

# 自然独占部門と競争部門が垂直分離された産業 における戦略的投資と接続料金規制

石 井 光

## 要 旨

本論文の目的は、自然独占部門と戦略的投資が行われる競争部門が垂直分離された産業における接続料金規制の厚生効果を分析することにある。財を供給するためには不可欠設備を利用しなければならない。不可欠設備は自然独占性を有するため、競争部門の企業が不可欠設備を利用するときに支払う接続料金は規制されている。競争部門の企業間には費用格差があり、相対的に非効率な企業はこの費用格差を縮小するために戦略的に投資を行う。規制当局は、接続料金規制によって生じた自然独占部門の損失を一括補助金によって補填できる。このような産業では、投資の費用削減効果が小さいとき、不可欠設備の利用に伴う限界費用よりも低い接続料金の下で経済厚生は最大となる。一方、投資の費用削減効果が大きいとき、競争部門に非効率な企業が多いほど、不可欠設備の利用に伴う限界費用よりも高い接続料金の下で経済厚生は最大となる傾向にある。

**キーワード:** 垂直分離；接続料金；戦略的投資

**経済学文献季報分類番号:** 08-11；08-13；09-60

## 1 はじめに

本論文の目的は、自然独占部門と戦略的投資が行われる競争部門が垂直分離された産業における接続料金規制の厚生効果を調べることにある。

東北地方太平洋沖地震以降、我が国では電源構成と電力システム改革の議論が加速した。電源構成に関しては、原子力発電所の事故を受け、現在よりも原子力発電の依存度を低下させ、太陽光・地熱・水力・バイオマスといった再生可能エネルギーの割合を高める方向で議論が進んでいる。再生可能エネルギーは導入や発電のコストが高いため、その導入拡大には国民負担の増大が見込まれている。そのため、再生可能エネルギーの普及と国民負担の抑制を両立するためには、再生可能エネルギーの普及だけでなく技術革新や費用削減を促すことも重要

な政策課題である<sup>1</sup>。一方、電力システム改革では、①電力広域的運営推進機関を設立して地域間の電力融通を円滑にする、②発電部門および小売部門を全面自由化する、③送配電部門を法的に分離し中立性を確保することが決まった。送配電事業は独占のため、発電事業者が送配電網を利用する際に支払う接続料金は規制される。接続料金の設定は、電力供給量だけでなく、再生可能エネルギー事業者の費用削減へのインセンティブにも影響を与えるだろう。

電力産業の送配電部門のように自然独占部門と発電部門や小売部門のように競争的な部門が垂直的に分離されていて、競争的な部門の既存企業が参入企業よりも費用面で優れている産業では、接続料金の引き下げには経済厚生上のトレード・オフが伴う。接続料金の引き下げは、総供給量を拡大させるので経済厚生を増加させる効果を持つ。しかし、その一方で参入企業の費用削減を促すことによって、相対的に生産効率の高い既存企業から低い参入企業への生産配分のシフトが生じるため経済厚生を減少させる効果も持つ。このような産業の経済厚生を最大化する接続料金の設定とは何か。本論文では、この問題について理論的に分析する。

接続料金に関する研究は、これまでも多数存在する<sup>2</sup>。理論的には、不可欠設備の接続料金はその利用に伴う限界費用と等しく設定することが経済厚生観点から最善である<sup>3</sup>。しかし、Laffont and Tirole (1994) は、規制当局が次のような制約に直面するとき限界費用価格形成原理から逸脱した接続料金を設定することが望ましいことを示した。接続料金が限界費用と等しいとき、不可欠設備所有者は固定費用に相当する損失を被ることになる。この損失を規制当局による一括補助金によって補填できなければ、接続料金は限界費用よりも高くして、競争部門の企業が不可欠設備の固定費用を負担する必要がある。また、規制当局と不可欠設備所有者の間に費用に関して情報の非対称性が存在する場合、情報レントを付与するために限界費用価格形成原理から逸脱した接続料金を設定することが望ましい。

<sup>1</sup>我が国の再生可能エネルギーの導入拡大や費用削減などの施策の詳細に関しては、経済産業省（編）『エネルギー白書 2015 年版』の第 3 部第 3 章「再生可能エネルギーの導入促進～中長期的な自立化を目指して～」を参照せよ。

<sup>2</sup>本文で紹介する研究以外にも、効率的中間財価格設定ルール (Efficient Component Pricing Rule) に関しては、Willig (1979), Baumol (1983), Baumol and Sidak (1994a, 1994b), Kahn and Taylor (1994), Tye (1994), Sidak and Spulber (1997) を参照せよ。1990 年代後半に効率的中間財価格設定ルールに代わって脚光を浴びた全要素長期増分費用ルール (Total Element Long Run Incremental Cost) に関しては、Economides and White (1994, 1995), Hausman (1997) を参照せよ。競争部門の企業間に費用格差が存在するときの垂直統合と垂直分離の選択については、Kurakawa (2013) を参照せよ。新たな不可欠設備建設のインセンティブと接続料金の関係については、Gans and Williams (1999), Gans (2001), Valletti (2003), de Rus and Socorro (2014) を参照せよ。費用に基づく規制とプライスキャップ規制の効果の比較については、Schmalensee (1989), Clemenz (1991), Kidokoro (2002), Ishii (2015a, 2015b) を参照せよ。

<sup>3</sup>Willig (1979), Baumol (1983), Baumol and Sidak (1994) は、コンテストابل・マーケットあるいはベルトラン競争における接続料金規制を分析し、効率的中間財価格設定ルールに従うと、最適接続料金は増分費用と機会費用の和にすべきであると提唱した。機会費用を含めた経済学上の費用を考えると、効率的中間財価格設定ルールは限界費用価格形成原理と一致する。

