

環境改善施策としての環境教育の有効性

稲垣 雅一¹・林山 泰久²・阪田 和哉³

¹経博 (財)計量計画研究所 経済社会研究室 (〒162-0845 新宿区千ヶ谷本村町 2-9)

²正会員 工博 東北大学教授 大学院経済学研究科 (〒980-8576 仙台市青葉区川内 27-1)

³経博 宇都宮大学講師 工学部建設学科 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)

本研究は、個人が現在偏重型選好を有する場合において、環境改善施策として、①『環境教育による環境改善』、②『再生可能資源の利用・採掘時の環境負荷の減少』、③『財生産における再生可能資源の利用効率の向上』といった3つの施策を検討した。その結果、①の環境教育による環境改善のみが、環境改善に効果を発揮し、②と③の施策は、社会厚生を増加させるものの、環境改善にはつながらない可能性があることを示した。

Key Words: *environmental education, renewable resource, present-biased preference, self-control problem*

1. はじめに

1960年代、日本は高度経済成長期であり、大量生産・大量消費という流れの中で、急激な成長に伴い公害が社会問題化した。例えば、水俣病は、チソ株式会社が原因企業であることから、その根源を遮断すること、すなわち、企業に対して、排出規制等を設けることにより環境を改善する動きが主流であった。そのような環境改善施策から、近年は、企業ではなく、消費者自身に環境改善へ助力を促す施策、例えば、将来世代への配慮を促す環境教育のような施策が徐々に主流となりつつある。平成17年度版環境白書(2005)¹⁾によれば、「今日の環境問題は、地球規模に及ぶ空間的広がりや将来の世代にわたる時間的広がりを持っています。このような理解や認識に立って、問題の本質や解決の方法について自ら考える能力を身につけると同時に、自ら進んで環境問題に取り組んでいく人材を育てていくことが求められており、このために環境教育が重要となっています。」とあることから、近年の環境教育に対する取り組みの高まりを伺い知ることができる。そこで本研究では、環境教育による環境改善効果とその他の施策による環境改善効果について比較・検討をする。

本稿は環境教育により個人が自らの将来の行動を理解し、合理的な行動を行なうように変容する過程を表すモデルに関する筆者らの一連の研究とし

て位置づけられる。ここでの環境教育とは、以下のようなものである。例えば、消費者の過剰な消費が環境に必要な以上の負荷を与えているものとする。その結果、将来世代に影響を及ぼすという事実をそれぞれ個人に伝え、その個人が将来世代に対し、迷惑をかけてはならないと配慮した行動を取るように変容させることを意図している。これらの一連の研究として林山・稲垣・阪田(2004)(2005a)²⁾³⁾では、枯渇性資源の消費問題について擬似双曲線型割引関数モデルを用いて分析を行っている。また、稲垣・阪田・林山(2004)⁴⁾および林山・稲垣・阪田(2005b)⁵⁾では、擬似双曲線型割引関数モデルに加えて、双曲線型割引関数モデルについても分析を行い、その相違点を明らかにしている。これらの先行研究の拡張として、本研究では、第一に、先行研究では、枯渇性資源を対象として分析を行っていることから、再生可能資源について分析を行った。また、第二に、再生可能資源は、将来世代に渡り無限に存在するものであることから、無限期間に渡る分析を検討した。第三に、従来の枠組みに企業部門を導入し、分析を行った。以上の拡張から可能になった環境改善施策として、次の3つの手段を検討する。

- ① 環境教育による環境改善施策
- ② 再生可能資源の利用・採掘時の環境への負荷の減少
- ③ 財生産における再生可能資源の利用効率

の上昇

①は、本研究では個人が短期的な視点に立つて行動することを想定していることから、将来世代に対して配慮を促すような環境教育を行うことで、長期的な視点に立つて将来世代に配慮した行動を取るよう変容するものとし、その環境改善効果について検討する。ここで、短期的な視点を個人が有すると想定することは少々厳しい仮定かもしれない。しかしながら、Thaler(1981)⁶⁾およびLoewenstein and Prelec(1992)⁷⁾等により従来の経済学における想定に対して、いくつかの変則現象(Anomaly)が存在し、個人は短期的な行動を取ることが実証・実験的に指摘されていることから、この仮定は、十分に許容されるものと考えられる。

②は、本研究では、再生可能資源を利用することで生産活動を行っていることから、その利用・採掘に伴い、環境へ負荷を及ぼしていることを想定している。よって、できるだけ環境に負荷をかけないように企業が配慮し、技術革新等で採掘技術が向上すれば、環境が改善することが期待される。

③については、より少ない資源利用で効率的に財の生産を行うことが可能になれば、同じ生産量でも必要な資源の量が減少し、その分だけ、環境への負荷が減少するものと期待される。よって、生産の効率性の上昇を導く技術革新等を促すような施策を行うことを想定し、その環境改善効果について検討する。

以上の3つの施策について数値解析によるシミュレーションを行う。そして、環境教育のみが環境改善を導き、他の施策では、環境改善へとつながらない可能性があることを指摘する。

上記の目的に添って、2. では本研究において想定する4タイプの個人について述べる。次に、3. および4. では、擬似双曲線型割引関数モデルを用い、再生可能資源の生涯消費計画問題を考える。ここでは、擬似双曲線型割引関数を用いていることから、個人の主観的割引率が有する変則現象の定式化を行なっているものと考えられる。さらに、企業部門を導入する。5. では、環境教育による態度行動変容モデルにおける個人について整理する。6. では、前述の3つの環境改善施策について、いくつかの関数を具体化することにより、数値解析を行い、それぞれの環境改善効果について検討する。7. では、数値解析で得られた知見から、環境改善のための施策として環境教育が重要であることを明らかにする。そして、8. において本研究の結論と今後の課題を示す。

