都市分散型水資源に関する一般市民と 行政等担当者の選好の比較検討

都 筑 良 明^{*,†}

荒 巻 俊 也^{**}

Comparison between Preferences of Ordinary Citizens and Administrative and Organisational Officers for Nonconventional Water Resources or Distributed Water Resources Mainly in Urban Area

Yoshiaki TSUZUKI^{*,†} and Toshiya ARAMAKI^{**}

* Research Centre for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, Nishikawatsu 1060, Matsue City, Shimane Prefecture 690-8504, Japan

** Regional Development Studies, Toyo University, Hakusan 2-36-5, Bunkyo-ku, Tokyo 112-0001, Japan

Abstract

Preferences for three nonconventional water resources or distributed water resources mainly in urban area – rainwater harvesting (RH), submersible groundwater (SG), and reclaimed wastewater (RW) – and their five usages – toilet flushing water (FW), sprinkle water (SW), environmental water (EW), water against disasters (DW), and water for agriculture and planting (AW) – of ordinary citizens and administrative officers were comparatively analysed on the basis of questionnaire survey results obtained by analytical hierarchical process (AHP), absolute evaluation and willingness to pay (WTP) determination. McNemar, average difference, and Welch examinations were used to evaluate the differences in the results. For the second set of criteria in AHP, the administrative officers' preferences were larger for stability (corresponding to 'society' in the first set of criteria, here and throughout), project cost and duration ('economics') and water environment ('nature') than the ordinary citizens' preferences. For water resources, the order of preferences was (1) RH, (2) RW and (3) SG for both administrative officers and ordinary citizens. For water usages, the preferences for DW and AW were comparatively larger than those for other usages. The administrative officers' public WTPs for 15 combinations of water resources and usages, i.e., 4,172–21,572 Japanese Yen person⁻¹ year⁻¹ (YPY), were mostly larger than the ordinary citizens' public WTP, i.e., 6,152–17,336 YPY. The administrative officers' private WTPs, i.e., 1,106–4,044 YPY, were mostly smaller than the ordinary citizens' private WTP, i.e., 2,561–5,934 YPY.

Keywords: Distributed urban water resources; AHP; Absolute evaluation; Statistical examination; WTP

1. はじめに

都市分散型水資源（雨水、地下構造物浸出水、下水処理再生水）のうち、雨水、下水処理再生水は、例えば、神田川、寝屋川流域の水循環構想に見られるように活用事例が増えているが、地下構造物浸出水の活用事例は限定的である^{1,2)}。これらの水資源の名称については、例えば、国土交通省のパンフレット「都市における未活用水の利用事例～都市をうるおす水のみち～」³⁾では、水質が良好で、有効利用されずに下水道や河川などに排水されている水、具体的には、雨水、湧水、地下水、地下構造物への浸出水、下水再生水、工場排水などを「未活用水」と総称している。一方、吉野川水系における水資源開発基本計画（吉野川フルプラン）の中間評価書⁴⁾では、「未活用水」の利用や水需要抑制の強化が検討されている。

以上のことから、日本では、従来からの水資源である表流水、地下水に加えて、雨水、湧水、地下構造物浸出水、下水処理再生水等の水源を総称する用語は定まっていないが、それらの有効性、有用性等について、流域レベル、地域レベルでの総合的な検討が行われ始めている。

政府が数年ごとに水をテーマにした世論調査を行っている。平成20年6月の「水に関する世論調査」⁵⁾のテーマは、水辺の環境、水道水質の満足度から世界各地で発生している水問題および水問題解決のための日本の援助や協力まで幅広い。このうち水辺の環境、水道水源の認知度、水道水質の満足度、雨水・再生水の利用への賛否、下水道の排出先の認知度、行政への注文の5項目が、都市分散型水資源活用に関するテーマと考えられる。雨水・再生水の利用については、積極的に使いたいのが28%、用途に応じた水質であれば使いたいのが59%で合計86%

* 島根大学汽水域研究センター協力研究員 〒690-8055 島根県松江市西川津町 1060

** 東洋大学国際地域学部 〒112-0001 東京都文京区白山 2-36-5

† 連絡先: tsuzuki.yoshiaki@gmail.com

であり、あまり使いたくないが9%、使いたくないが3%で合計12%であった。

一方、公共事業等における意思決定法としてコンジョイント分析法、階層分析法（AHP）等を用いた検討が行われてきた⁶⁻¹⁰⁾。AHPについては学術的側面から様々なメリットが述べられている⁷⁾。水資源を対象としてAHPを用いて評価を行った先行研究としては、環境用水による河川流量の増加についての評価¹¹⁾、水道供給の信頼性についてAHPを活用して評価した研究¹²⁾、水供給システム再生手法についての5種類のエコデザイン（高度浄水導入、都市内水資源活用、下水処理水の放流先移設、ペットボトルによる飲料水供給（リユース、ワンウェイ））を対象にパフォーマンス、環境負荷、コストを評価基準（要素）としてAHPにより重み付け評価を行った研究¹³⁾がある。その他の手法による研究としては、下水処理水の環境用水としての利用についてコンジョイント分析、CVMを適用した研究¹⁴⁾、流域水資産健全度指数を用いて水資源の改善策を評価した研究¹⁵⁾がある。

海外では、アメリカ工兵隊が洪水対策のいくつかの手法についてAHPを用いて評価を行った研究¹⁶⁾、ヨルダンにおいて新しい水資源についてAHPを用いて評価を行い、海水の淡水化、雨水利用の評価が高く、下水の再利用、他地域からの水の移入の評価が低いという結果が得られた研究¹⁷⁾、フィンランドにおいて水資源に関する複数の関係者による評価のパレート最適解を求める手法を検討した研究¹⁸⁾等がある。森林等の自然環境としての水資源管理手法の分野では、AHPと他の手法を組み合わせモデルを構築する研究が行われており、AHPと森林における種のストック増加（GSO）、適当な再生方法（RM）を組み合わせることにより、森林中の水資源を総合的に評価する空間利用意思決定システム（SDSS）を構築した研究¹⁹⁾、アメリカ水道井戸協会が環境省のために開発した井戸水の汚染危険度を評価するDRASTICモデル、AHPおよびGISソフトウェアのArcViewを組み合わせた地下水汚染評価システムを構築した研究²⁰⁾、地域の水資源の意思決定を目的として多目的解析モデルを計算機上に構築した研究²¹⁾等がある。

