

エネルギー使用合理化
ペーパースラッジ有効利用技術開発
事後評価報告書

平成22年4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エネルギー使用合理化ペーパースラッジ有効利用技術開発は、パルプ化工程等から排出され、産廃として処理されているペーパースラッジを有効利用する技術開発を目的とし、平成17年度から平成20年度まで実施したものである。

今回の評価は、このエネルギー使用合理化高効率抄紙技術開発の事後評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなるエネルギー使用合理化高効率抄紙技術開発等事後評価検討会（座長：磯貝 明 国立大学法人東京大学大学院教授）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 冷 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22年4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

小委員長	平澤 洽	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学部 教授
	伊澤 達夫	東京工業大学 理事・副学長
	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
	菊池 純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	鈴木 潤	政策研究大学院大学 教授
	辻 智子	日本水産株式会社 生活機能科学研究所長
	富田 房男	北海道大学 名誉教授
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所リサーチディレクター
	山地 憲治	財団法人地球環境産業技術研究機構 理事・研究所長
	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・社会政策部主任研究員

(委員敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

エネルギー使用合理化高効率抄紙技術開発等事後評価検討会
委員名簿

座長	磯貝 明 工藤 拓毅	国立大学法人東京大学大学院 教授
		財団法人日本エネルギー経済研究所 地球環境ユニット ユニット総括
		グリーンエネルギー認証センター 副センター長
	中川 好明 廣瀬 重雄	日本製紙連合会 技術環境部長
		独立行政法人産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門 主任研究員
	日吉 公男	静岡県技術工業研究所 富士工業技術支援センター センター長

(敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省製造産業局紙業生活文化用品課

エネルギー使用合理化ペーパーラッジ有効利用技術開発の評価に係る省内関係者

【事後評価時】

製造産業局 紙業生活文化用品課長 進藤 秀夫（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 長濱 裕二

【事前評価時】（事業初年度予算要求時）

製造産業局 紙業生活文化用品課長 新原 浩朗（事業担当課長）

エネルギー使用合理化ペーパースラッジ有効利用技術開発事後評価

審議経過

第1回事後評価検討会（平成22年2月3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回事後評価検討会（平成22年2月25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22年4月21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

エネルギー使用合理化高効率抄紙技術開発等事後評価検討会 委員名簿

エネルギー使用合理化ペーパースラッジ有効利用技術開発の評価に係る省内関係者

エネルギー使用合理化ペーパースラッジ有効利用技術開発事後評価 審議経過

ページ

事後評価報告書概要	
第1章 評価の実施方法	
1. 評価目的	1
2. 評価者	1
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	
1. 事業の目的・政策的位置付け	7
2. 研究開発等の目標	11
3. 成果、目標の達成度	18
4. 事業化、波及効果について	47
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	57
第3章 評価	
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	62
2. 研究開発等の目標の妥当性	64
3. 成果、目標の達成度の妥当性	65
4. 事業化、波及効果についての妥当性	66
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	67
6. 総合評価	68
7. 今後の研究開発の方向等に関する提言	69
8. 評価小委員会としての意見	74
第4章 評点法による評点結果	75
参考 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	

事後評価報告書概要

事後評価報告書概要

プロジェクト名	エネルギー使用合理化ペーパースラッジ有効利用技術開発
上位施策名	エネルギー環境政策 省エネルギーの推進
事業担当課	製造産業局 紙業生活文化用品課

プロジェクトの目的・概要

現在、ペーパースラッジ(PS)灰はセメント原料等へ再利用されているが、セメントの国内需要減少もあり、PS灰の新規用途の開発が不可欠となっている。そのため、PS灰を低温で水熱固化し、土壤環境基準をクリアする土壤改良材製造技術の開発を行うとともに、PSを高温で自燃させ、熱エネルギーを回収し、得られた焼成物(PS灰)を板紙の内填材に再利用する技術開発、さらには、ペーパースラッジをガス化し、エネルギー源として活用することにより、化石エネルギーの削減を図る技術開発を行う。

予算額等

(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17年度	平成20年度	-	平成22年度	日本製紙(株) 王子製紙(株) レンゴー(株) 大王製紙(株)
H17FY 予算額	H18FY 予算額	H19FY 予算額	総予算額	総執行額
266,000	899,925	1,608,869	2,774,794	2,664,251

事故報告により期間延長

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

開発テーマ1:ペーパースラッジ灰水熱固化処理技術開発

要素技術	目標・指標	成果	達成度
古紙利用率の異なる工場から発生するPS灰の造粒・水熱固化処理による有害物質の溶出抑制	有害物質の溶出量を土壤環境基準値以下にする	両工場とも有害物質の溶出値の全項目土壤環境基準値以下を達成 特に課題であったフッ素の溶出値を基準値0.8mg/lに対して 釧路工場で0.20mg/l 八代工場で0.08mg/lを達成した。	達成

高エネルギー効率の水熱固化処理設備の開発	従来技術に比較して使用する蒸気を50%以上削減	<p>オートクレーブにおいて加熱前に真空ポンプを用いて缶内空気および容器内原料間隔の空気を除去することにより、熱伝達の改善と、昇圧の初期段階で蒸気を供給しながら缶内空気を排出する作業(蒸気で缶内空気を追い出す)を省略することが可能となり、蒸気使用量を削減した。</p> <p>また、八代工場では、オートクレーブ蒸気吹き込み口を従来型の4本から6本に増やし養生容器の1つを大容量化することでエネルギー原単位の改善を図った</p> <p>釧路工場 60%削減を達成 八代工場 55%削減を達成</p>	達成
----------------------	-------------------------	--	----

開発テーマ2:ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

要素技術	目標・指標	成果	達成度
PS焼成処理技術	板紙に再利用可能な焼成灰の実用化に向けての設備設計基礎データや材料選定データの取得	並流式テスト焼成炉による試験運転を重ね、PS焼成実証設備を設計するためのデータを取得した。	達成
PS焼成灰代替板紙の製造技術	PS焼成灰を板紙原料に代替し、強度的に従来の板紙と遜色ない抄紙技術・配合技術を確立	PS焼成灰を2%まで代替しても強度品質や歩留まりに影響が出ないことを試験抄造で確認した。併せて、PS焼成灰の粉碎試験やプラスチックワイヤー磨耗試験など抄造技術の確認により、実用化に向けての基礎データを取得できた。	達成
PS焼成実証設備の実用化	PS焼成実証設備を設置し、発生したPS焼成灰を板紙原料の一部として代替する(0.5%~2%相当)。これにより、従来の板紙製造プロセスと比較して約3%の省エネルギー及びCO ₂ の削減となる。	発生するPS焼成灰の約75%を板紙原料に代替(0.7%相当)し、強度品質上問題の無い板紙を抄造している。これは3.1~3.7%の省エネルギー及び3.6~3.7%のCO ₂ の削減にあたる。今後、炉内堰の検討を更に進め、補助燃料A重油の低減を進める。	達成

開発テーマ3:ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

要素技術	目標・指標	成果	達成度
ペーパースラッジ焼成に関する技術開発	白色度80%以上の顔料を製造する。	白色度81~82%	達成
ペーパースラッジ灰の再生化に関する技術開発	顔料スラリーpHを11以下にする。	pH9.4~10.4	達成
焼成エネルギー削減に関する技術開発	顔料の製造に要するエネルギー原単位を0.325原油kl/t以下にする。	0.204原油kl/t	達成

開発テーマ4:ペーパースラッジガス化技術開発

要素技術	目標・指標	成果	達成度
重油削減量	5,084kl/年以上	5,182kl/年	達成
PS添加量	PS添加量を25t/日以上とする。	PS添加量25t/日が可能であった。	達成
PSガス化ガス熱量	木屑と同等のガス転換率である950kcal/Nm ³ 以上とする。	1,882kcal/Nm ³ のガス転換率を得た。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

< 共通指標 >

特許等件数 (出願を含む)
13

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

紙パルプ産業から発生するペーパースラッジ(PS)の有効利用は緊急のテーマである。これまでセメントの原料として処理されていたPSについて、紙原料としての利用、路盤材等土木関連資材としての利用、エネルギーとしての利用、を実現するための技術開発を行なう本事業は、エネルギー利用の効率化に加え、資源の有効利用という観点からも、政策的に有効な取り組み分野である。

他方、企業や地方の研究センターなどでも研究されている分野でもあり、新規で革新的な研究開発事業とは言い難いところもある。

経済性の観点、事業化の広がり観点からも政府主導の研究開発を通じて、社会的意義や可能性をより深めていくことも重要である。なお、技術的な解決が最優先ではあるが、廃棄物の原料としての利用には国の認可が必要であるため、国の関係機関の積極的な関与が期待される。

2．研究開発等の目標の妥当性

本研究開発は、地球温暖化対策と同時に廃棄物処理としても取り組まなければならない、問題解決型研究開発としての性格を有しているため、目標は具体的かつ明確であり、達成度を測定・判断する指標も適切である。

ただし、設定された目標は、個別の企業や工場で達成可能な目標値であり、紙パルプ産業全体に広く適用できるほどの一般性は薄い。

3．成果、目標の達成度の妥当性

目標達成の必要条件のハードルが高いと考えられるものの、概ね目標値を達成しており、良好な成果が得られたと評価できる。また、多くの特許出願が出されている。

なお、短期期間の実証試験により有用性が証明できたが、実用性の観点からは長期使用も重要であるため、今後の継続した検証が期待される。

4．事業化、波及効果についての妥当性

今後、紙パルプ産業を挙げて取り組まなければならない研究開発分野であり、波及効果の大きいそれぞれの技術に実用化の目的を立てていることは評価できる。また、個別の企業や工場においては、すぐに成果の事業化が可能である、もしくは既に事業化している点も評価できる。ただし、本事業の成果は紙パルプ産業で、すぐに広く事業化されるとは考えにくく、また、世界の中で日本の紙パルプ産業の直接的な競争力強化につながる研究開発技術とまでは言い難い。

材料化・エネルギー化ともに、良好な成果が得られており、事業化の継続的推進が望まれるが、事業化については、引き続き連続運転の実施や効率化等の見極めを行う事項が残っており、フォローアップが必要と考えられる。

なお、実用化に当たっては、ペーパースラッジ(PS)の排出場所、製造する紙の種類により、利用できるPSは限定されると思われるので、最終処分場でのPSと排出場所のPS灰特性を把握し、利用できる紙の種類を広げる必要がある。

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

研究開発において、適切な目標を設定するとともに、設備側・研究側との十分な連携が行われており、概ね妥当な研究計画、実施体制、資金配分といえる。また、社内体制、実証試験工場等も適切に選択され、効率的に実施したといえる。ただし、全体として、大型予算投入に対して成果が個別的である感がある。また、静岡県や県内業界団体が行った成果などの活用も検討するべきである。

6．総合評価

ペーパースラッジ(PS)有効利用促進のための研究開発は、国の事業として実施する意義を有しており、PSを有効利用するための技術開発成果も得られている。各社とも課題を絞って実証試験を行っており、当初見込んだ研究開発目標は概ねクリアしていることから、実用化の面でも大いに期待できる。

一方で、研究成果の実施によるPSの有効利用には前提条件が多く、他工場への波及効果の程度は現状では大きな期待はできない。また、成果普及の面では、過大な予測も散見され、事業化可能性もしくは費用対

効果の観点で引き続き評価を行っていく必要がある課題も存在する。

なお、本研究開発の事業化においては、企業や業界だけでは解決できないような問題も多々あり、国のバックアップも期待される。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

今回の4件の研究開発テーマは、紙パルプ産業で必ず排出されるペーパースラッジ(PS)の有効利用のための技術研究開発であり、国の事業として実施する意義がある。

発想や着眼点は段階型、着実型であり、革新的なブレイクスルー技術開発にまでは至っていないため、日本の紙パルプ産業全体の強化につながる成果、世界での競争に打ち勝つ研究成果とまでは言い難いが、各社が個別に適用できる成果であり、実機レベルでの実用化研究開発という点では、一定の成果が得られており評価できる。ただし、今後、他社や他工場への波及効果という点からは更なる検討が必要である。

また、本技術開発の対象は、地球温暖化対策・エネルギー対策としてだけでなく廃棄物対策に対しても少なからず貢献するものであり、技術開発の資金的援助だけでなく、事業化の障害の除去などを政策面でのこれまで以上の支援が期待される。さらに、実用化にあたっては、研究段階でのPS灰と異なり、製造品種、PS管理方法等によりPS灰の特性がそれぞれの工場で異なるため、PS灰の変動を長期間に亘って把握し、再生紙の特性に影響を与えない利用範囲・方法等の確立も期待される。

なお、PS 灰再生紙では、2件のテーマとも焼成の際に生成する酸化カルシウムやゲーレンナイトに触れられていないが、この2物質は抄紙や塗工に少なからず影響すると思われるため、成果の波及の際にはその対処方法も広く提供されることが期待される。

個別研究開発の評価を明確に実施するためには、事業化や波及効果の見通しと評価を詳細に行いつつ、研究開発の費用対効果を分析することが必要であり、事業体制や研究開発実施の工夫等について、事前・事後評価を通じてより明確にされていることが必要である。

8. 評価小委員会としての意見

事前の評価を徹底する等により、企画・立案する研究開発の施策上の必要性や事業化出口等を十分に明確にした上で、研究開発を推進していくことが望まれる。

特に、特定企業内の個別課題に対して国費を投入することとなる場合には、その支援形態等について、慎重な検討を行うなど、政策的な面からの妥当性を十分に追求することが望まれる。

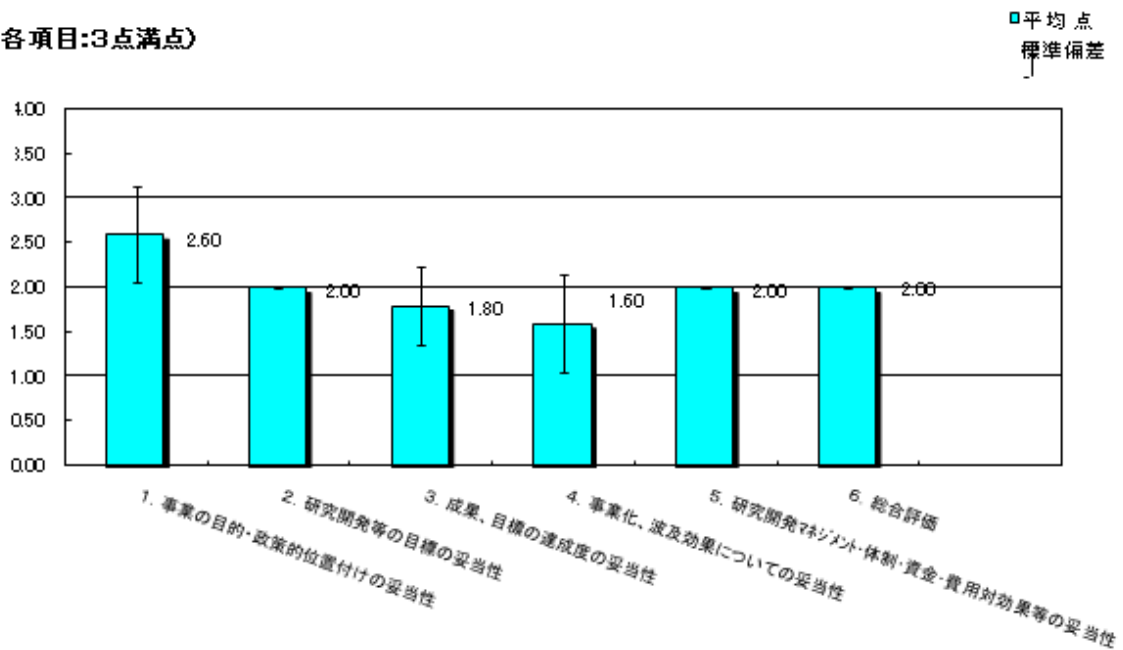
評点結果

評点法による評点結果

(エネルギー使用合理化ペーパースラッジ有効利用技術開発)

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	0.55
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.00	0.00
3. 成果、目標の達成度の妥当性	1.80	0.45
4. 事業化、波及効果についての妥当性	1.60	0.55
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	2.00	0.00
6. 総合評価	2.00	0.00

(各項目:3点満点)



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紙業生活文化用品課が担当した。

3. 評価対象

エネルギー使用合理化ペーパースラッジ有効利用技術開発（実施期間：平成17年度から平成20年度）を評価対象として、研究開発実施者（日本製紙株式会社、レンゴー株式会社、王子製紙株式会社、大王製紙株式会社）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 事業目的

我が国は、石油ショック以後、大幅なエネルギー利用効率の改善を達成し、世界的にも高水準の省エネルギー型社会経済システムを実現した。しかしながら、アジア諸国を中心とするエネルギー需要の増加、原油価格の高騰によるエネルギー需給のタイト化、温室効果ガス削減要請の高まりが見られる中、引き続き国際競争力ある経済を維持するためには、更なる省エネルギーの推進が必要となっている。