Armstrong et al. (1994) と Vickers (1995) は、クールノー寡占モデルを用いて垂直統合と垂直分離の経済厚生に与える効果を比較し、最適接続料金の水準について次のような結果を明らかにした。規制当局は不可欠設備の固定費用を一括補助金で補填でき、規制当局と不可欠設備所有者の間に情報の非対称性が存在しないとき、最適接続料金が不可欠設備の利用に伴う限界費用よりも低いか高いかは、接続料金の設定が競争部門の企業数に影響を及ぼすかどうかに依存する。競争部門の企業数が固定されている場合、あるいは参入と退出が自由でも需要が単位弾力的な場合、接続料金の設定は競争部門の企業数に影響を与えないので、競争部門のマークアップ率を低下させるために最適接続料金は限界費用よりも低くなる。一方、参入と退出が自由で需要関数が線形で表せる場合、接続料金の設定は競争部門の企業数に影響を及ぼすため、競争部門への参入費用の重複を避けるために最適接続料金は限界費用と同じ水準になる<sup>4</sup>。

本論文の分析は、競争部門の企業間に費用面での非対称性が存在し、ライバル企業よりも費用面で劣る企業が費用削減投資を戦略的に行う点が先行研究と異なる。先行研究では、接続料金の引き下げによる生産効率の悪化は参入費用の重複によって生じている。これに対して、本分析では費用削減投資による相対的に生産効率の高い企業から低い企業への生産配分のシフトによって生じる。また先行研究では、参入と退出が自由な競争部門を仮定して分析している場合が多い。参入と退出が自由な市場分析では、競争部門の企業数が内生的に決定されるため、接続料金規制の長期的な影響を調べることができる。しかし、実際には規模の経済が重要でなくなった部門が自由化されても参入に必要な固定費用の一部は埋没費用となるものがあるだろう。この場合、埋没費用の存在が事業リスクを増大させる。また、埋没費用は退出時に回収不可能なため、市場価格が平均費用を下回り損失が発生しても、その損失が埋没費用よりも小さければ企業は操業を続ける。このような理由により、埋没費用の存在は参入障壁にも退出障壁にもなりうる。このため、競争部門の企業数が固定されている短期と企業数が内生的に決定される長期の両視点から接続料金規制が経済厚生に与える影響を調べる必要がある。本研究では、まず競争部門の企業数が固定されている場合を分析する。

本研究では、自然独占部門と競争部門が垂直的に分離された産業を考える。競争部門では、既存企業 1 社と参入企業  $n$  社が同質財を生産する。参入企業は費用を削減するために戦略的に投資を行うが、投資後も費用面で既存企業よりも劣る。つまり、参入企業は既存企業との費用格差を縮小するために投資を行う。財を供給するためには、不可欠設備を利用しなければならない。この不可欠設備は自然独占性を有しており、競争部門の企業以外の第三者によ

<sup>4</sup>Vickers (1995) は、接続料金の設定が競争部門の企業数に影響を及ぼすとき、規制当局と不可欠設備所有者の間に費用に関して情報の非対称性が存在するならば、最適接続料金は限界費用よりも高くなることを示している。

て所有されている。競争部門の企業が不可欠設備を利用するために支払う接続料金は規制されている。規制当局と企業の行動は三段階ゲームで表現する。第一段階では、規制当局が接続料金の水準を設定する。第二段階では、参入企業が費用削減投資量を戦略的に選択する。第三段階では、既存企業と参入企業がクールノー型の数量競争を行う。もし接続料金規制によって不可欠設備所有者が損失を被ったならば、規制当局はその損失に相当する一括補助金を所有者に付与できるとする。また、規制当局と不可欠設備所有者の間に情報の非対称性は存在しないとする。

本論文では、このようなモデルを用いた分析によって次のような結果が示される。投資の費用削減効果が小さいとき、不可欠設備の利用に伴う限界費用よりも低い接続料金の下で経済厚生は最大となる。しかし、投資の費用削減効果が大きいとき、競争部門に既存企業よりも相対的に非効率な参入企業が多いほど、不可欠設備の利用に伴う限界費用よりも高い接続料金の下で経済厚生は最大となる傾向にある。本分析の結果は、競争部門の企業数が固定されている場合でも、戦略的な費用削減投資が行われるとき、最適接続料金は必ずしも限界費用よりも低くなるとは限らないことを示している。この点は、Armstrong et al. (1994) や Vickers (1995) とは対照的な結果である。

本論文の構成は以下の通りである。第2節でモデルを紹介し、第3節で均衡を特徴づける。第4節では接続料金の厚生効果が分析される。第5節で本論文の結論を述べる。

## 2 モデル

既存企業1社と対称的な参入企業 $n$ 社が競争している産業を考えよう。既存企業と参入企業は同質財を生産する。財1単位を供給するためには、不可欠設備の利用が1回必要である。この不可欠設備は自然独占性を有しており、既存企業や参入企業以外の第三者によって所有されている。すなわち、この産業では競争部門と自然独占部門が垂直的に分離されている。既存企業と参入企業は、不可欠設備を1回利用するごとに $a$ の接続料金を支払う。この接続料金は規制されている。

既存企業は、 $x$  単位の財を生産するために  $c_I x$  の費用を要する。一方、参入企業  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) は、 $y_i$  単位の財を生産するために  $c(k_i) y_i$  の費用を要する。 $c_I$  は既存企業の限界費用、 $c(k_i)$  は参入企業  $i$  が  $k_i$  単位の費用削減投資を行ったときの限界費用を表している。任意の  $k_i \geq 0$  において  $c(k_i) > c_I$  が成り立つと仮定する。すなわち、既存企業は参入企業よりも効率的に生産できる。

**仮定 1**  $c(k_i)$  は 3 階微分可能で、次のような性質を有する: (i)  $c'(k_i) < 0$ ,  $\lim_{k_i \rightarrow 0} c'(k_i) = -\infty$ ,  $\lim_{k_i \rightarrow +\infty} c'(k_i) = 0$ ; (ii)  $c''(k_i) > 0$ ; (iii)  $c'''(k_i) < 0$ .