水資源に関しては、最近ではダム問題が注目されている他、渇水、洪水の問題がある地域もあり、地域レベルでの気候変動の影響も検討されている。これまで筆者らは、都市分散型水資源の一般市民等の選好について検討

するための予備的検討等を行ってきた²²⁾。

本研究においては、サンプル数が1,000件を超えるAHPの大規模調査結果の解析方法を開発し、一般市民と行政等担当者の都市分散型水資源に関する選好をAHPを含むアンケート調査結果の解析により検討することを目的とした。アンケート調査は、一般市民を対象とするインターネット調査、および行政、水資源関連企業、団体等の担当者（以下、行政等担当者とする）を対象とする同様の内容の郵送による調査を行い、両者の選好の重みベクトルや絶対評価の結果を統計的手法を用いて比較検討することにより、その差の有意性等について検討した。アンケート調査に先立ち、政府による関連テーマの世論調査の結果を整理するとともに、現在の公共事業等における意思決定論について整理した。

2. 政府の世論調査結果における水問題に関する認識の動向

平成13（2001）、20（2008）年に行われた政府の水に関する世論調査^{5,23)}において、行政に力を入れて欲しいことについての回答結果を整理してTable 1に示す。これらの10項目について、水量・水質、環境改善・災害対策、行政主導・市民参加の3軸により整理するとFig. 1, 2のようになる。平成20（2008）年の上位5項目は平成13（2001）年7月の上位5項目と同様であったが、回答割合、順位が変化した。上位5項目の選択肢中、(2)水辺環境の保全と整備、(3)水の再利用の促進、(4)水質浄化対策、(5)下水道等の整備は、水質、生態系等と関わる項目で、相互に関連している。都市分散型水資源に関わりが深いと思われる項目は、(3)水の再利用の促進、(7)渇水対策の水資源開発施設の整備、(8)地下水の保全である。

3. 公共事業等の意思決定法としてのAHPを用いた一般市民と行政等担当者の選好の比較検討

藤井⁶⁾は、社会的決定の意思決定方式には、Table 2の4種類があるとした。現実社会において、これらが複合して意思決定が行われている⁷⁾。木下・大野⁷⁾は公共事業等に関する意思決定をテーマとする既存研究を概観し、AHPとコンジョイント分析を意思決定に用いる手法について整理した。

決め方についての研究は、厚生経済学や社会心理学の分野を中心に行われている⁷⁾。これらの社会心理学的研

Table 1 Japanese government questionnaire survey results of ordinary people's needs on governments' roles on water resources and environment in 2001 and 2008.

What people want to the governments ?	2001	2008	Increase/decrease
(1) Flooding and sand disasters	50.8	53.1	+ ^a
(2) Water environment conservation	46.3	52.5	++ ^b
(3) Wastewater reuse	44.4	52.0	++ ^b
(4) Water quality in the river and lakes	50.1	48.9	— ^c
(5) Wastewater treatment plants (WWTPs)	51.7	43.6	— ^d
(6) Conservation of water resources	NA ^e	36.5	NA ^e
(7) Preparing for draught	NA ^e	35.3	NA ^e
(8) Groundwater preservation	NA ^e	34.6	NA ^e
(9) Dissemination on water and learning opportunity	NA ^e	26.2	NA ^e
(10) Conditions for NGO activities	14.1	17.6	+ ^a

a: Increase up to 5% points; b: Increase by 5–10% points; c: Decrease up to 5% points; d: Decrease by 5–10% points; e: Not available.

Fig. 1 Water environment related issues summarised with two axes, water quantity – water quality, and environment improvement – measurements against disasters.

Fig. 2 Water environment related issues summarised with three axes, water quantity – water quality, environment improvement – measurements against disasters, and administrative leading – community involvement.

Table 2 Categorisation of social decision methods (Prepared based on Kinoshita and Ohno⁷⁾; Original source is Fujii⁶⁾).

Centralised or democratic	Decision method
Centralised method	Ruling power
	Reliance
Democratic method	Vote
	Discussion

究等の研究成果の中から、公共事業等の意思決定については、次のような考え方が提示されてきた⁶⁾。

- (1) 決定の質（社会的厚生水準）の観点からは、民主的決定方式による決定が、社会内の最も優秀な個人1人の決定を下回る事が多い²⁴⁾。
 - (2) 常に単一の決定をもたらす投票選好集約（投票による多数決方式）⁶⁾による民主的決定方法は存在しない^{25, 26)}。
 - (3) 議論選好集約方式（話し合い方式）⁶⁾によると、議論の後の意見分布は、議論の前の意見分布における多数派が、より多数派となる傾向が強い²⁴⁾。
- (1)の視点は、本研究について考えると、アンケート調

査により住民選好や市民意識をとりまとめた結果に基づいて意思決定を行うことの危うさを考えておく必要がある。アンケート調査結果に基づいて住民選好を把握することは、現代社会においては意思決定についての重要な要素となるが、都市分散型水資源の活用のような比較的なじみが薄い分野では、アンケート調査の意義は、特に初期の段階においては、一般市民への情報提供の要素が強い。継続的な情報提供やアンケート調査を行うことにより、今後、住民選好がどのように変化していくか、地域間の相違、年代間の相違、提供情報による変化等を検討するという意義もある。一方、雨水、地下構造物浸出水、下水処理再生水等の都市分散型水資源の活用方法、およびそのメリット、デメリットを整理しておくことが専門家サイドの重要な役割である。(2)については、様々な状況の変化や影響を及ぼす情報の変化により、一般市民の考え方は変化し、木下・大野⁷⁾が指摘するように、投票方式や集約方式を操作することにより、結果を操作することも不可能ではないであろう。(3)については、「話せば分かる」という素朴な期待への裏切り⁷⁾があるとの指摘である。

