

# 「発電事業の評価」

## 報告書

2008年5月

中部電力株式会社

## 1 一般的事項

### 1.1 評価実施者

所属機関:中部電力株式会社 環境・立地本部 環境部 環境経営グループ

名 前:加藤 安紀

連絡先:Katou.Yasunori@chuden.co.jp

所属機関:日本エヌ・ユー・エス株式会社 名古屋事業所

名 前:寅丸 武司

連絡先:toramaru@janus.co.jp

### 1.2 報告書作成日

2008/05/31

## 2 調査実施の目的

### 2.1 調査実施の理由

発電による環境影響（燃料調達，化石燃料消費，廃棄物発生等）を，以下の観点から評価する。

- ・発電方式別（LNG火力，石炭火力，石油火力，原子力）の環境影響の比較
- ・発電効率向上による環境影響低減効果の評価  
(LNG火力（1100℃級CC）とLNG火力（1300℃級CC）の比較)

## 3 調査範囲

### 3.1 調査対象とその仕様

調査対象は，以下に示す主要な発電方式の発電所を対象とした。

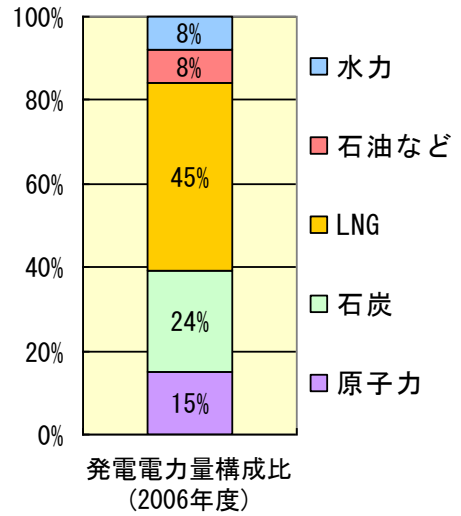
- ・LNG火力（1100℃級CC）
- ・LNG火力（1300℃級CC）
- ・石油火力
- ・石炭火力
- ・原子力

※CC：コンバインドサイクル発電

(参考)

中部電力の供給エリアは、愛知・岐阜（一部を除く）・三重（一部を除く）・長野・静岡（富士川以西）であり、2007年3月末現在の保有発電設備は以下のとおりである。右図に、2006年度の発電電力量構成比を示す。

|     |               |          |
|-----|---------------|----------|
| 火力  | 2,236.96 万 kW | (11 ヶ所)  |
| 水力  | 522.0 万 kW    | (182 ヶ所) |
| 原子力 | 488.4 万 kW    | (1 ヶ所)   |
| 合計  | 3,247.3 万 kW  | (194 ヶ所) |



