

1999 年度慶應 - 清華環境学生シンポジウム

慶應義塾大学経済学部山口光恒研究会

エネルギーグループ論文

「中国におけるエネルギー問題」

目次

はじめに

森 偵行

中国のエネルギー需給動向

森 偵行

中国のエネルギー価格政策

安田 真希子

天然ガス利用の促進

後藤 顕

中国の開発、パイプライン輸入、LNG 輸入

榎 剛史

実際の LNG 輸入事業について

木村 哲也

はじめに

森 慎行

現在中国では、急激な経済成長とエネルギー需要の増大によって、深刻な環境汚染が広がっている。

中でも、「主要 300 都市のうち 70%は、人の居住に適する環境基準を下回っている」と資源保護委員会の幹部が述べるほど大気汚染問題は深刻¹であるが、これは石炭偏重のエネルギー政策に起因しているといえる。

また、急激な経済成長によって、エネルギー需要が増大していることも懸念の一つである。出所によって多少のばらつきがあるが、1 次エネルギー需要は、2000 年には 9.5 億～10.7 億 TOE、2010 年には 12.1 億～16.8 億 TOE へと増大する見込み²である。中国のエネルギー需給は、その規模の大きさ、伸び率の高さ、需給構造の特殊性、世界市場における影響の大きさなどの面において、世界の注目を浴びている³。

このように、人口爆発を背景として、「経済発展」、「資源・エネルギー」、「環境」の三者が鼎立し難い関係にある状態を、「トリレンマの構造」と呼んでいる⁴。我々は、これにちなんで、エネルギー需給問題（energy）、経済問題（economics）、環境問題（Environment）の 3 つの難題を「3 E 問題」と呼ぶことにする。今、中国には、この 3 E 問題の解決策を求められているのである。

そのためには、何をすべきか。「経済と環境」「エネルギーと経済」など二者の問題ならば解決策が考えられても、3 E 問題は「併存できない関係になっている⁵」ともいわれている難題である。単一の解決策などあるはずがなく、解決への道のりは長く険しいだろう。ここでは、環境面から見て比較的クリーンな天然ガスを普及させ、中国のエネルギーバランスを変える方策に焦点を絞り、3 E の達成のための道筋を示してみたい。

中国のエネルギー需給動向

森 慎行

1) エネルギー需給の問題点

1-1) 総論

¹ 日本経済新聞 1999 年 9 月 24 日 朝刊

² 李志東「中国の環境保護システム」東洋経済新報社 p233

³ 同上 p205

⁴ 地球問題研究会「トリレンマへの挑戦」毎日新聞社 1993 p3

⁵ 新田・内山「破局からの脱出 エネルギーからトリレンマに挑戦する」電力新報社 1993

はじめに、中国全体のエネルギー需給動向をしてみる。(図表 -1)

生産量、消費量とも順調に増加していることがわかる。ただ、エネルギー生産総量が 1997 年に若干減っていることが見て取れる。また、1992 年を境に、エネルギー国内消費総量が生産総量を上回っており、97 年には 1 億トンを超える差が生じている。

図表 -1 エネルギー生産量と消費量 (単位：標準炭換算、万トン)

年次	エネルギー生産総量	エネルギー国内消費総量	構成比 (%)			
			石炭	石油	天然ガス	水力発電
1990	103,922	98,703	76.2	16.6	2.1	5.1
1991	104,844	103,783	76.1	17.1	2.0	4.8
1992	107,256	109,170	72.8	19.6	2.0	5.6
1993	111,059	115,993	74.7	18.2	1.9	5.2
1994	118,729	122,737	75.0	17.4	1.9	5.7
1995	129,034	131,176	74.6	17.5	1.8	6.1
1996	132,616	138,948	74.7	18.0	1.8	5.5
1997	131,989	142,000	73.5	18.6	2.2	5.7

出所：中国統計年鑑 1998 年 p251

また、エネルギー構成別の比率を見てみると、石炭が消費総量ベースで 97 年には 73.5% と圧倒的に大きな割合を占めることが読み取れる。石油の割合はあまり変化しておらず、16~19%前後となっている。ただ、エネルギー総量が増えているので、消費量自体は増加傾向にある。天然ガスは、漸減の傾向にあったが、97 年は増加に転じている。以下では、エネルギー構成別にもう少し詳しく見ていく。

1-2) 石炭

図表 -2 石炭エネルギーバランス (単位：万トン)

	1980	1985	1990	1995	1996
供給量	62601.0	82776.6	102221.0	133461.7	137211.9
生産量	62015.0	87228.4	107988.3	136073.1	139669.9
輸入量	199.0	230.7	200.3	163.5	321.7
輸出量	632.0	777.0	1729.0	2861.7	3648.4
在庫差額	1.19.0	-3905.5	-4238.5	86.8	868.7
消費量	61009.5	81603.0	105523.0	137676.5	144734.4
供給・消費バランス	1591.5	1173.6	-3302.0	-4214.8	-7522.5

出所：中国統計年鑑 1998 年版 p252

図表 -2 をみると、石炭の生産・供給量とも急激な伸びを見せており、その中で消費の伸びに供給が追いつかず、供給・消費バランスが悪くなっていることがわかる。

また、IEA の統計によると、1995 年現在、石炭比率は一次生産ベースで 78.5%、一次消費ベースで 77.2%、発電量燃料投入ベースで 87.5%、発電量構成ベースで 73.4%、最終消費ベースで 64.4%となっている。

この石炭を起因として、様々な環境問題が発生している。人身損害、固体廃棄物、大気汚染、水質汚染などである⁶。

図表 -3 都市と農村別の疾病死亡原因

都市部			農村部		
順位	死因	割合 (%)	順位	死因	割合 (%)
	悪性腫瘍	22.71		呼吸器官	23.38
	脳血管	22.53		脳血管	17.82
	心臓病	16.77		悪性腫瘍	17.12
	呼吸器官	14.09		怪我・中毒	11.67
	怪我・中毒	6.18		心臓病	11.48

出所：中国統計年鑑 1998 年版 p775、776

1995 年現在、中国の石炭産業における人身事故による死亡者は 6295 人にも上る。そのうち、石炭生産過程における死亡者は 5990 人、中でも郷鎮炭坑企業は 4286 人である⁷。

図表 -3 は、疾患別の死亡率を都市部と農村部に分けて示したものである。これは、健康被害を表す指標として使用することができる。大気汚染と密接な関係のある呼吸器官が、農村部で 23.38%を占め第一位、都市部でも 14.09%で第四位となっている。また、都市部で第一位となっている悪性腫瘍にはガンなどが含まれ、大気汚染がガンの原因になっているともいわれているので、環境悪化による健康被害は、都市・農村を問わず拡大しているといえるであろう。

石炭以外のエネルギー源からも、石油等を原因として、モータリゼーションの発達による大気汚染など環境問題が生じるが、石炭による問題が最も深刻であることは間違いない。これは、中国の環境問題を解決するためには、石炭に大半を依存するエネルギー需給構造を変えなければならないことを意味している。

1-3) 石油

図表 -4 石油エネルギーバランス (単位：万トン)

⁶ 李志東「中国の環境保護システム」東洋経済新報社 p217

⁷ 中国煤炭年鑑 1996 年

	1980	1985	1990	1995	1996
供給量	8794.5	9193.7	11435.0	16072.7	17656.1
生産量	10594.6	12489.5	13830.6	15005.0	15733.4
輸入量	82.7	90.0	755.6	3673.2	4536.9
輸出量	1806.2	3630.4	3110.4	2454.5	2696.0
在庫差額	-76.6	244.6	-40.8	-151.0	81.8
消費量	8757.4	9168.8	11485.6	16064.9	17436.2
供給・消費バランス	37.1	24.9	-50.6	7.8	219.9

