

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：32649

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K00672

研究課題名(和文) 持続可能な地下水管理ガバナンス構築のための日米豪比較政策研究

研究課題名(英文) Comparative policy analysis to establish sustainable groundwater governance

研究代表者

野田 浩二 (Noda, Koji)

東京経済大学・経済学部・教授

研究者番号：30468821

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は当初、持続可能な地下水管理ガバナンス構築のための日米豪比較政策研究であった。研究期間中に新型コロナ禍となったため、海外現地調査ができなくなり、日本とオーストラリアの2つの地域に絞って研究を進めた。日本については、地下水対策と経済対策のふたつの目的をもった工業用水事業に注目し、1999年度から2018年度までの20年間の87工業用水道事業者の生産性の変化を分析した。生産性の顕著な違いが見出された。オーストラリアについては、その地下水管理制度の現状と課題を明らかにした。また、ミレニアム渇水後の利用状況の回復が、マレー・ダーリング流域の農業水利用に与えた影響も分析された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本では、地盤沈下対策と経済対策を両立させるために工業用水事業が推進されてきた。都市部の地盤沈下は一定程度に抑えられた一方、多くの工業用水事業の経営は厳しくなっていた。今回、都市部の工業用水事業の生産性は低いことが分かった。本研究は工業用水事業の継続の是非を判断する基礎資料を提供する。さらに世界的に有名なオーストラリアの水政策のうち、その地下水管理政策の現状をはじめて示すことができた。またマレー・ダーリング流域の水改革が水利用に与える影響は世界的に注目されており、ミレニアム渇水後の水量の回復が、流域の農業水利用に与える影響を分析し、最下流のサウス・オーストラリア州の重要性を示した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of my study was at first to compare the underground management policy in Japan, Australia and US, but I modified to focus on just Japan and Australia owing to the COVID19 during the study periods. For Japan, I analyzed the productivity of 87 industrial waterworks from fiscal year 1999 to fiscal year 2018 using slack-based measurement and adjusted Malmquist index. I revealed the significance difference among their industrial waterworks. For Australia, I reported the current underground management system and its issues in Australia, focusing on the complicated relationships between the commonwealth and state governments. In addition, I analyzed the impact of the end of the Millennium Drought on the irrigation water use in the Murray Darling Basin using a difference in differences estimation.

研究分野：環境経済学

キーワード：地下水 地表水 工業用水 水市場 日本 オーストラリア 水利権

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

気候変動が激しくなるなか、水問題は世界的に大きな課題になっている。量的にみれば、地表水(河川水)の方が地下水よりも重要だが、大規模な浄化設備が不要となりやすい地下水も重要な資源である。実際、地下水は飲料水源だけでなく、工業用水や農業用水としても利用されている。しかし多くの国で、地下水利用管理制度はいまだ十分に整えられていない。

たとえば、アメリカ中西部のオガララ帯水層でも、農業による地下水の過剰取水が大きな問題となっている。当該地域は一大農業地帯であるため、地下水の枯渇が農業生産に大きな影響を与えると指摘されている。それでは、地下水から地表水への転換をすすめれば問題は解決するかといえ、そうではない。地表水も過剰に利用されているので、地表水へ転換することなく、地下水の持続可能な利用が図られる必要がある。アメリカの一部の州では、地下水利用量への制限が課せられ始めたが、それでもまだ不十分だというのが共通した認識である。

このように、地表水の持続可能な利用制度と地下水の持続可能な利用制度は、同時に追求されるべきだが、法制度上、両者は分離され扱われてきたし、地下水管理制度自体がほとんど研究されてこなかった。そこで本研究では、地下水利用制度に焦点をあてつつ、それぞれの風土を反映しながら発展させてきた先進国の地下水管理制度を比較し、その現状と課題を明らかにする。これが、本研究の動機である。

## 2. 研究の目的

1の研究動機に基づいて、本研究は当初、権利と政策、そして市場の三つの視点から、日本とオーストラリア、そしてアメリカの地下水管理制度を比較研究するはずであった。ところが新型コロナウイルス問題が発生したために、予定していた海外調査をほとんど実施することができなくなった。そこでやむなくアメリカを除外し、日本とオーストラリアに分析対象を限定した。そのうえで、具体的な研究目的を下記のように4つに再設定した。

