

エネルギーイノベーションプログラム

「革新的ガラス溶融プロセス技術開発」

(事後評価)

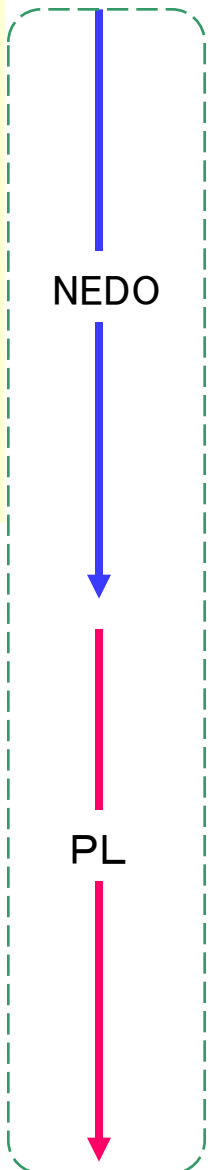
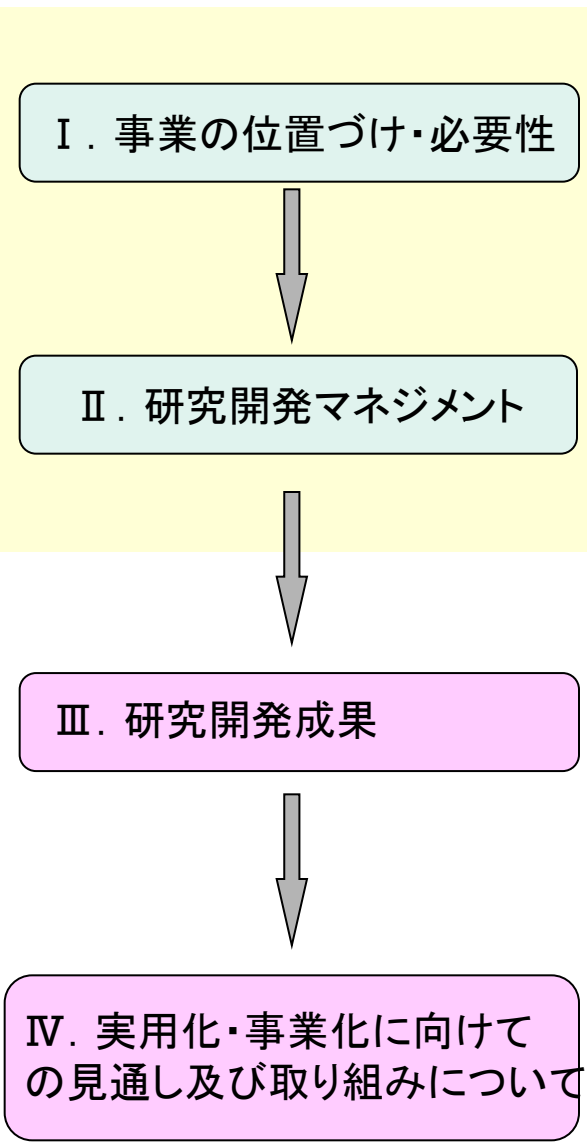
(2008年度～2012年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

- 事業の位置づけ・必要性、研究開発マネジメント -

NEDO省エネルギー部

2013年 8月16日



評価軸の中項目

ポイント、内容

- (1)NEDOの事業としての妥当性
- (2)事業目的の妥当性

- ・社会的背景
- ・事業の目的
- ・政策的位置付け
- ・NEDOが関与する意義
- ・実施の効果
- ・国内外の研究開発の動向
- ・研究開発の海外比較

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発実施の事業体制の妥当性
- (4)研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性
- (5)情勢変化への対応等

- ・事業の目標
- ・事業の計画内容
- ・研究開発の実施体制
- ・実用化・事業化に向けたマネジメント
- ・情勢変化への対応
- ・中間評価結果への対応(事後)

- (1)目標の達成度と成果の意義
- (2)知的財産権等の取得及び標準化の取組
- (3)成果の普及

- ・開発目標と達成度
- ・研究開発成果
- ・成果の普及

- (1)成果の実用化・事業化の見通し
- (2)実用化・事業化に向けた具体的取り組み
- (3)波及効果

- ・実用化・事業化の見通し
- ・実用化・事業化に向けた具体的取り組み
- ・波及効果

1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

社会的背景

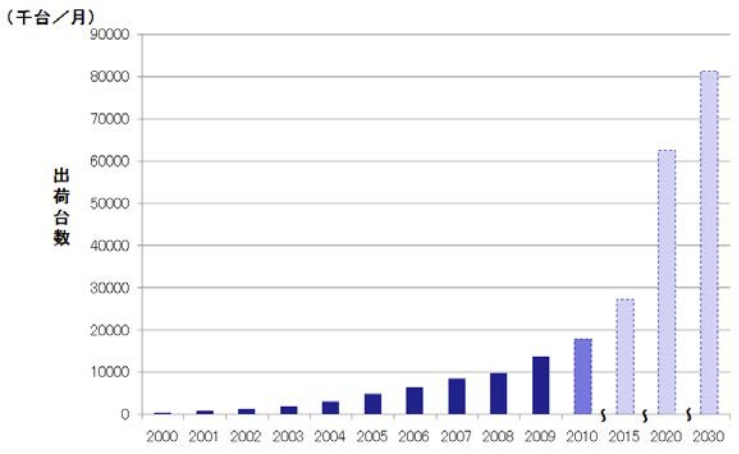
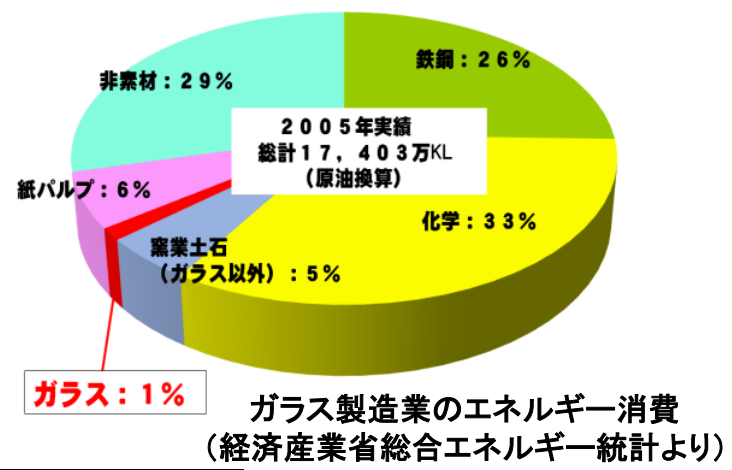
- ガラス産業は、国内産業の約1%のエネルギーを消費(原油換算約200万kL/年)
- その約70%をガラス溶融工程で消費。
- ディスプレイをはじめとする高品質・高機能ガラスの需要増加により、製造エネルギー消費も拡大傾向。

