

1. 研究の背景

近年、世界的に水資源利用量が増加しつつある。「平成 19 年度版日本の水資源」¹⁾によると、1995 年における世界的な水資源利用量は約 3 兆 7,500 億 m^3 /年となっている。水資源利用量の伸びをみると、1995 年の水資源利用量は 1950 年の約 2.74 倍となっており、同期間における人口の伸び約 2.25 倍より約 22%高くなっている。国連教育科学文化機関(UNESCO)²⁾によると今後は、世界人口の増加(2025 年時点で約 83 億人と予測)、それに伴う生産活動の発展、経済発展による生活様式の変化等により水資源利用量は着実に増加し、2025 年には水資源利用量は 1995 年の約 1.4 倍にもなると予測している。

農業、工業、エネルギー及び環境に要する人口 1 人当たり水資源量は世界基準で 1,700 m^3 /年とされ、利用可能な人口 1 人当たり水資源量が 1,700 m^3 /年を下回る場合は「水ストレスの下にある」状態、1,000 m^3 /年を下回る場合は「水不足」の状態、500 m^3 /年を下回る場合は「絶対的な水不足」の状況を表すと考えられている。これをもとに考えると、今日、43 ヶ国の約 7 億人が水ストレスを感じる生活をしている。また、サハラ以南アフリカ地域の人口の 4 分の 1 近くが水ストレスの下に置かれている国で生活しており、その割合は上昇傾向にある。水ストレスの最も高い国々の多くは人口増加率が高く、1 人当たりの利用可能な水の量は急速に減少している。

国連開発計画(UNDP)³⁾の、現在の傾向をもとに将来の状況を概算した結果によると、水ストレスのある諸国で生活する人の数は、2025 年までに 30 億人を超える可能性があり、14 ヶ国が水ストレスの状況から「水不足」の状況へ落ちるとしている。

以上より、世界中で水資源の希少価値は年々に増加し、水資源枯渇が深刻な問題となってきた。そこで水資源を保つ方法として水資源利用量を抑制させる方法が考えられる。水資源利用量を抑制させる方法として水課金制度が挙げられる。水課金制度とは、水資源に価格付けし、価格のメカニズムを用いて、水資源利用量を抑制させる制度である。日本においては、この水課金制度は現在、農業用水、工業用水、上水道と水資源の用途別で課せられる価格である。水課金額は、それぞれ異なり、その価格は水道局や土地改良区などによって決められている。よって、本研究では、我が国のある地域の水課金額を改定させた場合、当該地域および周辺地域の経済にどのように影響を与えるのかを空間的応用一般均衡(SCGE)モデルを用いて分析することを目的とする。

2. 既存研究

水資源に関する研究として中国北部の水資源不足を背景に、応用一般均衡(CGE)モデルを用いて水資源制約下で黄河流域全体が適正な経済成長をするために、各地域が執るべき水配分のあり方を明らかにした幡野・奥田(2005)⁴⁾の論文がある。この論文では、水資源を本源的生産要素として、各省区に賦存する利用可能水資源量を過去のある年と同量とした条件下で各省区が一

律 10%の経済成長を達成する場合の経済的影響について分析した。本研究では、労働、資本を投入して水資源を生産すると仮定し、このときの水課金額が変更された場合の経済的な影響を SCGE モデルによって分析する。

3. 分析手法

分析をおこなう上で必要な SCGE モデルの構造や基準データセットである地域間産業連関表の作成方法について記述する。

1) 水課金制度を考慮した SCGE モデルの構造

本研究では、上田編(2010)⁵⁾、細江ら(2004)⁶⁾を参考に水課金制度を考慮した SCGE モデルを構築し、水課金額の改定が当該地域やその周辺地域経済にどのように影響を与えるのかを把握する。なお、水課金額の改定方法は水資源の需要者価格に $(1+\tau)$ を乗ずる方法を用いる。ただし、 τ は水課金額改定による需要者価格の追加金額の比率(マークアップ率)を示す。このとき、 τ に生産量を乗じた地域別の収入は当該家計の所得になると仮定している。また、本モデルでは以下の仮定を設ける。

