

生コンクリート製造工場による

脱炭素化・CNへの取り組み

山口小野田レミコン株式会社

営業部 技術担当

玉井 強

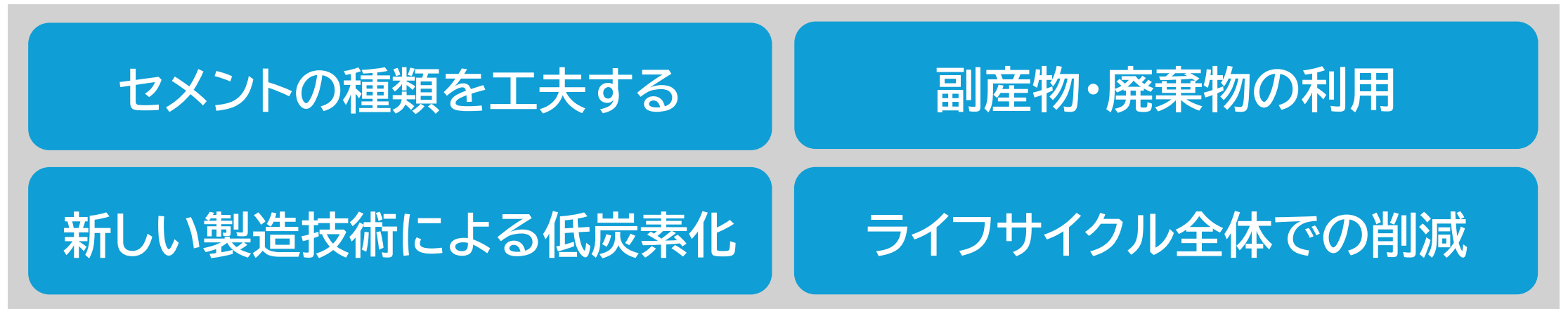
低炭素型コンクリートの概要

■低炭素型コンクリートとは

低炭素型コンクリート



又はこれと同等以上のCO₂排出削減効果のあるもの



置換率 55 % 以上で製造時のCO₂排出量が約 50 % 削減

■低炭素型コンクリート試行工事ポイント

低炭素型コンクリートの取組みが広い地域に普及

- ・ 全国 17 道府県で 51 件、約 11,000 m³ 実施(令和6年末時点)

中国 5 県の実績 → 広島県で 5 件、岡山県で 2 件(令和6年末時点)

全国実績のほとんどが高炉スラグ微粉末置換のプレキャスト

- ・ プレキャスト 49 件、現場打ち 2 件
- ・ 高炉スラグ微粉末置換 50 件
- ・ 高炉スラグ微粉末とフライアッシュの混合置換 1 件

■低炭素型コンクリートの構造的影響

副産物置換による強度発現・耐久性の特徴

メリット

長期強度の向上

耐久性の向上

水和熱の低減

デメリット

初期強度発現が遅い

気温依存性

施工管理の工夫が必要

- ・初期強度は劣るが、長期強度・耐久性はむしろ改善される
- ・施工管理と設計思想次第で十分実用的

湿式炭酸化法による生コンスラッジの有効活用に関する実験的研究

山口小野田レミコン株式会社

○玉井 強 北村 耕平

太平洋セメント株式会社 中央研究所

石井 祐輔 石田 征男

太平洋セメント株式会社 中国支店

高橋 悠

■はじめに 【 戻りコンから生じる残渣の処理 】

2023年度**国内生コン出荷量：約 7,018万 m³以上**

戻りコン発生率*1：約 **1.6 %**
(戻りコン発生量*2： **100万 m³以上**)