市場全体の需要は、線形逆需要関数  $P = A - Q$  で表されるとする。ただし、 $P$  は市場価格、 $Q$  は市場全体の需要量、 $A > 0$  である。市場全体の供給量が  $Q = x + \sum_{i=1}^n y_i$  のとき、不可欠設備の利用にかかる総費用は  $C = \theta Q + F$  となる。ただし、 $\theta$  は限界費用、 $F$  は固定費用である。規制当局は  $\theta$ ,  $F$ ,  $Q$  の水準を観察可能であると仮定する。さらに、接続料金規制によって自然独占部門に損失が生じた場合、規制当局はその損失を補償するために一括補助金  $G$  を付与できると仮定する。

既存企業、参入企業  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) および不可欠設備所有者の利潤関数は、それぞれ

$$\Pi = \{P(Q) - c_m - a\}x \quad (1)$$

$$E_i = \{P(Q) - c(k_i) - a\}y_i - k_i \quad (2)$$

$$M = (a - \theta)Q - F + G \quad (3)$$

と表せる。経済厚生はすべての経済主体が獲得した余剰の和として定義される。すなわち、経済厚生は

$$W \equiv CS + \Pi + \sum_{i=1}^n E_i + M - G \quad (4)$$

と表せる。ただし、 $CS$  は消費者余剰であり、

$$CS \equiv \int_0^Q P(v) dv - P(Q)Q \quad (5)$$

によって定義される。

本モデルでは、規制当局と企業の意味決定を 3 段階ゲームで定式化する。第 1 段階では、規制当局が第 2 段階および第 3 段階の企業行動を予測して、経済厚生を最大にするように接続料金  $a$  を決定する。第 2 段階では、接続料金  $a$  を所与として、参入企業  $i$  は利潤を最大にするように費用削減投資量  $k_i$  を選択する。第 3 段階では、既存企業と参入企業が市場でクールノー型の数量競争行う。

### 3 均衡

接続料金の選択が経済厚生に与える効果を分析する前に、本モデルの均衡の特徴を明らかにしよう。本分析では、均衡概念としてサブゲーム完全均衡を用いて、このゲームを逆向き

推論法によって解く．

### 3.1 均衡生産量

第3段階では、既存企業は、接続料金  $a$ 、参入企業の投資量  $\mathbf{k} = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ 、参入企業数  $n$  を所与として、予想した参入企業  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) の生産量  $y_i$  に対して、自社の利潤を最大にするように生産量  $x$  を選択する．参入企業  $i$  も  $a$ 、 $\mathbf{k} = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ 、 $n$  を所与として、予想した既存企業と参入企業  $j$  ( $j \neq i$ ) の生産量  $x$  と  $y_j$  に対して、自社の利潤を最大にするように生産量  $y_i$  を選択する．任意の  $a$ 、 $\mathbf{k} = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ 、 $n$  における既存企業と参入企業  $i$  の均衡生産量は、それぞれ

$$x^*(a, \mathbf{k}, n) = \frac{A - (n+1)c_m + \sum_{i=1}^n c(k_i) - a}{n+2} \quad (6)$$

$$y_i^*(a, \mathbf{k}, n) = \frac{A + c_m - (n+1)c(k_i) + \sum_{j \neq i} c(k_j) - a}{n+2} \quad (7)$$

と表せる．本モデルでは、参入企業は生産することを選択する．すなわち、任意の  $a$ 、 $\mathbf{k} = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ 、 $n$  において  $y_i^*(a, \mathbf{k}, n) > 0$  が成り立つと仮定する．

### 3.2 均衡投資量

第2段階では、参入企業  $i$  は、接続料金  $a$  と参入企業数  $n$  を所与として、予想した他の参入企業の投資量  $\mathbf{k}_{-i} = \{k_j(a, n)\}_{j \neq i}$  に対して、自社の利潤を最大にするように投資量  $k_i$  を選択する．任意の  $a$ 、 $\mathbf{k}_{-i}$ 、 $n$  における参入企業  $i$  の均衡投資量を  $k_i^* = k_i^*(a, \mathbf{k}_{-i}, n)$  で表そう． $k_i^*$  は

$$k_i^* = \arg \max \{P(Q(a, k_i, \mathbf{k}_{-i}, n)) - c(k_i) - a\} y_i(a, k_i, \mathbf{k}_{-i}, n) - k_i$$

によって定義される．

本分析では、対称均衡を考える．すなわち、任意の  $a$  と  $n$  において、参入企業は対称的な投資量  $k = k(a, n)$  と生産量

$$y^*(a, k, n) = \frac{A + c_m - 2c(k) - a}{n+2}$$

を選択する．参入企業  $i$  が選択する最適投資量の 1 階条件は

$$\Phi^*(a, k, n) \equiv -\frac{2(n+1)}{n+2} y^*(a, k, n) c'(k) = 1 \quad (8)$$

となる．(8) の左辺は  $k_i = k$  から投資を追加的に増加させたときの限界収入，右辺はその限界費用を表している．対称的な投資量  $k$  が  $-y^*(a, k, n) c'(k) = 1$  を満たしているとき，生産費用は最小化される．しかし，(8) より，任意の  $n \geq 1$  において  $-y^*(a, k, n) c'(k) < 1$  が成り立つ．これは，生産段階における戦略的な相互作用のため，費用最小化の観点から過大投資による非効率が生じていることを意味する．対称的な均衡投資量を  $k^* = k^*(a, n)$  で表すと， $k^*(a, n)$  は (8) を満たす．

対称性を仮定したときの投資の 2 階条件は

$$\frac{c''(k)}{c'(k)^3} < -2 \left( \frac{n+1}{n+2} \right)^2 \quad (9)$$

となる．したがって，対称的な投資量が 2 階条件を満たすために，次のような仮定をおく．

**仮定 2** 任意の  $k \geq 0$  において， $c''(k)/c'(k)^3 < -2(n+1)^2/(n+2)^2$  が成り立つ．

対称均衡の存在を保証する条件は

$$\begin{aligned} & -\frac{2(n+1)}{n+2} y^*(a, 0, n) c'(0) > 1 \\ & -\frac{2(n+1)}{n+2} \lim_{k \rightarrow +\infty} y^*(a, k, n) c'(k) < 1 \end{aligned}$$

となる．仮定 1 の下では，これらの条件は満たされる．対称性を仮定した場合の均衡への調整プロセスを

$$\dot{k} = \alpha [\Phi^*(a, k, n) - \Phi^*(a, k^*, n)]$$

と仮定しよう．ただし， $\alpha$  は任意の正値である．このとき，均衡解の安定条件は

$$\Phi_k^* = \frac{\partial \Phi^*(a, k^*, n)}{\partial k} = [c'(k^*)]^2 \left\{ \frac{4(n+1)}{(n+2)^2} + \frac{c''(k^*)}{c'(k^*)^3} \right\} < 0$$

