

東京大学公共政策大学院  
2015 年度秋学期「事例研究（ミクロ経済政策・解決策分析 I）」

地方公営水道事業における余剰施設除却の  
効果及び消費者還元に関する定量分析

高橋雄一<sup>1</sup> 松縄 暢<sup>2</sup> 森 悠太郎<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> 東京大学公共政策大学院 経済政策コース 2 年  
<sup>2</sup> 東京大学公共政策大学院 経済政策コース 2 年  
<sup>3</sup> 東京大学公共政策大学院 経済政策コース 2 年

## 目次

<b>Executive Summary</b> .....	3
1. 研究概要と背景.....	5
1.1. 研究背景.....	5
1.2. 対象都市（北九州市）.....	7
1.3. 対象都市（福岡市）.....	8
1.4. 対象都市水道事業の概要.....	9
1.5. 分析概要.....	11
2. 施設除却による費用削減効果.....	12
2.1. 概略.....	12
2.2. 除却による効果の推計.....	12
2.3. 推計結果.....	18
3. 北九州市における水道価格と使用量のモデル推計.....	19
3.1. 使用するデータとモデル.....	19
3.2. 検定結果.....	19
3.3. 推定結果.....	20
4. 消費者還元ケースと評価.....	23
4.1. 分析の流れ.....	23
4.2. 市の財政改善度の指標.....	24
4.3. 北九州市における結果.....	25
4.4. 福岡市における結果.....	26
5. 考察と提言.....	28
6. 分析の限界と今後の課題.....	29
謝辞.....	30
参考文献.....	31
Appendix.....	32
Appendix1 各変数の出典と算出方法.....	32
Appendix2 VAR 分析における余剰変化の計算方法.....	32

## Executive Summary

### 研究の背景と目的

現在、日本の水道事業については、将来的に維持管理・更新の財源が不足する可能性が指摘される。本稿では、全国政令指定都市の中でも特に水道の余剰施設及び財政問題が深刻な北九州市と現在余剰施設の削減を検討している福岡市を対象とし、余剰浄水場除却による費用削減額を算出するとともに、その費用削減分の消費者還元シミュレーションを行うことで、今後の余剰施設除却の可能性を検討することを目的としている。

### 分析概要

本稿は以下の3つの手順で分析を行う。(なお、福岡市については月次の水道需要のデータが存在しないため、北九州市のモデル推定の結果を使用する。)

- ① 除却可能な浄水場の設備規模と除却に伴う費用削減効果を試算する。
- ② 除却に伴う費用削減分を価格変更によって消費者に還元させるために、価格・数量のモデルを推定する。
- ③ 消費者に全て便益を還元させるケースや、市の財政の観点も踏まえ市からの補助金を廃止した後消費者に還元するケース、費用削減に伴う便益を全て水道事業者・市に帰着させるケースを設け、それぞれのケースにおける余剰の増分や市財政の改善度を評価する。

### 分析結果

まず、北九州市についての分析結果である。除却による経常費用の削減効果(割引後)は6.40億円/年であると推測される。除却の効果を消費者に全て分配するためには、第二段階の限界価格(13mm、20mmともに現行税込み131.76円)を13mmであれば3~12円、20mmであれば4~10円引き下げれば良いということが推測される。もしくは、基本料金(現行税込み13mm:8812.8円、20mm:11644円)を13mmであれば年間1370円、20mmであれば年間1315円引き下げるという方法も考えられる。市からの補助金を廃止した後に消費者へ分配するためには、限界価格を13mmであれば3~11円、20mmであれば3~9円下げる、又は基本料金を13mmであれば1166円、20mmであれば1120円下げれば良い。その際、将来負担比率は1.7%減少する。除却の効果を全て生産者余剰に回した場合、将来負担比率は約9.6%減少する。

続いて、福岡市についての分析結果である。除却による経常費用の削減効果(割引後)は5.44億円/年であると推測される。除却の効果を消費者に全て分配するためには、第二段階の限界価格(13mm、20mmともに現行税込み167.4円)を13mmであれば3~10円、20mmであれば1~4円引き下げれば良いということが推測される。もしくは、基本料金を13mmであれば年間702円、20mmであれば年間1406円引き下げるという方法も考えら

れる。市からの補助金を廃止した後に消費者へ分配するためには、限界価格を 13mm であれば 3~9 円、20mm であれば 1~3 円下げる、もしくは、基本料金を 13mm であれば 600 円、20mm であれば 1201 円下げれば良い。その際、将来負担比率は 0.9%減少する。除却の効果を全て生産者に回した場合、将来負担比率は約 7%減少する（なお、限界価格を引き下げて消費者に還元するケースでは、数量変化に伴い再び価格が引き下げられるというフィードバックが発生するため、最終的な価格はさらに引き下げられることになる。詳しくは 4.3.参照）。

各還元ケースに優劣をつけることは難しいが、いずれのケースでも最終的には料金減少や減税等を通じて消費者に還元されるものと考えられる。そのため、短期的に消費者に還元したい場合ならば、全額消費者へ還元し、市の財政を重視して、長期的な還元を考えるならば全額市へ還元、その中間ならば補助金の廃止と消費者への還元することになるだろう。また、限界価格で消費者還元を行う場合、結果に幅があり、また需要を増加させてしまうことで供給不足のリスクを高めうるため、消費者行動を変化させない基本価格引き下げによる還元が望ましいと考えられる。

## 1. 研究概要と背景

### 1.1. 研究背景

水道事業において、今後増加する施設の更新需要への対応が課題となっている。図 1-1 は水道施設の除却額（赤）と投資額（青）の推移を表しているが、10 年後の 2025 年には除却額が投資額を上回る見込みである。既存の水道施設は高度経済成長期に建設されたものが多く、老朽化に伴い除却される施設が増える。その一方で、人口減少に伴う財政状況の逼迫から、投資可能額は減少することが予想されている。

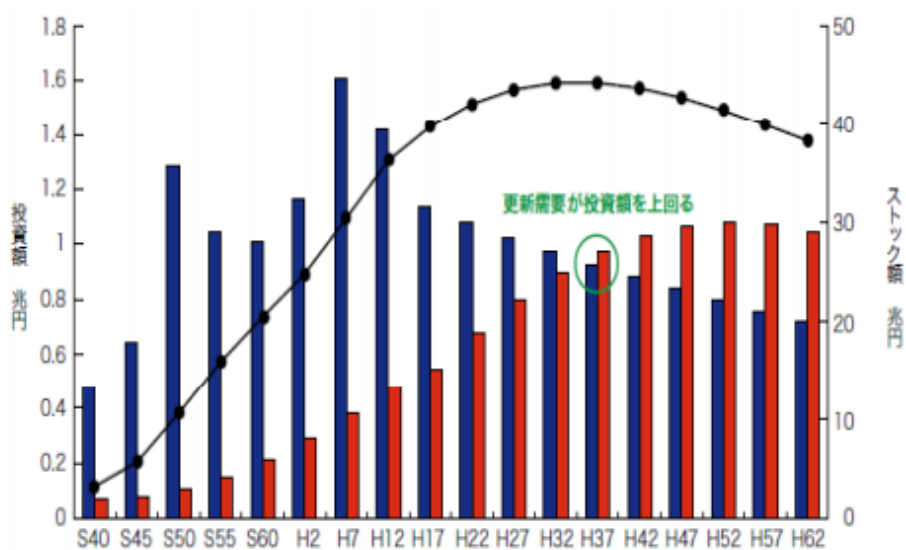


図 1-1 水道施設の更新費用等の推移

出所) 国土審議会水資源開発分科会(2013)「施設の老朽化対策と適切な維持管理」より引用

また、人口減少に伴い水需要の減少も見込まれる。図 1-2 は、水道事業の将来の需要水量（有収水量ベース）を表しているが、1990 年代後半をピークに水需要が減少することが推計されている。水需要の減少に伴い、水道施設の稼働率が低下し、施設規模が需要に対して過大な状況になると考えられる。ゆえに、今後除却されるすべての施設を再投資するのではなく、余剰な施設については除却したままとするなど、減少する水需要に見合った規模での更新を行う必要があると考えられる。

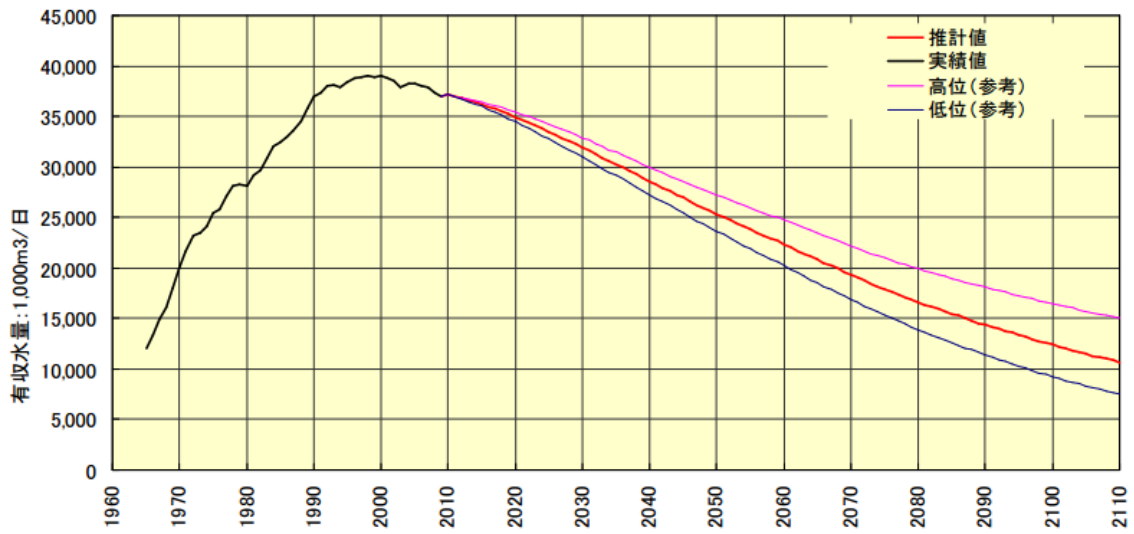


図 1-2 水道事業の将来の需要水量(有収水量ベース)

