

おがくずガス化発電とコ・ジェネレーションシステムに関する研究*

清水 幸丸^{*1}, 鈴木 信夫^{*2}
黒川 静夫^{*3}, 法貴 誠^{*4}Bio-mass Gas Co-generation System of Electric Power
and Engine Exhaust Heat Utilizing Saw DustYukimaru SHIMIZU, Nobuo SUZUKI,
Shizuo KUROKAWA, and Makoto HOKI

The paper describes small scale bio-mass electric power plant. Saw dust is used for the fuel. Gas reactor is developed and improved to increase the gasifying efficiency. The engine exhaust heat is exchanged to hot water and hot air. The hot air is used to dry the lumber. As the result, total efficiency of this electric power-heat co-generation system is eminently improved.

Key Words: Wood, Bio-mass, Saw dust, Gas engine, Small scale electric power plant, Electro-heat co-generation system

1. 緒 言

バイオマスを用いた発電には、主に二つの方法がある。第1にはバイオマスを直接燃焼させ、ボイラで蒸気を発生させタービンを回転し、発電する方法、第2にはバイオマスを直接ガス化し、そのガスをエンジンあるいはガスタービンへ導き発電機を駆動する方法である。本研究は、第2のグループに属する。木質系バイオマスは主に木材加工業で多量に得られ、それらは製材時のおがくずや製品仕上工程で生じる木材削りくずなどである。もちろん、立木の状態から積極的にバイオマスを得ることもできる。これらの木質系バイオマスをガス発生炉へ投入しガス化する方法は長い歴史を持つが、その系統的な研究はあまり見られない。著者らのガス化方法は、究気吸引方式で、ガス発生路内におがくずをためておき、炉下部で燃焼させ、ロストル下部から空気を吸引し、おがくず燃焼の際発生した水性ガスおよび乾留ガスを炉の上部に設置したプロワ

ーで吸い込む方式である。プロワで吸い込まれたガスは粉じんや残留タール分を除去されエンジンを駆動し、発電する。さらに本研究では、装置全体のエネルギー利用率を高めるためエンジン廃熱を温水に換え、温風を作り、温風で木材乾燥を行う方法を開発した。この廃熱利用により装置全体の効率は飛躍的に上昇した。以下その結果について述べる。

2. 全装置の概略

図1には、本研究において開発した木質ガス化発電熱電併給システムの概略を示す。上部の燃料投入槽のおがくずは燃料供給筒を自然落下して①ガス発生炉に供給される。発生炉では(F)ファンの吸引によって炉下部の吸気口から空気が吸引され、ロストルから空気が上昇すると、おがくずは酸化燃焼し炉心部に高温赤熱部ができる。そこで炉上から供給されるおがくずは、つぎつぎと酸化・還元(熱分解)されて発生炉ガスとタール分を生成する。生成した高温の発生炉ガスとタール分はその上昇過程で充満している比較的低温のおがくずによって熱交換と沔過が行われる。つぎに炉上に設けた②循環形除じんサイクロンによって、タール分と吹き上がった粉じんがガスと分離除去(炉内に還元)される。さらに大形の④サイクロンによって、吸

* 昭和62年11月11日 第25回シンポジウムにおいて講演、原稿受付 昭和62年12月3日。

^{*1} 正員、三重大学工学部 (〒514 津市上浜町)。

^{*2} 信栄木材 (〒515-33 三重県一志郡美杉村)。

^{*3} 松阪工業高校 (〒515 松阪市殿町)。

^{*4} 三重大学生物資源学部 (〒514 津市上浜町)。

引されたガス中の残量のタール分・微粉が分離除去される。最後に残量の水分を⑤除湿器で除くと、ほとんど不純物を含まないガスが得られる。ガスは(A)空燃調整器で空気と混合して⑥エンジンに吸気されてエンジンを駆動し、⑦発電機によって工場の動力用電力を供給する。高温のエンジン排気ガスは⑧温水ボイラへ導かれ、熱交換後外部へ排出する。温水ボイラの温水は乾燥室床下に設置した⑨温風交換器のラジエータ内を循環し、ファンによって温風をつくる。なお、温水ボイラは給湯も可能となっている。

2.1 おがくずガス発生炉

2.1.1 従来形ガス発生炉 おがくず・木くずのガス発生炉は1919年頃に開発されたものと推定する。この発生炉ガスは製材所でガスエンジンに供していた。1937~1950年は、物資入手困難期で、動力が不足の製材工場では自家生産のおがくずと木くずを燃料にしたガス発生炉がかなり使われた。この当時の技術を継承するのが信栄木材(鈴木信夫氏)で、従来のものに改良を加えて1981年に自家発電装置として開発した。その1号炉を図2に示す。

