

# 顕示選好データによる環境質の便益計測 —環境質の直接的利用価値と間接的利用価値—

林山 泰久<sup>1</sup>・森杉 壽芳<sup>2</sup>・小拔 和裕<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 東北大学助教授 大学院経済学研究科 (〒980-8576 仙台市青葉区川内)

<sup>2</sup>正会員 工博 東北大学教授 大学院情報科学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06)

<sup>3</sup>情報修 (株)日立情報システムズ (〒150-8540 渋谷区道玄坂1-16-5)

本研究は、環境質の質的水準の変化がもたらす総価値を補償的偏差および等価的偏差の概念で定式化し、総価値が利用価値および非利用価値の加法分離形で表現できることを示した。また、利用価値は、直接的利用価値および純間接的利用価値に分離可能であることを示し、さらに、利用価値および非利用価値は、市場で観察可能な顕示選好データから個別に評価が可能であることを示した。

**Key Words :** *environmental goods and amenities, direct/indirect use value, benefit evaluation*

## 1. はじめに

近年、環境経済学および農業経済学の分野では、環境の最適供給水準を知るという政策的観点から、利用価値(Use Value)のみならず非利用価値(Nonuse Value)をも包含した環境の価値を如何に精緻に計測するかが議論の対象の一つとなっている(例えば、Smith<sup>1), 2)</sup>。また、米国において1980年に施行された包括的環境対処・補償・責任法(CERCLA:通称、スーパーファンド法)は自然破壊の損害は必ずしも利用価値に限定されないとしており、さらにスーパーファンド法が契機となって行われたオハイオ裁判では<sup>3)</sup>、自然資源損害評価の対象は利用価値だけでなく非利用価値を含むとされていることから、非利用価値に対する議論がより一層活発になっている。このような社会的要請を受けて、環境質(以下、環境質と言った場合は唯一性(Uniqueness) および不可逆性(Irreversibility)といった性質を有する公共財(Public Goods)を指すものとする)の費用便益分析(Cost Benefit Analysis)が試みられているが、非利用価値を包含した環境質の価値の計測手法は、未だ理論的に確立されていない。そこで、本研究は、環境質の有する価値を理論的に分類し、環境質の価値を個別に計測する手法を理論的に整理・確立することを目的とする。

本研究では、環境質を直接的に利用する場合には環境質の直接的利用サービス、一方、間接的に利用

する場合には環境質の間接的利用サービスと大別して定義する。例えば、具体的な環境質として河川環境を考えた場合には、前者は河川を直接利用するようなレクリエーション行動であり、後者は書籍やマスコミから得られるレクリエーション情報等を意味することになる。

以下、2. では、直接および間接的利用サービスを明示的に考慮した環境質の便益評価モデルを構築し、環境質の質的变化がもたらす便益を厚生経済学の概念である補償的偏差(Compensating Variation:以下、CVと略す)および等価的偏差(Equivalent Variation:以下、EVと略す)を用いて定義する。3.

では、前述した便益を利用価値と非利用価値の加法分離形として表現することができることを示す。さらに、利用価値が直接的利用価値(Direct Use Value)と純間接的利用価値(Pure Indirect Use Value)との加法分離形で表現されることを示す。さらに、4. では、利用価値と非利用価値が顕示選好(Revealed Preference)データにより計測可能か否か、また、これら価値の有する符号条件について吟味する。5.

では、具体的な支出関数を提示し、外生的にパラメータを与えることにより、CVおよびEVにより定義された利用価値および非利用価値が、如何なる値を示すかを検討する。最後に、6. では、本研究を総括するとともに今後の課題を示す。なお、本研究におけるCVによる定義および環境質の価値の分離可能性については、林山<sup>4)</sup>および林山・森杉・小拔<sup>5)</sup>の一

連の研究成果を発展させたものである。

## 2. 環境質の便益評価モデル

まず、本研究では、環境改善または環境汚染などの環境質の質的变化に起因する世帯の便益(総価値(Total Value))をCVおよびEVの概念で定式化する。また、総価値は利用価値および非利用価値に理論的に分解可能であり、さらに利用価値が直接的利用価値および純間接的利用価値に分解可能であることを示す。

### (1) 世帯の行動の定式化

いま、世帯は、環境質の直接的利用サービス  $z_1$ 、その環境質に関する情報を意味する環境質の間接的利用サービス  $z_2$ 、合成財  $x$  および外生的に与えられる環境質の質的水準  $q$  の下で、効用  $u(\cdot)$  を最大化するものとする。さらに、 $z_i (i=1,2)$  の価格を  $p_i$ 、合成財の価格を  $p_x$  および所得を  $y$  とすると、式(1)のような予算制約下の効用最大化問題を定式化することができる。

$$\begin{aligned} \max. u &= u(z_1, z_2, x, q) \\ \text{s.t. } y &= p_1 z_1 + p_2 z_2 + p_x x \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、市場で観測可能な  $z_i (i=1,2)$  の需要量および達成される効用水準は、 $p_i (i=1,2)$ 、 $p_x$ 、 $q$  および  $y$  が与えられた場合に、需要関数(Marshallian Demand Function)は式(2)、間接効用関数(Indirect Utility Function)は式(3)のように表現することができる。また、合成財の需要量は  $y = p_1 z_1 + p_2 z_2 + p_x x$  より式(4)が成立する。

$$z_i = z_i^m(p_1, p_2, p_x, q, y) \quad i=1,2 \quad (2)$$

$$u = v(p_1, p_2, p_x, q, y) \quad (3)$$

$$x = x^m(p_1, p_2, p_x, q, y) = \frac{y - \sum_{i=1}^2 p_i z_i^m(p_1, p_2, p_x, q, y)}{p_x} \quad (4)$$

式(2)および(4)を見ると財・サービスの需要量が環境質の質的水準  $q$  の関数として表現されている。また、式(2)で表される需要関数と式(3)で表される間接効用関数との間には、ロアの恒等式(Roy's Identity)より式(5)の関係が成立する。

$$z_i^m(p_1, p_2, p_x, q, y) = - \frac{\partial v(p_1, p_2, p_x, q, y)}{\partial p_i} \quad i=1,2 \quad (5)$$

さらに、式(3)を所得について解くと、環境質の質的水準  $q$  および価格体系  $(p_1, p_2, p_x)$  の下で、効用水準  $u$  を達成するために必要な最小所得を導くことができる。

$$y = e(p_1, p_2, p_x, q, u) \quad (6)$$

ここで、式(6)は、式(1)の双対問題から導かれる解であると解釈することができ、この双対問題は式(7)のように定式化され、世帯は効用水準を達成するという制約条件の下で、 $x$  および  $z_i (i=1,2)$  による費用最小化行動を行うことを意味する。

$$\begin{aligned} \min. & p_1 z_1 + p_2 z_2 + p_x x \\ \text{s.t. } & u^0 = u(z_1, z_2, x, q) \end{aligned} \quad (7)$$

さらに、式(7)から得られる  $z_i (i=1,2)$  および  $x$  の需要量は、式(8)および(9)のようなヒックスの補償需要関数(Hicksian Demand Function)で表すことができる。

$$z_i^h = z_i^h(p_1, p_2, p_x, q, u) \quad i=1,2 \quad (8)$$

$$\begin{aligned} x &= x^h(p_1, p_2, p_x, q, u) \\ &= \frac{e(p_1, p_2, p_x, q, u) - \sum_{i=1}^2 p_i z_i^h(p_1, p_2, p_x, q, u)}{p_x} \end{aligned} \quad (9)$$

なお、市場で観測可能な需要量は、世帯の効用最大化行動を前提としているため、補償需要量は市場においては観測不可能、すなわち、顕在化していない。以下、本研究において「需要関数」または需要量との表現は、式(2)および(3)で表される非補償需要関数を意味するものとする。ここで、補償需要関数は、シェファードの補題(Shepherd's Lemma)から式(6)で表される支出関数(Expenditure Function)  $e(\cdot)$  の価格  $p_i$  による偏導関数として求めることができる。

$$z_i^h(p_1, p_2, p_x, q, u) = \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial p_i} \quad i=1,2 \quad (10)$$

$$x^h(p_1, p_2, p_x, q, u) = \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial p_x} \quad (11)$$

さらに、補償需要関数  $z_i^h(\cdot)$  と需要関数  $z_i^m(\cdot)$  の間に式(12)が成立することより式(10)および(11)は、式(13)および(14)のように書き換えることができる。

$$z_i^h(p_1, p_2, p_x, q, u) = z_i^m(p_1, p_2, p_x, q, e(p_1, p_2, p_x, q, u)), \quad i=1,2 \quad (12)$$

$$z_i^h(p_1, p_2, p_x, q, u) = \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial p_i} = z_i^m(p_1, p_2, p_x, q, e(p_1, p_2, p_x, q, u)), \quad i=1,2 \quad (13)$$

$$x^h(p_1, p_2, p_x, q, u) = \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial p_x} = x^m(p_1, p_2, p_x, q, e(p_1, p_2, p_x, q, u)) \quad (14)$$

ここで、式(13)および(14)を見ると、需要関数を得ることができれば、支出関数は市場で観測可能な顕示選好データから得ることができると分かる。

## (2) 環境変化がもたらす便益の定式化

ここでは、環境質の質的水準が環境変化前、すなわち、環境政策がwithout状態であることを示す  $q^{wo}$  から環境変化後、すなわち、環境政策がwith状態であることを示す  $q^w$  に変化したときの世帯の総便益をCVおよびEVの概念で定義する。

