

政策とビジネスのための 生態系サービス価値の見える化

長崎大学環境科学部
吉田 謙太郎

2012/3/19日本生態学会

報告の概要

- 生態系と生物多様性の経済学（TEEB）
- 生物多様性と生態系サービスの経済価値評価と「見える化」
- 経済評価の事例
 - 回避支出法とCVMによる水供給サービスの評価
 - 選択実験による沖縄県やんばる地域の絶滅危惧種保護の評価

生態系と生物多様性の経済学

- 生物多様性国家戦略2010
 - 生物多様性における経済的視点の導入
 - TEEBに連携・協力し、生物多様性保全と持続可能な利用に経済的視点を導入し、効果的な政策の検討に着手する
- 『生態系と生物多様性の経済学』(TEEB)
 - The Economics of Ecosystems & Biodiversity
 - 生物多様性版スターン・レビュー (COP9)、2008年
 - D0: Science & Economics Foundations, Policy Costs, & Costs of Inaction
 - D1: Policy Evaluation for Policy-Makers
 - D2: Decision Support for Local Governments
 - D3: Business Risks & Opportunities
 - D4: Citizen & Consumer Ownership

『生態系と生物多様性の経済学（中間報告）』

- 生物多様性条約ボン会議（COP9）にて公表
- 目的：生態系サービスの**真の経済的価値への理解**を深め、この価値を適切に計算するための**経済的ツール**を提供する
- 第1段階：生態系と生物多様性の多大な重要性和、現在の破壊と損失を逆転させるための**行動を起こさなければ人間の生活が脅かされることを例証**
- 第2段階：**適切なツールと政策が設計**されるためにどのようにこの知識を使うべきか



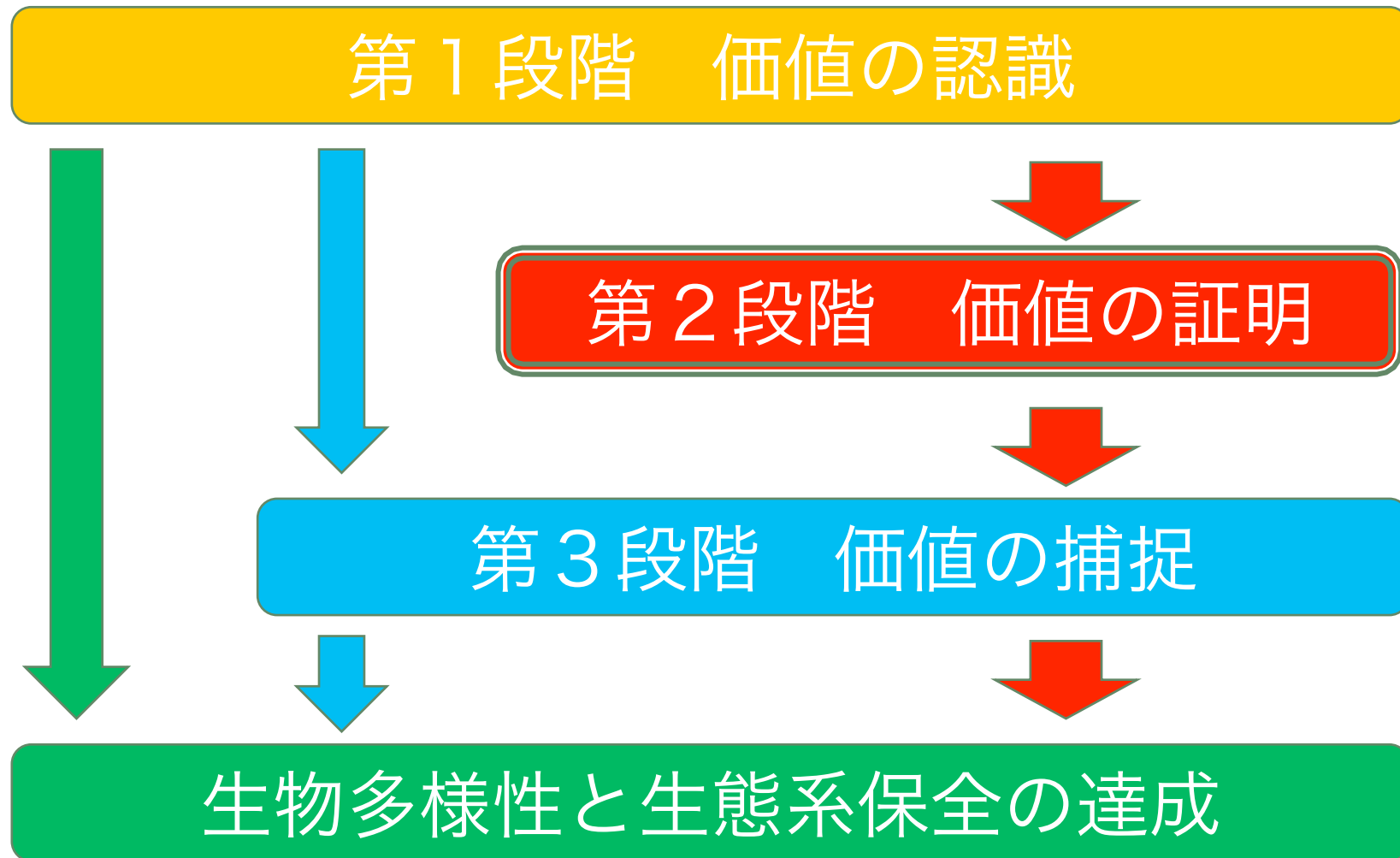
奥会津森林生態系保護地域



TEEB統合報告書における段階的アプローチ

- 自然の経済学を主流化する
 - Mainstreaming the economics of nature
- 価値付けのための段階的アプローチ
 - The TEEB study follows a tiered approach in analyzing and structuring valuation
- 価値を認識する (Recognizing value)
 - 生物多様性に価値があることを人々が認識する
 - 時に、それだけで保護や持続的利用には十分
- 価値を証明する (Demonstrating value)
 - コストとベネフィットを経済的価値に置換する
- 価値をとらえる (Capturing value)
 - インセンティブや価格シグナルを通じて、価値を意思決定に取り込む
 - 経済効率性だけではなく世代間・世代内の公平性も考慮

TEEBの段階的アプローチ



TEEBにおける結論と勧告

- 自然の価値を見える化 (visible) する
- 価格が付けられないものに価格を設定する
- リスクと不確実性に対する説明責任
- 将来の価値評価
- より良い管理のための、より良い測定
- 自然資本と貧困の減少
- ボトムラインを超えて ー 情報公開と補償
- インセンティブの変更
- 保護地域が金銭的な価値をもたらす
- 生態系インフラと気候変動
- 自然の経済学の主流化 (mainstreaming)

