

C-4 東アジアの酸性雨原因物質等の総合化モデルの開発と制御手法の実用化に関する研究

(1) 酸性雨原因物質の制御と評価に関する研究

⑤ 中国重慶市の酸性雨原因物質制御のためのバイオブリケット化に関する共同研究：バイオマスに関する調査・研究

研究担当者 高世東^{a)}

坂本和彦^{a)}・村野健太郎^{b)}

^{a)}埼玉大学大学院理工学研究科、〒338埼玉県浦和市下大久保255

^{b)}国立環境研究所、〒305茨城県つくば市小野川16-2

(平成8年度予算額：2,172 千円)

[要旨] バイオブリケットは一つの複合固体燃料であり、70~85%の石炭と15~30%のバイオマスとの混合物を原料として、その混合物に硫黄固定剤を添加して、何らの粘結剤を添加せずにロール型プレスで高圧で圧縮成型し、調製される。バイオブリケットは原炭に比べて、燃焼排出物は大幅に低減され、未燃灰分も少なく、硫黄の固定率も高いと期待される。本研究の調査結果により、重慶地域における農作物の藁や茎の廃棄物及び大鋸屑などの木材廃棄物も極めて豊富であり、副原料であるバイオマスとしての年間総生産量は1,800万トンに達していることが分かった。従って、重慶の酸性雨汚染防止対策の一つとして、バイオブリケットの製造技術の適正化のためバイオマス原料はかなり豊富であると言える。重慶市で採集された七種類のバイオマス(木屑、モミガラ、トウモロコシの藁、小麦の藁、高粱の藁、雑草、稲の藁)及び瀋陽市で採集されたモミガラの水溶性成分分析及び燃焼試験の結果によると、バイオマスの種類及び地域によってその水溶性成分並びに燃焼性硫黄分は異なり、木屑がいずれも少なかった。そのため、木屑はバイオブリケットの最適副原料であると考えられる。バイオマス中の硫黄の大部分は無機塩形態で存在し、バイオマス燃焼からのHF、HCl、SO₂の排出量は少なく、1kg当たりの排出量はそれぞれ0~43、16~912、114~789mgの範囲であった。原炭と木屑から調製したバイオブリケットの燃焼試験の結果によると、大気汚染物質排出量は大幅に低減され、二酸化硫黄の排出抑制効果及び灰分の低減率もそれぞれ約82%及び25%に達していた。

[キーワード]：バイオマス、バイオブリケット、燃焼実験、硫黄固定化、酸性雨。

1. はじめに

重慶は中国西南部にある四川盆地の東南部に位置し、揚子江と嘉陵江との合流点にあたり、中国西南地域の工業都市であり、揚子江上流地域の経済の中心でもある。その地形は面積の64%が低い山地と丘陵で占められ、周囲を小高い山地で囲まれているので四川盆地の中の小さい盆地のようになっている。気候は亜熱帯湿性季節風気候に属し、都市部における冬季の平均風速

は1.0m/sで、夏季は1.5m/sであり、年間の微風率は50%以上、平均湿度は80%であり、逆転層が発生しやすい。そのため、重慶の地形条件及び汚染時における気象の特徴は、地表面に近い低層から発生する汚染物の大気拡散に不利な条件となっている。

重慶では高硫黄並びに高灰分の石炭が主要なエネルギー源である。石炭と天然ガスはそれぞれ全エネルギーの75%と1.7%を占めている。石炭のガス化及び選炭の割合は低く、それらの大部分が直接燃焼されている。そのため、重慶における石炭燃焼からの二酸化硫黄の排出量は1992年では年間85万トンに達しており、中国全国の二酸化硫黄の総排出量の5%にも及んでいる。さらに煤塵の排出量は年間20万トンとなっている。これまでの観測結果によれば¹⁾、十数年間のSO₂濃度は年日平均で0.34~0.49mg/m³の範囲で変動しており、国家2級基準(0.06mg/m³、住宅及び商業地域)を大きく超え、その5.7~8.2倍にも達している。また、1982~1994年のTSP日平均濃度は0.38~0.71mg/m³で、国家2級基準(0.3mg/m³、住宅及び商業地域)の1.3~2.4倍である。よって、重慶は激しい大気汚染の影響を受け、中国西南部における酸性雨重度被害地域の中心²³⁾になっている。