- ・ 社会経済には家計と企業の 2 主体が存在する、
- ・ 各地域で生産された財は、同種の財であっても、それぞれ異なる財としてみなされる(Armington の仮定)。
- ・ 生産要素は労働と資本であり、それらの市場は各地域で閉じている。
- ・ すべての市場は完全競争的であり、長期的均衡状態にある。
- ・ 水資源を生産(供給)している産業が存在しており、中間投入財および本源的生産要素である労働、資本を用いて水資源を生産(供給)している。

図 1 は水課金制度を考慮した SCGE モデルの概要を 2 地域のみに限定して示したものである。ただし、図 1 の水資源産業とは水資源を供給する産業を指す。

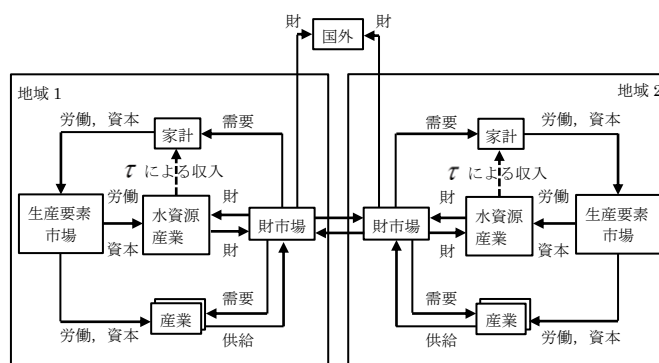


図 1. 水課金制度を考慮した SCGE モデルの概略図

2) 水資源分析用地域間産業連関表の作成

基準データセットとして、日本の平成 17 年度 9 地域間 12 部門産業連関表をもとに水資源分析用地域間産業連関表を作成する。具体的には、まず、平成 17 年度地

域間産業連関表を SCGE モデルの分析で基準となるデータセットとして扱えるようデータ整理をする。産業区分は、水資源を供給する産業として農業用水業、上水道業、工業用水業を新たに加えた、計 13 種(1.農林水産業、2.飲食料品業、3.金属業、4.その他製造業、5.建設業、6.公益事業、7.商業・運輸業、8.金融業・保険業・不動産業、9.情報通信業、10.サービス業、11.農業用水業、12.上水道業、13.工業用水業)で区分する。なお、本研究では地域間での水資源の取引はおこなわれていないと仮定する。

図 2 は水資源分析用地域間産業連関表の地域数が 1 つの場合の概要を示したものである。図の中で着色された部分は、水資源分析用地域間産業連関表の中でも今回新たにデータが入る部分を指す。

農業用水を地域間産業連関表に組み込む際に必要なデータの作成には以下の仮定を設けた。

- ・ 農業用水は水田、畑での生産にのみ使用され、果樹園や牧畜などでの生産には利用されない。
- ・ 10 アール当たりの農業用水利用量は水田、畑ともに等しい。
- ・ すべての水田、畑で生産される財の全国平均 10 アール当たり水利費負担額は、米及び麦類の生産に用いられる全国平均 10 アール当たり水利費負担額と等しい。
- ・ 農業用水は農林水産業でのみ消費される。
- ・ 農業用水の供給に投入される本源的生産要素は労働と資本のみで、その投入割合は農林水産業の労働、資本の投入割合と等しい。

この仮定のもと、農業用水の利用量(円)については、「平成 19 年度版日本の水資源」の平成 17 年度地域別耕地面積(千 ha)と同年度の米及び麦類の生産に用いられる全国平均 10 アール当たり水利費負担額(円/10a)との積によって計算した。また、農業用水への労働、資本投入量は、農林水産業と農業用水の生産額の比率および農林水産業の労働、資本投入量を用いて算出した。

上水道・工業用水のデータは、各 9 地域の基本取引表(行 404×列 350 部門)から、上水道、工業用水部門の中間投入、付加価値、最終需要の各部門のデータを抜き出し、用いた。

