

<特集>

中国でのバイオマスの利用

溝口 次夫

重慶医科大学名誉教授 (E-mail: tfhjh114@ybb.ne.jp)

概要

20世紀は化石燃料が主要なエネルギー資源であった。そのために、地球の温暖化を招くことになった。このまま、化石燃料の使用が続けば、21世紀末には大きな気象変動を起こすことが予測されている。

本研究では、現在、世界で最も人口が多く、急激な経済成長を遂げている中国で利用しうるバイオマスの実用化プロセスを検討した。

中国ではエネルギー源として化石燃料のうち70%以上石炭が使用されている。石炭はそのほとんどが炭素であり、温室効果ガスである二酸化炭素排出が極めて多い。石炭は、火力発電所、大中小工場は言うに及ばず、家庭の燃料としても成型炭などが使用されている。最近、大都市では家庭燃料はガス化が進んでいるが、地方都市および周辺地域ではまだ、石炭が使用されている。

石炭に替わる燃料として中小工場、家庭用に石炭にバイオマスを混入したバイオブリケットを開発し、実用化したのでその結果を紹介した。

キーワード: 化石燃料, 中国, 温室効果ガス, バイオブリケット, 家庭用燃料

1. はじめに

石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料が現在の世界の主要な熱エネルギー源である。しかし、そのために地球の温暖化をはじめとして、成層圏オゾン層の破壊、酸性雨現象など地球の規模で環境が悪化している。最近、世界各国が生物資源、バイオマスをエネルギー源として見直す動きが出ている。20世紀以前はわが国では、薪、木炭などのバイオマスが主な燃料であった。東アジア、東南アジアは北米地域、ヨーロッパの中心地域と比較して森林の比率が高い。すなわち、木材を主としたバイオマスが豊富にあると言える。本稿では中国でのバイオマス利用技術の一つとして石炭バイオブリケットの開発、実用化について中国の重慶市、重慶市環境科学研究所及び重慶医科大学と国際共同研究を行ったので、その経過及び結果を紹介する。また、中国はこの10年間余り、高度の経済成長を遂げているが、東アジアでは、インド、インドネシア、タイ、ベトナムなどこれから急激な経済成長を果たそうという国が数多くある。これらの国々が少しでも地球環境に易しい開発が出来る一つの手段、技術として、バイオマスを多角的に利用する手法を示唆する。

2. バイオマス燃料

2.1 バイオマス燃料の推移

わが国はヨーロッパ、北米大陸と異なり、昭和初期まで化石燃料ではなく、木材バイオマス、すなわち薪、木炭などが燃料として使われてきた。20世紀前半から石炭が大量に使用され始めた。工場の製造工程での熱エネルギー、工場、事業所、学校などの冬季の暖房に石炭が使われ、また家庭では豆炭、練炭などの石炭の成型炭が使用されてきた。

1950年代から石油の使用が増加し、熱エネルギーとしてガソリン、灯油、軽油および重油がそれぞれの用途で使用されてきた。石油は熱エネルギー以外にプラスチックの原料としての役割もあり、これらがわが国をはじめ先進国の経済高度成長の大きな原動力となった。しかし、石炭、石油の燃焼排ガスから亜硫酸ガス、窒素酸化物などの大気汚染物質の発生が多く、最近では地球温暖化の原因である温室効果ガスのうち炭酸ガスを大量に排出するのが地球全体で問題となっている。わが国では1980年前後から天然ガスの利用も多くなっている。原子力の平和利用として、原子力発電所が数十年前から建設されている。原子力発電所は大量の電気エネルギーを供給し、大気汚染物質、温室効果ガスも排出しないので1997年に定められた京都議定書の温室効果ガス削減のために、わが国では20基(1基約100万kw)の原子力発電所の建設を計画した。