このような状況のもとで、重慶の石炭燃焼による大気汚染や酸性雨は深刻な問題になっており、国内だけでなく国際的にも注目されている。現在、地球環境研究総合推進費により重慶を対象地域とする「中国重慶市の酸性雨原因物質制御のためのバイオブリケット化に関する共同研究」が実施されている。これは日本でエネルギー危機の際に研究されたバイオマスと石炭の混合によるバイオブリケットの製造技術⁹⁾を重慶の酸性雨汚染防止対策の一つとして、技術の適正化を図るものである。化石燃料は枯渇性資源であるが、バイオマスは循環性資源であり、未利用または廃棄物であるバイオマスの有効利用という観点からもバイオブリケットは大きな可能性を持っている。さらに燃料としての有効性以外にバイオマスに本来的に含まれている植物繊維はブリケットの強度増大に粘結剤(バインダー)⁹⁾としても役立つと考えられている。

本研究では、バイオブリケット製造技術の現地化ために、副原料であるバイオマスの生産量に関する調査並びに酸性沈着による激しい大気汚染にさらされた農作物と植物などの中から適当なバイオマスを選択するために必要とされる各種バイオマスの成分、性状及び石炭の燃焼特性への寄与などの検討を目的としている。

2. 実験

2.1 試料の採集と調製

実験用のバイオマス試料として、重慶市バイオブリケットのモデル工場を建設中の江北区において農作物の廃棄物及び木材廃棄物など7種類(木屑、モミガラ、トウモロコシの藁、小麦の藁、高粱の藁、雑草、稲の藁)を採集した。サンプリング地点をFig. 1に示した。採集した試料は自然乾燥し、細かく(5mm以下)破碎した。また、比較のために非酸性雨地域である中国遼寧省の瀋陽市においてもモミガラを採集した。

さらに、採集したバイオマスの一部については後述するバイオブリケット製造装置(Fig. 3参照)を用いて、それを調製し、その硫黄固定に対する効果を検討するためにその燃焼試験を行った。燃焼試験用バイオブリケット試料は石炭に25%バイオマスを配合し、硫黄固定剤である消石灰(Ca/S=1.5、2当量)を添加したものである。

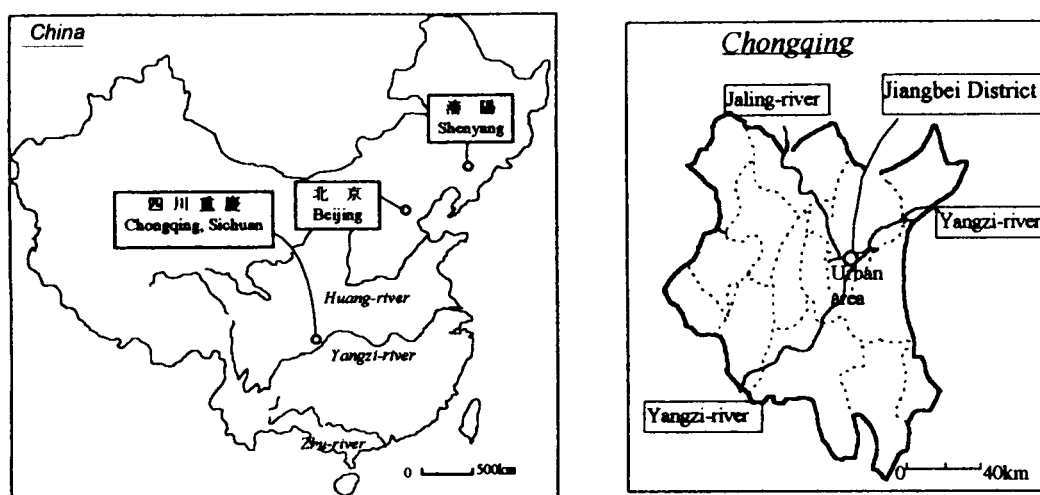


Fig. 1. Location of the sampling site for biomass.

