

# 超々臨界圧微粉炭火力の導入による CO<sub>2</sub> 削減効果

Effect of Ultra Super Critical Coal-fired Technology on Reduction of CO<sub>2</sub> Emission

— 社会基盤技術の環境性評価手法の開発 —

キーワード: ライフサイクル分析、産業連関表、石炭火力、USC、二酸化炭素

本 藤 祐 樹 内 山 洋 司

本研究では、これから導入が期待される超々臨界圧微粉炭火力(USC)が従来型石炭火力と比較してどの程度の炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)削減効果があるかをライフサイクルの観点から定量的に明らかにしている。USCは、従来型と比較して高温高压の蒸気を利用して高効率の発電を可能としているため、発電時の石炭燃焼に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は効率改善分だけ減少する。その一方で、USC はボイラーやタービンなどに従来型より高温高压に耐えられる材料を用いる必要がある。より優れた材料を用いることにより、間接的に CO<sub>2</sub> 排出量が増加する可能性も考えられる。本研究では、第 1 に、発電技術のライフサイクルにわたる環境影響物質の排出量を既往の手法より客観的かつ高い精度で推定できる手法を開発した。この手法は、プロセスを追った詳細な分析が可能であるという積み上げ法の長所、そして、間接的な排出を整合的に考慮出来るという産業連関分析法の長所を活かしたものである。第 2 に、この手法を用いて、間接的な影響を含めた USC の CO<sub>2</sub> 削減効果を明らかにした。様々な間接効果による CO<sub>2</sub> 排出量の増加は、発電用燃料減少に伴う排出量減少と比べて極めて小さく、ライフサイクルで見た場合 3.4%の CO<sub>2</sub> 削減効果があることがわかった。CO<sub>2</sub> 削減の観点からは超々臨界圧発電は有効な技術であることが定量的に示された。

- はじめに
- 分析手法
  - 既往の分析手法
  - 本研究で用いた分析手法
- 石炭火力発電技術のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量
  - 検討対象および前提条件
  - 新手法による CO<sub>2</sub> 排出量推定値の検討
  - 超々臨界圧発電技術の CO<sub>2</sub> 削減効果
- おわりに

## 1. はじめに

我が国の電力需要は着実に増加してきており、これから将来も増加していくことが予想されている。電力需要の増加に対応するために様々な方策が検討されている中、選択肢のひとつとして新たな電源の開発が挙げられる。ただし、今後の電源開発は、各発電技術の経済性、環境性、供給安定性などの面から多角的な評価を踏まえた上で実施される必要がある。原子力や水力には立地問題が、LNG および石油火力は中長期的な供給不安定性がある現状では、供給安定性や価格安定性などの面で優れている石炭火力が将来の電源として期待されている。

しかしながら、石炭はその燃焼に伴う環境負荷とりわけ熱量あたりの大気汚染物質の排出量が他の燃料と比較して多いという問題点がある。石炭火力を導入していくためには、環境負荷の低減を可能とする発電技術の開発が望まれる。現在、新たな石炭火力発電技術として超々臨界圧発電(USC)、加圧流動床複合発電(PFBC)、石炭ガス化複合発電(IGCC)といった高発電効率の技術が開発されつつある。

これらの新たな石炭火力技術が従来の石炭火力に比較してどの程度環境性を改善するのかを定量的に評価しておくことは重要な課題である。特に現在、対策が急がれている地球温暖化の面から CO<sub>2</sub> 排出の削減効果に関する分析は必要不

可欠である。本研究では、石炭火力新技術の中で最も実用化に近い USC を取り上げ、従来型の石炭火力と比較してどの程度の CO<sub>2</sub> 削減効果があるかを明らかにすることを目的としている。USC による CO<sub>2</sub> 削減効果は、石炭燃焼時に排出される CO<sub>2</sub> だけでなく、プラントの建設、機器の製造、燃料輸送などの間接的な影響も取り入れて評価されるべきである。すなわち、電力製造のライフサイクルにわたるすべての影響を考慮して評価される必要がある。既に発電技術のライフサイクルにおける CO<sub>2</sub> 排出量に関する研究がなされてきているが<sup>[1][2]</sup>、今回の研究では、既往の研究で用いられてきた手法と比較してより正確かつ客観的に排出量を推定できる手法を新たに提案し、その手法を用いて分析を実施している。

## 2. 分析手法

### 2.1 既往の分析手法

発電技術のライフサイクルにわたる環境影響物質の排出量の推定は、内山ら(1992)、吉岡ら(1994)などにより既に実施されている。内山ら(1992)は積み上げ法と呼ばれる手法を、吉岡ら(1994)は産業連関分析法と呼ばれる手法を用いている。

