

■ 報 文 ■

廃棄物再生低カロリーガス利用高効率 ガスタービンCGSとその低NO_x燃焼性

High Efficiency Gas Turbine Cogeneration System Using Refuse Derived Low BTU Gas and Its Superiority in NO_x Emission Characteristics

朴 炳 植*・鈴木 胖**
Pyong Sik Pak Yutaka Suzuki

1. ま え が き

筆者らは、先にガスタービンを利用したコージェネレーション・システム（略してCGSという）を地域冷暖房に適用すると、高い省エネルギー効果が得られることをケーススタディを取りあげて具体的に示した¹⁾。また、CGSの経済性を高めてその普及を図るためにはCGSの効率の改善やCGSの燃料のコスト低減化が効果的であることなどを明らかにした²⁾。

さて、ガスタービンを利用したCGSでは、タービン入口ガス温度の上昇や排気ガスのエネルギーを利用する再生サイクルとすることが効率の向上に効果的であることはよく知られている³⁾。ところが、タービン入口ガス温度の上昇は一般にガスタービンのNO_x生成濃度を増大させ、また、再生サイクルを採用するとガスタービン燃焼器入口空気温度が上昇し、これも通常はNO_x生成濃度を増加させることになる⁴⁾。地域冷暖房用のCGSの立地適性地点は、冷暖房用の熱需要密度の高い都市であることを考慮すると、このNO_x生成濃度増加の問題は地域における大気環境保全の点からガスタービンを利用した地域冷暖房用CGSの普及の大きな支障となる可能性がある。

一方、都市においては都市活動にともなって大量の都市ごみと下水（以下、廃棄物という）が排出され、それを処理するため、かなりのエネルギーと処理コストが消費されている。近年、人口の都市集中、都市活動レベルの高密度化、住民意識の高まり等により、廃棄物を環境に対し無害となるよう処理して、排出する必要性は増々高まっており、これは廃棄物処理のためのエネルギー消費量をさらに増大させる要因となっている。このため、廃棄物に含まれるエネルギーを回収

して、エネルギー消費量を減らしたり、さらには有効エネルギーを造成（再生）したりする手法が種々開発されている。しかし、廃棄物より再生されるエネルギーは一般に低カロリーであり（以下、廃棄物再生低カロリーガスあるいは単に低カロリーガスという）、その精製や輸送にコストを要するので、経済的に有効な用途は限られているという問題がある。しかし、低カロリーガスはその理論空気量が小さいため、通常のガスタービン燃料と比べると燃焼ガス中におけるN₂およびO₂濃度が低くなる。また、一般に燃焼ガスの火炎温度も低い。このため、燃焼ガス中に生成されるサーマルNO_xの濃度は低くなり、低カロリーガスはサーマルNO_x生成特性の点で優れたガスタービン燃料になると期待される。

本論文の主な目的は、都市で発生する廃棄物を処理することにより得られる低カロリーガスを、高温高効率のガスタービンの燃料として利用すると、高効率ガスタービンに必要な高温の燃焼ガス温度が得られること、およびサーマルNO_xの生成特性の点で優れていることを明らかにすることである。まず、2節では、廃棄物再生低カロリーガスを燃料とした、高効率ガスタービン利用コージェネレーション・システムを構築する場合の問題点と利点について論じる。3節では、タービン入口温度の上昇や再生ガスタービンの採用により、ガスタービンの熱効率がいかに改善されるかを述べる。4節では、廃棄物からガスを回収する手法として、下水汚泥のメタン発酵ガスと、都市ごみの熱分解によって製造されるガスを例にとり、これらの廃棄物再生低カロリーガスが高温高効率ガスタービンの低サーマルNO_x性燃料ガスとして優れていることを熱力学的に明らかにする。

* 大阪大学工学部電気工学科講師

〒565 吹田市山田丘2-1

** 大阪大学工学部電気工学科教授

（註）本研究会第5回研究発表会（61/4/24）にて講演
原稿受理（61/6/13）

2. 廃棄物再生ガス利用高効率 CGS 構築の問題点と利点

電力と熱を同時に発生・利用するコージェネレーション・システムとしては、種々の方式があるが、ここでは次のような特徴を持つガスタービン発電・廃熱ボイラ方式を考察の対象としている。すなわち、

