

戦略的省エネルギー技術革新プログラム
フェーズ名：実用化開発/実証開発

生コンクリートスラッジ水 高度利用システムの開発

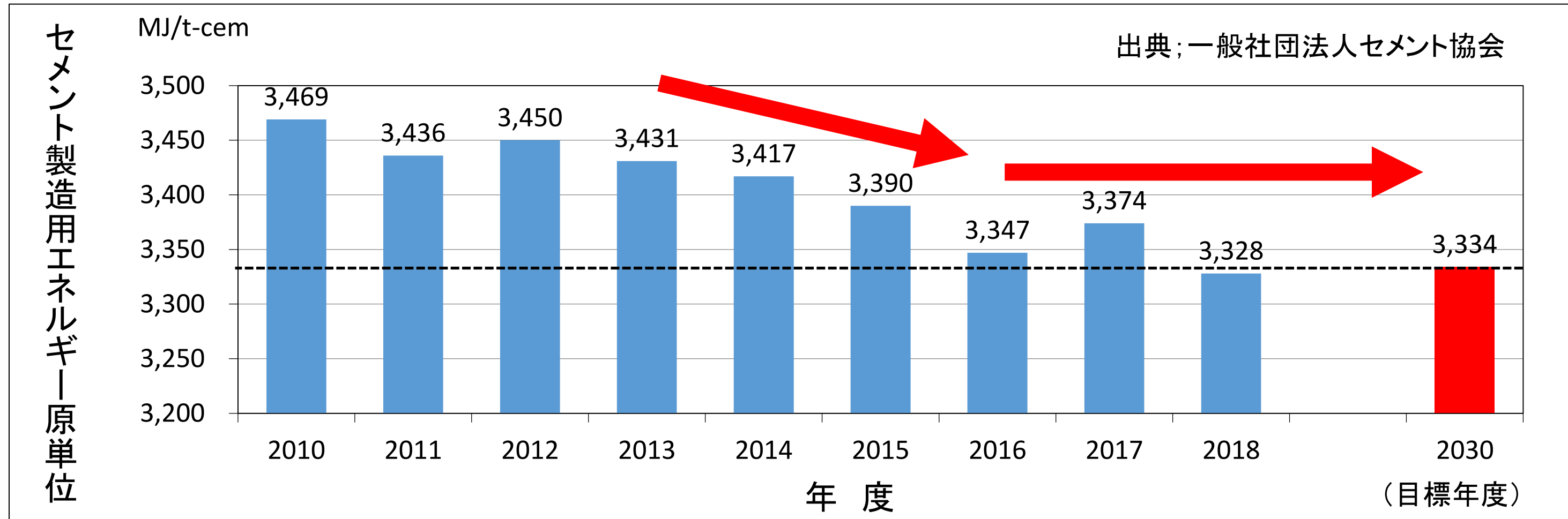
プロジェクト実施者： 株式会社北川鉄工所 東亜ディーケーケー株式会社
広島地区生コンクリート協同組合 株式会社まるせ
全国生コンクリート工業組合連合会（実証開発から参加）

プロジェクト実施期間： 2017年6月～2020年2月



(1)セメント製造における省エネルギー化の課題

【日本のセメント製造用エネルギー原単位の推移】



セメント製造はエネルギー投入が大きい分野で、省エネルギー化が進められている。
2018年度のエネルギー原単位 3,328MJ/t-セメント（原油換算 約86L /t-セメント）

- 製造段階での更なる省エネルギー化は難しくなりつつある。
- コンクリート分野を支えるセメント関連業界全体での省エネルギー化検討が必要。

(2) 国内の生コン工場

- セメントの最大の用途は生コンクリート(生コン)材料。
- 国内工場数 ; 約3,250工場、地方や離島を含め全国に普及。
- 生コン出荷量; 年間85,481千m³ (2018年度調査実績)

生コン工場



生コン工場の分布



北川鉄工所製プラントの主な納入先

(2) 生コン工場の課題②

- 建設現場で使用されず、生コン工場に戻って来る残コン・戻りコンの課題は依然として存在。
- 生コン工場では、残コン等の溶解処理、ミキサー車等の設備の洗浄でセメントを含んだ生コンスラッジ水が大量に発生。

〔生コン出荷〕



〔残コン等の溶解処理・設備の洗浄〕



〔生コンスラッジ水〕

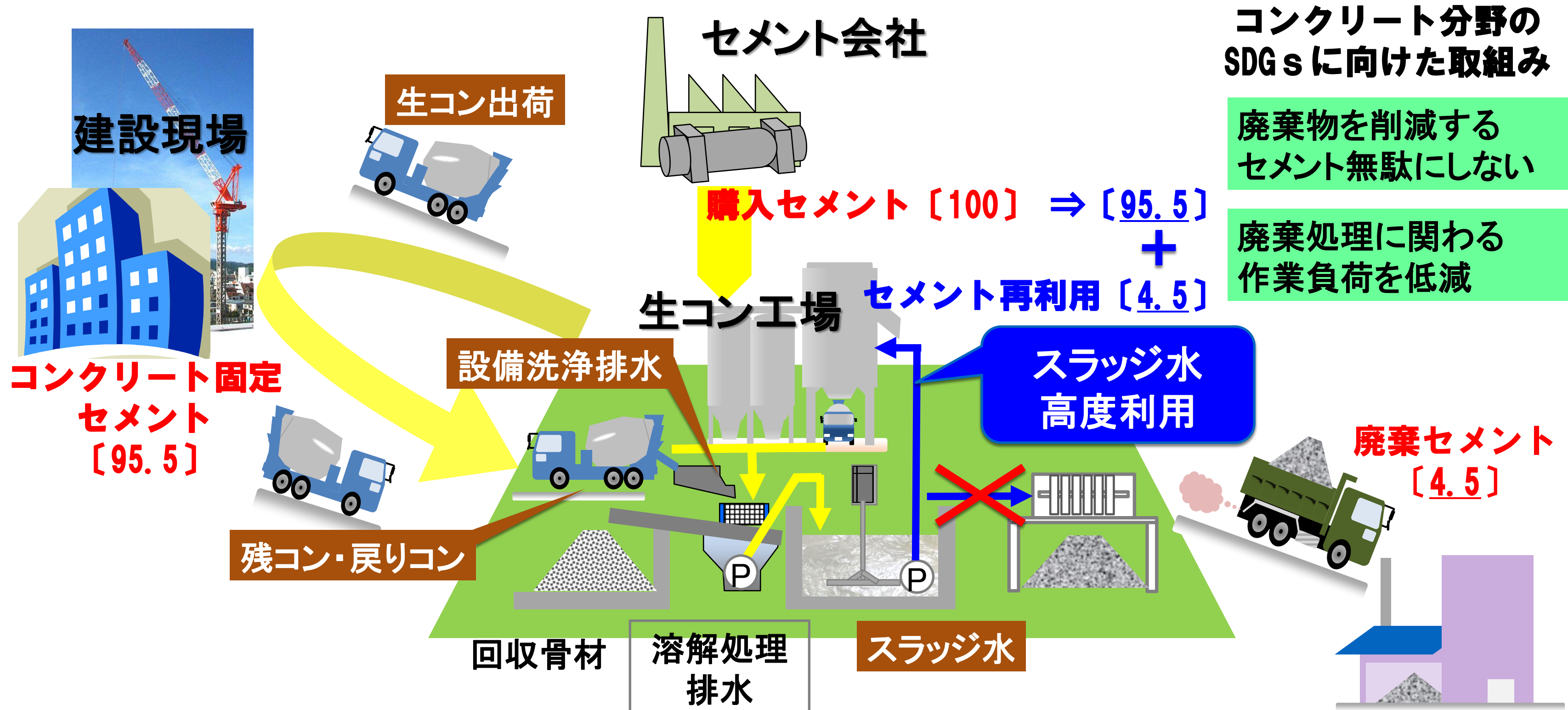


生コンスラッジ水

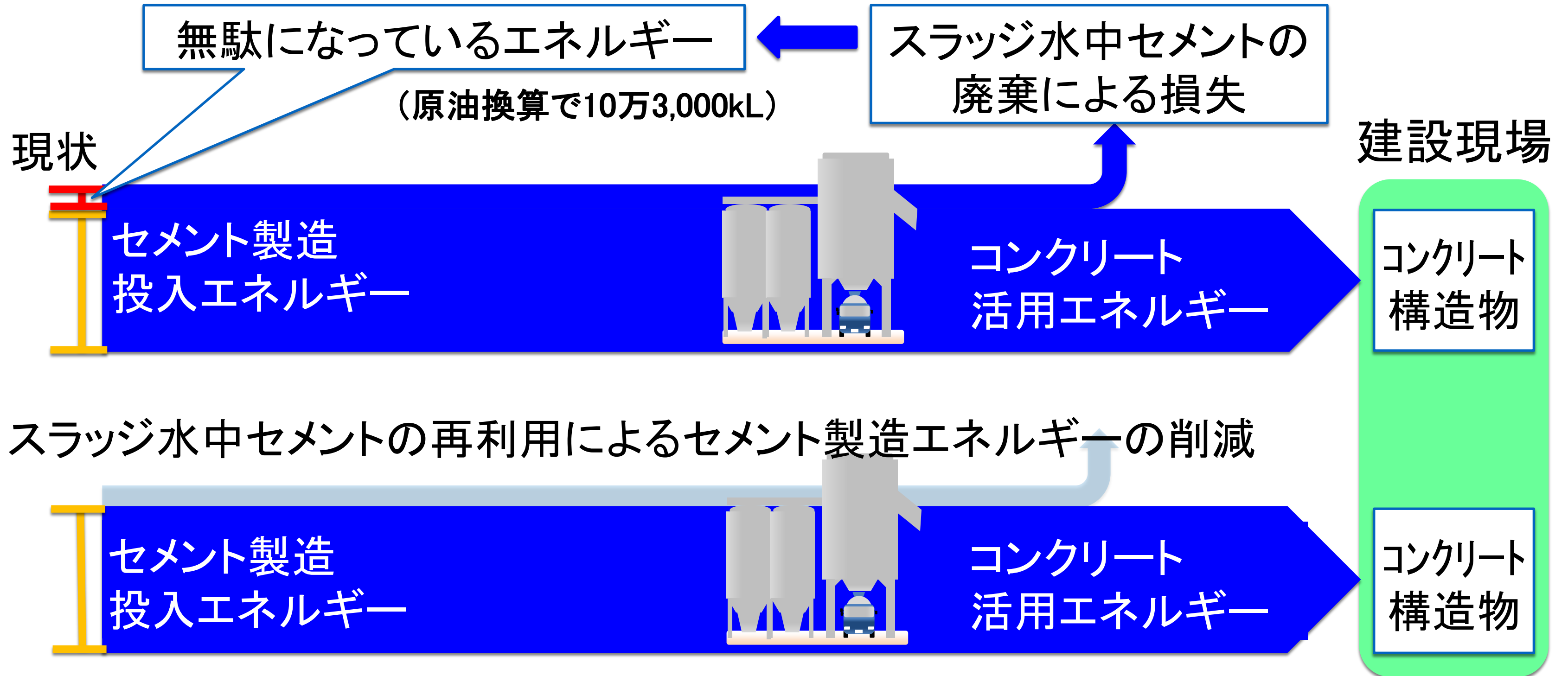
⇒年間発生量は業界全体で約130万t（乾燥ベース）
⇒主成分はセメントで多くが廃棄

