

【 論 文 】

厨芥を対象とした水蒸気ガス化に関する基礎的研究

田 中 正 昭*・尾 崎 仁*・守 富 寛**

【要 旨】 厨芥を模擬した食品混合物を試料として、熱分解および水蒸気雰囲気における熱化学反応の基本特性について検討した。また、比較のために、木屑についても検討した。その結果、食品の熱分解雰囲気における反応性は木屑と比較して若干劣るが、水蒸気雰囲気ではほぼ同等となることを明らかにした。また、食品の水蒸気ガス化において、試料中炭素のガスへの転換率は0.89と非常に高くなることがわかった。これを発生ガスの保有熱量で評価すると、タール改質によるものが約44%であり、熱分解およびチャーのガス化によるものが約56%であった。このことから、食品を熱化学反応によりガス化する場合、高温の水蒸気雰囲気で行うことが有効であり、水素に富んだエネルギーガスを回収することができる。特にタールを高効率で改質することにより、ガス回収量は大幅に向上でき、木屑に遜色のない燃料として利用できる可能性が示唆された。

キーワード：厨芥, 熱分解, ガス化, 水素

1. 緒 言

家庭や飲食店から排出される厨芥は一般廃棄物に分類され、ごみ処分場で焼却されているのが現状であるが、単位重量あたりの含水量が多いため焼却炉内の燃焼温度を低下させ、ダイオキシン発生原因のひとつになっている¹⁾。このため、厨芥は焼却処分せず有効利用することが好ましく、その手段としては、厨芥の含水量を調整して再利用する飼肥料化と、厨芥の有機成分から可燃ガスを発生して燃料として利用するエネルギー化の二通りに大きく分けられる。

前者は旧来から農家などにおいて実施されている方法であり、自然界の循環サイクルに則った優れた利用方法である。しかしながら、飼肥料の需要は地域や時期によって変動するために、厨芥の発生場所から利用場所への輸送や、発生時から利用時までの保管中にも品質を維

持することが必要である。したがって、大規模な飲食チェーン店と契約農家などの循環サイクルが確立された場合にのみ有効であり、汎用性は低い。

一方、後者は近年の石油枯渇問題や地球環境問題から、化石燃料代替としてのエネルギー利用が期待されている。たとえば、有機成分を生物分解してメタンを回収するメタン発酵技術は、盛んに研究されて実用化されている²⁻⁴⁾。しかし、メタン発酵は数日から数週間も処理時間が必要なため、その間厨芥を滞留させる大型反応槽が必要であり、家庭や小規模な飲食店のように限られたスペースに設置することは困難であり、前述の飼肥料化と同様の課題が残る。これに対して、石炭を加熱して熱化学的にガス化する技術を応用することにより、処理時間を短縮し、システムの小型化を図ることが注目されている。この熱化学的ガス化技術は、木屑や樹脂などの低含水有機物に対して研究が先行している。関らは、ゴム端材を熱分解し、そのときに発生するタールを高温空気と水蒸気により改質し、発電用燃料を生成する廃棄物ガス化発電システムを提案している⁵⁾。また、原らは、同様の廃棄物ガス化発電システムに木屑を供給してプロセスのガス化改質特性および発電特性について検討し、固定床ガス化炉と改質炉を組み合わせ水蒸気をガス化炉底部に、高温空気を改質炉に供給することで高効率の発電が可能であることを確認している⁶⁾。さらに、諸橋らは高

原稿受付 2006.3.9 原稿受理 2006.10.19

* 松下電器産業(株) 松下ホームアプライアンス社 技術本部
冷凍空調研究所

** 岐阜大学大学院工学研究科

連絡先：〒525-8555 滋賀県草津市野路東2-3-1-2

松下電器産業(株) 松下ホームアプライアンス社 技術本部
冷凍空調研究所 田中 正昭

E-mail: tanaka.masaaki@national.jp

含水有機物を中圧水蒸気処理することにより、また、日野はヒートポンプの原理を応用することにより高効率乾燥が可能であるとしている^{7,8)}。これらの乾燥技術が実用化できれば、厨芥を廃棄物発電システム用原料として利用することが容易になると考えられる。一方、熱分解生成物の物質収支は原料種に依存し、それはバイオマスと石油系有機物といった大きな違いだけでなく、同じバイオマスでも肉骨粉は木屑と比較してタールが多く発生することが認められている^{9,10)}。このようにタールが多量に発生する場合には、ガス回収量が低下し、システムのエネルギー効率低下の原因となる。また、タールは低温になると凝縮するため、排気系等の閉塞トラブルも引き起こす。したがって、その特性を把握することは非常に重要である。