である．投資の 2 階条件が満たされているとき， $\Phi_k^* < 0$  も必ず成り立つ．



対称均衡における既存企業と参入企業  $i(i = 1, 2, \dots, n)$  の利潤は、それぞれ

$$\Pi^*(a, k^*, n) = x^*(a, k^*, n)^2 \quad (10)$$

$$E_i^*(a, k^*, n) = y^*(a, k^*, n)^2 \quad (11)$$

と表せる。

### 3.3 均衡接続料金

任意の接続料金  $a$  と参入企業数  $n$  において、各参入企業が対称的な均衡投資量  $k^* = k^*(a, n)$  を選択したときに実現する経済厚生は

$$W^*(a, k^*, n) = \int_0^{Q^*} P(v) dv - \theta Q^* - c_m x^* - n[c(k^*)y^* + k^*] \quad (12)$$

と表せる。ただし、 $k^* = k^*(a, n)$ 、 $Q^* = Q^*(a, k^*(a, n), n)$ 、 $x^* = x^*(a, k^*(a, n), n)$ 、 $y^* = y^*(a, k^*(a, n), n)$  である。第1段階では、規制当局が対称的な均衡投資量  $k^*(a, n)$  および  $k^*(a, n)$  を所与としたときの各企業の均衡生産量  $x^*(a, k^*(a, n), n)$  と  $y^*(a, k^*(a, n), n)$  を予測して、経済厚生を最大にするように接続料金  $a$  を選択する。対称均衡における最適接続料金を  $a^* = a^*(n)$  で表そう。 $a^*(n)$  は

$$\frac{dW^*(a, k^*, n)}{da} = W_k^* \frac{dk^*}{da} + W_a^* = 0 \quad (13)$$

を満たす。ただし、

$$W_k^* = \frac{\partial W^*}{\partial k} = -\frac{n}{2(n+1)} \left( \frac{x^*}{y^*} + n - 2 \right) + \frac{n}{2(n+1)y^*} (a - \theta) \quad (14)$$

$$W_a^* = \frac{\partial W^*}{\partial a} = -\frac{y^*}{n+2} \left( \frac{x^*}{y^*} + n \right) - \frac{n+1}{n+2} (a - \theta) \quad (15)$$

である。最適接続料金  $a^*(n)$  の一意性を保証するために、次のような仮定をおく。仮定3の下では、 $a^*(n)$  の2階条件は満たされる。

**仮定 3** 任意の  $n$  において、 $d^2 W^*(a, k^*, n)/da^2 < 0$  が成り立つ<sup>5</sup>。

<sup>5</sup>  $W_{kk}^* < 0$  かつ  $W_{kk}^* W_{aa}^* - (W_{ka}^*)^2 > 0$  ならば、 $d^2 W^*/da^2 < 0$  が成り立つ。ただし、 $W_{kk}^* = \partial^2 W^*/\partial k^2$ 、 $W_{aa}^* = \partial^2 W^*/\partial a^2$ 、 $W_{ka}^* = \partial^2 W^*/\partial k \partial a$  である。 $W_{aa}^* < 0$  は任意の  $n \geq 1$  において成り立つのに対して、 $W_{kk}^* < 0$  は  $c''(k) > -\frac{(n+2)^2}{2(n+1)} \frac{A-c_m-a}{(a-\theta)[A+c_m-2c(k^*)-a]^2} c'(k)$  が満たされるならば成り立つ。したがって、 $W_{kk}^* < 0$  かつ  $W_{kk}^* W_{aa}^* - (W_{ka}^*)^2 > 0$  が成り立つほど  $c(k)$  が十分に凸ならば  $d^2 W^*/da^2 < 0$  となる。



## 4 分析

本節では、接続料金が経済厚生に与える影響を分析する。接続料金の引き下げは、企業の投資量や生産量の変更を介して経済厚生に影響を及ぼす。このため、まず接続料金と対称的な均衡投資量の関係を明らかにする。対称均衡における参入企業の投資量を接続料金で微分すると

$$\frac{dk^*(a, n)}{da} = -\frac{\Phi_a^*}{\Phi_k^*} = -\frac{2(n+1)c'(k^*)}{(n+2)^2\Phi_k^*} < 0 \quad (16)$$

となる。ただし、 $\Phi_a^* = \partial\Phi^*(a, k^*, n)/\partial a$ 、 $\Phi_k^* = \partial\Phi^*(a, k^*, n)/\partial k < 0$ である。(16)は、接続料金を下げると参入企業の投資量は増加することを示している。

### 4.1 接続料金の厚生効果

接続料金規制によって自然独占部門に損失が生じた場合、規制当局はその損失を一括補助金で補填できるならば、限界費用価格規制は経済厚生を最大化させる接続料金規制の一候補となる。本分析では、まず限界費用価格規制下での接続料金の厚生効果を調べることから始めよう。(13)を $a = \theta$ で評価すると

$$\frac{dW^*(a, k^*, n)}{da}\bigg|_{a=\theta} = \frac{H}{(n+2)^2\Phi_k^*} \quad (17)$$

となる。ただし、

$$H \equiv \frac{(n+2)^2 c'(k^*)}{2(n+1)} \left[ \left\{ \frac{2(n+1)}{n+2} + \varepsilon(k^*) \right\} \frac{x^*}{y^*} + n \left\{ \frac{2n(n+1)}{(n+2)^2} + \varepsilon(k^*) \right\} \right] \quad (18)$$

$$\varepsilon(k^*) \equiv \frac{c''(k^*)}{c'(k^*)^3}$$

である。仮定2より $\Phi_k^* < 0$ となるため、 $H > (=, <) 0$ の場合に限り、 $dW^*/da|_{a=\theta} < (=, >) 0$ となる。よって、接続料金規制によって生じた自然独占部門の損失を一括補助金で補填できるならば、仮定3の下では、 $a^*(n) < (=, >) \theta$ となる。(18)の右辺の角括弧内の第1項の符号は、 $\varepsilon(k^*) \leq -2(n+1)/(n+2)$ ならば非正である。一方、第2項の符号は、仮定2の下では常に負となる。このことから、 $\varepsilon(k^*) \leq -2(n+1)/(n+2)$ ならば、 $H > 0$ となるため、 $a^*(n) < \theta$ となる。

