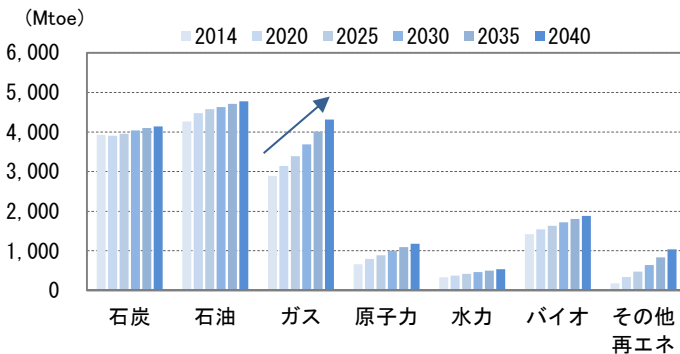


FSRU（浮体式LNG貯蔵・再ガス化設備）市場の現状と見通し

1. FSRUとは

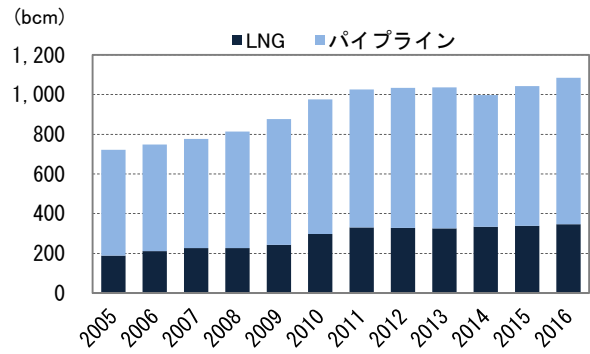
- 化石燃料の中でも環境影響が少ない天然ガスは、今後も顕著な需要の伸びが見込まれる（図表1-1）。トレード方法はパイプラインとLNG（液化天然ガス）があり、LNGは2010年に国際輸入量の3割を超えた（図表1-2）。LNGの市場構造は、米国はじめ新たな産地の登場、ロジスティクスの進化、再輸出・転売制限の緩和、調達契約の短期化等により、過渡期を迎えている。
- FSRU (Floating Storage & Regasification Unit) とは、新造もしくは既存のLNG船に再ガス化設備を搭載し、栈橋に固定的に停泊させて、陸上のLNG受入基地と同等の機能を果たすものをいう（図表1-3, 4, 5）。本稿では、FSU (Floating Storage Unit, 再ガス化設備は陸上に設置) 及びLNG RV (LNG Regasification Vessel, 非固定式=接続口があれば世界中どこでも気体で荷下ろし可能) も広義のFSRUに含めて扱う。
- 陸上基地と比較すると、FSRUは初期費用や機動性の点で勝り、導入国のエネルギーミックスや周辺ガス市場の活性化に資する。他方、拡張性はやや劣り、立地面でも洋上ゆえの制約がある（図表1-6）。
- 用途・目的としては、需要増対応（発電、輸送、都市ガス）、季節性対応（冷暖房、水力補完）、エネルギー安全保障、トレード網構築などが挙げられる（図表1-7）。また、設置・撤去の柔軟性を活かし、陸上基地完成までのブリッジや、LNGの試験的・段階的・補完的導入に用いられることもある。

図表1-1 世界の一次エネルギー需要



(備考) IEA “World Energy Outlook 2016”により作成

図表1-2 天然ガスの国際輸入量



(備考) BP “Statistical Review of World Energy” (各年版) により作成

図表1-3 日立LNG基地



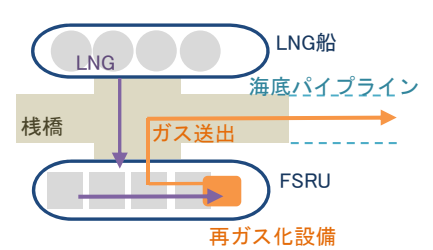
(備考) 東京ガスプレスリリースより

図表1-4 Guanabara Bay FSRU (ブラジル)



(備考) Excelebrate Energyウェブサイトより

図表1-5 FSRUのしくみ



図表1-6 陸上基地とFSRUの比較 (あくまで目安)

	陸上基地	FSRU
コスト	~1,000億円 (栈橋含む) ※CapExに比重	新造: ~300億円 改造: ~80億円 栈橋: ~100億円 稼働中: 備船料 ※OpExに比重
建設期間	5年	新造: 2~3年 改造: 1~2年
立地制約	都市計画規制	気象、水深、潮位、波高など
環境影響	大	小
規制	厳しい	少ない/未整備
撤去	長期継続が前提	容易=短期・一時的利用も可能
拡張性	用地確保次第	隻数・栈橋単位

