

液化天然ガスの有効利用を めぐって



片岡宏文

目次

- 1 — はじめに
- 2 — LNGの物性と特長
- 3 — 都市ガス、火力発電への利用
- 4 — 特殊用途への利用
- 5 — 寒冷の利用
- 6 — あとがき

1 — はじめに

液化天然ガス〈LNG〉とは、天然ガスを -160°C 程度の低温で液化したものをいうが、近時低温技術の顕著な進歩と世界的な天然ガス資源開発気運とに支えられて新しいエネルギー源として急成長を遂げつつある。

それはLNGが公害の源となる硫黄分を含まず、ガス化に際しても悪臭、汚濁排水等を全然随伴しない良質燃料であることと、日本、米国等のエネルギー大消費国が石油に対するリスク分散策として積極的にLNGを導入し始めたこととに起因していると思われる。

現状ではLNGの用途は大半、再ガス化して元の天然ガスに戻し原料又は燃料ガスとして使用することにあるが、今後はポータブルな液体燃料としての特性と、超低温の寒冷源としての特長を十分活用して、多角的な利用を図るべきと思われる。特に最近のエネルギー高価格時代においては、液化天然ガスのように膨大な設備費と運転費をかけて加工されたプレミアム燃料は出来るだけ有効利用して潜在価値を引出す必要がある。

ここではLNGの有効利用について若干の事例と可能性を概説し、大方の御参考に供したいと思う。

2 — LNGの物性と特長

LNGの性質は基本的には元の天然ガスに依存するものであるが、液化する際に脱水、脱炭酸、脱硫等の前処理を受ける他、重質炭化水素も分離されるから、自然に高度精製された姿となり、それ自体既に純粹製品となっている。

LNGの主な物性値は表1の通りであるが、低温液体の性質としてマクロにみる場合は、液化メタ

ンのそれと略同一視して良い。

液化メタンの蒸気圧、液密度、蒸発潜熱等は図1, 2, 3に示す通りである。

普通の石油系燃料に比して比重が半分程度と極めて小さいこと、液状をなす温度が -162°C 〈常圧沸点〉 $\sim -82^{\circ}\text{C}$ 〈臨界温度〉と超低温であること等が顕著な特長である。

なお、LNGがエタン、プロパン等の炭化水素を相当量含む場合は、蒸発量に応じて液の沸点が

上昇して行くから、寒冷の利用を考える際には温度、圧力、エンタルピーの関係を十分吟味する必要があり、例えば図4のようなチャートも参考すべきである。

いづれにしてもLNGの有効利用を具体化する場合、このような物性を詳細に把握して設備の設計、運転を考える必要があるが、この分野は専門的なエンジニアリングになるので本稿では省略する。

表1 LNGの主な物性値

	ガス密度 〈 15°C 〉	沸 点 〈 1atm 〉	液 密 度 〈沸点〉	蒸 発 熱 〈沸点〉	総 発 熱 量	液化状態
アラスカLNG	$0.679\text{g}/\ell$	-162°C	$425\text{g}/\ell$	$122\text{cal}/\text{g}$	$13.27\text{Kcal}/\text{g}$	無色透明
ブルネイLNG	$0.786\text{g}/\ell$	-161°C	$460\text{g}/\ell$	$118\text{cal}/\text{g}$	$13.00\text{Kcal}/\text{g}$	無色透明

