

# 博士論文 概要書

産油国の原油供給メカニズムに関する研究  
- OPEC 各国生産行動の実証分析とノーブルユースの理論的分析 -

Mechanism of Crude Oil Supply

-Empirical Analysis of Production Behavior of OPEC Countries  
and Theoretical Analysis of Noble Use -

早稲田大学大学院社会科学研究所

早稲田大学社会科学研究所  
政策科学論専攻 環境経済学研究

有井哲夫  
ARII Tetsuo

## 1. 本論文の概要

### 1-1 本論文の問題意識と目的

気候変動問題の主要起源である化石燃料について、その供給メカニズムや生産国の資源戦略を知ることは、実効性のある気候変動政策を進める上で必要不可欠である。しかし、政策研究者や経済学者の関心は、消費国の対応、特にカーボンプライシングなど需要抑制政策に集中しており、供給側の対応や実態は看過されてきた。そこで本研究では、主要な化石燃料である原油を対象として、供給側の市場構造・行動を明らかにし、また、産油国が近年推進している原油から化学製品を生産して付加価値を上げる政策が、今後の原油生産にどのような影響を与えるかを分析する。

### 1-2 本研究の構成・分析方法

本論文は以下のように構成されている。第1章では、本研究の背景と研究目的を述べる。

第2章では、世界の原油生産の概要と近年の動向を概説し、関連する先行研究をサーベイする。それらを通じて研究課題を抽出した。そのなかで本研究が取り組む研究課題は次の2つである。第1に、未だ統一的な見解が得られていないOPEC（石油輸出国機構）の市場構造・行動を明らかにすること、第2に、近年の産油国の資源戦略が将来の原油生産に及ぼす影響を明らかにすることである。

第3章は、第1の研究課題であるOPECの構造・行動を分析する。方法は計量分析である。既存研究の課題を指摘し、それらを改善した計量モデルを構築し分析する。

第4章は、第2の研究課題を分析する。第3章の分析から、OPECの行動はサウジアラビアの行動によって代表されることが示唆された。そこでサウジアラビアを念頭に、その石油戦略である原油からの化学製品の製造を織り込んだ動学的資源最適利用モデルを構築し分析する。同理論モデルから予想される今後の原油生産経路を明らかにし、それが気候変動問題に与える含意を論じる。

第5章では本研究を要約するとともに今後の研究課題を展望する。

### 1-3 本研究の結果

#### (1) 産油国の動向と先行研究のサーベイ（第2章）

原油市場はOPECをdominant、それ以外の国々をfringeとしていることがコンセンサスとなっているが、OPEC内部の構造、各国の国別の行動については統一的な実証結果が得られていないことを指摘し、その理由が、生産枠の分析方法、データ期間の不足、価格以外の説明変数不足、構造・戦略変化等にあることを明らかにした。また、産油国は石油依存経済からの脱却のため、原油から化学製品を生産する政策を推進しているが、こうした政策が原油生産戦略にどのように影響するかについては、研究がされていないことを指摘した。

#### (2) 実証分析（第3章）

OPEC各国の1986-2008年の月別パネルデータを用いて上記課題を考慮した計量モデルを作成し、回帰分析を行った。その結果、サウジアラビアのみが市場条件に対応して自国生産枠および生産量を決定し、かつ、OPEC全体の行動と整合的であるのに対し、他OPEC各国の

行動は必ずしも OPEC 全体の行動と整合的ではなく、また統一的でないことを明らかにした。さらに、OPEC の戦略で区分した market share 期と swing producer 期に関しても、サウジアラビアが単独で OPEC 全体の戦略変化に大きな影響力を持っていることを実証的に明らかにした。原油の市場構造は、OPEC を leader、それ以外の国を follower とするものと見なされており、この結果は、サウジアラビアの行動が原油供給に与える影響の大きさを確認するものである。

### (3) 理論分析 (第4章)

第3章の結果を踏まえ、OPEC を主導するサウジアラビアがどのような長期的に原油生産行動をとるかを考察した。同国の戦略は、原油からの石油製品の付加価値向上であり、従来の石油の燃料用途に加えて、化学製品を製造する化学産業の育成を志向している（ノーブルユース）。同国の上記戦略を、燃料利用とノーブルユースの2市場に対する独占者の非再生可能資源利用問題として定式化し、1市場（燃料利用）モデルとその最適生産経路を比較した。その結果、2市場モデルがより多くの原油を生産しより早く原油を枯渇させ、したがって気候変動問題を激化させる可能性があることを明らかにした。その十分条件は、経済的に供給可能な最大需要量（製品価格から費用を差し引いたマージン（レント）がゼロとなる価格で生じる需要量）が、化学製品の方が燃料よりも大きい場合である。