2. 想定する個人と自制問題

本研究において想定する個人は、合理的な個人 R 、過去に立てた行動計画を予定通り実行できるか否かという自制問題を有する単純な個人 N (Naïve Person)、将来の自制問題を完全に予測して行動することができる洗練された個人 S (Sophisticated Person)、個人 N と個人 S の間に位置づけられる部分的に洗練された個人 P (Partially Sophisticated and Naïve Person)を考えるものとする。

まず、個人 R は、現時点($t=0$)において将来の行動を完全に予測することができ、かつ、その通りに行動する。したがって、環境教育を施しても個人 R は既に合理的に行動しているために、環境教育の効果は無い。次に、個人 N は、現時点の効用に大きなウェイトを置くものの、将来は合理的に行動すると予測する。しかしながら、途中時点で自制問題が発生し、当初計画の変更を余儀なくされる。また、個人 S は、最終期から後方帰納的に推測、すなわち、将来の自制問題を完全に予測して行動する。特に、個人 S について、現時点の効用に特別なウェイトを置かない場合には、個人 R と一致することになる。最後に、個人 P は、個人 R 、個人 N および個人 S をその特殊解として内包化した最も一般的な行動をとる。したがって、本研究において一般的に定式化する個人は、個人 P に相当することになる。

なお、本研究における非合理的な個人は、将来世代に対して割引率に余分なウェイト付けをすることで表現している。一般的に割引率が適切に設定されたことのみが、将来世代を配慮したことへつながるとは限らない。この点について検討することは、今後の研究課題とする。

3. 擬似双曲線型割引関数モデル

(1) モデル

本研究においては、再生可能資源(Renewable Resource)についての問題を考察する。通常、再生可能資源は何世代も先の将来世代にわたって影響を及ぼすと考えられる。したがって、無限期間にわたるモデルを構築することが重要となる。以下ではまず、有限期間のモデルを構築し、それを無限期間へと拡張する。

いま、期間 $t=0,1,2,\dots,T$ における代表的個人の離散時間での簡便な生涯消費計画を考える。個人は再生可能資源ストックの消費において式(1)に示す環境遷移式を制約条件として有するものとする。

なお, $S_0 = \bar{S}$, $S_{T+1} \geq 0$ とする.

$$S_{t+1} = r(S_t - \sigma R_t) \quad (1)$$

ここで, S_t は t 期における再生可能資源の残存量(ストック(期首ベース)), r は再生可能資源の再生度合を示すパラメータ, σ は再生可能資源の利用に伴い, 資源ストックへの負荷の度合を示すパラメータ, R_t は t 期における再生可能資源の利用量を示している. また, 再生可能資源の利用量に関する条件として式(2)を仮定する.

$$0 \leq \sigma R_t \leq S_t \quad (2)$$

次に企業について考える. 企業は労働と再生可能資源を利用することにより, 消費財を生産しているものとする. そのような生産関数を式(3)で表す.

$$\begin{aligned} c_t &= f(R_t, L_t) \\ &= f(R_t) \end{aligned} \quad (3)$$

ここでは, c_t は t 期における消費財, L_t は t 期における労働投入量を示している. なお, 簡便化のために, 労働投入は $L_t = 1$ とするため, 生産関数は R_t のみの関数となる.

さらに, この分野の代表的な既存研究である O'Donoghue and Rabin (1999a)(1999b)(2001)⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾ による擬似双曲線型割引関数 (Quasi-Hyperbolic Discount Function) を用いた Two-parameter Model を用いると, t 期以降の個人の生涯効用 $U'(\cdot)$ は式(4)のように表現することができる.

$$\begin{aligned} U'(u_t(c_t), u_{t+1}(c_{t+1}), \dots, u_T(c_T)) \\ = \delta' u_t(c_t) + \beta \sum_{i=t+1}^T \delta^i u_i(c_i) \end{aligned} \quad (4)$$

where, $0 < \beta \leq 1, 0 < \delta \leq 1$

ここで, t 期における効用を u_t とし, δ は割引パラメータ, β は現時点の効用にどの程度ウェイトを置いているかを示すパラメータ(現在偏重型選好パラメータ)である. このとき擬似双曲線型割引関数による割引は, $t = 0, 1, 2, \dots, T$ に対して $\{1, \beta\delta, \beta\delta^2, \dots, \beta\delta^T\}$ となる. また, $\beta = 1$ ならば (β, δ) によって規定される選好は指数関数型割引関数によって割引かれることになり, $\beta < 1$ ならば現在偏重

型選好を有することを意味する.

さらに, 前述した個人, 個人 N および個人 S について考える. まず, $\hat{\beta}$ を個人の将来の自制問題に対する信念を表すパラメータであるとし, 最終期には将来を予測する必要性が無いことから β となるものとする. このとき, 個人 S は将来の自制問題を完全に予測して行動することから $\hat{\beta} = \beta$ と表現することができる. また, 個人 N は自分では自制問題を有するというを信じていないことから $\hat{\beta} = 1$ となる. さらに, 個人 P は個人 S と個人 N を特殊解として含む一般型であることから $\hat{\beta} \in [\beta, 1]$ と表現することができる.

(2) オイラー方程式による消費の均衡経路

本研究における生涯消費計画においては, 各期において選好が変化することから, 各時点において個人が自らの消費計画問題を解き, 最適な消費行動を行うという, 個人を動学ゲームにおける一時的自己の連続とみなしたモデルであることを意味する (Laibson (1994)(1996)(1997)^{11) 12) 13)} および林山・稲垣・阪田 (2005a)) (ここでは, プレイヤーはそれぞれの期ごとの個人であり, 戦略は, 以下に表すように再生可能資源ストックの消費量となる). また, 個人は企業の持つ生産技術を知り, その際に, 再生可能資源ストックにどの程度の影響を及ぼすか知っているものとする. このような仮定は, 少々厳しい仮定かもしれないが, 個人は労働を企業に供給していることから, 実際の現場の状況を把握できるものとするれば, 許容されるであろう. したがって, 本研究における再生可能資源の消費計画問題においては, 個人の消費行動が企業の生産活動を経由し, 再生可能資源ストックへ影響を及ぼしていることになる. すなわち, 再生可能資源ストックをある割合で消費し, その残存量および再生した量を将来の消費にあてるということを意味している. よって, 各々の期の消費戦略を s_t^T , 再生可能資源ストックに対する消費割合を λ_{t-1} とすると, $s_t^T = c_t = f(R_t) = f(\lambda_{t-1} S_t / \sigma)$ と表すことができる. なお, λ_{t-1} は, $0 < \lambda_{t-1} \leq 1$ とする.