まず、環境変化前の世帯の効用水準は式(15)で、環境変化後の世帯の効用水準は式(16)で表される。

$$u^{wo} \equiv v(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^{wo}, y^{wo}) \quad (15)$$

$$u^w \equiv v(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^w, y^w) \quad (16)$$

ここで、各変数のスーパー・スクリプトは、環境変化前(without)および変化後(with)を意味する。式(15)および(16)を勘案し、環境質の質的水準が  $q^{wo}$  から  $q^w$  へ変化したときの世帯の総便益をCVの概念を用いて定式化すると式(17)のようになる。さらに、式(17)は、支出関数の概念を用いると式(18)のように表現することができる。ここで、式(17)および(18)は、環境変化後の質的水準  $q^w$  および価格  $(p_1^w, p_2^w, p_x^w)$  が外生的に与えられた場合に、所得が現在よりCVの分だけ減少しても効用水準  $u^{wo}$  を維持される状況を意味している。すなわち、CVは、環

境改善事業に対して支払いうる最大の金額(支払意志額(Willingness to Pay, 以下、WTPと略す))、または、環境悪化事業を実施する対価として補償してもらうべき最小の金額(最小補償額(Willingness to Accept Compensation, 以下、WTAと略す))を表していることになる。

$$u^{wo} \equiv v(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^w, y^w - CV) \quad (17)$$

$$CV \equiv y^w - e(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^w, u^{wo}) = e(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^w, u^w) - e(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^w, u^{wo}) \quad (18)$$

さらに、式(18)は環境質の質的变化による便益を表す式(19)、価格変化による便益を表す式(20)および所得変化による便益を表す式(21)に分解することができる。

$$CV = e(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^{wo}, u^{wo}) - e(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^w, u^{wo}) \quad (19)$$

$$+ e(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^w, u^{wo}) - e(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^w, u^{wo}) \quad (20)$$

$$+ e(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^w, u^w) - e(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^{wo}, u^{wo}) \quad (21)$$

ここで、本研究では、環境質の質的水準の限界的变化がもたらす便益を対象としているため、価格変化および所得変化は考慮しない。したがって、CVの概念を用いた環境質の限界的变化による世帯の便益は、式(22)のように表現することができる。式(22)を見ると、CVの概念で定式化した環境便益は、Neill<sup>9)</sup>が定義したAgent's Marginal Willingness to Pay (以下、AMWTPと略す)と概念的に一致することが分かる。

$$CV_{Total Value} \equiv e(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^{wo}, u^{wo}) - e(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^w, u^{wo}) = - \int_{q^{wo}}^{q^w} \frac{\partial e(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q, u^{wo})}{\partial q} dq \quad (22)$$

一方、環境質の質的水準が  $q^{wo}$  から  $q^w$  へ変化したときの世帯の総便益をEVの概念を用いて定式化すると式(23)となる。さらに、式(23)は、支出関数を用いると式(24)のように表現することができる。また、式(23)および(24)は、変化前の環境質の質的水準  $q^{wo}$  および価格  $(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo})$  が外生的に与えられた場合に、所得が現在よりEVの分だけ増加すれば効用水準  $u^w$  を達成できることを意味している。

すなわち、EVは、環境改善事業を諦めるために補償されるべき最小の金額であるWTA、または、環境悪化事業を中止させるために支払い得る最大の金額であるWTPを表していることになる。

$$u^w \equiv v(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^{wo}, y^{wo} + EV) \quad (23)$$

$$EV \equiv e(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^{wo}, u^w) - y^{wo} \\ = e(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^{wo}, u^w) - e(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^{wo}, u^{wo}) \quad (24)$$

さらに、式(24)は、環境質の質的变化による便益を表す式(25)、価格変化による便益を表す式(26)および所得変化による便益を表す式(27)に分解することができる。

$$EV = e(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^{wo}, u^w) - e(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^w, u^w) \quad (25)$$

$$+ e(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^{wo}, u^w) - e(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^{wo}, u^w) \quad (26)$$

$$+ e(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^w, u^w) - e(p_1^{wo}, p_2^{wo}, p_x^{wo}, q^{wo}, u^{wo}) \quad (27)$$

前述したように、本研究では、環境質の質的水準の限界的变化がもたらす便益を対象としており、価格変化および所得変化は考慮しないため、EVの概念を用いた環境質の限界的变化による世帯の便益は式(28)のように表現できる。式(28)を見ると、EVの概念を用いた便益がCVの場合と同様に、Neillが定義したAMWTPと概念的に一致することが分かる。

$$EV_{TotalValue} \equiv e(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^{wo}, u^w) - e(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q^w, u^w) \\ = - \int_{q^{wo}}^{q^w} \frac{\partial e(p_1^w, p_2^w, p_x^w, q, u^w)}{\partial q} dq \quad (28)$$

なお、以下の議論では総価値を式のように表現する。価格ベクトルおよび効用水準のスーパー・スクリフトSはwith/withoutの何れかの外生的状態を意味しており、CVの場合は(S=without)であり、EVの場合は(S=with)であると読み替えられたい。

$$TotalValue \equiv e(p^s, q^{wo}, u^s) - e(p^s, q^w, u^s) \\ = - \int_{q^{wo}}^{q^w} \frac{\partial e(p^s, q, u^s)}{\partial q} dq, \quad s = \text{with, without} \quad (29)$$

### (3) Choke Priceの概念の導入

ここで、補償需要量がゼロとなるような禁止的価格(Choke Price)の概念を導入する。 $z_i (i=1,2)$ のChoke

Priceとは $p_i^*(p_1, p_2, q, u)$ で表現され、補償需要を意味する $z_i^b = z_i^b(p_1, p_2, p_x, q, u)$ がゼロとなるような最小価格ベクトルであり、式(30)の解である。

$$p_i^*(p_1, p_2, q, \bar{u}) = \min \{ p_i \mid z_i^b(p_1, p_2, p_x, q, \bar{u}) = 0 \}, \quad i \neq j \quad (30)$$

式(30)を見ると環境質の直接的利用サービス $z_1$ のChoke Priceである $p_1^*(p_2, p_x, q, u)$ は、当該財を除く財・サービスの価格 $p_2, p_x$ 、環境水準 $q$ および達成すべき効用水準 $u$ が所与の下で、 $z_1$ の補償需要量がゼロになるような価格であることが分かる。また、 $p_1^*(p_2, p_x, q, u)$ の下では、消費者は、環境質の直接的利用サービス $z_1$ の利用を意図して効用を得ることができないにも係わらず、効用水準 $u$ を達成することが可能である。なお、 $p_1^*(p_2, p_x, q, u)$ は、当該財を除く全ての財・サービスの価格によって変化することには注意が必要である。

次に、環境質の直接的利用サービス $z_1$ および環境質に関する情報を意味する環境質の間接的利用サービス $z_2$ の補償需要量が共にゼロになる価格ベクトルを $p_{12}^*(p_x, q, y) = (p_1^*(p_2, p_x, q, u), p_2^*(p_1, p_x, q, u))$ とすると、式(31)のように定義することができる。

$$p_{12}^*(p_x, q, y) = (p_1^*(p_2, p_x, q, u), p_2^*(p_1, p_x, q, u)) \\ = \min \left[ \begin{array}{l} p_1, p_2 \mid z_1^b(p_1, p_2, p_x, q, u) = 0 \\ \text{and } z_2^b(p_1, p_2, p_x, q, u) = 0 \end{array} \right] \quad (31)$$

## 3. 環境質の利用価値および非利用価値

### (1) Choke Priceが存在する場合の非利用価値

ここでは、CVおよびEVを用いて定義した環境質の質的变化がもたらす総便益は、利用価値(Use Value)と非利用価値(Nonuse Value)との加法分離形として表現可能であることを示す。本研究における利用価値とは、評価する環境質を直接的に利用して得られる便益および環境質との物理的・空間的距離に係わらず書籍・画像等による情報を得るという間接的な利用から得られる便益を意味する。一方、非利用価値とは、環境質を直接的にも間接的にも利用することなく得られる便益を意味している。これは、Krutilla<sup>7), 8)</sup>による「環境・資源から得られるサービスを利用して効用を得ることを期待せず、或いは、

意図せずに、環境・資源の質的・量的サービス量の変化に対する個人のWTP、或いは、WTA」という定義に依拠している。なお、Krutillaによる非利用価値の定義は、利用価値と非利用価値の関係性に関する議論であるSmith<sup>9)</sup>による「総価値からアクセス価値(Access Value)を除いた価値」と同義と解釈することができる。すなわち、Smithは、非利用価値とは「経済主体が環境・資源を利用するアクセスを否定した場合の価値」である。また、非利用価値が発生する動機に関する研究は、Turner<sup>10)</sup>等多々見られるものの、環境経済学の分野において、未だに統一的な見解は得られていない。

