

天然ガス資源開発調査 報告書

平成 24 年 3 月

沖 縄 県

目次

第1章 調査の概要	1
1. 調査の背景と目的.....	1
2. 調査のフロー.....	2
1)調査事業全体の構成.....	2
2)本報告書の構成.....	3
第2章 天然ガスについて	4
1. 天然ガスとは.....	4
2. 世界の動向.....	6
1)消費動向等.....	6
2)資源開発の動向等.....	8
3)天然ガスを巡る動き.....	8
3. 国内の動向.....	11
1)消費動向等.....	11
2)東日本大震災以降の動き.....	12
4. 沖縄県内における関連計画等.....	14
1)県内における調査計画等.....	14
2)県内における天然ガス資源開発事業.....	17
第3章 沖縄における天然ガス資源賦存量調査	20
1. 調査概要.....	20
1)調査の基本方針.....	20
2)調査の目的.....	20
3)調査の位置.....	21
2. 反射法地震探査概要.....	23
1)調査概要.....	23
2)調査方法.....	24
3)調査結果.....	27
3. 沖縄における天然ガス資源賦存量.....	34
1)地理的概要.....	34

2)本島中南部における水溶性天然ガスの特徴.....	37
3)宮古島における水溶性天然ガスの特徴.....	38
4)反射法地震探査結果の要約.....	39
5)沖縄における天然ガス賦存量.....	41
6)試掘対象候補地域の選定.....	43

第4章 天然ガス利活用の現状と課題 46

1. 天然ガス資源の利活用動向.....	46
1)エネルギーとしての利活用.....	46
2)天然ガスの化学反応による高度利用.....	58
3)付随水利活用の動向.....	61
4)県内の活用事例.....	63
5)県外の活用事例.....	73
2. 天然ガス利活用に関する法規制等.....	82
1)採掘に係る関係法令に基づく規制.....	82
2)利活用に係る関係法令に基づく規制.....	85
3)ガスコージェネレーション、付随水の複合利用に係る法的課題.....	86
3. 天然ガス資源の利活用に関する課題.....	87
1)掘削関連の法的課題.....	87
2)建設費の検討.....	87

第5章 沖縄における天然ガス利活用の方策 88

1. 沖縄における天然ガス利活用の構想.....	88
1)構想検討の前提条件.....	88
2)モデル構想の基本的考え方.....	88
2. 沖縄における天然ガス利活用事業モデル(案)の検討.....	91
1)総合(複合)モデル(案).....	91
2)単独モデル(案).....	93
3)沖縄における地域新エネルギー配送システム(仮称)モデル(案).....	93

第1章 調査の概要

1. 調査の背景と目的

沖縄県においては、過去に実施された調査において、沖縄本島中南部及び宮古島に相当量の天然ガス資源が賦存していることが確認されている。また、近年の調査及び沖縄県南部での試掘結果から、新たな貯留層と天然ガス資源の存在が確認されている。

沖縄県は、エネルギーのほとんどを海外から輸入に頼っている状況にあり、また二酸化炭素削減など地球環境問題に対応していくための新エネルギーの活用についても、まだまだ少なく、早急な取組みが課題となっている。

水溶性天然ガスについては、その豊かな埋蔵量の予想から、エネルギーの自給率向上、さらには二酸化炭素の排出が他の化石燃料に比べて少ないという特性を活かし、地球環境問題の排出量規制への対応など、利活用の可能性は極めて高いものと考えられている。

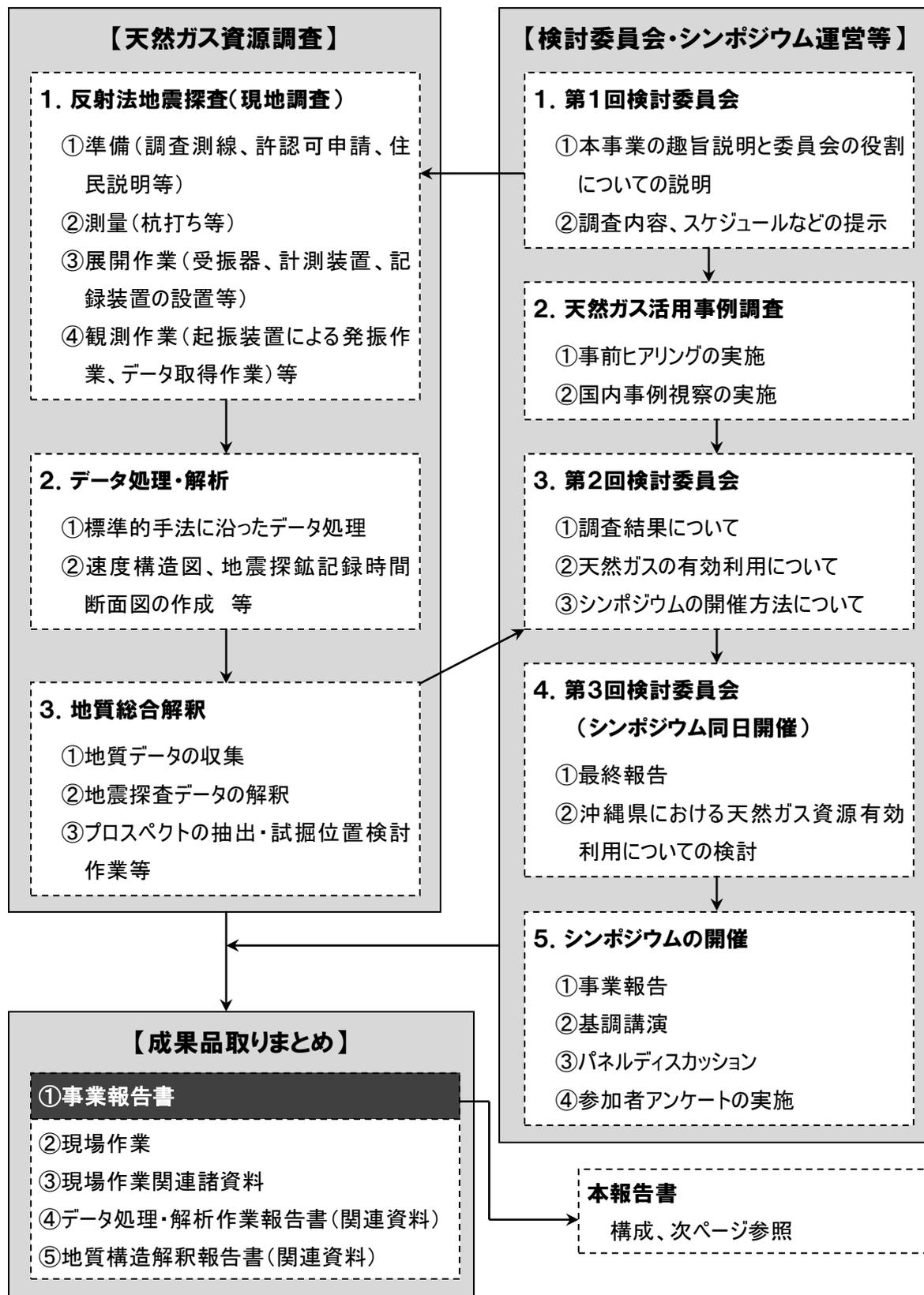
今回、これまで調査されていなかった賦存量の把握を行うため、最新技術を用いた資源調査を実施する。これにより、水溶性天然ガスが賦存すると推定される島尻層群及びそれ以深を対象とした構造形態を明らかにするものである。

また、「天然ガス資源活用検討委員会」を設置し、調査結果に基づき、有効活用の方策について検討を行った。

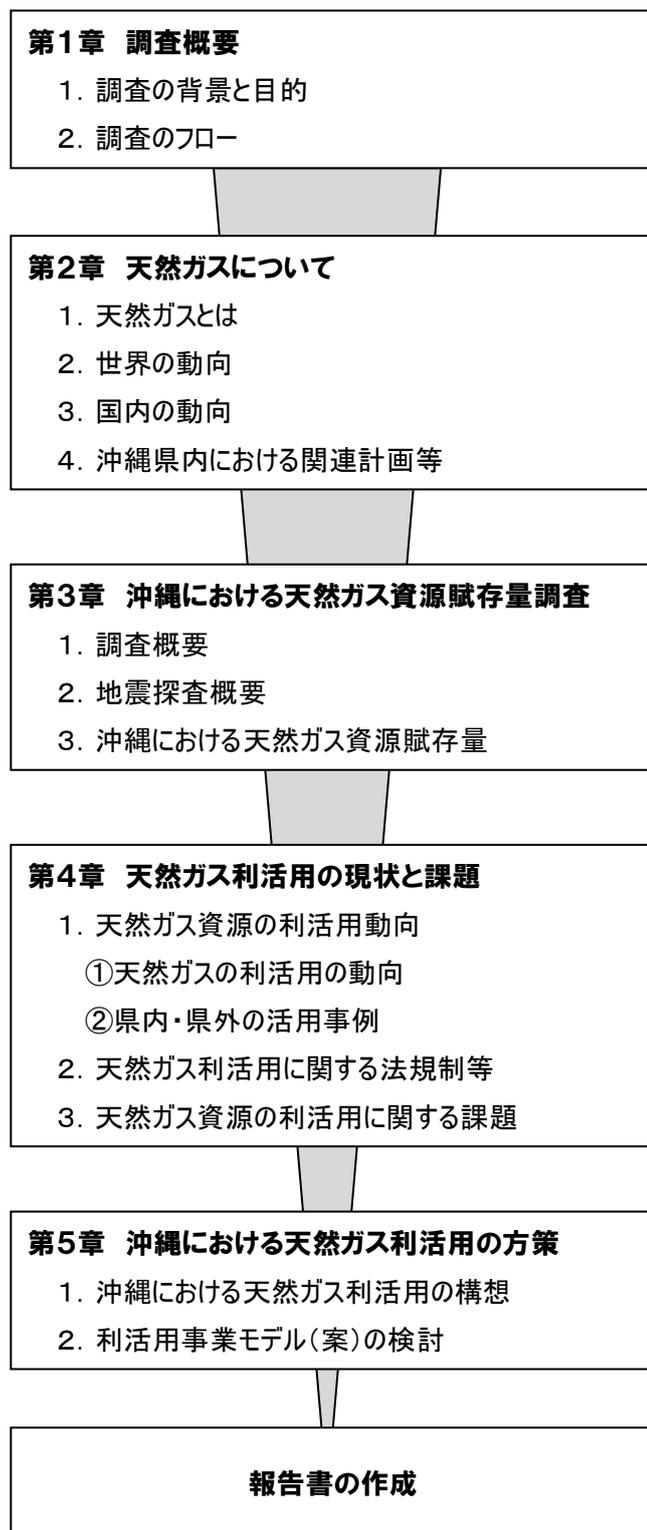
さらに、本事業の成果については、シンポジウムを開催し、天然ガス資源調査結果及び今後の活用方策等について、広く県民一般及び関係機関・自治体等への情報提供を行うことにより、水溶性天然ガスの有効活用、事業化に資することを目的として実施した。

2. 調査のフロー

1) 調査事業全体の構成



2)本報告書の構成



第2章 天然ガスについて

1. 天然ガスとは

天然ガス（Natural Gas）とは、球の地殻内に埋蔵されている可燃ガスで石炭や石油と同じ化石燃料資源の一つである。天然ガスはガス田に気体状態で埋蔵されている場合と、油田に埋蔵されている場合があり、現代で汎用されている採掘技術や生産施設により商業的に産出される地表状態で気体である物質を「在来型ガス」と総称している。

天然ガスの性状は原産地によって大きく異なるが、主成分はメタン（ CH_4 ）であり、他にエタン、プロパン、ブタン、ペンタンなどが少量含まれ、この他に二酸化炭素、硫化水素、窒素、酸素などの不純物を含んでいる。天然ガスの場合、油田・ガス田で生産された全量が市場に供給されるわけではない。生産された天然ガスは、まずセパレータでコンデンセートと呼ばれる液体炭化水素と分けられた後、ガス処理プラントを通して不純物が取り除かれ、さらにプロパンやブタン成分が石油液化ガス（LPG）として回収され、次いでペタン以上の液体分が天然ガソリンとして分離回収される。

天然ガス資源の場合、メタン供給源は下図に示すように多様である。通常の油田・ガス田以外から生産される天然ガスは、総称して「非在来型ガス資源」と呼ばれているが、すでに一部には商業生産が行われているもの（タイトサンドガス、炭層メタン、バイオマスガス、シェールガス）及び今後商業生産が期待されるもの（メタン・ハイドレート、地球深層ガスなど）がある。従来から石油産業にある技術では採掘できないものも多く、今後技術革新が起これ、経済的に採取できるようになれば、膨大なメタン資源となると思われるが、これらの資源量の世界的な分布は未知のままである。

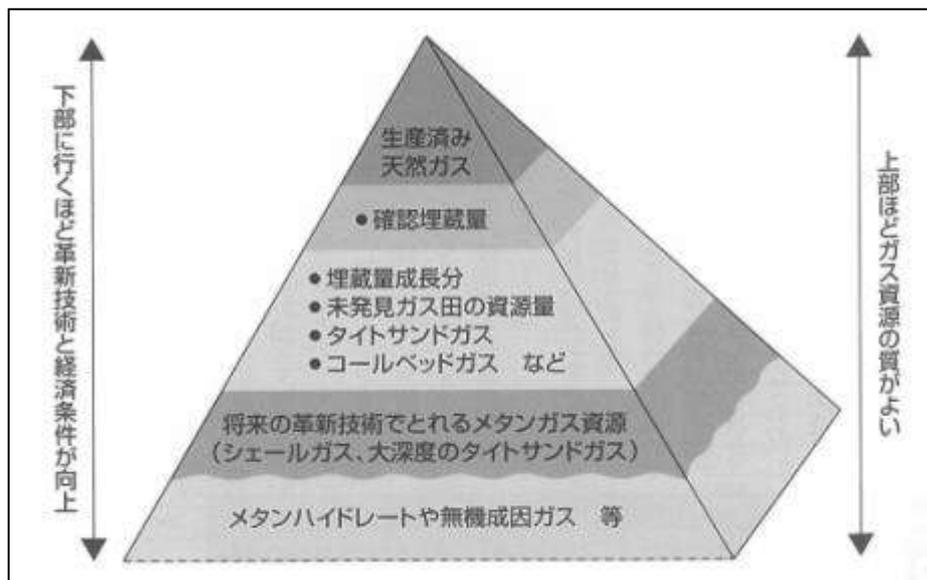


図 2-1、天然ガス資源ピラミッド

資料：トコトンやさしい天然ガスの本（日刊工業新聞社）

第2章 天然ガスについて

天然ガスは地質学的には、以下の3種に分類される。

- ① 石油系ガス：油田地帯において石油と一緒に生産、若しくは石油とは別に遊離して存在しているもの
- ② 水溶性天然ガス：地下の帯水層中に溶解状態で存在しているもの
- ③ 炭田ガス：炭田地帯で炭層または炭層付近の地層から生産されるもの

国内で消費されるほとんどの天然ガスを海外からの輸入に頼っている我が国の中で、北海道や新潟県、千葉県などは天然ガスが生産されているが、その国内生産量の約8割が石油系ガスで、残り2割が水溶性天然ガスとなっている。

今回の「天然ガス資源開発調査委託業務」で対象としている天然ガスは、水溶性天然ガスであるが、天然ガスと一緒に生産されてくる地層水は地質時代の海水であり、その中にはヨウ素分が濃縮されている。ヨウ素はレントゲン造影剤・殺菌防カビ剤・工業用触媒などに幅広く使われており、日本は資源小国と言われているものの、このヨウ素に関しては世界第2位の生産国で、全世界の3割以上を生産し、その多くを海外に輸出している。

一方、地球上における一次エネルギー利用の変遷は、19世紀が石炭（固体）、20世紀は石油（液体）が主役であったことから、21世紀は恐らく天然ガス（気体）が主力となるという見方がある。また、1997年京都で開催された地球温暖化を防ぐ気候変動枠組条約の第3回締約国会議で約束された温室効果ガス排出削減目標の履行期限（2008～12年）を既に迎えているが、エネルギー効率が高く、二酸化炭素排出量が少ない天然ガスは、地球温暖化問題に貢献できる化石燃料として注目され始めている。

2. 世界の動向

1)消費動向等

世界のエネルギー消費量（一次エネルギー）は経済成長とともに増加を続けており、1965年の38億toe（原油換算トン、tonne of oil equivalent）から年平均2.5%で増加し続け、2009年には112億toeに達している。その伸び方には、地域的な差異が存在し、先進国（OECD諸国）では伸び率が低く、開発途上国（非OECD諸国）では高くなっている。これは先進国では経済成長率、人口増加率とも開発途上国と比較して低くとどまっていること、産業構造が変化したこと、エネルギー消費機器の効率改善等による省エネルギーが進んだことが要因とされている。

一方、開発途上国ではエネルギー消費が堅調に増加している。特に、経済成長の著しいアジア大洋州地域は、世界のエネルギー消費量の大きな増加要因となっている。かつて世界のエネルギー消費に大きな割合を占めていたロシア及びその他旧ソ連邦諸国は、1991年のソ連邦崩壊以降、経済・社会の混乱とともにエネルギー消費量が減少していたが、1999年以降、エネルギー消費量は増加に転じている。

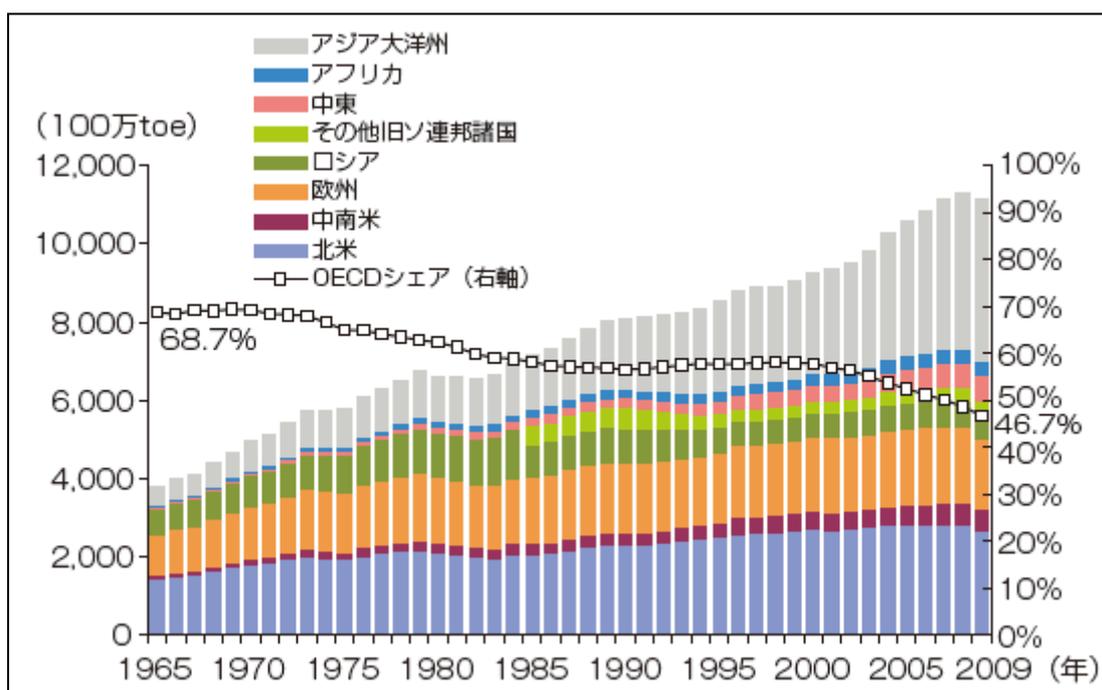


図 2-2、世界のエネルギー消費量の推移(地域別、一次エネルギー)

資料:エネルギー白書 2011(BP, Statistical review of world energy 2010 をもとに作成)

注意:1984年までのロシアには、その他旧ソ連邦諸国を含む

その動向をエネルギー源別にみると、石油は今日までエネルギー消費（一次エネルギー）の中心となっており、発電用等では他のエネルギー源への転換も進んだが、堅調な輸送燃料消費に支えられ1971年から2008年にかけて年平均1.3%で増加し、依然としてエネルギー消費全体で最も大きなシェア（2008年時点で32.7%）を占めている。この同じ期間に、石油以

第2章 天然ガスについて

上に消費量が伸びたのが石炭と天然ガスである。石炭は発電用の消費が堅調に増加し、特に近年は、経済成長著しい中国など、安価な発電用燃料を求めるアジア地域において、消費量が拡大した。また天然ガスは、特に気候変動への対応が強く求められる先進国を中心に、発電用はもちろん、都市ガス用の消費が伸びた。一方、同じ期間で伸び率が最も大きかったのは原子力（年平均 9.0%）と新エネルギー（同 8.6%）で、これはエネルギー供給の多様化や低炭素化への要請に応えるため、導入が進んだ。しかしながら、2008 年時点のシェアはそれぞれ 5.8%及び 0.7%と、エネルギー消費全体に占める比率は大きくはない。

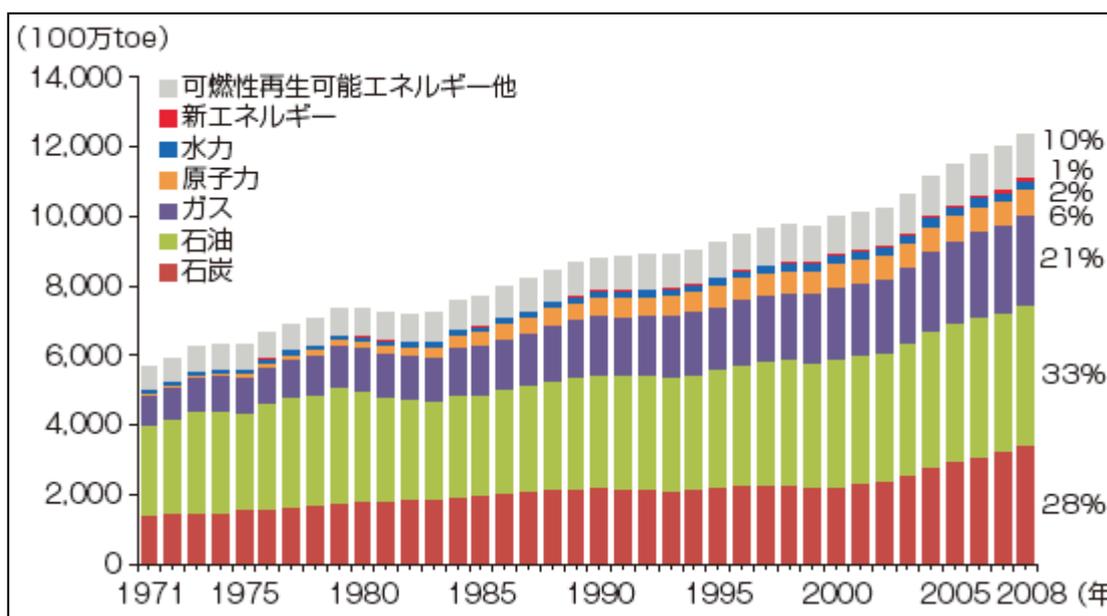


図 2-3、世界のエネルギー消費量の推移(エネルギー源別、一次エネルギー)

資料:エネルギー白書 2011(IEA, Energy Balance 2010 をもとに作成)

注意: toe は tonne of oil equivalent の略であり原油換算トンを示す

国際エネルギー機関 (IEA) では、2030 年のエネルギー消費量の予測を発表している。それによれば、2008 年時点では米国が世界一のエネルギー消費国だが、2030 年には中国が世界のエネルギー消費の 4 分の 1 程度を占め世界一になり、日本、米国、EU の世界全体に占める比率は、2008 年の 37%から 2030 年の 28%に 9 ポイント低下すると見込んでいる。

このように、エネルギー消費はこれまでの日本、米国、EU から次第に新興国に移っていくと考えられ、つまり世界のエネルギー問題を考える上で新興国の動きが一層重要となり、逆に、日本、米国、EU の影響力が弱くなる可能性を示唆しているものと考えられる。

エネルギー源別で見れば LNG (液化天然ガス) は、日本が 1985 年当時世界の輸入量の 4 分の 3 を占めていたが、欧州の輸入依存度の高まりや、LNG を利用する国が増えたことによって、現在、日本のシェアは約 4 割に落ち込んでいる。IEA によれば、今後、日本の LNG 輸入量は増加する見通しではあるが、他国の輸入量拡大がそれを上回るため、日本のシェアは低下すると考えられている。

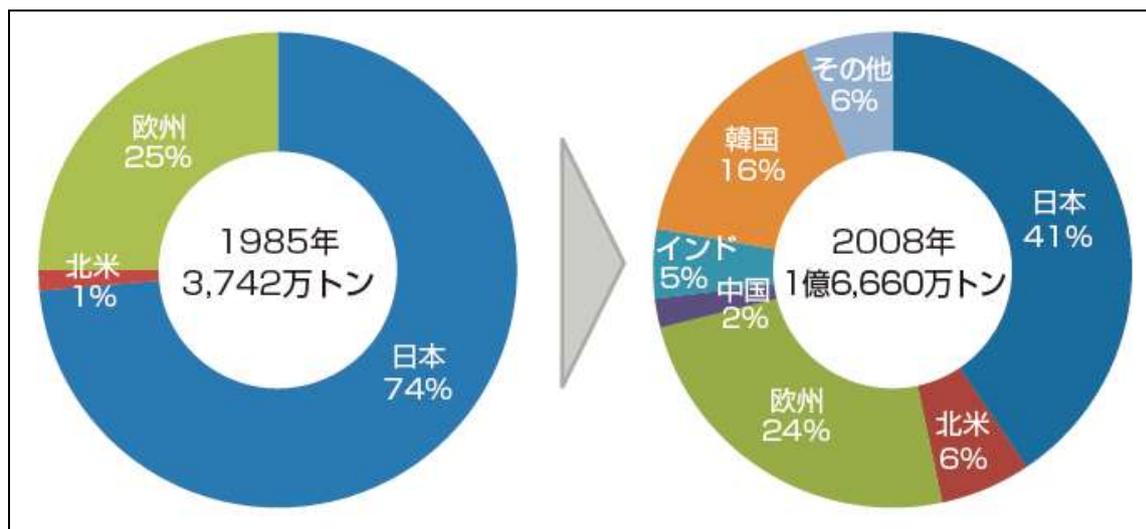


図 2-4、世界の LNG 輸入量の国別比率

資料: エネルギー白書 2011 (BP, STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY)

2) 資源開発の動向等

1960年にOPECが結成された前後から台頭し始めた資源ナショナリズムは、資源の国有化を目指したものであったが、2000年代に入ると資源保有国のみならず、需要国も資源確保に積極的に取り組み、資源獲得競争が激化してきている。

中東、アフリカ、中南米などでは、自国の石油・天然ガス資源から得られる利益を最大限に確保するために国営石油会社が存在している。これらの国営石油会社の多くは、OPEC結成前の資源ナショナリズムの高揚とともに設立されたものである。他方、今世紀に入ると消費国においても国営石油会社の存在と影響力が大きくなってきおり、中国等の国営石油会社は、自国の資源外交路線をもとに国家と一体になり資源確保に積極的な取組を行なっている。

3) 天然ガスを巡る動き

(1) LNGを巡る状況

世界のLNG需要の中心は、長年に亘り天然ガス供給のほぼ全量を輸入に依存する日本・韓国・台湾の3カ国・地域が中心であったが、近年、その状況に変化が見られるようになった。

米国では『シェールガス革命』により、天然ガスの国内供給が増加しているが、その他の世界各地でもLNGの需要が増加している。アジア地域では、中国やインドなど国内エネルギー需要の急増に直面する国々が、エネルギー供給源の多様化やエネルギー利用のクリーン化といった観点から、天然ガス利用を拡大している。増加する天然ガス需要を国内生産で充足することができないこれらの国は、LNG輸入を増加させている。

また、欧州では、北海ガス田の生産量減少に悩む英国、天然ガス供給の対ロシア依存度低減を目指すフランスやイタリア、東欧諸国など多くの国々では、LNG輸入量の拡大

や新規輸入を目指した計画を進めている。

中東地域は、UAE やオマーンなど、発電用天然ガス需要の急増に生産が追いつかない国々では、電力需要のピーク時には LNG を輸入するようになっている。

一方、カタールでは年産 7,700 万トンの大型液化設備が完成するなど、現在の需要量に対しては十分な供給量がある。アジア太平洋市場では、多くの新規 LNG プロジェクトが進められており、例えばオーストラリアでは生産能力が計 3,000 万トンを超えるプロジェクトが計画されている。特徴的なのは、非在来型の天然ガスであるコールベットメタンを供給源とした LNG 計画が複数含まれていることで、一部の案件については今年中に投資決定が行なわれ、新たな LNG 供給源となることが期待されている。オーストラリアの他にも、インドネシアやパプアニューギニアでも、新たな計画が動いている。

米国やカナダでは、地域内の天然ガス需給緩和を背景に、LNG 需要の旺盛なアジアや欧州向けの輸出計画が立案されており、LNG の物流に変化が生じる可能性がある。

ロシアは、米国と並ぶ天然ガスの大生産国で、従来より欧州向けにパイプラインを用いて天然ガスを輸出している、しばしばパイプラインの通過国と紛争が生じていることから、LNG を含む天然ガス輸出の選択肢多様化を現在検討している。また、欧州の天然ガス需要が伸び悩んでいることから、LNG 輸出による新規販路の拡大を目指している。

(2)シェールガス開発動向

頁岩の中に含まれる天然ガスをシェールガスと言うが、従来の技術では掘削と生産に要するコストの高いことが開発の障害になっていたが、水平方向に広がる頁岩層に沿って掘削する水平坑井技術と、地中で頁岩に亀裂を入れる水圧破碎技術の発達が生産コストを低下させ、北米において商業化が可能となっている。