出所) 厚生労働省健康局(2013)「第3回新水道ビジョン策定検討会資料」より引用

余剰な水道施設の除却は、上水事業における経常費用の削減に繋がる。図 1-3 は本稿にて分析対象とする北九州市上水事業（理由は後述）の経常費用の内訳を示しているが、施設・設備等の減価償却費が経常費用の半分近くを占めている。ゆえに水道施設の除却が経常費用の削減に与える影響は大きく、削減分を市に全て帰着させ財政状況を改善させる、又は料金引き下げを行い消費者に還元して総余剰を増加させることができると考えられる。

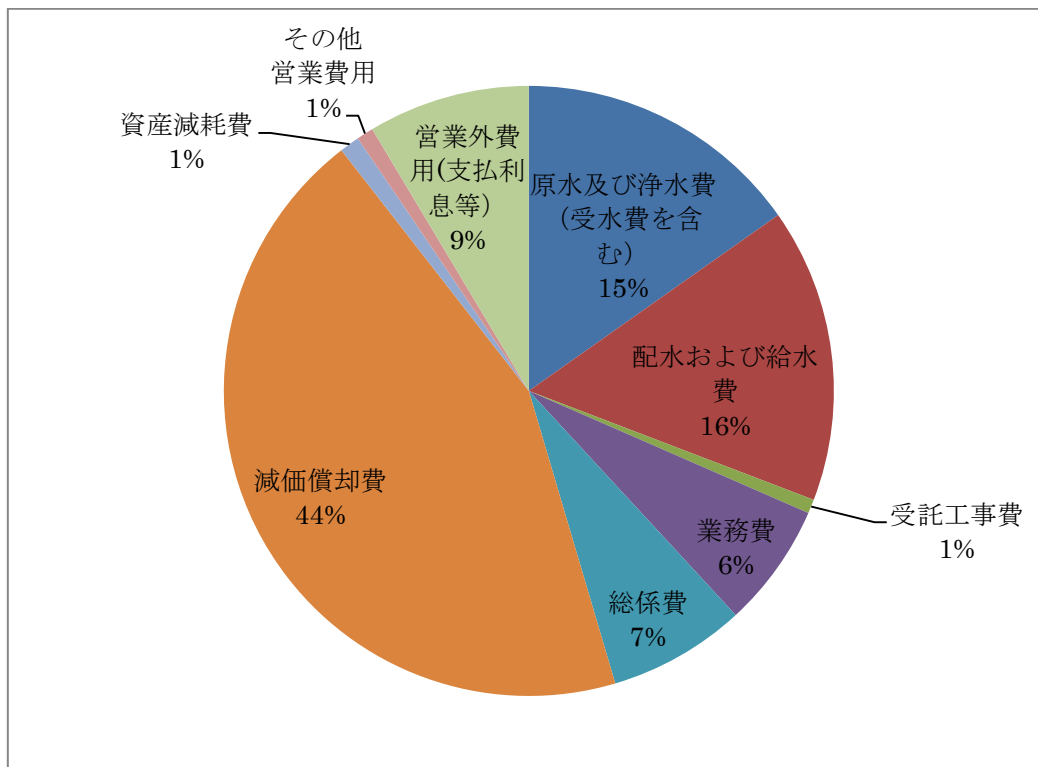


図 1-3 北九州市水道事業経常費用内訳 (平成 25 年)  
出所) 総務省 (2013) 「平成 25 年度地方公営企業年鑑」より作成

上記のような背景から、本稿では、水道施設の更新時に一部施設の除却を行い、規模を縮小することにより費用がどれだけ削減されるかを推計する。その上で、費用削減分を市の財政改善に充てる、料金引き下げを行い消費者に還元するなどのケースを設定し、その評価を行う。なお、本稿では、水道施設のうち、上水事業において中核的役割を果たすと考えられる浄水場を分析対象とする。

## 1.2. 対象都市 (北九州市)

本稿では、全国の水道事業の中でも水道施設除却の必要性が高いと考えられる北九州市を分析対象とする。以下の2つの理由から、北九州市では水道施設除却の必要性が高いと考える。

1つ目は、人口減少の著しさである。表 1-1 は、政令指定都市別の人口増加率、高齢人口割合を示したものであるが、北九州市は政令指定都市の中で最も人口減少が進んでおり、それに伴う水道需要の減少が予想される。また人口減少による税収減及び急速に進む高齢化による社会保障費の増加など、財政状況の逼迫が予想される。

表 1-1 北九州市の人口増加率・高齢人口割合

	1位	2位	3位	18位	19位
人口増加率 (H17～27)	川崎市 (4.5%)	福岡市 (4.7%)	さいたま市 (2.8%)	静岡市 (-4.3%)	北九州市 (-5.6%)
高齢者人口 割合 (H17)	川崎市 (15%)	相模原市 (15%)	福岡市 (15%)	静岡市 (21%)	北九州市 (22%)

出所) 北九州市 (2015) 「北九州市の現状認識(人口・資産の状況)—政令指定都市比較を中心として—」より引用

2つ目は、水道施設の稼働率の低さである。表 1-2 は、北九州市の施設利用率<sup>4</sup>、最大稼働率<sup>5</sup>を政令指定都市の平均、全国平均と比較したものであるが、北九州市の施設利用率、最大稼働率はどちらも政令指定都市平均、全国平均を大きく下回っている。なお、政令指定都市の中では最も低い値である。

表 1-2 北九州市の浄水場稼働率

	北九州市	政令指定都市平均	全国平均
施設利用率 (%)	41.2	61.2	59.6
最大稼働率 (%)	45.5	70.0	66.0

出所) 総務省 (2013) 「平成 25 年度地方公営企業年鑑」より作成

このように、北九州市では人口減少に伴う水需要の低下、財政状況の逼迫に直面しており、現状の稼働率も低く施設の規模が需要に対して過大である。ゆえに、北九州市では水道施設除却の必要性が高いと言える。

### 1.3. 対象都市 (福岡市)

本稿では、北九州市の分析結果を元に、北九州市と異質性が少ないと考えられる福岡市についても、水道施設除却の効果を推計する。表 1-3 のように、人口は 100 万人程度と都市規模が同様で、また近接しており渇水日数も同様なことから地理的条件が近いと考えられる。また、施設利用率、最大稼働率は 60%を下回っており設備規模が需要に対して過大であると言える。

<sup>4</sup> 1日平均配水量を1日配水能力で除したものであり、施設の平均的な稼働率を表す。

<sup>5</sup> 1日最大配水量を1日配水能力で除したものである。



表 1-3 北九州市と福岡市の比較

	人口 <sup>6</sup> (人)	喝水日数 <sup>7</sup> (回/年)	施設利用率 <sup>8</sup> (%)	最大稼働率 (%)
北九州市	957,994	5~8	41.2	45.5
福岡市	1,532,803	5~8	58.8	57.7

#### 1.4. 対象都市水道事業の概要

本稿にて分析対象とする、北九州市と福岡市の浄水場、水道料金の概要について述べる。

まずは北九州市水道事業の概要について述べる。表 1-4 のように、北九州市には5つの浄水場があり、そのうち穴生、畑、道原の3つの浄水場については、建設年から50年以上が経過している。

表 1-4 北九州市浄水場の概要

	穴生	井手浦	本城	畑	道原
建設年(年)	1961	1972	1980	1966	1913
配水能力割合(%)	39	33	18	3	1

出所) 北九州市(2013)「平成26年度水道工業用水道下水道事業年報」より作成

また、水道料金については表 1-5 のようになっている。なお、北九州市は2009年4月に価格体系と従量料金の変更を行った。図 1-4 は、価格体系の変更について図示したものである。限界価格(1 m<sup>3</sup>当たりの従量料金)と月当たりの使用量を表しており、右下がりの直線は需要曲線である。毎月10 m<sup>3</sup>までの料金は、価格体系変更前までは使用量に依存せず一定であったが、変更後は10 円/m<sup>3</sup>の従量料金となった。従量料金の変更については、第2段階以降の従量料金が引き下げられた。すなわち、第1段階の従量料金の引き上げ、第2段階以降の従量料金の引き下げが合わせて行われたと言える。

表 1-5 北九州市現行水道料金(税抜き)の概要

口径	基本料金(円/月)	1~10 m <sup>3</sup> (円/m <sup>3</sup> )	11~25 m <sup>3</sup> (円/m <sup>3</sup> )
13mm	680	10	122
20mm	900	10	122