この発生炉は、炉体は直径4m高さ3.8mで、コンクリート施工されている。断熱壁には山砂を用いて耐火性と断熱性を持たしている。この発生炉の特徴は

(1) 断熱性が大きいので、長時間の休止にかかわらず再始動は簡単である。また炉心部は高温が維持され、ガス化反応は良好である。

(2) 負荷に比べて炉体およびタール分除去装置が大き過ぎ、設置スペースも大きい。

(3) 炉体はコンクリート施工で、重量が大きき施工に日時を要し建設コストが高い。

(4) 吸引ガス発生炉なので、安全性は高く5箇年の運転期間中無事故であった。

(5) 水分の多いおがくずを投入すると、炉内では、しばしば塊状の棚ができてガス発生量に変動が生じる。

(6) 炉の最大出力は55kWで、電力変換効率は9.3~13.2%である。

2.1.2 改良形ガス発生炉**1 図3に今回開発したガス発生炉を示す。2.1.1項(1)で述べた従来形炉の欠点を除くため、つぎの点に留意して新形炉を設計・建造した。その内容を要約するとつぎのようになる。

(1) ガス発生炉の上部炉胴と中間炉胴の炉壁部分に回転ドラムを設置した。この機構によって、炉内に充満しているおがくずが棚を形成し、ガス道が形成されそうになっても、回転ドラム壁面の回転によって、おがくず層内に絶えずせん断力が働き棚がづきづきに崩壊される。したがって炉内にはガス道空間が形成されることなく、発生ガスはおがくず層を均一に通過し、その過程で冷却され、タール分の大半が除去され、炉外へ吸引されてくる。

(2) 回転ドラムの均質効果と炉長を長くすることによる冷却効果によって、ガス内のタール分・粉じんの除去はほぼ満足され、従来の大がかりな洗浄装置は不必要になった。

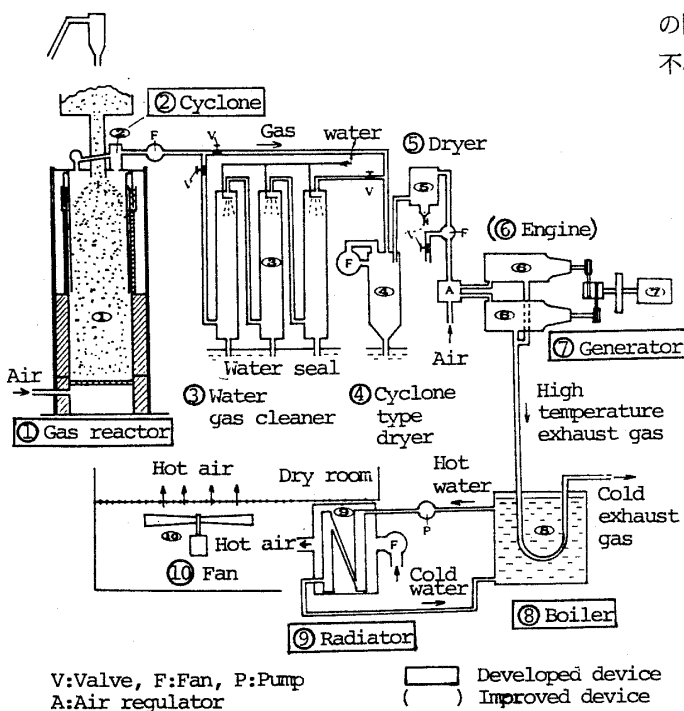


図1 木質系バイオマスガス化発電熱電併給システムの概略

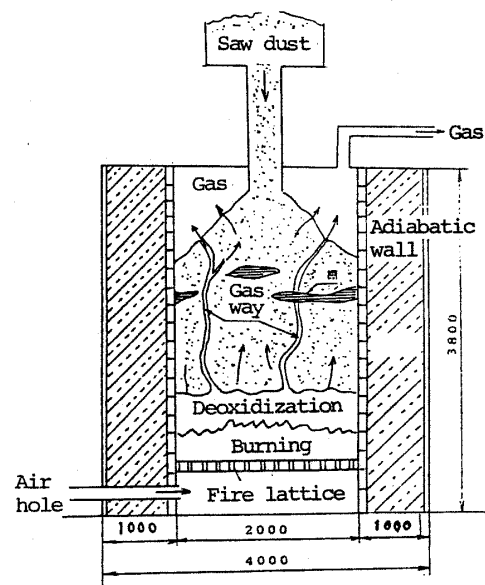


図2 従来用いられたガス発生炉(55kW出力)

(3) 炉外部に設置した循環形除じんサイクロン(図1②)は、急な負荷変動およびドラム回転装置の故障および燃料の供給不足などの事態に対処するもので、ガスだめに噴き上がる粉じんとタール分をサイクロンで分離して炉内に還元し、比重の小さいガスのみを炉外へ吸引しようとするものである。

