

第3章 クリーンな天然ガス導入活用による環境に優しく快適な 北国の社会創造に向けて

1. 調査研究の背景とねらい

わが国は石油に依存したエネルギー供給構成にあり、かつ中東への依存度が高いことから、中東の政治情勢に大きく左右される脆弱な構造からの脱却が急務な課題となっているが、北海道はわが国以上に石油に依存した供給構造にある。しかも暖房を中心としたエネルギー多消費型の特性を有しており、こうしたエネルギー需給構造を変えることが北海道における重要な課題となっている。

資源の有限性と地球温暖化問題を抱える 21 世紀のエネルギー問題を背景として、天然ガスへ次第にシフトして行くことが予測されている。わが国のエネルギー政策においても天然ガス重視の政策が打ち出されている。

また、天然ガスは、 CO_2 の削減に向けた有力な手段として水素を燃料とする高効率な燃料電池の進展が大きく期待されているが、その水素の主要な原料としても需要増大が見込まれている。加えて、石油よりもクリーンなガスツーリキッドやジメチルエーテル等の液体燃料化の開発も進展していくものと思われ、天然ガスへの期待は大きい。

北東ユーラシアには天然ガス・石油資源が豊富に賦存しており、サハリン開発プロジェクトは、北海道にとっては最も近い距離にある優位な条件にある。これをどう活用するかが北海道における将来のエネルギー問題を研究する上で重要な課題である。

本章では、北海道を取り巻くエネルギー情勢、需給の現状と課題を明らかにするとともに、北海道内の天然ガス供給源や地理的優位性が高いサハリン天然ガス開発プロジェクトの状況を把握整理する。地球温暖化防止対策の一つとして、これからの天然ガス利活用の方向を整理する中で、北海道における天然ガス利活用にかかわる展望と課題を明らかにするとともに、天然ガス導入による CO_2 削減効果を検討することとした。

2. エネルギー需給の現状

(1) 世界のエネルギー情勢及び日本のエネルギー需給

① エネルギー資源の枯渇化

21 世紀におけるエネルギー問題は、エネルギー資源の枯渇化問題とともに、地球環境、特に地球温暖化問題との 2 つの重要な課題を有している。21 世紀前半には、人類にとって極めて深刻な問題となることが予想されている。

エネルギー資源は有限であり、図 3.2.1. に示すように、我々が日々利用している石油や天然ガスの可採年数は現在の需要をベースにして、各々 40 年、62 年といわれ、いずれ枯渇するものである。20 世紀の僅か 100 年の間に、石油の究極埋蔵量の半分近くを消費した。一方石炭は 200 年以上といわれるが、 CO_2 発生原単位が高いことから利用は難しい。

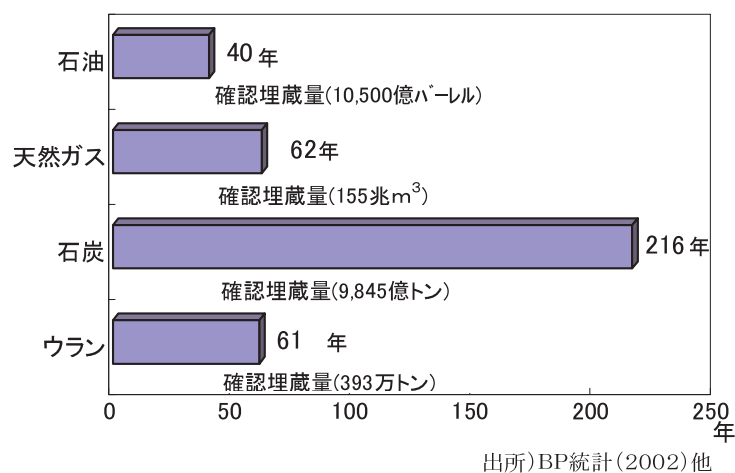


図 3. 2. 1. 世界のエネルギー資源の有限性

確認可採埋蔵量は、コスト的技術的に採掘可能なエネルギー資源の埋蔵量であるから、今後の探査が進み、あるいは経済的に見合えばさらに増加する可能性もある。

しかし、途上国における人口増加や工業化の進展が、エネルギー消費を大幅に増加させ、特にアジアを中心とする途上国での需要増大により、トレンドでは 2030 年頃には 1985 年比で 2 倍に増大するものと予測され、やはり、21 世紀前半には、枯渇化問題は深刻化するものと思われる。

こうした観点から、有限な化石燃料をできるだけ延命できるように、省エネルギーの推進と天然ガスや新エネルギー等の石油代替エネルギーへの転換が急務である。

そして、世界の潮流は CO_2 発生原単位の少ない天然ガスへの転換、それを促す燃料電池技術への期待と共に水素へ強い関心が高まっている。ただし、天然ガスへの需要が高まれば、石油と連動して価格も上昇、長期では需給が逼迫する可能性も指摘されている。

②わが国のエネルギー需給と政策

a. エネルギー供給の問題

わが国のエネルギー政策の目標は、エネルギーの安定供給、環境保全、効率化の 3 E の同時達成である。

エネルギーの安定供給の考え方では、原子力 13%、天然ガス 13%とこの 2 種類が比重を高めている。新エネルギーは安定性やコストの問題などから伸ばすとしても限界があるため、原子力、天然ガスにシフトせざるを得ない判断に立っている。そして石油はボリュームとしては減らす方向になっている。

環境保全への要請では、COP 3、COP 7 を受けて、京都議定書が国会で批准された。

効率化の要請は、自由化と規制緩和を電力・ガスを含めてあらゆる分野でさらに推進させる必要があるとしている。

表 3.2.1. わが国のエネルギー需給の推移と見通しの概要

①最終エネルギー消費の推移と見通し

(単位:原油換算百万kl)

項目	1990年度		1999年度		2010年度			
	構成比%		構成比%		基準ケース		目標ケース	
年度					構成比%		構成比%	
産業	183	52.5	197	49.0	187	45.8	185 程度	46 程度
民生	85	24.4	105	26.1	126	30.8	120 程度	30 程度
家庭	46	13.3	55	13.8	60	14.7	58 程度	14 程度
業務	39	11.2	50	12.3	66	16.1	63 程度	16 程度
運輸	80	23.0	100	24.9	96	23.4	94 程度	24 程度
乗用車	39	11.0	53	13.2	51	12.5	50 程度	12 程度
貨物等	42	12.0	47	11.7	45	10.9	45 程度	11 程度
合計	349	100	402	100	409	100	400 程度	100 程度

②一次エネルギー供給の推移と見通し

(単位:原油換算百万kl)

項目	1990年度		1999年度		2010年度			
	526		593		基準ケース		目標ケース	
一次エネルギー供給	実数		実数		実数		実数	
エネルギー別区分	構成比%	構成比%	構成比%	構成比%	構成比%	構成比%	構成比%	構成比%
石油	307	58.3	308	52	280	45	271 程度	45 程度
石炭	87	16.6	103	17.4	136	21.9	114 程度	19 程度
天然ガス	53	10.1	75	12.7	82	13.2	83 程度	14 程度
原子力	49	9.4	77	13	93	15	93 程度	15 程度
水力	22	4.2	21	3.6	20	3.2	20 程度	3 程度
地熱	1	0.1	1	0.2	1	0.2	1 程度	0.2 程度
新エネルギー等	7	1.3	7	1.1	10	1.6	20 程度	3 程度
再生可能エネルギー	29	5.6	29	4.9	30	4.8	40 程度	7 程度

注)再生可能エネルギーには、新エネルギー、水力及び地熱が含まれる。

③エネルギー起源のCO₂排出量の推移と見通し

(単位:百万t-C)

項目	1990年度	1999年度	2010年度	
			基準ケース	目標ケース
エネルギー起源のCO ₂ 排出量 (対90年度比伸び率)	287	313 (8.9%)	307 (6.9%)	287程度

