

タイ国地域別水使用量の推定に関する基礎的検討

福岡大学大学院 学生員 ○工藤太一
 富山県立大学工学部 正会員 手計太一
 福岡大学工学部 正会員 山崎惟義

1. はじめに

開発途上国における人口増大、経済成長、産業転換、都市化、先進国におけるライフスタイルの変化、高齢化、人口減少といった社会変化が流域の水循環系に及ぼす影響は極めて大きいと考えられている。

既往研究では、人間活動が水循環に与える(た)影響については数多くの研究が行われてきた。一方で、水循環が人間活動に与えた影響という相互関係についての研究はほとんど行われてこなかったのが実情である。

水利用のデータは先進国においても入手困難なデータで、越境導水や排水が複雑に混在しており、社会、経済活動による水資源へのインパクトを評価することが非常に難しい。本研究ではセンサスデータを基に過去の統計データを利用して将来のタイ国における地域別水使用量の推定を検討することを目的とする。

2. データ

本研究では、「容易に入手可能なデータ」を利用して水使用量の推定を行うため、センサスデータから得られるデータに着目した。研究対象としたタイ国では、「Statistical Yearbook Thailand」が毎年刊行されている。本研究では上記の資料から得られたデータを使用した。その中でも、生活用水データ(人口、世帯数)、農業用水データ(水田面積、灌漑面積)、工業用水データ(工場数)を抽出し、解析に利用した。

3. 解析方法

(1) 原単位

本解析では、原単位法により、水使用量を定量的に明らかにした。以下に導出方法を示す。

生活用水=人口数×原単位・・・・・・・・・・(1)

農業用水=作付面積×原単位・・・・・・・・・・(2)

工業用水=工場数×原単位・・・・・・・・・・(3)

生活用水の原単位は、世帯数あたりの生活用水使用量、Urban:404ℓ/d, Rural:279ℓ/d という推定結果を利用し¹⁾、一人あたりの生活用水使用量、Urban:115.4ℓ/d, Rural:79.7ℓ/d に換算した。また、バンコク以外はRuralの値を利用した。

農業用水の原単位は、AQUASTAT Databaseのデータを利用した²⁾。2000年の農業用水使用量、 $82.8 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$ という推定結果を、同じく2000年の作付面積で除し、単位面積あたりの農業用水使用量、 $0.79 \text{ m}^3/\text{yr}$ に換算した。

工業用水の原単位は、農業用水と同様に、AQUASTAT

Databaseのデータを利用した。1990年の工業用水使用量、 $1.44 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$ という推定結果を工場数で除し、単位工場数あたりの工業用水使用量、 $14546.2 \text{ m}^3/\text{yr}$ に換算した。

(2) 経年的な水使用量の推定方法

水使用量を推定するために、次のGrowth/Sigmoidal曲線を利用した。

$$y = \frac{b \cdot e^{-ax}}{c + d \cdot e^{-ax}} \cdots \cdots (4)$$

$$y = A + (B - A) \frac{x^n}{k^n + x^n} \cdots \cdots (5)$$

また、それぞれのパラメータ($a \sim d, A, B, k, n$)の推定には、非線形最小自乗法の一つであるLevenberg-Marquardt法を利用した。

4. 解析結果

(1) 生活用水

タイ国の用途別生活用水は、中心部バンコクでBath&Shower:78ℓ/d, Laundry:52ℓ/d, Toilet:31ℓ/d, Others:28ℓ/d, Loss:24ℓ/d, Kitchen:4ℓ/dが主に使用されている³⁾。

図-1は生活用水使用量の経年変化である。全国では、1901年から単調に増加しているものの、1990年代に入り、増加傾向は大きくなっている。地域別では、バンコクもしくは東北部が1970年代に入り、急激に増加している。その他の地域は、増減傾向に違いはあるが、単調に増加している。

