

## 硫黄酸化物の循環制御と排出制御

坂本和彦 (理工学研究科・教授)

### 1 研究目的

石炭の埋蔵量世界第3位、生産量世界1位を誇る中国では、その一次エネルギー供給を主に石炭に依存している。80年代以降、急速な経済発展にともなうエネルギー消費も急速に拡大し、長年エネルギー供給不足に悩まされた中国政府は、石炭の増産をひたすら追及してきた。96年より、クリーンエネルギーなど、石炭代替を推進するエネルギー開発が進められ、一次エネルギー消費に占める石炭の比率は、78% (1990年) から63% (2000年) に下がったものの、その後、発電用石炭需要の急速な増大により、石炭のシェアは上昇を示しており、未だ、中国国内では石炭が主要な一次エネルギー源である。特に工業地帯を中心とした地域において、硫黄分を多く含む低品位石炭が燃焼されることにより排出される大量のSO<sub>2</sub>が深刻であり、2005年にはSO<sub>2</sub>排出は2549万トンに達していた。

大量に排出されたSO<sub>2</sub>は、大気中で酸化され、酸性雨の原因となる酸性物質を生成することから、中国の重慶や成都といった西南部の内陸地域でpHの低い降雨が観測されており、硫黄酸化物の排出抑制は重要な課題となっている。しかし、中国北西部においては、酸性雨の被害は報告されていない。これは、ゴビ砂漠、タクラマカン砂漠、黄土地域をはじめとする、中国北西部に広く分布している塩基性土壌(黄砂)の影響であると考えられる。これらの地域から巻き上げられた黄砂粒子は、下降・上昇を繰り返し、年間を通じて、韓国、日本、そして、太平洋まで長距離輸送されているが、中国都市部上空を通過する際にSO<sub>2</sub>を含む汚染気塊と塩基性土壌である黄砂とが遭遇し、反応しながら輸送されていることが推測される。

ここでは、硫黄酸化物の循環制御と排出制御に関する研究の一環として実施されている黄土地域の蘭州で採取された塩基性土壌への硫黄酸化物沈着に関する研究ならびに低品位石炭、バイオマス廃棄物、消石灰から調製されるバイオブリケットによる硫黄酸化物の排出抑制効果と燃焼灰の利用に関する研究を要約する。

### 2 研究方法

#### 2.1 塩基性土壌へのSO<sub>2</sub>の沈着・酸化

実験系を図1に示す。実験条件は、反応器導入ガス流量0.8、1.5、2.5 L min<sup>-1</sup>、SO<sub>2</sub>濃度30、50、100 ppb、常温(25°C±2)、常圧(1 atm)で行った。相対湿度(R.H.)は5%以下または60%で行った。

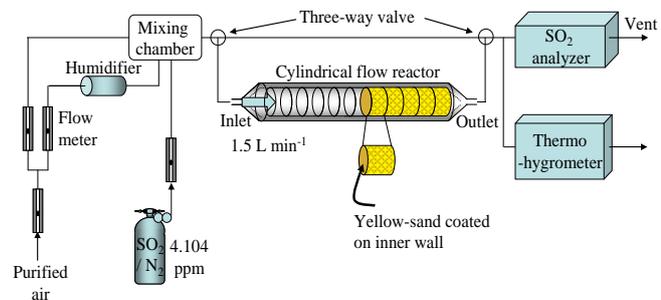


図1 塩基性土壌へのSO<sub>2</sub>沈着実験装置

#### 2.2 低品位石炭のバイオブリケット化によるSO<sub>2</sub>の排出抑制とその燃焼灰の利用

水生植物がバイオブリケット調製用バイオマスとして、従来の農林業廃棄物バイオマス(麦ワラ、稲ワラ)と遜色ない燃料特性を有することを確認するため、成長速度の高い水生植物3種(ヨシ、ガマ、ホテイアオイ)を用いて、錠剤成形機で作成した新規バイオブリケットを用いて、その発熱量、耐輸送強度、及び硫黄酸化物排出抑制効果を調べた。さらに、バイオブリケットの燃焼灰の土壌改良材としての利用可能性を調べるために、グロスチャンバーを用いてチンゲンサイのラボスケール栽培試験を行った。