図1 液化メタン等の蒸気圧曲線

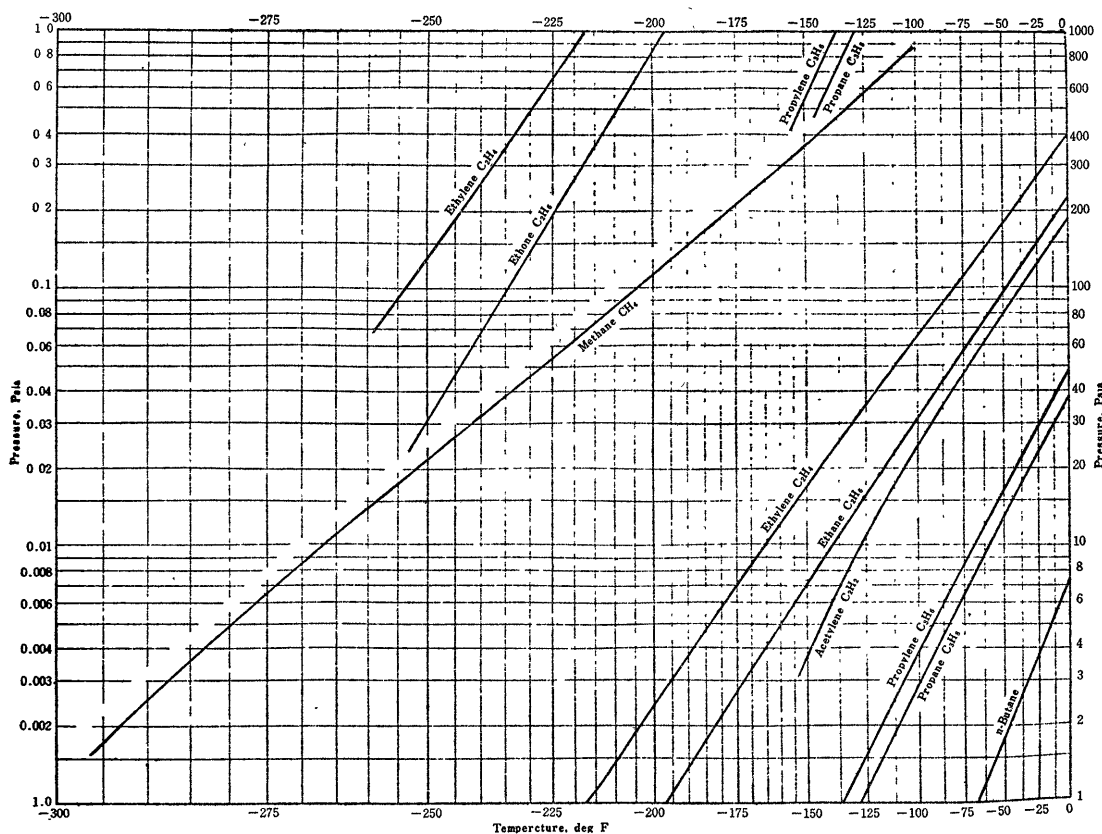


図2 液化メタン等の液密度

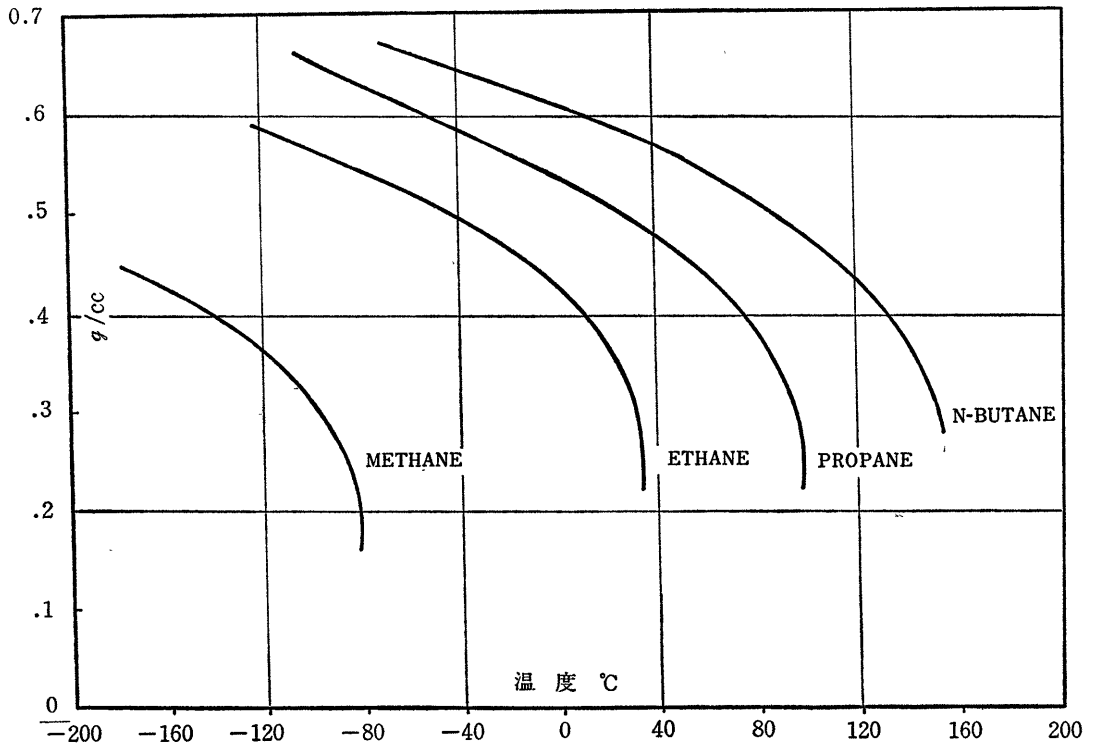


