

事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発 プロジェクト評価（事後）報告書

平成21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17年3月29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17年4月1日改定）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た「事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発プロジェクト」は、高炉技術を活かし、多様な廃棄物を一括的に受け入れ、原料性状に応じて軽度かつ適切な事前処理を行った後に、熱分解、ガス化及びガス・ターブル改質を最適に組み合わせることによりエネルギー転換の効率化を図り、需要先のニーズに応じた多様な展開が可能となるクリーンなガスを製造するため、平成15年度から平成19年度まで実施したものである。

今回の評価は、この「事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発プロジェクト」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「スラグ利用に係る研究開発プロジェクト等」事後評価検討会（座長：中村 崇 東北大学 多元物質科学研究所 資源変換・再生研究センター 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21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**

委員長	平澤 冷	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・大学院法学研究科ビジネス法務専攻 教授
	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 顧問
	富田 房男	放送大学北海道学習センター 所長
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所 主幹 東京大学先端技術研究センター 特任教授
	山地 憲治	東京大学大学院工学系研究科 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

スラグ利用に係る研究開発プロジェクト等事後評価検討会
委員名簿

座長 中村 崇 東北大学 多元物質科学研究所 資源変換・再生研究センター
教授

一柳 朋紀 株式会社 鉄鋼新聞社 鉄鋼部長

奥村 博昭 鉄鋼スラグ協会 技術部長

小紫 正樹 財団法人 金属系材料研究開発センター 専務理事

宗像 鉄雄 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
環境技術開発部長

(敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省製造産業局鉄鋼課製鉄企画室

事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発プロジェクトの評価に係る省内関係者

【事後評価時】（平成20年度）

製造産業局 鉄鋼課製鉄企画室長 覚道 崇文（事業担当室長）

産業技術環境局 技術評価室長 長濱 裕二

【中間評価時】（平成18年度）

製造産業局 鉄鋼課製鉄企画室長 阿部 聡（事業担当室長）

産業技術環境局 技術評価調査課長 柴尾 浩朗

【事前評価時】（事業初年度予算要求時）

製造産業局 鉄鋼課製鉄企画室長 喜多見 淳一（事業担当室長）

事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発プロジェクト事後評価

審議経過

第1回事後評価検討会（平成21年3月18日）

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

第2回事後評価検討会（平成21年3月31日）

- ・評価報告書(案)について
- ・質疑応答

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成21年4月23日）

- ・評価報告書(案)について
審議の結果、原案のとおり了承された。

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

スラグ利用に係る研究開発プロジェクト等事後評価検討会 委員名簿

事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発プロジェクトの評価に係る省内関係者

事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発プロジェクト事後評価 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	2
4. 評価方法	2
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	2
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	5
2. 研究開発等の目標	10
3. 成果、目標の達成度	14
4. 事業化、波及効果について	31
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	35
第3章 評価	
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	46
2. 研究開発等の目標の妥当性	47
3. 成果、目標の達成度の妥当性	48
4. 事業化、波及効果についての妥当性	49
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	50
6. 総合評価	51
7. 今後の研究開発の方向等に関する提言	52
第4章 評点法による評点結果	53
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	事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発
上位施策名	社会基盤材料関連技術開発施策
事業担当課	鉄鋼課製鉄企画室

プロジェクトの目的・概要

高炉技術を活かし、木質系バイオマス、廃プラ、生活系バイオマス等の潜在的なエネルギー保有廃棄物を一括的に受け入れ、原料性状に応じた事前処理とガス化を行うことで、経済性と原料のフレキシビリティ性に富んだ高効率ガス転換技術を開発する。

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 15 年度	平成 19 年度	平成 17 年度	平成 20 年度	新日本製鐵株式會社
H17FY 予算額	H18FY 予算額	H19FY 予算額	総予算額	総執行額
419,000	268,125	200,544	1,253,669	1,058,604

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

複合廃棄物を高効率でエネルギー転換し、汎用性のあるガスとして利用可能な技術を開発。目標に対する成果の達成度は、以下のとおりであり、PJ全体の目標は達成された。

個別要素技術	目標・指標	成果	達成度
事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発	ア) 冷ガス効率 70%以上	1) 10tプラント試験結果から、200トン/日規模、一般廃棄物(系内蒸気にて乾燥)容リプラ、建廃材を等量混合使用時の結果を推算。 ア) 冷ガス効率 70.5% 1) ガス発熱量 2,035kcal/Nm3	達成
	イ) ガス発熱量 2,000kcal/Nm3 以上 (上記いずれも 200トン/日 実機換算時)		達成
	ウ) ダイオキシン 0.1ng-TEQ/Nm3 以下	1) 10tプラント試験にて改質後ガス中ダイオキシンを測定。 ウ) ダイオキシン 0.013ng-TEQ/Nm3	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

加圧プロセスを想定していた当初計画に対し、常圧においても目標値達成の目処が立ち、かつ操業汎用性・安全性の観点から、常圧プロセスに変更した。尚、ガスタービン発電等加圧向けプロセスへの適用も考慮し、加圧実機設備の試設計までPJ内で実施した。

< 共通指標 >

学会発表等	特許等件数 (出願を含む)
19件	10件

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

本研究開発は、製鉄プロセスで培った知見を活かした廃棄物の高効率ガス転換のための技術開発を行い、エネルギーの多様化や地球温暖化対策を目指したもので、国民・社会のニーズに合致し、事業の目的は非常に重要で、政策的位置付けは極めて明確である。廃棄物をエネルギー資源として活用する「リサイクル」の視点は、ますます重要になると考えられ、環境立国を目指すわが国にとって重要なものであり、その手法もこの分野では独創的で、製鉄業で培った技術を基に産官学共同で推進したことは評価できる。

なお、本技術を製鉄所内で利用する場合は、エネルギーバランスを検討し進めるべきとの意見があった。

2. 研究開発等の目標の妥当性

冷ガス効率70%という高い具体的な目標を掲げている。

なお、廃棄物によってはダイオキシン以外の環境不適切ガスの処理が必要になることから、ダイオキシン以外の有害成分についても設定しておくべきである。また、設定した目標値は、パイロットプラントの結果を元にした実機での予測値としており、得られた結果が達成できるかどうか不明なため、パイロットプラントでの結果を目標値に設定すべきであったと思われる。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

目標値全てを達成するとともに、ダイオキシン濃度に関しては目標値の10分の1に抑える等、所定の目標は達成されている。実機レベルで安定操業条件を確認し、目標レベルをクリアする実験データを得られたことは大きな成果だったと評価できる。

なお、事業化に際しては、都市ごみの乾燥用エネルギー消費量なども重要であり、性能性評価の際に明確化すべきであった。また、大型化に伴い、実機での性能値を予測する上で諸現象が変わってくる可能性も検討すべきであるとの意見があった。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

都市ごみや下水汚泥、木質系バイオマスに加え、製鉄工程では使用が比較的難しい低質プラス

チックなども含めて資源化・リサイクルできることは、循環型社会構築のニーズから考えても意義深い成果と評価できる。事業化については、技術的課題は本事業を通して克服されており技術的には可能である。また、本事業で仮定した導入予測が適切であれば、波及効果についても期待できる。

なお、事業化に向けては、廃棄物の収集方法を検討する必要があり、改質ガスについても、更なる燃焼用途以外での有効利用が望まれる旨の意見があった。

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

本プロジェクトの研究開発計画、実施体制・マネジメントは適切であったと考えられる。産学がうまく連携して研究開発を実施したと評価できる。総事業費を当初見込みより 低く抑えて成果を出し、また、対象原料の変更やプロセス低圧化など柔軟に取り組みつつ、当初の目標を達成した。費用対効果等も妥当である。

なお、実施体制の中に自治体の廃棄物（ごみ処理）の専門家も参画させられれば、さらに実用化に近い成果が得られた可能性があったとの意見があった。

6．総合評価

製鉄プロセスで培った知見を活かした廃棄物の高効率ガス転換のための技術開発を行った本プロジェクトは、国が関与する事業として政策的位置付けも極めて明確であり、社会的意義も大きく、妥当であった。埋立てや単純焼却が行われている廃棄物のガス化プロセスを確立した点は、評価できる。今後は、廃棄物の可能集荷量見込みなど、周辺環境を見極めながら、実現可能な手法を探っていくことが肝要と考えられる。

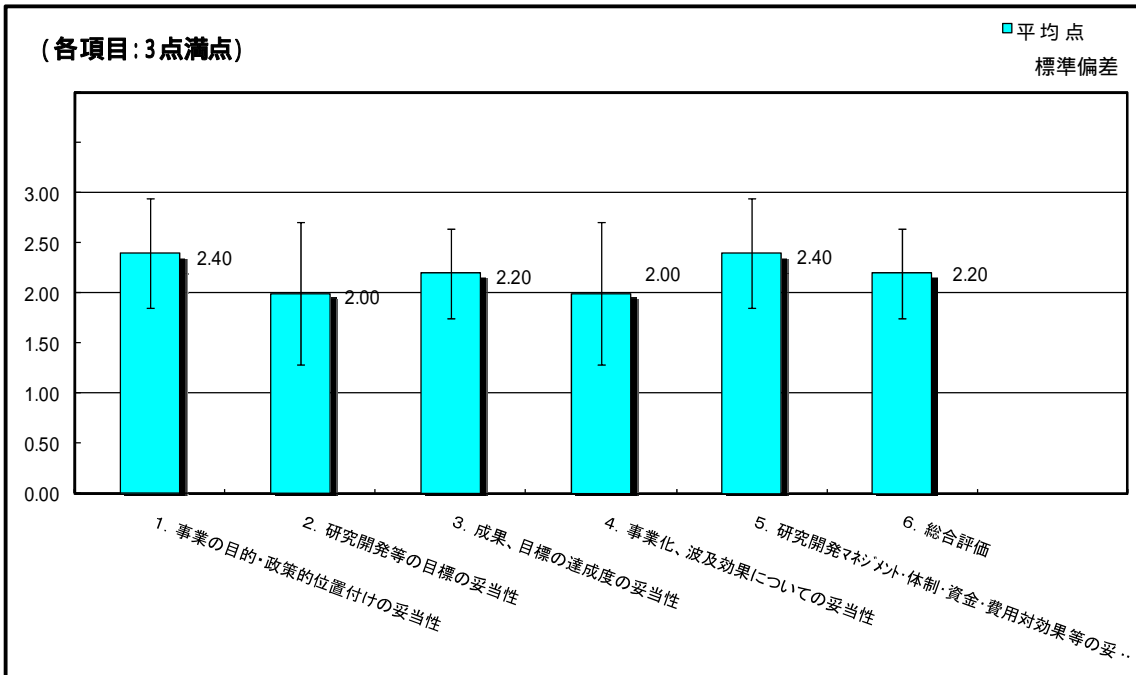
なお、実際の導入に向け、ごみの回収方法や自治体への導入等も考えて、自治体関係者を巻き込んだ事業推進が望まれる。

7．今後の研究開発の方向等に関する提言

廃棄物集荷の問題に加え、設備建設費やメンテナンス費が事業化推進に大きな影響を与えるものと考えられることから、実機建設 F S に当たっては、実機規模での性能検証・低コスト化と立地場所選定を含め、周辺環境なども合わせた詳細な検討が必要と考える。生成ガスの活用方法等も考慮しつつ、自治体等との共同事業化が望まれる。

また、本技術は低級の廃プラスチック処理プロセスとして有効と考えられ、その波及効果も大きなものと予想されることから、廃棄物処理炉としての実用化を期待したい。

評点結果



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17年4月1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) 研究開発に対する経済的・社会的ニーズの反映
- (2) より効率的・効果的な研究開発の実施
- (3) 国民への施策・事業等の開示
- (4) 資源の重点的・効率的配分への反映
- (5) 研究開発機関の自己改革の促進等

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鉄鋼課製鉄企画室が担当した。

3．評価対象

「事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発プロジェクト」(事業期間：平成15年度～平成19年度)を評価対象として、研究開発実施者(株式会社神戸製鋼所株式会社)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調査課において平成19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) 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) 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. 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

1 . 事業の目的・政策的位置付け

1 - 1 事業の目的

我が国は化石資源のほとんどを輸入に依存しているが、昨今の中国、インド等の急速な経済発展を一因とする資源価格の急騰は、エネルギーセキュリティ確保の重要性を再認識させている。また、京都議定書の発効により、二酸化炭素を主とする地球温暖化ガス排出量の 90 年比 6% 削減という国際公約の実現は喫緊の課題となっている。

廃棄物、特に有機性廃棄物は炭素や水素から構成される潜在的なエネルギー資源であるが、一般的に水分が多く発熱量が低いこと、有害物質を含有すること、分散しているために広域収集に関わる諸問題（経済性、法的規制、住民感情他）が存在すること等の課題があり、埋め立てや単純焼却により処理され、エネルギー的にほとんど有効利用されていない、又は利用しても効率の低い利用に止まっているのが現状である。

そこで本事業では、高炉技術を活かし、多様な廃棄物を一括的に受け入れ、原料性状に応じて軽度かつ適切な事前処理を行った後に、熱分解、ガス化及びガス・タール改質を最適に組み合わせることによりエネルギー転換の高効率化を図り、需要先のニーズに応じた多様な展開が可能となるクリーンなガスを製造することを目的とした。

鉄鋼業発信の技術として、鉄鋼業はもとより、社会一般に活用可能な汎用性の高い技術の開発を狙う。この開発の重要な要素は原料に対する技術のフレキシビリティ性、高効率性、経済性の確保であるが、事業性評価の前提となる基礎データである廃棄物発生量調査や、分離回収される金属やスラグの有効利用促進のための調査研究を併せて実施することとした。

本事業の事前炭化式ガス化溶融炉プロセスは、廃棄物を中心とした未利用炭素資源の高効率エネルギー転換技術であり、対象とする廃棄物の自由度が高い（入口条件緩和）、転換効率が高い、プロセス生成物が需要ニーズに対応した多様な展開が可能（出口条件緩和）、等の特徴を持つ革新的なプロセスである。多様な廃棄物に対応可能であり、エネルギー変換効率が高く、かつ生成物の用途設計の自由度を高めることで、貴重な国産のエネルギー資源である廃棄物のエネルギー利用や化学原料利用の経済性を高めることが可能となる。本事業で開発した技術の展開先は、ガス燃料（中・低カロリーガスを燃料として積極的に利用している鉄鋼業他）、化学原料（一酸化炭素、水素等からの合成を行う化学産業；メタノールや酢酸合成、GTL等）、発電燃料・熱利用（各産業；燃料電池原料、廃棄

物発電・蒸気利用・熱利用)、水素製造・利用等やこれらのコンビナートが想定され、産業界や民生への波及効果が大きいものと期待される。

1 - 2 国の関与の必要性

廃棄物、特に有機性廃棄物は、多水分等エネルギー密度の低さ故経済的利用が難しく、我が国の地球温暖化防止におけるエネルギー政策上の「新エネルギー」の柱として位置付けられているが(現在はバイオマス以外は新エネルギー対象外)、その利用、普及は順調には進んでいないのが現状である。例えば、廃棄物発電(バイオマス発電含む)の2010年度における導入見通し345~450万KWに対して、現状は201万KW(2005年度)であり、目標達成には更なる努力が必要である。特に、産業廃棄物は一般廃棄物と比較してエネルギー資源としての潜在量が多いにもかかわらず、ほとんど利用されていない状況にある。また、廃棄物が利用されていないのは、石油や石炭等の化石資源に比べて、特殊な場合を除き広域分散した劣質なエネルギー資源であることから、エネルギー変換効率(廃棄物発電効率;約10%)が低く、大規模設備(例えば200トン/日以上)でなければエネルギー利用としての経済性が成立せず、埋め立てや単純焼却されていることに起因している。