積み上げ法は、ライフサイクルとして定義されたシステム内のプロセスの関連を明確にし、すべてのプロセスを一つずつ検討することで、ライフサイクルにわたる排出量を推定する手法である。現実のプロセスに基づいて排出量を求めているので、精度の高い詳細な分析が可能である。しかしながら、対象システム内のすべてのプロセスを完全に解析することは、現実的には不可能であり、検討から漏れるプロセスが存在する。したがって、なんらかの補正をしない限り、いわゆる間接的な排出が考慮されない場合が生じ、推定された排出量は一般には過小評価となる。過去の分析では、検討外のプロセスからの排出量を経済性などから大ま

かに見積もることで補完している<sup>(注 1)</sup>。積み上げ法では、すべてのプロセスが完全に解析されない限り、検討されたプロセスからの排出量が全体のどの程度の割合をカバーしているのか、また、排出量の多い重要なプロセスが漏れなく取り込まれているかを知ることは原理的には不可能である。

一方、吉岡ら(1994)の分析では、個別のプロセスを追うことなく、財・サービスの取引関係を記述した産業連関表を用いることで発電技術の CO<sub>2</sub> 排出量を推定している。産業連関表は社会全体の財・サービスの取引関係を貨幣単位で記述したものであり、財・サービスの生産に伴うすべての活動を網羅している。したがって、原理的には、対象となるシステム内の関連するすべてのプロセスを漏らさず考慮することが出来る。その結果、間接的な排出を統合的に取り込むことが可能であり、特定のプロセスからの排出量の全体に占める割合を知ること出来る。しかしながら、産業連関表では、社会に無数に存在する財・サービスを約 400 種類に分類し集約しており、社会のすべての生産活動は約 400 の架空のプロセスの組み合わせで成立しているとしている<sup>(注 2)</sup>。投入係数として記述されるこの架空のプロセスは、産業連関表の各部門における財・サービスの生産技術に対応するものであり、現実に存在する技術には直接結びつかない<sup>(注 3)</sup>。それ故に、積み上げ法に比べると精度の高い詳細な分析は望めない。詳細な分析をするためには、部門を新たに分割する必要がある。また、出来る限り正確な分析をするためには、詳細な価格データが必要となるが、素材量などの物量データと比

(注 1) 例えば、内山ら(1992)の研究では素材の製造に伴う CO<sub>2</sub> 排出量についてはプロセスを追って分析しているが、それ以外の加工組立や輸送などに伴う CO<sub>2</sub> 排出量は素材製造時の排出量の 20%であると仮定して計算している。

(注 2) 我が国の 1990 年の産業連関表は基本分類で 411 列 527 行であるが、分析に用いる際には 405 × 405 の正方行列としている。

(注 3) 例えば、熱間圧延鋼部門では 1 種類の平均的な鉄鋼が、投入係数ベクトルで表現される架空の技術に従って生産される。現実には多種多様な鉄鋼が生産されているが、それらの生産技術の違いは反映されていない。

べて入手が困難であることが多い。

これら 2 つの手法は、排出量を推定する際のアプローチの方向が異なるだけで、原理的には同じ結果を得ることが出来る。ただし、積み上げ法においてプロセスを完全に解析することも、産業連関表を社会に存在する無数の財・サービスの数にあわせて部門分割することも現実には不可能であるので、異なった結果となる。積み上げ法は精度と詳細さを、産業連関分析法は網羅性を重視して排出量を推定する手法であるといえ、それぞれの長所を活かした分析手法が開発されることが望まれる。本研究では、精度の高い詳細な分析を可能とする積み上げ法を基本とし、把握が困難であるプロセスからの間接的な排出量を産業連関分析法を用いて補完する手法を提案している。

## 2.2 本研究で用いた分析手法

### (1) 評価範囲の設定

分析の最初の重要問題は、評価範囲の設定、すなわち、ライフサイクルとして何処まで考慮するかを決めることである。

ライフサイクルにわたる環境影響物質の排出量を推定する際に常に問題となるのが、工場や生産機械などの資本設備の取扱いである。現時点では、この取扱いについて明快な考え方は存在しない。家電製品や飲料容器などの大衆消費財を対象とした場合、資本設備を評価範囲に取り込まないことが多い。しかしながら、発電技術のような社会基盤技術を対象とする場合、資本設備も評価範囲に取り込むべきであると考えられる。社会基盤技術の分析の目的は、これから如何に資本を整備していくかという問いに対して答えることであり、資本設備を分析対象に含めないのはその目的から外れることになる。ただし、社会の生産活動における資本設備は空間的にも時間的にも複雑に絡み合っており、分析対象となる技術のライフサイクルに関わるすべての資本設備を考慮することは現実的に不可能である。したがって、最初に評価範囲内

