中京大学経済学論叢
37号
2026年３月

環境外部性を伴う子の数と教育投資の選択：社会的最適解との比較*

釜　田　公　良[※1]
佐　藤　　　隆[※2]

１．はじめに

環境と人口は、国内レベルでも地球レベルでも、持続可能性の観点から重大な課題を抱えているが、それらの間には相互関係が存在する。しかし、歴史的に人口増加が環境に深刻な影響を及ぼしてきたことは自明である一方で、環境と人口との関係が十分に解明されているかと言えば、以下のように、そうとは言えない点もある。

日本、ドイツ、イタリアといった先進国のみならず、韓国、台湾、香港、シンガポールの東アジア先進経済地域も少子化に直面している。しかし一方で、多様な環境への脅威にもいまだにさらされている。それには、温室効果ガスや海洋プラスチック問題のようなグローバルな問題だけではなく、大気汚染、水質汚濁、土壌汚染等のローカルな問題も含まれる。すなわち、人口増加下でなくても環境は悪化しうる。

さまざまな経済活動が環境に影響を与えうるが、経済主体はそれを十分に認識しない。子の数の選択においても、負の環境外部性が生じる。子を持つことは人口・消費・生産の増加を通じて環境悪化の要因となるが、親はそれを考慮せずに子の数を決定する。その場合、子の数は社会的最適解に比べて過剰となることを示した多くの研究がある。これに対して、本研究では、子を持つことに負の環境外部性が存在するにもかかわらず、汚染水準は過剰となる一方で子の数が過少となり得ることを示し、様々な国・地域で生じている少子化と環境悪化の併存を理論的に説明する。

一方で、少子化の一因として、しばしば教育費の増大が指摘される。文部科学省『子どもの学習費調査報告書』によれば、学習費総額は各学校種で増加し続けている（2023

＊　本研究は JSPS 科研費 JP20K01529の助成を受けたものである。
※1　中京大学経済学部教授
※2　下関市立大学経済学部教授

年度調査と2014年度調査との比較で、公立小学校4.3％増、私立小学校19.0％増、公立中学校12.4％増、私立中学校16.5％増、公立高校45.9％増、私立高校16.5％増)。また、学校教育費はいうまでもなく公立・私立間で大きな開きがある（『子どもの学習費調査報告書』によれば、2023年度において、私立小学校は公立小学校の12.9倍、私立中学校は公立中学校の7.5倍、私立高校（全日制）は公立高校（同）の2.2倍)。そうした中でも、私立学校に通う子供の割合は上昇を続けている。文部科学省『学校基本調査』によれば、私立学校在学者が全体に占める割合を2013年度と2023年度で比較すると、小学校では0.9％から4.1％、中学校では6.2％から25.8％、高等学校では29.3％から57.3％と一貫して増加している。このように、家計は子に対する教育支出を増やし続けている。一方で、こうした初中等教育段階における教育投資の第一の目的は大学進学であると考えられるが、内閣府『平成17年度国民生活白書』によれば、大卒と高卒の生涯所得の差は、1965年生まれでは3.2％であるのに対し、1975年生まれでは2.8％に低下している。これからすれば、家計の教育投資行動は効率的とは言えず、教育に対して過剰な投資が行われていると考えることができる。

私的教育投資の過剰性に対して、理論的根拠を与えた研究はほとんど存在しない。むしろ、先行研究の多くは、教育の生産に対する外部効果や教育資金に関する借入制約（Barham *et al.*, 1995; De Fraja, 2002）等のために、私的な教育投資は効率的な水準に比べて過少になると議論している。これに対して、Ihori, Kamada and Sato (2017) は（子に対して）利他的な親と利己的な子の間のインタラクションの中で教育投資が決定されるモデルを構築し、親の所得がある水準より低い家族においては、家族の最適解と比べて、教育投資が過少になる一方で、親の所得がそれよりも高い家族においては、教育投資が過剰になることを示している。一方、教育投資は人的資本形成を通じて将来の生産に寄与するため、将来の環境水準にも影響を与え得る。そして、親がそれを認識していなければ、教育投資にも負の環境外部性が発生する。Ihori, Kamada and Sato (2017) では、教育投資が環境に及ぼす影響については分析されていない。

本研究では、Becker and Barro (1988) と同様に、親は利他主義に基づいて子の数を選択するものとする。利他的効用の下で出産選択と環境外部性の問題に取り組んだ研究として、Harford (1997, 1998)、Schou (2002)、Jöst and Quaas (2010) が挙げられる。Harford (1998) は資本財と非資本財の２種類の財を考え、後者の消費が汚染を発生させるとしている。子を増やせば汚染源となる財の総消費も増えるが、親はこれを認識しないため、出産には負の外部効果が生じ、過剰な出生率をもたらす。そして、社会的最適を達成す

るためには、汚染源となる財に対するピグー税だけでは不十分であり、子を持つことに税を課す必要があることを示している。Schou (2002) は、内生的出生決定モデルに、生産を通じて負の環境外部性を生み出す人的資本蓄積を導入し、出生率の内生化が最適政策に及ぼす影響を検討している。そして、汚染税の税収を各 dynastic household に再分配する場合には汚染税のみで最適性を達成することができる一方で、税収を各個人に再分配する場合、競争均衡と同様に、出生率は過剰となることを示している。Jöst and Quaas (2010) は、Harford (1997, 1998) を汚染を排出する生産システムを伴う最適制御モデルへと拡張している。彼らのモデルでは、汚染排出と出生率に関する個人の決定から生じる２種類の外部効果が、過剰な総排出量と過剰な人口を引き起こす。汚染の外部性は排出に対するピグー税によって内部化される可能性があるが、最適な人口政策は世帯タイプによって異なる。dynastic household の場合には世帯規模への課税が必要であり、micro household（子が誕生直後に親世帯を離れて新たな意思決定単位を形成する）の場合には子の数への課税が必要となる。

これらの研究に共通するのは負の外部性が過剰な出生率を引き起こしている点であり、競争均衡において少子化（出生率の過少性）が発生することはない。これに対して、Hirazawa, Kamada and Sato (2019) は、生産を環境悪化要因と考え、子の数と遺産がともに負の環境外部性を伴う利他的遺産動機モデルの下で、競争均衡における子の数が社会的最適解を下回る可能性があることを示している。しかし、Hirazawa, Kamada and Sato (2019) においては、子に対する教育投資は考慮されていない。本研究では、教育投資が人的資本形成を通じて生産を高めることで環境悪化要因の一つとなる状況下、子を持つことと教育投資による２種類の環境外部性が存在するモデルを構築し、競争均衡解と社会的最適解との比較を行う。そして、環境水準、子の数、教育投資が、それらの間の相互作用を通じて、社会的最適解と比べて過剰あるいは過少となるかを検討する。これにより、環境悪化、少子化、私的教育支出の増大という現象に理論的根拠を与える。