(4) 炉を分解可能な4体接合構造にした。すなわち、上部・中間・ガス化反応部・下部の4体である。これにより工場生産と運搬が容易となり、建設コストを低減させることが可能になった。

(5) 炉は小形・軽量に設計した。ガス化反応炉室を工夫して反応を高め、従来形炉以上の発生能力を得るようにしたので、小形で高性能な発生炉を造ることができた。

(6) 水封による安全装置を3箇所にて設け、万一の爆発事故による装置の破壊と火災発生を防止した。なお、本装置はガスホルダを有しないので大爆発の危険はない。これは本装置の一大特徴である。

2・2 循環形除じんサイクロン 発生炉で発生したガスを高速回転のターボファンで吸引・送風して、

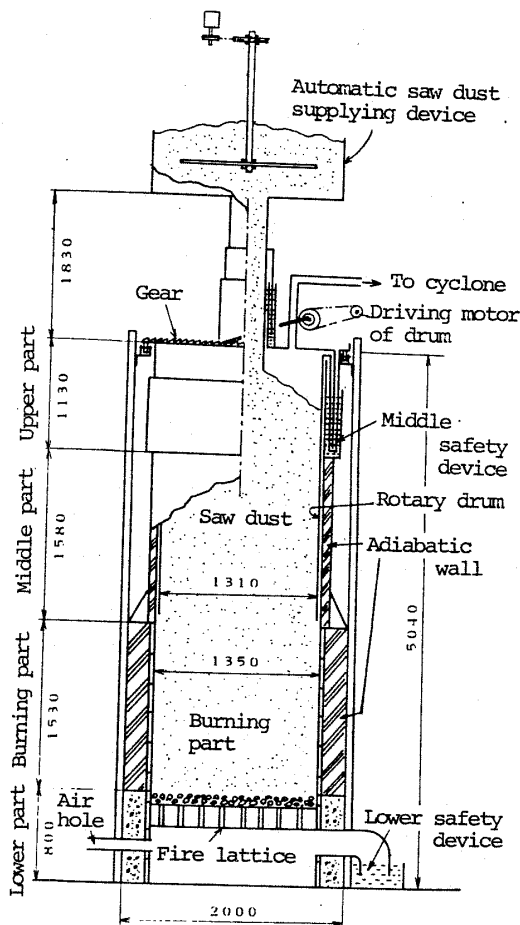


図3 改造されたガス発生炉 (70 kW出力)

円筒状サイクロンの室内にぶっつけて渦流を発生させることにより、発生ガス中に含まれるタール分および粉じんを分離・除去し、再び炉内に還元するものである。サイクロン内には回転板を設け、壁面に付着した粘性の高いタール分と混ざった粉じんを欠き落とし、サイクロンの性能を維持するものである。使用した送風用電動機は0.75 kW, 3445 rpmである。

2・3 温水ボイラ 図4にはエンジン排熱利用温水ボイラの構造を示す。温水ボイラ内は、ベンドを用いてパイプを曲げ連結した。このパイプを排気ガスが通過する間に熱交換する。ボイラ入口で約250~400°Cの排気ガスは、出口で45~65°Cまで低下する。図5には温水利用温風発生器を示す。この温風は木材乾燥室へ導かれる。

2・4 改良形エンジンと発電機 図6には、ガソリンエンジンを発生炉ガスエンジンとして改良したものの2基を縦に設置し、Vベルトで駆動している状態を示す。このエンジンは自動車用ガソリンエンジンを本ガス発生炉の発生ガスに対応して、主として吸気機構を改造したものである。負荷の変動に対し、ガスと空気の供給量を空燃調整器と回転センサによって制御して、発電電力周波数の変動を最小限に制御しながら動力の負荷変動に対応するようにした。このことに関しては、いままでの連続運転の結果ほぼ満足な結果を得ている。改造したエンジンの形式は、

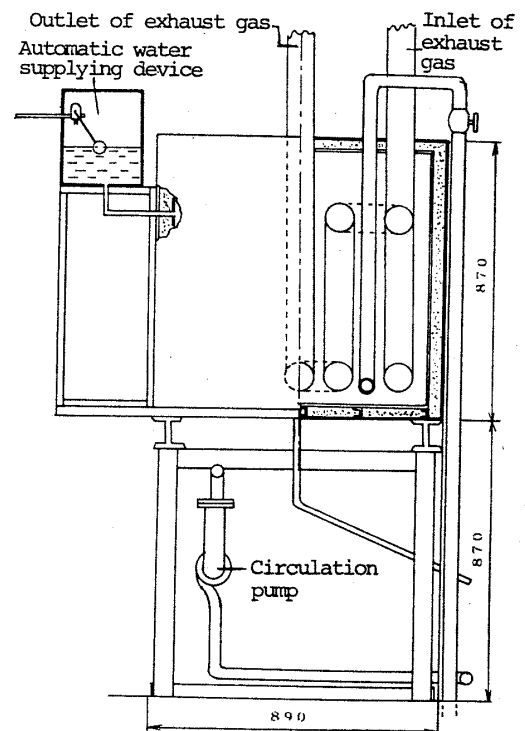


図4 排熱利用温水器

L 20(E)形 OHC 6気筒 2基
 排気量 1998cm³ 圧縮比 9:1
 最高出力 125ps 6000 rpm
 最大トルク 17.0 kg・m/4400 rpm

