

ごみ焼却発電の拡大と発電効率の向上

SCE-Net 神奈川研究会 (KSクラブ) 松村 真

2013年3月17日 (日) 15:20 大坂大学豊中キャンパス

1. ごみ焼却施設(清掃工場)
2. ごみ焼却施設の発電方法と効率
3. ごみ焼却発電の発電効率向上策
4. ごみ焼却発電の拡大と発電効率向上の創エネルギー効果

1. ごみ焼却施設(清掃工場)① 種類と規模

日本の清掃工場(処理能力で約5%の民間施設を除く)

焼却方式	施設数	処理能力(トン/日)		
		平均	全体	比率(%)
全連続式 (24時間稼働)	648 (53%)	249.7	161,832	87.3
准連続式 (16時間稼働)	228 (19%)	72.3	16,501	8.9
バッチ式 (8時間稼働)	345 (28%)	20.4	7,040	3.8
計	1221 (100%)	151.8	185,372	100.0

出典：“日本の廃棄物処理、平成22年度版”, 環境省

1. ごみ焼却施設(清掃工場)② エネルギー利用

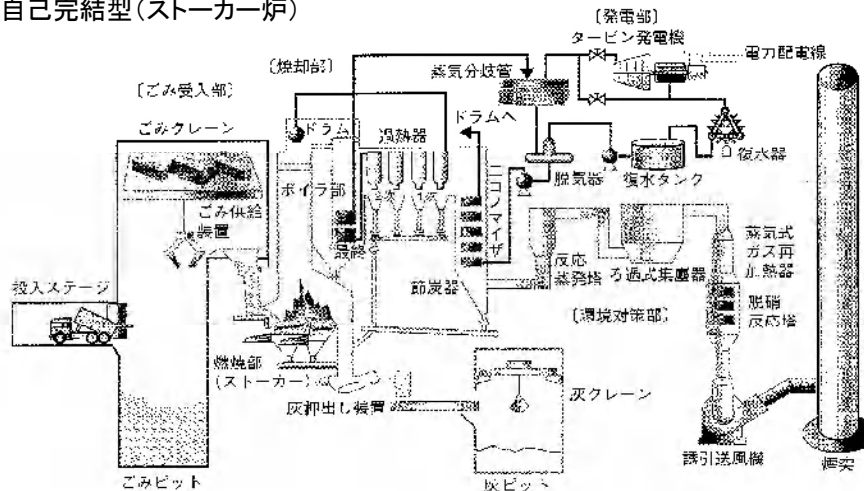
清掃工場のエネルギー利用状況

全清掃工場		1221
エネルギー利用なし		429 (35%)
エネルギー利用あり		792 (65%)
エネルギー用途 重複利用を含む	工場内温水利用	(720)
	工場外温水供給	(238)
	工場内蒸気利用	(240)
	工場外蒸気供給	(100)
	自家消費用発電	(304)
	電力会社売電用発電	(189) : 15%
	その他	(44)

出典：“日本の廃棄物処理、平成22年度版”，環境省

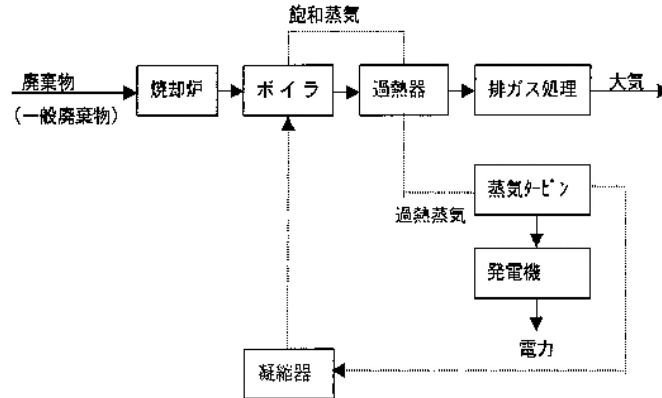
2. ごみ焼却施設の発電方法と効率①

自己完結型(ストーカー炉)