生物多様性と生態系サービスの経済的価値

- 生物多様性の価値を貨幣単位で評価することは可能か？
- 可能
 - 多様な経済価値評価手法の開発
 - 市場での取引事例の増加 (Labeling, PES, etc.)
- 不可能／困難
 - 完全競争市場で生物多様性が取引される機会はきわめて少ない
 - 種内・種間・生態系の多様性を同時に評価することは困難 (→やんばる地域)
 - 貨幣単位での経済評価に対する払拭しがたい不信感

経済評価に対する不信感の構図

- 生物多様性→「存在価値」と「利用価値」
- 存在価値「自然が存在することそのものの価値」
 - 非利用価値・受動的利用価値
 - 絶滅危惧種や豊かな自然環境が損なわれることに対する心の痛みを癒すことの価値
 - どうにかして絶滅から救いたいという思い
 - 「生物多様性はお金には換えられない」という意見
- 利用価値「食料やレクリエーションに利用することの価値」
 - 生物多様性の利用から得られる価値は、市場経済の中では扱いが小さい（農業：GDP1%未満）
 - 「そもそも利用を促進すべきではない」という意見
 - レクリエーション利用の増加と自然環境への負荷

生物多様性と生態系サービス

- 生物多様性の経済的価値
 - 生態系サービスとして**フローに変換**した上で経済評価
 - 人間の福利を向上するための貢献部分を評価
- Costanza et al. (1997) “The value of the world’s ecosystem services and natural capital”
 - 年間16～54兆USD（全世界のGNP：約18兆USD）
 - “a serious underestimate of infinity” (Toman, 1998)
- 論点と課題
 - **生態系サービスと生物多様性の関連性**は必ずしも明確ではない
 - 多くの生態系サービスは**人工的に代替可能**
 - 人々は、生態系サービスへの**依存度が低く**なっても生活ができるように、都市へ人口集中してきた
 - 生物多様性も**NIMBY**？（鳥獣害）
 - 生物多様性や生態系サービスに**希少性**がなければ価格が付かない（水とダイヤモンド）

環境価値の経済評価手法

- 利用価値の評価
 - 代替財の市場価格
 - 代替法
 - 代理市場価格に反映された環境価値
 - 旅行費用法、ヘドニック法、回避支出法
 - 環境財の市場価格
 - 排出権取引市場、野生動物の取引価格
- 受動的利用価値を含めた評価
 - 個人の支払意志額（WTP）を尋ねる方法
 - 仮想市場評価法（CVM）、コンジョイント分析
 - 表明選好法（stated preference）

説得力という観点から考える

- なぜ代替法が政策担当者に好まれるのか？
 - 生態系サービスを人工構造物の建設費用で置換
 - 湿地・森林の水質浄化機能 → 浄水場
 - 水田の洪水防止機能 → 治水ダム、遊水池
 - 公共事業の費用対効果分析
- なぜ表明選好法（CVM）が嫌われるのか？
 - 支払意志額を尋ねても、それと同等の金額を実際には支払ってくれない
 - フリーライダーが発生して市場で取引されないから、二次的接近として支払意志額を尋ねている
 - アンケート調査への漠然とした不信感
 - 丁寧に調査をしても、頭ごなしに否定されては共通の理解が醸成されない
 - 人々の主観的価値に依存するため
 - 市場財の価格は人々の主観的価値（支払意志額）と供給で決まり、日々、商品の価格は変動する

説得力という観点から考える

- 代理市場の価格から接近する方法は説得力あり？
 - **トラベルコスト法**
 - 旅行費用は確かにわかりやすい
 - レク利用が増加するほど価値は高まる（利用価値）
 - 重要な地域を立入禁止にするとゼロ円（存在価値）
 - **ヘドニック法**
 - 生物多様性の優れた場所を人々は選択しているか？
 - 自然豊かな場所は、利便性が低いので価格が低い
 - **回避・防御支出法**
 - 環境悪化をすべて回復するための支出・行動を人々は取らず、ある程度は我慢して防御支出を抑える
- 野生動植物の市場価格で評価する
 - シャチの価格は1.5億円？倫理的に許容されがたい
 - 排出権取引価格は許容されるが、実際には歪んだ市場価格