環境質の限界的な質的変化がもたらす総価値を示す式(29)は、Choke Priceを用いて表現すると、式(32)および(33)の加法分離形として表現することが可能である。

$$Total Value = e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) - e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^w, u^s) \quad \text{再掲(29)}$$

$$= \left[ \begin{array}{l} \left\{ e(p_{i2}^s(p_x^s, q^w, u^s), p_x^s, q^w, u^s) \right. \\ \left. - e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^w, u^s) \right\} \\ - \left\{ e(p_{i2}^s(p_x^s, q^{wo}, u^s), p_x^s, q^{wo}, u^s) \right\} \\ \left. - e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) \right\} \end{array} \right] \quad (32)$$

$$+ \left[ \begin{array}{l} e(p_{i2}^s(p_x^s, q^{wo}, u^s), p_x^s, q^{wo}, u^s) \\ - e(p_{i2}^s(p_x^s, q^w, u^s), p_x^s, q^w, u^s) \end{array} \right] \quad (33)$$

まず、式(33)における  $p_{i2}^s(p_x^s, q^{wo}, u^s)$  は、環境水準  $q^{wo}$ 、合成財の価格  $p_x^s$  および達成すべき効用水準  $u^s$  が所与の下で、直接的利用サービス  $z_1$  および間接的利用サービス  $z_2$  を享受することを意図しなくなるような極めて高い価格  $p_{i2}^s(p_x^s, q^{wo}, u^s)$  および  $p_{i2}^s(p_x^s, q^w, u^s)$  の組み合わせである。また、 $e(p_{i2}^s(p_x^s, q^{wo}, u^s), p_x^s, q^{wo}, u^s)$  は、直接的および間接的利用サービスを楽しむことを意図しないにも係わらず効用水準を維持するための必要最小所得を表している。また、 $e(p_{i2}^s(p_x^s, q^w, u^s), p_x^s, q^w, u^s)$  についても同様の解釈が可能である。したがって、式(33)は、環境質の質的水準  $q$  が with および without 両状態において環境質を直接的または間接的に利用しないことを意図しないにも係わらず、効用水準  $u^s$  を維持するために補償されるべき必要最小所得の変化分を意味している。ゆえに、式(33)は、概念的に環境質の非利用価値(ここでは、敢えて純非利用価値(Pure

Nonuse Value)とも称する)であると解釈できる。

また、式(32)の中括弧第1項は、環境質の質的水準  $q^w$  において、環境質を直接的にも間接的にも利用することを意図しなくなるようなChoke Priceを与えたときの必要最小所得と、S(S=with, without)状態の価格体系  $(p_1^s, p_2^s)$  における必要最小所得との差を表している。また、中括弧第2項は、環境質の質的水準が  $q^{wo}$  であることに注意すれば同様の解釈が可能である。すなわち、式(32)は環境質の質的変化前後において環境質を直接的および間接的に利用することにより得られる価値の増加分を意味していることから、概念的に利用価値であると解釈できる。

以上の議論より、総価値は、利用価値および非利用価値との加法分離形として式(34)のように定式化可能であることが分かる。

$$Total Value = e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) - e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^w, u^s) \\ = \left[ \begin{array}{l} \left\{ e(p_{i2}^s(p_x^s, q^w, u^s), p_x^s, q^w, u^s) \right. \\ \left. - e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^w, u^s) \right\} \\ - \left\{ e(p_{i2}^s(p_x^s, q^{wo}, u^s), p_x^s, q^{wo}, u^s) \right\} \\ \left. - e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) \right\} \\ + \left[ \begin{array}{l} e(p_{i2}^s(p_x^s, q^{wo}, u^s), p_x^s, q^{wo}, u^s) \\ - e(p_{i2}^s(p_x^s, q^w, u^s), p_x^s, q^w, u^s) \end{array} \right] \end{array} \right] \\ = [Use Value] + [Nonuse Value] \quad (34)$$

(2) Choke Priceが存在しない場合の非利用価値  
総価値が前節のように利用価値および非利用価値に分解可能であるためには、環境質の直接的利用および間接的利用を意図しなくなるようなChoke Priceである  $p_{i2}^s(p_x^s, q^s, u^s)$  が存在することが前提となる。ここで、Choke Priceの定義である式(30)および(31)を勘案すると、仮に、Choke Priceが定義不可能であるということは、ある効用水準を達成するためには環境質を一定水準以上利用している必要があることと同義であることが分かる。したがって、この場合は、環境質を直接的かつ間接的な利用を意図しなくなるような状況下の必要最小所得(これまでの議論において  $e(p_{i2}^s(p_x^s, q^s, u^s), p_x^s, q^s, u^s)$  に相当する)が概念的に無限大であると考えられる。本研究では、非利用価値はKrutillaの定義に依拠しており、より正確には「環境質の質的変化に起因する効用の変化分を、環境質を直接的および間接的には利用することを意図しないという前提の下で評価したWTP、或いは、WTA」と定義されることから、Choke Priceの存在

の有無によって、以下の3ケースに分類し、非利用価値の理論的定義を試みる。

a) without状態においてChoke Priceが存在しない場合の非利用価値

まず、環境質の質的水準がwithout状態におけるChoke Priceである  $p_{i2}(p_1^s, q^{wo}, u^s)$  が存在しない場合は、without状態において環境質を直接的にも間接的にも利用することを意図しない場合の必要最小所得は、概念的に無限大であると考えられる。一方、with状態においては、Choke Priceが存在することから  $e(p_{i2}(p_1^s, q^w, u^s), p_1^s, q^w, u^s)$  が定義可能である。すなわち、この場合の非利用価値は、無限値と有限値の差分となることから、式(35)のように無限大となる。

*NonuseValue*

$$= +\infty - e(p_{i2}(p_1^s, q^w, u^s), p_1^s, q^w, u^s) = +\infty \quad (35)$$

b) withoutおよびwith状態においてChoke Priceが存在しない場合の非利用価値

この場合は、without状態およびwith状態の何れの状態においても環境質を直接的かつ間接的な利用を意図しなくなるような場合の必要最小所得は、概念的に無限大であると考えられる。すなわち、非利用価値は、無限値と無限値の差分となり、無限値または有限値の双方をとる可能性が残る。

c) with状態においてChoke Priceが存在しない場合の非利用価値

最後に、with状態におけるChoke Priceである  $p_{i2}(p_1^s, q^w, u^s)$  が存在しない場合は、with状態において環境質を直接的にも間接的にも利用することを意図しない場合の必要最小所得は、概念的に無限大であると考えられる。一方、without状態においては、Choke Priceが存在することから  $e(p_{i2}(p_1^s, q^{wo}, u^s), p_1^s, q^{wo}, u^s)$  が定義可能である。すなわち、この場合の非利用価値は、有限値と無限値の差分となることから、式(36)のように無限大となる。

*NonuseValue*

$$= e(p_{i2}(p_1^s, q^{wo}, u^s), p_1^s, q^{wo}, u^s) - \infty = -\infty \quad (36)$$

### (3) 直接的および間接的利用価値の定式化

ここでは、環境質の限界的な質的变化がもたらす利用価値を分解することを試みる。すなわち、式(32)の利用価値は、式(37)および(38)の加法分離形として表現することが可能であることを示す。

式(37)の中括弧第1項は、環境質の質的水準  $q^w$  に

おいて、環境質の直接的な利用を意図しなくなるようなChoke Priceである  $p_{i1}(p_2^s, p_x^s, q^w, u^s)$  を与えたときの必要最小所得と、環境質の質的水準  $q^w$  における最小必要所得との差を意味する。また、中括弧第2項は、環境質の質的水準が  $q^{wo}$  であることに注意すれば同様の解釈が可能である。ここで、式(37)で与えられる間接的利用サービスの価格  $p_2$  は、市場で与えられる価格  $p_2^s$  のままであることに注意が必要である。したがって、式(37)は、環境質の質的变化において環境質を直接的に利用することにより得られる価値の増加分を意味していることから、概念的に直接的利用価値(Direct Use Value)であると解釈できる。

$$Use\ Value = \left[ \begin{array}{l} \left\{ e(p_{i1}(p_2^s, p_x^s, q^w, u^s), p_2^s, p_x^s, q^w, u^s) \right\} \\ - e(p_2^s, p_x^s, q^w, u^s) \end{array} \right] \\ - \left[ \begin{array}{l} \left\{ e(p_{i1}(p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s), p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) \right\} \\ - e(p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) \end{array} \right] \quad (37)$$

$$+ \left[ \begin{array}{l} \left\{ e(p_{i2}(p_1^s, q^w, u^s), p_1^s, q^w, u^s) \right\} \\ - e(p_1^s, p_x^s, q^w, u^s) \end{array} \right] \\ - \left[ \begin{array}{l} \left\{ e(p_{i2}(p_1^s, q^{wo}, u^s), p_1^s, q^{wo}, u^s) \right\} \\ - e(p_1^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) \end{array} \right] \quad (38)$$

一方、式(38)の中括弧第1項は、環境質の質的水準  $q^w$  および環境質を直接的かつ間接的な利用を意図しなくなるような価格  $p_{i2}(p_1^s, q^w, u^s)$  の下での必要最小所得と、環境質の直接的な利用を意図しなくなるようなChoke Priceである  $p_{i1}(p_2^s, p_x^s, q^w, u^s)$  を与えたときの必要最小所得との差を意味する。また、中括弧第2項は、環境質の質的水準が  $q^{wo}$  であることに注意すれば同様の解釈が可能である。すなわち、式(38)は環境質の質的变化において、環境質の直接的な利用を意図しないという条件は固定のまま、間接的に利用することにより得られる価値の増加分を意味している。したがって、式(38)は、直接的に利用することを意図しないという純粋な状況における間接的利用価値を意味しており、本研究では純間接的利用価値(Pure Indirect Use Value)と定義する。

