

平成22年度 日本環境効率フォーラム秋季セミナー

高効率廃棄物発電の現状  
と今後の展望について

平成22年11月26日

(社)日本環境衛生施設工業会 技術委員長

[ (株)タクマ 東京技術企画部 ]

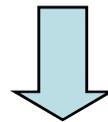
角田芳忠

## 講演内容

- 高効率ごみ発電の背景
- 廃棄物発電のポテンシャル
- 高効率ごみ発電に向けた試算
- 高効率化のための技術要素
- 欧州における廃棄物発電動向
- 今後の展望

## 廃棄物処理施設整備計画 (平成20年3月閣議決定)

- ・「廃棄物処理施設整備にあたり温室効果ガスの排出抑制に配慮することが**極めて重要**である。」
- ・「**廃棄物発電の導入推進**、廃棄物発電ネットワーク、焼却施設からの中低温廃熱の利用を進める。」

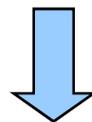


ごみ焼却施設の総発電能力の目標値

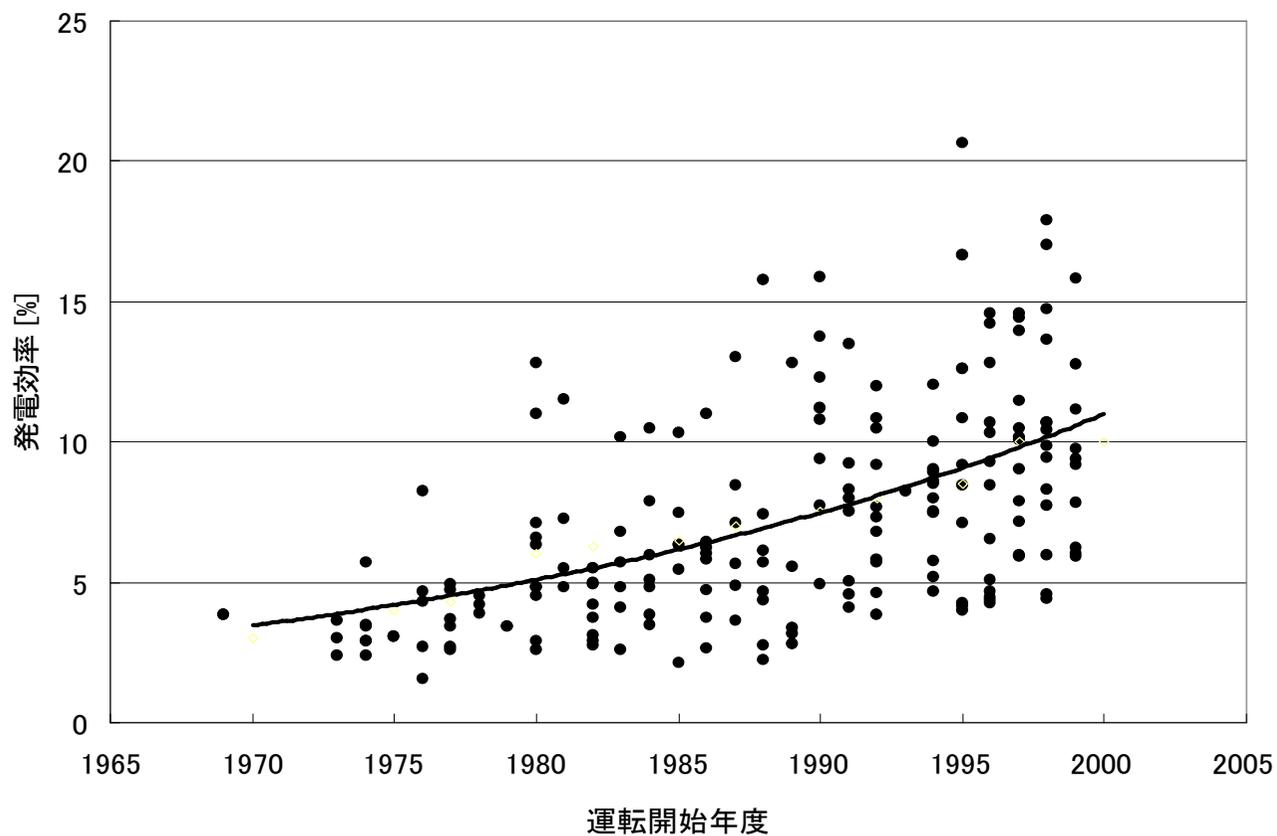
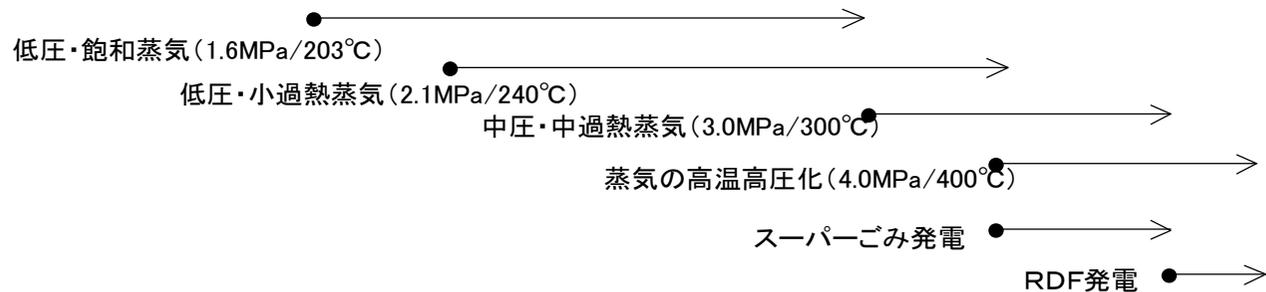
**平成24年（2012年）に250万kW**

## ごみ焼却施設における温暖化対策への役割

- ①ごみの持つエネルギーを可能な限り**回収**する
- ②回収したエネルギーを可能な限り**有効利用**  
(電力・熱利用)する
- ③必要な機能を維持しながら，施設消費エネルギーを削減する(**省エネルギー**)



化石燃料代替により二酸化炭素の排出量を削減する



廃棄物発電施設におけるボイラ蒸気条件と発電効率の推移

# 現在のごみ焼却施設の発電の状況

(環境省の平成19年度統計データより)

