

【事業名】廃棄物等利用高效率発電システムの開発

【代表者】一般財団法人エネルギー総合工学研究所 蓮池 宏

【実施年度】平成26年度

(1)技術開発概要

①【技術開発の概要・目的】

近年廃棄物発電の高効率化が図られているが、蒸気温度の制約等から発電効率は最高でも25%程度にとどまっている。本提案技術は、焼却炉蒸気を火力発電所の給水系に導入し、火力発電システムの高効率特性に組み合わせることで高効率発電(約30%)を達成し、発電所側でも化石燃料節減とCO₂削減を可能とする。これまでモデル的検討でその可能性を確認したが、実証を行う前に、実在する具体的発電プラントにおける定量的な特性を確認する必要があり、詳細な設計検討を実施する。

具体的には、既存火力として共同実施者の有する340MW級LNG火力を対象とし、焼却炉としては(燃料扱いが可能な)同発電所構内設置の80t/日規模RPF*燃焼炉を取り上げ、性能面、経済性面、運転能面、及び環境特性等の概念設計(FS)を実施する。(* Refuge Derived Paper and Plastics Densified Fuel)

②【技術開発の詳細】

(1) 全体統括

- ・本事業の研究要領立案、推進、取り纏めに関する基本的事項を行う。
- ・法規制、入手可能量、価格等を考慮し、利用する廃棄物を選定する。
- ・焼却施設と発電プラント統合において、性能、経済性等の全体的評価を行う。

(2) 焼却炉概念設計

- ・焼却炉の規模、形式、蒸気条件、及び経済性等を含む概念設計を行う。

(3) 発電プラント概念設計

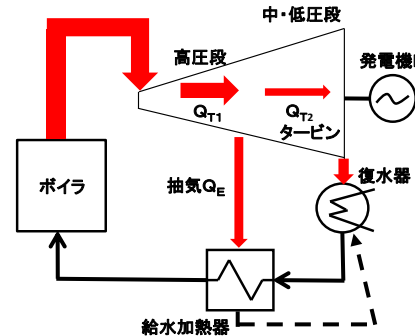
- ・具体的な発電所名(号機)を想定して実用機として運用する場合の予想性能、経済性、課題抽出とともに実証プラント計画も行う。主要検討事項は次の通り。
 全体システムおよび発電プラント側の性能、適用可能性の検討
 制御面の検討
 主要機器およびレイアウトの検討

(4) 展開可能性調査

- ・日本における本技術の適用の可能性を調査する。主要検討事項は下記の通り。
 全国の類似条件適合プラント抽出
 アンケート等によるユーザ意識調査
 ポテンシャル調査・取り纏め

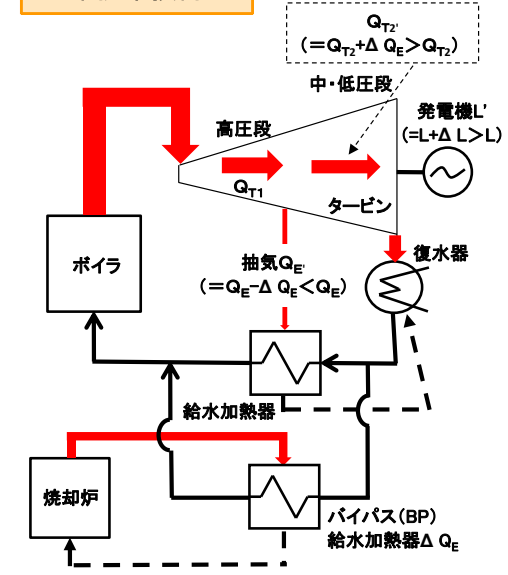
③【システム構成】

通常火力発電所



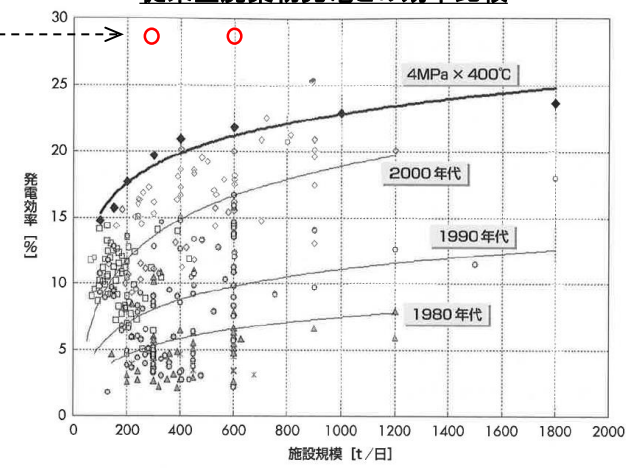
- ①火力発電の給水系統にバイパスを設け、焼却炉からの蒸気で加熱
 - ②給水加熱用の抽気熱量(Q_E)が減少(ΔQ_E)
 - ③抽気点以降の中低圧段タービンの流入熱量が増加し、発電出力が増加(L→L')
- ※発電出力一定の場合、化石燃料を低減

