

2 水循環健全化施策・活動の効果の算定、経済的評価手法の提示

2.1 概要

近年、都市における水路（以下、「都市水路」）の持つうるおい・安らぎをもたらす機能、災害時のライフラインとしての防災機能、ヒートアイランド現象緩和機能、地域コミュニティの再生への寄与など多目的な機能が着目されている。そこで、下水再生水や地下鉄への浸出水、雨水貯留水など都市特有の水源を活用して、こうした多面的な機能を有する都市の水循環健全化施策の実施が求められている。国土交通省は、都市水路検討会の提言（平成17年2月）¹⁾を踏まえ、都市水路計画策定モデル地域の公募を実施しており、今後こうした都市の水循環健全化へのニーズは増大していくと考えられる。

下水処理水を活用した都市水路は人工の「せせらぎ水路」として、東京都落合水再生センターにおける親水せせらぎ水路などの事例が知られている²⁾。このように修景、親水用水として再利用される下水処理水量は年々増加している³⁾。そこで国土交通省は、健全な水循環と資源循環を創出する「循環のみち」づくりを進めるべきだとの考え方を、平成17年に「下水道ビジョン2100」⁴⁾において示した。また平成17年に、再生水利用における衛生的安全性確保、美観・快適性確保、施設機能障害防止の観点から「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル」を公表した^{5)~7)}。

このような都市水路を公共事業として整備する際には、費用便益分析の実施により事業の効率性を経済評価することが求められる。下水処理水を活用した都市水路の整備については、身近な生物やほたるなど希少な生物の生息の場の形成（愛知県⁸⁾、神奈川県⁹⁾、多度津町¹⁰⁾、岐阜県¹¹⁾、東大阪市¹²⁾、明石市¹³⁾等）、水との触れ合いの場の形成（東京都²⁾、下関市¹⁴⁾、芦屋市¹⁵⁾等）、良好な景観の形成（名護市¹⁶⁾、山形市¹⁷⁾等）、水辺を介した環境保全活動や自然観察活動など住民の交流機会の場の形成（埼玉県¹⁸⁾、多度津町¹⁹⁾等）、災害時の防火用水の確保（神戸市²⁰⁾）などの様々な属性にわたる効果が報告されている。しかし、こうした都市水路の多面的な効果を経済評価した事例は少ないのが現状である。

そこで本章では、水循環健全化施策の一つとして、都市水路の整備による、利用者にとってのうるおい・安らぎの増加、災害時の防災機能等の効果を科学的な知見に基づき経済的に評価する手法を構築することを目的とした。

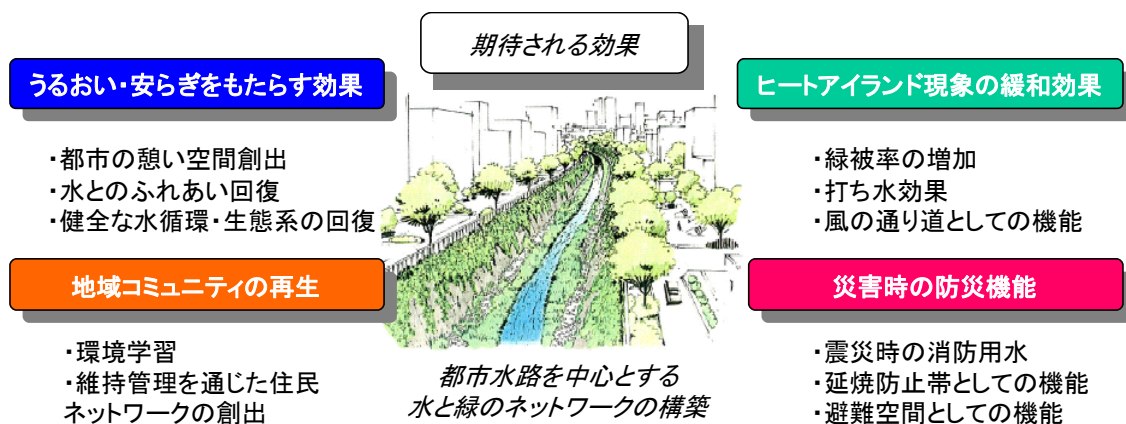


図 2-1 都市水路による効果

2. 2 コンジョイント分析を用いた下水処理水による都市水路の多面的な便益の評価

2. 2. 1 目的

下水処理水を活用した都市水路の効果を便益として定量的に評価した研究には、親水公園、修景水路、ビオトープなどを対象に仮想評価法（CVM）を用いて評価したものがある^{21)~25)}。CVMは施設全体の便益を評価するうえで有効であるが、都市水路には既述したように様々な属性の便益が考えられ、住民の多様なニーズを把握するためには、これら属性毎の便益を評価することが重要となる。

近年、計量心理学や市場調査の分野で発展し、1990年代頃から環境経済学の分野への適用が行われるようになったコンジョイント分析²⁶⁾を、河川²⁷⁾、公園²⁸⁾、ビオトープ²⁹⁾などの多属性の便益を有する環境施設の評価に適用する事例が見られるようになった。そこで下水処理水を用いた都市水路の多面的な便益の評価へのコンジョイント分析の適用が想定されるが、下水処理水を活用する上で重要となる、水に触れることができる程度の水質を確保することの便益（親水性の確保）や、水辺を介した住民の交流機会の確保など社会的な効果も含めた都市水路の多面的効果を評価したものは既存研究には見られない。都市水路の評価へのコンジョイント分析の適用にあたっては、コンジョイント分析での評価項目（属性）数に限界がある²⁶⁾ので、多くの項目の中から重要な属性をどのように選ぶかが課題となる。

そこで、下水処理水を高度に処理した再生水を用い、親水公園の整備やほたるを育てる地域活動の実施等、人と水との接点としての自然的な水辺環境の再生に取り組んでいる香川県多度津町を対象に、都市水路の整備による多面的な便益の中から重要な評価項目を選定し、コンジョイント分析を用いて評価した。

香川県多度津町では、水環境を取り戻し、さらには水不足を解消して潤いのある町を形成しようと、平成12年に「多度津町再生水利用計画」³⁰⁾を策定した。具体的には、1市3町（善通寺市、多度津町、琴平町、まんのう町（旧満濃町、仲南町））の下水を処理している香川県中讃流域下水道金倉川浄化センターの処理水を多度津町の水環境処理施設で再利用のための処理を行った上で、農業用水、河川浄化用水、修景用水等に再利用するものである。このうち、「八幡の森ほたるの里」（以下「ほたるの里」）では、水環境処理施設から送水された再生水を施設内で脱塩素のうえで紫外線消毒を行い、ほたるの棲む水辺を形成したものである。ほたるの里の写真、諸元を写真2-1、表2-1に示す。

ほたるが順調に成長するよう周辺環境の整備に取り組む市民団体「たどつほたるの会」により水路の手入れ、草刈り、カワニナ取り、総会（勉強会）等が行われ、平成17年5月21日には1,570人が参加したほたるの鑑賞会が行われた¹⁹⁾。

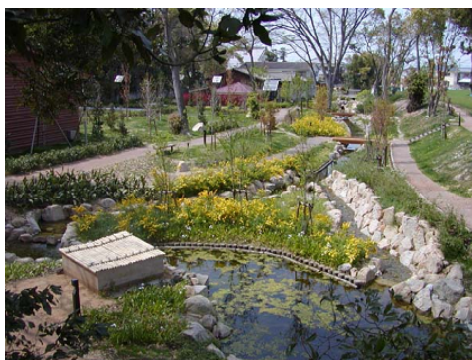


写真 2-1 「八幡の森ほたるの里」（提供：多度津町）

表 2-1 多度津町「八幡の森ほたるの里」の諸元³⁰⁾

諸元	数値	
整備面積	約 4,300m ²	
水路延長	120m	
水路幅	1.2～3m	
水路水深	0.15～0.3m	
計画水量	20m ³ /日（施設内で循環使用）	
水処理方法	水環境処理施設 ほたるの里循環施設	二次処理水→凝集ろ過→活性炭吸着処理→塩素消毒 脱塩素→凝集ろ過→紫外線消毒

2. 2. 2 方法

① 評価対象の選定

本研究では、下水処理水を活用した都市水路の多面的な効果の評価対象として、下水処理水を活用した親水空間が整備され、水辺を介した住民の交流活動が実際に行われている香川県多度津町の八幡の森ほたるの里を選定した。