出所) 北九州市(2013)「平成26年度水道工業用水道下水道事業年報」より作成

<sup>6</sup> 平成22年国勢調査をもとにした、平成27年推計人口

<sup>7</sup> 国土庁(1996)「水資源白書」より

<sup>8</sup> 総務省「地方公営企業年鑑」より

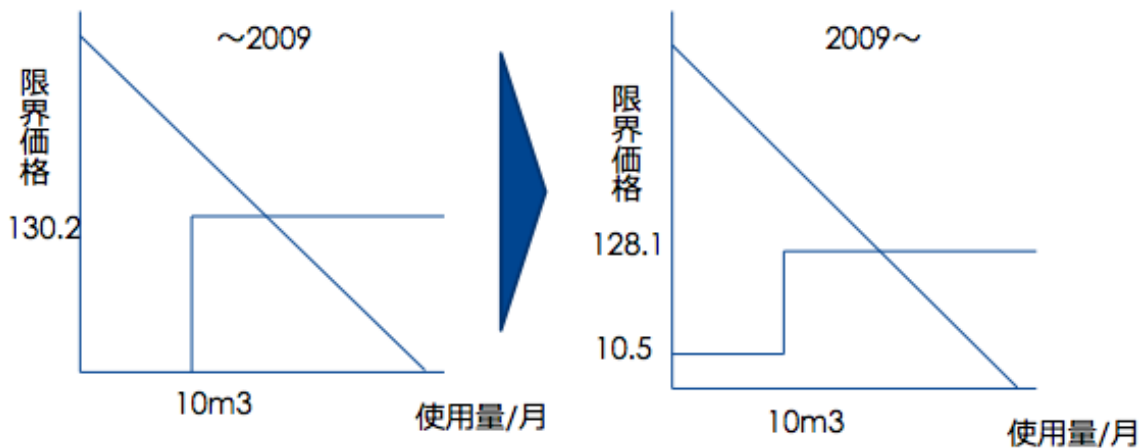


図 1-4 北九州市における水道料金の変更（税込み）<sup>9</sup>  
 出所）北九州市（2013）「水道工業用水道下水道事業年報」より作成

福岡市の浄水場、水道料金の概要はそれぞれ表 1-6、表 1-7 のようになっている。

表 1-6 福岡市浄水場の概要

	高宮	夫婦石	乙金	多々良	瑞梅寺
建設年（年）	1960	1977	1972	1988	1978
配水能力割合（％）	26	22	14	16	3

出所）福岡市（2013）「平成 26 年度版水道事業統計年報」より作成

表 1-7 福岡市現行水道料金の概要（税抜き、1 ヶ月換算）

口径	基本料金（円／月）	1～10 m <sup>3</sup> （円/m <sup>3</sup> ）	11～20 m <sup>3</sup> （円/m <sup>3</sup> ）
13mm	850	17	155
20mm	1,330	17	155

出所）福岡市（2013）「平成 26 年度版水道事業統計年報」より作成

また、北九州市と福岡市における口径別 1 世帯<sup>10</sup>あたりの平均上水使用量<sup>11</sup>は下図のようになる。

<sup>9</sup> なお、2014 年 4 月より消費税が 8%に増税されたため、現行の第 2 段階価格は 131.76 円である。

<sup>10</sup> 分母として、北九州市では各口径の契約戸数を、福岡市ではメーター設置数を使用した。

<sup>11</sup> 上水使用量の統計は市によって異なり、北九州市では一般給水（一般用、集合住宅用）と特別給水（共用、湯屋用、臨時用、船舶用、分水）に分類され、また福岡市では家事用、家事以外の用、公衆浴場用、一時用に分類されている。そのため、本稿では北九州市における一般給水と福岡市における家事用・家事以外の和を各市の上水使用量として扱う。なお、値は平成 23～25 年度の平均である。

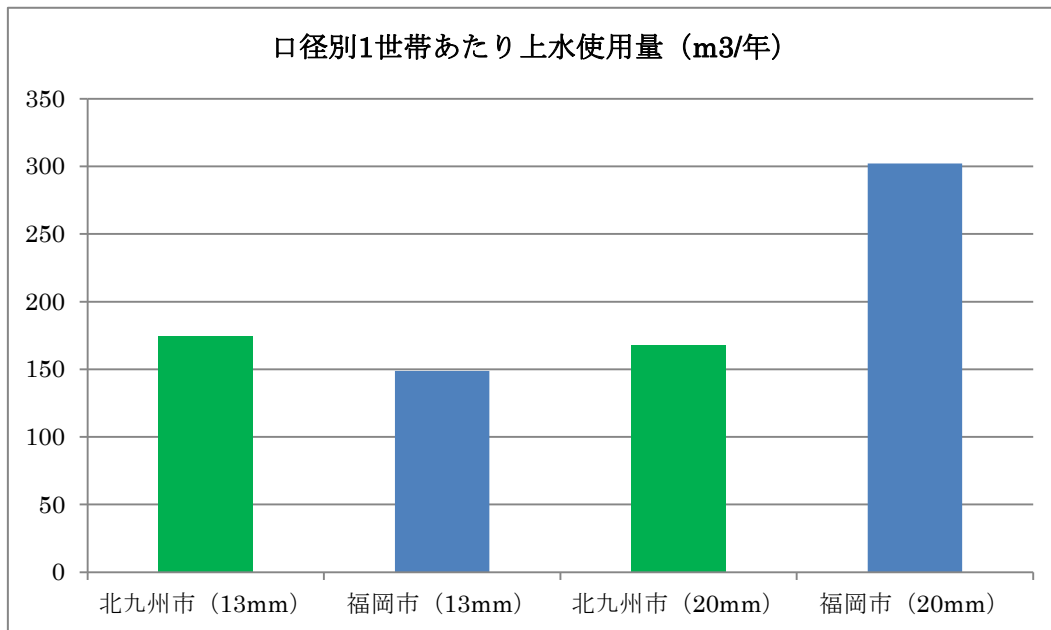


図 1-5 口径別 1 世帯あたり上水使用量

グラフより、13mm においては北九州市と福岡市にそれほど大きな相違は無いが、20mm では福岡市の上水使用量が北九州市を大幅に上回っていることが分かる。背景としては、北九州市と福岡市における産業構造上の相違やマンション戸数の多寡等が考えられる。本研究では福岡市におけるデータ制約から、北九州市のデータを用いて推定した価格・数量のモデルを福岡市にも当てはめるが、結果の信頼性は 20mm 使用世帯に関しては限定的であると考えられる。

### 1.5. 分析概要

ここで、本稿にて分析する「水道市場」の定義付けを行う。本稿では、13mm 口径と 20mm 口径に属するものを分析対象の市場とする。理由は、ほぼすべての世帯がこの 2つの口径を使用しているためである。また、本稿の分析は、以下の 3つの手順で行う。

1. 北九州市、福岡市浄水場における費用削減可能額の算出
2. 北九州市における水道価格と使用量のモデル推定
3. 消費者還元ケースの設定と評価

1つ目の手順として、北九州市、福岡市の特定の浄水場を除却し、更新を行ったとするならば発生したであろう減価償却費分を費用削減可能額として計算する。2つ目の手順として、北九州市における水道価格が使用量に与える影響について、VAR モデルの推定を行う。3つ目の手順として、除却により削減した費用の分配方法について、市の財政改善に充てる、水道料金を引き下げるなど複数のケースを設定し、手順2の結果を元にその評価を行う。なお、福岡市については北九州市のモデル推定の結果を使用する。

## 2. 施設除却による費用削減効果

本章では、対象都市において浄水施設除却を行った際に削減が可能な費用額を算出する。

### 2.1. 概略

前章で指摘したとおり、今回の研究対象である北九州市および福岡市は過剰な規模の浄水場を保有しており、相当程度の施設の除却が可能であると考えられる。そこで、各市においてどれだけの規模の浄水場が除却可能かを求めた上で、それらの「除却による効果」を試算する。

具体的な推計に入る前に、ここで今回算出する「除却による効果」について定義付けをしておく。企業会計においては、ある浄水場の再投資を行った場合には、その耐用年数に亘って減価償却費が毎年度発生し、それを費用として計上する。本分析では、施設再投資を行った場合に発生する減価償却費の合計額（割引後）を、再投資を行わなかった場合に削減できる費用とみなし、その費用削減分を「除却による効果」とする。本稿において、「除却」は、施設の解体を指しているものでなく、今後施設の再更新を行わないこと、すなわち「放置」に近いものである点に留意されたい。

### 2.2. 除却による効果の推計

除却による効果の推計は以下の5つの手順で行う。

1. 除却可能な施設規模を算出
2. 各浄水場の再投資額の算出
3. 各年度減価償却費の算出（定率法による）
4. 各年度減価償却費の現在価値換算
5. 期間中合計の割引後減価償却費の算出

まず、1つ目の手順として、今回除却が可能であると考えられる浄水施設規模を求める。過去10年間の最大稼働率のデータから算出した今後想定される最大稼働率の上限値（99.7%信頼区間の上限）にもとづき、各市における除却可能割合を算出した。最大稼働率の値は、総務省が毎年発行している『地方公営企業年鑑』の直近10年間（平成16年度から平成25年度）のデータを用いた。除却可能割合を求める上で想定する今後の最大稼働率上限値は、直近10年間の最大稼働率の平均値+3 $\sigma$ （ $\sigma$ ：標準偏差）、すなわち99.7%信頼区間の上限値を用いる。この上限値は、北九州市で54.0%、福岡市で61.1%となった。以下の図2-1に、対象都市の浄水場最大稼働率の推移と信頼区間上限を示した。北九州市、福岡市のいずれも最大稼働率は低下傾向にあり、特に北九州市においてはここ10年間で7%程度も低下している。こういった現況を鑑みると、今後最大稼働率が今回設定した上限値を超えることは考えにくく、上限値を基準とした施設の除却は十分に可能であると言える。これをもとに、対象各市における除却可能割合を、北九州市で46.0%、福岡市で38.9%とする。