(備考) JOGMEC 「グローバルに拡大するFSU・FSRU」 「浮体式設備 (FSRU/FLNG) によるLNG市場の拡大」 等により作成

図表1-7 FSRUの用途・導入目的の例

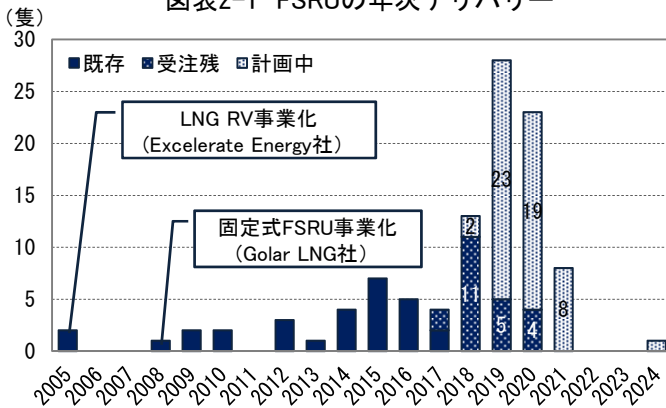
導入目的	国・地域 (計画段階含む)
新規火力発電	コロンビア、ガーナ、南アフリカ
交通・輸送	インド、パキスタン、バングラデシュ
都市ガス	エジプト
水力発電の補完	ブラジル、コロンビア
季節変動対応	中東諸国、中国、リトアニア
エネルギー保障	リトアニア (船名 “Independence”)
国内トレード	インドネシア

(備考) Höegh LNG “Company presentation” 等により作成

2. FSRUの普及

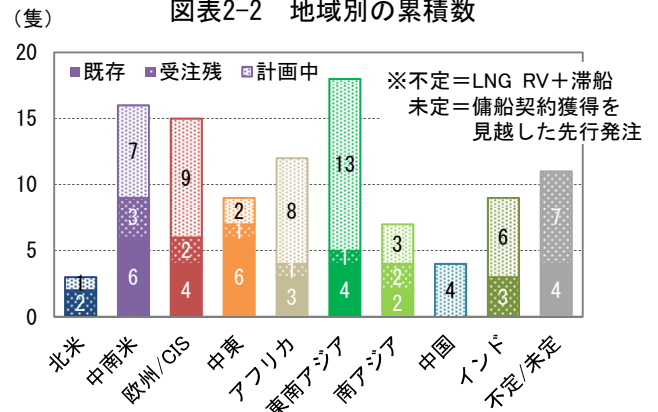
- FSRUの実用化は、LNG RVが2005年、固定式FSRUが2008年と比較的新しい。近年は年3~5隻前後の投入で推移してきたが、2020年ころにかけて受注残22隻、計画53件が積み上がっており（図表2-1）、一気に普及が進む気配も窺われる。ただし、新興国の遅延・中止リスクや、各国のエネルギー政策の動向（特に、再生可能エネルギーがLNGの対抗馬となる可能性）には留意が必要である。
- 地域別にみると、導入の早かった中南米と中東では、貯蔵タンク総量は少なく、FSRU率が高くなっており、専らFSRUによりLNG利用を実現してきたといえる。アフリカは、クレジットリスクの高い国でも「1国1隻」の計画あり（ジブチ、ナミビア等）。欧州は東欧、トルコが中心。市場成長が期待されるアジアでは、ASEAN諸国やインド、パキスタン、バングラデシュなどが導入に積極的。他方、中国は計画立ち上がりが鈍く、すでに陸上基地が充実している日本や韓国は必要性に乏しい（図表2-2、2-3）。
- 新/改造・型式の別をみると、既存・受注残とも約7割が新造であり、型式はメンブレン型が圧倒的に多い（図表2-4）。既存LNG船を母体とする改造の方が、再ガス化設備の増設だけで済むためコストメリットが大きいに思われるが（図表1-6）、実際には新造が大半となっている。この背景には、①LNG船の大型化や、②FSRU大手と韓国三大重工（造船所）の親密さ（図表3-1）があると考えられる。
- ①について、LNG船の主流であるメンブレン型は、タンクの直方体形状ゆえのスロッシング問題（LNGの揺動がタンク破損を引き起こすおそれ）により、一部積み航路が制限される。したがって、ターミナルは一度に全量を受け取れる貯蔵量を備えていることが望ましく、近年の17万m³級LNG船の増加を受け、FSRUも追随しているものとみられる（受け取りきれない分だけ即再ガス化してもよさそうだが、需要の生じるタイミングやガスとLNGの体積差（約600倍）を考慮すると、それが常に可能とは限らない）。

