

きれいで豊かな海の経済価値

—広島湾北東部の海水浴場とカキ養殖の事例—

太田 貴大・上原 拓郎・桜井 良・仲上 健一

The economic value of clean and biologically high-productive sea: A case of beach and oyster aquaculture in the northeastern area of Hiroshima Bay

Takahiro OTA, Takuro UEHARA, Ryo SAKURAI, Ken'ichi NAKAGAMI

Abstract

This study reveals monetary value of beautiful and high productive coastal sea in Hiroshima Bay of Seto-inland-sea using double-bounded dichotomous choice CVM. We set water clarity of a bathing beach and total biomass of farmed oysters and average individual weight in the target sea as indicators of the environmental change. Our CVM scenario addresses water quality control by additional sewage treatment facility and payment vehicle is local sewage bill. Highly reliable modeling simulation devised by ocean scientists supports the figures of the environmental changes. Total value is estimated at 30,099,392.2 JPY/month (c.a. 300 thousand USD) and 3,611,927,064.0 JPY/10 years (c.a. 3.6 billion USD) as median basis for all household in Minami-and Aki-ward of Hiroshima City, Fuchu-cho, Kaita-cho, and Saka-cho.

要 旨

本研究では、瀬戸内海の広島湾北東部の海域を対象に、瀬戸内海の望ましいイメージであるきれいで豊かな里海の経済価値評価を二段階二肢選択方式CVMにて実施した。海のきれいさを表す指標としては海水浴場の海水の透明度を、海の豊かさを表す指標としては養殖カキの現存量と1個あたりのむき身重量を用いた。CVMシナリオには、他県で既に実験が行われている、下水処理場のコントロールによる排出栄養塩量の調節を採用し、支払形態は下水処理場の高度処理化対応のため、下水道基本使用料金の増額を行うことに設定した。また、環境改善前後の質を推定するために、海洋科学の先行研究で構築されたモデルでシミュレーションを実施して、信頼性のある数値を提示した。その結果、広島市南区、広島市安芸区、府中町、海田町、坂町を受恩範囲とし、

この範囲の全世帯での支払意志額は、1 か月あたり 30,099,392.2 円 (約 3 千万円) (中央値ベース)、支払期間 10 年間を想定すると、3,611,927,064.0 円 (約 36 億円) (中央値ベース) であった。

I. はじめに

里海とは、「人手が加わることにより、生産性と生物多様性が高くなった沿岸海域」と定義される (柳 2006: 29-30)。現在わが国では、この里海が減少している。この減少は、とりわけ「海の汚れ」、「埋め立て」、そして「漁獲量減少」を原因としている (柳 2006: 15)。瀬戸内海は、古来、里海環境を実現している場所が多かったと言われている (白幡 1999)。しかし、高度経済成長期以降、とりわけ「海の汚れ」が顕著になり、1973 年に水質汚濁防止法の特別法である瀬戸内海環境保全特別措置法が制定された。同法に基づき、水質総量規制として窒素やリンの海域への排出を制限してきたため、赤潮の発生数減少など、一定の効果を挙げつつある (瀬戸内海研究会議 2007)。一方で、いまだ海域によっては富栄養化している場所があると同時に、栄養塩の不足による海産物への影響も指摘され始めている場所もある (山本 2015)。また、気候変動の影響や生物多様性の減少、生態系サービス概念の浸透など、里海を取り巻く状況も変化してきている。

このため、環境大臣は 2011 年 7 月 20 日に、中央環境審議会会長へ「瀬戸内海における今後の目指すべき将来像と環境保全・再生の在り方について」諮問を行い、2012 年 10 月 30 日に答申がなされた (中央環境審議会 2012)。この中で、「瀬戸内海の望ましいイメージ」として、「美しい海」、「多様な生物が生息できる海」、「賑わいのある海」を挙げている。「美しい海」の達成には、海域と季節に応じた水質管理が必要である。「多様な生物が生息できる海」の達成には、生物多様性の保全が必要となる。そして、「賑わいのある海」の達成には、持続的な漁業の実施、そして漁村人口減少下においては都市住民との協働的管理が必要となる。

こうした望ましい瀬戸内海を実現するためには、里海を構成する価値を定量的に評価し、現状を把握する必要がある。これまで里海に限らず自然環境を構成する多様な価値が多くの人々から認識されてこなかったために、これらの価値が意思決定の場で顧みられてこなかった。このような価値の認識不足による意思決定での欠落のため、里海が減少したり、管理が放棄されたりしてきたといえる。これまで、日本国内では、海に対する地域住民の保全意欲 (金銭的貢献意欲など) を調査した先行研究は存在するが (Sakurai et al. 2016)、きれいで豊かな里海の経済的な価値を評価した事例は存在しない。本研究では、瀬戸内海の中でも特に閉鎖性が高く、水質と水産物生産に関して問題を抱えている、広島湾の湾奥部を対象とする。海のきれいさは、海水浴場の水の透明度を指標として、海の豊かさは、当該海域で養殖されているカキの現存量とむき身重量を指標として、これらの経済価値を推定する。

II. 方法

II. 1. 採用した環境価値評価手法

本研究では、評価対象の里海のきれいさと豊かさを構成する要素の中に、非利用価値が含まれ、かつ、消費者の経済行動を観察することでは評価が難しい要素も含まれるため、表明選好法を用いた。その中で、郵送アンケートで回答者の負担を小さくするため、比較的サンプル数が少なくとも分析に耐えうる仮想評価法（Contingent Valuation Method: CVM）を採用した。

II. 2. CVM 調査のフレームワーク

II. 2. 1. 評価対象財・サービス、WTP 質問文、及び、WTP 質問方法の設定

本研究では、瀬戸内海の中でも閉鎖性の高い広島湾の湾奥部を対象とした。シナリオで提示する環境の質変化として、海のきれいさを代表する指標には、海水浴場の海水の透明度を採用した。海のきれいさには、水質など様々な指標が存在するが、一般の人々が海に関わる際に、最も水質の良し悪しを実感する場面として、直接海水に触れる機会が多い海水浴を想定した。また、海の豊かさについては、同海域において有名で生産量も豊富な海産物である養殖カキに注目し、その現存量とむき身重量を採用した。ただし、カキの経済価値評価は、市場で食用の海産物として取引される利用価値としての側面と、カキが海の豊かさを現す象徴としての非利用価値としての側面の二つがあると考えられる。今回の評価では、市場取引価格で評価が可能な個人が消費することで得られる効用は捉えず、地域全体で生産・消費可能となる量の変化についての評価を実施した。

海のきれいさを代表する海水の透明度は、広島湾内でも水質が相対的に低く水のきれいさに問題を抱えている広島湾奥部にあるベイサイドビーチ坂という海水浴場を対象として計算した（図1の矢印1の指している斜線部分）。また、海の豊かさを代表する養殖カキの量は、ベイサイドビーチ坂の位置する坂町地先と金輪島の東側海域を養殖場所として計算した（図1のカキ養殖と書かれた矢印の指している縦線で囲まれた区域）。

