

平成 19 年 4 月 27 日
消 防 庁

再生資源燃料等の安全の確保に係る調査検討報告書の公表

平成 15 年に三重県で発生した R D F（ごみ固形燃料）爆発事故を踏まえ、政令の改正により平成 16 年 7 月に消防法の指定可燃物に「再生資源燃料」が新たに指定され、安全対策等は、市町村条例で定めることとなりました。しかし、再生資源燃料のうち、R D F（Refuse Derived Fuel：生ゴミやプラスチックゴミなどの廃棄物から作られる固形燃料）や R P F（Refuse Paper & Plastic Fuel：古紙と廃プラスチックから作られる固形燃料）の一部以外の再生資源燃料や再生資源燃料に類似する物品については、詳細な物性が明らかになっていませんでした。

このため、消防庁では、昨年 6 月より、「再生資源燃料等の安全の確保に係る調査検討会」を開催し、現有する再生資源燃料等の実態把握や必要な安全対策について調査検討を進めてまいりました。

この度、調査検討結果報告書に取りまとめられましたので、公表します。

<別添資料>

1. 再生資源燃料等の安全の確保に係る調査検討報告書概要(別添 1)
2. 再生資源燃料等の安全の確保に係る調査検討報告書(別添 2)
3. 指定可燃物について(別添 3)
4. 三重ごみ固形燃料発電所爆発事故概要(別添 4)

連絡先

危険物保安室 白石補佐
佐藤係長

TEL 03-5253-5111(代表)

内線 7702・7715

TEL 03-5253-7524(直通)

FAX 03-5253-7534

再生資源燃料等の安全の確保に係る調査検討報告書概要

<ポイント>

- ・ 様々な再生資源燃料等について、熱的危険性や水素発生の危険性について確認を行った。
- ・ 危険性状に応じた安全対策を講じる必要があることを明らかにした。
- ・ 今後の課題として、次の点について検討が必要であることが確認された。
①将来新たに出現する再生資源燃料等の危険性を簡便に評価する手法の検討
②微少な発酵熱・反応熱から火災に至るメカニズムの解明について、今後の検討が必要であること。

1 経過

平成15年に三重県で発生したRDFタンク貯槽爆発を踏まえ、平成16年度に消防法の指定可燃物として「再生資源燃料」が新たに指定され、安全対策等は、市町村条例で定めることとなりました。

RDF及びRPFの以外の再生資源燃料については、詳細な物性が明らかになっていないため、これを把握し具体的な安全対策を策定するものである。

2 検討体制

各分野の専門家10名で構成する「再生資源燃料等の安全の確保に係る調査検討会」(委員長 久保内昌敏 東京工業大学助教授)を消防庁で開催し、調査検討を実施した。

3 調査検討の内容

(1) 再生資源燃料等の把握

再生資源燃料及びこれに類するもの(以下「再生資源燃料等」という。)について、文献、WEB及び検討会に参画している委員を通じて実態把握を行った。

(2) 取扱い実態の把握

研究や実用化されている再生資源燃料等について、製造から消費段階まで、現時点での取扱方法や保管方法について実態の把握を行うため現地調査を行った。また、当該調査の補足のため、アンケート調査を実施した。

(3) 性状の把握

再生資源燃料等のサンプルの提供を受け、試験を実施して、物理的・化学的性状、火災危険性の把握を行った。(水素濃度は、ガス検知管を使用し簡易的に測定)

4 調査検討の結果

(1) 再生資源燃料等の把握

木質ペレット、下水汚泥燃料、鶏糞燃料及びその他の燃料の存在を確認した。

(2) 性状試験結果

試験結果を「熱的危険性」及び「水素発生の危険性」ごとに4段階に分類、グラフにプロットし、既に知見のあるRDFやRPFの危険性と比較を行い、各再生資源燃料等の危険性の把握を行った。(別図のとおり)

試験を行った再生資源燃料等は、RPFより危険性が高いとともに、

大部分の再生資源燃料等については、水を添加することにより水素濃度及び熱的危険性のレベルとも上位(危険側)のレベルに移ることが確認できた。

また、今回把握した物質以外の新たな再生資源燃料等が将来出現した場合は、今回と同様の試験を実施し、その性状を確認し、必要な安全対策が把握できるよう整理を行った。

5 必要となる安全対策

各再生資源燃料等そのものの危険性レベルを把握、整理し、実態調査から得られた製造時、貯蔵等の工程ごとの危険要因から、危険性に応じた安全対策をとりまとめた。安全対策の一部は次のとおりである。

＜共通＞：再生資源燃料等は、酸化や微生物発酵等により、発熱や可燃性ガスを発生する危険性があることから、水分量管理や形状管理が必要である。

＜製造時＞：原材料の長期間保存や金属等異物除去、乾燥・炭化工程時等の温度管理が必要である。

＜貯蔵時＞：貯蔵時に発熱や可燃性ガスの発生を防止するため、製造後の高温状態での貯蔵や集積量の制限、長期貯蔵や雨水等水分の侵入防止が必要である。

＜その他＞：異常が直ちに感知できるよう温度測定装置や可燃性ガス測定装置を設置することや事故発生時に迅速な初期消火等が行えるよう消火設備を設置する必要がある。

6 今後の調査検討課題

(1) 危険性評価手法について

将来新たに出現する再生資源燃料等について、今回の試験により性状を把握できるとしたが、今後、今回の試験よりも簡単な方法による精度の高い「危険性評価手法」について、更に検討する必要がある。

(2) 火災メカニズムの解明について

微小火源から発酵熱・反応熱の蓄熱等により、大きな火災に至るようなメカニズムの解明も必要である。

(別図)

↑ 水素濃度レベル	3			4	5 11
	2		①⑥⑦ ⑦⑪	①⑧⑨	③⑬ ⑥
	1		②④⑤	②	⑧
	0		⑩⑫	⑨	
		0	1	2	3
熱的危険性レベル →					

○数字は再生資源燃料等の種類。

①木質ペレット(ホワイト)②木質ペレット(バーク)③油温減圧乾燥汚泥④高温炭化汚泥⑤低温炭化汚泥⑥造粒乾燥汚泥⑦C-RPF⑧鶏糞⑨石炭⑩RPF⑪RDF

○:水添加無し

□:水添加有り

はじめに

近年、地球温暖化等環境問題に対する意識・関心が高まる中、化石資源に依存した社会、資源の使い捨て社会から循環型社会への移行を目指し、廃棄物となる未利用有機資源等を有効に再利用した再生資源等のバイオマス燃料の開発や利活用などに係る新たな試みが各所で積極的に進められている。

反面、平成15年8月、三重県桑名郡（現桑名市）の三重ごみ固形燃料発電所に設置されているごみ固形燃料（RDF）貯槽では、RDFが原因とされる火災が発生し、人的、物的に大きな被害を生ずるとともに、事故後の調査でRDFに係る新たな性状が明らかになるなど、新たな物品については、予め性状を把握してから取扱いを行うことが重要であることを教訓として残した事故であった。

このような現況を踏まえ、RDF等の再生資源燃料等について、実際にどのようなものが開発され又は実用されようとしているのか実態の把握を行い、物性や危険性を明確にし、利用形態に応じた安全対策をとりまとめるとともに、新たに出現する再生資源燃料等についてその危険性を判断するための方法や安全対策の考え方について調査・検討を進め、「再生資源燃料等の安全の確保に係る調査検討報告書」にとりまとめたものである。

本報告書をとりまとめることができたのは、調査・検討に積極的にご参加いただき、熱心な議論を取り交わしていただいた委員各位の熱意と努力によるところが大きく、関係各位に対し、厚く御礼申し上げます。

再生資源燃料等の安全の確保に係る
調査検討会

委員長 久保内 昌敏

目 次

第1章	検討課題の概要	1
1. 1	調査検討の目的	1
1. 2	調査検討項目	1
1. 3	検討手順	2
1. 4	検討体制	3
1. 5	検討の経過	4
第2章	再生資源燃料等の把握	5
2. 1	再生資源燃料概要	5
2. 2	再生資源燃料の届出実態調査	9
2. 3	再生資源燃料等に関する文献調査等	11
2. 4	指定可燃物施設等における火災概要	20
第3章	再生資源燃料等の危険性評価	24
3. 1	性状確認試験の概要	24
3. 2	試料の一覧	24
3. 3	実験の方法	25
3. 4	試験結果	30
3. 5	危険性評価について	65
第4章	再生資源燃料等・消費施設等の実態調査	68
4. 1	実態調査対象施設	68
4. 2	現地調査事項等	69
4. 3	現地調査結果	70
4. 4	アンケート調査結果	113
4. 5	実態調査結果取纏め	126
第5章	再生資源燃料等製造施設等における危険要因と対策	132
5. 1	再生資源燃料等の危険要因	132
5. 2	再生資源燃料等の安全対策	141
5. 3	危険要因の把握と安全対策の考え方	144
第6章	今後の課題	145
第7章	まとめ	146

参考資料1	関連法令	147
参考資料2	RDF／RPF製造施設における危険要因と安全対策等	163
参考資料3	参考文献等	173
参考資料3-1	下水汚泥燃料について	174
参考資料3-2	木質ペレット利用推進対策事業報告書抜粋	181
参考資料3-3	木質ペレットについて	199
参考資料3-4	C-RPFについて	205

第1章 検討課題の概要

1. 1 調査検討の目的

平成15年に三重県で発生したRDF^{*1}タンク貯槽爆発を踏まえ、平成16年度に消防法の指定可燃物として「再生資源燃料」が新たに指定され安全対策等は市町村条例で定めることとなりました。しかし、RDF^{*1}及びRPF^{*2}の一部以外の再生資源燃料については、詳細な物性が明らかになっていないため、これを把握し、具体的な安全対策を策定することが必要となっている。また、再生資源燃料に類似する物品も存するところである。

このことから、再生資源燃料やこれに類する燃料（以下「再生資源燃料等」という。）を把握し、その物性を調査するとともに、当該燃料を製造し、取り扱う場合等における安全対策を確立するための検討を行うことを目的とする。

- *1 RDF (Refuse Derived Fuel の略)：ごみ固形燃料(主に家庭で捨てられる生ゴミやプラスチックゴミなどの廃棄物を原料とする固形燃料)
- *2 RPF (Refuse Paper&Plastic Fuel の略)：廃プラスチック固形燃料(主に産業廃棄物の古紙と廃プラスチックを原料とする固形燃料)

1. 2 調査検討項目

(1) 再生資源燃料等の把握

再生資源燃料としてどのような物品が研究や実用化されているか、国内外の実態を調査する。この場合において、再生資源燃料に類する物品についても調査対象とする。

(2) 取扱い実態の把握

国内において研究や実用化されている物品について①量②製造、貯蔵、流通及び使用方法③装置④講じられている安全対策の把握を行う。

(3) 性状の把握

サンプルの提供を受け、試験等を実施して、物品の組成、物理的・化学的性状、火災危険性の把握を行う。

(4) 危険要因の把握

前(3)より把握された性状及び取扱い実態等から、当該燃料を取り扱う場合等の危険要因を抽出する。

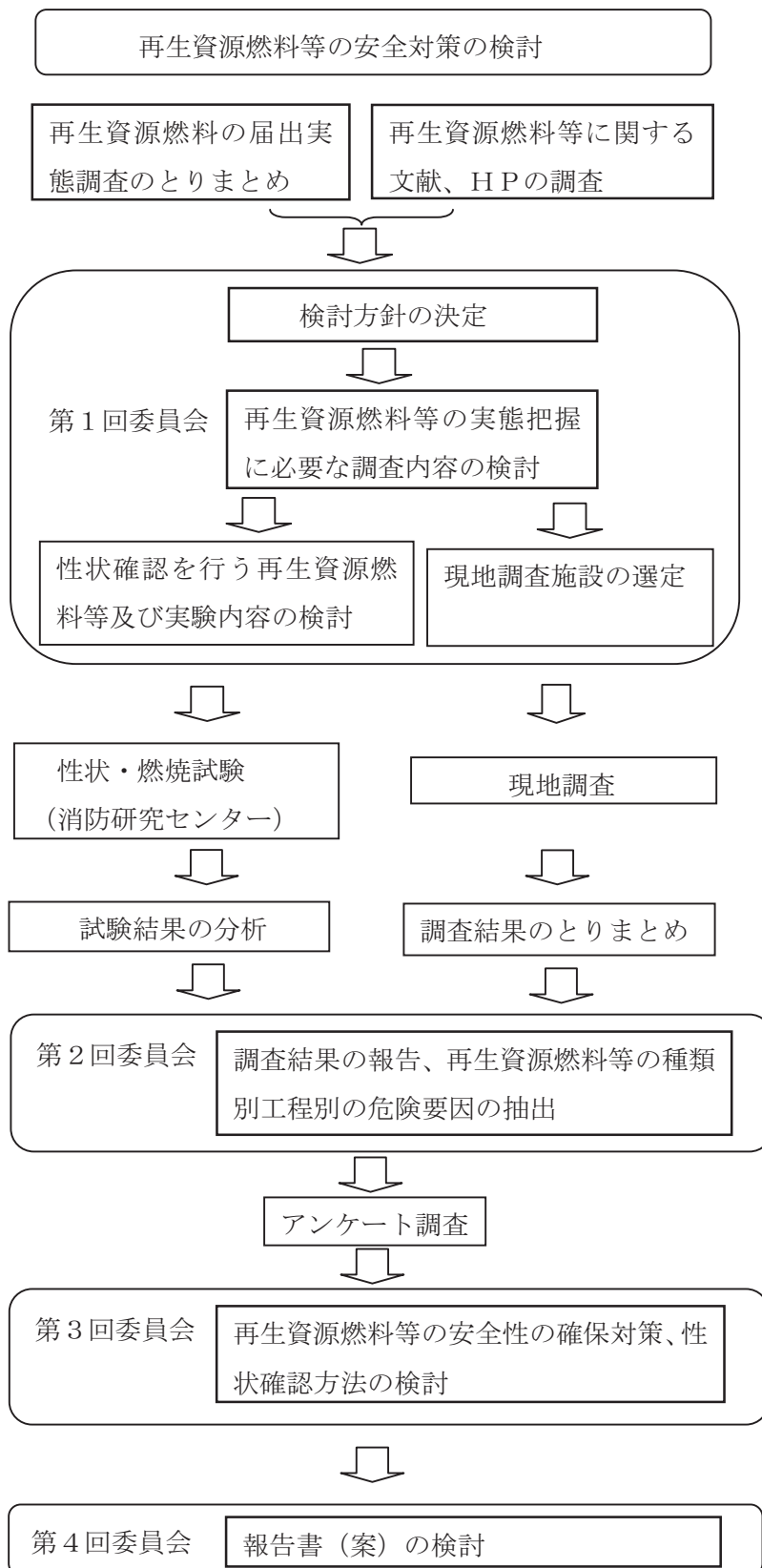
(5) 安全対策の検討

前(4)より把握された危険要因に対して講ずるべき安全対策を検討する。

(6) 性状の確認方法の確立

再生資源燃料等に該当するか否かを判断するための方法、廃棄物固形化燃料等に該当するか否かの方法、必要な安全対策を判断するための確認方法等を検討する。

1. 3 検討手順



1. 4 検討体制

検討会の体制は以下の通り。（順不同敬称略）

委員長	久保内 昌敏	東京工業大学大学院理工学研究科助教授
委員	渡 邊 洋 己 (梅 原 直)	消防庁危険物保安室長
委員	古 積 博	消防庁消防大学校消防研究センター技術研究部危険 性物質研究室長
委員	小 林 博 美	秋田市消防本部予防課長
委員	島 津 幸 廣 (新行内 俊男)	東京消防庁予防部危険物課長
委員	野 上 健 二	岡山市消防局予防課長
委員	神 田 徹	北九州市消防局予防部指導課長
委員	岩 田 雄 策	消防庁消防大学校消防研究センター技術研究部危険 性物質研究室
委員	高 野 勉	独立行政法人森林総合研究所加工技術研究領域木材 乾燥研究室長
委員	山 本 博 英	日本下水道事業団技術開発部総括主任研究員
委員	吉 村 修	危険物保安技術協会業務企画部長
協力員	越 谷 成 一	危険物保安技術協会業務企画部調査役
協力員	稲 垣 勝 彦	危険物保安技術協会業務企画部企画課専門調査役
事務局	秋 葉 洋	消防庁危険物保安室理事官
事務局	佐 藤 淳	消防庁危険物保安室危険物第二係長
事務局	木 塚 暁 喜	消防庁危険物保安室危険物第二係

1. 5 検討の経過

検討の経過は以下のとおりである。

再生資源燃料等の安全の確保に係る調査検討会

第1回 平成18年6月21日（水）

第2回 平成18年10月30日（月）

第3回 平成19年1月24日（水）

第4回 平成19年3月15日（木）

第2章 再生資源燃料等の把握

2. 1 再生資源燃料概要

(1) 再生資源燃料の消防法令上の位置づけ

消防法令等では、「再生資源燃料とは、資源の有効な利用の促進に関する法律（平成三年法律第四十八号）第二条第四項に規定する再生資源を原材料とする燃料」（危政令別表第四）と定義され、指定可燃物の中に位置づけされている。

以下に、再生資源燃料に係る法令改正経緯並びに法令等の改正事項等（該当部分のみ）を記す。

ア 再生資源燃料に係る法令改正経緯

平成15年8月に「三重ごみ固形燃料発電所」において RDF 貯槽の消火作業中に爆発火災が発生し、消火活動中の消防職員2名が殉職する事故が発生した。このことから、消防庁において、学識経験者、消防機関等の委員で構成される「ごみ固形燃料等関係施設の安全対策調査検討会」を開催し、安全対策の調査検討を行った。

当該検討会において、次のような知見が得られ、RDF 自体の性状対策も必要などの調査検討結果が報告された。

- ①大量のRDFが燃焼した場合には非常に消火が困難。
- ②保管中RDFの微生物発酵、酸化反応によると考えられる自然発火の火災が多く発生。
- ③自然発火現象による火災は、指定可燃物である「わら類」「木くず類」でも発生。
- ④火災安全性を確保するために火災要因に対して対策を講じることが重要。
- ⑤一般廃棄物及び産業廃棄物を主原料とし金属等の物質も含まれている。

以上のような調査検討結果から、RDFを含むごみ固形燃料に関しては再生資源燃料として、消防法令等で指定可燃物への指定を行い、所用の法整備が行なわれた。

イ 法令等の改正事項（再生資源燃料に関連する事項に限る）

(ア) 平成16年7月9日 危険物の規制に関する政令改正

別表第4の品名に「再生資源燃料」が指定され、同表の数量を「1,000kg」とされた。

(イ) 平成16年10月29日 火災予防条例（例）

- ・綿花類等に適用される対策のうち、共通して適用する防火対策を適用することされた。
- ・再生資源燃料のうち廃棄物固形化燃料その他の水分によって発熱または可燃性ガスの発生のおそれのあるもの（「廃棄物固形化燃料等」という）について、貯蔵及び取扱い(水分管理、集積高さ、温度・可燃性ガスの関し等)並びに位置、構造及び設備の技術上の基準(温度測定装置の設置、散水設備等の設置)について新たな対策が定められたこと。

- ・ 100倍以上の再生資源燃料（廃棄物固形化燃料等に限る）を貯蔵しまたは取り扱う場合は、火災の発生及び拡大の危険要因を自ら把握するとともに、火災予防上有効な措置を講じることとされたこと。

(ウ) 市町村条例の改正

前(イ)の改正を踏まえ、市町村条例が改正され、再生資源燃料を1,000kg以上貯蔵し又は取り扱おうとする者は、消防長（消防署長）への届出が課せられたとともに、貯蔵及び取扱い並びに位置、構造及び設備の技術上の基準が定められた。