図表2-1 FSRUの年次デリバリー



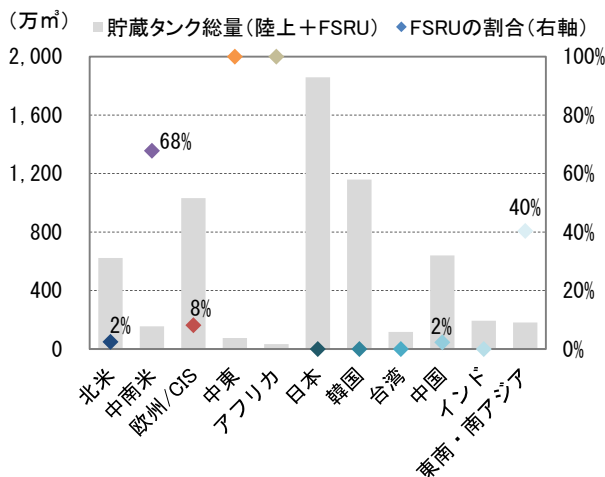
(備考) EMA “Floating Production Systems” (2017. 9. 21)により作成

図表2-2 地域別の累積数



(備考) 同左 ※北米: ハワイ含む 欧州: トルコ含む
東南ア: 豪州含む 南ア: バングラデシュ以西
中国: 香港含む

図表2-3 FSRUの普及率

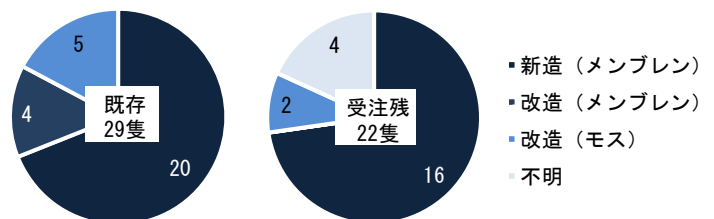


(備考) EMA及びGIIGNL “The LNG Industry 2017”により作成

図表2-4 LNG船の型式 (上段) とFSRUの内訳 (下段)



(備考) 東京ガスプレスリリースより 川崎汽船プレスリリースより



(備考) EMA及び各種ウェブサイトにより作成

3. 主要FSRU事業者の比較

- FSRU事業者は、FSRUを発注・保有・操業し、オフテイカー（設置国のガス会社等）から備船料収入を得ている。Excelerate Energy、Golar LNG、Höegh LNGという草分け3社が強固な事業基盤を築いているが（図表3-1）、周辺分野からの新規参入も増えており、プレイヤーは多様化しつつある（図表3-2）。
- Excelerate Energy社は、2005年、LNG RVを世界で初めて実用化した（米Gulf Gateway Deepwater Port → シェール革命の影響で2011年閉鎖）。結局RVの事業モデル定着には至らず、固定式での運用へ方向転換したが、タレット係留やSTS受渡しの技術は後のプロジェクトでも活用されている（図表3-3）。
- Golar LNG社は、2008年、世界初の固定式FSRUをブラジルで稼働させた（Golar Spirit→2017年滞船へ）。老舗LNG輸送事業者であり、余剰船の転用を進めた結果、モス型老齢船を含む改造FSRUが目立っている。既存8隻中4隻がオプション込みでも2020年までに期間満了となるため、契約獲得が課題。LNGバリューチェーンのカバーを標榜し、上流FLNG(洋上ガス生産・液化設備)にも進出している（図表3-4）。
- 同じくLNG船老舗であったHöegh LNG社は、Excelerate社を追うように当初RVで参入を目指すも、プロジェクト凍結（ボストン北東沖Neptune LNG Deep Water Port）。その後、2014年ころより17万㎡級新造船の先行発注・建中契約確保戦略（図表3-5）を推し進め、足元オプション込みで2030～40年代までの案件が5件（既存2、受注残3）と、最も長期契約確保に成功している。Golarとは対照的に、FLNG撤退・FSRU集中を表明した。

