建設技術研究開発費補助金総合研究報告書

1．課題番号　平成20年度：第25号、平成21年度：第3号

2.研究課題名　都市分散型水活用システムの地域住民の選好に基づく環境パフォーマンス評価

3．研究期間　平成20年度～平成21年度

4．代表者及び研究代表者、分担研究者

代表者	荒巻　俊也	東洋大学・教授
研究代表者	荒巻　俊也	東洋大学・教授
分担研究者	古米　弘明 春日　郁郎 滝沢　智 小熊　久美子 栗栖　聖	東京大学・教授 東京大学・助教 東京大学・教授 東京大学・講師 東京大学・講師

5．補助金交付総額　15,600,000円

6．研究・技術開発の目的

都市域における再生水，貯留雨水，地下鉄浸出水などの分散型水資源について，利用可能水量と水質に配慮しながら雑用水や親水用水，非常用水源や熱環境改善に活用するシステムについて，その環境パフォーマンスを地域住民の選好を取り入れながら評価していく手法を構築する。具体的には、以下の3項目について個別の目標を設定する。

1)雨水流出解析による雨水貯留・浸透時の水量・水質の推定精度を向上し，周辺土地利用や気象条件に応じた貯留雨水の有効活用戦略を提案する.

2)都市域地下水の生活系排水による汚染状況を把握し，地下構造物に浸入してくる地下水について，周辺状況に応じて有効に活用する方策を提案する.

3)貯留雨水，地下構造物浸入水，下水再生水を雑用水や親水用水，災害用水や熱環境改善に活用するシステムについて，その環境パフォーマンスを評価するうえでの指標項目を定量化し，それらの項目に対する地域住民の選好を取り入れて評価する手法を体系化する.

7. 研究・技術開発の内容と成果

(0) 研究成果概要

本研究課題では、研究目的に示した3つの個別目標に沿って、

(1)変動性を考慮した貯留雨水の活用システムの提案

(2)質を考慮した地下構造物浸入水の活用システムの提案

(3)地域住民の選好を考慮した環境パフォーマンス評価

の3つの項目にわけて研究を実施した。

(1)においては、雨水の活用システムを提案するために必要となる個別手法の改良・開発とその適用等を洪水の制御、水資源の確保等の治水的側面と環境への負荷低減の利水的側面に分けて検討を行った。具体的には、雨水流出解析の精度向上を中心とする技術的改良・開発を優先で行った。流出解析の精度向上のための問題意識として、雨水の流出に寄与する正確な有効降雨の算定をとりあげ、雨水損失が直接に生じる地表面の正確な把握及び分類を目指した。その結果、IKONOS高解像度衛星画像を用い、植生域の精緻な把握方法を開発した。この方法の開発は浸透・不浸透面の精緻な分類を可能とし、雨水や雨水と共に流出する汚濁物質の妥当なマスバランスの計算の精度を向上させた。そして、衛星画像とGISの併用法で個別地表面の面積だけではなく、空間的な分布の把握も可能となり、モデルでの降雨‐流出反応の精度向上と様々な雨水利用シナリオに基礎的な区間情報の提供が可能となった。

また、この手法の検証を長期間（1年）の降雨流出シミュレーションを通じて行った。計測の流量データの量的再現性だけではなく、降雨の季節変動の把握とファーストフラッシュ現象が主に発生する降雨の初期や小降雨に対するピーク流量の再現性を検証した。さらに、雨水の貯留シナリオを建物の用途、貯留する貯水槽の容量、流入水の水質条件、貯水槽の初期条件別分け、全24シナリオに対して、水資源の確保、環境への負荷低減効果、洪水制御効果を評価した。個別建物を利用した雨水貯留シナリオに加え、都市内有効オープンスペースを活用した中・大規模貯留施設の導入シナリオに関しても検討を行い、雨水貯留施設において汚濁負荷濃度を考慮した運用を行った場合の影響について考察を行った。

(2)では、既存の事例から、地下構造物浸入水の水質や利用状況を整理するとともに、浸入水の水量推定を行った。現在日本では地下構造物浸出水の用途はきわめて限られているが、今後積極的に利用用途を検討していくべきであることがわかった。

また、東京都千代田区を対象として、震災時の非常水源としての地下水の活用ポテンシャルを具体的に検討し、事前に想定して計画的な井戸の配置と維持管理を行うことにより、被災直後の飲料水や消火用水の不足を解消または緩和しうる可能性が示唆された。

さらに、都区部の地下水中の鉄濃度や酸化還元電位の実測調査をもとに、既往の水質基準の比較に基づく用途検討について、多面的に評価した。震災時の非常水源、水道水、工業用水、冷凍空調機器用冷却水という具体的な用途を挙げ、水質を考慮した地下構造物浸入水の活用の余地について、定量的に示すことができた。また、地下水水質と使途によっては、何らかの処理を行う必要があることを指摘した。

これらの研究成果により、地下構造物浸入水を有効に活用する余地があることが示唆された。

(3)では、都市分散型水資源に関するアンケートを実施する事前準備として、実態調査な

どを通して都市分散型水資源の現状の整理を行い、また階層分析法（AHP）を用いて住民を対象とした都市分散型水資源に関するアンケート調査を行った。分散型水資源の現状をまとめるために、文献調査と自治体の関係部署へのアンケート調査を実施し、雨水の活用の実態、地下構造物浸出水の利用状況などをまとめた。その結果から、「雨水」、「地下構造物浸出水」、「下水再生水」の3つの都市分散型水資源、「雑用水」、「散水」、「親水用水」、「災害用水」、「農業・園芸用水」の5用途を対象として、階層分析法（AHP）によるアンケート調査を実施した。第一段階の階層として「社会」、「経済」、「自然環境」、「生活」、「技術」の5つを設定し、第二段階ではそれをさらに細分化した。アンケート調査はオンラインで実施し、全国のさまざまな規模の自治体から約1200サンプルを集めた。

その結果、水源に対する重みベクトルの大きさは，雨水，下水処理再生水，地下構造物浸出水の順番であり，用途の重みベクトルの大きさは，農業・園芸用水，災害用水，雑用水，親水用水，散水の順番で，雑用水と親水用水の差は有意水準5%でなかった．水源と用途の組み合わせについて，最も評価が高かったのは雨水の農業・園芸用水としての利用であった。同時に質問をしていた公的WTPについては53,100～55,100円／年で，重みベクトルと同様に雨水,下水処理再生水,地下構造物浸出水の順番であった。用途の公的WTPは20,400～47,200円／年，私的WTPは8,400～16,000円で，順位は重みベクトルの順番と同様であった．重みベクトル，公的および私的WTPの算定結果から，水源の選好は，雨水，下水処理再生水，地下構造物浸出水の順であり，用途の選好は，農業・園芸用水，災害用水が上位を占め，次いで親水用水と雑用水が差がなく続き．散水の重要度が最小であるという傾向が見られた．また、一般市民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。

また、これらの解析にあたって、統計的検定手法を導入した。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、都市河川を事例としたアンケート結果から、住民の意識構造を分析する手法についての検討を行った。ここでは、都市における水辺のモデルケースとして、千葉県北西部の都市河川である、大堀川、大津川、坂川、真間川を取り上げ、これらの河川に対する住民の意識構造を、満足度および金銭評価という二軸から評価する手法の構築を行った。従来、住民の効用把握を行う場合には、全ての住民を一括りとして扱い、その平均値としての価値評価を得ていた。しかし、本研究に見られるように、潜在クラス分析や潜在ロジットモデルを用いたコンジョイント分析を行うことにより、住民をグループ化し、個別に見ていくことで、平均値に埋もれていた評価構造を読み解くことが可能となった。また、洪水の確率年、といった、難解ではないが誤解を招きやすい表現があることも、解析に基づき明らかとなり、アンケートにおける文言の工夫といった形での対応が有効であることが示された。

これらの研究成果から、今回採用したAHPによる選好調査や意識構造の分析などにより、住民の意識を把握しながら水管理を行う可能性は示された。一方、都市分散型水資源にこれらの手法を適用していくうえで、手法の信頼性を担保するうえでのさまざまな課題も示された。

(1) 変動性を考慮した貯留雨水の活用システムの提案

(1-1) 研究の概要と構成

研究の構成を図1-1に示す。詳細は以下の通りである。

・研究の検討計画及び範囲：都市域における雨水の活用システムを提案するために必要とする個別手法の改良・開発とその適用等を洪水の制御、水資源の確保等の治水的側面と環境への負荷低減の利水的側面に分けて検討を行った。

・手法開発･改良:雨水流出解析の精度向上を中心とする技術的改良･開発を優先で行った。流出解析の精度向上のための問題意識として、雨水の流出に寄与する正確な有効降雨の算定をとりあげ、雨水損失が直接に生じる地表面の正確な把握及び分類を目指した。その結果、IKONOS高解像度衛星画像を用い、植生域の精緻な把握方法を開発した。この方法の開発は浸透・不浸透面の精緻な分類を可能とし、雨水や雨水と共に流出する汚濁物質の妥当なマスバランスの計算の精度を向上させた。そして、衛星画像とGISの併用法で個別地表面の面積だけではなく、空間的な分布の把握も可能となり、モデルでの降雨 - 流出反応の精度向上と様々な雨水利用シナリオに基礎的な区間情報の提供か可能となった。

・検証・適用：開発の手法の検証には長期間（1年）の降雨流出シミュレーションを通じて行った。計測の流量データの量的再現性だけではなく、降雨の季節変動の把握とファーストフラッシュ現象が主に発生する降雨の初期や小降雨に対するピーク流量の再現性を検証した。

・シナリオ解析：雨水の貯留シナリオを建物の用途、貯留する貯水槽の容量、流入水の水質条件、貯水槽の初期条件別分け、全24シナリオに対して、水資源の確保、環境への負荷低減効果、洪水制御効果を評価した。個別建物を利用した雨水貯留シナリオに加え、都市内有効オープンスペースを活用した中・大規模貯留施設の導入シナリオに関しても検討を行った。

(1-2) 市街地の詳細地表面分類手法の提案

(1-2-1) 高解像度の衛星画像を利用した市街地細密植生抽出

IKONOS衛星画像は青(B)，緑(G)，赤(R)，近赤外(NIR)の四つのバンドを持ち，従来から近赤外と赤の差分(NIR-R)は植生葉緑素の活性を表す代表的指数である正規化植生指数(NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) として頻繁に使われてきた．そして，近赤外と緑の差分 (NIR-G) は葉緑素の量を表すと言われている．

本研究では，(NIR-R)と(NIR-G)の植生に対する判読力に基づき，以下のような新たな植生指数(GBI, Green Bias Index)を開発した．

GBI = (NIR-G) / (NIR-R)

ここで，NIR, G, Rは近赤外，緑，赤バンドの反射率値を表す．GBIの0から1の値が植生として把握する範囲である．

	量的側面（治水）		質的側面（利水）
内容	浸透・不浸透面の精緻な割合推定手法	浸透・不浸透面の細密分布特性推定手法	正確な水量模擬に基づいた既存の汚濁流出評価式の適用
目的	流出する水と汚濁物質の妥当なマスバランスの計算	・降雨－流出反応の向上 ・雨水再利用シナリオ作成のための基礎空間情報の提供	
方法	高解像度衛星画像の分光特性による植生判読手法開発	高解像度衛星 画像と 既存のGISデータの併用による手法の提案	
評価	現場踏査などによるグラウンドトゥルースデータとの比較		

内容	土地利用ごとに有効降雨として既往の値を設定し分布型流出モデルへ適用
目的	降雨時水と汚濁物質の流出模擬における新たな土地利用分類による解析精度の向上程度の評価
方法	1年間の実降雨に対する流出解析を行い、降雨特性ごとに分類した体表的単一降雨イベントに対する模擬結果を実降雨による流出量データとの比較を実施し実流出量の再現性を確認

シナリオ解析	対象地域：千葉、　降雨：1年間の実降雨
1. 降雨特性パタンの分類	• 総雨量、降雨持続時間、最大降雨強度の　3項目を用いたクラスター分析
2. 屋根貯留	• 建物の用途別，貯留容量，水質条件，初期条件などを考慮し，　1年間にあたる水収支や流出や汚濁負荷の低減効果を定量的に確認する.
	• 雨水の屋根貯留による水資源の確保，環境への負荷低減，洪水制御効果を把握する.
3. 有効なオープンスペースの雨水貯留への活用	• 市街地の体表的なオープンスペースである学校の運動場を有効な雨水貯留施設の導入地として試みる.

図1-1　研究の構成

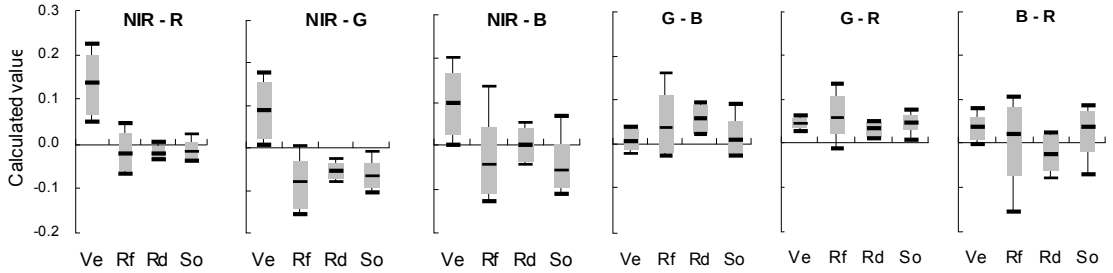


図1-2　青(B)，緑(G)，赤(R)，近赤外(NIR)の中，二つの反射率値に対する差分の組み合わせにおける植生(Ve)，屋根(Rf)，道路(Rd)，土壌(So)の分布

(1-2-2)　衛星画像とGISデータを併用した地表面分類手法

地表面分類は流出解析に必要とする地表面として，屋根・道路の不浸透面と植生等の浸透面の分類を基本とする．GISデータのベクターデータから建物や道路を抽出し，IKONOSで抽出した植生のラスターデータと重ね合わせることで（図1-3参照），従来の方法では把握できなかった分布特性（例えば，道路上の街路樹や植栽地，屋上緑化等）を把握することができる．

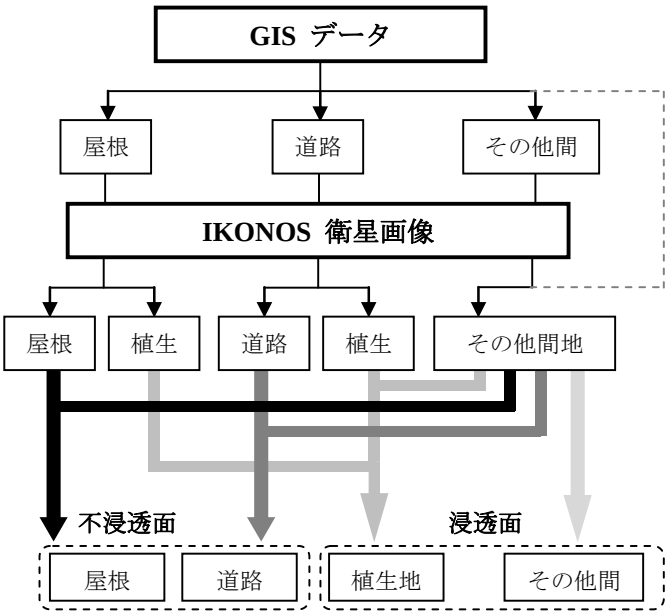


図1-3　衛星画像とGISデータを利用した地表面分類の流れ

(1-2-3)　屋根の形態による建物分類手法

屋根の形状によって降雨時流出特性が異なる．本研究では東京都都市計画地理情報システムのデータを利用して，データの属性に基づき建物を陸屋根と切妻屋根に分類することを試みた．分類には建物の階数を用い，3階以上は陸屋根，2階までの建物は切妻であると仮定した後，2007 年12月13日に対象区域で実際に調査を行った．その結果を表1-1に示す．3階以上の建物は8割が陸屋根であり，2階までの建物は実に9割が切妻であった．この仮定は都市域における建物の屋根形態による雨水やノンポイント汚染源の流出特性を把握するためのモデルに採用できると考えられる．

表1-1　対象地域での現地調査結果

Item	2階以下	3階以上
全建物数	325	20
調査した建物数	147	15
陸屋根の建物	14	12
切妻屋根の建物	133	3
調査した建物の割合	45.2%	75.0%
陸屋根の建物の割合	9.5%	80.0%
切妻屋根の建物の割合	90.5%	20.0%

図1-4 対象地区に存在する陸屋根と切妻屋根の建物（2008年2月石神井町7丁目にて撮影）

(1-3) 長期シミュレーションによる都市域の雨水とSS流出の変動性分析

(1-3-1) 対象地域

千葉県千葉市轟町の56.21(ha)一帯で，主に住宅地が分布しており，流域の上下流部にそれぞれ学校や競輪場を含む広い面積の公園が存在する．対象流域の概要を表1-2に示す。

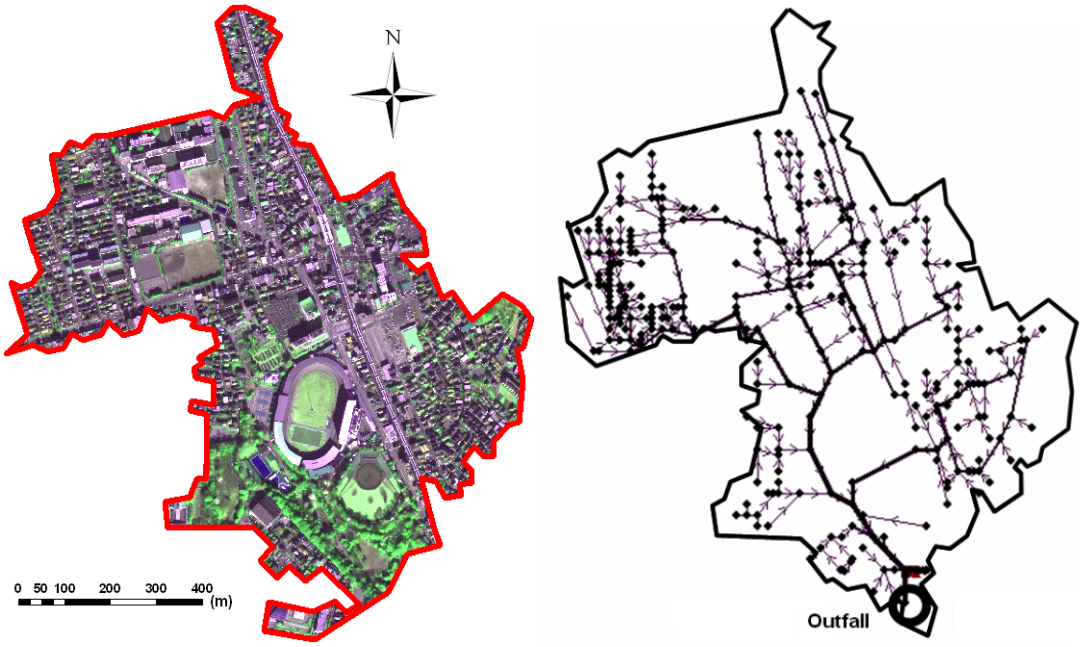


図1-5　対象地域のIKONOS衛星画像（左）と下水道ネットワーク（右）

表1-2 対象地域の概要

項目	値
総面積	67.4 ha
排水区域	56.2 ha
人口	5,518 [a]
総下水道延長	15,814 m
下水管のサイズ	200-1200 mm
マンホールの数	325

a censused in September, 2006

(1-3-2) モデルパラメーター

対象地域の土地利用分類は屋根、道路、植生を含む浸透面、その他間地の4種類にした。それぞれの土地利用に適用した流出パラメーターは以下のようである。

表1-3　地表面の流出パラメーター

地表面工種	初期損失（mm）	Horton浸透能　(mm/hr)
屋根	0.0	-
道路	2.0	-
浸透面	6.0	6.0
その他間地	2.0	1.2

(1-3-3) SS負荷モデル：肱岡式を利用

<u>地表面堆積量の計算</u>

地表面堆積はInfoWorksデフォルトモデルを採用した.

$$M_0 = M_d \cdot \exp(-K_1 \cdot NJ) + (P_s / K_1) \cdot (1 - \exp(-K_1 \cdot NJ))$$

ここで，M_0：地表面堆積量(kg/ha)，M_d：先行降雨終了後の堆積残存量(kg/ha)，K_1：堆積decay factor，NJ：先行晴天日数（日），P_s：地表面堆積係数である.

上記の式に基づいて，地表面堆積の計算を行い，ただし，その最大値は村上ら（2004）によって，堆積SSを粗粒子とした場合，それぞれ屋根は4.5kg/ha，道路は12.0kg/haにする.

<u>地表面堆積負荷の計算</u>

肱岡・古米（2001）に基づいた以下の式を利用する.

$$P(t) = P^0 \exp(-k\int_0^t (R(t) - R_c)\, dt)$$

ここで，P(t)：地表面堆積負荷量(kg/ha)，t：時間(hr)，R(t)：雨水流出量(mm/hr)，k：負荷流出係数(mm^{-1})，P^0：降雨開始時における地表面堆積負荷量(kg/ha)，Q(t)：累積雨水流出量(mm)，R(c)：限界掃流量(mm/hr)である．本研究ではk=0.7（屋根），k=0.35（道路）を採用し，限界掃流量（Rc）は道路のみ2mmを適用した.

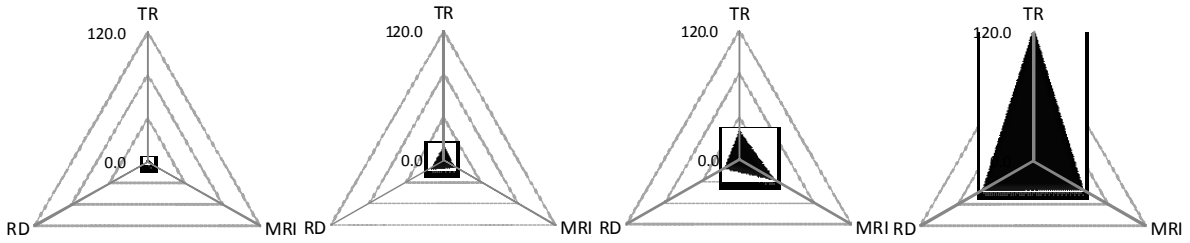
(1-3-4) 使用したデータ

- IKONOS：Panchromatic(1m)/Multi spectral band(4m)(可視光域(青，緑，赤)，近赤外域)，撮影(2003年12月)
- GISデータ：Zmap TownII　(ゼンリン社)
- 降雨データ:2000年1月1日から2000年12月31日まで１年間の５分間隔データ(付録1参照)

降雨イベントの特定は降雨を記録した時点で前後６時間以内に新たな降雨が発生しなかった場合を１つの単一イベントとした．その結果107個のイベントを分析対象とした.

(1-3-5) 降雨特性分析

107個の降雨データを総降雨、最大降雨強度、降雨持続時間の3つの項目に対し、クラスター分析（ウオード法）を行い、その3つの特性に対するグループ分けを図1-6に示す。



Group1　　Group2　　Group3　　Group4

図1-6 各グループの降雨の総雨量・最大降雨強度・降雨持続時間での分布

グループ1からグループ4に向け、3つの項目が大きくなる。特に、グループ1は全体降雨の63%を占め最も頻繁に発生する降雨であるが、平均総降雨1.9mmであることから地表面の初期損失等によって、場合には流出が発生しない可能性もある。従って、その次に大きい割合を示すグループ2が水質を考慮した水資源の管理の側面では最も重要であると考えられる。

表1-4　総雨量・最大降雨強度・降雨持続時間に基づいた降雨の分類（平均値 ± 標準偏差）

	降雨数	総雨量 (TR*, mm)	最大降雨強度 (MRI**, mm/5min)	降雨持続時間 (RD***, hour)
Group 1	63 (59%)	1.9 ± 2.5	4.2 ± 4.0	1.9 ± 2.9
Group 2	30 (28%)	14.7 ± 5.9	11.6 ± 6.2	15.5 ± 5.2
Group 3	12 (11%)	28.1 ± 16.5	38.2 ± 16.3	15.8 ± 14.1
Group 4	2 (2%)	124.9 ± 28.6	53.4 ± 56.9	54.9 ± 51.6
Total	107	10.7 ± 19.5	11.0 ± 14.9	8.3 ± 12.0

*TR (Total rainfall), **MRI (Maximum rainfall intensity), ***RD (Rainfall duration)

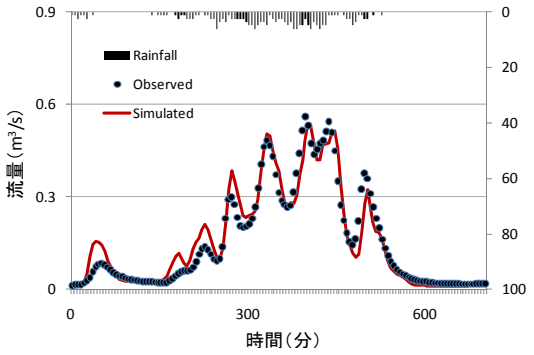
(1-3-6)　模擬結果

流量の解析結果

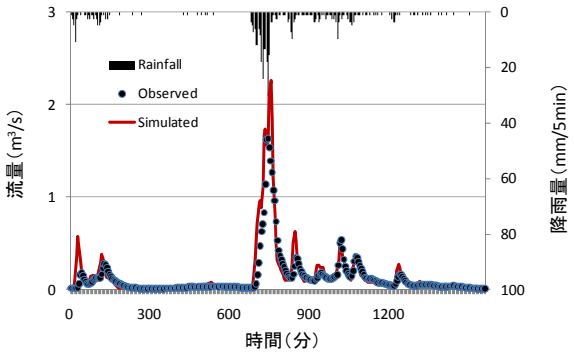
グループ2から4の降雨に対する雨水流出模擬実験の結果では観測流量を精度よく流出変動やピーク流量を再現することができた。グループ1の場合、記録降雨があったとしても流出がほとんど計測されなかったケースが多く、降雨より下水の日変動の影響が多くみられた。表1-5に各グループの流量模擬結果と観測流量とのRMSE値を示す。

表1-5 各降雨グループのRMSE値とピーク流量のグループ平均

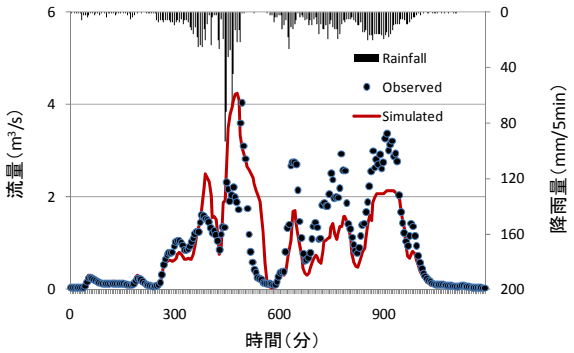
	平均RMSE	平均ピーク流量 (m3/s)		平均RMSE	平均ピーク流量 (m3/s)
Group 1	0.0036	0.14	Group 3	0.0692	1.29
Group 2	0.0062	0.72	Group 4	0.2090	2.55



Event 18 (group2)



Event39 (group3)



Event 55 (group4)

図1-7. 3種類のグループごとのハイドログラフ

図1-8に対象地域の2000年1年間の水収支を示す。年降雨量1145mmの中725mmが流出、420mmが損失した結果となった。損失は浸透面での浸透が主な原因でその他各地表面での初期損失量が含まれている。

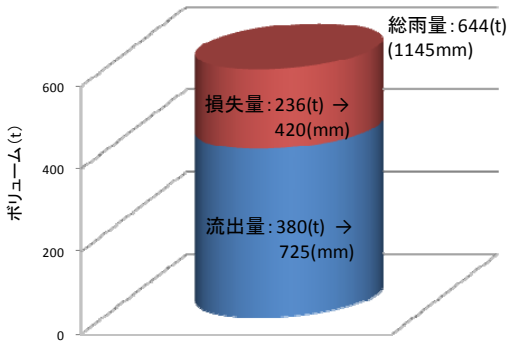


図1-8 年間の水収支

地表面堆積負荷（SS）

図1-9は道路と屋根での年間地表面堆積量の変化を示す。

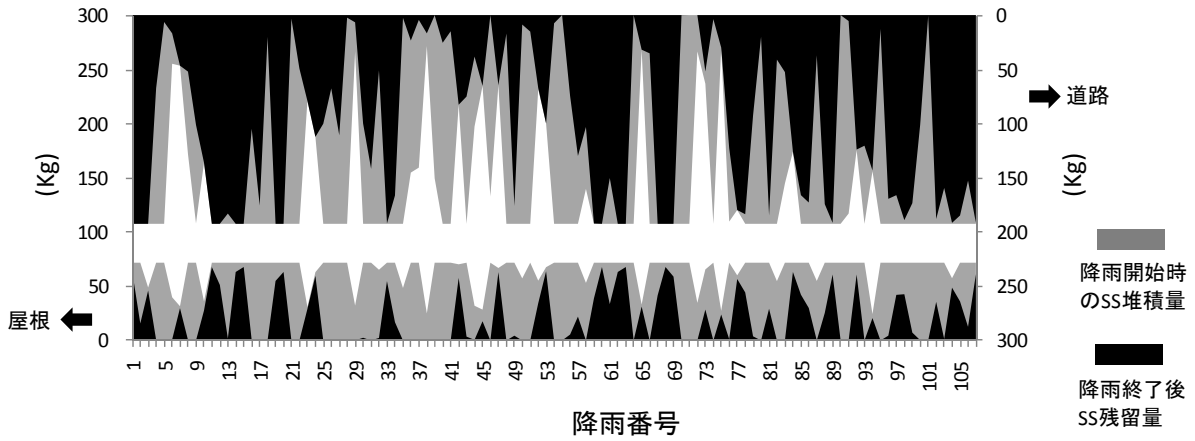


図1-9 道路と屋根での年間地表面堆積量の変化

(1-4) 都市域の雨水貯留施設の活用におけるシナリオ解析

(1-4-1) 建物用途別の一戸当たり貯留シナリオ

建物はその用途によって水利用の特徴が異なるため，用途別に建物の雨水貯留シナリオを設定する必要がある．様々な文献で建物用途別水使用量の原単位が提示されているが，利用できるデータの精度がすべての建物を用途別に分けるには困難である．対象地域の建物データ（ゼンリンのzmap）には建物の用途情報が記載されていないため，本研究では，住宅，業務・商業用建物，公園・緑地内建物の3用途にわけることにし，分類方法としては，10mメッシュの細密数値情報の土地利用属性を用い，その土地利用が業務・商業地の区域内の建物は業務・商業用の建物とし，公園・緑地の区域内の建物は公園・緑地内スポーツ・興行施設とした．その以外の区域は対象地域の特徴上住宅とした．シナリオではそれぞれの建物の一戸当たりの雨水貯留効果を評価するため，建物の用途別一戸当たり代表面積は，東京都都市計画地理情報システムの平成13年度建物現況データから各建物の用途別平均面積を求めた．この結果を適用して，対象地域内の用途別建物の数はそれぞれ住宅1219戸，業務・商業用建物156戸，公園内施設216戸と算定される．

表1-6 東京都都市計画地理情報システムデータによる建物用途別の平均面積算出結果

本研究の分類カテゴリ	住宅		業務・商業用建物		公園・緑地内建物
東京都都市計画地理情報システムの建物用途分類	独立住宅	集合住宅	事務所	専用商業施設	スポーツ・興行施設
細分平均面積(m^2)	65	153	214	211	731
データ数	923831	283558	62479	21304	1691
用途別平均面積(m^2)	86		213		731
採用値（m^2）	90		200		700

用途別建物の雨水貯留シナリオは1）建物の用途，2）貯留槽の容量，3）流入水のSS濃度制限，4）貯留槽の初期条件を考慮し，それぞれの組合せの条件で全24種類のシナリオを設定した．各条件に対する内容は以下のようである．

1）建物用途別：住宅（H），業務・商業（C），公園・緑地（P）

2）貯留槽容量別：1cm降雨までの貯留相当量（1），左記の3倍（3）

3）流入水のSS濃度制限：あり（T），なし（F）

4）貯留槽の初期条件：空（0），先行降雨貯留水の使用後残留量（1）

以上1）～4）の詳細な値は表1-7に表す．

表1-7　24種類のシナリオに対するモデル条件と概要

シナリオ名	建物用途	貯留槽容量（m^3）	貯留水のSSの濃度制限	貯留槽の初期条件
H1F0	住宅	0.9	-	空
H1F1	住宅	0.9	-	残留量
H1T0	住宅	0.9	(30 mg/l)	空
H1T1	住宅	0.9	(30 mg/l)	残留量
H3F0	住宅	2.7	-	空
H3F1	住宅	2.7	-	残留量
H3T0	住宅	2.7	(30 mg/l)	空
H3T1	住宅	2.7	(30 mg/l)	残留量
C1F0	業務・商業	2.0	-	空
C1F1	業務・商業	2.0	-	残留量
C1T0	業務・商業	2.0	(10 mg/l)	空
C1T1	業務・商業	2.0	(10 mg/l)	残留量
C3F0	業務・商業	6.0	-	空
C3F1	業務・商業	6.0	-	残留量
C3T0	業務・商業	6.0	(10 mg/l)	空
C3T1	業務・商業	6.0	(10 mg/l)	残留量
P1F0	公園・緑地	7.0	-	空
P1F1	公園・緑地	7.0	-	残留量
P1T0	公園・緑地	7.0	(5 mg/l)	空
P1T1	公園・緑地	7.0	(5 mg/l)	残留量
P3F0	公園・緑地	21.0	-	空
P3F1	公園・緑地	21.0	-	残留量
P3T0	公園・緑地	21.0	(5 mg/l)	空
P3T1	公園・緑地	21.0	(5 mg/l)	残留量

水需要の原単位は文献により（雨水利用システム，空気調和・衛星工学会編，平成9年），表1-8にしめす．SS濃度基準東京都の排水の雑用水への利用のための水質目標（東京都試案）に基づき，トイレ（＜30mg/l），空調（<10mg/l），散水(<5mg/l)を利用し，住宅はトイレ，商業・業務用建物は空調，公園・緑地は散水の水質基準を採用した．

計算結果を表1-9に示す。貯留水質を考慮した運用を行うことで、水資源の確保という点での効率は4～5%程度悪くなるものの、ピーク流出低減率は少し上昇するという結果が得られた。

表1-8　建物用途別使用量原単位と水利用割合

建物用途	原単位	水利用割合(%)		
	l/m²・d	トイレ	空調	撒水
住宅	10.0	21	0	0
業務	8.1	30	25	3
商業（物販）	12.4	40	04	1
商業（飲食）	148.3	28	05	2
採用値（業務と商業と平均）	56.3	33	11	-*
公園・緑地	4.7	34	0	57

*業務・商業の散水の水利用割合は無視する

表1-9　個別建物における雨水貯留シナリオの結果

評価項目 / シナリオ	施設の効率	水資源確保		環境負荷の低減		洪水制御
	貯水率(%)	雨水貯留量 (m³)	雨水利用率 (%)	SS貯留量 (kg)	SS低減率 (%)	ピーク流出低減率(%)
H1F0	47.6	0.4	261.1	0.03	66.9	71.8
H1F1	67.7	0.6	344.1	0.02	62.8	63.9
H1T0	43.4	0.4	236.8	0.03	66.9	74.5
H1T1	63.1	0.6	315.4	0.02	64.8	68.6
H3F0	27.1	0.7	450.6	0.03	66.9	95.0
H3F1	68.7	1.9	1091.5	0.02	63.8	73.7
H3T0	24.5	0.7	405.8	0.03	66.9	95.6
H3T1	65.4	1.8	1042.6	0.02	65.4	79.1
C1F0	47.6	1.0	22.2	0.06	66.9	71.8
C1F1	77.6	1.6	33.9	0.05	56.9	55.7
C1T0	40.3	0.8	18.5	0.06	66.9	75.9
C1T1	69.8	1.4	30.2	0.05	65.1	64.2
C3F0	27.1	1.6	38.3	0.06	66.9	95.0
C3F1	83.2	5.0	115.9	0.05	57.0	57.4
C3T0	22.9	1.4	32.3	0.06	66.9	95.6
C3T1	78.8	4.7	109.1	0.05	65.1	68.3
P1F0	47.6	3.3	128.2	0.20	66.9	71.8
P1F1	84.2	5.9	225.8	0.05	16.5	59.1
P1T0	19.7	1.4	53.3	0.06	19.1	96.3
P1T1	78.8	5.5	209.9	0.06	18.9	71.8
P3F0	9.6	2.0	74.8	0.06	19.1	99.8
P3F1	83.0	17.4	664.5	0.05	16.7	64.6
P3T0	8.0	1.7	61.3	0.06	19.1	99.8
P3T1	76.1	16.0	611.7	0.06	19.0	78.7

貯水率：　降雨終了後の貯水量÷水槽の貯留容量

雨水利用率：降雨終了後の貯水量÷次回の降雨まで要する水需要

SS低減率：降雨終了後のSS貯留量÷降雨開始前までの地表面SS総堆積量

(1-4-2) 学校運動場内貯留施設の導入シナリオ

学校の運動場は有効な雨水貯留施設の導入候補地である．対象地域の上流部には千葉東高や千葉経済大学の二つの学校が存在する．本研究では学校の運動場に30トン規模の貯留施設を導入した場合の効果を水資源，環境負荷，洪水制御の側面で評価した．解析手法は1-4-1と同様だが,水使用はトイレのみとし,比較的きれいな水を確保するシナリオとした。

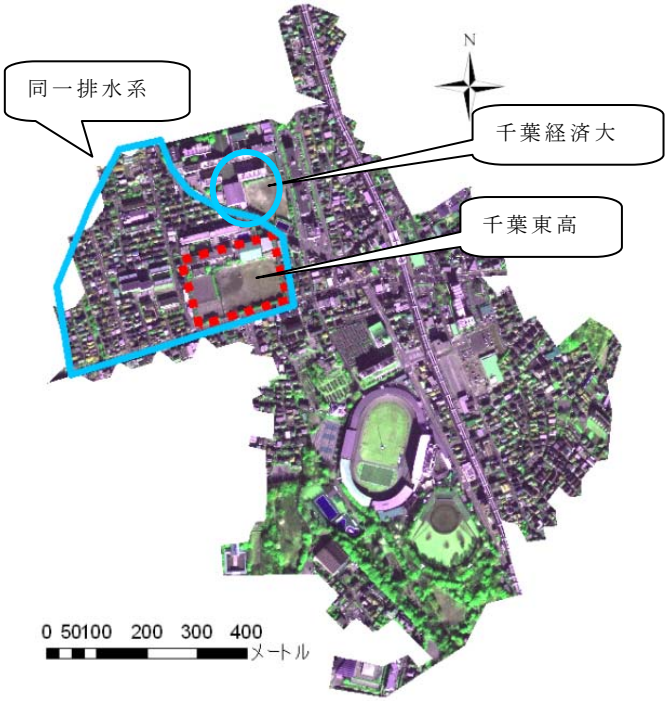


図1-10　学校区域を末端とする流域の位置

表1-10　学校運動場における貯留シナリオの結果

評価項目 / シナリオ	施設の効率	水資源確保		環境負荷の低減		洪水制御
	貯水率(%)	雨水貯留量 (m^3)	雨水利用率 (%)	SS貯留量 (kg)	SS低減率 (%)	ピーク流出低減率(%)
P1F0	65.4	1961.4	18.6	130.6	4.0	40.1
P1F1	93.3	2799.6	25.5	2.6	0.1	3.1
P1T0	58.6	1758.2	16.9	735.4	22.9	62.9
P1T1	94.2	2825.9	25.6	497.5	15.6	34.4

その結果、貯留水質を考慮した運用を行った場合、雨水利用率は若干下がるものの、SS低減率は大きく増加し、運動場などからの排水の雨水貯留において水質を考慮する重要性が指摘された。

(2) 質を考慮した地下構造物浸入水の活用システムの提案

(2-1) 地下水量、水質、周辺水需要を考慮した地下構造物浸入水活用方法の検討

(2-1-1) 地下構造物浸入水の水質と利用状況の整理

東北新幹線上野駅（地下トンネル）浸入水について、BOD: 0.1mg/L、SS: 1mg/L未満、大腸菌群数: 1個/cm^3, 電気伝導度: 31mS/mと報告されている（東京都環境局）。これは、「水質汚濁にかかわる環境基準（生活環境の保全に関する環境基準）」に既定のあるBOD、SS、大腸菌群数の3項目について、最上位の河川類型AA（水道１級）を満たしており、清澄な水と判断できる。上野駅では、浸入水を近隣の上野恩賜公園内不忍池に導水し、水質浄化に役立てている。計画放水量は一日270m^3である。

