簡単な操作で省エネルギーを図る都市ガス熱量 調整設備

Simple Calorie Adjustment System for Town Gas Plant

松島英雄* Hideo Matsushima 豊嶋弘幸* Hiroyuki Toyoshima



伊勢崎ガス株式会社納めDV & M® (Direct Vaporizing and Mixing)熱量調整設備 省エネルギー化、省スペース化および運転管理の簡略化が図れ、LNG(液化天然ガス)受け入れ基地あるいはサテライト基地に最適である。

都市ガスは、21世紀初めまでにLNG(液化天然ガス)の導入促進に伴う高カロリーガスに統一される方向にあり、気化した天然ガスに増熱用のLPG(液化石油ガス)を供給し、熱量調整することによって製品化される。

日立製作所では、LPGを気化し天然ガスと混合する従来方式から、LPGを直接液状で天然ガスと高速接触させ、LPGの気化と混合を同時に行う方式、すなわちDV & M® (Direct Vaporizing and Mixing)

熱量調整設備を開発した。

都市ガスDV & M熱量調整設備は、その開発のポイントがDV & Mミキサにある。DV & Mミキサは、気化と混合を瞬時に行う機能があり、またトラブルの発生要因がなく、省スペースで設置することができる。

都市ガスDV & M熱量調整設備は,省エネルギー 化できることはもちろんであり,設備保安の向上と 運転操作の簡略化を図り,信頼性の高い設備である。

^{*} 日立製作所 機電事業部

1 はじめに

都市ガス業界は、行政指導のもとLNGの導入とガス種の統一を図っており、都市ガスの熱量を高カロリーに変更する計画にある。

都市ガス事業者は国内に251社あり、LPG、LNGあるいはNG(国産天然ガス)を主原料として都市ガスを製造している。各事業者の供給する都市ガスは、燃焼速度とウォッベ指数で定義される領域ごとにガスの種類が決められ、LPGを除き13種類が流通している。

13種類の都市ガスは、現在、2種類が高カロリーグループ37.67~62.78 MJ/m³N {9,000~15,000 kcal/m³N}に、残り11種類が低カロリーグループ15.07~29.3 MJ/m³N{3,600~7,000 kcal/m³N}に分類される。そして、21世紀初めに都市ガスは、全事業者がほぼ熱量変更を完了し、高カロリー化になる予定である。

都市ガス事業者は、高カロリー化に察し、各需要家のガス器具変更作業のほか、ガス製造設備も低カロリーから高カロリー対応に設備変更する必要があり、主原料の種類、製造量および地域によって製造方式を決定しなければならない。

現在提案されている方式は、(1) SNG (Substitute Natural Gas) + LPG、(2) LPG+AIR、(3) NG+LPGおよび

(4) LNG+LPGの 4 方式であり、概要を以下に述べる。

(1) SNG+LPG方式

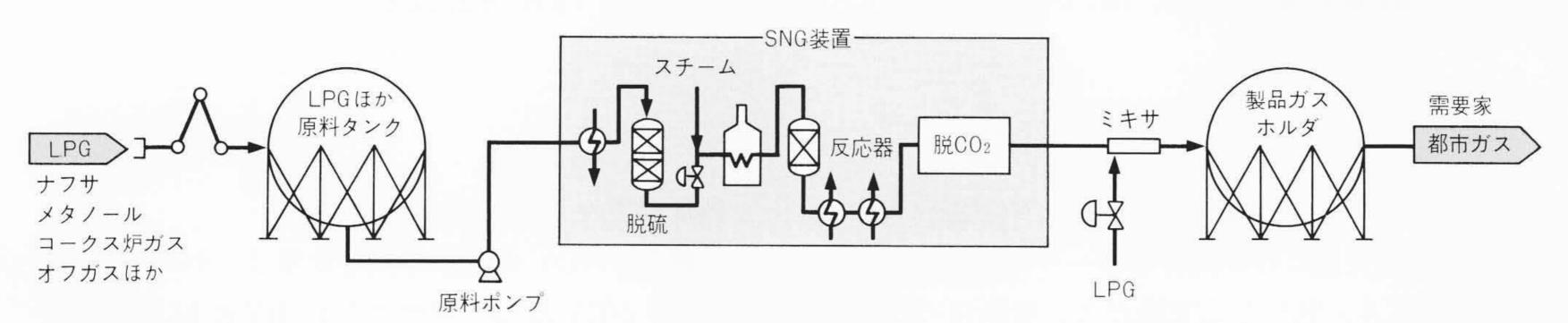
この方式は、原料ソースに多様性が図れる特徴がある。 図1はLPG原料をメタンリッチガス約31.8 MJ/m³N {7,600 kcal/m³N}に低温改質し、これを脱炭酸した製造ガス約38.5 MJ/m³N {9,200 kcal/m³N}にLPGを増熱熱量調整することで高カロリーガスを製造するプロセスフローである。 適用は常用装置として、LNGの導入が困難な地域に適した設備であり、 従来指摘されていた運転管理、建設費の問題についてプロセスの簡易化および自動化により改善されている。

(2) LPG+Air方式

この方式は、最も低コストで高カロリーガスを製造する技術である。図2のプロセスフローに示すように、ガス化したプロパンと空気を混合熱量調整し $62.78\,\mathrm{MJ/m^3N\{15,000\,kcal/m^3N\}}$ の低圧都市ガス $9.8\times10^{-3}\,\mathrm{MPa}$ $\{0.1\,\mathrm{kgf/cm^2}\}$ を簡易に製造するプロセスである。この方式は、小規模なガス事業者の製造に適した設備である。

(3) NG+LPG方式

この本式は、NGをパイプラインによって受け入れているガス事業者に限定される技術であり、図3のプロセスフローに示すようにNG43.3 MJ/m³N{10,350 kcal/m³N}に増熱用のLPGを熱量調整することで高カロリー



注:略語説明 SNG (代替天然ガス), LPG (液化石油ガス)

