

革新的セメント製造プロセス基盤技術開発
プロジェクト評価中間報告書

平成 2 5 年 3 月
産業構造審議会産業技術分科会
評 価 小 委 員 会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成20年10月31日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している革新的セメント製造プロセス基盤技術開発は、エネルギー多消費産業の一つであるセメント産業が、更なる省エネ・低炭素化に向けた取り組みが社会的に求められている一方で、我が国セメント産業の省エネ技術は既に世界最高水準にあり既存技術による省エネはほぼ限界に達していることから、更なる省エネ・低炭素化を可能とする革新的な製造プロセスを開発するため、平成23年度より（平成22年度は、NEDO助成事業として）実施しているものである。

今回の評価は、この革新的セメント製造プロセス基盤技術開発研究開発の中間評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなる革新的セメント製造プロセス基盤技術開発プロジェクト中間評価検討会（座長：辻 幸和 前橋工科大学学長）を開催した。

今般、当該検討会における検討結果が評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（小委員長：平澤 洽 東京大学名誉教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成25年3月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

委 員 名 簿

委員長	平澤 治	東京大学名誉教授
	池村 淑道	長浜バイオ大学 バイオサイエンス研究科研究科長・学部学部長 コンピュータバイオサイエンス学科教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環教授 東京大学生産技術研究所教授
	太田 健一郎	横浜国立大学 特任教授
	菊池 純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター教授
	鈴木 潤	政策研究大学院大学教授
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所所長
	森 俊介	東京理科大学理工学研究科長 東京理科大学理工学部経営工学科教授
	吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部主席研究員

(委員長除き、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

革新的セメント製造プロセス基盤技術開発プロジェクト中間評価検討会
委員名簿

座長	辻 幸和	前橋工科大学 学長
	河合 研至	広島大学 大学院工学研究科教授
	小松 隆一	山口大学 大学院理工学研究科大学院担当教授
	長谷部 伸治	京都大学 大学院工学研究科教授
	三井 健郎	日本建設業連合会コンクリート品質専門部会副部会長 (株式会社竹中工務店 技術研究所 先端技術研究部長)

(敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省 製造産業局 住宅産業窯業建材課

革新的セメント製造プロセス基盤技術開発プロジェクトの評価に係る省内関係者

【中間評価時】

(平成24年度)

製造産業局 住宅産業窯業建材課長 三橋 敏宏 (事業担当課長)

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 岡本 繁樹

【事前評価時】 (事業初年度予算要求時)

製造産業局 住宅産業窯業建材課長 渡邊 宏 (事業担当課長)

革新的セメント製造プロセス基盤技術開発プロジェクト中間評価

審 議 経 過

○第1回中間評価検討会（平成24年12月17日）

- ・評価の方法等について
- ・プロジェクトの概要について
- ・評価の進め方について

○第2回中間評価検討会（平成25年2月1日）

- ・評価報告書(案)について

○産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成25年3月12日）

- ・評価報告書(案)について

目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 委員名簿

革新的セメント製造プロセス基盤技術開発プロジェクト中間評価検討会 委員名簿

革新的セメント製造プロセス基盤技術開発プロジェクトの評価に係る省内関係者

革新的セメント製造プロセス基盤技術開発研究開発プロジェクト中間評価 審議経過

	ページ
中間評価報告書概要	i
第1章 評価の実施方法	1
1. 評価目的	2
2. 評価者	2
3. 評価対象	3
4. 評価方法	3
5. プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準	3
第2章 プロジェクトの概要	6
1. 事業の目的・政策的位置付け	7
2. 研究開発目標	12
3. 成果、目標の達成度	16
4. 事業化、波及効果について	42
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	43
第3章 評価	49
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	50
2. 研究開発等の目標の妥当性	51
3. 成果、目標の達成度の妥当性	53
4. 事業化、波及効果についての妥当性	55
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	57
6. 総合評価	59
7. 今後の研究開発の方向等に関する提言	61
8. 個別要素技術について	63
（参考）今後の研究開発の方向等に関する提言及び対処方針	68
第4章 評点法による評点結果	70
第5章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針	73
参考資料	
参考資料1 経済産業省技術評価指針	
参考資料2 経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準	
参考資料3 革新的セメント製造プロセス基盤技術開発プロジェクト基本計画	

中間評価報告書概要

中間評価報告書概要

プロジェクト名	革新的セメント製造プロセス基盤技術開発
上位施策名	
事業担当課	住宅産業窯業建材課

プロジェクトの目的・概要

- セメント産業はエネルギー多消費産業の一つであり、CO₂排出量は我が国産業部門の約6%を占めている。
- 我が国セメント産業の省エネ技術は既に世界最高水準にあり、既存技術による省エネはほぼ限界に達しているが、更なる省エネ・低炭素化に向けた取組が求められている。
- このため、本プロジェクトでは、セメント製造プロセスで最もエネルギーを消費するクリンカの焼成工程において、焼成温度低下等を可能とする革新的な製造プロセスの基盤技術の開発を行い、我が国セメント産業の一層の省エネ・低炭素化を図るもの。

予算額等（補助[補助率：2/3]）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成22年度	平成26年度	平成24年度	平成27年度	セメント4社※
H22FY 予算額	H23FY 予算額	H24FY 予算額	総予算額(22-24)	総執行額(22-24)
140,000	160,000	156,447	456,447	386,663

※セメント4社：宇部興産(株)、住友大阪セメント(株)、太平洋セメント(株)、三菱マテリアル(株)

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

個別要素技術				
	目標・指標		成果	達成度
	最終時点	中間時点		
1. 省エネ型クリンカ焼成技術開発				
a) 鉱化剤使用によるセメントクリンカ低温焼成技術開発				
実機適用への課題抽出	実験室規模の電気炉で選定された鉱化剤種類、量、割合及び、鉱物組成のクリンカについてテストキルンを用いた製造試験を行い、実機焼成での焼成温度低減(100℃)を図るための焼成条件を明確化。		・廃棄物の賦存量調査では、想定した廃棄物(F系、石膏系)について賦存量を調査し、安定供給の可能性を確認した。 □実験室規模電気炉での鉱化剤の最適化では、焼成温度低減(100℃～150℃低減)効果のある鉱化剤を用いて、電気炉による試験により生成クリンカ物性確保を計れる添加量、配合割合および焼成条件等を把握した。	達成

		□テストキルンを用いた製造試験では、実験室規模の電気炉で選定された鉱化剤種類、量、割合及び、鉱物組成のクリンカについて試製し、実機焼成での焼成温度低減(100℃)を図るための焼成条件を明確化した。	
b) 鉱物組成変更による省エネ型クリンカ焼成技術開発			
鉱物組成変更による省エネ型クリンカ焼成における諸条件の最適化および実機焼成における課題抽出	<u>ア) ビーライト活性化によるクリンカ開発</u> テストキルンによる焼成試験等に基づき、実機焼成により普通ポルトランドセメント同等品質を達成するための製造条件を明確化。 <u>イ) ビーライトーアウイン系クリンカ開発</u> テストキルンによる試験焼成の結果等に基づき、実機焼成試験を行い、実機製造における運転管理や設備面での課題等を明確化。	<u>ア) ビーライト活性化による低カルシウム型クリンカの開発</u> ・電気炉による添加剤の種類や量、焼成条件および粉碎条件等がビーライトの水和活性に及ぼす影響の調査を行い、普通ポルトランドセメント同等品質を目標とするビーライト活性化を達成するための、添加剤種類や量等の使用条件、焼成条件および粉碎条件を明確化した。 ・前項の結果を踏まえてテストキルンによる焼成試験を行い、実機焼成により普通ポルトランドセメント同等品質を達成するための製造条件を明確化し、実機焼成に向けた課題の整理を行った。 <u>イ) ビーライトーアウイン系クリンカの開発</u> ・電気炉により、普通ポルトランドセメント同等品質を目標とする鉱物組成および焼成条件を明確化した。 ・テストキルンにより、クリンカの焼成製造条件を明確化した。 ・L/D が実機同等の大型テストキルンにより、実機製造における焼成面での運転管理や設備面での課題等を明らかにした。 ・大型テストキルンにより得たビーライトアウインクリンカは、仕上げ石膏添加の種類、量、粉末度などの最適化が必要であることを明らかにし、その最適条件を明確化した。最適化したセメントを用いて、コンクリートのフレッシュ性状、強度発現、耐久性を評価し普通ポルトランドセメント代替としての特徴を明らかにした。 ・水和基礎解析を行い品質の最適化条件に及ぼす因子を明確化した。	一部達成
c) 省エネセメントの開発			
製造プロセス実用化に向けた技術的課題を抽出し、エネルギー原単位8%削減を可能とする製造プロセスの検討	省エネ型クリンカ等の性能を把握の上クリンカ性能の効果的利用方法を検討し、クリンカ性能向上のための方策の提案を行う。	・クリンカ性能の効果的利用方法の探索では、省エネ型クリンカ等の性能を把握し、それを基にクリンカ性能の効果的利用方法を提案した。 ・省エネセメントの創出では、前項の提案	達成

		に基づく品質設計を行うと同時に、国内外のセメントの規格調査により規格整備の必要性や品質要件の整理等製品化に向けた課題の整理を行った。決定した省エネセメントの品質設計がJIS規格外であることが課題として挙げられた。 ・その他技術の調査では、必要に応じてクリンカ性能を向上させる技術等に関する調査を行い、クリンカ性能向上のための方策提案を行った。特に高間隙質クリンカについて、テストキルンによる焼成試験を行い、実機焼成に向けた課題の整理を行った。	
2. クリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析			
革新的セメント製造プロセスの課題抽出	①セメントプロセス全体シミュレータの開発及び ②焼成システムを考慮できる統合シミュレータの開発を行い、それらからエネルギー原単位低減に向けた影響因子を定量化することにより、革新的セメント製造プロセス設計の課題抽出を行う。	□セメントプロセス全体シミュレータの開発では、原料余熱工程を含むプロセス全体に拡張したセメント全体シミュレータを製作し、さらに、理想的なプラント検討のための[KilnSimu+(流動層版)]を製作した。 このセメント全体シミュレータを使用し、電気炉・実機キルン及びテストキルン実験より得られたクリンカ生成反応パラメータ等のチューニングを行い、特定の実機プラントデータと合致できるようにした。 □焼成システムを考慮できる統合シミュレータの開発では、[Fluent]を用いた微粉炭燃焼解析を実施し、バーナ燃焼フレーム形状およびキルン内温度分布等を予測し、[微粉炭燃焼によるキルン内雰囲気温度分布推算]と[キルン内クリンカ温度分布推算]との連成解析を行い、特定の実機キルン運転実績と合致できるようにした。 □革新的セメント製造プロセス設計の課題抽出では、上記のシミュレータを用い、既存プラントの省エネルギーに係わる重要因子を抽出し、設備・運転変更への評価を実施した。さらに、クリンカ焼成から見た理想的なプラント設計への指針抽出し、省エネルギーポテンシャル値の予測を行った。	達成
3. クリンカ焼成プロセスの計測技術開発			
a) スペクトル計測等によるキルン内温度計測技術開発			
スペクトル計測等による実機キルンへ適用ができるキルン内温度計測技術の	スペクトル計測等による技術選定を行い、炉内環境模擬試験装置による原理確認	①計測対象である放射源(クリンカ)の温度のみを計測可能とする装置を作製し	一部達成

確立	と温度計測手法の確立と実機キルンにおける実証試験により、実機キルンへ適用ができるキルン内温度計測技術の確立を目指す。 ①実機キルン内スペクトル計測等による温度計測技術の選定 ②炉内環境模擬試験装置による原理確認と温度計測手法の確立 ③実機キルンにおける実証試験	た。 ②実機キルン内の環境を構成する要因のうち、ガスおよび粉塵の温度と粉塵の濃度の状態を模擬できる炉内環境模擬試験装置の設計製作を行なった。同装置を使い、ガス温度、粉塵温度、粉塵濃度、カリウム添加量、等を変量した実験を行い、熱電対等による実測値との比較から、新しく提案した温度計測方法の妥当性や精度の確認を実行している。 ③温度計測装置は、空冷による冷却で実機キルン周辺の高温環境下で正常に機能することを確認した。温度計測技術については、新しく開発した温度計測技術の妥当性の確認や問題点を抽出するために計測装置の改造を実施している。	
b) 放射温度計等によるキルン内温度計測技術開発			
窯前(キルン出口部)からキルン内部を分光測定することにより、キルン内部のガス温度等の温度計測を可能とする技術の確立	①キルン内部の温度計測を行うため、窯前(キルン出口部)よりキルン内部の分光測定の実施、及びキルン二次空気含塵濃度測定装置の開発を実施し、単色放射温度計、二色放射温度計での含塵濃度の影響を評価する。 ②キルン内部の温度計測を直接行うため、キルンセルに熱電対を直接挿入し信号を無線等にて伝送するシステムの開発を実施し、高温セル上での装着・耐久性等を評価し、6ヶ月以上の耐用を目指す。 ③キルン操業状態と①②で得られる温度分布との関連を評価する。	①分光光度測定により特定の吸収波長域を確認した。又、キルン二次空気含塵濃度測定 及び 単色放射温度計、二色放射温度計の含塵濃度等の測定外乱の影響を評価した。 ②キルンセルに熱電対を直接挿入し信号を無線等にて伝送するシステムをロータリーキルンに実装してキルン内部の原料温度測定を実施した。伝送システムの6ヵ月以上の耐久性を確認、熱電対は保護管材質等を変えて測定した結果、定期的な交換が必要であることを確認した。 ③放射温度計により測定した焼点温度 および 熱電対により測定したキルン内部原料温度とクリンカ焼成度との関連を調査し、各所温度測定値の寄与度を評価した。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無 無

<共通指標>

論文数	論文の被引用度数	特許等件数(出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス供与数	取得ライセンス料
0	0	2	0	0	0

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

セメント産業は、我が国の国土保全、社会インフラの整備の観点から重要度の高い産業である一方で、エネルギー多消費産業の中で主要な原料を国内自給できる唯一の産業であり、現在、世界最高水準にある我が国のセメント産業におけるエネルギー効率を更に飛躍的に向上させる省エネ技術の開発は、セメント産業が今後国の内外で伸びるための重要なキーテクノロジーであり、本プロジェクトは、意義あるものと評価する。

エネルギー原単位の飛躍的な削減を可能とする製造技術の開発にあたっては、技術的にもチャレンジングなテーマであり、新規性・革新性が求められる事業であることから、一企業の努力あるいは協会のような民間団体の努力によることは不可能に近く、効率的でもないため、国がプロジェクトとして援助し、セメント会社が協働し各々が得意な分野を担当していく研究技術開発フレームは、必要でかつ効率の良いものと考えられ、また、省エネルギーは国家戦略とも合致し、事業の成果は日本の省エネ・低炭素化に大きく貢献することから、国の事業としての妥当性は十分にある。

また、中国、東南アジアを中心にセメントの需要が急速に増しており、今後とも拡大と発展が予測される世界のマーケットにおいて、セメントの製造技術では世界をリードしている我が国のセメント産業が、セメントメジャーに対して存在感を高めていく革新技術を世界へ発信する意義は極めて高い。

なお、セメント会社4社の協働体制は有力であるが、今後最終目標を達成するに際しての取りまとめを担当する会社の主導的な役割が、国とともに特に重要になってくる。

2. 研究開発等の目標の妥当性

事前研究の結果および種々の制約条件から、研究開発等の目標をセメントの製造プロセスで最もエネルギーを消費するクリンカの焼成工程に置き、エネルギー原単位を8%削減する定量的設定をしていることは、適切かつ妥当と評価する。

我が国のセメント製造技術は、SP/NSP キルンや廃棄物受入れ等において世界を先導しているものの、欧米のセメントメジャーや中国・インドに製造量等で大きく水をあけられている現状であり、世界トップ水準の技術をベースに更に環境に配慮した製造技術を確立して、世界のマーケットで存在感を高めていくことが期待される。

なお、製造するセメントのすべての性能を普通ポルトランドセメントと同等とする目標は、厳しい設定であるが、最初の中間の目標としては妥当と評価した。

8%のエネルギー原単位削減を、何によって実現するかという点が曖昧であり、また、中間評価時点等で達成すべき水準・指標の設定に具体性に欠けると感じられる部分があるため、結果の評価に対して主観が入り込む余地が残される点が懸念される。これらの観点から、後期プロジェクトでは、前期3年の研究成果をふまえ、焼成温度の低減、クリンカの一部の混合材置換、キルンアスペクト比の最適化、空燃比変更など、どの技術でどれだけのエネルギー削減を目指すのかを明確化すべきである。

セメント各社が個々のテーマを実施しているが、個々の研究開発項目の目標達成に対する貢献の

度合い、目標値の定量化あるいは相互の関係が必ずしも明確ではない。今後最終目標達成に向けて、ある程度実験結果を共有化する、研究開発を重点化するなど効果的な実施に向けた工夫が必要ではないか。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

総合的に見ると、ほぼスケジュールに沿って実験が行われ着実に研究が進んでおり、セメント製造技術における省エネ・低炭素化を実現するための中間目標であるエネルギー原単位の8%削減の可能性が見込める成果を上げていると評価する。

各個別要素技術の開発については、一部未達成の部分はあるものの、概ね目標を達成しており、全体目標達成の可能性が見込めるに十分な成果を上げていると評価する。特に、キルン内での温度計測精度の向上技術の開発は、セメントキルンでの低温焼成の安定操業に不可欠であり、現行のキルン焼成にも適用でき、より効率的なキルン操業への寄与が期待される。

なお、開発成果については、積極的に論文の投稿や学会で発表すべきである。論文となっていないことは、開発時に得られた様々なデータが後に使えるように整理されていないのではないかと危惧される。開発結果を単なる経験知として残すのではなく、汎用的に利用できる技術とするためにも、論文投稿や学会での発表を積極的に検討すべきである。

また、実用化に必要な国際特許出願や国際規格化に関する計画を明確にすべきである。得られた成果を欧米のセメントメジャーや中国・インド等のセメント会社との対応にどのように用いるかが明確でないため、遅すぎることはないように、国際特許の出願と国際標準の形成について、最終目標に対して初期の段階から明確にすべきである。

実験の結果出てきた様々な問題点については、各々の対策や検討期間を明示すべきである。

「革新的プロセスの設計提案」については、どの様な提案がされたか明確でなく、安易な目標変更はすべきでないが、基本計画の最終目標達成を前提として、3年間の成果をふまえ、早期実用化を目指して後期計画の見直しも検討すべきである。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

普通ポルトランドセメントと同等の品質のものを開発対象としていることから、セメントの使い易さも同等と考えられ、コストパフォーマンスの良い技術が開発できれば、現行の流通ルート等がそのまま使える等の見通しが示されており、事業化は進むと考えられ、大きな波及効果が期待できる。

また、セメントキルン内での温度の計測精度の向上技術とクリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析技術の向上は、現行のキルンの操業システムにも直ちに効率的に影響を及ぼし、省エネ効果を発揮するものと予想される。

我が国のセメント製造技術におけるエネルギー効率自体が現在世界最高水準であり、それを大きく上回るエネルギー効率を達成することは、他国に追従を許さぬ国際競争力を持つこととなり、海外への技術移転、国内他産業への技術の応用等、波及効果は大いに期待できるものと評価する。

なお、事業化の見通しは十分に高いものの、事業化に向けたシナリオが示されておらず、事業化まではクリアすべき問題が多いと思われるところ、研究開発終了後の展開を含めた、プロセスをで

きるだけ明確にしてほしい。

また、後期の２年間については、現状のプラントに付加することができる技術、現状のプラントの設備改良が必要な技術、新規プラント建設時に使える技術等に分類し、それぞれについて実現可能時期を明示すべきである。

更に、我が国のセメントの製造・販売ルートの現状を勘案すれば、全社の各セメント工場で同時に製造・出荷しない場合、当初の計画のような普通ポルトランドセメント置換による省エネ効果が発揮されない恐れがある。そのため、中間目標における省エネ型クリンカ焼成技術開発の３種類の技術を、最終目標では１種類に絞って開発することが、省エネ効果を最大化するために必要ではないか。

５．研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

本プロジェクトには、我が国のセメント業界を代表する会社がすべて参加しており、更に、研究開発チームの構成、プロジェクトリーダーの統括、実施者間の連携は、目標を達成するために効率的に実施出来ており、研究の進捗管理のための全体会議を持つなど、目標達成のための実施体制は妥当であると評価する。

また、本目標が達成できた際の種々の効果を考慮すれば、資金配分は適切であり、費用対効果の高い研究開発となることが期待できる。

なお、実施者間の連携/競争が十分に行われた体制かは、報告書だけでは十分に判らないので、打ち合わせの回数と内容等を記入する様にした方がよいと思われる。

流動層プラントも、「セメントプロセス全体のシミュレータ」の中で検討されており、今後有力な省エネのセメント製造技術と考えられるが、本研究の中での最終目標における位置付けを明確にしてもらいたい。

６．総合評価

事業は良好に進行していると判断され、有用な成果を挙げつつあると評価する。今後の成果、事業化が大いに期待できる。

省エネという切り口で見た時の新しいセメント製造法の研究であり、このプロジェクト自体は十分に評価できる。

革新的なセメント製造技術の実用化が、欧米のセメントメジャーと中国やインドなどのセメント会社との競争の糧となることが期待できる。

エネルギー多消費のセメント産業では、１％のエネルギー削減でも、トータルで見れば大きなエネルギー削減となる。本プロジェクトは、セメント製造プロセスの中でも中心的な位置を占めるクリンカ焼成工程の省エネルギーを対象としており、事業としての位置づけは適切と考える。事業内容についても着実に成果を挙げており、事業終了時には実用化に繋がる成果が出ることが期待できる。

セメント産業は、我が国のインフラの整備を支える基幹産業のひとつであり、国土保全や震災復興の観点から重要度は高まっているが、大量の化石燃料の消費と二酸化炭素の排出を伴うことから、我が国の製造業全体に占める省資源、省エネに対する影響度も大きい。本事業はこれらの課題

の解決に向けた、重要な技術開発であり、今後実用化に向けた研究開発の進展を期待したい。

なお、個別要素技術開発相互の連携に乏しい点が懸念され、一部連合して同じ研究テーマを研究して相乗的に成果を上げて波及効果をもたらすような仕組みも考えたほうが良いと思われる。

実験でわかった問題点とその対策を常に示すようにお願いしたい。

8%の省エネルギーを達成する手段として、要素技術の様々な組合せが可能である。技術的難易度、コスト、達成可能時期の3面から研究開発対象を明確にし、開発資源を集中させ効率よく後期の研究を実施していただきたい。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

限られた期間内で事業化を目指すためには、各研究テーマについて、優先順位を決め、それにマンパワーを集中することも必要ではないか。

我が国のセメント会社が世界の市場で存在感を示すためには、国内のセメント会社が一致し、普通ポルトランドセメントを革新セメントに置き換えた製造・販売できるシステムの確立が重要であり、そのためには、要素技術の「省エネ型クリンカ焼成技術」を1種類に絞り込むことが必要ではないか。

また、本プロジェクトで開発したセメントキルン内での温度の計測技術とクリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析技術を向上させ、世界のセメント会社をリードできるのではないか。

シミュレーション解析の精度を上げるには、実プラントのキルン内温度等のデータが不可欠であり、逆に、シミュレーションで最適化された条件でどの程度の省エネルギーが達成できるかについて実プラントでの検証も不可欠である点を考慮すれば、究極の省エネプラント開発には、4社における情報伝達を密に協力していくことが重要であり、共有すべき情報を明確化し相互協力を実質化していただきたい。

基本計画の最終目標は「実用化への技術課題を明確にする」ということであるが、解決できない技術課題を明確にしても意味がない。今後の研究開発での最終目標は、より具体的に実用化への道筋がわかる目標を設定していただきたい。

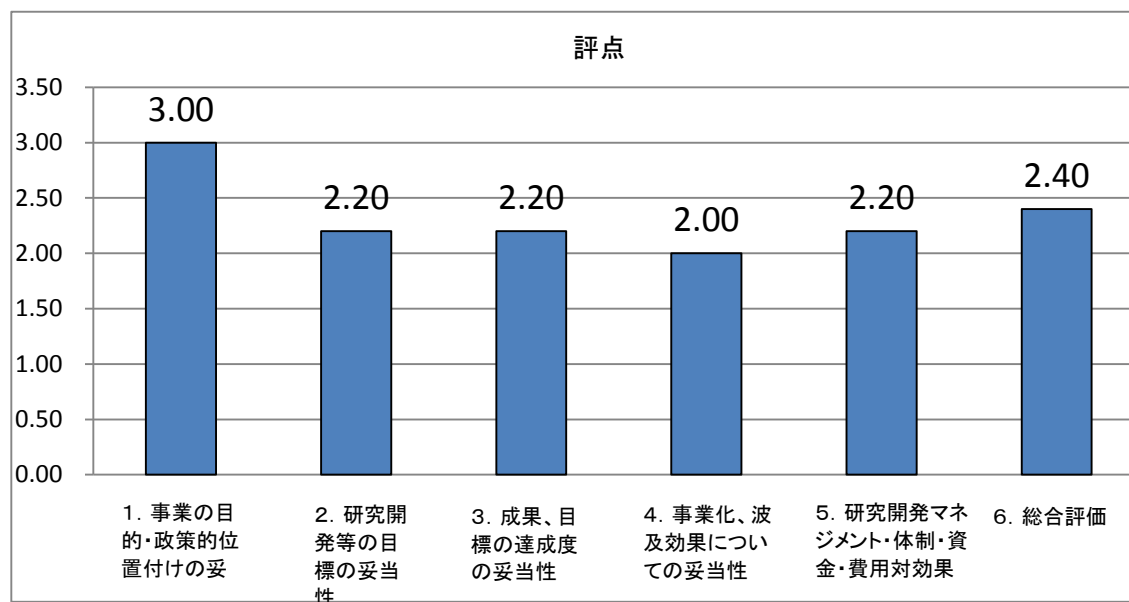
実用化に向けた経済性に関する検討がなされていないが、たとえ良い技術であっても経済的に成り立つ可能性がない技術は開発しても仕方がなく、目標値達成のみに注力して実用性に乏しい研究にならないよう注意していただきたい。

近年、セメント産業には、省エネ化の推進、温室効果ガスの削減に加え、産業副産物・産業廃棄物受入量の拡大に向けた検討が求められている。それらの課題を個々に検討し研究開発に取り組むことは非効率的であり、また、お互いの効果が相殺してしまう可能性もあることから、セメント製造全体における大きな課題は何か、その解決にあたり検討すべき項目は何か、更に、それらの項目全ての最適化はどこに求められるのかを考えた研究開発を是非進めて欲しい。

評点結果

評点法による評点結果 (革新的セメント製造プロセス基盤技術開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	3.00	3	3	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	1	2	3	2	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	2	2	2	2	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	3	1	2	1	3
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.20	2	2	2	2	3
6. 総合評価	2.40	2	2	3	2	3



