

Title	中日合作1998年度成都バイオブリケット追跡調査報告書
Sub Title	
Author	成都市建設委員会(Seitoshi kensetsu iinkai) 成都市環境保護局(Seitoshi kankyo hogokyoku)
Publisher	慶應義塾大学産業研究所
Publication year	1999
Jtitle	KEO discussion paper. G : 『アジア地域における経済および環境の相互依存と環境保全に関する学際的研究』(KEO discussion paper. G : "Inter-disciplinary studies for sustainable development in Asian countries"). No.G-65
JaLC DOI	
Abstract	まえばき日本の慶應義塾大学の山田辰雄教授と小島朋之教授が代表になっている地域研究センターの“中国環境研究会”は地球環境問題として重要な問題を取り上げることを選定した。中でも、発展中の中国の経済と環境問題は日本や全世界にとっても極めて重要な問題である。特にまず中国内陸部の都市に環境改善の拠点を作り、経済発展と同時に環境改善も進行することを目標とした。そのため、1985年以来“中国環境研究会”は中国内陸部の都市との一連の環境研究活動を実施し、中国及び世界環境保全事業の推進に積極的な貢献をした。慶應義塾大学地域研究センターの“中国環境研究会”は1991年までに、JACKネットワークによる東アジア地域の気象測定網を建設して、この地域における大気汚染とくに大気粉塵の汚染状況を把握した。1993年まで成都市において総合的な調査をするため、社会、経済、法律、医学、工学を含む総合的な研究を行なった。大気汚染物質61項目の観測は9500のデータが得られたことにより、成都市の大気汚染は深刻な状況であることがわかった。また、大気中のTSP濃度は全平均352mg/m3で、TSPの重量の50%以上を空気力学的粒径2mm以下の微小粒径で占め、この主な発生源と考えられる石炭燃焼排出物の寄与率は約40%と推定された。さらに、粉塵中には重金属と致癌物質が含まれており、成都市における市民の持続性セキ・タン症状率が高すぎることがわかった。石炭の燃焼によって出る、二酸化硫黄も重要な大気汚染物質で、酸水雨の問題にもなる。この調査は成都市の大気汚染を改善する対策を提案した。そして、この研究では「国家レベル環境モデル都市 - 成都」を実現するために、その一助となった。中国におけるエネルギーの効率化と都市の空気をよりきれいにすることを目指し、慶應義塾大学の吉岡完治教授が日本学術振興会の未来開拓プロジェクトの代表者となり、成都市においては、バイオブリケット技術の導入、開発の調査研究実験を開始した。バイオブリケットとは石炭とバイオマス及び脱硫剤などを利用して混合し、3～5t/cm2の高圧下で連続的に圧縮成型される豆炭である。バイオブリケットの着火性、燃焼性が良好で、未燃損失が少なく、また高い脱硫効果があるなどの、経済面、環境保全面で大きな利点をもっている新しい燃料である。この燃料は生活（調理用、生活用ボイラー）、工業（ボイラー、産業用エネルギー）などの広い範囲で利用できる燃料である。バイオブリケットのプロジェクトは中国内陸部の四川省・成都市にとって、特別な意義がある。それには二つの理由がある。第一に、成都市地区において毎年大量の稲わな、麦わなが発生する。現地の農民達は無管理に燃焼し、大量の煙と粉塵を排出し、深刻な大気汚染へとつながった。そうした汚染により、成都空港に大きな影響を与え、飛行機が運行できなくなった。この事件によって、中央政府の朱鎔基首相が成都市政府にこの問題を早く解決するよう指示をした。これらは、バイオブリケット中のわなを有効に利用できる工業化の生産項目なのである。第二に、中国の内陸部の四川省では深刻なエネルギー不足であり、薪材や麦藁といった伝統的なバイオマスを80%の燃料としているので、森林破壊、野生動物の消滅、土壌の流出などの問題が発生しているからである。バイオブリケットのプロジェクトは日中両国の友好協力によって、日本から成都市に主体成型設備が提供され、現地で周辺設備を加工した。また、実験工場を設置し、多種類のバイオブリケットを加工して、生活用（調理用、暖房など）、工業用（ボイラー、冶金など）の面に使用した。これらはユーザ達から良い評判を得た。現在、1998年度の追跡調査報告書を書いており、また、日中双方により、1999年度の計画を作成できるように努力している。このプロジェクトに対して、成都市政府も関心を持つと同時に四川省科学技術委員会、国家科学技術委員会の責任者達が実験工場を見学して、このバイオブリケットの技術を中国で普及するために、産業化を推進する意見を指示した。日中両国の友好協力によって、中国でバイオブリケット技術の導入、開発を行ない、中国の環境保全とエネルギー事業の発展及び世界環境保全に貢献するように、努力する。
Notes	表紙上部に"日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業複合領域「アジア地域の環境保全」"の表示あり
Genre	Technical Report
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AA12113622-00000065-0

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

中日合作
1998年度
成都バイオブリケット追跡調査報告書

成都市建設委員会
成都市環境保護局

No.G-65

学振未来 WG4-12

中日合作
1998年度
成都ハイブリット追跡調査報告書

成都市建設委員会

成都市環境保護局

1999年2月

目 録

まえがき	3
1. 研究プロジェクトの実施概要.....	5
1.1. 研究プロジェクトの組織機構.....	5
1.1.1. 日本側の組織機構.....	5
1.1.2. 中国側の組織機構.....	5
1.2. 研究プロジェクト実施段階の区画.....	6
2. 中国産石炭利用の現状と展望.....	6
2.1. 中国石炭技術の現状と展望.....	6
2.1.1. 中国産石炭の使用状況および問題点.....	6
2.1.2. 中国民生用石炭使用の現状および石炭使用量の展望.....	6
2.2. 中国練炭の現状.....	7
2.2.1. 中国練炭の種類.....	7
2.2.2. 練炭の問題点.....	7
2.3. 四川省・成都市石炭資源の分布および使用状況.....	7
2.3.1. 四川省の石炭資源の分布.....	7
2.3.2. 四川省の大型鉱務局（石炭鉱山）の概要.....	7
2.3.3. 成都市の石炭の分布.....	8
2.3.4. 成都市における石炭の使用状況.....	8
3. バイオブリケット実験工場の設置.....	8
3.1. バイオブリケット実験工場の概要.....	8
3.1.1. 実験工場の予定候補地の選択と評価.....	8
3.1.1.1. 実験工場の予定候補地の評価.....	8
3.1.1.2. 実験工場の候補地の選択.....	9
3.1.2. バイオブリケット実験工場の平面図.....	10
バイオブリケット実験工場の立面図.....	10
バイオブリケット実験工場の加工設備システムの平面図.....	10
3.2. バイオブリケットの主体成型機及び技術条件.....	11
3.3. バイオブリケットの周辺変設備及び技術条件.....	12
4. バイオブリケットの実験及びデータの解析.....	13
4.1. バイオブリケットの定義と特徴.....	13
4.2. バイオブリケットの加工システム.....	13
4.3. バイオブリケットの実験及びデータの解析.....	14
4.3.1. バイオブリケットの実験.....	14
4.3.2. バイオブリケットの実験及びデータの解析.....	16
4.3.2.1. 実験の主な内容.....	16
4.3.2.2. 実験の結果.....	16

4.3.2.2.1.	硬度実験.....	16
4.3.2.2.2.	バイオブリケットの固硫率（脱硫効果）の試験.....	18
4.3.2.2.2.1.	実験一.....	18
4.3.2.2.2.2.	実験二.....	21
4.3.2.2.2.3.	実験三.....	23
4.3.2.2.2.4.	バイオブリケットの固硫（脱硫）の効果と原理.....	25
4.3.2.2.2.4.1.	バイオブリケットの固硫（脱硫）原理.....	25
4.3.2.2.2.4.2.	バイオブリケットの固硫（脱硫）効果の深化実験の解析.....	25
4.3.2.2.2.5.	脱硫実験の結論.....	26
4.4.	バイオブリケットと石炭の燃焼特性の対照実験.....	26
4.5.	実験の結論.....	26
5.	経済分析.....	27
5.1.	バイオブリケット試験工場の生産コストと経済評価.....	27
5.2.	一年間の生産量が一万トンにするバイオブリケット工場の経済実益の概算.....	28
6.	下年度（1999年）研究計画の意見.....	29
6.1.	バイオブリケットの鑑定会の開催.....	29
6.2.	バイオブリケットの深刻試験.....	29
6.3.	コンロの研究開発.....	29
6.4.	市場の調査及び開拓.....	29
6.5.	成型機の試生産.....	29
7.	結 び.....	29

まえがき

日本の慶応義塾大学の山田辰雄教授と小島朋之教授が代表になっている地域研究センターの“中国環境研究会”は地球環境問題として重要な問題を取り上げることを選定した。中でも、発展中の中国の経済と環境問題は日本や全世界にとっても極めて重要な問題である。特にまず中国内陸部の都市に環境改善の拠点を作り、経済発展と同時に環境改善も進行することを目標とした。そのため、1985年以来“中国環境研究会”は中国内陸部の都市との一連の環境研究活動を実施し、中国及び世界環境保全事業の推進に積極的な貢献をした。

慶応義塾大学地域研究センターの“中国環境研究会”は1991年までに、JACKネットワークによる東アジア地域の大気測定網を建設して、この地域における大気汚染とくに大気粉塵の汚染状況を把握した。1993年まで成都市において総合的な調査をするため、社会、経済、法律、医学、工学を含む総合的な研究を行なった。大気汚染物質61項目の観測は9500のデータが得られたことにより、成都市の大気汚染は深刻な状況であることがわかった。また、大気中のTSP濃度は全平均 352 mg/m^3 で、TSPの重量の50%以上を空気力学的粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の微小粒径で占め、この主な発生源と考えられる石炭燃焼排出物の寄与率は約40%と推定された。さらに、粉塵中には重金属と致癌物質が含まれており、成都市における市民の持続性セキ・タン症状率が高すぎるということがわかった。石炭の燃焼によって出る、二酸化硫黄も重要な大気汚染物質で、酸水雨の問題にもなる。この調査は成都市の大気汚染を改善する対策を提案した。そして、この研究では「国家レベル環境モデル都市—成都」を実現するために、その一助となった。

中国におけるエネルギーの効率化と都市の空気をよりきれいにすることを目指し、慶応義塾大学の吉岡完治教授が日本学術振興会の未来開拓プロジェクトの代表者となり、成都市においては、バイオブリケット技術の導入、開発の調査研究実験を開始した。バイオブリケットとは石炭とバイオマス及び脱硫剤などを利用して混合し、 $3\sim 5\text{ t/cm}^2$ の高圧下で連続的に圧縮成型される豆炭である。バイオブリケットの着火性、燃焼性が良好で、未燃損失が少なく、また高い脱硫効果があるなどの、経済面、環境保全面で大きな利点をもっている新しい燃料である。この燃料は生活（調理用、生活用ボイラー）、工業（ボイラー、産業用エネルギー）などの広い範囲で利用できる燃料である。