② 評価項目（属性）の選定

ほたるの里には多面的な効果（属性）が想定されるが、コンジョイント分析で評価可能な属性数には限界があるので、重要な属性を選ぶ必要がある²⁶⁾。公園においてコンジョイント分析を適用した既往研究では、緑・生き物の多さ(自然性)、防災性、子供の遊び適性が有意な属性として挙げられている²⁸⁾。またビオトープにおける既往研究では、自然草地、水辺、生物多様性、自然体験が有意な属性として挙げられている²⁹⁾。ほたるの里は、防災施設や遊戯施設は置かれておらず、ほたるの育成、水との触れ合い、良好な景観、水辺を介した地域交流に重点が置かれている³⁰⁾。以上のことを踏まえ、多度津町職員へのヒアリングを基に、コンジョイント分析による評価対象とする水辺空間の多面的な効果（属性）として、以下の4項目を抽出した（表 2-2）。

a) 生態系の保全（ほたるの生息）

ほたるの里では、凝集ろ過した下水処理水を生物に配慮して紫外線消毒を行っている。そして現在では、ほたるが5月上旬から6月上旬まで観賞できる四国内でも有数のスポットとなっている。そのため、生態系の保全を効果の一つとして選定した。

b) 親水性の確保（衛生安全性の確保）

ほたるの里では、水浴等の水遊びは想定されていないが、ほたるの幼虫の餌となるカワニナを育てたり、水辺を清掃する時などに水に触れることが想定されているため、紫外線による処理水の消毒が行われている。そこで、親水性の確保について、効果の一つとして選定した。

c) 景観の確保（緑と水の公園、池・植栽・遊歩道など良好な景観の形成）

ほたるの里では、親水空間を中心として、クチナシやツツジなどの植栽や遊歩道などが整備されており、水路も「たどつほたるの会」により清掃活動が行われているなど、良好な景観が形成されている。そこで、こうした景観の確保について、効果の一つとして選定した。

d) 交流機会の提供（ほたるの飼育、鑑賞会などの取組を通じた自然を学ぶ場の提供）

ほたるの里では、地域住民で組織された「たどつほたるの会」が、水路の周辺を清掃し、ほたるの幼虫の餌となるカワニナを捕獲してほたるの里に放つなどの活動を行っている。このような取組を通じて、地域において自然を学ぶ場を提供していると考えられる。そこで、こうした交流機会の提供について、効果の一つとして選定した。

表 2-2 「八幡の森ほたるの里」において想定される効果

属性案	水準案
生態系の保全	ほたるが生息している
親水性の確保（衛生安全性）	水に触れることができる
景観の確保	植栽の管理や水辺の清掃が行われる
交流機会の提供	自然を学ぶ学習会が開催される

③ 調査票の設計

a) 質問形式の選択

コンジョイント分析では、完全プロフィール評定型、ペアワイズ評定型、選択型実験などの質問形式が開発されている。このうち選択型実験は、回答者に対して複数のプロフィール（選択肢）を提示し、その中で最も望ましいプロフィールを選択してもらう形式であり、より現実性のある質問や質問時間を短くすることが可能である²⁶⁾。そこで、本研究では選択型実験を採用した。

b) シナリオの設定

本研究ではほたるの里の価値について、支払意思額による評価を行うこととした。支払シナリオは、既に整備されているほたるの里について、仮にほたるの里の管理が行われず現在の環境状態が維持されなくなった場合を想定し、望ましい環境状態に対する支払意思額を尋ねることとした。設定したシナリオは図 2-2のとおりである。

なお支払手段については、ほたるの里を管理するための基金によるものとした。

仮に、「八幡の森ほたるの里」の管理が行われず、ほたるのいない、水に触れることができない、雑草が生い茂っている状態を想像して下さい。そして、その管理に要する費用を、皆さんが毎月基金を出し合って均等に負担することになったとします。負担金額は、ほたるが生息できる水辺環境を維持するかどうか（生態系の保全）、水に触れることができるように消毒を行うかどうか（衛生安全性）、水辺の清掃や植栽の管理をしっかり行うかどうか（景観の確保）、地域の方々の交流の場となるように、自然を学ぶ学習会を開催できるか（交流機会の提供）により、決まります。

以下、生態系の保全、衛生安全性、景観の確保、交流機会の提供、負担額の5項目について、目標水準の異なる管理方策案を並べた3択の設問を4回示します。1~3の中であなたが、もっとも望ましいと思う管理方策案を一つずつ選んで番号に○をして下さい。

なお、各対策には基金の金額が記載されていますが、その対策を選択すると、その分だけあなたの世帯で自由に使えるお金が減ることに注意して下さい。

図 2-2 設定されたシナリオ

c) プロファイルの設計

プロファイルの設計とは、設定した属性と水準を組み合わせて選択肢を作成するとともに、複数のプロファイルを実際の設問として組み合わせることを言う。

本研究では、生態系の保全、親水性の確保（衛生安全性）、景観の確保、交流機会の提供及び支払意思額の5属性を設定した。

このうち最初の4属性については、それぞれの状態が「達成される」・「達成されない」の2水準とし、支払意思額については「1,000円」「3,000円/年・世帯」「5,000円/年・世帯」「10,000円/年・世帯」の4水準としてプロファイルを設定した。なお提示金額は、平成18年2月に多度津町職員に対して実施したプレテスト（回収数102通）に基づき設定した。

組合せに当たっては、直交配列法³¹⁾の考え方を適用し、16種類のプロファイルが作成された。

d) 選択セットの設計

一人の回答者に16個のプロファイル全てを提示し、もっとも望ましい一つを選んでもらうのは負担が大きい。そこで、Louviere et al.(2000)³²⁾を参考に、16個のプロファイルからなるプロファイル群を2つ用意し、各プロファイル群からそれぞれ、ランダムに1つずつプロファイルを取り出すことで、2個のプロファイルからなる選択セットを16個作成した。そして、各選択セットにゼロ回答（一切何も管理しない代わりに支払意思額ゼロ）となるプロファイルを加え、3つのプロファイルからなる選択セットを16個作成した。それらを、4つのグループに分け、4つの選択セットからなる4種類の調査票を作成した（図2-3）。被験者には、4つの選択セットについて、それぞれ3つのプロファイルの中からもっとも望ましいと思う1つを選択してもらうようにした。

e) 抵抗回答及び辞書式回答に関する設問

CVMにおいては、回答におけるバイアスを除去するために、抵抗回答や辞書式回答を無効として扱う場合がある。抵抗回答とは、回答者が支払手段に反対であったり、提示されているシナリオの詳細が不明であったりする等の理由によって、提示されたシナリオに対して十分に納得できずに、支払意思額をゼロとした回答であり、支払意思額を過小評価する原因となる。一方辞書式回答は、基金の金額に抛らずに常に基金の金額に対する支払意志があるという回答であり、支払意思額を過大評価する原因となる。

本研究では、CVMの考え方に則り、抵抗回答と辞書式回答を区別するための設問を設けた。

抵抗回答については、4つの選択セット全てを「ゼロ回答」とした人に対して、以下の①～⑤の選択肢からその理由を回答してもらい、③、④を回答した場合を抵抗回答として無効とした。

- ① いずれの質問についても負担する金額が高すぎる。
- ② 「八幡の森ほたるの里」を維持することに自分は価値を感じない。
- ③ 「八幡の森ほたるの里」を維持することは大切だが、より具体的な対策を示されないと判断できない。
- ④ 「八幡の森ほたるの里」を維持することは大切だが、基金を集めて管理を行っていくことには反対である。

⑤ その他

また、辞書式回答については、4つの選択セットいずれも「ゼロ回答」としなかった人に対して、「対策を行うことが基金の金額に関わらず好ましいかどうか」を尋ね、好ましいと回答した場合を辞書式回答として無効とした。

④ アンケート調査の実施

a) 標本抽出

解析に必要なサンプル数を1,000個程度とし、1世帯4つの選択セットに回答してもらうため、最低250世帯から回答を得ることとした。そこで、回収率を25%と想定して、1,000世帯を対象に郵送アンケート調査を行うこととした。

アンケート調査の対象地域については、ほたるの里の利用範囲を考慮し、ほたるの鑑賞会の実施など多度津町内での関心が高いと考えられることから、多度津町については、町内全域を対象とした。また、多度津町外（丸亀市、善通寺市）については、ほたるの観賞会について積極的な広報は行われておらず、散歩や休息など公園としての利用が主であると考えられるため、概ね徒歩圏内（2km）を調査対象とした。

