

下水道事業におけるCVM法 (仮想金銭化法) による 便益算定手法の調査研究

1. はじめに

社会資本整備の事業実施にあたっては、効率性の向上や透明性の確保が求められており、事業効果を示し、事業評価を実施する必要性が増大している。評価の方法としては、事業による効果を金銭換算し、便益と費用を比較する費用便益分析が有効とされている。

汚水処理施設の費用効果分析については、国土交通省・農林水産省・環境省の連名で平成13年12月14日に「費用効果分析手法の統一について」が通知されている。この中で、汚水処理施設の整備による便益の算出方法が統一されており、その手法としてCVM法が明記されている。

平成10年3月に作成された「下水道事業における費用効果分析マニュアル(案)」では、CVMの概要を示すにとどまっていることから、上記、マニュアルの改訂を補完するような、「下水道事業におけるCVM法による便益算定手法の解説」資料が必要となっている。

調査は、下水道における生活環境の改善、公共用水域の水質保全等の各便益をCVM法により算定する手法の解説書作成を目的として、国土交通省からの受託業務として実施した。

2. 調査内容および結果

2.1 CVM法の概要

下水道事業におけるCVM法(仮想金銭化法)とは、下水道を整備した場合と、整備しない場合の状況をシナリオによって表現し、その状況差に対して被験者がどれだけの金額を支払う意志があるか(支払い意志額:WTP)を、アンケートによって住民等に直接的に尋ねる手法である。便益は、その支払い意志額に世帯数を乗じた金額とする。

CVM法はさまざまな便益を計測することのできる手法であるが、アンケート調査の仕方によってはバイアスを生じる場合があるため、信頼性向上のために、バイアスを小さくすることが必要である。

※CVM法においてバイアスとは、ある原因によって被調査者の回答する支払い意志額等が偏ってしまうことを言う。

2.2 CVM法による便益の算定調査手順

CVM法による便益の算定調査手順は、図-1に示すとおりである。

2.3 調査計画

調査の実施にあたっては、①支払い意志額の質問方法 ②アンケート調査実施方法 ③調査票の配布数等について検討を行い、調査の方針を固める。これらの項目は、互いに関連することから総合的に判断する必要がある。

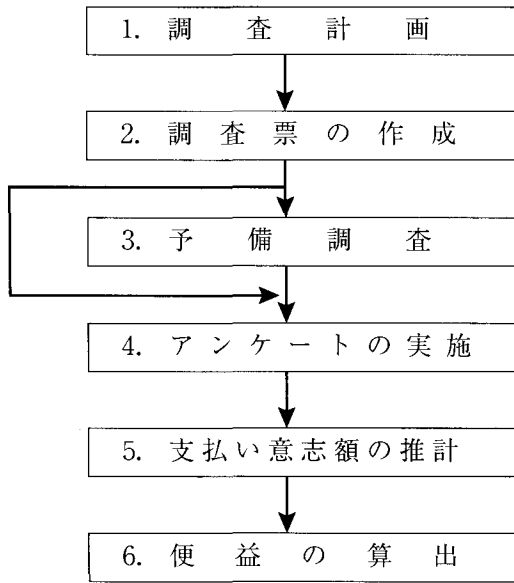


図-1 CVM法による便益の算定調査手順

2.4 調査票の作成

2.4.1 調査票の標準構成

アンケートに記すべき事項とその主旨は、以下のとおりである。

- ① 調査目的
調査の主旨を説明し理解してもらう。
- ② 事業に関する説明
下水道整備がもたらす効果を評価するための住民意識調査である旨を明記する。
- ③ アンケート票（対象効果別に作成）
 - ・現状に対する意識
周辺水路の状況、水洗化の状況、対象公共用水域との関わり等について尋ね、想起してもらう。
 - ・仮想シナリオ
評価対象事業による改善効果について理解してもらう。
 - ・仮想シナリオに対する支払い意志額
改善効果に対する支払い意志額を尋ねる
 - ・支払い意志額に対する回答の理由
判断理由を尋ね、分析段階での無効票チェックに用いる。
 - ・回答者の属性
回答者の属性について尋ね、サンプル特性と母集団特性の一致度の確認に用いる。

2.4.2 仮想シナリオ

評価対象事業が実施された場合と、実施されない場合との違いを対比し、回答者にわかりやすいよう

なシナリオを設定する。

留意点は以下のとおりである。

- ① 効果の発現場所や発現時期、発現期間についても明示する。特に公共用水域の水質保全効果については、当該下水道計画区域の近傍での水質改善状況を、水の視覚的印象（濁っている/清澄である）や魚などの動植物指標、水遊びができるかどうか等、具体性を持たせて表現する。
- ② イメージ図等の視覚的材料を加える場合は、周囲の風景の描き方等によって印象が変わるおそれがあるため、可能な限り客観性の維持に努める。