処理

スラッジ水
スラッジ脱水ケーキ
回収骨材...etc

処分

路盤改良材
埋立処分

資源循環のため、スラッジ水等の有効利用が望まれる

2024年度**JIS A 5308 改正**

スラッジ固形分率の上限
安定剤の使用で 3 % ⇒ 6 % に緩和

課題

- ・安定剤による品質制御
- ・コンクリートの硬化への影響を把握

*1：全国生コンクリート工業組合連合会

*2：国土交通省総合政策局：残コン・戻りコンの発生抑制，有効利用に関するアンケート調査の結果概要

■はじめに『スラッジ水の有効利用への期待』

スラッジ水

セメント水和物を多く含有⇒CO₂を吸収できる材料

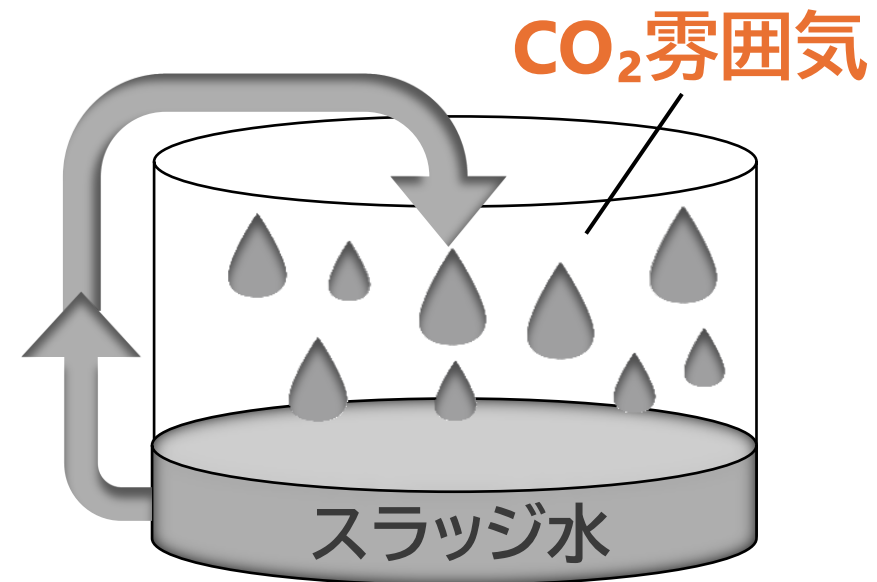
湿式炭酸化技術で炭酸化スラッジ水へ

脱水ケーキを微粉碎後、
加水により得たスラッジ水

+

セメントキルン排ガスから
分離・回収したCO₂

固定化



- ◎ 主成分が炭酸カルシウムであり硬化しない
- ◎ 安定剤による制御が不要、品質の安定化が図れる可能性
- ◎ コンクリートのCO₂排出原単位を削減

■目的

炭酸化スラッジ水

舗装コンクリートへの適用事例あり

安定剤による制御が不要で
品質の安定化が図れる？

検証



標準的に用いられる
配合で適用可能か？

練混ぜ水として用いた場合のコンクリートの物性

上水道水

比較



安定化スラッジ水

比較

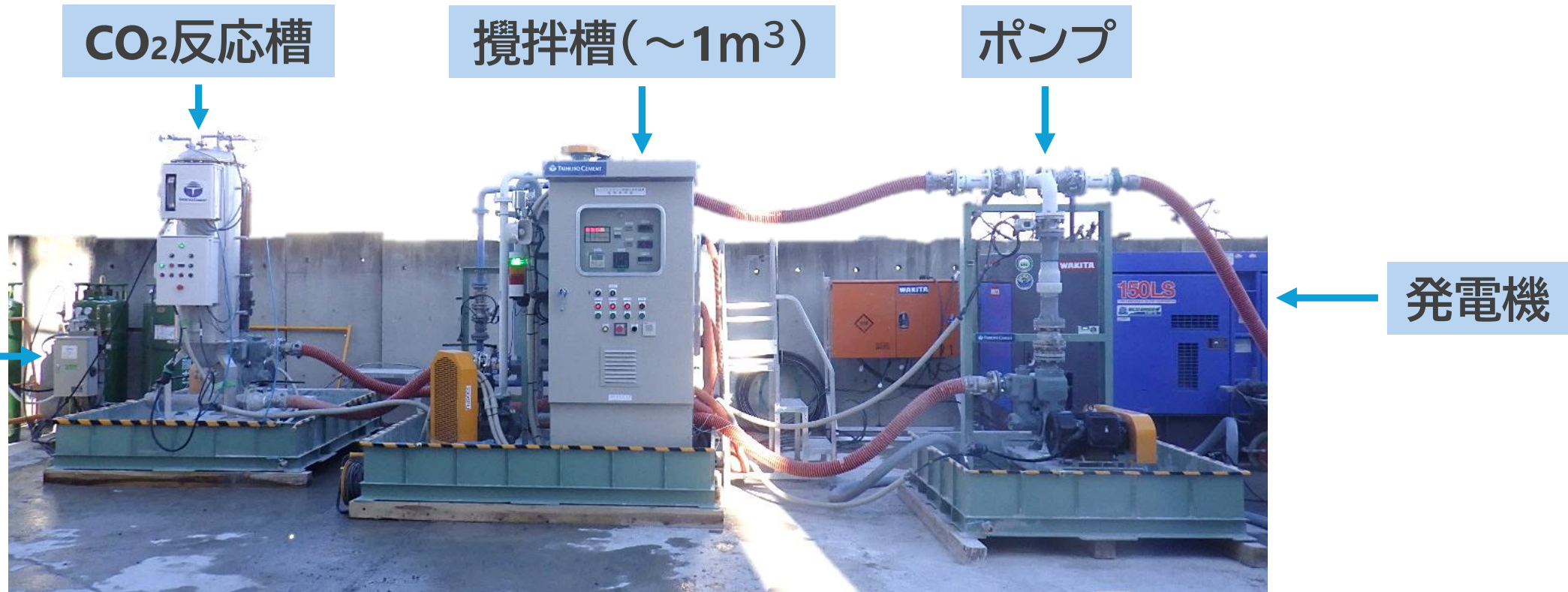


炭酸化スラッジ水

■カーボキャッチ[®]モバイルの全体像

可搬式のCO₂吸収設備

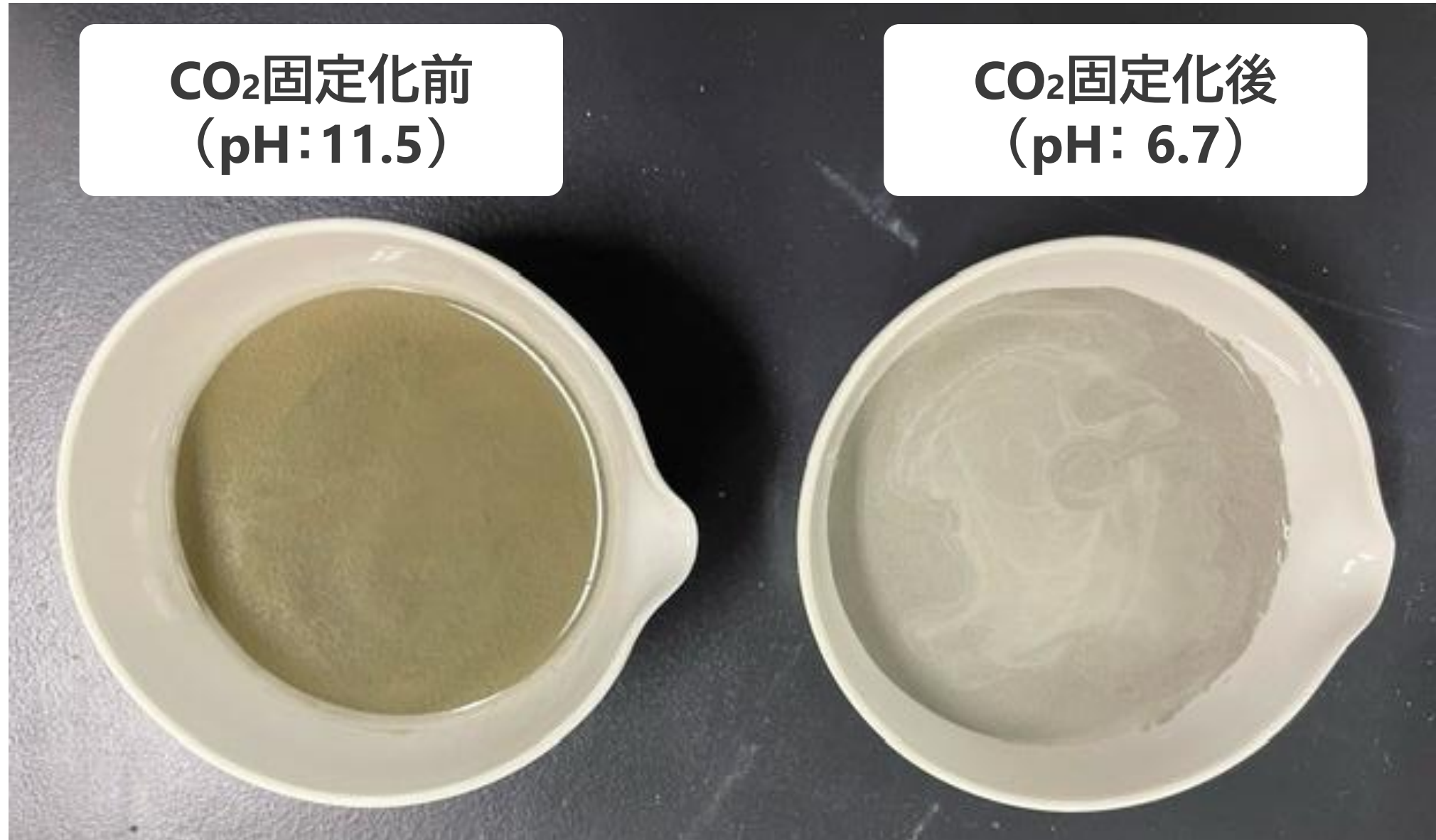
コンクリートプラントにCO₂を持込み、排出されたスラッジにその場でCO₂を吸収可能



約10m

24 時間で1 工場分のスラッジ処理が可能

■炭酸化スラッジ水の外観



材 料	種 類・名 称	記 号	密度(g/cm³)
水	上水道水	W	1.00
炭酸化スラッジ固形分	(固形分率を調整し、練混ぜ水として使用)	CS	2.50*
安定化スラッジ固形分	(固形分率を調整し、練混ぜ水として使用)	SL	3.07*
