

日本における環境予測関連研究

豊貞 佳奈子

kanako.toyosada@jp.toto.com

明治大学新給排水システム研究所客員研究員 (TOTO)

概要

節水が CO₂ 削減に繋がり、その寄与は、2020 年には 1990 年比で日本の CO₂ 総排出量の 1%程度にも及ぶことが、これまでの研究で明らかとなり、住宅エコポイントとして、節水・省エネ住宅設備に普及助成策が取られると同時に、節水機器普及による CO₂ 削減効果を炭素クレジット化する国内クレジット、二国間クレジットの方法論への展開検討も始まっている。クレジット化の前提となる、水の CO₂ 排出係数精査の研究進捗とあわせて、クレジット方法論への展開を概説する。

キーワード

節水、温暖化対策、CO₂、CO₂ 排出係数、炭素クレジット

1. 水由来 CO₂ 排出係数設定事例

低炭素社会に向けた取り組みが各分野で進められている。日本は京都議定書の第一約束期間：2008～2012 年において、温室効果ガス排出総量を 1990 年比で 6%削減する義務を負っている。さらに、2009 年 9 月の国連気候変動サミットにおいて、日本は 2020 年までに 1990 年比で 25%削減するとの目標を宣言した。そのために、産業界での温暖化対策を目的とした自主行動計画や、削減が進まない家庭からの CO₂ 排出削減策として、省エネ家電やエコカー導入支援策に引き続き、住宅新築・改修時に低環境負荷型設備の購入を助成する住宅エコポイント制度が 2010 年 3 月より開始されるに至っている。

また、京都議定書では温室効果ガス削減目標達成のための柔軟性措置として「京都メカニズム」が導入された。市場原理を活用する 3 つのメカニズム (①CDM：クリーン開発メカニズム, ②JI：共同実施, ③国際排出量取引) で¹⁾、削減代の大きな、発展途上国等への技術援助で温室効果ガスを効率的に削減し、国内の削減に組み入れる手法等も認められている。本法は、温室効果ガス削減量を金銭換算し「京都クレジット」として認証・運用

する仕組みである。

これらの制度運用のためには、各種活動量を温室効果ガス排出量へ換算する、CO₂ 排出係数の設定が重要となる。水使用に伴う（水由来）CO₂ 排出は、浄水の供給と下水の処理のために使われるエネルギー消費に伴うものとされ、1996年の環境家計簿²⁾に換算係数が示されているが、以降は整備されていない。

住宅での節水がCO₂削減に繋がり、その寄与が十分に大きいことは、これまでの研究で明らかとした³⁾。そこで、次に、節水機器普及によるCO₂削減効果をより詳細に把握するため、日本全体の処理水量と、それらの処理にかかるエネルギー消費量から、1990年から2020年までの日本の平均的な水由来CO₂排出係数を推定する研究を行った。個別分散型の排水処理システムとして日本で開発された浄化槽は、現状污水处理が整備されていない区域でも設置しやすく、人口減少にも対応できることから、今後も継続的な設置が想定される⁴⁾。そこで、本研究では、上下水道とともに、浄化槽による処理も対象とした。

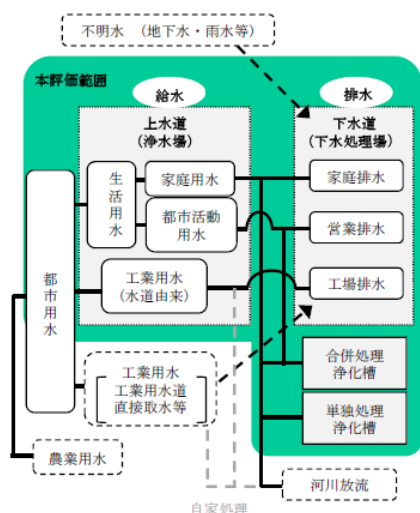


図1 水形態区分と本評価範囲

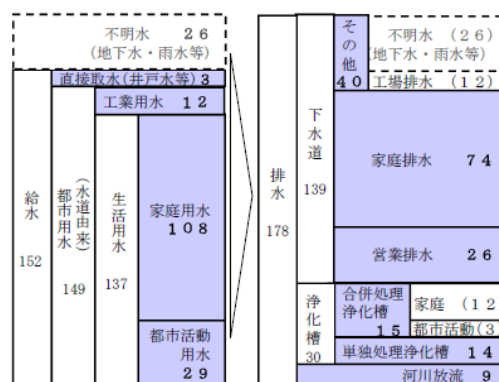


図2 日本の水収支 (2007年度)