### 3.2 機能および機能単位

発電所（LNG火力、石炭火力、石油火力、原子力）の送電端電力 1kWh とする。

### 3.3 システム境界

燃料調達から、発電所の建設・運用・解体までとした（図 3.2-1）。

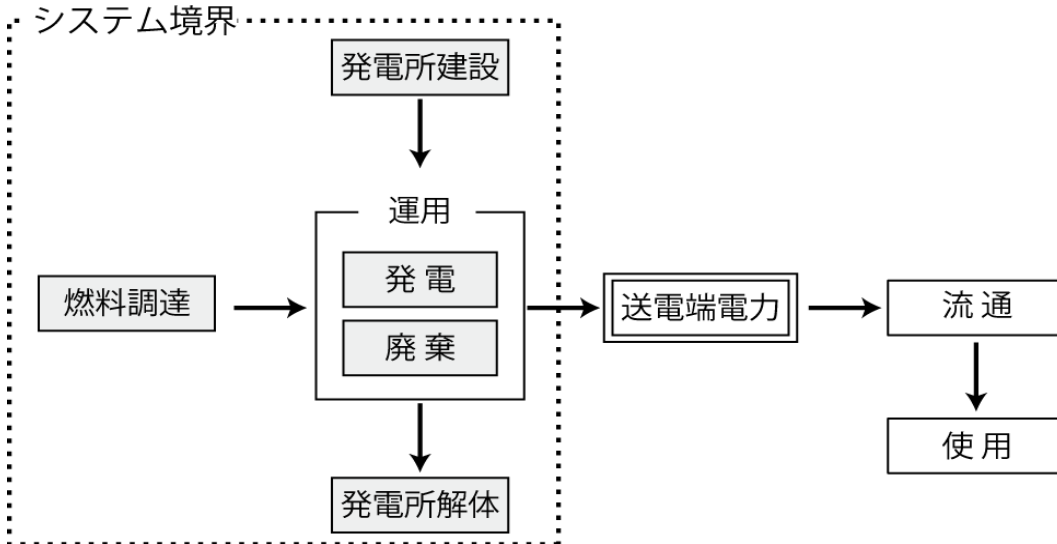


図 3.2-1 発電事業のシステムおよびシステム境界

### 3.4 特記事項

- ・発電所の稼働年数は30年と仮定した。
- ・硫黄酸化物(SOx)は、SO<sub>2</sub>と見なして評価した。
- ・発電所運用時に発生する廃棄物は、リサイクル分を除いて、全て埋立処理されるものとして評価した。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 フォアグラウンドデータ

発電用燃料，発電電力量，発電所運用のための資材，発電に伴う大気排出(CO<sub>2</sub>,SOx,NOx等)および廃棄物発生量は，自社の実績データを使用した。

### 4.2 バックグラウンドデータ

燃料調達，設備建設については，本藤ら<sup>1)</sup>，本藤<sup>2)</sup>のデータを採用した。その他のデータについてはJEMAI-LCA pro(社団法人 産業環境管理協会)を採用した。

### 4.3 インベントリ分析対象項目と分析結果一覧表

表4.3-1～表4.3-5に発電設備毎のインベントリ分析の対象とした項目と分析結果の一覧を示す。

表 4.3-1 LNG 火力 (1100°C級コンバインドサイクル) の LCI 分析結果 (単位 (kg/kWh))

|                |      |                  | 燃料調達     | 建設・解体    | 運用       |          |
|----------------|------|------------------|----------|----------|----------|----------|
|                |      |                  |          |          | 発電       | 廃棄       |
| 消費<br>負荷       | 枯渇資源 | 石炭               | 2.02E-07 | 7.25E-04 | 3.15E-06 | 2.27E-09 |
|                |      | 原油 (燃料)          | 1.89E-03 | 1.37E-04 | 2.38E-04 | 1.32E-08 |
|                |      | 天然ガス             | 2.90E-02 | 1.71E-05 | 1.65E-01 | 1.30E-09 |
|                |      | ウラニウム            | 1.37E-11 | 1.63E-09 | 2.13E-10 | 1.54E-13 |
|                |      | 鉄                |          | 7.40E-04 |          |          |
|                |      | ニッケル             |          | 1.51E-08 |          |          |
|                |      | クロム              |          | 2.75E-07 |          |          |
|                |      | マンガン             |          | 3.93E-06 |          |          |
|                |      | 山砂利              |          | 7.58E-05 |          |          |
|                |      | 石灰石              |          | 1.21E-03 |          |          |
| 環境<br>排出<br>負荷 | 屋外大気 | CO <sub>2</sub>  | 1.07E-01 | 2.82E-03 | 4.64E-01 | 5.22E-08 |
|                |      | SO <sub>x</sub>  | 2.81E-06 | 9.51E-07 | 8.61E-08 | 2.63E-11 |
|                |      | NO <sub>x</sub>  | 1.35E-04 | 1.76E-06 | 1.12E-04 | 4.77E-11 |
|                |      | CH <sub>4</sub>  | 4.01E-04 | 4.33E-09 | 5.72E-10 | 7.55E-12 |
|                |      | PM10             | 1.95E-06 | 4.38E-07 | 4.02E-09 | 8.90E-13 |
|                | 水域   | COD              |          |          | 2.24E-07 |          |
|                | 土壌   | 一般廃棄物<br>(不明・一律) |          |          | 7.80E-06 | 2.48E-05 |
| 溶融スラグ          |      |                  | 2.24E-04 |          |          |          |