現在、シェールガスの商業生産を行っているのは米国とカナダのみであり、特に米国での生産量増加が顕著で、2009 年には米国における天然ガス生産量の約 16% を占めるまでになり、米国のエネルギー情報局 (EIA) 等によれば今後も着実に増加することが見込まれている。

こうしたシェールガスの増産は、米国のエネルギー市場に、需給の緩和による今後の LNG 輸入見通し量の減少と、天然ガス価格の低下という変化をもたらした。以前、米国は国内での天然ガス生産量の減少によって、将来 LNG の大輸入国になると見られていたが、シェールガスの増産により様相は一変し、LNG 輸入見通しは下方修正された。

また、このような米国での成功を受け、世界各地でシェールガスの探鉱、開発に向けた動きが活発になっており、中国と米国は、シェールガスの共同研究等を行う旨の「シェールガス・イニシアティブ」発表し、意見交換や実務協力を進めることとしている。

このように開発に向けた取組みが広がっているシェールガスだが、幾つかの理由により、北米以外での生産が本格化するのとは早くとも 2020 年以降との見方がある。例えば欧州では、米国と比較すると土地の利用が密なため、シェールガスに関する地質データが不足していることや、開発に伴う環境汚染に対する懸念が強いことが障害になると言われている。また、中国では、開発技術の習得が必要であることや、割安なガス価格が

開発に対する意欲を阻害することが指摘されている。

なお、ここ数年シェールガス開発で成功を収めてきた米国においても、水圧破碎用の注水が地下水を汚染する可能性が指摘されており、今後の開発においては環境問題が懸念材料と言われている。

表 2-1、シェールガス開発を巡る各国・地域の動向

米国	<ul style="list-style-type: none"> ○中小石油会社による開発技術等のノウハウの蓄積 ○地質データの蓄積（ガス田探索の結果） ○税額控除等の手厚い政策支援
欧州	<ul style="list-style-type: none"> ○国際メジャー、ユーティリティ企業が開発を開始 ○北米と比べ高い人口密度、探鉱活動の不足 <ul style="list-style-type: none"> →地質データの不足 ○環境問題に対する住民意識の高さ <ul style="list-style-type: none"> →開発による騒音・大気汚染、水質汚染に対する反対運動
中国	<ul style="list-style-type: none"> ○北米の中小石油会社の買収 <ul style="list-style-type: none"> →開発技術の導入コストが高い ○国家によるガス価格の統制 <ul style="list-style-type: none"> →シェールガス開発インセンティブの抑制

資料：エネルギー白書 2011

3. 国内の動向

1)消費動向等

我が国のエネルギー消費は、1970年代までの高度経済成長期には、国内総生産（GDP）よりも高い伸び率で増加していたが、1970年代の二度にわたるオイルショックを契機に産業部門において省エネルギー化が進むとともに、省エネルギー型製品の開発も盛んになった。この結果、エネルギー消費をある程度抑制しつつ経済成長をなしえてきた。1990年代を通して運輸部門のエネルギー消費の増加率は緩和したが、原油価格が比較的に低位水準で推移するなかで、快適さや利便性を求めるライフスタイルの普及等を背景に民生部門（家庭部門及び業務部門）のエネルギー消費は増加した。

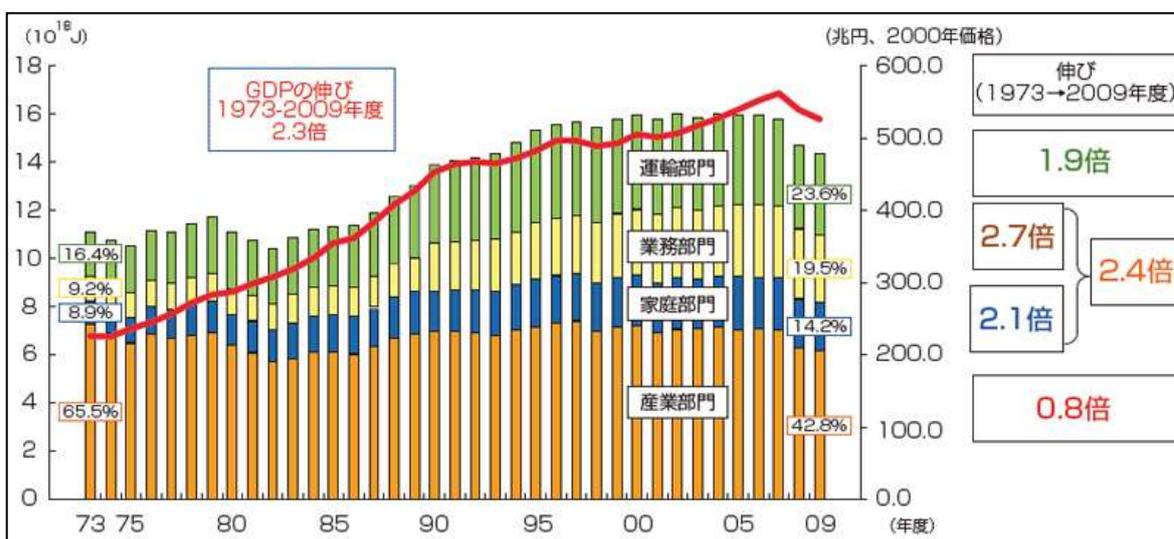


図 2-5、最終エネルギー消費と実質 GDP の推移

資料：エネルギー白書 2011(資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、内閣府「国民経済計算年報」、(財)日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」)

注1：J(ジュール)＝エネルギーの大きさを示す指標の一つで、1MJ＝0.0258×10⁻³ 原油換算 kl

注2：「総合エネルギー統計」は、1990年度以降の数値について算出方法が変更されている

注3：構成比は端数処理(四捨五入)の関係で合計が100%とならないことがある

我が国の高度経済成長期をエネルギー供給の面で支えたのが、中東地域等で大量に生産されている石油であった。我が国は、安価な石油を大量に輸入し、1973年度には一次エネルギー国内供給の75.5%を石油に依存していたが、第四次中東戦争を契機に1973年に発生した第一次オイルショックによって、原油価格の高騰と石油供給断絶を経験した。エネルギー供給を安定化させるため、我が国は石油依存度を低減させ、石油に代わるエネルギーとして、原子力、天然ガス、石炭等の導入を推進した。また、イラン革命によってイランでの石油生産が中断したことに伴い、再び原油価格が大幅に高騰した第二次オイルショック(1979年)は、原子力、天然ガス、石炭の更なる導入の促進、新エネルギーの開発を更に加速させた。

その結果、一次エネルギー国内供給に占める石油の割合は、2009年度には、42.1%と第一次オイルショック時の1973年度における75.5%から大幅に改善され、その代替として、石炭(21.0%)、天然ガス(19.0%)、原子力(11.5%)の割合が増加する等、エネルギー源の多様化が図られた。

しかしながら、我が国における一次エネルギー国内供給に占める化石エネルギーへの依存度は81%であり、原子力や風力、太陽光などの導入を積極的に進めているフランスやドイツなどと比べると依然として高く、その殆どを輸入に依存しているわが国にとって化石燃料の安定的な供給は大きな課題となっている。

石炭・石油だけでなく、オイルショック後に導入された液化天然ガス(LNG)や原子力の燃料となるウランは、ほぼ全量が海外から輸入されており、2008年の我が国のエネルギー自給率は水力・地熱・太陽光・バイオマス等による4%に過ぎない。なお、原子力の燃料となるウランは、エネルギー密度が高く備蓄が容易であること、使用済燃料を再処理することで資源燃料として再利用できること等から、資源依存度が低い「準国産エネルギー」と位置づけられ、オイルショック後、原子力の導入が促進された結果、「準国産エネルギー」を含む日本のエネルギー自給率は2008年には18%となっている。

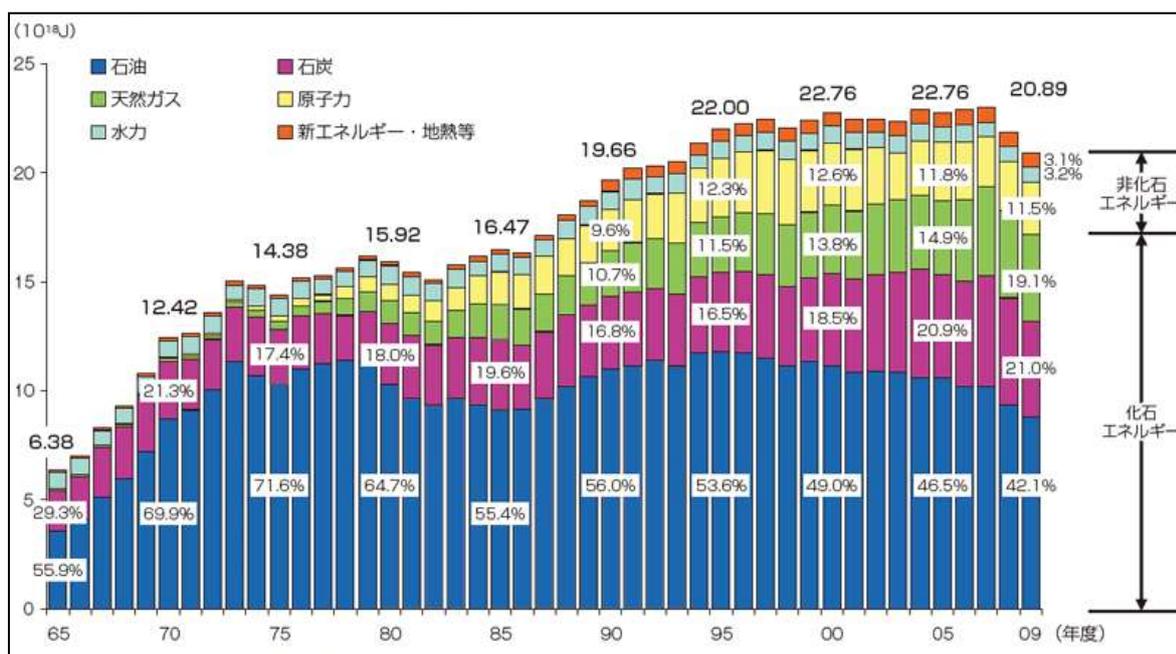


図 2-6、一次エネルギー国内供給の推移

資料:エネルギー白書 2011(資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」)

注意:「総合エネルギー統計」では、1990年度以降、数値について算出方法が変更されている

2)東日本大震災以降の動き

経済産業省が設置している総合資源エネルギー調査会では、東日本大震災を契機とした福島第一原子力発電所における事故により、国民の生活、地域経済、環境に対して甚大な被害を与えたことに対する深い反省を踏まえ、昨年6月に改定した現行のエネルギー基本計画を

ゼロベースで見直し、新たなエネルギーミックスとその実現のための方策を含む新しい計画について、2011年10月から議論が始められ、2012年4月までに20回開催されている。

2011年12月20日には、「新しい『エネルギー基本計画』策定に向けた論点整理」が以下のとおり示されている。

1. エネルギー基本計画見直しに求められる視点

今後のエネルギー政策は、「国民の安全の確保」を最優先とした上で、以下の視点をより重視して推進しなければならない

①国民が安心できる持続可能なエネルギー政策

②「需要サイド」を重視したエネルギー政策

需要家に電源等の「選択肢」や省エネ・節電等の適切なインセンティブを与えることを通じて需要構造自体を大きく変え、デマンドサイドから供給構造をも改革する方向を目指すべき

③「消費者」「生活者」や「地域」を重視したエネルギー政策

経済人としての「消費者」や日々の生活を営む「生活者」の多様なニーズに応えるとともに、地域の特性に応じた未利用エネルギーの活用を通じて地域活性化にも資するような施策の拡充が必要

④国力を支え、世界に貢献するエネルギー政策

技術先進国である我が国が、主要国や国際機関等と連携し、いかにして国際的な責任を果たしていくかという視点が重要

我が国の成長戦略にも資するという観点から、安定供給確保や技術開発の強化を含めた強靱なエネルギー政策が必要

⑤多様な電源・エネルギー源を活用するエネルギー政策

需要家や地域の特性も踏まえた多様な電源を活用し、安心と安全を実現するとともに、電力に加えて熱、ガス、水素、バイオ等のエネルギー源をも適切に組み合わせ、市場全体で効率的利用を図ることが重要

2. 望ましいエネルギーミックス及びエネルギー政策の改革の方向性

〔望ましいエネルギーミックスの基本的方向性〕

①需要家の行動様式や社会インフラの変革をも視野に入れ、省エネルギー・節電対策を抜本的に強化すること

②再生可能エネルギーの開発・利用を最大限加速化させること

③天然ガスシフトを始め、環境負荷に最大限配慮しながら、化石燃料を有効活用すること（化石燃料のクリーン利用）

④原子力発電への依存度をできる限り低減させること

〔エネルギー政策の改革の方向性〕

①最先端の省エネ社会の実現 ～需要構造の改革～

ピークカットという視点を盛り込んだ省エネ政策の強化、スマートメーターの早期普及、需給状況に応じた柔軟な料金体系の構築、分散型のスマートコミュニティの形成等が重要

②分散型の次世代エネルギーシステムの実現 ～供給構造の改革～

需要家への多様な選択肢の提供と、多様な供給力（再生可能エネルギー、コジェネ、自家発電等）の最大活用によって、リスク分散と効率性を確保する分散型の次世代システムを実現していく必要がある。また、こうした分散型のシステムを盤石にするためにも、送配電ネットワークの強化・広域化や送電部門の中立性の確保が重要な課題

4. 沖縄県内における関連計画等

1) 県内における調査計画等

(1) 沖縄天然ガス開発株式会社

1979年に水溶性天然ガスの本格的な開発を行なうために第3セクターとして沖縄天然ガス開発株式会社が設立されている。沖縄天然ガス開発株式会社の開発計画では、糸満市及び東風平町で開発される天然ガスを都市ガス原料として供給し、付随水(約40℃)に含まれるヨウ素をヨード工場で回収することが検討されている。

(2) 沖縄県地域エネルギー開発利用事業化可能性調査報告書

1984年、「沖縄県地域エネルギー開発利用事業化可能性調査報告書」では、付随水をヨード工場に供給する送水管熱利用システム事業可能性について検討されている。具体的な事例として、小学校の温水プール、メタン発酵システムへの熱利用、ラン種苗栽培ハウスでの熱利用及び養鰻システムの加温が挙げられている。

(3) 沖縄県エネルギービジョン

国においては、2008年7月に「低炭素社会づくり行動計画」を閣議決定し、太陽光発電の導入量の大幅拡大や、次世代自動車の導入促進等、低炭素社会の実現に向けたエネルギー政策の強化を進めており、沖縄県ではこのような地球環境問題に対する国の取り組みやエネルギーを取り巻く環境の変化を踏まえ、本県のエネルギー全般に関する取り組み方策を示す「沖縄県エネルギービジョン」(2010年7月)を策定している。

表 2-2、沖縄県エネルギービジョンにおけるエネルギー目標

コンセプト	<ul style="list-style-type: none"> 2030年までに沖縄県の不利性を克服し、全国並みのエネルギーセキュリティを確立する エネルギー自給率を高める効果のある新エネルギー等の活用を重視し、エネルギービジョンを実現する 			
基本目標	① 石油依存低減 ② エネルギー供給源の多様化 ③ エネルギー自給率の向上			
4つの数値目標		2005年	2020年	2030年
	新エネルギー導入割合	0.2%	4.0%	10.0%
	エネルギー自給率	0.2%	1.5%	4.0%
	石油依存度低減 省エネルギー	(-)	-5.0%	-15.0%
				-30.0%

資料：沖縄県エネルギービジョン(2010年7月)

表 2-3、沖縄県エネルギービジョンに示されている「天然ガス」の利活用

<p>2020年新エネルギー等導入モデル(2030年のエネルギー目標達成のため)</p>	<p>○クリーンエネルギー自動車： 沖縄本島→バスを電気自動車又は天然ガス自動車に切り替える</p> <p>○天然ガス等への燃料転換： 県内全域→ボイラー等の熱利用設備の50%について、石油燃料から天然ガスや燃料電池への転換を図る</p>
<p>沖縄県で利用可能なエネルギー技術</p>	<p>○天然ガス自動車の普及促進： 天然ガス自動車を普及させることにより、燃料多様化を図る ＜現在のデメリット＞ ①車体価格が割高であること ②一充填当たりの航続距離が短いこと ③燃料供給施設が少ないこと など</p> <p>○天然ガスの普及促進： 分散型電源である燃料電池を利用して天然ガスを普及促進させることが選択肢として挙げられる。燃料電池と排熱回収装置を組み合わせてコージェネレーションシステム化することにより、総合エネルギー効率が70～80%に達することから、省エネとCO₂削減を推進する他、沖縄本島中南部や宮古島に賦存する天然ガスの有効利用が期待できる。</p>

資料：沖縄県エネルギービジョン(2010年7月)

(4)具志頭村地域新エネルギービジョン

2001年度、具志頭村（現南城市）は地域新エネルギービジョンを策定し、同村における水溶性天然ガスの賦存量およびコージェネレーション導入、燃料電池および天然ガス自動車導入などの利用可能性が調査・検討されている。また、水溶性天然ガスの付随水（温泉）についても、地域振興のための重要な資源として活用可能性が検討されている。具志頭村の調査報告では、主に水溶性天然ガスコージェネレーションシステムについて、システムの概要及びコスト概算を検討している。

これは、水溶性天然ガスがクリーンなエネルギーであり、小規模分散型エネルギー源利用が可能であるという点から考慮されたものである。

事業化に向けた水溶性天然ガスの掘削費、プラント建設費及び補助金を適用した場合の建設費概算、または水溶性天然ガスの年間生産費及び年間収入などを検討している。次に、具志頭村の観光特性を活かしたふれあい・交流施設の可能性について検討されている。具体的に提案された施設として、道の駅及び温泉を含む観光型宿泊施設がある。具志頭村の事業化可能性調査では、水溶性天然ガスコージェネレーション事業化に向けて、利用施設の建設コストを国、県などから補助金の適用により圧縮することを検討している。

(5)城辺町地域新エネルギービジョン

2003年、城辺町は水溶性天然ガスの活用を検討する地域新エネルギービジョンの策定に向けて調査委員会を発足させている。同事業は「新エネルギー産業技術総合開発機構」(NEDO)の支援も取り付け、城辺町が提案したものである。

城辺町は、過去の地質調査などにより宮古ガス田に位置していることがわかっており、水溶性天然ガスの賦存が確実とされている。このことから、同町は天然ガス利用として農業及び福祉、さらにガス付随水(温泉)を利用した観光などの分野でも活かそうという考えである。

2) 県内における天然ガス資源開発事業

(1) 過去の天然ガス資源開発事業一覧

年月	内容
昭和 34(1959) 年頃	沖縄県の水溶性天然ガスの存在が広く知られるようになる
昭和 35~44 年度	通商産業省工業技術院地質調査所による「天然ガス資源調査(第1~6次)」を実施
昭和 35(1960) 年	琉球政府、日本政府及び通商産業省工業技術院地質調査所により調査が進められ、その結果、本島南部における膨大な水溶性天然ガス賦存量の存在を確認し、活用可能性の検討が行われた
昭和 44(1969) 年	通産省や天然ガス業界による「沖縄天然ガス開発促進研究会」及び琉球政府による「沖縄における水溶性天然ガス資源開発第1次5ヶ年計画」などにより、開発計画の立案が試みられた
昭和 48(1973) 年	オイルショックを契機に、国レベルでの水溶性天然ガスの賦存量調査及び活用可能性の検討が本格的に進められた。
昭和 50(1975) 年	通商産業省工業技術院地質調査所による「沖縄南部ガス田浅層開発基礎調査」において水溶性天然ガス究極可採埋蔵量を114~137億m ³ (H11ガス販売量換算で約500年分)と試算
昭和 51(1976) 年	沖縄県労働商工部委託により国建設計工務(株)が「沖縄県天然ガス企業化調査報告書」を作成
昭和 51(1976) 年度	(株)沖縄余暇開発による天然ガス掘削(具志頭 R1、掘削震度約1,710m)を実施
昭和 56(1981) 年	沖縄県を中心とした第3セクターによる「沖縄天然ガス(株)」を設立
昭和 57(1982) 年	沖縄天然ガス(株)による地盤沈下防止及び天然ガス適正採取を目的とした掘削試験(生産井2抗、還元井・観測井各1抗井)を実施
昭和 59(1984) 年	付随水をコード工場に供給する送水管熱利用システム事業可能性について「沖縄県地域エネルギー開発利用事業化可能性調査報告書」を作成
昭和 61(1986) 年	当初予定ほど生産量・質が見込めなかったことや円高による石油価格の大幅な値下がりによる天然ガスの価値が低下したことなどにより、同社を解散
平成 8(1996) 年	サザンリンクスゴルフ場において、クラブハウスの熱供給、空調への水溶性天然ガスを利用(現在は利用停止)
平成 9(1997) 年	JA おきなわが「JA 天然温泉アロマ」開設(現在、運営は民間事業者)
平成 13(2001) 年	沖縄県、沖縄工業技術センター、秋田大学及び民間企業の共同による沖縄本島地下資源調査を実施
平成 13(2001) 年度	具志頭村(現南城市)において「地域新エネルギービジョン」を策定し、水溶性天然ガス利用可能性について調査・検討が行われた。
平成 14(2002) 年	ロワジールホテルにおいて水溶性天然ガスを用いた発電システム実証プラントを運転
平成 15(2003) 年度	城辺町(現宮古島市)において「地域新エネルギービジョン」を策定し、水溶性天然ガス活用について調査・検討が行われた。
平成 17 年(2005) 年	スポーツクラブジスタスにおいて、水溶性天然ガスを利用した温泉施設が稼働
平成 21(2009) 年	タピック沖縄(株)による国の「天然ガス探鉱費補助事業」を受け、ユインチホテル南城において天然ガス試掘工事を実施
平成 22(2010) 年	沖縄県が「沖縄県エネルギービジョン」を策定
平成 23(2011) 年 4 月	沖縄本島中南部及び宮古島を対象とした「天然ガス資源緊急開発調査事業」スタート(調査中)
5 月	第1回天然ガス資源有効活用調査検討委員会を開催
12 月	第2回天然ガス資源有効活用調査検討委員会を開催
平成 24(2012) 年 2 月	第3回天然ガス資源有効活用調査検討委員会及びシンポジウムを開催

(2)過去の天然ガス資源開発事業の概要

沖縄県の水溶性天然ガスが広く知られるようになったのは、1959年頃とされ、琉球政府、日本政府及び通商産業省工業技術院地質調査所により1960年から調査が進められてきた。その結果、本島南部における膨大な水溶性天然ガス賦存量の存在が確認され、活用可能性が検討された。1969年には、通産省や天然ガス業界による「沖縄天然ガス開発促進研究会」及び琉球政府による「沖縄における水溶性天然ガス資源開発第1次5ヶ年計画」などにより開発計画の立案が試みられ、沖縄本島南部及び宮古島に存在する地層に水溶性天然ガス鉱床が確認されている。

表 2-4、第1次調査から第6次調査のまとめ

	年度	調査項目	主な成果
1次調査	昭和 35(1960)年	地化学概査 地質概査	水溶性天然ガスの賦存確認 以後の調査方針の決定
2次調査	昭和 40(1965)年	地表地質調査 有孔虫調査	① 本島南部の 100 m ² の地質図作成 ② 同地域の鉱床保存は良好であると判明
3次調査	昭和 41(1966)年	地表地質調査 有孔虫調査 地化学調査 試掘調査	① 本島南部の 100 m ² の地質図完成 ② 天然ガス根源岩の化学的精確を決定 ③ 震度 435mの試掘調査完了
4次調査	昭和 42(1967)年	地表地質調査 有孔虫調査 地化学調査 重力探査	① 同地域の有孔虫調査 ② 本島南部地区既存深井戸からのメタンガスの産出確認 ③ 重力調査により基盤形状確認
5次調査	昭和 43(1968)年	地表地質調査 地表地科学調査 重力探査 試験井掘削	① 本島中南部地区地質図完成 ② 本島中南部地区重力線図完成 ③ 1000mの試験井掘削調査により地質層厚の確認、ガス・付随水の産出量確認
6次調査	昭和 44(1969)年	宮古島地表調査 有孔虫調査 地化学調査 重力調査 試験井掘削調査	① 宮古島地質図の完成 ② 同上重力概査 ③ 1010mの試験井掘削による産出試験ガス 500kl/d、付随水 698kl/d、ヨウ素 72ppm を確認

出典：城辺町地域新エネルギービジョン策定事業より

その後、1973年のオイルショックを契機に、国レベルで水溶性天然ガスの賦存量調査及び活用可能性の検討が本格的に進められた。

沖縄県商工労働部は1976年に「沖縄天然ガス企業化調査報告書」などを作成し、これまでの報告書をもとに1981年に本格的な開発を行うため、沖縄県を中心とした第3セクターによる沖縄天然ガス開発株が設立された。しかし、事業化に向け調査検討を進めていく中で、当初想定したガスの生産量が見込まれないことや、当時、円高による石油価格の大幅な値下がりにより天然ガスの価値が低下したこと理由により事業化には至らず、1985年に同社は解散した。

その後、県内ゴルフ場が1996年までクラブハウスの熱供給、空調のために水溶性天然ガスを利用していたが、井戸中の配管腐食等の理由により利用を停止している。

第2章 天然ガスについて

近年は、温泉事業を目的に掘削した井戸から、温泉水と同時に湧出する天然ガスの利活用の試みとして、民間事業者による技術的な課題解決に向けた開発実証実験（ユインチ鉱山）が行われるとともに、一部専門家から新たな地層での天然ガス賦存の可能性についての報告などがなされ、沖縄県としては、これまでエネルギーの地産地消と地球温暖化防止を図る観点から、水溶性天然ガスの開発及び利活用を促進するため、国に対し賦存量調査の支援を要望してきた。

第3章 沖縄における天然ガス資源賦存量調査

1. 調査概要

1)調査の基本方針

沖縄本島の中南部域及び宮古島に埋蔵される水溶性天然ガスは、沖縄県の産業振興の活性化に必要なエネルギー資源として期待されている。本調査では、水溶性天然ガス開発に不可欠である賦存量の把握が目的であり、反射法地震探査による地下のデータ取得、データ処理・解析及び地質総合解釈により、当該地域の水溶性天然ガス賦存量を推定する上で必要な深部の地下構造と貯留層の分布を明らかにするものである。

本調査で得られた結果とこれまでに本県で実施されてきた天然ガス資源開発事業の結果をもとに、天然ガスの移動・集積の過程や生成・排出量、天然ガスを貯める能力などをシミュレーションし、地層水の変質過程を考察することで、天然ガスの集積により適した地域を抽出するものである。

2)調査の目的

(1)沖縄本島中南部における調査目的

沖縄本島中南部では、水溶性天然ガスの存在が第1次～第6次沖縄天然ガス調査や坑井(温泉井を含む)によって確認され、島尻層群の砂岩層に賦存していると推定されている(沖縄天然ガス研究グループ、1971)。さらに近年の調査(平成20年度沖縄県産業振興基金事業)及び沖縄本島南部南城R1号井での試掘結果(加藤ほか、2010、加藤ほか、2011)により、新たな貯留層と微生物起源及び熱分解起源の天然ガスの存在が確認された。しかし、地下資料(地層の連続性や島尻層群の基底など基礎的な情報)が不足であるため、島尻層群の基底及びその内部の主な砂岩優勢層の構造と分布形態が解明されていないところがある。

本調査では、対象地域の既存の坑井(温泉井を含む)の地質データを参考にして、沖縄本島中南部における反射法地震探査で新たに取得された二次元地震探査データの解釈を行い、島尻層群基底(基盤岩上限)及び主な地層境界(豊見城層上限)の地質構造、豊見城層中の優勢砂岩層の分布を明らかにすると共に、将来のこの地域の水溶性ガスの開発に必要な基礎参考資料を提供することを目的とする。

(2)宮古島における調査目的

沖縄県周辺におけるこれまでの調査(例えば地質調査所による第6次に渡る沖縄天然ガス資源調査など)から、宮古島には相当量の水溶性天然ガスの賦存が期待されている(沖縄天然ガス研究グループ、1971)。しかしながら、島尻層群の地表での分布は限定されており、温泉井2坑があるのみで、地下の地質状況もよく分かっていない。このような現状を踏まえ、

今般石油や天然ガスの探査で実績のある技術を用いた調査を実施し、宮古島陸域において水溶性天然ガスが賦存すると推定されている新第三系～第四系島尻層群及びそれ以深を対象とした構造形態を把握することを目的とする。

3)調査の位置

(1)沖縄本島中南部域における調査位置

沖縄本島は東シナ海と太平洋の間に位置する南西諸島で最大の島である。島の北部は古い地質年代の地層が中心で、島内最高峰の与那覇岳をはじめ、恩納岳、名護岳など 400m 程度の低山が続く。やや大きな河川があるのも北部の特徴であり、平地はごく少ない。一方、島の中南部は主として琉球石灰岩層と島尻層群の泥岩、砂岩が分布している。地形は平坦で、100m を超える丘陵地はほとんどなく、また河川が少ない。