このような背景から、本研究では、家庭から排出される厨芥を模擬した食品混合物の熱化学反応特性を明らかにし、木屑の特性と比較することにより、厨芥のエネルギー（水素）化利用の可能性について検討することを目的とする。そのために、実験室規模の回分式ガス化装置を用いて、食品混合物および木屑の種々の加熱条件に対するガス発生挙動を分析し、タール発生挙動を予測した。さらに、タールを低減するべく水蒸気改質を行ったときのガス量変化について検討した。

2. 実 験

2.1 熱重量分析装置および分析方法

本研究で用いた熱重量分析装置の概略を Fig. 1 に示す。まず、目開き $500\ \mu\text{m}$ のふるいをういてサイズを調整した試料を約 $20\ \text{mg}$ 秤量し、アルミナ製バスケットに投入する。このバスケットを反応管内部に備えられた石英スプリングに吊り下げる。次に、常温から $470\ \text{K}$ まで昇温し、そのまま約 $20\ \text{min}$ 保持して試料中の水分を完全に蒸発させる。その後、予備検討で水蒸気ガス化後の残渣がほぼ灰分のみになることを確認した $1,073\ \text{K}$ まで $20\ \text{K}/\text{min}$ で昇温し、 $1,073\ \text{K}$ で $30\ \text{min}$ 保持する。試料の雰囲気ガス条件は、ヘリウムガスが約 $3.3 \times 10^{-6}\ \text{m}^3/\text{s}$ で流通する熱分解条件 (Pyrolysis) と、この条件に水約 $5.6 \times 10^{-8}\ \text{kg}/\text{s}$ から生成した水蒸気を混合する水蒸気ガス化条件 (Gasification) とした。水蒸気ガス化条件における水蒸気は、反応管内部で水蒸気が凝縮することを避けるために、約 $470\ \text{K}$ まで加熱した過熱水蒸気を、 $470\ \text{K}$ で $20\ \text{min}$ 保持している間に任意のタイミングで投入した。

分析は、雰囲気条件を変化させた場合の昇温過程において、スプリングの上下方向の移動量を重量変化量に変

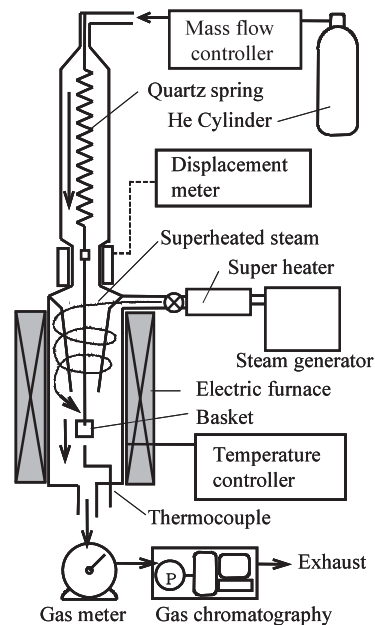


Fig. 1 Schematic diagram of the thermogravimetric apparatus

換し、初期サンプル重量を 1 とした場合の残存量割合を残存率 (relative mass) として表している。

2.2 回分式ガス化装置および実験方法

本研究で用いた回分式ガス化装置の概略を Fig. 2 に示す。ガス化反応器は、内径 $42.6\ \text{mm}$ 、高さ $590\ \text{mm}$ の SUS 316 鋼管で製作している。ガス化反応器外周には、独立して温度制御が可能な高さ $152\ \text{mm}$ のセラミックヒーターを反応器上下に備える。このセラミックヒーター温度は、 $1\ \text{K}$ 刻みで $297 \sim 1,073\ \text{K}$ の範囲で設定可能である。

まず、ガス化反応器内の下部ヒーターの高さに厚さ約 $3\ \text{mm}$ のセラミックフィルターを設置し、その上に、多孔質 (アルミナ) 粒子を約 $50\ \text{g}$ 充填する。次に、内径 $38\ \text{mm}$ 、高さ $200\ \text{mm}$ 、肉厚 $1\ \text{mm}$ の SUS 316 製バスケット (図示せず) に入れた実験試料を上部ヒーターの高さに設置する。なお、このバスケットは穴径 $3\ \text{mm}$ のパンチングメタルを加工して製作したものであり、設置前に数回ふるい、バスケット内に残る実験試料が約 $5\ \text{g}$ となるように調整する。

次にキャリアガスであるアルゴンを約 $6.0 \times 10^{-6}\ \text{m}^3/\text{s}$ でガス化反応器に供給し、蒸気発生器が $473\ \text{K}$ 、下部ヒーターを 573 または $1,073\ \text{K}$ に設定し、加熱を開始する。所定の温度まで昇温後、アルゴン流量が安定しているのを湿式ガスメーター (日本フローコントロール

