

No.468 2010 August

電 中 研

# 電源別のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量を評価

——技術の進展と情勢変化を考慮して再評価——



電源別の LC-CO<sub>2</sub> 排出量

わが国の CO<sub>2</sub> 排出量は約 12.14 億トン（平成 20 年実績）で、そのうち、発電に伴い排出される CO<sub>2</sub> 量は、全体の約 30% の 3.87 億トン（平成 20 年度事業用発電）です。電気事業では、CO<sub>2</sub> 排出原単位 (kg-CO<sub>2</sub>/kWh) の 1990 年度比 20% 削減を目標として、火力発電における発電効率の向上、発電燃料の石油から天然ガスへの移行、原子力発電による発電電力量の一定割合の確保、再生可能エネルギーの利用など、さまざまな検討・実践を進めています。この際、電源別の CO<sub>2</sub> 排出量やその削減の程度を正確に測定する上で有益な指標が、電源別のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量 (LC-CO<sub>2</sub> 排出量) です。

電力中央研究所では、電源別の CO<sub>2</sub> 排出量にかかわるライフサイクル分析に先駆的に取り組み、2000 年に体系的な評価の結果を公表しましたが、その後の発電技術の進展、発電施設の設計・仕様の変化、資材・燃料種の変化などを考慮し、見直しを行いました。

# 1

## 分析手法と評価

### ■ 分析手法の概要

分析手法は前回の評価と同様で、物量推計と排出量推計の2段階から構成されます(図-1)。前者は、発電施設の建設や運転に投入される燃料・資材の種類・投入量の推計、後者は、燃料燃焼による直接排出量とそれ以外の間接排出量の推計のことです。間接排出量は、発電施設や燃料取り扱い施設の建設・運用に投入される物資・資材の製造に伴う排出量(素材体化排出量)と関連する加工・建設などの行為に起因する排出量(行為随伴排出量)の2つの合計です。

物量の推計では、大きく技術が変化した発電システムについてはプラント設計を詳細に調査し、必要なデータを入手しました。変化のない発電システムは、前回評価のデータを用いました。排出量の推計では、各種素材のCO<sub>2</sub>排出原単位は、主として(社)産業環境管理協会 LCA 日本フォーラムのJLCA-LCA データベースを利用していますが、一部は産業連関表に基づいて計算しました。

### ■ 評価の範囲

ライフサイクル分析では、図-2に示すように、燃料の生産・輸送・発電のそれぞれの施設の素材、部品の製造から、施設の建設・運用までの範囲のCO<sub>2</sub>排出量を評価しています。また、石炭火力発電は、燃焼後の石炭灰の処分を考慮しています。原子力発電は、使用済燃料の再処理、プルサーマルの利用、放射性廃棄物の処分、施設の解体時に発生するCO<sub>2</sub>も含んでいます。

LC-CO<sub>2</sub>排出量の評価においては、素材製造時のCO<sub>2</sub>排出量だけでなく、素材から部品を製造・組立てする工程で投入されるエネルギーに伴うCO<sub>2</sub>排出量も考慮する必要があります。この製造工程の詳細を特定することは難しいため、計算では補完係数を用いています。ここで言う補完係数は、部品や機器を製造するために使用する素材量に基づいて、CO<sub>2</sub>排出量を推定する係数のことです。