ここで、式(38)における  $p_{i1}(p_2^s, p_x^s, q^s, u^s)$  を  $p_1^s < p_{i1}(p_2^s, p_x^s, q^s, u^s)$  という条件が成立する  $p_1^s$  に置き換えた場合に導かれる式(39)についても式(38)と同

様の解釈が可能であり、間接的利用価値(Indirect Use Value)は直接的な利用水準によって様々な定義が可能であることには注意が必要である。

$$IndirectUseValue = \left[ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^w, u^s) p_x^s, q^w, u^s \\ -e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^w, u^s) \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) p_x^s, q^{wo}, u^s \\ -e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) \end{array} \right\} \end{array} \right] \quad (39)$$

既存の環境質の価値分類においては直接的利用価値および間接的利用価値が個別に表現されているものの、本研究によれば、式(39)より、直接および間接的利用価値は、互いの利用水準に依存していることが分かる。ここで、世帯は、第1に間接的利用量を決定し、第2に間接的利用サービスから得られる情報により直接的利用量を合理的に決定するという2段階の意思決定過程を仮定すると、直接的利用価値は所与である間接的利用量の下で定義されるものであり、一方、間接的利用価値は、直接的な利用を意図しない状況下で定義されるものであると考えることができる。このとき、既存の間接的利用価値の概念は、本研究で定義した純間接的利用価値と一致することは明らかである。なお、上記の仮定、すなわち、利用価値の分離については、直接的利用量が情報等から合理的に決定可能であるという構造を説明し得るモデル構築が必要と思われるが別稿に譲るものとした。

$$UseValue = \left[ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} e(p_{12}^s, p_x^s, q^w, u^s) p_x^s, q^w, u^s \\ -e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^w, u^s) \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} e(p_{12}^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) p_x^s, q^{wo}, u^s \\ -e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) \end{array} \right\} \end{array} \right] \\ = \left[ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^w, u^s) p_2^s, p_x^s, q^w, u^s \\ -e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^w, u^s) \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s \\ -e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) \end{array} \right\} \end{array} \right] \\ + \left[ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} e(p_{12}^s, p_x^s, q^w, u^s) p_x^s, q^w, u^s \\ -e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^w, u^s) p_2^s, p_x^s, q^w, u^s \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} e(p_{12}^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) p_x^s, q^{wo}, u^s \\ -e(p_1^s, p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s) p_2^s, p_x^s, q^{wo}, u^s \end{array} \right\} \end{array} \right] \\ = [DirectUseValue] + [PureIndirectUseValue] \quad (40)$$

以上より、利用価値は直接的利用価値および純間

表-1 環境質の価値分類

利用価値	直接的利用価値	直接的な利用によりのみ発生する価値
	純間接的利用価値	直接的利用を意図しないで、環境質に関する情報等の間接的サービスの利用により発生する価値
非利用価値	非利用価値 (純非利用価値)	環境質の直接的かつ間接的な利用を意図しないで、環境質が存在することのみに対して発生する価値

接的利用価値の加法分離形として式(40)のように定式化が可能であることが示された。

#### (4) 環境質の価値分類

前節では、環境質の質的变化に対する総価値が、利用価値および非利用価値に理論的に分離されることを示した。また、利用価値は直接的利用価値および間接的利用価値から構成されることを示したものの、式(39)が示しているように直接および間接的利用価値は互いの利用水準に依存していることから、各々を個別に計測することは不可能であることが分かる。すなわち、直接的利用価値および間接的利用価値を定義するためには、直接的な利用と間接的な利用の間に、依存関係を明示的に考慮する必要があるものと考えられる。

一方、環境質の価値分類に関する研究としては、McConnell<sup>11)</sup>、Randall and Stoll<sup>12)</sup>、Freeman<sup>13)</sup>および Bishop and Welsh<sup>14)</sup>が存在し、ほぼ体系化されている。しかし、これらの研究の問題点の一つは、間接的利用価値が概念的な整理に終始しており、理論的な定式化がなされていないという点にある。それに対して本研究では、環境質から享受されるサービスを直接的利用サービスと間接的利用サービスに大別した便益評価モデルを構築することにより、環境質の質的水準の変化がもたらす直接的利用価値および間接的利用価値を理論的に定式化した。表-1には、本研究における環境質の価値分類を示す。なお、本研究は既存の環境質の価値分類における利用価値に着目したものであり、表-1においては、オプション価値(Option Value)、遺産価値(Bequest Value)および代位価値(Vicarious Value)は考慮していない。

#### 4. 環境質の各価値の計測可能性

本研究において定式化した総価値、利用価値およ

び非利用価値は、支出関数または効用関数を用いて表現されているため、それらが示す符号は、支出関数(同時に効用関数)の形状によって決定されているものと考えられる。そこで、ここでは、まず第1に、非利用価値の符号を支出関数の形状から考察すること、第2に利用価値および非利用価値の符号を規定する支出関数の条件を導出する。

### (1) 非利用価値の計測可能性

本研究において定式化した非利用価値を積分形で表現したものを式(41)に示す。

$$\begin{aligned} NonuseValue &= \left[ \begin{array}{l} e(p_{12}^s(p_x^s, q^w, u^s), p_x^s, q^w, u^s) \\ - e(p_{12}^s(p_x^s, q^w, u^s), p_x^s, q^w, u^s) \end{array} \right] \\ &= - \int_{q^w}^{q^s} \frac{\partial e(p_{12}^s(p_x^s, q, u^s), p_x^s, q, u^s)}{\partial q} dq \end{aligned} \quad (41)$$

また、Choke Priceの定義である式(31)を用いると、式(41)は、式(42)のように表現することができる。

$$\begin{aligned} NonuseValue &= - \int_{q^w}^{q^s} \frac{\partial e(p_{12}^s(p_x^s, q, u^s), p_x^s, q, u^s)}{\partial q} dq \\ &= - \int_{q^w}^{q^s} \left[ \begin{array}{l} \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial p_1} \Big|_{p_{12}(p_x^s, q, u^s)} \cdot \frac{\partial p_1^s(p_x^s, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \\ + \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial p_2} \Big|_{p_{12}(p_x^s, q, u^s)} \cdot \frac{\partial p_2^s(p_x^s, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \\ + \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \Big|_{p_{12}(p_x^s, q, u^s)} \end{array} \right] dq \\ &= - \int_{q^w}^{q^s} \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \Big|_{p_{12}(p_x^s, q, u^s)} dq \end{aligned} \quad (42)$$

非利用価値の有する符号については2つの解釈が考えられる。その第1の解釈は、直接的利用に加えて、環境質に対する情報をも包含した意味での間接的利用さえも意図しないという状況において、環境質の非利用価値はゼロであるという主張である。また、第2の解釈は、直接的および間接的な利用を意図しない状況においても、例えば、テレビの宣伝、口コミ等の対価が無いような情報によって価値が発生し、非利用価値が正の符号を有するというものである。以下、本研究では、非利用価値が如何なる符号を示しうるかを検討する。

支出関数が  $e(\cdot) = \sum_{i=1}^2 p_i z_i + p_x x$  であることおよび Choke Priceの定義である式(31)を用いると、式(41)は、式(43)のように表現することができる。

$$\begin{aligned} NonuseValue &= - \int_{q^w}^{q^s} \frac{\partial e(p_{12}^s(p_x^s, q, u^s), p_x^s, q, u^s)}{\partial q} dq \\ &= - \int_{q^w}^{q^s} \frac{\partial}{\partial q} \left( \begin{array}{l} p_1(p_x^s, p_x^s, q, u^s) z_1(p_{12}^s(p_x^s, q, u^s), p_x^s, q, u^s) \\ + p_2(p_x^s, p_x^s, q, u^s) z_2(p_{12}^s(p_x^s, q, u^s), p_x^s, q, u^s) \\ + p_x^s x^b(p_{12}^s(p_x^s, q, u^s), p_x^s, q, u^s) \end{array} \right) dq \\ &= - \int_{q^w}^{q^s} p_x^s \cdot \frac{\partial}{\partial q} x^b(p_{12}^s(p_x^s, q, u^s), p_x^s, q, u^s) dq \end{aligned} \quad (43)$$

式(43)を見ると、非利用価値は、合成財  $x$  に対する支出額の変化から計測可能であることが分かる。

ここで、 $-p_x^s \cdot \frac{\partial}{\partial q} x^b(p_{12}^s(p_x^s, q, u^s), p_x^s, q, u^s)$  は、環境質の質的变化に対する限界の非利用価値(Marginal Nonuse Value)を意味する。また、 $\frac{\partial}{\partial q} x^b(p_{12}^s(p_x^s, q, u^s), p_x^s, q, u^s)$  は、環境質を直接的に利用することを意図せず、かつ、情報等をも購入することを意図しない、すなわち、間接的利用も意図しないような価格体系の下で、環境質の質的变化に対する合成財  $x$  の補償需要量の変化量を意味している。ここで、環境質を直接的および間接的な利用を意図しないような価格体系の下で、環境質の質的改善または悪化が生じたとしても、他の市場には影響を及ぼさないことというヒックスの中立性(Hicksian Neutrality)を仮定すると、限界の非利用価値は概念的にゼロであると解釈することができる。このとき式(44)が成立し、定式化された非利用価値が理論的にゼロとなることから、環境質の総価値=利用価値が成立することになる。

$$\begin{aligned} NonuseValue &= - \int_{q^w}^{q^s} p_x^s \cdot \frac{\partial}{\partial q} x^b(p_{12}^s(p_x^s, q, u^s), p_x^s, q, u^s) dq = 0 \end{aligned} \quad (44)$$