バイオブリケットのプロジェクトは中国内陸部の四川省・成都市にとって、特別な意義がある。それには二つの理由がある。第一に、成都市地区において毎年大量の稲わな、麦わなが発生する。現地の農民達は無管理に燃焼し、大量の煙と粉塵を排出し、深刻な大気汚染へとつながった。そうした汚染により、成都空港に大きな影響を与え、飛行機が運行できなくなった。この事件によって、中央政府の朱鎔基首相が成都市政府にこの問題を早く解決するよう指示をした。これらは、バイオブリケット中のわなを有効に利用できる工業化の生産項目なのである。第二に、中国の内陸部の四川省では深刻なエネルギー不足であり、薪材や麦藁といった伝統的なバイオマスを80%の燃料としているので、森林破壊、野生動物の消滅、土壌の流出などの問題が発生しているからである。

バイオブリケットのプロジェクトは日中両国の友好協力によって、日本から成都市に主体成型設備が提供され、現地で周辺設備を加工した。また、実験工場を設置し、多種類のバイオブリケットを加工して、生活用（調理用、暖房など）、工業用（ボイラー、冶金など）の面に使用した。これらはユーザ達から良い評判を得た。現在、1998年度の追跡調査報告書を書いており、また、日中双方により、1999年度の計画を作成できるように努力している。

このプロジェクトに対して、成都市政府も関心を持つと同時に四川省科学技術委員会、国家科学技術委員

会の責任者達が実験工場を見学して、このバイオブリケットの技術を中国で普及するために、産業化を推進する意見を指示した。

日中両国の友好合作によって、中国でバイオブリケット技術の導入、開発を行ない、中国の環境保全とエネルギー事業の発展及び世界環境保全に貢献するように、努力する。

1. 研究プロジェクトの実施概要

バイオブリケット研究項目の事前調査では、成都市建設管理委員会、成都市環境保護局および成都市科学技術委員会など成都市政府関係部門が指導を行い、大学教授、研究所の研究員、工場の技術者などが調査に参加した。成都市はバイオブリケットの調査研究項目の実施を保証するために、次の研究管理機構を発足した。

1.1. 研究プロジェクトの組織機構

1.1.1. 日本側の組織機構

(1) 管理機構の代表者

吉岡完治	教授	(日本慶応義塾大学 産業研究所副所長)
		日本学術振興会 未来開拓学術研究推進事業 「アジア地域における経済及び環境の相互依存と環境保全に関する学際的研究」の代表者
桜本 光	教授	(日本慶応義塾大学 商学部)
山田辰雄	教授	(日本慶応義塾大学 法学部部長)
小島朋之	教授	(日本慶応義塾大学 地域研究センター「中国環境研究会」の代表者)

(2) 成都市の研究グループの責任者

橋本芳一	名誉教授	(日本慶応義塾大学 地域研究センターの客員研究員)
------	------	---------------------------

(3) 成都市の研究グループの技術指導

橋本芳一	名誉教授	(日本慶応義塾大学 地域研究センターの客員研究員)
坂本和彦	教授	(埼玉大学大学院理工学研究科環境制御工学)
宮森 護	部長	(ユニレックス株式会社)

1.1.2. 中国側の組織機構

(1) 管理機構および責任者

成都市建設管理委員会	主任	劉玉成
成都市環境保護局	局長	吳柏松

(2) 研究項目の行政管理機構

主 任	王容燕 (成都市環境保護局副局長)
副主任	韓武鑒 (成都市建設管理委員会科技設計處處長)
	段益生 (成都市環境保護局科学産業處處長)
	張清芳 (成都市建設管理委員会科技設計処副處處長)
	周 毅 (成都市環境保護局科学産業処副處處長)

(3) 研究調査機構

大学教授および研究所の研究員、工場の技術者により構成される。

研究調査機構の構成および役割分担を表1に示す。

研究調査機構および役割分担

(表1)

参加部門	役割分担業務	主な参加者名
日本慶応義塾大学	項目の全面的管理、技術指導、 本体設備の提供	吉岡完治, 山田辰雄, 小島朋之 桜本 光, 橋本芳一
成都市環境保護科学研究所	項目研究及び実施管理 研究報告書の作成	肖 大 輝, 楊 治 敏 辜 志 東, 何 建
成都華通機械工場	周辺設備の加工と実験工場の管理 コンロの設計、加工	王 慶 生, 陳 保 元 費 忠 林, 李 学 普
成都華日環境総合技術センター	項目の研究及び実施 研究報告書の 作成, 資料の翻訳、通訳	閻 中 斌, 龍 洲 佐 学 敏, 仲 淑 榮
四川省環境保護観測センター	燃焼の排気の観測	▪ 必 鋪, 楊 坪
四 川 大 学	生石灰など原材料の分析	丁 桑 嵐, 蔣 文 挙
国家電力公司四川地区発電 用煤質量監督検査センター	石炭の分析, バイオマスの分析	王 希 文, 王 曼 林
成都市技術監督局	燃焼熱効率の測定, 強度の測定	繆 文 浩

1.2. 研究プロジェクト実施の段階の区画

- (1) 事前調査 (1997年10月－1998年3月)
- (2) バイオブリケット実験工場の設置 (1998年3月－1998年9月)
- (3) バイオブリケットの実験 (1998年9月－1999年2月)
- (4) プロジェクトの追跡調査報告書の作成 (1999年1月－1999年3月)

2. 中国産石炭利用の現状と展望

2.1. 中国石炭技術の現状と展望

2.1.1. 中国産石炭の使用状況および問題点

①中国における主要な石炭種類の割合

無煙炭 20.8% : 褐炭 3.9% : 暦青炭 75.3%

②燃料用石炭の用途および使用状況と燃焼状況

現在中国において石炭を燃料として使用する場合、直接に燃焼する石炭の量は 84%、石炭の利用率が低く、平均熱効率は 22%である。

2.1.2. 中国民生用石炭の使用現状および石炭使用量の展望

- ① 中国における主なエネルギーは石炭である。エネルギーの 90.5%を占めている。
- ② 中国における 2 億人の市民と 1.5 億人の農民は石炭を生活用燃料としている。
- ③ 中国民生用石炭の使用量の展望
 - ・ 2000 年までには都市人口が 3.9 億人になり、家庭数が 1.1 億戸になることが見込まれる。
 - ・ 中国人 1 人あたりの平均エネルギー消費量は、石炭使用量が 433kg/年(1994 年統計データ)であり、2000 年までには 500kg/年～540kg/年に達する。
 - ・ エネルギー消費量の増加により、大気汚染も更に深刻化する。

2.2. 中国練炭の現状

2.2.1. 中国練炭の種類

①. 孔状煉炭（蜂窩炭）

孔状煉炭の形は円形、四角形、多角形がある。煉炭の直径は 102mm～250 mmまでのものがあり、横断面の通気孔数は 12、16、21 のものがある。孔状煉炭は原炭と比較すると、30%以上の石炭を節約することができる。主な原材料は無煙炭である。

②. 豆炭（炭球）

豆炭の種類は普通豆炭、炭化豆炭、無煙豆炭がある。

・普通豆炭：

粉碎原炭 70～80%：粘着剤（粘土と石灰）20～30%適量の水分

原炭の粒度は 1～2 mmが適当である。

・炭化豆炭：

原炭を低温乾留する、あるいは原炭を高温裂解してから煉炭をつくる。

・無煙豆炭：

無煙豆炭は脱硫、脱煙でき、煉炭の活性化を増加し、燃焼し易くなる。また無煙無臭になる。

2.2.2. 練炭の問題点

① 煉炭を成形する圧力は 110～150kg/cm² だけである。強度が低い。粉塵が多い。消石灰などの脱硫黄剤を添加すると、脱硫（SO₂）率は約 40%。

② 粘着剤、着火剤或いは着火層が要る。

燃焼が不完全、熱効率が低い、大量有害大気物質の排出があげられる。

③ 煉炭は適度な含水量を保つことが重要である。

④ 煉炭になる原炭の技術的必要条件

・原炭の発熱量は 20.84MJ/kg 以上になる。

・原炭の揮発分を 15～20%以上にする必要がある。

・原炭は低い着火点が必要である。

・原炭は低い硫黄含有量（0.4%以下）が必要で、原炭の発熱量、粘土、燃焼点、水素、酸素などを測定して煉炭を成形する原材料の成分を確定する必要がある。

中国における練炭の問題ため、バイオブリケットのような低汚染、高熱効率、省エネルギーの新型燃料を導入、開発することが必要である。

2.3. 四川省・成都市石炭資源の分布および使用状況

2.3.1. 四川省の石炭資源の分布

四川省の石炭資源は豊富である。1995 年のデータによると、四川省の石炭の探測埋蔵量は 890,553.2 万トンで、保有埋蔵量は 835,821.7 万トンである。また四川省東部には達竹鉱務局、華鎣山鉱務局、天府鉱務局、永榮鉱務局があり、四川省南部には芙蓉鉱務局、そして四川省北部には広旺鉱務局がある。

2.3.2. 四川省の大型鉱務局（石炭鉱山）の概要

① 芙蓉鉱務局：芙蓉鉱務局の石炭探測埋蔵量は 65,709.6 万トンで、保有埋蔵量は 61,152.3 万トンである。石炭の種類は無煙炭である。四川省にある宜賓豆発電所や内江市馬廟発電所自貢市、内江市など都市の住民や小規模化学肥料工場などへ石炭を提供している。

② 攀枝花鉱務局：攀枝花鉱務局の石炭探測埋蔵量は 65,709.6 万トンで、保有埋蔵量は 44,117.3 万トンである。石炭の種類は煉焦煤（煉コークス）である。四川省にある攀枝花鉄鋼工場と発電所に石炭を提供している。石炭の一部は成都市、重慶市、武韓市にある発電工場および鉄鋼工場に提供されている。

③ 広旺鉱務局：広旺鉱務局の石炭探測埋蔵量は 10,605.1 万トンで、保有埋蔵量は 7,589.3 万トンである。石炭の種類は煉焦煤（煉コークス）である。原炭は主に四川省西北電網発電工場に供給されている。またそのほか軍事工業、機械・軽工業、化学工業に提供している。

2.3.3. 成都市の石炭の分布

成都市の石炭産出量は不足している。1995 年のデータによると、成都市の石炭探測埋蔵量は約 14,600 万トンであった。石炭の種類は大部分が煉焦炭（煉コークス）である。成都市にある 18 の区、県のうち、彭県および、都市、堰市、崇慶県、大巴県、蒲江県においては石炭を含む地層の分布をみることができるが、石炭の埋蔵量は少ない。

2.3.4. 成都市における石炭の使用状況

1995 年のデータによると、成都市の石炭消費量は 1,172 万トンであった。成都市で使用されている石炭は市周辺の大規模石炭鉱山から輸入されているものである。成都市で使用している石炭の硫黄含有量（S）は高く、平均硫黄含有量は 3.0% である例えば南桐炭鉱の石炭の含硫量は 5.0%、永榮炭鉱 2.0%、松藻炭鉱 3.0～4.0%、広旺炭鉱 0.5～1.0%、芙蓉炭務局 5.0%、渡口炭務局 0.5～1.0%、天府炭務局 0.5～1.5% である。

