

近年の原油価格の変動要因について

構造 VAR による試算

調査統計局 笛木琢治、金融市場局 川本卓司*

Bank of Japan Review

2009年5月

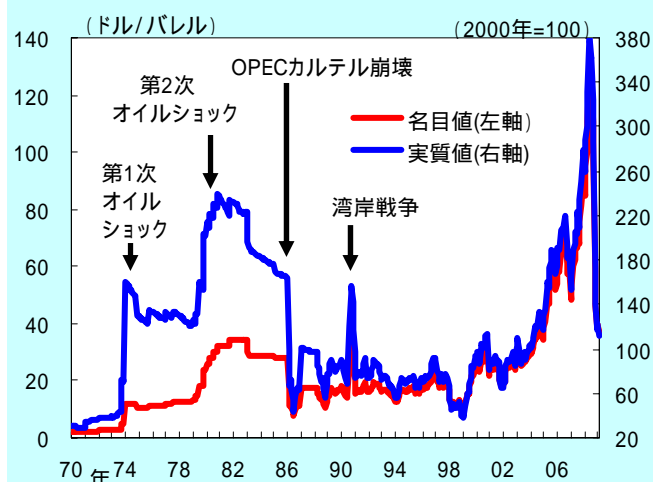
原油価格は、2002年初の20ドル/バレル程度から、2008年夏ごろにかけて140ドル/バレル超まで上昇した後、急落に転じ、2008年12月には30ドル/バレル台まで下落した。本稿では、こうした原油価格の急激な変動の背景について、時系列分析の手法を用いて、需要要因（世界景気変動の影響）、供給要因（天災等による短期的な原油生産変動の影響）、需給以外の要因（地政学リスク等を受けた予備的需要の高まり、投機資金の流入などの影響）の3つに、定量的に分解することを試みた。分析結果をみると、2002年以降の原油価格の変動は、2008年の局面などにおいては「需給以外の要因」、投機資金の動向などが変動を増幅する面はあったが、大部分は「需要要因」、新興国を中心とした世界景気の変動とこれに伴う原油需要の増減によって説明可能であることが示される。

1. はじめに

原油価格の長期的な推移をみると（図表1）¹、1970年代から90年代までの上昇局面における特徴として、ひとたび上昇を始めるとそのテンポは急激であり、かつ、上昇の持続する期間が比較的短い、といった傾向がみられた。すなわち、1990年代までに原油価格が顕著に上昇した局面としては、第4次中東戦争後の第1次オイルショック時（1973年）、イラン革命、イラン・イラク戦争後の第2次オイルショック時（1979年）、湾岸戦争時（1990年）の3回が挙げられるが、いずれの局面も、戦争等地政学的イベントの発生をきっかけとしていたため、原油価格は鋭角的かつ短期的な上昇を示した²。これに対し、2002年以降の上昇局面では、速いペースでの原油価格の上昇が、かなりの長期間にわたって続いたという点で、それ以前と大きく異なる。すなわち、原油価格は、2002年から2008年夏ごろにかけて、平均すれば年率25%程度のペースで、2006年後半の一時的な下落を除き、ほぼ一貫して上昇基調をたどった。もっとも、2008年7月に1バレル140ドル台と既往最高値を更新した後は、1985年のOPECカルテル（価格支配構造）崩壊時を上回るスピー

ドで、急落に転じた。この間、一般物価（米国CPI）の上昇も勘案した実質ベースの原油価格をみても、2007年10月に第2次オイルショック時に付けた既往最高値を越え、その後も上昇を続けたが、2008年7月をピークに急反落した。本稿の目的は、こうした2002年頃からの原油価格の持続的な上昇と、その後の急落の背景について、過去の変動局面との違いに留意しつつ考察することにある。

【図表1】国際原油価格（アラビアン・ライト価格）



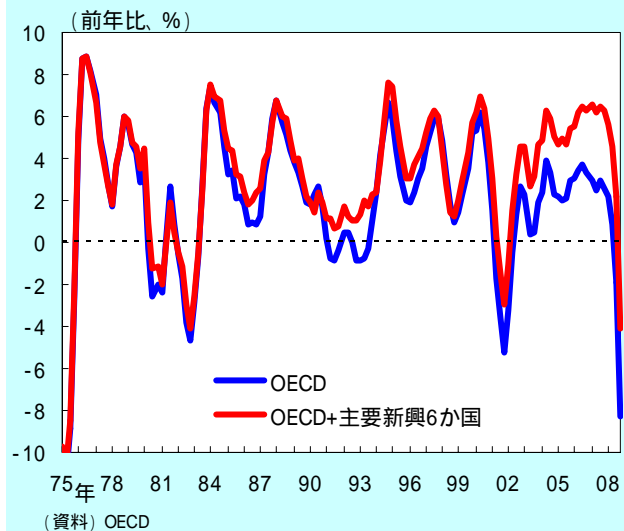
（資料）資源エネルギー庁、Bureau of Labor Statisticsなど
（注）実質原油価格は、名目原油価格（アラビアン・ライト原油価格）を米国CPI（総平均）でデフレートしたものである。