また、総武快速線東京駅、馬喰町駅のトンネル等構造物浸入水について、「水質はおおむね良好ながら、塩水化（約0.3%）しているため、環境用水としてそのまま利用するには様々な問題がある。」と報告されている（東京都環境局）。地下水の塩水化については、海水の地下帯水層浸入、土壌塩分の溶出、人為汚染など、様々な要因が考えられ、あるいはそれらが複合的に作用していると予想される。塩水化した地下水の利用に際し、技術的にはエネルギーを費やして脱塩処理を施すことも可能ではあるが、利用用途を適切に設定すれば、処理を施すことなく利用可能である。東京駅の事例では、品川区の干潮河川で塩濃度が本来高い立会川に放水することで、処理を施すことなく、環境改善用水として有効活用している。計画放水量は一日1,600m^3とされている。

(2-1-2) 地下構造物浸入水の水量推定

東京都区部の地下水収支を文献に基づき推定した。文献で示されている1985～1987年および1994～1996年の東京都区部の水収支（佐々木ほか，2007）と，推定された2004～2006年の東京都区部の地下水収支を表2-1に示す。2004～2006年の下水管への浸入量とトンネル湧水の量はデータが得られなかったため，1994～1996年の値を用いた。

表2-1に示す通り、東京都区部の地下水の計算上の収支は年々減少しており，水収支を構成する要素は時代とともに大きく変化してきた。雨水浸透量の変化に比べて水道漏水の削減量の変化が大きく，涵養量は大幅に減少した。流出量に関しては，下水道への浸入量が大部分を占めており，トンネル湧水と揚水量が占める割合は流出量全体の3割未満であった。また，揚水量は年々減少傾向にある一方，1994～1996年の下水管への浸入量とトンネル湧水は1985～1987年に比べて顕著に増加した。

1985～1987年から1994～1996年の間の地下水の涵養量が減少しているにも関わらず下水管への浸入量とトンネル湧水が増加した原因には以下の3つが推測され、単独あるいは複合的に影響していると考えられる。

表1　東京都区部の地下水収支とその変遷（黒田2010）

		1985-1987 [a]		1994-1996 [a]		2004-2006	
		m^3/day	mm/year	m^3/day	mm/year	m^3/day	mm/year
Sources	Sources						
	Rainwater infiltration	266,939	158	226,723	134	292,079 [b]	173
	Mains leakage	492,928	292	380,693	225	133,500 [c]	79
	Subtotal	759,867	450	607,416	359	425,579	252
Sinks	Sinks						
	Infiltration into sewer pipes	211,057	125	261,451	155	261,451 [d]	155
	Leakage into tunnels (e.g. subways)	21,661	13	32,968	20	32,968 [d]	20
	Abstraction	57,000 [f]	34	51,333 [f]	30	42,965 [e]	25
	Subtotal	289,718	171	345,752	205	337,384	200
	Balance	470,149	278	261,664	155	88,195	52

[a] 佐々木ら(2007); [b] 推定値; [c] 東京都 (2006); [d] d佐々木ら(2007)の1994-1996の値から外挿; [e] 東京都 (2006); [f] 東京都(2006)より推定.

a. 1985～1987年の被圧地下水の水位は海面下20m程度であり，1994～1996年までの期間に2～3m程度上昇したため下水管やトンネルへの水圧が増加した。
b. 下水道の普及や地下鉄の開通により，地下の下水管やトンネルの長さが増加した。
c. 下水道の管路やトンネルの老朽化が進み，地下水の浸入が起こりやすくなった。

なお、現在は被圧地下水の水位が1994年～1996年より高くなっていること，1994年～1994年は平均降水量1228mm/年と1979年～2008年の30年間の平均降水量1514mm/年より少ない期間であったこと，現在は1994～1996年よりトンネル延長が増加していること（南北線，副都心線の開業や，他路線の地下化など）から，現在のトンネル湧水量は上記推定に用いた1994年～1996年の値よりも多い可能性がある。

海外では，ロンドン地下鉄（LUL）のトンネル内への地下水浸入量は30,000m^3/日と報告されており（UK Groundwater Forum）、一部は水道原水として利用されている。バルセロナにおいては，地下施設や地下鉄トンネルへ浸入した41,000m^3/日から55,000m^3/日の地下水を揚水しており（Vasquez-Sune et al., 2005）、一部は散水用水など雑用水として利用されている。これらのトンネル湧水の量は東京都区部と同程度といえる。東京では、地下構造物浸入水の利用用途は環境改善用水や清掃用水など極めて限られるが、ロンドンやバルセロナの事例に学び、より積極的な利用用途を検討し、また、利用の限界を理解する余地がある。

(2-2) 震災時の非常水源としての地下水利用ポテンシャルの推計

(2-2-1) はじめに

地下構造物浸入水の活用方法の一案として、震災時の非常水源としての地下水利用ポテンシャルを検討した。震災発生時における水不足を回避するためには，需給量を正しく把握することが必要である。そこで，昼夜人口が大きく異なる東京都千代田区を対象に，首都直下地震時の用途別水需給量を推定し，千代田区における地下水の利用可能性を評価した。千代田区を選定した理由として、第一に、国会議事堂や官庁，多数のオフィスがあり，経済的，政治的中心地となっているため，被災直後から業務の継続が求められるとともに、多数の帰宅困難者が予想され、水不足の深刻度が大きいと予想されるためである。また、第二の理由として、千代田区は地下構造の深度が大きい高層大規模建築物が多いうえ、東京駅周辺で鉄道構造物浸入水を立会川に放流している事実から、地下水位が高いと予想されるためである。すなわち、千代田区は地下構造物浸入水を生じやすい条件が揃っていると判断し、本研究の対象とした。

(2-2-2) 研究手法の概要

千代田区（昼間人口:853,382人，夜間人口：41,778人）（総務省統計局，2005）を対象地区とし，「首都直下地震による東京の被害想定報告書（平成18年）」(東京都，2006)に基づいて被害想定を行った。帰宅困難者の漸次帰宅を考慮し、震災による千代田区の滞在者数は，震災当日で654,950人，1～3日後で384,027人，4日目以降で167,372人と推定した。

震災後の水の用途として,①飲料水および調理用水,②消火用水,③病院用水,④役所，放送局，銀行による業務活動用水（以下，業務活動用水とする），⑤トイレ用水，⑥洗濯用水，⑦お風呂用水，を想定した。このうち，⑤～⑦は震災8日後から必要となると仮定した。各用途における需要水量原単位を、既往の震災報告資料や文献などから適宜設定した。

次に，供給可能水量の算出を行った。震災時の水源として，①水道水，②受水槽，③防災用ペットボトル，④自動販売機，⑤コンビニエンスストア，⑥応急給水槽，⑦防火水槽，⑧プール，⑨地下水，を考慮した。①～⑧それぞれの供給可能量は、既往の震災報告資料や文献、施設容量、飲料メーカー情報などから適宜設定した。⑨の地下水供給可能量は、区内の防災井戸30カ所（災害対策井戸15，災害時協力井戸15）から水理的に揚水可能な量を、地質情報や井戸内水位に基づき算定した。なお、本研究で定義する水理学的な揚水可能量とは、非常時の緊急かつ短期的な利用には地下水位低下や地盤沈下に対する配慮は不要であるとの考えに基づく。当該の防災井戸30カ所を対象に、電気伝導度（EC），酸化還元電位（Eh），溶存酸素（DO），pH，大腸菌数，大腸菌群数，着色，臭気，濁度，溶存有機炭素（DOC），全窒素（T-N），亜硝酸態窒素（NO2-N），硝酸態窒素（NO3-N），アンモニア態窒素（NH4-N），主要イオン濃度、主要金属濃度、塩素濃度を測定し、水質を考慮して用途を振り分けた。また、千代田区防災計画（千代田区，2007）

が非常時水源として想定しているプール水について、地下水と同様の水質項目を測定し、比較した。

(2-2-3) 結果と考察

千代田区における震災時の用途別需要水量と水道供給可能量の推移を図2-1に示す。

震災当日に54,000m^3/日，被災後1～3日後に33,000m^3/日の水が必要になると推定された。震災当日について、飲料水・調理用水や病院用水のように良好な水質を必要とする用途の合計需要水量は19,000m^3/日，高度な水質を求めない業務活動用水や消火用水の合計需要水量は35,000m^3/日であった。震災当日から3日後までは，水道水からの供給が見込めないため，深刻な水不足が推定された。一方，4日目以降の需要水量は，千代田区内の滞在者数の減少に伴い需要量が減少し，水道水の供給可能量が，需要量を上まわると推定された。すなわち、震災当日から3日後まで、水道水以外の水源からの供給可能量を、水質に応じて評価する重要性が示された。

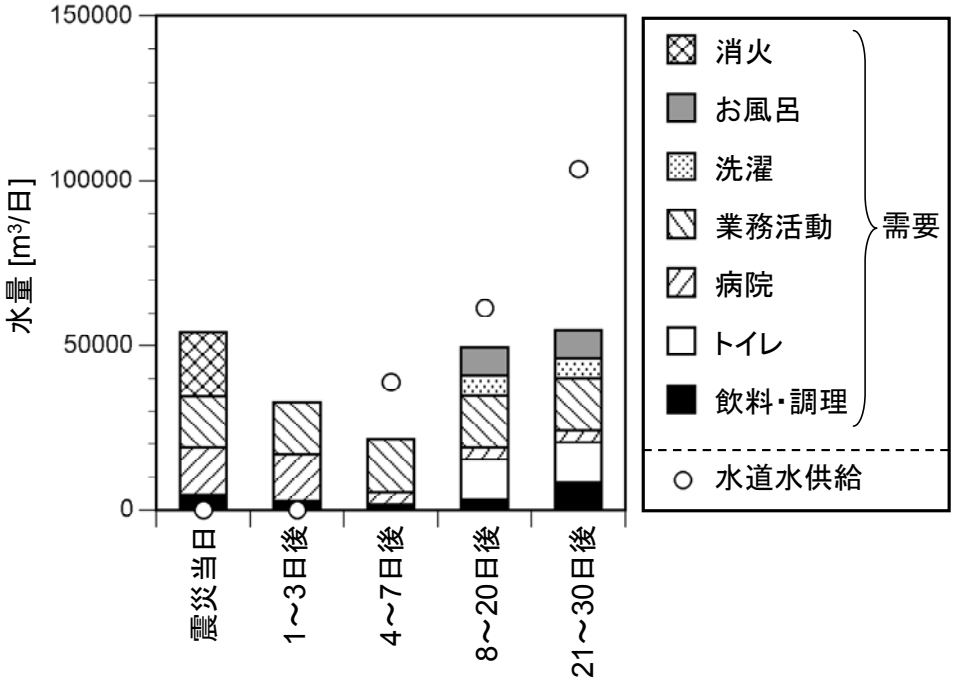


図2-1　用途別需要水量と水道供給可能量の推移

そこで、地下水を用途別に利用することを想定した。地下水およびプール水の水質調査結果（表2-2）について、本研究で独自に設定した判定水質基準（表2-3）に従い、①未処理で飲料・調理・病院用水として利用可能，②塩素消毒のみで飲料・調理・病院用水として利用可能，③消毒・ろ過処理を行うことで飲料・調理・病院用水として利用可能，④消火・業務活動用水として利用可能，⑤利用不可能，の5種類に分類した。

表2-2　地下水とプール水の水質（表内の数値は最小値～最大値（中央値）を示す）

		不圧地下水 (n = 21)	被圧地下水 (n = 9)	屋内プール (n = 4)	屋外プール (n = 1)
着色	[-]	無色透明:n = 12 着色あり:n = 9	無色透明:n = 6 着色あり: n = 3	無色透明:n = 4 着色あり:n = 0	無色透明:n = 0 着色あり:n = 1
臭気	[-]	異常なし:n = 15 異常あり:n = 6	異常なし:n = 7 異常あり:n = 2	異常なし:n = 4 異常あり:n = 0	異常なし:n = 1 異常あり:n = 0
大腸菌	[CFU/100mL]	不検出~5950 (陽性試料:n = 7)	不検出~19 (陽性試料:n = 2)	不検出	3
大腸菌群	[CFU/100mL]	不検出~17550 (陽性試料:n = 16)	不検出~5650 (陽性試料:n = 7)	不検出	1243
EC	[mS/m]	6.74~73.6 (42.3)	23.0~78.6 (59.8)	34.3~64.9 (36)	22.4
Eh	[mV]	-254~343 (127)	-278~300 (-5)	522~612 (582)	183
DO	[mgO/L]	0.34~7.57 (4.24)	0.05~9.02 (3.16)	7.85~8.66 (8.04)	9.29
pH	[-]	5.92~8.47 (7.01)	6.98~9.82 (7.86)	7.31~8.38 (7.82)	7.93
濁度	[度]	0.1~31 (1.2)	0.4~864 (1.2)	0.3~0.4 (0.3)	1.5
DOC	[mg/L]	<0.2~3.9 (0.3)	<0.2~2.4 (0.3)	1.1~1.5 (1.2)	3.61
T-N	[mgN/L]	0.07~11.8 (1.2)	0.25~4.2 (1.4)	2.8~4.2 (3.0)	0.74
NO_2-N	[mgN/L]	<0.03~0.59 (0.20)	<0.03~1.16 (0.65)	<0.03~1.53 (0.53)	<0.03
NO_3-N	[mgN/L]	<0.03~10.6 (0.52)	<0.03~3.58 (0.07)	2.53~3.96 (2.76)	0.15
NH_4-N	[mgN/L]	<0.01~6.00 (0.07)	0.01~3.70 (0.86)	0.01~0.17 (0.03)	0.12
F	[mg/L]	<0.10~0.28 (<0.10)	<0.10 (<0.10)	<0.10~0.16 (<0.10)	0.10
Cl	[mg/L]	1.71~40.8 (27.8)	11.1~88.0 (40.1)	32.8~110 (39.0)	30.6
Br	[mg/L]	<0.10~0.30 (<0.10)	<0.10~0.25 (0.12)	1.55~17.5 (3.28)	1.98
PO_4	[mg/L]	<0.10	<0.10~0.32 (<0.10)	<0.10	<0.10
SO_4	[mg/L]	<0.10~113 (43.8)	4.25~78.7 (35.3)	32.9~51.0 (37.5)	16.59
HCO_3^-*	[mg/L]	29~554 (128)	79~295 (191)	51~74 (63)	43
Na	[mg/L]	5.1~42 (23)	15~74 (33)	27~88 (34)	13
Mg	[mg/L]	0.26~24 (12)	0.07~25 (19)	4.2~5.5 (4.9)	2.8
Al	[mg/L]	<0.10~0.14 (<0.10)	<0.10~0.17 (0.11)	<0.10~0.42 (0.23)	0.26
K	[mg/L]	2.6~25 (5.8)	3.2~15 (7.3)	2.9~3.7 (3.3)	2.1
Ca	[mg/L]	6.2~68 (37)	15~67 (47)	24~28 (26)	25
Fe	[mg/L]	<0.10~1.51 (<0.10)	<0.10~0.26 (<0.10)	<0.10	0.88
B	[μg/L]	7.6~272 (42)	27~230 (52)	35~60 (50)	28
Cr	[μg/L]	<0.40~1.7 (<0.40)	<0.40~1.3 (<0.40)	0.28~0.86 (0.43)	0.68
Mn	[μg/L]	0.14~710 (25)	0.91~2400 (88)	0.22~0.92 (0.29)	18
Ni	[μg/L]	0.19~7.6 (0.88)	0.30~2.6 (1.2)	0.60~1.2 (0.97)	1.2
Cu	[μg/L]	0.18~65 (1.8)	0.69~21 (2.5)	2.4~8.9 (5.3)	7.5

表2-2続き　地下水とプール水の水質（表内の数値は最小値～最大値（中央値）を示す）

		不圧地下水 (n = 21)	被圧地下水 (n = 9)	屋内プール (n = 4)	屋外プール (n = 1)
Zn	[μg/L]	<10~480 (32)	<10~78 (<10)	<10~150 (<10)	22
As	[μg/L]	0.04~14 (0.15)	0.13~5.7 (0.90)	0.42~0.65 (0.60)	0.56
Cd	[μg/L]	<0.01~0.13 (0.02)	<0.01~0.10 (0.03)	0.03~0.04 (0.04)	0.05
Pb	[μg/L]	<0.05~6.3 (0.22)	0.12~3.2 (0.40)	0.21~0.52 (0.42)	6.3
遊離塩素（塩素添加なし）	[mg/L]	<0.01~0.02 (0.01)	0.01~0.02 (0.01)	0.22~0.57 (0.45)	0.01
結合塩素（塩素添加なし）	[mg/L]	<0.01~0.04 (<0.01)	<0.01~0.01 (<0.01)	0.06~0.14 (0.08)	0.01
遊離塩素（塩素添加濃度1 mg/L）**	[mg/L]	<0.01~0.97 (0.48)	0.01~0.80 (0.03)	-	0.08
結合塩素（塩素添加濃度1 mg/L）**	[mg/L]	<0.01~0.86 (0.08)	<0.01~0.84 (0.66)	-	0.42
遊離塩素（塩素添加濃度5 mg/L）***	[mg/L]	0.06~4.95 (4.25)	0.10~4.75 (0.13)	-	2.52
結合塩素（塩素添加濃度5 mg/L）***	[mg/L]	<0.01~4.28 (0.2)	0.07~4.69 (2.64)	-	0.52

*　アルカリ度から換算
**　塩素添加濃度1 mg/L、塩素接触1時間後の残留塩素濃度
***　塩素添加濃度5 mg/L、塩素接触1時間後の残留塩素濃度

判定基準をもとに，地下水の水質分析結果を分類したところ，千代田区内の30箇所の井戸のうち，消毒のみで飲料・調理・病院用水として利用可能なものは8箇所（不圧地下水4箇所，被圧地下水4箇所），消毒・ろ過処理を行うことで飲料・調理・病院用水として利用可能なものは9箇所（不圧地下水6箇所，被圧地下水3箇所），消火・業務活動用水として利用可能なものは10箇所（不圧地下水8箇所，被圧地下水2箇所），どの用途においても利用できないものは3箇所（不圧地下水3箇所）あった。水理的に揚水可能な地下水量を求めた結果、塩素消毒のみで飲料・調理・病院用水として利用可能な量として98,000m^3/日，消毒・ろ過処理を行うことで飲料・調理・病院用水として利用可能な量として87,000m^3/日，消火・業務活動用水として利用可能な量として12,000m^3/日と算出された。

そこで、これらの地下水量を水質に応じて用途に振り分け、震災直後から3日後までの水需給バランスを推定した。結果を図2-2(良好な水質を要しない用途)、図2-3（良好な水質を要する用途）に記す。総じて、地下水からの水理的な供給可能量は，その他の水源からの供給可能量と比較して多かった。図2-2に示す通り、震災後1～3日後に不足する業務活動用水について、地下水で賄えると推定された。また、図2-3に示す通り、塩素消毒のみで飲料水などに利用可能と判定された地下水量の総計は87,000m^3/日に上り，震災当日から3日後に生じる飲料・調理・病院用水の需要量を賄えると推定された。既述の通り、本研究で算定した地下水水量は水理学的に定義した揚水可能量であり、実際の利用可能量を過大に評価している可能性に留意が必要である。しかしながら、震災時の地下水利用を事前に想定し，計画的な井戸の配置と維持管理を行えば，飲料水や消火･業務活動用水の不足を解消または緩和しうる可能性が示唆された。

表2-3　本研究で設定した震災時の水利用判定基準

項目	飲料・調理・病院用水利用（未処理で利用可能）	飲料・調理・病院用水利用（塩素消毒のみで利用可能）	飲料・調理・病院用水利用（消毒・ろ過処理が必要）	消火・業務活動用水利用
着色	無色透明であること	無色透明であること	無色透明であること	-
臭気	異常でないこと	異常でないこと	異常でないこと	-
pH	5.8以上8.6以下	5.8以上8.6以下	5.8以上8.6以下	-
大腸菌	100 mLの検水から検出されないこと	100 mLの検水から検出されないこと	-	1 mLの検水から検出されないこと
濁度	2度以下	2度以下	-	-
$(NO_2+NO_3+NH_4)$-N	10 mgN/L以下	10 mgN/L以下	10 mgN/L以下	-
残留塩素	遊離塩素0.1 mg/L以上または結合塩素0.4 mg/L以上	-	-	-

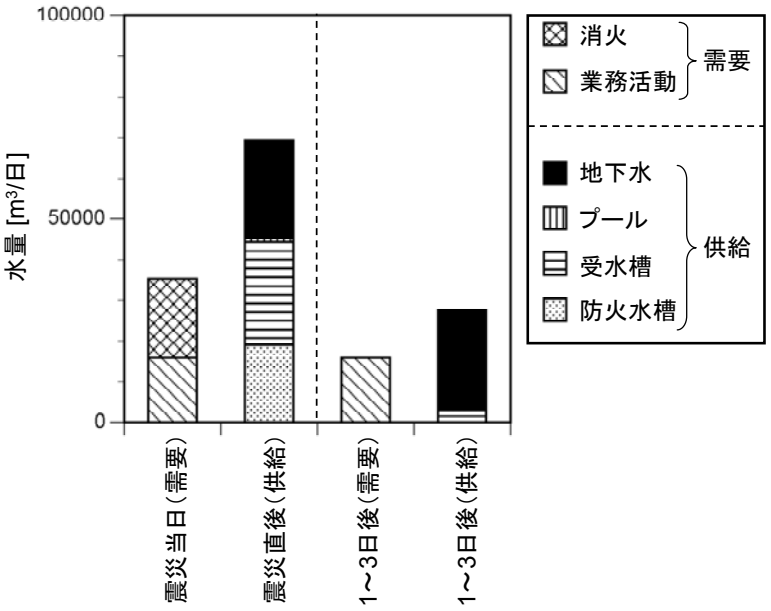


図2-2　消火・業務活動用水の需要と供給可能水量

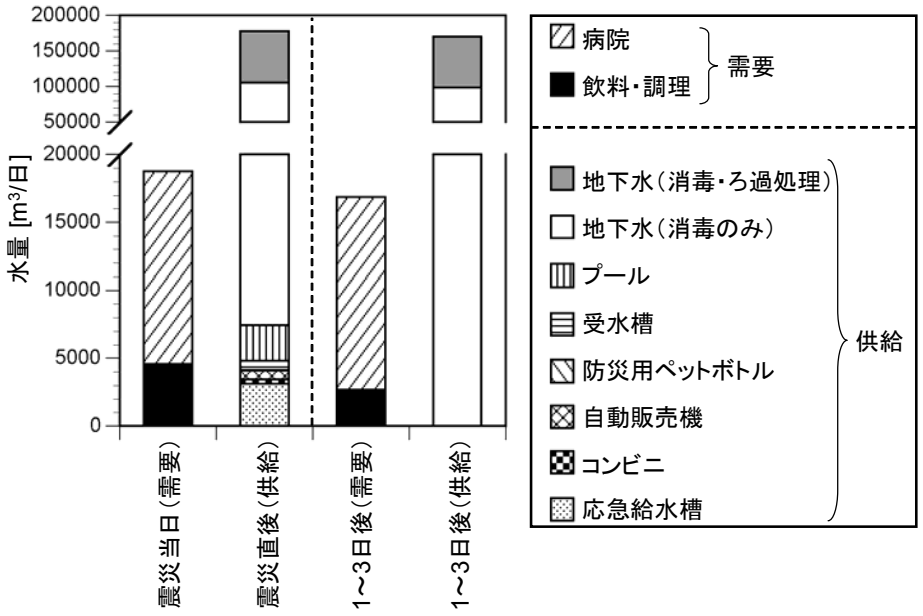


図2-3　飲料・調理・病院用水の需要と供給可能水量

(2-3) 東京都区部の地下水中の鉄濃度および酸化還元電位に基づく用途検討

(2-3-1) はじめに

東京都区部における地下水中の鉄濃度および酸化還元電位の分布特性を調査した。これは、本研究グループのこれまでの成果(黒田ら2007, 黒田ら2008)から、窒素や大腸菌などの汚染物質以外に加え、高濃度の鉄が地下水の有効利用の障害となりうることなどの問題が示唆されたためである。

鉄は酸化的な環境において酸化鉄(III)になり，水が赤茶色を呈するため外観上の問題となり，また施設・機器類へ付着するため水利用上支障をきたす。鉄に関する水質基準は，水道水質基準（厚生労働省，2003）においては0.3 mg/L以下（鉄及びその化合物として），工業用水道供給標準水質（日本工業用水協会，1971）においても0.3 mg/L以下（総鉄として）と定められている。冷凍空調機器用冷却水水質基準（日本冷凍空調工業会標準規格，1994）においては1.0 mg/L以下と定められている。

また、酸化還元電位は，酸化還元反応における電子の授受の際に発生する電位のことであり，水が酸化的環境または還元的環境にあることを示す指標である。地下水は揚水すると空気に曝されて一般に溶存酸素濃度が高くなり酸化還元電位が上昇する。地中での酸化還元電位が高い地下水は揚水後の水質変化が小さいが，地中での酸化還元電位が低い地下水は，揚水による酸化還元電位の上昇に伴い鉄(II)やマンガン(IV)の酸化，アンモニアの硝化など，様々な水質変化を起こす場合がある。酸化還元電位が低く還元的な地下水にしばしば含まれる硫化水素は，揚水時に揮発し，人に対する毒性があるとともに独特の臭気をもつため利用上の問題となる。アンモニアやその硝化産物である硝酸・亜硝酸は栄養塩として環境中に影響を与え，また硝酸・亜硝酸は飲用に際して人に対する毒性をもつ。このように酸化還元電位は地下水の利用上で多くの問題を起こす水質と関連しており，酸化還元電位が低く硫化水素やアンモニアを高濃度に含む地下水を利用する際には曝気処理等が必要であると考えられる。

鉄や酸化還元電位は環境基準に設定されていないこともあり，東京都区部の地下水においてこれまでに公表された水質調査例は筆者らが知る限り存在しなかった。そこで本論文では，東京都区部において地下水中の鉄濃度および酸化還元電位を調査し，鉄濃度と酸化還元電位の関係や帯水層における分布特性を考察した。

(2-3-2) 調査方法の概要

東京都23区すべてについて，一区あたり1～12箇所の井戸を対象に，防災井戸などの公共井及び浴場用井戸などの私有井の合計103井戸からのべ154試料の地下水を採水した。pH，酸化還元電位(Eh)，鉄(II)，全鉄を既定の方法で測定した。

調査対象井戸のスクリーンが存在する帯水層を，井戸の深さと地質断面図から判断し、分類した。全103地点の帯水層は，不圧帯水層が57地点，不圧帯水層からの湧水が3地点，被圧帯水層が43地点であった。不圧帯水層では，武蔵野礫層(31地点)が最も多く，次に東京層群東京層(砂)(18地点)，有楽町層上部(砂)(7地点)と続いた。不圧帯水層からの湧水(3地点)はすべて武蔵野礫層であった。被圧帯水層は，上総層群が最も多く32地点，東京層群東京層(砂)の9地点と続いた。

調査対象とした井戸について、代表的な5つの帯水層のグループに分類し、表層地質（東京都労働経済局農林水産部，2001）の分布と共に図2-4に示す。

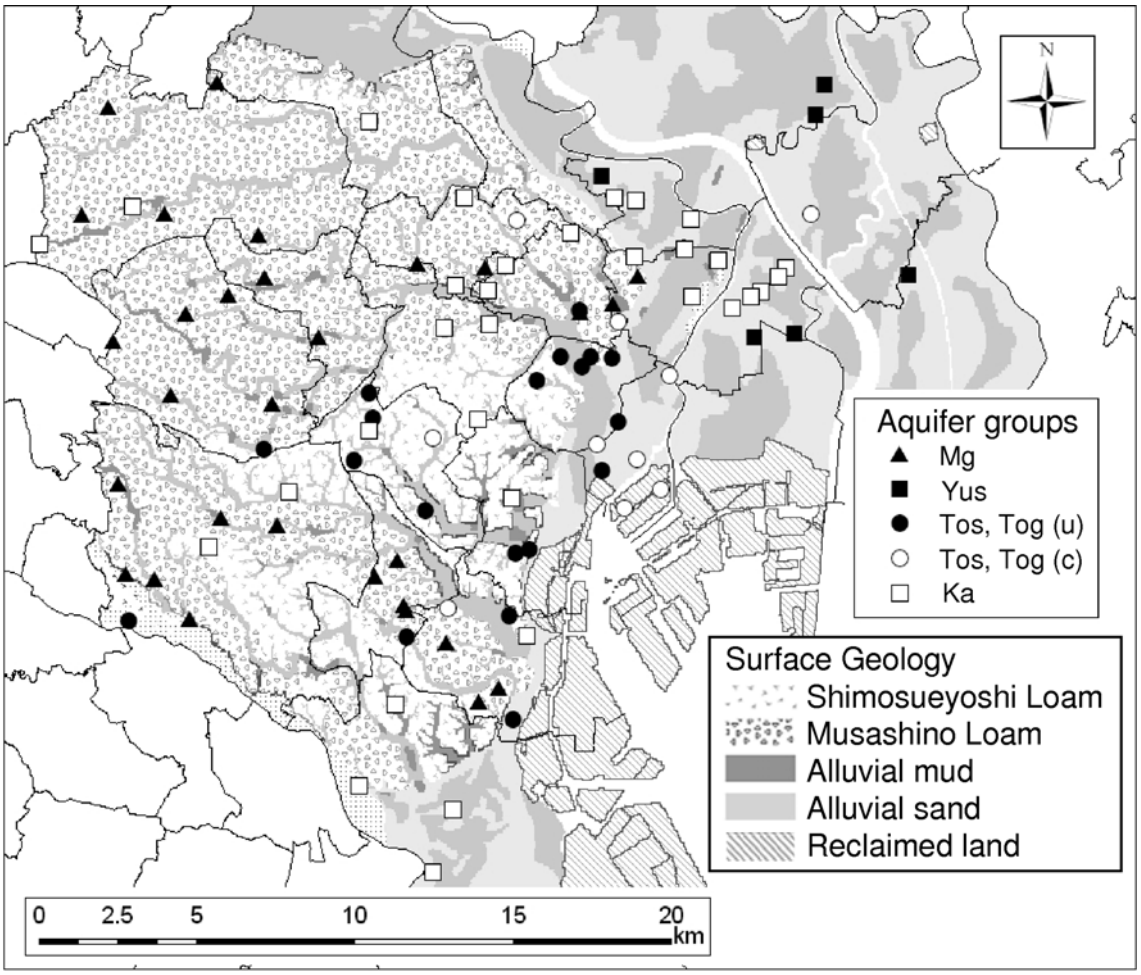


図2-4 帯水層群分布と表層地質

Mg:武蔵野礫層，Yus:有楽町層，Tos，Tog (u)：東京層不圧砂層および礫層，

Tos，Tog(c)：東京層被圧砂層および礫層，Ka:上総層被圧

(2-3-3) 結果と考察

帯水層グループ別の全鉄濃度の検出頻度を図2-5に示す。調査地点全体では55%（57地点)で全鉄濃度が0.3mg/Lを下回り，0.3mg/L から1.0mg/Lが14％(14地点)あり，半数以上の地点で水道水質基準および工業用水道供給標準水質における鉄に関する基準を満たしていた。一方、1.0mg/Lから10mg/Lの地点は25%(26地点)，10mg/Lを超える地点は6%(6地点)であった。鉄が高濃度で検出される地下水の利用においては，ろ過などの除鉄処理が必要であると考えられた。

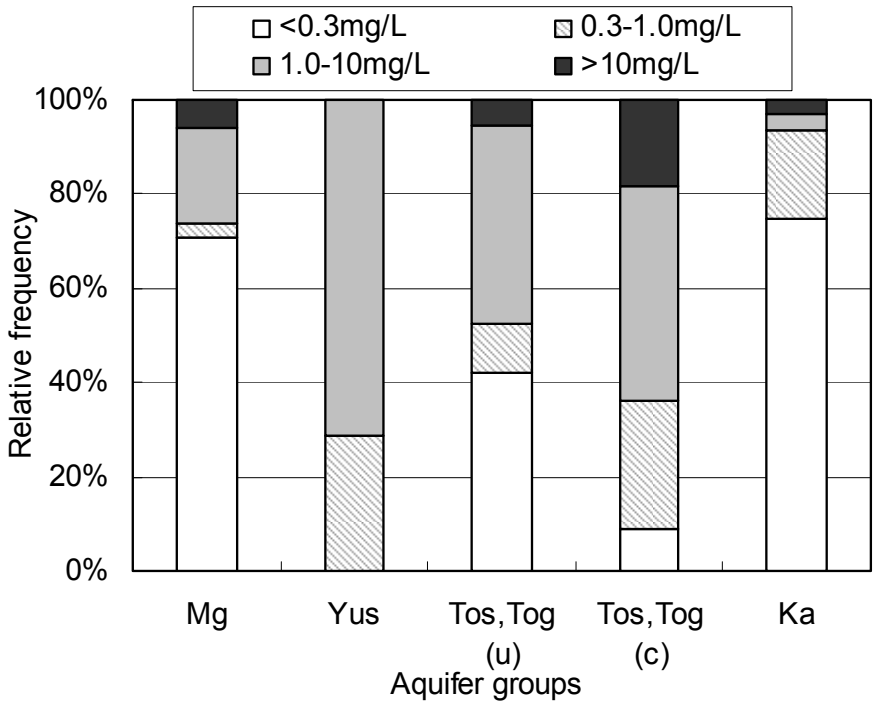


図2-5 帯水層グループ別の全鉄濃度の検出頻度

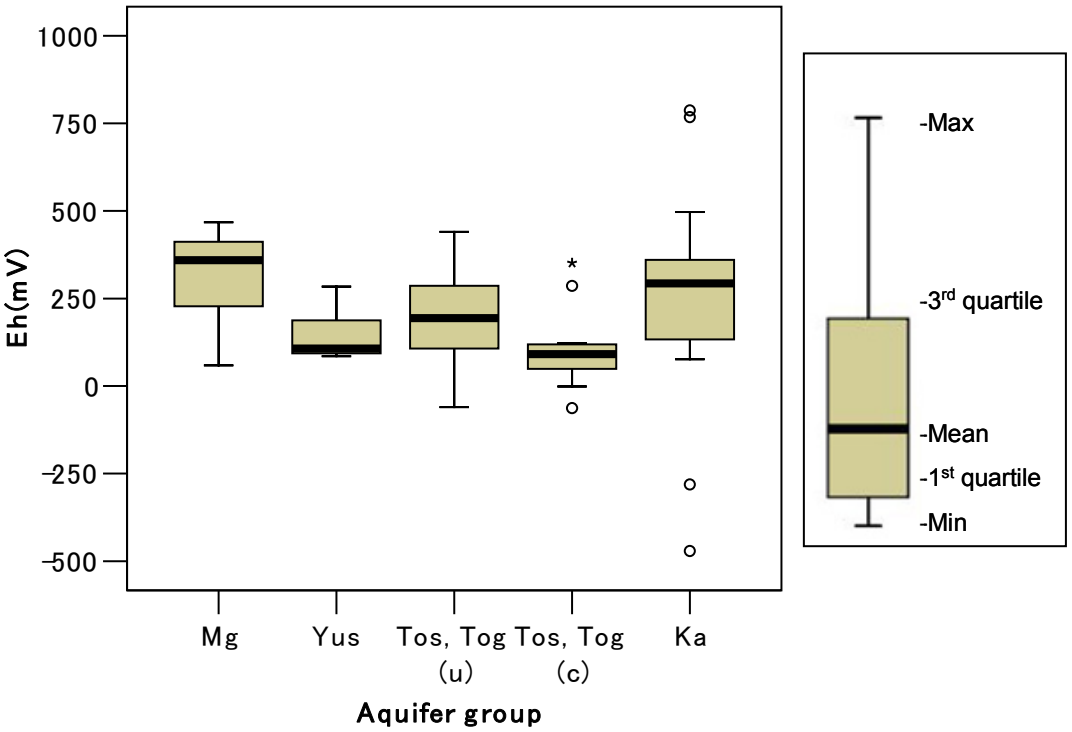


図2-6 帯水層グループ別の酸化還元電位の分布

また、帯水層グループ別の酸化還元電位の分布を図2-6に示す。調査した地下水は全体の46%の地点で250 mVから-100 mVの範囲にあり，鉄の還元が起きうる環境にあった。また，酸化還元電位が-160 mVを下回り硫酸還元が起きうる地点は2地点のみであったものの，他の地点でも硫化水素臭があり，酸化還元電位の低い地下水は鉄および硫化水素が利用上の支障となる可能性があった。

次に，調査した地下水のpe-pH図を全鉄濃度分布と共に図2-7に示す。peとは酸化還元電位と同様に酸化還元の状態を表す指標である。peは自由電子e-の濃度を対数で表したものであり，pe＝Eh(mV) /1000*16.9である。図2-7中ではpe-pH図における鉄の形態変化（Appelo and Postma, 2005）に関して鉄(II)と鉄(III)の境界線を簡略化して直線で示している。pe-pH図における鉄(II)と鉄(III)の境界と全鉄濃度の分布に関連が見られ，境界線より上側の地点では鉄の基準を下回る地点が多く，境界周辺や下側の地点では鉄が1 mg/Lを上回る高濃度の地点が多く見られた。鉄(II)は鉄(III)より溶解度が高いため，酸化還元電位の低い地点では鉄(II)の溶解により全鉄が高濃度になったと考えられた。

総じて、本研究の調査結果を水質基準値に照らすと，全体の55%(57地点)で全鉄が0.3 mg/L（水道水質基準，工業用水道供給標準水質）を，全体の69%(71地点)で全鉄が1.0 mg/L（冷凍空調機器用冷却水水質基準）を下回っており，多くの地点で各種の地下水利用が可能であると考えられた。特に，不圧地下水では武蔵野礫層，被圧地下水では上総層群を帯水層とする地下水において，全鉄が他の帯水層に比べて低かった。全鉄は酸化還元電位と関連があり，武蔵野礫層や上総層群を帯水層とする地下水では酸化還元電位が比較的高く，全鉄濃度が低かった。一方，有楽町層や東京層を帯水層とする地下水では酸化還元電位が低く，鉄(II)を主形態として基準を超える全鉄濃度が観察されたため，こうした地域では使途に応じた適切な処理施設を設ける必要があると考えられた。

(2-4) 総括

本研究では、地下構造物浸入水の水量推定、地下水水質の調査と解析、水質調査結果と既往の水質基準の比較に基づく用途検討について、多面的に評価した。震災時の非常水源、水道水、工業用水、冷凍空調機器用冷却水という具体的な用途を挙げ、水質を考慮した地下構造物浸入水の活用の余地について、定量的に示すことができた。また、地下水水質と使途によっては、何らかの処理を行う必要があることを指摘した。本研究成果により、地下構造物浸入水を有効に活用する余地があることが示唆された。

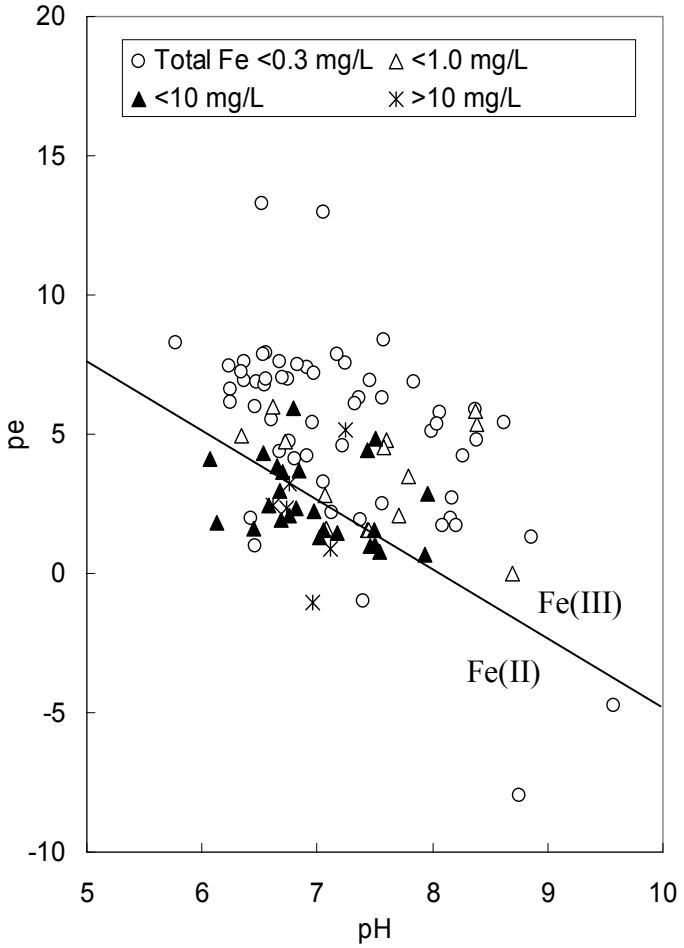


図2-7　pe-pHダイアグラムと全鉄濃度分布

(2-5) 参考文献

厚生労働省(2003)水質基準に関する省令，平成15年5月30日厚生労働省令第101号［一部改正　平成19年11月14日厚生労働省令第135号］

黒田啓介・福士哲雄・小熊久美子・片山浩之・滝沢　智(2008)東京都区部における地下水の微生物汚染．第42回水環境学会年会講演集，3-D-14-2.

