

## IMO硫黄分規制強化による船舶燃料の動向

総務部調査情報グループ

### 1. はじめに

国際海事機関（International Maritime Organization, IMO）による、一般海域での船舶燃料の硫黄分規制が、2020年1月より強化された。それ以前は、欧州、アメリカ、カナダ、中国などの指定海域（Emission Control Area, ECA）では、先行して硫黄分が0.1mass%以下に規定されていたが、一般海域では3.5mass%以下であった。2020年1月より、一般海域は0.5mass%以下に硫黄分規制が強化された。

このIMO硫黄分規制強化前の2019年までは、新規規制強化に適合した燃料に関して、供給が間に合わないとか、性状が多様化するために様々なトラブルが起こる可能性があるなど、懸念される事項が多かった。

本報告では、IMO硫黄分規制強化前の予測も含めて、主に規制強化開始後の船舶用燃料の需給とトラブル事例の現状を解説する。

### 2. IMO硫黄分規制強化開始前の予測

#### 2-1. IMO硫黄分規制強化開始前の船舶燃料の需要予測

国際エネルギー機関（International Energy Agency, IEA）は、2019年11月15日に、“2015年～2024年の世界の船舶用燃料の需要と予測”を発表した。このデータを基に図1を作成した。この予測では、IMO硫黄分規制強化後の適合重油（Very Low Sulfur Fuel Oil, VLSFO）の需要は2020年に100万バレル/日で始まり、2021年には140万バレル/日に、2024年には180万バレル/日に上昇するとなっていた。VLSFOの不足分は船舶用軽油（Marine Gas Oil, MGO）で補われるとして、その需要は2020年に200万バレル/日で、VLSFOの供給が増加するにつれて、2024年にはMGOが180万バレル/日まで徐々に減少すると予測していた。

### 1. はじめに

#### 2. IMO硫黄分規制強化開始前の予測

2-1. IMO硫黄分規制強化開始前の船舶燃料の需要予測

2-2. IMO硫黄分規制強化開始前のトラブルの懸念

#### 3. IMO硫黄分規制強化開始後の船舶燃料の需要と供給

3-1. VLSFOの供給

3-2. FONARの提出状況

3-3. 世界の船舶燃料の需要とCOVID-19の影響

#### 4. IMO硫黄分規制強化に伴うトラブル

4-1. 硫黄分の超過の状況

4-2. スクラバーの排水システムのトラブル

4-3. 西欧でのコンタミの可能性

### 5. おわりに

IMO 硫黄分規制強化では、VLSFO を使用する代わりに、船舶にスクラバーと呼ばれる排気ガス浄化装置を装着して、高硫黄重油（High Sulfur Fuel Oil, HSFO）を使用することができる。その他には、LNG を燃料として航行する船舶も規制の対象外となる。図 1 では、スクラバーを装着していないのに、コンプライアンス違反で HSFO を使用する船舶が多数出ることを想定しており、2020 年には 70 万バレル/日の販売を予測していた。IMO では、適合燃料の調達が不可能な場合に書類（fuel oil non-availability report、以下、FONAR と呼ぶ）を出す制度を MARPOL 条約附属書 VI 第 18 規則に設けている。ただし、FONAR は適合燃料油が調達できなかった場合の免除措置ではなく、締約国が条約違反の船舶に対して強制措置を検討する際に考慮する書類の一つにすぎない。図に示す通り、IEA はコンプライアンス違反で HSFO を使用（おそらく、FONAR を提出）する船舶の需要が、2024 年まで少なからず存在すると予測していた。