CVMのシナリオにて回答者に提示する環境質の改善前後の数値は、海洋の物質循環に関する専門家と研究者が共同で構築したモデルによるシミュレーション結果を用いた（復建調査設計株式会社 2015: 1-1）。これは、「広島湾および周辺海域において、栄養塩からプランクトン食性魚、貝類（カキ養殖等）までの生産構造や最適カキ養殖量等を数値シミュレーションにより再現」し、「これにより、海域によって異なる栄養塩負荷や生産構造、利用形態に応じた適正な栄養塩負荷・水質レベルの解析・管理に適用可能な数値モデルを提案することを目的と」している（復建調査設計株式会社 2015: 1-1）。このモデルにより算出される表層（0～3m）クロロフィルaの数値と、「カキ現存量」、「カキ身肉重量」の値を用いた。

海のきれいさを表す海水の透明度は、クロロフィルaの数値から透明度を推定する換算式を用いた。この換算式は、同じ瀬戸内海に位置する大阪湾にて実施された流況・水質シミュレーションを基に作られたものである（いであ株式会社 2015）。式2-1は、広域総合水質調査結果

を用いて透明度とクロロフィル a の関係を表している ($R^2=0.6606$)。また、式 2-2 は、公共用水域水質測定結果を用いて、同じ関係を表している ($R^2=0.4445$)。

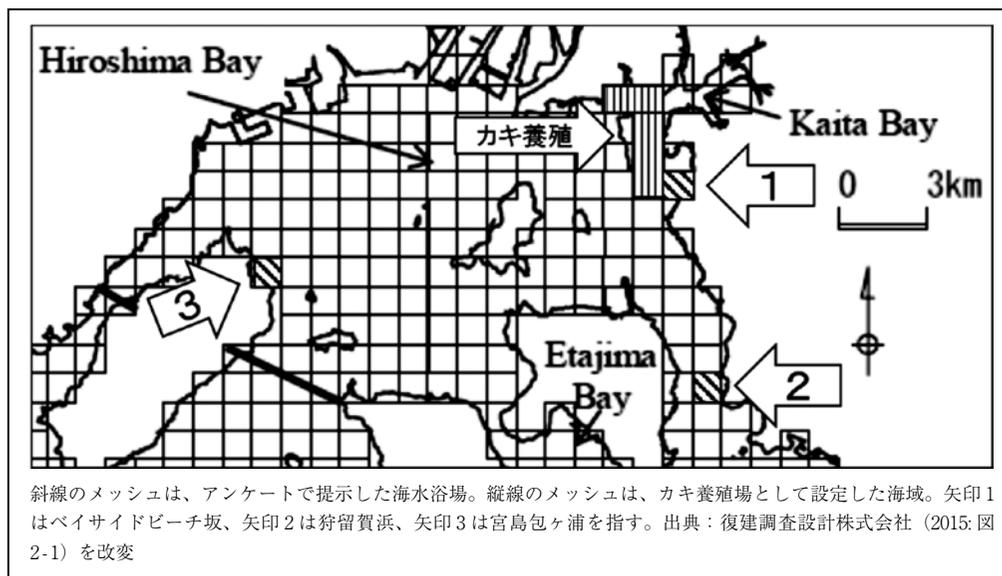


図 1：対象海域

$$y = 7.9801x^{-0.396} \quad (2-1) \quad (\text{いであ株式会社 2015: 図 2.54})$$

$$y = 6.5329x^{-0.414} \quad (2-2) \quad (\text{いであ株式会社 2015: 図 2.55})$$

ここで、 y は透明度 (m)、 x はクロロフィル a ($\mu\text{g/L}$) を表す。これらの式 2-1、2-2 から得られる透明度を平均したものを海水の透明度として提示した。海水浴場の透明度は、シミュレーションで用いた計算領域の中から、ベイサイドビーチ坂の位置に該当する、図 1 の矢印 1 の斜線で示された $1\text{km} \times 1\text{km}$ メッシュの値を用いた。また、広島湾内の他の海水浴場の数値を比較するために参考値として提示した (図 2)。これらは、図 1 の矢印 2 に位置する狩留賀浜と矢印 3 に位置する宮島包ヶ浦である。

海の豊かさを表す養殖カキの量については、現存量とむき身重量を用いた。カキ養殖の場所としては、図 1 のカキ養殖と書かれた矢印が指す、縦線の 5 つのメッシュの合計値あるいは平均値を用いた。

環境改善の方法は、夏季 (6～9 月) の窒素・リン排出量の 50% 低下と、その分のカキ収穫期である冬季 (10～5 月) の増加排出とした。これにより、年間を通じての排出量は全体で変化はないものとした。この設定は、本研究で利用するモデルの作成者である研究者と専門家が議論のうえで決定した。この設定は、「背後流域からの流入負荷量を変化させた場合」、「広島湾及びその周辺海域の生産性を損なうことなく実施可能な最適カキ養殖量」を算出するために考案されたものの一つである (復建調査設計株式会社 2015: 4-1)。さらに、夏季と冬季で栄

養塩の排出量を調整して一年間の排出量を以前までと同量にしているのは、「最近の水質総量削減計画の経緯から、これ以上の大幅な流入負荷の一律削減は望ましくないと考え」ためである（復建調査設計株式会社 2015: 4-1）。また、この環境の質変化を実現するための手段として、既存の下水処理場の設備を高度処理に対応可能なものへと改良することを採用した。このような夏季の窒素・リンの排出量を 50% と大幅に削減するためには、確実性と費用対効果が最も高い手段と考えられる。排出量調整の手段としては、下水処理場の高度処理化への対応の他にも、窒素やリンの排出源である田畑での面的な排出調整や、工場等からの直接排水のさらなる規制等も考えられるが、広範囲の主体を対象とするため施策の実施コストが極めて高いと推定され、現実的でないと判断した。下水処理排水の調整運転は、冬季の窒素の排出量を増やすために香川県の処理場等で実施されている（宮川 et al. 2015）。冬季の増量排出に関しては、追加のコストはかからないとされている（反田 and 原田 2011）。さらに、この海域の海水の透明度は夏季に低くなるため、海水浴を含む親水利用の面からも、夏季の栄養塩排出の削減は、より良い環境質の変化をもたらすものである。

上記モデルを用いた栄養塩排出量を変化させたシナリオの実施時のシミュレーションでは、陸域からの排水量や気象データなどの変数は、2004 年から 2013 年の 10 年間の値を用いた（復建調査設計株式会社 2015）。海のきれいさの改善前の値（ Q^0 ）としては、各年の 8 月の最大クロロフィル a 値を 10 年間分平均した値を基に、式 2-1、2-2 で透明度を換算し、その二値を平均した値を提示した。改善後の値（ Q^1 ）としては、各年の 7 月の最小クロロフィル a 値を 10 年間分平均した値を基に、式 2-1、2-2 で透明度を換算し、その二値を平均した値を提示した。これら二つの透明度の値が、夏季の栄養塩排出量 50% 削減を実施した際の、海開きシーズン中の最大および最小の透明度に該当する。このような値を提示した理由には、環境質の改善前後で、透明度の差が相対的に大きな値となるようにし、回答者がシナリオを理解及び評価しやすいような設計を目指したためである。現状の値として提示した 8 月の海水透明度 2.3m については、公共用水域水質測定において、ベイサイドビーチ坂に最も近い「広島湾 6」の環境基準点の値に近いものであり（例：2012 年 8 月 7 日採取水深 0.5m の透明度は 2.3m。（広島県 2014a））、一定程度の信頼性がある。海の豊かさとして、一つ目の対象海域の養殖カキの現存量については、改善前の値（ Q^0 ）は、排出栄養塩量 0% 削減、つまり何も実施しない場合に、対象海域の 5 つのメッシュ（1km × 1km）（図 1 内縦線部分）のそれぞれで、各年の現存量の最大値を求め、これらを 10 年間分で平均して、足し合わせたものとした。改善後の値（ Q^1 ）は、50% 削減を実施した場合の同値である。次に、二つ目の養殖カキのむき身重量については、改善前の値（ Q^0 ）は、排出栄養塩量 0% 削減つまり何も実施しない場合に、10 月から 3 月の養殖カキ収穫適期の 10 年間の平均むき身重量を 5 つのメッシュそれぞれで算出し、この 5 つの値の平均値を用いた。改善後の値（ Q^1 ）は、50% 削減を実施した場合の同値である。

