

改質セメントによるコンクリートの高耐久化技術

— 長期耐久性コンクリートの開発 —

研究の背景と目的

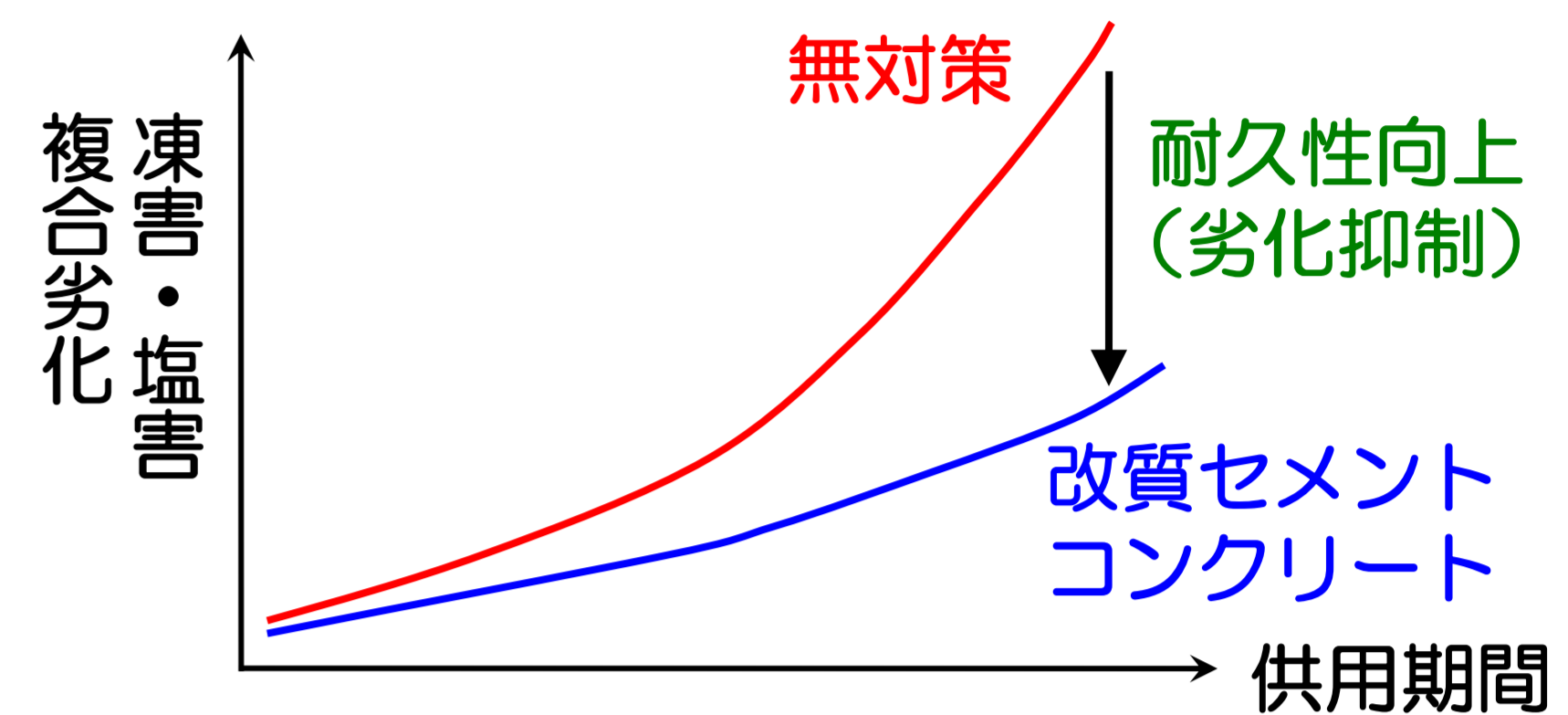
積雪寒冷地のコンクリート構造物は、厳しい気象環境や使用環境により、**凍害**や**塩害**などの影響を**複合的**に受けるため、その耐久性の長期的な確保は、ライフサイクルコスト削減の観点からも大変重要となります。本技術は、**改質したビーライト系セメント等のセメント材料**と産業副産物である**高炉スラグ微粉末等の混和材**の使用によりコンクリート自体の**長期的な耐久性を確保**し、ライフサイクルコストの削減を図るものです。



写真(左) 表面が雪氷で覆われた日本海沿岸の覆道
写真(右) 凍結防止剤の散布状況(内陸でも塩害が懸念される)

研究開発による社会的貢献

- 高耐久コンクリートの使用による**コンクリート構造物の長寿命化**
- 樹脂塗装鉄筋やコンクリート被覆等の省略による**初期および維持管理コストの削減**
- 産業副産物の利用によるセメント製造に伴うCO₂の削減等、**環境負荷の低減**



改質セメントとは?