以下では、2節において、近年、世界景気の変動と原油価格の間で相関が強まっている点を指摘したうえで、その背景として幾つかの要因を指摘する。続く3節では、構造VARという時系列分析手法を用いて、原油価格の変動要因について、需要要因(世界景気変動の影響)、供給要因(天災等による短期的な原油生産変動の影響)、需給以外の要因(地政学的リスク等を受けた予備的需要の高まりや、投機資金の流入などの影響)の3つに定量的に分解することを試みる。最後の4節では、結論を簡単に纏めるとともに、若干のインプリケーションを述べる。

2. 2002年以降の原油価格変動の背景

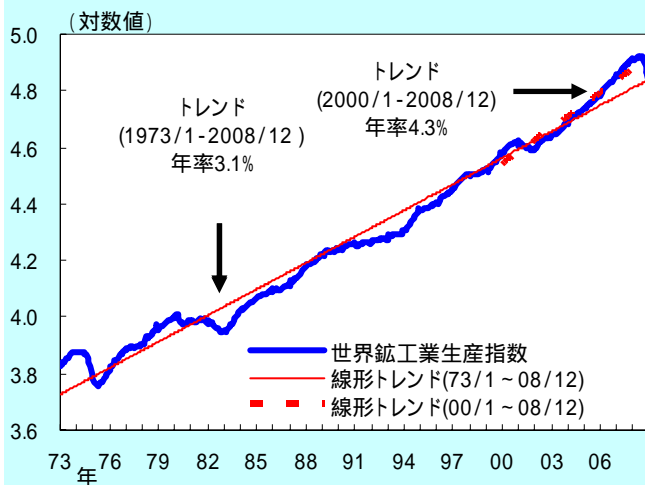
2002年から08年半ばまで、中国・インドをはじめとする新興国の力強い景気拡大等を背景に、世界経済は早いペースでの成長を続けた。OECDが作成する世界の鉱工業生産をみると(図表2)、1973年から2000年頃までは、平均して概ね年率3%の成長ペースであったが、それ以降2008年にかけての成長率は、年率4%台まで加速した。その内訳をみると(図表3)、近年の高成長は、OECD加盟の先進国ではなく、主として新興国の成長によって牽引されていたことがわかる。もっとも、2008年秋以降は、リーマン・ショックを契機として、国際金融資本市場の動揺が深刻化する中、先進国のみならず新興国の景気も大幅に悪化し、鉱工業生産も大幅に減少した。

【図表3】世界鉱工業生産の成長率



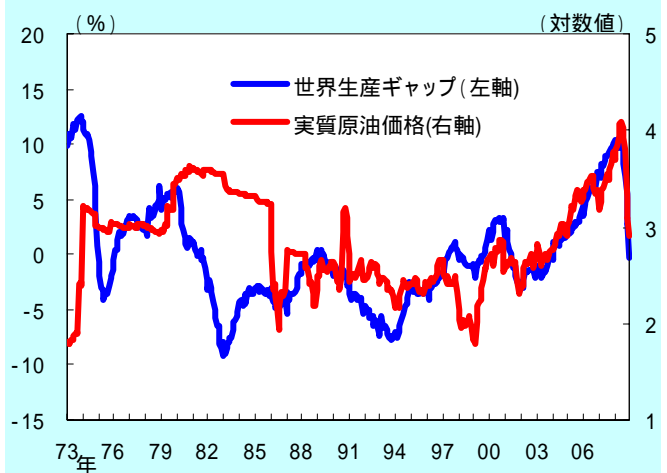
こうした近年の世界景気の振幅と原油価格の変動は、密接に関係している。すなわち、世界の鉱工業生産のタイムトレンドからの乖離(以下、世界生産ギャップ)と、実質原油価格の関係をみると(図表4)、2000年頃までは両者の間に明確な関係は見られないが、近年は正の相関が急速に強まっている。実際、世界生産ギャップと実質原油価格の相関係数を5年(60か月)間のローリングで計算してみると(図表5)、2000年以前にはマイナスとなる時期も見られるものの、2000年代に入ると大きく上昇し、ここ数年は0.9程度で推移していることがわかる。

【図表2】世界鉱工業生産指数

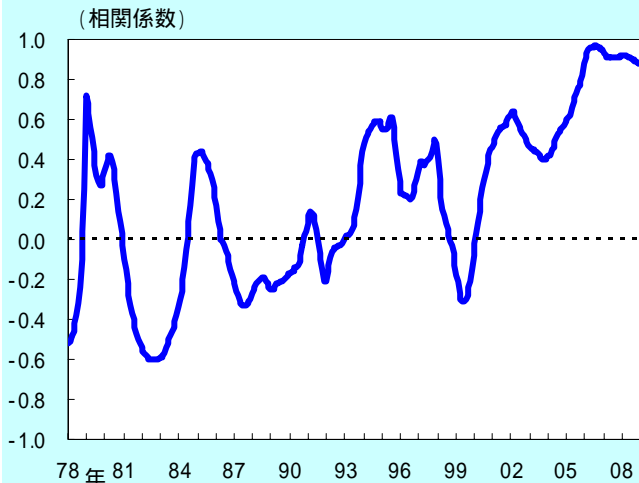


(注) 世界鉱工業生産指数は、OECD加盟国に加え、主要新興6か国(インド、インドネシア、中国、ブラジル、南アフリカ、ロシア)の鉱工業生産指数を各国の名目GDP(PPPベース)でウェイト付けして算出(図表3も同様)。

