

## シェール・ガス革命の見方（産業界への影響と日本への示唆）

### 1. はじめに

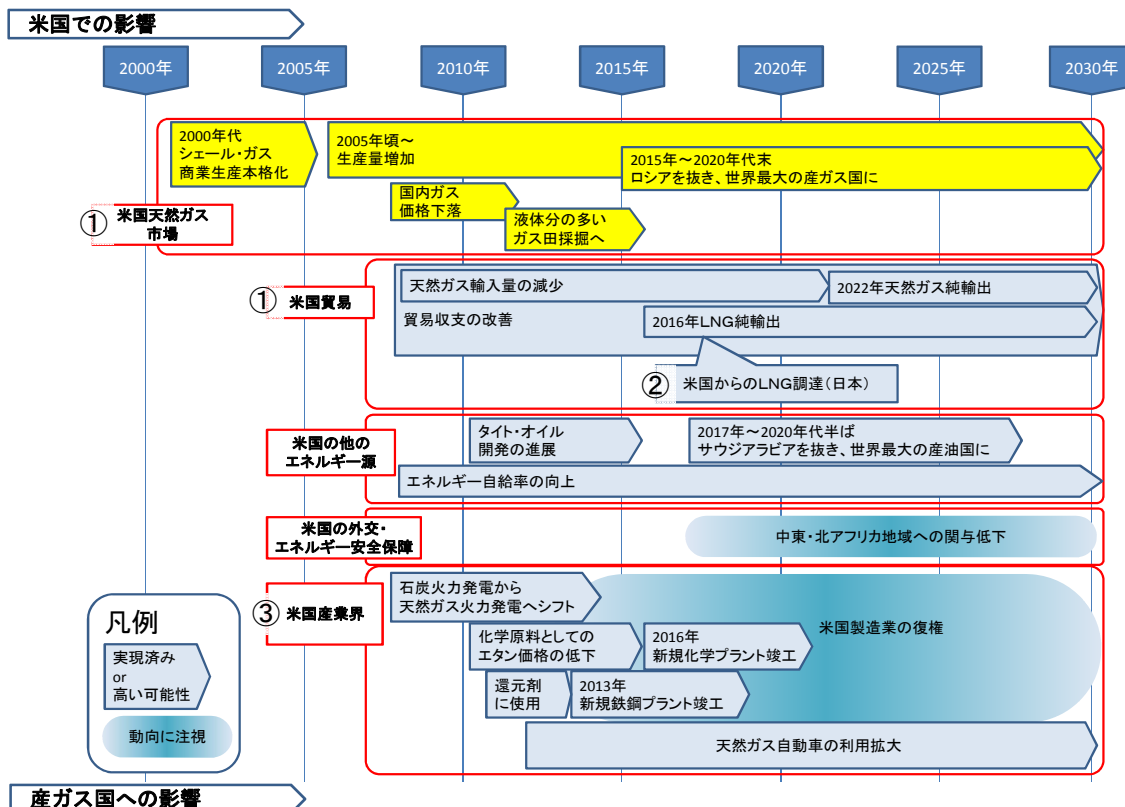
米国発のシェール・ガス革命（※）は、さまざまな観点から注目を集めている。本稿ではシェール・ガス革命の全体像を時系列とともに整理し、米国での天然ガス供給増加といった側面だけではなく、米国産業界への影響分析を通して、日本企業へのインプリケーションを考察していくこととしたい。

<本稿で触れるポイント>

- ①米国天然ガス市場の動向、天然ガス貿易収支への影響
- ②日本のLNG（液化天然ガス）調達と、米国からの新規調達（原油価格リンクと比べて安価なLNG調達先候補としての米国）
- ③米国での天然ガス生産増大による産業界への影響と日本企業へのインプリケーション
  - ・シェール・ガス採掘（掘削資材等）
  - ・流通（パイプライン輸送、LNG輸出入）
  - ・消費（火力発電、自動車、化学、鉄鋼）

※シェール・ガスとは、非在来型の天然ガス的一种で、固い頁岩（シェール）層から採取される天然ガスである。シェール・ガス田では、シェール層と抗井の接触面を増やす水平掘削と、岩盤に水圧で亀裂を入れて天然ガスの流路を確保する水圧破砕により採取するが、2000年代以降、この2つの技術の実用化によりシェール・ガスの採掘コストの低下と大規模な生産が可能となった。

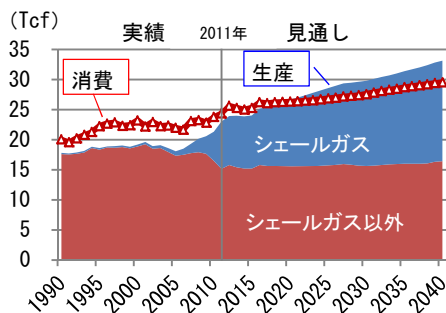
図表1-1 シェール・ガス革命の見方



## 2. 米国天然ガス市場の動向と天然ガス貿易収支への影響

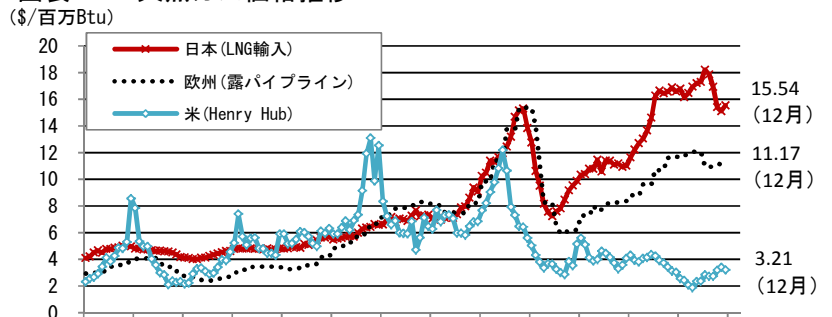
- ・2000年代以降、本格的に商業生産が開始されたシェール・ガスにより、米国の天然ガス生産量は、2011年に2000年比20%増と急拡大している。今後もシェール・ガスの生産が増加し、2040年の米国の天然ガス生産量は2011年比で約44%増加する見込みである（図表2-1）。
- ・天然ガスの生産が急拡大したことにより、米国の天然ガス価格は大きく下落した（図表2-2）。このためシェール・ガス開発は、採算を下支えするNGL（天然ガス液：常温・常圧下で液体となる天然ガスで、採掘時に抗井から同時に産出され、化学製品の原料などになる。）を多く含むガス田に移行してきている。
- ・米国では、天然ガスの国内生産増加により同輸入量は減少し、2000年に1.0%だった米国の全輸入金額に占める天然ガスの割合も、2011年には0.6%まで下落した。米国は、2020年頃に天然ガスの純輸出国となり、2040年には天然ガス貿易収支で約450億ドルの黒字になると試算される（図表2-3）。
- ・米国からの天然ガス輸出については、エネルギー省の輸出許可が必要であり、FTA（自由貿易協定）締結国への輸出許可については原則として遅滞なくおこなわれるが、FTA非締結国への輸出許可については、米国の公共の利益を害さないか個別審査が行われる。現在、多数の輸出プロジェクトが計画されているが、FTA非締結国向けのプロジェクトで輸出許可がおりているのはサビンパスプロジェクトのみであり、2015年後半から韓国（許可当時FTA未締結）、インド、英国、スペインへ輸出が始まる見込みである（図表2-4）。FTA非締結国への輸出許可に対しては、発電事業者、化学・アルミなどの製造業事業者から、国内ガス価格が上昇すると懸念が表明されている。
- ・米国エネルギー省は、天然ガス輸出による米国マクロ経済への影響調査を第三者機関に委託し、2012年12月、「天然ガスの輸出を拡大すると、米国経済にプラスとなる。」との調査結果を公表した。同報告書に対して提出された約3万件のパブリックコメントのうち、日本からは経団連、電事連、日本ガス協会、日本貿易会、日米経済協議会、中部電力、大阪ガスが輸出許可を求めるコメントを提出した。2013年2月25日までのコメントへの応答期間を経て、現在申請中の16件のFTA非締結国向けの輸出プロジェクトについて個別に判断がなされる見通しである。後述（5.）する通り、同省は2030年代に向けて年間約300万トンの輸出しか見込んでいないことから、慎重に判断され、許可は限定的となることが見込まれる。