※本見通しにおける数値は一定の前提の下に推計されたものであり、ある程度の幅を持って理解すべきものである。

出所) 総合資源エネルギー調査会総合部会/需給部会、(2001)、『今後のエネルギー政策について』

3 Eの同時達成の難しさはあるが、わが国は自由化・効率化の下での競争を通じたコスト意識の明確化は一層求められると思われる。日本は欧米に比べてまだまだコストが高い。

したがって、エネルギーの供給主体として、自由化の進展とともに新規参入や分散型エネルギー源の導入などの多様化が一層促進されていくことが予想されている。

1997年の地球温暖化防止京都会議(COP3)における国際公約により、わが国は温室効果ガス全体を1990年に比べて6%減少とすることが目標となる。このうち8割がエネルギー起源のCO₂を90年比ゼロに抑えることが前提となっている。

目標達成手段の一つとして原子力発電への比率を高める必要があるとされるが、国民の不信感が払拭できない状況のため、原子力発電は51基操業中だが、2010年までに新規運転開始できそうなのは各電力会社の供給計画によれば13基しかできないとされている。このため、その代替分は大きくは天然ガスに期待するしかない状況ともなっている。これに

新エネルギーをどの位上乗せできるかであるが、環境への負荷軽減を前提とすれば、エネルギー供給側の選択肢は極めて限られている。

さらに、長期的にはわが国の問題だけではなく、今後中国を始めとしてアジア地域でのエネルギー消費が大幅に増えていくので、アジア全体でエネルギーをどう持たせるかが世界のエネルギー需給上の大きな課題となっている。

b. 最終エネルギー消費の問題

わが国の部門別最終エネルギー消費の推移を見ると 1973 年を 100 として 1999 年では運輸部門 213、民生部門 202 と大幅な増加を見ているのに対して、産業部門は 105 とほとんど伸びていない。これは産業界が大変な省エネ努力をしている成果といえる。運輸部門は乗用車の伸びが大きいことが大きな要因である。民生部門も家庭が 217 と伸びが大きい。今後のエネルギー消費問題は運輸・民生部門対策である。

今の政策の枠組みで続けた場合の最終エネルギー消費で、90 年度 349 百万 k1、99 年度は既に 402 百万 k1、今回の基準ケースでは 409 百万 k1 となる。一方 CO_2 は 307 百万トン、と 90 年より 6.9% 多い。このため 90 年レベルにするためには次のような対策が必要とされている。

c. 2010 年までの CO_2 削減対策

わが国の対策のあり方としては、まず大幅な省エネルギー、次に新エネルギーの開発、そして電力などの燃料転換を実施することが必要だとしている。

COP3 コミットメント達成に向けてのエネルギー需給対策としては、まず需要面で原油換算で 5700 万 k1 分を削減する。一方供給面では原子力を 20 基相当増やし、そして 1,910 万 k1 分の新エネルギーへの代替、の 3 本柱である。

1,910 万 k1 分の新エネルギーによる代替えは相当な努力をしながらも、その上でも 3% 程度のシェアにとどまるものである。

CO_2 削減量としては従来の対策に新たに 2 千万 t の削減が必要となっている。

省エネ分としては経団連の自主行動計画（毎年 1% 省エネ）とトップランナー方式をやって省エネラベルをつけることなど、これらの強化で新たに 700 万 k1 節約（ CO_2 600 万 t）が見込まれている。新エネルギーは新たに 9 百万 t の上積みとなっている。これと省エネと合わせて 15 百万 t であるが、残りの 500 万 t 分は燃料転換で行われる。

従って電力などの燃料転換などの実施が必要であるとしている。ただし、そのためには、助成措置、規制措置、税制、自主的努力等の措置により、最も安価な燃料である石炭と他の燃料とのコスト差に影響を与えなければ転換していかないとしている。コストが安いからといって石炭に燃料転換したのでは CO_2 は何も減らないどころか増加する。この電力の燃料転換を何にするかについてはまだ特定できない。そして燃料転換等の内数ではあるが、別の項目立てをして、天然ガスの一層の利用拡大を求めている。

以上のような努力の結果、長期エネルギー需給見通し概要に示される目標数値となっている。2010 年のエネルギー供給としては、石油は 308 百万 k1 から 271 百万 k1 に減らすこととしている。石炭はわずかに上がる。それ以外も上がる。天然ガスはリードタイムがあるから 2010 年では少ししか上げられていない。この結果、エネルギー起源の CO_2 は 1990

年の 287 百万 t となっている。

結局、CO₂の抑制には新エネルギー、天然ガス、原子力に換えていかないとどうにもならないというのが総合資源エネルギー調査会の答申である。

新エネルギーの目標、例えば太陽光発電は 482 万 kW など、それぞれすごい伸びを期待している。未利用エネルギーには雪氷冷熱やバイオマスも新たに加えられている。

わが国は、エネルギーセキュリティの必要性から石油への依存度を下げ、原子力、LNG の拡大を図っており、今のところ 2010 年頃までの LNG は十分確保されている。

なお、2010 年以後のわが国のエネルギー需給見通しは示されていない。

(2) 北海道のエネルギー需給課題

① エネルギー多消費地域としての北海道

北海道は、全国の中でも突出したエネルギー多消費地域であることが従来からの大きな課題である。道民 1 人当たりの一次エネルギー総供給量は、5.8kl であり、これは全国より 2 割ほど多い。最終エネルギー消費での比較では、北海道は全国の 1.14 倍となっている。

表 3.2.2. 道民 1 人当たりのエネルギー消費量と CO₂ の全国比較 (2000 年度)

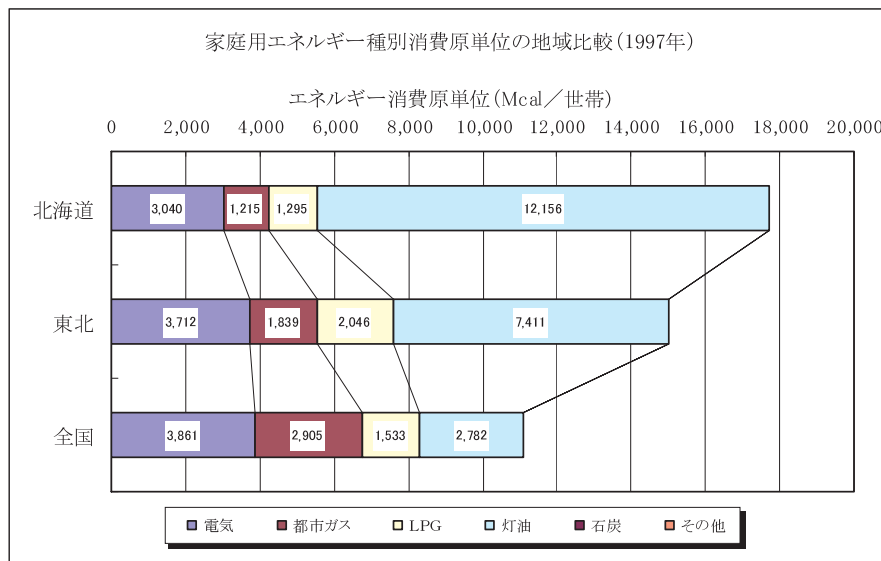
項 目	(原油換算)		
	全 国	北 海 道	
	1人当たり (kl/人)	1人当たり (kl/人)	対全国比
一次エネルギー供給量	4.79	5.84	1.22
最終エネルギー消費計	3.22	3.68	1.14
（うち産業部門）	1.47	1.43	0.97
（ 民生部門）	0.94	1.22	1.29
（ 運輸部門）	0.80	1.04	1.30
CO ₂ 排出量 (トノ/人)	2.49	3.06	1.22

出所) 北海道経済産業局資料より(株)エス・ティ総合研究所推計

また、北海道は石油消費の割合が 7 割近くあり、全国の 5 割に比較して極めて高く、これに石炭も加わって化石燃料への依存度が極めて高い構造を有している。このため、道民一人当たりの二酸化炭素排出量は 3.06t と全国のそれより 2 割以上多く、それだけ北海道は環境に対して大きな負荷を与えているといえる。

北海道のエネルギー消費原単位が高い要因は、主に暖房用途での消費量が多いことにある。北海道の 1 人当たりエネルギー消費量は全国平均の 1.2 倍であるが、家庭部門の一世帯当たりでは、その格差は 1.6 倍に拡がり、さらに家庭用暖房エネルギーに限れば 3.5 倍となる。