黒田啓介・福士哲雄・滝沢　智・愛知正温・林　武司・徳永朋祥(2007)東京都区部の地下水窒素汚染の現状と汚染源の推定．環境工学研究論文集，44，31-38.

黒田啓介(2010)都市環境の改善を目的とした地下水の利用可能性評価，東京大学大学院工学系研究科博士論文

佐々木俊平，住吉卓，高橋賢一，山本富士男(2007)季節変動を考慮した工事による地下水位影響範囲の考え方，都土木技術センター年報，17.

千代田区(2007)平成19年度千代田区地域防災計画

総務省統計局(2005)平成17年国勢調査,都道府県・市区町村別統計表

東京都(2006)首都直下地震による東京の被害想定報告書

東京都(2006)都内の地下水揚水の実態（地下水揚水量調査報告書）平成17年版.

東京都環境局ホームページ、2010年2月15日閲覧
http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/press/press2002/60c94100.htm
http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/press/60B37200.HTM
東京都労働経済局農林水産部(2001)土地分類基本調査, CD-ROM.
日本工業用水協会(1971)工業用水道供給標準水質.
日本冷凍空調工業会標準規格(1994)冷凍空調機器用冷却水水質基準, JRA-GL-02-1994
Appelo C.A.J. and Postma D.(2005)Geochemistry, Groundwater and Pollution 2nd edition, Published by: Balkema Publishers, 431-436.
UK Groundwater Forum, “Rising Groundwater in Central London”, 2010年2月15日閲覧
http://www.groundwateruk.org/Rising_Groundwater_in_Central_London.aspx
Vasquez-Sune E., Sanchez-Vila X. and Carrera J. (2005) Introductory review of specific factors influencing urban groundwater, an emerging branch of hydrogeology, with reference to Barcelona, Spain, Hydrogeology Journal 13, 522- 533.

(3) 地域住民の選好を考慮した環境パフォーマンス評価

本研究項目では、都市分散型水資源に関するアンケートを実施する事前準備として、実態調査などを通して都市分散型水資源の現状の整理を行い、また階層分析法（AHP）を用いて住民を対象としたアンケート調査を行った。さらに、都市河川を事例としたアンケート結果から、住民の意識構造を分析する手法についての検討を行った。

(3-1) 都市分散型水資源の現状に関する整理：既存研究および実態調査

(3-1-1) 雨水および下水処理再生水のコスト・ベネフィットに関する既存研究

雨水および下水処理再生水のコスト・ベネフィットに関しては、既存研究等の成果が関係機関により整理されている。雨水については雨水貯留浸透技術協会（1998）の雨水利用ハンドブック、国土交通省・下水道新技術推進機構（2002）の合流式下水道の改善対策に関する調査報告書等にまとめられている。下水処理再生水については、流総指針（流域別下水道整備総合計画制度設計会議 編、2008）にコスト関数がまとめられている。ここでは、これらの既存研究を整理し、雨水、地下構造物浸出水、下水処理再生水に関する現状について関係機関にアンケートを送付してヒアリングを行った結果を取りまとめた。

(3-1-2) 雨水、地下構造物浸出水、下水処理再生水に関する現状についての関係機関に対するアンケート調査

雨水と下水処理再生水については、下水道統計や、国土交通省水資源局による集計等、ある程度データがある。一方、地下構造物浸出水についてはほとんどデータがない。地下構造物浸出水についてのデータを取得するとともに、既存の統計データ等との整合性を取ることを目的として、併せて雨水、下水処理再生水についても情報収集を行った。

後述するインターネットアンケート調査の調査対象とした6地域、29都府県の都府県および市町村を対象に，雨水，地下構造物浸出水，下水処理再生水の活用についての実態を把握することを目的として，アンケート調査を行った。

<u>方法</u>

雨水と下水処理再生水については、インターネット調査の対象地域である23都府県から、それぞれ4市町村をランダムに選定し（原則として都府県庁所在地を含めたので、残りの3市町村をランダムに選択した）、都府県と合わせて5自治体を対象にアンケート調査用紙等を郵送形式で配布した。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、鉄道会社、電力会社、主要都市等の22団体を対象とした。

アンケート調査票の送付数は雨水145件，地下構造物浸出水22件，下水処理再生水156件であり、最終的な回収数は、312件送付した水源アンケートへの回答数が137回答（回収率44%）であった。

インターネット調査を行った一般向けの共通アンケートを印刷して同封し、回答を依頼した。こちらの共通アンケートについては、312件送付のうち、117件（回収率38%）が回収された。共通アンケートの結果については、3-2で述べる。

結果

雨水、地下構造物浸出水、下水処理再生水のアンケート結果を、表3-1～3および図3-1に示す。

表3-1　雨水のアンケート調査による実態調査結果

	雨水貯留または雨水浸透を事業として行っていますか					事業主体ではないが、雨水の利用を目的とする事業(雨水貯留、雨水浸透)が市町村内で実施されている。					3 雨水の利用を促進するような助成制度、支援制度を行っていますか。				
	はい	事業(主体)	いいえ	割合	合計	はい	事業(域内で実施)	いいえ	割合	合計	はい	助成・支援制度	いいえ	割合	合計
東北	1	11	8	89	9	0	0	9	100	9	0	0	8	89	8
関東	6	33	10	67	16	0	0	16	100	16	8	63	7	47	15
中部	5	45	6	55	11	1	9	9	82	10	3	27	7	64	10
近畿	6	43	8	57	14	2	14	11	79	13	4	29	8	57	12
四国	1	11	8	89	9	1	11	8	89	9	3	33	6	66	9
九州・沖縄	5	50	5	50	10	1	10	9	90	10	4	40	6	60	10
合計	23	34	45	66	68	5	7	61	90	66	22	32	41	60	63

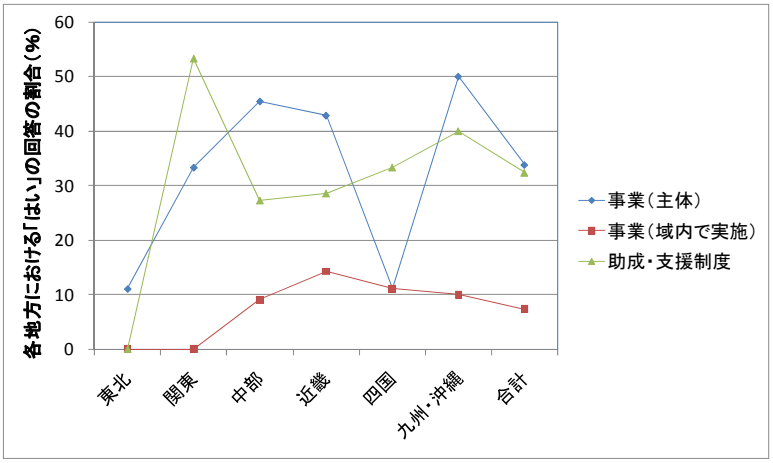


図3-1　雨水に関するアンケート回答が「はい」であった割合

雨水については、(1)都府県・市町村が主体となって雨水貯留、雨水浸透事業を行っているか、(2)都府県・市町村が主体ではないが地域内で雨水貯留、雨水浸透が事業として行われているか、(3)雨水貯留、雨水浸透に関する助成・支援制度を行っているかの3点について調査を行った。

集計の結果、雨水貯留、雨水浸透関連事業の実施状況に関しては地域差があることが分かった（表3-1、図3-1）。都府県・市町村が事業主体となっているという回答の割合が比較的多かったのは中部、近畿、九州・沖縄で、域内で事業が実施されているという回答が比較的多かったのは近畿、中部、四国、九州・沖縄、助成・支援制度を行っているという回答が多かったのは関東、九州・沖縄、四国であった。東北は全体的に行っているという回答が少なかった。

表3-2　地下構造物浸出水のアンケート調査による実態調査結果

アンケート回答者	地下構造物浸出水を利活用している事業がございますか		
	はい	いいえ	合計
都府県・市、鉄道事業者、電力会社	2	9	11

地下構造物浸出水の有効活用に関しては、実施しているという回答が2件あった。利用用途は、水質浄化、河川流量の維持等を目的とする河川への放流が中心で、利用水量の合計は年間約300万m^3であった。これは、アンケート回答者向けに作成した資料における年間約290万m^3と同程度の値であった。アンケート回答者用資料作成時には、東京周辺の地下鉄、JR等の地下構造物浸出水利用量の数字の和として求めた。現在のところ、地下構造物浸出水については、この程度の年間利用量があると判断して良いと思われる。1章で述べた野川の流量が主に湧水量によって規定されているとすると、日流量で約430～18,000 m^3の流量があることから、年間ではおよそ300万m^3の流量が見込まれる。

地下構造物浸出水の活用に関しては、ポンプ稼動のために発生する費用と下水道料金の節約分とで、後者の方が大きければ事業として魅力があるということになるであろう。

表3-3　下水処理再生水のアンケート調査による実態調査結果

	下水処理場がない	再利用のための高度処理		回答数
		行っている	行っていない	
東北	－	0	9	9
関東	1	3	12	16
中部	－	1	8	9
近畿	1	2	9	12
四国	－	2	6	8
九州・沖縄	－	4	9	13
流域下水道	－	2	2	4
合計	2	14	55	71
割合（%）	2.8	19.7	77.5	100.0

今回の調査対象となった都道府県・市町村では、選択肢にはなかったが自由回答中で流域下水道の管轄内等の理由で下水処理場がないという回答が2件あった。

高度処理の方法については、砂ろ過（急速砂ろ過を含む）7件、砂ろ過と膜処理、紫外線消毒、オゾン処理の組み合わせ8件、オゾン処理（生物膜ろ過との組み合わせを含む）5件、活性汚泥法の高度処理5件の合計25件（複数回答を含む）の回答があった。

高度処理の導入時期については、昭和64年まで5件、平成元～10年8件、平成11年以降7件、回答不能1件の合計21件（複数回答を含む）の回答があった。回答不能は、処理場ごとに導入時期が異なること、段階的に導入していることが理由であった。

処理水量について回答のあった18件について集計したところ、高度処理を含む全体の処理水量の範囲は2,100～110,000,000 m^3 日$^{-1}$、平均7,790,000 m^3 日$^{-1}$、合計140,000,000であったのに対して、再利用を含む高度処理水量の範囲は、28.8～46,500,000 m^3 日$^{-1}$、平均2,700,000 m^3 日$^{-1}$、合計48,500,000 m^3 日$^{-1}$で、処理水量の割合は約34%であった。2番目の処理水量は19,000,000 m^3 日$^{-1}$、高度処理水量は930,000 m^3 日$^{-1}$で、最大の処理水量の回答を除く17件では、処理水量の合計が30,000,000 m^3 日$^{-1}$、高度処理水量の合計が2,000,000 m^3 日$^{-1}$となり、高度処理の割合は6.6％であった。高度処理は、大都市等で進められている他、地方でも高度処理が行われている都市があった。

高度処理の目的としては、雑用水（トイレ用水、洗車用水、機械用水、水洗用水、熱源用水、水洗便所用水、処理場内の雑用水、浄化槽のはり水、市役所・保健所のトイレ洗浄用水利用、工事現場雑用水、場内利用（トイレ洗浄水・機械冷却水及び洗浄水・雑用水）、プラント用水（場内））、が16件と多かった。その他の用途

については、散水6件（散水用水（打ち水含む）、場内散水、街路樹への散水、樹木の散水用水、散水用水、緑地散水）、親水用水9件（親水用水、清流復活用水、修景用水、せせらぎ用水、場内修景用水、河川浄化用水、修景用水（せせらぎ）、河川維持用水等の修景用水、城址お堀の水質浄化）、災害用水2件（防災用水、災害時の防火）、農業・園芸用水2件（農業用水）であった。

この他に、水質改善、汚濁負荷排出量削減関連の回答が5件あった。

高度処理を標準処理に比較した場合の建設費、維持管理費の増額分については、比較なし、算出なし、不明等の回答が7件あった。具体的な回答があった8件を見ると、3,700万～85億円の範囲で平均は24億円であった。一方、維持管理費については、単位処理量あたりの増額分としての回答では11～380円／m^3、年間の維持管理費の増額として20～27百万円、電気料の増額として年間約60万円等の回答があった。

高度処理による処理水再利用のメリットについて回答があったのは、資源循環・環境保全7件（循環型社会の構築（水資源の再利用）、処理水の安全な再利用、生物への影響を軽減、水資源の乏しい地域において限りある資源の節約と有効活用による渇水・断水に強い節水型社会の実現に貢献、処理水の有効活用、淡水であることで用途が広い、オゾン処理を行った殺菌・臭気除去に優れ、安全性が高い処理水を修景水に活用できる）、浄水の節約2件（下水の再利用（市水等の節約）、渇水対策）、温暖化対策1件（地球温暖化防止（水道水の抑制による））、宣伝効果1件（放流水質の改善や下水道のPR）、経済的効果2件（上水道使用料の軽減（年間約１億円）、水道料金の節減）であった。

今後の下水処理再生水の活用については、予定・計画なしが7件（内1件は、平成17年下水処理水の再生利用水質基準等マニュアルにより水質基準の問題から再利用が難しい）、場内再利用の継続が4件、活用の推進が8件であった。活用の推進の回答があったのは、関東地方、近畿地方の大都市、四国、九州・沖縄であった。

地域により自然条件、社会条件が異なるため、都市分散型水資源に関しても地域ごとの検討を進めていく必要があろう。

参考文献

雨水貯留浸透技術協会（1998）雨水利用ハンドブック

国土交通省都市・地域整備局下水道部、財団法人下水道新技術推進機構（2002）合流式下水道の改善対策に関する調査報告書、合流式下水道改善対策検討委員会報告
（http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/info/cso/goryu01.html）

流域別下水道整備総合計画制度設計会議 編（2008）流域別下水道整備総合計画調査：指針と解説、社団法人 日本下水道協会、285p.

(3-2) アンケート調査による都市分散型水資源の住民選好（市民意識）の検討

都市分散型水資源に関する住民選好（市民意識）をインターネット調査の手法により検討するとともに、地方公共団体、関連機関の水資源関連の部署の担当者を対象に郵送アンケート調査を行い実務担当者の都市分散型水資源に関する選好（意識）について検討した。さらに、一般市民と実務担当者の選好（意識）について、比較検討を行った。

(3-2-1) アンケート調査の概要

都市分散型水資源に関する住民選好（市民意識）について，インターネット調査の手法を用いてアンケート調査を行い，その結果を解析することにより検討した。

表3-4　都市分散型水資源の住民選考に関するアンケート調査の概要

一対比較				
項目	選択肢数	質問数	設問番号	備考
「水源」相互	10	3	Q12	「分からない」を含む。
「用途」相互	10	10	Q13	「分からない」を含む。
評価基準（第1段階）	10	10	Q14	「分からない」を含む。
評価基準（第2段階）	10	6	Q15	「分からない」を含む。
絶対評価				
項目	選択肢数	質問数	設問番号	備考
評価基準（第1段階）－「水源」	7	15	Q16	「分からない」を含む。
評価基準（第2段階）－「水源」	7	30	Q17	「分からない」を含む。
評価基準（第1段階）－「用途」	7	25	Q18	「分からない」を含む。
評価基準（第2段階）－「用途」	7	50	Q19	「分からない」を含む。
「水源」×「用途」	7	15	Q20	「分からない」を含む。
「水源」×「用途」－公費支払	7	15	Q21	「分からない」を含む。
「水源」×「用途」－私費支払	7	15	Q22	「分からない」を含む。
属性				
項目	選択肢数	設問番号	備考	
性別	2	Q1	2区分。	
年齢	6	Q2	6区分。	
居住エリア	6	Q3	6区分。	
都市規模	4	Q4	4区分。FAあり。	
職業および業種	11	Q26	「答えたくない」を含む。	
年収	9	Q27	「答えたくない」を含む。	
ボランティア・サークル活動	2	Q28	「はい」の場合は、FAあり。	
最終学歴	8	Q29	「答えたくない」を含む。	
居住形態	5	Q30		
居住年数	5	Q31		
感想など				
項目	回答形式または選択肢数	設問番号	備考	
分かりにくかった点、改善点	FA	Q23		
資料について	FA	Q24		
感想、意見	FA	Q25		
所要時間	6	Q32		
所要回数	6	Q33		
凡例				
FA	自由回答 (free answer)、記述式			

インターネット調査にあたり、調査仕様書を作成した。最終的な設問数は表3-4に示す33問とした。Q20～22の3問は、仕様書作成段階では含まれていなかったがインターネット調査用フォーマット作成の段階で追加した設問である。これは、2008年度の本研究プロジェクト全体の研究会で、水源と用途の複合した設問を行うことが提案されていたことを反映したものである。金銭に関する設問については、本来であればコンジョイント分析等の設計を行って設問を決定することが望ましいとも考えられる。しかしながら、本年度の調査においては、約6か月という短期間で調査からとりまとめまでを完結させることを目標としており、準備期間が比較的短かく、コンジョイント分析は当初の研究計画には含まれていなかったため、本年度は調査を行わなかった。支払意志額に関する設問を設定したのは、AHPにより水源、用途の重要性を単に比較するだけでは、それが例えば他の公共的な事業と比較検討した場合の位置付けが不明確であり、結果の解釈が困難となると考えられたためである。そのため、本年度の調査では、公共事業の全体の予算額を示したうえで、公的費用および私的費用の支払意志額を尋ねる設問を設定した。

パネルへの配信は、調査会社を通じて実施したが、性別、年齢、エリアの72セルごとに配信数を可能な範囲で均一になるように設定した。この段階では、都市規模の配信コントロールは行わなかった。最終的に、成果品として納品されたのは、1256サンプルである。

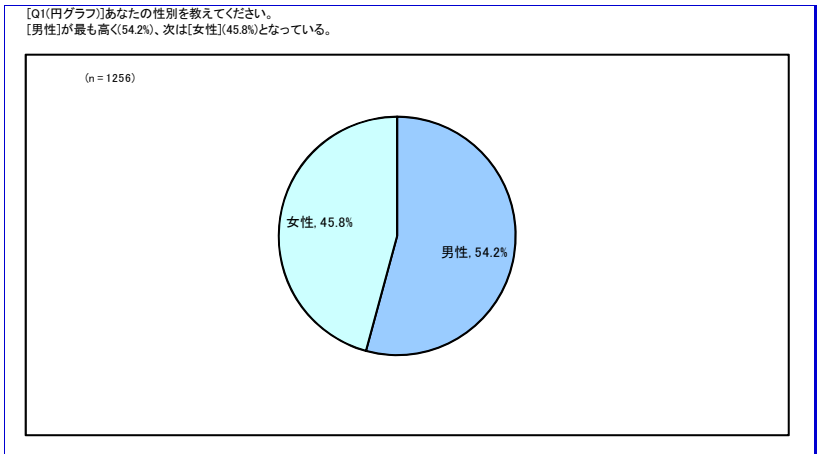
(3-2-2) インターネットアンケート調査の結果

インターネットアンケート調査の結果について、次の内容を説明する。

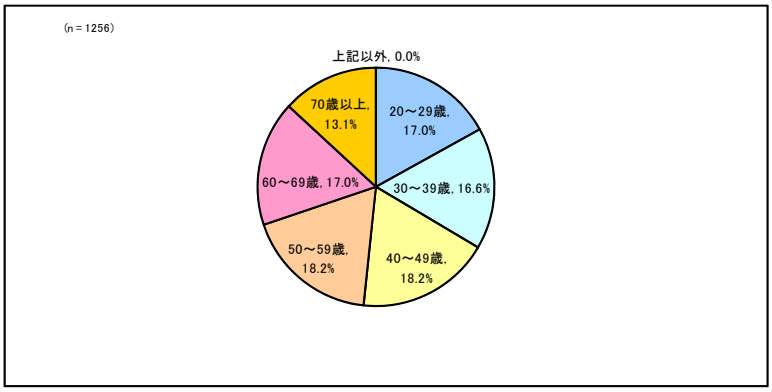
A) 調査結果の概要
B) サンプル全体の属性
C) 全体サンプルについての階層分析法（AHP）による解析結果
D) 属性別のサンプルについての AHP による解析結果
E) 一般市民を対象とするインターネット調査と都府県・市町村の職員を対象とするアンケート調査の解析結果の比較検討

A) 調査結果の概要

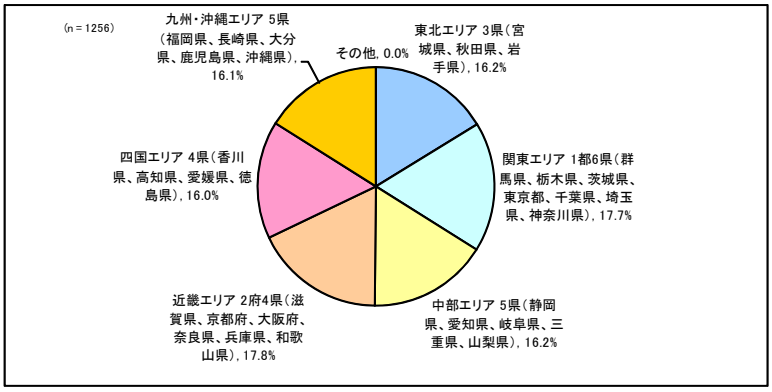
調査結果の概要を、単純集計（Ground Total, GT表）のグラフ表示（図表番号は省略）で示す。



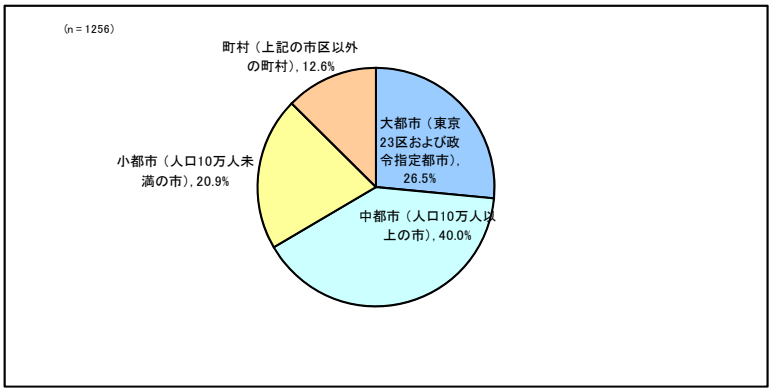
[Q2(円グラフ)]あなたの年齢を教えてください。
[40～49歳][50～59歳]が最も高く(18.2%)、次いで[60～69歳](17.0%)、[20～29歳](17.0%)となっている。



[Q3(円グラフ)]あなたのお住まいの地域を教えてください。
※各エリアは( )内に記載されている都府県のことを指します。
[近畿エリア 2府4県(滋賀県、京都府、大阪府、奈良県、兵庫県、和歌山県)]が最も高く(17.8%)、次いで[関東エリア 1都6県(群馬県、栃木県、茨城県、東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県)](17.7%)、[東北エリア 3県(宮城県、秋田県、岩手県)][中部エリア 5県(静岡県、愛知県、岐阜県、三重県、山梨県)](16.2%)となっている。

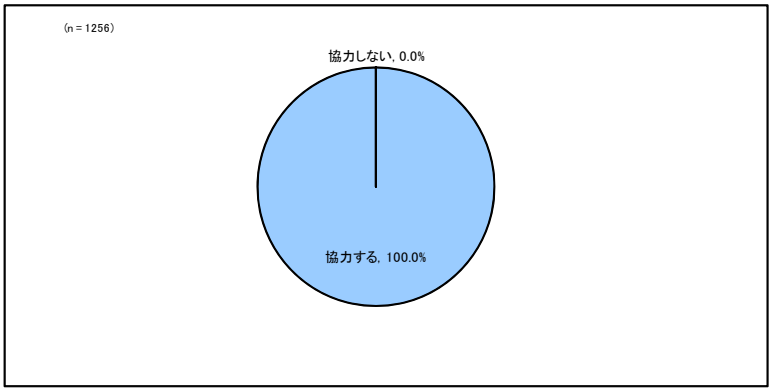


[Q4(円グラフ)]あなたのお住まいの市区町村の区分を、下記の中からお選びください。また、現在お住まいの市区町村名を、都府県名から回答欄にご記入ください。(例:東京都文京区、千葉県千葉市美浜区、神奈川県横須賀市、大阪府泉南郡熊取町、高知県安芸郡北川村)
市区町村の区分は、東京23区および政令指定都市を「大都市」に区分します。その他の市は2009年3月末の人口(総務省)により、10万人以上を「中都市」、10万人未満を「小都市」に区分します。
町村は人口の大きさによらず、「町村」に区分します。
※下記のリンク画面からご確認ください。
◆東北エリアにお住まいの方はこちらより都市規模をご確認ください。
◇関東エリアにお住まいの方はこちらより都市規模をご確認ください。
◆中部エリアにお住まいの方はこちらより都市規模をご確認ください。
◇近畿エリアにお住まいの方はこちらより都市規模をご確認ください。
◆四国エリアにお住まいの方はこちらより都市規模をご確認ください。
◇九州・沖縄エリアにお住まいの方はこちらより都市規模をご確認ください。
[中都市 (人口10万人以上の市)]が最も高く(40.0%)、次いで[大都市 (東京23区および政令指定都市)](26.5%)、[小都市 (人口10万人未満の市)](20.9%)となっている。

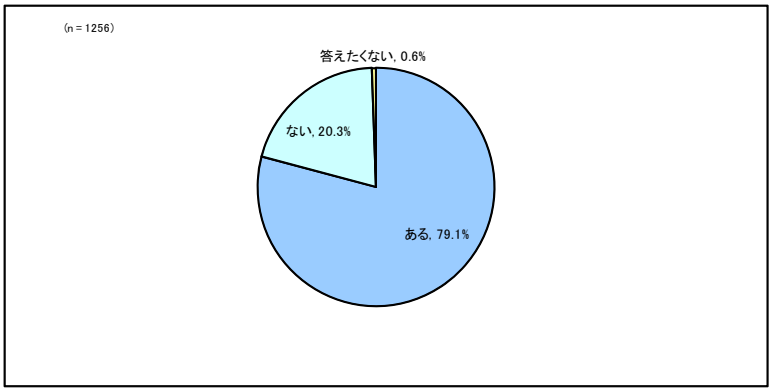


[Q5(円グラフ)]この調査は、都市の水源（雨水、地下浸出水、下水処理水）の活用に関する調査です。
調査にお答えいただく前に、事前に下記リンク先の資料をお読みいただく必要がございます。
雨水、地下浸出水、下水処理水はなじみが薄い分野かもしれませんので、基本的情報を整理した資料を必要に応じて参照できるようにしてあります。
※こちらから資料をお読みください。（こちらはクリック必須です）
※上記と同じ資料をPDF形式でもご覧いただけます。
お読みになった上でアンケートにご協力いただけますか？
◆このアンケートの回答時間は30分から1時間を想定しています。
◆回答の中断について
このアンケートは、途中までの回答を保存することができます。
回答中にアンケートを中断し、ブラウザを閉じてしまった場合、アンケート依頼メールのURL又はドリームメールのマイページより再度アクセスしていただくことで、中断時の設問から再びご回答いただけます。

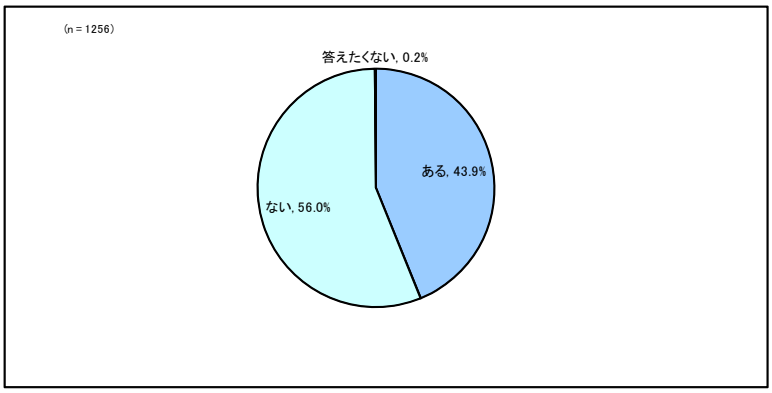
[協力する]が最も高い(100.0%)。



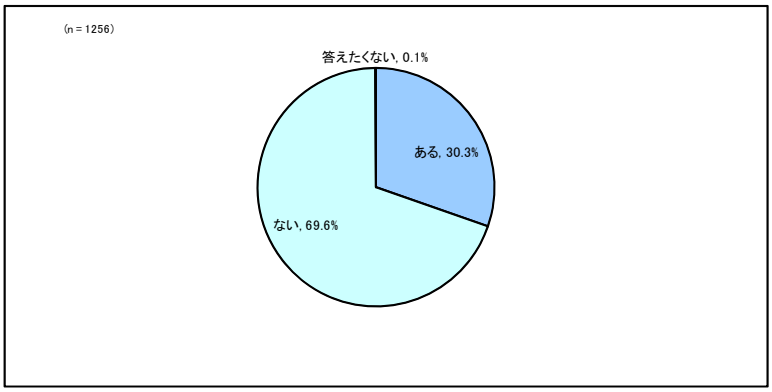
[Q6(円グラフ)]身近な水問題について、関心がありますか。
[ある]が最も高く(79.1%)、次いで[ない](20.3%)、[答えたくない](0.6%)となっている。



[Q8(円グラフ)]これまで、渇水体験（水不足体験）がありますか。
[ない]が最も高く(56.0%)、次いで[ある](43.9%)、[答えたくない](0.2%)となっている。

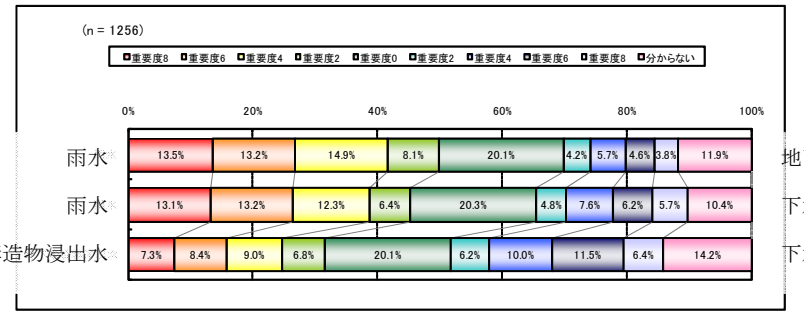


[Q10(円グラフ)]これまで、洪水体験がありますか。
[ない]が最も高く(69.6%)、次いで[ある](30.3%)、[答えたくない](0.1%)となっている。

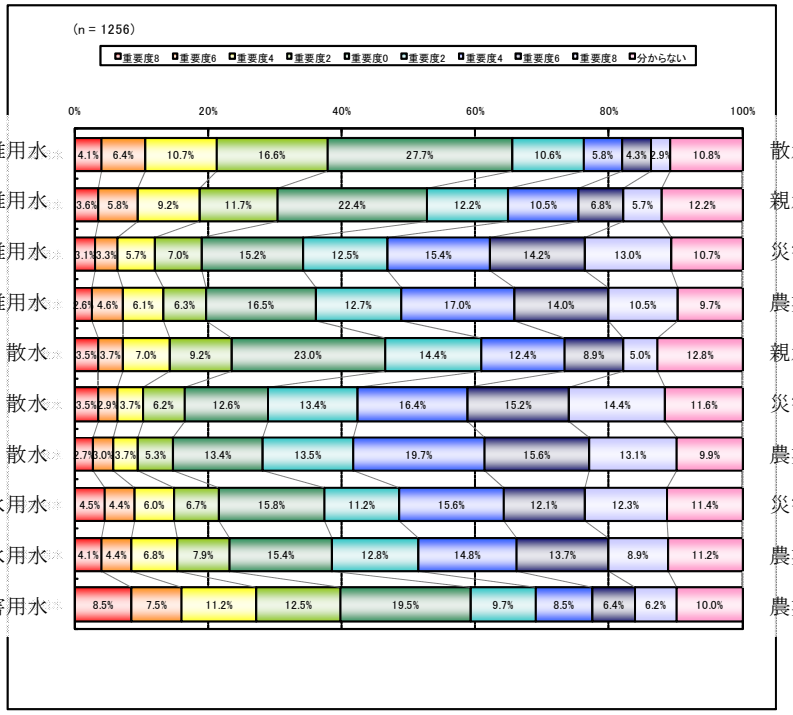


[Q12(横帯グラフ)]都市分散型水資源の「水源」の重要性について、あなたのお考え、印象をお聞きします。
左右の水源を比較して、どちらがどの程度、重要あるいは魅力があると思いますか。
同じくらい重要(魅力がある)と思う場合には「0」を、どちらかが重要(魅力がある)と思う場合には、その程度によって、2から8の数字を選んでください。
分からない場合には、「分からない」を選択してください。
この設問から4問(Q12～Q15)は、重要度(魅力の有無)について同じようにお聞きします。

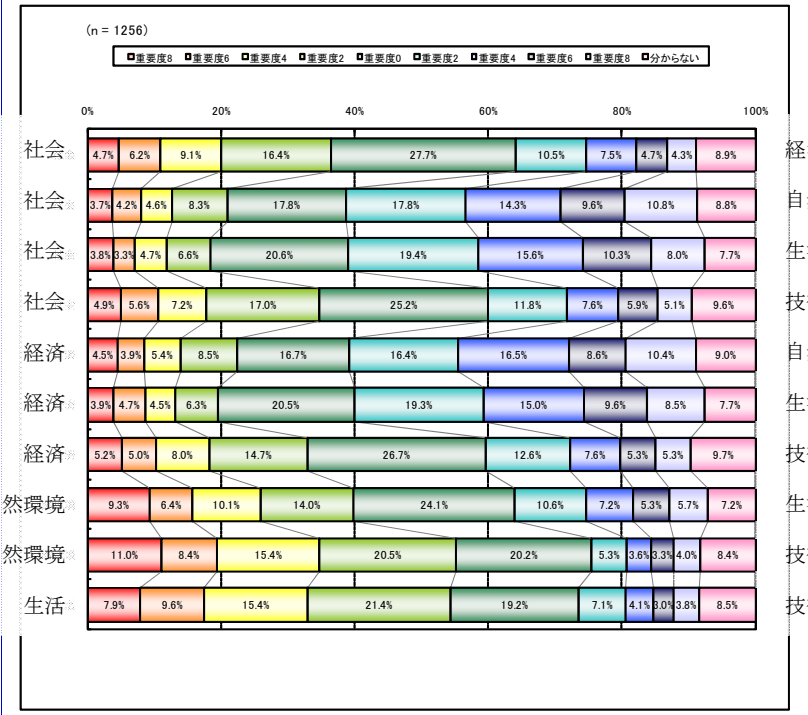
※こちらから資料をご覧いただけます。
※上記と同じ資料をPDF形式でもご覧いただけます。



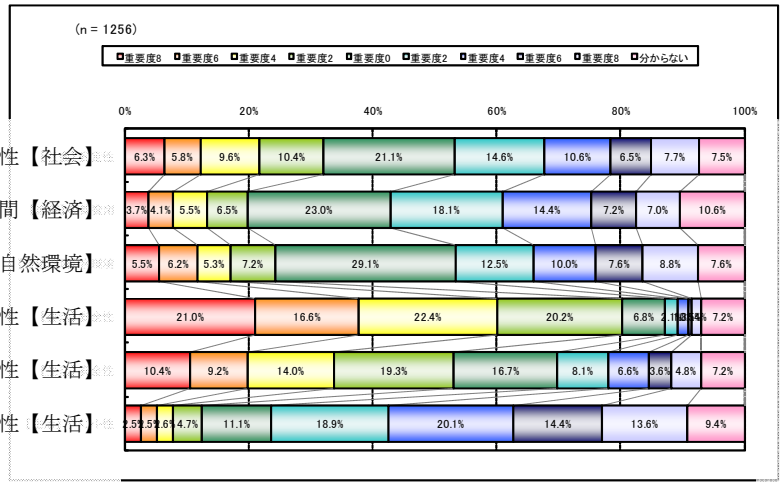
[Q13(横帯グラフ)]次に、都市分散型水資源の「用途」の重要性についてお聞きします。
左右の用途を比較して、どちらがどの程度、重要あるいは魅力があると思いますか。
重要性の程度の数字は、Q12と同様です。
※こちらから資料をご覧いただけます。
※上記と同じ資料をPDF形式でもご覧いただけます。



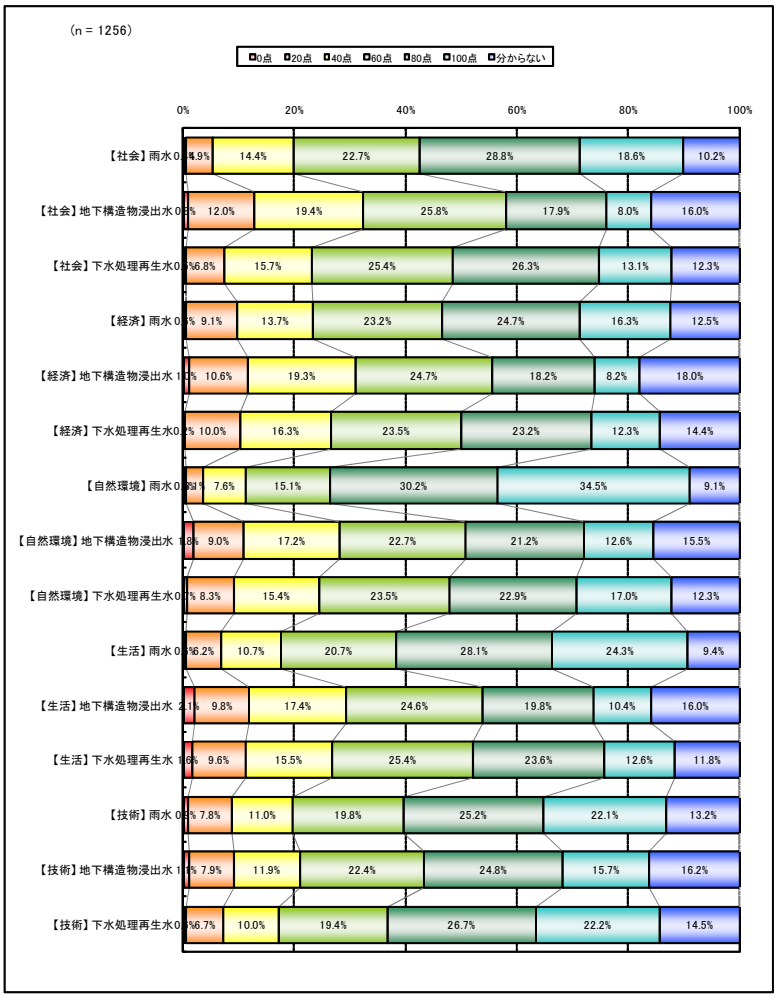
[Q14(横帯グラフ)]都市分散型水資源の判断基準として、(1)社会、(2)経済、(3)自然環境、(4)生活、(5)技術の5つの視点を考えています。
今後、雨水、地下構造物浸出水、下水処理再生水を、雑用水、散水、親水用水、災害用水、農業・園芸用水等に活用していくことを考えた場合に、これらの判断基準のどの項目が重要でしょうか。
左右の項目のうち、どちらがどの程度重要かについて、前問と同様に、重要性に応じて、0, 2, 4, 6, 8の数字を選んでください。分からない場合には「分からない」を選択してください。
※こちらから資料をご覧いただけます。
※上記と同じ資料をPDF形式でもご覧いただけます。