3. バイオブリケット実験工場の設置

3.1. バイオブリケット実験工場の概要

3.1.1. 実験工場の予定候補地の選択と評価

3.1.1.1. 実験工場の予定候補地の評価

バイオブリケット製造実験工場の設置候補地について次の 4 ヶ所を指定し、評価する。

(1) 成都市農業科学研究所の機械加工工場。面積は 69.9 m²、電力量は 50kw である。

ここの利点と欠点は次の通りである。

- ・利点：技術者がいる。加工設備の管理、保守が便利である。
- ・欠点：①成都市の中心部にあり、周辺に住宅区があるため、環境保全の問題を考慮する必要がある。
②50kw の電力のうち、使用可能な電力量は約 15kw で、不足している。
③原材料の運送が不便である。
④現有の建物を改造する必要があるために費用がかかる。
⑤現有の建物の面積が狭いため今後の発展は望めない。

(2) 西南民族学院の技術開発総公司の実験基地。大きさは 48m×12m、電力量は 120kw である。

ここの利点と欠点は次の通りである。

- ・利点：新しい工場で、成渝高速道路と成都空港に近い。そのため、今後発展する可能性が見込まれる。
- ・欠点：新しい建物であるが、設備が不十分であるため、バイオブリケット加工工場になると、様々な設備投資や、労働者の確保などが必要である。そのための費用がかかる。

(3) 長城特殊鋼鉄公司の長隆特殊工場。成都市泉驛区にあり、電力量は 800kw である。

ここの利点と欠点は次の通りである。

- ・利点：①技術者と労働者がおり、機械設備がある。
②技術者がいるため、加工設備の管理、保守が便利である。
③加工のバイオブリケットを長城特殊鋼鉄公司に提供して、試用することができる。
- ・欠点：少し遠い。機械設備が足りない。

(4) 華通機械工場。ここの利点と欠点は次の通りである。

- ・利点： ① 技術者と労働者がおり、利用可能な設備を備えている。
- ② 加工されたバイオブリケットを新都県に提供して、試販売するのに便利である。
- ③ 工場は道路に面しているため、交通が便利である。
- ④ 華通機械工場はバイオブリケットの件に関して、熱意をもっているので、緊密な協力ができる。
- ・欠点：少し遠い。工場の経済不景気（費用の提供が不可能）。

3.1.1.2. 実験工場の候補地の選択

バイオブリケット製造実験工場の設置候補地についてつぎの4ヶ所を指定し、総合的に評価してから、華通機械工場を選択した。

バイオブリケット実験工場（華通機械工場）は成都市新都県にある。成都市における位置は〔図1〕に示す。

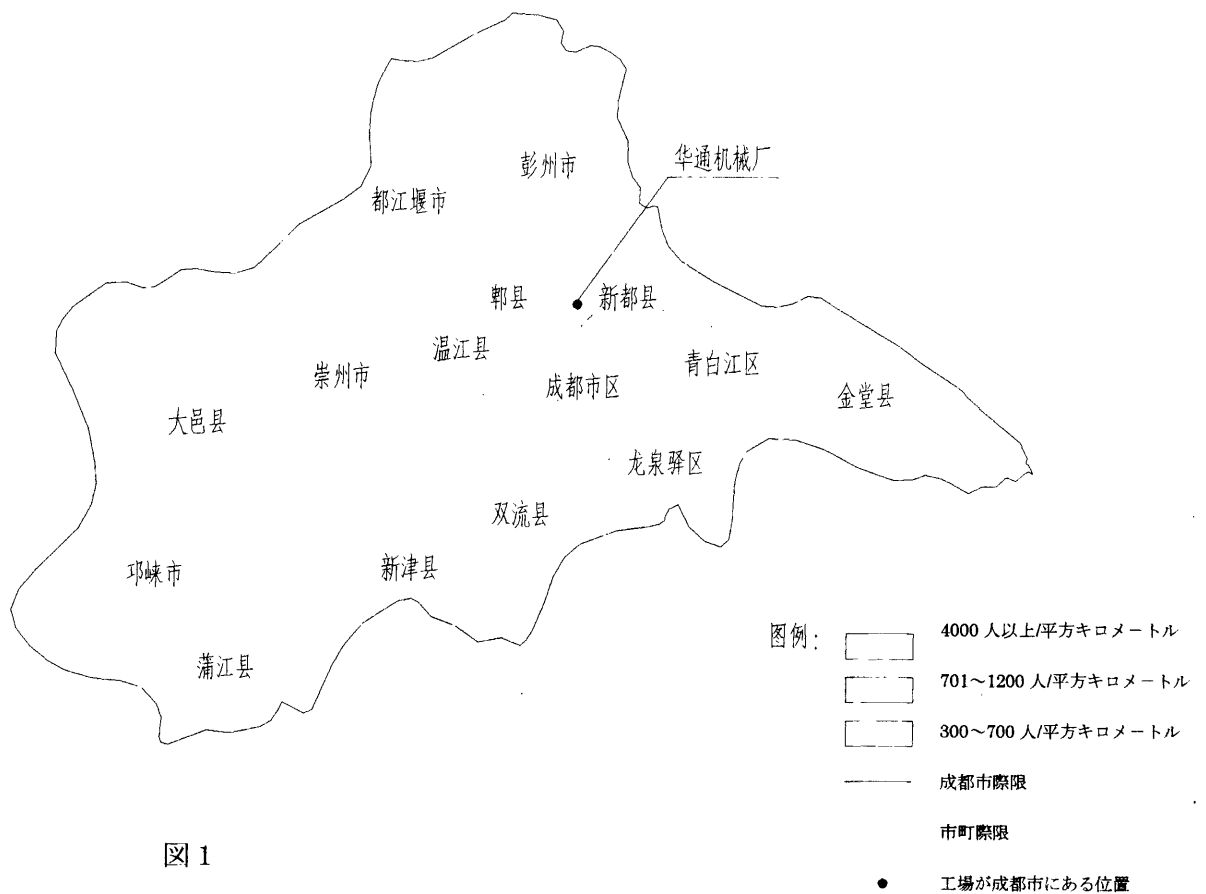
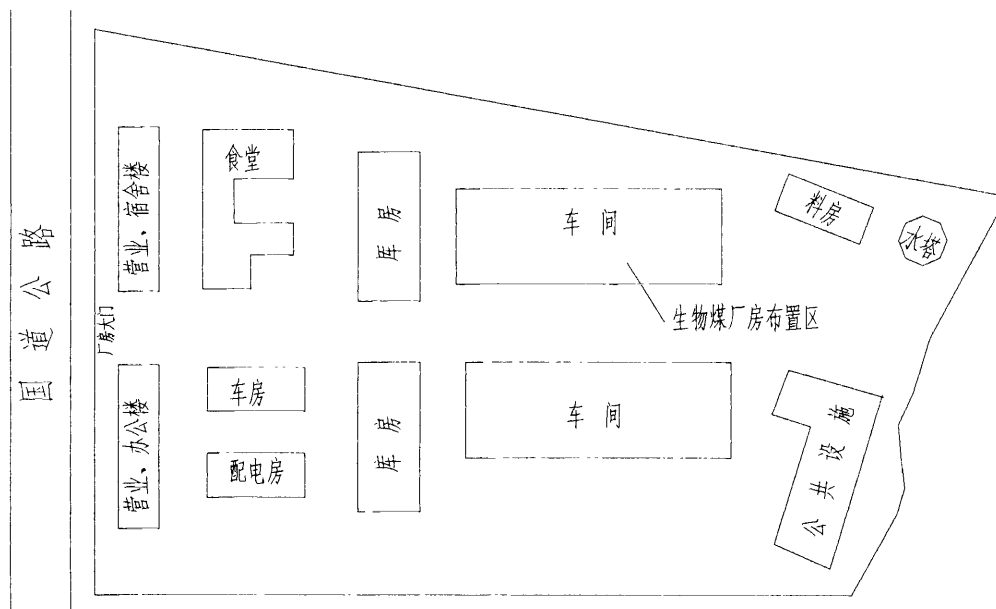