現時点では、石油、石炭等の化石燃料に比べ、低発熱量・高水分原料を中心とすることから、原料廃棄物の収集システム整備(特に木質系バイオマス)、高収集コスト(特に一般ゴミ)等コスト高となる「外部性」の要因があり、市場機能の活用だけでは十分な導入・普及を図ることは困難である。

従って、化石燃料依存度の低下、未利用炭素資源のリサイクル有効利用、最終埋め立て廃棄物の低減を可能とし、「持続可能な循環型社会の構築」に資する本事業の技術開発については、技術的難易度が高いこと、各種産業及び民生を視野に入れた総合的な技術開発を進める必要があること、廃棄物を原料とする場合の広域的、効率的収集の点から行政的要素が大きいこと等から、国が二酸化炭素削減、エネルギーセキュリティ向上、リサイクル推進政策の一環として積極的に関与し、技術確立と早期事業化の支援・推進をすることが必要不可欠である。

1 - 3 政策的位置付け

2005年2月に発効した京都議定書において、日本は二酸化炭素等の温室効果ガスの排出量を2008年から2012年までの期間中に1990年比で6%削減する義務を負っており、その実施には省エネルギー技術が必要不可欠である。

「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(昭和54年制定)及び「エネルギーの使用の合理化に関する基本方針」(平成18年閣議決定)において、「エ

エネルギー消費効率の向上及び効率的な使用」が事業者に求められている。また、「新・国家エネルギー戦略について」（平成18年経済産業省）において、2030年までにエネルギー効率を少なくとも30%改善するとの目標が示されている。

本研究開発は、これらの要請に対応するもので、経済産業省における省エネルギー技術開発プログラム（2007）の「超燃焼システム技術」のひとつに位置付けられていたものである。

1 - 4 研究開発課題設定の経緯

本事業は、実施者において開発されてきた石炭急速熱分解技術*1、廃プラスチックガス化技術*2、廃プラスチックのコークス炉利用技術*3、廃棄物溶解ガス化技術*4、廃棄物熱分解改質技術*5等で培った技術をベースとしており、廃棄物の収集、ハンドリング、高効率なガスエネルギーへの転換、ガス処理の基礎および応用技術、ノウハウを元にプロセスを構築した(図1)。

主要部は熱分解部、ガス化部、改質部からなり、原料廃棄物は熱分解部、ガス化部に並行導入される。熱分解部で生成したガス・タールは改質部でガス化ガス顕熱を利用して改質され、生成ガスとしてガス処理される。処理方法（入口）を2通り与えることで、多種の原料性状に対応できる自由度の高いプロセスとした。破碎性がよくない、あるいはハンドリング性の悪い廃棄物は粗破碎のみで熱分解部に導入する。熱分解部ではガス、タール、熱分解残渣（炭化物）が生成する。固形物は炭化されることで体積が減ると共に破碎性が劇的に向上するため、破碎性の良好な廃棄物や微粉状廃棄物とともに数 mm 以下にして金属を除去した後で噴流床のガス化部で部分燃焼する。ガス、タールは改質部でガス化部からの高温ガスとともに酸素、水蒸気で改質して一酸化炭素、水素主体の生成ガス（合成ガス）を製造する。既存技術に対する転換効率の優位性は、1)熱分解部において高炉や廃棄物ガス化溶解炉で技術蓄積したシャフト炉による直接熱交換方式を応用した熱分解技術、物流制御技術を核とし、外熱式（間接式）に対する技術的優位性を確立すること、2)ガス化部は短時間（2秒程度）反応によるコンパクトで転換効率の高い噴流床（気流層）ガス化方式とし、放散熱低減や、炭化物からの金属分離により可能となるガス化温度低温化によって高効率化すること、3)ガス化部からの高温ガス顕熱を改質反応へ直接利用することでガス潜熱への転換をすること、等で確保する。

主生成物のガスは、一酸化炭素、水素を主成分とし、メタン、エタン等の

炭化水素を数%含有する2,000~2,500kcal/Nm³の熱量のガスとなる。ガス中のダストは除塵設備で、塩素(塩化水素ガスで存在)は脱塩酸設備で除去し、硫黄(硫化水素、COSで存在)は脱硫設備で除去してクリーンなガスにして利用先に排送する。利用先としては、一酸化炭素、水素からの化学製品(メタノール、酢酸、DME、ガソリン他)合成用原料、含有分の多い水素を分離したりメタノール等を合成しての燃料電池原料および自動車用燃料、既存工業用の中カロリーガス(たとえば製鉄工程では転炉ガス相当)として発電設備、燃焼炉への適用、微粉炭ボイラへのガス燃料としての利用等、利用先の条件に合わせてガス精整をする。

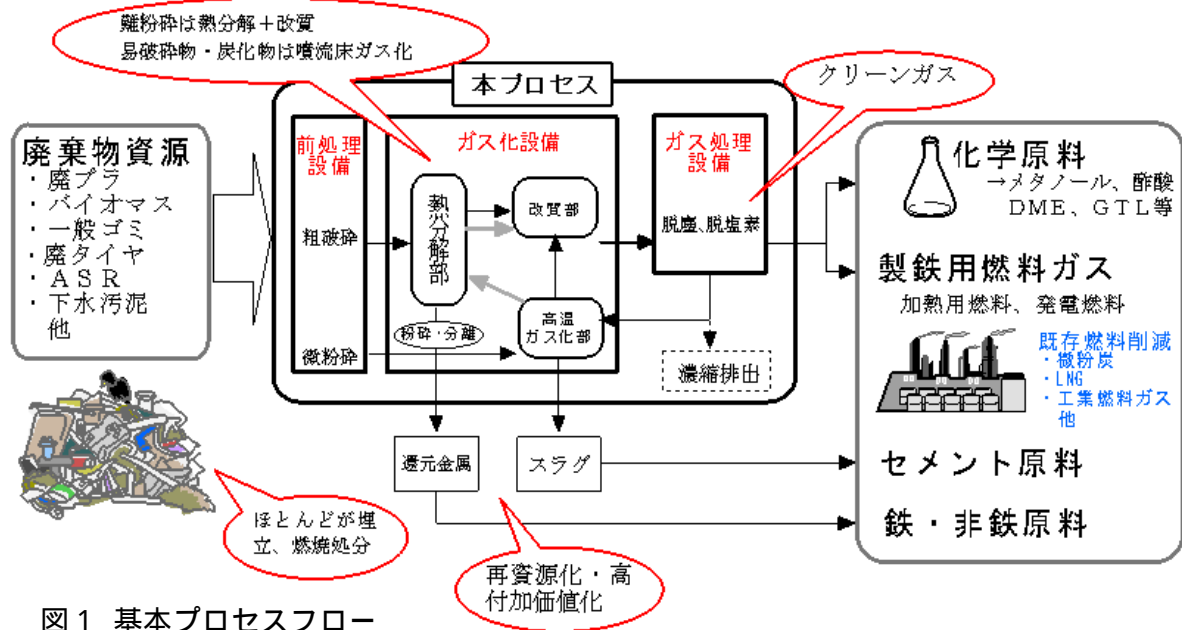


図1 基本プロセスフロー

副産物の中で、主に鉄、銅を中心とする金属は還元されており、還元エネルギーが不要な良質の原料として鉄鋼、非鉄金属工業で使用する。スラグ、ダストは、セメント原料や鉄鋼業内でのスラグリサイクル工程で使用する。硫黄、塩素は、無害化処理が基本だが、原料中濃度が高い収集環境が予測される場合は、リサイクル利用が可能なプロセスを提案する。

なお、本プロセスでは噴流床ガス化部、改質部に関しては、加圧により反応炉容積が減り(すなわち表面積も減る)、放散熱が減少することから総合効率の向上が見込めるため、加圧設備検討を並行して進めている。圧力の選定についてはプロセス検討と必要試験実施の上で、設備コスト、操業性(必要人員等の操業コストを含む)を踏まえた経済性の観点で実機での最適条件を決定する。ただし、タールの加圧挙動が不明確であること(要素研究を実施する)、シャフト型熱分解部への加圧効果(放散熱減少効果)が小さいこと、原料の装入・炭化物の排出設備負荷や開発要素が大きいこと(高コスト

要因)、操業性や安全性の観点等から、高効率を保ちながら、可能な限り低圧側を指向する。なお、平成 15 年度、16 年度の試験により常圧で目標値達成の見通しが得られたため、パイロットプラントは常圧設備とすることとした。

本事業での開発の中で重要な要素技術として、熱分解タールの性状・挙動把握(特に廃棄物複合時の相互影響、加圧時挙動)、タールの触媒改質技術の確立(タール量低減や改質部の低温化によるさらなる効率向上)、不適物(重金属)挙動把握・最適除去プロセスの構築等がある。多種の廃棄物を一括して評価する必要があり、先行関連技術や試験・調査手法を保有する最先端の大学との共同研究により、データの汎用化(一般化)と開発速度向上を狙った。

更に本技術開発では、本技術を導入する地域の廃棄物収集条件やガスの使用目的に応じて最適なプロセスを構築することを最終目標とした。また、プロセスの環境適合性、経済性を確保するために、使用エネルギー最小限化(特に酸素)かつコスト最小限化を狙う必要がある。このため、開発期間内にプロセスシミュレーターの構築(前者評価)及び状況調査とフィージビリティスタディ(後者評価)を実施し、トータルシステムとしての最適設計を行った。

- *1 新日本製鐵(株)研究(S60~)、NEDO 石炭利用次世代技術開発調査 石炭熱分解技術分野 (H4Fy~H7Fy、H12Fy)、CCUJ 石炭生産・利用技術振興補助事業 多目的石炭利用技術に関する研究{多目的石炭転換技術}(H8Fy~H12Fy)
- *2 NEDO 廃プラスチックメタノール化技術開発(H12Fy)
- *3*4 新日本製鐵(株)技術
- *5 移動層廃棄物熱分解技術(新日本製鐵(株)研究)、NEDO 廃タイヤ熱分解改質技術開発(H14Fy)、A S R 熱分解改質技術開発(新日本製鐵(株)研究)

2 . 研究開発目標

2 - 1 全体の目標設定

本研究開発は、高炉技術を生かし、多様な廃棄物（木質系バイオマス、一般ゴミ、廃プラスチック、下水汚泥等）を一括的に受け入れ、原料性状に応じて適切に事前処理するとともに、熱分解、ガス化及びガス改質を組み合わせることにより、経済性と原料のフレキシビリティ性に富んだ転換技術を開発するものであり、表1に示す具体的な数値目標を設定して行った。

表1 全体目標

目標・指標	設定理由・根拠等
想定原料・実機規模で下記を達成する目処を得る。 ・冷ガス効率 70% ・発熱量 2,000kcal/Nm ³ ・DXN 0.1ng-TEQ/Nm ³	・下記目標設定根拠 ア)に記載 ・下記目標設定根拠 イ)に記載 ・下記目標設定根拠 ウ)に記載

目標設定根拠

7) 廃棄物から原燃料ガスへの転換効率（冷ガス効率） 70%以上

- ・低発熱量のバイオマス、下水汚泥、灰分の多いASR等を含む未利用炭素質資源のエネルギー転換利用においては、できるだけ転換効率の高いプロセスが求められる。特に冷ガス効率は、エネルギー転換プロセスの基本的な指標であり、これができるだけ高いプロセスとする必要がある。
- ・本事業と同じ技術分野（廃棄物から発熱量を持つガスを製造）に属す廃棄物ガス化発電技術においては、生成ガス発生時の冷ガス効率（発生ガス発熱量 / 原料発熱量 × 100）は62～70%であるが、熱分解工程の加熱に必要な熱量を確保するために生成ガス熱量の30～40%（原料熱量の22～25%）を燃料として系内使用しており、それを控除した実質的な冷ガス効率（発電用を使用できるガス発熱量 / 原料発熱量 × 100）は37～48%である。本事業ではこれを大幅に上回る冷ガス効率を狙う。
- ・本事業が市場に提案される時点で十分な競争力を持つためには、廃棄物ガス化以外の先行技術に対しても競争力を持たなければならない。主な市場は廃棄物発電で、現段階での一般的なゴミ燃焼発電方式で14～20%（200t/日規

模)、原料前処理や外部化石系エネルギーを使用した特殊な高効率発電方式*7*8(200~300t/日規模)で26~34%の送電端発電効率である。従って本事業を発電に適用した場合には、一般的方式を凌駕することが必要であり、さらにプロセス外での前処理や外部エネルギーを使用した最先端技術並みを狙う意味で、30%前後の送電端発電効率が達成できるレベルを要求される。本事業でのガス用途は発電のみではないが、生成ガスを全量ガスタービンコンバインドサイクル発電に利用した場合、70%以上の冷ガス効率を得ることで30%前後の送電端効率が達成可能となる(実証規模200t/日)。本事業では、ガス化部(高温での部分酸化)のコンパクト化による放散熱低減とシャフト型熱分解炉での直接熱交換による効率向上、多種廃棄物の利用による収集スケールメリットにより、前処理エネルギー・外部エネルギーなしに70%以上の潜熱を回収できるプロセス構築を目標とした。

*7 ゴミ固形燃料(RDF);石灰等を混合したRDFを使い、原料エネルギー密度の向上や脱硫、脱塩による蒸気高温化(腐食防止技術)で効率を向上する。RDFの安定供給とRDF製造にエネルギーが必要であることが課題。

*8 スーパーゴミ発電;天然ガス等の燃料を併用し、燃料のタービン燃焼排熱を蒸気温度上昇に利用して効率を向上。外部燃料(特に化石燃料系)を必要とすることが課題。

イ)生成ガス発熱量 2,000kcal/Nm³-dry 以上(現状:1,200~2,000kcal/Nm³-dry)

- ・本事業により発生する生成ガスは、一酸化炭素、水素を主成分としたガスであり、工業用燃料、ガスエンジン燃料、ガスタービン燃料、化学品原料(メタノール、GTL、酢酸等)、燃料電池用燃料(そのまま/水素分離)、水素製造等の用途を想定している。
- ・本事業では、開始段階でのモデルケースとして福岡県北九州市で製鉄工程用ガス燃料の製造を想定した。このケースで即時利用が可能なガスの発熱量として2,000kcal/Nm³-dry 以上を設定した。この発熱量は転炉ガス(LDG)相当であり、既存のガス関連設備での直接利用が可能である。

ウ)生成ガス中有害物資の発生抑制:ダイオキシン0.1ng-TEQ/Nm³以下

- ・本プロセス生成ガスは一次製品であり、工業用燃料、ガスエンジン燃料、ガスタービン燃料、化学品原料、燃料電池用燃料、水素燃料としての使用を予定している。工業用燃料、ガスエンジン燃料、ガスタービン燃料等、後段に燃焼工程を有する使用先については、外部にガスが出ることはなく、燃焼設備に依じて対策を施すため本プロセスガス生成段階でのダイオキシン生成量は問題とならない。従って、化学

品原料、燃料電池用燃料、水素製造(特に輸送用燃料としての水素を製造する場合)等でガスを外部に提供する場合を前提として現状の廃棄物ガス化炉(直接法規はないが廃棄物焼却炉並)の法規制を満足する0.1ng - TEQ/Nm³以下レベルを達成することとする。基本的には還元雰囲気であること、改質炉で1100℃、2秒以上の高温を確保していることから、生成・再合成とも少ないと考えているが、PP試験において適宜ガス分析を実施し、ダイオキシン量の確認と、必要な場合には対策を実施することとする。