1.1 水収支の設定

日本全体の水資源の利用状況と污水处理状況から、評価範囲を設定した。水使用形態、排水処理形態の区分と本評価範囲を図1に示す。評価対象は、処理工程でエネルギーを消費する水形態とし、給水側は浄水場から供給される生活用水および工業用水、排水側は下水処理場に流入する排水全てと、合併処理浄化槽に流入する家庭排水および営業排水、単独処理浄化槽に流入する家庭排水を対象とした。日本全体の処理水量または水処理人口については、給水側が「水道統計⁵⁾」「日本の水資源⁶⁾」、排水側が「下水道統計⁷⁾」「日本の廃棄物処理⁸⁾」に各々報告されている。これらの統計値を元に、給水側から排水側への「水収支」を設定した。

2007年度の水収支設定を図2に示す。上水道からの供給の約9割が生活用水、そのうち約8割が家庭用水となった。また、全体の約3%が水道を經由しない直接取水（井戸水等）となった。排水の約8割が下水道で処理されており、このうち、約2割が地下水等の不明水となった。下水道の整備総合計画調査指針⁹⁾によると、「地下水量は、家庭排水量と営業排水量の和に対する日最大汚水量の10~20%を見込むことができる」とされている。直近の下水道統計⁷⁾を分析した結果、日最大汚水量は日平均の1.6倍（全国平均）であった。これを適用すると、本試算における地下水等の不明水量は、家庭排水量と営業排水量の和に対する日最大汚水量の16%となり、妥当な範囲内と判断された。

図2に示した水収支と同様の区分で、1990年から2020年までの水量を推計した。給水量は1990年から人口の増加とともに年々増加し、2000年をピークに以降は減少傾向となった。排水量は、1990年以降概ね増加傾向にあり、2004年をピークに、以降はやや減少、横ばい傾向となった。また、1990年以降、公共下水道人口の増加、単独浄化槽から合併処理浄化槽への置き換えに伴い、各水量の割合が年々大きく変化しており、2020年には排水全体の約87%が下水道による処理となると推定されている。

1.2 処理水量と電力消費量の関係

水由来のCO₂排出は、上水道、下水道および浄化槽における水処理にかかるエネルギー消費に伴うものとした。環境省による温室効果ガスの部門別管理においては、上下水道におけるエネルギー起源のCO₂排出量は、「水道」として「民生・業務その他部門」に計上され、国立環境研究所・温室効果ガスインベントリオフィスでは、このうち生活用水分を「家庭からのCO₂排出」に区分している¹⁰⁾。下水道・浄化槽では、この他に排水処理や汚泥焼却・埋立時にCH₄・N₂Oといった非エネルギー起源の温室効果ガスが排出されているが、これらは「廃棄物分野」に計上され、エネルギー起源とは区分が異なる。下水道における非エネルギー起源の温室効果ガス排出量は、下水道全体の約半分を占める（CO₂換算）との報告があるが¹¹⁾、本研究では、民生部門、とくに家庭からのCO₂排出量への影響を評価するため、先に示した、環境省・環境家計簿による換算係数と同様、エネルギー起源のみを扱うものとした。

上水道および下水道におけるエネルギー消費は、各々「水道統計⁵⁾」「下水道統計⁷⁾」記載の各年度の電力消費量および燃料消費量とした。ただし、「水道統計⁵⁾」の燃料消費量は、調査年度が少ないため、直近の2008年度の数値を基準に、処理水量に比例するとして他の年度を推計した。浄化槽におけるエネルギー消費は、「日本の廃棄物処理⁸⁾」記載の各年度の浄化槽規模別設置基数に、各代表規模の浄化槽のブロウ・ポンプ・スクリーンの電力消費量を乗じて求めた。