【図表4】世界生産ギャップと実質原油価格



【図表5】世界生産ギャップと
実質原油価格の相関係数

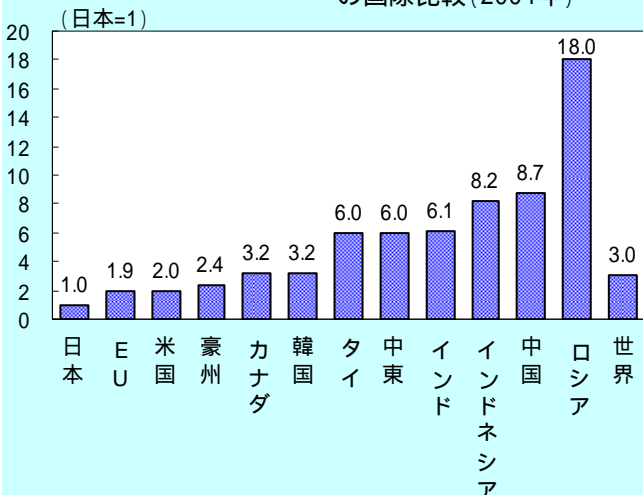


(資料) OECD, Bureau of Labor Statisticsなど
(注) 後方5年(60か月)ローリングで計算。

このように、2000年代入り後、世界景気の変動と原油価格の間で相関が高まった背景には、以下の3つの事情が影響していると考えられる。

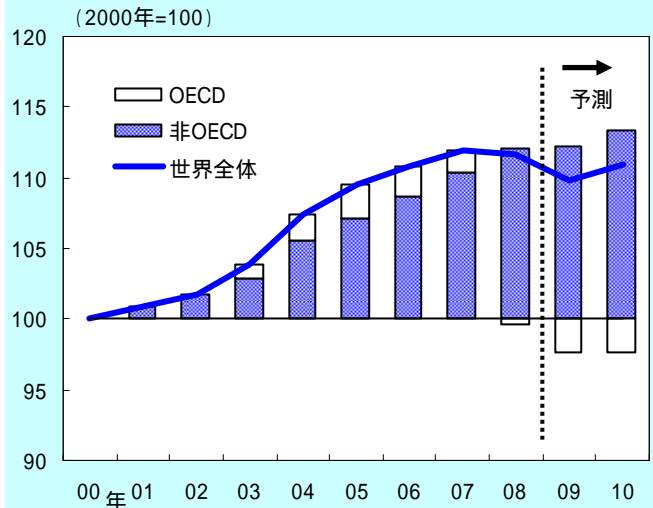
第1に、世界の景気変動における新興国のプレゼンスが、近年、急速に高まった点である。新興国経済は、先進国に比べて原燃料効率が低い—GDPを1単位生産するのに必要とする原油量が多い—ため(図表6)、その景気変動は、原油需要のアップダウンにつながりやすい。換言すれば、世界経済の成長率が1%高まったとすると、それが新興国中心の成長であった場合には、先進国中心の場合に比べて、原油需要の伸びは大きくなる。実際、世界の原油消費量を先進国と新興国に分けてみると、2000年以降の伸びのほとんどは、新興国によって牽引されていたことが分かる(図表7)。

【図表6】GDP当たりの1次エネルギー必要量の
国際比較(2004年)



(資料) 資源エネルギー庁
(注) 1次エネルギー供給(原油換算トン)/実質GDPを日本=1として換算。「エネルギー白書(2007年版)」より抜粋。

【図表7】原油消費量:先進国と新興国



(資料) 米国エネルギー省
(注) 予測は、2009年3月時点。

第2に、近年の原油価格の上昇は、1970年代と異なり、非産油国の深刻な景気減退につながらなかった点が挙げられる。すなわち、原油価格の上昇それ自体は、消費国から産油国への「所得移転」を伴うため、他の条件を一定とすれば、消費国の景気に対し負の影響を与える。もっとも、2002年以降の世界的な景気拡大局面では、成長の牽引役である新興国は、この間の原油価格上昇に起因する実質所得の減少を、産油国向けの輸出拡大によって相殺することが出来たため、世界全体でみて、原油価格の上昇と景気拡大が両立する拡大均衡の姿となった。この点を、OPECからみた相手国・地域別の輸出入動向で確認すると(図表8)、2002年~07年の間、OPECのエマージング諸国全体に対する輸出と輸入は、ともに1,800億ドル程度増加しており、この間のエマージング諸国の対OPEC貿易収支はネットで悪化していない。また、中国やインドについては、OPEC諸国からの輸出増加額は輸入増加額を下回っており、原油価格の上昇にもかかわらず、中国やインドの対OPEC貿易収支は改善していることがわかる³。

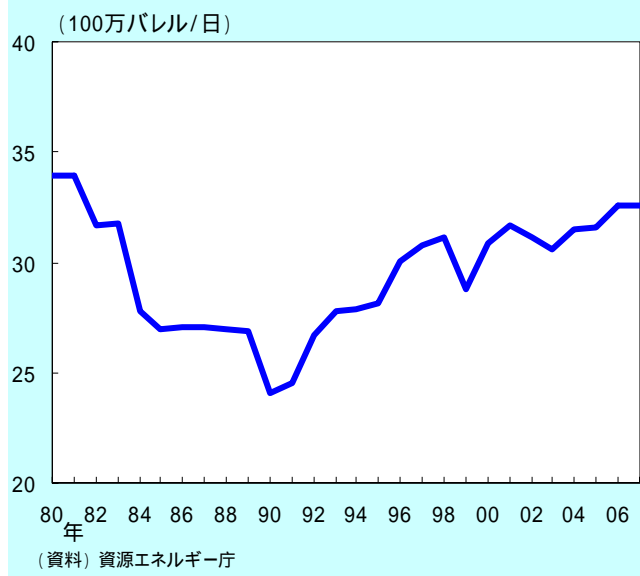
【図表8】OPECからみた相手国・地域別の輸出入動向
(2002年から2007年にかけての変化幅)

