

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

①酸性雨原因物質排出制御技術の実用化に関する研究

研究代表者

資源環境技術総合研究所 統括研究調査官 城戸伸夫

通産省 工業技術院 資源環境技術総合研究所

熱エネルギー利用技術部 燃焼システム研究室 幡野博之・鈴木善三・松田聡

岐阜大学

工学部 応用化学科

守富寛

平成6～8年度合計予算額 21,752千円
(平成8年度予算額 7,225千円)

[要旨]

中国等の東アジア地域の実状に即した酸性雨原因物質の排出制御技術の実用化を目的に、石炭燃焼装置に対する簡易脱硫法を検討した。特に早急な対策を迫られている中小規模のストーカボイラを対象に、脱硫剤を担持させた成形炭による方法を検討した。これは、採掘された石炭を粉砕してそのまま燃料として用いている現状に対して、石炭に脱硫剤を担持させたものを燃料として用いることによってSOx排出量の低減を図るというものである。

まずラボスケールで実験を行った結果、脱硫剤を担持させなかった場合を基準に脱硫率を求めると、Ca/Sが4の場合でおよそ6割から7割の脱硫率が得られた。脱硫特性としては、揮発分燃焼時に排出されるSOxを除去するのが困難であり、脱硫率を向上させるには揮発分燃焼時のSOx対策が重要であることがわかった。脱硫剤として石灰石と消石灰を比較すると消石灰のほうが効果的だった。また、1～3 t/cm²の範囲においては、Ca/Sが1から8のどの条件においても、成形圧は脱硫率に対し顕著な影響は見られなかった。

この成形炭による簡易脱硫技術を中国で実証することにした。まず、中国において一般に多く普及している形式のストーカボイラをモデルボイラとして選定した。選定したのは中国東北部の瀋陽市にあるガラス機械廠で稼働中の実機ボイラで、脱硫処理を行っていない状態での酸性雨原因物質の排出状況を調査したところ、通常運転の場合 SOx は約 600 ppm、NOx は約 180 ppm の排出量であることがわかった。このボイラに、脱硫剤として消石灰をCa/Sが2の割合で担持させた成形炭を燃料として用いた場合、約70%の脱硫率が得られ、SOxの排出量は通常運転時で約140ppmとなることがわかった。よって、成形炭による簡易脱硫法は十分実用的であることが実証された。

[キーワード]

東アジア、酸性雨、石炭燃焼、硫酸化物、脱硫、成形炭

1. 序

東アジア地域は欧州及び北米大陸に次いで酸性雨原因物質の排出が多く、深刻な問題となってきた。しかも、この地域は開発途上国が多いことから、今後飛躍的にエネルギーの使用量が増大することが予想され、そのエネルギー供給のために安価な低質燃料が使用されるものと考えられる。なかでも中国は、現在世界最大の石炭消費国であり、自国で採れる硫黄分が多く低発熱量の低品位炭を使用している。しかしながら、この地域では排煙処理対策に先進国型の脱硫・脱硝装置を付加し、SO_x・NO_xの低減を図ることは、コスト的な制約及び維持管理の面から困難である。このような背景から簡易性、経済性、利便性に富んだ排煙処理技術が要望されており、酸性雨防止対策のためにも脱硫・脱硝技術の普及、特に脱硫技術の普及が急務となっている。

中国では発電用の大型ボイラのみならず、多くの中小規模のストーカボイラが稼働中であり、それらから排出されるSO_xは全排出量の1/3を占めるといわれている。そのストーカボイラに対して、早急に脱硫処理を施す必要があると考えられる。

本研究は、中国等の東アジア地域の実状に即した石炭燃焼装置からの酸性雨原因物質排出制御技術の実用化を目的に行うものである。

2. 研究目的および内容

東アジア地域における石炭燃焼装置からの酸性雨原因物質の排出を抑制するため、簡易性、経済性、利便性に富んだ制御技術の実用化を目的として、以下のような研究を実施した。

中小規模の石炭燃焼用ストーカボイラを対象とした脱硫法として、長期的には高効率燃焼及び炉内脱硫が可能な循環流動層ボイラへの転換が有効と考えられるが、早急な対応が求められている現在稼働中のストーカボイラに対しては、脱硫剤を担持させた成形炭による簡易脱硫法が有望視されている。そこで脱硫剤を担持させた成形炭について燃焼時の脱硫特性や、担持させる脱硫剤の種類と成形圧の脱硫率に及ぼす影響等について実験的に検討した。

また、本研究では、瀋陽市にあるモデルストーカボイラによる脱硫性能の実証試験を行い、実用化のための問題点を解決することにした。モデルボイラに選定した瀋陽市ガラス機械廠で稼働中のストーカボイラについて脱硫処理を行わない状態での酸性雨原因物質の排出状況を調査した後、実際に成形炭を燃料として用いて脱硫性能を調べ、この簡易脱硫法が十分実用的であることを実証した。

3. 研究方法および結果

3. 1 ラボスケールでの研究

脱硫剤を担持させた成形炭による簡易脱硫法の脱硫特性を調べるため、まず成形炭を作成した。使用する石炭として表1に示すようなメッシナ炭と三池炭を用い、脱硫剤を担持させた後、バインダーとして糖蜜を用いて加圧成形した。燃焼実験として、まず燃焼管に投入した直後からの成形炭の非定常燃焼・脱硫特性に着目した。次に脱硫剤の種類が脱硫率に及ぼす影響を調べるため、石灰石と消石灰の二種類の脱硫剤で比較した。また、1、2 および 3t/cm² の三種類の成形圧で作成し、それらの脱硫率への影響を検討した。