図 I SNG+LPG方式 LPGほかの原料をSNG装置によってメタンリッチガスに改質し、このガスにLPGを増熱熱量調整することで都市ガスを製造する。

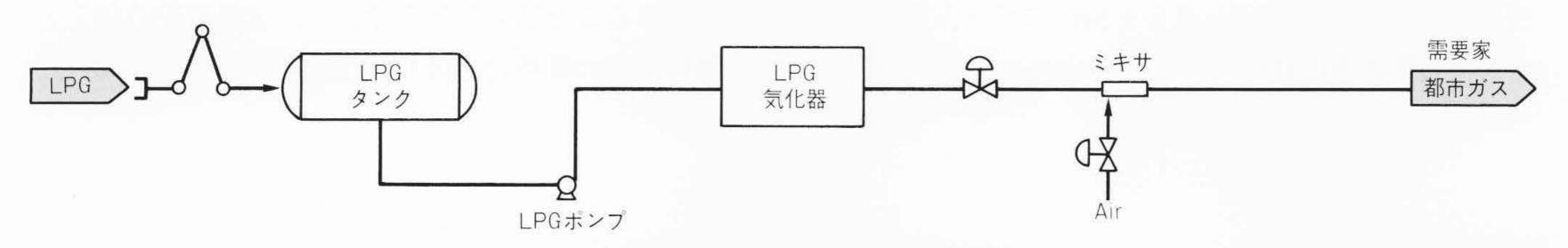


図2 LPG+Air方式 ガス化したプロパンと空気を混合熱量調整し、簡易に都市ガスを製造する。

の都市ガスを製造する設備である。この方法は、NGの産 出あるいは導入が可能な地区に適した設備である。

(4) LNG+LPG方式

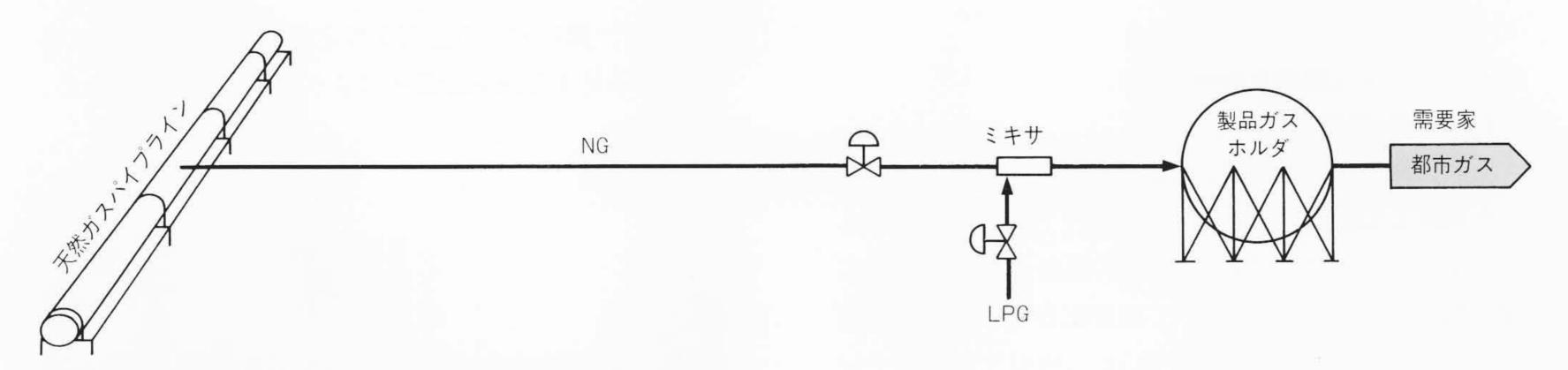
この方式は、フローが単純でクリーンエネルギーとして今後LNG受け入れ基地および周辺地区を中心に主流となる技術であり、図4のプロセスフローに示すように、一162℃のLNGをガス化し、これにLPGを増熱熱量調整し高カロリーの都市ガスを製造するものである。この方法は、LNGの受け入れあるいは導入が可能な地域に適した設備である。

日立製作所は,以上の4方式に対し多くの納入実績と

トータル エンジニアリング ノウハウを持っており、高カロリー化に対してもユーザーのニーズを第一に考えた開発を行っている。

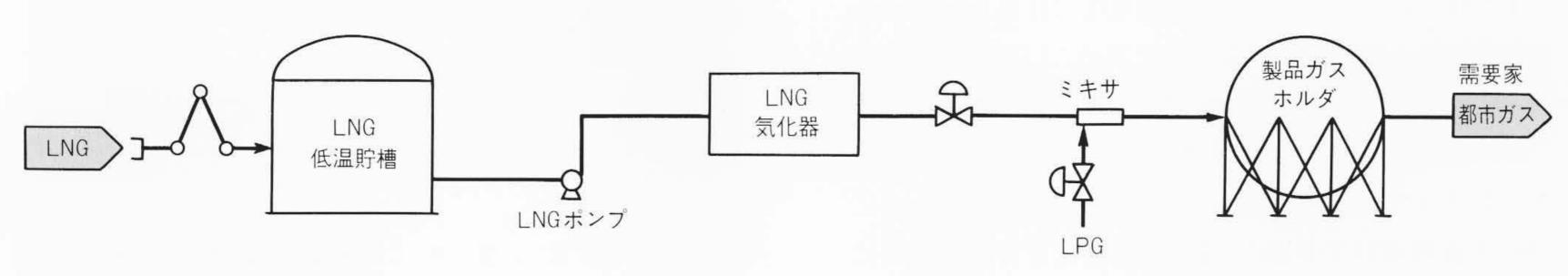
今回述べる製品は、高カロリー化のNG+LPG方式とLNG+LPG方式に対応する簡単な操作で省エネルギーを図る都市ガスDV & M熱量調整設備(以下, DV & M熱調設備と言う。)である。

従来,NGにLPGを増熱熱量調整して高カロリーの都市ガスを製造する方式は,液状のLPGを気化器でガス化した後,NGに混合する方式(以下,ガス・ガス方式と言う。)が一般的であった。



注:略語説明 NG(天然ガス), LPG(液化石油ガス)

