

〈研究発表〉

日本の上下水道におけるエネルギー消費の現状把握

○上山 達宏¹⁾, 金 一昊²⁾, 水草 浩一³⁾,

吉谷 純一⁴⁾, 小越 眞佐司⁵⁾, 田中 宏明⁶⁾

- 1) 京都大学大学院 工学研究科都市環境工学専攻
(〒520-0811 大津市由美浜 1-2, E-mail: ueyama@biwa.eqc.kyoto-u.ac.jp)
- 2) 京都大学大学院 工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター
(〒520-0811 大津市由美浜 1-2, E-mail: jinker123@biwa.eqc.kyoto-u.ac.jp)
- 3) 国土交通省 国土技術政策総合研究所
(〒305-0804 つくば市旭 1, E-mail: mizukusa-k92rb@nilim.go.jp)
- 4) 国土交通省 国土技術政策総合研究所
(〒305-0804 つくば市旭 1, E-mail: yoshitani-j92tc@nilim.go.jp)
- 5) 国土交通省 国土技術政策総合研究所
(〒305-0804 つくば市旭 1, E-mail: ogoshi-m92ta@nilim.go.jp)
- 6) 京都大学大学院 工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター
(〒520-0811 大津市由美浜 1-2, E-mail: jinker123@biwa.eqc.kyoto-u.ac.jp)

概要

水とエネルギー消費の関連性については、気候変動やエネルギー需要の問題と相まって今後さらに注目される事項である。そこで本研究では、低炭素社会に向けた水システムの構築を目指す第一歩として、わが国における上下水道事業におけるエネルギー消費の実態把握を行った。上水道分野を取導水・処理・送水・配水・浄水受水・薬品類の工程に分割し、それぞれの工程ごとの二酸化炭素排出量を試算した。また、下水道分野を場内ポンプ・水処理・汚泥処理・場内燃料・場外ポンプ・場外燃料・その他の工程に分割して二酸化炭素排出量を試算した。

キーワード： 低炭素社会、上水道、下水道、エネルギー、二酸化炭素

1. はじめに

1.1 水とエネルギーの関係

エネルギー供給の多様性を増し、エネルギー保障を高めるため、エネルギーの有効活用を図り持続可能な社会作りを目指すことが国家戦略となっている。さらに地球温暖化防止は、国際的に最重要問題となり、温室効果ガス削減の一環として低炭素社会構築に向けて省エネルギーや水・物質の有効利用、未利用エネルギーの活用が一層必要とされている。

また、今後世界的には都市や農業生産への水供給の増加、健康や生態系への安全性配慮が一層重要となるが、地球温暖化対策の進展とともにエネルギー資源もますます制約される。水とエネルギー需要は深く関係しており、水とエネルギーの消費によって気候変動を

引き起こし、その一方で気候変動は水資源と上下水道事業に影響を与える。このような水とエネルギーの関係が近年世界的に注目されている¹⁾。

1.2 低炭素社会構築に向けた上下水道事業の再構築

我が国における上下水道事業の年間消費電力量はおよそ150億kWhであり、我が国の年間消費電力量のおよそ1~2%を占める。また、下水道は都市の排水系の3/4を収集しており、今や下水道は都市を中心とした水・物質の代謝系をコントロールしている。集めた下水は、水資源やそれに含まれる物質および熱としての利用価値についても注目されている。

これらのことを踏まえ、従来の上下水道事業枠を超えてエネルギー効率を上げるとともに、新たなエネルギーを含めた創資源として上下水道事業を捉える必要がある。

1.3 わが国の上下水道事業におけるエネルギー消費

本研究では、低炭素社会に向けた上下水道事業の構築を考える際に必要不可欠であるわが国のエネルギー消費の現状把握を行った。エネルギー消費評価の指標として今回は二酸化炭素排出量を用いた。これは、上水道分野および下水道分野において、電力消費だけではなくポンプを動かす際に重油や軽油などの燃料もしようされており、これらの消費によるエネルギー消費についても考慮するためである。ただし建設時に消費されるエネルギーについては、今回は考慮しない。

統計解析を行う際に、エネルギー消費の実態をより詳細に把握するため、上水道分野においては、エネルギー消費の工程を「取導水・処理・送水・配水・浄水受水・薬品類」に分類し、下水道分野においては、「処理場内ポンプ・水処理・汚泥処理・処理場外ポンプ・その他」に分類して解析を行った。