また、非利用価値がゼロであることから式(42)=0が成立し、式(45)が成立する。

$$\frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \Big|_{p_{12}(p_x^s, q, u^s)} = 0 \quad (45)$$

式(45)は、環境質源を直接的および間接的に利用することを意図しないような高い価格の下では、環境質の質的变化による限界の支払意志額がゼロであることを意味している。また、この時のChoke Priceが式(46)で定義されることを用いると、式(45)より式(47)が導かれる。



$$p_{i2}(p_1^s, p_2^s, q^s, u^s) \quad \frac{\partial e(p_1^s, p_2^s, q^s, u^s)}{\partial q^s} \leq 0 \quad (50)$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q^s, u^s)}{\partial p_1} = z_1^h(p_1, p_2, p_x^s, q^s, u^s) = 0 \\ \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q^s, u^s)}{\partial p_2} = z_2^h(p_1, p_2, p_x^s, q^s, u^s) = 0 \end{array} \right\} \text{and} \right. \\ (p_1, p_2) \end{array} \right\} \quad (46)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q^s, u^s)}{\partial p_1} = z_1^h(p_1, p_2, p_x^s, q^s, u^s) = 0 \\ \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q^s, u^s)}{\partial p_2} = z_2^h(p_1, p_2, p_x^s, q^s, u^s) = 0 \end{array} \right\} \text{and} \\ (p_1, p_2) \end{array} \right\} \\ = \left\{ (p_1, p_2) \left| \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q^s, u^s)}{\partial q} = 0 \right. \right\} \quad (47)$$

すなわち、このケースに対応する支出関数は、直接的利用サービスの価格  $p_1$  および情報、すなわち、間接的利用サービスの価格  $p_2$  に対する限界的支払意志額がゼロになるような価格ベクトルの集合  $\{p_i(p_1^s, p_2^s, q^s, u^s)\}$  が、環境質に対する限界的支払意志額をゼロにするような集合に含まれるという性質を有している。したがって、式(47)は、支出関数の価格  $p_i (i=1,2)$  による偏導関数と、環境質の質的水準  $q$  による偏導関数から、同義の条件が導かれることを意味しており、非利用価値がゼロとなる支出関数形が一般的に特定化することが困難であることが分かる。

## (2) 支出関数の一般的性質

ここでは、以下の議論の準備として支出関数の性質について検討する。支出関数は、価格ベクトルが非負の領域において非逓減であるために式(48)が成立し、達成される効用水準が高いほど必要最小所得は逓増することから式(49)が成立する。また、本研究では、環境質の質的水準が改善されることにより必要最小所得は非逓増であると仮定していることから式(50)を得ることができる。なお、本研究では、これらの式を支出関数の一階条件(First Order Condition)とする。また、以下では、便宜上、価格ベクトルを  $\mathbf{P}^s = (p_1^s, p_2^s, p_x^s)$  と表現する。

$$\frac{\partial e(p_1^s, p_2^s, q^s, u^s)}{\partial p_i^s} \geq 0, \quad i=1,2 \quad (48)$$

$$\frac{\partial e(p_1^s, p_2^s, q^s, u^s)}{\partial u^s} > 0 \quad (49)$$

次に、支出関数の二階条件(Second Order Condition)として、式(51)~(53)を考える。なお、これらの条件式は、シェファードの補題を援用して得ることのできる補償需要関数の一階条件である。まず、式(51)は補償需要が価格ベクトルが非負の領域において逓減であることを示している。また、式(52)は補償需要量が達成する効用水準の変化に対して逓増することを示している。なお、式(53)は環境質の質的水準の変化によって補償需要が如何に変化するかを示す条件であるが、ここではあえて符号条件を示さないものとする。

$$\frac{\partial^2 e(p_1^s, p_2^s, q^s, u^s)}{\partial p_i^s{}^2} = \frac{\partial z_i^h(p_1^s, p_2^s, q^s, u^s)}{\partial p_i^s} < 0, \quad i=1,2 \quad (51)$$

$$\frac{\partial^2 e(p_1^s, p_2^s, q^s, u^s)}{\partial p_i^s \partial u^s} = \frac{\partial z_i^h(p_1^s, p_2^s, q^s, u^s)}{\partial u^s} > 0, \quad i=1,2 \quad (52)$$

$$\frac{\partial^2 e(p_1^s, p_2^s, q^s, u^s)}{\partial p_i^s \partial q^s} = \frac{\partial z_i^h(p_1^s, p_2^s, q^s, u^s)}{\partial q^s}, \quad i=1,2 \quad (53)$$

## (3) 利用価値および非利用価値の分離可能性

ここでは、支出関数の関数形の設定により、利用価値および非利用価値が如何に計測されるかを検討する。

### a) Case. 1: 総価値=利用価値+非利用価値 (=0)

このケースは、4. (1) で検討した式(44)が成立しているため、環境質を直接的にも間接的にも利用することを意図しない状況下では、環境質の質的变化によって合成財市場が影響を受けない場合を意味している。

### b) Case. 2: 総価値=利用価値 (>0) + 非利用価値 (>0)

このケースは、非利用価値が正值の場合である。すなわち、式(42)が正值であることから、式(54)が成立する。

$$-\left. \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \right|_{p_i(p_1^s, p_2^s, q^s, u^s)} > 0 \quad (54)$$

式(54)は、環境質を直接的および間接的に利用することを意図しないような高い価格の下においても、環境質の質的水準に対する限界支払意志額が正值であることを意味している。また、非利用価値が正值であることは、式(43)の被積分関数が負値を示すことを意味しており、式(55)が成立することになる。

式(55)は、環境質を直接的にも間接的にも利用することを意図しないような価格体系の下においても、環境質の質的改善または悪化に起因して、他の市場の補償需要が影響を受けること、すなわち、合成財  $x$  が強い意味で代替財(Strong Substitutional Goods)であることを意味している。

$$\frac{\partial}{\partial q} x^b(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) < 0 \quad (55)$$

一方、利用価値が正値を示す条件は、総価値が利用価値と非利用価値の加法分離形で表現されるため、総価値 > 利用価値という条件で与えられる。したがって、式(56)が導かれる。

$$\left. \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \right|_{p_1, p_2, p_x^s, q, u^s} > \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \quad (56)$$

ここで、式(56)は、市場の現実的な状態における環境質の限界的価値が、環境質を直接的にも間接的にも利用することを意図しない場合の限界的価値よりも大きいということを意味している。したがって、

式(56)は  $p_1$ - $p_2$  平面上の  $p_{12}^*(p_x^s, q, u^s)$  の近傍で  $\frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q}$  の全微分が正値を示すことを意味

している。すなわち、 $p_{12}^*(p_x^s, q, u^s)$  の近傍の点において  $dp_1 > 0$  および  $dp_2 > 0$  を満たす全ての微小変化

( $dp_1, dp_2$ ) に対して、 $\frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q}$  が増加関数になることを意味しており、式(57)を導くことができる。

$$\begin{aligned} & d \left( \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \right) \\ &= \frac{\partial}{\partial p_1} \left( \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \right) dp_1 \\ & \quad + \frac{\partial}{\partial p_2} \left( \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \right) dp_2 \\ &= \frac{\partial}{\partial q} z_1^*(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) dp_1 \\ & \quad + \frac{\partial}{\partial q} z_2^*(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) dp_2 > 0, \quad \forall dp_1, dp_2 \end{aligned} \quad (57)$$

式(57)が全ての( $dp_1, dp_2$ )について恒等的に成立するため式(58)が導かれ、さらに、環境質の質的水準

に対する補償需要量  $z_i^*(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)$  の変化が一定の符号を有すると仮定すると、全ての  $p_i$  について式(58)が成立する。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial q} z_i^*(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) > 0 \\ & \text{and } \frac{\partial}{\partial q} z_i^*(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) > 0, \quad \forall p_i (i=1,2) \end{aligned} \quad (58)$$

式(58)は、直接的利用サービスおよび間接的利用サービスが環境質の質的水準に対して補完的であることを意味している。すなわち、3.において定式化した利用価値は、直接的利用サービスおよび間接的利用サービスが環境質の質的水準  $q$  に関する補完財(Complementary Goods)であれば正値を示すことが分かる。

したがって、式(55)および(58)が成立すること、すなわち、合成財  $x$  が強い意味で環境質の質的水準に対して代替財であり、さらに、環境質の直接的利用サービスおよび間接的利用サービスが補完財であれば、利用価値および非利用価値が正値を示すことになる。

ここで、 $f(p_1, p_2)$  および  $g(q)$  を任意の関数、 $\varepsilon$  をパラメータとすると、このケースに該当する支出関数形として式(59)を特定化することができ、その際の制約となる符号条件は式(60)で示される。なお、式(60)の導出過程については、付録 A を参照されたい。

$$e(p_1, p_2, p_x, q, u) = (f(p_1, p_2) + g(q)) \cdot u > 0 \quad (59)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & 0 < \varepsilon < 1, \quad \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_1} > 0, \quad \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_2} > 0, \\ & \frac{\partial g(q)}{\partial q} < 0, \quad \frac{\partial^2 f(p_1, p_2)}{\partial p_1^2} < 0, \quad \frac{\partial^2 f(p_1, p_2)}{\partial p_2^2} < 0 \end{aligned} \quad (60)$$