**政策の失敗の理論分析**：日本では地盤沈下対策と経済対策の両立を図るために、地方公営としての工業用水道事業が1960年代から積極的に進められてきた。安定的で安い水が工業部門に供給される必要があったのである。工業用水道事業は地盤沈下に貢献したけれども、この事業の経営は現在、人口減少と低成長のもと、大きな曲がり角に立っている。数十年間という長期間でみると、インフラによる問題解決は、別の問題を引き起こしうる。そこで、このような「政策失敗」をどのように考えるべきかを、制度派経済学の立場から理論的に考察すること

**日本の工業用水道事業の生産性分析**：日本は過剰地下水利用による地盤沈下を抑制するために、地下水利用を規制すると同時に、代替品としての工業用水(水源は地表水)を安価に企業に提供してきた。オイル・ショック後、企業は費用抑制のために工業用水量を減らしてきたため、多くの工業用水事業の経営は厳しい。そこで全国87の工業用水道事業の生産性分析を行い、どの地域の事業体がより厳しいのかを明らかにすること

**オーストラリアの地下水管理制度の現状と課題の分析**：連邦政府と州政府の法的関係性と2000年代の全国的な水改革に留意しながら、オーストラリアの地下水管理制度の実態と課題を明らかにすること

**オーストラリア・マレー・ダーリング流域における洪水回復後の水利用への影響分析**：オーストラリアはアメリカ以上に、先進的な水制度改革の実施国として知られる。これは、ミレニアム洪水への対策として導入された。とくに、オーストラリア南部のマレー・ダーリング流域の改革は、連邦政府と州政府との協同のもと、市場メカニズムが積極的に活用されている。そこで公的な水利用データを利用しつつ、ミレニアム洪水から回復した後に水利用はどの程度増えたのかを明らかにすること

## 3. 研究の方法

当初の研究方法は、文献調査や海外現地調査などを中心に据える予定であった。しかし新型コロナウイルス問題の発生に伴い、海外現地調査の多くを断念せざるをえなかった。上記のように研究目的を修正したことに伴い、文献調査とデータ分析に基づく研究方法に変更した。具体的には下記のとおりである。

第一は、**政策の失敗の理論分析**である。数十年間という長期間でみると、インフラによる問題解決は別の問題を引き起こしうる。そこで、このような「政策失敗」をどのように考えるべきかを、制度派経済学の立場から理論的に考察する。具体的には、ロナルド・コースが強調した正の取引費用のもと、最初の政策決定が後の政策決定における費用と便益に影響を与えることを示す。

第二は、日本の工業用水道事業の生産性分析である。生産性を分析するに当たり、ある関数を想定する計量分析と、関数系を想定しない包絡分析法( DEA : Data Envelopment Analysis ) のふたつがある。工業用水道事業は公営事業の中では営利企業に近く、また工業用水道事業の研究はほとんど実施されてこなかった。工業用水道事業の生産性としてどのような関数系が適切かは未知である。そのためここでは、関数系を特定化する必要のない包絡分析法を採用する。

包絡分析法のなかでも、実に多様な方法論が開発されている。包絡分析法では通常、もっとも効率性の高い事業体は複数算出される。刀根が開発した slack-based measurement および super slack-based measurement を使えば、もっとも効率性の高い事業体の優劣を推計することができる。かつこれに基づいて計算された adjusted Malmquist index ( 推計された最初期の生産性数値とその後の累積的な生産性変化指数を掛けたもの ) を算出することができる。

できるだけ長期間の生産性の変化を分析したいが、わが国の地方公営企業会計制度が 2014 年度に大きく変更されたので、この制度変更の影響を受けない項目を使うなどの対応が必要となる。

水道事業と同様に、工業用水道事業は資本、労働、その他費用を使って、工業用水を供給する事業と理解したうえで、ふたつの入力変数( 資本の代理変数として物的設備の導送配水管延長と、営業費用から減価償却費を除きそれを国土交通省の建設工事費デフレーター( 上工業用水 ) で調整した営業費用 ( 減価償却費除く ) ) と、ひとつの出力変数として構造化する。出力変数は一つだが、2 つのケースに区別する。ケース 1 は有収水量 ( 料金算定分 ) であり、ケース 2 は有収水量 ( 計量分 ) である。

建設工事費デフレーター( 上工業用水 ) 以外のデータは、総務省『地方公営企業年鑑( 工業用水 )』各年度版からとった。1999 年度から 2018 年度の 20 年間の生産性の変化を明らかにするために、super slack-based measurement と adjusted Malmquist index を使って、87 件の工業用水道事業体の生産性を明らかにする。