仮想シナリオの文例を以下に示す。

① 生活環境の改善

- ・〇〇周辺の地区では、生活雑排水が周辺の水路等に排水されており、悪臭や害虫が発生したり、ドブさらいを行わなくてはならないなどの状況が発生していると考えられます。
- ・ここからは仮定の話ですが、次のような状況を想像して下さい。これはあくまで仮想的なものです。
- ・仮に、これらの水路の水質がきれいになり、悪臭、見た目の悪さ、ハエ・蚊の発生、ドブさらいの手間といった状況が改善されるとします。

② トイレの水洗化

- ・トイレをくみ取り式から水洗式に変えれば生活がより快適になるなど、さまざまな効果が生まれます。
- ・ここからは仮定の話ですが、次のような状況を想像して下さい。これはあくまで仮想的なものです。
- ・仮にあなたがこれからある住宅を購入しようとしており、その住宅のトイレがくみ取り式だったとします。一方で、水洗トイレ（下水道などで下水処理される水洗トイレ）が付いていて、価格が〇〇ほど高い以外は、他の条件が全く同じ住宅物件があったとします。あなたは、水洗トイレ付きのこの住宅を選びますか。

③ 公共用水域の水質保全

<例1>

- ・対象の〇〇川には、現在、〇〇市などから、台所、洗濯、風呂などで使われた排水が流れ込ん

であり、このままでは川の水質が悪化するおそれがあります。

- ・ここからは仮定の話ですが、次のような状況を想像して下さい。これはあくまで仮想的なものです。
- ・仮に、川の水質を良くするために、〇〇下水道を整備して対策を講じたとします。
- ・これによって、〇〇川は濁りのないきれいな水となり、〇〇などの魚も増え、水遊びも安心してできるようになったとします。
- ・ただし、川の景観や洪水に対する安全度は変わらず、水質だけが良くなった状態を思い浮かべて下さい。

<例2>

- ・〇〇湾では、多くの環境基準点で環境基準を満たしておらず、夏には赤潮が発生することから、人々に親しまれる快適な水環境とは言い難い状況です。
- ・今後、快適な〇〇湾の水環境を創出するためには、□□などの水質改善への取り組みが必要となります。
- ・こうした水質改善対策の実施によって環境基準が達成され、ア) 海水浴が快適にできる、イ) 水遊び、釣り、水上スポーツなどができる、ウ) 散歩や花火見物ができる、エ) 生息する魚介類が増え、今よりも多様が海の生物が生息できるようになります。
- ・<ここから仮想的な質問が始まります> 〇〇湾の水質改善によって、安心して快適な水環境が実現するとします。

2.4.3 支払い意志額の質問方法

- ① 下水道事業による各効果に対してどれだけの金額を支払う意志があるかを尋ねる。
- ② 下水道事業は永続的に実施されるものであるため、支払い意志額は1世帯当たりの年間額あるいは月間額として尋ねる。
- ③ 支払い意志額の質問方式としては、表-1に示されるような方法が挙げられる。

2.4.4 支払い意志額に対する回答の理由

回答者の意志の相違によるバイアスを排除するため、支払い意志額を回答した理由について、表-2に示すような事項が明らかになるような設問をしておくことが必要である。

2.4.5 回答者の属性

アンケート調査においては回答者の属性データ等も併せて収集する。これは、回答者が対象地域住民全体の特性を反映しているかどうか、ならびに特定の属性が支払い意志額に影響していないかどうかをチェックするためであり、①年齢 ②世帯所得 ③家族構成 ④対象水域からの距離 ⑤対象水域の利用状況等を尋ねる。

表-1 支払い意志額の質問方法とその特徴

質問方式	特徴等	
自由回答	・自由に金額を回答してもらう。 ・無回答が多くなる。「設問と回答の意図の相違」によるバイアスが生じやすい。	
選択回答	支払カード	・0円, 100円, 500円などの金額が記入されたカードの中から支払い意志額に相当するものを選択してもらう。 ・現実の財の購入に近いので回答しやすい。郵送法による調査に適しており、大規模調査が容易。
	一段階二項選択	・ある金額を一つだけ提示し、それに対する諾否を判断してもらう。 ・回答しやすく、また調査バイアスも生じにくい。郵送調査にも利用できるが、面接調査に適している。
	二段階二項選択	・ある金額を提示し、「はい」ならさらに高い額、「いいえ」なら低い額を提示する。 ・「提示された状況の不正確な伝達」バイアスを避けやすい。回答により次の金額を提示することから、面接調査が基本であり、1件当たりの時間も長くなる。
一対比較	・環境質と価格が異なる家屋等の組を複数示し、どちらを選択するか回答してもらう。 ・現実の財の購入に近いので回答しやすい。郵送調査に適しており、大規模調査が容易。	