需要 供給		地域1			地域2			地域1	地域2	純輸出	生産額
		中間需要			中間需要			最終需要	最終需要		
		WA	TW	WI	WA	TW	WI	需要	需要		
地域1	中間投入										
		WA									
		TW									
		WI									
地域2	中間投入										
		WA									
		TW									
		WI									
付加価値											
生産額											

WA：農業用水，TW：上水道，WI：工業用水

WA:農業用水, TW:上水道, WI:工業用水

図 2.水資源分析用地域間産業連関表の概要

4. 実証分析

本研究では、近畿地域で水課金額が 2 倍に改定されたシナリオのもと、近畿地域およびその周辺地域の経済にどのように影響を与えるかを定量的に明らかにした。また、水課金額を 2 倍に改定するだけでなく、水課金額の改定倍率を 1 から 2 倍に変化させた場合の

社会厚生、水資源利用量へ与える影響についても分析した。

水課金額を改定する地域を近畿地域に選んだ理由は、近畿地域は水資源利用量が日本で 2 番目に多いため、本モデルを用いた場合の影響が明確に分析できると考えたからである。水資源利用量が 1 番多い関東地域を選ばなかったのは、その他の地域との水資源利用量の差が大きく、水課金額改定による影響が大きく出ずると判断したためである。

1) 近畿地域の水資源利用量の変化量

水課金額が改定された地域である、近畿地域の水資源利用量の変化について見ていく。図 3 は近畿地域の水課金額改定前後の水資源利用量の変化量を示したものである。また、図 4 は全地域の水資源利用量の変化量のうち、近畿以外の地域の水資源利用量の変化量が占める割合を示したものである。

図 3 より、家計、上水道業の水資源利用量が大きく減少し、その他の経済主体の水資源利用量はほとんど変化していないことが分かる。まず、上水道の水資源利用量が減少している点に関しては、家計で水資源利用量が減少し、上水道業自体の生産量が減少したことが原因で、上水道業の水資源利用量が減少したといえる。また、家計のみの水資源利用量が減少し、各産業の水資源利用量がほとんど変化していないという現実的には考えにくい結果となっている点については、中間投入に関して、生産関数をレオンチェフ型で定義しているため、生産財間で代替できないことと、最終需要に関して、需要関数を CES 型で定義し、生産財間で代替ができるとしたことが原因であるといえる。

図 4 より、近畿地域以外の水資源利用量の変化量は全地域の水資源利用量の変化量に対して、どの地域の割合も 1%にも満たないことがわかる。ここから近畿地域の水課金額の増加による影響は、近畿地域が大部分を占めることがわかる。しかし、この結果については、地域間での水資源の取引はないと仮定しているため、他の地域の水資源利用量に影響が出にくい状態になっていることに留意しておく必要がある。

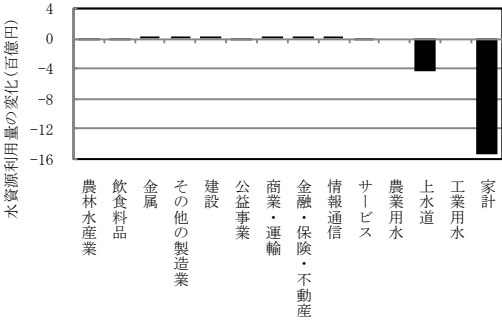


図 3.近畿地域の水資源利用量の変化

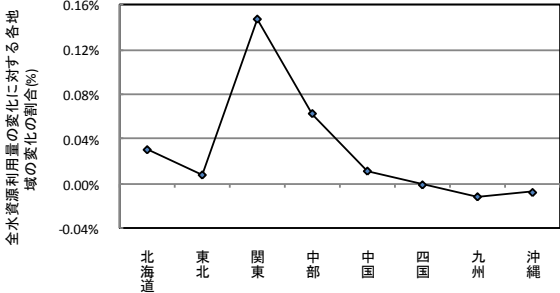


図 4.近畿地域以外の水資源利用量の変化

2) 近畿地域の生産量の変化量

図 5 は近畿地域で水課金額を 2 倍に改定した場合の近畿地域の生産量の変化量と変化率を示したものである。また、図 6 は近畿地域で水課金額を 2 倍に改定した場合の近畿地域の産業別生産要素投入量に占める水資源投入量の割合を示したものである。