相手国・地域	変化幅(単位:億ドル)		
	a. 輸出	b. 輸入	b/a
先進国	2650	1390	0.52
アメリカ	1060	360	0.34
ユーロエリア	930	810	0.87
日本	710	210	0.30
エマージング諸国	1810	1860	1.03
ラテンアメリカ	110	210	1.97
アジア	1490	1430	0.96
中国	450	530	1.19
インド	90	200	2.20
その他(東欧、アフリカなど)	220	220	1.03

(資料) Harris, Kasman, Shapiro, and West (2009), "Oil and the Macroeconomy: Lessons for Monetary Policy," presented at the 2009 U.S. Monetary Policy Forum, February 27 2009, より抜粋

第3に、2000年代以降、世界の原油市場に決定的な影響を与える供給ショックや地政学的イベントが発生しなかった点も重要である。この間、イラク戦争（2003年）やハリケーン・カトリナ（2005年）といったイベントは発生したものの、それらの影響は概して局所的であり、世界の原油生産能力に大きな影響を与えなかったとみられる。この点を、最大の産油地域であるOPECの原油の「最大生産能力」から確認すると（図表9）、2000年代の原油生産能力は、緩やかながらも拡大傾向をたどった。

【図表9】 OPEC諸国の原油生産能力



3. 時系列分析を用いた定量的評価

前節の分析から、2000年代以降に観察された原油価格の変動の大部分は、新興国を中心とした世界景気の振幅と、それに伴う原油需要の変動から生じている可能性が高い点が示唆された。本節では、この点を定量的に確認するひとつの試みとして、構造VAR (Vector Auto-Regression) という時系列分析手法を用いて、原油価格の変動を、供給要因、需要要因、需給以外の要因、の3つに分解する分析を試みる。

推計手法の詳細についてはBOXに譲るが、基本的なアイデアは以下の通りである。まず、(a)世界の原油生産量、(b)世界の鉱工業生産ギャップ(世界景気の代理変数)、(c)実質原油価格の3変数から成る誘導型VARを推計する。そこで得られた誤差項と、3つの「構造」ショック：供給ショック、需要ショック、需給以外の

ショックの間に、理論的な制約（ここでは、短期の原油供給曲線は垂直などの制約）を課すことにより、各構造ショックを「識別」する⁴。それにより、各時点の原油価格がどの構造ショックの影響を受けて変動しているかを、定量的に把握することができる。

推計された構造ショックが各変数に与える影響（インパルス応答関数）をみると、以下の特徴点を指摘できる（図表10～12）。

負の供給ショック（天災や事故等による油田施設の損壊など）が起こると、原油生産量は減少する一方、原油価格は、比較的短期間ではあるもののはっきりと上昇する。世界の鉱工業生産は、幾分減少するものの、統計的に有意とまでは言えない。なお、ここで想定している供給ショックとは、ごく短期の原油供給曲線であり、下述のに含まれるような、地政学リスクやOPECの価格カルテルを背景とした、将来の供給力の変動予想などは含まれない。

正の需要ショック（予想以上の世界景気の拡大に伴う原油需要の増加）が生じた場合、世界生産が暫く増加し続けるもとの、原油の価格と生産量の双方は上昇する。また、原油価格の上昇が、（そうしたショックが無かった場合に比べ）非常に持続的な点も注目に値する。

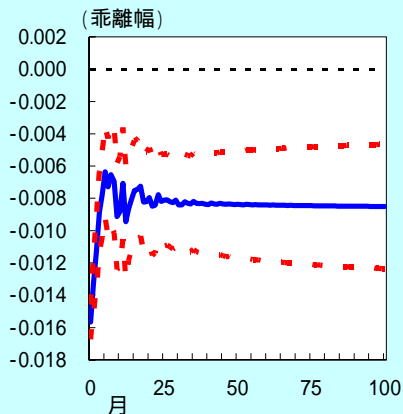
供給・需要要因以外のショック（その他ショック）が発生した場合、原油価格は短期間に鋭角的な上昇を示すものの、原油生産量、世界生産については、ともに統計的に有意な反応を示していない。この「需給以外のショック」が、具体的にどのようなショックを指すのか厳密に解釈することは難しいが、例えば、戦争等の地政学リスクへの意識の高まりが考えられる。すなわち、事前に予想されていなかった戦争等の地政学イベントが発生すると、（実際に油田施設の供給能力が破壊されていなくても、それを警戒して）予備的な原油需要が増加することにより、価格が急上昇するケースが考えられる。また、2000年代半ば以降に急激