一方、ガラス溶融技術は約150年前から革新されていない



事業の目的

瞬時に原料からガラス融液の製造を実現する気中溶解技術を開発し、ガラス溶融に消費しているエネルギーの削減を目指す。



PDP・液晶テレビ国内出荷台数実績と将来予想 (JEITA統計データより推定)

1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

政策的位置づけ

新しい燃焼技術によるガラス溶融プロセスの革新技術として、各所に位置づけられる。

当初の位置づけ

- エネルギーイノベーションプログラム基本計画



省エネ型産業プロセスとして
ガラス製造プロセス

- 省エネルギー技術戦略2009



超燃焼システム技術として
高温下の短時間プロセス
(酸素バーナー、プラズマ加熱)

- Cool-Earth革新技術開発計画



革新的材料・製造加工技術として
ガラス製造プロセス

追加された位置づけ

- 省エネルギー技術戦略2011



エクセルギー損失最小化技術として
ガラス製造プロセス

1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

NEDOが関与する意義

◆社会的必要性	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー多消費型産業の省エネルギーは国家的課題 ガラスは建築、電気など多くの基幹産業を支える材料
◆研究開発リスク	<ul style="list-style-type: none"> 革新的プロセスを目指した技術開発は、研究開発の難易度が高く、企業単独では開発リスクが高い
◆開発体制	<ul style="list-style-type: none"> 最先端の知識と独創的なアイデア、それを融合する技術的ノウハウが必要不可欠。 産学官の連携体制を構築する支援が必要。
◆成果の波及効果	<ul style="list-style-type: none"> 業界横断的なプロセス開発に関する技術開発 技術成果(プラズマ、溶融、シミュレーション)は、電子情報産業など複数の産業界に波及



NEDOのマネジメントを活用して推進すべき事業

1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

研究開発の効果

大きな省エネルギー効果と、十分な費用対効果が期待される。

プロジェクト予算総額(5年間) 13億円(実績)

ガラス製造プロセスのエネルギー消費量の約1/3を削減



省エネルギー効果(2013年算出) 77.9万kl/年 (2030年推定、原油換算)

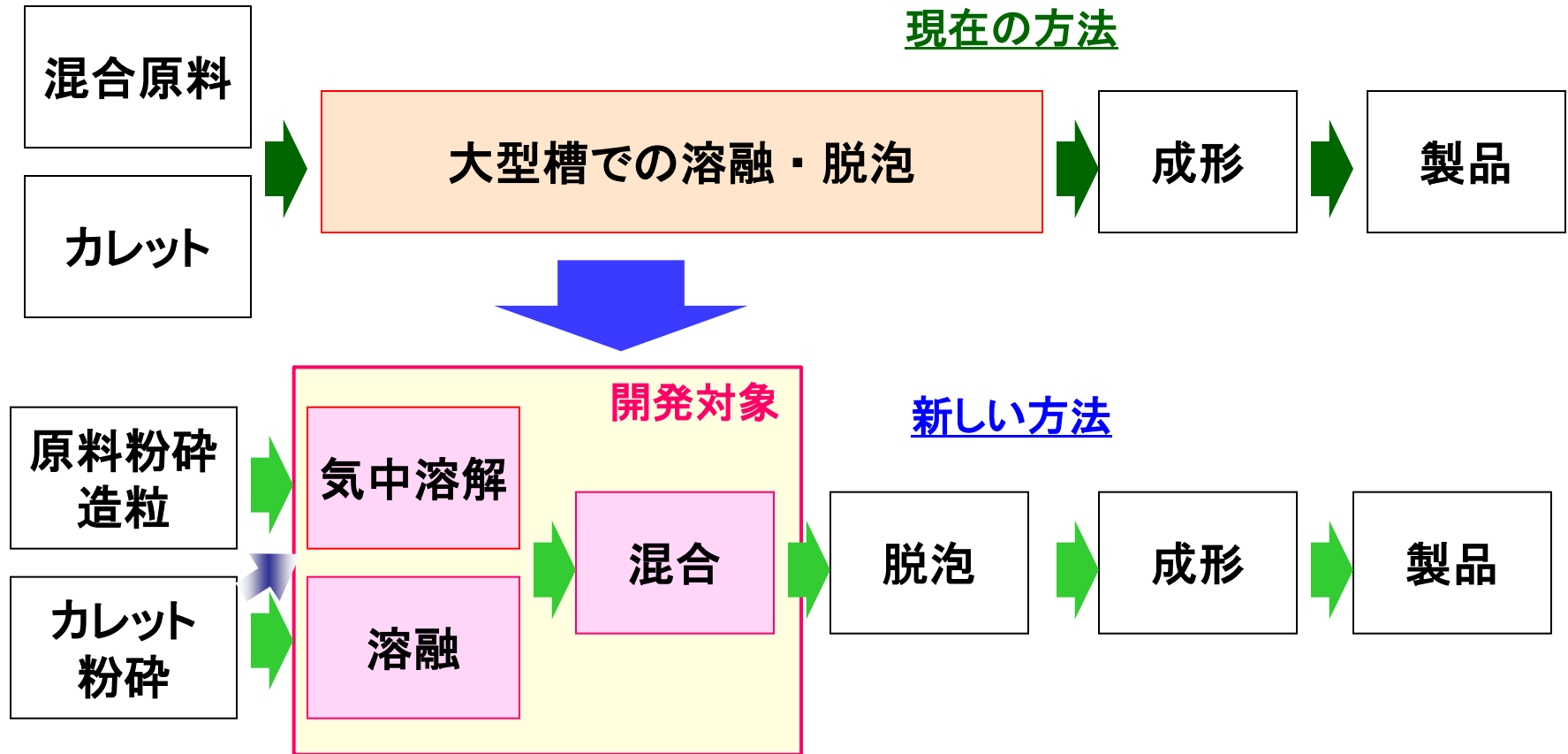
省エネ効果を費用換算すると、約419億円/年に相当

159L/1バーレル、原油1バーレル90\$、95円/\$として換算

1. 事業の位置付け・必要性について (2)事業目的の妥当性

開発対象プロセスと目標

エネルギー消費の多い工程を開発対象とした。



- ・粒子単位で瞬時にガラス化するため、設備が小型化できる。
- ・熱源に直接粒子が投入されるため、熱の利用効率が優る。
- ・独立槽で脱泡が行われるため、短時間で高品質化が可能。