実験装置の概略図を図1に示す。燃焼管は内径 35mm の石英管を鉛直にしたドロップファー

ネスで、中央には厚さ 5mm の焼結石英板がある。燃焼管の外部には円筒型の電気ヒータを設置し、燃焼温度の制御を行った。実験方法は、最初室温に保たれているホルダーに成形炭を入れ、流量を制御した混合ガス (O_2 :21%, N_2 :79%) を流しながら燃焼管を所定の温度 (850°C) にした後、ホルダーから燃焼管へ成形炭を投入した。燃焼管からの排ガスを SO_x 計等のガス分析器でオンラインで測定し、データはデータロガーを通してパソコンに 2 秒間隔で取り込んだ。分析した排ガス成分は O_2 、 CO_2 、 CO 、 NO 、 N_2O 及び SO_2 である。

図 2 に測定した結果の一例を示す。この図は、石炭にメッシナ炭を用い、脱硫剤として石灰石を Ca/S が 1 の割合で担持させた成形炭の燃焼結果である。測定開始から 100 秒後に成形炭を投入した。投入直後酸素濃度が急激に低下し、その後上昇するが、上昇時の傾きがさらに緩やかになる点を、揮発分燃焼が支配的な領域(揮発分燃焼時, Vol.) から固定炭素燃焼支配的な領域(固定炭素燃焼時, Char) へ遷移した点とみなした。図 2 のデータを積分して得られる SO_2 の排出量を石炭 1kg から排出された SO_2 の量に換算し、揮発分燃焼時と固定炭素燃焼時に分けたものと、脱硫剤を担持させていない状態を基準にして計算した脱硫率を図 3 に示す。この図より、Ca/S の増加に伴って SO_2 の排出量は減少するが、それは主に固定炭素燃焼時に排出される SO_2 であることがわかる。揮発分燃焼時に排出される SO_2 があまり減少しない理由として、揮発分燃焼時には担持させた石灰石が脱硫反応に有効な CaO にカ焼されていないためといったことが挙げられる。脱硫率をさらに向上させるには、揮発分燃焼時に排出される SO_2 の効果的な脱硫が重要になると考えられる。

脱硫剤の種類が脱硫率に及ぼす影響を図 4 に示す。この図は、石炭に三池炭を用いたもので、横軸は担持させた脱硫剤中のカルシウムと石炭中の硫黄分のモル数の比であり、縦軸は脱硫率を担持させていない状態を基準にして計算した脱硫率を示している。今回用いた二種類の脱硫剤を比較すると消石灰 ($Ca(OH)_2$) のほうが石灰石 ($CaCO_3$) よりも脱硫率が高く、Ca/S が 4 の場合

表 1 使用した石炭の分析結果

	メッシナ炭	三池炭
水分	4.70 %	2.56 %
灰分	17.60 % (dry)	23.84 % (dry)
揮発分	9.60 % (dry)	34.90 % (dry)
固定炭素	72.80 % (dry)	41.26 % (dry)
炭素	73.50 % (dry)	61.60 % (dry)
水素	2.70 % (dry)	4.71 % (dry)
窒素	1.80 % (dry)	1.03 % (dry)
酸素	3.70 % (dry)	7.69 % (dry)
硫黄	1.00 % (dry)	1.63 % (dry)
総発熱量	6540 kcal/kg	6200 kcal/kg

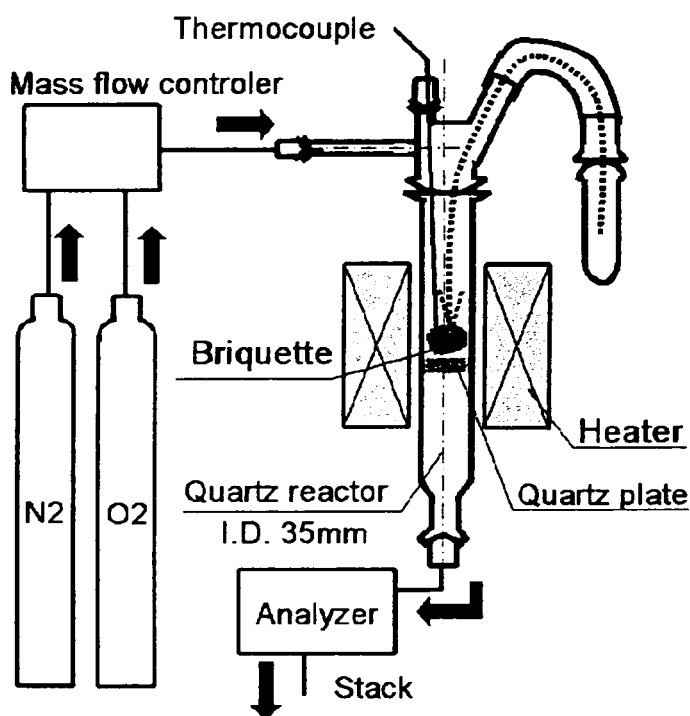


図 1 成形炭燃焼試験装置

で比較すると消石灰の場合は約 65%であるのに対し、石灰石の場合は約 50%であった。石灰石の場合は脱硫反応は熱分解して生石灰(CaO)になった後 SO_x と反応するのに対して、消石灰の場合は生石灰になるのと同時に消石灰自身が直接 SO_x と反応する。そのため消石灰は燃焼初期段階から脱硫反応が有効となるので脱硫率は高くなる¹⁾ものと考えられる。

