

【課題名】CO2低排出型コンクリート製建設資材の製造技術高度化及び実用化実証（委託and補助）

【代表者】中川ヒューム管工業株式会社 人見隆

【実施年度】平成30～令和2年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

本課題の目的は、セメントコンクリートよりもCO2排出量が約70%少なく、且つ耐久性が高いCO2低排出コンクリートの製造技術高度化と実用化実証である。セメントはCO2排出原単位が760kg-CO2/tと非常に大きく、全世界におけるセメント産業由来CO2排出量は、総排出量の6%に達する。本課題で開発・実証する技術が国内外へ普及すれば、CO2排出量の効果的な低減に繋がる。また、石炭灰等の産業副産物を原料とするため、環境保護と循環型社会の形成にも繋がる。このように本課題はCO2排出量削減のみならず、社会の持続的発展に広く貢献する可能性を有している。

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

A1.【専用プラントの設計・構築】

- コンクリート性能均一性の確保のために必要である粉体プレミックス機器や、原材料タンクや計量器等を要素とする製造プラントの最適化設計と構築が課題である。現在、プラントが完成し、実用化レベルに到達した。
- 工場製品製造技術の高度化を図るため、配合条件や様々な種類の二次製品を製造し、要求機能を満足するプラント及び製品を検討する。

A2.【現場打ちコンクリート(常温養生)製造技術】

- 施工性、力学性能、経済性を満足する現場打ちコンクリートの開発が課題である。開発済みの工場コンクリート製品(蒸気養生品)製造技術を、現場打ち向けに改良する。現在、実験室レベルでの製造技術構築を果たしている。
- 実用化レベル(実環境で利用できる製造技術の構築)に2020年到達見込み。
- 従来の現場打ち製造技術で使用されている高価な水ガラスの代替として、類似する組成を持つ安価な材料等を使用することで課題解決を図る。

A3.【工場製造品の構造設計手法の確立】

- セメントコンクリートと同様の構造設計手法が適用化可能かの判断と、適用できない場合の手法の開発が課題である。現在、力学性能に関する構造設計手法をほぼ確立している。
- 実用化レベル(物理的耐久性を含む構造設計手法の確立)に2020年到達見込み。
- 構造計算を専門とする研究者の従事により、課題を解決する。

A4.【実用化・普及シナリオ検討】

- 建築用各種資材について、競合品との性能・コスト等の比較、普及を後押しする各種制度を調査し、普及可能性が高い資材を抽出する

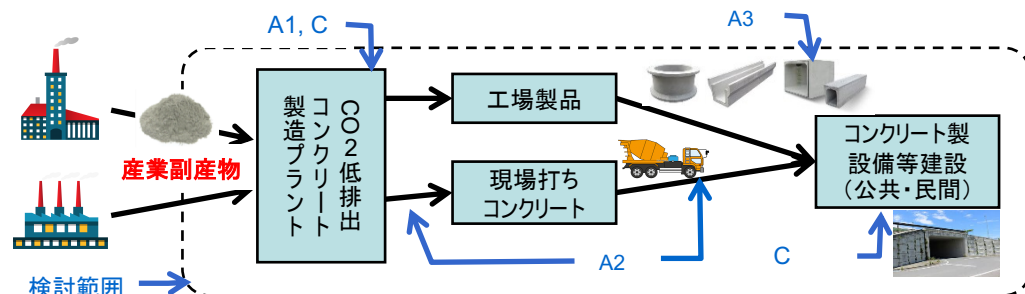
B. 開発要素のシステム統合: 課題は特になし。

C. その実証

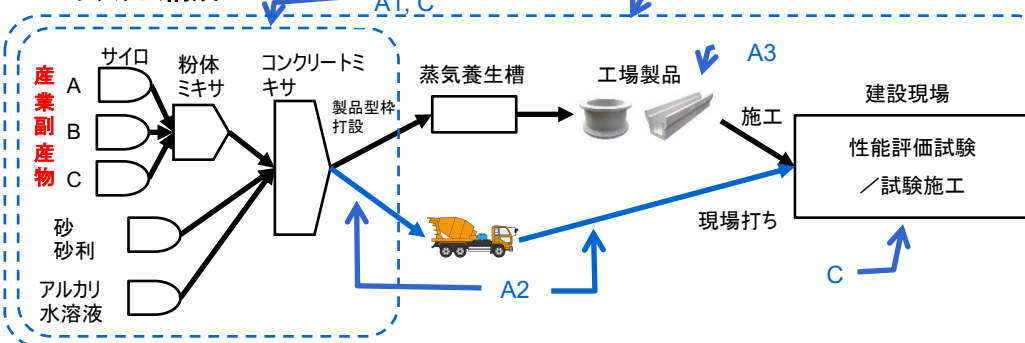
- プラントの実用性と、コンクリートの実用性について実用性を実証する。
- コンクリートの実用性(耐久性)を短期間で評価するため、過酷な酸劣化環境現場として、温泉地及び下水道、寒冷地にて試験を実施した。さらに実証現場の拡大を図ると共に実証中の製品のモニタリング評価を行う。

