産業集積における排出問題と内生的経済成長

劉, 金昊
九州大学大学院経済学府

https://doi.org/10.15017/1522108

出版情報：経済論究. 152, pp.99-110, 2015-07-27. 九州大学大学院経済学会
バージョン：

産業集積における排出問題と内生的経済成長

Emissions, Endogenous Economic Growth and Industrial Concentration

劉　　金　昊[†]
Liu Jinhao

目次

1　はじめに

産業革命以来，経済と技術の急速な発展に伴い，人口とそれに伴う経済活動の都市部への集積が急速に進展している。経済成長が人口と企業の集積を促進し，大都市の形成と密接な関係を持っていることがよく知られる。Kuzntets（1966）は，経済成長が経済活動の集積を促進すると同時に，経済の集積も経済成長の源泉になることを指摘した。Hohenberg and Lees（1985）では，経済成長と産業集積との相関関係が示された。それに，Krugman（1991a）は，新貿易理論に基づく空間経済学の基本モデルを提示し，輸送費用の低下（貿易自由度の上昇）が経済活動の集積に大きな役割を果たすことを解明した。その後，多くの研究は，空間経済学の枠組みに経済成長理論を導入し，経済成長と集積の関係を理論的に説明しようという試みを行った。Walz（1996）は，Krugman（1991a）モデルのもとで，研究開発が経済成長を促すという内生的経済成長を分析し，産業集積が経済成長を促進するということを示した。Martin and Ottaviano（2001）は，内生的経済成長を内包する空間経済学のモデルをさらに拡張し，地域間における技術のスピールオーバーを考慮し，経済成長と産業集積の動学的分析を行った。Martin and Ottaviano（2001）により，違うタイプのスピールオーバーによって，経済成長と産業集積との相互関係は異なることが明らかにされた。

また，経済活動の集積と急速な都市化に従い，温室効果ガスや汚染物質の排出問題が深刻化になり，経済集積の過程における環境問題と経済集積の関係は重要な課題になる。Copeland and Taylor（1999）は，二国・二部門モデルを提示し，産業集積とそれにより引き起こされた環境汚染との関係を考察した。Moriki Hosoe and Tohru Naito（2005）は空間経済学のモデルにCopeland and Taylor（1999）で示された環境要素を導入し，輸送費用いわゆる貿易自由度と環境汚染との関係を示した。

ところが，産業集積に伴う排出問題が経済成長に与える影響および産業集積と排出問題についての動学的分析は，上述の研究で議論されなかった。本論文は，空間経済の基本モデルを踏まえ，産業集

[†] 九州大学大学院経済学府

積の過程における排出問題を考慮し，産業集積と排出の関係を考察し，産業集積における排出問題と内生的経済成長に関する動学的な分析を行う。本論文の特徴として，次の二点がある。一つはMartin and Ottaviano (1999) に提示された内生的経済成長を内包する空間経済モデルに家計の排出を取り込み，排出効果と産業集積との関係を解明することである。もう一つは拡張されたモデルに基づき，排出問題が経済成長に与える影響に関する動学的分析である。

本論文は次のように構成されている。まず，第2節ではモデルの設定を行い，第3節では一般的均衡を求め，静学的分析を行い，第4節では技術進歩という設定のもとで，動学的均衡を求める。最後に，第5節では結論をまとめ，今後の課題を述べることにする。

2　モデルの設定

2.1　家計部門

まず，2つの国が存在し，国1の人口はL，国2の人口はL* で，$L_1>L_2$ であると仮定する。ここで，各国の人口はその国における市場の大きさを意味している。各国において，農業部門（同質財部門）と製造業部門（合成財部門）が存在する。国1における代表的家計の効用関数は次の式で与えられる。

$$U(t)=\int_0^{\infty}[\alpha\ln M(t)+(1-\alpha)\ln A(t)-\ln S(t)]e^{-\rho t}dt \qquad \alpha\in(0,\ 1) \tag{1}$$

ここで，A(t) は時点 t での同質な農業財の消費量であり，M(t) は時点 t での製造業部門の合成財の消費量である。S(t) は時点 t での温室効果ガスの排出量を表している。ρ は時間割引率である。α は全支出における製造業部門の財に対する支出の割合を表している。それに，国1での合成財の消費量は次式のように定義される。

$$M(t)=\left[\sum_{i=1}^{n(t)}M_i(t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}+\sum_{j=1}^{n^*(t)}M_j(t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}\right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \qquad (\sigma>1) \tag{2}$$