表 4.3-2 LNG 火力 (1300°C級コンバインドサイクル) の LCI 分析結果 (単位 (kg/kWh))

|                |      |                  | 燃料調達     | 建設・解体    | 運用       |          |
|----------------|------|------------------|----------|----------|----------|----------|
|                |      |                  |          |          | 発電       | 廃棄       |
| 消費<br>負荷       | 枯渇資源 | 石炭               | 1.71E-07 | 4.42E-04 | 1.25E-06 | 4.92E-10 |
|                |      | 原油 (燃料)          | 1.60E-03 | 8.90E-05 | 1.19E-04 | 2.87E-09 |
|                |      | 天然ガス             | 2.45E-02 | 1.06E-05 | 1.40E-01 | 2.82E-10 |
|                |      | ウラニウム            | 1.16E-11 | 1.00E-09 | 8.47E-11 | 3.32E-14 |
|                |      | 鉄                |          | 4.44E-04 |          |          |
|                |      | ニッケル             |          | 9.03E-09 |          |          |
|                |      | クロム              |          | 1.65E-07 |          |          |
|                |      | マンガン             |          | 2.35E-06 |          |          |
|                |      | 山砂利              |          | 5.03E-05 |          |          |
|                |      | 石灰石              |          | 8.00E-04 |          |          |
| 環境<br>排出<br>負荷 | 屋外大気 | CO <sub>2</sub>  | 9.07E-02 | 1.76E-03 | 3.77E-01 | 1.13E-08 |
|                |      | SO <sub>x</sub>  | 2.38E-06 | 5.95E-07 | 4.12E-08 | 5.70E-12 |
|                |      | NO <sub>x</sub>  | 1.14E-04 | 1.12E-06 | 6.54E-05 | 1.03E-11 |
|                |      | CH <sub>4</sub>  | 3.39E-04 | 2.66E-09 | 2.27E-10 | 8.87E-14 |
|                |      | PM10             | 1.65E-06 | 2.79E-07 | 1.93E-09 | 1.92E-13 |
|                | 水域   | COD              |          |          | 3.59E-08 |          |
|                | 土壌   | 一般廃棄物<br>(不明・一律) |          |          | 2.98E-06 | 5.38E-06 |
| 溶融スラグ          |      |                  | 1.34E-04 |          |          |          |

表 4.3-3 石炭火力の LCI 分析結果 (単位 (kg/kWh))

|                |      |                  | 燃料調達     | 建設・解体    | 運用       |          |
|----------------|------|------------------|----------|----------|----------|----------|
|                |      |                  |          |          | 発電       | 廃棄       |
| 消費<br>負荷       | 枯渇資源 | 石炭               | 3.04E-04 | 5.44E-04 | 3.62E-01 | 1.57E-07 |
|                |      | 原油(燃料)           | 6.38E-03 | 1.03E-04 | 6.17E-04 | 9.12E-07 |
|                |      | 天然ガス             | 2.46E-04 | 1.28E-05 | 1.34E-05 | 8.97E-08 |
|                |      | ウラニウム            | 2.06E-08 | 1.22E-09 | 9.08E-10 | 1.06E-11 |
|                |      | 鉄                |          | 5.61E-04 |          |          |
|                |      | ニッケル             |          | 1.14E-08 |          |          |
|                |      | クロム              |          | 2.08E-07 |          |          |
|                |      | マンガン             |          | 2.97E-06 |          |          |
|                |      | 山砂利              |          | 5.40E-05 |          |          |
|                |      | 石灰石              |          | 8.60E-04 | 5.09E-03 |          |
| 環境<br>排出<br>負荷 | 屋外大気 | CO <sub>2</sub>  | 2.40E-02 | 2.10E-03 | 8.89E-01 | 3.59E-06 |
|                |      | SO <sub>x</sub>  | 2.29E-05 | 7.09E-07 | 1.33E-04 | 1.81E-09 |
|                |      | NO <sub>x</sub>  | 4.76E-05 | 1.32E-06 | 6.75E-05 | 3.29E-09 |
|                |      | CH <sub>4</sub>  | 2.01E-03 | 3.23E-09 | 2.43E-09 | 2.82E-11 |
|                |      | PM10             | 3.21E-06 | 3.24E-07 | 2.58E-06 | 6.13E-11 |
|                | 水域   | COD              |          |          | 1.24E-07 |          |
|                | 土壌   | 一般廃棄物<br>(不明・一律) |          |          | 7.00E-06 | 1.71E-03 |
| 溶融スラグ          |      |                  | 1.69E-04 |          |          |          |