図3 液化メタン等の蒸発潜熱

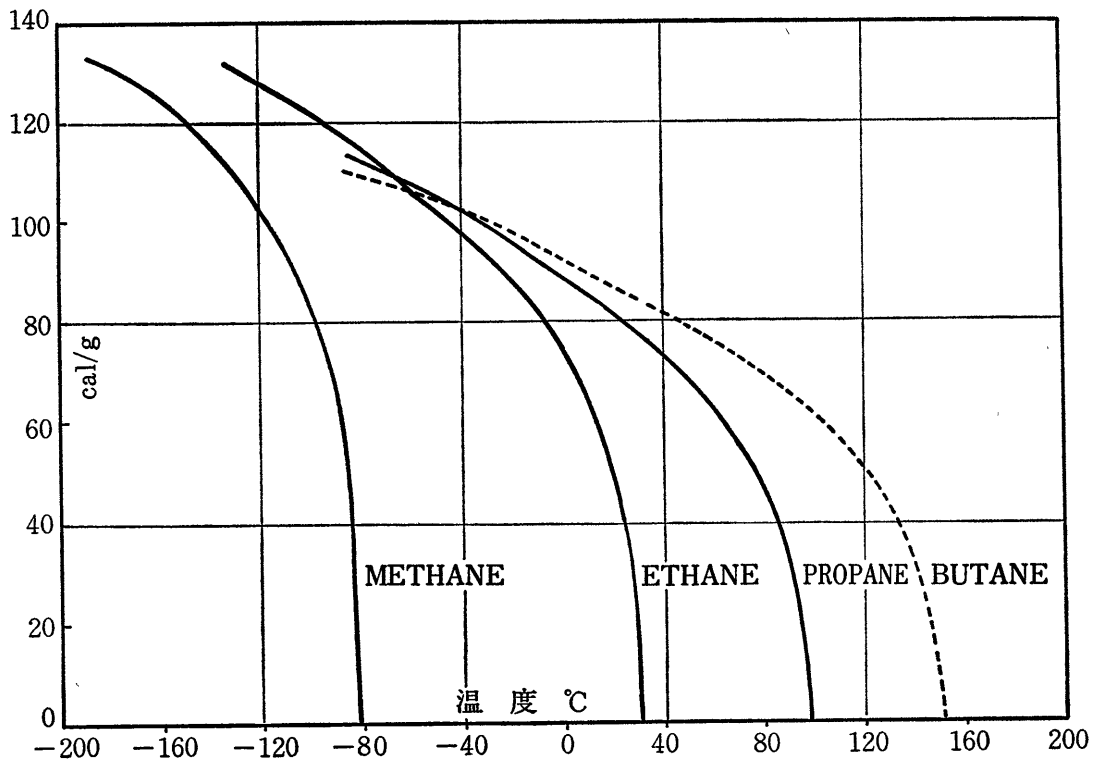
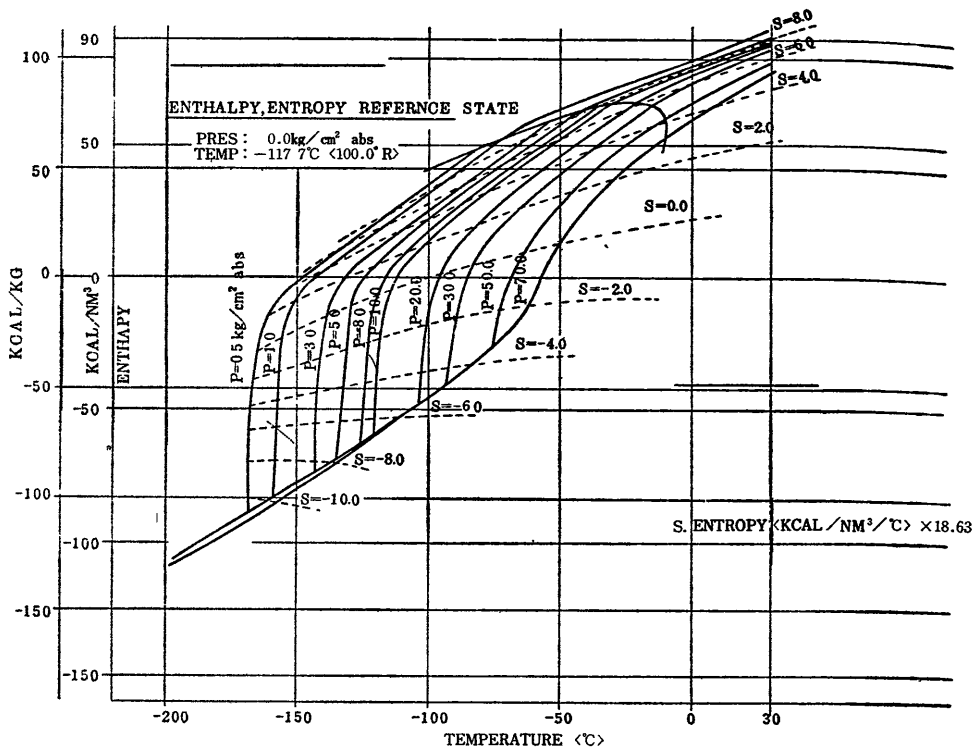


