



10 CPS 技術を利用した排出権管理

応
般

佐藤 一郎 (国立情報学研究所)

CPS と環境問題

国内では CO₂ 削減よりも電力の安定供給が優先される状況になっているが、世界的には地球温暖化防止の観点から CO₂ 排出量削減は引き続き重要な課題となっている。CO₂ を削減するには、(1) CO₂ を吸収する森林を育成する、(2) 設備や機器などを CO₂ 排出量の少ないものに換える、(3) 各種無駄をなくすことで無用の CO₂ の排出を減らすなどの方法がある。一方、Cyber-Physical Systems (CPS) は、米 NSF の Helen Gill 博士による造語とされるが¹⁾、サイバー空間と同様に、N.Wiener が 1948 年、提唱したサイバネティクス (Cybernetics) が語源になっており、サイバネティクスが通信工学と制御工学を融合した新しい分野を目指したように、CPS は計算機科学から、制御工学、システム工学、さらに社会学を含む多様な分野を統合的に扱う学問体系を目指したとされる。省エネルギー化やその効果である CO₂ 削減は、物理世界を含む、全体の系で考える必要があり、CPS は有用となる。本稿では CO₂ 排出権という、経済的手法に対して CPS 手法を利用する試みについて概説する。

排出権の小口化

CO₂ 排出権は、何らかの排出削減プロジェクトに対して経済的支援を行い、その見返りに受け取る、そのプロジェクトによる CO₂ 削減効果である。排出権を行使することにより自らが排出した CO₂

をなかったことにでき (オフセット)、証券のように売買もできる。なお、排出権そのものは CO₂ 排出量を削減するわけではないが、排出権は削減プロジェクトに対して経済的支援となり、森林育成や CO₂ 排出の少ない設備への買い換えなどを促し、結果として CO₂ 排出量の削減につながる方法である。

さて CO₂ 排出権の需要を増やすことは CO₂ 排出量の削減を促すことになる。ただし、既存の排出権は使い勝手に問題があり、それが普及の大きな足枷となっている。その問題の 1 つは取引単位である。排出権は最少取引単位が 1 トンであり、実際の取引は 100 トン以上であることが多い。つまり、1 トン以下、たとえばグラム単位などの小口取引の仕組みを持っていない。また、排出権の売買は複雑であり、専門の業者でないと困難である。筆者は CPS にかかわる技術を利用することで、排出権の取引単位の小口化および排出権の取り扱いの簡易化に取り組んできた²⁾。その 1 つは RFID タグまたはバーコード付きシールを、小口排出権を表す、ある種の証券のように、それを行使することで額面に示された排出権を請求・入手できるものである。また、RFID タグまたはバーコード付きシールの受け渡しにより、排出権取引を実現する方法である。たとえば排出権を表す RFID タグを商品に貼れば、排出権付き商品、つまり CO₂ オフセット付き商品になる。筆者らは提案方法の実証実験を行っている。その 1 つは排出権を表す RFID タグまたはバーコードのシールを用意するとともに、都内スーパーの協力を受けて、実際に販売されている商品にそのシールを貼付して、実顧客に販売した。購入者はその排出権を自



図-1 実証実験（左：飲料品を排出権付き商品として販売，右：排出権をカードとして販売

らの CO₂ 排出のオフセットにも利用できるが，地元の小学校や自治体に寄付することもできる．個人レベル排出権取引では世界初の実験とされ，海外でも紹介された．また，横浜市内のデパートの協力を受けて，小口排出権を割り当てたバレンタインカードの販売を行った．後者は東北震災地域の森林による排出権であり，それを販売した（図-1）．これは当該地域の森林育成の資金であり，経済的な支援となる．さらにカードの所有者はそのカードの排出権を震災復興支援を行う NPO/NGO への寄付とすることで，支援活動で生じる CO₂ 排出のオフセットに貢献する．どちらの実験も個人のオフセットより，学校や NPO/NGO への貢献を選ぶ方が多かった．

排出権と CPS

さて CPS と排出権の関係について説明しておこう．1 つには RFID タグを始めとして，CPS を含む IT 技術を駆使している点である．また，排出権の多くは，排出削減プロジェクトが将来，削減するであろう CO₂ 量である．したがって排出削減プロジェクトが初期の削減目標を達成できなかった場合はそのプロジェクトから創出された排出権は無効化される場合もある．このため排出権はその出所をトレ

ースできる必要があり，提案方法では排出権を小口化する場合でも，排出権の出所を追うことのできる仕組みを導入した排出権口座システムを構築している．これは一般の銀行口座でいえば，1 万円札を銀行に預けたとき，その 1 万円の通し番号を記録し，そこから 1 千円引き出すときは，預けたときの 1 万円札の通し番号がその 1 千円に書き込まれるような仕組みに相当し，それを実装・運用した．これは排出権口座を 1 つの系としてみると，入力と出力の流れが内部的に合流・分割しても，それぞれの流れを追跡できることになる．また，消費者は上述の排出権を表すシールまたはカードを，その排出権を割り当て事業者に戻却すると，その消費者の口座に排出権が移転し，さらに寄付手続きを可能にする．

小口決済と社会貢献インセンティブ

ここで紹介した小口 CO₂ 排出権の実現手法は，まだ CPS が持つ機能をほんの一部しか利用していないが，CO₂ 削減は物理世界を通じて実現して，それを物理世界に還元することであり，フィードバック系を扱える CPS と CO₂ 削減，そしてその経済的インセンティブを与える排出権は親和性が高いといえる．

参考文献

- 1) Lee, E. A. and Seshia, S. A. : Introduction to Embedded Systems : A Cyber-Physical Systems Approach, Lulu.com (2011).
- 2) Satoh, I. : RFID-enabled Carbon Offsetting and Trading, Pervasive and Mobile Computing 9(1): pp.149-160 (2013).
(2014 年 5 月 29 日受付)

佐藤一郎（正会員） ichiro@nii.ac.jp

1991 年度慶義塾大学理工学部電気工学科卒業．1996 年同大理工学研究科計算機科学専攻後期博士課程修了，博士（工学）．2001 年より国立情報学研究所助教授．本会論文賞，山下記念研究賞．