

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04551

研究課題名（和文）化学混和剤を使用した汎用型混合セメントの開発

研究課題名（英文）Development of Blended Cement using Chemical Admixture

研究代表者

新 大軌（ATARASHI, DAIKI）

島根大学・学術研究院環境システム科学系・准教授

研究者番号：70431393

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：化学混和剤の中にはセメント自体の水和反応速度を増加させるものが存在することが指摘されているが、化学混和剤を使用して混合材自体の反応を促進させ、混合セメントの初期強度発現性を改善させようという例はない。そこで、本研究では、高炉スラグの反応に及ぼすCa系の添加剤の影響について体系的に整理を加え、高炉スラグの反応促進効果の高い無機系添加剤を見出すことを目的とした。また、その反応促進メカニズムについても検討を加えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

化学混和剤を使用し初期強度発現性を改善した汎用型混合セメントを開発することが可能となれば、混合セメントの生産量を増加させセメント産業からのCO<sub>2</sub>排出量削減と循環型資源有効利用を両立させることが可能となる。さらに本研究により開発された技術は諸外国にも移転可能であり、低炭素化社会における海外のCO<sub>2</sub>排出権の獲得に対しても非常に重要であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In order to analyze the hydration reaction promoting mechanism of blast furnace slag (BFS) by additives, the effects of various additives on the hydration reaction in the BFS-Ca(OH)<sub>2</sub> system were investigated focusing on calcium salts. As a result, in the case of gypsum, the reaction ratio of BFS didn't change, but the combined water increased by producing ettringite. On the other hand, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Ca(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub> and CaCl<sub>2</sub> produced highly soluble AFm phases, and showed the effect of significantly increasing both the reaction ratio of BFS and the combined water. We have concluded that the solubility of hydration product can be related to the promotion of the hydration reaction of BFS by the additive.

研究分野：無機材料工学、セメント化学

キーワード：建設材料 廃棄物有効利用 二酸化炭素排出削減 資源循環型社会 低炭素社会 化学混和剤 添加剤  
反応メカニズム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

セメント産業は年間約 4000 万 t の CO<sub>2</sub> を排出しているが、これは全産業の 3~4% を占めている。これに対して石灰石微粉末や廃棄物・副産物であるフライアッシュあるいは高炉スラグなどを混合材として利用する混合セメントの生産量を増加させることが今後セメント産業からの CO<sub>2</sub> 排出量を削減する上で重要である。

しかし、混合セメントの問題点として混合材置換率の増大によって初期強度が低下することがあげられる。我が国では型枠効率や施工性の向上のため、ヨーロッパなど海外とは異なりコンクリートの初期強度を発現することが重要となる傾向があるため、混合セメントの利用が海外に比べて進んでいない。建設産業におけるセメントからの CO<sub>2</sub> 排出量削減と循環型資源有効利用を両立させた我が国の実情に即した汎用型混合セメントを開発することは 2030 年までの温室効果ガス排出量削減目標を達成するためには急務である。

混合セメントの初期強度が低下するのは、セメントの反応性と比較して混合材の反応性が低いためである。このため、初期強度を改善させるためには混合セメント中のセメントの反応性を上昇させ混合材の反応低下分をフォローするか、混合材の反応活性を高めるかいずれかが必要となる。これまでにセメントや混合材の化学・鉱物組成、粉体特性をコントロールし初期強度発現性を向上させた研究例は多くみられるが、セメントや混合材の粉末度を増加させるため、コンクリート結合材として利用した際に収縮が大きくなりひび割れが顕在化することが多く、問題となっている。

一方で申請者らはこれまでにセメントの水和反応に及ぼす化学混和剤の影響について基礎的な研究を続けてきており、このような化学混和剤の中にはセメントや混合材の水和反応速度を増加させるものが存在することを明らかにしてきているが、化学混和剤を使用して混合セメントの初期強度発現性を改善させようという例はない。化学混和剤を使用することでセメントもしくは混合材の水和反応を活性化させ、初期強度発現性を改善させた汎用型混合セメントを開発することが可能か否かを見極めることが重要となる。