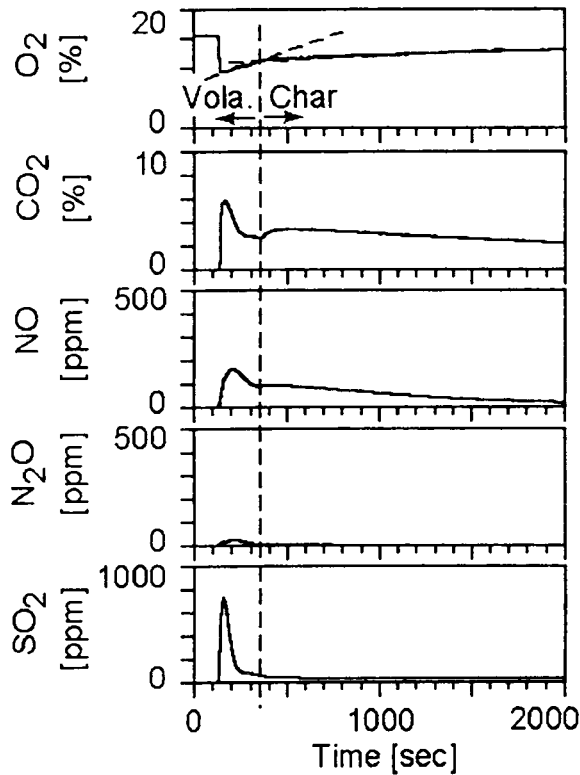


図2 成形炭の燃焼排ガス (Ca/S=1)

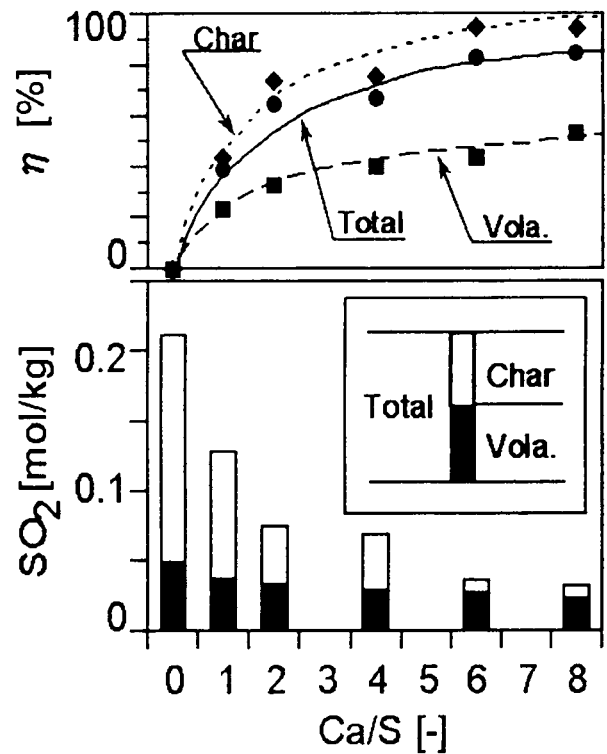


図3 脱硫率および SO₂ 排出量

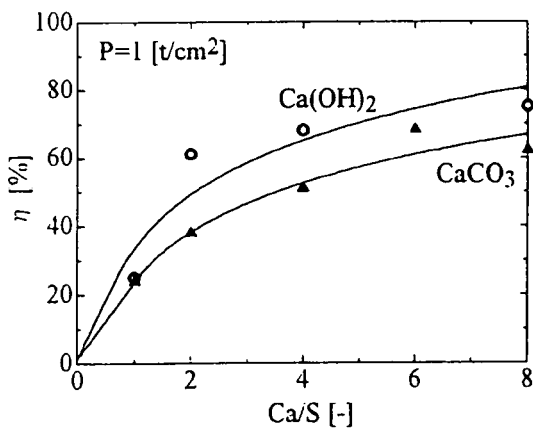


図4 脱硫剤(CaCO₃, Ca(OH)₂)の比較

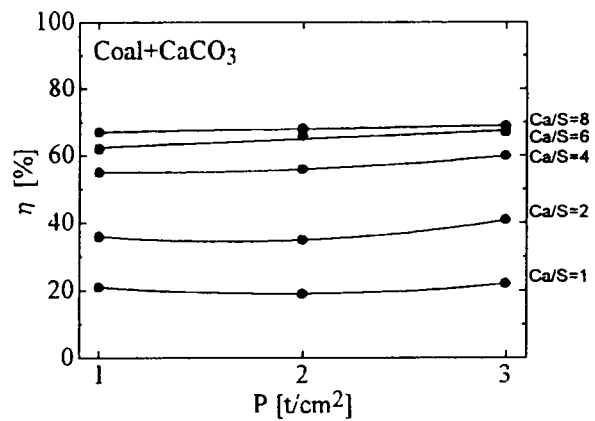


図5 成形圧の脱硫率に及ぼす影響

図3と図4では用いた石炭が異なっていて、脱硫剤が石灰石の場合でみると、比較的揮発分が少ないメシナ炭のほうが、揮発分の多い三池炭より高い脱硫率が得られた。よって、揮発分の少ない石炭を選んだほうが高い脱硫率が得られることがわかった。

