

京都大学工学部
京都大学大学院
京都大学大学院

学生員 ○中北 英男
正会員 堀 智晴
正会員 椎葉 充晴

1. 序論

いわゆる気候変動によって降水の地域的・時間的偏在傾向が強まる可能性が指摘されている今、我々の社会・経済活動が水資源の時空間的偏在によってどのような影響を受けるのかを定量的に把握し、必要な対策を考えておくことは、危機管理の観点からも重要である。我国では今後、人口の減少や経済的成長の鈍化により、大きな水需要の増加は見込まれていない。しかし、食料自給率は熱量ベースで約40%、木材自給率は約20% [1] と海外の水資源に頼る我国の社会構造は、国内における降水の分布状況とともに、海外におけるそれからも大きな影響を受ける可能性がある。これらの影響を定量的に推定することは、今後の水資源の確保戦略や危機対策を考える上で不可欠である。

水資源と我々の社会・経済活動との関係を考えるためには、最終的に流域単位、ブロック単位(例えば都道府県単位)での水の人工循環系およびそれに関わる社会経済系をコンピュータ内で再現し、河川流況の変化や食料状況のシナリオに対して社会の受ける影響を、経済的損失や必要物資の不足量といった定量的指標で推定できるモデルを開発することが必要である。つまり、水資源の存在状況を組み込んだモデルの開発を行うことが必要となる。そのモデルは水資源の特徴が時間的、空間的に偏在するというこのために、地域、季節変動を考慮したモデルでなければならない。また、水資源の存在・利用状況は、人口・工業生産・農業生産・汚染などに強く影響を受けるため、水資源ダイナミクスモデルを作る上でのモデルの構成要素として、「水」「人口」「食糧生産」「鉱工業生産」「汚染」について考える必要がある。本研究では、水資源ダイナミクスモデルの中で「人口」「鉱工業生産」に関連がある生活用水と工業用水の構造分析を行う。

なお、構造分析を行う際には重回帰分析を用いて消費単位(原単位)がどのような要素によって決まるかについて分析し、求めた重回帰式の精度を調べる。

2. 工業用水需要構造分析

2.1 重回帰分析における被説明変数及び説明変数について

工業用水原単位を淡水使用量原単位(合計淡水使用量を製造品出荷額等 [2] で除したもの)と定義し、この原単位がどのような要素によって決まるかについて重回帰分析を行う。工業用水原単位に影響を与える要素としては従業者数、事業所数、事業所敷地面積を選び、説明変数の組み合わせには

面積を選び、説明変数の組み合わせには

case1:従業者数、事業所数、事業所敷地面積

case2:従業者数、事業所数

case3:従業者数、事業所敷地面積

case4:事業所数、事業所敷地面積

case5:従業者数/事業所数、事業所敷地面積/事業所数

の5通りのケースを考える。

2.2 全国・全業種の合計値を用いての水需要推定

1979年から1997年までの全国・全業種の合計値を用いて重回帰分析した結果より、case1~case5の中で最善と考えられるケースを選び出した。

2.3 全国の合計値による業種毎の水需要推定

次に、1979年から1997年までの全国の合計値を用いて業種毎で重回帰分析を行い、それぞれの業種に関して最善と考えられるケースを選び出した。

2.4 都道府県別のデータを用いての水需要推定

2.2及び2.3で用いたデータ数は少ないと考え、ここではデータを増やして分析するために1993年から1997年までの都道府県別のデータを使用した。なお、異なる県によっても原単位に関連する構造が不変であるという仮定のもとで、業種毎で分析を行った。その結果より、それぞれの業種に関して最善と考えられるケースを選び出したが、すべての業種について決定係数が0.6を超えるようなものは存在しなかった。

2.5 沿岸・内陸の別を考慮した水需要推定

2.4の結果が悪かったため、精度の良い重回帰式を得るために都道府県別のデータを沿岸のデータと内陸のデータに大別して、それぞれのデータで業種毎で同様に重回帰分析を行った。その結果、沿岸のデータを用いて重回帰分析したものは決定係数が0.6を超える業種が存在しなかった。しかし、内陸のデータを用いて重回帰分析したものは、全業種のうち約3分の1の業種で決定係数が0.6を超えたので2.4よりは比較的精度の良い重回帰式を得ることができた。

3. 生活用水需要構造分析

3.1 重回帰分析における被説明変数及び説明変数について

生活用水原単位を生活用水の一人年間平均取水量(ここでは上水道事業と水道用水供給事業の年間取水量 [3] を給水人口で除したもの)と定義し、この原単位がどのような要素によって決まるかについて重回帰分析を行う。生活用水原単位に影響を与える要