ウ 施行期日

平成17年12月1日

(2) 指定可燃物

法令上、「再生資源燃料」が属している「指定可燃物」とは、危険性の程度は一般的には危険物より低いものであるが、万一火災が発生した場合にはその拡大が速やかであるか、又は消火活動が著しく困難になるものであり、危険物の規制に関する政令別表第四に掲げる物品で、同表の数量欄に定める数量以上のもののみが該当する。

① 指定可燃物の種類

指定可燃物の品名としては、「綿花類」、「木毛及びかんなくず」、「ぼろ及び紙くず」、「糸類」、「わら類」、「**再生資源燃料**」、「可燃性固体類」、「石炭・木炭類」、「可燃性液体類」、「木材加工品及び木くず」、「合成樹脂類」がある。

表2-1に各種指定可燃物の定義及び具体例を示す。

表 2－1 各種指定可燃物の定義及び具体例

品 名		定 義	具 体 例	数 量
綿花類		○不燃性又は難燃性でない綿状又はトッパ状の繊維(原綿、原毛を製綿製毛機にかけて一本一本の細かい繊維をそろえて帯状に束ねたもので 製糸工程前の状態のもの)及び麻糸原料。	○不燃性の繊維として石綿、ガラス等無機質のもの、難燃性の繊維として塩化ビニリデン系のものは除外	200 kg
木毛及びかんなくず		○木毛とは、木材を細薄なヒモ状に削ったもの。	○一般に用いられる緩衝材や、木綿、木繊維(しゅろの皮、 ○かんなくずは手動又は電動かんなを使用した木材の表面加工の際に出る木くずの一種。ヤシの実の繊維等)等が該当	400 kg
ぼろ及び紙くず		○不燃性又は難燃性でないもの(動植物油がしみ込んでいる布又は紙及びこれらの製品を含む。)をいい、繊維製品並びに紙及び紙製品が本来の製品価値を失い、一般需要者の使用目的から離れ廃棄されたもの	○古雑誌、古新聞等の紙くずや製本の切れ端、古ダンボール、用いられなくなった衣類等が該当	1,000 kg
糸類		○不燃性又は難燃性でない糸(糸くずを含む)及び繭をいい、紡績工程後の糸及び繭で、天然、合成の別は問わない。	○綿糸、毛紡毛糸、麻糸、化学繊維系、スフ糸等があり、合成樹脂の釣り糸も該当	1,000 kg
わら類		○乾燥わら、乾燥藁(藁草を乾燥したもの)及びこれらの製品並びに干し草	○わら製品としては俵、こも、なわ、むしろ等 ○乾燥藁としては、俵表、ござ等	1,000 kg
再生資源燃料		○使用済物品等又は副産物のうち有用なもので、原材料として利用することができるもの又はその可能性があるものを原材料とする燃料	○ごみ固形燃料(RDF)、廃プラスチック固形燃料(RPF)等	1,000 kg
可燃性固体類		○引火点、燃焼熱量、融点等の要件により定義	○クレゾール、コールタールピッチ、石油アスファルト、ナフタリン、フェノール、ステアリン酸等	3,000 kg
石炭・木炭類		○自然発火の危険性があり、燃焼発熱量が大きい等の性質を有する	○石炭には無煙炭、歴青炭、褐炭、重炭、亜炭、泥炭で天然に産するもの ○木炭には木を焼いて人為的にこしらえたもの ○石炭を乾留して生産するコークスや、粉状の石炭及び木炭を混合して成形した豆炭、練炭も該当	10,000 kg
可燃性液体類		○法別表備考第14号から第17号までの規定において品名から除外されているもの(F.P.250℃以上)	○第2 石油類、第3 石油類、第4 石油類及び動植物油類の品名除外物品が該当	2 m ³
木材加工品及び 木くず		○木材加工品とは製材した木材、板、柱及びそれらを組み立てた家具類 ○原木(立ち木を切り出した丸太)や水中に貯蔵している等の木工製品木材は該当外	○木くずは製材所等の製材過程において出る廃材、おがくず及び木端 ○軽く圧して水分があふれる程度浸漬されたものは該当外	10 m ³
合成樹脂類	発泡させたもの	○合成樹脂類とは、不燃性又は難燃性でない個体の合成樹脂製品、合成樹脂半製品、原料合成樹脂及び合成樹脂くず(不燃性又は難燃性でないゴム製品、原料ゴム及びゴムくずを含む。)をいい、合成樹脂の繊維、布、紙、及び糸並びにこれらのぼろ及びびくずは除く。	○発泡させたものとは、発泡率概ね6 以上のもの ○不燃性又は難燃性でないゴム製品、ゴム半製品、原料ゴム及びゴムくずとは、天然ゴム、合成ゴムの別を問わず、廃ゴムを再利用のために加工した再生ゴムも該当	20 m ³
	その他のもの			3,000 kg

② 指定可燃物の技術上の基準（安全対策等）

（１）にも記載しているように、「指定可燃物その他指定可燃物に類する物品の貯蔵及び取扱上の技術基準」並びに「指定可燃物その他指定可燃物に類する物品を貯蔵し、又は取扱場所の位置、構造及び設備の技術上の基準（消防法施行令第十七条第一項の消防用設備等の技術上の基準を除く。）は、市町村条例で定めることとしている（消防法第九条の三）。火災予防条例にて、技術上の基準が定められている。

③ 指定可燃物の体系

指定可燃物の体系を以下に記す。

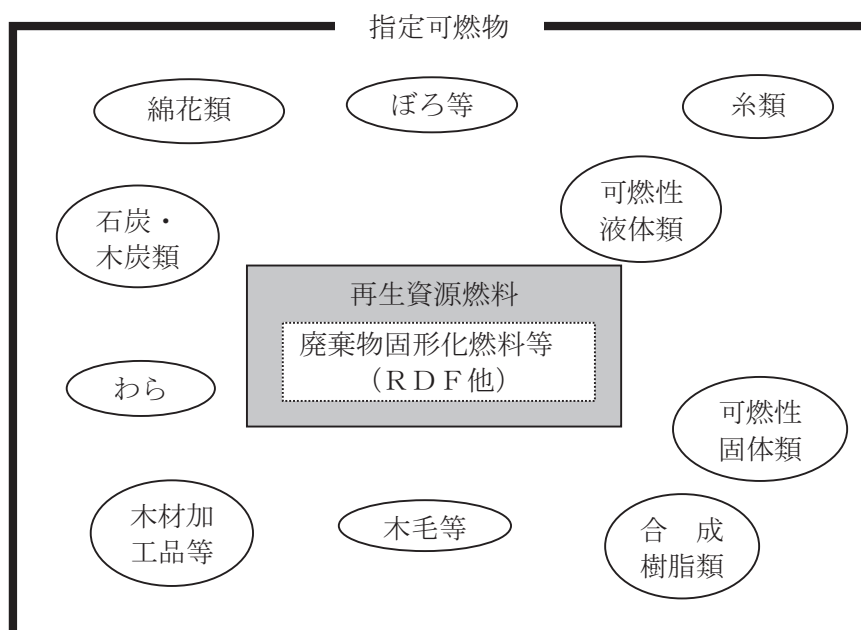


図 2－1 指定可燃物の体系

既に記載しているように、RDF／RPFで代表される再生資源燃料は、指定可燃物の中に位置づけされている。しかし、現在想定されている開発途上にあるものも含めて、再生資源燃料と言われるようなものにはどんなものがあるかということは、全て把握されていないのが現状である。また、明確に区分できないものも現実にはあるものと思われる。

このような、現状を踏まえ、既に実施されている「各消防機関に届出されている再生資源燃料の実態調査」並びに今回実施する「WEB及び文献等で再生資源燃料と思われるものの調査」により、その現状を把握することとした。以下に、当該調査結果を記載する。

なお、当該調査に当たり、再生資源燃料及びその類似品も含め、幅広く挙げていくこととした。

2. 2 再生資源燃料の届出実態調査

平成17年12月1日より、市町村条例が改正され、再生資源燃料を1,000kg以上貯蔵し又は取り扱おうとする者は、消防長（消防署長）への届出が課せられたとともに、貯蔵及び取扱い並びに位置、構造及び設備の技術上の基準が定められた。この状況を把握するため、再生資源燃料の届出実態調査が実施された。その調査結果を表2-2に記す。

本表に示す再生資源燃料、廃棄物固形化燃料等と判断された各種物品は、各市町村条例を元に各消防機関で判断されたものである。なお、一部の物品については、各消防機関で判断の分かれる品名も見受けられた。これらの物品については、今後、品名の分類を明確に判断できるようにする。また、再生資源燃料、廃棄物固形化燃料等と判断するための明確な評価方法の確立も必要と思われる。

表 2-2 火災予防条例届出物品の種類

下表は、平成 18 年 1 月に実施した「再生資源燃料届出状況調査」の結果であり、記載物品は、火災条例に基づき消防機関に届け出られている再生資源燃料である。

物品の種類	物品名	主な用途
1. 廃棄物固形化燃料（水分によって発熱又は可燃性ガスの発生のおそれあるもの）	・ RDF （・ 固形化燃料（詳細不明）） （・ 生活ゴミ・消石灰）	・ ボイラー等燃料 ・ 発電用燃料 ・ 冷暖房・給湯用等燃料 ・ セメント製造用燃料（セメントキルン用） ・ ゴミ焼却燃料 ・ 工場用燃料 ・ 溶鉱炉用燃料 ・ 燃焼炉燃料等（補助燃料含） ・ その他の燃料（詳細不明）
2. その他再生資源燃料（水分によって発熱又は可燃性ガスの発生のおそれあるもの以外の再生資源燃料）	・ RPF ・ 汚泥燃料（下水汚泥乾燥物、有機汚泥（製紙スラッジ）等） ・ 木質チップ類（木質チップ、木質ペレット等） ・ 廃棄物から製造したもの （木粉固形ダスト、木材・木屑、木皮カットタイヤ、わら、古紙、工場産廃紙屑、合成樹脂類（糸くず・木くず含む混合物）、合成樹脂類（発泡）、合成樹脂類（その他）、廃プラスチック類（シュレッターダスト減容固形化品含）、ASR（自動車破碎くず、廃プラスチック・紙くず・木くず・繊維くず・家電製品（RPF 等原料）） ・ 混合燃料 （炭化物と石炭との混合燃料、EPR（廃プラスチックの粉碎部品）と RPF との混在物品等） ・ その他（CPF（Cube Prastic Fue、従来の RPF に比べ廃プラを主成分としたものであり、ボイラー等の性能に応じ、紙くず、木くずを混入）等）	・ ボイラー等燃料 ・ 発電用燃料 ・ 冷暖房・給湯用等燃料 ・ セメント製造用燃料（セメントキルン用） ・ ゴミ焼却燃料 ・ 工場用燃料 ・ 溶鉱炉用燃料 ・ 燃焼炉燃料等（補助燃料含） ・ ペレットストーブ燃料 ・ 製鉄所等溶鉱炉還元剤 ・ 製鉄工程のフォーミング抑制剤 ・ その他の燃料（詳細不明）
備考	届け出受理に当たり疑義が生じた物品等について ・ 新バイオ炭（下水汚泥を 500℃程度で約 1 時間、低酸素状態で蒸し焼きにして粒状に加工したもの） ・ ごみ焼却場に運搬するための便宜上汚泥を乾燥させた物 ・ 汚泥乾燥固形燃料（汚泥／石炭の混合物） RPF を廃棄物固形化燃料としている消防機関もあった。	

2. 3 再生資源燃料等に関する文献調査等

再生資源燃料等に関する国内文献・WEB情報調査結果、並びに検討会における関連情報等により、次のような当該燃料についての知見が得られた。

各種再生資源燃料等の特徴等について、その概要を以下に記載する。詳細については参考資料、参考資料3-1～参考資料3-4を参照。

(1) 木質ペレット

ア 特徴・物性等

木質ペレットは木材を粉化し、圧縮成型したものであり、バインダー等は使用していない。

この成形技術は、もとは米国で家畜飼料を成形する目的で開発されたものを基本とし、これがおが粉の成形に応用され、1976年から“ウデックス (Woodex)”という商標で販売が開始されたのを端緒としている。その後、二度にわたるエネルギー危機を契機として、北米およびヨーロッパのほぼ全域に技術導入がなされた。日本にも1981年にこの技術が導入され、翌年から国産木質ペレットの生産が開始された。さらに国産成形機の開発もなされている。

- ①原料：未利用間伐材、支障木等の丸太、樹皮、製材工場からの端材、おが粉等
- ②種類：ホワイト、全木、バーク
- ③形状・サイズ：円筒直径6～8mm、長さ10～30mm程度
- ④含水率：6～13%程度
- ⑤発熱量：概ね19MJ/kg (4500kcal/kg)
- ⑥かさ密度：概ね0.7kg/dm³
- ⑦木質系の中で最もエネルギー集中度が高い燃料。
- ⑧優れた着火性（ペレット状に加工する過程で水分を飛ばすため、含水率が低く着火性に優れている。）
- ⑨扱いやすい（貯蔵・運搬が容易。）

イ 木質ペレット製造施設事例

(ア) ペレット製造設備面積

約200m²（原料→一次粉碎機は野外にあり、コンベアーによってペレット工場へ）

(イ) 工程

- ①一次粉碎：バーク粉碎機により広葉樹樹皮を粉碎
- ②乾燥：ロータリードライヤーにより樹皮の水分をコントロール
- ③二次粉碎：乾燥後の樹皮を粉碎機（スクリーン付）で均一の長さに調整
- ④定量供給：定量供給機により一定の原料を成型機へ
- ⑤成型：成型機により樹皮成分をバインダーとしてペレット化
- ⑥クーラー：空気冷却
- ⑦製品サイロ：ペレットをストック

(ウ) 本施設製造の木質ペレット

- ①原料：広葉樹樹皮（ブナ、ナラ等）（広葉樹木質部も使用可）
- ②形状：長さ約15mm、直径約6mmの円筒状（4mm～10mm可能）
- ③発熱量：約18MJ/kg (4,300kcal/kg)

④荷姿：15kg 袋、フレコンバック（約 600kg）

⑤生産量：約 900 トン（平成 11 年度）

ウ 木質ペレットの使用先

（ア）使用先

ペレットストーブ（家庭用、業務用）、ボイラー等々、

（イ）使用先事例 1

展示館の床暖房に冬期間（11 月～4 月頃まで）使用。ペレット使用量約 20 トンであり、ペレット専用温水ボイラーを使用。ペレット用屋外貯蔵タンクにて貯蔵。ペレットは貯蔵タンクから自動的に屋内のバーナーホッパーに運搬され、温度センサーによって燃焼が調整されている。

（ウ）使用先事例 2：その他

スイミングスクール（温水ボイラー2 基、給湯と暖房）、水耕栽培ハウス（温風ボイラー、暖房）、温泉（温水ボイラー）等。

（2）下水汚泥燃料

RPS 法（電力事業者には化石燃料以外の新エネルギー等の一定量の利用を義務付ける法律）の施行に伴い、業界では新エネルギー（風力、地熱、バイオマス、小規模水力）の一定量の利用が義務付けられた。このうち下水汚泥バイオマスは集積性、量の安定、質の安定に着目され、電力事業者による石炭火力発電所での石炭混焼利用が検討されている。電力事業者は、CO₂ フリーの下水汚泥燃料を利用し発電することで温室効果ガスの削減に寄与し、下水道事業者にとっても電力事業という長期的に安定した有効利用先を確保することが可能である。

石炭火力への下水汚泥燃料混焼率は 1～5%程度（想定）。全国の 100 万 kW 級の石炭ボイラに 1%混焼した場合、利用できるバイオマス固形燃料は約 55t／日。この量を下水処理場から発生する脱水汚泥（含水率約 80%）に置き換えると、日量 1, 000t 以上。

ア 下水汚泥燃料化技術の種類

下水汚泥から製造される燃料化技術は大きく以下の 3 形態に分類される。

（ア）造粒乾燥システム

含水率約 80%の脱水汚泥に熱を加え水分を蒸発させる。造粒乾燥物は乾燥の前処理に造粒装置を配し粒径のある乾燥物を製造する。

（イ）炭化システム

含水率約 80%の脱水汚泥を乾燥し、乾燥物を炭化（酸素の少ない環境で熱処理）する。炭化温度は高温炭化物で 800℃以上、低温炭化物は 500℃以下で炭化する。

（ウ）油温減圧乾燥システム

下水汚泥を廃食用油を熱媒体として混合加熱し、汚泥中の水分を蒸発乾燥する。

イ 下水汚泥燃料の物性

（ア）造粒乾燥物（造粒乾燥汚泥）

①粒径約 3mm、含水率約 8%の乾燥物である。

②発熱量 15～19MJ／kg（3600～4500kcal／kg）

（イ）高温炭化物（高温炭化汚泥）（炭化温度 800℃以上）

①元来、緑農地利用、吸着材利用も目的に開発された炭化物

②黒色、無臭、粒径約1～5mm、含水率5%

③発熱量 10～15MJ/kg (2400～3600kcal/kg)

(ウ) 低温炭化物(低温炭化汚泥) (炭化温度 500℃以下)

①燃料用に開発された炭化物

②黒色、粒径1～5mm、

③発熱量 14～20MJ/kg (3300～4800kcal/kg)

(エ) 油温減圧乾燥物(油温減圧乾燥汚泥)

①緑農地利用、燃料用に開発された

②含水率 約3%、含油率約36%

③発熱量 23～25MJ/kg (5500～6000kcal/kg)

ウ 下水汚泥燃料の発熱特性

(ア) 造粒乾燥物

①発熱原理 水分による発酵発熱

②発火温度 400℃以上

③自己発熱試験(国連勧告試験法「クラス 4. 2 (b) 自己発熱物質」) 140℃高温槽 20時間以上 結果 148℃

④発酵温度測定試験(嫌気発酵：窒素置換)

⑤水分 0～20% 室内温度 30℃ 結果 温度上昇なし

(イ) 炭化物

①発熱原理 空気酸化による自己発熱

②発火温度 200～350℃ 炭化温度が高くなるほど発火温度は高い

③H/C(原子数比) 0.1～0.6 炭化温度が高くなるほどH/Cは低い

④自己発熱特性 炭化温度が高くなるほど自己発熱特性は小さい

⑤精練度 高温炭化は0.1以下 炭化温度が高くなるほど小さい

(ウ) 油温減圧乾燥物

①発熱原理 廃食油の自己発熱

②発火温度 約350℃

③自己発熱特性 結果 165℃

④発酵性試験 結果 発酵性なし

(3) 鶏糞燃料

ア 含水率

鶏糞の含水率は、レイヤー(採卵鶏)もブロイラーも新鮮鶏糞を比較した場合、同程度(概ね80%～85%)である。

鶏糞の経営外への販売・利用時は、レイヤーでは乾燥処理し、ブロイラーではそのままの状態出荷する場合が多い。ブロイラーの鶏舎では、平飼いが主流であり、鶏肉生産効率を最大にするため室温・飼料投入・水分(通気性)等が徹底管理されている。また、ブロイラーの体温も鶏糞乾燥に寄与しており、鶏糞の含水率はほぼ一定である。ブロイラー糞の出荷時含水率は、大体50%未満を維持している。管理がうまく

いけば水分量が35～45%となる。

一方、レイヤーは、ケージ飼いであり、管理がブロイラー程ではない。また、レイヤーの体温は室温を上昇させることに使用され、通常、鶏糞の乾燥に充分利用されていない。その為、ブロイラー糞よりも高い含水率（60～80%）となる。最近では、糞乾燥装置や鶏舎外に乾燥室を設けた新設備を設置している鶏舎も見受けられる。