図表2-1 米国の天然ガス生産と消費



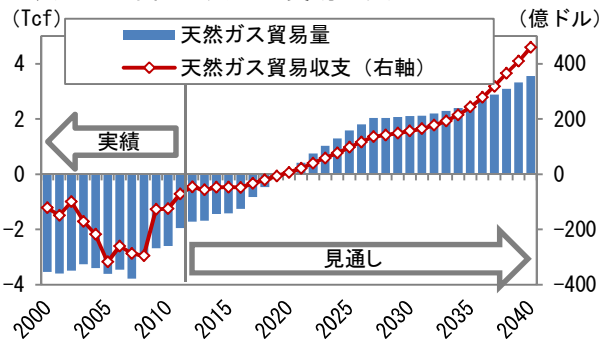
（備考）米国エネルギー省「Annual Energy Outlook 2013 Early Release」等より作成

図表2-2 天然ガス価格推移



（備考）各種資料より作成

図表2-3 米国天然ガス貿易収支



1. 天然ガス貿易量は、+が輸出を、-が輸入を表す
2. 天然ガス貿易量の実績は米国エネルギー省HP、見通しは同「Annual Energy Outlook 2013 Early Release」より作成
3. 貿易収支の実績（～2011年：季節調整なし）は米国商務省HPより作成。見通し（2012年～）は米国エネルギー省「Annual Energy Outlook 2013 Early Release」より純輸出量にヘンリー・ハブ価格（名目）の見通しを掛け合わせて試算

図表2-4 米国からの天然ガス輸出計画

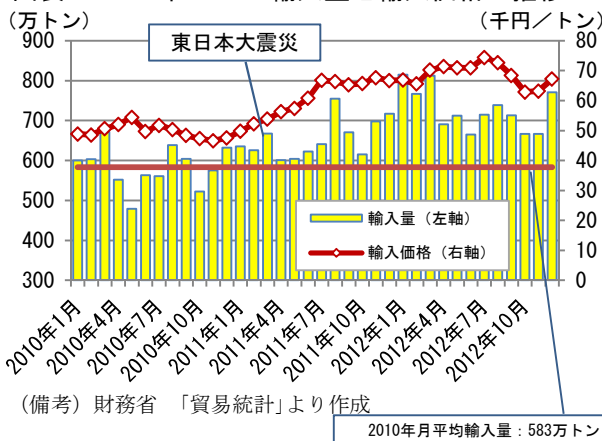
基地名	輸出開始時期	液化能力 (万トン/年)	輸出許可 (2013年1月30日時点)		備考
			FTA 締結国	FTA 非締結国	
Sabine Pass (ルイジアナ州)	2015年	1,800	許可済	2011年 許可済	韓、印、英、西に全量売却済み
Freeport LNG (テキサス州)	2017年	1,320	許可済	審査中 (1番目※)	中部電力と大阪ガスが各220万トン/年の加工契約を締結
Cove Point (メリーランド州)	2017年	500	許可済	審査中 (3番目※)	住友商事と東京ガスが230万トン/年に向けて協議開始
Cameron (ルイジアナ州)	2017年	1,200	許可済	審査中 (6番目※)	三菱商事と三井物産が各400万トン/年に向けて協議開始
その他		19,958	19件中 16件許可済	13件全件 審査中	
合計		24,778			

- （備考）
1. 米国エネルギー省 各社HP等より作成
  2. ※は、現在審査中のプロジェクトの中で申請をした順番

### 3. 日本のLNG調達と米国からの新規調達

- ・東日本大震災後に原子力発電所が停止した日本では、LNG火力による発電量が増加し、LNGの輸入量が急増している（図表3-1）。輸入原油価格に連動している日本のLNG輸入価格は、原油価格が上昇している影響を受けて、震災前と比べて高い水準にある。輸入量増大と価格上昇でLNG輸入金額が増大したこと等から、2011年の日本の貿易収支は第二次石油危機以来31年ぶりに赤字に転落した（図表3-2）。2012年は過去最大の貿易赤字となり、安価なLNGの調達は日本にとって重要な課題となっている。
- ・現下の日本の輸入原油価格と米国のガス価格の水準を踏まえると、米国ガス価格に連動したLNG調達が期待され、また、米国からの天然ガス輸入は地政学的な観点からも望ましい。日本政府も、「資源確保戦略」（2012年6月）にて、北米からのLNG輸入ルートの構築を重点的な取り組みとして掲げており、2012年9月には経済産業省が世界での「LNG産消会議」を主催し、産ガス国とガス消費国の対話を促進するなど、輸入価格の引き下げも念頭におきつつ、LNGの安定的な確保に努めている。
- ・日本企業の関与する米国LNG輸出プロジェクト（契約量合計（予定含む）1,470万トン。図表2-4参照）の許可があり、米国ガス価格連動とする調達契約が実現した場合、同価格フォーミュラを交渉材料に今後LNG調達契約が米国ガス価格連動に見直される可能性がある。既存契約については、契約期間中に価格改定交渉を行うのは困難だが、新規に締結する契約（期限を迎える既存契約の更改含む）については、輸入原油価格連動から米国天然ガス価格連動への価格交渉自体は可能である。仮に新規契約の全てが米国ガス価格連動となった場合、2020年の日本のLNG平均調達価格は、全量輸入原油価格連動とした場合と比較して15%の調達価格低減効果が見込まれる（図表3-3）。

図表3-1 日本のLNG輸入量と輸入価格の推移



図表3-2 日本の貿易収支への影響 (単位：十億円)