製紙産業においても、製造工程におけるエネルギー利用の合理化を推進してきたところであるが、国内パルプ生産量の約8割を占めるクラフトパルプの製造工程で更なる省エネルギーを進めることは、エネルギー多消費型産業である製紙産業の重要な課題である。

1 - 2 政策的位置付け

2005年の京都議定書発効により、我が国は第一約束期間(2008年～2012年)に基準年(1990年)比6%の温室効果ガス削減目標の達成が求められている。

製紙産業は鉄鋼産業や化学産業と並び、エネルギーを多消費する産業であるため、日本製紙連合会が『環境に関する自主行動計画』を策定し、2008年度から2012年度の5年間平均で製品あたり化石エネルギー原単位を1990年度比で20%削減し、CO₂ 排出原単位で16%削減するという自主目標を掲げて、業界全体で各種取組みを進めており、これまで、2007年度実績で化石エネルギー原単位を1990年度比で20.6%削減するなど効果を得ているところである。

また、経済産業省が2006年5月にまとめた「新・国家エネルギー戦略」においては、エネルギー安全保障の確立に向けて、2030年までに更に少なくとも30%のエネルギー消費効率改善を目指すとの目標を掲げている。

これら目標の達成のためには、技術革新とその成果の普及を促していく必要があり、官民一体となり中長期的に取り組むことが不可欠となっている。

本研究開発の目的は、上記のとおり国民や社会のニーズに合致し、緊要性が高いものであるが、その実施には、民間の単独ではリスクが大きく困難であることから国の積極的な支援が必要不可欠である。このため、省エネルギーに係る技術開発を推進しようとする民間企業等に対し補助金を交付し(補助率2/3)支援を行うこととしたものである。

1 - 3 国の関与の必要性

「エネルギー基本計画」(2007年3月閣議決定)、「新・国家エネルギー戦略」(2006年5月)、「第3期科学技術基本計画」(2006年3月閣議決定)、「経済成長戦略大綱」(2006年7月財政・経済一体改革会議)、「京都議定書目標達成計画」(2005年4月閣議決定)において、推進すべき技術開発としてエネルギーに係る分野が示されている。

本研究開発は、これらに基づき、総合エネルギー効率の向上を目的として経済産業省において取りまとめた「省エネルギー研究開発プログラム」の「超燃焼システム技術」の1つとして実施されたものである(平成20年4月に経済産業省の研究開発プログラムが再編され、現在「エネルギーイノベーションプログラム」の「総合エネルギー効率の向上/超燃焼システム技術」に位置付けられている)。

(参考)エネルギーイノベーションプログラム基本計画(平成20・03・25産局第5号、平成20年4月1日)

4. 研究開発内容

4-1. 総合エネルギー効率の向上

4-1-1. 超燃焼システム技術

(14) エネルギー使用合理化高効率パルプ工程技术開発(運営費交付金)

概要

紙パルプ産業では、環境に関する自主行動計画に基づき、2010年度までに製品当たり化石エネルギー原単位を1990年度比13%削減し、CO₂排出原単位を10%削減することを目指し、紙パルプ工程における省エネルギー対策を着実に進めているものの、より一層の省エネルギー対策を進めるためには、技術開発によるブレークスルーが必要となっている。紙パルプ産業は、エネルギー多消費型産業のひとつであり、紙パルプ工程での省エネルギー対策は波及効果が大きいことから、紙パルプ工程におけるエネルギー使用合理化に資する技術開発を提案公募により実施する。

技術的目標及び達成時期

京都議定書の第1約束期間中、又は、第2約束期間中を目標として実用化に至るような技術開発を行うことで、京都議定書の第1約束期間の目標を着実に達成するとともに、現在、検討が行われている第2約束期間に向けた省エネルギー対策の更なる深化を進めていく。

研究開発期間

2005年度～2010年度

また、本技術は、長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示すため経済産業省が取りまとめた「技術戦略マップ2008」の「エネルギー分野」に「総合エネルギー効率向上に寄与する技術」の一つとして記載されている「超燃焼システム技術/製紙プロセス/抄紙方法の効率化」技術に含まれるものである。

以上のように、本研究開発の政策的位置付けは極めて明確である。

2. 研究開発目標

2 - 1 - 1 全体の目標設定

現在、ペーパースラッジ（PS）灰はセメント原料等へ再利用されているが、セメントの国内需要減少もあり、PS 灰の新規用途の開発が不可欠となっている。そのため、PS 灰を低温で水熱固化し、土壤環境基準をクリアする土壤改良材製造技術の開発を行うとともに、PS を高温で自燃させ、熱エネルギーを回収し、得られた焼成物（PS 灰）を板紙の内填材に再利用する技術開発、さらには、ペーパースラッジをガス化し、エネルギー源として活用することにより、化石エネルギーの削減を図る技術開発を行う

表 1 開発テーマ一覧

	テーマ名	実施者
開発テーマ 1	ペーパースラッジ灰水熱固化処理技術開発	日本製紙株式会社
開発テーマ 2	ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発	レンゴー株式会社
開発テーマ 3	ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発	王子製紙株式会社
開発テーマ 4	ペーパースラッジガス化技術開発	大王製紙株式会社

2 - 1 - 2 個別要素技術の目標設定

開発テーマ1：ペーパースラッジ灰水熱固化処理技術開発

ペーパースラッジ灰（PS灰）を造粒・水熱固化して土壌改良材などを製造する技術を確立しつつ、高効率の水熱固化設備を開発することにより、PS灰の水熱固化処理に使用する蒸気を従来技術に比べ50%以上削減することを目標とする技術を開発する。

表1 個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
PS灰の含有成分の異なる工場から発生するPS灰の造粒・水熱固化処理による有害物質の溶出抑制	有害物質(26物質)の溶出量を土壌環境基準値以下	PS灰の造粒物を土壌改良材等に使用するためには、土壌汚染の指標となる有害物質の溶出基準（平成3年環境庁告示第46号）を満たす必要がある。また、ボイラー燃料の配合率が異なることでPS灰の成分組成も異なるため、それぞれの最適な造粒・水熱固化条件を探索する必要がある。
高エネルギー効率の水熱固化処理設備の開発	従来技術に比較して使用する蒸気を50%以上削減	水熱固化処理はPS灰の造粒品をオートクレーブ内で飽和蒸気により昇温、昇圧するが、オートクレーブ始動時の蒸気使用量は全体の50%以上を占め、従来は大気放出しておりロスが大きい。これを無くすことにより全体の50%以上の蒸気量削減が見込める。

開発テーマ2：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

PSの新たな有効利用を開発するため、板紙原料に再利用可能なPS焼成灰の製造技術の研究、及びそれを板紙原料の代替として使用方法の研究を行い、最終的にPS焼成灰再生紙利用技術の実用化を目指すことを目的とする。

表2 個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
P S 焼成処理技術	板紙原料に再利用可能な P S 焼成灰の実用化に向けてのテスト焼成を行い、実証設備設計の基礎データや材料選定データを取得する。	テスト機（並流式ロータリーキルン炉）によるテスト運転を行い、P S 焼成実証設備の基礎データ（温度、滞留時間等）を取得する必要がある。
P S 焼成灰代替板紙の製造技術	P S 焼成灰を板紙原料に代替し、強度的に従来の板紙と遜色ない抄紙技術・配合技術を確立する。	焼成品の粉碎や高濃度スラリー化、及びそれを用いてのサンプル板紙を作製し、板紙原料の一部として使用可能な製造・配合技術を確立する必要がある。併せて、その実用化に向けての基礎データを取得する必要がある。
P S 焼成実証設備の実用化	P S 焼成実証設備を設置し、発生した P S 焼成灰を板紙原料の一部として代替する（0.5%～2%相当）。これにより、従来の板紙製造プロセスと比較して約3%の省エネルギー及びCO ₂ の削減となる。	発生する P S を焼成灰として板紙原料の代替として再利用した場合、レンゴー(株)金津製紙工場の板紙製造時に発生する P S 量の変動範囲と板紙抄造量から代替量は0.5%～2%の範囲となる。

開発テーマ3：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

古紙利用の拡大に伴い発生量が増加傾向にあるペーパースラッジ(P S)は、焼却により減量化を図り、焼却後のペーパースラッジ灰は、セメント原料、土壌改良剤等として有効利用されているが、更なる有効利用が求められている。

ペーパースラッジを製紙用材料として利用する技術としては、ペーパースラッジ中の炭酸カルシウムの分解を抑制するために炭化(貧酸素)焼成する技術がほとんどである。

しかし、炭化焼成は、貧酸素状態での焼成のため、有機分が残留し、ペーパースラッジ灰の白色度が低く、エネルギー効率が悪いと推察される。また、炭酸カルシウム分解の抑制を図っているが、少量の炭酸カルシウムの分解は避けられず、Caイオンの影響により、分散不良が生じる。このため、用途が填料に限られているのが現状である。填料は、塗工用顔料と比較して、使用量が少なく、大量に発生するペーパースラッジを大量に処理することができない。

そこで、大量に発生しているペーパースラッジの新たな有効利用として、ペーパースラッジ灰を製紙原料である塗工用顔料の代替原料として利用する技術開発を行うことで、従来の原料を利用する場合と比較して、エネルギー使用の合理化を促進することを目標とした。

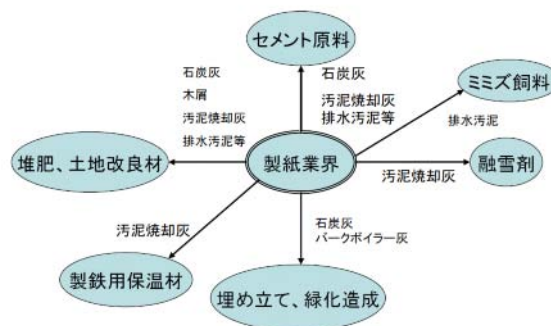
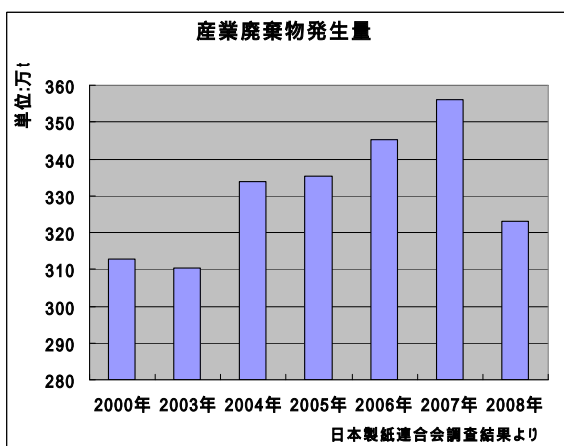
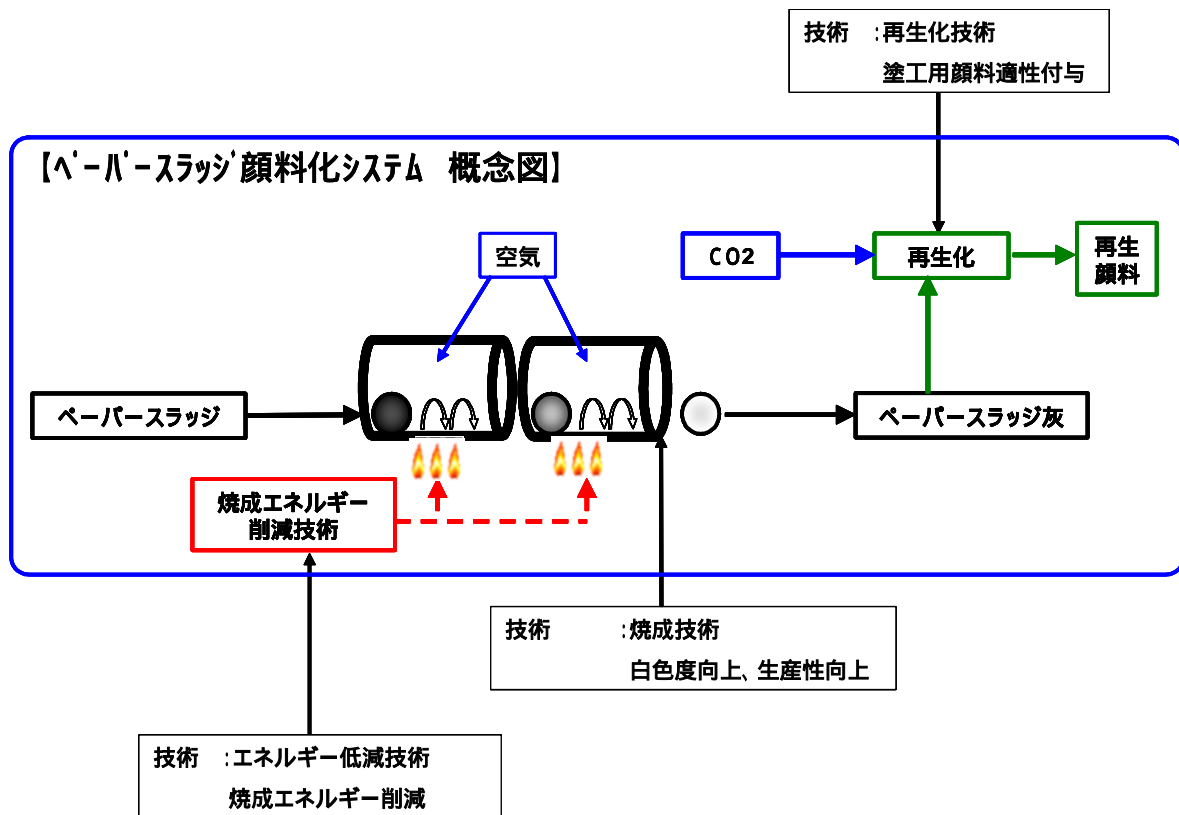


表3 個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
ペーパースラッジ焼成に関する技術開発	白色度80%以上の顔料を製造する。	高品質塗工顔料であるカオリンは、白色度76～82%を有している。置換対象であるカオリンの白色度以下では、紙製品の白色度が低下するため、高品質塗工顔料として利用できない。高品質塗工顔料として利用できるように、カオリンと同等の白色度を維持することを目標とした。
ペーパースラッジ灰の再生化に関する技術開発	顔料スラリーpHを11以下にする。	顔料スラリーにおいて、良好な分散状態を保持するためには、分散剤を添加し、静電反発・立体反発による顔料粒

		<p>子の凝集防止、沈降生成の抑制が必要となる。スラリー中にイオンが存在すると、イオンが分散剤に吸着し、静電反発作用が失われ、分散不良が発生する。</p> <p>ペーパースラッジ灰は、焼成で分解した炭酸カルシウムからCaイオンが溶出するため、顔料スラリーpHが12以上となり、分散不良を引き起こし、高品質塗工顔料として使用できない。</p> <p>高品質塗工顔料として利用できるように、焼成で分解した炭酸カルシウムを再生することで、Caイオンのスラリー中への溶出を防止し、スラリーpHを低下させ、スラリー分散性を良好にすることを目標とした。</p>
--	--	--



開発テーマ4：ペーパーラッジガス化技術開発

近年、古紙利用の拡大を受けて、古紙処理設備からのペーパーラッジ発生量が年々増加の一途をたどっており、大量に発生するペーパーラッジをガス化し、エネルギー源として利用することにより、石灰焼成キルン（パルプ製造工程において、木材を蒸解するための薬品を製造する工程）において、石灰泥を焼成する際の熱源として使用している化石エネルギー（重油）の消費量を削減することを可能とするための技術を開発する。

そこで、ペーパーラッジを安定的にガス化する技術の開発や石灰焼成キルンでの燃焼に関する技術の開発が必要であり、本事業においてそれらの開発を行う。

表4 個別要素技術の目標

目標・指標	設定理由・根拠等
ペーパースラッジ添加量 25t/日以上	可児工場では、ペーパースラッジが年間 約 80,000 トン程度発生しており、これをエネルギー源として有効に利用するためには 1 日当たりの処理量が 220 t 級の設備が必要とされている。今回の事業では将来のスケールアップも考慮し、試験設備として有意な規模である 25 t/日程度とする。
重油削減量 5,084kL/年 以上	ペーパースラッジ 25 t /日、木質原料 75 t /日の原料にて発生可能なガス燃料及びタール燃料の重油換算値 5,084kL/年を目標設定とする。
ガス転換率 950kcal /Nm ³ 以上	木くずと同等の転換率とする。

3 . 成果、目標の達成度

3 - 1 - 1 全体成果

産業廃棄物として処理されているペーパースラッジの有効利用を図るため、ペーパースラッジ灰水熱固化処理技術開発、ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発、ペーパースラッジガス化技術開発の研究・開発を行った。これにより、従来以上にエネルギー使用合理化が進み、製紙産業の省エネルギー化が期待できる。

3 - 1 - 2 個別要素技術成果

開発テーマ1：ペーパースラッジ灰水熱固化処理技術開発

ペーパースラッジ灰（PS灰）を造粒・水熱固化して土壌改良材などを製造する技術を確立しつつ、高効率の水熱固化設備を開発することにより、PS灰の水熱固化処理に使用する蒸気を従来技術に比べ50%以上削減することに成功した。