生コン製造業界において、エネルギーを投入し、更にCO2排出を伴って製造されたセメント、原油換算で約10万3,000kL分が無駄になっている。

(1)セメント利用の流れとスラッジ水高度利用



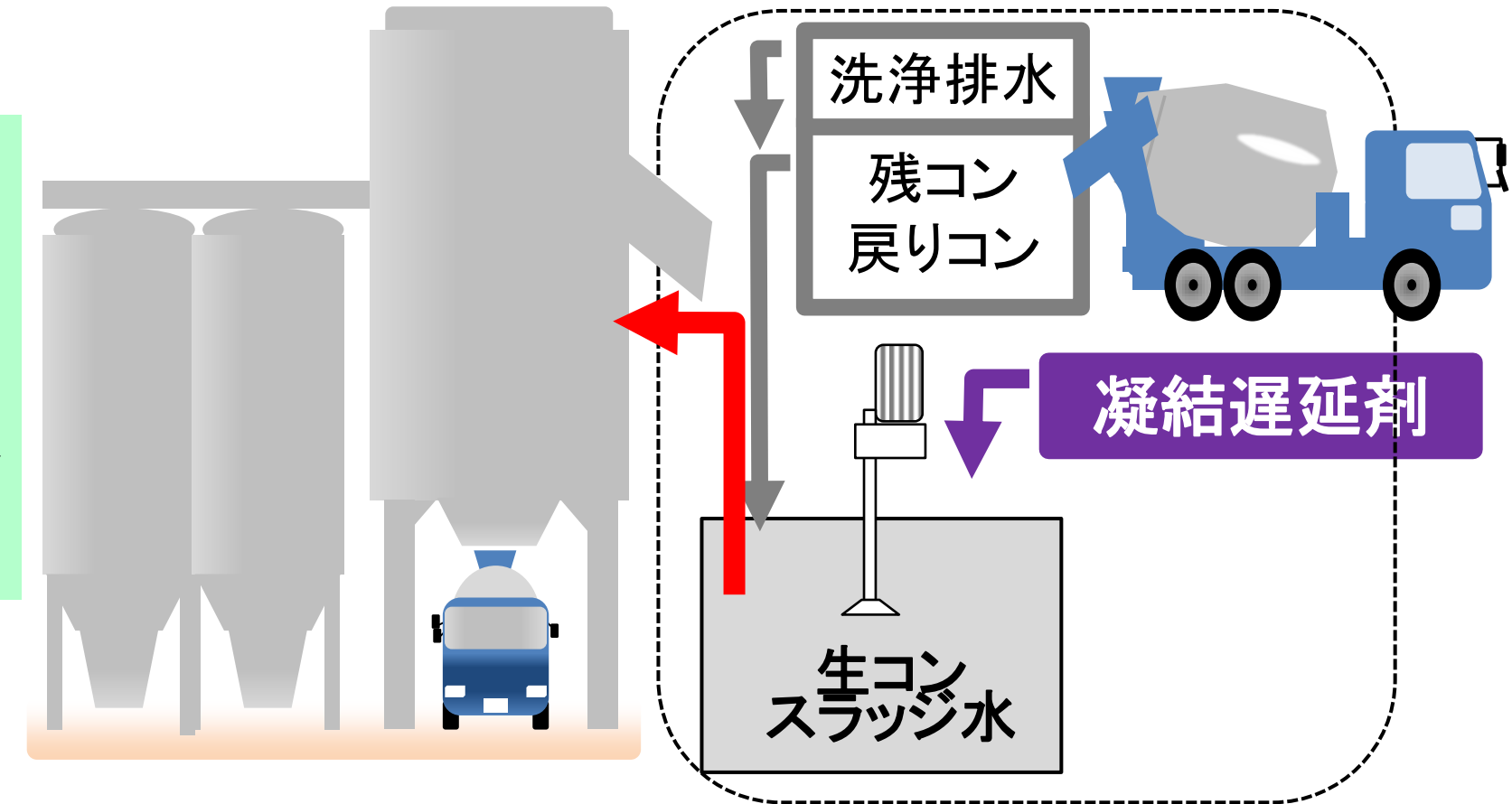
(2)コンクリート構造物に活用されるセメント製造投入エネルギー



(3) 生コンスラッジ水中セメントの再利用技術

【従来の提案技術】

- 発生直後のスラッジ水に凝結遅延剤を添加、数日間、セメント水和反応を抑制。
- 活性を維持したスラッジ水を生コン製造用の練混ぜ水に使用する過程で、含まれるセメントで配合セメントの一部を置換。



【課題】

- 使用直前のスラッジ水に残留する**凝結遅延成分濃度、セメント活性が不明**。
- 凝結遅延成分が過剰に残存した場合、**コンクリートの硬化が遅れる懸念**。
- セメントの水和活性が低下していた場合、**コンクリート強度等の品質に影響**。

(3)達成手段

従来、測定が出来なかった生コンスラッジ水品質（セメント活性、凝結遅延成分濃度）を
①オンライン測定する技術、それを活用した ②スラッジ水の自動安定化管理技術、
③活性を維持したスラッジ水中セメントによる生コン製造用セメントの置換システムを開発。

【独自性】

- 従来不明であったスラッジ水中セメントの水和反応の状態をリアルタイムに測定し、接水後のセメント性能の確認を客観的な数値データに基づいて行う（新技術）。

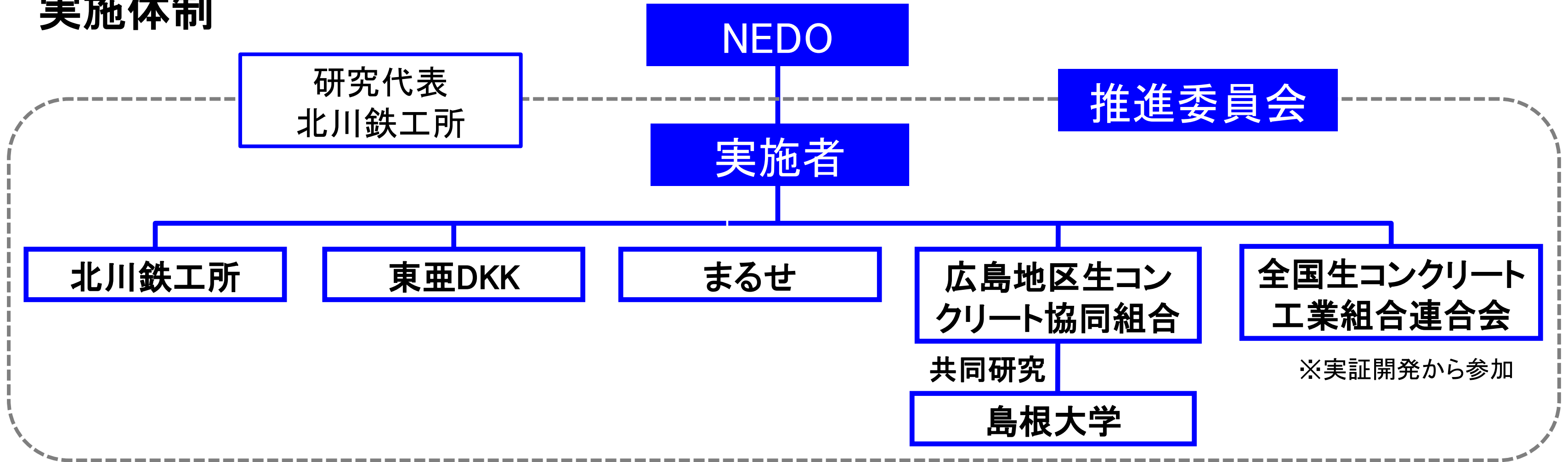
【優位性】

- 各工場の操業内で完結し、スラッジ水からセメントを取出すことなく再びセメントとして利用できる。
- 従来技術に比べ、エネルギー投入量が極めて少なく、セメントの安全なリユースを可能にする。

【革新性】

- エネルギーを投入し製造されたセメントを無駄なくコンクリートに利用することで、廃棄物を出さず、投入されたエネルギーを有効利用する持続可能なコンクリートの製造体系を実現する。