対象範囲に属する町丁目について、それぞれの世帯数比で全体で1,000通となるように配分した結果、多度津町653通、丸亀市90通、善通寺市257通の標本抽出数とした。標本抽出は、各市町の選挙人名簿の閲覧によるものとした。

b) 調査票の配布・回収方法

平成18年9月22日に、抽出された対象者1,000世帯に対して調査票を郵送し、10月9日を投函〆切とする郵送による回収を行った。

⑤ 解析および評価

a) 属性ごとの支払意思額(MWTP)の推定方法²⁶⁾³³⁾

選択型実験では、ランダム効用モデルに基づいた分析を行う。ここでは、式(2-1)のような、回答者が選択肢*i*を選択したときの効用を U_i とするランダム効用モデルを想定する。

$$U_i = V_i + \varepsilon_i = \beta_i x_i + \varepsilon_i \quad (2-1)$$

ただし、 V_i は効用のうち観察可能な確定項、 ε_i は観察不可能な確率項、 x_i は選択肢*i*の属性ベクトル、 β_i は推定されるパラメータである。選択肢*j*の集合 $C = \{1, 2, \dots, J\}$ の中から回答者が選択肢*i*を選択する確率 P_i は、選択肢*i*を選択したときの効用 U_i が、その他の選択肢*j*($j \neq i$)を選択したときの効用 U_j よりも高くなる確率であるから、式(2-2)の通りとなる。

$$\begin{aligned} P_i &= \Pr(U_i > U_j \quad \forall j \in C, j \neq i) \\ &= \Pr(V_i - V_j > \varepsilon_j - \varepsilon_i \quad \forall j \in C, j \neq i) \end{aligned} \quad (2-2)$$

確率項 ε_i 、 ε_j がガンベル分布(第一種極値分布)に従うと仮定すると、確率 P_i は式(2-3)で表される条件付きロジットモデルにより得られる。

$$P_i = \frac{\exp(\lambda V_i)}{\sum_j \exp(\lambda V_j)} \quad (2-3)$$

ただし、 λ はスケールパラメータであり、通常は1に基準化される。最尤法により、全ての回答者*k*について、式(2-4)の対数尤度関数を最大化することで、確定項 V_{ki} のパラメータ β_i が推定される。

$$\ln L = \sum_k \sum_i \delta_{ki} \ln P_{ki} = \sum_k \sum_i \delta_{ki} \ln \left(\frac{\exp(\beta_i x_{ki})}{\sum_j \exp(\beta_j x_{kj})} \right) \quad (2-4)$$

ここで、 δ_{ki} は、回答者*k*が選択肢*i*を選択したときに1、それ以外ときは0となるダミー変数である。

確定項 V_{ki} のパラメータ β_i が推定されれば、そこから各属性の限界的な向上に対する支払意思額、すなわち限界支払意思額(Marginal Willingness To Pay : MWTP)が得られる。例えば、線形の確定項 V_{ki} を仮定した場合、属性 x_1 の1単位の向上に対するMWTPは、属性 x_1 のパラメータ β_1 と負担額 p のパラメータ β_p の比から求められる。

$$MWTP_{x_1} = \frac{dp}{dx_1} = \frac{dV/dx_1}{dV/dp} = -\frac{\beta_1}{\beta_p} \quad (2-5)$$

b) 地域全体の便益の推定方法

推定されたMWTPについて、アンケート対象範囲の全世帯数を乗じ、地域全体の年あたり便益を推定することとした。なお多度津町(8,918世帯：平成18年10月1日現在)³⁴⁾、丸亀市の抽出対象地域(1,207世帯：平成18年6月1日)³⁵⁾、善通寺市の抽出対象地域(3,463世帯)³⁶⁾の合計である13,588世帯である。

2. 2. 3 結果および考察

① アンケート調査の回収率

最終的な配布数は 998 通 であり、回収数は 302 通 であることから回収率は 30.3%であった。市町別で見ると、26.8%~31.5%と回収率に大きな差は見られなかった。

② MWTP の推定

c) 各属性のパラメータ推定結果

モデルに基づき推定された各属性のパラメータ β_i と t 値、有意確率 (p 値)、対数尤度、BIC (シュワルツのベイズ情報量基準) を表 2-3 に示す。

パラメータ推定値のうち「生態系の保全」、「景観の確保」については 1%水準で有意となった。また「親水性の確保」(衛生安全性)は 5%水準、「交流機会の提供」は 10%でそれぞれ有意となった。

またモデルのパラメータ β_i をもとに MWTP を算出した結果を表 2-4 に示す。各属性別に見ると、「生態系の保全」が最も高い評価額 (4,419 円/年・世帯) となった。次いで、「景観の確保」が高い評価額 (4,094 円/世帯・年) となった。そして、「親水性の確保」(衛生安全性) (1,375 円/世帯・年)、「交流機会の提供」(918 円/世帯・年) の順となった。

表 2-3 各属性のパラメータ β_i 推定結果

属性	パラメータ推定値	t 値	p 値
生態系の保全	1.10009	9.409	0.000 ***
親水性の確保 (衛生安全性)	0.34231	2.508	0.012 **
景観の確保	1.01905	8.854	0.000 ***
交流機会の提供	0.22857	1.911	0.056 *
基金の額 (1 円/世帯・年)	-0.000249	-11.592	0.000 ***
サンプル数 : 727、対数尤度 : -644、BIC : 661			

***:1%水準で有意、**:5%水準で有意、*:10%水準で有意

表 2-4 限界支払意思額 (MWTP) の推定結果

属性	MWTP
生態系の保全	4,419 円/世帯・年
親水性の確保 (衛生安全性)	1,375 円/世帯・年
景観の確保	4,094 円/世帯・年
交流機会の提供	918 円/世帯・年

「生態系の保全」が最も高かった理由は、ほたるの保全について、住民の関心が最も高かったためと考えられた。次いで「景観の確保」が高かった理由は、住民が目に見える美観を重視しているためと考えられた。一方、「親水性の確保」(衛生安全性)は前二者に比べると低か

ったが、水浴を前提としていないにも関わらず、一定の評価額が示されたということは、せせらぎ水路において親水性（衛生安全性）を確保することの重要性を示していると考えられた。このことは、CVMを用いた既往研究²⁴⁾において、親水水路が修景水路（親水性を前提としない）より支払意思額が高かったという知見とも合致するものである。また、「交流機会の提供」については一定の評価額が示されたということは、せせらぎ水路の整備による住民の交流機会の確保という社会的な波及効果が確かに存在することを示している。

また、生態系の保全や景観の確保が、親水性の確保（衛生安全性）や交流機会の提供よりMWTPが高かった理由として、前2者が実際にほたるの里を利用しない人でも満足感を感じる非利用価値²⁶⁾を含んでいることも想定された。

d) MWTPの推定結果の普遍性について

本研究において推定された評価額や各属性間の大小関係は、ほたるの里を対象とした結果であり、もし他の地域で調査を行えば、結果は異なると考えられる。

特に「親水性の確保」（衛生安全性）は、利用者が都市水路に対してどのような親水利用を望むかにより、その評価額は大きく異なると考えられる。検討対象としたほたるの里は、カワニナを育てたり、水辺の清掃の際に水に触れる程度の利用しか想定されていないが、より水に触れる機会の多い状態（例えば、子供の水遊びなど）を想定した場合には、親水性（衛生安全性）についてもより高い評価額になる可能性がある。したがって、親水性（衛生安全性）については、今後様々なケースを想定した評価が必要と考えられる。

また「交流機会の提供」についても、利用者がせせらぎ水路に対してどのような交流機会を望むかにより、その評価額は大きく異なると考えられる。検討対象としたほたるの里は、既に「たどつほたるの会」による鑑賞会など交流の場が形成されており、回答者はその実績を評価したのと考えられる。しかし、多度津町のように、都市水路を介した交流機会の提供が巧く進んでいる事例ばかりではないため、今後類似の事例についてケーススタディを重ねて行くことが求められる。

③ 回答者の属性（都市水路の訪問経験、ほたる観賞会への参加経験等）とMWTPの関係

限界支払意思額（MWTP）と回答者の属性（都市水路の認知の有無、都市水路の訪問経験、水路でのほたる観賞会への参加経験、下水処理水が利用されていることの認知度）を分析した。回答者のそれぞれの属性は、アンケートの設問のうち、「八幡の森ほたるの里を知っていた／知らなかった」、「一年間に訪問する回数」（「0回」を訪問経験無し、「1回」以上を訪問経験ありとした）、「昨年のほたる観賞会に実際に訪れたか」（「はい」を参加経験あり、「いいえ」を参加経験なしとした）、「八幡の森ほたるの里に、下水再生水を利用していたことを知っていたか」（「はい」を認知あり、「いいえ」を認知せずとした）から参照した。これらの回答者の属性ごとにアンケート回答結果を集計し、2.2.2 ⑤の方法に従い、効果に関する属性（生態系保全、親水性[衛生安全性]、景観の確保、交流機会の提供）に関するパラメータ β_i を推定した。そして、パラメータ β_i が有意水準 10%(p 値 < 0.10)で有意となった効果属性について、MWTPの推定を行った（図 2-4）。

