

水道管路ネットワークの環境影響評価に関する一考察

首都大学東京大学院 学生会員 ○堀川 博哉
 首都大学東京大学院 正会員 荒井 康裕
 首都大学東京大学院 フェロー 小泉 明
 首都大学東京大学院 Bambang Bakri

1. はじめに

我が国の水道システムは、人々の快適な生活を支え、経済活動を維持するために必要な社会基盤の一つとなっている。しかし、その施設建設をはじめ、浄水処理や水輸送の過程で、大量の資源やエネルギーの投資がなされている。地球温暖化等の環境問題が顕在している点を踏まえると、環境負荷低減の観点からライフラインとしての水道システムの在り方を見直す必要がある。また、我が国では将来の人口減少が予測されており、水需要の低下を見込んだ施設更新にも取り組んで行かなければならない。特に、水道資産全体の約7割を占める管路施設は、高度経済成長期に集中して埋設された多くの管路が更新を迎えることから、ダウンサイジング化を含む合理的なネットワークの構築が求められる。そこで本稿では、水道の管路ネットワークを対象としたシステムの環境影響評価を試み、管路及びポンプ施設の建設、運転、維持管理並びに更新に関するCO₂排出量を計算し、管路のダウンサイジング化と環境負荷低減との関係を把握する。

2. 計算方法

本研究では、既往の調査報告書¹⁾で提案されている「水道版LCA(ライフサイクルアセスメント)手法」を用いることにより、管路ネットワークの施設建設から更新に至るまでの各過程におけるCO₂排出量の算定を行う。以下に、管路施設とポンプ施設の各々の計算方法を示す。

管路施設については、所与の流量と管内流速により管

路口径Dを決定し、口径別の単位延長あたりのCO₂排出原単位を用い、管路延長を乗じて施設建設におけるCO₂排出量を算出する。維持管理に計上する修理・修繕分は、実存する浄水場における建設と維持管理のCO₂排出量の実績値の比率を参考にして算出することとする。また、更新については、耐用年数(40年)を経過後、施設を全て更新するものとし、既設管撤去分を計上する。なお、更新の際に要する布設替えのCO₂排出量については建設プロセスに計上する。一方、ポンプ施設については、まず、ポンプ吐出し量と揚程から設置するポンプの電動機出力Gを決定した。ポンプ揚程は、実揚程、管路損失及びポンプ周り損失の合計とし、管路損失はヘーゼン・ウィリアムズ式を用いて算出する。決定した電動機出力Gを入力条件としたポンプ建設のCO₂排出原単位を用い、ポンプ1台あたりの製造に伴って発生するCO₂排出量を算出する。なお、メンテナンス等を考慮し、ポンプは2台設置するものとする。ポンプ運転に係るCO₂排出量は、計画対象期間の総電力使用量Eと、電気の使用に伴うCO₂排出原単位(0.339[kg-CO₂/kWh])²⁾を乗じることで求める。維持管理については、管路施設と同様、ポンプ建設と維持管理の実績値の比率を用いて計上することとする。ポンプ施設の更新は、耐用年数(20年)毎に行うものとし、施設撤去におけるCO₂排出量は非常に小さい³⁾ことから、本研究では評価対象外とする。ただし、ポンプの新設分は建設プロセスに計上する。

表1 各プロセスにおけるCO₂排出原単位

施設		管路施設	施設		ポンプ施設
プロセス	内容		プロセス	内容	
建設	内容	資材製造、土工事	建設	内容	ポンプ製造
	提案式	$Y_{pipe1}=5 \times 10^{-5} \times D^{1.4226}$ [t-CO ₂ /m]		提案式	$Y_{pump1}=3.762 \times G^{0.3061}$ [t-CO ₂ /台]
運転	内容	-	運転	内容	ポンプ運転による電力消費
	提案式	-		提案式	$Y_{pump2}=0.339 \times E$ [kg-CO ₂]
維持管理	内容	管路施設の修理・修繕	維持管理	内容	ポンプ施設の修理・修繕
	提案式	$Y_{pipe3}=0.162/197.832 \times Y_{pipe1}$ [t-CO ₂ /m]		提案式	$Y_{pump3}=5.816/27.454 \times Y_{pump1}$ [t-CO ₂ /m]
更新	内容	埋設管路の撤去	更新	内容	-
	提案式	$Y_{pipe4}=1 \times 10^{-6} \times D^2 + 1.2164$ [kg-CO ₂ /m]		提案式	-

Y_{pipe} : 管路施設のCO₂排出量 Y_{pump} : ポンプ施設のCO₂排出量 D: 管径(mm) G: ポンプの電動機出力(kW) E: 電力使用量(kWh)

【キーワード】 水需要, 管路ネットワーク, CO₂排出量, ライフサイクルアセスメント

【連絡先】 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 TEL.& FAX.042-677-2947