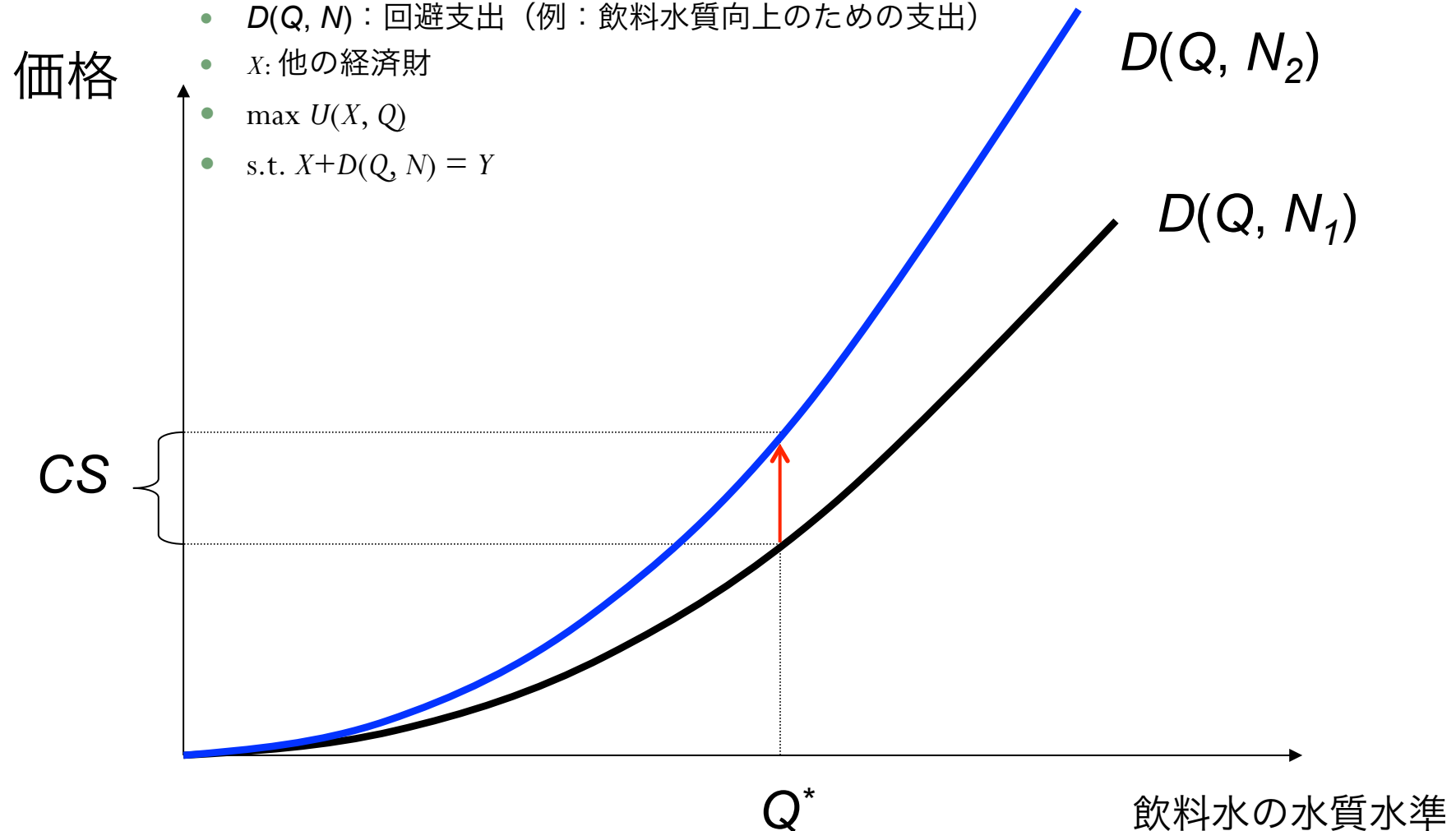
回避支出による経済価値評価

- 環境悪化を回避する目的の支出をもとに評価
 - 環境被害を防ぐために費やされる追加支出
- 環境悪化による不利益が、環境悪化の回避費用を上回る限り、家計は回避行動を取ると仮定

環境被害	回避行動・支出
騒音	二重窓、防音壁
大気汚染	空気清浄機、マスク、エアコン
水源汚染	浄水器、ミネラルウォーター、ソフトドリンク
花粉症	医療費、薬、マスク
放射能汚染	除染、安全な食品・水の購入

回避支出法

- Q : 飲料水質の水質水準
- N_1, N_2 : 水源地の水質水準
- CS : N_1 から N_2 への変化にともなう補償余剰
- Q^* : 水質が N_1 のときの最適水質水準
- $D(Q, N)$: 回避支出 (例: 飲料水質向上のための支出)
- X : 他の経済財
- $\max U(X, Q)$
- s.t. $X + D(Q, N) = Y$



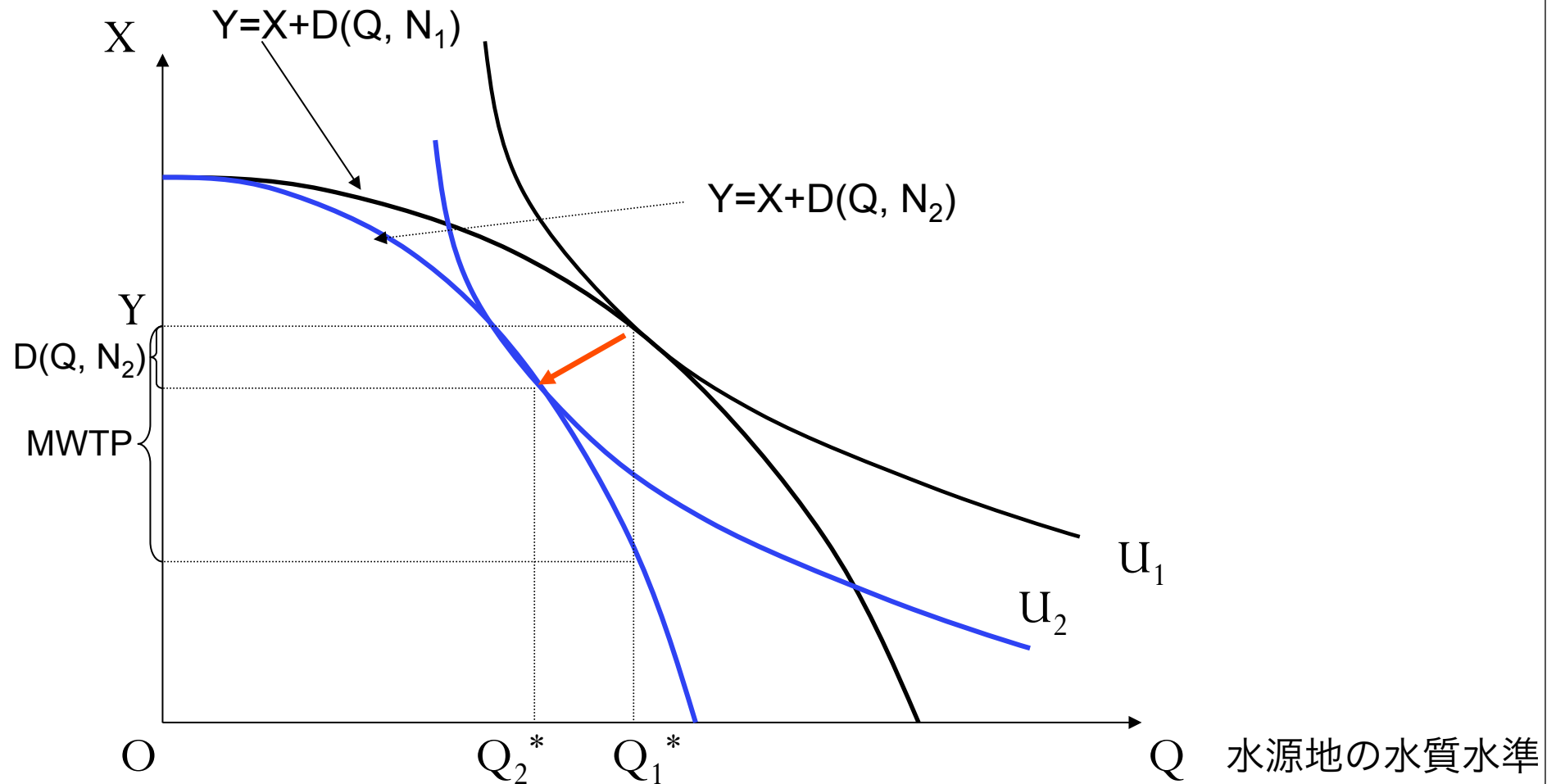
現行の費用対効果分析

－ 高度浄水施設整備の例 －

水質改善行動	割合(%)	単価	便益(円)
蛇口でのドレイン(捨て水)	50%	360円/世帯・年	180円
煮沸消毒	20%	10,000円/世帯・年	2,000円
浄水器の設置	30%	10,000円/世帯・年	3,000円
フィルター交換		12,000円/世帯・年	3,600円
ボトルド・ウォーター	30%	36,500円/給水人口・年	31,300円
総便益(円)			40,080円