公共事業等には費用負担の問題が関連し、公共的事業の社会的公正感に関する既存研究の整理により、公正感

は、(1)分配的公正と、(2)手続き的公正に分けて考えることができることが示されている⁷⁾。

以上のような公共事業関連の意思決定に関する既存研究を踏まえると、本研究で都市分散型水資源についての一般市民および行政等担当者の選好を AHP を用いて検討することは、水資源とその活用方法という技術的側面が大きなテーマについて、一般市民と行政等担当者との選好の相違点を明らかにするという意味合いを持つ。これは、必ずしも一般市民または行政等担当者の認識のどちらが正しいのかという観点から検討するものではなく、科学的に差があるのかどうか、差があるとするとどのような差があるのか、その差は有意な差であるのか、というような点が本研究の検討対象ということである。

4. 方法

4.1 一般を対象としたアンケート調査方法

評価基準は都筑・荒巻²²⁾の結果を参考に、第1段階5項目、第2段階10項目に変更した(図. 3)。代替案は、都筑・荒巻²²⁾と同様に、3水源(雨水、地下構造物浸出水、下水処理再生水)、5用途(雑用水、散水、親水用水、災害用水、農業・園芸用水)とした。農業用水は、アメリカ、イスラエル、中国等で主要な下水処理再生水の用途の1つとなっており、日本でも熊本県、香川県等で活用されている^{27~29)}。

アンケート調査は平成21(2009)年12月にインターネット調査の方法で行った。インターネット調査の長所、短所については大塚らが整理している¹⁰⁾。対象地域については、調査方法の調査地域が限定されないという利便性を生かし、6地方23都府県を対象とした。広域を対象としたのは、本調査においては特定の水域等を対象としなかったため、都市分散型水資源という比較的新しいテーマであることから、対象を限定した地域とせず、最近10年間で渇水、洪水等があった地域等の水資源への関心が比較的大きいと思われる地域を中心に広い地域とする方が望ましいと考えたためである²⁷⁾。調査は、(株)スパイア社のモニターを対象に2009年12月2日~8日に実施した。

代替案(水源と用途)の直接の対比較(「どちらとも言えない」、2つの選択肢の選考の強さ4段階、「分か

らない」の合計10個の選択肢)、2段階の評価基準(第1段階5項目、第2段階10項目)に基づく代替案の絶対評価(100点満点、20点刻み)を設問とし、これらの結果を用いて代替案の重みベクトルの算定を行った。

さらに、水源と用途の組合せについて、評価基準なしの絶対評価、公的および私的 WTP(1人あたり年額)を質問した。WTPについては、平成20年度の国の予算の項目ごとの1人あたりの歳出金額のグラフと公共事業費は1人当たり約5.5万円であったことを示した上で、1年間に公的および私的にどの程度の金額を支出することが望ましいかを質問した。これらの設問は貨幣価値換算を含む絶対値を得ることにより、AHPの相対評価の結果を補完することを狙いとした。

集計サンプル数は調査開始時に合計1,200サンプルを想定し、サンプリング時の属性は、男女別、年齢区分別(20~70代、6区分)、地方別(東北、関東、中部、近畿、四国、九州、6地方23都府県)、都市規模別(市町村の人口規模等、4区分)の4種類とした。調査項目の詳細はアンケート調査の際に作成したホームページ(<http://www2.toyo.ac.jp/~aramaki/kensetsugijutsu/index.html>)を参照していただきたい。

4.2 行政等担当者を対象としたアンケート調査

行政等担当者を対象に郵送によるアンケート調査を平成21(2009)年12月~平成22(2010)年1月に行った。アンケート送付先は、雨水と下水処理再生水については、一般市民対象の調査対象地域である23都府県から各5自治体を選定した。市町村の選定方法は、都府県、都府県庁所在地の2自治体と、ランダムに選定したその他の3市町村の合計5自治体とした。下水処理再生水については、流域下水道事務所10か所を追加した。地下構造物浸出水については、主要大都市、鉄道会社、電力会社等の22団体を対象とした。アンケート回答用紙等は上記のホームページ上にも掲載し、ワープロ入力、電子メール送付による回答方法も選択可能とした。送付数312件に対して回答数117件(回収率38%)であった。設問の内容は、(2)の一般市民対象のアンケート調査と同様とした。

4.3 アンケートデータ解析方法

グループの意思決定に関しては、一対比較値は一対比

Fig. 3 AHP framework for nonconventional water resources or distributed water resources in urban areas.

較行列の対角の値は逆数になるという関係があるため、グループを構成するメンバーの一対比較値の幾何平均値を用いるとされている³⁰⁾。一方、椿本³¹⁾は Ramanathan and Ganesh³²⁾を基に、AHP の計算において、グループの意思決定を統合する手法として用いられている幾何平均法が社会的選択公理を満たさない場合、特にパレート最適の公理を満たさない場合があることを示した。さらに、加重算術平均法が「無関係な代替案からの独立性の公理」以外の社会的選択公理を満たすことを示し、加重算術平均法により各メンバーの意見の重要度を求める方法を示した。

本研究では、グループの重みベクトル算定方法として、各サンプルの重みを均一とした加重算術平均法を用いた。重みベクトル間および WTP を含む絶対評価間の差の有意差については、平均値の差の検定、McNemar の検定、Welch の検定を行った。Welch 検定等の二群の平均値等について検定を行う場合には、それぞれの群の正規分布、等分散についての検定を行い、検定方法を選択することとされているが、Kasuya³³⁾、青木³⁴⁾は、等分散ではない場合には中央値検定と言うよりも、「順序尺度の場合には中央値検定、間隔尺度・比尺度の場合には等分散を仮定しない t 検定、あるいは等分散検定後に普通の t 検定」を用いることが望ましいとしている。青木³⁴⁾は、「等分散を仮定しない t 検定 (Welch 検定)」は、「標準偏差の比 1/4 ~ 4 の全て」、「サンプルサイズのアンバランスな全て」、「データの分布型の全て」の条件で、「第一種の過誤が 0.05 にキープされていること」を示した。本研究では、正規検定、等分散検定に関わらず、Welch 検定を用いた。