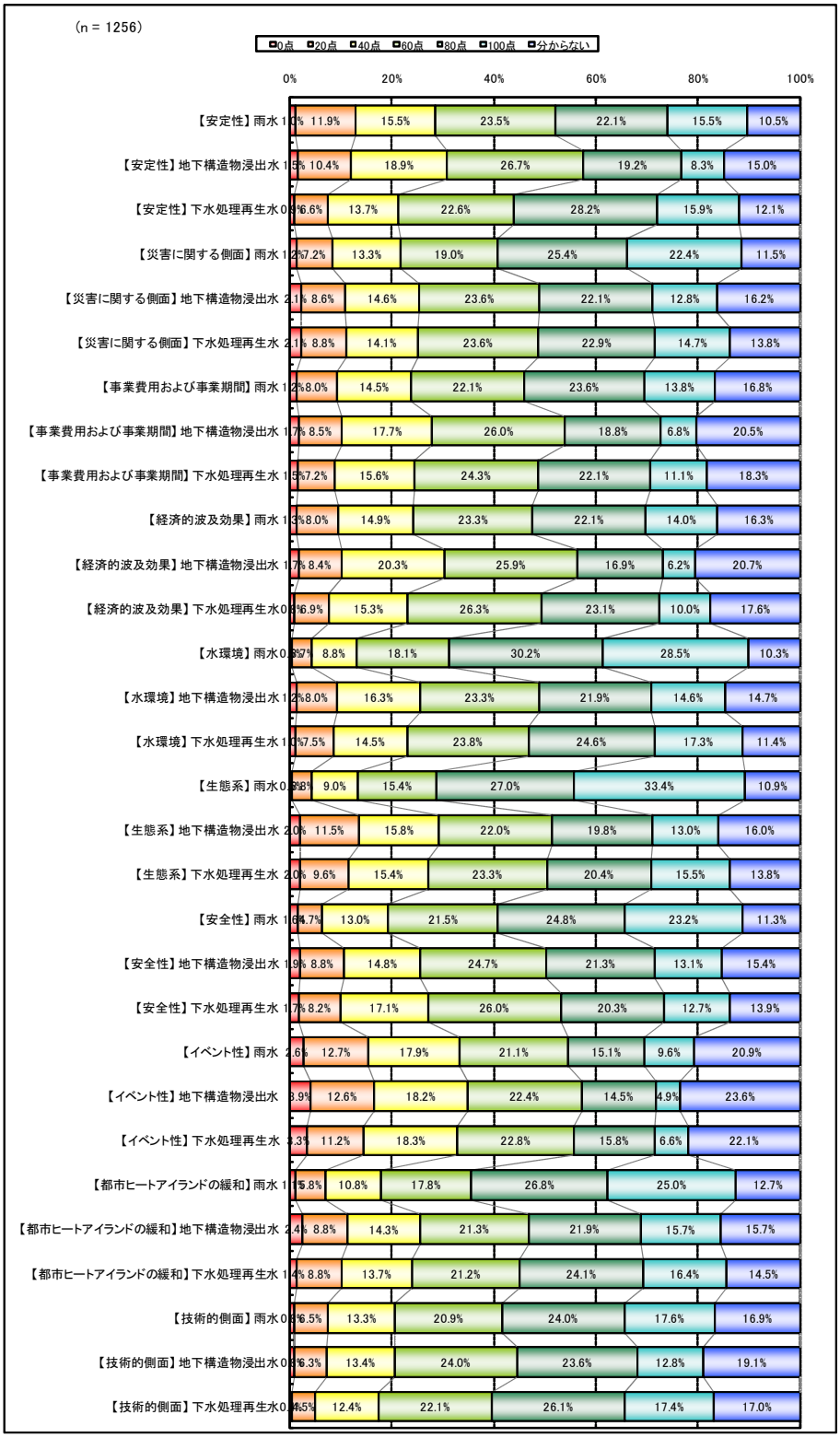
[Q15(横帯グラフ)]今回の調査では、前問の第1段階の評価基準「(1)社会、(2)経済、(3)自然環境、(4)生活、(5)技術」を説明する第2段階の評価基準(10項目)を設定しました。
例えば、「社会(的側面)」については、次の評価項目を設定しました。
1.「安定性」(安定的に実施可能か、社会の安定性の向上に寄与するか)2.「災害に関する側面」(自然災害およびテロを含む人災への備えとなるか、災害防止に寄与するか、災害の際のシステムの脆弱性に問題はないか)
どちらの項目がどの程度、重要と思われるかを、0, 2, 4, 6, 8の数字から選んでください。
※こちらから資料をご覧いただけます。
※上記と同じ資料をPDF形式でもご覧いただけます。
※項目の記載方法:【第1段階の評価基準】第2段階の評価基準



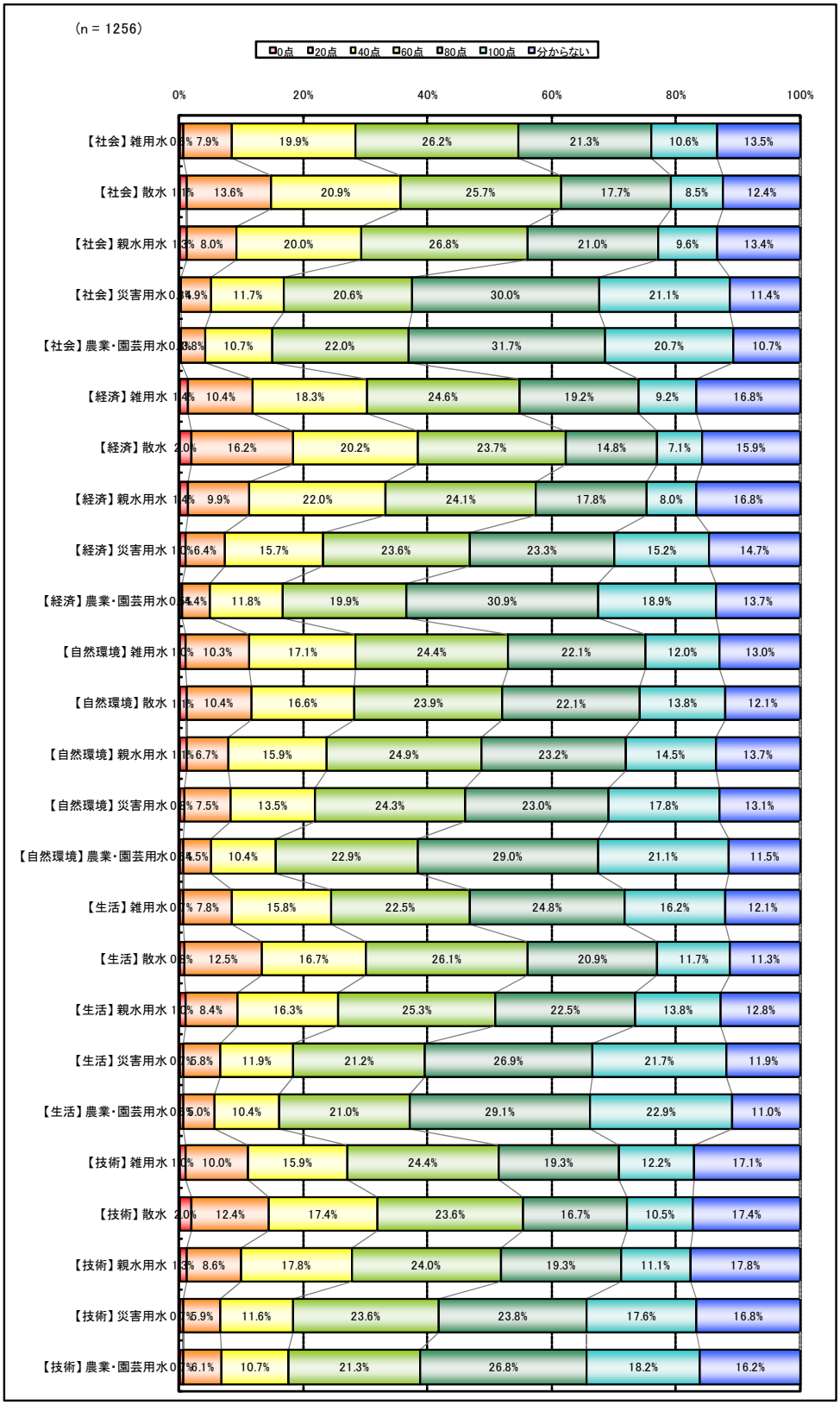
[Q16(横帯グラフ)]ここからは、回答方法が前問までとは異なります。
ある評価基準に基づいて考えたときに、水源や用途がどの程度の重要性や魅力があるでしょうか。100点満点で回答してください。分からない場合には、「分からない」を選択してください。
まず初めに、第1段階の5項目の評価基準を基準にした場合には、水源は何点と評価できるでしょうか。例えば、社会的側面を基準にして考えた場合に、雨水は何点か、地下構造物浸出水は何点か、下水処理再生水は何点か、というように回答してください。
※こちらから資料をご覧いただけます。
※上記と同じ資料をPDF形式でもご覧いただけます。
※項目の記載方法:【第1段階の評価基準】水源



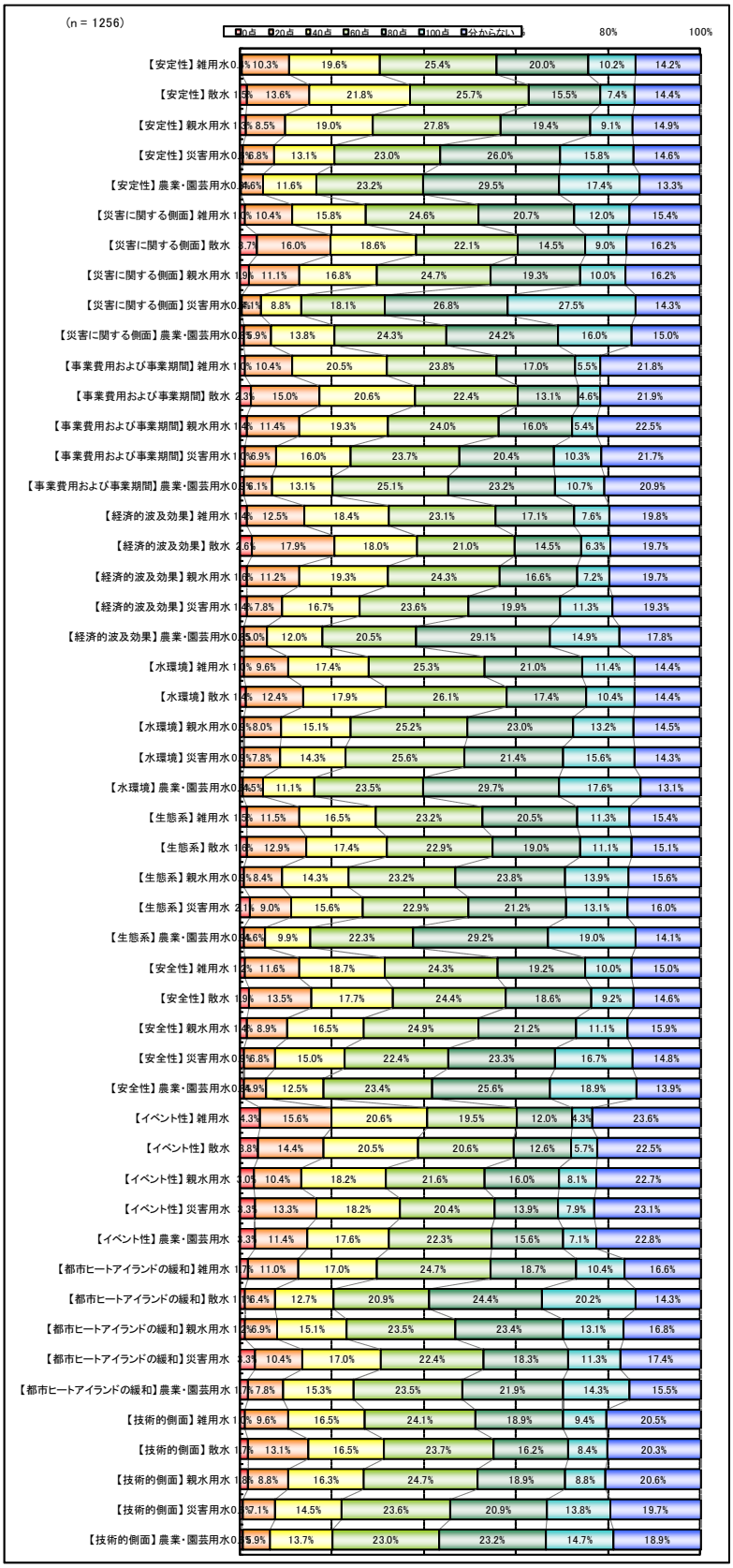
[Q17(横帯グラフ)]次に、第2段階の評価基準10項目を基準にした場合に、雨水、地下構造物浸出水、下水処理再生水の3つの水源は、どの程度の重要性や魅力があるでしょうか。
100点満点で回答してください。分からない場合には、「分からない」を選択してください。
※こちらから資料をご覧いただけます。
※上記と同じ資料をPDF形式でもご覧いただけます。
※項目の記載方法:【第2段階の評価基準】水源
※今回のアンケートで1問あたりの項目数が最も多いのは、Q19の50項目です。アンケートの中心的な設問はQ22までで、Q23～33は感想や職業、住居形態等の比較的回答が簡単な設問です。1度で全ての回答が難しい場合は、回答を一時中断し、後ほど続けてください。前の方でもご案内しましたように、回答中にアンケートを中断した場合には、アンケート依頼メールのURL又はドリームメールのマイページより再度アクセスしていただくことで、中断時の設問から再びご回答いただけます。



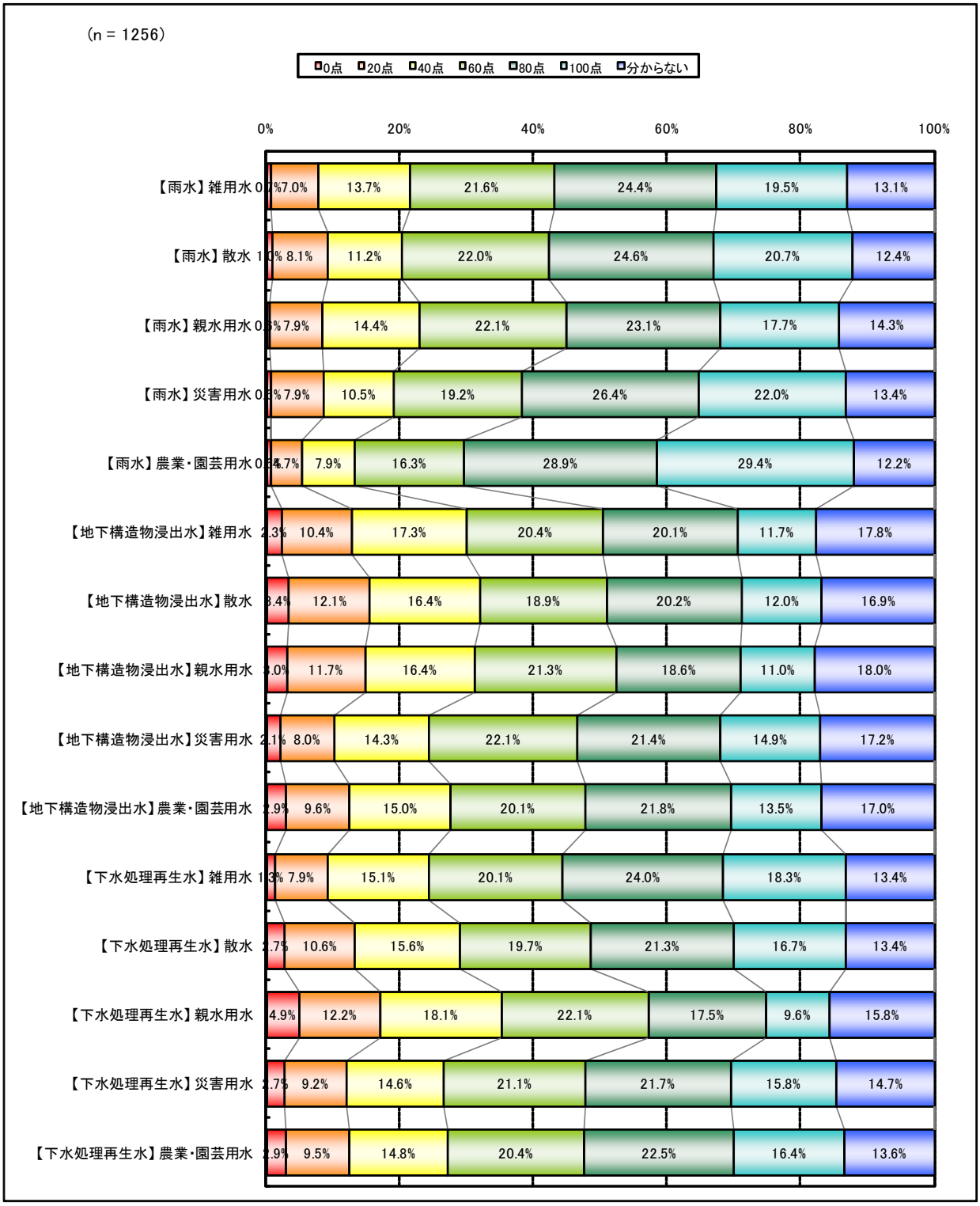
[Q18(横帯グラフ)]今度は、5つの用途（雑用水、散水、親水用水、災害用水、農業・園芸用水）についての重要性や魅力についてお聞きします。第1段階の5項目の評価基準を基準にした場合に、5つの用途は、どの程度の重要性や魅力があるでしょうか。
100点満点で回答してください。分からない場合には、「分からない」を選択してください。
※こちらから資料をご覧いただけます。
※上記と同じ資料をPDF形式でもご覧いただけます。
※項目の記載方法:【第1段階の評価基準】用途



[Q19(横帯グラフ)]次に、5つの用途（雑用水、散水、親水用水、災害用水、農業・園芸用水）を第2段階の10項目の評価基準に基づいて評価した場合には、
どの程度の重要性や魅力があるでしょうか。
100点満点で回答してください。分からない場合には、「分からない」を選択してください。
※こちらから資料をご覧いただけます。
※上記と同じ資料をPDF形式でもご覧いただけます。
※項目の記載方法：【第2段階の評価基準】用途

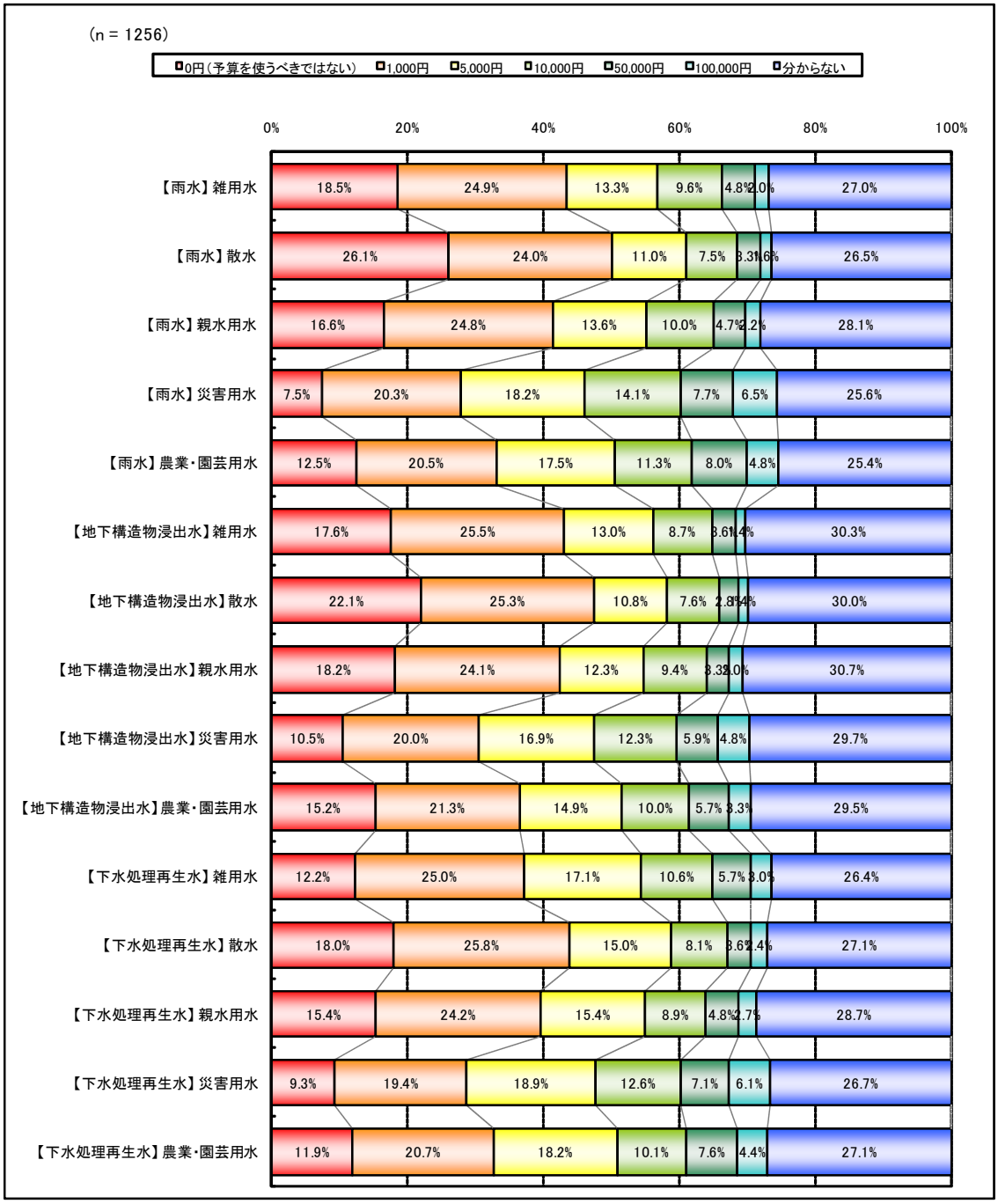


[Q20(横帯グラフ)]都市分散型水資源活用については既に一部で行われています。3つの水源と5つの用途とで理論上は15種類の組み合わせができますが、その中にはあまり現実的ではない組み合わせも含まれています。
そのような組み合わせも含めたすべての15通りの組み合わせについて、重要性や魅力がどの程度あるか、100点満点でご回答ください。
分からない場合には、「分からない」を選択してください。
※こちらから資料をご覧いただけます。
※上記と同じ資料をPDF形式でもご覧いただけます。
※項目の記載方法:【水源】用途

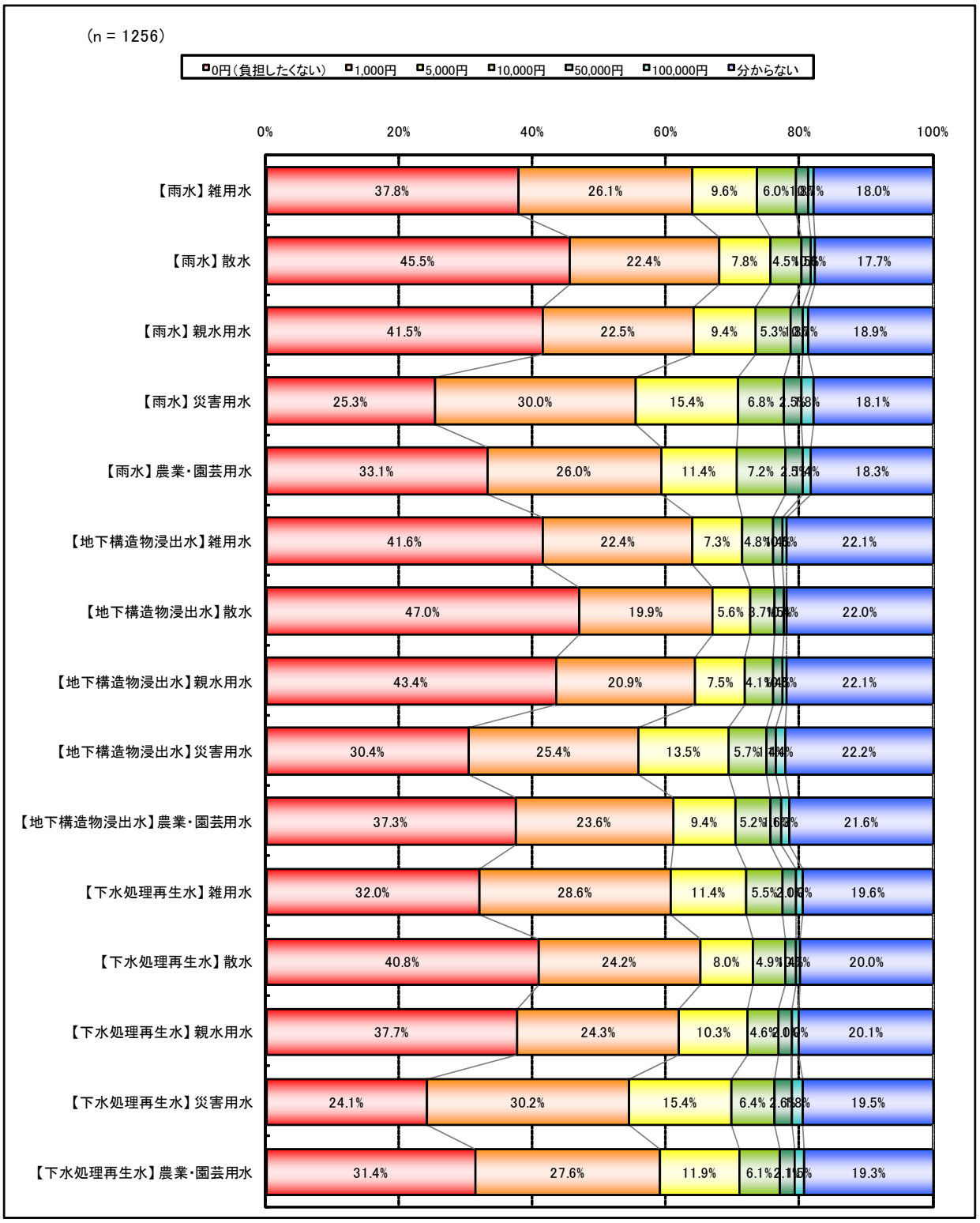


[Q21(横帯グラフ)]さて、公共事業には税金が使われます。また、ご自分の敷地で雨水貯留のための施設を設置するのには補助金が利用できる場合もあり、ご自分で負担して設置する場合もあります。
ここでは、都市分散型水資源を活用するために、どの程度の金額を公的または私的費用から支出することが望ましいと思われるかをお聞きします。
参考までに、平成20年度の国の決算の項目ごとの歳出額を日本全体の人口で割って計算した1人当たりの金額を、次のグラフに示します。
都市分散型水資源関連の予算としては公共事業費が考えられます。平成20年度の国の公共事業関係費は、1人当たり約5.5万円でした。
地方分(都道府県および市町村)を加えると平成20年度の1人当たり公共事業関係費は、約13.5万円と試算できます。

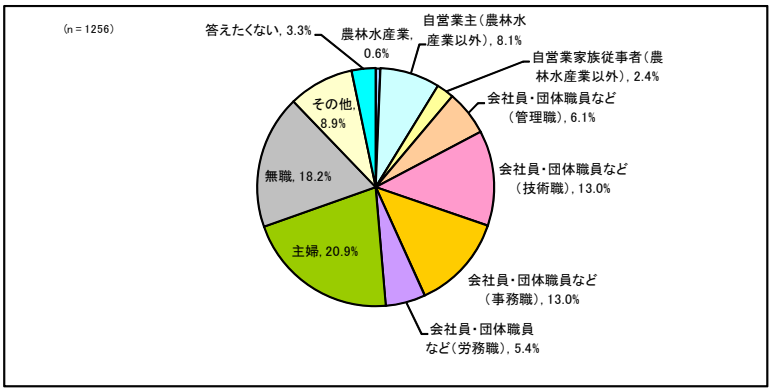
この金額を参考にして回答してください。都市分散型水資源の活用には、公的、私的費用からいくらぐらい支出すれば良いでしょうか。Q21では公的費用、Q22では私的費用についてお聞きします。
まず初めに、この設問では、3種類の水源と5種類の用途の15種類の組み合わせについて、公的負担を、年間でどのくらい投入するべきか、あなたが望ましいと思われる金額をご回答ください。分からない場合には、「分からない」を選択してください。
※こちらから資料をご覧いただけます。
※上記と同じ資料をPDF形式でもご覧いただけます。
項目の記載方法:【水源】用途



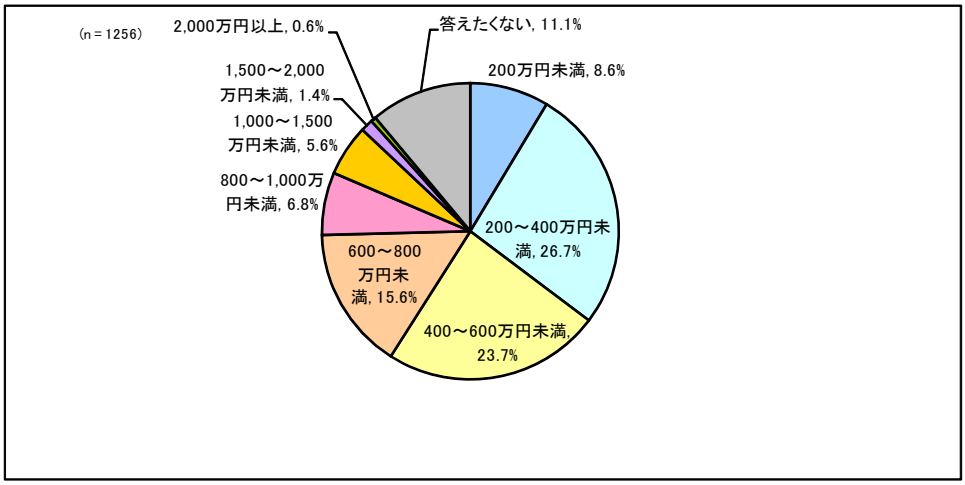
[Q22(横帯グラフ)]次に、これらの15種類の水源と用途の組み合わせに対して、個人としてどの程度を支出したいかをお聞きします。あなたは1年間にどの程度の金額ならばご自分の家計から負担できると思いますか。
1年間あたりの金額をお答えください。分からない場合には、「分からない」を選択してください。
※こちらから再度資料をご覧いただけます。
※上記と同じ資料をPDF形式でもご覧いただけます。
項目の記載方法:【水源】 用途



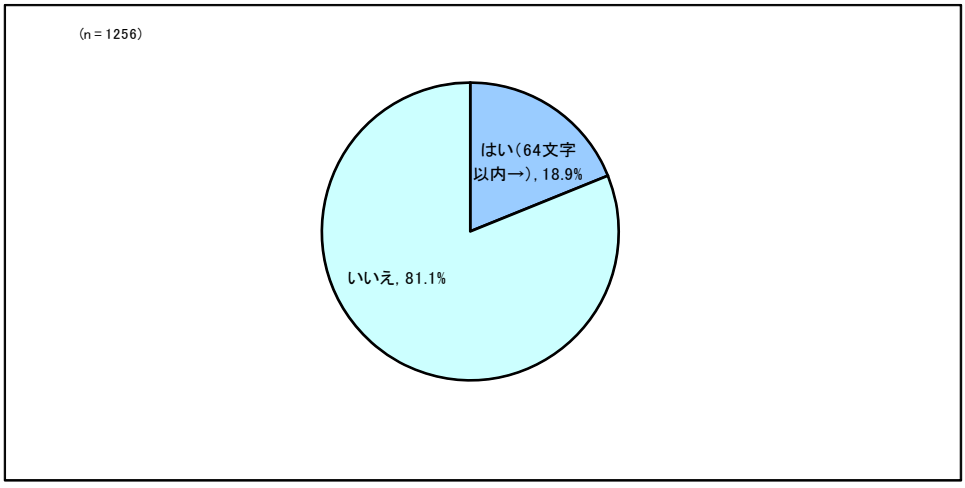
[Q26(円グラフ)]あなたの職業および業種を次の中からお選びください。
[主婦]が最も高く(20.9%)、次いで[無職](18.2%)、[会社員・団体職員など(技術職)][会社員・団体職員など(事務職)](13.0%)となっている。



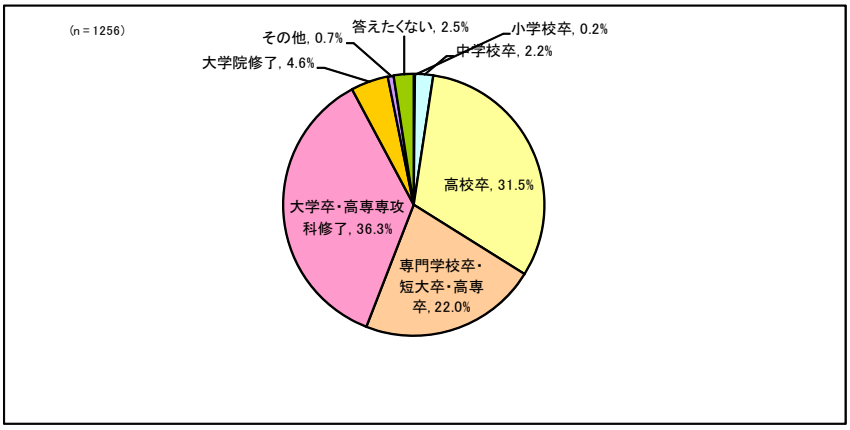
[Q27(円グラフ)]あなたのご家族全体の収入(年収)を教えてください。
[200～400万円未満]が最も高く(26.7%)、次いで[400～600万円未満](23.7%)、[600～800万円未満](15.6%)となっている。



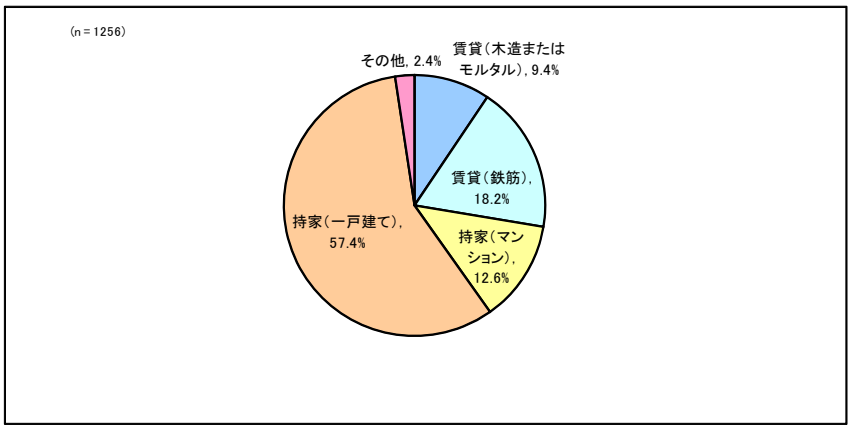
[Q28(円グラフ)]ボランティア活動、サークル活動等についてお聞きします。
あなたはボランティア活動やサークル活動をしていますか。
「はい」とお答えの方は、活動内容を具体的に教えてください。
[いいえ]が最も高く(81.1%)、次は[はい(64文字以内→)](18.9%)となっている。



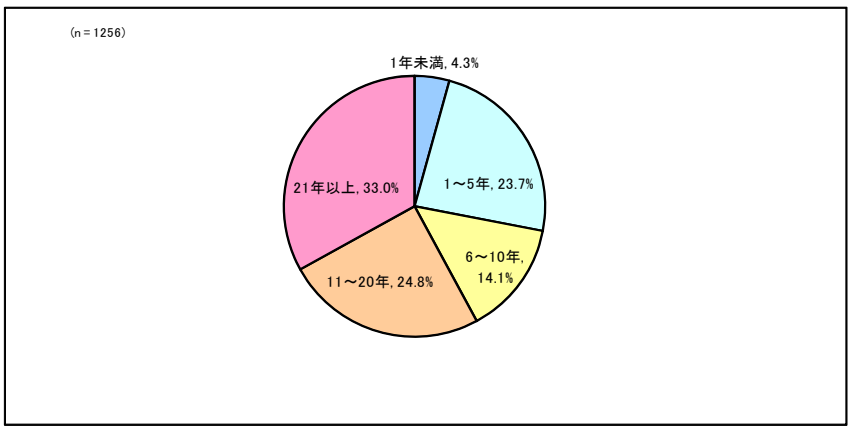
[Q29(円グラフ)]あなたの最終学歴を教えてください。
[大学卒・高専専攻科修了]が最も高く(36.3%)、次いで[高校卒](31.5%)、[専門学校卒・短大卒・高専卒](22.0%)となっている。



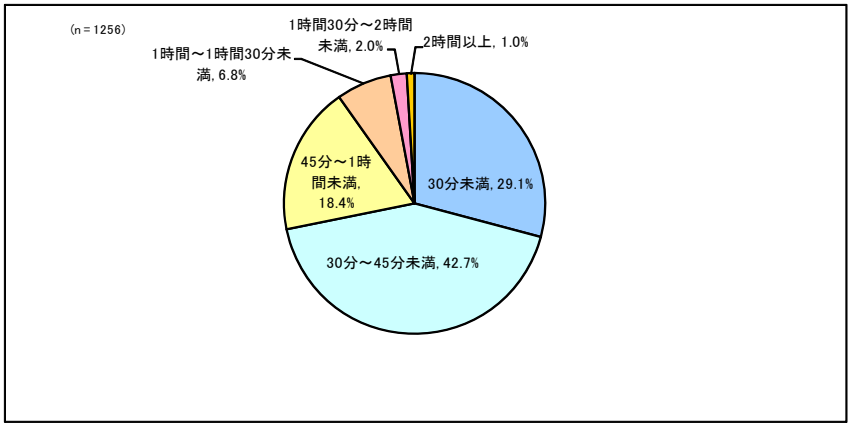
[Q30(円グラフ)]現在のお住まいの居住形態を教えてください。
[持家(一戸建て)]が最も高く(57.4%)、次いで[賃貸(鉄筋)](18.2%)、[持家(マンション)](12.6%)となっている。



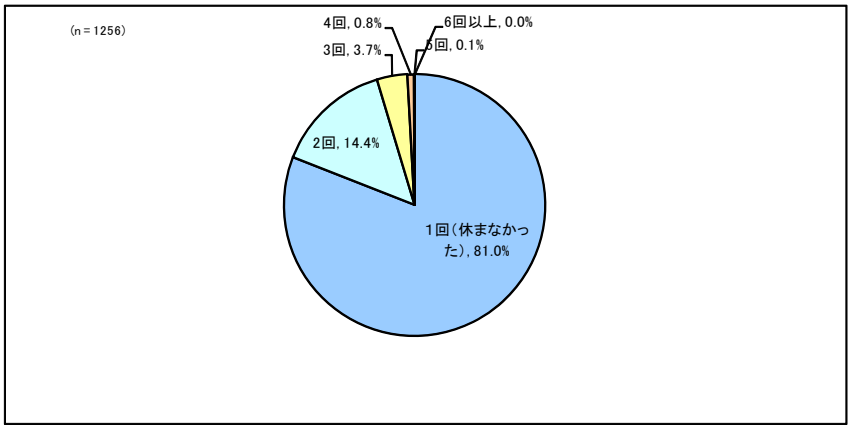
[Q31(円グラフ)]現在のお住まいの居住年数を教えてください。
[21年以上]が最も高く(33.0%)、次いで[11～20年](24.8%)、[1～5年](23.7%)となっている。



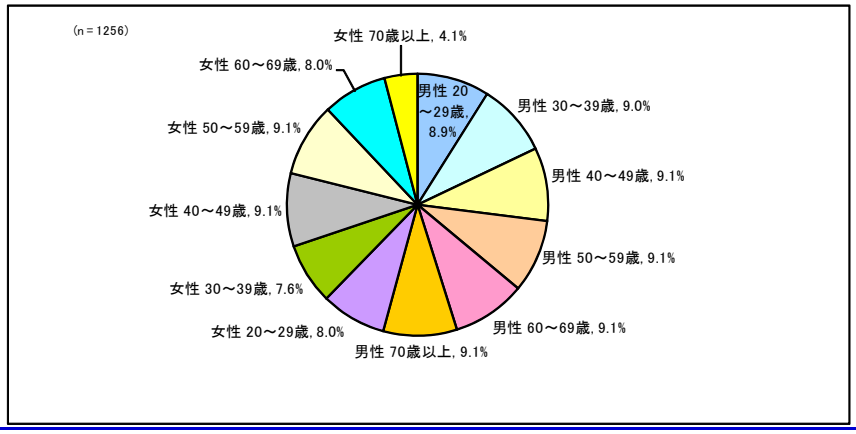
[Q32(円グラフ)]アンケートには、全体でどのくらいの時間がかかりましたか。
[30分～45分未満]が最も高く(42.7%)、次いで[30分未満](29.1%)、[45分～1時間未満](18.4%)となっている。



[Q33(円グラフ)]また、アンケートの回答は何回に分けましたか。
[1回(休まなかった)]が最も高く(81.0%)、次いで[2回](14.4%)、[3回](3.7%)となっている。



[NQ1(円グラフ)]性年代別
[男性 40～49歳][男性 50～59歳][男性 60～69歳][男性 70歳以上][女性 40～49歳][女性 50～59歳]が最も高く(9.1%)、次いで[男性 30～39歳](9.0%)、[男性 20～29歳](8.9%)となっている。



B）サンプル全体の属性

サンプル全体の属性については、前節でGT表により示したような結果となった。基本となる4属性についてのサンプル数を表3-5に示す。男女別では男性のサンプル数が若干多く（54.2%）、年齢区分別では40歳代、50歳代が18.2%で最も多く、次いで20歳代、60歳代の17.0%、30歳代の16.6%で、70歳代（13.1%）が最も少なかった。本調査に採用した会社は高齢者層のパネルに特徴があったため、60歳代、70歳代の高齢者層のサンプル数を取得できたと考えている。エリアごとのサンプル割合は関東、近畿エリアのサンプル数が17.7～17.8%と、他の4エリアの16.0～16.2%に比較して若干多かったが、全体としてほぼ均等なサンプルを取得できたと考えられる。都市規模別には、大都市（政令指定都市および人口100万人以上）26.5%、中都市（人口10万人以上100万人未満）40.0%、小都市（人口10万人未満）20.9%、町村12.6%とばらつきが見られた。

