

### 3. 地域活動と協働する水循環健全化に関する研究

下水処理研究室 室長 南山 瑞彦  
 研究官 山縣 弘樹  
 研究員 山中 大輔

#### 1. 目的

近年、都市における水路の持つうるおい・安らぎをもたらす機能、ヒートアイランド現象緩和機能、災害時のライフラインとしての防災機能、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環境を創造することが求められている。国土交通省は、都市水路検討会の提言（平成 17 年 2 月）<sup>1)</sup>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環境の創造へのニーズは増大していくと考えられる。

本研究では、都市において水路を中心とする水と緑のネットワークを構築することによる、ヒートアイランド現象の緩和、災害時の防災機能、利用者にとってのうるおい・安らぎの増加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する。

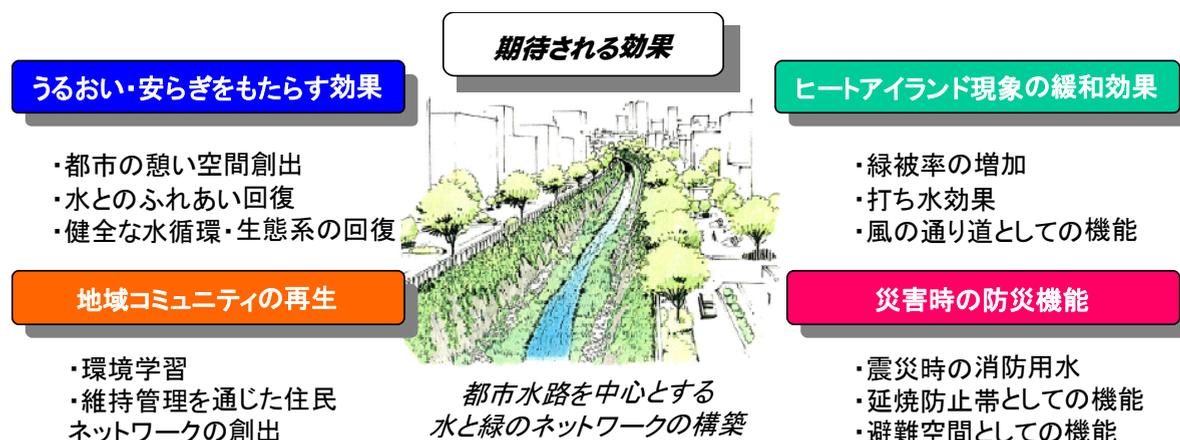


図-1 都市水路による効果

初年度である平成 18 年度は、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、せせらぎ水路の整備による多面的な便益の中から、うるおい・安らぎをもたらす効果及び地域コミュニティの再生効果に着目して、重要な評価項目を選定し、コンジョイント分析を用いて便益評価する手法を検討した。

コンジョイント分析<sup>2)</sup>は、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。近年、河川<sup>3)</sup>、公園<sup>4)</sup>、ビオトープ<sup>5)</sup>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。

#### 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せせらぎ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」（以下「ほたるの里」）を選定した。

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」<sup>6)</sup>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、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。ほたるの里の諸元を表-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<sup>7)</sup>。

表-1 「八幡の森ほたるの里」の諸元<sup>4)</sup>

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

## (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<sup>2)</sup>。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<sup>4)</sup>。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<sup>5)</sup>。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<sup>6)</sup>。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、ほたるの里について、コンジョイント分析により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）

表-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	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

### ① 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。

### ② 親水性の確保（親水空間の確保）

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。

### ③ 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。

### ④ 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たり、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。

## (3) 調査票の設計

### ① 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<sup>2)</sup>。そこで、本研究では選択型実験を採用した。

## ② 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。支払シナリオについては、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。

## ③ 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、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、「0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。

組合せに当たっては、直交配列法<sup>8)</sup>の考え方を適用し、16種類のプロファイルが作成された。

## ④ 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)<sup>9)</sup>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。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。

## ⑤ 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、基金の金額に拠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

### ① 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、1000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

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と行うかどうか〔景観の確保〕、地域の方々の交流の場となるように、自然を学ぶ勉強会を開催できるか〔交流機会の確保〕により、決まります。

以下、生態系の保全、衛生安全性、景観の保全、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。それぞれの3択の設問について、1～3の中であなたが、最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ください。

図-2 設定されたシナリオ

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。

## ② 調査票の配布・回収方法

2006 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

### ① 属性ごとの支払意思額(MWTP)の推定方法<sup>2)10)</sup>

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(1)のような、回答者  $k$  が選択肢  $i$  を選択したときの効用を  $U_{ki}$  とするランダム効用モデルを想定する。