に含める資本設備を定義する必要がある。そして、それら資本設備の建設、運用、廃棄の各段階に関係する様々なプロセスで構成されたシステムが評価対象となる。

### (2) 排出量の推定

発電技術などの社会基盤技術に用いられている資本設備は、その建設、運用、廃棄の各段階で、単一の大衆消費財とは比較にならないほどの極めて多数のそして様々な財やサービスが用いられ、複雑に入り組んだシステムとなっている。加えて、資本設備に関して入手できるデータも限られており、産業連関分析法で必要となる価格データを入手できることは希であり、積み上げ法で通常必要となる物量データもかなり限られるのが現状である。このように限られたデータしか入手できない状況で、システムからの環境影響物質の排出量を推定しなければならない。

評価対象システムは、多種多様の財やサービスから構成されており、それらの生産には多数のプロセスが関係している。例えば、発電プラントの建設には、機械類や構造物などの財や建設作業などのサービスが必要であり、各々の財・サービスの生産には素材製造や加工組立や輸送などの様々な生産プロセスが関係している。図 1 に示されるように、評価対象システムを構成している財やサービスはその特徴とデータ入手可能性を考慮して  $m$  個の財群  $G_i$  ( $i = 1 \dots m$ ) に分類される。システム全体の排出量 (Emission of  $G$ )  $EG$  は、分類された各財群の生産に伴う排出量 (Emission of  $G_i$ )  $EG_i$  の和でもって求められる。

$$G = G_1 \cup G_2 \cup \dots \cup G_i \cup \dots \cup G_m \quad (1)$$

$$EG = \sum_{i=1}^m EG_i \quad (2)$$

図 2 は、システムを構成する財群のひとつ  $G_i$  を取り上げ、その財群の生産に伴う排出量を推定する際の概略を示している。財群  $G_i$  の生産は  $n$  個

の架空単位プロセス (Imaginary Unit Process)  $IUP_j$  ( $j = 1 \dots n$ )から成立しており、それぞれの架空単位プロセスは複数の単位プロセス (Unit Process)  $UP_{jk}$  ( $k = 1 \dots t$ )で構成されている。図2に示されるように、架空単位プロセスは、重要単位プロセス群(重要群)  $V_i$ か非重要単位プロセス群(非重要群)  $V_i^c$ かへ分類される。重要群  $V_i$ は、相対的に排出量が多いか、もしくは、分析目的上重要な架空単位プロセス  $IUP_j$  ( $j = 1 \dots s$ )の集合であり、非重要群  $V_i^c$ はそれら以外のプロセス  $IUP_j$  ( $j = s + 1 \dots n$ )の集合である。

任意の架空単位プロセスからの排出量が多いか否かはレオンティエフ逆行列を用いることで判別

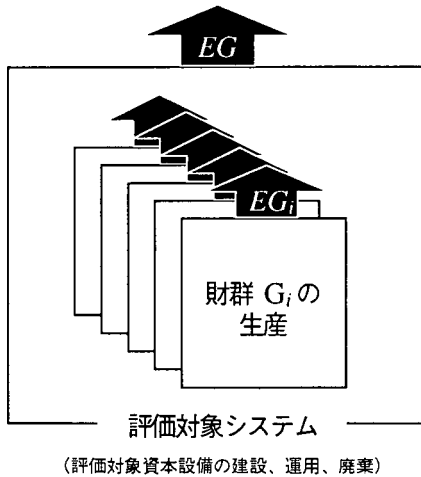


図1 評価対象システムと財群

可能である。財群  $G_i$ をその特徴により産業連関表のいずれかの部門  $l$  ( $l = 1 \dots n$ )に対応させる。財群  $G_i$ が対応する部門  $l$ において需要が生じた場合、各部門すなわち各架空単位プロセスから排出される環境影響物質量は式(3)にしたがって求めることができる。 $E_i$ は、財群  $G_i$ の需要に伴う各架空単位プロセスからの排出量を要素に持つ  $n$ 次元ベクトルである。相対的に大きい値である要素に対応する架空単位プロセスが重要群へ分類される。

$$E_i = e * [(I - A)^{-1}]_l \tag{3}$$

\* : ベクトルの要素同士の掛け算を意味する演算子

$e$  : 各部門で生産額あたりの直接排出量ベクトル

$[(I - A)^{-1}]_l$  : レオンティエフ逆行列の  $l$  列ベクトル

ただし、分析目的上重要なプロセスを含む架空単位プロセスは排出量の多少にかかわらず、重要群に分類される。例えば、今回の分析では、ボイラーやタービンに用いられている素材の変化が問題となるので、それらに関わる単位プロセスは重要群に含める必要がある。