この規模は、北九州市では市内 5 つの浄水場のうち、穴生 (39%)、畑 (3%)、道原 (1%) の合計 (43%)、福岡市では市内 5 つの浄水場のうち、夫婦石 (22%)、乙金 (14%) の合計 (36%) に匹敵する。今回は、これらの浄水場を各市における施設除却の対象として、その除却の効果を推定することとする。本来であれば、各浄水場の稼働率を把握したうえで浄水場ごとに除却による規模縮小を行うことが現実的であるが、今回は各浄水場の最大稼働率や更新費用に関するデータの制約から、浄水場単位で除却を行うと仮定する。この仮定はやや現実味に欠けるが、それを差し置いても、全国の自治体で過剰な規模の水道施設を保有しながら除却を検討していないという現状に対して、その除却による効果の可能性を示すことで一石を投じることの価値は大きいと言えよう。

また、今回、送・配水管路網の再編についてのケース設定や再編に必要な費用等の算出は行わない。現状の送・配水管路網についての情報の不足から設定するケースおよび算出した費用の信頼度が十分に担保されないと考えられるほか、現状、送・配水管は頻繁に工事が行われており今回の除却に際して発生する再編費用が長期的にはさほど大きな重要性を持たない等の点を考慮したためである。

加えて、除却により再投資額だけでなく、施設の維持管理費も削減されるが、浄水場の維持管理費の推計を行うことが困難であったため、除却による費用削減額に含めない。また、水道施設の更新は、多くの場合、起債して行うことになるため、維持管理費のみならず支払利息も発生することとなるが、今回はこの支払利息分も除却による効果から捨象する。後述するが、除却による費用削減額を安全側に推計しているため、実際は本稿で推計した値以上に、除却による費用削減効果は大きいと考えられる。

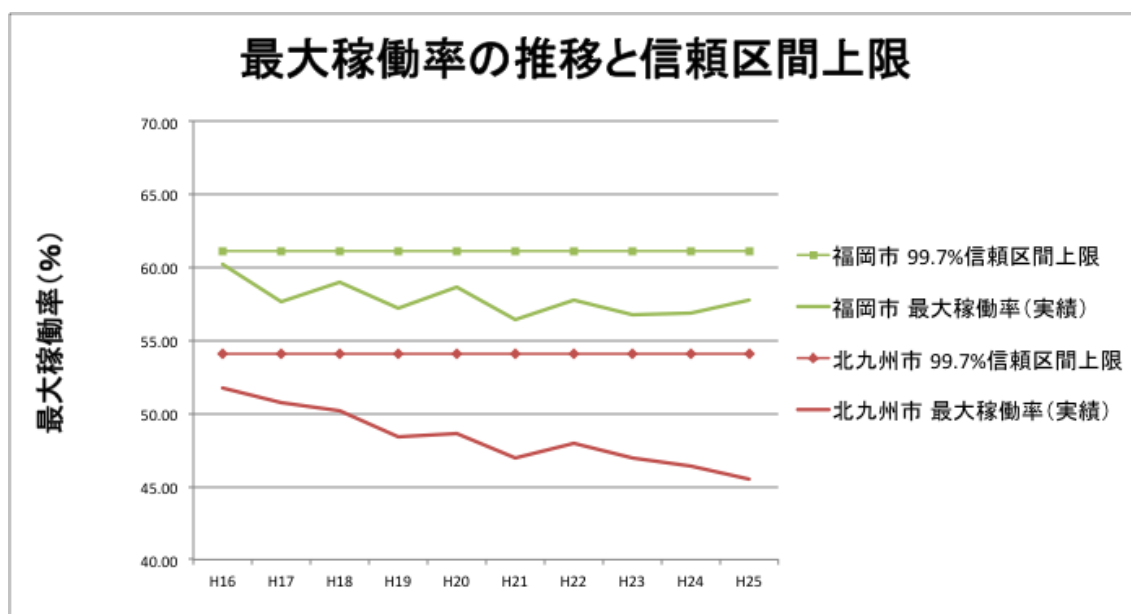


図 2-1 北九州市および福岡市の浄水施設の最大稼働率の推移と信頼区間上限

続いて、2つ目の手順として、各浄水場の再投資額（更新費用）を求める。浄水場は、土木・建築構造物と種々の設備からなっており、浄水場の更新費用の算出に際しては、個々の構造物・設備についてその特徴や性能から更新費用を求め、それらを合計することで算出する方法<sup>12</sup>が望ましいが、今回は対象都市の浄水場についての詳細な情報が十分に得られなかったため、簡易的に浄水場全体の更新費用を算出する。更新費用は以下の式を用いて算出する。

$$\text{更新費用(億円)} = \text{施設能力 (万 m}^3\text{/日)} \times \text{更新費用単価 (億円/(万 m}^3\text{・日))}$$

ここで、更新費用単価は表 2-1 に示す厚生労働省資料（2012a）の更新費用単価を用いて計算した。例として、穴生浄水場の更新費用を考えると、急速ろ過方式による浄水および施設能力 30 万 m<sup>3</sup>/日であることから、300 億円となる。

表 2-1 施設能力 1 万 m<sup>3</sup>/日あたりの更新費用（億円）

施設能力(m <sup>3</sup> /日)	浄水方法			
	急速ろ過	緩速ろ過	膜ろ過	塩素処理
1 万～5 万	12	12	9	1
5 万～	10	10	7	1
その他	6			

出所) 厚生労働省 (2012a) 「都道府県別主要浄水場データ」より作成

続いて、3つ目の手順として、定率法により各年の減価償却費を求める。減価償却費の算出に必要な償却率等の値は、減価償却資本の耐用年数に応じて与えられる。今回は各浄水場に関するデータの制約上、多くの施設・設備からなる浄水場全体に1つの耐用年数を設定する必要がある。そこで、今後想定される全国の水道施設更新需要額の内訳データ(図 2-2)から、設備ごとの更新需要額で重み付けをして、水道施設全体の耐用年数を算出した。設備ごとの耐用年数は、日本水道協会の「水道施設更新指針」における法定耐用年数(表 2-2 浄水場各構造物・設備の法定耐用年数)に準ずる。本研究では、これによって算出した耐用年数(35.8 年≒36 年)を浄水場全体の耐用年数として便宜的に使用する。そして、その耐用年数 36 年に応じて、国税庁資料から償却率(0.056)、改定償却率(0.059)、保証率(0.01974)を得、これらの値を用いて各年度に発生する減価償却費を算出した。以下の図 2-3 に、穴生(更新費用 300 億円)、夫婦石(更新費用 174 億円)の 2 浄水場の例を示す。

<sup>12</sup> 浄水場の更新費用のこのような算出方法については、厚生労働省健康局水道課(2011)「水道事業の再構築に関する施設更新費用算定の手引き(平成 23 年 12 月)」に詳しい。

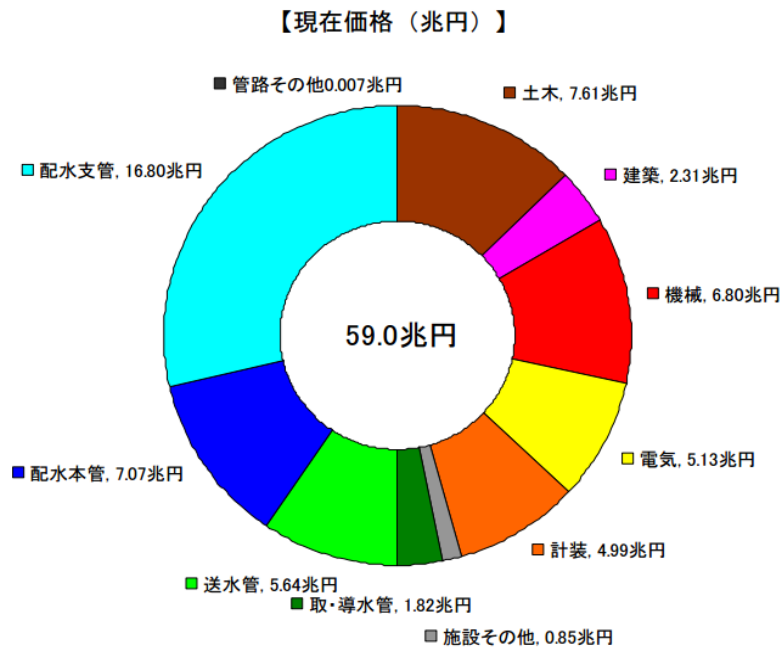


図 2-2 水道施設に関する現況資産の H21~H62 の更新需要(法定耐用年数で更新した場合) 出所) 厚生労働省健康局水道課資料 (2012)「今後の水道施設の更新等について (平成 24 年 10 月 29 日)」より引用