イ 発熱量

10.38MJ/kg（2480kcal/kg）

ウ 利用先

鶏糞によるボイラー発電施設が九州地方で数件導入されている。

（ア）代表事例

平成14年4月、鶏糞によるボイラー発電施設を完成。この発電施設では、800～1000℃の燃焼室で鶏糞を焼却して、ボイラーで1時間当たり41tの高圧蒸気を発生させ、その蒸気でタービンを回すことで、1時間当たり1960kwを発電することができる。県内で発生する鶏糞はブロイラー糞であり、入荷した鶏糞は、異物を排除し、大きなかたまりは細かく砕いてから、燃焼室に吹き込まれる。1日で約300t、年間で約10万tもの鶏糞を処理することが可能である。県内では、1年間に発生する鶏糞は約20万tに及ぶが、その半分を処理することが可能。現在、発電により、工場の電力の約6割を賄っている。また、鶏糞を燃焼後に出る灰は、年間1万tになり、良質なリンやカリウムを含むために、肥料として有望視されている。

（4）その他の再生資源燃料等

ア 新型固形燃料1（C-RPF）

RPFが主に産業廃棄物の古紙と廃プラスチックを原料とする燃料なのに対し、C-RPFは下水汚泥や一般廃棄物中の生ゴミを含む可燃ごみを炭化し、この炭化物（C：チャー）の中から異物や有害物を除去、かつ、脱塩のため水洗いし乾燥させ、さらにカロリー調整のために廃プラスチックの粉碎物を混合して成形した新型の固形燃料である。現在、試作中。RDFは三重の事故により、今後は伸び悩むことが予想されRDFに替わる一般廃棄物の資源化として期待される。

①形状・サイズ：ほぼ円柱形、直径8～40mm、長さ10～100mm程度

②かさ密度：0.30～0.50kg/ℓ

③水分：7%

④発熱量：26MJ/kg

イ 新型固形燃料2（CPF）

CPF（Cube Plastic Fuel）は、従来のRPFに比べ廃プラを主成分としたものであり、ボイラー等の性能に応じ、紙くず、木くずを混入させている。

ウ バイオブリケット

バイオブリケットは低公害型の石炭燃料（石炭とバイオマスの混合練炭）。高灰分・高硫黄含有率の石炭や褐炭に、稲わら・麦わら・のこぎり屑・トウモロコシの茎・建築廃材などのバイオマスを加え、脱硫剤を添加して高圧成形した豆炭の一種である。

なお、現在製造されていないが、今後、中国の民生用エネルギーとしての需要を見込

んでいる。

エ カールチップ

カールチップは、原料をもみ殻とした直径約5cmのらせん状の固形物である。カールチップは薪の代替燃料として利用でき、炭化すれば、木炭と同様に使用できる。また、粉末にすれば、食用油の廃油処理剤として利用可能である。

このカールチップ製造する機械（生産能力180kg/時間）は、現在まで、中国や東南アジアを中心に40台が出荷されており、カールチップを薪や木炭の代替燃料として利用し、森林資源の保護にも貢献している。また、国内では、米を作りながら燃料や油の吸着材製造を行っているところもある。

(5) 国内外における生産・消費施設等

国内外の汚泥燃料、木質ペレット並びに鶏糞燃料に係る各種施設等に関し、その危険要因等も含めた文献調査結果概要を表2-3-1～表2-3-3に記載する。

汚泥燃料については、該当する海外情報は見あたらず、国内のみであった。

木質ペレットの海外情報については、スウェーデン、オーストラリア、イタリア、アメリカ等々で主にペレットストーブを中心にするものであった。原料は製材端材のバーク・おが粉が主で、間伐材・流木もある。その特徴として、「本来、ペレットは成形時に木材成分のリグニンなどが溶融し表面をコーティングするため、耐湿性能が向上している。雨水がかからないようにすれば、かびも生えず長期保存が可能であり、試料用のタンクなどをそのまま転用しても貯留が可能である」と記載されている。一方、消費施設の危険要因等として、ヒヤリハットの的なものであるが、「成型ペレットをペール缶に入れておき、そのまま放置したところ、夜中に数時間後に発煙して炭化していた」という事例が記載されている。

鶏糞については、海外では英国で3件の実施例があり、原料は鶏糞もしくは七面鳥糞であり、発電出力は15,000 kWから35,000 kWであり、1993年から発電している。この危険要因等については、既に確立された技術であり、技術的課題はないと認識されている。

表 2－3－1 下水汚泥燃料の生産・消費・危険要因等

下水汚泥燃料の生産・消費・危険要因等		
	国内	海外
製 造	・商用規模での下水汚泥燃料生産はなし ・実証試験での生産として、乾燥汚泥生産がある ・単に乾燥させた造粒乾燥汚泥の他、油で加熱処理した油温減圧乾燥汚泥もある ・造粒乾燥汚泥は某浄化センターでの生産、某製鉄所による石炭火力発電所での混焼試験の例がある ・油温減圧乾燥汚泥は某浄化センターでの生産、某石炭火力発電所での混焼試験の例がある	
消 費	・石炭火力発電所による混焼試験の段階であり、一般へは普及していない	
危 険 要 因 等	・油温減圧乾燥汚泥の混焼試験では、燃焼は石炭専焼時と変化無く、プラント運転面・制御面においても差異が見られなかったと報告されている	

表 2-3-2 木質ペレットの製造・消費・危険要因等

木質ペレットの製造・消費・危険要因等		
	国内	海外
製 造	・全国生産量約 6,000t/年 ・全国 21 カ所で生産 ・19 カ所が 2000 年以降に操業開始 ・生産規模は数百 kg/日から 10t/日が中心 ・地域別では東北地域 7 例、関東地域 5 例が多い ・原料は製材端材のバーク（樹皮）・おが粉が主で、間伐材・流木などもある	・欧米で普及（世界生産量は統計なし） ・スウェーデン、オーストリア、イタリア、アメリカ、カナダなどが多い ・スウェーデンもっとも普及しており、生産工場 50 カ所、消費量 120 万 t/年、ストーブ普及台数 6 万世帯 ・原料は製材端材、ホホワイト等
消 費	・全国 36 カ所の施設でボイラ利用 ・ボイラは東北で 28 カ所、全国の 8 割 ・25 万～100 万 kcal/h のボイラ ・ボイラで給湯、暖房利用が一般的 ・家庭用ストーブは 2000 年から 2003 年までに 1,430 台が販売された	・家庭用ストーブ、小型の給湯暖房ボイラー
危 険 要 因 等	・樹皮を山、空き地に放置していたところ、自然発火による山火事の危険性を指摘され、処分に困り、ペレット生産を開始（事業例） ・本来、ペレットは成形時に木材成分のリグニンなどが溶融し表面をコーティングするため、耐湿性能が向上している。雨水がかからないようにすれば、かびも生えず長期保存が可能であり、飼料用のタンクなどをそのまま転用しても貯留が可能である。 ・小規模施設におけるヒヤリハット：成型ペレットをペール缶に入れておき、そのまま放置。夜中（数時間～10 時間後）に発煙、炭化。	

表 2-3-3 鶏糞燃料の製造・消費・危険要因等

鶏糞燃料の製造・消費・危険要因等		
	国内	海外
製 造	・国内に 6 件の鶏糞燃料利用 ・九州に大規模 3 件、大型ボイラによる蒸気利用と発電、鶏糞消費量 300t/日以上 ・小規模ではボイラ熱による鶏舎内暖房利用、鶏糞消費量 2.5 トン/日 ・工場は鶏舎隣接、または別施設の専門工場がある ・自社鶏舎内で発生する鶏糞、または域内の複数の鶏舎から回収 ・食肉鶏と採卵鶏では糞の含水量が異なり、採卵鶏の方が高い	・英国に 3 件の鶏糞発電施設 ・1993 年より運転開始 ・発電出力 15,000kW～35,000kW ・原料は鶏糞、七面鳥糞 ・鶏糞消費量 500t/日
消 費	・国内 6 カ所の内訳は、暖房熱利用 2 件、発電利用 2 件、温水蒸気供給 2 件、蒸気発電利用 2 件 ・九州の 2 件は、バイオマス発電施設としては大規模なもので、11,350kW と 1,960kW の発電出力をもつ	・英国 3 件とも発電利用 ・1993 年より運転開始
危 険 要 因 等		・鶏糞発電はすでに確立された技術であり、技術的課題はないという認識 ・輸送上、工場内からの糞の臭気対策に課題あり

2. 4 指定可燃物施設等における火災概要

再生資源燃料等は指定可燃物に属しており、ベルトコンベアー等での指定可燃物に関する火災も発生しているため、そのようなことも踏まえ、実際に指定可燃物施設等によって火災がどのくらいあるのかをまとめた。以下に、指定可燃物施設の火災についての状況を示す。

以下の図表は、火災報告に基づいて集計したものであり、指定可燃物・再生資源燃料等を含んだものであり、それ以外のものに起因する火災も含まれている。

火災報告については、平成16年は6万407件、平成17年は5万7,478件、合計で11万7,885件、約12万弱件の火災が発生している。

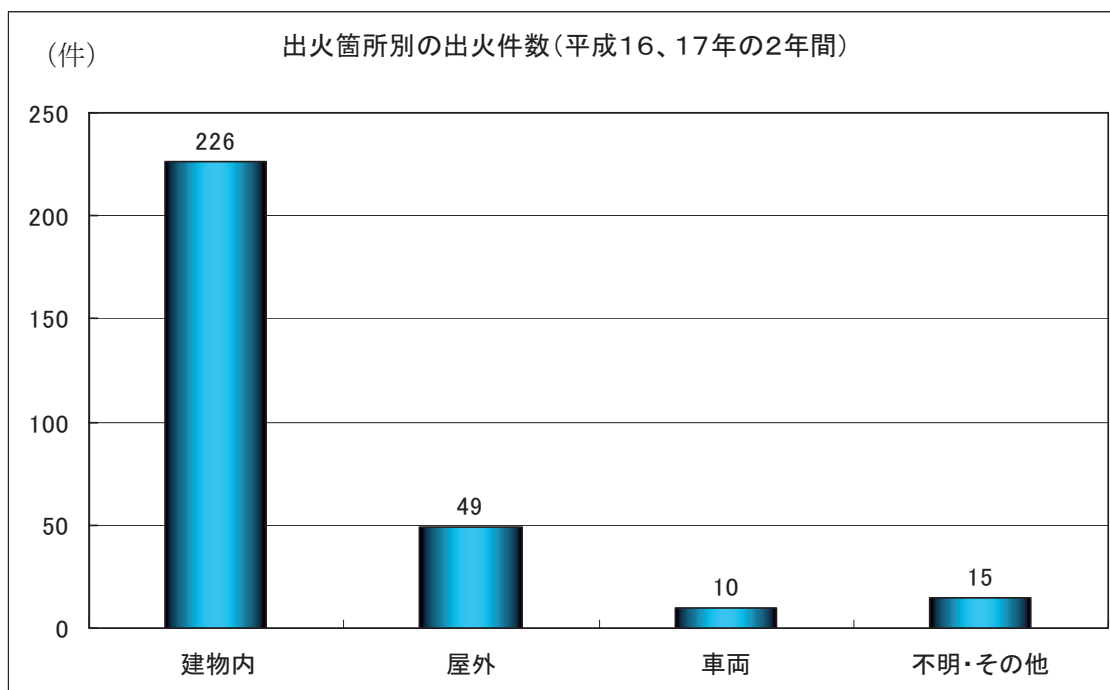


図2-4-1 出荷箇所別の出火件数

この中から指定可燃物施設に係わる火災件数は300件であった。これは、全体火災件数の0.25%に当たる。

指定可燃物施設に係わる火災について、まとめたものが図2-4-1である。出火箇所別では、建物内が226件、屋外（例えば屋外集積場）が49件、車両が10件、不明・その他が15件である。これを用途別に示したのが、図2-4-2である。指定可燃物施設であるため、工場が最も多く160件、その他火災（屋外も含む）が67件、倉庫が28件、事務所が10件であった。

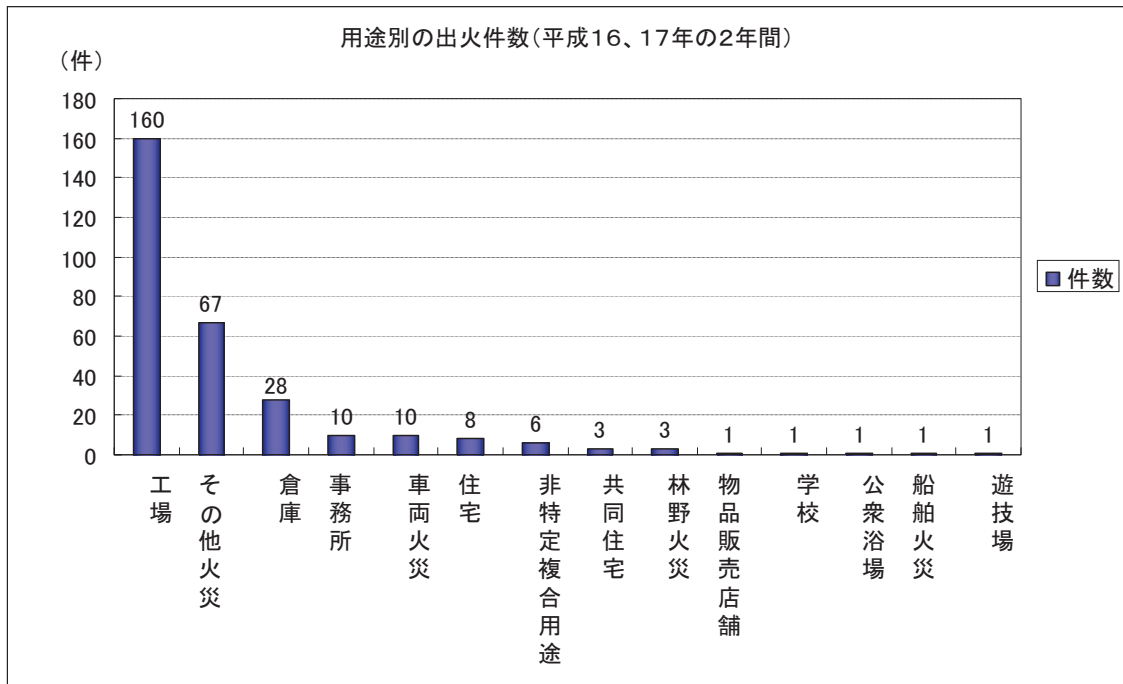


図 2 - 4 - 2 用途別の出火件数

次に主な出火原因別の出火件数について、図 2 - 4 - 3 に示す。これを見る限り、自然発火等に起因する火災を見出すことは出来なかった。なお、この図は、火災件数 300 件のうち、その他 120 件・不明 53 件を除いたものであり、その他・不明が大半を占めている。本図から、放火・放火の疑いも多いが、電機関係等に起因する火災も数多く読み取ることができる。

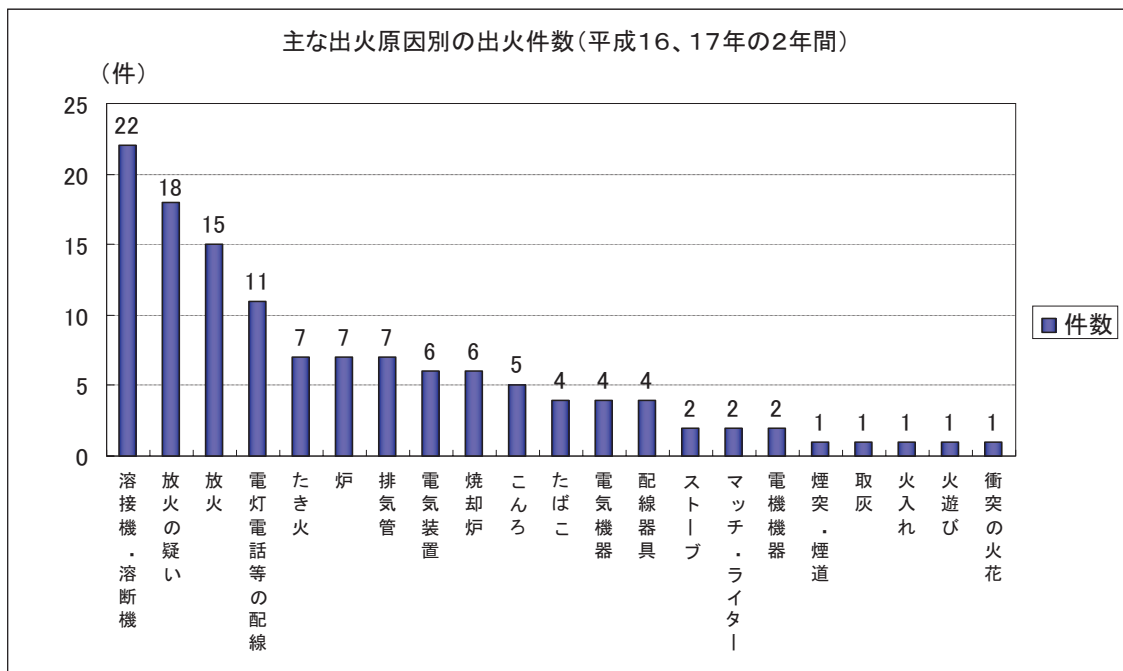


図 2 - 4 - 3 主な原因別の出火件数

表 2-4-1 並びに表 2-4-2 に、自然発火事例を示す。この表には、推定部分も含まれている。

表 2-4-1 は、木屑等の自然発火事例である。表 2-4-1 は、平成 16 年及び平成 17 年の火災報告データの中から、「発火源」がその他（再生資源燃料・指定可燃物という区分がないためその他とした）、「経過」が自然発火する、「着火物」が木屑、かんな屑、のこぎり屑又は木切れとして、火災事例を抽出したものである。

2 年間で 17 件の火災が発生している。指定可燃物届出が有るものも無いものもある。

「覚知日」、「湿度等」については、その傾向を見出せなかった。鎮火時間*1 については、数時間を要している火災事例が多く見受けられる。建物火災の約半数は放水開始後 30 分以内に鎮火していること（平成 18 年版消防白書）から判断すると、一度火災になると鎮火するまでかなり時間がかかってしまうと言えらる。

（*1 鎮火時間：放水開始時間（消防車が着いて水を出し始めた時間）から鎮火（消防活動を必要としなくなった時間）までの時間）

表 2-4-2 は、石炭類の自然発火事例である。表 2-4-2 は、平成 16 年及び平成 17 年の火災報告データの中から、「発火源」が石炭類、「経過」は自然発火として、火災事例を抽出したものである。

