を進めており、引き続き受入環境を整備していく予定である。

今後も、セメント協会ではクリンカー／セメント比の低減に向け、混合材や混合セメントの選択肢拡大等、さらなる低減に向けた取組みを反映させるべく、セメントの品質規格および試験方法規格の改正・新規制定に関し、調査、検討を行っていく予定である。

最後に、これらの改正原案を審議頂いた「JIS原案

作成委員会」ならびに「日本産業標準調査会 標準第一部会 土木技術専門委員会」(委員長：鎌田敏郎／大阪大学教授)の関係各位に対し厚く御礼を申し上げます。

[参考文献]

- 1) セメント協会／カーボンニュートラルを目指すセメント産業の長期ビジョン, 2022年3月24日
- 2) 平尾 宙他／セメントの少量混合成分増量がコンクリート特性に及ぼす影響の検証 その1 実機により試製したセメントの品質, 第78回セメント技術大会講演要旨, pp.128~129, 2024
- 3) 経済産業省 資源エネルギー庁／コンクリート・セメントで脱炭素社会を築く!?技術革新で資源もCO₂も循環させる, 2021年12月, https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/concrete_cement.html