- (1) PS灰の含有成分の異なる工場から発生するPS灰の造粒・水熱固化処理による有害物質の溶出抑制

造粒水熱固化の最適な条件を探するため、以下のような順で検討を行った。

テスト機での造粒・水熱固化条件の確認

北川鉄工所製のテスト造粒機および当社所有のテスト水熱固化機を用いて、固化材（セメントおよび生石灰）の配合比率、造粒機における攪拌条件、および水熱固化処理における温度・圧力・最高温度の保持時間などの諸条件について試験した。その結果、ラボテストレベルにおける最適な造粒処方および水熱固化処理条件を把握できた。

テスト機での試作品における有害物質溶出防止効果の確認

上記のテスト造粒機およびテスト水熱固化機により製造した試作品について、有害物質の溶出試験（平成3年環境庁告示第46号に準拠）を行った。PS灰については、未処理の状態では特にフッ素の溶出量が高く、セメントや生石灰を固化材として造粒しても土壌に係る環境基準（土壌環境基準）を超過することが確認された。そして造粒後に水熱固化処理を行うことにより、十分に土壌環境基準に適合することが可能であることが確認された。また将来的に石炭灰の有効利用も検討していくための参考として、PS灰と石炭灰を混合した場合についても、

造粒を実施したところ、造粒のみでは六価クロム，セレン，ホウ素の溶出量が土壤環境基準を超過してしまう結果となった。

テスト機での試作品における土壤改良材適正の確認

テスト機で製造した試作品について強度や吸水性などの物性試験を行った。固化材の配合比率を高めることにより造粒のみでも既存材料と比較して十分な強度が得られるものの、製造費は高くなる。造粒・水熱固化処理により、必要最小限の固化材で造粒品よりも高い強度のものが得られることが確認できた。また釧路工場のPS灰は元来多孔性で吸水性が良いという特徴があり、造粒・水熱固化処理後も十分に高い吸水性を保持していることも確認された。造粒・水熱固化品はその他の物性についてもいくつか特徴があり、既存材料との比較検討を行いながら用途に関する検討を行い、事業化に向けた取組みとして、試作品の量産および土壤改良材の施工テスト（道路の路盤材、農地の水捌け改良材など）を実施した。

実機における製造条件の確認

テスト造粒機による基礎試験の結果を基に、固化材の配合比率や造粒条件について確認するために実機による造粒試験、およびテスト機による水熱固化試験を実施し、テスト機での結果を十分に再現できることを確認できた。

表 5 最適造粒条件

		釧路工場	八代工場
配合率	PS灰	80～90%	83.3%
	セメント	5～10%	4.2%
	生石灰	5～10%	12.5%
水分添加率(対全資材)		70%	50～70%
造粒	ローター	中速 3分	中速 10分
整粒	ローター	低速 1分	
粒径		1.18～16mm	0.43～19mm

表6 最適水熱固化条件

工程	条件	所要時間
減圧(空気除去)	100Torr	0.5時間
昇温昇圧		1.0時間
保持	180、1MPa	5.0時間
降圧	大気圧	1.0時間

*釧路工場、八代工場共通

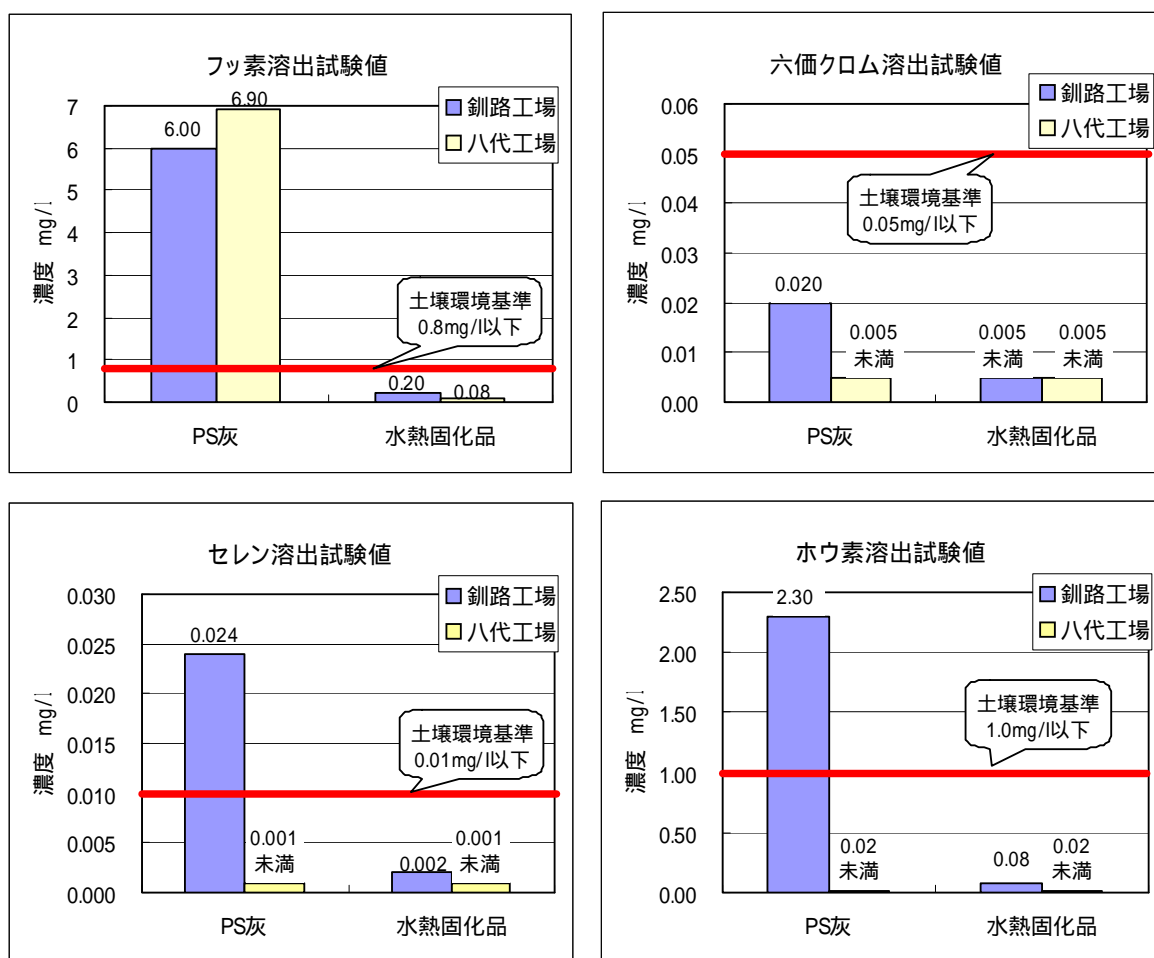


図1 PS灰と造粒水熱固化品における有害物質の溶出試験値

両工場ともPS灰の水熱・固化品の有害物質溶出値は、土壌環境基準に比べて十分低い値が達成できたが、釧路工場の値は、八代工場のものに比べて全般的に高い傾向にあった。これは、両工場とも固化材の配合率に大差が無いため、元来PS灰に含まれるCaOの割合の差(釧路工場12.8%、八代工場30.7%)が出ていると推定される。

(2) 高エネルギー効率の水熱固化処理設備の開発

本開発では、オートクレーブにおいて加熱前に真空ポンプを用いて缶内空気および容器内原料間隔の空気を除去することにより、熱伝達の改善と、昇圧の初期段階で蒸気を供給しながら缶内空気を排出する作業(蒸気で缶内空気を追い出す)を省略することが可能となり、蒸気使用量を削減した。

さらに八代工場では、オートクレーブ蒸気吹き込み口を従来型の4本から6本に増やし養生容器の1つを大容量化(開発技術-1)することでエネルギー原単位の改善を図った。養生容器全9台の大容量化は費用負担が大きいため実施できなかったが、実施した場合には、さらに14%の省エネになることが期待できる。(開発技術-2)

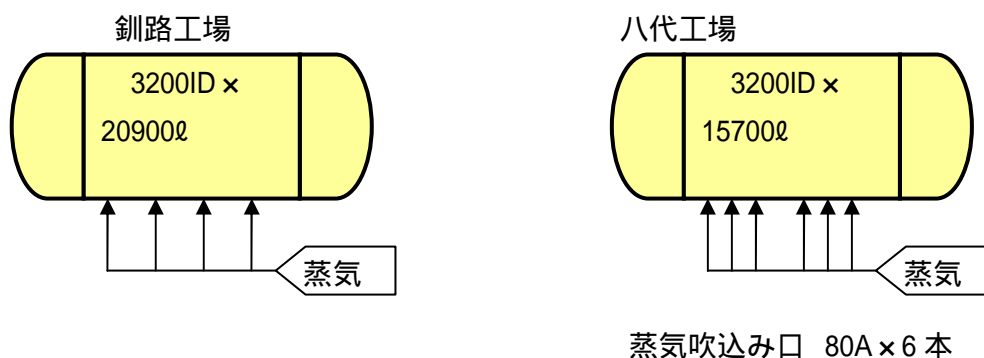


図2 オートクレーブの蒸気吹き込み口の改善

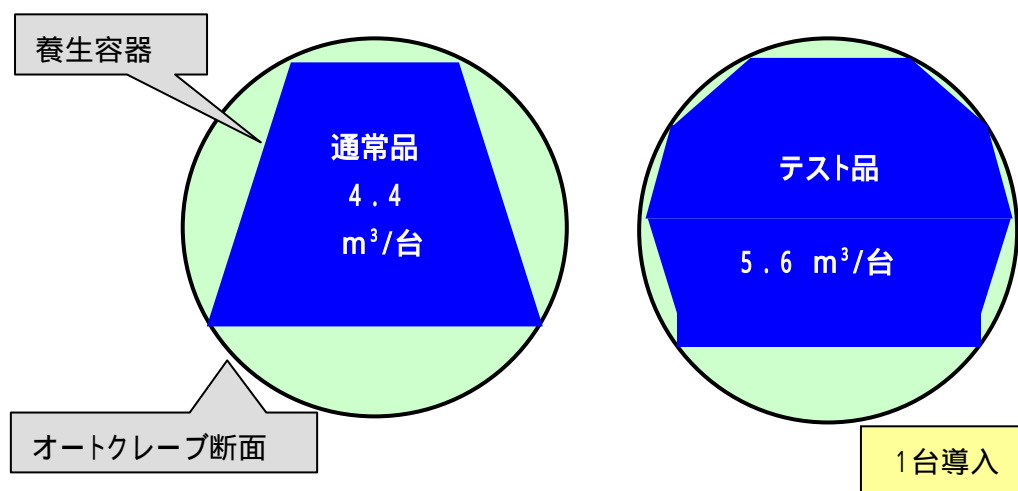


図3 オートクレーブ養生容器の改善(断面図)

表 6 養生容器の有効容積比較

	オートクレーブ1バッチ当たり有効容積[m ³]
通常品を9台導入した場合 (従来技術)	4.4m ³ /台 × 9台 = 39.6m ³
テスト品を1台導入した場合 (開発技術 1)	4.4m ³ /台 × 8台 + 5.6m ³ × 1台 = 40.8m ³
テスト品を9台導入した場合 (開発技術 2)	5.6m ³ /台 × 9台 = 50.4m ³

メーカー標準では円筒形のオートクレーブ本体に対し、養生容器の断面が角型(台形)のため内部空隙が大きい。これに対し、今回、多角形型の容器を使用することで空隙を減少させ、容器の容積を増やすことによる蒸気原単位の改善を図った。養生容器の大容量化に際しては、水熱固化処理後の製品を養生容器から円滑に排出できるような形状とすることを目指した。

釧路工場では1バッチあたりの蒸気投入量は従来技術と比較して約60%程度、八代工場では、約55%程度が削減され、目標値である50%以上の蒸気使用量の削減が、実機において確認された。また、水熱固化処理におけるPS灰1tあたりの総エネルギー原単位では、釧路工場で56%、八代工場で44%の削減(開発技術 2見込み52%)となった。八代工場では前記のような種々の改善を行ったが、最終的には、オートクレーブの容量の違い(釧路工場 20.9m³、八代工場 15.7m³)により両工場の削減割合に差が出たものと思われる。

表 8 釧路工場における水熱固化処理の省エネルギー効果

		従来技術	開発技術 (目標値)	開発技術 (実績値)
工程蒸気使用量	t/バッチ	27.80	10.41	11.20
	MJ/バッチ	82,288	30,814	33,152
工程電力使用量	kwh/バッチ	1,557	1,581	1,581
	MJ/バッチ	5,605	5,692	5,692
合計エネルギー	MJ/バッチ	87,893	36,506	38,844
エネルギー原単位 (原油換算)	MJ/t-ash	2,930	1,217	1,295
	L/t-ash	76.70	31.85	33.90
省エネルギー効果 (原油換算)	kL/年		1,235	1,179

(註1) オートクレーブ処理量; 30 t-ash/バッチ

PS灰の年間処理量; 30 t-ash/バッチ × 2.7バッチ/日 × 340日/年 = 27,540 t/年

(註2) 蒸気; 2.96 MJ/kg、電力; 3.60 MJ/kwh、原油; 38.2 MJ/L

表9 八代工場における水熱固化処理の省エネルギー効果

		従来技術	開発技術 (目標値)	開発技術 - 1 (実測値)	開発技術 - 2 (計算値)
工程蒸気使用量	t / バッチ	15.15	5.86	8.36	8.36
	MJ / バッチ	54,534	21,094	24,746	24,746
工程電力使用量	kwh / バッチ	3.833	3.848	3.848	3.848
	MJ / バッチ	13,798	13,851	13,851	13,851
合計エネルギー	MJ / バッチ	68,332	34,945	38,597	38,597
エネルギー 原単位 (原油換算)	MJ / t -ash	3,417	1,747	1,906	1,631
	L / t -ash	89.44	45.74	49.90	42.69
省エネルギー 効果(原油換算)	kL / 年		524	475	561

(註1) オートクレーブ処理量; 20.00 t -ash / バッチ (目標値の試算時)

20.25 t -ash / バッチ (開発技術 - 1)

23.67 t -ash / バッチ (開発技術 - 2)

PS灰の年間処理量; 12,000 t / 年

(註2) 蒸気; 2.96 MJ / kg、電力; 3.60 MJ / kwh、原油; 38.2 MJ / L

開発テーマ2 : ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

事業所内で発生するPSなどを焼成炉に投入(表10)し、補助燃料のA重油を75~117ℓ/時使用しながら実用運転を行っている。製造したPS焼成灰は現在40メッシュのフルイを通過した粒度の灰を板紙製造に利用している(表11)。

表10 PS焼成処理設備と既設産廃焼却炉の最近の稼働日数

	2009年					
	7月	8月	9月	10月	計	平均
PS焼成設備	21日	13日	19日	30日	83日	87.4%
産廃焼却炉(既設)	9日	0日	3日	0日	12日	12.6%

表 1 1 0 9 年上期の焼成灰利用率

	産廃発生・排出量原 単位	抄紙利用量 原単位	焼成灰（燃え殻） 利用率
PS 焼成設備	2.40kg/t	7.26kg/t	75.2%
産廃焼却炉（既設）	9.66kg/t	0kg/t	0%

PS 焼成灰を再利用（09 年上期実績で約 0.7% 配合）した板紙と再利用していない板紙をレンゴー(株)金津製紙工場の一般中芯の代表的な銘柄である KSR120 と KSR160 で品質比較した。その結果が表 1 2 及び表 1 3 である。これより、PS 焼成灰を再利用した板紙は強度を中心とした品質で再利用していない板紙と遜色がないことが判明した。

表 1 2 PS 焼成灰使用の有無による品質比較（銘柄：KSR120）

項目		JIS 規格	焼成灰不使用 前年度	焼成灰使用 09 年上期
坪量	g/m ²	120 ± 3%	121.8	121.2
厚み	μm	-	0.191	0.194
密度	g/cm ³	-	0.638	0.626
水分	%	8.0 ± 1.5	7.8	7.0
ISO 圧縮強さ・横	kN/m	0.75 以上	0.89	0.91
圧縮強さ・横	N	115 以上	136	139
比圧縮強さ・横	N・m ² /g	95 以上	112	115
引張り強さ・縦	kN/m	3.6 以上	5.15	5.40
比引張り強さ・縦	N・m/g	-	42.9	45.0
裂断長・縦	Km	3.1 以上	4.31	4.55

表 1 3 P S 焼成灰使用の有無による品質比較（銘柄：K S R 1 6 0）

項目		JIS 規格	焼成灰不使用 前年度	焼成灰使用 09 年上期
坪量	g/m ²	160 ± 3%	160.7	160.3
厚み	mm	-	0.246	0.249
密度	g/cm ³	-	0.655	0.645
水分	%	8.0 ± 1.5	7.9	7.7
ISO 圧縮強さ・横	kN/m	1.21 以上	1.45	1.50
圧縮強さ・横	N	184 以上	221	229
比圧縮強さ・横	N・m ² /g	115 以上	137	143
引張り強さ・縦	kN/m	4.8 以上	6.83	7.25
比引張り強さ・縦	N・m/g	-	42.7	45.3
裂断長・縦	km	3.1 以上	4.33	4.61