この CVM では、環境質の変化の影響を評価するために、補償余剰（compensating surplus）を評価測度として用いている。つまり、事前の環境質水準（ Q^0 ）が、水の透明度が低くカキの現存量やむき身重量が小さい状況から、現状の下水処理場へ高度処理対応可能な設備を増設

する施策を行い、事後の環境質水準（ Q^1 ）であるこれら数値の上昇を達成するために、支払う意思を把握するものである。

具体的な WTP を引き出すための質問文に至る前に、ベイサイドビーチ坂のきれいさの現状、対象の海の豊かさの現状として、環境質の改善前の状態の数値を提示し、かつ、写真やその他の背景情報を提示した。さらに、環境質の改善前の状態と改善後の状態の違いがわかるよう、図を伴う説明を提示した（図 2）。これらの中では、対象の海水浴場や海域の定量的な数値だけでは、評価対象の状態が具体的にイメージできないと考えられるため、比較して価値を判断するために、参考となる数値を同時に提示した。海のきれいさについては、県内の水のきれいな海水浴場（瀬戸田サンセットビーチ、桂ヶ浜、県民の浜）の水の透明度を提示した。この透明度は、広島県の平成 27 年度 7 月期の水浴場水質測定結果の COD（mg/L）を基に、大阪湾の透明度と COD との関係式を参照して算出した（いであ株式会社 2015: 図 2.54, 図 2.55）。また、環境省が作成した親水利用からみた透明度の目標値について、ダイビングの 10m 以上、釣り・散策及び眺望の 2m 以上の値を提示した（環境省水・大気環境局水環境課閉鎖性海域対策室 2010: 50）。また、モデルのシミュレーション可能な範囲内にある宮島包ヶ浦と狩留賀浜の 7～8 月の最低・最高透明度も合わせて提示した。海の豊かさについては、広島市のカキの年間収穫量（広島県 2014）と、広島県全体のカキ 1 個当たりのむき身の重さ（平成 15 年～24 年の平均値）（広島県 2014: 7）を提示した。また、モデルのシミュレーションに基づき、広島湾全体の養殖カキ現存量の変化とカキ 1 個当たりのむき身重量を提示した。続いて提示した WTP 質問文は、以下のとおりである。

「夏の水質を良くするためには、下水処理場の処理能力を上げることが、少ない費用で大きな効果を上げる方法の一つです。しかし、下水からより多くの窒素やリン等を除去するためには、より高性能な設備を追加する必要がある、費用がかかります。一方で、冬に、排水の処理の程度を低くして、窒素やリンを 50% 増加した状態で排水するためには、追加の費用はかかりません。そこで、増設した高性能な設備の費用をまかない終わる期間である、10 年の間、下水道の基本使用料金を毎月__円（1 年間で__円）を追加で徴収することとします。」「あなたは、10 年間、毎月__円（1 年間で__円）を、下水道基本使用料金を追加して支出することで、下水処理場の処理能力を上げて、夏の水の汚れ（窒素やリン）を 50% 削減し、冬の水の汚れを 50% 増加させ、対象の海をきれいで豊かにすることに賛成ですか、反対ですか？どちらかの該当する数字に○（マル）をつけてください。（上水道を利用するかぎり、下水道基本使用料金は必ず支払う必要があります。）①. 賛成 ②. 反対」

ここでは、支払形態として「下水道基本使用料金の増額」という設定をした。これは、この CVM の結果を、今後の沿岸域管理政策に役立てるために、可能な限り現実的な支払方法とするために選択した。兵庫県や香川県では、下水処理場のコントロールによる栄養管理の実験を開始しており、将来的に対象海域でもその可能性が想定できる。また、実際に、下水処理場の増設等の施策を実施するためには、地方債を中心とした歳入が必要となるが、同時に、受益者負担の増加も一般的な手段として認められる。ただし、下水道基本使用料金自体が普段の生活

