

アラスカ・ノーススロープ油田と メタンハイドレート

今井 登¹⁾

1. はじめに

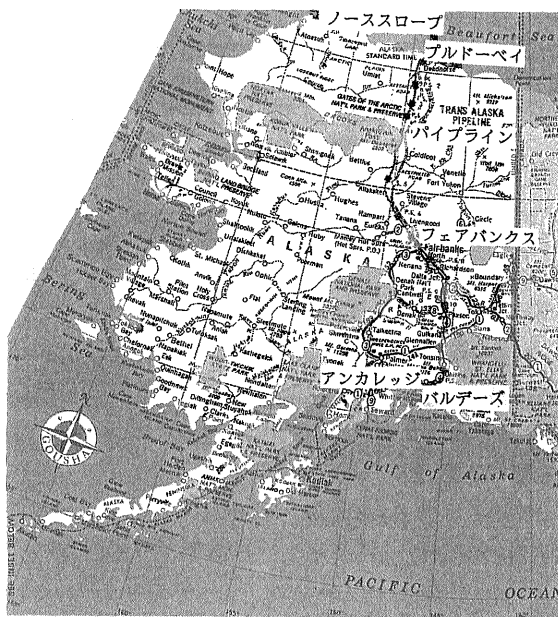
ノーススロープはアラスカ北端に位置し北極海に面した北アメリカ最大の油田地帯である(第1図)。

この地域の永久凍土の下にメタンハイドレートが広く分布しているといわれている。メタンハイドレートが陸上に存在するのは北極圏に近い地域に限られ、アラスカ(ノーススロープ)、シベリア(メソヤハ)、カナダ北西部(マッケンジーデルタ)などに広がる凍土の下にのみ存在している。先頃ノーススロープのプルドーベイ油田に行く機会を得たので、ここにノーススロープ油田とハイドレートについて概要をまとめる。

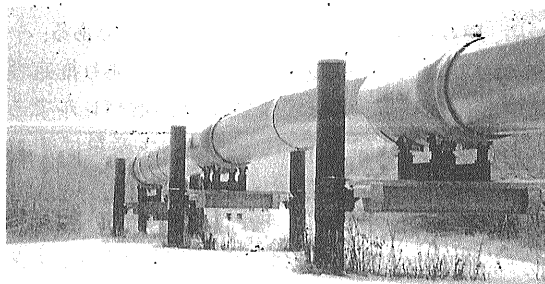
2. ノーススロープ油田

アラスカのノーススロープ地域は巨大な油田地帯であり、世界でも18番目のプルドーベイ油田をはじめとして、クパルクリバー、エンディコットなど9つの油田があり、米国の6大油田のうち3つがアラスカに集中している。1950年代後半から1960年代前半にノーススロープ油田の探査が始まり、エクソンが1968年にプルドーベイで最初に試掘に成功し開発が始まった。採掘された石油と天然ガスは1977年に完成したアラスカ縦断パイプライン(第2図、総距離1,200キロ、パイプ径122cm)によりアンカレッジ東方の不凍港バルデーズに輸送され全米の港に向けて船積みされている。

この地域は南から北へBrooks Range, 丘陵部, 沿岸平野部の3つに分けられ(第3図)、地質的には構造運動や岩相により基盤岩(古生代カンブリア紀からデボン紀)、炭酸塩岩および珪質堆積岩が卓越



第1図 アラスカと縦断パイプライン(プルドーベイからバルデーズを結ぶ線:途中に石油を輸送するためのポンプステーションがある)(Gousha, 1993による)