	2010年	2011年	2012年
輸出金額	67,400	65,547	63,745
輸入金額	60,765	68,111	70,672
うち原油	9,406	11,415	12,248
うち石油製品	1,593	2,226	2,461
うち液化石油ガス	780	892	1,021
うちLNG	3,472	4,787	6,001
うち石炭	2,111	2,459	2,314
貿易収支	6,635	▲ 2,565	▲ 6,927
LNG輸入量 (万トン)	7,001	7,853	8,731

(備考) 財務省「貿易統計」より作成

図表3-3 日本のLNG調達価格への影響 (2020年時点)

	LNG調達量 (万トン/年)	LNG調達価格		平均調達価格 (\$/百万Btu)	調達価格低減効果 (現状比較)
		輸入原油価格連動での調達量	米国ガス価格連動での調達量		
【シナリオ 1】 米国からの輸入分等(1,520万トン)を米国ガス価格連動で調達	8,395	6,875	1,520	14.5	-6.8%
【シナリオ 2】 シナリオ 1に加え、2020年までに新規に締結する契約(期限を迎える既存契約の更改含む)の半分を米国ガス価格連動で調達	8,395	5,940	2,455 (=1,520+1,870/2)	13.8	-11.0%
【シナリオ 3】 シナリオ 1に加え、2020年までに新規に締結する契約(期限を迎える既存契約の更改含む)の全量を米国ガス価格連動で調達	8,395	5,005	3,390 (=1,520+1,870)	13.2	-15.2%
【参考：現状ケース】 全量輸入原油価格連動	8,395	8,395	-	15.5	-

(備考) 各種資料より作成。前提は以下の通り。

- ①米国ガス価格は、ヘンリー・ハブ価格とした。
- ②ヘンリー・ハブ価格は今後上昇するとの見方もあるが、輸入原油価格連動によるLNG輸入価格、ヘンリー・ハブ価格のいずれも、価格の基準時点は直近の2012年12月の平均価格(実績)とした。
- ③米国ガス価格連動での調達価格は、ヘンリー・ハブ価格×115%+6ドル(液化、輸送コスト)/百万Btuとして、約9.7ドル/百万Btuと算出した。
- ④2020年時点のLNG調達量は、国際エネルギー機関(IEA)の「World Energy Outlook 2012」の新政策シナリオにある115bcm(=8,395万トン)/年とした。
- ⑤シナリオ1での米国からの輸入分等は、日本企業の関与する米国LNG輸出プロジェクトでの契約量合計(予定含む)1,470万トン/年と、関西電力がBPシンガポールからガス価格連動で調達するとした50万トン/年の合計とした。
- ⑥契約締結済みで、2020年時点で有効な長期契約に基づく調達量は5,005万トン/年。これらの調達価格は、契約締結済みであることから輸入原油価格連動とした。
- ⑦よって、2020年時点で8,395万トン/年を調達するために新たに契約(既存契約の更改を含む)すべき調達量は1,870万トン/年となり、これを米国ガス価格連動の調達契約として交渉できうる調達量の上限とした。

#### 4. 産業への影響と日本企業へのインプリケーション① (生産・流通 (米国内))

・米国のシェール・ガス革命により、天然ガスの供給量が拡大し、天然ガスの生産、流通、消費の各段階で大きな動きが見られている (図表4-1)。

##### (1) シェール・ガス革命が生産・流通 (米国内) に与える影響

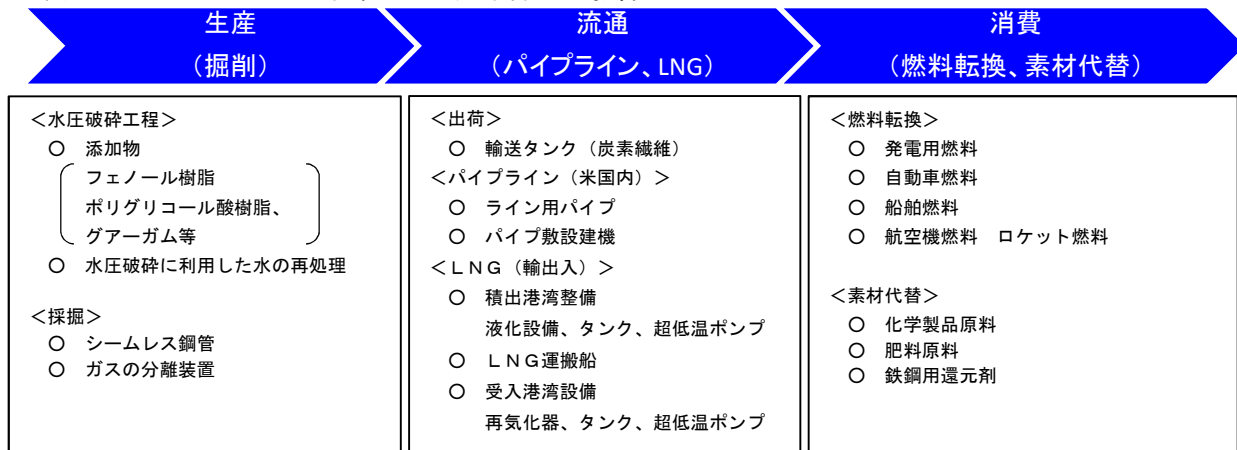
- ・掘削工程では、水圧破碎に用いる水に、フェノール樹脂、ポリグリコール酸樹脂、グアーガム等を加えている。使用する物質は地質構造によっても異なるが、地下水汚染に対する懸念から生分解性物質などへの需要が高まっている。
- ・採掘時に使用されるシームレス鋼管市場では、シェール・ガス開発により現在年間600万トンと言われる米国内の需要が増加することが見込まれている。シェール・ガス田では、水平抗井に使用される小口径シームレス鋼管に需要が集まっている。米国のアンチダンピング措置 (※) により日本から米国への小口径シームレス鋼管の輸出が停止状態となっているため、日本企業は米国現地での関連投資を進めている (図表4-2)。
- ・米国内の流通工程では、増産されるシェール・ガスのために、2035年までに35,600マイルのガスパイプラインの延長が必要であると、米国州際ガス協会は試算している。これは、米国内に整備されている総延長305,000マイルのガスパイプライン網 (図表4-3) の1割強であり、市場の拡大からライン用パイプ、パイプ敷設建機の受注が見込まれている。

##### (2) 日本企業へのインプリケーション

- ・米国でのシェール・ガス開発に対して日本企業は既に各分野で進出しており、関連需要を取り込み始めている。
- ・シェール・ガスは世界各国に分布しており、今後は世界で開発が進むとともに、シームレス鋼管やライン用パイプの需要が各国で発生することが見込まれる。今後は、世界の開発動向に留意しつつ、その供給体制 (現地生産か日本から輸出か) などを検討していく必要がある。

※アンチダンピング措置：ダンピング輸出 (輸出国内における販売よりも安く行う輸出) が輸入国の国内産業に被害を与えている場合、ダンピング価格を正常な価格に是正する目的でとられる措置で、特別関税 (アンチダンピング課税) が代表的。