※「河川に関わる環境整備の経済評価の手引き（試案）、平成11年3月、河川に関わる環境整備の経済評価研究会」を基に作成

表-2 異常データと排除すべき回答

種別	排除すべき回答
判断基準が不適当	どんな事業であっても住民の負担で行うことに意義があるので賛成
抵抗回答	このような調査そのものに反対
無理解	分からないので賛成/反対
無関心	事業に関心がないので、賛成でも反対でもない

2.5 予備調査

予備調査では、支払い意志額の提示金額の幅をはじめとして、質問内容の理解度、回答のしやすさ、所要時間、シナリオの妥当性や支払い意志額に対する回答の理由として十分な選択肢が上がっているか等について調べ、必要に応じて調査票の修正、参考資料の添付、回答状況に応じた配布数の決定等を行う。

なお、近隣市町村等に参考となるCVM法による調査事例（調査目的が同じであり、アンケート対象者の属性が類似しているような調査事例）があるような場合には、予備調査を省略してもよい。

2.6 アンケートの実施

2.6.1 アンケート調査の実施方法

CVM調査では、面接調査および郵送調査が一般的である。

多くの調査票を確保する必要がある場合は郵送調査法が有利である。ただし、元々配布数が少ない場合や厳密な支払い意志額を把握したい場合は、回答者の質問に答えられ、説明も行える利点から、面接調査法が推奨される。

2.6.2 アンケート調査対象範囲

アンケート調査の対象範囲は、評価対象となる下水道の全体計画区域を調査対象範囲とすることを基本とする。

2.6.3 調査対象者

支払い意志額に関する調査であるので、普段から納税などの支払い経験を有する20歳以上の世帯主を対象とし、世帯を代表して回答してもらう。

アンケートの対象者は、回答者の属性を均質に保つため、住民基本台帳より無作為に抽出することが望ましい。それができない場合は、住宅地図等を用いて地域的な分布を勘案して抽出する。

2.6.4 調査票配布数

アンケート調査に必要と考えられるサンプル数の事例を表-3に示す。

サンプル数は、サンプリング理論等に基づき設定する。

調査票配布数は、必要サンプル数に回収率を予想して決める。回収率は予備調査の結果を参考に決めるが、郵送調査の場合20~40%程度である。

調査票を配布した後、回収状況を見極め必要に応じて督促状を発送する。

表-3 必要サンプル数の事例

項目	必要サンプル数の例
支払い意志額を推定するのに必要な最小サンプル数	一段階二項選択方式：200以上 二段階二項選択方式：100以上
支払い意志額の推定誤差の許容範囲から見た必要サンプル数	推定誤差の安定：1,000以上 一段階二項選択方式：600以上 二段階二項選択方式：400以上
母集団を代表するために必要なサンプル数	1 提示金額当たり：400以上 (一対比較方式)

2.7 支払い意志額の推計

2.7.1 異常データの排除

調査の主旨や回答方法を十分に理解しないで、あるいは誤解して回答しているものは排除する。異常データとして、「不適当な理由に基づく回答」、「抵抗回答」、「無理解」、「無関心」などが挙げられる。

異常データの種別と排除の方法を表-4に示す。

表-4 異常データの種別と排除の方法

種別	概要	排除方法
判断基準が不適当	・事業の価値そのものを評価するのではなくその他の要因で賛同または反対している回答。 ・例えば「どんな事業であっても住民の負担で行うことに意義がある」との回答理由を示した回答者はこれに当る。	・負担金に「賛同する」理由として「どんな事業であっても住民の負担で行うことに意義がある」を挙げた回答を排除。 ・負担金に「賛同しない」理由として「税金で実施すべき」を挙げた回答を排除。
無理解	・事業の内容や設問の意味を理解しなまま、なんとなく「賛同する」を選択している回答。	・「賛同する」「賛同しない」の理由として「わからない」を選択した回答を排除。
抵抗回答	・この種の調査に対して反対意志を表明する手段として「賛同しない」を選択していると考えられる回答	・負担金について「賛同しない」または「わからない」を選択した回答のうち、自由記入欄に「このような調査に反対」と記したものを排除。
無関心	・負担額についての質問に対する回答が「わからない」であっても、その理由が事業への無関心にあると考えられる回答。	・負担金に賛同するか否かについてわからないを選択した回答のうち、その理由として「事業に関心がない」を挙げた回答を排除。
論理的矛盾	・例えば一対比較方式において支払額が高ければYES、ければNOと回答。	・回答間の論理整合性をチェックし盾するものを排除。