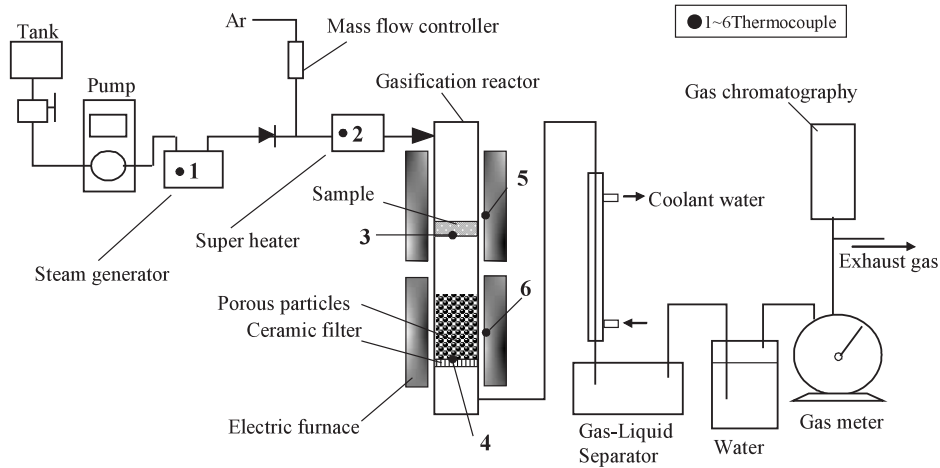


Fig. 2 Schematic diagram of the experimental apparatus

製 TG-01) で確認し、実験を開始する。

実験は、アルゴン雰囲気中で加熱する熱分解条件とアルゴン雰囲気中に水蒸気を付加する水蒸気ガス化条件で行う。前者は、実験前の蒸気発生器、下部ヒーター温度およびアルゴン流量が安定した状態から上ヒーターを 1,073 K まで昇温することにより行う。一方、後者は上ヒーターの昇温開始と同時に定量ポンプ（日本精密科学製 NP-KX-1020）でイオン交換水を所定流量で蒸気発生器に供給し、さらに蒸気過熱器で 1,123 K まで過熱された水蒸気を反応器内に供給することにより行う。

以上のようにして各条件で加熱された実験試料からは、水分の蒸発に続き、ガスとタール（本報では常温で液化または固化する成分を称する）からなる揮発成分が発生し、揮発しないチャーが残る。タールの大部分は多孔質粒子層で捕捉されて、ガスや水分から分離される。多孔質粒子層を通過したガスや水分は、冷却器で冷却されて凝縮液と非凝縮性ガスに分離される。なお、この凝縮液は大部分が水分であるが、外観から微量のタールが混合していると思われる。非凝縮性のガスは、水を入れたガス洗浄瓶で洗浄し、湿式ガスメーターを通過後、マイクロガスクロマトグラフ（VARIAN 製 CP-4900）で水素、メタン、一酸化炭素、二酸化炭素、エチレンの組成を 3 min 間隔で分析する。

2.3 実験試料

実験試料は、標準的な厨芥を想定し、Table 1 に示す食材を混合した食品混合物¹¹⁾（以下、食品と

よぶ）を、市販の乾燥式生ごみ処理機（松下電器産業製 MS-N 33）で約 90 min 間乾燥処理したものを用いた。これは、実験試料を均質化し、とくに含水量が実験結果に及ぼす影響を抑制することを目的としている。また、木屑は、厨芥の比較対象として、市販のペット排泄物処理用の櫛屑をそのまま使用した。各試料の化学分析結果を Table 2 に示す。

Table 1 Composition of food mixture used

White rice	10 wt%
Chicken meat	10 wt%
Sardine	10 wt%
Cabbage	30 wt%
Orange	30 wt%
Eggshell	2 wt%
Soy sauce	2 wt%
Sauce	2 wt%
Dressing	2 wt%
Sugar	2 wt%

Table 2 Chemical analysis results for samples used in this study

Component		Unit	Food mixture	Wood chip
Moisture	Raw sample	wt%	77.3	11.5
	(After drying)		(8.0)	—
Solid		wt%	22.8	88.5
Dry-base	C	wt%	43.7	45.3
	H	wt%	6.9	6.6
	O	wt%	36.4	47.4
	N	wt%	3.6	< 0.01
	S	wt%	0.1	< 0.01
	Cl	wt%	0.9	0.1
	Ash	wt%	8.4	0.6
High Heating Value		kJ/kg	19119	17926

3. 結果および考察

3.1 熱重量分析

含水率差を除くために乾燥終了後と考えられる昇温直前の 470 K での重量を 1 とした場合のドライベースの熱重量分析結果を Fig. 3 に示す。

Fig. 3 から、昇温開始直後 (550 K 以上) での急激な重量減少は、熱分解によるガスやタールなどの揮発成分が発生する熱分解領域であると考えられ、著者らがコナラの熱分解について実施した過去の検討でも同様の結果を得ている¹²⁾。その後に緩慢な減量が見受けられる領域を経て、水蒸気ガス化条件では、約 1,000 K からのさらなる急激な重量減少が現れる。これは式 (1) に示す水性ガス化反応を主反応とする水蒸気と炭素との反応により水素が生成される水性ガス化領域であると推察される。



