




# 博士學位論文審査要旨

学位申請者氏名	井上 正澄		
論文題目	エネルギー資源と経済		
審査委員（職名・氏名・印）			
主査	教授	井上 智夫	
審査委員	教授	大野 正智	
	教授	平尾由紀子	
論文審査結果（合 否）	合 格		
論文審査の要旨	<p>2017年度、博士後期課程学位修得申請者である井上正澄氏から提出された博士學位論文に対して、上記審査委員が博士論文審査を実施した。提出された論文の要旨ならびに審査結果は下記の通りである。</p> <h3>1 本論文の課題と構成</h3> <p>天然資源、特にエネルギー資源の価格や供給制約が経済活動に大きな影響を与えることは自明であり、過去にもマルサス、ジェヴォンズ、ローマクラブなど資源制約を経済分析に取り込んだ研究は複数存在する。しかし資源、特にエネルギーの供給は従来の経済学では外生的・固定的に扱われ、内生的には組み込まれていなかった。他方で資源科学者による資源量・品位分布・採算性などの推定値は固定的で「木を見て森を見ない」傾向があり、常に上方修正を余儀なくされてきた。これは、資源は物理的な存在ではなく、人間の生活や産業等の諸活動に利用可能な経済的存在であるため、何が資源と認識されるかはその時代や社会によって異なることが背景にある。したがって、資源は「可塑性」、つまり低品位および代替資源への遷移（井上ほか, 2015）を示し、その量は需要や価格に応じて増減する。すなわち、経済は資源に、資源は経済に、制約されている。本研究はこうした問題意識から、エネルギー資源の代表である石油生産量と原油価格の決定機構に焦点を当てつつ石油と経済の係わり合いについて分析している。</p> <p>本論文は全7章から構成されているが、全体として一つの流れの中で論じている。各章および節は、基本的にそれに先立つ章・節の結論を踏まえ議論しているが、それぞれがある程度独立した論文となっている。本論文全体の章立ては次の通りである。</p>		

論文審査の要旨（続）

はじめに

- 第1章 エネルギーによる経済計測の意義
  - 第2章 企業と産油国の行動分析
  - 第3章 エネルギー資源の質と量
  - 第4章 経済とエネルギーの相互作用
  - 第5章 石油の消費と価格の内生的動学分析
  - 第6章 資源の遷移
  - 第7章 まとめと今後の課題
- 参考文献

## 2 各章の概要及び各章の結論に認められる学術上の貢献

以下では本論文の各章の要旨を紹介し、各章の分析や結論が有する意義と新たな貢献、評価できる点を述べる。

### 第1章 エネルギーによる経済計測の意義

第1章ではまず世界及び米国の歴史的データに基づき、経済活動がどの程度エネルギーに依存し、またエネルギー資源がどのように経済に規定されているかを概観している。次に GDP に代表される市場貨幣価値にもとづく経済活動の計測の特徴と問題点、続いてエネルギー消費量にもとづいて経済活動を計測することの可能性と利点を整理。客観性の観点から GDP よりも優れている点を示し、また全地球システムのなかでエネルギー資源と経済の関係を把握することの重要性を論じている。

本章は本論文の序章的位置付けであり、以下の章でエネルギー資源の供給について検討することの重要性を多角的に論じている。

### 第2章 企業と産油国の行動分析

第2章では枯渇性資源の企業および産油国にとっての最適生産経路をミクロ経済学的手法に基づいて分析する。第1節では、解析力学の手法を応用したモデルを用いて Hotelling (1931) 以来の先行研究の検証を実施。同モデルから原油価格の上昇経路および石油生産量の減退経路に関する多くの知見が得られることを示しつつ、他方で埋蔵量または資源量が当初から既知であり企業（または産油国）はこの範囲内で各時点の生産量を自由に選択できるという仮定が非現実的なためそのまゝの形では現実に適用できない点を指摘している。