本論文で得られる結果は次のとおりである。第１に、子の数が社会的最適解と比べて過少になる条件を導く。親は子を持つことの限界便益と限界費用が等しくなるように子の数を選ぶが、教育投資は子を持つことのコストの一つであり、教育投資の増加は子を持つことの限界費用を上昇させる。したがって、教育投資が環境外部性によって過剰に選ばれている状態であれば、それは子を持つことの私的限界費用を社会的限界費用に比べて引き上げる方向に働く、この効果が負の環境外部性の効果を凌ぐならば、子の数は社会的最適水準を下回る。第２に、社会的最適解と比べて、子の数が過少であるならば、

教育投資は常に過剰となる。第3に、子の数および教育投資が過剰であるか過少であるかに関わらず、汚染水準は社会的最適解と比べて常に過剰となる。

本論文の以下の構成は次のとおりである。2節では、モデルを提示し、競争均衡解を導出する。3節では、社会的最適解を導出する。4節では、子の数、教育投資、環境汚染水準について、競争均衡解と社会的最適解との比較を行う。5節では、本論文の結果をまとめ、今後の課題について述べる。

2．モデル

親の世代と子の世代の2世代が存在する経済を考える。それぞれの世代は1期間だけ生き、各世代は重複しないものとする。親の世代が生存する期を第0期、子の世代が生存する期を第1期とする。親の世代の人口は N であり、それぞれが n 人の子をもつとする。したがって、子の世代の人口は Nn となる。親の世代および子の世代のメンバーは、それぞれ同質的であるとする。

Becker and Barro (1988) と同様に、親は利他主義に基づいて、子の数を選択するものとする。子一人を養育するには一定のコスト $\beta(>0)$ がかかるとする。親は所得から子の養育費 β を引いたものを自分の消費 c_0 と子への教育投資 e_1 に配分する。一方、子は所得をすべて消費するものとする。

各期の生産関数は以下の式で与えられる。

$$Y_0 = AH_0 = Ah_0N$$
$$Y_1 = AH_1 = Ah_1Nn \tag{1}$$

ここで、生産技術は線形であり、人的資本 H_i $(i = 0, 1)$ だけが生産に投入されるものとする。Y_i $(i = 0, 1)$ は総生産、A は生産性パラメータ（所与）、h_i $(i = 0, 1)$ は一人当たりの人的資本である[1]。

de la Croix and Doepke (2003)、Constant (2019) と同様に、子一人当たりの人的資本 h_i は、子への教育投資 e_i と親の人的資本の水準 h_{i-1} に依存するものとする。

$$h_i = h_i(e_i,\ h_{i-1})\ (i = 0,\ 1) \tag{2}$$

ここで、$\partial h_i / \partial e_i > 0, \partial^2 h_i / \partial e_i^2 \leq 0, \partial h_i / \partial h_{i-1} > 0$ $(i = 0, 1)$ と仮定する。すなわち、子への教育投資または親の人的資本の水準が増加すれば、子の人的資本は増加するものとする。また、子への教育投資と子の人的資本との関係は線形 $(h_{ee} = 0)$ または concave $(h_{ee} < 0)$ を仮定する。

[1] Schou (2002), Marsiglio (2017) も同様の生産関数を用いている。

親の効用は消費、環境の汚染水準および子の効用水準に依存するものとし、親の効用関数を次のように定式化する。

$$U_0(c_0, \pi_0, e_1, n, U_1) = u_0\left[Ah_0(e_0, h_{-1}) - n(e_1 + \beta)\right] - V_0(\pi_0) + n\delta(n)U_1 \quad (3)$$

ここで、$c_0 = Ah_0\ (e_0,\ h_{-1}) - n(e_1 + \beta)$ は親の消費、$\delta(n)$ は親が子の効用におくウェイト、U_1は子の効用水準、π_0は第０期の汚染水準である。また、$u_0' > 0$、$u_0'' < 0$、$V_0' > 0$、$V_0'' > 0$、$0 < \delta(n) < 1$、$\delta'(n) < 0$、$\delta(n) + \delta'(n)n > 0$、$2\delta'(n) + \delta''(n)n < 0$ を仮定する。

子の効用は消費および環境の汚染水準に依存するものとし、子の効用関数を次のように定式化する。

$$U_1(c_1,\ \pi_1) = u_1\left[Ah_1(e_1, h_0)\right] - V_1(\pi_1) \quad (4)$$

ここで、π_1は第１期の汚染水準である。また、$u_1' > 0$、$u_1'' < 0$、$V_1' > 0$、$V_1'' > 0$ を仮定する。(3) と (4) より親の効用関数は以下の式で与えられる。

$$U_0 = u_0\left[Ah_0(e_0, h_{-1}) - n(e_1 + \beta)\right] - V_0(\pi_0) + n\delta(n)u_1\left\{\left[Ah_1(e_1, h_0)\right] - V_1(\pi_1)\right\} \quad (5)$$

第０期の環境の汚染水準π_0は与件とし、第１期の環境の汚染水準π_1は第１期の総生産Y_1の関数であり、その関係は線形であるとする。また、以前の期の汚染水準には影響されないものとする。すなわち、

$$\pi_1 = \alpha Y_1 \quad (6)$$

と表される。ここで、$\alpha(> 0)$ は排出係数である。(6) に (1) を代入すると、以下の式が得られる。

$$\pi_1 = \alpha Y_1 = \alpha AH_1 = \alpha Ah_1(e_1, h_0)Nn \quad (7)$$

親は子を持つことや子への教育投資が来期の生産増加を通じて環境を悪化させることは認識していない。ゆえにπ_0、π_1を所与として、(5) を最大化するように子の教育投資e_1と子の数 n を選択する。e_1と n に関して内点解を仮定し、１階の条件を導出する。そして n に関する１階の条件に (7) を代入すると、以下の式が得られる。

$$F(e,\ n) \equiv -nu_0'[Ah_0(e_0,\ h_{-1}) - n(e + \beta)] + n\delta(n)Ah_e(e,\ h_0)u_1'\left[Ah(e,\ h_0)\right] = 0 \quad (8)$$

$$\begin{aligned} G(e,\ n) \equiv & -(e + \beta)u_0'[Ah_0(e_0,\ h_{-1}) - n(e + \beta)] \\ & + [\delta(n) + n\delta'(n)]\left\{u_1\left[Ah(e,\ h_0)\right] - V_1(\alpha Ah(e,\ h_0)Nn)\right\} = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