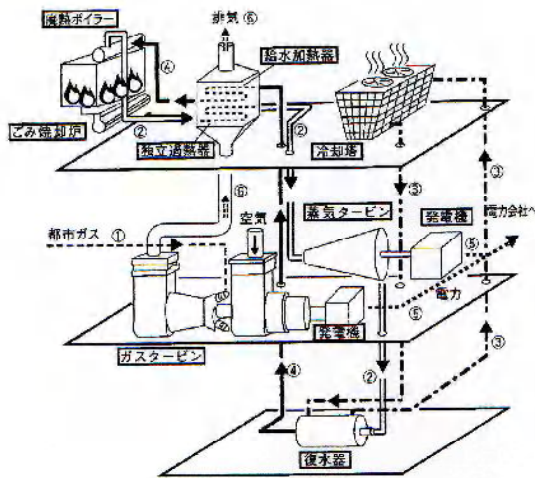
2. ごみ焼却施設の発電方法と効率 ②

(標準・自己完結型)ごみ焼却発電



2. ごみ焼却施設の発電方法と効率 ③

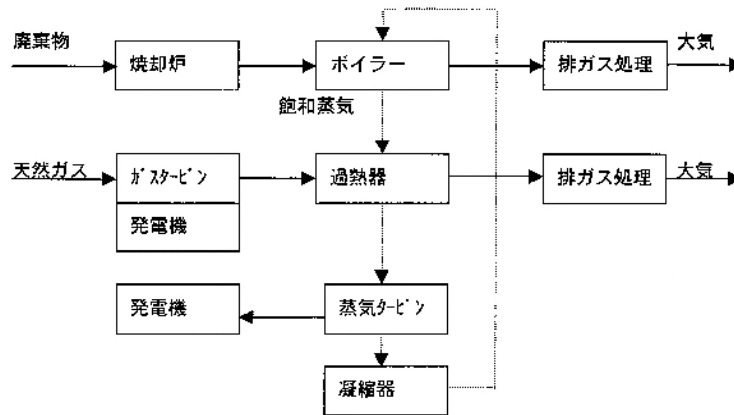
スーパーごみ発電
(ガスタービン発電と併用)
日本で2か所



- ① ---> 都市ガス
- ② ==> 蒸気
- ③ ---> 冷却水
- ④ ==> 復水および給水
- ⑤> 電力
- ⑥ ::::=> タービン排ガス

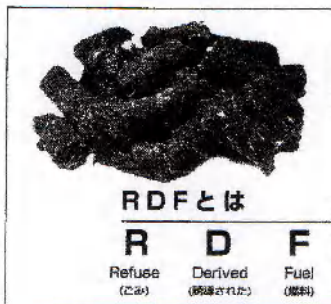
2. ごみ焼却施設の発電方法と効率 ④

スーパーごみ発電



2. ごみ焼却施設の発電方法と効率 ⑤

固形燃料化→輸送→専用発電ボイラーで焼却発電(日本はRDF-5)



さまざまな工程を経たごみは圧縮、成型、乾燥されペレット状のRDF(ごみ燃料)になる。

分類	内容	備考
RDF-1	粗大ごみを除去した通常のごみ	---
RDF-2	粗破砕したごみで、金属類を分離除去する場合としない場合がある	フラフ-RDF (I-RDF)
RDF-3	都市ごみを破砕し、金属、ガラスおよび無機物を除去し、その粒度は50mmのスクリーン通過が95%のもの	---
RDF-4	2mmのスクリーン通過が95%の粉体のもの	粉体-RDF Dust-RDF
RDF-5	ペレット、キューブ、ブリケット状に圧縮成型したもの	団形-RDF (C-RDF)
RDF-6	液体燃料に加工されたもの	---
RDF-7	気体燃料に加工されたもの	---