図3 NG+LPG方式 国産NGにLPGを増熱熱量調整することで、都市ガスを製造する。



注:略語説明 LNG(液化天然ガス)

図 4 LNG+LPG方式 −162℃のLNGをガス化し、このNGにLPGを増熱熱量調整することで都市ガスを製造する。

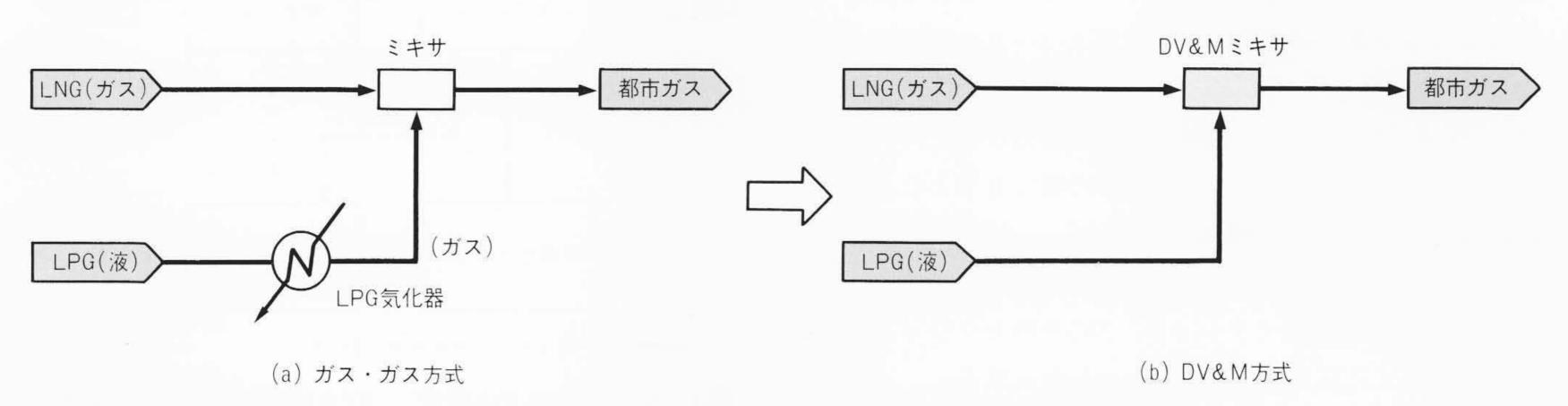


図5 熱量調整方式 DV & M方式は、NGに増熱用のLPGを気化せず、直接液で供給し熱量調整を完了する。

日立製作所の開発したDV & M熱量調整設備は、LPG を液状のまま直接NGに接触させる方式(以下、DV & M 方式と言う。)であり、これにより省エネルギー化、省スペース化および運転管理の簡略化を可能にした。この方式は、今後設置計画のあるLNG受け入れ基地あるいは周辺のサテライト基地(二次基地)に最適な方法として採用される方向にある。

2 DV & Mシステム

DV & M方式は、NGに増熱用のLPGを直接液で供給し、熱量調整を瞬時に完了させる。図5にガス・ガス方式との比較を示し、特徴を以下に記す。

- (1) 液状のLPGを瞬時に気化する。
- (2) NGとLPGを完全に混合する。
- (3) LPGの気化熱源を削減する。

2.1 DV & M ミ キサ

増熱に使用するLPGは、常温でブタンあるいはプロパンを加圧して液化したもので、蒸気圧力が高い特徴がある。よって、液状のLPGをNG中に混合した場合、LPGは、NGとの蒸気圧差によって相変化しながら物質移動を行い、蒸発に必要な潜熱をNGから吸収することで伝熱と物質移動を繰り返し気化が完了する。したがってDV & M方式は、LPGを外熱で気化するガス・ガス方式に比べ気化熱源が削減される。

またDV & M方式は、物質移動速度に注目しLPGの物質移動係数と液滴表面積を同時に高め、LPGの気化を速める機能と混合機能をDV & Mミキサに持たせている。

DV & Mミキサは、図6にその外形を示すようにNGをベンチュリー形状のスロート部で加速させ、これにLPGを直接液状で供給しLPGの微粒化を行い、同時にNGの加速による物質移動速度を高め、LPGの気化と混合による熱量調整を瞬時に行うものである。

DV & Mミキサの設備メリットを以下に記す。

- (1) DV & Mミキサは、配管ラインに同一サイズで設置することができ、設備費および設置スペースの面で有効となる。
- (2) DV & Mミキサは、機械的な作動部分がなく、トラブルの発生要因を削減し、安全操作の面で有効となる。

2.2 DV & Mシステム構成

DV & M熱量調整設備の構成要素は、図7に示すようにDV & M熱量調整セクション、NG予熱セクション、 熱源セクションおよび制御セクションから成る。

(1) DV & M熱量調整セクション

DV & M熱量調整セクションは、NGに液状のLPGを 所定量DV & Mミキサに供給し気化・混合を行い、ここ で熱量調整が完了する。DV & Mミキサの設置台数は、 天然ガスの受け入れ負荷によって決定され、20~100%の 負荷に対しては1系統で対応し、それ以下の負荷が必要 となる場合には複数系統の対応となる。

(2) NG予熱セクション

NG予熱セクションは、NGを温水で予熱する。

都市ガスは、NGにLPGを液状で供給することにより、NGの顕熱が奪われ温度が低下する。都市ガスの温度は、NGの温度およびLPGの供給量によって決定され、NGに対しLPG(ブタン)を 1%供給すると温度が約 6%下する。