しかし、チェルノブイリの原子力発電所の事故でも理解できるように、放射能による健康被害が極めて大きい。わが国でも小規模ではあるが、東海村、福島県、石川県、福井県、静岡県などで事故が数多く発生している。したがって、1997年に政府が原子力発電所の設置を推進したにも拘らず地元の反対などで、まだ一基も建設が決まっていない。Table 1にわが国の電力供給源を示す。最近では世界的にバイオマス燃料が見直されている。とくに農業国では利用しうるバイオマス燃料が多い。

2.2 バイオマスの種類と用途

生物試料、バイオマスは、その量はほとんど世界中に存在する。バイオマス燃料には化石燃料と同様に固体(バイオブリケットなど)液体(バイオエタノールなど)、気体(水素ガス、メタンガスなど)がある。最も早く、バイオエタノールを開発し、自動車燃料として利用しているのはブラジルであるが、ブラ

Table 1 わが国の電力の供給源

種類	比率(%)
火力発電	52
LNG	24
石炭	15
石油	13
原子力発電	36
水力発電	11
その他	1
地熱発電	
風力発電	
太陽光発電	
バイオマス発電	

Table 2 主要国の森林率

国名	森林率 (森林面積/陸地)(%)
フィンランド	76.2
日本	66.7
インドネシア	62.6
南米	50.8
カナダ	38.8
米国	32.1
アフリカ	23.1
中国	13.6
イギリス	9.8
世界	31.3

ジル、アメリカ合衆国などは、農業国として大量の廃農作物を生産している。わが国、インドネシアなど東アジア、東南アジア諸国は森林が多く、樹木系のバイオマスが大量に供給できる。Table 2 に主な国の森林率を示す。

バイオマスの種類と用途は以下の通りである。

1) 農作物からのバイオマス燃料

バイオマス燃料として利用しうる農作物は国によって異なるが、もみがら、トウモロコシ、サトウキビ、小麦の蕎、高粱の蕎、稲藁などがあり、前述したブラジル、アメリカ合衆国では大量のトウモロコシ、サトウキビでバイオエタノールを製造し、自動車燃料に利用している。ヨーロッパ諸国では、ナタネ油からバイオディーゼルの生産を行っている。

2) 木材からのバイオマス燃料

木屑、木の枝、枯葉などは樹木から排出するバイオマス燃料である。わが国は古くから木材文化であり、前述したように森林率が高く、さらに世界の熱帯林の50%を輸入している。これらはそのまま固体燃料として使用するものと、木材バイオエタノールとして自動車燃料として使用する技術があり、バイオエタノール製造工場の建設が計画されている。最近の計画では2030年にガソリン需要の約1割に当たる600万klの国産バイオエタノールを導入する方針が示されている。

3) 雑草類からのバイオマス燃料

すすき、あし、よし、その他の雑草類は現在、そのまま枯らされているものと野焼きされるものがあるが、これらもバイオマス燃料として既に開発されている。

4) 廃棄物からのバイオマス燃料の製造

Fig. 1 に廃棄物の種類を示す。現在ほとんどの廃棄物は焼却炉による燃焼処理、埋立処分が行われている。Fig. 1 の可燃物は紙類などのほかに生ごみが約20%含まれている。生ごみはコンポスト(肥料化)として利用されるほか、バイオエ