③【システム構成】

● システム環境



● システム構成



④【技術開発の目標・リスク】

○想定ユーザ・利用価値: 国、地方自治体・インフラ長寿命化による維持管理費削減

○目標となる仕様及び性能:

<製品: 工場コンクリート製品(蒸気養生品)、現場打ちコンクリート(常温養生品)>

- セメントコンクリートと同等の施工性、製造コスト
- セメントコンクリートの2倍以上の化学的耐久性(耐酸性)
- 構造部材としての使用が可能な力学性能と寸法維持性能
- 下水道新技術推進機構の技術認証登録品

<製造プラント>

- コンクリートを安定した品質で製造可能な機能

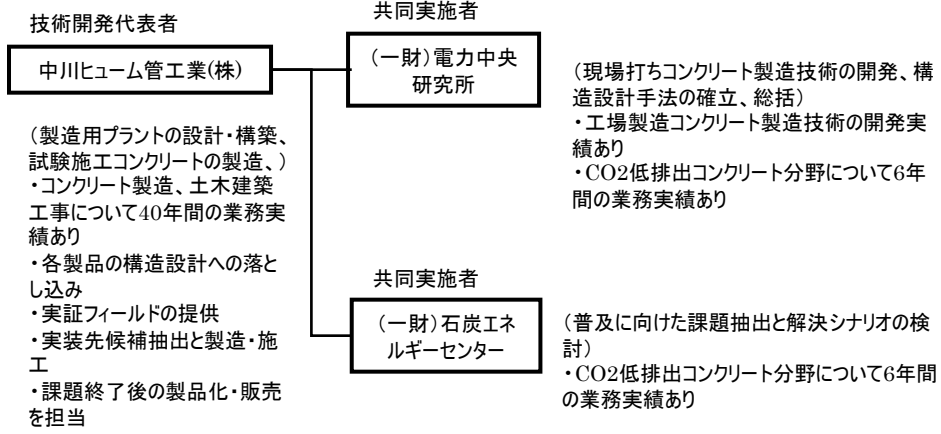
○開発工程のリスク・対応策:

リスク: コンクリート製造用プラントの設計と構築の工程遅れにより、他の開発項目の工程遅れが生じるリスク

対応策: 初年度からプラント設計案について机上検討を行い、工程遅れを防止する。

(2)実施計画等

①【実施体制】



②【実施スケジュール】

	H30年度	H31年度	R2年度
A1.専用プラントの設計			
構築	30,260千円	83,300千円	83,300千円
A2現場打ちコンクリート			
製造技術開発	11,475千円	15,725千円	11,050千円
A3工場製品の構造設計			
手法の確立	13,770千円	16,150千円	17,000千円
A4実用化・普及シナリオ			
検討	8,500千円	6,800千円	6,800千円
B.システム統合			
C.実証			
	12,622千円	26,143千円	23,608千円
その他経費	10,158千円	5,832千円	3,888千円
合計	86,785千円	153,950千円	145,646千円

※経費所要額

年度	平成30年度	平成31年度	令和2年度	合計
委託事業費①	76,627	148,118	141,758	366,503
補助事業費②	10,158	5,832	3,888	19,878
補助金所要額③	5,079	2,916	1,944	9,939
環境省支出額①+③	81,706	151,034	143,702	376,442
総事業費①+②	86,785	153,950	145,646	386,381

③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う主たる事業者	中川ヒューム管工業 株式会社
--------------	----------------

- ・2021年までに、商品生産・販売開始
 - ・2022年までに、研究会を設立し、研究会を通じ他のメーカーへ技術を水平展開。
 - ・2025年を目処とし、他メーカーでも商品生産開始。より広域での販売開始
- 事業展開における普及の見込み
- ・対象市場規模:コンクリート出荷量60,000千m3/年(1m3≒1万円→6000億円)
 - ・想定事業規模:120千m3/年(2030年頃)