暖房用エネルギー消費の多さが、北海道全体のエネルギー多消費性の主要因である。加えて、全国に比べて石油依存度が高いことが、1 人当たり CO₂ 排出量を 2 割強多い特性に押し上げている。その結果、暖房用のエネルギー消費の太宗を占めている民生部門においては、一人当たりの消費原単位は、全国の 1.3 倍の数値を示し全国の中でも突出した状況にある。



出所) 住環境計画研究所編、(1999)、家庭用エネルギーハンドブックより作成
 図 3.2.2. 全国の 1.6 倍の消費量にある北海道の家庭用エネルギー

②北海道におけるCO₂排出抑制に必要となる石油削減量

仮に北海道でも国と同様に総量で 1990 年レベルの 6 %削減とするとエネルギー消費の削減がどの程度必要となるのか。表 3.2.3. は 2000 年度の道内エネルギー需給量と 1990 年度に対する増加状況とを見たものである。道内一次エネルギー総供給では 275 万 k l の増加だが、うち石油系の増加が 260 万 k l となっている。そして、最終エネルギー消費では 220 万 k l の増加で、中でも運輸部門、民生部門の伸びが著しい。

同表を基に単純に CO₂ 排出量を 1990 年度の 6 %削減させるとすれば、北海道全体では、原油換算で 4.2 百万 k l 分の消費量の削減が必要となる。今後の民生・運輸部門を中心としたエネルギー需要の伸びを想定すると、削減必要量はさらに大きくなる。道の第 3 次長総計の、エネルギー供給見通しは年率 1.3%の伸びを見込む。国の地球温暖化防止大綱の水準を達成させるためには、90 年レベルまでの CO₂ 削減には、数百万 k l 相当の省エネルギー並びに新エネルギーや原子力への代替が必要といえる。

③北海道が求められるエネルギーを上手に利用出来る社会とその方向

1990 年度以降、道内人口は微増にも関わらず、エネルギー需要は大きく伸びた。つまり一人当たりのエネルギー消費量が増加しているのである。身の回りを見ても家電製品の大型化や購入台数の増加、家庭用融雪機の普及、OA 化の進展、自動車保有台数の増加、貨物輸送における小口ロット化など、いずれも単位当たりエネルギー消費量が増大する方向に進んでいる。いわば利便性重視の結果がもたらしたエネルギー多消費型の社会構造への変化とも言えなくはない。

冬の厳しい寒さや雪を克服する必要性が、北国でも快適で安全に暮らせるような独自の生活文化を育ませてきたのだが、一方では、快適性や利便性を高めることが、エネルギー増加をもたらす場合も多い。たとえば融雪ニーズの増大が、北方型住宅を中心とする先導的な

高性能住宅で得られた省エネルギー分を帳消しにする懸念もある。

表 3.2.3. 北海道のエネルギー需給構造と推移

単位：原油換算千kl

項 目		1990年度		2000年度		2000/1990	
			%		%	増加量	増加率(%)
道内一次エネルギー総供給		24,140		26,885		2,745	11.4
エネルギー 種別	石 油 系	14,804	61.3	17,405	64.7	2,601	17.6
	石 炭 系	5,624	23.3	5,127	19.1	-497	-8.8
	発 電	2,674	11.1	3,386	12.6	712	26.6
	そ の 他	1,038	4.3	967	3.6		
道内最終エネルギー消費		18,854	100	21,049	100	2,195	11.6
部門別	産 業 部 門	8,138	43.2	8,167	38.8	29	0.4
	民 生 部 門	5,941	31.5	6,951	33.0	1,010	17.0
	運 輸 部 門	4,775	25.3	5,932	28.2	1,157	24.2

出所) 北海道経済産業局資料より作成

我々は 100 年、200 年後の世代に温室効果ガスの排出するという大きな負債を残していることを重く受け止め、地域の中で可能な限り、新エネルギーの積極的な活用を目指すと共に、エネルギー多消費型地域で生活する中でのライフスタイルの見直しを含めた省エネルギー型社会への転換が求められている。

先に述べたように、21 世紀中半には、地球温暖化とエネルギー資源の枯渇問題が深刻化する可能性が大きいことを考えると、北海道では、北国の暮らし易さを高めながら、かつエネルギー消費を抑え、CO₂排出量を削減させるという、難しい課題を乗り越える新たな仕掛けが急務である。

エネルギー資源の節約と環境負荷の軽減を図るには、大きくは、

- エネルギー資源の効率的利用による無駄な消費（損失）の抑制
- 下水排熱や廃棄物等、利用されずに捨てられている未利用エネルギー資源の循環的利用
- 太陽、風力など、環境への負荷が小さな自然エネルギー（再生可能エネルギー）の積極的な導入
- 天然ガス等CO₂排出原単位の小さな燃料への転換

と言った観点での取り組みが重要である。

基本的には北海道においてもリスク回避からのエネルギー源の多様化は必要であり、かつ環境への負荷が小さい燃料やシステムへの転換が求められている。これを達成させる上で最も近い距離にあるのが天然ガスの導入普及といえるが、北海道は、サハリンに近い立地条件の優位性をこれからどのように生かすかが大きな課題である。

(3) 地球温暖化防止対策としての天然ガス利用

①天然ガス利用拡大の必要性

太陽エネルギー等の自然エネルギーはCO₂排出量が極めて少なく、無尽蔵な資源として期待されている。

表 3.2.4. 新エネルギーの種類と供給見通し

供給サイドの新エネルギー

	1999年度(実績)		2010年度				
			現行対策維持ケース		目標ケース		
	原油換算 (万kl)	設備規模 (万kW)	原油換算 (万kl)	設備規模 (万kW)	原油換算 (万kl)	設備規模 (万kW)	2010/1999
太陽光発電	5.3	20.9	62	254	118	482	約23倍
風力発電	3.5	8.3	32	78	134	300	約38倍
廃棄物発電	115	90	208	175	552	417	約5倍
バイオマス発電	5.4	8.0	13	16	34	33	約6倍
太陽熱利用	98	－	72	－	439	－	約4倍
未利用エネルギー (雪冷熱を含む)	4.1	－	9.3	－	58	－	約14倍
廃棄物熱利用	4.4	－	4.4	－	14	－	約3倍
バイオマス熱利用	－	－	－	－	67	－	－
黒液・廃材等	457	－	479	－	494	－	約1.1倍
新エネルギー供給計	69	－	878	－	1910	－	約3倍

再生可能エネルギー

	1999年度(実績)		2010年度		
			現行対策維持ケース	目標ケース	
	原油換算(百万kl)		原油換算(百万kl)	原油換算(百万kl)	2010/1999
新エネルギー供給計	7		9	19	約2.7倍
水力(一般水力)	21		20	20	約1倍
地熱	1		1	1	約1倍
再生可能エネルギー供給計	29		30	40	約1.4倍

需要サイドの新エネルギー

	1999年度(実績)		2010年度		
			現行対策維持ケース	目標ケース	
					2010/1999
クリーンエネルギー自動車※1	6.5 万台		89 万台	348 万台	約54倍
天然ガスコージェネレーション※2	152 万kW		344 万kW	464 万kW	約3倍
燃料電池	1.2 万kW		4 万kW	220 万kW	約183倍

※1: 需要サイドの新エネルギーである電気自動車、燃料電池自動車、ハイブリッド自動車、天然ガス自動車、メタノール自動車、さらにディーゼル代替LPガス自動車を含む。

※2: 燃料電池によるものを含む。

出所) 総合資源エネルギー調査会総合部会/需給部会、(2001)、『今後のエネルギー政策について』

とはいえ気象に左右されやすく、エネルギー密度も希薄なため、これのみで賄うのは難しく、また大規模な需要にも対応し難い。やはり、クリーンな燃料があればそれと組み合わせ需要変動に対応できるような供給システムが必要である。