架空単位プロセスは複数の単位プロセスを含んでおり、架空単位プロセスを分類することで、自動

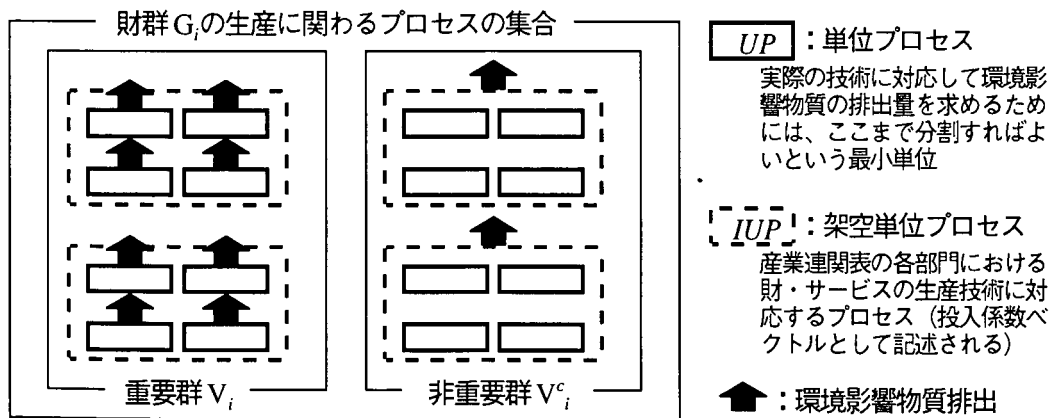


図2 財群  $G_i$ の生産に伴う排出量推定の考え方

的に単位プロセスを重要群もしくは非重要群に分類することが可能となる。したがって、実際に単位プロセスまで分解することなく、任意の単位プロセスの重要度を知ることが可能となり、不用意に重要な単位プロセスを切り捨ててしまうことを避けることが出来る。

重要群  $V_i$  に関しては単位プロセス  $UP_{jk}$  ( $k = 1...t$ ) に分割し、各単位プロセスの技術情報から排出量  $EUP_{jk}$  をまず求める。重要群からの排出量  $EV_i$  (Emission of  $V_i$ ) は、式(4)に示されるように各単位プロセスからの排出量  $EUP_{jk}$  のトータルとして求めることが出来る。

$$EV_i = \sum_{j=1}^s \sum_{k=1}^t EUP_{jk} \quad (4)$$

一方、非重要群  $V_i^c$  については、単位プロセスまで分割することなく、架空単位プロセスのレベルで排出量を推定する。非重要群からの排出量  $EV_i^c$  (Emission of  $V_i^c$ ) は式(5)にしたがって求める。 $R_i$  は式(6)に示されるように、重要群へ分類された架空単位プロセスからの排出量の和と非重要群へ分類された架空単位プロセスからの排出量の和との比である。

$$EV_i^c = R_i \cdot EV_i \quad (5)$$

$$R_i = \sum_{k=s+1}^n [E_i]_k / \sum_{k=1}^s [E_i]_k \quad (6)$$

$[E_i]_k$  : ベクトル  $E_i$  の第  $k$  要素

各財群  $G_i$  の排出量  $EG_i$  は式(7)にしたがって求められる。また、システム全体の排出量  $EG$  は、式(8)で示すように各財群の排出量の和として与えられる。

$$EG_i = EV_i + EV_i^c \quad (7)$$

$$= (1 + R_i) \sum_{j=1}^s \sum_{k=1}^t EUP_{jk}$$

$$EG = \sum_{i=1}^m EG_i = \sum_{i=1}^m (1 + R_i) \sum_{j=1}^s \sum_{k=1}^t EUP_{jk} \quad (8)$$

ここで示した手法は、評価対象となるシステムを構成している生産プロセスを重要群と非重要群とに分割し、重要群だけを単位プロセスまで還元し排出量を推定し、非重要群からの排出量は産業連関表を用いて推定する。一部のプロセスだけを対象とするのではなく、すべてのプロセスを網羅した客観的な分析を可能とする一方で、分析上重要な部分については単位プロセスまで分割して排出量を推定することで、精度ある詳細な分析を可能としている。

### 3. 石炭火力発電技術のライフサイクル CO2 排出量

#### 3.1 検討対象および前提条件

石炭火力発電技術のライフサイクルは、図 3 に示すように、発電用燃料の流れに沿って、採掘、輸送、発電、送配変電、また、資本設備の流れに沿って、建設、運用、廃棄と、合計 12 のステージで構成されているとする。採掘、輸送、発電、送配変電のそれぞれで必要とされる資本設備は、採掘施設、石炭輸送船、発電所・灰処理施設、送配変電施設であるとしている。新たに道路や港湾施設の建設が必要となる可能性もあるが、ここでは、それらの資本設備は評価対象外とした。したがって、今回の分析における評価範囲は、図 3 に示されている資本設備の建設、運用、廃棄の各ステージで必要となる多種多様の財・サービスの集合であるといえる。