(2) 農業用水

タイ国は、国土面積約51.4万 km^2 のうち約40%が耕作地であり、その半分を占めるのが稲作地である。図-2は農業用水使用量の経年変化である。全国では、降水量の影響があり、年ごと増減傾向に違いはあるが、経年的には増加傾向にある。地域ごとに見ると、東北部が1970年代に入り、急激に増加しており、他の地域は1990年代に入り、横ばいもしくは減少傾向にある。

(3) 工業用水

図-3は工業用水使用量の経年変化である。工場数のデータが少なく、経年的な変化の傾向は見られなかったが、全国、地域別共に横ばいの傾向にある。

(4) 総水使用量

図-4は総水使用量の経年変化である。1996年における総水使用量は、全国で836億3441万 $118 \text{ m}^3/\text{yr}$ である。そのうちの96%にあたる805億5178万 $6256 \text{ m}^3/\text{yr}$ が農業用水、2%にあたる15億6972万 $5998 \text{ m}^3/\text{yr}$ が生活用水、2%にあたる

キーワード 農業用水、工業用水、生活用水、水資源負荷、タイ国

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1 福岡大学大学院 TEL092-871-6631(内6462)

15 億 1289 万 7864m³/yr が工業用水として使用されている。

図-5 は生活用水使用量の統計データと予測結果の比較, 図-6 は農業用水使用量の統計データと予測結果の比較, 図-7 は工業用水使用量の統計データと予測結果の比較である。これを基に水使用量予測を行い, 統計データとの比較を行った。データ解析結果(1996 年) から 20 年後には, 約 14% (約 119 億 4235 万 1220m³) の水使用量の増加が予測される。生活用水は 36%, 農業用水は 13%, 工業用水は 4%, それぞれ増加するという結果が得られた。表-1 は年平均降水量の一覧である。タイ国の年平均降水量は 7419 億 5576 万 3395m³で, そのうちの約 2 割が表面流として流れ, 利用可能な水となる。図-8 は降水量に対する総水使用量の割合である。1996 年に着目すると, 降水量のうち 49%が農業用水, 1%が生活用水, 1%が工業用水として利用されている, もしくは利用することが可能な量であると推察できる。

5. 結論

本解析により, 将来における地域別・産業別水使用量の推定が可能となった。AQUASTAT Database の 2000 年のデータによると, タイ国全土の総水使用量は 871 億 1000 万 m³/yr である。一方, 本解析では, 1996 年までの統計データを基に推定した結果, 2000 年の総水使用量は 871 億 6170 万 4557m³/yr と推定された。

以上の結果, 本解析手法は精度良く将来の水使用量を推定できると考えられる。

参考文献

- 1) Lada Mathurasa, Haruka Sugihara, Toshiya Aramaki, Masahiro Otaki, Pairaya Kucivilize and Wanpen Wirojanagud: Analysis and Forecast of Domestic Water end-uses in Khon Kaen Province, Thailand.
- 2) FAO: AQUASTAT Database Query, <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/dbases/index.stm>.
- 3) Y.Otaki, M.Otaki, P.Pengchai, Y.Ohta, and T.Aramaki: Micro-components survey of residential indoor water consumption in Chiang Mai, Drink. Water Eng. Sci., Vol. No.1, pp.17-25, 2000