よって、都市ガスの温度が設定温度よりも低下する場合には、不足する熱量を温水により供給する必要がある。

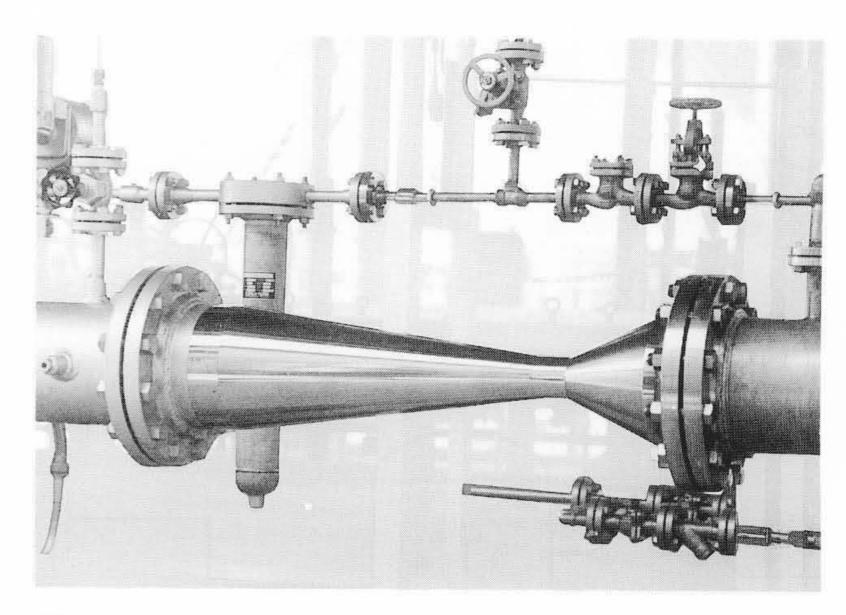


図 6 DV & Mミキサ 外形寸法直径200 mm×長さ1,300 mmで直接天然ガス配管に設置でき,この機器でLPGの気化と混合を同時に行う。

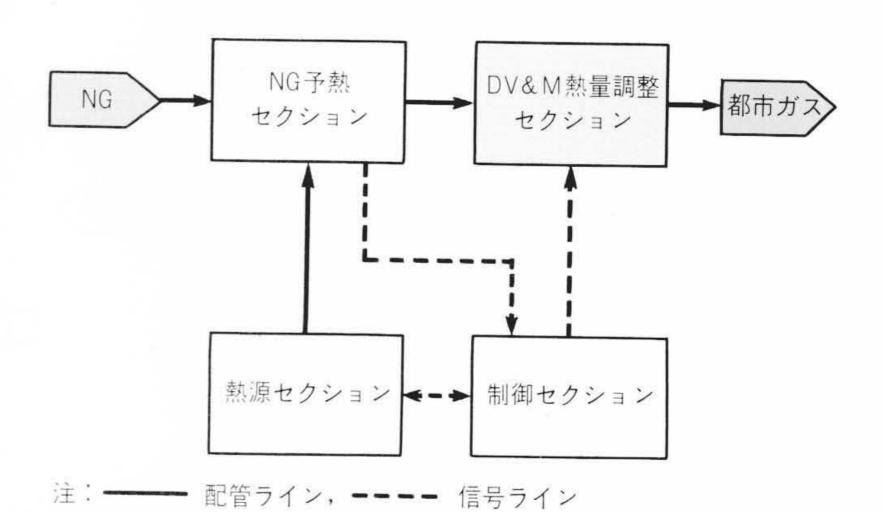
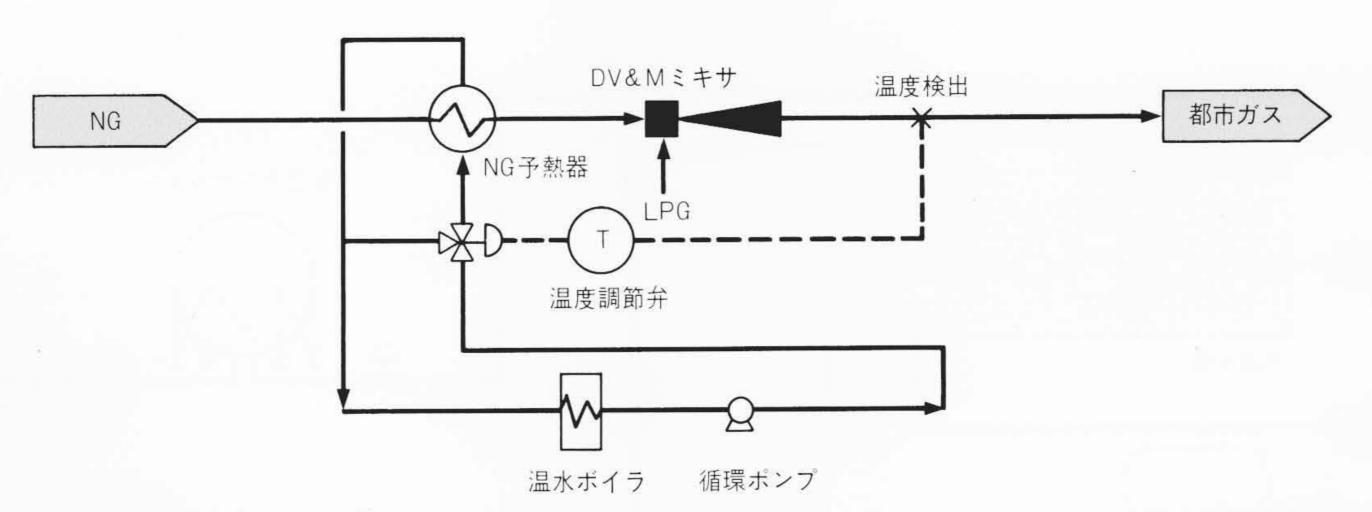


図 7 DV & Mシステム構成 DV & M熱量調整設備は, 4 セク ションからシステムが構成される。



注:略語説明 T(温度調節計)

図 8 DV & M NG予熱系統 都市ガスの温度低下に対し、その不足熱量分を温水ボイラによってまかなう。また、温度は温水量によって制御される。

(3) 熱源セクション

熱源セクションは、図8に示すように、温水ボイラによって温水をNG予熱器に供給する。DV & M熱量調整設備は、高温のスチームなどの熱源を必要とせず簡易な50 $^{\circ}$ $^{\circ}$ 程度温水で予熱できる。また、温水は循環ポンプによる閉サイクル運転となる。