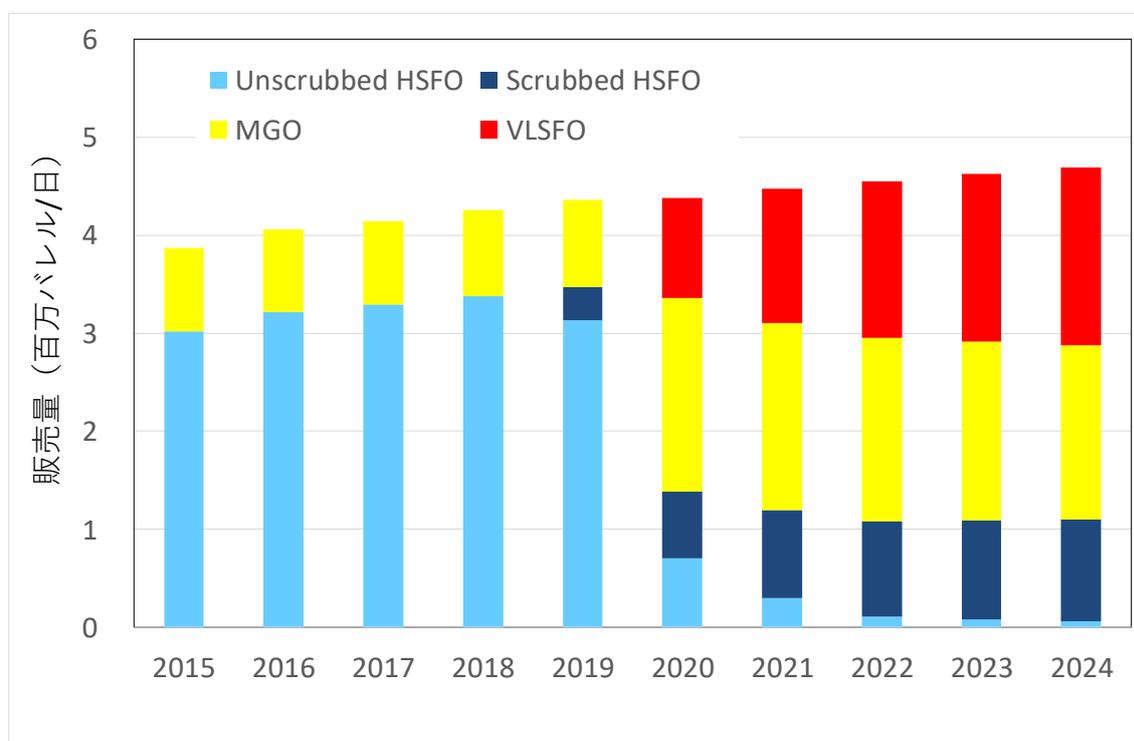


図 1 2015 年～2024 年の世界の船舶用燃料の需要と予測

出所：IEA データ（2019 年 11 月 15 日）を基に JPEC で作成

## 2-2. IMO 硫黄分規制強化開始前のトラブルの懸念

2019 年 9 月に、ISO (国際標準化機構) から、ISO/ PAS 23263 (Considerations for fuel suppliers and users regarding marine fuel quality in view of the implementation of maximum 0,50 % sulfur in 2020) <sup>2</sup>が発行された。これは、IMO2020 硫黄分規制強化導入に際して、船舶用燃料の品質に関する燃

<sup>1</sup><https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/marine-bunkers-product-demand-2015-2024>

<sup>2</sup><https://www.iso.org/standard/75113.html>

料供給者とユーザーへの考慮事項をまとめたものである。この中で、懸念された事項は、以下のとおりである。

(1) 動粘度

VLSFO は、動粘度が広範囲にわたると予想される。したがって、異なる粘度の燃料を機関の仕様に適合させるために、正しい温度調整をする必要があり、特に注意を払う必要がある。

(2) 低温流動性/ワックス形成

VLSFO は、よりワックスを析出しやすい傾向があることが知られている。ワックスが結晶し、それらが貯蔵タンク内で沈殿したり、フィルターの閉塞を引き起こすため、流動点よりもかなり高い温度で加熱する必要がある。

(3) 安定性

安定性は、アスファルテンを沈殿させることに対する燃料の抵抗性の尺度として、ISO 8217:2017 にトータルセジメント (aged) によって規格化されている。VLSFO は組成が多様化することを考慮して、他の試験方法もまた評価している。

(4) 着火性

着火特性は、ISO 8217:2017 で CCAI (Calculated Carbon Aromatic Index) によって規定化されている。しかし、VLSFO は組成が多様化することから、供給される各燃料にも注意を払う必要がある。

(5) 触媒微粒子

触媒微粒子は、VLSFO にも含まれている可能性がある。ISO 8217:2017 では、アルミニウムとシリカの含有量の上限が規定されている。より低粘度な VLSFO は、触媒微粒子を多く含む懸念がある。

(6) 混合安定性

燃料混合処方地域によって大きく異なると予想される。船舶運航者は、燃料の混合安定性の問題を防ぐために、異なる燃料の混合割合を最小限に抑えることを目指すべきである。

上記の他にも、IMO 硫黄分規制強化開始前には、VLSFO の性状や潤滑油の添加剤などで、船舶の燃料系統やエンジンに影響を及ぼしかねない、いくつかの懸念項目が指摘されていた。

### 3. IMO 硫黄分規制強化開始後の船舶燃料の需要と供給

#### 3-1. VLSFO の供給

世界最大の船舶燃料の供給基地であり、世界総需要の 20%以上を供給するシンガポールでの、2019 年 1 月から 2020 年 12 月までの月別の船舶燃料の販売量を図 2 に示す。シンガポールでは、2 章で述べた VLSFO の供給が不足して、その分を MGO が補うというシナリオは当てはまらなかった。IMO 硫黄分規制強化開始前の 2019 年 10 月から VLSFO の販売量が増加し、2019 年 12 月には、VLSFO の販売量は船舶燃料全体の 59%まで急増した。MGO と日本の A 重油に相当する MDO (Marine Diesel Oil) の合計でも僅かな販売量となっている。

ここで疑問なのは、供給が不足すると予測された VLSFO が、何処からシンガポールにきたかということである。

最も有力な説は、ロシアで生産された HSFO が、重質原油の代替品として米国のメキシコ湾岸地域の製油所に輸出され、生産された VLSFO がシンガポールに輸出されたということである。米国のメキシコ湾岸地域の製油所では、ベネズエラ産の重質で高硫黄含有の原油を、豊富な分解装置で処理していたが、ベネズエラへの経済制裁の影響で、原油が輸入できなくなった経緯がある。そこで、代替品としてロシア産の HSFO が使われているようである。2020 年 8 月 6 日付の Ship & Bunker のホームページ<sup>3</sup>では、2020 年の年初はロシア産の HSFO の 38%が米国のメキシコ湾岸地域の製油所に向けて輸出され、この割合は 6 月に 43%、7 月に 46%まで増加したと、S&P Global Platts の報道を引用している。