図 5 より農林水産業、飲食料品業、公益事業、サービス業、上水道業の生産量が減少し、その他の産業では生産量が増加しているのが分かる。また、生産量の変化率で見ると、農林水産業の生産量の減少率が上水道の生産量の減少率に続いて大きく変化している。農林水産業の生産量の減少率が大きいのは、図 4 より、生産に必要な水資源の投入量が他の産業と比べて多いためであることが分かる。さらに、図 6 より生産量が減少する財は全生産要素投入量に占める水資源の投入量の割合が高い財で、その一方で、生産量が増加する財は全生産要素投入量に占める水資源の投入量の割合が低い財であることがわかる。以上の結果から、水資源を多く投入する財の生産から水資源をあまり投入しない財の生産に代替されたことが分かる。これは、現実的に考えれば、財の生産に必要な水資源の投入量が多い財の生産量が減少した場合、必ずしも、財の生産に必要な水資源の投入量が少ない財の生産量が増加することはないと考えられるが、本モデルでは増加している。これは、最終需要を CES 型で定義したこと、消費者は自分の所得をすべて使って財を需要すると仮定したことが原因であると考えられる。

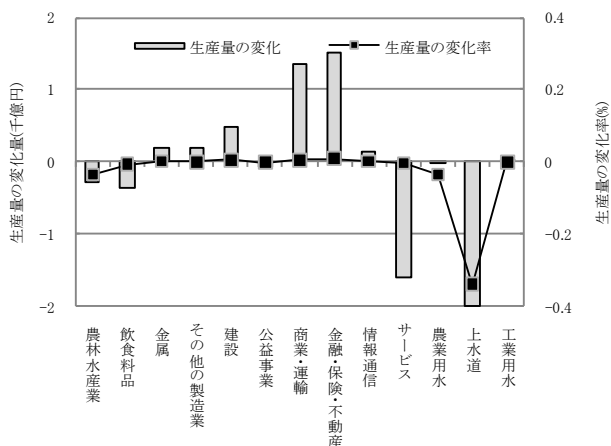


図 5.近畿地域の生産量の変化と変化率

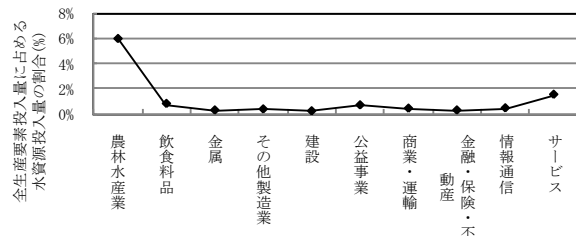


図 6.全生産要素投入量に占める水資源投入量の割合

3) 地域別社会厚生の変化量

図 7 は近畿地域で水課金額を 2 倍に改定した場合の社会厚生の変化量を地域別に示したものである。図 8 は所得移転を考慮する以前の各地域内の総収入と消費者のすべての財消費額の合計との差を示したものである。

図 7 より水課金額を直接改定させた近畿地域では、水課金額増加により、社会厚生が大幅に減少していることが分かる。一方で、関東、中部、中国地域では社会厚生が増加していることが分かる。また、その他の地域では、社会厚生が近畿地域ほどではないが減少していることが分かる。

近畿地域以外の地域で社会厚生が変化することは、基準データセットである地域間産業連関表のデータの総収入と地域内の消費者の財消費量との差が原因であると考えられる。図 8 より、本研究で用いた地域間産業連関表の地域内の総収入と消費者のすべての財消費額の合計は一致していない。よって、図 8 の差額が正の値になっている関東、中部、中国地域ではシナリオが与えられることによって、この差額分だけ基準時よりも財消費に使われる収入が増えるので、財の消費量が増え、社会厚生は増加したと考えられる。一方で、その他の地域では、差額が負の値になっているので、この差額分だけ基準時よりも財消費に用いられる収入が減るので、財の消費量が減り、社会厚生は減少したと考えられる。