出所：中国統計年鑑 1998年版 p254

石油は輸入量増大の傾向を示している。特に90年以降はその伸びが著しい。同時に、輸出量が伸びていないので、中国は石油の純輸入国になっている。供給・消費バランスは比較的不安定で、90年には50.6万トンの供給不足、95年には7.8万トンとわずかに供給量が上回り、96年には219.9万トンもの余剰が生じている。

今後、エネルギー需要の増大に伴って、石油の輸入が増大することを予想されるが、それに伴いエネルギーの安定供給と安全保障の問題が生じると思われる。この点に関しては、政府内部でも意見の統一は取れていない。「外貨負担能力があれば大量輸入を行なった方が国益に合致する」との発言を行う者がいる一方、「買える能力があるにしても大量輸入は行うべきでない」との慎重な意見の者もいる⁸。

1-4) 天然ガス

天然ガスは、クリーンで環境に良いエネルギーといわれている。天然ガスは、石炭・石油に比べるとNoxの排出量が1/4～1/3も少なく、Soxにおいては天然ガスは全く発生しない。石炭燃焼におけるSox排出が大気汚染の原因になっている現在、天然ガスの導入は極めて効果があると思われる。

図表 -5 化石燃料中の含有成分（単位：石油換算トンあたりのkg数）

排出物質	石炭(1%S、10%ash)	石油(1%S)	天然ガス
微粒子	100	1.8	0.1～0.3
Sox	29.2	20.0	0
CO	1.5	0.7	0.3
炭化水素	1.5	0.1	0
Nox(指数)	11.5	8.2	2.3～4.3

出所：「天然ガス（2010年への展望）」OECD/IEA 1987.3. 国際エネルギー問題研究会

⁸ 中国石油天然ガス工業年鑑 1996年 要人発言の部

しかし、**図表 -1** から読み取れるように、天然ガスの割合は、極めて低い。その理由として、パイプライン敷設の膨大な設備投資とリスク、外資の導入不足、硬直的な価格政策などが考えられる。これらことに関しては、次章以降で詳細に述べる。

以上より、エネルギー需給に関しては、石炭偏重が環境悪化を引き起こしていることが重要な問題点といえる。

2) 経済発展への影響

石炭偏重なエネルギー需給や環境悪化は、経済へも重大な影響を与える。

第一に利用効率の問題が挙げられる。為替レート換算の GNP を用いると、中国の利用効率は日本の 7%、アメリカの 21%に過ぎない⁹。物量ベースのエネルギー原単位における利用効率を見ても、石炭消費の電力消費において、アメリカは 1992 年に 17.65kWh/t なのに対して、中国は 31.19kWh/t もの値を示す¹⁰。これは、「エネルギーの使用効率が低く、多くの浪費が存在している¹¹」ことを物語っており、経済発展への影響は否めない。

しかし、低い利用効率は、省エネルギーの潜在力が大きいことを意味している。李鵬前首相も、エネルギーを節約し使用効率を引き上げることを重要課題と認識している。そして最近 10 年では、標準炭換算で累計 47,000 万トンの節約を果たした。ただ、エネルギー利用効率は 32%程度で、世界の先進的な水準と比べると、10%以上下回っている¹²。

第二に、労働力低減の問題が挙げられる。前項で述べたように、中国の石炭産業における人身事故による死亡者は 6295 人にも上っている。これは死亡者だけの数であり、環境汚染による病気のため、思うように働けない人はこの数倍になると思われる。世界銀行の調査によれば、中国都市部の室外大気汚染によって 17.8 万人、石炭とバイオマスの燃焼に起因する室内汚染によって 11.1 万人が早死になったと推定している¹³。このような労働条件では、効率的な生産は望めず、経済効率の上昇を阻害しているであろう。

第三に、自然破壊による、影響が考えられる。**図表 -6** を見ればわかるように、生態破壊の被害は、GNP 比率の約 5%~9%を占めている。環境汚染も含めて考えると、7%~15%にもなる。推計年次、範囲及び関連仮定の違いが存在すること、推定精度の問題もありうることにより厳密な比較は困難だが、**の過・張の研究対象統計年度の 1983 年に比べ、**
~ の対象年度の 90 年代は、被害の GNP 比率が減少しているにも関わらず、実質被害額が増加し、環境悪化の被害額が増えている。

⁹ 李志東「中国の環境保護システム」東洋経済新報社 p212

¹⁰ 「中国能源発展報告 1997 年」经济管理出版社 1997 年 p190

¹¹ 李鵬「中国のエネルギー政策」中国年鑑 1998 年

¹² 同上

¹³ World Bank "Clear Water Blue Skies: China's Environment in the New Century" 1997

図表 -6 環境悪化による被害の対GNP比率

研究者名称	過・張(1990)	社会科学院 (1998)	East-West Center(1996)	徐嵩齡(1998)
名目被害額(億元)	879.2	3,445.6	1,319.4(±370)	3,359.0
被害の GNP 比率 (%)	15.14	9.97	7.10(1.99)	9.72
環境汚染(%)	6.57	3.14	1.92(±0.37)	2.79
大気汚染	2.13	1.33	0.81(±0.22)	1.13
水質汚染	4.33	0.94	0.64(±0.15)	0.87
固体廃棄物汚染等	0.10	0.87	0.47(±0.00)	0.78
生態破壊(%)	8.57	6.83	5.17(±1.62)	6.93

出所：いずれも徐嵩齡「中国環境破壊の経済損失の計測：実例と理論研究」1998年に所収

3) 省エネルギー政策と燃料転換政策

石炭偏重のエネルギー政策に起因する環境問題を解決するには、大きく分けて二つのエネルギー政策がある。それは、省エネルギー政策と石炭からの燃料転換政策の二つである。

省エネルギー政策として一般的に考えられるのは、石炭を使用した火力発電所に脱硫装置を導入してSO_xを減らしたり、効率の悪い中小発電機を禁止させることなどが挙げられる。中国は、この点では、指導者内部で認識が高まっているようであり、李鵬のエネルギー政策の中でも、工業や交通運輸面の省エネの必要性を訴えている。

しかし、同時に石油から石炭への代替を、2億トンの石油使用を圧縮したとして称えている¹⁴。これでは、省エネ政策が成功を達したとしても、石炭の使用が増えることでSoxやCo₂が増大し、効果は半減しかねない。従って、中国においては、省エネ政策の進行状況以上に、石炭からの燃料転換政策が行なわれていないことの方が問題なのである。

従って、NO_xやSO_xを出さないクリーンな天然ガスを導入し、石炭からの燃料転換を達成することが、経済成長を遂げるためにも良いのである。

参考文献

- 「中国統計年鑑 1998年版」中華人民共和国国家統計局編 1998年
- 「中国煤炭年鑑 1996年版」
- 「中国石油天然ガス工業年鑑 1996年版」
- 「中国能源發展報告 1997年」閻長樂主編 經濟管理出版社 1997年
- 李鵬「中国のエネルギー政策」 「中国統計 1998年版」中国研究所編 大修館書店 1998年に所収
- 李志東「中国の環境保護システム」東洋經濟新報社

¹⁴ 前掲 11

地球問題研究会「トリレンマへの挑戦」毎日新聞社 1993

新田義孝・内山洋司「破局からの脱出 エネルギーからトリレンマに挑戦する」電力新報社 1993

「天然ガス(2010年への展望)」OECD/IEA 国際エネルギー問題研究会訳 天然ガス鉱業会 1987年

徐嵩齡「中国環境破壊の経済損失の計測：実例と理論研究」1998年

日本経済新聞 1999年9月24日 朝刊

World Bank "Clear Water Blue Skies: China's Environment in the New Century" 1997

OECD/IEA "Energy Statistics and Balances of NON-OECD countries 1999ed" 1999

. 天然ガス利用の促進

後藤 顕

で述べられたように、今まで中国に天然ガスが導入されなかった背景には様々な理由があるが、もっとも大きな理由は、エネルギー需要が増大したときの石炭偏重政策にあった。政府の石炭偏重政策が天然ガスの導入を遅らせてきたと言える。しかし近年では政府は国内の天然ガス開発、都市ガスを整備するなど、天然ガスの導入に対して前向きな姿勢をとっているようである。では、さらなる天然ガスの普及を進めるためにはどのような対策が必要なのであろうか。天然ガスの導入に際しては需要サイドと供給サイドの両面の環境が整備されていることが必要であるが、供給面についてはあとの章で述べることにする。この章では需要サイド、すなわち中国国内における問題点に焦点を当て、天然ガスを普及させるための提言をしてみたい。