2019 年までの予測では、ロシア産の HSFO はシンガポールへ流れるとの見方が強かったため、FONAR を提出したり、コンプライアンス違反で HSFO を使用することも想定されていた。

IMO 硫黄分規制強化開始直後は、シンガポールの販売量に影響はなかったが、その後に VLSFO の供給源として台頭してきたのは、中国とブラジルである。

中国は、2020 年 2 月から船舶燃料の付加価値税にリベートを適用し、国内の石油精製業者に VLSFO を大量に生産し、中国の港がアジアの競合の港と価格で競争するのを支援した。また、4 つの国営企業 (Sinopec, CNPC, CNOOC, Sinochem) と 1 つの民間企業 (Zhejiang Petrochemical Corp) に、VLSFO の輸出枠が割り当てられた。ロイターによる 2021 年 1 月 20 日の報道では、中国の VLSFO の輸出は、2020 年の合計で 1,545 万トンとしている。図 2 をみると、シンガポールでの船舶燃料の月別販売量は、400 万トン前後であるので、2020 年の途中から輸出に参入して、年末までに 1,545 万トンに達したことは、かなりの急増であったことがわかる。

ブラジルについては、2020 年 11 月に開催されたロイター商品取引サミットの一環としてのインタビューで、国営石油会社であるペトロbras の最高経営責任者のロベルト・カステッロ・ブランコ氏は、シンガポールへの VLSFO の輸出を増やしていると述べている<sup>4</sup>。アーガスのレポート<sup>5</sup>では、ペトロbras の VLSFO の輸出は 2019 年比で 46%増加して、2020 年は 19.4 万バレル/日になったと報告している。

ペトロbras では、プレソルトと呼ばれる超深海のブジオス油田から低硫黄の原油を生産しており、脱硫装置の増設なしでも、硫黄分が 0.5mass%以下の VLSFO が生産できているようである。ブラジル国内での石油製品の余剰が拡大し、海外の輸出先としてシンガポールが浮上したようである。

シンガポール以外の船舶燃料供給の主要港でも、VLSFO の供給不足は報告されていない。逆に、船舶燃料の価格サイトをみると、ブラジルのサントスや南アフリカのケープタウンでは、HSFO の販売は終了したようで、MGO と VLSFO の価格しか表示されていない。この地域へ向かう船舶は、スクラバーを装備していても、給油する際には HSFO の選択肢がなくなっているようである。

<sup>3</sup><https://shipandbunker.com/news/world/551235-us-now-buys-most-of-hsfo-exports-from-baltic>

<sup>4</sup><https://www.hellenicshippingnews.com/brazils-petrobras-hunts-for-buyers-in-india-as-oil-exports-take-off/>

<sup>5</sup>[https://www.argusmedia.com/en/news/2183281-petrobras-opens-2021-with-record-oil-exports?mkt\\_tok=eyJpIjoiWldVM1kyVTFPR1EwTmhoaCIIsInQiOiIyVU9kNFUrVXZNallTeEJsVUY1bTdsYmdzMmVYYW1nalpiQTFUaU50N0RyYnJhOGorOFNoT2VqYnRwWm9mXC96amZWV1kzNWF6MzY2cHZvTzF1WTF4XC9TaTZtaOdUZmtTaHpLdnV5bDUrQmNhM2NBVVwvQTZ2RUIHbTN0WkZtdkRUKyJ9](https://www.argusmedia.com/en/news/2183281-petrobras-opens-2021-with-record-oil-exports?mkt_tok=eyJpIjoiWldVM1kyVTFPR1EwTmhoaCIIsInQiOiIyVU9kNFUrVXZNallTeEJsVUY1bTdsYmdzMmVYYW1nalpiQTFUaU50N0RyYnJhOGorOFNoT2VqYnRwWm9mXC96amZWV1kzNWF6MzY2cHZvTzF1WTF4XC9TaTZtaOdUZmtTaHpLdnV5bDUrQmNhM2NBVVwvQTZ2RUIHbTN0WkZtdkRUKyJ9)