出所：(社)日本水道協会『水道事業の費用対効果分析マニュアル』

水源地水質の変化による回避支出の変化



高度浄水施設整備の便益原単位（つくば市）

回避行動	回答数	平均値
水道水 (no avert)	40 (25.5%)	0 円／月
湯冷まし	13 (8.3%)	2,724 円／月
浄水器	51 (32.5%)	1,409 円／月
ミネラル・ウォーター	38 (24.2%)	2,428 円／月
浄水器とミネラルウォーター併用	15 (9.6%)	3,729 円／月
合計	157 (100.0%)	1,627 円／月

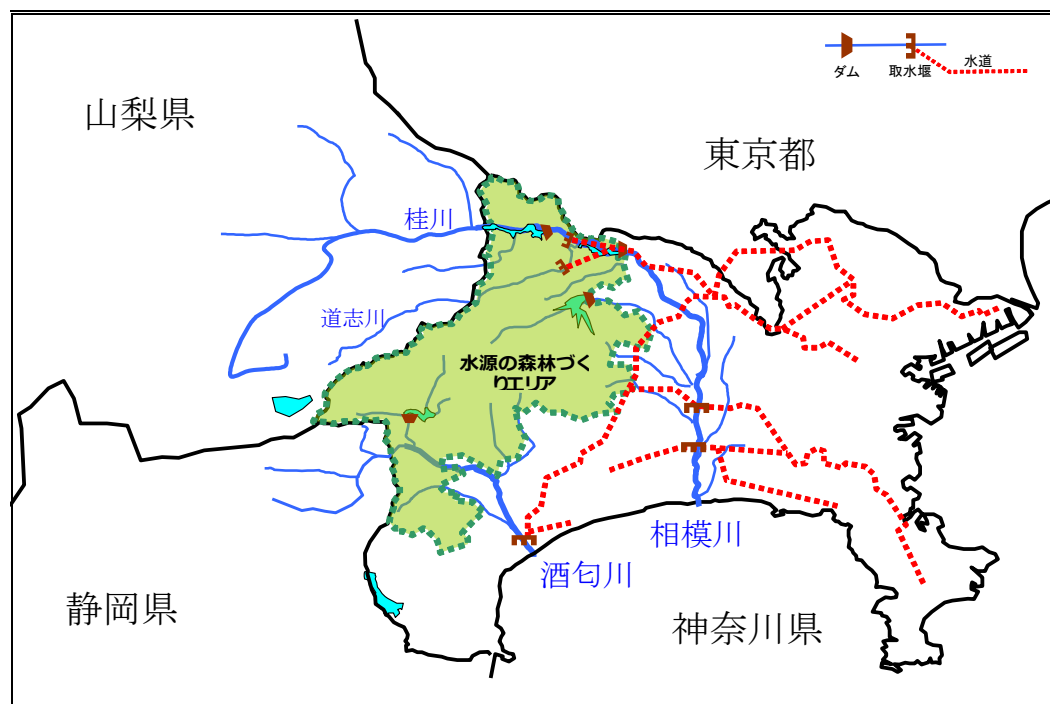
	便益／世帯／年
現行のマニュアル	41,640円
アンケート調査による補正值	20,256円(機会費用あり) 11,934円(機会費用なし)
回避支出法によるWTP	21,504円

表明選好法を理解する

- 支払意志額（WTP）の調査
 - 実際に市場に投入される商品の価格を予測
 - マーケティングでは、実際のマーケットを正確に予測可能
- 生物多様性や生態系サービスは、市場で取引されていないため、人々の合理的判断を引き出すことが難しい？
 - 精緻な手法の開発により、人々のもつ「値頃感」を明らかにすることは可能
 - 評価対象の定義が明確であり、実際に人々が意思決定を迫られるというリアリティがあれば、十分に説得力のある結果が得られる
- 支払意志額（／受取意志額）は理論的には最も正確に生態系サービスの価値を評価できる

神奈川県の水源環境保全税

流域全体図（相模川・酒匂川）



- 神奈川県内の一般世帯への郵送調査
- 標本抽出
 - 県内全市町村の選挙人名簿
- 調査主体
 - 神奈川県税務課
- 調査実施時期
 - 2002年9～10月
 - 郵送2度督促
- 回収率
 - CVMのみ：1059／1487通（71.2%）
 - CVM＋選択実験：1006／1486通（67.7%）

CVMにおける仮想シナリオ

〔前提条件〕

- 全私有林の7割28,000^{ヘクタール}の森林のうち、これまで年800^{ヘクタール}ずつ保全整備を進めてきた
- 水源地域の生活排水処理施設の整備率は現在34%であり、年5%ずつ整備率を増加させてきた

〔仮想シナリオ〕

- 仮に、水源環境税を導入すると森林保全面積は年1,200^{ヘクタール}、生活排水処理施設整備率は年8%に向上させることができる
- もし環境税額が月間〇〇円（年間〇〇〇円）であれば、あなたはこのような制度の導入に賛成しますか？