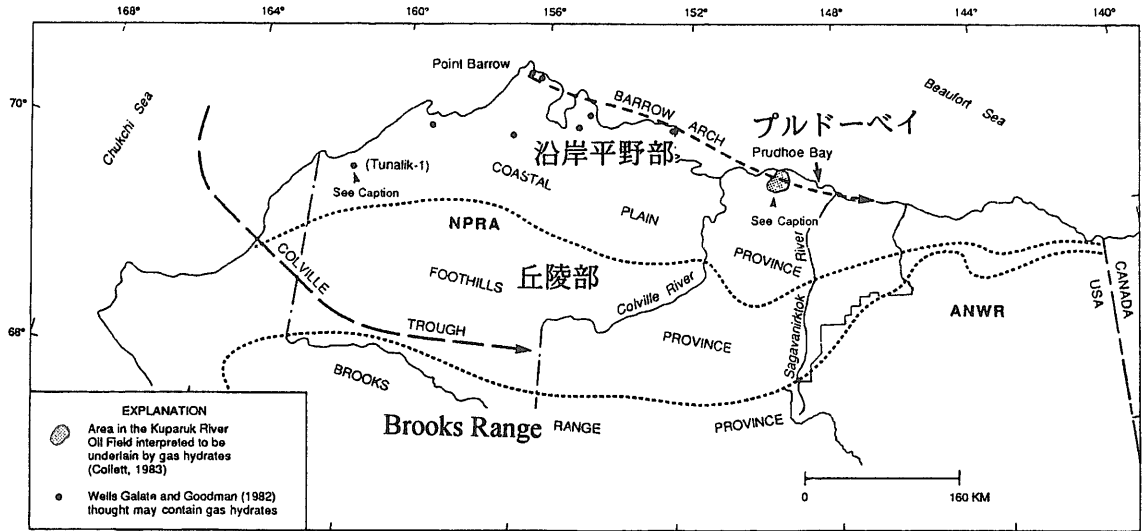


第2図 フェアバンクスにおけるパイプライン

する石炭系からジュラ系、珪質堆積岩を含む白亜系から第四系に分けられる。石油は主として古生代石

1) 地質調査所 地殻化学部

キーワード: ハイドレート, ノーススロープ, プルドーベイ, メタン, 天然ガス

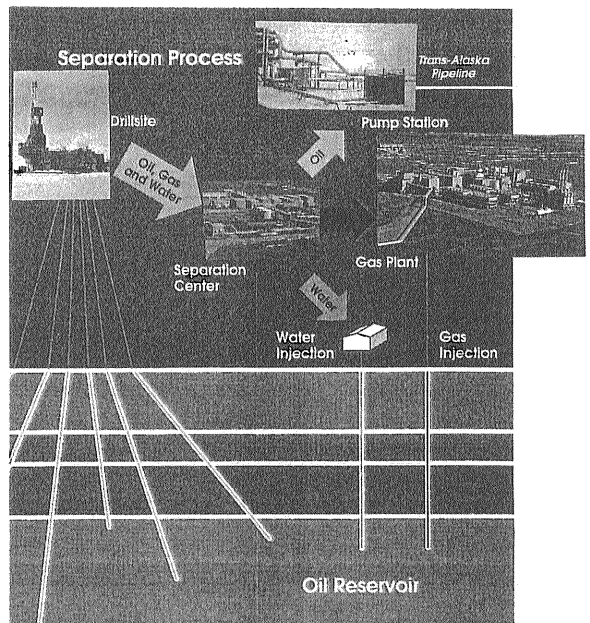


第3図 アラスカ・ノーススロープ地域の地質単位と構造 (Collet, 1993による)

炭紀と中生代白亜紀後期の地層 (Sagavanirktok層の下側の West Sakと Ugnu 砂岩層) に胚胎しており、天然ガスは主として中生代三畳紀、ジュラ紀、白亜紀後期の地層から産出している。