2. 上水道分野におけるエネルギー消費

2.1 上水道分野におけるエネルギー消費量の算定方法

本研究では、エネルギー消費評価の指標として二酸化炭素排出量を用いた。そのためまず始めに、平成18年度のデータを掲載している水道統計²⁾に記載されている浄水場ごとの電力使用量計の値と施設別ポンプ設備（取導水・浄水・送水・配水）の原動力の値から、取導水・浄水・送水・配水の各分野の使用電力量について算定を行った。また、各市町村の電力使用量計の値を年間取水量で除することで各市町村の単位取水量あたりにかかる電力使用量を算定した。以上のようにして、取導水・浄水・送水・配水・浄水受水における電力使用量を事業体ごとに算出した。その値に単位電力使用量あたりの二酸化炭素排出量である、二酸化炭素排出係数³⁾を乗じることで工程ごとの二酸化炭素排出量を算定した。また、処理の過程で用いられる薬品についても市町村ごとについて二酸化炭素排出係数を用いて二酸化炭素排出量を算定した。薬品類については、次亜塩素酸ナトリウム・ポリ塩化アルミニウム・粉末活性炭・粒状活性炭の使用による二酸化炭素発生量を考慮した。算定の際に使用した二酸化炭素排出係数は、下水道における地球温暖化防止実行計画策定の手引き⁴⁾を参照した。

2.2 上水分野におけるエネルギー消費の特徴

まず始めに、上水道分野における日本全国での各工程の二酸化炭素排出要因の割合を示す。また、上水道分野における二酸化炭素総排出量は4,082,001[t]であった。

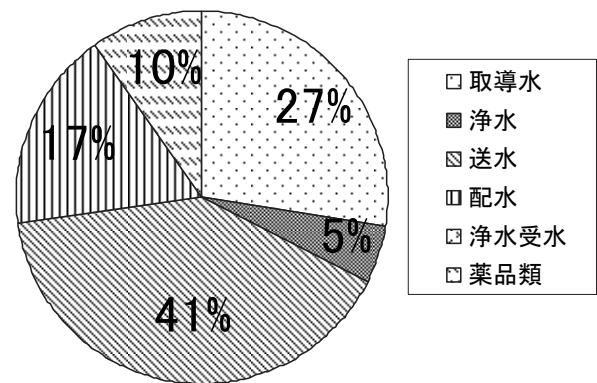


Fig.1 上水道における二酸化炭素排出要因の割合

浄水及び薬品類による二酸化炭素排出量を浄水場内におけるエネルギー消費と捉え、さらに取導水・送水・配水・浄水受水におけるエネルギー消費を浄水場外のエネルギー消費と考えると、上水道分野においては85%のエネルギーが処理場で消費されていることが確認された。特に送水分野が41%と最も多いことが明らかとなった。これは一般的に配水地が配水管の圧力を確保するために、比較的高度の高い位置に設置されていることに起因していると考えられる。このほかに、取導水も27%と大きく、取水地点からの距離や高低差が影響していると思われる。

この結果から、上水道分野において省エネに取り組む際には、主に浄水場外の水輸送の分野における省エネを考慮する必要があることがわかる。特に送水・取導水によるエネルギー消費を減らすことが課題となり、対策の一つとして再生水利用が注目されている。再生の利用により都市内で水の循環利用を行うことで取水量を減らすことが可能であり、需要地により近い場所で送水を行うことで送水にかかるエネルギーも省略できる可能性がある。

