

# パナマ運河の拡張は我が国を中心とするLNG貿易にどのような影響をもたらすか？

柴崎隆一  
SHIBASAKI, Ryuichi

東京大学大学院工学系研究科准教授

## 1—世界のLNG貿易と日本

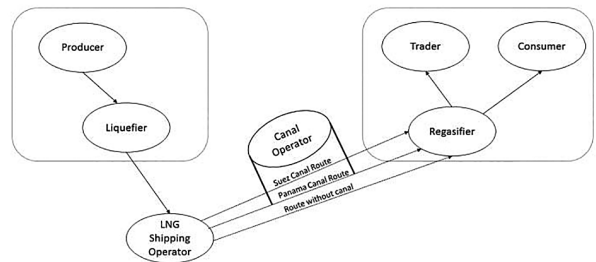
現代社会において原油等と並んで主要なエネルギー源のひとつである天然ガスは、化石燃料の中では環境負荷が最も低いこともあり、全エネルギーの生産・消費量に占めるシェアが一貫して拡大傾向にある。また、他の化石燃料に比べると世界中に分散して賦存するという特徴があり、近年では米国におけるシェールガス革命により北米大陸の天然ガス生産が急増するといった供給側の変化も起きている。一方、その名の通り常温では気体であるため、一般にはパイプラインにより輸送されるものの、遠方や島国への海上区間では、輸出港のプラントで $-162^{\circ}\text{C}$ 以下に冷却して液化 (liquefaction) した液化天然ガス (LNG) として輸送し、輸入港の再ガス化 (regasification) プラントで再び気体に戻し配送するという手順を取ることとなり、特に液化プラントや専用船 (LNG船) の開発に大きなコストがかかる。BP<sup>1)</sup>によれば、2016年の天然ガス貿易量1兆841億 $\text{m}^3$ のうち、LNGによる輸送は約32%を占め、そのうち約31% (1,085億 $\text{m}^3$ ) は日本が輸入国となっている。

我が国は、化石燃料を産出しない四方を海に囲まれた島国であることから、LNG貿易の始まった初期 (1970年代) から一貫して世界最大のLNG輸入国であり、特に2011年の東日本大震災直後は、原子力に代わるエネルギー源としてさらに輸入が増加した。また2位以下の輸入国も、韓国、中国、インド、台湾と東・南アジアの各国が続く、この5か国で世界のLNG輸入量の約2/3を占めている。一方、最大のLNG輸出国はカタールで、オーストラリア、マレーシア、インドネシアなどが続き、この他にも、我が国は、特に多くのLNGを輸入する必要があることから、ロシア、アラブ首長国連邦、ブルネイ、パプアニューギニアからも多くのLNGを輸入するなど、輸入国の分散化が以前から進んでいる<sup>2)</sup>。しかしながら、東日本大震災後に需要が逼迫し、かつ原油価格に連動する契約が中心であることなどから、天然ガスの輸入価格が高騰した (現在は沈静化)。このような経験から、シェール革命により需給バランスが緩み、スポット市場への供給が増えたことも追い風に、調達先のさらなる多様化、流動化がめざされている。

本稿では、このような背景のもと、昨年6月に完了したパナマ運河の拡張を受け、米国メキシコ湾岸地域 (シェールガス生産地) やトリニダードトバゴなどの米大陸大西洋岸の天然ガス生産国から、我が国を中心とするアジア各国への輸入が将来的にどの程度増加するかについて、世界のガス市場における各主体間の取引を包括的に再現したWorld Gas Model (WGM) により分析した論文<sup>3)</sup>を紹介する。

## 2—WGMの概要

世界の天然ガス生産・貿易を表現した市場均衡モデルはい



■図—1 WGM 2014におけるLNG輸送市場のプレーヤーとその関係<sup>3)</sup>

くつか提案されており、メリーランド大学の研究者が開発したWGMもその代表例の一つである。紹介論文では、LNG輸送における容量制約やルート選択も考慮した最新バージョンのWGM 2014を用いている。このモデルでは、従来のモデルで考慮されていたパイプラインを介した取引に関するプレーヤーである生産者、トレーダー (商社)、パイプライン輸送者、貯蔵者だけでなく、LNG輸送に関係する液化事業者、LNG輸送船社、再ガス化事業者、さらには運河管理者も含め (図—1)、それぞれが利潤を最大化するように販売量や輸送量を決定する。なお、パイプライン輸送とLNG輸送を同じ枠組みでモデル化するために、LNG輸送においても、輸送ルート別の一日あたり輸送可能容量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ ) に換算して取引が考慮される。