第 1 章 評価の実施方法

第1章 評価の実施方法

本プロジェクト評価は、「経済産業省技術評価指針」(平成21年3月31日改定、以下「評価指針」という。)に基づき、以下のとおり行われた。

1. 評価目的

評価指針においては、評価の基本的考え方として、評価実施する目的として

- (1) より良い政策・施策への反映
- (2) より効率的・効果的な研究開発の実施
- (3) 国民への技術に関する施策・事業等の開示
- (4) 資源の重点的・効率的配分への反映

を定めるとともに、評価の実施にあたっては、

- (1) 透明性の確保
- (2) 中立性の確保
- (3) 継続性の確保
- (4) 実効性の確保

を基本理念としている。

プロジェクト評価とは、評価指針における評価類型の一つとして位置付けられ、プロジェクトそのものについて、同評価指針に基づき、事業の目的・政策的位置付けの妥当性、研究開発等の目標の妥当性、成果、目標の達成度の妥当性、事業化、波及効果についての妥当性、研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性の評価項目について、評価を実施するものである。

その評価結果は、本プロジェクトの実施、運営等の改善や技術開発の効果、効率性の改善、更には予算等の資源配分に反映させることになるものである。

2. 評価者

評価を実施するにあたり、評価指針に定められた「評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価者の導入等により、中立性の確保に努めること」との規定に基づき、外部の有識者・専門家で構成する検討会を設置し、評価を行うこととした。

これに基づき、評価検討会を設置し、プロジェクトの目的や研究内容に即

した専門家や経済・社会ニーズについて指摘できる有識者等から評価検討会委員名簿にある 5 名が選任された。

なお、本評価検討会の事務局については、指針に基づき経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課が担当した。

3. 評価対象

革新的セメント製造プロセス基盤技術開発プロジェクト前半（実施期間：平成 22 年度から平成 24 年度）を評価対象として、研究開発実施者（宇部興産株式会社、住友大阪セメント株式会社、太平洋セメント株式会社、三菱マテリアル株式会社）から提出されたプロジェクトの内容・成果等に関する資料及び説明に基づき評価した。

4. 評価方法

第 1 回評価検討会においては、研究開発実施者からの資料提供、説明及び質疑応答、並びに委員による意見交換が行われた。

第 2 回評価検討会においては、それらを踏まえて「プロジェクト評価における標準的評価項目・評価基準」、今後の研究開発の方向等に関する提言等及び要素技術について評価を実施し、併せて 4 段階評点法による評価を行い、評価報告書(案)を審議、確定した。

また、評価の透明性の確保の観点から、知的財産保護、個人情報で支障が生じると認められる場合等を除き、評価検討会を公開として実施した。

5. プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準

評価検討会においては、経済産業省産業技術環境局技術評価室において平成 21 年 6 月 1 日に策定した「経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準について」のプロジェクト評価（中間・事後評価）に沿った評価項目・評価基準とした。

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

（1）事業目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。

- ・事業の政策的意義（上位の施策との関連付け等）
- ・事業の科学的・技術的意義（新規性・先進性・独創性・革新性・先導性等）

- ・社会的・経済的意義（実用性等）
- （２）国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。
 - ・国民や社会のニーズに合っているか。
 - ・官民の役割分担は適切か。

２．研究開発等の目標の妥当性

- （１）研究開発等の目標は適切かつ妥当か。
 - ・目的達成のために具体的かつ明確な研究開発等の目標及び目標水準を設定しているか。特に、中間評価の場合、中間評価時点で、達成すべき水準（基準値）が設定されているか。
 - ・目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

３．成果、目標の達成度の妥当性

- （１）成果は妥当か。
 - ・得られた成果は何か。
 - ・設定された目標以外に得られた成果はあるか。
 - ・共通指標である、論文の発表、特許の出願、国際標準の形成、プロトタイプの作製等があったか。
- （２）目標の達成度は妥当か。
 - ・設定された目標の達成度（指標により測定し、中間及び事後評価時点の達成すべき水準（基準値）との比較）はどうか。

４．事業化、波及効果についての妥当性

- （１）事業化については妥当か。
 - ・事業化の見通し（事業化に向けてのシナリオ、事業化に関する問題点及び解決方策の明確化等）は立っているか。
- （２）波及効果は妥当か。
 - ・成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
 - ・当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

５．研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

- （１）研究開発計画は適切かつ妥当か。
 - ・事業の目標を達成するために本計画は適切であったか（想定された課題への対応の妥当性）。

- ・採択スケジュール等は妥当であったか。
 - ・選別過程は適切であったか。
 - ・採択された実施者は妥当であったか。
- (2) 研究開発実施者の実施体制・運営は適切かつ妥当か。
- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか、いたか。
 - ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか、いたか。
 - ・目標達成及び効率的実施のために必要な、実施者間の連携／競争が十分に行われる体制となっているか、いたか。
 - ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組を積極的に実施しているか、いたか。
- (3) 資金配分は妥当か。
- ・資金の過不足はなかったか。
 - ・資金の内部配分は妥当か。
- (4) 費用対効果等は妥当か。
- ・投入された資源量に見合った効果が生じたか、期待できるか。
 - ・必要な効果がより少ない資源量で得られるものが他にないか。
- (5) 変化への対応は妥当か。
- ・社会経済情勢等周辺の状況変化に柔軟に対応しているか（新たな課題への対応の妥当性）。
 - ・代替手段との比較を適切に行ったか。

6. 総合評価

第2章 プロジェクトの概要

第2章 プロジェクトの概要

1. 事業の目的・政策的位置付け

1-1 事業の目的

セメント産業はエネルギー多消費産業の一つであることから、我が国の温室効果ガス削減に向け、更なる省エネ・低炭素化に向けた取り組みが求められている。しかしながら、我が国セメント産業の省エネ技術は既に世界最高水準にあり、既存技術による省エネはほぼ限界に達していることから、本事業では、更なる省エネ・低炭素化を可能とする革新的な製造プロセスを開発することを目的とする。

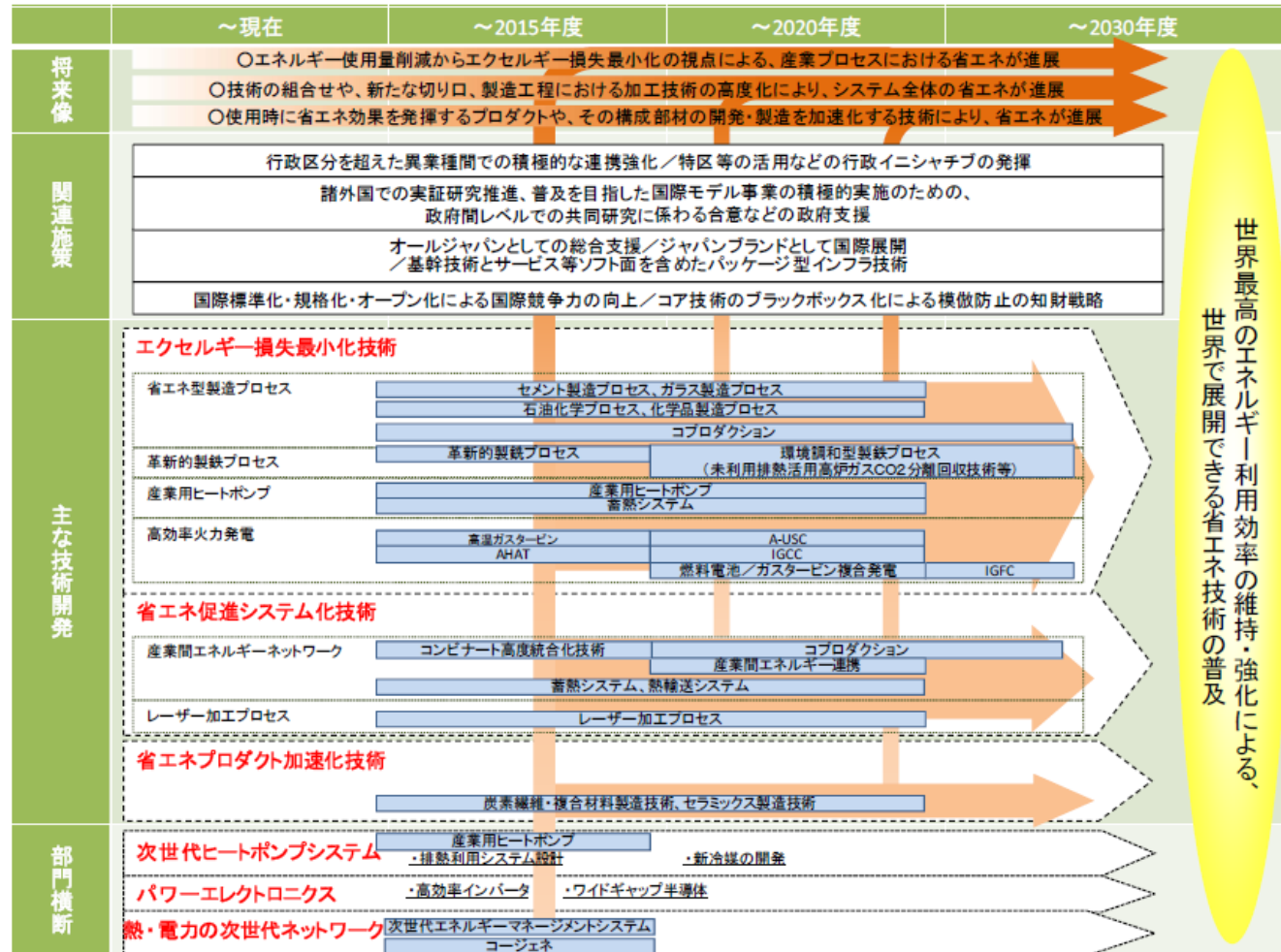
具体的には、セメント製造において、鉱化剤あるいは鉱物組成の変更による焼成温度低下技術に加え、焼成プロセスを解析するシミュレーション技術やキルン内計測技術を用いて焼成プロセスの高度化等、種々の省エネ技術を融合化することにより、セメント製造エネルギーの8～9割を占めるクリンカ焼成工程における革新的なセメント製造プロセスの基盤技術開発を実施し、国内セメント製造業全体の競争力強化に繋がる革新的省エネルギー技術の確立を目的とするもの。

1-2 政策的位置付け

省エネルギー技術の研究開発と普及を効果的に推進するため、経済産業省と NEDO により策定された「省エネルギー技術戦略2011」において、製造プロセスで省エネを推進する「エクセルギー損失最小化技術」が重要かつ基軸となる技術として選定された。

この内容と本事業は密接に関連しており、その位置づけは明確であり、「エクセルギー損失最小化技術」においてセメント製造プロセスが具体例として示され、本事業の内容が引用されている。

1) 産業部門の導入シナリオ



出所：省エネルギー技術戦略 2011

2) 重要技術

エクセルギー損失最小化技術 技術シート

技術概要

様々なプロセス内で使用されているエネルギーの利用形態をエクセルギー(有効仕事)の活用という面から見直して、エクセルギー損失の最小化を目指す技術。プロセス内の仕事に使用されるエネルギーを熱量ではなくエクセルギーで評価して、エクセルギーがいたずらに失われている箇所があるか否かを検証してその削減技術を開発する。例えば、同じエネルギー移動でも大きな温度差、濃度差、圧力差、電圧差、自由エネルギー差のある対象のエネルギー移動ではエクセルギー損失が大きい。また多くのエネルギーを使用して製造した金属、有機物、無機物は大きなエクセルギーを有するので、それを利活用すればエクセルギー回収になる。今後、従来のエネルギー使用量の削減といった考え方から、燃料、熱、電気、物質等の有効仕事の利活用を考慮したエクセルギー損失最小化の考え方を導入することで、新たな視点からプロセス改善を見出すことが期待される。

技術開発動向

製鉄、化学、セメントなど素材製造をはじめとするエネルギー多消費型産業では、これまでの技術開発により世界最高水準の省エネが達成されているが、現在でも更なる省エネを目指し、熱利用の高度化の他、スラグや鉄廃材などの高エクセルギー物質を資源として活用するための技術や、ヒートポンプ技術や化学反応を応用して排熱のエクセルギーを再生させて活用するプロセス設計手法や装置などの研究開発が進められている。国家プロジェクトとしても、例えば革新的製鉄プロセスでは「資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発」「環境調和型製鉄プロセス技術開発」などが継続中である。一方、エネルギー転換分野では、火力発電の高温化が進んでおり、コアとなるタービン技術では我が国が他国をリードしているものの、高効率石炭火力発電システム(IGCC、IGFC など)は米国等の先進国と激しい競争下にあり、また USC 技術についても中国の激しい追いつきに晒されている。

技術開発の進め方

技術開発を推進すべきエネルギー技術としては、産業用ヒートポンプ、革新的製鉄プロセス、省エネ型製造プロセス、および高効率火力発電がある。個別技術との対応関係は以下の通り。

- 省エネ型製造プロセス 石油化学プロセス、化学品製造プロセス、セメント製造プロセス、ガラス製造プロセス、コプロダクション
- 革新的製鉄プロセス 革新的製鉄プロセス、環境調和型製鉄プロセス(未利用排熱活用高炉ガスCO2分離回収技術等)
- 産業用ヒートポンプ 産業用ヒートポンプ、蓄熱システム
- 高効率火力発電 高温ガスタービン、AHAT、燃料電池/ガスタービン複合発電、A-USC、IGCC、IGFC
 - ・比較的長期的な開発が民間主導の開発に移行。
 - ・実証研究などでは国が支援

波及効果

当該技術は、エネルギーの質を考慮してエネルギー源のもつ仕事ポテンシャルをできるだけ有効に使い切ろうとするための熱工学的なアプローチであり、産業部門においては熱利用プロセスにおけるエネルギーの利用密度が高いことから、大きな波及効果が期待できる。

出所：省エネルギー技術戦略 2011

エクセルギー損失最小化技術サブシート（省エネ型製造プロセス）

技術概要

化学品製造では、エクセルギー損失の大きい燃料燃焼による熱利用を最小限にするために、熱分解工程を触媒分解プロセスに転換、および熱利用の多い蒸留工程への多孔体無機膜プロセスの導入、さらにバイオマス資源や高濃度 CO₂ の原料利用を可能とする技術を開発。

セメント製造では、製造プロセスにおいて最もエネルギーを消費するクリンカ（セメントの中間製品）の焼成工程における焼成温度低下等を可能とする技術の開発により、更なる省エネ・低炭素化を実現。

ガラス製造業ではプラズマ等技術を活用し、瞬時にガラス原料を溶解する革新的なガラス熔融プロセス技術を開発。

またコプロダクションは全ての製造プロセスに共通の技術で、従来、別々に生産、利用してきたエネルギーと物質を併産（コプロダクション）することで大幅なエクセルギー損失の最小化をねらう技術。

技術開発の進め方

化学品、セメント、ガラス等の素材製造プロセスにおいて、飛躍的な省エネルギー化を実現するためには、革新的な原料を活用したり、あるいは従来とは全く異なるプロセスへの転換等を可能とする技術の開発が必要。物質製造、加熱、加圧・減圧、加工、搬送などの各工程それぞれエクセルギー損失を評価検証し、エクセルギーの損失を最小化するプロセスへの転換の可能性を追求することが、直接の省エネにつながる。

なお、コプロダクションの適用はそのプロセスごとに適用方法を検討する必要がある。そのため、普及には時間がかかるが、今後、適用事例が増えることが期待される。

技術開発動向

化学品製造プロセスでは、革新的な化学プロセスの開発に向けて蒸留分離プロセス向けの無機多孔体膜技術や、熱分解触媒の開発が大学や民間ベースで精力的に進められている。

セメント製造では、「革新的セメント製造プロセス基盤技術開発」が国家プロジェクトとして実施中である。

ガラス製造プロセスでは、「革新的ガラス熔融プロセス技術開発」が国家プロジェクトとして実施中である。

コプロダクションは、基礎研究としてモジュール化設計技術がほぼ完成しており、蒸留や乾燥など実際のプロセスに自己熱再生技術が適用されると大幅な省エネの可能性があることが示されている。現在、バイオマス関連プロセスへの実証的研究が進行中である。

波及効果

製造プロセスにおける飛躍的な省エネルギー化により、エネルギー安定供給および CO₂ 排出量の削減に資する。また、バイオマスや CO₂ を原料として化学品、工業製品等を生産することで、化石資源制約を解決し、資源循環型の社会づくりに貢献する。

今後、炭素制約が高まることが見込まれる中、原燃料の輸入依存度が高い我が国製造業のコスト競争力の強化が期待できる。エネルギー効率の飛躍的向上とコスト競争力の強化に立脚した我が国産業の基盤強化、さらに技術力を活かした国際展開に向けて技術開発を急ぎ、開発途上国等との競争を勝ち抜き、し烈な国際競争に晒される石油化学品を含む化学品の分野で原燃料のコストを低減し競争力を強化することで、産業の国内立地を維持し、雇用を確保する。

出所：省エネルギー技術戦略 2011

1－3 国の関与の必要性

セメント産業はエネルギー多消費産業の一つであり、CO₂ 排出量は我が国産業部門の約 6%を占めており、更なる省エネ・低炭素化に向けた取組が求められているが、我が国セメント産業のエネルギー効率は世界最高水準であり、既存の対策技術については、工場に設置スペースがない等の特段の制約が無い限り、2020 年までにほぼ 100%の導入を計画している。

このため、既存技術の導入により更なる CO₂ 削減を達成することは困難であり、これを打開するためには、製造プロセスで最もエネルギーを消費するクリンカ（セメントの中間製品）の焼成プロセスにおいて、焼成温度低下等、非従来型の革新的製造プロセスを確立する必要がある。

また、世界のセメント需要はアジア等の新興国を中心に 2050 年に向けて大きく拡大することが見込まれており、セメント産業の CO₂ 排出抑制は国際的にも極めて重要な課題となっている。

したがって、セメント分野の省エネルギーディングカントリーとして地球規模での温暖化対策に貢献するとともに、我が国セメント産業の国際競争力を強化する観点からも本技術開発は必要不可欠である。

本事業は、地球温暖化対策及び省エネルギーという国家的要請に的確に対応し、産業部門、特にエネルギー多消費業種の省エネルギー対策に資する基盤技術の開発であり、革新的な省エネ技術の普及に向けたリスクの高い技術の開発に対して国が補助するものであることから、有効性は高いと判断する。

2. 研究開発目標

2-1 研究開発目標

2-1-1 全体の目標設定

表 1. 全体の目標

目標・指標	設定理由・根拠等
[中間目標:平成24年度] 焼成温度低下等を実現する省エネ型クリンカ焼成システムの要素技術を開発し、単位セメント製造重量当たりのエネルギー消費量(以下、「エネルギー原単位」という。)8%削減を目標とする革新的プロセスの設計提案を行い評価する。 [最終目標:平成26年度] エネルギー原単位を 8%削減するセメント製造プロセス全体の設計提案を行い、実験的検証によって実用化への技術課題を明確にする。	平成 21 年度 NEDO 事前研究によると、鉱化剤使用においては、100～150℃の焼成温度低減によるエネルギー原単位削減割合は 2～3%にとどまる。また、セメント強度向上効果によりクリンカの一部を石灰石等の混和材に置き換えるには、普通ポルトランドセメントの JIS 規格により混和材添加率に制限があり、クリンカ使用量削減によるエネルギー原単位削減割合は 5%以下となる。そのため、現段階で想定できるエネルギー原単位削減量は、7～8%程度となる。 一方、平成 21 年度 NEDO 先導調査によれば、理論的には、ビーライト割合約 20%の普通ポルトランドセメントに比べ、例えばビーライト割合約 60%の低熱ポルトランドセメントは、約 6%のエネルギー原単位削減が、また、ビーライトーアウイン系クリンカは鉱物組成の変化に応じ、6～20%のエネルギー原単位削減が期待できる。

2-1-2 個別要素技術の目標設定

表 2. 個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	目標・指標 (中間評価時点)	設定理由・根拠等
(1) 省エネ型クリンカ焼成技術開発			
(a) 鉱化剤使用によるセメントクリンカ低温焼成技術開発	実機適用への課題抽出	実験室規模の電気炉で選定された鉱化剤種類、量、割合及び、鉱物組成のクリンカについてテストキルンを用いた製造試験を行い、実機焼成での焼成温度低減(100℃)を図るための焼成条件を明確化。	セメント焼成エネルギー低減技術の一つとして鉱化剤を用いた焼成温度低下技術があるが、国内においては鉱化剤の実機製造による適用は十分に行われておらず、その技術を確立することは重要。
(b) 鉱物組成変更による省エネ型クリンカ焼成技術開発	鉱物組成変更による省エネ型クリンカ焼成における諸条件の最適化および実機焼成における課題抽出	<u>ア) ビーライト活性化によるクリンカ開発</u> テストキルンによる焼成試験等に基づき、実機焼成により普通ポルトランドセメント同等品質を達成するための製造条件を明確化。 <u>イ) ビーライトーアウイン系クリンカ開発</u> テストキルンによる試験焼成の結果等に基づき、実機焼成試験を行い、実機製造における運転管理や設備面での課題等を明確化。	セメント焼成エネルギー低減のための技術の一つとして石灰石の割合を減じる方法があるが、セメントの強度が低くなるという問題があった。 これに対して、 ア) ビーライトそのものの水和活性を高める方法(ビーライト活性化による低カルシウム型クリンカの開発)及び イ) ビーライトに水和活性の高いアウインを共存させる方法(ビーライトーアウイン系クリンカの開発)が効果的。

(c) 省エネセメントの開発	製造プロセス実用化に向けた技術的課題を抽出し、エネルギー原単位8%削減を可能とする製造プロセスの検討	省エネ型クリンカ等の性能を把握の上クリンカ性能の効果的利用方法を検討し、クリンカ性能向上のための方策の提案を行う。	エネルギー原単位削減手法として、クリンカの一部を混和材で置換する方法があり、上記省エネ型クリンカ等を基材とした場合、それらの性能を最大限に引出しつつ、更なる省エネ性能向上が可能
(2) クリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析	革新的セメント製造プロセスの課題抽出	①セメントプロセス全体シミュレータの開発及び ②焼成システムを考慮できる統合シミュレータの開発を行い、それらからエネルギー原単位低減に向けた影響因子を定量化することにより、革新的セメント製造プロセス設計の課題抽出を行う。	セメントプラントのロータリーキルン内では、複雑な化学反応を行いながらクリンカを生成しているが、この化学反応は各温度で連続的に行われ、また内部循環している物質等もあり、現在もこの化学反応の詳細が追及できていない。 このキルン内部等のプラント運転の状況を解明することができれば、 ・ 運転操作条件の最適化 ・ 省エネ運転化 ・ 運転トラブルのメカニズム把握及び対策 ・ 新プロセス開発 の大きな指針となり、セメント製造プロセスを考える上でも非常に重要であるが、実際のクリンカ生成モデル化技術は未だ発展途上であるため、実プラントと同様の燃焼システムを考慮できる統合シミュレータを開発するもの。
(3) クリンカ焼成プロセスの計測技術開発			
(a) スペクトル計測等によるキルン内温度計測技術開発	スペクトル計測等による実機キルンへ適用ができるキルン内温度計測技術の確立	スペクトル計測等による技術選定を行い、炉内環境模擬試験装置による原理確認と温度計測手法の確立と実機キルンにおける実証試験により、実機キルンへ適用ができるキルン内温度計測技術の確立を目指す。	低温焼成を行う場合、通常の焼成に比べ焼成温度が目標値を下回ると一気に温度が低下し品質低下を招くおそれがあることに加え、セメントキルンは「原料や燃料の品質変動」、「コーティングの落下による原料移動速度変化」等の様々な外乱があるため、セメントキルン低温焼成の安定運転を行うためには、キルン温度の計測精度の向上が必須。 また、本事業で開発する省エネセメントは従来のセメントと較べ

		①実機キルン内スペクトル計測等による温度計測技術の選定 ②炉内環境模擬試験装置による原理確認と温度計測手法の確立 ③実機キルンにおける実証試験	低温域での焼成を行うが、こういった低温焼成ではクリンカ粒径が小さくなり相対的にクリンカクーラからの粉塵の影響が大きくなるため、現在使用している放射温度計計測では精度の低下が懸念された。 このため、キルン内から放出されるスペクトル等を利用し、粉塵による影響を受けにくい温度計測方法の開発が必要。
(b) 放射温度計等によるキルン内温度計測技術開発	窯前（キルン出口部）からキルン内部を分光測定することにより、キルン内部のガス温度等の温度計測を可能とする技術の確立	①キルン内部の温度計測を行うため、窯前（キルン出口部）よりキルン内部の分光測定の実施、及びキルン二次空気含塵濃度測定装置の開発を実施し、単色放射温度計、二色放射温度計での含塵濃度の影響を評価する。 ②キルン内部の温度計測を直接行うため、キルンセルに熱電対を直接挿入し信号を無線等にて伝送するシステムの開発を実施し、高温セル上での装着・耐久性等を評価し、6ヶ月以上の耐用を目指す。 ③キルン操業状態と①②で得られる温度分布との関連を評価する。	セメントキルンでの温度測定は従来、キルン入口及びキルン出口でのガス温度測定のみであり、キルン内部のガス温度等の温度計測は十分に行われておらず、キルンの内部状況を知る上で直接的かつ連続的な温度測定は重要

3. 成果、目標の達成度

3-1 成果

3-1-1 全体成果

各要素技術（①省エネ型クリンカ焼成技術、②クリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析技術、③クリンカ焼成プロセスの温度計測技術）を確立するとともに、これらの要素技術を融合し、クリンカ焼成工程の焼成温度低下等を可能とするセメント製造プロセスを設計した。

3-1-2 個別要素技術成果

(1) 省エネ型クリンカ焼成技術開発

(a) 鉱化剤使用によるセメントクリンカ低温焼成技術開発

i. 基礎実験（電気炉焼成試験、モルタル試験）

実験室規模電気炉での鉱化剤の最適化では、焼成温度低減（100℃～150℃低減）効果のある鉱化剤（F, SO_3 ）を用いて、電気炉による試験により生成クリンカ物性確保を計れる添加量、配合割合および焼成条件等を把握した。

電気炉で検討した範囲及び結果

組成範囲	普通ポルトランドセメント組成
焼成条件	f. CaO として0.3%となるような焼成温度。 1300℃～1450℃
鉱化剤添加量	F（フッ素）：0.0～0.48% ⇒ 最適添加量 0.2%（添加量15%増）
	SO_3 : 0.5～2.5% ⇒ 最適添加量 2.0%（添加量15%増）
物理性状（モルタル）	圧縮強さ ⇒ 強度増進 凝結時間 ⇒ F添加により遅延傾向

ii. スケールアップ実験（テストキルン試験、モルタル試験）

テストキルンを用いた製造試験では、実験室規模の電気炉で選定された鉱化剤種類、量、割合及び、鉱物組成のクリンカについて試製し、実機焼成での焼成温度低減（100℃）を図るための焼成条件（F：0.1～0.2%、 SO_3 ：2%、 O_2 の高濃度化）を明確化した。