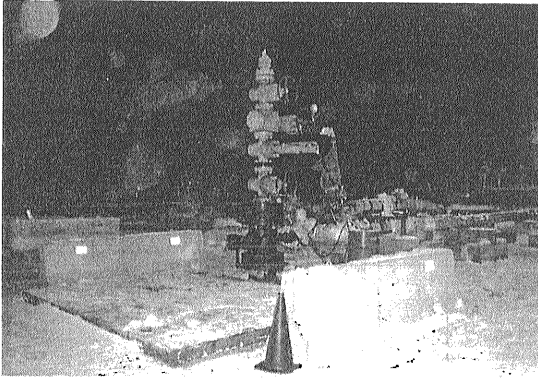
プルドーベイは北米最大の油田であり推定埋蔵量は240億バレルにのぼり、可採埋蔵量は120億バレルで、これまでに90億バレル以上が生産された。また、天然ガスの埋蔵量は80億 m^3 とされている。プルドーベイにおける油層は地下3,000mの砂岩および礫岩であり層厚は150mである。プルドーベイ油田は1977年に生産を開始し10年以上にわたって日産150万バレル生産していたが、1988年より減退し始め、現在の生産量は100万バレル程度である。一方、クパルクリバーは米国第2の油田であり推定埋蔵量50億バレル、可採埋蔵量は約20億バレルである。1981年に生産を開始し、現在の生産量は約30万バレル/日である。油層は深度1,800m前後のクパルクリバー砂層であり、層厚は15m程度である。

ノーススロープ地域にはアルコ、英国石油、エクソン、モービルなどの多数の石油開発会社が石油を生産している。第4図にこの地域における石油生産設備の概要を示した。十数カ所の掘削場所で数百本の抗井から採掘された流体は、分離施設 (Separation Center) で油、水、天然ガスに分離される。ガスと水を分離後、油は冷却されポンプステーション (Pump Station 1) からパイプラインで南部のバル



第4図 ノーススロープ地域の石油生産設備 (BP Exploration and ARCO Alaska, 1995による)

デーズまで輸送される。また、分離された水は海水とともに、油層圧力の維持と油層の掃攻のために貯留槽に再圧入される。ガス成分は世界最大級のガス処理施設 (Central Gas Facilityおよび Central Compression Plant) に送られ、ここで処理された天然ガスの一部は石油とともにパイプラインでバルデ



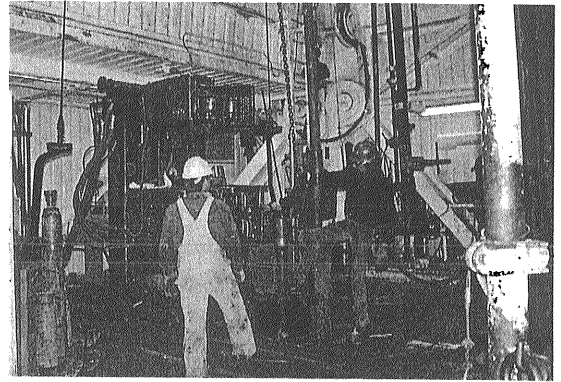
第5図 石油生産井およびガス分離施設

ーズに輸送されるが、大部分(85%)は昇圧後ガス圧力井よりガスキャップに再圧入される。

3. プルドーベイの石油基地

プルドーベイにはアンカレッジから毎日運行している定期便で訪問した。石油基地での勤務は1週間または2週間交代であり、厳寒の地に隔離されてこの期間を過ごすことになる。フライトの所要時間は1時間半余りである。我々が訪れた11月30日は天気予報ではブリザードで大荒れとのことでは着陸できるか心配したが、何事もなく氷の中の空港に降り立つことができた。外は猛吹雪で、気温は -50°C 前後で数分間と外にとどまっていることができない。冬季は太陽が全く昇らない期間が56日以上もあり、到着したときは真っ暗で昼頃の2~3時間空がわずかに白くなる程度であった。一転して夏季は75日間白夜が続き、気温も時には 30°C 前後になり湿地帯にトナカイや水鳥、野ウサギ、キツネなどが見られるという。