に増加した機関投資家等からの原油先物市場への投機的な資金流入等も、その他のショックに含まれると考えられる。

時系列的にみた原油価格の変動が、このように識別された3つの構造ショックによってどのように説明されるか、要因分解を行ったのが図

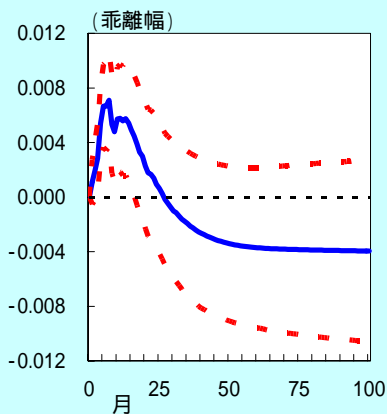
【図表10】負の「供給ショック」に対するレスポンス

原油生産量



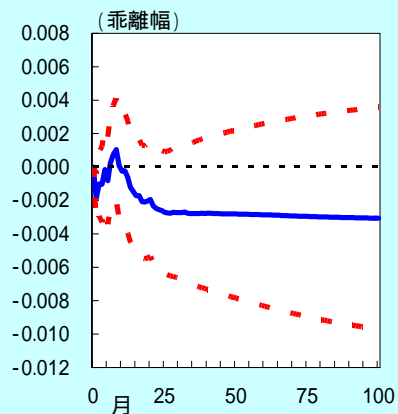
【図表11】正の「需要ショック」に対するレスポンス

原油生産量

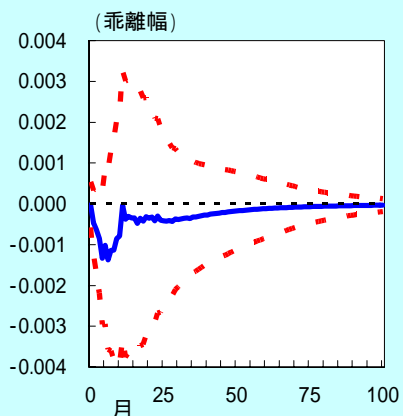


【図表12】正の「その他ショック」に対するレスポンス

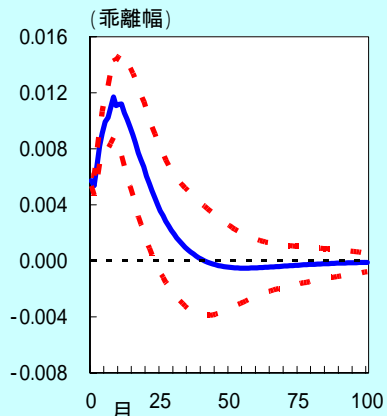
原油生産量



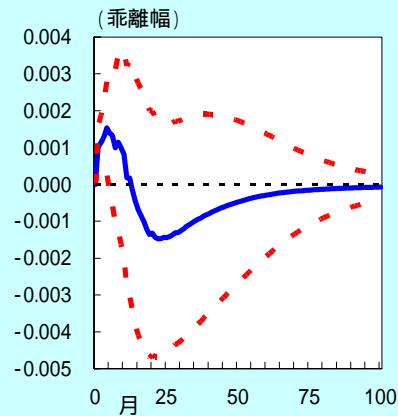
世界鉱工業生産



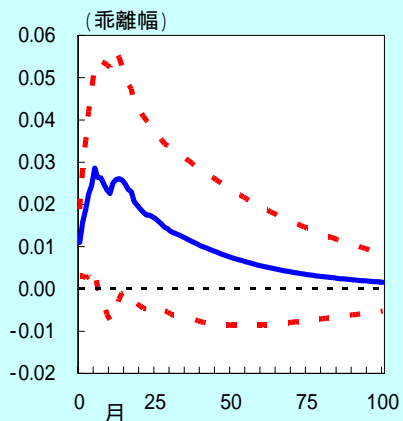
世界鉱工業生産



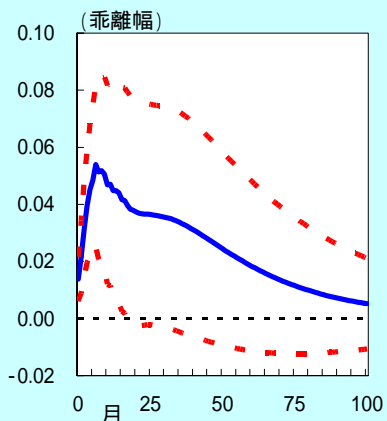
世界鉱工業生産



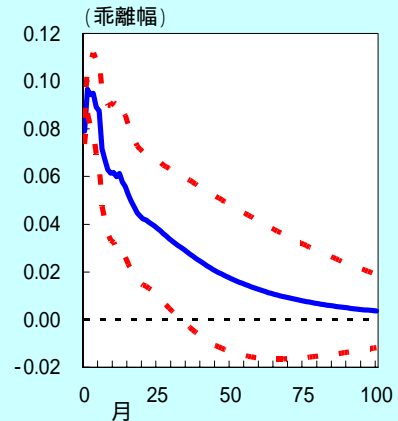
実質原油価格



実質原油価格



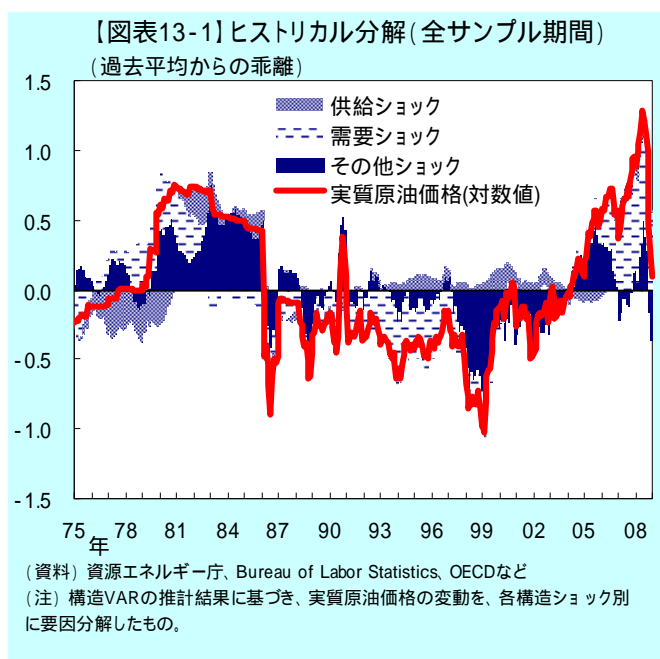
実質原油価格



(資料) 資源エネルギー庁、Bureau of Labor Statistics、OECDなど
 (注) 1標準偏差ショックに対するレスポンス。点線は、±2標準誤差区間を表す。

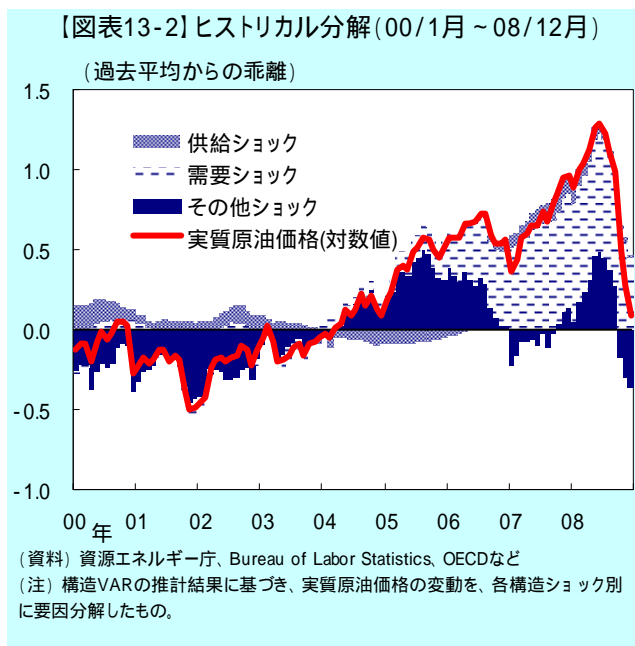
表 13 である。