図4 ブルネイLNGのT-i線図



3 都市ガス、火力発電への利用

都市ガス原料、火力発電燃料としての利用は、元の天然ガスに戻しての用途として最も代表的なものであるが、特に都市ガスへの利用に際しては、LNGを図5のような気化器によって海水等で間接的に暖めるだけで全エネルギーが使用末端まで配送されるから、ガス化効率100%の理想的なガス源といえる。

又、送出ガスを高圧とする場合も、低温液状のままポンプ昇圧し、加温するだけで高圧ガスが得られるから、ガス圧縮機が不要であり、省エネルギーの点でも極めて有用である。

東京ガスが昭和47年以来開始した天然ガストレート供給方式においては、上記のLNGのメリットがフルに発揮され、ここにエネルギーの無駄使

いを避けた最も合理的な都市ガス製造供給形態が確立されたといえる。

火力発電燃料としてはLNGの純粹さ、特に硫黄分を含まない点が評価されているが、ボイラー内での燃焼状態が良くボイラーチューブ、炉体等に損傷を与えないことも隠れた大きなメリットである。

特に火力発電所と都市ガス製造工場とが隣接し、LNG受入設備、気化器、貯蔵タンク等を共用し得る場合は相互の経済的合理化が大幅に図られる。

普通、都市ガスも電力も負荷が季節的に大きく変わるから、一定のペースで入荷するLNGに対しては共に膨大な貯蔵タンクを要し、例えば東京ガス、東京電力の袖ヶ浦プラントの場合では、図6、図7のようなオーダーになると思われる。

これが両者のタイアップによると図8のように修正され、所要タンク総量は相当な節減となる。

即ち、都市ガスの最大需要が冬期のみ集中し、夏期は完全なオフピークとなるのに対し、電力の需要は夏期、冬期に尖頭負荷が出る他は年間を通じて比較的一定であるという特長が結合されたからである。

又、両事業の結び付きによってLNG導入量の規模が大きくなり、いわゆる大型化のメリットがLNG価格の引下げに役立っていることも見逃せない事実である。

図5 オープンラックペーパライザー

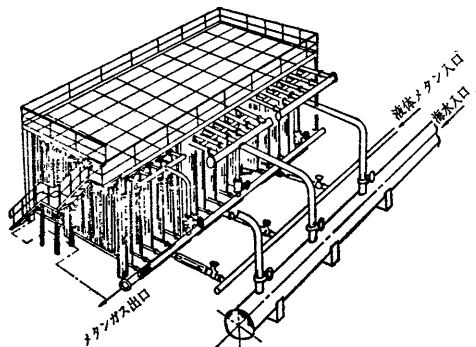


図6 LNG貯蔵の模式図。東京瓦斯(株) <袖ヶ浦>

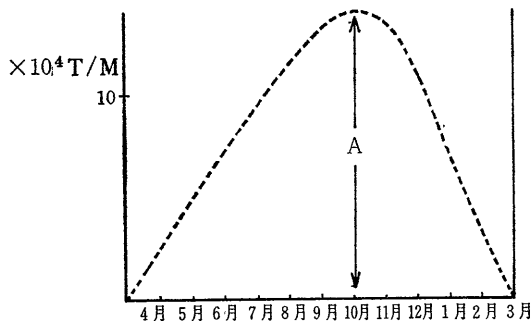


図7 LNG貯蔵の模式図。東京電力(株) <袖ヶ浦>

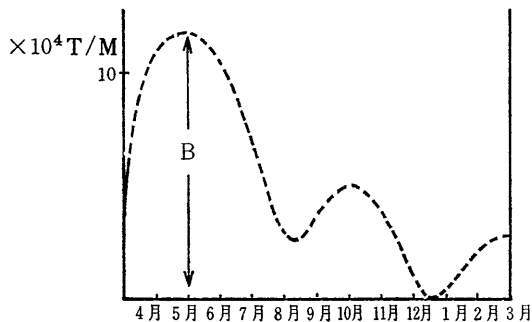
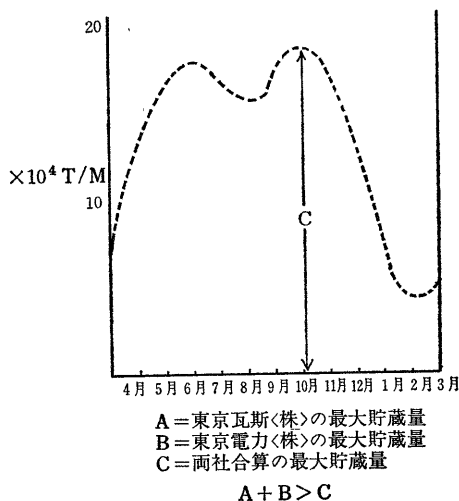