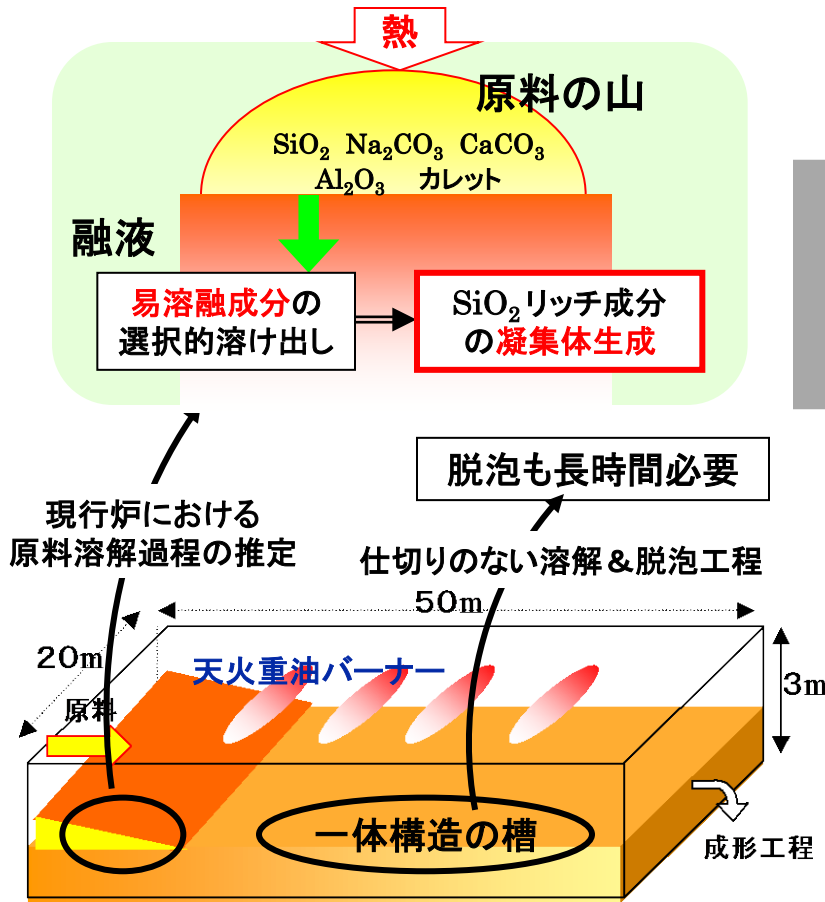
1. 事業の位置付け・必要性について (2) 事業目的の妥当性

現行技術

約5日間にわたる長時間溶融

不均質な溶解

水アメ状融液を長時間かけて均質化



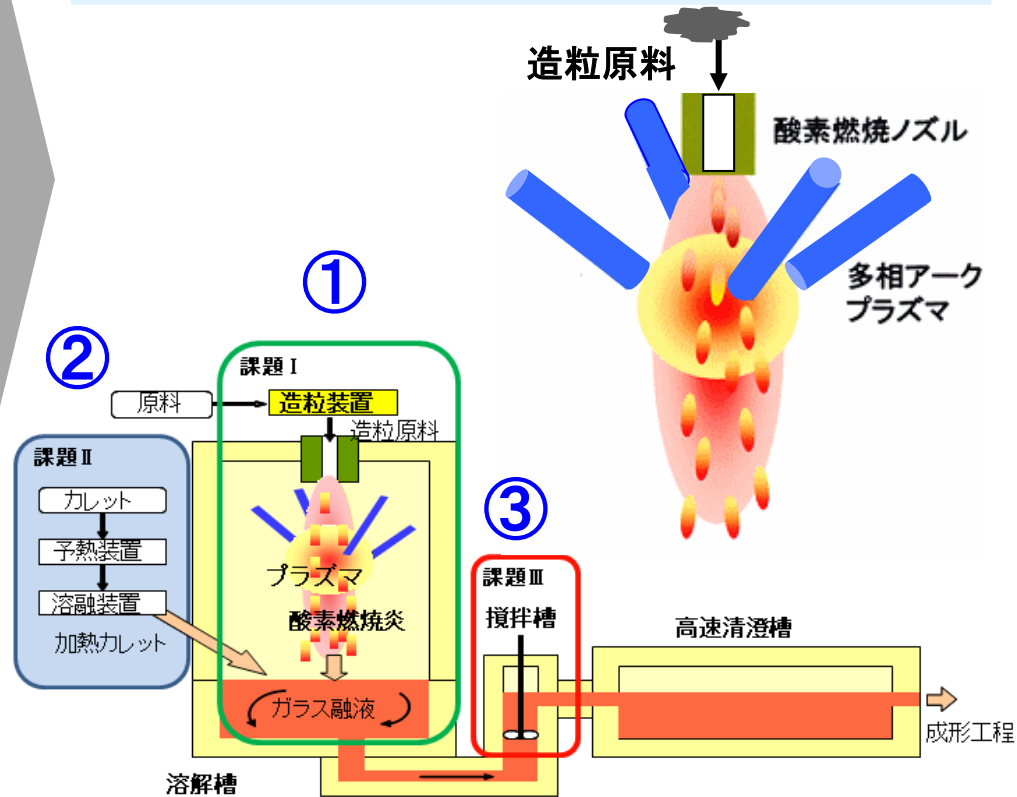
事業原簿 I-10

開発技術

設備の小型化と半日以下の完全溶融を実現。

【開発項目】

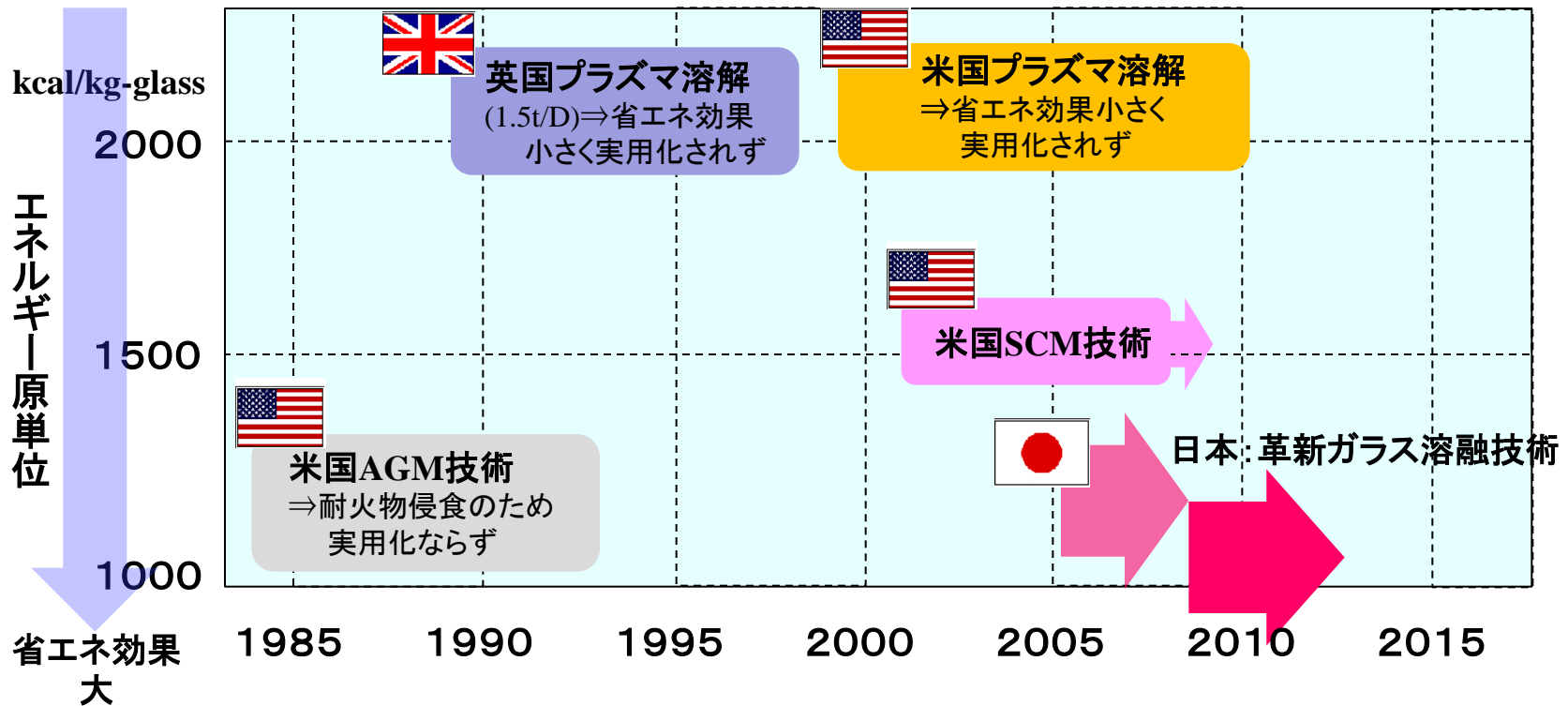