改質セメントとは、各種セメントおよび各種混和材の種類および置換率をコンクリートの要求性能に応じて適切に組み合わせ、従来の一般的なセメントよりも性能を向上させたセメント系材料(結合材)のことをいいます。

(改質例)

● ビーライト系セメントの高微粉末化

従来のビーライト系セメント(低熱ポルトランドセメント)を微粉碎

- 初期強度発現の向上
- 低発熱高強度コンクリートの実現(長期強度の増大)
- 耐凍害性の向上

● 高炉スラグ微粉末の使用

高微粉末スラグの高置換(粉末度6000、8000クラス、置換率60%)

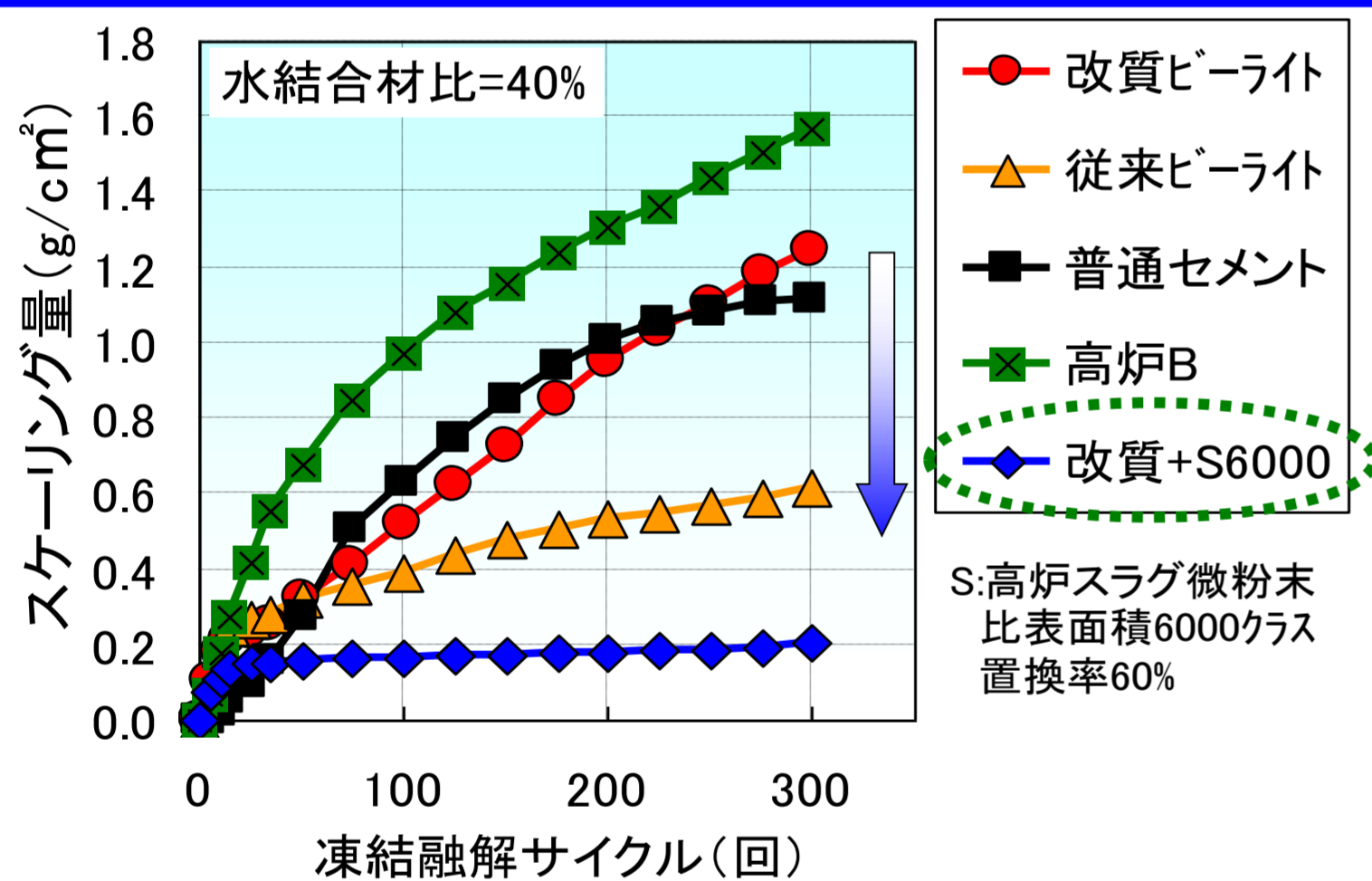
- 水和熱の抑制
- 塩分浸透抵抗性の向上(塩化物イオン拡散係数の極小化)
- スケーリング抵抗性の向上(塩害と凍害の複合劣化抵抗性の向上)