図表3-1 FSRU主要3社の比較

	Excelerate Energy (米国)	Golar LNG (ノルウェー)	Höegh LNG (ノルウェー)
創業	2003年	1946年 (LNG船参入1970年)	1927年 (LNG船参入1973年)
FSRU参入	2005年 (LNG RV)	2008年 (固定式)	2009年 (LNG RV)
隻数 新/改造の割合	既存8隻 + 受注残1隻 新造=9/9	既存8隻 + 受注残2隻 新造=4/10	既存6隻 + 受注残5隻 新造=11/11
設置国 (+受注残)	ブラジル、アルゼンチン、UAE、 イスラエル、パキスタン (+バングラデシュ)	ブラジル、ヨルダン、クウェート、 UAE、インドネシア、ガーナ、ジャマ イカ (+ブラジル、未定)	インドネシア、リトアニア、コロン ビア、エジプト、トルコ (+ガーナ、 チリ、インド、パキスタン、未定)
平均契約期間	10.4年 (オプション込で11.8年)	9.6年 (オプション込で11.2年)	12.4年 (オプション込で16.7年)
2020年までに満了	1隻	4隻 (うち滞船1隻=Golar Spirit)	2隻
造船所	大宇造船海洋のみ	新造：サムスン重工 改造：Keppel Shipyard(シンガポール)	現代重工 (一部サムスン重工)
資金調達の特徴	非上場 *1	MLPを活用 *2	MLPを活用 *2
協業等	Exmar (ベルギー海運) と操業委 託やJVが多い	受注残2隻はStonepeak (米インフラ ファンド) とのJV	初期のRV 2隻は商船三井が出資

*1 大富豪ジョージ・カイザー氏の100%保有。一時株式売却報道があったが、2017年5月見送りを表明

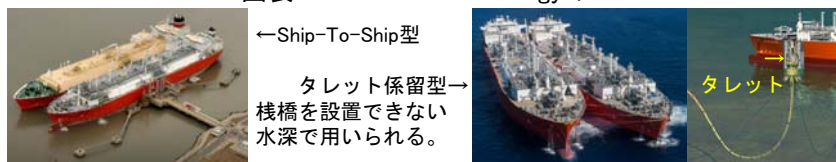
*2 Master Limited Partnership: エネルギー系インフラ設備等を対象とし、その使用料収入を配当原資とする米国の上場商品 (REITに類似)
(備考) EMA、各種ウェブサイト、記事等により作成