1) 天然ガス火力発電への利用

中国の電力分野では天然ガスの利用はほとんど進んでいない。それは、電力分野での天然ガス需要が大きな潜在力をもっていることを示す。

1996年の中国における天然ガスの最終消費構成は産業部門81.6%、運輸0.8%、民生15%、その他2%となっている。OECD諸国と比べると、産業用の割合が高く、民生での導入が遅れていることが分かる。(図表 - 1) 省によっては農業政策に力を入れているところもあることから、特に内陸部では産業用の中でも化学肥料原料としての消費が多くなっている。現在中国では、天然ガス消費全体の約6割が化学肥料原料として消費されている。その理由は中国が食糧の自給を国家の重要政策としており、化学肥料の増産が急務であるからである。

(図表 - 1) 天然ガスの最終消費構成 (1996)

	工業用	運輸	民生	その他
中国	81.6%	0.8%	15.6%	2%
OECD	40.9%	3.2%	37.1%	18.8%

出所：IEA 統計「ENERGY STATISTICS AND BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES」1998

天然ガスの利用先として発電利用があるが、中国には現在稼働中の天然ガス発電所は2機しかない。これは一次エネルギー消費に占める天然ガス消費の3.7%に当たり¹⁵、上の表では工業用に含まれる。天然ガスは中国の全発電量のうち、石炭の75%に比べ、わずか0.2%

¹⁵ 李志東「中国の環境保護システム」より 96年の天然ガス消費量:18.7TOE、96年の天然ガスの発電燃料投入量:0.7TOE

を占めるに過ぎない。日本での発電量構成における天然ガスの割合は、22.3%になっている。
 (図表 2) また、今後も中国が毎年7～8%のGDP伸び率を維持するとすれば、電力需要量の伸びはこのまま続くと思われる。エネルギーの新規需要分を天然ガス火力発電で補えば、あるいは老朽化した石炭火力発電所の代替として天然ガス火力発電所を建設すれば、かなりの量が需要されるはずである。天然ガス火力発電には潜在需要が大きいと言えるだろう。

(図表 - 2) 発電量構成 (1996)

	石炭	石油	天然ガス	その他
中国	75%	6%	0.2%	18.8%
日本	13.7%	17.6%	22.3%	46.4%

出所：李志東「中国の環境保護システム」1999、政府関係資料「エネルギーと環境」1998

以上のような理由から、天然ガス火力発電について考察することは、中国全体の天然ガスの需要を促進することにも意義があると思われる。それはでも述べたように、中国の公害問題・環境問題の解決、経済成長にもつながる、すなわち3Eの解決につながるだろう。

2) 環境コストの内部化

では、なぜ今まで中国では天然ガスの導入が進まなかったのだろうか。一言で言えば、石炭が豊富に存在した、ということになるだろう。希少な天然ガス資源を使うより、豊富な石炭を使うことはごく自然だったのである。また、天然ガスは高価なエネルギー資源とされていたことである。豊富に、勝つ安く使える資源として、石炭が選ばれていたのである。

しかし、石炭はSOx、NOxなどにより公害問題を引き起こす物質を多く含んでおり、当然燃焼時には汚染物質を排出する。それらの外部不経済を考えると、必ずしも石炭より天然ガスの方が安いとは言えないのではないだろうか。石炭の環境コストを内部化できれば天然ガス火力が石炭火力に競合できる可能性が見えてくるはずである。

2-2) 中国の環境法の現実

その一つ方法として法律により汚染物質の排出を規制し、排出者にコストを負担させるものがある。中国では、三同時制度、汚染物質排出登録・許可制度、汚染費徴収制度などの法律により、汚染物質の排出が規制されている。三同時制度では、汚染物質の排出を防止するための設備の計画・建設・操業が義務付けられている。すなわち、脱硫装置の設置は義務付けられている。脱硫装置はそれ自体高価なもので、フル稼働すれば電力経費の10%前後に当たる運転経費も必要となる。それらのコストを考慮すれば、石炭火力発電所の電力供給コストはもっと高いものになり、天然ガスの競合性できる可能性があるはずである。

しかし三同時制度の実行率は約67%であり、大型、中型企業の環境設備は3分の1が「正

常に稼働」、3分の1が「全く稼働しない」、残りの3分の1が「稼働が正常ではない」と報告されている¹⁶。つまり、脱硫装置の設置を義務づけられても、きちんと稼働しているのは3分の1しかなく、法律は守られていない。これでは環境コストが内部化されているとは言えないであろう。すなわち、運営費も含めた脱硫装置のコストが石炭火力のコストに反映されず、天然ガスが燃料として選択される可能性も狭まるだろう。

2-2) 具体的対策

大きな理由として汚染費徴収制度に問題があることが挙げられる。規制基準が濃度であるために総排出量の規制に効果的でなく、排出口を増設して濃度を薄めることができれば抜け道も可能となっている。また罰金が低すぎるために、企業は脱硫装置を設置するよりも汚染費を払ったほうが安く済むという事態が起こってしまっているのである。後者に関しては、法律策定当時は適正な罰金だったものが、インフレ率を考慮しなかったために結果的に価格が安くなってしまったためである。現在の汚染費は200元/tであるのに対し、脱硫装置の運営コストは中国製であれば300~400元/t、アメリカ製であれば400元/tが標準的な値である。これは電力会社が脱硫装置を設置・運営する費用を負担するよりも、汚染費を支払ったほうが安く済むという事態を引き起こしてしまっている。現在の法の適用状況では環境コストを内部化しようというインセンティブが生まれにくい。したがって、汚染費は少なくとも400元/tに設備の減価償却費を足した値より高い値になることが必要であろう。

3) 石炭火力との競合

では、環境コストを内部化すれば、天然ガスは導入されるようになるのだろうか。天然ガスを導入して行く上で一つの大きな問題となってくるのが、国内石炭との競合である。国内開発を進めるにせよ、輸入計画を進めるにせよ、国内外の安価な石炭より、天然ガスのほうが価格が安くなるのは考えにくいことである。現状のままの政策を維持すれば、天然ガスが導入されてもエネルギー源としてより安価な石炭しか使われないということもあり得るのではないか。実際、陝西省など内陸の地域では、石炭火力による発電コストが0.19元/kWhであるのに対し、天然ガスの発電コストは0.3元/kWhであり¹⁷、明らかに競合が難しい状態となっている。しかしここでは、環境コストが正確に内部化されれば、少なくともある地域では天然ガスは石炭に競合可能であることを示していきたい。

