

# 排出権取引を利用した地球温暖化対策技術の開発

## Development of Global Warming Prevention Technology Which Uses Emission Trading

田村 徹也\*  
Tetsuya Tamura

佐多 直明\*  
Naoaki Sata

### 要 旨

NECでは、地球温暖化対策技術の開発が環境経営の重要課題であるとともに、急成長の予測される環境ビジネス市場参入へのコアであると考え、温室効果ガス排出量を効率的に削減するための技術開発を積極的に進めてきました。そのなかで京都議定書に定められた排出権取引は、環境負荷低減と経済的効果の両立をめざした新たな取り組みとして世界中で注目されています。

そこで、この排出権取引の効果を検証するため、酸塩基の中和メカニズムの概念を利用したシミュレーション手法を開発し、NECグループを対象にした排出権取引の効果を予測しました。

さらに排出権取引を用いた地球温暖化対策ビジネスへの取り組みとして、日本における排出権取引の基幹システムである国別登録簿システムの開発を行いました。

To develop global warming prevention technologies is the most important issue in environmental management and it is a key to enter the environment-related business market. NEC has been promoting to develop cost-effective technologies and solutions for GHG (Greenhouse Gas) emissions reduction. Emission trading will be one of the most important tools for the effort to reduce GHG emissions, because it can bring impressive cost savings.

For such the purpose of estimating effect of in-house emission trading, NEC has developed emission trading simulation models based on solid acid neutralization mechanism applied for optimization of trading, and simulated by using this simulation models applied NEC's energy-saving activities.

As a business related to emission trading, NEC has developed Japanese national registry system which is a key infrastructure under the Kyoto protocol.

### 1. まえがき

国連気候変動に関する枠組条約に基づいて、1997年12月に採択された京都議定書を2002年6月に日本政府が批准したことにより、法的拘束力のある二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）などの温室効果ガスの削減目標を達成することが義務付けられました。しかし、エネルギー効率がすでに世界最高水準にあるわが国にとって、京都議定書における削減目標を達成していくことは決して容易ではありません。経済活性化や雇用創出などにもつながるよう、技術革新や経済界の創意工夫を活かし、環境と経済の両立を実現する温暖化対策への取り組みが求められています。

特に京都議定書に定められた排出権取引は、環境と経済の両立を実現する対策の1つとして注目されており、議定書が発効した場合、2008年から国際取引が開始される予定です。排出権の商品化が実現すれば、国内取引市場だけでも2010年には1兆円規模、これに関連するビジネスの市場規模は2.7兆円<sup>1)</sup>と予測されています。

NECでは、この急成長する市場に着目し、排出権取引のメカニズムを検討し、その効果を検証するとともに、ITを用いた排出権取引関連ビジネスの可能性について検討しました。

### 2. 排出権取引とは

#### 2.1 京都議定書

地球温暖化問題は、1980年代後半頃から国際的に注目され始め、1988年には気候変動に関する政府間パネルが開始されました。この政府間パネルは、国連環境計画と世界気象機関が共催し、各国政府の任命する科学者が参加する会合で、地球温暖化に関する最新の自然科学的および社会科学の知見をまとめ、地球温暖化対策に科学的基礎を与えることを目的としたものです。

こうした世界的流れのなか、地球温暖化防止の国際的取り組みをめざした気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC）が、圧倒的多数の国の支持を受け、1994年3

\* 基礎・環境研究所  
Fundamental and Environmental Research Laboratories

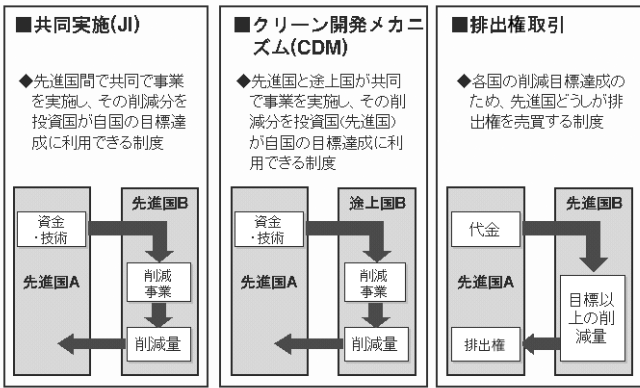


図1 京都メカニズム  
Fig.1 Kyoto mechanism.