表 4.3-4 石油火力の LCI 分析結果 (単位 (kg/kWh))

|                |      |                  | 燃料調達     | 建設・解体    | 運用       |          |
|----------------|------|------------------|----------|----------|----------|----------|
|                |      |                  |          |          | 発電       | 廃棄       |
| 消費<br>負荷       | 枯渇資源 | 石炭               | 1.88E-07 | 2.59E-03 | 7.15E-06 | 9.87E-08 |
|                |      | 原油(燃料)           | 1.76E-03 | 4.82E-04 | 2.49E-01 | 5.75E-07 |
|                |      | 天然ガス             | 2.74E-05 | 6.11E-05 | 5.52E-06 | 5.65E-08 |
|                |      | ウラニウム            | 1.28E-11 | 5.80E-09 | 4.84E-10 | 6.67E-12 |
|                |      | 鉄                |          | 2.65E-03 |          |          |
|                |      | ニッケル             |          | 5.39E-08 |          |          |
|                |      | クロム              |          | 9.84E-07 |          |          |
|                |      | マンガン             |          | 1.41E-05 |          |          |
|                |      | 山砂利              |          | 2.65E-04 |          |          |
|                |      | 石灰石              |          | 4.22E-03 |          |          |
| 環境<br>排出<br>負荷 | 屋外大気 | CO <sub>2</sub>  | 1.25E-02 | 9.99E-03 | 6.56E-01 | 2.27E-06 |
|                |      | SO <sub>x</sub>  | 2.61E-06 | 3.38E-06 | 1.23E-04 | 1.14E-09 |
|                |      | NO <sub>x</sub>  | 1.27E-05 | 6.23E-06 | 4.65E-05 | 2.07E-09 |
|                |      | CH <sub>4</sub>  | 3.42E-11 | 1.54E-08 | 1.30E-09 | 1.78E-11 |
|                |      | PM10             | 1.55E-06 | 1.55E-06 | 1.67E-06 | 3.86E-11 |
|                | 水域   | COD              |          |          | 3.43E-07 |          |
|                | 土壌   | 一般廃棄物<br>(不明・一律) |          |          | 1.96E-05 | 1.08E-03 |
| 溶融スラグ          |      |                  | 8.01E-04 |          |          |          |

表 4.3-5 原子力の LCI 分析結果 (単位 (kg/kWh))

|                |      |                  | 燃料調達     | 建設・解体    | 運用       |          |
|----------------|------|------------------|----------|----------|----------|----------|
|                |      |                  |          |          | 発電       | 廃棄       |
| 消費<br>負荷       | 枯渇資源 | 石炭               | 1.73E-03 | 1.12E-03 | 1.89E-07 | 1.12E-04 |
|                |      | 原油(燃料)           | 1.96E-04 | 1.81E-04 | 2.13E-07 | 1.11E-04 |
|                |      | 天然ガス             | 7.63E-04 | 3.33E-05 | 9.48E-08 | 2.25E-05 |
|                |      | ウラニウム            | 5.63E-07 | 3.58E-09 | 2.70E-06 | 2.87E-09 |
|                |      | 鉄                |          | 1.06E-03 |          | 6.09E-05 |
|                |      | ニッケル             |          | 2.16E-08 |          | 1.24E-09 |
|                |      | クロム              |          | 3.94E-07 |          | 2.26E-08 |
|                |      | マンガン             |          | 5.63E-06 |          | 3.23E-07 |
|                |      | 山砂利              |          | 1.55E-04 |          | 1.44E-05 |
|                |      | 石灰石              |          | 2.46E-03 |          | 2.29E-04 |
| 環境<br>排出<br>負荷 | 屋外大気 | CO <sub>2</sub>  | 1.07E-02 | 4.53E-03 | 1.47E-06 | 8.04E-04 |
|                |      | SO <sub>x</sub>  | 7.96E-06 | 1.57E-06 | 1.12E-09 | 4.24E-07 |
|                |      | NO <sub>x</sub>  | 7.89E-06 | 2.88E-06 | 8.90E-10 | 7.99E-07 |
|                |      | CH <sub>4</sub>  | 6.21E-08 | 9.53E-09 | 3.43E-11 | 7.68E-09 |
|                |      | PM10             | 6.71E-07 | 7.84E-07 | 4.82E-11 | 1.22E-07 |
|                | 水域   | COD              |          |          | 1.16E-08 |          |
|                | 土壌   | 一般廃棄物<br>(不明・一律) |          |          | 5.33E-07 |          |
| 溶融スラグ          |      |                  | 3.20E-04 |          | 1.84E-05 |          |