### 3 研究成果

#### 3.1 塩基性土壌へのSO<sub>2</sub>の沈着・酸化

研究室オリジナルの円筒型流通式反応器を用いて、前処理した黄砂とSO<sub>2</sub>との反応を調査した。SO<sub>2</sub>を含んだガスの流速、濃度、相対湿度(R.H.)を変化させて実験を行ったところ、沈着速度は、流速、濃度の影響は見られず、R.H.の影響が顕著にみられた。沈着係数においても、反応場における実験ガスの反応(滞留)時間を考慮すると、実験流速の影響がなく、またSO<sub>2</sub>濃度の影響もなかった。一方、R.H.の影響は顕著であり、R.H. 60%前後で黄砂表面を大きく変えることが示唆された。これは、鉱物粒子表面上に形成されていると言われている水膜の影響である可能性が高い。実大気中における大気モデル計算への応用を考えた場合、R.H.を考慮した沈着係数の導入が重要であると考えられた。

### 3. 2 低品位石炭のバイオブリケット化によるSO<sub>2</sub>の排出抑制とその燃焼灰の利用

水生植物(ヨシ、ガマ、ホテイアオイ)利用バイオブリケットの発熱量、耐輸送強度(図2)、硫黄酸化物排出抑制効果は、それぞれ、バイオマスの炭素含有量、リグニン含有量、及び粉碎性(繊維強度)に依存し、バイオマスの種類によって多少の差違はあるものの、従来の農林業廃棄物利用バイオブリケットに匹敵する燃料特性を示し、いずれも原料バイオマスとして利用可能であることが確認された。

水生植物利用バイオブリケット燃焼灰の酸性土壌改良材としての評価に先立ち、従来のバイオブリケット(麦ワラバイオブリケット)を用いて、バイオブリケット燃焼灰の酸性土壌改良材(石灰化資材)としてのキャラクタリゼーションを行った。バイオブリケット燃焼灰は石炭灰と比較して高いpH 矯正能を有しており、石炭灰と比較して少量で長期的な土壌pH 矯正効果を得ることができるため、石炭に含まれる有害元素の土壌汚染影響は大幅に軽減できることが分かった。

また、バイオブリケットの燃焼灰は、燃料調製時の消石灰の添加によって金属の溶出特性が変化しており、いくつかの有害元素が石炭灰よりも溶出し易い形態となっていることが元素スペシエーションにより観測されたが、これらの元素を含む石炭由来の潜在有害金属の溶出による環境(作物、家畜、ヒト)への有害影響はないことが、チンゲンサイのラボスケール栽培試験により確認された。消石灰の添加はまた、灰に含まれる高濃度のカルシウム塩の灰施用直後の溶出を通して作物に塩ストレスを及ぼしうることが明らかとなった。この土壌溶液中の塩濃度は時間とともに低下するため、施用直後の栽培にのみ注意することで、バイオブリケットの燃焼灰が安全な石灰代替物として利用できることが分かった。

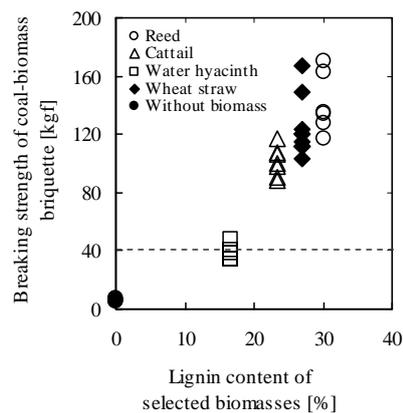


図2 バイオブリケットの圧壊強度とリグニン含有量

### 研究発表

- 1) Hanazawa A., Gao S., Sakamoto K.. Study on emission control for precursors causing acid rain (VI): Suitability of aquatic plant biomass as a co-combustion material with coal. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 2, 102-108 (2008).
- 2) Yamada K., Sorimachi A., Wang Q., Yi J., Cheng S., Zhou Y., Sakamoto K.. Abatement of indoor air pollution achieved with coal-biomass briquettes in a household in Chongqing, China. *Atmospheric Environment*, 42, 7924-7930 (2008).
- 3) 山田公子, 王青躍, 坂本和彦. 家庭用ストーブの模擬燃焼条件におけるバイオブリケットの硫黄固定効果. *大気環境学会誌*, 43, 264-272 (2008).