で注意して考慮するものでないとも考えられるため、いくつかの説明文を、WTP 設問に加えて提示した。それは以下のようなものである。

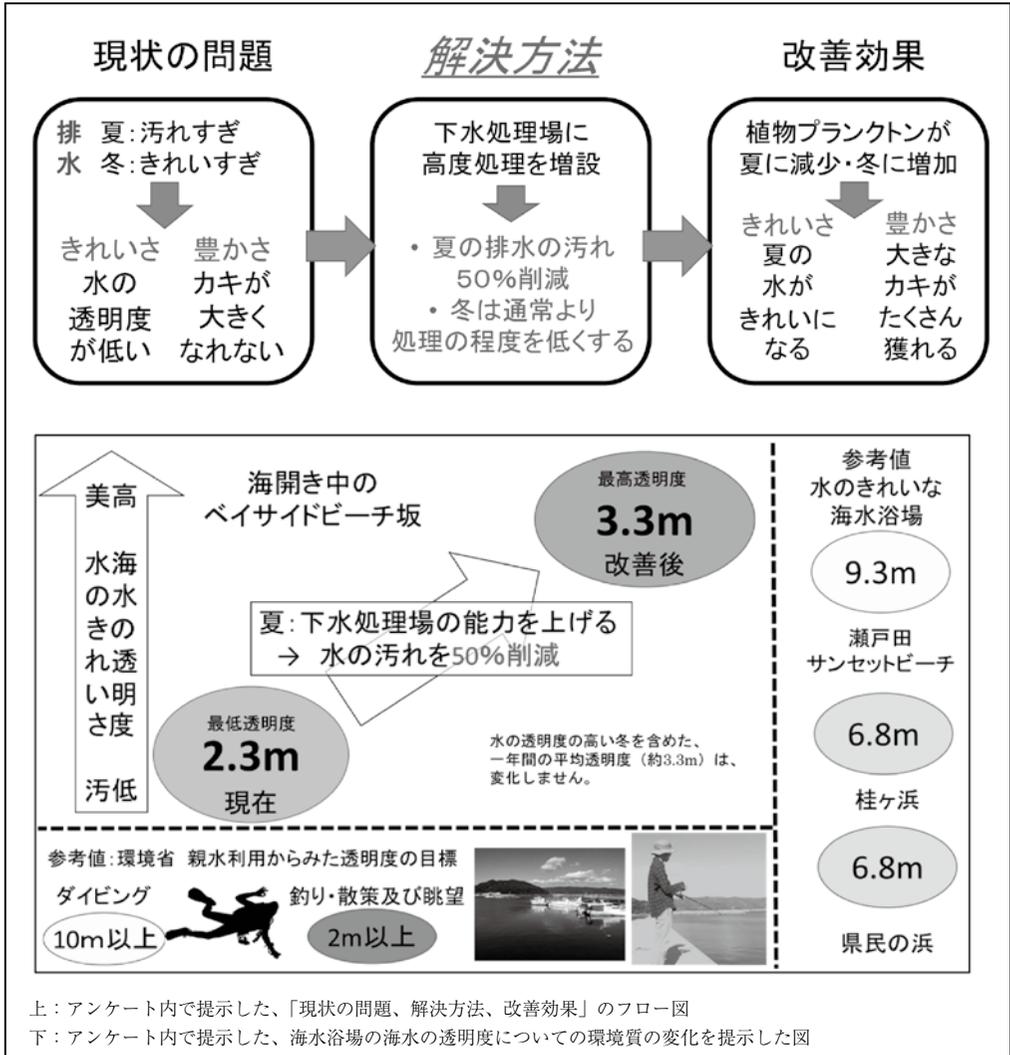


図 2：環境質の改善前の状態と改善後の状態

- 「この施策を実施した年からすぐに改善効果が得られ、対象の海はきれいで豊かになります。
- ・追加で得られる料金収入は、下水処理場の設備増設の費用にだけ用いられます。
 - ・上水道を利用している全てのご家庭は、下水道基本使用料金を支払う必要があります。
 - ・現在の1ヶ月の下水道基本使用料金（税抜）：広島市 695 円、坂町 783 円、海田町 745 円
 - ・例えば、広島市で水道水を1ヶ月に 20m³ 使用する場合、1世帯の下水道使用料金は、1ヶ月 2,219 円から 2,419 円（税抜）になります。（排水量当たりの使用料率は、変わりません。）
 - ・下水処理場の設備追加の費用は、国・地方の財政支出（地方債等）と利用料金収入の両方

で支払うことが国の通達で求められています。処理場を利用する皆様の負担が必要です。」さらに、支払期間、つまり下水道基本使用料の値上げ期間として、10年間で想定した。高度処理施設の増設の費用は、一定期間分の使用料金増額により賄うことが可能である。ポンプ場の耐用年数は30年程度とされているが、一定期間を超えた長い将来に及ぶ増額の設定だと状況の理解が困難になる可能性が想定されたため、10年間の支払いに限定した。仮に、調査から得られたWTPに基づく、総支払可能額（仮の歳入額）と地方債等の合計歳入が事業費を大きく下回る場合は、10年間を一期間として必要な事業費を算出して、それ以降の期間については支払方法の変更も含めた金額等の再設定を行う必要がある。

また、既に述べたように、カキの量については、回答者自身や家計が個別で消費することで得られる効用を基にした市場価値を評価するのではなく、広島湾一帯に住む多くの人々が消費可能な量あるいは質が上昇することを想定した回答を求めた。WTP質問文に追加した注意書きは以下である。

「注意1：海の豊かさ（カキの量）については、改善効果で大きくなったカキを、あなた自身が購入して食べることは考えないでください。広島湾一帯に住む多くの人々が、現在よりも大きなカキを、たくさん食べられるようになるという、改善効果だけを考慮して、賛否の判断をしてください。注意2：賛成する場合は、他の支出を抑える必要が出てくることになります。注意3：施策を実施する場合は、あなただけでなく、広島湾一帯に住む全ての人々も追加の料金を支払います。」

質問方法には、二段階二肢選択方式を採用した。これは、一回目の提示額に対して、支払いに賛成を選択した場合、さらに高い金額を提示し、反対を選択した場合、さらに低い金額を提示する方法である。提示金額には、既存の研究がおおむね年額2,000円～3,000円程度になること、かつ、今回のような支払形態の強制的な徴収方法がWTPの低減をもたらす傾向を踏まえて、4種類を設定した。初回提示額は毎月30円、50円、100円、200円の増額で、初回提示額が30円の場合最低金額が10円、初回提示額200円の場合最高金額400円となり、他は初回提示額の上下の金額を用いた。

II. 2. 2. 調査対象の設定

評価対象である財・サービスの受益者は、対象海域に面している自治体に居住する住民と想定した。特に、バイサイドビーチ坂へのアクセス性を考慮すると、これらの地域までが車での訪問が比較的容易に行える範囲となる。これらの自治体として、広島市南区、広島市安芸区、海田町、府中町、坂町が挙げられる。

II. 3. 調査実施概要

CVM調査は、郵送による配布、回収で実施した。配布時期は、2015年9月18日から約1週間、回収は10月11日までに実施した。配布は、日本郵便のタウンプラスサービスを用いた。このサービスは、選択した郵便番号区域内の全ての配達可能箇所に配達するものである。標本抽出

は、対象海域から 10km 以上離れる安芸区及び府中町北部を除き、対象海域から 6km 以内に位置する郵便番号区域から選択した。また、選択する郵便番号区域が地理的に均等に配置されるよう、広島市南区、広島市安芸区、海田町、府中町、坂町からそれぞれ一つ以上の郵便番号区域を選択した。そして、坂町以外の地点については概ね対象海域からの距離が 4～6km となるよう選択した。配布数は、合計 1,120 通で、回収数は 188 通（16.8%）であった。

II. 4. 分析方法

本研究では、Cameron and Quiggin（1994）により提案された支払意思額関数モデルを推定方法として用いる（栗山 1998: 122-126）。今回のような環境保全施策を実行するために支払っても構わない金額 WTP は、以下のように、観察可能な WTP* と観察不可能な部分 ε に分割できるとする。まず一段階二肢選択方式の場合とする。

$$WTP_i(Q^0, Q^1, z_i, U^1) = WTP_i^*(Q^0, Q^1, z_i, U^1) + \varepsilon_i \quad (4-1)$$

ただし、 z_i は回答者 i の属性、 U^1 は、環境が改善したときの効用水準である。ここで、回答者が T 円の追加的負担をすることによって、海のきれいさと豊かさが改善されるとする。このとき、この施策の賛否を問う。回答者が賛成するのは、支払意思額が提示額を上回るときである。すなわち、

$$\begin{aligned} & \text{YES If } WTP_i > T_i \\ & \text{No otherwise} \end{aligned} \quad (4-2)$$

となる。ここで、支払意思額関数の観察不可能な部分 ε が平均 0、分散 σ^2 の正規分布に従うとすると、回答者が賛成するのは、

$$\begin{aligned} \Pr[\text{YES}] &= \Pr[WTP_i(Q^0, Q^1, z_i, U^1) > T] \\ &= \Pr[\varepsilon_i > T - WTP_i^*(Q^0, Q^1, z_i, U^1)] \\ &= \Pr\left[\frac{\varepsilon_i}{\sigma} > \frac{T - WTP_i^*}{\sigma}\right] \\ &= 1 - \Phi\left(\frac{T - WTP_i^*}{\sigma}\right) \end{aligned} \quad (4-3)$$