テストキルンで検討した範囲及び結果

組成範囲	普通ポルトランドセメント組成 副産物由来珪化剤の影響確認 ⇒ 影響なし
焼成条件	f. CaOとして0.8%となるような焼成温度。 1300℃～1450℃
生成珪物の確認	ボーグ式及びリートベルト法により測定 ⇒ 珪化剤添加によりC ₃ SとC ₃ A量低減、 C ₂ SとC ₄ AF量増加
珪化剤添加量	F（フッ素）：0.0～0.24% ⇒ 最適添加量 0.2%（O ₂ 濃度で変化）
	SO ₃ : 0.5～2.5% ⇒ 最適添加量 2.0%（O ₂ 濃度で変化）
物理性状（モルタル）	圧縮強さ ⇒ 強度増進 凝結時間 ⇒ F添加により遅延傾向

iii. 物性評価（コンクリート試験、F 溶出試験）

テストキルンにて焼成したクリンカについて、コンクリートによる物性評価（強度試験、凝結試験）を実施し、これまでのモルタル試験結果と同等の性状であることを確認した。また、材齢 28 日モルタルの F 溶出試験を実施し、クリンカの F 含有量と F 溶出量の関係を確認した。

物性評価の試験結果

物理性状 （コンクリート※ ¹ ）	圧縮強さ ⇒ 強度増進 凝結時間 ⇒ F添加により遅延傾向
Fの溶出性状※ ² （材齢28日モルタル）	クリンカのF含有量が概ね0.2%以下で 環境基準(0.8mg/L)を満たす。

※¹ コンクリート…W/C:45%, 目標スランプ:18cm, 目標空気量:4.5%

※² 環境庁告示第 46 号に準拠して、F の溶出試験を実施

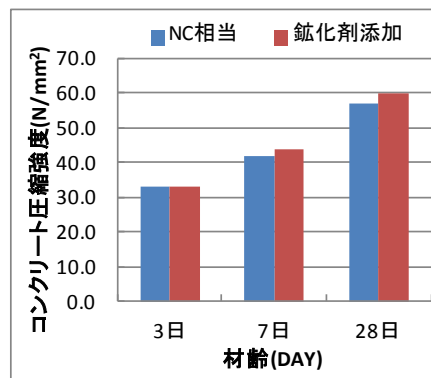


図 コンクリートの圧縮強度

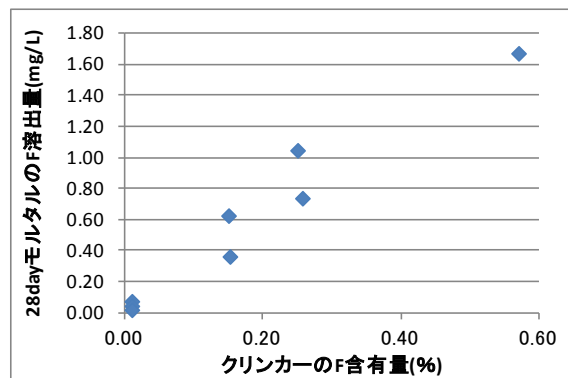


図 F 含有量と F 溶出量の関係

iv. F系および石膏系の賦存量調査

廃棄物の賦存量調査では、想定した廃棄物（F系、石膏系）について賦存量を調査し、添加量低減等により安定供給の可能性があることを確認した。

廃棄物賦存量調査結果

項目	全国発生量(年間)	必要量(年間)	備考
F系	40万t(F換算5.6万t) その他不明汚泥130万t	セメント4000万t F添加量0.2% ⇒F換算8万t	低グレード蛍石使用による対応での安定供給対応
石膏系	化学石膏で450万t	セメント4000万t SO ₃ 添加量3.5% ⇒石膏300万t	必要量有り

v. まとめ

電気炉焼成試験により、鉱化剤の最適添加量を把握した(F:0.2%、SO₃:2.0%)。スケールアップ焼成試験(テストキルン焼成試験)により、実機焼成での焼成温度低減(100℃)を図るための焼成条件(鉱化剤最適添加量、O₂の高濃度化)を明確化した。また、物性評価により、鉱化剤を添加することでコンクリートの圧縮強度が増進することを確認した。

廃棄物の賦存量調査により、鉱化剤(F, SO₃)材料の安定供給の可能性があることを確認した。

(b) 鉱物組成変更による省エネ型クリンカ焼成技術開発

7) ビーライト活性化による低カルシウム型クリンカの開発

i. 基礎実験（電気炉焼成試験）

電気炉による添加剤の種類や量、焼成条件および粉砕条件等がビーライトの水和活性に及ぼす影響の調査のための電気炉試験を行い、普通ポルトランドセメント同等品質を目標とするビーライト活性化を達成するための、添加剤種類や量等の使用条件、焼成条件および粉砕条件を明確化した。

普通ポルトランドセメント同等品質を得るための
低カルシウム型クリンカの製造条件

項目	必要条件
製造条件	ビーライト単相に現行の普通ポルトランドセメントを混合して製造

単相への添加剤使用条件	BaをCa置換で10mol%添加
単相焼成・冷却条件	1450℃、空冷
粉碎条件	ブレーン比表面積で10000cm ² /g以上

ii. スケールアップ実験（テストキルン試験）

前項の結果を踏まえてテストキルンによる焼成試験を行い、実機焼成により普通ポルトランドセメント同等品質を達成するための製造条件を明確化し、実機製造に向けた課題の整理を行った。電気炉試験結果と同様に、品質目標達成には上表と同等のバリウム高含有ビーライトの合成が必要であることが明らかとなった。

実機製造に向けた課題

項目	課題
原料面	Ba 調達
焼成面	普通ポルトランドセメント、ビーライト各基材の別焼成
粉碎面	ビーライト超微粉碎
設備面	原料サイロ等整備
エネルギー削減効果	0～4%（粉碎エネルギー未考慮）

iii. まとめ

普通ポルトランドセメント同等の品質を有する低カルシウム型クリンカの製造には、バリウムを10mol%程度含有するビーライトの単相合成が必要となることが明らかとなった。実機製造への課題は原料調達や設備面等が挙げられ、製造エネルギー削減量も0～4%程度と見積もられた。

4) ビーライトーアウイン系クリンカの開発

i. 基礎実験

● 電気炉実験

電気炉により原料組成および焼成条件が鉱物組成に及ぼす影響を検討し、生成した鉱物を確認し、適切なクリンカ焼成条件を明確化した。

電気炉で検討した組成範囲と結果

検討組成範囲	アウイン量10～60% C4AF量6～15%
焼成条件	f. CaO ≡ 0 となる焼成温度はいずれの組成でも1250℃～1300℃の範囲であった。
	アウインの生成温度1150℃、分解温度1350℃
生成鉱物の確認	1250℃～1300℃では設計通りの鉱物生成を確認。
微量成分添加焼成	TiO ₂ , Borax (杓素) 等焼成温度低下効果があった。

- モルタル評価

焼成したクリンカを単独で粉砕し、1/10 スケールモルタル^{※3}で強度発現性状の確認を行った。その結果、鉱物組成も焼成条件も共に強度性状に影響を与えることが明らかとなった。また仕上げ粉砕時に添加する石膏量が強度性状に影響を与える事を把握した。

※3 1/10 スケールモルタル

JIS R 5201:1997 に規定されるセメント強さ試験用モルタルの 1/10 スケールのもの。試製したクリンカ試料量が少量である場合の評価に用いる。

電気炉焼成品の強度評価結果

強度発現性状		ブレン比表面積4000cm ² /gに粉砕し評価。普通ポルトランドセメントの強度域には至らなかったが、アウイン量多いほど高強度。アウイン量40%未満の水準は低強度。普通ポルトランドセメントと比べ早強性の強度特性。
強度改善策 検証	C4AF量	C4AF量が多いほうが強度若干増加。
	クリンカ 焼成温度	f. CaO=0%となる焼成温度を越えて高温にすると強度増加効果がある。
	石膏添加 の効果	クリンカ粉砕品に石膏を添加すると強度増加効果。添加量の最適値がある。

- 基礎実験で選定した条件

電気炉といった静的条件の評価によって普通ポルトランドセメントと同等の強度を得られるためのアウイン-ビーライトクリンカの鉱物組成や焼成条件をスクリーニングし抽出した。

基礎実験で選定した条件

目標鉱物組成	アウイン量40%以上、C4AF量10%
焼成条件	f. CaO= 0 %となる温度1250℃～1300℃よりも高温とすることで強度発現が良くなる。1350℃を越えるとアウインが分解する。
仕上げ粉砕条件	石膏を適切に添加し、強度性状の最適化を実施する。

ii. スケールアップ実験

- テストキルン試験焼成

キルンでは転動や通風により、電気炉の場合と異なり、硫黄成分の揮発が生じ易く、その結果 f. CaO が増加したり、アウイン量が減少するため、その揮発

抑制策が重要であることが判明した。

テストキルンによって、焼成条件や強度改善策等を明確化した。

テストキルンの結果

検討組成範囲	アウイン量20, 40, 60% C4AF量10%
焼成条件	焼点温度はNクリンカ焼成時と比較し約50～100℃低い。 硫黄成分の揮発抑制（アウイン量確保）のため窯尻O ₂ 分圧≒5%。 f. CaO ≤ 0.4（超過すると急結性セメントになる）
微量成分添加焼成	TiO ₂ ：焼成温度低下効果があったが、流動性や強度発現といった品質面に悪影響があった。
強度発現性状	ブレン比表面積4000cm ² /gに粉碎しモルタル評価。 アウイン量多いほど強度高い結果。普通ポルトランドセメントと比べ早強性の強度特性。 アウイン量60%では普通ポルトランドセメントと同等の強度を得た。アウイン量40%未満の水準は低強度。
強度改善策	ブレン比表面積増加は強度に効果。6000cm ² /gまで高くなった場合は、長期強度が低下する傾向があり、この性状改善にも石膏の最適化が必要であることを把握した。

● 大型テストキルン試験焼成

キルンL/D（長さ/直径比）が実機と同等の大型テストキルンにおいて焼成試験を行い、実機製造における焼成面での運転管理や設備面の課題等を明らかにした（下表）。結果として、最適条件では比較のため焼成した普通ポルトランドセメントクリンカより 150℃低い値で安定に焼成できた。キルン運転ならびにクリンカ焼成の最適化は、大型テストキルンにおいても達成でき、かつコンクリート評価に必要な良好な焼成条件の試料を確保できた。

実機製造における運転管理および設備面での課題

項目	主な内容
運転管理 （焼成面）	f. CaO ≒ 0%
	硫黄分の揮発抑制のために窯尻 O ₂ 分圧を高く制御。
	焼点温度は普通ポルトランドセメントクリンカ焼成時より約 150℃低い値 （硫黄成分の揮発を抑えた中で最高温度）
設備課題	現行設備でのキルン内コーティング過剰（硫黄成分）

テストキルンとセメント工場の実機キルンを下表に対比する。

焼成実験に用いたテストキルンの概要

	キルン 内径D (cm)	キルン 長さL (cm)	L/D	キルン 傾斜角 (°)	キルン内 通過時間 (目安)	時産 (kg/h)	実験目的
電気炉	－	－	－	－	最高温度 20分	80～90 (g/パッチ)	鉱物生成条件 強度性状確認
テストキルン	37	320	8.6	2	20分/30分	16	キルン焼成条件 JISモルタル
L/Dが実機同 等の大型テスト キルン	45	834	18.5	2.9	80分	60	キルン焼成条件 粉碎仕上げ条件 コンクリート耐久性
参考: 熊谷工場	550	10000	18.2	4.0	30分	332000	

テストキルンの写真
【テストキルン】



全体写真



キルン部分



焼成時のキルン内



酸素ポンプ（窯内 O₂ 分圧制御用）

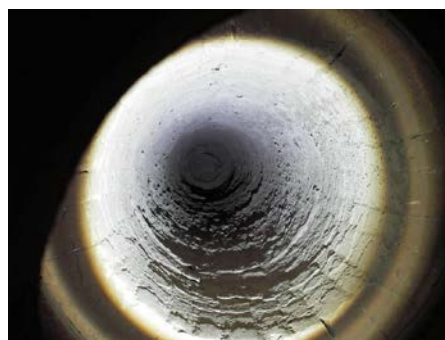
【L/D が実機と同等の大型テストキルン】



キルン部分



クリンカ原料供給設備



焼成前のキルン内部



焼成中のキルン内部

iii. 物性評価

● 粉砕仕上げ条件についてのモルタル評価

大型テストキルンでの焼成実験によりクリンカ品質の最適化が達成されたため、次いでクリンカの粉砕仕上げ条件を評価検討した。仕上げ条件の最適化は、焼成面と同じく重要な項目であった。

クリンカのみを粉砕したセメントでは、早強性、ならびに材齢経過により強度低下が生じるなどの課題があった。そこでセメントの水和性状や、強度発現性の性能を最大限発揮させるために、石膏添加の種類、量、粉末度などの条件をモルタル評価によって検討した。その結果アウイン量によって最適条件は異なった。

モルタルフローと強度が良好なセメント仕上げ条件

クリンカ 鉱物量	クリンカ 粉末度 (cm ² /g)	無水石膏 粉末度 (cm ² /g)	SO ₃ /Al ₂ O ₃ モル比	備考
アウイン量 40%	6000	6000	1.2	凝結は早い
アウイン量 60%	4000	6000	1.1	凝結は早い

● コンクリート評価（フレッシュ性状）

仕上げ条件を最適化したセメントについて、コンクリートのフレッシュ性状、圧縮強度発現を評価し普通ポルトランドセメント代替としての特徴を明らかにした。

配合やフレッシュコンクリートの状態や強度レベルは、普通ポルトランドセメントの場合と類似してはいるものの、強度と W/C の関係式や強度の材齢変化に関しては同じとは言えない結果であった。実用化に至るにはまだ細部の調整を求められる可能性が高い。

最適化したセメントを用いたコンクリートの性状

セメント	W/C %	単位水量 kg/m ³	混和材	耐久性評価水準 36N/mm ² となる W/C
普通ポルトランド セメント	45/55/65	169/169/169	78S1%	55%
アウイン量 40%	40/45/50/65	160/160/160/160	SP8SV 0.75%	60%
アウイン量 60%	45/55/65	182/177/171	78S1%	55%
調査目標:スランプ 18±2.5cm 空気量 4.5±1.5%になる配合条件を示した。 いずれの調合でも、供試体成型に十分な可使用時間がある事を確認				

● コンクリート評価（耐久性）

水和生成物が普通ポルトランドセメントとは異なるため、耐久性について検

討した。コンクリートの材齢 28 日の圧縮強度は 36N/mm² に揃えて評価を行った。同材齢の静弾性係数や曲げ強度も同等の結果であった。ビーライトーアウインセメントは、中性化深さがやや大きい傾向があることが確認された。また耐凍害性についてはアウイン量により違いが生じたため、追加の検討を行っている。乾燥による収縮長さ変化は小さい結果を得た。断熱温度上昇量は小さいものの、発熱速度が大きい特性があった。耐久性について細部の調整は必要なものの、概ね現状のコンクリートと大差ない耐久性を確認した。

コンクリートの耐久性評価

最適化したセメント	中性化 (13 週)	凍結 融解	乾燥収縮 長さ変化 (13 週)	断熱温度 上昇 (K, α)	備考
普通ポルトランドセメント	14mm	○	621 μ	50, 1.17	
アウイン量 40%	24mm	× (※)	227 μ	37, 4.55	※原因調査と再評価中
アウイン量 60%	20mm	○	431 μ	47, 2.91	

iv. 水和反応の解析による製造条件の最適化

● 水和反応の解析

水和反応の解析を行い品質の最適化条件に及ぼす因子を明確化した。アウインからのアルミナイオンと石膏からの硫酸イオンの供給量の過不足により水和物がエトリンガイトとなるかモノサルフェートとなるかに影響していた。そのためアウイン含有量や粉末度によって石膏の最適添加条件が異なっていたことが明らかとなった。

● 強度発現への石膏添加の影響解析

長期強度の増進には、継続的に硫酸イオンが供給されることが必要であることが分かった。そのため石膏の種類、粉末度、量が重要であることが確認され合理的な添加量設計に寄与する結果を得た。(評価継続中)

v. まとめ

● テストキルンでの焼成評価結果

省エネルギー効果は、N クリンカと比べ脱炭酸量も少なく、焼成温度も約 150℃低い結果であり、大きな効果が期待できる。省エネ効果の詳細はキルンのシミュレーションと組み合わせて別項目で検討する。

普通ポルトランドセメント代替として同等の強度を得るためには、鉬物量としてアウイン量 40%以上の確保と併せ、焼成条件（焼点温度、窯尻酸素濃度、

f. CaO)の最適化が必要であった。またセメント仕上げ条件（ブレン比表面積、石膏添加量）は、焼成条件以上に強度に影響することを確認した。

- 実機製造の課題

原料中に硫黄成分が多く含有するため、キルン内でのその揮発とその循環濃縮によってコーティングの生成が生じる、低硫黄分を想定している実機キルンへのスケールアップは現状の工場設備では困難であることが予想される結果であった。

- セメント品質評価結果

アウイン量 40%以上のクリンカを粉砕し、石膏を適切に添加することで、普通ポルトランドセメントと同等の強度を得ることが可能な結果が示された。

- コンクリートとしての評価結果

フレッシュ性状や強度発現について良好な結果を得たが、普通ポルトランドセメントとは強度-C/W の関係に若干の相違があることが明らかになった。

普通ポルトセメントとは水和物が異なるため、コンクリートでの耐久性評価を行い比較した。その結果、耐久性の代表的な特性に限った評価ではあるが、極端な耐久性上の相違は認められなかった。

(c) 省エネセメントの開発

i. 基礎実験

- クリンカ性能の効果的利用方法の探索

省エネ型クリンカ等の性能を把握し、それを基にクリンカ性能の効果的利用方法を提案した。

省エネ型クリンカの主な性能と効果的利用方法

省エネ型クリンカ	主な性能 (対普通ポルトランドセメント)	効果的 利用方法
鉍化剤使用クリンカ	強度が高め。	(調査中)
低カルシウム型クリンカ	初期強度が低い。長期強度同等。	単独使用
アウイン系クリンカ	初期強度が高い。長期強度の伸びが小さい。	無水セッコウ併用
高アルミネート相クリンカ	強度同等。	石灰石併用

- 省エネセメントの創出

前項の提案に基づく品質設計を行うと同時に、国内外のセメントの規格調査により規格整備の必要性や品質要件の整理等製品化に向けた課題の整理を行

った。決定した省エネセメントの品質設計の例を下表に示す。下表に示した省エネセメントの場合、混合材使用量が多く、JIS 規格外となることが課題となる可能性がある。

省エネセメントの品質設計の例

項目	設計値(対現行普通ポルトランドセメント)
クリンカ鉱物組成	ビーライト-4%、アルミネート相+4%
混合材利用可能量	石灰石+10%以下
粉末度	同等
石膏量	同等
セメント強さ	同等

※現行普通ポルトランドセメントは 3.5%程度の混合材を含んでいる。

ii. その他技術の調査

必要に応じてクリンカ性能を向上させる技術等に関する調査を行い、クリンカ性能向上のための方策提案を行った。調査した技術とその技術の適用により得られる効果を下表に示す。

調査対象技術とその効果

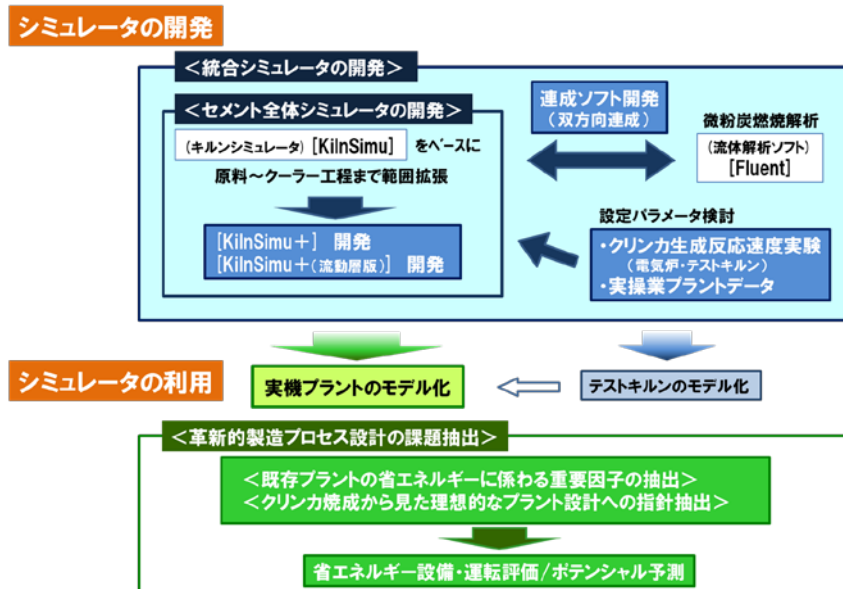
技術	効果
種結晶添加	わずかに易焼成性向上
液相量増加(高アルミネート相化)	易焼成性向上
原料種選定	易焼成性向上への影響はごくわずか
原料粉末度向上	易焼成性向上への影響はごくわずか

本調査からも、液相量増加による高アルミネート相クリンカ等の有効性が示された。特に高アルミネート相クリンカについて、テストキルンによる焼成試験を行い、実機焼成に向けた課題の整理を行った。試験焼成では高アルミネート相クリンカは現行普通ポルトランドセメントクリンカよりも燃料原単位を 3～4%低減可能であった。上表に示した品質設計とすることで、セメント製造エネルギー原単位は現行普通ポルトランドセメントに比べ 8～14%低減可能と結論付けられた。実機焼成に向けた課題は、本セメントの設計が JIS 規格外であり、規格の整備が必要となることである。

iii. まとめ

普通ポルトランドセメント同等の品質を有する省エネセメントを提案した。提案した設計は現行の普通ポルトランドセメントクリンカに対し、アルミネート相を 4%程度増加させ、混合材として石灰石を 5～10%程度増加させたセメントであり、エネルギー原単位は 8～14%程度低減可能と結論付けられた。

(2) クリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析



i. 統合シミュレータの開発（ツール開発）

- セメント焼成の原料予熱工程を含めたプロセス全体を考慮できるシミュレータとして、フィンランド国立技術研究センター（VTT）開発のキルン専用シミュレータ [KilnSimu] をベースに拡張した [KilnSimu+] を開発した。さらに、この [KilnSimu+] を拡張し、流動層、移動層プロセスが検討できるよう [KilnSimu+ (流動層版)] を開発した。
- また、詳細な燃焼プロセスを考慮するため、燃焼解析を行うための熱流体解析ソフト [Fluent] と上記 [KilnSimu+] の双方向連成（キルン内雰囲気微粉炭燃焼に反映すると共に、微粉炭燃焼解析結果をキルン内雰囲気へフィードバック）を行う統合シミュレータを開発した。
- 本シミュレータで使用するパラメータ設定のため、各種クリンカにおいて、小型電気炉実験を行い、エーライト生成率が焼成温度と時間に依存することを確認し、クリンカ生成反応速度を推定した。また、小型電気炉とテストキルンで同じ原料を焼成することにより、同じ熱履歴であれば、クリンカのエーライト生成量がほぼ同程度となり、小型電気炉実験から採取したデータが、テストキルンにも有効であることを確認した。
- また、テストキルン及び実操業キルンの両モデルを作成し、前述の小型電気炉/テストキルンでの実験結果及び実操業プラントのプロセスデータ採取により、統合シミュレータのチューニングを行い、特定の実操業プラントでのクリンカ鉱物組成や熱・物質収支データと合致できるようにした。

ii. 革新的製造プロセス設計の課題抽出（ツール利用）

《既存プラントの省エネルギーに係わる重要因子の抽出/評価》

- 省エネ型クリンカ焼成の省エネ効果を定量評価した。

- ① 鋳化剤使用によるクリンカ焼成 [住友大阪社]
 - ・ 高 F、高 S03 クリンカ (F:0.57%、S03:4.5%)
- ② 鋳物組成変更によるクリンカ焼成 [太平洋社]
 - ・ ビーライト-アウイン 60%・40%
 - ・ 高 C3A クリンカ (C3A:12%)

	熱量原単位 [MJ/t] ※	原単位削減量 [MJ/t]
NK（比較ベース）	3,824	---
① 鋳化剤使用		
高 F、高 S03	3,532	△292（△7.6%）
② 鋳物組成変更		
アウイン量（60%）	2,875	△949（△24.8%）
アウイン量（40%）	3,019	△805（△21.1%）
高 C3A	3,811	△13（△0.3%）

※熱量原単位は、低位発熱量を使用し、全ての投入エネルギーを計算

- 鋳化剤使用や鋳物組成変更により、大きな熱量原単位の低減ができる。
しかし、キルン窯尻部での硫黄循環量が多くなり、周囲壁への付着コーティング量が増加することで、サイクロンでの原料閉塞を起こす危険性が高くなる懸念も大きく、実操業キルンでの連続運転が課題となる。
- 高 C3A クリンカ焼成は、熱量低減効果はなかった。

- クリンカ諸率（HM、SM、IM）変化による省エネ効果を定量評価した。

	熱量原単位 [MJ/t]	原単位削減量 [MJ/t]
NK（比較ベース）	3,824	---
① HM（2.10→1.95）低下	3,701	△123（△3.2%）
② SM（2.49→1.70）低下	3,799	△25（△0.7%）
③ IM（1.70→0.80）低下	3,822	△2（△0.1%）
④（①+②+③）	3,778	△45（△1.2%）

- クリンカ中の融液量や融液粘度等から計算したクリンカ反応速度係数とキルン熱量原単位は単純に比例しない。これはクリンカ中の C2S や C3S の生成における発熱/吸熱差が大きく寄与していると考ええる。
- 諸率のみで見た場合、比較的 HM 低下が大きな熱量低減となる。

- 既存設備の省エネポテンシャルを定量評価した。

	熱量原単位 [MJ/t]	原単位削減量 [MJ/t]
NK（比較ベース）	3,824	---
① SP 部リークガスの低減		
リーク 25kNm ³ /h 削減	3,756	△67（△1.8%）
② 余剰空気の削減		
燃焼空気比 1.2→1.05	3,759	△65（△1.7%）
酸素富化（1次空気）	3,786	△38（△1.0%）
③ クーラー2次空気・抽気温度変更		
クーラー効率 63%	3,704	△120（△3.1%）
クーラー効率 70%	3,593	△230（△6.0%）