図表3-2 近年の新規参入の例

海運 (LNG船)	BW LNG, MISC, GasLog
オフショア	Teekay, Bumi Armada
ガス	VGS, Gazprom, Shell

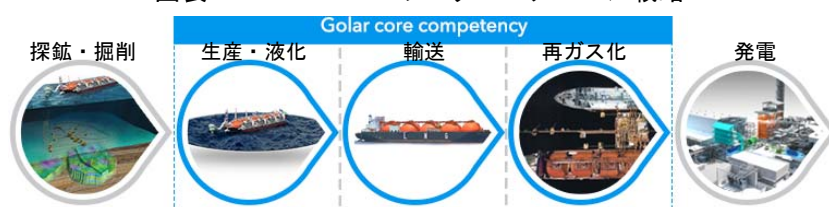
(備考) EMA等により作成

図表3-3 Excelerate EnergyのFSRU



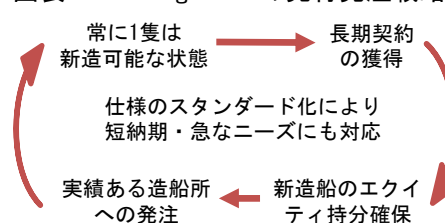
(備考) Excelerate Energyウェブサイトより

図表3-4 Golar LNGのバリューチェーン戦略



(備考) Golar LNGプレスリリースより

図表3-5 Höegh LNGの先行発注戦略

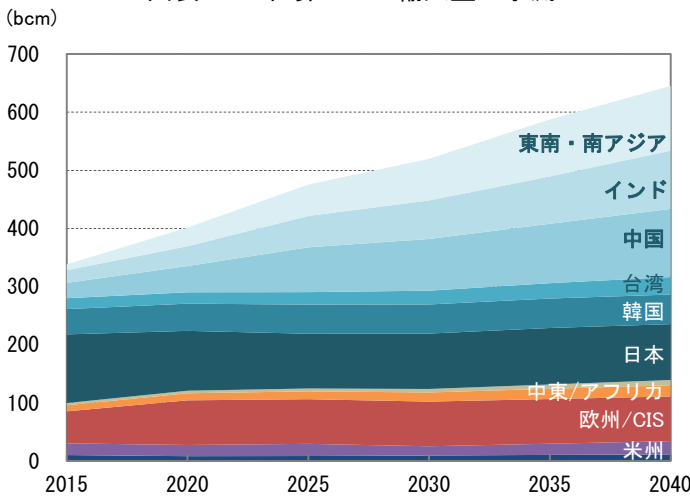


(備考) Höegh LNG "Company presentation"により作成

4. FSRU市場の見通し(考え方)

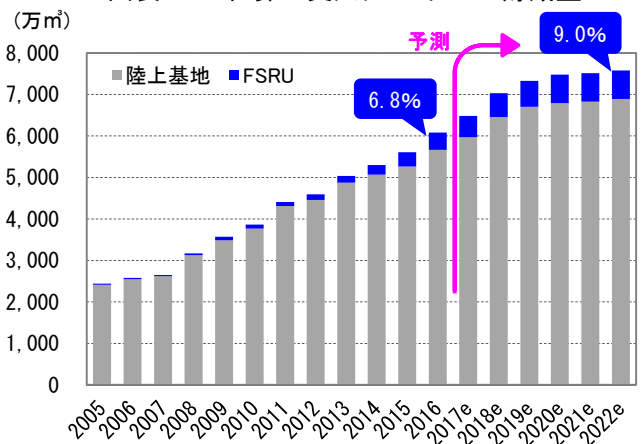
- LNG市場の流動性・柔軟性が増し、利用の裾野が広まる中、FSRUは、LNG導入のためのソリューションとして有効性を証明しつつある。では、今後さらに何隻の需要が見込めるのか。LNG輸入量の中長期予測と受入ターミナルの計画状況をもとに、大まかな相場感を探してみたい。
- まず、LNG輸入量について、BP統計及びIEA、Shell等の予測をもとに推計したところ、グローバルでは2020年400bcm、30年520bcm、40年645bcmに達する結果となった(図表4-1)。主な増加要因は中国、インド、東南・南アジアであり、これらの地域についてFSRUの潜在需要の試算を行うこととする。
- 次に、ターミナルについて、タンク貯蔵量と稼働予定年が明示されている計画案件を積み上げたところ、タンク総量は2022年時点で7,500万m³強となった。そのうちFSRUは、まだ10%に満たない(図表4-2)。
- 試算にあたり、次のように仮定してみる。①現在の輸入量相当分は、今後も既存ターミナル(陸上+FSRU)のみによって処理される(休廃止や稼働率の変動は織り込まない)。②将来の輸入量増加分の一部は、今後順次稼働していく計画ターミナル(陸上+FSRU)によって処理される。③将来の輸入量全体から①②を差し引いた残りが、すべてFSRU(近時ポピュラーな17万m³級)によって処理される。ここで変数となるのが、②計画ターミナルのカウントの仕方と、ターミナルの回転数である(図表4-3)。
- 回転数とは、ターミナルが年何回LNG受取り→再ガス化(気化)を行うのか、という意味である。LNG輸入量とターミナルの貯蔵量を対比するには、この回転数を考慮する必要がある。世界全体の実績値は、過去12年間で平均11.8回転であった(図表4-4)。本試算においては、回転数がこの値に近づきつつある中国と、LNG輸入歴の短い東南・南アジア(2011年タイが皮切り)についてはこの値(11.8回転)を用い、中東との近さゆえか回転率の高いインドについては、同国の実績平均値(21.5回転)を用いることとする。なお東京電力のウェブサイトによれば、同社東扇島基地は震災前23回転→後29回転である。

図表4-1 世界のLNG輸入量の予測



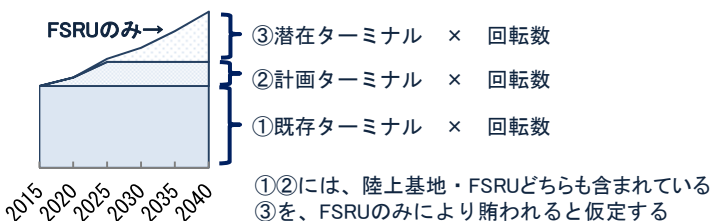
(備考) IEA, BP, GIIGNL, Royal Dutch Shell “LNG Outlook 2017”等により作成

