



# ごみ焼却発電への期待

---

廃棄物焼却研究部会

古林 通孝

(Hitz日立造船株式会社)



# 目次

---

## 1. はじめに

## 2. ごみ発電の特長と潜在能力

## 3. ごみ発電普及のための提案

3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

3-2. 再生可能エネルギーとしての位置付け

3-3. 発電量とNOx排出量のトレードオフ

## 4. おわりに



# 1. はじめに

---

- 1) 鳩山イニシアチブにより地球温暖化対策が加速
- 2) 東日本大震災によりエネルギー政策を見直し  
⇒ 原子力中心の政策から再生可能エネルギーを含めたベストミックスへの転換
- 3) 2011年8月には再生可能エネルギー全量買取法が成立  
⇒ 太陽光、風力、地熱、バイオマスなどの再生可能エネルギーの利活用がより一層注目



## 2. ごみ発電の特長と潜在能力

### 1) ごみ発電の特長

- ① 送電インフラが整備されている
- ② 地産地消型エネルギー・分散自立型電源
- ③ 季節、天候等の影響を受けにくい

### 2) ごみ発電の潜在能力

- ① バイオマスの含有率  
⇒ 含有率50～60% (発熱量ベース)
- ② 発電量としてのポテンシャル  
⇒ 発電効率20%とすると、年間17,595GWh発電可能  
(100万kWの原発3基分相当)  
(H21年度実績は6,876GWh/年(原発1基分))



## 3. ごみ発電普及のための提案

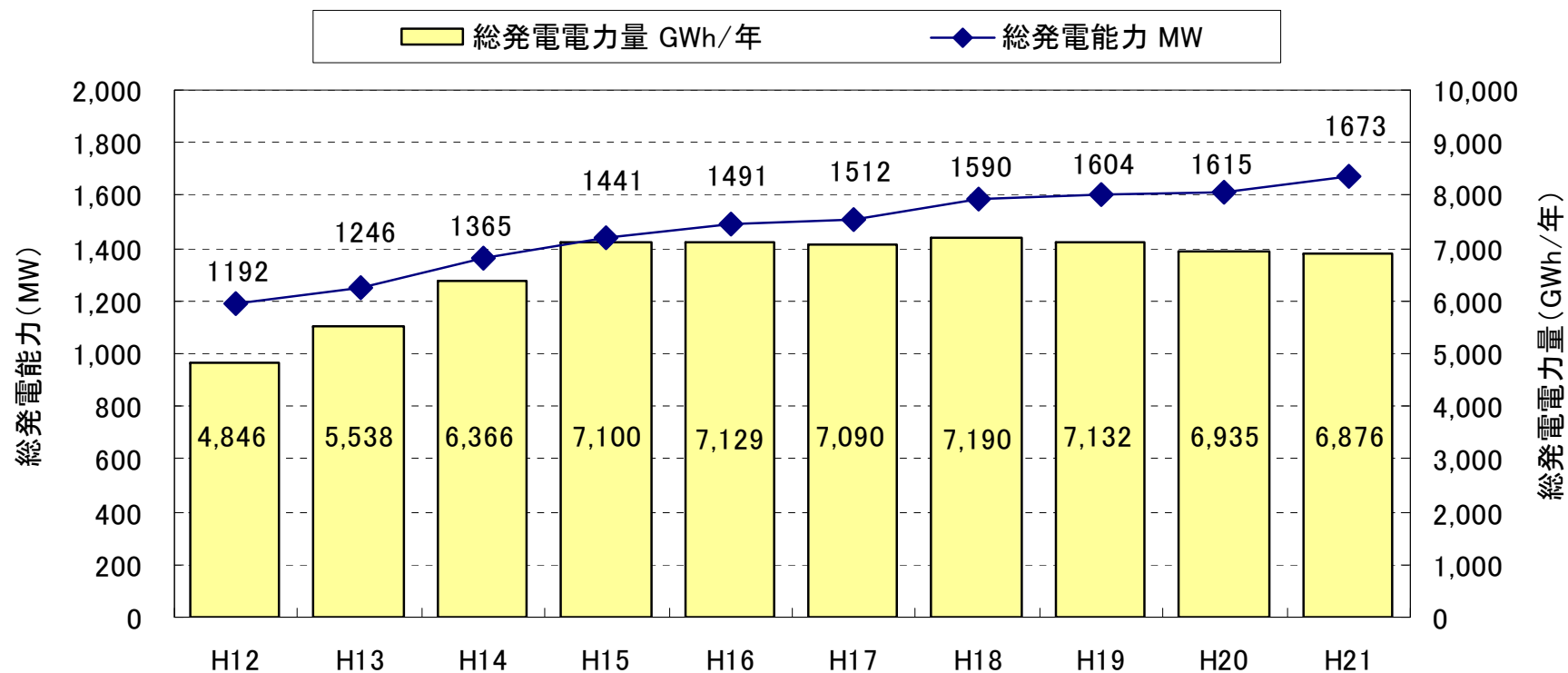
3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

3-2. 再生可能エネルギーとしての位置付け

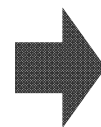
3-3. 発電量とNOx排出量のトレードオフ

# 3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

## (1) 既存ごみ発電施設の有効活用検討 ～背景～



- ・総発電能力は年々増加
- ・総発電電力量は停滞



ごみ量減少により  
既存ごみ発電施設の  
稼働率低下

※ 環境省：日本の廃棄物処理 平成21年度版

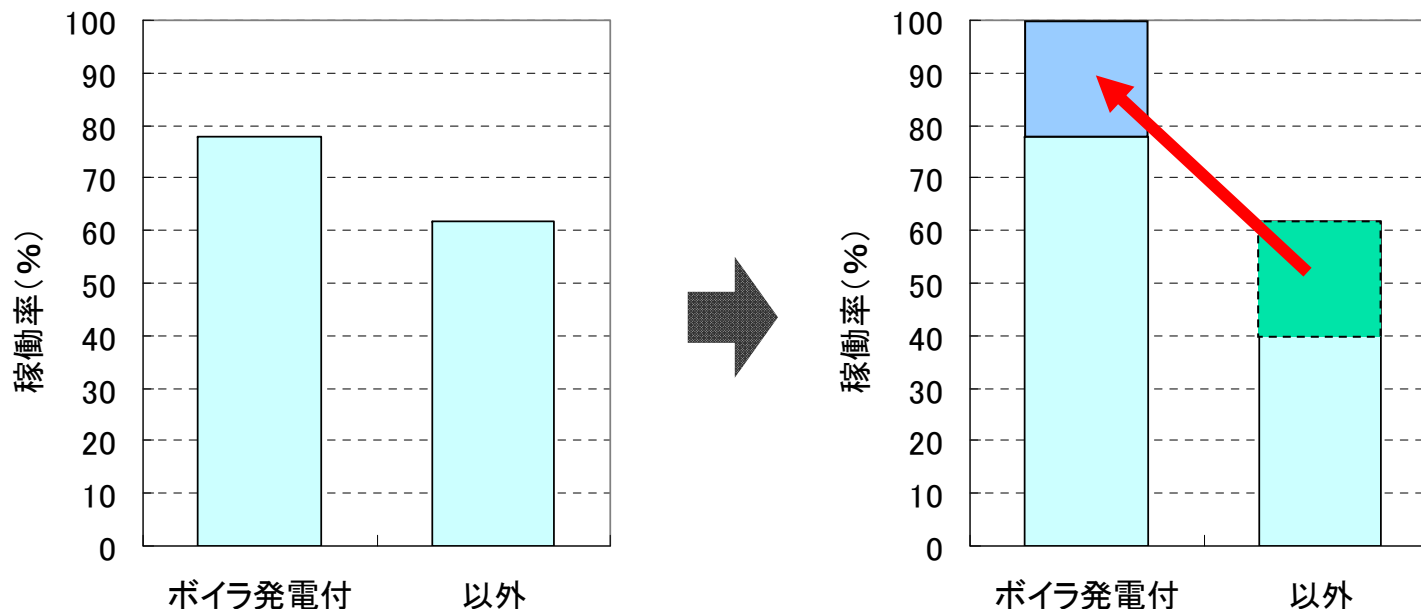
### 3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

