

工業用水使用量の現状把握と将来予測のための決定因子の解析

Analysis on Key Drivers Determining Present Condition and Forecast of Industrial Water Use

0540430 山田 智子 Tomoko YAMADA

1. 研究の背景と目的

近年世界的に急速な工業化が進み、工業用水使用量が増大している。利用可能な水資源は有限であり、適切に利用、管理をしていかなければならない。そのためには正確な工業用水需要量予測をする必要がある。

現時点で工業用水は、国ごとの合計使用量は把握されているが、一国内の使用分布状況までは把握されていない。従って国内の水資源の豊富な地域と少ない地域で別々に水の需給バランスを考えることが難しい状況にある。水需要予測はひとつの国の総需要量で考えるのではなく、国内を細かく分けた地域でなされるべきで、さらに用途毎に細分化した工業用水使用の分布を把握する必要があると考えられる。

本研究ではまず工業用水使用量がどのような影響因子により決定されるのかを解析し、それを基に全世界における工業用水使用分布の推定を行った。さらに工業用水需要量予測モデルを構築し、そのモデルをもとにして将来における工業用水需要の予測量を国ごとに求めることを試みた。

2. 研究方法

2-1. 工業用水使用量の決定因子の解析

水使用量のデータの揃っている日本¹⁾において工業用水使用量に影響すると考えられる項目のデータ(12項目)を収集し、重回帰分析を行った。調査年は2000年で、データは47都道府県ごとに収集した。重回帰分析は統計的に有意な変数のみを選択するステップワイズ法をとった。

2-2. 工業用水使用分布推定図の作成

2-1の重回帰分析の結果をもとにして選択された変数を検討することで全世界における工業用水使用分布の推定を行った。分布図を作成する際に、全球をグリッド化したデータであるメッシュデータを用いた。日本において1-500km四方の様々な大きさのメッシュデータが存在していたので、どのサイズのメッシュにおいて工業用水使用量分布が推定可能かどうかを検討した。またアメリカ合衆国²⁾、中国³⁾においてもこの推定が適用可能かどうか検証を行った。

2-3. 工業用水需要量予測モデルの構築方法

工業用水需要量の将来予測のためには社会経済および工業用水の回収率の影響を考慮すべきであると考えた。

全世界168ヶ国において、各国を主要産業別⁴⁾に重化学工業(43ヶ国)、食品(34ヶ国)、繊維(21ヶ国)、その他(70ヶ国)の4つに分類した。2000年の工業用水使用量⁵⁾と経済的指標であるGDP⁶⁾に関して線形回帰式を得た。得られた回帰式にそれぞれ2025年と2050年におけるGDPの予測値⁷⁾を代入することにより工業用水需要量の予測量を算定した。

具体的な算定方法としてはIPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)による排出シナリオに関する特別報告⁸⁾(SRESシナリオ)に基づいて、Fig.1に示した4つのシナリオA1, A2, B1, B2ごとに工業用水の2025年と2050年における予測量を求めた。その際、主要産業の分類ごとに回収率を考慮したモデル(Recycle model)と考慮しないモデル(Non-recycle model)の場合を想定した。

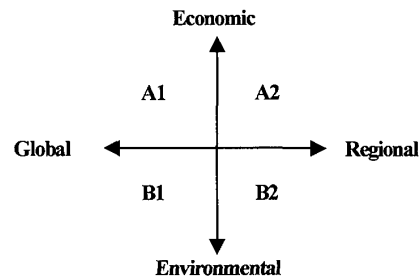


Fig.1 SRES scenarios

3. 結果と考察

3-1. 工業用水使用量の決定因子

重回帰分析のステップワイズ法により選択された変数は工業用地面積であった。工業用水と工業用地面積との相関係数は0.8791であり、強い正の相関が見られた(Fig.2)。

また産業の種類によって決定因子が異なるかどうかを確かめるために、産業別の使用水量においても同様の重回帰分析を行った。工業用水使用量の上位5産業である化学工業、鉄鋼業、石油・石炭製品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、輸送用機械器具製造業において分析を行った。いずれの産業においてもステップワイズ法で選択された変数は工業用地面積であり、工業用水と強い正の相関が見られた。従って産業別使用水量でも工業用地面積によって決定されるといえる。