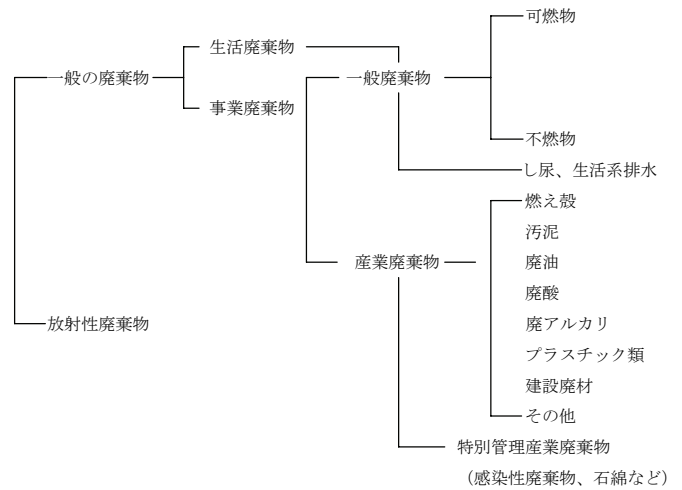


Fig. 1 廃棄物の分類

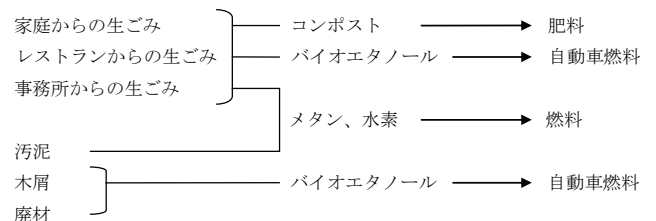


Fig. 2 廃棄物リサイクルプロセスの例

タノールまたは水素ガス、メタンとして回収され、燃料として利用される。また、生活系排水からも水素ガス、メタンが変換される。Fig. 2 に最近まで捨てられていた廃棄物からのバイオマス燃料製造のプロセスの例を示す。

産業廃棄物のうち汚泥も生活系排水と同様に回収される。わが国では建設廃材すなわち、木造家屋の建替え、破壊などによる廃材が廃棄物全体の40%を占めると言われている。そのために建設廃材など木屑からバイオエタノールを製造する工場が2007年1月大阪府堺市に完成した。日本全国で5か所の建設が予定されているが、合計で3万kl/年に満たない。京都議定書達成のためにバイオエタノールを当面50万kl/年製造することを目標としているが、今のところ見通しは立っていない。バイオエタノールは自動車燃料として使用されるが混入率は現在のところガソリン97%、バイオエタノール3%の比率である。バイオエタノールのオクタン価が小さいためである。

2.3 バイオマス燃料の利点

化石燃料すなわち石炭、石油、天然ガスの利用の増大が地球的規模で今世紀の最大の関心事となっている。化石燃料の使用は開発途上国の今後の経済成長によってさらに増加することが考えられている。化石燃料の埋蔵量には限りがあり、何時まで、現在のように使用できるか分からない。そのために、太陽光発電、風力発電が推進され、波力発電の研究も進んでいるが、いずれも小容量である。バイオマス燃料も小容量ではあるが、有用になることが望まれている。

バイオマス燃料の利点は、

- 1) 大気汚染の軽減になること

- 2) 地球温暖化ガスの低減になること
 - 3) 廃棄物を再生利用することによって廃棄物量自身を減少させること
 - 4) 限りある化石燃料の使用を少なくすること
 - 5) 化石燃料と異なり毎年再生産できること
- などである。

3. 中国で実用化が進んでいる石炭バイオブリケットの技術

3.1 中国の大気汚染と健康被害

中国では古くから石炭が主要な燃料であり、現在でもエネルギー源の70%以上を石炭が占めている。しかも西南地域で

は石炭の質が悪く硫黄分が2~6%含まれている。中国の主要都市の亜硫酸ガス濃度は極めて高い。Fig. 3に主要都市の亜硫酸ガス濃度の年平均値を示す。

太原市、重慶市、貴陽市などの濃度が高いがこれらの値は世界で最も大気汚染が著しいといわれているメキシコシティ、インドのニューデリーに匹敵する。わが国で最も大気汚染が激しかった1950年代の大阪市、川崎市、四日市市をはるかにしのぐ濃度である。したがって亜硫酸ガスによる人の健康被害も見過ごすことは出来ない。中国の主要都市の大気汚染を軽減し、健康影響を少なくすることを目的としてわが国(国立環境研究所、国立公衆衛生院および埼玉大学)と中国(重慶医科大学、重慶市および重慶市環境科学研究所)との国際共同研究を1994年から開始し、これまで10数