上水道および下水道の電力消費量と処理水量の推移を図3と図4に示す。上水道、下水道とも、1990年から2008年まで（実績値）、処理水量と電力消費量の推移が概ね同様の傾向を示し、上水道は年度による変動が少なく、下水道は処理水量（処理人口）の増加に伴い、年々電力消費量が増加しているのがわかる。よって、2009年以降の電力消費量を、前述の処理水量（処理人口）と比例するものとして算出した。浄化槽も同様に算定した。

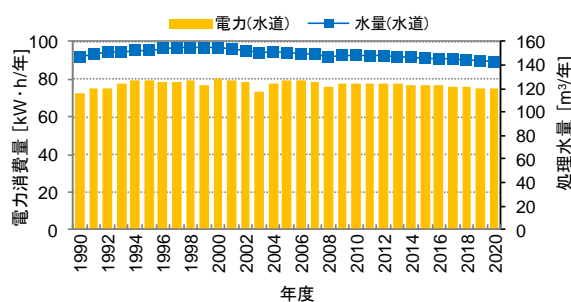


図3 上水道の電力消費量と処理水量の推移

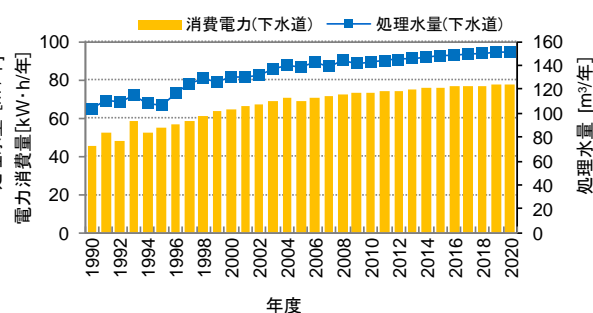


図4 下水道の電力消費量と処理水量の推移

1.3 水由来 CO₂ 排出係数の推定

これらの電力、燃料消費量に、各年度の CO₂ 排出係数を乗じて、上水道、下水道、浄化槽における CO₂ 排出量を算出した。電力の CO₂ 排出係数は、電気事業連合会が毎年公表している実績値（1990～2009 年）を元に以降の数値を推計し、同連合会による 2012 年目標値を 2020 年まで一律として採用した。

上水道、下水道、浄化槽における2007年度の水由来CO₂排出量の内訳を図5に示す。上水道、下水道が各々約4割、浄化槽が約2割となった。また、水由来CO₂排出量の95%が電力由来であることが明らかとなった。

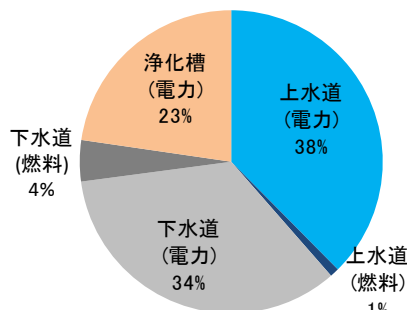


図5 水由来 CO₂ 排出量の内訳（2007 年度）

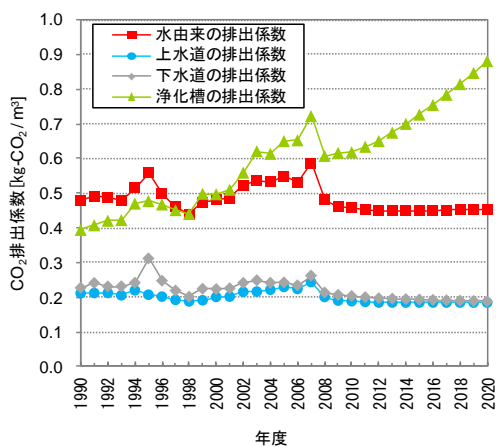


図6 水由来 CO₂ 排出係数の推移(施設別)