月に発効しました。1997年には、京都で行われた第3回気候変動枠組条約締約国会議（COP3）において、気候変動枠組条約の議定書である「京都議定書」が採択され、国際社会は、地球温暖化防止へ向けさらに大きく踏み出しました。

京都議定書の特徴は、先進国（附属書I国）に第一約束期間（2008年から2012年まで）における温室効果ガスの削減数値目標（日本6%、アメリカ合衆国7%、EU8%など）を課したことです。これにより先進各国は、温室効果ガス削減の国際的義務を負うことになりました。

京都議定書のもう1つの特徴は、「京都メカニズム」と呼ばれる経済的削減手法が盛り込まれたことです。京都メカニズムは、市場原理を利用して温室効果ガスの削減を実現する手法のことであり、効率的に温暖化防止を進めつつ、経済的発展（環境と経済の両立）をも可能にするものです。具体的には、図1に示す3種類の手法があります。

共同実施(JI)とクリーン開発メカニズム(CDM)は、いずれも先進国が他国(JIでは先進国、CDMでは途上国)で温室効果ガスの削減プロジェクトを実施し、そこで得られた温室効果ガス削減分を自国の削減と見なす制度です。この場合、自国での削減コストよりプロジェクトを実施する国での削減コストが小さければ、結果として安いコストで温室効果ガス削減を実現することができることになります。

2.2 排出権取引

排出権取引は、京都議定書に定められた各国の排出削減目標を達成するため、先進国間で温室効果ガス排出枠を売買する制度です。図2は排出権取引の原理を示したもので、市場メカニズムが働くことにより、より少ないコストで温室効果ガス削減が可能になります。

たとえば、取引を行わない(a)の場合、A国・B国合わせて4単位の削減を行うための総コストが600円だったとすると、1単位150円で排出権取引を行った(b)の場合、同じ4単位の削減を行うのに総コスト500円で実現することが可能になるわけです。このような特徴を有する排出権取引は、京都議定書に定められた国家間だけではなく、国内の

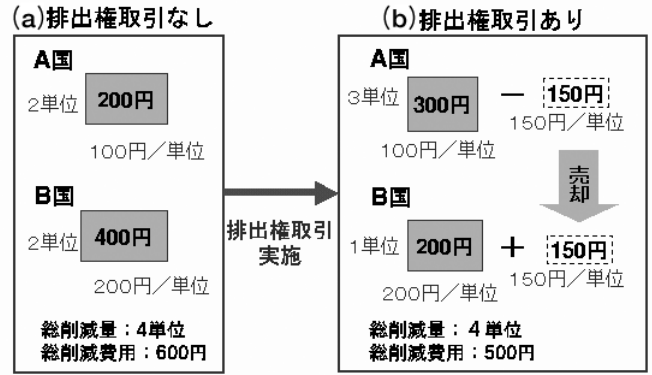


図2 排出権取引の原理  
Fig.2 Mechanism of emission trading.

企業間、さらには企業内にも広く展開が可能であり、図1に示した3制度のなかでは最も応用範囲が広い手法となっています。ただし、排出権取引を広く活用していくためには、具体的なコスト削減効果（経済効率性）を明確にする必要がありますが、取引市場の規模、市場参加者の数、投機的市場参加者の存否、取引制度などにより、その効果は大きく異なると考えられています。

しかし、市場参加者の数が限られ、投機的売買を行うことのない企業内取引は、経済効率性を比較的簡単に予測することが可能であると考え、これまでほとんど考察されていなかった企業内での排出権取引の効果を予測しました。経済効率性の予測は、NECグループを対象に、省エネ実績データを用いて排出権取引のシミュレーションを行い、経済効率性（費用削減効果）を予測しました。

3. 社内排出権取引シミュレーション

3.1 モデルとアルゴリズム

NEC生産推進部がとりまとめた2001年度のNECグループ省エネ実績データを用いて、省エネ対策を実施したNECグループ内の各拠点を対象に、排出権取引シミュレーションを行いました。省エネ実績データの一例を図3に示します。取引の対象とした温室効果ガスは、すべてCO<sub>2</sub>に換算