図表4-1 シェール・ガス革命による産業界への影響



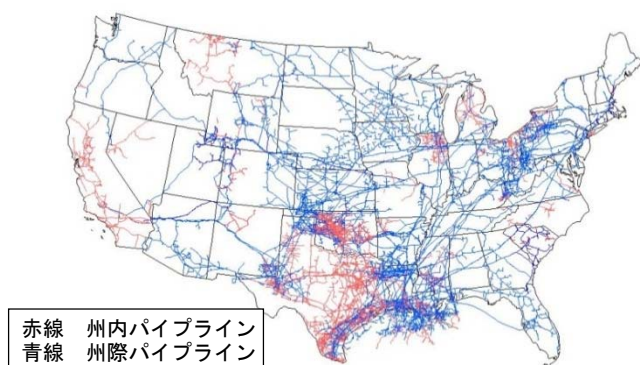
(備考) 各種資料より作成

図表4-2 日本企業の新たな進出 (油井管)

発表	社名	内容
2011/10	住友商事	出資 米国の小口径シームレス鋼管製造会社であるV&M TWO LLC社に出資 (19.47%)。同様に出資しているV&M STAR LP社と併せて年産85万トン。
2012/7	JFEスチール	能力増強 米子会社のカリフォルニア・スチールがカリフォルニアで電鍮管製造設備を年産23万トンから59万トンへ増強 (2014/8稼働予定)。
2012/10	兼松/JFEスチール	買収 米国のベノワマシンの油井管加工関連事業を買収。油井管の母材となるシームレス鋼管にネジ面を加工する特殊技術を持つ。
2012/10	新日鐵住金	買収 米国のWSPヒューストンOCTG社の油井管熱処理・継手加工などの工場設備を買収。今後追加設備投資を行い、2015年度をめどに本格商業生産を開始。

(備考) 各社プレスリリース等より作成

図表4-3 米国内のガスパイプライン網



(備考) 米国エネルギー省HPより引用

## 5. 産業への影響と日本企業へのインプリケーション② (流通 (LNG輸出入))

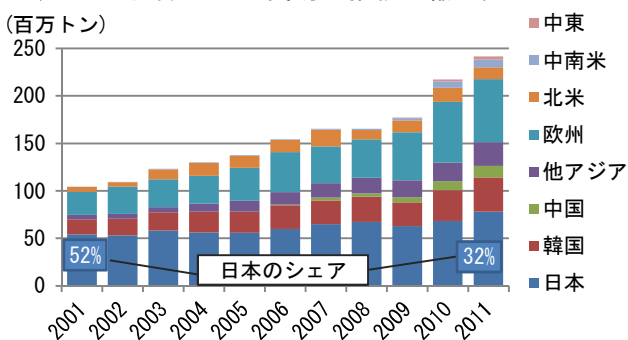
### (1) 世界のLNG貿易の現状とシェール・ガス革命が与える影響

- ・米国からの天然ガスの輸出は、パイプラインで繋がれたカナダ、メキシコ向け以外にはLNGにして船で運ぶ必要がある。2011年の全世界のLNG貿易量は約242百万トンで、現在まで日本が輸入量シェア1位にある(図表5-1)。近年は中国をはじめとする新興アジア、域内ガス生産が減退する欧州が輸入量を伸ばしている。
- ・米国エネルギー省は、2016年以降米国のLNG貿易が純輸出に転じ、徐々に輸出量を伸ばして、2030年頃には、約30百万トンを見込んでいる(図表5-2)。
- ・米国からの輸出プロジェクトの多くは、既存のLNG輸入基地の受入タンクを積出タンクに転用し、天然ガスの液化プラントを中心に整備する計画である。日本企業では、日揮、千代田化工に加え、2012年7月に米国エンジニアリング大手のKvaerner社の液化部門を買収したIHIが、シェール・ガスを中心とした天然ガス液化プラントの受注拡大を目指している。
- ・LNG運搬船は、2011年末時点、全世界で359隻運行されている。2014年にパナマ運河の拡張工事が完成すると、現在主流の14万 $m^3$ 超級のLNG運搬船でメキシコ湾岸からアジア向けにLNGを輸出することが可能となる。LNG運搬船は、貯蔵方式が球形タンクのモス方式と方形タンクのメンブレン方式に大別される。日本では、球形のモス方式がLNG運搬船としてのイメージが強いが、近年建造されるLNG運搬船では、容積効率の観点からメンブレン方式が世界の主流となっている(図表5-3)。米国から新たに年間350万トンのLNG輸入を開始するインドガス公社(GAIL)は、新造LNG運搬船7隻(16~17万 $m^3$ 級でメンブレン方式)の国際入札を2013年3月に行うとの報道がなされている。今後、2030年代に向けて米国からの輸出量が30百万トン程度まで増加し、輸出先を欧州・アジアとして航行日数等を勘案すれば、60~70隻程度の需要が見込まれる。米国のシェール・ガス輸出用に新造されるLNG運搬船は、新パナマ運河航行を考慮すると、容積効率の良いメンブレン方式が優位との見方がある。
- ・受入港湾では、LNGを受け入れた後、マイナス162度のLNGを扱う超低温ポンプや、LNG貯蔵タンク、LNGを液体から気体に戻す再気化器などの設備が必要であり、多くの日本企業が進出している(図表5-4)。

### (2) 日本企業へのインプリケーション

- ・14万 $m^3$ 級のLNG運搬船の船価は1隻約2億ドルで、上記の通り60~70隻の需要が生まれるとすると、120~140億ドルの市場が見込まれる。
- ・ウォン安で輸出攻勢をかける韓国勢に対して、LNG運搬船の建造隻数でその座を明け渡した日本勢だが、燃費効率を高め、船体寸法を新パナマ運河にも対応させた次世代型LNG運搬船を相次いで導入している。三菱重工と川崎重工はモス方式を、三井造船はモス方式とメンブレン方式を、1月に発足したジャパンマリユナイテッドはメンブレン方式と独自のSPB方式(方形タンク)を軸に展開しており、日本勢の今後の受注獲得が期待される。

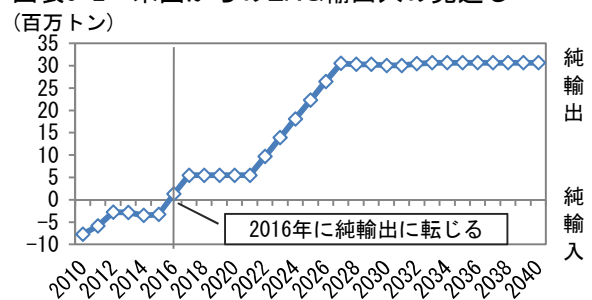
図表5-1 世界のLNG貿易の推移 (輸入国別)