- i) ガスタービンは小型軽量であり、また冷却水を必要としないので、設置が容易である。
- ii) 定置用ガスタービンは非常用電源としてよく用いられていることから分かるように、その起動・停止が容易であり、単位電気出力 (kW) 当りの建設費が比較的安い。また、維持・保守・管理も比較的容易である。
- iii) ガスタービン燃焼器での燃焼はディーゼル機関などと異なり連続燃焼であり、このため大気汚染防止対策が比較的容易である。また、機関には往復運動がなく回転運動だけなので、振動も小さく、騒音も高周波成分が多く遮音が容易である、など環境保全性の点で優れている。
- iv) 短所として、発電効率が低い。

ガスタービン発電・廃熱ボイラ方式による地域冷暖房用コージェネレーション・システムの普及の鍵の一つは、その発電効率の向上にあると考えられている。ガスタービンの発電効率の改善策としては種々の方策があるが、よく知られているのはタービン入口ガス温度を上昇させることである³⁾。この高温化はこれまで冷却方式やタービン用材料の耐熱強度の増加と共に進んできており、特にファインセラミックの利用等により今後急速に高温化が進むものと期待されている。ガスタービン発電効率の向上策としてガスタービン・サイクルを再生サイクルあるいは再熱サイクルとするのもよく知られている。ここではシステム構成の簡単な再生サイクルをとりあげて考察する。再生サイクルはタービン排気を持つエネルギーを回収利用するサイクルであり、高温ガスタービンでは排気ガスのエンタルピーも増大するので、再生サイクルの採用は特に有効であると考えられる。以上より、本研究で対象とした高効率ガスタービンは、タービン入口ガス温度を高温とした再生サイクル方式である。

さて、上記方式によるとタービン熱効率が高くなり、システムの経済性は改善されると考えられるが、NO_x生成濃度が増加し、大気汚染問題の点で都市立地適性を欠く可能性を持つことはまえがきでも述べたとおりで

ある。ところで、都市で廃棄され、都市で処理する必要のある都市廃棄物を再生して得られるガスを、ガスタービンの燃料として有効利用できれば、現在多くの都市で都市ごみの排出量が増加している現状から、都市廃棄物問題の解決の一方法として極めてすぐれたものとなると考えられる。しかし、廃棄物より再生されるガスは一般に低カロリーであること、およびガス中にタービン翼腐食性成分が含まれていることなどの理由から、従来ガスタービン燃料としては不適とされていた。しかし、高温再生ガスタービンでは、低カロリーガスを燃料として利用することに対して、次のような理由から熱力学的にはほとんど問題がないと考えられる。

(i) ガス燃料はジェット燃料油や灯油などの液体燃料と比べて燃焼させやすい。さらに、高温再生ガスタービンでは燃焼器入口の空気温度が極めて高く、燃焼条件が良くなる。(ii) 廃棄物再生ガスでは通常、設計出力点での定格一定負荷運転でよく、良好な部分負荷運転特性が要求されない。(iii) 高温ガスタービンではファインセラミックの利用が積極的に考えられているが、ファインセラミック利用タービン翼では、従来の金属製タービン翼と異なり腐食性の問題が大巾に緩和される可能性が高い。

次に、ガスタービン燃料として下水汚泥のメタン発酵ガスや都市ごみの熱分解ガスなどの廃棄物再生ガスを利用することの経済的な問題について考察する。これらのガス再生式の処理プラントの経済性は従来の処理方式に比べてそれほど悪くないので^{5,6)}、たとえ廃棄物再生ガスに含まれる SO_x、窒素化合物やタービン翼腐食性不純物などの除去装置の建設・運転にかなりのコストを要したとしても、得られたガスのコストは灯油や都市ガスに比べて、排気ガス中に含まれる NO_x の脱硝コストまでを考慮すると、安価になると期待できる。さらに、ガスタービン・システムの高い発電効率やシステムの稼働率が大巾に高くなることを考慮すると、本方式による地域冷暖房方式(図-1参照)の経済性は従来方式による個別式の冷暖房システムに比べ、上回る可能性が高いと考えられる。