セメント	普通ポルトランドセメント	C	3.16
細骨材	砕砂(細目) 石灰岩	S1	2.66
	砕砂(粗目) 石灰岩	S2	2.66
粗骨材	碎石(1505) 硬質砂岩	G1	2.74
	碎石(2010) 硬質砂岩	G2	2.74
混和剤	AE減水剤(標準形)	AD	—
	AE減水剤(遅延形)	ADR	—
	空気量調整剤	AE	—
安定剤	オキシカルボン酸系化合物	—	—

項 目		区 分		
記 号		PL	CS	SL
練混ぜ水		上水道水	炭酸化スラッジ水	安定化スラッジ水
固形分率(%)		—	3・6・10	6
AE減水剤	標準形(AD)	○	○	○
	遅延形(ADR)	—	○	—

CSシリーズに関しては、AE減水剤(遅延形)も使用

配合の一例

炭酸化スラッジ水、固形分率 6 %、遅延形 ⇒ CS6-ADR

■コンクリートの配合

建築物に多く適用されている配合を参考

試験の環境温度：20℃

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)							
			W	CS	SL	C	S1	S2	G1	G2
PL-AD	55	51	180	—	—	327	547	364	360	541
CS3-ADR			180	10	—	327	543	362	358	538
CS6-AD			180	20	—	327	540	360	356	535
CS6-ADR			180	20	—	327	540	360	356	535
CS10-ADR			180	33	—	327	536	357	354	530
SL6-AD			180	—	20	327	541	361	357	536

スラッジ水の固形分はセメントの外割置換として設定

練混ぜ直後の目標値

スランプ 18±2.5 cm、空気量 4.5±1.5 %

■コンクリートの試験項目および方法

試験項目	試験方法	配合評価
スランプ	JIS A 1101	全配合
空気量	JIS A 1128	全配合
圧縮強度	JIS A 1108	全配合
ブリーディング	JIS A 1123 附属書A	PL-AD, CS6-ADR, SL6-AD
凝結時間	JIS A 1147	PL-AD, CS6-ADR, SL6-AD