2 - 2 個別要素技術の目標設定

2 - 2 - 1 研究開発ステップ

本事業では、噴流床ガス化、熱分解、改質を組み合わせたプロセスを、パイロットプラント規模(～20トン/日)試験により検証する。新規技術である熱分解部の開発課題が大きいことから、下記ステップごとに内部評価を実施し、最適プロセスを構築した。

・ ステップ1【基礎技術検証】：実施者所有の既存設備(一般廃棄物用シャフト型炉；常圧)での廃棄物熱分解挙動把握試験実施、評価。加圧効果と設備・操業コストの最適点評価(最適圧力把握)。既存設備(同上)でのガス化高温ガス利用熱分解試験実施、評価

・ ステップ2【PDU試験】：ステップ1結果を基にプロセスを絞り込み、主要部分の開発用設備(PDU：Process Develop Unit)を製作して試験を実施した。また必要に応じ、並行して要素機器開発を実施した。

・ ステップ3【PP設備製作・試験】：ステップ1、2を織り込んだ最適設備とし、製作、試験を実施した。

これにより、中間評価までに熱分解、ガス化、改質を最適に組み合わせたプロセスの目処をつけ(ステップ1～2)、最終的には、PP試験結果から、硬質プラスチック2万トン、軟質プラスチック1万トン、シュレッダーダスト1万トン、建設廃木材1.5万トン及び生木0.5万トン(いずれも年間投入量)を想定した実証・実機設備において、以下の目標の見通しを得る(ステップ2～3)。

ア)廃棄物から原燃料ガスへの転換効率(冷ガス効率) 70%以上

冷ガス効率(LHV基準)

$$= \{ \text{ガス生成物発熱量} \times \text{ガス生成量} \} / \{ \text{各炭素資源発熱量} \times$$

各炭素資源量[dry ベース] } ×100

(現状 5 0 % 程度 (廃棄物ガス化、内部使用ガス控除後))

1) 生成ガス発熱量 2,000kcal/Nm³-dry 以上

(現状 : 1,200 ~ 2,000kcal/Nm³-dry)

(工業用ガス燃料としての使用を想定した場合)

り) 生成ガス中有害物資の発生抑制 : ダイオキシン 0.1ng - TEQ/Nm³ 以下

想定原料：。本プロセスは地域の廃棄物発生量（賦存量）ごとにフレキシブルに対応することを特徴とするため、目標値は個別原料比率やガス利用先に応じて設定すべきだが、数値目標を明確にするため、具体的な設置想定をすることとした。事業当初の想定原料は、硬質プラスチック 2 万トン、軟質プラスチック 1 万トン、シュレッダーダスト 1 万トン、建設廃木材 1.5 万トン及び生木 0.5 万トン（いずれも年間投入量）。ア)～ウ)の数値目標は、事業開始前の調査による原料を基準としており、福岡県北九州市に設置した場合（特に項目イ)は実施者が所有する八幡製鉄所内でのガス利用）を想定している。その規模は、プラスチック類は、実施者の製鉄所（八幡、君津、名古屋、室蘭）容器包装リサイクル法プラスチック収集・処理実績及び北九州地区産廃プラ発生量から妥当な処理量を、建設廃木材は、北九州市での年間発生建廃量 12～13 万トン/年の内 15%程度を利用可能とした。またシュレッダーダストは、北九州エコタウン地区での処理 9 万トン/年の 10%規模を想定した。生木は、福岡県の林地残材発生量(84,000m³程度*6)の 10%に街路樹等の発生を見込んだ。本事業開始後、平成 15 年度の廃棄物発生状況調査の上、原料前提の修正を実施した。大きなポイントは、シュレッダーダストを主原料から除外し、一般廃棄物（都市ゴミ）を主原料に加えた点である（平成 16 年度第二回技術委員会承認事項）。その結果、一般廃棄物 2 万トン/年、木質バイオマス 2 万トン/年、廃プラ 2 万トン/年を実機計算ベースの主原料とした（100 トン/日/基×2 基）。

*6 NEDO 平成 13 年度新エネルギー等導入促進基礎調査(バイオマスエネルギー高効率転換技術に関する調査)

3 . 成果、目標の達成度

3 - 1 成果

3 - 1 - 1 全体成果

本事業は、ほぼスケジュール通り進捗し、目標とした値（性能値）を実機で達成する目処を得た。

現状廃棄物構成を元にした原料構成の変更等があったが、プロセス絞り込み、パイロットプラント建設、パイロットプラント試験をほぼスケジュール通り実施し、本事業での目標値を達成できた（パイロットプラント試験結果からの実機性能推定値による）。技術的には、本プロセス（Cプロセス）の特徴の一つである生成ガスリサイクル利用によるプロセス技術を確立したこと、最もハンドリングが難しい一般廃棄物（都市ゴミ）や建設廃材残渣においてシャフト型熱分解炉での安定物流が達成したこと、操業安全の面から早期事業化が狙える低圧操業でプロセス技術確立したこと等が主要な成果である。

大規模基礎試験、PP試験を通して、本プロセスの最大の技術課題であるシャフト型炉での安定熱分解を、実機の1/10規模、複合廃棄物で実施できたことの意義は大きい。特に一般廃棄物（都市ゴミ）はそれ自体が性状、形状が多様な混合廃棄物であり（特に今回使用した一般ゴミには炊飯器、雑誌、自転車の一部等本来分別されているはずのものも含まれていた）、また一般廃棄物と木材とプラという、本プロセスの特徴である多種の廃棄物の一括処理技術が実機使用可能なレベルに到達したと判断できる。ただし、プラスチックのように単独では熔融（液状化）して層が保てなくなるため、シャフト炉での熱分解に向かない原料や、建設廃木材残渣のように低融点灰分の存在により還元ガス雰囲気でクリンカを生成する原料等、操業に工夫が必要なものが存在し、プラでは混合（ex.木材+プラ）、スペーサ利用（ex.アルミナボール）等の対策が、建設廃木材残渣では熱分解温度を下げたり、混合（ex.木材）する対策が必要になる等、操業安定化対策が必要になる原料・場合も把握できた。

個別要素技術の中では、改質温度を800℃まで下げることが可能な鉄-ドロマイト-ニッケル系触媒を開発できたこと、シャフト炉特有の反応を組み込み、生成するガス成分が精度良くシミュレートできる炉内反応モデルを開発できたこと、シミュレーションモデルが一定のレベルに達し実機規模設備の性能推定が可能になったこと、ガス化時に対応が必要になる重金属類の内、リンのスラグ固定化とリン抽出条件を得たこと、一般廃棄物の炭化物を実際に破碎・分離する試験を実施することで実機を想定した炭化物処理プロセスを構築できたこと等によ

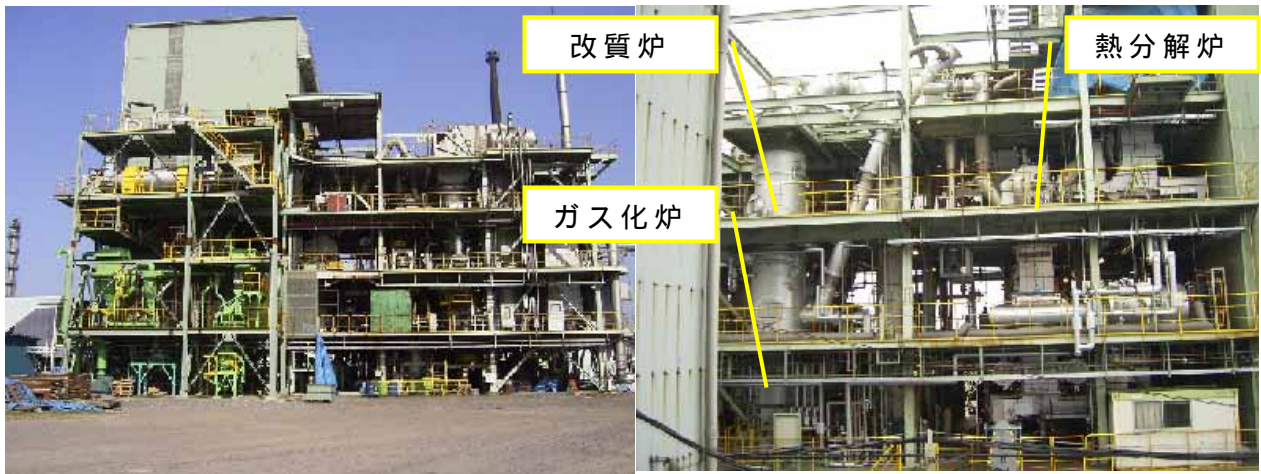
り、パイロットプラント設備設計への技術的な反映ができ、精度の高いパイロットプラント試験が可能になった。

以下にその詳細を記載する。

事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発

本事業では、中間評価までに熱分解、ガス化、改質を最適に組み合わせたプロセスを策定（絞り込み）し、その性能達成の目処をつけることとした。それに必要な大規模基礎試験（既存設備による一般廃棄物熱分解）を実施した結果、短期間でパイロットプラント規模の熱分解データを取得することができ、解析・評価の結果、高温ガス顕熱熱分解タイプの熱分解炉を使用したプロセス（C）において、研究開発目標を達成可能でかつ安定的な操業が見込めることが判明し、パイロットプラント設備に採用した。また、早期事業化、操業安全性の面から低圧プロセスの可能性を志向し、常圧にて目標が達成可能であることを確認した。ただし、加圧によるプロセス効率向上効果や、ガス利用プロセスによっては加圧が必要であることから（ガスタービン、燃料電池等）、試設計を実施して加圧設備技術を担保することとした。中間評価以降は、P P 試験設備を製作、設置し（平成 18 年 6 月竣工）、P P 試験を予定通り 9 試験実施した結果、安定操業と、生成ガスリサイクルシステムが検証できたとともに、実機における目標値達成の目処を得た。

次頁に、パイロットプラント写真、試験経過、原料別試験結果概要を示す。



PP 全景

主要部

			目的	原料
H18	HR - 1	H18/6/26-	設備立上げ、性能確認	木材
	HR - 2	H18/8/7-		都市ゴミ
	Run1	H18/10/2-	安定操業、自燃トライ	木材
	Run2	H18/11/13-	安定操業、鉍石 + プラ	湿都市ゴミ、鉍石 + プラ
	Run3	H19/1/23-	複合廃棄物熱分解	都市ゴミ、木材、プラ
	Run4	H19/2/20-	安定操業、下水汚泥ガス化	乾燥都市ゴミ、建廃残渣
	Run4-2	H19/3/13-	鉍石 + プラ	鉍石 + プラ
H19	Run9	H19/6/11-	他原料	石炭熱分解、下水汚泥ガス化
	Run5	H19/10/1-	ガス処理、リサイクル	複合廃棄物
	Run6	H19/11/12-	長時間	複合廃棄物
	Run7	H19/12/17-	スケールアップデータ、SOEC	木材
	Run8	H20/1/23-	長時間、他原料	木材、建廃残渣

試験経過

主要三原料			その他原料	
都市ごみ	木材	廃プラ	下水汚泥	建設廃木材残渣
・現在自治体で処理 ・発生量多く安定して存在 ・多水分、性状、形状不均一	・建設廃木材、間伐材、製材廃材等 ・CO ₂ 削減効果大	・一定の量が確保可能な容リプラ ・均質原料多い産廃プラ	・自治体処理物 ・汚泥ケーキ(水分80%)を乾燥(10%以下)	・建設廃材の10% (プラ、石膏ボード) ・処理ニース大

単独	不安定(湿ごみ)	安定 [長時間]	安定 (ガス化のみ)	不安定 (クリンカ生成)
	安定(破碎乾燥)			安定 (低熱分解温度)

複合	安定		安定 (木材と混合)
		安定	
	安定 [冷ガス効率63%][長時間]		

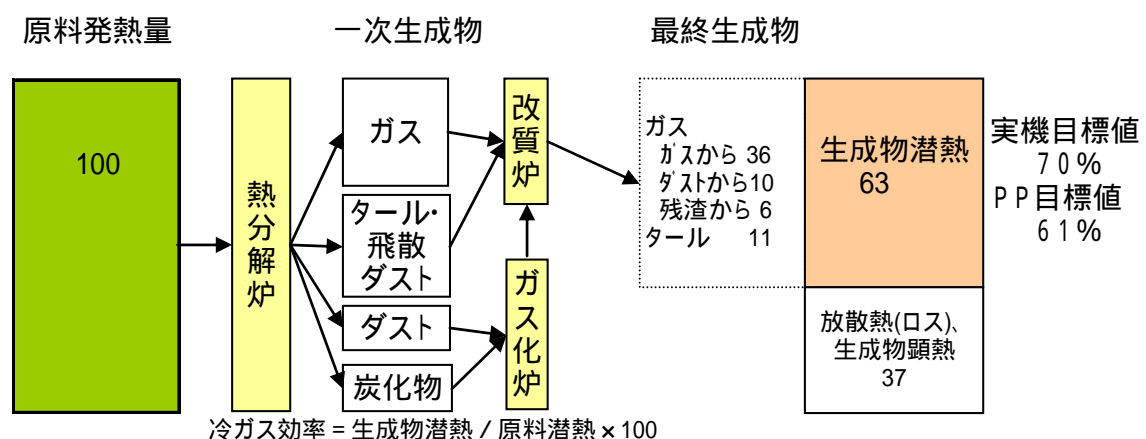
その他	リサイクルガス燃焼プロセスの検証; 良好 片側バーナによるスケールアップ性確認; 良好	プラ + 鉍石(スベ-サ効果、改質効果期待); 変動大、改質不十分 木材 + 石炭(スケールアップ効果、石炭改質期待); 操業良好、高度改質難 木材自然(石炭燃焼ボイラへの付加使用狙い); 操業良好
-----	--	---

原料別試験結果

主要三原料（都市ゴミ、木材、廃プラ）を基本とし、都市ゴミ、木材の単独試験、都市ゴミ + 木材、木材 + 廃プラ、都市ゴミ + 木材 + 廃プラの複合廃棄物試験等を各種条件（熱分解ガス温度、熱分解ガス量・ガス成分、原料投入、炭化物排出速度他）を変えて実施した。またハンドリングが難しい原料（建設廃木材残渣；低融点灰成分があり、灰の熔融凝集物であるクリンカが発生しやすい）、下水汚泥（乾燥物をそのまま噴流床ガス化に投入）等の試験、付加的価値を狙った、プラ + 鉍石（スペーサ効果に加え、鉍石の改質や還元を期待）、木材 + 石炭（スケールアップ効果に加え、石炭性状の改質を期待）、木材自燃（A型プロセス試験。木材は灰分が少なくクリンカを作りにくいいため操業が可能。石炭燃焼ボイラへの追加利用。設備費最小限）等の試験も実施した。その結果、事業の目標値に関しては、下記の通り実機において達成できる目処を得るとともに、主要三原料（単独、組み合わせ時）の安定操業達成、建設廃木材残渣での安定操業条件把握、下水汚泥ガス化の安定ガス化操業達成等の結果を得た。付加価値を狙った試験では、自燃操業での安定操業性が確認できた（他は効果が不十分）。