#### (1) 既存ごみ発電施設の有効活用検討 ～目的～

稼働率の低下した既存ごみ発電施設の余剰能力の活用による、増加可能なごみ発電量を試算する

ごみ発電以外の施設で処理していたごみの一部を既存ごみ発電施設にて処理

H21年度  
実績



※ 環境省：日本の廃棄物処理 平成21年度版、一般廃棄物処理実態調査

## 3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

### (1) 既存ごみ発電施設の有効活用検討 ～計算方法～

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{G_i \times Hu \times \eta_{H21i}}{100 \times 3600 \times 1000} \quad G_i = g_i \times 280 \times 0.96 - G_{H21i}$$

$W$  : ごみ発電施設の余剰発電能力合計(GWh/年)

$G_i$  : 各ごみ発電施設の余剰焼却能力(t/年)

$Hu$  : ごみ低位発熱量 8,800(kJ/kg)

$\eta_{H21i}$  : 各ごみ発電施設の平成21年度実績発電効率(%)

$n$  : ごみ発電施設数

$g_i$  : 各ごみ発電施設の施設規模(t/日)

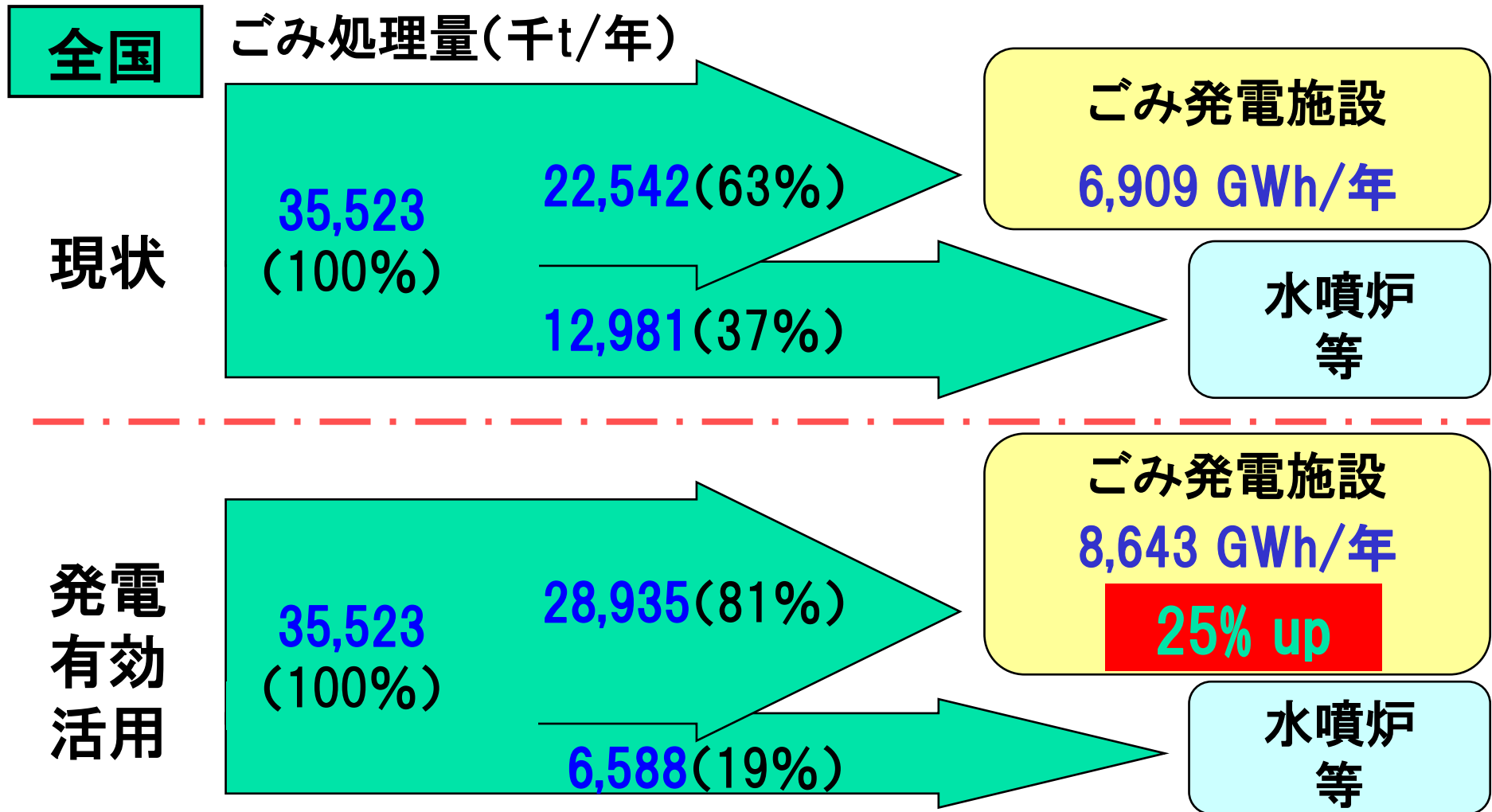
$G_{H21i}$  : 各ごみ発電施設の平成21年度実績ごみ処理量(t/年)

その他 : 1炉当たりの年間運転日数 280日/年、調整稼働率 0.96



# 3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

## (1) 既存ごみ発電施設の有効活用検討 ~結果①~



※ 環境省：一般廃棄物処理実態調査

# 3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

## (1) 既存ごみ発電施設の有効活用検討 ～結果②～

人口500万人超の自治体(都道府県)の例

ごみ処理量(千t/年)

現状

3,135  
(100%)

2,378(76%)

758(24%)

ごみ発電施設  
761 GWh/年

水噴炉  
等

発電  
有効  
活用

3,135  
(100%)


2,937(94%)

198(6%)

ごみ発電施設  
924 GWh/年  
**22% up**

水噴炉  
等

ごみ発電施設の多い都市部も効果あり ※ 環境省:一般廃棄物処理実態調査



## 3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

### (1) 既存ごみ発電施設の有効活用検討 ～消費電力～

#### ■背景


ボイラ発電付施設は水噴射施設に比べ機器点数が多く、消費電力は増加する傾向にある

#### ■試算条件

- ・ボイラ発電付施設 : 150 kWh/t-ごみ
- ・水噴射施設 : 110 kWh/t-ごみ

#### ■試算結果 (全国)

|                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| 消費電力増加量                   | : 256GWh/年(15%)       |
| 発電量増加量                    | : 1,734GWh/年(100%として) |
| 正味増加量                     | : 1,478GWh/年          |
| (一般家庭10kWh/日とすると40.5万世帯分) |                       |



## 3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

### (2) 広域化モデル検討 ～紹介～

---

## 以下の条件でごみ処理施設の広域化モデルを検討

- 近畿2府4県
- 施設規模500t/日
- 中継輸送

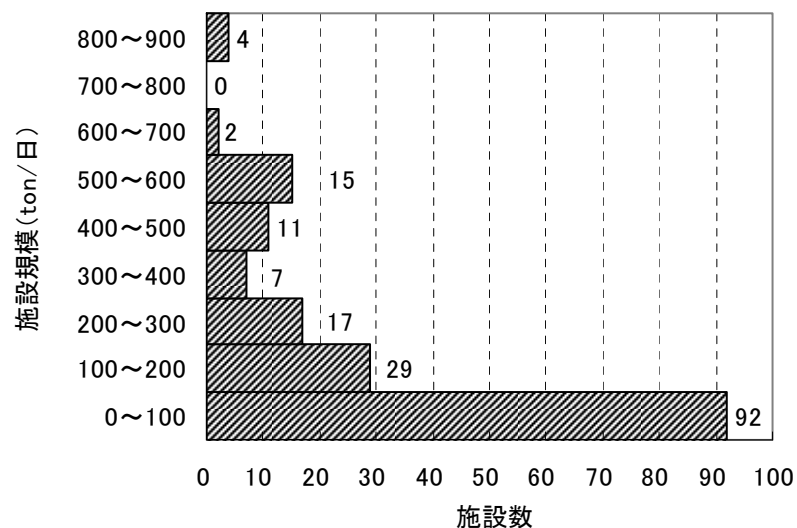
(詳細は、平成22年度第21回廃棄物資源循環学会研究発表会論文集、  
廃棄物資源循環学会誌Vol.21No.6(2010)を参照ください)