従来燃料としては、単位重量当たりCO₂発生原単位が石油に比べて7割程度の天然ガスへ代替出来ればそれだけでもCO₂削減効果は大きい。

また、天然ガスは石油のように資源が偏在していないことから、リスク分散の観点からも天然ガスへ転換する意義は大きい。

②天然ガスの利活用拡大を支える主要な方法・技術

このようなクリーンでかつ、道内にも大量に賦存する天然ガスを産業、民生、運輸のいずれにおいても積極的に活用されれば、道民一人当たりのCO₂排出量が全国の1.2倍強にもなっている北海道特有のエネルギー的課題が少しでも改善できることとなる。

CO₂削減に向けた推進視点としては大きくは次のようなことがいえる。

- ・現在使用している石油燃料を天然ガスに転換するだけでCO₂発生量は発熱量当たりで27%の削減効果が見込める。
- ・コジェネレーション（燃料電池も含む）のように、発電してかつその排熱も利用するようなエネルギー効率が低いシステムへの転換によって、効率が上昇した分だけエネルギー消費を抑制できるから、その分のCO₂を削減できる。コジェネレーションは石油でも天然ガスでも、導入効果が大きい、CO₂発生原単位の低い後者の方がより、CO₂削減効果が大きい。北海道のように暖房や融雪等低い温度の熱需要がある地域はコジェネレーションの導入に適している。
- ・自動車のエネルギー効率は従来型で10%台の水準にとどまっている。残りは排熱として大気中に捨てられている。自動車の効率を大幅に上げることが省エネルギーに大きく寄与することから、世界の有力な自動車メーカーが開発にしのぎを削っている。短期的には圧縮天然ガス自動車、電気自動車、そして燃料と電気のハイブリッド自動車等によるクリーンエネルギー自動車の導入が進められるが、中期的には発電効率が低い燃料電池自動車の実用化が大きな目標となっている。

a. コジェネレーションシステムの概要

このうち、まずコジェネレーションシステムについて簡記すると、エンジンやタービンを駆動して電気を起こすとともに、その際に発生する排気ガス等から熱回収して有効利用を図ることで、投入された一次エネルギーの70～80%の利用効率が得られるシステムのことである。燃料電池も高い発電効率でコジェネシステムとしても優れたシステムである。

通常の大規模火力発電所の場合は発電効率は40%程度であるから、コジェネレーションシステムはエネルギー有効利用システムの決め手の一つともいえる。デンマークでは、火力発電所の新設に際してはコジェネを義務づけ、排熱は熱供給事業者が引き取る仕組みにして、都市全体の一次エネルギー利用効率を飛躍的に高めた。

b. 従来型クリーンエネルギー自動車

次に、クリーンエネルギー自動車については、天然ガス自動車や電気自動車やハイブリッドカーが期待されている。現在普及を目指している天然ガス自動車は、200気圧程度に圧縮した天然ガスを燃料とする圧縮天然ガス自動車（CNG自動車）のことであり、2010年頃には全国で100万台の導入目標が立てられている。

一方、電気自動車は冬期における蓄電池の性能低下や車内暖房等の問題から北海道のような寒冷地では課題が多く、クリーンエネルギー自動車の中ではCNG自動車及びハイブリッドカーが期待できよう。ただし、現状においてはまだまだコストが高く、量産化によるコストダウンのインセンティブを図るため、国では自動車及びガス充填設備に対する補助金制度を設けている。

c. 燃料電池自動車

燃料電池自動車については、ダイムラークライスラーがメタノールを燃料とする燃料電池自動車を開発し、2004年にディーゼル車並の価格での量産化を目指し、トヨタ、ホンダ、日産の国内メーカーやGMも早期の市販を目指し、いずれも2003年にわが国の公道での走

行実験をスタートさせる。

自動車用等に期待される燃料電池の中心技術は固体高分子型燃料電池（P E F C）と呼ばれるもので、水素を直接にあるいはメタノール等を水素燃料に改質して利用するもので、100℃以下の低温で作動でき、出力密度が高く、コンパクト化が容易で、かつ発電効率も40～45%と極めて高いなどの優れた特徴を有している。水素を燃料とすることから環境への負荷は小さく、自動車の場合は燃料電池から発電された電気によってモーターを駆動させるため、走行感覚は電気自動車と同様であろう。

d. 家庭用燃料電池

このような自動車に搭載できる程の燃料電池の小型化と低価格化が実現されれば、そのインパクトと波及効果は図りしれない。運輸部門での環境負荷軽減効果が大きいばかりではなく、システムチックな省エネルギー化が難しい民生部門、特に一般家庭や小規模事業所でのコジェネシステムの導入が容易となり、暖房用熱消費量が極めて多い北海道においては、エネルギー削減効果が優れて大きいことが予想できる。

石油燃料からの改質が低コストで可能となれば既存の灯油のデリバリーシステムを活用することも可能であり、一方、天然ガスからの改質が低コストで容易であれば、既存の都市ガス網を活用して導入が可能となり、クリーンエネルギーへの代替を促進させることとなる。

石油依存度が7割近い北海道では、コジェネ等による効率的な利用を進めるとともに、以上に述べたようなメタンを軸としたクリーンな気体、液体燃料への転換を進めることで、環境負荷を大幅に軽減できうる社会システムへ移行可能であり、早期に取り組む必要がある。

③天然ガスをめぐる状況とわが国政策のあり方

天然ガスはクリーンな燃料でしかも中東に依存しなくて良いというメリットがある。しかも技術開発によって液体燃料等の輸送しやすい形態に変えられる大きな特徴がある。

天然ガスの供給地域については可採埋蔵量は年々増加しており、埋蔵地域も広く分散化している。わが国には8カ国から年間54百万tのLNGが来ている。国産の比率はわずか3%だが主に新潟で生産され、苫小牧勇払もまだ少ないがこれに含まれている。

供給形態については欧米では9割がパイプラインであるのに対して、わが国の場合は総延長3千kmにとどまる。わが国の天然ガス供給は23ヶ所のLNG基地を通じて97%がLNGで輸入されている。世界の天然ガス貿易の中でLNG貿易の半分は日本が占めている。

わが国の天然ガス需要の7割が電力向け、残り3割が都市ガス向けとなっている。

天然ガスの供給確保量については、供給可能プロジェクトとしてマレーシアⅢ、西豪州、サハリンⅠ、サハリンⅡ、インドネシアタンゲーの5つの大きなプロジェクトを含めて、LNG換算で1億tに達している。現在、日本で使っているのが52百万tであることからその倍くらいの量の見込みがあることになる。

現在の契約ベース54百万tが、契約延長を考慮しなければ33百万t、延長を見込めば49百万tとなり、5百万tのギャップを前記のプロジェクトから埋めれば良いと需要家は考えている。延長しなければ21百万t埋めれば良いと考えているようだ。

ただし、新規プロジェクトは多数あるが、莫大な初期投資を要するため長期契約が相当程度確保されなければファイナンスも実現できない。仮にファイナンスができてもしリードタイムは長い。サハリンプロジェクトもまさにこの辺が議論になってくる。天然ガスをやればLPGも副産物として得られる。これは天然ガス生産のメリットの一つである。

天然ガスの導入促進には、天然ガスの価格引き下げと安定化が必要であるが、そのためには、バーゲニングパワーを向上させ、柔軟性を持った長期契約と短期契約やスポット取引をバランス良く組み合わせることが重要となっている。欧米はこれをうまく組み合わせて使っている。

日本のLNG輸入価格は今、原油と等価で行われているが、これでいいのかという課題が指摘されている。そこで、プロジェクト間競争がもっと活発になることでの価格の引き下げが期待されている、あるいはそう仕向けたいとも考えられているようである。既存プロジェクトの延長と新規プロジェクト間の競争や他燃料との競争に期待が掛けられている。そして天然ガスの輸入者がまとまった需要規模を長期間コミットできれば、条件緩和できるかもしれないと思われる。

国内販売価格は自家用発電用、産業用ガス価格は米、英国の1.5～2倍、家庭用は欧米の1.9～3.6倍となっている。高い理由も明らかで、一件あたりのガス消費量の増加や、保安、サービス内容を見直してもっと安くできないかと検討されている。競争の導入、パイプラインの敷設、修理費用の低減のための施策が展開されないと安くならない。

パイプラインの事業主体の問題も議論の対象となっており、欧米と日本は大きく異なる。ヨーロッパでは9割以上がパイプラインで供給されているが、そのコストを負担しているのは、米国は民間事業者、仏国は国策会社、伊は半官半民、独は民間など様々である。