（ 1 ）板紙原料に再利用可能な P S 焼成灰の焼成技術の開発

月島機械(株)にて所有している並流式テスト焼成炉にて、金津事業所で発生する P S を用いて焼成試験を行った。テスト開始当初は灰の飛散や未燃焼物の多量排出等の不具合が発生したが、テスト焼成炉内部の改造（燃焼空気の投入箇所の変更やキルンの回転数変更等）を実施したことで不具合が解消し、下記の結論を得た。

- ・ 並流式焼成炉（ロータリーキルン）にて内部燃焼温度 8 0 0 ~ 8 7 0 で燃焼したところ、炭酸カルシウム残存率が 6 . 2 ~ 1 7 . 8 %、残留有機分が 0 . 6 ~ 1 . 6 5 % となり、板紙原料として利用可能な焼成灰を得ることが出来た。
ここで、炭酸カルシウムの分解反応は 8 0 0 台から進むため、この温度域での数十度の違いは分解の程度を大きく変えると考えられる。炭酸カルシウムの分解が進むと焼成灰は硬くなり磨耗が促進されるため、高い焼成温度は好ましくない。残留有機分の点からいえば、高い温度の方が残留分が少なくなり好ましい。その両者を充たす温度範囲が上記の範囲である。
- ・ 焼成炉直胴部出口側の排ガス温度を 8 0 0 以上に保持することにより、排ガス中の一酸化炭素を十分酸化除去することが可能となり、向流式と違い二次燃焼炉が不要となることが確認できた。
- ・ 並流式ロータリーキルンの燃費は、二次燃焼炉を含む向流式ロータリーキルンの燃費と比較した場合、同等か若干良好である。

（ 2 ） P S 焼成灰で代替した板紙製造技術の開発

P S 中に含まれる成分及び板紙中に含まれる無機物の状況（粒径や混入率）を調査し、その知見を基に条件を決定し、テスト焼成炉より得られた灰を用いてテスト抄紙

機による抄造、粉碎試験及びプラスチックワイヤー磨耗試験を行った。その結果、下記の結論を得た。

- ・ 現在板紙中に含まれる無機物の平均粒径は20～40 μm であり、40 μm 以下のPS焼成灰を板紙原料に2%まで配合しても、板紙の強度品質や歩留まりに影響を与えないことが確認できた(表14～表17)。但し、2%を超えて配合すると、若干強度が低下する。

表14 板紙をテスト抄造した際のPS焼成灰(4 μm)配合量とその品質
(坪量120g/m²、テスト抄紙機)

4 μm PS焼成灰配合率	%	0	1	2	3	5
比圧縮強度	N \cdot m ² /g	161	170	162	-	-
		144	-	-	149	143
裂断長	km	3.37	3.38	3.26	-	-
		3.00	-	-	2.88	2.82
PS焼成灰歩留まり	%	-	78	71	-	-
		-	-	-	77	79

表15 板紙をテスト抄造した際のPS焼成灰(24 μm)配合量とその品質
(坪量120g/m²、テスト抄紙機)

24 μm PS焼成灰配合率	%	0	1	2	3	5
比圧縮強度	N \cdot m ² /g	161	164	162	-	-
		144	-	-	148	146
裂断長	km	3.37	3.50	3.22	-	-
		3.00	-	-	2.85	2.67
PS焼成灰歩留まり	%	-	73	74	-	-
		-	-	-	81	75

表 1 6 板紙をテスト抄造した際の P S 焼成灰 (3 9 μ m) 配合量とその品質
(坪量 120g/m²、テスト抄紙機)

39 μ mPS 焼成灰配合率	%	0	1	2	3	5
比圧縮強度	N・m ² /g	161	164	158	-	-
		144	-	-	145	140
裂断長	km	3.37	3.36	3.17	-	-
		3.00	-	-	2.92	2.46
PS 焼成灰歩留まり	%	-	76	76	-	-
		-	-	-	90	89

- ・ P S 焼成灰の粉碎試験を実施することで、粒径調整が行えることを確認し、また金属異物は粉碎機投入以前に除去する必要がある等の留意点を確認した。
- ・ プラスチックワイヤー磨耗試験を実施し、P S 焼成灰を板紙原料の代替として使用しても、プラスチックワイヤーの磨耗促進にはつながらないことを確認した(表 1 7)。

表 1 7 プラスチックワイヤーの磨耗試験結果

		PS 焼成灰			重カル(比較)
		30	44	76	3
平均粒径	μ m	30	44	76	3
磨耗量	mg	14	15	10	100

(3) 再利用可能な P S 焼成灰を製造する実証設備の開発、及び P S 焼成灰利用板紙の製造技術の開発

平成 1 7 年度に実施した並流式テスト焼成炉結果 (1) より得られた設計基礎データや材料選定データを元に、板紙原料として再利用可能な P S 焼成灰を作る焼成炉及び熱回収設備や灰の添加装置等から成る実証設備を設置した。そして、試験運転を行うと共に実用化に向けての運転データ取得を行った。その際、下記の不具合が発生し、都度手直しを行っている。

(3 - 1) 焼成炉ファン用フレキダクト焼損による変更

ファンの吹出し口やノズル向きを変更し、高さや角度調整を可能にした結果、以後の試運転で不具合無し。

(3 - 2) フライアッシュ風送ラインの閉塞による搬送方法の変更

結露が原因と考えられる閉塞などが目立った風送ラインに変えて、フライアッシュをスラリー搬送に変更した結果、閉塞などのトラブル発生が無くなった。

(3 - 3) 初段リフター及びダム高さの変更

燃焼温度など変化の大きい初段リフターは高さ変更の後、メタル製に変更。中

段にあるダムも撤去した結果、熱による歪みの影響などが見られなくなった。但し、この周辺の堰などの有無や高さの検討は更に詳細に行う必要がある。

(3 - 4) 焼成炉内温度維持が困難となる製紙汚泥の乾燥

製紙汚泥用乾燥機を導入し、製紙汚泥の水分を約 80% から約 50% まで低減し、焼成炉内温度安定を達成した。但し、同乾燥機の排気ガスは炉内投入が困難な為、スクラバーによるガス洗浄後、煙突より放出している。

(3 - 5) 焼成品の粉砕

粉砕機で粉砕した焼成品を搬送・利用していたが、炉内温度変化による灰強度の増加や欠損した炉壁の一部が焼成灰に混入し、粉砕機での不具合が多発したので取り外した。その代わりにフルイを新設し、40メッシュを通過する灰のみの利用に変更してトラブル発生が無くなった。

主に上記 5 点の改造を行った結果、不具合が激減し下記の結果を得た。

- ・ 炉内温度が高位安定し、ゆっくりそして十分に焼成した灰は白く、板紙原料の一部として再利用可能であった。
- ・ 炉内温度調整を主な目的に使用している補助燃料の A 重油は今後の運転を通じて、更なる使用量低減の検討が必要である。
- ・ 温度変化の大きい初段リフター周辺部でのダムの有無は実用運転を重ねる中で必要性を検討する。

(4) 省エネルギー効果

P S 焼成時に発生する熱エネルギーの回収や輸送エネルギーの減少等で、P S 炭化設備等従来技術に比べ、エネルギー及び CO₂ で 3.1 ~ 3.7% の削減となり、原油換算や CO₂ 排出削減量は、下記に相当する結果となった。

30 万トン規模の板紙工場で 1,675 ~ 2,019 kℓ 原油換算 / 年

〃 6,581 ~ 6,695 t CO₂ / 年

P S 焼成実証設備の検討段階では、補助燃料である A 重油使用量を 60ℓ / 時間と見込んでいたため、この段階での目標に対し原油換算削減の達成率は 80% ~ 96% となった (表 18)。引き続き実証設備の運転を継続していく中で、A 重油使用量の削減に取り組んでいく。

表 18 省エネ、CO₂排出削減効果

	A 重油 使用量 ℓ / 時間	原油換算削 減量 Kℓ / 年	原油換算 削減率 %	CO ₂ 排出削 減量 tCO ₂ / 年	CO ₂ 排出 削減量 %
A. 目標値 (申請時)	-	1,650	3.0	5,400	3.0
B. 目標値 (直近の実証 設備検討時)	60	2,100	3.9	7,100	3.9
C. 実績値	75 ~ 117	1,673 ~ 2,019	3.1 ~ 3.7	6,581 ~ 6,695	3.6 ~ 3.7
D. 達成率 (B、Cによる評価) %	51 ~ 80	80 ~ 96	79 ~ 95	93 ~ 94	92 ~ 95

注) 省エネ、CO₂排出削減効果は
PS炭化設備等従来技術との比較とする。

開発テーマ3：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

ペーパースラッジから塗工用顔料を製造する実証設備を富士工場に導入し、技術開発を行うことで、顔料白色度81～82%、顔料スラリーpH9.4～10.4の再生無機顔料を得ることができ、高品質塗工顔料であるカオリンの代替原料としての利用が可能となった。

ペーパースラッジから顔料製造に要するエネルギーは、カオリン製造およびペーパースラッジ処分に要するエネルギーより約45%削減させることができ、目標の省エネルギーを達成することができた。

ペーパースラッジから顔料を製造することで、カオリン製造およびペーパースラッジ焼却・処分から発生するCO₂発生量より約40%削減することができた。

表 1 9 省エネルギー量

(単位：原油 k l / 顔料 t)

	目標	実績
PS 焼却処分 + カ オリン製造	0 . 3 6 7	0 . 3 6 7
再生顔料製造	0 . 3 2 5	0 . 2 0 4
省エネ量(-)	0 . 0 4 1 7	0 . 1 6 4
年間顔料製造量	3 , 1 2 0 t/年	2 , 3 1 0 t/年
年間省エネ量	1 3 0 k l / 年	3 8 0 k l / 年

実績：平成 21 年度上期実績（以降同じ）

表 2 0 C O 2 排出削減量

(単位：CO2-t / 顔料 t)

	目標	実績
PS 焼却処分 + カオリン製造	2 . 0 3 2 (PS 顔料 収率 0.65)	1 . 9 4 7 (PS 顔料 収率 0.64)
再生顔料製造	1 . 5 4 6	1 . 2 0 7
削減量(-)	0 . 4 8 6	0 . 7 4 0
年間削減量	1 , 5 1 6 CO2-t/年	1 , 7 0 8 CO2-t/年

(1) ペーパースラッジ焼成に関する技術開発

技術：ペーパースラッジを富酸素雰囲気下で焼成することで、炭化焼成したペーパースラッジ灰よりも大幅に白色度が向上した。

技術：独自に開発した焼成炉を用いることで、白色度が向上し、生産効率が向上した。

技術：多段焼成することで、ペーパースラッジ灰の白色度が向上し、生産効率が向上した。

これらの焼成技術を用いることで、高白色度のペーパースラッジ灰を得ることができ、生産効率も大幅に向上させることができた。

表 2 1 ペーパーラッジ焼成技術効果

	従来技術 (炭化焼成)	技術	技術	技術
白色度	70 ~ 71 %	77 ~ 78 %	79 ~ 80 %	81 ~ 82 %
PS 処理能力*	基準	不変	向上	大幅向上

* 従来技術 (炭化焼成) の PS 処理能力を基準としたときの各技術の PS 処理能力を表記。

(2) ペーパーラッジ灰の再生化に関する技術開発

塗工用顔料として利用できるように、焼成で分解された炭酸カルシウムを再び炭酸カルシウムにすることで、遊離 Ca イオンを抑制することができ、顔料スラリー pH を低下させることができた。

この技術により、良好なスラリー分散性を維持することができるため、高品質の塗工用顔料として使用することが可能となり、天然産の無機顔料と置換することで省資源化を図ることができた。

表 2 2 ペーパーラッジ灰再生化効果

	再生化処理なし	再生化処理
スラリー pH	12.2 ~ 12.5	9.4 ~ 10.4
経時変化	経時でスラリー粘度が上昇し、最後は固化した。	問題なし。

(3) 焼成エネルギー削減に関する技術開発

焼成エネルギー低減技術を用いることで、焼成に必要な燃料を大幅に削減することができ、焼成エネルギー原単位的大幅削減が可能となった。

表 2 3 焼成エネルギー低減効果

	通常焼成	焼成エネルギー 低減技術
焼成エネルギー	0.143 原油 kl/顔料 t	0.0623 原油 kl/顔料 t

表 2 4 エネルギー原単位内訳

(単位：原油 k l / 顔料 t)

	目標	実績
焼成 エネルギー	0 . 1 2 4	0 . 0 6 3
焼成電力	0 . 1 0 7	0 . 0 7 5
再生化電力	0 . 0 9 4	0 . 0 6 6
合計	0 . 3 2 5	0 . 2 0 4

開発テーマ 4：ペーパースラッジガス化技術開発

ガス化に関する技術開発

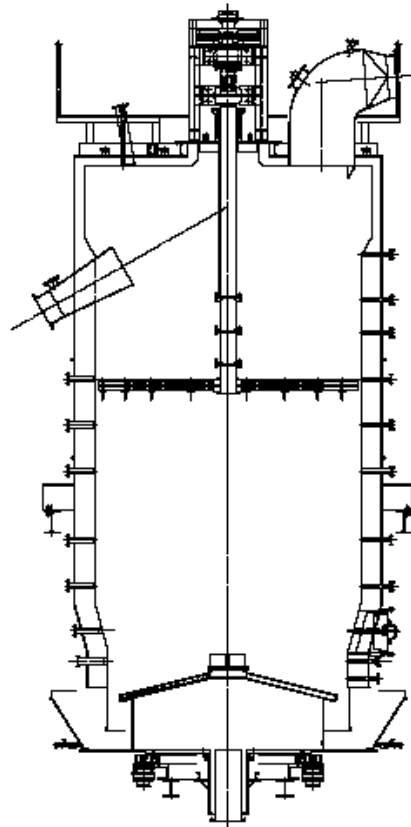
1) アップドラフト式ガス化炉の大型化の検証

本研究で採用したアップドラフト式ガス化炉は、これまで国内外と含めて石川県のいしかわグリーンパワー(株)の 69t/d (JFE 環境ソリューションズ(株)施工)が最大であった。本設備は、それを約 50%も上回る規模となるため、本研究で採用する材(ペーパースラッジ、建築廃材)での操業の前に、標準材である切削チップを使用し、その初期性能を確認した。

(1) スケールアップ上の留意点

アップドラフト式ガス化炉のガス化反応は鉛直方向に形成され、その反応層の形成(厚さ)はスケールアップによらないため、高さ方向の変更は無く、円周方向への拡大のみとなる。

本設備のガス化炉の構造を以下に示す。



炉内木質原料層部
高さ : 約 4m
容積 : 約 54m³

図4 アップドラフト式ガス化炉外形図

(2) 操業の結果

図5に生成ガス流量と炉出口温度の経時変化を、図6に生成ガス流量、熱量、重質タール量、熱量の経時変化を示す。

図2からは、切削チップでの操業では安定操業の指標となる炉出口温度が設定値からほとんど変動無く、安定した操業ができていることが確認できる。また、図3からは、重質タール供給系の不具合時を除き、生成ガスと重質タールの合計供給熱量として、安定したエネルギー供給が可能であることが確認できる。

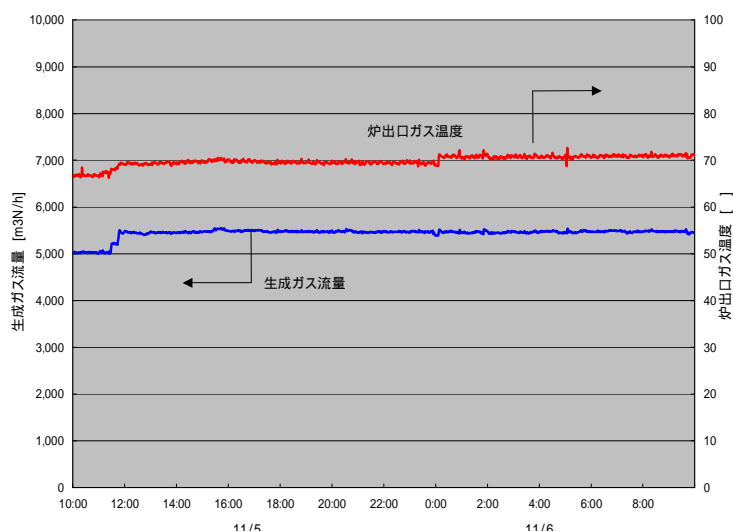


図5 切削チップ操業時の操業状態

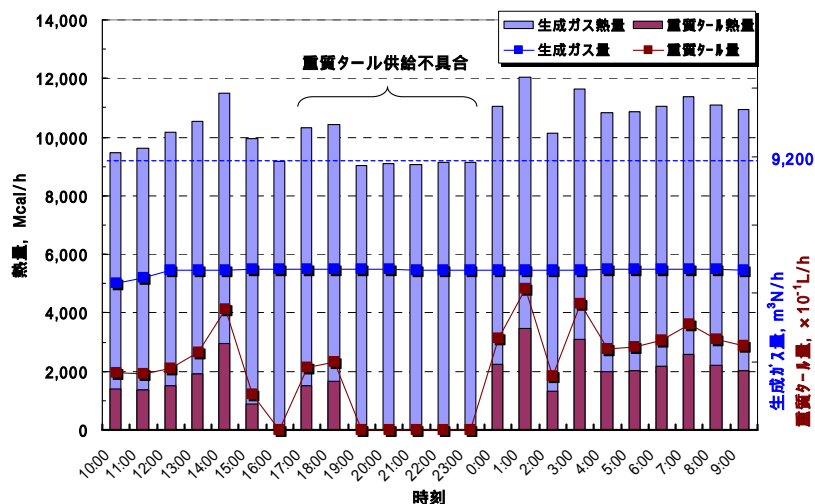


図6 切削チップ操業時の供給熱量の変化

熱回収効率

表25 切削チップ時の熱回収量及び効率

	投入熱量	生成ガス熱量	重質タール熱量	冷ガス効率	総合熱回収効率
	高位発熱量	高位発熱量	(高位発熱量)		
	Mcal/h	Mcal/h	Mcal/h	÷	(+) ÷
切削チップ	16,960	9,537	1,415	56%	65%