セメントの鉱物組成とその特性

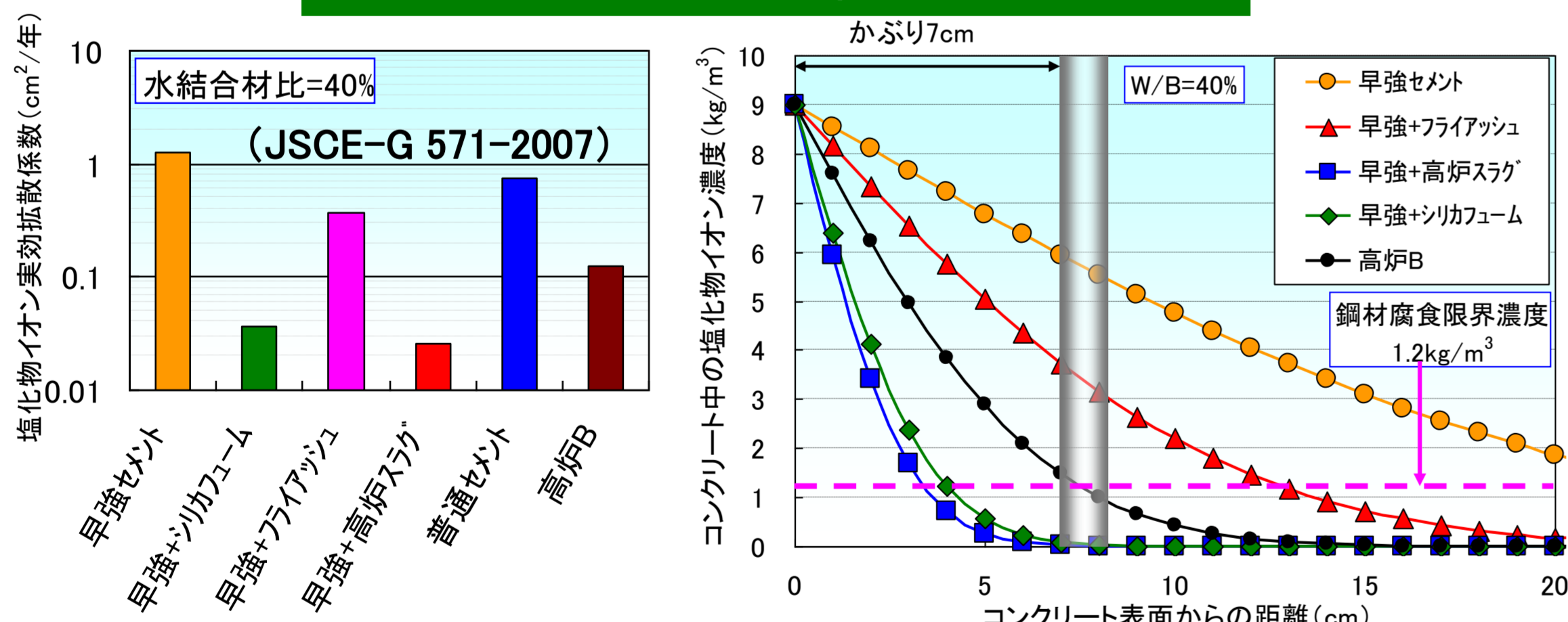
強度発現	各鉱物の特性(相対比較)	エーライト(C ₃ S)	ビーライト(C ₂ S)	アルミネート相(C ₃ A)	フェライト相(C ₄ AF)
		初期(1日程度)	中	小	大
中期(3~28日)	初期	大	中	小	小
	長期(28日以降)	中	大	小	小
水和熱		中	小	大	中
化学抵抗性		中	大	小	大