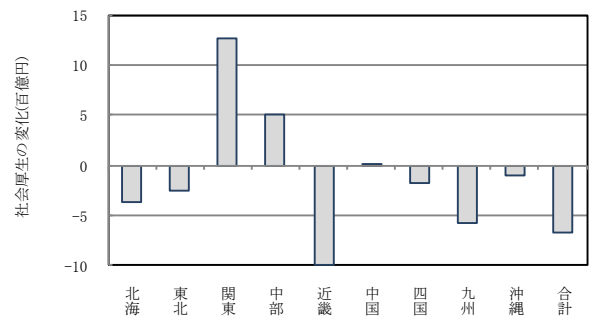


図 7.地域別社会厚生の変化

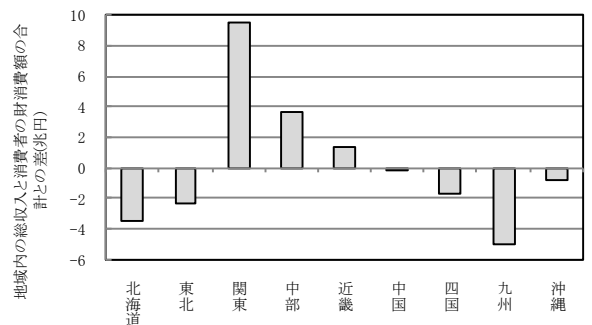


図 8.地域別の総収入と消費者の財消費額の合計の差

4) 水課金額の改定倍率を変化させた場合の社会厚生の変化量

水課金額の改定倍率を変化させた場合の社会厚生の変化量について見ていく。図 9 は、我が国の水課金額の改定倍率の変化に対する社会厚生の変化量を示したものである。

図 9 より、水課金額の改定倍率の増加に対して社会厚生は常に減少する。また、このときの地域別の社会厚生の変化量は大きさこそ異なるが、地域ごとの社会厚生の変化量の大小関係は変化しなかった。よって、図 9 を見る限りでは水課金額の改定は我が国の社会厚生にとって良いとはいえない。

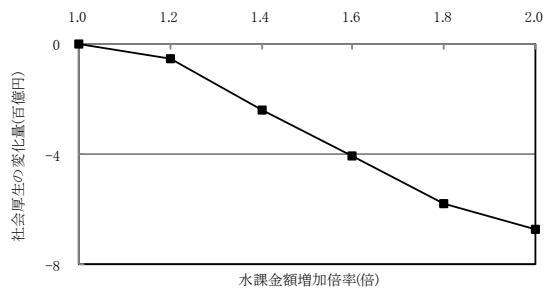


図 9. 課金倍率の変化に対する社会厚生の変化量

5) 水課金額の改定倍率を変化させた場合の水資源利用量の変化量

水課金額の改定倍率を変化させた場合の水資源利用量の変化量について見ていく。図 10 は我が国の水課金額の改定倍率に対する水資源利用量の変化量を示したものである。

図 10 より水課金額の改定倍率の増加に対して水資源利用量は常に減少する。また、このときの地域別水資源利用量はいずれの場合でも、近畿地域を中心として減少した。以上より、水課金額の改定は近畿地域のみではあるものの、水資源利用量を抑制できる制度であるといえる。

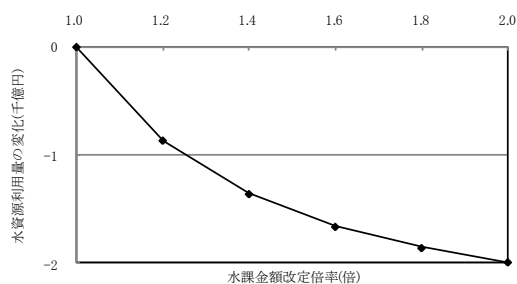


図 10. 課金倍率の変化に対する水資源利用量の変化量

5. まとめ

1) 研究の成果

本研究では、近畿地域の水課金額を 2 倍に改定したときの、改定前と改定後と比較することによって、近畿地域の水資源利用量、生産量及び、各地域の社会厚生に与える影響を分析した。また、水課金額の改定倍率に対する全国の社会厚生の変化量、および水資源利用量の変化量についても分析した。以下に本研究による分析結果をまとめる。