結果

標準材（切削チップ）においては、スケールアップの影響はなく、問題なくガス化することが確認できた。

2) 建築廃材の適用

(1) 建設廃材操業で確認された事象（上記対策の確認）

- ・ 篩目の設定が小さすぎたため、不適な細粒物の混入割合が高くなり、炉出口ガス温度高やガスの吹き抜けなどの現象が発生した。
- ・ 従来より木質原料層高さを高くし、層圧損を上げ、ガス分散の均一化を図ったが、逆に部分的な吹き抜けを助長する結果となった。

(2) 対策と効果

原料材の粒度分布の適正化

使用する原料の形状は、切削チップ状のものが理想である。

切削チップ及び建築廃材（篩無し、5mm 目篩上、10mm 目篩上）を使用した試験装置でのコールドテストの結果を以下に示す。

建築廃材の10mm目篩上の結果が切削チップと同程度圧損が低い結果となっており、実機で運用する上でも、この粒度での篩が効果的と考えられる。

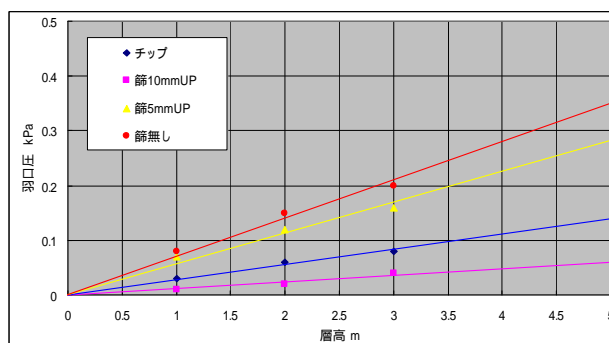


図7 粒度、層高さと圧損の関係（試験装置コールドテスト結果）

図8は、搬入材中の細粒物の混入割合と安定稼動時間の関係、図6は、細粒物比率と振動篩後歩留りの関係を示したものである。

両図からは、24時間以上の安定稼動には、搬入材（篩前）中の細粒物の割合を約37%以下に抑えることが必要であり、このときガス化炉への投入材（篩上）中への細粒物の混入割合20%以下となっていることが分かる。尚、このときの歩留りは75%程度である。

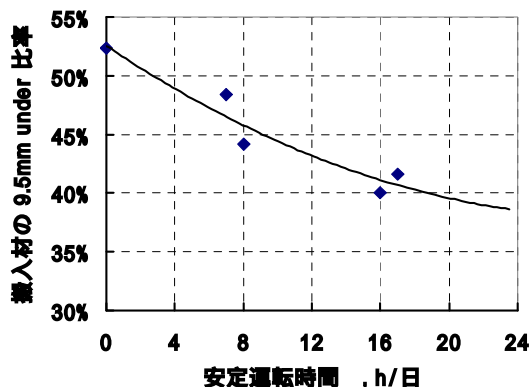


図8 搬入材中の細粒物 (<9.5mm) 比率と安定運転時間との関係

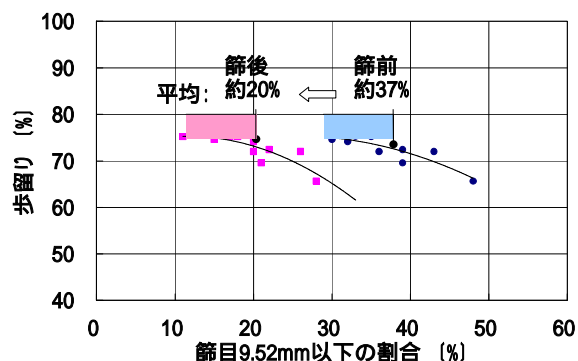


図9 細粒物 (<9.5mm) 比率と振動篩後歩留りの関係

(3) ガス化反応層層高の適正化

本設備は、炉内に挿入されている回転羽根でガス化反応層層高を一定に保つよう投入する木質原料の投入量を制御している。この羽根の位置を調整することで、ガス化反応層層高を調整することが出来る。当初設定値であった高さでは圧損が上がり吹き抜けが発生してしまったため、実績施設と同様に下げたところ安定した操業が可能となった。

このことから、ガス化炉の規模に拠らず、ガス化反応層層高さは一定にすることが最適と判断される。

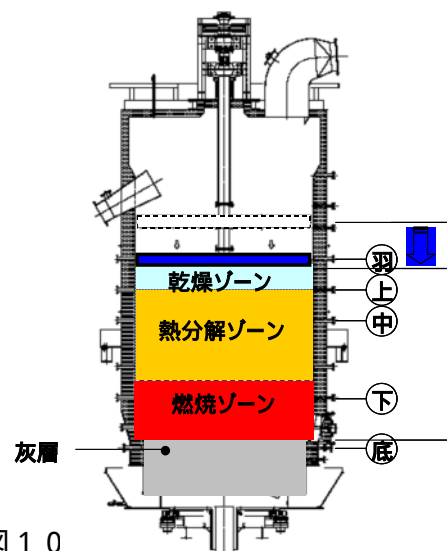


図10 各ゾーン位置のイメージ図

(4) 空気比の最適化

アップドラフト式ガス化炉のような部分燃焼ガス化を伴うガス化炉は、可燃成分に適した空気比(ガス化剤中の酸素量)の調整が重要である。空気不足の場合は、難揮発可燃分残渣による周期的な燃焼活性(吹き抜けの原因)が発生する。空気過多の場合は、慢性的な反応層高温とガス化効率の低下が生じる。

建築廃材の場合は切削チップと比べ、層内の空隙率が少なく(充填率が高い) また含水率が低いことが特徴である。

本ガス化炉は、炉内圧を一定となるように制御するため、ガス化剤中の蒸気量の割合を調整することで、空気比を調整することが可能である。

図8にガス化剤蒸気量比率と各ゾーンの温度分布の比較を示す。切削チップ時の蒸気比率 $120\text{kg}/\text{km}^3\text{N_Air}$ に比べ $100\text{kg}/\text{km}^3\text{N_Air}$ とすることにより、ガス化層温度を上げ、安定したガス化を達成できていることが分かる。

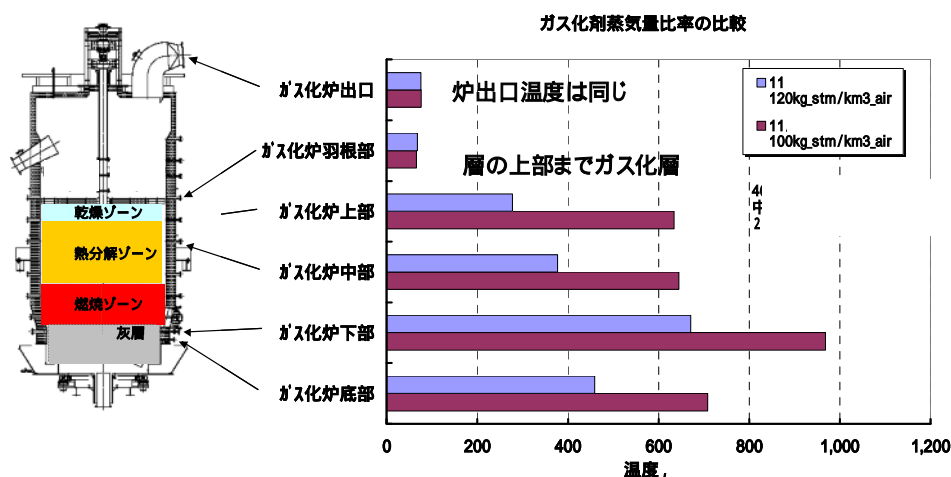


図 1 1 ガス化剤蒸気量比率と各ゾーンの温度分布の比較

3) ペーパースラッジガス化試験

建設廃材におけるガス化技術開発の結果に基づき、ガス化炉の運転条件を設定し、ペーパースラッジと解体材（製紙用ピンチップ）の混合物を原料としてガス化試験を行いました。

(1) 運転条件（ガス化炉設定値）

・原料投入量

< 解体材のみのテスト時 >

木くず投入量 : 75 トン/日

< ペーパースラッジ混合時 >

木くず投入量 : 75 トン/日 +

ペーパースラッジ投入量 : 25 トン/日

・振動篩の篩目 : 10mm

・ガス化反応層高 : 4.5m

・ガス化剤中の蒸気量割合 : $100\text{kg}/\text{Nm}^3\text{Air}$

(2) 運転結果

解体材のみガス化

ペーパースラッジを混合した場合の効果を検証するため、ガス化助剤である解体材（製紙用ピンチップ）のみのガス化を行い、ベースでのガス発生量を検証したところ、ガス量の落ち込みはあるものの $2,700 \sim 3,000\text{Nm}^3/\text{h}$ で

のガス化が連続的に行われていることが確認できました。

ペーパースラッジ（粉状）+ 解体材のガス化

ペーパースラッジはスクリーブレス等にて水分率約 60%まで機械脱水され、通常、粉状（フレーク状）で発生します。

そのままの状態では解体材と混合させガス化を行った結果、粉状のスラッジは炉内へ投入されると同時に乾燥され、ダストとして後段のガス冷却器へ飛散し、熱交換器の閉塞を発生させ、安定してガス化を継続することが出来ませんでした。

ペーパースラッジ（ペレット化）+ 解体材のガス化

ペーパースラッジ形状の欠点を解決するため、造粒機（ディスクペレットター）を使用し、形状の安定化を行いました。（図 1 2）



図 1 2 ペーパースラッジのペレット化（ 20mm × 40mm ）

ペレット化したペーパースラッジを解体材と混合しガス化を行ったところ、発生ガス量 3,000 ~ 3,200Nm³/h で安定したガス化を行うことが可能であった。（図 1 3）

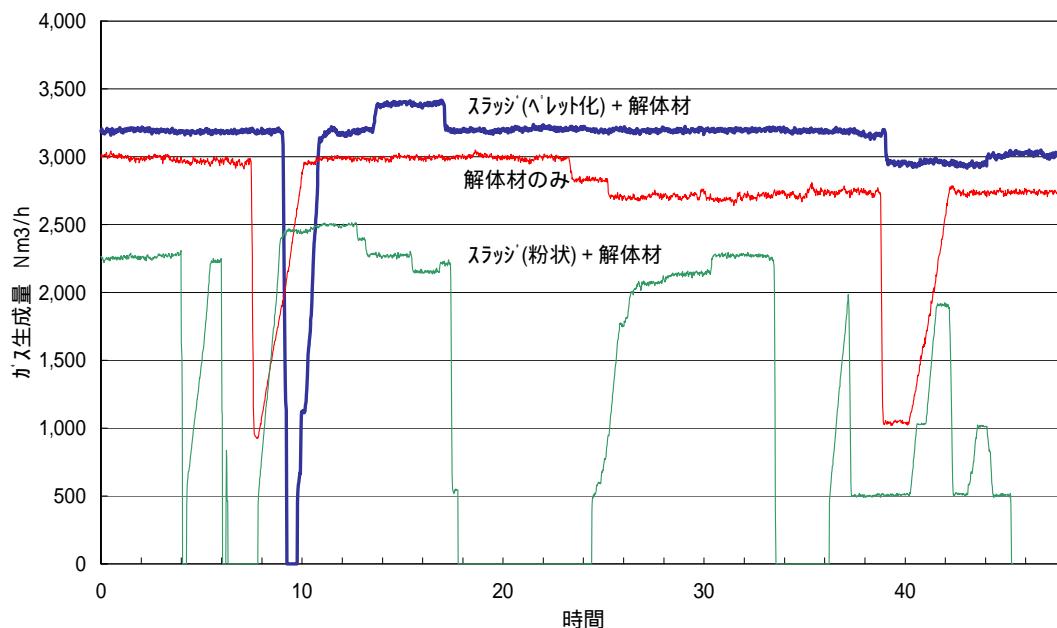


図13 バイオマスガス発生量

これは、ペーパースラッジが固形化されたことにより、重量当りの表面積が減少し、水分の蒸発が抑えられ、ダスト飛散量が低下したことによる効果であると考えられる。

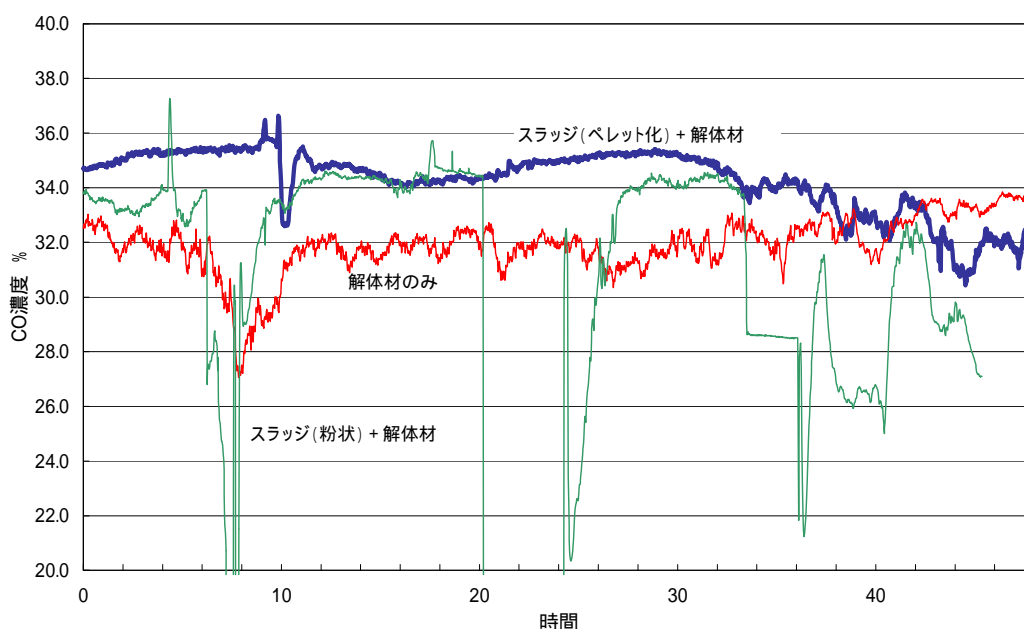


図14 生成ガス中のCOガス濃度

また、ペーパースラッジのガス転換率が計画の 950kcal/Nm³ に対し、1,882kcal/Nm³ という高い値が得られた理由として、ペーパースラッジ及び木くずから発生したタール成分が冷却ゾーンにおい

てペーパースラッジに吸着し、炉内に滞留することで、再度、熱分解・還元ゾーンへ供給され、ガス発生メカニズムに寄与し、再度ガス化することでガス発生量が増加したことによるもの、および
解体材のみの場合と比較し、ペレット化したペーパースラッジを混合した場合は、全体的にCOガス濃度が高く、高カロリーのガスが得られたことによるものの2点が考えられる。(図14)

上記研究の結果、ペーパースラッジを安定的にガス化するには、ペーパースラッジ形状の安定性及び解体材のダスト率、ガス化剤における空気と蒸気の比率を適正に設定することが重要であり、適正条件にてペーパースラッジをガス化した場合、効率的に熱量が取り出せることが明らかになった。

3 - 1 - 3 特許出願状況等

表 2 6 特許・論文等件数

	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
開発テーマ1 ペーパースラッジ灰水熱固 化処理技術開発			3	
開発テーマ2 ペーパースラッジ灰再生紙 利用技術開発			2	
開発テーマ3 ペーパースラッジ灰再生紙 利用技術開発			5	
開発テーマ4 ペーパースラッジガス化技 術開発			3	
計			13	