$M_i(t)$ は時点 t において，国1で生産された財 i の消費量であり，$M_j(t)$ は時点 t において，国2で生産された財 j の消費量である。σ は各合成財間の消費における代替弾力性を表している。n(t) 時点 t で国1に生産された合成財の種類数を表し，n*(t) は時点 t で国2に生産された合成財の種類数を表している。ここで，各変数に "*" をつけ，国2での変数を表すことにする。すべての合成財の総種類数は次のように表現される。

$$N(t)=n(t)+n^*(t) \tag{3}$$

各国における合成財の種類の数は内生的に決定される。ここで，研究開発を通じ，N(t) は時間と共に変化することが存在する。

時点 t において，国1での代表的家計の支出は次のようになる。

$$E(t)=\sum_{i=1}^{n(t)}p_i(t)M_i(t)+\sum_{j=1}^{n^*(t)}p_j(t)M_j(t)+P_A(t)A(t)$$

ここで，$p_i(t)$ と $p_j(t)$ は，それぞれ国1と国2で生産された合成財の国1での価格を表している。$P_A(t)$ は国1における農業財の価格である。農業財を基準財とし，国1における家計の支出は次式のように

表される。

$$E(t)=\sum_{i=1}^{n(t)}p_i(t)M_i(t)+\sum_{j=1}^{n^*(t)}p_j(t)M_j(t)+A(t) \tag{4}$$

基準財市場は完全競争的で，基準財の貿易に輸送費用がかからなく，基準財部門において，１単位の財を１単位の労働で生産すると仮定する。利潤最大の一階条件より，農業部門の賃金率は１となることがわかる。労働市場も完全競争的で，同じ国において，労働者が自由に働く部門を選べるとし，製造業部門の賃金率も１になる。

2.2　家計による排出

各国において，家計の消費により，二酸化炭素や他の温室効果ガスの排出が引き起こされると想定する。時点 t で，国１の代表的家計の排出量 S(t) は次のように与えられる。

$$S(t)=[M(t)L]^{\beta} \qquad (0<\beta<\alpha) \tag{5}$$

ここで，β は家計の排出強度を表している。それに，国２における家計の排出量 S*(t) は次のように表される。

$$S^*(t)=[M^*(t)L^*]^{\beta^*} \qquad (0<\beta^*<\alpha) \tag{6}$$

また，家計が(4)式で提示された予算制約式のもとで，効用を最大化するように財の消費量を決定する。この効用最大化問題は，次のように二段階で解かれる。

まず，時点 t において，国１での代表的家計にとって，次の支出最小化問題が成立する

$$\min$$

$$\sum_{i=1}^{n}p_iM_i+\sum_{j=1}^{n^*}p_jM_j$$

$$s.t.$$

$$M=\left[\sum_{i=1}^{n}(M_i)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}+\sum_{j=1}^{n^*}(M_j)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}\right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

この問題を解き，国１における代表的家計の需要関数 $M_i(p_i)$ が次のように表される。

$$M_i=\left(\frac{p_i}{P_M}\right)^{-\sigma}M \tag{7}$$

ここで，P_M が国１の価格指数を表している。この価格指数 P_M が次のように定義されている。

$$P_M-\left[\sum_{i=1}^{n}(p_i)^{1-\sigma}+\sum_{j=1}^{n^*}(p_j)^{1-\sigma}\right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \tag{8}$$

同様に，国２の代表的家計の支出最小化問題を解き，家計の需要関数 $M_i{}^*(p_i)$ と価格指数 P^*_M は次のように示される。

$$M^*{}_i=\left(\frac{p^*{}_i}{P^*{}_M}\right)^{-\sigma}M^* \tag{9}$$

$$P^*{}_M=\left[\sum_{i=1}^{n}(p^*{}_i)^{1-\sigma}+\sum_{j=1}^{n^*}(p^*{}_j)^{1-\sigma}\right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \tag{10}$$

