

北海道工業開発試験所報告

REPORTS OF THE GOVERNMENT INDUSTRIAL
DEVELOPMENT LABORATORY, HOKKAIDO

第49号

平成2年2月

特別研究報告書

泥炭の粒状化及びエネルギー転換技術に関する研究

目 次

序	(1)
第1章	泥炭とその利用技術.....	(3)
第2章	泥炭の脱水技術.....	(6)
第3章	泥炭と油の混合.....	(11)
第4章	泥炭の流動層燃焼試験.....	(14)
第5章	泥炭のガス化およびガスエンジン発電.....	(18)
第6章	泥炭のエネルギー転換総合システム.....	(25)
第7章	研究の総括.....	(27)
付 録	研究の成果など.....	(28)

工業技術院

北海道工業開発試験所

泥炭の粒状化及びエネルギー転換技術に関する研究

序

現在、石油需給はおおむね緩和基調で推移しているものの、開発途上国を中心にした需要拡大と、コストバランスを原因とする資源開発の停滞から、中長期的には、再度緊迫化することが予想されている。

我が国は、他の先進国に比べてエネルギーの石油依存度、海外依存度が極めて高いことから、このような情勢下でも、着実に石油代替エネルギー技術開発を進めることが不可欠であると考えられている。

そういった観点から、国は各種の石油代替・新・省エネルギーに関する施策を進めている。その中の一つとして〔グラスピートエネルギー開発利用システム〕に関する調査研究が行なわれた。

これは、札幌圏の泥炭地及び泥炭の利用の方途を探ろうとするもので、実質的な調査は、委託を受けた①エンジニアリング振興協会を主体に進められた。

この調査研究は、石狩川下流域（特に札幌付近）に賦存する泥炭のエネルギー化と、泥炭採掘跡地の埋め戻しによる地域開発を含めたトータルシステムとして評価するという観点から行われた。

この調査研究委員会には、当所の職員も委員又はワーキンググループの一員として参加した。

泥炭のエネルギー化に関しては、調査の課程で、内外にはほぼ確立された幾つかの技術があるものの、コストメリットの点から何れも大規模化が避けられないこと、それに対して、採掘跡地の埋め戻しとその土地の利用に関しては、採掘速度に対応する形での大規模化は現実的でないこと、などが明らかになってきた。

そこで、当所では、泥炭のエネルギー化に焦点を絞り、小規模かつ簡易なプロセスでエネルギー化を図るための方途についての検討を試みることにした。工業技術院との折衝の結果、特別研究の一つとして実施することが認められ、〔泥炭の粒状化及びエネルギー転換技術に関する研究〕という課題名で、昭和61年度から3か年の計画で進められた。

研究は、次の各点に力点をおいて進められた。

1. 泥炭資源の賦存量と既存の利用技術の現況調査
2. 高含水率泥炭の安価な脱水技術の確立
3. 脱水泥炭の粒状化、高カロリー燃料化技術の確立
4. この燃料を用いた簡易な装置による高効率燃焼又はガス化技術の確立
5. ガス化して得られた燃料を用いたガスエンジン発電技術の確立
6. 脱水からエネルギー化までを含めたトータルシステムの提案とその将来性

本報告は、それらの研究成果をとりまとめたものである。現在のエネルギーコストからみて、このトータルシステムが、いまずぐ実用化が可能であるとは考えられないが、従来の技術よりはるかにシンプルで、かつ、小規模でも採算性の高い技術とプロセスを提案できたものと自負している。また、個々の要素技術をみると、現在でも関連する分野で実用化可能な技術もあり（例えば、脱水技術の農業資材製造工場での実用化など）、その普及に努力をしていきたいと考えている。

本研究を進めるにあたり寄せられた前記委員会はじめ関係者の方々の助言、協力に心からお礼申し上げる。

泥炭の粒状化及びエネルギー転換技術に関する研究

第1章 泥炭とその利用技術

細田 英雄, 田崎米四郎, 本間 専治, 弓山 翠,
 武田 詔平, 富田 稔, 千葉 繁生, 北野 邦尋,
 鈴木 智

1. はじめに

泥炭とは水ごけ、葦（あし）などの植物遺体が、低温、水などに阻まれて、繊維質が分解しない状態で数千年蓄積したものである。広義には石炭に含まれることもあるが、熱化学的な作用を受けた石炭とは明らかに成因は異なる。採掘した直後は茶褐色を呈しているが、空気にさらされると酸化し黒くなる。

泥炭は石油、石炭などとともに地球上に残された貴重な炭化水素資源のひとつである。しかし世界的な視野からは、賦存量が多い割には含水率が高く輸送、貯蔵性が劣るため経済的な価値が低くみなされ、一部の国を除いては有効利用されていない現状である。現在、石油の価格は低位に推移しているが、石油資源は有限であり、代替エネルギーの技術開発の必要性は変わっていない。

そこで本報告では、北海道に多量に賦存する未利用の泥炭を燃料として利用することを目的として、脱水処理技術、廃油との混合および燃焼、ガス化プロセス技術を確立し、さらに発電技術と熱利用技術を組み合わせ、コージェネレーションシステムを含めた開発研究を行い、その技術的展望について示す。

また、泥炭の賦存量などについてはプロセス開発をしていくための基本的な課題であるので若干の説明を行う。

2. 泥炭の賦存量¹⁾

2.1 世界の泥炭

世界の泥炭地の調査は近年ようやく正確さを増しているが、まだ十分とはいえない。たとえば厚さが30cm以上の泥炭地総面積は、1964年の資料²⁾では 121×10^6 haであったが、1980年の資料³⁾では 420×10^6 haと約3.5倍になっている。しかし、この資料作成の時点でも亜熱帯と熱帯地域の調査は不十分であるとしており、これらを加えると 500×10^6 haを超えると推定している。これは世界の

表1 世界各国の泥炭地面積と国土に占める割合³⁾

	厚さ30cm以上の泥炭地面積 ($\times 10^6$ ha)	国土の総面積に占める割合 (%)
カナダ	170	17.9
ソ連	150	6.8
アメリカ/アラスカ	30	14.6
インドネシア	26	13.5
フィンランド	10.4	30.5
アメリカ(アラスカを除く)	10.24	1.4
スウェーデン	7.0	15.6
中国	3.48	0.4
ノルウェー	3.0	9.3
マレーシア	2.36	7.2
イギリス	1.58	10.3
ポーランド	1.35	4.3
アイルランド	1.18	13.1
西ドイツ	1.11	4.5
アイスランド	1.0	9.7
東ドイツ	0.550	5.1
キューバ	0.450	3.9
オランダ	0.250	7.2
日本	0.200	0.6
ニュージーランド	0.150	0.5
デンマーク	0.120	2.8
イタリア	0.120	0.4
ハンガリー	0.100	1.1
ユーゴスラビア	0.100	0.4
ウルグアイ	0.100	0.6
フランス	0.090	0.2
スイス	0.055	1.3
アルゼンチン	0.045	0.02
チェコスロバキア	0.031	0.2
オーストリア	0.022	0.3
ベルギー	0.018	0.6
オーストラリア	0.015	0.002
ルーマニア	0.007	0.03
スペイン	0.006	0.01
イスラエル	0.005	0.2
ギリシア	0.005	0.04
ブルガリア	0.001	0.009
総計	421.14	

陸地面積の約1%に相当する。1980年の資料にもとづく世界各国の泥炭地（Peatland）の面積を表1に示す³⁾。北半球、特に北欧と北アメリカ大陸に集中しており、なかでもソ連とカナダの泥炭地面積が圧倒的に大きい。この2か国で世界全体の約3/4を占める。一方、国土面積に占める割合ではフィンランドがもっとも高く30%を超えている。インドネシア、スウェーデンなども目だっている。

燃料および園芸に利用している各国の泥炭の産出量を表2に示す⁴⁾。燃料用、園芸用ともにソ連

表2 1980年の泥炭産出量⁴⁾
(×10³t, 水分含率40%に換算)

	燃料用泥炭	園芸用泥炭	計
中国	800	1300	2100
チェコスロバキア	0	270	270
デンマーク	0	110	110
フィンランド	3100	500	3600
フランス	50	100	150
東ドイツ	0	170	170
西ドイツ	250	2000	2250
アイルランド	5570	380	5950
ノルウェー	1	83	84
ニュージーランド	0	10	10
ポーランド	0	280	280
スウェーデン	0	270	270
スイス	0	1	1
ソ連	80000	120000	200000
イギリス	—	170	170
アメリカ	—	330	330
その他	100	2900	3000
総 計	90000	130000	220000

の産出量が圧倒的に多く、年間2億tonで世界全体の約9割を占めている。燃料としての使用量は、8,000万tonで、国内エネルギー需要の約2%を泥炭燃料で補っており、特にレーニングラード地域では、この比率が約20%に達しているといわれている⁵⁾。アイルランドとフィンランドも燃料としての利用がかなり大規模に進められており、フィンランドでは1983年のエネルギー消費量の約3%を泥炭でまかなっている。10年後にはこれを2倍にする計画であるといわれる⁶⁾。

2.2 日本の泥炭

日本の泥炭地は、北海道から九州の屋久島まで

広く分布しているが、平地（低地）の典型的な泥炭地は東北地方北部（青森県、秋田県）および北海道など、主に寒冷地帯に集中している²⁾。特に北海道では図1に示すように泥炭地が多く⁷⁾、その面積は20万haと推定されている。これは、道内耕地面積（100万ha）の約20%であり、土地の有効利用からも無視できない値である。北海道の泥炭地は河川流域あるいは河口に近いところに多く、石狩川流域5.5万ha、釧路川流域2.2万ha、天塩川、サロベツ川流域2.0万haなどが主な地域である²⁾。泥炭層の厚さは場所によってかなり異なるが、厚いところでは7m以上に達する。これらの泥炭地のうち、一部分は水田や畑地として利用されているが、ほとんどの泥炭地は放置されている。

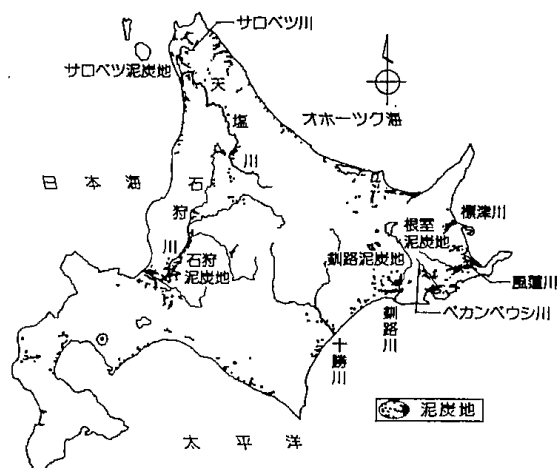


図1 北海道の泥炭地

3. 泥炭の利用

泥炭の利用法については、産出量の多い北欧、ソ連などにおいてさまざまな試みがなされた²⁾。その一部を表3に示す。一般に泥炭は採掘後、脱水をしてから使用されている。泥炭の古い利用法は、18世紀初めの家畜用敷藁である²⁾。これは、高位泥炭（主にミズゴケ）が吸水力およびアンモニアガスの吸収に優れているからである。現在、泥炭が最も多く利用されているのは、農業、園芸の分野である。土壌改良剤としては、ゴルフコース（芝生の下）、発芽用床土、野菜の栽培などが主な用途である。泥炭を主原料としてヒラタケを栽培し、キノコを収穫したあと、これを牛の飼料の一部として利用している例もある⁸⁾。泥炭自身

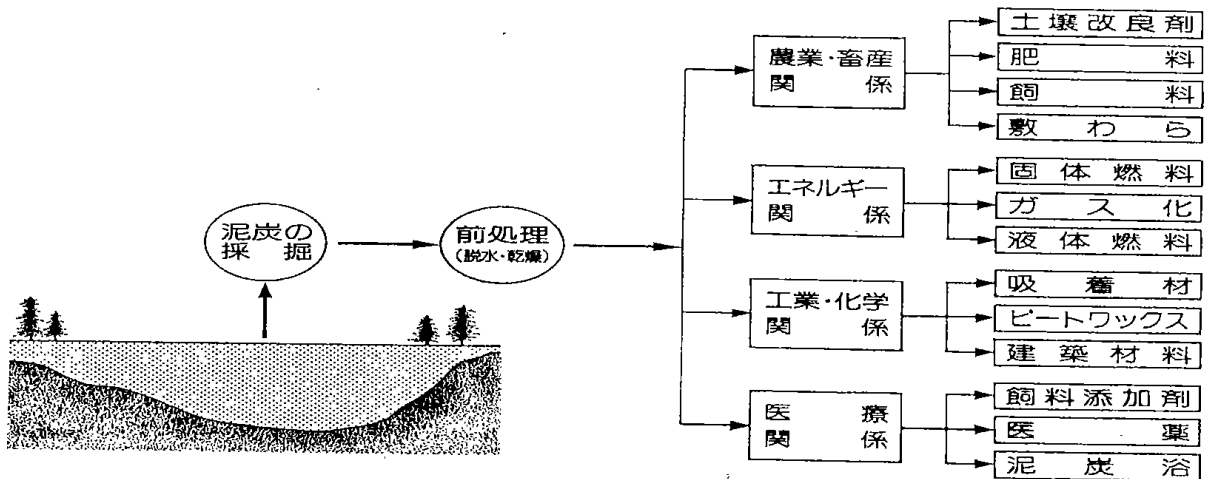


表3 泥炭の利用法

の肥料成分は少ないが、これにカルシウム、石灰、リンなどの無機物を添加し、泥炭の肥料保持能力が強いことを利用した肥料も作られている。

エネルギー源としては、資源の乏しい北欧各国で1960年代まで燃料として使用されていたが、石油系燃料の普及につれ見捨てられたが、1973年の石油危機以来、石炭とともに、泥炭も代替エネルギー源として見直しが行われている⁴⁾。これまで開発されてきたプロセスとしては、フィンランドのJP-Energy社によるスラリー状の泥炭を湿式炭化法により改質し、脱水・乾燥して固形燃料化するPDF (Peat Derived Fuel) プロセス⁶⁾がある。また、米国のEdward Koppelmanが開発したK-Fuelプロセス⁹⁾は商業化に近い段階まで技術開発が進んでおり、コスト的に見合えば最も早く実用化されることも考えられる。また、ガス化¹⁰⁾もクリーンなエネルギーとして期待されている。液体燃料としては、低温乾留して得られるタールを分留して軽質油として利用するほかに、樹脂の溶剤としても使われたことがある。工業原料としての利用法には、泥炭繊維を脱水剤で処理し、マット状に加工したのを木綿のネットで包み、各種流出油あるいは、養魚イケースで発生する餌からの浮遊油を対象とした油吸着型オイルフェンスがある。廃水中の貴金属の吸着剤として、水銀、クロムなどを対象とした研究も行われている¹¹⁾。泥炭の繊維分を利用し、魚の加工工場から排出される蛋白質などを含んだフィッシュリユブルを吸着させ、これを配合飼料の原料にする利用法もある。この他に、アルコールの抽出、アンモニア、硝酸塩の製造など²⁾がある。また、ヨーロッパでは泥炭浴がリュウマチ、婦人病、皮膚疾患の治療に利用されている²⁾。