使用した発電機の定格はつぎのとおりである。

出力 100 kVA 力率 0.8 相 3
 極数 8 電圧 220 V 電流 262.5 A
 110V 60A
 周波数 60 Hz 回転数 900 rpm

3. おがくずの燃料的性質

おがくずの比重量はその原木よりかなり小さくなる。多用される杉材・ひのきについて製材工場の帯のこ機によるおがくずについてみると、軽く投入した場合 131~170 kg/m³、締付け投入した場合 180~270 kg/m³で、かなりの幅がある。この値はおがくずの粒度・含水率・樹種に左右されるから、計量には重量法を用いるのがよい。なおおがくずの比重量は、原木の 1/3~1/2 であって軽く、粉末状であるから流動性が良いと言える。このことはおがくずの工場内輸送の自動化が可能となり、ガス発生炉内を常時均一に充填することが容易となる。

おがくずの燃焼は、空気中で燃焼させると粉状の炭化物が生成され、これを酸化させるにはかなりの時間を要する。発生炉でも同様の粉状炭化物が生成されている。

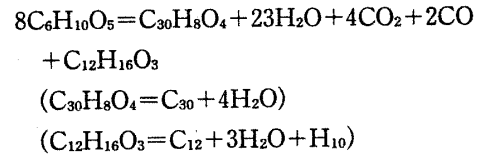
おがくずの含水率と断熱性も重要要素である。おがくずの最大含水率は、生木で約 40~50% である。ガス発生炉に投入するおがくずは、乾燥しているほど熱効率は向上する。しかし反面、おがくずの水分が炉の過熱防止と発生ガスの冷却作用を促すから、乾燥度を上げればよいということではない。含水率 25% 程度のおがくずを投入した場合、発生炉出口のガス温度が約 90°C であるから、かなりの冷却効果があるものと考えられる。おがくずは層間に空気を多く含み、断熱性がすぐれている。しかも水分を含んでいるから冷却能力が高いと言える。

ガス化炉内では、つぎのような反応が起こっていると考えられる⁽¹⁾。

- (1) $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 97\,000 \text{ kcal}$
- (2) $C + CO_2 \rightarrow 2CO - 39\,000 \text{ kcal}$
- (3) $C + H_2O \rightarrow CO + H_2 - 29\,000 \text{ kcal}$
- (4) $C + 2H_2O \rightarrow CO_2 + 2H_2 - 19\,000 \text{ kcal}$
- (5) $CO_2 + H_2 \rightarrow CO + H_2O - 10\,000 \text{ kcal}$

反応炉室の炉心部は、1000°C 以上になっていて極めて高温である。おがくずガス発生炉の場合、高温赤

熱部が時間を追って移動するので、ガス化反応はかなり複雑な反応をするものと推定される。つまり酸化・還元という単純な反応ではなく、例えば次式のような木材繊維素の熱分解反応式⁽²⁾から推測される反応も生じていると考えられる。