2段階多項選択型住民投票方式

(300*) 円の環境税に賛成しますか？

確実に賛成 たぶん賛成



(500) 円でも
賛成しますか？



確実に賛成 たぶん賛成 たぶん反対 確実に反対 よくわからない

たぶん反対 確実に反対 よくわからない



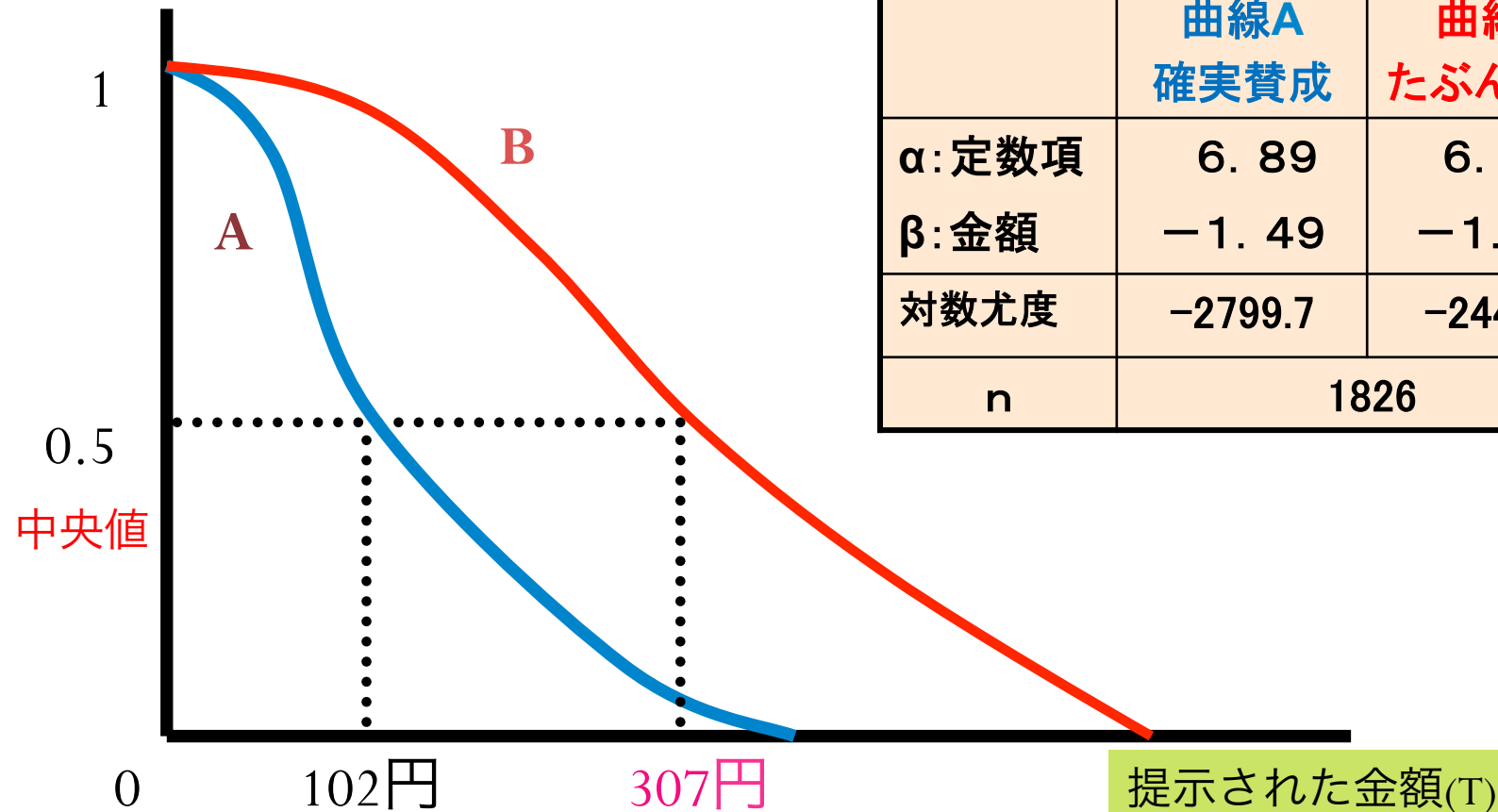
(200) 円なら
賛成しますか？



* 50, 100, 200, 300, 500円 (年額も併記)

支払意志額（WTP）の推定結果

支払いに賛成する確率 (Pr(yes))



$$\Pr(\text{yes}) = 1 - \{1 + \exp(\alpha + \beta \ln T)\}^{-1}$$

	曲線A 確実賛成	曲線B たぶん賛成
α : 定数項	6.89	6.66
β : 金額	-1.49	-1.16
対数尤度	-2799.7	-2447.3
n	1826	

WTPに影響を与える要因（係数）

変数	確実に賛成	おそらく賛成
相模川流域住民	−0.5	−0.4
酒匂川流域住民	−0.5	−0.4
横浜 & 川崎市民	−0.2	
上水道の水質（十分に安心）	+0.5	+0.5
浄水器の使用（今後も使用しない）	−0.4	
今後の森林整備（現状より規模拡大）	+0.9	+0.8
ダム湖の水質汚濁認識（なし）	+0.2	
性別（女性）	+0.2	
年齢		+0.01
所得（百万円）	+0.06	+0.06

選択実験による質問例

質問： 対策１～４の中で、どれが最も好ましい対策か？

	対策１	対策２	対策３	対策４ (現状)
森林保全面積	1200 ^{ヘクタール}	1500 ^{ヘクタール}	900 ^{ヘクタール}	800 ^{ヘクタール}
生活排水処理整備率	8%	12%	6%	5%
各世帯の月間負担額	300円 年3600円	500円 年6000円	100円 年1200円	0円

年間支払意志額／世帯（WTP）の推計結果

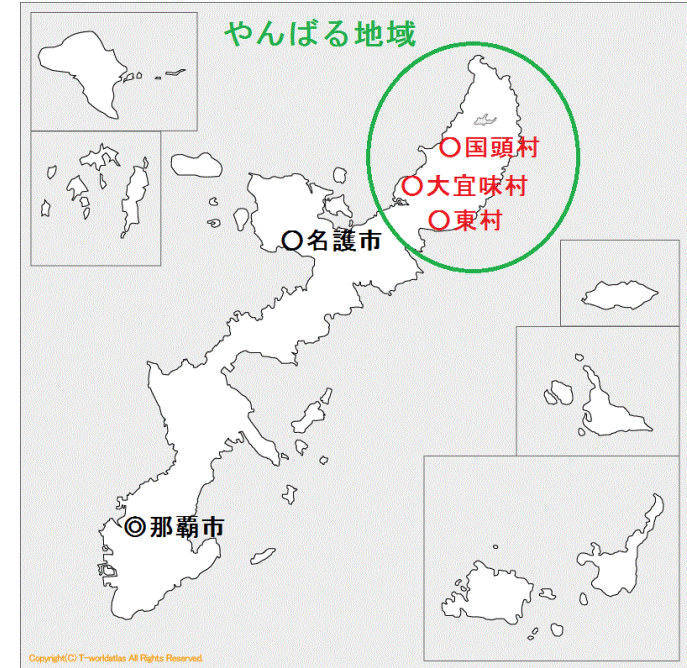
	WTP
CVM(たぶん賛成)	3,684円(月307円)
CVM(確実に賛成)	1,224円(月102円)
水源環境保全税の税額 2007年4月導入	平均950円

沖縄県やんばる地域の経済的評価

- 山原（やんばる）地域固有の生態系の価値評価
 - 亜熱帯照葉樹林：固有の生態系
 - ヤンバルクイナ：象徴種
 - ヤンバルテナガコガネ：遺伝的多様性の喪失
- 評価手法
 - CVM（仮想市場評価法）
 - 選択実験
- アンケート調査
 - 2012年1月下旬実施
 - 標本数 1,861人
 - 調査会社 株式会社マクロミル

沖縄県やんばる地域

- 沖縄本島北部3村（国頭村、大宜味村、東村）
 - 271km²の森林のうち78km²米軍演習場（北部訓練場）
- 1981年ヤンバルクイナ発見
- 1983年ヤンバルテナガコガネ発見
- 1910年那覇市郊外に放たれたマングース個体数および生息域の拡大（外来生物法施行と駆除）
- ヤンバルクイナ推定羽数
 - 1800→700→1000
 - ロードキル（37件、2011年）
- ヤンバルテナガコガネ
 - 森林伐採、密猟
- ノグチゲラ、トゲネズミ他
- 日本の鳥類の約50%、カエル25%