水由来 CO₂ 排出量のうち電力由来は各年度とも 9 割程度となった。下水道および浄化槽の電力消費量が年々増加するものの、CO₂ 排出量は電力の CO₂ 排出係数の変動の影響を大きく受け、1990 年から 2008 年(直近の実績値)の間で電力 CO₂ 排出係数が最小となる 1998 年、最大となる 2007 年において、各々 CO₂ 排出量も最小、最大を示す。

上水道、下水道、浄化槽およびこれらを総合した水由来 CO₂ 排出係数を図 6 に示す。排出係数は、1990 年から 2020 年の間で 0.44~0.59 kg-CO₂/m³ まで推移しているのがわかる。直近の実績値を元に算出した 2008 年は、上水道:0.20 kg-CO₂/m³、下水道:0.21 kg-CO₂/m³、浄化槽:0.61 kg-CO₂/m³、水由来 CO₂ 排出係数:0.48 kg-CO₂/m³ となった。また、同年の水由来の電力消費量は、上水道:0.48 kW・h/m³、下水道:0.50 kW・h/m³ となった。現在、上下水道の CO₂ 排出係数として環境省より唯一公表されている 0.59 kg-CO₂/m³ (1996 年環境家計簿²⁾) に対し、本試算による同年の上下水道の排出係数は 0.45 kg-CO₂/m³ と、異なる結果となった。環境家計簿²⁾は、1990 年の産業連関表による産業連関分析結果であるのに対し、本試算は上下水道のエネルギー消費量による積上げ試算結果であるため、試算方法の差異により結果が異なったものと推察された。

水由来 CO₂ 排出係数は、電力の CO₂ 排出係数が最大となる 2007 年に最大となり、以降は電力 CO₂ 排出係数の改善に伴い推移しているのがわかる。ただし浄化槽においては、前述のごとく、単独処理浄化槽から合併処理浄化槽への置き換えに従い、2008 年以降の CO₂ 排出係数の増加が想定された。

本研究では、節水機器普及による CO₂ 削減効果を詳細に把握するため、日本全体の水処理量と、それらの処理にかかるエネルギー消費量から、日本の平均的な水由来 CO₂ 排出係数を推定した。その結果、水由来 CO₂ 排出量の 9 割程度が電力消費によることから、水由来 CO₂ 排出係数は電力 CO₂ 排出係数の変動の影響を大きく受け、1990 年から 2020 年の間で 0.44~0.59 kg-CO₂/m³ まで推移することがわかった。

本試算における将来予測値は、電力 CO₂ 排出係数の改善見込みを折り込んだが、上下水道、浄化槽におけるポンプ・ブロワ等、施設の効率改善見込みは、公表されていないため折り込めていない。今後、これらの効率改善見込みが公表された場合は、排出係数予測を見直す必要がある。

1.4 アジア諸外国での水由来 CO₂ 排出係数の推定

上下水道施設の水処理量、エネルギー消費量から水の CO₂ 排出係数の推定ができることを日本の事例で示した。当該事例では、上下水道施設でのエネルギー消費の 90%以上が電力であることから、水の CO₂ 排出係数は、電力の排出係数の影響で決まることもわかった。

上下水道施設の設計は、上水では、急速濾過法、下水では、活性汚泥法を標準として、アジア各国で整備が進んでいる。アジア諸国では、日本からの ODA での設備整備支援も

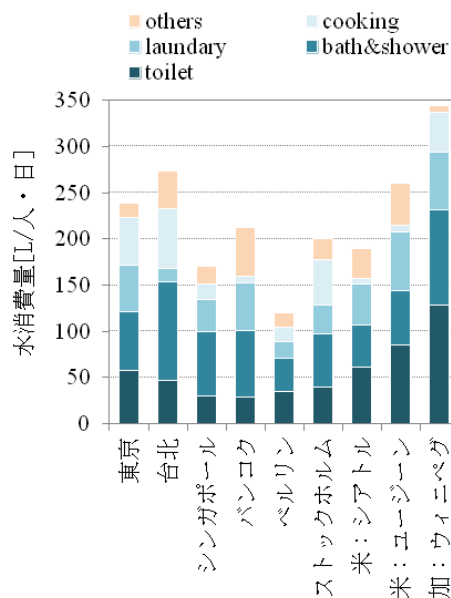
あり、アジアでの水処理プロセスの設計上の単位水量あたりの処理エネルギー（水処理エネルギー効率）は、大差がないと想定できる。アジア各国の電力のCO₂排出係数（発電端）を表1に、世界各国の家庭での水消費量を図7に示す。水消費量については各国での詳細な検証が必要であるが、CO₂排出係数の大きいアジア諸国での節水によるCO₂削減ポテンシャルは日本での見積もり量と同程度以上のインパクトがあるものと想定できる。