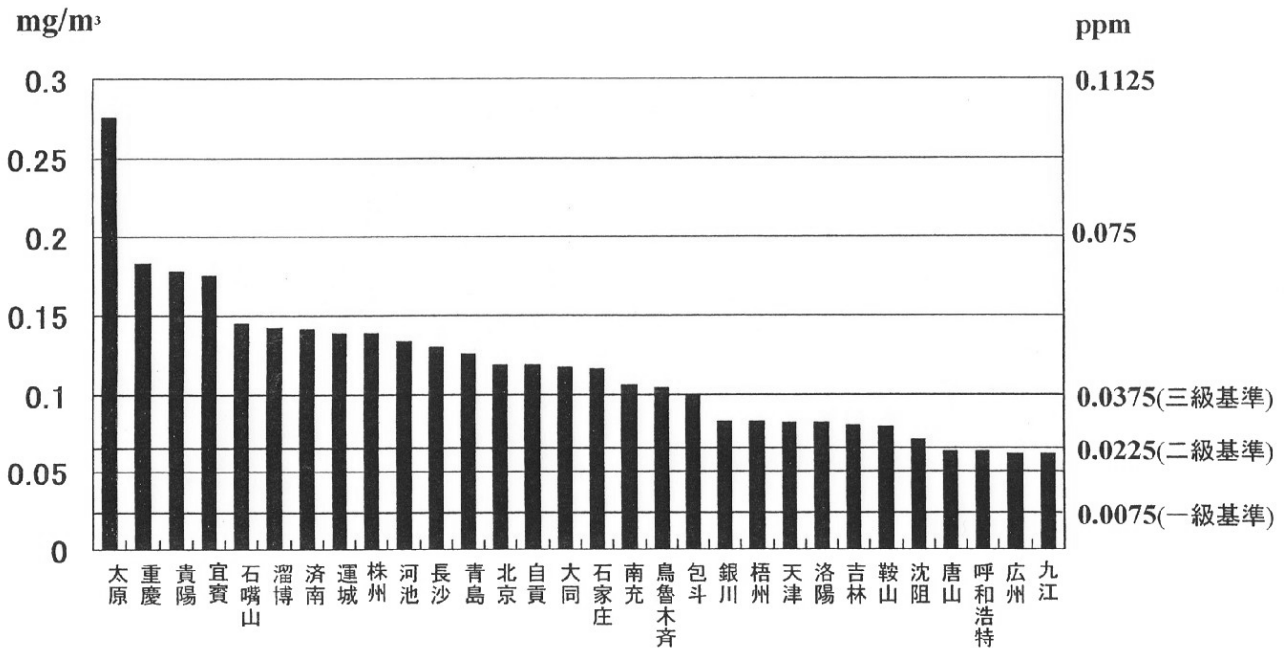


Fig. 3 中国主要都市の亜硫酸ガス濃度(年間平均値)

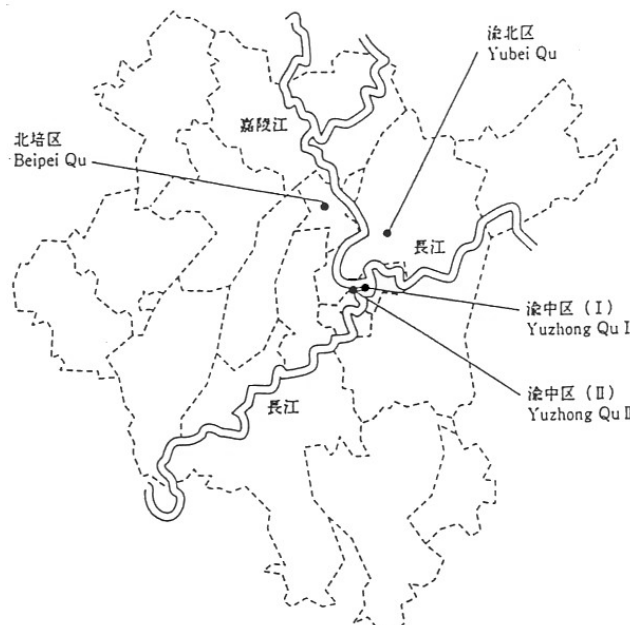


Fig. 4 重慶市内の呼吸器疾患調査地点

年間にわたって実施してきた。以下にその概要を紹介する。本プロジェクト研究ではまず重慶市内の大気汚染の著しい4地点を選定し、亜硫酸ガス、窒素酸化物および浮遊粒子状物質を測定した。