親水性の確保（衛生安全性）への限界支払意思額（MWTP）は、都市水路を知らない人では有意な

値ではなかったが、都市水路を知っている人では有意な値となった。同様に、親水性の確保（衛生安全性）への MWTP は、下水再生水が利用されていることを知らない人では有意な値ではなかったが、下水再生水が利用されていることを知っている人では有意な値となった。したがって、対象地域では、都市水路を知っている人及び下水再生水が利用されていることを知っている人は、都市水路での親水性（衛生安全性）の確保の必要性を認知していることが示唆された。

ほたる等生態系保全への MWTP は、都市水路の訪問経験者が未経験者の 2 倍以上高かった。また生態系保全への MWTP は、都市水路でのほたるの観賞会の参加者が未参加者の 2 倍以上高かった。したがって、対象地域では、都市水路の訪問者及びほたるの観賞会の参加者は、都市水路でのほたる等生態系保全の必要性を認知していることが示唆された。また、ほたるの観賞会の参加者では、衛生安全性への MWTP も高い値となり、ほたるの観賞会の参加者は、生態系の保全と親水性（衛生安全性）確保の必要性を認知していることが示唆された。このことは、対象地域では、せせらぎ水路でのほたるの観賞会が、生態系の保全と下水再生水の衛生安全性確保の必要性の認識を深める環境学習の機会となっている可能性を示唆していた。

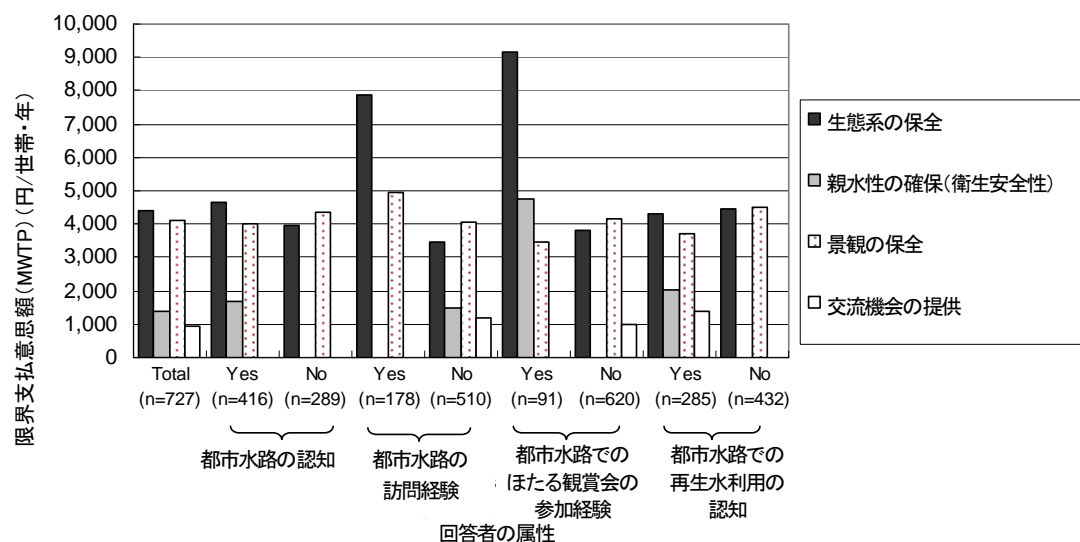


図 2-4 回答者の属性（都市水路の訪問経験、ほたる観賞会への参加経験等）と限界支払意思額（MWTP）の関係

④ 地域全体の便益の評価

MWTP に基づき、ほたるの里がもたらす MWTP を合計すると、10,806 円/世帯・年となった。すなわち、ほたるの里において、「生態系の保全」、「親水性の確保」（衛生安全性）、「景観の確保」、「交流機会の提供」の全てが満たされると、1 世帯年あたり 10,806 円の便益がもたらされるということが出来る。なお、公園においてコンジョイント分析を適用した既往研究²⁸⁾では、方法や評価項目が一部異なるものの、公園の便益として 9,081 円/世帯/年と本研究と概ね同程度の値が示されている。

地域全体の便益額の算定に当たっては、推定された WTP に調査対象範囲の世帯数（13,588 世帯）を乗じた金額を算出すると、便益額は約 1.5 億円/年（14,683 万円/年）となる。すなわち、ほたる

の里は、生態系の保全、親水性の確保（衛生安全性）、景観の確保、交流機会の提供という4つの観点で、年間約1.5億円の便益を周辺地域にもたらしうることが示唆された。

⑤ 下水処理水を用いた都市水路の評価にコンジョイント分析を適用する際の評価項目（属性）の選定手法に関する考察

下水処理水を用いた都市水路の評価へのコンジョイント分析の適用にあたっては、コンジョイント分析で評価可能な属性数には限界がある²⁶⁾ので、評価項目（属性）の選定が課題となる。本研究では、既往研究や多度津町職員へのヒアリング等を基に、評価対象とする属性を生態系の保全、親水性の確保、景観の確保、交流機会の提供の4つとした。その結果、選定した属性について有意なパラメータ推定結果を得ることができた。したがって、本研究で選定した4つの属性は、下水処理水を活用した都市水路の評価へコンジョイント分析を適用する上での重要な評価項目であることが示唆された。

今後下水処理水を用いた都市水路の評価へのコンジョイント分析の適用にあたっては、本研究で選定した4つの属性を基に、対象とする都市水路の実態を十分に把握して、他に重要な属性が無いかを検討し、最終的に評価対象とする属性を選定することが望まれる。

2. 3 都市水路の防災効果の評価

2. 3. 1 目的

都市水路の持つ多面的な効果のうち、防災効果については、地震時の消防水利機能²⁰⁾や生活用水機能、水害時の治水機能、積雪時の消融雪機能³⁷⁾などが期待されるが、どの機能がどの程度期待できるのかについて定量的な評価があまり行われておらず、こうした都市水路の防災効果を定量的に評価した上で、都市水路を防災性向上策として位置づけていくことが求められる。

そこで、都市水路が持ちうる災害時の防災機能の効果を定量的に評価する手法の構築を目的とし、文献調査等を踏まえ都市水路における防災効果の発現条件を把握し、評価手法を整理した。また、都市水路が整備されているモデル地域を設定し、モデル地域における防災効果の便益を試算した。

2. 3. 2 便益評価手法の整理

検討対象とする災害は、地震、風水害、雪害とし、都市水路が発揮する防災効果は、都市水路に流れる水を利用する水利用分野と、都市水路の整備により創出された空間を利用する空間利用分野の二つに区分した。災害時の防災機能として、水利用分野については、消防水利機能、生活用水機能が、空間利用分野については、下水機能、避難支援機能、輸送機能、治水機能、消融雪機能が想定される。想定される各防災機能について、その防災効果を発揮するための検討条件（整備項目、発現条件、効果の及ぶ時間的範囲、効果の及ぶ空間的範囲）を整理した。

① 検討対象の範囲

検討対象とする防災機能（表 2-5）は、消防水利機能、生活用水機能、治水機能、消融雪機能とした。下水機能、避難支援機能、輸送機能については、以下の理由により検討対象外とした。

下水機能は、被災時に既設の水洗トイレが利用できない場合に、仮設トイレとしての汚水受け入れ施設（マンホールトイレ）を整備することと想定されるが、災害時のトイレ利用の効果（衛生・健康面等）についての知見があまりないため、本研究では検討対象外とした。避難支援機能については、道路や公園等と同様に震災時の一時避難空間や避難路としての利用効果が期待できると想定されるが、安否の確認やけが人の手当てに要する時間が一意に設定できない等の課題があるため、本研究では検討対象外とした。輸送機能については、震災時の物資の輸送ルートとしての効果が期待できるが、避難支援機能同様に、本研究では検討対象外とした。