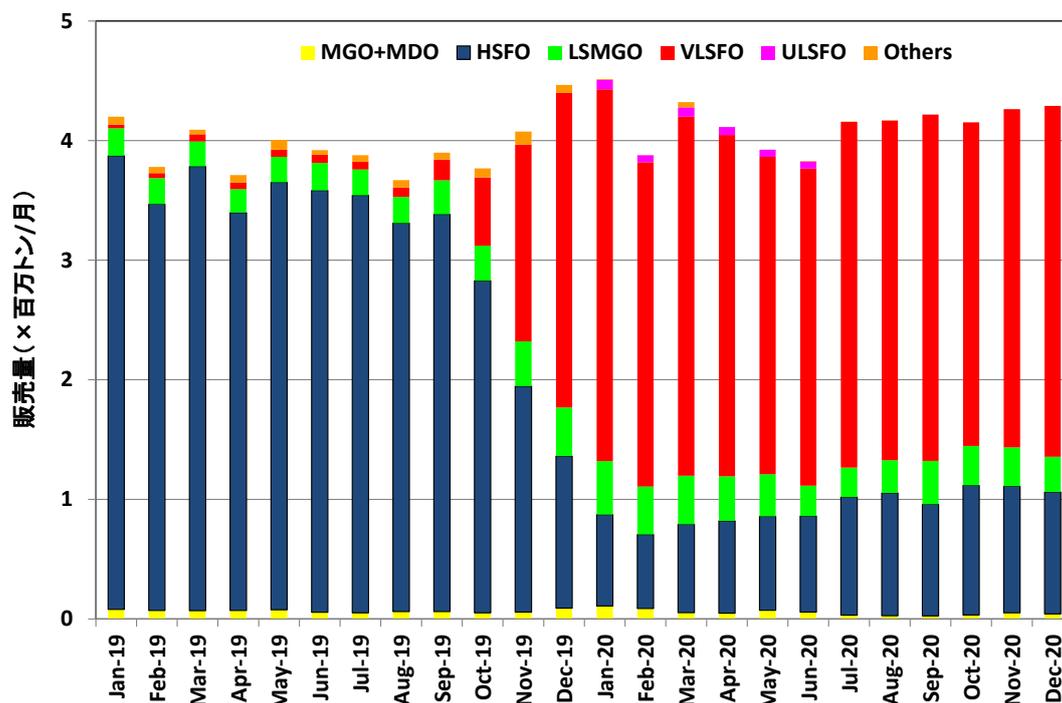


図2 シンガポールの月別の船舶燃料の販売量

出所：シンガポール港湾局の公開データ<sup>6</sup>を基にJPECで作成

### 3-2. FONAR の提出状況

IMO 硫黄分規制強化開始後の、月毎の FONAR 提出数を図3に示す。規制強化開始前は、かなりの数の FONAR が提出されると予測されていたが、1月に30件を超えたものの、2月に急減して6件となり、その後は提出のない月もみられるようになった。

Ship & Bunker の情報<sup>7</sup>によると、2020年1月に旗国から IMO に提出された FONAR のうち、ブラジルは6件あり、単一国では最多であった。

FONAR は、船舶が旗国に提出し、準拠燃料を購入できず、代わりに非準拠燃料を使用する計画がある場合に登録される。IMO の FONAR 記録は、旗国が発行して速やかに国連機関に渡すことになっている。このため、ブラジルにおいて IMO 硫黄分規制強化に準拠した燃料が不足しているとの報道が相次いだ。

一方で、ブラジルの唯一のバンカー燃料を精製している国営石油のペトロブラスは、IMO 2020 の準備には比較的積極的であった。同社は2019年4月に VLSFO の最初のバッチを生産し、10月1日までに販売する船舶燃料の硫黄含有量を 0.50mass% にすると発表していた。また、ブラジルは国内で低硫黄な原油を生産しているため、これを処理しているペトロブラスは、VLSFO の生産は比較的容易といわれていた。

<sup>6</sup><https://www.mpa.gov.sg/web/portal/home>

<sup>7</sup><https://shipandbunker.com/news/world/995992-analysis-imo-fuel-reports-show-vlsfo-shortage-blackspots>

2020年3月に、ペトロブラスはマスコミに対して、ブラジルには国内需要を満たし、さらに輸出するのに十分な VLSFO があると発表した。1月の FONAR に関する報道に対しては、1件を除いてペトロブラスが運営していない港であると同社のスポークスマンは語った。さらに、ペトロブラスが関わった1件のケースでは、代替港をクライアントに提供したと述べた。