まず, T 期には, 再生可能資源ストック S_T に対して $R_T = S_T / \sigma$ となるために $c_T = f(R_T) = f(\lambda_0 S_T / \sigma) = f(S_T / \sigma)$ が最適消費となる. 次に, Value Function $V(\cdot)$ を式(5)のように定義する.

$$\begin{aligned}
V(S_i) &= \beta \delta \sum_{t=i}^T \delta^{t-i} u_t(c_t) \\
&= \beta \delta u_i \left(f \left(\frac{\lambda_{T-i} S_i}{\sigma} \right) \right) + \beta \delta^2 u_{i+1} \left(f \left(\frac{\lambda_{T-(i+1)} S_{i+1}}{\sigma} \right) \right) \\
&\quad + \dots + \beta \delta^{T+1-i} u_T \left(f \left(\frac{\lambda_0 S_T}{\sigma} \right) \right)
\end{aligned} \quad (5)$$

したがって、 t 期は式(6)で表現することができる。

$$\begin{aligned}
U'(u, u_{t+1}, \dots, u_T) \\
&= \delta' u_t(c_t) + \beta \delta^{t+1} u_{t+1}(c_{t+1}) \\
&\quad + \dots + \beta \delta^T u_T(c_T) \\
&= \delta' u_t(c_t) + \delta' V(S_{t+1})
\end{aligned} \quad (6)$$

さらに、式(1)を用いて式(6)を消費 c_t について最大化すると式(7)を得る。

$$\frac{\partial U'}{\partial c_t} = \delta' \frac{\partial u_t(c_t)}{\partial c_t} - \delta' \omega \frac{\partial V(S_{t+1})}{\partial S_{t+1}} \frac{\partial S_{t+1}}{\partial R_t} \frac{\partial R_t}{\partial c_t} = 0 \quad (7)$$

ここで、 $V(S_{t+1})$ は式(8)を意味しており、また、消費 c_t は再生可能資源ストックの関数であることから、 $c_t = c_t(S_t)$ とすると式(9)が成立する。

$$\begin{aligned}
V(S_{t+1}) &= \beta \delta u_{t+1}(c_{t+1}) + \delta V(S_{t+2}) \\
&= \beta \delta u_{t+1}(c_{t+1}) + \delta V(r(S_{t+1}) - \sigma R_{t+1})
\end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial V(S_{t+1})}{\partial S_{t+1}} &= \beta \delta \frac{\partial u_{t+1}(c_{t+1})}{\partial c_{t+1}} \frac{\partial c_{t+1}(S_{t+1})}{\partial S_{t+1}} \\
&\quad + \delta r \frac{\partial V(S_{t+2})}{\partial S_{t+2}} \left(1 - \sigma \frac{\partial R_{t+1}}{\partial S_{t+1}} \right)
\end{aligned} \quad (9)$$

さらに、式(7)より、 $\frac{\partial V(S_{t+1})}{\partial S_{t+1}}$ および $\frac{\partial V(S_{t+2})}{\partial S_{t+2}}$ を式(9)へ代入することにより、消費のオイラー方程式(Euler Equation)である式(10)を得る。なお、 $u'(c_t) = \partial u(c_t) / \partial c_t$ を意味する。

$$\begin{aligned}
&u'_t(c_t) \\
&= \delta r \frac{\partial R_t}{\partial c_t} \\
&\quad \times \left[\left(\frac{\partial c_{t+1}(S_{t+1})}{\partial S_{t+1}} \right) \beta \sigma + \frac{1}{\frac{\partial R_{t+1}}{\partial c_{t+1}}} - \frac{\partial c_{t+1}(R_{t+1})}{\partial R_{t+1}} \frac{\partial R_{t+1}}{\partial c_{t+1}} \sigma \right] \\
&\quad \times u'_{t+1}(c_{t+1})
\end{aligned} \quad (10)$$

(3) 無限期間

本研究においては、再生可能資源についての消費計画問題を分析しているため、将来世代に永続的に資源が利用されるという状況を考慮しなければならない。よって、これまで述べてきた有限期間における分析では不十分であるために、無限期間へと拡張する。まず、具体的な効用関数を式(11)に示す CRRA(Constant Relative Risk Aversion: 相対危険回避度一定)型効用関数であるとし、危険回避度パラメータは $\rho \in (0, \infty)$ であるとする。例えば、Blanchard and Fischer(1987)¹⁴⁾を参照のこと。

$$\begin{aligned}
u_t(c_t) &= \frac{c_t^{1-\rho} - 1}{1-\rho} \quad \text{if } \rho > 0, \rho \neq 1, \forall t \\
&= \log c_t \quad \text{if } \rho = 1, \forall t
\end{aligned} \quad (11)$$

さらに、生産関数を式(12)で表す。

$$f(R_t) = \alpha R_t \quad (12)$$

式(11)および式(12)の設定において、有限期間における消費の割合を示す λ_{T-t} は、式(13)で表すことができる。

$$\lambda_{T-t} = \frac{\lambda_{T-(t+1)}}{\delta^{\frac{1}{\rho}} r^{\frac{1-\rho}{\rho}} \left[\beta \lambda_{T-(t+1)} + (1 - \lambda_{T-(t+1)}) \right]^{\frac{1}{\rho}} + \lambda_{T-(t+1)}} \quad (13)$$