ここで、$e = e_1$、$h(e, h_0) = h_1(e_1, h_0)$ とおく。

競争均衡 (e^*, n^*) は (8) と (9) によって特徴づけられる。

３．社会的最適解

政府は社会的最適解を導出するにあたって、功利主義的な社会的厚生関数を採用する

ものとする。そして、社会的割引率と親の子の効用に対する割引率は等しいものと仮定する。政府はπ_0を所与として、社会的厚生を最大にするように子の教育投資 e と子の数 n を選ぶ。すなわち、政府の最適化問題は次のように定式化することができる。

$$\underset{e,n}{Max} W = N\{u_0\left[Ah_0(e_0,\ h_{-1}) - n(e+\beta)\right] - V_0(\pi_0)$$
$$+ n\delta(n)[u_1(Ah(e,\ h_0)) - V_1(\alpha Ah(e,\ h_0)Nn)]\}$$

e と n に関して内点解を仮定すれば、この問題の１階の条件は以下のようになる。

$$\begin{aligned} F^S(e,\ n) \equiv & -nu_0'[Ah_0 - n(e+\beta)] + n\delta(n)\{Ah_e(e,\ h_0)u_1'[Ah(e,\ h_0)] \\ & -(\alpha Ah_e(e,\ h_0)Nn)V_1'(\alpha Ah(e,\ h_0)Nn)\} = 0 \end{aligned} \tag{10}$$

$$\begin{aligned} G^S(e,\ n) \equiv & -(e+\beta)u_0'[Ah_0 - n(e+\beta)] \\ & +[\delta(n) + n\delta'(n)][u_1(Ah(e,\ h_0) - V_1(\alpha Ah(e,\ h_0)Nn)] \\ & -n\delta(n)(\alpha Ah(e,\ h_0)N)V_1'(\alpha Ah(e,\ h_0)Nn) = 0 \end{aligned} \tag{11}$$

社会的最適解 (e^S, n^S) は (10) と (11) によって特徴づけられる。

4. 競争均衡と社会的最適との比較

競争均衡解と社会的最適解との比較を行うにあたって、本モデルにおける e と n の外部性について考察を行う。まず、e に関しては、競争均衡解における１階の条件 (8) と社会的最適解の１階の条件 (10) とを比較すると、教育投資は生産の増加を通じて第１期の環境を悪化させるが、親はこれを認識していないため、教育投資の社会的な限界純便益は私的な限界純便益に比べて $n\delta(n)(\alpha Ah_e(e, h_0)Nn)V_1'$ だけ小さくなる。次に、n に関しても競争均衡解における１階の条件 (9) と社会的最適解の１階の条件 (11) とを比較すると、子の数が増加すると第１期の環境は悪化するが、親はこれを認識していないため、子を持つことの社会的な限界純便益は私的な限界純便益に比べて $n\delta(n)(\alpha Ah(e, h_0)N)V_1'$ だけ小さくなる。

しかし、以上の議論は e と n（あるいは (8) と (9)）を独立に考えた場合の議論であり、実際には e と n には相互作用が存在する。例えば、e の増加は子を持つことの限界費用を増加させ、n に対して負の効果を及ぼすので、社会的最適解と比べて、e の過剰性は n の過剰性を弱めるか、あるいは、n の過少性をもたらす可能性がある。また、逆に社会的最適解と比べて、n の過剰性が教育投資の限界費用を増加させ、e の過少性をもたらすことも考えられる。本節では、このような e と n との相互作用を考慮して、n と e の過少性または過剰性の条件を導出する。

(8) と (9) および (10) と (11) より、競争均衡と社会的最適の１階の条件を各々パラメー

タ μ でまとめることができる。

$$\hat{F}(e,\ n;\ \mu) \equiv F(e,\ n) - \mu\left\{n\delta(n)(\alpha A h_e(e,\ h_0)Nn)V_1'(\alpha A h(e,\ h_0)Nn)\right\} = 0 \tag{12}$$

$$\hat{G}(e,\ n;\ \mu) \equiv G(e,\ n) - \mu[n\delta(n)(\alpha A h(e,\ h_0)N)V_1'(\alpha A h(e,\ h_0)Nn)] = 0 \tag{13}$$

(12) と (13) の解を $(e(\mu), n(\mu))$ と定義する。ここで、(12) と (13) は、$\mu = 0$ のときには競争均衡の条件である (8) と (9) に一致し、$\mu = 1$ のときには社会的最適の条件である (10) と (11) に一致する[2]。すなわち $e(0) = e^*$、$n(0) = n^*$、$e(1) = e^S$、$n(1) = n^S$ となる。

また、競争均衡と社会的最適の 2 階の条件についても μ でまとめることができる。

$$\hat{F}_e < 0、\ \hat{G}_n < 0、\ \begin{vmatrix} \hat{F}_e & \hat{F}_n \\ \hat{G}_e & \hat{G}_n \end{vmatrix} > 0 \tag{14}$$

ここで、

$$\hat{F}_e = F_e + \mu\left\{n\delta(n)\left[-(\alpha A h_e Nn)^2 V_1'' - (\alpha A h_{ee} Nn)V_1'\right]\right\} < 0 \ ^{3} \tag{15}$$

$$F_e = n^2 u_0'' + n\delta(n)(A^2 h_e^2 u_1'' + A h_{ee} u_1') < 0 \tag{16}$$

$$\begin{aligned}\hat{F}_n &= n(e+\beta)u_0'' - u_0' + \left(\delta(n) + n\delta'(n)\right)A h_e u_1' \\ &\quad + \mu[-\left(2\delta(n) + n\delta'(n)\right)(\alpha A h_e Nn)V_1' - n\delta(n)(\alpha AN)^2 nhh_e V_1'']\end{aligned} \tag{17}$$

$$\begin{aligned}\hat{G}_e &= n(e+\beta)u_0'' - u_0' + (\delta(n) + n\delta'(n))A h_e u_1' - \mu(\delta(n) + n\delta'(n))(\alpha A h_e Nn)V_1' \\ &\quad + \mu\left[-n\delta(n)(\alpha A h_e N)V_1' - n\delta(n)(\alpha AN)^2 nhh_e V_1''\right]\end{aligned} \tag{18}$$

$$\hat{G}_n = G_n + \mu\left[-(\delta(n) + n\delta'(n))(\alpha AhN)V_1' - n\delta(n)(\alpha AhN)^2 V_1''\right] < 0 \tag{19}$$

$$G_n = (e+\beta)^2 u_0'' + (2\delta'(n) + n\delta''(n))(u_1 - V_1) - \mu(\delta(n) + n\delta'(n))(\alpha AhN)V_1' < 0 \ ^{4} \tag{20}$$