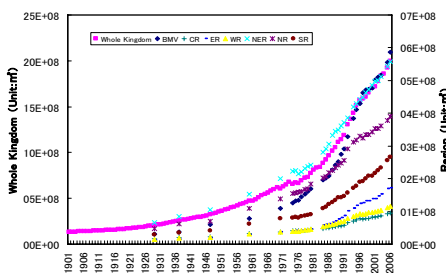


図-1 全国, 地域ごとにおける 1901 年から 2006 年までの生活用水使用量の経年変化 (単位: m³)。

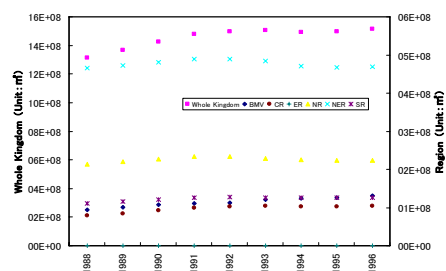


図-3 全国, 地域ごとにおける 1988 年から 1996 年までの工業用水使用量の経年変化 (単位: m³)。

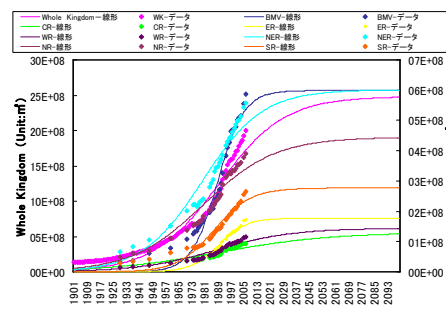


図-5 2100 年までの生活用水の統計データと予測結果の比較。

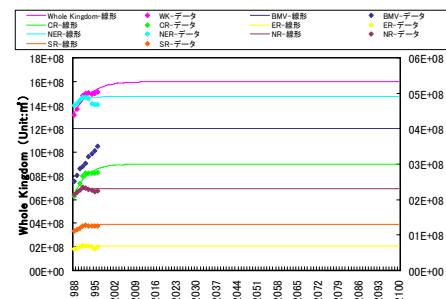


図-7 2100 年までの工業用水の統計データと予測結果の比較。

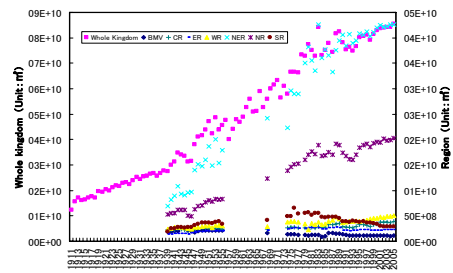


図-2 全国, 地域ごとにおける 1911 年から 2005 年までの農業用水使用量の経年変化 (単位: m³)。

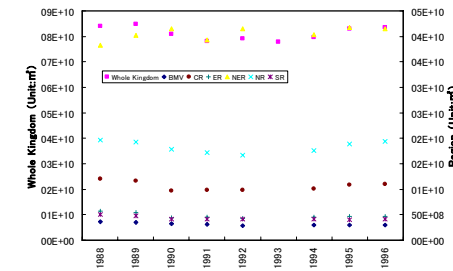


図-4 全国, 地域ごとにおける 1988 年から 1996 年までの総水使用量の経年変化 (単位: m³)。

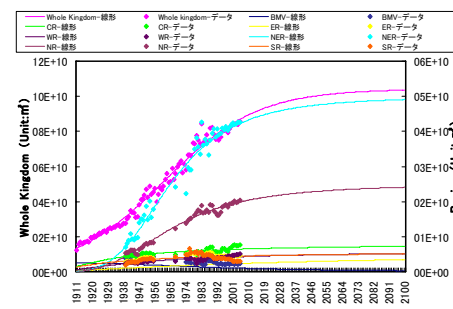


図-6 2100 年までの農業用水の統計データと予測結果の比較。

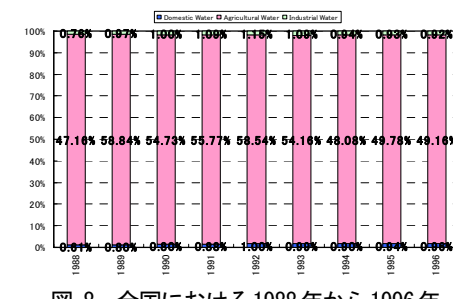


図-8 全国における 1988 年から 1996 年までの降水量に負荷する水資源の割合 (単位: %).

表-1 各地方の平均降水量。

地方	年平均降水量	
	(mm)	(m ³)
バンコク	1,477	11,500,274,736
中央部	1,192	19,785,481,091
東部	1,823	66,552,894,268
西部	1,025	44,108,494,220
東北部	1,402	237,896,879,686
北部	1,234	208,420,033,516
南部	2,173	153,691,705,878
合計	1,475	741,955,763,395