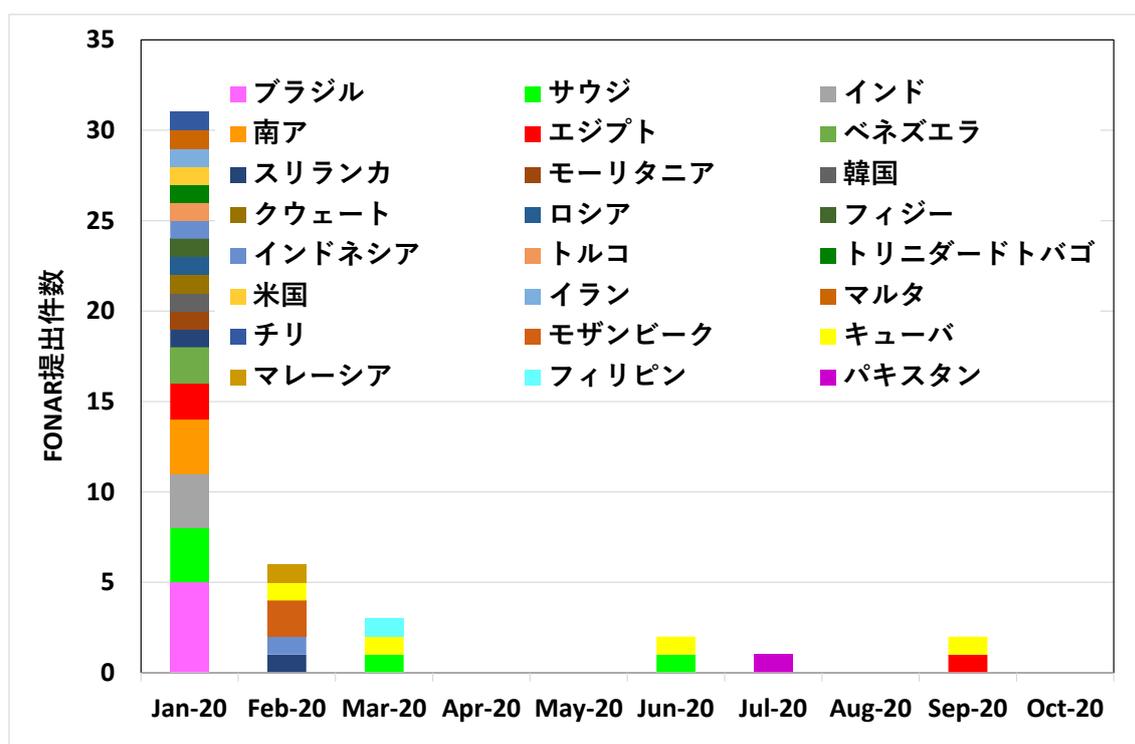


図3 月毎の FONAR 提出数

出典：IMO の公表データ<sup>8</sup>より JPEC で作成

### 3-3. 世界の船舶燃料の需要と COVID-19 の影響

世界の主要港における船舶燃料価格とブレント原油の価格の推移を図4および図5に示す。図4に示す VLSFO の価格は、IMO 硫黄分規制強化開始前から供給が開始され、規制強化開始直前に需要が急増したため価格が急騰して、各港で2020年1月6日に最高値をつけた。その後、VLSFO への移行が終了したため価格が下落し、2020年2月中旬に一旦横ばいになる傾向がみられたが、COVID-19 の感染拡大を受けて、さらに急落が続いた。ロッテルダムを除くすべての港で2020年4月22日に最安値を記録した（ロッテルダムでは翌日に最安値）が、これは、WTI 原油の価格がマイナスになった2020年4月20日の直後である。その後は、原油価格にほぼ連動して推移している。地域での価格差は、中東を含むアジアがやや高く、欧米は少し安い傾向にある。

<sup>8</sup><https://gisis.imo.org/Public/Default.aspx>

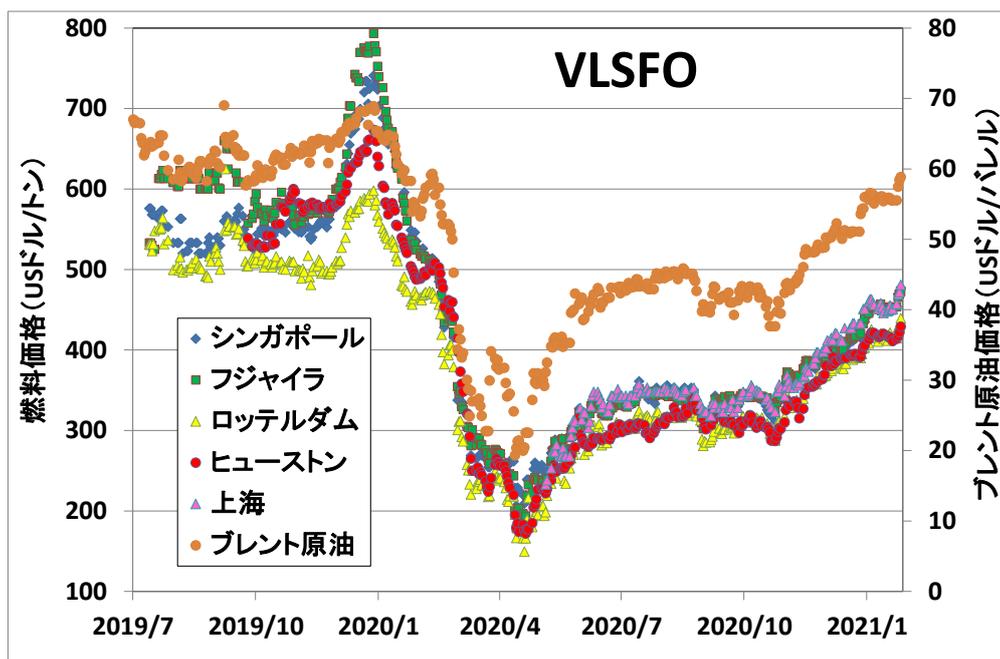


図4 世界の主要港における船舶燃料価格とブレント原油価格の推移 (VLSFO)