2.2 水溶性成分の測定

自然乾燥したバイオマスをさらに電気定温乾燥器により $107 \pm 2^\circ\text{C}$ で1時間乾燥したときの減量をバイオマスの水分とした。乾燥後、各種のバイオマス1.000 gを精秤し、30mlの超純水を用い、20分間超音波抽出した。pHメータ(HE5ES、東亜電波工業社製)により抽出液のpHを測定し、イオンクロマトグラフ(DX-100、Dionex社製)により抽出液のイオン濃度を測定した。

2.3 燃焼試験

バイオマス、石炭、バイオブリケットの燃焼試験装置をFig. 2に示した。Fig. 2に示した実験装置の燃焼管は内径16mm、外径20mm、長さ520mmの透明石英管である。装置全体をFig. 2のように接続し、測定前に装置の各接続部を点検し、特にキャップの部分が完全に気密であることを確かめた。試験方法は、試料0.500gを精秤し、それを燃焼管の中央部に投入した後燃焼空気を1.0 l/minの流量で供給しながら燃焼管を800°Cまで加熱昇温させ、その後一定時間保って、試料を燃焼さ

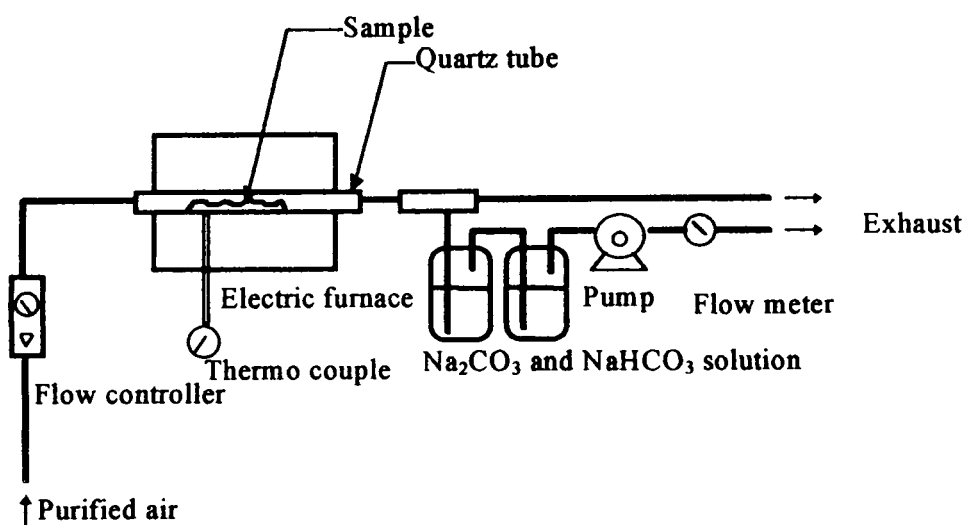


Fig. 2. Schematic diagram for combustion test.

せた。同時にポンプで燃焼排ガスを直列に接続してある二つのインピンジャに導き、排気ガスに含まれる酸性大気汚染物を捕集液（150ml、イオンクロマトグラフの溶離液（2.7mM- Na_2CO_3 /0.3mM- NaHCO_3 ））で捕集した。イオンクロマトグラフにより捕集液中の亜硫酸イオン、硫酸イオンなどの濃度を測定した。捕集液中のイオン濃度より、燃焼排気としての汚染物質排出量を求めた。また、燃焼後の残存物を灰分として質量を計測した後、超純水を用いて超音波抽出し、灰分中の水溶性イオン濃度を求めた。

3. 結果及び考察

Table 1. Results of the research for biomass output in Chongqing.

3.1 バイオマス生産量の予備的調査

重慶の冬季は短く、無霜期が長く、降水量が多い。従って、植物の成長が早く、農作物及び野生牧草などの植物資源は豊富である。また、農作物は多種多様であり、米、トウモロコシ、小麦、高粱などがあり、それらの藁や茎の廃棄物である未利用資源は豊富である。

Biomass	Output (10^6 t)
Rice straw	2.0 ~ 2.2
Wheat straw	1.0 ~ 1.2
Corn	2.3 ~ 3.0
Weeds	~ 3.24
Maize stalk and straw	2.5 ~ 2.7
Wastes of other plants	~ 5.36
Woody dust	~ 0.3
Total outputs	16.4 ~ 18.0

さらに、重慶は揚子江と嘉陵江の合流点として古くから水運に恵れた都市であり、木材の集産地であるため、家具をはじめとする種々な木材化工産業が多く、大鋸屑などの木材廃棄物も極めて豊富である。Table 1に一部推定を含むバイオマスの年間生産量の調査結果を示した。このTable 1にまとめたバイオマスの5%程度がバイオブリケット製造に使われたとしても、生産し得るバイオブリケットは300万トン/年にも及び民生用の燃料としては十分と考えられる。