- ① 気中溶解技術開発
- ② ガラスカレット高効率加熱技術開発
- ③ ガラス原料融液とカレット融液との高速混合技術開発



1. 事業の位置付け・必要性について (2)事業目的の妥当性

世界の開発状況

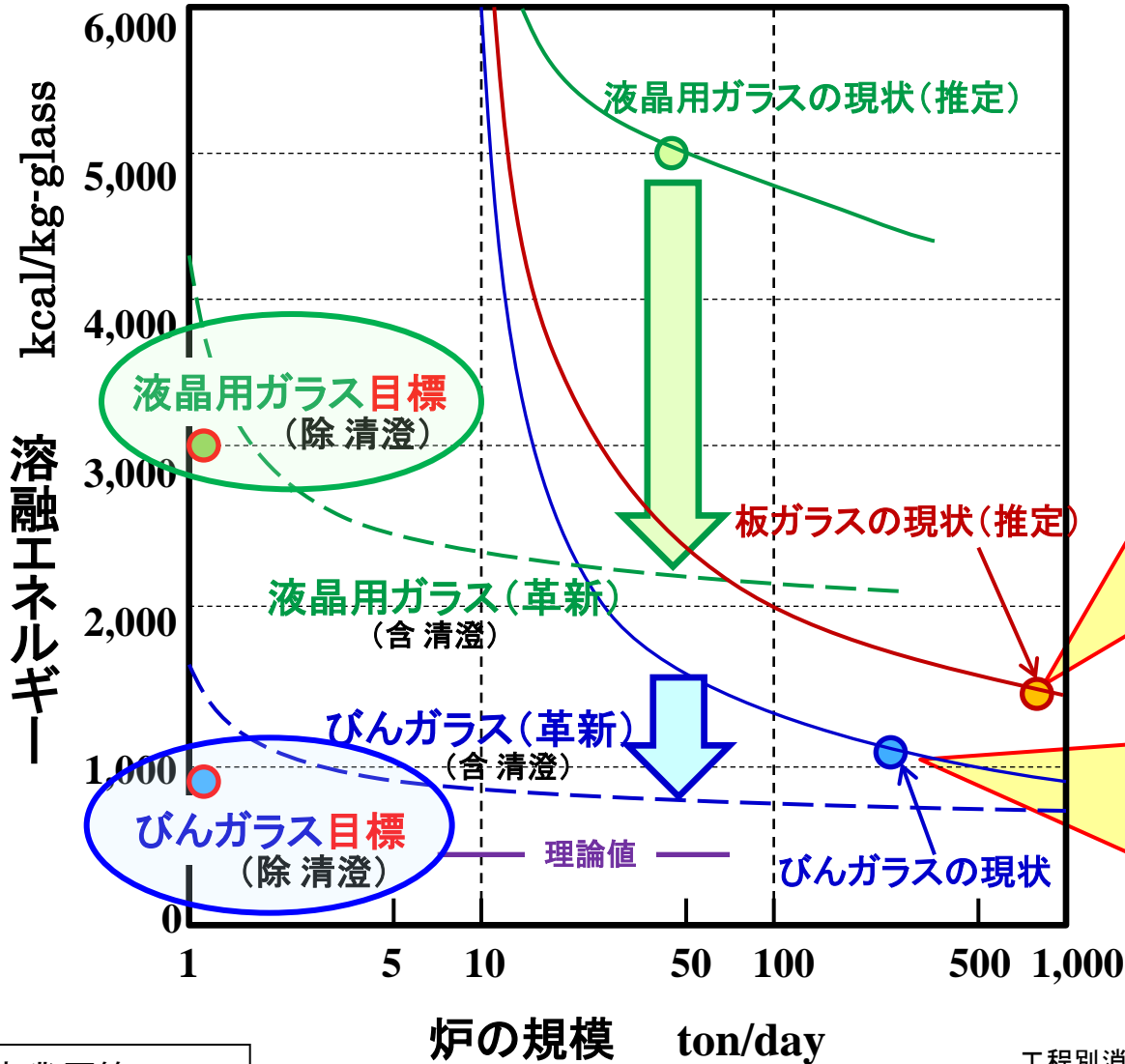
ガラス溶融プロセスの革新技術は、欧米を中心に四半世紀以上取り組まれているが実用には至らず。本プロジェクトで省エネ革新技術として日本が先行。