番号	実施月	省エネルギー施策内容	削減量 (tCO <sub>2</sub> /年)	削減率 (%)	削減単価 (円/tCO <sub>2</sub> )	削減単価 (円/tCO <sub>2</sub> )	削減単価 (円/tCO <sub>2</sub> )	削減単価 (円/tCO <sub>2</sub> )	削減単価 (円/tCO <sub>2</sub> )	削減単価 (円/tCO <sub>2</sub> )
1	1	空調機の運転時間短縮	200.00	5.000	40.00	0	81.20	92.69		
2	2	未使用時の照明消灯	40.00	654	0	10.60	14.84			
3	3	省エネ型の複写機へ切替	116.00	1,095	0	30.74	43.04			
4	4	その他(省エネ効果の経費)	40.00	608	0	15.00	22.26			
削減合計			416.00	8,149	0	118.57	178.83			
5	5	省エネ型LED照明への設置	15.00	332	0	4.19	5.86			
6	6	省エネ型複写機へ切替	31.96	1,000	0	58.43	106.82			
7	7	省エネ型LED照明への設置	3.56	75	0	0.94	1.32			
8	8	省エネ型LED照明への設置	19.39	407	0	5.14	7.19			
9	9	省エネ型LED照明への設置	2.42	251	0	0.64	0.90			
10	10	省エネ型LED照明への設置	44.08	925	0	11.60	16.35			
11	11	省エネ型LED照明への設置	47.60	1,000	0	12.61	17.65			
削減合計			164.81	5,898	0	91.63	156.10			
12	12	空調機省エネ型LED照明への設置	120.00	15,000	0	42.29	60.00			
13	13	省エネ型LED照明への設置	27.00	600	0	9.31	13.33			
14	14	省エネ型LED照明への設置	20.00	20,000	40,000	5.00	7.42			
削減合計			177.00	35,000	40,000	58.81	89.23			

図3 NECグループ省エネ実績データ(例)  
Fig.3 Data of NEC's energy-saving activities.

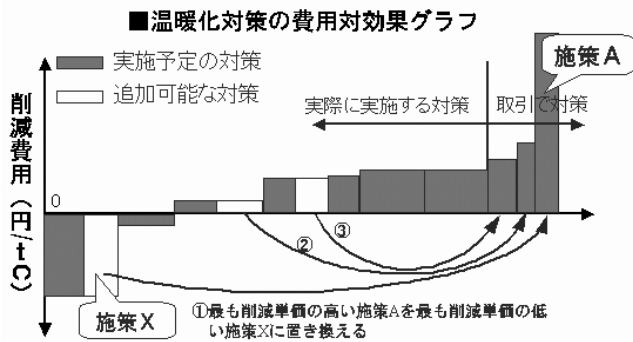


図4 企業内取引アルゴリズム  
Fig.4 In-house emission trading algorithm.

して実施しました。

仮想取引を実施するに当たり、追加実施可能な省エネ施策のCO<sub>2</sub>削減量（削減ポテンシャル）を見積もるため、図3に示す実績データから追加実施が可能な削減対策項目を抽出し、すでに実施された省エネ施策の最大2倍まで実施可能であると仮定し、削減ポテンシャルを算出しました。

今回のシミュレーションでは、図4に示すような企業内の取引のアルゴリズムを考案し、このルールに従い仮想取引をパソコン上で実施しました。この省エネ対策は、1つの省エネ対策で削減できる温室効果ガスの量（横軸）と、その対策にかかる1t当たりの削減費用（縦軸）の棒グラフで示されており、それぞれコストの低いものから順に並べられています。たとえば以下のような取引を表しています。

- ① 削減単価の最も大きな省エネ対策（施策A）しかない部門が、自ら削減する代わりに、他部門の削減単価の最も小さい追加可能な省エネ対策（施策X）で生ずる排出量削減枠（余剰排出枠）を購入します。
- ② 削減単価の大きい省エネ対策から順次、余剰排出枠を購入し、余剰排出枠の総量が購入量を下回った時点で売買を中止します。

上記取引により、削減単価の大きい削減対策の代わりに、削減単価が小さく、同量（またはそれ以上）の削減が見込まれる削減施策が実施され、企業内の削減総コストは減少することになります。

### 3.2 シミュレーション

企業内取引では、売買を行う主体の数も限られ、各プレイヤーは各部門の予算に基づき計画的に取引を行うことが想定されます。また、短期的な取引で利ざやを稼ぐことを目的とした「投機的売買」は存在しないと考え、以下に示す条件の異なる2つのケースについて、シミュレーションを実施しました。具体的な計算手法は、表1に示すような酸塩基の中和メカニズムと相似であるため、任意の固体酸を最小の塩基で中和するシミュレーターを流用し取引の最適化を行いました。

#### (1) 準動的モデル

取引制度を有効に機能させるため、取引市場が月に1度

表1 排出権取引と固体酸・塩基中和との対応  
Table 1 Similarity between emission trading and solid acid neutralization.