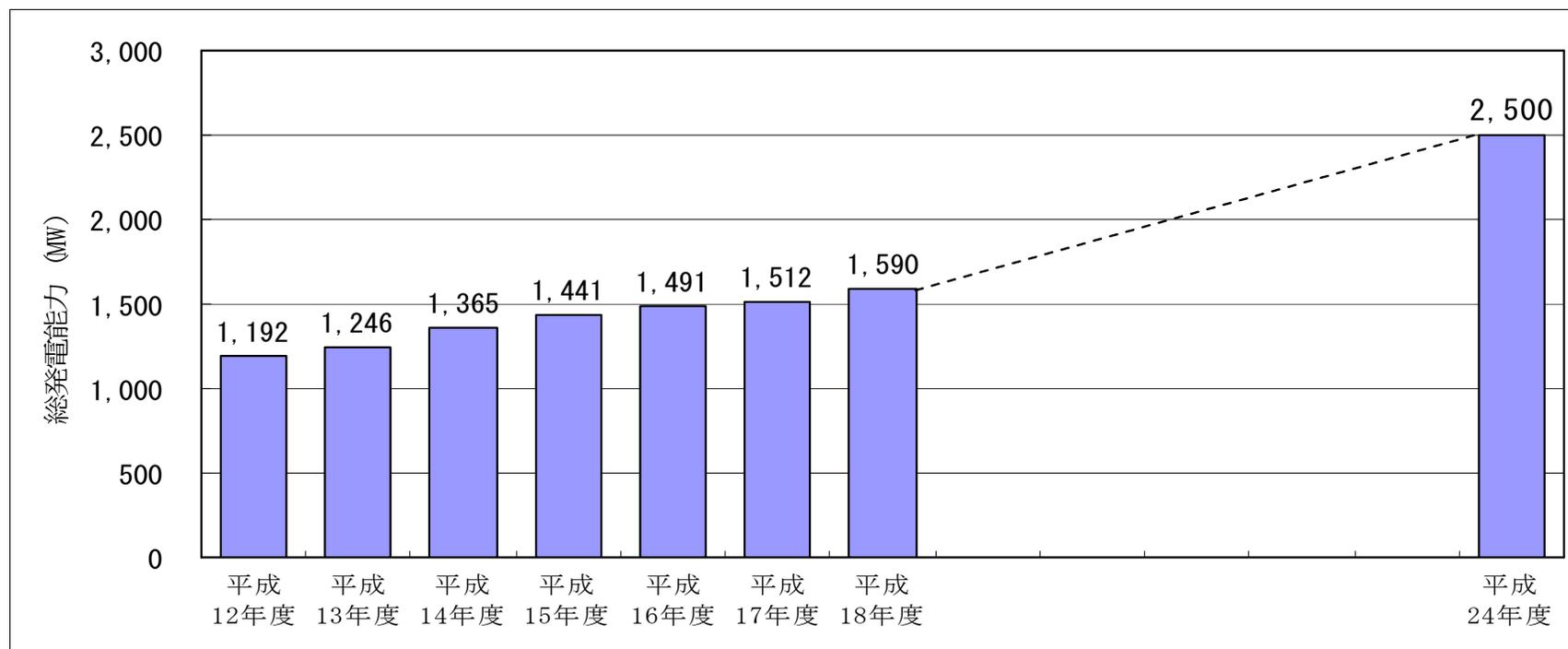
- ・ 発電設備を有する施設は298施設
- ・ 全体の23.2%
- ・ 総発電能力は160万kW
- ・ 約200万世帯の年間電力に相当

|                |       |         |
|----------------|-------|---------|
| 発電施設数          | 298   | (293)   |
| 総発電能力 (MW)     | 1,604 | (1,590) |
| 発電効率(平均) (%)   | 11.14 | (10.93) |
| 総発電電力量 (GWh/年) | 7,132 | (7,190) |

(カッコ内は平成18年度データ)

## ごみ焼却発電能力の目標（環境省）

- ・平成24年度，総発電能力で **2,500 MW**
- 目標には遠く，今後の増加が望まれる



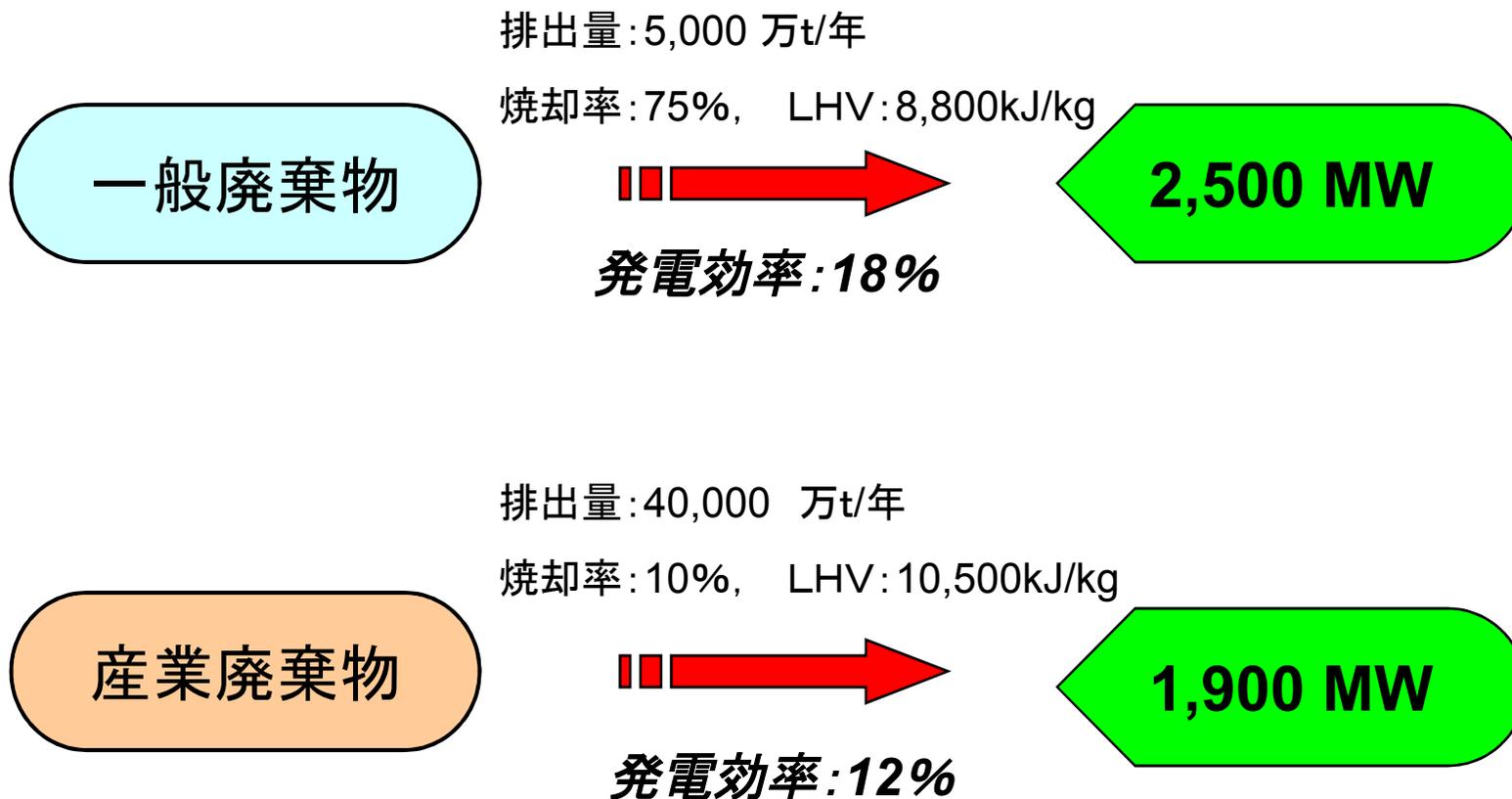
## 長期エネルギー需給見通し(再計算)

[ 「総合資源エネルギー調査会需給部会, 2009年8月」を引用, 編集 ]