図8 LNG貯蔵の模式図
東京瓦斯・東京電力共有の場合



4 特殊用途への利用

都市ガス、火力発電用以外にも鉄鋼所燃料<高炉吹込用熱源、平炉用熱源、熱処理及び雰囲気ガス用熱源、鋼材熔断用熱源等>、化学工業用原料<アンモニア、メタノール等>等に使用の可能性はあるが、いずれもガス状天然ガスとしての用途であり、我国でも新潟県や千葉県の国産天然ガスで実例がある。

LNGをこれらの用途に使う場合は、寒冷の有効利用を十分検討すべきで、それによって特長ある使い方が創造されると思われるが、寒冷利用については後で概説する。

低温液体燃料としてのLNGの用途は、パイプによらない天然ガスの供給手段とみられる場合と、可搬燃料として使用端でも液状で使われる場合とに大別できる。

前者の代表的な例は、都市ガス導管網から孤立した地域でのいわゆるLNG衛星基地にLNGをローリその他によって運搬し、そこで再ガス化して使用するものであり、後者のケースとしては自動車、航空機燃料及びその関連用途がある。

前者の用途ではLNGの小規模導管供給と競合することになり、現状では経済性の点でLNGが有利な場合が多いが、都市ガスとしてはメタンの方が比重が軽くて室内に停滞し難いことや爆発下限も高い等安全性の点で優れているので、将来都市ガス導管網に連結し得るような地点では、需要がガス導管の経済規模に達するまで暫定的にLNGを供給する方式が有り得ると思われる。

LNGローリーの一例は図9に示す通りである。

自動車燃料としてLNGを使う場合は、

<i>オクタン価が高く<130>、燃焼効率が良
いのでエンジン性能が向上すること。

<ii>スラッジや析出物が減少し、エンジンオイルの交換や修理期間が延長出来て維持費が低減出来ること。

<iii>ガソリンに比し排ガス中のCO、未燃炭化水素が少ないこと。

等の利点があり、米国では Sandiego Gas and Electric 社を始め数社が多数のテスト車を走行させてデータを取っているがLNGクック、気化器等の設置に多額のコストを要し、かつ給油所がLNG設備ヤードに限られるから、一般自家用車には適用余地は無く、精々タクシー、バス等に限定されると思われる。

又、その場合でも価格の面、特に揮発油税等に関

し公害防止上格別の配慮がなされないと実現は難しく、ガソリン、軽油、LPG等を含めて総合的な政策を十分立てた上で実施する必要がある。LNGの将来の特異な用途として、超音速飛行機燃料も注目すべきものの一つである。

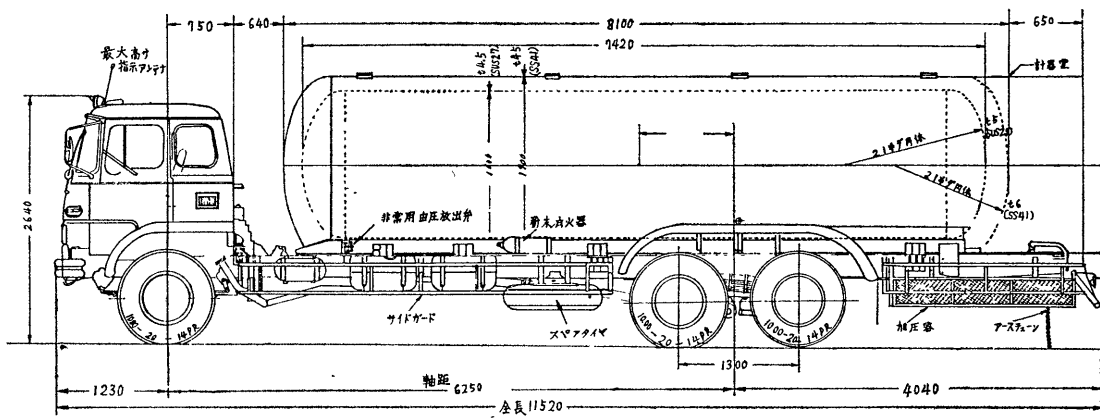
即ち、LNGは重量当りの発熱量が13,300kcal/kgと他燃料に比して極めて高いことと、 -160°C 近辺から $+650^{\circ}\text{C}$ 位までの広い温度範囲に亘ってエンジンの金属部分を冷却し得る大きなヒートシンクを持つため、エンジンの冷却構造を工夫すれば実際の燃焼温度を高くしてエンジン出力を強化出来るメリットがあることが大きな利点なのである。