2 年間で 5 件の火災が発生している。石炭類に関しては、鎮火までの時間は、木くず等に比べると、非常に短い傾向にある。

表 2-4-1 木くず等の自然発火事例

覚知日	覚知時間	放水開始時間	鎮火時間	鎮火までの時間	天気	気温(℃)	相対湿度(%)	出火箇所	指定可燃物届出の有無
平成16年3月6日	8時49分	9時10分	9時20分	10分	雪	2	95	屋外物品集積場	有
平成16年3月18日	6時30分	6時36分	8時05分	1時間29分	曇	11	86	屋外物品集積場	有
平成16年4月22日	14時59分	15時02分	20時30分	5時間28分	晴	28	34	屋外物品集積場	無
平成16年4月23日	5時04分	5時02分	16時30分	11時間28分	晴	11	65	屋外物品集積場	無
平成16年5月13日	11時00分	11時23分	11時56分	33分	晴	21	54	その他	無
平成16年7月19日	18時18分	18時48分	20時26分	1時間38分	晴	31	57	屋外物品集積場	無
平成16年7月25日	11時36分	11時47分	11時52分	5分	晴	34	50	屋外物品集積場	無
平成16年7月28日	13時05分	13時14分	15時34分	2時間20分	晴	26	71	一般倉庫	無
平成16年10月17日	15時52分	16時04分	16時48分	44分	晴	23	34	屋外物品集積場	無
平成17年10月7日	13時01分	13時11分	17時11分	4時間00分	曇	18	63	材料置き場、燃料置き場	有
平成17年7月10日	15時09分	15時17分	15時26分	9分	晴	29	71	材料置き場、燃料置き場	有
平成17年10月27日	23時31分	23時55分	0時58分	1時間03分	快晴	18	61	屋外物品集積場	有
平成17年12月16日	5時59分	6時12分	6時50分	38分	快晴	3	64	屋外物品集積場	無
平成17年1月14日	16時30分	不明	11時25分 (事後聞知)	不明	晴	8	47	機械室	無
平成17年3月21日	9時11分	9時35分	11時10分	1時間35分	晴	9	23	屋外物品集積場	無
平成17年6月10日	2時33分	2時48分	10時55分	8時間07分	晴	19	96	空地(区画内に建物のあるもの)	有
平成17年4月3日	16時34分	不明	16時56分	不明	晴	16	34	空地(区画内に建物のあるもの)	無

(注) 火災報告データの中から、「発火源」その他、「経過」自然発火する、「着火物」木屑、かんな屑、のこぎり屑又は木切れ、の条件(参考)建物火災の約半数は放水開始後30分以内に鎮火している(平成18年版消防白書)

表 2-4-2 石炭類の自然発火事例

・石炭類の自然発火事例

覚知日	覚知時間	放水開始時間	鎮火時間	鎮火までの時間	天気	気温(℃)	相対湿度(%)	出火箇所	指定可燃物届出の有無
平成16年3月15日	8時49分	9時32分	9時46分	14分	晴	7	57	作業場、工場	無
平成16年9月9日	22時31分	22時52分	22時55分	3分	晴	26	97	作業場、工場	無
平成16年2月11日	11時32分	13時28分	14時18分	50分	晴	10	47	その他	有
平成17年5月28日	10時50分		8時10分 (事後聞知)		晴	20	42	空地(区画内に建物のあるもの)	無
平成17年10月10日	9時46分	9時54分	10時08分	14分	晴	19	57	空地(区画内に建物のあるもの)	無

(注) 火災報告から、「発火源」石炭類、「経過」自然発火する、の条件で抽出した

(参考) 建物火災の約半数は放水開始後30分以内に鎮火している(平成18年版消防白書)

第3章 再生資源燃料等の危険性評価

3. 1 性状確認試験の概要

消防庁危険物保安室から提供のあった再生資源燃料等8種類について火災危険性の評価を行う。再生資源燃料は、平成15年8月に起きた三重県でのRDF貯槽の爆発火災のように、大量にあった場合には、徐々に発熱して蓄熱発火し、また、可燃性ガスを発生し、火災、爆発を引き起こす危険性を有する場合がある。また、水の存在でこれらの危険性を増加する場合もある。

ここでは、このような蓄熱発火に伴う火災、事故を防止するために、広く使われる前に、危険性評価を行う。試料をそのまま、及び水を20%加えて以下の項目に注目して、その危険性を明らかにする。

(1) 火災危険性（発熱の危険性）

- ・酸化危険性
- ・発酵危険性

(2) 火災危険性（発火に至るかどうかの確認）

- ・断熱状態での発熱試験（周囲との熱移動無しの状態での温度上昇を確認）

(3) 物理化学的性状の試験

- ・燃焼熱量
- ・比熱
- ・熱伝導度

(4) 大量貯蔵時の発熱発火の推定

フランク・カメンスキー式を使って推定する。

(5) 発生ガスの確認

これらの試験結果を総合的に評価した。

3. 2 試料の一覧

消防庁危険物保安室経由で提供のあった表3.2.1の8種類の試料について実験を行う。また、参考のために、RPF、RDF、石炭（瀝青炭）、セルロースについても別途、試料を入手して実験を行い、危険性を比較する。

表 3. 2. 1 実験に供した試料

試料名	提供先
木質ペレット（バーク）	岩手県（A 社）
木質ペレット（ホワイト）	岩手県（A 社）
汚泥燃料（油乾燥）	福岡県（B 社）
汚泥燃料（高温炭化）	福岡県（C 社）
汚泥燃料（低温炭化）	福岡県（C 社）
汚泥燃料（乾燥造粒）	北九州市（D 社）
C-RPF	茨城県（E 社）
鶏糞	宮崎県（F 社）
参考 RDF	三重県（G 社）
RPF	福井県（H 社） 茨城県（K 社）
標準石炭（瀝青炭、標準試料）	オーストラリア産（J 社）
石炭（瀝青炭、流通品）	オーストラリア産（I 社）
セルロース	Aldrich

注 1：本章では下水汚泥燃料を汚泥燃料と称することとする。また、油温減圧乾燥汚泥を油乾燥、造粒乾燥汚泥を乾燥造粒と称することとする。

注 2：汚泥燃料の内、高温炭化、低温炭化のサンプルは有姿での資料である。実際の製品では加湿、造粒、薬品添加など発熱抑制対策が検討されている。

3. 3 実験の方法

試料の発熱発火危険性を調べるため、以下の実験を行う。

3. 3. 1 熱分析（TG-DTA）

試料の全体的な熱性状を調べるために、熱分析（TG-DTA、熱重量・示差熱分析）試験を行う。TG-DTA は、消防法危険物（第 5 類）判定試験方法でも採用されている試験方法で、物質の熱的性状を知るために広く使われている。しかし、熱検知感度は低く、特に、100℃以下では水の蒸発に伴う吸熱のために発熱は検知できない。

Thermoplus TG 8120(理学電気(株)製)を用い、2K/分の昇温速度で室温から 400℃までの温度範囲で試料の温度を上昇させ、挙動を調べた。試料容器は、ステンレス製開放容器、試料の量は 14～25 mg とした。

3. 3. 2 高感度熱量計 C80

TG-DTA 測定では、水分を多く含む試料では、水の蒸発による吸熱のために室温～100℃での発熱挙動が判らない。そこで、高感度熱量計 C80 による微少発熱現象の測定を行った。

密閉容器を使用して水の蒸発を抑えながら、試料からの微小な発熱が求められる。0.1K/分で室温から 300℃までの昇温試験を行う。試料量は、1.5g 程度とする。また、水の存在の影響を調べるため、試料に試料量の 20%(wt)の水を加えて同様の昇温実験を行う。

以下、C80の説明をする。フランスのSetaram社製の双子型熱量計で比較的広く用いられている。DSC（走査示差熱分析）と同様の機能を有するが、DSCがmg単位の試料量を用いるのに対し、グラム単位の試料の熱量の測定が可能な高感度の熱流束型熱量計である。

C80 の測定において固体または液体試料数グラムと熱的に安定な基準物質（ α -アルミナ等）を同時に加熱し、相対的な熱流束の変化を測定する。参照試料容器は有効内容積 10ml(外径 17mm ϕ $\times$ 80mm)で、これは DSC の試料容器体積の 200 倍以上である。熱流束計および試料容器、参照容器等の周囲を均熱ブロックが囲んだ構造である。この均熱ブロックの周囲にはヒーターが配置されている。これら全体が断熱材を充填した容器の中に設置されている。試料容器と熱的に不活性な基準物質を充填した参照容器がそれぞれの熱流束計の間に設置される。測温用熱電対が参照容器と試料容器の間に設置されている。この熱電対の温度が測定結果の温度である。C80 の熱流束の測定部分はサーモパイル（熱電対集合体）で、200 本の熱電対を層状に配置したものである。試料容器に関して、混合用のメンブレン（膜）式容器、転倒式容器、高圧容器、圧力検出用容器、ガス流通型容器等の試料容器類が準備されている。

3. 3. 3 高感度熱量計 TAM-III

C80 は、高感度ではあるが、微生物の発酵等、より微少現象な発熱を調べるため、C80 よりも高感度な Thermometric 社（スウェーデン）製高感度熱量計 TAM-IIIによる等温実験で、1－3 日程度放置し、微少発熱の測定を行った。発酵が概ね最も起こりやすい 50℃に試料温度を保持し、発熱状況を調べる。次いで、水の存在の影響を調べるため、C80 の実験同様、試料量の 20%の水を加えて同様に実験を行った。

以下、TAMIII（thermal activity monitor）について説明する。図 3. 2. 1に TAMIIIの外観写真を示す。精密に温度制御された恒温油槽（温度安定度 $\leq \pm 0.0001^{\circ}\text{C}/24\text{hr}$ at $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ）中に最大 4 組の熱流束測定ユニットを設置でき、同じ温度条件であれば、同時に並列測定が可能である。1 つの測定ユニットは、試料容器部と参照容器部から構成されている。これらはアルミニウム製のヒートシンク（均熱ブロック）で囲まれている。試料が熱的变化をすると試料容器とヒートシンクの間に温度差が生じ、それに比例した熱流束が発生する。これを高感度の熱流束計で電圧信号として検出し、増幅して記録する。参照容器および試料容器（試料温度）の温度は恒温槽の温度と等しくなるように保たれている。測定温度範囲は室温から 150℃までである。なお、温度ステップを自動で上げた後に自動測定でき、昇温測定（昇温しながらの測定）も可能である（昇温速度 2～10K/h）。また、オプションユニットを取り付けると、雰囲気調整（例えば窒素雰囲気）および湿度調整雰囲気で測定を行うことが可能となる。また、試料に液体を添加した直後から測定を行うことも可能となる。

標準の試料容器は容積 4ml と 20ml のステンレス製容器があるが、今回の実験は、前者を用いた。試料はそのまま試料容器に入れて測定することもあるが、ガラス製のアンプル管またはバイアル瓶に詰め、それを試料容器に入れて測定することもある。参照試料容器には熱容量が等しくなるように不活性物質（ α -アルミナ等）を入れるか、空の場合もある。



図 3. 2. 1 TAM-Ⅲの写真

3. 3. 4 SIT

自然発火温度測定装置(spontaneous ignition tester、SIT)として島津製作所(株)製 SIT-2型を使用した。SIT 装置を用いた一般的な実験手順は次の通りである。試料を試料室に詰め、恒温槽の中に置き、窒素などの不活性ガスを流す。試料室の周囲を断熱制御用ヒーターで囲み、試料内で発生した熱の外部への流失を防ぎ、試料内に蓄積する様に断熱制御を行う。恒温槽の温度を発火テストを行う温度に設定すると、やがて試料温度も恒温槽の温度に達し平衡状態となる。ここで試料室に流すガスを窒素から空気に切り換える。試料が空気と反応して酸化が起こるものの場合、酸化熱が試料室内に蓄積され、試料温度が恒温槽の温度よりも高くなり、自然発火を知ることができる。一方、試料が自己反応性物質の場合は空気の流入が無くても熱が蓄積され温度上昇が起こる。発熱が起こった場合、恒温槽温度は試料温度の上昇に追従して上昇する。

3. 3. 5 ワイヤバスケット試験 (Wire Mesh Test)

国際連合危険物輸送勸告書 (Div.4.2 自然発火性試験)に従って恒温槽(同勸告書では、9 L 以上と規定)に試料を入れた容器をつるして行う。なお、同勸告書では、試料容器(ワイヤバスケット)の大きさは、一辺 2.5cm, 5cm, 10cm とされている。ここでは 10cm 角のものの使用した。本試験は、日本カーリット(株)に依頼した。

3. 3. 6 燃焼熱量、比熱、熱伝導度の測定

3. 3. 6. 1 燃焼熱量

JIS M8814(石炭類及びコークス類—ボンブ熱量計による総発熱量の測定方法及び真発熱

量の計算方法)に準じ、燃研式ボンベ熱量計 CA-4AJ (島津製作所(株))により求める。2 回行い、その平均値を得た。本実験は、日本カーリット(株)に委託した。

3. 3. 6. 2 比熱

熱分析 (DSC) によって求める。Thermoplus DSC 8230 (理学電気(株))を使用した。

3. 3. 6. 3 熱伝導率

熱伝導度測定装置 ARC-TC-1000 (アグネス製)を使って、JIS R2618 (耐火断熱れんがの熱線法による熱伝導率の試験方法)に準拠して行う。測定温度は 100℃とする。本実験は、住化分析センター(株)に委託した。

3. 3. 7 フランク・カメンスキー (Frank-Kammenetskii) 式に基づく推定

大雑把な目安として大量貯蔵時の発熱発火挙動を知るために数m～10m程度まで堆積した場合の発熱開始温度の予測計算を行う。計算に当たって、試料についての基礎的なデータが必要である。このうち、熱伝導度については、(株)住化分析センターに依頼する。

フランク・カメンスキー (Frank-Kammenetskii) 式

$$\ln \frac{\delta_c T_R^2}{r^2} = P - \frac{E}{RT_R}$$

ここで、 δ_c : 臨界パラメーター、 T_R : 周囲温度、 P : 熱伝導度、 E : 活性化エネルギー、 r : 堆積物の代表直径である。ここで、 δ_c は無限平板(=0.88)とした。

図は、RPF の場合の計算結果である。

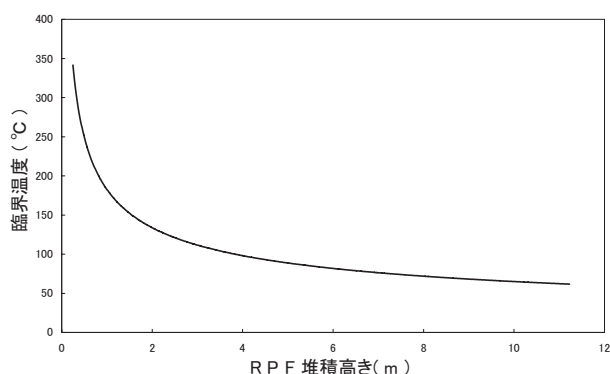


図 RPF の臨界発火温度の堆積高さの影響例

3. 3. 8 発生ガスの確認

平成 15 年 8 月の三重県での RDF の爆発事故等を考えれば、サイロ等での貯蔵時の危険性を知る上で可燃性ガス等（水素、メタン、一酸化炭素等）の発生の確認は重要である。

3. 3. 8. 1 試料の調整

再生資源燃料 50 g を 1000m l ガラス瓶中に①受領のまま、および②①に更に水 12.5 g を加えそれぞれを $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ の環境下に 10～11 日間密栓保持した。

3. 3. 8. 2 測定方法

ガラス瓶中の気体を採取するに際し、大気への侵入による発生ガスの希釈を避けるため、図 3. 3. 3 に示すような配置で検知管の接続を行い、ガス種の定量測定に供した。

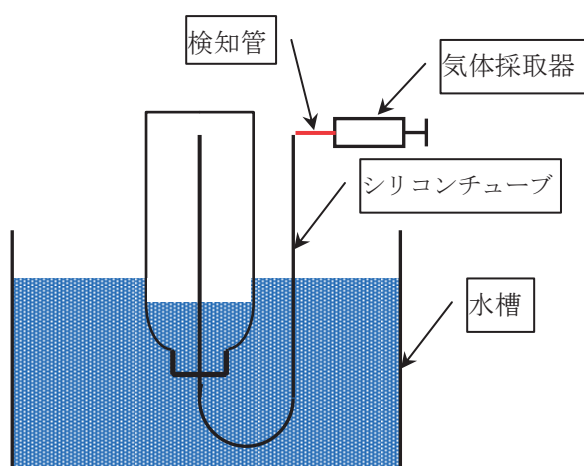


図 3. 3. 3 ガス発生試験装置概略

3. 4 試験結果

3. 4. 1 熱分析 (TG-DTA)

熱分析（熱重量・示差熱分析、TG-DTA）の結果の一覧を表 3.4.1.1 に、また、主なデータを図 3.4.1.1～3.4.1.8 に示す。実験は、2 回以上実施したが、表には代表的な 2 回のデータ、図は、代表的なものを示した。熱分析によって試料の大まかな熱的性状が明らかに出来た。

発熱開始温度では、汚泥燃料（油乾燥）が、最も低く（99.1℃）、かつ、RDF、RPF、石炭（瀝青炭）よりも低く、この面では危険性が高い。一方、汚泥燃料（高温炭化）は、発熱開始温度が最も高く（283.1℃）、安定しておりこの点では危険性は低いと言える。木材ペレットでは、バークの方がホワイトよりも発熱開始温度がやや低く、危険性は高いといえる。C-RPF は、RPF 及び RDF よりも発熱開始温度は低く石炭とほぼ同じである。石炭は、標準試料（瀝青炭）及び流通品（瀝青炭）を用いた。300℃付近で酸化に伴う重量増加が見られた。鶏糞は、100℃までで 41%の重量減少が見られたが、減少分の大部分は水分であると思われる。

TG-DTA は、開放型の試料容器を使用している。そのため、試料中の含水分は室温付近から徐々に蒸発しており、かつ、その値が大きいため、室温～100℃付近での発酵その他によって生じる微少発熱は検知できない。そのため、評価試験を行うに当たっての予備実験として実施した。

表3. 4. 1. 1 TG-DTA測定結果のまとめ

試料	TG 100℃での減量率 (%)	DTA 発熱開始温度(℃) ^(注)
木質ペレット(バーク)	10.49	176.8
	10.33	188.4
木質ペレット(ホワイト)	8.71	198
	8.76	209.7
汚泥燃料(油乾燥)	2.07	99.1
	2.50	89.1
汚泥燃料(高温炭化)	4.43	283.1
	5.80	272.8
汚泥燃料(低温炭化)	2.48	123.0
	2.84	113.0
汚泥燃料(乾燥造粒)	2.42	121.0
	2.58	129.0
C-RPF	2.41	112.9
	2.25	127.4
鶏糞(宮崎)	41.37	135.9
	37.39	130.8
参考 石炭(標準試料 SS059)	4.91	117.0
	4.89	115.3
参考 石炭(標準試料 SS060)	2.98	112.0
	2.86	118.3
参考 石炭(標準試料 SS089)	2.81	106.4
	2.93	98.1
参考 瀝青炭(流通品)	2.94	114.4
	2.79	114.0
参考 RDF(三重県)	10*	170.0
	3**	209.0
参考 RPF(福井)	0.94	156.5
	1.32	163.3
参考 セルロース(Aldrich)	5.48	148.9
	5.60	141.9

発熱開始温度はDTA曲線が安定したベースラインより0.1 μ V(約0.01℃)発熱方向へシフト

した温度を読み取った。*: 消防研データ(四日市で入手)、**: ~120℃、三重県データ(四日市で入手)