5. AHP における検定方法についての検討結果

一般を対象とした調査結果について第 1 段階の評価基準に基づく水源の重みベクトルを Fig. 4 に示す。5 つの評価基準のうち、社会、経済、自然環境、生活の 4 つでは 3 水源の重みベクトルの大きさが雨水、下水処理再生水、地下構造物浸出水の順となり、技術では下水処理再生水、雨水、地下構造物浸出水の順となった。

これらの重みベクトル間の差についての有意性を検

討するために行った平均値の差の検定結果を Table 3 に、McNemar 検定の結果を Table 4 に示す。Table 3 には McNemar 検定の 5 区分について、有意水準 1% で差がある場合を 2 点、有意水準 5% で差がある場合を 1 点とした場合の合計の点数 (10 点満点) を併記した。平均値の差の検定では、ほとんどの水源間で有意水準 1% で差があるという判定結果となり、技術を評価基準としたときの雨水と下水処理再生水の平均値の差の有意水準のみが 5% であった。これに対して、McNemar 検定は、どの点数区分で差があるかを判定することができる。McNemar の検定結果を点数化することにより、平均値の差の検定で有意水準 1% で差があると判定された代替案間の差の有無について、追加的な判定を行う手法を新たに導入した。例えば、生活を判断基準とした地下構造物浸出水と下水処理再生水の重みベクトルの平均値は有意水準 1% で差があると判定されたが、McNemar 検定の点数化では 10 点満点中 2 点であることから、比較的差が小さいと判断することができた。

Fig. 4 Weight vectors of water resources by ordinary citizens based on the first criteria.

Table 3 Examination results of average differences between water resources weight vectors based on the first evaluation criteria by ordinary citizens.

First criteria	Combination of water resources	Average of difference	Standard deviation of difference	The number of samples	T value ^a	f value.	Point of M examination ^b
Social	RH & SG	11.50	24.55	1,050	15.185 **	1,049	8
	RH & RW	3.86	25.73	1,092	4.962 **	1,091	6
	SG & RW	-7.84	24.06	1,043	-10.525 **	1,042	8
Economics	RH & SG	7.41	25.32	1,028	9.387 **	1,027	6
	RH & RW	2.92	27.50	1,068	3.472 **	1,067	5
	SG & RW	-4.56	22.87	1,021	-6.377 **	1,020	7
Natural environment	RH & SG	16.97	25.03	1,061	22.075 **	1,060	8
	RH & RW	13.34	25.64	1,099	17.249 **	1,098	6
	SG & RW	-3.66	23.59	1,045	-5.010 **	1,044	6
Life	RH & SG	11.69	25.09	1,052	15.117 **	1,051	8
	RH & RW	9.13	26.72	1,102	11.341 **	1,101	8
	SG & RW	-2.66	24.27	1,046	-3.542 **	1,045	2
Technology	RH & SG	3.30	26.08	1,043	4.084 **	1,042	2
	RH & RW	-1.63	26.71	1,065	-1.996 *	1,064	3
	SG & RW	-4.98	20.79	1,040	-7.727 **	1,039	7

a: **: significant at 1%, and *: significant at 5%; b: Total significance of McNemar examination results in five categories is evaluated with total points of point 2 for 1% significant and point 1 for 5% significant.

6. アンケート調査結果と考察

6.1 一般と行政等担当者の属性の比較

一般を対象とするインターネット調査では、ほぼ当初想定していたサンプルを収集することができた。サンプル数が他に比べて少なかった属性区分は、年齢別の20代、70代以上、都市規模別の町村であった。一般と行政等担当者のアンケート回答の総サンプル数と属性の構成比を **Table 5** に示す。地方の構成比は比較的似ているが、性別、年齢区分、都市規模については両者に違いが見られた。

6.2 一般と行政等担当者の選好の比較

一般と行政等担当者の評価基準の対比較により求めた重みベクトルを **Fig. 5** に示す。一般と行政等担当者間で差が比較的大きかった第2段階の評価基準は、次のとおりである。行政等担当者の方が大きかったのは、安定

性（対応する第1段階の評価基準は、社会。行政等担当者：0.096，一般：0.081。以下、同様とする。）、事業費用および期間（経済。行政等担当者：0.093，一般：0.062）、水環境（自然環境。行政等担当者：0.131，一般：0.120）、一般の方が大きかったのは、安全性（生活。行政等担当者：0.113，一般：0.124）と都市ヒートアイランドの緩和（生活。行政等担当者：0.073，一般：0.087）、技術（技術。行政等担当者：0.140，一般：0.164）であった。

3 水源、5 用途の単純な直接の対比較の結果、行政等担当者の方が、水源は雨水の評価が大きく、用途は雑用水と災害用水の評価が大きく、親水用水、農業・園芸用水の評価が小さかった (**Fig. 6**)。

第1段階、第2段階の評価基準と代替案（水源および用途）の絶対評価の組み合わせにより算定した各代替案の重みベクトルの大きさは、行政等担当者の重みベクトルの方が一般に比べて、全体的に小さかった (**Fig. 7**)。

Table 4 McNemar examination results of water resources' weight vectors based on the first criteria by ordinary citizens.

T value of McNemar examination: First criteria	Social			Economics			Natural environment		
	RH-SG ^a	RH-RW ^b	SG-RW ^c	RH-SG ^a	RH-RW ^b	SG-RW ^c	RH-SG ^a	RH-RW ^b	SG-RW ^c
0 and ≥20 points	1.2	0.0	0.8	1.6	1.1	5.8 *	15.1 **	0.4	9.4 **
≤20 and ≥40 points	53.4 **	5.0 *	30.2 **	3.6	0.2	2.1	65.9 **	43.2 **	3.5
≤40 and ≥60 points	73.5 **	5.2 *	43.2 **	32.1 **	4.7 *	11.0 **	164.9 **	101.6 **	8.1 **
≤60 and ≥80 points	184.6 **	24.8 **	75.8 **	96.6 **	12.8 **	48.3 **	0.1	1.2	0.6
≤80 and 100 points	94.3 **	22.3 **	30.3 **	60.0 **	12.9 **	24.5 **	249.4 **	161.1 **	24.8 **

T value of McNemar examination: First criteria	Life			Technology		
	RH-SG ^a	RH-RW ^b	SG-RW ^c	RH-SG ^a	RH-RW ^b	SG-RW ^c
0 and ≥20 points	14.1 **	7.6 **	1.0	0.2	0.6	2.4
≤20 and ≥40 points	30.1 **	21.3 **	0.5	0.1	2.6	5.1 *
≤40 and ≥60 points	77.0 **	45.3 **	4.1 *	1.0	4.0 *	13.8 **
≤60 and ≥80 points	1.0	2.1	0.3	0.1	47.2 **	45.9 **
≤80 and 100 points	133.4 **	93.9 **	6.5 *	36.6 **	0.0	46.9 **

a: Rainwater Harvesting and Submerged groundwater; b: Rainwater harvesting and reclaimed wastewater; c: Submerged groundwater and reclaimed wastewater.