- ① 水課金額の改定によって近畿地域の生産量の変化は、サービス業などの生産要素として水資源を多く使う産業の生産量が減少し、金融・保険・不動産などの生産要素として水資源をあまり使わない産業の生産量が増加する。
- ② 水課金額の増加は近畿地域の水資源利用量を減少させるが、その他の地域の水資源利用量にはほとんど影響を与えない。
- ③ 近畿地域の水課金額の改定が与える各地域の社会厚生への影響は関東、中部、中国地域では正、その他の地域では負である。
- ④ 水課金額の増加に対して、我が国全体の社会厚生は減少傾向となる。

- ⑤ 水課金額の改定倍率が大きいほど社会厚生が減少し、水資源利用量も減少する。また、水資源利用の減少量は水課金額の改定倍率が大きいほど減少量は小さくなる。

以上から水課金制度は水資源利用を抑制させる面ではよい制度であるが、対象とする地域の満足度を示す社会厚生の面では、社会厚生を減少させることから、あまりよい制度ではない。しかし、以上の結果は構築した SCGE モデルの関数、仮定に大きく依存しているため、留意しておく必要がある。

2) 今後の課題

本研究では水課金額改定を考慮した SCGE モデルを用いて経済に与える影響を分析した。その結果、家計での水資源利用量だけが大きく減少し、産業の中間投入財として用いられる水資源利用量はほとんど変化しなかった。これは現実には起こりにくいと考えられ、この結果となった問題点は家計の需要関数を CES 型で定義し、各財・サービスの生産関数をレオンチェフ型で定義したことである。そのため、今後は水資源の需要関数だけをレオンチェフ型で定義し、分析を試みる必要がある。

また、本研究では水課金額の変化に対する社会厚生の変化量について分析した。しかし、水資源不足による社会厚生損失を考慮していないため、水課金制度改定の前後でどちらが良いのか判別できなかった。よって今後は水資源不足による社会厚生損失と水課金額改定による社会厚生損失とを比較し、水課金額改定の影響について調べていく必要がある。

そして、本研究では水課金額の改定方法を一定の増加率で課金する方法を用い、水課金額の変化に対する社会厚生、水資源利用量の変化量を分析したが、この方法以外にも、一定の額を水課金額に加えることで水課金額を改定する方法なども考えられ、課金額の改定方法によって社会厚生の変化量がことなる可能性もある。よって、今後は、それらの方法と比較してどの課金額の改定方法が、最小の社会厚生損失で、より多くの水資源を節約できるか分析していく必要がある。

さらに、本研究では水課金額の改定が生産量に与える影響について分析したが、生産技術は常に一定であるという想定を設けている。現実の経済では、水課金で水価格が高くなることにより、産業側に水利用の効率性を向上させようというインセンティブが働く可能性がある。よって、水課金と生産効率の向上とを組み合わせたモデルの構築について考慮していく必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成 19 年度版日本の水資源
<http://m/m/www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizuseim/hakusyom/index5.html>
- 2) 国連教育科学文化機関(UNESCO)：World Water Resources at the Beginning of the 21st Century, 2003
- 3) 国連開発計画(UNDP)：人間開発報告書, 2006
- 4) 幡野貫之・奥田隆明：中国黄河流域における水配分の応用一般均衡分析, 環境システム研究論文発表会講演集, 第 33 回, Vol.33, pp.65-72, 2005
- 5) 小池淳司・石倉智樹・小林優輔：EXCEL で学ぶ地域・都市経済分析, 上田孝行編著, コロナ社, 第 4 章 pp.79-110, 2010
- 6) 細江宣裕・我澤賢之・橋本日出男著：テキストブック応用一般均衡モデリング プログラミングからシミュレーションまで, 東京大学出版会, pp.1-134, 2004