表 2 7 論文、投稿、発表、特許リスト

	題目・メディア等	時期
投稿	紙パルプ技術協会紙 「ペーパースラッジ灰の水熱固化技術開発」	H20.4
	第50回 2007年紙パルプ技術協会年次大会 「ペーパースラッジ灰の水熱固化技術開発」	H19.10.10
特許	ペーパースラッジ焼却灰の水熱固化体の製造方法 2005-313032	H17.11 出願中
	ペーパースラッジ焼却灰造粒水熱固化体を用いた軽量モルタル 又はコンクリート 2005-199903	H19.1 出願中
	ペーパースラッジ焼却灰造粒水熱固化体 - アルミニウム複合材 2005-263600	H19.3 出願中
	板紙 2005-151110	H17.5 出願中
	製紙スラッジの処理方法及び処理装置 2007-311355	H19.11 出願中
	特願 2007-137712 (登録 4239034) 無機粒子の製造方法およびその製造プラント	H19.5 登録済
	特願 2007-229751 (登録 4257550) 白色無機粒子の製造方法	H19.9 登録済
	特願 2008-16385 (登録 4288532) 無機粒子の製造方法および製造プラントと、該無機粒子を用いた 紙および塗工紙	H20.1 登録済
	特願 2008-49452 (登録 4329865) 無機粒子の製造方法	H20.2 登録済
	特開 2009-114242 号 有機物のガス化方法	H19.11 審査請求中
	特願 2008-204097 号 ガス化方法	H21.10 審査中 (未公開)
	特願 2008-204098 号 ガス化方法	H21.10 審査中 (未公開)

3 - 2 目標の達成度

開発テーマ1：ペーパースラッジ灰水熱固化処理技術開発

表 2 8 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
古紙利用率の異なる工場から発生する P S 灰の造粒・水熱固化処理による有害物質の溶出抑制	有害物質の溶出量を土壤環境基準値以下にする	両工場とも有害物質の溶出値の全項目土壤環境基準値以下を達成 特に課題であったフッ素の溶出値を基準値 0.8mg/l に対して 釧路工場で 0.20mg/l 八代工場で 0.08mg/l を達成した。	達成
高エネルギー効率の水熱固化処理設備の開発	従来技術に比較して使用する蒸気を 50% 以上削減	オートクレーブにおいて加熱前に真空ポンプを用いて缶内空気および容器内原料間隔の空気を除去することにより、熱伝達の改善と、昇圧の初期段階で蒸気を供給しながら缶内空気を排出する作業（蒸気で缶内空気を追い出す）を省略することが可能となり、蒸気使用量を削減した。 また、八代工場では、オートクレーブ蒸気吹き込み口を従来型の 4 本から 6 本に増やし養生容器の 1 つを大容量化することでエネルギー原単位の改善を図った 釧路工場 60% 削減を達成 八代工場 55% 削減を達成	達成

開発テーマ2：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

表29 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
P S 焼成処理技術	板紙に再利用可能な焼成灰の実用化に向けての設備設計基礎データや材料選定データの取得	並流式テスト焼成炉による試験運転を重ね、P S 焼成実証設備を設計するためのデータを取得した。	達成
P S 焼成灰代替板紙の製造技術	P S 焼成灰を板紙原料に代替し、強度的に従来の板紙と遜色ない抄紙技術・配合技術を確立	P S 焼成灰を2%まで代替しても強度品質や歩留まりに影響が出ないことを試験抄造で確認した。併せて、P S 焼成灰の粉碎試験やプラスチックワイヤー磨耗試験など抄造技術の確認により、実用化に向けての基礎データを取得できた。	達成
P S 焼成実証設備の実用化	P S 焼成実証設備を設置し、発生したP S 焼成灰を板紙原料の一部として代替する(0.5%~2%相当)。これにより、従来の板紙製造プロセスと比較して約3%の省エネルギー及びCO ₂ の削減となる。	発生するP S 焼成灰の約75%を板紙原料に代替(0.7%相当)し、強度品質上問題の無い板紙を抄造している。これは3.1~3.7%の省エネルギー及び3.6~3.7%のCO ₂ の削減にあたる。今後、炉内堰の検討を更に進め、補助燃料A重油の低減を進める。	達成

開発テーマ3：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

表30 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
ペーパースラッジ 焼成に関する技術 開発	白色度80%以上の 顔料を製造する。	白色度81～82%	達成
ペーパースラッジ 灰の再生化に関す る技術開発	顔料スラリーpHを 11以下にする。	pH9.4～10.4	達成
焼成エネルギー削 減に関する技術開 発	顔料の製造に要する エネルギー原単位を 0.325原油kl/ t以下にする。	0.204原油kl/t	達成

開発テーマ4：ペーパースラッジガス化技術開発

表3-1 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
重油削減量	5,084kL/年以上	5,182kL/年	達成
PS添加量	PS添加量を25t/日以上とする。	PS添加量25t/日が可能であった。	達成
PSガス化ガス熱量	木屑と同等のガス転換率である950kcal/Nm ³ 以上とする。	1,882kcal/Nm ³ のガス転換率を得た。	達成

		計画値	試験値	生産量 100%時の 補正值	計画値 との差異			
ガス化炉負荷率	%	100	70	100	0			
ガス(タール熱量含む)								
木質発生熱量	GJ/年	203,789	144,776	202,685	1104			
PS発生熱量	GJ/年	23,593	20,546	28,764	5,171			
ペーパースラッジ焼却時に 要する助燃熱量	GJ/年	43,785	43,785	61,299	17,514			
使用電力(熱量換算)	GJ/年	1,418	1,418	1,418	0			
発生熱量	GJ/年	269,749	207,689	291,330	21,581	+	+	+
重油削減量	kl/年	5,084	3,625	5,182	98			
計画に対する補正後の達成率				102%				

4. 事業化、波及効果について

4 - 1 事業化の見通し

開発テーマ1：ペーパースラッジ灰水熱固化処理技術開発

路盤材用途

釧路工場のPS造粒・水熱固化品を鹿島道路㈱の協力を得て場内での路盤材への適合性のテストを実施した。今回テストを行った道路断面図を図4-1に示すが、道路用材料の凍上抑制材料及び下層路盤材への適用を、FWD試験を活用して従来の材料との相対比較で評価したものである。

FWD試験とは、舗装構造の評価方法で、大型車両の荷重で平板載荷試験をするもので、各点のたわみ量の測定を行うものである。

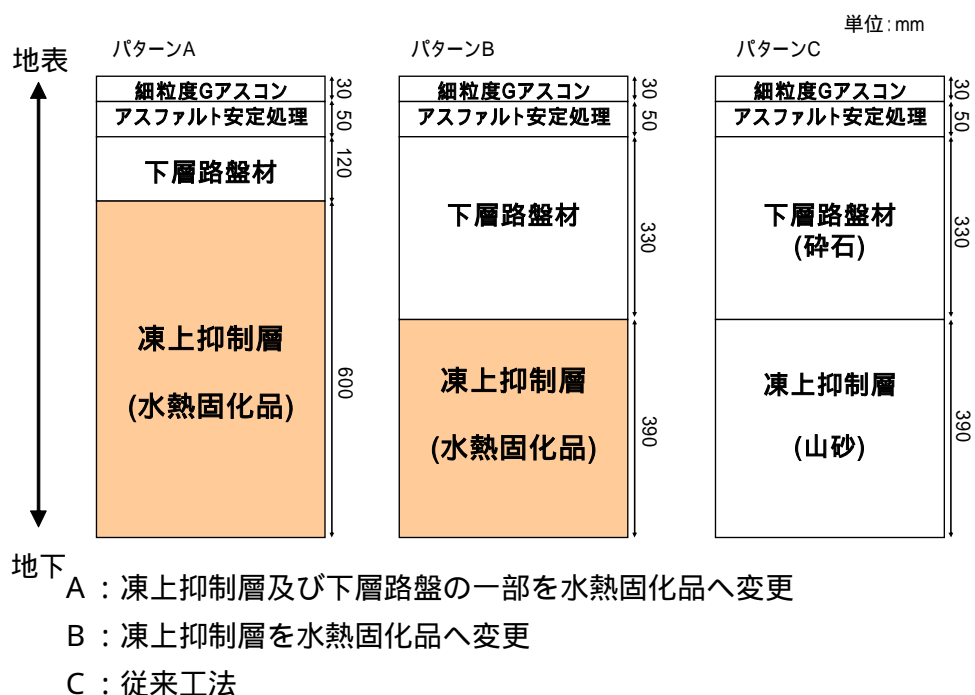


図15 場内路盤材テストにおける断面図



図 1 6 場内施工箇所

結果として「凍上抑制層及び下層に活用することは、たわみ量から判断して、十分適用可能である。」との評価を得た。

平成 18 年 8 月 27 日には、凍上抑制材として国土交通省の新技术情報提供システム (New Technology Information System:NETIS) に登録され (HK-080010-A)、平成 18 年 10 月 26 日には「凍上抑制材」として北海道認定リサイクル製品 (循環第 960-3 号) に認定された。

表 3 2 平成 2 0 年度 P S 灰水熱固化処理品 使用実績

工場	用途	製品使用量
釧路工場	路盤材 (凍上抑制材)	9 0 0 t/年
八代工場	路盤材	2,9 8 7 t/年

今後も路盤材としての販路を拡大していく予定である。

土壌改良材用途

釧路町トリトウシ圃場という湿地帯において土壌改良材としての性能を評価するテストを実施した。主な目的は、吸水性能を生かした土壌水分調査である。試験区として、表層より1mの表土を取り除き、水熱固化品約55tを投入、取り除いた表土にて高さ1mの覆土を行った。隣接する土地にブランク区を設定し、性能比較を行った。施工後6ヶ月を経過した時点で、試験区及びブランク区の土壌水分を調査した。結果は表33のとおりである。

表33 土壌水分調査

	土壌水分 (%)
試験区	34.8
ブランク区	42.5

試験区の方が、ブランク区に比べ約7%以上土壌水分が低く、当初の目的である水捌け改善効果が認められた。又、同時に土壌及び付近の水を採取し、有害物質の溶出分析も行ったが、土壌環境基準の適合を確認した。

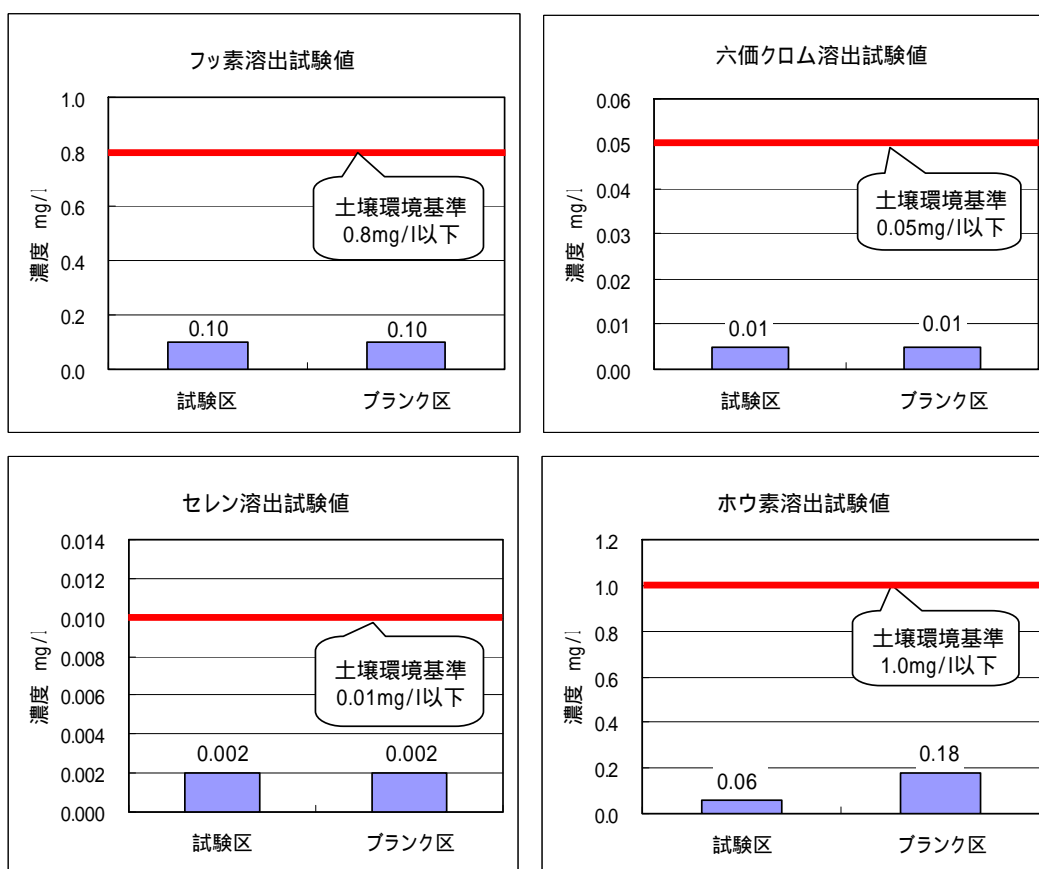


図 1 7 土壤溶出試験結果



図 1 8 トリトウシ圃場施工

土壤改良材については、現在もテストを継続して経時観察を行っている。

その他

路盤材として、駐車場の路盤材、市道の路盤材としての施工テストも実施した(図19)。又、牧場パドックの表土として敷設し経過を観察している(図20)。他には、ポーラスコンクリートと称するが、水熱固化品にセメントを混合・施工をし、歩道用ブロックとしてのテストも行った(図21)。



図19 市道施工テスト



図 2 0 牧場パドック施工





図 2 1 ポーラスコンクリートおよび施工状況

開発テーマ2：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

本事業では、レンゴー(株)金津事業所製紙工場に実証設備を設置し、実証試験を継続している。現在の設備稼働日数やP S 焼成灰利用率は共に70%を越えているが、今後は、いま以上の設備稼働やP S 焼成灰利用を目指し取り組むこととしている。併せて、省エネルギーの観点から補助燃料であるA重油使用量の最適範囲の決定が課題である。このため、P S 焼成実証設備の実用化をこのまま継続し、炉内堰の検討及びA重油使用量の低減を更に進めることにより、省エネルギー及びCO₂の削減の効果を見極める予定である。

開発テーマ3：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

本研究開発の成果は、事業期間中に達成され、富士工場の実証設備で製造された再生無機顔料は、高品質塗工顔料としての品質も問題ないことから、高品質顔料であるカオリンと置換して使用している。

また、ペーパースラッジからの顔料製造に伴い、高品質塗工顔料およびP S 焼却処分から発生するCO₂を削減でき、焼却灰削減による再資源化効果も得られた。

CO₂削減効果：1,708CO₂ - t / 年

焼却灰削減効果：2,440灰 - t / 年

事業期間終了後、焼成エネルギーの削減に努め、現在は目標の焼成エネルギー0.125原油kl / 顔料tに対して、0.063原油kl / 顔料tと約50%の焼成エネルギーで安定操業を行っている。さらに、再生無機顔料製造エネルギー削減を図るために、最適製造条件の検討を継続している。

今後は、王子グループの他工場への展開については、富士工場とは紙製品およびペーパースラッジの種類や発生量が異なるため、それら諸条件を考慮する必要があるが、ペーパースラッジ発生量が多く、高品質塗工顔料であるカオリンを多く使用している工場から検討していく予定である。

開発テーマ4：ペーパースラッジガス化技術開発

本研究開発では、大王製紙(株)可児工場に実証設備を設置し、実証試験を行ったが、短期での目標性能が得られることは確認したが、長期の安定運転の実施が課題として残された。

このため、研究開発期間終了後の現在においても、引き続き実施者において

研究開発が継続されており、長期安定運転を阻害している飛散ダストの対策として、後段へ飛散したダストを熱交換器に付着させない対策もしくは、付着したダストを洗い流す設備の設置を行い、ガス冷却器での圧力損失の増加を抑える対策を実施するなど、長期安定運転技術の確立に取り組み、安定運転達成後にペーパースラッジの混合率アップや解体材チップより安価な建設廃材の使用を評価し、営業運転を通して事業化のための見極めを行うこととしている。

4 - 2 波及効果

開発テーマ1：ペーパースラッジ灰水熱固化処理技術開発

今後の用途開発としてP S灰の造粒品は、砂利などに比べ多孔質で保水性を有しているので、粒度や強度の必要性能を満たせば、以下のような項目に利用が期待できる。

- ・ 融雪材や凍結路面での滑り止め材
- ・ 家庭用調湿材（竹炭や活性炭の代替）
- ・ 製鉄所での鎮静剤（転炉での抑泡材）
- ・ 軽量コンクリート骨材（保水性機能を付加したコンクリートの開発）
- ・ 軟弱土壌改良材
- ・ 農地水はけ改良材
- ・ 埋立砂代替品
- ・ 農作物の石灰、苦土施肥代替品
- ・ 法面吹付骨材
- ・ 園芸ボラ土代替品
- ・ 屋上緑化代替品

開発テーマ2：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

本事業では、金津事業所製紙工場に実証設備を設置し、70%を超える設備稼働日数やP S焼成灰利用率が実現されている。現在、補助燃料であるA重油の使用量削減に取り組んでいるところであるが、これが達成出来れば、省エネ・省資源効果は下記のとおりである。