(4) 制御セクション

制御セクションは,熱量と温度の制御を行う。

熱量制御は、図9に示すようにNG流量に対して増熱に必要なLPG量を比率制御で供給する方式をとり、また天然ガスの熱量変動に対し都市ガス熱量をカロリー計で測定し、設定熱量偏差でフィードバック制御を行う。この制御は、一般的な方法であり、±0.5%の熱量精度を確保する。

温度制御は、先の図8に示すようにDV&Mミキサの 出口温度を検出し、設定温度になるようにNG予熱器に 入る温水量を調節弁で制御する方法をとる。

3 DV & M熱量調整設備の運転

都市ガス事業は公共事業であり、保安上の設備管理と 運転管理を向上させることが重要である。

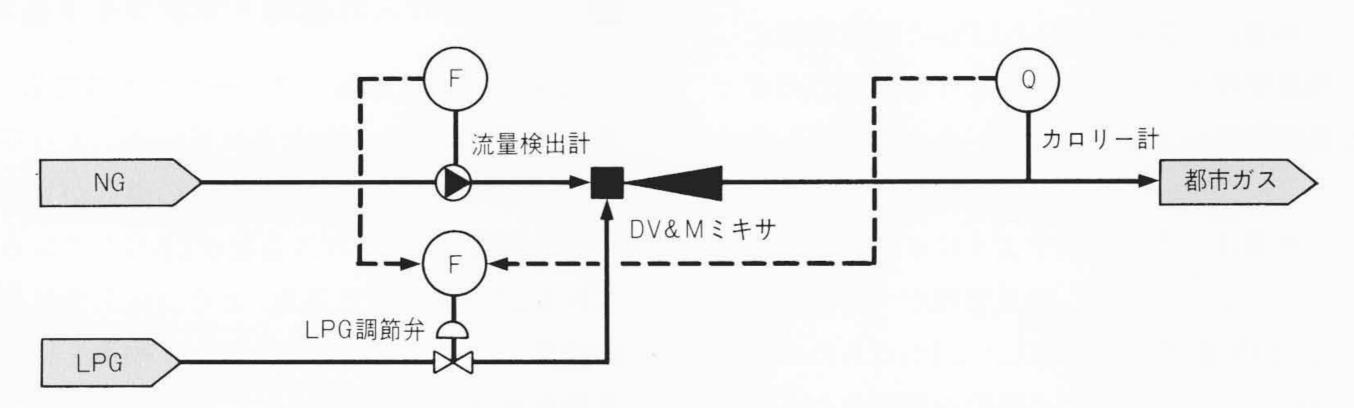
DV & M熱量調整設備は、前述したようにトラブル要因の削減と省スペース化を可能にするほか、LNG+LPG方式とNG+LPG方式の運転で設備管理および運転管理に優れた効果をもたらす。

3.1 設備管理上の効果

ガス・ガス方式によるNGとLPG0.98 MPa $\{10 \text{ kgf/cm}^2\}$ 以上の熱量調整設備は、②10に示すように増熱用LPGの気化に高温熱源が必要となるため、スチームボイラを設置する。

スチームボイラは,設備重要度が高く設備管理のほか, 給・排水の処理・管理も必要となり,メンテナンス費, 薬剤費および人件費が負担となる。

またこの設備は、LPGガスのコンデンセートを防止す



注:略語説明 F(Flow;流量調節計), Q(Calorie;カロリー調節計)