表 2-5 都市水路の防災機能の区分（網かけは便益評価の対象範囲）

利用区分	災害種別ごとの都市水路等の果たす機能					
	地震	摘要	風水害	摘要	雪害 [積雪]	摘要
都市水路等の水利用	消防水利機能	・震災時の上水道断水時を想定。 ・代替消防用水として利用を想定。	—	(風水害時の防災機能としての水利用は想定されない)	消融雪機能 (注)	・機械除雪・運搬排雪の代替機能を想定。 ・下水等を活用した消融雪設備(消融雪溝・槽)を想定。
	生活用水機能	・震災時の上水道断水時を想定。 ・代替生活用水(被災地の掃除洗濯用水、トイレ用水等)として利用を想定。			(注) 本機能は、水利用機能として分類したが、正確には、都市水路等の水の熱エネルギーを利用した機能。	
都市水路等の空間利用	下水機能	・震災時の下水道被害時を想定。 ・マンホール化、下水処理施設代替機能を想定。	—	(下水道被害が想定されない)	—	(下水道被害が想定されない)
	延焼遮断機能	・震災時の延焼火災時を想定。 ・延焼遮断帯および延焼遮断効果のある避難場所、避難路としての利用を想定。	治水機能	・雨水排水路※としての利用を想定。 ※「都市水路」の付加機能として	除排雪機能	・雪害[積雪]時の雪捨て場、雪堆積場等の利用を想定。
	輸送機能	・避難路、緊急輸送路としての利用を想定。	—	(風水害時の河川空間は危険が予想されるため空間利用は想定されない)	—	(雪害[積雪]時に避難路、緊急輸送路の利用は想定されない)

② 検討条件の整理

都市水路における、検討対象とする各防災機能について、災害時に防災効果を発揮するために必要となる整備項目や発現条件、効果の及ぶ時間的・空間的範囲を整理した。

a) 消防水利機能

消防水利機能は、震災時に都市水路の水を消防用水として利用することの効果とした。整備項目は、河床取水ピットの整備、低水路への堰板・堰柱の整備とした。整備項目の設計参考値³⁸⁾は、ピット水深0.5m以上、ピット一辺又はピット直径0.6m以上、流量1 m³/分以上の取水が可能な水量を有するものとする。この設計参考値については、消防機関による利用と住民によるバケツリレー等による初期消火を想定した場合で異なるが、消防機関による利用の場合を想定したものである。

発現条件は、地震による上水道断水時（消火栓使用不能時）または既存消防水利施設が不足する消火困難地域とした。

効果の及ぶ時間的範囲は、上水道の復旧までの期間または被災直後から2ヶ月半の期間（60日間）³⁹⁾とした。

効果の及ぶ空間的範囲は、整備した取水ピットから80～120mの範囲³⁸⁾とした。

b) 生活用水機能

生活用水機能は、震災時に都市水路の水をトイレや洗濯等の生活用水に用いることの効果とした。整備項目は、河床取水ピットの整備、低水路への堰板・堰柱の整備、都市水路の水面へのアプローチを可能とするための親水空間の整備、河道外地面と河床の高低差の解消のための緩斜面護岸の整備とする。これらはいずれも被災者が水路等から生活用水を取水できるように整備するものである。

発現条件は、地震による上水道断水時、井戸、湧水等の他の水源が周辺にない場合、給水車等の給水量が生活用水の需要量を下回る場合、上水道に有害物質が混入し、上水供給停止の場合とした。

効果の及ぶ時間的範囲は、消防水利機能と同様³⁹⁾とした。

効果の及ぶ空間的範囲は、取水した水を運搬できる範囲とし、水路からの距離が遠くても約300～500mまでの範囲⁴⁰⁾とした。

c) 治水機能

治水機能は、水害時に都市水路を雨水排水路として利用することの効果とした。本研究が対象とする都市水路のうち都市下水路は雨水排水機能を本来の機能として有すると想定される。

発現条件は、浸水シミュレーションによる浸水想定区域内の地域、過去に浸水実績がある地域（浸水シミュレーション未実施の場合）、雨水排水能力が十分でない場合とした。

効果の及ぶ時間的範囲及び空間的範囲は、浸水シミュレーションや過去の浸水実績により、浸水が想定される時間内及び区域内とした。

d) 消融雪機能

消融雪機能は、積雪時に都市水路を排雪先として利用することの効果とした。整備項目は、都市水路を利用した消融雪溝の整備とした。

発現条件は、積雪時、運搬排雪に関する労力・コストの負担が著しい地域の場合、雪捨て場等の不足する地域、遠隔地にしか雪捨て場が確保できない地域の場合とした。

効果の及ぶ時間的範囲は、積雪時とした。

効果の及ぶ空間的範囲は、都市水路を利用した消融雪溝の近接区域とした。

③ 各防災機能における便益算定手法の整理

消防水利機能については消防庁の「火災報告取扱要領」⁴¹⁾、生活用水機能については「水道事業の費用対効果分析マニュアル」⁴²⁾、治水機能及び消融雪機能については、「下水道事業における費用対効果分析マニュアル（案）」⁴³⁾を参考に、各防災機能について便益評価手法を整理した。

a) 消防水利機能

消防水利機能の便益は、都市水路での取水ピット等の整備がない場合と整備があった場合の被害額の差分を便益とみなし、式(2-6)により算出する。

延焼阻止により低減される被害額

$$= \text{延焼阻止されない場合の建物被害額} \\ - \text{延焼阻止される場合の建物被害額} \quad (2-6)$$

ここで、

延焼被害の建物被害額単価(3.3 m²当たりの単価)

$$= \text{再建築費単価(3.3 m}^2\text{当たりの単価)} \times \text{残存率} \times \text{補正係数} \quad (2-7)$$

再建築費単価とは、罹災時において、罹災した建物を新築するために要する3.3 m²当たりの費用であり、式(2-7)により算出した。

再建築費単価(3.3 m²当たりの単価)

$$= \text{建築時単価} \times (\text{罹災時の建築費指数} / \text{建築時の建築費指数}) \quad (2-8)$$

残存率とは、減価償却の方法により、経過年数に応じて原価を控除した残存価格又は損耗度による残存価格の割合⁴⁾である。

補正係数とは、建物の所在する都道府県毎に定められた建築費単価の補正係数⁴⁾である。

以上より、

延焼阻止により低減される被害額単価(3.3 m²当たりの単価)

$$= \{ (\text{延焼阻止されない場合の焼損面積} / 3.3 \text{ m}^2) - (\text{延焼阻止された場合の焼損面積} / 3.3 \text{ m}^2) \} \\ \times \text{延焼被害の建物被害額単価(3.3 m}^2\text{当たりの単価)} \quad (2-9)$$

式(2-6)に示す建物被害額は、一般的な火災損害額の算定方法である「火災報告取扱要領」⁴⁾に基づくものとするが、火災被害額の標準的算定手法としては、建物被害額だけでなく、動産、車両、立木等の被害額も含める。しかし、これは実際に被害があった物件の査定に基づく被害額算定手法であるため、本研究では、建物被害額のみを算定手法を延焼被害額の算定手法として用いることとした。

また、式(2-8)に示す建築時単価は、建築動態統計調査に基づく「建築統計年報」⁴⁾から建築単価が算定できるため、これを建築時単価の基礎データとした。

b) 生活用水機能

生活用水機能の便益は、取水ピット等の整備がない場合と整備があった場合の被害額の差分を便益と見なし、式(2-10)により算出した。

生活用水供給により低減される断水被害額

$$= \text{生活用水が供給されない場合の断水被害額} - \text{生活用水が供給される場合の被害額} \quad (2-10)$$

ここで、

$$\text{断水被害額} = \text{被害額原単位(円/人・日)} \times \text{区域内の被災人口} \times \text{被害日数} \quad (2-11)$$

生活用水の原単位は、1日1人あたり、炊事用水20L、洗濯用水50L、風呂用水100L、トイレ用水80Lとし、断水被害額原単位(円/人・日)は、炊事用水についてはペットボトルの水購

入費として算定(2,000 円)、洗濯用水については衣服クリーニング代として算定(2,000 円)、風呂用水については銭湯の入浴料及び交通費として算定(1,000 円)、トイレ用水については欧米での使用料及び手間として算定(2,000 円)することとした⁴²⁾。なお炊事用水としての利用は適切な処理を行えば技術的には可能であるが、本研究では検討対象外とした。そこで震災時の都市水路の水の利用により低減される断水被害額原単位は 5,000 円/人・日とした。

c) 治水機能

治水機能の便益は、雨水排水路としての整備がない場合と整備がある場合の被害額の差分を便益とみなし、式 (2-12) により算出した。

都市水路の整備により低減される浸水被害額

$$\text{= 都市水路の整備がない場合の浸水被害額} - \text{都市水路の整備をした場合の浸水被害額} \quad (2-11)$$

浸水被害額は、直接被害額と間接被害額の和とした。

直接被害額は、一般資産額(家屋や事業所等の資産額)や農作物の資産額に浸水深別の被害率を乗じたものと、公共土木施設の被害額の合計とした。

間接被害額は、営業停止損失や仮定及び事業所等の応急対策費用、交通途絶による波及効果や精神的被害等とした。

直接被害額及び間接被害額を算出する際に必要となる浸水深や浸水範囲等の低減効果については、都市水路の整備区域において浸水シミュレーションを実施し、それに基づく被害額を算定することを想定した。なお建築基準法との整合から床上浸水は浸水深 45cm 以上としている⁴³⁾ことから、浸水深が 45cm 以上で床上浸水、45cm 未満で床下浸水とした。なお浸水深別被害率等は、床上浸水、床下浸水別に設定された値⁴³⁾を適用することとした。

d) 消融雪機能

消融雪機能の便益は、消融雪溝利用便益として式 (2-13) により算出する。

$$\text{消融雪溝利用便益} = \text{消融雪溝による消融雪処理量} (\text{m}^3)$$

$$\times \text{消融雪溝整備によらない場合の処理単価} (\text{運搬排雪等による処理単価}) (\text{円}/\text{m}^3) \quad (2-13)$$