○年度別販売見込み

年度	2021	2023	2025	2030
工場製品 目標販売数量 千m3)	-	0.5	6	50
現場打ち 目標販売数量 千m3)	-	0.5	2	70
目標累積販売数量 千m3)	-	1.01	17.2	382.2
工場製品目標平均販売価格 円/m3)	-	12,000	12,000	11,000
現場打ち目標平均販売価格 円/m3)	-	13,000	13,000	12,200

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・グリーン調達品への登録が必要
- ・研究会でのCO2低排出コンクリートの製造技術マニュアルの作成発刊が望まれる

開発品(コンクリート)1千m3当たりCO2削減量 (t-CO2/千m3)	エネ起	45.8
	非エネ起	177.6

年度	2021	2025	2030
CO2削減量 万 tCO2/年)	-	0.04	0.55
累積CO2削減量 万 t-CO2)	-	0.08	1.75
CO2削減コスト 円/t-CO2) 2020年度は不要) =環境省から受ける補助総額(円)÷当該年度までの累積CO2		470,553	21,511

エネ起	CO2削減量 万 tCO2/年)	-	0.14	2.13
	累積CO2削減量 万 t-CO2)	-	0.31	6.79
	CO2削減コスト 円/t-CO2)		121,433	5,544

非エネ起	CO2削減量 万 tCO2/年)	-	0.18	2.68
	累積CO2削減量 万 t-CO2)	-	0.38	8.54
	CO2削減コスト 円/t-CO2)		99,064	4,408

合計	CO2削減量 万 tCO2/年)	-	0.18	2.68
	累積CO2削減量 万 t-CO2)	-	0.38	8.54
	CO2削減コスト 円/t-CO2)		99,064	4,408

※環境省支出額=376,442 千円

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・粉体混合専用プラントを構築し、製造技術の高度化を図り、工場製品の量産化技術を確立した。
- ・現場打ちコンクリート(常温養生)に用いる材料を選定し、実用可能な性能を有する製造技術(配合条件等)を開発した。
- ・工場製品について、力学性能や物理的耐久性に関する特性に基づき、構造部材としての設計手法の確立を果たした。
- ・JIS等公的規格や各種資材への適用可能性を調査し、最適な普及シナリオを構築するとともに有望用途先を構築した。
- ・実環境への試験施工(下水道、寒冷地、温泉地、一般環境)により実環境における耐久性等を検証し、実用性を確認した。

②【エネルギー起源CO2削減効果】

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

年度	2021	2025	2030
CO2削減量 万 tCO2/年)	—	0.04	0.55
累積CO2削減量 万t-CO2)	—	0.08	1.75
CO2削減コスト (円/t-CO2) (2020年度は不要)		470,553	21,511
=環境省から受ける補助総額 (円) ÷ 当該年度までの累積CO2			
CO2削減量 万 tCO2/年)	—	0.14	2.13
累積CO2削減量 万t-CO2)	—	0.31	6.79
CO2削減コスト (円/t-CO2)		121,433	5,544
CO2削減量 万 tCO2/年)	—	0.18	2.68
累積CO2削減量 万t-CO2)	—	0.38	8.54
CO2削減コスト (円/t-CO2)		99,064	4,408

【現時点見込み】

現時点見込みの年次は固定

年度	2022 販売開始年 度を記載)	2023	2025	2030	2050
単年度CO2削減量 (万 t CO2/ 年)	0.02	0.11	0.18	2.68	2.68
累積CO2削減量 (万t-CO2)	0.02	0.13	0.38	8.54	62.14
CO2削減コスト (円/t-CO2)	1,685,058	280,843	99,064	4,408	606

③【成果発表状況】※詳細は参考資料3を参照

- ・学協会における論文発表(……5件)
- ・イベント展示(下水道展2018, 2019, 2020、エコプロ2019)
- ・新聞報道等(日本記者クラブプレス発表、セメント新聞、環境新聞、日刊工業新聞、電気新聞、日経産業新聞、コンクリート新聞など)
- ・電力中央研究所公式YouTubeにせん断試験動画をアップ