ここで、 $T \rightarrow \infty$ 、すなわち、無限期間になることから、式(13)がrecursiveにならなければならない。よって、式(13)から式(14)を導くことができる。

$$\lambda = \frac{\lambda}{\delta^{\frac{1}{\rho}} r^{\frac{1-\rho}{\rho}} \left[\beta \lambda + (1 - \lambda) \right]^{\frac{1}{\rho}} + \lambda} \quad (14)$$

式(14)は解析的に解くことはできないが、その解を λ^* とすれば、オイラー方程式である式(10)は式

(15)で表される。

$$u'_t(c_t) = \delta r \left[\lambda^* \frac{\beta \sigma}{\alpha} + \left(1 - \frac{\sigma}{\alpha} \lambda^* \right) \right] u'_{t+1}(c_{t+1}) \quad (15)$$

本研究においては、効用関数が式(11)のように具体化されていることから、式(15)は式(16)で表される。

$$c_t = \delta^{-\frac{1}{\rho}} r^{-\frac{1}{\rho}} \left[\lambda^* \frac{\beta \sigma}{\alpha} + \left(1 - \frac{\sigma}{\alpha} \lambda^* \right) \right]^{\frac{1}{\rho}} c_{t+1} \quad (16)$$

4. 環境教育による態度行動変容モデル

ここでは、3. において解説したモデルに、本研究における政策変数である環境教育投資をダミー変数 D_t (1:with, 0:without) として導入する。本研究における環境教育は、その効果によって将来に配慮した行動をとることを想定している。将来に配慮するということは、消費計画を立てる際に将来と現在を適切な割引率で割引くことで表現され、それ以外に他の余分なウェイト付け(例えば、現在偏重型選好ウェイト)の程度の軽減、もしくは、解消することを意味する。さらに、ウェイト付けを軽減・解消するためには、自分自身が現時点でどのようなウェイト付けをしているのか正確に把握することが必要になると考えられる。したがって、環境教育の効果は、自分自身が消費計画においてどのような割引率を用いているかを正確に把握し、さらに、それを修正し、適切な割引率を用いて将来を計画するようになることと考えられる。すなわち、その効果は現在偏重型選好パラメータである β と、個人の将来の自制問題に対する信念を表すパラメータ $\hat{\beta}$ に影響を及ぼすと考えることができる。これは、それぞれのタイプの個人が $\hat{\beta}$ および β の乖離により表現されていることから、環境教育による効果が、①「個人自身の行動を正しく認識する、すなわち、 $\beta = \hat{\beta}$ とする」ことと、それによって、②「現在偏重型選好を解消する、すなわち、 $\beta = 1$ とする」という2つの効果を有していることを意味している。なお、教育投資コストの質的・量的表現および教育投資のストック化等の変数処理に関する問題は今後の研究課題とし、本研究では最も簡便な変数処理を行うものとしている。

(1) 擬似双曲線型割引関数モデルの適用

擬似双曲線型割引関数モデルに環境教育ダミーを導入した際の態度行動変容モデルは、式(17)のように表現することができる。ここで、 μ は環境教育パラメータを示す。

$$\begin{aligned} U^t(u_t(c_t), u_{t+1}(c_{t+1}), \dots, u_T(c_T)) \\ = \delta^t u_t(c_t) + \sum_{i=t+1}^T (\beta + \mu D_i) \delta^i u_i(c_i), \forall t \quad (17) \\ \text{where } 0 < \beta < 1, 0 < \delta \leq 1, 0 < \mu \leq (1 - \beta) \end{aligned}$$

よって、消費のオイラー方程式は、式(11)より、式(18)となる。

$$c_t = \delta^{-\frac{1}{\rho}} r^{-\frac{1}{\rho}} \left[\lambda^* (\beta + \mu D_{t+1}) \frac{\sigma}{\alpha} + \left(1 - \frac{\sigma}{\alpha} \lambda^* \right) \right]^{\frac{1}{\rho}} c_{t+1} \quad (18)$$

なお、3. (1)で示したそれぞれの個人と $\hat{\beta}$ および β の関係は本節でも同様である。

(2) 指数型割引関数モデルの適用

次に、指数型割引関数モデルの場合に CRRA 型効用関数を採用した場合の消費のオイラー方程式は式(19)となる。なお、指数型割引関数の場合には、暗黙に合理的個人 R を仮定していることから、本研究の考え方に従えば、環境教育の効果は無い。すなわち、長期的な態度行動変容は無いものとする。

$$c_t = \delta^{-\frac{1}{\rho}} r^{-\frac{1}{\rho}} c_{t+1} \quad (19)$$

5. 環境教育が個人に与える影響

ここでは、2. および 3. (1) において想定した個人について、4. において構築した環境教育による態度行動変容モデルとの対応関係について整理する。

本研究では、環境教育を実施することにより個人が非合理的意思決定から合理的意思決定に変化するという態度行動変容の過程およびその効果を分析することを目的としている。本研究において想定している個人は N , P , S , R であり、表-1のように整理することができる。

表－1 態度行動変容モデルにおける個人

	現在偏重型 選好か否か	自制問題の有無			自制問題に 対する信念 パラメータ b	個人の性質および環境教育の影響
		時間不 一貫性	再計画 の有無			
個人 N	○ ($0 < b < 1$)	○	○	○	$b = 1$	自分の自制問題に気付いていないため、途中で再計画せざるを得ない。 環境教育により、現在偏重が緩和される可能性あり。
個人 P	○ ($0 < b < 1$)	○	○	○	$b \geq b \geq 1$	個人 N と個人 S の中間であり、 b の値により性質が変化するという最も一般的な個人。 環境教育により、現在偏重が緩和される可能性あり。
個人 S	○ ($0 < b \leq 1$)	○	○	×	$b = b$	自分が自制問題を有することを正確に予測して将来計画をする。すなわち、自分の選好を確信しているために(自己の戦略が既知)、再計画することはない。 環境教育により現在偏重が緩和される可能性があり、 $b = 1$ になると時間不一貫性は解消され、個人 R になる。
個人 R	×	×	×	×	—	新古典派経済学の想定であり、将来まで完全に予測して計画するため、完全に自制的である。 元来、合理的な行動を行っているため環境教育の影響はない。