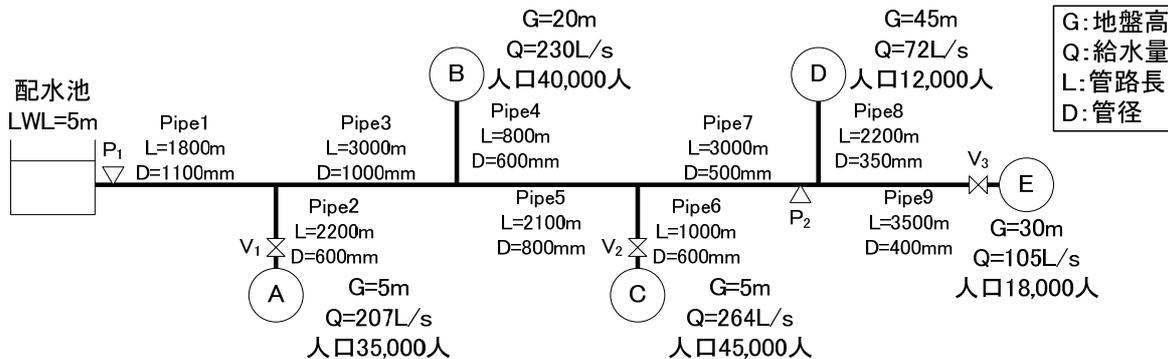


図1 対象地域

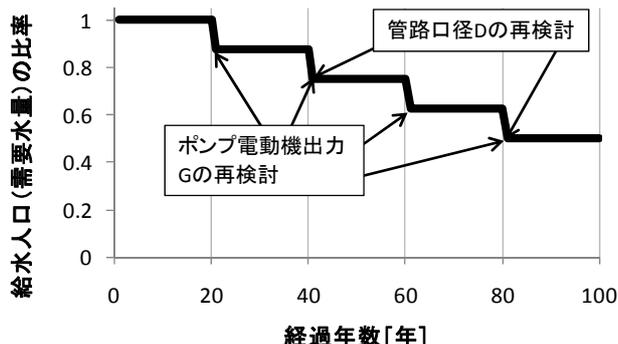


図2 給水人口(需要水量)の推移

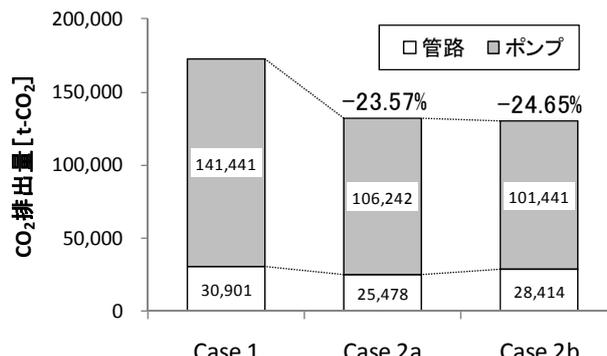


図3 CO₂排出量の試算結果

3. ケーススタディ

本研究で対象とする管路ネットワークを図1に示す。ポンプ1及び2(図中のP₁及びP₂)は、それぞれ高台にある配水区域B及びDの有効水頭を確保する目的で設置され、地盤高の低い配水区域A、C及びEへの流入地点には、減圧バルブ(図中のV₁、V₂及びV₃)が設置されている。評価対象期間を100年とし、期間中に給水人口が減少せずに推移するケース(Case 1)と、図2に示すように給水人口が段階的に50%まで減少することを想定したケース(Case 2)を比較する。管路施設とポンプ施設の耐用年数をそれぞれ40年、20年とし、更新時に管路口径Dとポンプの電動機出力Gを再検討する。その際、人口減少を想定するケースでは、(1)水量の段階的な減少に応じて全ての管路の口径Dをダウンサイジングする場合(Case 2a)と、(2)口径Dのダウンサイジングに伴って増加する管路の摩擦損失を回避する目的から、ポンプ圧送に影響を与える管路(図中のPipe1、3、4及び8)の口径Dを維持する場合(Case 2b)について試算を行うこととした。評価対象期間における各ケースのCO₂排出量を図3に示す。人口減少を想定したCase 2a及び2bでは、人口が減少しないCase 1に比べて20%以上のCO₂排出量の削減が見込まれることが確認できた。なお、管路施設は建設が99.6%以上、ポンプ施設は運転が99.5%以上を占める結果が得られた。人口減少を想定した2つのケース

を比較すると、ポンプ圧送を考慮したCase 2bでは、全ての管路口径DをダウンサイジングするCase 2aに比べて、管路施設のCO₂排出量低減は小さいものの、ポンプ施設のCO₂排出量の削減効果が大きく、全体のCO₂排出量が僅かながら小さくなる結果が得られた。

4. おわりに

本稿では、将来の人口減少社会を見据え、管路口径のダウンサイジング化が環境面でどのような意義を持つのかを検討するため、高低差のある地域を対象に管路ネットワークのCO₂排出量を試算した。ライフサイクル全体で見たCO₂排出量削減のためには、管路口径のダウンサイジングに加え、ポンプの運転負荷を考慮した管路ネットワークを築く必要があることが明らかとなった。

【参考文献】

- 財団法人 水道技術研究センター：持続可能な水道サービスのための管路技術に関する研究 (e-Pipe プロジェクト), 第5章, 管路施設のLCAに関する研究, pp.1-108, 2011
- 東京電力：東京電力のCO₂排出係数, <http://www.tepco.co.jp/eco/co2/pdf/co2-coef.pdf>, 2011
- 渡部英, 滝沢智, 藤原正弘：浄水施設を対象としたLCAに関する研究, 学会誌「EICA」, 第13号, 第4号, pp.44-47, 2009