固体酸・塩基中和メカニズム	排出権取引メカニズム
固体酸 酸点の強さ 酸点の数	余剰排出枠 削減単価の小ささ 削減量
塩基 塩基の強さ 塩基の量	削減単価の大きい省エネ対策 削減単価の大きさ 削減量
中和	取引

表2 シミュレーション結果  
Table 2 Results of quasi-dynamic simulation.

	取引モデル	標準的モデル
仮定	データ	2001年度省エネ実施データ
	追加実施可能な削減施策の許容量	2倍
	取引頻度	1回/月
結果	取立成立件数	9 (件/年)
	削減量全体に占める取引量の場合	0.4 (%)
	取引により生じた費用削減効果	9 (%)

開設されるというモデルを設定しました。具体的には、その月の対策がすべて終了した時点でいっせいに取引を実施します。ただしその月内での取引の順序は考慮しないこととしました。

シミュレーション結果を表2に示します。2001年のNECグループ内での取引件数は9件/年となり、2001年度削減量全体の約0.4%が取引されました。準動的モデルの場合、削減単価の大きい削減施策の実施時が、追加に実施された削減単価の小さい削減施策の実施時よりも前になり、取引が成立しないケースが多数見られました。また、取引により生じる費用削減効果は、2001年度削減実績と同等量の削減を行った場合と比較し、約10%弱となりました。

#### (2) 静的モデル

準動的モデルで生じた削減対策の実施時期不整合により取引が成立しなかった取引件数を減少させるため、取引市場が年度に1度開設されるモデルを設定しました。年度の削減施策（追加に実施する施策を含む）がすべて終了した

表3 シミュレーション結果  
Table 3 Results of static simulation.

	取引モデル	標準的モデル
仮定	データ	2001年度省エネ実施データ
	追加実施可能な削減施策の許容量	2倍
	取引頻度	1回/年
結果	取立成立件数	21 (件/年)
	削減量全体に占める取引量の場合	1 (%)
	取引により生じた費用削減効果	30 (%)

時点でいっせいに取引を実施し、最適な取引順序を与えた場合の費用削減効果を予測しました。

取引件数は21件/年であり、これは2001年度削減量全体の約1%が取引されたことを示します(表3)。取引により生じる費用削減効果は、2001年度削減実績と同等の削減を行った場合と比較し、約30%となりました。

### 3.3 社内取引の効果

2001年度のNECグループを対象にシミュレーションを実施した場合、単に社内取引を導入するだけで約1割、削減対策の実施時期を最適化することで約3割の費用削減効果が得られることが分かりました。現在、各企業とも省エネ/温室効果ガス削減対策は、まさに乾いた雑巾を絞るような状況であり、投入コストの割に削減が進まないのが現状です。今回のシミュレーション結果は、社内取引という「経済的手法」を導入することで省エネ対策の最適化を図り、省エネ/温室効果ガス対策の費用対効果の向上に貢献できることを示しました。

ただし具体的に最適化を実施するためには、各部門の各部門の正確な削減ポテンシャルの把握、削減実施状況のモニタリングが必要であり、これらを支援するためのITシステムが必要になると考えられます。

## 4. ITを用いた温暖化対策ビジネス

2008年から開始が予定されている国際的な排出権取引に合わせて、ITを用いた温暖化対策ビジネスが、新ビジネスとして期待されています。図5は、具体的な国内の新ビジネスの概念を示しており、政府主導の国内インフラ整備・構築に関連するビジネスと、企業向け温暖化対策支援に関するビジネスに分類されます。NECでは、それぞれの分野に対する取り組みを行ってきました。

### 4.1 国内インフラ整備

京都議定書に定められた排出権取引の基幹システムとして位置付けられる国別登録簿システムは、2002年より経済産業省と環境省の両省によって整備が進められており、NECもそのシステムの開発を行いました。国別登録簿システム

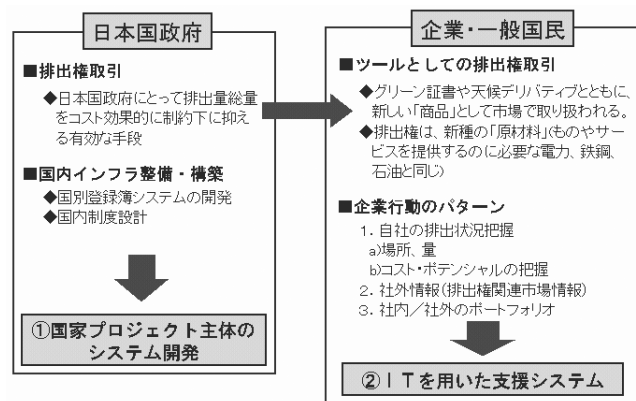


図5 国内新ビジネスの概念

Fig.5 New businesses under the Kyoto Protocol.