本調査の範囲は、沖縄本島の中南部に位置し、黒線が地震探査ルートである。

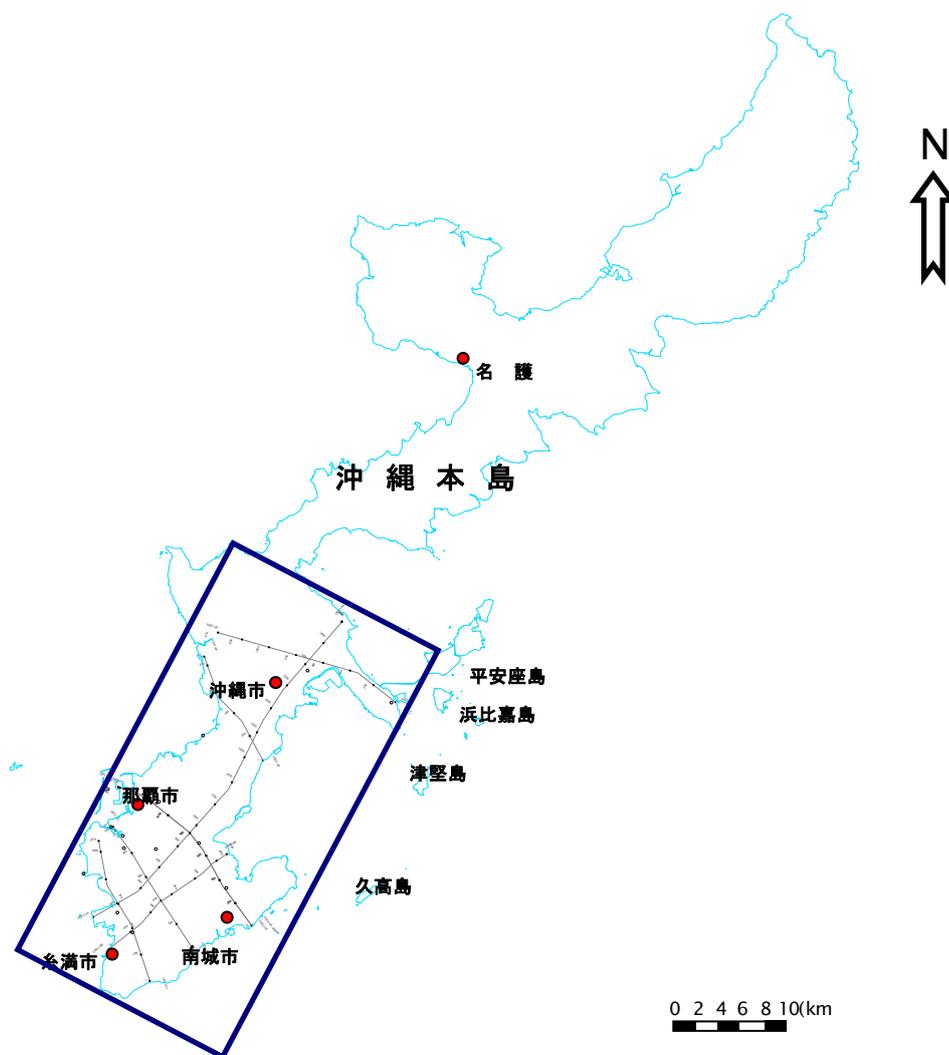


図 3-1、本島中南部の調査範囲

(2)宮古島

宮古島は沖縄本島から南西に約 300 km、東経 125 度、北緯 24 度に位置し、太平洋と東シナ海に挟まれた島であり、北西―南東を長辺とした二等辺直角三角形の形状を呈する。南西諸島西部の島嶼宮古諸島に属し、先島諸島の一部を形成し、沖縄県内では沖縄本島、西表島、石垣島に次いで 4 番目の面積を有している。主として表層が石灰岩からなる台地状の島で、全般的に平坦であり、島内の最高地点も標高 115 m 程度しかない。大きな河川はないが、石灰岩中に多くの湧水が認められ、豊富な地下水を有効利用するために、福里ダムや砂川ダムといった地下ダムが建設されている。行政区分としては、宮古島に加え、伊良部島、下地島、池間島、来間島及び大神島を併せて、宮古島市を形成している。

本調査の範囲は、宮古島全域となり、下図の赤線が地震探査ルートとなる。



図 3-2、宮古島の調査範囲

2. 反射法地震探査概要

現地調査として実施した「反射法地震探査」の概要を整理する。

1) 調査概要

沖縄本島中南部及び宮古島において、大型の起振装置（以下、大型バイブレータとする）を震源とした反射法地震探査を行い、水溶性天然ガスが賦存すると推定されている新第三系島尻層群及びそれ以深を対象とした構造形態を明らかにすることを目的とする。なお、既存抗井資料等から推定した最大基盤深度は2,000mを超える。

- ① 沖縄本島中南部：白亜系名護層までを対象
- ② 宮古島：新第三系島尻層群及びそれ以深までを対象

反射法地震探査データの取得作業は、測線に設定された一般道路上において、道路脇の地面あるいはアスファルト面に千個程度の振動感知センサー（以後受振器と記述）を等間隔に設置して行った。これらの受振器は、測線の一端より15km先まで展開される。この同一路路上の定められた地点を起点として、大型バイブレータを2台または3台用いて発振し、弾性波を発生させる。この弾性波は地中に伝播し、地下より反射または屈折して再び地表に戻った弾性波を受振器で感知し、受振器同様に広範囲に展開した有線テレメトリ型データ収録装置（地震探鉱機GDAPS-4A）及び独立型記録装置（MS-2000D）にて収録した。

実際のデータ取得作業では、一地点あたりの発振は数回以上行われ、それぞれの発振データを加算することにより取得データ品質（信号対雑音比）の向上を図った。数回の発振にて良好なデータが取得されたと判断された後、大型バイブレータは次の発振位置に自走移動し、受振器展開も同様に移動して次のデータ収録を行った。この作業を測線の端まで連続して実施することで、共通反射点（CMP）重合法に基づく反射法地震探査データの取得を完了する。

沖縄本島中南部の市街地の調査区域においては、大型バイブレータの進入ができない道路または交通障害の起因となる場合が想定されるため、大型バイブレータより一回り小さく重量の軽い中型バイブレータも併用した作業を行う。

なお、これら現場作業の遂行に際して、地元との調整を行い、周辺住民・地権者・監督官庁の理解・指導、法令を遵守し、安全管理・環境保全に努めるものとする。

2)調査方法

【沖縄本島中南部】

共通反射点（CMP）重合法に基づく反射法を用いる。受振点間隔 25m、標準発振点間隔 25m（Line-1,2,3）及び 50m（Line-A,B,4,5）、標準記録チャンネル数を約 400 とし、標準重合数約 180 のデータを取得する。発振点については橋梁、地下埋設物、急崖のある場所、住宅密集地、その他振動が厳しく規制される地域については省くものとする。

【宮古島】

共通反射点（CMP）重合法に基づく反射法を用いる。受振点間隔 25m、標準発振点間隔 25m（Line-1,2,3,4,5,6）及び 50m（Line-A,B,C）、標準記録チャンネル数を約 400 とし、標準重合数約 140 のデータを取得する。発振点については橋梁、地下埋設物、急崖のある場所、住宅密集地、その他振動が厳しく規制される地域については省くものとする。

（1）起振車による反射法地震探査について

弾性波を利用した地下の構造調査手法として「反射法地震探査」が広く利用されている（図 3-3 参照）。本事業では起振車（大型バイブレータ）の振動により発生する弾性波を利用する。調査の手順は以下の通りである。

- ① 起振車により地表面で振動を起こし、その振動を弾性波として地下に伝搬させる
- ② 地中に地層の固さや密度の異なった境界面が存在すると、その弾性波の一部が屈折波や反射波として地表に戻る
- ③ 戻ってきた屈折波や反射波を、地表の測線上に設置した多数の小型地震計（受振器、次ページ図「地震計」参照）で感受して電気信号に変換する。これら広範囲に得た地震計信号は、弾性波データとして観測車（次ページ図「観測車」参照）内の記録装置に収録する
- ④ 収録したデータをコンピュータで処理・解析を行うことにより、地下を現す速度構造図や時間断面図が作成され、地下構造の解明につながる資料となる

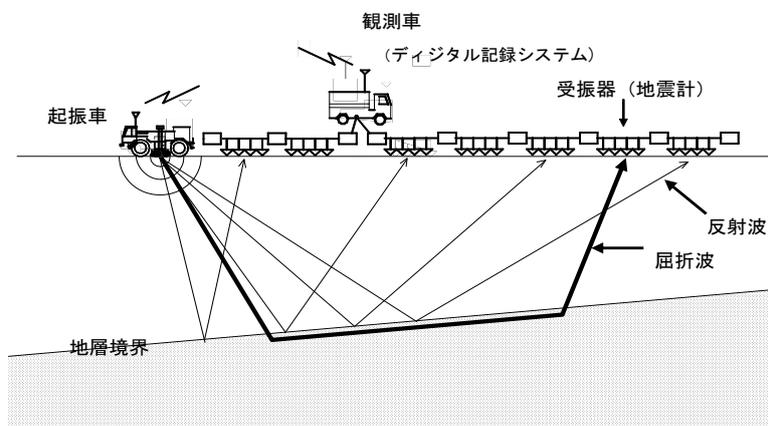
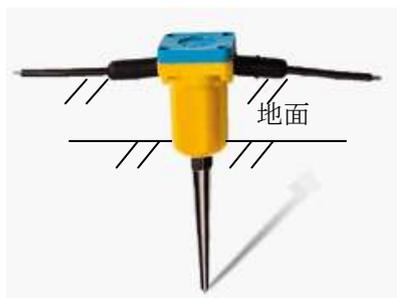


図 3-3、反射法地震探査の概要



受振器サイズ
直径：4cm
全長：14cm
スパイク：7.5cm

図 3-4、地震計(受振器)



図 3-5、観測車(記録装置搭載)

(2)作業の手順

①準備

現場作業に先立ち、調査測線及びその周辺の建設物・設置物・埋設物や道路状況などを確認する。必要に応じて作業届や許認可申請などの手続きを行い、また測線周辺の住民に対し、ビラや回覧などにより調査の実施を周知徹底する。

②測量

調査測線に沿って、起振車の発振位置（発振点）と受振器の設置位置（受振点）の目印として番号を記入した木杭（4cm×1cm×90cm）を設置する。その後、発振点と受振点の位置と高さを算出するために、GPS 等を使用した測量を行う。

③展開作業(図 3-6、図 3-7、図 3-8 参照)

発振点からの弾性波を取得するために、調査測線に沿って受振器を設置する。各受振点では、地下からの微弱な振動（弾性波）を取得するために木杭を中心に測線に沿って 1m から 3m の間隔で 9 個の受振器を設置する。受振器設置作業に並行して、データ収集装置と伝送ケーブルを測線に沿って設置する。伝送ケーブルは観測者に接続され、室内の記録装置に弾性波データを記録する。また、伝送ケーブルのない独立型データ記録装置（図 3-8 参照）も設置されることがある。



図 3-6、計測装置



図 3-7、受振杭と受振器



図 3-8、GPS 時計を用いた独立型データ記録装置

④観測作業

前述①~③の作業を経て、起振車による発振作業を行い、データを取得する。通常、発振点を中心にして、1~4 台の起振車を縦列に配置する（図 3-9 参照）1 回あたりの振動時間は 15~20 秒であり、振動効果を高めるために 1 発振点において数回から十数回の発振を繰り返す。発振が終了すると、起振車は次の発振点へと移動し、同様の発振作業を行う。



図 3-9、一般道での起振車(大型パイプレータ)3 台による発振作業風景

3)調査結果

【沖縄本島中南部】

次ページの図 3-10 に示した測線上で反射法地震探査を行った。測線は北西－南東方向の 5 測線（OH11-1,2,3,4,5）と南西－北東方向の 2 測線（OH11-A,B）となっている。北西－南東方向の 5 測線は既存資料から推定される構造傾斜方向とし、南西－北東方向の 2 測線はこれと直交する方向に設定した。

合計 7 測線における作業期間は、2011 年 4 月 25 日～7 月 20 日までの 87 日間であった。総受振測線長は 148.675km、総発震点数は 3,067 点となっている。

表 3-1、取得データ作業期間

測線名	作業期間	作業日数
OH11-A	6 月 1 日～6 月 15 日	10 日
OH11-B	5 月 10 日～5 月 14 日	5 日
OH11-1	7 月 4 日～7 月 8 日	5 日
OH11-2	7 月 11 日～7 月 15 日	5 日
OH11-3	4 月 30 日～5 月 5 日 5 月 17 日～5 月 21 日	11 日
OH11-4	6 月 28 日～6 月 30 日	3 日
OH11-5	6 月 21 日～6 月 24 日	4 日

表 3-2、取得データ一覧

測線名	受振測線長 (km)	受振点数 (点)	パイプレータ 発震点数 (点)
OH11-A	44.300	1772	659
OH11-B	17.700	708	398
OH11-1	15.900	636	452
OH11-2	16.725	669	444
OH11-3	21.675	867	612
OH11-4	12.775	511	183
OH11-5	19.600	784	319
合計	148.675	5947	3067

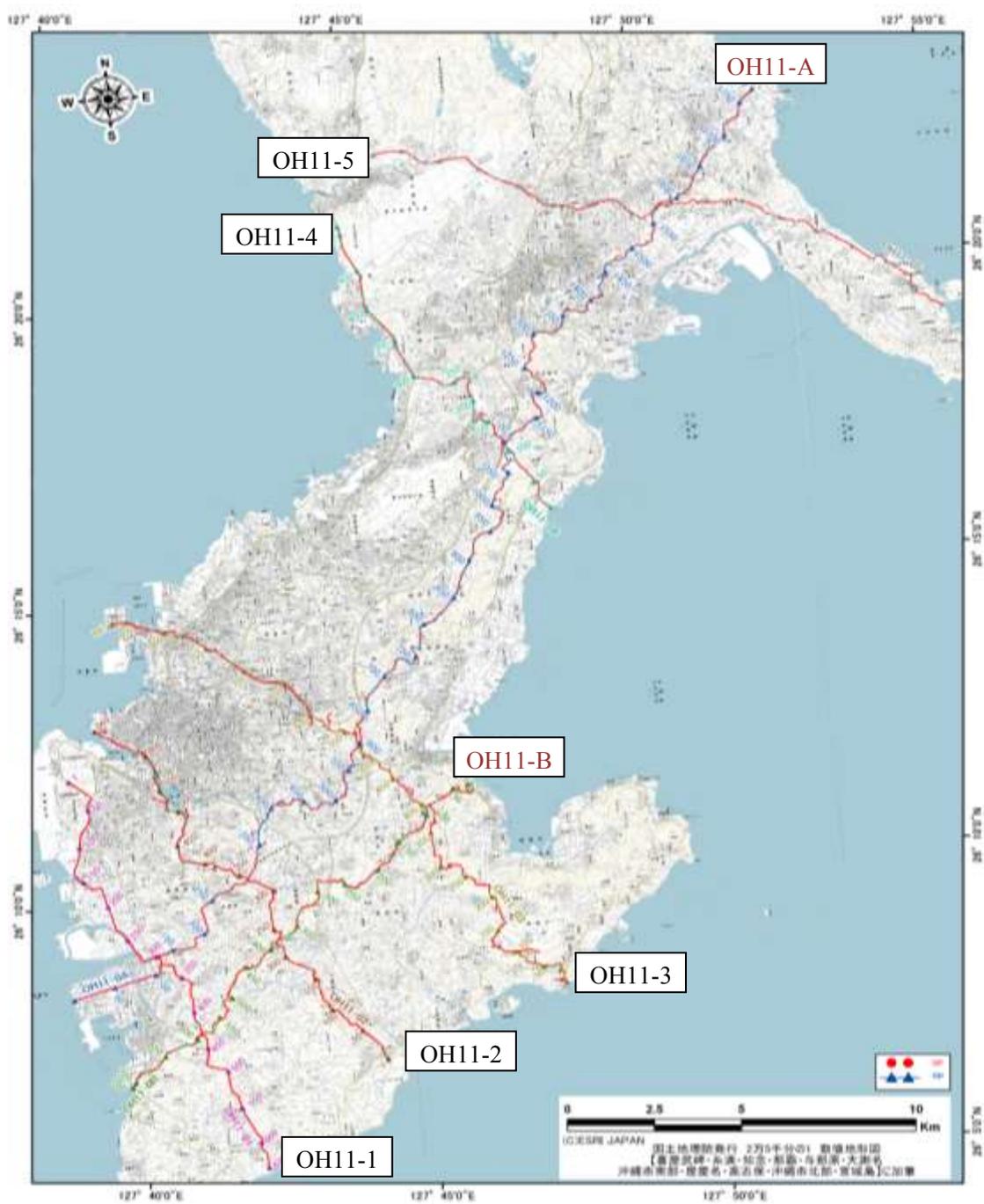


図 3-10、沖縄本島中南部における反射法地震探査測線図

国土地理院発行 1:25,000 地勢図に加筆

【宮古島】

図3-11に示した測線上で反射法地震探査を行った。測線は南西－北東方向の6測線（Line-1,2,3,4,5,6）と北西－南東方向の3測線（Line-A,B,C）となっている。南西－北東方向の6測線は既存資料から推定される構造傾斜方向とし、北西－南東方向の3測線はこれと直交する方向に設定した。

合計9測線における作業期間は、2011年4月25日～6月13日までの50日間であった。総受振測線長は102.8 km、総発震点数は2,681点となっている。

表 3-3、取得データ作業期間

測線名	作業期間	作業日数
MY11-1	5月8日～5月11日	4日
MY11-2	5月4日～5月6日	2.5日
MY11-3	4月29日～5月4日	5.5日
MY11-4	5月18日～5月22日	5日
MY11-5	5月31日～6月4日	5日
MY11-6	5月27日～5月28日	2日
MY11-A	6月6日～6月8日	3日
MY11-B	5月13日～5月16日	4日
MY11-C	5月24日～5月26日	3日

表 3-4、取得データ一覧

測線名	受振測線長 (km)	受振点数 (点)	パイプレータ 発震点数 (点)
MY11-1	9.725	390	310
MY11-2	7.325	294	250
MY11-3	11.150	447	370
MY11-4	13.350	535	435
MY11-5	12.875	516	418
MY11-6	4.475	180	150
MY11-A	13.650	547	229
MY11-B	16.400	657	274
MY11-C	13.850	555	245
合計	102.800	4121	2681

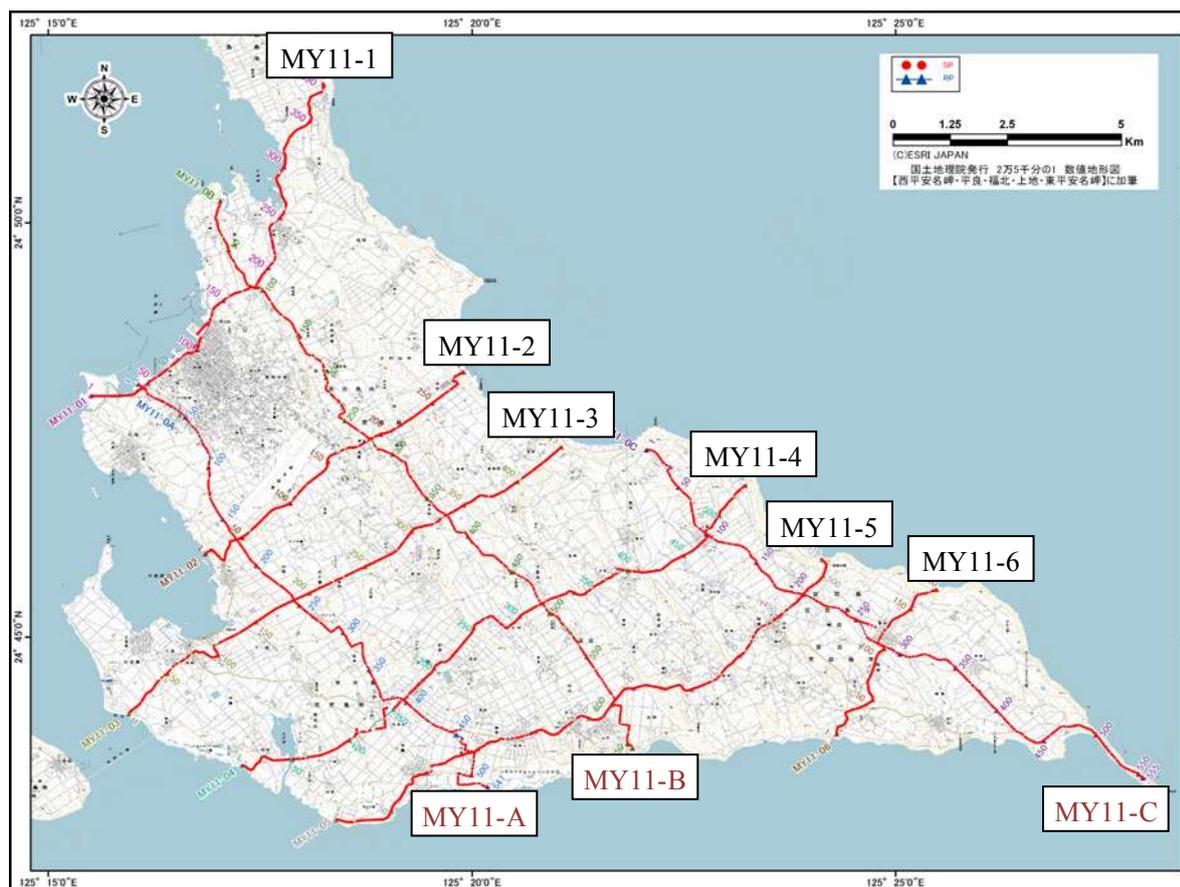


図 3-11、宮古島における反射法地震探査測線図

国土地理院発行 1:25,000 地勢図に加筆

(1)調査仕様

【沖縄本島中南部】

<震源>

大型バイブレータ	3台 *大型バイブレータによる発振あるいは進入が困難な区間については中型バイブレータを使用
発振点間隔	標準 25m (Line-1,2,3) 標準 50m (Line-4,5,A,B)
スタック数/発振点	標準 5
スイープ長	20 秒
スイープ周波数	8-80Hz
総発振点数	3,067 点

<受振器>

受振点間隔	25m
受振器/受振点	9ヶまたは3ヶ
受振器特性周波数	10Hz
総受振点数	5,947 点

<記録器>

タイプ	24ビットADデジタルメモリ型 GDAPS-4A 24ビットAD独立型 MS2000D
サンプルレート	2ミリ秒
記録長	5秒(コリレーション後)
チャンネル数	400ch.以上(原則として片側展開長3km以上)

【宮古島】

<震源>

大型バイブレータ	標準 3台
発振点間隔	標準 25m (Line-1,2,3,4,5,6) 標準 50m (Line-A,B,C)
スタック数/発振点	標準 5
スイープ長	20 秒
スイープ周波数	8-80Hz
総発振点数	2,681 点
	*テストの結果、スタック数を著しく増やす必要があると判断される場合は、発振点数を減らして調整する。

<受振器>

受振点間隔	25m
受振器／受振点	9ヶまたは3ヶ
受振器特性周波数	10Hz
総受振点数	4,121点

<記録器>

タイプ	24ビットADデジタルメモリ型 GDAPS-4A 24ビットAD独立型 MS2000D
サンプルレート	2ミリ秒
記録長	5秒（コリレーション後）
チャンネル数	400ch.以上 （原則として片側展開長 3km 以上とし、総受振点数が 400 に満たない測線については固定展開とする）

(2)主要使用機器

【沖縄本島中南部】

震源車	大型パイプレータ（HEMI40/50）	3台
	中型パイプレータ（EnviroVib）	3台
受振器	垂直成分 10Hz（9ヶ組及び3ヶ組）	1,400組
記録器	GDAPS-4A	1式
	MS2000D	120台
無線機	VHF 10W, 1W	1式
観測車	-	1台
その他	観測者（レンタカー）	10台

【宮古島】

震源車	大型パイプレータ（HEMI-40、Y-2400）	3台
受振器	垂直成分 10Hz（9ヶ組及び3ヶ組）	1,400組
記録器	GDAPS-4A	1式
	MS2000D	10台
無線機	VHF 10W, 1W	1式
観測車	-	1台
その他	観測者（レンタカー）	6台

(3)安全管理計画

本調査においては、緊急時の連絡体制を構築した上で、特に、下記項目（一般道路での作業の際に近隣への公害防止）に注意して安全管理を行った。

(ア)交通に対する安全計画

- ① 一般道等の使用に際しては、所定の監督関係機関に届け出を行い事前に許可を得る
- ② 観測用の作業車両は道路の端に駐車し、他の交通の支障とならぬよう十分注意する
- ③ バイブレータ発振作業の前後にはガードマンを配置し、交通整理を行い、第三者を発振作業エリア内に立ち入らせない
- ④ 測定点には表示板やカラーコーンを設置し測定作業中であることを知らせる
- ⑤ 交通規則を遵守し安全運転に努める
- ⑥ 安全確認及びシートベルトの着用を徹底する

(イ)作業に対する安全計画

- ① 測線沿線の住民に対しては、調査の事前の周知を徹底する
- ② 関係各所との連絡を密にし、許認可の諸条件に万全の注意を払う
- ③ 測定点には、常時測定員を最低1名配置し、周辺へ大きな影響を与えないよう監視する
- ④ 作業方法については、発注者と担当者において綿密な打ち合わせを行い、承認を得ながら決定をし、決定した作業方法は測定員全員に周知徹底させると共に、測定員間の連絡調整を密に行う

3. 沖縄における天然ガス資源賦存量

1) 地理的概要

(1) 天然ガスの分布

水溶性天然ガスは水に伴って産出するガスの総称であり、共水性ガスとも呼ばれる。水溶性天然ガスは徴候地を含めると日本全国に分布しており、水井戸掘削の際に発見され、自家用燃料として利用されてきた。その中で、生産性に優れたところが企業化され、ガス田となった。これらは第2次大戦中～1970年代において地方経済に大いに寄与した。その後、「構造性ガス」（油田構造をもつ遊離形ガス鉱床）に探鉱は移行していった。

水溶性天然ガス田は特定の集積構造（トラップ）やシールを必要とせず、多くは緩傾斜の向斜盆地に胚胎し、鉱床の広がり是一般に地下水の帯水層のように大きいことから、探鉱のリスクは比較的小さい（天然ガス鉱業会、1998）。一方、生産性は著しく劣り、かつ地盤沈下の問題が短所となっている。現在、南関東ガス田や新潟ガス田、宮崎ガス田が国内の主要な水溶性天然ガス田である。



図 3-12、水溶性天然ガス及びガス田の分布

(2) 沖縄における水溶性天然ガス

沖縄における天然ガスの発見は昭和 29 (1954) 年頃まで遡るが、兼島 (1959) により沖縄の天然ガスが世に知られるようになった。当時の琉球政府に対する技術経済援助計画の一環として、地質調査所が実施した第 1 次 (昭和 35 (1960) 年度) ~ 第 6 次調査 (昭和 44 (1969) 年度) 天然ガス資源調査によって沖縄本島中・南部について以下のことが明らかとなった (沖縄天然ガス研究グループ、1971)。

- 1) 沖縄本島中・南部の島尻層群には、性格を異にする 2 種の水溶性天然ガス鉱床がある。
- 2) 下層 (基底砂礫層 : T₁₃ 部層) に胚胎するものは、高温強食塩泉として使える付随水であり、塩素度が海水に比べかなり低い飽和ガス水比を示す。ガスの一部は基盤から供給されたものと推定される。
- 3) 上層群 (T₁, T₃, T₅, T₇, T₉, T₁₁ 部層) に胚胎するものは、多量のヨウ素を含む付随水であり、ある程度過飽和のガス水比を示す茂原型の水溶性天然ガス鉱床である。
- 4) 付随水中のガスが飽和に達する深度は、ガス層によっても異なるが、およそ 500m である。

このガス田は沖縄本島南部ガス田と呼ばれ、天願断層以南の島尻層群分布域に位置している (福田、1977)。首里断層以南における貯留層 (ガス層) は島尻層群豊見城層 (上部中新統) の砂質層であり、上層群 (T₁, T₃, T₅ 部層) と下層 (T₁₃ 部層) に分けられ、宮崎ガス田 (広義) に類似している。

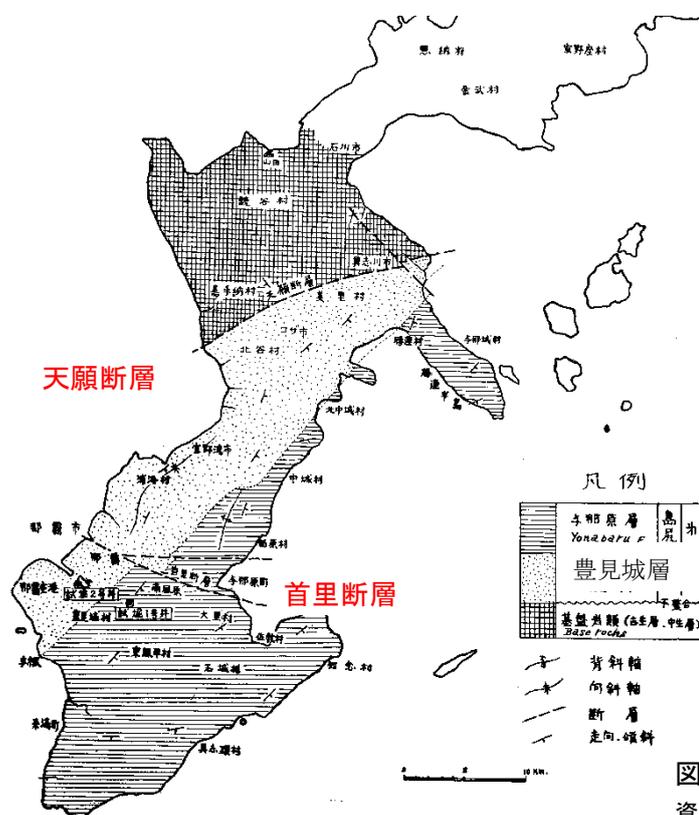


図 3-13、本島中南部の地質概略図
資料：沖縄天然ガス研究グループ、1971

宮古島については以下のことが明らかとなっている（福田ほか、1969；沖縄天然ガス研究グループ、1971）。

第4次調査では、

- 1) 城辺層は大部分が本島南部に発達する与那原層上部に対比される。
- 2) 城辺層の泥質岩は天然ガスの根源岩としての化学的性格を一応備えている。

第6次調査では、

- 3) 宮古島及び付近の島々に分布する島尻層群は本島の新里層あたりに対比される鮮新統であり、下位より、大神砂岩層（厚さ約70m）、池間砂岩層（50m）及び城辺泥岩層（120m）の3層に分けられる。
- 4) 走向は東西から北西－南東で南西に緩く傾斜している。断層は北北西－南南東に走るものが顕著である。
- 5) 5 mgal ほどの等重力図が作成され、重力値は池間島の北端から宮古島南東端の東平安岬に掛けて、漸次低くなっており、顕著な重力異常は認められない。
- 6) 宮古島及び付近の島々の地下水の基本的な性質は本島の石灰岩地帯のものとよく似ている。溶存メタン量はどちらかと言えば炭酸相関型である。