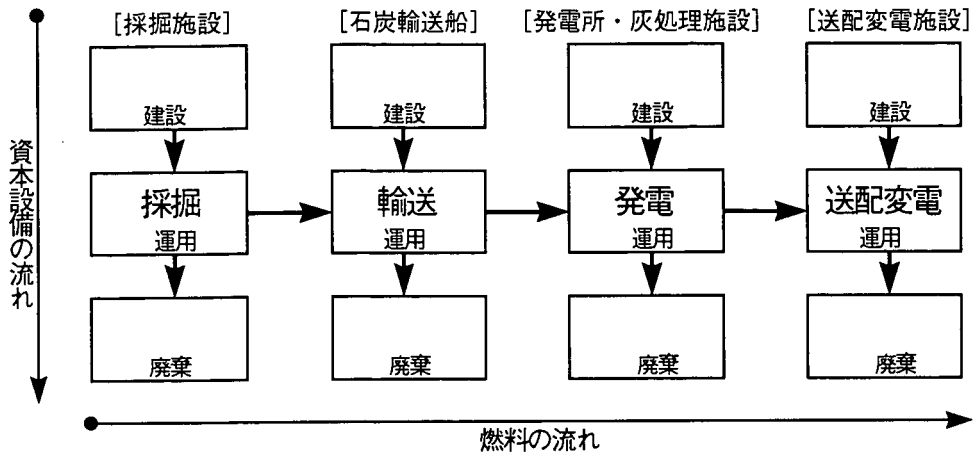


図 3 石炭火力発電技術のライフサイクル

表 2 素材の CO<sub>2</sub> 排出原単位

素材	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (t-CO <sub>2</sub> /t)
鉄鋼	1.412
USCボイラー鋼	3.956
従来ボイラー鋼	3.260
USCタービン鋼	4.660
従来タービン鋼	2.768
アルミ	7.588
銅	2.383
コンクリート	0.115
耐火物	1.115
高密度ポリエチレン	0.906
塩化ビニル樹脂	1.363

引用文献 [3][4][5]

表 3 重要プロセスの CO<sub>2</sub> 排出量

対象プロセス	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /t)
石炭採掘(石炭1t)	18.30
石炭輸送(石炭1t)	51.30
石炭燃焼(石炭1t)	2352
石炭灰処理(石炭灰1t)	1.509
構造物解体撤去(構造物1t)	6.208

引用文献 [3][6]

表 4 石炭火力発電プラントデータ

	従来型	USC	
設備容量 (MW)	1000	1000	
設備利用率 (%)	75	75	
発電効率[発電端] (%)	42	43.5	
所内率 (%)	7.4	7.4	
耐用年数 (年)	30	30	
蒸気条件	温度 (°C)	538/566	625/625
	圧力 (MPa)	24	24

表 1 に示すように、各ステージで用いられている財・サービスを複数の群に分類し、各財群をその特徴から適切と考えられる産業連関表の部門に対応させた。なお、今回の分析では、1990 年の我が国の産業連関表を用いている。各財群の生産に関わるプロセスの中で、CO<sub>2</sub> 排出量が多いプロセス群は、本藤ら(1996)の分析により明らかにされている。建設段階で必要とされる財群の生産においては、素材製造プロセス群から多くの CO<sub>2</sub> が排出される。運用や廃棄段階では採掘、電力生産、廃棄物処理などのプロセス群から多量の CO<sub>2</sub> が排出される。また、分析目的上重要なのは、ボイラーおよびタービンに用いられている素材の製造プロセスである。各財群の生産において重要群と非重要群とから排出される CO<sub>2</sub> 量の比(式(6)の  $R_i$  に相当)は表 1 に示す通りである。

素材製造プロセスが重要群である場合、それを単位プロセスまで分割して排出量を求める必要がある。各素材を製造する際に排出される生産重量あたりの CO<sub>2</sub> 排出原単位を表 2 に示す。それぞれの設備で用いられている素材量については表 1 に示している。一方、素材製造プロセス以外のプロセスが重要群となる場合には、それらのプロセスを詳細に分析し排出量を推定する必要がある。その結果得られたデータを表 3 に示す。

検討対象とした USC と従来型石炭火力に関する

るデータを表4に示す。USCは従来型と比較して高温高圧の蒸気を利用するため発電効率が発電端で1.5ポイント高い。従来型とUSCとの違いはボイラーおよびタービンだけにあるとし、他は同じとしている。

