

アメリカ合衆国における工業用水使用量の説明因子の解析  
 Analysis of Key Drivers Determining Water Use for Industry in the United States

山田 智子 大瀧 雅寛

Tomoko YAMADA, Masahiro OTAKI

(お茶の水女子大学大学院 ライフサイエンス専攻)

1. 研究の背景と目的

近年、世界的な人口増加や産業発展に伴い水使用量が増加してきている。今後、限りある水資源を効率よく管理、使用していくためには正確な水使用量予測が必要であると考えられる。水使用量予測のモデルを構築するためには、現在どの地域でどの位の水を使用しているのか、およびその使用量の決定因子を探ることが重要である。しかし現状では、水使用量は国や地域において把握されていない場合が多い。

本研究では工業用水使用量に着目し、水使用量の安定しているアメリカ合衆国における工業用水使用量の国内分布とその使用量を決定する因子の解明を目的としている。

2. アメリカ合衆国の工業用水

アメリカの工業用水使用量は1950年から1965年にかけて増加し、1970年から1980年において増加は止まり横ばい状態になった。その頃、水質汚染や水の保全に関する法律や制限により、水使用効率の向上や再利用水の使用量の増加がした。その結果、1980年以降水使用量は減少し、現在安定状態にある(Fig.1)。また1995年における工業用水の水源別構成比をTable 1.に示した。

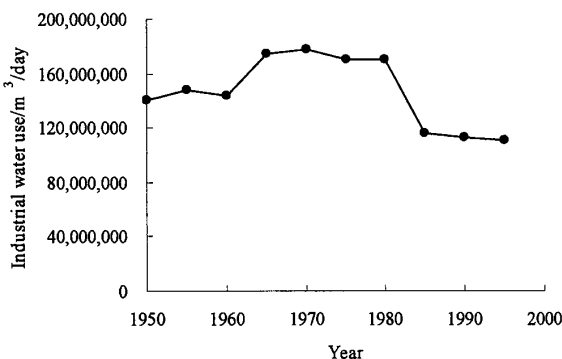


Fig.1 Trend in industrial water use in the United States, 1950-1995<sup>2)</sup>

Table 1. Industrial source, 1995, in percent<sup>2)</sup>

	The component ratio
Public supply	18
Surface water Fresh	60
Surface water Saline	6
Ground water Fresh	15
Ground water Saline	Less than 1
Total water	102,573,500 m <sup>3</sup> per day

3. 研究方法

アメリカ合衆国の官公庁が発行している報告書、統計集等からデータを収集し、統計的分析を行った。分析内容は以下の通りである。

3.1 調査年・都市

3.2 に挙げるそれぞれの項目について、2000年におけるデータをアメリカ合衆国の51の州・地域ごとに収集した。

3.2 調査項目<sup>2)~5)</sup>

3.2.1 目的変数

目的変数として工業用水量を以下のように定義した。

工業用水量：工業用水の分類の中で火力発電事業、鉱業を除く工業における取水量で、州・地域ごとの一日当たり総水量を用いた。取水量は水源から物理的に汲み上げられた水で淡水、塩水を含む。

3.2.2 説明変数

3.2.1 の目的変数の工業用水量に影響すると考えられる因子として次の16項目を説明変数とし、各州・地域ごとのデータを収集した。

- |          |          |
|----------|----------|
| 世帯数      | 1世帯あたり人員 |
| 人口       | 人口密度     |
| 総面積      | 陸地面積     |
| 水域面積     | 海に面するか   |
| およその平均海拔 | 標準平均気温   |
| 年間標準降水量  | 事業所数     |
| 従業員数     | 年間給与支払額  |
| 製造付加価値   | 出荷価額     |

3.3 分析方法

目的変数と各説明変数の関係、説明変数間関係を把握するために、表計算ソフトのExcelによる相関分析と統計解析用ソフトのSPSSによる重回帰分析の2つの方法をとった。ただし、重回帰分析は変数選択が可能であるステップワイズ法を用いた。(基準：投入するFの確率 $\leq 0.050$ , 除去するFの確率 $\geq 0.100$ )

4. 結果と考察

4.1 目的変数と説明変数の相関

工業用水量と相関が見られた説明変数の相関係数をTable 2.に示した。工業用水量と最も相関が強かった説

明変数は出荷価額であった(Fig.2). 次いで、製造付加価値、従業員数、年間給与支払額にやや強い相関が見られた。これらの説明変数は事業所の規模に関する変数であり、事業所の規模が大きいほど、工業用水量が多くなる傾向にあるといえる。また世帯数、人口にもやや強い相関が見られた。