また、市街地の住宅内および住宅街部の濃度も測定した。Fig. 4に重慶市の調査地点の配置図、Table 3に大気汚染の測定結果、Table 4に住宅内部と外部との測定結果を示した。また、調査地点周辺の学童の呼吸器疾患の状況を調査し、その結果をTable 5に示した。これによると汚染濃度の極めて高い小学校では40%以上の学童に影響が出ている。これは、1960年代四日市市周辺の亜硫酸ガス濃度が著しかった時の四日市ゼンソクの呼吸器疾患患者が10%に満たなかったことを考えると異常な患者数といえる。住宅内部の亜硫酸ガス濃度が住宅外部より10倍近く高いが、これは住宅で使用している石炭の着火温度が高いため、室内で24時間火を消さないためである。また、住宅の密閉性が強く換気が悪いのも大きな理由である。

次に本プロジェクト研究では中小工場での利用および住宅内外の亜硫酸ガス濃度を低減するために、石炭バイオブリケットの製造を試みた。

3.2 バイオブリケットの開発と実用化

コールバイオブリケットは石炭を粉末にして乾燥させたものにバイオマス(重慶市ではもみがら、高粱の蓄など)を70:30で混入し、脱硫のための消石灰を約10%混入し、圧力をかけて成型する。

排出する亜硫酸ガスはバイオマスの硫黄分が低いことから、同じエネルギー量の石炭に比べてかなり低くなっている。さ

らに消石灰が亜硫酸ガスを除去するので、排出する亜硫酸ガス濃度はかなり低減される。

ここで注意しなければならないのは成型バイオブリケットの圧力である。従来、重慶市、貴陽市などで使われている石炭の成型炭(豆炭など)は壊れ易く運搬が大変である。そこで、バイオブリケットは成型時に圧力を加えて強固にし、運搬が