### 3.2 新手法によるCO<sub>2</sub>排出量推定値の検討

本研究で提案している新手法によって得られる推定値を、積み上げ法(対象システム内のプロセスの積み上げをデータ入手可能な範囲で行い、未検討のプロセスからの間接的な排出量について如何なる補正もしない場合)による値と比較することで、積み上げ法では把握が困難である間接的なCO<sub>2</sub>排出量を明らかにしている。なお、分析結果の中でg-CO<sub>2</sub>/kWhとして示されている値は、送配変電ロスを5.5%<sup>(注4)</sup>とした需要端1kWhあたりのCO<sub>2</sub>排出量である。

#### (1) 資本設備の建設段階におけるCO<sub>2</sub>排出量

図4は、各資本設備の建設段階におけるCO<sub>2</sub>排出量について、素材の製造プロセスのみを考慮した積み上げ法と新手法とにより求めた値を示している。新手法を用いた場合6.09g-CO<sub>2</sub>/kWhとなり、積み上げ法による値の1.9倍となった。すなわち、建設段階で排出されるCO<sub>2</sub>のうち素材製造プロセスから排出される割合は53%を占めるに過ぎず、加工組立や輸送などのプロセスからの排出が無視できないことを示している。

#### (2) 発電用石炭燃焼時以外のCO<sub>2</sub>排出量

図5は発電用石炭の燃焼以外からのCO<sub>2</sub>排出量について示している。図5に示す積み上げ法は、建設段階の素材製造プロセスおよび運用段階の表4に示すプロセス(発電用石炭燃焼は除く)のみを考慮した結果である。新手法では80.6g-CO<sub>2</sub>/kWhと積み上げ法による結果の2.7倍となった。特に、発電・灰処理・送配変電の運用段階における違いが著しい。積み上げ法では、灰処理設

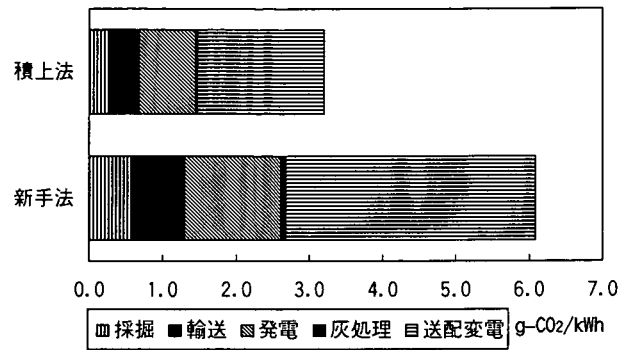


図4 製造段階のCO<sub>2</sub>排出量

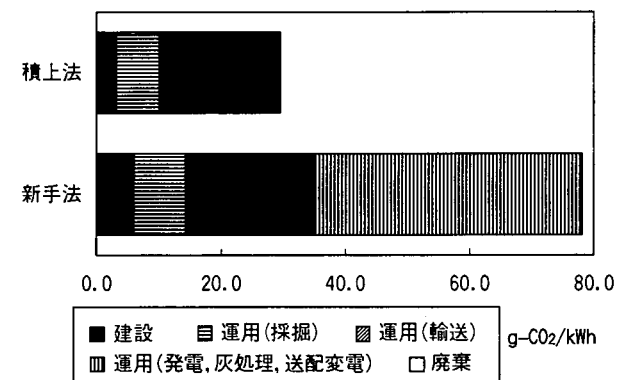


図5 発電用石炭燃焼以外のCO<sub>2</sub>排出量

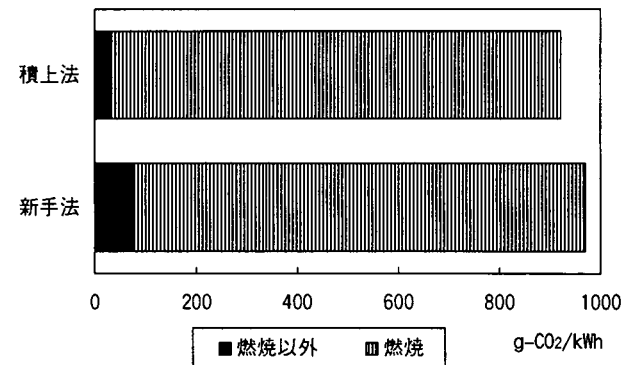


図6 石炭火力技術のCO<sub>2</sub>排出原単位

備の稼働により直接排出されるCO<sub>2</sub>しか考慮されていないのに対して、新手法では、運用に関わる設備補修、輸送、廃棄物処理などの様々な活動に伴うCO<sub>2</sub>排出量が考慮されている。これらの活動に伴うCO<sub>2</sub>排出量がかかり多いと言える<sup>(注5)</sup>。な