表 2-2 浄水場各構造物・設備の法定耐用年数

	法定耐用年数(年)
計装設備	10
機械設備	15
電気設備	20
水道管路	40
建築構造物	50
土木構造物	60

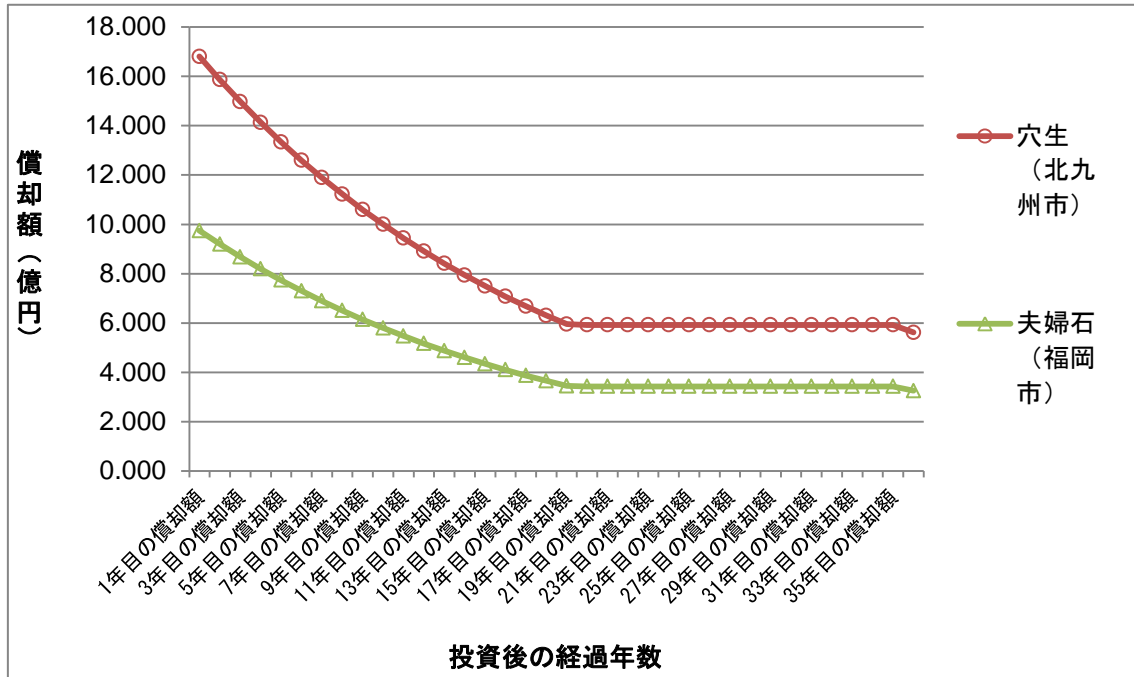


図 2-3 各年度の減価償却費（穴生、夫婦石）

続く 4 つ目の手順として、手順 3 で求めた各年度の減価償却費を現在価値換算する。今ある浄水場が耐用年数（36 年）を迎える年に再投資を行うと仮定し、割引率は 3% としている。以下の図 2-4 では、穴生・夫婦石浄水場の例を示す。穴生浄水場は 1961 年完成、夫婦石浄水場は 1977 年完成であり、いずれもすでに耐用年数の 36 年を経過しているため、2015 年に更新を行うと仮定する。



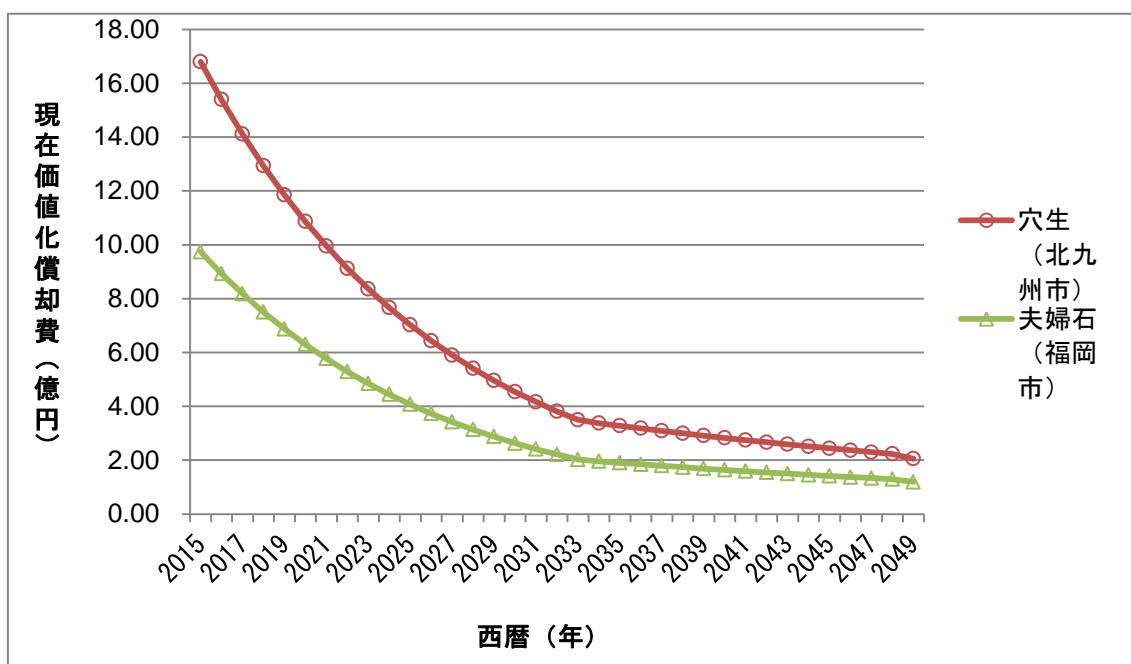


図 2-4 各年度の割引後減価償却費 (穴生、夫婦石)

最後の手順として、割引後の各年度の減価償却費を合計し、施設除却による効果を求める。各市で削減可能な浄水場と、それぞれの減価償却費合計 (割引後) および、それを耐用年数で除した平準化費用は以下の表 2-3 のとおりである。また、これら浄水場の除却を行った場合の各市における効果は、次の表 2-4 に示したとおりである。この結果については次節で述べることとする。

表 2-3 各浄水場の除却による効果

耐用年数 36 年とした場合		北九州市			福岡市	
		穴生	畑	道原	夫婦石	乙金
更新費用	億円	300	29	6	174	111
市全体に占める配水能力の割合		39%	3%	1%	22%	14%
割引後減価償却費合計 (C)	億円	206.40	19.81	4.13	119.71	76.02
平準化費用 (C/36)	億円	5.73	0.55	0.11	3.33	2.11

表 2-4 各市における浄水場除却による効果

耐用年数 36 年とした場合		北九州市	福岡市
		穴生・畑・道原合計	夫婦石・乙金合計
更新費用	億円	335	285
市全体に占める配水能力の割合		43%	36%
割引後減価償却費合計 (C)	億円	230.34	195.73
平準化費用 (C/36)	億円	6.40	5.44

### 2.3. 推計結果

まず、北九州市における浄水施設除却の効果についてまとめる。過去 10 年間の最大稼働率の推移から、穴生・畑・道原の 3 浄水場（計 43%）の除却が可能と考えられ、これら浄水場の除却を行った場合、36 年間で約 230 億円、年間にして 6.40 億円の費用削減につながる。これは直近 3 年間の北九州市水道事業の経常費用（163 億円）の 3.98%にあたる。

続いて、福岡市における効果をまとめる。過去 10 年間の最大稼働率の推移から、夫婦石・乙金の 2 浄水場（計 36%）の除却が可能と考えられ、これら施設の除却を行った場合、36 年間で 196 億円、年間にして 5.44 億円の費用削減につながる。これは直近 3 年間の福岡市水道事業の経常費用（300 億円）の 1.84%にあたる。

### 3. 北九州市における水道価格と使用量のモデル推計

#### 3.1. 使用するデータとモデル

価格変化により、除却による便益を消費者に還元するシミュレーションを行うため、まずは水道料金と世帯あたり有収水量を用いたモデルの推定を行う。また、限界価格の変化が乏しく、消費者が限界価格ではなく平均価格で使用量を決定している可能性もあるため、限界価格と平均価格双方のモデルを推定した。なお、以下では特に指定のない限り、限界価格は第二段階従量料金を指すものとする。

期間：2005年4月～2014年3月（北九州市）

各モデル：下記表3-1参照（各変数の出典はAppendix1参照）。なお、月次ダミーとしては需要量が平均的な6月を基準月として用いた。また、平均価格モデルにおいては2009年4月以降価格体系が変更しているため、変更以降の月には価格体系変更ダミーを設けた（1.4.参照）。

表 3-1 推定モデル

	限界価格モデル	平均価格モデル
従属変数	世帯あたり有収水量	世帯あたり有収水量
独立変数	第二段階従量料金 (限界価格)	有収水量1単位当たり平均料金 (平均価格)
	世帯あたり平均所得	世帯あたり平均所得
	月次ダミー	月次ダミー
		価格体系変更ダミー

#### 3.2. 検定結果

時系列分析を行うに当たり Granger 因果性検定 (vargranger) と ADF 定常化検定 (ADF) を行った所、各変数の検定結果は下表のようになった。各変数は1階階差で定常化したものの、平均価格・世帯所得で従属変数（世帯あたり有収水量）との逆因果が認められたため、以降では VAR モデルの推定を行う。

表 3-2 検定結果

市場	変数	vargranger (maxlag24)	ADF
13mm	世帯あたり有収水量	-	1階階差で定常化
	限界価格	逆因果なし	1階階差で定常化
	平均価格	逆因果あり	1階階差で定常化
	世帯あたり平均所得	逆因果あり	1階階差で定常化
20mm	世帯あたり有収水量	-	1階階差で定常化
	限界価格	逆因果なし	1階階差で定常化
	平均価格	逆因果あり	1階階差で定常化
	世帯あたり平均所得	逆因果あり	1階階差で定常化

### 3.3. 推定結果

推定の結果、各モデルの IRF グラフは下図のようになった（P：限界価格 AP：平均価格 Q：世帯あたり有収水量）。また、varsoc で求めた最適ラグ近辺で安定化傾向が見られる場合は最適ラグ～最適ラグ+2 または最適ラグ-2～最適ラグまでの範囲でより安定している範囲の平均値を取った。逆に最適ラグ以降も値に幅が一定程度存在している場合は最適ラグ±1～最適ラグ+5 程度の範囲で平均値を求めた（赤枠）。