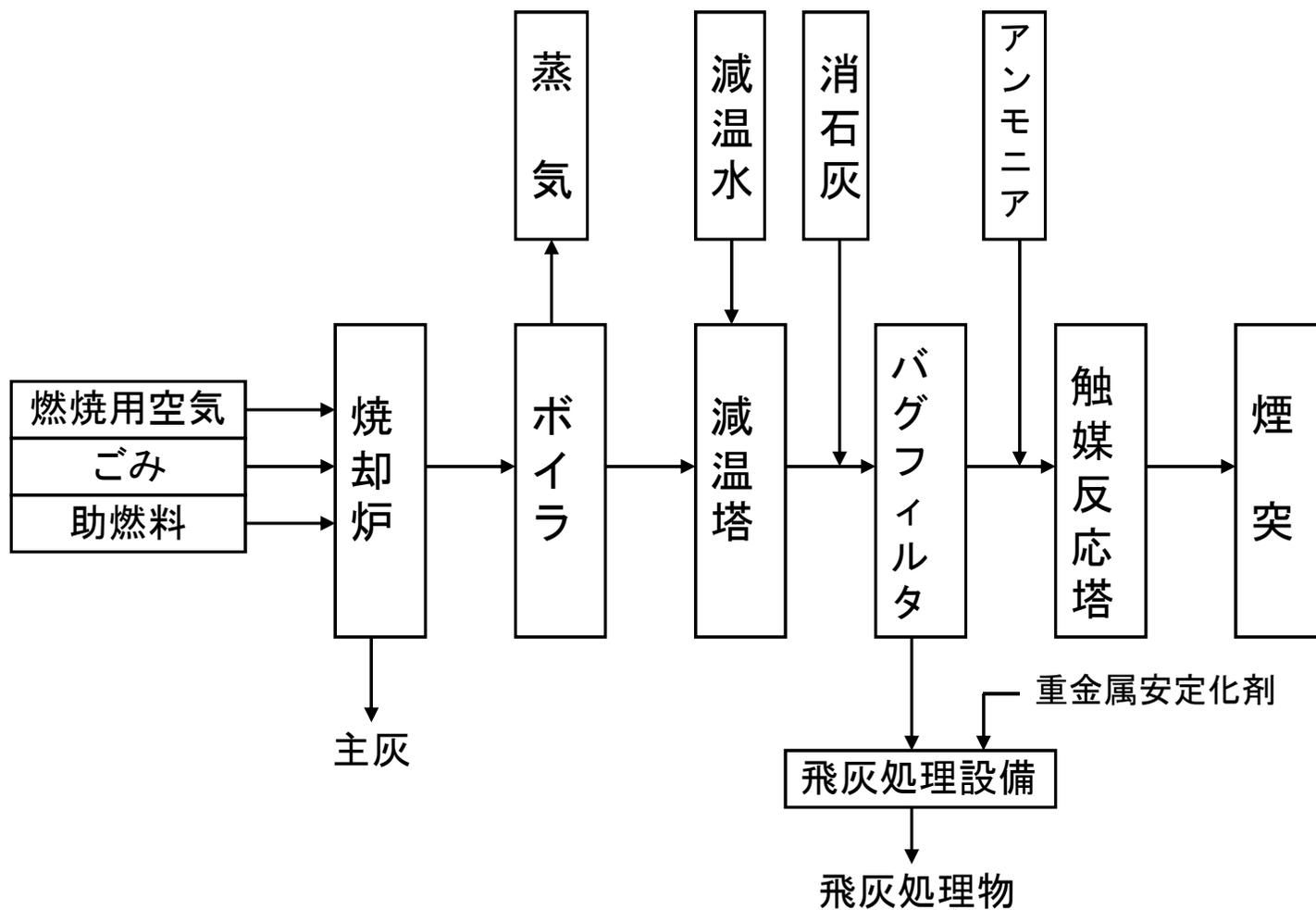
|                   | 単位  | 2005年度<br>実績 | 2020年度<br>最大導入ケース | 2030年度<br>最大導入ケース |
|-------------------|-----|--------------|-------------------|-------------------|
| 太陽光発電             | 万kL | 35           | 700               | 1,300             |
|                   | 万kW | 142          | 2,865             | 5,321             |
| 風力発電              | 万kL | 44           | 200               | 269               |
|                   | 万kW | 108          | 491               | 661               |
| 廃棄物発電<br>+バイオマス発電 | 万kL | 252          | 408               | 494               |
|                   | 万kW | 223          | 363               | 440               |
| バイオマス熱利用          | 万kL | 142          | 335               | 423               |
| その他*              | 万kL | 687          | 812               | 727               |
| 合計                | 万kL | 1,160        | 2,455             | 3,213             |

\* その他: 太陽熱利用、廃棄物熱利用、黒液・廃材等が含まれる。

# 廃棄物発電のポテンシャル



# 高効率発電の試算における設定フロー



## 発電効率の定義

発電効率 [%]

$$= \frac{\text{発電エネルギー}}{\text{投入エネルギー（ごみ＋外部燃料）}} \times 100$$

$$= \frac{\text{発電出力 (kW)} \times 3600 \text{ (kJ/kWh)}}{\text{ごみ低発熱量 (kJ/kg)} \times \text{施設規模 (t/d)} \div 24 \text{ (h)} \times 1000 \text{ (kg/t)} \\ + \text{外部燃料低発熱量 (kJ/kg)} \times \text{外部燃料投入量 (kg/h)}} \times 100$$

# 発電効率に影響を及ぼす因子

(BTG方式によるごみ焼却発電)