○既存設備改造の省エネポテンシャルの検討結果として、クーラー設備（クーラー効率：70%）改善による熱量原単位の低減は約6%に達するが、その他の項目については大きな改善の期待ができない。

○但し、クリンカ粒径が小径化等で、クーラー効率の悪化も懸念されるため、今後、鉱物変化によるクリンカ造粒機構を明確化することにより、クーラー効率への影響把握が課題となる。

《クリンカ焼成から見た理想的なプラント設計への指針抽出/評価》

- 各種プラント条件変更による燃費影響を定量評価した。

① 仮焼炉焚比変更による影響

	熱量原単位 [MJ/t]	原単位削減量 [MJ/t]
NK（比較ベース） ＜仮焼炉 54：キルン 26＞	3,824	---
① 仮焼炉 0：キルン 100	4,021	▲197（▲5.2%）
② 仮焼炉 70：キルン 30	3,964	▲140（▲3.7%）

○NSP プラントから SP 運転を想定すると、キルン窯尻ガス温度の上昇やクリンカ f. CaO の上昇で運転が困難となるため、運転調整すると、生産量 ▲34%、熱量原単位 ▲5%の運転となる。

○仮焼炉側の熱量比率を上げると、キルン側の熱量不足が顕著となり、f. CaO が上昇する。f. CaO を 1%以下にするためには、熱量原単位 ▲4%となり悪化する。

○よって、現状クリンカ焼成における仮焼炉焚比の変更は、熱量原単位の

悪化となる。

② キルン回転数、アスペクト比 (L/D) による影響

	熱量原単位 [MJ/t]	原単位削減量 [MJ/t]
NK (比較ベース) 〈キルン長さ 87mL、回転 2.5rpm〉	3,824	---
① キルン 72mL、回転 2.1rpm	3,786	△38 (△1.0%)
② キルン 67mL、回転 1.9rpm	3,791	△33 (△0.9%)

○キルン内ベッド高さが高い焼成（厚焼き）の方が、クリンカ f. CaO の残存が低い。

○キルンを長くするとキルンからの放熱が大きく、クリンカ焼成熱量不足となり、f. CaO の残存が高い。一方、キルンを短くしすぎても焼成熱量不足となる。

○本結果より、現状キルン長さを 15%短くし、キルン回転数を遅くした運転の方が高効率となる。この際の熱量原単位は 1%改善される。

③ 石炭種、微粉炭粒子径による影響

	熱量原単位 [MJ/t]	原単位削減量 [MJ/t]
NK (比較ベース)	3,824	---
① 微粉炭粒子径変更		
平均粒子径 44→66 μm	3,808	△16 (△0.4%)
平均粒子径 44→99 μm	3,800	△24 (△0.6%)
② 石炭種変更		
瀝青炭→半無煙炭	3,835	▲9 (▲0.2%)
瀝青炭→無煙炭	3,819	△5 (△0.1%)

○石炭の燃焼性を大きく変更した場合の影響評価として、[微粉炭粒子径]と [石炭種] の変更を行ったが、双方とも現状の実操業プラントでの運転感覚とは乖離した結果となり、現段階では本シミュレータでのプラント運転想定が難しい。

○この結果を踏まえて、次年度以降、

・双方向連成計算でやり取りする [データ項目] と

 [キルン内ベッド部分での微粉炭の着地燃焼概念] の追加

・高温側でのカーボン燃焼速度の見直し

など、双方向連成部分のブラッシュアップを行う。

- 理想プラント検討と既存プラント比較を行い、燃費影響を定量評価した。

	熱量原単位 [MJ/t]	原単位削減量 [MJ/t]
NK（比較ベース）	3,824	---
① 流動層（造粒炉＋焼成炉）	3,377	△447（△11.7%）
② 流動層造粒炉＋ショートキルン	3,597	△227（△5.9%）

○既存セメント製造プラントに拘ることのない、クリンカ焼成側から見た理想的な製造方法の一つである流動層方式のプラントは、少ない排ガス量やコンパクトな設備等に加え、高温域でのクリンカ反応を促進するのに安定した滞留時間と温度を確保できることで、クリンカ焼成に適した特徴がある。その特徴の理解と高効率のセメント製造設備の指標として、公開されているデータをベースに、既存ロータリーキルンと比較検討を行った。

○その熱量原単位の低減効果は、生産量 1,000t/日規模のロータリーキルン比較で、（造粒炉＋焼成炉）流動層プラントでは 12%低減となり、公開データとほぼ類似できる結果を得た。また、ショートキルンタイプでは、6%の低減となった。

○本結果を踏まえ、今後、セメント製造各工程でのエネルギー消費の一指標として使用すると共に、省エネルギーに係わる焼成プロセス評価・検討ツールとして使用していく。

iii. まとめ

- 全体シミュレータを含めた統合シミュレータとして、原料～クーラー工程まで検討できる [KilnSimu+] を開発し、この [KilnSimu+] と燃焼解析の双方向連成を完成した。
- 革新的セメント製造プロセス設計の課題抽出として、省エネ型クリンカの省エネ効果を定量推定した。また、既存及び理想プロセスの省エネに関するポテンシャル量を定量化し、プロセス設計の課題の抽出を行った。
- 下記残された課題は、来年度の取組み含めて検討していく。
 - ・ 本ツールを利用した省エネ検討の更なる深掘り
 - ・ ロータリーキルンでの省エネ評価の精度アップ
 - ・ 設定パラメータのチューニング見直し
 - ・ クリンカ造粒メカニズムの推定と
クリンカクーラーモデルの二次元化
 - ・ 燃焼解析との双方向連成のブラッシュアップ
 - ・ 理想モデルの追求
 - ・ シミュレーションソフトの汎用化

(3) クリンカ焼成プロセスの計測技術開発

(a) スペクトル計測等によるキルン内温度計測技術開発

i. 予備実験

＜実機キルン内スペクトル計測等による温度計測技術の選定＞

- 実機キルンから放出されるスペクトルの中で計測可能なスペクトルは、可視光線～赤外線の波長帯に分布する連続スペクトルである放射スペクトルと可視光線の波長帯に位置する線スペクトルであるカリウム原子スペクトルであることを確認した。
- しかし、計測対象であるクリンカに計測器を向けて放出されるエネルギーを計測しても、得られるのは、キルン内に放射源として存在するクリンカ、粉塵、カリウム原子から放出されたエネルギーの和が、粉塵による吸収・散乱、カリウム原子による吸収を経た後のエネルギーであり個々の放射源からのエネルギーを区別することができない。
- このため、計測対象である放射源（クリンカ）温度のみを計測可能とする計測装置を作製した。

＜炉内環境模擬試験装置による原理確認と温度計測手法の確立＞

- 実機キルン内の環境を構成する要因のうち、ガスおよび粉塵の温度と粉塵の濃度の状態を模擬できる炉内環境模擬試験装置の設計製作を行なった（図1）。
- 今年度中に、同装置を使い、ガス温度、粉塵温度、粉塵濃度、カリウム添加量、等を変量した実験を行い、熱電対等による実測値との比較から、新しく提案した温度計測方法の妥当性や精度を確認する。

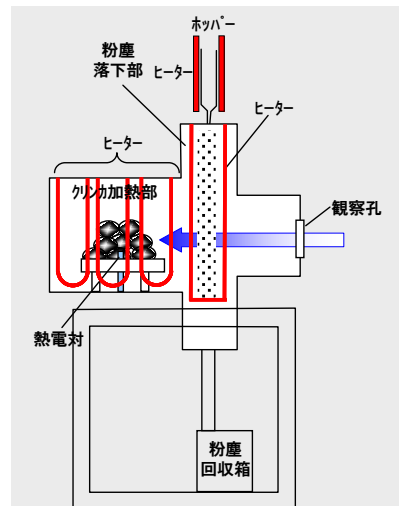


図1 炉内環境模擬試験装置

ii. 実機試験

＜実機キルンにおける実証試験＞

- 温度計測装置については、実機キルン周辺の高温環境下で正常に機能するか耐久性について確認を行なった。装置を構成する集光光学系も検出器も空冷による冷却で耐久性に問題ないことを確認した。
- 温度計測技術については、今年度中に、それまでに開発した温度計測技術を使い、数日間の連続計測を行いデータを取得する。そして既存の二色温

度計による温度値、窯尻ガス分析値、回転電力値、等のキルン内の温度と関係の深いと考えられる計測値と比較することで、新しく開発した温度計測技術の妥当性の確認や問題点の抽出を行う。

iii. まとめ

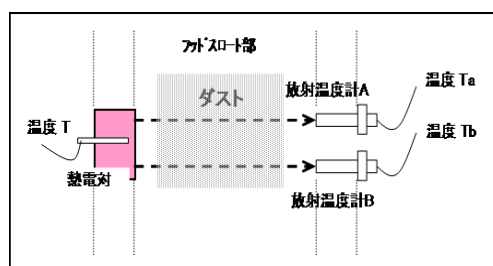
- 実機キルンから放出されるスペクトルを使い、クリンカや粉塵の温度を計測する方法を提案し、その計測を可能にする計測装置を作製した。
- 提案した温度計測技術の妥当性や精度を確認するための試験装置を設計製作した。
- 提案した温度計測技術の妥当性や精度を確認するための試験を実施中。
- 実機キルン周辺の高温環境下でも、温度計測装置は、空冷による冷却で正常に稼動することを確認した。
- 提案した温度計測技術を実機キルンに適用し、妥当性の確認や問題点を抽出するための試験を今年度中に実施する。

(b) 放射温度計等によるキルン内温度計測技術開発

i. 予備試験

- 窯前からの焼点温度測定技術開発では、窯前（キルン出口部）よりキルン内部の分光光度測定を実施し特定の吸収波長域の確認、及び キルン二次空気含塵濃度の測定を実施した。予備試験としてキルンフードスロート部耐火物温度測定により単色放射温度計、二色放射温度計の含塵濃度等の測定外乱の影響を評価した結果、今回選択した波長の二色温度計よりは単色温度計が優位であることを確認した。

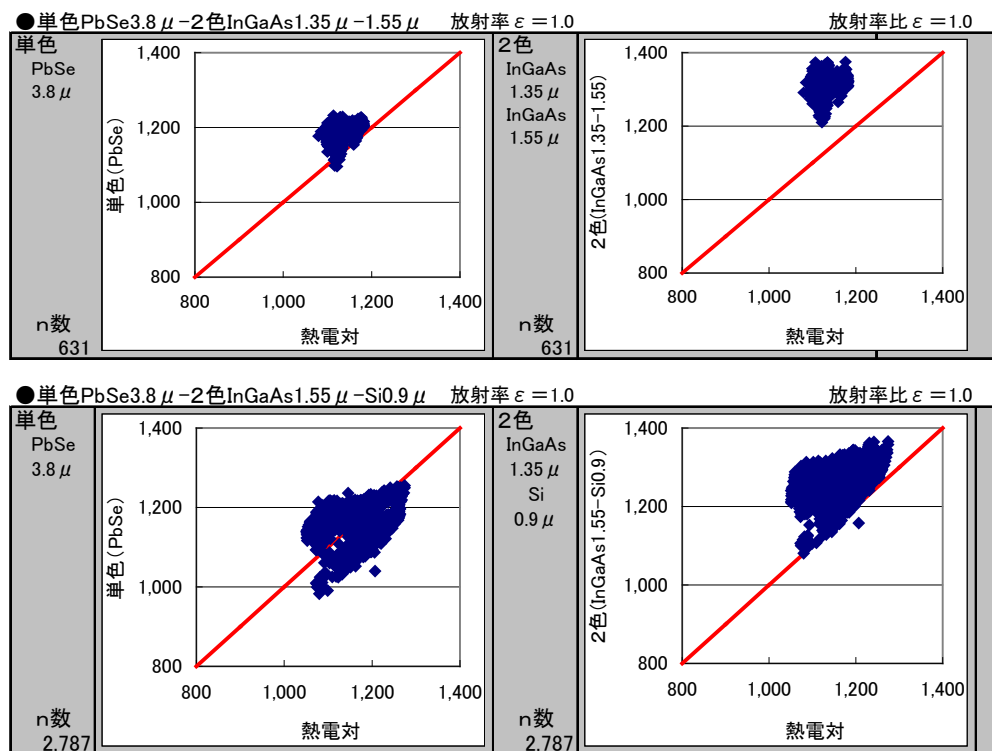
《実施要領》



①放射温度計 (単色)	検出素子 PbSe 測定温度範囲 500~1500℃ 検出波長 3.8 μm
②放射温度計 (2色)	検出素子 InGaAs/InGaAs/Si 測定温度範囲 350~3500℃ 検出波長 1.55/1.35/0.9 μm ※ 各波長での単色温度計に切替え可能 (1.55, 1.35, 0.9)
③熱電対	素線 R 線径 φ0.5 磁器保護管(φ13mm×455mmL) 測定温度範囲 0~1600℃

《温度測定結果》

左側(単色)と比較して右側(二色)の熱電対温度からの乖離が大きい



ii. 実機試験

- 予備試験結果を踏まえて、単色温度計を窯前に設置し焼成帯クリンカ温度を測定し精度を検証した。単色温度計は素子 Si (測定波長 $0.9\mu\text{m}$) と素子 PbSe (測定波長 $3.8\mu\text{m}$) を使用し、クリンカ焼成度 (f-CaO) を焼成帯クリンカ温度や他の操業値より予測した場合について重回帰分析を用いて精度の検証を行った結果、若干ではあるが素子 Si が優位であることを確認した。

《焼成度 (f-CaO) の重回帰分析結果》

	焼点 (Si)	焼点 (PbSe)
重相関係数 R	0.7443	0.6938
重決定係数 R^2	0.5540	0.4813
自由度補正 R^2	0.5270	0.4499
F 値	20.5	15.3
F 1%有意水準	>3.6	>3.6

両者とも F 検定にて 1%有意

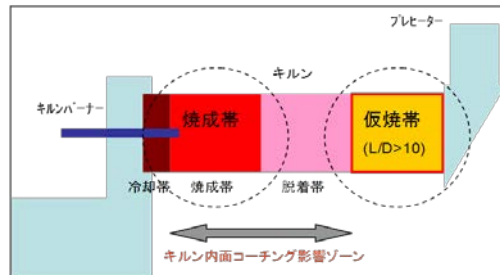
※焼成帯クリンカ温度、窯尻ガス温度、キルン電力、原料 HM (水硬率) より予測

- キルンセルへの熱電対の設置では、キルンセルに熱電対を直接挿入し信号を無線等にて伝送するシステムを開発し、セメント工場で稼働しているロータリーキルンに実装し、キルン内部クリンカ温度測定を実施した。伝送システム自体は 6 ヶ月以上の耐久性をクリアした。しかし、熱電対については保護管材質や挿入方法変更の上試験した結果、6 ヶ月以上の連続耐用

には至らず、定期的な交換が必要であることを確認した。

《キルン内部クリンカ温度測定装置》

①温度計設置部位



②温度測定装置写真



- 放射温度計により測定した焼点温度 および 熱電対により測定したキルン内部クリンカ温度とクリンカ焼成度との間にモデル化が可能な相関性が存在すれば、放射温度計の計測によりキルン内部温度を求めることが容易になりうることから、それらの関連を調査し、各所温度測定値の寄与度を評価したが、十分な相関性は確認できなかった。

iii. まとめ

- 放射温度計の測定精度を検証した結果、単色温度計(素子 Si)が優位であることを確認した。
- キルン内部クリンカ温度測定装置を開発し、測定温度伝送システムの6ヵ月以上の耐久性があることを確認した。
- 熱電対自体の耐久性は保護管材質等を改良し試験したものの6ヵ月以上の連続使用には至らず定期的な交換が必要であり、又 熱電対の温度測定結果と放射温度計の測結果の間には十分な相関性は確認できなかった。

3-1-3 特許出願状況等

表 3. 特許・論文等件数

要素技術	論文数	論文の 被引用 度数	特許等件 数（出願を 含む）	特許権の 実施件数	ライセン ス供与数	取得ライ センス料	国際標準 への寄与
(1) 省エネ型クリンカ焼成技術開発							
(a) 鉱化剤使用によるセメントクリンカ低温焼成技術開発	0	0	0	0	0	0	0
(b) 鉱物組成変更による省エネ型クリンカ焼成技術開発	0	0	1	0	0	0	0
(c) 省エネセメントの開発	0	0	0	0	0	0	0
(2) クリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析	0	0	0	0	0	0	0
(3) クリンカ焼成プロセスの計測技術開発							
(a) スペクトル計測等によるキルン内温度計測技術開発	0	0	1	0	0	0	0
(b) 放射温度計等によるキルン内温度計測技術開発	0	0	0	0	0	0	0
計	0	0	2	0	0	0	0

表 4 論文、投稿、発表、特許リスト

	題目・メディア等	時期
論文	なし	
投稿	セメント新聞「着実に進展する革新的セメント製造プロセス基盤技術開発」	H24. 1
	セメント新聞「4 社で革新的製造技術開発 廃棄物活用でエネルギー効率悪化 焼成システム改革図る」	H22. 12
	セメント新聞「革新的セメント製造技術開発 成果、海外へ技術移転も 3 要素技術開発へ 4 社が役割分担」	H22. 12
	セメント新聞「太平洋、住友大阪、三菱マテ、宇部 共同で革新的技術開発 セメント製造省エネ NEDO が助成先に決定」	H22. 10
発表	なし	
特許	出願 No. 2012-080012「炉内における被加熱物、粉塵及び炉内ガスの温度とそれらの放射率の計測方法」	H24. 3 出願済
	「セメント組成物」	H24 出願中

3-2 目標の達成度

表5. 目標に対する成果・達成度の一覧表

要素技術	目標・指標	成果	達成度
1. 省エネ型クリンカ焼成技術開発			
(a) 鉱化剤使用によるセメントクリンカ低温焼成技術開発	実験室規模の電気炉で選定された鉱化剤種類、量、割合及び、鉱物組成のクリンカについてテストキルンを用いた製造試験を行い、実機焼成での焼成温度低減（100℃）を図るための焼成条件を明確化。	・廃棄物の賦存量調査では、想定した廃棄物（F系、石膏系）について賦存量を調査し、安定供給の可能性を確認した。 □実験室規模電気炉での鉱化剤の最適化では、焼成温度低減（100℃～150℃低減）効果のある鉱化剤を用いて、電気炉による試験により生成クリンカ物性確保を計れる添加量、配合割合および焼成条件等を把握した。 □テストキルンを用いた製造試験では、実験室規模の電気炉で選定された鉱化剤種類、量、割合及び、鉱物組成のクリンカについて試製し、実機焼成での焼成温度低減（100℃）を図るための焼成条件を明確化した。	達成
(b) 鉱物組成変更による省エネ型クリンカ焼成技術開発	<u>ア) ビーライト活性化によるクリンカ開発</u> テストキルンによる焼成試験等に基づき、実機焼成により普通ポルトランドセメント同等品質を達成するための製造条件を明確化。 <u>イ) ビーライトーアウイン系クリンカ開発</u> テストキルンによる試験焼成の結果等に基づき、実機焼成試験を行い、実機製造における運転管理や設備面での課題等を明確化。	<u>ア) ビーライト活性化による低カルシウム型クリンカの開発</u> ・電気炉による添加剤の種類や量、焼成条件および粉碎条件等がビーライトの水和活性に及ぼす影響の調査を行い、普通ポルトランドセメント同等品質を目標とするビーライト活性化を達成するための、添加剤種類や量等の使用条件、焼成条件および粉碎条件を明確化した。 ・前項の結果を踏まえてテストキルンによる焼成試験を行い、実機焼成により普通ポルトランドセメント同等品質を達成するための製造条件を明確化し、実機焼成に向けた課題の整理を行った。 <u>イ) ビーライトーアウイン系クリンカの開発</u>	一部達成

		・電気炉により、普通ポルトランドセメント同等品質を目標とする鉱物組成および焼成条件を明確化した。 ・テストキルンにより、クリンカの焼成製造条件を明確化した。 ・L/D が実機同等の大型テストキルンにより、実機製造における焼成面での運転管理や設備面での課題等を明らかにした。 ・大型テストキルンにより得たビーライトアウインクリンカは、仕上げ石膏添加の種類、量、粉末度などの最適化が必要であることを明らかにし、その最適条件を明確化した。最適化したセメントを用いて、コンクリートのフレッシュ性状、強度発現、耐久性を評価し普通ポルトランドセメント代替としての特徴を明らかにした。 ・水和基礎解析を行い品質の最適化条件に及ぼす因子を明確化した。	
(c) 省エネセメントの開発	省エネ型クリンカ等の性能を把握の上クリンカ性能の効果的利用方法を検討し、クリンカ性能向上のための方策の提案を行う。	・クリンカ性能の効果的利用方法の探索では、省エネ型クリンカ等の性能を把握し、それを基にクリンカ性能の効果的利用方法を提案した。 ・省エネセメントの創出では、前項の提案に基づく品質設計を行うと同時に、国内外のセメントの規格調査により規格整備の必要性や品質要件の整理等製品化に向けた課題の整理を行った。決定した省エネセメントの品質設計が JIS 規格外であることが課題として挙げられた。 ・その他技術の調査では、必要に応じてクリンカ性能を向上させる技術等に関する調査を行い、クリンカ性能向上のための方策提案を行った。特に	達成

			高間隙質クリンカについて、テストキルンによる焼成試験を行い、実機焼成に向けた課題の整理を行った。	
2. クリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析	①セメントプロセス全体シミュレータの開発及び ②焼成システムを考慮できる統合シミュレータの開発を行い、それらからエネルギー原単位低減に向けた影響因子を定量化することにより、革新的セメント製造プロセス設計の課題抽出を行う。	☐ セメントプロセス全体シミュレータの開発では、原料余熱工程を含むプロセス全体に拡張したセメント全体シミュレータを製作し、さらに、理想的なプラント検討のための[KilnSimu+(流動層版)]を製作した。 このセメント全体シミュレータを使用し、電気炉・実機キルン及びテストキルン実験より得られたクリンカ生成反応パラメータ等のチューニングを行い、特定の実機プラントデータと合致できるようにした。 ☐ 焼成システムを考慮できる統合シミュレータの開発では、[Fluent]を用いた微粉炭燃焼解析を実施し、バーナ燃焼フレーム形状およびキルン内温度分布等を予測し、[微粉炭燃焼によるキルン内雰囲気温度分布推算]と[キルン内クリンカ温度分布推算]との連成解析を行い、特定の実機キルン運転実績と合致できるようにした。 ☐ 革新的セメント製造プロセス設計の課題抽出では、上記のシミュレータを用い、既存プラントの省エネルギーに係わる重要因子を抽出し、設備・運転変更への評価を実施した。さらに、クリンカ焼成から見た理想的なプラント設計への指針抽出し、省エネルギーポテンシャル値の予測を行った。	達成	
3. クリンカ焼成プロセスの計測技術開発				
(a) スペクトル計測等によるキルン	スペクトル計測等による技術選定を行い、炉内環	①計測対象である放射源（クリンカ）の温度のみを計測可能	一部	

内温度計測技術開発	境模擬試験装置による原理確認と温度計測手法の確立と実機キルンにおける実証試験により、実機キルンへ適用ができるキルン内温度計測技術の確立を目指す。 ①実機キルン内スペクトル計測等による温度計測技術の選定 ②炉内環境模擬試験装置による原理確認と温度計測手法の確立 ③実機キルンにおける実証試験	とする装置を作製した。 ②実機キルン内の環境を構成する要因のうち、ガスおよび粉塵の温度と粉塵の濃度の状態を模擬できる炉内環境模擬試験装置の設計製作を行なった。同装置を使い、ガス温度、粉塵温度、粉塵濃度、カリウム添加量、等を変量した実験を行い、熱電対等による実測値との比較から、新しく提案した温度計測方法の妥当性や精度の確認を実行している。 ③温度計測装置は、空冷による冷却で実機キルン周辺の高湿環境下で正常に機能することを確認した。温度計測技術については、新しく開発した温度計測技術の妥当性の確認や問題点を抽出するために計測装置の改造を実施している。	達成
(b)放射温度計等によるキルン内温度計測技術開発	①キルン内部の温度計測を行うため、窯前（キルン出口部）よりキルン内部の分光測定の実施、及びキルン二次空気含塵濃度測定装置の開発を実施し、単色放射温度計、二色放射温度計での含塵濃度の影響を評価する。 ②キルン内部の温度計測を直接行うため、キルンセルに熱電対を直接挿入し信号を無線等にて伝送するシステムの開発を実施し、高温セル上での装着・耐久性等を評価し、6ヶ月以上の耐用を目指す。 ③キルン操業状態と①②で得られる温度分布との関連を評価する。	①分光光度測定により特定の吸収波長域を確認した。又、キルン二次空気含塵濃度測定及び単色放射温度計、二色放射温度計の含塵濃度等の測定外乱の影響を評価した。 ②キルンセルに熱電対を直接挿入し信号を無線等にて伝送するシステムをロータリーキルンに実装してキルン内部の原料温度測定を実施した。伝送システムの6ヵ月以上の耐久性を確認、熱電対は保護管材質等を変えて測定した結果、定期的な交換が必要であることを確認した。 ③放射温度計により測定した焼点温度および熱電対により測定したキルン内部原料温度とクリンカ焼成度との関連を調査し、各所温度測定値の寄与度を評価した。	達成

4. 事業化、波及効果について

4-1 事業化の見通し

セメント製造業はエネルギー多消費産業の一つであり、CO₂ 排出量は我が国産業部門の約 6%を占める。国内のセメント製造各社は、1970 年ごろから積極的に省エネルギー技術の開発や導入を行い、そのエネルギー効率は世界最高水準となっている。我が国セメント製造業は、既存技術による省エネはほぼ限界に達しているが、CO₂ 排出量削減の社会的な要請の高まりもあり更なる省エネ・低炭素化が求められており、これを実現する新しい省エネ技術の開発が必要とされている。

国内セメント市場は近年、公共投資の継続的減少およびマンション等民間投資の冷え込みにより縮小傾向が継続し、将来的には年間生産量が 4,000 万 t を下回る可能性も見えてきたが、このような状況においても、CO₂ 削減に関する社会的要求は強まっており、企業の社会的責任の面からも CO₂ 削減のための省エネ技術開発は重要な研究課題と位置づけられる。

本基盤研究においては全セメント生産量の約 80%を占める普通ポルトランドセメントと同等の品質確保を目標としているため、開発した技術が実用化すれば、現行製品を置き換えることになる。したがって、現行の販売ルートや販売先等をそのまま利用することが可能であり、開発した技術の普及が進みやすく、かつ省エネ効果が産業全体に波及すると予想される。

4-2 波及効果

国内のセメント生産量がここ数年減少傾向である一方で、世界におけるセメント需要は、BRICs に代表される新興国の経済発展に伴い年々増加の一途を辿っていることから、当該産業における CO₂ 排出抑制を目的とした省エネ技術開発は、国際的にも極めて重要な課題である。