各鉱物により特性が異なり、これらの割合によりセメントの性能は変化する

物性・耐久性試験結果



スケーリング試験結果(ASTM C672)



塩化物イオンの実効拡散係数と100年後の浸透予測

(性能比較一覧：要求性能、ライフサイクルコストを考慮して選定)

対象構造物(用途)	セメントの種類	強度発現特性		断熱温度	収縮特性				耐久性							
		初期	中・長期強度		自己収縮(W/B30)	乾燥収縮		中性化		塩害		凍害(空気量による)		スケーリング抵抗性(W/B40)	化学的抵抗性	
		1~7	7~28			91以降	W/B 30以下	W/B 40以上	W/B 30以下	W/B 40以上	W/B 30以下	W/B 40以上	W/B 30以下			W/B 40以上
一般構造物	普通ポルトランドセメント	◎	◎	○	×	△	○	△	◎	○	△	△	◎	◎	△	×
	高炉B種セメント	△	○	○	△	△	△	-	△	◎	○	○	○	○	×	○
擁壁、橋脚、橋台などの大型構造物	改質ビーライト系セメント	○	◎	◎	○	△	○	△	◎	△	△	◎	△	△	△	△
	低熱ポルトランドセメント	△	○	◎	○	○	△	-	-	△	△	△	△	△	△	△
	改質ビーライト+高炉スラグ4000	×	△	○	○	△	△	○	-	◎	-	○	○	-	○	
	改質ビーライト+高炉スラグ6000	△	○	◎	◎	◎(60%)	◎	○	-	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	改質ビーライト+高炉スラグ8000	◎	○	◎	◎	◎(60%)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

対象構造物(用途)	セメントの種類	強度発現特性		断熱温度	収縮特性				耐久性										
		初期	中・長期強度		自己収縮(W/B40)	乾燥収縮		中性化		塩害		凍害(真水)		スケーリング抵抗性(W/B45)	化学的抵抗性				
		1~7	7~28			91以降	W/B 35%	W/B 40%	W/B 45%	W/B 40%	W/B 45%	W/B 40%	W/B 45%			W/B 35%	W/B 40%	W/B 45%	
PC構造物や冬期施工	早強ポルトランドセメント	◎	◎	○	×	△	○	△	△	(◎)	△	△	◎	◎	○	△	△	△	(×)
	早強+高炉スラグ6000	△	○	◎	◎	△	○	○	△	(○)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	(○)
	早強+シリカフェーム	◎	◎	◎	△	○	-	△	△	(○)	△	△	◎	◎	△	△	△	△	(△)
	早強+フライアッシュ	△	△	○	○	○	-	△	△	(○)	△	△	○	○	△	△	△	△	(△)

(◎:極めて良好、○:良好、△:適用環境や要求性能による判断が必要、×:別途対策が必要、-:未実施、括弧書きは推測評価)

改質セメントを用いた高耐久性コンクリートの設計施工マニュアル(案)を提案

現場適用事例(国土交通省北海道開発局の協力を得て試験施工等を実施)

施工性等の適用性の確認(橋梁地覆の一部で実施)

早強ポルトランドセメント+高炉スラグ6000
(W/B=40%、高炉スラグ置換率60%)
スランプ8±2.5cm

試験施工状況(施工量1.8m³)



吐出状況



打設終了後



工場製品への適用性の確認

早強
or
普通セメント
+
高炉スラグ6000
(置換率60%)
(蒸気養生)

皿形側溝



U型トラフ



道路用縁石



国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地保全技術研究グループ 耐寒材料チーム

〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 Tel. 011-841-1719 Fax. 011-837-8165

共同研究: 北海道大学、日鐵セメント株式会社(現 日鉄住金セメント株式会社)、日本サミコン株式会社