・ 目標値と結果：

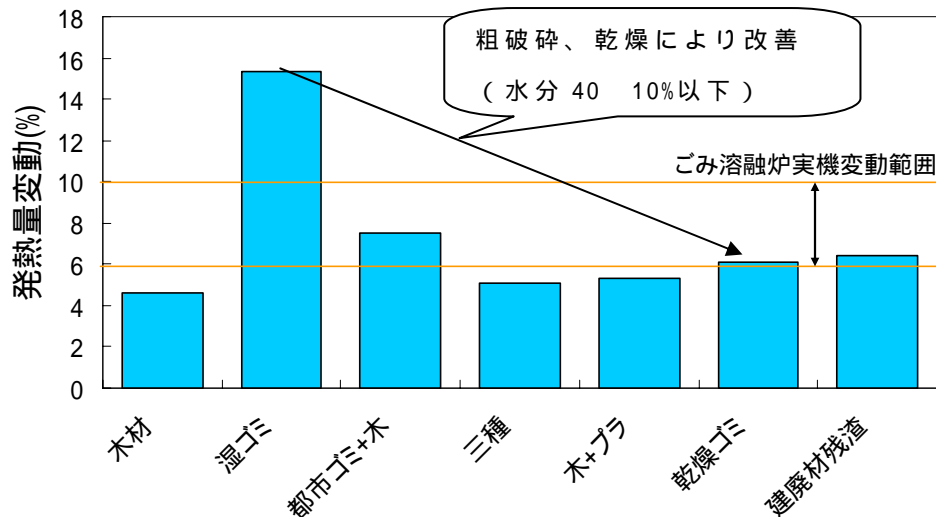
ア) 冷ガス効率 70% 以上；実機での乾燥都市ゴミ、木材、廃プラの等量混合使用時（200トン/日）を想定した、乾燥都市ゴミ、建設廃木材、購入純プラ混合試験（Run 3）結果を基に -1 スケールアップを適用した結果、70.5%の冷ガス効率が見込み（PP規模での計算上の目標値は61%に対し、63%を得た）。



イ) 発熱量 2,000kcal/Nm³ 以上；ア)の条件にて 2,035kcal/Nm³ (dry、LHV)

ウ) ダイオキシン 0.1ng-TEQ/Nm³ 以下；PP試験（Run 3）において、測定値は 0.013ng-TEQ/Nm³ となった。ア)イ)と異なりスケールアップによる影響はほぼ無いと考えられるため、実機においても本目標値は達成可能と考えられる。ただし、実証実機における確認は必要。

安定操業に関しては、下図の通り、湿ゴミ（回収してきたゴミ袋のまま使用）を除いてガス発熱量の変動を低く保つことができた。また湿ゴミは、粗破碎、乾燥によって安定操業が可能になることを確認した。



3 - 1 - 2 個別要素技術に係る研究開発成果

基礎特性把握

-1 触媒を用いたタール改質技術の開発

鉄系材料の触媒を探索し、微粉鉄鉱石とドロマイトに微量（1質量%程度）のNiを添加した触媒を開発した。従来のNi系触媒に比べ高濃度の硫化水素存在下でも問題なくタール改質性能を発揮した。また、パイロットプラントで実改質ガス（都市ゴミ、木材、プラ等のパイロットプラント生成改質ガス）使用試験を実施し、ラボ試験と同等の高いタール水蒸気改質特性を得た。さらに、実機化時に課題となる粉化に対しても、バインダ種類、量及び焼成温度等の工夫により、粉化の少ない触媒の調製に成功した。

-2 熱分解発生タールの構造、物性評価

混合熱分解特性；木材と各種プラスチックの組み合わせ、石炭とバイオマスの組み合わせにおいて、ラボ試験により混合熱分解時（前者は加圧時特性も調査）の熱分解特性を調査し（生成物・収率評価）、加成性が成立することを確認した。石炭とバイオマスの相互作用については、二次分解のコークにより炭化物のガス化反応性が低下することも判明した。また生成物性状と原料発熱量情報から原料成分を定式化することに成功した。成分が特定しにくい混合廃棄物の原料予測が初めて可能になった。

シャフト炉反応モデル；対向流直接熱交換方式での熱分解反応モデルを作成し、パイロットプラント実測データを適用し、比較評価した。対向流熱交

換方式により、熱分解ガス・タールが発生した場所の雰囲気温度（ガス側温度）が熱分解ガス・タールの温度より高くなる（200 K程度）ことでタールの分解、水蒸気改質が促進される（ガスが多くタールが少ない）、という、シャフト炉内で特有の現象を良く模擬し、パイロットプラント実測データ（ガス成分等）との整合性が良好であることを確認できた。また操業条件の中では温度分布の影響が最も大きいことが判明した。

-3 タール改質最適化技術の開発

小規模（5kg/h）ではあるが、熱分解 - 改質を、温度を下げることなく一貫して実施できる装置を製作し、木材やRDFの試験結果を基にパイロットプラント操業条件を設定した。パイロットプラント操業後は、小回りがきく特長を活かして、試験支援のための操業条件調査を計画していたが、パイロットプラント操業安定性が高く、改質炉での大きなトラブルがなかったため、平成18年度以降試験は未実施。

生成物利用技術の開発

-1 クリーンガス製造技術の開発

各種廃棄物の中で特に注意が必要な重金属（ヒ素、水銀、リン）に関し、複合系の熱平衡計算から理論的に安定な状態を規定することができた。またリンに関しては、下水汚泥中に大量に含有することから、回収・利用を狙い、スラグへの固定化条件を把握するとともに、固定したスラグからのリン抽出を酸、アルカリ抽出試験を実施することで最適化した。またリン抽出後スラグの利用検討も実施した。

-2 生成物利用技術の開発

主生成物であるガス以外の生成物としては、スラグ、炭化物、タールがある。他の項での開発が適当と判断されたスラグに関しては、その項（-1）で実施とした。タールに関しては、本プロセスでは-1項で熱分解発生タールの分解・低減を狙うが、別途積極的に分離・利用するプロセスを想定し、分離膜によるタール - 水分離の可能性につき調査した。2段式膜により放流可能な程度の水質を確保できた。炭化物に関しては、重点的に炭化物（特に共ガス化時）のガス化特性調査を実施し、共ガス化特性を把握した。

その他

-1 反応シミュレーション

熱分解、ガス化、改質の要素ごとに熱・物質・化学反応を組み込んだシミ

ュレーションモデルを構築した。特にモデル化例が無く開発要素の高いシャフト型熱分解炉に関しては、高炉で開発、技術蓄積したモデルを元に大規模基礎試験のデータを表現可能なモデルが作成できた。このモデルのシミュレーション結果を元に、プロセス絞り込み（ ）を実施し、その結果をマテリアルバランス等に反映し、P P 設備基礎仕様を確定した。また P P 試験後は、試験データを用い、リサイクルガス使用下でのモデル検証、精度向上検討を実施し、プロジェクト目標値算出に使用した。

-2 前処理技術の開発

炭化物； で実施した大規模基礎試験で生成した炭化物を実際に破碎・分離し、収率、性状等把握することで、P P 及び実機設計に資するデータを取得した。一般廃棄物の破碎・分離試験では、がれき・金属等の分離が比較的単純に実施できるシステムの検証ができたものの、噴流床ガス化に使用可能な粒度の炭化物歩留まりが低いこと等が判明した。また木材の炭化物の破碎工程では、石炭と同等以下の動力で破碎することが可能であること等が把握できた。乾燥設備に関しては、既存技術を調査・収集し、パイロットプラント設計に反映し、予想通りの性能を得た。

木材前処理；多種廃棄物を扱うためには多種の形状、性状に対応した前処理を実施する必要がある。破碎性が課題である（必要動力が大きい、破碎効率が悪い等）木材の中で、具体的処理ニーズのある枕木の破碎試験を実施した。通常材（杉建材）より堅く、破碎動力がさらに大きいことが予想されたが、瞬間的には破碎電流値は高いものの、短時間で破碎が完了するため、通常材との差はほとんど無いことが判明した。

トータル利用プロセスの構築

-1 プロセスエネルギー最適化検討

石油化学系で使用されるエネルギーシミュレーターを使用して、プロセスモデルを組んだ。プロセス効率はほぼ想定通りであったが、 -1 反応シミュレーションでエネルギーバランス検討を、 -1 で有害物の分離・回収検討を実施する方針に変更したため、平成 17 年度以降は実施していない。

-2 適用モデル

の経済性評価のための適用モデル設定を狙い、各種調査を実施した。

廃棄物発生状況調査；製鉄所に設置する前提で、4 箇所の製鉄所近傍で収集・利用可能な廃棄物の発生状況を調査した。本事業開始時点からの情勢変化や、実際に使用可能な原料量調査結果から、産廃プラ、建廃、A S R を主とした原料構

成から、一般廃棄物（都市ゴミ）、下水汚泥、容リプラ、建廃木材を主とした現実的な原料構成に前提条件を変更した。

ガス利用状況及びごみ焼却炉等実態調査；前者は本プロセスで生成したガスの適用先として、製鉄プロセスに限らず、重油（近年価格高騰）の代替を想定した調査、後者は複合廃棄物処理プロセスとして、日本における適用最大量、分布を想定するための調査。鉄鋼業以外のガス利用用途として、重油等を使用している燃焼設備の規模、数量等把握した。また代替が可能な設備としてごみ焼却炉等の設備数、規模を把握した。

経済性評価

一般廃棄物（都市ゴミ）、建廃木材、廃プラ（容リプラ）で構成される複合廃棄物を処理する場合の実機（100T/日×2基）ケース（ガスエンジン発電があるケース、無いケース）、既設微粉炭発電所へのガス直接接続ケース、既存ごみ処理設備代替としてのケースにつき、設備費、ユーティリティ価格等に関する感度分析を中心に実施した。

3 - 1 - 3 特許出願状況等

1) 特許関連 ; 特許査定 1 件、公開 8 件、出願 1 件

- ・ 特許第 3914474 号「炭素質資源のガス化方法及びその装置」
プロセス基本特許。ガス化、熱分解、改質の組み合わせと適正温度等を提示。
- ・ 特開 2004-75852「炭素質資源のガス化方法及びその装置」
圧力による効果（加圧）。
- ・ 特開 2006-316170「炭素質資源のガス化方法及びその装置」
プロセス基本特許。高温ガス顕熱による熱分解（Cプロセス）。
- ・ 特開 2006-250470「ゴミ処理炉の上部に配置されるゴミ装入装置」
設備特許。装入部の具体的シール構造。
- ・ 特開 2007-169515「燃料用炭化物及び燃料ガスの製造方法」
クリンカ発生やタール付着を防止するガス製造方法。
- ・ 特開 2007-238791「矩形シャフト型熱分解装置」
矩形シャフト炉の最適な熱ガス吹き込み方法。
- ・ 特開 2007-238782「炭素質資源の熱分解方法」
矩形シャフト炉の高効率な吹き込み方法。
- ・ 特開 2008-120882「シャフト型熱分解炉及びその安定操業方法」
熱分解炉ガス吹き込み方法。高さ方向を指定。
- ・ 特開 2008-150477「炭素質資源の熱分解方法」（京都大学 - 新日鉄共願）
シャフト型熱分解炉の特徴を活かした最適な熱分解方法。
- ・ 特願 2007-216429「タール改質用触媒、当該触媒の製造方法、及び当該触媒を用いたタールの水蒸気改質方法」事前炭化に最適な改質触媒。

2) 学会発表

口頭発表 ; 18 件、ポスター ; 1 件

- ・ 長谷川功、砂川賢司、前 一廣、
“ 結晶性と官能基を指標としたセルロースの熱分解機構の考察 ”、
第 13 回日本エネルギー学会大会、p.166-167、新宿（2004）
- ・ I. Hasegawa, F. Nakanishi, Y. Ohmukai, K. Mae,
“ Estimation of Content and Composition of Municipal Solid Waste ” ,
3rd International Symposium on Feedstock Recycling of Plastics,
p.35-42, Karlsruhe, Germany (2005)
- ・ Y. Ohmukai, K. Kubo, I. Hasegawa, K. Mae,
“ Change in Interaction by Pressure during the Pyrolysis of Plastics

- Mixture” , 3rd International Symposium on Feedstock Recycling of Plastics, pp.247-253, Karlsruhe, Germany (2005)
- ・ 大塚勇介、古牧育男、橋本茂、
“ ゴミ溶融プロセスにおけるヒ素の挙動と固定化 ”、
第 14 回日本エネルギー学会大会、 p.336-337、吹田 (2005)
 - ・ 中西文人、大向吉景、長谷川功、前 一廣、
“ バイオマス・プラスチック混合廃棄物の組成と各成分含有量の推定の試み ”、
第 14 回日本エネルギー学会大会、 p.346-347、吹田 (2005)
 - ・ 中西文人、大向吉景、長谷川功、前 一廣、
“ 熱分解と熱量測定を利用した混合廃棄物の組成推定法 ”、
関西地区 3 学協会合同大会、 p.146、吹田 (2005)
 - ・ 大向吉景、長谷川功、前 一廣、
“ シャフト型炭化炉内での熱分解挙動の解明を目指したタールの二次的
反応の検討 ”、化学工学会第 71 年会、L207、東京 (2006)
 - ・ 大向吉景、長谷川功、前一廣
“ 気固向流接触による廃棄物熱分解の生成物分布の制御 ”
第 15 回日本エネルギー学会大会、 p.163-164、新宿 (2006)
 - ・ 朝見賢二、三善健雄、松田阿沙子
“ 廃棄物熱分解タール改質用鉄触媒の開発 ”
第 15 回日本エネルギー学会大会、要旨集 7-9、新宿 (2006)
 - ・ 大塚勇介、古牧育男、上江洲一也、橋本茂
“ ゴミ溶融プロセスにおけるヒ素の挙動と CaO による固定化 ”
化学工学会鹿児島大会、 p.56、鹿児島大学 (2006)
 - ・ 橋本茂、殿村重彰、永井和範、加藤也寸彦、吉本雄一
“ 事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発 (1) プロセス概要と狙い ”
第 28 回全国都市清掃研究・事例発表会、 p141、川口 (2007)
 - ・ 吉本雄一、加藤也寸彦、堺裕三、殿村重彰、永井和範、橋本茂
“ 事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発 (2) シャフト式炭化炉の開
発 ” 第 28 回全国都市清掃研究・事例発表会、 p144、川口 (2007)
 - ・ Yoshikage Ohmukai, Isao Hasegawa, Kazuhiro Mae
“ Control of product distribution by temperature profiles of gas and
solid phases during pyrolysis of wastes under countercurrent
flow ” (ポスター) Gordon research conference on hydrocarbon
resources, Ventura, USA (2007)
 - ・ Yoshikage Ohmukai, Isao Hasegawa, Kazuhiro Mae
“Reduction in tar yield by temperature profiles of gas and solid

phases during pyrolysis of wastes under countercurrent flow"
2007 November AIChE annual meeting, Paper 513o, Salt lake city ,USA
(2007)

- ・ 井出俊輔、小出済、朝見賢二、
“ 廃棄物熱分解タール改質用鉄触媒に及ぼす金属の添加効果 ”
第 16 回日本エネルギー学会大会、p114-115、福岡(2007)
- ・ 橋本茂、讃井政博、永井和範、加藤也寸彦
“ 事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発 ”
第 16 回日本エネルギー学会大会、p316-317、福岡(2007)
- ・ 橋本茂、讃井政博、加藤也寸彦、吉本雄一、堺裕三
“ 事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発 (3) H18Fy パイロットプラ
ント試験結果 ”
第 29 回全国都市清掃研究・事例発表会、予稿集 p169、広島(2008)
- ・ 井出俊輔、藤井智之、朝見賢二、
“ 廃棄物熱分解タール改質用鉄触媒の低温挙動 ”
第 17 回日本エネルギー学会大会、p104-105、新宿(2008)
- ・ 橋本茂、讃井政博、加藤也寸彦、
“ 事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発 (2) パイロットプラント試
験結果 ”
第 17 回日本エネルギー学会大会、p300-301、新宿(2008)