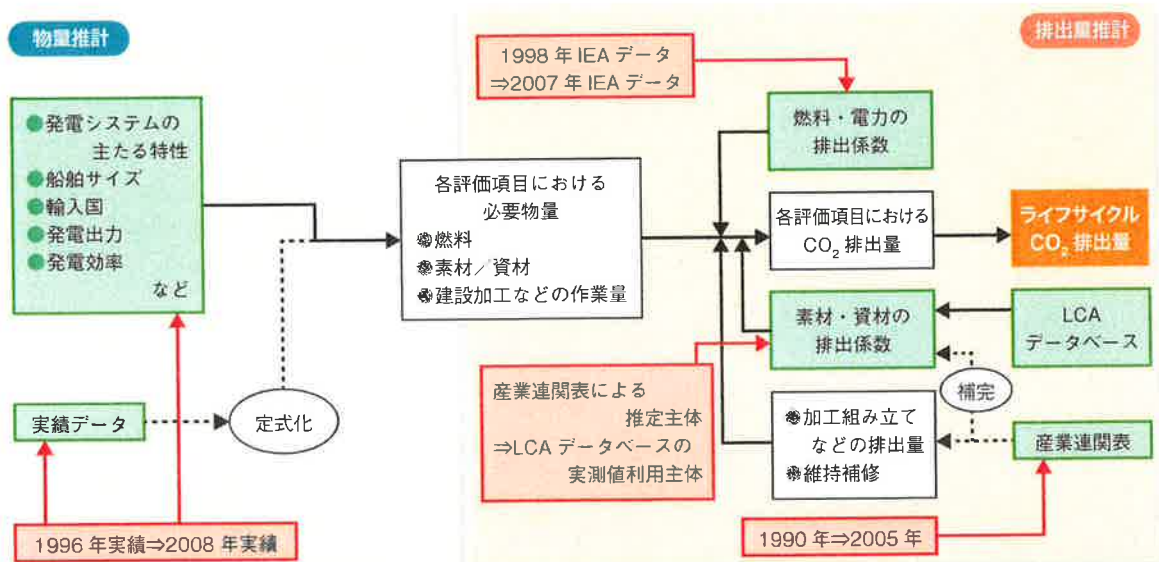


図-1 分析手法の概要

# 2 ライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量を推計する

## ● 計算方法

LC-CO<sub>2</sub> 排出量は、発電所の建設から運用、解体まで、燃料の生産から輸送、加工、そして廃棄物処分までの、発電にかかわる全工程における総 CO<sub>2</sub> 排出量を、その発電所が一生涯に生み出す総発電電力量で除算をして求められます。総発電電力量は送電端での電力量です。

今回の計算に当たっては、発電燃料の燃焼に伴う直接排出量、発電所の建設、運用、解体に伴う CO<sub>2</sub> 排出量、アップストリームおよびダウンストリーム過程における全設備の建設、運用、解体に伴う CO<sub>2</sub> 排出量の合計を、一生涯の総発電電力量で除して LC-CO<sub>2</sub> 排出量を計算しました。

ここでいうアップストリームとは、発電用燃料の採掘から発電所に届けられるまでの工程、ダウンストリームとは、発電後の廃棄物の処理工程を示します。

## ● 前回評価との相違点

### ● 技術条件

- 前は耐用年数を一律 30 年としましたが、今回は太陽光・風力・地熱の各発電は 30 年、それ以外は 40 年としました。
- 石炭火力発電は、プラントの熱効率の向上を考慮しました。

- 風力発電は、前回の単機出力 300kW に、600kW、1000kW、2000kW、2500kW を加えて評価しました。

- LNG 火力発電は、前回の汽力発電と 1100℃ 級複合発電に、1300℃ 級・1500℃ 級複合発電を加えて評価しました。

### ● 排出係数：単位量当たりの CO<sub>2</sub> 排出量

- 素材や部品の生産国における電力使用に伴う排出係数は、前は 1998 年、今回は 2007 年の IEA（国際エネルギー機関）のエネルギーバランス表を適用しました。

- 素材の排出係数は、前はその多くを産業連関表から算出しました。今回は、基本的に LCA データベースを適用しました。

### ● 物量の想定

- 評価の対象に加えた新しいタイプの石炭火力（USC：超々臨界圧）、LNG 火力発電（1300℃ 級・1500℃ 級複合発電）では、該当する代表プラントのデータを適用しました。