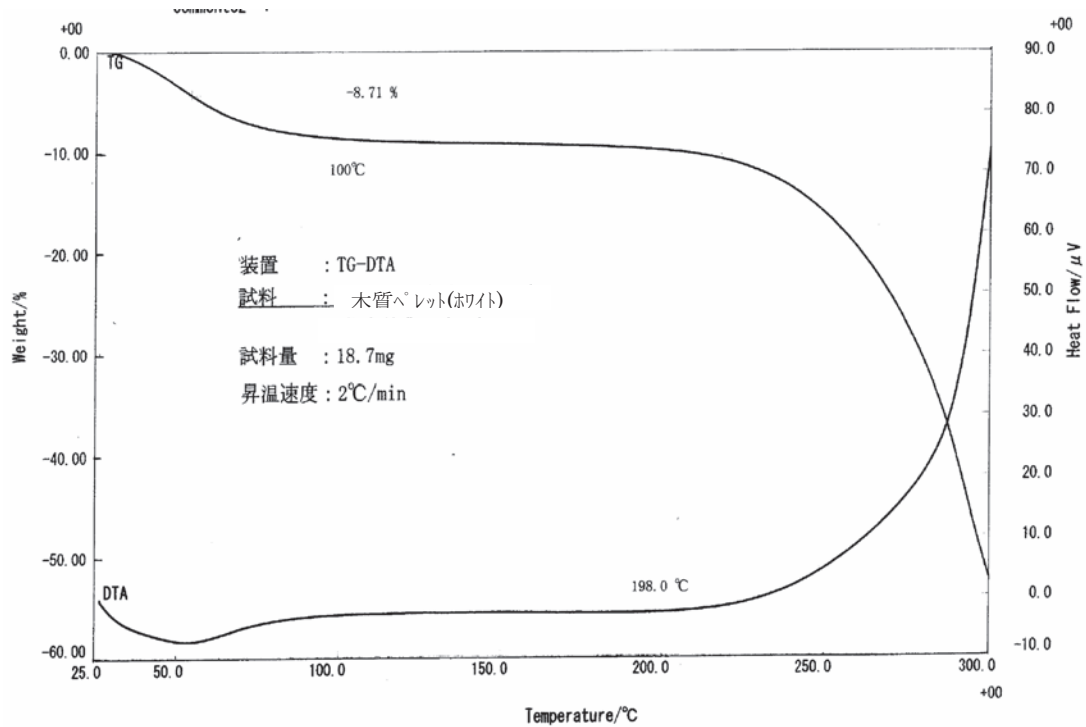


図 3.4.1.1 TG-DTA (木質ペレット (ホワイト))

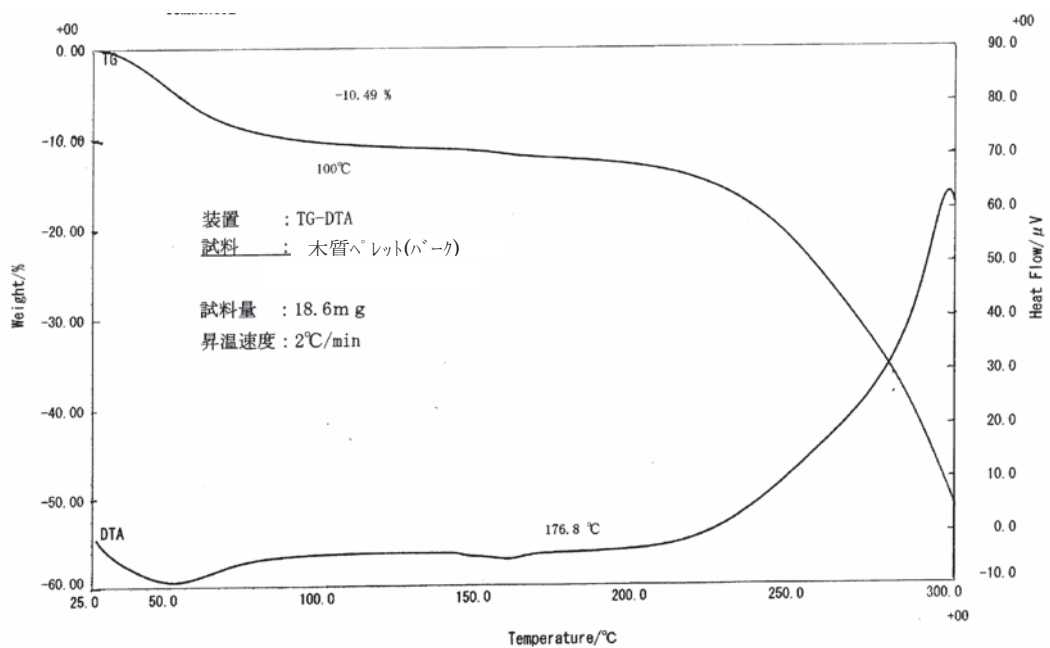


図 3.4.1.2 TG-DTA (木質ペレット (バーク))

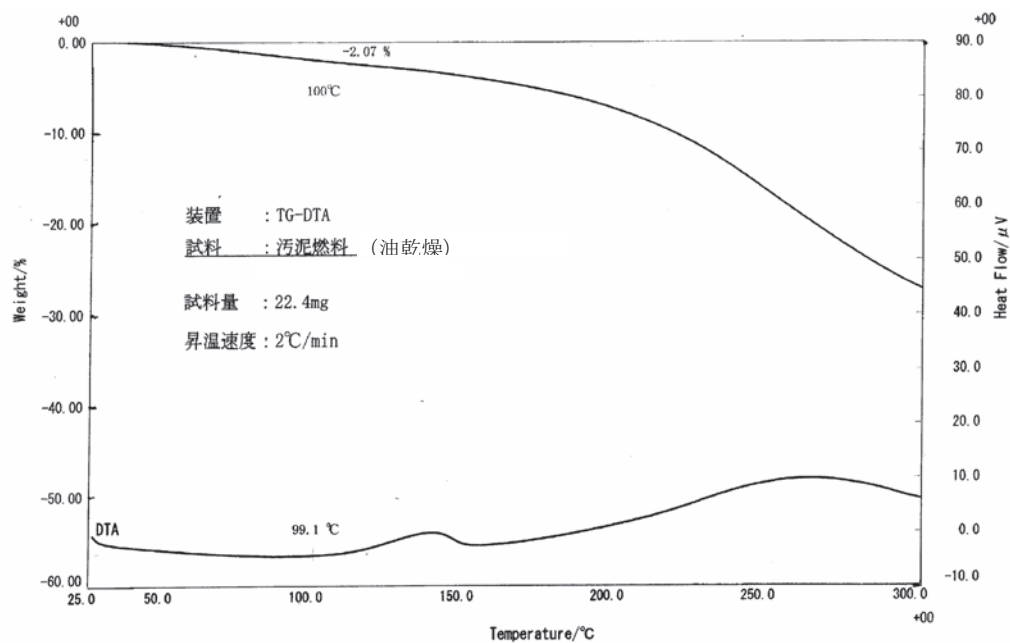


図 3.4.1.3 TG-DTA (汚泥燃料 (油乾燥))

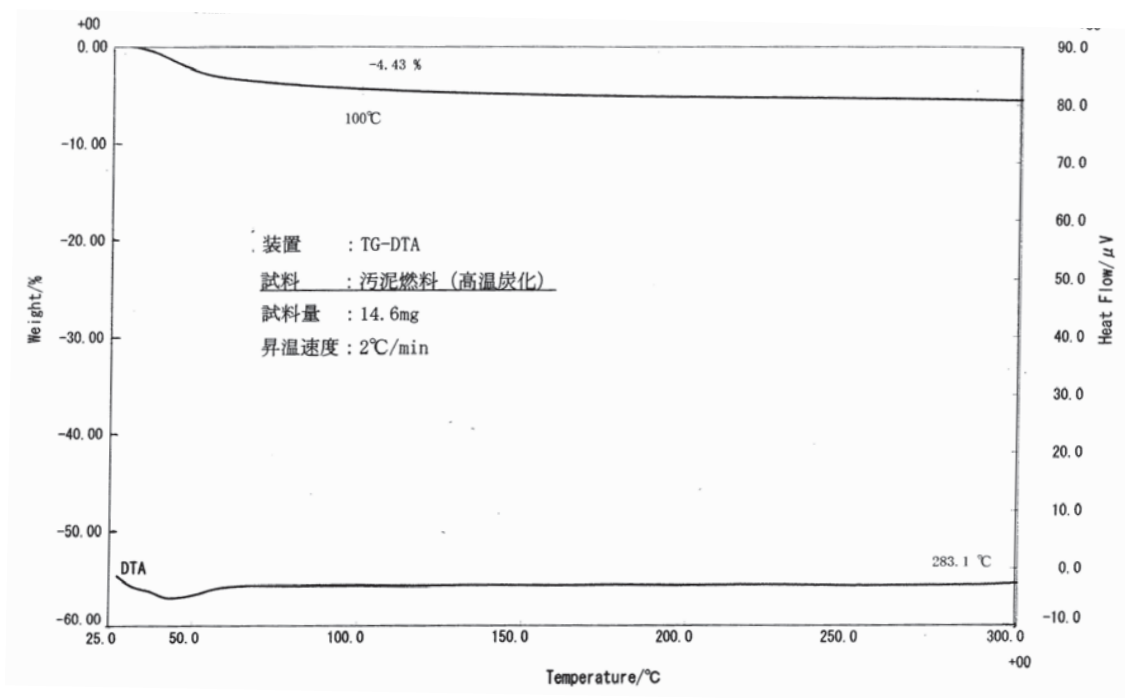


図 3.4.1.4 TG-DTA (汚泥燃料 (高温炭化))

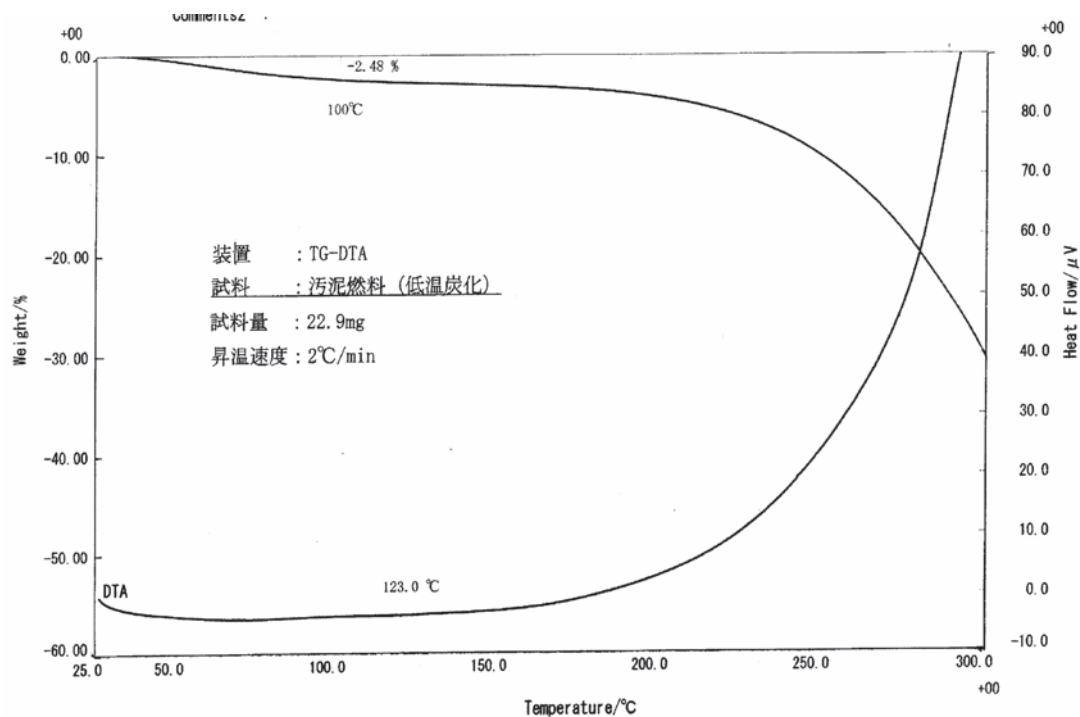


図 3.4.1.5 TG-DTA (汚泥燃料 (低温炭化))

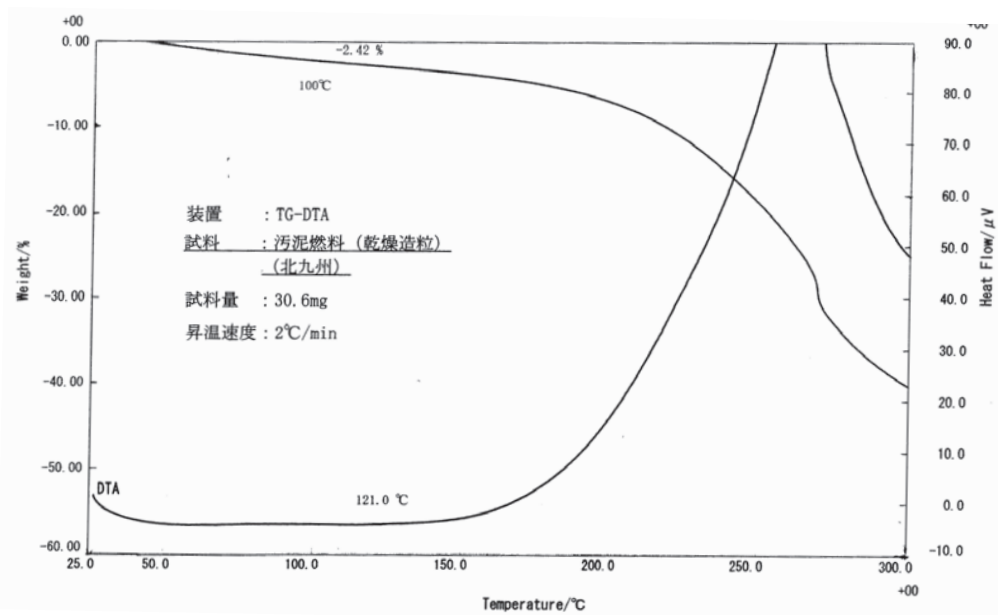


図 3.4.1.6 TG-DTA (汚泥燃料 (乾燥造粒))

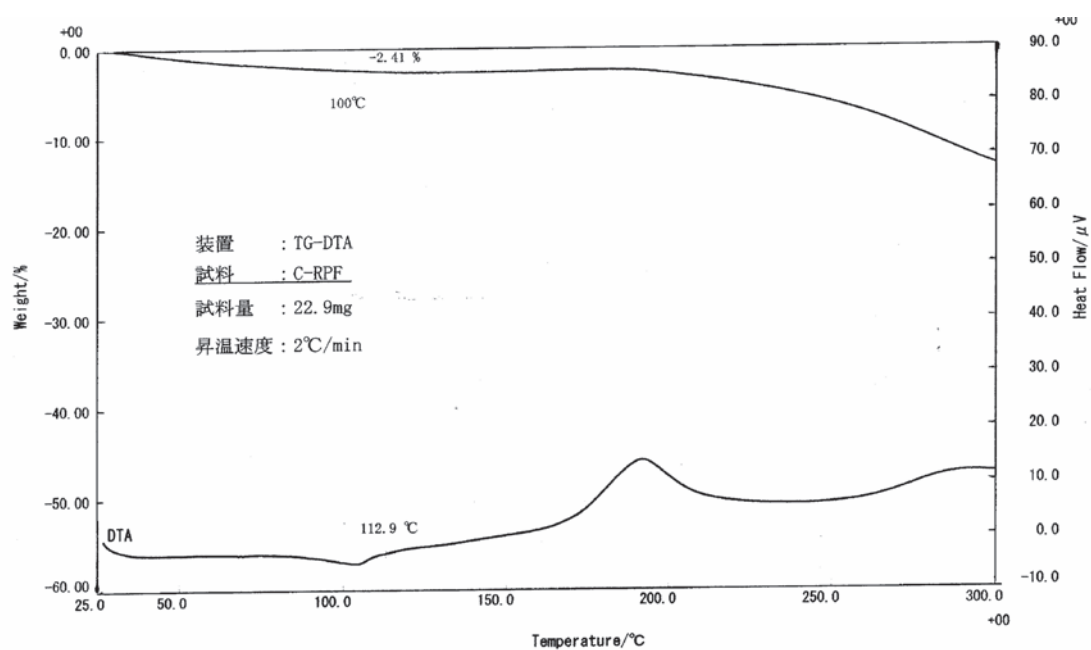


図 3.4.1.7 TG-DTA (C-RPF)

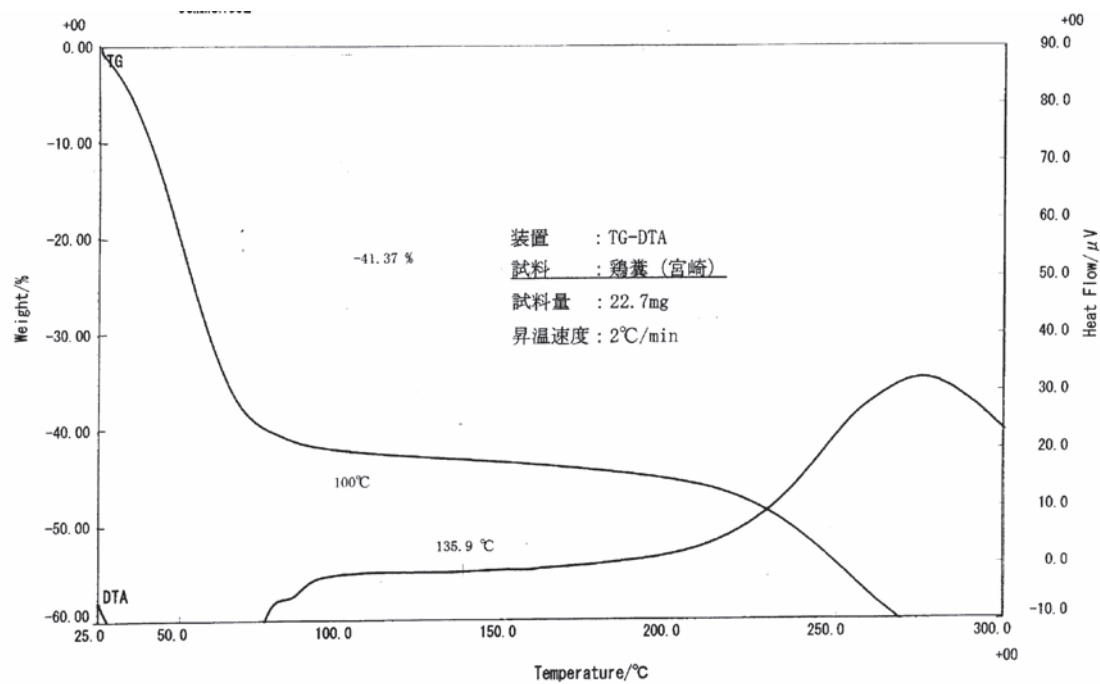


図 3.4.1.8 TG-DTA (鶏糞)

3. 4. 2 熱量測定 (C80)

高感度熱量計 C80 は熱分析 (DTA 等) よりも高い感度を有し、また、昇温速度を小さくすることが出来る。密閉型の試料容器を使用するため、水の蒸発の影響を無くすることが出来る。その結果、熱分析よりも更に低い温度での発熱開始温度を得ることができる。結果は、表 3.4.2.1 に、主なデータは図 3.4.2.1 ~ 3.4.2.8 に示す。

汚泥燃料 (油乾燥、低温炭化)、鶏糞が 30℃未満でも発熱しており、これらの物質は室温での貯蔵でも発熱によって火災危険を生じる可能性がある。鶏糞は、含水率が高いため、微生物発酵が行われている可能性が高い。

次いで、水を加えて直ちに、及び約 10 日間放置した。これは、微生物発酵があれば発熱開始温度が低下し、また、発熱量が増加する可能性がある。

水を 20%添加すると、汚泥燃料 (油乾燥) では発熱開始温度は約 8℃低下した。汚泥燃料 (低温炭化)、RDF でも、水添加で大きく低下した。水の添加で木材チップ等も全般に発熱開始温度が低下した。しかし、水添加で発熱量は大きく変化していないか、あるいは減少する場合が多い。他方、RPF、C-RPF、石炭 (瀝青炭)、セルロースのように水添加がほとんど発熱に影響しない物質もある。