④【技術開発終了後の事業展開】

CO2低排出型コンクリートの量産化技術が確立されたことから、コンクリートメーカーを中心とする研究会を設立して技術の水平展開を行う。また、NETISや技術評価を取得し、将来のJIS規格化に向けて実績を積み上げる。さらに粉体供給と製造工場をリンクさせた将来的な全国規模のサプライチェーン構築に先立ち、福島を拠点とする東北エリアをモデル地区としてビジネス展開する。

○量産化・販売計画

- ・2021年までに、コンクリート二次製品メーカーを中心とした研究会を設立。
- ・2023年までに、公的認証の取得及び研究会員社へ製造技術を水平展開。
- ・2025年を目処として、低コスト化、CO2排出量の更なる削減。

○事業拡大シナリオ

年度	2021	2023	2030	2050 (最終目標)
技術評価取得	NETIS申請	技術評価申請	各種認定 JIS化	
研究会による 技術展開	設立	技術の 水平展開	協会の設立	土木建築構造 部材への適用
低コスト化技術開 発及び脱炭素化	材量調達方 法の調査	配合の見直し、 代替品調査	カーボンニュートラル次世代建設材 料として全国展開	
海外への事業展 開	石炭灰の活 用状況調査	技術提携先の検 討(JCM関係国)	現地生産開始	

※ 上記の図表はあくまで例であり、項目等は適宜修正してください。

※ 事業化の詳細については参考資料に記載を願います。

○シナリオ実現上の課題

- ・事業化に向けた公的機関の認定及び技術評価取得
- ・石炭火力発電所に稼働率低下と石炭灰のサプライチェーン
- ・低コスト化のための原材料の見直しとカーボンプライシングの適用
- ・販売網拡大のためのメーカーとの連携強化
- ・海外への事業展開に向けた海外動向調査



○参考資料1 CO2削減効果について

○2022年時点の削減効果 (試算方法パターン C-I)

- ・国内潜在市場規模: 60,000千m³(経産省生コンクリート流通統計調査)
- ・2022年度までに期待される最大普及量: 0.1千m³
- ・CO₂低排出型コンクリート1千m³当たりのCO₂削減量: 223.4(t-CO₂/千m³)「セメントコンクリートの70%」
- ・削減原単位: セメントコンクリート1千m³当たりのCO₂排出量291.0(t-CO₂/千m³)、CO₂低排出型コンクリート1千m³当たりのCO₂排出量67.6(t-CO₂/千m³)
- ・累積CO₂削減量: 0.02万t-CO₂
- ・CO₂削減コスト: 1,688,081円/t-CO₂

○2023年時点の削減効果 (試算方法パターン C-I)

- ・国内潜在市場規模: 60,000千m³(経産省生コンクリート流通統計調査)
- ・2023年度までに期待される最大普及量: 0.2千m³
- ・CO₂低排出型コンクリート1千m³当たりのCO₂削減量: 223.4(t-CO₂/千m³)「セメントコンクリートの70%」
- ・削減原単位: セメントコンクリート1千m³当たりのCO₂排出量291.0(t-CO₂/千m³)、CO₂低排出型コンクリート1千m³当たりのCO₂排出量67.6(t-CO₂/千m³)
- ・累積CO₂削減量: 0.04万t-CO₂
- ・CO₂削減コスト: 842,152円/t-CO₂

○2030年時点の削減効果 (試算方法パターン C-I)

- ・国内潜在市場規模: 60,000千m³(経産省生コンクリート流通統計調査)
- ・2030年度までに期待される最大普及量: 382.2千m³
- ・CO₂低排出型コンクリート1千m³当たりのCO₂削減量: 223.4(t-CO₂/千m³)「セメントコンクリートの70%」
- ・削減原単位: セメントコンクリート1千m³当たりのCO₂排出量291.0(t-CO₂/千m³)、CO₂低排出型コンクリート1千m³当たりのCO₂排出量67.6(t-CO₂/千m³)
- ・累積CO₂削減量: 8.54万t-CO₂
- ・CO₂削減コスト: 4,408円/t-CO₂

○2050年時点の削減効果 (試算方法パターン C-I)

- ・国内潜在市場規模: 60,000千m³(経産省生コンクリート流通統計調査)
- ・2050年度までに期待される最大普及量: 2,782千m³
- ・CO₂低排出型コンクリート1千m³当たりのCO₂削減量: 223.4(t-CO₂/千m³)「セメントコンクリートの70%」
- ・削減原単位: セメントコンクリート1千m³当たりのCO₂排出量291.0(t-CO₂/千m³)、CO₂低排出型コンクリート1千m³当たりのCO₂排出量67.6(t-CO₂/千m³)
- ・累積CO₂削減量: 62.14万t-CO₂
- ・CO₂削減コスト: 606円/t-CO₂