## 5 インパクト評価

### 5.1 対象とした評価ステップと影響領域

インパクト評価は日本版被害算定型影響評価手法 LIME2 を利用し，特性化，被害評価，統合化の 3 ステップについて評価を実施した。各ステップにおいて評価対象とした影響領域について表 5.1-1 に示す。

表 5.1-1 評価対象とした環境影響領域と評価ステップ

|             | 特性化 | 被害評価 | 統合化 |
|-------------|-----|------|-----|
| 資源消費（エネルギー） | ○   | ○    | ○   |
| 資源消費（鉱物）    | ○   | ○    | ○   |
| 地球温暖化       | ○   | ○    | ○   |
| 都市域大気汚染     | —   | ○    | ○   |
| オゾン層破壊      |     |      |     |
| 酸性化         | ○   | ○    | ○   |
| 富栄養化        | ○   | ○    | ○   |
| 光化学オキシダント   | ○   | ○    | ○   |
| 人間毒性        |     |      |     |
| 生態毒性        |     |      |     |
| 室内空気質       | —   |      |     |
| 騒音          | —   |      |     |
| 廃棄物         | ○   | ○    | ○   |
| 土地利用        |     |      |     |



## 5.2 インパクト評価結果

### 5.2.1 特性化

発電方式別の特性化結果として、地球温暖化と酸性化に関する結果を図 5.2-1、図 5.2-2 に示す。

図 5.2-1 に示すとおり、温暖化においては、LNG 火力（1100℃級 CC）に比べ、LNG 火力（1300℃級 CC）で 16%の削減効果があった。発電方式別では、石炭火力の影響が最も大きく、次いで石油火力、LNG 火力となった。原子力は、発電に伴う CO<sub>2</sub> 排出がないため、温暖化の影響は小さいものとなった。（温暖化の影響が最も小さい火力である LNG 火力（1300℃級 CC）の 3%程度）

図 5.2-2 に示すとおり、酸性化においては、LNG 火力（1100℃級 CC）に比べ、LNG 火力（1300℃級 CC）で 27%の削減効果があった。発電方式別では、石炭火力の影響が最も大きく、次いで LNG 火力（1100℃級 CC）、石油火力、LNG 火力（1300℃級 CC）となった。

原子力は、発電時において、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> を排出しないため、酸性化の影響は非常に小さいものとなった。（酸性化の影響が最も小さい火力である LNG 火力（1300℃級 CC）の 14%程度）

LNG 火力は、発電時に SO<sub>x</sub> を排出しないことから、酸性化は NO<sub>x</sub> に起因する部分がほとんどであるが、石炭・石油火力においては、酸性化は SO<sub>x</sub>（SO<sub>2</sub>）と NO<sub>x</sub> の両方に起因しており、特に、SO<sub>x</sub>（SO<sub>2</sub>）の影響が大きい。

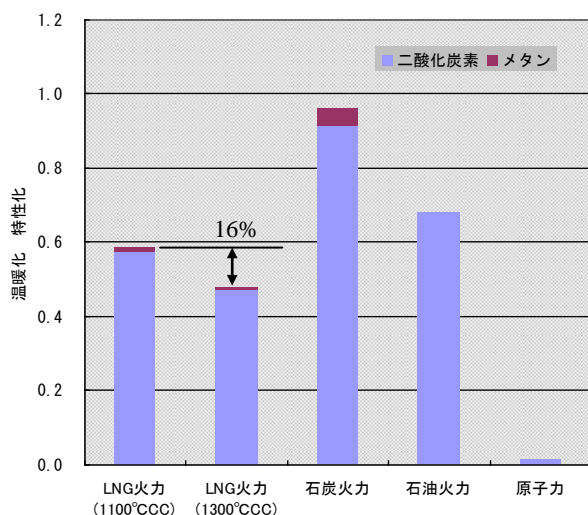


図 5.2-1 特性化結果(地球温暖化)