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

ただし、 $V_{ki}$  は効用のうち観察可能な確定項、 $\varepsilon_{ki}$  は観察不可能な確率項、 $x_i$  は選択肢  $i$  の属性ベクトル、 $\beta_i$  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  $k$  が選択肢  $i$  を選択する確率  $P_{ki}$  は、選択肢  $i$  を選択したときの効用  $U_{ki}$  が、その他の選択肢  $j (j \neq i)$  を選択したときの効用  $U_{kj}$  よりも高くなる確率であるから、式(2)の通りとなる。

$$\begin{aligned} P_{ki} &= \Pr(U_{ki} > U_{kj} \quad \forall j \in C, j \neq i) \\ &= \Pr(V_{ki} - V_{kj} > \varepsilon_{kj} - \varepsilon_{ki} \quad \forall j \in C, j \neq i) \quad (2) \end{aligned}$$

確率項  $\varepsilon_{ki}$ 、 $\varepsilon_{kj}$  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  $P_{ki}$  は式(3)で表される条件付きロジットモデルにより得られる。

$$P_{ki} = \frac{\exp(\lambda V_{ki})}{\sum_j \exp(\lambda V_{kj})} \quad (3)$$

ただし、 $\lambda$  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(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。

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

ここで、 $\delta_{ki}$  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  $\beta_1$  と負担額  $p$  のパラメータ  $\beta_p$  の比から求められる。

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

### ② 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<sup>11)</sup>、丸亀市の抽出対象地域（1,207 世帯：平成 18 年 6 月 1 日<sup>12)</sup>、善通寺市の抽出対象地域（3,463 世帯<sup>13)</sup>）の合計である 13,588 世帯である。

## 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

#### ① ほたるの里における推定結果

モデルに基づき推定された各属性の係数と  $t$  値、対数尤度、BIC（シュワルツのベイズ情報量基準）を表-3

に示す。

4つの属性全てが有意となった。このうち「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」は5%水準、「交流機会の提供」は10%でそれぞれ有意となった。

またモデルの係数をもとに MWTP を算出した結果を図-3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」(1,375 円/世帯・年)、「交流機会の提供」(918 円/世帯・年)の順となった。

「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」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<sup>7)</sup>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、水辺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<sup>2)</sup>を含んでいることも想定された。

表-3 各属性のパラメータ推定結果

属性	係数	t 値
生態系の保全	1.10009	9.4093 ***
親水性の確保	0.34231	2.5076 **
景観の確保	1.01905	8.8537 ***
交流機会の提供	0.22857	1.9114 *
基金の額 (1円/世帯・年)	-0.000249	-11.5916 ***

サンプル数：727、対数尤度：-644.265、BIC：660.737

\*\*\*:1%水準で有意、\*\*:5%水準で有意、\*:10%水準で有意

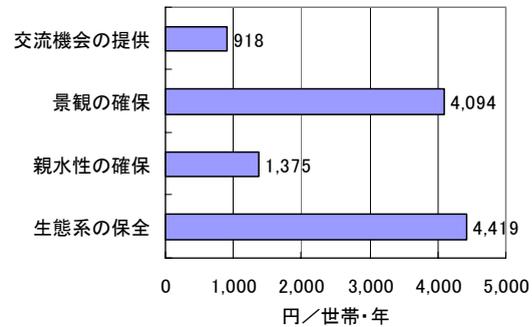


図-3 MWTP の推定結果

## ② MWTP の推定結果に関する考察

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」は、利用者がせせらぎ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。本研究で対象としたほたるの里は、カワナを育てたり、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。本研究で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ものと考えられる。しかし、多度津町のように、せせらぎ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) 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」「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。

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、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。

#### 4. まとめ

本研究では、都市において水路を中心とする水と緑のネットワークを構築することによる、ヒートアイランド現象の緩和、災害時の防災機能、利用者にとってのうるおい・安らぎの増加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する。平成 18 年度は、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、せせらぎ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。

本研究の結果、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、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。そして、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。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、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。

今後は、都市水路によるヒートアイランド現象の緩和、災害時の防災機能等の観点からの効果の把握及びその便益評価手法について検討を行いたい。

本研究は、試験研究費で実施されたものである。

#### 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) 大野栄治：環境経済評価の実務，勁草書房，2000.
- 3) 和田彦彦・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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 多度津町：多度津町再生水利用計画、2000.
- 7) 「ほたる成長へ環境整備」、四国新聞、22 面、平成 17 年 5 月 19 日
- 8) 栗山浩一・庄子康：環境と観光の経済評価，p.70, 勁草書房，2005.
- 9) Louviere et al: Stated Choice Methods: Analysis and Application. Cambridge University Press, 2000.
- 10) 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、Vol68 No5、pp.783-786、2005.
- 11) 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
- 12) 丸亀市：町別人口表、<http://www.city.marugame.kagawa.jp/profile/deta/200606.html>
- 13) 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>
- 14) 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、Vol.35、2007.