これに対してわが国は、基本的には民間会社が主体である。ただし、2タイプあり都市ガス事業者がおこなうものと、石油資源開発などの天然ガス開発事業者が行うものがある。また、パイプラインコストは欧米に比べると陸上で4～12倍、市街地で2～4倍、建設コストが高くなっている。その要因としては、工事費、人件費、地代、補償費が高いことのほか、安全基準や規制の問題も指摘されている。

規制については一部緩和されたがさらに緩めなければならないという議論がある。

3. 北海道における天然ガス供給源の状況

(1) 北海道における天然ガスの賦存状況

①道内における天然ガスの賦存状況

現在、札幌市域に供給されている都市ガスを、クリーン燃料である天然ガスへ転換する作業が続けられている。天然ガスがクリーンであるといわれる理由は、その主成分がメタンガスという炭素数が最も少ない炭化水素であるために、単位熱量当たりのCO₂排出量が石油に比べて25%程減少できること、加えてNO_xが少なく、SO_xはゼロということにある。

苫小牧勇払の天然ガス田は、「勇払構造群」とよばれ、南勇払構造、沼ノ端構造、あけぼの構造からなる一つの構造群となっている。この構造群では札幌圏の都市ガス需要の30年分以上に相当する百数十億Nm³の埋蔵量が確認されており、国内最大の天然ガス田とい

われている。

石油資源開発によって開発が進められているこのガス田は、今後の試掘でさらに確認埋蔵量が増加する見込みにある。これはパイプラインで札幌まで運ばれ北海道ガスに供給されている。また、苫小牧の市街地に近い、港に近い、苫東に近いという有利な点があり、北海道のエネルギー自給率の向上に寄与できる大切な財産である。しかもメタン 85%、エタン・プロパン等が 14%、 H^2S はなし、 N^2 は 1 %、 CO_2 はなし、というように極めて良質なガスである。

また、稚内地区等でも石油資源開発による試掘が進められており、これらも有望視されているガス田である。

②道内を取り巻くメタンハイドレート資源の状況

このように道内には天然ガス資源が豊富に賦存するが、この他、長期的には、オホーツク海、十勝・日高沖、奥尻海嶺等の水深 1,500m 程の海底にシャーベット状になったメタンハイドレートが豊富に埋蔵しているともいわれ、メタン資源が豊富な地域である。

ハイドレートができるのは、海域では一般的に推進 500m より深い海底下数十メートルより深い地層かシベリアやカナダの極寒地の永久凍土地帯の比較的浅い地層中である。日本近海では、国内消費量の 140 年分に相当する 7 兆 4 千億 Nm^3 のメタンが埋蔵されているといわれ、前記した北海道近海の他に南海トラフに 4 兆 Nm^3 の可能性が明らかにされている。

しかしながらメタンハイドレートの開発研究は始まったばかりであり、海底地盤の崩壊をもたらさないで採掘する技術やそれを地上まで輸送する技術、そして経済的に生産する技術など実用化までには長い年月を必要とされている。

このほか北海道では、酪農畜産での家畜ふん尿や下水汚泥などバイオマスによる大量のメタンガス生産のバックグラウンドも合わせ持っている。



出所) 赤池学ほか、(1998)、『温もりの選択』、TBSブリタニカ

図 3.3.1. 北海道近海におけるメタンハイドレートの分布

(2) サハリン天然ガスとパイプライン敷設

①わが国の天然ガス政策におけるサハリンプロジェクトの位置づけ

わが国の天然ガス政策（総合資源エネルギー調査会「天然ガス政策のあり方に関する報告書」）の中で、サハリンプロジェクトについて以下のように位置づけている。

まず、サハリンは大規模な天然ガス埋蔵量の存在が確実であり、わが国に地理的に極めて近く、多角化にも資するとして、そのため、民間事業者によって経済性を確保しつつ供給が行われれば、わが国のエネルギー安定供給上供給の選択肢が拡大する等の意義があるとしている。

供給タイプとしてはLNGによる供給とパイプラインによる供給との2つがあるとしている。LNGはサハリンⅡ、パイプラインはサハリンⅠとする考えで、近距離なので安いとしている。また価格引き下げの観点からサハリン島内のパイプラインについては、サハリンⅠとの一体化を追求すべきとしている。

サハリンⅠのパイプラインルートについては、わが国の調査会社が太平洋ルートと日本海ルートの双方について事業化調査（F S）を実施した。

官民の役割分担については実質国の役割としてつぎのように述べている。

まず、支援などについては政策的に公的支援が必要であるとしており、一方安全規制などについてはわが国では長距離海底パイプラインの実績が乏しいことから、安全確保を前提に、パイプラインに係わる安全基準について検討を行い、長距離海底パイプライン敷設を円滑に進めるための環境整備をするべきであるとしている。

また、ルートの一部は、北海道や関東周辺については陸地を通る可能性が高いが、その際のパイプライン敷設に係わる課題等を検討する必要があるとしている。

その他の環境整備の所で北海道の一部地域陸地を横断する計画があるが right of way の検討を行う必要があるとしている。これは通過権のことで米国では土地を収用してパイプライン会社に占有権を与える州法があるとしている。同様のことができないかということも提起している。この場合一般の民有地の他、国道等も含まれている。

②サハリンプロジェクトの概要について

サハリンⅠはコンソーシアム方式で石油資源開発をはじめ伊藤忠、丸紅など多数の企業が加わっている。一方、サハリンⅡは共同出資会社方式で三井物産、三菱商事が出資している。

埋蔵量は天然ガスはサハリンⅡが大きく、石油の方はサハリンⅠが大きい。サハリンⅡは発表の毎に石油埋蔵量の数値が減ってガスの量は増えている。

開発計画ではサハリンⅠは日本などへのパイプラインにより天然ガス供給する計画でLNG換算で750万t／年となっている。パイプラインで北海道を経由して本州に送る前提であるから、この需要は全部日本で背負わなければならないことを意味している。日本の産業界がこれに見合う需要を提示するかどうか。開発側は早めに言ってくれないと他の国に送ることもあるとしている。

2002年3月にパイプラインルートのF S調査結果が発表された。2003年には着工したいとしている。2009年に本州への供給開始をしたいとしてこれを逆算すると2005年には北海道向けパイプラインの着工が必要となり、2008年には北海道への供給開始となる。

表 3.3.1. サハリンⅠ，Ⅱプロジェクトの概要

	サハリンⅠ	サハリンⅡ
開発主体	【コンソーシアム方式】 30% エクソン・ネフテガス(メジャー) 30% サハリン石油ガス開発(日) (略称SODECO、石油公団50%、伊藤忠、丸紅など出資) 40% ロスネフチ(露)系	【共同出資会社方式】 サハリン・エネジー・インベストメント社 55% シェル・サハリン・ホールディング(メジャー) 25% 三井サハリン・ホールディング(三井物産) 20% ダイヤモンド・ガス・サハリン(三菱商事)
埋蔵量	天然ガス 4,850億立米 (LNG換算3億6千万トン) 石油 3億24百万トン	天然ガス 5,310億立米 (LNG換算3億8千万トン) ガスコンデンサート 4千万トン 石油 1億3百万トン
投資額	約120億ドル	約100億ドル
開発計画・動向	天然ガスは日本等へパイプラインで供給 (生産規模LNG換算750万トン/年) 石油は大陸までパイプラインで供給し、デカストリ港からタンカーで各国へ輸出。 2002年 日本側のガスパイプライン調査完了 2002年 パイプ敷設作業新日鉄530億で受注 2003年 大陸向け石油パイプライン着工 2005年 石油生産開始 2008年 天然ガス生産開始	天然ガスは日本・韓国・中国へLNGで供給 (生産規模LNG換算960万トン/年) 石油、ガスともサハリン南部の不凍湊プリコトノエまでパイプラインで輸送し、LNG、石油を輸出 1999年 夏季のみ石油生産開始(洋上積出) 2003年 パイプライン敷設開始予定 2006年 プリコトノエ輸出基地からLNG・原油供給開始