### 2. 研究の目的

これまでの研究からセメントクリンカーの粉砕助剤であるアミン類を添加したセメントでは初期強度が増加することが指摘されている。これはセメント中の C<sub>4</sub>AF の水和反応がアミンによって促進されるためであると考えられている。アミン系化学混和剤を従来のような粉砕助剤としてではなく強度発現改善を目的とした化学混和剤として材料設計を行い適切に使用すれば、間隙相の初期水和反応を活性化させることで混合セメントの初期強度発現性を改善することができると考えられる。また、アミン系化学混和剤は混合材の反応にも影響を及ぼすと考えられ、この意味でも強度発現性改善を期待できる。

一方、亜硝酸カルシウムなどもセメント中のエーライトや混合材の反応を促進する効果があるとされており、混合セメントの初期強度増進剤としての効果が期待できる。

このように化学混和剤の中にはセメント自体の水和反応速度を増加させるものが存在することが指摘されているが、化学混和剤を使用して混合材自体の反応を促進させ、混合セメントの初期強度発現性を改善させようという例はない。

そこで、本研究では、高炉スラグの反応に及ぼす Ca 系の添加剤の影響について体系的に整理を加え、高炉スラグの反応促進効果の高い無機系添加剤を見出すことを目的とした。また、その反応促進メカニズムについても検討を加えることとした。

化学混和剤を使用し初期強度発現性を改善した汎用型混合セメントを開発することが可能となれば、混合セメントの生産量を増加させセメント産業からの CO<sub>2</sub> 排出量削減と循環型資源有効利用を両立させることが可能となる。さらに本研究により開発された技術は諸外国にも移転可能であり、低炭素化社会における海外の CO<sub>2</sub> 排出権の獲得に対しても非常に重要であると考えられる。

### 3. 研究の方法

高炉スラグ(BFS)は JIS A 6206:2013 に規定される高炉スラグ微粉末 4000 を使用した。試薬類はアルカリ刺激剤として特級試薬 Ca(OH)<sub>2</sub>、Ca 塩添加剤として二水石膏(CaSO<sub>4</sub>・2H<sub>2</sub>O)、CaSO<sub>4</sub>・2H<sub>2</sub>O を 450°C で 2 時間加熱し作製した無水石膏(CaSO<sub>4</sub>)、炭酸カルシウム(CaCO<sub>3</sub>)、硝酸カルシウム(Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>・4H<sub>2</sub>O)、亜硝酸カルシウム(Ca(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>・H<sub>2</sub>O)および塩化カルシウム(CaCl<sub>2</sub>)を使用した。

W/P=0.4 として、BFS に対して外割で Ca(OH)<sub>2</sub> を 10 mass% 添加した試料を基本のペーストとした。各 Ca 塩添加剤は、この基本のペースト中の BFS に対して 8.0mass% 使用した。これらのペーストを 10 分間手練りで練混ぜた後、養生温度 20°C で所定日数養生した。

養生後の試料は粉砕し、アセトンを使用してペースト中の未反応水を除去した後、アスピレーターによる減圧乾燥(0.02MPa)を 24 時間行い水和停止した。

水和停止した試料は、アルミナ乳鉢を用いて 150μm 以下(篩:100 メッシュ)になるまで粉砕した。その後、電気炉を用いて試料を 700°C で 2 時間加熱し、その質量減少量を測定した。試料中には未反

応の  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  も残存し、上記質量減少量には  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  の脱水量も含まれる。そこで、示差熱分析装置 (TG-DTA2000S, 昇温:  $10^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ ) を用いて  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  脱水量 ( $405^\circ\text{C}\sim 515^\circ\text{C}$  の減量) を測定し、 $700^\circ\text{C}$  加熱での質量減少量からこれを差し引いた値を結合水量とした。なお、加熱温度を  $700^\circ\text{C}$  と設定した理由としては BFS を  $800^\circ\text{C}$  以上で加熱すると結晶化及び質量増加を伴うためである。

BFS 反応率は、サリチル酸-アセトン-メタノール選択溶解法を用いて未反応 BFS を定量した。なお、同一の方法で BFS の溶解量をあらかじめ求め、また強熱減量も含めて補正を行った。