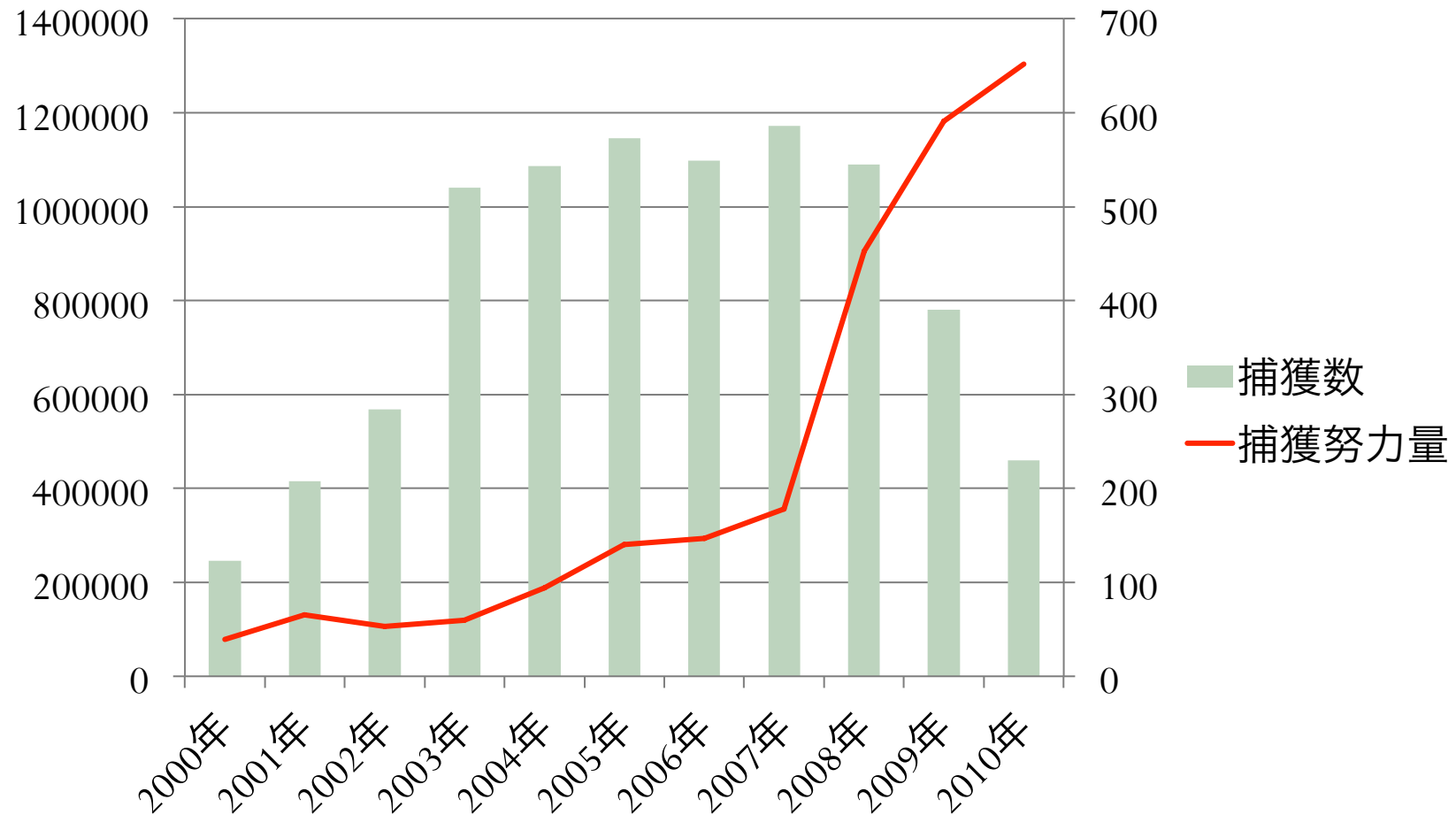
沖縄本島北部における外来種対策

- やんばる地域におけるマングース対策
 - 1910年に13～17頭のマングースが、ハブとネズミ対策として沖縄本島南部に放たれる
 - 1990年代以降、沖縄県北部のやんばる地域に生息域を拡大
- 1981年ヤンバルクイナ発見（約1,800羽）
- マングース北上とともに、ヤンバルクイナを捕食
- 2005年より10年間のマングース防除計画を策定
- 環境省と沖縄県との共同の防除策
 - マングース捕獲用ワナ（カゴワナ、筒ワナ）の設置、マングース・バスターズ
 - マングース北上防止用柵の設置
 - マングース探索犬の導入
- マングース捕獲数の減少とヤンバルクイナの羽数増加

マンブース捕獲数

捕獲努力量 (わな日)

捕獲数 (頭)



アンケート調査の概要

- 性別：男性880人（47.3%） 女性981人（52.7%）
- 年齢 平均41.5歳
- 調査範囲 全国47都道府県（沖縄県0.7%含む）
- ウォームアップ質問
 - 沖縄訪問頻度
 - やんばる地域、固有種等に関する認知度
 - 生態系悪化の要因に関する認知度
 - 国立公園・世界遺産登録への賛否等
- CVM：支払意志額（WTP）
- 選択実験：限界WTP

CVMのための仮想シナリオと説明文

- ヤンバルクイナは、1981年の発見当時の生息数は推定1,800羽でしたが、森林開発やマングース生息域拡大の影響を受けて、一時期700羽程度まで推定生息数は減少しました
- 2000年からマングースの捕獲が開始され、2006年から特定外来生物法に基づく本格的な防除事業が実施されています
- 2003～2008年までは毎年500頭以上のマングースが捕獲されました
- 全長4,130mのマングース北上防止柵設置、ワナを使った捕獲などが効果を発揮し、2010年には捕獲数が230頭まで減少しました。
- マングースの生息数が減少した結果、ヤンバルクイナ生息数は現在1,000羽ほどに回復してきたと推定されています。
- 一方、2010年は33羽のヤンバルクイナが交通事故に遭い、そのうち31羽が死亡しました。
- このようなロードキル（交通事故による野生動物の死亡）を回避するために、道路脇のフェンスや警告標識の設置などの対策も必要とされています。

CVMのための仮想シナリオと説明文（続き）

- また、ヤンバルテナガコガネは、イタジイなどの大木の幹にできた穴（樹洞）という特殊な環境で3年ほどの長い期間をかけて成虫になります。森林伐採や開発、密猟などの影響により、生息に十分な大きさの樹洞をもつ大木は減少するなど、生息環境は悪化しています。
- 1983年の発見当時も滅多に観察できなかった状態でしたが、現在では生きた個体を観察する機会は激減しており、絶滅が心配されています。
- それ以外にも、やんばる地域にはノグチゲラやケナガネズミなどの希少な野生生物が数多く生息しています。しかし、希少な固有の野生動物が生息するにもかかわらず、沖縄北部3村の森林総面積は271km²と十分な広さを持っていないこともあり、生息環境は次第に悪化しています。