本提案技術



本提案技術(○)

従来型廃棄物発電との効率比較



(2)技術開発計画

①【実施体制】

技術開発代表者

(一財)エネルギー総合工学研究所

(全体統括、焼却炉概念設計、展開可能性調査)

バイオマス・廃棄物の利用技術の開発および評価に関し20年の実績を有する。

共同実施者

中国電力株式会社

(発電プラントの概念設計)

・実際適用候補となる発電所を所有する。
・発電プラントの設計、製作、運転に関し60年以上の実績を有する。

②【実施スケジュール】

項目	(金額単位 千円)							
	平成26年度							
	8	9	10	11	12	1	2	3
1. 全体統括			←					→
				4,660				
2. 焼却炉概念設計			←				→	
				4,000				
3. 発電プラント概念設計			←					→
				27,220				
4. 展開可能性調査							←	→
							4,448	
一般管理費					5,572			
合計					45,900			

③【目標設定】

○最終的な目標:

仕様:340MW級火力発電所への焼却炉蒸気(入熱量10%以下)導入可能性見極め
性能:・(焼却炉基準)発電効率27%以上

・火力発電所化石燃料節減量約5%以上の見極め

(研究結果は、発電効率は30%以上達成、化石燃料節減量は約5%以上は既設の場合配置制約等条件で異なるが十分可能(新設の場合問題なく可能)と判断した。)

④【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

・2016年度 実証試験の具体化計画

・2017年度 同試験装置建設および試験実施

・2018年度 実用機計画、試運転実施(実証試験装置の実用機展開も一案として考慮)

・2019年度 導入普及

○事業展開における普及の見込み(~2025年)

・実用化段階単純償却年:4年程度

年度	2018	2019	2020	2021~2025
目標適用台数 (焼却炉規模×台数)	300t/日炉 ×1台	600t/日炉 ×1台 (又は300t/ 日×2台)	600t/日炉 ×1台 (又は300t/ 日×2台)	600t/日炉 ×5台 (又は300t/ 日×10台)
発電所増加出力(万kW) (化石燃料節減対応)	0.9	1.8	1.8	9.0
累積発電所増加出力(万kW) (化石燃料節減対応)	0.9	2.7	4.5	13.5
累積CO ₂ 削減量(t-CO ₂ /年)	28,100	84,400	140,700	422,100

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・既設340MW LNG火力、焼却炉に約80t/日RPF燃焼炉(発生蒸気量30t/h×圧力MPa×温度300℃)の組合せを選定。
- ・(焼却炉基準)発電効率30%以上を達成。
同効率は、定格(340MW)で30.3%、部分負荷(175MW)で34.2%と低負荷程上昇傾向がある事を確認した。
- ・ボイラ燃料削減割合は、組合せ機器容量の関係から約3%を得る。
(容量変更により5%以上は達成可能であるとの見通しを得た。)

②【CO₂削減効果】

○2020年時点の削減効果 (試算方法パターン C,Ⅲ-i)

- ・2020年度に期待される普及量:
2018年初号機(焼却炉300t/日(RPF焼却換算約80t/日)×出力9MW)、
翌年2号機(焼却炉600t/日×出力18MW)、以降毎年同規模が新設、
2020年には600t/日・1機×出力18MWとすると、累積では45MWと予想される。
- ・1kW当たりの年間CO₂削減量: $1\text{kW} \times 8760\text{時間} \times 0.75 \times 0.476 / 1,000 = 3.127\text{t/年}$
(電力のCO₂原単位は、2012年電気事業連合会発表、0.476kg-CO₂/kWh、
設備稼働率75%と想定)
- ・年間CO₂削減量(2020年度): $18,000 \times 3.127 = 56,286 \div 6\text{万t-CO}_2$
- ・累積CO₂削減量(2020年度迄): $45,000 \times 3.127 = 140,715 \div 14\text{万t-CO}_2$

○2025年時点の削減効果 (試算方法パターン C,Ⅲ-i)