図 9 DV & M熱量調整系統 NG流量に対して増熱に必要なLPG量を比率制御し、また、NGの熱量変動に対しカロリー計からのフィードバック制御を行う。

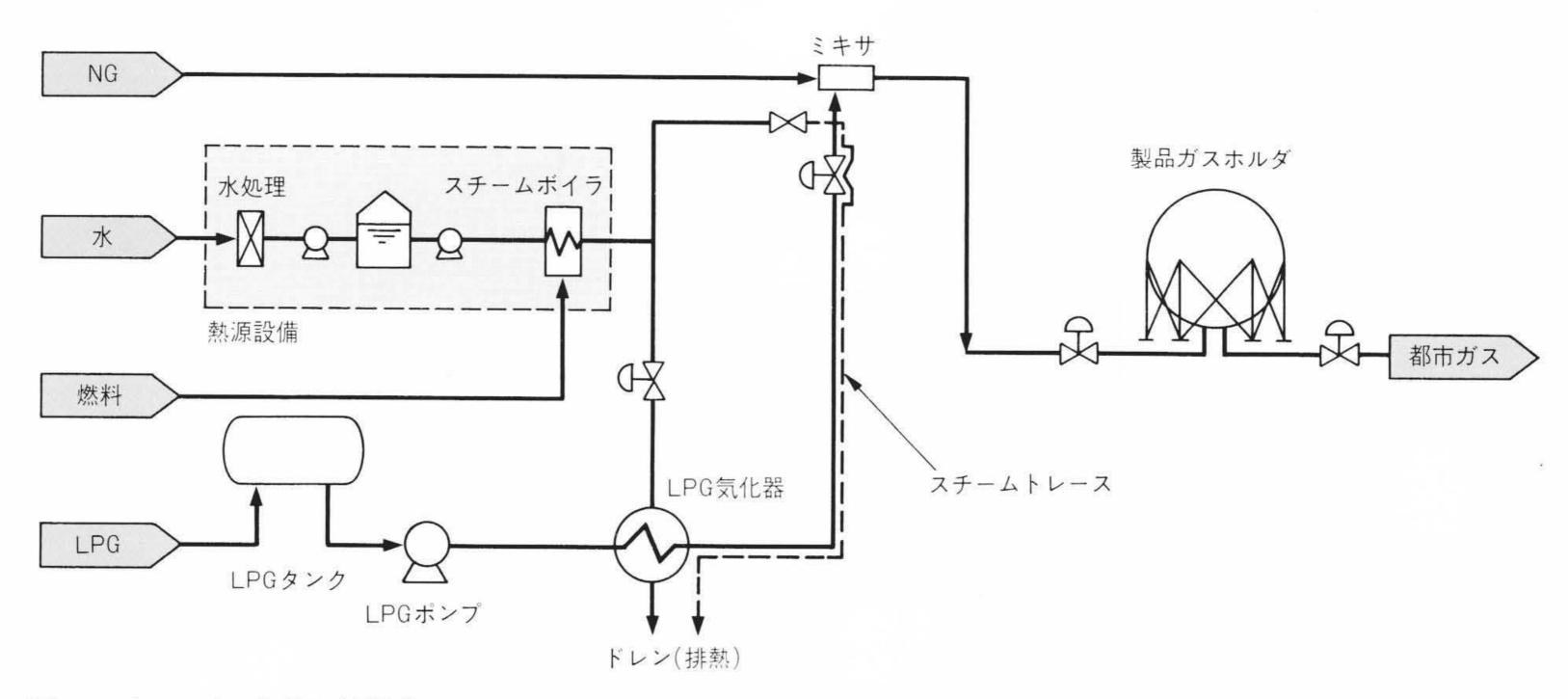


図10 ガス・ガス熱量調整設備 ガス・ガス方式は、増熱用LPGの気化熱源にスチームを使用するため、設備管理およびエネルギー上の課題がある。

るスチームトレース熱源,およびLPG気化器から排出するドレンの排熱源などLPGの気化熱以外に余分なエネルギーが必要となる。これに対しDV & M熱量調整設備は,

- (1) 温水ボイラを使用するため、水管理が不要で操作・管理が容易になる。
- (2) 温水は閉サイクルであるため、排熱がなく、水の補給管理も不要になる。
- (3) LPGの気化熱源は、NGの顕熱を有効利用し、不足分が温水ボイラの温熱源からまかなわれる。

など設備保安の向上と省エネルギー化が可能となり,30万m³N/d規模の設備で年間約1,000万円のコスト低減が図れる。

3.2 運転管理上の効果

熱量調整設備は,定常運転での熱量精度の安定性はも ちろんのこと,起動・停止時でも安全で信頼性が高く, さらに操作が容易なことが望まれる。

定常運転での熱量は、図11のNGとLPGの熱量調整による各方式の熱量管理チャートに示すように、LPGのガスと液による供給方式による差がなく、ともに安定した精度である。

増熱操作での熱量は、図12に示すようにガス・ガス方式の熱量がオーバーシュートし、熱量管理が一時不安定になる。これは、LPG配管内に残存したLPGガスの一部が再液化し、増熱時に混相でLPGの供給が開始されるためである。

また,ガス・ガス方式の起動操作は,スチームボイラ,

スチームトレースおよびLPG気化器の立ち上げなど、ヒートアップに時間を要し、温度・圧力を逐次監視する必要もある。

これに対しDV & M方式は,

- (1) 液供給であるため増熱操作での再液化問題が解消され、安定した熱量に制御される。運転実績では、増熱開始から完全な熱量安定までの時間をガス・ガス方式の30分から5分に短縮している。
- (2) 起動操作が容易であり、温水循環ポンプと温水ボイラのスタートおよび温水温度の確認で増熱操作となる。 運転実績では、運転準備から増熱開始までの時間をガス・ガス方式の20分から5分に短縮している。また、停止時でも同様に時間を短縮している。