スランプ・空気量	経時変化を練混ぜ直後、静置 30、60、90 分測定
圧縮強度	材齢 3、7、28 日を 9 本採取
ブリーディング	小型容器を使用

実験結果と考察

■炭酸化スラッジ水と安定化スラッジ水の固形分

作製した両スラッジ水を静置して保管

保管の環境温度：20℃

安定化スラッジ水

模擬スラッジ水を作製し、接水から2時間、使用するまでの期間を1日とした標準量の安定剤を添加

期限後は沈降した固形分が硬化

炭酸化スラッジ水

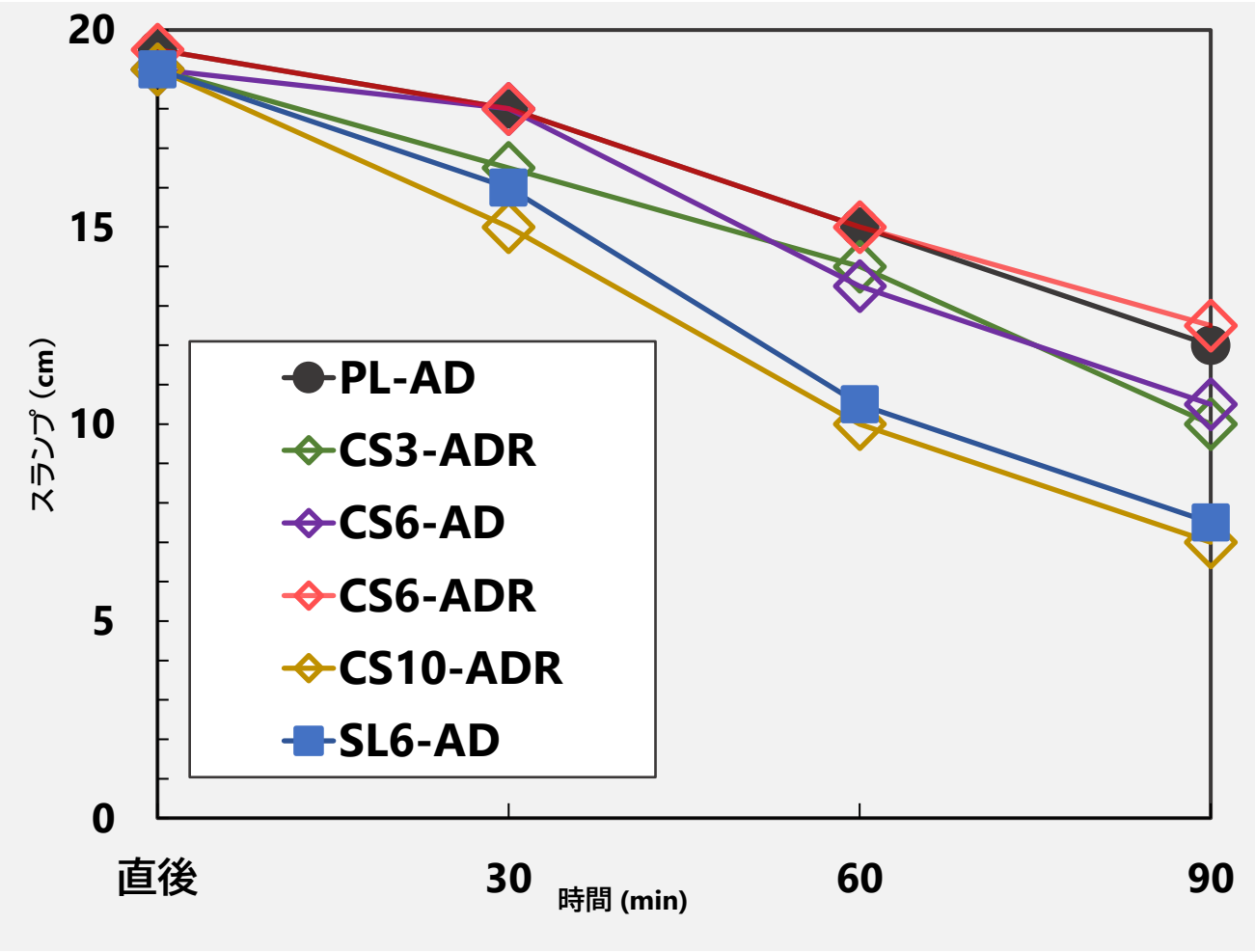
固形分は沈降したものの…
数か月は硬化せず

再攪拌で使用可能

本実験

製造から約1か月保管した炭酸化スラッジ水を使用

■スランプ試験(経時変化)