- ・2025年度の目標設定として、2020年度から2025年度にかけてのステップが、量産品でないため2020年度と同じペースの建設が行われると仮定する。
- ・そうすると2020年度から2025年度までの建設は、18MW×5年間で90MWとなり、累積で135MWとなる。
- ・従って同年間のCO₂削減量は、 $90,000 \times 3.127 = 281,430 \div 28\text{万t-CO}_2$
- ・累積CO₂削減量(2020年度迄): $135,000 \times 3.127 = 422,145 \div 42\text{万t-CO}_2$

③【成果発表状況】

- ・平成26年12月16日日刊工業新聞、日経産業新聞、及び電気新聞にて技術開発概要と性能面を中心とした途中成果を発表
- ・季報エネルギー総合工学、Vol.38 No.1、2015.4「廃棄物等利用火力発電システムの実用化研究FS」(p.20~p.29; 小川紀一郎、蓮池宏他6名)

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- (本技術は量産化対応は困難であり、国内適用につき一機毎の受注生産をベースとし、試験・実証等経験を積み重ねて低コスト化及び改良していく。)
- ・2017年度 実証試験装置建設および試験実施。
 - ・2018年度 上記実証試験装置を実用機として運用。
並行して次段階実用機の低コスト化、高効率化を推進。
 - ・2019年度 実証・実用機2号機を受注し、更に国内事業用への実用機(低コスト型)販売開始。
さらに石炭火力への適用方式を検討・開発。
 - ・2020年度～ 石炭火力適用の実証機または実用機の実用化・販売開始。
(注、石炭火力適用の場合、経済性でのメリットは期待できないが、CO₂低減効果が期待される。アセス等状況にもよるが、従ってその場合は、新設石炭火力への適用になると想定される。)

○事業拡大シナリオ

(数値は、台数(焼却炉規模300t/日ベース))

年度	2018	2019	2020	2021~2025 (最終目標)
構内型	1台	1台	1台	5台
構外型		1台	1台	2台
石炭火力アセス対応適用				3台
合計	1台	2台	2台	10台

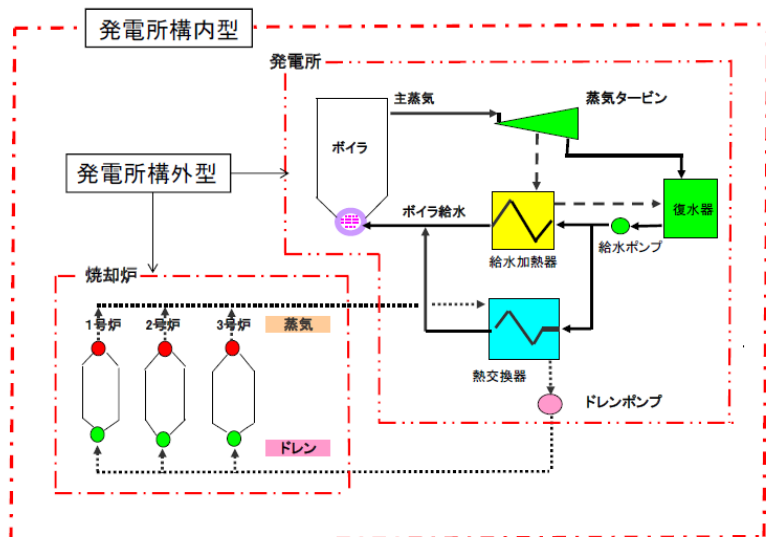
○シナリオ実現上の課題

- ・事業化に向けた当該技術の開発、実証
- ・低コスト化のための技術開発
- ・販売網拡大のための国内他メーカーへの技術提供
- ・海外への事業展開に向けた海外動向調査
- ・当該技術に対するユーザ、自治体及び所掌官庁等関係機関の理解と協力

○参考資料

(1) 焼却炉・発電所の組合せ

焼却炉・発電所の組合せにより「発電所構内型」と「発電所構外型」の2方式がある(下図)が、本研究では「発電所構内型」を中心に検討。



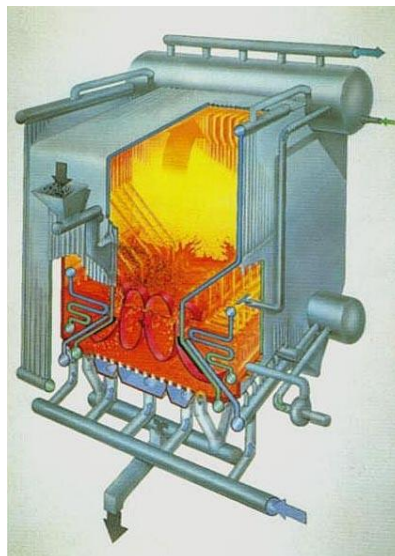
RPF JIS規格

等級	A	B	C
高位発熱量	25,000kJ/kg(約6,000kcal/kg)以上		
水分	5%以下		
灰分	10%以下		
塩素分	0.3%以下	0.3~0.6%	0.6~2.0%以下