成形圧の脱硫率に及ぼす影響を図5に示す。これは脱硫剤として石灰石を用いた場合で、

横軸に成形圧、縦軸に脱硫率をとっている。この図から、今回実験を行った成形圧 1~3t/cm² の範囲においては、Ca/S が 1 から 8 のどの条件においても、圧力は脱硫率に対し顕著な影響は見られなかった。

3. 2 瀋陽市ガラス機械廠のストーカボイラにおける SO_x・NO_x 排出状況調査

中国では発電用の大型ボイラのみならず、中小規模のストーカボイラが数多く稼働中であり、それらから排出される SO_x は全排出量の 1/3 を占めるといわれている。ストーカ形式のボイラは、わが国においてはほとんど石油、ガス焚きのボイラに取って代わられている。しかし、中国では、依然として小型石炭ボイラの中心的形式となっている。中国当局もこうした小型ボイラでの SO₂ 対策が困難であることを認識し、小規模のストーカボイラの生産を規制する方向で検討を進めているところである。将来に渡り総エネルギー需要に占める石炭への依存率が現状とほぼ同等（約 70%）と予想される中国においては、長期的には高効率燃焼及び炉内脱硫が可能な循環流動層ボイラへの転換が望ましい。しかしながら、現在稼働中のストーカボイラへの対策が急務であり、その有力な候補は前節で述べた脱硫剤を担持させた成型炭の利用であろうと考えられる。本研究においては、脱硫剤担持成型炭の燃焼特性、脱硫機構についての基礎研究と並行して、現地における調査、実証を行った。

現地調査の候補地としては中国東北部の代表的な重工業都市である瀋陽市を選択した。瀋陽は東北地方最大の重工業都市である。対象ボイラとしては、共同研究先である東北大学の協力のもとに、瀋陽市ガラス機械廠で稼働中の典型的なストーカボイラを一基選定した。このボイラの全体写真を図 6 に、諸元を表 2 に、模式図を図 7 に示す。このストーカボイラは同ガラス機械廠において冬季の暖房のため使用されている温水ボイラである。冬季のうち 11 月及び 3 月は朝晩のみの運転で、厳冬期の 12, 1, 2 月は昼夜の連続運転となっている。

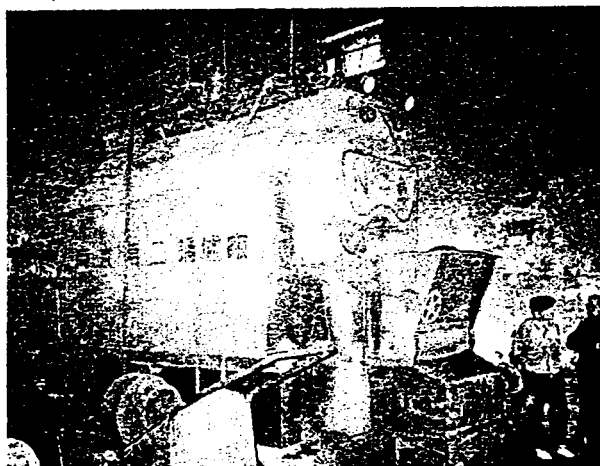


図 6 モデルボイラ全体写真

表 2 モデルボイラの諸元

<i>Size of Boiler</i>	
Height	4558 mm
Length	5468 mm
Breadth	5050 mm
<i>Size of Furnace</i>	
Diameter	1624 mm
Length	3040 mm
Capacity	1.4 MW
Inner pressure	0.69 atm
Temp. of outlet water	80 degC
Temp. of inlet water	60 -70 degC
(Steam)	(2 t/hr)
<i>Forced fan</i>	
Air flow rate	9030 m ³ /hr
Pressure	1850 Pa
<i>Induced fan</i>	
Air flow rate	4870 m ³ /hr
Pressure	-2240 Pa
<i>Stack</i>	
Height	25 m