そこで第2節では排出エネルギーに起因する現実の油田の生産減退パターンに基づいて、企業（または産油国）の利益を最大化する生産経路を検討。第1節と第2節の結果を総合し、個々の油田の生産量は価格に影響を与えないと仮定すると、企業は所与の生産井数において油田の排出エネルギーの範囲で最大限の生産を行うことが最適経路であること、また最適な開発規模（生産井数）は当該油田の規模（埋蔵量）に依存することを解明している。

さらに第3節では産油国レベルの行動を考察。当該国の生産量削減は価格上昇を伴って当該国の

利益最大化に作用する一方で、価格上昇は他国の産油量をも変化させる。この種の相互作用下での最適生産をゲーム理論にもとづいて分析したところ、特定の期間を除き、各産油国・企業は各時点の埋蔵量に応じて最大限の生産を行うことが最適行動であることを解明した。この結果を受けて第4節ではピークオイル理論の Hubbert 曲線の導出と、ピーク以降の生産実績が常に Hubbert 曲線を上回る点を考慮した「修正 Hubbert 曲線」を導出している。以上の諸点を理論面・実証面から明らかにしたことが、本章の貢献として評価されることである。

### 第3章 エネルギー資源の質と量

エネルギー資源、特に石油の質と量に関する従来の研究は、地質学的・地球科学的観点からミクロレベルの分析を積み上げて行われてきた。しかしこれらの研究は個々の鉱床や地域の特性を解明することには成功したが度々「想定外」が発生し、資源量の推定は上方修正を余儀なくされてきた。

そこで第3章では、石油の資源量や規模分布を分析した Miller (1992) (賦存量) および Arps and Roberts (1958) (油田規模分布) らの古典的先行研究を発展させ、著者独自のモデルや手法を開発して資源(石油)の賦存量(地下に存在する全量)・資源量(最終的に利用される総量)・埋蔵量(既発見で商業性可能な量)の評価を行っている。

第3節では油田の規模分布と発見量を推定。石油の資源量の推定に必須な「究極油田規模分布」がべき乗分布で近似可能なことを示し、これを用いて世界(米国を除く)の過去の累計生産量を含む技術的に回収可能な総量である「究極資源量」を評価している。著者による新たな手法を用いた推計であり学術的貢献が評価できる。

### 第4章 経済とエネルギーの相互作用

第3章までの分析により経済はエネルギーの生産量に規定され、エネルギー生産量は埋蔵量追加に依存し、埋蔵量追加は結局経済に規定される、という相互のフィードバック・ループの存在が明らかになった。これを受けて第4章ではこれらの要因間の計量経済学的検討を行っている。

第1節ではまず、企業の最適生産量は各油田の排出能力水準であるとする第2章の分析にもとづき、全世界の埋蔵量百万バレル以上の油田の発見年のデータから、1900年から2016年までの期間について全世界の石油生産能力と余剰生産能力を推定。90年代半ばからシェール資源の影響が生じる前の2014年にかけて余剰生産能力と実質原油価格とのあいだに安定的な関係を見出している。

続く第2節では石油生産量(供給)、鉱工業生産(需要)、原油価格の3内生変数に余剰生産能力を外生変数として加えたベクトル自己回帰モデルを2003年までの世界規模で集計したデータをもちいて推計し、2004年～2011年の価格動向を時系列解析の手法で分析した。その結果、余剰生産能力を含むモデルでは現実の原油価格の上昇トレンドが再現され、長周期的な変動は生産制約に大きく依存する可能性が示唆された。

第3章までの緻密な分析にもとづき余剰生産能力を推定したこと、およびこれを用いた実証分析は本章における著しい貢献として評価されることである。

### 第5章 石油の消費と価格の内生的動学分析

従来の伝統的諸研究では、経済成長を資本・労働・消費の相互作用で説明し、周期的な景気変動や急激な価格変化の原因は外生的なショックなどに求めることが多かった。第5章ではエネルギー