**熱回収率** (ボイラで回収できる熱量割合)

**蒸気利用率** (発生蒸気のうち発電に利用できる割合)

**発電システム効率** (タービン, 発電機などの効率)

ごみ質

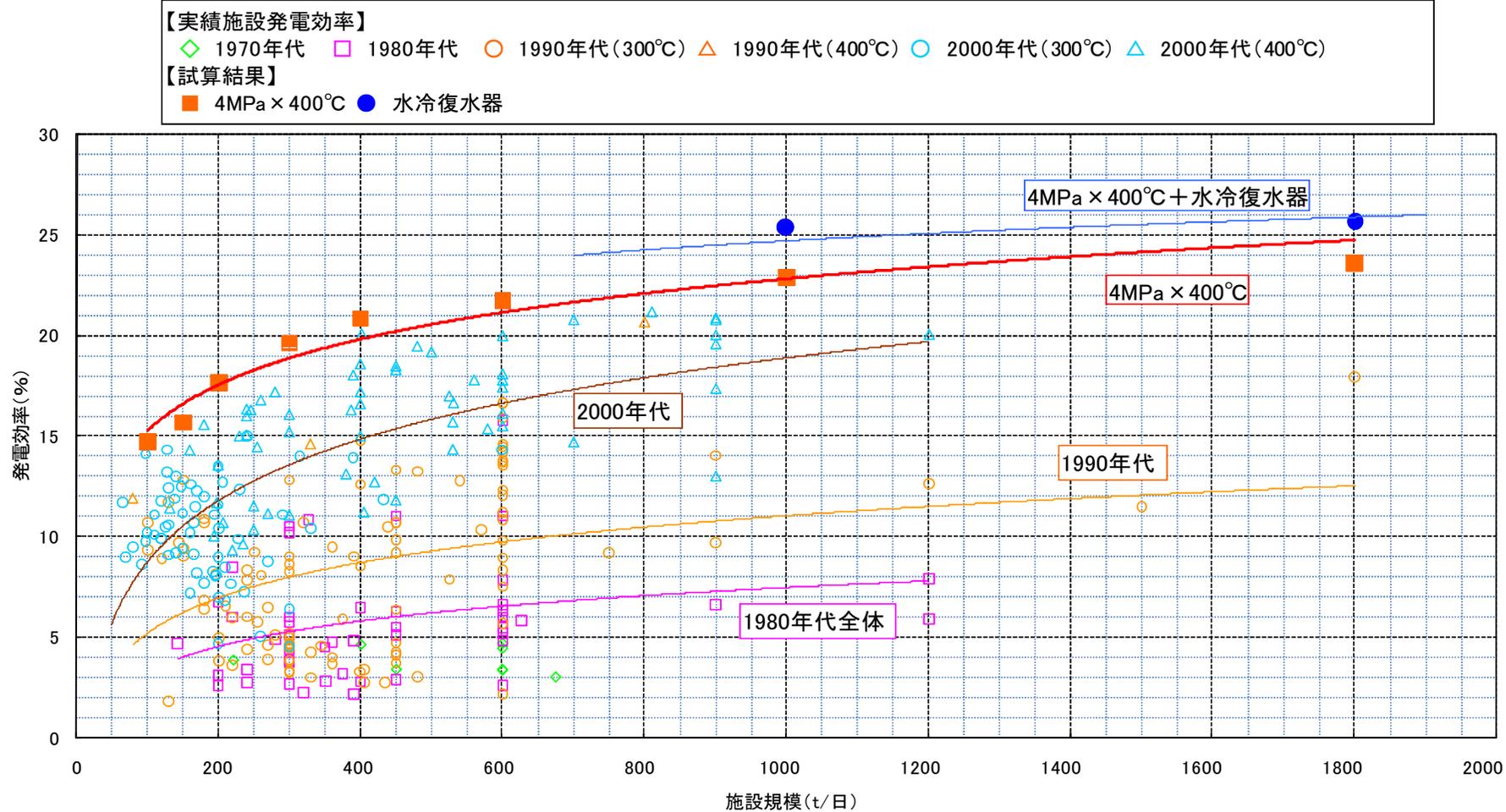
排ガス処理方式

施設規模

排水処理条件

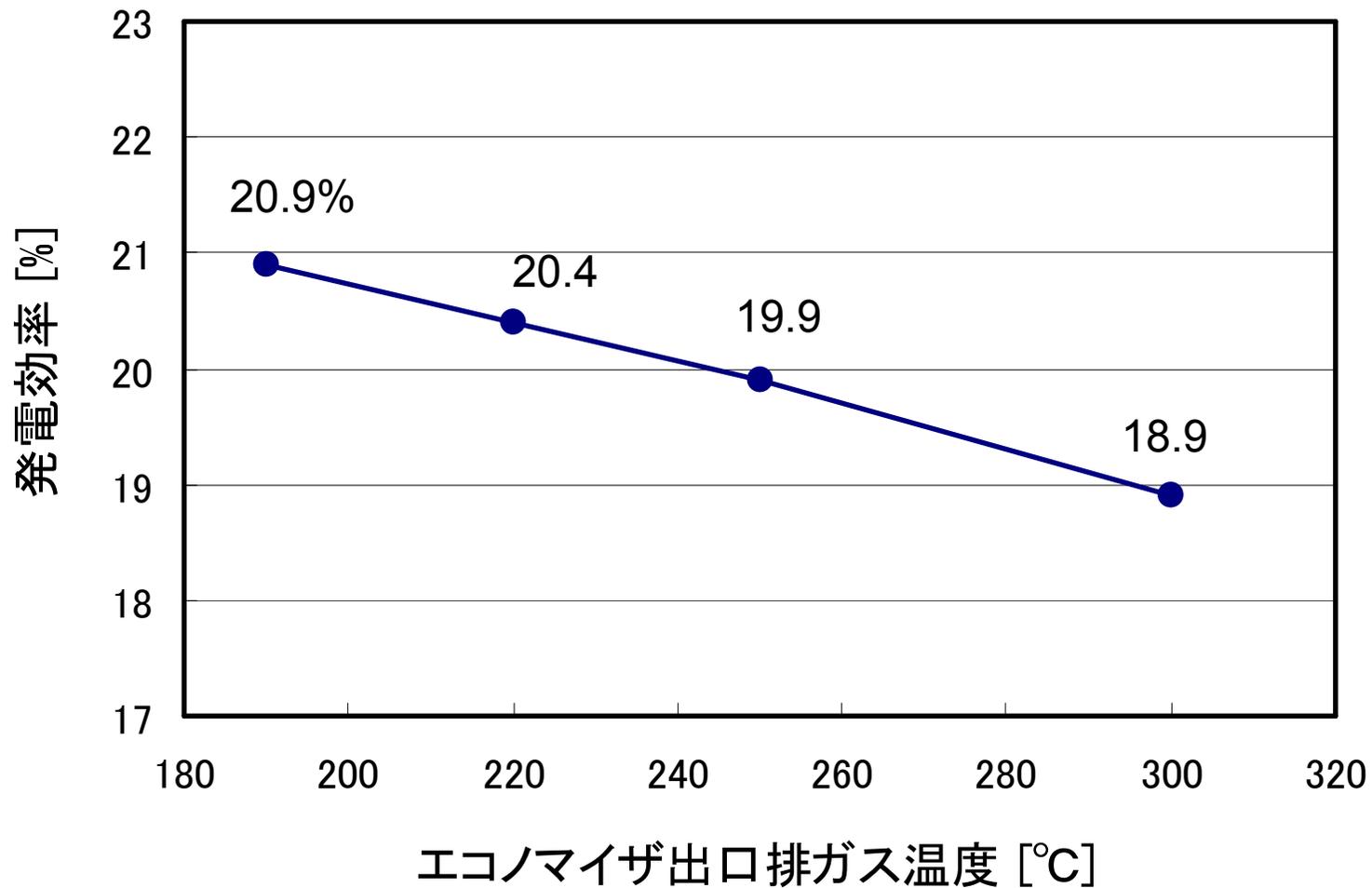
# モデル試算結果

ごみ焼却施設の発電効率実績と試算結果

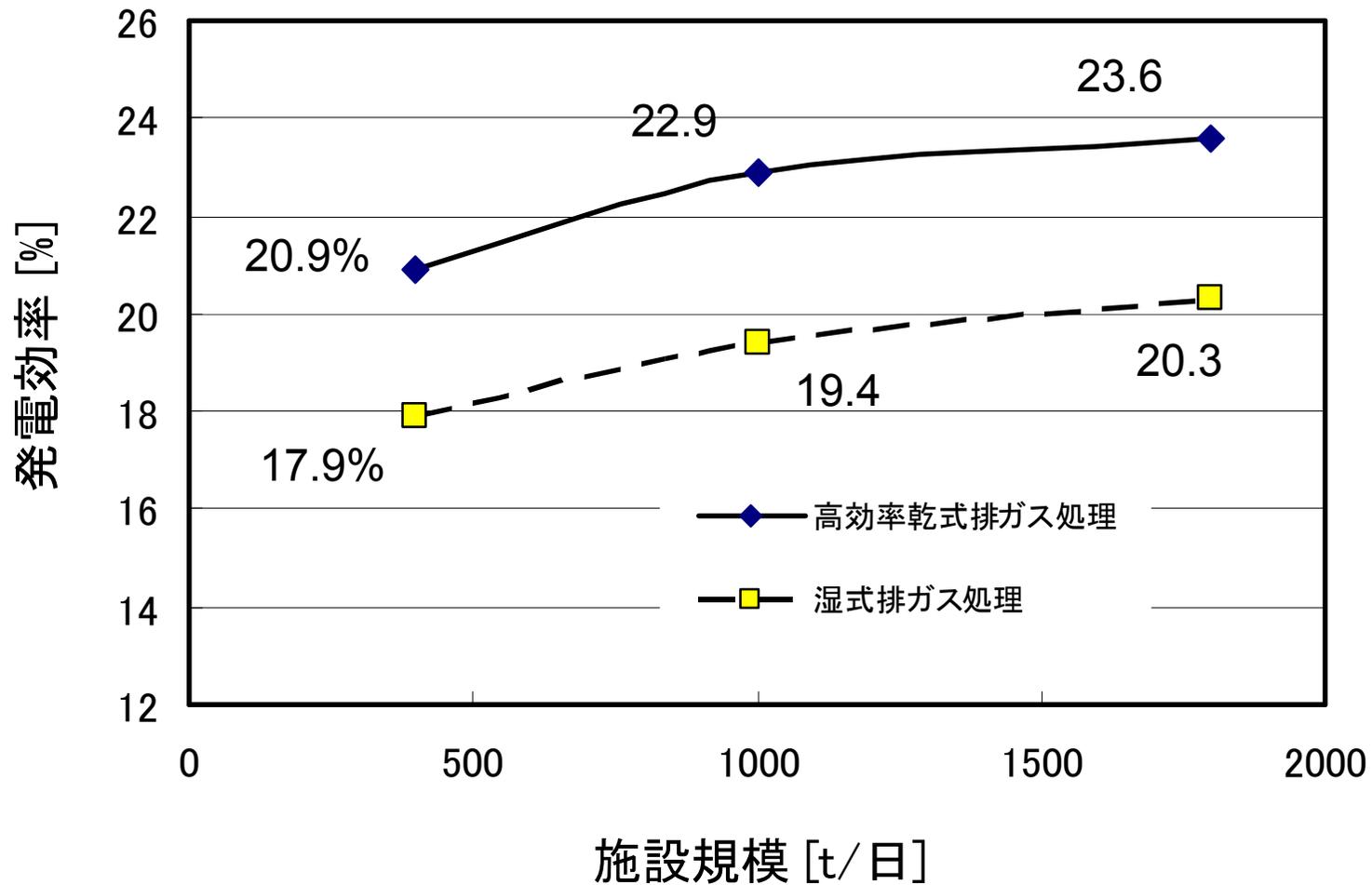


| 技術システム, 要素   | 発電効率の向上効果 [%]                      | 比較算出条件  |
|--|------------------------------------|---|
| (Ⅰ) 熱回収能力の強化 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 低空気比燃焼</li> <li>▪ 低温エコノマイザ</li> </ul>  | 0.5<br><br>1                       | 300t/日施設において, 空気比を1.8→1.4の変更<br><br>ボイラ出口排ガス温度を250°C→190°Cに変更   |