実施体制

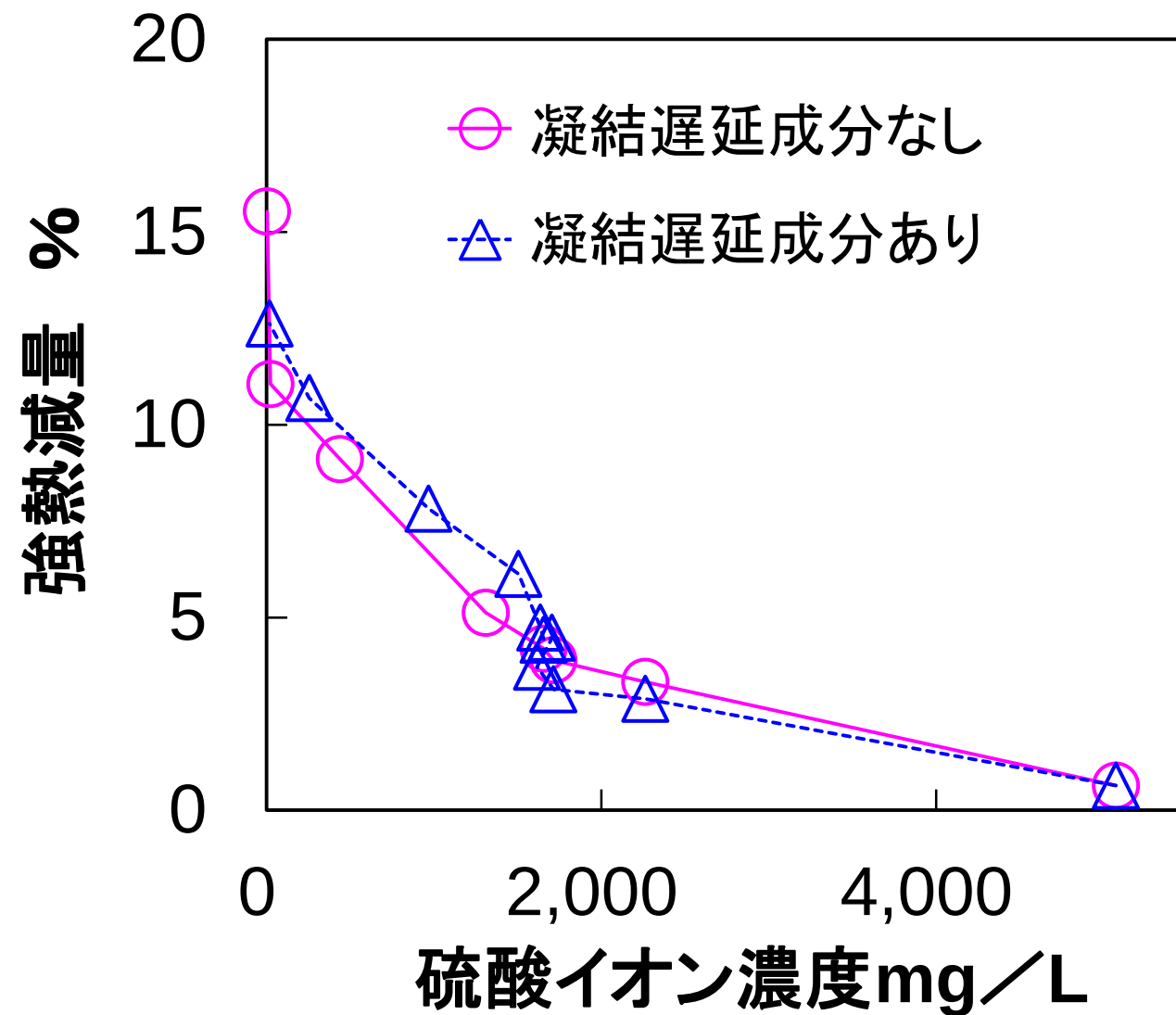


- 事業は、生コンプラントメーカー、分析機器メーカー、生コン製造事業者、生コン製造組合、及び学術研究を行う大学との事業者連携にて実施。
- 第3者評価として、土木及び建築系コンクリートの専門家、セメント化学の専門家、コンクリート用化学混和剤の専門家から成る推進委員会を設置。