プルドーベイでは英国石油とアルコが隣接して開発を行っているが、両者で通常期には約1,500人の職員が常駐しピーク時には倍増するとのことである。女性も様々な職場で多数働いている。最初に訪れた英国石油の中央管理棟は各地に点在する抗井や各施設の集中管理を行っているが、同時に居住空間となっている。管理棟は雪原の中に細長い建物をいくつもつなげたような構造になっており、中は暖房完備で快適な環境が保たれている。管理棟の広さは2万平方メートル近くあり、図書館やサウナなどのほかバレーボールやバスケのコートやプールなどの設備があり様々な運動ができるようになっている。ここ



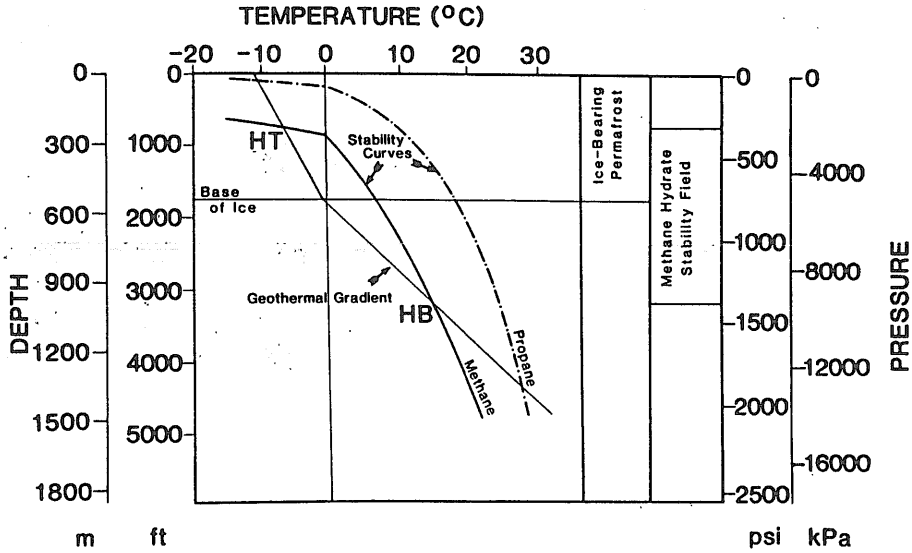
第6図 石油の掘削

には500人程度が宿泊できるとのことである。冬季は見渡す限りの広大な雪原であり、その中にアラスカを縦断するパイプラインの起点となっているポンプステーション1、巨大な発電所群、生産井およびガス分離施設(第5図)、石油を掘削する掘削リグ(第6図)が点在している。