素として、

- ① 上水道事業の供給単価
 - ② 下水道普及率
 - ③ トイレ水洗化人口比率
 - ④ 第3次産業就業者比率
 - ⑤ 老年人口割合
- の5種類を選んだ。

3.2 全国の合計値を用いての水需要推定

1990年から1998年までの全国の合計値を用いて重回帰分析を行った。最初に上記の5種類の説明変数をすべて用いて分析を行い、「決定係数及びt値を考慮して不要と考えられる説明変数をはずしてさらに重回帰分析を行う」という操作を繰り返すことにより最善と考えられる重回帰式を求めた。なお、ここでは説明変数には下水道普及率と老年人口割合を用いるのが最善であると考えられた。

3.3 都道府県別のデータを用いての水需要推定

3.2で用いたデータ数は少ないと考え、ここではデータを増やして分析するために1994年から1998年までの都道府県別のデータを使用した。なお、異なる県によっても原単位に関連する構造が不変であるという仮定のもとで、分析を行った。なお、3.2と同様にして重回帰分析を繰り返した結果、ここでは説明変数には供給単価、下水道普及率及び老年人口割合を用いるのが最善と考えられた。

4. ブロック単位への重回帰式の適用結果

4.1 重回帰式を適用したブロック単位について

上記の分析では、水使用量とそれに関連するデータを全国合計値として扱うか、都道府県別の値として扱うかの違いはあったが、水需要構造そのものは全国で一様であると仮定し、都道府県別に別の回帰式を求めるということはしなかった。しかし、地域レベルの水資源ダイナミクスモデルを考える際には回帰式を各地域に適用した際の精度を確認しておく必要がある。そこで得られた重回帰式をブロック単位に適用し、工業用水及び生活用水の推定値と観測値との比較を行う。また、2.5で内陸の県に限定して重回帰分析したもので比較的良好な結果が得られたので、ブロック単位には内陸の県である奈良県を選んだ。

4.2 工業用水の適用結果

ここでは、本研究で得られた工業用水の重回帰式を奈良県に適用して実際の全業種の合計淡水使用量の観測値と推定値との比較を行う。なお、データは1993年から1997年までのものを用いた。使用する重回帰式は、2.2で得られた式(全国・全業種の合計値を用いて重回帰分析した結果、最善と考えられたcaseの式)、2.3で業種毎で得られた式(全国の合計値を用いて業種毎で重回帰分析した結果、業種毎で最善と考えられたcaseの式)、2.5で内陸の県に限定して重回帰分析したもので業種毎に得られた式(内陸の県のデータを用いて重回帰分析した結果、業種毎

で最善と考えられたcaseの式)の3通りである。推定値を求めた結果、3つの推定値は全て実際の観測値と大きくかけ離れていた。よって、ここで用いた重回帰式をそのままの形でブロック単位に適用するのは無理があるという結果になった。すなわち、奈良県のデータが外挿であることが分かった。

4.3 生活用水の適用結果

ここでは、4.2と同様に本研究で得られた生活用水の重回帰式を奈良県に適用して実際の生活用水の観測値と推定値との比較を行う。なお、データは1994年から1998年のものを用いた。ここでの推定値の求め方は、

case ϕ : 全国の合計値を用いて最善と考えられたcaseを適用

case ε : 都道府県別のデータを用いて、最善と考えられたcaseを適用

の2通りである。図1に一人年間平均取水量の観測値と推定値との比較を示す。

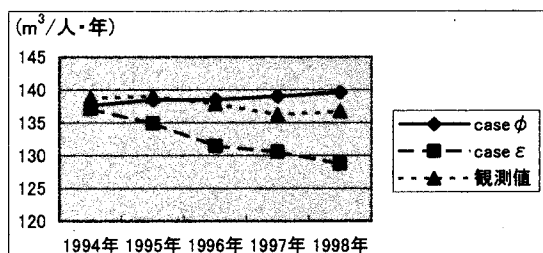


図1: 奈良県の一人当たりの年間取水量の観測値と推定値との比較

図1よりcase ϕ の推定値の方がcase ε の推定値より精度が良いことが分かる。

5. 結語

本研究で得られた生活用水に関する重回帰式は比較的精度が良いことが分かった。だが、他の都道府県で常に精度が良い結果が得られるとはまだ判断できないので、他府県での適用結果を確認する必要がある。また、工業用水については、どのブロック単位でも適用可能となる重回帰式をつくることは現状では困難であると考えられる。説明変数を新たに加えるか、ブロック単位毎に重回帰分析を行うことが必要である。

参考文献

- [1] Japan for Sustainability:
<http://www.japanfs.org/jp/japan/industry.html>
- [2] 通商産業大臣官房調査統計部: 工業統計表(用地・用水編), 1981-1999
- [3] 日本水道協会: 水道統計, 1992-2000