(19) と (20) は以下の式に書き換えられる。

$$\hat{G}_n = G_n\big|_{\mu=0} + \mu\left[-2(\delta(n) + n\delta'(n))(\alpha AhN)V_1' - n\delta(n)(\alpha AhN)^2 V_1''\right] < 0 \tag{21}$$

$$G_n\big|_{\mu=0} = (e+\beta)^2 u_0'' + (2\delta'(n) + n\delta''(n))(u_1 - V_1) < 0 \tag{22}$$

(17) に (12) より得られる $u_0' = \delta(n)Ah_e u_1' - \mu\delta(n)(\alpha Ah_e Nn)V_1'$ を代入すると以下の式になる。

$$\hat{F}_n = F_n + \mu[-\ \delta(n) + n\delta'(n))(\alpha A h_e Nn)V_1' - n\delta(n)(\alpha AN)^2 nhh_e V_1''] < 0 \tag{23}$$

$$F_n = n(e+\beta)u_0'' + n\delta'(n)A h_e u_1' < 0 \tag{24}$$

(18) に (12) より得られる $u_0' = \delta(n)Ah_e u_1' - \mu\delta(n)(\alpha Ah_e Nn)V_1'$ を代入すると以下の式になる。

$$\hat{G}_e = G_e + \mu\left[-n\delta(n)(\alpha AN)^2 nhh_e V_1''\right] < 0 \tag{25}$$

---

[2] μ は n と e が汚染水準に与える影響を親が認識している程度とも解釈できる。

[3] $\hat{F}_e < 0$は以下のように示せる。$h_{ee} \leq 0$に注意すると、

$$\hat{F}_e = n^2 u_0'' + n\delta(n)(A^2 h_e^2 u_1'' + A u_1' h_{ee}) - \mu n\delta(n)\left[(\alpha A h_e Nn)^2 V_1'' + (\alpha A h_{ee} Nn)V_1'\right]$$

$$= n^2 u_0'' + n\delta(n)A^2 h_e^2 u_1'' - \mu n\delta(n)(\alpha A h_e Nn)^2 V_1'' + n\delta(n)h_{ee}[Au_1' - \mu(\alpha ANn)V_1']$$

(12) より $Au_1' - \mu(\alpha ANn)V_1' = u_0' / \delta(n)h_e$ が成立するので、上式第 4 項に代入すると、

$$\hat{F}_e = n^2 u_0'' + n\delta(n)A^2 h_e^2 u_1'' - \mu n\delta(n)(\alpha A h_e Nn)^2 V_1'' + n\delta(n)h_{ee}(u_0' / \delta(n)h_e) < 0$$

[4] この μ についても脚注 2 と同じように解釈できる。

$$G_e = n(e+\beta)u_0'' + n\delta'(n)Ah_e u_1' - \mu(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_e Nn)V_1' < 0 \quad (26)$$

[5]

(25) と (26) は以下の式に書き換えられる。

$$\hat{G}_e = G_e\big|_{\mu=0} + \mu\Big[-(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_e Nn)V_1' - n\delta(n)(\alpha AN)^2 nhh_e V_1''\Big] < 0 \quad (27)$$

$$G\big|_{\mu=0} = n(e+\beta)u_0'' + n\delta'(n)Ah_e u_1' < 0 \quad (28)$$

２階の条件についても、(15) と (16)、(21) と (22)、(23) と (24)、(27) と (28) より、μ = 0 のとき競争均衡の２階の条件となり、$\mu = 1$ のとき社会的最適の２階の条件となる。

(12) と (13) を e、n および μ で微分すると以下の式のようになる。

$$\begin{pmatrix} \hat{F}_e & \hat{F}_n \\ \hat{G}_e & \hat{G}_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} de \\ dn \end{pmatrix} = -\begin{pmatrix} \hat{F}_\mu \\ \hat{G}_\mu \end{pmatrix} d\mu \quad (29)$$

ここで、

$$\hat{F}_\mu = -n\delta(n)(\alpha Ah_e(e,\ h_0)Nn)V_1'(\alpha Ah(e,\ h_0)Nn) < 0 \quad (30)$$

$$\hat{G}_\mu = -n\delta(n)(\alpha Ah(e,\ h_0)N)V_1'(\alpha Ah(e,\ h_0)Nn) < 0 \quad (31)$$

である。(30) と (31) より、以下の式が成立する。

$$\hat{G}_\mu = \frac{h}{nh_e}\hat{F}_\mu \quad (32)$$

4.1　子の数

競争均衡における子の数と社会的最適におけるそれとの比較を行い、社会的最適に比べて競争均衡における子の数が過少（または過剰）になる条件を導出する。

以下では、（１）$h_{ee} = 0$（h が e に対して線形）のケースと（２）$h_{ee} < 0$（h が e に対して concave）のケースとに分ける。

（１）$h_{ee} = 0$ のケース

(29) より以下の式を得る。

$$\frac{dn}{d\mu} = \frac{1}{D(\mu)}\Big[-\hat{G}_\mu \hat{F}_e + \hat{F}_\mu \hat{G}_e\Big] \quad (33)$$

ここで、(15) より $\hat{F}_e = n^2u_0'' + n\delta(n)A^2h_e^2u_1'' + \mu\,[-n\delta(n)(\alpha Ah_e Nn)^2V_1'']$ なので、

$$\hat{F}_{e\mu} = -n\delta(n)(\alpha Ah_e Nn)^2 V_1'' \quad (34)$$

となる。また、(27) より

$$\hat{G}_{e\mu} = -n\delta(n)(\alpha AN)^2 nhh_e V_1'' - (\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_e Nn)V_1' \quad (35)$$

[5] この μ についても脚注２と同じように解釈できる。

となる。(34) と (35) より以下の式が成立する。

$$\hat{G}_{e\mu} = (h / nh_e)\hat{F}_{e\mu} - (\delta(n) + n\delta'(n))(\alpha Ah_e Nn)V_1' \tag{36}$$

また、(33) に (15)、(27) および (32) を代入すると以下の式を得る。

$$\begin{aligned} \frac{dn}{d\mu} &= \frac{1}{D(\mu)}\left[-\frac{h}{nh_e}\hat{F}_\mu(F_e + \mu\hat{F}_{e\mu}) + \hat{F}_\mu(G_e\big|_{\mu=0} + \mu\hat{G}_{e\mu})\right] \\ &= \frac{\hat{F}_\mu}{D(\mu)}\left\{\left[-\frac{h}{nh_e}F_e + G_e\big|_{\mu=0}\right] + \mu\left[-\frac{h}{nhe}\hat{F}_{e\mu} + \hat{G}_{e\mu}\right]\right\} \end{aligned} \tag{37}$$