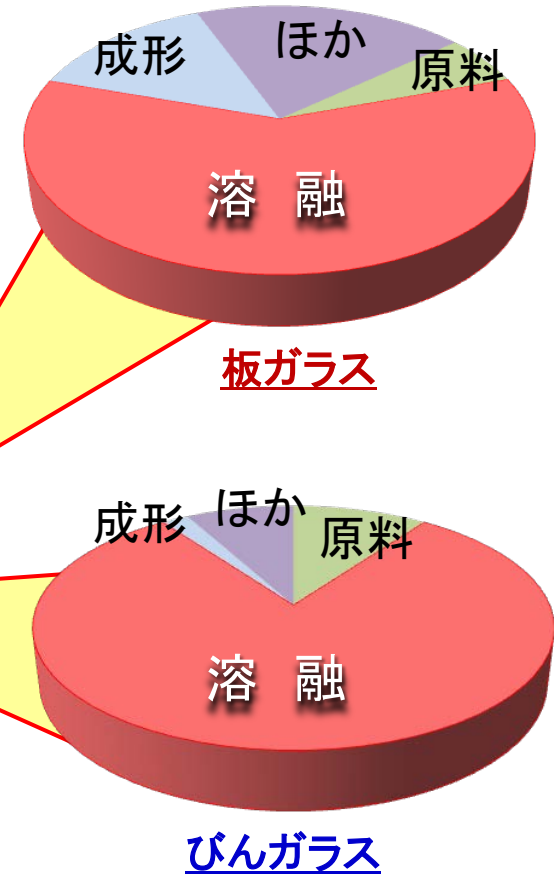
AGM: Advanced Glass Melter
SCM: Submerged Combustion Melter

2. 研究開発マネジメントについて (1) 研究開発目標の妥当性

溶融エネルギーの現状と目標値



工程別消費エネルギー



2. 研究開発マネジメントについて (2) 研究開発計画の妥当性

開発項目ごとに、具体的な数値目標を設定して研究開発を実施した。

▲: 基本見通し確認 ●: 基本技術確立

	2008	2009	2010	2011	2012	最終目標値
気中溶融技術開発	1500kcal/kg	1200kcal/kg	1000kcal/kg	(実用化検討)	900kcal/kg	ソーダ石灰ガラスを 900kcal/kg-glass以下 液晶用ガラスを 3,000kcal/kg-glass以下
	1 ton/day炉適正化			バーナ適正化		
	プラズマ適用性：液晶ガラス			：特殊ガラス		
	多相プラズマ電極寿命向上			安定性向上		
	共通基盤技術					
ガラスカレット高効率加熱技術開発	設計製作 ▼ 2000kcal/kg ▼ 1200℃1分 ▼			1800kcal/kg ▼		カレットを 1800kcal/kg-glass以下、 1200℃まで1分以内で溶融。
	超予熱技術			粒径検討		
	高速溶融					
ガラス原料融液とカレット融液との高速混合技術開発	設計製作 ▼ 評価開始 ▼ 4hで均一 ▼			3hで均一 ▼ 2h ▼		2時間以内に均一に混合
	攪拌技術					
	評価技術					

2. 研究開発マネジメントについて (2) 研究開発計画の妥当性

研究開発予算

(単位:百万円)

	2008	2009	2010	2011	2012	合計
①気中溶融技術 東洋ガラス(株) 旭硝子(株) 東京工業大学 ニューガラスフォーラム	253	321	241	185	256	1256
②ガラスカレット高効率加熱 技術 東洋ガラス(株)	—	32	1	8	6	47
③ガラス原料融液とカレット 融液との高速混合技術 東洋ガラス(株) 物質・材料研究機構 ニューガラスフォーラム	7	7	8	10	10	42
合 計	260	360	250	203	272	1345

2. 研究開発マネジメントについて (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

研究開発の実施体制

NEDO

技術委員会

外部有識者6名

PL: 井上悟 (物材機構ナノ物質ラボ)
 SL: 酒本修 (旭硝子)、佐藤敬蔵 (東洋ガラス)、
 渡辺隆行 (東工大)、伊勢田徹 (NGF)

委託

東洋ガラス (株)

旭硝子 (株)

東京工業大学

ニューガラスフォーラム

物質・材料研究機構

①(1)超高効率気中加熱技術

①(1)原料・ガラス品質評価
 ①(2)複合加熱の基礎検討
 (2)高付加価値ガラスへの適用性評価

①(2)プラズマ・酸素燃焼炎加熱技術
 ①(3)気中溶融特有の現象と融液挙動の解明

①(3)シミュレーション技術

①気中溶解技術開発

②ガラスカレット高効率加熱技術

②ガラスカレット高効率加熱技術開発

③(1)高速混合技術

③(1)攪拌シミュレーション

③(2)均質性評価技術

③ガラス原料融液とカレット融液との高速混合技術開発

実施者間の連携

1. 開発促進と人材育成

- ・ 人的交流と連携を推進するため、東洋ガラスと東工大を研究の共同実施場所とし、実験を各実施者が協力して実施。
- ・ 実験・分析・解析担当者が現場で情報交換を行い、必要な情報を持ち帰って研究を行える体制を構築したことで、共通目標に向けた開発促進と人材育成ができた。