2.3 都道府県ごとのエネルギー消費の比較

都道府県ごとに各工程における二酸化炭素排出量について統計解析を行い、比較検討を行った。都道府県別の二酸化炭素排出量を以下に示す。

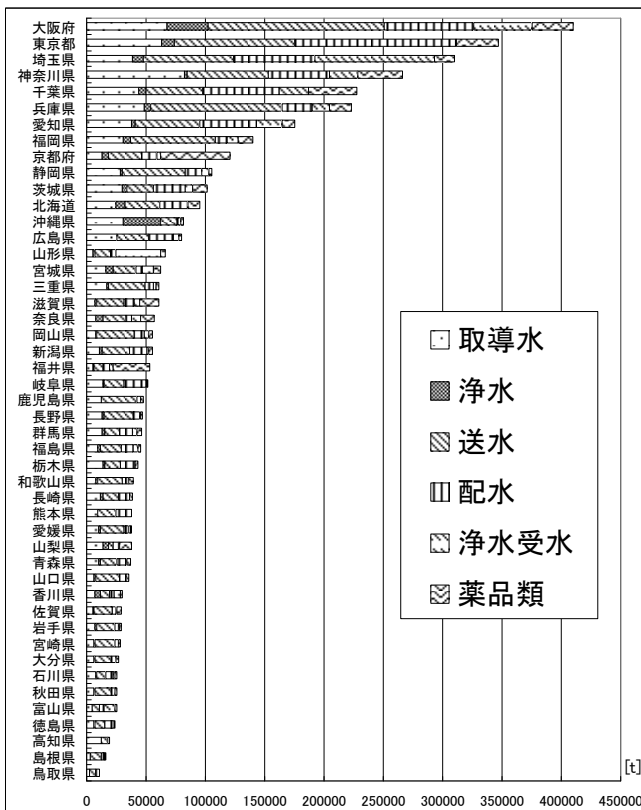


Fig.2 都道府県別の二酸化炭素排出量

図は、上水道分野における二酸化炭素排出量の多い都道府県から順に並べたものである。二酸化炭素排出量が上位の都道府県は、いずれもいわゆる大都市であることがわかる。特に、大阪府は上水道分野における二酸化炭素排出量が日本一であり、東京都よりも排出量が多いという結果となった。また、東京都では他の都道府県と比較して配水工程におけるエネルギー消費割合が大きいことがわかる。これは、配水時は基本的に山の上などの高地にある配水地から配水を行うことが多く、その際に位置エネルギーを利用して配水を行っているが、東京都の特に都心部においてはそのような配水地の設置が困難であり、ポンプ圧送による配水を行うことによるエネルギー消費と予想される。また、埼玉県や山形県では浄水受水によるエネルギー消費が他の都道府県よりも多いという特徴も明らかとなった。

3. 下水道分野におけるエネルギー消費

3.1 下水道分野におけるエネルギー消費量の算定方法

上水道の際の統計解析と同様に、二酸化炭素排出量をエネルギー消費評価の指標とした。下水道分野における工程を「処理場内ポンプ・水処理・汚泥処理・処理場外ポンプ・その他」に分類して解析を行った。まず下水道統計⁵⁾より、処理場内ポンプ施設・水処理・汚泥処理・処理場外ポンプ・その他に用いられる電力量を整理した。その電力量に上水道分野の際と同様に、

二酸化炭素排出係数を乗じることで二酸化炭素排出量を算定した。同時に処理場内・処理場で用いられる燃料(特A重油・重油・灯油・軽油・ガソリン・都市ガス・プロパンガス)由来の二酸化炭素排出量の算定も行った。計算の際には、下水道における地球温暖化防止実行計画策定の手引きに記載されている二酸化炭素排出係数を用いた。

3.2 下水道分野におけるエネルギー消費の特徴

(1) エネルギー消費の現状

以下に下水道分野における日本全国での各工程の二酸化炭素排出要因の割合を示す。また、下水道分野における二酸化炭素総排出量は 3,019,447[t] という結果となった。

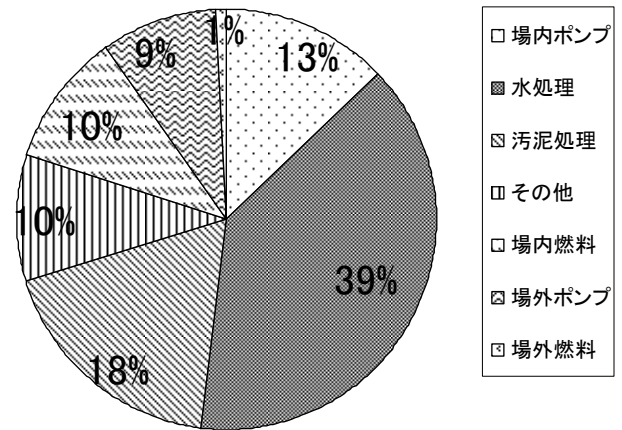


Fig.3 下水道における二酸化炭素排出要因の割合

場内ポンプ・水処理・汚泥処理・その他・場内燃料の工程による二酸化炭素排出量を処理場内におけるエネルギー消費と捉え、場外ポンプ・場外燃料の工程による二酸化炭素排出量を処理場外のエネルギー消費とすると、下水道分野においては89%のエネルギーが処理場内で消費されていることが確認された。特に水処理工程におけるエネルギー消費が大きな割合を占めることが明らかとなった。

(2) 上水道分野との比較

下水道分野におけるエネルギー消費の89%が処理場内におけるエネルギー消費であることに対し、上水道分野におけるエネルギー消費は、85%が浄水場外による消費という対照的な結果となった。この特徴は、低炭素社会に向けた、より省エネな水システムを提案する上で非常に重要な特徴である。