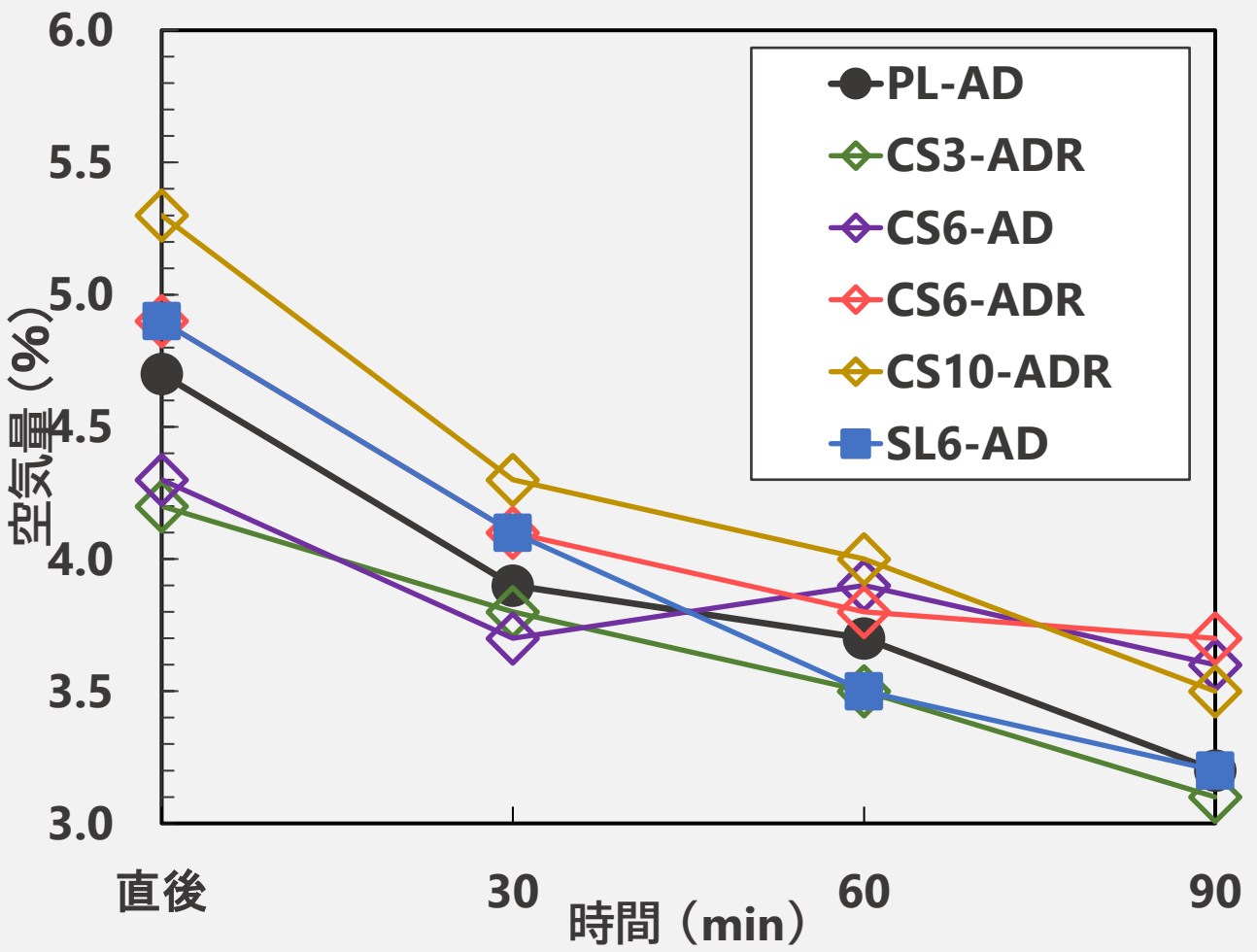


配合名	AE減水剤 (C×%)	経時変化(分・cm)			
		直	30	60	90
PL-AD	0.30	19.5	18.0	15.0	12.0
CS3-ADR	0.45*	19.0	16.5	14.0	10.0
CS6-AD	0.55	19.0	18.0	13.5	10.5
CS6-ADR	0.65*	19.5	18.5	15.0	12.5
CS10-ADR	0.95*	19.0	15.0	10.0	7.0
SL6-AD	0.35	19.0	16.0	10.5	7.5

*AE減水剤(遅延形)使用

CS固形分が 6 %までの使用であれば、混和剤の種類や添加量の調整でPLに近いフレッシュ性状を得ることが可能

■空気量試験(経時変化)