最終的に、食品と木屑ともに水蒸気ガス化条件では、実験時間内にほぼ全量の炭素分がガス化されていると考えられる。

さらに、食品と木屑を比較すると、熱分解条件では、木屑の重量減少の方が大きく、揮発成分の発生が多いことがわかる。また、Table 2 に示すように食品中には灰分が多く含まれることを考慮しても、初期重量に対する熱分解後の重量比は、木屑と比較して食品の方が多い。つまり、食品はチャーが多く、ガス生成量を増加するためには、このチャーをガス化することが必要であると考えられる。

また、熱分解領域の終点における温度は、木屑が 670 K、食品が 750 K である。このときの重量比は木屑の方が小さいことから、熱分解領域における重量減少は木屑の方が速く、揮発成分を多量に発生させることがわかる。このことから、木屑の方が低沸点の揮発成分が多く、

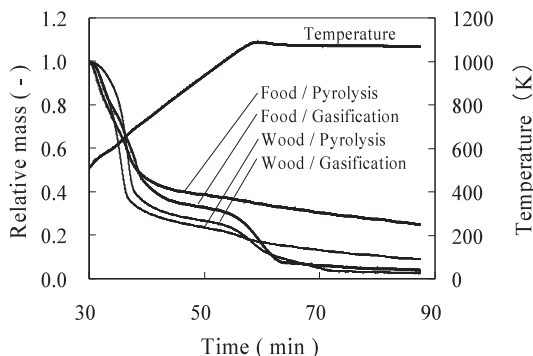


Fig. 3 Results of thermogravimetric analysis (Dried weight base)

タールの改質も容易であると考えられる。

水蒸気ガス化条件において、熱分解領域の食品と木屑の比較では、熱分解条件と同様に、木屑の重量比が小さく、揮発成分が多い傾向が認められる。また、食品については、この領域における重量比を熱分解条件と水蒸気ガス化条件で比較すると後者の方が小さく、水蒸気により揮発成分の発生が促進されていると思われる。一方、水性ガス化領域における傾きの比較から、木屑に比べて食品は反応速度が速く、ガス化しやすいと考えられる。

3.2 食品と木屑のガス発生挙動の比較

Fig. 4 は、多孔質粒子層を 573 K および 1,073 K とし、熱分解条件で試料を加熱したときのガス発生量の経時変化を示したものである。なお、図中には試料温度 (ここでは Fig. 2 の熱電対 3 で測定した試料近傍温度とする) 変化も併せて示す。

図から、食品および木屑の基本的なガス発生挙動は、試料の温度上昇とともにガス発生量が増加し、最高温度到達後にピーク値を示し、その後減少する。多孔質粒子層温度を 573 K とした場合、食品と木屑からのガス発生量は、ほぼ同様の挙動を示し、大差はない。これに対して、多孔質粒子層を 1,073 K と高温にすると、両試料ともにガス発生量は増加する。このことから、タール発生開始とはほぼ同温の 573 K の多孔質粒子表面では、タールはほとんど分解されることなく凝縮、捕捉されるが、1,073 K では、タールは粒子層から熱を受けて熱分解される。また、タールの熱分解性を比較すると、特に木屑の増加量が著しく多くなっていることから、何らかの原因で水分 (木屑が有する水分など) が混入した可能性もあるが、熱重量分析結果からも推察できるように、食品は木屑よりも難分解性であり、本条件のように温度因子のみによる低分子化は困難であると考えられる。

Fig. 5 は、多孔質粒子層を 573 K および 1,073 K とし、水蒸気ガス化条件で試料を加熱したときのガス発生量の

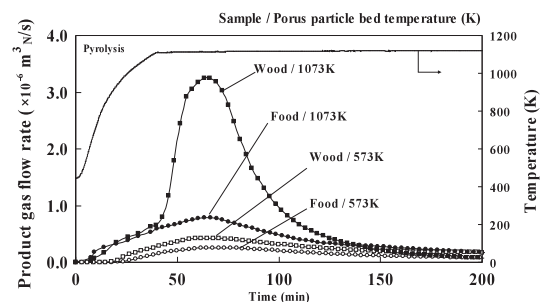


Fig. 4 Variation of product gas flow rate with time under pyrolysis condition

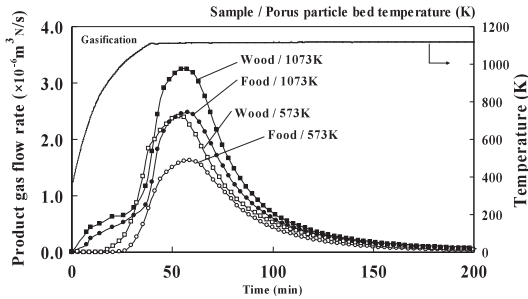


Fig. 5 Variation of product gas flow rate with time under gasification condition

経時変化を示したものである。熱分解条件と比較して、食品のガス発生量が著しく増加する。タールが573 Kの粒子表面で凝縮、捕捉されると考えると、このガス発生量の増加は、揮発成分の発生促進とチャーのガス化によるものであると推測される。また、水蒸気ガス化条件で多孔質粒子を1,073 Kとすると、両試料のガス発生挙動はほとんど同じ曲線を描いていることがわかる。