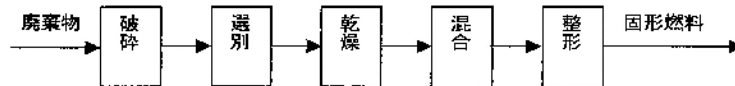
2. ごみ焼却施設の発電方法と効率 ⑥

固形燃料化設備フロー

① 固形燃料化施設-1

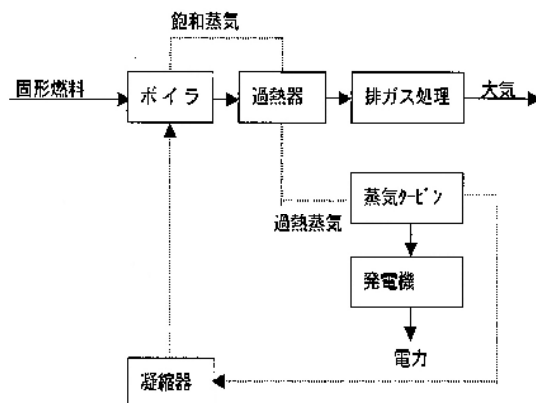


② 固形燃料化施設-2



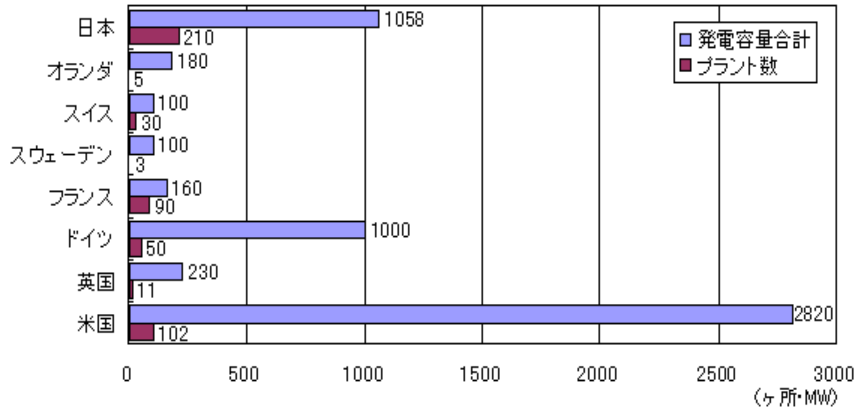
2. ごみ焼却施設の発電方法と効率 ⑦

ごみ固形燃料発電プラント(RDF発電プラント)



2. ごみ焼却施設の発電方法と効率 ⑧

主要国のごみ焼却発電施設数と出力規模



注: 日本は2001年度(経産省調べ)、米国は2000年調べ、他国は1990~93年度ベース
: 廃棄物は全て一般廃棄物

2. ごみ焼却施設の発電方法と効率 ⑨

主要国ごみ焼却施設の焼却能力、発電量・発電量原単位比率

	ごみ焼却能力 (1日平均)	発電量 (平均MW)	発電量原単位 (比率・概略)
日本	400トン弱	5.3	1
アメリカ	1100トン強	27.6	5.2
ドイツ	600トン弱	20.0	3.8

日本のごみ焼却発電出力は、1工場あたりの焼却量を考慮してもアメリカやドイツに比べて非常に少ない。原因は何か？

2. ごみ焼却施設の発電方法と効率 ⑩

日本のごみ焼却発電効率(%)

発電効率	清掃工場数
5%未満	31
5~10	76
10~15	112
15~20	63
20以上	16
11.6(平均)	298(計)

ごみ焼却発電効率事例(%)

発電効率	清掃工場
25	アムステルダム旧炉 700トン/日×4
33	アムステルダム新炉 800トン/日×2
21 (3炉計)	ブルツブルグ(独) 192トン/日×2 360トン/日×1

平均206kW時/トン(実績)

蒸気温度: 410~420℃

522~646kW時/トン: 29~36%(上位10工場)

蒸気圧力: 4.2MP

100%効率だと1775 kW時/トンになるが小さすぎる?

分母の焼却ごみ量と燃焼熱の確認が必要

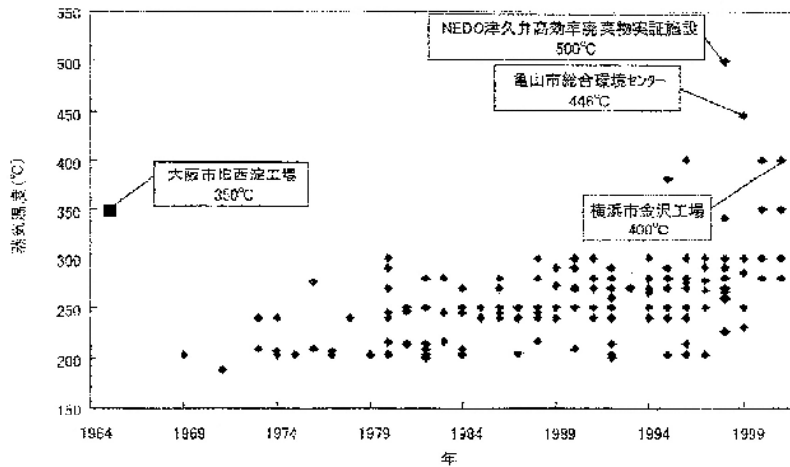
ごみ焼却発電の拡大と発電効率の向上

Copyright© 2013 松村 眞

13

2. ごみ焼却施設の発電方法と効率 ⑪

タービン入口蒸気温度の推移(日本)