3. ガスタービンの簡易熱サイクル計算結果

本節では、タービン入口ガス温度の上昇や再生器の採用により、ガスタービンの熱効率がいかに改善されるかを、ガスタービンの熱サイクル計算結果を基にして明らかにする。

図-2に示す再生ガスタービンにおいて、

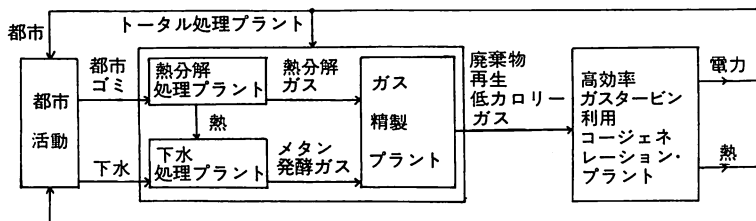


図-1 廃棄物再生低カロリーガスを利用したトータル・コージェネレーション・システム

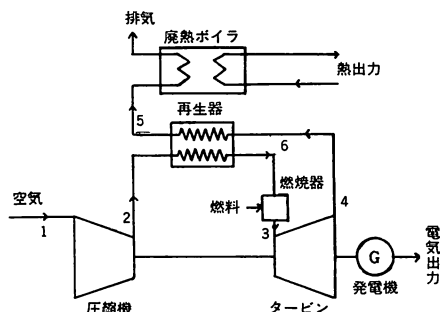


図-2 再生ガスタービンを用いた高効率コージェネレーション・システム

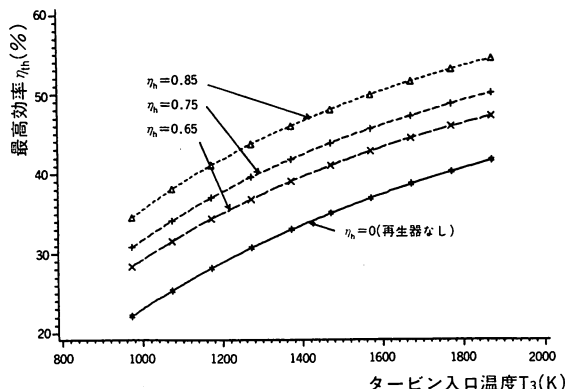


図-3 タービン入口温度の上昇によるタービン効率の向上

- η_c : 圧縮機効率
- η_t : タービン効率
- T_1 : 大気温度 (K)
- T_2 : 圧縮機出口温度 (K)
- T_3 : タービン入口ガス温度 (K)
- T_4 : タービン出口ガス温度 (K)
- T_5 : 再生器出口ガス温度 (K)
(廃熱ボイラ入口温度)
- T_6 : 燃焼器入口空気温度 (K)
- P_1 : 大気圧力 (kg/cm²)
- P_2 : 圧縮機出口空気圧力 (kg/cm²)

とすると、再生器の熱交換効率 η_h (温度効率) は

$$\eta_h = (T_6 - T_2) / (T_4 - T_2) \quad (1)$$

で定義される。ガスタービンの(熱)効率 η_{th} は

$$\eta_{th} = \frac{(\tau \eta_t \eta_c - \theta)(1 - \theta^{-1})}{\{\eta_c(\tau - 1) + (1 - \theta)\}(1 - \eta_h) + \tau \eta_t \eta_c \eta_h} \times (1 - \theta^{-1}) \quad (2)$$

と表わされる³⁾。ここで、

$$\tau = T_3 / T_1 \quad : \text{最高最低温度比} \quad (3)$$

$$\theta = \phi^{(k-1)/k} \quad : \text{等エントロピ圧縮温度比} \quad (4)$$

$$\phi = P_2 / P_1 \quad : \text{圧力比} \quad (5)$$

$$k = C_p / C_v \quad : \text{比熱比} \quad (6)$$

(C_p : 定圧比熱, C_v : 定容比熱)

である。(2)式は、(i) 燃焼効率 100%, (ii) 圧力損失や流量損失はない、(iii) 定圧比熱は一定、(iv) 燃料流量は空気流量に比べ無視できる、という仮定をおいて導かれる近似的な式である³⁾。これらの仮定をおかずに再生ガスタービンの効率を計算機シミュレーションによって精度よく求めることは困難ではないが、ここでは簡単な(2)式を利用して検討を行うことにした。