3.2. 各種バイオマスの水溶性イオン成分濃度の比較

バイオマスの水溶性イオン濃度、抽出液のpH、イオンバランス及びバイオマス中水溶性イオン成分含有率（乾燥ベース）をそれぞれTable 2、Table 3に示した。Table 2に示したように陰イオンでは Cl^- 及び SO_4^{2-} が多くを占め、陽イオンでは NH_4^+ 及び K^+ が多かった。 Cl^- 、 NH_4^+ 及び K^+ は肥料に由来するのかもしれない。また、抽出液はあまり酸性ではなく、木の屑を除いてイオンバランスはほぼ取れていた。なお、Table 2中のイオンバランスは $\{(\Sigma^- - \Sigma^+)/(\Sigma^+ + \Sigma^-)\} \times 100(\%)$ として表されており、木屑は陰イオンが著しく不足していることを示している。木の屑では陽イオンが陰イオンよりかなり多いが、不足分の陰イオンは有機酸や炭酸イオンであると考えられる。瀋陽市のモミガラに比べて、重慶市のモミガラの水溶性硫酸イオン濃度及び酸性度は高い値を示していた。それは、重慶市の激しい酸性雨及び大気中の硫黄酸化物の高濃度汚染による植物及び農業生産物への影響を反映したものと考えられる。

Table 3に水溶性イオン成分含有率（乾燥ベース）を示した。バイオブリケットの副原料中の成分元素として注目される硫黄含有率によって分類すれば、バイオマスは三分類される。即ち、0.01%以下の硫黄分を含む木屑と、0.01%から0.1%までのモミガラ、トウモロコシの藁及び高粱の藁、そして0.1%以上の稲藁、雑草及び麦藁である。しかし、実際の低汚染燃料として最も重要な特性は燃焼性硫黄分含有率が低いことである。また、瀋陽のモミガラの硫黄分含有率は重慶市のモミガラより低かったにもかかわらず木の屑より高かった。さらに、ここで測定した中で高

濃度であった第三のグループに属するバイオマスの硫黄分含有率は正常な植物の葉中の硫黄元素濃度⁵⁾の範囲(0.1~0.3%)に一致していた。この結果は、大部分の無機硫酸塩はしばしば葉に蓄積すること、第一及び二グループに分類されたバイオマスは葉の割合が少ないことによると考えられる。

Table 2. Concentration and ion balance of water soluble ions in the extracted solution of biomass (Dry basis).

Biomass	pH	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Σ ⁺	Σ ⁻	B ^{a)} (%)
meq/l													
Woody dust-1	7.00	0.05	0.06	0.42	0.03	0.10	0.12	0.01	0.00	0.02	0.66	0.14	65
Woody dust-2	6.64	0.07	0.00	0.24	0.08	0.29	0.22	0.00	0.01	0.14	0.68	0.37	30
Woody dust-3	6.70	0.04	0.00	0.25	0.04	0.12	0.14	0.00	0.00	0.06	0.45	0.20	38
Average ^{b)}	6.75	0.05	0.02	0.30	0.05	0.17	0.16	0.00	0.00	0.08	0.60	0.24	44
Rice bran	6.00	0.03	0.52	2.11	0.18	0.11	1.60	0.01	0.17	0.40	2.95	2.18	15
Maize stalk	6.66	0.28	1.47	7.32	1.27	0.57	8.25	0.49	0.64	1.38	10.91	10.76	1
Sorghum stalk	6.63	0.34	1.70	9.55	0.75	0.56	12.96	0.13	0.61	1.64	12.90	15.34	-8
Rice straw	6.68	0.28	1.75	13.42	1.65	0.34	12.39	0.03	0.83	3.16	17.44	16.41	3
Weeds	5.94	0.46	1.98	8.43	0.88	0.37	5.93	0.03	1.94	3.26	12.12	11.16	4
Wheat straw	6.46	0.21	2.03	6.95	0.41	0.26	5.94	0.06	1.11	3.50	9.86	10.61	-3
Rice bran ^{c)}	7.20	0.09	0.31	2.20	0.03	0.10	2.32	0.04	0.20	0.20	2.72	2.76	-1

a) Ion balance is calculated based on the equation of $\{(\Sigma^+ - \Sigma^-)/(\Sigma^+ + \Sigma^-)\} \times 100(\%)$.

b) Average value of three woody dusts.

c) This sample was collected in Shenyang.