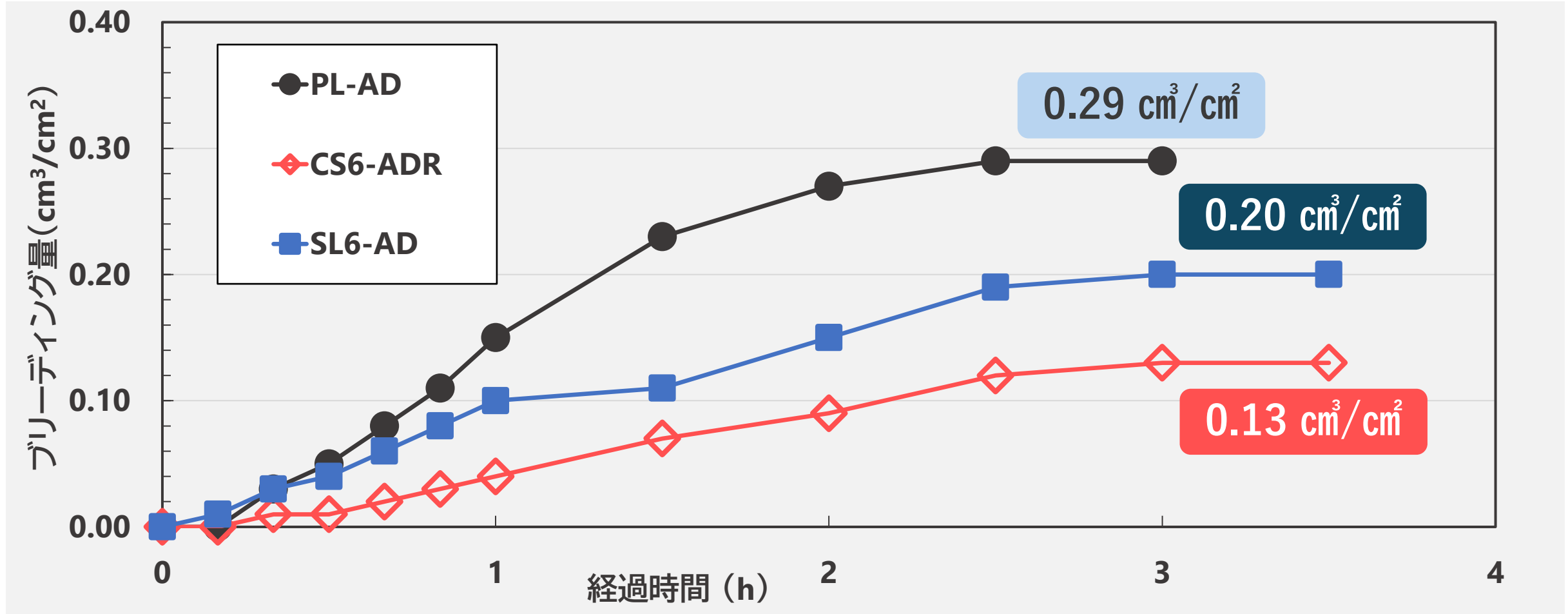


配合名	AE剤 (C×%)	経時変化(分・%)			
		直	30	60	90
PL-AD	0.0025	4.7	3.9	3.7	3.2
CS3-ADR	0.0030*	4.2	3.8	3.5	3.1
CS6-AD	0.0040	4.3	3.7	3.9	3.6
CS6-ADR	0.0045*	4.9	4.1	3.8	3.7
CS10-ADR	0.0065*	5.3	4.3	4.0	3.5
SL6-AD	0.0030	4.9	4.1	3.5	3.2

*AE減水剤(遅延形)使用

混和剤の添加量の調整でPLに近いフレッシュ性状を得ることが可能

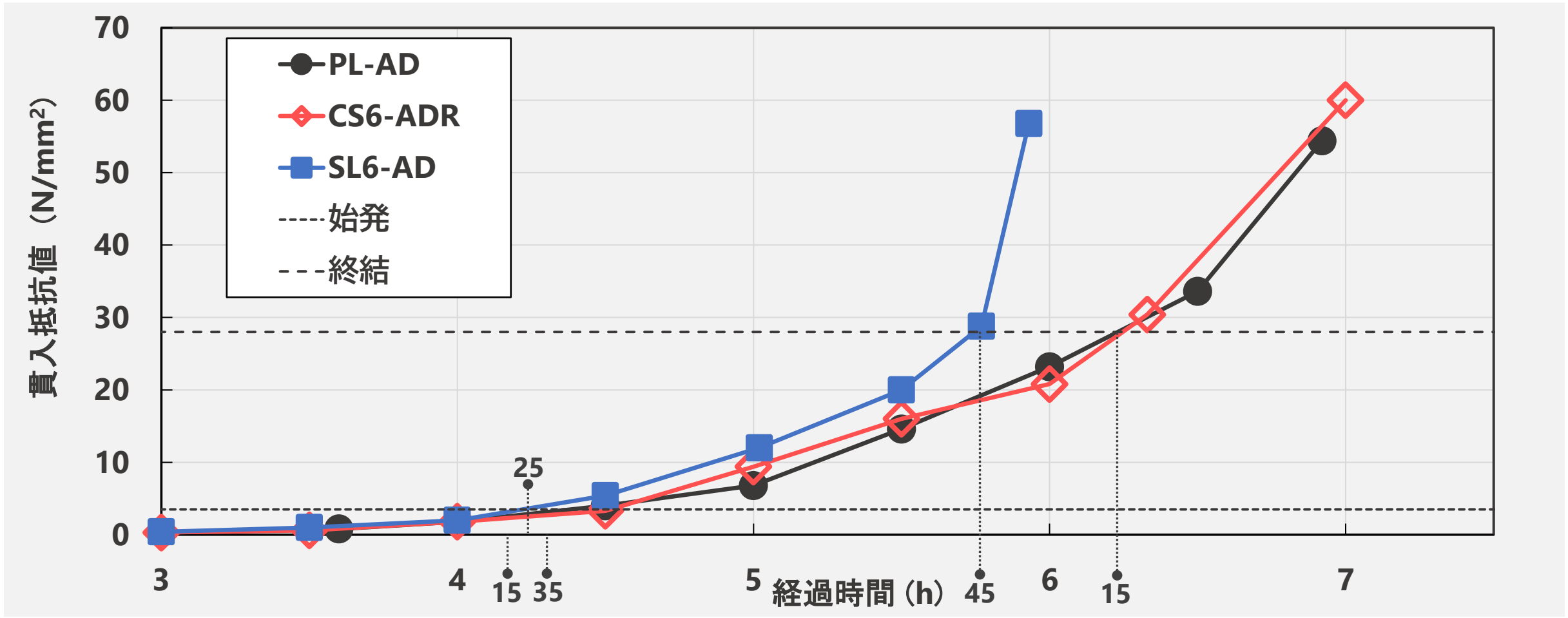
■ブリーディング試験(3配合の比較)



ブリーディング抑制効果 CS > SL (微細な炭酸カルシウムの影響の可能性)