となる。ただし、 Φ は、標準正規累積密度関数である。

次に二段階二肢選択方式では、最初に提示した提示額は T、賛成した場合はさらに高い金額 T^U 、反対した場合は、低い金額 T^L を提示する。2 回とも賛成と答える確率は、

$$\begin{aligned}\pi_{yy}(T, T^U) &= \Pr[T \leq WTP, T^U \leq WTP] \\ &= \Pr[T \leq WTP | T^U \leq WTP] \Pr[T^U \leq WTP] \\ &= \Pr[T^U \leq WTP] = 1 - \Phi\left(\frac{T^U - WTP^*}{\sigma}\right)\end{aligned}\tag{4.4}$$

となる。同様に、2回とも反対と答える確率は、

$$\begin{aligned}\pi_{nn}(T, T^L) &= \Pr[T > WTP, T^L > WTP] \\ &= \Phi\left(\frac{T^L - WTP^*}{\sigma}\right)\end{aligned}\tag{4.5}$$

により得られる。1回目は賛成と答えて、2回目は反対と答える確率は、

$$\begin{aligned}\pi_{yn}(T, T^U) &= \Pr[T \leq WTP < T^U] \\ &= \Phi\left(\frac{T^U - WTP^*}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{T - WTP^*}{\sigma}\right)\end{aligned}\tag{4.6}$$

となり、1回目は反対と答えて、2回目は賛成と答える確率は、

$$\begin{aligned}\pi_{ny}(T, T^L) &= \Pr[T^L \leq WTP < T] \\ &= \Phi\left(\frac{T - WTP^*}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{T^L - WTP^*}{\sigma}\right)\end{aligned}\tag{4.7}$$

となる。これらの確率が分かると、最尤法で観察可能な支払意思額関数のパラメーターが推定可能となる。

支払意思額関数の観察不可能な部分 ε を、任意の分布関数 $F(\cdot)$ とすると、通常次のように設定される。

$$F(T) = (-\alpha - z_i' \beta - \beta_{bid} \ln T)\tag{4.8}$$

ここで、 α は定数項、 β は z_i の係数パラメータベクトル、 β_{bid} は $\ln T$ の係数パラメータを表す。これらから、パラメータを推定するための対数尤度関数は、以下になる。

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \{d_i^{yy} \ln \pi_{yy}(T, T^U) + d_i^{yn} \ln \pi_{yn}(T, T^U) + d_i^{ny} \ln \pi_{ny}(T, T^L) + d_i^{nn} \ln \pi_{nn}(T, T^L)\}\tag{4.9}$$

ただし、 d^{yy} は、回答者が2回とも賛成と答えたときに1、それ以外のときは、0となるダミー変数である。 d^{nn} 、 d^{ny} 、 d^{yn} 、も同様のダミー変数である。Nは観測数である。

(4-8) 式を1から引いたものを、Tについて、無限大まで積分するとWTP平均値が得られる。この関数が0に収束しない場合、平均値が発散するのを避ける必要がある。そこで、最大提示額でこの関数を末切りした。中央値は、(4-8) 式を1から引いたものが確率0.5となる場

合の T である。上記の推定は、寺脇（2000）のプログラムを参考に、Limdep 10/Nlogit5 を用いて算出した。

Ⅲ. 結果および考察

188 通の回収から、抵抗回答を除いた 156 を有効回答数としたため、有効回答率は 13.9% となった。抵抗回答としては、2 度の賛否の回答にどちらも反対した回答者において、以下のような選択肢が選ばれた。「排水の汚れの調節には賛成だが、下水道基本使用料金を上げる形式では、支払いたくないから」「広島湾北東部の海域の水のきれいさを調節するためには、夏に下水処理場の処理能力を高めるよりも、より適した方法があるから」「海水浴場の利用者やカキの生産者・消費者が、費用を支払えばよいから」。また、以下のような判断を保留した回答も有効回答からは除いた。「排水の汚れの調節のための設備強化のための下水道基本使用料金の変更について、賛否を決定するためには、より多くの情報が必要だから」。

本研究では、有効回答率が 13.9% と低かった。これは、アンケート票が合計 10 ページになり、郵送アンケートとしては分量がやや多かったためと考えられる。ただし、郵送アンケートとしては、分析に使用可能な有効回答数が多く、誠実に回答している回答者が多かったと考えられる。このため、想定受益範囲の母集団を十分にカバーできていない可能性があるため、結果の解釈には注意を要する。今後は、県と共同の調査とするなど、アンケート依頼の際の権威や影響力を確保して返送率を高めるとともに、回答が現実の政策に反映されることを確約するような設定が求められる。

表 1 に推定結果を示した。個人属性を含んだフルモデルにおいて、t 値に有意な値が得られている変数は、収入のみであった ($p < 0.05$)。所得が高いと WTP が高くなる傾向は、多くの既存研究で指摘されている（例：吉田，木下，and 江川 1997）。

表 1：推定結果

| 変数 | 係数 | p 値 |
|---|---------|--------|
| 定数 | 1.5824 | 0.1848 |
| 性別（男性 = 1、女性 = 2） | -0.1375 | 0.5227 |
| 年齢（20 代 = 2、30 代 = 3、・・・、70 代 = 7、80 代以上 = 8） | 0.1194 | 0.1625 |
| 学歴（中卒 = 1、高卒 = 2、・・・、大学院 = 6） | 0.1002 | 0.1990 |
| 同居家族数 | 0.0485 | 0.4779 |
| 収入（対数）（万円） | 0.4073* | 0.0036 |
| N | 156 | |
| Log Likelihood | -178.71 | |
| AIC | 371.40 | |
| WTP 中央値（yen/household/month） | 220.90 | |
| WTP 平均値（yen/household/month） | 234.52 | |

係数の * は、 $p < 0.05$ のものを指す

受益想定範囲の1世帯あたりのWTPに、総世帯数をかけて算出したものを全WTPとする。この全WTPが、広島湾北東部のきれいで豊かな海に対する総便益評価額を示す。中央値ベースでは、1か月あたり30,099,392.2円、平均値ベースでは、1か月あたり31,955,226.2円と試算された。支払期間10年間を想定すると、中央値ベースでは3,611,927,064.0円、平均値ベースでは3,834,627,139.2円であった。

IV. まとめ

本稿では、二段階二肢選択方式でのCVMにより、広島湾北東部の海域における海のきれいさと豊かさが周辺住民にもたらす便益の経済評価を行った。その結果、中央値ベースでは、想定受益範囲の全世帯で1か月あたり約3千万円、10年間で約36億円の経済価値が存在することが試算された。可能な限り将来の実現可能性が高い施策で、かつ、仮想性を低くするため、強制的な徴収の形態を選択し、他所でも導入されている下水処理場のコントロールによる栄養塩排出量の調整をCVMのシナリオに設定した。これらの水質調整による環境の質が改善した後のきれいさと豊かさの値は、信頼性の高いシミュレーションモデリングにより算出した。この点では、受益量が明確であり仮想性の低いシナリオであったと考えられる。さらに、今回は、豊かさの点で地域全体での受益量を評価した。そのため、市場で取引される養殖カキの価値を追加すると、経済価値はさらに大きくなると考えられる。