表3-5　4種類の基本属性に関するサンプル数

【表頭1】[Q3]あなたのお住まいの地域を教えてください。
※各エリアは（ ）内に記載されている都府県のことを指します。
【表頭2】[Q4]あなたのお住まいの市区町村の区分を、下記の中からお選びください。また、現在お住まいの市区町村名を、都府県名から回答欄にご記入ください。（例：東京都文京区、千葉県千葉市美浜区、神奈川県横須賀市、大阪府泉南郡熊取町、高知県安芸郡北川村）
市区町村の区分は、東京23区および政令指定都市を「大都市」に区分します。その他の市は2009年3月末の人口（総務省）により、10万人以上を「中都市」、10万人未満を「小都市」に区分します。
町村は人口の大きさによらず、「町村」に区分します。
※下記のリンク画面からご確認ください。
◆東北エリアにお住まいの方はこちらより都市規模をご確認ください。
◇関東エリアにお住まいの方はこちらより都市規模をご確認ください。
◆中部エリアにお住まいの方はこちらより都市規模をご確認ください。
◇近畿エリアにお住まいの方はこちらより都市規模をご確認ください。
◆四国エリアにお住まいの方はこちらより都市規模をご確認ください。
◇九州・沖縄エリアにお住まいの方はこちらより都市規模をご確認ください。
【表側1】[Q1]あなたの性別を教えてください。
【表側2】[Q2]あなたの年齢を教えてください。

		全体					東北エリア 3県（宮城県、秋田県、岩					関東エリア 1都6県（群馬県、栃木					中部エリア 5県（静岡県、愛知県、岐					近畿エリア 2府4県（滋賀県、京都					四国エリア 4県（香川県、高知県、愛					九州・沖縄エリア 5県（福岡県、長崎					その他				
		全体	大都市（東京23区および政令指定	中都市（人口10万以上の市）	小都市（人口10万人未満の市）	町村（上記の市区以外の町村）	全体	大都市（東京23区および政令指定	中都市（人口10万以上の市）	小都市（人口10万人未満の市）	町村（上記の市区以外の町村）	全体	大都市（東京23区および政令指定	中都市（人口10万以上の市）	小都市（人口10万人未満の市）	町村（上記の市区以外の町村）	全体	大都市（東京23区および政令指定	中都市（人口10万以上の市）	小都市（人口10万人未満の市）	町村（上記の市区以外の町村）	全体	大都市（東京23区および政令指定	中都市（人口10万以上の市）	小都市（人口10万人未満の市）	町村（上記の市区以外の町村）	全体	大都市（東京23区および政令指定	中都市（人口10万以上の市）	小都市（人口10万人未満の市）	町村（上記の市区以外の町村）	全体	大都市（東京23区および政令指定	中都市（人口10万以上の市）	小都市（人口10万人未満の市）	町村（上記の市区以外の町村）	全体	大都市（東京23区および政令指定	中都市（人口10万以上の市）	小都市（人口10万人未満の市）	町村（上記の市区以外の町村）
全体		1256	333	503	262	158	204	62	55	50	37	222	90	90	29	13	204	53	78	50	23	223	74	95	38	16	201	0	119	49	33	202	54	66	46	36	0	0	0	0	0
全体	全体	1256	333	503	262	158	204	62	55	50	37	222	90	90	29	13	204	53	78	50	23	223	74	95	38	16	201	0	119	49	33	202	54	66	46	36	0	0	0	0	0
	20～29歳	213	63	80	46	24	38	14	9	8	7	32	18	11	1	2	33	10	10	10	3	38	13	18	6	1	38	0	23	11	4	34	8	9	10	7	0	0	0	0	0
	30～39歳	208	61	86	40	21	35	12	7	12	4	38	17	16	4	1	38	10	15	10	3	33	14	15	4	0	33	0	24	4	5	31	8	9	6	8	0	0	0	0	0
	40～49歳	228	49	88	53	38	38	7	11	11	9	38	12	14	8	4	38	9	13	9	7	38	12	15	7	4	38	0	21	10	7	38	9	14	8	7	0	0	0	0	0
	50～59歳	228	57	91	49	31	38	10	11	9	8	38	14	17	6	1	38	9	14	10	5	38	12	16	7	3	38	0	20	11	7	38	12	13	6	7	0	0	0	0	0
	60～69歳	214	58	85	43	28	36	12	9	7	8	38	14	16	5	3	30	9	10	6	5	38	12	16	6	4	34	0	22	8	4	38	11	12	11	4	0	0	0	0	0
	70歳以上	165	45	73	31	16	19	7	8	3	1	38	15	16	5	2	27	6	16	5	0	38	11	15	8	4	20	0	9	5	6	23	6	9	5	3	0	0	0	0	0
	上記以外	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
男性	全体	681	164	277	144	96	113	29	33	28	23	114	48	46	14	6	113	28	47	26	12	114	36	47	20	11	114	0	63	28	23	113	23	41	28	21	0	0	0	0	0
	20～29歳	112	29	47	22	14	19	5	5	4	5	19	11	7	0	1	18	5	9	2	2	19	6	8	4	1	19	0	12	5	2	18	2	6	7	3	0	0	0	0	0
	30～39歳	113	30	51	19	13	18	5	6	5	2	19	10	8	0	1	19	5	8	5	1	19	7	10	2	0	19	0	12	3	4	19	3	7	4	5	0	0	0	0	0
	40～49歳	114	27	47	26	14	19	4	6	6	3	19	7	8	4	0	19	5	7	4	3	19	6	8	3	2	19	0	10	5	4	19	5	8	4	2	0	0	0	0	0
	50～59歳	114	26	43	23	22	19	4	4	5	6	19	7	9	2	1	19	4	7	5	3	19	7	8	3	1	19	0	9	5	5	19	4	6	3	6	0	0	0	0	0
	60～69歳	114	24	43	29	18	19	4	4	5	6	19	6	7	4	2	19	4	7	5	3	19	5	7	4	3	19	0	11	6	2	19	5	7	5	2	0	0	0	0	0
	70歳以上	114	28	46	25	15	19	7	8	3	1	19	7	7	4	1	19	5	9	5	0	19	5	6	4	4	19	0	9	4	6	19	4	7	5	3	0	0	0	0	0
	上記以外	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
女性	全体	575	169	226	118	62	91	33	22	22	14	108	42	44	15	7	91	25	31	24	11	109	38	48	18	5	87	0	56	21	10	89	31	25	18	15	0	0	0	0	0
	20～29歳	101	34	33	24	10	19	9	4	4	2	13	7	4	1	1	15	5	1	8	1	19	7	10	2	0	19	0	11	6	2	16	6	3	3	4	0	0	0	0	0
	30～39歳	95	31	35	21	8	17	7	1	7	2	19	7	8	4	0	19	5	7	5	2	14	7	5	2	0	14	0	12	1	1	12	5	2	2	3	0	0	0	0	0
	40～49歳	114	22	41	27	24	19	3	5	5	6	19	5	6	4	4	19	4	6	5	4	19	6	7	4	2	19	0	11	5	3	19	4	6	4	5	0	0	0	0	0
	50～59歳	114	31	48	26	9	19	6	7	4	2	19	7	8	4	0	19	5	7	5	2	19	5	8	4	2	19	0	11	6	2	19	8	7	3	1	0	0	0	0	0
	60～69歳	100	34	42	14	10	17	8	5	2	2	19	8	9	1	1	11	5	3	1	2	19	7	9	2	1	15	0	11	2	2	19	6	5	6	2	0	0	0	0	0
	70歳以上	51	17	27	6	1	0	0	0	0	0	19	8	9	1	1	8	1	7	0	0	19	6	9	4	0	1	0	0	1	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	上記以外	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

C）全体サンプルについての階層分析法（AHP）による解析結果

代替案（水源および用途）の一対比較による重みベクトル

水源および用途のそれぞれの一対比較から計算した重みベクトルを図3-2に示す。水源では雨水の重みが大きく、次いで下水処理再生水、地下構造物浸出水の順であった。用途では災害用水の重みが大きく、次いで農業・園芸用水、雑用水、親水用水、散水の順であった。この計算結果は、後に述べる支払意志額や水源と用途の組み合わせの絶対評価の集計結果と同様であった。

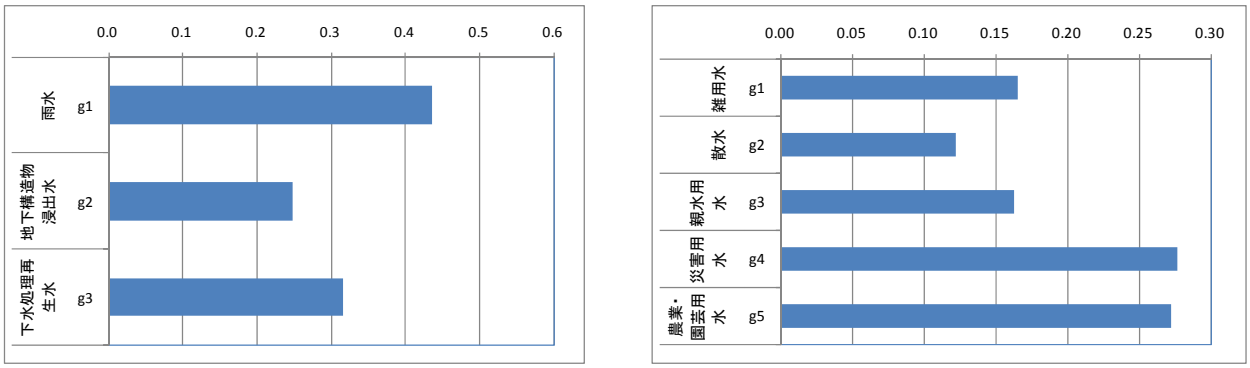


図3-2　水源および用途の重みベクトル

評価基準の重みベクトル

評価基準相互の一対比較を基に、図3-3のような重みベクトルを求めた。重みベクトルは、生活、自然環境が大きく、社会、経済、技術が小さい等の特徴が見られた。

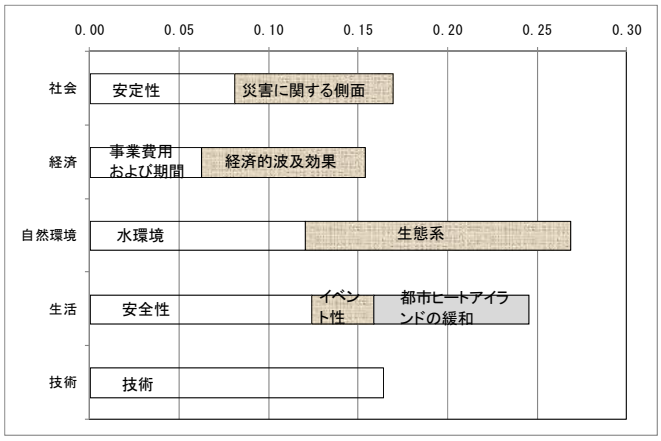


図3-3　評価基準の重みベクトル（第1段階と第2段階）

代替案（水源および用途）の評価基準に基づく重みベクトル

絶対評価の設問の回答を集計した結果、第１段階、第2段階の評価基準に基づく水源および用途の絶対評価の全体平均は、それぞれ図3-4,5、図3-6,7に示す結果となった。

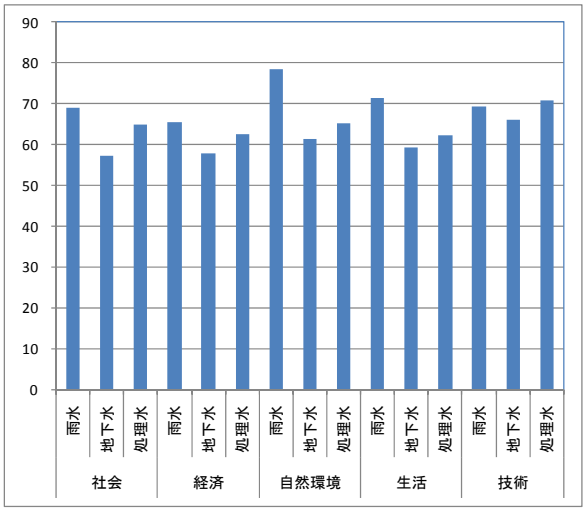


図3-4　第1段階の評価基準に関する水源の評価

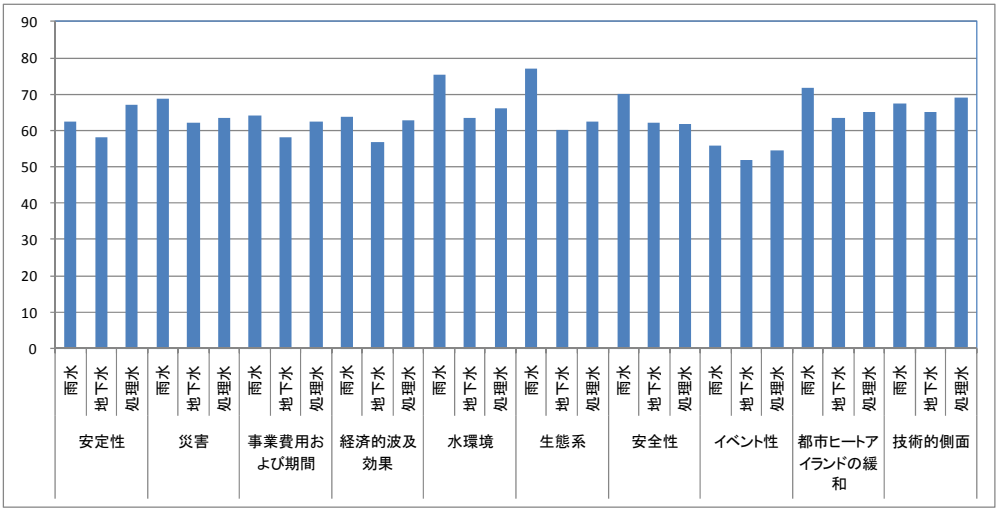


図3-5　第2段階の評価基準に関する水源の評価

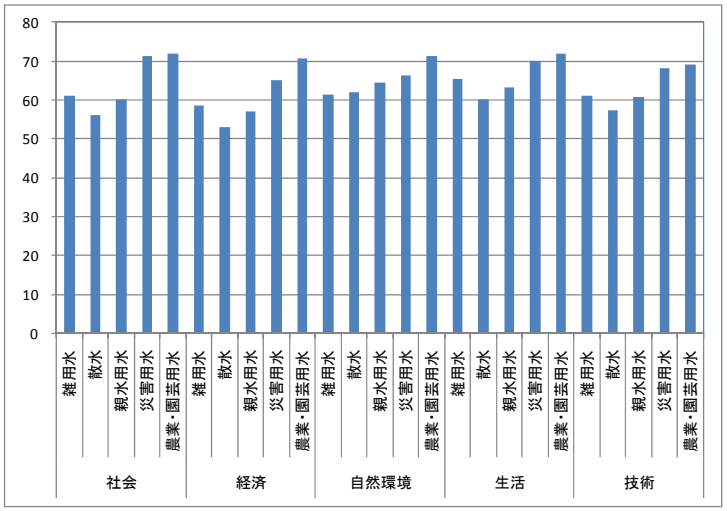


図3-6　第1段階の評価基準に関する用途の評価

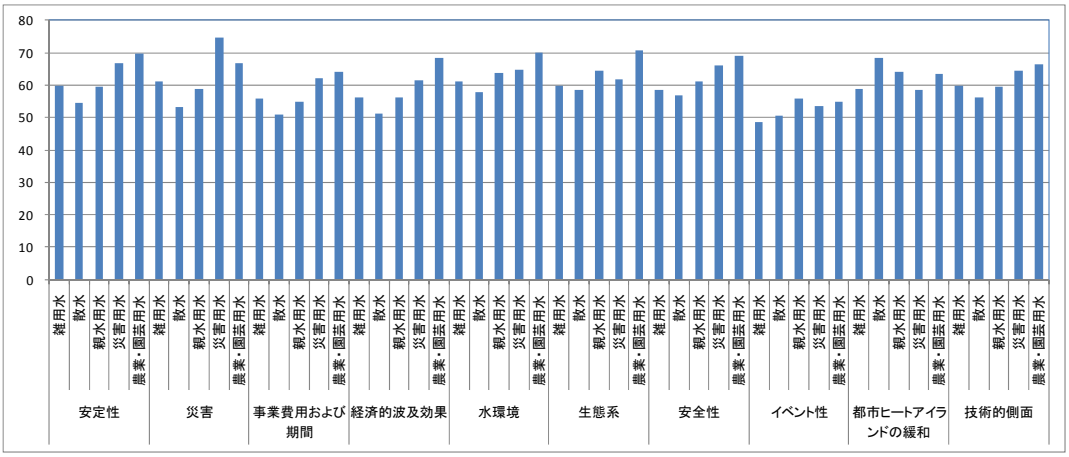


図3-7　第2段階の評価基準に関する用途の評価

図3-4に示した第1段階の評価基準に基づく水源の評価について、平均値の差の検定を行った（表3-6）。有意水準に差は見られたものの、全ての組み合わせにおいて母平均に差があると判定された。有意水準はほとんどの組み合わせで1%であり、評価基準【技術】の雨水と下水処理再生水の組み合わせの1ケースのみが有意水準5%であった。

表3-6　第1段階の評価基準に基づく水源の評価についての母平均の差の検定

第1段階の評価基準	水源の組み合わせ	差の平均	差のSD	サンプル数	T値		f値
社会	雨水＆地下水	11.50	24.55	1050	15.19	**	1049
	雨水＆処理水	3.86	25.73	1092	4.96	**	1091
	地下水＆処理水	-7.84	24.06	1043	-10.53	**	1042
経済	雨水＆地下水	7.41	25.32	1028	9.39	**	1027
	雨水＆処理水	2.92	27.50	1068	3.47	**	1067
	地下水＆処理水	-4.56	22.87	1021	-6.38	**	1020
自然環境	雨水＆地下水	16.97	25.03	1061	22.08	**	1060
	雨水＆処理水	13.34	25.64	1099	17.25	**	1098
	地下水＆処理水	-3.66	23.59	1045	-5.01	**	1044
生活	雨水＆地下水	11.69	25.09	1052	15.12	**	1051
	雨水＆処理水	9.13	26.72	1102	11.34	**	1101
	地下水＆処理水	-2.66	24.27	1046	-3.54	**	1045
技術	雨水＆地下水	3.30	26.08	1043	4.08	**	1042
	雨水＆処理水	-1.63	26.71	1065	-2.00	*	1064
	地下水＆処理水	-4.98	20.79	1040	-7.73	**	1039

図3-4に示した第1段階の評価基準に基づく水源の評価について、100点、80点以上、40点以下（60点以上）、20点以下、0点の5通りの場合の人数について、Mcnemar検定を行った結果を表3-7～11に示す。Mcnemar検定ではT値が6.635以上は有意度1%で差がある、3.841以上6.635未満では有意度5%で差がある、3.841未満では有意度5%で差があるとは言えないと判断できる。

100点については、評価基準：社会、経済、自然環境に関しては有意水準1%で3水源の間にそれぞれ差があるという結果となった。評価基準：生活に関しては、雨水と地下構造物浸出水、雨水と下水処理再生水は、それぞれ有意水準1%で差があり、地下構造物浸出水と下水処理再生水は有意水準5%で差があるという結果となった。評価基準：技術に関しては、雨水と地下構造物

浸出水、地下構造物浸出水と下水処理再生水は、それぞれ有意水準1%で差があるが、雨水と下水処理再生水は有意水準5%で差がないという結果となった。

80点以上については、評価基準：社会、経済に関しては3水源の間にそれぞれ差があるという結果となった。自然環境、生活に関しては、3水源の間にいずれも差が見られなかった。技術に関しては雨水と地下水は差がなく、雨水と処理水、雨水と地下水には差があると判断された。

表3-7　第1段階の評価基準に基づく水源の評価100点についてのMcnemar検定の結果

社会

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 100	雨水 ≦80	合計
地下水	100	76	25	101
	≦80	157	797	954
合計		233	822	1055
T=		94.3 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 100	雨水 ≦80	合計
処理水	100	95	69	164
	≦80	138	753	891
合計		233	822	1055
T=		22.3 **		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 100	地下水 ≦80	合計
処理水	100	69	95	164
	≦80	32	859	891
合計		101	954	1055
T=		30.3 **		

経済

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 100	雨水 ≦80	合計
地下水	100	69	34	103
	≦80	136	791	927
合計		205	825	1030
T=		60 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 100	雨水 ≦80	合計
処理水	100	87	68	155
	≦80	118	757	875
合計		205	825	1030
T=		12.9 **		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 100	地下水 ≦80	合計
処理水	100	76	79	155
	≦80	27	848	875
合計		103	927	1030
T=		24.5 **		

自然環境

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 100	雨水 ≦80	合計
地下水	100	145	13	158
	≦80	288	615	903
合計		433	628	1061
T=		249 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 100	雨水 ≦80	合計
処理水	100	176	38	214
	≦80	257	590	847
合計		433	628	1061
T=		161 **		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 100	地下水 ≦80	合計
処理水	100	125	89	214
	≦80	33	814	847
合計		158	903	1061
T=		24.8 **		

生活

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 100	雨水 ≦80	合計
地下水	100	104	26	130
	≦80	201	724	925
合計		305	750	1055
T=		133 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 100	雨水 ≦80	合計
処理水	100	118	40	158
	≦80	187	710	897
合計		305	750	1055
T=		93.9 **		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 100	地下水 ≦80	合計
処理水	100	88	70	158
	≦80	42	855	897
合計		130	925	1055
T=		6.51 *		

技術

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 100	雨水 ≦80	合計
地下水	100	150	47	197
	≦80	128	727	855
合計		278	774	1052
T=		36.6 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 100	雨水 ≦80	合計
処理水	100	174	105	279
	≦80	104	669	773
合計		278	774	1052
T=		0		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 100	地下水 ≦80	合計
処理水	100	168	111	279
	≦80	29	744	773
合計		197	855	1052
T=		46.9 **		

表3-8　第1段階の評価基準に基づく水源の評価80点以上についてのMcnemar検定の結果

社会

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≧80	雨水 <80	合計
地下水	≧80	266	60	326
	<80	329	400	729
合計		595	460	1055
T=		185 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≧80	雨水 <80	合計
処理水	≧80	343	151	494
	<80	252	309	561
合計		595	460	1055
T=		24.8 **		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≧80	地下水 <80	合計
処理水	≧80	226	268	494
	<80	100	461	561
合計		326	729	1055
T=		75.8 **		

経済

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≧80	雨水 <80	合計
地下水	≧80	252	80	332
	<80	263	435	698
合計		515	515	1030
T=		96.6 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≧80	雨水 <80	合計
処理水	≧80	306	141	447
	<80	209	374	583
合計		515	515	1030
T=		12.8 **		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≧80	地下水 <80	合計
処理水	≧80	255	192	447
	<80	77	506	583
合計		332	698	1030
T=		48.3 **		

自然環境

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≧80	雨水 <80	合計
地下水	≧80	257	225	482
	<80	217	362	579
合計		474	587	1061
T=		0.11		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≧80	雨水 <80	合計
処理水	≧80	210	291	501
	<80	264	296	560
合計		474	587	1061
T=		1.22		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≧80	地下水 <80	合計
処理水	≧80	222	279	501
	<80	260	300	560
合計		482	579	1061
T=		0.6		

生活

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≧80	雨水 <80	合計
地下水	≧80	270	197	467
	<80	218	370	588
合計		488	567	1055
T=		0.96		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≧80	雨水 <80	合計
処理水	≧80	206	248	454
	<80	282	319	601
合計		488	567	1055
T=		2.05		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≧80	地下水 <80	合計
処理水	≧80	216	238	454
	<80	251	350	601
合計		467	588	1055
T=		0.29		

技術

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≧80	雨水 <80	合計
地下水	≧80	282	179	461
	<80	172	419	591
合計		454	598	1052
T=		0.1		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≧80	雨水 <80	合計
処理水	≧80	266	348	614
	<80	188	250	438
合計		454	598	1052
T=		47.2 **		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≧80	地下水 <80	合計
処理水	≧80	286	328	614
	<80	175	263	438
合計		461	591	1052
T=		45.9 **		

40点以下については、多くの項目で有意水準1%で差があると判定された。有意水準1%で差があるという判定以外となった組み合わせは、有意水準5%で差があるという判定が、【社会】の雨水と下水処理再生水、【経済】の雨水と下水処理再生水、【生活】の地下構造物浸出水と下水処理再生水であり、有意水準5%で差がないという判定となった組み合わせは、【技術】の雨水と地下構造物浸出水であった。

表3-9　第1段階の評価基準に基づく水源の評価40点以下についてのMcnemar検定の結果

社会

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≤40	雨水 >40	合計
地下水	≤40	161	244	405
	>40	87	563	650
合計		248	807	1055
T=		73.5 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≤40	雨水 >40	合計
処理水	≤40	114	175	289
	>40	134	632	766
合計		248	807	1055
T=		5.18 *		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≤40	地下水 >40	合計
処理水	≤40	194	95	289
	>40	211	555	766
合計		405	650	1055
T=		43.2 **		

経済

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≤40	雨水 >40	合計
地下水	≤40	203	185	388
	>40	90	552	642
合計		293	737	1030
T=		32.1 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≤40	雨水 >40	合計
処理水	≤40	150	183	333
	>40	143	554	697
合計		293	737	1030
T=		4.67 *		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≤40	地下水 >40	合計
処理水	≤40	228	105	333
	>40	160	537	697
合計		388	642	1030
T=		11 **		

自然環境

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≤40	雨水 >40	合計
地下水	≤40	111	241	352
	>40	29	680	709
合計		140	921	1061
T=		165 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≤40	雨水 >40	合計
処理水	≤40	89	217	306
	>40	51	704	755
合計		140	921	1061
T=		102 **		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≤40	地下水 >40	合計
処理水	≤40	204	102	306
	>40	148	607	755
合計		352	709	1061
T=		8.1 **		

生活

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≤40	雨水 >40	合計
地下水	≤40	155	212	367
	>40	65	623	688
合計		220	835	1055
T=		77 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≤40	雨水 >40	合計
処理水	≤40	134	201	335
	>40	86	634	720
合計		220	835	1055
T=		45.3 **		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≤40	地下水 >40	合計
処理水	≤40	233	102	335
	>40	134	586	720
合計		367	688	1055
T=		4.07 *		

技術

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≤40	雨水 >40	合計
地下水	≤40	141	122	263
	>40	106	683	789
合計		247	805	1052
T=		0.99		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≤40	雨水 >40	合計
処理水	≤40	118	98	216
	>40	129	707	836
合計		247	805	1052
T=		3.96 *		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≤40	地下水 >40	合計
処理水	≤40	163	53	216
	>40	100	736	836
合計		263	789	1052
T=		13.8 **		

表3-10　第1段階の評価基準に基づく水源の評価20点以下についてのMcnemar検定の結果

社会

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≤20	雨水 >20	合計
地下水	≤20	33	128	161
	>20	34	860	894
合計		67	988	1055
T=		53.4 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≤20	雨水 >20	合計
処理水	≤20	22	70	92
	>20	45	918	963
合計		67	988	1055
T=		5.01 *		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≤20	地下水 >20	合計
処理水	≤20	50	42	92
	>20	111	852	963
合計		161	894	1055
T=		30.2 **		

経済

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≤20	雨水 >20	合計
地下水	≤20	54	92	146
	>20	67	817	884
合計		121	909	1030
T=		3.62		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≤20	雨水 >20	合計
処理水	≤20	45	83	128
	>20	76	826	902
合計		121	909	1030
T=		0.23		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≤20	地下水 >20	合計
処理水	≤20	69	59	128
	>20	77	825	902
合計		146	884	1030
T=		2.13		

自然環境

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≤20	雨水 >20	合計
地下水	≤20	29	107	136
	>20	16	909	925
合計		45	1016	1061
T=		65.9 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≤20	雨水 >20	合計
処理水	≤20	27	86	113
	>20	18	930	948
合計		45	1016	1061
T=		43.2 **		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≤20	地下水 >20	合計
処理水	≤20	56	57	113
	>20	80	868	948
合計		136	925	1061
T=		3.53		

生活

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≤20	雨水 >20	合計
地下水	≤20	51	98	149
	>20	34	872	906
合計		85	970	1055
T=		30.1 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≤20	雨水 >20	合計
処理水	≤20	44	96	140
	>20	41	874	915
合計		85	970	1055
T=		21.3 **		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≤20	地下水 >20	合計
処理水	≤20	74	66	140
	>20	75	840	915
合計		149	906	1055
T=		0.45		

技術

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 ≤20	雨水 >20	合計
地下水	≤20	45	68	113
	>20	64	875	939
合計		109	943	1052
T=		0.07		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 ≤20	雨水 >20	合計
処理水	≤20	44	47	91
	>20	65	896	961
合計		109	943	1052
T=		2.58		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 ≤40	地下水 >40	合計
処理水	≤20	59	32	91
	>20	54	907	961
合計		113	939	1052
T=		5.13 *		

20 点以下については、有意水準1%で差があると判定されたのは【社会】の雨水と地下構造物浸出水、地下構造物浸出水と下水処理再生水、【自然環境】の雨水と地下構造物浸出水、雨水と下水処理再生水、【生活】の雨水と地下構造物浸出水、雨水と下水処理再生水であり、有意水準5%で差があると判定されたのは【社会】の雨水と下水処理再生水、【技術】の地下構造物浸出水と下水処理再生水であり、その他の組み合わせは5%の有意水準で差がないと判定された。

0点については、有意水準1%で差があると判定されたのは、【自然環境】の雨水と下水処理再生水、地下構造物浸出水と下水処理再生水、【生活】の雨水と地下構造物浸出水、雨水と下水処理再生水であり、有意水準5%で差があると判定されたのは、【経済】の地下構造物浸出水と下水処理再生水であり、その他の組み合わせは5%の有意水準で差がないと判定された。

表3-11　第1段階の評価基準に基づく水源の評価0点についてのMcnemar検定の結果

社会

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 0	雨水 ≥20	合計
地下水	0	1	9	10
	≥20	4	1041	1045
合計		5	1050	1055
T=		1.23		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 0	雨水 ≥20	合計
処理水	0	1	5	6
	≥20	4	1045	1049
合計		5	1050	1055
T=		0		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 0	地下水 ≥20	合計
処理水	0	2	4	6
	≥20	8	1041	1049
合計		10	1045	1055
T=		0.75		

経済

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 0	雨水 ≥20	合計
地下水	0	2	11	13
	≥20	5	1012	1017
合計		7	1023	1030
T=		1.56		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 0	雨水 ≥20	合計
処理水	0	1	2	3
	≥20	6	1021	1027
合計		7	1023	1030
T=		1.13		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 0	地下水 ≥20	合計
処理水	0	1	2	3
	≥20	12	1015	1027
合計		13	1017	1030
T=		5.79 *		

自然環境

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 0	雨水 ≥20	合計
地下水	0	6	17	23
	≥20	0	1038	1038
合計		6	1055	1061
T=		15.1 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 0	雨水 ≥20	合計
処理水	0	3	6	9
	≥20	3	1049	1052
合計		6	1055	1061
T=		0.44		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 0	地下水 ≥20	合計
処理水	0	7	2	9
	≥20	16	1036	1052
合計		23	1038	1061
T=		9.39 **		

生活

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 0	雨水 ≥20	合計
地下水	0	5	21	26
	≥20	2	1027	1029
合計		7	1048	1055
T=		14.1 **		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 0	雨水 ≥20	合計
処理水	0	4	16	20
	≥20	3	1032	1035
合計		7	1048	1055
T=		7.58 **		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 0	地下水 ≥20	合計
処理水	0	10	10	20
	≥20	16	1019	1035
合計		26	1029	1055
T=		0.96		

技術

雨水＆地下水

雨水＆地下水		雨水 0	雨水 ≥20	合計
地下水	0	4	10	14
	≥20	7	1031	1038
合計		11	1041	1052
T=		0.24		

雨水＆処理水

雨水＆処理水		雨水 0	雨水 ≥20	合計
処理水	0	2	5	7
	≥20	9	1036	1045
合計		11	1041	1052
T=		0.64		

地下水＆処理水

地下水＆処理水		地下水 0	地下水 ≥20	合計
処理水	0	3	4	7
	≥20	11	1034	1045
合計		14	1038	1052
T=		2.4		

表3-12　第1段階評価基準に基づく水源の絶対評価についてのMcnemar検定のT値

Mcnemar検定のまとめ 第1段階の評価基準に基づく水源の絶対評価	社会 RG[a]	社会 RW[b]	社会 GW[c]	経済 RG[a]	経済 RW[b]	経済 GW[c]	自然環境 RG[a]	自然環境 RW[b]	自然環境 GW[c]	生活 RG[a]	生活 RW[b]	生活 GW[c]	技術 RG[a]	技術 RW[b]	技術 GW[c]
0点と20点以上	1.2	0.0	0.8	1.6	1.1	5.8 *	15.1 **	0.4	9.4 **	14.1 **	7.6 **	1.0	0.2	0.6	2.4
20点以下と40点以上	53.4 **	5.0 *	30.2 **	3.6	0.2	2.1	65.9 **	43.2 **	3.5	30.1 **	21.3 **	0.5	0.1	2.6	5.1 *
40点以下と60点以上	73.5 **	5.2 *	43.2 **	32.1 **	4.7 *	11.0 **	164.9 **	101.6 **	8.1 **	77.0 **	45.3 **	4.1 *	1.0	4.0 *	13.8 **
60点以下と80点以上	184.6 **	24.8 **	75.8 **	96.6 **	12.8 **	48.3 **	0.1	1.2	0.6	1.0	2.1	0.3	0.1	47.2 **	45.9 **
80点以下と100点	94.3 **	22.3 **	30.3 **	60.0 **	12.9 **	24.5 **	249.4 **	161.1 **	24.8 **	133.4 **	93.9 **	6.5 *	36.6 **	0.0	46.9 **

a: 雨水(R)と地下構造物浸出水(G)；b: 雨水と下水処理再生水(W)；c: 地下構造物浸出水と下水処理再生水。

Mcnemar検定においては、差があるかどうかも重要であるが、b, cセルのどちらの数字が大きくなっているかも重要である。自然環境、生活の評価基準で高得点では差が見られなかったが、低得点で差が見られたのは、例えば、雨水と地下構造物浸出水では、雨水に60点以上、地下構造物浸出水に40点以下の得点をつけた回答者が自然環境では241人、生活では212人と多かったのに対して、反対に雨水に40点以下、地下構造物浸出水に60点以上の得点を付けた回答者が自然環境では29人、生活では65人と少なかったためである。

Mcnemar検定の結果を表3-12にまとめた。社会、経済、自然環境を評価基準とする場合には、3つの水源のいずれの組み合わせについても、5種類の区分のMcnemar検定のうち2種類以上の区分で有意水準1%で差があるという判定であった。例えば、社会を評価基準として雨水（R）と下水処理再生水（W）の結果を比較すると、0点と20点以上は有意水準5%で差がなく、20点以下とその他、40点以下とその他は有意水準5%で差があり、80点以上とその他、100点以上とその他は有意水準1%で差があるという結果となった。なお、0点の回答数はabcdの行列データで表現すると、a=1, b=5, c=4, d=1055で、そもそもの絶対数が少なかった。このように、2種類以上の区分で有意水準1%以上で差があると判定されるような場合には、回答結果に差があると判断できる。

生活では、雨水（R）と地下構造物浸出水（G）、雨水（R）と下水処理再生水（W）を比較すると、5種類の区分のうち4種類で、有意水準1%以上で差があると判定されたことから、それぞれの組み合わせは差があると判断できる。一方、地下構造物浸出水（G）と下水処理再生水（W）については、3区分で有意水準5%で差がない、2区分で有意水準5%で差があるという判定結果であったことから、生活を判断基準とした場合には、これらの水源の重要度の差は小さいという回答であったと判断できる。

技術では、雨水（R）と地下構造物浸出水（G）、雨水（R）と下水処理再生水（W）の組み合

わせで有意水準1%で差があると判定されたのは、それぞれ1区分のみであった。一方、地下構造物浸出水（G）と下水処理再生水（W）を判断基準とした場合には、3区分で有意水準1%で差があると判定された。このことから、技術を判断基準とした場合には、雨水と地下構造物浸出水、雨水と下水処理再生水は、それぞれ比較的重要度が近いが、地下構造物浸出水と下水処理再生水の重要度には差があるという回答であったと判断できる。

AHPの絶対評価法において、Mcnemar検定を複数層に適用して総合的に判定する方法は、2つの代替案の評価の相違の様子について、どの辺りの水準の得点（評価）の層の回答の相違が原因しているかを判定することができると考えられ、そのような側面を検討する場合には有効であると考えられた。

Mcnemar検定では、80点以上と高得点の評価を行った回答者の人数についての検定を行った。Mcnemar検定と母平均の差の検定の結果を合わせて考えると、次のようにまとめられる。社会、経済を判断基準とした場合には、水源に対する高得点および低得点評価の意識に差があり、母平均にも差がある。自然環境、生活を判断基準とした場合には、水源に対する高得点評価の意識には差は見られないが、低得点評価に差が見られ、母平均には有意な差があった。技術を判断基準とした場合には、雨水と地下水の間には高得点および低得点評価の意識には差が見られず、他の2つの組み合わせでは高得点評価の意識に差があったのに対して、母平均は全ての場合に差があった。

本研究では、Mcnemar検定の結果に基づく代替案の相違の程度を、次のように判定することとした。有意水準1%で差がある場合に2点、有意水準5%で差がある場合に1点とすると、0点から100点まで5段階の得点区分について判定を行っているので、合計10点満点が配分される。これらの合計得点の0～2点を差が少ない、3～4点を比較的差が少ないと判定し、5点以上を差があると判定することとした。

表3-13　本研究におけるMcnemar検定結果に基づく代替案の差の有無についての判定方法

得点の合計	判定
0～2点	差が少ない
3～4点	比較的差が少ない
5点以上	差がある

次に、第2段階の評価基準による水源の評価についての検定結果について、母平均の差の検定結果を表3-14に、Mcnemarの検定の結果を表3-15に示す。母平均の差の検定結果によると、下記の3通りの組み合わせ以外は有意水準1%で差があるという判定結果となった。有意水準5%で差があるという判定結果となったのは、【水環境】の雨水と下水処理再生水、【安全性】の地下構造物浸出水と下水処理再生水であり、有意水準5%で差がないという判定結果になったのは【都市ヒートアイランドの緩和】の雨水と下水処理再生水であった。

一方、Mcnemarの検定の結果、比較的差が少ないと判定されたのは、【経済的波及効果】の雨水と下水処理再生水、【安全性】の地下構造物浸出水と下水処理再生水、【イベント性】の雨水と下水処理再生水、【技術的側面】の雨水と下水処理再生水であった。母平均の差の検定結果で、有意水準5%で差があるという判定結果となった2つの組み合わせのうち、【水環境】の雨水と下水処理再生水は5段階全てで有意水準1%で差があると判定され、【安全性】の地下構造物浸出水と下水処理再生水は上記のように比較的差が少ないと判定された。また、【都市ヒートアイラン

ドの緩和】の雨水と下水処理再生水は、5段階全てで有意水準1%で差があると判定された。

以上のことから、第2段階の評価基準による水源についての「一般」の評価は、【安全性】で評価した場合には、地下構造物浸出水と下水処理再生水は同程度に重要であるというものであり、その他の評価基準で3水源を評価した場合には、それぞれの組み合わせで差があったと判定された。