出所：Ship & Bunker の公表データより JPEC で作成

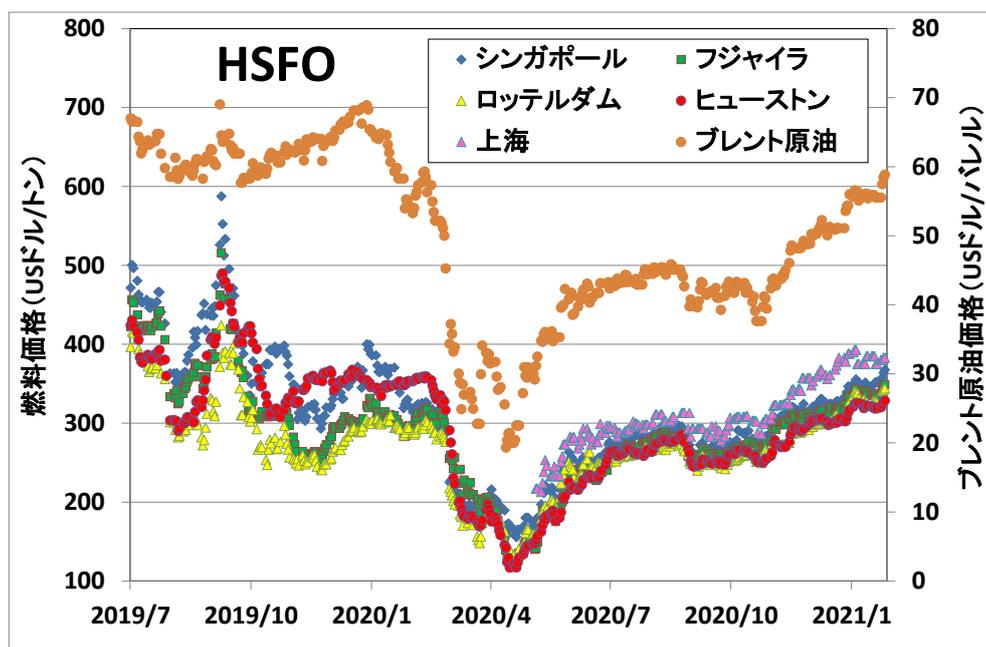


図5 世界の主要港における船舶燃料価格とブレント原油価格の推移 (HSFO)

出所：Ship & Bunker の公表データより JPEC で作成

図5に示すHSFOの価格は、原油価格にほぼ連動した価格で推移している。地域での価格差は、上海が他の地域より少し高い傾向にある。

COVID-19の影響としては、原油価格が大きく変動したことから、VLSFO、HSFOともに価格が大きく変動した。

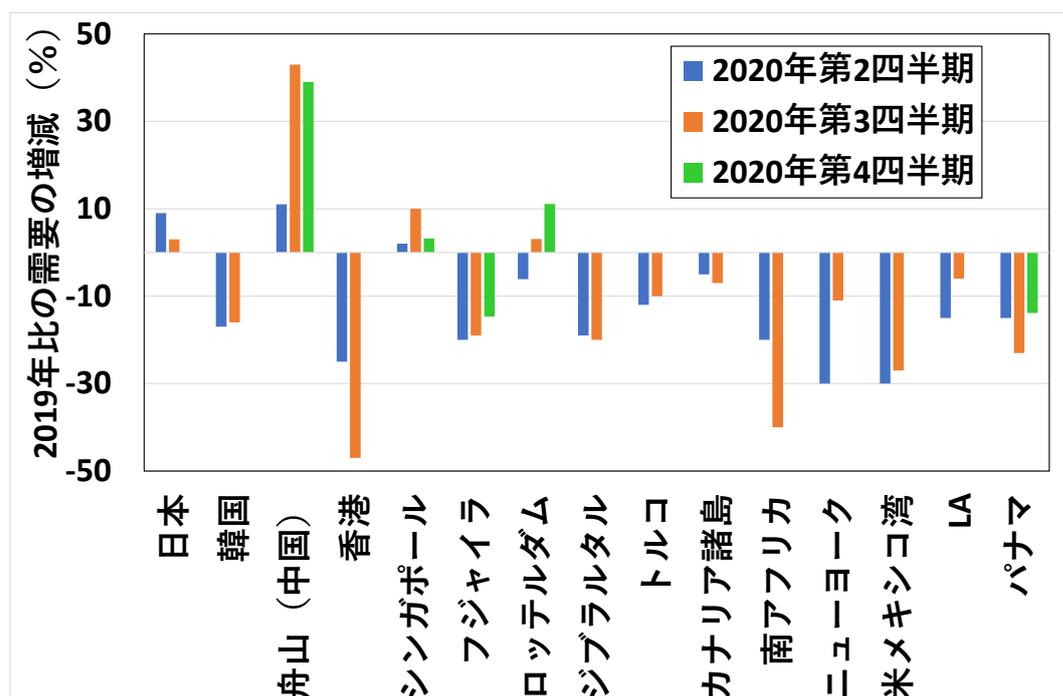


図6 世界の主要港における2020年の船舶燃料需要の増減(2019年対比)