Table 5 Total numbers of samples and constituent percentages in questionnaire surveys to ordinary citizens and administrative and organisational officers.

Questionnaire survey	The number of samples	Sex (%)		Age (%)						
		Female	Male	20's	30's	40's	50's	60's	70's	
Ordinary citizens	1,256	45.8	54.2	17.0	16.6	18.2	18.2	17.0	13.1	
Administrative officers	117	4.5	95.5	6.3	31.5	29.7	0.9	0.0		

Questionnaire survey	Area (%)			Local government size (%)						
	Tohoku	Kanto	Chubu	Kinki	Shikoku	Kyusyu & Okinawa	Large City	Medium City	Small City	Town and village
Ordinary citizens	16.2	17.7	16.2	17.8	16.0	16.1	26.5	40.0	20.9	12.6
Administrative officers	14.8	20.9	14.8	19.1	14.8	15.7	7.0	40.0	32.2	20.9

Fig. 5 Weight vectors of the evaluation criteria by (a) ordinary citizens and (b) administrative and organisational officers.

Fig. 6 と **Fig. 7** を比較すると、直接の対比較では行政等担当者の雨水の評価は一般よりも大きかったが (**Fig. 6**), AHP の手法を用いた評価基準に基づく評価は、3 水源とも一般の重みベクトルが大きかった (**Fig. 7**)。 **Fig. 7** で 3 水源とも一般の重みベクトルの方が大きかったのは、この結果が評価基準と絶対評価の組み合わせに基づくものであったことが原因の 1 つとなっている。3 水源の重みベクトルの合計値が 1 となるような相対値で比較すると、**Fig. 6** と **Fig. 7** の傾向は同様となり、行政等担当者の雨水の評価が相対的に大きくなった。これは、雨水利用については、他の 2 水源に比較して全国的に普及が進められてきていることを反映しているものであると考えられる。

行政等担当者による用途の重みベクトルの相対的な順番は、第 1 段階の評価基準を用いた場合には親水用水の重みベクトルが一般に比べて小さかったが、第 2 段階の評価基準を用いた場合には一般と同様で、両者とも災害

用水、農業・園芸用水が比較的大きかった。

以上のような一般と行政等担当者の水源と用途についての選好の差の原因については、現在のところは仮説の段階であるが、次のように考えられる。行政等担当者の選好には、水源、用途についての現在の日本の国レベルの政策およびそれに基づく行政等担当者の認識が反映されていると考えるのは素直な考え方であろう。一方で、一般市民の選好は国レベルの政策に加えて、マスコミ等の情報、アンケート調査時の資料等の影響が比較的大きいということを仮説として考えられるだろう。ここでの視点は、どちらかがより正しいかではなく、民主主義を前提として考えると、行政等担当者および一般市民の選好間の乖離が小さい方が望ましいと考えられるので、本調査結果のように両者の選好に乖離が見られるような場合には、行政側から一般市民側への情報提供、パブリックコメントの有効活用等により、双方向の情報の流れを円滑化し、選好の差を少なくしていくことが安定した水

Fig. 6 Weight vector of water resources and their usages determined based on the answers to direct comparison questions.

Fig. 7 Water resources' weight vectors based on secondary evaluation criteria for (a) ordinary citizens and (b) administrative and organisational officers.

Fig. 8 Public WTP on combinations of water resources and usages for (a) ordinary citizens and (b) administrative and organisational officers (Japanese Yen per persons per year).

資源行政を進めるための課題であると言えるだろう。そうであれば、本研究のようなアンケート調査の結果についても、適宜、回答者を含む一般市民や行政等担当者に対して、フィードバックしておくことが良好なコミュニケーションを図るために望ましい。

水源と用途の組み合わせの絶対評価は、行政等担当者の値が一般よりも大きかったのは雨水と雑排水、下水処理再生水と雑排水の2組であった。行政等担当者の公的 WTP が一般の公的 WTP よりも大きかったのは、雨水と散水、親水用水、災害用水、下水処理再生水と親水用水、災害用水の組み合わせで、農業・園芸用水は小さかった (Fig. 8)。一方、行政等担当者の私的 WTP は、雨水と散水の組み合わせ以外は一般の私的 WTP よりも小さく、雑用水は各水源で最大で、親水用水、災害用水は小さかった。AHP のみの結果に比べて²²⁾、具体的な金銭価値の尺度のイメージを持つことができる調査結果となった。WTP は一般、行政等担当者ともばらつきが大きく、(平均値－標準偏差)の値は負の値となることが多かった。なお、本研究で得られた一般と行政等担当者との選好の相違点については、両者の属性の相違による影響を受けている可能性もあり、この点については今後の検討課題としたい。

6.3 水源と用途の組み合わせについての絶対評価、WTP の Welch 検定

水源と用途の組み合わせについての絶対評価、WTP について、一般と行政等担当者との差の有意性を Welch

検定により検討した (Table 6, 7, 8)。なお、例えば、サンプルの分布の正規性については、絶対評価については、一般は点数が大きい方に分布が偏り正規性が見られず、行政等担当者は正規分布に近い分布を示したというような傾向が見られた。

水源と用途の組み合わせの絶対評価については、全体的に行政等担当者による評価の絶対値が一般の評価の絶対値よりも小さかったという結果の意味については、判断が難しい (Table 6)。単純に有意差の検定結果を見ると、親水用水、災害用水、農業・園芸用水は3種類の水源とも行政等担当者と一般の間に有意な差があると判定された (雨水と親水用水のみ有意水準5%、その他は有意水準1%)。雑用水は3種類の水源とも有意水準5%で差があると判定された。散水は、下水処理再生水との組み合わせは有意水準5%で差があると判定され、雨水と地下構造物浸出水との組み合わせでは有意水準5%で差がないと判定された。