これを見ると、第 2 次オイルショックから 1980 年代前半にかけての原油高は、「供給ショック」や「需要ショック」の影響を相応に受けているものの、大半は「其他ショック」に起因していたことが分かる(図表 13 - 1)。これは、イラン革命やイラン・イラク戦争の勃発等により地政学リスクが意識されるもて、原油に対する予備的な需要が高まったと考えられる。一方、1980 年代半ばの価格下落には、OPEC のカルテル崩壊の影響が大きかったことがうかがえる。



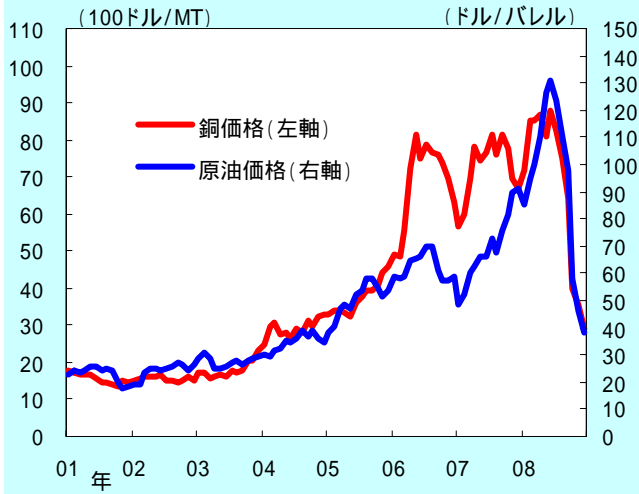
次に、本稿の焦点である 2002 年以降の上昇局面をみると、新興国からの原油需要拡大を映じて、「需要ショック」が最も重要な役割を果たしていることがわかる(図表 13 - 2)。とりわけ、2006 年末から 2008 年夏頃にかけての原油急騰局面、およびそれ以降の原油急落局面の大半は、需要ショックの影響によって説明可能である。こうしたなかで、「其他ショック」も、原油価格の変動を増幅する局面があったことが示される。具体的には、2003～2005 年の上昇とその後の反落、2008 年前半の上昇とその後の急反落である。前者については、イラク戦争等の地政学イベントやハリケーン・カトリーナの発生などを受けた予備的需要の高まりと、それら要因の剥落による影響と考えられる。一方、後者の

2008 年についてみると、前半の上昇局面では、サブプライム問題により証券化市場や株式市場が低調となる中で、大量の投機資金が、力強い新興国景気との関連付けから原油先物市場に流れ込んだこと、などが影響している可能性がある。その後の急落局面では、リーマン・ショック以降、市場参加者のリスク許容度が大幅に低下するもて、原油を含めてリスク資産全体への投資回避姿勢が強まり、原油先物市場からも投機資金が退出したことを示唆しているものと解釈可能である。