水和生成物の同定は、粉末 X 線回折装置 (Bruker D2 PHASER, 管球: Cu, 線源:  $\text{CuK}\alpha$ , 管電圧: 30kV, 電流: 10mA) を用いて行った。

#### 4. 研究成果

図 1 に Ca 塩添加剤を用いた場合の BFS の結合水量の経時変化を示す。

添加剤無添加 (以下: No add) での結合水量は、材齢 1 日で 3.0%, その後材齢 3 日で 5.2% および材齢 7 日で 6.9% に増加した。また、 $\text{CaCO}_3$  添加 (以下:  $\text{CaCO}_3$  add) での結合水量は材齢 1 日および 3 日で No add と概ね同レベルだったが、材齢 3 日から 7 日の間でほとんど増加しておらず、No add よりも若干低い結果となった。

また、セッコウ系添加時 (以下:  $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  add,  $\text{CaSO}_4$  add) の結合水量は、材齢 1 日で 6.7%, 6.4% と No add および  $\text{CaCO}_3$  add の約 2 倍に増加した。その後、材齢 3 日で 10% 程度、材齢 7 日で 11% 程度に増加したが、材齢 3 日から 7 日の結合水量の増加幅は小さかった。

一方で、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  および  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  を添加した場合 (以下:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  add,  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  add) の結合水量は、材齢 1 日でセッコウ系と同程度の 7.1% および 6.9% に増加した。さらに材齢 3 日以降も継続して結合水量は増加し、材齢 7 日では 12.7% および 18.2% まで増加した。特に  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  はセッコウに比べて 3 日以降の結合水量の増加幅が大きかった。

また、 $\text{CaCl}_2$  添加時 (以下:  $\text{CaCl}_2$  add) の結合水量は材齢 1 日で 11.7% となり、上記添加剤の中で最も大きかった。材齢 3 日以降の結合水量は、 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  と同様に増加幅が大きく、材齢 3 日で 12% 程度、材齢 7 日で 16.9% まで増加した。

以上より結合水量の材齢による変化からみた場合、Ca 塩添加剤の中で  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  および  $\text{CaCl}_2$  が結合水量を増加させる効果が大きかった。中でも  $\text{CaCl}_2$  は、今回実験に用いた添加剤の中で結合水量の増加効果が最も大きい添加剤であった。なお、セッコウ系は極初期 (材齢 1~3 日) の結合水量は増加させたが、3 日以降ではほとんど増加しなかった。また、 $\text{CaCO}_3$  add 系では、材齢による結合水量の変化は No add と同様の傾向を示した。

次に Ca 塩添加剤を利用した場合の水和生成物に着目した。図 2 に材齢 1 日および 7 日における各 Ca 塩添加剤を使用した際の XRD パターンを示す。

Ca 塩添加剤の有無や種類に関わらず、材齢 7 日では  $2\theta=29^\circ$  付近の C-S-H 由来と考えられるブロードなピークが確認された。

また、 $2\theta=5\sim 15^\circ$  付近のアルミニウム系水和物由来の回折ピークに Ca 塩添加剤による違いが顕著に確認された。そこで図 3 に  $2\theta=5\sim 15^\circ$  付近の XRD パターンを拡大して示す。

No add (a) の場合、材齢 1 および 7 日において  $11^\circ$  付近に  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot 12\text{H}_2\text{O}$  と推察されるカルシウム-アルミニウム系水和物由来の小さなピークが確認された。また、 $\text{CaCO}_3$  add (d) の場合、材齢 1 日にモノカーボネート ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCO}_3\cdot 11\text{H}_2\text{O}$ ) のブロードなピークが確認されたが、材齢 7 日ではそのピーク強度はほとんど変化していなかった。なお、No add および  $\text{CaCO}_3$  add のいずれも、生成した水和物のピークはブロードであったため、結晶性の低い水和物が生成していたと推察される。

一方で、セッコウ系の  $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  add (b) および  $\text{CaSO}_4$  add (c) では、材齢 1 日および 7 日ともにエトリンガイト (以下: AFt) が主要相であり、セッコウの大部分が消費された材齢 7 日でもモノサルフェート等の AFm 相の明確な回折ピークは確認されなかった。