したがって、我が国が省エネルギーディングカントリーとしてセメント製造に関する革新的な省エネ技術を確立し世界に発信していくことは、グローバルな省エネ・低炭素化に貢献するとともに、この結果として、国内セメント産業の国際競争力強化にも繋がることになる。

さらに、得られた成果について特許の国際出願を検討するほか、国際競争力を考慮し、海外市場（規格等）の調査を並行して進めることで、国際戦略の検討に活用することが可能となる。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

5-1 研究開発計画

表6. 研究開発計画

実施項目／年度(平成)	22	23	24
I. 省エネ型クリンカ焼成システムのための要素技術開発			
1. 省エネ型クリンカ焼成技術開発			
(a) 鉱化剤使用によるセメント クリンカ低温焼成技術開発	基礎実験での 最適条件確認 ↓ 鉱化剤最適化	テストキルン焼成	スケールアップ実験で の最適条件確認
(b) 鉱物組成変更による省エネ 型クリンカ焼成技術開発	基礎実験での最適条件確認 ↓ ビーライト活性化影響調査 ↓ アウイン系 影響調査	ビーライト活性化 テストキルン焼成 ↓ アウイン系 テスト／実機キルン焼成	実機製造条件明確化 ↓ 実機製造での課題抽出
(c) 省エネセメントの開発	効果的利用法提案 ↓ クリンカ性能利用	省エネセメントの創出	品質設計提案
2. クリンカ焼成プロセスの シミュレーション解析	全体シュミレータ開発 ↓ 統合シュミレータ開発	シミュレータ完成 ↓ プロセス設計課題抽出	課題抽出

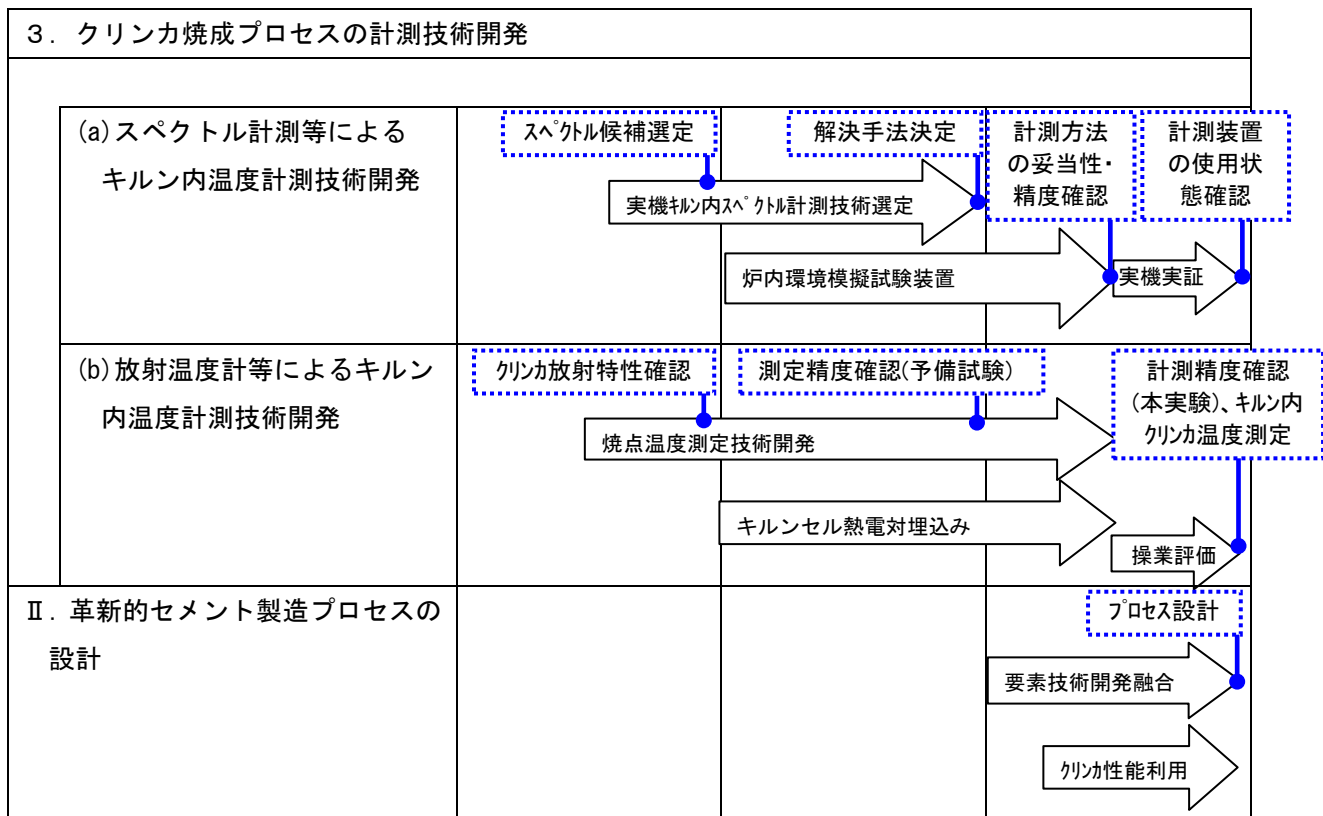


表 6. 研究開発計画（続き）

実施項目／年度（平成）	25	26
Ⅰ. 省エネ型クリンカ焼成システムのための要素技術開発		
1. 省エネ型クリンカ焼成技術開発		
(a) 鉱化剤使用によるセメント クリンカ低温焼成技術開発	コンクリートによる耐久性評価試験	実機製造での課題抽出
	ミニプラントによるクリンカ製造試験及びセメントとしての品質評価	
(b) 鉱物組成変更による省エネ 型クリンカ焼成技術開発		
(c) 省エネセメントの開発	ミニプラント改良	課題抽出
	ミニプラントによるクリンカ製造試験及びセメントとしての品質評価	実機製造での課題抽出、品質最適化
	市場調査	
2. クリンカ焼成プロセスの シミュレーション解析	統合シミュレータ開発	シミュレータ完成
	ミニプラント省エネ評価	課題抽出
	省エネ関連焼成プロセス評価	
3. クリンカ焼成プロセスの計測技術開発		
(a) スペクトル計測等による キルン内温度計測技術開発	課題抽出	実機計測システム提示
	実機キルン実証試験	
	ミニプラント内温度計測	
	精度向上検討	
(b) 放射温度計等によるキルン 内温度計測技術開発		
Ⅱ. 革新的セメント製造プロセスの 設計	要素技術開発の融合	全体プロセス設計提案 実用化課題明確化
	革新的セメント製造プロセス設計	

5－2 研究開発実施者の実施体制・運営

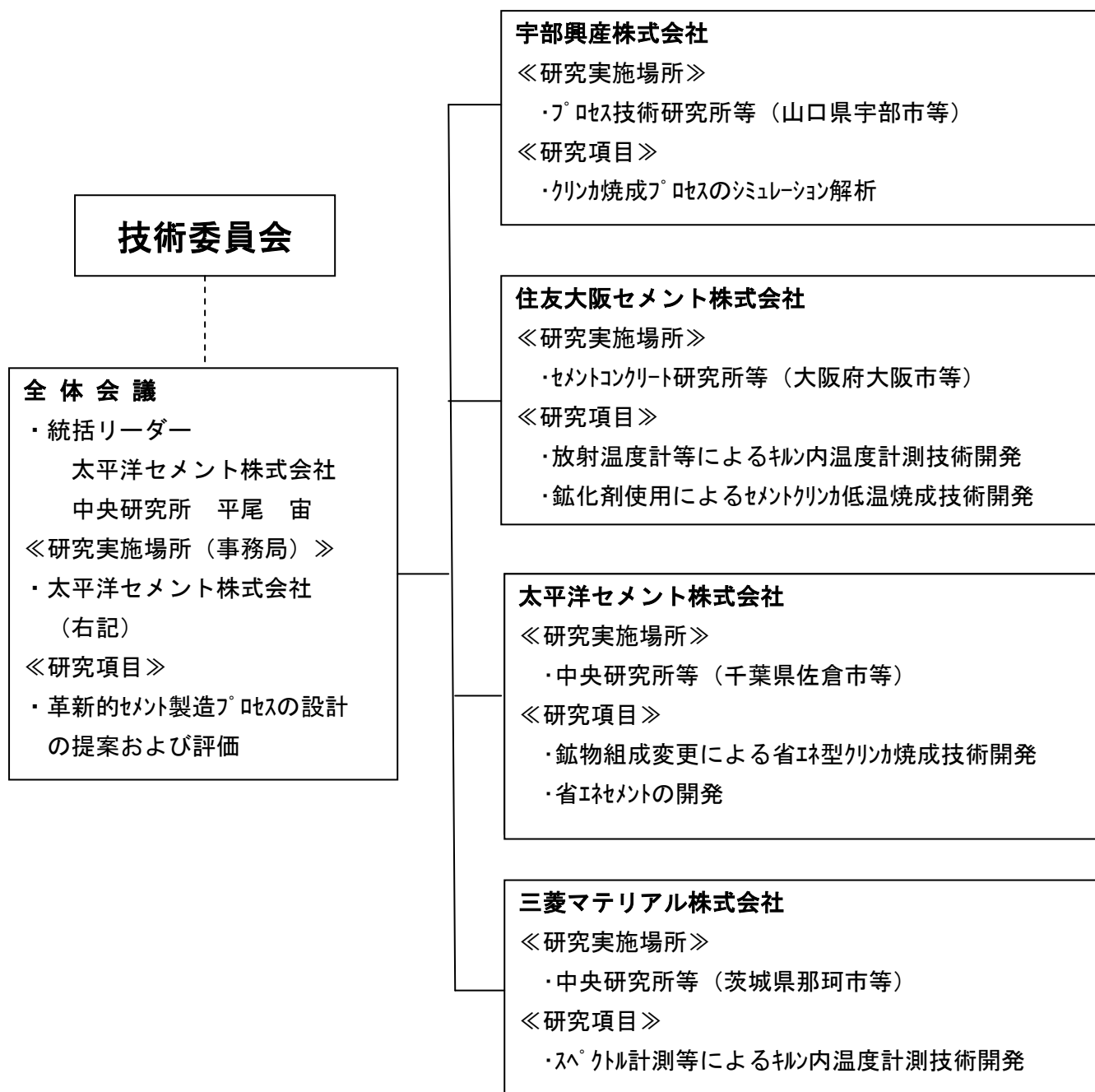
本研究開発は、公募による選定審査手続きを経て、宇部興産株式会社、住友大阪セメント株式会社、太平洋セメント株式会社及び三菱マテリアル株式会社の4社が共同で、平成22年度にNEDOからの助成を受けて実施し、平成23年度からは経済産業省の直執行として補助を受けて実施したもの。

また、研究開発の実施に当たっては、本研究を円滑にすすめ目標達成に向けた各研究分担の成果の融合を図るために以下を役割とする全体会議を設置した。

- ・ 本研究の進捗確認
- ・ 本研究成果等の情報共有
- ・ 本研究目標達成のための相互協力

全体会議は各社の主任研究者を中心に構成され、研究開発を統括するためのリーダーを太平洋セメント株式会社 中央研究所 市川牧彦（期途中で人事異動により平尾宙に交替）とするとともに、委員の指導および助言により本研究の方向性等について適正化を図るため、本研究内容に関する専門知識を有する学識経験者からなる技術委員会を設置した。

図 2. 研究開発実施体制



5-3 資金配分

表 7. 資金配分（研究開発費として）

（単位：円）

実施項目／年度(平成)	2 2	2 3	2 4	合計
革新的セメント製造プロセス 基盤技術開発				
(1) 省エネ型クリンカ焼成技術 開発	89,447,503	93,338,185	95,091,418	277,877,106
(a) 鉱化剤使用によるセメント クリンカ低温焼成技術開発	22,142,726	26,335,083	25,741,418	74,219,227
(b) 鉱物組成変更による省エネ 型クリンカ焼成技術開発	67,304,777	58,307,674	50,715,655	176,328,106
(c) 省エネセメントの開発	0	8,695,428	18,634,345	27,329,773
(2) クリンカ焼成プロセスのシ ミュレーション解析	60,586,214	62,472,994	38,000,000	161,059,208
(3) クリンカ焼成プロセスの計 測技術開発	41,075,395	42,064,917	37,658,582	120,798,894
(a) スペクトル計測等によるキ ルン内温度計測技術開発	30,400,180	30,400,000	30,400,000	91,200,180
(b) 放射温度計等によるキルン 内温度計測技術開発	10,675,215	11,664,917	7,258,582	29,598,714
合計	191,109,112	197,876,096	170,750,000	559,735,208

5-4 費用対効果

本研究開発は低炭素社会に向けた次世代型セメント製造プロセスの開発であり、将来的には実用化し国内セメント製造全般に普及することを目指す。独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構が制定した「革新的セメント製造プロセス基盤技術開発」基本計画によれば、本基盤技術が実用化しエネルギー原単位 8%削減が実現した場合、我が国のセメント業界全体に普及すれば、製造プロセスへの投入エネルギーを原油換算で年間約 46 万 kl（暫定値）低減させることが期待でき、本プロジェクトの予算規模（H22～H26）約 7 億円に比べて十分な効果が得られるものと考えられる。

	2020 年	2030 年	2050 年
セメント生産量※ ¹	6699 万 t	6580 万 t	6580 万 t
消費エネルギー※ ²	579 万 kL	569 万 kL	569 万 kL
省エネ効果 = 569 × 8%			約 46 万 kL

※1：H21 年 8 月 平成 21 年 8 月 26 日公表（長期エネルギー需給見通し(再計算)について）より

※2：H21 年 2 月 地球温暖化問題に関する懇談会 中期目標検討委員会(第 4 回)より

5-5 変化への対応

特になし

第 3 章 評価

第3章 評価

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

○セメント産業は、我が国の国土保全、社会インフラの整備の観点から重要度の高い産業である一方で、エネルギー多消費産業の中で主要な原料を国内自給できる唯一の産業であり、現在、世界最高水準にある我が国のセメント産業におけるエネルギー効率を更に飛躍的に向上させる省エネ技術の開発は、セメント産業が今後国の内外で伸びるための重要なキーテクノロジーであり、本プロジェクトは、意義あるものと評価する。

○エネルギー原単位の飛躍的な削減を可能とする製造技術の開発にあたっては、技術的にもチャレンジングなテーマであり、新規性・革新性が求められる事業であることから、一企業の努力あるいは協会のような民間団体の努力によることは不可能に近く、効率的でもないため、国がプロジェクトとして援助し、セメント会社が協働し各々が得意な分野を担当していく研究技術開発フレームは、必要でかつ効率の良いものと考えられ、また、省エネルギーは国家戦略とも合致し、事業の成果は日本の省エネ・低炭素化に大きく貢献することから、国の事業としての妥当性は十分にある。

○また、中国、東南アジアを中心にセメントの需要が急速に増しており、今後とも拡大と発展が予測される世界のマーケットにおいて、セメントの製造技術では世界をリードしている我が国のセメント産業が、セメントメジャーに対して存在感を高めていく革新技術を世界へ発信する意義は極めて高い。

○なお、セメント会社4社の協働体制は有力であるが、今後最終目標を達成するに際しての取りまとめを担当する会社の主導的な役割が、国とともに特に重要になってくる。

【肯定的意見】

- ・(A 委員) 主要なエネルギー多消費産業の中で原料を国内自給できる唯一の産業であり、国際競争力を高め革新技術を世界へ発信する意義は極めて高いと評価する。
- ・(A 委員) 日本のセメント産業における世界最高水準のエネルギー効率を、一企業の努力あるいは協会のような民間団体の努力によって飛躍的に向上させることは不可能に近い。また、効率的でもない。省エネルギーは国家戦略とも合致し、事業の成果は日本の省エネ・低炭素化に大きく貢献することから、国の事業としての妥当性は十分にあると評価する。
- ・(B 委員) 省エネ技術の開発は、セメント産業が今後国内外で伸びるための重要なキーテクノロジーであり、重要な事業である。
- ・(C 委員) セメントの製造技術では世界をリードしている我が国のセメント各会社は、

今後とも拡大と発展が予測される世界のマーケットにおいて、セメントメジャーに対して存在感を高めていくことが期待されている。そのためには、これまで以上に環境に配慮したクリンカの焼成工程におけるエネルギー原単位を定量的に削減していく製造技術を設定して、協働で開発していくことが不可欠である。そして、各セメント会社がそれぞれ独自に研究開発するのではなく、国がプロジェクトとして援助し、セメント会社が協働して各セメント会社の得意な分野を担当していく研究技術開発フレームは、必要でかつ効率の良いものと考えられる。

- ・(D 委員) 国の重要政策に明記されている事業であり、事業目的、政策的位置づけは明確である。技術的にもチャレンジングなテーマであり、新規性、革新性が求められる事業である。
- ・(E 委員) セメント産業は、我国の建設業等を支える基幹産業のひとつであり、国土保全、社会インフラの整備の観点から重要度の高い産業である。また、震災復興の観点からも重要度は高まっている。一方、セメント産業は大量の化石燃料の消費と二酸化炭素排出を伴うことから、我国の製造業全体に占める省資源、省エネに対する影響度も大きい。本事業はこれらの課題の解決に向けた、重要な技術開発である。また、近年では中国、東南アジアを中心にセメントの需要が急速に増しており、これらの国々に対する国際競争力を確保する上でも、官民の協力により、早期の成果が求められる事業と考える。

【問題点・改善すべき点】

- ・(C 委員) 我が国の指導的セメント会社4社の協働体制は有力であるが、今後最終目標を達成するに際しての取りまとめを担当する会社の主導的な役割が、国とともに特に重要になってくる。
- ・(E 委員) 国際競争力確保の観点から、事業の実用化までの工程、経済性等に関して検討できる資料の整備を進めてほしい。

2. 研究開発等の目標の妥当性

○事前研究の結果および種々の制約条件から、研究開発等の目標をセメントの製造プロセスで最もエネルギーを消費するクリンカの焼成工程に置き、エネルギー原単位を8%削減する定量的設定をしていることは、適切かつ妥当と評価する。

○我が国のセメント製造技術は、SP/NSP キルンや廃棄物受入れ等において世界を先導しているものの、欧米のセメントメジャーや中国・インドに製造量等で大きく水をあけられている現状であり、世界トップ水準の技術をベースに更に環境に配慮した製造技術を確立して、世界のマーケットで存在感を高めていくことが期待される。

○なお、製造するセメントのすべての性能を普通ポルトランドセメントと同等とする目標は、厳しい設定であるが、最初の中間の目標としては妥当と評価した。

○８％のエネルギー原単位削減を、何によって実現するかという点が曖昧であり、また、中間評価時点等で達成すべき水準・指標の設定に具体性に欠くと感じられる部分があるため、結果の評価に対して主観が入り込む余地が残される点が懸念される。これらの観点から、後期プロジェクトでは、前期３年の研究成果をふまえ、焼成温度の低減、クリンカの一部の混合材置換、キルンアスペクト比の最適化、空燃比変更など、どの技術でどれだけのエネルギー削減を目指すのかを明確化すべきである。

○セメント各社が個々のテーマを実施しているが、個々の研究開発項目の目標達成に対する貢献の度合い、目標値の定量化あるいは相互の関係が必ずしも明確ではない。今後最終目標達成に向けて、ある程度実験結果を共有化する、研究開発を重点化するなど効果的な実施に向けた工夫が必要である。

【肯定的意見】

- ・（Ａ 委員）目標、中間評価時点での達成すべき水準ならびに指標の設定には、やや具体性に欠くと感じられる部分はあるものの、いずれの個別要素技術も容易に遂行、達成が行えるものではなく、設定そのものは概ね適切で妥当なものと評価する。
- ・（Ｂ 委員）従来には無い研究テーマの選択であり、また実現されれば効果は大きいと考えられる。
- ・（Ｃ 委員）我が国のセメント製造技術は、SP キルンの本格的導入や NSP キルン（仮燃炉付 SP キルン）の世界で最初の稼働だけでなく、廃棄物の本格的な導入量等について、世界を先導している。しかしながら、我が国のセメント会社は、世界におけるセメントの製造については欧米のセメントメジャーには及ばず、また中国やインドにも製造量で大きく水をあけられている現状である。世界のトップの技術をベースに更に環境に配慮した製造技術を確立して、世界のマーケットで存在感を高めていくことが期待されている。そのためには、研究開発等の目標をセメントの製造プロセスで最もエネルギーを消費するクリンカの焼成工程に置き、エネルギー原単位を８％削減する定量的設定をしていることは、適切かつ妥当である。
- ・（Ｄ 委員）エネルギー原単位の８％削減という明確な指標を示しており、妥当な設定と言える。
- ・（Ｅ 委員）事前研究の結果および種々の制約条件から、セメント製造におけるエネルギー原単位の削減目標値が設定されており、全体的な中間目標値は妥当と判断する。また指標についてもエネルギー原単位をもって定量的な目標値が設定されており、妥当と判断する。

【問題点・改善すべき点】

- ・(A 委員) 目標、水準の設定が数値ではなく行為（明確化、提案、課題抽出など）であるため、結果の評価に対して主観が入り込む余地が残される点を懸念する。（当然のことながら、いずれの個別要素技術に関しても、数値目標設定が極めて難しいことは十分に理解する。）
- ・(B 委員) セメント各社が個々のテーマを行っているので、実験結果をある程度共有化することがよりプロジェクト全体には効果があるのでは（特許等は別にしても）。
- ・(C 委員) 製造するセメントのすべての性能を普通ポルトランドセメントと同等とする目標は、厳しい設定であるが、最初の中間の目標としては妥当と評価した。
- ・(D 委員) エネルギー原単位の 8 %削減を、何によって実現するかという点で曖昧である。前期 3 年の研究成果をふまえ、後期プロジェクトでは、焼成温度低減、クリンカの一部の混和材置換、キルンアスペクト比の最適化、空燃比変更など、どの技術でどれだけのエネルギー削減を目指すのかを明確にすべきである。
- ・(E 委員) 目標値達成に向かって、様々な角度からの研究開発がセメント各社によって分担、実施されており、適切と判断する。ただし、個々の研究開発項目の目標達成に対する貢献の度合い、目標値の定量化あるいは相互の関係が必ずしも明確ではない。今後最終目標達成に向けて、上記の点に留意し、重点的な研究開発を望みたい。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

○総合的に見ると、ほぼスケジュールに沿って実験が行われ着実に研究が進んでおり、セメント製造技術における省エネ・低炭素化を実現するための中間目標であるエネルギー原単位の 8 %削減の可能性が見込める成果を上げていると評価する。

○各個別要素技術の開発については、一部未達成の部分はあるものの、概ね目標を達成しており、全体目標達成の可能性が見込めるに十分な成果を上げていると評価する。

特に、キルン内での温度計測精度の向上技術の開発は、セメントキルンでの低温焼成の安定操業に不可欠であり、現行のキルン焼成にも適用でき、より効率的なキルン操業への寄与が期待される。

○なお、開発成果については、積極的に論文の投稿や学会で発表すべきである。論文となっていないことは、開発時に得られた様々なデータが後に使えるように整理されていないのではないかと危惧される。開発結果を単なる経験知として残すのではなく、汎用的に利用できる技術とするためにも、論文投稿や学会での発表を積極的に検討すべきである。

○また、実用化に必要な国際特許出願や国際規格化に関する計画を明確にすべきであ

る。

得られた成果を欧米のセメントメジャーや中国・インド等のセメント会社との対応にどのように用いるかが明確でないため、遅すぎることはないように、国際特許の出願と国際標準の形成について、最終目標に対して初期の段階から明確にすべきである。

○実験の結果出てきた様々な問題点については、各々の対策や検討期間を明示すべきである。

○「革新的プロセスの設計提案」については、どの様な提案がされたか明確でなく、安易な目標変更はすべきでないが、基本計画の最終目標達成を前提として、3年間の成果をふまえ、早期実用化を目指して後期計画の見直しも検討すべきである。

【肯定的意見】

- ・(A 委員) 個別要素技術の中で一部未達成の部分はあるものの、概ね目標を達成しており、セメント製造技術における省エネ・低炭素化を実現する可能性が見込めるに十分な成果を上げていると評価する。
- ・(B 委員) ほぼスケジュールに沿って実験が行われた。
- ・(C 委員) 省エネ型クリンカ焼成技術開発の3種類の技術、クリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析、およびクリンカ焼成プロセスの計測技術開発のいずれの要素技術について、それぞれ設定された目標は明確で、設定された目標の達成度も妥当である。特にセメントキルンでの低温焼成の安定操業に不可欠として設定されたキルン内での温度計測精度の向上技術の開発は、現行のキルン焼成にも適用でき、より効率的なキルン操業にも大いに寄与するものである。
- ・(D 委員) 総合的に見ると着実に研究が進んでおり、基本計画の中間目標である8%の原単位削減の目処が立っている。
- ・(E 委員) ①省エネ型クリンカ焼成技術においては、鉍化剤の使用条件、鉍物組成の検討等の材料条件の検討、テストキルンによる焼成条件の検討、モルタル、コンクリート等による物性評価などが計画通り成され、省エネセメントのプロトタイプが提案が成された。中間時評価としては目標値を満足する成果が得られていると判断する。
②クリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析においては、セメント焼成プロセスを解析するシミュレータを開発し、このツールの有効性を小型電気炉実験や既存の実機プラント等のデータを用いて検証した。これらの成果により、革新的セメント製造設計プロセスの課題抽出が可能となり、当初の中間時目標を満足する結果および今後の研究開発への取組みに関する知見が得られた。
③クリンカ焼成プロセスの計測技術開発においては、キルン内温度計測技術開発においてスペクトル計測等による炉内環境模擬試験装置の試作および実機キルンによる試験を実施した。また放射線温度計による手法では、測定精度の検証や耐久性等の検

証を行った。これらの検討は継続実施中であり、今後の成果が期待される。

以上より、中間時としては、当初の計画に沿った成果がほぼ得られていると判断する。

【問題点・改善すべき点】

- ・(A 委員) 得られた成果を、積極的に論文あるいは特許の形で発表し、成果を社会に還元していく必要がある。
- ・(B 委員) 実験の結果、様々な問題点が出てきたが、その問題に対する対策、検討期間を明示すべきである。
- ・(C 委員) 得られた開発技術成果を実用化するために必要な特許、特に国際特許への出願計画が当初の計画で明瞭に示されていないため、得られた成果を欧米のセメントメジャーや中国とインド等のセメント会社との対応にどのように用いるかが十分に理解できないでいる。遅すぎることはないように、ISO 規格などの国際標準への提案とともに、国際特許の出願と国際標準の形成について、最終目標への初期の段階から明確にして対応して頂きたい。
- ・(D 委員) 各開発項目で見ると、中間評価時の目標を全て達成しているとは言えない。また、基本計画の中間目標である「革新的プロセスの設計提案」についても、提出されている資料では、資料5、6 4 頁の図のみであり、どの様な提案がされたか明確でない。安易な目標変更はすべきでないが、基本計画の最終目標達成を前提として、3 年間の成果をふまえ、早期実用化を目指して後期計画の見直しも検討すべきである。
- ・(D 委員) セメント新聞以外に論文の投稿や会議での発表が行われていない。論文となっていないことは、開発時に得られた様々なデータが後に使えるように整理されていないのではないかと危惧される。開発結果を単なる経験知として残すのではなく、汎用的に利用できる技術とするためにも、論文投稿や学会での発表を積極的に検討すべきである。
- ・(E 委員) 今後、試作装置の検証等を継続して進め、実用化に向けて研究開発を進めてほしい。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