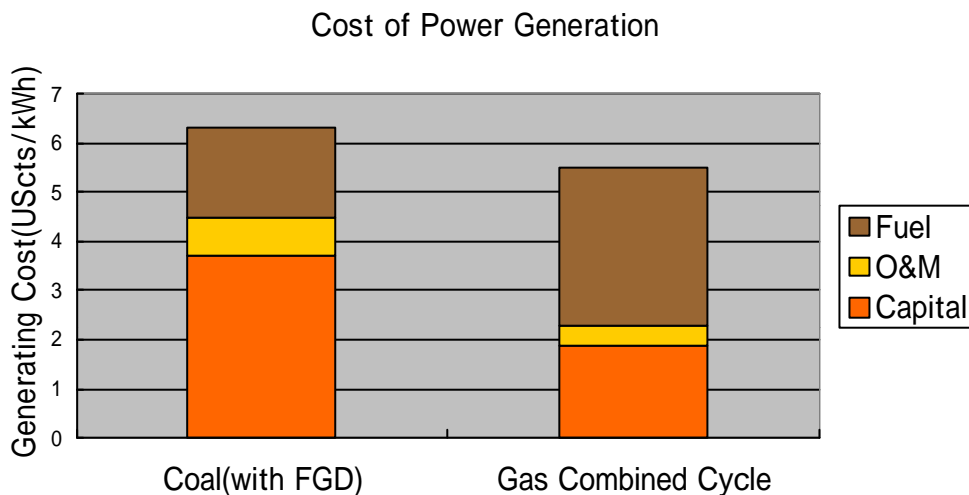
3-1) 価格面での競合性

¹⁶ 李志東「中国の環境保護システム」P14

¹⁷ ただし、天然ガス価格については民生用の価格0.75~0.90元/ を使っている。石油公団「中国における天然ガス受給動向・インフラ整備・IPP事業への外国企業参入可能性調査」1997より

CNOOC¹⁸がLNG輸入に関するフィージビリティ・スタディを行い、1996年に国家計画委員会に報告書を提出したが、それによれば「沿岸部では発電用燃料に関する輸入LNGを利用する場合の電力価格について、ガス火力のほうが石炭火力よりも投資額が少なく、低硫黄炭による発電より競争力がある」との結果を出している¹⁹。広東省電力集团公司でも同様の見解である²⁰。それは、石炭火力発電所に脱硫装置の設置が義務づけられ、建設コストが高くなると見積もられているからである。また、別の研究によっても同じような結果が導き出されている²¹（図表 - 3）。右の棒グラフは脱硫装置をつけた石炭火力発電のコストを、左の棒グラフは天然ガス火力発電のコストを示している。燃料費では石炭の方が安いですが、脱硫装置の設置を考慮すると運営コスト、建設コストの両面において、天然ガスの方が優っている。脱硫装置の設置とは、すなわち環境コストを内部化していることに他ならない。この図から、少なくとも沿岸部では、天然ガスは石炭に競合できるものと思われる。

（図表 - 3） 中国沿岸部における原料別発電所のコスト比較



しかし内陸部は主に石炭の産地であり、その輸送費もかからないこと、また内陸であれば輸入LNGは使用しないと思われることなどから沿岸部とは条件がかなり異なり、天然ガスが石炭に競合できるかどうかは検証してみないと分からない。

いずれにせよ、いま現在の現状では、脱硫装置の設置と稼働が徹底されておらず、環境コストが内部化されている状態とは言えない。しかし今後発電所に脱硫装置の設置が義務づけられ、かつ完全に稼働されるようになれば、環境コストは電力価格に内部化され、図表

¹⁸ 中国海洋石油総公司

¹⁹ 石油公団「中国における天然ガス受給動向・インフラ整備・IPP事業への外国企業参入可能性調査」1999より

²⁰ 同上

²¹ ニコラス・キング「The potential For LNG in China」より

-3 のような状態がもたらされ、天然ガスは自然と選ばれるエネルギー資源になるだろう。石炭火力発電と天然ガス火力発電の電力料金の差は縮まるか、あるいは天然ガス発電のほうが安いことになるはずである。したがって発電の燃料として天然ガスが利用される可能性は広がると言えよう。

3-2) 補足：天然ガス利用の利点

価格面で石炭に競合できる可能性があるだけでなく、天然ガスを利用することでの利点も無視できない。章で述べられた環境効果、熱効率の面での優位性の他に、次のような利点がある。

天然ガスへの代替を進めることにより、石炭を温存しておけることである。確かに中国には豊富な石炭が存在しているが、その一方で生産量も世界最大であり、消費水準から言うとも必ずしも豊富であるとは言えないのである。無煙炭、瀝青炭に注目すると、可採年数を示す R/P レシオ（埋蔵量 / 年間生産量）は、主用石炭生産地域が軒並み 200 年近くであるのに対し、中国では 59 年となっている。* は 500 年以上を表す。（図表 -4）国内石炭の有限性を考慮すれば、天然ガスへのエネルギー転換をすすめることにより国内石炭を温存しておくことができるだろう。また、技術革新が進歩すれば、現在ではコストが高すぎる石炭のクリーン利用がより安く実現する可能性もあり、将来の消費のために温存しておくことにも有益であると思われる。

（図表 -4） R/P レシオの国際地域別比較

地域	確認埋蔵量（百万 t）	生産量（百万 TOE）	R/P レシオ（年）
北米	256,477	636.5	235
南米	21,574	29.2	*
欧州	122,032	260.5	158
ロシア	230,178	181.0	*
アフリカ・中東	61,605	123.8	266
アジア・豪州	29,2345	999.8	146
中国	114,500	625.7	92

出所：BP ホームページ

参考文献

中国国家統計局「中国統計年鑑」1998

IEA 統計「ENERGY STATISTICS AND BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES」1998

李志東「中国の環境保護システム」1999

石油公団「中国における天然ガス受給動向・インフラ整備・IPP 事業への外国企業参入可能性調査」1997
(財)日中経済協会「中国国営石油会社の現状と今後の展望」1998
小島靖「急激に変化する中国の電力市場と投資環境」エネルギー経済第24巻8号 1998
(財)日中経済協会「中国国営石油会社の現状と今後の動向」1998
(財)日本エネルギー経済研究所「世界の天然ガス需給調査」 1996
森田浩二「アジア・太平洋地域天然ガス貿易の今後の展望」エネルギー経済第24巻2号 1998
玉貫滋「国際エネルギー・天然ガスの利用拡大」電気評論 1998
資源エネルギー庁長官官房企画調査課「総合エネルギー統計」1998
茅原郁夫「中国エネルギー戦略」1996
高木新太郎、小島紀徳「エネルギーと環境 東アジアを中心に」1999
Nicholas King 「The Potential For LNG in China」?

中国の開発、パイプライン輸入、LNG 輸入

榎 剛史

1) 開発

1980年代まで中国は天然ガスの炭鉱・開発に十分な関心を払っていなかった。東部で供給不足であったにも関わらず西部、特にタリム、トルファン・ハミ油田などではガスを放散していたくらいである。そこで中国政府は、第8次5カ年計画期間(1991~1995)から本格的に天然ガス生産、有効利用に取り組み、第9次5カ年計画の中では天然ガス開発に対する投資を増やし、天然ガス探査、開発、加工利用に取り組み、天然ガス工場の発展を促す方針を堅持する事に決定した²²。最近の地質構造調査の結果によると中国の天然ガス資源量は豊富であり、新ガス田も発見されている。国内で発見された天然ガス埋蔵量は増加しており(表)、以前から存在する四川、大慶、遼河、勝利、中原などのガス田以外に、新疆、陝甘寧などの新たなガス田も加わり、供給面での将来の発展は楽観視されている。中国の潜在的なガス・マーケットは非常に大きく、専門家の推定では2010年までには2,000億~3,000億m³/年に達すると予測されている²³。

表 中国の天然ガスの確認埋蔵量

出所: BP Statistical Review of World Energy 1999

表 中国の天然ガスの生産量

出所: BP Statistical Review of World Energy 1999

国内の陸地部には20ヶ所以上のガス田が存在し、海上にもガス田が発見され、ここ数年、中国における天然ガス生産量は絶えず上昇している(表)。中国で生産された天然ガスはすべてその地域で消費されており、現時点で輸出入は行われていない。パイプラインのほとんどはガス田から需要家までのパイプラインである。天然ガスパイプラインは主に四川省に集中しており、南部と北部のガスパイプライン幹線を主体とし、比較的整備されたパイプライン網を形成している。天然ガスの生産は四川省に集中しており、全体の生産量におけるシェアの30%以上を占めている。このガスは主として四川省内のユーザーに供給されるほか、隣接する雲南省、貴州省に供給されている。