第三は、オーストラリアの地下水管理制度の現状と課題の分析である。オーストラリアにおいても、州政府が水利用を管理してきた。ミレニアム渇水のような水利用の差し迫った危機が発生したので、2000 年代に入って、連邦政府による全国的な水改革が推進されてきた。これは、地表水と地下水のどちらにも適用されるばかりか、水市場の活用のために、全国的に統一された「水権利」の整備につながった。その一方で、州政府の伝統的な水管理制度が全国画一の制度に完全に置き換わったわけではない。全国的な水管理制度の改革と同時に、州政府の利用制度についても理解することが必要なのである。

そこで全国的な水管理制度の改革の中身を理解しつつ、水制度に関する代表的な法律文献や州法に基づいて、できるだけ包括的なオーストラリア地下水管理制度の現状を整理する。そのうえで地下水取引の公的データを使って、地下水取引の実態についてまとめる。

第四は、オーストラリア・マレー・ダーリング流域における渇水回復後の水利用への影響分析である。地下水に焦点を当てたかったが、オーストラリアでも地表水がその利用の中心であるので、地下水利用単独のデータを入手することができなかった。そこで既存公的データに合わせて、地表水と地下水とを区別せずに全体としての「水利用」として分析を進める。

マレー・ダーリング流域における最大の水利用者はかんがい農業である。そのため、農業部門がどのように水を利用しているのかという公的データを入手できるかが最大の鍵であった。そしてこれは、州全体よりも州内の細分化され地域ごとの方がいいし、できるだけ農作物ごとに区別されている方がよい。前者は分析数の増加に寄与するし、後者は単年作物か多年作物かの相違を反映させることができるからである。しかし、そのような公的データは存在しなかった。

現状でもっとも適切な( おそらく唯一の ) データセットは、農業漁業林業省が公表する *Murray-Darling Basin water market catchment dataset 2021* である。実測値だけでなく各種推計値をまとめたものだが、マレー・ダーリング流域全体の農業部門の水利用データが掲載されている。このデータセットを使い、差分の差分法( difference-in-differences ) を用いて、ミレニアム渇水後の水回復がマレー・ダーリング流域各地域の農業水利用に与えた影響を推計する。

最下流のサウス・オーストラリア州は、州間条約に基づいて、通常期の水量供給が確約されている。データの利用可能性から、ここで利用可能なサウス・オーストラリア州の地域は、マレー地域のひとつだけであった。マレー地域の水配分量だけがミレニアム渇水後に 100% であり続けている点に注目し、マレー地域を処置群、それ以外の地域を対照群に分けて差分の差分法を適用し、農業水利用への社会経済変数の影響を推計した。

#### 4 . 研究成果

3 の研究方法に基づいて、以下のような研究成果を得た。目的ごとに、その成果を簡潔にまとめる。

第一は、政策の失敗の理論分析についてである。この研究成果は、野田浩二 (2018) 『政策の失敗』の政治経済学：ダム撤去問題にみる歴史の重要性』『水資源・環境研究』、31(2)、88-92 (招待論文) および Noda, Koji(2021) "Chapter 10. Greening Water Resources Development in Modern Japan: Social Costs, Water Rights, and Institutional Failures." In Kenichi Oshima

(eds) *Toward a Sustainable Japanese Economy: Beyond the Triple Failures of Market, Government and Institutions*. Impress R&D, Tokyo.として公表されている。

正の取引費用を導入すると、取引費用を含む費用を誰がどの程度負担するかは権利体系によって異なるがゆえに、どのような権利体系を採用するのかという点は、とても重要な論点となる。さらに、正の取引費用は政策形成過程で、内部化されることのなかった「考慮されざる外部費用」をうむ。誰がこの考慮されざる外部費用を負担するのか自体、当初は定められていない。考慮されざる外部費用が一定程度増大すれば、その一部の内部化が政策改革として実施されるが、その内部化のあり方は既存の権利体系、とくに既得権によって影響されるだろう。一般的にいえば、政策変更を求める側は非権利者であるので、非権利者はこの政治的交渉のなかで不利な立場になる。このような歪んだ構造のもと、環境再生の是非が検討される。この点を、環境再生のために求められるようになったダム撤去問題に即して説明した。

第二は、日本の工業用水道事業の生産性分析についてである。この研究成果は、野田浩二(2022)「工業用水道事業の生産性分析：Adjusted Malmquist Index の適用」『水資源・環境研究』、35(1)、42-49(査読論文)として公表されている。