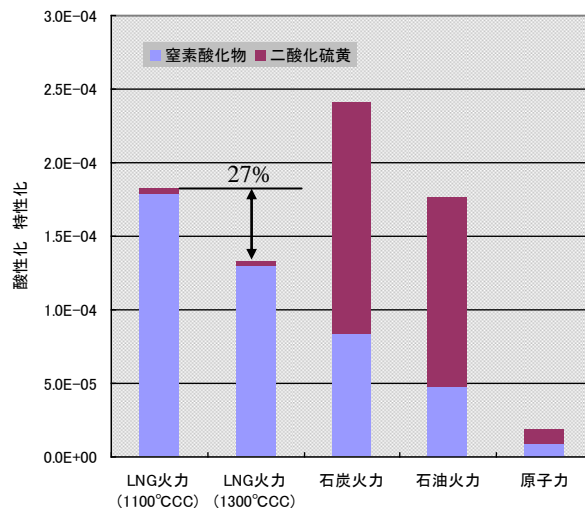


図 5.2-2 特性化結果(酸性化)

## 5.2.2 被害評価

図 5.2-3～図 5.2-6 に 4 つの保護対象に対する被害評価結果（物質別内訳）を示す。

人間健康（図 5.2-3）では、石炭火力の方が石油火力よりも影響が大きいですが、社会資産（図 5.2-4）では、石炭火力の方が石油火力よりも影響が小さい。これは、人間健康に対しては、CO<sub>2</sub>の影響が大きく現れる一方、社会資産に対しては、原油の資源消費の影響が大きく現れることによるものである。一次生産（図 5.2-5）、生物多様性（図 5.2-6）では、石炭火力の影響が顕著であった。

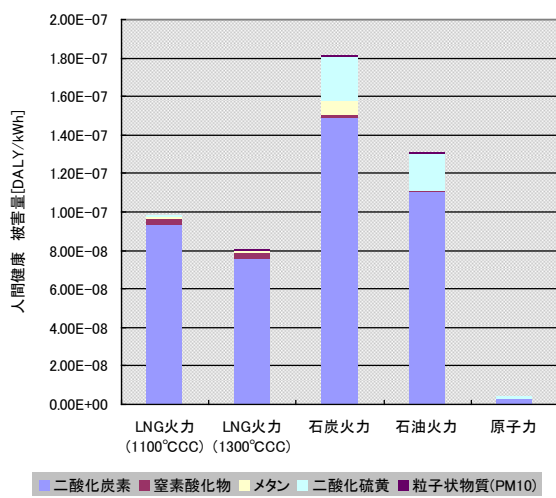


図 5.2-3 被害評価結果(人間健康)

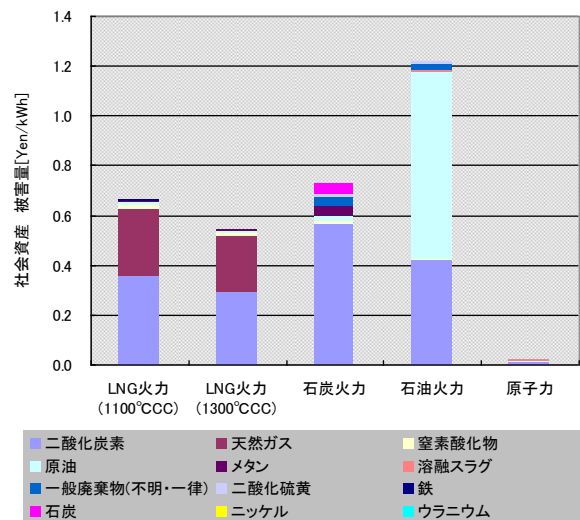


図 5.2-4 被害評価結果(社会資産)

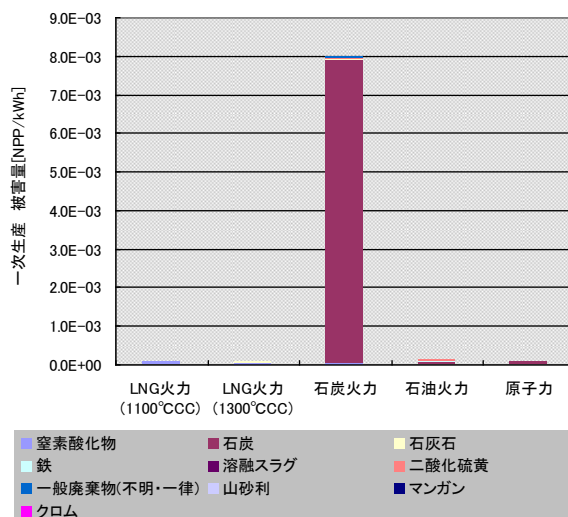


図 5.2-5 被害評価結果(一次生産)