2)本島中南部における水溶性天然ガスの特徴

(1)天然ガスの起源

那覇周辺の温泉井から採取したガス試料の分析や南城 R1 で実施したヘッドスペースガス (HSG) 分析によって、2 種類のガスの存在が確認されている (例えば、金子ほか、2006 ; 加藤ほか、2012)。ひとつは基盤岩及びその直上の T₁₃ 層から産出する熱分解ガスであり、もうひとつは島尻層群 (主に T₁~T₅層) から産出する微生物ガスである。これらはメタンの炭素同位体組成 ($\delta^{13}C_1$) によって容易に区別できる。

表 3-1、本島中南部におけるガス分析結果

貯留層	ガス成分分析値 (vol%)								ウエットネス (%)	C ₁ / (C ₂ +C ₃)	i-C ₄ / n-C ₄	$\delta^{13}C$ (‰)					
	O ₂	N ₂ (補正)	C ₁	C ₂	C ₃	i-C ₄	n-C ₄	CO ₂				C ₁	C ₂	C ₃	i-C ₄	CO ₂	
T9	0.46	3.1	1.42	95.84	0.049	0.007	0.003	0.001	0.53	0.06	1,727	4.2	-50.6	-52.2	-31.4	-25.6	-14.9
	0.73	3.91	1.24	94.71	0.048	0.006	0.003	0.001	0.59	0.06	1,748	4.1	-50.6	-52.3	-32.4	-25.5	-15.0
T13, 基盤岩	16.18	36.98		46.74	0.003		0.003		0.09	0.01	17,476	130	-30.6			-20.7	-14.6
T13	0.87	10.33	7.15	88.29	0.015				0.49	0.02	6,072		-39.0	-39.5			-11.9
基盤岩	20.31	79.47	5.14	0.07					0.14				-40.3				-18.1
	0.40	9.90	8.44	86.50	0.057				0.60	0.07	1,518						
基盤岩	8.23	36.88	6.76	54.47	0.012				0.40	0.02	4,461		-36.3	-33.9			-15.6
基盤岩	0.84	11.27	8.20	87.56	0.016				0.31	0.02	5,612		-41.0	-39.6			-13.2
T13	0.06	6.84	6.64	92.5	0.023				0.10	0.02	4,022		-39.7				
基盤岩	0.04	4.93	4.79	94.5	0.019				0.04	0.02	4,948		-36.4				
基盤岩	0.02	5.71	5.62	93.9	0.019				0.05	0.02	4,865		-41.5				
T1, T3	0.00	9.62	9.61	89.6	0.050	0.034			0.10	0.09	1,059		-70.0				
	0.15	8.20	7.65	91.4					0.25								
	0.10	11.60	11.23	88.0	0.030				0.27	0.03	2,934						
T13	0.48	9.72	7.96	89.5					0.24								
T5	0.18	3.79	3.13	95.9	0.025				0.09	0.03	3,836						
T1	0.67	11.87	9.42	87.3	0.001				0.17								
T3, T5	0.37	2.95	1.60	95.35	0.085	0.004				0.09	1,071						
T1, T3	0.34	2.06	0.82	96.86	0.051	0.018	0.011	0.020	0.36	0.10	969						
	0.30	1.10		98.24	0.14	0.03	0.02	tr	0.13								
T1-T7	<0.03	0.23		99.7	0.01				0.03		9,970		-75.8				
	0.02	1.10		98.77		0.02			0.09								

(2)貯留層

水溶性天然ガスは通常地質年代の若い地層に胚胎している。例えば、主要ガス田である南関東ガス田では上総層群 (国末ほか、2002) に、新潟ガス田では蒲原層群 (卜部ほか、2006) に胚胎している。これらの地層の地質年代は第四紀である。

一方、本島中南部で水溶性ガスを胚胎している島尻層群下部の豊見城層の地質年代は後期中新世であり (氏家・兼子、2006)、基盤岩は名護層あるいは嘉陽層と推定され、その地質年代はそれぞれ白亜紀、始新世である (中江、2007)。

沖縄本島中南部の貯留層は豊見城層中の砂岩優勢層であり、T₁層 (小禄砂岩層) から T₁₃層 (奇数のみ) に区分されている。また、水溶性天然ガスが基盤岩の中にも存在しているというのが大きな特徴である。基盤岩は硬い岩石のため、通常であれば隙間が少ないが、天然のフラクチャー (割れ目) が発達している場合がある。フラクチャーがあることで水溶性天然ガスの産出挙動生産性が向上することが期待できる。

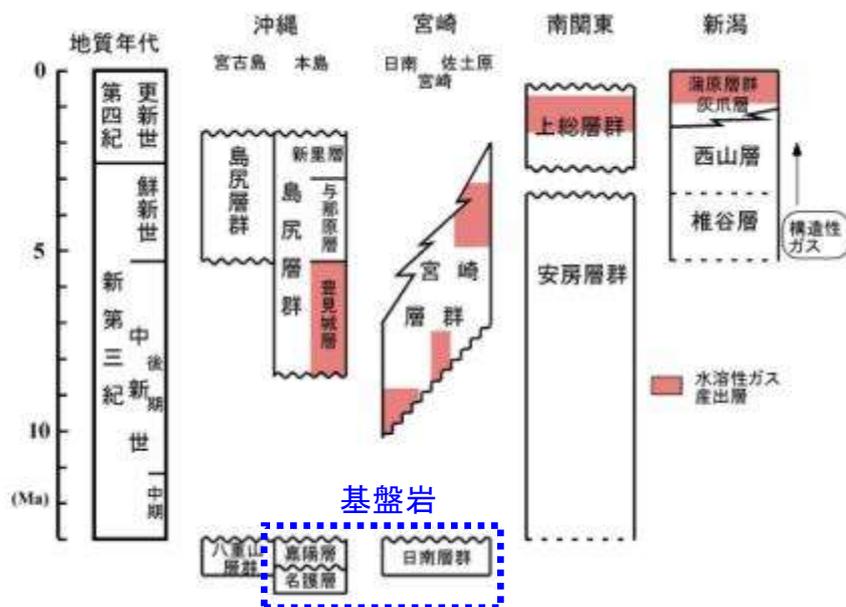


図 3-14、水溶性ガスの産出層(貯留層)の地質年代

3)宮古島における水溶性天然ガスの特徴

(1)天然ガスの起源

宮古島ではこれまでガスの $\delta^{13}\text{C}_1$ 測定が行われていなかった。今回、シギラ温泉の随伴ガスを採取し、ガス組成と炭素同位体組成 ($\delta^{13}\text{C}$) を測定した。 $\delta^{13}\text{C}_1$ は -75.1% と非常に軽く、糸満のガスと類似しており、明らかに微生物ガスと判断される。 $\delta^{13}\text{C}_2$ も -56.6% と軽く、エタンも微生物起源と考えられる。今回は試料採取ができなかった宮古島温泉でも随伴ガスにかなりのメタンが含まれており、おそらく微生物ガスと推定される。

基礎試錐「宮古島沖」では、掘削時に掘削泥水中に含まれるガス (マッドガス: mud gas) の測定が行われている (円谷・佐藤、1985)。その結果によれば、深度 600~1,700m 間でメタンのみがかなりの量検出されており、これらは微生物ガスと推定される。このことはカッティングスガス (岩石に吸着しているガス) の分析結果からも支持される。熱分解ガスに特徴的なプロパン (C_3) は深度 1,600m 以深である程度検出されており、特に八重山層群で顕著になっている。

(2)貯留層

宮古島周辺に分布する島尻層群は水溶性天然ガスを胚胎していると考えられており (例えば、福田、1989)、温泉井でもメタンを含む随伴ガスが確認されている。ストレーナーが設置されている区間は比較的砂岩層に富んでおり、地表の大神島層に対比される可能性がある。シギラ温泉の近くでの地震探査によるデータからも、連続性の良い強い反射波が認められるゾーンがあり、砂岩層の発達期待される。

4) 反射法地震探査結果の要約

(1) 沖縄本島中南部

今回の反射法地震探査により取得したデータを基に沖縄本島中南部の地質解釈を行ったが、この解釈を通じて以下の事柄が明らかになった。

- ① 先新第三系の付加コンプレックスから構成される基盤岩は、南城 R1 坑井に確認されたように、上位の島尻層群とは岩石物性が大きく異なることから、その上限は強い反射波で特徴づけられる。この強反射波は全域に亘って明瞭に追跡できる。基盤岩上限は、解釈域の北部では（沖縄市付近）往復走時 0.1～0.3 秒前後、中部では（宜野湾市～那覇市）0.6～0.9 秒、南部では（豊見城市～糸満市）1.3～1.5 秒、最も深いのは糸満市の南で 1.9 秒を超えている。基盤岩上限の構造形態は基本的に起伏しながら南東に向かって深くなる斜面を呈する。
- ② 本地域に二次元地震探査断面上で解釈できる堆積層は主に島尻層群の下部（豊見城層）である。解釈の結果によって、豊見城層中のホライゾンほぼ平行に分布し、ともに北西から南東に深くなる。豊見城層が南東に向かって傾斜する同斜構造の特徴を呈する。
- ③ 豊見城層中最も厚い砂岩層 T₅ 層上限は、宜野湾市北部で往復走時 0.2 秒であるが、豊見城市付近で 0.4～0.5 秒に達する。最も深いのは糸満市南部で 0.8～0.9 秒を超えている。底部の T₁₃ 層は、基本的に基盤岩上限の起伏に伴って分布している。
- ④ 沖縄本島の南部には、T₅ 層と基盤岩の上限でいくつかの構造的な高まりと南東にプランジする“ノーズ”状構造が認められた。このような構造場所は炭化水素が貯まりやすいため、今後の水溶性ガスの探鉱に主な対象と考えられる。
- ⑤ 基盤岩上限の付近で、いくつかの“衝上断層”とみられる断層構造が認められた。これらの断層は基盤岩上限斜面に沿って発達し、北西に緩傾斜して、南東に向かって衝上する形が認められる。断層は豊見城層の最下部を切ったので、恐らく島尻層群が堆積した後で形成されたものと考えられる。これらの“衝上断層”は圧縮応力により形成されたものではなく、不整合斜面に沿いの滑りによって形成されたものと推測される。
- ⑥ 島尻層群には、正断層の発達が特徴づけられる。多数の正断層が北西－南東に延長し、南西あるいは北東に傾斜して、見かけ上の落差が数十 m であると解釈される。これは、現在の地質資料から得られた新第三紀以降沖縄島の応力場と一致している。しかし、一部の正断層が北西方向あるいは南北方向の測線上のみ解釈されたため、南北方向あるいは東西方向の正断層も存在する可能性があると考えられる。

(2)宮古島

今回の反射法地震探査により取得したデータを基に宮古島陸域の地質解釈を行ったが、この解釈を通じて以下の事柄が明らかになった。

- ① 本島中南部で認められるような基盤岩を反映した強い反射波は認められない。
- ② 非常に厚い堆積層が発達している。
- ③ 局所的な不整合現象は認められるが、顕著な不整合は認められない。
- ④ 深部に強い、比較的連続する反射波（D ホライゾンに相当する）が認められ、これらは石炭を挟む砂岩層からなる八重山層群に対比される可能性がある。
- ⑤ 大局的には、北部の大浦付近が構造的に最も高く、南方に向かって傾斜する同斜構造を示す。
- ⑥ 断層が明瞭に認められ（特に南西－北東方向の測線）、北西－南東方向の正断層が優勢である。これは地表で確認されている活断層群とよく調和している。
- ⑦ マウンド状のモヤモヤした小さな構造が認められる。

今回の反射法地震探査により取得したデータからは、宮古島陸域は、南から北へ向けて一方的に深度が浅くなっていく同斜構造を示し、大きな背斜構造といった炭化水素が貯まりやすい構造は認められなかった。しかし数多くの断層が発達しており、断層を介して泥岩と砂岩が接触する事により形成される層位トラップが形成されている可能性が残されている。一方根源岩に関しては既存の資料から、中新統八重山層群よりも下位層にガス根源岩の存在が期待されるが実証はできておらず、島尻層群に関しては根源岩ポテンシャル・熟成根源岩の分布域とも検討が足りていない。

今回の宮古島陸域で取得した反射法地震探査データにより、宮古島陸域における地質構造の概略を把握することはできたが、反射法地震探査データの各反射面と地層の時代認定に大きな推測を含んだ状態になっている。2 坑の温泉井により、宮古島に水溶性ガスが胚胎していることは間違いないが、どういうガスが、どの層準に、どの程度（生産性及び埋蔵量）存在するのかは十分な坑井データが無いため、不明確である。

そのため、中深度程度の石油開発で行われていた“基礎試錐”を掘削するのがよいと考える。それにより検層・試料採取を行い、地震探査との整合性を高めるとともに、島尻層群・八重山層群の根源岩データの収集に努めることが重要であると考えられる。

5) 沖縄における天然ガス賦存量

(1) 本島中南部域における天然ガス原始埋蔵量

本島南部ガス田の原始埋蔵量は35年以上前に地質調査所によって推定されている(地質調査所石油課、1975)。その後、温泉井を含めいくつかの坑井が掘削されており、また、今回新たに地震探鉱調査を実施し、地下の地質状況がかなり把握できたため、埋蔵量の見直しを行った。原始埋蔵量は次式で計算される。

$$\begin{aligned} \text{ガスの原始埋蔵量 (m}^3\text{)} &= \text{貯留 (ガス) 層の全容積 (m}^3\text{)} \times \text{ガス層の孔隙率 (}\phi\text{)} \\ &\quad \times \text{ガス水比 (m}^3\text{/kl)} \\ \text{全容積 (m}^3\text{)} &= \text{拡がり (m}^2\text{)} \times \text{層厚 (m)} \end{aligned}$$

基盤岩(T₁₃層を含む)と浅層(T₁~T₇層)の2つのガス層に分けて原始埋蔵量をそれぞれ計算しているが、基盤岩(T₁₃層を含む)については、多量のガスが産出している温泉井や琉政-2の基盤岩上限深度を考慮し、基盤岩上限の深度構造図において-800m以深の範囲を水溶性天然ガスの分布域(拡がり)と仮定し、面積を265km²と算出した。

層厚は、琉政-2などのT₁₃層の層厚を参考にし、堅実な値の50mとした。T₁₃層の孔隙率は琉政-2では約32%(福田ほか、1970)、南城R1では約25%(加藤ほか、2012)であるが、基盤岩のそれは非常に小さいと推定し、堅実な値の15%を採用した。

一方、浅層については、琉政-1~琉政-3の揚湯試験の結果を考慮して、T₅層上限の深度構造図において-500m以深の範囲を水溶性ガスの分布域(拡がり)と仮定し、面積を140km²と算出した。また、層厚は糸満でのデータや具志頭R1などの実績に基づいて、150mとした。孔隙率は糸満でのコア(約28%)と深度を勘案し、25%とした。

ガス水比については、沖縄本島だけでなく、地質的に類似している宮崎県の水溶性ガス田なども参考にし、深度と飽和ガス水比の関係から基盤岩に対しては1.5(m³/kl)を、浅層に対しては1.2(m³/kl)と推定した。

1975年に試算された地質調査所の資料によると、本島南部(浅層、深層)の原始埋蔵量(推定)は346億8千万m³とされていた。今回の調査では、本島中南部(基盤岩(+T₁₃)、浅層)の原始埋蔵量は92億8千万m³であると試算した。今回の試算結果は以前の数値よりも小さくなっているが、既存坑のデータや地震探鉱の地層データなどによる総合的な解釈から、より確度の高い試算となっており、水溶性天然ガスが胚胎している可能性は非常に高いということが示された。

(2) 宮古島における天然ガス原始埋蔵量

宮古島には2坑の温泉井があり、随伴ガスはメタンが主で、微生物起源ガスであるが、ガス水比は不明である。

基礎試錐「宮古島沖」では浅部で顕著なメタンガスが確認されている。また同試錐では、

第3章 沖縄における天然ガス資源賦存量調査

下部～中部中新世の八重山層群が厚く発達しており、石炭を挟在している。深部にある石炭は、熱分解ガスを生成している可能性がある。

宮古島については、水溶性天然ガスが確かに存在し、熱分解ガスの生成も期待されるが、石油地質学的な基礎的データが不足している。そのため、今後は石油開発における“基礎試錐”に相当する坑井を掘削し、多くの地下地質（坑井）データを取得する必要がある。

表 3-2、本島中南部と宮古島における推定埋蔵量（比較のため他水溶性天然ガス田の埋蔵量も掲載）

地域名	面積 (km ²)	有効層厚 (m)	ガス水比 (m ³ /kl)	原始埋蔵量 (10 ⁶ m ³)		備考
				孔隙率:25%	孔隙率:30%	
沖縄本島南部 浅層 深層	250 300	200 60	1.7 1.7	21,250 7,650 28,900	25,500 9,180 34,680	1975年調査。 推定を含む
				孔隙率 (%)		
基盤岩 (T13 を含む) 浅層	265 140	50 150	1.5 1.2	15 25	2,980 6,300 9,280	本調査(本島中 南部)
宮古島	150	100	1.5 (1.0)	5,625	6,750	本調査 (予想)
ガス田名 (所在地)	面積 (km ²)	有効層厚 (m)	ガス水比 (m ³ /kl)	原始埋蔵量 (10 ⁶ m ³)		備考
宮崎全体 (宮崎県)	552	100～190	1.0～2.0	27,920	33,504	推定を含む
佐土原 (宮崎県)	62.08	76～268	1.1～1.82	16～30%	4,184	
日南 (宮崎県)	30	100	1.5	1,125	1,350	
南関東 (千葉県)	3,524	235～885	0.5～2.8		735,975	
新潟 (新潟県)	3,720	20～546	0.6～2.8	88,064	105,680	新潟県 (1969)

6) 試掘対象候補地域の選定

(1) 本島中南部における試掘対象候補地域の選定

本島中南部では次の条件を考慮し、2つの試掘対象候補地域を選定した。

- ① 基盤岩 (T₁₃層を含む) を主対象層とする
 - ・ 那覇周辺をはじめ、南城 R1 など広域に分布する熱分解ガスが胚胎している。
 - ・ ガス水比は深度 (圧力) と主に関係しており、より高いガス水比が期待できる。
 - ・ フラクチャー (割れ目) が発達し、良好な生産性が期待できる。
- ② 基盤岩上限の深度構造図に基づいて、構造的な高まりや張り出しのある地域を優先する
 - ・ 集ガスに適した構造である。
- ③ 上限深度が 1,500m 程度である
 - ・ 那覇周辺の温泉井で深度 1,000m までは実績がある。
 - ・ より高いガス水比が期待できる。
 - ・ 南城 R1 では約 2,000m で基盤岩を確認している。
- ④ 断層の近傍
 - ・ フラクチャー (割れ目) の発達 (良好な生産性) が期待できる。
- ⑤ 標高の低いところ
 - ・ 自噴の可能性が高くなる。

選定した2地域は次図のとおりであり、本島坑井データと地震探鉱データの総合及び坑井掘削時、掘削後の検討が可能である地震探鉱測線上、あるいはその近傍に掘削位置を選定することが望ましいと考える。

また、標高の低い位置に坑井を選べば、自噴の可能性がより高くなる。さらに、フラクチャーの発達は不規則であり、その位置を予測することは困難であるため、基盤岩を 200m 程度掘り込む必要がある。したがって、掘削深度は 1,500m~2,000m になると推定される。

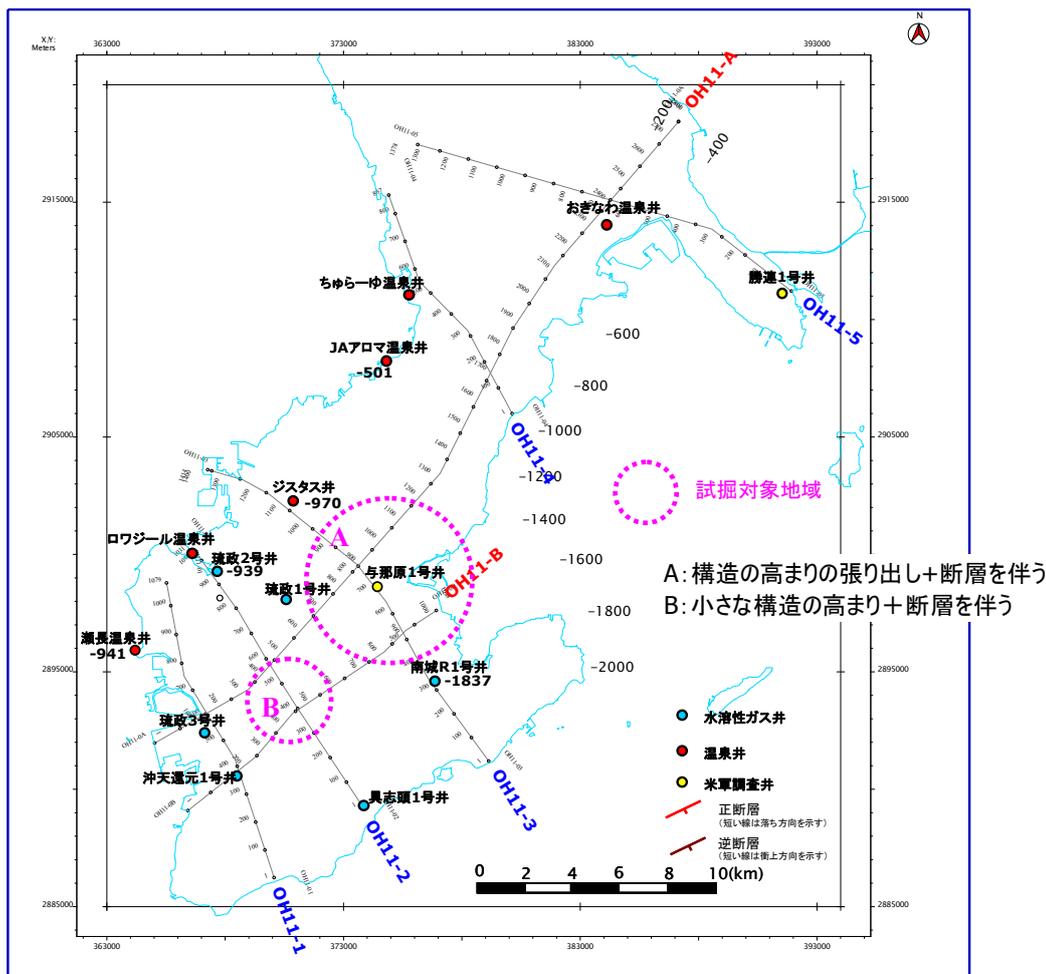


図 3-15、本島中南部における試掘対象候補位置図

(2)宮古島地域における試掘対象候補地域の選定

宮古島における試掘対象候補地域では以下の点を考慮し、選定を行った。

- ① 八重山層群に対比される可能性がある強い反射波 (D ホライゾン) の下位までを対象とする。石炭の発達期待され、熱分解ガスが生成している可能性がある。
- ② 集ガスに適した構造的な高まりあるいは断層トラップを選ぶ。
- ③ 坑井データが不十分なため、掘削時や掘削後の検討が可能な地震探鉱記録の良好な測線上あるいはその近傍に掘削位置を選定する。
- ④ 地下ダムを避け、自噴の可能性が高まる標高の低いところに掘削位置を選定する。

D ホライゾンの時間構造図に基づいて、次の3ヶ所を対象地域に選んだ(次図のD ホライゾン構造図)。

- ・ 対象地域 A: 測線 MY11-4 上に認められる断層トラップ
- ・ 対象地域 B: 測線 MY11-5 上に認められる断層トラップ
- ・ 対象地域 C: 測線 MY11-3 上に認められる小規模なホルスト構造

対象地域を通過する測線の時間断面図を下図に示す。また、掘削深度はホライゾン D 以深を数 100m 程度探鉱できる 2,000~2,500m が必要である。

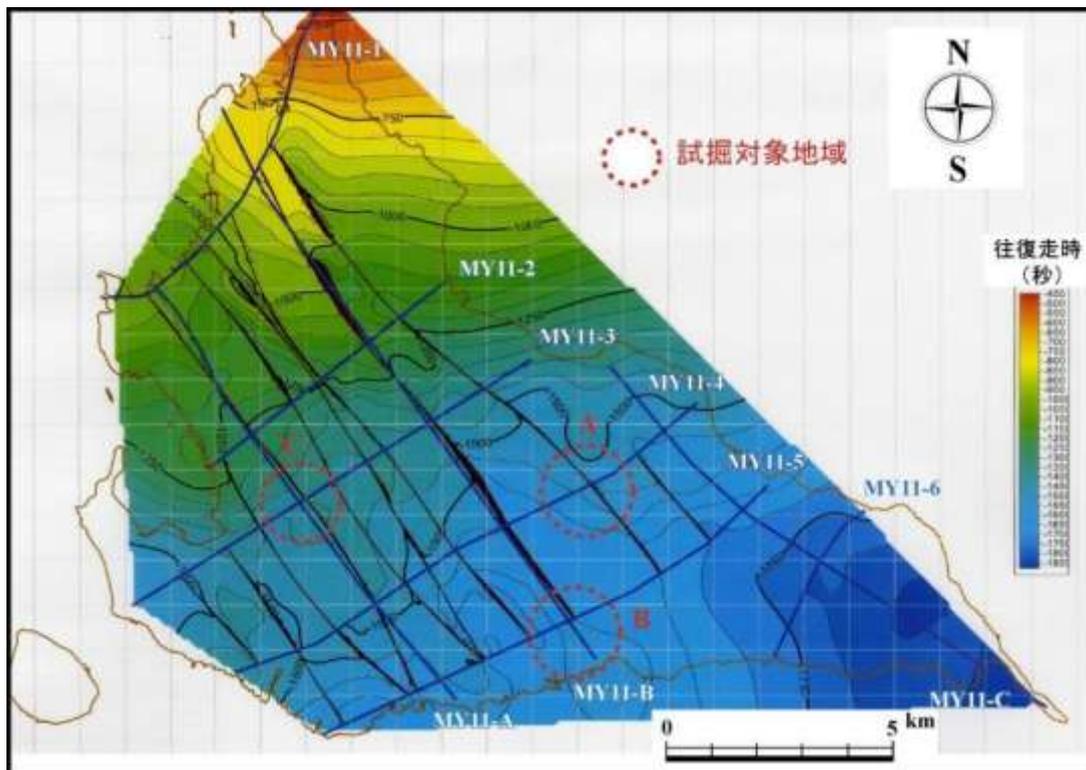


図 3-16、宮古島における試掘対象候補位置図(ベースマップは D ホライゾン時間構造図)

第4章 天然ガス利活用の現状と課題

1. 天然ガス資源の利活用動向

ここでは、天然ガスをエネルギーとしての利活用、天然ガスの化学反応による高度利用（天然ガスの付随水である温泉等の活用も含む）について、その動向を整理するものとする。

1) エネルギーとしての利活用

石油や天然ガスが燃える時に発生するエネルギーを発熱量というが、代表的な燃料の単位重さ当たりの発熱量（MJ/kg）を比較すると、天然ガス 54 MJ/kg、重油 46 MJ/kg、石炭 21～33 MJ/kg であり、天然ガスが最も高い値を示している。その理由は物質の発熱量が構成元素によって決まるため、炭素の発熱量 33 MJ/kg に対し水素分子の発熱量は 143 MJ/kg と格段に高く、石炭のように炭素が多い燃料と比べ、メタン（CH₄）を主成分とする天然ガスは水素を沢山含み、単位重さ当たりの発熱量は高くなる。

発熱量が大きく、燃焼温度が高い天然ガスは熱機関で利用した後も排ガス温度が十分高いため、さらに蒸気タービンや工業用の熱源として、その熱を使い切るまで何段階も利用することができる。これはあたかも川の上流から下流に複数のダムを作り、溜めた水で次々に発電しエネルギーを取り出すことに似ている。このようなエネルギーの取り出し方を、水が階段状の滝（カスケード）を流れる様子にたとえて「熱のカスケード利用」と言う。

例えば、天然ガスタービンを排気ガスは、温度が高いので一度発電を終えた排ガスから熱回収ボイラーなどで蒸気として回収、再び発電を行うとコンバインドサイクルとなり、また回収した蒸気を工場などで利用するとコージェネレーションとなり、いずれも高いエネルギー効率を得ることができる。

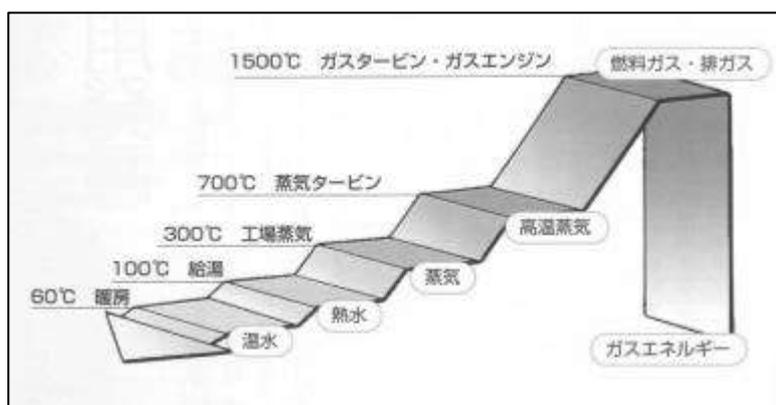


図 4-1、カスケード利用概念図

資料：トコトンやさしい天然ガスの本（日刊工業新聞社）

(1)ガス利用発電

日本には北海道から沖縄まで10の電力会社があり、より安定的、経済的な電力供給を行うためにいろいろな発電方式（電源）を組み合わせている。その中で、LNG火力は、原子力、石油、石炭、水力、地熱などの電源と並ぶ主力電源の一つであり、全発電量の約25%を賅っている。