4. 性能試験結果と考察

表 1 に、完成直後の性能試験結果を示す。表 1 より出力 28kW における発電効率は平均 14.07% という

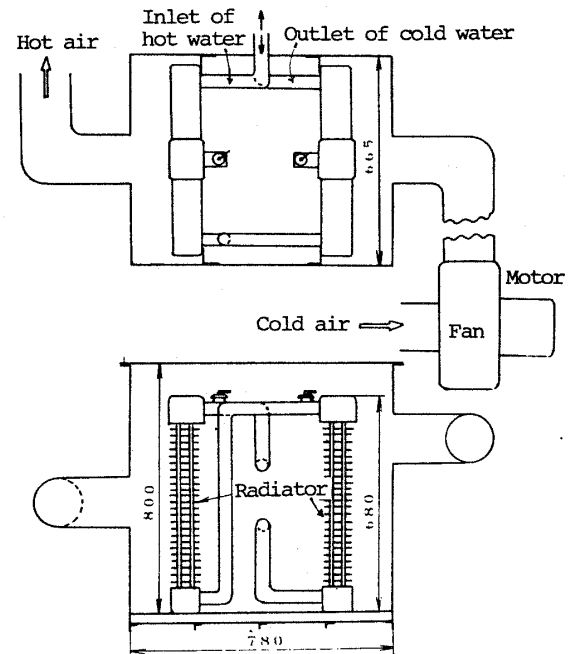


図 5 温水利用温風発生器

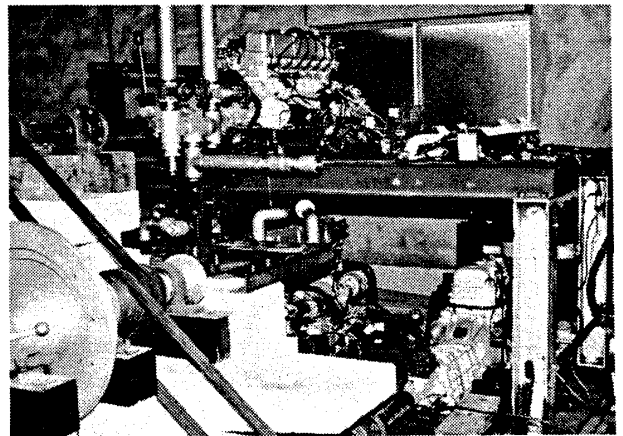


図 6 ガスエンジン装置

値を得た。この値は従来形炉の平均8.46%より相当大きい。この結果より、改良形炉は従来形以上のガス発生能力のあることが実証された。

表2に、発生ガス(燃焼ガス)の分析結果を示す。表2より運転条件の良好な3の場合について考察すると、COは17.8%、H₂は19.8%、発熱量は1047 kcal/m³、という結果が得られた。これらの値は、従来形炉の良好な運転状態で得られた結果と同等である。

表3に、発電出力28.6kWの熱効率の値を示す熱電併給での総合効率は34.31%に達する。これは、従来のこの種の小形発電装置としてはかなりの高率で、自家発電でも十分採算がとれるものと推定される。

炉壁の温度分布と発電出力の関係

図7には、ガス発生炉の外壁温度分布を示す。炉外壁に熱電対をはりつけ測定した。なお、図7中の測定点16、17には炉内壁まで熱電対温度計を挿入し、内壁温度を測定した。外気温度11°Cの状態、外壁温度は、図7のごとくなる。実線は平均出力22kW、破線は33kWで、それぞれ4h連続運転を行った場合である。炉内壁は、図7左下、炉外壁縦方向温度分布は、図7右下のようになる。炉壁温度分布には、対称性がない。この理由は、燃焼部分が炉中心からずれて発生する結果と推定される。

5. 結 論

ガス発生炉の小形化および高性能化について、つぎの開発目的を達成することができた。

(1) ガス発生炉 回転ドラムを設けるとともに炉内構造を改善した結果、性能は飛躍的に向上し、タール分・粉じん排出の問題点を解消し、従来の水洗洗浄装置の必要がなくなった。

(2) 循環形除じんサイクロン ガス発生炉の回転ドラムの効果および発生炉の構造改善によって、上記サイクロンの必要性は少なくなったが、長期間連続運転を行う間にはガス発生炉内のおがくずの状態によって粉じんが急増する場合は考えられるので、その安全装置としてぜひ必要である。

(3) ガス発電装置 エンジンに適応するガス発生を得て所要出力を発生させることができた。エンジンは900rpmにおいて最大出力を得た。発電機は600~900rpmに対応したものを設けたので、エンジンの耐久性と発電効率の高効率化を果たすことができた。

(4) 温水・温風装置 熱電併給システムを目的としたエンジン排熱利用の温水ボイラは、エンジンの排気を損なうことなく初期の目的を達成し、全体の熱

効率を高めることができた。温水を温風に変換し、木材乾燥のコストを大幅に低減することが可能となった。

本研究は、林野庁の試験研究補助金を受けた。さらに、ガス分析に際してはヤンマーディーゼル(株)研究開発本部 田守芳勝部長、夏日祥宏課長の助言を得た。あわせ、ここに謝意を表する。