| (Ⅱ) 蒸気の効率的利用 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 高効率乾式排ガス処理</li> <li>▪ 低温触媒脱硝</li> <li>▪ 白煙防止装置なし</li> <li>▪ 排水クローズドシステムなし</li> </ul> | 3<br><br>1~1.5<br><br>0.4<br><br>1 | 酸性ガス処理を湿式→高効率乾式に変更<br><br>触媒入口排ガス温度を210°C→185°Cに変更し, 排ガス再加熱なしとする<br><br>白煙防止条件5°C, 60%を条件設定なしとする<br><br>ボイラ出口排ガス温度を250°C→190°Cに変更 |
| (Ⅲ) 発電システムの効率化 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ボイラの高圧高温化</li> <li>▪ 抽気復水タービン</li> <li>▪ 水冷式復水器</li> </ul>                         | 2~3.5<br><br>0.5<br><br>2.5        | ボイラ蒸気条件を3MPa/300°C→4MPa/400°C<br><br>脱気器加熱用熱源を主蒸気→タービン抽気に変更<br><br>タービン排気圧力を -76kPaG→ -94kPaGに変更                                  |

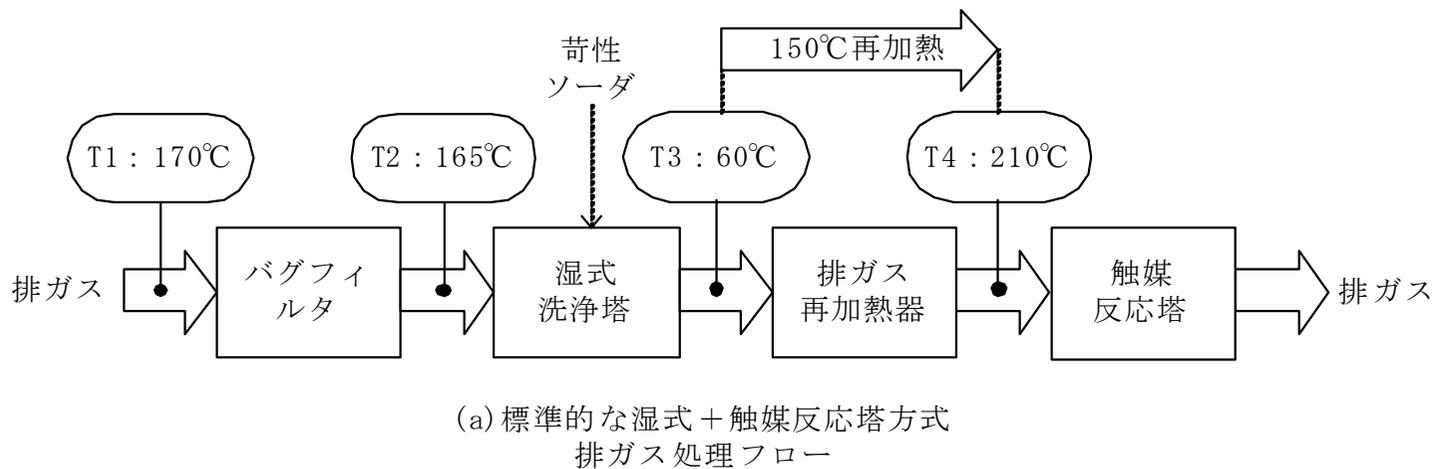
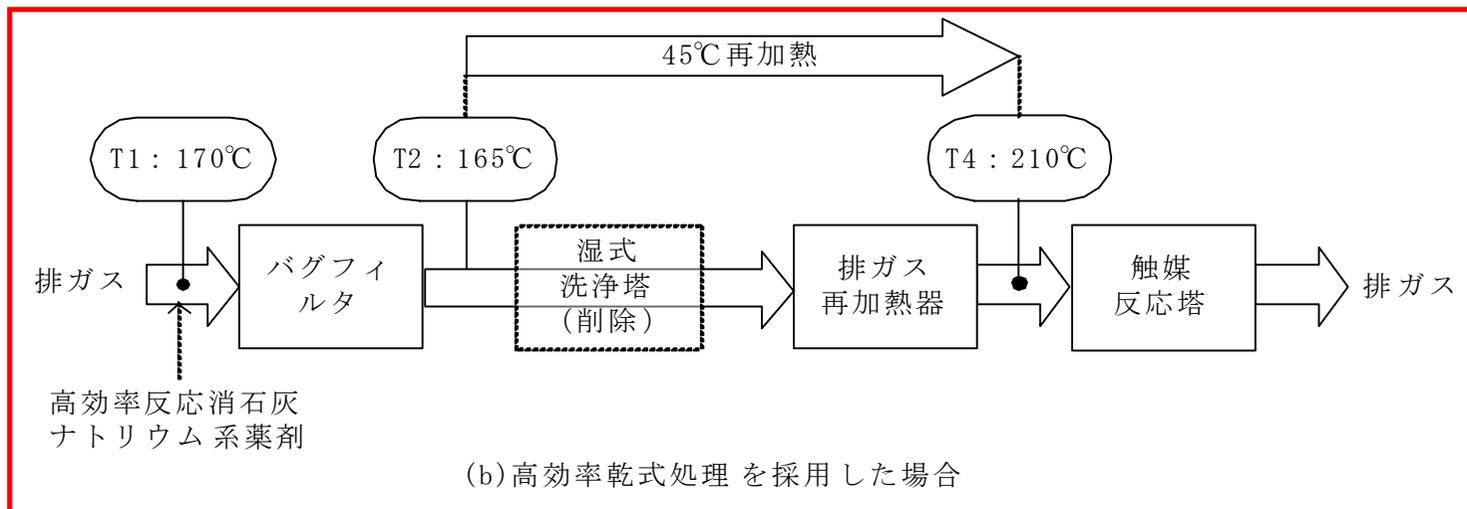
## 発電効率に及ぼすボイラ出口排ガス温度の影響