6. 数値解析によるいくつかの知見

(1) 数値解析のための諸設定

本研究では、 $\hat{\beta}$ および β でそれぞれの個人を特徴付け複雑なため、モデルを解析的に分析することは困難である。よって、式(18)および式(19)に対して、外生的にパラメータ値を与えて簡単な数値解析を試みる。表－2に示した基本ケースにおけるパラメータの設定値はLaibson(1998)¹⁵⁾ および林山・稲垣・阪田(2005a)に依拠している。なお、3. (1)で示したそれぞれの個人と $\hat{\beta}$ および β の関係を用いて数値解析を行う(本研究における以下の議論では、環境教育の効果の程度については、議論しない。環境教育の効果の程度を見るための環境教育パラメータの感度分析等は、林山・稲垣・阪田(2004)と同様の結果である)。

表－2 数値解析のための設定値

β	0.6	$\hat{\beta}$	0.8
δ	0.97	r	1.01
σ	0.3	α	0.5
ρ	0.5	S_0	100
μ	0.1		

(2) 3つの環境改善施策について

本節では、1. で述べた3つの施策に対応するパラメータの変化について整理する。

まず、『①環境教育による環境改善施策』については、第0期から環境教育を実施するものとし、教

育を行った場合は、基本ケースにおけるパラメータ設定値に加え、環境教育ダミー・ベクトルが $D_0 = (d_0, d_1, d_2, \dots) = (1, 1, 1, \dots)$ となるものとする。(第1期から教育を実施するならば、 $D_1 = (d_0, d_1, d_2, \dots) = (0, 1, 1, \dots)$) すなわち、環境教育の効果は式(18)から明らかな様に、現在偏重を緩和させる効果があることを想定している。

次に、『②再生可能資源の利用・採掘時の環境への負荷の減少』とパラメータとの対応について述べる。環境遷移式(1)では、再生可能資源の利用量に応じて、ある度合で再生可能資源ストックが負荷を受ける構造になっている。よって、技術革新等を誘導する施策を施し、環境改善へと導く場合の効果を検討することは、環境遷移式(1)においてパラメータ σ の値を変化させることが該当する。本研究では、表－2における基本ケースに基づき、 $\sigma = (3.0, 2.0, 1.0)$ の場合について分析を行う。

最後に、『③財生産における再生可能資源の利用効率の上昇』とパラメータとの対応について述べる。この施策は、生産関数である式(12)におけるパラメータ α の値を変化させることが該当する。このパラメータも環境改善の施策として、企業の技術力の上昇を促すような施策を施すことで、より高い資源効率で消費財が生産できることから、同じ量の財を生産しても環境への負荷はより少なくなることになる。本研究では、表－2における基本ケースに基づき、 $\alpha = (0.3, 0.5, 0.7)$ の場合について分析を行う。なお、消費量に関して、(18)式からわかるように、 σ の増加は、 α の減少と、 σ の減少は、 α の増加と同じ効果を表す。

(3) 3つの施策による環境改善効果について

本節では、環境改善施策として考えられる3つの施策の改善効果について検討する。

『①環境教育による環境改善施策』の結果を表したのが図-1、『②再生可能資源の利用・採掘時の環境への負荷の減少』の結果を表したのが図-2、『③財生産における再生可能資源の利用効率の上昇』の結果を表したものが図-3である。(図-2および図-3は線が重なっている。)

まず、図-1から、環境教育が実施された場合は、実施されない場合よりも資源ストック量が多いことがわかる。すなわち、環境教育は、環境改善効果を有することがわかる。

次に、図-2は、 σ がいずれのケースも資源ストック量が変化しないことを示していることから、環境への負担減少施策が実施されても、環境改善にはつながらないことを示している。また、ここでの結果は、再生可能資源ストックのある割合を消費し、残りを将来へまわすという式である、 $R_t = \lambda \cdot S_t / \sigma$ に起因している。

最後に、図-3は、 α がいずれのケースも資源ストック量が変化しないことを示していることから、利用効率の上昇施策が実施されても、環境改善にはつながらないことを示している。

本研究では、関数形を特定化し、分析を行っている。それ故、ややアドホックな面は否めない。しかしながら、より一般的な関数形に依存していることから、ある程度の妥当性はあるものと思われる。よって、以上をまとめると、3つの施策の中で『①環境教育による環境改善施策』は環境改善施策として有効であるものの、『②再生可能資源の利用・採掘時の環境への負荷の減少』および『③財生産における再生可能資源の利用効率の上昇』といった施策は、改善に効果がない可能性があることが明らかになった。

(4) 3つの施策による消費量の変化

本節では、環境改善施策として考えられる3つの施策が消費量に及ぼす影響について検討する。

『①環境教育による環境改善施策』による消費量の変化を表したものが図-4、『②再生可能資源の利用・採掘時の環境への負荷の減少』による消費量の変化を表したものが図-5、『③財生産における再生可能資源の利用効率の上昇』による消費量の変化を表したものが図-6である。なお、図-4に代表される消費量に関する図の表記法については脚注を参照されたい。