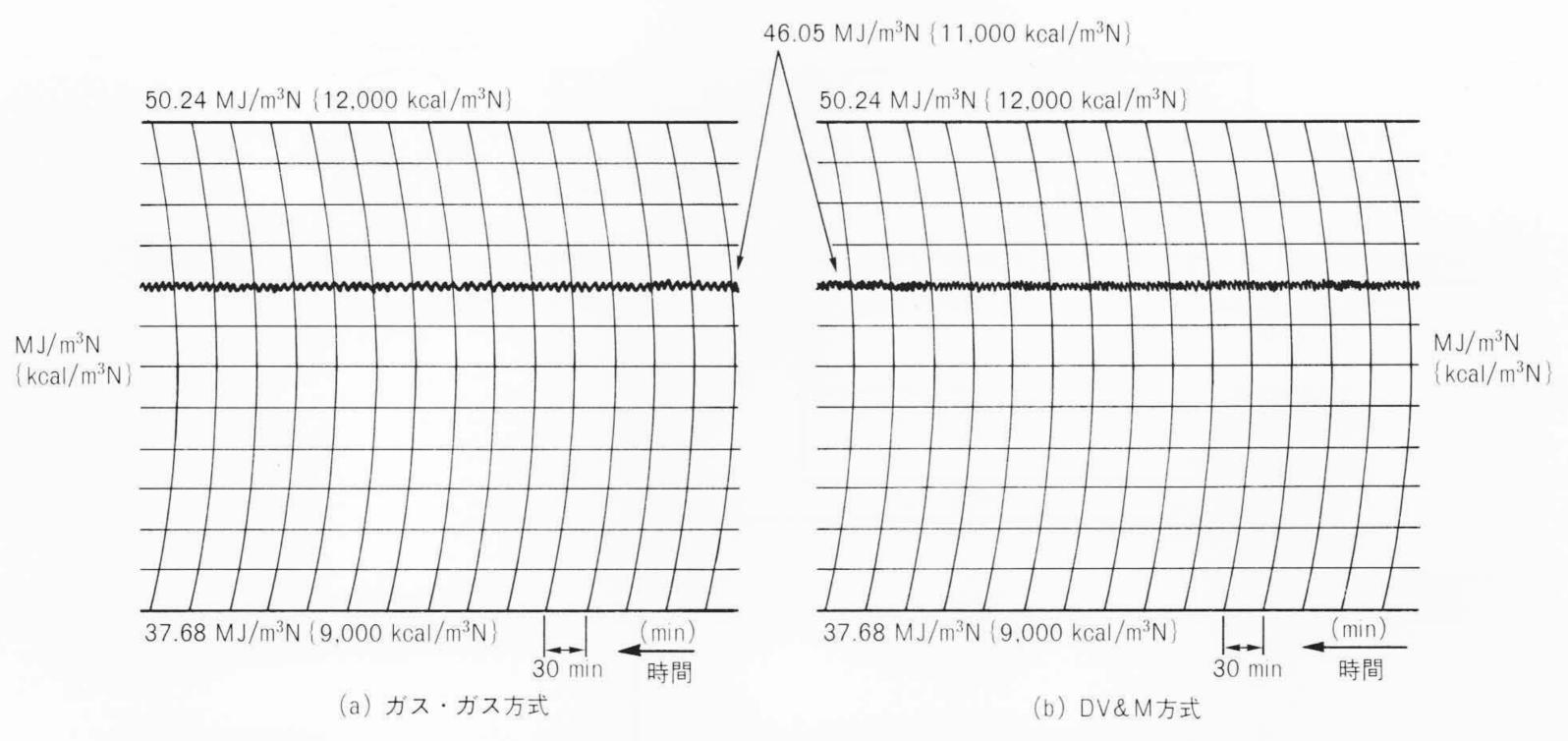
など,運転操作の簡略化と信頼性の高い運転ができるようにしている。

4 LNG受け入れ基地・サテライト基地への対応

LNGは安全性が高くクリーンなガスであり、導管・ガスホルダの効率化を向上させている。よって都市ガス業界では、高カロリー化に対しその導入が見込まれる。

導入形態は、大手ガス会社がLNGをタンカーから受け入れるLNG受け入れ基地、または海上受け入れの困難な内陸部には需要地点ごとにローリ輸送を行うサテライト基地を設けることになる。

LNG受け入れ基地の熱量調整設備に、DV & M方式を 適応した場合を図13に示す。これにより、以下の効果が



図II 熱量管理チャート(定常運転) 定常運転での熱量は、LPGのガスと液による供給方式による差がなく、安定している。

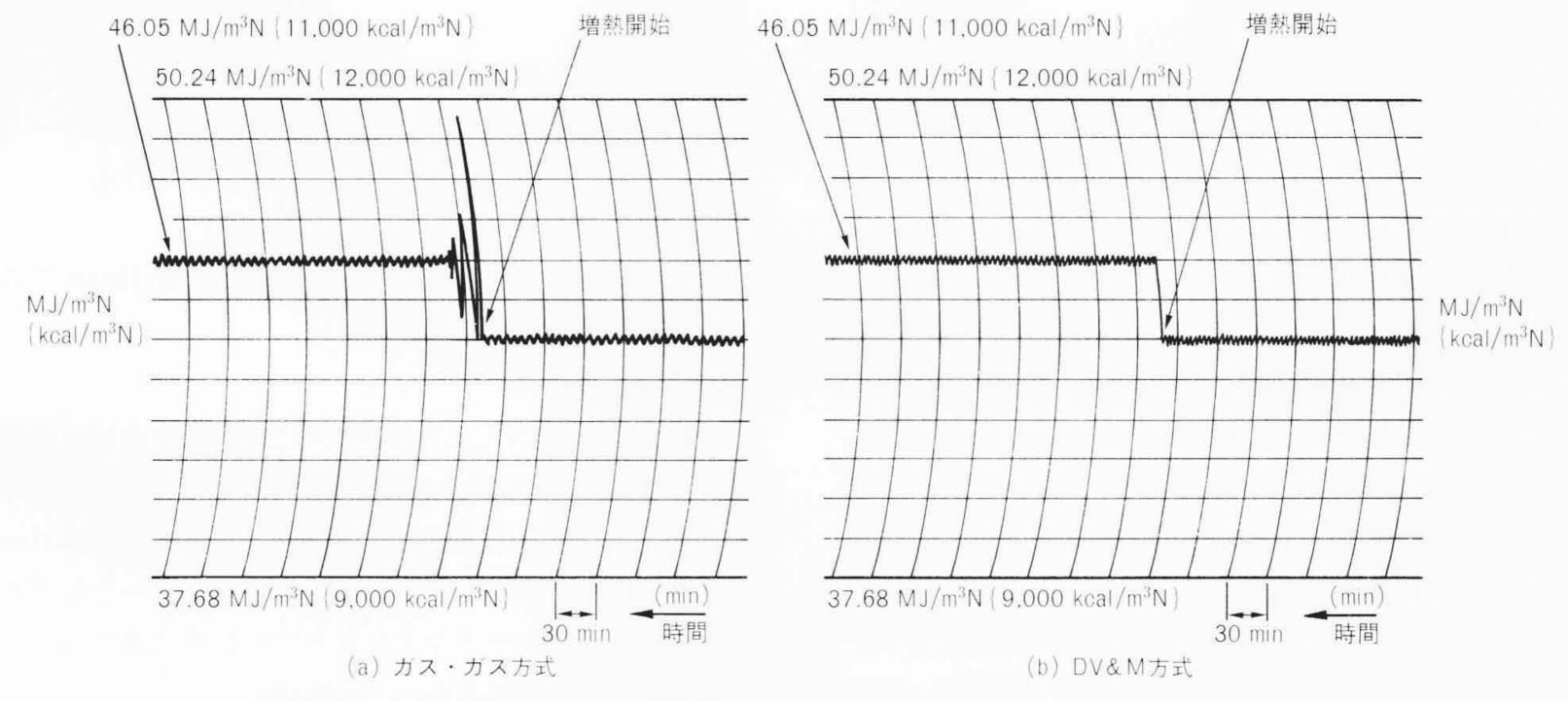


図12 熱量管理チャート(起動運転) DV & M方式は、増熱開始から熱量が安定するまでの時間を、ガス・ガス方式の30分から5分に短縮できる。

見込まれる。

(1) DV & M熱量調整設備は、NG予熱器、DV & Mミキサおよび温水ボイラから構成されるのに対し、ガス・ガス方式はLPG気化器、ミキサ、スチームボイラのほか水処理設備、配管保温トレース、排水配管、排水ピット設備が必要となる。したがって、DV & M方式は設備の

簡素化によって設備費および設置スペースを低減する効果がある。

(2) LNG受け入れ基地ではLNGタンクから軽質(メタンリッチ)のBOG(Boil Off Gas)を一時的に受け入れるため、LNG気化ガスに比べLPGの供給比率を急に増加させる場合がある。ガス・ガス方式はLPGを液からガスに