図-3は、再生器の温度効率 η_h をパラメータにとり、大気温度 $T_1 = 298$ K, 大気圧力 $P_1 = 1$ 気圧 (1 atm = 1.033kg/cm²), 圧縮機効率 $\eta_c = 0.85$, タービン効率 $\eta_t = 0.85$ とし、タービン入口温度 T_3 (K) を横軸にとって、得られるガスタービン熱効率 η_{th} の値を描いた図である^{注1)}。図-4は、同上の条件下の燃焼器入口温度 T_6 の変化を描いた図である。図-3から、 η_h が一定のときタービン入口ガス温度が上昇すると熱効率 η_{th} が上昇することが分かる。また、タービン入口ガス温度を一定とした時、 $\eta_h = 0$ の場

注1) η_{th} は(2), (4)式から分かるように圧力比 ϕ の関数となる。図-3では、 $\phi \leq 35$ の条件下で η_{th} を最大とする最適圧力比の値 ϕ^* での η_{th} の最大値を示してある。

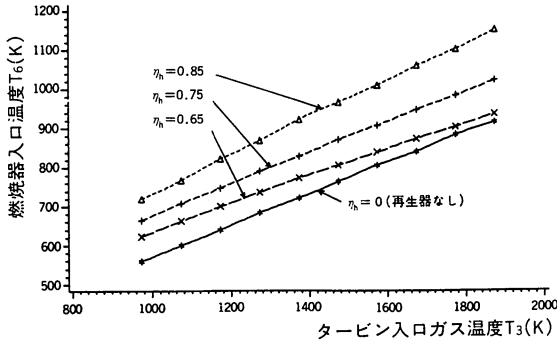


図-4 タービン入口温度の上昇による燃焼器入口温度の上昇

合(再生器がない場合と等価になる)に比べ、再生器を付加した場合 ($\eta_h > 0$)、 η_{th} は著しく向上することが分かる。また、図-4に示すようにタービン入口ガス温度の上昇や再生器の付加、あるいはその効率 η_h の向上は燃焼器入口温度 T_6 を上昇させる。これは、通常 NO_x の排出濃度を高くするというマイナスの効果があるが⁴⁾、低カロリーガスを用いる場合はその燃焼条件を良くするというプラスの効果がある。

4. 廃棄物再生低カロリーガスの燃焼温度と NO_x 生成特性

高効率ガスタービンとするためには、タービン入口ガス温度を上昇させることと、再生器を付加することが有効であることは前節で述べたとおりである。本節では、廃棄物再生低カロリーガスの高温高効率ガスタービン燃料としての好適性を、燃焼温度と NO_x 生成特性の点から検討した結果について述べる。

4.1 前提基本条件

本節では、検討するにあたって前提とした基本的な条件について述べる。高効率ガスタービンの温度、圧力、効率等については、近い将来の実現性や経済性を考慮して、タービン入口ガス温度として $1,200^\circ\text{C}$ (1473 K)、再生器効率として $\eta_h = 0.75$ と想定する。他の条件は前節で設定したとおりとする。このとき、 η_{th} を最大とする燃焼器入口圧力(圧縮機出口圧力)は 5.6 atm 、燃焼器入口空気温度は 870 K と求められる(以下、この燃焼器入口の圧力および空気温度条件を新型高効率GTの燃焼条件という)。燃料ガス温度は、低カロリーガスの場合通常燃料圧縮機で断熱圧縮されて燃焼器に噴入されることを考慮して、ここでは空気圧縮機出口温度 $T_2 = 520\text{ K}$ と等しいと仮定する。

廃棄物再生低カロリーガスの例としては下水汚泥の

表1 廃棄物再生低カロリーガスの例
(a) 下水汚泥のメタン発酵ガスの組成

成分	体積分率 (%)
CO_2	36
H_2	1
CH_4	60
N_2	3
低発熱量 $5160\text{ (kcal/m}^3)$	

(b) 都市ごみのシャフト炉式熱分解ガスの組成

成分	体積分率 (%)
CO	7
CO_2	16.5
H_2	14.5
CH_4	4.5
C_2H_4	1.5
N_2	56
低発熱量 $1180\text{ (kcal/m}^3)$	