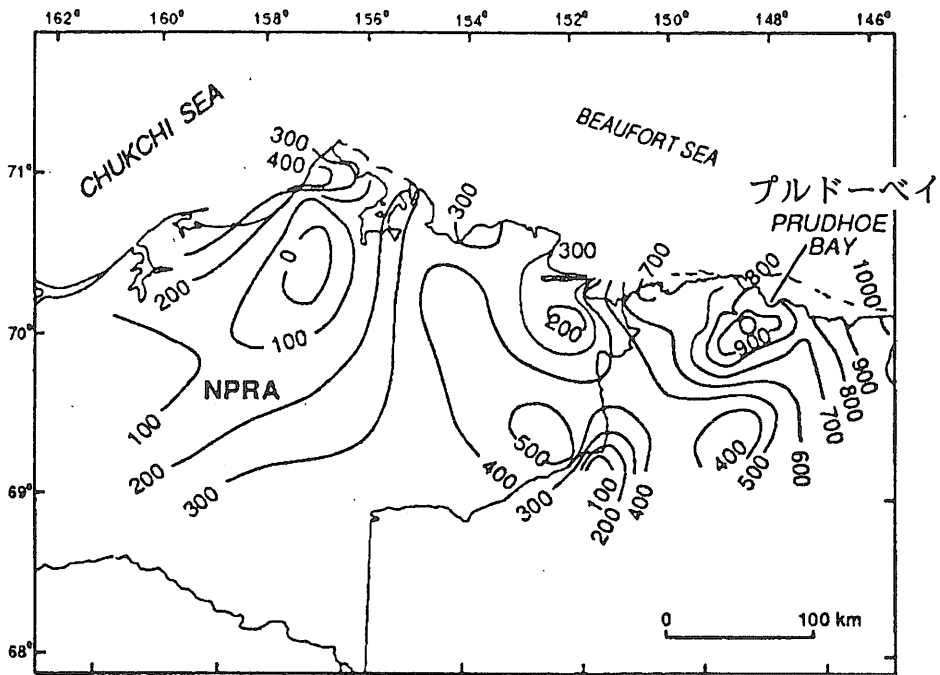
4. アラスカにおける天然ガスハイドレート

アラスカにおいてガスハイドレートが分布していると考えられているのはノーススロープのプルドーベイからクパルクリバーにかけてと隣接するNational Petroleum Reserves-Alaska (NPR)の陸域の凍土地帯、およびボーフォート海からベーリング海の太平洋岸にかけての広大な海域である。

ノーススロープの北極海沿岸部の平坦地にはガスハイドレートが広く分布しているとされ、様々な検層や地震探査、掘削により詳細なデータが得られている。しかしながら実際にこの地域にハイドレートが存在することが確認されたのは1972年にクパルクリバーのノースアイリーン2号井の深度664mから667mでハイドレートコアが回収されたことによってであり、現在に至るまでこれ以外ではコアが回収されたという報告はない。これらの地域のガスハイドレート中の天然ガスの埋蔵量は 1.0 兆 m^3 から 1.2 兆 m^3 と推定され、これはプルドーベイの在来型の天然ガス資源量の2倍である。第7図に本坑井におけるガスハイドレートの安定領域の温度圧力条件を示す。安定領域を決める主要なファクターは地殻熱流量とガス組成である。図に示したようにガス組成がプロパンになると安定領域は広がる。メタン100%として安定領域



第7図 ノースアイルーン2号井におけるガスハイドレートの安定領域。氷結した永久凍土の基底の上の地熱勾配は1.9°C/100mで、それより下は3.2°C/100m (Collet et al., 1988による)