焼成実証設備がフルに稼働し発生した焼成灰を9割以上利用できたと仮定した場合、P S炭化設備等従来技術と比較して、省エネルギー効果は、国内板紙（中芯）生産工

場全体に普及した場合、25.8千kl原油換算/年と推定される。

また、省資源効果（原料古紙の節約）は、24千トン/年と推定される。

開発テーマ3：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

日本国内発生ペーパースラッジ220万t（推定）を全て顔料化した場合、以下の効果が見込める。

（1）省エネルギー効果は原油換算で、23.1万kl/年となる。

（2）CO₂削減効果は、104.2万tCO₂/年となる。

（3）焼成灰削減効果としては、110万t/年となる。

開発テーマ4：ペーパースラッジガス化技術開発

・排水処理設備脱水汚泥の混合ガス化

製紙スラッジと同様に含水率の高い、排水処理設備脱水汚泥の混合ガス化が考えられる。ただし、汚泥中の組成がガス化反応やガス性状にどのように影響を与えるか、またその混合比率について十分に考慮する必要がある。



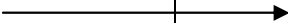
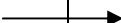
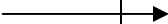



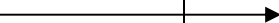



・多様な燃料が使用可能なことによる他の工業炉への適用拡大

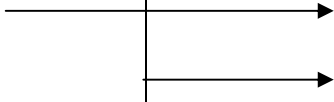
化石燃料の一部代替として、建設廃材、製紙スラッジを含めた多様な材を利用できる可能性を見出したことにより、使用時の燃料ニーズ（燃料単価、入手の容易さ）にフレキシブルな対応が可能となり、他の工業炉（セメントキルン炉等）の化石燃料代替としての積極的な展開が期待できる。

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

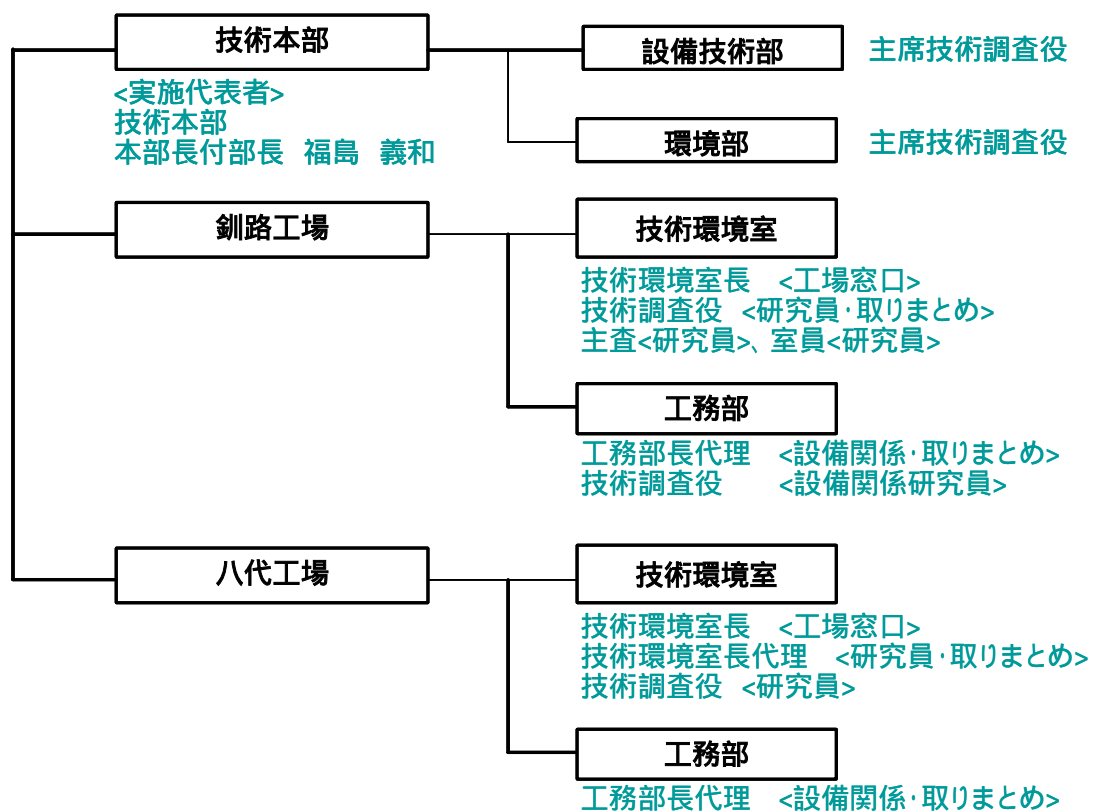
表 3 4 研究開発計画

実施項目 / 年度	1 7	1 8	1 9	2 0
開発テーマ 1 ペーパースラッジ灰水熱固 化処理技術開発 第一期（釧路工場） ラボテスト 実機テスト 第二期（八代工場） ラボテスト 実機テスト				
開発テーマ 2 ペーパースラッジ灰再生紙 利用技術開発 <ul style="list-style-type: none"> ・ PS 焼成処理技術の開発 ・ PS 焼成灰で代替した板紙製造技術開発 ・ PS 焼成処理技術焼成炉にかかる材料の研究開発 ・ PS 焼成処理技術実証設備製作 / 設置 ・ PS 焼成処理技術実証施設備連続操業及び PS 焼成灰再生紙利用技術開発 	 	 		
開発テーマ 3 ペーパースラッジ灰再生紙 利用技術開発 中規模テスト 実証設備設置工事 実証設備による評価			 	

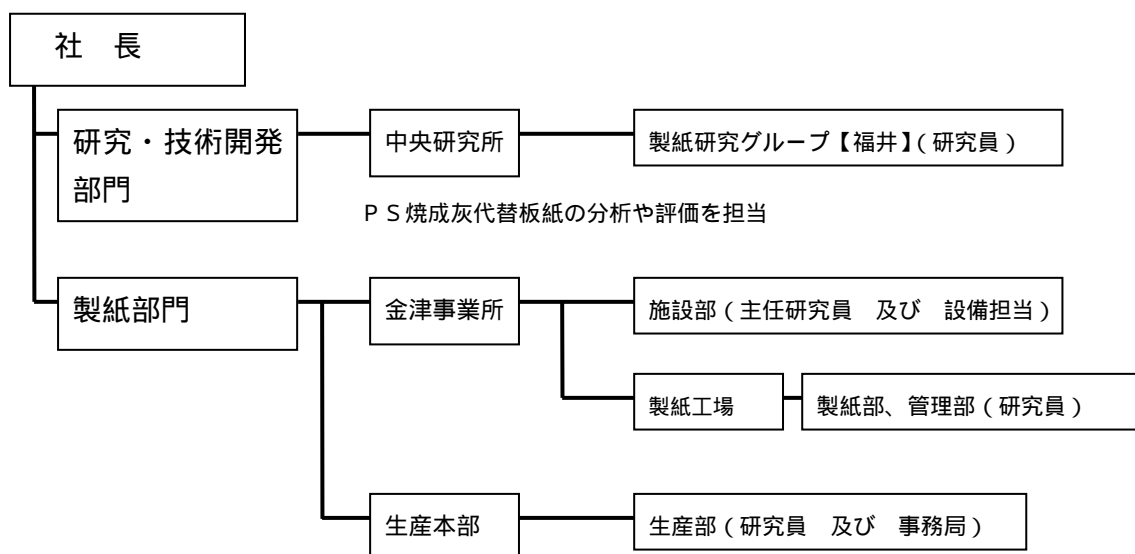
<p>開発テーマ 4 ペーパースラッジガス化技術開発 ガス化に関する技術開発 石灰焼成キルンでの燃焼に関する技術開発</p>				
---	--	--	--	---

5 - 2 研究開発実施者の実施体制・運営

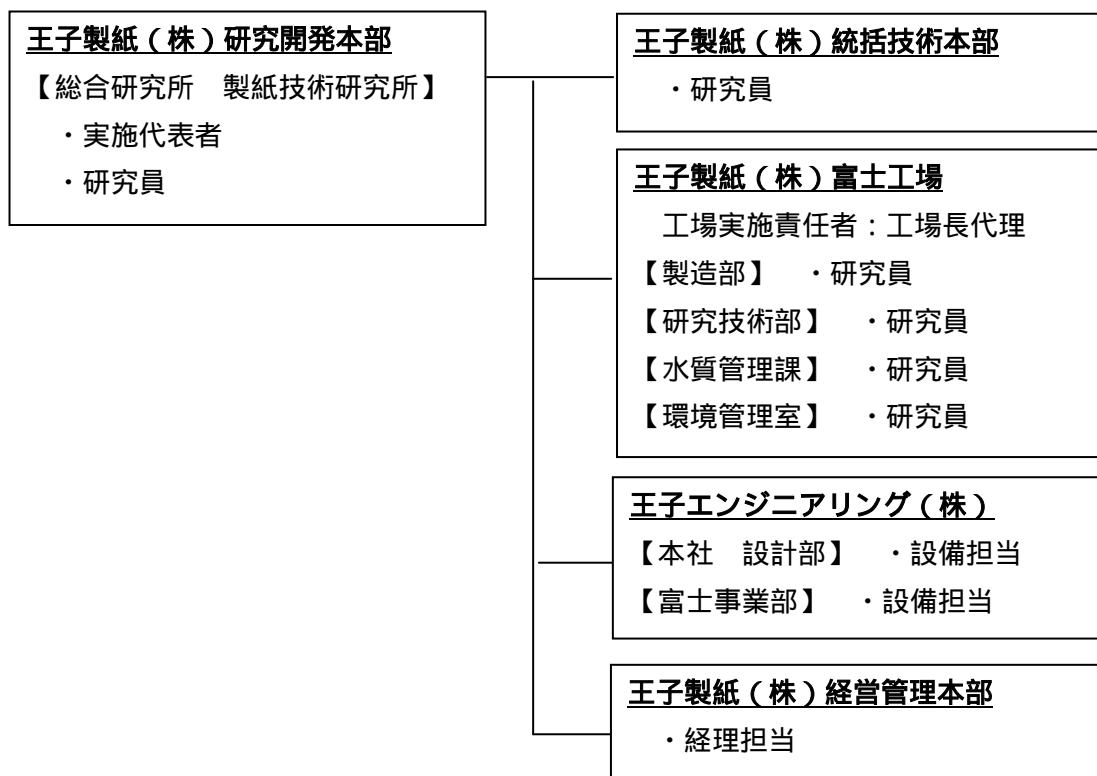
開発テーマ1：ペーパースラッジ灰水熱固化処理技術開発



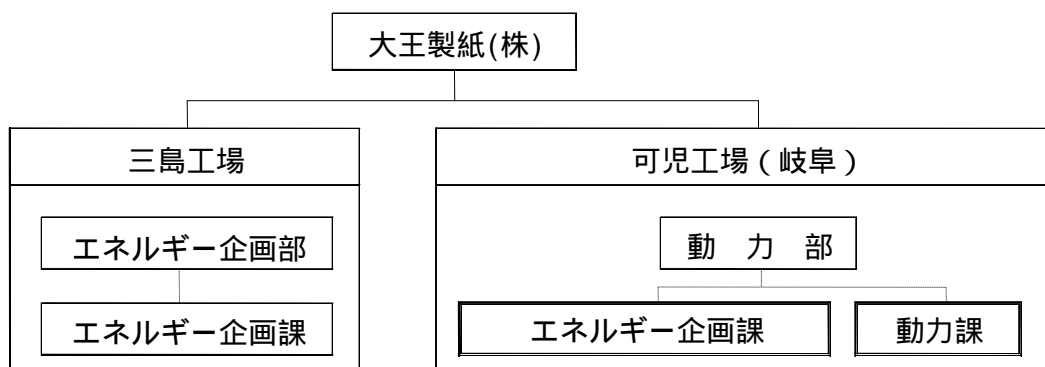
開発テーマ2：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発



開発テーマ3：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発



開発テーマ4：ペーパースラッジガス化技術開発



5 - 3 資金配分

表 3 5 資金度配分 (単位：百万円)

	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度	合計
開発テーマ 1 ペーパースラッジ灰水熱固化処理技術 開発	287	425	308		1,020
開発テーマ 2 ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開 発	66	816	61		943
開発テーマ 3 ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開 発			375	562	937
開発テーマ 4 ペーパースラッジガス化技術開発			8	1375	1,383
合計	353	1,241	752	1,937	4,283

5 - 4 費用対効果

開発テーマ1：ペーパースラッジ灰水熱固化処理技術開発

本事業は約6億7千5百万円(平成18年度から平成19年度までの補助金額)を投入した事業であるが、金銭効果としては、設備を導入した2工場で年間1億3千5百万円が見込まれる。今後、公共事業の削減や景気減退による需要減によって、セメント会社へのPS灰委託処理費が上昇した場合は、さらに金銭効果は増加すると見込まれる。

表36 PS灰水熱固化設備導入効果(試算値)

(単位：百万円/年)

	エネルギー削減効果	廃棄物処理費削減効果	計
釧路工場	16	71	87
八代工場	3	45	48
計	19	116	135

また、国内の年間PS発生量322.9BDt/年(平成20年度 製紙連合会)のうち50%に、この水熱固化処理技術を使用した場合、原油換算で約3万KL/年のエネルギー削減効果が見込まれる。

開発テーマ2：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

金津事業所製紙工場に実証設備を設置し、70%を超える設備稼働日数やPS焼成灰利用率が実現されている。現在、補助燃料であるA重油の使用量削減に取り組んでいるところであり、これが達成出来れば、投入した資源量に見合った効果の発現が更に期待できる。

《省エネルギー効果》

焼成実証設備がフルに稼働し発生した焼成灰を9割以上利用できたと仮定した場合、PS炭化設備等従来技術と比較して、省エネルギー効果は、金津事業所製紙工場において2,150kL原油換算/年(55百万円)と推定される。

また、さらに本技術が国内板紙(中芯)生産工場全体に普及した場合、25.8千kL原油換算/年(660百万円)と推定される。

《省資源効果》

上記仮定と同様とした場合、省資源(原料古紙の節約)効果は、金津事業所製紙工場において2千トン/年(30百万円)と推定される。

また、さらに本技術が国内板紙(中芯)生産工場全体に普及した場合、

24千トン/年(360百万円)と推定される。

開発テーマ3：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

本研究開発の成果は、富士工場で適用しており、顔料製造量は2,310t/年であり、エネルギー削減は原油換算380kL/年(原油@37,000、0.14億円/年)が得られた。さらに、ペーパースラッジ灰を塗工用顔料として利用できるため、省資源化でき、このことによる焼却灰削減は1,800t/年(灰処理費@10,000、0.18億円/年)となった。

目標の顔料製造量(3,120t/年)に達した場合のエネルギー削減は原油換算510kL/年(原油@37,000、0.19億円/年)が見込める。また焼却灰削減効果は2,440t/年(灰処理費@10,000、0.24億円/年)が見込める。

開発テーマ4：ペーパースラッジガス化技術開発

可児工場において実証設備が導入され、短期間ではあるが、ペーパースラッジのガス化が実証された。

現在、長期安定運転に関する改善に取り組んでいるところであり、安定運転を達成できれば、投入した原料に見合った効果が期待できる。

<省エネルギー効果>

ガス化炉がフル運転したと仮定した場合の省エネルギー効果は、重油換算で5,182kL/年(259百万円)となる。
(重油を50,000円/kLとした場合)

5 - 5 変化への対応

開発テーマ1：ペーパースラッジ灰水熱固化処理技術開発

近年、路盤材は、公共事業の削減、地元業者の山砂との競合などにより需要が減少傾向であり、全体のPS灰発生量のうち路盤材としての使用は、釧路工場で約3%、八代工場で約15%に過ぎないが、別用途での用途開発を行い有効利用先の確保を図りたい。

開発テーマ2：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

研究開発を実施した3年半において、研究開発に大きく影響を与えるような社会的・技術的情勢の変化は無かった。但し、そのような中でも焼成炉内の安定のために汚泥乾燥機の追設を行ったり、焼成灰の風送運搬をスラリー搬送に設備変更している。このように小さな技術的情勢の変化ではあるが、製紙部門が中心となり情報収集し、適宜研究開発会議を開催し、開発計画の検討・推進を行った。

開発テーマ3：ペーパースラッジ灰再生紙利用技術開発

研究開発を実施した1年間においては、研究開発に影響を及ぼすような社会的・技術的情勢の変化はなかったが、情報の変化が行った場合にも対応できるよう統括技術本部と研究開発本部を中心として情報収集を行い、研究開発会議において研究計画について検討し、研究開発を推進した。

開発テーマ4：ペーパースラッジガス化技術開発

研究開発を実施した2年間において、研究開発に影響を及ぼすような社会的・技術的情勢の変化はなかったが、本研究を進めるにあたり、ペーパースラッジをガス化に利用する際の形状として、発生時の性状ではガス化が困難であることが判明したため、ペレット化するなどの対応を実施し、研究開発を継続した。

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

紙パルプ産業から発生するペーパースラッジ(PS)の有効利用は緊急のテーマである。これまでセメントの原料として処理されていたPSについて、紙原料としての利用、路盤材等土木関連資材としての利用、エネルギーとしての利用、を実現するための技術開発を行なう本事業は、エネルギー利用の効率化に加え、資源の有効利用という観点からも、政策的に有効な取り組み分野である。