第2章 プロジェクトの概要

と熱分解特性が得られることがわかった。Bに関しては、化石燃料(コークス)の使用は本事業を適用した技術の意図する方向ではないものの、既存技術に対し効率が向上し、総量としての化石燃料が削減できる可能性があること、コークス代替のバイオ燃料(バイオコークス; 開発要)使用で存在意義が生じること、設備構成から、低設備コストが期待できることから、バイオ燃料による基礎的試験等を一部継続することとした。プロセス絞り込みは、基礎的試験結果から実機相当の設備・原料条件で目標値達成の目処が立ったため、平成16年12月にCを選択することで完了した(平成16年度第二回技術委員会で承認)。尚、Cプロセスを選択したことで、生成ガスのリサイクル利用(外部燃料不要化)がプロセス技術課題の一つとなった。また、ステップ2は、ステップ1での試験結果を解析・評価した結果、常圧設備で目標値達成の目処が得られたため、加圧が有利なガス利用事業に対する技術担保として設備設計を実施する方針に変更した(同上委員会承認)。ステップ3に関しては、平成17年1月より設計を開始し、パイロットプラント設備を平成18年6月に竣工した。パイロットプラント試験は、平成18年度、平成19年度の二年間に9回の試験を計画し、平成18年度は、熱間試運転2回、Run1(木材を用いた基礎試験)、Run2(湿都市ゴミを用いた基礎試験)、Run3(複合廃棄物試験)、Run4、Run4-2(乾燥都市ゴミ、プラ+鉱石)を実施、平成19年度は、Run5(生成ガスリサイクル熱間試運転)、Run6(生成ガスリサイクルによる長時間操業)、Run7(熱ガス最適投入)、Run8(長時間、各種原料)、Run9(下水汚泥ガス化、木材+石炭熱分解)を実施した。概略内容と回数は予定通りであったが、Run4-2の追加実施(Run4後半での鉱石+プラ試験データ解析結果より追加を決定)、Run9の平成19年度先行実施(最終年度に付き、まとめ工程を考慮して二期工事に先だって実施)、事業中にニーズが判明した建設廃材残渣の使用等、柔軟な対応を加えた。その結果、生成ガスリサイクルプロセスの検証ができたとともに、実機規模(200トン/日; 100トン/日/基×2基; 都市ゴミ、建設廃材、廃プラの同量混合物)における冷ガス効率、ガス発熱量を達成できる見込みが得られ、またダイオキシン(DXN)については、パイロット規模での目標値クリアができた。具体的には、

- ・実機での推定冷ガス効率は70.5%(目標値70%)
- ・推定ガス発熱量2,035 kcal/Nm³(目標値2,000 kcal/Nm³)
- ・ダイオキシン類(DXN)0.013 ng-TEQ/Nm³(PP測定値)

尚、ダイオキシンについては効率等で勘案するスケールアップ効果(放散

熱低減等)はほとんど無いため、実機ではP P測定値と同等と考えられる(実証実機での検証は必要)。

表2 開発目標と主な結果

目標・指標	成果	達成度
想定原料・実機規模で下記を達成する目処を得る。 ・冷ガス効率 70% ・発熱量 2,000kcal/Nm ³ ・DXN 0.1ng-TEQ/Nm ³	実機(原料;都市ゴミ、木材、プラ、計200トン/日)において下記性能を得る目処を得た。 ・冷ガス効率 70.5% ・発熱量 2,035kcal/Nm ³ ・DXN 0.013ng-TEQ/Nm ³ (PP値)	・達成 ・達成 ・達成

3 - 2 - 2 要素技術

3 - 2 - 1項のパイロットプラントプロセス絞り込み、P P設計、P P試験に関し、要素技術開発手法の確立とパイロットプラント設備設計に資するデータの取得、P P試験の研究開発支援を目標とした。

基礎特性把握

-1 触媒を用いたタール改質技術の開発

熱分解炉で発生したタールは水蒸気により改質される。改質温度が低いほど熱効率が高いがタール残留が多くなるため、触媒によるタール改質を狙う。多種の廃棄物利用(硫黄等被毒成分が存在する)、製鉄工程での利用、安価、という諸条件を満たす、鉄系材料の触媒を探索し、微粉鉄鉱石とドロマイトに微量のNiを添加した触媒を開発した。パイロットプラントでの試験を通し、粉化の少ない触媒の調製に成功し、実改質ガス(都市ゴミ、木材、プラ等のパイロットプラント生成改質ガス)においてラボ試験と同等の高いタール水蒸気改質特性を得た。

-2 熱分解発生タールの構造、物性評価

複合廃棄物の熱分解において、熱分解反応モデル化による生成物推定を狙う。

混合熱分解特性;木材と各種プラスチックの組み合わせ、石炭とバイオマスの組み合わせにおいて、混合熱分解時(前者は加圧時特性も調査)の特性を調査し、加成性が成立することを確認した。石炭とバイオマスの相互作用については、二次分解のコークにより炭化物のガス化反応性が低下することが判明した。また生成物性状と原料発熱量情報から原料成分を定式化することに成功した(混合廃棄物の原料予測)。

シャフト炉反応モデル；対向流直接熱交換方式での熱分解反応モデルを作成し、パイロットプラント実測データを適用し、比較評価した。シャフト炉内で特有の現象（ガスが多くタールが少ない）を良く模擬し、パイロットプラント実測データ（ガス成分等）との整合性が良好であることを確認できた。また操業条件の中では温度分布の影響が最も大きいことが判明した。

-3 タール改質最適化技術の開発

熱分解炉で発生したタールは水蒸気により改質される。改質条件の最適化（低温化）がプロセス全体の効率を左右する。小規模（5kg/h）ではあるが、熱分解 - 改質を、温度を下げることなく一貫して実施できる装置を製作し、木材やRDFの試験結果を基にパイロットプラント操業条件を設定した。パイロットプラント操業後は、小回りがきく特長を活かして、試験支援のための操業条件調査を計画していたが、パイロットプラント操業安定性が高く、改質炉での大きなトラブルがなかったため、平成18年度以降試験は未実施。

生成物利用技術の開発

-1 クリーンガス製造技術の開発

各種廃棄物の中で特に注意が必要な重金属（ヒ素、水銀、リン）に関し、複合系の熱平衡計算から理論的に安定な状態を算出し、各元素の熱分解、ガス化挙動を把握してガス精製プロセスの最適化を図る。リンに関しては、事業開始後の原料前提変更（下水汚泥を主原料のひとつとした）に伴い追加した。

ヒ素、水銀に関しては、熱分解及び炭化物ガス化後で理論的に安定な状態を規定することができた。またリンに関しては、下水汚泥中に大量に含有することから、回収・利用を狙い、同様の平衡計算後、スラグからのリン抽出試験、リン抽出後スラグの利用検討を実施し、最適条件を確認した。

-2 生成物利用技術の開発

主生成物であるガス以外の生成物としては、スラグ、炭化物、タールがある。他の項目での開発が適当と判断されたスラグに関しては、その項（-1）で実施とした。タールに関しては、本プロセスでは-1項で熱分解発生タールの分解・低減を狙うが、別途積極的に分離・利用するプロセスを想定し、分離膜によるタール - 水分離の可能性に付き調査した。2段式膜により放流可能な程度の水質を確保できた。炭化物に関しては、重点的に炭化物（特に共ガス化時）のガス化特性調査を実施し、共ガス化特性を把握した。

その他

-1 反応シミュレーション

熱分解、ガス化、改質の要素ごとに熱・物質・化学反応を組み込んだシミュレーションモデルを構築した。特にモデル化例が無く開発要素の高いシャフト型熱分解炉に関しては、高炉で開発、技術蓄積したモデルを元に大規模基礎試験のデータを表現可能なモデルが作成できた。このモデルのシミュレーション結果を元に、プロセス絞り込み（ ）を実施し、その結果をマテリアルバランス等に反映し、パイロットプラント基礎仕様を確定した。パイロットプラント試験後は、試験データを用い、リサイクルガス使用下でのモデル検証、精度向上検討を実施し、問題ないモデルであることが確認できた。

-2 前処理技術の開発

炭化物； で実施した大規模基礎試験で生成した炭化物を実際に破碎・分離し、収率、性状等把握することで、PP及び実機設計に資するデータを取得した。一般廃棄物の破碎・分離試験では、がれき・金属等の分離が比較的単純に実施できるシステムの検証ができたものの、噴流床ガス化に使用可能な粒度の炭化物歩留まりが低いこと等が判明した。また木材の炭化物の破碎工程では、石炭と同等以下の動力で破碎することが可能であること等が把握できた。乾燥設備に関しては、既存技術を調査・収集し、パイロットプラント設計に反映し、予想通りの性能を得た。

木材前処理；多種廃棄物を扱うためには多種の形状、性状に対応した前処理を実施する必要がある。破碎性が課題である（必要動力が大きい、破碎効率が悪い等）木材の中で、具体的処理ニーズのある枕木の破碎試験を実施した。通常材（杉建材）より堅く、破碎動力がさらに大きいことが予想されたが、瞬間的には破碎電流値は高いものの、短時間で破碎が完了するため、通常材との差はほとんど無いことが判明した。

表3 要素技術の成果

要素技術開発手法の確立に関しては、概ね予定通り進捗した（ -1、 -2、 -3、 -1、 -2、 -2）。開発結果のパイロットプラント設備設計への反映、パイロットプラント試験結果からの要素技術の精度向上等ができた（ -1、 -2）

2 - 2 - 3 トータルプロセスの構築と経済性評価

トータルプロセスの構築

-1 プロセスエネルギー最適化

原料種類、性状、生成物利用形態等を総合的に評価し、原料構成や反応条件等、各前提条件毎にエネルギー最適化（効率MAX化）する手法を確立する

とともに、有害物の効率的な除去・回収プロセス提案を狙う。石油化学系で使用されるエネルギーシミュレーターを使用して、プロセスモデルを組んだ。プロセス効率はほぼ想定通りであったが、-1反応シミュレーションでエネルギーバランス検討を、-1で有害物の分離・回収検討を実施する方針に変更したため、平成17年度以降は実施していない。

-2 適用モデル

の経済性評価のための適用モデル設定を狙い、各種調査を実施した。

廃棄物発生状況調査；製鉄所に設置する前提で、4箇所の製鉄所近傍で収集・利用可能な廃棄物の発生状況を調査した。本事業開始時点からの情勢変化や、実際に使用可能な原料量調査結果から、産廃プラ、建廃、A S Rを主とした原料構成から、一般廃棄物（都市ゴミ）、下水汚泥、容リプラ、建廃木材を主とした現実的な原料構成に前提条件を変更した。

ガス利用状況及びごみ焼却炉等実態調査；前者は本プロセスで生成したガスの適用先として近年価格高騰した重油の代替を想定したもの、後者は複合廃棄物処理プロセスとして、日本における適用最大量、分布を想定するための調査。鉄鋼業以外のガス利用用途として、重油等を使用している燃焼設備の規模、数量等把握した。また代替が可能な設備としてごみ焼却炉等の設備数、規模を把握した。

経済性評価

一般廃棄物（都市ゴミ）、建廃木材、廃プラ（容リプラ）で構成される複合廃棄物を処理する場合の実機（100T/日×2基）ケース（ガスエンジン発電があるケース、無いケース）、既設微粉炭発電所へのガス直接接続ケース、既存ごみ処理設備代替としてのケースにつき、設備費、ユーティリティ価格等に関する感度分析を中心に実施した。

4 . 事業化、波及効果

4 - 1 事業化の見通し

PP試験の成果を反映した実用化想定は以下のとおり。

研究開発終了後（平成20年度以降）経済性検討の実施、具体的案件に応じた修正をした後、実証設備による工業的な製造、利用技術の確証を実施し、実機化を狙う。本事業により評価できていない課題は、長時間（1000時間～）課題、特殊な原料があった場合の適用性等であり、研究開発実施者において、研究開発が継続され、実証設備にて検証する予定である。実証設備におけるガス製造、工業的利用は、設置検討、環境アセスメント等を勘案すると、本事業での実機規模である200トン/日では、順調に推移した場合、2014年以降からの運用が期待できる。現段階で想定される実証設備では、一箇所あたり70,000トン/年（200トン/日）規模の廃棄物を処理し、93百万Nm³/年のガスを生産する設備となる。一貫製鉄所の転炉ガス（熱量がほぼ同等）への適用を想定した場合、粗鋼10,000トン/日規模の一貫製鉄所で発生する転炉ガスの約25%に相当する量となる*9。

*9 「一貫製鉄所の未利用エネルギー（日本鉄鋼連盟,1992）」より粗鋼あたりの転炉ガスエネルギー値（191Mcal/t-s）から算出。

実証試験期間想定

- ・平成20年度～25年度：環境アセスメント、設備設計、建設、試運転
- ・平成26年度～27年度：工業技術検証、確性試験期間
- (・平成28年度～ ：実機操業)

4 - 2 導入普及予測

生成ガス用途により、周辺のガス利用環境の動向が影響する。主な用途として、燃料ガスや発電用原料ガスとしての利用、化学製品合成用原料としての利用、水素分離やメタノール合成等を経ての燃料電池原料/自動車用燃料としての利用、複合型（ の組み合わせ；他用途利用）が考えられる。

熱用燃料ガス、発電用燃料ガス：既存工業用中カロリーガスへの適用としては技術ハードルが低く（ガス比重調整、発熱量変動対応等）、生成ガスをほぼそのまま利用可能であり、実証機導入が最も期待できる。リサイクル、環境への積極対応、社会的責任、といった企業イメージや、経済的要因（石炭税、環境税によるコスト増と廃棄物逆有償処理により、効率的な転換法であ

れば経済性が生じる)、エネルギー体質の強化(化石系エネルギーの削減)等、導入を促進する環境が整い始めたためである。現在、高炉を持つ製鉄所は12箇所(新日鐵5箇所、JFE4箇所、住友金属工業2箇所、神戸製鋼所1箇所)であり、2014年から1基/年の導入を想定すると、2025年までに12基、84万トン/年の廃棄物利用が期待できる(7万トン/基想定)。発生ガス量は11億Nm³/年、9PJ/年のガスエネルギーとなる。

化学原料：メタノール、酢酸、DME、GTL等があり、製品市場に今後の需要が大きく左右される。化学製品製造プラントとしては現在の市場規模からの急成長が見込めないため、設備更新ニーズ程度と予測されるが、燃料電池市場、輸送燃料市場の展開によって市場が急拡大する可能性がある。ディーゼル燃料代替としてのDME、メタノール、ガソリン代替としてのGTL、燃料電池原料としてのメタノール等がこれにあたる。特にディーゼル燃料に関しては環境問題(粒子状物質)が絡み、国内で600万台、2,000~3,000万キロリットルの大市場を巡る実証研究開発が数多く行われている段階であり、DMEやGTLは2007年頃から実証技術開発が開始されているが、実証面の技術確立と、市場の展開が必要であるため、本事業を適用した具体的な想定は現段階では難しい。

燃料電池利用：近年開発が進展し、家庭用1KW燃料電池や燃料電池自動車が導入され始めている。資源エネルギー庁燃料電池戦略研究会他では、

2010年 自動車用4億Nm³(5万台)、家庭・業務用73億Nm³(140万台)

2020年 自動車用38億Nm³(500万台)、家庭・業務用349億Nm³(680万台)

と予測しており、発電を含めると2020年で約400億Nm³の需要可能性があるとしている。本プロセス実証規模設備から発生する水素は27百万Nm³/年(7万トン規模)であり、水素製造用にシフト反応器等を設置することでさらに水素増も可能である。但し、水素供給インフラの整備、ガソリン車並みの航続距離の確保、ハイブリッド車や電気自動車等対抗技術の普及等の課題が顕在化しており、当初に比べ厳しい環境にある。今後、市場動向、技術開発動向等の情報を収集しつつ、適切な波及効果の見直しを実施する。