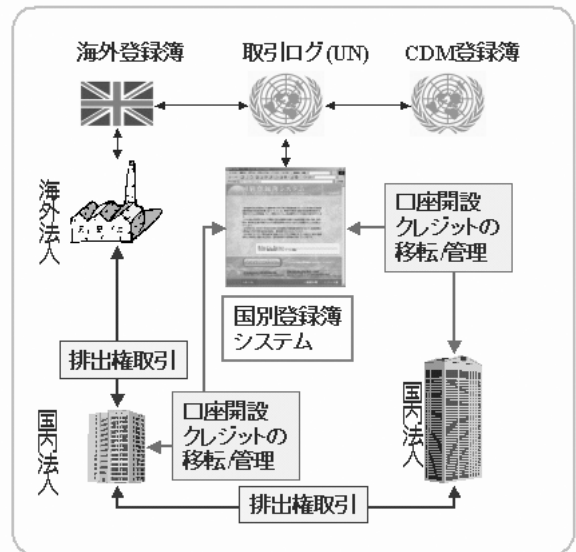


図6 国別登録簿システム

Fig.6 National Registry System under the Kyoto Protocol.

は、図6に示すような排出枠(クレジット)の発行/保有/移転/取得/償却/繰越などを管理するための、排出権取引の基幹となる国際標準化されたデータベースで、京都議定書批准各国に2007年頭までの設置が義務付けられています。

また制度面に関しては、経済産業省および環境省が、それぞれ独立に取引試行事業を実施しており、NECもこれらに参加し、そのなかで課題を抽出しつつ、国内インフラの整備を支援しています。

### 4.2 企業向け温暖化対策支援

NECグループでのシミュレーション結果から、他の企業や企業グループでも、その規模や部門間の施策により効果の大小はあるものの、費用削減効果が見込まれます。

一方で、社内取引を実施するためには、そのための社内制度とそれを支援するためのシステムを新たに導入することが必要になります。シミュレーションの結果より、これらの良否が取引入の効果を大きく左右することになります。

NECでは、こうした企業のニーズに応えるため、社内取

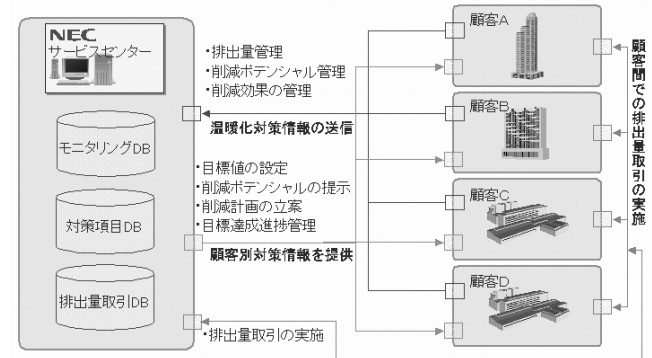


図7 社内削減支援システム

Fig.7 Outline of support system for GHGs emission reduction.

引のみならず効率的な社内削減を支援するためのITシステムが、必要不可欠であると考えています。その概念図を図7に示します。削減ポテンシャルの管理と温室効果ガスの排出量モニタリングを行うことにより、最適な温暖化対策の実現を可能にします。

## 5. むすび

NECグループを対象にした排出権取引のシミュレーションを実施し、企業内で排出権取引を用いた最適な温暖化対策を実施することにより、大きなコスト削減の可能性を有することが明らかになりました。

今後、温室効果ガスの排出量モニタリング、削減ポテンシャルの管理などを有機的に組み合わせたITシステムを開発し、さらに大きなコスト低減効果をめざした地球温暖化対策技術の開発を行っていきたいと考えています。

### 参考文献

- 1) 平成15年5月29日付環境省報道発表「わが国の環境ビジネスの市場規模及び雇用規模の現状と将来予測についての推計について」

### 筆者紹介



Tetsuya Tamura

たむら てつや  
**田村 徹也**

1989年、NEC入社。現在、基礎・環境研究所主任研究員。



Naoaki Sata

さた なおあき  
**佐多 直明**

1992年、NEC入社。現在、基礎・環境研究所主任。