2. 効率的な研究開発

- ・ 旭硝子が原料、東洋ガラスが気中溶融による試作ガラスを提供し、評価結果を企業と研究機関で共有することで、効率的な研究開発と実用化のためのノウハウ蓄積ができた。

目標達成に向けて適切に会議、委員会等を実施

◆プロジェクト担当者会議

PLを中心として各実施者の進捗状況を確認するとともに、関係者が一堂に集まることで、成果の共有、課題の整理等を実施(年5回)。

◆技術委員会

各種専門的な観点から技術的なアドバイスを行うとともに、目標達成に向けた課題や取り組みを外部の客観的な視点から抽出、整理(年1回)。

技術委員

東京農工大学	亀山 秀雄	教授	愛媛大学	武部 博倫	教授
東京大学	森田 一樹	教授	九州大学	藤野 茂	准教授
早稲田大学	伊藤 公久	教授	中央大学	稲葉 次紀	教授

2. 研究開発マネジメントについて (4) 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

中間評価後の研究開発マネジメント

プロジェクト担当者会議、技術委員会を有効に活用し、計画の見直しを行うとともに、プロジェクト終了後の実用化に向けた課題や取り組み方の整理を実施した。

2010年度				2011年度				2012年度			
1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
	<p>中間評価</p> <p>★</p>	<p>●</p>	<p>★</p>	<p>●</p>						<p>●</p>	
<p>NEDO省エネルギー技術フォーラム (中間目標結果報告)</p>				<p>基本計画を改訂 (研究開発目標、内容)</p>				<p>NEDO省エネルギー技術フォーラム (最終目標達成状況報告)</p>			
<p>プロジェクト担当者会議(5回/年)</p>											
<p>・中間評価を踏まえた開発計画の見直し</p>				<p>・進捗確認 ・実用化に向けた溶融方式ごとの課題検討</p>				<p>・最終目標への進捗確認 ・実用炉の概念設計検討、プロセス全体の評価(LCA)</p>			
			<p>★ 第3回 技術委員会</p>				<p>★ 第4回 技術委員会</p>			<p>★ 第5回 技術委員会</p>	
			<p>開発計画の見直し 内容を確認</p>				<p>実用化に向けた方向 性と取り組みの確認</p>			<p>最終目標達成状況、 実用化の課題確認</p>	




2. 研究開発マネジメントについて (5) 情勢変化への対応等

中間評価結果を踏まえ、具体的な対応策を検討、実施した。

中間評価での主な指摘事項	対応
<p>◆開発内容の見直し</p> <ul style="list-style-type: none"> ・すぐに応用可能、10年以内の実用化、かなりの時間を要するものが混在。研究開発内容に応じた出口イメージの再構築が必要。 ・個別ガラスごとにきめ細かい目標設定が望まれる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・製造プロセスの全体像、出口イメージを明確化。気中溶解技術開発を、実用炉での気中加熱技術、プラズマ・酸素燃焼炎加熱技術、共通基盤技術に整理し、実用化を加速。 ・酸素燃焼については、びん、液晶等、用途別に技術課題を整理し、基本計画にそれぞれの目標を設定した。 <p>→ 各項目で開発目標を達成。企業の実用化計画につなげた。</p>
<p>◆プラズマ法の有効活用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・酸素燃焼炎法とプラズマ法との相乗効果を上げるべき。相乗効果の理論的アプローチはぜひ進めてほしい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・プラズマ・酸素燃焼炎ハイブリッド加熱について、東工大を共同研究場所として旭硝子と共同で開発を実施。また、プラズマおよび燃焼解析モデルによる理論的アプローチを実施した。 <p>→ ハイブリッド加熱によるガラス品質を、プラズマ、酸素燃焼のものと比較評価。実用化への課題を抽出した。</p>
<p>◆知財戦略の見直し</p> <ul style="list-style-type: none"> ・キーパーツの特許化は大事。知的財産権の取得については、現時点では十分とはいえない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・NEDO知財マネジメント基本方針に基づき、知財のオープン化・クローズ化について、プロジェクト担当者会議の中で検討。ノウハウ流出防止の方針を確認の上、知財出願が適当と考えられるものは、順次知財化することとした。 <p>→ 中間評価後5件の知財を出願しつつ設計ノウハウを蓄積。</p>
<p>◆プロセス全体のエネルギー収支</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロセス全体の視点から研究開発を進めることが必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ライフサイクルフローをもとに原料から製品までのプロセスをリスタップ。LCA評価を実施。 <p>→ 実用化時の課題を抽出した。</p>

2. 研究開発マネジメントについて (5) 情勢変化への対応等

- ・ 実用化に向けて用途別に開発目標を設定し、基本計画の最終目標を見直し。
- ・ 見直した開発目標については、技術委員会においても確認しつつ推進。

開発目標(中間評価前)	開発目標(中間評価後)	達成状況
① 気中溶解技術開発		
<ul style="list-style-type: none"> ・ カレットなしでガラスを製造する場合における溶解エネルギー: 900kcal/kg-glass以下でかつ必要なガラス化率の達成。 	<p>(汎用ガラス)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ カレットなしでガラスを製造する場合における溶解エネルギー: びんガラス、1t/d試験炉において900kcal/kg-glass以下でかつ必要なガラス化率の達成。 <p>(特殊ガラス)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ カレットなしでガラスを製造する場合における溶解エネルギー: 液晶用ガラス、1t/d試験炉において3000kcal/kg-glass以下でかつ必要なガラス化率の達成。 	
② ガラスカレット高効率加熱技術開発		
<ul style="list-style-type: none"> ・ カレットのみを原料としてガラスを製造する場合における溶融エネルギー: 1800kcal/kg-glass以下 ・ カレットの1200°Cまでの昇温時間: 1分以内。 	<p>(汎用ガラス)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ カレットのみを原料としてガラスを製造する場合における溶融エネルギー: 1t/d試験炉において1800kcal/kg-glass以下 ・ カレットの1200°Cまでの昇温時間: 1分以内。 	
③ ガラス原料融液とカレット融液との高速混合技術開発		
<ul style="list-style-type: none"> ・ 均一に混合するまでの時間: 2時間以内。 	<p>(汎用ガラス)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 均一に混合するまでの時間: 2時間以内。 	