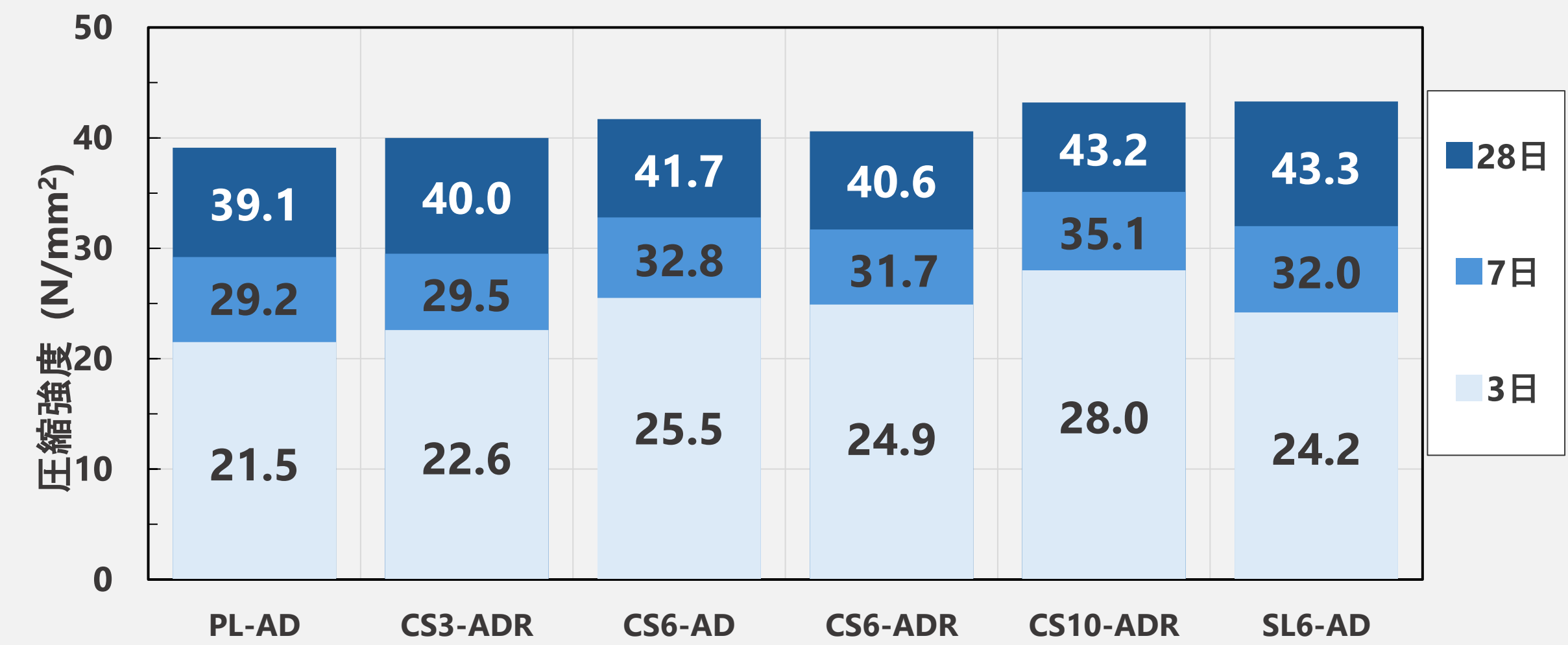
◎CSまたはSLを使用することでブリーディング量が抑制された

凝結時間試験(3配合の比較)



始発時間は全配合で同程度、終結時間はPLとCS6が同じであった

■圧縮強度試験(材齢 3, 7, 28日)



炭酸化スラッジ水の固形分は、炭酸カルシウム、未水和のクリンカ鉱物などが混在していることから、混合量が増えるほど強度増進に寄与したと推察される

■各配合におけるコンクリートのCO₂排出量

特18

CSのCO₂排出原単位は-170kg/tと算出

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単体量 (kg/m ³)								CO ₂ 排出量/削減量
			W	CS	SL	C	S1	S2	G1	G2	(kg-CO ₂ /m ³)
PL-AD	55	51	180	—	—	327	547	364	360	541	257
CS3-ADR			180	10	—	327	543	362	358	538	255 (-1.7)
CS6-AD			180	20	—	327	540	360	356	535	253 (-3.4)
CS6-ADR			180	20	—	327	540	360	356	535	253 (-3.4)
CS10-ADR			180	33	—	327	536	357	354	530	251 (-5.6)
SL6-AD			180	—	20	327	541	361	357	536	257 (0)

CO₂排出量算出

例)CS6-ADR

CS(20)×-170+SL(0)×0+C(327)×766.6+S(900)×3.7+G(891)×2.9÷1000=253

■まとめ ①

本研究で得られた成果は以下のとおり

- 1)炭酸化スラッジ水を静置して保管した結果、固形分は沈降するものの、数か月間硬化せず、再攪拌することで練混ぜ水として使用できることを確認した
- 2)フレッシュコンクリートの性状について、練混ぜ水中の炭酸化スラッジ水の固形分率が 6 %までであれば混和剤の種類や添加量の調整で上水道水使用に近いフレッシュ性状を得ることが確認できた
- 3)炭酸化スラッジ水を使用したコンクリートの圧縮強度は、上水道水を使用した場合よりも大きく、炭酸化スラッジ水の固形分率が高いほど大きくなった

■まとめ ②

本研究で得られた成果は以下のとおり

- 4)炭酸化スラッジ水を使用したコンクリートのブリーディング量は、上水道水を使用した場合よりも少なくなった
- 5)炭酸化スラッジ水を使用したコンクリートの凝結時間は、上水道水を使用した場合と同程度に調整可能であった
- 6)炭酸化スラッジ固形分 1 tあたりのCO₂吸収量は 170 kgであり、炭酸化スラッジ水を練混ぜ水としたコンクリートのCO₂削減量は、固形分が 3 %の場合は 1.7 kg/m³、6 %の場合は 3.4 kg/m³、10%の場合は 5.6 kg/m³、と試算された

山口県内低炭素型コンクリート出荷事例

低炭素型自己充填コンクリート
によるトンネル覆工工事

■背景

一般的な覆工コンクリート
21-15-20BB

- ・作業員の負担「大きい」
- ・有能作業員の技量・経験“依存”

◎覆工施工の省力・人化, 品質確保

自己充填コンクリート

自己充填コンクリートを圧入施工

自己充填覆工構築システム

◎環境負荷低減の取組み

CO₂排出量削減を推進

CO₂排出量の低い結合材に置換

フライアッシュを活用

低炭素型自己充填性コンクリートの適用

■工事概要

項 目	内 容
発注者	国土交通省 中国地方整備局
施工者	佐藤工業株式会社
工事名	令和4年度俵山・豊田道路第1トンネル工事
施工時期※	2024年 7月 15日～10月 11日
打設箇所	覆工コンクリート
出荷量※	総出荷量：3,133.5 m ³
	①FA130：2,866.8 m ³ , ②FA110：266.7 m ³