CVMによるWTP推定結果

- 仮想シナリオ（現状維持のための基金への寄付）
- 質問文（要約）
 - 以下は仮の質問です
 - 保護活動を行わないと、近い将来にヤンバルクイナやヤンバルテナガコガネ、ノグチゲラなどは絶滅する可能性
 - 現在の生息環境を維持するため、「やんばる保護基金」を設置し、皆さんから募金を集めるとします
 - あなたの世帯に、**〇〇円だけ負担**してもらい必要があるとします。募金を集めるのは10年間継続し、毎年同じ金額をお支払いいただくものとします
 - あなたは、やんばる地域の野生生物を守るために、〇〇円だけ支払ってもかまいませんか
 - 注：〇〇円には、100円、200円、500、1000円、2000円、5000円の中の任意の一つが入る
- WTPの推定結果（世帯・年）
 - **中央値772円 平均値1,921円**

選択実験の概要

- やんばる地域に生息するヤンバルクイナやヤンバルテナガコガネなどの生息環境を改善し、ヤンバルクイナの生息数を増加させるとともに、ヤンバルテナガコガネの絶滅を確実に回避するための新たな対策が必要です。そこで、以下の対策が考えられるとします。
- 1) やんばる地域における亜熱帯林の中に保護地区を設定し、持続的ではない森林伐採や開発、そして密猟などから地域固有の生物を守ります。また、希少種保護において重要性の高い森林地域での森林伐採を止めてもらう代わりに、補償金を支払うなどの対策を行います。そのような保護対策の対象となる森林面積を拡大します。
- 2) ヤンバルクイナの生息数を増加させるために、ワナや柵の設置といったマングース対策を行うとともに、ロードキル回避のための道路フェンス設置、保護した個体の増殖活動を今よりも拡充して行います。
- 3) ヤンバルテナガコガネは、現状のままでは近い将来に絶滅の可能性が高いため、生息地となる樹洞のある大木を保護するとともに、密猟監視、人工増殖などの特別な保護対策を徹底的に行い、絶滅を確実に回避します。
- こうした対策は、地元にならに設置する研究機関とNPOを中心として、政府や自治体などと一致協力して実施するとします。そして、これらの対策を実施することを支援するために「やんばる保護基金」を設置するとします。皆さんにもこの基金に募金してもらうとします。

選択実験の仮想シナリオ（要約）

- A) 亜熱帯林の中に保護地区を設定し、森林伐採や開発、そして密猟などから地域固有の生物を守ります。また、重要性の高い森林地域での森林伐採を止める代わりに、補償金を支払うなどの対策を行う
- B) ヤンバルクイナの生息数を増加させるために、マングース対策、ロードキル回避、保護増殖活動を今よりも拡充して行う
- C) ヤンバルテナガコガネの生息地となる樹洞のある大木を保護するとともに、密猟監視、人工増殖などの特別な保護対策を徹底的に行い、絶滅を確実に回避する

選択実験の質問例

	対策 1	対策 2	対策 3
森林の保護面積	51km ²	87km ²	13km ²
	(全森林の19%)	(全森林の32%)	(全森林の5%)
ヤンバルクイナ生息数	1400羽	1800羽	1000羽
	(現状より40%増加)	(発見当時の水準)	(現状)
ヤンバルテナガコガネ保護	現状	特別保護	現状
	(近い将来に絶滅)	(確実に絶滅回避)	(近い将来に絶滅)
基金への負担額 (1世帯当たり年額)	1000円	2000円	0円
	↓	↓	↓
もっとも好ましいもの1つに○	1	2	3

選択実験の属性と水準

属性	水準
森林の保護面積	13km ² （全体の5%（現状）） 51km ² （全体の19%） 87km ² （全体の32%） 178km ² （全体の66%） 271km ² （全体の100%）
ヤンバルクイナ羽数	1000羽（現状） 1200羽（20%増加） 1400羽（40%増加） 1600羽（60%増加） 1800羽（発見当時の推定羽数）
ヤンバルテナガコガネ保護	特別保護（確実に絶滅回避） 現状（近い将来に絶滅）
基金（年・円）	100 200 500 1,000 2,000 5,000

選択実験による限界WTP推定結果

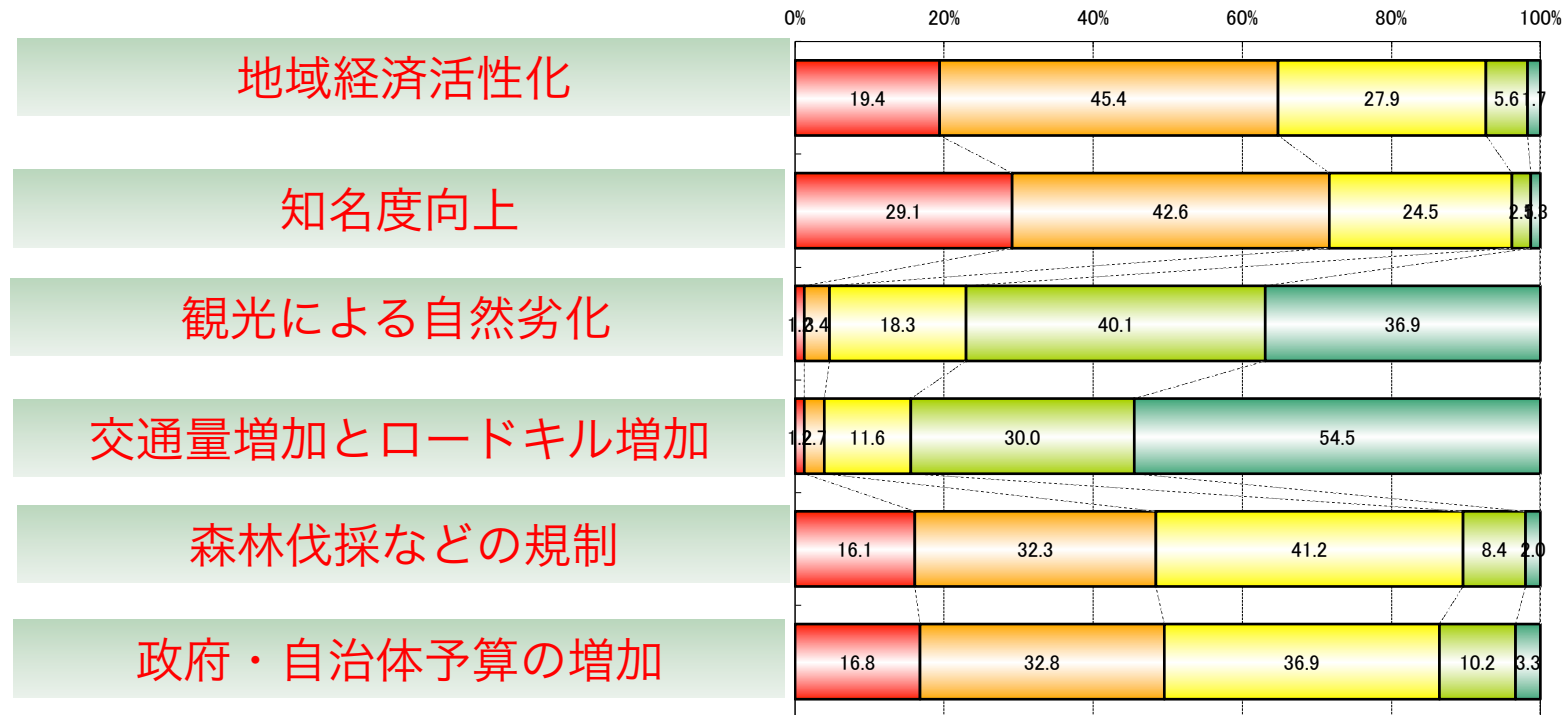
	限界WTP		WTP (世帯・年)
森林 (km ²)	2.91円	$\times(271 - 13) \text{ km}^2$	750円
ヤンバルクイナ 羽数 (羽)	1.01円	$\times(1800 - 1000) \text{ 羽}$	808円
ヤンバルテナガ コガネ保護	2422.72円	$\times 1$	2423円
合計	—	—	3,981円