我が国における泥炭の利用実績をみると、第二次大戦直後に泥炭を手掘りして天日乾燥後、家庭用燃料に使用した例がある。しかし、その後はエネルギー資源としては全く利用されていない。現在は土壌改良剤、園芸用材、その他燃料以外の商品として毎年7万ton程度利用されている¹²⁾にすぎない。

〈引用文献〉

- 1) 細田英雄, 平間利昌, 鉄と鋼, 第73年, 第15号 p.1818 (1987)
- 2) 阪口 豊, 泥炭地の地学 (東京大学出版会), (1974)
- 3) E.Kivinen and P.Pakarinen, Proc. the 6th Intn. Peat Cong. p.52 (1980)
- 4) D.V.Punwani, Procs. the Symp. of Peat as an Energy Alternative II, Arlington, Virginia, p.1 (1981.12)
- 5) E.Kivinen, Proc. the 6th Intn. Peat Cong., p.48 (1980)
- 6) 北欧経済ミッション報告書, 北方圏経済交流協会 (1986)
- 7) 石塚喜明, 泉谷毅人, 泥炭地の農業 (北海道農業試験場), p.15 (1969)
- 8) 週間ダイヤモンド, p.60 (1980.7.12)
- 9) R.C.Phillips, R.G.Murray and E.Koppelman, Manage Assess Peat Energy Resour, p.147 (1980)
- 10) 飯田貞一, 奥山哲雄, 伊藤昭三, 石川栄三, 燃料協会誌, Vol.39, No.402, p.713 (1960)
- 11) 岡 宏, 舟木 稔, 伊藤純一, 水質汚濁研究, Vol.4, No.3 (1981)
- 12) 横山 徹, Engineering, No.34. p.20 (1987.1)

第2章 泥炭の脱水技術

本間 専治, 細田 英雄, 田崎米四郎, 弓山 翠,
 武田 詔平, 富田 稔, 千葉 繁生, 北野 邦尋,
 鈴木 智

1. はじめに

採掘時の泥炭には約90%の水分が含まれているので、泥炭を燃料として利用するためには、まず原料の脱水・乾燥処理が必要である。従来の脱水・乾燥法には、天日乾燥、機械的脱水¹⁾などがあり、機械的脱水の前処理としては湿式炭化法²⁾などがある。その一例を表1に示す。天日乾燥は、泥炭地に排水溝を掘って1~2年間放置し含水率を低下させた後に採掘し、天日で乾燥する。機械的脱水法では、泥炭に含まれるフミン酸、リグニンなどと共存するコロイド状の水分を除去できないので約70%の水分が残る。そこで機械的脱水の前処理として熱を加えて、コロイド質を分解させ、その後に機械的脱水を行うが、これによっても約50

%が脱水限界である。また、機械的脱水あるいは天日乾燥後に流動層乾燥など各種の加熱乾燥機を使用する方法も行われている³⁾が、コストの面などで問題がある。

そこで、本研究ではスクリュープレスと水蒸気加熱を組み合わせた加圧加熱方法により、泥炭の脱水を試みた結果、効率よく脱水することができたので、その結果を報告する。

2. 試料, 実験装置および方法

2.1 試料

試料は石狩地方産と空知地方の2種類であり、それらの初期含水率は85~90%である。石狩地方産のものは分解度が高く、空知地方産のものは未

表1 泥炭脱水乾燥法と種類と特徴

脱水・乾燥法の種類	原料泥炭水分 [重量%]	処理後泥炭水分 [重量%]	泥炭・乾燥法の概要	特徴又は問題点	開発状況
天日乾燥	90~99	50	泥炭を、粉碎採掘法または、塊状固形採掘法により採掘後、野積みし、自然乾燥。	自然エネルギーを利用するので、経済的ではあるが広大なスペース、天候、気候等による制約があり、安定供給の面で問題がある。	実施中。
機械的脱水	80~99	70~95	ベルトプレス、ローラープレス、遠心分離機等脱水機による。	脱水に、限界がある。 (自由水は脱水できるが、コロイド結合水、細胞中の結合水は脱水不能)	実施中。 (大容量機械開発中)
機械的脱水前処理	湿式炭化	95~98	加圧のもと約200℃で5~60分保持。	コロイド結合の破壊、細胞の破壊により機械的脱水性向上、炭化作用により、製品の発熱量も増加する。	コマーシャルプラント有り。
	部分湿式酸化	90	反応器内にて空気又は酸素を供給し部分酸化190℃、210Kgf/cm ² G後、機械的脱水。	湿式炭化と同じメカニズムで機械的脱水性向上。 外部からの熱エネルギーは不要だが、まだラボスケール段階。	ラボスケール。
	溶媒抽出	90	溶媒(アセトン等)と混合し水を抽出する。	溶媒で水を抽出することにより、機械的脱水性が向上するが、まだラボスケール段階。	ラボスケール。
	造粒調質	90	泥炭に透水性微粉末を調質剤として、約20重量%を加え、造粒後、直圧式プレスによって、脱水	調質剤の質、量の問題がある。 比較的短時間で、低含水率の泥炭が得られる。	泥炭の燃焼用脱水には、すでに実施中。
機械的脱水または、天日乾燥 + 熱乾燥	80~90	10	機械的脱水または、天日乾燥後、流動層、ロータリードラム、フラッシュドライヤー等による熱乾燥。	低含水率の泥炭が得られるが、機械的脱水の場合、脱水率が低いため、エネルギーを多量に消費し、経済性に劣る。	実施中。
カーバークリーンフィールドプロセス	90	2~5	泥炭：流動用油=1：4で混合後、多重蒸発により脱水後、機械的に脱油	効率良く低含水率の泥炭が得られるので、工業化の期待はあるが、泥炭についてはまだフィージビリティ・スタディーの段階。	産業廃棄物・汚泥の脱水コマーシャルプラント有り。

分解の繊維質部分が石狩地方産にくらべて幾分多い特徴を持っている。石狩地方産の泥炭層の一例を図1に示す。採掘直後の泥炭は茶褐色を呈しているが、空気につれると酸化分解して黒色になる。なお、分解度の測定を洗泥法*⁴⁾で行ったところ、それぞれ60%と40%であった。



図1 石狩地方産の泥炭層

2.2 実験装置および方法

本実験に用いた脱水・乾燥装置の概略を図2に、また、写真を図3に示す。この脱水・乾燥装置（スクリュープレス）は、一般的には食品工場、化学工場などで使用されているものである⁵⁾。装置の主要部分であるスクリュープレスは、固定バレルの中でスクリュウ胴を回転させ、原料をらせんの溝に沿って次第に狭隙部へ送り、装置内部で発生する圧搾圧力とスクリュウのシャフト内に吹き込んだスチームによる加熱で、連続的に脱水・乾燥する装置である。本装置のスクリュウの径は0.2m、長さは1.5mであり、入口のスクリュウの

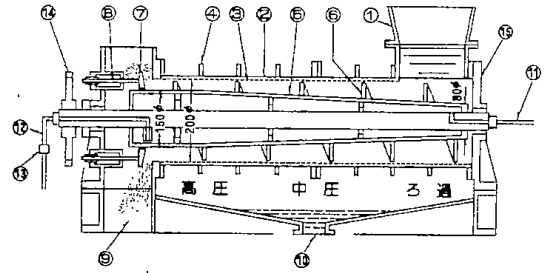
*

自然状態あるいはそれに近い均質な試料を2等分し、一方を0.25mmの大きさの篩を通して試料をもみほぐしながら水洗いする。この操作は篩から滴る水が無色透明になったところでやめる。篩に残った未分解有機物と、もう一方の未処理の泥炭を風乾して秤量する。

分解度Zは

$$Z = \frac{A - B}{A} \times 100 (\%)$$

A：未処理の泥炭の風乾重量
B：篩に残った泥炭の風乾重量



- | | | |
|-----------------|------------|--------------|
| 1. 泥炭供給ホッパー | 6. スクリュー羽根 | 11. 水蒸気入口 |
| 2. スクリーン(打抜き鉄板) | 7. 出口調節コーン | 12. 凝縮水出口 |
| 3. ストレーナ | 8. スプリング | 13. スチームトラップ |
| 4. 補強枠 | 9. 脱水泥炭出口 | 14. 篩 |
| 5. スクリュー胴 | 10. ろ液出口 | 15. 固定バレル |

図2 脱水・乾燥装置の概略図

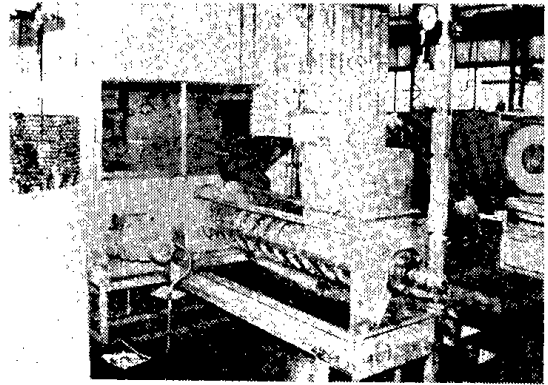


図3 脱水・乾燥装置

軸径は0.08m、出口は0.15mである。また、羽根のピッチは0.2mである。スチームは小型ボイラーで水蒸気を発生させ、水蒸気圧力を約2 kg/cm²にした。円筒ストレーナの穴径は、ろ過部と中圧部は1.5mm、高圧部は1.0mmであり、開孔比はいずれも5～7%である。ストレーナはスクリーンの内側に装着され、容易に脱着できるようにスクリーンドラムは上下二つ割りにになっている。ドラムの一例を図4に示す。

運転操作は以下のようにして行った。ホッパー

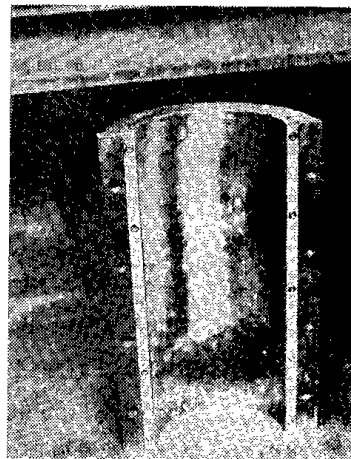


図4 ストレーナとスクリーンドラム

に投入した泥炭をスクリー羽根の送りによって移送する。泥炭に含まれる水は、移送過程で多数の小孔を開けたストレーナから流出し、ろ液出口から排出する。ろ過部では泥炭表面の水分が重力によって落下し、中圧部では付着水分が徐々に除去される。その後、高圧部でコロイド状の水分が10~30kg/cm²の圧力⁶⁾で圧搾脱水される。なお、泥炭の水分は水蒸気になって一部大気中に放出される。脱水された泥炭は、左側の円筒端面から厚さ10~20mm、大きさ30~100mmの塊状になって連続的に排出される。脱水・乾燥の調整は、スクリーの回転速度とスプリングの調節によって行う。なお、スクリーの回転は、電動機、変速機および減速機を経て歯車で駆動されている。スクリーの回転数は0.1~0.6rpmの低速回転である。

水分の測定は島津製の水分計EB-280MOCによって行った。

3. 結果と考察

初期含水率C₀が85~90%の泥炭を用いた場合の泥炭処理量Fと脱水後の泥炭含水率Cの関係を図5に示す。この場合の回転数は0.15~0.6rpmで、泥炭の滞留時間は10~50分程度である。なお、常温処理は水蒸気を使用しない場合であり、加熱

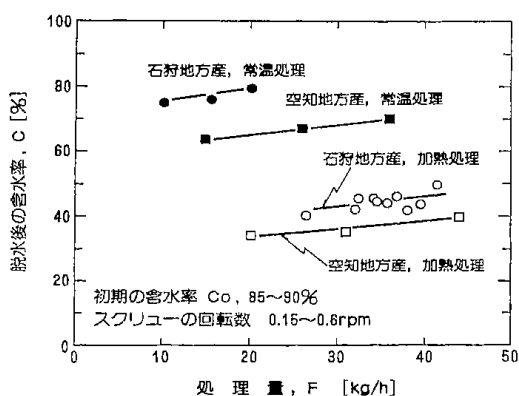


図5 脱水後の含水率と処理量

処理とは水蒸気を使用した場合である。石狩地方産の泥炭を常温処理した場合には、脱水後の泥炭の含水率Cは75~80% (脱水率11~17%)であったのに対して、加熱処理の場合のCは40~45% (50~55%)であった。また、石狩地方産と比較して繊維質が幾分多い空知地方産の泥炭を常温処理した場合のCの値は65~70% (22~28%)であり、加熱処理の場合には35~40% (55~60%)であった。一方、泥炭の処理量は、常温処理の場合10~30kg/hであり、これに対して加熱処理を行った