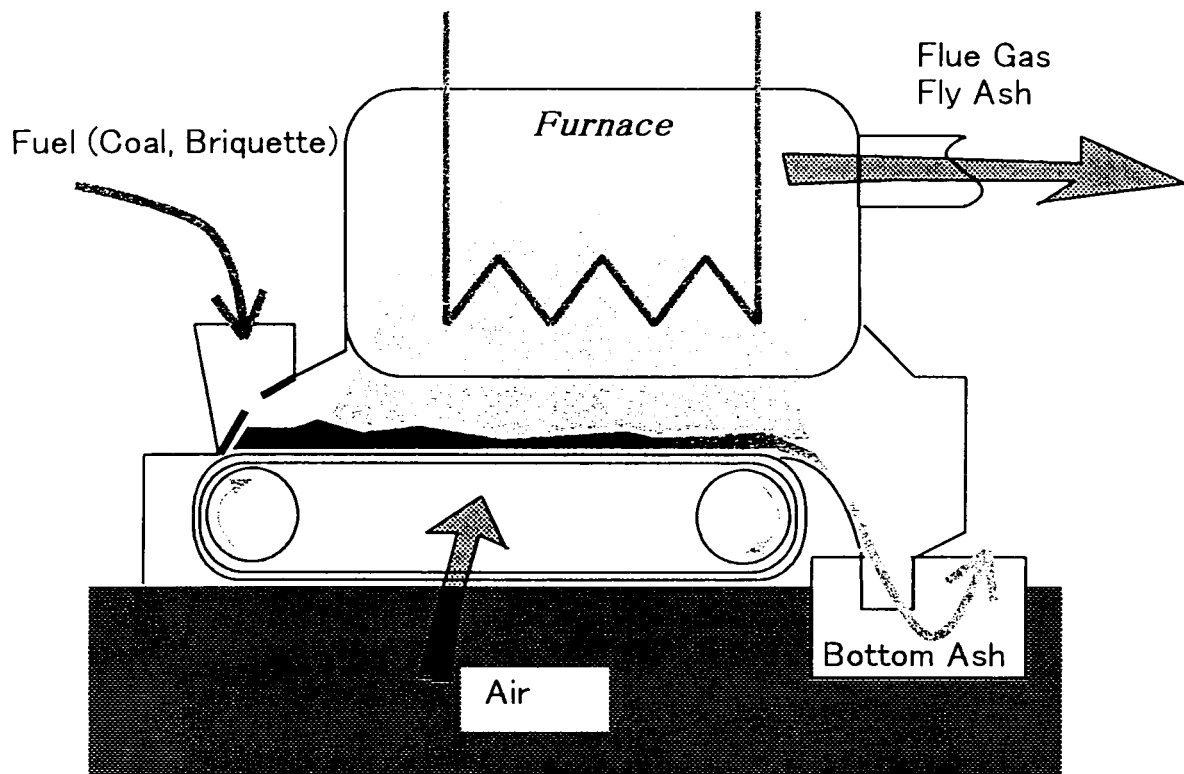


図7 モデルボイラ模式図

このボイラの運転方式は、燃焼室の中に常に種火があるので、送風機および排風機を始動させ、石炭を投入することにより燃焼が始まり、燃焼中は石炭を運搬するチェーンの回転速度及び石炭投入口の開度を調節することにより、燃焼負荷を制御している。運転を停止する場合は、送排風機を停止させるというものである。通常の運転は石炭の供給量が 300~500kg/hr の範囲で手動で調節して行っている。送排気量の調節も概ねダンパー開度の調整による手動調節である。運転時の監視項目は後述する温水のボイラ出口温度と水位が主なもので、当然のことながら排ガス分析は行われておらず燃焼状態はボイラ運転員の経験による管理にゆだねられている。燃焼負荷調節の目安となるのはボイラへ供給される水の温度であり、出口温度を調節する運転が基本である。すなわち暖房需要が大きくなるとボイラへ循環する温水の温度が低くなるため、燃焼負荷を上げる必要がある。この形式のボイラは瀋陽市近郊で約 2000 基稼働中とのことである。第1年度はまず現状調査を行い、第2年度において、脱硫剤担持成型炭による実証試験を行った。

第1年度の現地調査の結果を次に述べる。このボイラで使用している石炭は阜新炭と大同炭の混炭で、分析結果をフライアッシュとボトムアッシュの分析結果とあわせて表3に示す。石炭としては典型的な瀝青炭であるが、発熱量がやや低いものである。混炭する理由は主にコスト的なものである。大同炭は日本においても中国から大量に輸入される比較的良質の石炭で硫黄分も比較的低いものである。しかし、良質なためと輸送コストが大きい（大同炭は内陸部で産出される）ため価格が高い。これに対し阜新炭は瀋陽に比較的近い場所で産出される石炭で、やや品質が悪いため価格は安いとのことである。これらを混炭することで冬季全期間の燃料費を低く押さえているとのことである。使用する石炭は年ごとに変わる場合も多いようである。

表3 モデルボイラの燃料用石炭およびフライアッシュ、ボトムアッシュの分析結果

	石炭	フライアッシュ	ボトムアッシュ
水分	1.46 wt%		
灰分	37.43 wt% (dry)		
揮発分	22.80 wt% (dry)		
固定炭素	39.77 wt% (dry)		
炭素	49.38 wt% (dry)		
水素	3.07 wt% (dry)		
窒素	0.66 wt% (dry)		
酸素	8.98 wt% (dry)		
硫黄	0.74 wt% (dry)		
総発熱量	4890 kcal/kg		
SO ₃		1.29 wt%	0.83 wt%
灼熱減量		30.92 wt%	25.54 wt%

排ガス分析は次のように実施した。ボイラ煙道部にガスサンプリングのための金属管を挿入し、燃焼排ガスをサンプリングしオンラインでSO₂、NO_x、O₂およびCO濃度を計測した。使用したガス分析計はSO₂が堀場製VIA510（赤外連続分析計）、NOとO₂を島津製NOA-500（化学発光、ジルコニア式）、COを堀場製VIA510（赤外連続分析計）で連続測定した。校正に使用した標準ガスは日本から持ち込んだものである。これらのガス分析計の出力はデータロガー（江藤電機製サーモダックE）でA/D変換した後小型計算機に取り込み、時系列データとして記録した。また、排ガスデータの他にボイラ数個所に熱電対（JIS-K）を設置しその出力もデータロガーによりA/D変換し時系列データとした。

SO₂の測定結果を図8に示す。実線は測定値、破線は石炭の元素分析と燃焼排ガス中の酸素濃度から計算したSO_xの予測値であり、それらはほぼ一致している。図8の場合、運転は、300秒の時点で送排風機を稼働させ運転を開始し、1020秒の時点で石炭供給量を350kg/hrから430kg/hrに増加させて、さらに2640秒の時点で780kg/hrに増加し、3360秒で350kg/hrに戻し、4080秒の時点で送排風機を停止した、というものである。同時に測定したNO_x、CO、O₂成分の結果を図9に示す。通常運転してい