(備考) 1. BP統計より作成

2. 1bcm $\approx$ LNG73万トンで換算

図表5-2 米国からのLNG輸出入の見通し



(備考) 1. 米国エネルギー省「Annual Energy Outlook 2013」より作成

2. 1Tcf $\approx$ LNG2,100万トンで換算

図表5-3 LNG運搬船の竣工数 (10万 $m^3$ 以上)

	2009年	2010年	2011年
メンブレン	30隻	23隻	10隻
日本	2隻	1隻	0隻
韓国	28隻	22隻	10隻
モス	6隻	2隻	1隻
日本	6隻	2隻	1隻
韓国	0隻	0隻	0隻

(備考) 各種資料より作成

図表5-4 LNGに関連する主な日本企業

分野	日本企業
LNG運搬船	三菱重工、川崎重工、三井造船、ジャパンマリユナイテッド、今治造船
モス方式タンク用厚板	古河スカイ
陸上タンク	IHI、トーヨーカネツ、川崎重工
超低温ポンプ	荏原製作所
再気化器	住友精密工業、神戸製鋼所

(備考) 各種資料より作成

## 6. 産業への影響と日本企業へのインプリケーション③ (燃料代替 発電)

### (1) シェール・ガス革命が発電分野に与える影響

- ・米国では、シェール・ガス革命により天然ガス価格が下落したことで、電源構成に変化が起きている(図表6-1)。ガス火力による発電量が大きく伸びる一方、石炭火力発電は、排出規制の強化も相俟って発電量の減少が著しく、2000年以降発電量シェアを15ポイント程度落としている(図表6-2)。原子力発電でも、安い天然ガス価格に対して経済性が合わないとして、既存原発の一部廃止や、新設撤回の動きがでている。
- ・米国エネルギー省では、シェール・ガス革命による天然ガス価格の下落と、老朽化した石炭火力発電所の代替として、2040年に向けて天然ガス火力による発電量が増加すると見ている(図表6-3)。石炭火力から天然ガス火力へのシフトが進むこと等から、米国は2020年までに自国の温室効果ガスの排出量を2005年比で17%削減することが可能と、2012年に開催された気候変動枠組み条約第18回締約国会議(COP18)にて明らかにした。

### (2) 日本企業へのインプリケーション

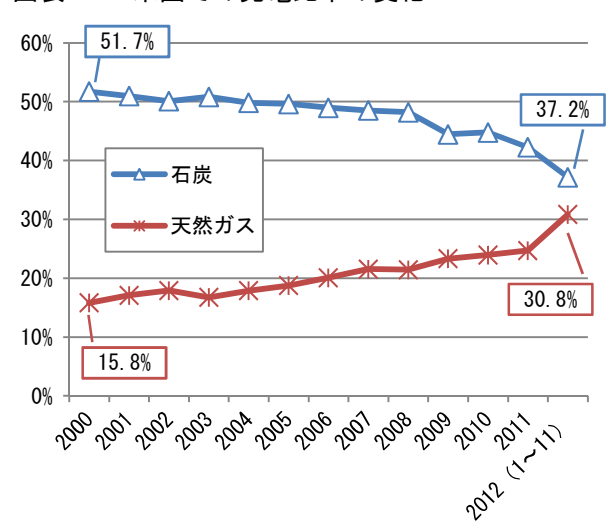
- ・米国では、今後天然ガス火力発電所の新設が見込まれているが、全てのコンバインドサイクル発電で天然ガスが用いられるとした場合、計画中のもので17GW(約150億ドル)、2040年までに170GW(約1,500億ドル)の設備投資が見込まれる。
- ・これを受け、米国内では発電用ガスタービン工場への投資が行われている(図表6-4)。日本企業では、三菱重工が米国ジョージア州にガスタービン工場を新設し、2012年10月に初号機をドミニオン社向けに出荷した。三菱重工は国内工場と合わせて世界2極生産体制を整え、生産能力も年産36基から約50基に拡大し、ガスタービン市場で世界シェア30%超を目指すとしている。

図表6-1 米国の発電分野への影響

電源	影響
天然ガス火力	・天然ガス価格の低下により、発電量が増加
石炭火力	・天然ガス火力へのシフトが進み、発電量が減少
原子力	・ドミニオン社が、キウォーニー原発の閉鎖(2013年前半)を発表 ・エクセルソン社が南部テキサス州の原子力発電所新設計画を撤回

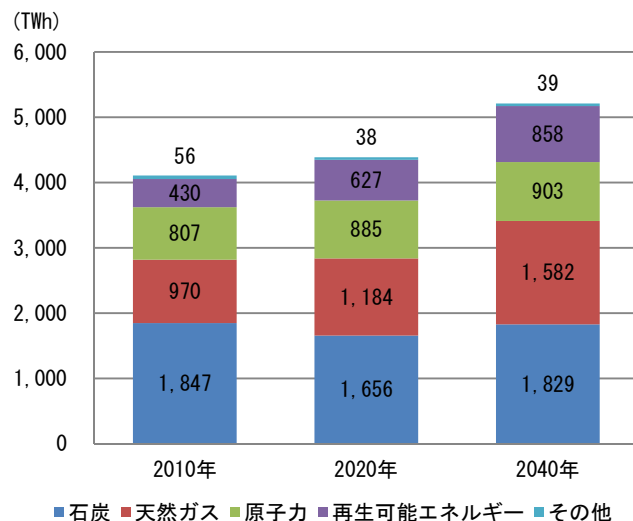
(備考) 各種資料より作成

図表6-2 米国での発電比率の変化



(備考) 米国エネルギー省「Electric Power Monthly」より作成

図表6-3 米国での発電量の見通し



(備考) 米国エネルギー省

「Annual Energy Outlook 2013 Early Release」より作成

図表6-4 米国内でのガスタービン工場への投資

企業名	アルストム	三菱重工	シーメンス
立地	テネシー州 チャッタヌーガ	ジョージア州 サバンナ	ノースカロライナ州 シャーロット
開所	2010年6月24日	2011年5月11日	2011年11月16日
生産品目	蒸気タービン ガスタービン 原子力発電関連機器	ガスタービン	ガスタービン
投資額	300百万ドル	n. a.	350百万ドル

(備考) 各社HPより作成

## 7. 産業への影響と日本企業へのインプリケーション④ (燃料代替 自動車)

### (1) 天然ガス自動車の現状

- 全世界の自動車保有台数約10億台のうち、天然ガス自動車は約15百万台ある(図表7-1)。普及が進んでいるのは、産油産ガス国が中心で、石油を輸出に回すために天然ガス自動車の普及政策をとってきたことによる。先進国では、ガソリン車、ディーゼル車と比べて窒素酸化物や硫黄酸化物の排出が少ないことから、環境対策としてバスなどの公共交通機関や大型車で導入が進められてきた(図表7-2)。一方、ガソリン車、ディーゼル車と比較して、①車両価格が高い、②タンク容量に制約があり走行距離が短い、③ガス充填所の整備が給油所と比べて進んでいない、といった点が普及するための障害となっている(図表7-3)。