## 排ガス処理方式の違いによる発電効率への影響

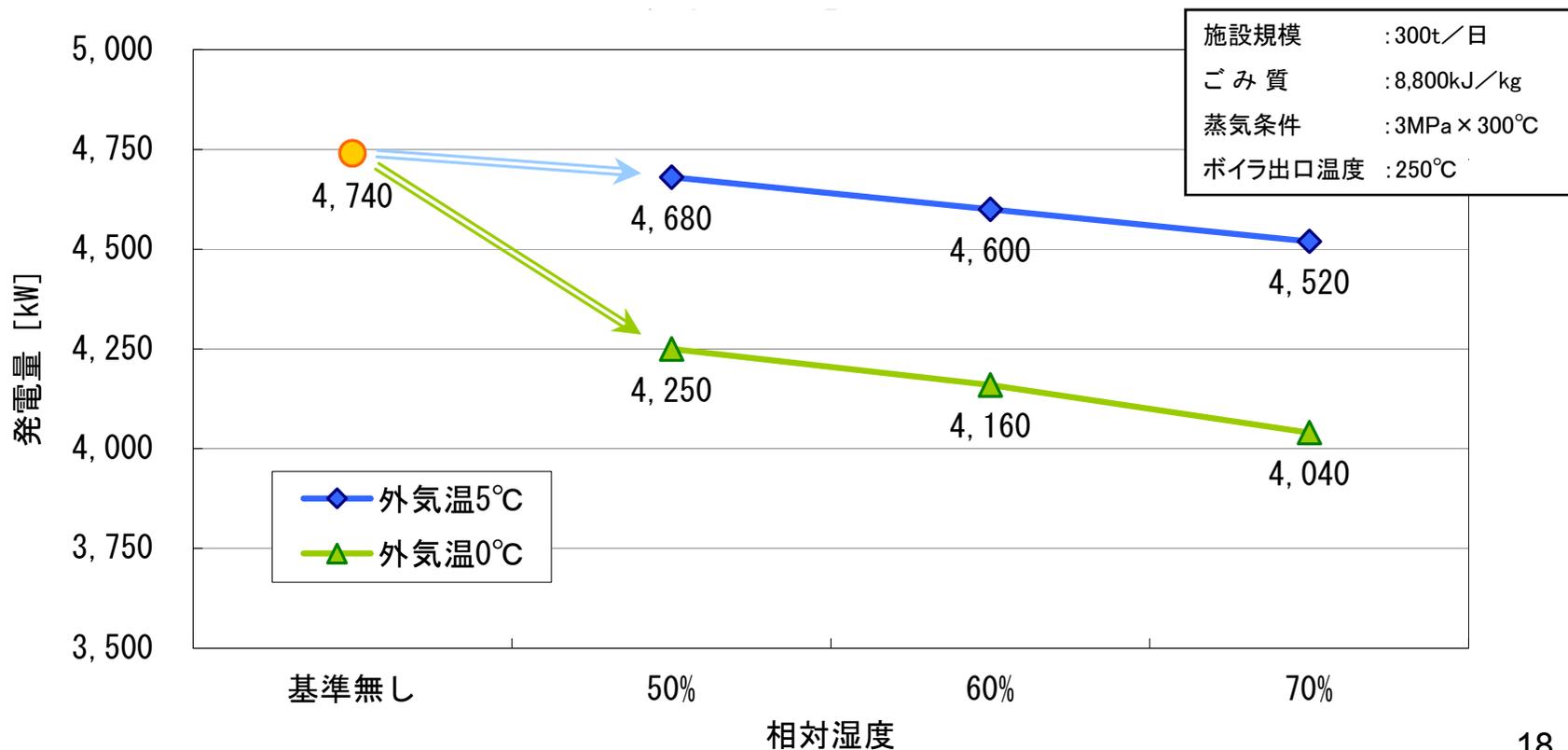


# 高効率乾式排ガス処理

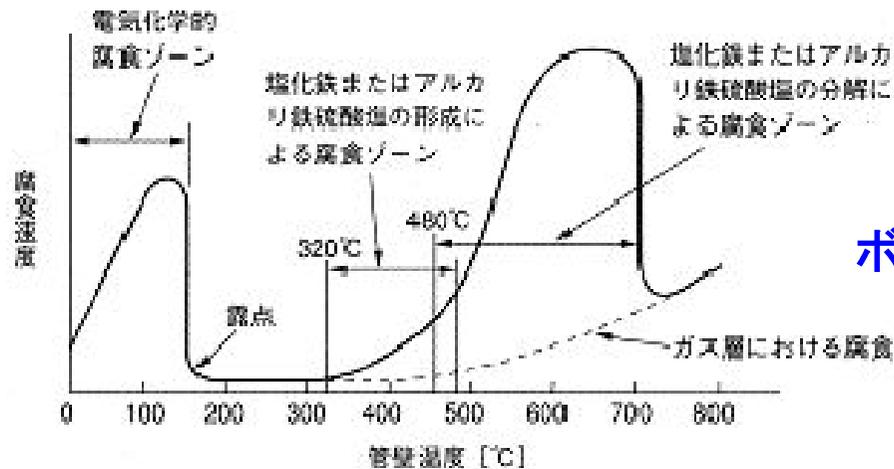
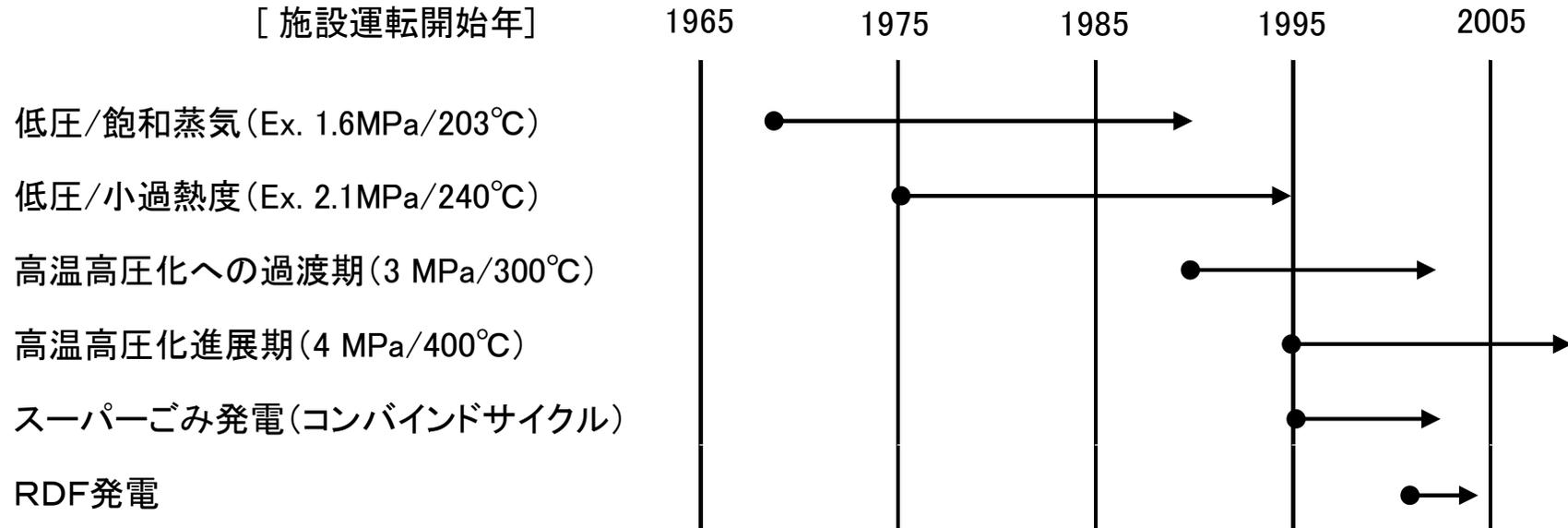


# 白煙防止条件と発電効率

| 白煙防止条件 |    | 白煙防止基準無し | 外気温5℃ |       |       | 外気温0℃ |       |       |
|--------|----|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |    |          | 50%   | 60%   | 70%   | 50%   | 60%   | 70%   |
| 発電量    | kW | 4,740    | 4,680 | 4,600 | 4,520 | 4,250 | 4,160 | 4,040 |
| 発電効率   | —  | 15.5%    | 15.3% | 15.1% | 14.8% | 13.9% | 13.6% | 13.2% |