瀬戸内海においてきれいで豊かな里海を実現するために、今回の経済価値評価の結果を踏まえて、今後は下水処理の在り方や下水道処理料金の変更等を通じた適切な沿岸域の在り方を検討・実施していくことが必要である。

謝辞

本研究は、環境省の環境研究総合推進費（S-13）により実施された。

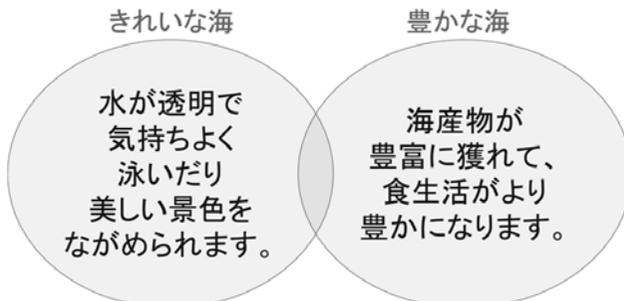
参考文献

- Cameron, Trudy Ann, and John Quiggin. 1994. Estimation Using Contingent Valuation Data from a "Dichotomous Choice with Follow-Up" Questionnaire. *Journal of Environmental Economics and Management* 27 (3) :218-234.
- Sakurai, Ryo., Takahiro, Ota., Takuro, Uehara., and Ken'ichi, Nakagami. 2016. Factors Affecting Residents' Behavioral Intentions for Coastal Conservation: Case study at Shizugawa Bay, Miyagi, Japan. *Marine Policy* 67: 1-9.
- いであ株式会社. 2015. 大阪湾の夏季透明度と底層 DO の再現計算業務に係る委託業務報告書.
- 環境省水・大気環境局水環境課閉鎖性海域対策室. 2010. 閉鎖性海域中長期ビジョン策定に係る懇談会.
- 栗山, 浩一. 1998. *環境の価値と評価手法*: 北海道大学図書刊行会.
- 白幡, 洋三郎. 1999. 瀬戸内海の文化と環境. Edited by 合田, 健. Vol. 2, 新・瀬戸内海文化シリーズ. 神戸: 瀬戸内海環境保全協会.
- 瀬戸内海研究会議. 2007. *瀬戸内海を里海に 新たな視点による再生方策*. 東京: 恒星社厚生閣.
- 中央環境審議会. 2012. *瀬戸内海における今後の目指すべき将来像と環境保全・再生の在り方について（答申）の概要*.
- 寺脇, 拓. 2000. <研究ノート>Limdepによる二段階二肢選択CVMの計測. *神戸大学農業経済* 33:101-112.
- 反田, 實, and 和弘 原田. 2011. 貧栄養化への対策事例と将来への課題. *水環境学会誌* 34 (2) :54-58.
- 広島県. 2014. 平成 26 年度広島かき生産出荷指針.
- . 2014a. 公共用水域水質測定結果表.
- 復建調査設計株式会社. 2015. 広島湾周辺の最適カキ養殖量等の推定計算業務報告書.
- 宮川, 昌志, 敏光 益井, 紀子 赤井, 慶寛 末長, and 正秀 石塚. 2015. 下水処理調整運転による栄養塩管理. *海洋と生物* 37 (3) :261-273.
- 柳, 哲雄. 2006. *里海論*. 東京: 恒星社厚生閣.
- 山本, 民次. 2015. 瀬戸内海の栄養管理～持続的な海藻養殖に向けて～ はじめに. *海洋と生物* 37 (3) :207-208.
- 吉田, 謙太郎, 順子 木下, and 章 江川. 1997. 二段階二項選択CVMによる農村景観の経済的評価: 大阪府能勢町を事例として. *農村計画学会誌* 16 (3) :205-215.

付録

その1：「きれい」で「豊かな」海から遠ざかっている現状

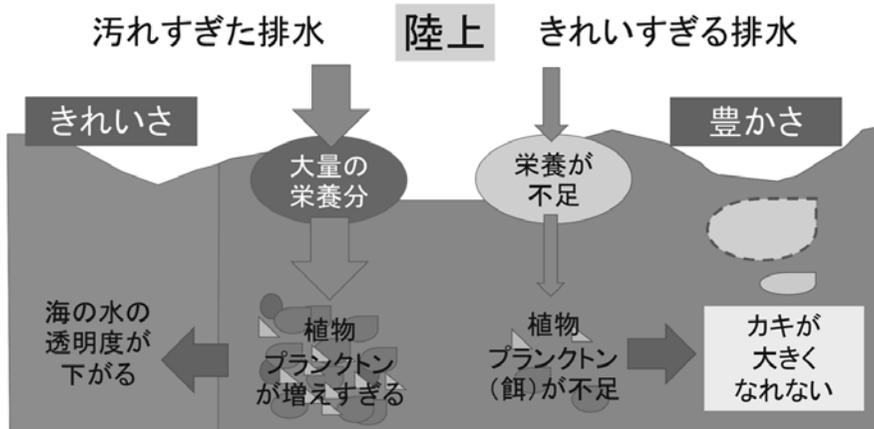
海は、様々な恵みを、私たちにもたらします。きれいで豊かな海は、理想的な状態といえます。



しかし、広島湾では、夏に、海の水の透明度が下がっています。また、冬に栄養が不足しており、カキが大きくなれません。

夏：海の水の透明度が下がる

冬：カキが大きくなれない



生活排水中の汚れは、下水処理場で処理されてから海に流されます。海の植物プランクトンは、この排水中に除去されずに残った汚れ（窒素やリン等の物質）を栄養分としています。

現状の排水は、夏は汚れすぎており（窒素やリンが多い）、冬はきれいすぎる（窒素やリンが少ない）状態です。このため、夏は、植物プランクトンが増えすぎ、海の水の透明度が下がっています。反対に、冬は、カキの餌でもある植物プランクトンが少なくなり、カキが大きくなれません。

質問 1：あなたは、夏に、陸からの汚れすぎた排水によって植物プランクトンが増え、海の水の透明度が下がる現象を、このアンケートを始める前から知っていましたか？当てはまる数字を、お選びください。

- ①知っていた
- ②知らなかった

その2：アンケートの対象の海、「広島湾北東部の海」についての説明

このアンケートでは、**広島湾北東部の海**を対象にします（これ以降、**対象の海**と呼びます）。
対象の海には、有名な海水浴場である「ベイサイドビーチ坂」と、「カキの養殖場」があります。これらの位置を四角で示しています。



その2-1：ベイサイドビーチ坂の「きれいさ」の現状

- 毎年5万人の人手があります。無料で誰でもが利用できます。
- JR広島駅から約20分、広島都心から車で30分程度で、簡単にアクセスできます。



左の写真は、夏のベイサイドビーチ坂です。

- 水が、にごって見えます
- 水の透明度は、2.3m程度
- にごりの原因は、夏に排水される汚れすぎた（窒素やリンが多い）水です

参照ホームページ <http://www.town.saka.hiroshima.jp/sakacho/sangyokensetsu/baysidebeach2.htm>