○参考資料2-1 事業化計画について

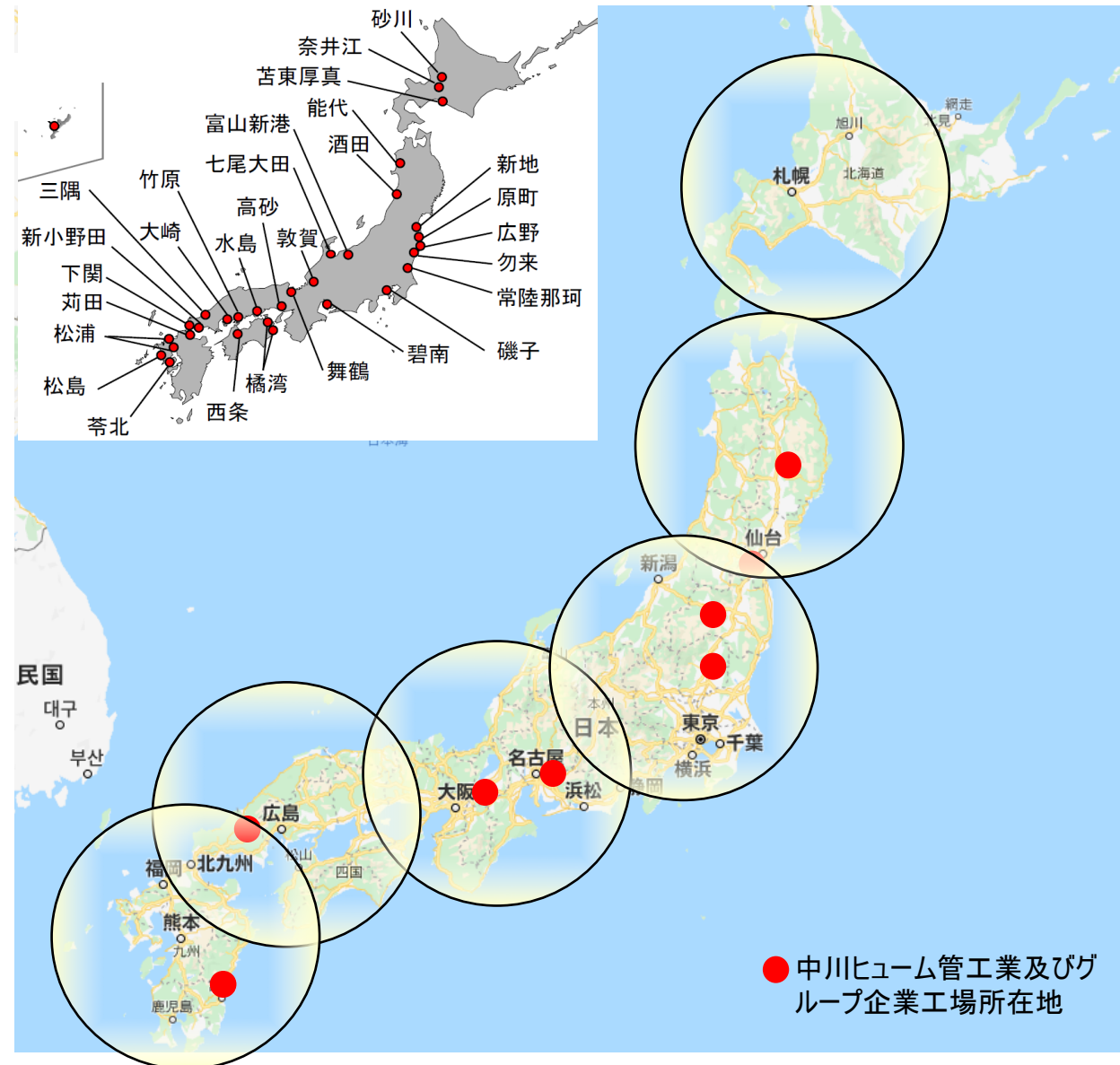
		2021	2023	2030	2050
外部環境	グリーンチェレンジ発表 (2021.7国土交通省)	報道発表:省CO2コンクリート活用促進			
	カーボンプライシング	経済産業省で協議開始			
取組み項目	研究会設置及び技術展開	研究会設立 (2021.1)	販売開始(商品化)		
	サプライチェーン構築		サプライチェーンモデル 地区(福島県)を構築	全国にサプライチェーン 展開	
	技術評価取得	NETIS申請	技術評価取得	JIS化	
	特許取得 技術改革		新特許取得	ゼロカーボン技術確立	石炭灰代替材料技術 の確立
	CO2削減量(販売数量)				