さらに (36) を代入して、(25) および (27) を考慮すると以下の式を得る。

$$\frac{dn}{d\mu} = \frac{\hat{F}_\mu}{D(\mu)}\left[-\frac{h}{nh_e}F_e + G_e\big|_{\mu=0} - \mu(\delta(n) + n\delta'(n))(\alpha Ah_e Nn)V_1'\right] \tag{38}$$

(38) において F_e を外に出して (32) を代入すると、以下の式が成立する。

$$\frac{dn}{d\mu} = \frac{-F_e}{D(\mu)}\left[\hat{G}_\mu - \left(G_e\big|_{\mu=0} - \mu(\delta(n) + n\delta'(n))(\alpha Ah_e Nn)V_1'\right)\frac{\hat{F}_\mu}{F_e}\right] \tag{39}$$

(39) が $\mu \in [0, 1]$ について正ならば、子の数は過少となり、負ならば過剰となる。$\mu = 0$ のときと $\mu > 0$ のときに分けて、(39) の符号を検討する。

（ｉ）$\mu = 0$ のとき

$-\hat{F}_\mu / F_e = (\partial e / \partial\mu)_{\mu=0}$ より[6]、(39) を $\mu = 0$ で評価すると、

$$\left.\frac{dn}{d\mu}\right|_{\mu=0} = -\frac{F_e(e^*, n^*)}{D(\mu)}\left[\hat{G}_\mu(e^*, n^*) + G_e(e^*, n^*)\big|_{\mu=0}\left.\frac{\partial e}{\partial\mu}\right|_{\mu=0}\right] \tag{40}$$

となる。(40) より、

$$\hat{G}_\mu(e^*, n^*) + G_e(e^*, n^*)\big|_{\mu=0}\left.\frac{\partial e}{\partial\mu}\right|_{\mu=0} > 0 \tag{41}$$

ならば、$dn / d\mu|_{\mu=0} > 0$ が成立する。ここで、(41) の第 1 項は負であり（$\hat{G}_\mu(e^*, n^*) < 0$）、第 2 項は正である（$G_e(e^*, n^*)|_{\mu=0}(\partial e / \partial\mu)|_{\mu=0} > 0$）。

親は子の数の増加が来期の生産の増加を通じて環境悪化を引き起こすことは認識していない。競争均衡から社会的最適への移行を想定したとき、(41) の第 1 項は n の環境への影響に対する親の認識度が上がることによる子を持つことの限界純便益の減少を表し、第 2 項は教育投資の環境への影響に対する親の認識度の上昇が教育投資および子のコストを減少させることによる子を持つことの限界純便益の増加を表している。した

[6] (12) を e と μ で微分すると、$(F_e + \mu\hat{F}_{\mu e})\partial e + \hat{F}_\mu\partial\mu = 0$ となる。$\mu = 0$ を代入すると、$-\hat{F}_\mu / F_e = (\partial e / \partial\mu)_{\mu=0}$ が成立する。

がって、第２項が第１項を上回るならば、競争均衡から社会的最適に移行するとき、子の限界純便益、したがって子の数は増加する。

（ⅱ）$\mu > 0$ のとき

(39) に $-\hat{F}_\mu / F_e = (\partial e / \partial\mu)_{\mu=0}$ を代入すると、以下の式が成立する。

$$\frac{dn}{d\mu} = \frac{-F_e}{D(\mu)}\left[\hat{G}_\mu + \left(G_e\big|_{\mu=0} - \mu(\delta(n) + n\delta'(n))(\alpha A h_e N n)V_1'\right)\frac{\partial e}{\partial \mu}\bigg|_{\mu=0}\right] \tag{42}$$

ここで $-\mu(\delta(n) + n\delta'(n))(\alpha A h_e N n)V_1'(\partial e / \partial\mu)_{\mu=0} > 0$ であり、それ以外の項は μ に依存しないので、(41) ならば (42) は正となる。

(42) は次のように書き換えられる。

$$\frac{dn}{d\mu} = \frac{-F_e}{D(\mu)}\left[\hat{G}_\mu + G_e\frac{\partial e}{\partial \mu}\bigg|_{\mu=0}\right]$$

G_e は教育投資が汚染水準に与える影響の一部を親が認識している場合における子を持つことの限界純便益と考えることができる。したがって、$\mu > 0$ のときには、$\mu = 0$ のときと比べ、μ の上昇による教育投資の減少は汚染水準の低下を通じて子を持つことの限界純便益をより大きく増加させる。これは、$dn / d\mu$ が正となる方向に作用する。

Proposition 1

(41) が満たされるならば、社会的最適に比べて競争均衡における子の数は過少になる。

（２）$h_{ee} < 0$ のケース

$h_{ee} < 0$ のとき、(15) より以下の式が成立する。

$$\hat{F}_{e\mu} = -n\delta(n)(\alpha A h_e N n)^2 V_1'' - n\delta(n)(\alpha A h_{ee} N n)V_1' \tag{43}$$

(35) と (43) より以下の式が成立する。

$$\hat{G}_{e\mu} = (h / nh_e)\left[\hat{F}_{e\mu} + n\delta(n)(\alpha A h_{ee} N n)V_1'\right] - (\delta(n) + n\delta'(n))(\alpha A h_e N n)V_1' \tag{44}$$

また、(33) に (15)、(27) および (32) を代入すると以下の式を得る。

$$\begin{aligned}\frac{dn}{d\mu} &= \frac{1}{D(\mu)}\left[-\frac{h}{nh_e}\hat{F}_\mu(F_e + \mu\hat{F}_{e\mu}) + \hat{F}_\mu(G_e\big|_{\mu=0} + \mu\hat{G}_{e\mu})\right] \\ &= \frac{\hat{F}_\mu}{D(\mu)}\left[\left(-\frac{h}{nh_e}F_e + G_e\big|_{\mu=0}\right) + \mu\left(-\frac{h}{nhe}\hat{F}_{e\mu} + \hat{G}_{e\mu}\right)\right]\end{aligned} \tag{45}$$

さらに (44) を代入して、(25) および (27) を考慮すると以下の式を得る。

$$\frac{dn}{d\mu}=\frac{\hat{F}_\mu}{D(\mu)}\left[-\frac{h}{nh_e}F_e+G_e\big|_{\mu=0}-\mu(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_eNn)V_1'\right] \\ +\mu\frac{\hat{F}_\mu}{D(\mu)}\frac{h}{nh_e}n\delta(n)(\alpha Ah_{ee}Nn)V_1' \tag{46}$$