# 3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

## (2) 広域化モデル検討 ～施設規模・施設数～

### ケース1(現状の施設数の ままボイラ発電付に更新)

施設規模分布



合計:177施設

<内訳>

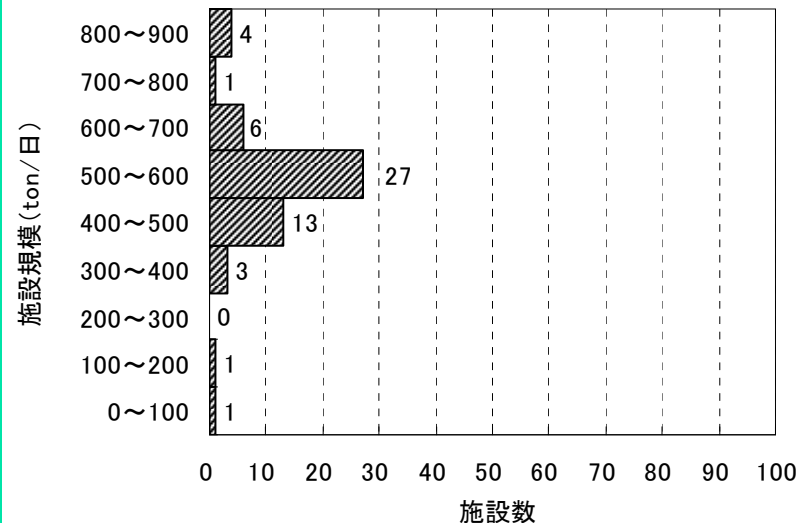
全連炉 :131施設

バッチ炉 : 46施設

(燃料化施設含む)

施設数

### ケース2(広域化)



合計:56施設

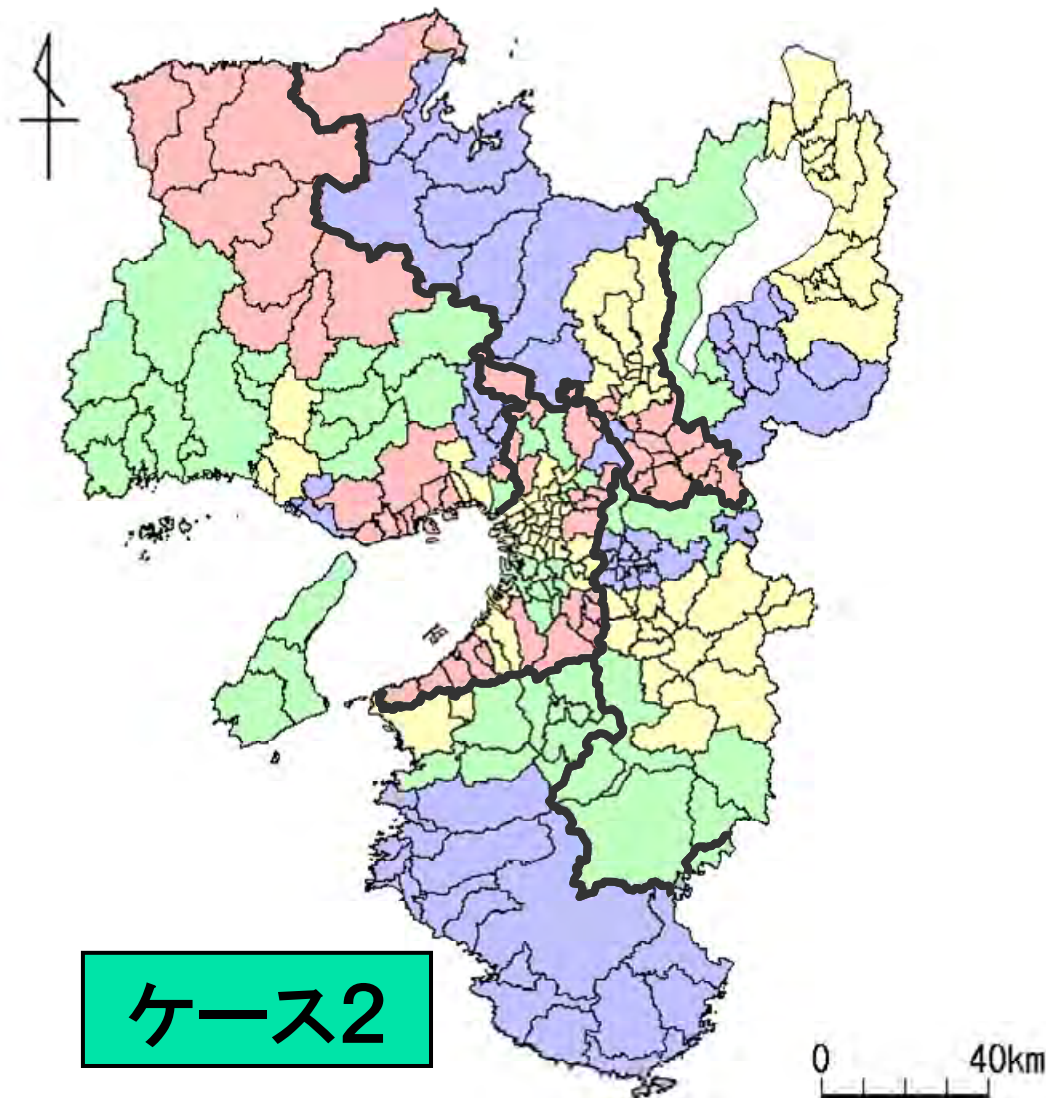
<内訳>

全連炉 :55施設

バッチ炉 : 1施設

# 3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

## (2) 広域化モデル検討 ～収集範囲区分～




ケース2

# 3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

## (2) 広域化モデル検討 ～結果～

| <h3>発電量</h3>               | <p>年間発電量 (GWh/年)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ケース</th> <th>年間発電量 (GWh/年)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ケース1</td> <td>2,717</td> </tr> <tr> <td>ケース2</td> <td>3,486</td> </tr> <tr> <td>H18年度実績(参考)</td> <td>1,655</td> </tr> </tbody> </table>   | ケース | 年間発電量 (GWh/年)  | ケース1 | 2,717 | ケース2 | 3,486 | H18年度実績(参考)              | 1,655 | <p><b>28%<br/>増加</b></p> |
|----------------------------|--|-----|--|------|-------|------|-------|--------------------------|-------|--------------------------|
| ケース                        | 年間発電量 (GWh/年)  |     |  |      |       |      |       |                          |       |                          |
| ケース1                       | 2,717  |     |  |      |       |      |       |                          |       |                          |
| ケース2                       | 3,486  |     |  |      |       |      |       |                          |       |                          |
| H18年度実績(参考)                | 1,655  |     |  |      |       |      |       |                          |       |                          |
| <h3>CO<sub>2</sub>削減量</h3> | <p>CO<sub>2</sub>排出削減量<br/>(<math>\times 10^3</math> tCO<sub>2</sub>/年)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ケース</th> <th>CO<sub>2</sub>排出削減量 (<math>\times 10^3</math> tCO<sub>2</sub>/年)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ケース1</td> <td>1,524</td> </tr> <tr> <td>ケース2</td> <td>1,955</td> </tr> <tr> <td>H18年度実績(参考)</td> <td>928</td> </tr> </tbody> </table> | ケース | CO <sub>2</sub> 排出削減量 ( $\times 10^3$ tCO <sub>2</sub> /年) | ケース1 | 1,524 | ケース2 | 1,955 | H18年度実績(参考)              | 928   | <p><b>28%<br/>増加</b></p> |
| ケース                        | CO <sub>2</sub> 排出削減量 ( $\times 10^3$ tCO <sub>2</sub> /年)   |     |  |      |       |      |       |                          |       |                          |
| ケース1                       | 1,524  |     |  |      |       |      |       |                          |       |                          |
| ケース2                       | 1,955  |     |  |      |       |      |       |                          |       |                          |
| H18年度実績(参考)                | 928  |     |  |      |       |      |       |                          |       |                          |
| <h3>コスト</h3>               | <p>コスト<br/>(イニシャル+ランニング)<br/>(十億円/20年)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ケース</th> <th>コスト (十億円/20年)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ケース1</td> <td>1,936</td> </tr> <tr> <td>ケース2</td> <td>1,537</td> </tr> </tbody> </table>  | ケース | コスト (十億円/20年)  | ケース1 | 1,936 | ケース2 | 1,537 | <p><b>21%<br/>減少</b></p> |       |                          |
| ケース                        | コスト (十億円/20年)  |     |  |      |       |      |       |                          |       |                          |
| ケース1                       | 1,936  |     |  |      |       |      |       |                          |       |                          |
| ケース2                       | 1,537  |     |  |      |       |      |       |                          |       |                          |