Table 3. Water soluble chemical components of biomass (Dry basis, %).

Biomass	Moisture	Na	N	K	Mg	Ca	Cl	P	S
Woody dust-1	7.90	0.004	0.003	0.053	0.001	0.006	0.014	0.000	0.001
Woody dust-2	14.70	0.005	0.000	0.033	0.003	0.020	0.027	0.000	0.007
Woody dust-3	6.64	0.004	0.005	0.043	0.002	0.019	0.010	0.000	0.003
Woody dust ave.	9.70	0.004	0.003	0.043	0.002	0.015	0.017	0.000	0.004
Rice bran	9.10	0.002	0.025	0.272	0.007	0.007	0.188	0.006	0.022
Maize stalk	8.95	0.022	0.094	1.154	0.050	0.038	0.964	0.021	0.072
Sorghum stalk	7.86	0.025	0.082	1.213	0.029	0.036	1.416	0.020	0.086
Rice straw	8.43	0.021	0.089	1.714	0.065	0.022	1.112	0.027	0.171
Weeds	8.78	0.034	0.097	1.081	0.035	0.024	0.692	0.042	0.184
Wheat straw	9.12	0.016	0.099	0.863	0.016	0.017	0.697	0.037	0.185
Rice bran ^{a)}	6.60	0.006	0.015	0.289	0.001	0.006	0.090	0.008	0.011

a) This sample was collected in Shenyang.

3.3 バイオマス燃焼排ガス中の汚染物質

バイオマスの燃焼排ガスをアルカリ水溶液中に通気し、その試料中の陰イオンF⁻、Cl⁻、SO₃²⁻、SO₄²⁻濃度を求めた。これらの成分はそれぞれHF、HCl、SO₂に由来すると仮定し、一定のバイオマス燃焼により排出される量として、Table 4に示した。Table 4に示したように、重慶市のバイオマスについてはいずれも燃焼性硫黄分含有率が瀋陽のモミガラより高かった。また、地域及びバイオマスの種類によって、燃焼排ガス成分は異なっていた。燃焼性硫黄分含有率は木屑が一番低く、高粱の藁が一番高かった。1kg当たりの重慶のバイオマス燃焼からのHF、HCl、SO₂の排出量は少なく、それぞれ0~43、16~912、114~789mgの範囲であった。Table 2と比較すると、燃焼性硫黄分は水溶性硫黄分と同じ程度から1/15までと含有率の多い順番で並べるとその順序は異なっていた。よって、バイオマスに含まれている硫黄はほとんど非燃焼性であり、酸性沈着に由来する無機塩からの硫黄成分であると推定された。

Table 4. Emission of the air pollutants from biomass combustion (Dry basis).

Biomass	HF(mg/kg)	HCl(mg/kg)	SO ₂ (mg/kg)	Combustible S(%) ^{a)}
Woody dust-1	0	16	175	0.009
Woody dust-2	0	103	64	0.003
Woody dust-3	0	112	102	0.005
Woody dust av.	0	80	114	0.006
Rice bran	2	534	181	0.009
Rice straw	4	912	220	0.011
Wheat straw	9	406	386	0.019
Weeds	16	566	485	0.024
Maize stalk	21	203	599	0.030
Sorghum stalk	43	799	789	0.039
Rice bran ^{b)}	5	35	52	0.003

a) Combustible S were defined as sulfur emitted from biomass combustion.

b) This sample was collected in Shenyang.

3.4 燃焼後の灰分と水溶性硫黄分

Table 5に燃焼後に残存した灰中の水溶性硫黄分を燃焼前の乾重量当たりとして示した。Table 3

Table 5. Percentage of ash and incombustible sulfur to dry biomass after combustion.

Biomass	Woody dust-1	Woody dust-2	Woody dust-3	Woody dust ave.	Rice bran	Sorghum stalk	Rice straw	Weeds	Maize stalk	Wheat straw	Rice bran ^{a)}
Ash(%)	3.4	1.7	1.7	2.3	15.4	13.1	17.0	16.8	12.5	8.2	9.0
S (%) ^{b)}	0.004	0.005	0.005	0.005	0.029	0.141	0.158	0.155	0.169	0.214	0.012
S(%) ^{c)}	0.001	0.007	0.003	0.004	0.022	0.086	0.171	0.184	0.072	0.185	0.011

a) This sample was collected in Shenyang.

b) This value is water soluble and incombustible sulfur content to dry biomass after combustion.

c) This value is water soluble sulfur content to dry biomass before combustion.