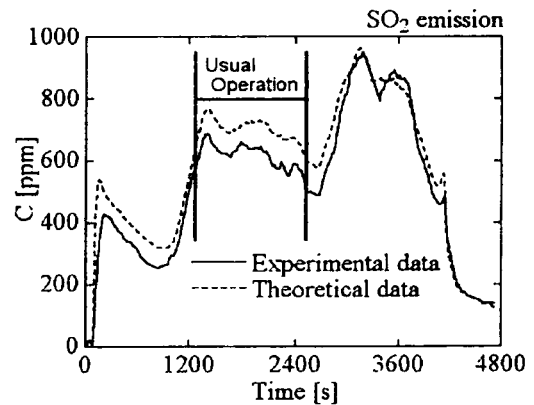


図8 脱硫処理を行わない状態でのモデルボイラからのSO₂排出量

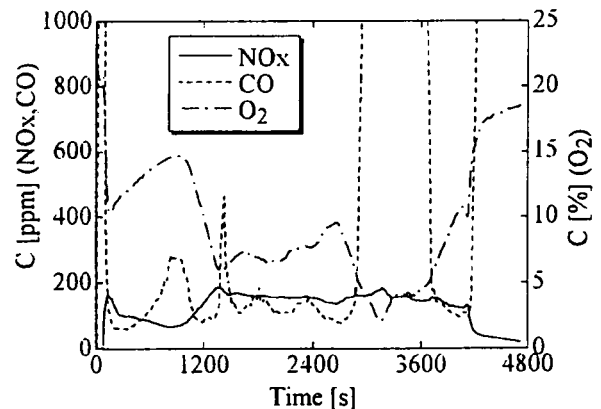


図9 脱硫処理を行わない状態でのモデルボイラからのNO_x、CO、O₂の排出状況

る場合、今回測定したストーカボイラから排出されるSOxは約600ppm、NOxは180ppmであった。フライアッシュおよびボトムアッシュの灼熱減量から、石炭の燃焼率は80%程度であることがわかった。この燃焼率はかなり悪いものである。これらのデータから熱効率の向上のためにはより低い空気比での運転が望ましいことが示唆されるが、良好な燃焼状態を維持するため比較的高空気比運転をしているものと判断される。運転がすべてマニュアルのためボイラ運転員の経験に大きく依存するため、合理的な燃焼管理はできていないが、結果的にはまずまずの運転と判断される。

次に、第2年度において燃料として脱硫剤を担持させた成形炭を用いて簡易脱硫法の実証試験を行った。測定システムは第1年度と全く同じものである。成型炭製造に使用した石炭は硫黄分を0.87% (dry) 含んだ国内炭で、脱硫剤として消石灰を用いた。バイオマスはチップダストとピートモスの混合物で、これは成形炭のバインダーとして働くと共に助燃剤としても有効であると考えられる。これら3種をCa/Sが2の割合になるよう混合し、成形機のロール圧を175 kg/cm²に設定し、加圧成形し製造した。製造後の成形炭の分析値を表4に示す。この分析値から推算されるSO₂排出量は、排ガス中酸素濃度が6%の場合で520 ppmである。

図10に測定されたSO₂濃度の結果を示す。0～15分までは種火燃焼であり、15分の時点で送排風機を始動している。ラボスケールでの実験結果でも得られた知見であるが、燃焼開始時の揮発分燃焼時においてSOxはピーク値を持ち、約270ppmの値を示した。揮発分燃焼が終わり固定炭素燃焼が支配的となったと考えられる30分の時点ではSOxの濃度はほぼ一定となり、約140ppmとなった。元素分析から推算される予測値は520ppmであったので、脱硫剤を担持させる本手法により、約70%の脱硫率が得られることが実証された。図11に同時に測定したNOx濃度を示す。通常運転時で約180ppmであった。

表4 製造した成形炭の分析値

	成形炭
水分	4.18 %
灰分	28.82 % (dry)
揮発分	40.29 % (dry)
固定炭素	30.89 % (dry)
炭素	50.90 % (dry)
水素	4.48 % (dry)
窒素	1.10 % (dry)
酸素	14.64 % (dry)
硫黄	0.53 % (dry)
総発熱量	5050 kcal/kg