LNG火力では、マイナス162℃の液体として輸入したLNGを輸入基地のタンクに貯蔵後、通常海水と熱交換させることで気体（天然ガス）に戻したものが使われる。

LNG火力は、天然ガスの燃焼量を変化させて発電量を調整することができるため、季節や時間帯で変動する電力消費に対応して発電する役割を担っている。天然ガスの発電方法には、大きく分けて以下の3つがある。

- ① 蒸気タービン：天然ガスをボイラーで燃焼させて蒸気を発生させ、この蒸気でタービンを回す発電方式。最も古くから利用されている
- ② ガスタービン：ガスを燃焼させることで高温、高圧になった燃焼ガスで直接タービンを回す方式
- ③ ガスエンジン：自動車エンジンのようにピストンを動かし発電を行う方式

上記3つの中では、ガスエンジン方式は技術的に大型化が難しいため電力会社の大型発電所では、蒸気タービンとガスタービンが使用されている。

また、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクル発電は、エネルギー効率が高いため燃料使用量が少なく、環境面からも優れた発電方式でLNG火力の主力となっている。

さらに、比較的小規模な天然ガス発電を行う場合、ガスタービンとガスエンジンが使用され、より効果的なエネルギー利用から、タービンやエンジンから出る排熱を回収、蒸気や温水として利用している。

**発電所の計画概要**

名	称:吉の浦火力発電所
建	設 地:中城村泊(新日本石油(株)沖縄油槽所跡地)
発	電 方 式:コンバインドサイクル発電方式
発	電 機 出 力:25.1万kW×4基
運	転開始時期:1号機 2012年度/2号機 2013年度/3、4号機 2016年度以降

図4-2、沖縄電力の時期電源

資料:沖縄電力ホームページ

(2)都市ガス利用

1923年の関東大震災後、配管網の復旧とともに都市ガスは家庭用の燃料として需要が増し、1950年代に入ると重油を原料とする油ガス発生装置が建設され、石炭不足のピンチヒッターとして使われ始めた。

1962(昭和37)年、ガス熱量が1m³辺り3,600kcalから5,000kcalへと変更され、供給能力も向上した。なお、この年はLPG輸入、パイプラインによる新潟天然ガスの導入等、ガス原料に大きな変化が見られた年でもあり、ガスの原料は「固体から液体へ」と大きく変化した。

LNG(天然ガス)は、生ガス中毒の元になる一酸化炭素が含まれず、硫黄分なども取り除かれているため、安全でクリーンなエネルギーとして需要が増えてきている。

沖縄県内では、那覇市を中心に浦添市、豊見城市、西原町、南風原町、中城村において約6万世帯に供給されている。

(3)LPG利用

LPGとは液化石油ガス(Liquefied Petroleum Gas)の略称で、原油や天然ガスの精製過程で生産され、主成分はプロパンとブタンである。常温では気体だが、比較的低い圧力(2~7気圧)で液化し、液化するとその体積は気体時に比して約250分の1に縮小するので、専用容器により何処へでも運搬可能である。

LPGのボンベにはカセットコンロ等で使われている250g入りのコンパクトなものから、500kg入りの大きなものまで、目的に応じていろいろなものがある。都市ガスとは異なり、ガスを供給するための導管網が不要なため個別供給が可能で、都市部のみならず山間部や離島など全国津々浦々で使用されている。

また災害時においては、都市ガスを復旧する場合、導管網の健全性の確認や修復が必要となるが、LPGの場合はその必要がないので一戸単位での復旧が可能である。

(4)天然ガス自動車

天然ガス自動車は、天然ガスを燃料として走る自動車で、光化学スモッグや酸性雨の原因となるNO_x(窒素酸化物)、CO(一酸化炭素)、HC(炭化水素)の排出量が少なく、SO_x(硫黄酸化物)が排出されないこと、また黒煙や粒子状物質がほとんど排出されないことから、環境負荷が少ない自動車である。

〔燃料のCO₂排出量〕

燃料自体のCO₂排出量を比較すると、天然ガスはガソリン・経由に比べて約25%少ない

・軽油	100
・ガソリン	97
・LPG	87
・CNG	75

天然ガス自動車には、「圧縮天然ガス自動車（CNG自動車）」や「液化天然ガス自動車（LNG自動車）」などがあるが、日本国内ではLNG自動車は実証実験段階である。市販されているCNG自動車の基本構造はガソリンエンジン車と同じである。

2010年時点で日本国内では40,000台を超える天然ガス自動車が走行しており、天然ガスを急速充填できるスタンドも330箇所を数え、宅配便トラックや都市ガス会社の作用用軽自動車を中心に普及してきており、バスの天然ガス化も進んでいる。

また、排気ガスがクリーンであることから工場や市場内での作業車であるフォークリフトなどでの利用も注目を集めている。

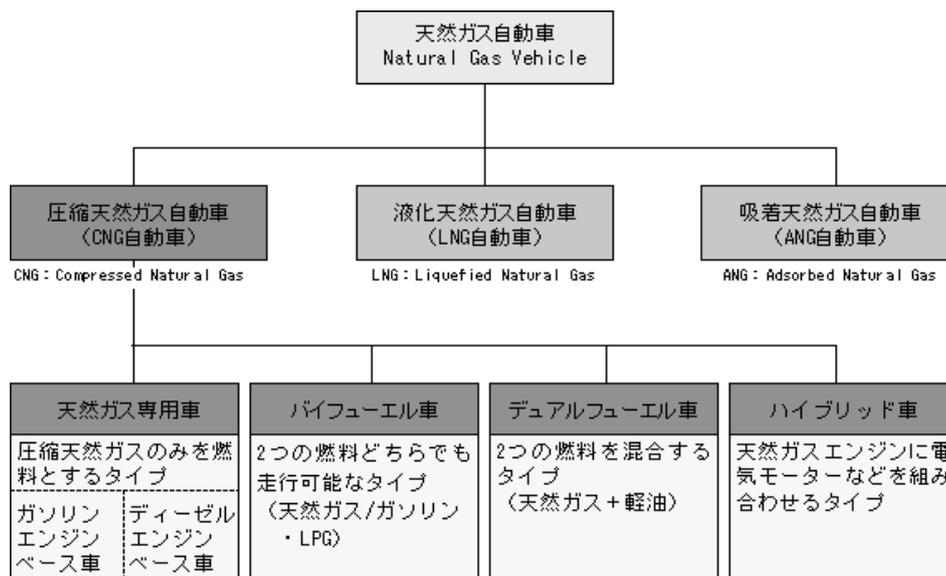


図 4-3、天然ガス自動車の種類

資料：一般社団法人 日本ガス協会ホームページ

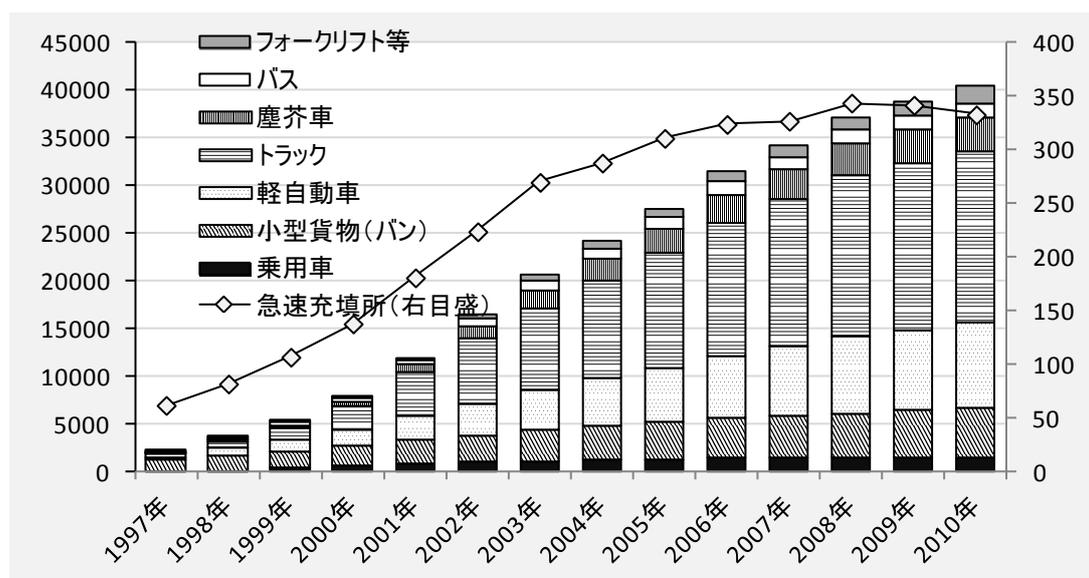


図 4-4、天然ガス自動車導入の推移

資料：一般社団法人 日本ガス協会ホームページ

天然ガス自動車は、日本では太平洋戦争前後の燃料不足の時代に天然ガスの採れる新潟県などで使われていたが、戦後に再び石油が輸入されるようになり、姿を消していった。しかし、排気ガスが深刻な社会問題となり、低公害車のエースとして再び、官公庁やガス会社を中心に、使用されるようになってきている。

世界では、アルゼンチン、ブラジル、パキスタン、イタリアなどの国で600万台以上の天然ガス自動車が走行しているが、環境に優しい天然ガス自動車の一層の普及のためには、一般の自動車に比べて割高である車両価格の低減、ガススタンドの普及などに取り組んで行く必要がある。

以下に次世代の切り札として今後、市場に出てくれるであろう「燃料電池自動車」の概略を示す。

燃料電池自動車とは？

- ①水素と酸素をくっ付けて電気と水を作るのが「燃料電池」で、これを積んで走るのが、燃料電池自動車である
- ②日本では、世界に先駆けて、平成14年12月に完成し、政府に納車されて町の中を走ることになっている
- ③電気を作るために水素を必要となるが、その供給方式として、以下の2種がある
 - ・車に積んだガソリンかメタノールから改質器を使って水素を作る「改質型」
 - ・作られた水素をボンベに入れ車に積んだ「直接水素型」
- ④現状では、改質型に比べてしくみが簡単なことから、直接水素型が今のところ主流である
- ⑤今後、さらに一般市場に普及させていく課題は以下が指摘できる
 - ・車体価格の低減、コストダウン
 - ・水素充てん所の整備（インフラ）
 - ・関係法規の規制緩和

(5)天然ガスコージェネレーションシステム

天然ガスコージェネレーションについては、東京ガスが普及を目指しているシステムについて、同社ホームページよりその内容を整理する。

天然ガスコージェネレーションシステムは環境負荷の少ない天然ガスを燃料に用いて、必要な場所で電気をつくり、同時に発生する排熱を蒸気・給湯・暖房・冷房などに有効利用するシステムで、大きく分けて3種類の方式があり、利用者の必要とする電力と熱の需要量及びそのバランスによって最適なシステムが模索されている。

ここでは東京ガスが普及を目指している天然ガス推進している

①ガスエンジンシステム

発電と同時に排熱を主に蒸気と温水として回収し、冷暖房・給湯等に利用するもので、数kWから工場向けの数千kWのものまで多くの種類がある。

②ガスタービンシステム

発電と同時に排熱を主に蒸気として回収するもので、熱需要の多い工場・地域冷暖房プラント等に主に導入されている。

③燃料電池システム

水の電気分解と逆の反応を利用し、天然ガスから取り出した水素を燃料として高効率で発電し、同時に発生する熱を蒸気または温水として回収する。

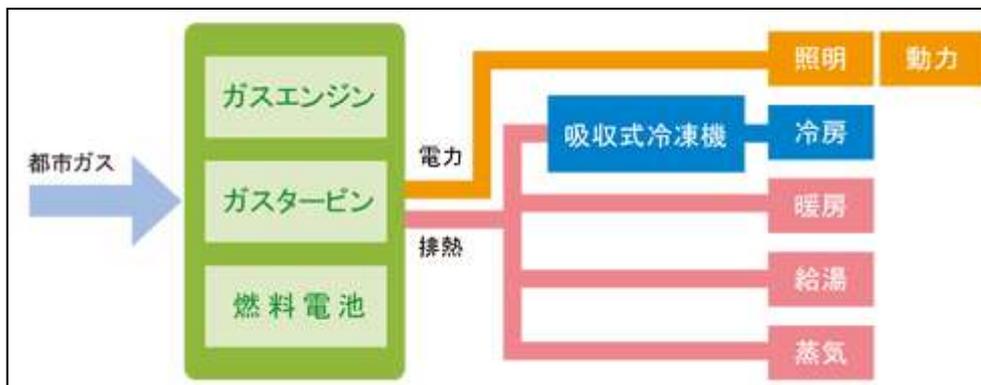


図 4-5、天然ガスコージェネレーションシステム概略図

出典：東京ガスホームページ

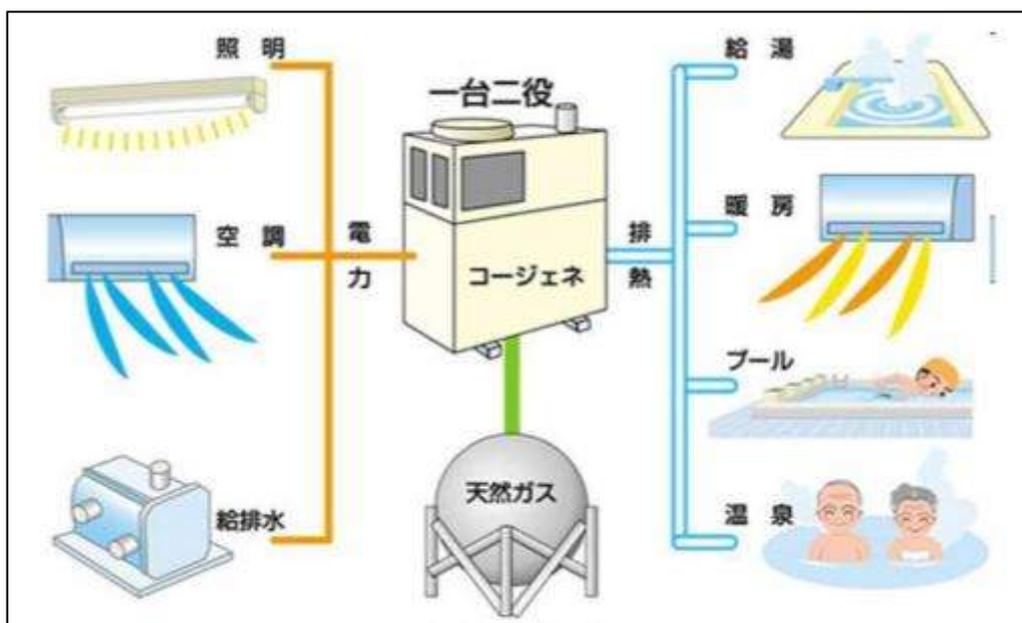


図 4-6、天然ガスコージェネレーションシステムの活用イメージ図

出典：神戸市ホームページ

ア)天然ガスコージェネレーションシステムの環境性

天然ガスコージェネレーションシステムは、電気と熱を必要とする場所で発電し、同時に得られる熱を有効に利用することで最適なエネルギー利用を図る「分散型エネルギーシステム」である。

従来の「集中型発電方式」では、発電所で発生する熱を有効利用するのが困難である。一方、天然ガスコージェネレーションシステムは排熱を工場の生産工程、ホテルや病院の給湯や蒸気供給、ビルの冷暖房、温水プールの加温などに利用することができる。また、作った電気と排熱を遠くに運ぶ必要がないため、エネルギーの輸送による損失もない。

現在、商品化されている天然ガスコージェネレーションシステムの中には、発電効率が系統電力の平均的需要端効率を越えるものもあり、さらに排熱を有効利用することで大幅な省エネルギーが可能である。

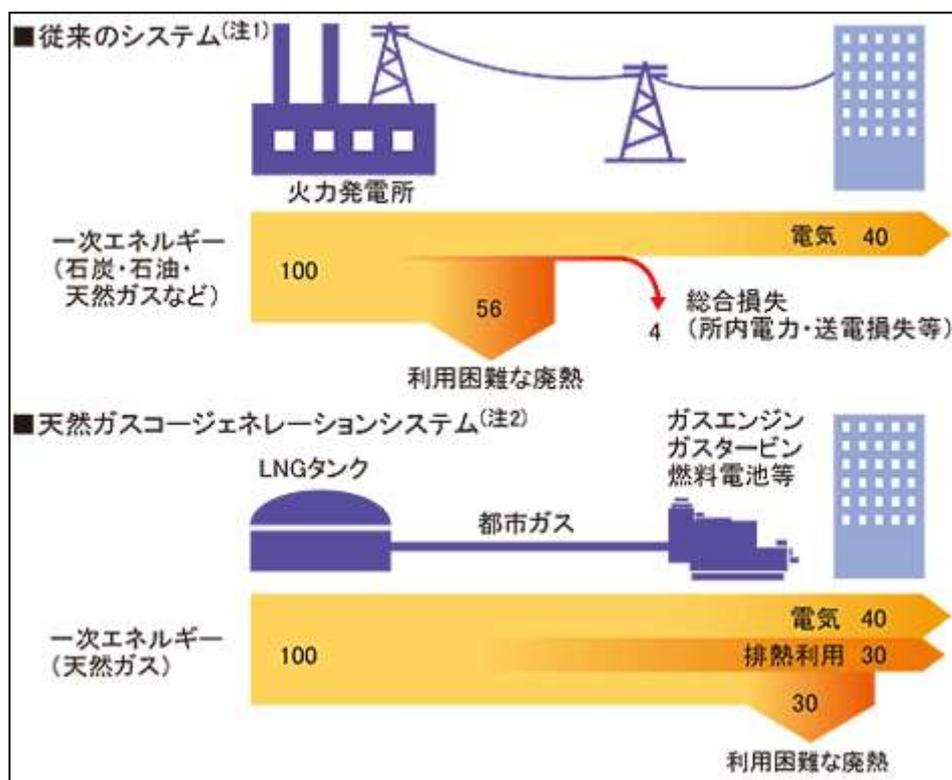


図 4-7、天然ガスコージェネレーションシステムによるエネルギーの有効活用

注 1: LHV(低位発熱量: 燃料を燃焼させた時の水蒸気の凝縮潜熱を含めない発熱量) 基準。火力発電所の熱効率及び総合損失は、9 電力会社及び卸電気事業者の平成 15 年度運転実績(省エネ基準部会 2005 年 9 月)から算定

注 2: 天然ガスコージェネレーションシステムの効率は LHV(低位発熱量) 基準での一例

資料: 東京ガスホームページ

イ)天然ガスコージェネレーションシステムの普及状況

東京都周辺では、2010 年度末には、累計 1,512 千 kW の天然ガスコージェネレーションシステムが稼動している。これまで普及が進んできた熱負荷の大きな工場・商業用施設等に加え、発電出力が 1kW から数 10kW の小型コージェネレーションの開発等により、家庭用のほか中小規模の民生用などのより幅広い分野での導入が進んでいる。

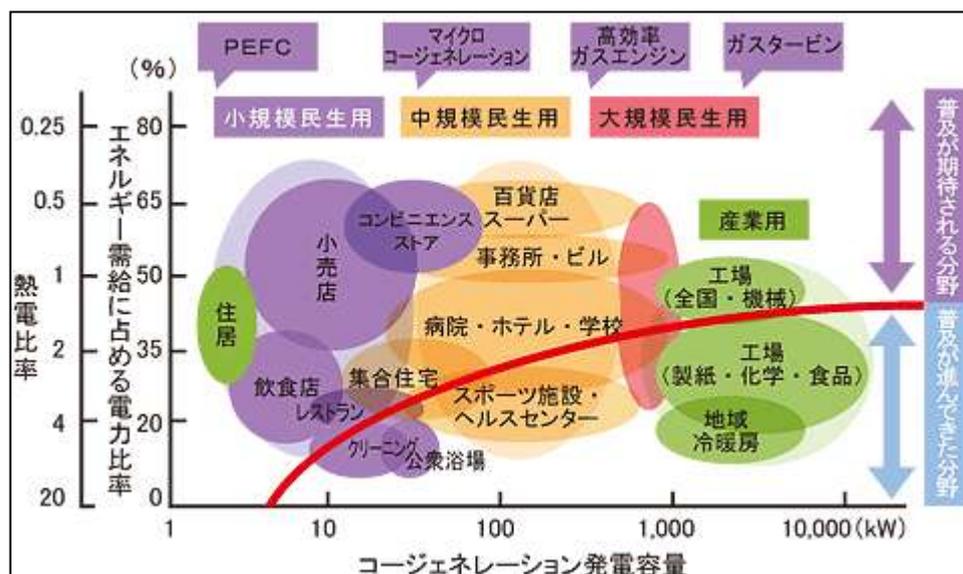


図 4-8、コージェネレーションシステムの発電容量

資料：東京ガスホームページ

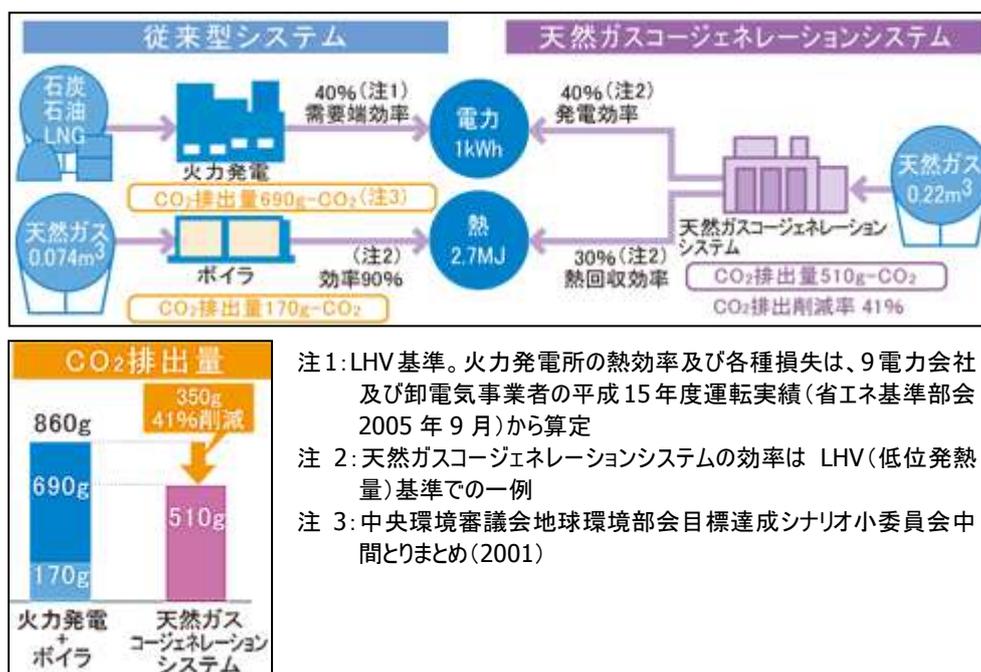


図 4-9、従来型システムと天然ガスコージェネレーションシステムの CO₂ 排出量比較例

資料：東京ガスホームページ

ウ)天然ガスコージェネレーションシステムのさらなる高効率化

ガスエンジンの発電効率はミラーサイクル方式の採用などによる技術開発の成果により 300~1000kW の中規模のものでも 40%を超えるものが主流になるなど、従来に比べて大幅に向上している。

また、将来的にはさらなる高効率化技術として、固体酸化物形燃料電池 (SOFC) や、

熔融炭酸塩形燃料電池（MCFC）等の高温作動型燃料電池からの高温の排ガスをタービンに用いて複合発電を行うことで60%以上の発電効率の実現が期待されている。

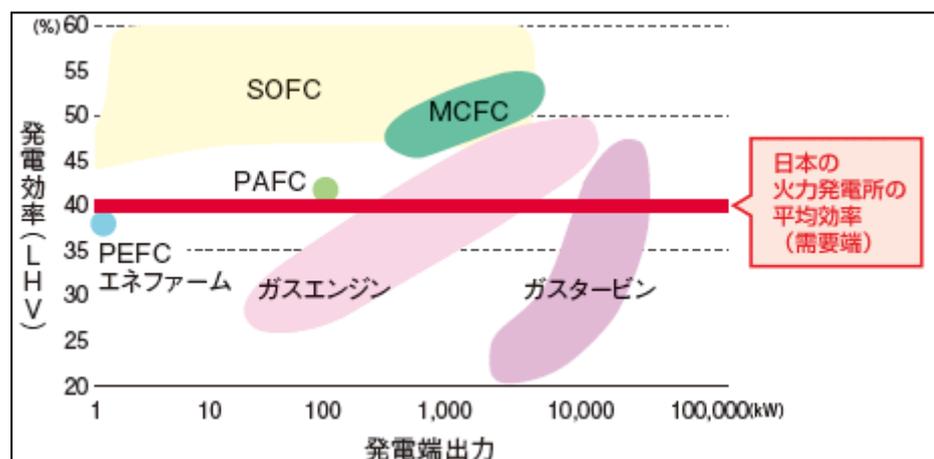


図 4-10、天然ガスコージェネレーションシステムの発電効率

資料: 東京ガスホームページ

エ) 熱のカスケード利用

限りあるエネルギー資源を有効に利用するためには、利用されずに捨てられてしまう熱エネルギーを活用する、より効率的なエネルギーの供給・利用システムの構築が必要である。一度発生させた高温の熱は、より低い温度でも利用できる用途に段階的に利用することにより、同じ一次エネルギーの投入量で、効率的な利用が可能となる。これは、水が階段状の滝（カスケード）を流れ落ちる様子にたとえて、熱のカスケード利用（多段階利用）と呼ばれている。

天然ガスコージェネレーションシステムは、1,500℃以上の高温エネルギーを、まず発電機の動力として使い、その排熱を蒸気や温水として利用することで、熱の高効率なカスケード利用を実現するシステムである。電気と熱を効率よく取り出すため、総合エネルギー効率が高く、また CO₂ 排出量についても、従来システムの約 3 分の 1 を削減することができる。

オ) 分散型電源(オンサイト電源)

火力・原子力・水力などの大規模な発電所で発電し、需要家に供給する方式を一般に「集中型電源」という。この方式では、発電所が都市部などのエネルギー需要地から離れていることが多く、発電の際に発生する熱の利用が容易でないため、その多くが利用されていない。

一方、工場や住宅、オフィスビルなどの需要地に設置し、必要量を発電する方式を「分散型電源（オンサイト電源）」という。発電設備が需要地に近接していることから、送電によるロスが少ないという特徴がある。分散型電源には、コージェネレーションシステム、燃料電池、太陽光発電、風力発電などがあるが、特に排熱を需要地で有効に活用

できるコージェネレーションシステムは、分散型電源のメリットが有効に活かされるシステムである。

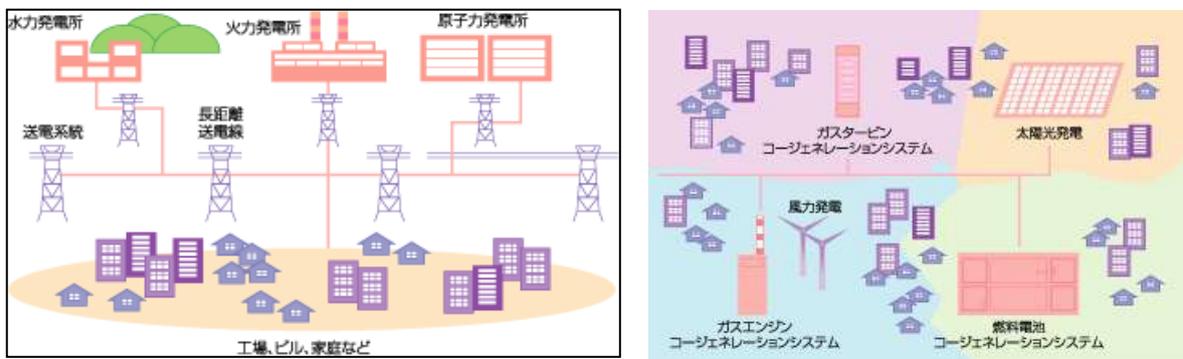


図 4-11、「大規模集中型電源(左)」と「分散型電源(右)」

資料:東京ガスホームページ

(6)マイクロガスタービン

マイクロガスタービンは、天然ガスを燃料とする超小型のジェットエンジンに類似したガスタービンを駆動源とする発電機兼温水供給器である。燃料には灯油を使うものもあるが、発電規模は20～300kW級のものがある。

特徴は、空気圧縮機やタービンに遠心型を利用しており、同クラスのエンジン型の駆動源を持つ発電機と比べて小型、軽量であり、低価格となっている。

また、マイクロガスタービンは空気圧縮機、タービン、発電機が一体となり回転することから構造がシンプルであり、保守管理が容易であり安価でもある。

表 4-1、マイクロガスタービンとガスタービンの比較

	マイクロガスタービン	ガスタービン
ガス組成	圧縮機：遠心型 タービン：遠心型	圧縮機：軸流型が主 タービン：軸流型が主
圧縮比	3～5	11～23
燃焼温度(°C)	700～900	1,100～1,500
回転数(rpm)	60,000～120,000 (発電機一体型が主)	3,000～30,000
軸受	電気軸受／潤滑軸受	潤滑軸受
出力(kW)	1～300	≥300
サイクル	再生熱交換器	排熱回収ボイラー
熱供給形態	温水	蒸気

資料:トコトンやさしい天然ガスの本(日刊工業新聞社)

利点としては、燃焼による排気を利用し、燃焼用の圧縮空気を加熱(再生熱交換器)することにより燃焼効率を高めることができ、同時に排気を排熱回収装置(熱交換器)