これらの発熱挙動は、微生物による発酵が主たる原因である可能性は高いが本データだけではわからない。化学的な反応や吸着等による発熱がある可能性もある。ガス発生その他の実験結果と合わせて検討する必要がある。より厳密な解明には、吸脱着実験、滅菌実験、生物実験等を行う必要がある。滅菌実験は、酸化エチレン等を使って、試料中の微生物を滅菌した上で、熱量測定を行うもので、滅菌後、発熱が無ければ、微生物発酵の可能性は高い。C80 で得られる温度は、微少な発熱を起こす温度であり、それが火災に至るかどうかは SIT 等の断熱試験で自然発火温度を求めて確認する。

表 3. 4. 2. 1 C-80 測定

発熱開始温度(注1) 及び発熱量(注2) の測定結果

試料	発熱開始 温度(℃)	立ち上がり 温度(℃)	ピーク 温度(℃)	発熱量 (J/g)
木質ペレット (バーク)	58	84	104.3	11.4
木質ペレット (バーク) + 水 (20%)	56	69.2	90.8	11.6
木質ペレット (バーク) + 水 室温で10日間保存	52	70.6	89.6	7.7
木質ペレット (ホワイト)	53	95.1	119.7	11.9
木質ペレット (ホワイト) + 水 (20%)	53	83	99.2	11.5
汚泥燃料(油乾燥)	26	34	63.5	38.8
汚泥燃料(油乾燥) + 水 (20%)	26	26	34.1	8.4
汚泥燃料(高温炭化)	42	71.6	104	16
汚泥燃料(高温炭化) + 水 (20%)	26	27.4	61.4	7.7
汚泥燃料(低温炭化)	49	70.6	103.2	13.3
汚泥燃料(低温炭化) + 水 (20%)	26	26.6	31.9	9.1
汚泥燃料(低温炭化) + 水 (20%) 室温で10日間保存	26	26.8	35.3	6.9
汚泥燃料(乾燥造粒)	52	80.1	103.8	18.1
汚泥燃料(乾燥造粒) + 水 (20%)	33	48.8	66.9	8.3
汚泥燃料(乾燥造粒) + 水 (20%) 室温で10日間保存	44	54	75.8	13.5
C-RPF	(28) 73.2	—	—	—
C-RPF + 水 (20%)	(27) 73.	—	—	—
鶏糞	27.7	27.8	74.5	17.5
鶏糞 + 水	26.7	27.4	38.3	9.2
石炭(標準試料 S S 059)	59.5	82.1	101.3	9.4
石炭(標準試料 S S 059) + 水	54	73.3	99.7	14.6
石炭(標準試料 S S 060)	56	80.7	102.1	10.2
石炭(標準試料 S S 060) + 水	56	74.8	98.3	11.7
石炭(標準試料 S S 089)	52	68.3	95	9.8
石炭(標準試料 S S 089) + 水	50	66.2	94	10.1
瀝青炭(流通品)	54.5	71	96.9	13
瀝青炭(流通品) + 水	54.5	66.2	102.5	19
R P F (福井)	109	—	—	—
R P F (福井) + 水 (20%)	108	—	—	—
R P F (茨城)	136	—	—	—
R P F (茨城) + 水 (20%)	131	—	—	—
RDF	51.3	70.1	97.7	19.5
RDF + 水 (20%)	29.5	36.1	65	14.4
セルロース(Aldrich)	121.8	140.2	163.6	11.7
セルロース(Aldrich) + 水 (20%)	121.2	133.1	150.7	11.8

注1、室温から測定を開始して発熱方向にシフトし始める最初のピークの温度。

(ピークが十分に判別できないものは、発熱開始温度のみを記録した。)

注2、ピーク面積の読み取りは、添付データに示した作図法による。

添付データの横軸(温度)は20℃～300℃に、縦軸はフルスケール20mW(熱流束)に統一。

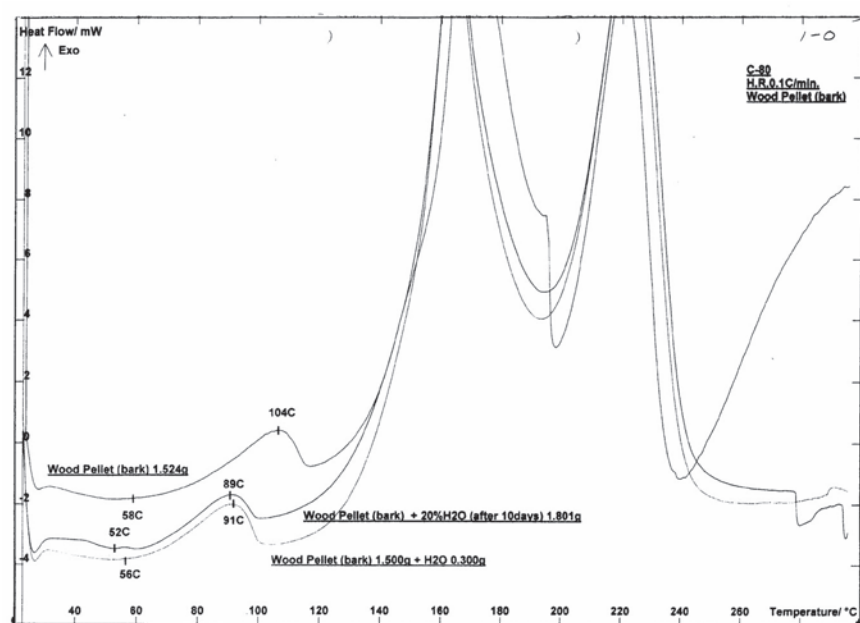


図 3.4.2.1 C80 (木質ペレット (バーク))、
横軸は温度、縦軸は発熱量 (以下、同じ)

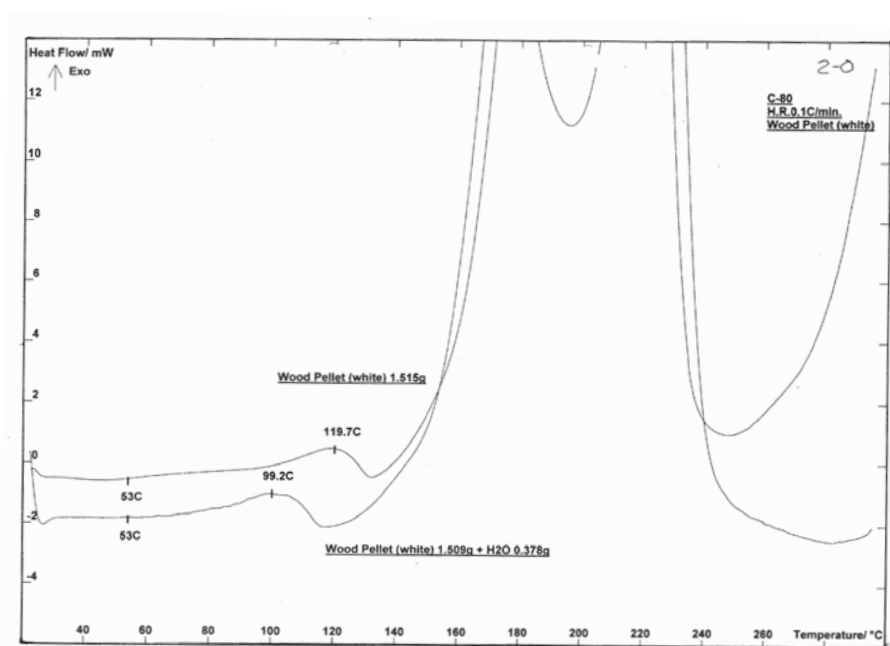


図 3.4.2.2 C80 (木質ペレット (ホワイト))

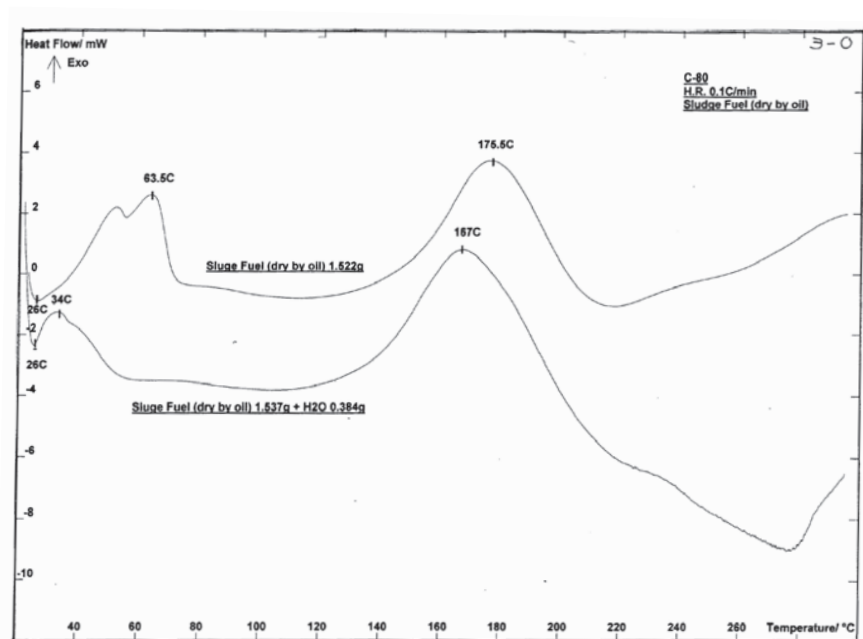


図 3.4.2.3 C80 (汚泥燃料 (油乾燥))

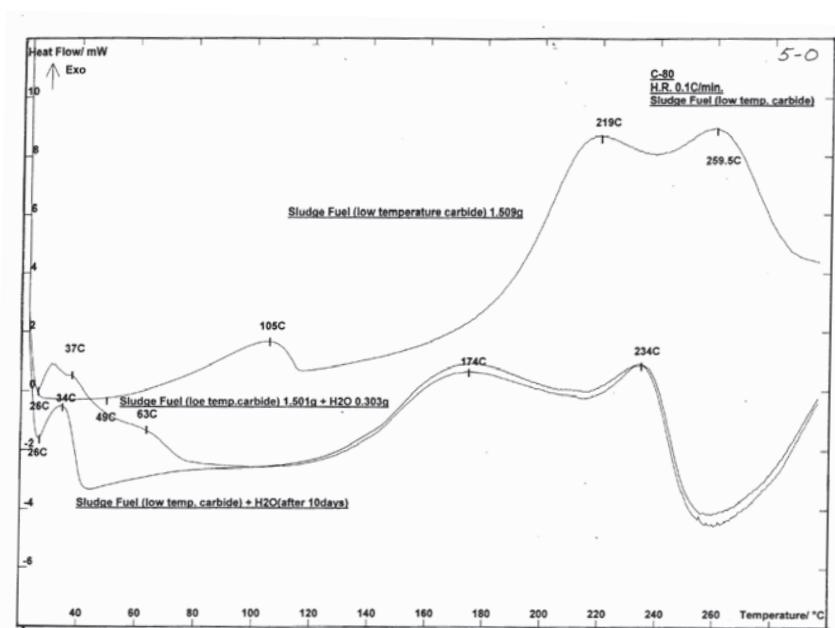


図 3.4.2.4 C80 (汚泥燃料 (低温炭化))

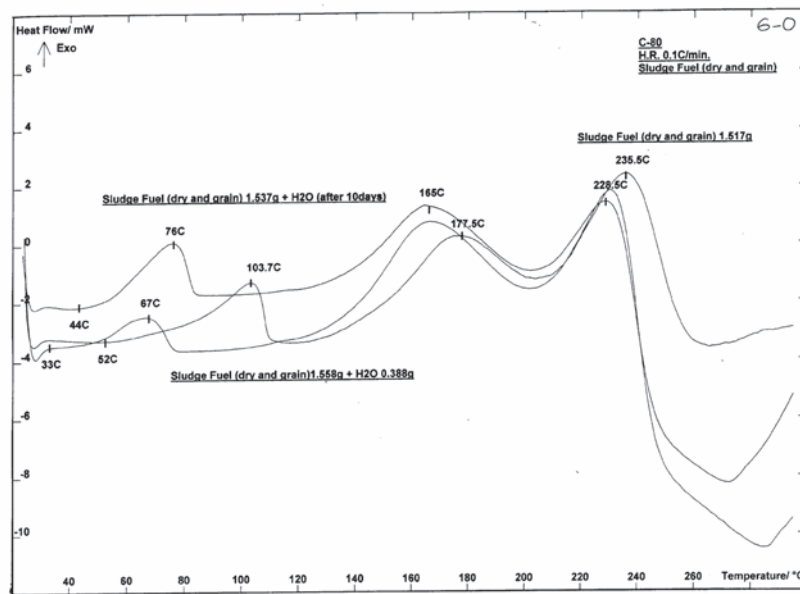


図 3.4.2.5 C80 (汚泥燃料 (乾燥造粒))

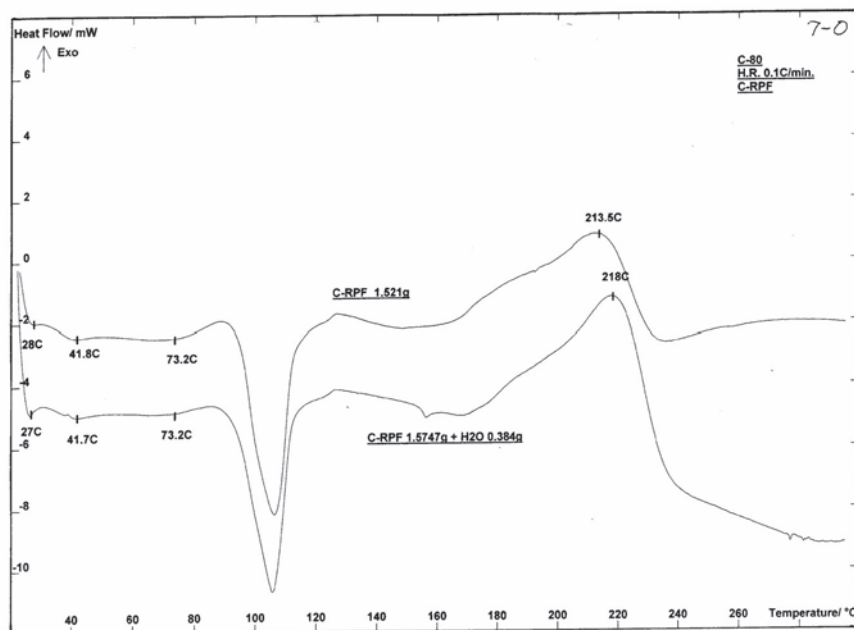


図 3.4.2.6 C80 (C-RPF)

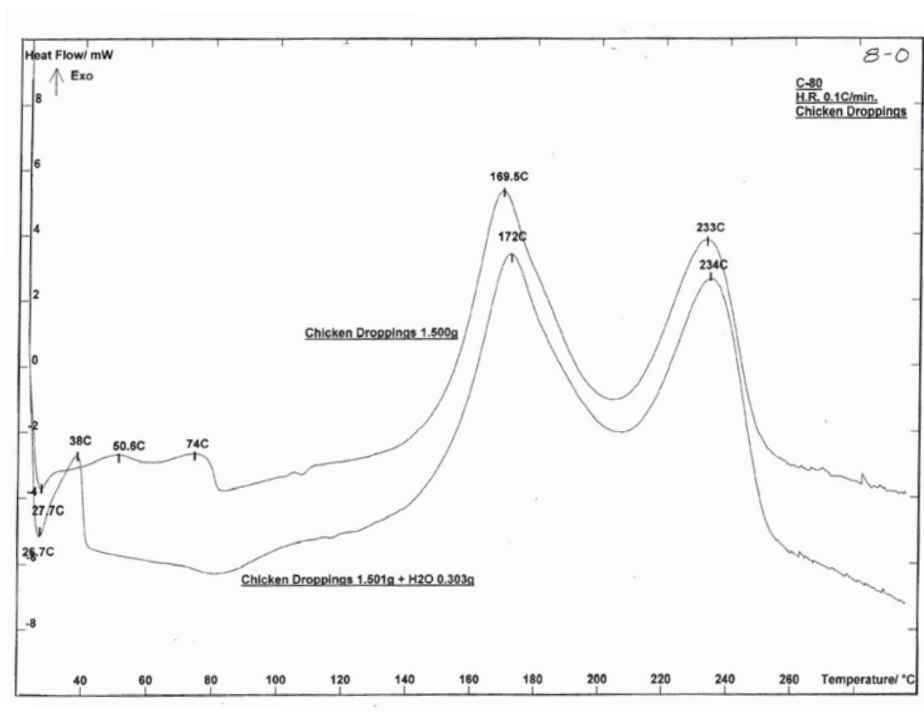


図 3.4.2.7 C80 (鶏糞)

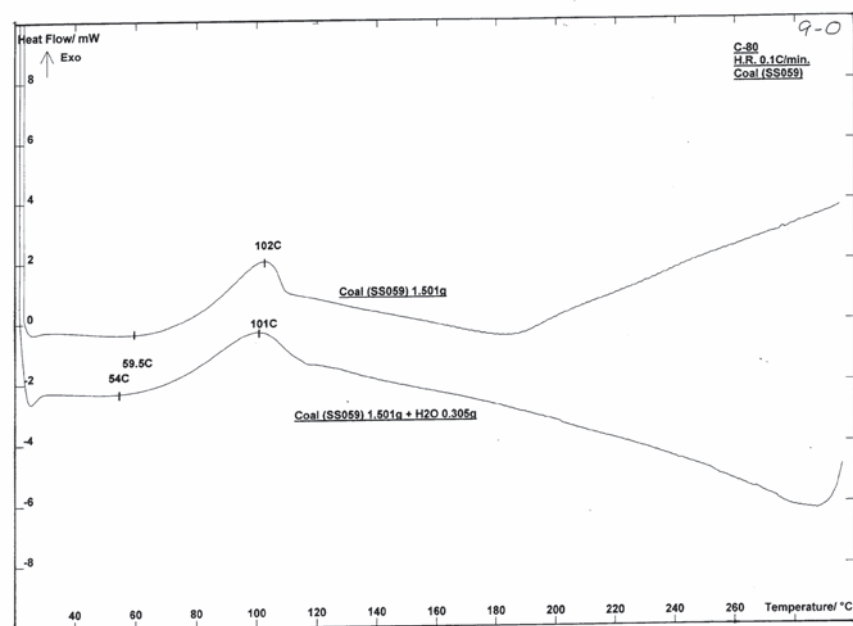


図 3.4.2.8 C80 (石炭)

3. 4. 3 TAM-III

TAM-IIIは、汎用の高感度熱量計中、最も感度が高いので、微生物発酵等で生じるナノオーダーの発熱量の測定が出来る。今回の実験は、いずれも試料を密閉試料容器に入れて50℃に保存して、その発熱状況をみた。これは、50℃付近で微生物発酵が最も活発に起こることが過去の研究で判っているためである。結果の一覧は、表3.4.3.1に示した。また、データを図3.4.3.1～3.4.3.9に示した。C80は昇温モードで測定しているが、TAM-IIIは、等温実験であり、また、感度が高く、より現実的な条件での発熱挙動が求められる。

汚泥燃料（油乾燥）は、試料の単位重量当たりの発熱量が最も大きい。次いで、汚泥燃料（高温炭化）が大きい。いずれも測定開始と共に発熱が起こる。これは空気酸化に伴うものと考えられる。一方、石炭、RPF、セルロースの発熱量は小さい。