- ベイサイドビーチ坂は、広島県の海水浴場の中で、水の透明度が最も低い海水浴場の一つです。
- 海水の透明度が2.3mというのは、水中で2.3m先までしか見えないという意味です。
- 夏の排水に含まれる大量の栄養分（窒素やリン）のせいで植物プランクトンが増えすぎて、透明度が下がっています。

質問2：あなたは、「ベイサイドビーチ坂」に行ったことがありますか？

行ったことがある場合、その主な訪問目的と、その目的での訪問頻度をお答えください。

- ①行ったことがある ②行ったことがない

行ったことがある場合：ベイサイドビーチ坂の主な訪問目的：（一つだけ、お選びください）

- ①海水浴 ②釣り ③肌を焼くため ④景色を眺めるため ⑤その他（ ）

行ったことがある場合：上記の主な訪問目的での、訪問頻度：（一つだけ、お選びください）

- ①1ヶ月に一回（またはそれ以上） ②2～3ヶ月に一回 ③半年に一回
④1年に一回 ⑤2～3年に一回 ⑥4～5年に一回（またはそれ以下）

質問3：あなたは、現在の「ベイサイドビーチ坂」の水（透明度2.3m）はきれいだと思いますか？最も当てはまるものを一つお選びください。

- ①とてもきれい ②ややきれい ③やや汚い ④とても汚い

質問4：あなたは、ベイサイドビーチ坂以外の海も含めて、どのくらいの頻度で海に行きますか？

- ①1ヶ月に一回（またはそれ以上） ②2～3ヶ月に一回 ③半年に一回
④1年に一回 ⑤2～3年に一回 ⑥4～5年に一回（またはそれ以下）

主な訪問目的は何ですか？（一つだけ、お選びください）

- ①海水浴 ②釣り ③肌を焼くため ④景色を眺めるため ⑤その他（ ）

その2-2：対象の海の「豊かさ」の現状

- 大きなカキが、たくさん獲れれば、「海が豊かである」といえます。
- 広島市では、一世帯当たり、カキの購入のために全国平均の4倍の支出をしています。
- 広島湾一帯に住む人々にとって、カキは、重要な海の恵みであるといえます。



左の写真は、カキ養殖の写真です。

- 対象の海だけで、約980トンのカキが養殖されています
- 対象の海のカキ1個あたりのむき身の重さは、約21.7グラムです
- 冬は餌が少なく、カキがあまり大きくなれません。

参照ホームページ <http://windsnow51.exblog.jp/19507258/>

- 広島市のカキの収穫量は、年間約23,000トンです。全国の約10%に相当します。
- 広島県で取れる平均的なカキのむき身の大きさは、約14.5グラムです。
- 冬は、下水処理場からの排水がきれいなため、十分な量の窒素やリンがなく、カキの餌となる植物プランクトンが少ないため、カキは十分に大きくなれません。

質問5：あなたは、カキを食べたことがありますか？当てはまる方をお選びください。

- ①食べたことがある ②食べたことがない

質問6：あなたは、冬に、どのくらいの頻度でカキを食べますか？一つだけお選びください。

- ①毎日 ②1週間に一回 ③2週間に一回
④1ヶ月に一回 ⑤2ヶ月に一回 ⑥2ヶ月月に一回より少ない頻度しか食べない

質問7：あなたは、他の海のカキではなく、広島湾でとれたカキを食べるよう意識していますか？

- ①とても意識している ②やや意識している ③あまり意識していない ④全く意識していない

質問8：あなたは、現在の「対象の海」での、カキの養殖量である年間980トンは、広島湾一帯に住む人々にとって多い量だと思いますか？

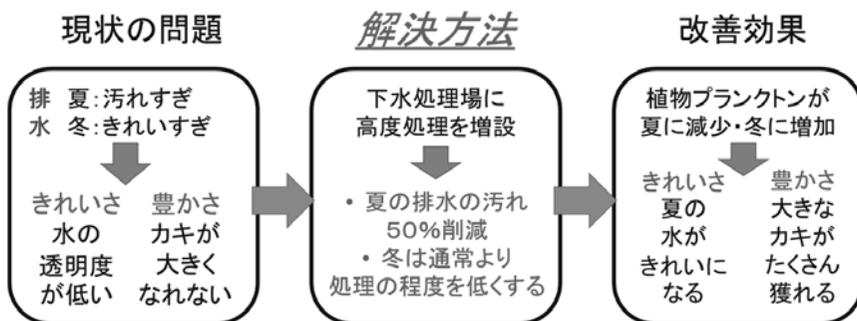
- ①とても多い ②やや多い ③やや少ない ④とても少ない

質問9：あなたは、現在の「対象の海」の平均的な大きさのカキ1個あたりのむき身の重さ約21.7グラムは、広島湾一帯に住む人々にとって大きいサイズだと思いますか？

- ①とても大きい ②やや大きい ③やや小さい ④とても小さい

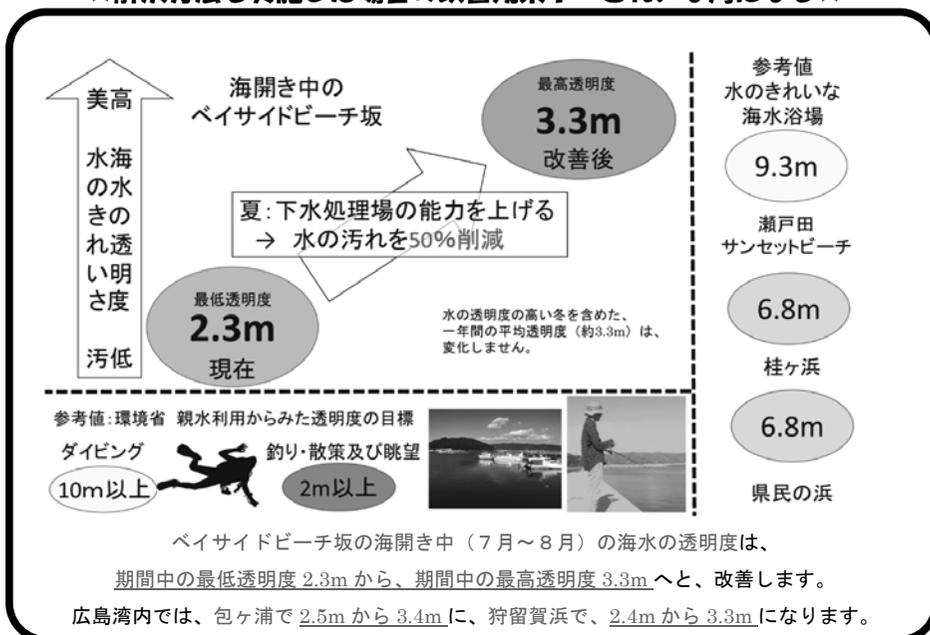
その3：「きれい」で「豊かな」海にするためには、 下水処理場の処理能力を上げる必要があります