### c) Case. 3: 総価値=利用価値(=0)+非利用価値

利用価値がゼロとなる条件は、総価値が利用価値と非利用価値の加法分離形で表現できるため、総価値=非利用価値で与えられる。したがって、式(61)を導くことができる。

さらに、式(61)が、全ての  $p_i$  について成立するため、式(62)が成立する。式(62)は、補償需要量  $z_i^*(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)$  が環境質の質的水準についてヒックスの中立性を満たすことを示している。

$$\begin{aligned}
& d\left(\frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q}\right) \\
&= \frac{\partial}{\partial p_1} \left(\frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q}\right) dp_1 \\
&\quad + \frac{\partial}{\partial p_2} \left(\frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q}\right) dp_2 \\
&= \frac{\partial}{\partial q} z_1^h(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) dp_1 \\
&\quad + \frac{\partial}{\partial q} z_2^h(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) dp_2 = 0, \quad \forall dp_1, dp_2 \quad (61)
\end{aligned}$$

また、このケースは、我が国の社会資本諸官庁が奨励している費用便益分析マニュアルの大部分が該当しており、需要関数を対数線形および線形とした場合に相当する。すなわち、費用便益分析マニュアルが利用価値の計測手法として推奨している線形および対数線形の需要関数は、本研究によれば、同マニュアルは利用価値がゼロであることをすでに保証していることから、理論的に矛盾していると言える。

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial}{\partial q} z_i^h(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) = 0 \\
& \text{and } \frac{\partial}{\partial q} z_i^h(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) = 0, \quad \forall p_i (i=1,2) \quad (62)
\end{aligned}$$

ここで、このケースに該当する支出関数形として式(59)を特定化することができ、その際の制約となる符号条件は式(63)となる。なお、式(63)の導出過程については、付録 B を参照されたい。

$$\begin{aligned}
& e(p_1, p_2, p_x, q, u) = (f(p_1, p_2) + g(q))^{\varepsilon} \cdot u \geq 0 \quad \text{再掲(59)} \\
& \text{s.t. } \varepsilon = 1, \quad \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_1} > 0, \quad \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_2} > 0, \\
& \quad \frac{\partial g(q)}{\partial q} < 0, \quad \frac{\partial^2 f(p_1, p_2)}{\partial p_1^2} < 0, \quad \frac{\partial^2 f(p_1, p_2)}{\partial p_2^2} < 0 \quad (63)
\end{aligned}$$

#### d) Caese4: 総価値=利用価値 (<0) + 非利用価値

このケースは、非利用価値が正值であることから、b)と同様に式(55)が成立する。また、利用価値が負値を示す条件は、総価値<非利用価値で与えられることになるため、式(64)が導かれる。

$$\left. \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \right|_{p_i^s, q^s, u^s} < \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q} \quad (64)$$

式(64)は、環境質の直接的のみならず間接的な利

用をも意図しない場合の環境質の限界価値が、市場の現実的な状態における環境質の限界価値よりも大きいことを意味している。したがって、式(64)は  $p_1$ - $p_2$  平面上の  $p_{i2}^s(p_x^s, q, u^s)$  の近傍で式(65)が成立することを意味している。式(65)は、 $p_{i2}^s(p_x^s, q, u^s)$  の近傍の点において  $dp_1 > 0$  および  $dp_2 > 0$  を満たす全ての微小変化  $(dp_1, dp_2)$  に対して、 $\frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q}$  が減少関数になることを意味している。

$$\begin{aligned}
& d\left(\frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q}\right) \\
&= \frac{\partial}{\partial p_1} \left(\frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q}\right) dp_1 \\
&\quad + \frac{\partial}{\partial p_2} \left(\frac{\partial e(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)}{\partial q}\right) dp_2 \\
&= \frac{\partial}{\partial q} z_1^h(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) dp_1 \\
&\quad + \frac{\partial}{\partial q} z_2^h(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) dp_2 < 0, \quad \forall dp_1, dp_2 \quad (65)
\end{aligned}$$

式(65)が全ての  $(dp_1, dp_2)$  について恒等的に成立するため式(66)が導かれ、さらに、環境質の質的水準に対する補償需要量  $z_i^h(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s)$  の変化が一定の符号を有すると仮定すると、全ての  $p_i$  について式(66)が成立する。

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial}{\partial q} z_i^h(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) < 0 \\
& \text{and } \frac{\partial}{\partial q} z_i^h(p_1, p_2, p_x^s, q, u^s) < 0, \quad \forall p_i (i=1,2) \quad (66)
\end{aligned}$$

式(66)は、直接的利用サービスおよび間接的利用サービスが環境質の質的水準に対して代替的であることを意味している。すなわち、利用価値は、直接的利用サービスおよび間接的利用サービスが環境質の質的水準  $q^s$  に関する代替財であれば負値を示すことが分かる。したがって、式(55)および(66)が成立すること、すなわち、合成財  $x$  が強い意味で環境質の質的水準の代替財であり、さらに、直接的利用サービスおよび間接的利用サービスが環境質の質的水準の代替財であれば、利用価値は負値を示すことになる。このケースは、 $z_i (i=1,2)$  が評価対象となる環境質の質的水準と代替関係にある環境質  $q_i^s$  から発生する利用可能財であると解釈すると、 $q_i^s$  の利用価値

表-2 支出関数の設定による価値の計測結果

	$\frac{\partial x(p_i, p_j)}{\partial q}$	$\frac{\partial z^h(q)}{\partial q}$	利用価値と非利用価値の分離結果
Case.1	0	-	総価値=利用価値 非利用価値=0
Case.2	< 0	> 0	総価値=利用価値+非利用価値 (すべて、正值で分離可能)
Case.3	< 0	= 0	総価値=非利用価値 利用価値=0
Case.4	< 0	< 0	総価値<非利用価値 利用価値<0

は代替関係にある  $q^s$  の質的向上のために減少することを意味している。

以上の4つのケースは表-2のようにまとめることができる。表-2を見ると、環境質の価値は、世帯の効用関数形(支出関数形)の性質を分析することにより分類可能であることが分かる。なお、表-2

における  $\frac{\partial x(p_i^s, p_j^s, q, u^s)}{\partial q}$  は非利用価値の符号を規定する条件である一方、 $\frac{\partial z^h(p_1, p_2, p_i^s, q, u^s)}{\partial q}$  は利用価値の符号を規定する十分条件を表している。

以上のように、本研究では、CVおよびEVを用いた両場合において、利用価値および非利用価値が共に正であるケース、利用価値がゼロであるケースおよび非利用価値がゼロであるケースについて支出関数が満たすべき条件を整理した。

## 5. 数値実験

4. では、環境質の質的水準が変化した場合の利用価値および非利用価値が共に正值を示す支出関数形および利用価値がゼロになる支出関数形を示した。すなわち、式(59)で表される支出関数において  $\varepsilon$  が  $0 < \varepsilon < 1$  である場合は利用価値および非利用価値が正值を示し、 $\varepsilon = 1$  である場合は利用価値がゼロであり総価値=非利用価値が成立することを示した。

そこで、ここでは、これら2つのケースについて具体的な数値例を示す。まず、支出関数の一般的性質を勘案すると関数  $f(p_1, p_2)$  および  $g(q)$  について、式(67)の条件が導かれる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_1} > 0, \quad \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_2} > 0, \\ \frac{\partial g(q)}{\partial q} < 0, \quad \frac{\partial^2 f(p_1, p_2)}{\partial p_1^2} < 0, \quad \frac{\partial^2 f(p_1, p_2)}{\partial p_2^2} < 0 \end{aligned} \quad (67)$$

さらに、式(67)を勘案した上で  $f(p_1, p_2)$  および  $g(q)$  に式(68)および(69)のような具体的関数を設定すると、支出関数は式(70)のように表すことができる。

$$\begin{aligned} f(p_1, p_2) &= \sum_{i=1}^2 (\alpha_i p_i - \beta_i p_i^2) \\ \alpha_i > 0, \quad \beta_i > 0, \quad i &= 1, 2 \end{aligned} \quad (68)$$

$$g(q) = \gamma q, \quad \gamma < 0 \quad (69)$$

$$\begin{aligned} y &= \left( \sum_{i=1}^2 (\alpha_i p_i - \beta_i p_i^2) + \gamma q \right)^\varepsilon \cdot u \\ \alpha_i > 0, \quad \beta_i > 0, \quad \gamma < 0, \quad i &= 1, 2 \end{aligned} \quad (70)$$

ここで、シェファードの補題を用いると、補償需要関数は式(71)のように求めることができる。

$$\begin{aligned} z^h(p, q, u) \\ = \varepsilon \left( \sum_{i=1}^2 (\alpha_i p_i - \beta_i p_i^2) + \gamma q \right)^{\varepsilon-1} \cdot (\alpha_i - 2\beta_i p_i) \cdot u, \quad i = 1, 2 \end{aligned} \quad (71)$$