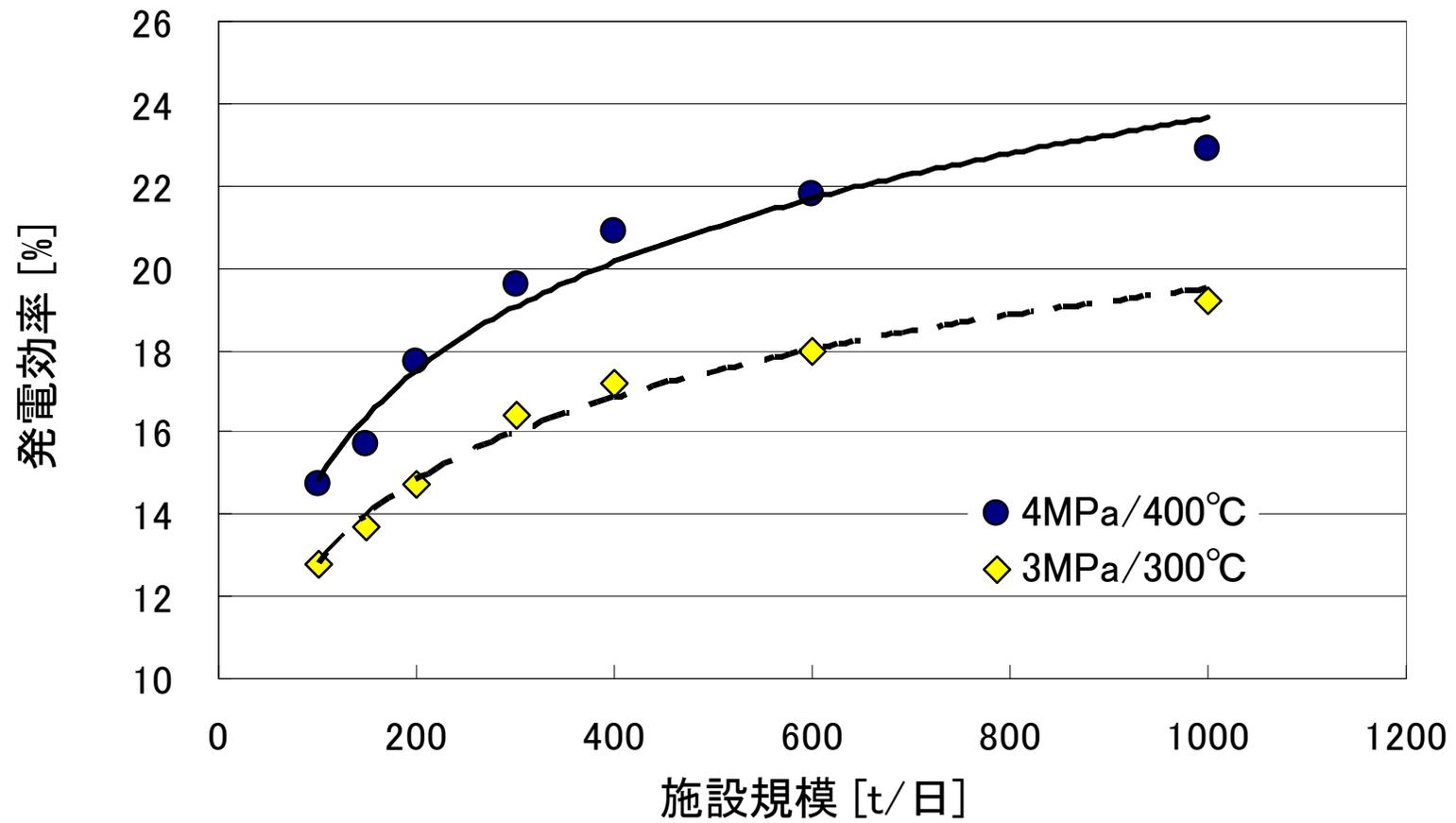


# 廃棄物発電技術の推移



## ボイラ水管の管壁温度と腐食速度

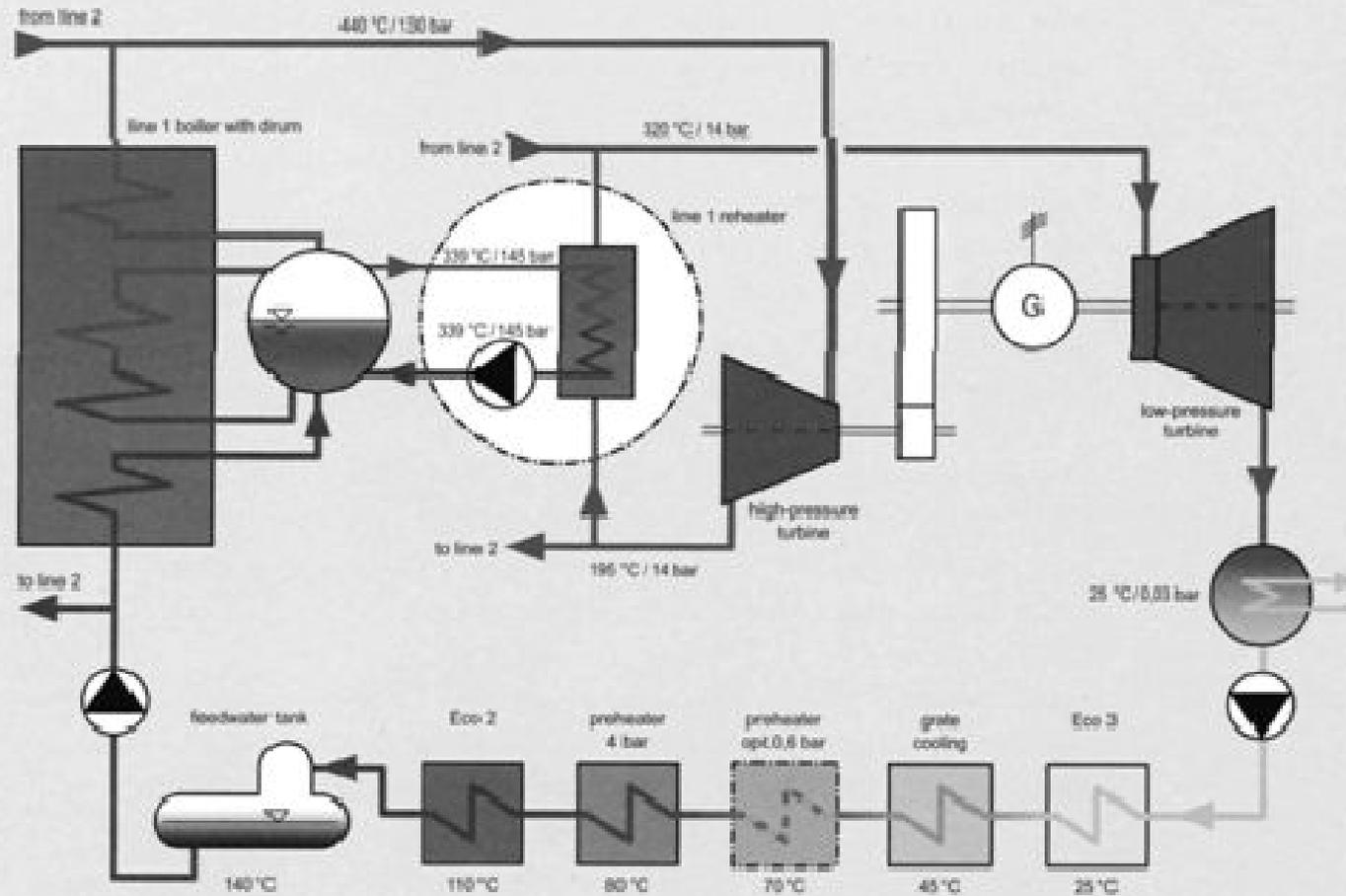
# ボイラ蒸気条件と発電効率



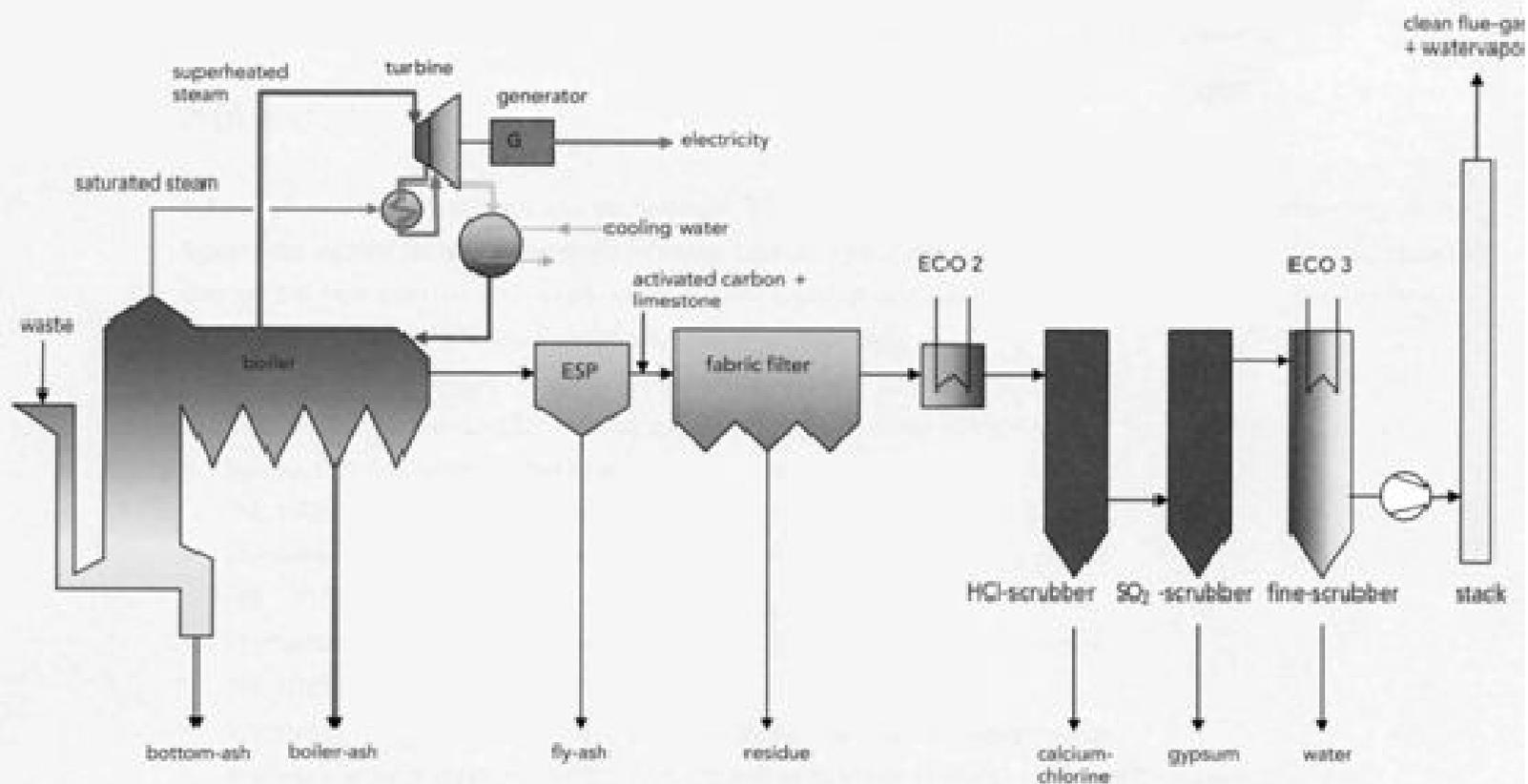
|       | アムステルダム<br>Amsterdam<br>Netherland   | ヴェルツブルグ<br>Würzburg<br>Genmany   | ローゼンハイム<br>Rosenheim<br>Genmany   |
|-------|--|--|---|
| 事業主体  | アムステルダム市   | ヴェルツブルグ地域<br>廃棄物目的組合連合   | ローゼンハイム<br>市営有限会社   |
| 処理能力  | 旧炉系: 2,800 t/日<br>(=4炉 × 700 t/日)<br><br>新炉系: 1,600 t/日<br>(=2炉 × 800 t/日) | 旧炉系: 384 t/日<br>(=2炉 × 192 t/日)<br><br>新炉系: 360 t/日<br>(=1炉 × 360 t/日) | ガス・オイル焚きボイラ:<br>蒸気 1基 × 44 t/h<br>蒸気 1基 × 20 t/h<br>ごみ焚きボイラ:<br>蒸気 1基 × 33 t/h<br>(=1炉 × 192 t/日) |
| 竣工年   | 旧炉系: 1993年<br>新炉系: 2007年   | 旧炉系: 1984年<br>新炉系: 1998年   | ごみ焚きボイラ: 1989年  |
| ごみ発熱量 | 10~12 MJ/kg  | 10 MJ/kg   | 12 MJ/kg  |

|                | アムステルダム<br>Amsterdam<br>Netherlands                   | ヴュルツブルグ<br>Würzburg<br>Germany     | ローゼンハイム<br>Rosenheim<br>Germany   |
|----------------|---|------------------------------------|-----------------------------------|
| 蒸気条件           | 旧炉系: 420°C, 42bar<br>新炉系: 440°C, 130bar               | 415°C, 40~42bar                    | 410°C, 60bar                      |
| 発電効率           | 旧炉系: 発電端 25%<br>送電端 22%<br>新炉系: 発電端 33%<br>送電端 30%    | 20.4% (2005年実績)<br>21.4% (2008年実績) | 電力 9%<br>+ 地域暖房 24%<br>+ プロセス蒸気9% |