と比較すると、バイオマスの燃焼灰中の水溶性硫黄分量は燃焼前のバイオマスの水溶性硫黄分量にほとんど一致し、0.005~0.214%の範囲であった。そのため、Table 3に示した燃焼前の試料中の水溶性硫黄分は無機塩であり、非燃焼性成分であると言える。Table 3とTable 5により木屑は燃焼後の灰分が最も少なく、かつ燃焼排ガスとして排出される硫黄分も最少であったことが分かる。よって、残存灰分量並びに燃焼排ガス中の汚染物質濃度という観点から、考えた場合、バイオブリケットの副原料として木屑が最適であると判断された。

3.5 バイオブリケット化による硫黄酸化物の排出抑制結果

バイオブリケットは複合固体燃料であり、Fig. 3に示す製造工程により粉炭(70~85%)とバイオマスなどの植物繊維質(15~30%)の混合物を原料として、その混合物に硫黄固定剤として消石灰を添加してロール型プレスで連続的に圧縮成型されて製造される⁴⁾。

重慶で産出する原炭並びに選/洗炭後の精炭(75%)と木屑-2(25%)にCa/S=1.5で消石灰を添加して、Fig. 3に示した装置によりバイオブリケットを試験的に製造し、その燃焼実験を行った⁷⁾。Table 6にその結果と石炭にバガスやモミガラなどを混合したバイオブリケットについての燃焼実験結果を併せて示した。また、Table 7に燃焼後に残存する灰分及び灰分中の水溶性硫黄分を示した。Table 6及びTable 7を見ると、原炭に比べて、バイオブリケットでは燃焼時に排出される大気汚染物質量が大きく低減され、1kg当たりの原炭及びバイオブリケットの燃焼排気中のSO₂ガスはそれぞれ9.1~43.3g及び0.9~5.1gの範囲であり、硫黄固定率は80%以上、灰分の低減率も25%以上に達していることが分かった。硫黄の固定率は式(1)を用いて計算した。

$$E_{SF}(\%) = \{(0.75 \times S_0 + 0.25 \times S_B) / (1 + \alpha_s \times C \times 74/32) - S_{BB}\} / \{(0.75 \times S_0 + 0.25 \times S_B) / (1 + \alpha_s \times C \times 74/32)\} \times 100 \quad (1)$$

ここでは、E_{SF}(%)はSO₂の固定化率であり、S₀は石炭の燃焼性硫黄の排出率、S_Bはバイオマスの燃焼性硫黄の排出率、Cは添加したCa(OH)₂と石炭の仮定硫黄分含有率のモル比、α_sは石炭について仮定した硫黄分含有率、S_{BB}はバイオブリケットの燃焼性硫黄の排出率である。なお、74と32はそれぞれCa(OH)₂とSの式量である。

重慶市の原炭を原料としたバイオブリケットの場合、燃焼後の灰分が減少し、かつ、その中に残存する硫黄分が原炭よりかなり高くなっていたことから、硫黄固定剤により硫黄分が灰と

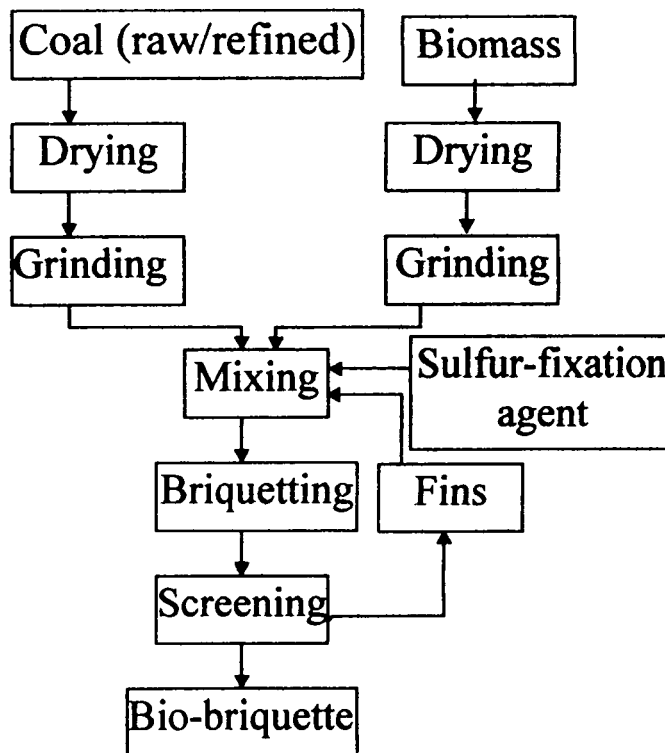


Fig. 3. Flow sheet of bio-briquette production.