## 3-1. ごみ発電の観点からみたごみ処理の広域化

### (3) まとめ

- 広域化による発電量増加およびコスト低減の効果は非常に大きい
- 既存ごみ発電施設の余剰能力を活用することにより、最大で25%程度の発電量増加が期待できる
- 施設能力活用という意味では、可燃性の産廃を混合処理することもひとつの手段ではないか





## 3-2. 再生可能エネルギーとしての位置付け

### (1) ごみ発電導入促進のための取り組み

#### 1) 施設整備に係る助成制度

##### ① 循環型社会形成推進交付金

(高効率ごみ発電施設の導入推進)

#### 2) 発電電力購入に係る助成制度

##### ① RPS制度

##### ② 廃棄物発電買い取り電力単価の設定

(電力会社の自主政策)

## 3-2. 再生可能エネルギーとしての位置付け

### (2) ごみ発電電力の買取価格の現状

#### 1) RPS法下におけるバイオマス電力買取価格

表 RPS法下における新エネルギー等電気等に係る取引価格(平成22年度)

([http://www.rps.go.jp/RPS/new-contents/pdf/chosa\\_kekka\\_H22.pdf](http://www.rps.go.jp/RPS/new-contents/pdf/chosa_kekka_H22.pdf)より)

[加重平均価格の推移(単位:円/kWh)]

|                  |       | H17FY | H18FY | H19FY | H20FY | H21FY | H22FY |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 「RPS 相当量<br>+電気」 | 風力    | 11.0  | 10.7  | 10.4  | 10.4  | 10.1  | 10.0  |
|                  | 水力    | 8.4   | 8.4   | 7.2   | 8.9   | 8.6   | 9.0   |
|                  | バイオマス | 7.6   | 7.7   | 7.8   | 8.0   | 8.7   | 9.4   |
| 「RPS 相当量のみ」      |       | 5.1   | 4.9   | 4.9   | 4.9   | 5.2   | 5.2   |

#### 2) ごみ発電施設における実績

表 ごみ発電施設における余剰電力の売電価格

(平成21年度施設台帳(財団法人廃棄物研究財団編)に基づき焼却研究部会にて算出)

| 対象施設 | 売電単価(円/kWh) |      |     |
|------|-------------|------|-----|
|      | 加重平均        | 最大   | 最小  |
| 159  | 8.2         | 16.6 | 4.1 |



## 3-2. 再生可能エネルギーとしての位置付け

### (3) ごみ発電コストの試算 ～条件～

#### ＜ごみ発電コストの定義＞

1) 同施設規模における発電付施設と水噴射施設のごみ処理に係るコストの差で評価

2) ごみ処理に係るコスト

⇒ 「施設建設費」+ 「運営管理費」の合計

○ 施設建設費

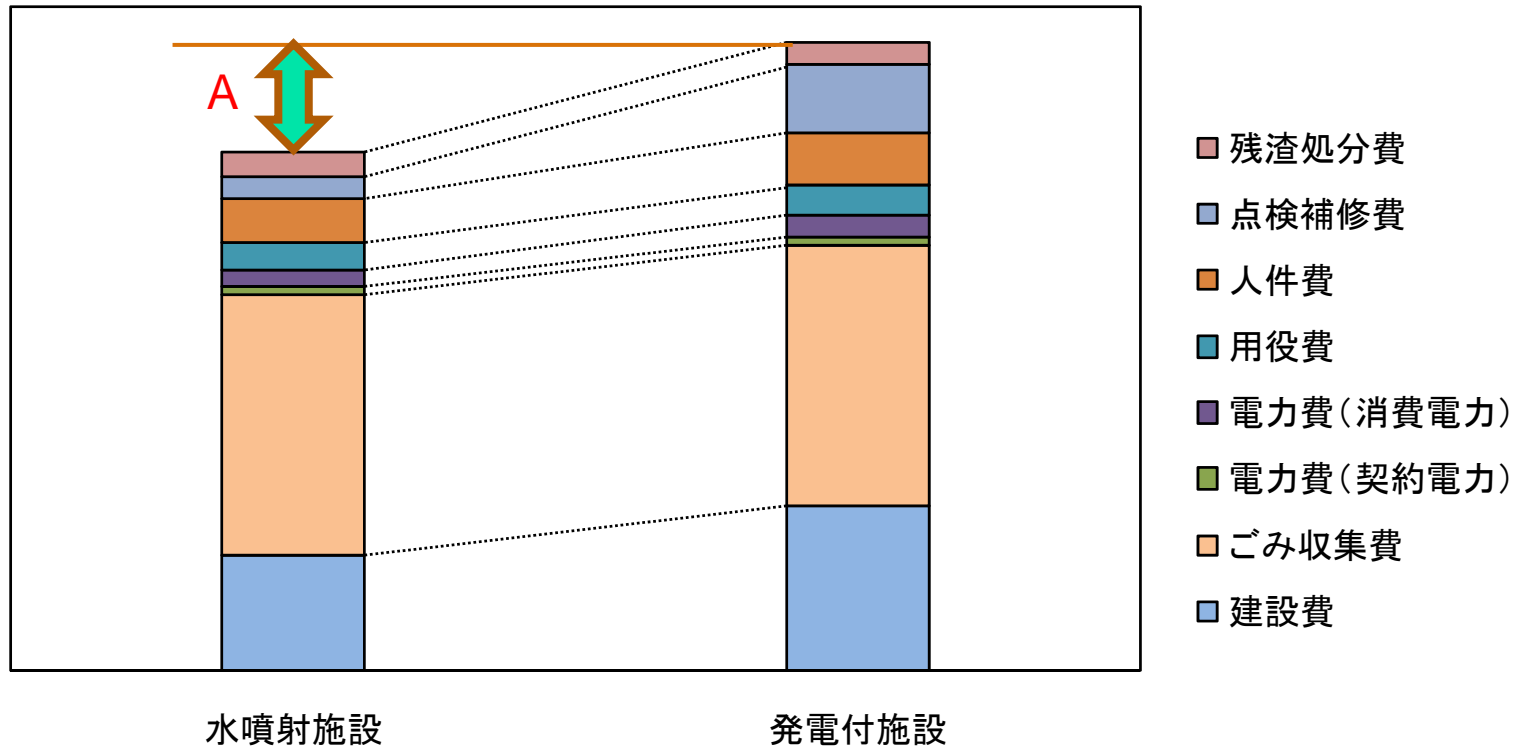
○ 運営管理費

ごみ収集費、電力費(契約電力、消費電力)、  
用役費(水道、燃料、薬品)、人件費、  
点検補修費、残渣処分費

3) 運営管理費は20年間の合計

## 3-2. 再生可能エネルギーとしての位置付け

### (3) ごみ発電コストの試算 ～結果①～



$$\text{ごみ発電コスト} = \frac{(\text{建設費} + 20\text{年間の運営管理費})\text{の差額}(=A)}{20\text{年間の総発電}}$$