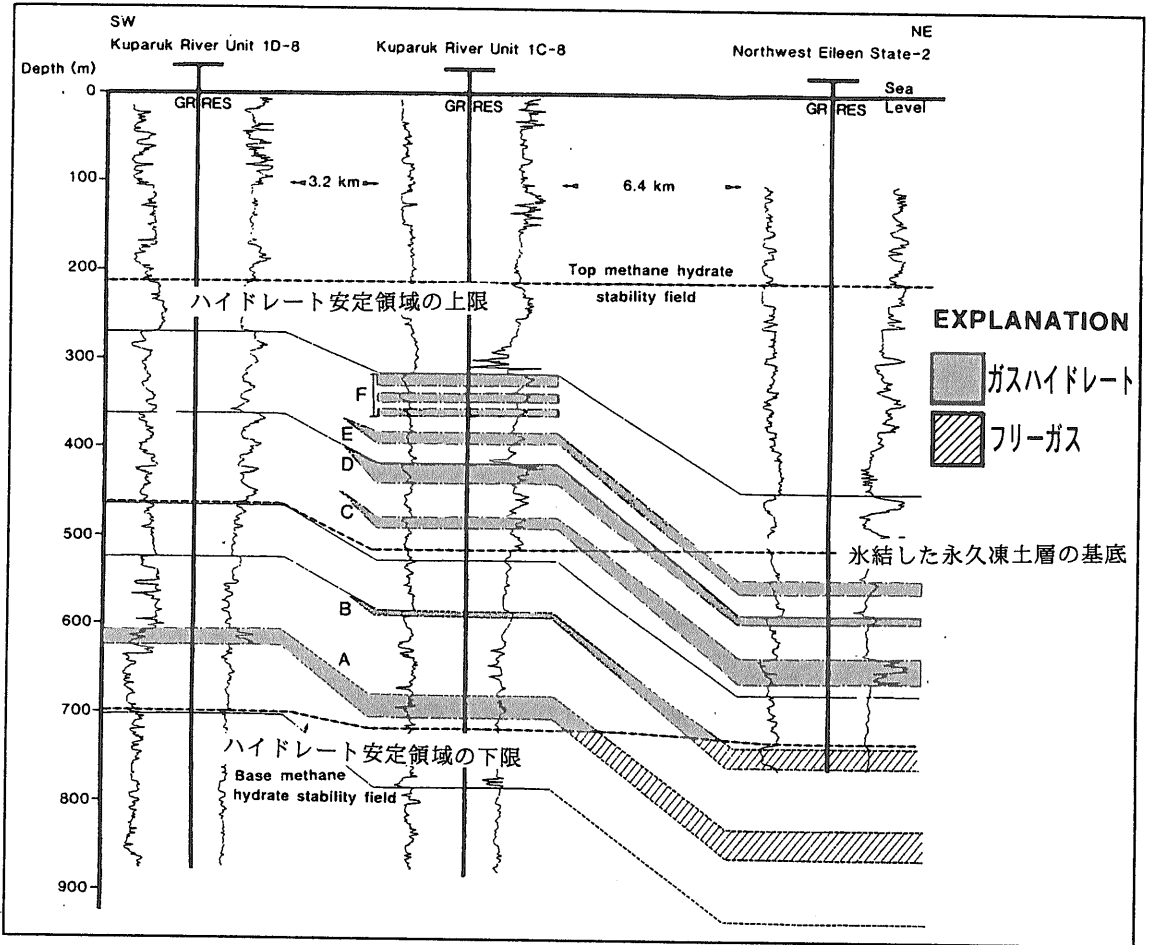


第8図 ノーススロープ中央部におけるメタンハイドレートの安定領域層厚図 (Collet, 1993による)

の計算からメタンガスハイドレートの厚さを計算して作成した等厚線図は第8図のように示される。これによるとハイドレート層の厚さはNPRAの東側の沿岸平野部で500m、プリドーベイからクパルクリバーで

最大1,000m以上、NPRAの大部分と丘陵地域では500m以下となっている。

Colletらはノーススロープの445坑井の検層結果を解析し、50坑井でガスハイドレートの存在を推定



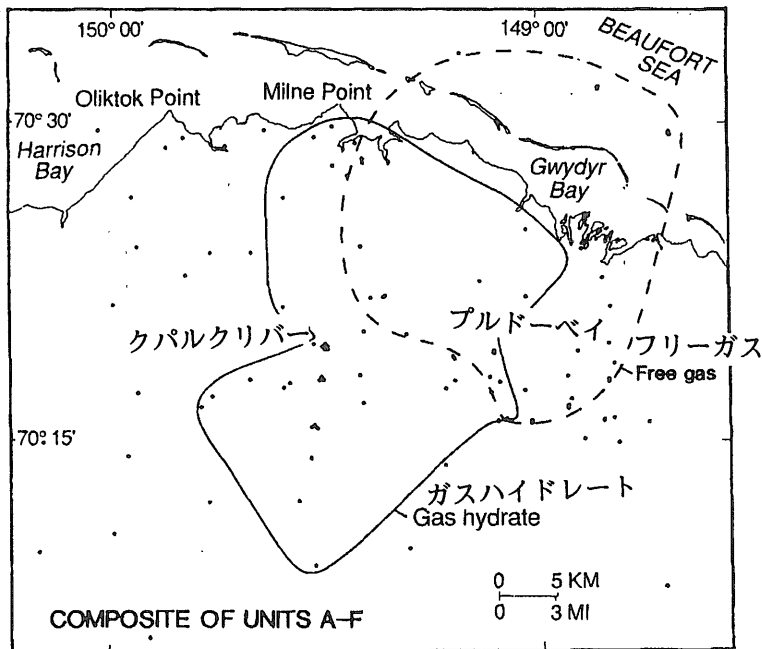
第9図 クパルクリバーからブルドーベイにかけての抗井断面図。ガスハイドレート層はAからFで示されている (Collet, 1993による)