して固定されていることが分かった。

Table 6. Emission of the air pollutants from raw coal and bio-briquette combustion (Dry basis).

	Sample	HF(mg/kg)	HCl(mg/kg)	SO ₂ (g/kg)	S(%)	E _{sf} (%) ^{a)}
Chongqing	Raw coal	92	183	43.3	2.18	82
	B. B. ^{b)}	0	152	5.1	0.26	
	Refined coal	22	149	22.0	1.11	94
	B. B. ^{c)}	0	47	0.9	0.04	
Shengyang	Raw coal	31	131	9.1	0.46	85
	B. B. ^{d)}	0	46	0.9	0.05	

a) E_{sf}% represents the sulfur-fixation efficiency calculated from sulfur emission difference between raw coal and bio-briquette

b) This bio-briquette was produced by the addition of sulfur-fixation agent (molar ratio Ca/S=1.5) to the mixture of 75%- raw coal and 25% -woody dust-2.

c) This bio-briquette was produced by the addition of sulfur-fixation agent (molar ratio Ca/S=2.0) to the mixture of 75%-refined coal and 25%- bagasse.

d) This bio-briquette was produced by the addition of sulfur-fixation agent (molar ratio Ca/S=2.0) to the mixture of 75%- raw coal and 25%- rice barn.

Table 7. Percentage of ash and residual sulfur after combustion of raw coal and bio-briquette (Dry basis).

Sample	Raw coal	B. B. ^{b)}	D. A. ^{a)}	Refined coal	B. B. ^{c)}	D. A. ^{a)}	Raw coal	B. B. ^{d)}	D. A. ^{a)}
Ash (%)	36.4	29.7	25	16.0	15.0	34	14.5	12.8	29
S (%) ^{e)}	0.14	1.13		0.08	0.78		0.27	0.22	

a) D.A. represents the reduction efficiency of residual ash after combustion of bio-briquette as compared with raw coal.

b~d) These meanings are given in Table 6.

e) This value is water soluble sulfur content in residual ash after combustion to dry raw coal or bio-briquette .

4. まとめ

調査結果から、重慶地域における農作物は多種多様であり、それらの藁や茎の廃棄物としてバイオマス資源は豊富で、大鋸屑などの木材廃棄物も極めて豊富であり、それらの年間総生産量は1,800万トンに達していた。従って、バイオブリケットの製造技術を重慶の酸性雨汚染防止対策として、適正化し、実際のバイオブリケット生産を考えた場合でも副原料としてのバイオマスはかなり豊富であることが分かった。

重慶市において採取された七種類のバイオマス(木屑、モミガラ、トウモロコシの藁、小麦の藁、高粱の藁、雑草、稲の藁)及び瀋陽において採集されたモミガラの水溶性成分の検討及びその燃焼試験、バイオブリケットの燃焼試験の結果から次のことが明らかにされた。

1. バイオマスの種類及び採集地域によってその水溶性成分濃度は異り、特に木屑の場合に硫黄分を始めとしていずれの成分含有率も低かった。瀋陽のモミガラに比べて、重慶市のモミガラの水溶性硫酸イオン濃度及び酸性度は高い値が得られた。この結果は、石炭燃焼から発生する硫黄酸化物による重慶市の激しい酸性雨や高濃度大気汚染の植物及び農業生産物への影響を反映したものと考えられた。
2. バイオマス中の硫黄分の大部分は無機塩形態で存在し、1kg当たりのバイオマス燃焼からのHF、HCl、SO₂の排出量は少なく、それぞれ0~43、16~912、114~789mgの範囲であった。
3. 木屑中の水溶性並びに燃焼性硫黄はいずれも極めて少なかったため、木屑はバイオブリケット用のバイオマスとして最適であると考えられた。
4. 重慶の原炭とバイオマスを用いて試験的に調製したバイオブリケットの燃焼排気中の大気汚染物質量は原炭の燃焼と比較して大幅に低下し、その硫黄固定率及び灰分の低減率はそれぞれ約82%及び25%と高い値が得られた。