## 3-2. 再生可能エネルギーとしての位置付け

### (3) ごみ発電コストの試算 ～結果②～

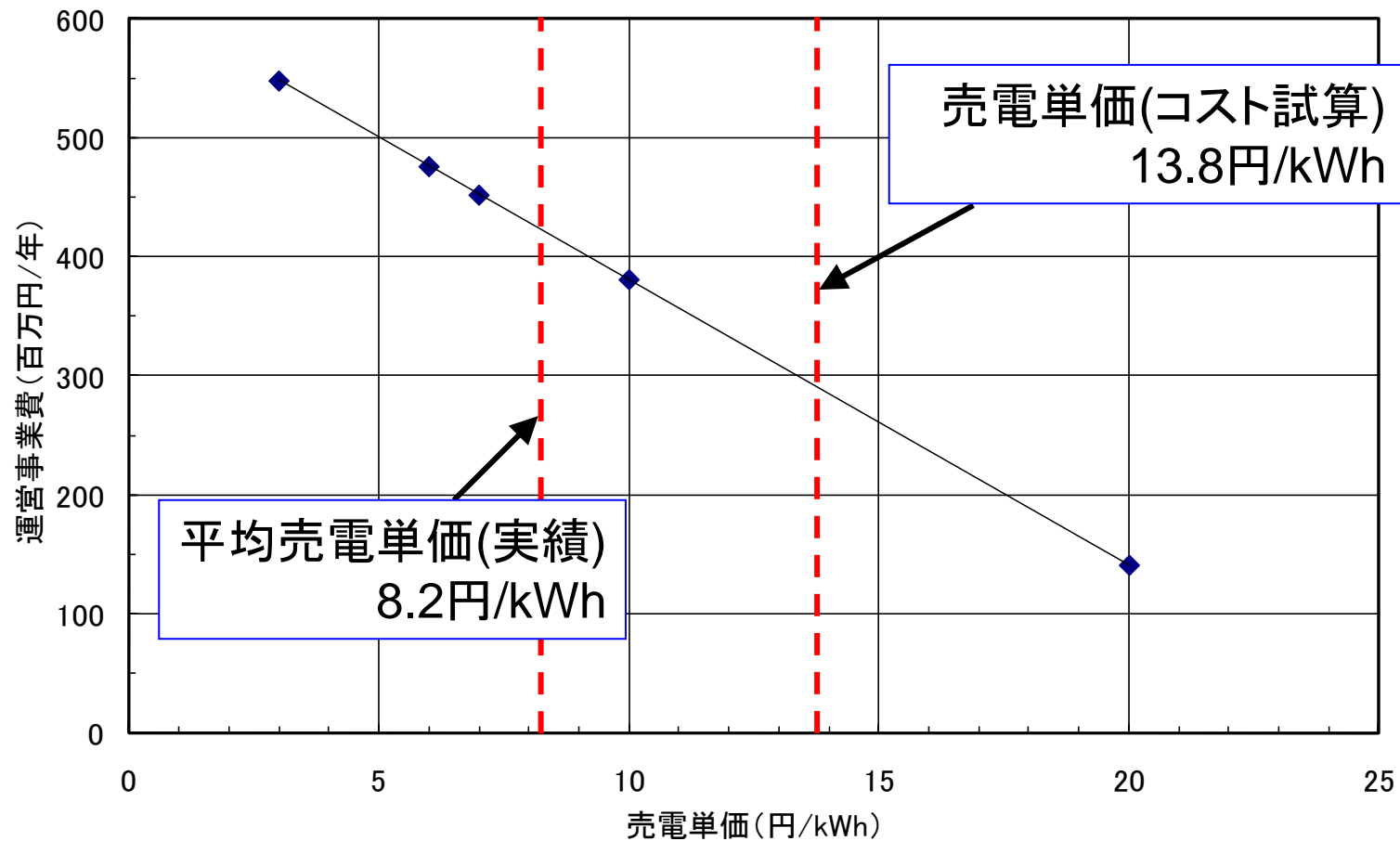
| 項目                    |            | 単位      | 水噴射施設       | 発電付施設      | 差額         |         |
|-----------------------|------------|---------|-------------|------------|------------|---------|
| 一般緒元                  | 施設規模       | t/日     | 300         | 300        |            |         |
|                       | 低位発熱量      | kJ/kg   | 8,800       | 8,800      |            |         |
|                       | 灰分         | %       | 8           | 8          |            |         |
|                       | 年間運転日数     | 日/年     | 280         | 280        |            |         |
|                       | 年間ごみ処理量    | t/年     | 84,000      | 84,000     |            |         |
|                       | 運営年数       | 年       | 20          | 20         |            |         |
|                       | 年間発電量      | kWh     | 0           | 36,000,000 | 36,000,000 |         |
|                       | 発電効率(年間平均) | %       | 0           | 17.5       |            |         |
|                       | 消費電力量      | kWh     | 9,240,000   | 12,600,000 |            |         |
|                       | 消費電力量原単位   | kWh/ごみt | 110         | 150        |            |         |
|                       | 建設費        | t単価     | 千円/施設規模ごみ t | 35,000     | 50,000     |         |
| 建設費                   |            | 千円      | 10,500,000  | 15,000,000 | 4,500,000  |         |
| 運営管理費                 | 消費電力       | 電力量     | kWh/年       | 9,240,000  | 12,600,000 |         |
|                       |            | 単価      | 円/kWh       | 8.5        | 8.5        |         |
|                       |            | 費用      | 千円/年        | 78,540     | 107,100    | 28,560  |
|                       | 人件費        | 人数      | 人           | 28         | 35         |         |
|                       |            | 単価      | 千円/人        | 7,000      | 7,000      |         |
|                       |            | 費用      | 千円/年        | 196,000    | 245,000    | 49,000  |
|                       | 点検補修費      | 単価      | % (建設費に対して) | 1          | 2          |         |
|                       |            | 費用      | 千円/年        | 105,000    | 300,000    | 195,000 |
| 建設費と運営管理費(20年間)における差額 |            | 千円/20年  |             |            | 9,951,200  |         |
| ごみ発電コスト               |            | 円/kWh   |             |            | 13.8       |         |

ごみ発電コスト：13.8 円/kWh

## 3-2. 再生可能エネルギーとしての位置付け

### (4) 売電単価が運営に与える影響

(300t/日のごみ焼却発電施設運営事業を想定)





## 3-2. 再生可能エネルギーとしての位置付け

### (5) ごみ発電普及のための課題と施策

#### 1) 他の再生エネルギーとの比較

- |           |           |
|-----------|-----------|
| ① 太陽光発電   | 約49円/kWh  |
| ② 風力(大規模) | 9~14円/kWh |
| ③ 地熱      | 16円/kWh   |

出典:新エネルギー一部会中間報告(H21年8月31日)、総合資源エネルギー調査会 新エネルギー一部会

#### 2) ごみ発電

- ① 約14円/kWhと試算
- ② 天候等に左右されない安定した電源

発電コストおよび発電の安定性の観点から、ごみ発電は今後の新エネルギー導入推進の取り組みにおける有望なエネルギー源のひとつであると考えられる



## 3-2. 再生可能エネルギーとしての位置付け

### (6) まとめ

---

- **ごみ発電をバイオマス発電の一つとして位置付け**
  - ⇒ 「再生可能エネルギーの全量買取制度」の買い取りの対象
- **発電コストに応じた価格設定**
  - ⇒ 約14円/kWhと試算