開発が進むに連れ、中国のパイプラインシステムも大きく発展する事が期待され、中国政府としては、将来的に東西横断ガスパイプライン幹線を主体とし、全国の主要パイプラインをネットワーク化するつもりである。しかし、需要量は生産量以上に高い伸びを示す見通しである。李志東の分析によると、中国は2010年までに約100億m³/年の天然ガスを純

²² 中国のエネルギー政策、李鵬首相(当時) 中国年鑑1998

²³ 石油公団『中国における天然ガス需要動向、インフラ整備、IPP事業への外国企業参入可能性調査』1997

輸入する見込みである。²⁴

2) 天然ガス輸入

中国の潜在的なガス需要は極めて大きいと見られているが、生産量はそれほど大きくないのである。すべての需要量が顕在化するわけではなく、また他の燃料で充足する部分もあるわけであるから、潜在需要と生産量の差を直ちに輸入量の予測とするわけにはいかないが、いずれにしても輸入圧力は相当大きいと考えて良いだろう。近い将来引き起こされるとされる需給ギャップ（特に沿岸部の需給ギャップ）を埋めるべく、中国は天然ガスを輸入する事を検討している。中国政府は現在 2 方面からの天然ガス輸入を検討しており、一つはロシア、あるいは中央アジアからのパイプラインによるガス輸入であり、もう一つは海外から東南経済先進地域へ LNG の形で輸入する案の 2 つがある。

2-1) パイプライン輸入

エネルギー需要が旺盛な中国都市部への天然ガス供給の為に中国は、ソビエト連邦解体以前からロシアからの天然ガス輸入を検討してきた。様々なパイプラインの可能性を検討した結果、ロシアのイルクーツクは重要な調達先になる可能性があるだろう(地図 1)。東シベリアから中国東部へ長大なパイプラインを敷設する事により 200 億 m³/年の輸入が可能²⁵である。ルートとしては、イルクーツクの天然ガスをモンゴル人民共和国、エレンホトを経て、山東省日照へ輸送する。日照から LNG、または海底パイプラインによって他の消費地に輸送される事も検討されている。韓国や日本に輸出する可能性もある事から、既に日本の商社などが同案件に様々に関わっている、との事である²⁶。しかし、この件に関しては地形的にパイプライン敷設が困難であり、またこのプロジェクトには政治的な問題が存在する。というのは、このパイプラインは途中でモンゴル人民共和国を通過する必要があり、安全供給に問題があるかもしれないという事で、実行に移されるにはまだ時間がかかりそうである。

その他に多国籍プロジェクトとしてあげられるのが、トルクメニスタンからのパイプラインによる天然ガスの輸入である。これはトルクメニスタンの天然ガスをウズベキスタン、カザフスタン等を経て中国の新疆に輸入した後、西から東へ全中国を横断し、海岸都市の連雲港へ輸送するという夢のようなプロジェクトである。パイプラインの全長は 6,000km 以上で、建設費用は約 1 兆 1,000 億円と見積もられている。²⁷

これらパイプラインによる天然ガスの輸入については、資金面から見て中国だけの実施は難しく、日本・韓国の参加が不可欠と思われる。この様に天然ガスのパイプライン輸入には土地、政治、資金、と課題が様々あり、まだ初期段階で、実施までのプロセス期間は不

²⁴ 李志東『中国の環境保護システム』東洋経済新報社

²⁵ China Gas 紙 '99

²⁶ 石油公団『中国における天然ガス需要動向、インフラ整備、IPP 事業への外国企業参入可能性調査』1997

²⁷ 中国のガス事情

透明な状況であるといえるだろう。当面は他国間にまたがるパイプライン輸入より、LNG 輸入のほうが現実的だろう。

2-2) LNG 輸入

中国本土の沿海地域にはいまだ天然ガスが達していない。中国の東南沿海部（広東、福建省、江蘇省、上海市）は特に経済発展の伸びが大きく、現在の中国経済を牽引している地域である。この地域のみで全国の GDP の 1/3 をカバーするが、エネルギー資源は全国の 6% しかなく、エネルギー自給率は 10% と低い。²⁸都市部の環境汚染が深刻化している中で、中国政府は環境改善と電力需要に応える為に石炭火力発電から天然ガス発電への転換を計画している。しかし、沿岸部は国内の主要ガス田から離れており、パイプラインによる輸送には長い時間と莫大な資金を要する為、我々は短期的視点から LNG 導入が現実的であると判断した。しかも、現在アジア諸国の経済は低迷し、新規に LNG 契約を結ぼうとする国は少なく、LNG 輸出国は買い手を捜し求めている状態である。今年の 6 月には世界最大の LNG 輸出国であるインドネシアのパテーミア社の副社長が LNG の宣伝をする為に中国を訪れた。

他にも計画中のプロジェクトが多々ある。インドネシア以外にも、イエメン、アラスカ、豪州、カタールなどで、アジア向け LNG プロジェクトの輸出量合計が年間 10,290 万トンあるとエネルギー経済研究所は報告している。アジア経済危機の影響をあまり受けていない中国としては今が LNG 輸入のチャンスなのである。

参考文献

- 『中国統計年鑑 1998 年版』中華人民共和国国家統計局編 1998 年
李鵬「中国のエネルギー政策」『中国統計 1998 年版』中国研究所編 1998
李志東『中国の環境保護システム』東洋経済新報社 1998 年
石油公団『中国における天然ガス需要動向、インフラ整備、IPP 事業への外国企業参入可能性調査』1997
天然ガス・新石油資源事業部『石油の開発と備蓄』1998 年
玉貫滋「国際エネルギー・天然ガスの利用拡大」『電気評論 1998.4』1998 年
『中国国営石油会社の現状と今後の動向』石油公団 1998 年

インターネットホームページ

www.gasandoil.com

www.bpamoco.com

www.iea.org

www.pnl.gov

²⁸ 同上

実際の LNG 輸入事業について

木村 哲也

前章で述べたとおり、天然ガス導入の短期的視点では、明らかに LNGの方が現実的であり、現在の状況は中国にとってチャンスである。しかも、昨年 11 月のニュースにおいて、中国がオーストラリアから LNGを購入するといった動きがあることが報じられた²⁹。以後、中国における LNG輸入は進みそうであるが、LNG 普及を確実なものとするためにいくつかの問題点を克服しなければならない。以下ではその問題点を解明し、そしてその対策を提言してみたい。