なお、IRF における係数は衝撃を加えられる変数が 1 標準偏差変化した場合の変化量を示すため、赤枠内平均値を標準偏差で除することで、表 3-3 及び表 3-4 内の 1 単位あたり変化分を求めた。

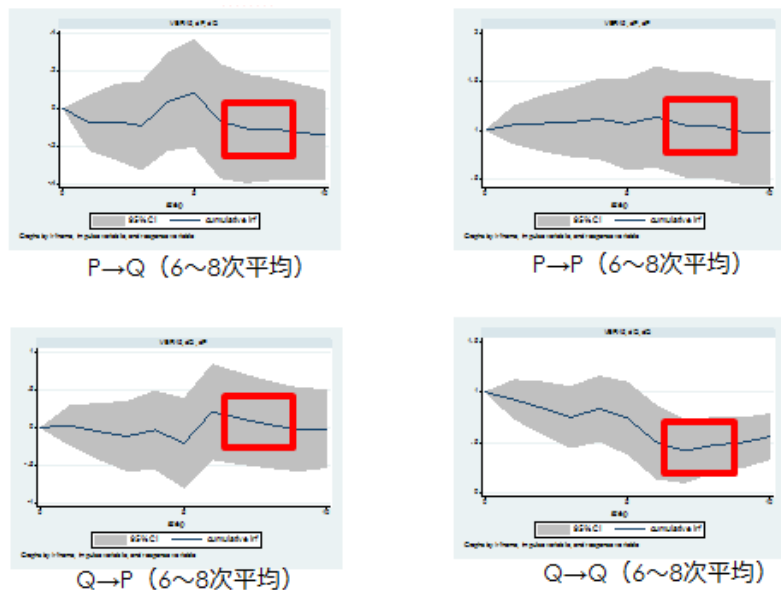


図 3-1 13mm 市場限界価格を用いたモデルの IRF グラフ (varsoc 最適ラグ：6 次)

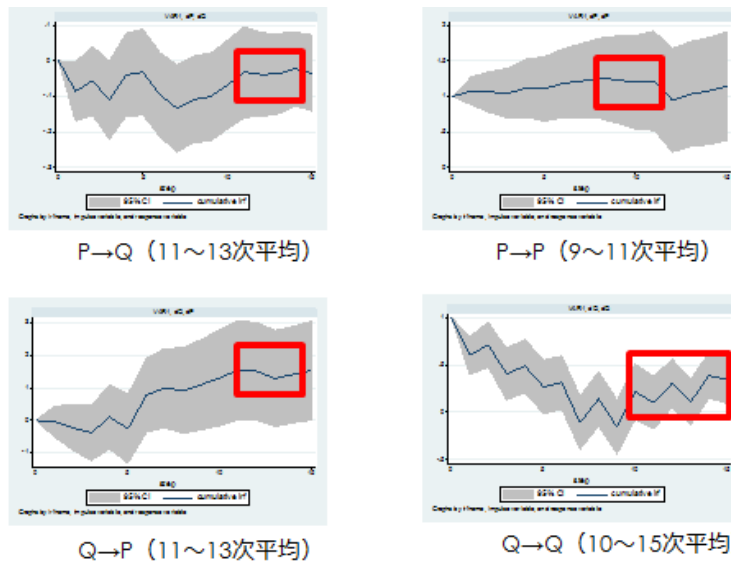


図 3-2 20mm 市場限界価格を用いたモデルの IRF グラフ (varsoc 最適ラグ : 11 次)

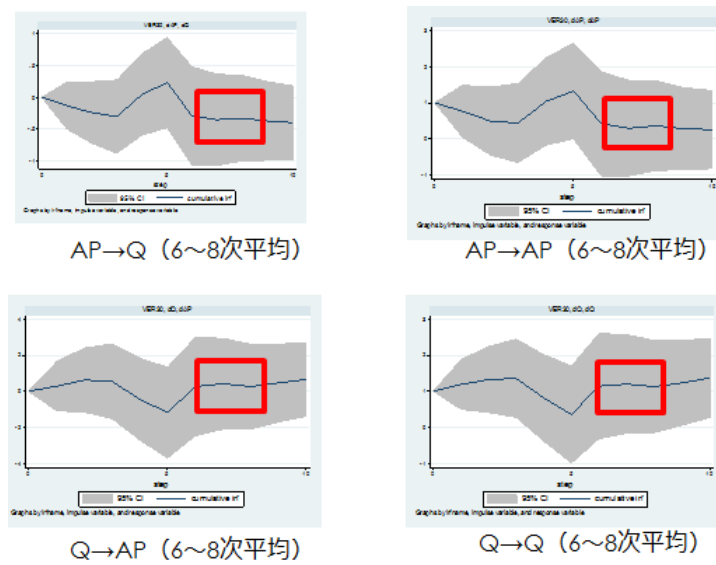


図 3-3 13mm 市場平均価格を用いたモデルの IRF グラフ (varsoc 最適ラグ : 6 次)

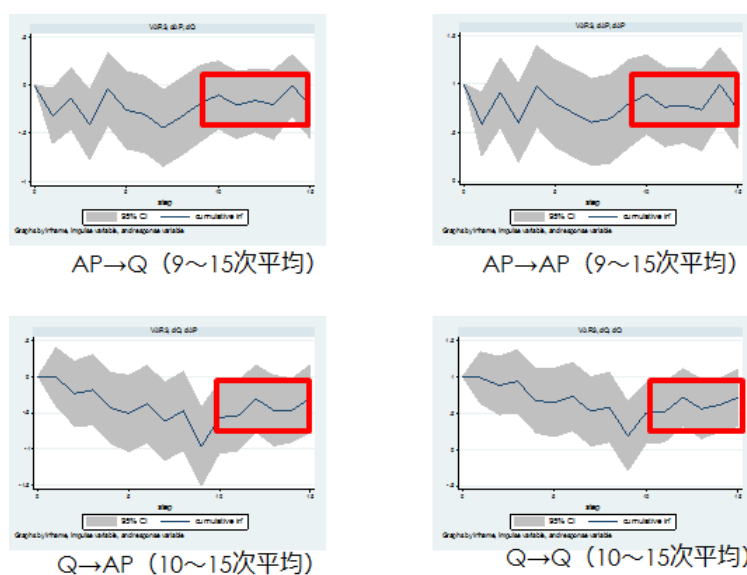


図 3-4 20mm 市場平均価格を用いたモデルの IRF グラフ (varsoc 最適ラグ : 9 次)

表 3-3 限界価格モデル推定結果 (青字 : 内生変数)

モデル	口径	説明変数 (ダミー含めて全て 1 階階差)	1 単位当たり変化分			
			P→Q	Q→P	P→P	Q→Q
限界価格モデル	13mm	限界価格、世帯あたり平均所得、 月次ダミー	-0.46	-0.17	5.32	0.97
	20mm	同上	-0.17	2.32	6.00	0.39

表 3-4 平均価格モデル推定結果 (青字 : 内生変数)

モデル	口径	説明変数 (ダミー含めて全て 1 階階差)	1 単位当たり変化分			
			AP→Q	Q→AP	AP→AP	Q→Q
平均価格モデル	13mm	平均価格、世帯あたり平均所得、 月次ダミー、価格体系変更ダミー	-0.35	0.64	0.39	2.42
	20mm	同上	-0.22	-0.71	1.14	0.97

#### 4. 消費者還元ケースと評価

3章の結果を用いて、2章で求めた除却に伴う費用削減分を消費者に還元するために必要な価格変化及び余剰の変化分を試算する。また、市の財政状況を改善させるために、便益の一部または全てを市に帰着させるケースや、価格変化の方法による分類も合わせて以下5ケースを検討する。

- ①基本価格の変化によって全て消費者に還元する
- ②限界価格の変化によって全て消費者に還元する
- ③補助金を廃止した後、限界価格の変化により消費者に還元する
- ④補助金を廃止した後、基本価格の変化により消費者に還元する
- ⑤補助金を廃止した後、さらに残余も全て市に帰着させる

③④⑤にある「補助金」とは、市が水道事業に対して、予算から交付する「他会計負担金」のことである。費用削減分を財政状況の改善に充てるにあたり、まずは市からの補助を削減すると仮定した。値は、平成23～25年の平均である約9,500万円<sup>13</sup>を用いる。

また、以下のシミュレーションでは消費者は合理的に行動する（基本価格の変化によっては消費者行動は変化しない）ものとして扱う。ただし、水道事業は価格変化に乏しく、前章で求めた限界価格を用いたモデルが完全に妥当であるとは言い切れないため、結果に幅を持たせるべく平均価格を用いた際の係数でもシミュレーションを行った。

なお、消費者に対して還元を行うケースでは（①～④）、13mmと20mm口径の使用世帯が主流であるため、便益はこれらの口径を使用している世帯に還元すると仮定する。

##### 4.1. 分析の流れ

分析は部分的にでも消費者に還元を行うケース（①～④）と全て市に帰着させるケース（⑤）で異なるため、以下に詳述する。

- 消費者に還元を行うケース（①～④）
  - i. 除却に伴う費用削減効果を全て13mm口径と20mm口径の消費者に帰着させると仮定し、各市場の水道需要量に応じて削減額を振り分ける（補助金を廃止する場合は、費用削減効果から補助金を引いた上で振り分ける）。  
例) 13mm市場への振り分け額＝  
費用削減額×(13mm市場の需要量/13mmと20mm合計需要量)
  - ii. 各口径への振り分け額を使用世帯数で割ることで、1世帯当たり還元させる便益を求める。