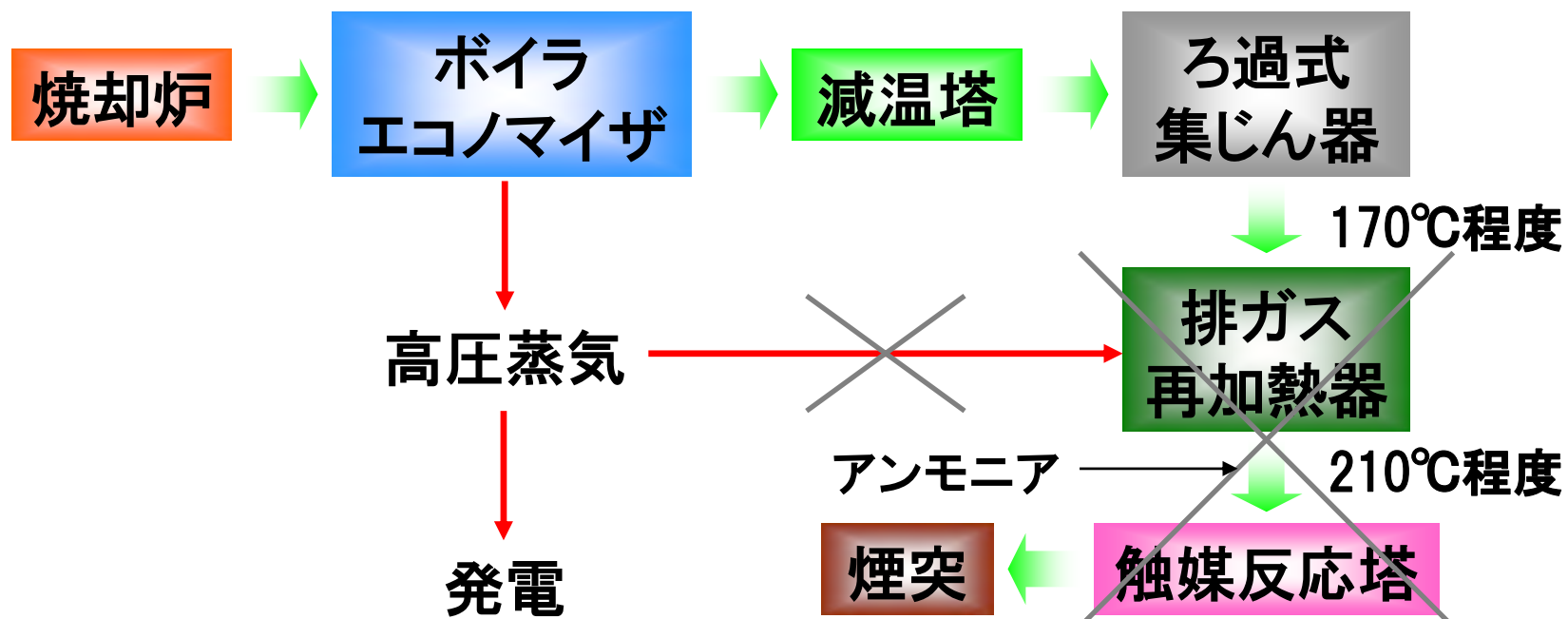


### 3-3. 発電量とNOx排出量のトレードオフ

#### (1) 背景

都市ごみ焼却施設では、より一層の発電量向上が望まれている

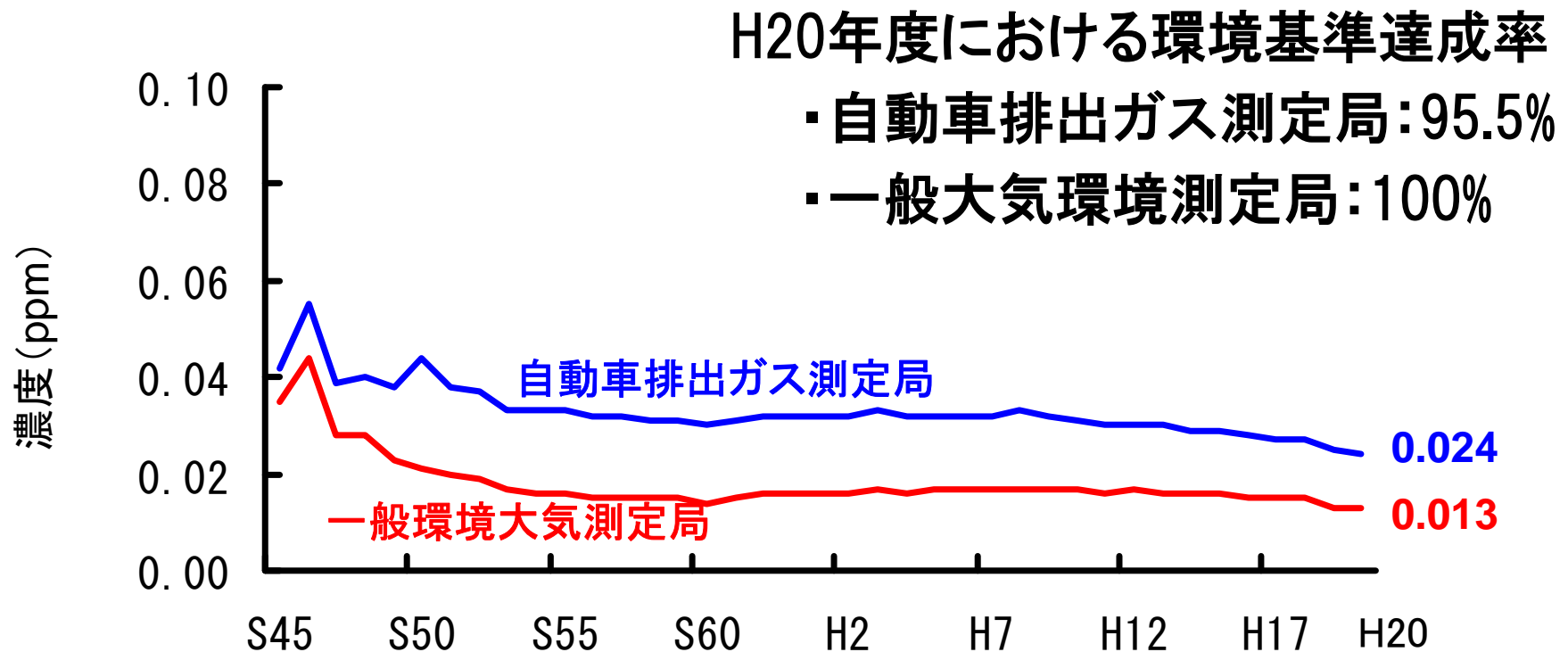
その一つの方法として、発電効率向上とNOx排出量増加の関係について検討



### 3-3. 発電量とNOx排出量のトレードオフ

#### (2) 国内におけるNOx排出状況

## 大気環境におけるNO<sub>2</sub>濃度の年平均の推移

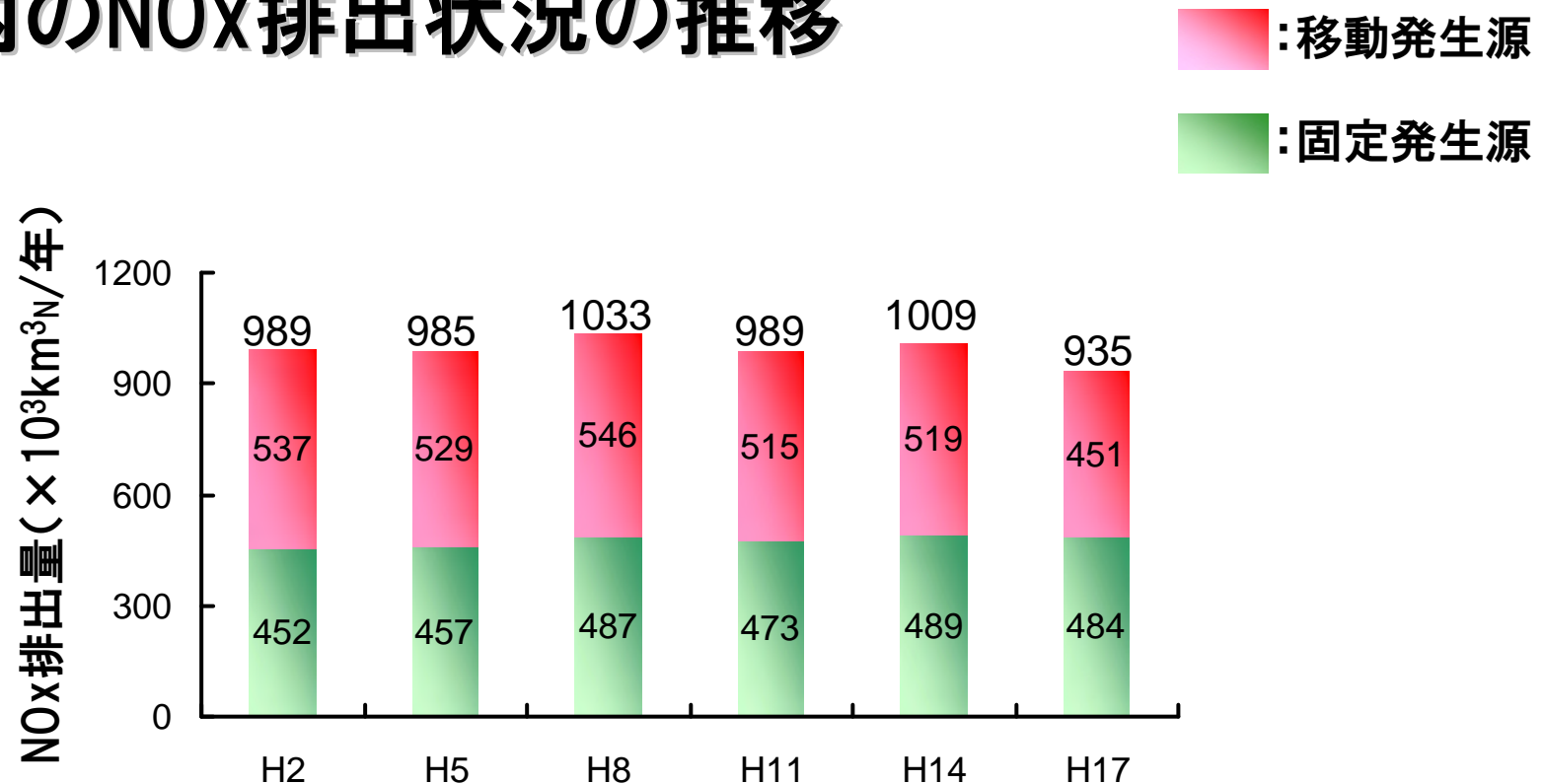


※ 環境省水・大気環境局:平成20年度大気汚染状況について

# 3-3. 発電量とNOx排出量のトレードオフ

## (2) 国内におけるNOx排出状況

### 国内のNOx排出状況の推移

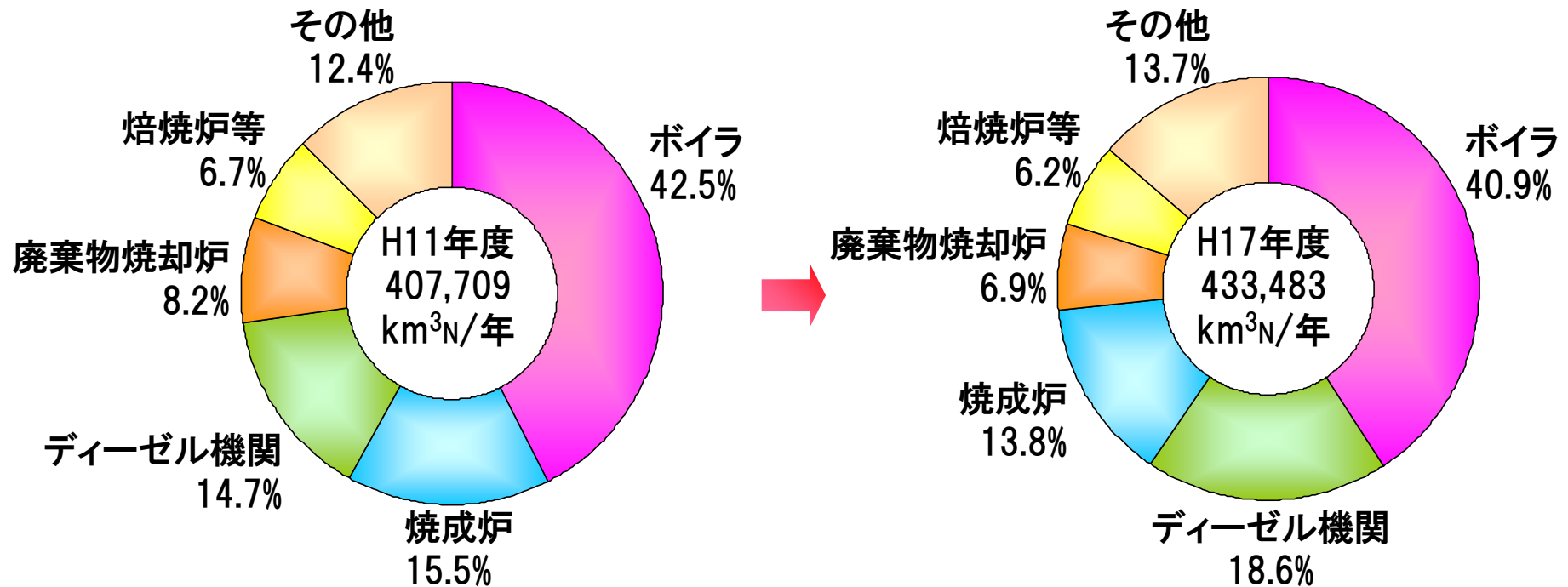