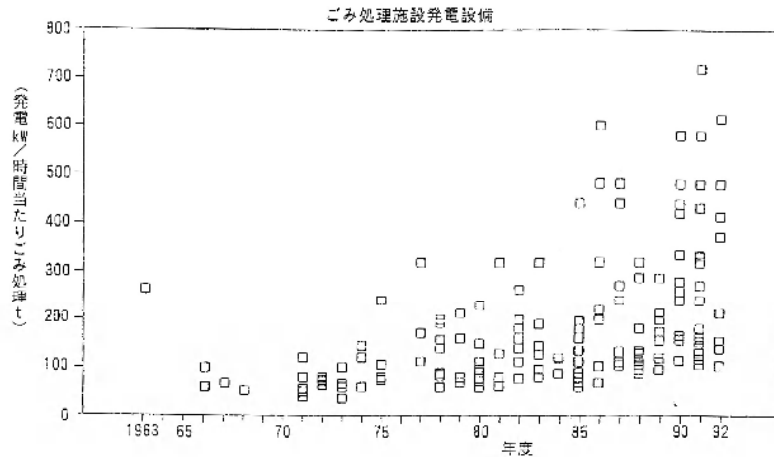
ごみ焼却発電の拡大と発電効率の向上

Copyright© 2013 松村 眞

14

2. ごみ焼却施設の発電方法と効率 ⑫

ごみ焼却発電の発電量原単位推移



2. ごみ焼却施設の発電方法と効率 ⑬

日本のごみ焼却発電が、欧米より低効率だった理由

- 直接原因
- ① 発電タービン入口蒸気圧力と温度が低かった
 - ② 発電タービン出口蒸気圧力と温度が高かった
 - ③ ごみのカロリーが低かった
 - ④ 焼却施設のエネルギー効率と、発電設備の発電効率が低かった
- 間接原因
- ① ごみ焼却プラントの規模が小さかった
 - ② 公共衛生設備として建設したので売電収入を期待しなかった
 - ③ 電力会社は自家発電の電力を買おうとしなかった(安かった)

- アメリカ
- ① ごみ焼却は民営で、発電し売電するのが重要な目的
 - ② 公共衛生施設ではなく、営利事業のエネルギー施設として建設
 - ③ 複数の市町村とごみ処理請負契約:「Put or Pay」

- ドイツ
- ① 独立採算の第3セクター(料金は全額排出者負担)

日本は発電効率の向上と、発電量増大の余力が大きい。

3. ごみ焼却発電の発電効率向上策①

分野	課題	内容
ごみ成分改善	水分の低下	清掃工場で焼却しているごみ（一般廃棄物）には、水分が35%~40%含まれている。厨芥ごみをディスポーザーで処理し水分を減らす。
	産業廃棄物の混合焼却	清掃工場はオフィスやレストランなどの事業所から排出するごみも焼却しているが、一部の工場廃棄物（木くず、紙くずなど）も混合焼却する。
焼却設備改善	蒸気の高温化と高圧化	耐腐食性の強い過熱器伝熱管を採用する。最近の伝熱管は4MPa、400℃までは耐えられるが、さらに高温高圧を目指す。試験的には500℃まで可。
	復水器の低温化と低圧化	既設の清掃工場は空冷復水器による復水が多いが、水冷式を採用して凝縮温度を下げ低圧化する。蒸気タービンの圧力落差を大きくする。
	排ガスからの熱回収増大	廃熱ボイラーを出た排ガスの下流に空気予熱器やボイラー給水予熱器を設置して熱回収率を高める。ばいじん対策と低温腐食対策が必要。

3. ごみ焼却発電の発電効率向上策②

焼却設備改善	白煙対策の抑制	清掃工場は煙突から出る水蒸気を見えなくするために、排ガスを灯油や水蒸気を使って再加熱している。視覚的な対策に過ぎないので止める。
	ガスタービンの併用	ガスタービン発電を併設し、腐食性の低いガスタービン排熱で蒸気を過熱することにより蒸気の高温化を図る。スーパーごみ発電とも言われる。
優遇施策	焼却発電の義務化	24時間連続稼働の清掃工場には、一定効率以上の焼却発電を義務化する。ドイツを含めて数ヶ国がエネルギー回収の最低基準を規定している。
	電力の購入義務化	電力会社によるごみ発電の購入義務と、購入価格の基準設定。ヨーロッパでは数ヶ国が購入を義務化。また数ヶ国が購入価格の最低基準を設定。 2012年7月から、日本も電力会社がkW時あたり17.85円で購入することとなった。従来は昼間が約10円、夜間は6円程度だった。買取価格が大幅に引き上げられた。