### (2) シェール・ガス革命が天然ガス自動車に与える影響

- 米国では、シェール・ガス革命により燃料コストが相対的に下がったことや、炭素繊維を用いたタンクの小型・軽量化が進んだことから、天然ガス自動車の普及に期待が寄せられている(図表7-4)。米国エネルギー省の試算によれば、ディーゼル車と天然ガス車との車両価格差を3年以内で回収できるのは現時点では大型トレーラークラスのみである(図表7-5)。現在の燃料価格差が維持されるなどの前提はあるが、今後同クラスを中心に普及が拡大していくものと思われる。
- 同省では2035年の米国での見通しとして、購入後3年以内に車両価格差の回収が可能となるポテンシャルケースでは、大型車での天然ガス自動車の保有台数シェアが21.8%に達すると見ている(図表7-6)。また、国際エネルギー機関(IEA)は、世界エネルギー展望(2011年版)にて、2035年の世界の天然ガス自動車保有台数は、最大で70百万台以上まで増加すると分析している。

### (3) 日本企業へのインプリケーション

- 天然ガス自動車の普及が進んだ場合、圧縮天然ガス(CNG)を充填する高圧タンクに用いられ、日本企業が強みをもつ炭素繊維の需要増加が見込まれる。
- 米国での乗用車タイプの天然ガス自動車販売は、ホンダのシビックのみだったが、2010年以降、GMやフォードなどが新たに加わった。現在は販売台数及び車種とも限定的であるが、①燃料価格の動向、②ガス充填所の整備動向、③次世代自動車の開発及び普及政策の動向、④走行距離(タンク)の改善等に留意していく必要がある。

図表7-1 世界での天然ガス自動車の普及状況

国	保有台数(台)	ガス充填所(ヶ所)	
上位5カ国	イラン	2,859,386	1,574
	パキスタン	2,850,500	3,285
	アルゼンチン	1,900,000	1,878
	ブラジル	1,694,278	1,725
	インド	1,100,000	571
参考	中国	1,000,000	1,350
	米国	123,000	1,000
	日本	40,823	342
世界	15,192,844	18,202	

(備考)

1. NGV Global HP より作成
2. 2011年12月時点

図表7-2 天然ガス自動車の環境性能

	ディーゼル自動車比
窒素酸化物	▲60~70%
硫黄酸化物	ほぼ▲100%
二酸化炭素	▲20~30%
黒煙	ほぼ▲100%

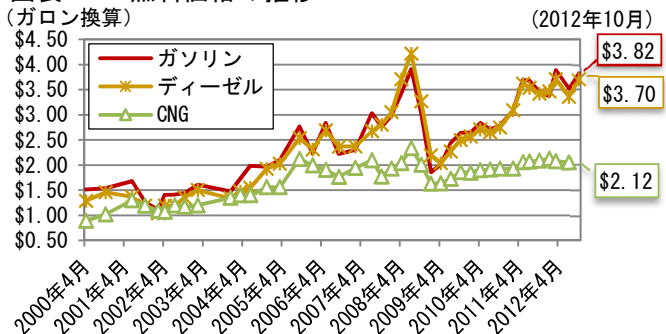
(備考) 各種資料より作成

図表7-3 米国における普及状況

ガソリン車(2010年末)	比較項目	CNG車(2011年末)
約120,000ヶ所	給油所 ガス充填所	1,000ヶ所
239,812千台	保有台数	123千台

(備考) 日本自動車工業会HP等より作成

図表7-4 燃料価格の推移



(備考) 米国エネルギー省「Clean Cities Alternative Fuel Price Report 2012年10月号」より作成

図表7-5 大型車の投資回収年数試算

車両クラス	ディーゼル車との車両価格差(ドル)	3年以内の投資回収	3年以内に投資回収するために必要な年間走行距離	比較	同クラスでの年間平均走行距離
Class3 (ピックアップトラック等)	9,750 ~ 36,000	×	6~8万マイル	>>	1.2万マイル
Class4~6 (トラック等)	34,150 ~ 69,250	×	5~9万マイル	>	3.6万マイル
Class7~8 (大型トレーラー等)	49,000 ~ 86,125	○	10万マイル以上	<	13万マイル

(備考) 米国エネルギー省「Annual Energy Outlook 2012」等より作成

図表7-6 米国における大型の天然ガス自動車の普及シナリオ

	2010年(実績)	2035年(レファレンスケース)	2035年(ポテンシャルケース)
販売台数(同クラスシェア)	860台 0.2%	26,000台 3.0%	275,000台 34.0%
保有台数(同クラスシェア)	40,000台弱 0.4%	300,000台 2.4%	2,750,000台 21.8%
ガス消費量	0.01 Tcf	0.1 Tcf	1.8 Tcf

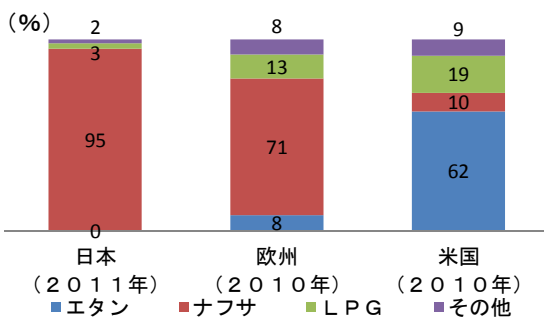
(備考) 米国エネルギー省「Annual Energy Outlook 2012」より作成

## 8-1. 産業への影響と日本企業へのインプリケーション⑤ (素材代替 化学)

### (1) シェール・ガス革命が化学業界に与える影響

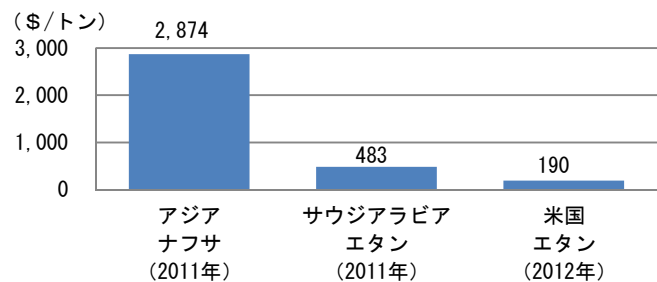
- ・化学製品の原料は、原油に由来するナフサと天然ガスに由来するエタンに大別され、米国ではエタンが主な原料となっている(図表8-1)。ナフサ価格が原油価格にリンクする一方、シェール・ガス革命によりエタン価格が下がったことから米国では、エタンクラッカーのコスト競争力が増している(図表8-2)。
- ・このため、米国では、エタンクラッカーの稼働率を上げて生産量を伸ばすとともに、現在の米国内エチレン生産能力の3割程度にあたるエタンクラッカーの新設が計画されている(図表8-3)。米国化学工業協会(ACC)の試算によれば、シェール・ガス革命による経済効果として、化学業界で23万人の新規雇用、328億ドルの生産額増加、162億ドルの設備投資、関連業界で16.5万人の新規雇用、834億ドルの生産額増加、490億ドルの関連投資をもたらすと分析している。
- ・2016年までの経済産業省の見通しによればエチレン誘導品の需給はタイトな状態であり、2017年以降に米国の新設エタンクラッカーで本格生産されるエチレン誘導品は、不足が見込まれる中南米を中心とし、欧州、一部アジアにも輸出されるものと見込まれる(図表8-4)。
- ・一方、エタンからはエチレンしか精製されないため、ブタジエンやベンゼンなどは産出されない(図表8-5)。米国は、不足しているベンゼンを現在日本から輸入している。