表3-14　第2段階の評価基準に基づく水源の評価についての母平均の差の検定

第2段階の評価基準	水源の組み合わせ	差の平均	差のSD	サンプル数	T値		f値
安定性	雨水＆地下構造物浸出水	11.50	24.55	1,050	15.185	**	1,049
	雨水＆下水処理再生水	3.86	25.73	1,092	4.962	**	1,091
	地下構造物浸出水＆下水処理再生水	-7.84	24.06	1,043	-10.525	**	1,042
災害	雨水＆地下構造物浸出水	7.41	25.32	1,028	9.387	**	1,027
	雨水＆下水処理再生水	2.92	27.50	1,068	3.472	**	1,067
	地下構造物浸出水＆下水処理再生水	-4.56	22.87	1,021	-6.377	**	1,020
事業費用および期間	雨水＆地下構造物浸出水	16.97	25.03	1,061	22.075	**	1,060
	雨水＆下水処理再生水	13.34	25.64	1,099	17.249	**	1,098
	地下構造物浸出水＆下水処理再生水	-3.66	23.59	1,045	-5.010	**	1,044
経済的波及効果	雨水＆地下構造物浸出水	11.69	25.09	1,052	15.117	**	1,051
	雨水＆下水処理再生水	9.13	26.72	1,102	11.341	**	1,101
	地下構造物浸出水＆下水処理再生水	-2.66	24.27	1,046	-3.542	**	1,045
水環境	雨水＆地下構造物浸出水	3.30	26.08	1,043	4.084	**	1,042
	雨水＆下水処理再生水	-1.63	26.71	1,065	-1.996	*	1,064
	地下構造物浸出水＆下水処理再生水	-4.98	20.79	1,040	-7.727	**	1,039
生態系	雨水＆地下構造物浸出水	4.50	25.58	1,063	5.731	**	1,062
	雨水＆下水処理再生水	-4.66	29.81	1,098	-5.184	**	1,097
	地下構造物浸出水＆下水処理再生水	-8.85	23.34	1,058	-12.331	**	1,057
安全性	雨水＆地下構造物浸出水	6.69	24.80	1,046	8.727	**	1,045
	雨水＆下水処理再生水	5.55	28.83	1,074	6.309	**	1,073
	地下構造物浸出水＆下水処理再生水	-1.25	23.26	1,043	-1.731	*	1,042
イベント性	雨水＆地下構造物浸出水	5.69	24.22	994	7.412	**	993
	雨水＆下水処理再生水	1.53	26.37	1,019	1.853	*	1,018
	地下構造物浸出水＆下水処理再生水	-4.17	19.85	992	-6.623	**	991
都市ヒートアイランドの緩和	雨水＆地下構造物浸出水	6.33	23.74	986	8.372	**	985
	雨水＆下水処理再生水	0.35	25.74	1,016	0.439		1,015
	地下構造物浸出水＆下水処理再生水	-6.12	19.73	990	-9.763	**	989
技術的側面	雨水＆地下構造物浸出水	11.78	23.64	1,070	16.297	**	1,069
	雨水＆下水処理再生水	9.43	24.16	1,109	13.003	**	1,108
	地下構造物浸出水＆下水処理再生水	-2.18	22.11	1,066	-3.214	**	1,065

表3-15　第2段階の評価基準に基づく水源の評価についてのMcnemar検定結果のまとめ

Mcnemar検定のまとめ 第1段階の評価基準に基づく水源の絶対評価	安定性			災害			事業費用および期間			経済的波及効果			水環境		
	RG[a]	RW[b]	GW[c]	RG[a]	RW[b]	GW[c]	RG[a]	RW[b]	GW[c]	RG[a]	RW[b]	GW[c]	RG[a]	RW[b]	GW[c]
0点と20点以上	46.2 **	6.4 *	25.8 **	52.7 **	22.4 **	12.0 **	35.1 **	9.9 **	14.3 **	36.3 **	1.3	36.4 **	59.4 **	12.0 **	28.9 **
20点以下と40点以上	8.0 **	10.8 **	49.9 **	37.4 **	17.9 **	4.7 *	19.3 **	0.8	15.1 **	20.9 **	0.1	31.2 **	85.6 **	34.8 **	16.1 **
40点以下と60点以上	23.0 **	13.6 **	82.7 **	39.3 **	15.5 **	4.6 *	34.3 **	2.2	24.5 **	56.8 **	0.0	76.5 **	163.4 **	74.7 **	20.5 **
60点以下と80点以上	50.7 **	15.5 **	129.1 **	85.3 **	41.6 **	4.2 *	73.3 **	8.5 **	42.4 **	88.0 **	4.0 *	73.0 **	206.1 **	126.4 **	17.1 **
80点以下と100点	53.6 **	0.1	64.5 **	86.3 **	46.5 **	5.8 *	57.3 **	7.2 **	32.6 **	70.2 **	16.0 **	30.7 **	142.1 **	91.2 **	10.1 **
	生態系			安全性			イベント性			都市ヒートアイランドの緩和			技術的側面		
	RG[a]	RW[b]	GW[c]	RG[a]	RW[b]	GW[c]	RG[a]	RW[b]	GW[c]	RG[a]	RW[b]	GW[c]	RG[a]	RW[b]	GW[c]
0点と20点以上	73.9 **	41.1 **	9.3 **	35.2 **	14.0 **	5.3 *	30.7 **	7.9 **	12.3 **	41.6 **	12.8 **	11.8 **	12.6 **	0.1	22.0 **
20点以下と40点以上	154.6 **	91.8 **	16.7 **	62.1 **	35.7 **	3.9 *	14.8 **	0.0	15.9 **	60.0 **	30.5 **	6.5 *	4.0 *	6.1 *	28.5 **
40点以下と60点以上	213.5 **	135.6 **	12.3 **	62.6 **	50.4 **	0.0	12.7 **	0.2	11.1 **	75.0 **	39.2 **	6.8 **	2.8	6.3 *	23.4 **
60点以下と80点以上	288.5 **	218.2 **	6.0 *	96.5 **	87.1 **	0.9	21.5 **	3.6	9.5 **	105.8 **	63.4 **	6.8 **	14.0 **	1.5	36.4 **
80点以下と100点	226.8 **	166.7 **	8.0 **	85.8 **	79.3 **	0.1	39.6 **	13.6 **	9.2 **	76.9 **	62.2 **	0.7	24.2 **	0.0	29.9 **

次に、第1段階の評価基準による用途の評価についての検定結果について、母平均の差の検定結果を表3-16に、Mcnemarの検定の結果を表3-17に示す。母平均の差の検定結果によると、下記の3通りの組み合わせ以外は有意水準1%で差があるという判定結果となった。有意水準5%で差があるという判定結果となった組み合わせはなく、有意水準5%で差がないという判定結果になったのは【社会】の雑用水と親水用水、【自然環境】の雑用水と親水用水、【生活】の雑用水と親水用水、【技術】の親水用水と災害用水であった。

一方、Mcnemarの検定の結果、比較的差が少ないと判定されたのは、【社会】の雑用水と親水用水、災害用水と農業・園芸用水、【経済】の雑用水と親水用水、【自然環境】の雑用水と散水、親水用水と災害用水、【技術】の雑用水と親水用水、災害用水と農業・園芸用水であった。母平均の差の検定結果で、有意水準5%で差がないという判定結果となった4つの組み合わせのうち、1つの組み合わせ（【社会】の雑用水と親水用水）はMcnemar検定でも差が少ないと判定されたが、2つの組み合わせ（【自然環境】の雑用水と親水用水、【生活】の雑用水と親水用水）は比較的差が少ないものの若干の違いがある、残りの1つの組み合わせは違いが大きい（【技術】の親水用水と災害用水）と判定された。

以上のことから、第1段階の評価基準による用途についての「一般」の評価は、雑用水と親水用水は特に、社会、自然環境、生活、技術を判断基準とした場合には比較的同様に評価され、災害用水と農業・園芸用水は、特に社会、技術を判断基準とした場合には比較的同様に評価された。

表3-16　第1段階の評価基準に基づく用途の評価についての母平均の差の検定

第1段階の評価基準	用途の組み合わせ	差の平均	差のSD	サンプル数	T値		f値
社会	雑用水＆散水	5.21	18.92	1,067	8.998	**	1,066
	雑用水＆親水用水	0.43	21.72	1,058	0.651		1,057
	雑用水＆災害用水	-7.10	24.05	1,059	-9.607	**	1,058
	雑用水＆農業・園芸用水	-9.92	22.96	1,071	-14.136	**	1,070
	散水＆親水用水	-4.97	18.61	1,058	-8.687	**	1,057
	散水＆災害用水	-12.29	23.61	1,056	-16.918	**	1,055
	散水＆農業・園芸用水	-15.21	23.93	1,069	-20.784	**	1,068
	親水用水＆災害用水	-7.55	22.45	1,051	-10.909	**	1,050
	親水用水＆農業・園芸用水	-10.40	22.82	1,062	-14.847	**	1,061
	災害用水＆農業・園芸用水	-2.82	18.58	1,071	-4.966	**	1,070
経済	雑用水＆散水	8.06	20.78	1,045	12.532	**	1,044
	雑用水＆親水用水	2.31	21.87	1,038	3.406	**	1,037
	雑用水＆災害用水	-13.50	24.37	1,052	-17.963	**	1,051
	雑用水＆農業・園芸用水	-5.43	22.48	1,049	-7.830	**	1,048
	散水＆親水用水	-5.77	19.26	1,037	-9.642	**	1,036
	散水＆災害用水	-21.53	29.12	1,045	-23.898	**	1,044
	散水＆農業・園芸用水	-13.45	24.57	1,044	-17.686	**	1,043
	親水用水＆災害用水	-15.84	25.77	1,044	-19.863	**	1,043
	親水用水＆農業・園芸用水	-7.78	22.37	1,041	-11.221	**	1,040
	災害用水＆農業・園芸用水	7.93	21.21	1,059	12.172	**	1,058
自然環境	雑用水＆散水	4.78	17.31	974	8.624	**	973
	雑用水＆親水用水	0.97	20.32	965	1.489		964
	雑用水＆災害用水	-5.96	22.05	969	-8.420	**	968
	雑用水＆農業・園芸用水	-8.14	21.32	978	-11.940	**	977
	散水＆親水用水	-4.07	17.68	963	-7.143	**	962
	散水＆災害用水	-10.89	23.35	968	-14.508	**	967
	散水＆農業・園芸用水	-13.05	24.13	976	-16.900	**	975
	親水用水＆災害用水	-6.92	21.28	962	-10.092	**	961
	親水用水＆農業・園芸用水	-8.96	22.38	967	-12.446	**	966
	災害用水＆農業・園芸用水	-2.00	19.19	979	-3.265	**	978
生活	雑用水＆散水	4.68	18.45	999	8.026	**	998
	雑用水＆親水用水	0.10	20.23	995	0.157		994
	雑用水＆災害用水	-5.08	24.02	988	-6.650	**	987
	雑用水＆農業・園芸用水	-11.91	24.13	1,001	-15.616	**	1,000
	散水＆親水用水	-4.63	18.30	997	-7.997	**	996
	散水＆災害用水	-10.04	24.30	988	-12.988	**	987
	散水＆農業・園芸用水	-16.65	26.70	1,002	-19.737	**	1,001
	親水用水＆災害用水	-5.13	20.89	990	-7.729	**	989
	親水用水＆農業・園芸用水	-11.93	23.42	1,001	-16.116	**	1,000
	災害用水＆農業・園芸用水	-6.58	21.29	1,012	-9.834	**	1,011
技術	雑用水＆散水	2.89	17.37	1,066	5.429	**	1,065
	雑用水＆親水用水	-2.68	20.75	1,059	-4.206	**	1,058
	雑用水＆災害用水	-3.84	22.33	1,062	-5.606	**	1,061
	雑用水＆農業・園芸用水	-8.79	22.19	1,070	-12.952	**	1,069
	散水＆親水用水	-5.60	20.15	1,061	-9.051	**	1,060
	散水＆災害用水	-6.74	23.10	1,060	-9.494	**	1,059
	散水＆農業・園芸用水	-11.87	23.18	1,070	-16.748	**	1,069
	親水用水＆災害用水	-0.98	22.16	1,058	-1.443		1,057
	親水用水＆農業・園芸用水	-6.11	21.56	1,067	-9.259	**	1,066
	災害用水＆農業・園芸用水	-5.09	18.70	1,073	-8.912	**	1,072

表3-17　第1段階の評価基準に基づく用途の評価についてのMcnemar検定結果のまとめ

Mcnemar検定のまとめ	社会																					
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	0.9		0.6		16.8	**	29.8	**	3.1		10.3	**	24.3	**	22.7	**	32.8	**	2.0	
20点以下と40点以上	26.4	**	0.3		29.9	**	60.0	**	18.3	**	86.7	**	131.5	**	42.6	**	67.3	**	5.5	*
40点以下と60点以上	25.3	**	0.2		91.7	**	139.2	**	18.9	**	173.3	**	230.9	**	116.1	**	151.3	**	6.2	*
60点以下と80点以上	23.8	**	1.0		150.4	**	178.6	**	13.2	**	234.6	**	263.0	**	181.5	**	193.1	**	0.8	
80点以下と100点	7.4	**	1.3		85.0	**	79.8	**	1.9		124.5	**	121.0	**	108.6	**	98.6	**	0.1	
Mcnemar検定のまとめ	経済																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	0.2		0.0		16.6	**	39.7	**	0.2		11.8	**	34.7	**	14.6	**	36.2	**	9.3	**
20点以下と40点以上	28.4	**	0.2		36.9	**	98.6	**	31.3	**	98.3	**	168.3	**	33.2	**	87.4	**	19.2	**
40点以下と60点以上	38.3	**	6.0	*	42.6	**	150.7	**	13.8	**	126.8	**	250.3	**	85.4	**	186.0	**	41.2	**
60点以下と80点以上	35.7	**	4.2	*	50.7	**	198.0	**	11.8	**	132.3	**	295.6	**	89.6	**	230.2	**	71.3	**
80点以下と100点	12.3	**	2.7		37.3	**	84.2	**	1.8		72.9	**	124.2	**	66.9	**	103.3	**	13.3	**
Mcnemar検定のまとめ	自然環境																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	2.5		1.4		0.0		12.4	**	7.8	**	1.4		4.4	*	1.8		20.1	**	13.8	**
20点以下と40点以上	0.4		8.2	**	7.3	**	59.4	**	5.6	*	4.3	*	53.3	**	0.0		30.3	**	32.8	**
40点以下と60点以上	0.9		10.5	**	24.5	**	119.6	**	5.9	*	15.8	**	102.4	**	3.7		73.2	**	52.1	**
60点以下と80点以上	2.1		7.5	**	24.1	**	118.6	**	2.2		12.4	**	97.5	**	5.0	*	77.0	**	56.3	**
80点以下と100点	5.8	*	8.9	**	37.1	**	76.9	**	0.8		17.9	**	51.1	**	12.4	**	42.8	**	12.4	**
Mcnemar検定のまとめ	生活																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	2.5		1.4		0.0		12.4	**	7.8	**	1.4		4.4	*	1.8		20.1	**	13.8	**
20点以下と40点以上	0.4		8.2	**	7.3	**	59.4	**	5.6	*	4.3	*	53.3	**	0.0		30.3	**	32.8	**
40点以下と60点以上	18.8	**	2.3		24.1	**	57.5	**	5.8	*	67.3	**	115.2	**	39.9	**	78.5	**	9.2	**
60点以下と80点以上	51.3	**	12.5	**	27.7	**	62.4	**	8.7	**	114.6	**	164.0	**	72.1	**	112.0	**	6.7	**
80点以下と100点	28.8	**	5.5	*	26.1	**	40.8	**	6.5	*	86.9	**	102.8	**	53.7	**	62.0	**	1.2	
Mcnemar検定のまとめ	技術																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	5.3	*	2.7		1.4		6.6	*	0.2		10.8	**	20.9	**	8.8	**	15.0	**	2.5	
20点以下と40点以上	16.5	**	0.3		24.2	**	31.3	**	21.3	**	63.3	**	74.3	**	22.7	**	26.6	**	0.2	
40点以下と60点以上	25.8	**	1.3		50.3	**	73.2	**	13.1	**	115.2	**	144.2	**	78.6	**	89.3	**	1.9	
60点以下と80点以上	16.6	**	0.6		54.3	**	99.2	**	9.7	**	105.8	**	160.5	**	76.7	**	122.2	**	9.4	**
80点以下と100点	8.2	**	2.0		33.5	**	41.4	**	0.9		62.0	**	69.3	**	51.2	**	54.9	**	0.4	

a: 雑用水(T)と散水(S); b: 雑用水と親水用水(F); c: 雑用水と災害用水(D); d: 雑用水と農業・園芸用水(A); e: 散水と親水用水; f: 散水と災害用水; g: 散水と農業・園芸用水; h: 親水用水と災害用水; i: 親水用水と農業・園芸用水; j: 災害用水と農業・園芸用水

最後に、第2段階の評価基準による用途の評価についての検定結果について、母平均の差の検定結果を表3-18に、Mcnemarの検定の結果を表3-19に示す。表3-18には、Mcnemar検定の結果を前述のように点数化した結果も示してある。母平均の差の検定結果とMcnemarの検定結果を合わせて見ると、「一般」の都市分散型水資源の用途についての選好（印象）には次のような傾向があることが読み取れる。

雑用水と親水用水は、社会（安定性）、経済（事業期間および事業費用、経済的波及効果）、技術の評価基準に基づいた場合に、同様の重みがある。雑用水と散水は、生態系、安全性を基準としたときに、比較的近い重みを持つ。雑用水と災害用水は、生態系、都市ヒートアイランドの緩和を基準としたときに比較的近い重みを持つ。親水用水と災害用水は、水環境を判断基準としたときに近い重みを持つ。親水用水と農業・園芸用水は、イベント性、都市ヒートアイランドの緩和を判断基準としたときに、近い重みを持つ。災害用水と農業・園芸用水は、事業期間および事業費用、イベント性、技術的側面を評価基準としたときに比較的近い重みを持つ。

以上、第1段階、第2段階の評価基準を基に、代替案である水源、用途を評価した場合に、「一般」がどのような選好（認識、意識）を持っているかを検討した。

今後の課題として、属性に関連させて収集したデータを整理し、これらの結果がどのような要因に基づいているかを解析することが挙げられる。

表3-18　第2段階の評価基準に基づく用途の評価についての母平均の差の検定

第2段階の評価基準	用途の組み合わせ	差の平均	差のSD	サンプル数	T値		f値	Mcnemar検定の点数[a]
安定性	雑用水＆散水	5.21	18.92	1,067	8.998	**	1,066	10
	雑用水＆親水用水	0.43	21.72	1,058	0.651		1,057	2
	雑用水＆災害用水	-7.10	24.05	1,059	-9.607	**	1,058	8
	雑用水＆農業・園芸用水	-9.92	22.96	1,071	-14.136	**	1,070	8
	散水＆親水用水	-4.97	18.61	1,058	-8.687	**	1,057	8
	散水＆災害用水	-12.29	23.61	1,056	-16.918	**	1,055	9
	散水＆農業・園芸用水	-15.21	23.93	1,069	-20.784	**	1,068	10
	親水用水＆災害用水	-7.55	22.45	1,051	-10.909	**	1,050	8
	親水用水＆農業・園芸用水	-10.40	22.82	1,062	-14.847	**	1,061	10
	災害用水＆農業・園芸用水	-2.82	18.58	1,071	-4.966	**	1,070	6
災害に関する側面	雑用水＆散水	8.06	20.78	1,045	12.532	**	1,044	10
	雑用水＆親水用水	2.31	21.87	1,038	3.406	**	1,037	7
	雑用水＆災害用水	-13.50	24.37	1,052	-17.963	**	1,051	8
	雑用水＆農業・園芸用水	-5.43	22.48	1,049	-7.830	**	1,048	8
	散水＆親水用水	-5.77	19.26	1,037	-9.642	**	1,036	8
	散水＆災害用水	-21.53	29.12	1,045	-23.898	**	1,044	10
	散水＆農業・園芸用水	-13.45	24.57	1,044	-17.686	**	1,043	10
	親水用水＆災害用水	-15.84	25.77	1,044	-19.863	**	1,043	10
	親水用水＆農業・園芸用水	-7.78	22.37	1,041	-11.221	**	1,040	10
	災害用水＆農業・園芸用水	7.93	21.21	1,059	12.172	**	1,058	8
事業費用および事業期間	雑用水＆散水	4.78	17.31	974	8.624	**	973	8
	雑用水＆親水用水	0.97	20.32	965	1.489		964	0
	雑用水＆災害用水	-5.96	22.05	969	-8.420	**	968	8
	雑用水＆農業・園芸用水	-8.14	21.32	978	-11.940	**	977	8
	散水＆親水用水	-4.07	17.68	963	-7.143	**	962	7
	散水＆災害用水	-10.89	23.35	968	-14.508	**	967	10
	散水＆農業・園芸用水	-13.05	24.13	976	-16.900	**	975	10
	親水用水＆災害用水	-6.92	21.28	962	-10.092	**	961	8
	親水用水＆農業・園芸用水	-8.96	22.38	967	-12.446	**	966	8
	災害用水＆農業・園芸用水	-2.00	19.19	979	-3.265	**	978	4
経済的波及効果	雑用水＆散水	4.68	18.45	999	8.026	**	998	9
	雑用水＆親水用水	0.10	20.23	995	0.157		994	0
	雑用水＆災害用水	-5.08	24.02	988	-6.650	**	987	8
	雑用水＆農業・園芸用水	-11.91	24.13	1,001	-15.616	**	1,000	8
	散水＆親水用水	-4.63	18.30	997	-7.997	**	996	7
	散水＆災害用水	-10.04	24.30	988	-12.988	**	987	10
	散水＆農業・園芸用水	-16.65	26.70	1,002	-19.737	**	1,001	10
	親水用水＆災害用水	-5.13	20.89	990	-7.729	**	989	8
	親水用水＆農業・園芸用水	-11.93	23.42	1,001	-16.116	**	1,000	8
	災害用水＆農業・園芸用水	-6.58	21.29	1,012	-9.834	**	1,011	6
水環境	雑用水＆散水	2.89	17.37	1,066	5.429	**	1,065	6
	雑用水＆親水用水	-2.68	20.75	1,059	-4.206	**	1,058	5
	雑用水＆災害用水	-3.84	22.33	1,062	-5.606	**	1,061	7
	雑用水＆農業・園芸用水	-8.79	22.19	1,070	-12.952	**	1,069	8
	散水＆親水用水	-5.60	20.15	1,061	-9.051	**	1,060	8
	散水＆災害用水	-6.74	23.10	1,060	-9.494	**	1,059	8
	散水＆農業・園芸用水	-11.87	23.18	1,070	-16.748	**	1,069	9
	親水用水＆災害用水	-0.98	22.16	1,058	-1.443		1,057	2
	親水用水＆農業・園芸用水	-6.11	21.56	1,067	-9.259	**	1,066	8
	災害用水＆農業・園芸用水	-5.09	18.70	1,073	-8.912	**	1,072	7
生態系	雑用水＆散水	1.33	19.08	1,053	2.261	*	1,052	0
	雑用水＆親水用水	-4.54	22.17	1,045	-6.613	**	1,044	8
	雑用水＆災害用水	-2.15	22.78	1,042	-3.047	**	1,041	1
	雑用水＆農業・園芸用水	-10.79	23.62	1,055	-14.833	**	1,054	8
	散水＆親水用水	-5.96	20.59	1,050	-9.383	**	1,049	9
	散水＆災害用水	-3.69	23.00	1,042	-5.172	**	1,041	7
	散水＆農業・園芸用水	-12.25	23.45	1,060	-17.002	**	1,059	9
	親水用水＆災害用水	2.41	22.61	1,037	3.434	**	1,036	7
	親水用水＆農業・園芸用水	-6.22	21.09	1,051	-9.567	**	1,050	8
	災害用水＆農業・園芸用水	-8.69	22.24	1,049	-12.662	**	1,048	10
安全性	雑用水＆散水	1.95	17.92	1,058	3.533	**	1,057	3
	雑用水＆親水用水	-2.68	20.48	1,044	-4.232	**	1,043	6
	雑用水＆災害用水	-7.24	24.17	1,050	-9.702	**	1,049	8
	雑用水＆農業・園芸用水	-10.16	23.82	1,059	-13.881	**	1,058	8
	散水＆親水用水	-4.57	19.38	1,047	-7.621	**	1,046	8
	散水＆災害用水	-9.17	24.85	1,054	-11.974	**	1,053	9
	散水＆農業・園芸用水	-11.96	25.34	1,062	-15.379	**	1,061	10
	親水用水＆災害用水	-4.68	22.97	1,038	-6.567	**	1,037	8
	親水用水＆農業・園芸用水	-7.50	22.08	1,045	-10.982	**	1,044	8
	災害用水＆農業・園芸用水	-2.82	20.04	1,062	-4.595	**	1,061	7
イベント性	雑用水＆散水	-1.80	17.19	957	-3.234	**	956	6
	雑用水＆親水用水	-7.07	21.58	950	-10.102	**	949	10
	雑用水＆災害用水	-4.87	22.47	949	-6.674	**	948	9
	雑用水＆農業・園芸用水	-5.99	21.72	952	-8.505	**	951	10
	散水＆親水用水	-5.37	19.16	964	-8.709	**	963	9
	散水＆災害用水	-3.03	23.53	957	-3.984	**	956	5
	散水＆農業・園芸用水	-4.33	23.56	960	-5.698	**	959	6
	親水用水＆災害用水	2.33	23.46	953	3.065	**	952	5
	親水用水＆農業・園芸用水	1.05	22.09	956	1.464		955	0
	災害用水＆農業・園芸用水	-1.32	16.90	957	-2.410	**	956	3
都市ヒートアイランドの緩和	雑用水＆散水	-9.03	22.06	1,048	-13.248	**	1,047	8
	雑用水＆親水用水	-5.07	20.69	1,034	-7.876	**	1,033	8
	雑用水＆災害用水	0.70	22.82	1,026	0.985		1,025	2
	雑用水＆農業・園芸用水	-4.25	23.21	1,041	-5.903	**	1,040	8
	散水＆親水用水	4.02	19.23	1,044	6.761	**	1,043	6
	散水＆災害用水	9.64	28.60	1,035	10.847	**	1,034	10
	散水＆農業・園芸用水	4.73	24.98	1,057	6.158	**	1,056	7
	親水用水＆災害用水	5.72	23.88	1,021	7.653	**	1,020	9
	親水用水＆農業・園芸用水	0.77	21.31	1,039	1.165		1,038	0
	災害用水＆農業・園芸用水	-4.87	19.48	1,030	-8.031	**	1,029	10
技術	雑用水＆散水	3.58	17.20	994	6.566	**	993	6
	雑用水＆親水用水	0.28	18.94	989	0.470		988	0
	雑用水＆災害用水	-4.77	22.03	994	-6.825	**	993	8
	雑用水＆農業・園芸用水	-6.33	20.86	999	-9.584	**	998	8
	散水＆親水用水	-3.21	18.62	990	-5.427	**	989	6
	散水＆災害用水	-8.29	22.74	996	-11.512	**	995	10
	散水＆農業・園芸用水	-9.83	22.89	1,001	-13.586	**	1,000	10
	親水用水＆災害用水	-5.24	20.21	992	-8.169	**	991	10
	親水用水＆農業・園芸用水	-6.78	20.65	997	-10.369	**	996	10
	災害用水＆農業・園芸用水	-1.67	16.25	1,008	-3.256	**	1,007	4

a: 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。

表3-19　第2段階の評価基準に基づく用途の評価についてのMcnemar検定結果のまとめ

Mcnemar検定のまとめ	安定性																							
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	10.6	**	9.1	**	0.4		0.0		0.3		4.3	*	13.1	**	2.5		10.1	**	1.1	
20点以下と40点以上	22.9	**	0.8		12.2	**	41.3	**	34.3	**	54.5	**	97.2	**	7.6	**	35.0	**	12.3	**
40点以下と60点以上	35.1	**	0.2		45.0	**	119.6	**	41.8	**	131.2	**	214.1	**	46.2	**	111.7	**	26.7	**
60点以下と80点以上	43.8	**	1.6		65.6	**	127.0	**	24.3	**	165.2	**	233.8	**	88.3	**	149.0	**	16.5	**
80点以下と100点	19.0	**	1.9		33.8	**	52.1	**	7.3	**	81.1	**	100.5	**	54.7	**	67.1	**	2.6	
Mcnemar検定のまとめ	災害に関する側面																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	27.7	**	4.8	*	3.3		0.3		13.0	**	34.6	**	27.8	**	13.1	**	7.7	**	1.1	
20点以下と40点以上	78.0	**	2.7		59.2	**	30.3	**	51.4	**	165.4	**	134.6	**	83.5	**	54.8	**	11.9	**
40点以下と60点以上	105.0	**	6.7	**	129.5	**	31.4	**	53.8	**	290.7	**	182.6	**	179.3	**	66.0	**	50.8	**
60点以下と80点以上	71.9	**	7.7	**	207.7	**	31.1	**	30.3	**	333.3	**	152.7	**	267.7	**	68.8	**	107.2	**
80点以下と100点	21.4	**	6.9	**	170.3	**	18.8	**	2.2		209.4	**	66.4	**	204.2	**	43.3	**	100.2	**
Mcnemar検定のまとめ	事業費用および事業期間																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	12.5	**	1.8		0.1		0.2		5.3	*	10.2	**	13.1	**	1.1		2.8		0.1	
20点以下と40点以上	42.4	**	2.4		17.1	**	30.1	**	23.9	**	79.6	**	97.9	**	30.3	**	43.6	**	2.2	
40点以下と60点以上	34.2	**	0.5		40.8	**	98.8	**	23.0	**	113.6	**	180.2	**	51.2	**	108.2	**	16.1	**
60点以下と80点以上	27.3	**	0.8		40.2	**	78.0	**	15.8	**	99.7	**	149.5	**	55.6	**	92.5	**	7.4	**
80点以下と100点	3.4		0.0		37.0	**	45.9	**	2.0		52.7	**	60.8	**	42.4	**	42.3	**	0.2	
Mcnemar検定のまとめ	経済的波及効果																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	12.5	**	1.8		0.1		0.2		5.3	*	10.2	**	13.1	**	1.1		2.8		0.1	
20点以下と40点以上	42.4	**	2.4		17.1	**	30.1	**	23.9	**	79.6	**	97.9	**	30.3	**	43.6	**	2.2	
40点以下と60点以上	32.7	**	0.0		25.4	**	145.7	**	34.4	**	86.6	**	227.5	**	28.9	**	140.1	**	66.4	**
60点以下と80点以上	16.2	**	0.7		23.8	**	168.9	**	9.1	**	64.8	**	229.2	**	36.3	**	195.4	**	93.6	**
80点以下と100点	6.0	*	0.4		20.3	**	64.8	**	2.0		38.1	**	84.2	**	30.2	**	68.3	**	17.1	**
Mcnemar検定のまとめ	水環境																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	1.2		0.0		0.0		1.5		2.5		1.3		5.8	*	0.1		1.1		0.8	
20点以下と40点以上	14.4	**	3.2		3.9	*	38.2	**	28.3	**	25.4	**	79.2	**	0.0		22.4	**	24.1	**
40点以下と60点以上	13.6	**	9.5	**	14.3	**	99.1	**	41.9	**	43.4	**	154.6	**	0.8		55.8	**	53.1	**
60点以下と80点以上	18.9	**	9.2	**	12.3	**	114.2	**	47.9	**	49.3	**	177.7	**	0.3		65.9	**	69.7	**
80点以下と100点	2.4		4.8	*	22.3	**	44.9	**	13.6	**	35.6	**	63.9	**	7.0	**	20.4	**	5.1	*
Mcnemar検定のまとめ	生態系																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	0.0		3.1		2.2		3.1		4.9	*	1.7		4.3	*	10.2	**	0.1		10.2	**
20点以下と40点以上	2.7		15.9	**	3.5		62.7	**	32.5	**	10.9	**	82.0	**	5.0	*	22.8	**	46.7	**
40点以下と60点以上	3.6		22.6	**	2.7		133.0	**	46.8	**	10.6	**	167.7	**	8.8	**	65.8	**	118.3	**
60点以下と80点以上	2.6		22.4	**	3.5		133.8	**	39.9	**	10.6	**	163.1	**	6.8	**	62.2	**	115.1	**
80点以下と100点	0.1		10.1	**	4.4	*	58.7	**	14.2	**	6.1	*	66.2	**	0.7		24.8	**	36.0	**
Mcnemar検定のまとめ	安全性																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	4.3	*	0.3		0.6		1.5		1.6		5.0	*	8.5	**	1.7		3.5		0.0	
20点以下と40点以上	9.9	**	7.4	**	28.8	**	58.2	**	30.1	**	58.0	**	91.5	**	8.2	**	31.2	**	7.3	**
40点以下と60点以上	1.3		9.9	**	44.6	**	107.5	**	18.6	**	55.2	**	121.9	**	17.9	**	69.4	**	24.1	**
60点以下と80点以上	1.9		7.0	**	59.6	**	116.1	**	17.0	**	80.2	**	133.1	**	34.0	**	84.4	**	12.7	**
80点以下と100点	1.5		1.9		47.8	**	79.1	**	8.1	**	62.7	**	93.9	**	35.0	**	55.9	**	4.9	*
Mcnemar検定のまとめ	イベント性																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	1.3		11.3	**	6.1	*	6.9	**	5.8	*	1.0		1.6		0.4		0.3		0.0	
20点以下と40点以上	3.9	*	52.9	**	11.0	**	29.3	**	35.6	**	2.3		12.5	**	12.6	**	2.0		6.5	*
40点以下と60点以上	9.8	**	74.9	**	27.5	**	52.2	**	42.0	**	6.5	*	23.2	**	9.2	**	0.3		8.0	**
60点以下と80点以上	4.7	*	51.1	**	23.6	**	35.1	**	32.9	**	9.1	**	14.5	**	4.0	*	1.4		0.9	
80点以下と100点	7.3	**	32.5	**	25.1	**	17.8	**	14.3	**	9.1	**	3.8		0.0		1.5		1.4	
Mcnemar検定のまとめ	都市ヒートアイランドの緩和																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	1.9		1.6		10.6	**	0.0		0.0		15.7	**	1.9		18.4	**	1.6		12.0	**
20点以下と40点以上	33.1	**	25.1	**	0.8		11.5	**	0.6		33.9	**	4.7	*	34.3	**	2.5		22.8	**
40点以下と60点以上	94.7	**	26.1	**	2.0		21.3	**	26.1	**	89.6	**	22.3	**	39.8	**	0.0		42.5	**
60点以下と80点以上	144.4	**	37.3	**	0.1		32.4	**	46.0	**	98.2	**	34.8	**	28.0	**	0.0		36.7	**
80点以下と100点	110.3	**	12.6	**	1.1		20.4	**	59.1	**	64.8	**	31.0	**	4.1	*	2.0		14.3	**
Mcnemar検定のまとめ	技術的側面																			
第1段階評価基準&用途	TS[a]	1	TF[b]	2	TD[c]	3	TA[d]	4	SF[e]	5	SD[f]	6	SA[g]	7	FD[h]	8	FA[i]	9	DA[j]	10
0点と20点以上	3.5		3.4		2.5		3.1		0.0		12.1	**	12.1	**	10.3	**	11.5	**	0.3	
20点以下と40点以上	28.5	**	0.0		12.1	**	28.9	**	23.5	**	59.1	**	85.2	**	13.1	**	27.7	**	3.6	
40点以下と60点以上	18.0	**	0.0		23.3	**	51.3	**	14.5	**	58.8	**	99.4	**	24.5	**	55.9	**	8.8	**
60点以下と80点以上	14.7	**	0.2		24.6	**	59.8	**	9.2	**	63.3	**	112.5	**	35.1	**	70.7	**	10.4	**
80点以下と100点	2.4		0.6		28.3	**	40.7	**	0.3		43.1	**	59.1	**	41.3	**	47.6	**	1.4	

評価基準の重みベクトルと水源についての絶対評価により、水源の重みベクトルは図3-8,9のように求まった。重みベクトルの大きさの順番は、雨水、下水処理再生水、地下構造物浸出水で、これは昨年度の予備的検討では下水処理再生水が最大であったが雨水との差はわずかでありほぼ同様の傾向を示したと考えられる。

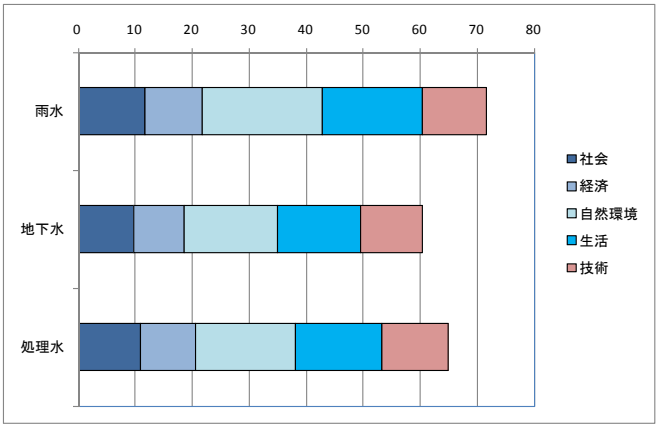


図3-8　第1段階の評価基準を用いた水源の重みベクトル

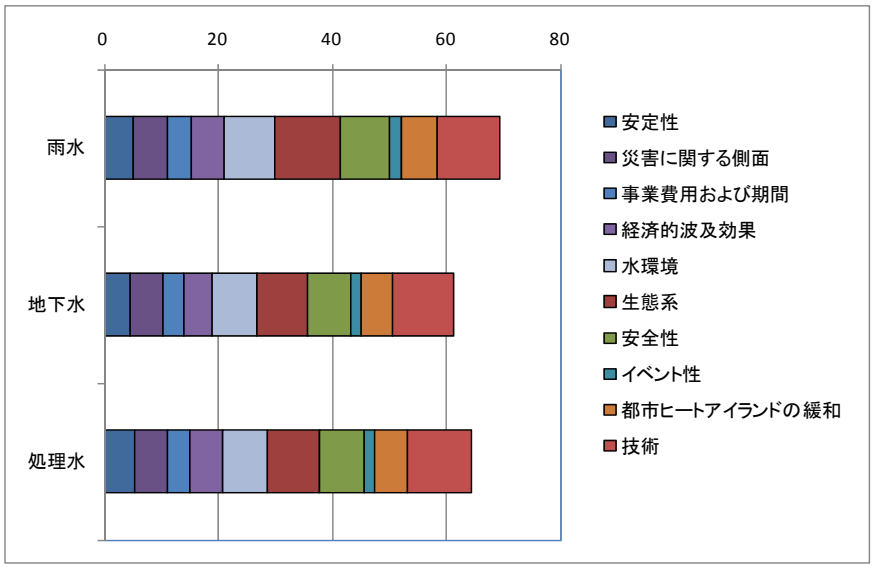


図3-9　第2段階の評価基準を用いた水源の重みベクトル

用途の重みベクトルを図3-10,11に示す。第1段階の評価基準による用途の重みベクトルの大きさの順位は、農業・園芸用水、災害用水が大きく、雑用水、親水用水、と続き、最も小さいのが散水であった。第2段階の評価基準による用途の重みベクトルの大きさは第1段階の場合とほぼ同様で、雑用水と親水用水の順位がわずかの差で入れ違いになった。

結果の特徴として、評価基準の中では自然環境、生活の重みが比較的大きく、社会、経済、技術の重みが小さめであったこと、水源の重みベクトルの大きさの順番は、雨水、下水処理再生水、地下構造物浸出水の順番であったこと、用途の重みベクトルの大きさの順番は、農業・園芸用水、災害用水、雑用水、親水用水、散水であったことが挙げられる。

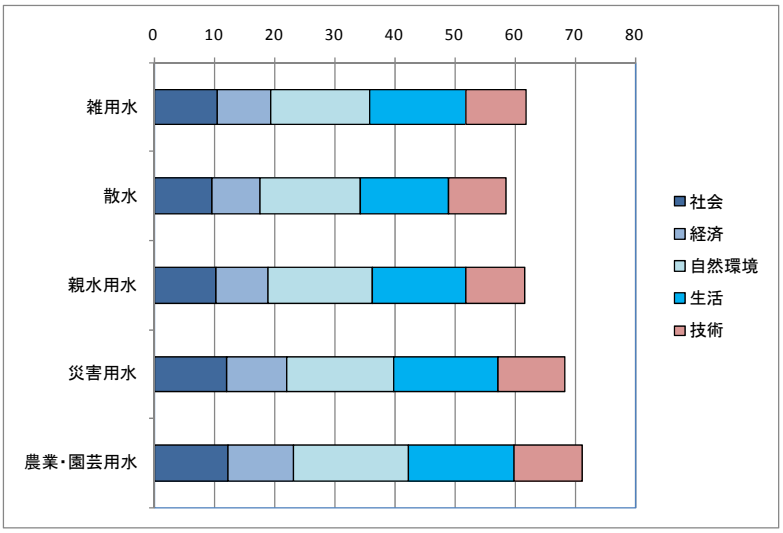


図3-10　第1段階の評価基準を用いた用途の重みベクトル

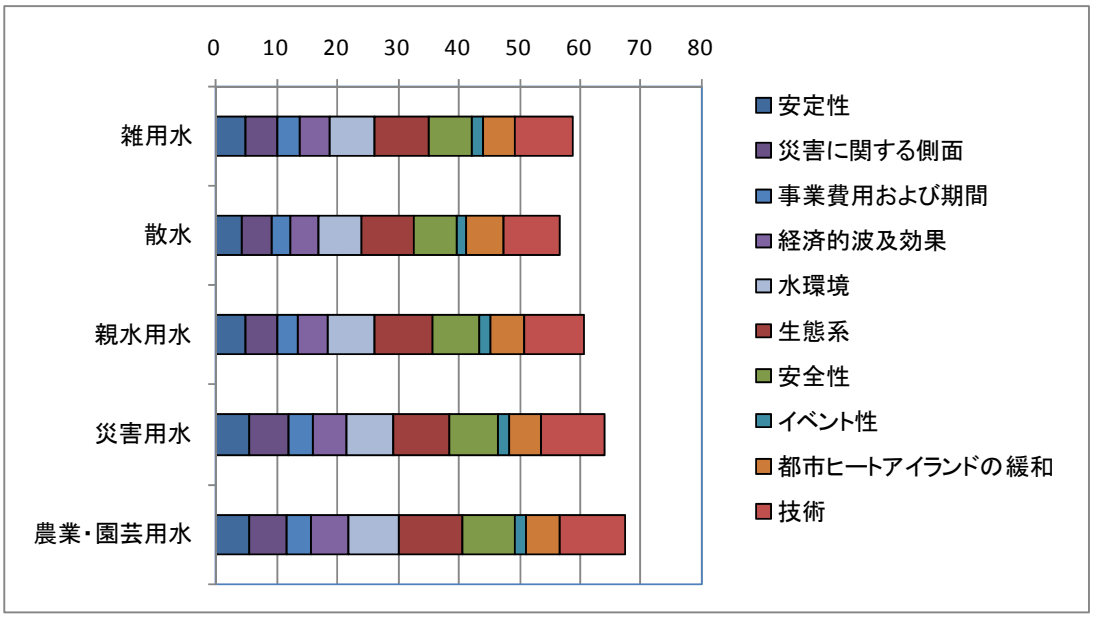


図3-11　第2段階の評価基準を用いた用途の重みベクトル

水源と用途の組み合わせについての絶対評価の結果を図3-12に示す。平均値で比較すると、最も評価が高かったのは雨水の農業・園芸用水としての利用（75.6±23.9）で、雨水と5用途の組み合わせが66.2～75.6点と上位5位までを占めた。地下構造物浸出水と下水処理再生水については、用途によって順位が複雑な関係があるという結果となった。図3-12に示す平均値の差の有意性について、母平均の差の検定を行った。検定結果を表3-20,21に示す。