メタン発酵ガスと都市ごみの熱分解ガスを取りあげる。メタン発酵ガスや都市ごみの熱分解ガスの組成は、廃棄物の成分や処理方式によって異なるが、ここでは表1に示す組成と発熱量を持つものとする^{5, 6)}。

NO_x の生成については、大別すると燃料中に含まれる窒素化合物によるもの (Fuel NO_x) と、空気中に含まれる窒素ガスによるもの (Thermal NO_x) の二種類がある。ここでは、簡単のため廃棄物再生ガス中の窒素化合物は前処理によって完全に除去されるものと仮定する。また、 $1,000^\circ\text{C}$ 以上の燃焼源からの NO_2 の排出は NO に比べ極めて少ないことが知られている⁷⁾。したがって、以下では NO_x としてサーマル NO についてのみ考察する。

4.2 断熱火炎温度

本節では、低カロリーガスを用いて高温高効率ガスタービンに必要な高温燃焼ガスが得られるかどうかについて検討する。ガスタービン燃焼器での燃焼損失および圧力損失はともに $1\sim 3\%$ 程度であるので、断熱条件が成立している定圧燃焼過程と仮定して、燃焼ガスの火炎温度を求めることができる。温度 520 K の表1に示したメタン発酵ガスと熱分解ガスを、それぞれ温度 870 K の空気とともに 5.6 atm の定圧下で燃焼させたときの断熱火炎温度(化学平衡時)を計算した。

(化学平衡時の断熱火炎温度と4.3節で述べる平衡燃焼ガス組成を求める方法については文献8)参照)。

図-5は、計算結果を空気過剰率を横軸にとって、メタ

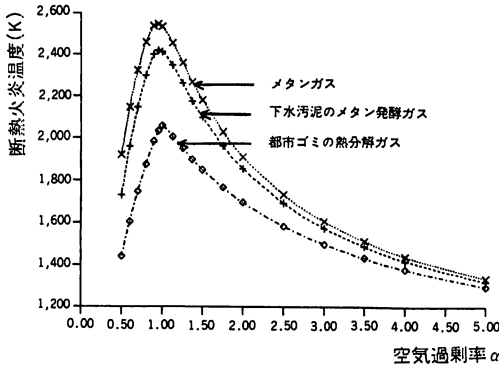
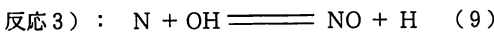
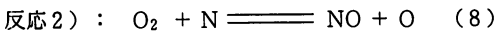
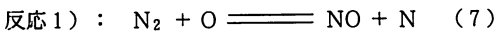


図-5 化学平衡時の断熱火炎温度

ン100%のガス(低発熱量8,560 kcal/m³)の場合と比較して、示した図である。断熱火炎温度の最高はメタンの2,540 Kに比べ、メタン発酵ガスで2,420 K、熱分解ガスでは2,060 Kとなる。また、空気過剰率が3以下なら、火炎温度は必要タービン入口ガス温度1,473 K(1,200℃)より十分高いことも分かる。したがって、これらの廃棄物再生低カロリーガスを高温ガスタービンの燃料として利用することは、温度の点からは十分可能なことが分かる。

4.3. ガスタービン燃焼器でのNOの生成

ガスタービンでは燃焼器における燃焼反応にともなうNO、O、NやOH等の化学種が生成される。高温燃焼ガス中のサーマルNOの生成現象については、拡大Zeldovich機構と呼ばれている以下の3種の化学反応により説明されることがよく知られている⁴⁾。



(7)~(9)式より、燃焼ガス中のNOの生成速度は、

$$\frac{dC_{NO}}{dt} = k_1 C_{N_2} C_O + k_2 C_{O_2} C_N + k_3 C_N C_{OH} - k_{-1} C_{NO} C_N - k_{-2} C_{NO} C_O - k_{-3} C_{NO} C_H \quad (10)$$