図表8-1 エチレン生産原料のウエイト比較



(備考) 石油化学工業協会HP等より作成

図表8-2 エチレン原料価格比較



(備考) PwC「Shale gas Reshaping the US chemicals industry」より作成

図表8-3 米国でのエタンクラッカー新設計画

企業	州	稼働予定時期	エチレン生産能力万トン/年
Exxon Mobil	テキサス	2016年	150
Dow Chemical	テキサス	2017年	150
Chevron Phillips	テキサス	2017年	150
Sasol	ルイジアナ	2017年	150
Formosa	テキサス	2016年	80
Shell	ペンシルバニア	2017年	NA

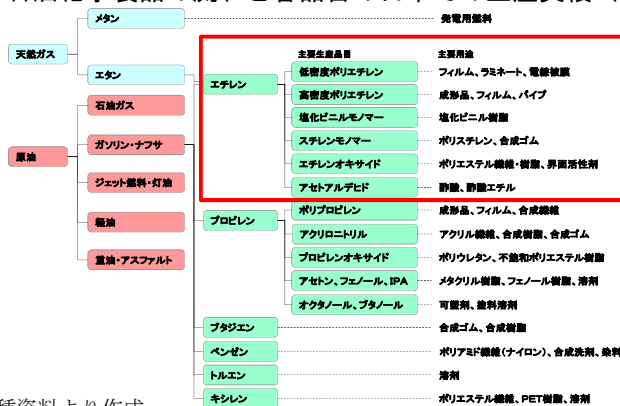
(備考) 各社HP等より作成

図表8-4 世界のエチレン系誘導品の需給バランス (エチレン換算)

地域	2010			2016		
	生産	需要	生産-需要	生産	需要	生産-需要
アジア	43,326	52,091	-8,765	59,454	72,978	-13,524
うち中国	14,179	28,058	-13,879	24,597	41,597	-17,000
うち日本	6,619	4,925	1,694	6,030	5,004	1,026
北米	27,339	21,076	6,263	30,650	23,560	7,090
中南米	5,736	8,569	-2,833	7,813	11,309	-3,496
西欧	20,961	22,249	-1,288	22,005	25,406	-3,401
中東	18,692	5,212	13,480	25,853	8,961	16,892
CIS 東欧	4,868	7,675	-2,807	7,040	9,990	-2,950
アフリカ	1,454	2,977	-1,523	1,603	4,124	-2,521
世界計	122,709	120,859	1,850	154,792	157,486	-2,694

(備考) 経済産業省「世界の石油化学製品の今後の需給動向」より作成

図表8-5 石油化学製品の流れと各品目の日本での生産実績 (2011年)



(備考) 各種資料より作成

各品目の日本での生産実績 (2011年)

品目	国内生産量 (単位:千トン)
エチレン	6,689
プロピレン	5,625
ブタジエン	934
ベンゼン	4,413
トルエン	1,340
キシレン	5,754

(備考) 経済産業省「平成23年化学工業統計年報」より作成



## 8-2. 産業への影響と日本企業へのインプリケーション⑤ (素材代替 化学)

### (2) 日本企業へのインプリケーション

- 日本の化学業界では、内需縮小傾向と、円高、原油価格高騰、中東での海外大規模プラントの新設等による輸出競争力の低下で、リーマンショック前の2007年をピークにエチレンの国内生産が減少傾向にある(図表8-6)。これまでは、国内市場の減少を輸出でカバーして稼働を維持してきたが、今後内需の大幅な反転は見込まれず、日本の主な輸出先である中国や、中東での生産能力拡大により、輸出の伸びも期待できない。稼働率低下による収益悪化を避けるため、日本の化学産業では国内ナフサクラッカーの統廃合を含めた再構築が課題となっている(図表8-7)。これにより、国内基礎化学品の生産量も減少することが見込まれる。
- シェール・ガス革命による日本企業への影響として、米国で新規エタンクラッカーが稼働し始める2017年頃になると、日本の主な輸出先である中国市場に米国産エチレン誘導品が流入する可能性があり、国内ナフサクラッカーの稼働率低下の懸念材料の一つとなりうる。
- エタンベースでのエチレン生産が増加することにより、相対的に世界のナフサ分解量が減ることで、ブタジエンなどのナフサ連産品の生産が減少することが予想される。特に、自動車用タイヤ需要の増加によりブタジエンの世界的な不足が懸念されている中、ブタジエンの代替製造技術開発は日本企業が先行しており、今後この分野で日本企業が高い競争力を持つ可能性がある(図表8-8)。
- クラレや信越化学の子会社シンテックなどは、エチレン誘導品工場を米国に新設する予定である。化学工場の新設にあたっては、市場の潜在成長性、低廉で安定的な原材料の調達、優秀で低廉な労働力の確保、既出企業の競争力、カントリーリスクの多寡などが考慮されるが、米国では安価なエチレンが入手可能と見込まれるため、誘導品メーカーにとって米国進出の好機となっている。各社の拠点戦略にもよるが、今後も誘導品工場の米国進出が進むと見込まれる。

図表8-6 日本のエチレン系誘導品の需給バランス(エチレン換算)

(単位:千トン)

	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
国内生産	7,134	7,341	7,434	7,327	7,511	6,828	6,366	6,619	6,188
国内需要	5,561	5,752	5,679	5,760	5,741	5,405	4,316	4,925	5,101
生産-需要	1,573	1,589	1,755	1,567	1,770	1,423	2,050	1,694	1,087
設備稼働率	90.1%	92.6%	95.8%	94.6%	96.7%	86.0%	87.1%	88.5%	84.8%

(備考) 経済産業省「化学工業統計」より作成

図表8-7 日本で稼働中のナフサクラッカー

立地	企業名	エチレン生産能力(千トン)	備考
鹿島	三菱化学	770	2基中1基を2014年に停止予定
千葉	丸善石油化学	480	同一コンビナート内に京葉エチレンを抱え、一体的に運営 出資割合:丸善石油化学55%、住友化学22.5%、三井化学22.5%(※)
	京葉エチレン	690	
	三井化学	553	
	出光興産	374	
	住友化学	320	
川崎	JX日鉱日石エネルギー	404	2015年9月までに停止予定(※)
	東燃化学	491	
四日市	東ソー	493	
大阪	大阪石油化学	455	三井化学子会社(100%出資)
水島	三菱化学	431	水島地区での統合、一体運営を検討中
	旭化成ケミカルズ	443	
周南	出光興産	623	
大分	昭和電工	615	
合計		7,210	