場合には、処理量が増加し25~40kg/hになった。このように加熱処理を行った場合には大幅に脱水が進むとともに、処理量も増加する傾向にある。これは熱と圧力によって泥炭の繊維質に含まれるコロイド状の水分が徐々に表面に押し出され、時間の経過とともに泥炭内部の水分が減少することによる。また、空知地方産の泥炭の脱水率が高いのは、泥炭地生成が後期のもので繊維質が多いことが原因であると考えられる。なお、本実験の場合、ストレーナから排出されるろ液の温度は約40℃、スクリー先端から排出される泥炭の温度は約100℃である。また、加熱によって処理能力が向上したのは、スクリーと泥炭の境界層から水分が蒸発し、その蒸気膜の形成によって泥炭の移送が円滑になったためと考えられる。水蒸気量と処理量の関係を図6に示す。水蒸気量の増加とともに処理量も増加している。また、水蒸気量が同じであれば繊維質の多い空知地方産の方が処理量は増加している。加熱処理した場合、約40~45%の含水率Cを得るのに必要な水蒸気量は17~23kg/hであった。

スクリーフィーダの回転数と脱水性および処

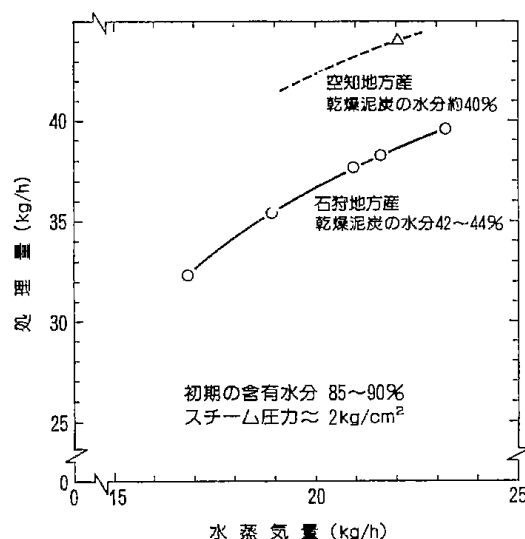


図6 処理量と水蒸気量

理量の関係を図7, 8に示す。回転数を速くすれば、含水率Cの値は高く、処理量Fも増加する。このように原料の性状がわかればスクリーの回転数によって、CおよびFを決定することができる。

加熱処理をした場合の石狩地方産の物質収支の

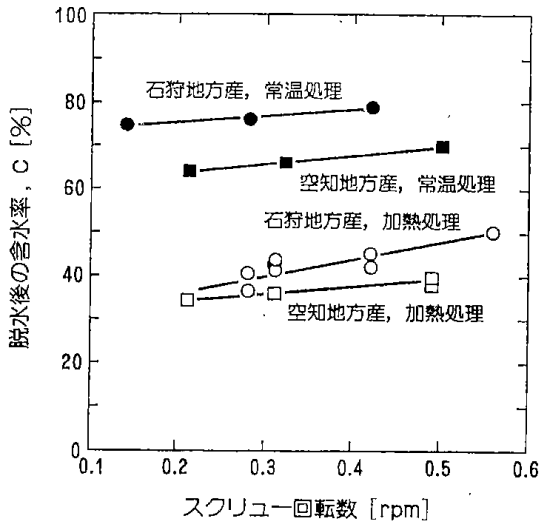


図7 脱水後の含水率とスクリーウの回転数

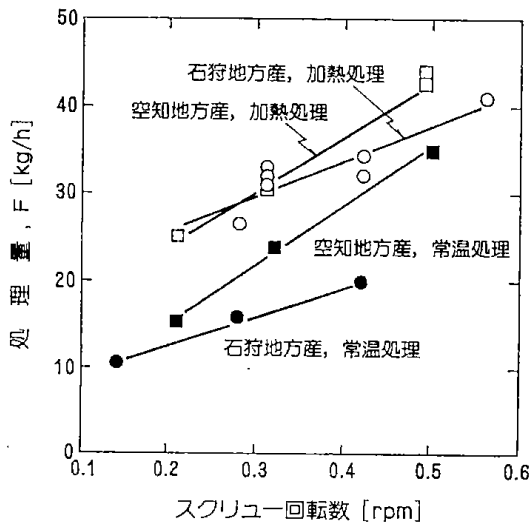


図8 処理量とスクリーウの回転数

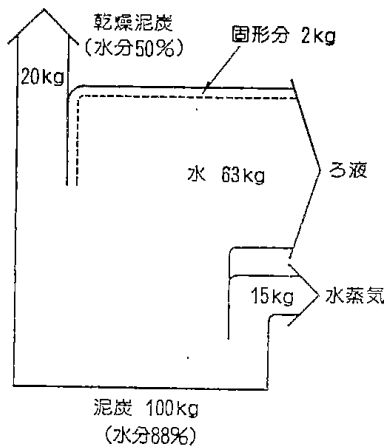


図9 物質収支

一例を図9に示す。初期含水率88%の泥炭100kgを処理し、脱水後の含水率を50%にした場合、固形分のうち約20%がろ液に混入する。また、泥炭に含有する水分の約17%が水蒸気となって大気中に放出される。

石狩地方産の脱水後のろ液のpH、生物的酸素要求量BOD (Biochemical Oxygen Demand) および化学的酸素要求量COD (Chemical Oxygen Demand) は、それぞれ約4.0、約180ppm、約2,100ppmである。また、この原液からろ紙を使って泥分を分離したあとの液はpH4.9、COD110ppmであった。なお、CODの分析は過マンガン酸カリウム法で行った。原液のCOD値が高いのは液中に含まれるフミン酸などの有機物が含有しているためと思われる。泥炭水は強い酸性を有するため、アルカリ性物質として消石灰などによってpHを6~7程度に上昇させてから排水をするとともに、ろ液からの泥分の分離には、沈澱池と組み合わせた水処理システムが必要である。

脱水・乾燥泥炭の工業分析、元素分析および発熱量を表2に示す。石炭と比較すると、炭素が少

表2 脱水・乾燥泥炭の分析値

	石狩地方産	空知地方産
工業分析値 (wt%)		
水分	46.6	39.7
灰分	10.3	10.6
揮発分	31.5	33.1
固定炭素	11.6	16.6
元素分析 (wt%, daf)		
C	57.2	54.7
H	5.3	5.5
O	34.8	37.7
N	2.4	1.6
S	0.3	0.5
発熱量 (kcal/kg)		
	2,900	2,500

なく、酸素が多いのが特徴的である。また、分解度の進んだ方が発熱量は高い傾向にある。

なお、泥炭の工業的な規模での脱水については、天日乾燥による方法がコスト面で優位ではあるが、大量使用を考えた場合には限界がある。また、商業化されつつある乾燥プロセスもコスト面で問題をかかえている。本装置は実験室規模のものであるが、かまぼこ用すり身工場や製紙工場のスラッジなどの分野で類似の機種でスクリーウ径1.2m、長さ10m規模の装置が稼働していることから、工業的に泥炭の脱水を行う場合にも充分利用が可能であると考えられる。

4. まとめ

水蒸気による内部加熱を併用したスクリーンレスによる泥炭の脱水・乾燥実験を行った。その結果、これまでむずかしいとされていた脱水・乾燥が一段の処理工程で、含水率を50%以下にすることができた。処理量も常温処理に比べ加熱処理の方が大きく向上した。また、繊維質の多い泥炭の方がより脱水・乾燥が進むことがわかった。

本装置は従来法に比べ脱水性能がすぐれており、泥炭利用にとって大きなメリットを生むと考えられる。

引用文献

- 1) Harrisn,R.C., Manage Assess Peat Energy Resour, p.159 (1980)
- 2) Mensinger,M.C., Proc. the Symp. of Peat as an Energy AlternativeII, p.249 (1980)
- 3) Tsaros,C.L., Proc. the Symp. of Peat as an Energy AlternativeII, p.199 (1981)
- 4) 坂口 豊, 泥炭地の地学 (東京大学出版会), p.65 (1974)
- 5) 町野 寛, クリーンジャパン, p.26 (1986.11)
- 6) 成瀬 勝, 化学工場, Vol.22, No.11, p.48 (1978)

第3章 泥炭と油の混合

田崎米四郎, 細田 英雄, 本間 專治, 弓山 翠,
 武田 詔平, 富田 稔, 千葉 繁生, 北野 邦尋,
 鈴木 智

1. はじめに

脱水した泥炭は, そのままでは取り扱い中に微粉化して飛散性が高まり, 工場内部および周辺的环境に影響を与えることがある。また, 燃料としてみたとき, 発熱量の面からみて, 必ずしも満足し得るものではない。そこで, 泥炭の持つ高い吸着性に着目して, 前記方法で脱水したのち, 未利用の廃油および重質油を吸着させた油混合泥炭燃料 (Peat Oil Mixture, POM) を製造し, その性状および流動特性について検討を行った。

スによって, 含有水分約40%に脱水した石狩地方産の泥炭を用いた。工業分析などの分析結果を表1に示す。この泥炭を朋来鉄工所製のX-315型の粉砕機で6mm以下に粉砕した。一方, 混合・吸着に用いた油は, A重油および動植物廃油*である。この性状分析を表2に示す。なお, 動植物廃油の分析は石油類のJIS法に準じて行った。泥炭と油との混合にはモルタルミキサー (マルイK.K.製, MIC-362型) を用い, 約10分間混合・吸着させた。

2. 試料

本実験に用いた試料は, 前章のスクリュープレ

表1 試料の分析値

	Peat	POM20	POM25
工業分析 [wt%]			
水分	38.9	31.4	25.1
揮発物	35.4	46.9	54.9
固定炭素	12.4	9.6	8.1
灰分	13.3	12.1	11.9
元素分析 [wt%, daf]			
C	54.9	61.1	62.1
H	5.1	8.2	7.1
N	1.4	1.0	0.9
O	38.3	29.4	29.6
S	0.3	0.3	0.3
発熱量 [kcal/kg]	3,100	4,500	5,100
嵩密度 [g/cc]	0.45	0.58	0.60

表2 性状分析

分析項目	動植物廃油	A 重油	分析方法
引火点 [°C]	286	76	K 2265
流動点 [°C]	-0.5	-28.5	K 2269
動粘度 [50°C cSt]	34.1	5.43	K 2283
水分 [%]	0.24	NIL	K 2270
残留炭素 [%]	1.10	0.24	K 2270
硫黄分 [%]	0.02	0.80	K 2541
窒素分 [%]	0.01以下	0.014	K 2609

3. 結果と考察

混合する油として使用したA重油および動植物廃油の発熱量はそれぞれ10,500kcal/kg, 9,200kcal/kgである。この油を含有水分約40%の泥炭に、重量比で10%, 20%, 30%を混合させた。油分付着率と発熱量の関係を図1に示す。いずれも油

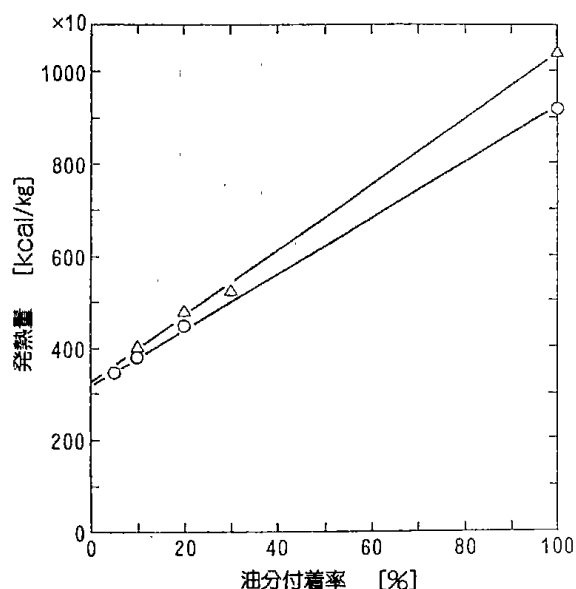


図1 発熱量と油分付着率

の重量割合を増加させると、発熱量も直線的に向上する。しかし、油の混合割合10%では泥炭と油は完全にはなじまず粒状化されなかった。一方、混合割合を30%にすると、油が粒子の外部ににじみ出てくる欠点がある。何れも、目的とする取り扱い性の面で不十分であることから、油の混合割合を20~25%にするのが妥当であると判断した。動植物廃油を20% (POM20), 25% (POM25) 混合・吸着させた試料の工業分析, 元素分析, 発熱量および嵩密度を表1に示した。なお、この分析は石炭のJIS法に準じて行った。工業分析の結果によれば、油分が増加すると揮発分は大きくなるが、固定炭素は減少する傾向にある。発熱量は原料泥炭の3,100kcal/kgに比べ、POM20, P

*

用いた動植物廃油は、主としてホテル、学校、などから回収されたテンプラ廃油を再生したものである。現在、札幌市内の回収業者は2社あり、各社とも100ton/月程度再生している。この再生油の大部分は、石鹼などの原料とされているが、現在の円高などによって、東南アジアからの安い植物油や合成洗剤の伸びに押されている。そのため回収業者はその処理に苦慮している。

OM25ではそれぞれ4,500, 5,100kcal/kgに増加した。また、嵩比重も大きくなっている。

泥炭に動植物廃油20%を混合・吸着させた試料の写真を図2に示す。繊維状のものも見られるが比較的球状に近い粒子になっている。この粒径分布を図3に示す。粒径は0.4~6mmと比較的広い分布をしており、50%平均径は約1.6mmである。