(1)式と(4)式より，時点 t における家計の効用最大化問題を解き，国１で家計の合成財の消費量と農業財の消費量は次のように表される。

$$M(t)=\frac{(\alpha-\beta)}{(1-\beta)}\frac{E(t)}{P_M(t)} \tag{11}$$

$$A(t)=\frac{1-\alpha}{1-\beta}E(t) \tag{11a}$$

国２で家計の合成財の消費量と農業財の消費量は次のように求められる。

$$M^*(t)=\frac{(\alpha-\beta^*)}{(1-\beta^*)}\frac{E^*(t)}{P^*_M(t)} \tag{12}$$

$$A^*(t)=\frac{1-\alpha}{1-\beta^*}E^*(t) \tag{12a}$$

2.3　製造業部門

製造業部門において，１つの企業は１種類の合成財だけ生産する。合成財の貿易に輸送費用がかかるとする。ここで，Samuelson (1954) に従い，iceberg型輸送費を取り，輸送費用が τ であると仮定される。すなわち，他国へ１単位の財の貿易を行うために，$\tau(\tau>1)$ 単位の財を輸送しなければならない。

合成財の生産がDixit and Stiglitz (1977) の独占的競争モデルに従う。合成財の市場が独占的で，製造業部門の生産が収穫逓増的であり，１単位の財を生産するのにｂ単位の労働力が必要である。国１に立地する製造業部門の企業ｉは家計の合成財ｉに対する需要を合わせ，生産を行う。企業ｉの利潤は次のように表される。

$$\prod_i(t)=[p_i(t)-b]M_i(t)L+[p_i^*(t)-\tau b]M_i^*(t)L^* \tag{13}$$

ここで，$M^*_i(t)$ と $p_i^*(t)$ はそれぞれ，時点ｔにおいて，国２での財ｉの消費量と価格を表している。

さらに，独占的競争のもとでは，企業ｉは利潤を最大化するように，国１での価格と国２での価格を設定する。⒀式に⑾式と⑿式を代入し，企業ｉの利潤は次のように示される。

$$\prod_i(t)=[p_i(t)-b]\left(\frac{p_i(t)}{P_M(t)}\right)^{-\sigma}M(t)L+[p_i^*(t)-\tau b]\left(\frac{p^*_i(t)}{P^*_M(t)}\right)^{-\sigma}M^*(t)L^*$$

利潤最大化の一階条件より，合成財ｉの独占価格は次のように得られる。

$$p_i(t)=p=\frac{\sigma b}{\sigma-1} \tag{14}$$

$$p_i^*(t)=\tau p_i(t)=\frac{\tau\sigma b}{\sigma-1} \tag{15}$$

上の式から分かるように，独占的競争市場において，合成財の価格が限界費用に一定のマークアップ率をかけた価格に設定される。限界費用が一定である場合に，その独占価格も一定である。ここで，ｐが一定な独占価格を表している。同様に，国２で生産される合成財ｊの独占価格は次のように設定される。

$$p_j^*(t)=p=\frac{\sigma b}{\sigma-1} \tag{16}$$

$$p_j(t)=\tau p_j^*(t)=\frac{\tau\sigma b}{\sigma-1} \tag{17}$$

また，⑻式と⑽式より，国１と国２における価格指数はそれぞれ，次のように表される。

$$P_M=(n+\theta n^*)^{\frac{1}{1-\sigma}}p \tag{18}$$

$$P_M^*=(\theta n+n^*)^{\frac{1}{1-\sigma}}p \tag{19}$$

ここで，θ が $\theta=\tau^{1-\sigma}$ と定義され，貿易自由度を表している。$\theta=0$ のとき，貿易自由度がまったくない閉鎖経済を表し，$\theta=1$ のとき，輸送費用や関税などの貿易障壁がまったくない統合的経済を表している。⒅式と⒆式を⑾式，⑿式に代入すると，均衡における家計の合成財の消費量が次のように得られる。

$$M=\frac{(\alpha-\beta)}{(1-\beta)}\frac{(\sigma-1)}{\sigma b}(n+\theta n^*)^{\frac{1}{\sigma-1}}E \tag{20}$$

$$M^*=\frac{(\alpha-\beta^*)}{(1-\beta^*)}\frac{(\sigma-1)}{\sigma b}(\theta n+n^*)^{\frac{1}{\sigma-1}}E^* \tag{21}$$

さらに，⑺式，⑼式，⒇式および㉑式より，各国の家計が各種類の合成財に対する需要が次のように求められる。

$$M_i=\frac{(\alpha-\beta)}{(1-\beta)}\frac{(\sigma-1)}{\sigma b(n+\theta n^*)}E \tag{22}$$

$$M_i^*=\frac{(\alpha-\beta^*)}{(1-\beta^*)}\frac{(\sigma-1)\tau^{-\sigma}}{\sigma b(\theta n+n^*)}E^* \tag{23}$$

$$M_j=\frac{(\alpha-\beta)}{(1-\beta)}\frac{\tau^{-\sigma}(\sigma-1)}{\sigma b(n+\theta n^*)}E \tag{24}$$

$$M_j^*=\frac{(\alpha-\beta^*)}{(1-\beta^*)}\frac{(\sigma-1)}{\sigma b(\theta n+n^*)}E^* \tag{25}$$