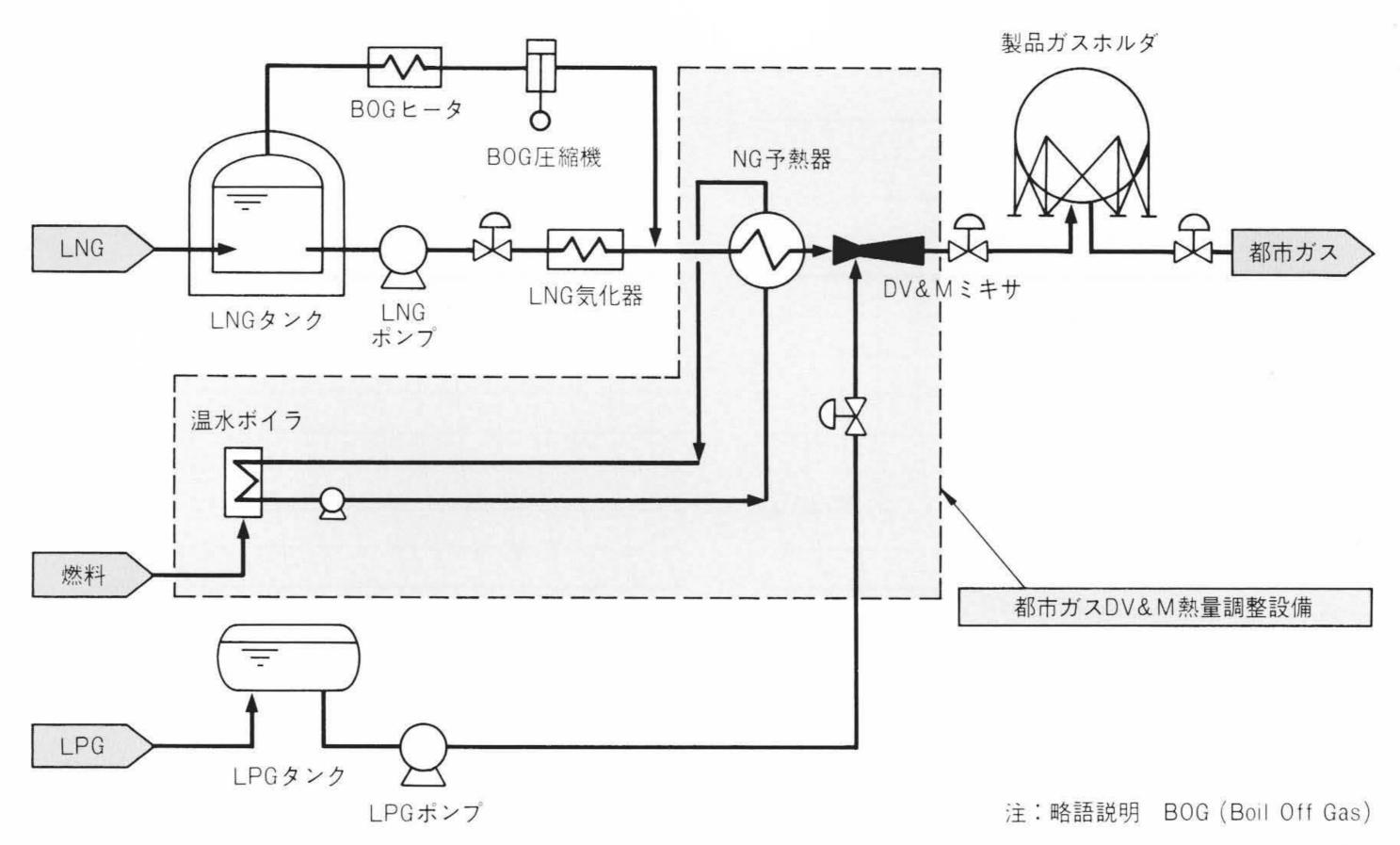


図13 LNG受け入れ基地のDV & M熱量調整設備 DV & M方式を適応することにより、安全性の向上、管理の簡略化および省エネルギー化が図れる。

相変化させるためのスチーム供給量制御がLPG気化追 従遅れとなる。これに対し、DV & M方式はLPGを液で 扱うためガス・ガス方式に比べ安定した熱量制御がで き、熱量管理を容易にする効果がある。

- (3) DV & M方式は、ガス・ガス方式のスチームトレース、ドレンの廃熱損失がなく、またLPG気化熱源をLNGガスの保有する顕熱を利用し、不足熱分を温水の閉サイクルでまかなっているため省エネルギー効果がある。
- (4) サテライト基地は中小規模ガス事業者の設置となり,ガス製造が連続して行われずON-OFF運転となる場合が多い。これに対しDV & M方式は起動・停止操作が容易であり,サテライト基地の運転管理に最適な効果をもたらす。

5 おわりに

都市ガスDV & M熱量調整設備は、液状のLPGを瞬時に気化、混合できるDV & Mミキサにその開発のポイン

トがあり、これにより

- (1) 簡単な構造のため、運転操作が容易である。
- (2) 設備の信頼性が高く、保安の向上が図れる。
- (3) 省スペースが図れる。
- (4) 省エネルギー効果が高い(30万m³N/d規模で年間 1,000万円のコスト低減)。

の効果がある。

日立製作所では、LNGの導入に伴う高カロリー化に対し、都市ガスDV & M熱量調整設備の優れた効果が十分に生かされるものと考える。今後ともユーザーのニーズを第一に考えた開発を指向し、総合メーカーとしての利点を生かしたトータルエンジニアリングで高カロリー化に対応する考えである。

最後に、この設備は東京ガス株式会社殿との基礎研究に始まり、両毛ガス事業協同組合殿との実機運転を経て 実用化されたものである。ここに深く感謝の意を表す次 第である。

参考文献

1) 小茂田,外:液/ガス熱量調整設備,日本ガス協会誌,44, 10,16~19(平3-10)