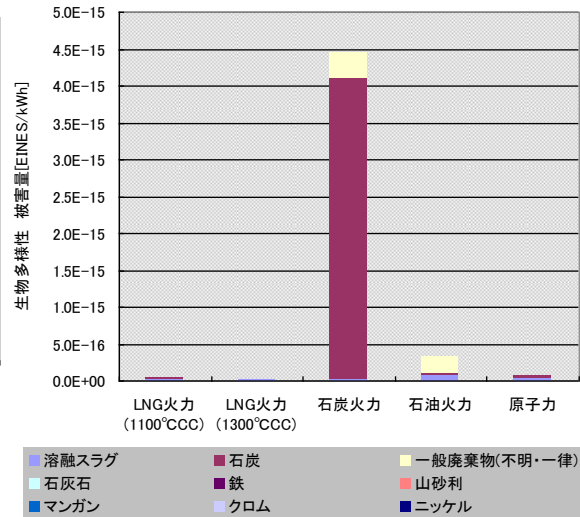


図 5.2-6 被害評価結果(生物多様性)

### 5.2.3 統合化

図 5.2-7 に発電方式別の統合化結果（物質別）を示す。

各発電方式の社会コスト（統合化結果）は、LNG 火力（1100℃級 CC）は約 2.18 円/kWh、LNG 火力（1300℃級 CC）は約 1.78 円/kWh、石炭火力は約 4.44 円/kWh、石油火力は約 3.28 円/kWh、原子力は約 0.10 円/kWh である。また、LNG 火力（1100℃級 CC）と LNG 火力（1300℃級 CC）の比較すると、2 割程度の差が出るがわかった。

なお、影響が大きい物質は、CO<sub>2</sub> および燃料（石炭、原油、天然ガス）であり、石炭・石油火力では、石炭・石油の燃焼に伴う SO<sub>x</sub>（SO<sub>2</sub>）排出の影響もみられた。

図 5.2-8 にプロセス別の内訳を、図 5.2-9 に影響領域別の内訳を示す。プロセス別では、火力においては、発電段階の影響が支配的（約 8 割～9 割を占める）であった。一方、原子力においては、燃料調達の環境影響（海外電力使用に伴う CO<sub>2</sub> 排出）が比較的大きい結果となった。

影響領域別に見ると、火力において、地球温暖化（主に CO<sub>2</sub> 排出に起因）、非生物系資源消費（主に燃料消費に起因）の影響が顕著であり、さらに、石炭・石油火力では、都市域大気汚染（主に SO<sub>x</sub> 排出に起因）の影響もみられた。

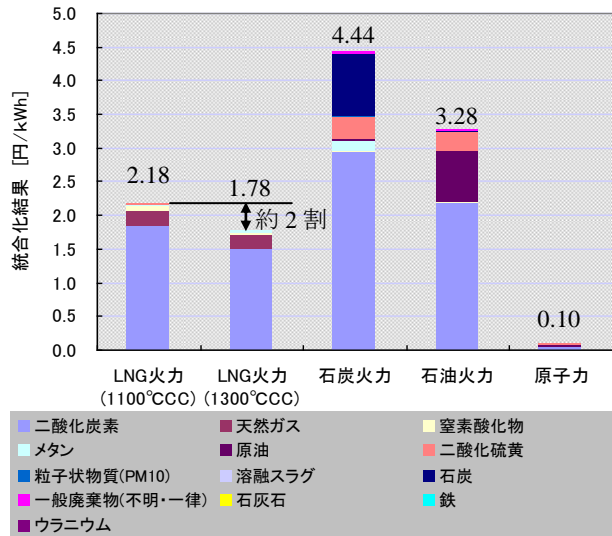


図 5.2-7 統合化結果(物質別)

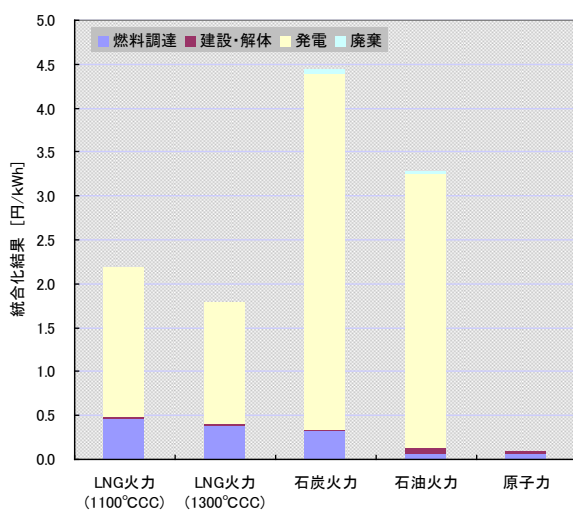


図 5.2-8 統合化結果(プロセス別)