(46) において F_e を外に出して (32) を代入すると、以下の式が成立する。

$$\begin{aligned}\frac{dn}{d\mu}&=\frac{-F_e}{D(\mu)}\left[\frac{h}{nh_e}\hat{F}_\mu-\left(G_e\big|_{\mu=0}-\mu(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_eNn)V_1'\right)\frac{\hat{F}_\mu}{F_e}\right]\\&\quad+\mu\frac{\hat{F}_\mu}{D(\mu)}\frac{h}{nh_e}n\delta(n)(\alpha Ah_{ee}Nn)V_1'\\&=\frac{-F_e}{D(\mu)}\left[\hat{G}_\mu-\left(G_e\big|_{\mu=0}-\mu(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_eNn)V_1'\right)\frac{\hat{F}_\mu}{F_e}\right]\\&\quad+\mu\frac{\hat{G}_\mu}{D(\mu)}n\delta(n)(\alpha Ah_{ee}Nn)V_1'\end{aligned} \tag{47}$$

(47) が $\mu\in[0, 1]$ について正ならば、子の数は過少となり、負ならば過剰となる。$\mu=0$ のときと $\mu>0$ のときに分けて、(47) の符号を検討する。

（i）$\mu=0$ のとき

$-\hat{F}_\mu / F_e=(\partial e / \partial\mu)_{\mu=0}$より、(47) を $\mu=0$ で評価すると、

$$\left.\frac{dn}{d\mu}\right|_{\mu=0}=-\frac{F_e(e^*,\ n^*)}{D(\mu)}\left[\hat{G}_\mu(e^*,\ n^*)+G_e(e^*,\ n^*)\big|_{\mu=0}\left.\frac{\partial e}{\partial\mu}\right|_{\mu=0}\right] \tag{48}$$

となる。(48) より、(41) ならば $dn / d\mu|_{\mu=0}>0$ が成立する。

（ii）$\mu>0$ のとき

(47) に $-\hat{F}_\mu / F_e=(\partial e / \partial\mu)_{\mu=0}$を代入すると、以下の式が成立する。

$$\frac{dn}{d\mu}=\frac{-F_e}{D(\mu)}\left[\hat{G}_\mu+\left(G_e\big|_{\mu=0}-\mu(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_eNn)V_1'\right)\left.\frac{\partial e}{\partial\mu}\right|_{\mu=0}\right] \\ +\mu\frac{\hat{G}_\mu}{D(\mu)}n\delta(n)(\alpha Ah_{ee}Nn)V_1' \tag{49}$$

ここで $-\mu(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_eNn)V_1'(\partial e / \partial\mu)_{\mu=0}>0, \mu\,[\hat{G}_\mu / D(\mu)]\,n\delta(n)(\alpha Ah_{ee}Nn)V_1'>0$ であり、それ以外の項は μ に依存しないので、(41) ならば (49) は正となる。

Proposition 1’

(41) が満たされるならば、社会的最適に比べて競争均衡における子の数は過少になる。

$h_{ee}=0$ のケースにおける (42) と比較すると、(49) においては第 2 項が付け加わっている。この項は次のような効果を示している。競争均衡から社会的最適への移行を想定した場合に、教育投資の環境への影響に対する親の認識度の上昇によって教育投資が減少するとき、$h_{ee}<0$ より教育投資の限界生産性 h_e は上昇する。この時、教育投資の汚染に対する限界的効果 $\hat{F}_\mu=-\mu\delta(n)(\alpha Ah_e(e,h_0)Nn)V_1'(\alpha Ah(e,h_0)Nn)$ は強まるため、教育投資の限界純便益は低下し教育投資は減少する。これは子を持つことのコストの減少、すなわち限界純便益の増加をもたらす。したがって、(49) の第 2 項は、競争均衡から社会的最適に移行するとき、子の数を増加させる方向に作用する。すなわち、$h_{ee}<0$ のケースでは、$h_{ee}=0$ のケースに比べて、子の数の過少性の度合いは強まると言える。

4.2　教育投資

競争均衡における教育投資と社会的最適のそれとの比較を行い、社会的最適に比べて競争均衡における教育投資が過少（または過剰）になる条件を導出する。

(29) より以下の式を得る。

$$\frac{de}{d\mu}=\frac{1}{D(\mu)}\left[-\hat{F}_\mu\hat{G}_n+\hat{G}_\mu\hat{F}_n\right]. \tag{50}$$

(21) と (23) より、

$$\hat{F}_{n\mu}=-\left(\delta(n)+n\delta'(n)\right)(\alpha Ah_eNn)V_1'-n\delta(n)(\alpha AN)^2nhh_eV_1''<0 \tag{51}$$

$$\hat{G}_{n\mu}=-2(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha AhN)V_1'-n\delta(n)(\alpha AhN)^2V_1''<0 \tag{52}$$

が成立するので、(51) と (52) より以下の式が成立する。

$$\hat{F}_{n\mu}=(nh_e/h)\hat{G}_{n\mu}+(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_eNn)V_1' \tag{53}$$

また、(50) に (21)、(23) および (32) を代入すると、以下の式が成立する。

$$\begin{aligned}\frac{de}{d\mu}&=\frac{1}{D(\mu)}\left[-\frac{nh_e}{h}\hat{G}_\mu\left(G_n\big|_{\mu=0}+\mu\hat{G}_{n\mu}\right)+\hat{G}_\mu\left(F_n+\mu\hat{F}_{n\mu}\right)\right]\\&=\frac{\hat{G}_\mu}{D(\mu)}\left[\left(-\frac{nh_e}{h}G_n\big|_{\mu=0}+F_n\right)+\mu\left(-\frac{nh_e}{h}\hat{G}_{n\mu}+\hat{F}_{n\mu}\right)\right]\end{aligned} \tag{54}$$

さらに (53) を代入すると以下の式を得る。

$$\frac{de}{d\mu}=\frac{\hat{G}_\mu}{D(\mu)}\left[\left(-\frac{nh_e}{h}G_n\big|_{\mu=0}+F_n\right)+\mu(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_eNn)V_1'\right] \tag{55}$$

(55) において $G_n\big|_{\mu=0}$を外に出して (32) を代入すると、以下の式が成立する。

$$\frac{de}{d\mu}=\frac{-G_n\big|_{\mu=0}}{D(\mu)}\left[\hat{F}_\mu-\left(F_n+\mu(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_eNn)V_1'\right)\frac{\hat{G}_\mu}{G_n\big|_{\mu=0}}\right] \tag{56}$$