この種の用途については、米国の NASA その他で精力的な開発が進められており、今後の興味ある技術課題と思われる。

5 ————— 寒冷の利用

LNGはパイプライン天然ガスに比較して、液化するのに要した仕事だけ価値を高められたエネルギーとみるべきであるが、これは実際には液化によってガス Volume を1/600に縮小して、天然ガスの海洋輸送並びに大量貯蔵を可能ならしめ、僻

図9 LNGローリー概念図



地の未利用天然ガスに需用を与えたことによって一応充足された形にはなっているが、低温もしくは寒冷の価値を直接引き出すことはLNGの潜在価値を一層高める意味で極めて重要な技術である。

LNGの寒冷価値は、それが置換し得る冷凍又は冷却プロセスの設備費及び運転電力費の節減分として捉えられるが、一般に冷却対象の温度レベルが低いほど効果は加速度的に大きくなり、例えば図10、表2のような設備費及び電力費が肩变りの目標になるのである。

最近のような省エネルギー時代にあっては、これは顕著な利点であり、特に液化窒素の用途を置換

し得るような場合が最大の効果を発揮することになる。

従って、寒冷利用の実際のプロセスとしては

<i>空気の低温分溜によって液化酸素、液化窒素を製造するもの

<ii>食品を -100°C 以下程度の低温で急速凍結するもの

<iii>産業廃棄物等<廃プラスチック、古タイヤ、廃自動車等>を液窒冷却により低温脆化せしめ粉碎処理するもの

等が最も有効な応用分野になると思われる。このうち液酸、液窒等の製造については、東京ガス根岸工場に隣接して東京液化酸素株式会社のプラントがあり、既に約4年の運転実績が確立されている。このプラントのプロセスフローシートは図11のようであり、運転成績例は表3の通りである。ここで顕著な特長は、電力原単位が通常の液酸製造装置に比して1.3KWHから0.8KWH/Nm³へと約40%も減少している点である。それはLNG寒冷の利用によって循環窒素サイクルのコンプレッサーを普通の場合の1/4位に小型化出来るのが主因であるが、10,000Nm³/hr程度のプラントでは5,000KW近い節電が実現される訳で、国家的にも益するところ大きいといえよう。

食品の急速凍結装置については、現在、当社、東京ガス<株>、日本酸素<株>が共同で連続式のパイロットプラントを運転中であり、技術的には満足すべき成果を得ているが、事業チャンスを得次第、工業装置として具体化したいと考えている。本装置の凍結原理は、LNGとの熱交換によって空気を -120°C 程度に冷却し、この冷風を食品をコンベアー輸送しているトンネル内に循環させて急速凍結するもので概念図は図12に示す通りである。なお、冷凍食品の保管用大型冷蔵倉庫にLNGを応用する例は日本超低温<株>で実現しており今秋から運転が開始される。冷蔵倉庫の冷

図10 冷却温度と設備費との関係

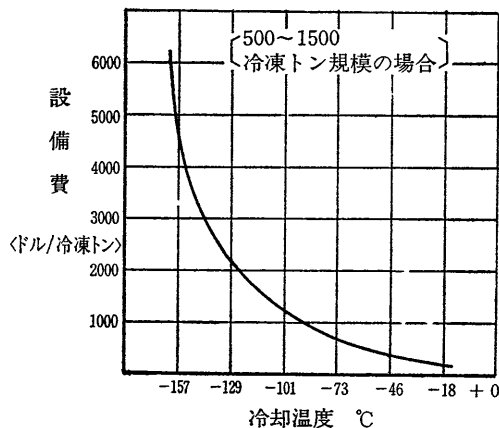


表2 冷却温度と所用動力の関係
<26.7°Cでの熱放出として>

温度 °C	理論最小動力 KWH/冷凍トン	カルノー効率	実所用動力 KWH/冷凍トン
- 1.1	0.40	0.50	0.80
- 28.9	0.88	0.45	1.95
- 45.5	1.22	0.40	3.05
-101	2.88	0.38	7.58
-162	6.55	0.35	18.7
-201	12.2	0.30	40.7
-262	101	0.15	673
-268	205	0.10	2,050