出所) 総合資源エネルギー調査会石油分科会開発部会天然ガス小委員会、(2001)、『天然ガス政策のあり方に関する報告書』他

ある試算では、北海道へのガス供給だけ睨んだとしたらLNG換算で150万tあれば、北海道へ送れるという見方もあり、これは150万kWの火力発電と見合う数字である。ただし、北海道で150万tといっても残り600万tを本州で使わなければならないことではある。

一方、サハリンⅡはLNGでの供給だがサハリン南部までパイプラインを持ってきてそこからLNGにして送り出す。1999年には夏のみ原油の洋上積み出しを開始したがその際のガスは地下に戻している。2002年にプラント建設着工で大規模投資が始まる。液化装置や、原油のセパレーター装置等が着工される。そして2006年から供給開始となる。

日本から見れば、パイプラインのⅠかLNGのⅡなのかどっちが経済的にいいのかは現時点ではよく分からないという意見が多い。それぞれのプロジェクトも比較優位にあることが言われているが、具体的にコスト試算が出てこないと分からないし、漁業補償、安全基準がどうなるかでコストは大きく変わる可能性がある。

サハリンⅠの天然ガスは、今のところは海の中を通過して稚内に寄らず石狩で上陸する構想になっている。そして、苫小牧を抜けて、その先は、日本海側を通過して新潟まで行く案と、実線の方の太平洋を通過して千葉まで行く案の2つのルートがあって、どちらが経済性

があるかについて報告されたが、どちらのルートも経済性があるとしている。



出所) 石油資源開発(株) 資料

図 3.3.2. サハリン1プロジェクトのパイプライン想定ルート図

道内で稚内からの陸上パイプラインの動きがあるが、安全基準が従来のものであれば、圧力が不足するため、稚内で揚げる必要があるが、基準が緩和されれば、圧力を高くすることができるので、純技術的には稚内で揚げる必要はないということになる。

サハリンⅡは、サハリン島の真ん中を北から南へ一本の線が引かれている。プリゴロドノエまでのルートで、油とガスの両方を送るパイプラインである。ここでLNG化や原油積み出しをするプラントを建設する案となっている。それで、審議会では、一本化への要望の文章が入っている。そうすれば安くなるはずであるとの考えである。しかし、経営戦略が違うためその通りに手を組むかどうかは分からない問題である。

サハリンⅠ、Ⅱプロジェクトをめぐって、最近にわかに活発な動きがでてきている。特に需要先の確保が懸案となっている中、サハリンⅡのLNGを東京ガスなどが購入を予定していることを明らかにし、また、サハリンⅠの原油についても新日本石油が購入を検討していることが発表されている。

4. 北海道における天然ガスの利活用にかかわる展望と課題

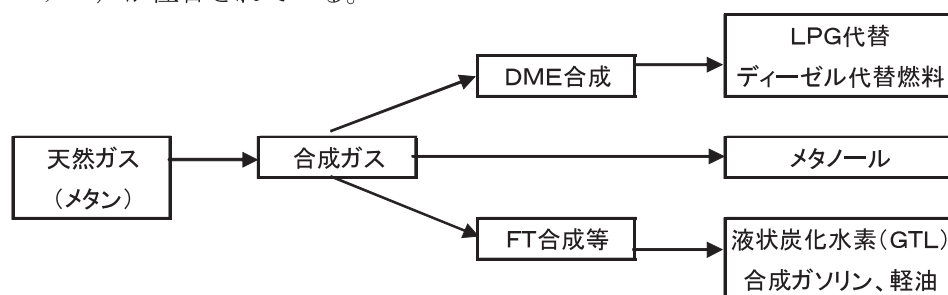
(1) これからの天然ガス利活用の方向

①天然ガスが石油と同様に利用しやすい燃料となるために

石油が燃料の主役の座を占め続けている理由は、液体であることによって輸送性、貯蔵性に最も優れた燃料であるからにほかならない。天然ガスの利用拡大が促進されるためには、ガスパイプライン網がきめ細かに張り巡らされることと、石油に価格に対抗できるよ

うな低コストでの液体燃料化が必要である。

天然ガスからの液体燃料化の技術としてはメタノール化が従来からある代表例であるが、天然ガスの新たな利用形態としてG T L（ガス・ツー・リキッド）やDME（ジ・メチル・エーテル）が注目されている。



出所）（株）エス・ティ総合研究所作成

図 3.4.1. 天然ガスからの主要な化学的液体化技術

G T Lは、天然ガスから合成ガスを生成し、F T合成法等触媒反応によって軽油やガソリンのような合成油を造るものである。G T Lは硫黄分、芳香族が含まれていないことから環境面に優れており、また燃焼特性が良いことから、クリーンな内燃機関用燃料として利用拡大が見込まれている。北海道大学市川教授が研究開発しているシクロヘキサン、デカリンもこれの一つのタイプであるが、水素を運ぶキャリアーとして期待されている。

一方、DMEはL P Gに近いものに変えるもので環境特性に優れていることからディーゼル車の燃料としてはもちろんのこと、L N GやL P G、石油に代わる火力発電用の燃料、そしてガスコンロなどの民生用L P Gの代替燃料としての利用が期待されている。

G T LやDME等の液体燃料化は技術的にはいくらでもできる可能性を有しているが、問題はコストを如何に下げることができるかであり、原料となる天然ガスの仕入れ価格とともに大きな課題といえる。

ところでC O₂の削減と資源の延命には、先進国における大幅な省エネルギー化が必然であるが、21 世紀初頭に実用化が期待される革新的な省エネルギー技術として真っ先に挙げられるものに、すでに述べた自動車に搭載可能な燃料電池がある。

エンジンやタービンに比べて効率が高い燃料電池の技術開発が進み、動力や電気の発生システムの中心的な技術になれば、次に述べるようにこの燃料としての水素をどのように供給できるかが重要な技術であり、水素分子比率が高い天然ガスはその原料としての期待は大きい。こうした観点から、これからの天然ガスの利活用には燃料電池技術及び水素化技術が極めて重要となることから、以下にその概要を簡記する。

②燃料電池の概要と燃料

燃料電池は水素と酸素を反応させて電気を発生させる化学電池の一種で、電気の他には水が生成されるだけで、C O₂が全く排出しないクリーンな発電システムである。発電効率は 40～60%と高く、また得られる熱の有効利用により総合効率が 80%を越える優れたコジェネレーションシステムともなる。

実際には、天然資源としての水素は存在しないから、天然ガス（メタンガス）やメタノール、

LPG等、水素分子比率の高い燃料から水素に改質して利用する必要がある。この過程で燃料に含まれる炭素分の CO_2 が発生するがメタン等炭素分子が少ない燃料ほど環境負荷は小さい。最近では水素に転換せずにメタノールから直接電気を発生させる燃料電池（メタノール直接転換法）も開発が進められている。

エンジン、タービン等の熱機関は高温熱源から機械エネルギーに変換して動力、電気を得るが、その際に必ず低温熱源を捨てなければならない。一方燃料電池は、熱機関のような経路を経ないで直接電気に変換するから理論的な効率が高い。

燃料電池には先に述べたように水素が必要であるため、燃料はすべて改質器で水素に変換しなければならない。その燃料としては、天然ガス、石油、石炭のいずれも利用可能であり、それらは、メタン、LPG、灯油、メタノール、合成ガソリン、DME等に転換して改質する。

使用する燃料によって改質器の温度が異なる。メタンは800℃程度の高温でかつ高压にする必要があるが、一方燃料電池側は80℃程度で良いことから、その落差が大きく、そうであればLPGの方が良いとも考えられる。

一方、天然ガス（メタン）からメタノールへの合成との対比やインフラ整備の問題を考慮するとガソリンの改質の方が良いという考えもある。ただし、既存のガソリンだと、硫黄分が含まれていて、問題となるので、ピュアな合成ガソリンにしてこれをガソリンスタンドから供給するようにしたほうが良いという考えもある。ただし、メタノールと同様に800℃程度で改質する必要があり、改質は大変難しいと見られている。ただ埋蔵量が豊富な石炭の活用を考えると、メタノールが良いという考えもある。