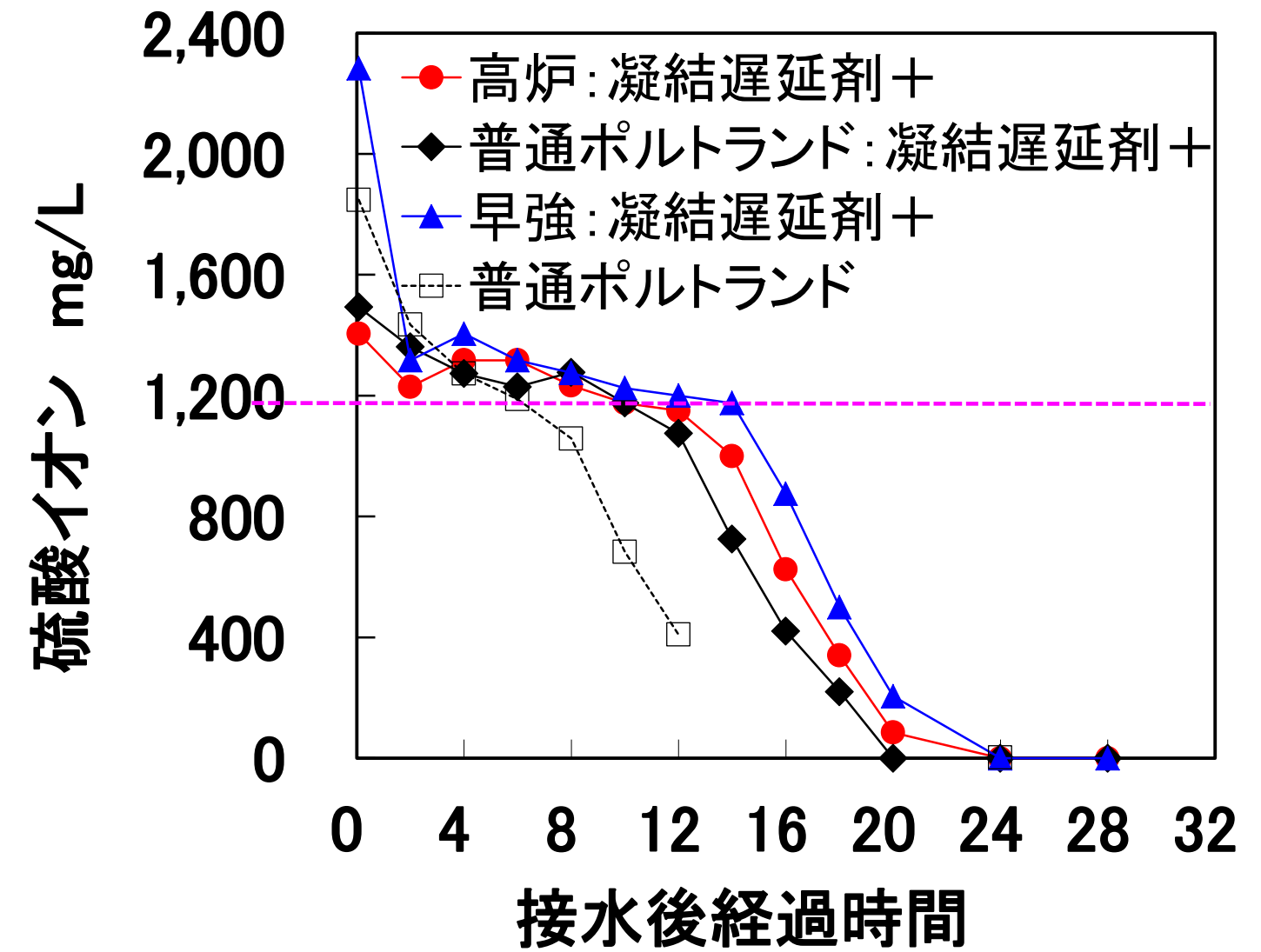
(1)技術説明

- 硫酸イオン濃度を指標としたスラッジ水中のセメント水和活性のリアルタイム測定。
- 硫酸イオンによるセメント水和活性の評価はセメントの種類に関係なく適用可能。

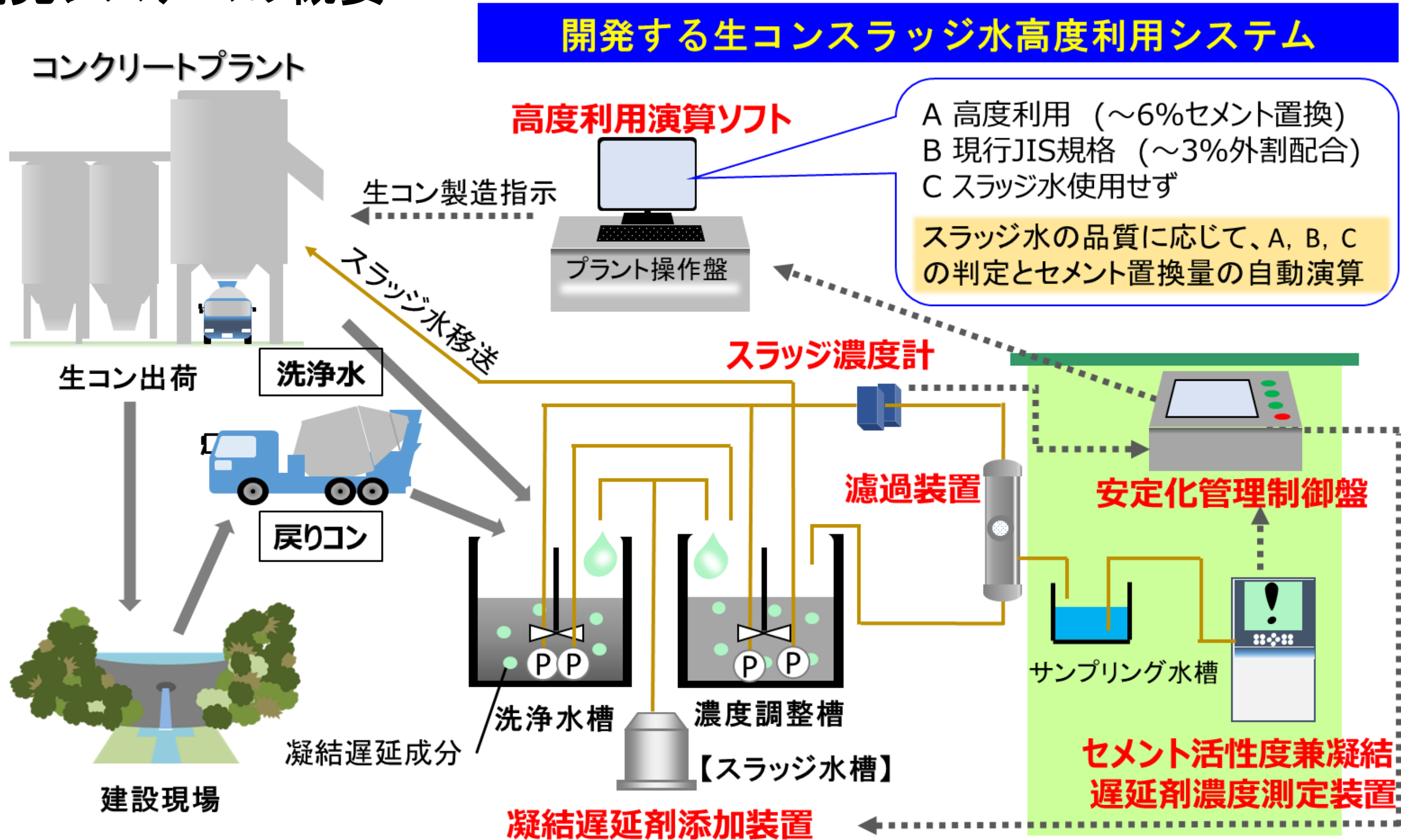
液相中硫酸イオン濃度と固形分
(セメント)の強熱減量の関係



セメント種類別の硫酸イオン濃度
経時変化



(2) 開発システムの概要



(3)研究開発の目標

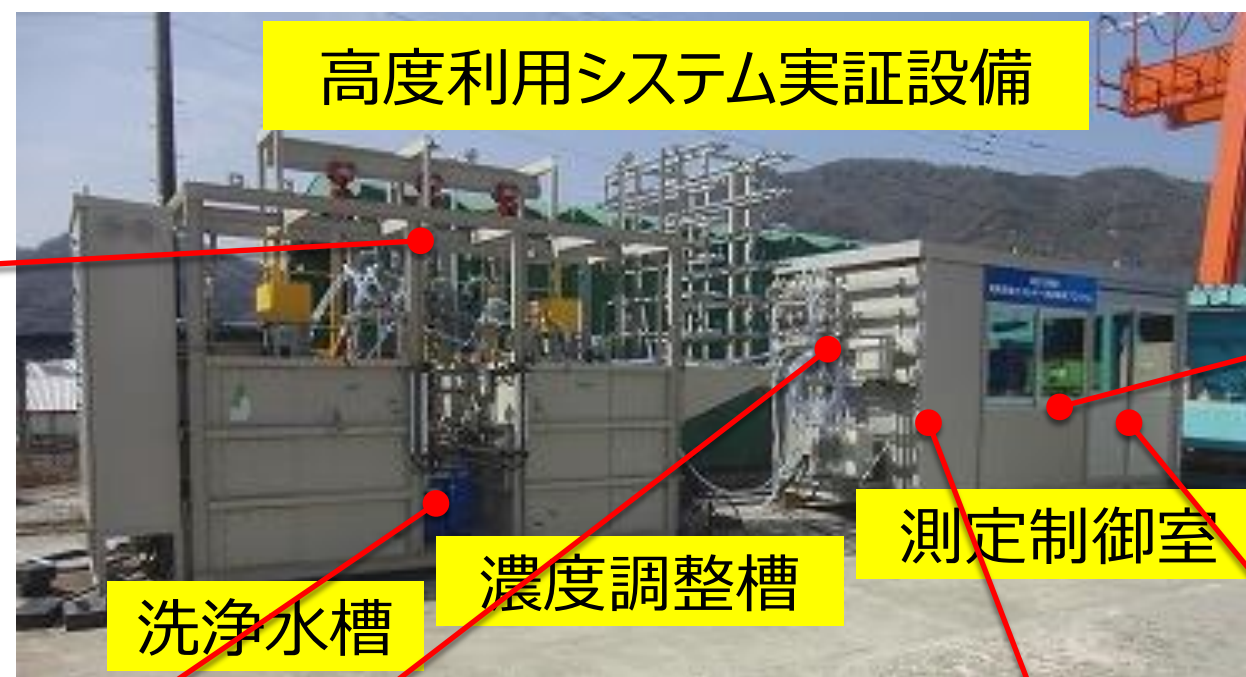
全体目標(主目標)	達成目標	開発当時の技術レベル
生コンスラッジ水の自動安定化管理システムの開発と高度利用(セメント置換)の実証	気候や材料条件が異なる生コン工場での高度利用システムによるスラッジ水自動安定化管理、及び安定化スラッジ水固形分による配合セメントの6%置換(セメントの再利用)を実証。	手動管理による数十%程度の試験室レベルの評価。
研究課題目標	達成目標	開発当時の技術レベル
(1)生コンスラッジ水高度利用・設備システムの開発	セメント活性の維持管理技術、及びスラッジ水品質の自動オンライン測定を可能にする繰り返し使用可能な濾過装置を開発。	装置の構造、機能を構想したレベル。
(2)セメント活性度兼凝結遅延剤濃度測定装置の開発	セメント水和活性と凝結遅延成分の指標2成分を1系統で同時分析可能な生コン工場向けの簡易測定装置を開発。	指標2成分を2系統で別々に分析。
(3)生コンスラッジ水濃度の管理手法の開発	スラッジ濃度計の校正に必要なセメント水和反応を抑えたスラッジ水からの固形分の回収・乾燥方法を確立。	現行の105℃乾燥では処理中に水和が進行。固形分濃度が約1.7%高目に出る。
(4)生コンスラッジ水及びコンクリートの品質評価	スラッジ水中の残存セメント量の定量方法の開発とスラッジ水使用時のコンクリート強度の増加要因を解明。	残存セメント量の迅速な評価手段は未開発。