これらのことから、木屑から発生するタールは、熱分解条件でも雰囲気温度を高温化するだけで比較的容易に分解できる分子構造をしているのに対して、食品のタールは難分解性の分子構造をしており、雰囲気温度を制御するだけで低分子化することは困難であると考えられる。この難分解性のタールから有用な燃料ガスを得るためには、水蒸気による改質が有効であり、木屑同等のガス量を回収できると考えられる。

3.3 食品と木屑から生成するガス性状の比較

Table 3は、乾燥試料1 kgあたりの総ガス発生量と、各成分ガスの発生量と、各ガス種の高位発熱量とその発生量から計算した発生ガスの保有熱量および試料中炭素のガスへの転換率である。なお、転換率は発生ガスであ

る一酸化炭素、二酸化炭素、メタン、エチレンに含まれる炭素モル量を、試料に含まれる炭素モル量で除した値とし、いずれの条件においても外部から供給されないので1を超えることはない。これに対して、水素および酸素の転換率を求めるためには、水蒸気ガス化条件では反応に寄与する水蒸気が付加されるため、反応状態を詳しく把握する必要がある。本研究では、まず反応特性の全体像を把握するべく、外的要因の少ない炭素の転換率について評価し、食品と木屑の比較を行った。

食品および木屑から得られるガスは、水素、一酸化炭素および二酸化炭素の3成分で全体の約95%以上を占めており、メタン、エチレンはほとんど含まれていない。このことから、分子量の大きな炭化水素系ガスが発生ガス中に多量に含まれているとは考え難く、水素に富んだ燃料ガスを生成できると思われる。

多孔質粒子層温度を573 Kとした場合、食品に含有される炭素のガスへの転換率は、熱分解条件において0.40であったのに対し、水蒸気ガス化条件では0.53まで向上する。一方、多孔質粒子層温度を1,073 Kとした場合、熱分解条件においても、転換率は0.80となり、タールの一部が熱分解されていると考えられる。さらに、水蒸気改質すると0.89まで飛躍的に向上することがわかった。このとき、実験後の残渣を秤量すると、ほぼ試料中の灰分重量に相当していたので、残留炭素はほぼゼロであると考えられる。このことから、約11% (= (1 - 0.89) × 100)の未特定炭素は多孔質粒子の表面や細孔内に残存していると推測される。なお、木屑中炭素のガスへの転換率は、いずれの条件においても食品を上回っていた。

次に、食品からの発生ガスの保有熱量を比較すると、多孔質粒子層温度を573 Kとした場合、熱分解条件に対して水蒸気ガス化条件では2.2倍となっている。これは、一酸化炭素の発生量が減少し、水素、二酸化炭素の

Table 3 Properties of produced gas and carbon conversion ratio from sample into gas

Sample		Food mixture				Wood chip			
Method		Pyrolysis		Gasification		Pyrolysis		Gasification	
Porous particles Temp.	K	573	1073	573	1073	573	1073	573	1073
Volume	m ³ _N /kg-sample	0.47	1.28	1.17	2.09	0.94	2.38	1.78	2.36
H ₂	mol/kg-sample	7.1	28.7	33.7	61.8	18.5	69.3	54.5	69.1
CH ₄	mol/kg-sample	1.0	3.1	1.1	2.9	1.2	2.9	1.1	2.9
CO	mol/kg-sample	8.7	12.7	4.3	7.3	15.0	7.8	6.0	7.3
CO ₂	mol/kg-sample	4.2	12.7	12.7	21.5	7.19	26.3	17.8	25.9
C ₂ H ₄	mol/kg-sample	0.1	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
Calculated heat quantity*	kJ/kg-sample	5566	14550	12348	22307	10769	24668	18430	24362
	MJ/m ³ _N	11.74	11.38	10.55	10.65	11.44	10.34	10.34	10.34
Carbon conversion ratio into gas	—	0.40	0.80	0.53	0.89	0.63	0.98	0.67	0.96

* Calculated with each gas amount and high heating value

発生量が増加していることから、チャーのガス化に加えて、式(2)に示す一酸化炭素のシフト反応も同時に行っていると考えられる。



これに対して、熱分解条件で多孔質粒子層温度を1,073 Kにすると、発生ガスの保有熱量は2.6倍になる。このとき、エチレン以外のガス発生量が増加していることから、タールの熱分解は、試料の熱分解と同様に、水素、一酸化炭素、二酸化炭素に分解されると考えられる。