図-4を見ると、擬似双曲線型割引関数モデルは現在偏重型選好であることから、指数型割引関

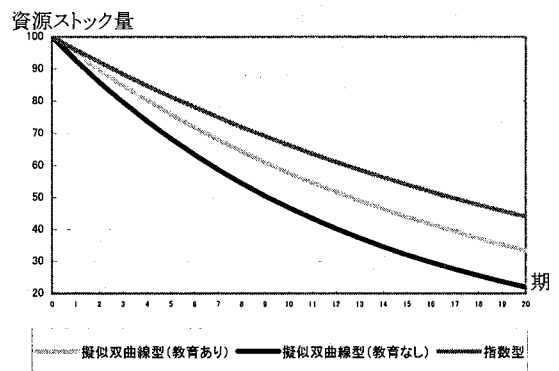


図-1 ①施策による再生可能資源ストックの変化

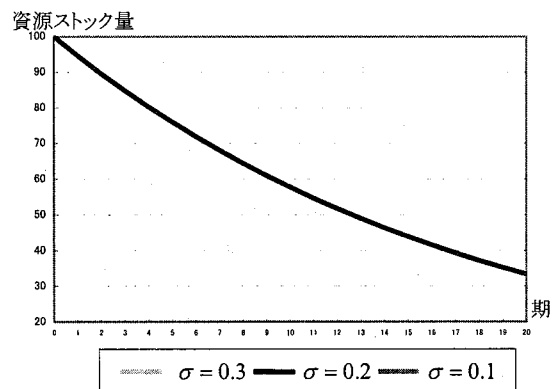


図-2 ②施策による再生可能資源ストックの変化

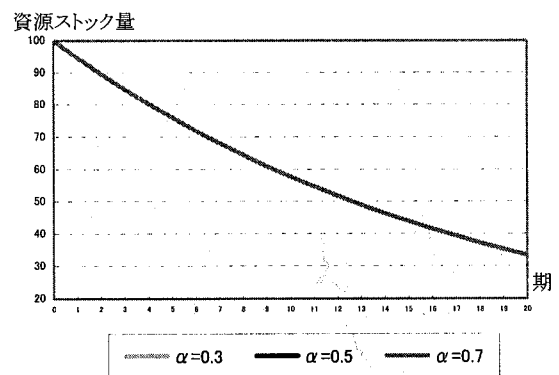


図-3 ③施策による再生可能資源ストックの変化

数モデルに比べて初期における消費量が多いことが分かる。また、環境教育を行うことにより、現在偏重型選好が緩和され、指数型割引関数モデルに近づくことがわかる。なお、ここでの個人は、個人Pを想定している。よって、この個人は自制問題、すなわち、時間不一致性を有することから、毎期将来消費について再計画することになるので(表-1参照)、不連続なステップ関数(Step Function)とな

る。また、初期の過剰な消費が影響し、およそ15期以降では、指数型割引関数モデルと擬似双曲線型割引関数モデルの消費量が逆転することがわかる。

次に、図-5から σ の値が減少するにつれて消費量が增大していることがわかる。これは、環境遷移式において、再生可能資源を利用してもそのストックへの影響が減少したことで、その減少による余剰部分を消費活動へまわしたことを示している。

最後に、図-6をみると、 α の値が大きくなるにつれて、消費量が增加していることがわかる。これは、財の生産技術が上昇し、資源を効率よく使って生産できるようになったため、より多くの財の生産が可能になったと考えることができる。すなわち、同じ量の資源を利用してより多くの財が生産できるようになったことを意味している。

(5) 3つの施策による効用の割引現在価値および世代間格差の変化

本節では、環境改善施策として考えられる3つの施策が効用の割引現在価値に及ぼす影響および世代間の格差に及ぼす影響について検討する。なお、世代間の格差については、本研究では個人の生涯効用最大化問題として定式化を行っているが、この目的関数は、無限期間におよぶ通常のラムゼイモデルにおける各期の個人と同様に、每期、個人が異なる個人であると解釈しても差し支えない。よって、それぞれの変動係数の大きさを世代間の格差と解釈するものとする。

『①環境教育による環境改善施策』による効用の割引現在価値および世代間の格差の変化を表したものが図-7および表-3、『②再生可能資源の利用・採掘時の環境への負荷の減少』による効用の割引現在価値および世代間の格差の変化を表したものが図-8および表-4、『③財生産における再生可能資源の利用効率の上昇』による効用の割引現在価値および世代間の格差の変化を表したものが図-9および表-5である。図-7をみると、擬似双曲線型割引関数モデルは現在偏重型選好であるために初期に効用の割引現在価値が大きいものの、その差は、次第に縮小し、15期過ぎあたりには指数型割引関数における効用の方が大きくなる。また、環境教育を実施することにより初期の効用は抑制されるものの、その後の将来期の消費を配慮することになる。この点から、環境教育の効果によって、指数型割引関数モデルに近づいていると言える。また、表-3の変動係数を見ると、環境教育を実施しない場合が55.2%、実施する場合が46.1%、さらに、指数型割引関数モデルは、40.2%である。さらには、効用の割引現在価値の総