このとき、Choke Priceは補償需要である式(71)をゼロにするような価格であることから、式(72)で表すことができる。なお、通常、Choke Priceは、環境質の質的水準および効用水準によって変化するものと考えられるが、支出関数を式(70)のように特定化した場合には、Choke Priceはこれら変数に対して一定の値となる。また、式(72)から価格について式(73)なる条件が成立する必要がある。

$$\begin{aligned} \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_i} &= \alpha_i - 2\beta_i p_i = 0 \\ p_i^*(q, u) &= \frac{\alpha_i}{2\beta_i}, \quad i = 1, 2 \end{aligned} \quad (72)$$

$$0 < p_i < p_i^*(q, u) = \frac{\alpha_i}{2\beta_i}, \quad i = 1, 2 \quad (73)$$

このとき、ロアの恒等式より、需要関数は式(74)で表される。したがって、市場で観察可能な需要関数である式(74)を得ることができれば、環境質の質的变化による利用価値と非利用価値の変化を定量的に計測することが可能となる。すなわち、顕示選好データにより利用価値と非利用価値を個別に計測す

ることが可能であることを意味している。

ここで、この需要関数の性質を確認する。まず、式(74)を当該価格で偏微分すると式(75)が得られることから、需要関数は価格に対して減少関数となっていることが分かる。

$$z_i^m(p, q, y) = \frac{\varepsilon(\alpha_i - 2\beta_i p_i)}{\sum_{j=1}^2 (\alpha_j p_j - \beta_j p_j^2) + \gamma q} \cdot y, \quad i=1,2 \quad (74)$$

$$\frac{\partial z_i^m}{\partial p_i} = -\frac{2\beta_i \left( \sum_{j=1}^2 (\alpha_j p_j - \beta_j p_j^2) + \gamma q \right) + (\alpha_i - \beta_i p_i)^2}{\left( \sum_{j=1}^2 (\alpha_j p_j - \beta_j p_j^2) + \gamma q \right)^2} \cdot y < 0, \quad i=1,2 \quad (75)$$

また、式(76)および(77)が成立することから、需要関数は環境質の質的水準および所得に対する増加関数であることが分かる。

$$\frac{\partial z_i^m}{\partial q} = \frac{\varepsilon \gamma (\alpha_i - \beta_i p_i)}{\left( \sum_{j=1}^2 (\alpha_j p_j - \beta_j p_j^2) + \gamma q \right)^2} \cdot y > 0, \quad i=1,2 \quad (76)$$

$$\frac{\partial z_i^m}{\partial y} = \frac{\varepsilon (\alpha_i - \beta_i p_i)}{\sum_{j=1}^2 (\alpha_j p_j - \beta_j p_j^2) + \gamma q} > 0, \quad i=1,2 \quad (77)$$

ここで、外生的に与えられるパラメータおよび環境質の質的水準の変化等を表-3に示す。

このとき、総価値、利用価値および非利用価値は、 $0 < \varepsilon < 1$ に相当する $\varepsilon = 0.5$ の場合はCVの概念を用いると式(78)のように、また、EVの概念を用いると式(79)のように求めることができる。

a) Case. 2: 総価値=利用価値(>0)+非利用価値(>0)

①CVによる定義

$$\begin{aligned} CV_{\text{Total Value}} &= e(p^{wo}, q^{wo}, u^{wo}) - e(p^w, q^w, u^w) = 1 - 2/\sqrt{5} = 0.106 \\ CV_{\text{Use Value}} &= \{e(p_{12}^*(q^w, u^w), q^w, u^w) - e(p^{wo}, q^w, u^{wo})\} \\ &\quad - \{e(p_{12}^*(q^{wo}, u^{wo}), q^{wo}, u^{wo}) - e(p^{wo}, q^{wo}, u^{wo})\} \\ &= (\sqrt{6/5} - 2/\sqrt{5}) - (\sqrt{7/5} - 1) = 0.018 \\ CV_{\text{Nonuse Value}} &= e(p_{12}^*(q^{wo}, u^{wo}), q^{wo}, u^{wo}) - e(p_{12}^*(q^w, u^w), q^w, u^w) \\ &= \sqrt{7/5} - \sqrt{6/5} = 0.088 \end{aligned} \quad (78)$$

②EVによる定義

$$\begin{aligned} EV_{\text{Total Value}} &= e(p^w, q^{wo}, u^w) - e(p^w, q^w, u^w) = \sqrt{5}/2 - 1 = 0.118 \\ EV_{\text{Use Value}} &= \{e(p_{12}^*(q^w, u^w), q^w, u^w) - e(p^w, q^w, u^w)\} \\ &\quad - \{e(p_{12}^*(q^{wo}, u^w), q^{wo}, u^w) - e(p^w, q^{wo}, u^w)\} \\ &= (\sqrt{3/2} - 1) - (\sqrt{7/2} - \sqrt{5}/2) = 0.020 \\ EV_{\text{Nonuse Value}} &= e(p_{12}^*(q^{wo}, u^w), q^{wo}, u^w) - e(p_{12}^*(q^w, u^w), q^w, u^w) \\ &= \sqrt{7/2} - \sqrt{3/2} = 0.098 \end{aligned} \quad (79)$$

表-3 数値実験のための設定値

$\alpha_i$	1.0	$\beta_i$	1.0	$\gamma$	-1.0
$p_i^{wo}$	0.25	$q^{wo}$	1/16	$y^{wo}$	1.0
$p_i^w$	0.25	$q^w$	1/8	$y^w$	1.0

式(78)および(79)を見ると、利用価値および非利用価値が正値を示していることは明らかである。

また、 $\varepsilon = 1$ の場合は、式(80)および(81)のように求めることができる。

b) Case. 3: 総価値=利用価値(=0)+非利用価値

①CVによる定義

$$\begin{aligned} CV_{\text{Total Value}} &= e(p^{wo}, q^{wo}, u^{wo}) - e(p^w, q^w, u^w) = 1 - 4/5 = 1/5 \\ CV_{\text{Use Value}} &= \{e(p_{12}^*(q^w, u^{wo}), q^w, u^{wo}) - e(p^{wo}, q^w, u^{wo})\} \\ &\quad - \{e(p_{12}^*(q^{wo}, u^{wo}), q^{wo}, u^{wo}) - e(p^{wo}, q^{wo}, u^{wo})\} \\ &= (7/5 - 1) - (6/5 - 4/5) = 0 \\ CV_{\text{Nonuse Value}} &= e(p_{12}^*(q^{wo}, u^{wo}), q^{wo}, u^{wo}) - e(p_{12}^*(q^w, u^{wo}), q^w, u^{wo}) \\ &= 7/5 - 6/5 = 1/5 \end{aligned} \quad (80)$$

②EVによる定義

$$\begin{aligned} EV_{\text{Total Value}} &= e(p^w, q^{wo}, u^w) - e(p^w, q^w, u^w) = 3/2 - 1 = 1/2 \\ EV_{\text{Use Value}} &= \{e(p_{12}^*(q^w, u^w), q^w, u^w) - e(p^w, q^w, u^w)\} \\ &\quad - \{e(p_{12}^*(q^{wo}, u^w), q^{wo}, u^w) - e(p^w, q^{wo}, u^w)\} \\ &= (5/4 - 1) - (7/4 - 3/2) = 0 \\ EV_{\text{Nonuse Value}} &= e(p_{12}^*(q^{wo}, u^w), q^{wo}, u^w) - e(p_{12}^*(q^w, u^w), q^w, u^w) \\ &= 7/4 - 5/4 = 1/2 \end{aligned} \quad (81)$$

式(80)および(81)を見ると、利用価値がゼロであり総価値=非利用価値が成立していることは明らかである。

なお、式(78)~(81)において、一般的な厚生貨幣測度論から得られている知見のように、EVによる貨幣測度がCVによる貨幣測度より大きい値を示しており、その性質が担保されていることが分かる。

## 6. おわりに

本研究では、環境質の直接的利用と間接的利用を明確に区別した上で、環境質の質的变化による便益をCVおよびEVの概念で定式化した。また、総価値が利用価値および非利用価値に分離可能であること、さらに、概念的に利用価値が直接的利用価値および純間接的利用価値に分離可能であることを示した。さらに、これらの環境質の価値は、顕示選好データを

用いることにより、定量的に計測することが可能であることを示した。なお、Choke Priceが存在しない場合の非利用価値について吟味したものの、詳細については認知科学(Cognitive Science)等のアプローチを加味した上での議論が必要と思われる。

また、非利用価値は、環境質を直接的および間接的に利用不可能な価格付けがなされたときの、非利用財の補償需要量により計測可能であることを示したものの、非利用価値がゼロとなる実際的な支出関数形は一般的に特定化することが困難であることが明らかになった。

さらに、支出関数の設定によって利用価値および非利用価値が如何に計測されうるかを、①利用価値および非利用価値が共に正であるケース、②利用価値がゼロであるケースについて検討した。その結果、まず、利用価値および非利用価値は個別に評価可能であり、さらに、線形または対数線形の需要関数を用いることは理論的に誤りであるという結論が得られた。最後に、これらケースに対する数値実験を行い、市場で観察可能な顕示選好データにより利用価値と非利用価値を個別に計測するという実際的な計測可能性を示した。