3　比較静学

⒀式，㉒式および㉔式により，均衡において，国１の合成財企業ｉの利潤は次のように決定される。

$$\Pi_i=\frac{(\alpha-\beta)}{(1-\beta)}\frac{EL_1}{\sigma(n+\theta n^*)}+\frac{(\alpha-\beta^*)}{(1-\beta^*)}\frac{\theta E^*L_2}{\sigma(\theta n+n^*)} \tag{26}$$

同様に，㉓式と㉕式より，国２の合成財企業ｊの利潤は次のように表される。

$$\Pi_j^*=\frac{(\alpha-\beta)}{(1-\beta)}\frac{\theta EL_1}{\sigma(n+\theta n^*)}+\frac{(\alpha-\beta^*)}{(1-\beta^*)}\frac{E^*L_2}{\sigma(\theta n+n^*)} \tag{27}$$

さらに，資本流動が自由に流動できるため，企業は自由に立地を選択できる。
その結果，均衡において，国１と国２に立地する企業の利潤は同一水準になる。
㉖式と㉗式より，次の式が成立する。

$$(\theta n+n^*)EL_1=\phi(n+\theta n^*)E^*L_2 \tag{28}$$

ここで，ϕ は国１と国２の相対排出係数であり，$\phi=\frac{(\alpha-\beta^*)(1-\beta)}{(\alpha-\beta)(1-\beta^*)}$ と定義される。ϕ の定義により，β が上昇する時，すなわち，国１における家計の排出強度が高くなる場合，相対排出係数が上昇する。逆に，国２の家計の排出強度が上昇する場合，相対排出係数が下落する。さらに，⑶式と㉘式より，国１に立地する企業の数は次のように求められる。

$$n=\frac{(EL-\phi\theta E^{*}L^{*})}{(1-\theta)(EL+\phi E^{*}L^{*})}N \tag{29}$$

ここまでの議論では，資本が存在しないと仮定され，資本収入がゼロであり，家計の所得は賃金のみで構成される。それに，各家計が所得を財の消費に使い尽くすため，各国の家計の支出が賃金収入と一致する。すなわち，E＝E* が成立する。それによって，国 1 に立地する企業の数が次のように表される。

$$n=\frac{(L-\phi\theta L^{*})}{(1-\theta)(L+\phi L^{*})}N$$

さらに，すべての企業の中で，国 1 に立地する企業が占める割合が次のように求められる。

$$\gamma=\frac{n}{N}=\frac{(L-\phi\theta L^{*})}{(1-\theta)(L+\phi L^{*})} \tag{30}$$

(30)式から分かるように，企業の立地選択あるいは産業集積の傾向が国の市場規模，貿易自由度および相対排出係数によって決定される。

命題 1　ある国の相対排出係数が上昇する時，その国の家計が合成財に対する需要が低下し，その国に集中する企業の数が減少する。

命題 2　貿易自由度の上昇に伴い，企業は排出強度が低いかつ市場規模の大きい国に集中する。

命題 3　市場規模の格差によって，産業集積の傾向が異なる。市場規模の格差が大きい場合，排出強度にかかわらず，貿易自由度の上昇に伴い，企業は市場規模の大きい国に集中する。市場規模の格差が小さい場合，貿易自由度の上昇に伴い，企業は排出強度の低い国に集中する。

命題 1 の証明：　(30)式より，次の式が成立する。

$$\frac{\partial\gamma}{\partial\phi}=-\frac{(1+\theta)LL^{*}}{(1-\theta)(L+\phi L^{*})^{2}}<0$$

γ が ϕ の上昇に伴って下落し，命題 1 が成立する。

命題 2 と命題 3 の証明：　(30)式より，次の式が得られる。

$$\frac{\partial\gamma}{\partial\theta}=\frac{L-\phi L^{*}}{(L+\phi L^{*})(1-\theta)^{2}}$$

貿易自由度が産業集積の傾向に与える影響について，以下の 2 つの場合に分けて考えることができる。

① $\beta\leq\beta^{*}$ の場合，ϕ の定義より，$\phi\leq 1$ がある。$L>L^{*}$ により，$L>\phi L^{*}$ が成立し，$\frac{\partial\gamma}{\partial\theta}>0$ が成立する。