(56) が $\mu\in[0, 1]$ について正ならば、教育投資は過少となり、負ならば過剰となる。$\mu=0$ のときと $\mu>0$ のときに分けて、(56) の符号を検討する。

（ｉ）$\mu=0$ のとき

$-\hat{G}_\mu/G_n\big|_{\mu=0}=(\partial n/\partial\mu)_{\mu=0}$ より[7]、(56) を $\mu=0$ で評価すると、

$$\left.\frac{de}{d\mu}\right|_{\mu=0}=-\frac{G_n\big|_{\mu=0}(e^*, n^*)}{D(\mu)}\left[\hat{F}_\mu(e^*, n^*)+F_n(e^*, n^*)\left.\frac{\partial n}{\partial\mu}\right|_{\mu=0}\right] \tag{57}$$

となる。(57) より、

$$\hat{F}_\mu(e^*, n^*)+F_n(e^*, n^*)\left.\frac{\partial n}{\partial\mu}\right|_{\mu=0}<0 \tag{58}$$

ならば、$de/d\mu\big|_{\mu=0}<0$ が成立する。ここで、(58) の第 1 項は負であり（$\hat{F}_\mu(e^*, n^*)<0$）、第 2 項は正である（$F_n(e^*, n^*)(\partial n/\partial\mu)_{\mu=0}>0$）。

親は子に対する教育投資が来期の生産の増加を通じて環境を悪化させることは認識していない。競争均衡から社会的最適への移行を想定したとき、(58) の第 1 項は教育投資の環境への影響に対する親の認識度が上がることによる教育投資の限界純便益の減少を表し、第 2 項は子の環境への影響に対する親の認識度の上昇によって子の数が減少することによる教育投資の限界純便益の増加（子の数が減れば教育投資の限界費用は減少する）を表している。したがって、第 1 項が第 2 項を上回るならば、競争均衡から社会的最適に移行するとき、教育投資の限界純便益、したがって教育投資は減少する。

（ⅱ）$\mu>0$ のとき

(56) に $-\hat{G}_\mu/G_n\big|_{\mu=0}=(\partial n/\partial\mu)_{\mu=0}$ を代入すると、以下の式が成立する。

$$\frac{de}{d\mu}=\frac{-G_n\big|_{\mu=0}}{D(\mu)}\left[\hat{F}_\mu+\left(F_n+\mu(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_eNn)V_1'\right)\left.\frac{\partial n}{\partial\mu}\right|_{\mu=0}\right] \tag{59}$$

ここで、$\mu(\delta(n)+n\delta'(n))(\alpha Ah_eNn)V_1'(\partial n/\partial\mu)_{\mu=0}<0$ であり、それ以外の項は μ に依存しないので、(58) ならば (59) は負となる。

Proposition 2

(58) が満たされるならば、社会的最適に比べて競争均衡における教育投資は過剰になる。

---

[7] (13) を n と μ で微分すると $(G_n+\mu\hat{G}_{\mu n})\partial n+\hat{G}_\mu\partial\mu=0$ となる。$\mu=0$ を代入すると、$-\hat{G}_\mu/G_n=(\partial n/\partial\mu)_{\mu=0}$ が成立する。

4.3　子の数と教育投資の関係

子の数と教育投資の関係について、次の Proposition 3を得る。

Proposition 3

$n^* < n^S$ ならば、$e^* > e^S$

（証明）$e^*(n^S)$ を $n = n^S$ のとき (8) を満たす e、すなわち、

$$F(e^*(n^S),\ n^S) = 0 \tag{60}$$

とする。また、(8) と (10) より、以下の式が成立する。

$$\begin{aligned} &F^S(e,\ n^S) - F(e,\ n^S) \\ &= -(\alpha A h_e(e,\ h_0) N n^S) V_1'(\alpha A h(e,\ h_0) N n^S) < 0 \end{aligned} \tag{61}$$

(60) と (61) より、以下の式を得る。

$$F^S(e^*(n^S),\ n^S) < 0 \tag{62}$$

$F^S(e^S, n^S) = 0$ であり、(15) より $F_e^S = \hat{F}_e|_{\mu=1} < 0$ となるので、

$$e^S < e^*(n^S) \tag{63}$$

が成立する。

また (8) を e と n について微分すると、

$$\partial e / \partial n = -F_n / F_e < 0 \tag{64}$$

となる。よって $n^* < n^S$ ならば、(63) と (64) より

$$e^*(= e^*(n^*)) > e^*(n^S) > e^S$$

が成立する。

Proposition 3は、子一人当たりの教育投資が過剰であることが、子の数が過少であることの必要条件になっていることを示している。子を持つことが環境に対して外部不経済をもたらすことからすれば、社会的最適に比べて n^* は過剰に選ばれる傾向があるので、n^* が過少になるとすれば、e^* の過剰性が子を持つことの私的限界費用を引き上げているはずである。

また Proposition 1と Proposition 3を併せると次のことが言える。すなわち、(41) が満たされるならば、$n^* < n^S$ と $e^* > e^S$ が同時に成立する。

4.4　環境汚染水準

競争均衡における環境汚染水準 π_1^* と社会的最適における π_1^S との比較に関して、次の Proposition 4が成立する。

Proposition 4

$\pi_1^* > \pi_1^S$

（証明）$\pi_1 = \alpha ANnh(e, h_0)$ を μ で微分すると、以下の式が成立する。

$$\frac{d\pi_1}{d\mu} = \alpha AN\left[\frac{de}{d\mu}nh_e + \frac{dn}{d\mu}h\right] \tag{65}$$

(33)、(50) および (32) よりそれぞれ以下の式が成立する。

$$\frac{dn}{d\mu} = \frac{1}{D(\mu)}\left(-\hat{G}_\mu \hat{F}_e + \hat{F}_\mu \hat{G}_e\right) = \frac{\hat{F}_\mu}{D(\mu)}\left(-\frac{h}{nh_e}\hat{F}_e + \hat{G}_e\right) \tag{66}$$

$$\frac{de}{d\mu} = \frac{1}{D(\mu)}\left(-\hat{F}_\mu \hat{G}_n + \hat{G}_\mu \hat{F}_n\right) = \frac{\hat{F}_\mu}{D(\mu)}\left(\frac{h}{nh_e}\hat{F}_n - \hat{G}_n\right) \tag{67}$$

(65) に (66) と (67) の最右辺を代入すると、

$$\frac{d\pi_1}{d\mu} = \frac{\alpha AN\hat{F}_\mu}{D(\mu)}\left[\left(\frac{h}{nh_e}\hat{F}_n - \hat{G}_n\right)nh_e + \left(-\frac{h}{nh_e}\hat{F}_e + \hat{G}_e\right)h\right] \tag{68}$$