○普通ポルトランドセメントと同等の品質のものを開発対象としていることから、セメントの使い易さも同等と考えられ、コストパフォーマンスの良い技術が開発できれば、現行の流通ルート等がそのまま使える等の見通しが示されており、事業化は進むと考えられ、大きな波及効果が期待できる。

○また、セメントキルン内での温度の計測精度の向上技術とクリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析技術の向上は、現行のキルンの操業システムにも直ちに効率的に影

響を及ぼし、省エネ効果を発揮するものと予想される。

○我が国のセメント製造技術におけるエネルギー効率自体が現在世界最高水準であり、それを大きく上回るエネルギー効率を達成することは、他国に追随を許さぬ国際競争力を持つこととなり、海外への技術移転、国内他産業への技術の応用等、波及効果は大いに期待できるものと評価する。

○なお、事業化の見通しは十分に高いものの、事業化に向けたシナリオが示されておらず、事業化まではクリアすべき問題が多いと思われるところ、研究開発終了後の展開を含めた、プロセスをできるだけ明確にしてほしい。

○また、後期の2年間については、現状のプラントに付加することができる技術、現状のプラントの設備改良が必要な技術、新規プラント建設時に使える技術等に分類し、それぞれについて実現可能時期を明示すべきである。

○更に、我が国のセメントの製造・販売ルートの現状を勘案すれば、全社の各セメント工場で同時に製造・出荷しない場合、当初の計画のような普通ポルトランドセメント置換による省エネ効果が発揮されない恐れがある。そのため、中間目標における省エネ型クリンカ焼成技術開発の3種類の技術を、最終目標では1種類に絞って開発することが、省エネ効果を最大化するために必要である。

【肯定的意見】

- ・(A 委員) 問題点の把握、課題抽出が明確に行われており、これらの解決による事業化の可能性は、極めて高いものと評価する。現状のセメント製造技術におけるエネルギー効率自体が世界最高水準であり、それを大きく上回るエネルギー効率を達成することは、他国に追随を許さぬ国際競争力を持つこととなり、海外への技術移転、国内他産業への技術の応用等、波及効果は大いに期待できるものと評価する。
- ・(B 委員) 限られた分野の特注品でなく、普通ポルトランドセメントと同程度の品質を目標にしている点で、効果は大きいと推定される。
- ・(C 委員) 低温焼成により得られるセメントの性能を、普通ポルトランドセメントと同等と目標設定して開発していることから、セメントの使い易さも同等と考えられ、得られた研究開発の成果の実用化が期待される。また、設定された目標以外に、セメントキルン内の温度の計測精度の向上技術とクリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析技術の向上は、現行のキルンの操業システムにも直ちに効率的に影響を及ぼし、省エネ効果を発揮するものと予想される。
- ・(D 委員) 普通ポルトランドセメントと同等の品質のものを開発対象としていることから、コストパフォーマンスの良い技術が開発できれば、事業化は進むと考えられる。また、同様の理由により、大きな波及効果が期待できる。

- ・(E 委員) 事業化に向けての目標設定の重要性、目標成果が得られた場合、現行の流通ルート等がそのまま使える等の見通しが示されており、セメント産業全体としての意気込みがうかがえる。成果が実用化されれば、基幹産業として、インフラ整備、輸出の増大など国内外に与える影響が大きいことが想定される。

【問題点・改善すべき点】

- ・(A 委員) 事業化の見通しは十分に高いと評価するが、評価用資料では事業化の見通しに関する言及がない。
- ・(B 委員) 基盤技術開発であり、事業化まではクリアすべき問題も多く、今後2年間で終了後のロードマップも明示してください。
- ・(C 委員) 我が国の現行のセメントの製造・販売ルートを勘案すると、セメント会社が同時に、また各セメント工場で同時に製造して出荷しないと、当初の計画のような普通ポルトランドセメントに置き換えての目標の省エネ効果が発揮されない恐れがある。そのためには、中間目標における省エネ型クリンカ焼成技術開発の3種類の技術を、最終目標では1種類に絞って開発することが、省エネ効果を最大化するために必要と考える。
- ・(D 委員) 中間評価資料には、事業化に向けてのシナリオが示されておらず、本プロジェクトで開発した技術を、どのようなスケジュールで事業化しようとしているのか、判断できない。後期のプロジェクト計画では、現状のプラントに付加することができる技術、現状のプラントの設備改良が必要な技術、新規プラント建設時に使える技術等に分類し、それぞれについて実現可能時期を明示すべきである。
- ・(E 委員) 研究開発性を国内および海外に向けて実用化を果たしていくことに関して、全体スケジュール、マイルストーンおよび実用化のための目標設定が必ずしも明確ではない。研究開発終了後の展開を含めた、プロセスをできるだけ明確にしてほしい。また実用化にあたっての想定される課題があれば示してほしい。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

○本プロジェクトには、我が国のセメント業界を代表する会社がすべて参加しており、更に、研究開発チームの構成、プロジェクトリーダーの統括、実施者間の連携は、目標を達成するために効率的に実施出来ており、研究の進捗管理のための全体会議を持つなど、目標達成のための実施体制は妥当であると評価する。

○また、本目標が達成できた際の種々の効果を考慮すれば、資金配分は適切であり、費用対効果の高い研究開発となることが期待できる。

○なお、実施者間の連携/競争が十分に行われた体制かは、報告書だけでは十分に判ら

ないので、打ち合わせの回数と内容等を記入する様にしたいと思われる。

○流動層プラントも、「セメントプロセス全体のシミュレータ」の中で検討されており、今後有力な省エネのセメント製造技術と考えられるが、本研究の中での最終目標における位置付けを明確にしてもらいたい。

【肯定的意見】

- ・(A 委員) 研究開発計画、実施体制・運営、資金配分は適切で妥当であると評価する。費用対効果は、種々の波及効果が見込まれることも勘案したとき、非常に高いものと評価した。
- ・(A 委員) 変化への対応に関しては、特に記述がなかったが、バブル期から現在に至る生産量の激減にも対応してきた産業であり、社会情勢の変化等には十分に柔軟な対応ができる産業であると認識している。
- ・(B 委員) セメント産業の国際競争力向上につながる研究
- ・(C 委員) 研究開発等の目標を、セメントの製造プロセスで最もエネルギーを消費するクリンカの焼成工程についてエネルギー原単位を8%削減することに設定したことは、妥当である。
- ・(C 委員) 有望な要素技術を探り上げてそれぞれ得意な実施会社が分担して、エネルギー原単位の削減値を明らかにするとともに、課題を見つけて、これからの最終目標に向けて要素技術を融合していく研究スケジュールは適切である。
- ・(C 委員) また研究には、我が国のセメント業界を代表する会社がすべて参加している。そして、研究開発チームの構成、プロジェクトリーダーの統括、実施者間の連携は、資金の内部配分とともに、目標を達成するために効率的に実施出来ており、費用対効果の高い研究開発となることが期待できる。
- ・(D 委員) 研究の進捗管理のための全体会議を持つなど、目標達成のための仕組みはできていると判断する。また、本目標が達成できた際の効果を考えると、資金も妥当なものと判断する。
- ・(E 委員)
 - (1) 研究開発計画に則って進められており適切であったと判断する。また我国の大手セメントメーカーが参画しており実施者は妥当であると判断する。
 - (2) 参画企業は、技術力に優れた我国を代表するセメントメーカーであり、全体を統括する技術委員会が設置され、学識経験者等も参加し、研究開発を工程通り行う実施体制であったと判断する。
 - (3) 研究開発資金は、計画に則って適正に配分され、有効に使用されていると判断する。
 - (4) 中間時では、当初計画に則って概ね満足できる成果が得られており費用対効果の

観点から適正であったと判断する。また今後の研究開発に伴う成果は、我国の産業界全体にとっても十分なものであり、今後の研究開発の進展が期待される。

(5)特になし

【問題点・改善すべき点】

- ・(B 委員) 実施者間の連携/競争が十分に行われた体制かは、報告書だけでは十分に判らないので、打ち合わせ回数、内容等を記入する様にした方がよいと思われる。
- ・(C 委員) 要素技術の中で、「セメントプロセス全体のシミュレータ」の開発が我が国独自で、その開発が我が国の国際戦略にどの程度有力な手段であるかが判定できないでいる。その開発成果の優位性が、セメントメジャーや BRICs のセメント会社に対して発揮でき、我が国セメント産業の国際競争力を強めることになる。
- ・(C 委員) 流動層プラントも、「セメントプロセス全体のシミュレータ」の中で検討されており、今後有力な省エネのセメント製造技術と考えられるが、本研究の中での最終目標における位置付けを明確にしてもらいたい。
- ・(C 委員) 研究成果の果実を国際特許で確実にするとともに、国際標準の ISO での規格制定の場においてコンセンサスを得て規格に盛り込む活動を活発化しないと、変化の激しい国際競争の場において、遅れをとることになると考える。
- ・(D 委員) 研究開発計画では、研究テーマⅡ（革新的セメント製造プロセスの設計）も 24 年度より実施するとされているが、その 24 年度の成果が不明確である（説明資料 5 で 64 頁に説明があるのみで、評価用資料 6 では全く触れられていない）。個別技術の成果が出るのが遅れたことが原因かも知れないが、シミュレーション解析の結果の実証や、キルン内温度計測技術とシミュレーション技術の融合など、より積極的に進めていただきたい。後期の計画では、前期 3 年で開発した個別技術を後期 2 年で如何に融合していくかをより明確にすべきである。
- ・(E 委員) 実用性、経済性等を十分考慮して、国際競争力の高い技術となるべく研究開発が進展することを期待する。

6. 総合評価

○事業は良好に進行していると判断され、有用な成果を挙げつつあると評価する。今後の成果、事業化が大いに期待できる。

○省エネという切り口で見た時の新しいセメント製造法の研究であり、このプロジェクト自体は十分に評価できる。

○革新的なセメント製造技術の実用化が、欧米のセメントメジャーと中国やインドなど

のセメント会社との競争の糧となることが期待できる。

○エネルギー多消費のセメント産業では、1 %のエネルギー削減でも、トータルで見れば大きなエネルギー削減となる。本プロジェクトは、セメント製造プロセスの中でも中心的な位置を占めるクリンカ焼成工程の省エネルギーを対象としており、事業としての位置づけは適切と考える。事業内容についても着実に成果を挙げており、事業終了時には実用化に繋がる成果が出ることを期待できる。

○セメント産業は、我が国のインフラの整備を支える基幹産業のひとつであり、国土保全や震災復興の観点から重要度は高まっているが、大量の化石燃料の消費と二酸化炭素の排出を伴うことから、我が国の製造業全体に占める省資源、省エネに対する影響度も大きい。本事業はこれらの課題の解決に向けた、重要な技術開発であり、今後実用化に向けた研究開発の進展を期待したい。

○なお、個別要素技術開発相互の連携に乏しい点が懸念され、一部連合して同じ研究テーマを研究して相乗的に成果を上げて波及効果をもたらすような仕組みも考えたほうが良いと思われる。

○実験でわかった問題点とその対策を常に示すようにお願いしたい。

○8 %の省エネルギーを達成する手段として、要素技術の様々な組合せが可能である。技術的難易度、コスト、達成可能時期の3面から研究開発対象を明確にし、開発資源を集中させ効率よく後期の研究を実施していただきたい。

【肯定的意見】

- ・(A 委員) 事業は良好に進行していると判断され、有用な成果を挙げつつあると評価する。今後の成果、事業化が大いに期待できる。
- ・(B 委員) 省エネという切り口で見た時の新しいセメント製造法の研究であり、このプロジェクト自体は十分に評価でき、また研究テーマの新しいテーマが行われている。
- ・(C 委員) 今後最終目標を達成していくには、要素技術の省エネ型クリンカ焼成技術開発の3種類の技術を適切に絞り込んで、革新的なセメント製造技術を開発して、欧米のセメントメジャーと中国やインドなどのセメント会社との競争の糧にしていきたい。
- ・(D 委員) エネルギー多消費のセメント産業では、1 %のエネルギー削減でも、トータルで見れば大きなエネルギー削減となる。本プロジェクトは、セメント産業の中でも中心的な位置を占めるクリンカ焼成工程の省エネルギーを対象としており、事業としての位置づけは適切と考える。事業内容についても着実に成果を上げており、事業終了時には実用化に繋がる成果が出ることを期待できる

- ・(E 委員) セメント産業は、我国の建設業等を支える基幹産業のひとつであり、国土保全、社会インフラの整備の観点から重要度の高い産業である。また、震災復興や昨今のインフラの整備に対する社会的な関心やニーズの高まりからも重要度は高まっている。セメント産業は大量の化石燃料の消費と二酸化炭素排出を伴うことから、我国の製造業全体に占める省資源、省エネに対する影響度も大きい。本事業はこれらの課題の解決に向けた、重要な技術開発であり、今後実用化に向けた研究開発の進展を期待したい。

【問題点・改善すべき点】

- ・(A 委員) 当初計画通りと言われるとそれまでだが、個別要素技術開発相互の連携に乏しい点が、一事業としての遂行の上では、やや懸念される。
- ・(B 委員) 個々の研究テーマが各社担当であり、そのほかに一部連合して同じ研究テーマを研究して相乗的に成果を上げて波及効果をもたらすような仕組みも考えたほうが良いと思われる。
- ・(B 委員) 実験でわかった問題点とその対策を常に示すようにお願いしたい。
- ・(C 委員) これからの厳しい国際競争の場で、我が国のセメント会社が団結して、今回のプロジェクトで開発した技術を有効に生かして存在感を高めていくかの視点を重視した。
- ・(D 委員) 8%の省エネルギーを達成する手段として、要素技術の様々な組合せが可能である。技術的難易度、コスト、達成可能時期の3面から研究開発対象を明確にし、開発資源を集中させ効率よく後期の研究を実施していただきたい。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

○限られた期間内で事業化を目指すためには、各研究テーマについて、優先順位を決め、それにマンパワーを集中することも必要ではないか。

○我が国のセメント会社が世界の市場で存在感を示すためには、国内のセメント会社が一致し、普通ポルトランドセメントを革新セメントに置き換えた製造・販売できるシステムの確立が重要であり、そのためには、要素技術の「省エネ型クリンカ焼成技術」を1種類に絞り込むことが必要ではないか。

○また、本プロジェクトで開発したセメントキルン内での温度の計測技術とクリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析技術を向上させ、世界のセメント会社をリードできるのではないか。

○シミュレーション解析の精度を上げるには、実プラントのキルン内温度等のデータが

不可欠であり、逆に、シミュレーションで最適化された条件でどの程度の省エネルギーが達成できるかについて実プラントでの検証も不可欠である点を考慮すれば、究極の省エネプラント開発には、4社における情報伝達を密に協力していくことが重要であり、共有すべき情報を明確化し相互協力を実質化していただきたい。

○基本計画の最終目標は「実用化への技術課題を明確にする」ということであるが、解決できない技術課題を明確にしても意味がない。今後の研究開発での最終目標は、より具体的に実用化への道筋がわかる目標を設定していただきたい。

○実用化に向けた経済性に関する検討がなされていないが、たとえ良い技術であっても経済的に成り立つ可能性がない技術は開発しても仕方がなく、目標値達成のみに注力して実用性に乏しい研究にならないよう注意していただきたい。

○近年、セメント産業には、省エネ化の推進、温室効果ガスの削減に加え、産業副産物・産業廃棄物受入量の拡大に向けた検討が求められている。それらの課題を個々に検討し研究開発に取り組むことは非効率的であり、また、お互いの効果が相殺してしまう可能性もあることから、セメント製造全体における大きな課題は何か、その解決にあたり検討すべき項目は何か、更に、それらの項目全ての最適化はどこに求められるのかを考えた研究開発を是非進めて欲しい。

【各委員の提言】

- ・(A 委員) セメントは、エネルギー多消費産業であるとともに温室効果ガスの排出量も多い産業である。しかし、その一方で、多量の産業副産物・産業廃棄物を原燃料として活用しており、今や静脈産業としてなくてはならない地位を築いている。省エネルギーを達成するためにはどうすべきか、温室効果ガス排出量を抑制するためにはどうすべきか、セメント1トン製造あたりの産業副産物・産業廃棄物使用量を増大させるためにはどうすべきか、これらを個々に検討し研究開発に取り組むことは、非常に非効率的であり、また、お互いの効果が相殺しあうこととなってしまうことも考えられる。セメント製造における大きな課題は何か、それを解決するためにはどのような項目について検討を要するか、それらの項目全ての最適化はどこに求められるのかを考えた、研究開発を是非とも進めて欲しい。
- ・(B 委員) 各研究テーマについて、成果もあげていますが、事業化または事業化に使用する観点からは、各テーマで事業化までの距離感（問題点の多さ等）が異なっていると思います。その中で残りの期間で事業化を目指すためには、優先順位を決め、それにマンパワーを集中することも必要と考えます。
- ・(C 委員) このプロジェクトに参加している我が国の主導的なセメント会社が一致協働して、革新的なセメントを普通ポルトランドセメントに置き換えて、製造し販売で

きる製造技術と販売システムを確立することが、我が国のセメント会社が世界の市場で存在感を示すことができるようになると考えている。そのためには、要素技術の省エネ型クリンカ焼成技術を1種類に絞り込む努力をしてもらいたい。また、本プロジェクトで開発したセメントキルン内での温度の計測技術とクリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析技術を向上させて、世界のセメント会社をリードできるものにすることを、最終目標で達成してもらいたい。

- ・(D 委員) 研究開発であるから技術的に項目が中心となるのは当然であるが、経済性に関する検討が報告書に全くないことは気になる。良い技術であっても経済的に成り立つ可能性がない技術は開発しても仕方がない。目標値達成のみに注力して実用性に乏しい研究にならないよう注意してほしい。そのためにも、3年間の成果をふまえ必要であれば後期プロジェクトの目標も、挑戦的かつ実用化に繋がるように見直すことも検討すべきである。
- ・(D 委員) シミュレーション解析の精度を上げるには、実プラントのデータが不可欠であり、キルン内温度の情報は貴重である。また、シミュレーションで最適化された条件で、本当にどの程度の省エネルギーが達成できるかの検証も不可欠である。これらの点を考えると、4社で情報伝達を密にし、協力して究極の省エネルギープラントを考えていただきたい。現時点で「全体会議」をどの程度の頻度で行われているか不明であるが、共有すべき情報を明確にし、相互協力を実質化していただきたい。
- ・(D 委員) 基本計画の最終目標は「実用化への技術課題を明確にする」ということであるが、解決できない技術課題を明確にしても意味がない。今後の研究開発での最終目標は、より具体的に実用化への道筋がわかる目標を設定していただきたい。
- ・(E 委員) 本研究開発は我国の製造業、特に建設業に与える影響は極めて大きく、早期の実用化が期待される研究開発であると考え。特に東日本大震災からの復興、老朽化した構造物の維持・管理など、我国の社会インフラの整備に関して、社会的な関心やニーズが高まっており、波及効果は極めて高いと判断される。また国際的にも、中国や東南アジア諸国などセメント産業が急速な勢いで伸びている国々に対して、我国の国際競争力を確保する上でも重要な研究開発と考える。本研究開発は我国を代表するセメントメーカーが参画しており、早期の実用化が期待されることから、今後、官民一体となり、研究開発の進展と実用化に向けた検討を期待したい。

8. 個別要素技術に関するコメント

①省エネ型クリンカ焼成技術開発

【成果に対する評価】

- 一部目標未達成とする部分はあるものの、目覚ましい成果を上げており、実用化への可能性が期待できるものと評価する。現状の普通ポルトランドセメントとの代替を想定する場合、短期間の検討期間中に、コンクリートの長期耐久性（水和生成物の長期安定性）をいかに保証するかが課題であると考ええる。（A 委員）
- 興味ある成果が上がっていると思いますが、より効率的に研究成果を上げるために、事業化にも関連しますが、優先順位を付けてマンパワー等の重点配置を行うことが、残りの2年間で事業化の道筋を付けるために必要ではないでしょうか。ご検討ください。（B 委員）
- 3種類に分けて目標を達成した省エネ型クリンカを開発されており、中間目標は達成している。これから最終目標を目指すに対して、それぞれの省エネ型クリンカが特殊セメントとしてだけ用いるのでは、セメント全体の使用割合が低くなって、セメント業界全体のエネルギー原単位を8%削減する目標は達せられないと考えている。我が国セメント製造量の80%を占める普通ポルトランドセメントに置き換える製造・販売システムを構築することが、当初の目標を達成するために必要と考える。（C 委員）
- 各要素技術について、中間目標はほぼ達成できていると判断する。ただ、鉱化剤使用、鉱物組成変更、省エネセメント開発と、3項目に分けて開発が行われているが、各技術でどれだけの省エネルギー化がはかれるのか、またどの技術とどの技術が融合できるのかが、報告書ではわかりにくい。各社の成果を羅列するだけでなく、全体をまとめた資料が必要と考える。（D 委員）
- 省エネ型クリンカ焼成技術においては、鉱化剤の使用条件、鉱物組成の検討等の材料条件の検討、テストキルンによる焼成条件の検討、モルタル、コンクリート等による物性評価などが計画通り成され、成された。中間時評価としては目標値を満足する成果が得られていると判断する。（E 委員）

【事業化の見通しに関する評価】

- 要素技術の中でも、ビーライトーアウイン系クリンカの事業化の可能性は高いのではないかと感じる。また、省エネルギー効果も高いことから、事業化までの研究の深化が望まれる。資料の中では JIS 規格外となることの懸念が記されているが、規格の整備は本質的な問題ではないと考える。（A 委員）
- 成果も上がっていると思いますが、鉱化剤添加では、鉱化剤は SO₃、F であり環境に有害であるので、28day だけの溶出ではなく、鉱化剤がクリンカ中にどの程度固溶し、水和の進展に伴って最終的にどの程度水に溶解出るかを明らかにしてください。また製造プロセス中で揮散するこれら鉱化剤の回収方法の開発も重要と考えます。（B 委員）
- 普通ポルトランドセメントに代わっての事業化を全国規模で実施するには、省エ

ネ型クリンカ焼成技術を3種類から1種類に絞り込む必要があると考える。そして、我が国の普通ポルトランドセメントの流通システムを革新的セメントでどのように置き換えていくかの詳細なシミュレーションを検討することが、最終目標を達成するには必要と考える。(C 委員)

- 事業化のスケジュールが明示されておらず、判断できない。鉍化剤使用、鉍物組成変更、省エネセメント開発のそれぞれについて、目標とする費用対効果とその現実に得られている値を明示し、その実現可能時期を示すべきである。また、JIS 規格外となる場合、どの様に対応していくのかも示す必要がある。(D 委員)
- 事業化については、今後経済性等の検討を十分行ってほしい。(E 委員)

②クリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析

【成果に対する評価】

- 十分な成果を上げていると評価するが、石炭種、微粉炭粒子径の影響を検討した箇所において、運転感覚とは乖離した結果となっている点が若干気になる。これがツール開発の全般に連動する内容であるとする、シミュレーション結果として挙げている他の結果についても信頼性に疑問が出てくるからである。(A 委員)
- シミュレーション解析では、多くの成果が上がっていると思います。また総合シミュレータも開発出来、次年度に期待できる。(B 委員)
- 制作した統合シミュレータは、セメント全体プロセスシミュレータと熱流体解析ソフトを連成したもので、このシミュレータの完成は、本プロジェクトの最終目標の達成に重要であると理解した。(C 委員)
- ただ、中間目標では、全体プロセスシミュレータに流動層プロセスを考慮できるシミュレータを開発してケーススタディを実施しているが、本プロジェクトで流動層プロセスを考慮した意図が不明である。流動層プロセスを考慮したセメント焼成技術の開発は、省エネ技術として魅力的ではあるが、本プロジェクトでは組み入れる理由が示されていない。(C 委員)
- キルンを含むプラント全体のシミュレーションができるシミュレータを開発していることは評価できる。シミュレーション結果をプロジェクト全体で検討し、省エネ効果の高い項目に開発資源を集中するなど、プロジェクト後期実施項目の見直しを含み検討されることを期待する。シミュレータの精度向上は不可欠である。別項目であるキルン内温度計測技術等と連携し、精度の向上に努められたい。(D 委員)
- クリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析においては、セメント焼成プロセスを解析するシミュレータを開発し、このツールの有効性を小型電気炉実験や既存の実機プラント等のデータを用いて検証した。これらの成果により、革新的セ

メント製造設計プロセスの課題抽出が可能となり、ほぼ計画通りの進捗状況と判断する。本技術は省エネ型クリンカを焼成する上で、計画、管理において重要な技術と判断する。(E 委員)

【事業化の見通しに関する評価】

- シミュレーション技術の向上は、キルン内におけるより効率的なクリンカ生成のための各種の研究、技術開発を推進するため波及効果が大きく、事業化の必要性は高いとともに、事業化の見通しも高いものと評価した。当初から完璧な事業化を目指すのではなく、適切な事業化後に改訂を重ねるのが現実的な展開かと考える。(A 委員)
- 総合シミュレータにより省エネの事業化も十分可能になると推定される。(B 委員)
- 制作した統合シミュレータの精度の確認が、事業化の見通しに大きな役割を占めると考えている。本プロジェクトの省エネ型クリンカの開発におけるテストキルンなどで収集したデータや計測技術の開発で入手したデータなど、多くのパラメータで実施して頂くことが、この統合シミュレータの位置付けを高めて、多方面で実用されるために有効であると思われる。(C 委員)
- この項目自体で事業化を考える技術ではない。ただ、シミュレータを継続して利用していくことを考えると、シミュレータの汎用化とメンテナンスシステムの開発が不可欠と考える(メンテナンスされないソフトはすぐに利用されなくなる)。(D 委員)
- 本技術は、シミュレーション技術であり、技術が完成すれば実用化まで、結びつくものと判断する。(E 委員)

③クリンカ焼成プロセスの計測技術開発

【成果に対する評価】

- キルン内部の温度測定は重要な研究テーマであり、現在行っている研究がうまくいけば成果は大きいと思われる。しかし現状の達成度は十分ではなく、より一層の頑張りが必要であると思われる。(B 委員)
- スペクトル計測等によるキルン内の温度計測手法と放射温度計等によるキルン内温度計測手法は、いずれも中間目標を達成しており、国内特許も出願されている。(C 委員)
- スペクトル計測、放射温度計共に、キルン内温度を正確に予測するためには実測値を用いた補正が不可欠である。その点、熱電対で実測したデータを利用して点は評価できる。スペクトル計測についても、可能であれば実測値による補正