これらの燃料は流通をどうするのかという問題と密接に関連する。いずれにしても、今後天然ガスの比率が高まっていくと思われる。

③燃料電池の種類と特徴

燃料電池には主に以下の4つの種類の技術開発が進められている。

リン酸型燃料電池（PAFC）は200℃の温度環境である。リン酸型は使用される電解質が劣化する問題があり、現状は5万時間程度である。

熔融炭酸塩燃料電池（MCFC）は650℃での反応であり炭酸塩が液体になって炭酸イオンが移動する。この高温の熱エネルギーの活用が期待できる。H12年度に1,000kW級の設備が中部電力に導入されている。

固体電解質型燃料電池（SOFC）は電解質にセラミックス（ジルコニア）が用いられ、900～1,000℃での反応となるからその熱をガスタービンとのコンバインドで発電すれば発電効率が60%以上は期待できる。

固体高分子型燃料電池は30ミクロンの膜を使って水素イオンを通す。80℃程度の温度で良いが、高価な白金触媒が必要となり、それがコストに影響する。また、水素イオンの移動のために水の供給が必要となる。水がなければ抵抗が増す。

燃料電池セルの発電効率については、最大で1.2Vの電圧が得られるが、実際には電流を流すと電圧が低下するため、効率は現状で50%程度にとどまる。これを60%程度まで上げることが目標となっている。

固体高分子型は、水を使うため、セルの凍結の問題から-10℃だと性能が維持できなく

なるという問題がある。自動車での利用は -30°C での稼働がクリアできなければならずこれが大きな問題となる。

改質器については、反応の過程で CO （一酸化炭素）が発生することが問題であり、 CO を酸化させる必要がある。その際、水素が混在している中で、触媒を使って CO のみを選択的に酸化させることが技術的に重要となる。

燃料電池の特徴として、負荷が下がると効率が上がるという点があり、エンジンやタービンはこの逆であるから、負荷変動、部分負荷に対して優れた特徴を有する。ガソリンエンジンは部分負荷も含めると18%程度の効率であるから、これに比べると燃料電池は負荷変動に強い。

④燃料電池の今後の用途と開発方向

自動車に搭載させる以上、小型化、軽量化、低コスト化が前提であるが、量産効果によって最終的には1kW 当り 5 千円程度までのコストダウンが開発目標となっている。逆にその程度まで引き下げられなければ現在の自動車の価格との競争ができない。現状のコストレベルは1～3 万ドル/kW である。コストダウンが実現されれば、あらゆるエネルギー供給システムへ波及する可能性がある。また超小型化技術の進展で、すでにノートパソコンや携帯電話用の燃料電池もプロトタイプで発表されている。

自動車に搭載する燃料をどうするかは、その供給インフラの整備が絡んで極めて大きな課題である。水素、メタノール、ガソリン改質が有力であるが、選択如何によって供給スタンド等のインフラ整備コストが大幅に変わる。米国は石油メジャーの力が強いこともあり、ガソリン改質型の燃料電池に注力している。

コスト、燃料インフラ等の様々な問題から、燃料電池自動車の市場化は2010 年以後と見るのが体勢を占めつつある。つなぎはガソリン-EVハイブリッド車と見られる。

一方家庭での電力需要や給湯需要は増大の一途を辿っていることから、効率の高い家電製品の導入とともに、家庭全体を省エネルギー化できるシステムがあれば民生部門での CO_2 削減に効果をもたらす。

前記したように、燃料電池が自動車用に安価に供給できるようになれば、コンパクトな家庭用コジェネレーションシステムとして広範な利用が期待できる。この場合の燃料としては、都市ガス（天然ガス）やLPGによる供給が考えられる。一般家庭の場合、電力需要はピークで3kW 程度であるが、給湯需要とのバランスでは1～2kW 規模の燃料電池で充足できる。ただし北海道のような寒冷地では、暖房用には不足と思われるが、北方型住宅をさらに越える高性能住宅の実現によってそのカバー率を高めることは可能となろう。

一方、家庭用小型燃料電池の目標コストは1000 ドル以下/kW だから、自動車用より家庭用業務用の方が市場化が早い可能性が大きい。家庭用の燃料電池について北海道大学菱沼教授の試算によれば、ガス代と発電コストとの関係では以下の通りとなっている。電力料金を25 円として、現状のガス料金15 円/kWh では成り立たない。少なくとも8 円台の必要があるとしている。夜間電力は7 円程度だから現状ではこれには競争できない。マンションの場合には、ガス料金を下げているので、一戸建てほどにはかけ離れた数字ではない。

道内では酪農用等での展開で特にバイオガスについて期待されるが、硫化水素が含まれ

るためその脱硫をしっかりとできなければ、燃料電池を劣化させてしまう。

P E M F C (固体高分子型燃料電池)は発電効率が現状では30%台と高くはないが、80℃の熱を上手に活用したコジェネとしてのシステム構築をすれば、省エネ、コストパフォーマンス大となる。北海道の熱需要の中心は温度の低い暖房熱であることから、北海道でこそ、導入意義は高い。

家庭用小規模業務用の燃料電池の燃料は、天然ガス、L P Gで可能であり、将来は供給システムの整備方法によっては水素も可能となろう。

こうした燃料電池を軸においた脱石油を目指して、天然ガスを原料とする化学的液体化や、水素化技術の研究開発が進展すると期待される。

天然ガスを軸とした新たな燃料として期待されるのはDME、メタノール、合成ガソリン等のG T L、ベンゼンなどであり、さらに天然ガスからの水素化、太陽電池水力等からの水素製造(電気分解)等がある。水素は輸送・貯蔵に難点があることから、圧縮水素や水素貯蔵合金よりも貯蔵効率が低いシクロヘキサンやベンゼンなどの有機ハイドライドを水素の輸送担体として水素利用が用意にできるような技術開発も北大市川教授らが中心となって進められている。

(2) 北方型都市づくりと天然ガス利用

① 北国の快適な都市づくりの必要性

北国の厳しい寒さや雪を克服し、冬でも快適で安全な暮らしを実現させることが北海道に住む人々の願いであり、その実現のために多くの努力が積み重ねられてきた。しかし、こうした北国での快適性を高めることは、応々にしてエネルギー消費の増大を招来させることと裏腹でもある。

高齢化が進む中では冬道の一層の安全性確保が重要ではあるが、ロードヒーティングや融雪槽の増加は、現状では民生用のエネルギー消費量を増大させる大きな要因になる可能性を有している。

増加する建築物の暖房に必要なエネルギーを削減させるために、高断熱、高气密化を進めていったと同様に、融雪においても一次エネルギー消費量が削減できて、高い効果が期待できるシステムへの転換が必要である。

一方では、石油依存度が高い北海道の暮らし方から見れば、原油価格の変動は、今後の不安定要因の増大につながる。北海道の快適な暮らしは安い石油を前提に成り立っていたともいえることから、エネルギーの低価格での安定供給(エネルギーセキュリティ)は、北海道においては必須条件である。

このように暖房用エネルギー消費のウェートが高い北海道においては、エネルギーは極めて重要な、生産、生活物資に位置づけられて多量に消費されているものであり、だからこそ、様々な方法によってエネルギーを上手に使うことで、大幅なC O₂削減を進める必要がある。

民生用のエネルギー消費を抑制させるためには、個々の消費者の努力や、エネルギー損失の少ない機器や建物への転換はもちろん必要であるが、それとともに社会全体でエネルギー損失の少ない、すなわち、一次エネルギー消費の少ない社会システムへ転換させることが極めて重要である。

こうした社会システムが構築されている代表例を、フィンランドのヘルシンキに見ることができる。都市全体のエネルギー効率は70%を越えているのである。北海道全体では40%にも満たない。残りの60%以上のエネルギーは熱損失として、大気や川や海に捨てられているのである。

わが国では北海道も含めて、投入エネルギーの6割以上を捨てている。逆に言えば動力や、照明等の電力や、暖冷房、給湯、プロセス用等の熱として必要な真の有効エネルギーは現在供給されている一次エネルギー量の4割未満にとどまっているということである。機器や設備の効率を高めたり、システムの組み合わせによって損失量を減らしたり、捨てられている熱を上手に再活用できれば一次エネルギー供給量を減らすことが可能となる。これが、省エネルギーである。