で与えられる。ここで、C_xは、化学種X(X=NO, N₂, O, O₂, N, OH, H)のモル濃度[mol/cm³]を表わす。k_iおよびk_{-i}(i=1, 2, 3)は、それぞれ上記の反応iの正、逆反応の反応速度定数を表わし、温度のみによって定まる係数である。燃焼反応は極めて早いので、(10)式における化学種N₂, O, O₂, OHおよびHの濃度については化学平衡濃度を用いてよいことが知られている^{4,9)}。また、C_Nについてはこれ

ら化学種の化学平衡濃度およびC_{NO}を用いて精度よく推定できることも知られている^{4,9)}。したがって、NOの生成速度は、空気過剰率を与えると4.2節で述べたように断熱平衡燃焼ガス温度が定まり各化学種の平衡濃度も定まるので、結局空気過剰率αとNO濃度の関数となる。そこで、まず種々の値の空気過剰率についてα=一定とおいて種々のNO濃度に対し、NOの生成速度を算定してみた。

図-6は、メタンガス、メタン発酵ガスおよび熱分解ガスを対象として、種々の空気過剰率、種々のNO濃度について、新型高効率GTの燃焼条件のもとで算定されたNOの生成速度をPPM/msの単位で示す。図-6には、比較のため燃料としてメタンガスを用い、燃焼器入口圧力P₆=12.5 atm、燃焼器入口空気温度T₆=T₂=670 Kとした場合(再生器なし、タービン入口温度T₃=950℃のガスタービンの燃焼器入口条件、以下通常GTの燃焼条件という)のNO生成速度についても示してある。図から、NOの生成速度はNO濃度が低い場合(0~140PPM)NOの値にほとんど依存しないことが分かる。しかし、NOの生成速度は空気過剰率α(いいかえれば燃焼ガス温度)の値によって大きく変わり、燃焼ガス温度の高いα=1~1.25では大きく、燃焼ガス温度が比較的低くなるα=2.0でのNO生成速度はα=0.8~1.25の場合に比べ無視できるほど小さくなっていることが分かる。

図-6から、同じメタンガスを燃料とする場合についてNO生成速度を比較すると、通常GTの燃焼条件のもとでのそれに比べ新型高効率GTの燃焼条件のもとでのNO生成速度がかなり大きくなっていることが分かる。下水汚泥のメタン発酵ガスを用いた場合のNO生成速度は、メタンガスを用いた新型高効率GTの燃焼条件での場合のそれに比べ顕著に小さくなっており、メタンを用いた通常GTの燃焼条件での生成速度に比べてもα=2.0の生成速度の極めて小さくなっている場合を除いて小さくなっていることが分かる。燃焼ガス温度の低い熱分解ガスを用いた場合のNO生成速度は、メタンガスを用いた通常GTの燃焼条件での場合のそれに比べても、無視できるほど小さいことが分かる。

注2) ガスタービン燃焼器は、大まかに分けると三つの領域に分けられる。すなわち、まず燃料過剰の一次燃焼領域(α<1)、次に空気過剰の二次燃焼領域(α>1)を経て、最後に空気による希釈を受ける領域を経て所定の温度の燃焼ガスが得られるという構造となっている^{3,4)}。