(1) 生コンスラッジ水高度利用実証設備の試作

➤ 生コンスラッジ水高度利用に必要な機器・システムを開発し、性能評価を実施



RI式スラッジ水
濃度計



高度利用システム実証設備

洗浄水槽

濃度調整槽

測定制御室



セメント活性度兼
凝結遅延剤濃度測定装置



凝結遅延剤
添加装置



クロスフロー
濾過装置

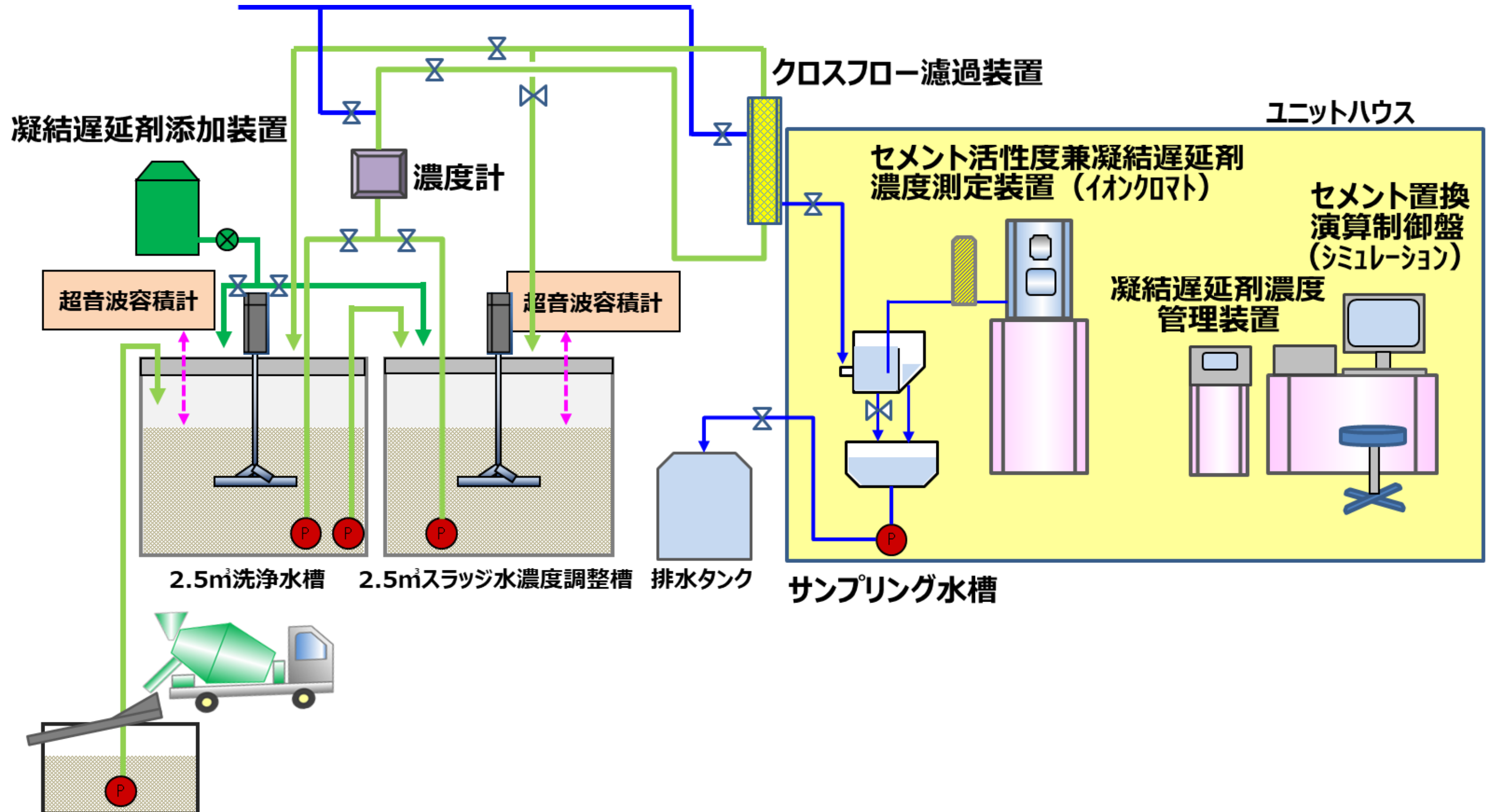


サンプリング
システム

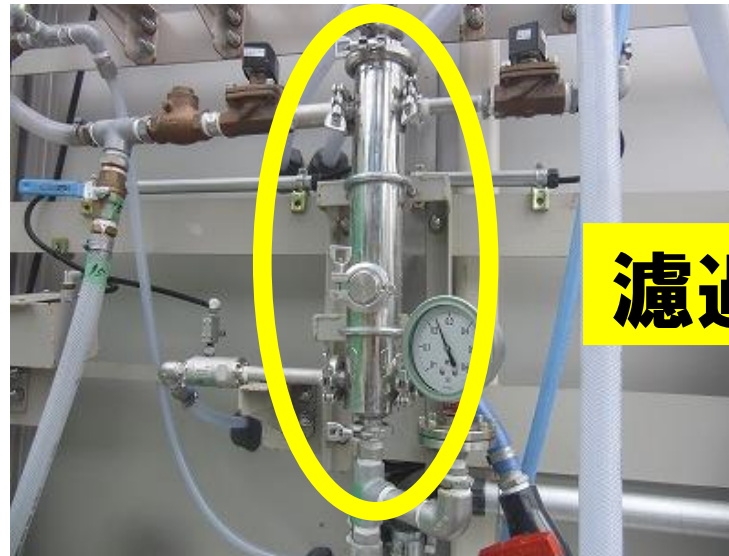


凝結遅延剤添加管理
装置セメント置換演算・
ミュレーション装置

(2) 試作した生コンスラッジ水高度利用実証設備機器フロー



(1) 生コンスラッジ水対応濾過装置

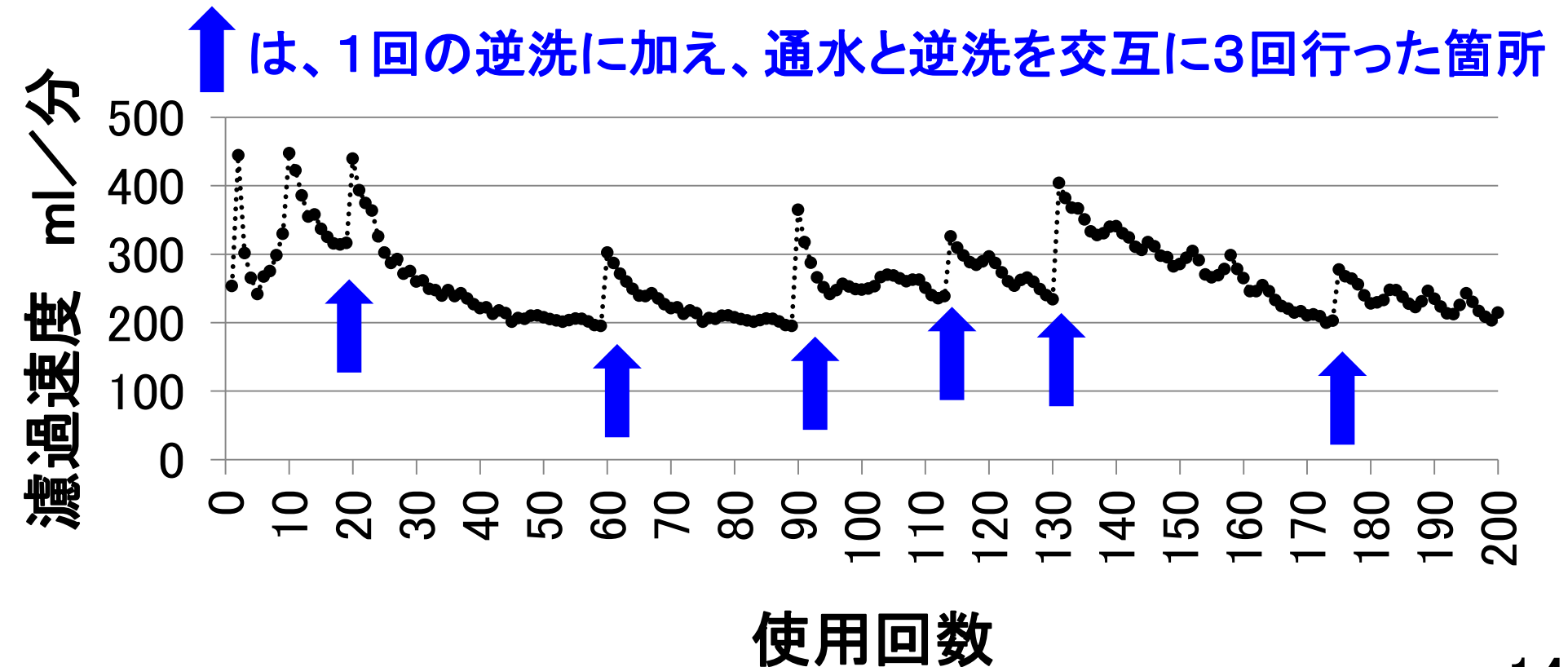


- 逆洗効果の高いフィルター構造
- 最適なフィルター素材の選定
- 連続使用可能な濾過装置を開発
- NEDO目標を超える $0.45\mu\text{m}$ 以上の粒子、100%除去を達成