<sup>13</sup> 総務省「地方公営企業年鑑」より

- iii. 基本価格の変化で還元させる場合は、上記で求めた金額分値下げすることで可能となる。また、第二段階の限界価格で還元する場合は、価格を引き下げると、価格自体に対してフィードバックが発生することに留意しながら（Appendix2）、1世帯に還元させる便益と消費者余剰の増分が等しくなるような価格を求める。
- iv. 結果を基に、市場全体における  $\Delta CS \cdot \Delta PS \cdot \Delta SS$  を計算する。また、補助金の廃止を行う場合は、将来負担比率（4.2 参照）の改善度を測り、市の財政改善度合いも測定する。

- 全て市に帰着させるケース（⑤）

補助金を廃止した上で、どれだけ市の財政状況が改善するかを将来負担比率（4.2 参照）を用いて試算する。

#### 4.2. 市の財政改善度の指標

廃止した市からの補助金、市に帰着した除却による費用削減分は、全て市債の償還に充てると仮定する。その上で市の財政改善度の指標として、将来負担比率を採用する。将来負担比率とは、公債などの将来負担が、その自治体の標準的な財政規模に対してどれほどかを表す指標であり、値が大きくなるほど市の将来財政の逼迫度合いが高まると評価できる。具体的には以下の式で求まる。

$$\text{将来負担比率（\%）} = \frac{\text{実質的な将来負債額（将来負担額 - 充当可能財源等）}}{\text{比較する財政の規模（標準財政規模 - 算入公債費等の額）}}$$

各変数について簡単に述べる。「将来負担額」は地方債残高など市の将来的な負担額である。「充当可能財源等」は充当可能基金、特定歳入など市債償還に充てられる財源の額である。「標準財政規模」は一般財源の規模、「算入公債費等の額」は、一般財源のうち元利償還金などの公債費を表す。それぞれの値は、平成 23～25 年度の平均<sup>14</sup>を用いる。本稿では、廃止した市からの補助金、市に帰着した除却による費用削減分は充当可能財源として積み立てられると考えるため、将来負担比率は減少することとなる。

なお、参考指標として市債発行額を採用する。ここでは除却による費用削減分を市の財源に組み入れ、その分毎年の市債発行額が減少すると考える。市債発行額の値として、ここでも平成 23～25 年度の値の平均<sup>15</sup>を用いる。

そして、ケースごとの将来負担比率、市債発行額は表 4-1 のようになる（なお①②に関しては便益を全て消費者に帰着させるため、将来負担比率及び市債発行額に変化は生じない）。

<sup>14</sup> 北九州市、福岡市ともに、福岡県（2013）「将来負担比率の状況と推移」の値を用いた。

<sup>15</sup> 北九州市、福岡市ともに、平成 23～25 年度決算の値を用いた。



表 4-1 将来負担比率、市債発行額計算結果

対象都市	ケース	将来負担費比率 (%)	市債発行額 (億円)
北九州市	平成 23～25 年平均	168.85	349.09
	③④補助金を廃止後、消費者に還元	167.18 (Δ-1.67)	348.14 (Δ-0.27%)
	⑤全て市に帰着させる	159.28 (Δ-9.58)	343.65 (Δ-1.56%)
福岡市	平成 23～25 年平均	189.92	365.67
	③④補助金を廃止後、消費者に還元	189.01 (Δ-0.90)	365.03 (Δ-0.17%)
	⑤全て市に帰着させる	182.95 (Δ-6.96)	360.23 (Δ-1.49%)

#### 4.3. 北九州市における結果

以上より、北九州市における分析結果は下表のようになった。なお、表中の P は限界価格を指し、ΔCS は価格が最終的に ΔP+ Δ'P 変化した際の消費者余剰変化分を指す。

表 4-2 北九州市結果 (全世帯、13mm20mm 口径合計)

全世帯合計		ΔSS (万円/年)	ΔPS (万円/年)	ΔCS (万円/年)	ΔQ (千 m3/年)	将来負担比率 減少 (%)
全て消費者に 還元	①限界価格引き下げ	64,000	0	64,000	6987~ 19815	0
	②基本料金引き下げ	64,000	0	64,000	0	0
補助金を廃止 した後、 消費者に還元	③限界価格引き下げ	54,491	0	54,491	5977~ 17475	1.67
	④基本料金引き下げ	54,491	0	54,491	0	1.67
⑤補助金を廃止した後、全て市に還元		54,491	54,491	0	0	9.58

表 4-3 北九州市 1 世帯あたり結果 (13mm 使用世帯)

1 世帯当たり(13mm)		ΔCS (円/年)	ΔP (円)	Δ基本料金 (円/年)	ΔQ (m3/年)	ΔP+Δ'P (円)
全て消費者に還元	①限界価格引き下げ	1370	-3~-12	0	19~51	-17~-21
	②基本料金引き下げ	1370	0	1370	0	0
補助金を廃止した後 消費者に還元	③限界価格引き下げ	1166	-3~-11	0	16~45	-15~-16
	④基本料金引き下げ	1166	0	1166	0	0
⑤補助金を廃止した後、全て市に還元		0	0	0	0	0

表 4-4 北九州市 1 世帯あたり結果 (20mm 使用世帯)

1 世帯当たり(20mm)		$\Delta CS$ (円/年)	$\Delta P$ (円)	$\Delta$ 基本料金 (円/年)	$\Delta Q$ (m <sup>3</sup> /年)	$\Delta P + \Delta'P$ (円)
全て消費者に還元	①限界価格引き下げ	1315	-4~-10	0	8~26	-22~-26
	②基本料金引き下げ	1315	0	1315	0	0
補助金を廃止した後 消費者に還元	③限界価格引き下げ	1120	-3~-9	0	6~23	-19~-22
	④基本料金引き下げ	1120	0	1120	0	0
⑤補助金を廃止した後、全て市に還元		0	0	0	0	0

これらの結果より、①②のケースでは総余剰が毎年 6.4 億円増加し、①では消費者に余剰を帰着させるために限界価格を 13mm では 3~12 円、20mm では 4~10 円引き下げる必要があると考えられる。また、本分析では VAR モデルを用いており、限界価格の低下は需要を増加させ、さらに価格を引き下げることに繋がると考えられるため (表 3-3 内 P→P 参照)、最終的に 13mm では 17~21 円、20mm では 22~26 円価格が引き下げられると推測される (表 4-3 内  $\Delta P + \Delta'P$ )。また、②より限界価格ではなく基本料金の引き下げで消費者に還元を行う場合、13mm の基本料金を 1 年あたり 1370 円、20mm では 1315 円引き下げることで還元が可能となる。

③④のケースでは補助金を廃止するため、総余剰の増分は約 5.4 億円となるが、将来負担比率は 1.67 ポイント改善する。③のように限界価格の引き下げで消費者に還元を行う場合は 13mm では 3~11 円、20mm では 3~9 円価格を引き下げる必要がある。また、①と同様の理由で、最終的な価格は 13mm では 15~16 円、20mm では 19~22 円引き下げられると推測される。基本料金を引き下げることで消費者に還元する場合は、④より 13mm では 1166 円、20mm では 1120 円毎年の基本料金を引き下げれば良いと考えられる。

⑤では補助金を廃止した上で便益を全て市に帰着させるために消費者余剰は増加しないが、将来負担比率は 9.58 ポイント改善すると考えられる。

#### 4.4. 福岡市における結果

3 章で求めた北九州市における価格・数量のモデルを福岡市にも当てはめて分析を行った結果、下表の結果を得た。

表 4-5 福岡市結果（全世帯合計）

全世帯合計		ΔSS (万円/年)	ΔPS (万円/年)	ΔCS (万円/年)	ΔQ (千 m <sup>3</sup> /年)	将来負担比率 減少 (%)
全て消費者に 還元	①限界価格引き下げ	54400	0	54400	6222~16511	0
	②基本料金引き下げ	54400	0	54400	0	0
補助金を廃止 した後、 消費者に還元	③限界価格引き下げ	46479	0	46479	5454~14693	0.90
	④基本料金引き下げ	46479	0	46479	0	0.90
⑤補助金を廃止した後、 全て市に還元		46479	46479	0	0	6.96

表 4-6 福岡市 1 世帯あたり結果（13mm 使用世帯）

1 世帯当たり(13mm)		ΔCS (円/年)	ΔP (円)	Δ基本料金 (円/年)	ΔQ (m <sup>3</sup> /年)	ΔP+Δ'P (円)
全て消費者に還元	①限界価格引き下げ	702	-3~-10	0	17~42	-14~-19
	②基本料金引き下げ	702	0	702	0	0
補助金を廃止した後 消費者に還元	③限界価格引き下げ	600	-3~-9	0	15~38	-13~-14
	④基本料金引き下げ	600	0	600	0	0
⑤補助金を廃止した後、全て市に還元		0	0	0	0	0

表 4-7 福岡市 1 世帯あたり結果（20mm 使用世帯）

1 世帯当たり(20mm)		ΔCS (円/年)	ΔP (円)	Δ基本料金 (円/年)	ΔQ (m <sup>3</sup> /年)	ΔP+Δ'P (円)
全て消費者に還元	①限界価格引き下げ	1406	-1~-4	0	2~9	-8
	②基本料金引き下げ	1406	0	1406	0	0
補助金を廃止した後 消費者に還元	③限界価格引き下げ	1201	-1~-3	0	2~8	-6~-7
	④基本料金引き下げ	1201	0	1201	0	0
⑤補助金を廃止した後、全て市に還元		0	0	0	0	0