に通すことにより、温水供給も同時に行うことができる。

しかし、マイクロガスタービンは小型で高速回転であることから、タービン温度の冷却効率を高めることが難しく、燃焼温度を 700～900℃と一般のガスタービンと比較して低く抑えてある。この方法は予混合希薄燃焼方式と呼ばれ、予め燃料と空気を混合して火炎温度を下げるため NO_x を低減させる (10～25ppm) ことができるので、環境保全に優れている。

マイクロガスタービンの発電効率は 30%程度であり熱も利用する総合効率は 80%程度と優れている。

(7) LNG の冷熱利用

低い温度が持つ力を冷熱エネルギーと言うが、LNG はメタンを主成分とした天然ガスを冷やして液体にしたもので、温度はマイナス 162℃、体積は気体時の約 600 分の 1 である。これを燃料として使う場合、温水などと熱交換をして再度気体に戻すが、このときにマイナス 162℃から大気温度までの温度差と、600 倍に膨張する力をエネルギーとして利用する。

これが LNG の持つ冷熱エネルギーで、これを活用すれば省エネに役立つことから、様々な利用方法が考えられている。

LNG の冷熱利用としては、二酸化炭素をマイナス 60℃に冷却すると液化二酸化炭素が、マイナス 80℃でドライアイスが製造できる。空気を冷却して製造する液化酸素、液化アルゴン、液化窒素の製造にも利用できる。また、冷媒液を冷やすことに使うと、冷媒圧縮機が必要なくなり、騒音のない省エネ型の冷凍機や冷蔵庫に利用することもできる。

LNG の冷熱は発電にも利用でき、LNG 気化基地では LNG を気化させる時の膨張力でタービン及び発電機を回転させて発電する。

また、LNG の直接の膨張力でなく、沸点の低いエタンやプロパンを循環流体とし、LNG の冷熱で液化し、これらが気体になるときの膨張力によりタービンを回して発電するランキンサイクルと呼ばれる方法がある。

さらには、直接膨張とランキンサイクルを組み合わせた方式もあり、これらは LNG 冷熱発電と呼ばれており、日本では 1,000～1 万 kW の発電機が都市ガス会社等の LNG 基地に設置されている。

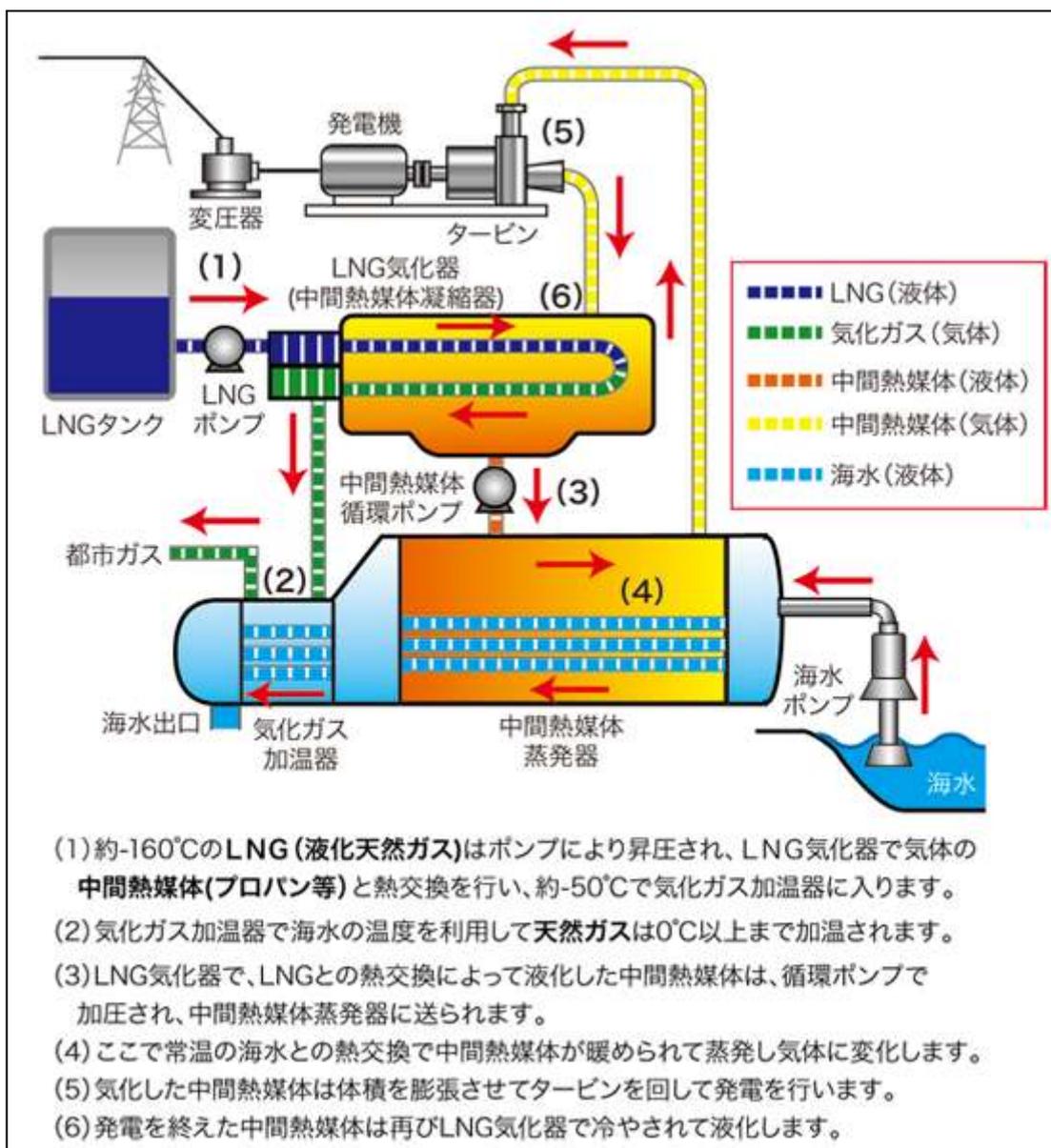


図 4-12、LNG 冷熱発電の仕組み(ランキンサイクル型)

資料:テムズ中日株式会社ホームページより

2)天然ガスの化学反応による高度利用

(1)化学原料としての天然ガス

有機化学工業の主原料は、石炭から石油に移行しており、これからは「天然ガスが原料」の時代になろうとしている。この流れの要因は、その時代に豊富にあり、安価に使われてきた化学燃料が、化学原料として非常に魅力があったため、今後もその潮流は続くものと考えられる。

天然ガスは不純物が極めて少ないため、これを原料として生産された製品(以下参照)は、純度が高いという特徴がある。

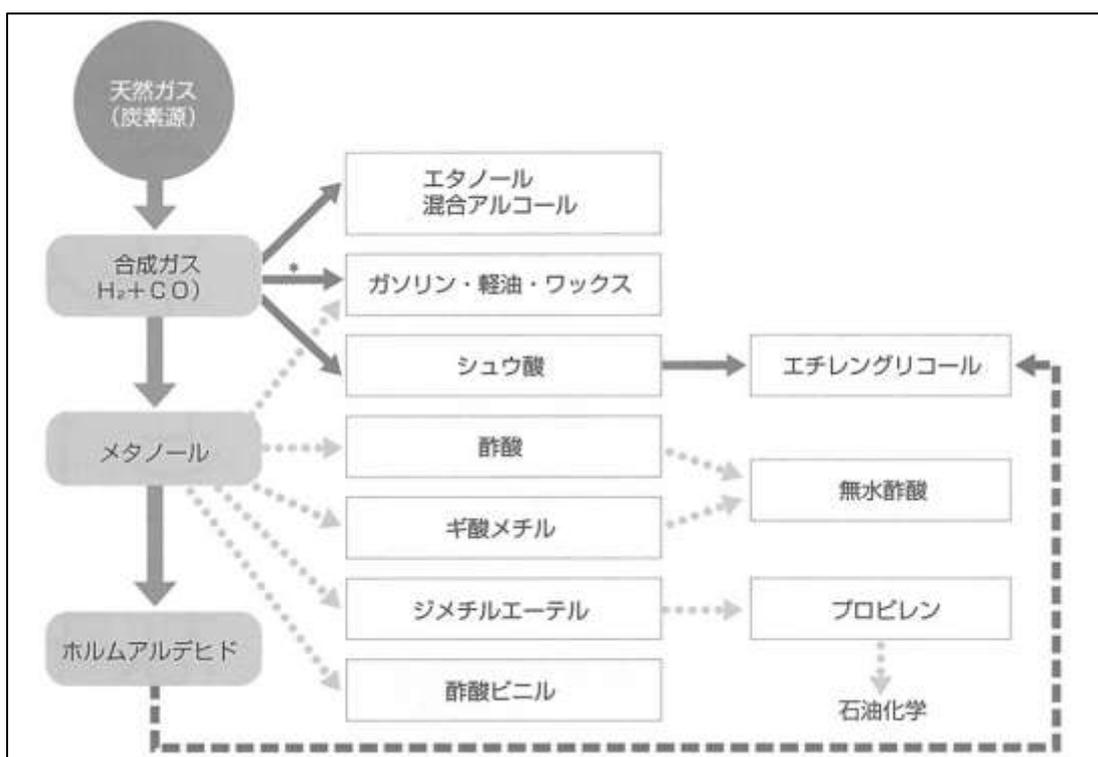


図 4-13、天然ガスを原料とした化学製品(例)

資料: トコトンやさしい天然ガスの本(日刊工業新聞社)

注意: *の反応をフィッシャートロプシュ(FT)と呼ぶ $n\text{CO} + (2n+1)\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + n\text{H}_2\text{O}$ (例: ガソリン)

(2)ガストゥーリキッド(GTL)

ガストゥーリキッド (GTL) とは、天然ガスを液体燃料に変えることを言う。

天然ガスから転換される製品には、C₃、C₄などのLPG、ガソリン、灯軽油、含酸素化合物(分子の中に酸素が入っているもの)であるメタノールやDME(ジメチルエーテル)がある。これらの製品は、いずれも天然ガスから以下の3工程を経て製造される。

- ① 天然ガスを高温高圧で、反応性の高い合成ガス(COとH₂の混合ガス)に転換する工程
- ② 合成ガスから灯軽油や含酸素化合物などを合成して粗製品を製造する工程
- ③ 粗製品をメイクアップして販売できる製品にする工程

このうち、②の工程の相違（②の工程の触媒や反応温度・圧力等の反応条件の相違）により、製造される製品が異なる。

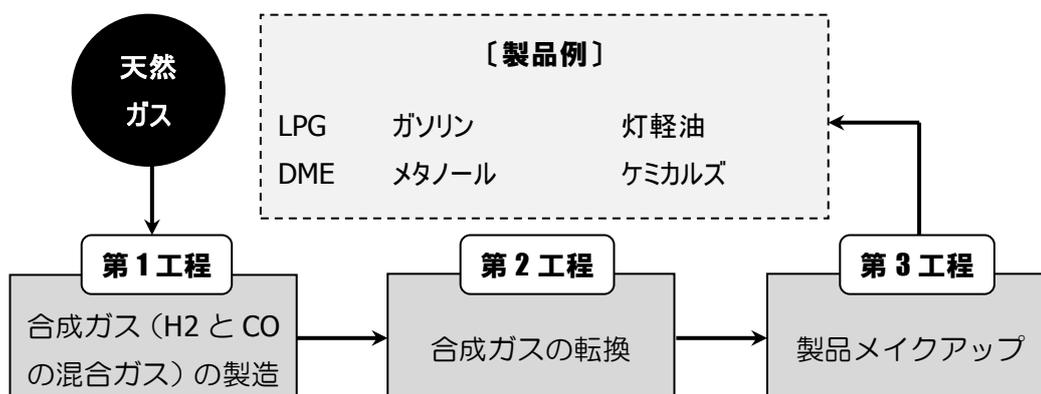


図 4-14、GTL プロセス

GTL のメリットとしては、天然ガスはガス体であることから輸送が困難で、莫大なコストが掛かるという問題があるが、GTL は輸送し易い液体に変換することでこの問題を解決できる。また、GTL 製品は、製造工程で原料である天然ガスから硫黄分や窒素分が除去されるため、環境に比較的優しい製品となる。ことなどが挙げられる。

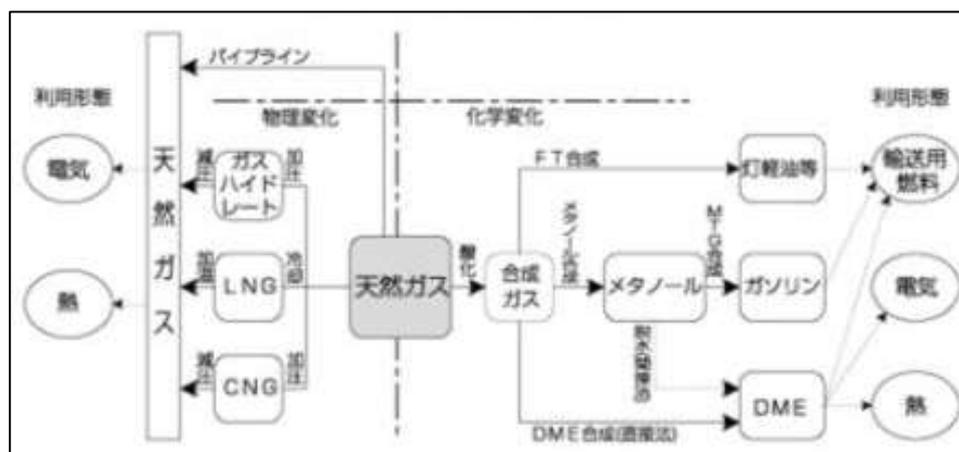


図 4-15、天然ガスの GTL 技術の位置づけ

出典：石油公団石油開発技術センター「天然ガス液体燃料化技術開発と今後の展望について」より

ア)メタノール製造

天然ガスを原料として製造される GTL の 1 つであるメタノールは、化学式 CH_3OH で表される最も簡単なアルコールである。原料は石炭やナフサなど、炭素と水素を持ついずれの炭化水素資源からも製造できるが、天然ガスから製造する場合が技術的に最も容易で、経済性も高いため、現在製造されるメタノールの 90% を占めている。

メタノールは、化学用途を中心に現在、世界中で 3,200 万トン/年程度生産され、需要も年々増加している。メタノールは分子中に酸素を含んでおり、比較的化学反応しやすいので、化学原料として有用である。また、水素を製造することも天然ガスや石油などよりも容易である。

さらには、メタノールはそのままでも発電や自動車の燃料としても活用可能だが、メタノールそのものの単位体積当たりの発熱量は、石油の半分程度である。

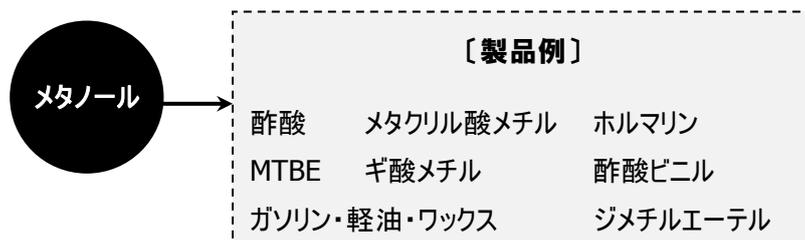


図 4-16、メタノールからの派生製品

イ)DME 製造

化学式 CH_3OCH_3 で表される最小エーテル DME (ジメチルエーテル) は、常温常圧時は気体であるが、室温では LPG と同等の 6 気圧程度で容易に液化し、扱いやすくなる。

DME は、メタノールや灯軽油と同様、合成ガスが製造できる種々の原料から製造可能ではあるが、天然ガスから製造するのが最も容易で、コストも安価である。

天然ガスから DME を製造する場合、大きく 2 つの製造方法がある。

- ① 天然ガスからメタノールを造り、メタノールを脱水する方法 (間接合成)
- ② 天然ガスを合成ガスに転換し、これをメタノールにすることなく、直接 DME にする方法 (直接合成)

現在、②の直接合成法の商業プラントはないが、1,000 トン/日の実証プラントで実験が行われており、いつでも商業プラントを設計できる状態となっている。

DME は容易に液化し、燃焼しやすく、燃焼時に PM (粒子状物質) の排出もなく、燃料そのものがクリーンで毒性も少ないこと、燃焼時の自己着火性を示すセタン価が高くディーゼル機関の燃料として適切なこと、水素を比較的容易に取り出しやすいことなど、利用に関して様々なメリットがある。このため、既存燃料に代わる燃料としての利用技術の開発が行われており、分野としては発電、自動車、燃料電池等に及んでいるが、既存のインフラや装置の改造などの追加投資が必要である。

3)付随水利活用の動向

(1)ヨード利用

ヨード（ヨウ素）は、水溶性天然ガスの付随水（かん水）に含まれており、日本の生産量は世界の約3割を占め、国内では千葉県での生産が約8割を占めている。

ヨウ素は、人体の生存や成長に不可欠な元素であり、古くから医薬用に利用されており、現在は飼料や写真、色素、農薬、殺菌・消毒、電子材料等の広い産業分野で利用されている。ヨウ素は海藻や魚介類等から摂取できるが、海産物の摂取の少ない地域では、ヨードの不足による発育不全等、ヨード欠乏症などがある。

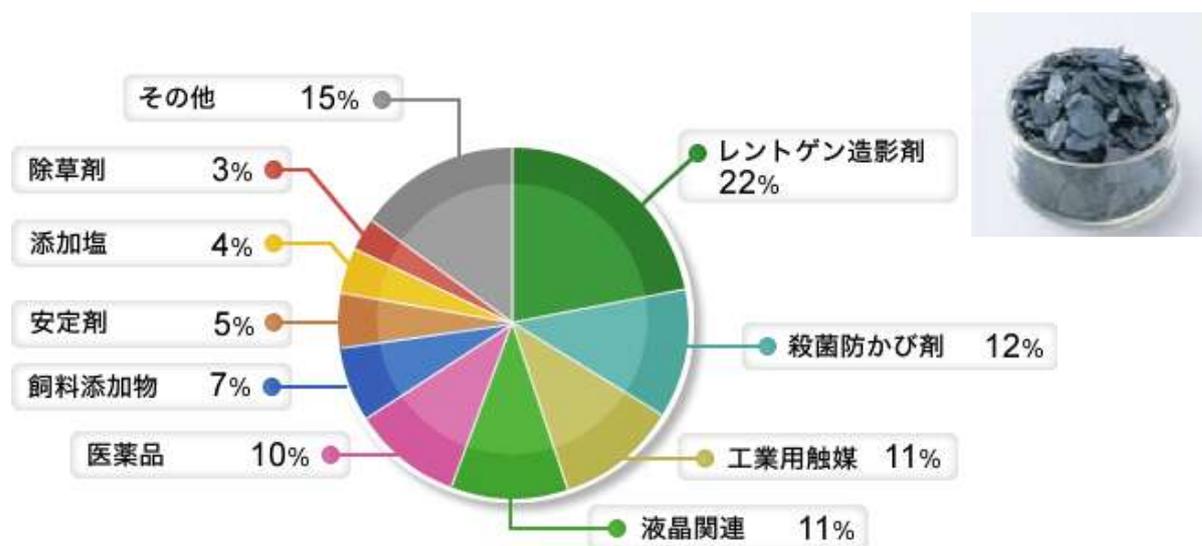


図 4-17、ヨードの用途

資料：関東天然瓦斯開発株式会社ホームページより

(2)ウェルネスメニュー利用(スパ・エステ、温泉等)

海水や温泉水を利用したバーデハウスやタラソテラピー、スパ・エステなどは、リゾート地である沖縄でも取り組みが盛んである。水溶性天然ガスの付随水は海水と同様な性質を持つため、海水及び海洋深層水を利用しているタラソテラピー施設と同様な施設において付随水を利用することが可能である。

海水や海洋深層水は温度が低いために、温泉水として利用するためには加温が必要であり、加温のためのエネルギーコストが上昇することが懸念される。しかし、付随水の場合、温度が40～60度程度あるため、加温の必要がなく、水溶性天然ガスが自噴する深度まで井戸を掘削すれば付随水をくみ上げる電気料金も削減できる。事業者としてはエネルギーコストを抑えながら魅力あるサービスを提供できる。また、付随水に含まれるヨウ素はアトピーに有効といわれており、付随水は療養としても活用できる。



宮古島シガラリゾート(宮古島市)



ユインチホテル南城(南城市)の天然温泉
※4月オープン予定

(3)健康・医療分野等への貢献

海洋深層水の商品化が盛んな高知県では、海洋深層水を原料とし、塩分のみを取り除いた「健康飲料」や海水を煮詰めたものから塩を取り除いてできた「にがり」など多くの飲料が商品化されている。また、化粧水や化粧品も多く商品化されており、健康分野においても海洋療法や製薬など様々な利用法が考えられている。付随水(温泉)は、海洋深層水と同様にミネラル豊富なことから、商品化が可能であるといえる。その際に、海洋深層水から開発された商品は参考になる。

ただし、商品化するための課題として、付随水関連商品と海洋深層水関連商品の特長を明確に打ち出すことが重要な点である。

(4)第一次産業への貢献

海洋深層水開発における水産業では、養殖用の水として海洋深層水をそのまま用いていることから、付随水利用でもこれが応用できる。これは、海洋深層水の特長である「清浄性」及び「富栄養性」を利用したもので、一般の養殖では化学肥料が使われているが、海洋深層水では亜鉛やカロチン等の有用成分が多く含まれているため、肥料を施す必要がないと報告されている。これは、家畜の飲料用(免疫力向上)や養殖(魚介類、海藻類)などに応用ができると考えられる。

また、付随水の熱を利用した温度差発電は、新エネルギーの一つとして位置付けられており、有効な利活用の一つである。温度差発電は、約25~80℃の温水と約5~20℃の冷水による温度差(15℃以上)で発電する発電システムである。温水としては、温泉水、海の表層水(約25~30℃)、工場排水及び船舶のエンジン冷却水の排水(いずれも約60~80℃)などが挙げられる。その中で、温泉水を熱源として利用しているものを温泉水温度差発電(STEC: Spring Thermal Energy Conversion)という。温度差発電は化石燃料を使用せず、二酸化炭素を排出しない環境に優しい発電方式である。また、大規模開発された地熱エネルギーを除く地下エネルギー(温泉水など)は、発電用には向いていないとされていたが、現在、温泉水を利用した発電が高効率で可能なウエハラサイクルが開発されている。従って、付随水を利用した温度差発電も可能である。この技術を活

用し、養豚団地のメタン発酵施設の加温やラン種苗栽培ハウス加温などを行うことが考えられる。

また、近年県内で導入が進んでいる「植物工場」でも水溶性天然ガスとかん水は十分に展開可能であり、地産地消の取り組みに貢献することが考えられる。

4) 県内の活用事例

県内の活用事例については、本調査側線に基づき、現在稼働している温泉施設及び過去の調査による沖縄県所有抗井付近で実施した。

	名称	所在地
1	エナジック天然温泉アロマ	沖縄県宜野湾市大山 7-7-1
2	ロワジールホテル沖縄・三重城温泉	沖縄県那覇市西 3 丁目 2-1
3	スポーツクラブジスタス・浦添の湯	沖縄県浦添市沢岬 2 丁目 23-1
4	ユインチホテル南城内湯処さしきの猿人の湯	沖縄県南城市佐敷新里 1688

表 4-2、県内坑井の概要

	A 坑井	B 坑井	C 坑井	D 坑井
掘削深度(m)	1,300	800	1,560	2119.49
ガス自噴量 (m ³ /日)	—	1,000	3,000	330~466
ガス質	メタンガス	メタンガス	94%メタンガス	94.5%メタンガス
ガス水比	—	1.4:1	2:1	1.43~2.02:1
取水規模	—	—	300	—
温泉自噴量 (t/日)	毎分 740 ㍲	毎分 442 ㍲	毎分 1,170 ㍲	毎分 160 ㍲
泉質	ナトリウムー塩化物温泉	ナトリウムー塩化物温泉(ヨウ素含)	ナトリウムー塩化物強塩温泉	ナトリウムー塩化物強塩温泉
水温	40.1℃	40.6℃	54.0℃	57.5℃
用途・目的	温泉施設	温泉施設	温泉施設	温泉施設
利用者	一般顧客	一般顧客	一般顧客	一般顧客

(1) 県内活用事例調査

① エナジック天然温泉アロマ(宜野湾市)

エナジック天然温泉アロマは、2010年にリニューアルオープンした施設。宜野湾大山の地下1,300mから採取した天然塩化物泉（Ph値 8.20）を活かした多彩なお風呂を完備している。

施設内には日本庭園の露天風呂、ジェットバス、打たせ湯、サウナ、リラクゼーションサロンなどの設備があり、加水加温無しの源泉かけ流しである。温泉の湧出量は毎分740ℓ（自噴）で、700t/日の出水があるが、施設では400t/日の使用で十分なため、調節弁にてコントロールしている。

当温泉井では、付随ガスはガスセパレーターから大気中に速やかに放出している。ガス利用については今後の課題と考えている。



温泉井



ガスセパレーター



日本庭園と露天風呂



泡風呂・寝湯



檜風呂

②ロワジールホテル沖縄・三重城温泉(那覇市)

那覇市のポートエリアに、シティリゾートとして立地する当ホテルでは、天然温泉が魅力の一つとなっている。地下 800m から湧出する 40.9℃の温泉は、ナトリウム塩化物泉で、毎分 442ℓ (自噴) の湧出量である。婦人病・皮膚病・外傷・火傷・虚弱児童・美肌・保湿保温効果・新陳代謝促進に効果があると言われている。

ロワジールホテルは、水溶性天然ガスの付随水を利用した温泉は完備していたが、温泉に含まれる水溶性天然ガスについては未利用で、付随水と同時に得られた天然ガスは大気中に空中放散している状況である。そのため、このような天然ガスの空中放散は地球温暖化を促進させる原因となっている。

環境問題から考えると天然ガスの空中放散は問題であるため、平成 14 年 10 月より、沖縄県産官学共同研究事業として水溶性天然ガスを用いた発電システムが実証プラントとして運転を行った。発電された電気はホテルへ供給し、また、発電時に 400℃の廃熱が出ることから、ホテルのボイラー配管と連結して給湯も行った。導入されたマイクロガスタービンの発電電力は約 60kW であり、これはツインベースの客室 30 室分をカバーする規模となった。また、発電電力の年間電力料金は、換算によると 500 万円前後のコスト削減につながり、給湯に関わる費用もコスト削減になった。

コージェネレーションシステム発電機の所有権と運営・管理はオーピーエナジーが行っており、ホテルはオーピーエナジーから電気及び熱を購入していたが、購入金額や発電機の修繕費等の兼ね合いから現在は発電休止となっている。



井戸設備



天然温泉

③スポーツパレスジスタス・浦添の湯(浦添市)

当施設は財団法人沖縄県保健医療福祉事業団が所有する施設（旧健康増進センター）を民間フィットネス事業者（株式会社フィットネスプロモーション）へ定期賃貸借契約（2005年から15年間）により賃貸している。また、敷地内から湧出する温泉は、民間フィットネス事業者が運営する施設（スポーツパレスジスタス浦添：2010年度施設利用者数541,177人）にて浦添の湯として提供されている。

当坑井の掘削工期は1998年の6～12月の6ヶ月間で行われ、島尻層の下位にある名護層の千枚岩破碎帯から取水している。掘削深度は1,560mで、取水規模は300m、温泉自噴量は1,500t/日、泉質はナトリウム-塩化物強塩温泉、源泉温度は54℃である。天然ガスについては、ガス自噴量が3,000 m³以上/日あり、ガス成分の94%がメタンガスで、ガス水比は2対1となっている。

当施設では、温泉を汲み出す際に生じる水溶性天然ガスを燃料とするコージェネレーション（分散型発電）設備を設置している。事業団の所有する土地（132 m²）を鉱業権者である株式会社シントーへ2010年から10年間の契約で賃貸している。しかし、現時点ではガスを空中放散している状況である。その理由として、鉱業法第64条における坑井から半径50m圏内の許可が不完全なためである。坑井の周辺には一般住宅などが立地しており、住民の許可を得ることが困難で、約1億7千万で整備したコージェネレーション設備の稼働は未定となっている。



ガスホルダー等設備



井戸設備



コージェネレーション設備

④ユインチホテル南城内湯処さしきの猿人の湯(南城市)

ユインチホテル南城では、2012年4月に温泉施設がリニューアルオープンする予定であり、地底2,119~1,500mの約500万年前(新生代新代三紀・鮮新世)の地層から湧出する温泉と約5,400万年前(古第三紀始新世)の地層から湧出する温泉がブレンドされたものとなっている。一般海水の約8割の塩分量が含まれており、メタケイ酸やカルシウム、ヨウ素、鉄及び栄養塩類等が多く含まれるなど、一般海水とは全く異なる性質を有している。



ユインチホテル南城

2009年度には、本島南部の地下に存在する水溶性天然ガスの活用に向けて試掘が実施された南城市佐敷の南城ユインチ鉱山で、これまでガスの存在が明らかになっていた島尻層群の下の基盤岩(深度約2,000~2,100m)に新たな貯留層と熱分解ガスの存在が確認されたことが分かり、本島南部の地下の新たな資源の発見により、天然エネルギー活用の可能性が広がっている。

ユインチ鉱山は、タピック沖縄(南城市)が経営する南城市佐敷の「ユインチホテル南城」の敷地内にあり、試掘は経済産業省の2009年度天然ガス探鉱事業で、事業主体は同社と県、同鉱山の犬見謝恒慈路鉱山所長の3者である。掘削は2009年9月から12月まで行い、掘削と同時に本格的な地質解析を実施した。2010年1月にはガスの専門的な分析を行っている。

本島南部一帯の地下にはガス田の存在が確認されていたが、基盤岩の構造はこれまで解明されていなかった。今回の掘削深度2,119.49mは沖縄陸域での掘削では最深となる。島尻層群にある水溶性天然ガスは微生物の作用で生成されたものであり、基盤岩にある熱分解ガスは地熱により有機物が分解されてできるガスで、石油や天然ガスが生成される過程で発生する。主成分はいずれもメタンとなっている。今回、地質解析を行った地球科学総合研究所は今回の発見により、地下にさらに重いガスや石油が出る可能性もあると期待しており、ガスの量や能力を知るため、陸だけでなく海も含めた面的な調査が必要としている。