図 1

3.1.2. バイオブリケット実験工場の平面図

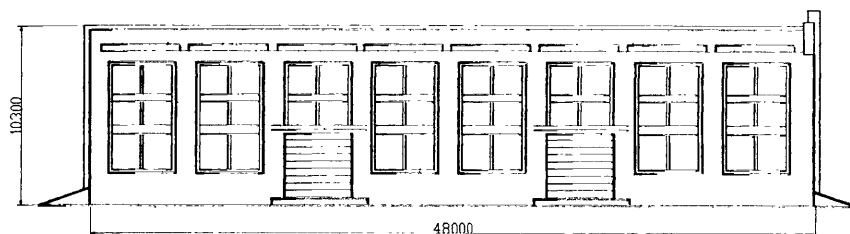
バイオブリケット実験工場（華通機械工場）の平面図は〔図2〕に示す。



「図2」華通機械工場の平面図

3.1.3. バイオブリケット実験工場の立面図

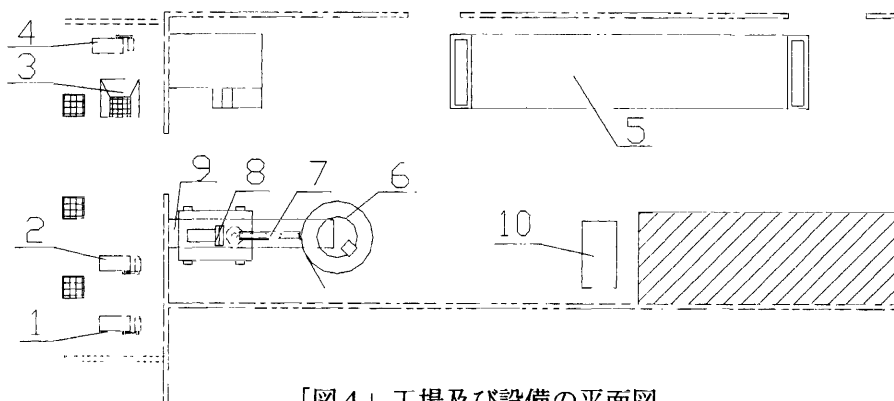
バイオブリケット実験工場（華通機械工場）の立面図は〔図3〕に示す。



「図3」華通機械工場バイオブリケット試験工場の立面図

3.1.4. バイオブリケット実験工場の加工設備システムの平面図

バイオブリケット実験工場の加工設備システムの平面図は〔図4〕に示す。



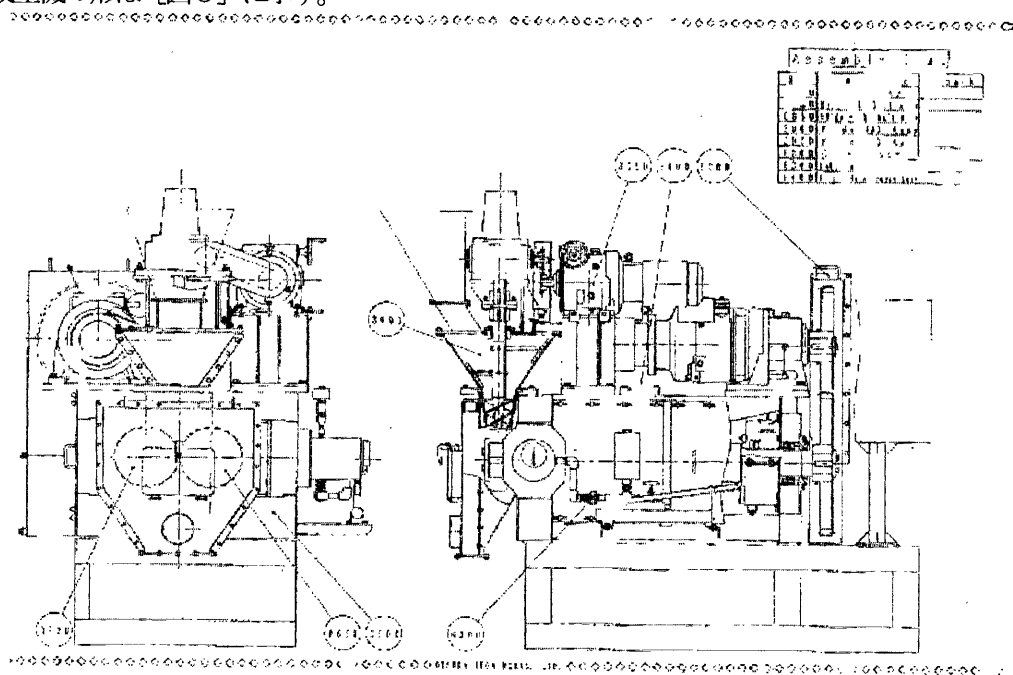
「図4」工場及び設備の平面図

- | | | |
|-----------------------|-----------|-------|
| ①脱硫剤粉碎機 | ②バイオマス粉碎機 | ③振動式篩 |
| ④石炭粉碎機 | ⑤トンネル乾燥機 | ⑥混合機 |
| ⑦ベルトコンベア
(自動磁選機含み) | ⑧ブリケット成型機 | ⑨集塵機軸 |
| ⑩軸圧縮実験機 | | |
- (⑧と⑩は日本の技術振興会から提供される)

3.2. バイوبرリケットの主体成型機及び技術条件

1、 バイوبرリケットの主体成型機 (高圧ブリケットティングマシン)

- ①主体成型機は日本慶応義塾大学が担当して、日本振興会 未来開拓学術研究推進事業から提供した設備である。
- ②主体成型機の形は [図5] に示す。

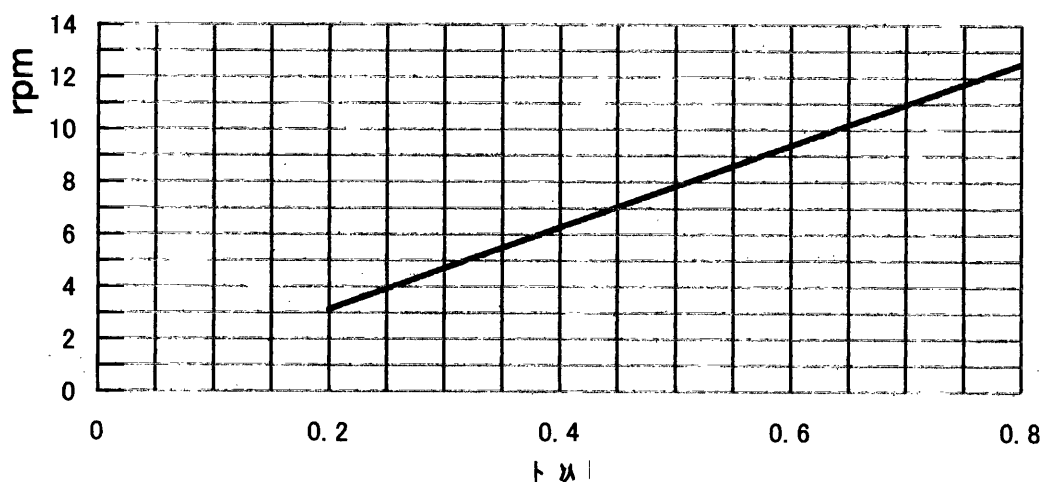


「図5」主体成型機

2、主体成型機の技術条件

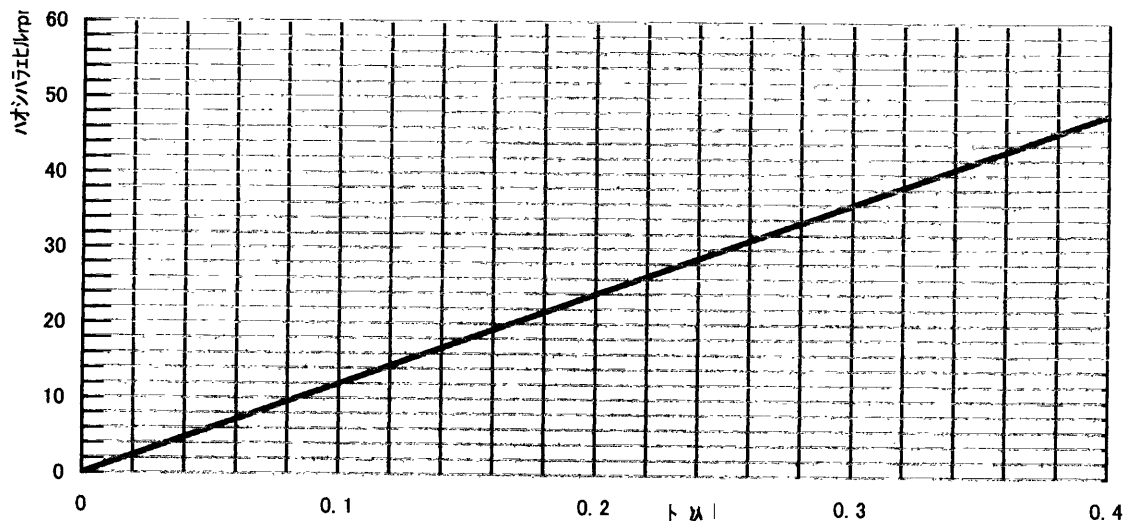
- i 主体成型機のロール回転数は [図6] の変速度目盛によって調べられる。例えば成型機は [図6] に示す変速機目盛が0.45-0.5になると、ロール回転数は7回-8回/min (rpm) になった。

「図6」K-123A 成型機ロール回転数



ii 主体成型機のフィーダ回転数は「図7」の変速度目盛によって調べられる。例えば成型機は「図7」に示す変速機目盛が0.28-0.32になると、フィーダ回転数は35回-38回/min (rpm) になった。ロール回転数

「図7」 K-123A 成型機フィーダ回転数



3.3. バイオブリケットの周辺変設備及び技術条件

- 1、周辺設備は中国の現地で製造した設備である。
- 2、周辺設備の技術条件
- 3、バイオブリケットの製造設備の技術条件を「表2」に示す。

バイオブリケットの製造設備の技術条件表

「表2」

序号	設備名称	仕様・形号	作業量 (kg/h)	電気容量 (kw)	製造国
主 機					
8	ブリケット 成型機	AC380×50HZ×3Ø 3.7KW, 5.5KW, 1台	200~250		日本国
周辺設備					
1	脱硫剤粉碎機	錘式 出口<2mm	2000	7.5kw/380v AC	中国 製
2	バイオマス粉碎機	430×380×1300 出口<2mm	300	5kw/380V AC	
3	振動式篩	二層 ステンレス容器 振動回数200回/分	500	0.5KW/380V AC	
4	石炭粉碎機	錘式 出口<2mm	2000	7.5kw/380v AC	
5	トンネル乾燥機	最高温度160°C 長さ15m	>300		
6	混合機	転動式、転動速度 60転/分	500	3KW/380V AC	
7	ベルトコンベア (自動 磁選機を含み)	滾筒式 320×630 0.40m×5m, δ=30°	200	4.0	
9	集塵機 (配套設計)	バグ式風量4800m ³ /h	静圧120pa	1.5KW	
10	軸圧縮実験機				日本国製

4. バイオブリケットの実験及びデータの解析

4.1. バイオブリケットの定義と特徴

(1) バイオブリケットの定義

バイオブリケットは石炭（褐炭から無煙炭まで広範囲に利用可能）とバイオマス（木屑、木質廃材、麦ワラ、稲ワラなどの植物繊維質）と脱硫剤を利用して混合し、 $3\sim5\text{t/c m}^2$ の高圧下で連続的に圧縮成型される豆炭である。

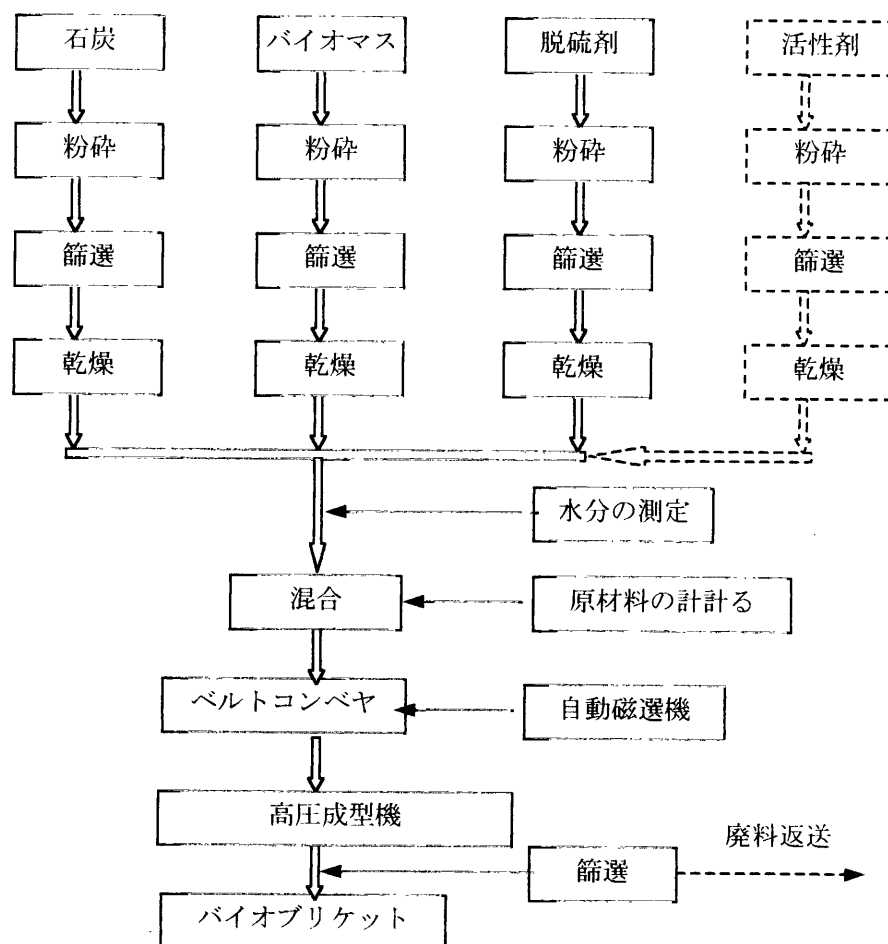
(2) バイオブリケットの特徴

次に挙げるように、バイオブリケットは経済、環境保全の面で大きな利点をもっている。

- ①バイオブリケットの着火性が良い。
- ②燃焼性が十分あり、未燃損失が少ない。
- ③燃焼の制御が便利で、燃焼も穏やかである。
- ④高い脱硫効果があり、亜硫酸気体は80%以上を減少できる。
- ⑤適応性が広いため、各種石炭の資源を利用できる。
- ⑥熱効率を高められる。