自然保護と経済発展の両立へ向けて

[質問]

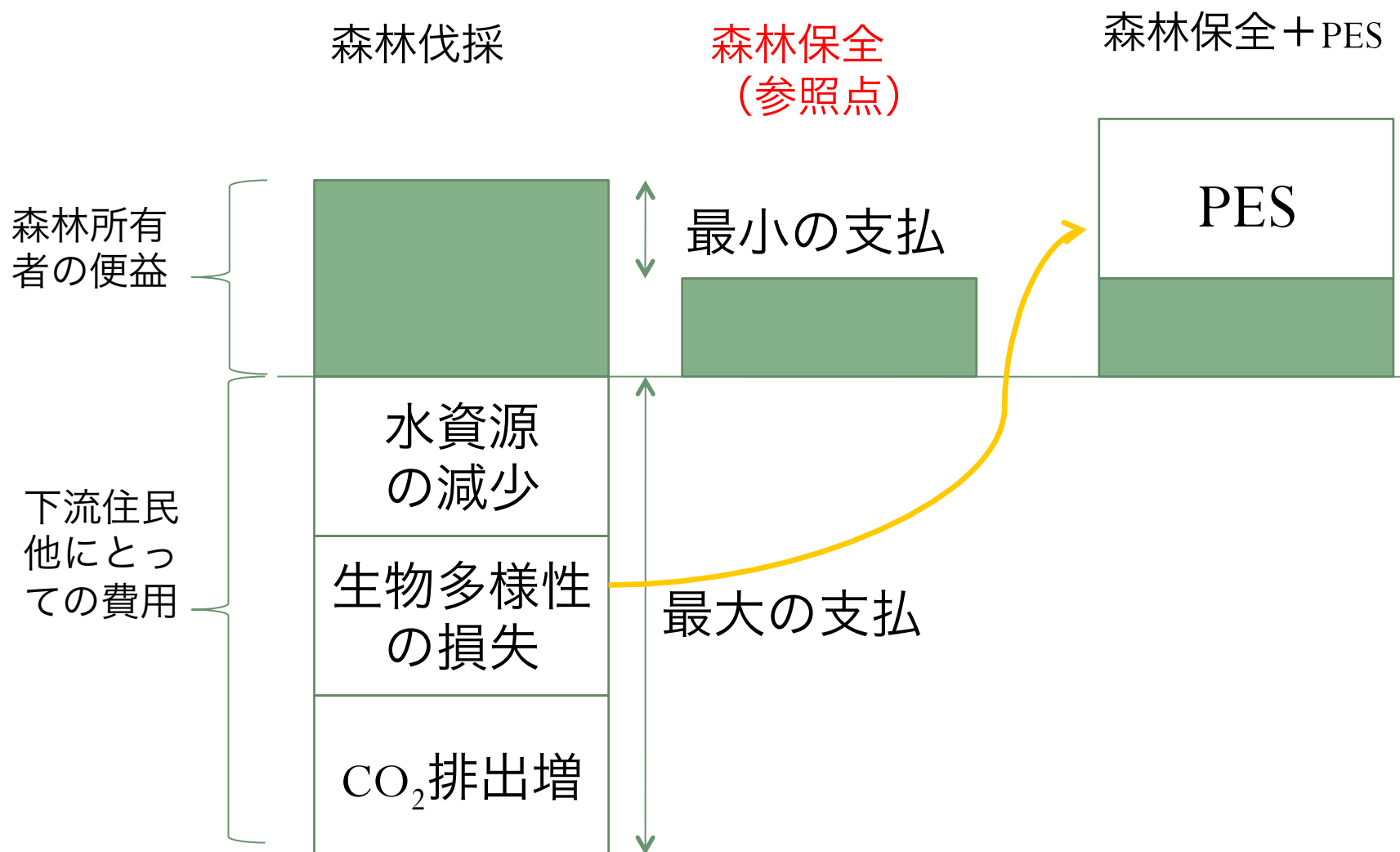
国立公園や世界遺産に指定・登録されることにより、一般的に、自然環境の保全が推進されやすくなると予想されます。ところが、地元にはさまざまなメリットとデメリットをもたらすことがあります。あなたは、以下の6項目についてどのようにお考えになりますか。

□望ましい □やや望ましい □どちらともいえない □やや望ましくない □望ましくない



生態系サービスへの支払い（PES）のロジック

(Engel et al. 2008)



選択実験結果のインプリケーション

- 亜熱帯林の保護

- 民有林（とくに個人所有）の森林伐採における絶滅危惧種保護への配慮
- 経済活動への規制と生態系サービスへの支払い

- ヤンバルクイナ

- 羽数回復傾向にある種への追加的支援
- 外来生物対策

- ヤンバルテナガコガネ

- 絶滅回避のための生息環境の保全
- 遺伝的多様性維持のための人工保護増殖
- 民間とのパートナーシップ（スキルと資金）

まとめ

- 生物多様性は、利用禁止時の価値である**存在価値**を無視できない
- 絶滅危惧種のように**希少性**が経済価値の源泉
 - 逆に、希少性がない場合、自由財となり経済価値は低い
- 評価対象が市場財に近づくほど経済評価の精度は向上するが、市場財から遠い場合は誤差が大きくなる
- 政策面では、重要性を「見える化」する目的、費用便益分析などへ適用可能
- ビジネスにおいては、オフセットなど住民の選好を取り入れた生物多様性保全を実施する際に適用可能
- 希少種（>）生態系の保護における民間のイニシアティブ、官民パートナーシップ