また、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  add (e) および  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  add (f) の場合、AFm 相として硝酸型ヒドロカルマイト ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) および亜硝酸型ヒドロカルマイトが確認された。そして、これらのピーク強度は材齢 1 日から 7 日の間で明らかに増加し、これは結合水量の変化とも対応している。なお、これらの添加剤系において AFt のピークも極わずかに確認されたが、これはスラグに含まれる微量の硫酸塩に由来したものと考えられる。さらに、 $\text{CaCl}_2$  add (g) の場合、材齢 1 日で AFt の

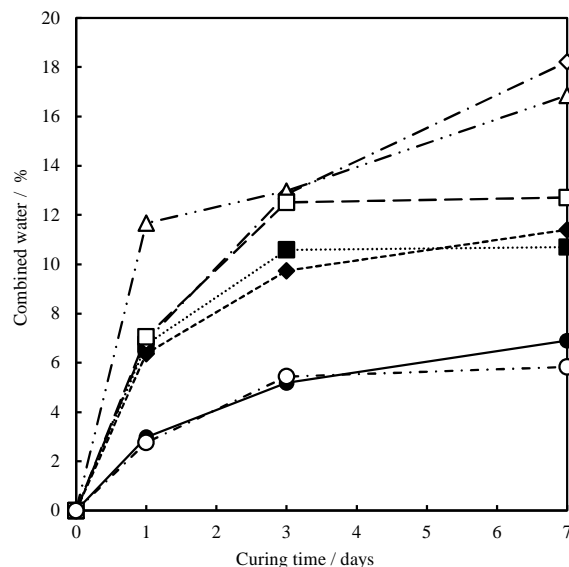


図 1 添加剤による BFS の結合水量の変化

●: No add, ■:  $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  add, □:  $\text{CaSO}_4$  add, ○:  $\text{CaCO}_3$  add, ▲:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  add, △:  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  add, ◇:  $\text{CaCl}_2$  add,

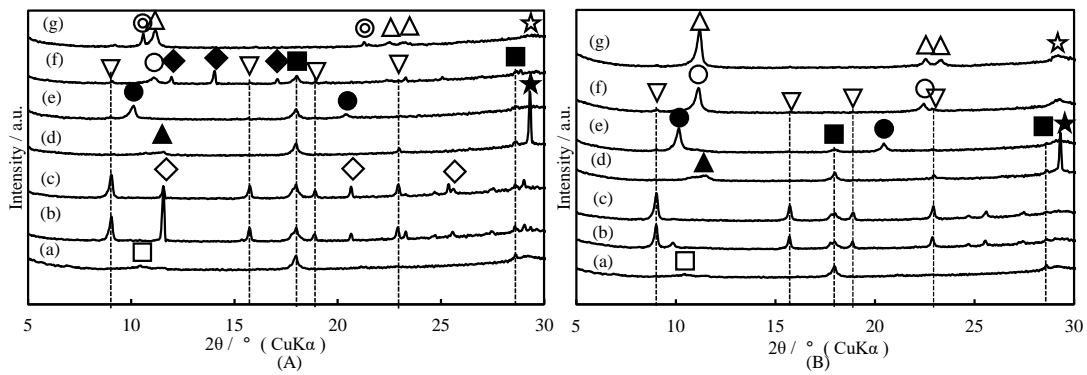


図2 添加剤を利用した場合の BFS の水和生成物 (A):1D (B):7D

(a):No add,(b): $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  add,(c): $\text{CaSO}_4$  add,(d): $\text{CaCO}_3$  add,(e): $\text{Ca}(\text{NO}_3)_3$  add,(f): $\text{Ca}(\text{NO}_2)_3$  add,(g): $\text{CaCl}_2$  add ■: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  
 $\square$ : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,★: $\text{CaCO}_3$ ,◇: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , ▲:AFt, ☆:C-S-H,●:AFm( $\text{NO}_3$ ),▲:Monocarbonate,  
○:AFm( $\text{NO}_2$ ), ◻:Friedel's salt, ◊:Kuzel's salt, ☆:Ca(OH)<sub>2</sub>-Ca(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>.