複合型： の製鉄所燃料ガスとしての利用以外では、需要の不確定要因が大きいため、個別の設備導入には市場予測、経済性等課題が大きいと考えられる。そこで、製鉄所内あるいは化学、石油等のコンビナートが集合している地域に設置する複合型を想定した。製鉄所内での加熱用燃料ガス、発電用燃料ガスは現実性が高いが、燃料電池、化学原料等での利用が総合的な廃棄物

からのエネルギー回収という観点から望ましい。たとえば、製鉄所に設備を設置し、水素分離装置を導入した場合、約 44 百万 Nm³/年（6 万トン規模）の水素は、水素ステーション（自動車用）への搬送やパイプラインによる方法で近隣都市へ供給される。残りのガスは熱量が若干（100kcal/Nm³程度）下がるが、燃烧用ガスとしての利用に問題はない。燃料電池用の水素需要（自動車用、家庭・業務用とも）や廃棄物処理ニーズ（特に産廃、都市ゴミ）は、都市周辺に集中していることから、輸送、設備インフラは比較的安く抑えられると考えられる。化学原料として一酸化炭素、水素ニーズが具体的にある場合には、必要量の分離及び残成分の燃料ガス利用、系発生蒸気の利用等総合的なエネルギー利用設備とする。いずれも、加熱用燃料ガス、発電用原料ガスとしての利用により 2014 年からの早期設備導入を図り、水素等の需要動向を注視しながら高付加価値製品へシフトすることによりリスクの軽減を図ることが可能である。

4 - 3 波及効果

2014 年以降、現実的で技術ハードルが低い鉄鋼業での加熱用燃料ガス、発電用燃料ガスでの使用を想定した場合、以下の効果が期待される。

前提：

- ・ 本事業の主な適用先としてガス燃料を使用している大規模一貫製鉄所を想定。
- ・ 本事業（2003～2007 年）終了後、実用化開発・建設期間を経て 2014 年に 1 箇所の製鉄所において、7 万トン（投入廃棄物として一般廃棄物、廃プラ、建廃材を 2.3 万トンずつ）/年/基の設備 1 基（62 億円）を設置、操業開始するものとする。

予想効果：

- ・ ガス燃料価値：生成ガスは一酸化炭素、水素を主成分とするため、ガス燃料として使用可能であり、転炉ガス（LDG）と同等（6 円/Mcal；中間評価時の二倍の単価を設定。2005.11 の NY 原油価格\$58/BBL、2008.4\$112/BBL の原油価格変動に概略リンクすると想定）の価値とした場合、13.6 億円/年*10 のガス燃料価値になる。
- ・ 処理費用：原料中の廃棄物はほとんどが産業廃棄物であり、逆有償処理に

よる処理費規模 20.8 億円 / 年 *11 が見込まれる。

・他に蒸気、金属収入が 0.7 億円 / 年見込まれる。

・したがって、操業開始想定 の 2016 年度には、34.4 億円 / 年の市場 (事業) 効果と 62 億円の設備需要創出効果が見込まれる。また 2014 年以降、ガス燃料、発電原料としてガス導入が可能な製鉄所に、1 基 / 年のペースで建設し、2025 年までに 12 基 *12 設置されるとすると、市場規模は 34.4 億円 / 年 / 基 × 12 基 = 413 億円、設備需要は 744 億円と推定される。このときの雇用創出効果は、2025 年までに 3,360 人が見込まれる *13。

*10 $2426[\text{kcal}/\text{Nm}^3] \times 11,140\text{Nm}^3/\text{h}$ ([7 万ト/年] 規模のガス生成量) × $8322[\text{h}/\text{年}] \times 6 \text{円} / \text{Mcal} = 13.6 \text{億円}$

*11 $7 \text{万トン} \times (3 \text{万円}/\text{トン}) = 20.8 \text{億円}$ (平均産廃処理費用 3 万円 / トンと仮定)

*12 新日鐵 5 箇所 (室蘭、君津、名古屋、八幡、大分)、JFE4 箇所 (千葉、水島、京浜、福山)、住金 2 箇所 (鹿島、和歌山)、神鋼 1 箇所 (加古川) ; 高炉を持ちガス利用が容易な大規模製鉄所を想定。

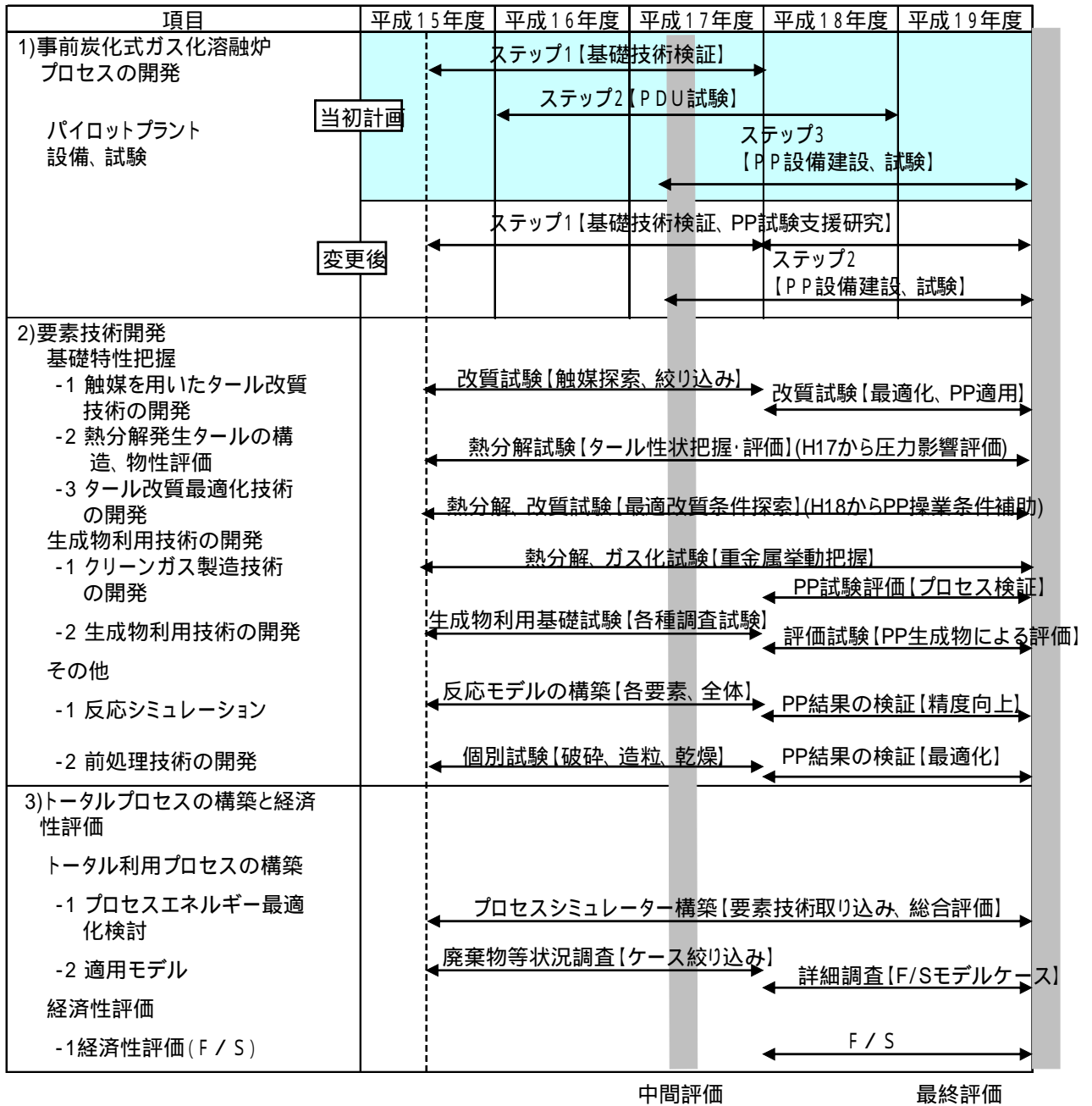
*13 2026 年度想定処理規模 : 8 4 万トン (12 箇所) ; 鉄鋼業全体での利用を前提
設備建設関連新規雇用 : 1,200 人 ; 100 人 × 12 箇所、製鉄所内従業員新規雇用 :
720 人 ; 60 人 × 12 箇所、周辺産業従事者増加 : 1,440 人 ; 120 人 × 12 箇所

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

本事業では、目標を達成するために、5年計画で、事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発、要素技術の開発、トータルプロセスの構築と経済性評価、の3本立てで研究開発を実施した。

表4 研究開発スケジュール



本事業においては、最大の技術課題であるシャフト型炉での熱分解試験を、既存設備を流用・改造し、大規模基礎試験としてPPと同規模で（ただし短時間）実施することにより、最小限の設備コストと開発リスク、最短のスケジュールで基礎データを取得できたと考える。通常はPPの数分の一規模の設備を製作して基礎試験を実施し、その結果をふまえてPP設計を実施するため、基礎試験設備製作・試験期間及び予算とスケールアップリスクが伴うが、実施者所有の廃棄物溶融炉設備の炉体シャフト部分、原料装入系、ガス処理系を流用し、炭化物排出設備を付加することで、1割以下の設備投資で1年程度の期間で試験解析・絞り込みまで実現できた。PP設備に関しては、大規模基礎試験時の課題洗い出しが功を奏し、大きな改造を必要としなかった（準備していた修理・改造費に対し、通常のメンテナンスに小改造で終了。実施した主な改造は、装入プッシャ押し詰まり対策、ガス化炉炉壁放熱改善策等）。また、大規模基礎試験結果と解析を実施し、PDU設備（主に加圧設備）を不要とすることができた。その結果、当初事業費15.6億円に対し、最終的な事業費を13.8億円に絞り込むことができた。

（1）事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発

パイロットプラント（PP）設備、試験

熱分解、噴流床ガス化、改質を組み合わせたプロセスを、PP規模（～20トン/日）試験により検証する。新規技術であるシャフト型熱分解部の開発課題が大きいことから、熱分解試験に重点を置き、下記ステップにて最適プロセスを構築し、PP試験により検証した。

・ステップ1【基礎技術検証；H15～H17、H18～H19はPP試験支援研究】：実施者所有の既存設備（一般廃棄物用シャフト型炉；常圧）での廃棄物熱分解挙動把握試験（原料；建設廃材チップまたは都市ゴミ）をA（炭化物の酸素による自己燃焼型）、B（一般廃棄物処理炉類似型）、C（酸素のない高温ガスによる顕熱熱分解型）各プロセスで実施、評価する。さらに廃棄物熱分解挙動把握試験で生成した炭化物の噴流床ガス化試験を実施する。PP試験開始後（H18年度、H19年度）は新規判明した課題解決や試験水準探索のための予備試験等のPP試験支援研究に移行する。なお加圧効果と設備・操業コストの最適点評価（最適圧力把握）に関しては、短時間ではあるがH15年度、H16年度に実施した10～20トン/日での試験結果解析から、常圧下での研究目標値達成の目処が立ったため、パイロットプラント試験設備を常圧設備とし、加圧効果に関しては試設計を実施して技術担保する方針に変更した。

・ ステップ2【PDU試験；H16～H18】：ステップ1結果を基にプロセスを絞り込み、主要部分の開発用設備（PDU：Process Develop Unit；特に加圧熱分解炉）を製作して試験を実施する方針であったが、ステップ1の方針変更を受けて、本事業内では加圧熱分解炉のPDU設備製作は実施せず、加圧設備試設計を実施する（ステップ1内）ことで技術担保する方針に変更した。また要素機器開発に関しては、基礎的な研究とパイロットプラント研究との中間のステップにおける機器開発の必要性が認められなかったため、PP設備、試験内で実施することとした。従って、本ステップは省略することとした。

・ ステップ3【PP設備製作・試験；H17～H19】：ステップ1、2を織り込んだ最適設備とし、製作、試験を実施する。ステップ2の省略を受け、本ステップをステップ2と変更した（表4）。

なお、PP試験設備は、実施者の製鉄所敷地内（福岡県北九州市八幡製鉄所）に設置した。八幡製鉄所及びエンジニアリング部門保有のユーティリティ（酸素、蒸気、窒素、電力、LNG他）、排ガス処理設備が利用可能で、実施者エンジニアリング部門スタッフ・設備が集中していること、北九州市立大学国際環境工学部をはじめとする研究学園都市に例を見る環境関連基礎研究機能が充実していること、エコタウン事業による響灘リサイクル関連施設に例を見る産学官連携体制が整っていること、臨海に重化学工業地帯を持ち人口が集中することで、実証機検討にあたって具体的な処理ニーズが見込まれる（モデル地区候補）こと等を理由とする。尚、エンジニアリング部門は、平成18年6月より分社化し、新日鉄エンジニアリング（株）となった。

PP試験設備は、平成17年1月に基本設計に着手し、平成18年6月に竣工、その後熱間試運転等を経て、9回の本試験を計画した。

（2）要素技術開発

基礎特性把握

-1 触媒を用いたタール改質技術の開発

熱分解炉で発生したタールは、水蒸気により改質される。このときの改質温度は低温側でプロセス熱効率が高くなるが、同時にタール残留も多くなる。そこで触媒反応を利用し、低温側でもタール改質が促進する触媒を使用することで、高効率かつ低残タールを可能にすることを狙う。ラボ及びPPでタール改質試験を実施し、触媒探索、改善を行うことで、実プロセス使用が可能な触媒を開発する。

-2 熱分解発生タールの構造、物性評価

本プロセスでは、原料ごとのタール生成量、性状の相違がプロセスに与える影響を把握することが重要である。熱分解炉において生成タールを由来とする凝集、通気障害の評価・対策、生成ガス中に残留するタールの性状や残留量が、用途として想定される発電における燃焼設備（特にガスエンジンやガスタービン）に与える影響や燃料電池への阻害挙動、化学原料ガスとしての利用における要除去成分として評価が必要となる。重要原料である木材と各種プラスチックに関しては、混合熱分解、加圧熱分解の生成物特性をほぼ把握できた一方、大規模基礎試験からシャフト炉独自の生成物収率結果（タールがラボに比べ少ない）等が得られたため、モデル化による推定を実施するとともに、試験により検証することとした。さらに、生成物性状と原料発熱量情報からの原料成分推定方法検討も実施する。また、石炭とバイオマスの組み合わせに関する相互作用調査も実施する。化石燃料である石炭を利用する目的は、廃棄物収集量ネックによる設備規模上限を撤廃するためであり、廃棄物側が大規模スケールメリットを得るとともに、トータルでの二酸化炭素削減を期待している。

-3 タール改質最適化技術の開発

熱分解炉からの発生タールは、水蒸気により改質される。本プロセスでは昇温が必要であることから、ガスの一部を酸素で燃焼して反応温度としている。改質時のタール残量、スス生成量が改質特性の大きな指標であり、プロセス全体の効率、後段のガス処理負荷を決める。実施者保有の既存熱分解設備（移動層型、数 kg/h）を改造し、廃棄物から生成したタールの改質試験を実施することで、目的生成物に応じた最適改質条件の探索と、設備全体の効率最適化条件の探索（タール、ススの最小限化）を実施した。