2. 研究開発マネジメントについて (4) 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

知財の促進に向けた取り組み

- ・ 中間評価の指摘を受け、知財のオープン・クローズ戦略を再確認した。
- ・ 設計ノウハウに係る部分は、模倣による特許侵害リスク防止のためクローズとした上で、知財化出来るものは、速やかに知財化していく等、出願を推進した。

中間評価

	2008	2009	2010	2011	2012
原料		1 特願2009-198477			
溶融炉				2 特願2011-224444 特願2012-034296	
バーナ			2 特願2010-244249 特願2010-244250		
周辺技術			1 特願2010-222305		
合計	0件	1件	3件	2件	0件

エネルギーイノベーションプログラム

「革新的ガラス溶融プロセス技術開発」 (事後評価)

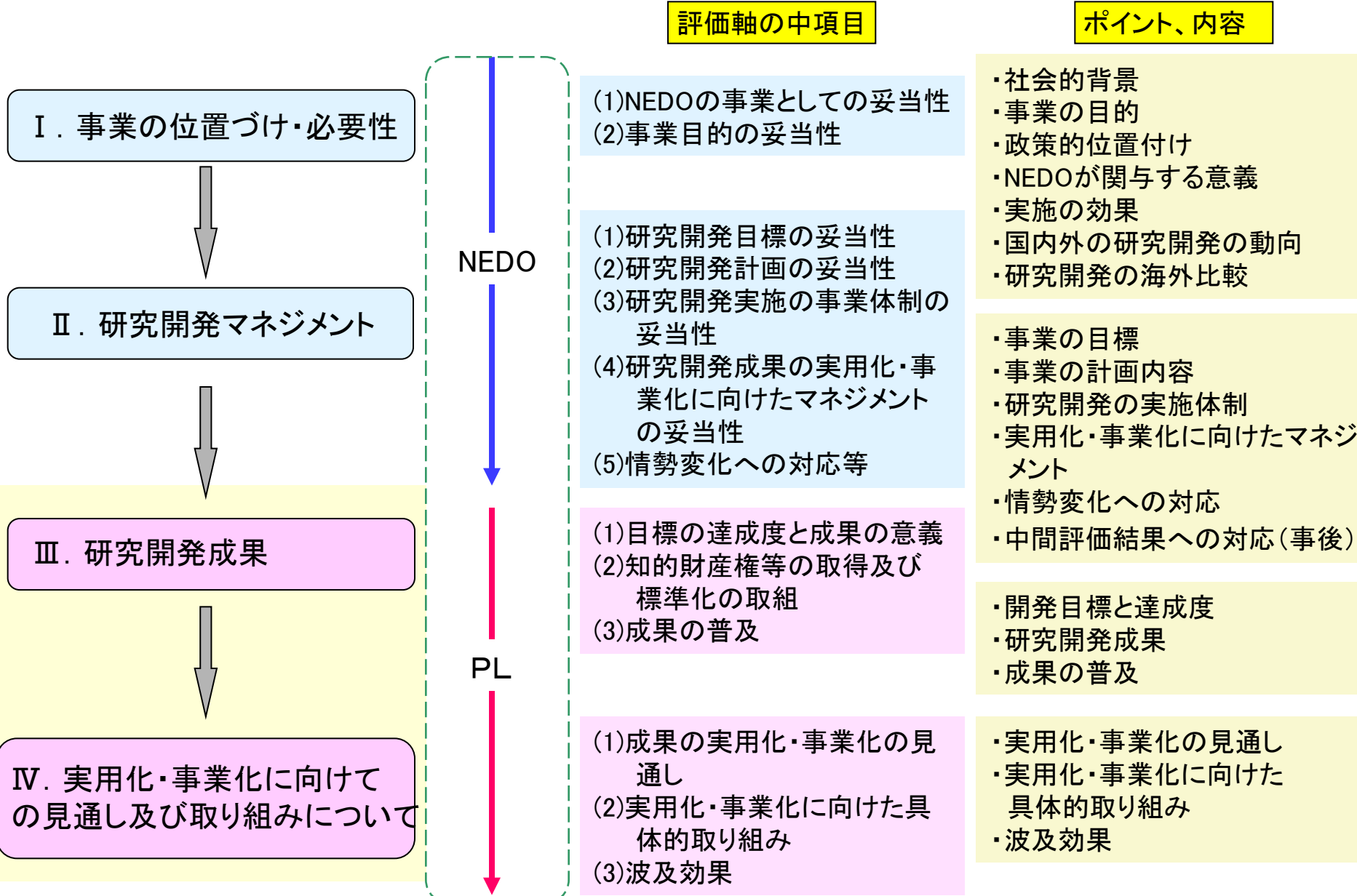
(2008年度～2012年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

研究開発成果、実用化・事業化に向けての
見通し及び取り組み

NEDO省エネルギー部

2013年 8月16日



(1) 個別研究開発項目の目標と達成状況

開発項目		目標	成果	達成度	今後の課題
① 気中溶融技術 (1) 酸素燃焼炎 (2) ハイブリッド加熱 (3) 共通基盤技術	(1)	ソーダ石灰ガラス 900kcal/kg以下 液晶用ガラス 3,000kcal/kg以下	各900kcal/kgおよび 2,800kcal/kgを達成 さらなる低減の見 通し	○ ◎	・造粒工程の低コスト化 ・加熱系の大造粒径対応 ・清澄技術の開発
	(2)	30分以上±10%内 特殊ガラスの実用性	30分 10%内 低H ₂ O化で利点	○	・プラズマが生かせる 特殊ガラスの探索
	(3)	科学的評価	気泡成分・挙動、 溶存ガス等を解明	◎	・脱泡・消泡メカニズム の追求
		熱収支を±5%予測	±5%で予測	○	
② ガラスカレット 高効率加熱技術	(1)	1,800kcal/kg以下	1,080kcal/kg	◎	・低水分粉碎技術の確立
	(2)	1,200℃まで1分内 粒径最適化	1,200℃まで1秒内 細粒が最適	○	
③ 高速混合技術	(1)	2h以内で均一化	2hで均一化	○	
	(2)	泡と脈理を総合評価	評価技術を確立		