| 排ガス処理方式        | 湿式  | 乾式                                 | 半乾式から乾式(重曹使用)<br>へ改造予定            |
| 電力単価           | 6 セント/kWh   | 4~6 セント/kWh                        | 8~10 セント/kWh                      |
| 売電価格への<br>補助制度 | 発電効率30%以上で<br>1.8セント/kWh<br>発電効率22%以上で<br>0.15セント/kWh | なし                                 | なし                                |

# アムステルダム市の再熱システムフロー図



# アムステルダム市の燃焼システムフロー図



## EUの廃棄物枠組指令 (Waste Framework Directive)における EfW (Energy from Waste)施設のエネルギー効率指標

エネルギー効率指標 R1

$$= \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0.97 \times (E_w + E_f)}$$

R1 > 0.65 (新設), 0.60 (既設) 

Recovery (回収) 施設

R1 < 0.65 (新設), 0.60 (既設) 

Disposal (処分) 施設

$E_p$ : 製造されたエネルギーの年間総量 [GJ/yr],  
電気の場合2.6, 熱の場合は1.1を乗じる

$E_w$ : 処理廃棄物のエネルギー年間総量 [GJ/yr]  
低位発熱量で計算する。

$E_f$ : 蒸気製造に寄与する廃棄物以外の燃料から  
システムへの入力エネルギー年間総量

$E_i$ :  $E_w$  や  $E_f$  以外の持込エネルギー年間総量 [GJ/yr]

0.97: 放熱等の諸損失を3%と見込んでいる

## 再生可能エネルギー （エネルギー供給高度化法における定義）

太陽光、風力その他非化石エネルギー源のうち、  
**エネルギー源として永続的に利用できる**と認められるもの  
（その他、バイオマス、水力、地熱、海洋エネルギーなど）

## 再生可能エネルギーに準ずるもの （広義の再生可能エネルギー）

**未利用エネルギーの高度利用**  
（Ex. 燃料電池、コージェネレーション廃熱）

## 再生可能エネルギーの重要性

- 地球温暖化対策に貢献
- エネルギー多様化により、輸入依存度を低減  
(エネルギーセキュリティ)
- 新規産業・雇用の創出にも寄与



- ✓ 廃棄物はすべてに当てはまる
- ✓ さらに、出力不安定性や立地制約の問題がない