図11 東京液化酸素プロセスフローシート

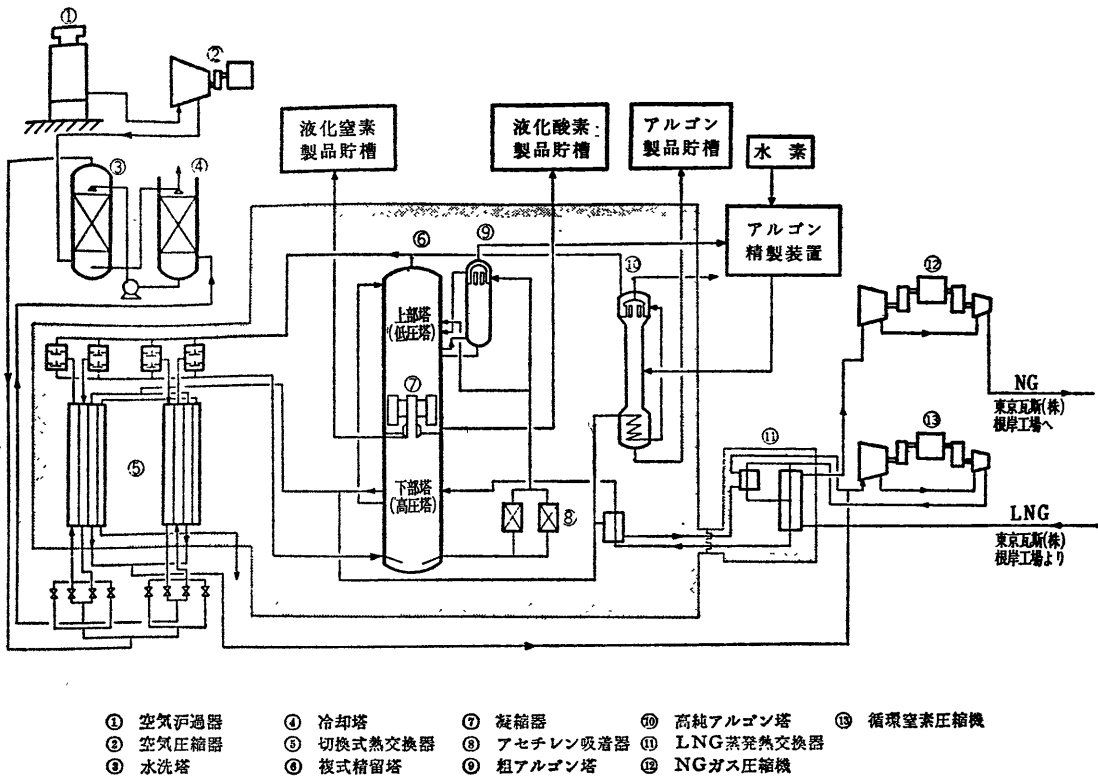
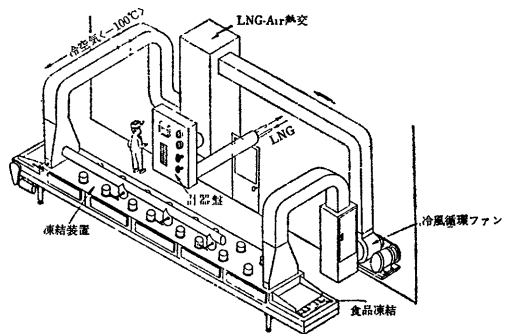


表3 LNG寒冷利用による空気分離プラントの運転実績例

製品製造量	液化酸素	7,010Nm ³ /hr
	液化窒素	2,800 "
<発生ベース>	液化アルゴン	150 "
LNG使用量		11,200 "
電力使用量		7,800 KW
電力原単位<KWH/Nm ³ 製品>		0.781
主要圧縮機	空気圧縮機	38,000Nm ³ /hr × 5.1kg/cm ²
	窒素	22,500 " × 32 "
	天然ガス	11,000 " × 26 "

図12 LNG式食品凍結システム



却は図13に示した方式により、LNGで過冷却されたフロンによって間接的に行われる。この場合も通常の冷媒コンプレッサーを省略出来て、電力消費量を60%程度節減し得るメリットがあり、かつ-50℃レベルの低温保管も容易に出来るので鮪、鯨等の保管に適している。常温では粉碎し難い産業廃棄物、例えば、ゴム、プラスチック、鉄屑等は相当の低温になると脆化して粉化し易くなるからLNGの寒冷をこの分野

に応用することも興味ある課題と思われる。従来でも、特殊な微粉碎には液体窒素冷却を利用したものがあるが、薬品、香辛料、塗料等小規模なものも多く、大量の産業廃棄物を低廉に扱う技術としては未だ確立されていない。LNG基地でその寒冷を利用する場合は、前述の食品凍結と類似の低温 Air-Blast で処理品目を冷却し、反撥式粉碎機等によって粉化出来る。この