【逆洗効果の高い濾過装置】

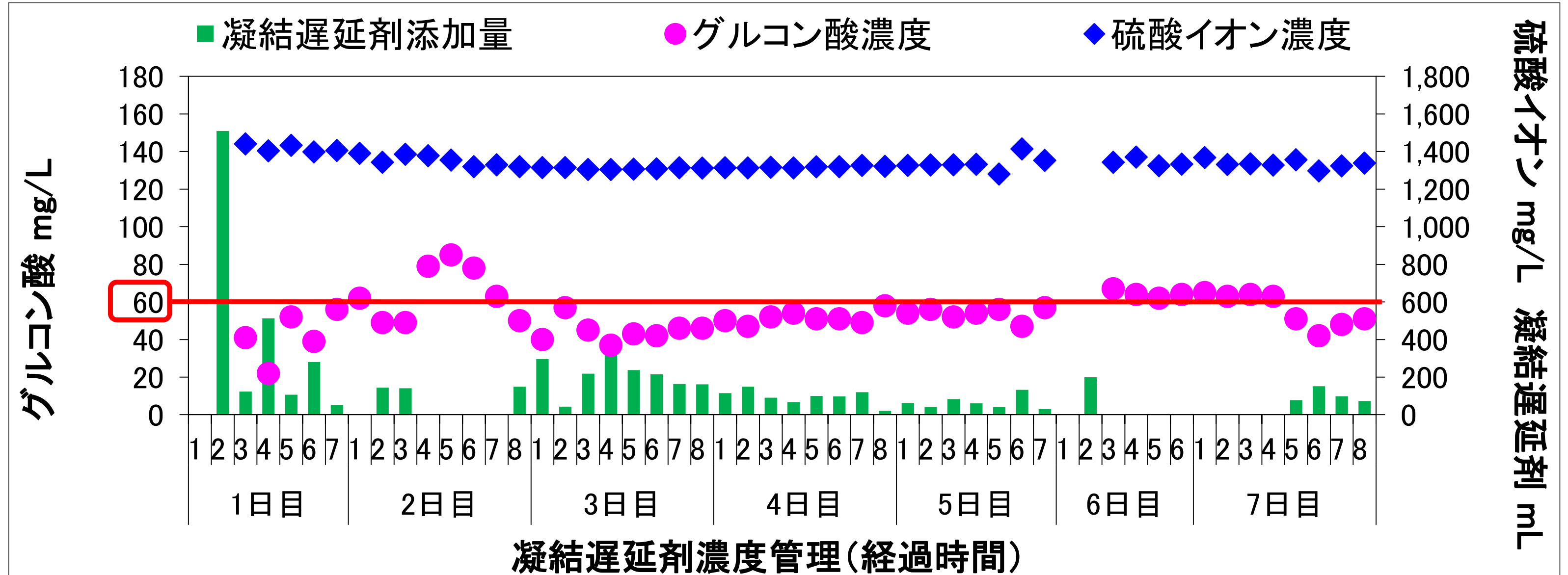


【逆洗による濾過性能の回復と繰り返し使用】

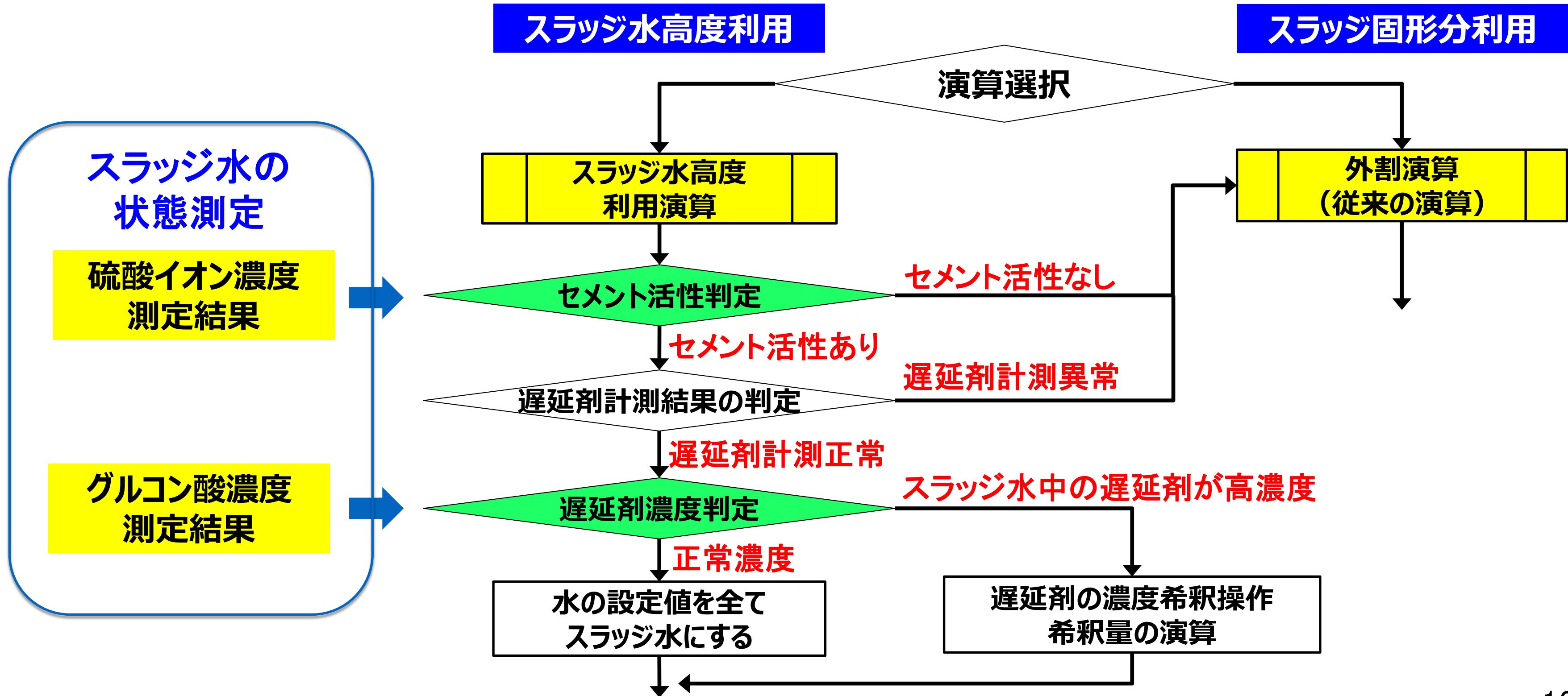


(2)オンライン測定を用いた生コンスラッジ水の自動安定化管理

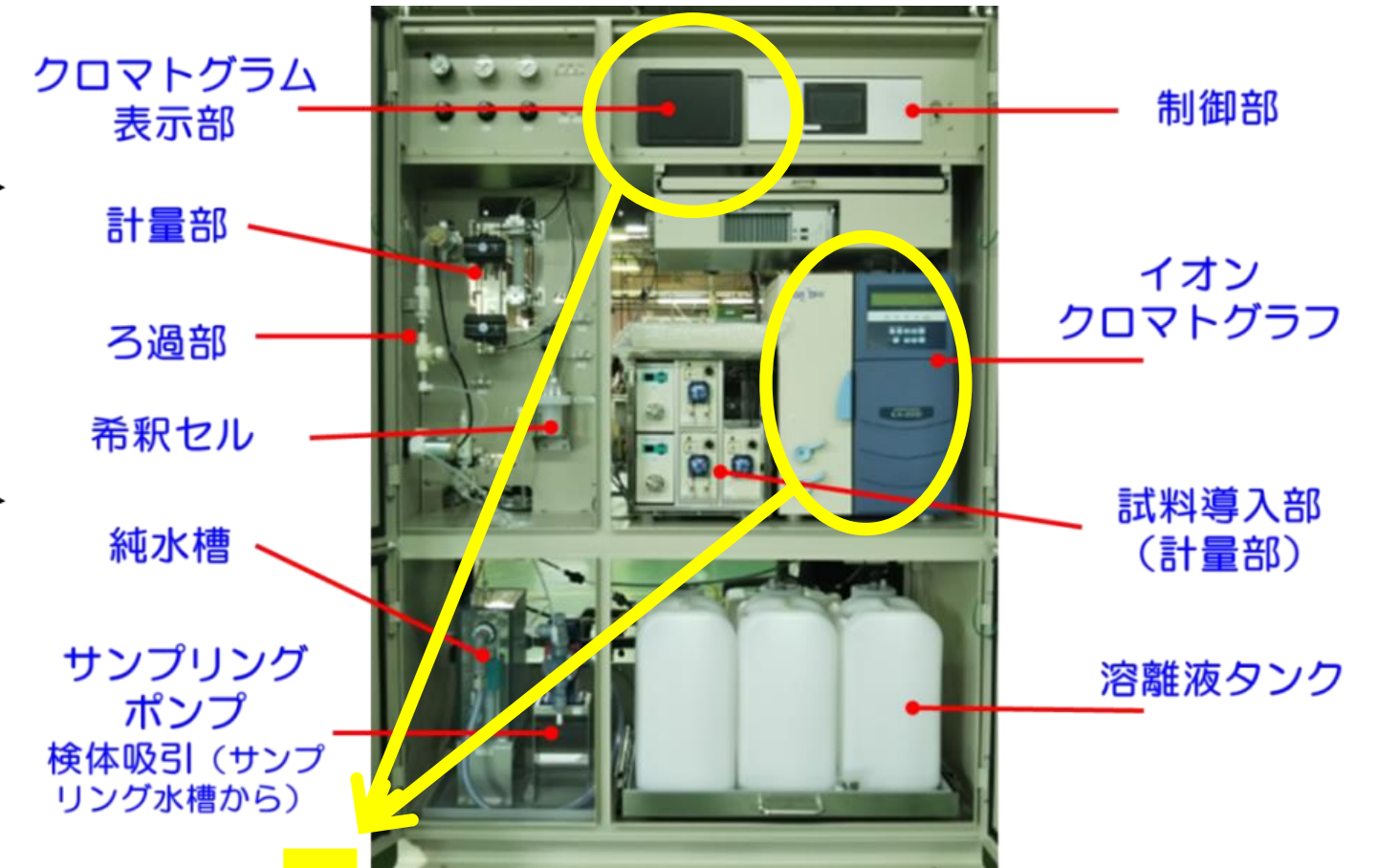
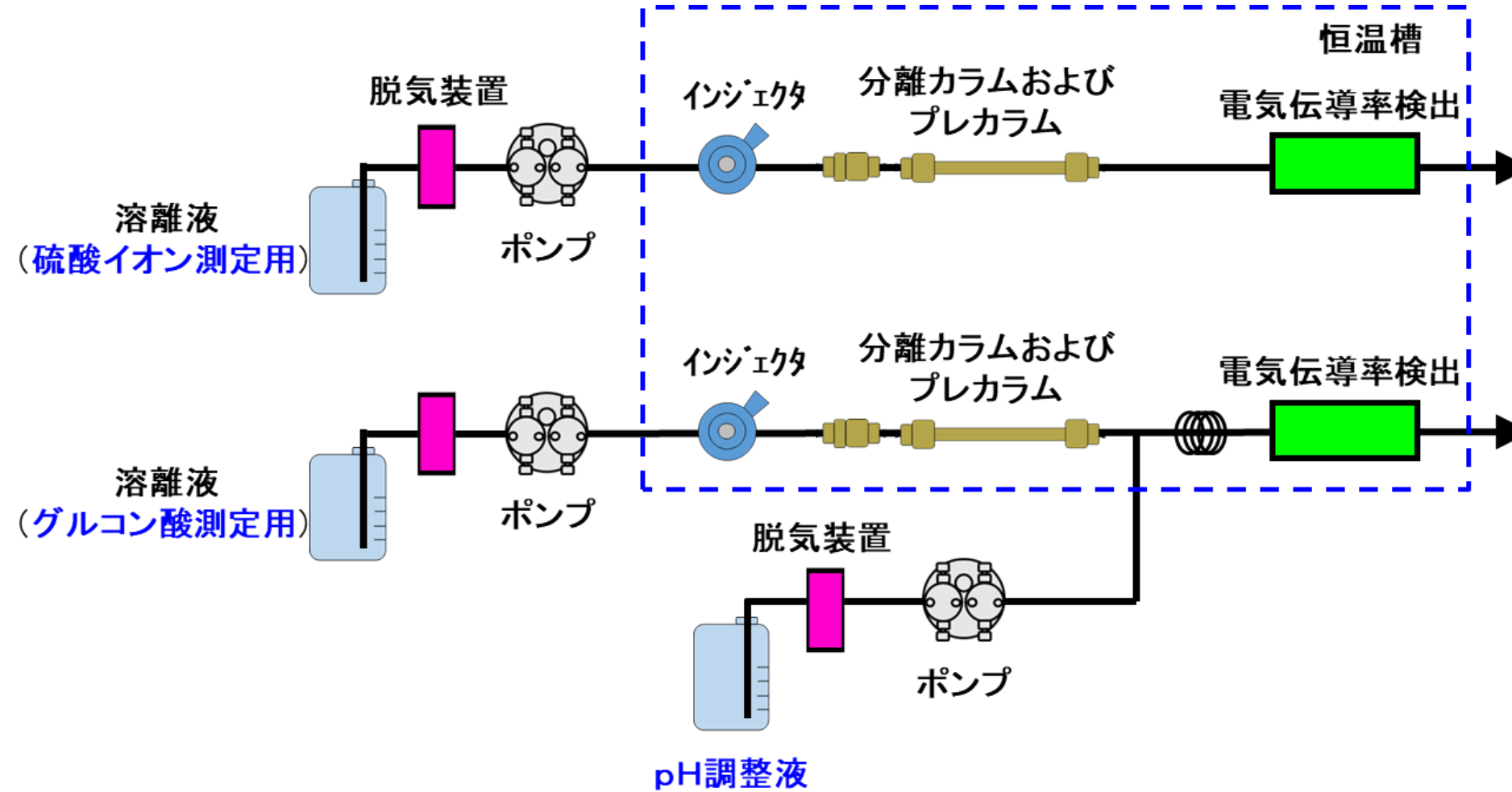
- 登録した時間に硫酸イオン及び凝結遅延剤(主成分;グルコン酸)の濃度を自動測定し、設定値(試験例60mg/L)に対して不足分のグルコン酸を補うように凝結遅延剤を自動添加。
- グルコン酸濃度を保つことで、硫酸イオン濃度(セメント活性指標)を維持。



(3)スラッジ水の練混ぜ水利用におけるセメント置換演算ソフトの開発

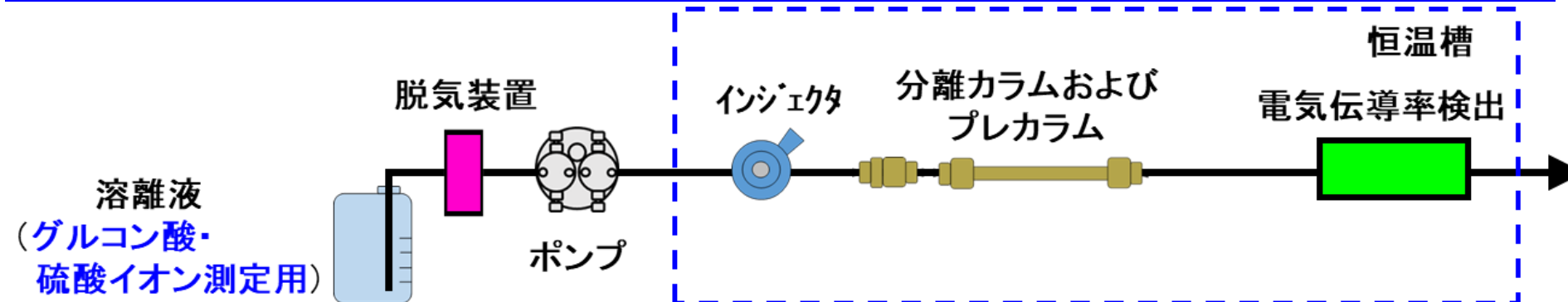


2成分を個別流路で測定する方法(従来技術)



コンパクト化

2成分を1流路で測定する方法(開発技術)



分析部使用パーツ

溶離液類送液ポンプ ^o	3台	⇒	1台
電気伝導率検出部	2台	⇒	1台
手動インジェクタ	2台	⇒	1台

➤ グルコン酸(有機酸)と硫酸イオン(無機酸)を同一カラムで分析するプロトタイプ機を開発した。

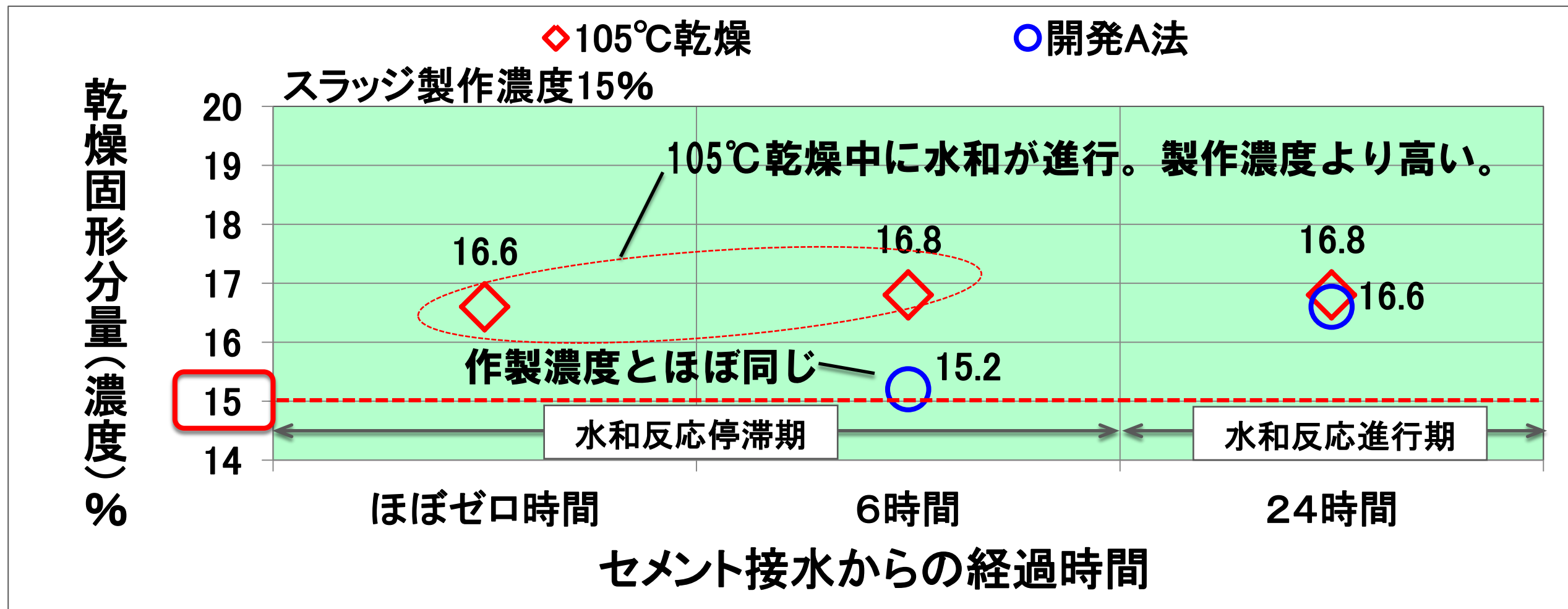
- スラッジ濃度計の補正に必要な生コンスラッジ水固形分量の測定方法として、乾燥中の セメント水和進行を抑えた3パターンの固形分回収・乾燥方法を開発した。自動濃度計の校正時に使用。