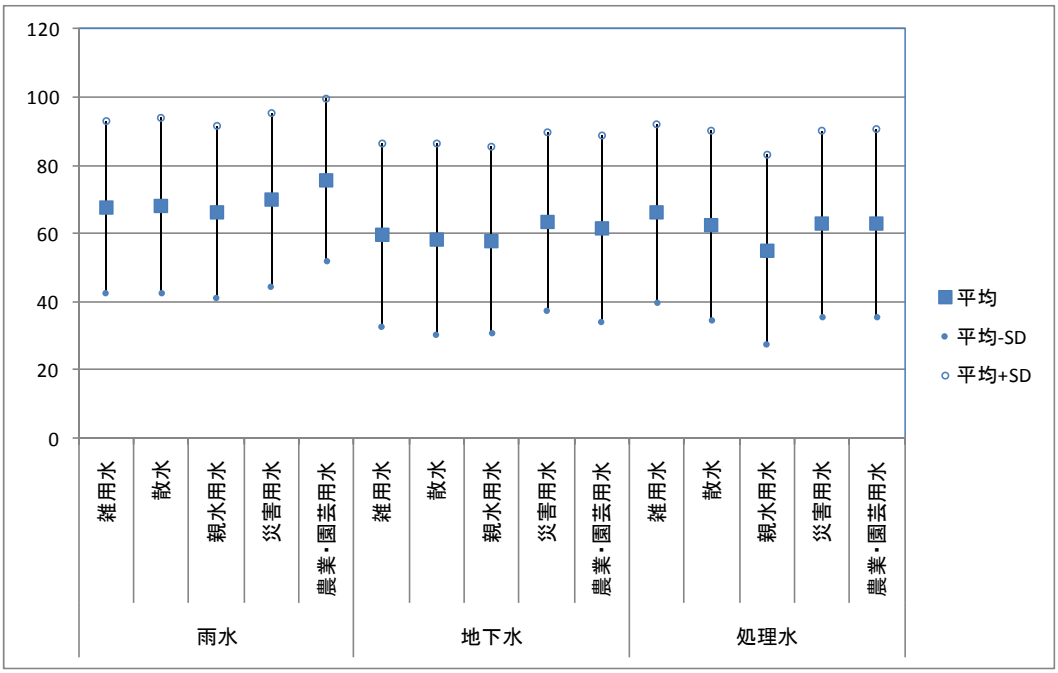


図3-12　水源と用途の組み合わせの絶対評価

表3-20　水源と用途の組み合わせの絶対評価に関する母平均の差の検定1

水源	用途1	用途2	差の平均	差のSD	サンプル数	T値		f値
雨水	雑用水	散水	-0.57	17.47	1,086	-1.077		1,085
	雑用水	親水用水	1.00	21.28	1,060	1.530		1,059
	雑用水	農業・園芸用水	-2.47	24.11	1,070	-3.347	**	1,069
	雑用水	農業・園芸用水	-7.85	22.67	1,085	-11.410	**	1,084
	散水	親水用水	1.41	20.03	1,065	2.294	*	1,064
	散水	災害用水	-2.06	24.65	1,078	-2.743	**	1,077
	散水	農業・園芸用水	-7.49	21.85	1,092	-11.331	**	1,091
	親水用水	災害用水	-3.72	23.15	1,058	-5.232	**	1,057
	親水用水	農業・園芸用水	-9.02	21.08	1,067	-13.971	**	1,066
	災害用水	農業・園芸用水	-5.48	19.73	1,081	-9.126	**	1,080
地下構造物浸出水	雑用水	散水	1.11	17.25	1,030	2.059	*	1,029
	雑用水	親水用水	1.42	24.21	1,017	1.865	*	1,016
	雑用水	農業・園芸用水	-3.95	24.10	1,017	-5.231	**	1,016
	雑用水	農業・園芸用水	-1.84	26.20	1,020	-2.246	*	1,019
	散水	親水用水	0.18	22.12	1,025	0.254		1,024
	散水	災害用水	-5.04	24.84	1,028	-6.505	**	1,027
	散水	農業・園芸用水	-3.06	25.83	1,032	-3.808	**	1,031
	親水用水	災害用水	-5.41	23.83	1,017	-7.237	**	1,016
	親水用水	農業・園芸用水	-3.10	22.85	1,021	-4.328	**	1,020
	災害用水	農業・園芸用水	2.18	22.42	1,026	3.120	**	1,025
下水処理再生水	雑用水	散水	3.72	21.72	1,081	5.630	**	1,080
	雑用水	親水用水	10.72	27.34	1,052	12.722	**	1,051
	雑用水	農業・園芸用水	2.94	28.45	1,062	3.365	**	1,061
	雑用水	農業・園芸用水	3.08	28.16	1,077	3.593	**	1,076
	散水	親水用水	6.80	23.92	1,053	9.226	**	1,052
	散水	災害用水	-0.77	26.85	1,065	-0.936		1,064
	散水	農業・園芸用水	-0.69	26.91	1,078	-0.838		1,077
	親水用水	災害用水	-7.40	26.15	1,040	-9.130	**	1,039
	親水用水	農業・園芸用水	-7.60	25.77	1,053	-9.568	**	1,052
	災害用水	農業・園芸用水	-0.02	23.99	1,065	-0.026		1,064

表3-21　水源と用途の組み合わせの絶対評価に関する母平均の差の検定2

用途	水源1	水源2	差の平均	差のSD	サンプル数	T値		f値
雑用水	雨水	地下構造物浸出水	7.50	23.34	1,019	10.253	**	1,018
	雨水	下水処理再生水	1.55	24.02	1,070	2.112	*	1,069
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	-6.56	25.53	1,027	-8.237	**	1,026
散水	雨水	地下構造物浸出水	9.34	24.65	1,036	12.202	**	1,035
	雨水	下水処理再生水	5.83	25.83	1,078	7.405	**	1,077
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	-3.47	27.39	1,037	-4.082	**	1,036
親水用水	雨水	地下構造物浸出水	7.80	23.38	1,013	10.616	**	1,012
	雨水	下水処理再生水	11.02	26.77	1,040	13.275	**	1,039
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	3.03	28.47	1,015	3.396	**	1,014
災害用水	雨水	地下構造物浸出水	6.04	24.04	1,027	8.048	**	1,026
	雨水	下水処理再生水	6.86	25.33	1,056	8.797	**	1,055
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	0.88	25.58	1,027	1.098		1,026
農業・園芸用水	雨水	地下構造物浸出水	14.05	27.00	1,035	16.740	**	1,034
	雨水	下水処理再生水	12.54	27.33	1,075	15.044	**	1,074
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	-1.45	26.73	1,031	-1.748	*	1,030

水源と用途の組み合わせに関する、公的費用および私的費用の支払意志額の結果を図3-13,14に示す。

これらの支払意志額について、母平均の差の検定を行い、金額の差が有意であるかを調べた。検定結果を表3-22～25に示す。

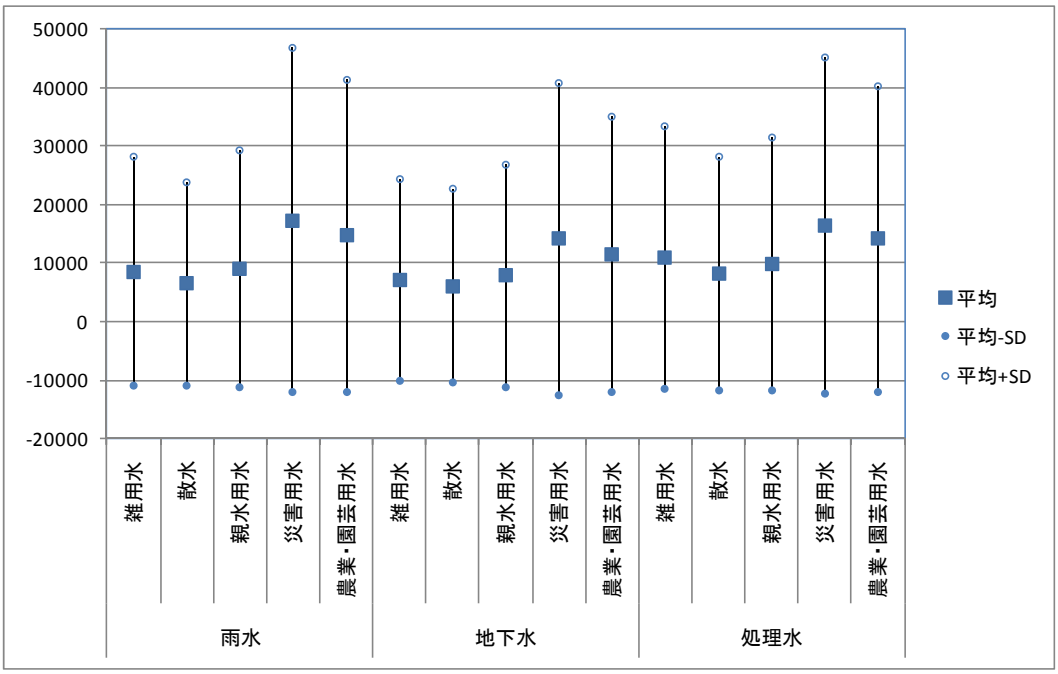


図3-13　水源と用途の組み合わせについての公的費用の支払意志額

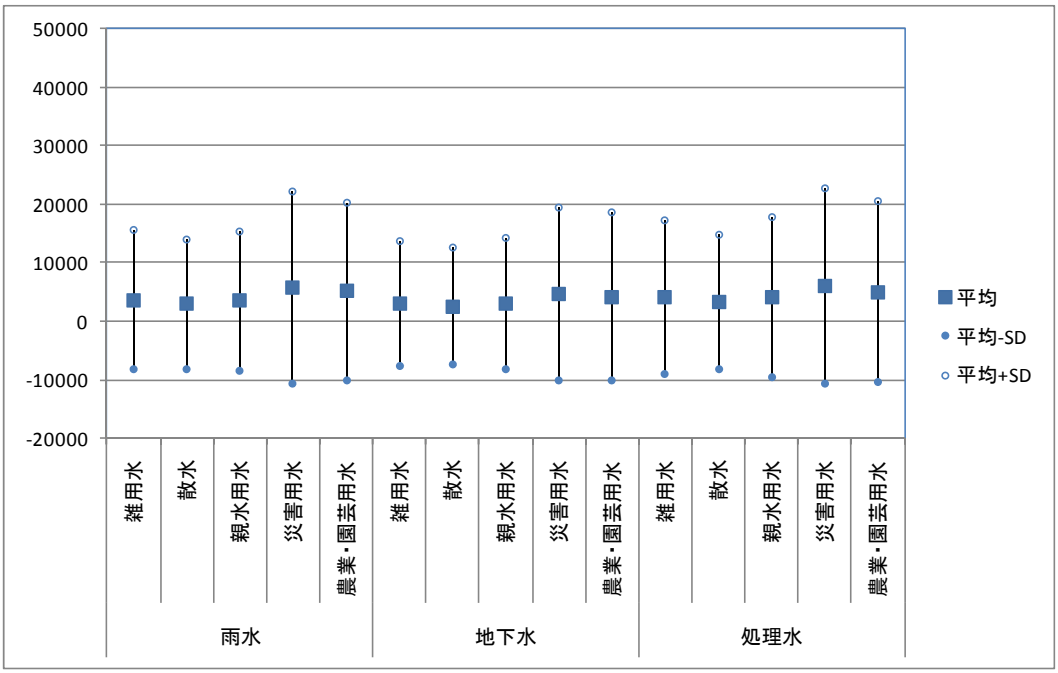


図3-14　水源と用途の組み合わせについての私的費用の支払意志額

表3-22　公的支払意志額についての母平均の差についての検定の結果1

水源	用途1	用途2	差の平均	差のSD	サンプル数	T値		f値
雨水	雑用水	散水	1,841	12,151	905	4.558	**	904
	雑用水	親水用水	-648	17,456	888	-1.105		887
	雑用水	農業・園芸用水	-8,300	25,206	897	-9.862	**	896
	雑用水	農業・園芸用水	-5,724	21,413	901	-8.023	**	900
	散水	親水用水	-2,611	14,861	891	-5.244	**	890
	散水	災害用水	-10,750	24,976	903	-12.934	**	902
	散水	農業・園芸用水	-7,902	21,512	906	-11.056	**	905
	親水用水	災害用水	-7,483	24,437	891	-9.140	**	890
	親水用水	農業・園芸用水	-5,009	22,556	893	-6.636	**	892
	災害用水	農業・園芸用水	2,425	24,336	915	3.014	**	914
地下構造物浸出水	雑用水	散水	880	10,663	870	2.435	**	869
	雑用水	親水用水	-729	14,737	866	-1.455		865
	雑用水	農業・園芸用水	-6,506	21,398	859	-8.912	**	858
	雑用水	農業・園芸用水	-3,935	18,066	865	-6.407	**	864
	散水	親水用水	-1,612	12,082	867	-3.930	**	866
	散水	災害用水	-7,447	20,616	860	-10.592	**	859
	散水	農業・園芸用水	-4,818	17,398	867	-8.154	**	866
	親水用水	災害用水	-5,716	20,426	859	-8.202	**	858
	親水用水	農業・園芸用水	-3,317	17,717	863	-5.501	**	862
	災害用水	農業・園芸用水	2,774	19,276	869	4.243	**	868
下水処理再生水	雑用水	散水	2,327	12,891	909	5.442	**	908
	雑用水	親水用水	893	15,179	896	1.761	*	895
	雑用水	農業・園芸用水	-4,950	21,863	902	-6.800	**	901
	雑用水	農業・園芸用水	-2,637	21,532	903	-3.680	**	902
	散水	親水用水	-1,305	13,072	893	-2.982	**	892
	散水	災害用水	-7,485	21,633	897	-10.363	**	896
	散水	農業・園芸用水	-5,104	19,693	897	-7.762	**	896
	親水用水	災害用水	-5,881	21,020	886	-8.329	**	885
	親水用水	農業・園芸用水	-3,672	20,575	888	-5.319	**	887
	災害用水	農業・園芸用水	2,235	21,492	904	3.126	**	903

表3-23　公的支払意志額についての母平均の差についての検定の結果2

用途	水源1	水源2	差の平均	差のSD	サンプル数	T値		f値
雑用水	雨水	地下構造物浸出水	1,269	14,340	862	2.598	**	861
	雨水	下水処理再生水	-2,443	16,942	894	-4.311	**	893
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	-3,446	16,424	867	-6.179	**	866
散水	雨水	地下構造物浸出水	251	12,094	866	0.610		865
	雨水	下水処理再生水	-1,683	14,963	893	-3.361	**	892
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	-1,855	14,059	869	-3.889	**	868
親水用水	雨水	地下構造物浸出水	1,380	14,537	858	2.781	**	857
	雨水	下水処理再生水	-566	15,899	876	-1.054		875
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	-1,974	15,241	857	-3.792	**	856
災害用水	雨水	地下構造物浸出水	2,775	18,560	874	4.420	**	873
	雨水	下水処理再生水	978	20,388	903	1.441		902
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	-2,081	17,127	869	-3.581	**	868
農業・園芸用水	雨水	地下構造物浸出水	3,167	17,737	878	5.291	**	877
	雨水	下水処理再生水	606	20,236	905	0.900		904
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	-2,120	16,651	870	-3.755	**	869

表3-24　私的支払意志額についての母平均の差についての検定の結果1

水源	用途1	用途2	差の平均	差のSD	サンプル数	T値		f値
雨水	雑用水	散水	575	5,475	1,022	3.360	**	1,021
	雑用水	親水用水	127	7,794	1,016	0.519		1,015
	雑用水	農業・園芸用水	-2,148	13,105	1,013	-5.217	**	1,012
	雑用水	農業・園芸用水	-1,408	11,773	1,015	-3.810	**	1,014
	散水	親水用水	-453	7,810	1,016	-1.848	*	1,015
	散水	災害用水	-2,769	13,524	1,018	-6.533	**	1,017
	散水	農業・園芸用水	-1,991	10,972	1,018	-5.790	**	1,017
	親水用水	災害用水	-2,326	12,717	1,009	-5.810	**	1,008
	親水用水	農業・園芸用水	-1,578	11,116	1,009	-4.509	**	1,008
	災害用水	農業・園芸用水	767	11,238	1,016	2.175	*	1,015
地下構造物浸出水	雑用水	散水	388	4,673	975	2.591	**	974
	雑用水	親水用水	3	6,820	971	0.014		970
	雑用水	農業・園芸用水	-1,643	10,950	966	-4.663	**	965
	雑用水	農業・園芸用水	-923	9,185	973	-3.134	**	972
	散水	親水用水	-386	6,128	972	-1.963	*	971
	散水	災害用水	-2,031	10,899	966	-5.792	**	965
	散水	農業・園芸用水	-1,311	9,411	971	-4.341	**	970
	親水用水	災害用水	-1,675	10,537	969	-4.948	**	968
	親水用水	農業・園芸用水	-968	9,572	972	-3.153	**	971
	災害用水	農業・園芸用水	706	8,711	972	2.526	**	971
下水処理再生水	雑用水	散水	893	5,630	998	5.010	**	997
	雑用水	親水用水	153	8,639	994	0.558		993
	雑用水	農業・園芸用水	-1,548	12,388	996	-3.944	**	995
	雑用水	農業・園芸用水	-611	11,638	996	-1.658	*	995
	散水	親水用水	-735	7,601	996	-3.052	**	995
	散水	災害用水	-2,494	11,698	994	-6.721	**	993
	散水	農業・園芸用水	-1,556	10,480	995	-4.683	**	994
	親水用水	災害用水	-1,747	10,649	994	-5.174	**	993
	親水用水	農業・園芸用水	-819	9,931	996	-2.604	**	995
	災害用水	農業・園芸用水	906	10,872	1,001	2.637	**	1,000

表3-25　私的支払意志額についての母平均の差についての検定の結果2

用途	水源1	水源2	差の平均	差のSD	サンプル数	T値		f値
雑用水	雨水	地下構造物浸出水	410	7,913	977	1.621		976
	雨水	下水処理再生水	-491	8,466	998	-1.832	*	997
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	-915	7,056	967	-4.034	**	966
散水	雨水	地下構造物浸出水	209	7,161	979	0.915		978
	雨水	下水処理再生水	-102	7,318	998	-0.441		997
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	-447	5,708	971	-2.440	**	970
親水用水	雨水	地下構造物浸出水	3,467	11,835	1,019	9.352	**	1,018
	雨水	下水処理再生水	3,006	11,254	979	8.358	**	978
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	4,068	13,596	1,003	9.475	**	1,002
災害用水	雨水	地下構造物浸出水	388	8,100	973	1.496		972
	雨水	下水処理再生水	-453	7,734	993	-1.846	*	992
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	-848	7,873	970	-3.356	**	969
農業・園芸用水	雨水	地下構造物浸出水	905	10,083	974	2.800	**	973
	雨水	下水処理再生水	57	9,491	1,004	0.190		1,003
	地下構造物浸出水	下水処理再生水	-907	9,894	969	-2.854	**	968

代替案（水源および用途）の3つの重みベクトルの比較

本アンケート調査の結果、代替案（水源および用途）について、それぞれ次の3つの重みベクトルが得られた。これらの重みベクトルについて、母平均の差の検定を行った。なお、第1段階、第2段階の評価基準は絶対評価を行ったため、直接の一対比較の場合と同様に、雨水、地下構造物浸出水、下水処理再生水の評価の合計が1となるように正規化して比較を行った。

(1) 直接の一対比較による重みベクトル
(2) 第 1 段階の評価基準に基づく重みベクトル
(3) 第 2 段階の評価基準に基づく重みベクトル

直接の一対比較は、特に評価基準を考えずに重みを聞いた設問であり、回答者の直接の選好（認識）が反映された回答結果であると考えられる。これに対して、評価基準を設定してAHPにより求めた重みベクトルは、設問者側で設定した評価基準を基にした重みベクトルが得られたと考えられる。これらの異なる方法で求めた重みベクトルに差がない場合には、設定した評価基準が適切であるとともに、回答者の直接認識している代替案の重みと、評価基準を基にして求めた代替案の重みが一致し、代替案が適切に認識されていると考えることができる。反対に、重みベクトルに差がある場合には。評価基準の適切性に問題があるか、回答者の代替案についての認識が実際の重みとは異なることが考えられる。さらに、本研究の場合には、直接評価は一対比較、評価基準を基にした評価は各評価基準に基づく代替案の重みを絶対評価で回答する形式としたため、このような設問形式が回答に影響した可能性もある。回答方式の影響については、今後の検討課題である。

用途の重みベクトルについて3種類の方法により求めた重みベクトルを表3-26に示す。

雨水については、直接の一対比較により求めた重みベクトルが2種類の評価基準を基にして求めた重みベクトルに比べて、有意水準1%で大きかった。また、2種類の評価基準では、第1段階の評価基準の方が有意水準1%で大きかった。

地下構造物浸出水については、雨水とは反対に、直接の一対比較により求めた重みベクトルが2種類の評価基準を基にして求めた重みベクトルに比べて、有意水準1%で小さかった。また、2種類の評価基準では、第1段階の評価基準の方が有意水準1%で小さかった。

下水処理再生水は、3種類の重みベクトル間に有意水準5%で有意な差は見られなかった。

以上をまとめると、雨水は回答者が自覚的に認識している重みに比べて、細かい基準を設ける

ことによって重みが小さくなり、反対に、地下構造物浸出水は回答者が自覚的に認識している重みに比べて、細かい基準設けることにより重みが大きくなった、下水処理再生水は回答者の自覚的な認識は判断基準を設定しても変化がなく、比較的正確に認識していると考えられた。

用途の重みベクトルについて3種類の方法により求めた重みベクトルを表3-27に示す。

雑用水については、直接の一対比較により求めた重みベクトルが2種類の評価基準を基にして求めた重みベクトルに比べて有意水準1%で小さかった。また、2種類の評価基準を基にして求めた重みベクトルは有意水準5%で差がなかった。

散水については、直接の一対比較により求めた重みベクトルが2種類の評価基準を基にして求めた重みベクトルに比べて、有意水準1%で小さく、2種類の評価基準では、第1段階の評価基準の方が有意水準1%で小さかった。

親水用水は、散水と同様に、直接の一対比較により求めた重みベクトルが2種類の評価基準を基にして求めた重みベクトルに比べて、有意水準1%で小さく、2種類の評価基準では、第1段階の評価基準の方が有意水準1%で小さかった。

災害用水は、散水、親水用水とは反対に、直接の一対比較により求めた重みベクトルが2種類の評価基準を基にして求めた重みベクトルに比べて、有意水準1%で大きく、2種類の評価基準では、第1段階の評価基準の方が有意水準1%で大きかった。

表3-26　水源の重みベクトルの検定（直接比較と第1, 2段階評価基準、母平均の差の検定）

水源	評価方法1	評価方法2	評価方法1の平均	評価方法2の平均	差の平均	差のSD	サンプル数	T値		f値
雨水	直接	第1段階	0.436	0.381	0.060	0.233	919	7.812	**	918
	直接	第2段階	0.436	0.360	0.071	0.237	699	7.930	**	698
	第1段階	第2段階	0.381	0.360	0.011	0.066	748	4.604	**	747
地下構造物浸出水	直接	第1段階	0.248	0.290	-0.049	0.147	919	-10.057	**	918
	直接	第2段階	0.248	0.310	-0.064	0.148	699	-11.376	**	698
	第1段階	第2段階	0.290	0.310	-0.010	0.053	748	-5.107	**	747
下水処理再生水	直接	第1段階	0.316	0.329	-0.010	0.225	919	-1.371		918
	直接	第2段階	0.316	0.329	-0.006	0.230	699	-0.683		698
	第1段階	第2段階	0.329	0.329	-0.001	0.053	748	-0.606		747

表3-27　用途の重みベクトルの検定（直接比較と第1, 2段階評価基準、母平均の差の検定）

用途	評価方法1	評価方法2	評価方法1の平均	評価方法2の平均	差の平均	差のSD	サンプル数	T値		f値
雑用水	直接	第1段階	0.166	0.190	-0.026	0.139	796	-5.266	**	795
	直接	第2段階	0.166	0.191	-0.028	0.131	695	-5.699	**	694
	第1段階	第2段階	0.190	0.191	0.000	0.035	735	0.190		734
散水	直接	第1段階	0.123	0.176	-0.056	0.083	796	-19.114	**	795
	直接	第2段階	0.123	0.187	-0.065	0.079	695	-21.484	**	694
	第1段階	第2段階	0.176	0.187	-0.010	0.032	735	-8.201	**	734
親水用水	直接	第1段階	0.163	0.192	-0.028	0.091	796	-8.672	**	795
	直接	第2段階	0.163	0.201	-0.037	0.092	695	-10.601	**	694
	第1段階	第2段階	0.192	0.201	-0.008	0.034	735	-6.524	**	734
災害用水	直接	第1段階	0.277	0.215	0.065	0.145	796	12.569	**	795
	直接	第2段階	0.277	0.207	0.073	0.150	695	12.830	**	694
	第1段階	第2段階	0.215	0.207	0.008	0.037	735	5.630	**	734
農業・園芸用水	直接	第1段階	0.272	0.225	0.047	0.155	796	8.502	**	795
	直接	第2段階	0.272	0.213	0.058	0.154	695	9.986	**	694
	第1段階	第2段階	0.225	0.213	0.010	0.038	735	7.086	**	734

農業・園芸用水は、災害用水と同様に、直接の一対比較により求めた重みベクトルが2種類の評価基準を基にして求めた重みベクトルに比べて、有意水準1%で大きく、2種類の評価基準では、第1段階の評価基準の方が有意水準1%で大きかった。

以上をまとめると、災害用水、農業・園芸用水は回答者が自覚的に認識している重みに比べて、細かい基準を設けることによって重みが小さくなり、反対に、雑用水、散水、親水用水は回答者が自覚的に認識している重みに比べて、細かい基準設けることにより重みが大きくなったと言える。

5つの用途についての全体的な傾向として、直接の一対比較では5つの用途の重みベクトル間に差が見られたが、第1段階の評価基準、第2段階の評価基準に基づいて求めた5つの用途の重みベクトル間の差が次第に小さくなった（表3-28）。5つの用途の重みベクトルの標準偏差は、直接の一対比較、第1段階の評価基準、第2段階の評価基準で求めた重みベクトルについて、それぞれ、0,070, 0,020, 0,011と順に小さくなり、5用途の重みベクトル間の差が小さくなった。

評価基準を増すと代替案間の差が小さくなる傾向は、水源でも同様であった（表3-29）。3つの水源の重みベクトルの標準偏差は、直接の一対比較、第1段階の評価基準、第2段階の評価基準で求めた重みベクトルについて、それぞれ、0,095, 0,046, 0,025と順に小さくなり、3水源の重みベクトル間の差が小さくなった。

AHPの公共事業の意思決定等への適用に関しては、どの重みベクトルを用いて判断することが適切であるのか等、既存文献等、類似事例の調査等による検討が今後の課題であると考えられた。

表3-28　3種類の方法で求めた5用途の重みベクトルの標準偏差

評価方法	評価の平均					標準偏差
	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	
直接	0.166	0.123	0.163	0.277	0.272	0.070
第1段階	0.190	0.176	0.192	0.215	0.225	0.020
第2段階	0.191	0.187	0.201	0.207	0.213	0.011

表3-29　3種類の方法で求めた3水源の重みベクトルの標準偏差

評価方法	評価の平均			標準偏差
	雨水	地下構造物浸出水	下水処理再生水	
直接	0.436	0.248	0.316	0.095
第1段階	0.381	0.290	0.329	0.046
第2段階	0.360	0.310	0.329	0.025

有効サンプル数と整合度（CI）

今回の調査結果について、一対比較の場合には有効サンプル数と整合度を、絶対評価の場合には有効サンプル数を、表3-30,31に示す。

整合度指数（CI）が基準とされている0.15を超える一対比較があり、必ずしも整合度が大きな一対比較ではなかった。水資源の水源と用途という、日常生活ではあまり考えることがなかったテーマであることがCIが大きく整合度が小さかった原因の1つであることが想定される。本研究における分析では、分からない、無回答の項目がある回答については、分析から除外したが、CIの値によるサンプルの除外は行わなかった。

表3-30　有効サンプル数と整合度（CI）を含むアンケート調査の集計結果1

	水源相互(Q12)3項目								
				雨水	地下構	下水処理再生水			
	a12	a13	a23	g1	g2	g3	合計	固有値	CI
平均	3.3682	3.1672	2.1654	0.4363	0.2480	0.3156	1.0000	3.3643	0.1821
SD	3.2810	3.3126	2.9031	0.2384	0.1502	0.2307	0.0000	0.6914	0.3457
min	0.0000	0.0000	0.0000	0.0515	0.0515	0.0515	1.0000	3.0000	0.0000
max	9.0000	9.0000	9.0000	0.8182	0.7978	0.8182	1.0000	10.1111	3.5556
有効サンプル数	1256	1256	1256	1051	1051	1051	1051	1051	1051

	用途相互(Q13)5項目																	
											行の平均(重みベクトル)							
											雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水		固有値	C.I.
	a12	a13	a14	a15	a23	a24	a25	a34	a35	a45	g1	g2	g3	g4	g5	合計		
平均	2.1829	1.8435	1.2599	1.3238	1.5203	1.1358	1.0554	1.4714	1.5063	2.4874	0.1655	0.1226	0.1630	0.2768	0.2721	1.0000	6.1935	0.2984
SD	2.4791	2.4417	2.1798	2.2161	2.2718	2.1543	2.0333	2.4365	2.4019	2.9207	0.1340	0.0794	0.0945	0.1498	0.1586	0.0000	1.2743	0.3186
min	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0136	0.0249	0.0249	0.0174	1.0000	5.0000	0.0000
max	9.0000	9.0000	9.0000	9.0000	9.0000	9.0000	9.0000	9.0000	9.0000	9.0000	0.5610	0.5190	0.5573	0.6712	0.6923	1.0000	15.6712	2.6678
サンプル数	1256	1256	1256	1256	1256	1256	1256	1256	1256	1256	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007

	評価基準第1段階(Q14)5項目																	
											行の平均(重みベクトル)							
											社会	経済	自然環境	生活	技術		固有値	C.I.
	a12	a13	a14	a15	a23	a24	a25	a34	a35	a45	g1	g2	g3	g4	g5	合計		
平均	2.1419	1.4034	1.3313	2.0264	1.4865	1.4177	1.9941	2.51505	3.1926	3.0252	0.1695	0.1533	0.2683	0.2453	0.1636	1.0000	6.2781	0.3195
SD	2.5107	2.2891	2.221	2.4971	2.387	2.3221	2.506	2.89729	2.9503	2.8129	0.1244	0.0863	0.1405	0.1233	0.1235	0.0000	1.5114	0.3779
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0127	0.0126	0.0243	0.0126	0.0218	1.0000	5.0000	0.0000
max	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0.5520	0.5754	0.6923	0.6454	0.5787	1.0000	18.1297	3.2824
サンプル数	1256	1256	1256	1256	1256	1256	1256	1256	1256	1256	1057	1057	1057	1057	1057	1057	1057	1057

	評価基準第2段階(Q15)2, 2, 2, 3, 1項目					
	社会	安定性	災害に関する側面			
	a12	g1	g2	合計	固有値	CI
平均	2.0598	0.4758	0.5242	1.0000	2.0000	0.0000
SD	2.6943	0.2890	0.2890	0.0000	0.0000	0.0000
min	0.0000	0.1000	0.1000	1.0000	2.0000	0.0000
max	9.0000	0.9000	0.9000	1.0000	2.0000	0.0000
サンプル数	1256	1162	1162	1162	1162	1162

	経済	事業費	経済的波及効果			
	a12	g1	g2	合計	固有値	CI
平均	1.4216	0.4065	0.5935	1.0000	2.0000	0.0000
SD	2.2713	0.2646	0.2646	0.0000	0.0000	0.0000
min	0.0000	0.1000	0.1000	1.0000	2.0000	0.0000
max	9.0000	0.9000	0.9000	1.0000	2.0000	0.0000
サンプル数	1256	1123	1123	1123	1123	1123

	自然環	水環境	生態系			
	a12	g1	g2	合計	固有値	CI
平均	1.7831	0.4482	0.5518	1.0000	2.0000	0.0000
SD	2.5683	0.2740	0.2740	0.0000	0.0000	0.0000
min	0.0000	0.1000	0.1000	1.0000	2.0000	0.0000
max	9.0000	0.9000	0.9000	1.0000	2.0000	0.0000
サンプル数	1256	1160	1160	1160	1160	1160

	生活			安全性	イベント	都市ヒートアイランドの緩和			
	a12	a13	a23	g1	g2	g3	合計	固有値	CI
平均	4.8630	3.0842	0.9303	0.5042	0.1404	0.3554	1.0000	3.2445	0.1223
SD	3.0038	2.9822	1.9168	0.2051	0.0972	0.2053	0.0000	0.2930	0.1465
min	0.0000	0.0000	0.0000	0.0515	0.0515	0.0515	1.0000	3.0000	0.0000
max	9.0000	9.0000	9.0000	0.8182	0.7143	0.8182	1.0000	7.4441	2.2220
サンプル数	1256	1256	1256	1124	1124	1124	1124	1124	1124

	絶対比較の点数																
	評価基準(1)&水源																
	社会			経済			自然環境			生活			技術				
	雨水	地下水	処理水	雨水	地下水	処理水	雨水	地下水	処理水	雨水	地下水	処理水	雨水	地下水	処理水		
平均	69.0	57.2	64.9	65.4	57.8	62.6	78.5	61.3	65.2	71.4	59.4	62.1	69.3	66.0	70.8		
SD	23.4	24.2	23.5	25.2	24.3	24.6	22.5	25.8	25.3	24.5	25.5	25.3	25.9	25.3	24.9		
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
max	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	min	max
サンプル数	1128	1055	1102	1099	1030	1075	1142	1061	1102	1138	1055	1108	1090	1052	1074	1030	1142

	評価基準(2)&水源																	
	安定性			災害			事業費用および期間			経済的波及効果			水環境			生態系		
	雨水	地下水	処理水	雨水	地下水	処理水	雨水	地下水	処理水	雨水	地下水	処理水	雨水	地下水	処理水	雨水	地下水	処理水
平均	62.4	58.0	66.9	68.8	62.3	63.3	64.1	58.2	62.4	63.7	56.8	62.8	75.5	63.6	66.1	77.0	60.3	62.5
SD	26.3	24.3	24.3	26.1	25.9	26.2	25.3	23.8	24.6	25.3	23.4	23.3	23.0	25.3	25.0	23.7	26.9	26.6
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
max	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
サンプル数	1124	1067	1104	1111	1052	1083	1045	999	1026	1051	996	1035	1127	1071	1113	1119	1055	1083

	安全性			イベント性			都市ヒートアイランドの緩			技術的側面				
	雨水	地下水	処理水	雨水	地下水	処理水	雨水	地下水	処理水	雨水	地下水	処理水		
平均	69.9	62.2	61.7	55.7	51.9	54.5	71.7	63.4	65.1	67.3	65.2	69.2		
SD	25.3	25.7	25.1	26.8	25.6	25.7	25.4	27.0	26.1	25.0	23.9	23.3		
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
max	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	min	max
サンプル数	1114	1062	1081	993	960	979	1096	1059	1074	1044	1016	1042	960	1127

	評価基準(1)&用途														
	社会					経済				自然環境					
	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用水	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園芸用水
平均	61.1	56.2	60.1	71.2	72.0	58.6	52.9	57.1	65.2	70.8	61.2	62.0	64.5	66.4	71.3
SD	23.6	24.7	23.8	23.3	22.3	24.9	25.4	24.3	24.6	23.1	25.1	25.7	24.5	25.0	23.2
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
max	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
サンプル数	1087	1100	1088	1113	1121	1045	1056	1045	1071	1084	1093	1104	1084	1091	1111

表3-31　有効サンプル数と整合度（CI）を含むアンケート調査の集計結果2

	生活					技術											
	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用水	災害用	農業・園	芸用水						
平均	65.4	60.0	63.2	70.1	71.8	61.1	57.5	60.7	68.0	69.1							
SD	25.0	25.3	24.8	24.5	23.8	25.4	26.3	24.9	24.3	24.3							
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
max	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	min	max					
サンプル数	1104	1114	1095	1107	1118	1041	1038	1033	1045	1053	1033	1121					

	評価基準(2)&用途																
	安定性					災害					事業費用および期間						
	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用水	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園芸用水		
平均	59.8	54.6	59.5	66.8	69.8	61.2	53.1	58.7	74.8	66.7	55.8	51.0	55.0	62.0	64.2		
SD	24.1	24.5	23.8	24.2	22.7	25.3	27.3	25.6	23.6	24.1	23.4	24.5	23.9	24.1	23.4		
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
max	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
サンプル数	1078	1075	1069	1072	1089	1062	1053	1052	1077	1067	982	981	973	984	994		

	経済的波及効果					水環境					生態系						
	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用水	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園芸用水		
平均	56.2	51.4	56.1	61.5	68.4	61.0	58.0	63.6	64.7	69.9	59.8	58.4	64.3	61.8	70.6		
SD	25.1	26.2	24.6	25.0	23.5	24.7	25.4	24.5	24.9	22.8	25.9	26.2	25.0	26.2	23.4		
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
max	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
サンプル数	1007	1009	1008	1014	1033	1075	1075	1074	1076	1092	1062	1066	1060	1055	1079		

	安全性					イベント性					都市ヒートアイランドの緩和						
	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用水	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園芸用水		
平均	58.5	56.8	61.2	66.0	69.0	48.4	50.5	55.9	53.5	54.7	59.0	68.4	64.1	58.4	63.5		
SD	25.2	25.8	24.9	25.0	23.9	25.7	25.9	26.2	26.9	26.1	25.6	25.5	24.6	27.0	25.6		
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
max	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
サンプル数	1068	1072	1056	1070	1081	959	974	971	966	970	1048	1077	1045	1037	1061		

	技術的側面																
	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園	芸用水											
平均	59.8	56.3	59.3	64.5	66.3												
SD	24.6	25.7	24.8	24.4	24.0												
min	0	0	0	0	0												
max	100	100	100	100	100												
サンプル数	999	1001	997	1009	1019	959	1092										

	水源×用途																
	雨水					地下水					処理水						
	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用水	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園芸用水		
平均	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	63.0		
SD	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	27.6		
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
max	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	min	max
サンプル数	1091	1100	1076	1088	1103	1032	1044	1030	1040	1042	1088	1088	1058	1071	1085	1030	1103

	水源×用途：公費支払																
	雨水					地下水					処理水						
	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用水	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園芸用水		
平均	8558	6534	9044	17366	14704	7163	6152	7820	14214	11484	10897	8230	9809	16351	14159		
SD	19528	17387	20273	29364	26702	17332	16448	19047	26674	23564	22488	19992	21666	28708	26136		
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
max	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	min	max
サンプル数	917	923	903	934	937	876	879	870	883	885	924	916	896	921	916	870	937