## 5. 考察と提言

これまで、北九州市・福岡市を対象に、余剰水道施設の除却による費用削減額を算出し、水道価格が使用量に与える影響を推計した上で、費用削減分の分配方法についてケースを設定し、その評価を行った。4章4節の結果より、各ケースに優劣をつけることは難しいが、仮に市に全て便益が帰着したとしても、将来的には減税などの手段で消費者に還元されるため、いずれのケースでも最終的には消費者に還元されるものと考えられる。そのため、短期的に消費者に還元したい場合ならば、全額消費者へ還元し、市の財政を重視して、長期的な還元を考えるならば全額市へ還元、その中間ならば補助金の廃止と消費者への還元することになるだろう。

また、限界価格で消費者還元を行う場合、必要な価格の下げ幅は使用するモデルにより最大で10円程度異なる結果となった。さらに、限界価格の低下に伴い需要が増加することで供給不足のリスクを高めうるため、還元に必要な価格が一意的に求まり、かつ消費者行動を変化させない基本価格引き下げが望ましいと考えられる。

加えて、除却後の土地利用について述べる。本稿のように浄水場の廃止を行う場合は、未使用の公有地が発生する。京都市では、除却した山ノ内浄水場跡地を事業者に借地し、学校や病院の用地として有効活用している<sup>16</sup>。売却や借地をすることで自治体は多額の収入が見込めるが、施設を撤去し更地化するための費用も高い。大阪市は、大阪市柴島浄水場の用地売却を行った場合、売却価格は330億円に上るが、撤去費用も219億円と膨大になる<sup>17</sup>と試算している。一方で、埼玉県飯能市のように、施設稼働率を上げるために、浄水場の維持管理を行わず休止とする自治体もある<sup>18</sup>。ゆえに、売却や借地の見込みがあるならば更地化し、そうでなければ施設を残したまま維持管理を行わない形で除却するという選択もあり得る。用地の売却による収入を得ずとも、本稿で示した通り、消費者への還元や財政状況の改善を十分に行うことができる。

---

<sup>16</sup> 山ノ内浄水場跡地にて、京都市は学校法人大和学園、社会医療法人太泰病院と定期借地権設定契約を行った。

<sup>17</sup> 『建通新聞』2012年8月31日「大阪市柴島浄水場 土地売却は最大330億円」

<sup>18</sup> 飯能市は、2014年度に本郷浄水場の稼働を休止し、施設利用率を15.7%高めた。

## 6. 分析の限界と今後の課題

今回の分析に当っては主に3点の課題を残すこととなった。1点目は3章で求めたVARモデルの信頼性の限界である。本来ならばミクロ経済学に基づき限界価格を用いたモデルを推定すべきだが、今回のサンプル期間中に1度しか限界価格の変更がなされていないため、信頼性に限界があると考えられる。そのため本研究では限界価格を用いたモデルだけでなく平均価格を用いたモデルも推定し、結果に一定の幅を持たせることとした。

2点目は福岡市におけるデータ制約である。福岡市より頂いた水需要量のデータは隔月のものであり、十分なサンプル数を確保することができなかったため、地理的条件などが近い北九州市におけるVARモデルの結果を当てはめて分析を行った。しかし、北九州市と福岡市では特に20mm使用世帯において上水使用量に大幅な相違が見受けられるため、北九州市のデータで推定したモデルを福岡市に当てはめることは、必ずしも妥当であるとは言いきれない。通常、水道の検針は2ヶ月単位で行われるため、月次データを得ることは難しい。しかし、月次データへの加工処理や毎月調査の実施等により、月次データを公開する自治体が増えれば、精緻な分析が可能となり、水道事業における研究の発展に繋がる。

3点目は浄水場に関するデータ制約である。浄水場の減価償却費の算出においては、本来は個々の設備・施設ごとの更新費用と耐用年数を用いて行うべきであるが、本分析では浄水場データの制約から浄水場全体で更新費用と耐用年数を設定して行った。また、浄水場の維持管理費が不明瞭であるため、今回の研究からは除外した。そのため、実際には除却に伴いより大きなコスト削減効果が生まれると考えられる。より正確かつ詳細な分析を行うために、各自治体は浄水場設備や維持管理費に関する詳細な情報を開示すべきだろう。

## 謝辞

本稿の執筆にあたっては、多くの方にご協力を頂いた。特に指導教官である東京大学公共政策大学院の戒能一成先生、松村敏弘先生から、日頃より厳しいご指導とともに適切なアドバイスを頂いた。授業外においても、情報の提供など研究にあたって最適な環境を整えて頂いた。我々が有意義な研究を進めることができたのも、先生方のご支援のおかげである。また、福岡市水道局総務部営業企画課の久次様には、ご多忙の中、何度も分析に必要なデータの提供、質問項目への回答をして頂いた。そのほか研究に対して有益な助言サポートを頂いたすべての方々に厚く御礼申し上げたい。

なお、本稿におけるすべての誤りは、当然ながら筆者のみに帰する。

平成 28 年 1 月 筆者一同

## 参考文献

- 北九州市（2011）「平成 23 年度決算」  
北九州市（2012）「平成 24 年度決算」  
北九州市（2013）「平成 25 年度決算」  
北九州市「市民経済生産」  
北九州市「人口動態統計」  
北九州市「水道・工業用・下水道事業年報」（平成 17～25 年度）  
厚生労働省健康局水道課（2011）「水道事業の再構築に関する施設更新費用算定の手引き（平成 23 年 12 月）」  
厚生労働省（2012a）「都道府県主要浄水場データ」  
厚生労働省（2012b）「今後の水道施設の更新等について（平成 24 年 10 月 29 日）」  
厚生労働省（2013）「第 3 回新水道ビジョン策定検討会資料」  
国土審議会水資源開発分科会(2013)「施設の老朽化対策と適切な維持管理」  
国土庁（1996）「水資源白書」  
総務省「地方公営企業年鑑」（平成 16～25 年度）  
日本水道協会「水道施設更新指針 平成 17 年 5 月」  
飯能市（2015）「飯能市水道事業中期経営計画における安定給水対策について」  
福岡県（2013）「将来負担比率の状況と推移」  
福岡市（2011）「平成 23 年度決算」  
福岡市（2012）「平成 24 年度決算」  
福岡市（2013）「平成 25 年度決算」  
福岡市（2014）「平成 26 年度版水道事業統計年報」  
『建通新聞』2012 年 8 月 31 日「大阪市柴島浄水場 土地売却は最大 330 億円」  
京都市「山ノ内浄水場跡地活用」 <  
<http://www.city.kyoto.lg.jp/menu4/category/56-13-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0.html>>2016 年 1 月 18  
日アクセス

## Appendix

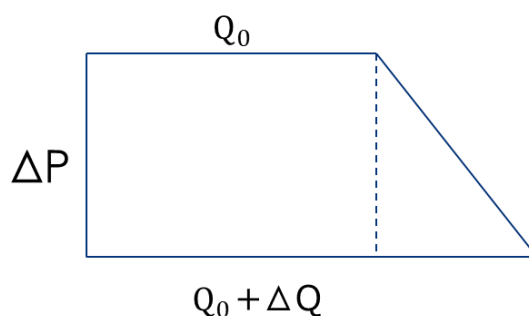
### Appendix1 各変数の出典と算出方法

変数名	算出方法	出典
世帯あたり有収水量	各口径別有収水量/各口径の契約世帯数	北九州市上下水道局事業年報
限界価格	11～25m <sup>3</sup> の従量料金 (1m <sup>3</sup> 当たり) に消費税を加算した値	北九州市上下水道局事業年報
平均価格	一世帯あたり平均支払額/一世帯当たり有収水量	北九州市上下水道局事業年報
世帯あたり平均所得	市民可処分所得 (家計) /市の世帯数	北九州市「市民経済計算」 「人口動態統計」
補足：一世帯あたり平均支払額	一世帯当たり平均有収水量を料金表に当てはめて計算	北九州市上下水道局事業年報

補足資料 1 各変数の出典と算出方法

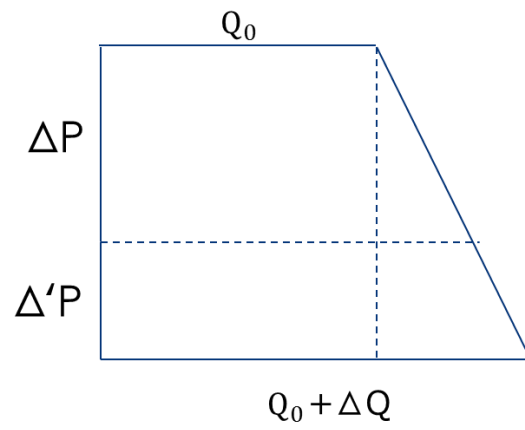
### Appendix2 VAR 分析における余剰変化の計算方法

従属変数から独立変数への逆因果が存在しない場合、価格変化に伴う余剰変化は補足資料 5 の台形面積で求められるが、VAR モデルでは価格変化により数量が変化し、再び価格が変化する ( $\Delta P$ ) 減少を加味する必要があるため、補足資料 6 の面積が余剰変化分となる。なお、本稿の推定結果 (表 3-3、表 3-4) 及び設定ケースと同様、 $\Delta P$  はマイナスであり、VAR モデルにおける P から P への係数が正であるという状況を仮定する。



補足資料 6 逆因果の無いモデル (ARMAX 等) における余剰変化分





補足資料 7 VAR モデルにおける余剰変化分