生成物利用技術の開発

-1 クリーンガス製造技術の開発

本プロセスでは多種の廃棄物を処理して原燃料ガスとするため、廃棄物に含有する有害物質の挙動把握、ガスのクリーンアップは重要である。特に建設廃木材の一部に残留するCCA処理剤（腐食防止、防虫；Cr、Cu、As含有）、ASR中に混在するCu、プラスチックその他に含有される重金属（Hg、Pb、Zn）は、毒性、性状（揮発、昇華等）等で注意が必要な物質であるため、本プロセス内でのガス化、熱分解挙動を把握し、生成物形態を特定することにより、ガス精製プロセスの検証、改善による最適化を行

い、生成ガスをクリーンに保つ技術を確立する。平成 16 年度までの検討結果から、対象重金属の中で、毒性が高く、混合原料からのガス化挙動が不明なヒ素、水銀に関し重点化することとした。また、下水汚泥を主原料の一つに設定したことから、下水汚泥に大量に含まれるリンを対象検討元素に追加した。リンの場合、大量に発生することが予測されるため、回収・利用含めた追加検討も実施した。

-2 生成物利用技術の開発

本プロセスでは、原料中の灰分はガス化炉にてスラグ化される。原料の灰は多様で、原料構成により灰やスラグ性状が変動する。スラグの特性把握と、セメント原料、細骨材、路盤材等への適用や、製鉄スラグと合わせた利用方法に関して評価することを主としていたが、灰分中に含まれる重金属等の含有形態や挙動によっては利用、適用が困難となるため、-1 項で注目した成分（毒性の強いヒ素、水銀、量が多いリン等）の調査を実施することとした。また、熱分解炉にて生成する残渣即ち炭化物は、ガス化部にてガス化を想定しているため、各種炭化物のガス化反応性を把握し、多種共ガス時の特性を得ることで最適なガス化条件を確立する。さらに炭化物は炭素濃度が高く、燃焼性の良好な炭材であると考えられるため、高付加価値炭材としての利用も併せて検討する。炭化物に関しては、平成 16 年度までの試験結果から、特に都市ゴミ炭化物の分離工程で噴流床ガス化用炭材の歩留まりが低いことが判明したため、ガス化反応性（転換率）向上に重点を置き、最適ガス化条件把握、共ガス化（複数の炭化物の混合下でガス化。反応速度の差が影響するかを検証）に注力する。熱分解タールは、改質炉での改質を想定しているが、熱分解炉直後（400 程度の高温状況）で分離して利用する場合も想定し、分離特性を把握するとともに、経済的成分分離技術の開発を行った。

その他

-1 反応シミュレーション

本プロセスにおけるガス化部、熱分解部、改質部での反応を一貫してシミュレートするモデルを開発する。特に熱分解部は、高炉で開発、技術蓄積した熱、物質、反応モデルを元に、廃棄物ガス化熔融炉で蓄積した廃棄物特性ノウハウを組み込んだモデルとする。また、C プロセスを選定したことで、リサイクルガスの利用がプロセス評価上必須となったため、その使用も上記モデルに組み込むこととした。

-2 前処理技術の開発

多様な廃棄物は、地域による構成比率の違いや季節による収集量変動が予測される。あらゆる前提条件で問題なく利用可能なプロセスとするための前処理技術を確立する。特に、熱分解炉で処理する難破碎物、熔融物の最適前処理方式の検討、炭化物(熱分解残渣)の粉碎性、多水分物の乾燥等に絞って開発を実施する。また、乾燥設備、造粒設備に関しての要否検討を含め、経済的なプロセスとする検討を行う。平成16年度までの都市ゴミ炭化物の破碎・分離試験結果から、パイロットプラント設備の設計に資するデータを取得できた一方、廃棄物に含まれる雑誌等、熱分解に不適当な原料の影響で、炭化物の歩留まりが低下する等の新しい知見も得られたため、破碎・分離に関しては継続して基礎的試験を実施する。さらに、平成18年度に具体的な処理ニーズが判明した枕木材について、他原料と比べた破碎性の確認を実施した(破碎性のみ)。

(3) トータルプロセスの構築と経済性評価

本項では、(1)事前炭化式ガス化熔融炉プロセスの開発、(2)要素技術開発、で得られた個々の結果を基にプロセスの妥当性、適応性、経済性等を調査、検討、評価し、事業化のモデルを提案することで本事業後の実機への展開を狙う。全体を俯瞰してのプロセスエネルギー最適化(-1)、実適用地区のモデル調査(-2)を(1)(2)と並行して実施することで、本事業の妥当性、方向性、方針の確認・変更に資するデータを供出し、パイロットプラント試験へ反映する。最終的にはパイロットプラント試験結果を基に経済性評価(-1)を実施した。

トータル利用プロセスの構築

-1 プロセスエネルギー最適化検討

原料種類、性状、生成物利用形態、利用ユーティリティ等を総合的に評価し、前提条件ごとにエネルギー最適化(効率Max化)する手法を確立した。具体的には、5ヶ年かけてプロセス全体の熱・物質収支を組み込んだプロセスシミュレーターを作成し、原料条件から最適ガス化、熱分解、改質条件を得る。プロセスシミュレーターには各要素研究(-1「クリーンガス製造技術開発」、-2「生成物利用技術の開発」、-1「反応シミュレーション」)内容を取り込み、またガス利用想定ケースごとに最適化(例;ガスエンジン使用時の排熱を原料乾燥に使用等)と総合評価を行った。総合評価には、排出物(重金属等の要処理物、副産物としてのスラグ、金属)の評価を含む。事業の進展に伴い、-1反応シミュレーションの進捗が良好であり、本項との重複分が多くなってきたことから、全体の熱・物質収支組み込んだシミュレーションを-1で統一実施し、また排出物評価(特にプロセスの成立を左

右する有害物評価)を -1 クリーンガス製造技術の開発で実施する方針とした。従って、中間評価時点までのエネルギーモデル作成で、本項目は完了とした。

-2 適用モデル

自治体 / 地域毎に人口やその周辺の農商工業の分布状態は異なり、廃棄物資源分布、収集状況は独自のものとなる。また、生成ガスの利用先も、発電、熱優先の場合や、近傍にある工場群への原燃料としての供給等、多彩であると推定される。実情調査を実施し、代表的なモデルを設定した。

経済性評価

-1 経済性評価 (F / S)

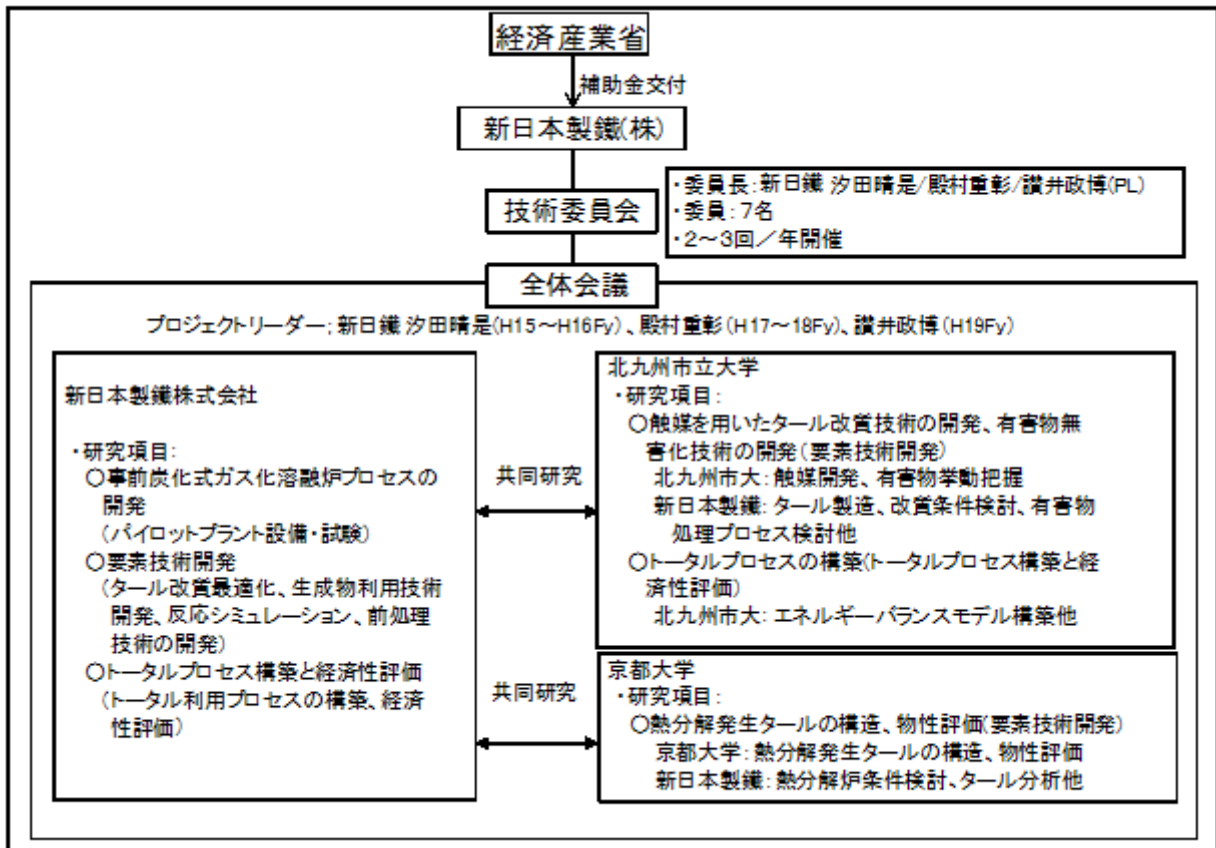
P P 試験結果をベースに、実機商用プラントのエンジニアリングおよび経済性評価を実施し、実機導入の経済的、社会的、環境的条件を見極める必要がある。経済性評価は、 -2 「適用モデル」で設定した各モデルを実施し、適用性、経済性を検証した。

5-2 研究開発実施者の実施体制・運営

5-2-1 研究開発実施者の事業体制

本事業は、経済産業省から実施者への補助事業（補助率2/3）であり、公募による選定審査手続きを経て、新日本製鐵株式会社が実施した。研究開発上の必要性から、京都大学及び北九州市立大学と共同研究を実施した。

研究開発の実施に当たっては、決定最高機関として「技術委員会」を設け、ここで研究開発方針及び成果の審議を行った。技術委員は8名（うち、実施者3名）で、年度始めの計画審議、年度終了時期の年度成果審議の2回を常例会議とし、プロジェクト重要方針決定の必要に応じて期中に開催した。技術委員会の下に「全体会議」を設け、研究実務レベルでの進捗、計画の討議、技術委員会への答申等の機能を持たせた。また、事務局機能は実施者のプロジェクト構成員に持たせ、会議運営を補佐した。



5-2-2 研究開発実施者の運営

研究開発方針と年間実施計画の策定及び研究開発成果、進捗評価は、全体会議にて検討し、原案を作成した上で技術委員会へ答申し、内容を審議、承認することで決定した。基本計画と開発目標に基づき、進捗を評価・見直しを行い、年度計画に反映させた。

プロジェクトリーダー（PL）は技術委員会委員長（実施者：研究部長）を兼ね、エネルギー転換・製造プロセスに関する広い知見と視野から研究開発全体の運営、管理を行った。

研究開発実施者間の連携に関しては、試験実施場所が大きく2カ所（千葉県富津市の研究所；研究主体、要素試験、福岡県北九州市の製鉄所内設備；エンジニアリング部門、大規模基礎試験）に分かれるため、距離により研究の速度がスポイルすることが無いよう、e-mail、TV会議を多用した。ステップ1、2（平成15～18年度）は主に基礎研究設備、研究開発要員が充実している千葉県富津市で解析、机上検討を中心に行うこととし、大規模基礎試験、パイロットプラント設計、建設及びPP試験を行うステップ3（平成17～19年度）では、エンジニアリング、設計要員が充実している福岡県北九州市を中心とした。基礎研究を分担（共同研究）する大学との連携に関しては、基本的には各研究室での試験と技術委員会での討議が主であるため、技術委員会以外に個別打ち合わせによる研究開発ステアリングを都度実施した（各委員年に2～3回）。

5 - 3 資金配分

以下のとおり、前半はプロセス絞り込み等に関わる大規模基礎試験と要素技術開発等について集中的に研究開発を行い、後半はパイロットプラント建設・操業試験とプロセス評価に関わる調査等を中心に実施するなど効率的な予算配分を行った。

表5 資金配分 (単位：百万円)

年度 平成	15	16	17	18	19	合計
事前炭化式ガス化溶融炉プロセス開発	65	176	358	352	266	1217
要素技術開発	34	37	21	16	14	122
トータルプロセスの構築と経済性評価	10	1	1	16	16	44
合計	109	214	380	384	296	1,383

5 - 4 費用対効果

本研究開発は、5年間で11.6億円の補助金をうけ実施した。

本事業で開発した廃棄物ガス転換プロセスを使用し、製造した

ガスを利用する場合、たとえば大規模一貫製鉄所での燃料ガス代替としての使用を考えた場合、1基（200トン/日規模）あたり34.4億円/年の市場効果と62億円の設備需要創出効果が見込まれる。2016年度に一基、また大規模一貫製鉄所全箇所に応用された場合には、12基で413億円の市場規模、総額744億円の設備規模になると推定される。更に、ガスとして0.2Pcal（0.8PJ）/年/基のガスを廃棄物から製造し、その分石炭を削減したとすると、72千トン-CO₂/年/基の二酸化炭素削減効果が期待できる*13。

*13 ガス総発熱量は0.806[PJ/年]（0.193[Pcal/年]）

$$0.806[\text{PJ/年}] \times 1000000[\text{GJ/PJ}] \times 0.0245[\text{t-C/GJ}] \times 44/12[\text{CO}_2 \text{換算}] \\ =72,405[\text{t/年}], 0.0245[\text{t-C/GJ}] \text{は燃料種別排出係数}$$

5 - 5 変化への対応

本事業に関連する、一次エネルギー動向及び行政、廃棄物排出/処理動向及び行政、民間企業や自治体の動向や指向は、事業開始時点から急速に変化しており、化石燃料系エネルギーから廃棄物エネルギーへの転換促進、転換プロセスの省エネルギー・効率向上への期待、コスト競争力の向上等、廃棄物から高効率でガス原燃料を製造する本事業の重要性、必要性は更に高まっている。特に、直近は京都議定書の第一約束期間（2008年～2012年；温室効果ガスを対1990年比5%削減）とそれに関わる経団連自主行動計画（CO₂を2010年に1990年度レベル以下、鉄鋼連盟はエネルギー消費量10%削減を目標）、近い将来としてはダボス会議（2050年までに50%削減）、福田ビジョン（2050年までに日本は60～80%の削減を目指す）等、二酸化炭素削減圧力が高まっている一方、特に日本では省エネルギー、プロセス改善をベースとした技術開発が既に数多く実施され、現在より大きく二酸化炭素を削減可能な対策は数少ないのが現状であり、今後リスクの大きい革新的新技术を積極的に取り組まなければならない段階といえる。その意味でも埋め立て廃棄や燃焼処理されているエネルギー（廃棄物）を高効率エネルギー化して化石燃料を相対的に減らす本事業のようなプロセスは日本において積極的に実施すべき事業であると考えられる。さらに、廃棄物エネルギーを導入する際に代替対象となる化石燃料に関しては、近年投機対象となった原油の価格高騰をきっかけとして、石炭や天然ガス等を含め、短期間で過去に無い様な高騰と高値側での価格安定化の動きを示しており、廃棄物エネルギーの低質性（化石燃料に比較して含水率が多かったり発熱量自体が低かったりする）を原因とする経済性の悪さが大きく改善している。