② $\beta>\beta^{*}$ の場合，$\phi>1$ がある。$L\geq L^{*}$ により，$L>\phi L^{*}$ であるなら，$\frac{\partial\gamma}{\partial\theta}>0$ が成立する。$L^{*}<L<\phi L^{*}$ になる時，$\frac{\partial\gamma}{\partial\theta}<0$ が成立する。

4　技術進歩の下での動学的分析

本節は，合成財の種類が研究開発により増やされるという形の技術進歩を設定する。さらに，技術の波及効果をグローバルスピールオーバーとローカルスピールオーバーと分ける。こういう設定の下で，産業集積と経済成長に関する動学的分析を行う。

4.1　資産市場

製造業部門の企業は生産を行うためには，自ら新たな合成財を開発するか，もしくは他の企業から合成財の特許を買収するのかを選択しなければならない。

また，特許が取引される資産市場が存在する。資産市場の均衡において，特許の市場価値がその特許を使った企業が稼ぐ利潤に一致する。１つの企業は１種類の合成財だけ生産するため，資産市場では，特許の市場価値はその特許を使う企業の市場価値と同じである。同じ国の企業の操業利潤が同じ水準に維持され，⒁式により，時点 t において，国１の企業の利潤は次のように表される。

$$\prod(t)=p(t)x(t)-bx(t)=\frac{bx(t)}{\sigma-1}$$

ここで，$x(t)$ が時点 t における国１の企業の生産量を表している。㉒式と㉔式により，$x(t)$ は次のように求められる。

$$\begin{aligned} x(t)&=M_i(t)L+\tau M_i^*(t)L^* \\ &=\frac{(\sigma-1)}{\sigma b}\left[\frac{(\alpha-\beta)E(t)L}{(1-\beta)(n+\theta n^*)}+\frac{(\alpha-\beta^*)\theta E^*(t)L^*}{(1-\beta^*)(\theta n+n^*)}\right] \end{aligned} \tag{31}$$

特許の市場価値 $Q(t)$ が次のように定義される。

$$Q(t)=\int_t^{\infty}\frac{bx(l)}{\sigma-1}\,e^{-r(l-t)}dl \tag{32}$$

ここで， r は資産市場で成立する利子率である。企業の将来時点で稼ぐ利潤の現在価値を算出するとき，この利子率で割り引く。㉛式を時間 t で微分し，ライプニッツのルールより，特許の市場価値の通時的な変動が得られる。

$$rQ(t)=\dot{Q}(t)+\frac{bx(t)}{\sigma-1} \tag{33}$$

㉜式により，資産市場において，特許を買収する時点での機会費用が，この特許で得られた収入と等しいことが分かる。その式が資産市場の均衡を表している。

4.2　グローバルスピールオーバーにおける研究開発と労働市場

製造業部門の企業が研究開発に労働を投入し，特許を生み出す。時点 t では，１種類の新しい合成財を開発するために，$\frac{\lambda}{N(t)}$ 単位の労働力が必要であると設定される。同じ国において，労働者が自由に働く部門を選べるため，研究開発部門での賃金率も１となる。この設定からわかるように，１つの

国で行われた研究開発は，世界各国の企業の数を増やし，すべての企業の将来の研究開発費用を減少させる。さらに，企業の研究開発への自由参入・退出と仮定し，資産市場の均衡において，合成財の研究開発費用はその特許の市場価値と一致しなければならない。すなわち，時点 t では，次の式が成立する。

$$\frac{\lambda}{N(t)}=Q(t) \tag{34}$$

研究開発により引き起こされた合成財の種類，あるいは合成財企業の数の変化率は次のように表される。

$$\frac{\dot{N}(t)}{N(t)}=-\frac{\dot{Q}(t)}{Q(t)} \tag{35}$$

(29)式，(31)式，(33)式，(34)式および(35)式により，資産市場の均衡における合成財企業の数の変化は次のよう求められる。

$$\frac{\dot{N}(t)}{N(t)}=\frac{bx(t)}{(\sigma-1)Q(t)}-r=\left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta}\right)\frac{[E(t)L+\phi E^*(t)L^*]}{\sigma\lambda}-r \tag{36}$$