他方、地方の研究機関でも研究されている分野でもあり、新規で革新的な研究開発事業とは言い難いところもある。

経済性の観点、事業化の広がり観点からも政府主導の研究開発を通じて、社会的意義や可能性をより深めていくことも重要である。なお、技術的な解決が最優先ではあるが、廃棄物の利用には、公的機関の中長期的な支援が期待される。

【肯定的意見】

- ・紙パルプ産業から発生するペーパースラッジ(PS)の有効利用は、循環型社会の構築という観点からも緊急のテーマであり国の事業として研究開発する意義がある。
- ・エネルギー利用の効率化に加え、資源の有効利用という観点からも、政策的に有効な取り組み分野と考えられる。
- ・経済性の観点、事業化の広がり観点からも政府主導の研究開発を通じて、社会的意義や可能性をより深めていくことが重要(課題でもある)。
- ・当該研究開発は、廃棄物の処理の対応であり、これまではセメント業界に依存してきたものであるが、同業界の生産縮小により、受け皿を失いつつあることから、各社ともに切実な問題として取り組んでいるが、なお、販路の開拓等独自に克服すべき問題も多く、国による支援が強く要望されるところである。
- ・製造業における生産工程のエネルギー節減・資源の有効利用の推進は、国の事業として妥当である。
- ・本研究では、PS灰を紙の原料として再利用、路盤材等土木関連資材として利用する、エネルギーの一部として利用する、3課題で行なっている。これらの成果が実用化できれば、PS灰を全てリサイクルすることができるようになり、妥当な事業目的である。

【問題点・改善すべき点】

- ・既に様々な研究開発が地方の研究センターなどで行われており、新規で革新的な研究開発事業とは言い難い。
- ・土木関係の利用を図るためには、技術的な解決が最優先であるが、廃棄物を原料として捉える為には、国の認可が必要であり、国の関係機関も積極的に関与して欲しい。

2. 研究開発等の目標の妥当性

本研究開発は、地球温暖化対策と同時に廃棄物処理としても取り組まなければならない、問題解決型研究開発としての性格を有しているため、目標は具体的かつ明確であり、達成度を測定・判断する指標も適切である。

ただし、設定された目標は、個別の企業や工場で達成可能な目標値であり、紙パルプ産業全体に広く適用できるかどうかの検証が必要。

【肯定的意見】

- ・各研究開発テーマの目標設定としては妥当と見なし得る。
- ・当該研究開発の目標は、廃棄物の処理であると同時に地球温暖化対策としても取り組まなければならない、問題解決型の性格を有しているために、具体的かつ明確であり、達成度を測定・判断する指標も適切であるといえる。
- ・ペーパースラッジの材料化におけるエネルギー節減及びエネルギー化は、資源の有効利用、エネルギー節減のために重要である。
- ・紙への再利用の目的は適切である。
- ・化石燃料の一部代替燃料として利用する目的は妥当である。

【問題点・改善すべき点】

- ・各企業、各工場で達成可能な目標値であり、製紙産業全体に適用できるほどの一般性は薄い。
- ・紙に再利用する研究課題では、PS灰の硬さが問題と思うが、硬くなったPS灰を長期間利用するときの課題が最も重要と思われる。今後、実証試験を継続し、製紙機械等への影響を検証して欲しい。

3 . 成果、目標の達成度の妥当性

目標達成の必要条件のハードルが高いと考えられるものの、概ね目標値を達成しており、良好な成果が得られたと評価できる。また、多くの特許が出願されている。

なお、短期期間の実証試験により有用性が証明できたが、実用性の観点からは長期使用も重要であるため、今後の継続した検証が期待される。

【肯定的意見】

- ・概ね目標値を達成しており、評価できる。
- ・当該技術開発においては、多くの特許出願が出されており、独創性があることの現れであると考ええる。
- ・目標が達成されており、良好な成果が得られたと考えられる。
- ・概ね妥当な成果と思われる。

【問題点・改善すべき点】

- ・個別の装置対応であったり、目標達成の必要条件のハードルが高いと考えられる。
- ・短期期間の実証試験では、有用性が証明できたが、実用性では長期使用になることから、今後も継続して検証を行なって欲しい。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

今後、紙パルプ産業を挙げて取り組まなければならない研究開発分野であり、波及効果の大きいそれぞれの技術に実用化の目途を立てていることは評価できる。また、個別の企業や工場においては、すぐに成果の事業化が可能である、もしくは既に事業化している点も評価できる。ただし、世界の中で日本の紙パルプ産業の直接的な競争力強化につながる研究開発技術とまでは言い難い。

材料化・エネルギー化ともに、良好な成果が得られており、事業化の継続的推進が望まれるが、事業化については、引き続き連続運転の実施や効率化等の見極めを行う事項が残っており、フォローアップが必要と考えられる。

なお、実用化に当たっては、ペーパースラッジ（PS）の排出場所、製造する紙の種類により、利用できるPSは限定されると思われるが、PS灰特性を把握すれば、利用できる紙の種類を広げることが期待される。

【肯定的意見】

- ・ 個別的にはすぐに成果を事業化が可能、既に事業化しているようであり評価できる。
- ・ 今後、業界を挙げて取り組まなければならない研究開発分野であるが、それぞれに波及効果の大きいものに実用化の目途を立てているのは評価できる。
- ・ 材料化・エネルギー化ともに、良好な成果が得られており、事業化の継続的推進が望まれる。
- ・ 一部製品に既に利用できている意義は大きい。
- ・ 紙への再利用では、やはり限定された商品、PSの排出場所（製紙工場のPS最終処分場のPS）もしくは、製造する紙の種類により、利用できるPSは限定されると思われるので、最終処分場でのPSと排出場所（製造品種）のPS灰特性を把握し、利用できる紙の種類を広げて欲しい。

【問題点・改善すべき点】

- ・ 各社の開発した技術が、他の企業や紙パルプ産業全体で、すぐに事業化されるとは考えにくい。また、世界の中で、日本の紙パルプ産業の強化につながる研究開発技術とまでは言い難い。
- ・ 事業化について、引き続き連続運転の実施や効率化等の見極めを行う事項が残っており、何らかのフォローアップが必要と考えられる。

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

研究開発において、適切な目標を設定するとともに、設備側・研究側との十分な連携が行われており、概ね妥当な研究計画、実施体制、資金配分といえる。また、社内体制、実証試験工場等も適切に選択され、効率的に実施したといえる。また、地方の研究機関や業界団体が行った成果などの活用もさらに進めるよう期待する。

【肯定的意見】

- ・ 概ね妥当な研究計画、実施体制、資金配分といえる。
- ・ 研究開発において、適切な目標を設定するとともに、設備側・研究側との十分な連携が行われており、妥当であったといえる。
- ・ マネジメント・体制・資金・費用対効果等については妥当であると考えられる。
- ・ 社内体制、実証試験工場等も適切に選択され、効率的な試験が行えたと思う。

【問題点・改善すべき点】

- ・ 全体として、大型予算投入に対して成果が個別的である感がある。
- ・ 県内業界団体や静岡県が行った成果は稚拙ではあるが、永年行った報告であることから、その報告結果も活用して、更なる検討を進めて欲しい。

6. 総合評価

ペーパースラッジ(PS)有効利用促進のための研究開発は、国の事業として実施する意義を有しており、PSを有効利用するための技術開発成果も得られている。各社とも課題を絞って実証試験を行っており、当初見込んだ研究開発目標は概ねクリアしていることから、実用化の面でも大いに期待できる。

一方で、研究成果の実施によるPSの有効利用には前提条件が多く、他工場への波及効果の程度は現状では大きな期待はできない。

なお、本研究開発の事業化においては、企業や業界だけでは解決できないような問題も多々あり、国のバックアップも期待される。

【肯定的意見】

- ・PSの有効利用促進のための研究開発として、国の事業として実施する意義があり、現実のPSを有効利用するための技術開発成果が得られている。
- ・当初見込んだ研究開発目標は概ねクリア。
- ・概ね満足すべき成果を得られており、研究開発の進め方においても問題はないと考える。
- ・材料化・エネルギー化ともに良好な成果が得られている。今後も、事業化の推進を継続して頂きたい。
- ・各社とも課題を絞って実証試験を行っており、実用化の面では大いに期待できる。

【問題点・改善すべき点】

- ・研究成果の実施によるPSの有効利用の前提条件が多く個別的で、他工場、他社への波及効果の程度は現状では大きな期待はできない。
- ・事業化可能性、もしくは費用対効果の観点で引き続き評価を行っていく必要のある事業が存在する。
- ・当該研究開発の事業化においては、企業や業界だけでは解決できないような問題も多々あるので、国のバックアップが是非とも必要と思われる。
- ・実証試験では、製品(機械)を絞って研究しているので、実用化は期待できるが、成果の普及は、過大な予測が散見される。もう少し、絞った成果の予測でも充分意義のある研究と思うが。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

今回の4件の研究開発テーマは、紙パルプ産業で必ず排出されるペーパースラッジ（PS）の有効利用のための技術研究開発であり、国の事業として実施する意義がある。

発想や着眼点は段階型、着実型であり、革新的なブレークスルー技術開発にまでは至っていない。しかし、各社が個別に適用できる成果であり、実機レベルでの実用化研究開発という点では、一定の成果が得られており評価できる。ただし、今後、他社や他工場への波及効果という点からは更なる検討が必要である。

また、本技術開発の対象は、地球温暖化対策・エネルギー対策としてだけでなく廃棄物対策に対しても少なからず貢献するものであり、技術開発の資金的援助だけでなく、事業化の障害の除去などを政策面でのこれまで以上の支援が期待される。さらに、実用化にあたっては、研究段階でのPS灰と異なり、製造品種、PS管理方法等によりPS灰の特性がそれぞれの工場で異なるため、PS灰の変動を長期間に亘って把握し、再生紙の特性に影響を与えない利用範囲・方法等の確立も期待される。

なお、PS灰再生紙では、2件のテーマとも焼成の際に生成される場合もあるゲーナイトに触れていないが、この物質が生成する場合は抄紙や塗工に少なからず影響すると思われるため、成果の波及の際にはその対処方法も広く提供されることが期待される。

【各委員の提言】

- ・今回の4件の研究開発テーマは、紙パルプ産業で必ず排出されるペーパースラッジの有効利用のための研究技術開発であり、国の事業として実施する意義がある。しかし、各社が個別に適用できる成果であり、日本の製紙産業の強化につながる成果、世界での競争に打ち勝つ研究成果とまではいいがたい。他工場、他社への波及効果という点からは更なる検討が必要である。また、発想や着眼点は段階型、着実型であり、革新的なブレークスルー技術開発にまでは至っていない。特に、PSについては既に各企業や地方の研究センターで一定の研究成果が得られており、それらを大きく越える研究開発成果にまでは至っていない。しかし、実機レベルでの実用化研究開発という点では、一定の成果が得られており、評価できる。
- ・特に、事業化や波及効果の見通しと評価を詳細に行いつつ、研究開発の費用対効果を分析していかないと、個別研究開発の評価を明確に実施することが難しいのではないかと
- ・事業体制や研究開発実施の工夫等について、事前・事後により詳細に明記（アピール）してもらうように働きかけて欲しい（評価が難しい）。
- ・当該技術開発の対象は廃棄物対策としてだけでなく、地球温暖化対策に対しても少なからず貢献するものであり、国としても技術開発の資金的援助だけでなく、事業化のための様々な障害を取り除く等の政策面にもこれまで以上に支援することが求め

られるものと思われる。

- ・研究段階でのPS灰と異なり、実用に供する場合は、工場や製造品種、PS管理等によりPS灰の特性が異なると思うので、PS灰の変動を長期間に亘って把握し、再生紙の特性に影響を与えない利用範囲・方法等を確立して欲しい。
- ・PS灰再生紙では、2 課題とも焼成の際に生成する酸化カルシウムやゲーレンナイトに触れていないが、この2 物質は抄紙や塗工に少なからず影響すると思うので、成果の波及の際にはその対処方法を知らしめて欲しい。

8 . 評価小委員会としての意見

事前の評価を徹底する等により、企画・立案する研究開発の施策上の必要性や事業化出口等を十分に明確にした上で、研究開発を推進していくことが望まれる。

特に、特定企業内の個別課題に対して国費を投入することとなる場合には、その支援形態等について、慎重な検討を行うなど、政策的な面からの妥当性を十分に追求することが望まれる。

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

「エネルギー使用合理化ペーパースラッジ有効利用技術開発」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

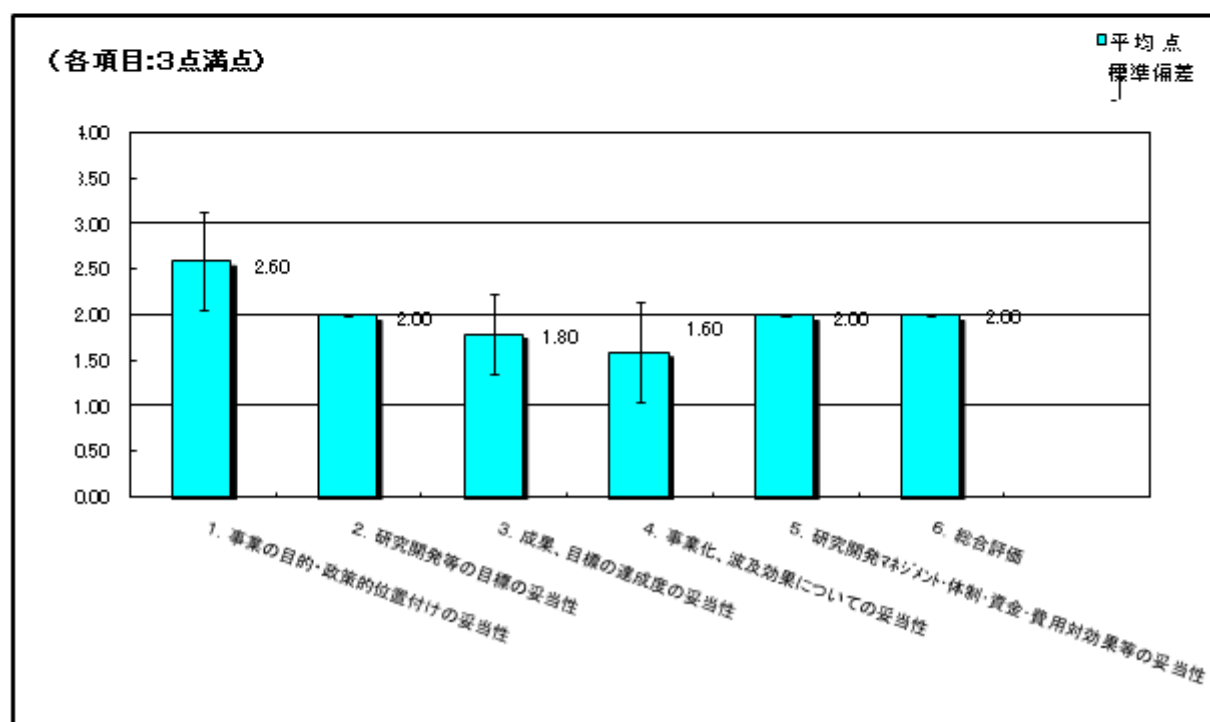
- ・各項目ごとに4段階(A(優)、B(良)、C(可)、D(不可)<a, b, c, dも同様>)で評価する。
- ・4段階はそれぞれ、A(a)=3点、B(b)=2点、C(c)=1点、D(d)=0点に該当する。
- ・評価シートの記入に際しては、評価シートの《判定基準》に示された基準を参照し、該当と思われる段階に を付ける。
- ・大項目(A, B, C, D)及び小項目(a, b, c, d)は、それぞれ別に評点を付ける。
- ・総合評価は、各項目の評点とは別に、プロジェクト全体に総合点を付ける。

3. 評点結果

評点法による評点結果

(エネルギー使用合理化ペーパーラッジ有効利用技術開発)

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	0.55
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.00	0.00
3. 成果、目標の達成度の妥当性	1.80	0.45
4. 事業化、波及効果についての妥当性	1.60	0.55
5. 研究開発マージン・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.00	0.00
6. 総合評価	2.00	0.00



「エネルギー使用合理化ペーパースラッジ有効利用技術開発」プロジェクト評価（事後）

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
<p>発想や着眼点は段階型、着実型であり、革新的なブレークスルー技術開発にまでは至っていない。しかし、各社が個別に適用できる成果であり、実機レベルでの実用化研究開発という点では、一定の成果が得られており評価できる。ただし、今後、他社や他工場への波及効果という点からは更なる検討が必要である。</p>	<p>本技術開発は、従来、産業廃棄物として処理されていたペーパースラッジを有効利用することにより、パルプ化工程等のエネルギー使用合理化を図る技術開発であるため、今回開発した技術の展開は、設備リプレース時期に大きな影響を受けざるをえないが、他社や他工場への展開にあたっては、事前準備として積極的な情報交換が期待される。実用化に係るノウハウやデータの蓄積や情報共有が重要であり、この点につき、業界等における積極的な情報交換が期待される。</p>