本事業における研究開発期間においては、対象原料の変更（発生状況調査、対象原料処理設備の増減等を参考に、シュレッダーダストを主原料から外し、一般廃棄物を主原料に加えた）、プロセスの絞り込み（複雑なプロセスであるため、複数のプロセスを設定し、特に安定操業性を重点に最適プロセスを主プロセスとして選択）、プロセス低圧化（実機における操業性、安全性を配慮し、かつ効率を保ちながら低圧化を実現）、を実施するなど、事業後の早期実機化に向けた柔軟な対応を行った。

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

本研究開発は、製鉄プロセスで培った知見を活かした廃棄物の高効率ガス転換のための技術開発を行い、エネルギーの多様化や地球温暖化対策を目指したもので、国民・社会のニーズに合致し、事業の目的は非常に重要で、政策的位置付けは極めて明確である。廃棄物をエネルギー資源として活用する「リサイクル」の視点は、ますます重要になると考えられ、環境立国を目指すわが国にとって重要なものであり、その手法もこの分野では独創的で、製鉄業で培った技術を基に産官学共同で推進したことは評価できる。

なお、本技術を製鉄所内で利用する場合は、エネルギーバランスを検討し進めるべきとの意見があった。

【肯定的意見】

廃棄物をエネルギー資源として活用する「リサイクル」の視点は、ますます重要になると考えられる。CO₂排出削減の観点からも化石燃料の代替を開発するニーズは高いと考える。

廃棄物の有効利用は世界的に発信できる技術であり、環境立国を目指すわが国にとって重要なものであり、製鉄業で培った技術を基に、産官学共同で推進したことは適切なことである。

廃棄物資源の高度利用に対する社会ニーズは高く、政策ニーズが合致している。廃棄物処理におけるCO₂発生抑制という地球規模の問題を解決するためのプロジェクトとして社会的ニーズは十分にある。また、その手法もこの分野では独創的なものと言える。

廃棄物の燃料転換技術開発は国の事業として重要であり、事業目的も効率と経済性を検討する等、妥当であると判断される。

【問題点・改善すべき点】

個別企業（高炉メーカー）は既に廃プラスチックを製鉄プロセスに利用しているほか、自動車スクラップや廃棄物を処理するガス化溶融炉の技術開発&販売事業をエンジニアリング事業の一環として行っている。それら技術との相互補完や融合などを、最大限行うことが望ましいのではないかと、思える。

廃棄物処理という経済費用をも収支計算において考慮すべきと考えます。製鉄所内での利用の場合、現在の製鉄所全体のエネルギーバランスの観点から検討を進める必要がある。

2. 研究開発等の目標の妥当性

冷ガス効率70%という高い具体的な目標を掲げている。

なお、廃棄物によってはダイオキシン以外の環境不適切ガスの処理が必要になることから、ダイオキシン以外の有害成分についても設定しておくべきである。また、設定した目標値は、パイロットプラントの結果を元にした実機での予測値としており、得られた結果が達成できるかどうか不明なため、パイロットプラントでの結果を目標値に設定すべきであったと思われる。

【肯定的意見】

冷ガス効率70%などといった目標設定がクリアで分かりやすい。

現状の技術を基に目標を設定し、それをパイロットプラントで実証しており、適切と思われる。

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

目標として具体的な数値を挙げており、適切である。

冷ガス効率70%という高い目標を掲げている等、適切な目標が設定されている。

【問題点・改善すべき点】

ダイオキシン以外の有害物発生レベルについても、明確な説明がなされることが望ましい。

廃棄物によっては、ダイオキシン以外の環境不適切ガスの処理が必要になる。その設定もしておくべきではないか。将来の実用化に際して、経済性をどのように入れるのが適当か議論すべき。

廃棄物には多種多様な成分が含まれているため、これらの微量成分の挙動についてもプロセスを理解する上で必要である。そのため、ダイオキシン濃度ばかりでなく、これらの成分に関する目標値も、設定する必要がある。なお、設定した目標値は、パイロットプラントの結果を元にした実機での予測値としており、得られた結果が達成できるかどうか不明なため、パイロットプラントでの結果を目標値に設定すべきであったと思われる。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

目標値全てを達成するとともに、ダイオキシン濃度に関しては目標値の10分の1に抑える等、所定の目標は達成されている。実機レベルで安定操業条件を確認し、目標レベルをクリアする実験データを得られたことは大きな成果だったと評価できる。

なお、事業化に際しては、都市ごみの乾燥用エネルギー消費量なども重要であり、性能評価の際に明確化すべきであった。また、大型化に伴い、実機での性能値を予測する上で諸現象が変わってくる可能性も検討すべきであるとの意見があった。

【肯定的意見】

実機レベルで安定操業条件を確認し、目標レベルをクリアする実験データを得られたことは大きな成果だったと評価できる。

目標値を達成しており、技術的成果は満足できるものと思われる。

目標を満実に達成している。

目標は完全に達成している。

目標値全てを達成するとともに、ダイオキシン濃度に関しては目標値の10分の1に抑える等、所定の目標は達成されている。

【問題点・改善すべき点】

唯一都市ごみの生に対して、乾燥が必要となっており、そのためのエネルギーの消費が明確でない。

パイロットプラントでの実測値から実機での予測値を計算する手法が正しく、実機で問題なく達成できれば、という仮定の上での目標達成である。大型化に伴い、現象が変わってくる可能性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

都市ごみや下水汚泥、木質系バイオマスに加え、製鉄工程では使用が比較的難しい低質プラスチックなども含めて資源化・リサイクルできることは、循環型社会構築のニーズから考えても 意義深い成果と評価できる。事業化については、技術的課題は本事業を通して克服されており技術的には可能である。また、本事業で仮定した導入予測が適切であれば、波及効果についても期待できる。

なお、事業化に向けては、廃棄物の収集方法を検討する必要がある、改質ガスについても、更なる燃焼用途以外での有効利用が望まれる旨の意見があった。

【肯定的意見】

都市ごみや下水汚泥、木質系バイオマスに加え、製鉄工程では使用が比較的難しい低質プラスチックなども含めて資源化・リサイクルできることは、循環型社会構築のニーズから考えても 意義深い内容と評価できる。

技術的には事業化は可能と思われる。設備規模と廃棄物の収集量の整合をとれば、事業化は可能と思われる。

事業化検討のための必要な経済分析がなされている。

低級廃プラスチック処理プロセスとして有効と思われ、その面での実用がなされたら波及効果は大きい。

事業化にあたっては、技術的課題は本事業を通して克服しており問題ない。また、本事業で仮定した導入予測が適切であれば、波及効果についても期待できる。

【問題点・改善すべき点】

現在、製鉄所での廃プラスチックの資源活用は、集荷難から設備の稼働率が上がらない状況に直面しているようである。低コストで安定的に、廃物を集荷できる仕組みをつくるのが、事業化にあたり大きな課題になると考えられる。

具体的な導入場所を特定した事業化検討が望まれる。

ほぼ予想された成果であるが、改質ガスが単に燃焼用となっている点が物足りない。折角改質しているのであるので、ガスの有効利用を検討すべき。

廃棄物の収集方法が確立されておらず、場合によっては設備を導入しても目標とする事業展開ができない可能性もある。

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

本プロジェクトの研究開発計画、実施体制・マネジメントは適切であったと考えられる。産学がうまく連携して研究開発を実施したと評価できる。総事業費を当初見込みより 低く抑えて成果を出し、また、対象原料の変更やプロセス低圧化など柔軟に取り組みつつ、当初の目標を達成した。費用対効果等も妥当である。

なお、実施体制の中に自治体の廃棄物（ごみ処理）の専門家も参画させられれば、さらに実用化に近い成果が得られた可能性があったとの意見があった。

【肯定的意見】

産学がうまく連携して研究開発を実施したと評価できる。総事業費を当初見込みより 低く抑えて成果を出せたことは望ましいと言える。

高炉操業技術を基盤にして、補完的技術は大学の有識者と共同開発を行い、体制ほか適切であった。

研究開発計画、資金配分等は適当であると認められます。

計画・実施体制には問題ない。資金的にも無駄はなかったと思われる。波及効果で示したようなことが可能なら費用対効果、社会の変化への適応性もでる。

対象原料の変更やプロセス低圧化など柔軟に取り組みつつ、当初の目標を達成しており、研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等は妥当であったと判断される。

【問題点・改善すべき点】

体制の中に自治体のごみ専門家も入っていると良かったと思われる。

6 . 総合評価

製鉄プロセスで培った知見を活かした廃棄物の高効率ガス転換のための技術開発を行った本プロジェクトは、国が関与する事業として政策的位置付けも極めて明確であり、社会的意義も大きく、妥当であった。埋立てや単純焼却が行われている廃棄物のガス化プロセスを確立した点は、評価できる。今後は、廃棄物の可能集荷量見込みなど、周辺環境を見極めながら、実現可能な手法を探っていくことが肝要と考えられる。

なお、実際の導入に向け、ごみの回収方法や自治体への導入等も考えて、自治体関係者を巻き込んだ事業推進が望まれる。

【肯定的意見】

鉄鋼業の技術・インフラを活かした循環型社会構築という概念の上で、適切な研究が行われているという印象を持つ。廃棄物の可能集荷量見込みなど、周辺環境を見極めながら、実現可能な手法を探っていくことが肝要と考えられる。

あらゆる廃棄物を事前処理して有効にリサイクルできる技術は、長年高炉操業で培った技術によるものと思われる。

研究開発計画は円滑に実施されている。

面白い技術であり、これからの廃棄物有効利用に適する。是非、埋め立てや単純焼却に回っている廃気物に利用すべき。

廃棄物ガス化プロセスを確立した点は評価できる。

【問題点・改善すべき点】

具体的な導入に向けた事業化計画の策定が望まれる。

従来のプロセスに対してコストがどうなっているのかわからないので、その部分を明確にしながら進めて欲しい。

実際の導入では、実規模でのガス化炉の性能を正確に把握するとともに、自治体関係者らとともにごみの回収方法も確立して事業化を進めて欲しい。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

廃棄物集荷の問題に加え、設備建設費やメンテナンス費が事業化推進に大きな影響を与えるものと考えられることから、実機建設F Sに当たっては、実機規模での性能検証・低コスト化と立地場所選定を含め、周辺環境なども合わせた詳細な検討が必要と考える。生成ガスの活用方法等も考慮しつつ、自治体等との共同事業化が望まれる。

また、本技術は低級の廃プラスチック処理プロセスとして有効と考えられ、その波及効果も大きなものと予想されることから、廃棄物処理炉としての実用化を期待したい。

【各委員の提言】

廃棄物集荷の問題に加え、設備建設費やメンテナンス費をどれだけ抑えることができるか、によって経済性が左右されそうだ。実機建設F Sに当たっては、立地場所選定を含め、周辺環境なども合わせて詳細な検討が必要と考える。

廃棄物が定常的に収集できることが、設備の安定操業につながることであり、回収されるガスほかを安定的に利用できると思われる。国、自治体と共同で事業化を進めるべきである。

研究開発計画は円滑に実施されている。生成物のガスの活用方法についての十分な事前検討が必要であったと考えます。

これまでに記載したとおり、製鉄所での利用よりも廃棄物処理炉としての利用を推進すべき。

本プロセスによる廃棄物ガス化においては、基本的な技術的課題はなくなっているが、大型化による実機規模での性能検証と低コスト化に向けた開発が課題として残されている。

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

「事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発」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17年4月1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。

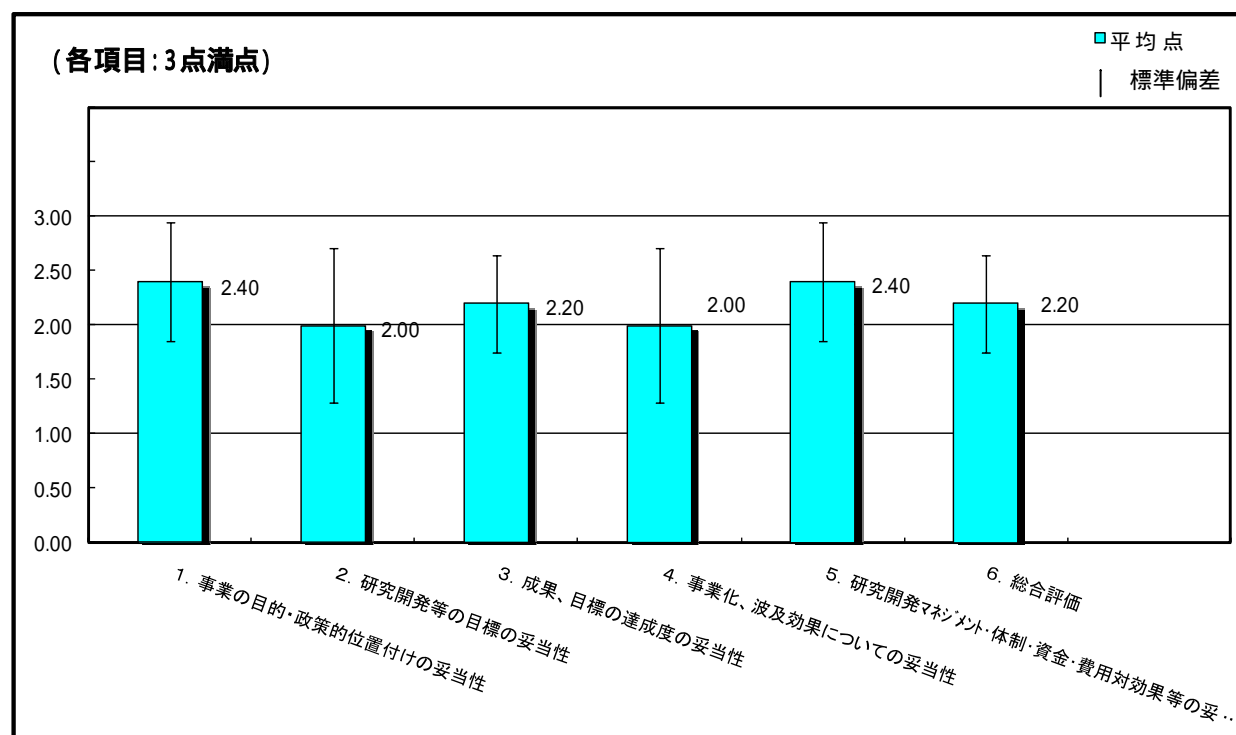
2. 評価方法

- ・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 (事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発)

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	2.40	0.55
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.00	0.71
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	0.45
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	0.71
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	2.40	0.55
6. 総合評価	2.20	0.45



「事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発」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>廃棄物集荷の問題に加え、設備建設費やメンテナンス費が事業化推進に大きな影響を与えるものと考えられることから、実機建設FSに当たっては、実機規模での性能検証・低コスト化と立地場所選定を含め、周辺環境なども合わせた詳細な検討が必要と考える。生成ガスの活用方法等も考慮しつつ、自治体等との共同事業化が望まれる。</p> <p>また、本技術は低級の廃プラスチック処理プロセスとして有効と考えられ、その波及効果も大きなものと予想されることから、廃棄物処理炉としての実用化を期待したい。</p>	<p>本プロセスの個別技術は、実用化の段階に達しており、今後は実施者において廃棄物集荷等地域性を踏まえた実機実証機による評価の実施を模索することとしている。</p> <p>なお、本技術の事業化に向けては、莫大な初期コスト負担が試算されることから、当省としても支援策を検討してまいりたい。</p> <p>世界初の複合資源を利用できる本プロセスのメリットを活かせるよう、実施者において周辺環境等も勘案した詳細な事業化検討を実施する。特に、現状では焼却処理等により有効利用仕切れていない、低級廃プラスチック等の有効利用プロセスとして展開を図る。</p>