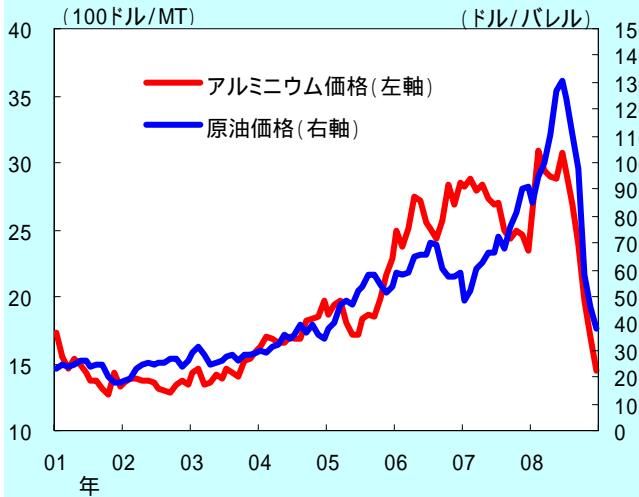
以上のように、2002 年以降の原油価格の変動の大部分は、需要要因によって説明できるとの結論は、この間の原油価格と、銅やアルミ、鉄鉱石等の資源価格全体が共変動している (co-movement) 事実からも裏付けられる(図表 14)。すなわち、この間の原油価格の急激な変動が、原油市場特有の要因によって引き起こされているとすれば、原油と他の資源は異なる変動を示すはずである。しかし、2000 年以降の価格変動をみると、原油とそれ以外の資源は、概ね似通った動きを示している。こうした価格の共変動は、全ての資源価格に「同時に」インパクトを与え得る世界景気の変動(「需要ショック」)によってもたらされたと考えるのが自然であろう⁵。

【図表14-1】原油価格と銅価格



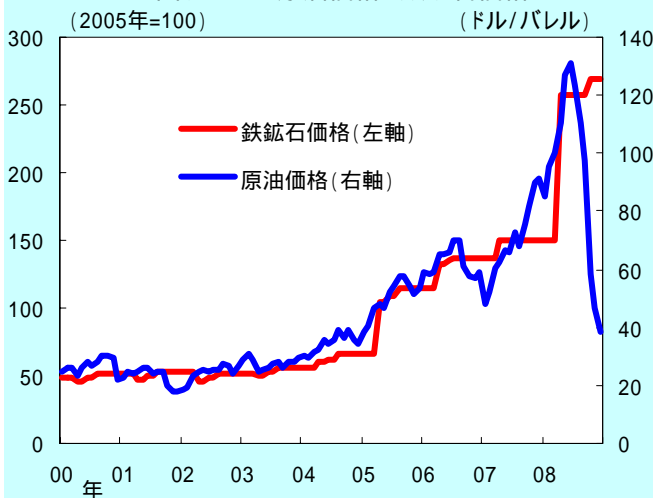
(資料) London Metal Exchangeなど
(注) 名目価格。

【図表14-2】原油価格とアルミニウム価格



(資料) London Metal Exchangeなど
(注) 名目価格。

【図表14-3】原油価格と鉄鉱石価格



(資料) 日本銀行など
(注) 名目価格。なお、04年以前の鉄鉱石価格については、00年基準の計数を用いた。

4. おわりに

本稿では、2002年以降の原油価格の急激な変動の背景について、時系列分析の手法を用いつつ、定量的な分析を試みた。分析結果をみると、2002年以降の原油価格変動は、「需給以外の要因」 投機資金の動向など も影響した局面はあったが、大部分は「需要要因」 新興国を中心とした世界景気の変動と、これに伴う原油需要の変化 によって説明可能であることが示唆された。

本稿で用いた構造 VAR 分析は、モデルの特定化などによって異なる結果が得られることもあるため、分析結果の解釈にはある程度の幅を持つ必要がある。もっとも、近年、原油価格変動において、需要要因の影響が高まっているという本稿の結論自体は、他の情報も踏まえれば一定の妥当性を持つものと判断される。こうした結論は、原油を集約的に利用する新興国のプレゼンス拡大を背景に、近年の原油価格が、1970～80年代に比べ、世界経済の「内生変数」的な性格を強めていることを、示唆するものである。これは、その他の資源価格でも同様と考えられる。

以上を踏まえると、次のようなインプリケーションが導き出される。第1に、資源価格や世界景気の変動が、わが国経済に与えるインパクトを把握しようとする際には、両者の相互関係に十分な配慮が必要な点である。世界景気と資源価格について、他を一定としたまま、どちらか一方の変化の影響だけを単独で取り上げて論じることは、有益な思考実験となりにくくなっている。第2に、資源については、短期的な供給増加に自ずと限界があるため、新興国経済の変動が大きいことを反映し、資源価格も変動しやすくなっている可能性である。また、近年みられたように、資源価格上昇によって資源国が獲得した外貨が、貿易やリスクマネーという形を通じて新興国などに還流され、それが世界経済や資源価格を一段と上振れさせるというメカニズムが働きうる点にも留意が必要である。

【BOX】原油価格変動に関する構造ショックの識別

Kilian (2008)^(注1)に倣って、原油価格の決定に影響を及ぼす「構造ショック」として、供給ショック、需要ショック、需給以外のショック、という3つの構造ショックを考える^(注2)。識別方法は以下の通り。

