

# 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

近年、中国におけるエネルギー需要は工業化や経済成長に伴い急激に増大してきている。Fig. 1 に示すように、中国ではそのエネルギー源の 6-7 割を石炭に依存しており、多くの地域では高灰分、高硫黄分で低発熱量の低品位石炭が利用されてきたため、大量の煤塵、硫黄酸化物 (SO<sub>2</sub>) および二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) が排出され、大気汚染ならびに酸性雨といった地域汚染問題が発生し、さらには温暖化への寄与も懸念されている。しかし、石炭は一次エネルギー資源の中でも最も豊富に存在しかつ低価格の化石燃料であるため、今後の中国や発展途上国においてもエネルギー需要と経済力を考慮すれば、石炭依存が急激に低下するとは考えにくい。

本研究では、中国で必要不可欠と考えられる石炭のクリーン燃料化技術、バイオブリケット(以下 BB と略す)化技術を核とするゼロエミッションサイクルの構築ならびに関連環境対策のあり方等を研究した。ここでは、主として、Fig. 2 に示す低品位の微粉状石炭に農林業廃棄バイオマスと硫黄固定剤(Ca(OH)<sub>2</sub>)を添加してアーモンド状等に圧縮成型した、高燃焼性と高強度を兼ね備えた、大気汚染物質や温暖化ガスの排出抑制を意図した民生用固体燃料である BB に関する成果を要約する。

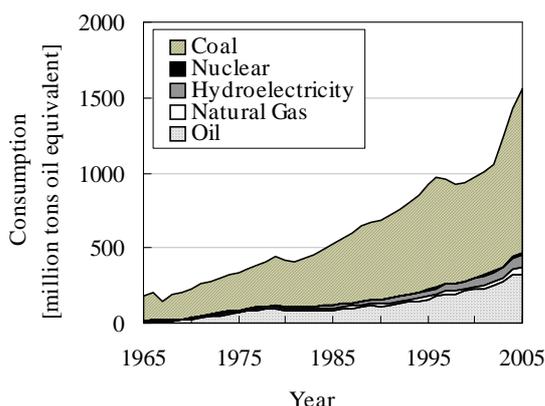


Fig. 1. Transition of primary energy consumption in China from 1965 to 2005; the data was given from BP Statistical Review of World Energy 2006.

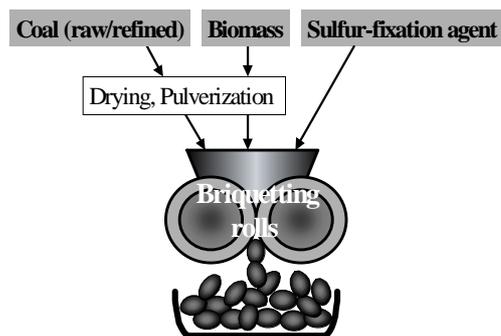


Fig. 2. Scheme of coal-biomass briquette production using a briquetting machine.

## 2 研究方法

バイオマスを添加した成型炭の燃焼灰中には植物生長に有効な Ca、Mg、K などが多く含まれると推定されるため、農作物成長への栄養塩類供給の可能性であり、かつ、燃焼灰中には SO<sub>2</sub> の固定に利用された消石灰(Ca(OH)<sub>2</sub>)の残存分があり、強アルカリ性であるため、酸性土壌酸の改良が可能と考えられ。ここでは、二十日大根やチンゲンサイの栽培による植物成長実験により、BB 燃焼灰による酸性雨地域の土壌改良剤として効果、堆肥の同時施肥の効果を調べた。

## 3 研究成果

### 3.1 バイオブリケット燃焼灰の利用

BB 燃焼灰は酸性土壌の改良に一定の効果を持っていることは既に明らかにしたが、BB 燃焼灰のみではハツカダイコンの生長は栄養分の不足のため十分な成長にはほど遠い状況であった。そこで、重慶郊外の

農村部における養豚を考慮して、BB 燃焼灰と豚糞堆肥の同時施用を検討した。その結果、Fig. 3 に示すように、酸性土壌への BB 燃焼灰と豚糞堆肥の同時施用により、十分商品価値のあるハツカダイコンが生産でき、かつ可食部への問題となる重金属等の移行は確認されなかった。

### 3.2 バイオブリケットを核とするゼロエミッションサイクルの構築

Fig. 4 は中国西南部の酸性雨地域をモデルとした、廃棄物を最小化するゼロエミッションサイクルとしてのバイオブリケットを核とする循環型総合環境保全対策の模式図である。これは、中国の大気汚染対策として実施した、大気汚染・酸性雨原因物質の排出抑制を意図した農林業廃棄物バイオマスを利用した低品位石炭のクリーン燃料化、その燃焼灰と家畜堆肥の同時施肥による酸性土壌の改良(食糧生産)、湖沼・河川水質の改善を組み合わせた廃棄物発生を最小化させたゼロエミッションサイクルの例であり、二酸化炭素の排出抑制も同時に可能とするものである。



Fig. 4. Example of Zero-emission cycle using bio-briquetting of low-grade coal as a key-technology.

*Journal of Health Science*, **56**, 200-207 (2010).

- Shibata K., Yanagisawa N., Tashiro Y., Mukunashi T., Onodera T., Sakamoto K., Decline of emission and carcinogenic potency of polycyclic aromatic hydrocarbons by diesel oxidation catalyst and catalyzed diesel particulate filter. *Journal of Health Science*, **56**, 31-40 (2010).
- 坂本和彦, 発展途上国における硫黄酸化物の排出抑制とゼロエミッションサイクルの構築, 中国・日本科学最前線—研究の現場から—, 2010, pp. 233-240, (独) 科学技術振興機構 (JST) 中国総合研究センター (2010).
- 黄錚, 外岡豊, 関口和彦, 王青躍, 坂本和彦, 汚染産業移転仮説と環境政策選択—地域間経済格差からみた中国の環境問題—, 環境科学会誌, **23**, 67-80 (2010).
- 近藤康彦, 村田晃伸, 山田公子, 坂本和彦, 周緯生, 中国北方地域農村部における調理用エネルギーと暖房用エネルギー消費量の推計. 日本エネルギー学会誌, **88**, 994-1001 (2009).
- Huang, Z., Tonoaka, Y., Sekiguchi, K., Wang, Q., Sakamoto, K., Long-term sulfur emissions and Environmental Kuznets Curves: comparison and implications, *Asian Journal of Atmospheric Environment*, **3**, 19-26 (2009).
- 黄錚, 外岡豊, 王青躍, 坂本和彦, 環境クズネット曲線からみた北京の大気汚染と制御戦略, 環境科学会誌, **22**, 348-361 (2009).

(a) Acidified soil (control)



(b) Acidified soil + BB-combustion ash



(c) Acidified soil + BB-combustion ash + livestock compost



Fig. 3. Cultivation experiment of radish plants (a: Acidified soil (control), b: Acidified soil + BB-combustion ash, c: Acidified soil +

### 研究発表

- Kasiwakura K., Sakamoto K., Emission characteristics and cancer risks of polycyclic aromatic hydrocarbon emissions from diesel-fueled vehicles complying with recent regulations.