WGM 2014においては、長期契約分については、再ガス化事業者が消費者 (需要家) に最低でも年間契約量以上は販売するとして、その契約量を与件とする。そのうえで、スポット市場については、トレーダーが市場支配力を有し、消費者も含め他のプレーヤーは価格受容者であると想定し、技術的要因 (生産量の上限制約、世界のLNG船の総船腹量に基づく輸送容量やパナマ運河の通航容量等の制約) や市場清算条件 (取引量の保存および最終消費需要と卸売価格の関係式 (逆需要関数)) を制約条件とした、KKT (カルーシュ・クーン・タッカー) 条件を含む混合相補性問題 (非線形最適化問題) として定式化される。全世界の天然ガス生産・消費およびLNG輸送をカバーするように想定された42の生産・消費ノード、15の液化ノード、23の再ガス化ノード、3つの輸送ルート (パナマ運河経由、スエズ運河経由、その他のルート) を含む10万以上の変数を包含する連立方程式を、数値計算ソフトウェア (GAMS) のPATHソルバーで解くことによって解を得る。2005年を基準年に、設備投資による生産拡大等を考慮した5年ごとの需要・貿易パターンを推計し、2010年の実績値に基づきキャリブレーションを行ったうえで、2035年までの予測を行った。

## 3—パナマ運河の拡張シミュレーション

2016年6月26日にパナマ運河の新開門が開業したことにより、パナマ運河を通航可能な船舶のサイズは、従来の上限 (全



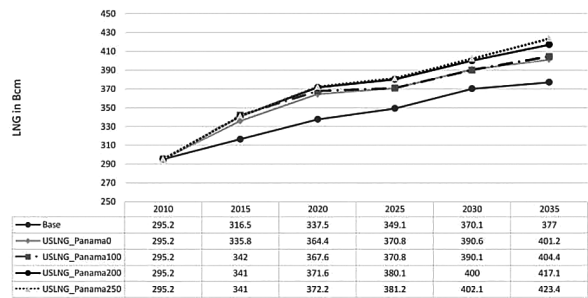
■図一2 パナマ運河を通航するLNG船 (筆者撮影)

幅32.3m, 全長289.6m, 喫水12.0m) から新しい上限 (当面は全幅49m, 全長366m, 喫水15.2m, 習熟後に多少引き上げられる予定) に引き上げられた<sup>4)</sup>。これにより, 従来の上限においては通航することのできなかったLNG船もパナマ運河を通航することができるようになり (図一2, 全船腹の9割が通航できるようになるとされている<sup>5)</sup>), 米国におけるシェールガス輸出解禁の動きも相まって, 輸送距離の短縮や新たな調達先の確保 (米大陸大西洋岸地域から東アジア地域への輸出) が期待されている。輸送距離の短縮は, 海上輸送費用 (燃料費, 船費) や時間の節約だけでなく, 輸送中のLNG揮発量の低減にも資する。実際に, seasearcherデータベースによれば, 2016年6月末のパナマ運河拡張後, 2016年末までに54隻のLNG船がパナマ運河を通航し, また2017年1月には初めて米国産シェールガスがパナマ運河を経由して我が国に輸送されている。

一方で, パナマ運河新開門の通航可能船舶数は現状において15隻/日であることから, 極端に多くのLNG船がパナマ運河を通航するとの想定は現実的ではない。このため, 紹介論文では, 米国産シェールガスの輸出がなくLNG船のパナマ運河通航もできないBaseシナリオ, シェールガスは輸出される (5年ごとに500億 $m^3$ ずつ輸出容量が拡大すると想定, 以下のシナリオでも同様) もののパナマ運河の通航は不可と想定したUSLNG Panama0シナリオに加え, LNG船のパナマ運河通航が年間100隻, 200隻, 250隻可能な3つのシナリオ (USLNG Panama100, USLNG Panama200, USLNG Panama250) の, 合計5つのシナリオを想定した。そして, 各シナリオごとに, LNG総輸送量や貿易パターンの変化, 価格の変化等について将来予測を行っている。