次に、 $\varepsilon(k^*) > -2(n+1)/(n+2)$ の場合を考えよう。このとき、 $H$ の符号は常に正とは

限らない。(18)の右辺を変形すると、

$$H = \frac{(n+2)^2 c'(k^*)}{2(n+1)} \left\{ \frac{2(n+1)}{n+2} + \varepsilon(k^*) \right\} \left( \frac{x^*}{y^*} - \frac{n}{\Omega(k^*, n)} \right) \quad (19)$$

と書き直せる。ただし、

$$\Omega(k^*, n) \equiv \frac{-4}{2n + \frac{(n+2)^2}{n+1} \varepsilon(k^*)} - 1 \quad (20)$$

である。仮定2より、

$$2n + \frac{(n+2)^2}{n+1} \varepsilon(k^*) < -2$$

となるため、 $\Omega(k^*, n) < 1$ が成り立つ。 $\Omega(k^*, n) > 0$ となるための必要十分条件は、(20)より

$$\varepsilon(k^*) > -2 \left( \frac{n+1}{n+2} \right)$$

となる。このことから、 $\varepsilon(k^*) > -2(n+1)/(n+2)$ ならば、 $x^*/y^* - n/\Omega(k^*, n) < 0$ が成立する場合に限り  $H > 0$ となる。これまでの分析から、最適接続料金に関して、次のような命題が得られる。

**命題 1** 規制当局は接続料金規制によって生じた自然独占部門の損失を一括補助金によって補填できるとき、(i)  $\varepsilon(k^*) \leq -2(n+1)/(n+2)$ ならば、 $a^*(n) < \theta$ となる、(ii)  $\varepsilon(k^*) > -2(n+1)/(n+2)$ ならば、 $x^*/y^* - n/\Omega(k^*, n) > (=, <) 0$ が成り立つ場合に限り、 $a^*(n) > (=, <) \theta$ となる。

命題1は、自然独占部門への一括補助金の付与が可能ならば、最適接続料金は不可欠設備の利用に伴う限界費用よりも高い場合も低い場合もありうることを示している。この理由の直感を説明しよう。

規制当局が  $a = \theta$  における均衡で接続料金を限界的に引き下げると、経済厚生に対して次の2つの効果をもたらす。第1の効果は、**総生産量拡大効果**である。接続料金の引き下げは、既存企業と参入企業の生産費用をともに低下させるため、各企業の生産量を増加させる。この結果、不完全競争による過少生産の非効率性が緩和される。この効果は、

$$W_a^*|_{a=\theta} = -\frac{Q^*}{n+2} < 0$$

に表れている。特に、 $W_a^*|_{a=\theta}$ が総生産量  $Q^*$ のみに依存している点に注意すべきである。つまり、接続料金引き下げの総生産量拡大効果は、既存企業と参入企業の生産量が総生産量に

占める割合に関係なく、経済厚生を改善する効果である。Armstrong et al. (1994) と Vickers (1995) は、競争部門の戦略的な投資行動を考慮に入れて分析していないため、総生産量拡大効果しか考えていない。このため、彼らの研究では、接続料金が競争部門の企業数に影響を及ぼさない場合、最適な接続料金は限界費用よりも低くなることが示された。

接続料金引き下げの第2の効果は、投資拡大による**生産配分効果**である。 $a = \theta$ における均衡での投資の追加的な増加が経済厚生に与える影響は、

$$W_k^*|_{a=\theta} = -\frac{n}{2(n+1)} \left( \frac{x^*}{y^*} + n - 2 \right)$$

に表れている。 $W_k^*|_{a=\theta}$ の符号は、 $x^*/y^*$ と $n-2$ の値に依存している。 $x^*/y^*$ の上昇も $n$ の増加も $W_k^*|_{a=\theta}$ の絶対値を大きくするため、投資拡大によって経済厚生が減少しやすくなる。これは次のように解釈できる。

$x^*/y^*$ の値に依存した部分は、既存企業と参入企業間の生産配分をもたらす非効率を表している。本分析モデルでは、任意の $k_i \geq 0$ において $c(k_i) > c_m$ が成り立つため、他の状態を所与とすれば参入企業よりも既存企業に多く生産させることが社会的に望ましい。しかし、投資の増大は参入企業の生産費用を低下させるため、既存企業から参入企業への生産配分のシフトをもたらす。 $x^*/y^*$ の値が高いほど、既存企業と参入企業の費用格差が大きいことを意味するので、投資増大による生産配分のシフトは経済厚生を減少させる。

一方、 $n-2$ の値に依存した部分は、参入企業の戦略的誘因によって生じる過剰投資をもたらす非効率を表している。まず投資の増大は総生産量を増大させるため、接続料金引き下げの総生産量拡大効果と同様、過少生産による非効率を緩和する効果を持っている。これは、

$$\frac{\partial Q^*}{\partial k} = -\frac{n}{n+2} c'(k) > 0$$

に表れている。その一方で、参入企業は自社の生産拡大を図るために戦略的に費用削減投資を行うため、(8)より、生産費用最小化の観点からみれば投資は過大となる。したがって、 $a = \theta$ における均衡での投資の追加的な増加が経済厚生を改善するかどうかは、過少生産と過大投資の程度に依存する。 $n-2$ に依存していることから、投資増大は、 $n=1$ ならば経済厚生を増加させるが、 $n>2$ ならば減少させることを意味する。

任意の $k_i \geq 0$ において $c(k_i) > c_m$ の仮定より、つねに $x^*/y^* > 1$ が成り立つことから、 $a = \theta$ における限界的な接続料金の引き下げは、生産配分効果によって経済厚生を減少させる。

総生産量拡大効果と生産配分効果を総合した結果、 $a = \theta$ における均衡で接続料金を限界的に引き下げると経済厚生が減少（増加）するならば、仮定3より、最適接続料金は $a^*(n) > (<)$