場合、プラスチックなどでは、例えばポリエチレンとポリ塩化ビニルでは脆化温度が著しく異なるから、破碎温度をうまく選ぶと両者を選択粉碎し

て分別することが出来る。〈図14参照〉

現在、当社及び東京ガスでは、この技術について基礎実験の段階にあるが、粉化後の製品評価が未

図13 LNG冷熱を利用した冷凍サイクル

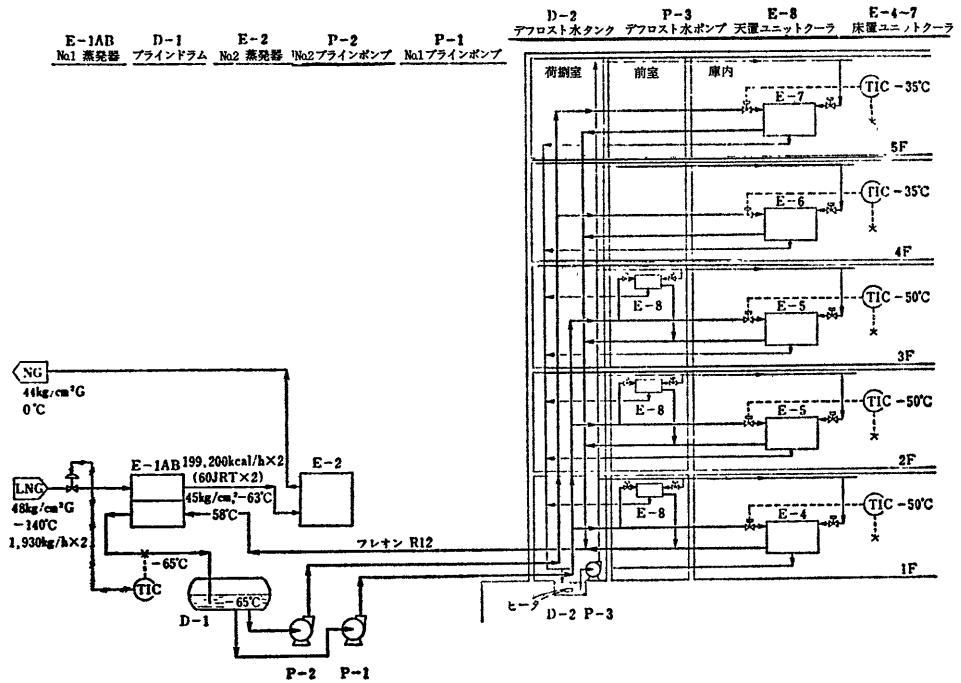
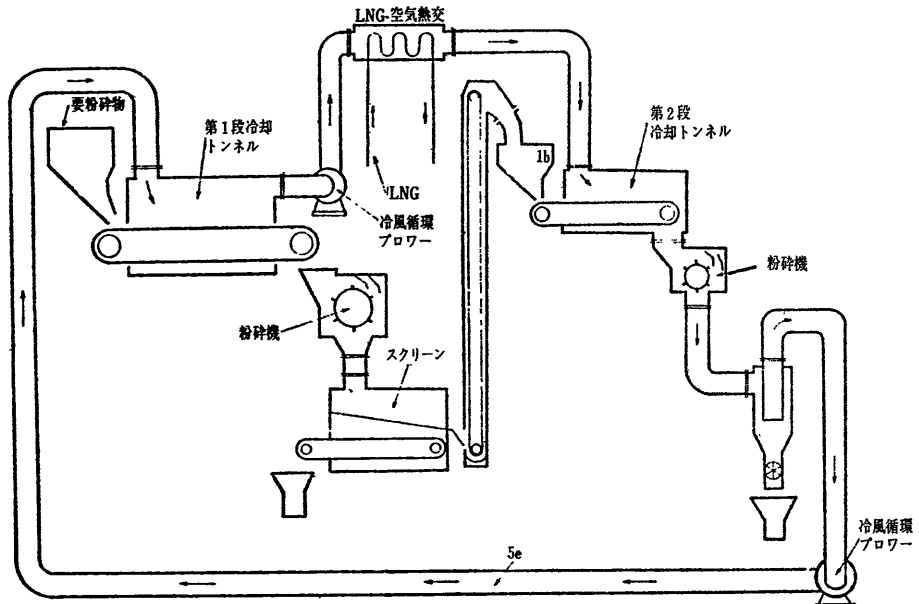


図14 LNG寒冷利用による選択粉碎の概念図



だ確立しておらず、実用化は今後の課題と思われる。

6 ————— あとがき

以上に、LNG利用の現況及び可能性を概説したが、新エネルギー源としてのLNGの登場は世界的にも漸く本格化し始めた段階であり、むしろこれからが技術の開花期に入るものと思われる。特に日本の場合は、専らLNGの輸入国となり大規模な受入基地が逐次増加して行くから、多角的な利用を考えてその潜在価値を引き出すことはLNGユーザーの使命でもある。又、LNG導入量からみても向う数年間は日本が世界のリーダーになる筈であり、LNG有効利用の技術開発も世界に魁けて推進すべき立場にあると考えられる。LNG利用技術の将来はそれだけに期待が大きいのである。

<東京冷熱産業株式会社常務取締役>