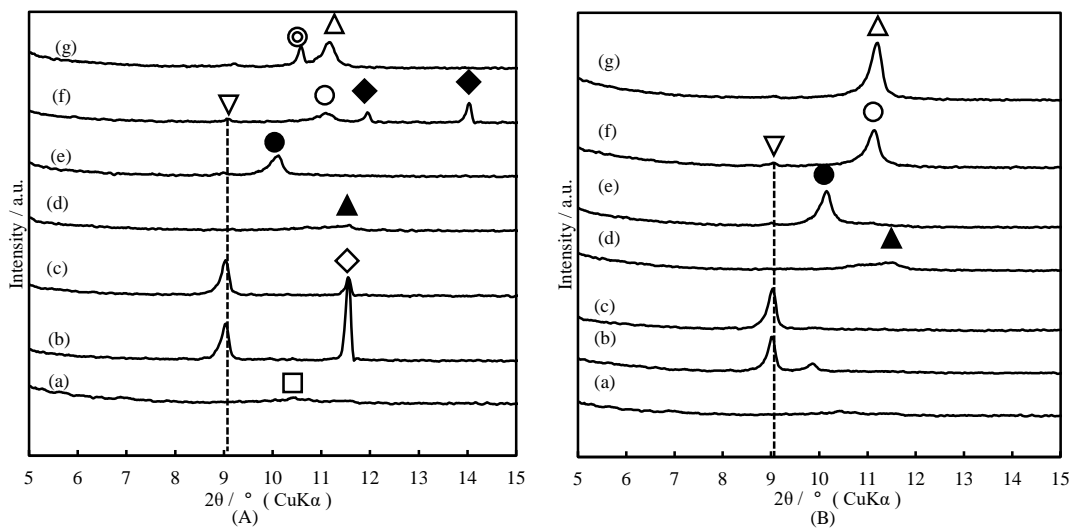


図3 添加剤を利用した場合の BFS の水和生成物 (5~15 °) (A):1D (B):7D

(a):No add,(b): $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  add,(c): $\text{CaSO}_4$  add,(d): $\text{CaCO}_3$  add,(e): $\text{Ca}(\text{NO}_3)_3$  add,(f) :  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_3$  add (g): $\text{CaCl}_2$  add  
 $\square$ : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,◇: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , ▲:AFt,●:AFm( $\text{NO}_3$ ),  
▲:Monocarbonate,○:AFm( $\text{NO}_2$ ), ◻:Friedel's salt, ◊:Kuzel's salt, ☆:Ca(OH)<sub>2</sub>-Ca(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>.

ピークは確認されず,クーゼル氏塩( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 0.5\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )およびフリーデル氏塩( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )の AFm 相のピークが確認された。ただし,クーゼル氏塩は材齢 1 日では確認できたが材齢 7 日では消失し,フリーデル氏塩のみとなった。

以上の結果から, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  add, $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  add および  $\text{CaCl}_2$  add,いずれにおいても主要な水和生成物は AFm 相であり,AFm 相を主に生成させる添加剤が結合水量の増加が大きい傾向にあることがわかる。

図4にCa塩添加剤がBFSの反応率に及ぼす影響を示す。

No add の場合,BFS 反応率は材齢 1 日で 5.9%,その後,材齢 3 日で 7.0%および材齢 7 日で 15.9%に増加した。

また, $\text{CaCO}_3$  add, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  add および  $\text{CaSO}_4$  ad d の場合,BFS 反応率はいずれの材齢も No add と同程度であった。 $\text{CaCO}_3$ add では結合水量も No add と同程度であったことから,多少のカーボネート系の水和物が生成しても結合水量への影響は小さかったと考えられる。すなわち,炭酸塩や硫酸塩の Ca 塩添加剤は BFS の反応率を高める効果が小さいと推察できる。

なお,セッコウ系の材齢 1 日の結合水量は無添加時よりも増加しているが,これは水和生成物が結晶水を多く含む AFt(32 水和物)であり,No add や  $\text{CaCO}_3$  添加で生成した AFm 相(11 水和物)よりも結合水を多く取り込むためである。セッコウは BFS に添加すると初期強度を増進させる効果があると知られているが,この効果は BFS の反応率を高めることよりも結合水の多い水和物(AFt)を優先的に生成させる効果が大きいと推察できる。