3. ごみ焼却発電の発電効率向上策③

運営体制	ESCO事業の導入	プラント工事が既存清掃工場の発電余力を診断し、リース会社が改造工事費を負担して、得られる売電収益で工事費用を回収する。工場やオフィスの省エネルギー対策に事例が多い。
	PF1（民営）の導入	清掃工場の運営が民間に移管されれば収益インセンティブが強化され、ごみ焼却発電の拡大が促進される。アメリカは民営でドイツは独立採算制。

ESCO事業：顧客に省エネルギーに関する包括的なサービスを提供し、省エネルギー効果を保証し、省エネルギー対策による顧客の利益から報酬を受けとる事業。
ESCO事業者の提供するサービス

- ① エネルギー診断にもとづく省エネルギー提案
- ② 提案した省エネルギー設計と施工、および導入設備の保守管理
- ③ 省エネルギー効果の保証と、省エネルギー効果の計測と検証
- ④ 事業資金のアレンジ

地方自治体はESCO事業者に発電余力の診断と改造工事の引合いをだしたらどうか。

4. 発電の拡大と効率向上の創エネ効果①

一般廃棄物焼却発電の拡大シナリオ想定

シナリオ	内容	出力増加	費用効果	阻害要因
第1	現在、発電していない全連続清掃工場（24時間稼働）に、発電効率25%の設備を導入する。 1221工場中の約350工場	大	大	小
第2	既に発電している全連続清掃工場の発電関連設備を改善し、発電効率を25%に高める。 1221工場中の約300工場	大	大	小
第3	すべての准連続清掃工場（1日16時間稼働）を統廃合して連続化し、効率25%の発電設備を導入する。 1221工場中の228工場	中	中	中
第4	すべての機械バッチ・固定バッチ清掃工場（1日8時間以下の稼働）を統廃合して連続化し、効率25%の発電設備を導入する。	小	小	大

4. 発電の拡大と効率向上の創エネ効果②

発電出力の増加と省エネルギー効果 省エネルギー効果は原油換算（万k l /年） 出力単位：千kW

シナリオ	内容	廃棄物処理能力 廃棄物処理量/年	発電効率 (%)	定格出力 運転出力	総発電量 (億kWh/年)	増加発電量 (億kWh/年) 増加省エネ効果
現状	全連続648 工場中、 306工場で 発電	127,524 t /日 2,324万t/年	11.6	1,700 823	72.10	72.10 67.95
第1	未発電342 全連続工 場に25% 効率発電 導入	34,308 t /日 628万t/年	25	957 479	41.80	+41.8 +39.40
第2	既発電300 工場の発 電効率を 25%に向 上	127,524 t /日 2,324万t/年	25	3,664 1,774	155.39	+83.28 +70.51

シナリオ第1と第2だけで発電量は72.1億kW時から197.2億kW時と2.7倍になり、第3・第4シナリオを含めた全ポテンシャルの90%に達する。定格出力は462万kW。

ごみ焼却発電の拡大と発電効率の向上

Copyright© 2013 松村 眞

21

4. 発電の拡大と効率向上の創エネ効果③

シナリオ	内容	廃棄物処理能力 廃棄物処理量/年	発電効率 (%)	定格出力 運転出力	総発電量 (億kWh/年)	増加発電量 (億kWh/年) 省エネ効果
第3	全准連続 工場を連 続化、 25%効率 発電導入	16,501 t /日 300万t/年	25	459 229	20.05	+20.05 +18.89
第4	全バッチ 工場を連 続化、 25%効率 発電導入	7,040 t /日 128万t/年	25	223 97	8.56	+8.56 +8.06
累計		185,372t/日 3,380万t/年	25	5,303 2,579	222.5 右欄と誤差	225.9 (+152.7) 204.81 (+136.86)

ごみ焼却発電の拡大と発電効率の向上

Copyright© 2013 松村 眞

22