まず、月次データを用いて、次のような3変数VAR(ラグ数は12か月)を推計する。

$$X_t = \alpha + \sum_{i=1}^{12} \beta_i X_{t-i} + u_t$$

$$X_t = \begin{pmatrix} \Delta prod_t \\ IIP_t \\ rpo_t \end{pmatrix} \quad u_t = \begin{pmatrix} u_t^{\Delta prod} \\ u_t^{IIP} \\ u_t^{rpo} \end{pmatrix} \quad E[u_t u_t'] = V$$

$prod_t$: 世界の原油生産量(対数差分)

IIP_t : 世界生産ギャップ(世界鉱工業生産<対数値>の線形トレンドからの乖離)

rpo_t : 実質原油価格(アラビアン・ライト価格を米国CPI総平均でデフレートしたもの)

u_t : エラー項

次に、構造ショックを識別するため、誘導形VARのエラー項と構造ショックの間に、以下の関係が成立すると仮定する。

$$u_t = \begin{pmatrix} u_t^{\Delta prod} \\ u_t^{IIP} \\ u_t^{rpo} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_t^{\text{供給ショック}} \\ \varepsilon_t^{\text{需要ショック}} \\ \varepsilon_t^{\text{その他のショック}} \end{pmatrix} = A_0 \varepsilon_t \quad E[\varepsilon_t \varepsilon_t'] = I$$

すなわち、短期的に(ここでは月次データを用いているため、短期とは1か月を意味する)、以下の関係が成立すると仮定する(short-run restriction)。

当月の原油生産は、当月の供給ショックのみの影響を受ける。

当月の世界景気は、当月の供給・需要双方のショックの影響を受ける。

当月の原油価格は、当月の3つ全ての構造ショックの影響を受ける。

は、換言すれば、原油生産は、短期的(1か月)には、需要やそれ以外の要因によっては変動しないことを仮定しており、これは、原油の供給曲線が短期的に垂直であることを意味する。

(注1) Kilian, L. (2008), "Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market," forthcoming in *American Economic Review*.

(注2) なお、Kilian (2008)は、「世界景気」を表す変数として、海上輸送運賃を使用しているが、これは天候や滞船など海上輸送特有の要因の影響も受けるため、世界景気の状態を的確に捉えているか、疑問の余地もある。

* 川本は、2008年7月まで調査統計局に在籍した。本稿は、笛木・川本が、その当時に行った分析結果を基に、その後の情勢の変化も踏まえて、執筆したものである。

¹ 以下では、国際原油価格として、長期間の価格データの取得が容易で、わが国も実際に輸入しているアラビアン・ライトの価格を用いる。アラビアン・ライトと、国際原油指標として最もポピュラーなWTIを比べると、高硫黄・低

APIなアラビアン・ライトの価格は、WTIに較べて平均して2~3ドル程度低いが、両者は概ねパラレルな変動を示している。

² 第1次オイルショック時: 1973年9月3.0ドル/バレル→1974年1月11.7ドル/バレル(上昇率286.9%;4か月)
第2次オイルショック時: 1978年9月12.7ドル/バレル→1981年10月34.0ドル/バレル(上昇率167.6%;37か月)
湾岸戦争時: 1990年7月15.5ドル/バレル→1990年10

月 32.5 ドル/パレル (上昇率 109.5% ; 3 か月)

³ 日米欧等の先進国との関係でみると、OPEC諸国からの輸出増加が輸入増加を大きく上回っている。ただし、例えば日本についてみると、この間、新興国向け等の輸出拡大から、貿易収支全体としては一定の黒字を維持していたので、輸出入全体としてみれば、やはり拡大均衡が保たれていたと考えられる。

⁴ 原油精製能力を拡大するための設備投資や、油田の開発投資には長期間を要するため、「短期」(ここでは1か月)の原油供給曲線が垂直との仮定は、妥当と考えられる。

⁵ とりわけ、原油価格と鉄鉱石価格の共変動は、注目に値する。すなわち、前述の通り、2000年代半ば以降、原油を始めとする商品先物市場には、インデックス・ファンドや年金等の機関投資家からの資金流入が観察された一方、鉄鉱石については、そうした資金の受け皿となる取引市場は存在せず、価格は実需の「相対」取引によって決定される。この点、鉄鉱石価格も、2002年以降、ややラグを伴いつつも原油価格と歩調を合わせて大幅に上昇した事実も踏まえると(図表 14-3) 先物市場への投機資金の流入が原油価格に影響を与えた可能性はあるものの、その定量的なインパクトはさほど大きくなかったのではないかと考えられる。

日銀レビュー・シリーズは、最近の金融経済の話題を、金融経済に関心を有する幅広い読者層を対象として、平易かつ簡潔に解説するために、日本銀行が編集・発行しているものです。ただし、レポートで示された意見は執筆者に属し、必ずしも日本銀行の見解を示すものではありません。

内容に関するご質問および送付先の変更等に関しましては、日本銀行調査統計局 一上 響 (E-mail : hibiki.ichiue@boj.or.jp) までお知らせ下さい。なお、日銀レビュー・シリーズおよび日本銀行ワーキングペーパーシリーズは、<http://www.boj.or.jp> で入手できます。