4.2. バイオブリケットの加工システム

バイオコール製造の基本フローシートを〔図8〕に示す。



〔図8〕 バイオコール製造の基本フローシート

周辺設備の説明：

- 1、磁選機磁選機を増やすという提案は、石炭、バイオマス、石灰石中に時々金属が混入する可能性がある
ので、機械の損害を避けるために、磁選機を増やす必要があることから出された。
- 2、成都市は湿度が高いため（約 90%）、乾燥設備が必要であると考えられる。日本側の資料によると、成
型機前の原材料の含水率は 5%以下である必要がある。この条件を守るためには華通工場の大型トンネル
式乾燥設備を使用できるように改造し、使用することができた。

4.3. バイオブリケットの実験及びデータの解析

4.3.1. バイオブリケットの実験

1、実験条件

(1) 原材料の選択

① 石炭の種類及び成分分析

実験するために、四川省・成都において市販されている代表的な五種類の石炭を選択して、国家認定の「国
家電力部四川省発電用煤（石炭）質量監督検閲センター」に依頼して、分析した。分析のデータは [表 3] に示す。

原材料の成分表 [表 3]

石炭の種類、出產地、					
石炭の成分	芙蓉、松藻 の混合石炭 (無煙石炭) 1 号	芙蓉石炭 (無煙石炭) 2 号	榮県石炭 (有煙石炭) 3 号	洪雅石炭 (無煙石炭) 4 号	威遠榮經石炭 (無煙石炭) 5 号
St,ad% (全硫量)	3.22%	3.46%	1.99%	0.09%	0.61%
Aad% (灰分)	31.84	33.14%	10.64%	33.77%	37.06%
Qnet,ar(J/g) (発熱量)	20975J/G	21170J/G	30920J/G	21220J/G	19219J/G
Vad% (揮発分)	10.46%	9.36%	31.07%	10.11%	21.69%
Fcad% (固定炭)	48.98%		57.57%	53.33%	38.26%
Mad% (分析水分)	2.19%	4.76%	0.72%	2.79%	2.99%

説明：

- St,ad 大気中に自然乾燥した石炭の全硫量である、%。
- Aad% 大気中に自然乾燥した石炭を燃焼した灰の量である、%。
- Aad 大気中に自然乾燥した石炭を燃焼した灰の量である、%。
- Qnet,ar 低位発熱量、J/g
- Vad 大気中に自然乾燥した石炭を燃焼した揮発分の量である、%。

F Cad	大気中に自然乾燥した石炭を燃焼した固定炭の量である、%。
Mad	大気中に自然乾燥した石炭を燃焼した水分の量である、%。

② バイオマスの種類

- i 木屑 (オガクズ) : 発熱量 17430 J/G
- ii 稲わな : 発熱量 14460 J/G
- iii 炭化木質素 : 無煙バイオブリケットを生産する場合にはバイオマスに替わる生物材である。

③ 脱硫剤 :

生石灰 (CaO) : Ca の含有量 45.51% (四川大学が分析した)。

(「国家電力部四川省発電用煤 (石炭) 質量監督検査センター」に依頼して、分析したデータである)。

(2) 原材料の割合

- ① 石炭の量の範囲 : 70-100% ;
- ② バイオマスの量の範囲 : 5-30% ;
- ③ 脱硫剤の量の範囲 : 石炭中の硫黄 (S) に対し、脱硫剤の Ca のモル比 Ca/S 1.5-2.0 程度である。
- ④ 活性添加剤、保健剤 : 高級バイオブリケットを製作する場合には添加する。

(3) バイオブリケットの主体成型機の成型の技術条件

予備実験によって、次の主体成型機の成型の技術条件が分かった。

- ① バイオブリケットの生産量 : 150-250 kg/Cm ;
- ② 主体成型機の技術条件 : ロールの回転数, フィーダ回転数, ひい圧力 ;

ロールの回転数 : 6.5-8 rpm ;

フィーダ回転数 : 35-44 rpm ;

ひい圧力 : 170-175 kgf/cm² ;

(4) 周辺設備の技術条件及び技術要求

① 原材料の水分の測定

バイオブリケットの成型のためには、原材料の水分の把握が重要である。大体5%以下になるという条件がある。これには、水分の測定機を使用した。

② 原材料の乾燥

原料の湿度は高すぎると、乾燥することがある。乾燥の方法は二つを採用した。

- i 自然乾燥法
- ii トンネル式乾燥機

トンネル式乾燥機を採用した条件は次の通りである。

石炭の乾燥の厚さ 5-6 mm, バイオマスの厚さ < 10 mm である。

石炭の乾燥の温度 120°C-150°C で、乾燥時間 5-10 分間、バイオマスの温度 100°C で、乾燥時間 3-5 分間である。

③ 原材料の粉砕

原材料の粒径は < 2 mm でなければならない。そのために、原材料を粉砕した。

④ 篩選

原材料の粒径の条件を満足させるために、混合する前に振動式篩で篩選した。(>2mm の雑質を除去する)

⑤磁選

石炭、バイオマス、石灰石中に時々金属が混入する可能性がある。機械損害を避けるために、磁選機を増やす必要がある。

⑥配料（原材料の準備）

配料する前に、原炭の含硫量、発熱値、灰分、及び石灰の中に Ca の含有量等重要なデータが確認されるはずである。配料するために、次の方法で各原料の比率を計算する。（注 バイオマスの質量を 15-30%にする）

$$D=B[a \times y_1 + (100-a) \times y_2] / 40 \times$$

其中：	y1%	原炭の含硫率
	y2%	木屑の含硫率
	x %	石灰の含 Ca 率
	a % : (1-a %)	原炭と木屑の割合
	B	原炭とバイオマスの混合物、(単位 kg)
	D	需要の脱硫剤 (単位 kg)

⑦原材料の混合

原材料を十分に混合するために、混合の時間は>10分になった。

⑧製品の包装を良く考えることが必要である。

4.3.2 バイオブリケットの実験及びデータの解析

4.3.2.1 実験の主な内容

- ① 強度実験；
- ② 脱硫効果の実験；
- ③ 着火性の実験；

4.3.2.2 実験の結果

4.3.2.2.1 硬度実験

① バイオマスの種類と割合による硬度試験。

バイオマスの種類と割合から、バイオブリケット強度はバイオブリケットにとって、重要な条件の一つである。日本での経験によって、80kgf ぐらいが適宜であることがわかっている。硬度は高すぎると燃焼が難しくなるが、低くなると破壊され易い。そのために、次のような強度試験をした。ブリケットの硬度は[表5]に示す。

採用した石は「成都石炭会社」で買った芙蓉鉱山と松藻鉱山の混合無煙石炭である。

バイオブリケットの硬度試験表 [表4]

序号	原材料の割合 (石炭：木屑：稲わな)	ロール 回転数 (rpm)	フィーダ 回転数 (rpm)	背圧力 Kg/Cm ²	製品の 硬度 kgf	生産量 時間/ min	重量 g/個	石炭の種類
1	80:20:0	8	38	175	50			芙蓉と松藻の 混合
2	80:20:0	7	35	175	62			
3	75:25:0	7	35	175	71	43:14.4		

4	80:0:20	7	35	175	114			
5	80:15:5	6.5	33	170	60	59:20	9.9	
6	80:15:5	6.5	40	170	65	59:20	11.2	
7	75:15:5	6.5	40	170	110	63:22	10	
8	70:30:0	6.5	40	170	65	71:25	9.8	
9	70:30:0	6.5	44	170	75			
10	70:25:5	6.5	44	170	100			
11	100:0:0 無生物質	7	40	170	18	50:18	11.5	
12	80:15:5	6.5	44	170	70		10	
13	80:15:5	6.5	44	170	75		10	
14	80:20 (石炭： 炭化木質素)	6.5	44	170	50			

(注) 第11回の試験時にバイオマスなし

第12回の試験時に煙炭 (S%=1.99%) が使用される

第13回目の試験時に芙蓉混合炭 (S%=2.72%) が使用される

第14回目の試験時に芙蓉原炭 (S%=3.46%) が使用される、バイオマスなし、石炭炭化木質素を添加して、無煙バイオブリケットを加工した。

② 試験の結果分析

a) バイオブリケットの強度に対して、バイオマスの種類が重要な条件である。その中でも、繊維が長いものの方が硬度が高いことがわかった。例えば稲ワラは効率が良かった。

b) バイオマスを添加しなかった製品の硬度は約18kgfであった。(序号11番の試験)

c) 無煙バイオブリケットを加工する時、バイオマスは添加せず、木質素を添加した。バイオブリケットの硬度は50kgfになった。

③ 硬度対比試験

バイオブリケットと原炭の硬度の対比試験結果を〔表5〕に示す

バイオブリケットと原炭の硬度対比試験表 〔表5〕

序号	バイオブリケットの硬度 (kgf)	原炭硬度 (kgf)
1	126	10
2	88	6

④ 試験結果分析

バイオブリケットを生産する塊状原炭の硬度と加工してからのバイオブリケットの硬度を比べるとバイオブリケットの方が硬度が高かった。

4.3.2.2.2. バイオブリケットの固硫率（脱硫効果）の試験

バイオブリケットによるSO₂排出抑制及び残留硫黄測定の実験をするために、芙蓉松藻の混合石炭（無煙炭）、芙蓉炭及び四川榮県（有煙炭）の3種類の石炭を用いて試験を行った。SO₂抑制の測定方法は、同じコンロ、同じ重量のバイオブリケットと石炭をそれぞれ完全に燃焼して、コンロから排出するSO₂の測定によって行った。残留硫黄の測定同様に燃焼した物について残留灰の硫黄含量を測定した。

4.3.2.2.2.1. 実験一

（一）実験条件A

（1）原材料の選択

① 石炭の種類：

バイオブリケットの一つ特徴は高い硫黄固定効果である。そのために高い硫黄含量の芙蓉炭、松藻炭の混合石炭を選択した。石炭の成分は[表6]に示す、通りである。

表6 石炭の成分表

石炭の種類 及び出產地	全硫量		灰分		発熱量 Q _{b,ad} (J/g)	揮発分		固定炭 FC _{ad} %	分析水分 M _{ad} %
	St _{ad} %	St _d %	A _{ad} %	A _d %		V _{ad} %	V _d %		
芙蓉松藻の混合石炭(無煙石炭)	3.13	3.22	38.37	39.23	19870	10.46	10.69	48.98	2.19%
バイオブリケット	2.41		35.96	37.21	17710	25.83	26.73	34.85	3.36
測定部門	説明：測定部門は中国国家電力公司四川省地区電用煤質量監督檢驗センターであった。								