Table 1.に挙げた以外の説明変数は相関が弱かったことから、工業用水量は地形、気候に関する変数には依存しないことがわかった。

Table 2. Correlation coefficients

Factor	Correlation coefficient
Sum of shipment	0.594
Manufacturing value - added	0.500
Total employees	0.500
Annual cash earnings	0.480
Households	0.459
Total population	0.449

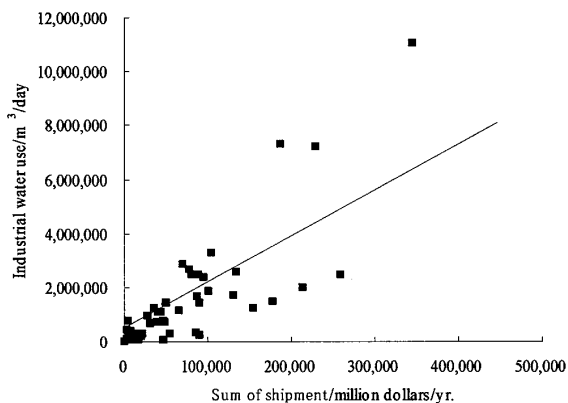


Fig.2 The correlation between industrial water use and sum of shipment

4.2 重回帰モデル

重回帰分析(ステップワイズ法)を行った結果、2つの重回帰モデルを得ることができた。重相関係数、決定係数、自由度調整済決定係数を Table 3.に示し、重回帰式を Table 4.に示した。モデル1では、出荷価額の変数が投入され、モデル2では出荷価額と従業員数の変数が投入された。

モデル2の重相関係数は0.759であり、あてはまりのよい重回帰式が得られたが、このモデル式では従業員数が増えると工業用水量が減ることになり、合理的な説明がつかない。説明変数同士の相関が強い場合、重相関係数が高くなる多重共線性がみられることがある。ここで出荷価額と従業員数の相関関係を調べると、相関係数が0.980と高い多重共線性があることがわかった(Fig.3)。従ってモデル2の信頼性が低いことがわかったため、従業員数を用いず、出荷価額の

みの変数を用いたモデル1を採用することにした。

Table 3. Multiple regression analysis

Model	Factor selected	R	R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>
1	X <sub>1</sub>	0.602	0.362	0.338
2	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub>	0.759	0.576	0.542

X<sub>1</sub>: Sum of shipment X<sub>2</sub>: Total employees

Table 4. The multiple linear regression

Model	Factor selected
1	$Y = 33.7 X_1 - 1.17 \times 10^5$
2	$Y = 119 X_1 - 22.6 X_2 + 9.3710^4$

Y: Industrial water use [m<sup>3</sup>/day]  
X<sub>1</sub>: Sum of shipment [Million dollars] X<sub>2</sub>: Total employees

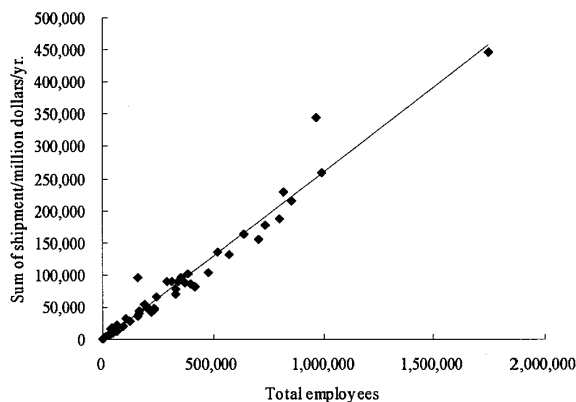


Fig.3 The correlation between sum of shipment and total employees

5. 結論

アメリカ合衆国における工業用水使用量は、相関分析と重回帰分析により、出荷価額が最も強く影響している因子であることがわかった。つまり事業所の出荷価額が増加するにつれ、工業用水使用量が増加するということがいえる。また出荷価額を説明変数として工業用水使用量の回帰モデルを得ることができた。

今後は他の国において同様の分析をし、比較分析を行う予定である。

参考文献

- 1) U.S. Geological Survey, ESTIMATED USE OF WATER IN THE UNITED STATES IN 1995
- 2) U.S. Geological Survey, ESTIMATED USE OF WATER IN THE UNITED STATES IN 2000
- 3) U.S. Census Bureau, Census 2000
- 4) U.S. Department of Commerce Census Bureau, Statistical Abstract of the United States 2002 122th Edition
- 5) U.S. Geological Survey, <http://water.usgs.gov/watuse/>
- 6) U.S. Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/ebtpages/water.html>