### (4) 本研究の含意と貢献

先行研究では OPEC 各国別行動に関して、統一的な見解は得られていなかったが、本研究は生産枠と生産量の両方を分析することにより、OPEC の原油生産行動を主導しているのはサウジアラビアであることを実証的に明らかにした。このことは、需要側である消費国が気候変動政策を設計する際に、サウジアラビアの原油戦略を考慮することが重要であることを示唆している。サウジアラビアは現在、原油を原料とした化学産業育成を政策として推進しているが、本研究は理論モデル分析により、化学産業育成が原油生産量を増加させる可能性があること、そして、その可能性が、マージンを需要曲線の傾きで除した値、すなわちマージンがゼロの場合の最大需要量に関する、化学製品と燃料の相対的な大きさによることを明らかにした。その政策含意のひとつは、消費国のカーボンプライシング政策に関するものである。すなわち、そうした政策が化学製品と燃料のマージンの相対的關係を変化させ、産油国の原油生産を促進する可能性がある。

## 2. 本論文の構成

### 第1章 本研究の背景と研究目的

#### 1-1 背景と研究目的

#### 1-2 構成と内容

### 第2章 原油市場の構造と先行研究

#### 2-1 気候変動政策と原油供給

#### 2-2 原油市場の現状

#### 2-3 原油の市場構造と原油供給メカニズムに関する先行研究

#### 2-4 原油供給メカニズムに関する研究課題

- 2-5 小括
- 第3章 OPEC 原油生産枠と産油国生産行動の実証分析
  - 3-1 OPEC 原油生産枠と各国生産量
  - 3-2 実証分析モデルに関する先行研究
  - 3-3 実証分析モデル
  - 3-4 実証分析の結果
  - 3-5 小括
- 第4章 ノーブルユースと原油生産および炭素排出の理論分析
  - 4-1 動学的最適経路と燃料・化学製品生産
  - 4-2 理論モデル
  - 4-3 化学製品生産が原油生産に及ぼす影響
  - 4-4 燃料および化学製品の生産による炭素排出の削減
  - 4-5 小括
- 第5章 本研究の成果と今後の課題
  - 5-1 研究課題の抽出
  - 5-2 実証研究の成果
  - 5-3 理論研究の成果
  - 5-4 今後の課題

### 3. 各章の内容

#### 3-1 第1章 本研究の背景と研究目的

原油は温室効果ガスである二酸化炭素の主要発生源であるが、その生産量は近年継続して増加している。同時に主要産油国経済は原油輸出に依存しており、今後も原油増産を計画中である。気候変動政策は石油等の化石燃料の需要抑制を中心に論じられ実施されているが、その実効性を高めるためには、産油国の原油生産量決定のメカニズムを理解し、また産油国の資源戦略を知ることが重要である。そこで本研究では、主要な化石燃料である原油を対象として、供給側の市場構造・行動を明らかにし、また、産油国が近年推進している原油から化学製品を生産して付加価値を上げる政策が、今後の原油生産にどのような影響を与えるかを分析する。

#### 3-2 第2章 原油市場の構造と先行研究

原油市場の構造と OPEC を中心とする産油国の行動特性に関する先行研究に焦点をあて、先行研究を原油市場の構造、構造変化、設備投資の観点から整理したうえで、以下の研究課題を抽出した。

##### (1) OPEC 各国の行動特性

先行研究においては、原油市場における OPEC の dominant player としてのリーダーシップは実証され、OPEC 以外の産油国が price taker として行動していることもまた実証されている。一方で、OPEC 内におけるサウジアラビアとその他 OPEC 産油国の関係については、

未だ統一的な見解が得られていない。その理由として、データ期間が短いこと、説明変数が少ないこと、構造変化を考慮しないこと等の計量分析上の問題がある。さらに、先行研究では考慮されていないが、次の2点はOPEC各国の行動を考える上で重要な分析視点となると考えられる。第1に、各国の生産枠決定と生産量決定の関係、第2に、サウジアラビアは market share 戦略と swing producer 戦略と異なる戦略をとってきたが、このサウジアラビアの戦略変化に対する各国の対応である。

#### (2) ノーブルユース（化学製品製造）と気候変動政策

産油国の原油生産に関する戦略を明らかにすることはもう一つの重要な研究課題である。現在、サウジアラビアは石油依存経済からの脱却のため産業多角化を推進しており、特に原油から化学製品の製造による付加価値向上を進めている。化学製品の製造が、原油生産戦略にどのような影響を与えるかは、気候変動政策の観点でも重要な研究課題である。さらに、サウジアラビア政府はCO2排出削減による net-zero の2060年までの達成を宣言しており、こうしたサウジアラビアの政策がどのように原油生産量決定に影響するかについては、これまで先行研究は行われていない。