一方、チャーおよびタールを水蒸気と反応させることにより、発生ガスの保有熱量は4.0倍となった。ここで注目すべきは、炭素の転換率の増加割合に比して、水素増加の割合が高いことである。つまり、式(1)と式(2)を合成した式(3)が主反応として反応が進行すると、1 molの炭素から2 molの水素が得られる。

しかしながら、本実験結果では、この割合より多くの水素が発生していることから、食品の熱化学反応に及ぼす水蒸気の影響として、式(3)に加えて、食品の熱分解自体を促進して、水素を直接発生させる効果も期待できることが示唆された。



3.4 炭素のガスへの転換率の経時変化

Fig. 6, 7は、食品および木屑を熱分解または水蒸気ガス化したときの試料中炭素のガスへの転換率の経時変化を示したものである。なお、Fig. 3の熱重量分析結果と比較しやすいように、縦軸には1から転換率を差し引いた値を示す。この値は、タールおよびチャーに含まれ

ている炭素の割合であり、厳密には熱重量分析における縦軸とは異なる。また、図中の括弧内の温度は多孔質粒子層温度を示している。

熱重量分析では、550 Kから700 K前後までの間に重量が大幅に減少する。さらに、水蒸気ガス化条件では、約1,000 Kから再度重量が減少することを確認している。これに対して、Fig. 6では食品は約1,000 Kまで加熱されると、試料中炭素がガスに転換される。熱分解条件の場合、その転換率の経時変化は緩やかであるのに対して、水蒸気ガス化条件では急激であることがわかる。一方、多孔質粒子層温度を1,073 Kとした場合、昇温初期の熱分解領域からわずかに炭素がガス中に現れており、水蒸気ガス化領域に入ったあたりから急激にガスに転換されていることがわかる。これは、水蒸気ガス化条件だけでなく、熱分解条件でも認められる。つまり、熱分解領域で発生するタールが多孔質粒子層で熱分解または水蒸気改質されている。しかし、その転換率の変化の度合いは、熱重量分析から予測される熱分解速度とガス化速度の傾向が逆になっている。

これは、タールの生成速度と比較して熱分解または水蒸気改質速度が遅いため、熱分解領域で発生したタールが一旦多孔質粒子層で捕捉され^{13,14)}、徐々にガスに転換されると考えられる。これは、熱分解領域終了後における573 Kおよび1,073 Kの曲線勾配を比較すると、後者の方が急であることから、多孔質粒子層においてタールの熱分解あるいは水蒸気改質が進んでいることがわかる。

次に、Fig. 7から木屑も食品とほぼ同じ傾向を示していることがわかる。ただし、多孔質粒子層を1,073 Kにした場合、水蒸気の有無に関わらず、最終的な炭素の転換率はほぼ同じになる。このことから、本研究で用い

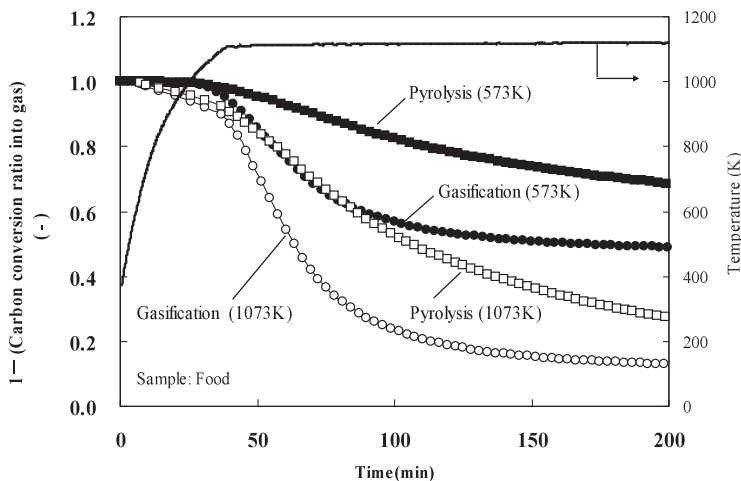


Fig. 6 Variation of carbon conversion ratio into gas with time (Food)

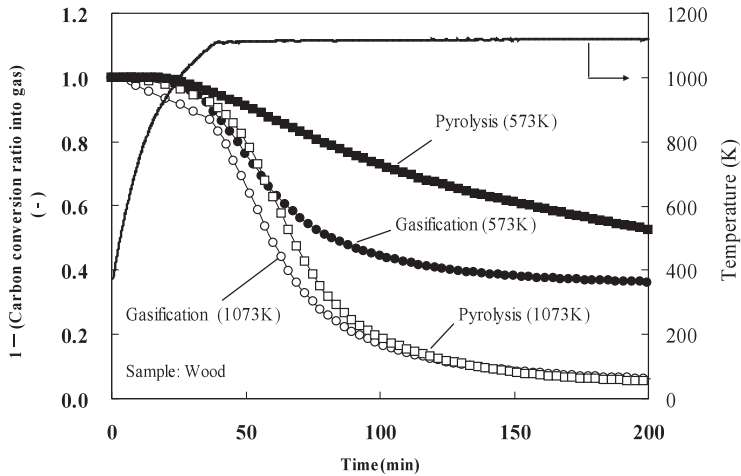


Fig. 7 Variation of carbon conversion ratio into gas with time (Wood)