$\theta$  となる．命題 1 は，接続料金の引き下げが経済厚生を増加させるかどうかは投資の費用削減効果の大きさと既存企業と参入企業の生産比率に依存することを示している．仮定 1 より， $\varepsilon(k) = c''(k)/c'(k)^3$  の絶対値が大きいほど，投資の費用削減効果が小さいことを意味する．もし  $\varepsilon(k^*) \leq -2(n+1)/(n+2)$  が成り立つほど投資の費用削減効果が小さければ，投資拡大による既存企業から参入企業への生産配分のシフトは小さいので，総生産量拡大効果が生産配分効果を支配する．このとき，最適接続料金は参入企業数を問わず  $a^*(n) < \theta$  となる．しかし， $\varepsilon(k^*) > -2(n+1)/(n+2)$  のとき， $x^*/y^* < n/\Omega$  が成り立つほど既存企業の参入企業に対する生産比率が低ければ，最適接続料金は  $a^*(n) < \theta$  となるが，逆に  $x^*/y^* > n/\Omega$  が成り立つほど既存企業の参入企業に対する生産比率が高ければ，最適接続料金は  $a^*(n) > \theta$  となる．

## 4.2 企業数と生産比率の関係

命題 1 より， $\varepsilon(k^*) > -2(n+1)/(n+2)$  が成り立つほど投資の費用削減効果が大きいとき，接続料金の設定に既存企業と参入企業の生産比率が重要な役割を果たすことが分かった．既存企業と参入企業の生産比率は，投資の費用削減効果の大きさだけでなく，参入企業数にも依存する．このため，既存企業と参入企業の生産比率と参入企業数の関係を調べれば，最適接続料金と参入企業数の関係を明らかにすることができるだろう．もし  $\varepsilon(k^*) > -2(n+1)/(n+2)$  の場合に  $d(x^*/y^*|_{a=\theta})/dn > 0$  および  $d(n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta})/dn < 0$  が成り立つならば， $n > (=, <)$   $\bar{n}$  ならば最適接続料金は  $a^*(n) > (=, <) \theta$  となるような参入企業数の閾値  $\bar{n}$  が存在することが言える．

まず， $a = \theta$  のときの均衡における既存企業の参入企業に対する生産比率  $x^*/y^*|_{a=\theta}$  と参入企業数  $n$  の関係を調べよう．

$$\frac{x^*}{y^*}|_{a=\theta} = \frac{A - c_m - \theta + n[c(k^*) - c_m]}{A + c_m - 2c(k^*) - \theta}$$

を  $n$  で微分すると

$$\frac{d}{dn} \left( \frac{x^*}{y^*}|_{a=\theta} \right) = \frac{\partial}{\partial n} \left( \frac{x^*}{y^*}|_{a=\theta} \right) + \frac{\partial}{\partial k} \left( \frac{x^*}{y^*}|_{a=\theta} \right) \frac{dk^*}{dn}$$

となる． $x^*/y^*|_{a=\theta}$  を  $n$  で偏微分すると

$$\frac{\partial}{\partial n} \left( \frac{x^*}{y^*}|_{a=\theta} \right) = \frac{c(k^*) - c_m}{A + c_m - 2c(k^*) - \theta} > 0 \quad (21)$$

となり、 $x^*/y^*|_{a=\theta}$  を  $k$  で偏微分すると

$$\frac{\partial}{\partial k} \left( \frac{x^*}{y^*} \Big|_{a=\theta} \right) = \frac{(n+2)(A - c_m - \theta) c'(k^*)}{[A + c_m - 2c(k^*) - \theta]^2} < 0 \quad (22)$$

となる．最適投資量の 1 階条件である (8) の左辺を  $n$  で偏微分すると

$$\Phi_n^* = \frac{\partial \Phi^*(a, k^*, n)}{\partial n} = \frac{2ny^* c'(k^*)}{(n+2)^2} < 0$$

となるので、 $\Phi_k^* < 0$  を用いると

$$\frac{dk^*}{dn} = -\frac{\Phi_n^*}{\Phi_k^*} = -\frac{2ny^* c'(k^*)}{(n+2)^2 \Phi_k^*} < 0 \quad (23)$$

が得られる．したがって、(21)-(23) より、 $d(x^*/y^*|_{a=\theta})/dn > 0$  が成り立つ．

次に、 $n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta}$  と  $n$  の関係を調べよう． $n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta}$  を  $n$  で微分すると

$$\frac{d}{dn} \left( \frac{n}{\Omega(k^*, n)} \Big|_{a=\theta} \right) = \frac{\partial}{\partial n} \left( \frac{n}{\Omega(k^*, n)} \Big|_{a=\theta} \right) + \frac{\partial}{\partial k} \left( \frac{n}{\Omega(k^*, n)} \Big|_{a=\theta} \right) \frac{dk^*}{dn}$$

となる． $n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta}$  を  $n$  で偏微分すると

$$\frac{\partial}{\partial n} \left( \frac{n}{\Omega(k^*, n)} \Big|_{a=\theta} \right) = \frac{\Omega(k^*, n) - n\Omega_n(k^*, n)}{\Omega(k^*, n)^2} \quad (24)$$

となる．ただし、

$$\Omega_n(k^*, n) = \frac{\partial \Omega}{\partial n} = -\frac{2 + \frac{n(n+2)}{(n+1)^2} \varepsilon(k^*)}{2n + \frac{(n+2)^2}{n+1} \varepsilon(k^*)} \{ \Omega(k^*, n) + 1 \}$$

なので、(24) の右辺は分子は

$$\Omega(k^*, n) - n\Omega_n(k^*, n) = \frac{\left[ 4n + \frac{(n+2)(2n^2+3n+2)}{(n+1)^2} \varepsilon(k^*) \right] \Omega + 2n + \frac{n^2(n+2)}{(n+1)^2} \varepsilon(k^*)}{2n + \frac{(n+2)^2}{n+1} \varepsilon(k^*)} \quad (25)$$