3.3 都道府県ごとのエネルギー消費比較

都道府県ごとに各工程における二酸化炭素排出量を

整理し、比較検討を行った。都道府県別の二酸化炭素排出量を以下に示す。

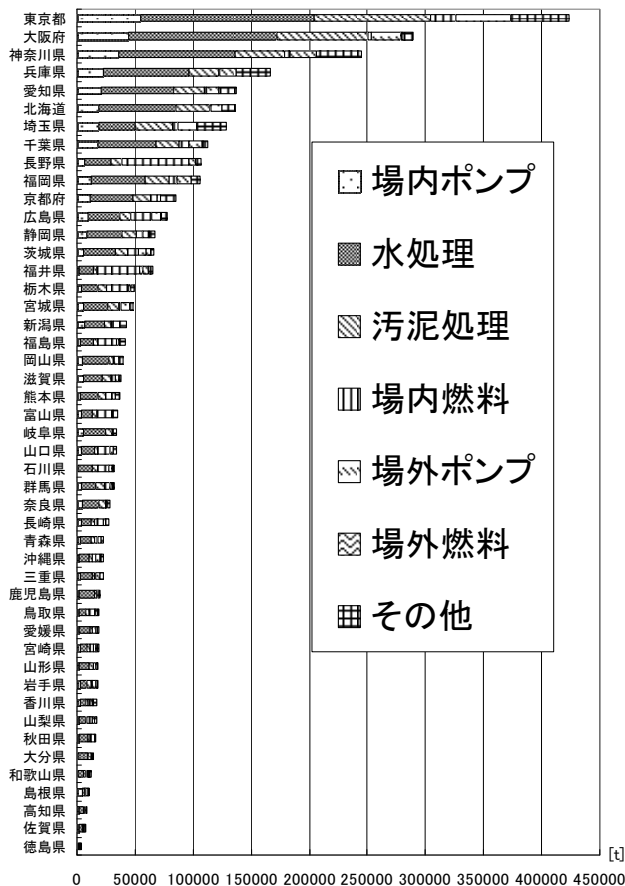


Fig.4 都道府県別の二酸化炭素排出量

図は都道府県別の二酸化炭素排出量について、排出量が多い順に並べたものである。図より、東京都や大阪府のようないわゆる大都市における二酸化炭素排出量が多いことがわかる。上記のように多くの都道府県で水処理における二酸化炭素排出量が多いことが分かるが、例えば、長野県や福井県では場内燃料の使用による二酸化炭素排出量が多い傾向が見られるなど、都道府県ごとの特徴を伺い知ることができる。

排出量がトップの東京都は、排出量が最も少ない徳島県のおよそ120倍の二酸化炭素を排出しており、日本全国における二酸化炭素排出量の違いが明らかとなった。

4. 水循環システムに向けた考察

4.1 水循環システムについて

これまでの結果から、上水道分野においては水輸送において多くのエネルギーを消費し、下水道分野においては処理工程において多くのエネルギーを消費していることが明らかとなった。低炭素社会に貢献する上

下水道を構築するには、これらの特徴を踏まえた上で省エネの検討を行っていかねばならない。最後に、水の循環利用による省エネシステムについて考察を行う。水循環システムとは、下水処理水の再利用（再生水利用）を行うことで水源からの取水量を減らし、都市内で水を循環利用するシステムである。上水道分野では送水・配水におけるエネルギー消費が大きな割合を占めるが、水の循環利用を行い都市内に新たな水源を設けることで水輸送エネルギーを省略できる可能性がある。ただし、都市によっては水循環システムによって逆に消費エネルギーが増加してしまう可能性もある点に注意しなければならない。

4.2 今後の課題

水循環システムの省エネ可能性を検討する上で、現在の上水道システムのエネルギー消費の要因を明らかにする必要がある。今回のエネルギー消費実態を踏まえ、各工程におけるエネルギー消費の要因分析を行うことで水循環システムに適した地域の選定を行うことが今後の課題となる。

また、再生水を作る際に必要となるエネルギー消費量の試算を行う必要があり、上下水道分野における水量変化に伴うエネルギー変化に加えて、再生水利用によるエネルギー変化も加えたトータルの評価をする必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、CREST で共同研究をさせていただいている国総研の方々には、日頃から様々な助言を頂いております。感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Dr. Allan R. Hoffman: Energy and Water Security: Inextricably Linked (2009)
- 2) 日本水道協会：水道統計平成18年度版
- 3) 環境省地球環境局：事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン, pp2-7 (2004)
- 4) 国土交通省下水道部：下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き, pp31 (2009)
- 5) 日本下水道協会：下水道統計平成16年度版
- 6) 田中宏明：都市水循環システムとしての下水道への進化, 月間下水道, Vol133, No1pp. 20-26