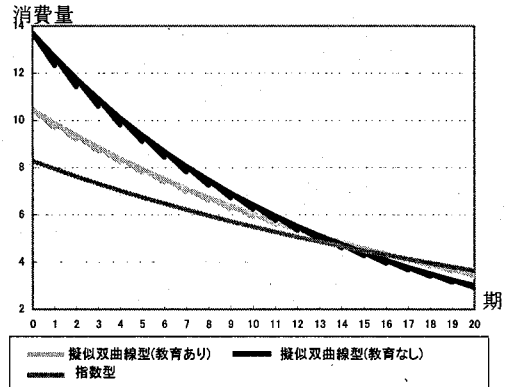


図-4 ①施策による消費量の変化

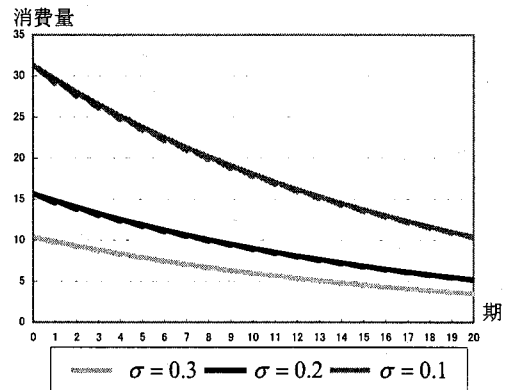


図-5 ②施策による消費量の変化

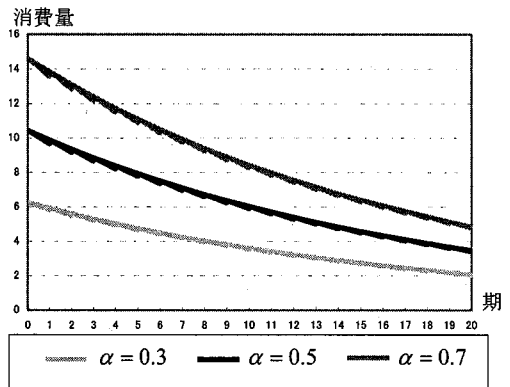


図-6 ③施策による消費量の変化

計値について、指数型割引関数モデルが最も高く、教育あり、教育なしという順で続いている。よって、環境教育は、世代間の公平性の格差を減少し、社会厚生(割引現在価値)を上昇させ、合理的な個人へと変容させる効果があることがわかる。

次に、図-8および表-4から、 σ の値が低いほど、効用の割引現在価値が高く、それに伴い世代間の格差も減少していることがわかる。すなわち、環境への負荷が減少した分だけ、より多くの消費が可

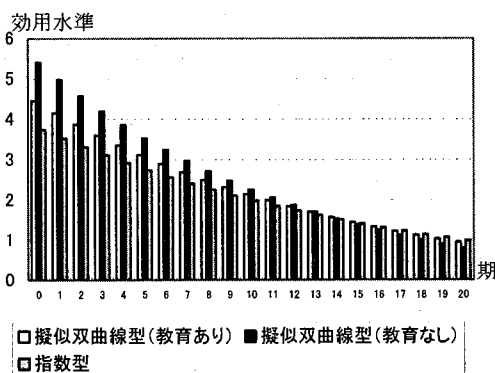


図-7 ①施策による効用の割引現在価値の変化

表-3 ①施策による効用の割引現在価値の総計値

基本ケース	効用の割引現在価値の総計値	変動係数
①：指数型	49.16	40.2%
②：擬似双曲線型(教育あり)	48.33	46.1%
③：擬似双曲線型(教育なし)	45.35	55.2%
④：環境教育効果(②-③)	2.98	—

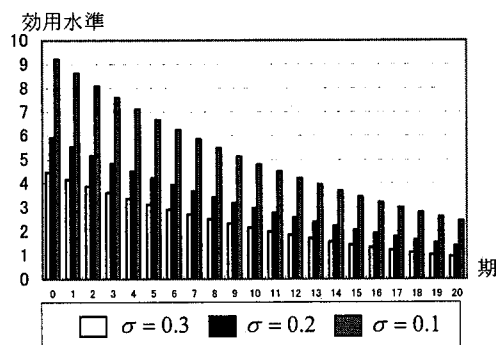


図-8 ②施策による効用の割引現在価値の変化

表-4 ②施策による効用の割引現在価値の総計値

ケース	効用の割引現在価値	変動係数
$\sigma = 0.3$	48.33	46.1%
$\sigma = 0.2$	74.18	43.3%
$\sigma = 0.1$	132.52	40.3%

能になったことに起因して、どの期においても消費量が增加し、効用水準が増加している。

最後に、図-9および表-5をみると、 α の上昇は、効用の割引現在価値を上昇させ、世代間の格差を解消する効果があることがわかる。すなわち、より効率的に環境ストックを利用することが可能になり、同じ量でより多くの消費財を生産できるようになったことから、どの期においても消費量が增加し、そ

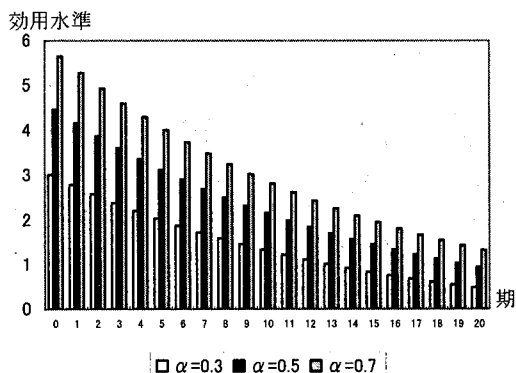


図-9 ③施策による効用の割引現在価値の変化

表-5 ③施策による効用の割引現在価値の総計値

ケース	効用の割引現在価値	変動係数
$\alpha = 0.3$	22.41	52.4%
$\alpha = 0.5$	48.33	46.1%
$\alpha = 0.7$	69.40	43.7%

の結果として効用水準も増加している。

以上をまとめると、社会厚生および世代間の格差について、①～③におけるどの施策でも、社会厚生を上昇させ、世代間の格差を減少させることが明らかとなった。

7. 環境改善施策としての環境教育の有効性

6. において行った数値解析から得られた主な結論を以下にまとめる。

1. 環境教育は、環境を改善する効果を有する。
2. 環境教育は、社会厚生を上昇させる。
3. 再生可能資源の利用・採掘時の環境負担の減少は、環境を改善しない可能性がある。
4. 再生可能資源の利用・採掘時の環境負担の減少は、社会厚生を上昇させる。
5. 財生産における再生可能資源の利用効率の上昇は、環境を改善しない可能性がある。
6. 財生産における再生可能資源の利用効率の上昇は、社会厚生を上昇させる。

上述した主要な結論をまとめれば、本研究において検討した3つの施策は、社会厚生を上昇させるものの、環境教育のみが環境改善に効果があり、他の手段では、環境改善効果がない可能性が