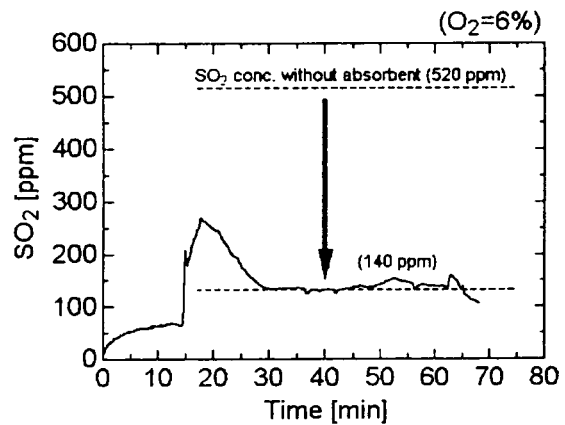


図10 成形炭を燃料とした場合のモデルボイラからのSO₂排出量

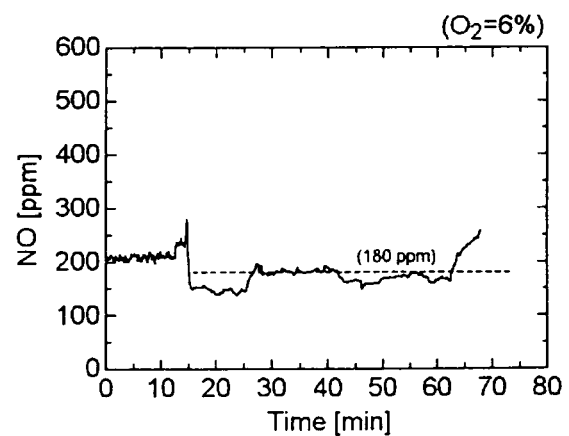


図11 成形炭を燃料とした場合のモデルボイラからのNOx排出量

これは前年度と同程度の水準であった。成形炭を使用する際に問題となる運転性であるが、着火性が高く発熱量も現地で使用されている石炭より高いため、燃焼状態は良好であった。実験後、ボイラの運転員より運転が非常に楽であり、生成する灰が細かくほとんどフライアッシュとして排出されるのでクリーナーの生成が少ない、といった回答を得た。一方、中国では石炭は野積の状態に貯蔵されることが多く、専用の貯蔵設備がないのが普通であるが、管理上の問題点として、今回用いた成形炭は、乾燥状態での強度は比較的高いが、吸湿すると強度が低下し粉化しやすくなるため、屋内貯蔵施設を設ける必要がある、といった指摘を受けた。しかしながら、ボイラの運転上は成形炭は概ね良好な性質を持つことが理解され、その利用は好意的に受け入れられるとの感触を得た。

参考までに、本技術を適用した試算結果を図12に示す。このボイラのSO₂の年間排出量を試算すると約12tになる。これと同様なボイラが2000基あるので、瀋陽市のストーカボイラから排出されるSO₂は年間約24,000tとなる。本技術を適用すると70%除去できることが期待できるので、SO₂排出量は7200tに減少することが見込まれる。

4. まとめ

東アジア地域、特に中国における実状を踏まえて、それに即した石炭燃焼装置からの酸性雨原因物質抑制技術について研究した。

中小規模のストーカボイラを対象にした簡易脱硫法として、成形炭による手法を検討した。また、中国におけるSO_x・NO_x排出現地調査を行った後、成形炭による簡易脱硫法の実証試験を行ったところ以下のような結論が得られた。

- 1) ラボスケールでの実験では、脱硫剤を担持させなかった場合を基準に脱硫率を求めると、Ca/Sが4の場合でおよそ6割から7割の脱硫率が得られた。
- 2) 揮発分燃焼時と固定炭素燃焼時に分離して検討した結果、脱硫剤の添加量を増加させても揮発分燃焼時に排出されるSO_xを除去するのが困難であり、脱硫率を向上させるには揮発分燃焼時のSO_x対策が重要であることがわかった。
- 3) 脱硫剤の種類が脱硫率に及ぼす影響を調べたところ、Ca/Sが4の場合で比較すると消石灰の場合は約65%であるのに対し、石灰石の場合は約50%であった。これは燃焼初期の揮発分燃焼が支配的な領域での脱硫効果に関係していると考えられる。
- 4) 成形圧1~3t/cm²の範囲においては、Ca/Sが1から8のどの条件においても、成形圧は脱硫率に対し顕著な影響は見られなかった。
- 5) モデルボイラとして瀋陽市ガラス機械廠で稼働中のストーカボイラを選定し、脱硫処理を行わない状態での酸性雨原因物質の排出状況を調査したところ、ボイラから排出されるSO_xは約600ppm、NO_xは約180ppmであった。

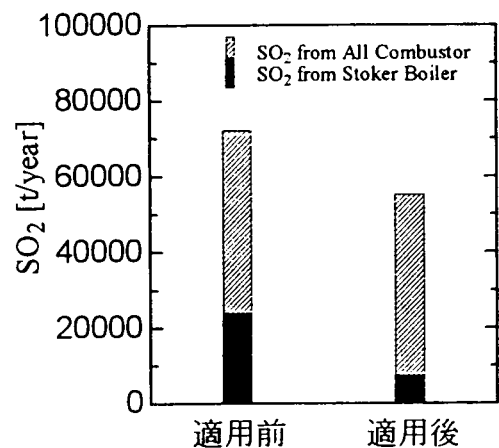


図12 瀋陽市に本技術を適用した場合のSO₂排出量

- 6) モデルボイラにおいて、成形炭による簡易脱硫法の試験を行ったところ、約 70%の脱硫率が得られることが実証された。

引用文献

- 1) 21世紀をめざす石炭利用技術、化学工学会エネルギー開発特別研究会編, (1995)

[国際共同研究等の状況]

中国におけるSO_x総排出量の1/3を占めているストーカボイラを対象として、本研究では脱硫剤を担持させた成形炭による簡易脱硫法の実用化を中国瀋陽市にある東北大学と共同で行った。

平成6年度は、本共同研究に関し以下の事項を実施した。

- 1) 研究の開始に際し、本共同研究の進め方について、中国東北大学側と協議し、これらをRecord of Discussionsの形にまとめた。
- 2) 1995年2月に中国東北大学熱能工程系教授赫冀成氏を招へいし、当所で脱硫剤を担持させた成形炭の脱硫特性に関する共同研究を実施するとともに、中国における酸性雨防止技術のあり方について討議を行った。
- 3) 1995年3月に瀋陽市に出張し、東北大学のスタッフと瀋陽市のストーカボイラを調査した後、本共同研究で実証試験を行うモデルボイラとして、瀋陽市ガラス機械廠で稼働中のストーカボイラを選定した。瀋陽市のガラス機械廠のスタッフにも本共同研究への協力をして頂き、今後の実証試験の進め方について討議し、合意してもらった。また、滞在中に「石炭燃焼からのSO_x・NO_x抑制技術に関する共同研究」と題する講演を東北大学で行った。