と書き直せる．ここで、 $\lambda \equiv 2n + \frac{(n+2)^2}{n+1} \varepsilon(k^*) < 0$  とおくと、(25) の右辺の分子は

$$-\frac{1}{\lambda} \left[ \frac{(n+2)^4}{(n+1)^2} \left\{ \varepsilon(k^*) + \frac{2(n^3+5n^2+5n+2)}{(n+2)^3} \right\}^2 + \frac{4(2n^4+10n^3+7n^2-4n-4)}{(n+1)^2(n+2)^2} \right] \quad (26)$$

と書き直せる．(26) の角括弧の中の第 2 項の符号は，任意の  $n \geq 1$  において正なので， $\Omega(k^*, n) - n\Omega_n(k^*, n) < 0$  となる．したがって，任意の  $n \geq 1$  において， $\partial(n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta})/\partial n < 0$  が成り立つ．

次に， $n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta}$  を  $k$  で偏微分すると

$$\frac{\partial}{\partial k} \left( \frac{n}{\Omega(k^*, n)} \Big|_{a=\theta} \right) = \frac{-n\Omega_k(k^*, n)}{\Omega(k^*, n)^2}$$

となる．ただし，

$$\Omega_k(k^*, n) = \frac{\partial \Omega}{\partial k} = \frac{4(n+2)^2 [c'(k^*)c'''(k^*) - 3c''(k^*)^2]}{(n+1)c'(k^*)^4 \lambda^2}$$

である．したがって， $c'(k^*)c'''(k^*) - 3c''(k^*)^2 < 0$  が満たされるならば， $\partial(n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta})/\partial k > 0$  および  $\partial(n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta})/\partial n < 0$  となるため， $d(n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta})/dn < 0$  が成り立つ．

最後に， $n = 1$  における  $x^*/y^* - n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta}$  の符号を調べよう．もし  $x^*/y^*|_{a=\theta}$  が  $n$  の増加関数および  $n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta}$  が  $n$  の減少関数であり，かつ  $n = 1$  において  $x^*/y^* - n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta} > 0$  が成り立つならば，任意の  $n \geq 1$  における最適接続料金は  $a^*(n) > \theta$  となる． $n = 1$  において  $x^*/y^* - n/\Omega(k^*, n)|_{a=\theta} > 0$  となる条件は，

$$-\frac{4}{3}\Psi(\theta, k^*) < \varepsilon(k^*) < -\frac{8}{9} \quad (27)$$

である．ただし，

$$\Psi(\theta, k^*) \equiv \frac{4A - 5c_m + c(k^*) - 4\theta}{3\{2A - c_m - c(k^*) - 2\theta\}}$$

であり， $y^*(a, k, n) > 0$  の仮定の下では  $\Psi(\theta, k^*) > 0$  となる．(27) を満たす  $\varepsilon(k^*)$  は， $-(4/3)\Psi(\theta, k^*) > -4/3$  より，本分析対象である  $\varepsilon(k^*) > -2(n+1)/(n+2)$  の範囲内にあり，かつ最適投資量の 2 階条件  $\varepsilon(k^*) < -2(n+1)^2/(n+2)^2$  を満たしている．

上記の分析結果をまとめると，最適接続料金と参入企業数の関係について，次のような命題が得られる．

**命題 2**  $\varepsilon(k^*) > -2(n+1)/(n+2)$  が成り立つとき， $c'(k^*)c'''(k^*) - 3c''(k^*)^2 < 0$  ならば， $n > (=, <) \bar{n}$  において  $a^* > (=, <) \theta$  となるような参入企業数の閾値  $\bar{n} \geq 1$  が存在する．

参入企業の増加は各参入企業の生産量を減少させるため，参入企業の戦略的な投資インセンティブを弱め，均衡投資量を減少させる．その結果，既存企業に比べて参入企業の費用条件が悪化するため，相対的に既存企業の実産量が増加する．したがって，参入企業が増加するにつれて，

既存企業の参入企業に対する生産比率  $x^*/y^*$  は上昇する．一方， $c'(k^*)c'''(k^*) - 3c''(k^*)^2 < 0$  が満たされるならば，参入企業が増えるにつれて  $n/\Omega(k^*, n)$  は低下する． $n/\Omega(k^*, n)$  が  $n$  の減少関数となるための条件  $c'(k^*)c'''(k^*) - 3c''(k^*)^2 < 0$  は，費用関数  $c(k)$  の3階の微分係数  $c'''(k^*)$  の絶対値が十分に小さければ成立しやすい．このような条件の下では， $n > (=, <)$   $\bar{n}$  において  $a^* > (=, <) \theta$  となるような参入企業数の閾値  $\bar{n}$  が存在する．

ただし，参入企業数の閾値  $\bar{n}$  は必ずしも  $\bar{n} > 1$  になるとは限らないことに注意しなければならない． $\varepsilon(k^*)$  が (27) の範囲内にあるとき， $n = 1$  のときに  $x^*/y^* - n/\Omega|_{a=\theta} > 0$  が成り立つ．このとき，参入企業数の閾値は  $\bar{n} = 1$  となる．これは，既存企業の参入企業に対する生産比率  $x^*/y^*$  が，参入企業数だけでなく投資の費用削減効果の大きさにも依存するためである．参入企業が少ないほど，参入企業の投資インセンティブは強い．このため，(27) を満たすほど投資の費用削減効果が大きければ，参入企業が1社であっても，接続料金を  $a = \theta$  から限界的に引き下げると，既存企業から参入企業への生産配分のシフトは大きい．この接続料金の引き下げは総生産量を拡大させるが，生産効率の高い既存企業の参入企業に対する生産比率を低下させるため，結果として経済厚生を減少させる．このような場合の最適接続料金は  $a^* > \theta$  となる．