資源の「可塑的制約」（枯渇制約はあるが価格上昇により量の拡大が可能）を導入。エネルギー消費で経済活動を代表させ、資源量の「可塑性」と探鉱・発見・開発・生産におけるタイムラグを考慮して、全世界の「経済」の挙動を内生的・動学的に記載する微分方程式系を構築、各パラメータ値を考察・選択し、内生的・動学的再現を試みている。

微分方程式系は解析的に解くことが困難なため、離散化後に数値的解析を実行。その際、微分方程式系の挙動の特徴を把握するため多くのパラメータを単純化・規格化して固定し、資源の枯渇に関連したパラメータについては感度分析を行っている。この分析を通じて景気やエネルギー価格を含む物価変動は、外生的なショックなどを導入しなくとも、エネルギー循環とその量の可塑的制約だけで、かなりの部分が内生的に説明できる可能性を示唆したことは学術的貢献として評価できるところである。

## 第6章 資源の遷移

第5章まではエネルギーのなかでも石油と経済の関わり合いを検討し、資源供給の可塑的・粘性的な規制により経済の周期的変動の多くが内生的に説明できることを解明した。しかし近年の米国で急速に拡大しているシェール資源の影響は十分に検討できていない。そこで第1節ではシェール資源を概観し、第2節では前章までの議論を多資源系に拡張し、シェールを念頭に置きながら、資源間の競合やシフトを検討している。その結果、米国シェールガスの究極規模分布のフラクタル次元は、全世界の究極油田規模分布よりかなり高いことが推定され、その前提に基づいたシミュレーションからは過去のエネルギー資源の遷移に類似した履歴パターンが再現されている。

新資源のシェールについてはデータ面の制約から極めて単純化したモデルでの分析になっているが、前章までの分析手法が新たな資源が持つインプリケーションの分析においても適応可能であることが示されている点は学術的貢献として評価できるところである。

## 3 総括的評価

本論文における各章の概要及び各章の学術上の貢献部分は以上に紹介した通りである。本節では、この論文の全体的な構成面からみた評価点を整理する。

第1章では、エネルギー消費は経済活動により増減するが、逆に経済を助長・規制する面もあり、両者は一体となって成長して来たことを概観した。第2章では、企業や産油国の利潤最大化の観点から検討し、エネルギーの代表である石油の生産量（＝消費量）は、その時点の埋蔵量に規定されることを解明した。第3章では、石油の賦存量・資源量・埋蔵量につき検討し、石油埋蔵量の追加は経済、わけても原油価格に依存していることを示した。第4章では、資源と経済のフィードバック、すなわち原油価格および生産量が埋蔵量の制約下でどのように決定されるかと、それがどのように探鉱量（ひいては、発見量、埋蔵量、生産能力）に影響するのかを検討した。第5章では、前章までに構築した供給行動の分析に需要側を加え、すべてが内生的に決定され、それが時間と共に変化していく動学モデルを構築した。ここまでが本論文の主要な分析である。

さらに第6章では今日的課題としてシェールを取り上げ、第5章までの分析の適応可能性と今後の展望を論じている。また、まとめと今後の課題を論じた第7章では、環境問題や人口の影響も考慮する必要に触れる一方で、本モデルの環境問題への拡張可能性や自然回復能力の評価など地球環境問題においても有効である可能性を論じている。

以上の総括を通じて、適切な研究課題の設定(審査基準(1)①)、十分な先行研究の概観(審査基準(1)②)が確認された。また上述のように各章の分析には独創性並びに新規性(審査基準(2)①)、研究手法の適切性(審査基準(2)②)及び学術的貢献(審査基準(2)③)が認められ、さらにはシェール資源や環境問題への応用と言った今後の研究の方向及び課題も提示されている(審査基準(1)③)。なお章立て、構成、論旨、主張は一貫している(審査基準(3)①～⑤)。よって審査委員一同は、本論文の著者が成蹊大学学位規則第3条第3項により、成蹊大学博士(経済学)の学位を受けるのに値するものと判断する。