となる。(23) と (27) より以下の式が成立する。

$$\hat{G}_e = \hat{F}_n \tag{69}$$

(68) に (69) を代入して整理すると以下の式が成立する。

$$\begin{aligned}\frac{d\pi_1}{d\mu} &= \frac{\alpha AN\hat{F}_\mu}{D(\mu)}\left(-\frac{h^2}{nh_e}\hat{F}_e + 2h\hat{F}_n - nh_e\hat{G}_n\right)\\ &= \frac{-\alpha ANnh_e\hat{F}_\mu}{D(\mu)\hat{F}_e}\left[\left(\frac{h}{nh_e}\right)^2(\hat{F}_e)^2 - 2\frac{h}{nh_e}\hat{F}_e\hat{F}_n + \hat{F}_e\hat{G}_n\right]\\ &= \frac{-\alpha ANnh_e\hat{F}_\mu}{D(\mu)F_e}\left[(\frac{h}{nh_e}\hat{F}_e - \hat{F}_n)^2 + (\hat{F}_e\hat{G}_n - (\hat{F}_n)^2)\right]\end{aligned} \tag{70}$$

(14) と (69) より

$$\begin{vmatrix}\hat{F}_e & \hat{F}_n\\ \hat{F}_n & \hat{G}_n\end{vmatrix} = \hat{F}_e\hat{G}_n - (\hat{F}_n)^2 > 0 \tag{71}$$

となる。(70) の最右辺は、(71) および $\hat{F}_\mu < 0$ より負となる。すなわち、以下の式が成立

する。

$$\frac{d\pi_1}{d\mu} < 0$$

したがって、$\pi_1^* > \pi^S$ が成立する。

Proposition 4は、e^* と e^S および n^* と n^S の大小関係にかかわらず、常に $\pi_1^* > \pi^S$ が成立することを示している。なぜならば、e と n の選択には、いずれも負の環境外部性が伴うからである。

５．むすび

本論文では、環境悪化、少子化、私的教育支出の増大という現象に理論的根拠を与えることを試みた。利他的な親と利己的な子から成る家族において、親は子の数と子に対する教育投資を選択する。子を持つことと教育投資はともに生産を通じて環境を劣化させるが、親はそれを認識せず、負の環境外部性が存在する。このような枠組みの中で、子の数、教育投資、環境汚染水準について、競争均衡解と社会的最適解との比較を行った。

主な結果は次のとおりである。第１に、子を持つことの環境外部性にもかかわらず、競争均衡における子の数は社会的最適解よりも小さくなる可能性がある。競争均衡から社会的最適への移行を想定したとき、子の数の環境への影響に対する親の認識度の上昇は子を持つことの限界純便益を減少させる。他方、教育投資の環境への影響に対する親の認識度の上昇は教育投資を減少させ、これは子の金銭的コストの低下と汚染水準の低下を通じて子を持つことの限界純便益を増加させる。これらをトータルした結果として子の限界純便益が増加するならば、競争均衡から社会的最適に移行するとき、子の数は増加する。さらに、子の数の過少性の程度は教育投資に関する人的資本関数の形状に依存する。すなわち、教育投資の人的資本に対する限界生産性が一定（人的資本が教育投資の線形関数）である場合よりも、それが逓減的（人的資本が教育投資の凹関数）である場合の方が、子の数の過少性の程度は大きい。これは以下の理由による。競争均衡から社会的最適への移行を想定した場合に、教育投資の環境への影響に対する親の認識度の上昇によって教育投資が減少するとき、教育投資の限界生産性が逓減的であるならば、教育投資の限界生産性、したがって環境汚染に対する限界的効果が上昇するため、教育投資はさらに減少する。これは子を持つことのコストの減少、すなわち子の数の増

加をもたらす。第２に、子の数が過少であるならば、教育投資は常に過剰になる。第３に、子の数および教育投資が過少であるか過剰であるかにかかわらず、環境汚染水準は常に過剰になる。これは、子の数と教育投資の両方が、元来、負の環境外部性を有しているためである。子の数が過少である場合でも、そのときに生じている教育投資の過剰性が汚染水準に対してより大きく作用し、汚染水準の過剰性をもたらす。

今後検討すべき課題として、以下が挙げられる。第１に、社会的最適を達成するための政策の枠組みを検討することである。Hirazawa, Kamada and Sato (2019) は、資産所得税と育児補助の組合せが最適政策となり得ることを示している。政府が取り組んでいる児童手当の拡充などの少子化対策や高校授業料無償化などの教育費負担軽減策が効率性の観点から正当化されるかは重要な論点である。第２に、汚染の主たる発生源として生産と消費のいずれを想定するのかも重要である。どのような経済活動によって外部性が生じるのかが、それによって異なるからである。本研究では汚染の発生源として生産を考えたが、消費を考えた場合に異なる結果が導かれるか否かは興味深い点である。

引用文献

Barham V, Boadway R and Marchand M (1995) Education and the poverty trap. *European Economic Review* **39**(7), 1257–1275.

Becker GS and Barro RJ (1988) A reformulation of the economic theory of fertility. *Quarterly Journal of Economics* **103**(1), 1–25.

Constant K (2019) Environmental policy and human capital inequality: A matter of life and death. *Journal of Environmental Economics and Management* **97**, 134–157.

De Fraja G (2002) The design of optimal education polices. *Review of Economic Studies* **69**(2), 437–466.

de la Croix D and Doepke M (2003) Inequality and growth: why differential fertility matters. *American Economic Review* **93**(4), 1091–1113.

Harford JD (1997) Stock pollution, child-bearing externalities, and the social discount rate. *Journal of Environmental Economics and Management* **33**(1), 94–105.

Harford JD (1998) The ultimate externality. *American Economic Review* **88**(1), 260–265.

Hirazawa M, Kamada K and Sato T (2019) Altruism, environment externality and fertility. *Environment and Development Economics* **24**(3), 317–338.

Ihori T, Kamada K and Sato T (2017). Altruism, liquidity constraint, and educational investment. *Journal of Public Economic Theory* **19**(2), 409–425.

Jöst F and Quaas MF (2010) Environmental and population externalities. *Environment and Development Economics* **15**(1), 1–19.

Marsiglio S (2017) A simple endogenous growth model with endogenous fertility and environmental concern. *Scottish Journal of Political Econom*y **64**(3), 263–282.

Schou P (2002) Pollution externalities in a model of endogenous fertility and growth. *International Tax and Public Finance* **9**(6), 709–725.