水を加えることで汚泥燃料（油乾燥）を除く大部分の試料の発熱量は増加した。これは、50℃という発酵が起こりやすい条件での等温実験であることのためであるが、石炭、RPF、セルロースのように発酵が考えにくいものでも発熱量が増加した。吸着、溶解その他の物理現象、何らかの化学反応（酸塩基反応等）が起きている可能性はある。水を加えると大部分の試料で発熱量が減少したC80の結果とは大きく異なるが、今後、検討すべきと思われる。特に、鶏糞では発熱量が大きく増加した。鶏糞や汚泥燃料（高温炭化、低温炭化）では、水添加で直ちに発熱は起こり、その値も大きい（鶏糞の最大ピーク値：3.7 mW）。一方、RDF、木質ペレット（バーク）では、水添加直後のほか、長時間経過後に発熱しているが、これは発酵による可能性が高い。また、鶏糞の場合、大量の微生物が存在し、水の添加で直ちに活発に活動するためではないかと考えられる。

次いで、発酵の可能性を調べるため、水を入れて10日間放置する実験を行った。微生物活動が、主たる原因であるならば微生物量が増し、更に発熱量が増す可能性がある。結果は木質ペレット（バーク）では増加したが、汚泥燃料（低温炭化）では減少した。

表 3. 4. 3. 1 TAM熱量測定 (50℃での等温実験)

	発熱量 (J/g) 0～24時間	発熱量 (J/g) 24～72時間	発熱量 (J/g) 0～72時間
木質ペレット (パーク)	1. 267	1. 587	2. 854
木質ペレット (パーク) +水 (20%)	7. 945	10. 36	18. 31
木質ペレット (パーク) + 水 (20%) 室温で10日間保持	14. 73	2. 137	16. 87
木質ペレット (ホワイト)	1. 741	1. 964	3. 705
木質ペレット (ホワイト) +水 (20%)	10. 11	2. 862*	12. 97**
汚泥燃料 (油乾燥)	89. 4	6. 369	95. 77
汚泥燃料 (油乾燥) +水 (20%)	80. 04	4. 008	84. 05
汚泥燃料 (高温炭化)	17. 74	11. 14	28. 88
汚泥燃料 (高温炭化) +水 (20%)	35. 11	8. 521	43. 63
汚泥燃料 (低温炭化)	7. 526	4. 590	12. 12
汚泥燃料 (低温炭化) +水 (20%)	57. 75	21. 89*	79. 64**
汚泥燃料 (低温炭化) +水 (20%) 室温で10日間保持	19. 01	13. 87	32. 88
汚泥燃料 (乾燥造粒)	3. 147	2. 977	6. 124
汚泥燃料 (乾燥造粒) +水 (20%)	27. 44	13. 58	41. 02
汚泥燃料 (乾燥造粒) +水 (20%) 室温で10日間保持	11. 22	10. 97	22. 19
C-RPF	2. 925	9. 204	12. 13
C-RPF+水 (20%)	3. 221	9. 396	12. 617
鶏糞 (宮崎)	3. 671	5. 682	9. 353
鶏糞 (宮崎) +水 (20%)	80. 38	96. 82*	177. 2**

*24～64時間

** 0～64時間

	発熱量 (J/g) 0～24時間	発熱量 (J/g) 24～72時間	発熱量 (J/g) 0～72時間
参考			
石炭 (標準試料 SS059)	1.802	2.590*	4.392**
参考			
石炭 (標準試料SS059) + 水 (20%)	2.310	4.384*	6.694**
参考			
石炭 (標準試料 SS060)	1.660	2.683*	4.343**
参考			
石炭 (標準試料SS060) + 水 (20%)	5.169	6.277	11.45
参考			
石炭 (標準試料 SS089)	4.177	5.800	9.977
参考			
石炭 (標準試料SS089) + 水 (20%)	6.458	5.347	11.81
参考			
瀝青炭 (流通品)	2.492	4.156	6.648
参考			
瀝青炭 (流通品) + 水 (20%)	4.280	5.635	9.912
参考			
RPF (福井)	0.1551	0.2427*	0.398**
参考			
RPF (福井) + 水 (20%)	0.9960	1.215	2.211
参考			
セルロース (Aldrich)	0.0008	0.0315	0.0323
参考			
セルロース (Aldrich) + 水 (20%)	6.476	0.5261*	7.002**
参考RDF (三重県)	2.03	3.21	5.2
RDF (三重県) + 水	29.07	14.05	43.12
参考			
RPF	0.9068	0.4311*	1.338**
参考			
RPF + 水 (20%)	2.101	0.845	2.946

*24～64時間

**0～64時間

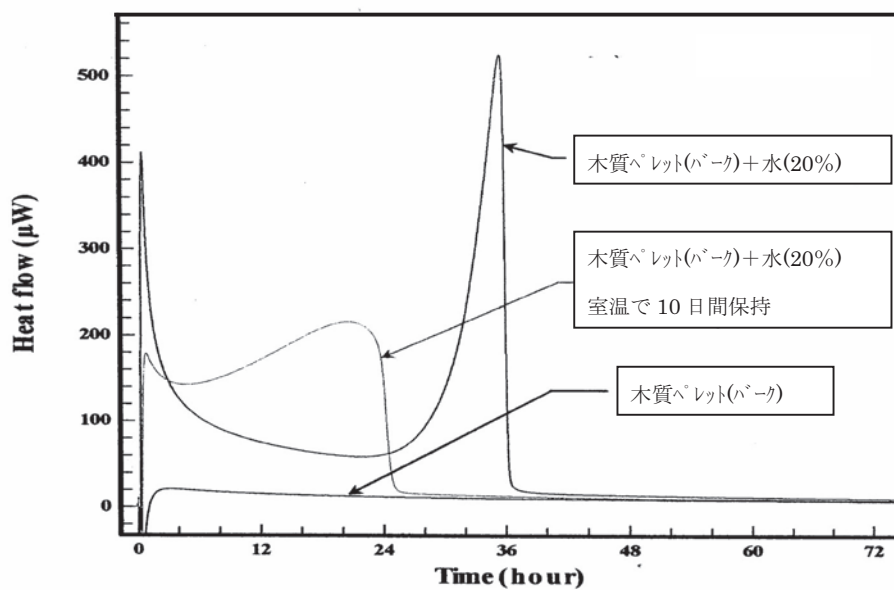


図3.4.3.1 TAM (木質ペレット (バーク))

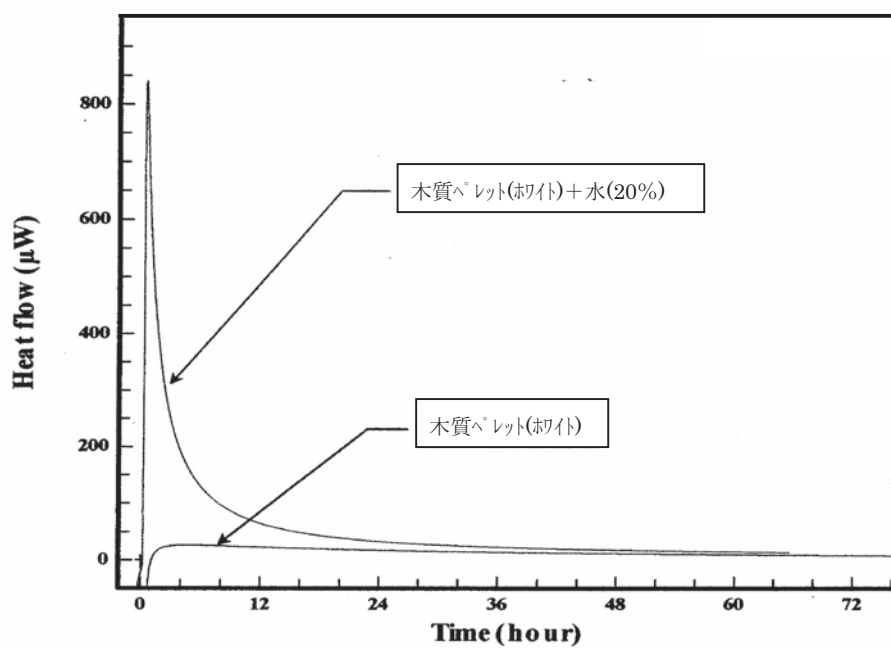


図3.4.3.2 TAM (木質ペレット (ホワイト))

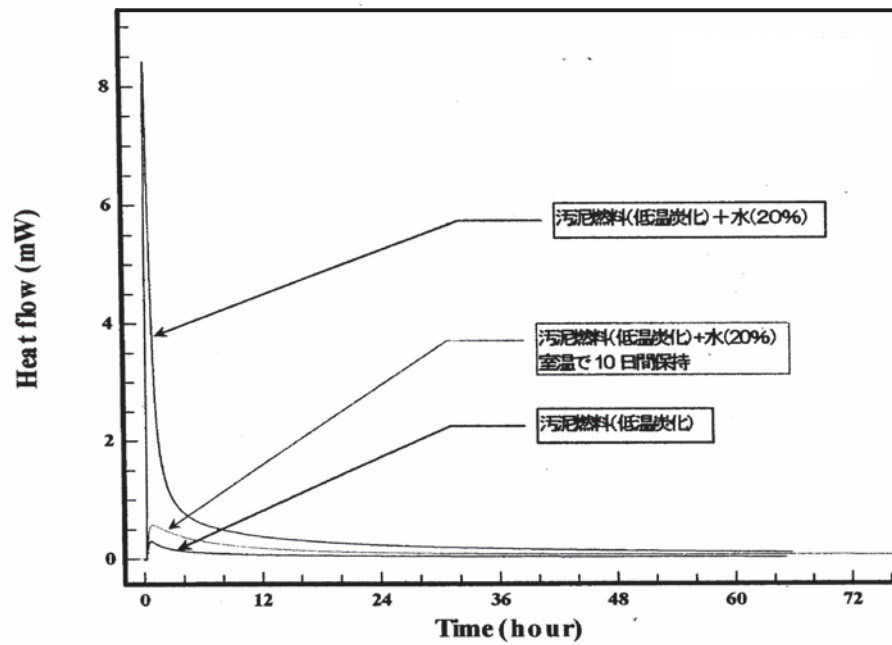


図 3.4.3.3 TAM (汚泥燃料 (低温炭化))

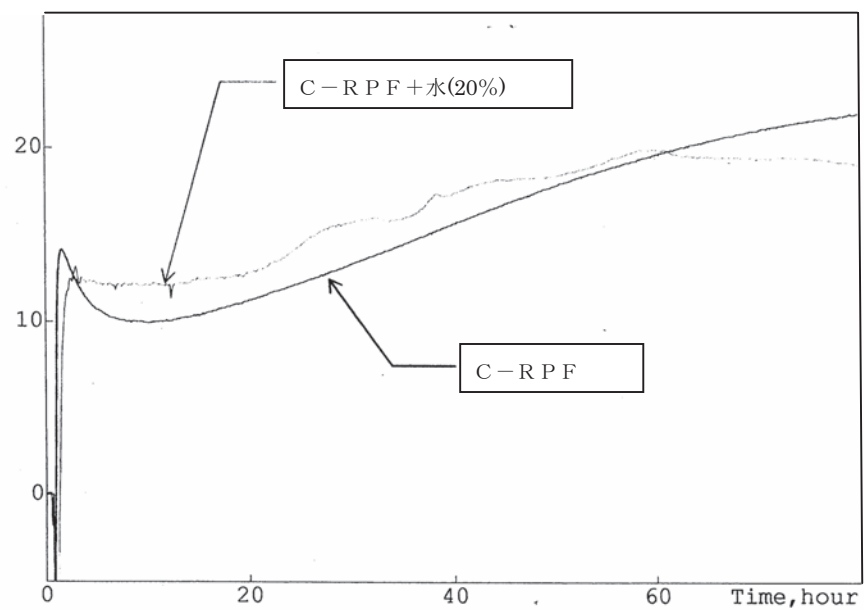


図 3.4.3.4 TAM (C-RPF)

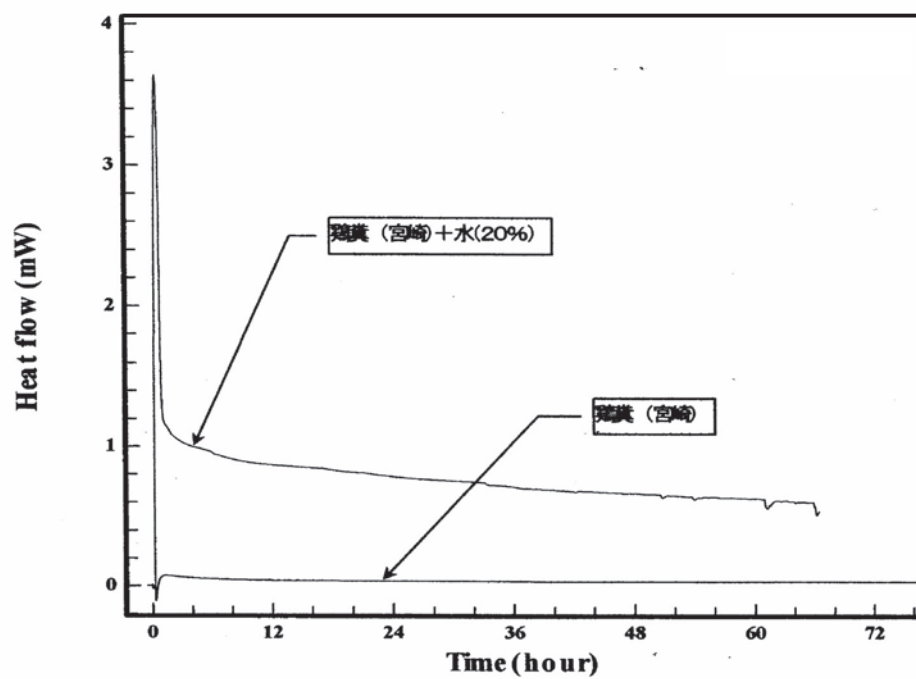


図 3.4.3.5 TAM (鶏糞)

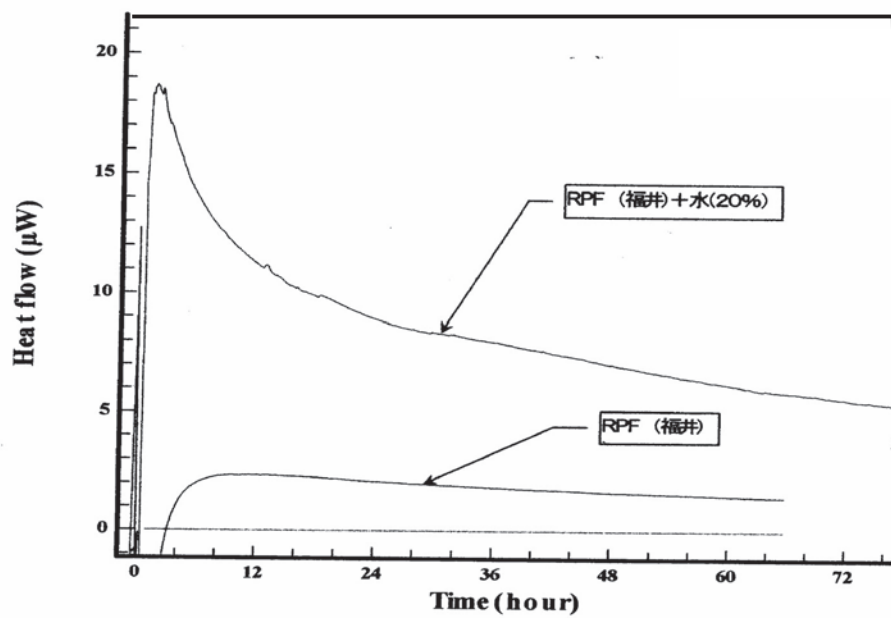


図 3.4.3.6 TAM (RPF)

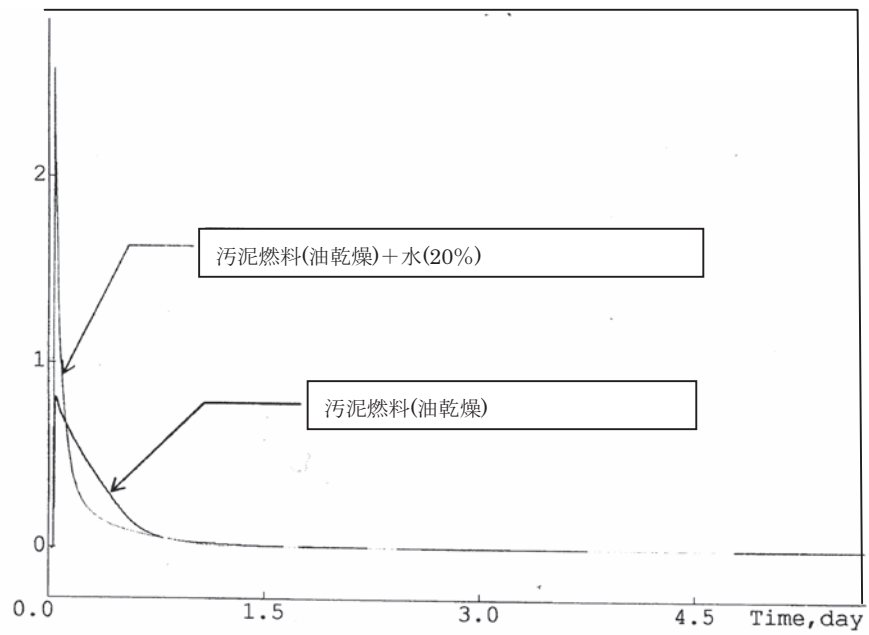


図 3.4.3.7 TAM (汚泥燃料 (油乾燥))

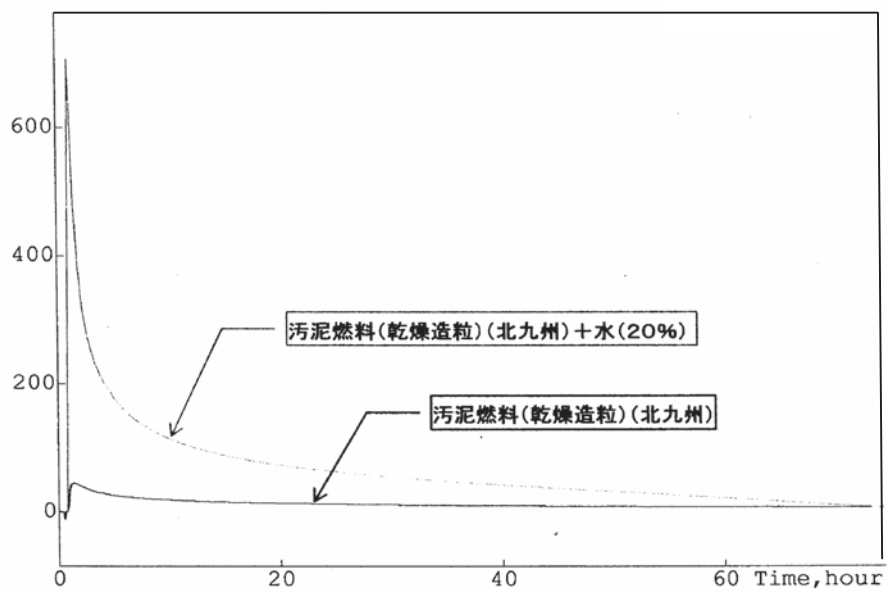
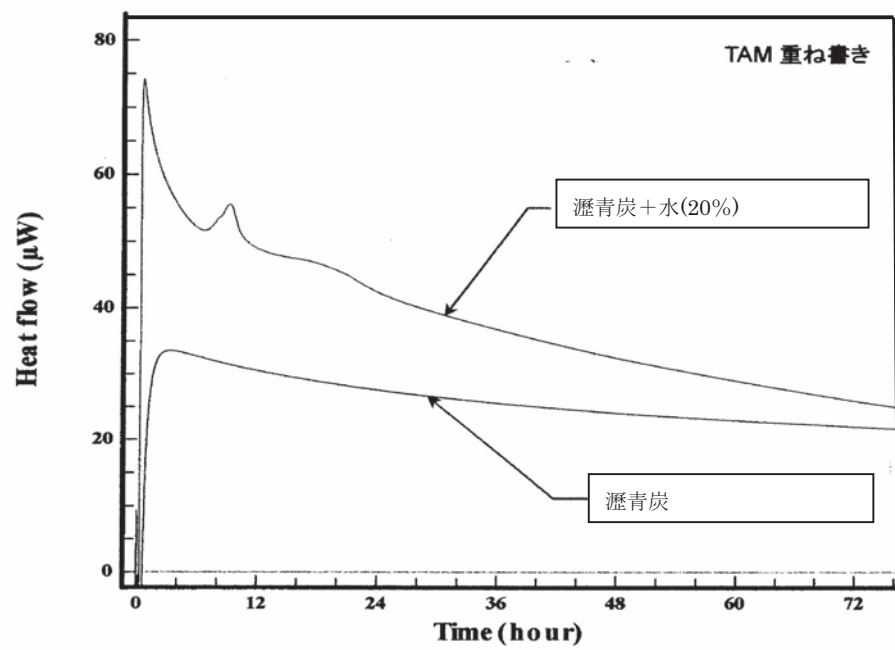