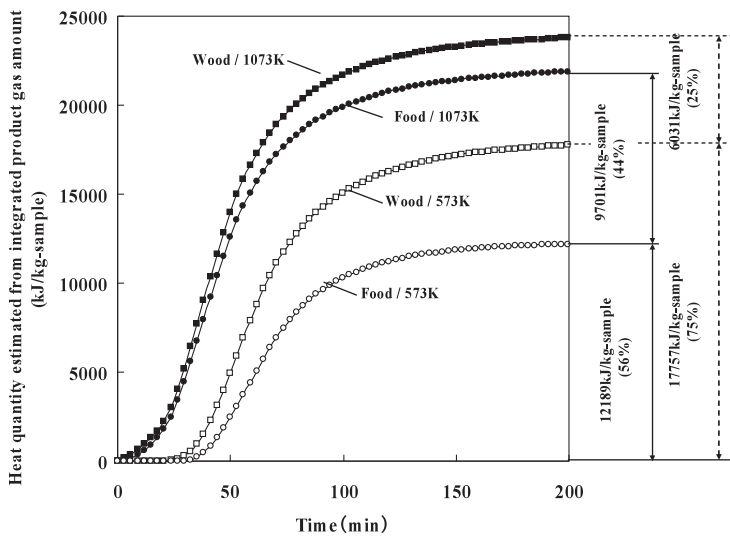


Fig. 8 Heat quantity estimated from integrated product gas amount

た食品は、動物性および植物性有機成分の雑多な混合物であるのに対して、木屑は主成分がセルロースであり、それから発生するタールも熱的に分解が容易であったと考えられる¹⁵⁾。そのため、水蒸気改質ではなく熱分解だけでも比較的气体への転換率が向上したと推測される。

3.5 タール改質がガス発熱量に及ぼす影響

Fig. 8 に各試料の水蒸気ガス化条件における発生ガス量の積算値から求めたガスの保有熱量を示す。また、200 min 間に発生したガスの保有熱量を図右に示す。なお、ガスの保有熱量は、多孔質粒子層温度が 573 K のとき、熱分解によるガスとチャーのガス化に由来し、1,073 K と 573 K の差から求められる値はタール由来と仮定

した。

食品の水蒸気ガス化プロセスで得られるガス発熱量の内訳は、タールの水蒸気改質が約 44%、熱分解によるガスとチャーのガス化が約 56% であった。一方、木屑の場合には、それぞれ約 25% と約 75% であった。

このことから、タールを多く含む食品や木屑を原料として、水蒸気ガス化反応により、水素を主成分とする燃料ガスを回収するプロセスにおいては、水蒸気との反応性が良好で、さらに発生量も多いタール改質が重要であることが示唆された。

4. 結 言

本研究では、有機系廃棄物の一例として、食品および木屑を試料とし、熱分解条件および水蒸気ガス化条件でのガス化特性について検討した。結果は次の通りである。

- 1) 発生ガスの保有熱量と試料中炭素のガスへの転換率による評価では、食品は熱分解条件では木屑に比べて反応性が若干劣るが、水蒸気ガス化条件ではほぼ同等となる。
- 2) 食品の水蒸気ガス化で得られるガスの保有熱量のうち、タール改質に由来するものは約44%であり、熱分解によるガスとチャーのガス化に由来するものは約56%である。木屑の場合は、それぞれ約25%と約75%である。

以上のことから、食品を熱化学反応によりガス化する場合、水蒸気ガス化を実施することが有効であり、水素に富んだ燃料ガスを回収することができる。とくにタールを高効率で改質することにより、ガス回収量は大幅に向上でき、利用技術の進んでいる木屑に遜色のない燃料としての可能性が示唆された。

[謝 辞]