図表4-2 世界の受入ターミナルの貯蔵量



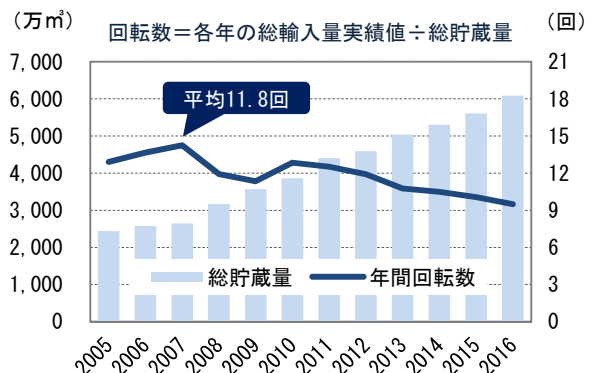
(備考) GIIGNL, JOGMEC “天然ガスリفرنズブック2016”により作成

図表4-3 FSRU市場規模試算の考え方



計画ターミナルを保守的にカウント (グラフの②層が薄い)	FSRUの潜在需要↑ (グラフの③層が厚い)
回転率が高い=回転数が多い (グラフの①②層が厚い)	FSRUの潜在需要↓ (グラフの③層が薄い)

図表4-4 グローバルの貯蔵量と回転数(実績値)