した。このときのガスハイドレートが存在する判定条件は水と比べて高い電気抵抗(約50倍), 早い音波速度, 著しい量のフリーガス(50-100ppt), 2坑井以上の連続性によっている。

第9図にノースアイリーン2号井を含むこの地域の坑井とハイドレート層の対比を示す。これによればガスハイドレートはクパルクリバーからブルドーベイにかけて横方向に連続した6層の砂岩および礫岩層(AからF)中に形成されその下にはフリーガスの集積が認められる。ガスハイドレートが形成されている岩石層は比較的孔隙率が大きく, ハイドレートはこの中に分散していると考えられている。坑井データより推定されたハイドレートとフリーガスの分布を第10図に示す。A層はクパルクリバーの南東部までの394km²の規模で広がり, ガスハイドレート層の厚さ

は9mから27mで, 永久凍土層の基底下部に生じている。B層は永久凍土層の下部に形成されており, 分布面積は122km², 厚さは3mから18mである。またA層と同様にハイドレート層の下方にはフリーガス層があると考えられる。検層とコア分析からハイドレート層の孔隙率は22~48%, ハイドレート飽和率は85%と推定される。

また, ノーススロープのハイドレートに伴う炭化水素ガス起源については, 炭素同位体比(-49‰)およびガスの組成(メタン: 83-88%, エタン: 5-7%, プロパン: 1-2%)より生物起源のガスと地下深部の熱分解ガスが混在していると考えられる。このようなガスが地層断面に沿って上方に移動してガスハイドレートが直接形成されたか, または一旦トラップに集積した後にハイドレートになったと考えら



第10図 クパルクリバーからプルドーベイにかけてのガスハイドレートとフリーガスのAからFの各ユニットの分布の合成図 (Collet, 1993による)

れる。

現在のところ天然ガス資源の豊富な米国では、コスト面から必ずしもガスハイドレートに対して関心は高くない。従ってノーススロープ地域ではガスハイドレートの開発に対して特別な関心は払っていないとのことである。むしろ現在は再圧入している天然ガスを、近い将来日本をはじめとするアジア・太平洋地域に輸出することを目指して西方の太平洋岸の港までパイプラインを引きそこから砕氷液化天然ガス(LNG)船により輸出する計画を立てている。資源の少ない日本でこそガスハイドレートの開発に対する進展が大いに期待されている。

謝辞：本原稿は石油公団のメタンハイドレート海外調査においてアラスカ・プルドーベイ地域の調査を行ったことによる。関係する石油公団の方々および現地の英国石油株式会社、アラスカ大学の皆様に感謝します。

参 考 文 献

松本 良・奥田義久・青木 豊(1994)：「メタンハイドレート」, 日経サイエンス社, p186-188, 253p.
 BP Exploration and ARCO Alaska, Inc. (1995) : "Arctic Oil", 31p.
 Collet T.S., Bird, K.J., Kvenvolden, K.A. and Magoon, L.B. (1988) : Geologic interrelations relative to gas hydrates within the North Slope of Alaska. USGS Open-File Rept., 88-389, 150p.
 Collet T.S., Bird, K.J., Kvenvolden, K. A. and Magoon, L.B. (1990) : Characterization of hydrocarbon gas within the stratigraphic interval of gas-hydrate stability on the North Slope of Alaska. Applied Geochemistry, 5, 279-287.
 Collet T.S. (1993) : Natural gas hydrates of the Prudhoe Bay and Kuparuk River area, North Slope, Alaska. Amer. Assoc. Petrol. Bull., 77, 793-812.
 Gousha H.M. (1993) : "Alaska", 15 Columbus Circle, New York.

IMAI Noboru (1997) : Methane hydrates in the North Slope of Alaska.

<受付：1996年12月17日>