② バイオブリケットの種類

i 木屑（オガクズ）：発熱量 17430J/G

ii 稲ワラ：発熱量 14460J/G

② 脱硫剤：（資料では今まで、バイオブリケットの脱硫剤はほとんどCaOあるいはCa(OH)₂を採用している。）

今回の実験の脱硫剤は生石灰（CaO）である。Caの含有量45.51%。

（2）原料の割合

① 石炭の量：70%

② バイオマス：14%（木屑：稲ワラ=11：3）

③ 脱硫剤の量：石炭中の硫黄（S）に対する、脱硫剤のCaのモル比Ca/S=2.5/1

④ 今回の実験の原材料の重量の割合：石炭：バイオマス：CaO=70：14：16

（3）原材料の水分：混合する原材料の水分は5%～8%であった。乾燥には、トンネル式乾燥機を採用した。

（4）原材料の粒径を<2mmとするために粉碎機を用いた。

（5）作った実験用バイオブリケットの成分を[表1]に表す

（6）バイオブリケット成型機の作動条件：

① ロールの回転数：6.5（rpm）

② フィーダ回転数：40（rpm）

③ 背圧力：170kgf/cm²

（7）バイオブリケットの硬度：110kgf

(二) 実験の方法

(1) 燃焼方式

- ① 燃焼器具：2台の家庭用調理石炭コンロを製作して使った。
- ② 燃料：同等重量のバイオブリケットと石炭を使用して、同じコンロ、同じ条件で燃焼して、固硫（脱硫）率を測定した。

(2) 固硫（脱硫）率の測定方法

固硫率と脱硫率の測定には次のそれぞれの方法を採用した。

① 脱硫率の測定方法

この方法は同じコンロを用いて同じ重量のバイオブリケットとバイオブリケットの原料をそれぞれ完全に燃焼して、コンロから排出する SO_2 を測定する。

② 固硫率の測定方法

これらの方法は同じ量のバイオブリケットの含硫黄量と、バイオブリケットを完全に燃焼して得られた灰の含硫黄量をそれぞれ分析して、固硫率を計算する。

(三) 実験条件Aによる実験結果

(1) 脱硫率の測定実験：バイオブリケットの脱硫効果の実験。

- ① バイオブリケットと原炭中の SO_2 の排出量及び濃度：[表7] 及び (図9)、(図10) に表す。

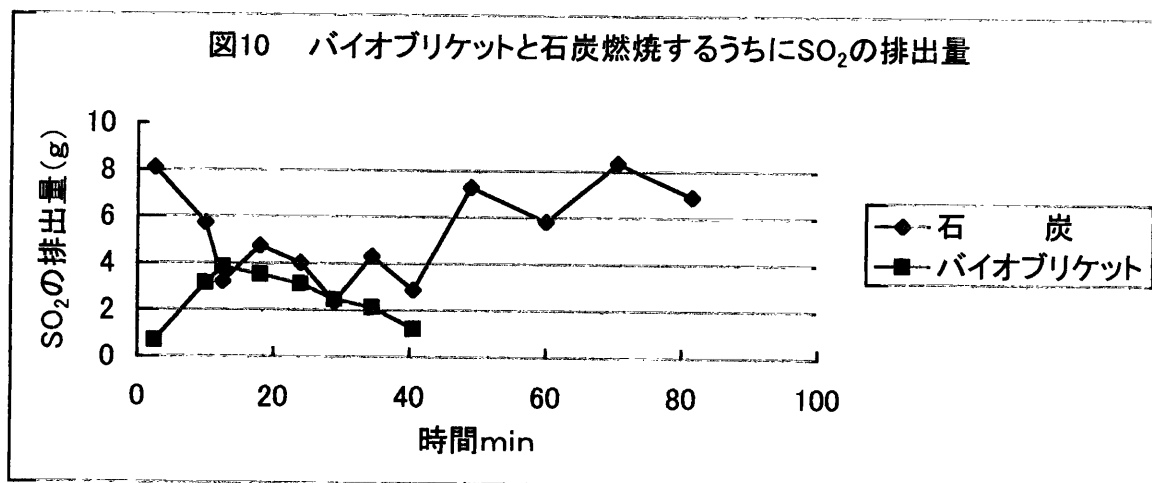
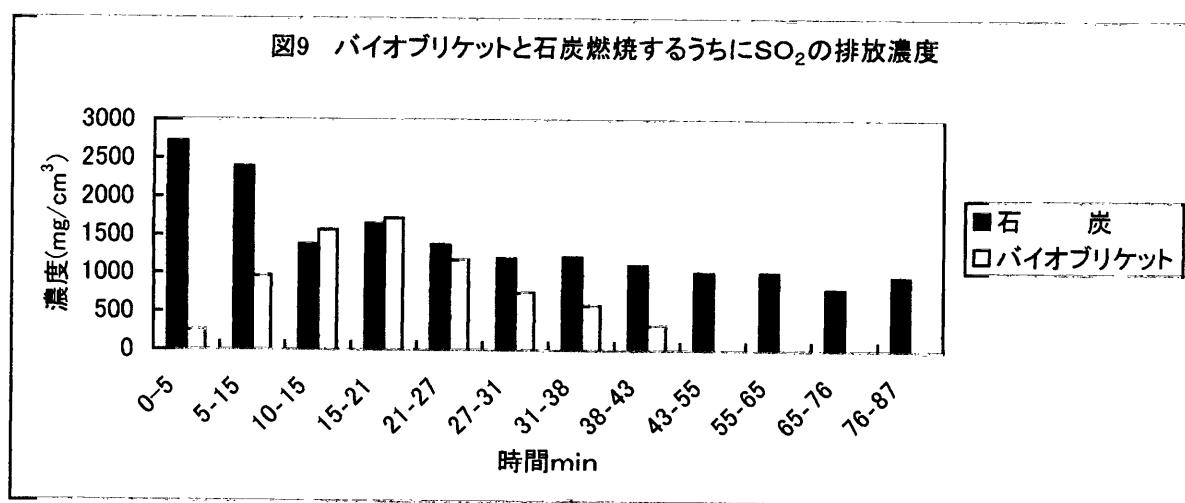
表7 バイオブリケットと原炭の排気中の SO_2 の排出量及び濃度

序号	時間	石炭		時間	バイオブリケット	
		濃度 mg/m^3	排出量 g		濃度 mg/m^3	排出量 g
1	0-5	2719	8.108	0-6	255	0.719
2	5-10	2396	5.753	6-13	968	3.178
3	10-15	1379	3.235	13-18	1568	3.852
4	15-21	1649	4.777	18-22	1716	3.530
5	21-27	1379	4.052	22-27	1177	3.151
6	27-31	1198	2.407	27-33	749	2.496
7	31-38	1220	4.341	33-39	584	2.143
8	38-43	1104	2.890	39-45	325	1.238
9	43-55	1104	7.297	45-51	検量線以下	
10	55-65	1017	5.848	51-57		
11	65-76	799	8.363	57-63		
12	76-87	962	6.925	63-87		
計			60.996			20.307
脱硫率：(60.996-20.307) / 60.996 = 66.7%						

* 四川省環境保護局監測センターによる測定

** 脱硫率 = (石炭燃焼時の総排出量 - バイオブリケット燃焼時の総排出量) / 石炭燃焼時の総排出量

② 脱硫率の測定結果



- i バイオブリケット燃焼時 SO₂ 排出濃度は正態函数曲線の分布になった。SO₂ の最大濃度値は燃焼開始後 18 分で 1716mg/m³ になり、1kg のバイオブリケットから排出した SO₂ の総重量は 20.307g であった。
- ii 原炭の燃焼では最大濃度は燃焼の初期階段であった。SO₂ 最大濃度値は 2719mg/m³ で、1 k g の原炭から排出した SO₂ の総重量は 60.996g であった。
- iii バイオブリケットの脱硫率は 66.7% であった。

(2) 固硫率の測定実験： バイオブリケットの固硫効果の実施

1) 燃焼方法：BB その原料炭の同量をそれぞれ完全に燃焼して、残った灰の含硫量を分析し、固硫率を計算する。

2) 測定方法及び測定部門：

測定部門：国家電力公司四川省地区電用煤質量監督檢驗センターである。

檢驗の標準方法： G B/T 214—1996

檢驗用機器： 自動定硫儀： K 8 7 0 0 4 9

電子天秤： 41208896

3) 固硫率の測定実験の効果：

バイオブリケットの重量は1kg で、全硫量 S_t 、 $d=2.58\%$ ；

バイオブリケットの燃焼灰の重量0.498kg で、全硫量 S_t 、 $d=2.89\%$ ；

バイオブリケットの固硫率の計算：

$$0.498 \times 2.89 / 1 \times 2.58 = 55.8\%$$

(3) 固硫率と脱硫率の比較

同じバイオブリケットと原炭を用いて同じ燃焼器具で燃焼した。脱硫実験1 (SO_2 測定によるもの) と固硫実験2 (残留灰中のSの測定によるもの) から得た脱硫率及び固硫率はそれぞれ66.7%及び55.8%であった。燃焼試験によると練炭のいろいろな利点がわかった。しかし、成都のような中国南部の都市では一般民家には煙突の設備がないので、脱硫率を向上させる必要があり、そのために次の脱硫効果改善実験を行った。

4.3.2.2.2. 実験二

バイオブリケットの固硫(脱硫)効果の深化実験

試験の特徴は、従来の脱硫剤を添加すると同時に、反応促進剤、酸化剤、助燃剤などの活性剤も添加して実験したことである。実験の結果によると、硫黄固定率、脱硫率を高めることができた。

(一) 実験条件B

(1) 原材料の選択

① 石炭の種類：

石炭の成分表

[表8]

石炭の種類出產地	全硫量 $S_t, a d\%$	灰分 $Aad\%$	発熱量 $Q_{b.a d} (J/g)$	揮発分 $Vad\%$	分析水分 ($M a d\%$)
芙蓉石炭 (無煙石炭)	3.46	33.14	21170	9.36	4.76
バイオブリケット	2.38	34.66	17570	29.00	5.88
測定部門	説明：測定部門は中国国家電力公司四川省地区電用煤質量監督檢驗センターであった。				

② バイオブリケットの種類

実験条件 (A) と同じ

③ 脱硫剤：

実験条件 (A) と同じ

④ 活性添加剤を添加した。

(2) 原料の割合

- ① 石炭の量：70%
 - ② バイオマス：14%（木屑：稲ワラ＝11：3）
 - ③ 脱硫剤の量：石炭中の硫黄（S）に対する、脱硫剤のCaのモル比Ca/S＝2.5/1
 - ④ 今回実験の原材料の重量の割合：石炭：バイオマス：CaO＝70：14：16；
 - ⑤ 活性添加剤の量は約バイオブリケットの1%を占める。
- (3) バイオブリケットの硬度：80kgf