消融雪溝による消融雪処理量は、都市水路の整備にあわせて整備される消融雪溝が処理する雪量とした。

④ 総便益算定手法における考え方

総便益の算定については、「下水道事業における費用効果分析マニュアル(案)」⁴³⁾に基づき、現在価値比較法により算出することとした。現在価値比較法における便益は、対象期間内における都市水路における防災効果の年度別便益を算出し、現在価値に換算し合算することで算出した。

a) 都市水路の整備に関する防災効果による総便益の算出項目

総便益の算出対象とする防災機能は、消防水利機能、生活用水機能、治水機能、消融雪機能とした。

- b) 対象期間
事業着手時（整備完了時）から整備完了後 50 年目までの期間とした。
- c) 基準年度
基準年度を明示する（原則として評価実施年度）こととし、異なる年度の価格はデフレーター一等を参照に基準年度価格に補正を行うものとした。
- d) 災害発生確率
対象とする地域の防災計画やハザードマップ等により、設定することとした。
- e) 社会的割引率
「下水道事業における費用効果分析マニュアル（案）」⁴³⁾に基づき、社会的割引率を 4.0%として現在価値化を行った。
- f) 耐用年数
都市水路はコンクリート構造物であることが多いためコンクリート構造物の耐用年数である 50 年と設定した。ただし、対象とする都市水路の構造物の材質により、耐用年数は適宜設定する必要がある。
- g) 総便益の考え方
各防災機能別の便益を現在価値に換算し合算して算出する現在価値比較法によるものとする。

2. 3. 3 ケーススタディによる都市水路の防災便益の試算

ここでは、都市水路の整備事例をモデルケースとし、上述した便益算定手法を適用し、ケーススタディを行った。

① 各防災機能における便益算定

本ケーススタディで対象とした都市水路は、幅 1.5 m、延長 490 m、水深 5～10 cm 程度とし、下水再生水が 5,000 m³/日導水されると想定した。また、検討に必要となるデータ（周辺建物の構造や用途、建築時期別世帯数、事業所数等）については、実際に都市水路が整備されている地域の統計資料を基に設定した。

また実際の災害の種類は地域に応じて異なる（特に雪害等）が、本研究では便益の試算による項目毎の便益の比較のため、ケーススタディの対象地域で全ての災害が発生することを想定した。

a) 消防水利機能

延焼の阻止による建物被害額の算出を行うために必要となるデータ（構造・用途・建築時期別の世帯数、1 住宅あたりの平均延床面積）を統計資料より整理した。その結果、ケーススタディの対象地域の消防水利機能の及ぶ範囲（取水ピットから 80～120m の範囲）の世帯数を 1,547 世帯、建物の構造比率を、木造が 32%、鉄筋コンクリート造等が 67%、その他が 1%、1 住宅あたりの平均延床面積を 57.54 m²と設定した。

平成 19 年度を罹災年次とし、建築時単価は、建築統計年報より、その他必要な指数等については、「火災報告取扱要領」⁴⁴⁾に基づき算出した。

本ケーススタディでの試算の結果、延焼が阻止されない場合の被害額は約 120 億円であり、延焼が阻止される場合の建物被害額は 0 円となり、都市水路による消防水利機能の便益は約 120 億円であった。

b) 生活用水機能

ケーススタディの対象地域の生活用水機能の及ぶ範囲（水路から 300～500m）の人口を統計資料に基づき 14,107 人とした。また、断水被害額の前単位は 5,000 円/人・日とし、被害日数は 60 日間とした。

本ケーススタディでの試算の結果、生活用水が供給されない場合の断水被害額は約 42 億円、生活用水が供給される場合の断水被害額は 0 円であり、都市水路による生活用水機能の便益は約 42 億円であった。

c) 治水機能

浸水被害額の算定を「下水道事業における費用効果分析マニュアル（案）」⁴³⁾に基づき行うために必要となる条件を整理した。ケーススタディの対象地域では、農地・漁地がなく、また、検討対象範囲が狭いため交通途断による波及効果はないものと考えた。直接被害額は、一般資産額（自動車資産を除く）、公共土木施設の被害額とし、間接被害額としては、営業停止損失、仮定及び事業所等の応急対策費用、精神的被害額等を対象とした。対象地域の治水機能の及ぶ範囲の世帯数は 1,547 世帯、人口は 3,304 人とした。

ケーススタディ対象地域の浸水シミュレーション結果より、都市水路整備がない場合の浸水想定は、対象地区全域が 50cm 未満の床上浸水、都市水路整備後の浸水想定は、対象地域全域が 45cm 未満の床下浸水であると想定した。

本ケーススタディでの試算の結果、都市水路がある場合の浸水被害額は約 44 億円、都市水路がない場合の浸水被害額は約 160 億円であった。よって、都市水路による治水機能の便益は約 116 億円と算出された。

d) 消融雪機能

道路の除雪事業を行っている地域のデータに基づき、道路 1km あたりの排雪量前単位を 2,500 m³/km とし、モデルケース地域の排雪量の合計を 11,500 m³、消融雪溝の消融雪処理量を 11,500 m³ と設定した。

消融雪溝が整備されていない場合の処理費用は、車道除雪、歩道除雪、運搬排雪、雪堆積場管理にかかる除雪費用とし、除雪費用を除雪量で除したものを消融雪溝の整備によらない場合の処理単価とした。道路の除雪事業を行っている地域のデータに基づき、処理単価は 526 円/m³ と設定した。

本ケーススタディでの試算の結果、都市水路の消融雪機能の便益は、約 6 百万円と算出された。

② 総便益の算出

総便益の算定については、「下水道事業における費用効果分析マニュアル（案）」⁴³⁾に基づき、以下の方針で行い、便益の算出項目について、表 2-6 にとりまとめを行った。

a) 対象期間

モデルケースとした都市水路がコンクリート構造物であることから、平成 19 年度から平成 69 年までの 50 年間とした。

b) 基準年度

基準年度は平成 19 年度とした。利用した統計データやデフレーター等が 19 年度と異なる年度の便益額については、19 年度額に補正するものとした。

c) 災害発生確率

消防水利機能、生活用水機能については南海地震を参考とし、50 年目までに 1 度(1/50)とした。治水機能についてはモデル地域の浸水シミュレーションを参考とし 100 年に 1 度(1/100)の洪水を対象とした。消融雪機能については毎年(50/50)と設定した。

d) 基準年度補正

消防水利機能便益の算出については、罹災時の建築費指数として、平成 19 年度の建築費指数を用いているため、補正後も同値を用いる。

生活用水機能便益の算出については、「水道事業の費用対効果分析マニュアル」⁴²⁾による算出手法より、断水被害額の原単位 5,000 円/人・日を用いているが、当該手法は、平成 7 年度の原単位と判読できるため、平成 19 年度の原単位額へ補正した。補正にあたっては「治水経済調査マニュアル(案)各種資産評価単価及びデフレーター」⁴³⁾の総合物価指数を用い、平成 7 年度の物価指数を 1.000 とすると、平成 19 年度に対応する倍率は 1.087 と算出された。

治水機能便益の算出については、「下水道事業における費用効果分析マニュアル(案)」⁴²⁾に基づき浸水被害額の各項目を算出したが、当該マニュアルでは、平成 16 年度の原単位額を用いているため、生活用水機能と同様の方法で補正を行った⁴⁵⁾。なお、公共土木施設資産等被害額については、その算出方法の性格上、基準年度補正は不要とした。

e) 総便益の算出方法

総便益は、年度別現在価値化便益(対象期間 50 年)の合計とした。

本ケーススタディでは、都市水路を整備した場合に想定される各機能の便益は、消防水利機能で約 54 億円/50 年、生活用水機能で約 21 億円/50 年、治水機能で約 25 億円/50 年、消融雪機能で約 1 億円/50 年となった。50 年間での総便益は、約 101 億円/50 年であった。本ケーススタディでは、消防水利機能及び、生活用水機能の便益が治水機能の便益と同等以上となり、地震時に都市水路の流量を確保することの消防水利及び生活用水機能面での有効性が示唆された。ただし今回の結果はケーススタディの地域で仮定された前提条件に基づくものであり、対象地域に応じて、災害の種類を想定したうえで、前提条件を検討し、評価を行うことが重要であると考えられる。また震災時の消防水利機能及び生活用水機能、水害時の治水機能の年当たりの便益は、地震や水害の発生確率の設定値に応じて大きく変化する点にも留意が必要である。