が望ましい。(D 委員)

- 放射温度計を用いた場合、熱電対での実測値との間に強い相関が得られていない。放射温度計の温度指示値には様々な因子が関与していると考えられることから、放射温度計指示値（あるいはスペクトル）のみならず、測定されている他の変数も考慮したソフトセンサーとしての開発も視野に入れるべきではないかと考える。(D 委員)
- クリнка焼成プロセスの計測技術開発においては、キルン内温度計測技術開発においてスペクトル計測等による炉内環境模擬試験装置の試作および実機キルンによる試験が当初計画に則って実施された。また放射線温度計による手法では、測定精度の検証や耐久性等の検証を行った。これらの検討は継続実施中であり、今後の成果が期待される。(E 委員)

【事業化の見通しに関する評価】

- 計測技術は、基本的にはクリнка焼成技術やシミュレーション解析を補完する位置づけにあると認識した。そのため、単独での事業化にはやや困難な点があるのではないかと感じた。ただし、計測のための新たな機器類の開発を示唆する結果を提供する可能性はあるものとする。(A 委員)
- 内部温度測定が可能になれば、省エネ焼成に寄与できるだけでなく、クリнка品質の向上も可能になりうるので、測定技術の確立が望まれる。(B 委員)
- いずれの温度計測手法とも、国内特許だけでなく、国際特許を出願して、これらの計測技術を省エネ型クリンカの焼成だけでなく、現行の特殊セメントや普通ポルトランドセメントのクリнка焼成に適用する国際戦略を採っていくことが望まれる。(C 委員)
- シミュレータにより窯前温度からクリнка焼成温度が推定できれば、クリнка焼成温度の測定は不要となる。クリнка焼成温度の測定が本当に必要か、またその場合どの程度の精度での測定が必要かを明確にして、後期プロジェクトに臨みたい。(D 委員)
- 本技術は、焼成プロセスの管理のための技術であり、技術が完成すれば実用化まで、結びつくものと判断する。(E 委員)

(参考)

「革新的セメント製造プロセス基盤技術開発」プロジェクト評価(中間)

今後の研究開発の方向等に関する提言に対する対処方針

提 言	対 処 方 針
○限られた期間内で事業化を目指すためには、各研究テーマについて、優先順位を決め、それにマンパワーを集中することも必要ではないか。 ○我が国のセメント会社が世界の市場で存在感を示すためには、国内のセメント会社が一致し、普通ポルトランドセメントを革新セメントに置き換えた製造・販売できるシステムの確立が重要であり、そのためには、要素技術の「省エネ型クリンカ焼成技術」を1種類に絞り込むことが必要ではないか。 ○また、本プロジェクトで開発したセメントキルン内での温度の計測技術とクリンカ焼成プロセスのシミュレーション解析技術を向上させ、世界のセメント会社をリードできるのではないか。 ○シミュレーション解析の精度を上げるには、実プラントのキルン内温度等のデータが不可欠であり、逆に、シミュレーションで最適化された条件でどの程度の省エネルギーが達成できるかについて実プラントでの検証も不可欠である点を考慮すれば、究極の省エネプラント開発には、4社における情報伝達を密に	○プロジェクト後半の事業実施にあたっては、これまで要素技術開発で得られた成果を踏まえ、実用化に向けた技術の絞り込みを行う予定です。 ○「省エネ型クリンカ焼成技術」においては、鉱化剤の使用や鉱物組成変更などによるクリンカの低温焼成技術開発を進めており、実用化に向けキルンへの影響やコンクリート製品としての基本性能を評価してきました。プロジェクト後半では、これらの成果を踏まえ、革新的セメント実現のための技術を絞り込んだ上でプロジェクトを進める予定です。 ○キルン内温度の計測事例は海外でもあまり無く、また本プロジェクトで開発したシミュレーション解析では夢のセメントキルンとも言える流動層キルンも想定したものであることから、世界をリードできるポテンシャルを有すると思われませんが、未だ改善すべき点も多く、まずは国内での実用化を目指してまいります。 ○本プロジェクトにおいては、これまでも定期的に4社の連絡会や技術委員会を開催するなど協力体制をとってきましたが、ご指摘のように情報伝達をさらに密にすべく、プロジェクト後半では、例えば、要素技術開発で得られたデータについて今後活用されることを想定し整理するなど、4社間の密接な情報共有化を図ってまいります。

協力していくことが重要であり、共有すべき情報を明確化し相互協力を実質化していただきたい。 ○基本計画の最終目標は「実用化への技術課題を明確にする」ということであるが、解決できない技術課題を明確にしても意味がない。今後の研究開発での最終目標は、より具体的に実用化への道筋がわかる目標を設定していただきたい。 ○実用化に向けた経済性に関する検討がなされていないが、たとえ良い技術であっても経済的に成り立つ可能性がない技術は開発しても仕方がなく、目標値達成のみに注力して実用性に乏しい研究にならないよう注意していただきたい。 ○近年、セメント産業には、省エネ化の推進、温室効果ガスの削減に加え、産業副産物・産業廃棄物受入量の拡大に向けた検討が求められている。それらの課題を個々に検討し研究開発に取り組むことは非効率的であり、また、お互いの効果が相殺してしまう可能性もあることから、セメント製造全体における大きな課題は何か、その解決にあたり検討すべき項目は何か、更に、それらの項目全ての最適化はどこに求められるのかを考えた研究開発を是非進めて欲しい。	○プロジェクト後半においては、実用化への具体的な道筋を明らかにするため、例えば、本プロジェクトで開発してきた各要素技術について、エネルギー原単位削減への貢献度を各々に評価し、それらを積み上げることで最終目標の具体化への道筋を明確化するなどの検討を行う予定です。 ○ご指摘のとおり、実用化に向けては技術的課題の解決のみならず、経済的な観点からの検討が必要と考えており、プロジェクト後半では、例えば、市場性調査を実施する予定です。 ○また、実用化に向けては、温暖ガス効果、廃棄物対策といった環境影響と経済性を考慮した統合的な視点からみた課題の解決が重要と考えており、プロジェクト後半においては、例えば、実用化に際し必須条件である従来製品の普通ポルトランドセメント同等の品質確保を前提として、“省エネ(エネルギー原単位削減)”、“環境貢献(廃棄物使用量増大)”、“経済性(原料価格・工程価格)”などを技術の評価指標と位置付けることにより、プロジェクト前半で開発した要素技術等の絞り込みを行うなどの総合的な検討を行う予定です。
---	--

第 4 章 評点法による評点結果

第4章 評点法による評点結果

「革新的セメント製造プロセス基盤技術開発」に係るプロジェクト評価の実施に併せて、以下に基づき、本評価検討会委員による「評点法による評価」を実施した。その結果は「3. 評点結果」のとおりである。

1. 趣 旨

評点法による評価については、産業技術審議会評価部会の下で平成 11 年度に評価を行った研究開発事業（39 プロジェクト）について「試行」を行い、本格的導入の是非について評価部会において検討を行ってきたところである。その結果、第 9 回評価部会（平成 12 年 5 月 12 日開催）において、評価手法としての評点法について、

(1) 数値での提示は評価結果の全体的傾向の把握に有効である、

(2) 個々のプロジェクト毎に評価者は異なっても相対評価はある程度可能である、との判断がなされ、これを受けて今後のプロジェクト評価において評点法による評価を行っていくことが確認されている。

また、平成 21 年 3 月 31 日に改定された「経済産業省技術評価指針」においても、プロジェクト評価の実施に当たって、評点法の活用による評価の定量化を行うことが規定されている。

これらを踏まえ、プロジェクトの中間・事後評価においては、

(1) 評価結果をできる限りわかりやすく提示すること、

(2) プロジェクト間の相対評価がある程度可能となるようにすること、

を目的として、評価委員全員による評点法による評価を実施することとする。

本評点法は、各評価委員の概括的な判断に基づき点数による評価を行うもので、評価報告書を取りまとめる際の議論の参考に供するとともに、それ自体評価報告書を補足する資料とする。また、評点法は研究開発制度評価にも活用する。

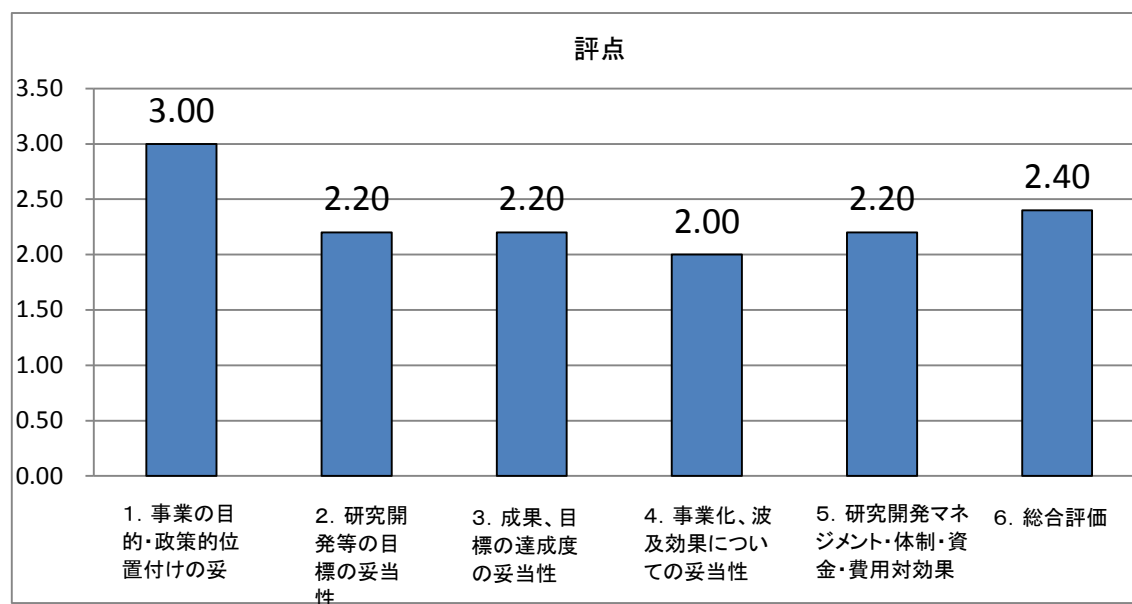
2. 評価方法

- ・ 各項目ごとに4段階（A（優）、B（良）、C（可）、D（不可）〈a， b， c， d も同様〉）で評価する。
- ・ 4段階はそれぞれ、A（a）＝3点、B（b）＝2点、C（c）＝1点、D（d）＝0点に該当する。
- ・ 評価シートの記入に際しては、評価シートの《判定基準》に示された基準を参照し、該当と思われる段階に○を付ける。
- ・ 大項目（A， B， C， D）及び小項目（a， b， c， d）は、それぞれ別に評点を付ける。
- ・ 総合評価は、各項目の評点とは別に、プロジェクト全体に総合点を付ける。

3. 評点結果

評点法による評点結果
(革新的セメント製造プロセス基盤技術開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	3.00	3	3	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	1	2	3	2	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	2	2	2	2	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	3	1	2	1	3
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.20	2	2	2	2	3
6. 総合評価	2.40	2	2	3	2	3



第5章 評価小委員会のコメント 及びコメントに対する対処方針

第5章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針

本事業に対する評価小委員会のコメント及びコメントに対する推進課の対処方針は、以下のとおり。

（コメント①）（研究開発の進め方）

事業の目的を鑑みて、高い経済性を持ち広く普及されることができ革新的セメントの研究開発を進めることが重要である。したがって、目標に対して今行っているアプローチが正しいのか、さらに加速しなければならないのか、別の方法を考えなければならないのか等の見直しを検討していただきたい。

（コメント②）

CO₂ の排出量を考慮するのであれば、耐用年数も検討要素に加えた上で、トータルで排出する量を検討していただきたい。

（対処方針①）

目標設定は、平成21年度 NEDO 事前研究及び NEDO 先導調査から、現段階で想定できるエネルギー原単位削減量の最高値を目標として設定したものであり、ご指摘のとおり、経済性を考慮した目標は設定されていない。

実用化に向けて、経済性を考慮した統合的な視点からみた課題解決のため、プロジェクト後半においては、実用化に際し必須条件である従来製品の普通ポルトランドセメント同等の品質確保を前提として、「省エネ」「環境貢献」「経済性（原料価格・工程価格）」等を技術の評価指標と位置づけることにより、総合的な観点から要素技術の絞り込みを行うなど、普及に向けた検討を行う予定。

また、より普及に適した省エネセメント設計検討のため、平成25年度から市場動向調査を実施する予定。

（対処方針②）

今回のプロジェクトは、エネルギー多消費産業の1つであるセメント産業を担う企業が、セメント業界として省エネ・低炭素化に貢献することを目的として実施しているところ。

コンクリート等建築材の耐用年数を検討要素とし、セメントを利用した建築物トータルの CO₂ 排出量を考慮する場合には、セメント業界のみならず、骨材

業界、建材業界、ゼネコン等業界の枠を超えた連携体制による検討が必要となる。これについては、より良い環境品質・性能を、より少ない環境負荷で実現するための建築物総合環境性能評価システム（CASBEE）として国土交通省の支援のもと、産官学共同で検討が進められているところ。

經濟產業省技術評価指針

平成 2 1 年 3 月 3 1 日

目次

経済産業省技術評価指針の位置付け	1
I. 評価の基本的考え方	4
1. 評価目的	4
2. 評価の基本理念	4
3. 指針の適用範囲	5
4. 評価の類型・階層構造及びリンケージ	5
5. 評価方法等	5
6. 評価結果の取扱い等	6
7. 評価システムの不断の見直し	7
8. 評価体制の充実	7
9. 評価データベース等の整備	7
10. 評価における留意事項	7
II. 評価の類型と実施方法	9
II. 1. 技術に関する施策評価	9
(1) 事前評価	9
(2) 中間・終了時評価	9
II. 2. 技術に関する事業評価	10
II. 2. 1. 研究開発制度評価	10
(1) 事前評価	10
(2) 中間・終了時評価	10
II. 2. 2. プロジェクト評価	11
(1) 事前評価	11
(2) 中間・終了時評価	11
II. 2. 3. 競争的資金制度による研究課題に関する評価	12
(1) 事前評価	12
(2) 中間・終了時評価	13
II. 3. 追跡評価	14

経済産業省技術評価指針の位置付け

経済産業省技術評価指針（以下、「本指針」という。）は、経済産業省が、経済産業省における技術に関する施策及び技術に関する事業（以下、「技術に関する施策・事業」という。）の評価を行うに当たって配慮しなければならない事項を取りまとめたガイドラインである。

本指針は、「産業技術力強化法」（平成１２年法律第４４号）第１０条の規定、「科学技術基本計画」（平成１８年３月閣議決定）、「研究開発システムの改革の推進等による研究開発能力の強化及び研究開発等の効率的推進等に関する法律」（平成２０年法律第６３号）第３４条の規定及び「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成２０年１０月内閣総理大臣決定）（以下、「大綱的指針」という。）に沿った適切な評価を遂行するための方法を示す。

同時に、「行政機関が行う政策の評価に関する法律」（平成１３年法律第８６号）（以下、「政策評価法」という。）に基づく「経済産業省政策評価基本計画」（以下、「政策評価基本計画」という。）に沿った、経済産業省政策評価のうち研究開発に関する部分の実施要領としての性格を持つ。したがって、技術に関する施策・事業についての評価の結果は、政策評価基本計画に基づき実施される事前評価及び事後評価に適切に反映・活用を図る。

技術評価は、政策評価法上要請される評価を含め政策評価の一環としての位置付けを有することから、本指針は、技術に関する施策・事業の成果や実績等を厳正に評価し、それを後の技術に関する施策・事業の企画立案等に反映させる政策サイクルの一角としての評価の在り方について定めるものである。

ただし、技術に関する施策・事業に係る評価は、競争的資金制度による研究課題、プロジェクトといった研究開発の内容や性格、実施体制等の態様に応じた評価方法に拠るべきであるとともに、評価の厳正さと効率性を両立するためには、評価をとりまく様々な状況に応じた臨機応変な評価手順を設定する必要がある。さらに、評価手法は日進月歩であり、今後よりよい評価手法が提案されることも十分考えられる。したがって、本指針では共通的なルール及び配慮事項を取り上げることとし、より詳細な実施のプロトコルは評価マニュアルの作成等により記述することで、機動的な実施を図ることとする。

研究開発機関が自ら実施する評価をその機関の自己改革の契機とするような自律的なシステムの構築に努め、研究開発を実施する独立行政法人が、大綱的指針及び本指針に沿って、研究開発評価の実施に関する事項について、明確なルールを定め、研究開発評価の実施及び評価結果の活用が適切かつ責任を持って行われるよう、所管官庁としての責務を果たすものとする。

◎本指針における用語については、次に定めるところによる。

- ・競争的資金制度：資金を配分する主体が、広く一般の研究者（研究開発に従事している者又はそれらの者から構成されるグループをいう。）、企業等又は特定の研究者、企業等を対象に、特定の研究開発領域を定め、又は特定の研究開発領域を定めずに研究課題を募り、研究者、企業等から提案された研究課題の中から、当該課題が属する分野の専門家（当該分野での研究開発に従事した経験を有する者をいう。）を含む複数の者による、研究開発の着想の独創性、研究開発成果の先導性、研究開発手法の斬新性その他の科学的・技術評価又は経済的・社会的評価に基づき、実施する課題を採択し、当該課題の研究開発を実施する研究者等又は研究者等が属する組織若しくは企業等に資金を配分する制度をいう。
- ・研究開発制度：資源配分主体が研究課題を募り、提案された課題の中から採択した課題に研究開発資金を配分する制度をいう。
- ・プロジェクト：具体的に研究開発を行う個別の実施単位であり、明確な目的や目標に沿って実施されるものをいう。研究開発制度（競争的資金制度を含む）による研究課題は、本指針上プロジェクトには該当しない。
- ・研究開発機関：国からの出資、補助等の交付を受けて研究開発を実施し、又は研究開発の運営管理を行う機関をいう。
- ・技術に関する事業：具体的に研究開発を行う個別の実施単位をいい、「研究開発制度（競争的資金制度を含む）」、「プロジェクト」及び「競争的資金制度による研究課題」により構成される。
- ・技術に関する施策：同一又は類似の目的を有する技術に関する事業のまとまりをいい、当該目的との関係で必要な研究開発以外の要素（調査等）を含む場合がある。
- ・政策評価書：本指針において用いる「政策評価書」とは経済産業省政策評価実施要領を踏まえた評価書をいう。
- ・政策サイクル：政策の企画立案・実施・評価・改善（plan-do-check-action）の循環過程をいう。
- ・評価システム：評価目的、評価時期、評価対象、評価方法等、評価に係るあらゆる概念、要素を包含した評価制度、体制の全体をいう。
- ・推進課：技術に関する事業を推進する課室（研究開発担当課室）をいう。推進課は、評価結果を反映させるよう努力する義務がある。
- ・主管課：技術に関する施策の企画立案を主管する課室及び予算等の要求事項を主管する課室をいう。
- ・査定課：予算等の査定を行う課室（大臣官房会計課、資源エネルギー庁総合政策課等）をいう。
- ・有識者等：評価対象となる技術に関する施策・事業について知見を有する者及び研究開発成果の経済的・社会的意義につき指摘できる人材（マスコミ、ユーザ、人文・社会学者、投資家等）をいう。
- ・外部評価者：経済産業省に属さない外部の有識者等であって、評価対象となる技術に関する施策・事業の推進に携わっていない者をいう。
- ・外部評価：外部評価者による評価をいい、評価コメントのとりまとめ方法としてパネルレビュー

（評価者からなる委員会を設置（インターネット等を利用した電子会議を含む。）して評価を行う形態）による場合とメールレビュー（評価者に対して郵便・FAX・電子メール等の手段を利用して情報を提供し、評価を行う形態）による場合とがある。

- ・評価事務局：技術に関する施策・事業の評価の事務局となる部署をいい、評価者の行う評価の取りまとめ責任を負う。
- ・評価者：評価の責任主体をいい、パネルレビューによる場合には外部評価者からなる委員会が責任主体となる。また、評価の結果を踏まえて、資源配分の停止や変更、技術に関する施策・事業の内容の変更に責任を有するのは企画立案部門である技術に関する施策・事業の推進課及び主管課である。
- ・終了時評価：事業終了時に行う評価であり、事業が終了する前の適切な時期に行う終了前評価と事業の終了直後に行う事後評価がある。

I. 評価の基本的考え方

1. 評価目的

(1) より良い政策・施策への反映

評価を適切かつ公正に行うことにより、研究者の創造性が十分に発揮されるような、柔軟かつ競争的で開かれた研究開発環境の創出など、より良い政策・施策の形成等につなげること。

(2) より効率的・効果的な研究開発の実施

評価を支援的に行うことにより、研究開発の前進や質の向上、独創的で有望な優れた研究開発や研究者の発掘、研究者の意欲の向上など、研究開発を効果的・効率的に推進すること。

(3) 国民への技術に関する施策・事業の開示

高度かつ専門的な内容を含む技術に関する施策・事業の意義や内容について、一般国民にわかりやすく開示すること。

(4) 資源の重点的・効率的配分への反映

評価の結果を技術に関する施策・事業の継続、拡大・縮小・中止など資源の配分へ反映させることにより資源の重点化及び効率化を促進すること。また、研究開発をその評価の結果に基づく適切な資源配分等通じて次の段階に連続してつなげることなどにより、研究開発成果の国民・社会への還元効率化・迅速化に資すること。

2. 評価の基本理念

評価の実施に当たっては、以下の考え方を基本理念とする。

(1) 透明性の確保

推進課、主管課及び研究開発機関においては、積極的に成果を公開し、その内容について広く有識者等の意見を聴くこと。評価事務局においては、透明で公正な評価システムの形成、定着を図るため、評価手続、評価項目・評価基準を含めた評価システム全般についてあらかじめ明確に定め、これを公開することにより、評価システム自体を誰にも分かるものとするとともに、評価結果のみならず評価の過程についても可能な限り公開すること。

(2) 中立性の確保

評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価の導入等により、中立性の確保に努めること。

(3) 継続性の確保

技術に関する施策・事業においては、個々の評価がそれ自体意義を持つだけでなく、評価とそれを反映した技術に関する施策・事業の推進というプロセスを繰り返していく時系列のつながりにも意義がある。したがって、推進課及び主管課にとって評価結果を後の技術に関する施策・事業の企画立案等に反映させる際に有用な知見を抽出し、継続性のある評価方法で評価を行うこと。

(4) 実効性の確保

政策目的に照らし、効果的な技術に関する施策・事業が行われているか判断するための効率的評価が行われるよう、明確で実効性のある評価システムを確立・維持するとともに、技術に関する施策・事業の運営に支障が生じたり、評価者及び被評価者双方に過重な負担をかけるこ

とのない費用対効果の高い評価を行うこと。

3. 指針の適用範囲

- (1) 本指針においては、多面的・階層的な評価を行う観点から、経済産業省における具体的に研究開発を行う個別の実施単位である研究開発制度、プロジェクト及び競争的資金制度による研究課題である技術に関する事業並びに同一又は類似の目的を有する技術に関する事業のまとまりである技術に関する施策を評価対象とする。
- (2) 国費の支出を受けて技術に関する事業を実施する民間機関、公設試験研究機関等の評価については、当該事業の評価の際等に、これら機関における当該事業の研究開発体制に関わる運営面に関し、国費の効果的・効率的執行を確保する観点から、必要な範囲で評価を行う。
- (3) 上記(2)の規定にかかわらず、独立行政法人が運営費交付金により自ら実施し、又は運営管理する技術に関する事業については、独立行政法人通則法（平成11年法律第103号）及び大綱的指針に基づいて実施されるものであり、本指針の対象としない。なお、技術に関する施策には、これら事業は含まれるものとする。
- (4) 評価の種類としてはこの他に研究者等の業績の評価が存在するが、これは研究開発機関の長が評価のためのルールを整備した上で、責任を持って実施することが基本であり、本指針の対象としない。

4. 評価の類型・階層構造及びリンケージ

(1) 実施時期による類型

評価はその実施時期により、事前評価、中間・終了時評価及び追跡評価に類型化される。

(2) 評価の階層構造

経済産業省における技術評価では、技術に関する施策・事業での評価を基本的な評価単位とするが、政策効果をあげるために、特に必要があると認められるときには、関連する複数の技術に関する施策・事業が有機的に連携をとって

体系的に政策効果をあげているかを評価することとする（これは経済産業省政策評価実施要領における「政策体系評価」に対応するものと位置付ける。）。

(3) 実施時期による評価のリンケージ

中間・終了時評価は、技術に関する施策・事業の達成状況や社会経済情勢の変化を判断し、計画の見直しや後継事業への展開等の是非を判断するものである。また、事前評価での予想が実際にどのような結果となったか、予算措置は妥当であったか等を確認することにより、事前評価の方法を検証し得るものである。したがって、中間・終了時評価の結果をその後の産業技術政策・戦略の企画立案や、より効果的な事前評価の評価手法の確立に反映させるよう努めるものとする。

また、中間・終了時評価の結果は、追跡評価にて検証されるものである。

5. 評価方法等

厳正な評価を行うためには、評価方法、評価項目等に客観性を持たせることが必要であること

から、本指針をはじめ評価実施に係る諸規程等を整備の上、公開するものとする。

技術評価室は本指針を踏まえ、評価マニュアル等を策定するとともに、円滑な評価の実施のための指導及び評価システムの維持管理を行う。

(1) 施策原簿

技術に関する施策の基本実施計画書、政策評価書等をもって施策原簿とする。施策原簿を作成・改定した場合は、速やかにその写しを技術評価室へ提出する。

(2) 事業原簿

技術に関する事業の基本実施計画書、政策評価書等をもって事業原簿とする。研究開発制度及びプロジェクトの事業原簿を作成・改定した場合は、速やかにその写しを技術評価室へ提出する。

(3) 評価項目・評価基準

評価の類型及び技術に関する施策・事業の態様等に応じて標準的な評価項目・評価基準を技術評価室が別に定めることとする。

(4) 評価手続・評価手法

評価の類型に応じて適切な評価手法を用いるものとする。なお、複数の事業間の相対的評価を行う場合等においては、評点法の活用が有効と考えられ、評価の類型及び対象案件の態様に応じ適宜活用することが望ましい。

(5) 評価の簡略化

評価の実施に当たっては、評価コストや被評価者側の過重な負担を回避するため、評価対象となる事業に係る予算額が比較的少額である場合には、評価項目を限定する等の簡略化を行うことができるものとする。なお、簡略化の標準的な方法については技術評価室が別に定める。