出所：各種情報を基にJPECで作成

世界の主要港における2020年の船舶燃料需要の2019年に対する増減を図6に示す。多くの港で、2020年の第2四半期と第3四半期で、需要がかなり落ち込んでいるが、これは、COVID-19の影響が大きいと言われている。Ship & Bunkerは2020年12月16日のホームページで、世界の船舶燃料の需要は、第2四半期で前年対比▲9.3%、第3四半期で前年対比▲7.9%であったと報告している<sup>9</sup>。COVID-19の影響という点では、航空業界が減便を行い、ジェット燃料の需要がかなり落ち込む中、船舶燃料の需要は、それほど減少はしていなかったともいえる。

世界最大の需要があるシンガポールでは、2020年の総需要は4,980万トンとなり、世界市場全体の総需要は下落したにも関わらず、2019年より5%高くなった。これは、船主が燃料需要の小さな港でのVLSFOの供給不足を懸念して、需要が大きな港で燃料を供給しようとしたことの恩恵を受けた結果であるといわれている。この傾向は、最初はIMO硫黄分規制強化の前後でみられ、その後、COVID-19パンデミック中の市場の混乱の間に広まった<sup>10</sup>。

香港では、2020年の第3四半期のバンカー販売量は2019年の同時期と比較して47%も減少した。2020年7月末、香港政府はCOVID-19の感染防止策として、燃料供給のみの船舶でも、給油する前に14日間隔離する必要があると発表した。この発表により、多くの船主は香港を敬遠して、この地域の競争す

<sup>9</sup><https://shipandbunker.com/news/world/909059-sb-market-survey-soaring-demand-across-se-asia-but-global-q3-bunker-hub-volumes-down-79-overall>

<sup>10</sup><https://shipandbunker.com/news/apac/680494-sb-analysis-singapores-2020-bunker-sales-make-biggest-gain-in-4-years>

る他の港で燃料を供給したといわれている<sup>11</sup>。香港のバンカー業界は、この検疫が実施されている間、政府からの支援として3,200万香港ドル（410万USドル）、またはバンカーバージあたり20万香港ドル（2万5,640USドル）を要求している。

中東のハブ港であるUAEのフジャイラでも、2020年は2019年と比較して需要が減少している。フジャイラでの顧客の多くが、原油タンカーであるため、COVID-19により原油需要が減少した影響を受けたといわれている。ヒューストンがある米国メキシコ湾での需要減少も、同様な理由が大きいといわれている。一方で、シンガポールとロッテルダムは、コンテナ船への燃料供給が多いため、燃料需要減少の影響は避けられたといわれている。

燃料需要が小さな港では、例えばカナダのバンクーバー、米国のマイアミ、ロシアのサンクトペテルブルグで、壊滅的な需要下落があったといわれている。これらの港は、主にクルーズ船に燃料を供給しており、クルーズ船が運航停止になった影響をまともに受けているようである。

多くの港が需要低迷で苦しむ中、中国の舟山は燃料需要が2019年と比較して急増している。Argusの報道<sup>12</sup>によると、舟山では堅調な鉄鉱石の輸入による、ばら積み貨物船の入港が好調であり、中国の製鉄所が集中する舟山で、燃料補給を選択する船舶が増えているようである。

#### 4. IMO 硫黄分規制強化に伴うトラブル

##### 4-1. 硫黄分の超過の状況

IMO 硫黄分規制強化によるトラブル事例として、規制強化開始直後は、バンカー設備や船舶の燃料系統の洗浄具合によって、燃料の硫黄含有量が0.50mass%を超えることが起こると予測されていた。Ship & Bunkerが2020年5月26日に主催したウェビナーで、ロッテルダムに本社があり、世界の船舶業界に燃料検査サービスやアドバイスを提供しているVPS社のビジネス開発ディレクターであるスティーブ・ビー氏は、2019年末にVPS社によってテストされたVLSFOのサンプルの約8%は、硫黄分が0.50mass%を超えていると判定されたが、2020年3月～4月にかけては、その数値は1.1%に低下したと述べた。スティーブ・ビー氏の考察では、2019年末の硫黄分超過は、燃料切替時に、HSFOの残留物がVLSFOに誤って混入したために発生した可能性があるとしている<sup>13</sup>。

##### 4-2. スクラバーの排水系統のトラブル

シンガポール港湾局（Maritime and Port Authority of Singapore）は2020年4月27日付けで、「スクラバーを搭載したシンガポール船籍の中で、2020年2月29日時点で31隻にスクラバーの不具合の報告があった」とウェブサイトで述べた。2020年4月9日には、一般財団法人日本海事協会（ClassNK）は、「SOxスクラバー排水系統におけるディスタンスピースの腐食について」と題して、ホームページで警戒を呼び掛けた。それによると、同協会に船級登録している船舶においても、SOxスクラバー排水

<sup>11</sup><https://shipandbunker.com/news/apac/292281-hong-kong-bunker-industry-seeks-41-million-bailout>

<sup>12</sup><https://www.manifoldtimes.com/news/argus-media-november-marine-fuel-sales-rise-in-chinas-zhoushan/>