表 2-6 ケーススタディによる都市水路の防災便益の試算結果の例

便益区分	算出区分	補正前(千円/災害)				基準年度補正後(千円/災害)				災害発生確率の設定に基づく便益額(千円/年)			
		(各種マニュアル等による算出年度による)				基準年度補正後(千円/災害)				(年平均被害軽減期待額)			
1. 消防水利機能便益	建物被害額	H19年度				H19年度				約 1/50(南海地震の今後50年間の発生確率80~90%より)			
		12,044,000				12,044,000				240,000			
2. 生活用水機能便益	断水被害額	H7年度				H19年度				約 1/50(南海地震の今後50年間の発生確率80~90%より)			
		4,232,000				4,600,000				92,000			
3. 治水機能便益	浸水被害額		概ねH16年度				H19年度				1/100(対象地域洪水ハザードマップの想定による)		
	(内訳)		床下浸水(45cm未満)	床上浸水(50cm未満)	床下浸水(45cm未満)	床上浸水(50cm未満)	床下浸水(45cm未満)	床上浸水(50cm未満)	床下浸水(45cm未満)	床上浸水(50cm未満)			
	直接被害額	一般資産被害額	家屋	429,000	1,233,000	432,000	1,242,000						
			家庭用品	485,000	3,348,000	479,000	3,311,000						
			事業所(償却資産)	743,000	1,740,000	613,000	1,437,000						
			事業所(在庫資産)	341,000	779,000	310,000	709,000						
			一般資産被害額(小計)	1,997,000	7,100,000	1,835,000	6,700,000						
	公共土木施設資産等被害額		1,488,000	5,290,000	1,367,000	4,991,000							
	直接被害額(小計)		3,485,000	12,390,000	3,202,000	11,690,000							
	間接被害額	営業停止損失額		428,000	628,000	428,000	628,000						
		家庭における応急対策費用	清掃労働対価	64,000	119,000	68,000	127,000						
			代替活動に伴う支出増加費用	128,000	228,000	139,000	248,000						
		事業所における応急対策費用		14,000	27,000	15,000	29,000						
		公的機関における応急対策費用		1,000	1,000	1,000	1,000						
	(本項目は浸水面積に関わる算出項目であり、浸水深別の金額の違いはない)												
精神的被害額		330,000	2,643,000	330,000	2,643,000								
間接被害額(小計)		964,000	3,646,000	981,000	3,676,000								
浸水被害額[直接被害額+間接被害額](合計)		4,449,000	16,037,000	4,183,000	15,367,000								
治水機能便益額(②-①)		11,588,000				11,184,000				112,000			
4. 消融雪機能便益	消融雪溝利用便益	H19年度				H19年度				50/50(毎年積雪による排雪需要があるととして)			
		6,000				6,000				6,000			
便益計(基準年補正後の1+2+3+4)		27,790,000				450,000							

2. 4 小括

都市水路などの水辺をまちづくりの軸とする地方公共団体が増えており、その水源の一つとして、下水処理水など都市の未活用水の利用が注目されている。本章では、水循環健全化施策の一つとして、都市水路の整備による、利用者にとってのうるおい・安らぎの増加、災害時の防災機能等の効果を科学的な知見に基づき経済的に評価する手法を構築することを目的とした。主な成果と今後の課題は以下のとおりである。

① コンジョイント分析を用いた下水処理水による都市水路の多面的な便益の評価

実際に整備された都市水路では、身近な生物やほたるなど希少な生物の生息の場の形成、水との触れ合いの場の形成、良好な景観の形成、水辺を介した環境保全活動や自然観察活動など住民の交流機会の場の形成などの様々な属性にわたる効果が報告されている。しかし近年事例が増えている下水処理水を用いた都市水路に関するこうした多属性の便益を評価した研究はない。

そこで、下水処理水を活用した親水公園を整備し、ほたるを育てる地域活動の実施等に取り組んでいる香川県多度津町の八幡の森ほたるの里において、都市水路の整備による多面的な便益の中から重要な評価項目を選定し、環境経済評価手法のうち、多属性の便益を評価可能なコンジョイント分析を用いて評価する手法を検討し、以下のような結果を得た。

- 香川県多度津町の八幡の森ほたるの里の整備による多面的な便益のなかから、既往研究や多度津町職員へのヒアリング等を基に、生態系の保全、親水性の確保(衛生安全性)、景観の確保、ほたるの育成を通じた交流機会の提供の4つが重要な評価項目として選定された。
- 八幡の森ほたるの里の整備による、生態系の保全、親水性の確保、景観の確保、ほたるの育成を通じた交流機会の提供に関する便益(MWTP)は、コンジョイント分析による評価の結果、それぞれ4,419円/世帯・年、1,375円/世帯・年、4,094円/世帯・年、918円/世帯・年と推定

された。

- c) b)のMWTPを基にすると、八幡の森ほたるの里は、生態系の保全、親水性の確保（衛生安全性）、景観の確保、交流機会の提供という4つの観点で、年間約1.5億円の便益を周辺地域にもたらしうることが示唆された。

このように、コンジョイント分析は、本検討で有意な結果が得られ、都市水路の便益評価手法として十分に実務に適用が可能であると考えられた。今後下水処理水を用いた都市水路の評価へのコンジョイント分析の適用にあたっては、本検討で選定した4つの属性を基に、対象とする都市水路の実態を十分に把握して、他に重要な属性が無いかを検討し、最終的に評価対象とする属性を選定することが望まれる。しかし、評価対象属性を増やすなど、より複雑な情報提供の必要がある場合には、有意性の高い結果を得るためには、アンケートの方法を工夫（直接面接やミーティング方式の採用等）するなど、改良の余地があると考えられる。

また、本検討において推定された評価額や各属性間の大小関係は、ほたるの里を対象とした結果であり、もし他の地域で調査を行えば、結果は異なると考えられる。特に「親水性の確保」（衛生安全性）は、利用者が都市水路に対してどのような親水利用を望むか、回答者が子供のいる世帯かどうかなどにより、その評価額は大きく異なると考えられるため、今後様々なケースを想定した評価が必要である。また「交流機会の提供」についても、多度津町のように、都市水路を介した交流機会の提供が巧く進んでいる事例ばかりではないため、今後類似の事例についてケーススタディを重ねて行くことが求められる。

② 都市水路の防災効果の評価

都市水路の整備によって得られる多面的な便益のうち、地震、風水害、雪害に対する防災機能について、効果発現のための施設整備や条件、効果の及ぶ時間的範囲や空間的範囲を把握し、評価手法を整理した。また、モデルケースを設定し、本研究の中で整理した評価手法を適用し試算を行った。その結果、消防水利機能及び生活用水機能の総便益は、治水機能の便益と同等以上となり、地震時に水路の流量を確保することの有効性が示唆された。また消融雪機能についても、雪処理費用の節減効果を定量化した。

これらの結果はケーススタディの地域で仮定された前提条件に基づくものであり、対象地域に応じて、災害の種類を想定したうえで、前提条件を検討し、評価を行うことが重要である。

今後は、災害発生確率、火災の延焼条件、水道の断水期間、浸水条件、排雪に要する費用等の条件を変えて感度分析を行うことにより、都市水路の防災便益の評価においてより精緻な条件設定を求められる要因の特定、また過去の被災状況の調査の積み上げによる条件設定の精緻化などについて検討を行うことが求められる。さらに、都市水路を都市防災性向上策として位置付けるためには、都市水路が防災効果を発現するための施設上の要件（消防水利機能の発現のための貯留機能の要件等）に関する検討を進めることが必要である。