表1 性能試験, エンジン, 発電機の出力

燃料名称: おがくず 150 発電機: デンヨー50kW 燃料: 木屑製成ガス 潤滑油: 昭和シェル

| 項目 | 単位 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
|---------|-------|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 機関 | 回転数 | rpm | 900 | 900 | 900 | 900 | 1200 | 1200 | |
| | 電圧 | V | 214 | 214 | 215 | 215 | 215 | 215 | |
| | 発電機 | 回転数 | rev | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | | 時間 | sec | 65.7 | 47.8 | 42.3 | 31.8 | 52.9 | 26.3 |
| | 電力 | kW | 6.85 | 18.83 | 21.28 | 28.3 | 8.51 | 17.11 | |
| | 燃焼 | 一次冷却水圧力 | kg/cm ² | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.19 |
| 二次冷却水圧力 | | " | 0.75 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 1.10 | 1.10 | |
| 潤滑油圧力 | | " | 3.80 | 3.80 | 3.80 | 3.80 | 4.90 | 4.90 | |
| 噴気圧力 | | cmHg | 38 | 31 | 30 | 24 | 37 | 29 | |
| 時間計 | | h | 37598 | 37599 | 37600 | 37611 | 37618 | 37619 | |
| 電力 | | 消費電力計 | kWh | 177367 | 177368 | 177373 | 177410 | 177437 | 177439 |
| ガス量 | 流量計差圧 | mmAq | 23 | 37 | 40 | 58 | 55 | 65 | |
| | 流量計差圧 | " | 140 | 278 | 314 | 406 | 663 | 813 | |
| | ガス消費量 | m ³ h | 93.1 | 121.1 | 124.1 | 150.4 | 147.4 | 161.5 | |
| | ガス消費率 | m ³ kWh | 13.6 | 6.4 | 5.8 | 5.3 | 17.3 | 9.4 | |

(註) ガス発生炉は完成直後に比べ、3ヶ月~6ヶ月後の方が性能がよくなるのが経験的に確かめられている。

表2 性能試験, 発生炉, エンジン関係ガス分析結果

| 項目 | 単位 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
|----------------|-----------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 発生炉関係 | 回転数 | rpm | 900 | | | 1200 | | | |
| | O ₂ | % | 0.7 | 0.5 | 0.7 | 2.5 | 2.0 | 1.7 | |
| | CO ₂ | % | 9.3 | 9.7 | 8.7 | 9.0 | 10.7 | 7.7 | |
| | CO 実測値 | % | 8.3 | 8.3 | 8.9 | 9.0 | 7.0 | 8.7 | |
| | 修正値 | % | 16.6 | 16.6 | 17.8 | 18.0 | 14.0 | 17.4 | |
| | H ₂ | % | 17.4 | 19.3 | 19.8 | 16.1 | 29.2 | 28.2 | |
| | N ₂ | % | 47.7 | 45.6 | 44.1 | 45.4 | 37.1 | 36.3 | |
| | 発熱量 | kcal/m ³ | 949 | 998 | 1047 | 957 | 1174 | 1251 | |
| | ガス流量計 | O ₂ | % | 0.9 | 0.6 | 0.8 | 1.25 | 2.6 | 2.8 |
| | | CO ₂ | % | 9.7 | 9.6 | 9.0 | 8.8 | 8.6 | 7.4 |
| CO 実測値 | | % | 8.3 | 8.3 | 8.6 | 8.4 | 7.6 | 7.7 | |
| 修正値 | | % | 16.6 | 16.6 | 17.2 | 16.8 | 15.2 | 15.4 | |
| H ₂ | | % | 17.4 | 19.3 | 19.2 | 15.0 | 31.7 | 24.9 | |
| N ₂ | | % | 47.1 | 45.6 | 45.2 | 49.8 | 34.3 | 41.8 | |
| 発熱量 | | kcal/m ³ | 949 | 998 | 1013 | 893 | 1275 | 1106 | |
| 吸気サイクロン | | O ₂ | % | 8.8 | 9.3 | 9.3 | 8.9 | 10.8 | 11.0 |
| | | CO ₂ | % | 4.8 | 4.3 | 4.3 | 4.2 | 5.3 | 3.5 |
| | | CO 実測値 | % | 4.3 | 4.3 | 4.4 | 4.7 | 3.5 | 4.2 |
| | 修正値 | % | 8.6 | 8.6 | 8.8 | 9.4 | 7.0 | 8.4 | |
| | H ₂ | % | 9.0 | 10.0 | 9.8 | 8.4 | 14.6 | 13.6 | |
| | N ₂ | % | 64.5 | 63.5 | 63.4 | 64.4 | 58.8 | 59.3 | |

表3 性能試験時の各種効率

| | Calorific value (kcal) | Efficiency (%) |
|--------------------------------|---|----------------|
| Total calorific value | 174900 | |
| Total electric power (28.6 kW) | 24600 | 14.07 |
| Hot water (63°C) | 42900 | 24.53 |
| Hot air (40°C) | 34300 | 19.61 |
| Drink hot water (45°C) | 1100 | 0.63 |
| Saw dust | Material: Japan cedar Percentage of water content: 35 % Amount of consumption: 51.6 kg/h Calorific value: 3390 kcal/kg | |

付 録

本論文の記述のみでは、本ガス発生炉の内容が十分に把握されない恐れがあるので以下では、改良炉と従来形炉（以下旧炉と表現する）両炉の測定データの追加および簡略な補充説明を行う。