※ OECD Environmental Data Compendium

# 3-3. 発電量とNOx排出量のトレードオフ

## (2) 国内におけるNOx排出状況

### ばい煙発生施設別のNOx排出状況の推移



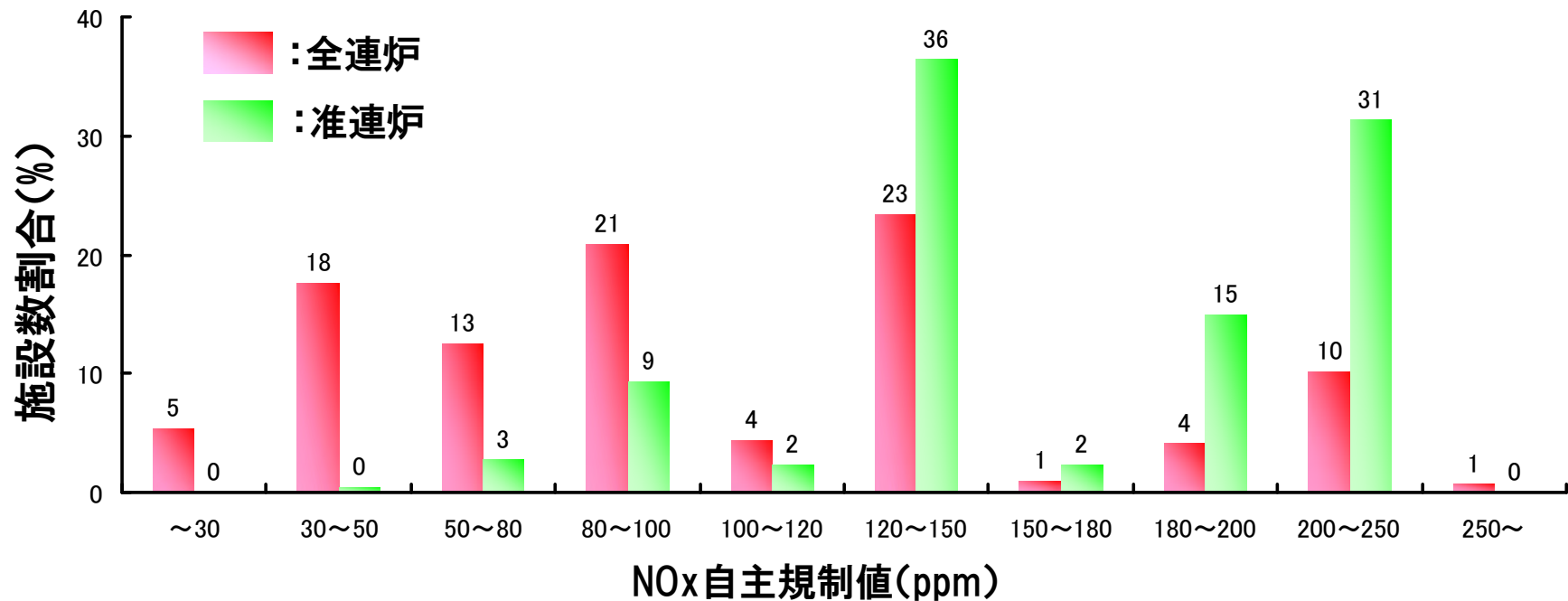
廃棄物焼却炉のNOx排出量は、H11年度(33,321km<sup>3</sup>N/年)に比べ、H17年度(29,842km<sup>3</sup>N/年)は1割ほど削減されている

※ 環境省水・大気環境局:大気環境に係る固定発生源状況調査結果

## 3-3. 発電量とNOx排出量のトレードオフ

### (3) 都市ごみ焼却施設におけるNOx排出状況

## 都市ごみ焼却施設のNOx自主規制値



全連炉:半数以上が100ppm以下、准連炉:8割以上が120ppm以上

※ NOx排出基準: 250ppm (総量規制指定地域を除く)

(連続炉以外は排ガス量が4万m<sup>3</sup><sub>N</sub>/h以上に限る)