本研究は、環境省の二酸化炭素排出抑制対策に係る温暖化対策市場化直結技術開発事業で実施した研究開発の一部である。記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 井熊 均, 岩崎友彦: 図解 リサイクルエネルギー, 日刊工業新聞社 (2001)
- 2) 坂本 勝, 鈴木昌治, 李 玉友, 野池達也: 好気性可溶化プロセスを適用した生ごみの二相式メタン発酵特性, 廃棄物学会論文誌, 第16巻, 第5号, pp. 369-377 (2005)
- 3) 米山 豊, 竹野勝彦, 清水紀久夫, 内藤龍雄, 板垣丈夫, 安原義光, 中田六雄: し尿系汚泥と生ごみを対象としたメタン発酵実施施設の処理特性, 廃棄物学会論文誌, 第15巻, 第3号, pp. 155-164 (2004)
- 4) 渥美 亮, 沖 泰弘, 三谷 優, 高塩仁愛: 食品製造廃棄物の水素・メタン二段発酵システムによる電気・熱エネルギー変換に関する実証研究, 日本機械学会 2004 年度年次大会講演論文集 (3), pp. 257-258 (2004)
- 5) 関 太填, 蟬谷健一, 呉 畏, 吉川邦夫: 高温空気/水蒸気を用いた廃棄物ガス化発電 (第1報 システム及びガス化特性), 第38回日本伝熱シンポジウム講演論文集, pp. 237-238 (2001)
- 6) 原 勉, 新宮宏昭, 片田正弘, 吉川邦夫, ミン・テジン, 波岡知昭, 松原直直: 木質バイオマスガス化発電システムの発電特性, 日本エネルギー学会誌, 第83巻, pp. 815-820 (2004)
- 7) 諸橋由昭, 張 剣, 佐藤圭太朗, 波岡知昭, 吉川邦夫, 高瀬浄二: 中圧水蒸気を用いた下水汚泥の燃料化, 第15回廃棄物学会講演論文集, pp. 415-417 (2004)
- 8) 日野俊之: 高含水バイオマスのエネルギー化におけるVRC乾燥プロセスの提案, 第12回日本エネルギー学会大会講演論文集, pp. 226-227 (2003)
- 9) 呉 畏, 吉川邦夫: 固体廃棄物の定温熱分解ガス化に関する研究, 日本機械学会論文誌 (B編), pp. 1527-1534 (2003)
- 10) 乙黒一真, 矢尾俊介, 波岡知昭, 吉川邦夫, 岡 洋祐, 中村孝洋: 高温水蒸気を用いたバイオマスによる水素製造に関する基礎研究, 日本機械学会 2004 年度年次大会講演論文集 (3), pp. 251-252 (2004)
- 11) 守屋好文, 中野幸一, 鈴木忠視: 生ゴミ臭の性状とその脱臭技術, 第14回におい学会講演論文集, pp. 100-101 (2001)
- 12) K. Ito, H. Moritomi, R. Yoshiie, S. Uemiya and M. Nishimura: Tar Capture Effect of Porous Particles for Biomass Fuel under Pyrolysis Conditions, Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol. 36, No. 7, pp. 840-845 (2003)
- 13) 新エネルギー・産業技術総合開発機構: バイオマスエネルギー高効率転換技術開発 バイオマスの低温流動層ガス化技術 触媒を用いた低温バイオマスガス化技術の開発, 平成13年度成果報告書 (2002)
- 14) 新エネルギー・産業技術総合開発機構: バイオマスエネルギー高効率転換技術開発 バイオマスの低温流動層ガス化技術 触媒を用いた低温バイオマスガス化技術の開発, 平成15年度成果報告書 (2004)
- 15) 伏見千尋, 堤 敦司: バイオマスからの水素製造, ケミカル・エンジニアリング, 9月号, pp. 35-40 (2001)

Basic Study on Steam Gasification of Food Wastes

Masaaki Tanaka*, Hitoshi Ozaki* and Hiroshi Moritomi**

* Refrigeration & Air Conditioning Research Laboratory, Corporate Engineering Division,
Matsushita Home Appliances Company, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.

** Graduate School of Engineering, Gifu University

† Correspondence should be addressed to Masaaki Tanaka :
Refrigeration & Air Conditioning Research Laboratory, Corporate Engineering Division,
Matsushita Home Appliances Company, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.
(2-3-1-2 Noji-higashi, Kusatsu City, Shiga, 525-8555 Japan)

Abstract

This study aims to clarify basic properties of thermochemical reactions, such as pyrolysis and steam gasification conditions, of food mixtures that are discarded as food wastes (kitchen garbage). We also conducted experiments on wood chips for comparison. We found that the reactivity of food mixture in pyrolysis conditions was slightly inferior to that of wood chips. However, in steam gasification conditions, the reactivity of both samples was almost equal. Moreover, for the food mixtures in steam gasification conditions, the ratio of carbon conversion into gas was 0.89. To evaluate gas heat quantities for each process, almost 44% was for tar reformation and almost 56% was for pyrolysis gas and char gasification. Therefore, steam gasification was effective for the thermochemical reaction of food mixtures and this reaction could produce hydrogen rich fuel gases. In particular, by reforming tar effectively, the amount of fuel gas product increased significantly. These results suggest the possibility that food mixtures could be used as a fuel that is as valuable as wood chips.

Key words : food waste, pyrolysis, gasification, hydrogen