図一3は, シナリオ別の全世界LNG貿易量の将来予測結果である。シェールガスの輸出を想定した各シナリオにおいては, Baseシナリオよりも全世界のLNG貿易量は増加し, パナマ運河を200隻以上通航可能なシナリオでは, さらに貿易量が増加する結果となっている。通航可能隻数が100隻と200隻のシナリオで総貿易量に違いがみられるのは, 100隻シナリオの場合は, パナマ運河拡張のインパクトが貿易パターンの変化にとどまるのに対し, 年間通航容量が200隻以上になった場合は, 運河拡張が, 卸売価格の低下を通じてLNG需要の拡大にも貢献するためと考えられる。このことは, 論文中に示された北米大西洋岸のLNG輸出国からの貿易パターンの予測値において, 200隻および250隻シナリオでは, 両国からのLNG輸出の長期契約分を除くほぼ全量が, 東アジアの日本および韓国へシフトしていることから裏付けられる。

また, 卸売価格の将来予測値についても, 依然として東アジア (特に日本・韓国) は他地域に比べて高い水準であるものの, LNG船のパナマ運河通航可能容量が拡大するにつれて, 他地域との価格差がより縮小する結果となっている。



■図一3 LNG世界貿易量のシナリオ別将来予測結果

#### 4—将来シミュレーション結果から得られる示唆

以上で述べたように, 米国産シェールガスの輸出解禁を前提として, パナマ運河拡張によりLNG輸送船が通航可能になると, 運河通航容量に応じて, 米大陸大西洋岸のLNG輸出国からの輸出増, および東アジア (日本・韓国) へのシフトがみられ, また東アジア地域の卸売価格の低減や他国間のLNG貿易パターンの変化などへの影響も推計された。

紹介論文の著者らも述べているように, WGMは世界規模のモデルとはいえ, ガス市場のみを対象としたいいわゆる部分均衡モデルであり, 特に東アジア地域のLNG輸入価格は原油価格にベッグされているケースが多いことを踏まえると, 原油市場を考慮できていないことは不十分といえる。また, スポット取引のモデル化と分析が主題となっており, ガス市場における長期契約に関する将来見通しについても, より詳細な検討が必要であろう。さらに筆者には, ガス市場のプレーヤーとはいえない運河管理者の行動までもモデルに内生化し, 現実には存在しない混雑料金を課すと想定している点も疑問である。

ただし, 上記のような課題はあるにせよ, このように, 世界の天然ガス市場を, 地理的かつ市場参加者の双方の観点から包括的にモデル化し, 世界規模の貿易パターンにインパクトを与えるような輸送条件の変化 (パナマ運河の拡張) を考慮して, そのインパクトを計量する試み自体には, 研究上も実務上も意義がある, と筆者には思われる。また, 世界最大のLNG輸入国である日本にとっても, パナマ運河の拡張により, 十分な数のLNG船が通航可能となれば, 米国産シェールガスの輸出解禁に伴い, 北米大陸大西洋岸からの輸入の増加が期待され, 調達先の多様化や調達価格の低減に貢献すると明らかにされたことには意義があるだろう。逆に言えば, このような効果を十分に享受するためには, LNG船のパナマ運河通航容量を十分に確保することが必要であり, パナマ運河庁等に対しそのような働きかけを実施・継続していくことの重要性が示されたともいえる。

#### 参考文献

- 1) BP. [2016] BP statistical Review of World Energy June 2017". <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf> (2017年7月15日最終アクセス)
- 2) Vivoda, V. [2014] LNG import diversification in Asia. Energy Strategy Reviews, 2, 289-297.
- 3) Moryadee, S., and S. A. Gabriel. [2017] Panama Canal expansion: Will Panama Canal be a game-changer for Liquefied Natural Gas exports to Asia? Journal of Energy Engineering, 143 (1) [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)EY.1943-7897.0000365](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000365)
- 4) 柴崎 [2016] 世界海運のチョークポイントのこれまでとこれから, 運輸と経済, 2016年12月号, pp.39-51
- 5) 森本・本図 [2015] LNG輸送の動向とパナマ運河拡張の影響, 海運経済研究, pp.31-40