## 5 結論

本論文では，自然独占部門と競争部門が垂直分離された産業における接続料金規制の厚生効果を分析した．競争部門の企業が不可欠設備を利用するときに支払う接続料金の引き下げは，市場が不完全競争ならば財の総供給量を拡大させるため，過少生産による非効率を改善する．その一方で，接続料金の引き下げが，非効率な企業の費用削減投資へのインセンティブを強めるならば，投資拡大によって生産効率の高い企業から低い企業への生産配分のシフトが起こる．もし非効率な企業が投資を行っても効率的な企業との費用格差を解消するまでには至らなければ，効率的な企業から非効率な企業への生産配分のシフトは経済厚生を減少させる．このような接続料金引き下げの経済厚生上のトレード・オフを考慮すると，どのような接続料金の下で経済厚生は最大となるのだろうか．本論文では，この問題に対して理論的に分析を行い，次のような結果を得た．規制当局は接続料金規制によって生じた自然独占部門の損失を一括補助金で補填できるならば，投資の費用削減効果が小さいときは，不可欠設備の利用に伴う限界費用よりも低い接続料金の下で経済厚生は最大となることが明らかになった．一方，投資の費用削減効果が大きいときは，競争部門に非効率な企業が多いほど，不可欠設備の利用に伴う限界費用よりも高い接続料金の下で経済厚生は最大となる傾向にある



ことが明らかになった。

本分析で用いたモデルは実際の公益事業の産業構造や規制方法の多くの特徴を抽象化しているが、分析結果は次のような政策的含意を持つ。競争部門の参入企業の生産効率が既存企業よりも低い場合、競争促進により価格の低下やサービスの拡充を実現するためには、総生産量の拡大だけでなく、参入企業の費用削減や生産設備の性能を向上させる技術開発支援などといった既存企業との費用格差を縮小あるいは解消させる政策も有効であろう。本分析により、不可欠設備を利用するときに支払う接続料金の引き下げは、総生産量を拡大し費用削減投資を促進させる効果があることが分かった。しかし、もし参入企業の投資拡大によって既存企業との費用格差の縮小があまり期待できないならば、参入企業を増やすことに重きを置いた接続料金の設定が有益であろう。このような場合、本分析結果より、規制当局は自然独占部門に一括補助金を付与可能ならば、経済厚生観点から望ましい接続料金は不可欠設備の利用に伴う限界費用よりも低くなることが示唆される。一方、投資拡大によって既存企業との費用格差は縮小するものの完全には解消できなければ、既存企業の参入企業に対する生産比率が大幅に低下しないように接続料金を設定することが肝要であろう。接続料金を引き下げたとき、費用削減投資拡大による既存企業から参入企業への生産配分のシフトが大きいと、総生産量が拡大しても経済厚生が減少する可能性があるからである。このような場合、本分析結果より、経済厚生観点から望ましい接続料金は不可欠設備の利用に伴う限界費用よりも高くなることが示唆される。

接続料金の引き下げの長期の影響を調べるために、競争部門の参入と退出が自由な場合の分析も必要となる。また、実際には規制当局が自然独占部門に一括補助金を付与できない場合も考えられるため、一括補助金の付与が不可能な場合の分析も必要であろう。これらの問題は、今後検討すべき研究課題である。

## 参考文献

- Armstrong, C. M., Cowan, S.G., and Vickers, J.S., 1994. *Regulatory reform: economic analysis and British experience*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Baumol, W. J., 1983. Some subtle issues in railroad regulation. *International Journal of Transport Economics* 10, 341-355.
- Baumol, W. J. and J. G., Sidak, 1994a. *Toward Competition in Local Telephony*. Cambridge, MA.: MIT Press.
- Baumol, W. J. and J. G., Sidak, 1994b. The pricing of inputs sold to competitors. *Yale Journal on Regulation* 11, 171-202.

- Clemenz, G., 1991. Optimal price-cap regulation. *Journal of Industrial Economics* **39**, 391-408.
- de Rus, G. and M. P., Socorro, 2014. Access pricing, infrastructure investment and intermodal competition. *Transportation Research Part E* **70**, 374-387.
- Economides, N. and L. J., White, 1994. Networks and compatibility: implications for antitrust. *European Economic Review* **38**, 651-662.
- Economides, N. and L. J., White, 1995. Access and interconnection pricing: how efficient is the efficient component pricing rule? *Antitrust Bulletin* **40**, 557-579.
- Gans, J. S., 2001. Regulating private infrastructure investment: optimal pricing for access to essential facilities. *Journal of Regulatory Economics* **20**, 167-189.
- Gans, J. S. and P. L. Williams, 1999. Access regulation and the timing of infrastructure investment. *Economic Record* **75**, 127-137.
- Hausman, J. A., 1997. Valuing the effect of regulation on new services in telecommunications. *Brookings Papers on Economic Activity, Microeconomics*, 1-38.
- Ishii, A., 2015a. Access price regulation and strategic infrastructure investment. *Economic Review of Kansai University* **65**, no.1, 89-111.
- Ishii, A., 2015b. Access price regulation and strategic infrastructure investment under free entry. *Economic Review of Kansai University* **65**, no.1, 113-133.
- Kahn, A. E. and W. E., Taylor, 1994. The pricing of inputs sold to competitors: a comment. *Yale Journal on Regulation* **11**, 225-240.
- Kidokoro, Y., 2002. The effect of regulatory reform on quality. *Journal of the Japanese and International Economics* **16**, 135-146.
- Kurakawa, Y., 2013. The optimal vertical structure in the electricity industry when the incumbent has a cost advantage. *Energy Policy* **63**, 622-627.
- Laffont, J.-J. and J. Tirole, 1994. Access pricing and competition. *European Economic Review* **38**, 1673-1710.
- Schmalensee, R., 1989. Good regulatory regimes. *RAND Journal of Economics* **20**, 417-436.
- Sidak, J. G. and D. F., Spulber, 1997. *Deregulatory Takings and the Regulatory Contract: the Competitive Transformation of Network Industries in the United States*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tye, W. B., 1994. The pricing of inputs sold to competitors: a response. *Yale Journal on Regulation* **11**, 203-224.
- Valletti, T. M., 2003. The theory of access pricing and its linkage with investment incentives. *Telecommunications Policy* **27**, 659-675.
- Vickers, J., 1995. Competition and regulation in vertically related markets. *Review of Economic Studies* **62**, 1-17.
- Willing, R. D., 1979. The theory of network access pricing. In H. M. Trebing (ed.), *Issues in Public Utility Regulation*, East Lansing, MI.: Michigan State University.
- 経済産業省（編），2015．『エネルギー白書 2015 年版』経済産業調査会．