ヘルシンキのように高い総合効率を実現させている要因は熱併給発電と地域暖房の組合せである。火力発電所における発電排熱を地域暖房システムへ供給し、熱の有効利用を図るため、発電効率は低下しても総合効率では80%前後まで飛躍的に向上する。

②エネルギー供給の総合化の必要性

わが国のように発電効率のみを重視した火力発電所の方式では、効率は40%にも届かず、ヘルシンキのような高い総合効率は実現できない。電気やガスや石油、そして熱を供給する主体がばらばらに取り組んでいる限りはやはり難しい。エネルギー損失の少ない社会を実現させるには、熱併給発電と熱供給との組合せのようなエネルギー供給の総合化が必要である。

さらに需要側の観点から見れば、冬の室内空間は22℃前後を維持できれば良いので、建物の暖房や給湯に必要な温度は60～80℃で十分である。ロードヒーティング等、融雪に必要な温度はこれよりもっと低くても良く、家庭内の排熱レベルでも十分といえる。しかし、こうした温度レベルの熱需要に対して、北海道内の多くの施設では個々に石油やガス燃料を直接燃焼して熱を発生させているのである。北国の生活に必要なのは「熱源」であって「燃料」である必要はないことをはっきりと認識する必要がある。つまり排熱であれ何であれ熱として供給されるシステムが整備されれば燃料供給の必要性はないのである。

③道内各都市間及び都市内のガス供給網整備を軸としたインフラ整備の必要性

ガスはパイプライン網さえ整備されておれば、デリバリーの必要がなく、ユーザー側でのストックの必要もない。暖房需要が多く、かつ融雪需要が増大している北海道においてこそ、コジェネの意義は大きく、家庭用の燃料電池やマイクロコジェネから業務用及び地域熱供給用のコジェネ導入に至るまで、省エネルギー効果の高いシステムの導入促進のインセンティブ策と社会システムの転換が必要である。

灯油依存度が高い北海道の需要特性にマッチした暖房用燃料の供給インフラ整備には、きめ細かい都市ガス供給網の整備、または灯油に相当する液体燃料や熱の供給システムの構築が必要であり、ユーザーの評価軸としては、安さ、安定供給、ハンドリングの容易性、環境性等が重視される。したがって、社会インフラとして街づくりと一体的総合的な推進が必要であり、そのためのマスタープラン構築が急務といえる。

(3) 天然ガス導入によるCO₂削減効果の試算

① 転換するだけでもCO₂削減効果が大きい天然ガス

繰り返して述べているように、天然ガスの導入によって、例えば灯油から天然ガスへ転換するだけでもCO₂の排出量は27%削減できる効果が期待できる。したがって、全国に比べて石油依存度が極めて高い北海道のエネルギー供給特性を天然ガスも大幅に取り入れた構造に転換することで、エネルギー源の多様化とともに、こうした環境負荷の軽減にも大幅に寄与できることになる。

北海道の将来におけるエネルギー需給の見通しとして、唯一示されているのが北海道省エネルギー・新エネルギー促進行動計画である。これによって、2010年度における北海道の省エネルギーの目標、新エネルギーの導入目標及びエネルギー起源のCO₂排出量が定められている。

目標数値の前提として表3.4.1に示すように、省エネルギー対策や新エネルギーの導入を見込まない、いわば現状のまま放置して推移した場合の2010年度におけるエネルギー需給量が推計されている。

2010年度における一次エネルギー総供給量は原油換算で3,480万klと1990年度に対して1,012万klの増加となり、最終エネルギー消費ベースでは、698万klの増加で、部門別では、民生、運輸の増加である。

表3.4.1. 北海道のエネルギー需給などの将来推計（省エネ、新エネを実施しない場合）

(原油換算 万kl、炭素換算 百万トン)				
	1990	1998	2010	(1990に対する増加量)
最終エネルギー消費	1,849	2,027	2,547	698
産業	809	747	931	122
民生	584	680	861	277
運輸	456	600	755	299
一次エネルギー道内総供給	2,468	2,759	3,480	1,012
エネルギー起源の二酸化炭素排出量	16.0	17.1	20.5	4.5
一人当たり(北海道)t-C	2.8	3.0	3.5	0.7
一人当たり(全国)t-C	2.3	2.4	2.8	0.5

出所) 北海道、(2002)、『北海道省エネルギー・新エネルギー促進行動計画』より作成

② 北海道省エネルギー・新エネルギー促進行動計画における目標数値

北海道の上記行動計画では、これを省エネルギーの推進と新エネルギーの導入によって一人当たりCO₂を1990年レベルに抑制しようとするものである。このために、様々な省エネルギーの実施によって372万kl、新エネルギーの導入促進によって187万kl、合わせて559万kl分を削減する目標としている。しかしながら省エネルギーは、道民の自主的な努力に期待する要素が大きく、その実現にはかなりの努力が必要となる。また、新エネルギーの導入についても北海道は風力をはじめとする自然エネルギーの賦存量が大きいもの

であるとはいえ、一次エネルギー総供給量の 6.3%にとどまる。したがって、なお一層、CO₂排出を抑制できる社会システムへ転換できるようにすることが急務といえる。

③道内の天然ガス比率を2割に引き上げるとした場合のCO₂削減効果の試算

そこで、例えば石油から天然ガスへ燃料転換することで大幅にCO₂の削減に寄与できる試算を次に示す。

わが国のエネルギー需給見通しにおける2010年の天然ガスの比率は14%であるが（表3.2.1.）、北海道における天然ガス比率を仮に全国を上回る20%まで引き上げる（石油の3割弱を天然ガスに転換）とすれば、すなわち、表3.4.1.の2010年度一次エネルギー総供給3,480万klのうちの696万kl分（LNG換算で497万t相当）の天然ガス転換量となる。これによって、その27%、すなわち原油換算で188万kl分の省エネルギーを実施したと同等のCO₂削減効果をもたらすこととなり、その意義は極めて大きい。

また、この場合の数値は燃料転換によるものだけであり、例えば効率の高い燃料電池を中心とした社会に移行していく場合には、効率上昇分が省エネルギー効果としてこれに上乘せされ、さらにCO₂の削減を促進させることとなる。

（執筆者：本間利久、執筆協力者：高村慎介）

参考文献

-
- OECD/IEA 編（1999）『2020年世界のエネルギー展望』（財）通商産業調査会
赤池学 藤井勲（1998）『温もりの選択』TBSブリタニカ
秋元格 千葉三樹男 山本寛（2001）『燃料電池の仕組み』かんき出版
幾島賢治（2002）『GTL-F T合成の世界における最新動向』エネルギー・資源 23-5
石井彰 藤和彦共著（2002）『21世紀のエネルギーベストミックス』ぎょうせい
エネルギー教育研究会編（2003）『現代エネルギー・環境論』電力新報社
大角泰章（2002）『水素エネルギー利用技術』アグネ技術センター
熊崎照（2002）『ガス体エネルギー』オイル・リポート社
小山茂樹（1998）『石油はいつなくなるのか』時事通信社
小山茂樹（2002）『クリーン液体燃料の意義：種類と利用分野』エネルギー・資源 23-5
資源エネルギー庁編（2002）『エネルギー2003』エネルギーフォーラム
資源エネルギー庁長官官房企画調査課編（2002）『総合エネルギー統計』（株）通商産業研究社
（株）住環境計画研究所編（1999）『家庭用エネルギーハンドブック』（財）省エネルギーセンター
総合資源エネルギー調査会 総合部会/需給部会（2001）『今後のエネルギー政策について 報告書』
総合資源エネルギー調査会 石油分科会開発部会天然ガス小委員会（2001）『天然ガス政策のあり方に関する報告書』
棚橋学（2002）『メタンハイドレート概論』、クリーンエネルギー 11-8
（社）日本エネルギー学会編（1999）『よくわかる天然ガス』コロナ社
日本エネルギー経済研究所計量分析部編（2003）『エネルギー・経済統計要覧』（財）省エネルギーセンター
北海道（2002）『北海道省エネルギー・新エネルギー促進行動計画』北海道経済部