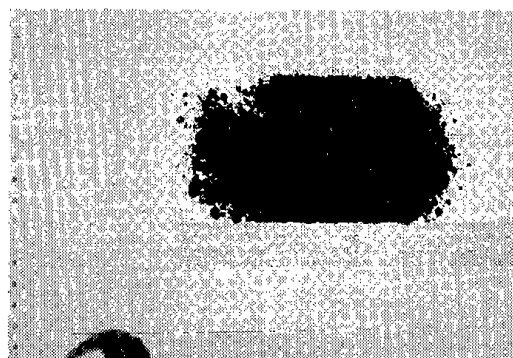


図2 泥炭と廃油 (20%) の混合物

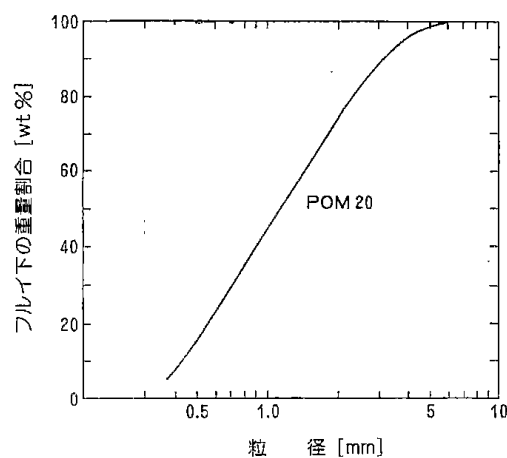


図3 粒径分布

本来の流動層による固体燃料の処理においては、燃料の大部分を層内で反応させ、燃焼では伝熱係数の高い層内熱交換器で熱回収をし、ガス化では層内でガス化反応を終了させ、さらには未燃分の飛び出し量を最小限に押えることが望ましい。そこで、層内の泥炭粒子の流動状態を把握するため、原料泥炭とPOM20の試料を用いて、層内高さ方向 (h:分散板からの高さ, H:静止層高) における試料の濃度分布測定を行った結果を図4に示

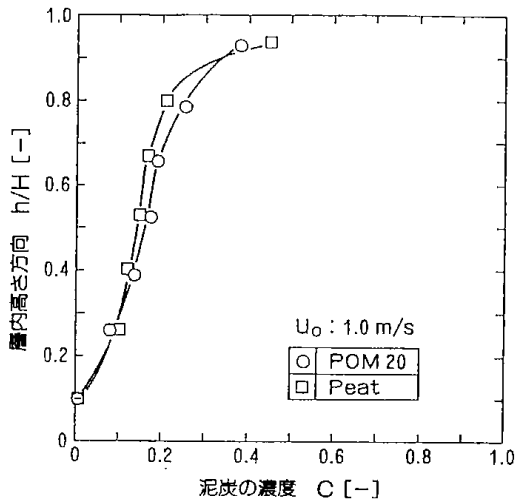


図4 濃度分布

す。

実験には、内径100mm、分散板からの高さ500mmの亚克力製流動層を用いた。流動化粒子としての珪砂5号を1.1kgと各種の試料泥炭250gを投入した。珪砂5号の性状分析を表3に示す。珪砂の

表3 物性値

粒 径, mm	0.2~0.72
平均粒径, mm	0.40
粒子密度, g/cm ³	2.6
最小流動化速度, cm/s	16

最小流動化速度の約3倍の流速で流動化させたのち、5分後に流動化ガスを停止した。その後、層上部から一定高さごとに粒子を捕集し、0.71mmのフルイで篩分けた。また、試料の0.71mm以下については、水洗いし、乾燥して分析した。その結果、原料泥炭はPOM20に比べ若干濃度分布が大きい傾向にある。しかし、いずれの泥炭試料も層下部より層上部での濃度が大きく、層下部の分散板直上部では、ほとんど泥炭粒子がない状態である。したがって流動層燃焼においては、層内で燃えき

らないままフリーボード部に行き、その結果、フリーボードでの燃焼率が高くなる可能性がある。また、このときの流動層系外への飛び出し割合を測定した結果、原料泥炭、POM20でそれぞれ約11%、1%であった。このように油と混合した粒子では大幅に飛び出し量が減少することがわかった。これは、POM20では嵩密度が若干大きく、また、泥炭粒子と珪砂がお互いに付着することによるものと考えられる。

4. まとめ

石狩地方産の原料泥炭（水分約40%）に、油を混合・吸着させ、その燃料性、流動化性を調べた。その結果、

- ① カロリーアップをはかることができる。
- ② 流動層による燃焼・ガス化を考慮した場合、その取り扱い性などの面から油の混合の割合を20~25%にするのが適当である。
- ③ 流動層装置で流動化した場合、泥炭に油を含浸させることによって飛び出し量を大幅に抑制することが可能である。

第4章 泥炭の流動層燃焼試験

本間 専治, 細田 英雄, 田崎米四郎, 弓山 翠,
 武田 詔平, 富田 稔, 千葉 繁生, 北野 邦尋,
 鈴木 智

1. はじめに

処理能力20kg/hの中間規模の流動層燃焼試験装置を用いて、動植物廃油を混合した泥炭（POM）の燃焼特性について検討した。また、0.108 mの流動層燃焼装置を用い、泥炭のみを燃焼した¹⁾場合との燃焼特性の比較・検討も行ったので、それらの結果について報告する。

2. 実験試料

本実験に用いた試料は石狩地方産の泥炭である。採掘した泥炭を前述のスクリープレスで脱水²⁾し、その試料を6 mm以下に粉碎後、動植物廃油を20%混合・吸着させた（POM20と表示する）。分析結果を表1に示す。また、泥炭および流動化粒子として充填した珪砂（5号）の粒径分布を図1に示す。泥炭および珪砂の50%平均径は、それぞれ約1.6, 0.4mmである。

表1 試料の分析値

工業分析値	[wt%]
水分	31.4
揮発分	46.9
固定炭素	9.6
灰分	12.1
元素分析値	[wt%, daf]
C	61.1
H	8.2
N	1.0
O	29.4
S	0.3
高位発熱量	[kcal/kg]
	4,500

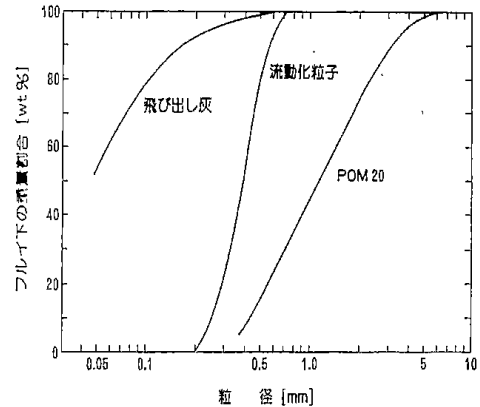


図1 粒径分布

3. 実験装置

実験装置の概略を図2および写真を図3に示す。燃焼炉本体はステンレススチール（SUS304）製で、流動層部の内径は0.2m、フリーボード部は0.3m、分散器から排気口までの高さは2.0mである。分散器から約1.0mまでの高さの炉外壁には、スタートアップ用の電熱ヒーターを巻き、炉外壁全体を厚さ50mmの保温材で覆った。分散器は熱的に伸縮し歪易い欠点があるため逆円錐型とした。分散器の材質はSUS314製である。穴の配置は正三角配列で2 mmの穴を100個あけた。この開孔比は

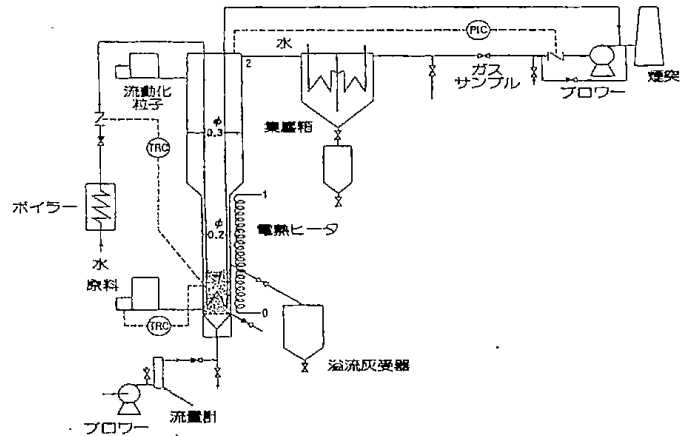


図2 燃焼装置の概略図

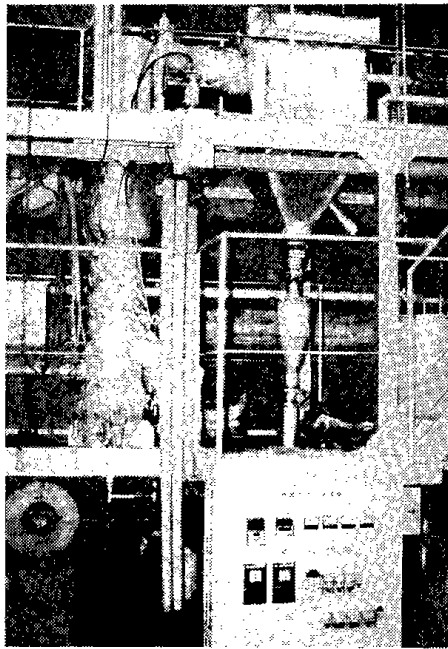


図3 燃焼装置

約1.0%である。原料は分散器から0.1mの位置に取り付けた二軸スクリーフイダーで連続的に定量供給した。スクリーフのピッチは40mm、羽根の外径は約50mmである。流動化ガスには空気をを用い、分散器下部から供給した。流動層内の温度制御は、層内部に設置した熱交換器への水蒸気量の調節によって行った。熱交換器は内径10mmのSUS304管をコイル状に巻いて、流動層上部を通して層内部に埋設した。水蒸気発生器には簡易式ボイラーを用いた。なお、温度の検出にはK熱電対（クロメル・アルメル）を用いた。

燃焼排ガスは、集塵箱で熱の回収と飛散ダストを分離・捕集したのち系外に排出した。集塵箱での熱交換器は、内径16mmのSUS304管を垂直に4本配置したものであり、管内には水を流して熱を回収した。

4. 実験方法および実験条件

実験操作は次の手順で行った。あらかじめ流動層内に所定量の流動化粒子を充填し、電熱ヒーターで層内を500~600℃に昇温させる。次に空気を流して流動化状態に保ったのち、試料の供給を開始する。試料が着火すると層温度が急速に上昇するので、ヒーターの電源を切り層温度の調節を行う。流動層およびその周辺の温度、試料供給量などが定常状態になったのち、2分間隔で制御用コンピュー

タからデータを取り込みデータの演算、管理を行った。また、灰粒子のサンプリングおよびガス分析は、間欠的に行った。

実験条件を表2に示す。層温度は分散器から0.1mの高さの温度である。空塔ガス速度は空気量と炉断面積から求め、層温度に換算した値である。流動層高は層内高さ方向の圧力分布を測定し、圧力損失が零になる高さを外挿によって求めた。

表2 実験条件

層温度	800℃
フリーボード温度	680~800℃
空塔速度	1.08m/s
残余酸素濃度	2~6%
原料供給量	7~11kg/h
流動層高	0.25~0.3m

5. 実験結果と考察

5.1 炉内温度分布

ガス流速約1.0m/s、層温度800℃における層内高さ方向の炉内温度分布を図4に示す。層内の温度制御は、分散器から0.1mの位置で行った。温度分布からみて燃焼は安定した状態にあり、分散器から1.5mの高さまでに燃焼がほぼ終了しているものと考えられる。フリーボード部で流動層内と同一の温度が示されているのは、前章の粒子濃度分布からも明らかのように、層上部での泥炭粒子濃度が高く、層内の余剰酸素と泥炭に吸着した廃油の部分燃焼によるためである。

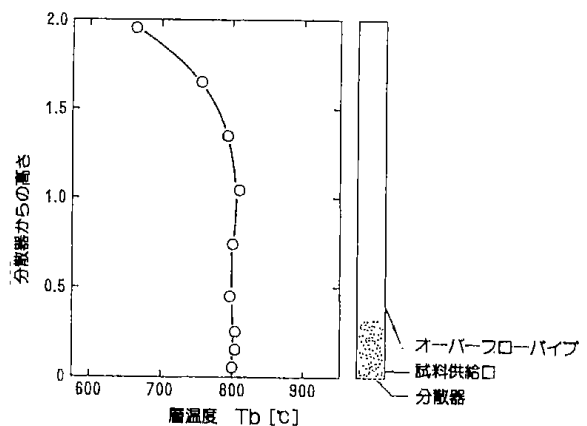


図4 層内の温度分布

5.2 燃焼効率

図5に未燃ガス濃度と残余酸素濃度の関係を示す。本実験での主な未燃ガス成分はCO, CH₄, H₂, C₂H₄であった。残余酸素濃度が増加するにしたがって、各未燃ガス成分の濃度は減少することが分る。

層温度800℃, ガス流速約1.0m/sにおける燃焼効率と残余酸素濃度の関係を図6に示す。なお、燃焼効率は以下のように定義した。

$$\eta = 100 - \left(\frac{Q_{ls} + Q_{lg}}{F_c \times H_v} \right) \times 100 \quad [\%]$$