表1 アジア各国のCO₂排出係数（発電端）

	電力のCO ₂ 排出係数 (kg-CO ₂ /kwh:発電端)	電力排出係数比 (対日本)
日本	0.41	100
中国	0.78-0.93	190-227
台湾	0.65	159
韓国	0.61	149
ベトナム	0.59	144

出典: 独立行政法人: 国際協力機構
気候変動対策支援ツール/緩和策 試行版 Ver. 1.0 2011年6月

http://www.jica.go.jp/activities/globalization/FIT2011/mitigation_j.html
2008年度発電端



※参考文献 12 を元に作成

図7 世界各国の家庭での水消費量¹²⁾

2. 炭素クレジットへの節水の展開可能性

2.1 炭素クレジット（CDM）の概要

京都議定書で設定された温室効果ガス削減目標達成のために、自国での削減努力と合わせて、補完的に市場メカニズムを利用する方法として、炭素クレジットの活用が認められている（京都クレジット）。対象国、活動の仕組みにより、以下の方法がある。CDMの概略を図8に示す。CO₂排出目標を有しない途上国等で、CO₂削減プロジェクトを実施し、プロジェクト実施前後でのCO₂削減量を炭素クレジット（排出権）として、排出目標を有した技術・資金提供国に還元し、提供国の排出削減活動に組み込むものである。

また、日本では、国内中小企業等が容易に活用可能な制度として、国内クレジット、二国間クレジットも試行されている。

れる動きが始まっている。節水は、温暖化対策寄与だけでなく、節電、水資源有効利用等の多重な効用を有している。節水型社会形成を推進するためにも、各国での節水での環境貢献ポテンシャルの見積もりに関する研究が重要となる。

3. 参考文献

- 1) 経済産業省京都メカニズム推進室：京都メカニズムの概要，
http://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/kyomecha_main.htm
- 2) 環境省：環境家計簿，(1996)
- 3) 清水康利，豊貞佳奈子，中島清：水まわり住宅設備機器由来 CO₂ 排出量の将来予測，
空気調和・衛生工学会論文集，No.163，pp.11-18，(2010.10)
- 4) 環境省：今後の浄化槽の在り方に関する「浄化槽ビジョン」について，中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会・浄化槽専門委員会，(2007.1)
- 5) 社団法人日本水道協会：水道統計要覧，施設・業務編，(1990～2008)
- 6) 国土交通省水資源部：日本の水資源，(1990～2010)
- 7) 社団法人日本下水道協会：下水道統計要覧，(1990～2008)
- 8) 環境省：日本の廃棄物処理，(1990～2008)
- 9) 社団法人日本下水道協会：流域別下水道整備総合計画調査指針と解説，(2008.9)
- 10) 独立行政法人国立環境研究所・温室効果ガスインベントリオフィス：温室効果ガス排出量データ（2009年度）確定値，(2011.4)
<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>
- 11) 小越真佐司：下水道分野における温室効果ガス排出量と LCA，日本水処理生物学会第 47 回大会（つくば），排水・廃棄物研究集会資料，(2010.11)
- 12) 大瀧 雅寛：Drink. Water Eng. Sci., Vol. 1, pp. 17-25, Micro-components survey of residential indoor water consumption in Chiang mai

4. 著者紹介

TOTO 株式会社 ESG 推進部・主査。明治大学新給排水システム研究所客員研究員。独立行政法人建築研究所交流研究員。日本建築学会、空気調和・衛生工学会会員。一級建築士。博士（工学）。