<sup>13</sup><https://shipandbunker.com/news/world/242513-vps-reports-sharp-decline-in-non-compliant-ulsfo-samples>

管系統に取り付けられている船体付きディスタンスピースから機関室内に海水の漏洩が確認された事例が散見されたようである。

2020年9月上旬には、スクラバーを製造しているベルギーのHydrex社とノルウェーのYara Marine Technologies社が、それぞれスクラバーの腐食についてShip & Bunkerの取材でコメントを発表した。

Hydrex社のコメントによると、スクラバーの設置後6か月で修理が必要になる場合があると述べている。同社の技術部門は、スクラバーの船外パイプの修理依頼が大幅に増加していると語っており、海運業界の一般的な印象としては、修理が必要なのは小規模でスクラバー製造に新規参入した会社のモデルであると述べている。また、Hydrex社は2020年12月16日付で、自社のホームページで、“Scrubber overboard pipe repairs in Europe”という記事を掲載した。その中で、実例として全長400メートルのコンテナ船で、6本のパイプを交換する必要があり、ダイバーがウェット溶接機を持って海中に入り、コッファダムと呼ばれる部品を海中で溶接した様子を写真入りで掲載している。

Yara Marine Technologies社は、スクラバーの製造メーカーであるが、パイプはスクラバーを設置する造船所が別途手配するケースが多く、そのパイプの腐食対策が不十分であることが懸念されるため、自ら船外パイプを顧客に提供し始めた。なお、Yara Marine Technologies社は、WartsilaやAlfa Lavalとともに、2018年にはスクラバーメーカーのBig3の一つであった。しかし、この報道の前の2020年8月上旬に、COVID-19により燃料価格が低下して、スクラバービジネスが縮小したため、スクラバー製造から事実上撤退すると発表した。

2021年1月には、米国のテキサス州を拠点とするLogan Industries社が、オランダの姉妹会社であるVerolmeと協力して、テキサス州ヘンプステッドの施設でスクラバーの船外パイプの修理を請負うことを発表した<sup>14</sup>。

以上のように、2019年には多くのドックでスクラバー設置作業が急ピッチで行われたが、スクラバーの船外パイプの部材にコーティングが十分でないものが使われたケースがあり、約半年後にトラブルが発生したようである。

#### 4-3. 西欧でのコンタミの可能性

2020年6月中旬にS&P Global Plattsが主催したウェビナーで、VPS社が5月に分析したVLSFOサンプルの中で、規格外のサンプルの割合は欧州が最も高く、8.8%であったとの発表があった。2番目に割合が高かったのは、北米の7.35%、3番目はロシアの5.68%と続いた。一方、アジア太平洋は1.97%、中東は1.5%と、規格外のサンプルの割合は非常に小さかったと述べた。

デンマークのタンカー会社であるHafnia社のバンカー担当ゼネラルマネージャーのピーター・グルンヴァルト氏は、同じウェビナーで、同社も欧州で船舶燃料に関するトラブルを経験したと述べた。アムステルダム、ロッテルダム、アントワープを合わせて総称するARA地域は、世界第2位の船舶燃料供給基地であり、船舶燃料のブレンドのハブであることが、トラブルの原因ではないかと、グルンヴァルト氏は主張した。

---

<sup>14</sup><https://shipandbunker.com/news/world/859533-scrubber-repair-industry-expands-further>

この北西ヨーロッパの問題は、この地域は、ECA 海域であるため、VLSFO、MGO、HSFO の他に、硫黄分が 0.1mass%以下の LSMGO (Low Sulfur Marine Gas Oil) や ULSFO (Ultra-Low Sulfur Fuel Oil) など販売されており、油種が多いことがコンタミの原因になった可能性が高い。

## 5. おわりに

IMO 硫黄分規制強化開始前の 2019 年までは、VLSFO の供給不足が指摘されたり、従来の HSFO とは性状が大きく変わるため、様々なトラブルが起きると懸念されていた。しかし、規制強化開始後には大きなトラブルはなく、2020 年 11 月に Web で開催された、IMO の環境小委員会 (MEPC75) において、IMO の林基沢 (イム・ギテク) 会長が、非常にスムーズな移行であったと挨拶で述べた。

2020 年は石油精製業界にとって、COVID-19 の影響を大きく受けた年になったが、その中では船舶燃料は一時的な需要減少はあったものの、比較的影響が小さかった油種といえる。世界的に人の流れが制限され、船舶業界ではクルーズ船の運航停止はあったものの、ばら積み船、タンカー、コンテナ船など、物流が主体であるため、運航が継続されて燃料需要の落ち込みは小さかった。

(問い合わせ先)

一般財団法人石油エネルギー技術センター 総務部 調査情報グループ [pisap@pecj.or.jp](mailto:pisap@pecj.or.jp)

本調査は、一般財団法人石油エネルギー技術センター (JPEC) が資源エネルギー庁からの委託により実施しているものです。無断転載、複製を禁止します。

Copyright 2021 Japan Petroleum Energy Center all rights reserved