(1) 回転ドラム設置による炉内おがくず層の均一化作用（棚形成の防止）とガス発生量の変動防止について。

ガス発生の変動とは、時分単位の細かな変動を意味するものではない。この変動現象は長時間運転で炉内に発生する熱とおがくず、およびその水分、タールを主因にして、塊状物が形成されることに基づく。この塊状物によって、炉内に空洞部分が発生し、おがくず層の著しい不均一を生じる。この現象によりガス発生量に急激な変動を生じる。旧炉においてはこの対策として、1日、2～3回炉の上部から鉄棒で塊状物をつついて破壊し、炉内おがくず層の均一化をはかってきた。これに対して、改良炉では棚形成の防止対策として、回転ドラムを設置した。回転するドラム壁とおがくず層の間にはせん断力が作用する。これを利用して、おがくず層にねじれ力を加え、塊状物(棚を作る現象)の生成を連続的に防止するものである。この方法により、炉内おがくず層の均一化を達成できた。すな

わち、空洞部の発生を防ぎ、急激なガス発生量の変動を防止できた。現象が複雑なため、簡単に改良炉におけるドラムの影響を定量的に表すことはできないが、参考のため両炉の発生ガスのガス組成比較を表4に示す。

(2) 回転ドラムによるおがくず層の均一化効果と炉長を長くすることの冷却効果、およびタール分除去効果について。

(1)に述べたように、おがくず層の均一化が達成できた。これにより、燃料の均一供給、ガス化反応部の安定化を図り、表4に示したようなガス組成のガスを連続供給できるようになった。

おがくずの含水率は、乾燥材の場合25～35%である。未乾燥の生木材では約50%である。おがくずガス発生炉では、通常乾燥したおがくずを使用する。生木材おがくずでは、水分が多すぎて不調になる。ガス化反応により発生した高温ガスは、おがくず層で熱交換を行いながら上昇する。おがくずの適量の含有水分は、ガスの冷却に役立つ。炉内で消費されるおがくずは、出力28.6kWで51.6kg/hである。この場合、含水率25%にすると、含水量は12.9kg/hである。出力28.6kW状態における吸引ガスの炉出口温度は、改良炉で60.5°C（外気温32.8°C）、旧炉で、ほぼ同一出力状態において、炉出口ガス温度87.5°C（外気温30.1°C）になる。ガス化反応部温度1300°C～1500°C程度であるから、回転ドラムを取付け、炉長を長くすることによって、ガスが十分冷却されることが明らかになった。

このおがくず層通過中のガスの冷却は、発生ガス中のタール分の分離除去に大いに役立つ。すなわち、タール分除去のフィルタの役割を演ずる。旧炉においては、吸引ガスにはタール分、および未燃おがくず粒子が多量に含まれていたため、バジ式水洗浄器およびその下流に、図1③に示した水洗浄塔を必要とした。改良炉においては、バジ式水洗浄器および水洗浄塔両者ともに不必要になった。しかし、炉長があまり長すぎるとプロアによるガス吸引量の減少が予想される。最適炉長がどれぐらいになるか、現在まだ明らか

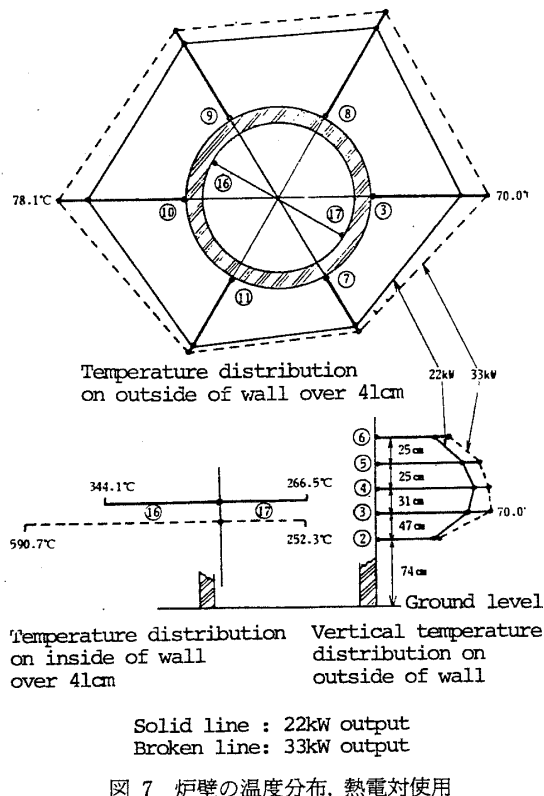


図7 炉壁の温度分布，熱電対使用

表4 旧炉および改良炉の発生ガス組成の比較

| Kinds of gases | Ordinary gas reactor (%) | Improved gas reactor (%) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| Nitrogen | 59.0～60.1 | 36.7～47.7 |
| Oxygen | 4.3～4.5 | 0.5～2.5 |
| Carbon dioxide | 8.0～9.9 | 7.7～10.7 |
| Carbon monoxide | 17.5～24.0 | 14.0～18.0 |
| Hydrogen | 9.0～12.3 | 16.1～28.2 |