(注4) 柱上変圧器のロスは考慮されていない。

(注5) ただし、これらの間接的なCO<sub>2</sub>排出量は、石炭火力だけでなく他の発電技術も含めた平均的な発電技術のものである。石炭火力の場合もう少し小さいことが予想される。

お、採掘および輸送の運用段階における CO<sub>2</sub> 排出量は、それぞれ、採掘設備の稼働および石炭輸送船の航行により直接排出される CO<sub>2</sub> が大きな割合を占めているため、新手法と積み上げ法でそれほど大きな違いはない。

(3) 電力 1kWh あたりの CO<sub>2</sub> 排出量

図 6 は、石炭火力技術を用いて電力を 1kWh 生産する際にライフサイクルにわたって排出される CO<sub>2</sub> 量を示している。発電時の石炭燃焼に伴う CO<sub>2</sub> 排出に、図 5 で示した CO<sub>2</sub> 排出量を加えたものである。積み上げ法では 921.4g-CO<sub>2</sub>/kWh、新手法では 972.3g-CO<sub>2</sub>/kWh となり、約 5.2%の違いが生じることがわかった。

3.3 超々臨界圧発電技術の CO<sub>2</sub> 削減効果

より優れた高温耐熱材料を用いたボイラーとタービンを導入した USC が従来型と比較して、どの程度の CO<sub>2</sub> 排出量を削減できるのかについて分析した結果を示す。

(1)ボイラー・タービン製造時の CO<sub>2</sub> 排出量

図 7 は、ボイラーおよびタービン 1 基を製造する時に排出される CO<sub>2</sub> について、従来型と USC とを比較したものである。USC 用ボイラーおよびタービン製造時の CO<sub>2</sub> 排出量は従来型と比べてそれぞれ 13%、72%多い。USC と従来型のボイラーおよびタービンに用いられている合金鋼を成分元素の点で比較すると、USC 用合金鋼はクロムが大幅に多く、加えて、ニッケルがやや多い。クロムやニッケルを多く含む合金鋼を製造する際の CO<sub>2</sub> 排出量が、あまり含まない合金鋼に比べて多いため、USC 用ボイラーおよびタービン製造時の CO<sub>2</sub> 排出量が多くなっている。ボイラー製造時の CO<sub>2</sub> 排出量はタービンと比較して USC 用と従来用とでそれほど大きな差はない。これは、USC 用ボイラーの総重量が従来型と比べて 10%程度軽いということと、ボイラーに用いられているクロムは、電解クロムほど