(2) 焼却炉基本形式

内部循環型(ICFB)を採用。

- ① RPF燃焼に適す。
- ② 負荷応答性に優れる。
- ③ RPF(C級)でも3MPa×300°C蒸気条件発生に耐久性等考慮。



ケース	設計条件	
	105MW対応	発電所定格対応 340MW対応
ボイラー出口(圧力)	3MPa	
同(温度)	300°C	
同(蒸発量)	35.4t/h	32.8t/h
同(蒸気送気量)	32.0t/h	
ボイラー入口給水温度	178°C	176°C
ボイラープラント(脱気器)入口給水温度	141°C	177°C
燃料投入量	3.2t/h	2.9t/h
ボイラー効率(LHV基準)	89.40%	89.80%
ばいじん(乾,026%換算)	100 mg/m3以下	
硫黄酸化物	20ppm以下	
塩化水素	120mg/m3以下	
窒素酸化物	200ppm	

RPF 組成例

低位発熱量	kcal/kg	6,474
	kJ/kg	27,100
三成分	水分	% 3.43
	可燃分	% 89.62
	灰分	% 6.95
合計	%	100.00

炭素	%	58.24
水素	%	7.77
酸素	%	24.82
窒素	%	0.85
硫黄	%	0.09
塩素	%	1.04
灰分	%	7.19
合計	%	100

(3) 発電所の組合せケース比較の概要

	ケース1: 高圧6,7給水加熱器バイパス加熱	ケース2: 高圧6,7給水加熱器+低圧4給水加熱器バイパス加熱	ケース3: 高圧6,7給水加熱器+低圧1~4給水加熱器バイパス加熱	
概略図				
注) 赤線は改造箇所を示します。				
概要	焼却炉からの発生蒸気を利用し、高圧6,7ヒータの給水の一部をバイパス給水加熱器により加熱するシステム。	焼却炉からの発生蒸気を利用し、高圧6,7ヒータの給水の一部をバイパス給水加熱器により加熱。さらに、バイパス給水加熱器のドレンにより、低圧4ヒータの給水の一部を別置ドレンクーラにて加熱するシステム。	焼却炉からの発生蒸気を利用し、高圧6,7ヒータの給水の一部をバイパス給水加熱器により加熱。さらに、バイパス給水加熱器のドレンにより、低圧1~4ヒータの給水の一部を別置ドレンクーラにて加熱するシステム。	
評価	改造コスト	◎	△	
		別置ドレンクーラを設置しない為、改造コスト低	別置ドレンクーラも必要(配管・弁等も追加)となる為、改造コスト高	
	発電効率	◎	○	△
		発電効率(焼却炉基準): 30.34%となり最も高い	検討ケースの中では中間の効率となる。	検討ケースの中で最も低い効率となる。
	復水器熱負荷増加による復水器ΔT	○	△	△
	復水器ΔTは8.7℃となる。	復水器ΔTは8.8℃となる。	復水器ΔTは8.8℃となる。	
総合評価	◎	△	△	

	総入熱量基準 (η_p 又は $\eta_{p'}$)	ボイラ基準 (η_{pB})	焼却炉基準 (η_{ps})
現状	41.8	41.8	-
ケース1	41.4	42.5	30.3
ケース2	41.3	42.6	29.6
ケース3	41.2	42.6	26.5

ケース1が、機器構成の簡素化、コスト面、発電効率等、総合的に判断した場合最も優れており、本FS対象方式とした。以下の検討は全てケース1で示す。

CO₂排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- 評価点 6.2点（10点満点中）

- 評価コメント

- 実証及び社会実装へ向けて火力発電側からの協力が必要である。また廃棄物の種類を一般廃棄物まで広げ、自治体担当部局の協力参加の道を探るべき。

- 机上でのフィージビリティ調査では、目標は概ね達成したと判断されるが、火力発電所と廃棄物焼却施設との連携にあたっての制約を考慮した上で、プラントメーカーと連携する等普及へ向けた更なる努力が望まれる。

- RPF製造を含めた場合のLCA評価についても考慮すること。