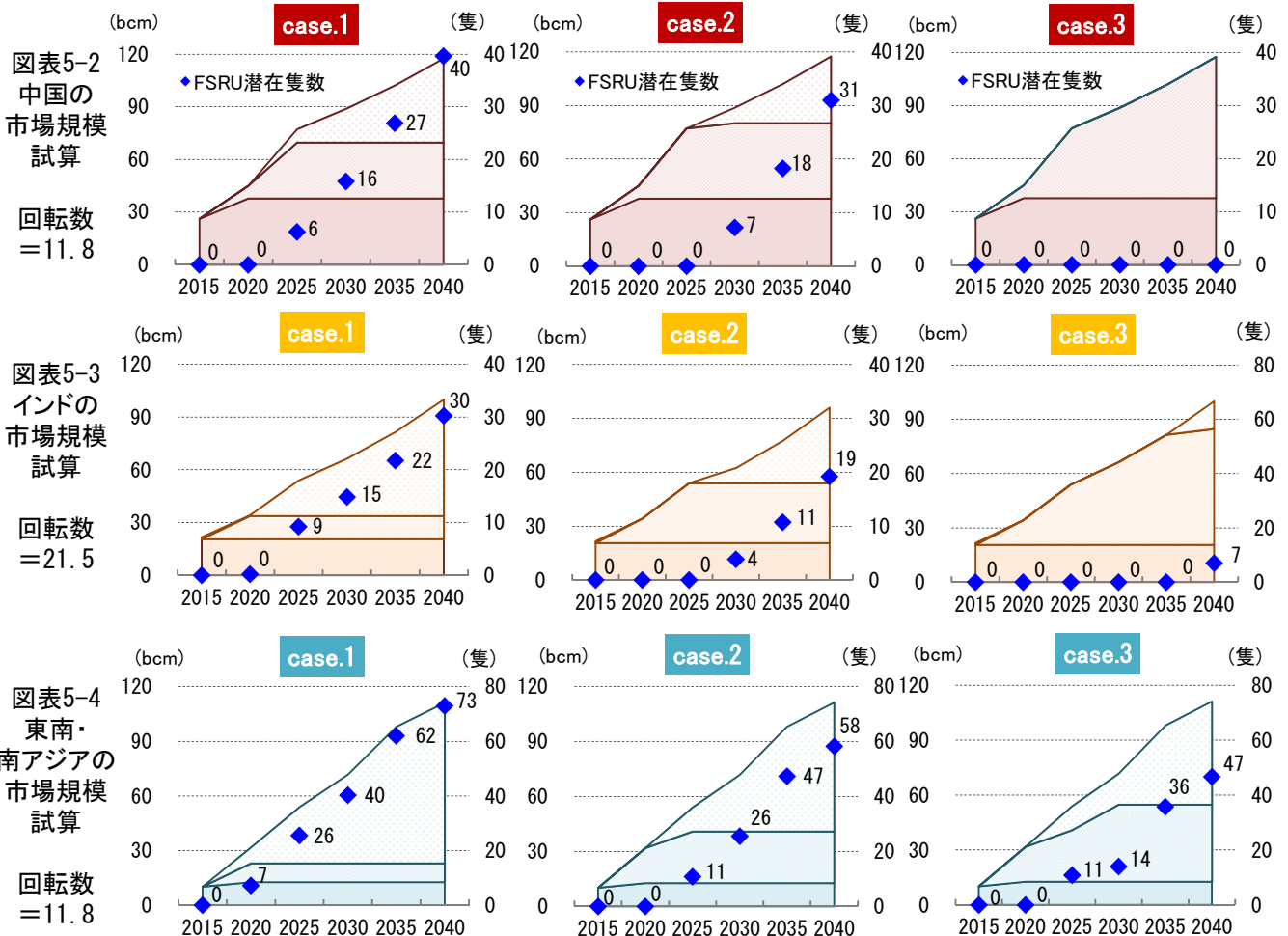
(備考) BP, GIIGNLにより作成

5. FSRU市場の見通し（試算結果）

- 計画ターミナルの情報開示は一律でないため、勘案の仕方を場合分けして試算を行った（図表5-1）。
- 中国（図表5-2）：計画ターミナルを保守的にカウントすると、2030年にFSRU16隻、40年40隻のニーズあり（case.1）。他方、もし沿岸部の陸上基地が最大限実現すれば、LNGの輸入増を大幅に上回るタンクが供給されることになり、FSRUの追加余地はゼロ（case.3）。ただし、陸上基地稼働までの短中期ブリッジ目的での導入は考えられる（天津で実績あり）。
- インド（図表5-3）：FSRUの潜在需要は最大で2030年15隻、40年30隻（case.1）。中国ほど計画貯蔵量は多くないが、回転率が高いため、計画ターミナルを積極的にカウントした場合、FSRUの追加余地は小さくなる（case.3）。なお、計画ターミナルにはすでに9隻のFSRUが含まれており（うち発注済み3隻、図表2-2）、全て実現すれば一国の導入数としては最多となる。
- 東南・南アジア（図表5-4）：FSRUの潜在需要は最大で2030年40隻、40年73隻と、中国・インドを上回る市場規模（case.1）。詳細不明の計画がそれほど多くない（case.2と3があまり変わらない）ため、ダウンサイドでもFSRUの需要は見込めるが、地域/国ごとの回転数の相違・動向には注意が必要。輸入増の主なドライバーは、2025年ころまでがパキスタン（FSRUにより新規LNG輸入開始）、バングラデシュ（同）、タイ（基地増強）など、2030年以降がLNG純輸入に転じるインドネシア（2035年の輸入量は25年の3倍）など。計画ターミナルに含まれているFSRUは19隻（うち発注済み3隻、図表2-2）。

図表5-1
計画ターミナル
(グラフ2段階目)
勘案の場合分け

case.1	case.2	case.3
タンク貯蔵量と稼働予定年の双方が明示されている案件のみカウント	case.1に加え、気化能力と稼働予定年が判明している案件もカウント（貯蔵量は気化能力を基準として仮定）	case.2に加え、貯蔵量もしくは気化能力が判明しているが稼働予定年不明の案件を、2030年時点で一括加算