A法:スラッジ水を吸引濾過、濾過しながらアセトン30ccの散布を2回、40℃真空乾燥24時間

B法:スラッジ水を吸引濾過、濾過しながらアセトン30ccの散布を2回、50℃常圧乾燥24時間

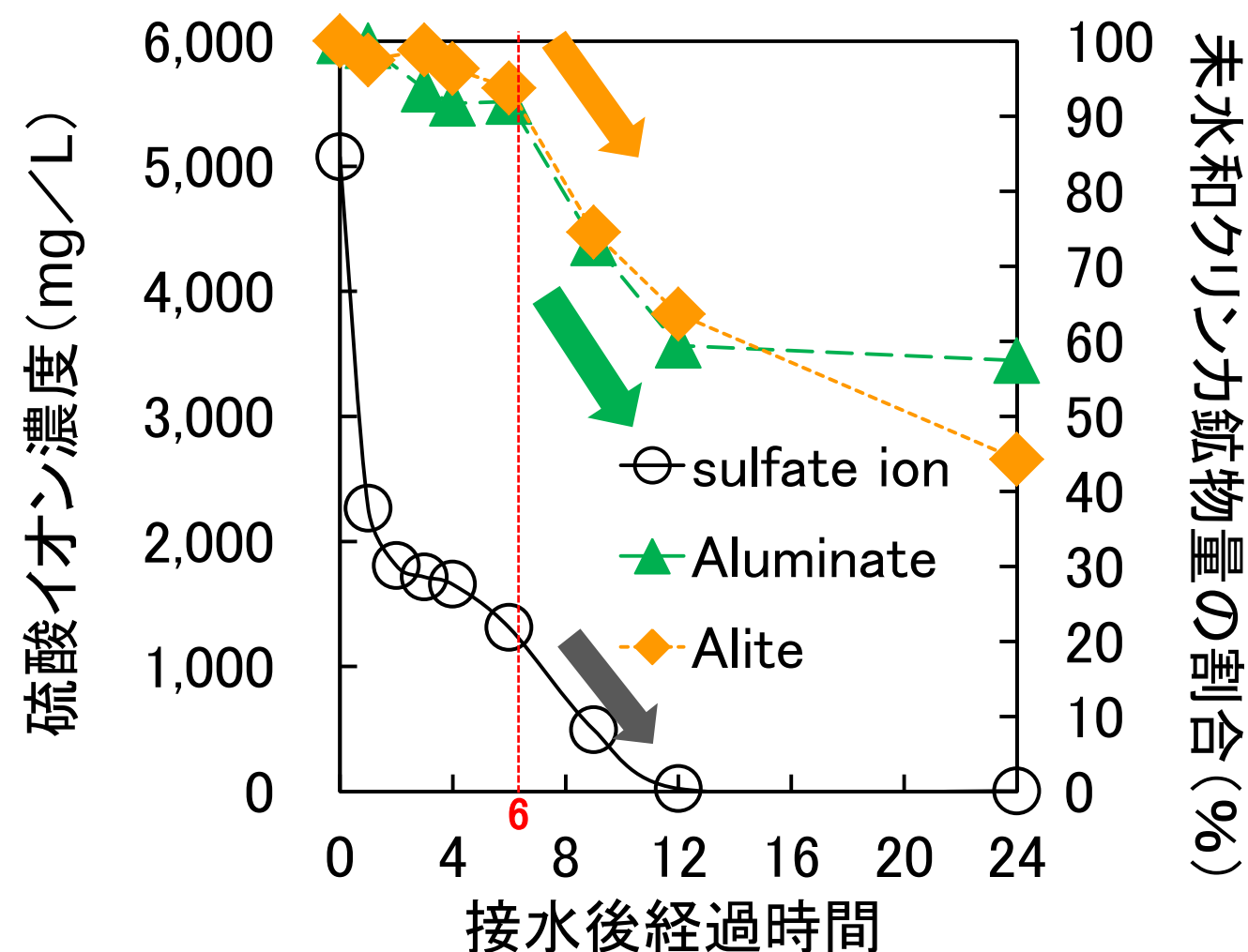
C法:スラッジ水を吸引濾過、濾過しながら遅延剤10%溶液50ccの散布を2回、50℃真空乾燥24時間

【スラッジ水固形分量測定に及ぼす105℃乾燥の影響】

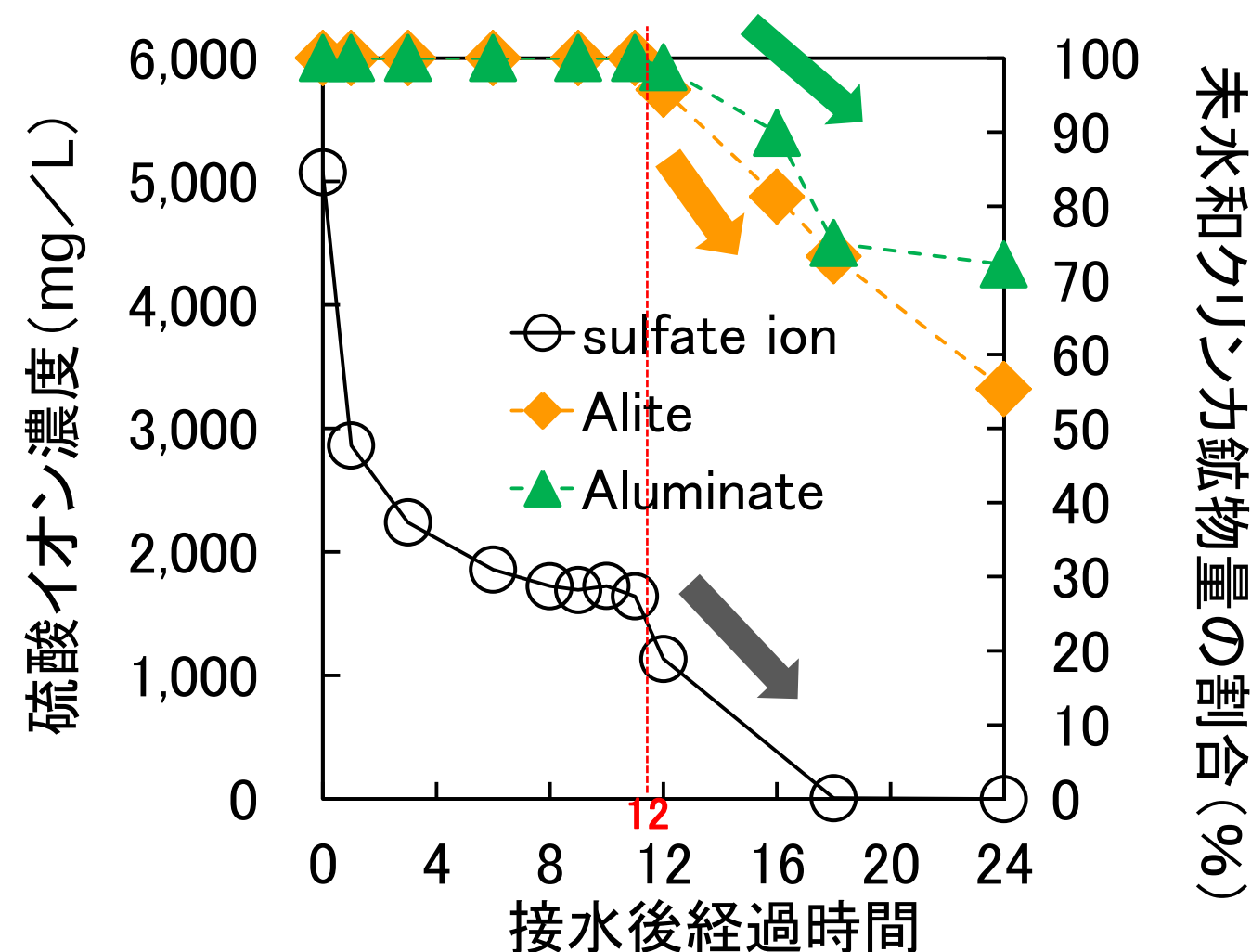


(1) 生コンスラッジ水中の残存セメント量の評価(硫酸イオンとの相関)