平成7年度は以下の事項を実施した。

- 1) 脱硫剤を担持させた成形炭の製造技術に関し、東北大学から共同研究者を4ヶ月招へいし、共同研究を進めた。
- 2) 東北大学の共同研究リーダーを1週間招へいし、共同研究の進め方、実験結果の解析等について討論した。
- 3) 昨年選定したモデルボイラについて、東北大学のスタッフと共同で通常運転時のSO_x、NO_x排出量を測定した。

平成8年度は以下の事項を実施した。

- 1) 1997年2月に中国東北大学熱能工程系教授李成之氏を招へいし、当所で脱硫剤を担持させた成形炭の脱硫特性に関する共同研究を実施するとともに、中国における酸性雨防止技術のあり方について討議を行った。
- 2) モデルボイラについて、東北大学のスタッフと共同で成形炭を燃料として用いた場合のSO_x、NO_x排出量を測定し、本手法による簡易脱硫法が十分実用的であることを確認した。

[研究発表の状況]

口頭発表

- 1) 城戸伸夫他：炉内直接脱硫に関する研究（第2報），化学工学会つくば大会（1994年7月）
- 2) 城戸伸夫：東アジア地域における酸性雨原因物質の排出技術とその評価に関する研究，地球

環境研究総合推進費平成5年度終了研究発表会（1994年10月）

- 3) KIDO, N : Nitrogen Oxides Control Technology for Coal-Fired Power Plant in Japan, APEC-Clean Coal Technology Training Program, Dec. 1994
- 4) 城戸伸夫：石炭燃焼からの SO_x・NO_x 抑制技術に関する共同研究，東北大学熱能工程系講演会(1995年3月)
- 5) 松田聡他：脱硫剤を担持させた成形炭の非定常燃焼・脱硫特性，化学工学会第60年会(1995年3月)
- 6) N. KIDO : NO_x Control Technology, APEC-Clean Coal Technology Training Course, (1995年9月)
- 7) 城戸伸夫：中国に対する環境技術協力 -脱硫技術移転を中心に-，大気環境学会発生源対策分科会，(1995年9月)
- 8) 城戸伸夫：酸性雨防止技術，日本化学会第5回酸性雨問題研究会シンポジウム，(1995年10月)
- 9) 城戸伸夫：簡易脱硫技術 -開発途上国に対する環境技術協力-，神奈川県環境保全協議会 平成7年度公害防止指導者講習会，(1995年10月)
- 10) 城戸伸夫：中国への環境技術移転 -脱硫技術を中心に-，第六回地球環境調査研究会，(1996年6月)
- 11) 城戸伸夫：開発途上国向け排煙脱硫技術について，日中科学技術交流協会講演会，(1996年6月)
- 12) 松田聡他：中国ストーカボイラにおける成形炭による簡易脱硫法の実証試験，大気環境学会，(1996年8月)
- 13) 城戸伸夫：中国への脱硫技術移転，資源素材学会 環境工学部門委員会 講演会，(1996年8月)
- 14) 城戸伸夫：中国における酸性雨原因物質の排出防止技術，神奈川県地域環境セミナー，(1996年9月)
- 15) 城戸伸夫他：酸性雨原因物質排出制御技術の実用化に関する研究，平成8年度地球環境研究総合推進費研究成果発表会，(1996年11月)
- 16) 城戸伸夫：De-SO_x and De-NO_x Technology in Japan, 環境科学に関する日中シンポジウム，(1996年11月)
- 17) 城戸伸夫：中国の石炭焚きボイラにおける脱硫技術実証試験，地球環境研究総合推進費酸性雨C-4グループ研究成果発表会，(1996年12月)
- 18) 城戸伸夫：中国への脱硫技術移転，資源素材学会1997年春季大会，(1997年3月)

誌上発表

- 1) 城戸伸夫：開発途上国向け脱硫技術(1) -脱硫技術の開発と普及-，環境管理 Vol. 31, No. 5, (1995年5月)
- 2) 松田、鈴木、城戸、赫、李、杜：微粉炭燃焼における乾式炉内脱硫技術に関する研究，資源と環境 Vol14, No. 6, (1995年7月)
- 3) 城戸伸夫：日本と世界の大气汚染物質排出関係データ，'96/97，環境年表，オーム社，(1995

年 10 月)

4) 城戸伸夫：酸性雨対策技術，環境対策技術百科，工業調査会，p 106～109 (1996 年 3 月)

5) 城戸伸夫：我が国の大気汚染防止技術の現状、産業と環境，No285 p 31～35 (1996 年 8 月)

6) 城戸伸夫：ガス浄化技術の基礎、環境と省エネルギーのためのエネルギー新技術大系，(株)エヌ・ティー・エス，p 395～401 (1996 年 8 月)

7) Jicheng He et al.: Study on Desulfurization Technology Suitable to the Condition of Coal Combustion in China, Proceedings of Japan-China Symposium on Environmental Science, p367-372, (1996 年 11 月)