表 5 旧炉および改良炉の寸法および重量の比較

| | Ordinary gas reactor | Improved gas reactor |
|------------------------|----------------------|----------------------|
| Power (kW) | 30~55 | 35~(70) |
| Outer diameter | 4 m | 2 m |
| Inner diameter | 2.0 m | 1.35 m |
| Height | 3.8 m | 5.04 m |
| Effective inner volume | 11 m ³ | 6.1 m ³ |
| Total weight | 89.4 t | 16.5 t |

表 6 電動機出力

| | |
|-------------------|---------------------|
| Cyclone | 0.75 kW |
| Outer cyclone | 1 kW |
| Gas absorbing fan | 0.3 kW × 2 = 0.6 kW |
| Rotating drum | 2.2 kW |
| Small fan | 2.2 kW × 3 = 6.6 kW |
| Pump | 0.75 kW |

* : Ordinary consumption power

になっていない。参考のために述べるが、最近の測定結果によれば、出力約 30 kW の状態で炉からのタールおよび粉じん混合物の平均排出量は、旧炉で 1.39 kg/h、改良炉で 0.2 kg/h になり、旧炉に比較して、改良炉では約 1/7 程度になった。

(3) 循環形サイクロンの効果 (2) で述べたように、炉長の増加および回転ドラムの設置によって、循環形サイクロンの存在は影が薄くなっている。しかし、長年の連続運転の間には、無理な運転や整備不良によって、吸引ガス中に粉じんが多量に含まれることも生じるであろうから、安全装置として設置が必要である。

(4) 旧炉および改良炉の寸法比較 炉の小形化および軽量化については、旧炉と改良炉の寸法および重量の比較を表 5 に示す。

(5) 温水、温風および給湯における熱交換効率について。

(i) 温水ボイラ効率

エンジン排気熱量：

$$0.35 \times 405 \times 358 = 50\,747 \text{ kcal/h}$$

排気量：358 kg/h、定圧比熱：0.35 kcal/kg

排気温度：405°C

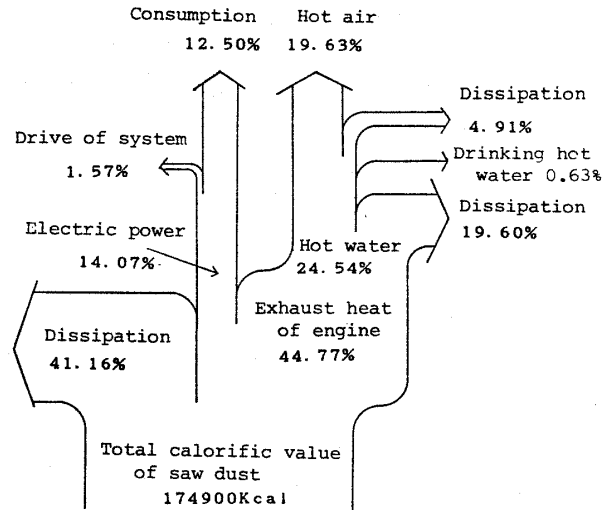


図 8 エネルギー流れ図

放出管出口熱量：0.35 × 63 × 358 = 7 894 kcal/h

放出温度：63°C

温水ボイラに与えた熱量：

$$50\,747 - 7\,894 = 42\,853 \text{ kcal} \approx 42\,900 \text{ kcal}$$

温水変換熱量：38 000 kcal/h

(ボイラ出口、入口温度測定値より求める)

温水ボイラ効率：38 000 ÷ 42 900 = 0.886 (88.6%)

(ii) 循環温水の入口、出口温度差：13°C

温風機効率：30 700 ÷ 38 000 = 0.808 (80.8%)

$$(13^\circ\text{C} \times 39.41/\text{min} \times 60 \approx 30\,700)$$

(iii) 給湯器使用熱量

温水ボイラより温度差 63°C - 45°C = 13°C の湯を、

0.1 m³/h を利用するとして計算すると、13 × 100 = 1 300 kcal/h 消失することになる。

(6) 電動機出力 本システムに付属した電動機の出力を表 6 に示す。

(7) エネルギー流れ図 図 8 におがくずガス化発電システムのエネルギー流れ図を示す。おがくずの持つ熱量は、図 8 のように消費される。

文 献

- (1) 香坂, 燃料及び燃料工業, (昭 55), 共立出版.
- (2) 大島, 木材化学概論, (昭 50), 日刊工業.