### 3-3 第3章 OPEC 原油生産枠と産油国生産行動の実証分析

OPEC 各国の調整による生産枠決定と各産油国独自の生産量決定の2段階のプロセスに着目し、生産枠、生産量を被説明変数とし、原油価格に加えて、在庫、実質利子率の市場条件を説明変数として実証分析を行った。OPEC 加盟国の国別生産枠が公表されている1986-2008年のパネルデータの分析を行った。在庫と生産枠に共和分関係があることが示唆されたため、誤差修正モデルで分析を行い、両変数間に長期的均衡関係があることを確認した。

OPEC 全体の総生産枠は、市場条件である在庫、価格等と統計的に有意に相関しており、市場条件を反映して決定されていることがわかる。ところが、国別生産枠は各国統一的には市場条件と対応して決定されていない。また、国別生産枠の調整はOPEC全体枠の調整とは異なる論理で行われていること、ただし、この中で、サウジアラビアの生産枠だけはOPEC全体の生産枠と整合的であることを明らかにした。

生産量に関しても、サウジアラビア以外のOPEC産油国の生産量は市場条件と統一的な行動特性は観察されないのに対し、サウジアラビアだけはその生産量は、在庫、価格等の市場条件と統計的に有意な相関を示している。

さらに、OPECの戦略で時期区分した market share 期と swing producer 期に関しても、サウジアラビアのみがOPEC全体の戦略変化と整合していることが統計的に示された。

以上、結論として、サウジアラビアのみが市場条件に対応して自国生産枠および生産量を決定し、かつ、OPEC全体の行動と整合的であるのに対し、他OPEC各国の行動は必ずしもOPEC全体の行動と整合的ではなく、また統一的でないことが明らかになった。

### 3-4 第4章 ノーブルユースと原油生産および炭素排出の理論分析

本章では、サウジアラビアの原油生産戦略を明らかにするため、近年の重点政策である、原油からのノーブルユースとしての化学製品生産を理論的に分析した。石油生産者による最

適石油生産経路を、単一の石油用途（燃料利用）のみの場合と複数の場合（燃料及び化学製品）について導出し比較を行い、以下の結果を得た。

（１）２用途生産モデルにおいて、原油の初期資源量の大きさにより、燃料および化学製品の２用途生産を行う期間と化学製品のみを生産する期間が存在することを示した。すなわち初期資源量が十分に大きい場合は２用途向けの石油生産が行われる。生産によって資源量が少なくなると、化学製品生産向けのみになる。この境界の初期資源量を分岐資源量と呼ぶ。したがって、単一用途生産モデルと２用途生産モデルの比較分析は、初期資源量が分岐資源量より小さい場合と大きい場合に分けられる。

（２）初期資源量が分岐資源量以下のケースでは、マージンを需要曲線の傾きで除した値（マージンがゼロの場合の最大需要量に相当）に関して、化学製品の値が燃料の値よりも大きい場合、そしてその場合にのみ、２用途生産モデル（ここでは化学製品用途のみの生産が行われている）の方が１用途生産モデル（燃料製品用途のみ）よりも各時点の生産量は多くなり、その結果、原油資源はより早くに枯渇する。このことは、化学製品が高収益で付加価値が高い場合、燃料生産から化学製品に生産をシフトすると、原油の枯渇が早くなり炭素排出が早まることを示唆している。

（３）初期資源量が分岐資源量よりも大きいケースでは次の結果が得られた。

第１に、２用途生産モデルで石油資源量が分岐資源量になる時点（２用途生産から化学製品用途のみの１用途生産に切り替わる時点）において、１用途生産モデルの資源量は枯渇していない。つまり、２用途生産モデルの方が燃料用途の石油生産はより早く終了する。

第２に、マージンを需要曲線の傾きで除した値（マージンがゼロの場合の最大需要量に相当）に関して、化学製品の値が燃料の値よりも大きい場合、２用途生産モデル（化学製品用途のみ）の方が１用途生産モデル（燃料製品用途のみ）よりも各時点の生産量は多くなり、その結果、原油資源はより早くに枯渇する。したがって、化学製品製造は、各時点の原油増産により、炭素排出量を増加させる可能性がある。気候変動問題の観点からは、この結果は化学製品を増産する場合は炭素循環等の炭素排出削減政策の推進を平行して進めることが重要であることを示唆している。また、燃料の排ガスの炭素固定、プラスチックに関する炭素循環等の費用が、燃料、化学製品のマージン減少を通じて、上記条件に影響を及ぼすことに留意する必要がある。