	水源×用途：私費支払																
	雨水					地下水					処理水						
	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用水	災害用	農業・園	雑用水	散水	親水用	災害用	農業・園芸用水		
平均	3619	2989	3467	5838	5119	2953	2561	3006	4682	4200	4172	3198	4068	5934	5046		
SD	11864	11074	11835	16467	15178	10727	9988	11254	14850	14341	13198	11537	13596	16654	15511		
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
max	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	min	max
サンプル数	1030	1034	1019	1029	1026	979	980	979	977	985	1010	1005	1003	1011	1013	977	1034

D) 属性別のサンプルについてのAHPによる解析結果

基本属性（性別、年齢別、エリア別、都市規模別）と有効回答数

性別、年齢別、エリア別、都市規模別の4種類の属性を基本属性とする。全有効回答数1256件のうち、基本属性のサンプル数は、6.3のGT表に示した通りである。しかしながら、各設問での回答が条件を満たさずに無回答となることも少なくなく、設問全体の有効回答数は、一対比較の設問では平均1060件（1007～1123件）、絶対評価の設問では各設問の項目ごとの有効回答数の幅の最小値、最大値の平均値がそれぞれ、980件、1079件であった（表3-32）。

表3-32　一対比較、絶対評価の設問の有効回答数

設問形式	項目	有効回答数		
一対比較	水源相互(Q12)3項目	1051		
	用途相互(Q13)5項目	1007		
	評価基準第1段階(Q14)5項目	1057		
	評価基準第2段階(Q15)2, 2, 2, 3, 1項目	1123		
	平均	1060		
絶対評価	評価基準(1)&水源	1030	～	1142
	評価基準(2)&水源	960	～	1127
	評価基準(1)&用途	1033	～	1121
	評価基準(2)&用途	959	～	1092
	水源×用途	1030	～	1103
	水源×用途:公費支払	870	～	937
	水源×用途:私費支払	977	～	1034
	平均	980	～	1079

基本属性で区分した母集団についての重みづけベクトルの算定と有意差検定

基本属性で区分した次の合計18母集団について、重みづけベクトルを算定した結果の概要を述べる。

性別：男性と女性（母集団数：2）

性別では、水源については、女性の方が地下構造物浸出水、下水処理再生水の評価の絶対値が大きかった。

用途については、女性の方が各用途の絶対値が大きく、相対評価（一対比較）、絶対評価（絶対値による点数付け）とも災害用水の評価値が大きかった。

水源と用途の組み合わせでは、女性の絶対評価の点数が全ての組み合わせで大きく、公的支払意志額が女性の方が大きかったのは、雨水では農業・園芸用水、地下構造物浸出水では全ての用途、下水処理再生水では雑用水、散水、災害用水、農業・園芸用水の4用途であった。私的支払意志額は、すべての組み合わせで女性の方が小さかった。

農業・園芸用水の重要度が大きかったのに対して、支払意志額（公的、私的）では、災害費用の支払意志額が公的、私的とも最大であった。

年齢別：年齢区分6区分（母集団数：6）

年齢別では、20代と30代を比較すると、直接の一対比較の結果では、30代の水源の雨水、用途の農業・園芸用水の値が大きかった。

第1段階の評価基準は、20代と30代では、30代は、社会、技術が増加し、自然、生活が減少した。30代と40代では、40代は、社会が減少し、自然、生活が増加した。40代と50代では、50代は、

社会が増加し、経済が減少した。

各水源、用途の評価は、30代は20代に比べて、雨水が増加、地下構造物浸出水が減少し、親水用水、農園が増加した。40代は30代に比べて、雨水、地下構造物浸出水が増加し、親水用水以外の各用途が増加した。50代は40代に比べて、各水源が増加し、用途では農業・園芸用水が増加した。60代は50代に比べて、雨水、地下構造物浸出水が増加し、各用途には大きな変化は見られなかった。70代は60代に比べて、下水処理再生水が減少し、農業・園芸用水が増加した。

水源と用途の組み合わせの設問で、年齢区分別に最も大きな点数を付けた年代は、絶対評価および公的・私的支払意志額について、表3-33～35に示すとおりである。

水源と用途の組み合わせの評価は、各年齢区分でほぼ同様であった。

公的、私的な支払意志額は、30代は20代に比べて、一部（私的費用の雨水（雑用水、散水）、地下構造物浸出水（親水用水）、下水処理再生水（親水用水））を除いて減少した。40代は30代に比べて、公的、私的支払意志額とも、雨水（災害用水）を除いてさらに減少した。50代は、雨水（災害用水）、地下構造物浸出水（親水用水）を除いて増加した。60代は、公的支払意志額は地下構造物浸出水（雑用水、散水）を除いて減少したのに対して、私的支払意志額は全体的に増加した。70代は、公的、私的支払意志額とも増加した。

表3-33　水源と用途の組み合わせの絶対評価で最大の点数をつけた年齢区分

	雨水					地下構造物浸出水					下水処理再生水				
	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水
20代															
30代															
40代	○	○					○		○					○	
50代			○	○	○	○				○	○	○			
60代								○					○		
70代															○

表3-34　水源と用途の組み合わせの公的支払意志額について最大金額をつけた年齢区分

	雨水					地下構造物浸出水					下水処理再生水				
	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水
20代						○			○			○	○	○	
30代															
40代				○											
50代					○						○				○
60代															
70代	○	○	○				○	○		○					

表3-35　水源と用途の組み合わせの私的支払意志額について最大金額をつけた年齢区分

	雨水					地下構造物浸出水					下水処理再生水				
	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水
20代															
30代															
40代															
50代															
60代															
70代	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

パネラーと母集団の収入状況の相違が気になるが、パネラーが調査対象地域の各年齢構成人口を代表していたと考えると、20代および50代以上の高年齢層の支払意志額が大きかったことは、20代の若年層と50代以上の高年齢層が、都市分散型水源の活用について積極的な意思を持っていると考えられる。これらの年齢区分層の支払意志額が大きかったことの理由としては、若年層は可処分所得が比較的多いこと、高年齢層は子育てが一段落し、経済的にある程度ゆとりがある世代であること等が考えられる。

地域別：地域区分6区分（母集団数：6）

地域別に、直接評価（一対比較）、絶対評価（第1, 2段階の評価基準）の3種類の方法で求めた水源の重みベクトルを、図3-15に示す。

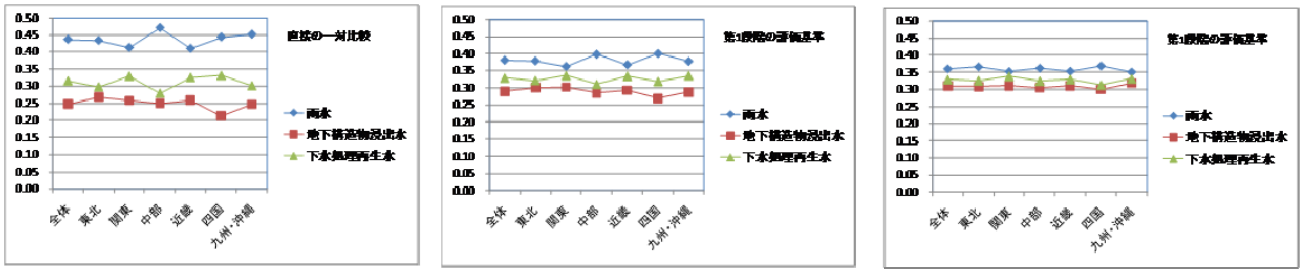


図3-15　地域別の3水源の重みベクトルの比較（直接の一対比較、第1, 2段階の評価基準）

地域別に水源の重みベクトルを比較した結果を図3-15に示す。直接の一対比較、第1段階、第2段階の評価基準の順で、代替案間の差が小さくなるという全体サンプルでも見られた傾向は、地域別に見た場合でも同様であった。人口集密地域が比較的多い関東、近畿では他の地域に比べて雨水の重みベクトルが小さく、下水処理再生水の重みベクトルが大きい、東北、四国では下水処理再生水の重みベクトルが大きく、地下構造物浸出水が小さい、九州・沖縄では雨水が大きいというような定性的な特徴があった。関東、近畿で下水処理再生水の重みベクトルが大きかったことの理由として可能性があるのは、大都市等で既に下水処理再生水の活用が行われていることや、下水処理水の水量の多さに期待しているというようなことが考えられた。東北、四国で雨水と下水処理再生水の重みベクトルが大きかった理由としては、地下構造物浸出水があるような地下構造物が少ない、下水処理再生水の活用がすでに行われている例が地域にある等が考えられる。

E）一般市民を対象とするインターネット調査と都府県・市町村の職員等を対象とするアンケート調査の解析結果の比較検討

都府県・市町村の職員を主な対象として、都市分散型水資源に関する現状をテーマにアンケート調査を行った。その際に、共通アンケートも同封し、回答を依頼した。回答は、必ずしも担当者ではなくても当該部署に勤務し、水資源関連の業務を行っている方と想定した。

一般の方を対象としたアンケート調査と同様の解析を行い、比較した結果を以下に述べる。

3水源、5用途の相対評価（一対比較）では、実務者の方が、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。

評価項目の特徴として、「実務者は」、技術の評価が小さく、他の4項目の評価が大きかった。第2段階の評価項目では、社会の安定性の評価が大きく、経済では事業期間および事業費用の評

価が大きかった。

第1段階、第2段階の評価項目と代替案（水源および用途）の組み合わせによって、各代替案を算定した結果を見ると、「実務者」は「一般」に比べて、全体的に評価の点数が小さかった。「実務者」の相対的な順番は、水源は、雨水、下水処理再生水、地下構造物浸出水の順で「一般」と変わらず、用途は、第1段階の評価基準を用いた場合には、親水用水がに対する重要性の認識が「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」と同様であり、第1段階の評価基準を用いた場合の結果については、さらなる検討が必要である。

水源と用途の組み合わせの評価については、「実務者」の点数付けによる評価で「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。「実務者」の支払意志額が「一般」の支払意志額よりも大きかったのは、公的費用では雨水と散水、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あった。私的費用は、雨水と散水の組み合わせが「一般」よりも大きかった他は、「実務者」の私的支払意志額は「一般」よりも小さかった。全体的に「実務者」の沿払い意志額は、公的費用では、農業・園芸用水が小さかったという傾向があり、私的費用では雑用水はある程度の金額があり、各水源で最大で、親水用水、災害用水が小さかった。

以上の比較検討の結果について、母平均の差の検定を行った結果を表3-36～39に示す。

表3-36　一般と実務者の差の検定：第2段階の評価基準

	社会		経済		自然環境		生活			技術	サンプル数n
	安定性	災害に関する側面	事業費用および期間	経済的波及効果	水環境	生態系	安全性	イベント性	都市ヒートアイランドの緩和	技術	
実務者平均値	0.0960	0.0922	0.0928	0.0806	0.1309	0.1505	0.1133	0.0307	0.0727	0.1402	96
SD	0.1121	0.0618	0.0619	0.0698	0.0846	0.1257	0.0915	0.0259	0.0614	0.1235	
一般平均値	0.0923	0.0764	0.0652	0.0881	0.1101	0.1574	0.1272	0.0326	0.0859	0.1636	1,007
SD	0.1121	0.0618	0.0619	0.0698	0.0846	0.1257	0.0915	0.0259	0.0614	0.1235	
T値	0.3016	2.3995	4.1665	-1.0010	2.3010	-0.5167	-1.4249	-0.6704	-1.9989	-1.7709	
f値	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	

濃い網掛けは有意水準1%で有意、薄い網掛けは有意水準5%で有意。$t_{0.01}(120)=2.358$, $t_{0.05}(120)=1.658$

表3-37　一般と実務者の差の検定：水源と用途の絶対評価

項目		雨水					地下水					処理水					最小サンプル数
		雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	
実務者	平均値	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	49.0	82
	SD	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	25.9	
一般	平均値	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	63.0	1030
	SD	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	27.6	
T値		-1.867	-1.480	-2.813	-3.155	-3.995	-2.251	-1.336	-2.876	-3.857	-4.514	-2.497	-2.576	-2.836	-4.371	-4.691	
f値		92.56	92.19	92.31	91.86	93.28	95.78	95.68	95.36	94.79	95.26	92.28	96.20	95.17	94.60	96.23	

$t_{0.01}(120)=2.358$, $t_{0.05}(120)=1.658$, $t_{0.01}(80)=2.374$, $t_{0.05}(80)=1.664$

表3-38　一般と実務者の差の検定：水源と用途の組み合わせについての公的支払意志額

項目		雨水					地下水					処理水					最小サンプル数
		雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	
実務者	平均値	8,403	7,270	11,113	21,574	12,540	4,172	4,534	8,667	12,228	7,431	9,492	8,063	11,806	17,661	9,587	57
	SD	17,853	16,962	25,834	33,770	22,570	9,349	11,082	22,828	26,020	14,902	18,370	17,781	25,655	29,246	18,362	
一般	平均値	8,558	6,534	9,044	17,366	14,704	7,163	6,152	7,820	14,214	11,484	10,897	8,230	9,809	16,351	14,159	870
	SD	19,528	17,387	20,273	29,364	26,702	17,332	16,448	19,047	26,674	23,564	22,488	19,992	21,666	28,708	26,136	
T値		-0.063	0.317	0.593	0.918	-0.693	-2.182	-1.030	0.274	-0.557	-1.903	-0.551	-0.068	0.574	0.328	-1.766	
f値		65.10	63.96	60.60	61.68	66.71	83.78	73.23	61.22	63.96	75.72	67.49	65.63	61.35	63.28	71.77	

$t_{0.01}(60)=2.390$, $t_{0.05}(60)=1.671$, $t_{0.01}(80)=2.374$, $t_{0.05}(80)=1.664$

表3-39　一般と実務者の差の検定：水源と用途の組み合わせについての私的支払意志額

項目		雨水					地下水					処理水					最小サンプル数
		雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	雑用水	散水	親水用水	災害用水	農業・園芸用水	
実務者	平均値	4,044	2,943	1,304	2,507	2,377	2,455	1,682	1,106	1,864	1,333	2,914	1,743	1,171	2,214	1,686	66
	SD	8,727	8,546	2,493	3,252	3,396	6,661	6,414	2,425	3,073	2,830	6,593	6,289	2,395	3,257	2,947	
一般	平均値	3,619	2,989	3,467	5,838	5,119	2,953	2,561	3,006	4,682	4,200	4,172	3,198	4,068	5,934	5,046	977
	SD	11,864	11,074	11,835	16,467	15,178	10,727	9,988	11,254	14,850	14,341	13,198	11,537	13,596	16,654	15,511	
T値		0.347	-0.039	-4.162	-4.723	-4.012	-0.522	-0.962	-3.810	-4.353	-4.669	-1.282	-1.581	-5.176	-5.235	-5.132	
f値		70.3	68.9	301.2	340.3	268.8	76.5	75.1	288.5	311.5	340.7	88.9	83.2	421.0	346.7	366.1	

$t_{0.01}(40)=2.423$, $t_{0.05}(40)=1.684$, $t_{0.01}(80)=2.374$, $t_{0.05}(80)=1.664$, $t_{0.01}(\infty)=2.326$, $t_{0.05}(\infty)=1.645$

有意差についての検定の結果、次のようなことが分かった。

評価基準について、「実務者」は「一般」よりも、災害に関する側面（社会）、事業費用および事業期間（経済）を有意水準1%で重要視し、水環境（自然環境）を有意水準5%で重要視し、反対に、都市ヒートアイランドの緩和（生活）、技術的側面を有意水準5%で重要視していないと判定された。

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「実務者」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ために、回答結果の比較がどの程度の意味があるのかを判断するのが難しいが、単純に有意差についての検定結果を見ると、親水用水、災害用水、農業・園芸用水の評価は3種類の水源とも「実務者」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%、その他の組み合わせは有意水準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。これに対して、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たが、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。

公的支払意志額については、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。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、地下構造物浸出水と農業・園芸用水、下水処理再生水と農業・園芸用水で、いずれも「実務者」の支払意志額の方が小さかった。

私的支払意志額については、親水用水、災害用水、農業・園芸用水は3種類の水源との組み合わせがいずれも「実務者」の支払意志額の方が有意水準1%で小さかった。雑用水、散水は有意水準5%で差がなかった。親水用水、災害用水、農業・園芸用水について差があるという判定は、水源と用途の絶対比較の組み合わせと傾向が類似していた。

以上の「一般」と「実務者」の相違点をまとめると、次のようになる。

公的支払意志額については、「一般」と「実務者」で大きな差はないものの、地下構造物浸出水と雑用水、地下構造物浸出水と農業・園芸用水、下水処理再生水と農業・園芸用水の組み合わせでは、いずれも「実務者」の支払意志額の方が小さかった。これらの原因については、今後、データを詳細に精査して検討する必要がある。下水処理再生水と農業・園芸用水の組み合わせが、諸外国では割と事例が多く、日本でも一部の地域で進められている。これらの点について、説明資料に記載していたので、「一般」がこの点をプラスに評価した可能性もある。これに対して、日本全体ではあまり進められていないので「実務者」はあまり公的費用の支出先としての評価が小さかったのかもしれない。また、地下構造物浸出水については、該当する地域がかなり限定されている水源であるので、今回のように比較的広範囲を対象とした場合に、実際の地域条件を反映した回答を「実務者」が行った可能性がある。

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「実務者」

による重要度の評価が有意に小さく、私的支払意志額も有意に小さかった。重要度は私的支払意志額に反映されるのかもしれない。また、これらの用途については、「一般」に比較して「実務者」は私的費用を負担して整備するものではないと考えている可能性がある。

一部の水源と用途の組み合わせで「実務者」の公的支払意志額が「一般」の公的支払意志額を有意に下回ったのは、水資源に関しては、国の政策に大きく左右されるところがあり、現実には、地方公共団体の実務者が独自な政策を展開することは困難な部分があることを反映している可能性もある。公的支払意志額の「実務者」と「一般」の差が比較的小さかったのは、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、各水源と用途の組み合わせごとの税金の必要負担金額をほぼ同様と考えていると言うこともできる。

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、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、整理した資料を整備する必要もあると考えられる。

参考文献

菅民郎（2004）アンケートデータの分析、現代数学社、376p.

福井正康（2000）社会システム分析のための統合化プログラム４　－基本統計－、福山平成大学経営情報研究, 5号, 89-100.（http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/pdf/analysis4.pdf, 2010年1月25日アクセス）

(3-3) 都市河川を対象とした住民の意識構造の解析

都市における水利用を考えるに当たっては、地域住民がどのように水を捉え、評価しているかを明らかにするための手法構築が重要となる。ここでは、都市における水辺のモデルケースとして、千葉県北西部の都市河川である、大堀川、大津川、坂川、真間川を取り上げ、これらの河川に対する住民の意識構造を、満足度および金銭評価という二軸から評価する手法の構築を行った。

(3-3-1) 研究の手法

住民意識の把握に際しては、オンラインアンケートを利用した。オンラインアンケートは、インターネットを通じて、回答者が調査票を閲覧し、回答する方法である。近年のパソコン、インターネットの普及に伴い、住民の意識を抽出する有効な手段と考えられるようになってきている。本法は、(a) 質問者の求めるサンプル数・サンプル構成での回答取得が可能であること、(b) 質問シーケンス（分岐質問など）のコントロールができること、といった利点を有していることから、近年、学術利用が進んできている。本課題では、以下の表3-40に示す３回のアンケートを実施した。

表3-40　実施アンケートの概要

	実施期間	回答数	対象者	アンケートの目的	主な適用分析手法
1	7/4-9 (2008)	300	対象河川より 1km住民	河川価値評価構造 の仮説構築	・評価グリッド ・クラスター分析 ・潜在クラス分析
2	11/21-25 (2008)	1,238	柏市，松戸市， 市川市住民	構築仮説の定量的 な評価	・クラスター分析 ・潜在クラス分析 ・パス解析 ・コンジョイント分析 (潜在ｾｸﾞﾒﾝﾄﾛｼﾞｯﾄﾓﾃﾞﾙ)
3	2/25-28 (2009)	800	柏市，松戸市， 市川市住民	データの信頼性評 価	・コンジョイント分析

(3-3-2) 河川価値評価構造の仮説構築（アンケートI）

第一のアンケートは、住民の河川評価構造仮説を立てるために実施した。川の認知構造解析にあたっては、環境心理学分野においてインタビュー手法としての利用が多く見られる、評価グリッド法を用いた。評価グリッド法においては、まず回答者に複数の評価対象を提示し、それらの優劣判断に基づいて、最終的な因果関係を示す階層的ネットワーク図を作成できる。アンケートに先だって、初期仮説として、「川の物理属性」が「川の特性」を形作り、それが「川の印象」をもたらし、河川評価へとつながる、という仮説をたてた上で、アンケートを実施した。図3-16にアンケート結果に基づいて作成した評価グリッド図を示す。本評価グリッド図には、初期仮説で示された項目間に十分大きいパスが示されており、初期仮説が有効であることが確認できた。さらに、本段階において、川への評価は、住民の居住場所に依らず、住民が川に対し、どのような意識を持っているのかによって決定されるのではないか、という第二の仮説がもたらされた。

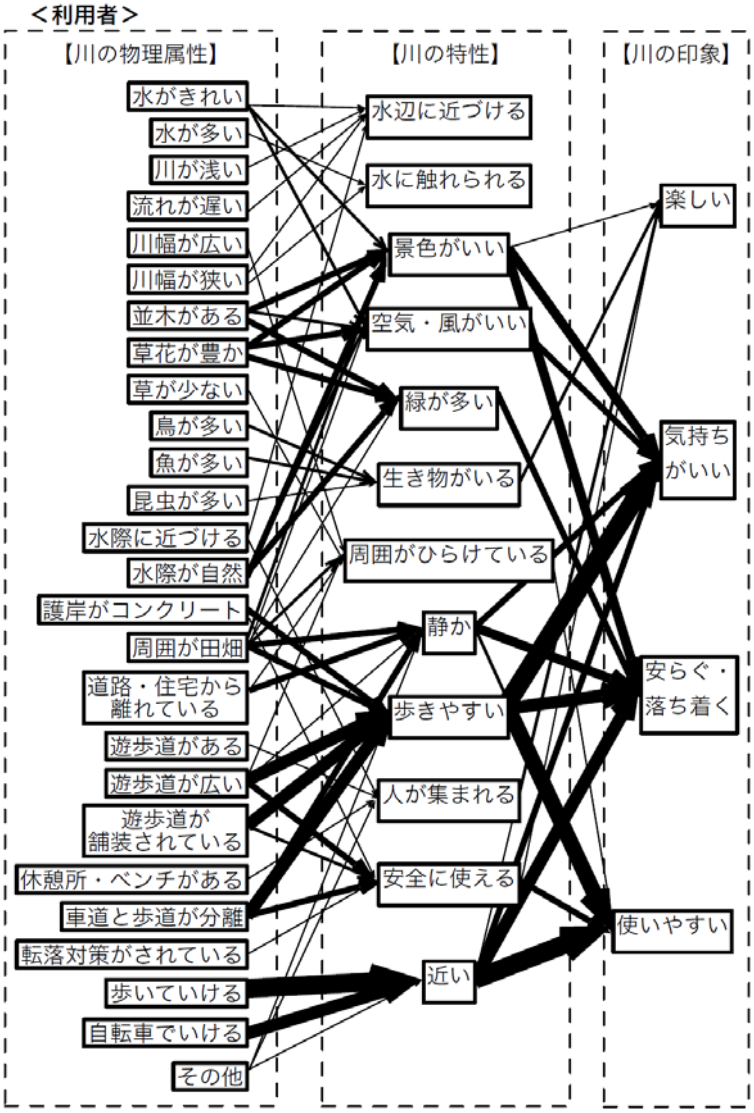


図3-16　水辺利用者における評価グリッド法に基づく意識構造

(3-3-3) 河川価値評価構造の定量化-満足度（アンケートII）

そこで、第二段階においては、価値評価構造を定量的に解析することを目的とし、規模を拡大の上、アンケートを実施した。まず、河川評価が住民の居住地域に依存するかどうかを確認するため、住民が利用している河川につき、「水質」「川幅」「護岸の形状」「遊歩道の有無」「交通量」「近隣の建て込み度合い」を変数としたクラスター分析を行った。その結果、(A1) 水路型、(A2) 三面張型、(A3)自然型、(A4)街中型、(A5) 幅広型、の5つのクラスターに大きく分かれた（図3-17）。この各グループにおける、住民の河川への満足度を比較すると、予想に沿うように、(A2) 三面張型に対する不満が多く、(A3) 自然型に対する満足が多い傾向はみられたものの、統計的には有意な差異が見られなかった。このことは、同じ川を見ていても、人によりその評価構造には大きな違いがある、ということを示唆している。

そこで、川の持つ物理的特徴で分類するのに代わって、人々が川に対してどのような意識を有しているかでグルーピングをし、グループごとの満足度の違いを評価した。グルーピングには、人々が川をどのように認知しているかの以下の質問回答を用いた:(1) 守るべき自然環境、(2) 楽しむ場所、(3) 快適な生活空間、(4) 洪水対策の水路、(5) 邪魔な存在、(6) きたないドブ川、

(7) 危険な場所、(8) 特になし。グルーピングに当たっては、潜在クラス分析を適用し、BIC (Bayesian Information Criterion) が最小となる、５つのグループを抽出した。各グループは、(G1) 快適型、(G2) 平均型、(G3) 肯定型、(G4) 否定型、(G5) 低意識型、と分類できた。

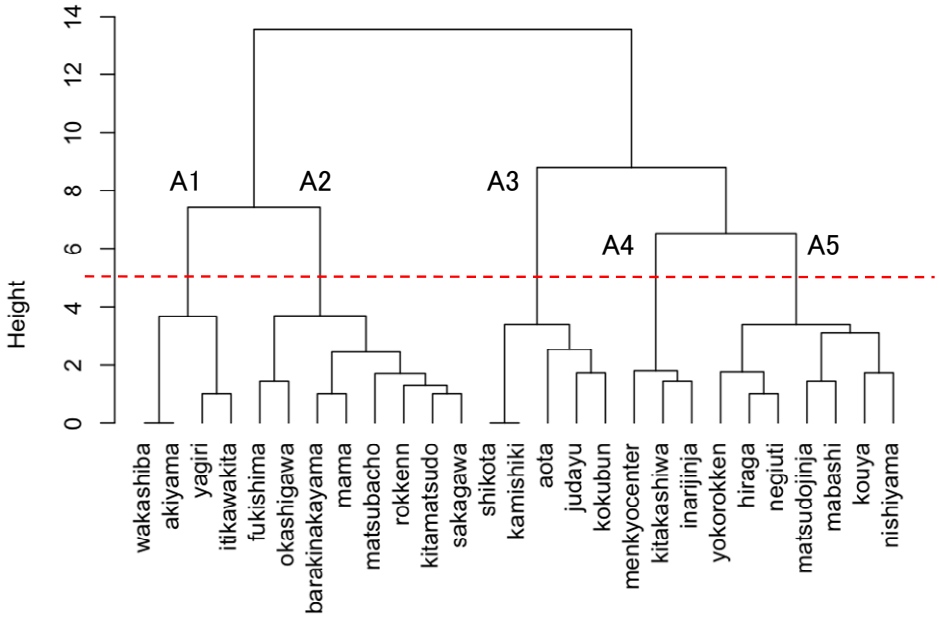


図3-17　クラスター解析による場所の分類

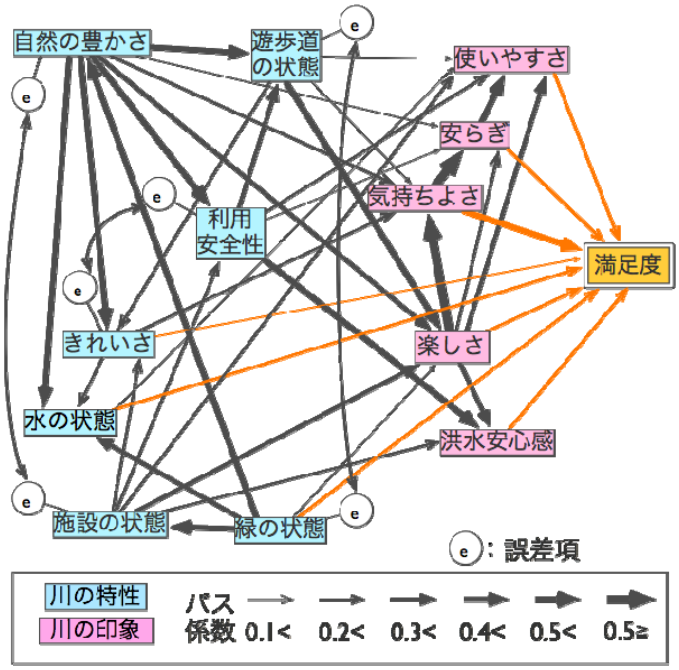


図3-18　全サンプルでのパス図の概要

さらに、満足度との関係性を把握するため、パス解析を適用した。グループごとに、図3-18にみられるパス図を作成し、その比較評価を行った。パス図のモデル構造は、χ^2 値、GFI(Goodness of Fit Index)、AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index)、RMR(Root Mean Square Residual)、RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)、NFI (Bentler-Bonett Normed

Fit Index)といった、モデルの適合度指標をもとに決定した。各グループ間で、モデル構造そのものが異なるのかどうかを検定するため、配置不変性の検証を行ったところ、高いモデル適合度（CFI=0.984, NFI=0.952, GFI=0.958, RMR=0.045、RMSEA=0.024）が得られ、全てのグループにおいて、モデル構造自体は共通であることが示された。

そこで、共通のモデル構造のもとで、グループごとに、パス係数の大小にどのような違いが見られるのかを比較した。図3-19に、満足度に対し影響を与える要因のパス係数の大小を示した。パス係数は、正であれば、矢印元の因子が増加すれば、矢印先の因子も増加し、値の大小は、その影響の大小を表している。図3-19では、各グループにおいて、パス係数は大きく異なり、項目によっては、正負の関係も異なっていることが見て取れる。

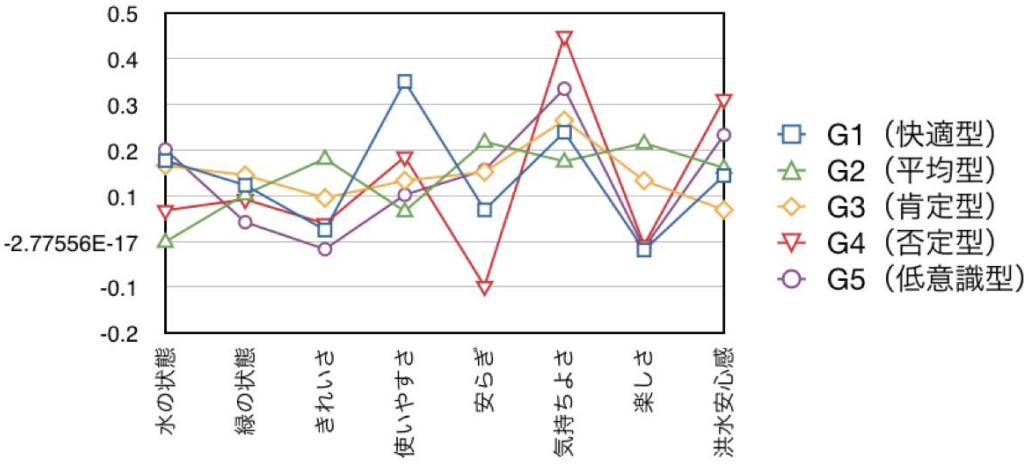


図3-19　川への意識グループ別満足度へのパス係数比較

(3-3-4) 河川価値評価構造の定量化-金銭（アンケートII）

満足度を指標とした、河川の認知構造評価に加えて、本課題では、金銭指標に基づく評価も行った。第二アンケートの後半では、コンジョイント分析に供する質問を用意し、人々が、様々な河川の属性に対して、どのような価値を有しているかを、金銭によって表すことを試みた。河川の効用を構成する属性としては、「水質」「ごみの有無」「護岸の形状」「洪水対策」を取り上げ、表3-41に示す属性レベルを設定した。

これらの属性水準の組み合わせより、有効なプロファイルの組み合わせを決定するために、SPSS Conjoint ™ の直交計画の作成(ORTHOPLAN) を用いて、24通りに絞った。これらを用いて、現状を示すプロファイルと、状況が変化した２つのプロファイルを組み合わせ、３つの選択肢を持つ、コンジョイント分析用の質問カードを12通り作成した。

コンジョイント分析においては、潜在セグメントロジットモデルを適用し、結果の解析を行った。ここでは、従来型の効用関数に、人グループごとの違いを記述したメンバーシップ関数を組み込むことにより、グループ分類と、属性評価を同時に行うことが可能となる。表3-42にコンジョイント分析の結果を示す。表に見られるように、Sm1～Sm3の３つのセグメントが抽出された。各セグメントの特徴は、メンバーシップ関数の係数の大小で読み解くことが出来る。係数はSm1を基準として、メンバーシップ関数に選んだ項目の大小が正負で表される。統計的に有意なもの

について、○×印で示した。

Sm2では、Sm1に比べ、洪水対策の意識が有意に高いことがわかる。Sm3は無関心の層であり、Sm1は他との相対的な比較評価から、アメニティや洪水対策への関心が比較的高い層と位置付けられる。よって、本３グループを、(Sm1)アメニティ機能型、(Sm2) 洪水重視型、(Sm3) 無関心型、と名付けた。

これら各グループでの、各属性に対する限界支払意志額（MWTP: Marginal Willingness to Pay）を見てみると、Sm3の無関心層においては、いずれの属性においても、MWTPが極めて低いことがわかる。一方、洪水対策としての重要性を認めているSm2においては、洪水対策に対するMWTPが、2,339円/人・年と最も高いのに加えて、護岸の形状や水質改善など他の属性にも高い評価がなされていることがわかる。

表3-41 コンジョイント分析における属性と水準

	属性		水準
親水	水質（BOD; mg/L）	・	5-10
		・	2-3
		・	1-2
	ごみを目にする頻度	・	8/10
		・	5/10
		・	2/10
		・	1/10
	護岸の形状	・	三面張
		・	自然型
		・	階段型
治水	洪水の確立年	・	1/10 年
		・	1/50 年
		・	1/100 年
費用	税金投入額（円/一人年間）	・	0
		・	1,000
		・	3,000
		・	5,000
		・	10,000
		・	20,000

表3-42 潜在セグメントロジットモデルによるパラメータ推定結果

	Sm1			Sm2			Sm3		
	係数	p値	MWTP	係数	p値	MWTP	係数	p値	MWTP
＜効用関数＞									
水質改善	-2.29	.000	3,135	-0.36	.038	2,427	0.01	.837	27
ごみ対策	-11.45	.013	1,568	-1.42	.000	962	-0.05	.880	18
洪水対策	0.53	.015	-728	-0.35	.000	2,339	-0.02	.463	89
税金	-0.73	.000	-	-0.15	.015	-	-0.26	.000	-
自然護岸	-0.26	.837	-36	2.67	.005	18,170	0.32	.078	122
階段護岸	0.71	.580	96	2.17	.006	14,748	0.21	.458	81
＜メンバシップ関数＞				Sm2			Sm3		
アメニティ空間意識				-0.051	.286		-0.354	.000	×
無用・無関心				-0.09	.072		0.282	.000	○
汚濁・危険意識				0.032	.470		0.023	.646	
洪水対策水路意識				0.215	.000	○	-0.143	.004	×
（定数）				0.235	.034		0.714	.000	
割合		42.9%			34.5%			22.5%	

しかし、本表に見られるように、Sm1では洪水対策に対するMWTPが負の値を示す（洪水対策をするほど不満になる）といった結果がみられており、コンジョイント分析における質問票提示に何らかの問題があったのではないかと推測された。

(3-3-5) アンケートにおける文言の影響評価（アンケートIII）

二回目のアンケートの、コンジョイント分析選択セットにおける、洪水に対する記述は、洪水確率年での表記とした。具体的には「洪水への対応」の項目として、「100年に１度」といった記述を用いた。本来この意図するところは、「100年に１度の豪雨にも対応する洪水対策を行う」ということであるが、住民によっては、これを「100年に１度しか洪水対策を行なわない」と捉えたのではないか、と推測された。

そこで、三回目のアンケートにおいては、「洪水への対応」の項目を、二回目のアンケートと同じとするグループ（A）と、「現状より洪水に強い」といった補完的説明を加えたグループ（B）の２つ設け、それぞれにおける、洪水レベル変化に伴う、モデルパラメータの変化を解析した。

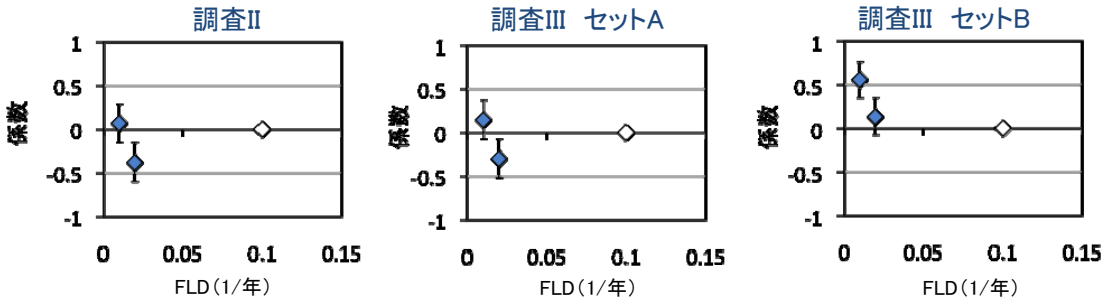


図3-20　質問票の洪水対策における文言のもたらす影響

◇（白抜き）：現状

図3-20に調査結果を示す。上述したとおり、アンケート二回目においては、洪水対策をしても、現状（◇白抜き）に比べ効用が増加しない。このことは、三回目のアンケートのグループAの場合にも、再見される。一方、洪水対策に対する説明文を付記した、グループBにおいては、現状に比べ、洪水対策を行えば効用が増加する（係数が正の方に増加する）ことが見て取れる。このことより、洪水確率年といった、難解ではないが、ある程度の専門性を有する用語が、誤ったMWTPを導く可能性があり、よりわかりやすい説明文の付記が有効であることが明らかとなった。

(3-3-6)　まとめ

従来、住民の効用把握を行う場合には、全ての住民を一括りとして扱い、その平均値としての価値評価を得ていた。しかし、本研究に見られるように、潜在クラス分析や潜在ロジットモデルを用いたコンジョイント分析を行うことにより、住民をグループ化し、個別に見ていくことで、平均値に埋もれていた評価構造を読み解くことが可能となる。また、洪水の確率年、といった、難解ではないが誤解を招きやすい表現があることも、解析に基づき明らかとなり、アンケートにおける文言の工夫といった形での対応が有効であることが示された。

8．研究成果の刊行に関する一覧表

刊行書籍又は雑誌名（雑誌のときは雑誌名、巻号数、論文名）	刊行年月日	刊行書店名	執筆者氏名
用水と廃水，52(2)，東京都千代田区における震災時の水需給の推定と地下水利用の可能性	2010年2月		村上道夫，平岡絵里，黒田啓介,小熊久美子，滝沢智
日本水文科学会誌，38(2)，東京都区部における地下水中の溶存鉄濃度および酸化還元電位の分布特性	2008年11月		黒田啓介,福士哲雄，小熊久美子，滝沢智
科学，79(12)，都市域の地下水保全と利用についての新しい展開	2009年12月		村上道夫，黒田啓介，滝沢智
環境工学研究論文集，49，コンジョイント分析による都市河川に対する住民の金銭価値及び支払手段の評価	2009年11月		大塚佳臣，栗栖(長谷川)聖，中谷隼，花木啓祐
環境システム研究論文集，37，河川の物理属性及び住民の認知に基づくセグメント化による都市河川の価値評価構造解析	2009年10月		大塚佳臣，栗栖(長谷川)聖，花木啓祐
土木学会論文集G，65 (3)，都市河川のアメニティ価値と住民の環境意識を基にした排水処理マネジメント	2009年9月		大塚佳臣，栗栖(長谷川)聖，花木啓祐
土木学会論文集G，66 (1)，Practical identification method for vegetation in urban region using two spectral edge in high resolution satellite imagery	2010年3月		Jinyoung KIM, Hiroaki FURUMAI and Toshiya ARAMAKI
第37回環境システム研究論文発表会講演集，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	2009年10月		都筑良明，荒巻俊也

階層分析法（AHP）の適用可能性			

9．研究成果による知的財産権の出願・取得状況

知的財産権の内容	知的財産権の種類、番号	出願年月日	取得年月日	権利者名

10．成果の実用化の見通し

本研究により開発された都市植生域の精緻な把握方法や、住民の意識構造の解析手法、AHPの都市分散型水資源の活用へのAHP等の適用方法などは、実用的に利用可能であることは示されたが、一方課題も示されており、さらなる検討や研究の蓄積が必要である。学会誌などでその結果の公表を行い、更なる検討を続けることにより、それらの課題を改善していくことが求められる。

11．その他

なし