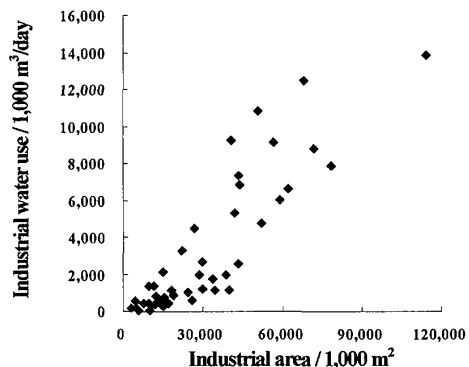


Fig.2 Industrial water and Industrial area, every prefecture (Japan)

3-2. 工業用水使用分布推定図

3-1より日本において工業用水と工業用地面積は強い相関を示すことがわかったが、工業用地面積のデータは分類が細かく、グローバルなレベルでは入手困難なデータである。そこで工業用地面積の代替変数として、グローバルなレベルで入手可能なデータである都市面積に着目した。

日本における都市面積と工業用水使用量のメッシュデータ⁹⁾を用い、メッシュサイズを大きくすることでメッシュごとの工業用水と都市面積の相関が高まるかどうかを確かめた。Table 1にメッシュごとの相関係数を示した。メッシュサイズを大きくなるにつれて強い相関を示すことがわかる。従って100km四方程度以上のメッシュサイズにすれば都市面積を用いて工業用水使用量を推定することが可能であるといえた。

次にアメリカ合衆国の州ごとおよび中国の省ごとにおいて都市面積と工業用水使用量のデータを収集し、相関関係を調べた。Fig.3, 4 に示したように両国とも強い正の相関が見られた。両国の州、省あたりの面積が 400-500 km 四方であることからこの推定方法はこれらの国々にも適用可能であった。

以上の結果を踏まえて都市面積をもとにして工業用水使用分布推定図を作成した(Fig.5)。「都市面積」は京都大学防災研究所「都市域被覆率データ」をもとに作成した。

Table 1 Correlation coefficients (Urban area vs. Industrial water)

Mesh size	vs. Industrial water (incl. Freshwater)	vs. Industrial water (incl. Freshwater & Sea water)
1 km sq.	0.0475	0.0422
10 km sq.	0.2642	0.2403
80 km sq.	0.7516	0.7439
160 km sq.	0.8540	0.8600
320 km sq.	0.9152	0.9151

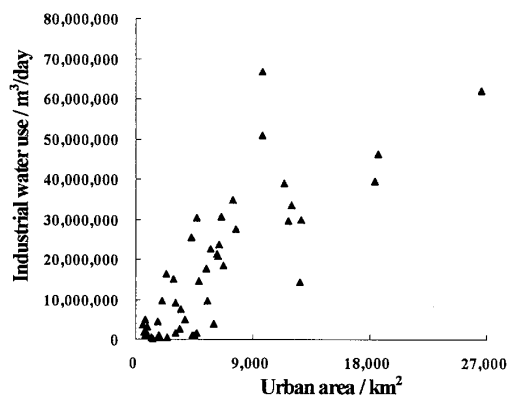


Fig.3 Industrial water and Urban area, every state (USA)

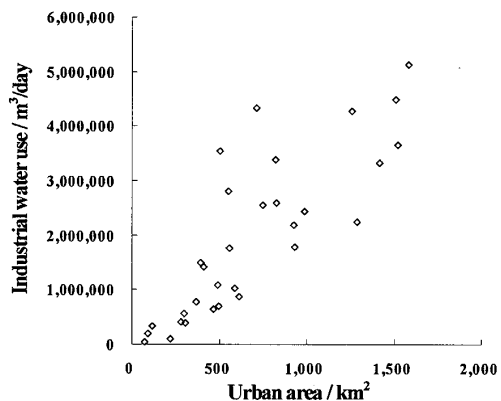


Fig.4 Industrial water and Urban area, every province (China)