(備考) IEA, BP, Shell, GIGNL, JOGMECにより作成

6. まとめと今後の展望

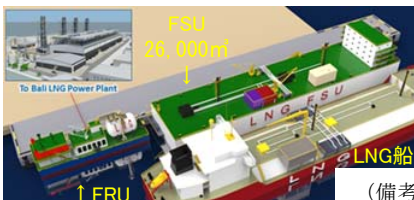
- FSRUは、LNGの利用を開始/拡大しようとする国にとって、インフラ面のボトルネックを解消する有効なソリューションである。試算では、中国、インド、東南・南アジアの3地域で、2025年11~41隻（case.2~1）、30年37~71隻（同）、40年108~143隻（同）の潜在需要が見込まれる結果となった。
- FSRUの導入国には新興国が多く（よりクレジットリスクが高い国での計画も）、すでに数件、棧橋や発電所の建設・許認可等の遅延が報道されている（ガーナ、チリなど）。加えて、今後は、FSRUを続けたいが財政悪化等で解約/更新断念、あるいは、陸上基地移行が遅れなし崩しにFSRUを継続、といった事例の発生も予想される。新興国リスクのマネジメントは、主要3社はじめFSRU事業者の課題である。
- これに対し、配転の柔軟性は一種のヘッジ策となりうる。これまでLNG RVをFSRUにした例はあるが（両運用の行き来も）、当初から固定式だったFSRUの配転はまだ現れていない。期間満了が近づく案件にはモス型老齢船から17万㎡級新造船まで含まれており（図表6-1）、次の引き合いが注目される。
- 最後に、FSRU市場の多様化の兆しとして、①ローカル用の小型、②ハブ用の大型、及び③発電設備との組み合わせを紹介したい。いずれも、主要3社にはまだ目立った動きがないように見受けられる。
- ①ローカル小型は、第1号がインドネシア・バリ島で発電用に導入されている（図表6-2）。島嶼国家であり、有望ガス田と需要地が離れている同国においては、LNGネットワークを構築する上で重要なファシリティといえよう。シンガポールのKeppel Shipyardなども受注を狙っている。
- ②近隣諸国を含めたガス供給やバンカリングの拠点ともなりうるハブ大型では、商船三井のMOL FSRU Challengerが挙げられる（図表6-3）。同船はウルグアイ向けに建造されていたが、計画遅延を受け、ひとまずトルコで2年ほど稼働することとなった。大型の需要には、なお未知数な部分があると思われる。
- ③発電設備との組み合わせについては、発電バージの併用が考えられるほか、LNG貯蔵・再ガス化・発電の全機能を備えたプラットフォームも開発が進められている（図表6-4、①路線の小型デザインも最近発表）。日本勢にとって、主要3社と棲み分けての市場開拓への期待は高く、設備・サービス一貫のパッケージ化（Gas To Power）により、導入国/地域のニーズにきめ細かく沿えるかがポイントとなろう。

図表6-1 2020年までに期間満了を迎えるFSRU（主要3社）

（備考）EMA等により作成

オーナー	船名	タンク	原建造年	型式	設置国	期間満了	備考
Excelerate	Exemplar	150,900㎡	2010	メンブレン	アルゼンチン	2018	
Golar	Golar Spirit	125,000㎡	1981	モス	ブラジル	2017	滞船中
Golar	Golar Arctic	140,650㎡	2003	メンブレン	ジャマイカ	2018	
Golar	Golar Igloo	170,000㎡	2014	メンブレン	クウェート	2018	オプション2019
Golar	Golar Freeze	128,600㎡	1981	モス	UAE	2019	
Höegh	GDF Suez Neptune	145,130㎡	2009	メンブレン	トルコ	2019	LNG RV
Höegh	Höegh Gallant	170,000㎡	2014	メンブレン	エジプト	2020	

図表6-2 バリ島のプロジェクト



Storage (FSU)とRegasification (FRU)を2隻に分けた設計
建造：韓国Gas Entec社
なお、オーナー（インドネシア海運事業者）がFSRUへの変更を発注したとの報道あり

（備考）Gas Entec社ウェブサイトより

図表6-3 MOL FSRU Challenger



タンク貯蔵量：263,000㎡
（唯一のQ-Max FSRU）
建造：大宇造船海洋
ウルグアイとの契約期間に合わせ、20年間ドライドック不要に

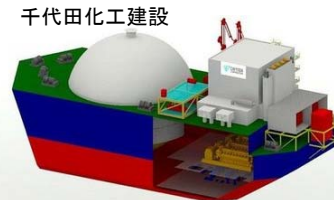
（備考）商船三井ウェブサイト、海事プレスより

図表6-4 浮体式LNG貯蔵・再ガス化・発電プラントのデザイン



“Floating Storage Regasification Water-Desalination & Power-Generation”
造水機能搭載型からローカル小型まで幅広く対応

（備考）同社ウェブサイトより



“Floating LNG Power Plant”
中古モス型LNG船の分割・改造によりコスト抑制
東南アジア、カリブ、アフリカなどがターゲット
2018年の初受注を目指す

（備考）日刊工業新聞より

©Development Bank of Japan Inc. 2017

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引等を勧誘するものではありません。本資料は当行が信頼に足ると判断した情報に基づいて作成されていますが、当行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しましては、ご自身のご判断でなされますようお願い致します。本資料は著作物であり、著作権法に基づき保護されています。本資料の全文または一部を転載・複製する際は、著作権者の許諾が必要ですので、当行までご連絡下さい。著作権法の定めに従い引用・転載・複製する際には、必ず、『出所：日本政策投資銀行』と明記して下さい。

お問い合わせ先 株式会社日本政策投資銀行 産業調査部
Tel: 03-3244-1840