ガスホルダー



井戸

第4章 天然ガス利活用の現状と課題

なお、同ホテルにおいては、2012年度より①電力と熱に利用、②付随した温水は、天然温泉として利用、③熱電併用供給システム（コージェネレーションシステム）、④トリジェネレーション等を稼働予定であり、こうした地下資源を活用した観光事業のモデルとして推進していくこととしている。

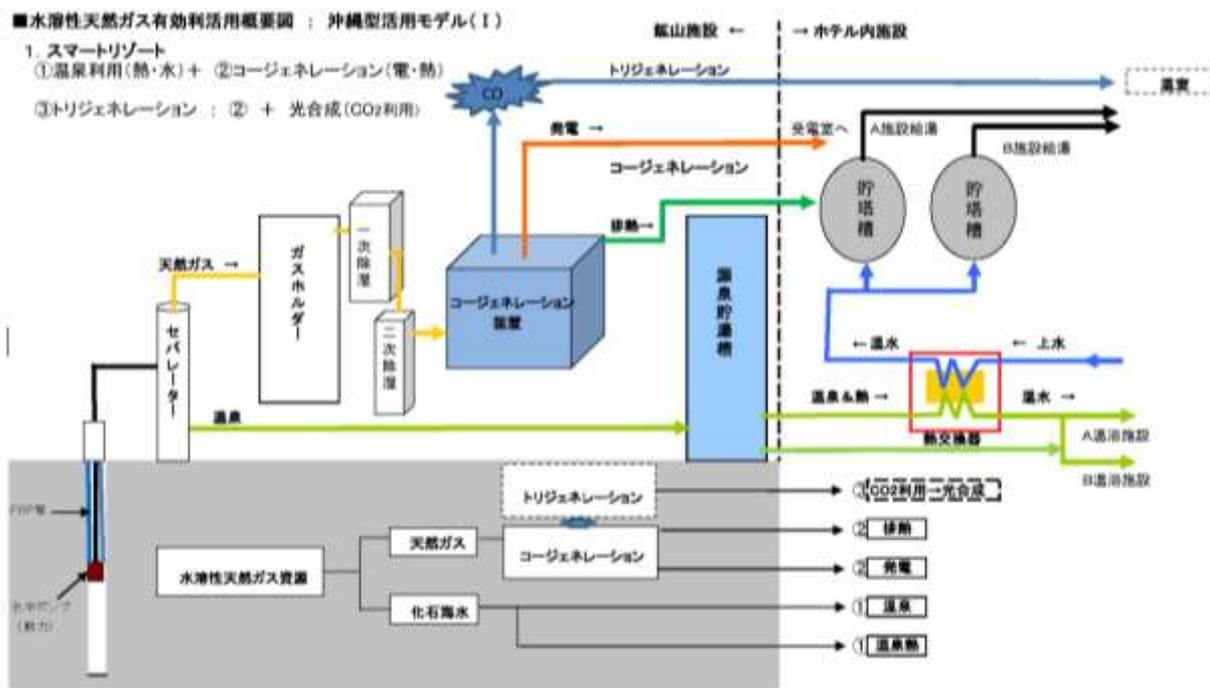


図 4-18、温泉・コージェネレーション等の利活用図
 資料：ユインチホテル南城より

スマートアグリ・モデル事業＝施設園芸脱石油イノベーション推進事業

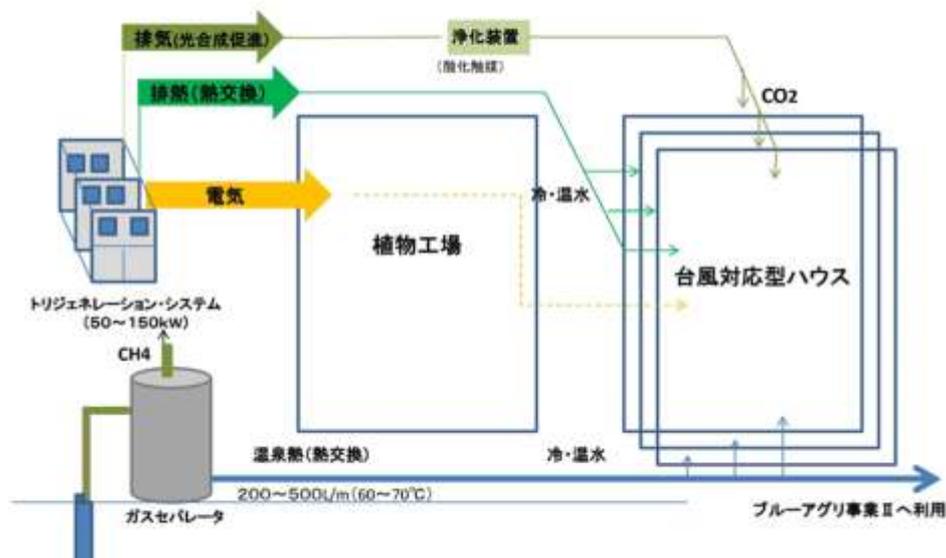


図 4-19、トリジェネレーションの利活用図
 資料：ユインチホテル南城より

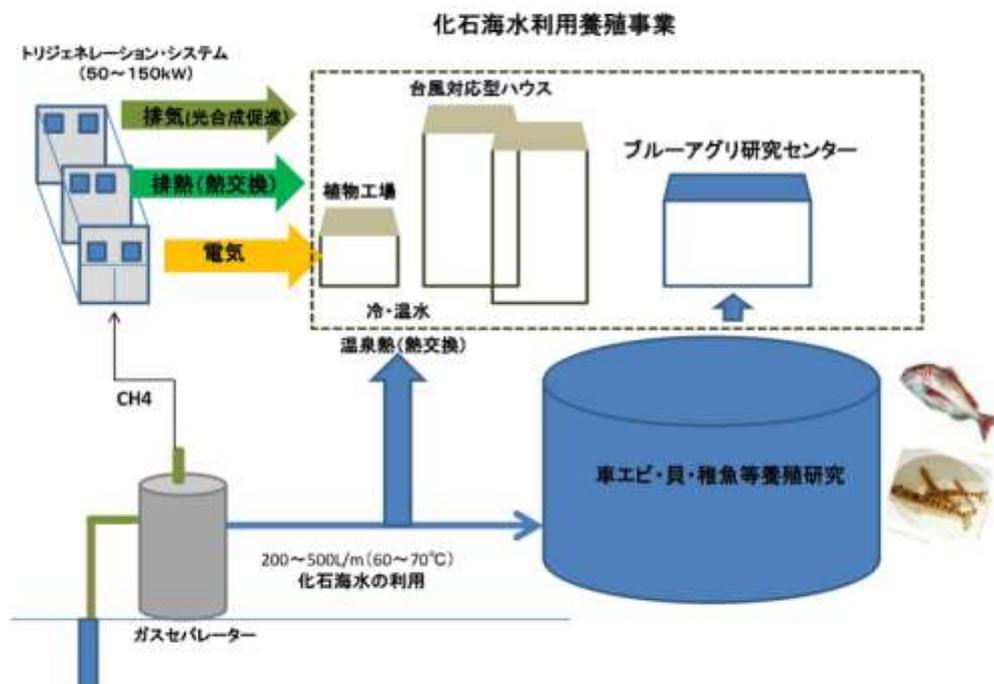


図 4-20、養殖研究等への利活用図

資料:ユインチホテル南城より

《その他県内活用事例》

液化天然ガス発電

液化天然ガス（LNG）を燃料とした発電は石炭に比べ発電コストは割高なもの、燃焼時における硫黄酸化物やばいじんの発生がないこと、二酸化炭素の排出量が少ないことからクリーンなエネルギーであることが認識されている。

LNG を燃料とする沖縄電力吉の浦火力発電所が 2012 年に運転開始される予定となっており、これにより県内の二酸化炭素排出量の大幅な削減や燃料を多様化することで電力の安定供給に寄与するものと期待されている。

(2) 県内における活用事例の特徴

これまでの開発計画や事例では付随水の熱利用が主であった。熱利用であるため、付随水の輸送システムや熱交換器の設備コストが高価になり実際に付随水の熱利用で成功した例は現在のところ大きな成果は得られていない。水溶性天然ガスの有効利用では付随水の熱利用はもとより、付随水の熱以外の有効利用と天然ガスの有効利用が欠かせないと言える。従来の開発事例ではこのような活用案が提案されて来ていないことが水溶性天然ガスの開発を遅らせている原因といえる。

エネルギーの有効利用の観点から考えると熱エネルギーの輸送は一般的に困難である。従って、水溶性天然ガスの開発では輸送が容易な天然ガスの有効利用が特に重要になる。天然ガスは貯蔵が簡単で電気エネルギー、熱エネルギー、水素エネルギーへの変換が簡単にできる。従来の開発事例では付随水の有効活用案が提出されておらず、天然ガスの有効利用に関する開発案が貧弱であった。最近の技術開発を考慮すれば、天然ガスを利用した事業化の可能性は大きく広がるといえる。

例えば、天然ガス自動車のエネルギー、燃料電池のエネルギープール・温泉・バーデハウス等の加温エネルギー、マイクロガスタービンのエネルギー等への産業応用が考えられる。また、近年は水素社会を見据えたエネルギー供給システムの構築が重要となっている。水溶性天然ガスは改質器を通して水素を発生できるため、今後の水素社会を見据えた開発が可能である。

また、エネルギー有効利用の観点から、水溶性天然ガスのみには頼ることはできないため、自然エネルギーと水溶性天然ガスを利用したエネルギー開発も今後重要となる。

付随水についてはこれまで熱利用が主であったが、今後は付随水の成分が注目されてくる。すなわち、水溶性天然ガスの付随水は海洋深層水の成分に類似しており、ヨードやカルシウムが特に多く含有している。これらの成分に関する有効活用事例が活発化してくれば、熱利用後の付随水を多方面で活用可能であり、新産業の創出に活用できる。

このような事例としては、ビニール施設の加温、農業への利用、健康食品への利用、化粧品への利用等である。また、近年は温泉が観光客誘致に大きく力を発揮しており、長期滞在型施設と組み合わせることにより有利な施設運営が可能である。すなわち、付随水を直接利用すればバーデハウスや温泉施設の温水として直接可能である。加温エネルギーをほとんど必要としないことは大きな利点である。

また、施設に必要な電気はマイクロガスタービンを用いて天然ガスから発電可能である。従来の温泉施設では、温泉水を加温しなければならず、そのためのエネルギーが運営コストに大きく占めている。また、電気料金も施設経営を大きく圧迫している。ただし、水溶性天然ガスならびに付随水はガス水比に応じて利用可能な天然ガスならびに付随水の利用が限られている。

従って、このような産出量を把握して集客数の程度を正確に見積もり、最も収益が大きくなる設備構成ならびに設備容量を検討する必要がある。

(3) 県内活用で期待される波及効果

- ① 水溶性天然ガス研究所を開設することにより、産官学が協力しあうことで研究が活発になり、早期商品化や新規雇用の創出、将来の高度産業利用の研究及び異分野の情報交換などを行なう場となる等の可能性が考えられる。
- ② 水溶性天然ガスコージェネレーションによる、エネルギー分散化が可能になる。沖縄県ではIT産業が活発であるが、IT産業が要求する電源の信頼度は高い。水溶性天然ガスを利用した分散電源システムを利用することにより電源の信頼度が高くなるとともに、付随水の熱を利用したビル空調への利用が考えられる。
- ③ クリーンエネルギー利用による環境保全が可能となる。また、自然エネルギーも導入した次世代総合エネルギー供給システムとして総合的にエネルギー戦略を考えることにより沖縄の環境を守るだけでなく、観光産業へのイメージ向上にも貢献できる。
- ④ 水溶性天然ガスによる、付加価値の高い農・水産物の創出。天然ガスを利用した熱供給による高付加価値農作物の育成促進、さらに高ミネラルを含む付随水を利用した水産物の育成に利用できる。天然ガスを利用して分散電源設備で発電すると二酸化炭素が発生する。この二酸化炭素をビニールハウスに導き農作物の育成に適した二酸化炭素状態にすることで農作物の育成促進がはかれる。また、発電の際に排出される余熱を利用して農作物や水産物の最適状態における育成が可能である（トリジェネレーションと呼ばれる）。
- ⑤ 付随水を利用したタラソセラピー施設や健康増進施設によって、各スポーツ団体の強化合宿やキャンプ誘致のオプションとして考えられる。また、体育系大学卒業生の雇用創出も考えられる。一般のタラソ施設では海水や海洋深層水を加温する必要があり大量のエネルギーを必要とするが、水溶性天然ガス利用の際に産出する付随水の温度は40～60度程度であり、加温のためのエネルギーをほとんど必要としない点が利点である。
- ⑥ 付随水による医療や健康商品の開発が有望である。付随水は多くのミネラルを含み、ヨウ素、カルシウム、カリウム等が高濃度で含まれている。このため、これらのミネラルを利用した健康商品の開発が有望である。また、健康食品ばかりでなく化粧品等の開発も可能である。塩分を主成分としているため、製塩業も可能であり、その際に産出される、にがり成分や水利用も有望である。

- ⑦ 水溶性天然ガスを交通運輸のためのエネルギー源として利用することも可能である。天然ガスを直接利用して天然ガス車の燃料にできる。天然ガス車は現在でも利用可能であるが、天然ガス供給ステーションが現状では少ない。環境問題を考えるとガソリン自動車やディーゼル自動車より天然ガス車の導入が望ましいが、供給ステーションが少ないために普及していないといえる。そこで、交通運輸分野における環境と燃料の問題を解決するために天然ガス車を導入することが有望である。また、天然ガスは改質器を通すことにより水素を発生させることが可能である。将来は水素社会が到来し、水素供給ステーションが整備させることを考えれば、長期的には水素の原料となるメタンの開発も重要な産業となりうる。

5) 県外の活用事例

今後、沖縄県において具体的に天然ガス資源の利活用を推進するにあたり、県外地域にて先進的に利活用がされている施設等を視察する目的で下記の企業に視察を行った。

《県外調査対象施設》

- ① 三菱ガス化学株式会社（新潟県新潟市）
- ② 石油資源開発株式会社 K 基地（新潟県新潟市）
- ③ JX 日鉱日石開発株式会社（新潟県胎内市）
- ④ 関東天然瓦斯株式会社（千葉県茂原市）

(1) 三菱ガス化学株式会社(新潟県新潟市)

三菱ガス化学㈱は、日本海に天然ガスの自社鉱区を所有し、過酸化水素、キシレン誘導品、アンモニア誘導品、エンジニアリングプラスチックなどの化学品を生産しているほか、サウジアラビア、ブルネイ、ベネズエラなど海外で、メタノールを合弁方式によって拠点生産している。また、食品の脱酸素剤「エージレス」を世界に先駆けて商品化し、固体触媒や銅系触媒によるメタノール合成技術は世界トップレベルである。その他、コエンザイムQ10の製品化、ペットボトルなどの被膜、液晶テレビなどのアクリル樹脂などの生産も行っている。

新潟は日本全体の天然ガスの70%を生産（ほとんど構造型ガス）している地域であり、当社においても水溶性天然ガス、構造型天然ガス、石油の3つの資源が採取できる特異な場所となっている。新潟工場だけで、年間売上高は415億円（平成22年）、従業員数1,300名、取扱い品種は33品種である。



掘削中の井戸



意見交換会

①坑井の状況

構造的天然ガスの井戸深度は 1,000~3,000m となっており、当該地域では分離装置を家庭内で設置し、水溶性天然ガスを利用しているところもある。

生産井は 16 本あり、地下 250m からの採取も可能な井戸がある。水溶性天然ガスの生産井 1 本当たり 1,000 m³/日（構造的天然ガスの生産井は 1 本当たり 10 万 m³/日）、ガス水比 1 : 1、ヨウ素含有量 50ppm、ガス中の 97%がメタンガスである。

井戸は昭和 30 年代から使用しているものもあるが、出砂の問題（礫層であるが砂が多い）があり、維持管理にコストがかかる場合もある。

②地盤沈下の問題

新潟市においては地盤沈下の問題がある。昭和 34 年以降の水溶性天然ガスの開発がさかんに行われ、ガスの採掘と同時に地下水を大量に汲み上げたため地下の粘土層が収縮し、最大 23.46m もの地盤沈下が生じた場所もあった。その後、地下水を地下に戻す層別バランス還元圧力方式の採掘法に変わり、地盤沈下の影響は小さくなった。

地盤沈下の問題があるため、新たな井戸の採掘はできないが、老朽化や採掘が終わった井戸の代わりに新規井戸設置が可能となっている。現在、採取井 16 本、圧入井 19 本（水に戻るためだけの井戸、注入が難しいため採取井よりも多くなっている）であるが、企業経営を考えると地下資源活用の拡大を図ることを望んでいる。

また、水溶性天然ガスのかん水は、海への放流は禁止されている。

表 4-3、最近の年間最大沈下量観測地点

年 度	観測地点	年間最大沈下量
平成12 年度	(東区)松浜町	1.7cm
平成13 年度	(中央区)礎町通	1.9cm
平成14 年度	(北区)太夫浜	1.6cm
平成15 年度	(東区)松浜町	2.6cm
平成16 年度	(東区)松浜町	1.4cm
平成17 年度	(北区)松浜町	2.0cm
平成18 年度	(東区)松浜町	1.9cm
平成19 年度	北区松浜町	1.8cm
平成20 年度	北区松浜町	1.5cm
平成21 年度	東区松浜町	2.6cm

資料:新潟市の環境(新潟市、平成 22 年度)

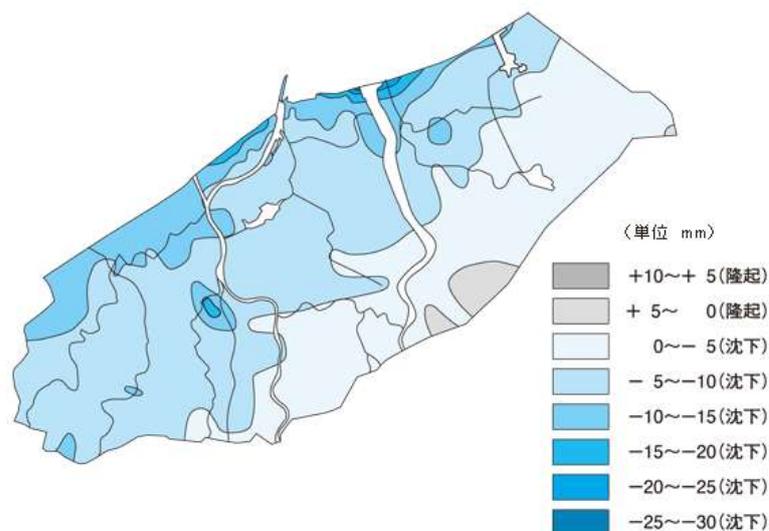


図 4-20、新潟市の年間地盤変動量等高線(H20.9～H21.9)

資料:新潟市の環境(新潟市、平成 22 年度)

③ガスタービンによる発電

天然ガス生産量の約 20%を使用し、ガスタービンによって発電をしている。発電に使用する天然ガスの量は 1,900N m³/h であり、三菱重工製 (MF 61) のガスタービン 2 基 (4,860kW、7,000kW) を 24 時間稼働している。

ガスエンジンによる発電機との違いは、①小型で排熱効率がよく、②冷却水が不要なこと、③省メンテナンス(ガスエンジン: 3 カ月に一度メンテ、ガスタービン: 数年に一度メンテ)、④省震動、の 4 点が挙げられる。ちなみに現在稼働中のガスタービンは 2 年間絶えず稼働中である。発電機の総合効率は 90%以上で、新潟工場内の電力の約 7 割を賄っている。

(2)石油資源開発株式会社 K 基地(新潟県新潟市)

石油資源開発株は、北海道、秋田県、新潟県の油田、ガス田にて採掘を行っており、GTL 燃料、メタン・ハイドレート、オイルサンドの研究開発も行っている。また、パイプライン輸送では日本屈指の技術力を有しており、サハリン沖からの天然ガスパイプライン計画にも参画している。



施設風景

東新潟ガス田は、新潟市の中心から東方10km の阿賀野川河口の東側の砂丘地帯とその沖合いに位置している。1959 年に掘削した試掘井「東新潟 SK-1」の成功により誕生した。その後も探鉱を続け、多数のガス層の発見に成功し、東新潟ガス田は構造の大きさ、ガス層の数ともにわが国有数のガス田となっている。



ガスセパレーター等の設備

①パイプライン

新潟県のガス田及び LNG 受入基地を基点として、新潟及び山形・宮城・福島 の 4 県にまたがる当社最大の天然ガスパイプラインネットワークを整備し、ガス火力発電所、都市ガス事業者、産業用需要家に天然ガスを供給している。ガスパイプラインは仙台まで延伸しており、その距離は約 250km である。



図 4-21、天然ガスパイプラインネットワーク図
出典:石油資源開発株式会社ホームページより

②坑井の状況

水溶性・構造性を合わせた天然ガスの生産は、日量で 55 万 m³、累計では 90 億 m³ となっている。石油については、日量 160kl、累計では 330 万 kl である。

生産井は 16 本あり、構造性ガスの場合には掘削しても資源に辿り着かなかった井戸も多くある。地下 2,400m までは三菱ガス化学の権利であり、それ以深は石油資源開発が 4 割、三菱ガス化学が 6 割保有している。

インフラ整備に莫大な資金がかかるため、資源を買い取る相手（発電所等）がいなければ事業の成立が難しい。

(3)JX日鉱日石開発株式会社(新潟県胎内市)

中条油業所は、JX 日鉱日石開発の国内唯一の天然ガス、原油の生産拠点であり、中条油業所は、1956 年に開設されて以来、1957 年に水溶性天然ガス鉱床、1961 年に構造性天然ガス鉱床、さらに 1978 年には原油鉱床が発見されてきた。このように、近隣において形態の違う 3 つの鉱床が存在するのは、国内でも珍しく、海外への技術者養成の場としても利用されている。

天然ガスの生産量は、1959 年の生産開始以来、50 億立方メートルを超え、国内屈指の規模を誇る油・ガス田として現在も順調に操業を続けている。また、水溶性天然ガスに付随して生産される地下水（かん水）からは、ヨウ素（ヨード）を回収し、医薬品原料、化成品原料等として販売している。



ガスホルダー



コンプレッサー

①坑井の状況

天然ガスは、都市ガス供給、ヨード生産、温泉利用がされており、水溶性ガス 17 本、構造成性ガス 8 本、石油 3 本の井戸を保有している。

天然ガス全体では 73,000 m³/日であり、温泉利用では 82kl/日である。水溶性天然ガスは、2 万 m³/日で、ガス水比は 1 : 1.7~2 となっている。都市ガスはパイプライン（石油資源開発と連結）で仙台まで移送されている。温泉利用に関して、胎内市は新潟市に比べ地盤沈下の問題もないため、かん水を地下に還元する義務はないが、2 年に 1 度モニタリング調査を実施している。



井戸設備



ガスセパレーター

②温泉利用

中条油業所において生産される水溶性天然ガスに付随して生産されるかん水は、温泉水としても優れた効果を持っており、公営温泉「塩の湯温泉」等へのかん水供給を行っている。昭和 63 年から温泉水としてのかん水を供給しており、塩の湯温泉に供給している湯は、ヨード工場でヨードを分離していない、生産井から汲まれたままの泉温 70 度を超えるかん水である。

泉質は、非加水・非循環・非消毒の掛け流しで、ナトリウム塩化物強塩泉となる。井戸から施設までの距離 1,170mあり、源泉は 70℃であるが、湯だめ 57℃、湯船 44℃とぬるくして利用している。塩の湯温泉の平均利用者数は 330 人/日で、ピーク時には 900 人/日の利用者が訪れる。利用者の 6 割が市外で料金 350 円の安さが人気となっている。

銹物が多く含まれる泉質のため、パイプへのスケール付着などの問題があり、パイプ交換等のコストがかかる。



公営温泉「塩の湯温泉」

③ヨード利用

当該地域で採取されるかん水のヨード分は豊富であり、ヨウ素の取り出しが行われている。主に水溶性天然ガスから生産されるヨードは、年間約 9.5 千トン（2008 年実績）の国内生産があり、その量は世界全体のヨード生産量の約 35%に相当（天然ガス鉱業会 HP より）し、そのほとんどは千葉県と新潟県で生産されている。

ヨードは、レントゲン造影剤やうがい薬などの医薬用、殺菌・防カビ剤、飼料添加剤、写真感光剤、液晶偏光フィルム用など広い用途で利用されているが、近年は被曝（ひばく）を弱める効果のある「安定ヨウ素剤」の需要が増加している。

当ヨード工場では、かん水におけるヨード含有量 75ppm のうち、90%以上を回収し、遠隔操作 24 時間監視で稼働している。



ヨード梱包作業



ヨード生産工場

（4）関東天然瓦斯株式会社（千葉県茂原市）

千葉県茂原市を中心とする南関東地域には国内最大の水溶性天然ガス田が広がり、可採埋蔵量は 3,750 億 m³にも達する。千葉県の天然ガス生産量は日本全体の 12%（第 3 位）で、世界のヨード生産量の 30%が日本であり、日本のヨード生産量の 80%が千葉県となっている。中でも茂原地区は、埋蔵量が豊富で、鉱床が厚く、深度が浅く、ガス水比が高いのが特徴である。現在の年間生産量で計算すると 600 年分の埋蔵量がある。天然ガスはガス会社に流通されるが、天然ガス採取の付随水であるかん水に含まれているハロゲン属の元素の、ヨードは私たちの生存、成長に不可欠な生理作用を持っており、人体の必須元素である。茂原のヨードは、資源の乏しい我が国が世界に向けて輸出できる貴重な国産資源で、南米チリ（60%）とともに日本（40%）が世界の主要な生産国になっている。

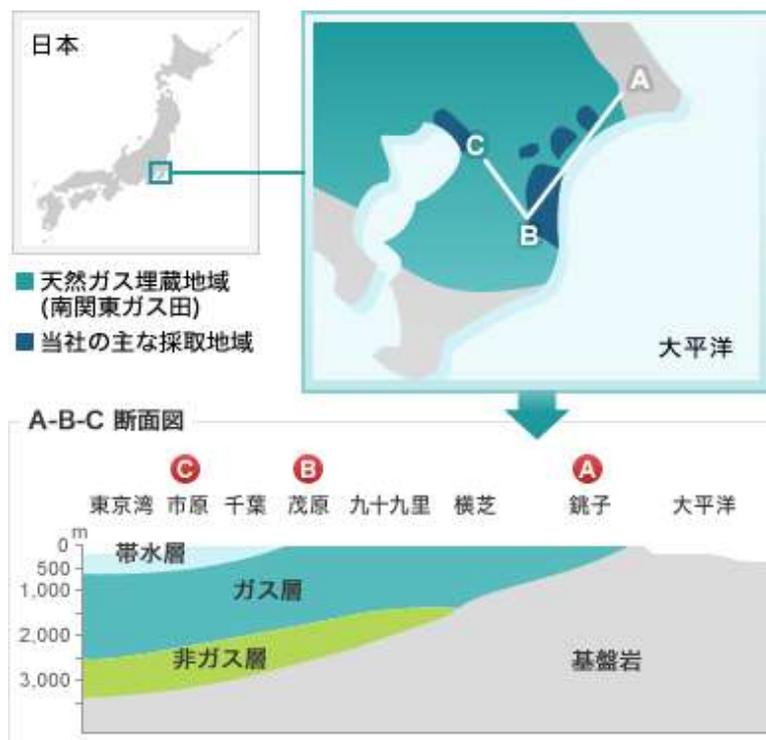


図 4-22、南関東ガス田の概要図

資料：関東天然瓦斯株式会社ホームページより

①坑井の状況

千葉県内の水溶性天然ガスの可採埋蔵量は約 3,685 億 m^3 で、ガス生産量は年間約 4.7 億 m^3 (県内 8 社合計)、千葉県における消費量で換算すると約 800 年分となる。

パイプライン網は総延長距離が約 600km で、県産ガス使用量の約 69 万世帯分 (県内都市ガス使用量の 26%) へ供給している。また、かん水の約 11%を地下へ還元し、一部は温泉に利用している。地盤沈下に関しては、千葉県がチェックを実施しており、現在のところ問題はでていない。



取水井戸



還元井戸



ガスセパレーター



セパレーターから出るかん水



沈砂層



都市ガス供給

②圧縮天然ガス車（CNG車）

ガソリン車に比べCO₂排出量が1~2割少なく、窒素酸化物(NO_x)、炭化水素(HC)の排出量も少ない、また、黒煙や粒子状物質(PM)は全く排出しないためクリーン自動車といわれているCNG車を活用している。

燃料容器にガスを圧縮して貯蔵（圧力：20MPa(約200気圧)）し、満充填（約30L）で約200km走行可能であるが、車両の改造費用が高いことが普及拡大の課題となっている。



CNG車へのガス充填

2. 天然ガス利活用に関する法規制等

1) 採掘に係る関係法令に基づく規制

ア) 鉱業法

天然ガスは鉱業法に基づく鉱物であるため、ガス坑井を掘削するためには、まず鉱業権を設定する必要がある。同法第5条で鉱業権とは「登録を受けた一定の土地の区域（鉱区）において、登録を受けた鉱物及びこれと同種の鉱床中に存する他の鉱物を掘採し、及び取得する権利」と規定されている。このため、新規にガス坑井を掘削する場合はもちろん、現在温泉法に基づき温泉として掘削し温泉水のみを利用している場合にも、鉱業権の設定を出願し取得する必要がある。