包絡分析法では通常、もっとも効率性の高い事業体は複数算出される。刀根が開発した slack-based measurement および super slack-based measurement を使えば、もっとも効率性の高い事業体の優劣を推計することができ、かつこれに基づいて計算された adjusted Malmquist index (推計された最初期の生産性数値とその後の累積的な生産性変化指数を掛けたもの)を算出することができる。

つまり、各工業用水道事業者の最初期の数値と最終期の数値を比較することで、自身の生産性が改善したかどうかを明らかにすることができる。それと同時に、最終期の数値を事業者間で比較することで、最終的な生産性の相対的な事業者間の優劣も明らかにすることができる。

ここでは 1999 年度から 2018 年度の 20 年間の生産性の変化を明らかにするために、super slack-based measurement と adjusted Malmquist index を使って、87 件の工業用水道事業体の生産性を推計した。

契約水量に依拠した有収水量(料金算定分)の生産性も、実配水量に依拠した有収水量(計量分)の生産性のどちらも総じて、その数値は低下しつつあった。工業用水道事業の生産性は、この 20 年間で低下している。そのなかで青森県、福島県、鳥取県米子市の各工業用水道事業体は、この 20 年間で高い生産性を維持できている。他方、東京都の生産性はかなり低かった。この状況は、東京都による事業撤退の大きな要因となったといえる。今回の生産性分析は、工業用水道事業の現状を分析するための基礎データを提供するだろう。

第三は、オーストラリアの地下水管理制度の現状と課題の分析についてである。これは、野田浩二(2022)「オーストラリア地下水管理制度改革の現状と課題」『水利科学』、66(3)、1-23で公表している。

オーストラリアにおいても、州政府が水利用を管理してきた。ミレニアム渇水のような水利用の差し迫った危機が発生したので、2000 年代に入って、連邦政府による全国的な水改革が推進されてきた。これは、地表水と地下水のどちらにも適用されるばかりか、水市場の活用のために、全国的に統一された「水利権」の整備につながった。その一方で、州政府の伝統的な水管理制度が全国画一の制度に完全に置き換わったわけではない。そこでマレー・ダーリング流域のニュー・サウス・ウェールズ州とビクトリア州を事例に、両州の地下水管理制度の概要をまとめた。

ニュー・サウス・ウェールズ州の水利権制度は主に、2000 年水管理法に基づいて運用されている。現行の 2000 年水管理法に基づく水利権は、2004 年国家水憲章に即している。地下水についてみれば、水アクセス権は帯水層アクセス権とよばれており、地下水を利用する資格を権利者に与える。ただし地表水と比べると、権利取引やキャリーオーバーに対する制約は強くなる傾向にある。

ビクトリア州の近代的水利権制度は、1989 年水法を基盤としている。地下水についてみれば、家庭用以外に地下水を利用する場合、取水利用権の保有と掘抜き井戸を運用するための事業権 (works licence) の保有が求められる。地下水に関する取水利用権についても、半永久的あるいは一時的な権利取引は、一定の制約のもとで認められている。もしビクトリア州水大臣が水資源保護の必要性を認めた場合、消費目的の地下水利用量に上限を設定する場合がある。これは、認可可能消費量とよばれている。もしそうならば、その地域での新規ライセンスは発行されない。さらにビクトリア州政府は 2012 年以降、地下水管理のために 3 レベルの区分を採用した。

両州の地下水利用量についてみると、ニュー・サウス・ウェールズ州では、2018-2019 年の 58% が最高の利用率であり、ビクトリア州のそれは 2018-2019 年の 57% が最高であった。地下水は利用され尽くされているわけではないが、近年その利用率を高めているようである。

また、マレー・ダーリング流域内の地下水配水権取引(2008-2009 年から 2019-2020 年まで)についてみると、その特徴は次のようにまとめられる。第一に、取引量が多い上位 4 水系はすべて、ニュー・サウス・ウェールズ州内の水系であった。第二に、マランビジー沖積層地域の取引量が最大であり、その割合は 50% 前後を占めていた。第三に、2013-2014 年以降、ナオミ沖積層地域の取引量が増加していた。

マレー・ダーリング流域内の地下水水アクセス権取引(2008-2009 年から 2019-2020 年まで)