謝辞

本研究の遂行に関して多大な協力を頂いた北海道工業試験場特別研究員丸山敏彦先生に厚く感謝致します。

参考文献

- 1) 松本光弘、溝口次夫：重慶市の大気環境の現状―「重慶の環境状況報告書」より―。環境技術、25、37~48 (1996)。
- 2) S. Gao, W. Wang, K. Sakamoto, Q. Wang & T. Mizoguchi: Atmospheric pollution and acid rain in Southern China. Proceedings of International Symposium of Acidic Deposition and its Impacts, 261~264 (1996)。
- 3) D. Zhao, H. M. Seip, D. Zhao and D. Zhang: Pattern and cause of acidic deposition in the Chongqing region, Sichuan Province, China. Water, Air and Soil Pollution, 77, 27-48 (1994)。
- 4) 丸山敏彦：バイオブリケットと国際技術協力。日本エネルギー学会誌、74、70~77 (1995)。
- 5) 丸山敏彦、森本茂樹、榎本恭彦、藤原達郎、村山敏博：石炭・木質成型燃料。北海道立工業試験場報告、No. 279 (1980)。
- 6) E. J. ヒュイット/T. A. スミス共著、鈴木米三/高橋英一共訳：植物の無機栄養、pp. 83~208, 理工学社 (1981)。
- 7) 王瑋、坂本和彦、渡辺征夫：中国西南部の酸性雨原因物質排出制御の現地化のための研究：重慶産石炭の成分分析並びに石炭のバイオブリケット化によるフッ化物の排出抑制。地球環

境研究総合推進費による酸性雨C-4プロジェクトの研究成果報告書 (1997).

研究発表

論文発表

1. S. Gao, K. Sakamoto, D. Zhao, D. Zhang, H. Shimizu & Q. Wang: The changes of ion contents in precipitation through the forest canopy at Simian Mountain, Chongqing, China. Proceedings of Japan-China Symposium on Environmental Science, 00~00 (1996).
2. J. Wang, Y. Zhang, W. Wang, K. Sakamoto, S. Gao, Q. Wang & T. Maruyama: Coal briquette technology for control of atmospheric pollution. Proceedings of Japan-China Symposium on Environmental Science, 00~00 (1996).
3. S. Gao, W. Wang, K. Sakamoto, Q. Wang & T. Mizoguchi: Atmospheric pollution and acid rain in Southern China. Proceedings of Acidic Deposition and its Impacts, 261~264 ((1996).
4. W. Wang, S. Gao, J. Wang, K. Sakamoto, Q. Wang, T. Mizoguchi & T. Maruyama: Atmospheric pollution caused by coal combustion and its countermeasure-fluoride pollution and its control. Proceedings of International Symposium of Acidic Deposition and its Impacts, 265~268 (1996).
5. K. Sakamoto, S. Gao, W. Wang, J. Wang & I. Watanabe: Studies on Emission control technology for precursors SO_2 and fluoride causing acid rain (I), Studies on emission control for SO_2 by using briquetting technology of coal in Chongqing, China. (in preparation) (1997).
6. K. Sakamoto, W. Wang, S. Gao, J. Wang & I. Watanabe: Studies on Emission control technology for precursors SO_2 and fluoride causing acid rain (II), Studies on emission control for fluoride by using briquetting technology of coal in China. (in preparation) (1997).
7. K. Sakamoto, S. Gao, W. Wang, J. Wang & K. Murano: Studies on Emission control technology for precursors SO_2 and fluoride causing acid rain (III), Studies on biomass used in production of bio-briquette. (in preparation) (1997).

学会発表

1. 高世東、坂本和彦：中国重慶の酸性雨の現状、日本化学会第8回酸性雨問題研究会シンポジウム (投稿準備中) (1997).
2. 高世東、坂本和彦、王珏、陳思龍、趙大為：中国重慶における大気エアロゾルにつて、第14回日本大気エアロゾル学会年会 (投稿準備中) (1997).
3. 高世東、坂本和彦、趙大為、張冬保：中国重慶における大気汚染及び酸性雨の現状、第38回大気環境学会年会 (投稿準備中) (1997).