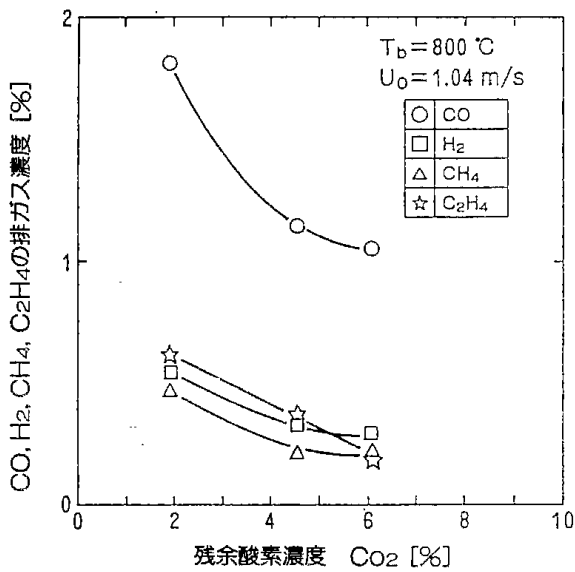


図5 可燃排ガス濃度と残余酸素濃度

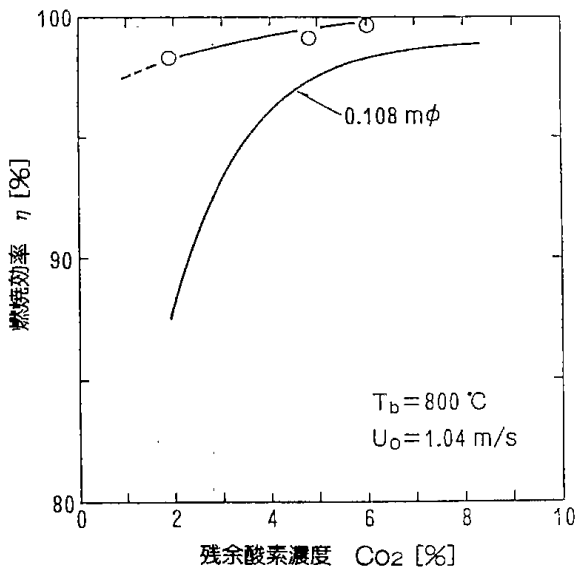


図6 燃焼効率と残余酸素濃度

Q_{ls}: 溢流灰及び飛び出し灰の未燃カーボンの発熱量 [kcal/kg]

Q_{lg}: 排ガス中のCO, CH₄, H₂, C₂H₄の発熱量 [kcal/kg]

F_c: 試料供給量 [kg/h]

H_v: 試料発熱量 [kcal/kg]

比較のために内径0.108mφの装置を用いて泥炭のみの燃焼試験を行った結果¹⁾を同図中に示す。いずれも、残余酸素濃度が増加すると燃焼効率は向上する。残余酸素濃度2%における燃焼効率は内径0.108mφで85%, 本実験の場合は98%であった。なお、本実験における集塵箱からの飛び出し灰の量は、試料供給量に対して2~4%であり、その発熱量は1,000kcal/kg以下であった。一方、内径0.108mφの装置では4~7%で、発熱量は1,000~2,000kcal/kgであった。これは本装置が比較的大きいことから放熱による熱損失が少なく、また、泥炭に廃油を含浸させてあるため、流動層部およびフリーボード部の燃焼が盛んになり、燃焼効率が向上したものと考えられる。

全未燃損失に占める未燃ガスによる損失の割合と燃焼効率との関係を図7に示す。燃焼効率が向上するにしたがって未燃ガスによる損失の割合は、急激な減少を示した。0.108mφの装置の結果と比べると、未燃ガスによる損失の割合が大きい。これは本実験の場合、図4からも明らかのように、フリーボードの出口温度は約700℃と高く、未燃カーボンの燃焼がフリーボード部においてより盛んなためと考えられる。

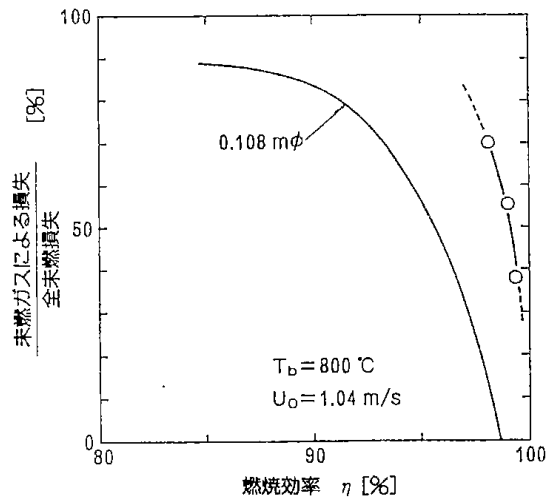


図7 全未燃損失に占める未燃ガスによる損失の割合と燃焼効率

5.3 有害ガスおよび灰の分析

燃焼排ガス中のNO_x、SO₂の濃度は、0.108mφの装置による実験において残余酸素濃度5%でそれぞれ180ppm、20ppmであった。本実験試料に含まれるN分、S分がほぼ同じ値であることから、基本的には同じような値になると推測される。

0.108mφの装置の実験に用いた泥炭灰の分析結果を表3に示す。分析には、高周波プラズマ分析装置（ICP）を用いた。泥炭灰の主成分はSiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、MgO、CaOであり、とくにシリカ、アルミナ酸化物で全体の50%以上を占めている。これは国内の石炭灰³⁾に比較しSiO₂、Al₂O₃は少なく、Fe₂O₃、MgO、CaOなどが若干多い傾向がある。しかし、石炭灰の処理、利用についての基本的技術は泥炭灰にも適用できるものと考えられる。

表3 泥炭灰の分析

SiO ₂	[%]	40.2
Al ₂ O ₃	[%]	13.4
Fe ₂ O ₃	[%]	10.7
MgO	[%]	9.1
CaO	[%]	9.8
K ₂ O	[%]	1.5
Na ₂ O	[%]	2.2
TiO	[%]	0.6
Mn	[ppm]	970
Cu	[ppm]	158
Zn	[ppm]	119
V	[ppm]	139
Cd	[ppm]	—
Cr	[ppm]	475
Ni	[ppm]	492

6. まとめ

中間規模装置を用い泥炭に廃油を混合した試料（POM20）の流動層燃焼実験を行った。層温度800℃、ガス流速約1.0m/s、残余酸素濃度2%における燃焼効率は98%以上に達した。

集塵箱への飛び出し量は2~4%で、その発熱量は1,000kcal/kg以下であった。

引用文献

- 1) 細田英雄, 燃協誌 Vol.65, No.9, p.778 (1986)
- 2) 細田英雄, 田崎米四郎, 本間専治, 弓山 翠, 武田詔平, 富田 稔, 千葉繁生, 河端淳一, 鈴木 智 燃協誌, Vol.67, No.9, p.791 (1988)
- 3) 武田詔平, 鶴沼英郎, 鶴江 孝, 佐山惣吾, 伊藤三郎, 北海道工業試験所報告, No.37, p.7 (1985)

第5章 泥炭のガス化およびガスエンジン発電

細田 英雄, 田崎米四郎, 本間 専治, 弓山 翠,
武田 詔平, 富田 稔, 千葉 繁生, 北野 邦尋,
鈴木 智

1. はじめに

泥炭の利用方法の一つとしてガス化がある¹⁾。これまでの泥炭のガス化法としては、移動層型のガス発生炉による方法²⁾あるいは高温、高圧下での流動層による方法³⁾などがある。いずれもガス化剤として水蒸気を用いている。筆者らは、これまでに泥炭と処理の困難な動植物廃油とを所定の割合で混合した試料 (POM) を用いて、内径0.108m φの流動層装置によるガス化実験 (常圧, ガス化剤として空気または一部酸素を使用) について報告した⁴⁾。本報ではそれをスケールアップした中間規模装置でのガス化特性, および得られた低カロリーガスを燃料とする, ガスエンジン発電機の運転状況について報告する。

2. 試料および実験装置

実験に用いた試料は約40%の水分を含有する泥炭, および泥炭に動植物廃油をそれぞれ20%, 25% (POM20, POM25) 混合したものである。

これら試料の分析結果を表1に示す。なお, 泥炭の種類, 脱水方法および流動化粒子として用いた珪砂は, 前章の燃焼実験の場合と同様である。

ガス化実験およびガスエンジン発電のフローを図1に示す。ガス化実験も前述の燃焼実験と同様の装置で行った。流動層内の温度制御は試料の供給量によって行い, ガス化剤としては空気のみと, POM20の試料については空気と酸素を用いた。なお, ガス化炉内では試料の部分酸化反応の促進を計る目的で, 空気量を燃焼における理論空気量よりも少ない範囲で行った。

ガスエンジン発電では, ガス化の際に生じる飛散灰やタールによるトラブルを避けるために種々のフィルターを用い, クリーンなガスにしてからガスエンジンに供給する必要がある。そのために生成ガスは, 集塵箱で粗粒子を除去し, ファイバースチールフィルターを通して冷却器でガスを冷却後, 再度スポンジフィルターでタール分, 微粒子を除去した。さらにガス中の湿分をCaCl₂で除去

表1 試料の分析値

工業分析 [wt%]	Peat	POM20	POM25
水分	38.9	31.4	25.1
揮発分	35.4	46.9	54.9
固定炭素	12.4	9.6	8.1
灰分	13.3	12.1	11.9
元素分析 [wt%, daf]			
C	54.9	61.1	62.1
H	5.1	8.2	7.1
N	1.4	1.0	0.9
O	38.3	29.4	29.6
S	0.3	0.3	0.3
発熱量 [kcal/kg]	3,100	4,500	5,100
高密度 [g/cc]	0.45	0.58	0.60

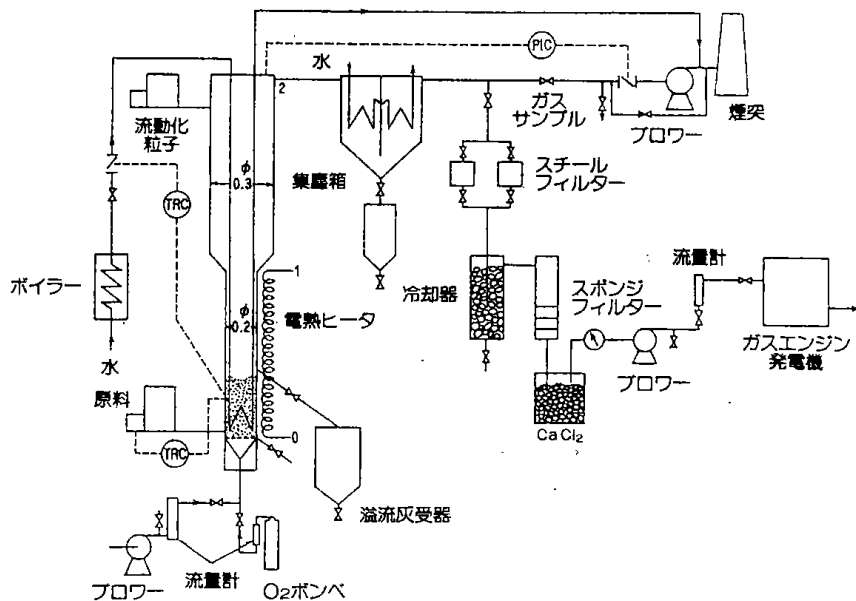


図1 ガス化実験およびガスエンジン発電のフロー図

したのち、ガス流量計、誘引ブロワーを通してガスエンジン発電機に供給した。

ガスエンジン発電機の概略を図2、写真を図3に示す。ガスエンジン発電機は自動車用のガソリ

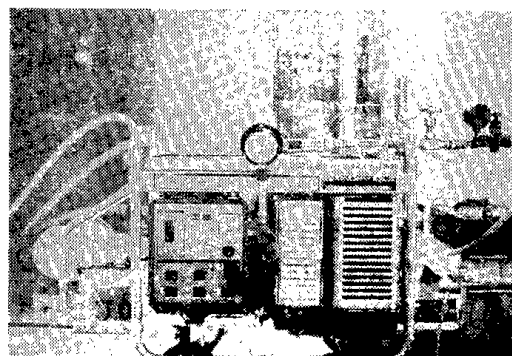
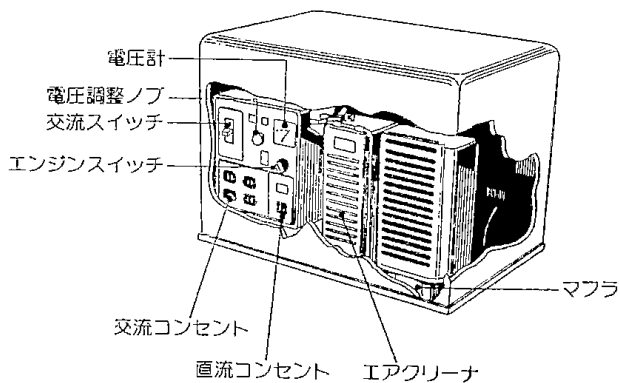


図3 ガスエンジン発電機

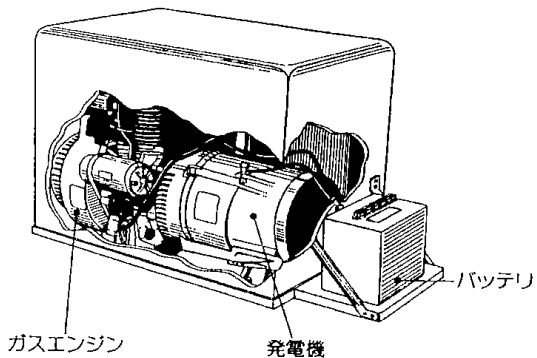


図2 ガスエンジン発電機の概略図

ンエンジンを、低カロリーของガスに適応するように吸気機構などを改造したものである。ガスエンジン発電装置の仕様を表2に示す。ガスエンジンは空冷4サイクル、定格出力6.5PS、総排気量は412ccである。ガスエンジン発電機の電力周波数は負荷変動に対応し、変動は最小限に制御できるようになっている。