※低炭素型コンクリートの製造出荷のみ記載

■自己充填コンクリートの仕様および使用材料

呼び強度 (N/mm ²)	水セメント比 (%)	単位セメント量 (kg/m ³)	空気量 (%)	セメントの 種類	高性能AE減水剤 の種類
18	60以下	270以上	4.5±1.5	高炉B	標準形

使用材料	種類・製品名
水	地下水
セメント	高炉セメント B種
混和材	フライアッシュ II 種 (エコパウダー)
細骨材	石灰砕砂 (砕砂(細目), 砕砂(粗目))
粗骨材	安山岩 (砕石2005, 砕石2005)
混和剤	高性能AE減水剤 標準形 (マスターグレニウム SP8SV)
	AE剤 (マスターエア 202)

■低炭素型自己充填コンクリートの配合

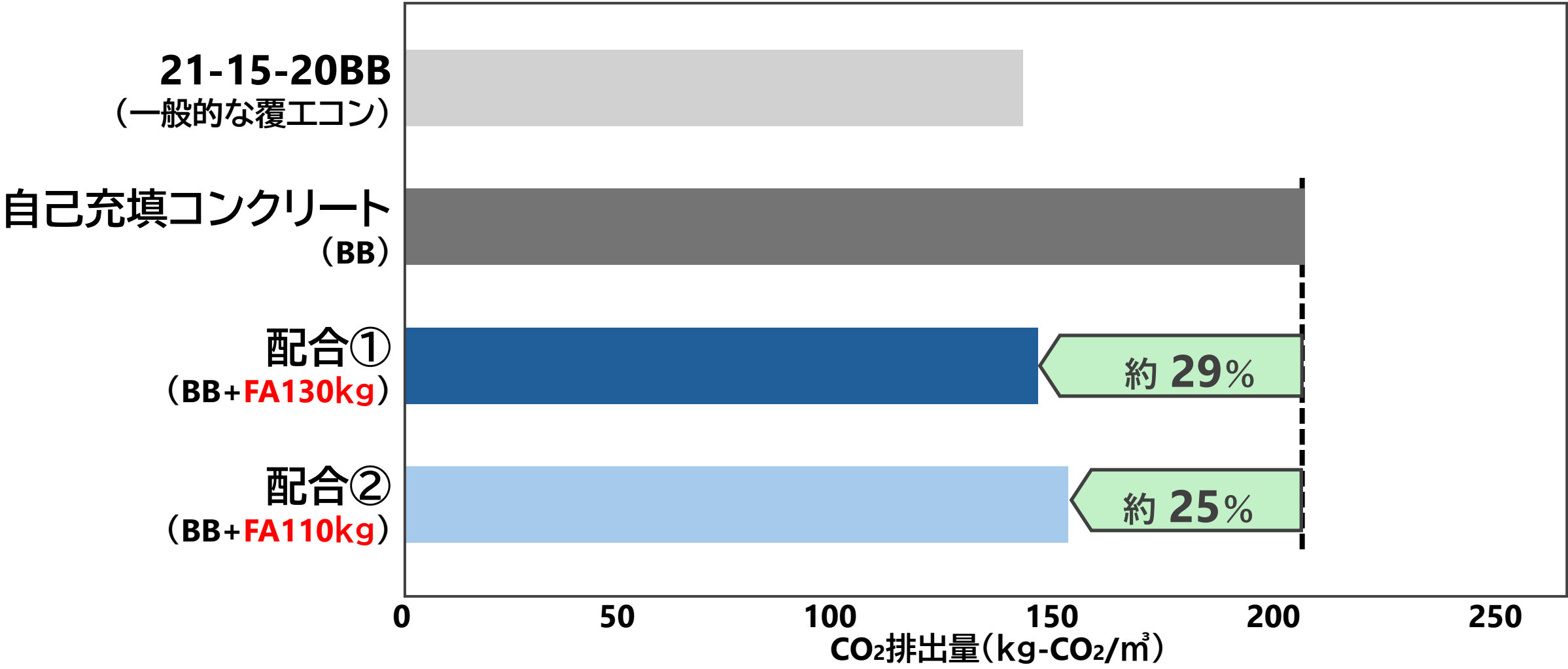
配 合	Gmax (mm)	W/C (%)	S/a (%)	単体量 (kg/m ³)				
				W	C	FA	S	G
配合① (BB + FA130kg)	20	58.9	49.9	165	280	130	425	601
配合② (BB + FA110kg)	20	55.0	50.1	165	300	110	427	601
一般的な覆工コン (21-15-20BB)	20	62.5	48.4	172	273	—	451	564

※適用区間における配合区分として, 配合①, ②の2種類を設定

スランプフローの目標値	60 ±10cm
空気量の目標値	4.5 ±1.5%



CO₂排出量の比較



CO₂排出量が一般的な覆工配合と同程度となった

■低炭素型コンクリートの出荷を希望される場合

山口県内で実績のある低炭素型コンクリート

□高炉セメント c 種を用いたコンクリート

□混和材料としてフライアッシュを用いたコンクリート

□混和材料として高炉スラグ微粉末* を用いたコンクリート

* 50 %置換のため、厳密には環境配慮型コンクリート

お願い

低炭素型コンクリートの計画にあたっては、工場設備や出荷・材料の都合がありますので、事前に出荷予定のプラントへご確認ください

ご清聴ありがとうございました