鉱業権には試掘権と採掘権があり、法で定める金、銀鉱物等の法定鉱物は41の鉱種に分類され、国が出願した者に賦与するようになっている。試掘権は鉱物の有無、鉱量、品質などのいわゆる鉱床の状態を確認することを目的とした有期限の権利である。それに対し、採掘権は鉱物の掘採を目的とする無期限の権利である。従って、鉱業権を取得する場合、まず試掘権を取得し、物探や試錐により鉱床の賦存を確認した後、採掘権に移行するというケースが一般的である。

イ) 改正鉱業法

資源価格の高騰・乱高下、資源獲得競争の激化で国内での資源開発の必要性が高まる中、国内資源開発の制度基盤である鉱業法は、制定（昭和25年）以来、本格的な改正がなされておらず、以下のような問題が発生している。

- ① 資源政策上、適切でない主体の鉱区設定や出願がある。
- ② 当面の開発意欲のない者などによる実態を伴わない申請がある。
- ③ 無秩序な資源探査活動が実施されている。

本改正法は、このような状況を踏まえ、国内資源を適正に維持・管理し、適切な主体による合理的な資源開発を行う制度体系を構築することを目的とし、以下のように一部改正を行う。

① 鉱業権の設定等に係る許可基準の追加

適切な主体により合理的な資源開発が行われるよう、鉱業権の設定等における許可基準に、「技術的能力」「経理的基礎」「公共の利益の増進に支障を及ぼすおそれがない」等が追加された。

② 鉱業権の設定等に係る新たな手続制度の創設（先願主義の見直し）

特定鉱物（石油・天然ガス等）について、現行の先願主義に基づく出願手続を見直し、適正な管理の下で最も適切な主体が鉱業権の設定の許可を受ける手続制度を創設した。

<具体的な手続イメージ>

- ・ 国による鉱区候補地（特定区域）の指定及び開発事業者の募集

- ・申請者について、許可の基準に適合しているかを審査
- ・適合している者の中から特定鉱物の合理的開発その他の公共の利益の増進の見地から定める評価の基準に従い最も適切な者を選定
- ・選定された事業者に対して鉱業権の設定を許可

③鉱物の探査に係る許可制度の創設

鉱物の探査を行う者に対して、事前の許可が必要となった。また、国が鉱物の存在状況を把握するため必要があると認めるときは、探査の結果の報告を求めることができる等の措置が講じられた。

ウ)鉱山保安法

鉱業法のもとで実施される鉱業活動において「鉱山における人に対する危害の防止」等を定めた鉱山保安法の第2条において、鉱業を行う事業場が鉱山として定義され、さらに鉱山保安法施行規則第一条において、天然ガスを掘採する鉱山は「石油鉱山」として定義されている。以上から、「天然ガスを掘採するガス坑井は石油鉱山としての扱いを受ける」こととなる。そのため、鉱業権を取得した後、掘削を行う際には、鉱山の安全確保を目的とした鉱山保安法、同法施行規則及び鉱業上使用する工作物等の技術基準を定める省令（鉱技省令）に基づき種々の保安対策が求められる。

①保安管理体制

鉱山保安法上の保安規定として、法第20条において、保安統括者を選任し当該鉱山に常駐させること、または常駐できない場合には保安統括者を補佐する保安管理者を選任し常駐させることを定めている（選任要件は施行規則第41条）。さらに、法第24条において、保安統括者又は保安管理者が旅行や事故の場合にその職務を行う代理者をあらかじめ選任することを定めている。また、施行規則第43条第1項で規定された作業区分に応じ、必要となる資格を有する者を作業監督者に選任する必要がある。

②保安委員会

鉱業権者は鉱山労働者代表の届出があった場合を除いて、鉱山に保安委員会を設けなければならない。委員は、鉱業権者がその鉱山の鉱山労働者の中から選任し、委員の過半数は、その鉱山の鉱山労働者の過半数の推薦により選任されている必要がある。開催にあたっては、法第30条の規定に基づき保安委員会への通知がある場合に開催する。また、法第19条第4項の規定に基づき、保安規定を定め、又は変更する場合に開催することとしている。

③鉱山労働者代表

鉱山労働者は、鉱業権者、保安統括者及び保安管理者と保安に関する重要事項について協議等を行うため、一人又は数人の代表者（鉱山労働者代表）を選任し、鉱業権者を經由して産業保安監督部長に届け出ることができる。

法第 31 条及び第 32 条の規定により以下の内容が示されている。

- ①保安規定を定め、又は変更するときは鉱山労働者代表の意見を聴くこととなっている。
- ②経済産業大臣若しくは産業保安監督部長の処分があったとき、又は法第 41 条第 1 項及び法第 47 条第 1 項の規定に基づく報告したときは、遅滞なく、その内容を鉱山労働者代表に通知することとなっている。
- ③鉱業権者、保安統括者及び保安管理者は、鉱山労働者代表と誠実に協議し、鉱山労働者代表の勧告を尊重することとなっている。

④教育の実施及び規定類の整備

① 保安教育

法第 10 条第 1 項において、鉱業権者に鉱山労働者に作業上必要な保安に関する教育の実施を義務付けている。

② 保安規程

法第 19 条第 1 項において、鉱山の保安上必要な措置について、保安規程を定め、届け出ることを義務付けている。

③ 保安図

法第 42 条において、鉱業権者に保安上必要な事項を記載した保安図を作成し、届け出ることを義務付けている。

⑤災害時の対応

① 連絡体制

② 退避の方法

③ 罹災者の救護方法

④ 退避及び救護の訓練の実施方法

⑤ 災害の発生に備えるための各作業場又は施設における措置

⑥施設に対する設備上の保安対策

法第 5 条第 1 項において、天然ガスの爆発を防止するための措置を鉱業権者に義務付け、施行規則第 6 条において、講ずべき措置の内容を具体的に定めている。

2)利活用に係る関係法令に基づく規制

ア)温泉法

温泉法は平成20年10月1日に改正温泉法が施行しており、温泉をくみ上げ又はくみ上げようとする全ての事業者は、新たに許可申請又は確認申請が必要となる。温泉における可燃性天然ガスの確認方法は、従来、メタンが確認されていない場合も必要となる。

既に温泉として井戸を掘削している場合には不要であるが、鉱山保安法に基づきガスの掘採を目的に坑井を掘削し、温泉水が湧出した場合には、事後となるが、掘削許可を申請することが必要となる。

新たに温泉の汲み上げを行う事業者は、可燃性天然ガス発生設備を野外に設置する際、基準がすべて摘要され、新たに温泉の掘削・増掘を行う事業者は、温泉井戸の掘削口は、可燃性天然ガスの噴出のおそれがある場合は敷地境界から8m以上離さなければならぬことや、その他、様々な基準が適用となる。

天然ガスコージェネレーションシステムを用いた温泉水加熱方式を用いた場合、「加温」を行うため、温泉法施行規則、公正取引委員会の指導（温泉表示に関する実態調査平成15年7月31日）に基づく、温泉利用者に対する適切な情報提供の観点から、その旨及びその理由を掲示するように記載し、「加温有」という表示を付け加える必要がある。

イ)電気事業法

電気事業法第38条及び同施行規則第48条において、電気工作物（発電、変電、送電若しくは配電又は電気の使用のために設置する機械、器具等）の保安を確保するため、電気工作物を一般用電気工作物、事業用電気工作物及び自家用電気工作物の3種類に具体的に区分している。鉱山内に設置される発電設備は、鉱山保安法ではなく、電気事業法の適用を受けることで整理（昭和42年5月31日付け、通商産業省鉱山保安局長及び同省公益事業局長連名通知）されている。このため、コージェネレーションシステムは事業用電気工作物のうち、次のとおり自家用電気工作物として、同法の適用を受けることとなる。

ガスエンジン発電設備の場合

内燃力を原動機とする火力発電設備に該当し、今回の調査対象と考えられる数10～数100kW程度の出力であれば、自家用電気工作物となる。

ガスタービン発電設備の場合

ガスタービンは外燃力による原動機であるため、小出力であっても小出力発電設備には該当せず一般電気工作物以外の事業用電気工作物となり、また、電気事業用に供する電気工作物ではないため、自家用電気工作物となる。

ウ)ガス事業法

鉱山から敷地外の事業所等にガスを送出し、そこにコージェネレーションシステムを設置し発電を行う場合、敷地外の導管については、施行規則第2条第2項において、パイプラインとして規定されている。このため、敷地外の導管についても、鉱山保安法、同施行規則及び鉱技省令の適用範囲である。

また、ガス事業法第三十八条においては、ガスを供給する事業（ガス事業を除く。）又は自ら製造したガスを使用する事業（これらの事業について鉱山保安法、高圧ガス保安法、電気事業法、又は液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律の適用を受ける場合にあつては、これらの適用を受ける範囲に属するものを除く）を行う者を準用事業者として定められている。

鉱山の敷地外のパイプラインについては、事業者の判断で適用法令（鉱山保安法又はガス事業法）を選択可能である。ガス事業法では、自ら製造したガスを使用する事業を行う者を「準用事業者」と定めている。ガス準用事業者の保安対策として、300m³/日の供給能力を持ち、連続して延長 500m 以上の導管を管理するにはガス主任技術者を選任する必要がある。

ガス事業法に基づく主な手続き項目としては、①ガス用品設置（変更）の報告と②ガス主任技術者選任届出書の提出が必要である。

3)ガスコージェネレーション、付随水の複合利用に関する法的課題

①鉱業権出願人（鉱業権者）との協議

源泉の天然ガスを利用するには鉱業権を取得する必要があるため、現在の鉱業権出願人と天然ガスの使用について協議を行う必要がある。

②鉱山保安法・電気事業法等の人的費

保安対策の人的費は経済性を確保する上で大きな課題となるものであるが、安全を確保した上で低コストとなる保安管理方法を検討する必要がある。

③鉱山保安法に基づく保安設備に関する協議調整

外柵や消火器等のシミュレーションに反映していない保安設備の必要有無について、保安監督部署に確認し、具体的に決定する必要がある。イニシャルコストの低減を検討する必要がある。

④温泉法等に係る「温泉表示」

熱を輸送するために温泉水の加温を行うと「天然温泉」の表示ができなくなる。このため、事業実施に当たっては、天然ガス利用の取り組みに関する適切な情報発信が必要である。

3. 天然ガス資源の利活用に関する課題

1) 掘削関連の法的課題

沖縄で湧出する温泉は、水溶性天然ガスのガス付随水である可能性が高いため、温泉を掘削する際に、天然ガスも共に湧出する危険性がある。現在の温泉法による掘削では温泉法で掘削した井戸は温泉のみの利用であり、天然ガスを有効利用する場合は法的に問題がある。天然ガスを有効利用するためには鉱業法の手続きも必要となる。

今後、水溶性天然ガスの開発事業を推進していく上で問題となることから、行政が国の関係機関を含めた新しい連携システムを築くことが必要になってくると考えられる。水溶性天然ガスを有効利用するためには、温泉法と鉱業法が同時に適用できるような手続きを踏むべきであり、今後関係の監督官庁は民間業者の水溶性天然ガス開発にあたって開発がスムーズに促進されるように指導するべきである。

温泉法の許可のみで井戸を掘削し、水溶性天然ガスの噴出が確認されると鉱業法の適用が困難になることが近年問題化していることから行政側の対応が求められている。

2) 建設費の検討

温泉（付随水）だけの採取を目的とした掘削では政府の補助金が得られないため、水溶性天然ガスの利用の際に建設費を下げるためには、天然ガス及び付随水の活用が求められる。また、天然ガス掘削における各種補助金を活用することで、建設費を軽減することが可能と考えられる。

まず、資源エネルギー庁の資源探索費補助金は、主に新資源の探索に係る補助金である。しかし、この補助金は、自噴深度まで探索した場合のみ適用される可能性がある。よって、水溶性天然ガスを掘削する際には、汲み上げ及び自噴のどの深度まで掘削するか検討する必要がある。次に、天然ガスの採取目的が天然ガスコージェネレーション及び天然ガス自動車などの新エネルギー分野に使用すること、省エネルギーを促進するものであること等を考慮して、NEDO等の各種補助金の活用を検討する必要がある。

第5章 沖縄における天然ガス利活用の方策

1. 沖縄における天然ガス利活用の構想

1) 構想検討の前提条件

前章までにみてきたように、本調査では「沖縄における天然ガス資源賦存量調査」や「県内外事例調査」、「県内外専門家・研究者らからのヒアリング調査」及び「シンポジウム（沖縄における天然ガスの利活用について）」等を実施してきた。その結果、以下に示すような調査結果が得られた。

- ① 沖縄における天然ガスの賦存量は豊富である
- ② 本県では天然ガス利活用の調査研究の歴史的経緯がある
- ③ 近年、本県でも天然ガス（温泉）の利用実例及び実績がある
- ④ 世界的、全国的な社会経済状況の変化により、近年天然ガスが見直されている
- ⑤ 近年、天然ガスの利活用範囲と可能性が格段に広がっている
- ⑥ 本県ではガスと付随水（温泉）の両方を有効活用する可能性が高い
- ⑦ 天然ガス利活用においては関連国内法の様々な規制があり、その緩和が必要である
- ⑧ 天然ガス利活用においては国の支援・補助政策が必要である
- ⑨ 長期的将来見通しとしては「天然ガス研究所（仮称）」のような産官学が連携する総合的な研究機関及び実施機関（企業・団体等）の設立が望まれる

本章では「沖縄における天然ガス利活用の方策」についてモデル構想の形で検討するが、その前提条件となるのがこれらの調査結果である。

2) モデル構想の基本的考え方

— 沖縄で展開可能な利活用策と新たな発想の転換 —

本県では琉球政府時代の1959年頃から水溶性天然ガスの調査研究が進められてきたが、その利活用の実施には長い間大きな進展はなかった。

しかし、近年地球温暖化や森林開発等による自然破壊、海洋汚染、化石燃料（石油）の涸渇化等が進む中、世界的に自然エネルギー・再生可能エネルギー等への関心が高まっている。わが国では福島原発事故以来、全国的な電力不足にみまわれていることもあり、新エネルギー・省エネルギー等による社会経済政策の推進が急務の課題となっている。

こうしたなか、天然ガスの開発・有効活用がにわかに注目が集まっており、特に全国的にみても天然ガス資源が豊富な本県では、その開発・利活用は今後の本県のエネルギーセキュリティを考えるうえで重要な政策課題となるものと見られている。

こうしたことを踏まえ、「沖縄における天然ガス利活用」の事業モデルを策定するに当

たっては、以下に示すような基本的な考え方に基づいて検討することとする。

(1)新エネルギー政策の一環としての取り組み

天然ガスは新エネルギーではないものの、その利活用は前章でもみたようにわが国の国策である新エネルギー・再生可能エネルギー（太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、中小規模水力発電、地熱発電）と並ぶ重要な部門の一つである。したがって、当然天然ガスも新エネルギー政策の一環として取り組む必要がある。

(2)研究開発と人材育成及び雇用拡大との連携

天然ガス利活用の大きな目的は、本県経済の振興発展に寄与し、自立経済の確立に資することにある。その経済振興のための県政のビジョン（新沖縄振興策＝21世紀ビジョン）においては様々な政策が示されているが、それらの諸政策と同等に、天然ガスの利活用も観光産業、農水産業、商工業、IT、科学技術の振興等にも寄与する可能性が大きいといえる。したがって、天然ガスの利活用はその研究開発と同時に人材育成及び雇用拡大に寄与することを事業モデル策定の基本的考え方の一つとする。

(3)県内既存エネルギー関連企業等との連携による新たな発想の転換

本県では天然ガスの利活用方策は長年検討・研究されてきたが、これまでは施設・設備の整備コストの問題や石油関係の時代状況の変化等（オイルショックや原油価格の変動等）を反映して、期待されるほど進展しなかった。

しかし、近年、世界的、全国的にもエネルギーを取り巻く時代状況が大きく変化しており、「第6次産業」という言葉も流布されるなど産業界も変化している。

また、近年は天然ガスに限らず全般的なエネルギーの高効率利用技術や成分分析、化学技術の発展等に伴いこれまで予想もされなかったような自然エネルギーの利活用法の可能性が出現しつつある。

さらに、こうしたなか本県においても、サトウキビの廃糖蜜からつくるバイオエタノールを3%ガソリンに混合し使用する「E3燃料」や海岸漂着物の発泡スチロールから灯油を取り出す技術、畜産廃棄物からメタンガスを発生させる技術、電気自動車のレンタル業やその急速充電スタンドの設置といったことが実際に県内関連企業の事業として実施され、定着しつつある。

こうしたことを踏まえるならば、天然ガスの利活用は今後大きな発展の可能性が十分あると考えられる。そのため、今後はこうした県内既存企業等と連携し、風力、太陽光、バイオマスといった従来の新エネルギーに加えて、新たな発想の転換により天然ガスの新たな利活用について検討していくことを事業モデル策定の基本的な考え方の一つとする。

(4) 賦存量調査の結果に基づく2種の事業モデルの検討

本調査における「天然ガス賦存量調査」では、当初から調査範囲を「沖縄本島南部」と「宮古島」に限定して実施した。したがって「沖縄における天然ガス利活用事業モデルの検討」も基本的にはその2地域を想定して検討しなければならない。

また、本調査の結果からみてもこの両地域はそれぞれ天然ガスの賦存量や賦存地層、調査ポイントの数、掘削深度、成分データなどが異なるうえ、地上の地域特性、環境特性、都市形成、産業集積等も異なることから、同一条件による事業モデルの検討にはなじまないと考えられる。

そこで、本事業モデルの検討においては、2種のモデルケースを想定する。その一つは沖縄本島南部地区を想定した「総合（複合）モデルケース」と他の一つは宮古島地区に限定した「単体モデルケース」である。

2. 沖縄における天然ガス利活用事業モデル(案)の検討

前述の「モデル構想の基本的考え方、(4)」でみたように、ここでは沖縄本島南部地区を想定した「総合(複合)モデルケース」と、宮古島地区に限定した「単体モデルケース」について以下のとおり事業モデル案を提案する。

また、併せてその両モデル案に共通するエネルギーの移送・移転に関する問題点を解決する案として「地域新エネルギー配送システム(仮称)モデル(案)」を最後に提案する。

1) 総合(複合)モデル(案)

このモデル(案)は、本調査の検討委員会及びシンポジウム等における千住智信委員(琉球大学教授)の提案をベースにしたものである。その提案の大きな特徴は「①水溶性天然ガスのメタンガスと付随水(温泉)の両方を活用すること」と「②次世代産業創出を目的とした天然ガスの『中核的研究開発拠点』を形成すること」及び「③水溶性天然ガスを利用した新産業の創出を図ること」の3点にあるといえる。

そこで、これらを参考としながらここでは当面、沖縄本島南部地区を想定して総合的・複合的な事業モデル(案)を提案する。

(1) 事業内容

ア) 沖縄天然ガス研究所(仮称)創設構想(案)

本モデルの「中核的研究開発拠点」として「沖縄天然ガス研究所(仮称)」を創設することを提案する。

上記の千住氏提案によれば、例えば久米島の『沖縄海洋深層水研究所』のような天然ガスの総合的研究所(仮称)を設立し、実際に付随水(温泉)を活用する観光施設(ホテル、タラソテラピー、温泉、バーデハウス等)で活用しながら、今後の天然ガスを含む地域エネルギー資源の利活用について研究することで次世代新産業の創出に繋げていくことが提案されている。

また、その「次世代新産業の創出」については、天然ガスを利用して都市ガスへの供給、施設の自家発電、コージェネレーション、圧縮天然ガス車、燃料電池の開発、ガスツーリキッド、化学原料等に活用するとともに、付随水ではヨード工業、農業、水産業、健康・美容産業、食品製造業等の新企業の創出に結びつけていくことが可能であるとされている。

なお、久米島の「沖縄海洋深層水研究所」では、これとほとんど同様の考え方に基づく研究事業メニューが実施されており、海洋深層水の総合利用の推進を図り本県の産業振興に寄与することを目的として、観光、農業及び水産業分野における海洋深層水の利活用に関する研究が進められている。また、研究開発された海洋深層水の利用技術を生産者や企業等に移転し、新商品及び新技術の開発や新分野への進出を促し、新たな産業の創出に寄与している。

こうした事例を参考にするならば、天然ガスについてもその利活用研究を目的とした研究所を創立し、研究活動を推進しながら、その成果を地域への技術移転や新産業の創出等に役立てていくことが必要であり十分可能であると考えられる。

イ)天然ガス利用開発技術者・研究者の人材育成と企業創出及び雇用の拡大

上記の天然ガス研究所では次世代産業を担う産官学の人材育成が可能となる。また、その研究成果を県内企業等に移転し、新規企業の創設や既存企業の事業拡大等に寄与することになれば雇用の拡大につながる。



図 5-1、水溶性天然ガスの利用法

出展：沖縄総合事務局総務部調査企画課、平成 15 年度「沖縄の次世代産業の振興について（公募式調査）、水溶性天然ガスによる沖縄の次世代産業に関する調査検討（千住智信）
 注意：この図は上記をもとに若干加工したものである

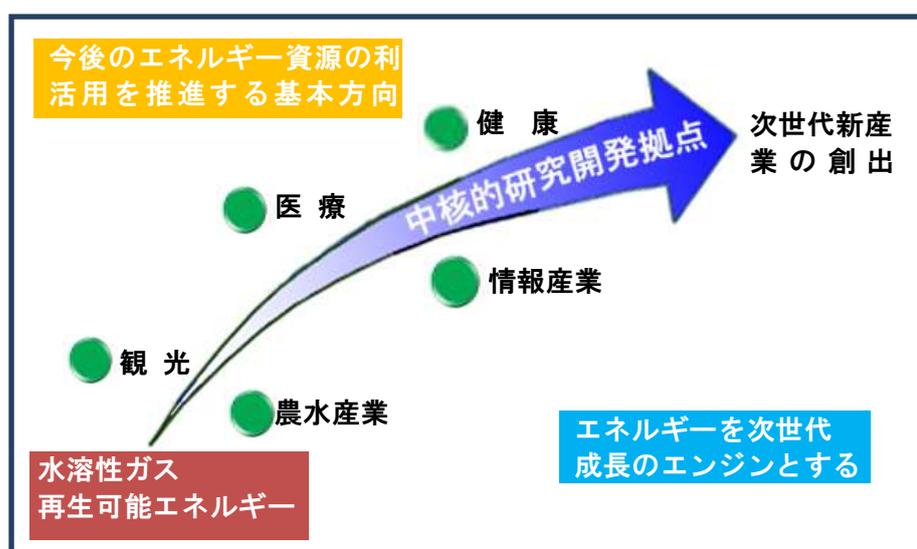


図 5-2、今後のエネルギー資源の利活用を推進する基本方向

出展：シンポジウム「沖縄県における天然ガスの利活用について～島のエネルギーでクリーンな沖縄を～」における琉球大学・千住智信教授の発表から（本図は若干加工修正を加えている）。

ウ)総事業費

このモデルは現時点では構想段階であり、採掘場所、建築・施設・設備計画等の具体的内容は未定であるため事業費については省略する。

2)単独モデル(案)

宮古島を想定した単独モデル(案)は、上記の総合(複合)モデルとは異なり、基本的には単体のリゾートホテル等における天然ガスの利用促進を想定する。

宮古島では現在2カ所の温泉井のみで、地質等のデータも少なく、本調査の賦存量調査においても明確な賦存量、成分分析結果等が得られなかった。このため、前記の総合的モデルケースとは異なり、当面需要地である単体のホテル施設等における付随水の温泉利用と施設の発電、コージェネレーション利用に限られるとみられる。

この場合は、沖縄本島における既存の観光施設、健康増進施設等(南城ユインチホテル、ロワジールホテル那覇、ジスタス等)において現に実施されている事例が参考となる。

また、南城ユインチホテルでは従来の温泉利用に加えて新たな天然ガス利用施設の整備計画が現在進められていることから、その事業計画が有効な参考事例となる。

(1)事業内容

- ・天然ガスの採掘—自家発電、コージェネレーション
- ・付随水の活用—温泉利用、余剰分を周辺農家への温水供給

(2)総事業費

現時点では詳細な計画が確定していないので事業については省略する。

なお、天然ガスの採掘には通常1地点(1本)あたり5000万円~1億円かかることされており、本モデルの実施に当たっては、付帯施設、調整設備等の建設費を含めて採掘費用の3倍程度(合計約3億)想定することが妥当と考えられる。

3)沖縄における地域新エネルギー配送システム(仮称)モデル(案)

このモデル(案)は、前述の「総合的モデルケース」と「単独モデルケース」の双方に共通して係わるもので、離島県である本県の天然ガスを含むエネルギーの輸送問題の解決に一石を投じるアイデア提案でもある。

天然ガスを含む新エネルギーの開発・普及を推進する上で常に問題となるのが、生産・発生したエネルギーを消費者まで配送するインフラシステムの問題である。例えば電力では現代は火力発電所で発電された電力を県内隅々まで張り巡らされた送電線により送電されているが、昔はそのインフラが整備されていなかったため、特に離島地域などでは不便な状況にあった。

一方、近年は風力発電や太陽光発電等の新エネルギーの普及が進み、逆に家庭や地域で発生した電気を既存の送電線を利用して電力会社へ送り販売する「売電」が可能となった。しかし、実際には風力発電や太陽光発電等では発生電圧が不安定であるため既存の送電線を利用すると電圧が不安定になるため、現在のところそのシステムは未だ普及していない。

この問題とは基本的に性質が異なるが、天然ガスにおいても、生産・発生されたガスや温泉を需要地（消費地）までどのように配送するかが問題である。

その需要地が天然ガスの採掘地点に近ければパイプライン等により輸送することが可能であるが、輸送先が遠いほどインフラとしての沈埋パイプラインの敷設が必要となり、膨大なコストがかかり、実現はほぼ不可能となる。

しかし、例えば天然ガスでは現在の液化天然ガス（LPG プロパンガス）のように圧縮ボンベのような容器に詰めてトラック輸送すれば那覇市等の都市地域にまで配送することが可能となる。また、温泉も保温装置を装備した特別トラックで配送すれば各地のホテルや福祉施設等の公共施設へ定期的に配送することが可能となる。

このようなことから、天然ガスの利活用におけるエネルギー配送システムの確立は有効であり、しかもそれを県内企業と連携していけば経済効果及び雇用の拡大にもつながるものと考えられる。これらのエネルギー配送システムに関する個別の事業モデルについて以下に提案する。

（1）天然ガスの都市ガスへの供給システム

都市ガスの民間企業（沖縄ガス（株））では、近い将来都市ガスを天然ガスに切り替えることを検討しているが、実現すれば沖縄における天然ガス利活用の最大のケースとなることが期待される。天然ガスを都市ガスに利用することは、全国的にも実施事例があり法的にも実施はそれほど困難ではないと考えられる。

一方、都市ガスの配管が届いていない地域については県内のプロパンガス業者等と連携して採掘地から特殊圧縮ボンベによりトラック輸送して需要地へ配送することが考えられる。また、離島地域についても同様な方法により定期船（フェリー）で配送することが可能である。

（2）温泉の配送システム

琉球政府時代には離島地域で旱魃による水不足が生じ、住民生活に多大な影響が出たとき船で送水した歴史がある。その事例を想起すれば、温泉を適切な規模の特殊保温トラックで配送することは簡単に実現可能と考えられる。また、離島地域についてもその配送トラックを定期船（カーフェリー）に持ち込んで配送することが十分可能である。

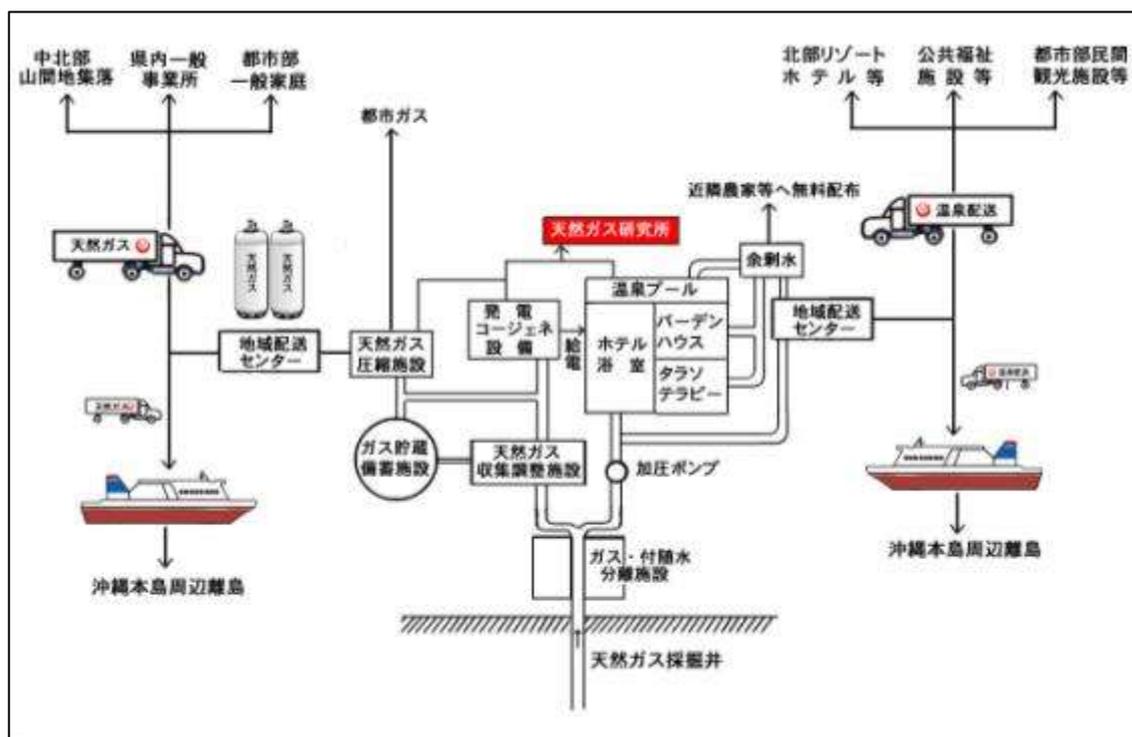


図 5-3、沖縄における地域新エネルギー配送システム(仮称)モデル(案)イメージ図