#### 付録 A Case. 2に該当する支出関数の導出過程

4. (2) b) に示したように、このケースに該当する支出関数として、式(59)を導いた。このときの支出関数の一階条件を導出する。

まず、式(48)より、補償需要は正であることから式(82)が成立する。また、式(50)より、環境質の質的水準を改善した場合には、効用水準を維持するための必要最小所得は減少することから式(83)は負値を示す。さらに、式(49)のように、達成される効用水準が上昇した場合には、必要最小所得は増加することから式(84)は正値を示す。

$$z_i^h(p_1, p_2, p_x, q, u) = \frac{\partial e(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial p_i} = \varepsilon (f(p_1, p_2) + g(q))^{-1} \cdot u \cdot \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_i} \geq 0 \quad (82)$$

$$\frac{\partial e(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial q} = \varepsilon (f(p_1, p_2) + g(q))^{-1} \cdot u \cdot \frac{\partial g(q)}{\partial q} < 0 \quad (83)$$

$$\frac{\partial e(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial u} = (f(p_1, p_2) + g(q))^{-1} > 0 \quad (84)$$

さらに、環境質の質的水準が改善した場合の総価値が、利用価値と非利用価値に分離可能であるための補償需要関数の一階条件は式(85)~(87)となる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial z_i^h(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial q} &= \frac{\partial^2 e(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial p_i \partial q} \\ &= \varepsilon (\varepsilon - 1) (f(p_1, p_2) + g(q))^{-2} \cdot u \cdot \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_i} \cdot \frac{\partial g(q)}{\partial q} > 0 \end{aligned} \quad (85)$$

まず、式(85)は、式(58)のように、環境質の質的水準が改善した場合には、補償需要量は増加する、すなわち、 $z_i$  ( $i=1,2$ ) が環境質の質的水準に対して補完財的性格を有するという条件である。また、式(86)は、価格  $p_i$  ( $i=1,2$ ) が上昇した場合には、補償需要量が減少するという条件であり、式(87)は達成される効用水準が上昇すると補償需要量が増加するという条件である。

$$\begin{aligned} \frac{\partial z_i^h(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial p_i} &= \frac{\partial^2 e(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial p_i^2} \\ &= \varepsilon (f(p_1, p_2) + g(q))^{-1} \cdot u \cdot \frac{\partial^2 f(p_1, p_2)}{\partial p_i^2} \\ &\quad + \varepsilon (\varepsilon - 1) (f(p_1, p_2) + g(q))^{-2} \cdot u \cdot \left( \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_i} \right)^2 < 0 \end{aligned} \quad (86)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial z_i^h(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial u} &= \frac{\partial^2 e(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial p_i \partial u} \\ &= \varepsilon (f(p_1, p_2) + g(q))^{-1} \cdot \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_i} > 0 \end{aligned} \quad (87)$$

ここで、Choke Priceは、その定義から式(82)がゼロとなる価格であることから、式(88)を満足する  $p_i$  ( $i=1,2$ ) となる。通常、Choke Priceは達成される効用水準および環境質の質的水準  $q$  に依存した変数であるものと考えられるが、支出関数を式(59)のように特定化した場合には、これら変数に依らずに一定値を示すことになる。

$$\frac{\partial z_i^h(p_1, p_2)}{\partial p_i} = 0 \quad (88)$$

また、式(82)および(83)より式(89)が成立し、式(85)より式(90)が成立する。さらに、式(89)および(90)の符号条件より式(91)を得ることができる。したがって、パラメータ  $\varepsilon$  の値は、式(92)の範囲で決定されることになる。

$$\frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_i} \cdot \frac{\partial g(q)}{\partial q} < 0 \quad (89)$$

$$\varepsilon(\varepsilon-1) \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_i} \cdot \frac{\partial g(q)}{\partial q} > 0 \quad (90)$$

$$\varepsilon(\varepsilon-1) < 0 \quad (91)$$

$$0 < \varepsilon < 1 \quad (92)$$

一方、式(89)~(91)より、式(93)が成立することから、逆に、式(92)および(93)が成立するとき、式(86)を除く全ての条件を満たすことは明らかである。すなわち、支出関数を式(59)のように特定化した場合には、式(86)を満足させるような  $f(p_1, p_2)$  および  $g(q)$  を設定する必要性が生じる。なお、 $f(p_1, p_2)$  について  $\frac{\partial^2 f(p_1, p_2)}{\partial p_i^2} < 0$  が成立する場合には、式(86)が常に成立することは言うまでもない。

$$\frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_i} > 0, \quad \frac{\partial g(q)}{\partial q} < 0 \quad (93)$$

したがって、「総価値=利用価値(>0)+非利用価値(>0)」が導かれる場合には、支出関数を式(59)のように特定化することが可能であり、その際には、式(60)のような符号条件が導出される。

#### 付録 B Case. 3に該当する支出関数の導出過程

4. (2) c) に示したように、このケースに該当する支出関数として、式(59)を導いた。このときの支出関数の一階条件を導出する。なお、ここでは、再掲を避けるため、付録 Aとは異なる点のみを示す。

補償需要関数の一階条件を導出する際、付録 Aとは異なる点は、式(62)の条件である。すなわち、式(62)は、環境質の質的水準が改善した場合には、補償需要は変化しないことを示していることから式(94)を得ることができる。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial z^h(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial q} \\ &= \frac{\partial^2 e(p_1, p_2, p_x, q, u)}{\partial p_i \partial q} \\ &= \varepsilon(\varepsilon-1)(f(p_1, p_2) + g(q))^{-2} \cdot u \cdot \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_i} \cdot \frac{\partial g(q)}{\partial q} = 0 \end{aligned} \quad (94)$$

したがって、式(95)が成立することから式(96)が導かれ、 $\varepsilon$ の符号条件は式(97)となる。

$$\varepsilon(\varepsilon-1) \frac{\partial f(p_1, p_2)}{\partial p_i} \cdot \frac{\partial g(q)}{\partial q} = 0 \quad (95)$$

$$\varepsilon(\varepsilon-1) = 0, \quad \varepsilon \neq 0 \quad (96)$$

$$\varepsilon = 1 \quad (97)$$

したがって、「総価値=利用価値(=0)+非利用価値」が導かれる場合には、支出関数を式(59)のように特定化することが可能であり、その際には、式(63)のような符号条件が導出される。

#### 参考文献

- 1) Smith, V.K.: Can we measure the Economic Value of Environmental Amenities?, *Southern Economic Journal*, Vol.56, pp.865-878, 1990.
- 2) Smith, V.K.: Nonmarket Valuation of Environmental Resources: An Interpretive Appraisal, *Land Economics*, Vol.69, pp.1-26, 1993.
- 3) State of Ohio v. Department of the Interior, 880 F.2d 432 (D. C. Cir. 1989)
- 4) 林山泰久: 非市場財の存在価値, 土木計画学研究・論文集, 招待講演, No.16, pp.35-48, 1999.
- 5) 林山泰久, 森杉壽芳, 小技和裕: 顕示選好データによる非利用価値の経済的評価とその精度, 環境システム研究全文審査部門論文, Vol.27, pp.33-44, 1999.
- 6) Neill, J.R.: Another Theorem on Using Market Demands to Determine Willingness to Pay for Non-traded Goods, *Journal of Environmental Economics and Management*, No.15, pp.224-232, 1988.
- 7) Krutilla, J.V.: Conservation Reconsidered, *American Economic Review*, Vol.57, pp.777-786, 1967.
- 8) Krutilla, J.V. and Fisher, A.C.: The Economic of Natural Environments: Studies in the Valuation of Commodity and Amenity Resource, Resources for the Future, 1975.
- 9) Smith, V.K.: Nonuse Values in Benefit Cost Analysis, *Southern Economic Journal*, Vol.51, pp.19-26, 1987.
- 10) Turner, R.K.: The Place of Economic Values in Environmental Valuation, *Valuing Environmental Preferences*, eds. Bateman, I.J. and Willis, K.G., Oxford University Press, 1999.
- 11) McConnell, K.E.: Existence and Bequest Value, *Managing Air Quality and Science Resources at National Parks and Wilderness Areas*, eds. Rowe, R.D. and Chestnut, L.G., Westview Press, 1983.

- 12) Randall,A. and Stoll,J.R.: Existence Value in a Total Valuation Framework, *Managing Air Quality and Science Resources at National Parks and Wilderness Areas*, eds. Rowe,R.D. and Chestnut,L.G., Westview Press, 1983.
- 13) Freeman,A.M.,III.: Nonuse Value, *The Measurement of Environmental and Resource Value: Theory and Methods*, eds. Freeman,A.M.,III ., Resource for the Future, pp.141-164, 1992.
- 14) Bishop,R.C. and Welsh,M.P.: Existence Values in Benefit-Cost Analysis and Damage Assessment, *Land Economics*, Vol.68, pp.405-417, 1992.

(2001. 4. 25 受付)

BENEFIT EVALUATION OF THE VALUE OF THE ENVIRONMENTAL GOODS  
BY THE REVEALED PREFERENCE DATA  
-DIRECT USE VALUE AND INDIRECT USE VALUE OF ENVIRONMENTAL GOODS-

Yasuhisa HAYASHIYAMA, Hisa MORISUGI and Kazuhiro ONUKI

This paper formulated a model of total value of benefits resulting from a qualitative change in environmental goods based on the concepts of Compensating Variation(CV) and Equivalent Variation(EV). We showed that the total value of environmental goods can be expressed by additive separation of use value and non-use value. We also indicated that use value can be separated into a direct use value and an indirect use value. Finally, This paper showed that observable revealed preference data from the market makes respective evaluation of the use value and the non-use value possible.