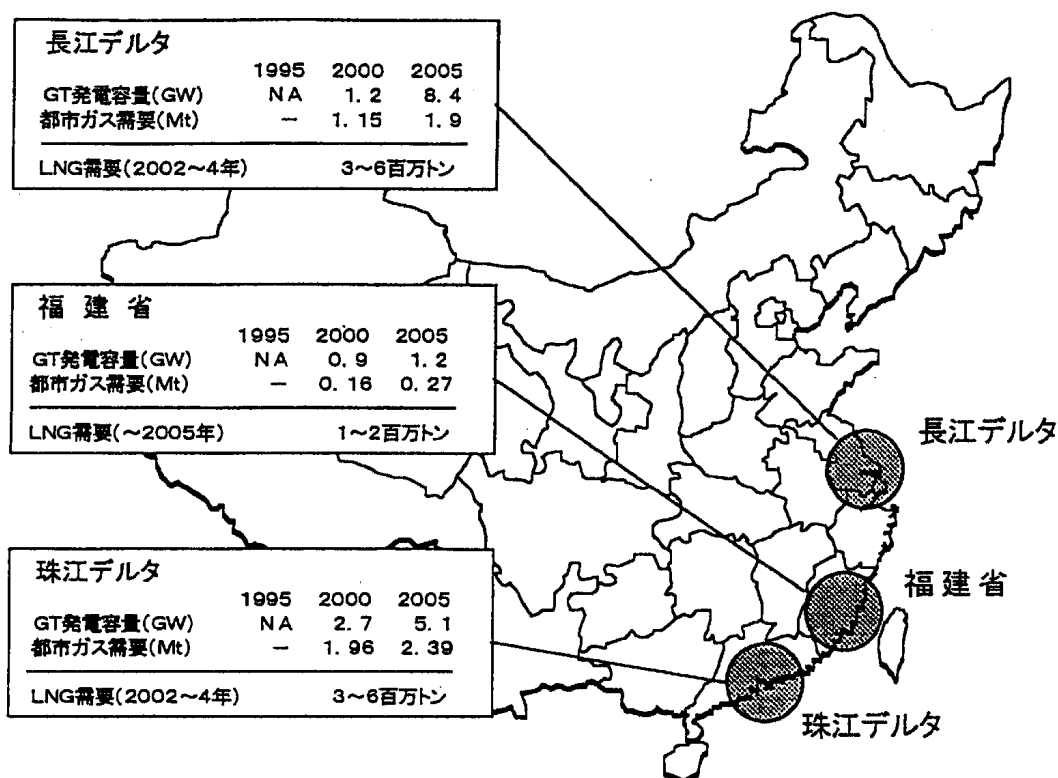
1) <LNG 導入における問題点>

現在中国への新規 LNG プロジェクトは確認されているもので、3 件考案されている。図表 -1 を見ていただきたい。現在東南沿岸部の LNG 輸入受け入れ基地の計画が 3 つあり、広東省の珠江デルタ地域、福建省の東南部、上海市などを含む揚子江デルタ地域である。しかし、この中で輸入が決定となっているのは広東省の珠江デルタ地域における LNG 輸入のみである³⁰。しかも、その段階においても、pre-feasibility study を行っている最中ということで、具体的な問題点は依然として浮かび上がってきていない状態である。

²⁹ “China’s newsletter of oil, gas and petrochemical industries “ Vol.6, No.22 November 15, 1998 より

³⁰ 注 1 に同じ

(図表 -1) 中国における新規 LNG 輸入プロジェクト考案地区



出所：エネルギー経済研究所作成

では、中国での LNG 輸入に対する障害とは、一体何なのであろうか。

一般的な話から入っていくと、LNG 輸入プロジェクトにはその性格上の問題がある。まず、LNG プロジェクトは何百万トンもの LNG を運ぶ巨大なプロジェクトとなり、輸入側にも輸出側にも大きな設備が必要なため、巨額の資金が必要になってくる。これは初期コストの問題である。具体的な数値として、開発から日本への受け入れまで行った場合、全体のコストが40億～50億ドルと言われている³¹。中国の広東省の場合は、受け入れ側のみ用意すればよいので、6億ドルと言われている³²が、発電所や都市ガスなどの関連事業を全て含むと30億～40億ドルになると言われている³³。

次に、LNG 輸入契約と言うのは、お互いの資金回収の面から長期契約（最低20年）となってしまう、take-or-pay 条項³⁴により、契約料を輸入できない場合は違反金を支払わねばならない。しかも LNG の状態では、常に少量の気化が発生してしまうので、石油のよう

³¹ 「資源エネルギー年鑑 1999 年度版」資源エネルギー庁より

³² “Alexander’s Gas and Oil Connections – Company news E & SE Asia”

Vol.4 issue#13 – Monday, July 19, 1999

³³ 日中経済資料 1999年6・7月号 より

³⁴ LNG の供給は取引量を契約の時点で決めるため、その量を受け入れられなかった場合、罰則金を支払う義務が生じるというもの

な長期で大量の備蓄が出来ないのである。そのため、供給できる範囲内における、かなり確実な消費量が確保されていないと、LNG 輸入のリスクが極端に大きくなってしまふ。

2) <LNG 輸入における資金問題>

現在の中国において上記の問題を考えると、初期コストの問題については一体どの様になっているのだろうか。確かに中国の国全体の GDP は、すでに韓国、台湾を大きく上回っており、国土の違いはあるものの、国家全体の経済力としては、すでに LNG を輸入している台湾や韓国よりも大きい。さらに、以下の図表 -2 を見ていただきたい。

(図表 -2) GDP comparison in importing LNG

	年度	一人当たり実質 GDP(1987 年価格)
日本	1969	\$10,082.90
韓国	1985	\$2,677.00
台湾	1990	\$6,891.00
中国	1998	\$577.90
上海市	1997(2005)	\$3667.65(\$6301.71)
福建省	1997(2005)	\$1318.64(\$2265.68)
広東省	1997(2005)	\$1485.29(\$2552.01)

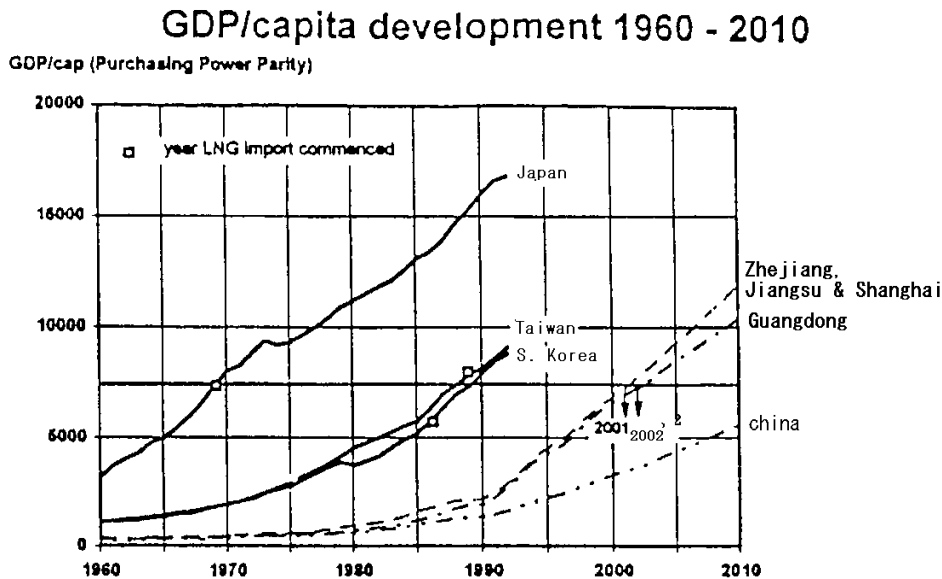
中国各省の 2005 年の GDP/capita は 7%実質成長を仮定
出所：エネルギー経済研究所資料を元に各種データを加え作成

中国の一人当たり GDP は、依然として他国の LNG 輸入時よりかなり低い状態にあるが、今回 LNG 輸入が計画されているところに焦点を当てて見ると、実は上海では LNG 輸入当時の韓国より経済水準は高い。そして、もしこのまま中国が国家政策どおり経済成長 7%を続けていければ、LNG 輸入開始予定年度の 2005 年には、上海では台湾の水準に、その他では韓国の水準に近くなってくる。外資が導入されることを考えると、中国に LNG 輸入の資金的体力が無いとは言い切れない。しかもそれを裏付けるように、広東省への LNG 輸入計画には外資が 35%までしか出資を許されていないのである³⁵。

もうひとつ研究されたものがあつたので紹介したい。図表 -3 を見て頂きたい。これは購買力平価で先ほどと同様に計算したものである。これだと広東省と長江デルタ地域は 2001 年にも日本の当時の水準に達してしまうというものである。

³⁵ 「Alexander's Gas and Oil connections – Company news E & SE Asia」 Vol.4 issue#13 July 19, 1999