(備考)

- 石油化学工業協会「石油化学工業の現状2012年」、各社HPより作成
- 生産能力は定修実施年ベース(2011年末)
- 住友化学は、千葉工場停止後、京葉エチレンからの引取枠を拡大予定。三井化学は、2014年末を目途に京葉エチレンの運営から離脱予定。

図表8-8 ブタジエン製造新技術

会社名	原料	製法	ステージ
三菱化学	ナフサ	ブタジエン抽出後に残ったノルマルブテンから触媒を用いて、再度ブタジエンを抽出。	2008年に実用化の目途をつけ、自社プラントの建設及び国内外への技術供与を検討中。
三井化学	エチレン	2つの触媒反応(※)により、エチレンからブタジエンを製造。 ※エチレン二量触媒(エチレン→ブテン)、脱水素触媒(ブテン→ブタジエン)	2010年に技術開発に成功。現在、工業化に対応した技術の確立と並行して、海外展開も検討中。
旭化成	エチレン	エチレンから中間体ブテンを経由してブタジエンを製造(BB-FLEX)。	2014年に水島製造所で大型のセミ・コマース設備を建設し、北米に製造拠点建設を計画(2017年)との報道あり。
昭和電工	アセトアルデヒド	アセトアルデヒドとエタノールを特殊な触媒で反応させてブタジエンを製造。	大分コンビナートにブタジエン製造プラント建設を計画(2016年)。

(備考) 各社HP等より作成

## 9. 産業への影響と日本企業へのインプリケーション⑥ (素材代替 鉄鋼)

### (1) 米国鉄鋼業の現状とシェール・ガス革命が与える影響

#### ①直接還元法に与える影響

- ・直接還元法による製鉄は、鉄鉱石の還元剤として石炭（コークス）を利用する高炉と異なり、一般的に天然ガスを還元剤として用い、還元鉄は電炉へ投入され製鋼工程へと移る（図表9-1）。直接還元法による製鉄は、高炉と比べて初期投資が少なく済むことなどから、天然ガスを産出する途上国などで広まっている（図表9-2）。
- ・米国の粗鋼生産量の約6割が電炉鋼だが、原材料の鉄スクラップには不純物が多く含まれるため、不純物を希薄化する清浄原料として、還元鉄の需要がある。米国では、2000年以降のガス価格高騰により、還元鉄の国内生産量は減少し、代わりに還元鉄の輸入が増加した。
- ・シェール・ガス革命により天然ガス価格が低位で安定してきたことを受けて、2010年9月、米国電炉業界最大手のヌーコア社は、ルイジアナ州に7億5千万ドルを投じて直接還元鉄のプラントを建設すると発表した。新プラントは2013年中頃から稼働を予定しており、生産能力は高炉一基相当にあたる年間250万トンで、許可済みの2基目のプラントを合わせると年間700万トン以上の生産能力を持ち、これまで輸入していた還元鉄が代替される見込みである。

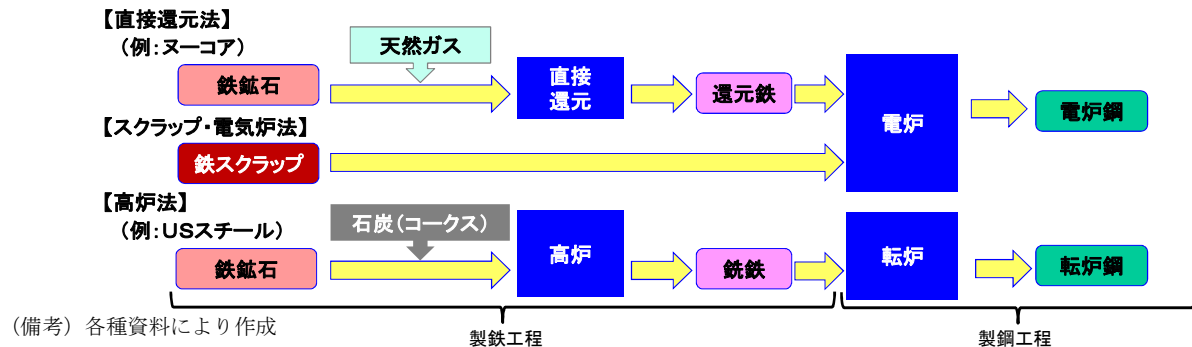
#### ②高炉法に与える影響

- ・USスチールは高炉温度を高めるために用いていた微粉炭吹き込み（PCI）の代わりに、天然ガスを用い始めた。USスチールは、この方法でコークスの消費が最大で約1割削減され、鉄鉄1トン当たり15ドルのコスト削減が見込まれるとしている（図表9-3）。

### (2) 日本企業へのインプリケーション

- ・米国での影響はいずれも製鉄工程での還元鉄、鉄鉄のコストにかかる影響であり、製鋼工程ではないため品質への影響は見られない。現時点ではコストへの影響も限定的ではあるが、石炭及び天然ガスの価格動向、及び米国での還元鉄プラント、高炉での天然ガス代替の今後の広がりには留意していく必要がある。
- ・日本国内では直接還元法による製鉄は行われておらず、現時点ではその予定もない。神戸製鋼所の子会社（MIDREX）が、直接還元法のライセンス（MIDREX法）を取得しており、今後同方式で米国にてプラント建設がなされる可能性も考えられる。

図表9-1 製鉄プロセスの比較



図表9-2 直接還元法と高炉法の比較

項目	直接還元法	高炉法
主な還元剤	天然ガス	石炭（コークス）
主な生産国	インド、イラン、メキシコ、サウジアラビア、ロシア	中国、日本、米国、ロシア、ドイツ、韓国、ブラジル
生産量（世界）	還元鉄：73百万トン	鉄鉄：1,099百万トン
生産規模（一基当り）	年産100万トン前後	大型：200～300万トン 中型：100万トン前後
投資額	小	大

(備考) 各種資料により作成

図表9-3 高炉法でコークスを天然ガスに一部代替した場合の鉄鉄1トン当たりの原材料コストへの影響

	2010年	2011年	目標	2010年比	
鉄鉱石コスト(ドル)	217.5	217.5	217.5	217.5	
コークス	消費量(kg)	450	425	400	-50
	コスト(ドル)	202.5	191.25	180	-22.5
ガス	消費量(百万Btu)	—	0.9063	1.8125	1.8125
	コスト(ドル)	—	3.625	7.25	7.25
原材料コスト合計(ドル)	420	412.38	404.75	-15.25	

(備考)

1. USスチール HP等より作成
2. USスチールが前提とした価格  
 コークス：450ドル/kg  
 天然ガス：4ドル/百万Btu
3. 鉄鉱石は1.5トン、145ドル/トンで試算

- ・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。著作権法の定めに従い、引用する際は、必ず出所：日本政策投資銀行と明記して下さい。
- ・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。

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

E-mail: [report@dbj.jp](mailto:report@dbj.jp)