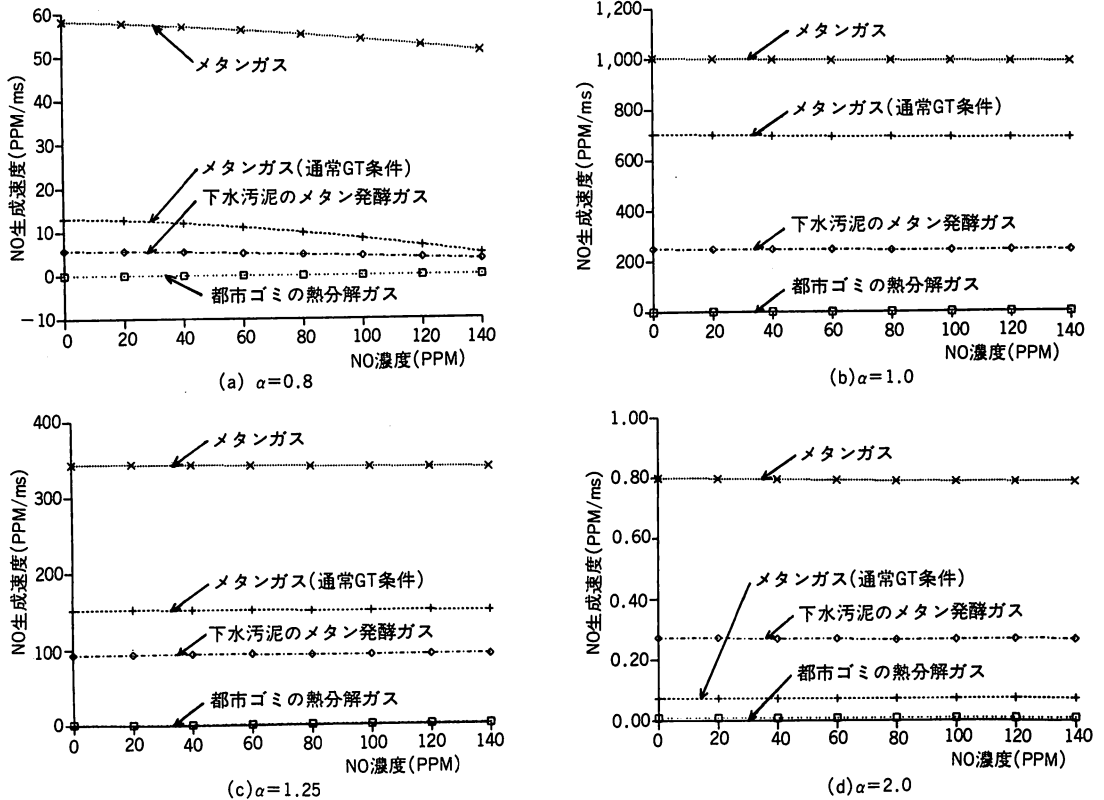


図-6 種々の空気過剰率の燃焼ガスにおけるNOの生成速度
(通常GT条件と示されてれている以外は新型高効率GTの燃焼条件下)

さて、実際のガスタービン燃焼器での燃焼は乱流拡散燃焼であり、上で述べたような空気過剰率一定の燃焼ではなく、局所的に種々の空気過剰率（1以下を含む）を持つ混合ガスが空間的・時間的に変動しながら燃焼している²⁾。したがって、燃焼器出口のNO濃度は上記のNO生成速度を利用して、以下のようにして推定される。いま、燃焼器内部が局所的な空気過剰率 α_i を持つNヶの領域（ $i=1\sim N$ 、Nは燃焼器および燃焼条件によって定められる正整数）に分割でき、燃焼器入口から出口に到る単位体積のガスが、領域 i を平均的に Δt_i (ms)の時間を要して通過するものと仮定する。このとき、領域 i におけるNOの生成速度を S_i (PPM/ms)で表わし、燃焼器出口のNO濃度を[NO]で表わすと、[NO]は近似的に

$$[NO] = \sum_{i=1}^N S_i \cdot \Delta t_i \quad (11)$$

で求められる。 Δt_i は燃焼器の構造や燃焼器内の燃焼条件によって異なるが、ガスタービンの規模が同じならそれほど大巾に変わらないと考えてよい。したがって、燃焼器出口のNO濃度は、通常GTの燃焼条件

でメタンガスを用いる場合を基準にすると、新型高効率GTの燃焼条件でメタンガスを用いる場合は高くなり、新型高効率GTの燃焼条件でもメタン発酵ガスを用いる場合は低くなると推定される。特に、燃焼ガス温度の低い都市ごみの熱分解ガスを用いる場合は、 S_i はほとんど零に近く、 $\sum_{i=1}^N \Delta t_i$ は数ms～数十msであるので、NO濃度は数PPMのオーダーとしかならず、従来のガスタービン燃焼器出口の濃度が100PPM前後の値であることに比べると、ほとんど無視できるほどの値にしかならないと推定される。