本章の分析を通して、産油国による原油の付加価値向上政策、すなわち、化学製品製造増産（ノーブルユース）は、上記の条件のもとでは、原油の増産を通してGHG排出を増加させること、また、燃料のマージンに加えて化学製品のマージンが長期的な原油生産の最適経路およびGHG排出に大きな影響を与えることが示された。したがって、カーボンプライシング政策の導入においては、産油国の原油の長期的生産経路への影響を考慮し、燃料市場だけでなく、化学製品の市場条件を考慮した統合的な研究がより重要となる。

### 3-5 第5章 研究の成果と今後の研究課題

本章では、本研究の成果をまとめた上で今後の研究課題について論じた。

#### （１）実証研究（市場構造の解明）の成果

第3章では OPEC 産油国各国の行動特性を分析するため、生産枠決定と生産量決定の2段階のモデルを構築し、価格以外に新たに在庫、実質利子率等の市場条件を考慮して計量分析を行った。その結果、生産枠決定に関して、OPEC 全体としては各種市場条件に対応して総生産枠を決定しているのに対し、OPEC 各国の生産行動は統一的ではないことを明らかにした。サウジアラビアのみが、幅広い市場条件の変化に応じて、自国の生産枠および生産量を決定しており、また、その特性は、OPEC 総生産枠の決定と整合的であることを明らかにした。このことから、サウジアラビアが、自国の生産枠、生産量だけでなく、OPEC 全体の生産枠決定および生産量に影響を与えていることが示された。これらの結果から、サウジアラビアは単独に OPEC の生産枠、生産量を決定するリーダーとして行動していると見なすことができる。

以上のように本研究は、OPEC が協調して利益を最大化する典型的なカルテルではなく、また、サウジアラビアが単独で OPEC の生産枠決定、生産量決定に主導的役割を果たしていることを実証した。サウジアラビア以外の OPEC 各国は、OPEC 生産枠で合意していても、独自の生産行動を行っている。

以上の結果が示唆するのは、石油供給メカニズムにおいてサウジアラビアの原油生産政策が重要な役割を果たすということである。このことは、気候変動政策における GHG 削減を促進する観点からも重要な政策含意をもつ。より具体的には、現在サウジアラビアが進めている多角化政策が、石油生産と炭素排出にどのような影響をもたらすかが重要な研究課題となる。

## (2) 理論研究の成果

実証分析の結果から、近年のサウジアラビアの主要政策を考慮することが、今後の石油生産とそれによる炭素排出の考察する上で重要であることが示唆された。化学製品増産は、石油依存経済からの脱却、産業の多角化を掲げたサウジアラビア政府の主要施策である。先行研究では原油から燃料と化学製品製造の2用途を分析した研究はないことから、本論文第4章において理論モデルを構築し分析を行った。本研究では生産者の生産経路について動的最適モデルを用い、単純化のため、モデルは独占生産者を仮定した。本理論研究の主要な結果は、「マージンを需要曲線の傾きで除した値、すなわち、マージンがゼロの場合の最大需要量に関して、化学製品のそれが燃料のそれよりも大きい場合、化学製品単独ケースの方が燃料単独ケースよりも各時点での石油生産量は多くなり、その結果原油資源はより早く枯渇する」である。この結果は、気候変動政策に対して次のような含意を持っている。産油国においては、ノーブルユース政策、すなわち、化学製品製造による原油の付加価値向上政策は、各年の GHG 排出を増加させる可能性があり、それを避けるためには炭素循環等他の削減政策との推進と合わせて実施する必要がある。一方、需要抑制政策として石油消費に対して課せられている炭素税等のカーボンプライシング政策は、燃料用途の石油生産のマージンを減少させる等により、化学製品用途の石油生産に増産をもたらす、結果として石油生産全体を増加させる可能性がある。したがって、カーボンプライシング政策等の導入には、燃料市場だけでなく化学製品の市場条件を考慮した政策を実施する必要がある。

### (3) 今後の研究課題

第2章の先行研究のサーベイにおいて抽出された研究課題のうち、本研究では取り扱わなかった課題として、原油生産設備への投資に関する分析とシェールオイルの市場構造への影響の2つがある。また、第3章の実証研究（市場構造の分析）に関しては、各国別生産枠開示の制約のため利用できなかった2008年以降のデータを用いた分析が今後の課題である。第4章の理論研究に関しては、原油開発費用、代替エネルギー費用等の費用経路、原油生産等の技術進歩を考慮したモデルの精緻化が必要と考える。