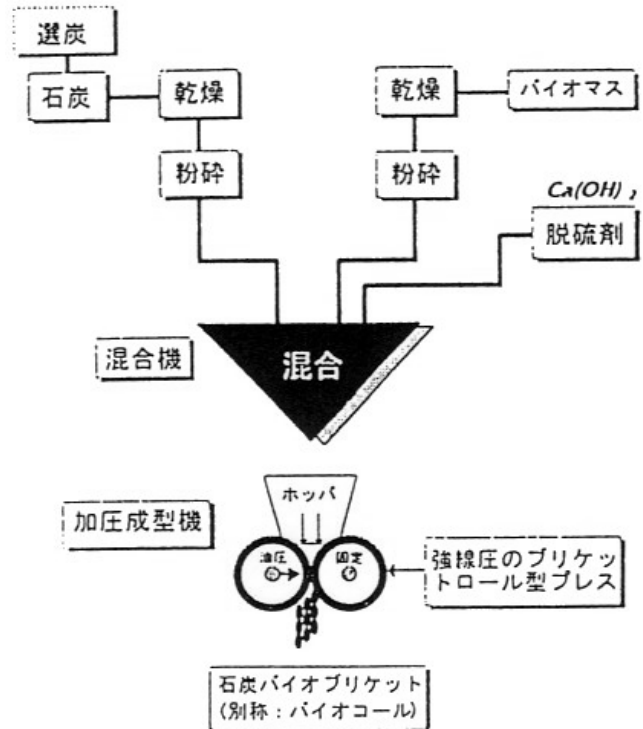


Fig.5 バイオブリケット成型プロセス

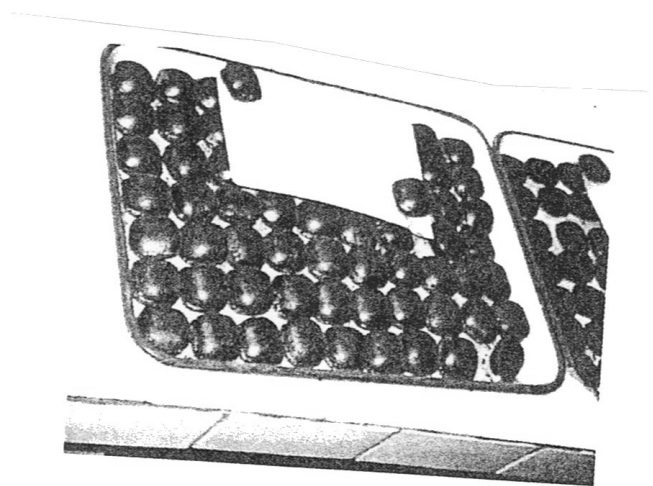


Fig.6 成型されたバイオブリケット

Table 3 重慶市内調査地点の大気汚染濃度

地域	物質 環境濃度		
	NOx ¹⁾	SO ₂ ¹⁾	PM10 ²⁾
渝北区	34.09	21.00	0.10
北培区	38.96	56.00	0.22
渝中区	73.04	290.50	0.32
渝中区	63.30	308.00	0.43

注) ¹⁾ ppb ²⁾ mg/m³

Table 4 重慶市市街地住宅内外のSO₂、NO₂濃度

場所		SO ₂ , ppb	NO ₂ , ppb
市街地	住宅外	176.7	16.3
		181.4	16.5
	住宅内	1,657.0	7.0
		1,611.0	7.1
		1,529.4	9.0

Table 5 重慶市内の呼吸器疾患患者

	強汚染地域(1)			強汚染地域(2)			中汚染地域			弱汚染地域			x ²	p値
	n	症例	%	n	症例	%	n	症例	%	n	症例	%		
8歳,慢性咽頭炎	65	2	3.08	56	1	1.79	21	0	0	75	0	0	27.60	0.0000
9歳,慢性咽頭炎	104	3	2.88	108	5	4.63	129	0	0	132	0	0	11.85	0.0079
8歳,慢性扁桃腺炎	65	0	0	56	5	8.93	21	1	4.76	75	0	0	10.56	0.0143
8歳,鼻炎	65	24	36.92	56	21	37.5	21	5	23.81	75	11	14.67	11.84	0.0080
9歳,鼻炎	104	30	28.85	108	35	32.41	129	30	23.26	132	22	16.67	9.13	0.2777
10歳,鼻炎	77	28	36.36	94	38	40.43	93	20	21.51	108	18	16.67	18.71	0.0003
11歳,鼻炎	49	21	42.86	587	14	24.56	85	13	15.29	27	4	14.81	14.40	0.0024
9歳,急性咽頭炎	101	23	22.12	108	20	18.52	129	16	12.4	132	12	9.09	9.47	0.0237
10歳,急性咽頭炎	77	16	20.78	94	23	24.47	93	8	8.6	108	12	11.11	12.11	0.0070

容易に出来るように成型している。Fig. 5 に石炭バイオブリケットの成型プロセスを示す。また、Fig. 6 は成型されたバイオブリケットである。現在、バイオブリケットの製造工場は重慶市の南川市内と中国北東部の鞍山市に設置されている。重慶市では主として中小工場および住宅で使用し、鞍山市では中小工場内で使用するバイオブリケットが製造されている。重慶市の都心部では住宅のガス化が進んでいるが、郊外ではまだ石炭が使用されているのでバイオブリケットの利用は今後も高い。次に実際にバイオブリケットを使用している人達からの評価を紹介する。

3.3 バイオブリケットの評価

1) 臭わない

石炭の成型炭はかなり臭いが強いが、バイオブリケットはほとんど臭いがない。

2) 着火性が良い

石炭は前述したように着火するのに高温が必要であるため、常に種火を持っていなければならないが、バイオブリケットは低い温度で着火するので、必要な時に着火すればよい。

3) 高温燃焼する

石炭より通常かなり高温になるので、料理に適当である。

4) 経済性が良い

石炭に混入するバイオマスを多くすればかなり安く製造できる。

4. おわりに

わが国と中国とのコールバイオブリケットの開発、実用化に関する国際共同研究の概要を紹介したが、石炭に変えてバイオブリケットを使用することで、とくに住宅内では空気が浄化し、呼吸器疾患が減少することが期待できる。本プロジェクト研究では第 27 回環境賞を受賞している。