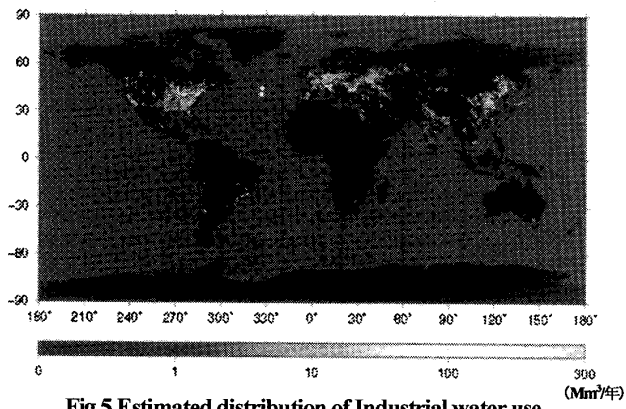


Fig.5 Estimated distribution of Industrial water use

3-3. 工業用水需要量予測モデルの構築

各国を主要産業によって 4 つに分類し、それぞれ取水量 $Q(m^3/day)$ と $GDP(USD)$ に関して以下の線形回帰式を得た。

$$Q_{\text{重化学}} = 0.0221 \times GDP \times (1 - r_{\text{重化学}})$$

$$Q_{\text{食品}} = 0.0062 \times GDP \times (1 - r_{\text{食品}})$$

$$Q_{\text{繊維}} = 0.0118 \times GDP \times (1 - r_{\text{繊維}})$$

$$Q_{\text{その他}} = 0.0131 \times GDP \times (1 - r_{\text{その他}})$$

ここで r は回収率であり、日本の工業用水の統計データ⁹⁾から $r_{\text{重化学}}=0.8, r_{\text{食品}}=0.3, r_{\text{繊維}}=0.2, r_{\text{その他}}=0.5$ と設定した。これを導入した場合を Recycle model とし $r=0$ (ただし重化学は現時点で回収率が高いと考え 0.8 と固定した) の場合を Non-recycle model とした。SRES の各シナリオにおいて推定した量を Fig.6 に示した。図中の点線は 2000 年における量である。

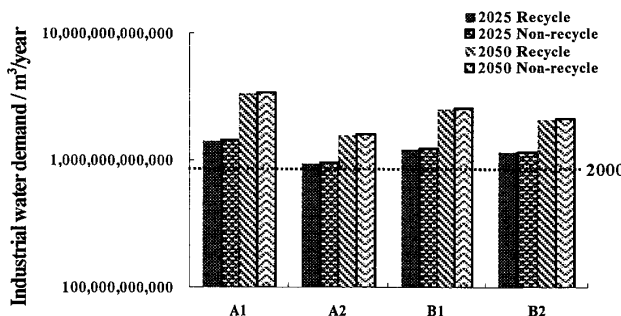


Fig.6 Industrial water demand, in 2025, 2050

4. 結論

日本、アメリカ合衆国、中国において工業用水使用量を都市面積で説明することができた。この結果を用いて工業用水使用分布推定図を作成することができた。

また 2025 年と 2050 年における工業用水需要量の予測量を算定することができた。議論の余地が残されているが、この結果は一つの予測モデルとして示すことができた。

【謝辞】

本研究は(独)科学技術振興機構の CREST (戦略的創造研究推進事業) における「人間活動を考慮した世界水循環・水資源モデル」の一環として行ったものです。また、データのグローバル化に関しては国立環境研究所花崎氏のご協力を得ました。記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 経済産業省, 平成 14 年 工業統計表 用地・用水編
- 2) U.S. Geological Survey, ESTIMATED USE OF WATER IN THE UNITED STATES IN 2000
- 3) 国家统计局, 中国統計年鑑 2001
- 4) 東京書籍, 最新 世界各国要覧 11 訂版, 2003
- 5) 沖大幹 監訳, 水の世界地図, 丸善株式会社, 2006
- 6) The World Bank, World Development Indicators 2005, <http://devdata.worldbank.org/wdi2005/index2.htm>
- 7) United Nations Statistics Division, Statistical Databases, <http://unstats.un.org/unsd/databases.htm>
- 8) 環境省, 4 つの社会・経済シナリオについて「温室効果ガス排出削減シナリオ策定調査報告書」, 2001
- 9) 国土交通省, <http://w3land.mlit.go.jp/WebGIS/>

【発表状況】

- 1) 生活工学研究, vol.7 No.2, pp170-171, 2005
- 2) 生活工学研究, vol.8 No.1, pp112-113, 2006
- 3) 生活工学研究, vol.8 No.1, pp114-115, 2006
- 4) 生活工学研究, vol.8 No.2, pp202-203, 2006
- 5) 水文・水資源学会 2006 年度研究発表会
- 6) CREST「水の循環系モデリングと利用システム」第 3 回領域シンポジウム, 2006

(指導教官 大瀧雅寛)