6. 評価結果の取扱い等

(1) 評価結果の取扱い

評価事務局は、評価終了後速やかに評価書の写しを技術評価室に提出する。技術評価室は全ての評価結果について、これまでに実施された関連調査及び評価の結果、評価の実施状況等を踏まえつつ意見をまとめ、査定課、秘書課及び政策評価広報課に報告することができる。

(2) 予算査定との関係

査定課は、技術評価室から事前評価及び中間評価の評価書の提出を受けた場合は、技術評価室の意見を踏まえつつ技術に関する施策・事業の評価等を行う。事前評価に関しては査定課の評価を終えた事前評価書に記載された技術に関する施策・事業の内容をもって、推進課又は主管課と査定課との間の合意事項とみなし、査定課はこれを踏まえて予算査定を行う。中間評価に関しては、査定課は中間評価結果を踏まえて予算査定を行う。

(3) 評価結果等の公開の在り方

評価結果及びこれに基づいて講ずる又は講じた措置については、機密の保持が必要な場合を除き、個人情報や企業秘密の保護、知的財産権の取得等に配慮しつつ、一般に公開することとする。なお、事前評価については、政策立案過程の透明化を図る観点から、評価事務局は予算が経済産業省の案として確定した後に、公開するものとする。パネルレビューを行う場合にお

ける議事録の公開、委員会の公開等については、「審議会等の透明化、見直し等について」（平成7年9月閣議決定）に準じて行うものとする。

7. 評価システムの不断の見直し

いかなる評価システムにおいても、評価は評価者の主観的判断によってなされるものであり、その限りにおいては、完璧な客観性、公平性を求めることは困難である。したがって、評価作業が終了するたびごとにその評価方法を点検し、より精度の高いものとしていく努力が必要である。また、本指針については、こうした一連の作業を踏まえ、原則として毎年度見直しの要否を検討する。

8. 評価体制の充実

評価体制の充実を図るため、研究者の評価者としての活用などにより評価業務に携わる人材を育成・確保するとともに、研究開発費の一部を評価費用に充てるなど評価に必要な資源を確保する。

9. 評価データベース等の整備

技術評価室は、国内外の適切な評価者を選任できるようにするため、及び個々の評価において普遍性・信頼性の高い評価を実現するため、個々の技術に関する施策・事業についての研究者、資金、成果、評価者、評価結果等をまとめたデータベースを整備する。

また、競争的資金制度による研究課題に関する評価など、審査業務等を高度化・効率化するために必要な電子システムの導入も促進する。

10. 評価における留意事項

(1) 評価者と被評価者との対等性

① 評価者と被評価者との関係

評価作業を効果的に機能させるためには、評価者と被評価者の双方が積極的にその知見と情報を提供し合うという協調的関係と、評価者もその評価能力を評価されるという意味で評価者と被評価者とが相互に相手进行评估するという緊張関係とを構築し、この中で、討論を行い、評価を確定していく必要がある。

この際、評価者は、不十分な成果等被評価者が自ら進んで提示しない事実があるかどうかを見極める能力が要求される。一方、被評価者は、評価対象の技術に関する施策・事業の位置付けを明確に認識するとともに、評価結果を正確に理解し、確実にその後の技術に関する施策・事業の創設、運営等に反映させていくものとする。

② 評価者に係る留意事項

研究者が評価者となる場合、評価者は、評価作業を評価者自らの研究を妨げるものとして捉えるべきではなく、自らの研究の刺激になる行為として、積極的に取り組むことが必要である。

また、研究開発成果を、イノベーションを通じて国民・社会に迅速に還元していく観点から、産業界の専門家等を積極的に評価者に選任する。

③ 被評価者に係る留意事項

被評価者は、評価を事業の質をより高めるものとして積極的に捉え、評価は評価者と被評価者の双方の共同作業であるとの認識の下、真摯な対応を図ることが必要である。

(2) 評価の不確実性

評価時点では見通し得なかった技術、社会情勢の変化が将来的に発生し得るという点で評価作業は常に不確実性を伴うものである。したがって、評価者は評価の精度の向上には、必然的に限界があることを認識した上で、評価時点で最良と考えられる評価手法をとるよう努めることが必要である。かかる観点からは、厳正さを追求するあまりネガティブな面のみを過度に減点法で評価を行うこととなると、将来大きな発展をもたらす技術を阻害するおそれがある点にも留意する必要がある。

また、成果に係る評価において、目標の達成度合いを評価の判定基準にすることが原則であるが、併せて、副次的成果等、次につながる成果を幅広い視野からとらえる。

(3) その他の留意事項

① 海外の研究者、若手研究者の活用

研究者には、研究開発の発展を図る上で専門的見地からの評価が重要な役割を果たすものであることから、評価者としての評価への積極的参加が求められる。一方、特定の研究者に評価実施の依頼が集中する場合には、評価への参加が大きな負担となり、また、評価者となる幅広い人材の養成確保にもつながらないことから、海外の研究者や若手研究者も評価者として積極的に参加させることなどにより評価者確保の対象について裾野の拡大を図るよう努める。

② 所期の成果を上げられなかった研究開発

研究開発は必ずしも成功するとは限らず、また、失敗から貴重な教訓が得られることもある。したがって、失敗した場合には、まずその原因を究明し、今後の研究開発にこれを生かすことが重要であり、成果を上げられなかったことをもって短絡的に従事した研究者や組織、機関を否定的に評価すべきものではない。また、評価が野心的な研究開発の実施の阻害要因とならないよう留意しなければならない。

③ 数値的指標の活用

論文の被引用度数、特許の申請状況等による成果の定量的評価は一定の客観性を有するが、技術に関する施策・事業においては研究分野や内容により、その意味は大きく異なり得るものであり、必ずしも研究開発成果の価値を一義的に表すものではない。したがって、これらを参考資料として有効に活用しつつも、偏重しないよう留意すべきである。

④ 評価結果の制度間での相互活用

研究開発をその評価の結果に基づく適切な資源配分等を通じて次の段階の研究開発に連続してつなげるなどの観点から、関係府省、研究開発機関及び制度を越えて相互活用するよう努める。

⑤ 自己点検の活用

評価への被評価者等の主体的な取組を促進し、また、評価の効率的な実施を推進するため、推進課及び主管課は、自ら技術に関する施策・事業の計画段階において具体的かつ明確な目標とその達成状況の判定基準等を明示し、技術に関する施策・事業の開始後には目標の達成状況、

今後の発展見込み等の自己点検を行い、評価者はその内容の確認などを行うことにより評価を行う。

⑥ 評価の国際的な水準の向上

研究開発の国際化への対応に伴い、評価者として海外の専門家を参加させる、評価項目に国際的なベンチマーク等を積極的に取り入れるなど評価に関して、実施体制や実施方法などの全般にわたり、評価が国際的にも高い水準で実施されるよう取り組む。

II. 評価の類型と実施方法

II. 1. 技術に関する施策評価

技術に関する施策の評価は、当該技術分野全体の方向性等を勘案しつつ、当該施策の下に位置付けられる技術に関する事業のまとまりを俯瞰する形で、各事業の相互関係等に着目し、個々の事業に係る評価結果を踏まえて行う。

(1) 事前評価

新規の技術に関する施策の創設に当たって行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び主管課

③ 評価事務局

推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

外部評価を行う。

評価対象とする技術に関する施策は、技術評価室が推進課及び主管課と協議の上、定める。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

(2) 中間・終了時評価

技術に関する施策創設後、一定期間継続的に実施しているものについて、技術に関する施策ごとに中間・終了時評価を行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び主管課

③ 評価事務局

推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

施策原簿、成果報告、運営状況報告等を基に外部評価を行う。

評価対象とする技術に関する施策は、技術評価室が推進課及び主管課と協議の上、定める。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

中間評価については、実施が4年以上にわたる又は実施期間の定めのない技術に関する施策について3年程度ごとに定期的に行う。なお、モニタリング（進捗状況を把握する作業）については毎年行うこととする。

終了時評価については、当該技術に関する施策の成果を切れ目なく次の技術に関する施策につなげていく場合には、当該技術に関する施策が終了する前の適切な時期に終了前評価を行うこととし、その他の場合には、当該技術に関する施策の終了直後に事後評価を行うものとする。

なお、中間・終了時評価は、効果的・効率的な評価の実施の観点から、技術に関する施策を構成する技術に関する事業の評価を前提として実施する。

Ⅱ． 2． 技術に関する事業評価

Ⅱ． 2． 1． 研究開発制度評価

研究開発制度評価は、個々にその目的・政策的位置付け、目標、成果、目標の達成度、必要性、効率性、有効性等について、事前評価及び中間・終了時評価を行う。

(1) 事前評価

新規の研究開発制度の創設に当たって行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課

③ 評価事務局

推進課

④ 評価手続・評価手法

外部評価を行う。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。研究開発制度について制度実施予定期間及び中間評価の時期の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・終了時評価

研究開発制度創設後、一定期間継続的に実施しているものについて、研究開発制度ごとに中間・終了時評価を行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び研究開発機関

③ 評価事務局

推進課又は研究開発機関（独立行政法人であって、研究開発制度の推進部門から独立した評価部門が評価を行う場合に限る。）。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

事業原簿、研究開発制度から得られた成果、研究開発制度の運営状況等を基に外部評価を行う。また、必要に応じ、評点法の活用による評価の定量化を行うこととする。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

中間評価については、実施期間が5年以上の研究開発制度又は実施期間の定めのない研究開発制度については、その目的、内容、性格、規模等を考慮し、3年程度ごとに定期的に行う。なお、モニタリング（進捗状況を把握する作業）については毎年行うこととする。

終了時評価については、当該研究開発制度の成果を切れ目なく次の研究開発制度につなげていく場合には、当該研究開発制度が終了する前の適切な時期に終了前評価を行うこととし、その他の場合には、当該研究開発制度終了直後に事後評価を行うものとする。

なお、中間・終了時評価は、効果的・効率的な評価の実施の観点から研究開発制度に関する評価結果の情報を集積し、関連する技術に関する施策の評価に際しその情報を提供する。

II. 2. 2. プロジェクト評価

プロジェクト評価は、個々にその目的・政策的位置付け、目標、成果、有効性、効率性等について評価を行う。事前評価及び中間・終了時評価を行う。

(1) 事前評価

新規のプロジェクトの創設に当たって行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課

③ 評価事務局

推進課

④ 評価手続・評価手法

外部評価を行う。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。プロジェクトについて実施予定期間及び中間評価の時期の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・終了時評価

プロジェクト創設後、一定期間継続的に実施しているものについて、プロジェクトごとに中間・終了時評価を行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課、研究開発機関及び実施者（研究開発機関から委託又は補助を受けてプロジェクトを実施する機関又は個人をいう。）

③ 評価事務局

推進課又は研究開発機関（独立行政法人であって、事業の推進部門から独立した評価部門が評価を行う場合に限る。）。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

事業原簿、成果報告、運営状況報告等を基に外部評価を行う。また、必要に応じ、評点法の活用による評価の定量化を行うこととする。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

中間評価は、実施期間が5年以上のプロジェクト又は実施期間の定めのないプロジェクトについては、その目的、内容、性格、規模等を考慮し、3年程度ごとに定期的に行う。なお、モニタリング（進捗状況を把握する作業）については毎年行うこととする。

終了時評価は、当該プロジェクトの成果を切れ目なく次のプロジェクトにつなげていく場合には、当該プロジェクトが終了する前の適切な時期に終了前評価を行うこととし、その他の場合には、当該プロジェクト終了直後に事後評価を行うものとする。

なお、中間・終了時評価は、効果的・効率的な評価の実施の観点から個別プロジェクトに関する評価結果の情報を集積し、関連する技術に関する施策の評価に際しその情報を提供する。

II. 2. 3. 競争的資金制度による研究課題に関する評価

競争的資金制度に提案された個々の研究課題について、当該競争的資金制度の目的に照らして、目標・計画、科学的・技術的意義、実施体制、実用化の見通し等について評価を行う。複数の候補の中から優れた研究課題を採択するための事前評価及び目標の達成状況や成果の内容等を把握するための中間・終了時評価を行う。

(1) 事前評価

新規研究課題の採択時に行う。

① 評価者

外部評価者。

研究課題の採択の際、被評価者と同じ研究開発機関に所属する等の専門家は排除する必要があるため、例えば評価事務局はあらかじめ全評価者名を公表し、被評価者に対して申請時に利害関係者の存在を併せて書面にて宣誓することを求める等の措置を講ずる。また、評価者には秘密保持を義務付ける。

なお、評価者としてふさわしい者であることを示すため、評価者の業績又は実績について適切な時期にホームページ等で公開する。

② 被評価者

研究課題の提案者

③ 評価事務局

推進課又は研究開発機関

④ 評価手続・評価手法

研究課題の採択に当たっては、エフォート（一研究員の全研究活動時間のうち当該競争的資金制度による研究活動に充てる時間の割合をいう。）の明記を原則求める。また、被評価者と利害関係のない有識者等によるパネルレビュー又はメールレビューによる評価を行う。採択に当たっては、他の競争的資金制度による研究課題等との重複が生じないようにする。評価事務局は研究課題の提案者へ不採択の結果を通知する場合には、原則として評価項目別に詳細な評価内容を提示するとともに、不採択となった提案者からの問い合わせに応じるための環境を整備する。

なお、研究課題の評価に際しては、研究分野や当該競争的資金制度の趣旨を踏まえ、必要に応じて、主に業績が十分に定まらない若手研究者等について、マスキング評価の導入を図ることとする。主に中堅以上の研究者に関する研究者としての評価は、所属組織や機関のみに着目するのではなく、過去の実績を十分に考慮した評価とする。

また、研究者の研究遂行能力を示している過去の研究実績について、定量化を試みつつ、研究者としての評価を過去の実績を十分考慮して行った上で研究課題の採否を決定する。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。研究課題について実施予定期間及び中間評価の時期の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・終了時評価

研究課題の目標達成度の把握とともに研究課題の継続、拡大・縮小、中止等の資源配分の判断、および必要に応じ被評価者に対する支援的助言を行うための評価。

① 評価者

外部評価者

なお、評価者としてふさわしい者であることを示すため、評価者の業績又は実績について適切な時期にホームページ等で公開する。

② 被評価者

研究課題の実施者

③ 評価事務局

推進課又は研究開発機関。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

事業原簿、成果報告、運営状況報告等を基に外部評価を行う。

競争的資金制度による継続的な研究の必要性及びプロジェクトへの発展の可能性（主として技術シーズの創造を目的とする研究の場合に限る。）の有無が判断できる手法により評価を行う。

また、研究課題の終了時評価の結果については、採択された研究課題ごとに定量化されたも

のについては結果を公表する。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

中間評価については、実施期間が5年以上の研究課題又は実施期間の定めのない研究課題については、その目的、内容、性格、規模等を考慮し、3年程度ごとに定期的に行う。

終了時評価については、当該研究課題の成果を切れ目なく次の研究課題又はプロジェクト等につなげていく場合には、原則、当該研究課題が終了する前の適切な時期に終了前評価を行うこととし、その他の場合には、当該研究課題終了直後に事後評価を行う。

II. 3. 追跡評価

終了して数年経った技術に関する施策・事業を対象に、その研究開発活動や研究開発成果が産業、社会に及ぼした効果について調査し、その調査結果を基に現在の視点から総合的に評価を行う。

(1) 評価者

外部評価者

(2) 被評価者

評価対象となる技術に関する施策・事業及びこれに関連する技術に関する施策・事業に携わった推進課及び研究開発機関

(3) 評価事務局

推進課又は技術評価室

(4) 評価手続・評価手法

過去の事業原簿等の文献データ、関連部署・機関及びその他関係者等からの聞き取り調査等による情報を基にパネルレビュー又は第三者機関への委託による外部評価を行う。また、可能な限り定量的な評価に努める。

(5) 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

(6) 実施時期

技術に関する施策・事業終了後、成果の産業社会への波及が見極められる時点とする。

(プロジェクトの抜粋)

経済産業省技術評価指針に基づく
標準的評価項目・評価基準

平成 23 年 7 月

経済産業省産業技術環境局

技術評価室

Ⅱ. 技術に関する事業評価

Ⅱ－１ プロジェクト評価

【事前評価】

1. 事業の目的・政策的位置付け

(1) 事業目的は妥当で、政策的位置付け（上位の施策における位置付け）は明確か。

(2) 官民の役割分担は適当か。

※ 事業目的の妥当性、政策的位置付けを技術戦略マップを用いて説明し、官民、国と地方公共団体、他省庁との役割分担についても記述すること。目標（目指す結果、効果）については、技術戦略マップのロードマップとの整合性を説明すること。

2. 研究開発目標の妥当性

①目標（目指す結果、効果）は、具体的かつ明確か。

②目標達成度を測定・判断することが容易な指標が設定されているか。

※ 事業の進捗を示す指標については、技術戦略マップのロードマップ、技術マップを参考に設定すること。

③最終目標に至るまでのマイルストーンとして戦略的に中間目標が立てられているか。

※ 事業の目指す結果、効果については、技術戦略マップのロードマップとの整合性をとったマイルストーンを設定すること。

④中間・事後評価時期が明確に設定されているか。

3. 有効性・効率性等

(1) 手段の適正性

①他の政策手段（事業を実施しない場合の影響を含む。）との比較検討において、提案する事業が最も優れている根拠が明確であるか。

②実施する事業が目的や目標の達成に役立つ根拠は明確か。

・目的達成のための妥当なスケジュール、予算となっているか。

・事業終了後の実用化や事業化のシナリオは明確になっているか。

※ 技術戦略マップの導入シナリオを用いて、研究開発事業と関連事業の関係を説明すること。

・研究開発実施者の事業体制・運営は適切かつ妥当であるか。

(2) 効果とコストに関する分析

・可能な限り、各選択肢についての社会的便益と社会的費用の比較（費用便益分析、費用効果分析、コスト分析等）が行われているか。定量的な評価が困難な場合

は、少なくとも、各々の想定される結果と長所・短所の定性的な比較に基づいて行う。

(3) 適切な受益者負担

- ・ 実用化、事業化のシナリオを踏まえて、事業者等が得る利益に応じて適切な負担を求める委託費や補助制度となっているか。

※知的基盤・標準整備等のための研究開発に特有の評価項目

- ・ 成果に公共性は見込まれているか。
- ・ 成果の公共性を担保するための措置が想定されているか、又は標準化した場合に得られる経済効果は十分にあるか。無差別に公開されるものであるか。
- ・ 公共財としての需要は見込まれているか。
- ・ 公共財整備のための技術を民間能力を活用して開発することの妥当性はあるか。
- ・ 成果を国際標準として提案する場合に、他国から賛同を得られる見通しはあるか。

【中間・事後評価】

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

- (1) 事業目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。
- ・ 事業の政策的意義（上位の施策との関連付け等）
 - ・ 事業の科学的・技術的意義（新規性・先進性・独創性・革新性・先導性等）
 - ・ 社会的・経済的意義（実用性等）
- (2) 国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。
- ・ 国民や社会のニーズに合っているか。
 - ・ 官民の役割分担は適切か。

2. 研究開発等の目標の妥当性

- (1) 研究開発等の目標は適切かつ妥当か。
- ・ 目的達成のために具体的かつ明確な研究開発等の目標及び目標水準を設定しているか。特に、中間評価の場合、中間評価時点で、達成すべき水準（基準値）が設定されているか。
 - ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

- (1) 成果は妥当か。
- ・ 得られた成果は何か。
 - ・ 設定された目標以外に得られた成果はあるか。
 - ・ 共通指標である、論文の発表、特許の出願、国際標準の形成、プロトタイプの作製等があったか。
- (2) 目標の達成度は妥当か。

- ・ 設定された目標の達成度（指標により測定し、中間及び事後評価時点の達成すべき水準（基準値）との比較）はどうか。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

- （１）事業化については妥当か。
 - ・ 事業化の見通し（事業化に向けてのシナリオ、事業化に関する問題点及び解決方策の明確化等）は立っているか。
- （２）波及効果は妥当か。
 - ・ 成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
 - ・ 当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合、以下の評価項目・評価基準による。

4. 標準化等のシナリオ、波及効果の妥当性

- （１）標準化等のシナリオは妥当か。
 - ・ J I S 化や我が国主導の国際規格化等に向けた対応は図られているか。
- （２）波及効果は妥当か。
 - ・ 成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
 - ・ 当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

- （１）研究開発計画は適切かつ妥当か。
 - ・ 事業の目標を達成するために本計画は適切であったか（想定された課題への対応の妥当性）。
 - ・ 採択スケジュール等は妥当であったか。
 - ・ 選別過程は適切であったか。
 - ・ 採択された実施者は妥当であったか。
- （２）研究開発実施者の実施体制・運営は適切かつ妥当か。
 - ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか、いたか。
 - ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか、いたか。
 - ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な、実施者間の連携／競争が十分に行われる体制となっているか、いたか。
 - ・ 成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組を積極的に実施しているか、いたか。
 - ・ 国民との科学・技術対話を効果的に実施したか、又は実施することとしているか。（ただし、公募要項に当該対話を実施することが明記されている研究開発で、3千万円以上の公的研究費の配分を受ける研究開発を実施する研究者等を対象とする。）ここで、国民との科学・技術対話とは、研究活動の内容や成果を社会・国民に対して分かりやすく説明する、未来への希望を抱かせる心の通った双方向

コミュニケーション活動をいう（「国民との科学・技術対話」の推進について（基本的取組方針）（平成 22 年 6 月 19 日））。

（3）資金配分は妥当か。

- ・ 資金の過不足はなかったか。
- ・ 資金の内部配分は妥当か。

（4）費用対効果等は妥当か。

- ・ 投入された資源量に見合った効果が生じたか、期待できるか。
- ・ 必要な効果がより少ない資源量で得られるものが他にないか。

（5）変化への対応は妥当か。

- ・ 社会経済情勢等周囲の状況変化に柔軟に対応しているか（新たな課題への対応の妥当性）。
- ・ 代替手段との比較を適切に行ったか。

6. 総合評価

(エネルギーイノベーションプログラム)

「革新的セメント製造プロセス基盤技術開発」基本計画

エネルギー対策推進部

本基本計画は、平成 22 年度から平成 26 年度まで独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という。）が実施する事業として策定されたが、業務見直しにより平成 22 年度末で NEDO 事業としては終了することとなった。このため、本基本計画は平成 22 年度末で廃止し、平成 23 年度以降の内容については、NEDO は実施しない。

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①我が国の状況

セメント製造業はエネルギー多消費産業の一つであり、CO₂ 排出量は我が国産業部門の約 6% を占める。国内のセメント製造各社は、1970 年ごろから積極的に省エネルギー技術の開発や導入を行い、そのエネルギー効率は世界最高水準となっている。

②世界の状況

国内のセメント生産量がここ数年減少傾向である一方で、世界におけるセメント需要は、BRICs に代表される新興国の経済発展に伴い年々増加の一途を辿っていることから、当該産業における CO₂ 排出抑制は、国際的にも極めて重要な課題である。

③政策的な重要性

我が国セメント製造業は、既存技術による省エネはほぼ限界に達しているが、CO₂ 排出量削減の社会的な要請の高まりもあり更なる省エネ・低炭素化が求められており、これを実現する新しい省エネ技術の開発が必要とされている。

また、我が国が省エネリーディングカントリーとしてセメント製造に関する革新的な省エネ技術を確立し世界に発信していくことは、グローバルな省エネ・低炭素化に貢献するとともに、この結果として、国内セメント産業の国際競争力強化にも繋がることになる。

なお、本事業は、「技術戦略マップ 2009」における「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術ロードマップにおいて「セメントプロセス」にある「低温焼成技術」についての研究開発段階に相当し、「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。

④本事業のねらい

本事業は、鉱化剤や融剤（以下、「鉱化剤」という。）による焼成温度低下技術に加えて、焼成プロセスを解析するシミュレーション技術や焼成中のキルンの内部状況の計測技術を用いての鉱物組成の変更や焼成プロセスの高度化等、種々の省エネ技術を融合化することにより、セメント製造におけるエネルギー消費の8～9割を占めるクリンカ焼成工程の焼成温度低下または焼成時間短縮（以下、「焼成温度低下等」という。）を主とする革新的なセメント製造プロセスの基盤技術を開発し、国内セメント製造業全体の競争力強化に繋がる革新的省エネルギー技術を確立することを目的とする。

（２）研究開発の目標

①過去の取り組みとその評価

平成21年度「省エネルギー革新技術開発事業」において「セメントクリンカ低温焼成技術の事前研究」を実施し、鉱化剤による焼成温度低下技術は、本事業の目標達成に向けた重要な要素技術の1つになり得るとの見通しを得た。

②本事業の目標

〔中間目標：平成24年度〕

焼成温度低下等を実現する省エネ型クリンカ焼成システムの要素技術を開発し、単位セメント製造重量当たりのエネルギー消費量（以下、「エネルギー原単位」という。）8%削減を目標とする革新的プロセスの設計提案を行い評価する。

〔最終目標：平成26年度〕

エネルギー原単位を8%削減するセメント製造プロセス全体の設計提案を行い、実験的検証によって実用化への技術課題を明確にする。

③本事業以外に必要とされる取り組み

本基盤技術確立終了後、省エネ性に優れ競争力の高いセメント製造プロセスの実用化開発へ進展させ早期の技術完成を図る。なお実用化された後には、国内セメント業界全体への早急な普及が必要である。

④全体としてのアウトカム目標

本基盤技術が実用化しエネルギー原単位8%削減が実現した場合、我が国のセメント業界全体に普及すれば、製造プロセスへの投入エネルギーを原油換算で年間約46万kl低減させることが期待できる。また、海外のセメント生産量は国内の数十倍であることから、海外への普及により多大な省エネ効果が期待でき、グローバルな省エネ・

低炭素化に貢献できる。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、研究期間を2期に分け、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

第1期

[助成事業（助成率2／3以内）]

研究開発項目① 革新的セメント製造プロセスの設計と評価

第2期

[助成事業（助成率2／3以内）]

研究開発項目② セメント製造プロセス全体の評価

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDOが、単独ないし複数の原則、本邦の企業、大学等の法人（原則、本邦の企業等で日本国内に研究開発拠点を有していること。なお、国外の企業等（大学、研究機関を含む）の特別の研究開発能力、研究施設等の活用または国際標準獲得の観点から国外企業等との連携が必要な部分を、国外企業等との連携により実施することができる。）から公募によって研究開発実施者を選定し助成により実施する（助成率2／3）。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成22年度から平成26年度までの5年間とする。

ただし全期間を2期に分け、第1期は平成22年度から平成24年度までの3年間とし、第2期は平成25年度から平成26年度までの2年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成24年度、事後評価を平成27年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(2) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第三号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成22年3月、制定。

(2) 平成22年8月、実施スキーム変更に伴う改訂。

(3) 平成23年2月、平成22年度末での本事業終了に伴う改訂。