- 太陽光発電は、前回の評価から技術進展が著しい電池モジュール、制御装置、支持架台の物量は、最新情報に基づいて設定しました。

- 風力発電は、同等の設備をわが国で生産した場合の CO<sub>2</sub> 排出量を評価し、単機容量の増加に伴う物量の増加を評価しました。

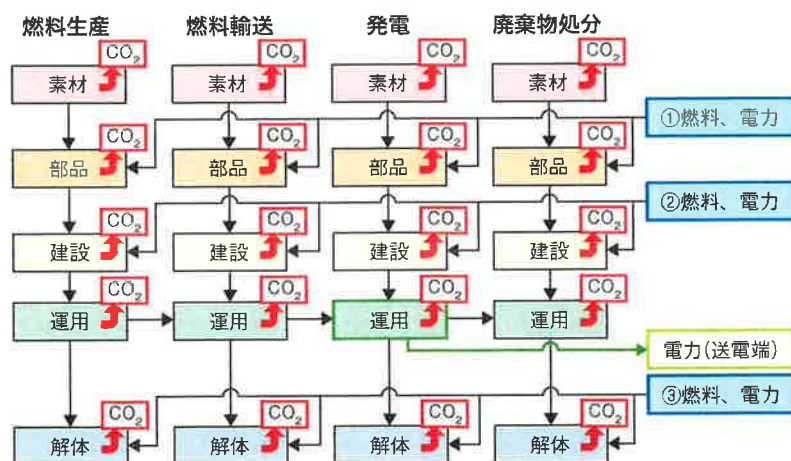


図-2 発電技術のライフサイクル評価で検討すべき範囲（システム境界）

# 3 ライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量の 計算結果

## ● 結果の総合評価

### ● 火力発電

燃料燃焼に伴う CO<sub>2</sub> 排出量（直接排出量）が大きな割合を占める火力発電では、発電効率の向上により前回評価と比べると LC-CO<sub>2</sub> 排出量が 1～9%低下しました。石炭火力発電では、600℃級の石炭火力（USC）が 28%導入されたことにより、LC-CO<sub>2</sub> 排出量は石炭火力発電全体で 3%低下しました。石油火力発電は燃料種類の割合が変わり、発電効率が上がったため、LC-CO<sub>2</sub> 排出量は 0.5%低下しました。LNG 複合火力発電は、1300℃級と 1500℃級の割合が増えたことにより、LC-CO<sub>2</sub> 排出量は 9%低下しました。

### ● 原子力発電

原子力発電では、電力の排出係数が大きいアメリカにおけるガス拡散法によるウラン濃縮役務の割合が低下したことにより、中間貯蔵のケースで 24%、リサイクルのケースで 20%、LC-CO<sub>2</sub> 排出量が低下しました。

### ● 再生可能エネルギー

風力発電では、風車の単機出力の大型化が進ん

だものの、大型化に伴って基礎コンクリートの必要量が増加し、出力の大型化のメリットが相殺される結果となりました。太陽光発電では、架台の素材としてアルミニウムからより CO<sub>2</sub> 排出量が少ない溶融亜鉛メッキ鋼板の使用を想定したことにより、LC-CO<sub>2</sub> 排出量が 28%低下しました。

## ■ 今後の取り組み

今回確立した評価手法および評価データベースは、いろいろな技術評価への適用が可能です。今後、評価手法の拡張とさまざまな応用を目指して、前回評価との差異について詳細な要因分析を行い、条件の変化が LC-CO<sub>2</sub> 排出量に与える影響を解析する予定です。特に、燃料燃焼に伴う CO<sub>2</sub> 排出量（直接排出量）の大きな割合を占める火力発電について、燃料の輸入元の選択による影響を評価します。さらに、今後実用化される革新技术、例えばバイオマス燃料の利用、CO<sub>2</sub> 回収・貯留技術などについても、評価の対象に取り込んでいく予定です。

## ひとこと

社会経済研究所 エネルギー技術政策領域 主任研究員 今村 栄一

LCA 評価の手法自体はシンプルなものです。問題は、評価を行う対象技術について地道に関連情報を集め、技術の詳細について深く理解することが重要であるということです。今回の再評価では、電中研にエネルギーに関連したさまざまな技術の専門家が多数、在籍していることが、大きな強みとなりました。今回、当研究所の 8 つの分野別研究所から、多くの情報提供と助言をいただけたことで、約 10 年ぶりに再評価を行うことができました。今後も各研究所と連携を取りながら、適宜、新しい技術についても LCA 評価を行っていきます。



## 関連の電力中央研究所報告

「日本の発電技術のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量評価—2009 年に得られたデータを用いた再推計—」 Y09027

「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—」 Y99009

「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」 Y01006