実験操作は燃焼実験の場合と同様である。また、定常運転後の流動層およびその周辺の温度、ガスエンジン発電機の負荷電力量、周波数、回転数などの諸量を、定常運転から2分間隔でコンピュータにデータを取り込み演算、管理を行った。また、

表2 ガスエンジン発電装置仕様

発	型 式	73A プランレス自動同期式	
	周波数	Hz	50/60
	出 力	KVA	3.7 / 4.3
電	電 圧	V	100
	電 流	A	37/43
機	相 数	単 相	
	定 格	連 続	
ガ	型 式	MF-410 空冷4サイクル	
	定格出力	Ps	6.5 / 8
	最大出力	Ps	8 / 10
	最大トルク	kg・m/rpm	2.3 / 2400
	回 転 数	rpm	3000/3600
	総排気量	cc	412
	最大定格燃料消費量	kcal/h	18,000
	始動方式	リコイルスターターセル付	
	寸 法	mm	842 L × 577 W × 648 H
	重 量	kg	101.2

負荷の変動に対しては、ガスエンジン発電機へのガスの流量を手動によって制御した。ガス分析は、ガスクロマトグラフによって間欠的に行った。

3. 実験結果と考察

3.1 ガス化安定操作

試料POM20について、層温度800℃、ガス化剤に空気を用いた場合の層内高さ方向の温度分布の例を図4に示す。流動層高は約0.3mであり、

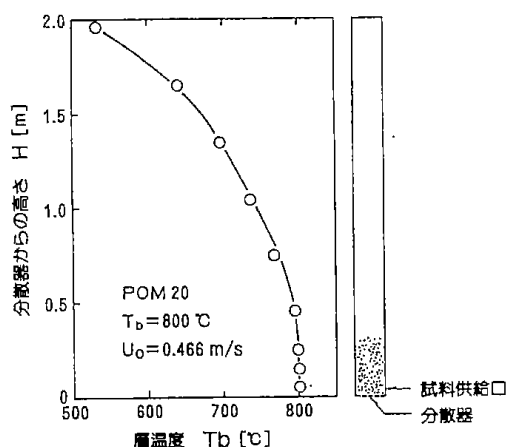


図4 層内の温度分布

温度制御は分散機から0.1mの位置で行った。流動層部においては、均一な温度分布を維持することができた。一方、フリーボード部では、高さとともに徐々に温度は低下する。これは空気中に含まれる酸素と試料とが流動層部分で瞬時に反応が完結したためと考えられる。

ガス流速0.466m/sにおける試料供給量と層温度との関係を図5に示す。層内の温度制御は試料供給量によって行った。すなわち、層内温度が設定値より低くなった場合には、試料供給量を少なくして部分燃焼を促進させ、高くなった場合には、試料供給量を多くして設定温度を維持した。その結果、層温度700~800℃における処理量は、流動化ガスに空気を用いた場合8~16kg/hであり、空気に酸素を付加した場合には11~20kg/hに増加した。これは酸素を付加することによって部分燃焼反応がより進行するので処理量が増加したものと考えられる。

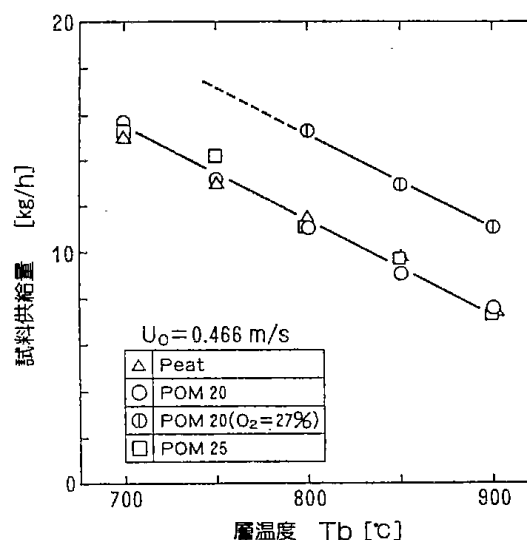


図5 試料供給量と層温度

集塵箱で捕集した飛び出し粒子量と層温度との関係を図6に示す。ガス流速0.466m/s、層温度700~900℃では供給した試料の3~10%が飛び出した。このときの粒子径は0.5mm以下であった。これはガス化中に粒子の摩耗などによって粉化生成したものである。実験終了後の層内残留チャーの粒径範囲は0.1~2.5mm、50%平均径は約0.9mmであった。また、試料粒子の層内滞留時間は3~6minであった。

集塵箱で捕集した粒子の発熱量を図7に示す。

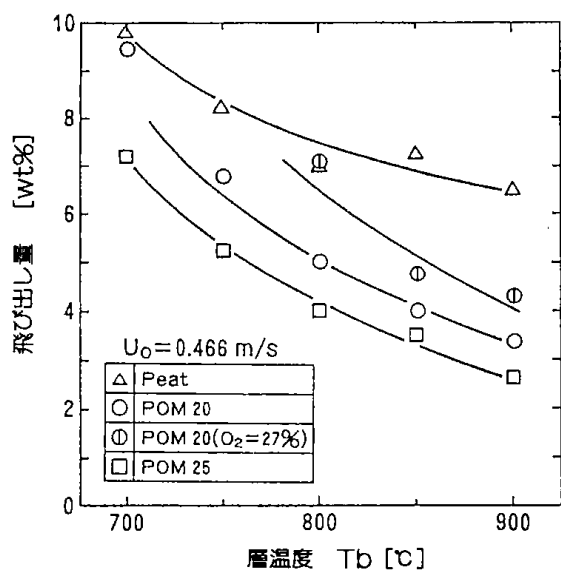


図6 飛び出し量と層温度

層温度が高くなるにしたがって、部分燃焼反応が進行するため発熱量は低下する。泥炭のみに比べ、廃油の混合割合の多い方が発熱量が大きい。これは油分が完全にガス化されずに残っているためと思われる。捕集した粒子の発熱量は2,000~4,800 kcal/kgあることから、今後、この処理法について検討する必要がある。

生成ガス発生量と層温度との関係を図8に示す。

層温度が高くなると生成ガス発生量は低下している。これは層温度が高くなると供給量が少なくなるためである。また、流動化ガスに空気のみを用いた場合よりも、酸素を付加した場合の方が燃焼反応が進行し、供給量が多くなるために生成ガス発生量は増加する。

生成ガスに伴われるタール分、オイル分は、本実験では、実験時間が短いこともあって炉壁、管壁などへの付着はみられなかった。

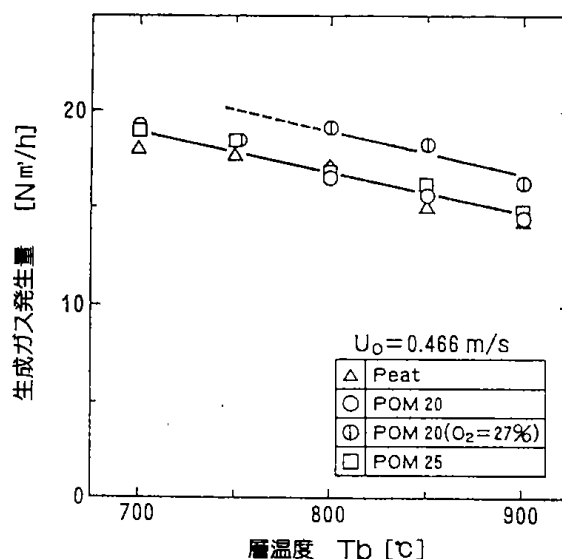


図8 生成ガス発生量と層温度

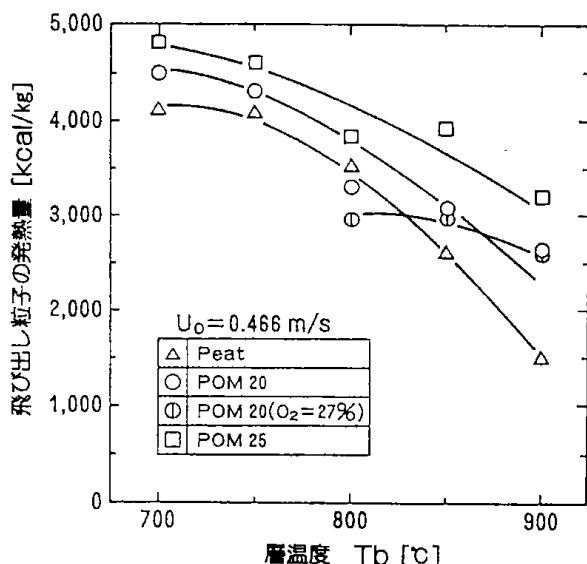


図7 飛び出し粒子の発熱量と層温度

3.2 ガス化効率

試料POM20でガス化剤に空気のみを用いた場合の可燃性ガス濃度と層温度との関係を図9に示す。その結果、 H_2 5~8%、 CO 5~6%、 CH_4 、 C_2H_2 2~3%、 C_2H_6 、 C_3H_8 1%以下の値であった。本実験では、主にガス化剤として空気を仕様しているため N_2 分が多く、可燃性ガスの生成量が相対的に少なくなっている。

生成ガス発熱量と層温度との関係を図10に示す。生成ガス発熱量は、泥炭のみに比べ廃油が多いほど、また、ガス化剤に酸素を付加した方が高くなる。各試料とも750℃近傍にピークがある。試料POM20、POM25におけるガス発熱量は1,000~1,400kcal/Nm³である。本実験の場合、前述のように試料の一部を燃焼し、その燃焼熱でガス化しており、燃焼時に生成される H_2O 、 CO_2 および空気中の N_2 が生成ガス中に含まれるため、低い発熱量のガスとなった。また、これらのガスの熱

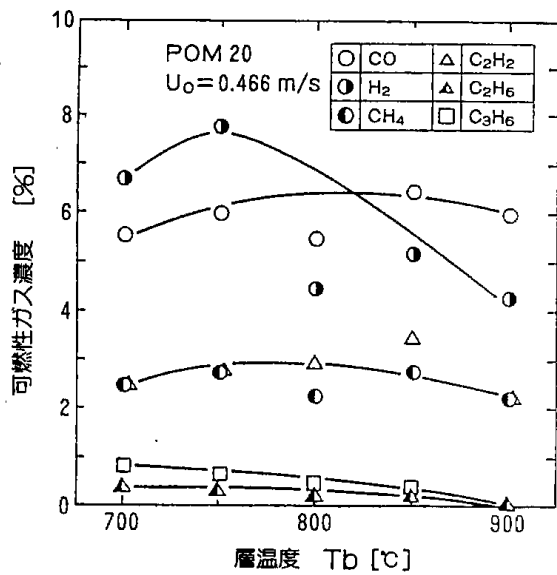


図9 可燃性ガス濃度と層温度

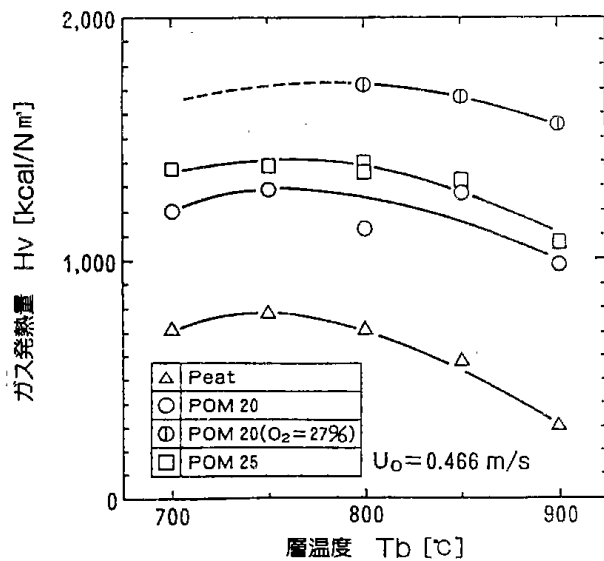


図10 生成ガス発熱量と層温度

量は、泥炭および泥炭に付着した油分の熱分解が大きな要因と考えられる。

ガス化成績を評価するために以下の諸効率を定義した⁵⁾。

炭素効率 C_c (Carbon conversion)

$$C_c = 100 \left(\frac{12}{22.4} \right) (CO + CH_4 + L.H) \frac{Q_g}{(F.C \times F_o)}$$

炭素ガス化率 C_g (Carbon gasified)

$$C_g = 100 \left(\frac{12}{22.4} \right) (CO + CH_4 + CO_2 + L.H) \frac{Q_g}{(F.C \times F_o)}$$

冷ガス効率 H_c (Cold gasification efficiency)

$$H_c = 100 (Q_g \cdot H_v) / (F_o \cdot H_h)$$

なお、

Q_g ; ガス生成量 [Nm³/h]

F_o ; 試料の供給量 [kg/h]

H_v ; 生成ガス発熱量 [kcal/Nm³]

H_h ; 試料の発熱量 [kcal/kg]

$F.C$; 固定炭素 [-]

$L.H$; 軽質炭化水素 [-] (C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_6 など)

炭素効率と層温度との関係を図11に示す。層温度の上昇とともに炭素効率が若干上昇する傾向にある。泥炭のみに比べ廃油を含んだ方が高く、試料POM20, POM25における炭素効率は20~25%である。

炭素ガス化率と層温度との関係を図12に示す。炭素ガス化率は層温度が高くなるほど、また、廃油を混合した泥炭に比較して泥炭のみの方が向上している。これは泥炭のみの場合、生成ガス発熱量および炭素効率が廃油泥炭に比べ小さいことが