あることを示している。

①の環境教育は、個人サイドへの施策であり、②の負担の減少、③の効率性の上昇は、企業サイドへのものであることから、個人の行動が変容するような施策をしない限りは、環境改善につながらない可能性があることがわかる。このことから、近年実施されている環境教育は、非常に重要であり、より積極的に環境教育を推進すべきであるという結論を得ることができる。

8. おわりに

本研究では、林山・稲垣・阪田(2004)(2005a)(2005b)、稲垣・阪田・林山(2004)で想定した、個人が現在偏重型選好を有する個人に対して、企業部門を加えた枠組みで、再生可能資源の消費問題について分析を行った。特に、①『環境教育による環境改善』、②『再生可能資源の利用・採掘時の環境負担の減少』、③『財生産における再生可能資源の利用効率の上昇』といった3つの施策について、数値解析を行った。

その結論として、上記の3つの施策はどれも社会厚生を上昇させるものの、①の環境教育のみが環境を改善させ、②の負担減少、③の利用の効率性の上昇は、環境を改善しない可能性があることが明らかとなった。よって、環境教育は環境改善のための施策として非常に重要であると言える。

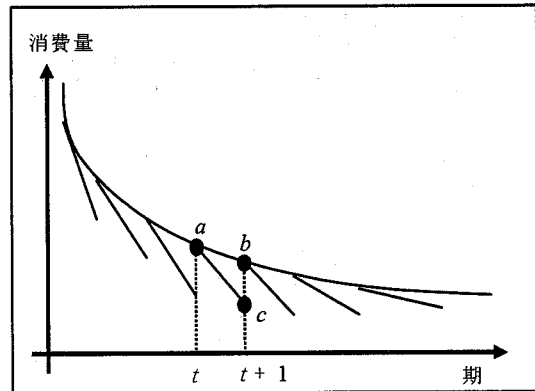
現在、国や地方自治体においては、様々な環境改善のための施策が実施されているが、本研究からの知見を考慮すれば、より積極的に環境教育のような個人サイドへの施策を実施すべきであると言える。しかしながら、本研究における枠組みは、あくまでいくつかのパラメータを外生的に与えているにすぎないことから、現実のデータによる実証分析を行うことが急務であると言える。さらに、本研究で、環境改善施策として感度分析を行っている2つのパラメータである σ と α について、Learning by doing 等により、内生的にその値が決まってくるようなモデルを考えることも重要であろう。

脚 注

ここでは、本研究における消費量に関する図(図-4、5および6)の表記法について脚注図-1を用いて説明する。

図中の t 期に着目すれば、 t 期における実際の消費量は点 a であり、また、 $t+1$ 期における実際の消費量は点 b の

値である。一方、点 c は t 期時点において当初計画した $t+1$ 期の消費量であり、 $t+1$ 期においては再計画化がなされるために実際の消費量は点 b となり、 $b-c$ だけ過剰な消費が行われることを意味している。



脚注図-1 消費量に関する図の表記法

参考文献

- 1) 環境省編:平成17年度版環境白書, ぎょうせい, 2005
- 2) 林山泰久・稲垣雅一・阪田和哉: 環境教育による長期的な態度行動変容モデルの構築に向けて:自制問題の適用可能性, 土木計画学研究・講演集, Vol.29,CD-ROM, 2004.
- 3) 林山泰久・稲垣雅一・阪田和哉: 現在偏重型選好における環境教育の長期的効果:数値解析によるいくつかの知見, 土木学会論文集, No.797/VII-36, pp.25-36, 2005a.
- 4) 稲垣雅一・阪田和哉・林山泰久: 現在偏重選好を有する個人への環境教育の長期的効果:擬似双曲線型および双曲線型割引関数を用いた数値解析,日本計画行政学会第27回全国大会・研究報告要旨集, pp.232-235, 2004.
- 5) 林山泰久・稲垣雅一・阪田和哉: 環境教育による長期的な態度行動変容: 洗練化と合理化,土木計画学研究・論文集 vol.22,no.2, pp.287-296, 2005b.
- 6) Thaler,R.: Some Empirical Evidence on Dynamic Inconsistency, *Economics Letter*, Vol.8, pp.201-207, 1981.
- 7) Lowenstein,G. and D.Prelec: Anomalies in Intertemporal Choice: Evidence and an Interpretation, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.107, pp.573-598, 1992.
- 8) O'Donoghue,T. and M.Rabin: Doing It or Later, *American Economic Review*, Vol.89, No.1, pp.103-124, 1999a.
- 9) O'Donoghue,T. and M.Rabin: Incentives for Procrastinators, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.114, No.3, pp.769-810, 1999b.
- 10) O'Donoghue,T. and M.Rabin: Choice and Procrastination, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.116, No.1, pp.121-160, 2001.

- 11) Laibson,D.: *Essays in Hyperbolic Discounting*, Ph.D. dissertation, MIT, 1994.
- 12) Laibson,D.: Hyperbolic Discount Functions, Undersaving, and Savings Policy, *NBER Working Paper*, No.5635, Cambridge, 1996.
- 13) Laibson,D.: Golden Eggs and Hyperbolic Discounting, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.112, No.2, pp.443-477, 1997.
- 14) Blanchard,O.J. and S.Fischer: *Lectures on Macroeconomics*, MIT Press, 1989.
- 15) Laibson,D.: Life-cycle Consumption and Hyperbolic Discount Functions, *European Economic Review*, Vol.42, pp.861-871, 1998.

THE EFFECTIVENESS OF ENVIRONMENTAL EDUCATION FOR ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT POLICY

Masakazu INAGAKI, Yasuhisa HAYASHIYAMA and Kazuya SAKATA

In this paper, we analyze three environmental improvement policies for individual who has the present-biased preference. Three policies are ① “environmental education for environmental improvement policy” , ② “decreasing load in using renewable resources” and ③ “increasing the efficiency of using renewable resources in production”.

As a result, environmental education can improve the environment. However, decreasing load and increasing the efficiency can not improve the environment.