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

・プロジェクトの目的、及びプロジェクト全体としての達成状況**本プロジェクトの目的:**

カレット工程を含め、気中溶解法を用いて、最もエネルギーを消費するガラス原料溶解工程全般に亘る革新的技術の開発を行うことを目的とする。

達成状況と意義:

設定した目標値はすべて達成した。

これにより気中溶融技術の実用化のめどがついた。

今後、原料工程の低コスト化と清澄技術など企業内の開発が必要だが、必要性が高く低リスクの分野から事業化への企業努力が期待できる。

国際的優位性:

欧米における革新的試みはどれも結実せずに終わり、気中溶融技術が事業化されれば世界で唯一の革新技術となる。

各個別テーマの成果

① 気中溶融技術開発

- ・1ton/day規模のソーダ石灰ガラス溶融で900kcal/kg-glassを達成(世界最高)
- ・1ton/day規模の液晶用ガラス溶融で2,800kcal/kg-glassを達成
- ・泡はCO₂と微量N₂であり、清澄は容易。実用化の障害とならない
- ・清澄前の段階ですでに市販ガラス並みの均質性
- ・プラズマ-燃焼炎による気中溶融は連続運転可能となり用途開発に期待
- ・シミュレーション技術を確立し、技術の実用化に備えた

(品質も優位)

② カレット高効率加熱技術開発

- ・細粒カレットについて相互の融着なしで398°Cまでの予備加熱に成功
- ・細粒カレット予備加熱なしでも気中溶融法で1,080kcal/kg-glassを達成
- ・細粒カレット造粒生原料10%添加で1,134kcal/kg-glassを達成

(カレットの併用も問題なし)

③ 高速混合技術開発

- ・3対のねじ形攪拌子でカレットと原料との融液を混合し2時間で均質化
- ・粗溶融(気泡残存)ガラスの均質性を評価する技術を確立

(3)知的財産権、成果の普及

	H20	H21	H22	H23	H24	計
特許出願 (うちPCT外国出願)	0	1 (1)	3 (1)	2 (1)	0	6件 (3件)
論文(査読付き)	3	2	1	4	4	14件
研究発表・講演	10	10	27	23	27	97件
受賞実績	0	0	1	1	2	4件
新聞・雑誌等への掲載	8	3	5	4	3	23件
展示会への出展	0	0	1	0	1	2件

※ノウハウ流出防止のため特許出願は最小限にとどめた

外部発表(プレス発表等)

新聞発表 H20年6月21日
日本経済新聞 第1面

新聞発表 H23年7月14日
化学工業日報 第10面

テレビ出演 H20年11月30日
NHK総合TV「経済羅針盤」
(ガラス・建装時報 H20年12月7日)

当日プレゼンにて
ご紹介

外部発表(プレス発表等)

東洋ガラス 環境報告書 2009

当日プレゼンにて ご紹介

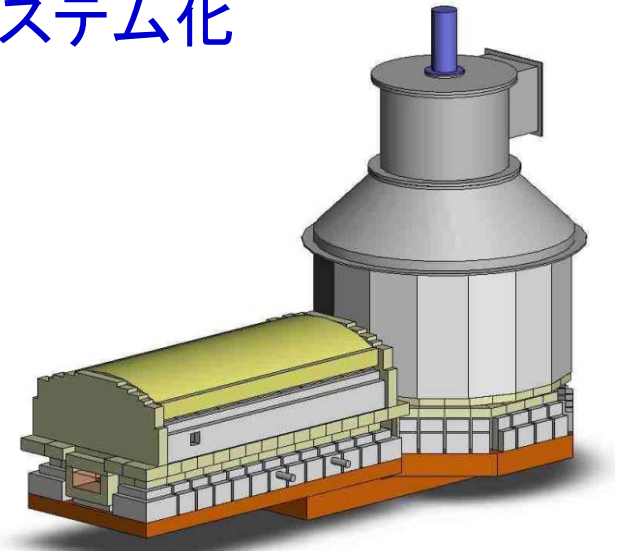
プロジェクト終了後における企業レベルの技術課題

1. 低コスト・低エネルギー化技術

- ・ 噴霧乾燥に代わる**低水分造粒技術**の開発(目標: 粒径 $500\mu\text{m}$ 程度)
- ・ 粒径 $500\mu\text{m}$ 程度の大きな造粒体に対応できる**燃焼バーナ**の開発

2. 原料・カレット～溶融～清澄の一貫システム化

3. 実炉設計および試験



生産炉100ton/day炉のイメージ

4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて (2) 実用化に向けた具体的取り組み

導入計画	対象品目	溶融炉規模	根拠
～5年後	着色剤用ガラス	2 ton/日・基	既存炉に追加設置
3～5年後	電子用ガラス	10～50 ton/日・基	短い炉寿命、建設コスト大幅削減 高品質化にも期待
6～9年後	びんガラス(中規模)	50 ton/日・基	既存炉への追加設置も可能な規模
10～11年後	びんガラス(大規模)	150 ton/日・基	既存炉のリプレース 1窯1成形、低建設コスト、易素地替え
～12年後	特殊板ガラス	200ton/日・基	炉更新、低建設コスト、省エネ
～14年後	建築用・自動車用板ガラス	>500ton/日・基	炉更新、低建設コスト、省エネ

エネルギー価格、CO2税、造粒(原料)・建設コスト削減、
清澄技術開発の見通しなどの状況次第

4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて (2)実用化に向けた具体的取り組み

	2010	2015	2020	2025	2030
平面ディスプレイ、電子分野	研究開発 → 実用化検討 → 事業化検討	実用化	特殊硼珪酸ガラス		
飲料容器分野	研究開発 → 実用化検討 → 事業化検討	実用化	容器用特殊ガラス		
自動車・建築分野			実用化検討 → 事業化検討	実用化	特殊板ガラス
その他分野			事業化検討 → 実用化	光学ガラス、理化学ガラス 平面ディスプレイ用ガラス等	
			事業化検討 → 実用化	長繊維ガラス、短繊維ガラス 照明用ガラス、容器用ガラス	

PJ終了

国内ライセンス開始

4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて (3)波及効果

関連分野への波及