さらに，労働市場においては，労働者（家計）は企業の研究開発部門，製造業部門あるいは農業部門で働くことを選択できる。均衡において，次の式が成立する。

$$\lambda\frac{\dot{N}(t)}{N(t)}+bx(t)n(t)+bx^*(t)n^*(t)+A(t)L+A^*(t)L^*=L+L^*$$

(11a)式，(12a)式と(31)式を上の式に代入すると，次の式が得られる。

$$\lambda\frac{\dot{N}(t)}{N(t)}+\left[1-\frac{(\alpha-\beta)}{\sigma(1-\beta)}\right]E(t)L+\left[1-\frac{(\alpha-\beta^*)}{\sigma(1-\beta^*)}\right]E^*(t)L^*=L+L^* \tag{37}$$

4.3　均衡分析

家計は効用を最大にするように，時間を通じた消費パターンを決定する。国 1 では，この通時的な効用最大化問題は以下のように表される。

$$\max$$

$$U=\int_0^\infty[\alpha\ln D(t)+(1-\alpha)\ln A(t)-\beta\ln D(t)]e^{-\rho t}dt$$

$$s.t.$$

$$\int_0^\infty E(t)e^{-rt}dt=\int_0^\infty[P_D(t)D(t)+A(t)]e^{-rt}dt$$

オイラー条件を用い，この最大化問題を解き，次の式が得られる。

$$\kappa(t)=(1-\beta)E(t)e^{(r-\rho)t} \tag{38}$$

ここで，$\kappa(t)$ は家計の支出のシャドウプライスを表す。(38)式より，家計の支出変動が次のように求められる。

$$\frac{\dot{E}(t)}{E(t)}=r-\rho \tag{39}$$

ここで，世界全体の総資産はすべての家計の間に均等的に分配されていると仮定する。また，家計の収入は賃金と資産からの利子収入により構成される。同じ国において，労働力の移動が自由であるた

め，すべての部門の賃金が１となる。さらに，家計が期間あたりに所得を使い尽くすので，支出の成長率が家計の所得の成長率と見なされる。(39)式より，家計の所得の成長率は利子率から時間割引率を引く値と一致する。

定常状態において，名目所得が一定であるため，(39)式より，次の関係式が成立する。

$$r=\rho \tag{40}$$

定常状態における名目国民所得の成長率がゼロになる。しかし，研究開発によって，合成財の種類が増加させられるため，家計が同じ支出でより高い効用水準を達成できる。ゆえに，この経済において，合成財の種類の増加率は国民経済の成長率と見なされる。(36)式と(40)式により，国１の国民経済の成長率は次のように表される。

$$g=\frac{\dot{N}(t)}{N(t)}=\left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta}\right)\frac{[E(t)L+\phi E^{*}(t)L^{*}]}{\sigma\lambda}-\rho \tag{41}$$

ここで，ｇは国１の経済の成長率を表している。(37)式と(41)式により，均衡において，ｇは次のように求められる。

$$g=\frac{1}{\lambda\sigma}\left[L+L^{*}-\frac{(1-\alpha)}{(1-\beta)}E(t)L-\frac{(1-\alpha)}{(1-\beta^{*})}E^{*}(t)L^{*}+(1-\sigma)\lambda\rho\right] \tag{42}$$

(42)式により，グローバルスピールオーバーのケースでは，輸送費用が経済成長率に与える影響がまったくないことが分かる。

命題４：ある国における家計の排出強度が上昇すると，この国での合成財に対する需要が低下し続き，世界全体の経済の成長率を低下させる。

命題４の証明：　(41)式により，次の式が得られる。

$$\frac{\partial g}{\partial \beta}=-\frac{(1-\alpha)}{(1-\beta)^{2}}E(t)L<0 \tag{41a}$$

$$\frac{\partial g}{\partial \beta^{*}}=-\frac{(1-\alpha)}{(1-\beta^{*})^{2}}E^{*}(t)L^{*}<0 \tag{41b}$$

(41b)式より，国１の経済成長率が国２の家計の排出強度の上昇に伴って下落する。

4.4　ローカルスピールオーバーのケース

ローカルスピールオーバーのケースでは，国１において，製造業部門の企業が１種類の新しい合成財を開発するために，$\frac{\lambda}{n(t)}$単位の労働力が必要であり，国２において，１単位の合成財の開発が$\frac{\lambda}{n^{*}(t)}$単位の労働力をかかると設定される。１つの国で行われた研究開発は，この国だけの企業の数を増やし，当該国の企業の将来の研究開発費用を減少させる。すなわち，技術開発の効果は国内にのみ波及し，国外に及ばない。特許の市場価値はその特許を使う企業の利潤のみに関わっている。企業の数が多い国において，より低い費用で新しい合成財を開発できる。財市場の均衡において，国１と国２に立地する企業の利潤は同一水準となるので，特許の生産はどちらの国でも同じ市場価値をもっている。