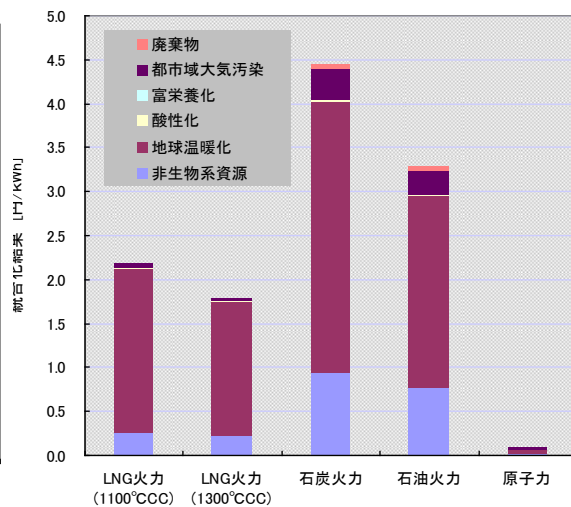


図 5.2-9 統合化結果(影響領域別)

## 6 結論

### 6.1 調査結果のまとめ

主要な発電方式（LNG火力、石炭火力、石油火力、原子力）を対象とし、ライフサイクル（燃料調達、発電所の建設・運用・解体）を考慮して、発電事業の環境影響を評価するとともに、LNG火力（1100℃級CC）とLNG火力（1300℃級CC）の比較により、発電効率の向上による環境影響の低減効果を確認した。

各発電方式の統合化結果は、LNG火力（1100℃級CC）が約2.18円/kWh、LNG火力（1300℃級CC）が約1.78円/kWh、石炭火力が約4.44円/kWh、石油火力が約3.28円/kWh、原子力が約0.10円/kWhとなり、原子力の環境影響の小ささが顕著であった。また、LNG火力の発電効率の向上（1100℃級CC→1300℃級CC）が、2割程度の環境影響の低減につながっていることが確認できた。

環境影響（社会コスト）の大きさについては、仮に、電気料金を20円/kWhとすると、それぞれの社会コストは電気料金に対し、LNG火力（1100℃級CC）で約10%程度、LNG火力（1300℃級CC）で約9%程度、石炭火力で約22%程度、石油火力で約16%程度、原子力で約0.5%程度に相当することとなる。また、各発電方式を統合した社会コスト（2006年度の発電電力量構成比から算定、水力は除外）は約2.43円/kWhとなり、電気料金の約12%に相当することとなる。

統合化結果を、プロセス別、影響領域別に見ると、火力において、発電段階の影響（主に地球温暖化、次いで、都市域大気汚染、非生物系資源消費）が大きな割合を占めていることがわかった。

発電事業全体では、発電段階のCO<sub>2</sub>排出による地球温暖化の影響が最も大きいことから、原子力や高効率LNG火力の導入等により、発電に伴うCO<sub>2</sub>排出を抑制することが、環境影響の低減に対して最も効果的な施策といえる。

### 6.2 得られた結果の限界等

今回の評価は、中部電力の発電所における2006年度実績をモデルケースとして実施した。また、評価範囲については、発電事業の主要なプロセスをカバーしており、結果の妥当性は確保できていると考えられる。

燃料調達、発電所建設、発電所解体のバックグラウンドデータ（設備の素材量等）については、詳細なデータを得るのが困難なことから、本藤らの文献<sup>1) 2)</sup>に基づく推計値を用いたが、発電事業のプロセス全体を見れば、発電段階の環境影響が支配的であるため、今回の評価結果に大きな影響を与えるものではないと考えられる。

## 参考文献

- 1) 本藤祐樹ほか (2000) : ライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量による発電技術の評価-最新データによる再推計と前提条件の違いによる影響-, 電力中央研究所 経済社会研究所 研究報告, Y99009
- 2) 本藤祐樹 (2001) : ライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量による原子力発電技術の評価, 電力中央研究所 経済社会研究所 研究報告, Y01006