最後に、本研究（2章）の実施にあたり協力頂いた香川県多度津町、丸亀市、善通寺市の関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省都市水路検討会：懐かしい未来へ～都市をうるおす水のみち～，平成17年2月
- 2) Asano, T., F. L. Burton, H. Leverenz, R. Tsuchihashi, and G. Tchobanoglous: *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications*, p.1224, McGraw-Hill, New York, 2007.
- 3) (社)日本下水道協会：平成17年 日本の下水道, p.149
- 4) 国土交通省都市・地域整備局下水道部：「下水道ビジョン2100」, 2005.
- 5) 国土交通省都市・地域整備局下水道部・国土技術政策総合研究所下水道研究部：下水処理水の再利用水質基準等マニュアル, 2005.
- 6) 田嶋淳：下水処理水再利用の展望と水質基準等マニュアルの策定, 土木技術資料, (財)土木研究センター, Vol.48, No.6, pp.28-33, 2006.
- 7) A. Tajima, K. Sakurai, M. Minamiyama: Behavior of Pathogenic Microbes in a Treated Wastewater Reuse System and Examination of New Standards for the Reuse of Treated Wastewater, *Environmental Monitoring and Assessment*, Springer, Vol.129, pp.43-51, 2007.
- 8) 【愛知県下水道科学館ビオトープの会「ビオピース」】蘇れ『エッピーランド』～下水処理水を利用した住民参加によるビオトープ育成～, 国土交通省下水道部HP,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/rocal/ikiiki/h17/aichi.html>
- 9) 【神奈川県】よみがえる水に集まる小さな仲間たち～四之宮せせらぎの森整備～, 国土交通省下水道部HP,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/rocal/ikiiki/h17/kanagawa.html>
- 10) 【香川県多度津町】多度津町再生水利用計画, 国土交通省下水道部HP,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/rocal/ikiiki/h17/tadotsu.html>
- 11) 【岐阜県】よみがえる水と緑の空間「めだかクリーク」, 国土交通省下水道部HP,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/rocal/ikiiki/h16/gifu.html>
- 12) 【大阪府 東大阪市】水の郷 鴻池 四季彩々, 国土交通省下水道部HP,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/rocal/ikiiki/h16/higasiosaka.html>
- 13) 【兵庫県 明石市】ビオトープで残す豊かな自然～ほたるが住める空間を～, 国土交通省下水道部HP,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/rocal/ikiiki/h15/akasi.html>
- 14) 【山口県下関市】青空と笑顔が好きな下水道～アクアパークモデル事業～, 国土交通省下水道部HP,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/rocal/ikiiki/h17/simonoseki.html>
- 15) 【兵庫県芦屋市】住民のうるおいの場の創出～せせらぎの整備～, 国土交通省下水道部HP,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/rocal/ikiiki/h14/1405.html>
- 16) 【沖縄県 名護市】甦った幸地川（こうちがわ）～市民が集うゆとりとうるおいの場の創成, 国土交通省下水道部HP,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/rocal/ikiiki/h15/nago.html>
- 17) 【山形県 山形市】大坊川せせらぎ緑道による新しい水循環の創出, 国土交通省下水道部HP,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/rocal/ikiiki/h14/1401.html>
- 18) 埼玉県 財団法人埼玉県下水道公社, 下水道に親しむ夕べ「夏休み親子ホテル観賞会」, 国土交通省下水道部HP,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/rocal/ikiiki/h14/1407.html>
- 19) 「ほたる成長へ環境整備」, 四国新聞, 22面, 平成17年5月19日
- 20) 【兵庫県 神戸市】高度処理水が創造する循環型社会と震災復興のまちづくり, 国土交通省下水道部HP,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/rocal/ikiiki/h14/1404.html>
- 21) 和田安彦・三木康博・尾崎平：下水処理水を活用した水辺空間の便益評価に関する研究, 環境システム研究論文集, Vol.34, pp.569-575, 2006.
- 22) 河野晴彦・和田安彦・尾崎平：超高度処理水を用いた水辺空間に対する利用者評価, 第42回下水道研究発表会講演集, pp.297-299, 2005.
- 23) 尾崎平・和田安彦：処理場上部利用と処理水再利用に対する市民評価, 第41回下水道研究発表会講演集, pp.285-287, 2004.

- 24) 湯浅泰則・長谷川福男・藤田和彦：CVM（仮想市場法）による川俣スカイランドの環境価値の評価, 第39回下水道研究発表会講演集, pp. 293-295, 2002.
- 25) 湯浅泰則・長谷川福男・藤田和彦：CVM（仮想市場法）によるせせらぎ水路の費用効果分析について, 第40回下水道研究発表会講演集, pp. 289-291, 2003.
- 26) 大野栄治：環境経済評価の実務, 勁草書房, 2000.
- 27) 和田安彦・道奥康次・和田有朗：費用効果分析による都市内河川整備の評価, 土木学会論文集, No. 786, II-72, pp. 81-92, 2005.
- 28) 武田ゆうこ・藤原宣夫・米澤直樹：コンジョイント分析による都市公園の経済的評価に関する研究, ランドスケープ研究, Vol. 67, No. 5, pp. 709-712, 2004.
- 29) 那須守・横田樹広・大野栄治：ビオトープの多属性価値に関する環境経済評価, 第32回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 13-20, 2004.
- 30) 多度津町：多度津町再生水利用計画, 2000.
- 31) 栗山浩一・庄子康：環境と観光の経済評価, p. 70, 勁草書房, 2005.
- 32) J. Louviere, D. Hensher, J. Swait: *Stated Choice Methods: Analysis and Application*. Cambridge University Press, 2000.
- 33) 庄子康・柘植隆宏・宮原紀壽：選択型実験による紅葉期登山者の目的地選択モデルの構築, ランドスケープ研究, Vol. 68, No. 5, pp. 783-786, 2005.
- 34) 香川県：平成18年10月1日現在香川県推計人口及び人口移動
- 35) 丸亀市：町別人口表, <http://www.city.marugame.kagawa.jp/profile/deta/200606.html>
- 36) 善通寺市：平成17・18年度 善通寺市の常住人口（町丁別）, <http://www.city.zentsuji.kagawa.jp/prog2/news.php?k=1169685873>
- 37) 【青森県青森市】下水の熱エネルギーを利用した融雪事業, 国土交通省下水道部HP <http://www.mlit.go.jp/crd/sewage/kouka/ikiiki/h18/aomori.html>
- 38) 消防庁：消防水利の基準, 1964.
- 39) 朝日新聞社：阪神・淡路大震災誌-1995年兵庫県南部地震, p. 213, 1996.
- 40) 千賀裕太郎他：震災後の避難生活における水辺空間の利用と河川の親水機能, 農業土木学会誌, Vol. 63, No. 11, 1995.
- 41) 防災行政研究会：火災報告取扱要領ハンドブック, pp. 205-263, 2008.
- 42) 厚生労働省健康局水道課：水道事業の費用対効果分析マニュアル, pp. 43-44, 2007.
- 43) 日本下水道協会：下水道事業における費用効果分析マニュアル(案), 2006.
- 44) 国土交通省総合政策局情報管理部・情報安全・調査課建設統計室：建築統計年報,
- 45) 国交省河川局：治水経済調査マニュアル(案)各種資産評価単価及びデフレーター, 2009.
- 46) 山本千雅子他：行政と市民のパートナーシップによる生活道路の除排雪, グラディウス・マルチリングサービス株式会社HP
- 47) 大窪健之：京の「環境防災水利」作戦-自然の水で木造文化を守る, FRONT, p. 52, 2003.
- 48) 京都市消防局警防部警防計画課：震災時における消防水利の必要水量算定手法を開発①, 近代消防, 1月号, 2004.
- 49) 京都市消防局警防部警防計画課：震災時における消防水利の必要水量算定手法を開発②, 近代消防, 2月号, 2004.
- 50) 片桐晃：下水道の災害対策強化 横浜市 構造面で具体的に展開, 水道公論, Vol. 41(5), No. 481, 2005.
- 51) 土木学会関西支部編：大震災に学ぶ-阪神・淡路大震災調査研究委員会報告書第II巻, 第6編, p. 19, 1998.

なお本章は、本研究の成果について対外発表した以下の論文を再構成したものである。

- 山縣弘樹, 山中大輔, 荒谷裕介, 南山瑞彦: コンジョイント分析を用いた下水処理水によるせせらぎ水路の多面的な便益の評価, 環境システム研究論文集, (社)土木学会, Vol. 35, pp. 287-294, 2007. 10
- Hiroki Yamagata, Daisuke Yamanaka, Masashi Ogoshi and Mizuhiko Minamiyama: Evaluation of Multiple Benefits of Artificial Streams Augmented with Recycled Water Using Conjoint Analysis, *7th IWA World Congress on Water Reclamation and Reuse, Brisbane*, International Water Association, 2009. 9 (Oral presentation)
- 西村峻介, 山中大輔, 山縣弘樹, 小越眞佐司, 南山瑞彦: 都市水路の防災効果の評価に関する研究, 第37回環境システム研究論文発表会講演集, (社)土木学会, Vol. 37, pp. 215-220, 2009. 10