そのため，ローカルスピールオーバーの場合では，企業が多く立地する国でのみ，研究開発を行う。

(3)式と(29)式により，時点 t では，国 2 に立地する企業数は次のように表される。

$$\gamma^*=\frac{[\phi E^*(t)L^*-\theta E(t)L]}{(1-\theta)[E(t)L+\phi E^*(t)L^*]} \tag{42}$$

(29)式と(42)式により，次の式が得られる。

$$\gamma-\gamma^*=\frac{(1+\theta)[E(t)L-\phi E^*(t)L^*]}{(1-\theta)[E(t)L+\phi E^*(t)L^*]}$$

上の式により，国 1 と国 2 における企業の数の格差は両国の総資産の格差によって決定されることが分かる。両国における家計の資産の成長率が同じであるため，両国の企業の数の格差は最初時点での両国の総資産の格差によって決定される。すなわち，次の式が成立する。

$$\gamma-\gamma^*=\frac{(1+\theta)[E_0L-\phi E^*{}_0L^*]}{(1-\theta)[E_0L+\phi E^*{}_0L^*]} \tag{43}$$

ここで，両国に存在する総資産はすべての家計の間に均等的に分配されていると仮定する。資産の両国間の分配比率は人口比率に等しい，$E_0/E_0{}^*=L/L^*$ が成立する。(43)式により，研究開発の立地選択が次のように述べられる。

① $\phi<\frac{E_0L}{E_0^*L^*}$ である時，より多くの企業が国 1 に立地し，国 1 での研究開発費用が低いため，企業が国 1 で研究開発を行う。

② $\phi>\frac{E_0L}{E^*{}_0L^*}$ である時，より多くの企業が国 2 に立地し，国 2 での研究開発費用が低いため，企業が国 2 で研究開発を行う。

上の議論より，次の命題が得られる。

命題 5　研究開発の立地が国際間の資産格差と相対排出係数によって決定される。国の相対排出係数が小さい場合，企業が総資産の多い国で研究開発を行う。国の相対排出係数が大きい場合，企業が排出強度の小さい国で研究開発を行う。

本論文において，国 1 と国 2 における経済変数が対称的であるため，ここで，①のケース，すなわち，$\phi<\frac{E_0L}{E_0^*L^*}$ が成立するケースだけ議論する。

企業の研究開発への自由参入・退出と仮定し，資産市場の均衡において，合成財の研究開発費用はその特許の市場価値と一致しなければならない。研究開発への自由参入条件は次のように表される。

$$\frac{\lambda}{n(t)}=Q(t) \tag{44}$$

この式より，合成財の種類の変化率と特許の市場価値の変化率との関係が次のように求められる。

$$\frac{\dot{n}(t)}{n(t)}=-\frac{\dot{Q}(t)}{Q(t)} \tag{45}$$

(29)式，(31)式，(44)式および(45)式を(33)式に代入し，ローカルスピールオーバーの場合において，合成財企

業の数の変化は次のよう求められる。

$$\frac{\dot{n}(t)}{n(t)}=\frac{bx(t)}{(\sigma-1)Q(t)}-r=\frac{\gamma}{\sigma\lambda}\left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta}\right)[E(t)L+\phi E^*(t)L^*]-r \tag{46}$$

この経済において，合成財の種類の増加率は国民経済の成長率と見なされるため，⑽式と⒂式により，定常状態での国民経済の成長率は次のように求められる。

$$g=\frac{\dot{n}(t)}{n(t)}=\frac{\gamma}{\sigma\lambda}\left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta}\right)[E(t)L+\phi E^*(t)L^*]-\rho \tag{47}$$

⒄式より，次の命題が得られる。

命題 6　ローカルスピールオーバーの場合，研究開発の立地国の企業が多いほど，経済成長率は高くなる。輸送費用の低下に従い，研究開発の立地国における企業の割合が上昇し，経済成長率は高くなる。各国の排出強度の上昇につれ，経済成長率は下落する。