また、一般的にバイオマスを原料としたバイオエタノール、水素ガス、メタンガスなどの生成が今後の地球環境に重要であることを示唆した。さらに、廃棄物からバイオマス燃料を作成することの重要性についても説明した。

21 世紀の持続的社会の構築のために、バイオマス燃料をさらに普及することはもちろんであるが「もったいない」の心を持つライフスタイルを形成することが重要である。

[参考文献]

- 1)環境経済・政策学会;アジアの環境問題、東洋経済新聞社(1998)
- 2)厚生省、国立環境研究所;東アジアの酸性雨原因物質の制御手法の実用化に関する研究、平成 6 年度～8 年度、環境庁地球環境研究
- 3)環境省地域環境局;東アジアにおける民生用燃料からの酸性雨原因物質排出対策技術の開発と様々な環境への影響評価とその手法に関する研究、平成 12 年度～平成 16 年度
- 4)定方正毅編著;中国環境ハンドブック、サイエンスフォーラム(1997)
- 5)中国国家環境保護局;中国環境状況公報(1997)
- 6)平野元康;中国南川市における石炭のバイオブリケット化による健康影響に関する研究、環境衛生工学研究 Vol.17,No.3(2003)
- 7)溝口次夫;中国重慶市の大気汚染と呼吸器疾患、環境衛生工学研究 Vol.13,No.3(1999)
- 8)田中勝;廃棄物学概論、(社)日本環境測定分析協会(1998)
- 9)溝口次夫;中国の大気汚染の現状とその改善策、環境と測定技術、Vol.27,No.12(2000)
- 10)溝口次夫ほか;中国向けの脱硫、脱硝技術の検討、環境衛生工学研究、Vol.8,No.3、(1994)
- 11)孫恵欣・渡辺征夫・溝口次夫;中国における環境の状況と保全対策、環境技術、Vol.23,No.8、(1994)
- 12)周燕栄・王淘華・杜劍雲・王勤;The Influence of the Acid Precipitation Population Health Status、中日大気汚染防止対策シンポジウム講演要旨集(1992)
- 13)野馳達也;地域特性に対応した小規模メタン発酵トータルシステムの開発、Vol.48,No.10(2006)、用水と排水
- 14)古市徹;廃棄物系バイオマスの利活用とネットワーク、いんだすと、Vol.21,No.10(2006)
- 15)Xiaoyan Yan, Toshimasa Ohara, Hojime Akimoto ; Bottom-up estimate of biomass burning in mainland China, Atmos, Environ,40(2006)
- 16)渡辺晋一郎;廃棄物系バイオマスの有効活用に向けた京都市の取り組み、都市清掃、第 59 巻、第 273 号(平成 18 年 9 月)
- 17)間々 田理彦・田中裕人;本質バイオマス利用に対する住民評価、農村計画学会誌、Vol.25(2006)
- 18)科学技術庁科学技術政策研究所編;アジア地域のエネルギー利用と環境予測、大蔵省印刷局(1992)
- 19)OECD;OECD Environmental Data Compendium(1993)、OECD(Paris)
- 20)The China for International Cooperation on Environ & Development! Chongqing environmental Quality Status Report, APR(1994)
- 21)溝口次夫・松本光弘・村越邦啓・坂本和彦・周燕栄・李杜林・高世東;中国重慶市の大気汚染調査、日本地球化学会年会講演要旨集(1994)
- 22)UNEP & WHO;Urban Air Pollution Megacities of the World, Blackwell,Vol.8,No.9(1992)
- 23)溝口次夫;東アジア地域の酸性雨原因物質の制御技術に関する研究、資源環境対策、Vol.31,No.3(1995)