2.7.2 支払い意志額の算出

支払い意志額は、アンケートで得られた支払い意志額に対するデータを基に、賛同率曲線を描いて推定する。

賛同率曲線を描く方法には、母集団の支払い意志額の分布型として特定の累積分布関数の形状を仮定する「パラメトリック法」と、そのような制約をしない「ノンパラメトリック法」がある。

このうち、「パラメトリック法」は、①ランダム効用モデル ②支払い意志額関数モデル ③生存分析モデル等の支払い意志額分析モデルを適用し、統計解析手法を用いて算出する。

以下では、簡便な方法として、母集団の支払い意志額の分布型に特定の累積分布関数の形状を仮定しないで、賛同率曲線を描き、支払い意志額を算出する「ノンパラメトリック法」について示す。

① 賛同率の算出

- ・支払カード方式の場合は、回答者が回答した金額よりも安い提示金額に対しては賛同、高い提示金額に対しては否認として、各金額への賛同者数が母集団（有効回答数）に占める比率を賛同率とする。
- ・一段階二項選択方式の場合は、提示した金額にyesと回答した回答者数をその金額に対する有効回答者数で除した値がその金額の賛同率となる。
- ・二段階二項選択方式の場合は、1人の回答者から3つの情報を得ることができることから、賛同率の求め方がやや複雑になる。
- ・対比較方式の場合は、有効回答者数を母集団として、各金額への賛同者数が母集団に占める比率を賛同率としてよい。

② 賛同率曲線の作成

賛同率曲線とは、x軸を金額、y軸をその金額の支払いに同意する回答者の母集団に占める比率（これを賛同率と呼ぶ）として描いた曲線のことである。この曲線により近似的に支払い意志額を推計する。

賛否の結果を、提示金額毎に賛同率としてグラフ化する（図-2参照）。

③ 支払い意志額の推定

支払い意志額は、賛同率曲線の面積積分値として支払い意志額平均値を算出する。賛同率曲線とX軸との交点について直接的なデータが得られない場合には、過大評価とにならないよう、最大提示金額で裾切りし積分をうち切る。

④ 支払い意志額の検証

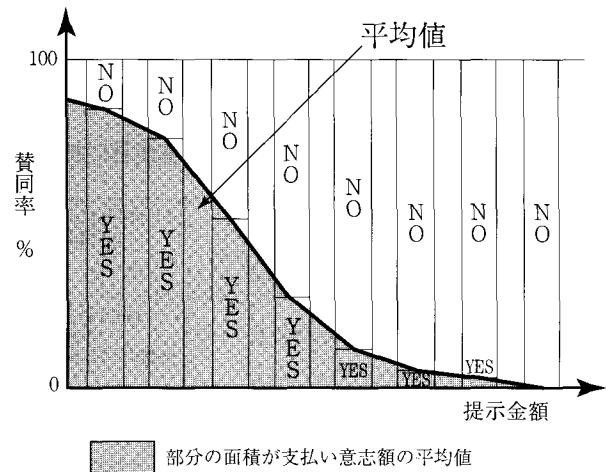


図-2 賛同率曲線による支払い意志額の推計

出典：安田ら、環境の経済評価手法について、土木技術資料1994.12

アンケートで得られた回答者の個人属性の構成と、母集団（アンケート調査対象区域全体）のそれとを比較し、補正が必要とされた属性について、標本と母集団との属性の構成比率の比によって重み付けを行い、これにより補正を行う。

2.8 便益の算出

各便益は、得られた1世帯当たりの年間支払い意志額に、評価の対象となる下水道計画の対象世帯数を乗じて算出する（単位：円/年）。

1) 生活環境の改善便益

=生活環境の改善に対する1世帯当たりの支払い意志額（円/世帯/年）×下水道計画対象世帯数

2) トイレの水洗化便益

=トイレの水洗化に対する1世帯当たりの支払い意志額（円/世帯/年）×下水道計画対象世帯数

3) 公共用水域の水質保全便益

=公共用水域の水質保全に対する1世帯当たりの支払い意志額（円/世帯/年）×対象公共用水域の流域内世帯数×寄与率
 =公共用水域の水質保全に対する1世帯あたり支払い意志額（円/世帯/年）×下水道計画対象世帯数