公的 WTP については、多くの組み合わせで有意水準5%で差がないと判定された (Table 7)。有意水準5%で差があると判定されたのは、地下構造物浸出水と雑用水、農業・園芸用水、下水処理再生水と農業・園芸用水の組合せで、いずれも行政等担当者の公的 WTP の方が小さかった。

私的 WTP については、水源と用途の組合せの絶対評価と同様に、全体的に行政等担当者による評価の絶対値が一般の評価の絶対値よりも小さいという傾向が見られた (Table 8)。

Table 6 Welch examination results on differences of absolute evaluations for 15 combinations of water resources and usages between ordinary citizens and administrative and organisational officers.

Absolute value evaluation	RH					SG					RW				
	FW	SW	EW	DW	AW	FW	SW	EW	DW	AW	FW	SW	EW	DW	AW
Administrative officers	Mean	62.0	63.4	57.4	59.6	64.2	53.0	54.3	49.3	52.0	47.6	57.9	54.5	46.4	49.2
	SD ^a	27.0	28.1	27.4	28.3	24.9	25.5	26.8	26.3	25.9	26.5	28.4	26.3	26.9	27.1
	Samples ^b	92	94	93	94	95	83	84	82	83	84	95	94	94	96
Ordinary citizens	Mean	67.7	68.1	66.2	69.7	75.6	59.6	58.4	58.0	63.5	61.4	66.0	62.3	55.2	62.9
	SD ^a	25.2	25.8	25.3	25.6	23.9	26.7	28.1	27.3	26.3	27.4	26.1	28.0	27.7	27.4
	Samples ^b	1,091	1,100	1,076	1,088	1,103	1,032	1,044	1,030	1,040	1,042	1,088	1,088	1,058	1,071
T value ^c		-1.974 *	-1.581	-2.987 **	-3.369 **	-4.288 **	-2.264 *	-1.352	-2.876 **	-3.880 **	-4.567 **	-2.680 **	-2.748 **	-3.023 **	-4.640 **
f value		105	107	106	107	109	97	98	95	96	98	108	112	111	109

a: Standard deviation; b: The number of samples; c: **: 1% significant, and *: 5% significant, t0.01(120)=2.358, t0.05(120)=1.658, t0.01(80)=2.374, t0.05(80)=1.664.

Table 7 Welch examination results on differences of public WTP for 15 combinations of water resources and usages between ordinary citizens and administrative and organisational officers (Japanese Yen person⁻¹ year⁻¹).

Public WTC	RH					SG					RW				
	FW	SW	EW	DW	AW	FW	SW	EW	DW	AW	FW	SW	EW	DW	AW
Administrative officers	Mean	8403	7270	11113	21574	12540	4172	4534	8667	12228	7431	9492	8063	11806	17661
	SD ^a	17853	16962	25834	33770	22570	9349	11082	22828	26020	14902	18370	17781	25655	29246
	Samples ^b	62	63	62	61	63	58	58	57	57	58	63	63	62	62
Ordinary citizens	Mean	8558	6534	9044	17366	14704	7163	6152	7820	14214	11484	10897	8230	9809	16351
	SD ^a	19528	17387	20273	29364	26702	17332	16448	19047	26674	23564	22488	19992	21666	28708
	Samples ^b	917	923	903	934	937	876	879	870	883	885	924	916	896	921
T value ^c		-0.066	0.333	0.618	0.950	-0.728	-2.199 *	-1.039	0.274	-0.558	-1.920 *	-0.578	-0.071	0.598	0.342
f value		71	71	66	66	74	86	75	61	64	77	75	73	67	80

a: Standard deviation; b: The number of samples; c: **: 1% significant, and *: 5% significant, t0.01(120)=2.358, t0.05(120)=1.658, t0.01(80)=2.374, t0.05(80)=1.664.

Table 8 Welch examination results on differences of private WTP for 15 combinations of water resources and usages between ordinary citizens and administrative and organisational officers (Japanese Yen person⁻¹ year⁻¹).

Private WTP	RH					SG					RW				
	FW	SW	EW	DW	AW	FW	SW	EW	DW	AW	FW	SW	EW	DW	AW
Administrative officers	Mean	4044	2943	1304	2507	2377	2455	1682	1106	1864	1333	2914	1743	1171	2214
	SD ^a	8727	8546	2493	3252	3396	6661	6414	2425	3073	2830	6593	6289	2395	3257
	Samples ^b	68	70	69	69	69	66	66	66	66	66	70	70	70	70
Ordinary citizens	Mean	3619	2989	3467	5838	5119	2953	2561	3006	4682	4200	4172	3198	4068	5934
	SD ^a	11864	11074	11835	16467	15178	10727	9988	11254	14850	14341	13198	11537	13596	16654
	Samples ^b	1,030	1,034	1,019	1,029	1,026	979	980	979	977	985	1,010	1,005	1,003	1,011
T value ^c		0.379	-0.043	-4.534 **	-5.159 **	-4.382 **	-0.561	-1.033	-4.065 **	-4.640 **	-4.989 **	-1.412	-1.742 *	-5.613 **	-5.700 **
f value		84	86	375	421	333	90	88	343	370	402	112	105	540	445

a: Standard deviation; b: The number of samples; c: **: 1% significant, and *: 5% significant, t0.01(120)=2.358, t0.05(120)=1.658, t0.01(80)=2.374, t0.05(80)=1.664.