CO<sub>2</sub> 排出原単位が大きくないフェロクロムであるということに起因している。

(2) 発電用石炭燃焼時以外の CO<sub>2</sub> 排出量

図 8 は、発電用石炭燃焼以外から排出される CO<sub>2</sub> 量の内訳を示している。USC では 78.1g-

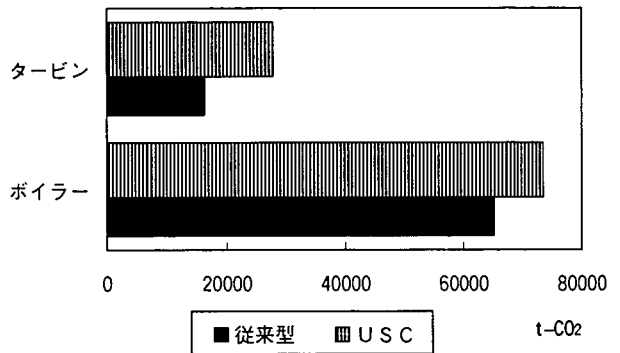


図 7 ボイラー・タービン製造時の CO<sub>2</sub> 排出量

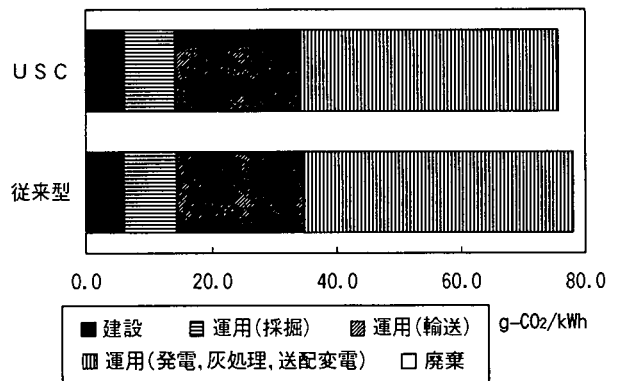


図 8 発電用石炭燃焼以外の CO<sub>2</sub> 排出量

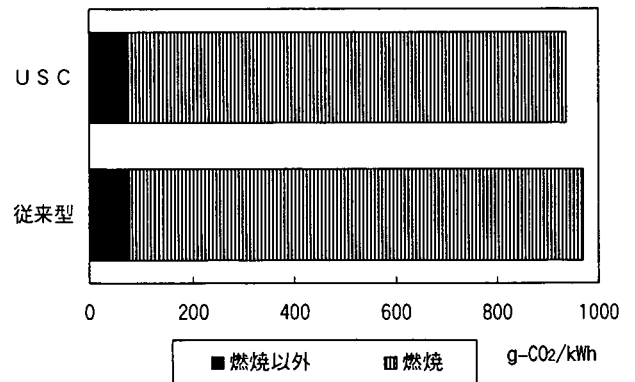


図 9 石炭火力技術の CO<sub>2</sub> 排出原単位



CO<sub>2</sub>/kWh であり、従来型の 80.6g- CO<sub>2</sub>/kWh に比較して約 3.1%の改善である。USC の資本設備の建設段階における CO<sub>2</sub> 排出量は従来型より 0.1g-CO<sub>2</sub>/kWh 多いが全体から見ると微々たるものである。一方、設備の運用段階における CO<sub>2</sub> 排出量は、2.6g-CO<sub>2</sub>/kWh ほど USC の方が少ない。USC の場合、高効率化によって発電用石炭の必要量が減少し、各設備の運用段階における石炭の取扱量が少なくなるためである。

### (3) 電力 1kWh あたりの CO<sub>2</sub> 排出量

図 9 は、1kWh の電力を生産する際にライフサイクルにわたって排出される CO<sub>2</sub> 量を示している。USC では 939.1g-CO<sub>2</sub>/kWh であり、従来型の 972.3g-CO<sub>2</sub>/kWh に比べて 3.4%少ない。従来型と USC のいずれにおいても石炭を燃焼させるときに排出される CO<sub>2</sub> が全体の 9 割以上を占めている。したがって、発電プラントのライフサイクルでの CO<sub>2</sub> 排出量は、燃焼される石炭の量に強く依存しており、製造時の CO<sub>2</sub> 排出量が多い高機能材料を用いたボイラーやタービンを利用しても、石炭消費量の減少による CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果の方が大きい。発電効率の改善率(3.45%)と CO<sub>2</sub> 排出原単位の改善率(3.41%)はほぼ同じであり、発電効率の上昇分がほとんどそのまま CO<sub>2</sub> の削減につながっている。

## 4. おわりに

本研究では、ライフサイクルにわたる環境影響物質の排出量の推定において、従来の積み上げ法では把握できないプロセスからの間接的な排出量を産業連関表を用いて補う手法を提示し、その手法を石炭火力発電技術の CO<sub>2</sub> 排出量の分析に適用した。その結果、建設段階だけで見ると素材製造時に排出される CO<sub>2</sub> 量はすべてのプロセスから排出される量の 53%に過ぎず、また、ライフサイクルでみると積み上げ法では把握が困難な間接排

出量は全体の 5.2%に上ることが明らかになった。ただし、この間接排出量の推計方法にはまだ検討の余地があり、今後の課題である。

この新手法を用いて、CO<sub>2</sub> 排出量に関して従来の石炭火力と超々臨界圧(USC)微粉炭火力とを比較した。その結果、USC は従来型に比べて 3.5%排出量が少ないことがわかった。また、石炭火力における素材製造に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は少なく、発電効率の改善を目指した新素材の開発および導入は CO<sub>2</sub> 削減に寄与することが今回の分析結果より明らかになった。

謝辞:

本研究の一部は科学技術庁の振興調整費による成果に基づいており、データ作成などにおいてご尽力頂いた委員の皆様に感謝申し上げます。

### [参考引用文献]

- [1] 内山洋司, 山本博巳(1992), 「発電プラントの温暖化影響分析」, 電力中央研究所研究報告 Y91105。
- [2] 吉岡完治, 内山洋司, 菅幹雄, 本藤祐樹(1994), 「環境分析用産業連関表の応用(5)ー火力・原子力発電の CO<sub>2</sub> 排出量の計算ー」, イノベーション&I-O テクニク Vol.5, No.1, 31-56。
- [3] 本藤祐樹, 西村一彦, 内山洋司(1996), 「産業連関表による財・サービス生産時のエネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量」, 電力中央研究所研究報告 Y95013。
- [4] (社)未踏科学技術協会環境負担性調査委員会 (1995), 「環境負担性評価システム構築のための基礎調査研究調査報告書ー金属素材インベントリーデータ」
- [5] (社)化学経済研究所(1993), 「基礎素材のエネルギー解析調査報告書」
- [6] (財)建設物価調査会積算委員会編(1994), 「建設工事歩掛」

( ほんどう ひろき  
うちやま ようじ  
電力中央研究所経済社会研究所 )