命題 6 の証明：　⒄式より，$\frac{\partial g}{\partial \gamma}>0$ が成立し，国 1 への企業集積が経済成長を促すことが分かる。また，㉙式と㉚式より，$\frac{\partial \gamma}{\partial \theta}>0$ が成立するため，輸送費用の低下によって国 1 への集積が促進され，経済成長率が上昇することが分かる。さらに，⒄式より，$\frac{\partial g}{\partial \beta}<0$；$\frac{\partial g}{\partial \beta^*}<0$ が得られるので，どちらかの国の排出強度が上昇しても，経済成長率が下落することが分かる。

5　おわりに

本稿はMartin and Ottaviano（1999）に提示された内生的経済成長を内包する集積モデルに排出要素を導入し，産業集積によって引き起こされた排出問題が経済成長に与える影響について分析した。さらに，分析の結果として，次のように挙げられる。

(1)　貿易自由度の上昇につれ，企業は家計の排出強度が低いかつ市場規模の大きい国に集中する傾向がある。

(2)　1国の排出強度の上昇に従い，この国に集積する企業が少なくなり，産業分散が発生する。

(3)　低排出な家計と大規模な市場を同時に持っている国が存在しない場合，産業集積の傾向は各国間の市場規模の格差によって決定される。市場規模の格差が大きい場合，排出強度にかかわらず，貿易自由度の上昇に伴い，企業は市場規模の大きい国に集中する。市場規模の格差が小さい場合，貿易自由度の上昇に伴い，企業は排出強度の低い国に集中する。

(4)　グローバルスピールオーバーのケースでは，貿易自由度が経済成長率に与える影響がまったくない。さらに，長期的には，1国の排出強度の上昇が世界全体の経済成長率を低下させる。

(5)　ローカルスピールオーバーのケースでは，研究開発の立地が各国間の総資産の格差と相対排出係数によって決定される。さらに，ローカルスピールオーバーの場合，貿易自由度の上昇に従

い，研究開発の立地国における企業の割合が上昇し，経済成長率は高くなる。長期的には，各国の排出強度の上昇につれ，経済成長率は下落する。

以上のような，本論文で提示された排出要素を含む産業集積モデルは，産業集積が経済成長に与える影響という課題で，新たな視点を提供したであろう。

ただし，本論文では，家計の消費によって引き起こされる排出だけ考慮した。企業の生産に引き起された排出に対する考察がない。今後考慮すべき残された課題としてこれから研究していきたい。また，理論モデルの帰結の有意性を評価するために，実証分析に取り込むことも今後の課題である。

参 考 文 献

[1] Copeland, B.R., Taylor, S.M., (1999), "Trade, spatial separation, and the Environment," *Journal of International Economics*, 47, 137-168.

[2] Dixit, A.K., Stiglitz, J.E., (1977), "Monopolistic competition and optimum product diversity," *American Economic Review*, 67(3), 297-308.

[3] Fujita, M., Krugman, P., Venables, A.J., (1999), *The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade*, MIT Press, Cambridge, MA.

[4] Grossman, G.M., Helpman, E., (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press, Cambridge, MA.

[5] Hohenberg, P., L.H. Lees., (1985), *The Making of Urban Europe*, 1000-1950. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

[6] Krugman, P., (1980), "Scale economies, product differentiation, and the pattern of trade," *American Economic Review*, 70, 950-959.

[7] Krugman, P., (1991a), "Increasing returns and economic geography," *Journal of Political Economy*, 99, 483-499.

[8] Krugman, P., (1991b), *Geography and Trade*, Cambridge, Mass.: MIT Press.

[9] Kuznetz, S., (1966), *Modern Economic Growth: Rate, Structure and Spread*, New Haven: Yale University Press.

[10] Hosoe, M., Naito. T., (2005), "Trans-boundary pollution transmission and regional agglomeration effects," *Papers in Regional Science*, 85, 99-119.

[11] Martin, P., G.I.P. Ottaviano., (1999), "Growing Locations: Industry Location in a Model of Endogenous Growth," *European Economic Review*, 43, 281-302.

[12] Martin, P., G.I.P. Ottaviano., (2001), "Growth and Agglomeration," *International Economic Review*, 42, 947-968.

[13] Samuelson, P., (1954), "The transfer problem and transport costs, II: Analysis of effects of trade impediments," *Economic Journal*, LXIV, 264-289.

[14] Walz, U., (1996), "Transport costs, intermediate goods, and localized Growth," *Regional Science and Urban Economics*, 26, 671-695.

[15] 佐藤泰裕，田渕隆俊，山本和博，(2010)，『空間経済学』有斐閣。