ここからは、対象の海をきれいで豊かにするための解決方法についての賛否を伺います。

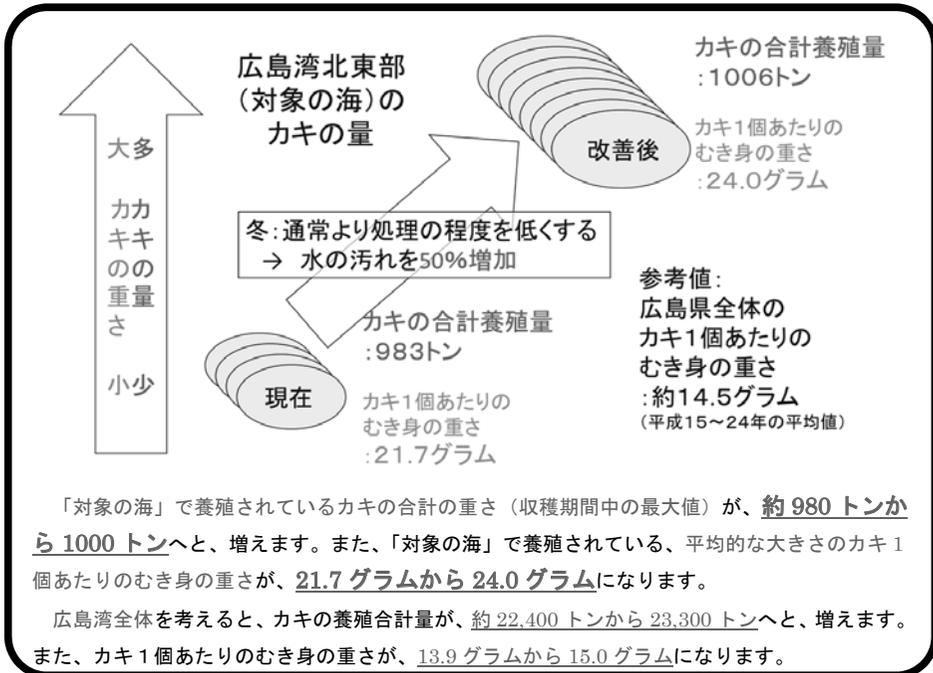


広島湾に排水している下水処理場に高度処理施設を増設して、夏に排水する水の汚れを（窒素やリン）50%削減してから海へと排出し、冬は、夏にきれいにした分、通常より処理の程度を低くして排出します。冬に、夏同様、極端にきれいな水を排水すると、カキが大きくなりません。

★解決方法を実施した場合の改善効果1：きれいな海になる★



★解決方法を実施した場合の改善効果2：豊かな海になる★



注：上記の改善効果1と2の推定値は、
海洋の専門家のシミュレーション計算で、算出しています。

◆解決方法を実施するために必要な費用◆

夏の水質を良くするためには、下水処理場の処理能力を上げることが、少ない費用で大きな効果を上げる方法の一つです。しかし、下水からより多くの窒素やリン等を除去するためには、より高性能な設備を追加する必要があり、費用がかかります。

一方で、冬に、排水の処理の程度を低くして、窒素やリンを50%増加した状態で排水するためには、追加の費用はかかりません。

そこで、増設した高性能な設備の費用をまかない終わる期間である、10年の間、下水道の基本使用料金を毎月30円（1年間で360円）を追加で徴収することとします。

- この施策を実施した年から**すぐに改善効果**が得られ、対象の海はきれいで豊かになります。
- 追加で得られる料金収入は、下水処理場の**設備増設の費用にだけ**用いられます。
- **上水道を利用している全てのご家庭**は、下水道基本使用料金を支払う必要があります。
- 現在の1ヶ月の下水道基本使用料金（税抜）：**広島市 695 円、坂町 783 円、海田町 745 円**
- 例えば、広島市で水道水を1ヶ月に20m³使用する場合、1世帯の下水道使用料金は、1ヶ月**2,219 円から 2,249 円（税抜）**になります。（排水量当たりの使用料率は、変わりません。）
- 下水処理場の設備追加の費用は、国・地方の財政支出（地方債等）と利用料金収入の両方で支払うことが国の通達で求められています。処理場を利用する皆様の負担が必要です。

質問 10 :

あなたは、10 年間、毎月 30 円（1 年間で 360 円）を、下水道基本使用料金に追加して支出することで、下水処理場の処理能力を上げて、夏の水の汚れ（窒素やリン）を 50%削減し、冬の水の汚れを 50%増加させ、対象の海をきれいで豊かにすることに賛成ですか、反対ですか？

どちらかの該当する数字に○（マル）をつけてください。

（上水道を利用するかがり、下水道基本使用料金は必ず支払う必要があります。）

①. 賛成 ②. 反対

注意 1：海豊かさ（カキの量）については、改善効果で大きくなったカキを、あなた自身が購入して食べることは考えないください。

広島湾一帯に住む多くの人々が、現在よりも大きなカキを、たくさん食べられるようになるという、改善効果だけを考えて、賛否の判断をしてください。

注意 2：賛成する場合は、他の支出を抑える必要が出てくることになります。

注意 3：施策を実施する場合は、あなただけでなく、広島湾一帯に住む全ての人々も追加の料金を支払います。

質問 11 （上の質問 10 で賛成した方は左を、反対した方は右を、回答してください）

①. 賛成の方だけに伺います。

あなたは、10 年間、

毎月 50 円（1 年間で 600 円）を、

下水道基本使用料金として追加して支出することには、賛成ですか、反対ですか？

（上水道を利用するかがり、下水道基本使用料金は必ず支払う必要があります。）

①. 賛成 ②. 反対

②. 反対の方だけに伺います。

あなたは、10 年間、

毎月 10 円（1 年間で 120 円）を、

下水道基本使用料金として追加して支出することには、賛成ですか、反対ですか？

（上水道を利用するかがり、下水道基本使用料金は必ず支払う必要があります。）

①. 賛成 ②. 反対

4：最後にあなた自身のことについて伺います。

これらの個人属性は、施策に対する賛否との関係性を分析するために伺っています。これらの個人属性は、個人を特定できる形では使用や公表はいたしません。

質問 1 4

あなたの年齢をお選びください。 10代 20代 30代 40代 50代 60代 70代 80代以上

質問 1 5

あなたの性別をお選びください。 男 ・ 女

質問 1 6

あなたのお住まいの郵便番号をお答えください。 〒 _ _ _ _ _ _ _ _

質問 1 7

あなたの最終学歴に該当するものをお選びください。

①中学校 ②高等学校 ③専門学校 ④短大 ⑤大学 ⑥大学院 ⑦その他 ()

質問 1 8

あなたの職業の雇用形態に該当するものをお選びください。

①正社員・正職員 ②自営業・フリーランス ③派遣・契約社員・契約職員
④パート・アルバイト ⑤学生 ⑥専業主婦・専業主夫 ⑦無職 ⑧その他 ()

質問 1 9

あなたの職業の職種をお書きください。(例：漁業、建設業) ()

質問 2 0

あなたの世帯の年収（同居されている方全員の年収の合計）に該当するものをお選びください。

①200万円未満 ②200-400万円未満 ③400-600万円未満 ④600-800万円未満
⑤800-1000万円未満 ⑥1000-1500万円未満 ⑦1500-2000万円未満 ⑧2000万円以上

質問 2 1

あなたが一緒に住んでいるご家族の人数をお答えください。 () 人

**以上で終わりです。ご協力いただき、誠にありがとうございました。
返信用封筒に入れて、返送してください。切手は不要です。**