（二）実験の方法

実験条件（A）と同じ

（三）実験結果

活性バイオブリケットの脱硫効果の深化実験

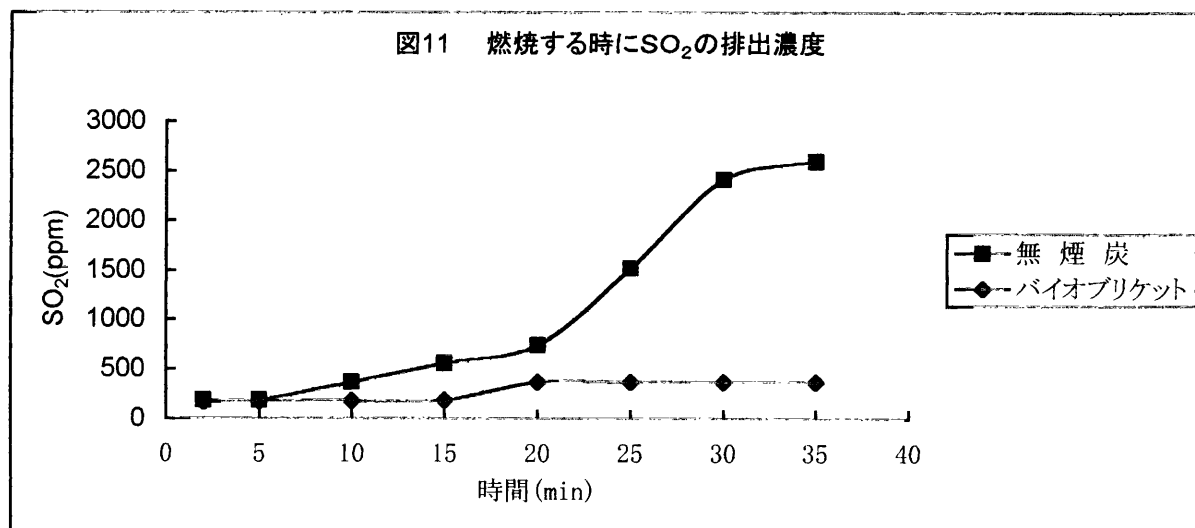
（1）脱硫率の測定実験：

- ① 同じコンロを用いて、同じ重量のバイオブリケットとその原料炭を完全燃焼して、コンロから排出するSO₂を測定する。結果を表9及び図3に表す。

表9 バイオブリケットと原炭のSO₂排出濃度（ppm）

燃焼 時段	2	5	10	15	20	25	30	35	40
原炭	186	186	371	558	743	1815	2414	2599	
生物炭	<186	<186	<186	186	371	371	371	371	371

② 実験結果



バイオブリケットの脱硫率は約85%であった。

（2）固硫率の測定実験：

- 1) 実験方法：同じ量の石炭とその石炭で作ったバイオブリケットをそれぞれ完全燃焼して、残った灰の含硫量を分析し、固硫率を計算する。
 - 2) 測定方法及び測定部門：
- 測定部門：国家電力公司四川省地区電用煤質量監督檢驗センターである。

検験の標準： G B/T 214-1996

検験用機器： 自動定硫儀： K 8 7 0 0 4 9

電子天秤： 41208896

3) 実験の固硫効果：

バイオブリケットの重量は1kg で、全硫量 $S_{t,d}=2.38\%$ ；

バイオブリケットの燃焼灰の重量0.370kg で、全硫量 $S_{t,d}=4.44\%$ ；

バイオブリケットの固硫率の計算：

$$0.370 \times 4.44 / 1 \times 2.38 = 69\%$$

(3) 固硫率と脱硫率の対照

脱硫率と固硫率はそれぞれ85.7%と69%であった。

4.3.2.2.3. 実験三

バイオブリケットの固硫（脱硫）効果改良実験

(一) 実験条件C

(1) 原材料の選択

① 石炭の種類：

石炭の成分表

[表 10]

石炭の種類出產地	全硫量 $S_{t,d} \%$	発熱量 $Q_{b,a,d} (J/g)$
有煙石炭	1.99	30920
バイオブリケット	1.19	
測定部門	説明：測定部門は中国国家電力公司四川省地区電用煤質量監督検験センターであった。	

② バイオブリケットの種類

実験条件Bと同じ

③ 脱硫剤：

実験条件Bと同じ

④ 活性添加剤を添加した。

(2) 原料の割合

① 石炭の量：73%

② バイオマス：18%（木屑：稲ワラ=13.5：4.5）

③ 脱硫剤の量：石炭中の硫黄（S）に対する、脱硫剤のCaのモル比 $Ca/S=2/1$

④ 今回実験の原材料の重量の割合：石炭：バイオマス：CaO=73：18：9

⑤ 活性添加剤の量は約バイオブリケットの5%を占める。

その他同じ実験条件B

(3) バイオブリケットの硬度：70kgf

(二) 実験の方法

実験条件Bと同じ。

(三) 実験結果

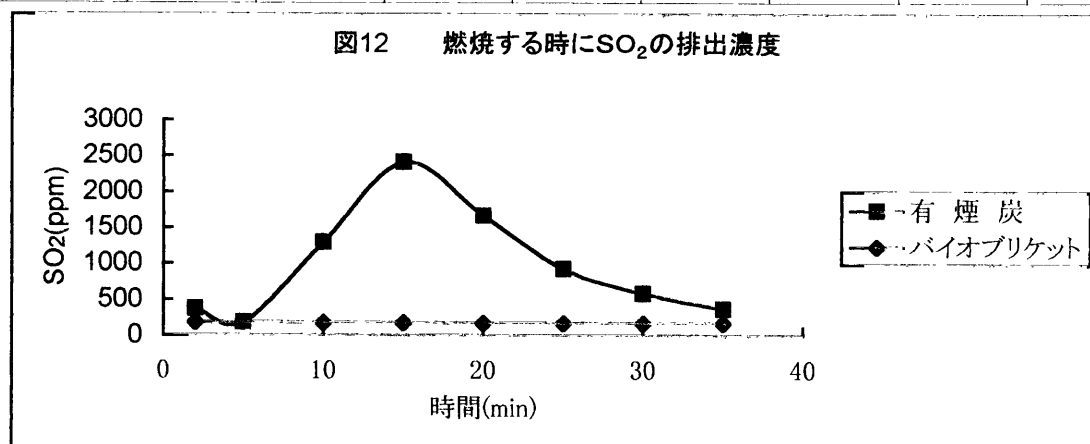
バイオブリケットの脱硫効果の実験

(1) 脱硫率の測定実験：

- ① バイオブリケットと原炭のSO₂の排出量及び濃度を〔表11〕及び図4に表す。

表11 バイオブリケットと原炭の中にSO₂の排出量及び濃度

燃焼 時段	2	5	10	15	20	25	30	35
原炭	371	186	1299	2413	1671	928	583	371
生物炭	186	186	186	<186	<186	<186	<186	<186



② 実験結果

バイオブリケットの脱硫率は89.63%であった。

(2) 固硫率の測定実験：

- 1) 実験方法：同じ量の石炭と石炭で作ったバイオブリケットをそれぞれ完全に燃焼して、残った灰の含硫量を分析して、固硫率を計算する方法である。

2) 測定方法及び測定部門：

測定部門：国家電力公司四川省地区電用煤質量監督檢驗センターである。

檢驗の標準：GB/T 214-1996

檢驗用機器：自動定硫儀：K870049

電子天秤：41208896

3) 実験の固硫効果：

バイオブリケットの重量は1kgで、全硫量S_t、d=1.19%；

バイオブリケットの燃焼灰の重量0.331kgで、全硫量S_t、d=3.43%；

バイオブリケットの固硫率の計算：

$$0.331 \times 3.43 / 1 \times 1.19 = 95.4\%$$

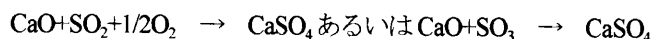
(3) 固硫率と脱硫率の対照

同じバイオブリケットと原炭を用いて、同じ燃焼器具と燃焼方法で実験を行った、脱硫率と固硫率はそれぞれ 89.63%と 95.4%であった。これらの結果は実験三及び実験四より高く良好であった。ただ原炭含硫黄率は2%以下 (1.99%) であった。

4.3.2.2.2.4. バイオブリケットの固硫（脱硫）の効果と原理

4.3.2.2.2.4.1. バイオブリケットの固硫（脱硫）原理

1) バイオブリケットは燃焼するうちに、脱硫剤 CaO と SO_2 が化学反応によって固硫する。

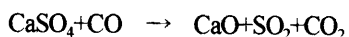


2) 固硫率に影響する原因は次のとおりです。

①燃焼の温度：

(i) 燃焼の温度が 800°C になると、固硫（脱硫）効果が最高となり約 82%になる。

(ii) 燃焼の温度が 800°C 以上になると、固硫した産物 CaSO_4 が CO による還元分解反応を起こす。



(iii) 燃焼の温度が 1200°C 以上になると、 CaSO_4 が分解する。



練炭の燃焼時には燃焼温度は 1000°C 以上になる場合が多い。

②酸化反応で生成する CaSO_4 のモル体積は CaO のモル体積の 3 倍になる。そのために反応中 CaO 顆粒の表面気孔が閉塞されて、 SO_2 の拡散に影響し、固硫率が低くなる。しかし BB ではバイオマスがあるのでこれが石炭より前に燃焼して、空隙度が高く、この影響は少ないと判断した。

4.3.2.2.2.4.2. バイオブリケットの固硫（脱硫）効果の深化実験の解析

脱硫剤 (CaO) だけを添加して作ったバイオブリケットの脱硫（固硫）率は 66.7%と 55.8%であった。こうしたの脱硫効率は練炭の脱硫効果 37.3%より、約 45%高いが、中国の南部の住宅は調理用、さらには暖房用の石炭コンロにも煙突が附いてないので、バイオブリケットを普及するために、脱硫（固硫）率を高めなければならないことがわかる。そのために、脱硫剤 (CaO) を添加すると同時に、反応促進剤、酸化剤、助燃剤などのような活性添加剤を添加する実験をした。この改良実験の結果、このような活性バイオブリケットの硫黄固定率、脱硫率を高めることがわかった。

(1) 活性添加剤を添加した活性バイオブリケットの脱硫（固硫）効果

結果はそれぞれ：

実験一 脱硫率	実験二 固硫率	実験三 脱硫率	実験四 固硫率	実験五 脱硫率	実験六 固硫率
66.7	55.8	85.7	69	89.63	95.4

活性添加剤を添加する活性バイオブリケットの脱硫（固硫）効果はバイオブリケットより高くなった。

(2) 活性添加剤の脱硫固硫原理の解析

バイオブリケットの固硫反応は典型的な酸化反応で S の酸化数化合価 4 + は 6 + に酸化する。活性添加剤の塩類の役割は酸化反応の促進である。 CaSO_4 の分解反応を抑制する効果がある。 CaSO_4 はバイオブリケットの燃焼灰中に存在する。

活性添加剤中の酸化剤と助燃剤は酸化と助燃剤の働きをするので、添加剤を加えたバイオブリケットの熱効率も高められる。

4.3.2.2.5. 脱硫実験の結論

1) 脱硫剤 (CaO) だけを添加するバイオブリケットの脱硫率と固硫率はそれぞれ66.7%と55.8%であった。

脱硫剤 (CaO) を添加すると同時に酸化剤、催化剤及び助燃剤などの活性添加剤を増加して、作った活性バイオブリケットの脱硫率と固硫率は無煙炭では85.7%と69%、有煙炭の場合には89.63%と95.4%になり、活性バイオブリケットの脱硫率は普通のバイオブリケットより、高くなった。