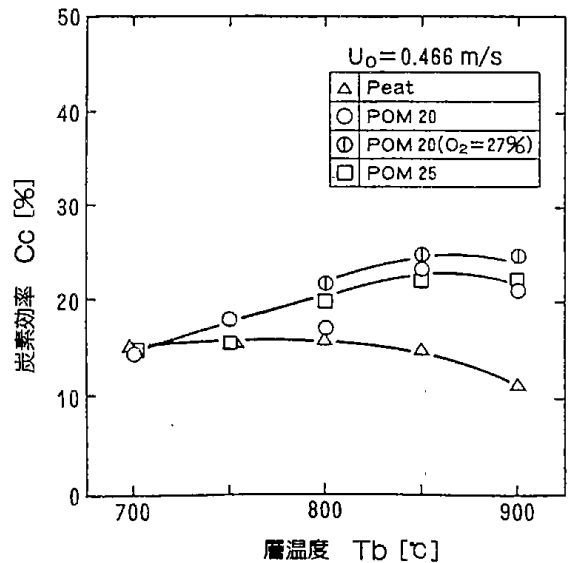


図11 炭素効率と層温度

ら、同一条件で反応温度を維持するには、部分燃焼より燃焼反応がより大きく進行した結果と推定される。炭素ガス化率は40~55%と比較的小さいが、本実験の場合、供給量制御で行っているために、層内滞留時間が3~6 minと短い。また、泥炭は繊維質で密度が小さいために粉化しやすく、十分に反応しないまま系外に排出されることから、炭素ガス化率は低下したことが考えられる。滞留時間については石炭によるガス化の結果⁶⁾からも明らかである。

冷ガス効率と層温度の関係を図13に示す。冷ガス効率は、泥炭のみに比べ廃油の含まれている方が、また、酸素を付加している方が高い。冷ガス効率はPOM20, POM25で40~45%と低い値を示した。これは試料供給量の少ない領域において

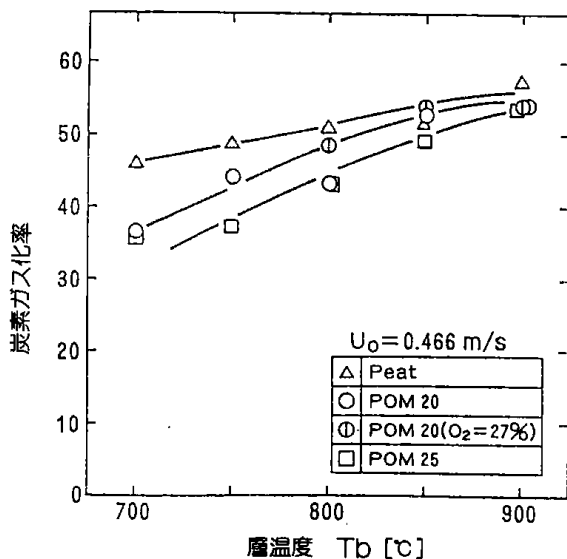


図12 炭素ガス化率と層温度

は、炭素の燃焼熱は流動層の温度を維持するために使われる割合が大きいため、冷ガス効率は低下したと考えられる。

各効率を改善するには、層内の粒子ホールドアップ、すなわち粒子の滞留時間を長くすることが必要である。

3.3 ガス化発電

試料POM20を用い、層温度750°Cでガスエンジン発電機を起動・運転する実験を行った。生成ガス発熱量は1,000~1,400kcal/Nm³である。補

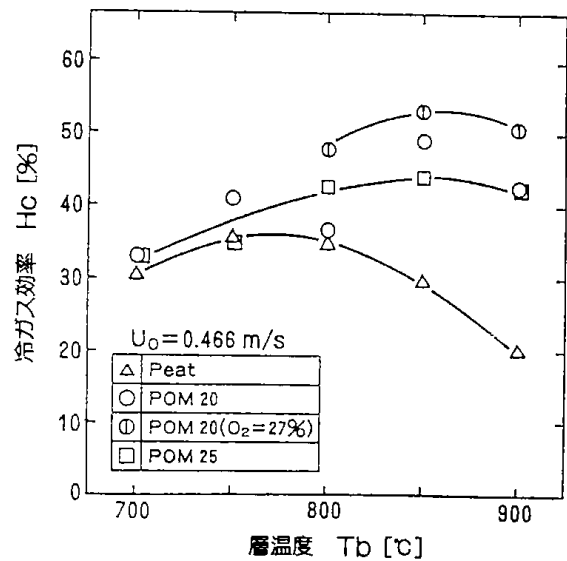


図13 冷ガス効率と層温度

助燃料なしでガスエンジンの起動が可能であった。負荷変動時の発電機の回転数(□印)、周波数(△印)の変化を図14に示す。負荷としては投光器、電気ストーブおよび電気掃除機を用いた。無負荷における発電機の回転数は3,010rpmであるが、負荷を1.8kwにすると2,990rpmと幾分低下した。一方、周波数はほぼ一定で50Hzを維持した。このように負荷変動に対しても安定した連続運転が可能であった。

発電効率 η は以下によって計算した。

$$\eta = \frac{Pq}{Hv \times Qt} \times 100$$

Pq ; 発生電力量 [kcal/h]

Hv ; 生成ガス発熱量 [kcal/Nm³]

Qt ; 供給ガス量 [Nm³/h]

本発電機の発電効率は約20%であった。

コージェネレーションを行うにあたってはNO_x、騒音などの問題点があるといわれており、本実験では測定することができなかったが、文献によれば⁷⁾、1,000kw程度以下のガスエンジン発電機から排出されるNO_x濃度は2,000ppm (O₂5%)程度、および200ppm (O₂16%)程度である。また、燃料の燃焼および駆動部から発生する騒音、振動は80~90dBになることから、これらの低減化が望まれている。なお、NO_xの低減化については⁸⁾、触媒による排気脱硝技術、稀薄燃焼技術が効果をあげているようである。

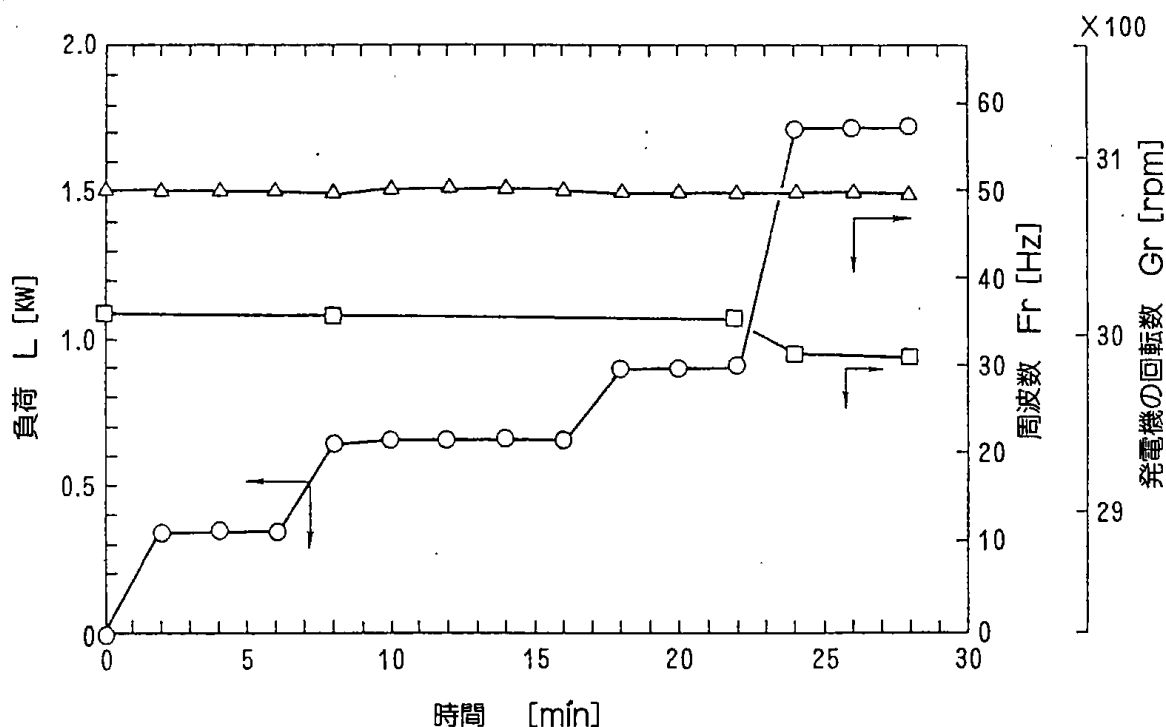


図14 ガスエンジン発電機の運転状況

4. まとめ

中間規模装置でガス化およびガス化発電について実験を行った。その結果

- (1) 生成ガス発熱量は層温度750℃付近で最も高くなった。試料POM20, POM25のときの生成ガス発熱量は, 1,000~1,400kcal/Nm³であった。
- (2) 試料POM20, POM25のガス化による炭素ガス化率, および冷ガス効率はそれぞれ40~55%, 40~45%であった。
- (3) ガスエンジン発電機は上記発熱量のガスで起動が可能でありかつ1.8kwの負荷変動に対して安定した連続運転が可能であった。
- (4) ガスエンジン発電機の発電効率は約20%であった。

引用文献

- 1) 小林久平; 草炭, 修教社書院, (1942)
- 2) 飯田貞一, 奥山哲雄, 伊藤昭三, 石山栄三,

燃協誌, Vol.39, No.402, p.713 (1960)

- 3) David M. Rue, Francis S. Lau, Sanford A. Weil, Dharam V. Punwani, Proc Intersoc Energy Convers Eng Conf Vol.17 th, No.2, p.88 (1982)
- 4) 千葉繁生, 田崎米四郎, 細田英雄, 弓山 翠, 本間専治, 武田詔平, 北野邦尋, 富田 稔, 鈴木 智, 化学工学協会, 第20回秋季講演要旨集, D 212 (1987)
- 5) サンシャイン計画研究成果報告書, 北海道工業開発試験所 (1984.3)
- 6) 武田詔平, 北野邦尋, 本間専治, 田崎米四郎, 鶴江 孝, 千葉繁生, 弓山 翠, 千葉忠俊, 竹沢暢恒, 化学工学協会, 第54年会講演要旨集, C 107 (1989)
- 7) 岡本洋三, JETI Vol.36, No.8, p.20 (1988)
- 8) 東野耿二, 化学工学協会, 第54年会講演要旨集, p.79 (1989)

第6章 泥炭のエネルギー転換総合システム

細田 英雄, 田崎米四郎, 本間 専治, 弓山 翠,
 武田 詔平, 富田 稔, 千葉 繁生, 北野 邦尋,
 鈴木 智

1. はじめに

本研究は未利用の泥炭資源の有効利用を図るために、脱水後に使用済みの動植物廃油を混合・吸着して取り扱いの容易な粒状性（POM）の燃料粒子化にし、これを燃焼・ガス化して、熱と電力を供給するコジェネレーションシステムの開発を最終目的としている。そこで、本項では種々のプロセスを組み合わせた場合の基本構想について述べる。

2. 総合システムフロー

泥炭の採掘から脱水、廃油の混合、ガス化、燃焼のプロセスを組み合わせた総合システムとして図1に示すフローが考えられる。

泥炭の採掘直後の含有水分は約90%あることから、これを直接ガス化や燃焼処理してエネルギー

として利用する場合には、泥炭の含有水分を50%以下にする必要がある。そこで脱水処理工程では、加圧、加熱式のスクリュープレスを使用することによって一段の処理工程で、含有水分を50%以下にできる。この脱水装置は、かまぼこ用すり身工場や製紙工場のスラッジの脱水などの分野で使われているものである。この装置規模としてはスクリュウ径1.2m、長さ10mの装置が稼働していることから、工業的には十分に利用が可能である。泥炭の脱水によって多量の水が排出されるため、この水の処理対策が必要である。前述のように本研究で使用した泥炭からの排水はpH4～5、BOD約180ppm、COD約2,100ppmである。また、一般に泥炭排水は、腐植性有機物および鉄分を多量に含み、これに伴い色度も黒褐色に着色している場合が多い¹⁾。また、pHが酸性であるために

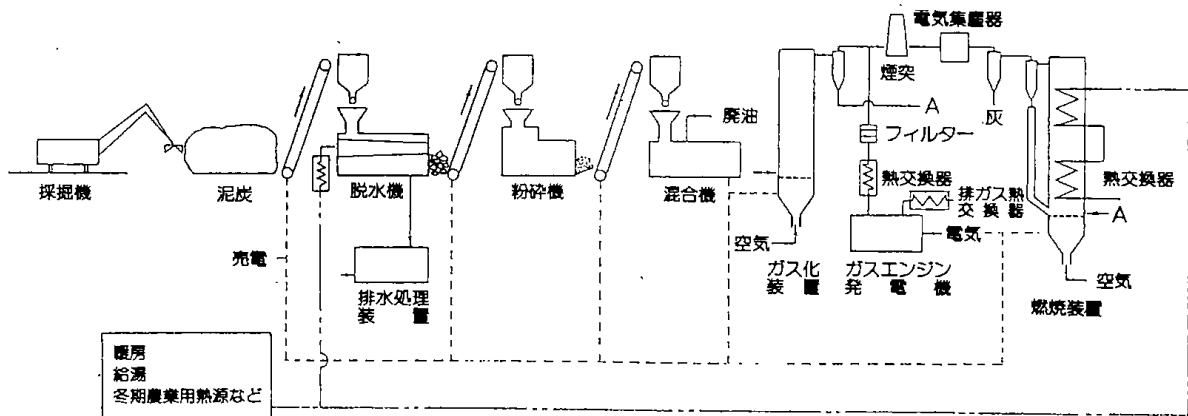


図1 総合システムフロー

排水のときには、アルカリ性物質にしてpHを6～7にして排水する必要がある。このために、大量の泥炭を使用する場合、水処理についての基準および規制を満足する処理系統に十分な注意を払う必要がある。