【グルコン酸添加なし】



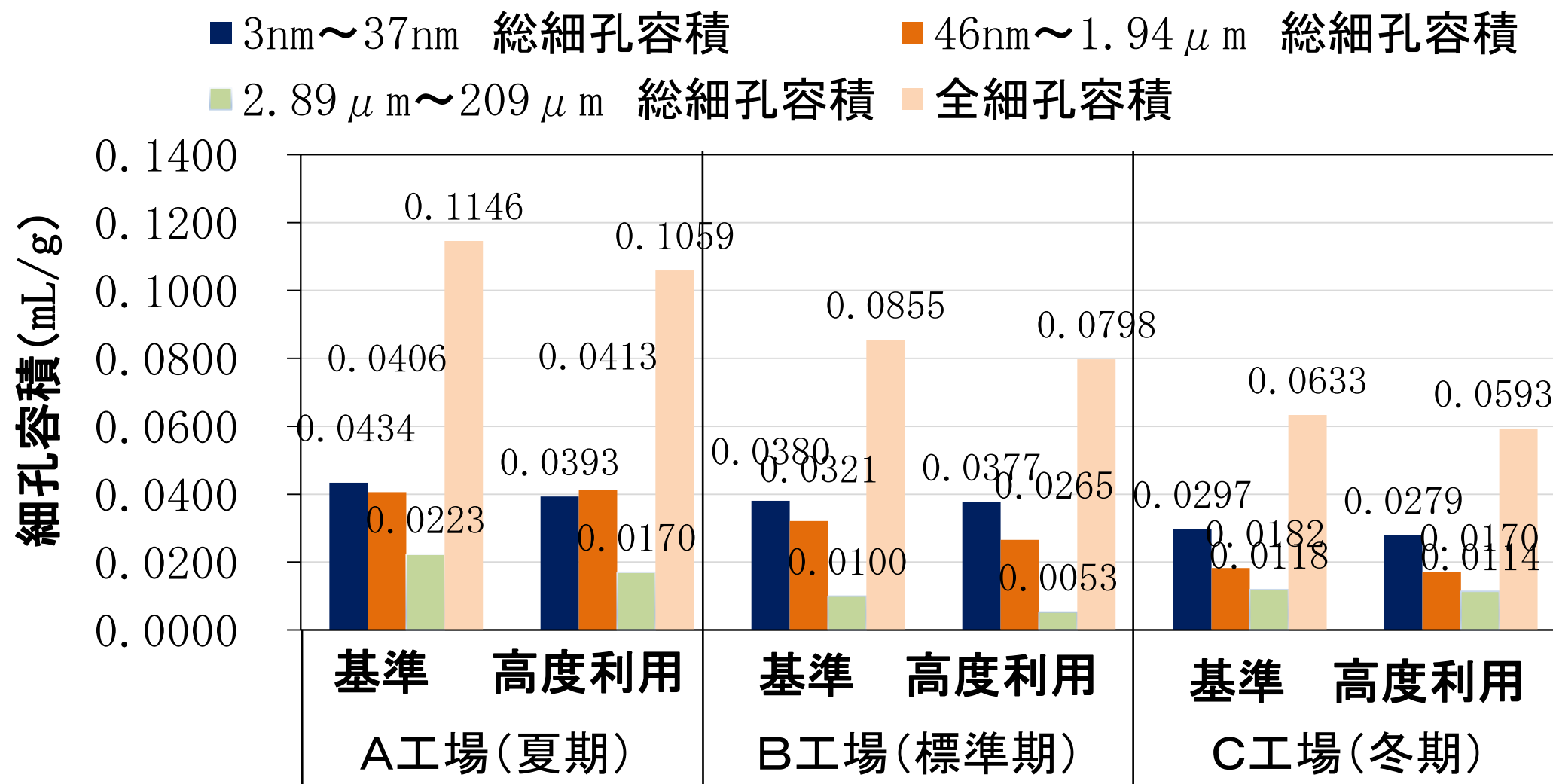
【0.1%グルコン酸添加】



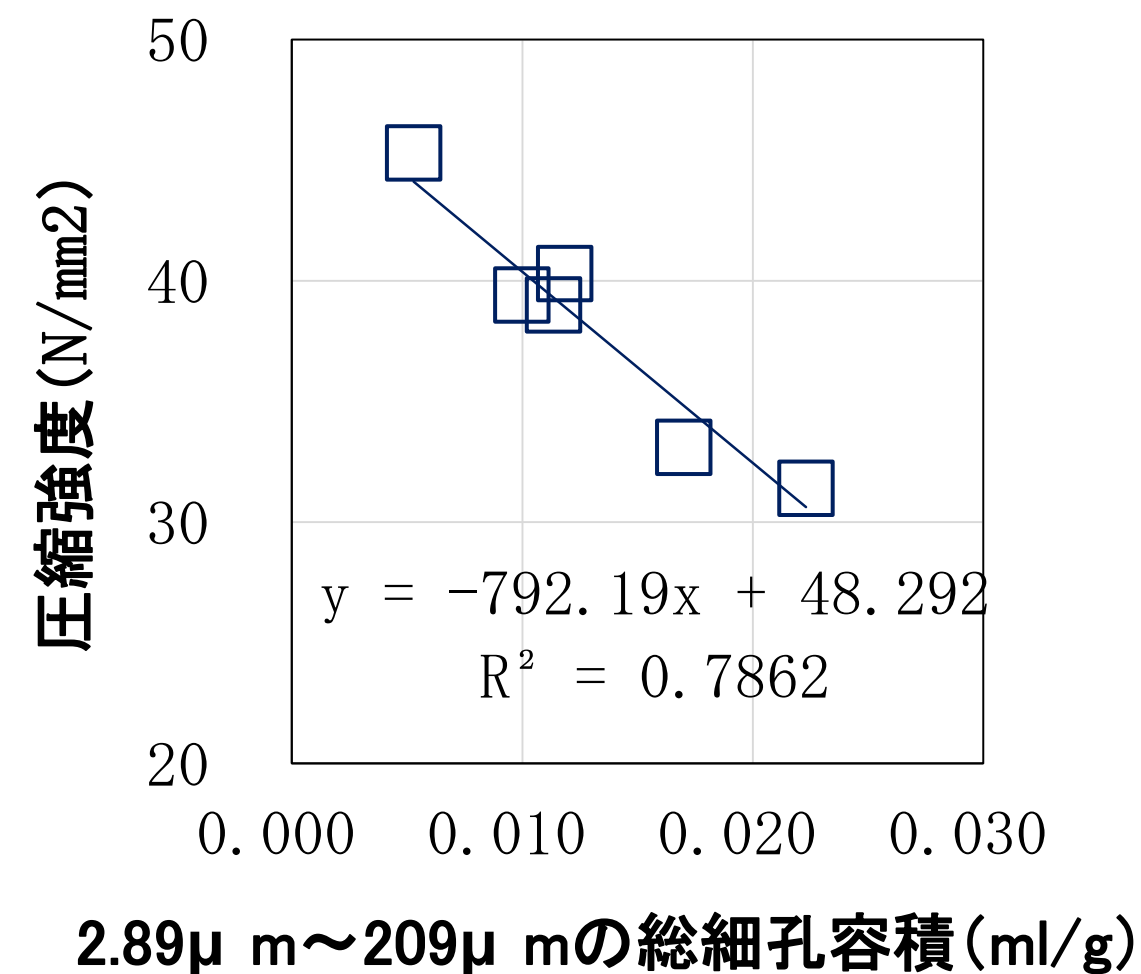
- セメントクリンカ鉱物(アルミネート、エーライト)の水和反応が液相中硫酸イオン濃度と相関している。
⇒ 残存セメント量の評価に硫酸イオン濃度が使用できることを確認。

(2)スラッジ水高度利用コンクリートの強度増加要因

【細孔径分布の評価】



【圧縮強度と総細孔容積の関係】



➤ 硬化コンクリート中の細孔容積の値は小さい方が強度や耐久性に優位とされている。
⇒ 細孔容積は基準配合より高度利用の方が小さい傾向にあることを確認。

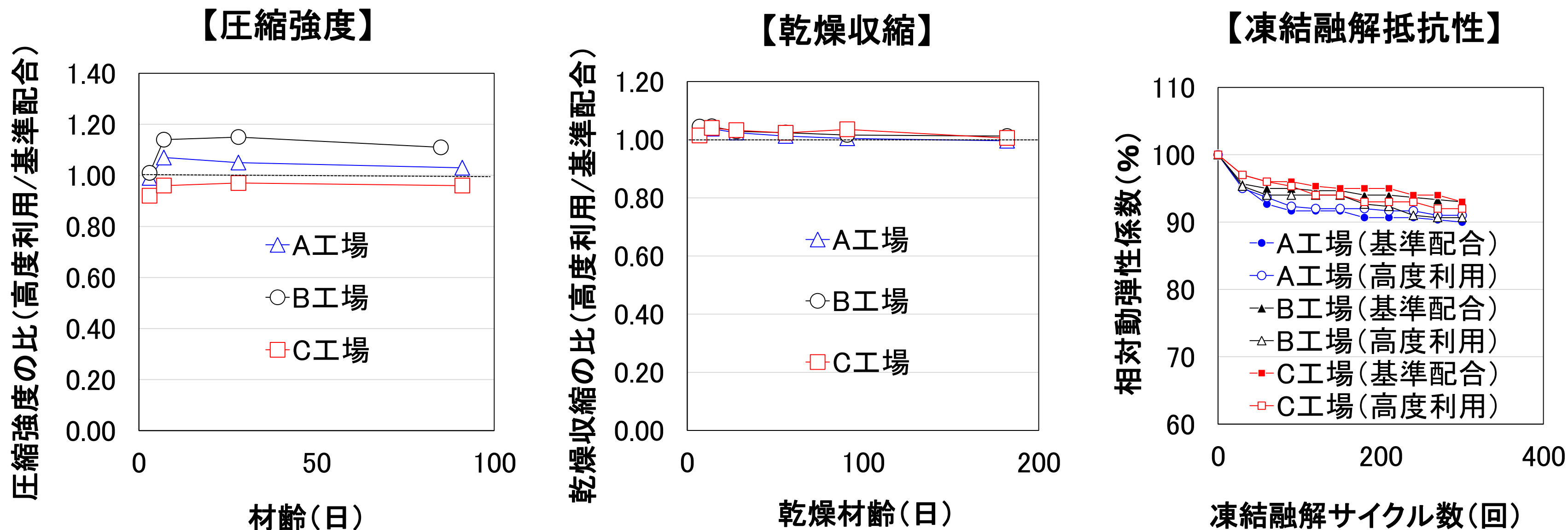
(1)セメント活性を維持したスラッジ水によるセメント置換コンクリート試験



➤ コンクリート試験: 配合セメントの6%をスラッジ固形分(活性を維持したセメント)で置換

生コン工場	実施時 気候条件	グルコン酸 管理濃度	スラッジ 安定化管理 日数	試験区	単位量 (kg/m ³)					
					セメント	スラッジ 固形分	水	砂 ₁	砂 ₂	碎石
A工場 (千葉県)	夏期 7月下旬	—	—	基準配合	333	—	170	455	383	972
		125mg/L	5日間	高度利用	313	20	170	455	383	972
B工場 (長野県)	標準期 9月初旬	—	—	基準配合	362	—	175	435	447	905
		75mg/L	5日間	高度利用	340	22	175	435	447	905
C工場 (宮城県)	冬期 12月上旬	—	—	基準配合	362	—	170	783	—	981
		25mg/L	5日間	高度利用	340	22	170	783	—	981

(2) 生コンスラッジ水高度利用コンクリートの品質評価試験



- 開発技術による高度利用コンクリートの品質は、圧縮強度、乾燥収縮、凍結融解抵抗性等の評価試験の結果、基準配合と同等であり、セメント置換による影響は見られない。
- 全国3箇所の生コン工場で行った試験にて、配合セメントの6%置換(高度利用)を実証した。

- コンクリート関連分野における省エネルギー化技術の重要性は加速的に高まると予想。
- 生コンスラッジ水高度利用技術の標準化を行い、早期の実用化を進める。

	2020Fy	2021Fy		2024Fy		2030Fy
コンクリート関連分野の市場環境	➤ 気候変動問題を背景とした省エネ技術の導入機運の拡大 ➤ 企業価値の指標として重要性が高まる世界的な潮流SDGsの浸透					
プロトタイプ機	➤ NEDO開発機をベースに市販型機の仕様確定とPR機製作					
市販型機	➤ 現行JIS対応の自動管理システムとして市場投入 ➤ 現場プラント等での高度利用施工データの収集					
量産機	➤ 高度利用システムとして市場投入					
海外展開	➤ 技術提携等による海外市場への参入					