2) 実験の結果によると、活性バイオブリケットではSO₂の臭いが極めて弱くなった。したがって中国製の練炭燃焼の臭気を除くことに役立つと考える。

4.4. バイオブリケットと石炭の燃焼特性の対照実験

- ① 実験の結果を表14に示す。
- ② 実験データの解析バイオブリケットの燃焼特性は石炭の燃焼特性より良かった。
- ③ バイオブリケットと石炭の点火実験によって、バイオブリケットは二枚の新聞紙で6分間に点火できたが、石炭のほうは9分間も点火できなかった。
- ④ バイオブリケット固体燃料でも点火できた。

表 14 バイオブリケットと原煤の燃焼特性的比較

項目	記号	単位	バイオブリケット	原炭
着火性	T _D	Min	3	5
火焰出現のまでの時間	T _S	Min	4	8
強火力維持時間	T _W	Min	41	35
炊事可能時間	T _K	Min	51	43
総燃焼時間	T _R	Min	97	71
平均炉煙温度	tb	℃	682	385

注：

使用の木材：0.2kg

バイオブリケットと原煤の用量：1kg

コンロ：一般家庭用コンロ；

4.5. 実験の結論

バイオブリケットと石炭の強度実験や脱硫効果の実験、燃焼特性の対照実験などを実施して、各種のバイオブリケットの加工条件と性能がわかった。成都市にある実験工場以下各種類のバイオブリケットを加工することができた。

1、脱硫効率は60—80%，強度>80kgf，点火し易い、燃焼特性が良いバイオブリケットを加工できた。

2、脱硫効率は>80%，強度>80kgf，点火し易い、燃焼特性が良いバイオブリケットを加工できた。

3、脱硫効率は>80%，強度50—60kgf，点火し易い、燃焼特性が良い、無煙排出のバイオブリケットを加工できた。

4、脱硫効率は>80%，強度>80kgf，点火し易い、燃焼特性が良い、匂いが保健的なバイオブリケットを加工できた。

5. 経済分析

5.1. バイオブリケット試験工場の生産コストと経済評価

1. バイオブリケットの生産コスト分析（生産コストを表15に示す）

表15 バイオブリケット生産コストの計算表

製品名称	バイオブリケット			仕様		
単位	T	生産量		使用包装		渡す場所
コスト概算						
コスト種類	材料名称		単位	数量	単価	金額
補助燃焼材料及び動力	原粉炭		Kg	664	0.095	63.08
	石灰粉		Kg	170	0.15	25.50
	木屑		Kg	124.5	0.15	18.68
	稲ワラ		Kg	41.5	0.05	2.00
	電力		KWH	131.0	0.57	74.67
	運送料					35.73
合計						219.66
人件費						30.00
合計						30.00
総コスト						249.66

計算の方法

1) 原材料のコストの統計

① 石炭

a 鉱山現地の石炭価格 95 元/トン

b 卸売り価格（運送費用を含み）150 元/トン

② 生石灰（粉末状の生石灰）

a 鉱山現地の石炭価格 150 元/トン

b 市場販売価格 200 元/トン

③ 木屑

木屑等バイオマスの価格 50-180 元/トン（ここで150 元/トンで計算する）

2) バイオブリケットの原材料の割合

普通は原炭：バイオマス：石灰＝80：15：5である。

3) 設備の電力消費量

a) 粉碎原炭 仕事率 10Kw 1.5 トン/1 時間

b) バイオマス粉碎機 仕事率 10Kw 1.5 トン/1 時間

c) 混合機 仕事率 5.5Kw 250kg/1 時間

d) ベルトコンベヤ 仕事率 2.2Kw 200kg/1 時間（成型機による）

e) 成型機 仕事率 9.1Kw 200kg/1 時間

- f) 集塵機 仕事率 2.2Kw (運転継続時間によって計算する)
- g) 乾燥設備 仕事率 2.2Kw 65kg/1時間 (木屑のみを乾燥することが必要である、)
- 4) 成型機は200kg/1時間を運転するために三人の労働者が要る。

2 市場価格の調査

- ① 調理用レストランに提供して、使用してもらった結果、バイオブリケットが良い評判だった。250-300 元/トンの価格に対し、売れるという結論に至った。
- ② 生活用ボイラ-に提供して、使用した結果も良かった。250 元/トンの価格に対して、売れる結論に至った。

3 実益分析

- ① バイオブリケットの生産量が200kg/1時間で、その市場販売価格が265 元/トンで計算する。1年間の生産量が1000 トンになると利潤は $(265 - 250) \text{ 元} \times 1000 \text{ トン} = 2.5 \text{ 万元}$ で、利潤率が $(265-250) / 250 = 6\%$ 。
- ② バイオブリケット試験工場の成型機と周辺設備の価格は約 250 万元だった。この費用は高過ぎだった。コストを削減することはできなかった。

5.2. 一年間の生産量が一万トンのバイオブリケット工場の経済実益の概算

- 1、 私達は、国の機械加工企業の加工能力、加工コストの各面を調査して、年生産量が一万トンになるバイオブリケット工場の経済実益の概算をした。
- 2、一年生産量が一万トンになるバイオブリケット工場の設備のコストを計算する費用は(表16)に示す。

表 16

設 備		数量	単価 (万円)	価格 [万円]	合計 [万円]
主体成型設備		1	200	200	200
周 辺 設 備	ベルトコンベヤ	1	3	3	34.1
	磁選機	1	0.8	0.8	
	バイオマス粉砕機	1	1	1	
	石灰粉砕機	1	0.9	0.9	
	乾燥機	1	20	20	
	混合機	1	3.4	3.4	
	原炭粉砕機	1	0.8	0.8	
	振動式篩	1	3	3	
	集塵機	1	1.2	1.2	
総 計	234.1 万円				

(5) 社会、環境の役割

成都地区稲ワラ、麦ワラの利用前景

成都地区において、毎年大量の稲ワラ、麦ワラが発生する。今まではこれらの稲ワラ、麦ワラの適切な利用方法がなかった。そのため、現地の農民たちは無管理に焼却し、大量の煙と粉塵を排出し、深刻な大気汚染へとつながった。そうした汚染により、成都市空港に大きな影響を与え、時には飛行機が運行できなくなった。

中国農村部は、1996 年に稲ワラ、麦ワラを燃焼することを禁止する政策を打ち立てた。それと同時に、四川

省、成都市の関係部門は、この問題に注目し、様々な解決方法を考察している。例えば稲ワラ、麦ワラを細かくして、土壌に返還し、自然に腐食させ、肥料とする方法があったが、色々な原因によって、普及することはなかった。

これまで具体的な解決策がなかったが、もし、稲ワラ、麦ワラをバイオマスとすることができ、木屑に変わることができれば、バイオブリケットのコストが下がり、原料も豊かになり、大気汚染を改善できる。これは非常に良いことである。

6. 下年度（1999 年）研究計画の意見

6.1. バイオブリケットの鑑定会の開催

何度も試験と測定を行い、バイオブリケットの配料方法と特性を把握しておくために、バイオブリケットの資料を整理して、鑑定会の開催が準備されているところである。バイオブリケット技術が国内の技術部門に是認され、以後の仕事の基礎を築くために、1999 年までに製品鑑定会の開催が準備されている。

6.2. バイオブリケットの深刻試験

1、現段階でのバイオブリケット研究における問題

①バイオブリケット燃焼開始時に、煙が出る

②バイオブリケットの点火方法の研究

③バイオブリケットの配料方法を改善するには四川省以外の原炭で続いて試験するつもりである。

2、含硫量<2%の原炭に対して、バイオブリケットの効果は顕著だが、含硫量>2%の原炭に対して、バイオブリケットの効果は明らかではないことから、硫を固定するために他の添加剤を添加することが必要である。そのため、添加剤の開発することが主な課題である。

6.3. コンロの研究開発

現段階ではバイオブリケット用コンロが開発されたところである。コンロの形と燃焼効率がまだ満足がいかないため、さらに下段階の研究を続ける必要がある。（今までに、4口、9種類、11個のコンロも開発された。）

6.4. 市場の調査及び開拓

今度の市場開拓（バイオブリケットと生産設備の市場開拓）の基礎を築くためにバイオブリケット及び生産設備について、初歩の市場調査を実施した。但し、行った市場調査が十分でなかったため、1999 年に調査方案も制定された。それは、次の通りである。

1、全国の地域の石炭（特に高硫炭）の使用状況を分析すれば、バイオブリケットの潜在市場を把握することができる。

2、全国の石炭鉱山（特に中小規模な石炭鉱山）が不景気な地域において、バイオブリケットの開発は有効な方法であり、中小規模な石炭鉱山で生産した粉炭が販売されることによってその解決を図ることができる。そのために、1999 年の中小規模な石炭鉱山の調査を実施して、中小規模な石炭鉱山にバイオブリケットの技術を利用させることが必要である。

6.5. 成型機の試生産

バイオブリケットの試験をして、配料方法を把握し、中国でその設備の生産能力を調査した後で、1999 年までに成型機の試生産を準備するつもりである。

7. 結 び

バイオブリケットの調査によると、石炭の燃焼による中国の大気汚染現状は次の通りである。年間 1500 万ト

ン以上のSO_xが排出され、その中で石炭燃焼の排出量は90%を占めており、煙、埃の排出量は1400万トン以上で、石炭燃焼の排出量は46%である。生活用石炭（住民、団体、学校、レストラン、北方の暖房などの使用石炭）は2億トンに達している。基本的には、空気汚染の減少、酸性雨の根絶という環境改善の為、原炭の直接燃焼を大幅に減らす必要がある。しかし、中国では石炭資源が豊富であるため、空気汚染問題を基本的に解決するためには、原炭直接燃焼の代わりに、低汚染、高熱エネルギー、価格合理の新型石炭が大変必要とされている。

これまで沢山のバイオブリケットの配料試験とコンロの開発及び主体成型機に関する調査が実施され、配料の肝要点も把握することができた。もし中国特に西南部地区の農業副産物例えばトウモロコシのワラ、稲ワラ、麦ワラ、及び食品工業有機繊維廃棄物を配料として、石炭などと混合し、バイオブリケットを生産できれば、燃焼結果経過、燃焼効率を高め、大気汚染を改善でき、また植物、森林を保護できるのである。また、そのために良い環境、社会、経済効果も生むことができる。もし、低コストの補助材料を使って、生産コストを削減すれば、バイオブリケットは生活の色々な面に普及させることができる。さらには、空気汚染も改善でき、きれいな空気が戻ることを近い将来に実現することによって、素晴らしい市場の見通しが見えてくる。しかし、将来のことを考えると、中国でバイオブリケット技術を普及させるためには、産業化の方向で進めなければならないだろう。そのためには、日本政府と企業からの協力が大いに望まれる。

バイオブリケットが中国で普及するために、中国と日本の緊密な協力が必要なのである。

成都市バイオブリケット研究グループ整理

一九九九年二月十四日

[楊 治 敏 記]