(図表 - 3)



出所：GASEX 1996.11 資料

確かにこれらの結果より、中国の沿岸部の経済水準は LNG 輸入に適しているかもしれない。しかし、一つの LNG プロジェクトに対して資金が集まるかどうかは投資家によるのである。一般的に言われている LNG プロジェクトにおける投資家の興味とは、輸入国が必ず外貨で LNG の代金を支払ってくれるかどうかにかき集約される。一体それは何故か。投資家が LNG チェーンのどの位置で資金を回収するにしても、輸入国が契約どおり購入さえすれば、投資家の利益は保持される。LNG 輸入と言うのは長期契約で、契約の時点で各アクターの利益は確定していて、しかもそれは大きく変わることが無いからである。

輸入者が確実に外貨で支払いをするかどうかの信用は、その後ろに何がいるかによって変わる。日本では、輸入者の後ろに石油公団と言う団体がいて、そこが開発銀行の資金を用いて支払保証を行っている。中国では一体誰がその役割を行うべきなのか。それは地方政府であり、中央政府であるべきである。具体的に言うと、中国の消費者が何らかの理由で、天然ガスに対する代金を支払わなかった場合、国内の資金フローがストップしてしまう。その時に、消費者へ天然ガスを売っている都市ガス会社や、電力会社に地方政府や中央政府が資金援助をするのである。そうすることによって、国内の資金フローが止まるのを阻止することができ、中国の信用力も上がる。

もう一つ、中国が資金問題解決に当って、行っていかなければならないことは、国内における長期的な貸付を可能にすることである。長期金融を確立することによって、大規模なプロジェクトに対する資金の問題を解消する手助けになる。現在の中国にはまだそういった金融制度が確立されていないが、いっそうの金融改革によってそれは達成させるべき

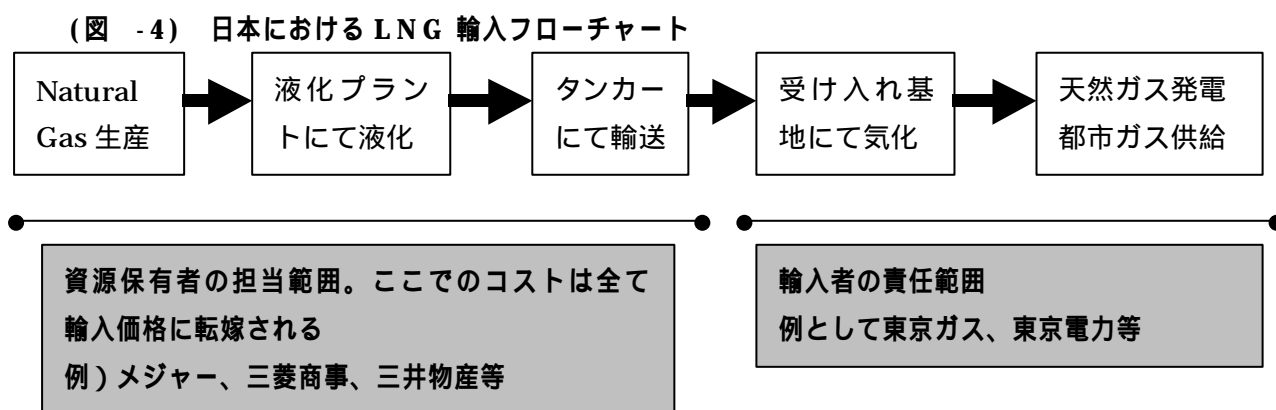
であり、中国の今後の持続的発展には欠かせない要素であると思われる。

以上のようなことは LNG 輸入プロジェクトを成功させるための課題であるが、現在の中国が最も重要視すべき事柄は、広東のプロジェクトを何が何でも成功させることである。実際に成功したプロジェクトがあることで、今までも魅力的だった中国の LNG 市場が、さらに海外の投資化にとって魅力のある、信用できる市場になることが出来るのである。それによって海外からの資金調達が容易になり、さらにそれが多様化することは間違いない。具体的に言えば、まず現在の中国のプレミアムが低下することによる、海外資本の利用が容易になることや、CNPC が行ったように、CNOOC も株式会社化をし、海外の証券市場に上場することも考えられる。

3) < LNG の確実な消費の問題 >

資金問題は以上の議論である程度視界が開けて来ているが、LNG 輸入には、もう一つ重要な問題がある。それは確実な消費である。確実な消費とは、輸入されてきた量に対する確実な消費計画のことである。これらを確実にすることが如何に重要かということ、まずは述べていきたい。

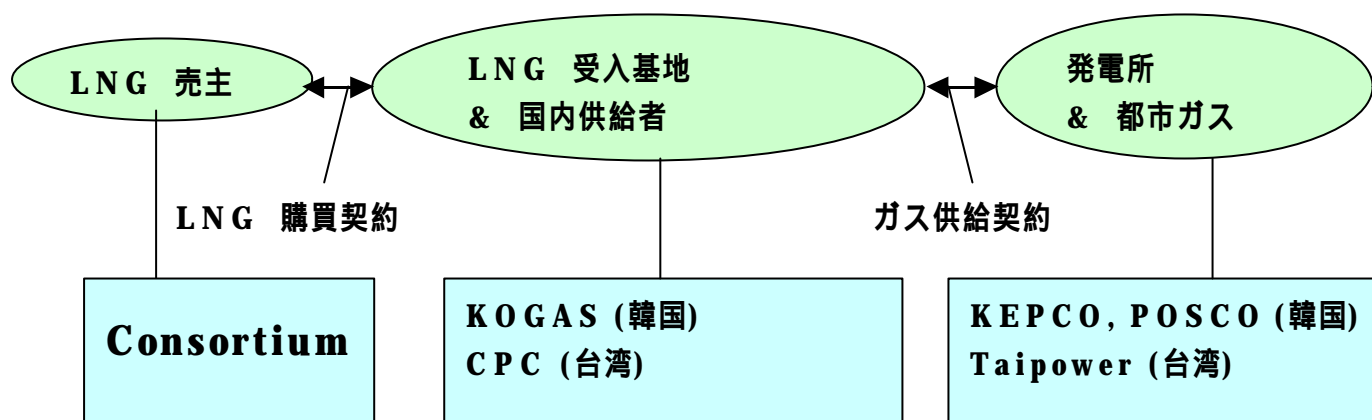
日本における確実な消費確保はどのようにしたかと言うと、需要家が直接輸入することで需要の確実な見通しを立てることが出来た。具体的には、電力会社、都市ガス供給会社である。つまり、実際に LNG を使う主体(ユーザー)が輸入したのである。それによって、確実な需要計画を基に輸入数量を決めることができ、需給ギャップのリスクを無くすことが出来たのである。参考までに日本の LNG 輸入の流れは以下の図表 -4 のようになっている。



次に、韓国と台湾の話をしたい。この二つの国も、アジアの中で LNG の大口需要家となっている。韓国や台湾は日本とは違った形態で輸入をしており、輸入業者と言う主体が輸出者とユーザーの間に存在している。韓国では KOGAS、台湾では CPC がそれである。彼らは何をしているかというと、LNG の輸入設備を整え、さらにガスの卸売りのためのパイプラインを作っている。つまり、輸入者と国内供給者を両方行っているのである。具体的

には以下の図を見ていただきたい。

(図 -5) 韓国・台湾における LNG 輸入フローチャート



こういった韓国・台湾の方式では欧米では一般的である。しかし、欧米の天然ガス消費の仕方はパイプライン輸入によるものがほとんどである。欧米のパイプライン方式における市場形態はというと、これはかなり完全競争に近い。完全競争とは、買い手と売り手に多くのプレーヤーが存在していて、しかも個々の主体は自らの行動で価格を決定できないと言う状態である。そういった市場であるため、一人のユーザーがガスを買わなくても、それを補完するその他のユーザーが存在するのである。しかし、LNG 市場と言うのは、特にアジアにおいて、プレーヤーの数がさほど多くなく、大口ユーザーがほとんどである。そのため、とある大口ユーザーの消費が少なくなることの影響が、相対的に欧米より大きいのである。