なお、いったんNOが生成されると分解速度は極めて遅く、普通の条件下では窒素と酸素に解離することはあまりなく、そのまま窒素酸化物として排出されることはよく知られており⁷⁾、燃焼器出口NO濃度をガスタービン出口の排出NO濃度と考えてよい。廃棄物再生低カロリーガスを用いた場合、従来燃料の高カロリーガスを用いた場合に比べどの程度NOの排出濃度が低くなるかを数値的に示すには、燃焼器の構造を与え、燃焼器内部の各領域における燃料ガス、空気およ

び燃焼ガスの温度、圧力および流量等を求めてNO濃度を推定する必要がある。その結果については、機会を改めて報告する。

5. おわりに

本論文では、下水汚泥のメタン発酵ガスや都市ごみの熱分解ガスなどの廃棄物再生により得られる低カロリーガスを、地域冷暖房用の高温高効率再生ガスタービン利用コージェネレーション・システムに用いることの利点と問題点について、システムの立地特性の点からまず論じ、エネルギー・資源有効利用の点で述べられていることを述べた。次に、廃棄物再生低カロリーガスを燃料として用いて、高温高効率再生ガスタービンの実現に必要な高温の火炎温度が得られることを明らかにした。さらに、燃焼ガス中におけるサーマルNOの生成速度が、クリーン燃料のメタンガスと比べて、顕著に低くなることも明らかにし、NOの排出濃度が低くなると推定されることを述べた。実際のガスタービンのサーマルNOの排出濃度がどの程度低くなるかについてモデルを開発して推定した結果や、廃棄物再生低カロリーガスを燃料として用いた高温高

効率ガスタービン利用地域冷暖房用CGSの経済性について検討した結果については、機会を改めて報告する。

参考文献

- 1) 朴・堀井・伊東・鈴木：シミュレーションによる地域冷暖房用熱併給発電プラントの評価，シミュレーション，Vol.4, No.1 pp.19/25 (1985.3)
- 2) 朴・鈴木：コージェネレーション・システムの簡易経済性評価法の導出とその応用，エネルギー・資源，Vol.8, No.2 掲載予定
- 3) 西野：ガスタービン，pp.29/44，朝倉書店（昭48.3）
- 4) 日本機械学会：技術資料—燃焼に伴う環境汚染物質の生成機構と抑制法，第2部・5章および第1部3.3節（昭55.12）
- 5) 大阪科学技術センター：都市トータルエネルギーシステム，第4巻廃棄物処理システム，pp.22/32（昭56.3）
- 6) 大阪科学技術センター：21世紀都市のトータルユーティリティシステム関連技術資料集，pp.126/129，（昭59.3）
- 7) 日本化学会編：窒素酸化物，p.5 および pp.351/522，丸善（昭52）
- 8) 水谷：燃焼工学，第3章，森北出版（1977.9）
- 9) 佐野：窒素酸化物発生基礎理論，日本ガスタービン学会誌，第3巻11号，pp.3/11（1975）

共催行事

第25回原子力総合シンポジウム開催について

標記シンポジウムの開催計画など本会に届きましたのでご案内いたします。

〔日 時〕 昭和62年2月23日（月），24日（火）

〔場 所〕 国立教育会館 601 大会議室，602 中会議室
（千代田区霞が関3-2-3，TEL 03-580-1251）

〔内 容〕 主調テーマ「より安全な原子力に向けて」

特別講演 (1) 「原子力開発利用長期計画の改定にあたって」	向坂 正男
(2) 「チェルノブイリ原子力発電所事故から学ぶもの」	内田 秀雄
一般テーマ(1) 「ICRP 勧告とその法令への取入れ」	佐竹 宏文
(2) 「原子力発電所作業ロボットの現状と展望」	(未定)
(3) 「モジュール炉の展望」	服部 禎男
(4) 「核磁気共鳴医学診断の進歩」	縄野 繁・中野 善久
(5) 「原子炉を利用する化学種の同定」	平井 昭司
(6) 「レーザー法ウラン濃縮技術，現状と開発計画」	高島 洋一・武内 一夫

〔参加費〕 一般1,500円，学生1,000円（当日受付）

〔予稿集〕 実費領布（定価2,000円，〒250円）

〔事務局〕 〒105 東京都港区新橋1-1-13（東新ビル6F）（社）日本原子力学会気付
（TEL 03-508-1261）