○参考資料2-2 事業化計画について サプライチェーンの構築

○石炭火力発電所から想定される全国供給網

広野火力発電所をモデルケースとし、各エリアの石炭火力発電所との協議を行い、全国各地への石炭灰の供給網を整備する。各地域に粉体販売拠点を設け、PC工場に供給する。

研究会員社の製造工場が全国展開、万全の供給体制構築を目指す



○参考資料3 成果発表状況の詳細

●学協会等における論文発表

1. Atsushi Shibayama and Michio Kikuchi : COMPRESSIVE STRESS-STRAIN BEHAVIOR OF A FLY ASH-BASED GEOPOLYMER CONCRETE MADE WITHOUT THE USE OF WATER GLASS FOR ALKALI ACTIVATION pp.407-414, Proceedings of the fib Symposium 2019, held in Krakow, Poland, May 2019.
2. 杉本啓太、柴山淳、菊地道生: セメントフリーフライアッシュGPコンクリートの破壊エネルギー, コンクリート工学年次論文集、Vol.41, pp.347-352, 2019
3. 杉本啓太、柴山淳、菊地道生、山本武志: フライアッシュジオポリマーコンクリートの引張軟化特性、令和元年度土木学会全国大会、2019
4. 柴山淳、西山峰広: フライアッシュをベースとしたジオポリマーコンクリート梁の曲げ性状と構造部材としての可能性、日本建築学会構造系論文集、第86巻、第786号、2021
5. 柴山淳、西山峰広: フライアッシュをベースとしたジオポリマーコンクリートの付着応力-すべり関係、2021年度日本建築学会大会学術講演会梗概集、2021

●イベント展示

1. 電力中央研究所主催「2019年度赤城研究所公開」における展示, 2019.5
2. 下水道展への4回に亘る展示, 2018.7, 2019.7, 2020.7, 2021.7
3. エコプロ2019への展示, 2019.12

●特許

1. 本委託事業にて得られた知見を発展させた内容について特許出願予定, 2021年度

●その他

1. 日本記者クラブへのプレスリリース, 2021.7
2. 電力中央研究所公式YouTubeチャンネルへの試験動画・成果のアップ, 2021.7
3. 新聞報道(セメント新聞、環境新聞、日刊工業新聞、電機新聞、日経産業新聞、コンクリート新聞など), 2021.7～9
4. 国交省管理の新技术情報提供システムへの申請を予定, 2021年度

CO2排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 6. 5点（10点満点中。（10点：特に優れている、8点：優れている、6点：問題ない、4点：多少問題がある、2点：大きな問題がある））

・ 評価コメント

〔評価された点〕

- 産業副産物を活用したコンクリートの具体的な用途を想定した検証評価を実施し、技術開発において当初目標を達成している点は評価できる

〔今後の課題〕

- 建築基準法上の構造物などへの用途拡大に努め、市場性の高い商品開発に早急に取り組むことが望まれる。
- 石炭火力発電所に依存する石炭灰を原料としているため、開発したCO2低排出型コンクリート事業の継続性に不安が残ることから、普及に向け技術開発を継続的に行うことが必要である。
- 開発技術を普及させるためには、基準制定や公的認定などの手続きへの対応が必須であるため、関係諸機関に積極的に働き掛けることを期待したい。

〔その他特記事項〕

- 建築物への応用について検討するよう指摘していたが、基本的な構造性能に関する設計手法に留まっている。普及に向けては用途先拡大のための検討が必要である。

〔事業化に向けたコメント〕

- 側溝やマンホールなど有望な用途先が限定されているが、建築基準法上の構造物などへの用途拡大に努め、普及拡大のボトルネックを明確にして関係省庁とも確認しておく必要がある。
- 石炭火力削減の声が高まるなか近い将来に予測される国内における石炭灰不足に対し、COPでの合意を受けてインドや東南アジアのトランジションへの貢献も検討しておくことが望ましい。