実際韓国において、アジア危機によって消費が確保されないことで、take-or-pay 条項に抵触しそうなこともあった。そして、その経験から現在韓国では大口ユーザーの LNG 輸入自由化が始まろうとしている。

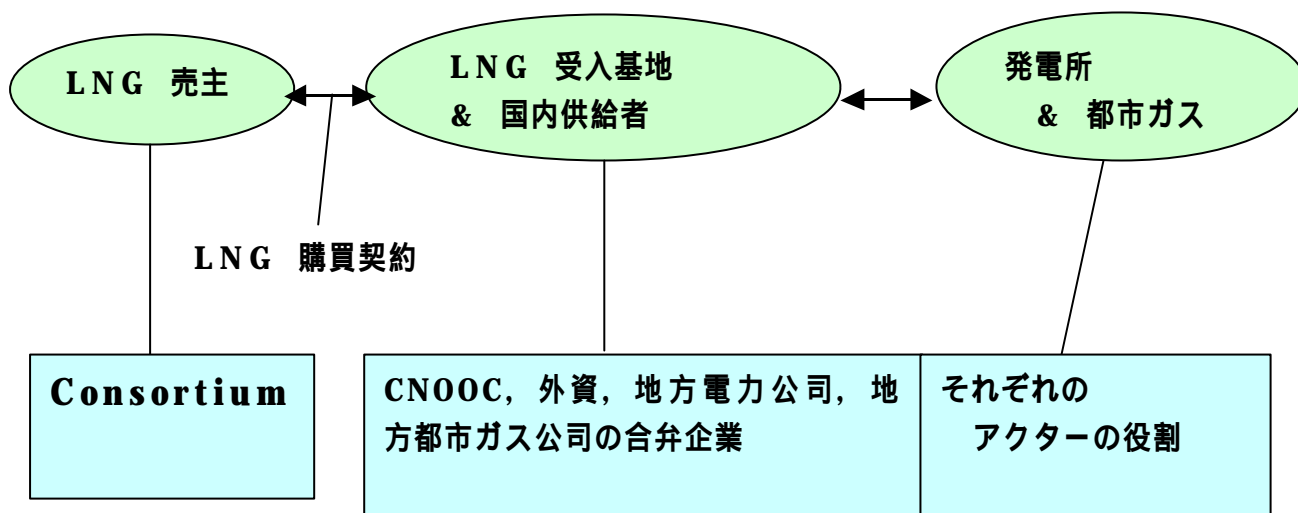
話を中国に戻すと、中国の LNG 輸入において、現段階で具体的に決まっていることはまだ少ない。しかし、中国の LNG の輸入主体は CNOOC(中国海洋石油公司)とされている³⁶。従来から海外との取引は一括して CNOOC が行ってきたのと、今回の広東省への feasibility study も CNOOC が行ってきたため³⁷であるが、今回の LNG 輸入においては、CNOOC の具体的な役割は未だ決定していない。具体的な役割とは、CNOOC がどこまで行う主体になるのかという事である。例を挙げると、発電業務まで行うか、それとも輸入から国内卸売りまでかといったことである。それによっていろいろと結論は代わってきてしまうが、広東 LNG 輸入プロジェクトの現在の計画から行くと、外資が 35%、CNOOC が 36%、深セン市が 20%、そして広東省が 9%を出資して合弁会社を作り、その会社が LNG 輸入プラ

³⁶ 「中国国営石油会社の現状と今後の動向」石油公団委託 (財)日中経済協会 より

³⁷ 注 9 に同じ

ント、すなわち国内への供給者となるとしている³⁸。ここで、CNOOC の役割も含めた、推奨すべき中国の輸入形態を図表 - -1 に示した。図表 - -2 と比べていただきたい。

(図表 -5) 推奨すべき中国国内の LNG 輸入フローチャート



安定供給、安定消費を目指す場合、LNG の場合においては競争市場が未発達な現在はやはりユーザー = 輸入者であるべきである。しかし中国の場合、電力向け天然ガスの主たるユーザーとなり得る、地方電力会社が全て輸入することは資金問題の解決になっていない。そのため、上記のような形態をとらざるを得ないであろう。これを実現するために、中央政府や地方政府の一層の市場開放が望まれる。

加えて、国内での外資や CNOOC の役割と言うものを考えなければならない。前にも行ったように、消費の確保と言うのは、輸入量に見合った消費計画のことなので、各輸入主体が消費できるようにするのが一番である。つまり、外資や CNOOC も輸入者である以上、ユーザーであるほうが望ましい。そのためには、彼らには IPP として天然ガス発電に参加してもらうのが最も現実的である。これにおいても中央政府や地方政府の許認可、もしくは一層の自由化が望まれる。

これらの状況を作れない場合、中国の合併の LNG 輸入会社は、需要家にとって、天然ガスの確実な供給先になりにくい。なぜかと言うと、需要家の中で資源獲得競争が起きるかもしれないし、逆にそれを懸念して誰も天然ガス使用設備を作らないかもしれないからである。同様に、受け入れ基地に LNG が入るようになったとしても、確実に需要家が購入してくれるかどうかは、不確実性が高いものになってしまう。それは供給側にとってもプロジェクトを進める阻害要因になるであろう。一言で言うと、輸入(国内供給)と需要を分けてしまうことで、LNG 輸入におけるリスクが増大してしまうのである。そのためには、やはり輸入者 = ユーザーと言う構図が必要だと思われる。

³⁸ 注 5 に同じ

4) 結論

これまで議論してきた通り、中国の LNG 輸入にはいくつかの課題が残されている。それは、金融面での問題と消費面での問題である。しかし、それと同時に何より大事なのが、中国政府が本気になって LNG 輸入に取り組み、確実に広東の最初の LNG 輸入プロジェクトを成功させることである。中国は共産党一党支配であり、大企業のほとんどが国有企業であるため、政府がある事柄に対して力を入れれば、よほどのことが無い限り、それは確実に実現に向かうのである。そういった意味でも、中国政府が LNG 輸入に重点的に取り組んでいくことが何より大事なのである。

参考文献

- 資源エネルギー庁編 「資源エネルギー年鑑 1998 年度版」 資源エネルギー庁発行 1999 年
日本エネルギー学会天然ガス部会編 「よくわかる天然ガス」 日本エネルギー学会発行 1999 年
李志東 「中国の環境保護システム」 東洋経済新報社 1998 年
石油公団 「中国国営石油会社の現状と今後の動向」 (財)日中経済協会 1997 年
JOE 「中国における天然ガス需給動向・インフラ整備・IPP 事業への外国企業参入可能性調査」
石油公団調査資料 1997 年
上海市統計局編 「上海統計年鑑 1997 年版」 中国統計出版社発行 1998 年
国家統計局編 「中国統計年鑑 1998 年版」 中国統計出版社発行 1999 年
Nicholas King 「the Potential For LNG in China --- GASEX 1996.11」 1996 年
日中経済協会 「日中経済資料」 1999 年 6・7 月号
「China's newsletter of oil, gas and petrochemical industries」 Vol.6, No.22 November 15, 1998
「中国(CNOOC)の LNG 輸入計画」プレゼンテーション資料 日本エネルギー経済研究所
「Alexander's Gas and Oil Connections - Company news E & SE Asia」
Vol.4 issue#13 - Monday, July 19, 1999

インターネットリソース

- 「BP statistical review of World Energy 1999」BP ホームページより <http://www.bpamoco.com>
「資源エネルギー庁ホームページ」<http://www.enecho.go.jp/>