本装置で脱水された泥炭は、厚さ10～20mm、大きき30～100mmの塊状になって排出されるため、破碎機によって粉碎する必要がある。

次に、動植物廃油などを混合・吸着させてカロリーアップを図るとともに、取り扱いの容易な粒状物の燃料として使用する。これをガス化して地域エネルギー源として使用する。生成ガスは低カロリーであるが、このガスを用いてガスエンジン発電を行いコージェネレーション（熱電併給）のシステム化を行う。

コージェネレーションシステムは²⁾、ガスタービン、ガスエンジン、ディーゼルエンジンなどにより発電を行うとともに、その熱を利用して給湯などの熱需要に応えるエネルギーを供給する方式である。この方式は、電気需要と熱需要を適切に組み合わせることにより、エネルギー効率の向上、コスト低減がはかれるシステムである。すなわち、発電機によってこれらプロセスの動力用電力を供給し、余剰電力は売電する。一方、高温のエンジン排気ガスを利用して、暖房、給湯、冬期農業用熱源などの熱需要に応える。また、温水熱源吸収冷凍機によって冷房も可能である。今後、コージェネレーションの普及にともなって考慮すべき重要な問題は、前述のようにNOxなどの大気汚染、騒音、振動など環境へ与える影響である。

流動層ガス化によって、前述のように細かい粒子の飛び出し灰が3～10%（発熱量2,000～4,500kcal/kg）排出される。これを循環流動層で燃焼して熱回収する。循環流動層による泥炭の燃焼効率は、層温度750℃で98%に達し³⁾、特に繊維質で密度の小さい燃料には有望な燃焼装置である。フィンランドでは⁴⁾、泥炭専焼あるいは泥炭と廃木材、石炭などとの混焼用循環流動層ボイラーとして10基程度運転されており、熱出力は小さいもので7Mw、大きいもの120Mwに達している。循環流動層ボイラーが使用されている主な理由は、泥炭は炉内で偏析しやすく、また飛び出しやすい燃料であるからである。

3. まとめ

現在、石油の価格は低位に推移しているものの石油資源は有限であり、代替エネルギーの技術開発の必要性は変わっていない。その中で北海道に多量に賦存する泥炭の利用技術を開発することにより、エネルギー源として確保されることが期待される。例えば札幌圏では人口の増加に伴い、宅地化が進み軟弱地盤の泥炭地帯に土石を上乗せし固めて宅地造成を行っている。しかし、これでは多くの費用が必要となるばかりか、宅地として不完全であり、かつ有効資源である泥炭が未利用のまま永久に眠ってしまう。そこで泥炭を採掘してエネルギー源として有効利用し、採掘跡地を住宅、工業用地などとして使用することが期待できる。

泥炭のエネルギー源の利用方法としては、採掘場所で脱水、造粒物をしてから、流動層により部分燃焼法による低カロリーガス化を行い、ガスエンジン発電に利用するのが最も経済的である。このシステムは、小規模でシンプルな構成の装置によるローカルエネルギー源として有効に利用できる可能性を秘めている。

本研究の結果がこのような技術開発に役立つことを期待する。

引用文献

- 1) 池畑 昭, 熊谷裕男, 藤垣省吾, 清水珠子, 石崎紘三, 中川孝一, 用水と廃水, Vol.8, No.2 (1966)
- 2) 岡本洋三, JETI, Vol.36, No.8, p.20 (1988)
- 3) 細田英雄, 宮川智幸, 青木秀俊, 化学工学会一関大会, D208, p.201 (1989)
- 4) H. Vip & F. Engstrom, Proc. the 6th Intn. Peat Cong. p.364 (1980)

第7章 研究の総括

将来の石油代替エネルギー源の一つとして、石狩川下流域の札幌市内とその近郊に賦存する泥炭を利用して、小規模で簡単なプロセスでエネルギーに転換するシステムを開発するための研究を行った。

得られた成果は次の通りである。

1. 高含水率泥炭の脱水技術

スクリュープレスのスクリュープ軸の中に高温の水蒸気を通し、内部から加熱するタイプのスクリュープレスによる泥炭の脱水・乾燥実験を行った。その結果、これまで技術的、経済的にむずかしいとされていた脱水・乾燥が、一段の処理工程で、含水率50%以下にすることができた。処理量も常温処理に比べて加熱処理の方が大きく向上した。また、繊維質の多い泥炭の方がより脱水・乾燥が容易であることがわかった。

2. 脱水泥炭の粒状化、高カロリー燃料化技術

流動層型反応器での処理を想定して、水分約40%の脱水泥炭に、未利用の動植物廃油を混合・吸着させた粒状燃料(POM)を製造した。そして、その燃料としての取り扱い性、流動化性を調べた。

その結果、次のことがわかった。

- ① 流動層による燃焼・ガス化を考慮した場合、その取り扱い性などの面から、廃油の混合割合を20~25%にするのが適当であった。
- ② 流動層装置で流動化した場合、泥炭に廃油を混合することによって、飛び出し量を大幅に抑制することが可能であった。

3. POMを用いた高効率の燃焼技術

目標処理量20kg/hrの装置を用いてPOM(20%)を燃料とする流動層燃焼実験を行った。層温

度800℃、ガス流速約1.0m/s、残余酸素濃度2%における燃焼効率は98%以上に達した。

4. ガス化技術

上記の装置を用いて、部分酸化方式の流動層ガス化実験を行った。

その結果、次のことがわかった。

- ① 生成ガスの発熱量は、層温度750℃付近で最大で、その発熱量は1,000~1,400kcal/Nm³であった。
- ② POM(20~25%)のガス化による炭素ガス化率、冷ガス効率は、それぞれ40~55%、40~45%であった。

5. 得られた燃料を用いたガスエンジン発電技術

ガソリンエンジンに部分的改良を行った小型(エンジン排気量400cc)のガスエンジン発電機を用い、上記のガス化実験で得られた低カロリーの燃料を使った発電実験を行った。

その結果、次のことがわかった。

- ① 補助燃料なしで起動が可能であった。
- ② 電力負荷の変動があっても安定した発電が可能である範囲が明らかになった。

6. 泥炭の脱水からエネルギー化までを含めたトータルシステムの提案とその将来性

泥炭のエネルギー源としての利用方法としては、採掘場所で脱水、造粒物にしてから流動層により部分燃焼法によるガス化を行い、ガスエンジン発電に利用するのが最も経済的と考えられる。このシステムはシンプルな構成なので、将来、小規模なローカルエネルギー源として有効に利用できる可能性を秘めている。

研究成果

口頭発表

年月	発表課題	発表機関, 場所
1986. 3	泥炭の流動燃焼 細田	化学工学協会第51年会
1987. 7	泥炭の脱水・乾燥技術 細田, 田崎, 本間, 弓山, 武田, 富田, 千葉, 河端, 鈴木	化学工学協会北海道大会
1987.10	泥炭-廃油混合燃料の流動ガス化 千葉, 田崎, 細田, 弓山, 本間, 武田, 北野, 富田, 鈴木	化学工学協会第20回秋季大会
1988. 7	泥炭の燃焼特性 細田, 山田, 芦川, 青木	化学工学協会新潟大会
1989. 4	泥炭-廃油混合燃料の燃焼・ガス化発電 細田, 田崎, 本間, 弓山, 武田, 富田, 千葉, 北野, 鈴木	化学工学協会第54年会
1989. 5	泥炭-廃油混合燃料の燃焼・ガス化発電 細田	北開試研究発表会
1989. 7	循環流動層における泥炭の燃焼 細田, 宮川, 青木	化学工学会一関大会
1989.10	泥炭のエネルギー転換技術に関する研究 細田	地域技術シンポジウム

誌上発表

1986. 4	泥炭の利用技術 細田	北海通産情報, p.52
1986. 9	泥炭の流動燃焼 細田	燃料協会誌 Vol.65, p.778
1987.	泥炭粒子の燃焼性 細田, 山田	北開試報告 No.42, p.23
1987.	泥炭の流動層燃焼技術 細田, 平間	鉄と鋼 73巻15号, p.16
1988. 9	泥炭の脱水 細田, 田崎, 本間, 弓山, 武田, 富田, 千葉, 河端, 鈴木	燃料協会誌 Vol.67, p.791

卒業論文 (八戸工業大学生)

昭和62年度	泥炭の基礎的燃焼特性に関する研究	芦川宗展
昭和63年度	循環流動層における泥炭の燃焼特性に関する研究	宮川智幸

技術指導

北海道開発問題研究調査会	泥炭成形体の成形条件に関する研究	S.61. 7.25～ 9.25
廃棄物工学研究所	茸製造残渣の流動炭化試験	S.61. 9.16～10.31
北海道開発問題研究調査会	泥炭の基礎物性に関する研究	S.62. 3. 1～ 3.31
北海道農材工業	泥炭の脱水	S.62.11.19～12.26
月形工業	泥炭の加工	S.62.12.1～S.63.1.31

特許申請

泥炭のエネルギー転換方法	1986年
泥炭培地の製造方法	1989年

展示会出展

テクノフェア・イン・あさひかわ	旭川市	1988. 3.20～ 3.22
第4回北海道バイオ・ステージ	札幌市	1988.10. 1～10. 3

報道関係

日刊工業新聞	1986. 7.23
日本経済新聞	1989. 3.28
北海道新聞（夕刊）	1989.10. 5

〈謝辞〉

本研究にあたり，泥炭採取には株式会社中山組の池田輝喜氏に，泥炭灰の分析を当所，応用化学部の原口謙策課長に，また，pH，BOD，CODの測定を応用化学部の横田裕司氏にご協力頂きました。心からお礼申し上げます。

RESEARCH ON ENERGY CONVERSION TECHNOLOGY OF NATURAL PEAT

Hideo HOSODA, Yoneshirou TAZAKI, Midori YUMIYAMA,
Senji HONMA, Shigeo CHIBA, Minoru TOMITA,
Kunihiro KITANO, Syouhei TAKEDA and Satoru SUZUKI

SYNOPSIS

The anticipated future energy shortages have led to many researches or investigations on the development of alternate fuels and technologies.

As a part of the development of alternative energy technology, the assessment on the deposition of natural peat in Sapporo Area and its utilization as an energy resource were carried out. The research was sponsored by MITI. During these investigations we found that a large number of technologies are available for the utilization of peat as the energy resource. However, there is a need to develop new technology or process to improve its cost effectiveness and thus make it economically viable.

Therefore, in our laboratory, researches on the conversion of peat to energy were carried out using a much simplified process. The technologies investigated and the results obtained in our studies are summarized below.

1. Development of New Dehydration Technology

By using an internal heating type screw press, dehydrated peat under 50% moisture was obtained in a once through or single-pass process starting from peat with over 90% water content. Also, high heating capacity of the dewatered peat was achieved by the present method compared to the conventional technology using no heating type screw press.

2. Granulation of Dehydrated Peat

To improve the fluidization characteristics and the calorific value of the dehydrated peat, waste oils were mixed with dehydrated peat (40% moisture content). Fluidization characteristics of mixed fuel materials so obtained was also investigated. The results show that the elutriation of the dehydrated peat is considerably suppressed by the addition of 20–25 wt.% oily wastes.

3. Fluidized bed Combustion Test of Oil–Mixed Peat

Fluidized bed combustor with throughput 20kg/h was constructed and used to investigate combustion test of Oil–Mixed Peat samples. The test results show that the combustion efficiency of Oil–Mixed peat (20 wt.% oil) exceeds 98% at the operating condition of bed temperature 800°C, gas flow rate 1 m/s and residual oxygen concentration 2%. The amount of elutriation of fines collected at the dust box was about 2–4 wt.% and its heating values was about 1000kcal/kg.

4. Fluidized Bed Gasification Test of Oil–Mixed Peat

In a fluidization test of peat mixed with oil (20–25 wt.%) , the heating value of

produced gas was found to be maximum at about 750°C and was in the range 1000–1400kcal/Nm³. Carbon conversion ratio was around 40–55% under these experimental conditions.

5. Gas Engine Power Generation System

Power generation tests were carried out using a small scale gas engine with cylinder capacity about 400 c.c. The test showed that no supplemental fuel was needed to start the gas engine and smooth operation was achieved even under fluctuating electrical load.

Future Possibilities of the Proposed System

From above results, the most efficient system for the utilization of natural peat as an energy resources is proposed as follows :

- Dehydration Process using internal screw heating press,
- Preparation Process to obtain a mixture of Dehydrated Peat and Waste Oil
- Fluidized Bed Gasification Process of the fuel mixture by partial pyrolysis and
- Gas Engine Power Generation Process.

This system is supposed to be more simple and economical compared to the conventional processes published in the literature. We also believe, that this system can be easily used as a small scale local energy production system in the near future.

This study was carried out from 1986–1988 F.Y. as a part of a Special Research Program of AIST, MITI.

北海道工業開発試験所報告
第 49 号

平成 2 年 2 月 20 日 印刷
平成 2 年 2 月 20 日 発行

発 行 所 工業技術院北海道工業開発試験所
札幌市豊平区月寒東 2 条 17 丁目 2 番 1 号
電 話 011 (851) 0151 (代)

印 刷 所 東日本印刷株式会社
札幌市中央区南 6 条西 17 丁目
電 話 011 (551) 1120 (代)

Researches on Energy Conversion Technology of Natural Peat

Contents

Chapter 1	Peat and Utilization Technology	(3)
Chapter 2	Dehydration Technology of Peat	(6)
Chapter 3	Mixing of Peat and Oil	(11)
Chapter 4	Fluidized Bed Combustion of Peat	(14)
Chapter 5	Peat Gasification and the Gas engine Power Generation	(18)
Chapter 6	Total System of Energy Conversion Technology.....	(25)
Chapter 7	Conclusion	(27)