※ 財団法人廃棄物研究財団:ごみ焼却施設台帳 平成18年度版

## 3-3. 発電量とNOx排出量のトレードオフ

### (3) 都市ごみ焼却施設におけるNOx排出状況

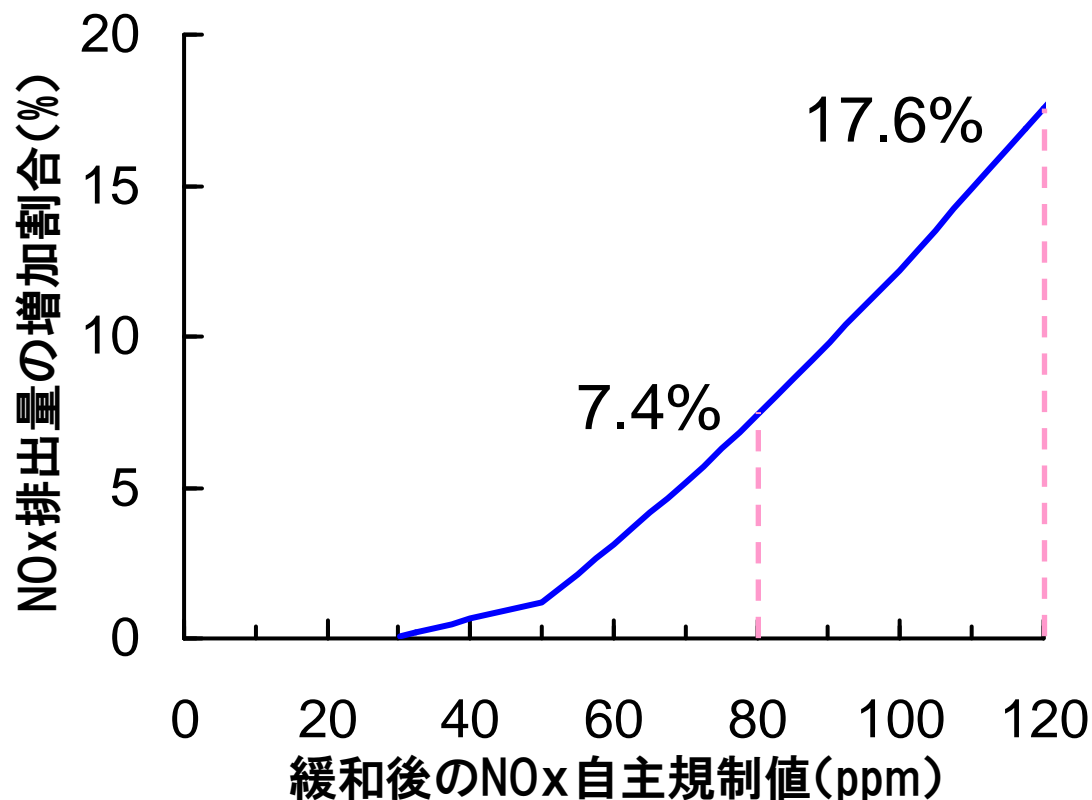
## 脱硝技術の性能比較

| 技術              | 特長  | NOx排出濃度<br>(酸素12%換算・単位ppm) |
|-----------------|---|----------------------------|
| なし              |   | 100~120                    |
| 排ガス再循環<br>(EGR) | 低酸素な排ガスを燃焼空気の代替として用いることで、局所的な高温場や高酸素濃度場を無くす方法 | 40~70                      |
| 無触媒脱硝<br>(SNCR) | 炉内にアンモニアや尿素などの還元剤を吹込み、NOxを還元除去                | 40程度                       |
| 触媒脱硝<br>(SCR)   | 排ガスにアンモニアを混合させ、触媒に通すことで、NOxを還元除去              | 20以下                       |

## 3-3. 発電量とNOx排出量のトレードオフ

### (4) NOx自主規制値緩和の影響

#### NOx排出増加量の推定



#### <内容>

現行の規制値が最大  
120ppmまで緩和された  
ときのNOx排出量の増加  
割合を算出

#### <対象>

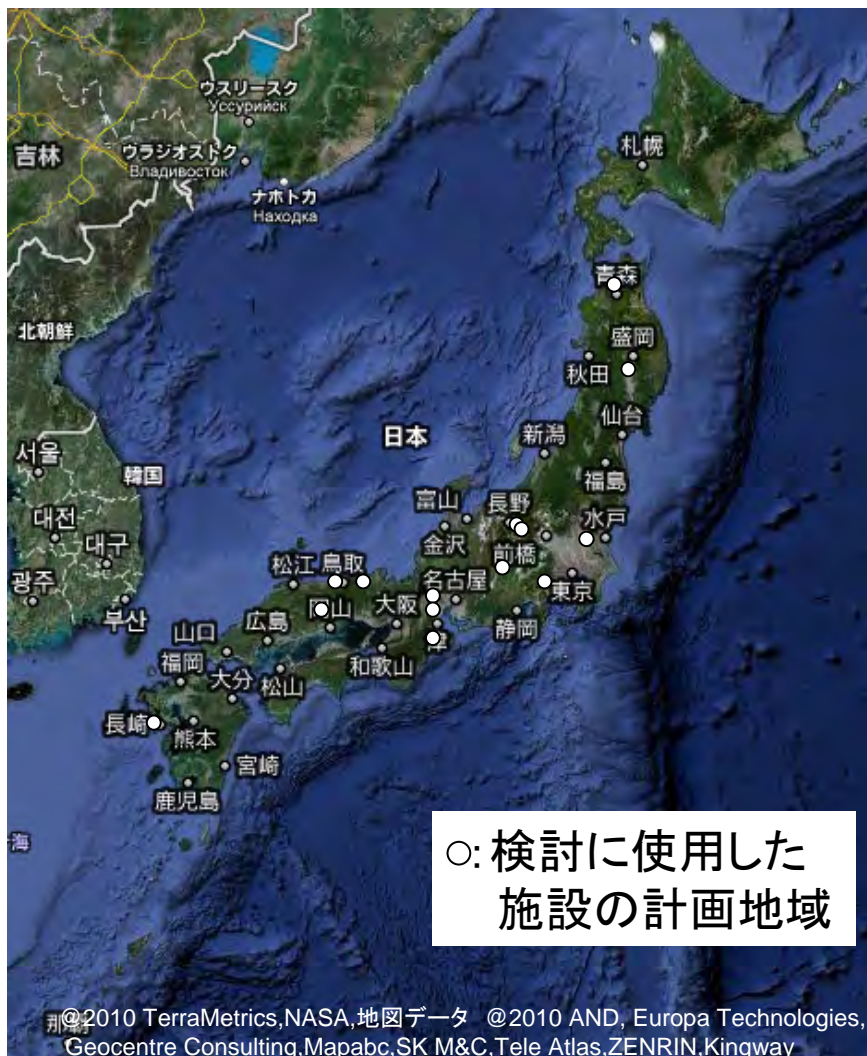
総量規制地域外で、SCR  
を備えた全連炉138施設

120ppmまで緩和:都市ごみ焼却施設からのNOx排出量は17.6%増加  
⇒ 国内のNOx総排出量に対しては0.6%の上昇に相当

# 3-3. 発電量とNOx排出量のトレードオフ

## (4) NOx自主規制値緩和の影響

### 周辺地域の大気環境



#### <対象>

新設計画中の国内14地域

#### <評価方法>

NOx排出濃度が50ppmと120ppmの場合について、煙突拡散計算より最大着地濃度を算出

#### <結果>

50ppm 0.014~0.033ppm

120ppm 0.015~0.034ppm

(バックグラウンド:0.013~0.032ppm)

NO<sub>2</sub>環境基準(0.04~0.06ppm)

に対して、1~4%程度の増加



### 3-3. 発電量とNOx排出量のトレードオフ

#### (4) NOx自主規制値緩和の影響

## 期待される効果

### <条件>

- ・NOx自主規制  
緩和前 50ppm  
(SCR要)  
緩和後 120ppm  
(SCR不要)
- ・施設規模  
150t/日×2炉
- ・稼働日数  
280日

### 規制値緩和によるメリット、デメリット

|                     |                       |       |
|---------------------|-----------------------|-------|
| 発電増加量               | (MWh/年)               | 2,205 |
| CO <sub>2</sub> 削減量 | (t/年)                 | 1,237 |
| NOx増加量              | (km <sup>3</sup> N/年) | 35.3  |
| 設備コスト               |                       |       |
| 排ガス再加熱器             | (百万円)                 | 41    |
| 触媒脱硝装置              | (百万円)                 | 106   |
| 削減費用の合計             |                       | 147   |
| ランニングコスト            |                       |       |
| 発電収益                | (百万円/年)               | 15.4  |
| 薬剤消費                | (百万円/年)               | 6.1   |
| 交換触媒                | (百万円/年)               | 22.4  |
| 削減費用の合計             |                       | 43.9  |



## 3-3. 発電量とNOx排出量のトレードオフ

### (5) まとめ

- NOx自主規制値が120ppmに緩和されると、
  - 1) 周辺地域の大气環境濃度(NO<sub>2</sub>)は、1～4%程度の増加
  - 2) 施設規模150t/日×2炉、280日稼働で、
    - ・ NOx排出量は35.3km<sup>3</sup>N/年増
    - ・ 発電量は2,205MWh/年増
- と推算
- 立地条件を加味し、周辺地域の理解を得る中で、規制値が及ぼす影響の理解も得ながら、今後の持続可能な社会に向け、適正な規制値が設定されることが必要である



## 4. おわりに

- ▶ **ごみ発電は大きなポテンシャルを持っているが、現状では十分活用されていない**  
⇒ **推進のために、再生可能エネルギー全量買取法の対象とすべき**
- ▶ **コストに見合った買取価格設定により、普及への追い風となる**  
(発電コストは大規模風力発電と同レベル)
- ▶ **ごみ発電(CO<sub>2</sub>削減)と自主規制値がトレードオフの関係となる場合もあるが、地域の理解を得ながら冷静な議論をしていくことが望ましい**