の特徴をまとめると、次のようにまとめられる。第一に、取引量が多い上位4水系はすべて、ニュー・サウス・ウェールズ州内の水系であった。第二に、マランビジー沖積層地域の取引量は年によって大きく変動しており、近年その割合は10%強を占めるに過ぎなかった。第三に、ナオミ沖積層地域やラックラン沖積層地域の取引量が、マランビジー沖積層のそれを超えた年が複数回あった。これは、配水権取引にはみられない特徴である。

オーストラリアのマレー・ダーリング流域の水制度改革の成否は、いま試されている。その中心は地表水であるが、地表水と地下水の流れは密接に関連しており、地表水の利用制限は代替資源としての地下水利用を促すかもしれない。その意味で、マレー・ダーリング流域における地下水利用のあり方は、今後ますます重要となるだろう。

第四に、オーストラリア・マレー・ダーリング流域における渇水回復後の水利用への影響分析についてである。この分析には苦労してきた。何度かの試行の末、この研究成果はある英文学術雑誌での査読に付されている。そのためここでは、この分析の要点を述べるにとどめたい。

マレー・ダーリング流域における最大の水利用者はかんがい農業である。農業生産物や農業水利用に関する公的データはいくつか発表されているが、分析対象が数年で変更されていたり分析地域自体が水利権取引データの地域区分と異なっていたりして、長期間にわたる統一データを利用することは非常に難しい。

そのなかで現状もっとも適切な(おそらく唯一の)データセットは、農業漁業林業省が公表する *Murray-Darling Basin water market catchment dataset 2021* である。これは実測値だけでなく各種推計値をまとめたものであり、データの正確性はやや不十分である。しかしこれ以外のデータセットで分析することはかなり難しいので、今回はこのデータセットを使った。

そのうえで、ミレニアム渇水後の水回復がマレー・ダーリング流域各地域の農業水利用に与えた影響を推計した。最下流のサウス・オーストラリア州は、州間条約に基づいて、通常期の水量供給が確約されている。

一般的に天候とダム貯水量に基づいて、各州の水利用可能量の枠が決まる。各州はそれぞれの水利権制度に基づいて、異なる優先順位のついた水利権を各利用者に発行する。この優先順位は、渇水時に細かく適用される。ダム貯水量が水利権水量合計を超えていれば、すべての水利権者は権利で認められた水量の全てを享受することができる。しかし渇水になると、実際のダム貯水量と水利権の優先順位に基づいて、州政府は各利用者に水を配分する。水利権で認められるすべてを享受できる人もいれば、配分量がゼロとされる人も出る。実際ミレニアム渇水時には、配分量が0%とされた人が出た。だからこそ渇水時には、マレー・ダーリング流域における水利権取引が活発になったのである。

因果推論のための方法は様々あるが、ここでは古典的手法の差分の差分法を採用し、サウス・オーストラリア州のマレー地域に注目した。この水配分量だけが、ミレニアム渇水後に100%であり続けていた点に注目したからである。マレー地域を処置群、それ以外の地域を対照群に分けて、単年作物の農地面積、多年作物の農地面積そして水利権取引単価による農業水利用量への影響を推計した。

その結果、対照群の傾向に基づいて計算された水利用量と比べて、マレー地域の実際の水利用量は統計的に優位に増加していた。さらに他のデータとつきあわせることで、サウス・オーストラリア州のマレー地域はミレニアム渇水以降、制度的に可能な利用水量のほぼすべてを利用していたと推論された。マレー・ダーリング流域における制度改革の成否を評価するうえで、サウス・オーストラリア州の動向はますます重要になるだろう。

以上

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 野田浩二	4. 巻 35(1)
2. 論文標題 工業用水道事業の生産性分析：Adjusted Malmquist Indexの適用	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 水資源・環境研究	6. 最初と最後の頁 42-49
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.6012/jwei.35.42	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 野田浩二	4. 巻 31(2)
2. 論文標題 「政策の失敗」の政治経済学：ダム撤去問題にみる歴史の重要性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 水資源・環境研究	6. 最初と最後の頁 88-92
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.6012/jwei.31.88	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 野田浩二	4. 巻 66(3)
2. 論文標題 オーストラリア地下水管理制度改革の現状と課題	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 水利科学	6. 最初と最後の頁 1-23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Noda, Koji (2021) "Chapter 10. Greening Water Resources Development in Modern Japan: Social Costs, Water Rights, and Institutional Failures." In Kenichi Oshima (eds) Toward a Sustainable Japanese Economy: Beyond the Triple Failures of Market, Government and Institutions. Impress R&D, Tokyo.

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------