一方で、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  および  $\text{CaCl}_2$  のように AFm 相を優先して生成させる添加剤系では、材齢 1 日から 7 日に渡って BFS の反応率は著しく増加した。例えば、材齢 7 日の反応率は、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  add で 23.9%、 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  add で 31.5%、 $\text{CaCl}_2$  add で 34.5% と No add の 15.9% に比べて 2 倍前後となった。なお、既往の研究では高炉スラグ高含有セメント中の BFS の反応率は 20% 程度と小さいことが報告されているが、 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  や  $\text{CaCl}_2$  を利用すればこれを 2 倍程度に高めることができ、強度増進に有効と考えられる。

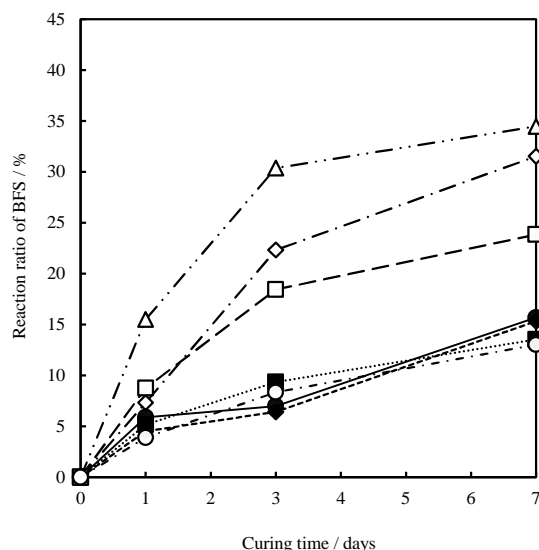


図 4 BFS 反応率に及ぼす添加剤の影響

:No add, : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  add, : $\text{CaSO}_4$  add,  
 ○: $\text{CaCO}_3$  add, : $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  add, : $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  add,  
 : $\text{CaCl}_2$  add

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 宋玄眞、新大軌、細川佳史、宮川美穂	4. 巻 73
2. 論文標題 フライアッシュセメントの初期水和反応に及ぼすアルカノールアミンの影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cement Science and Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 掲載決定
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大崎修也、新大軌、宋玄眞、須藤裕司	4. 巻 73
2. 論文標題 高炉スラグの水和反応に及ぼす亜硝酸カルシウムの影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cement Science and Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 掲載決定
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Thi Hai Yen Nguyen, K.Tsuchiya, D.Atarashi, H.Yokota	4. 巻 240
2. 論文標題 Electrokinetic properties and mechanism of chloride binding in 42-month cured cement pastes with fly ash and ground granulated blast furnace slag exposed to seawater	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Construction and Building Materials	6. 最初と最後の頁 117944
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.conbuildmat.2019.117944	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 大崎修也、新大軌
2. 発表標題 高炉スラグの水和反応に及ぼす各種添加剤の影響 その 1.高炉スラグの水和反応性への影響
3. 学会等名 日本セラミックス協会2020年年会講演
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大崎修也, 新大軌
2. 発表標題 高炉スラグの水和反応に及ぼす各種添加剤の影響 その 2.水和生成物と添加剤の作用機構
3. 学会等名 日本セラミックス協会2020年年会講演
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hyeonjin Song, Daiki Atarashi, Yoshifumi Hosokawa, Miho Miyakawa
2. 発表標題 Analysis of early hydration of Fly ash cement with alkanolamine
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hyeonjin SONG, Daiki ATARASHI, Yoshifumi Hosokawa, Miho Miyakawa
2. 発表標題 Effect of Alkanolamine on reaction of 4CaO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shuya Osaki, Daiki Atarashi, Hyeonjin Song, Yuhji Sudoh
2. 発表標題 Effect of calcium nitrite on hydration of blast furnace slag
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宋玄眞, 新大軌, 細川佳史, 宮川美穂
2. 発表標題 FAセメント中のFAおよびクリンカーの水和反応に及ぼすアルカノールアミンの影響
3. 学会等名 第73回セメント技術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大崎修也, 新大軌, 宋玄眞, 須藤裕司
2. 発表標題 亜硝酸カルシウムを添加した高炉スラグの水和反応
3. 学会等名 第73回セメント技術大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関