(∵ 寄与率=下水道計画対象世帯数/対象公共用水域の流域内世帯数)

2.9 CVM法による便益算定事例

下水道事業におけるCVM法による便益算定事例を表-5に示す。

表-5 下水道事業におけるCVM法による便益算定事例の概要

調査名	1) CVM (仮想市場法) を用いた水質保全効果の測定 -山梨県桂川流域下水道事業における調査事例-	2) 伊勢湾におけるCVMによる水質保全効果測定	3) 東京湾流域における高度処理導入による便益の調査検討	4) 下水道による生活環境改善効果の経済的評価	
実施主体	山梨県下水道課	伊勢湾浄化下水道計画 連絡協議会 事務局:愛知県建設部下水道課	東京湾水環境調査委員会	建設省土木研究所下水道研究室	
計測効果	下水道整備による 公共用水域の水質保全	伊勢湾の水質改善効果	東京湾の水質改善便益	周辺環境の改善効果	
比較の対象	桂川の水環境の比較 川の水質、臭いや濁り 生息魚類、河川利用	伊勢湾全体の水質比較 (COD, T-N, T-P)	東京湾の水環境の比較 現在:平成10年度 終点:水質改善後 (環境基準の達成)	周辺水路の環境比較 悪臭、見た目の悪さ、 ハエ、蚊の発生 ドブさらいの手間の解消	
質問形式	一段階二項選択方式	二段階二項選択方式	二段階二項選択方式	二段階二項選択方式	
対象地域	桂川流域下水道関連市町	伊勢湾流域	東京湾流域	水海道市	東町
対象者	20歳以上の世帯主	一般住民	20歳以上の成人	一般住民	一般住民
配布数	1,623票	8,000票	12,000票	500票 (郵送) 168票 (面接)	500票 (郵送)
標本抽出法	無作為抽出	無作為抽出	無作為抽出	無作為抽出	
抽出資料	住民基本台帳	電話帳	住民基本台帳または電話帳	住民基本台帳	
アンケート方法	郵送法	郵送法	郵送法	郵送法 訪問面接法	郵送法
回収率	66%	36%	38%	55% 63%	55%
督促状	あり	なし	あり	なし	なし
プリテスト	県職員 107人 提示金額の考察 調査内容が的確な伝達	一般住民 102人 ・栄セントラルパークおよび 地上公園内 ・世帯主あるいは配偶者 調査票草案の問題点の確認	各下水道事業者の職員 あるいは家族 77人 調査票の問題点の確認	第1 回予備テスト 10人 第2 回予備テスト 22人 (以上関係者) プリテスト 300人 (一般住民)	
備考	アンケート調査票発送日の 1週間後に、調査の実施に 関してプレス発表	お願い文に下水道課長の 直筆のサインを挿入	お願い文に下水道課長の 直筆のサインを挿入	訪問面接法では、予め葉書により依頼 謝礼にテレフォンカード	

参考1: CVM (仮想市場法) を用いた水質保全効果の測定-山梨県桂川流域下水道事業における調査事例-, 黒川ほか, 下水道協会誌, 2002年1月号
 参考2: 伊勢湾におけるCVMによる水質保全効果計測
 参考3: 東京湾における高度処理導入による便益の調査検討に関する研究, (財)下水道新技術推進機構, 2000年度, 下水道新技術研究所年報
 参考4: 下水道による生活環境改善効果の経済的評価-二段階二項選択CVMによるアプローチ-, 岡本ほか, 下水道協会誌, 2001年11月号

3. おわりに

平成13年12月14日に三省連名で通知された「費用効果分析手法の統一について」の中で、汚水処理施設の整備による便益の算出方法が統一されており、その手法としてCVM法が明記されている。

今後、CVM法による便益の算出は、益々増えると考えられることから、本資料が活用されることを期待する。

●この研究を行ったのは

研究第一部長 宮原 茂
 研究第一部総括主任研究員 栗林 栄
 研究第一部主任研究員 植松 龍二
 研究第一部主任研究員 二階堂悦生
 研究第一部研究員 野尻 希守

●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長 田中 修司
 研究第一部総括主任研究員 武 亨
 研究第一部主任研究員 白崎 亮
 研究第一部主任研究員 二階堂悦生
 研究第一部研究員 一松 雄太