以上のような、一般市民と行政等担当者との差について、現段階では仮説として、その原因を次のように考えた。一部の水源と用途の組み合わせについて行政等担当者の公的 WTP が一般市民の公的 WTP を有意に下回ったのは (Table 7)、水資源に関する国レベルの動向に大きく左右されるところがあることを反映している。公的 WTP の行政等担当者と一般市民の差が全体的に小さかったのは、都市分散型水資源のような比較的なじみが薄いテーマについて、両者が税金の必要負担金額をほぼ同様と考えている。下水処理再生水と農業・園芸用水の組み合わせについての公的 WTP が大きかったのは、諸外国に事例が多く、日本でも一部の地域で進められていることについて、説明資料に記載していたことを、一般市民が重要と評価している。これに対して、行政等担当者は日本全体ではあまり進められていないので公的 WTP を小さく評価している。また、地下構造物浸出水の行政等担当者による評価が比較的小さかったのは、該当地域が限定される水源なので、広域を対象とした今回の調査では、実際の地域条件を反映した回答を行ったためである。

さらに、私的 WTP の一般市民と行政等担当者の差の傾向は、水源と用途の組合せの絶対評価の結果に類似していたため、私的 WTP は絶対評価を反映していたと判断できる (Tables 6, 8)。親水用水、災害用水、農業・園芸用水については、いずれの水源との組み合わせも行政等担当者による絶対評価および私的 WTP は一般よりも有意に小さく、これらの水源と用途の組み合わせの評価についても、絶対評価が私的 WTP に反映されていた。これらの 3 用途については、行政等担当者は一般市民と比較すると、私的費用を負担して整備するものではないと認識していたと言える。

7. 本研究の結果に基づく公共事業の意思決定に関する考察

本研究においては、都市分散型水資源の水源と用途について、一般市民と行政等担当者との選好、認識には、上記のようないくつかの相違点があることが分かった。公共事業の意思決定においては、必ずしも一般市民の意見等を考慮する場が設けられているとは限らない。最近では、環境アセスメント、パブリックコメント等の手法の導入が図られていて、一般市民の意見を考慮することが必要であるという立場に立てば、その有効活用が望まれる。

パブリックコメントは、ある程度明確な意思を持つ市民によるものであるのに対して、本研究のアンケート調査のような方法は明確な賛成意見、反対意見を持たない市民も選好表明に参加できるという手法である。インターネット調査の場合には、インターネットアクセスの手段を有する市民に対象が限定されるという側面もあり、結果の解析にバイアスが入らないように注意する必要があるが¹⁰⁾、インターネット調査を含むアンケート調査は市民の選好を調査する手法として有効であろう。

水資源のような特に技術的側面が大きなテーマでは、本研究の結果が示すように、一般市民と行政等担当者の選好が乖離する傾向があると思われる。選好の乖離が見

られる部分については、行政、事業者等の役割として、情報発信等による意思疎通が求められる。研究者の役割は、双方の選好、認識等を中立的に解析、検討することである。

水資源を対象として AHP を用いて解析を行った先行研究は、水道、下水道関係では事例が限られているが^{12, 13)}、森林における生物多様性と水資源のような枠組みでは AHP と他の意思決定方法を組み合わせた研究が海外で行われている^{19~21)}。本研究は、複数の比較的使用量が少ない水源や用途について検討した点、統計的検定手法について検討した点においてこの分野の新しい研究であると言える。

8. おわりに

都市分散型水資源の水源と用途について、一般と行政等担当者を対象にアンケート調査を行った結果を比較検討した結果、一般と行政等担当者の選好に有意に相違があることが分かった。

統計的検定手法の導入により、重みベクトル、公的および私的 WTP の相違について有意水準を判定基準とすることができた。統計的検定手法を含む AHP は、日本ではあまり導入が進んでいないため、本研究のような基礎的知見の蓄積が必要であると考えられた。さらに、本研究のように一般市民と行政等担当者の選好を比較検討した研究の結果については、結果を公開し、一般市民、行政等担当者のコミュニケーションの契機とするようなことも今後は必要となる。

水源と用途の組み合わせについて、日本ではまだあまり柔軟に考えられていないところもあり、国土交通省、国土技術総合研究所の複数の部署が担当されている。今後は、各水源と用途の組み合わせについて、水量、年間変動、水質と処理の必要性等を整理した一般市民向けの資料を整備する必要もある。

2 章で示した都市分散型水資源の水資源全体における位置づけや、3 章で示した公共事業等の意思決定法に鑑み、本研究の結果、AHP を公共事業の意思決定法等に導入する際の技術的な問題提起と解決法を提示することができ、一般市民と行政等担当者との選好等の相違点を示すことができた。

なお、本論文は平成 22 年 6 月第 41 回土木学会土木計画学研究発表会 (春大会) における発表原稿に加筆修正したものである。本研究により開発した AHP 等の解析方法について、特許出願を行った (平成 22 年 4 月 28 日提出, 特願 2010-104132, 特許出願人: 学校法人東洋大学)。

謝 辞

本研究は、国土交通省平成 21 年度建設技術研究開発助成制度 (代表: 荒巻俊也) によって実施した。

(原稿受付 2011 年 7 月 14 日)

(原稿受理 2011 年 10 月 5 日)

参 考 文 献

- 1) 健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議 (2003) 神田川流域水循環系再生構想検討報告 (案), <http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/junkan/> (2009 年 10 月時点)。
- 2) 健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議 (2003) 寝屋川流域水循環系再生構想検討報告, <http://www.mlit.go.jp/>

- tochimizushigen/mizsei/junkan/ (2009年10月時点).
- 3) 国土交通省 (2006) 都市における未活用水の利用事例～都市をうるおす水のみち～, http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/kankyo/gaiyou/panf/water_use/s-1.pdf (2010年2月時点).
 - 4) 国土交通省土地・水資源局水資源部 (2009) 吉野川水系における水資源開発基本計画中間評価書, http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/d_plan/ch_05/yoshino.htm (2010年2月時点).
 - 5) 内閣府大臣官房政府広報室 (2008) 水に関する世論調査, <http://www8.cao.go.jp/survey/h20/h20-mizu/index.html> (2009年9月時点).
 - 6) 藤井聡 (2001) 土木計画のための社会的行動理論－態度追従型計画から態度変容型計画へ－, 土木学会論文集, No.688/IV-53, 19-35.
 - 7) 木下栄蔵, 大野栄治 (2004) AHPとコンジョイント分析, 228p., 現代数学社, 東京.
 - 8) 斎藤順, 平泉光一 (2005) 土地改良事業が果たす公益的機能の相対的評価, 新潟大学農学部研究報告, **57** (2), 83-88.
 - 9) 大塚佳臣, 栗栖 (長谷川) 聖, 花木啓祐 (2009) 河川の物理属性及び住民の認知に基づく類型化による都市河川の価値評価構造解析, 環境システム研究論文集, **37**, 271-282.
 - 10) 大塚佳臣, 栗栖聖, 中谷隼, 花木啓祐 (2011) 水辺環境に着目した住民の都市河川金銭価値評価解析, 水環境学会誌, **34** (2), 29-40.
 - 11) 山本充 (1996) 環境用水の導入に係る社会経済的効果の計測・評価に関する研究, 商学討究, 小樽商科大学, **46** (4), 177-203.
 - 12) Hosoi, Y. and Kido, Y. (2001) Comparative reliability analysis of the distribution areas of a water supply system and its application for an earthquake risk analysis, *Water Science & Technology: Water Supply*, **1** (4), 217-226.
 - 13) 三浦浩之, 尾崎平, 和田安彦 (2002) エコデザインによる都市内水供給システムの再生, 水環境学会誌, **25**, 417-424.
 - 14) 山縣弘樹, 山中大輔, 荒谷裕介, 南山瑞彦 (2007) コンジョイント分析を用いた下水処理水によるせせらぎ水路の多面的な便益の評価, 環境システム研究論文集, **35**, 287-294.
 - 15) 木村昌弘, 伊藤禎彦 (2007) 持続可能な上下水道システム構築へ向けた総合評価手法, 環境システム研究論文集, **35**, 295-306.
 - 16) Willett, K. and Sharda, R. (1991) Using the analytic hierarchy process in water resources planning: Selection of flood control projects, *Socio-Economic Planning Sciences*, **25** (2), 103-112.
 - 17) Jaber, J. O. and Mohsen, M. S. (2001) Evaluation of non-conventional water resources supply in Jordan, *Desalination*, **136**(1-3), 83-92.
 - 18) Hämäläinen, R., Kettunen, E., Marttunen, M. and Ehtamo, H. (2001) Evaluating a Framework for Multi-Stakeholder Decision Support in Water Resources Management, *Group Decision and Negotiation*, **10** (4), 331-353.
 - 19) Vacik, H. and Lexer, M. J. (2001) Application of a spatial decision support system in managing the protection forests of Vienna for sustained yield of water resources, *Forest Ecology and Management*, **143** (1-3), 65-76.
 - 20) Thirumalaivasan, D., Karmegam, M. and Venugopal, K. (2003) AHP-DRASTIC: software for specific aquifer vulnerability assessment using DRASTIC model and GIS, *Environmental Modelling & Software*, **18** (7), 645-656.
 - 21) Cai, X., Lasdon, L. and Michelsen, A. M. (2004) Group Decision Making in Water Resources Planning Using Multiple Objective Analysis, *Journal of Water Resources Planning and Management*, **130** (1), 4-14.
 - 22) 都筑良明, 荒巻俊也 (2009) 都市分散型水資源活用についての住民選好検討における階層分析法 (AHP) の適用可能性, 環境システム研究論文発表会講演集, **37**, 141-147.
 - 23) 内閣府大臣官房政府広報室 (2001) 水に関する世論調査, <http://www8.cao.go.jp/survey/h13/h13-mizu/index.html> (2009年9月時点).
 - 24) 亀田達也 (1997) 合議の地を求めて－グループの意思決定, 155pp., 共立出版, 東京.
 - 25) Sen, A. K. (1970) *Collective Choice and Social Welfare*, 225pp., Holden-Day, San Francisco.
 - 26) 佐伯胖 (1980) 決め方の論理, 328pp., 東京大学出版会, 東京.
 - 27) 木下栄蔵 (2000) 入門AHP, 160pp., 日科技連出版社, 東京.
 - 28) 椿本晃久 (2001) 階層化意思決定法における集団の意思決定, 関西学院商学研究, **48**, 73-85.
 - 29) Ramanathan, R. and Ganesh, L.S. (1994) Group preference aggregation methods employed in AHP: An Evaluation and an intrinsic process for deriving members' weightages, *European Journal of Operational Research*, **79**, 249-265.
 - 30) 国土交通省都市・地域整備局下水道部 (2008) 下水処理水の再利用のあり方を考える懇談会資料：懇談会の検討の方向性について, 第1回資料3, <http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/gyosei/shorisui/080222/first03.pdf> (2009年9月時点).
 - 31) 国土交通省土地・水資源局水資源部 (2011) 雨水・再生水利用プラットフォーム, http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/g_resources/index_usuisaiseisuiryo.html (2011年2月時点).
 - 32) 国土技術政策総合研究所気候変動適応研究本部 (2011) 気候変動による渇水リスク増加に対応した下水処理水の活用方策に関する研究, <http://www.nilim.go.jp/lab/kikou-site/20study/data/data4.pdf> (2011年2月時点).
 - 33) Kasuya, E. (2001) Mann-Whitney U test when variances are unequal, *Animal Behaviour*, **61**, 1247-1249.
 - 34) 青木繁伸 (2007) 二群の平均値 (代表値) の差を検定するとき, <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/lecture/BF/index.html> (2010年12月時点).

【論文要旨】

都市分散型水資源3種類と用途5種類について、一般市民と行政等担当者を対象にアンケート調査を行い、両者の選好等を比較検討した。階層分析法 (AHP) の評価基準は、行政等担当者が一般市民よりも、安定性 (社会)、事業費用および期間 (経済)、水環境 (自然) を重視していた。水源の評価は両者とも雨水、下水処理再生水、地下構造物浸出水の順であった。用途は両者とも災害用水、農業・園芸用水の評価が比較的大きかった。支払意志額 (WTP) については、行政等担当者の公的 WTP が全体的に大きく (行政等担当者: 4,172 - 21,572 円・人⁻¹・年⁻¹ (YPY), 一般市民: 6,152 - 17,336 YPY), 私的 WTP が全体的に小さい (行政等担当者: 1,106 - 4,044 YPY, 一般市民: 2,561 - 5,934 YPY) という結果が得られた。

キーワード: 都市分散型水資源; 階層分析法; 絶対評価法; 統計学的検定法; 支払意志額