図 3. 4. 5. 8 TAM (汚泥燃料 (乾燥造粒))



3.4.3.9 TAM (石炭)

3. 4. 4 SIT

SIT 試験による自然発火温度の測定結果は、表 3.4.4.1 にまとめた。また、代表的なデータを図 3.4.4.1 から図 3.4.4.2 に示した。SIT で得られた温度は、大量貯蔵時（断熱状態時）、試料からの発熱でもって温度が徐々に上がり、火災に至る場合の最低貯蔵温度である。従って、これより低い温度で貯蔵した場合、わずかな発熱はみられるが、火災には至らないとされている。

木質ペレット（バーク）が全試料中、最も低い温度から発熱を開始する。他方、木質ペレット（ホワイト）はこれよりやや高い温度から発熱開始する。汚泥燃料（高温炭化、低温炭化）を除いて RDF、RPF よりも低い温度で貯蔵した場合にも自然発火を開始することが判る。

表 3. 4. 4. 1 SIT 試験結果

	自然発火温度 (°C)	誘導時間 (分)
木質ペレット (ホワイト)	80	245.8
木質ペレット (バーク)	60	452
汚泥燃料 (油乾燥)	80	466.2
汚泥燃料 (高温炭化)	250	593.8
汚泥燃料 (低温炭化)	130	378.4
汚泥燃料 (乾燥造粒)	80	1244
C-RPF	70	720.4
鶏糞	80	499.0
参考 石炭	80	447.2

参考のため、以下に各種可燃性固体の例を示す。

試料名	自然発火温度 (°C)	誘導時間 (分)
RDF (四日市市で入手)	130	2100
RPF (福井市で入手)	118.5	1100
木質チップ (佐倉市で入手)	58.8	360
石炭 (I 社データ) *	110	250
石炭 (北海道大学データ) **	140	950

* : SS89 ** : 瀝青炭

表 3.4.4.2 SIT 試験結果

試料	試料量 (mg)	設定温度	誘導時間	判定
木質ペレット (ホワイト)	1511	40	—	発熱せず
	1511	50	—	発熱せず
	1510	60	(527.9)	発熱せず
	1511	80	245.8	発熱
	1514	90	209.3	発熱
	1520	120	48	発熱
	1522	130	84.9	発熱
	1521	180	137.1	発熱
木質ペレット (パーク)	1583	40	—	発熱せず
	1450	50	(242.4)	発熱せず
	1458	60	452	発熱
汚泥燃料 (油乾燥)	1060	40	—	発熱せず
	980.5	50	—	発熱せず
	1059	60	—	発熱せず
	989.5	70	—	発熱せず
	1004	80	466.2	発熱
	1006	100	480	発熱
	977.6	130	169.6	発熱
汚泥燃料 (高温炭化)	857.1	230	—	発熱せず
	858.1	240	—	発熱せず
	855.7	250	593.8	発熱
汚泥燃料 (低温炭化)	1453	120	—	発熱せず
	1447	130	378.4	発熱
	1449	140	223.7	発熱
汚泥燃料 (乾燥造粒)	1497	70	—	発熱せず
	1487	80	1244	発熱
C-RPF	912	40	—	発熱せず
	951.8	50	—	発熱せず
	939.2	60	(212.6)	発熱せず

	932. 2	70	720. 4	発熱
	962. 3	80	850. 9	発熱
鶏糞	827. 7	40	—	発熱せず
	799. 6	50	—	発熱せず
	711. 2	60	(507. 8)	発熱せず
	819. 8	80	499	発熱
	752. 7	100	187. 9	発熱
石炭（瀝青炭）	1837	50	—	発熱せず
	1852	60	(225. 2)	発熱せず
	1762	80	447. 2	発熱
	1823	100	280. 1	発熱

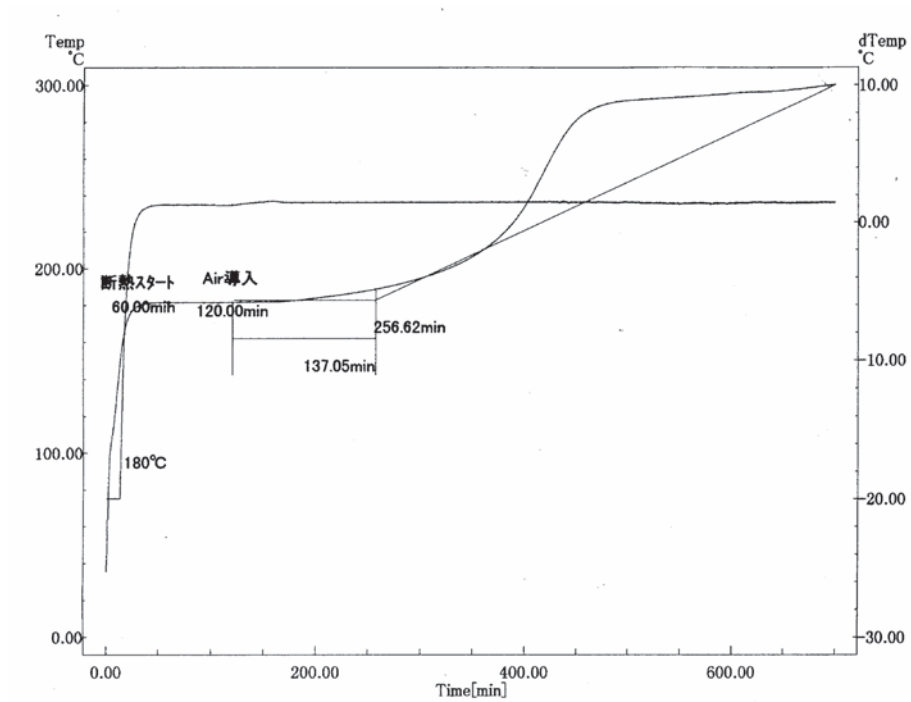


図 3.4.4.1 S I T試験 (木質ペレット (ホワイト))

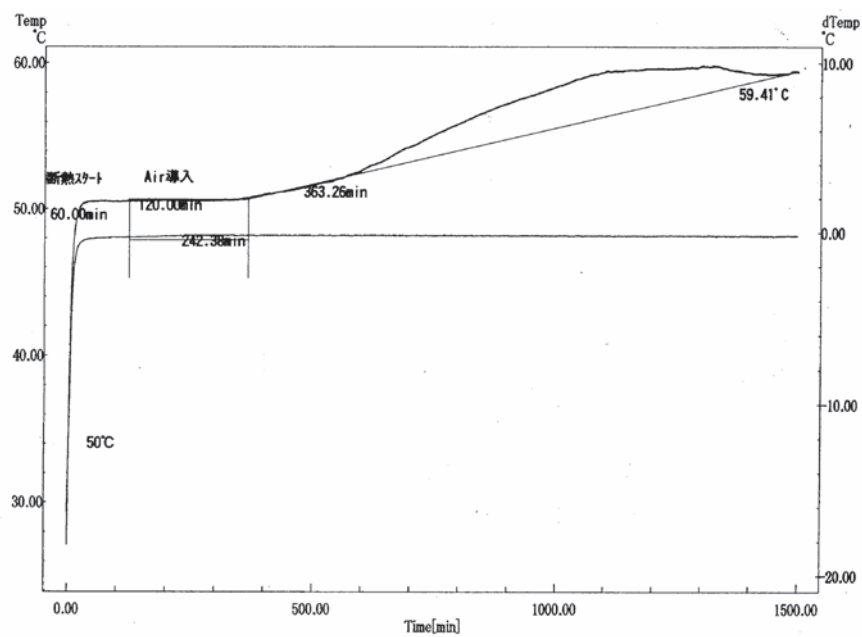


図 3.4.4.2 S I T試験 (木質ペレット (バーク))

3. 4. 5. ワイヤーバスケット試験

ワイヤーバスケット試験の結果を表3.4.5.1にまとめた。また、木質ペレットの代表的なデータを表3.4.5.2及び3.4.5.3、図3.4.5.1及び図3.4.5.2に示した。本実験は、試料量が1Lと他の試験に比べて大きくより現実的な発熱開始温度が得られる。得られた発熱開始温度は、いずれも100℃以上の値となり、含水分が蒸発した後に発熱を開始している。汚泥燃料（油乾燥）、汚泥燃料（乾燥造粒）が最も低い温度から発熱を開始する。汚泥燃料（油乾燥）は汚泥燃料（乾燥造粒）よりも誘導時間が短く、提供された試料の中では、最も危険性が高い。参考のために行った石炭やRDF（三重県データ）に比べると発熱開始温度はほぼ同じである。木質ペレットはRPFと同じ発熱開始温度が得られた。発熱開始温度が同じ場合、誘導時間が短い程危険性は高いと言える。

SIT試験に比べると発熱開始温度は全般に高い。本試験は、含水分の蒸発後の有機物の酸化発熱開始温度が結果に反映されるため、微生物発酵に伴う発熱の影響はない。

なお、本実験は日本カーリット㈱に依頼した。

表3.4.5.1 ワイヤーバスケット試験結果

	発熱開始温度（℃）	誘導時間（分）
木質ペレット（ホホワイト）	170	245.8
木質ペレット（パーク）	170	452
汚泥燃料（油乾燥）	130	466.2
汚泥燃料（高温炭化）	250	593.8
汚泥燃料（低温炭化）	140	378.4
汚泥燃料（乾燥造粒）	130	1244
C-RPF	170	720.4
鶏糞	170	499.0
参考 石炭＊	130	447.2
RDF＊＊	145	300
RPF	170	1080

＊：SS89

＊＊：三重県データ

表 3.4.5.2 ワイヤーバスケット試験 (木質ペレット (ホワイト))

試験名		自然発火性試験					
試験実施日		2006年 12月 15～27日					
試験場所		日本カーリット(株) 危険性評価試験所					
試験物品名		木質ペレット(ホワイト)					
試験結果	加熱による試験	設定温度(℃)	100	130	160	170	180
		容器サイズ	10cm容器				
		供試量(g)	660. 4	660. 4	660. 4	650. 9	660. 6
		状況	加熱試験を行ったところ、+60℃を超える発熱は見られなかった。	加熱試験を行ったところ、+60℃を超える発熱は見られなかった。	加熱試験を行ったところ、+60℃を超える発熱は見られなかった。	加熱試験を行ったところ、最大発熱温度621.6℃の発熱が見られた。	加熱試験を行ったところ、最大発熱温度594.5℃の発熱が見られた。

表 3.4.5.3 ワイヤーバスケット試験 (木質ペレット (バーク))

試験名		自然発火性試験				
試験実施日		2006年 12月 15～26日				
試験場所		日本カーリット㈱ 危険性評価試験所				
試験物品名		木質ペレット(バーク)				
試験結果	加熱による試験	設定温度(℃)	100	130	160	170
		容器サイズ	10cm容器			
		供試量(g)	650	650. 5	650. 5	650. 1
		状況	加熱試験を行ったところ、+60℃を超える発熱は見られなかった。	加熱試験を行ったところ、+60℃を超える発熱は見られなかった。	加熱試験を行ったところ、+60℃を超える発熱は見られなかった。	加熱試験を行ったところ、最大発熱温度 775.1℃の発熱が見られた。

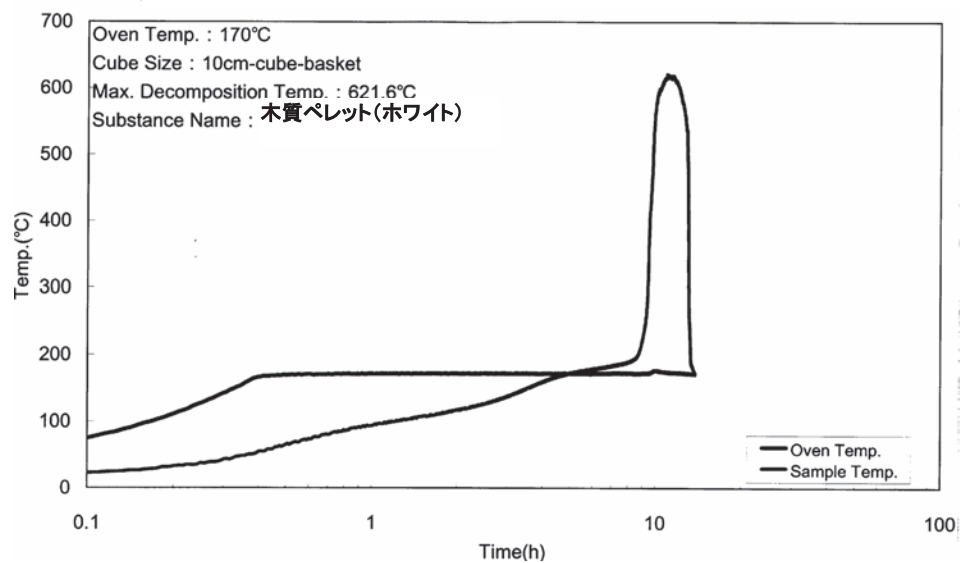


図 3.4.5.1 ワイヤーバスケット試験（木質ペレット（ホワイト） 170℃）

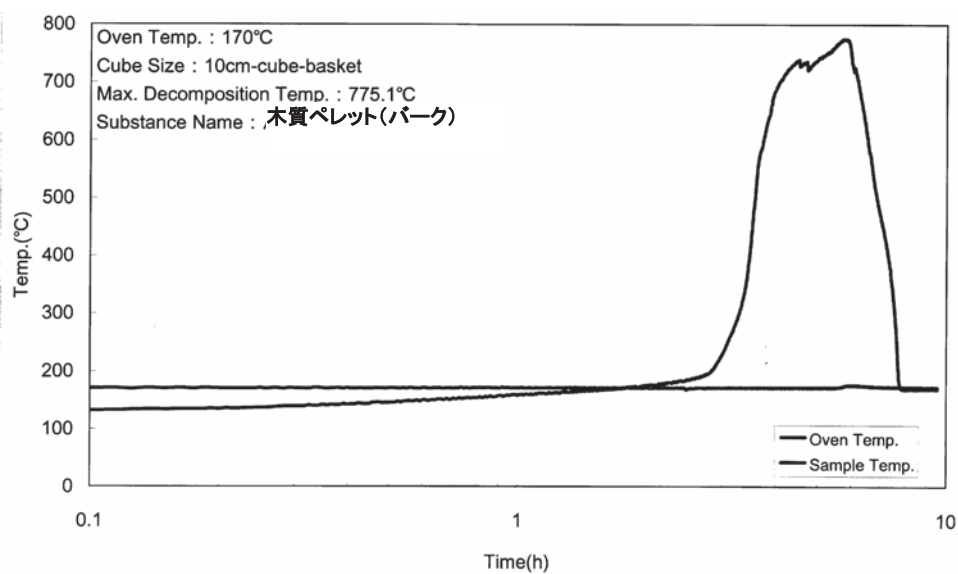


図 3.4.5.2 ワイヤーバスケット試験（木質ペレット（バーク） 170℃）

3. 4. 6. 燃焼熱量、比熱、熱伝導度の測定結果

3. 4. 6. 1 燃焼熱量

燃焼熱量の測定を行った。測定は、JIS M8814(石炭類及びコークス類－ボンブ熱量計による総発熱量の測定方法及び真発熱量の計算方法)に準じた。結果は、下表のとおり。測定は2回行い、その平均値で示した。C-RPF が最も大きく、火災になればその熱量は大きく火災時の危険性は大きいと言える。

表 3. 4. 6. 1 燃焼熱量の測定結果

	平均値 kJ / g	実験値 kJ / g
木質ペレット (ホワイト)	19.70	19.99 / 19.40
木質ペレット (バーク)	18.65	18.56 / 18.75
汚泥燃料 (油乾燥)	23.40	23.42 / 23.37
汚泥燃料 (高温炭化)	13.06	12.43 / 13.70
汚泥燃料 (低温炭化)	21.10	19.88 / 22.32
汚泥燃料 (乾燥造粒)	14.88	15.42 / 14.33
C-RPF	34.15	35.06 / 33.24
鶏糞	10.98	10.45 / 11.51
参考 石炭	29.78	30.12 / 29.45
セルロース	22.64	23.17 / 22.12

参考のため、以下に各種可燃性固体の例を示す。

試料名	燃焼熱量 kJ / g	文献
RDF	12.6 ~ 16.8	関商店ホームページ
RPF	25.2 ~ 42.0	関商店ホームページ
石炭	20 ~ 30	理科年表
木炭	28 ~ 32	理科年表
灯油	44 ~ 47	理科年表
牛糞 (含水率 60%)	18.28	㈱CPR ホームページ
豚糞 (含水率 60%)	12.04	㈱CPR ホームページ
鶏糞 (含水率 60%)	8.62	㈱CPR ホームページ

3. 4. 6. 2 比熱の測定

DSCによる比熱の測定結果を表3. 4. 6. 2. 1に示す。測定は、C-RPFを除き100℃で行った。C-RPFは、120℃で行った。また、データの例を図3. 4. 6. 1及び図3. 4. 6. 2に示す。

表3. 4. 6. 2. 1 比熱測定結果

データ No.	試料	D S Cによる 100℃の比熱容量 (J/K・g)
1	木質ペレット (バーク)	1. 87
2	木質ペレット (ホワイト)	2. 45
3	汚泥燃料 (油乾燥)	1. 81
4	汚泥燃料 (高温炭化)	1. 62
5	汚泥燃料 (低温炭化)	1. 93
6	汚泥燃料 (乾燥造粒)	1. 95
7	C-R P F	(120℃ 注) 2. 54
8	鶏糞 (宮崎)	1. 97
9	参考 石炭 (標準試料 S S 059)	1. 48
10	参考 石炭 (標準試料 S S 060)	1. 75
11	参考 石炭 (標準試料 S S 089)	1. 63
12	参考 瀝青炭 (I社)	1. 51
13	参考 R P F (福井)	2. 44
14	参考 セルロース (Aldrich)	2. 42

注 100℃では試料が融解している最中のため、融解終了後の120℃を測定した。

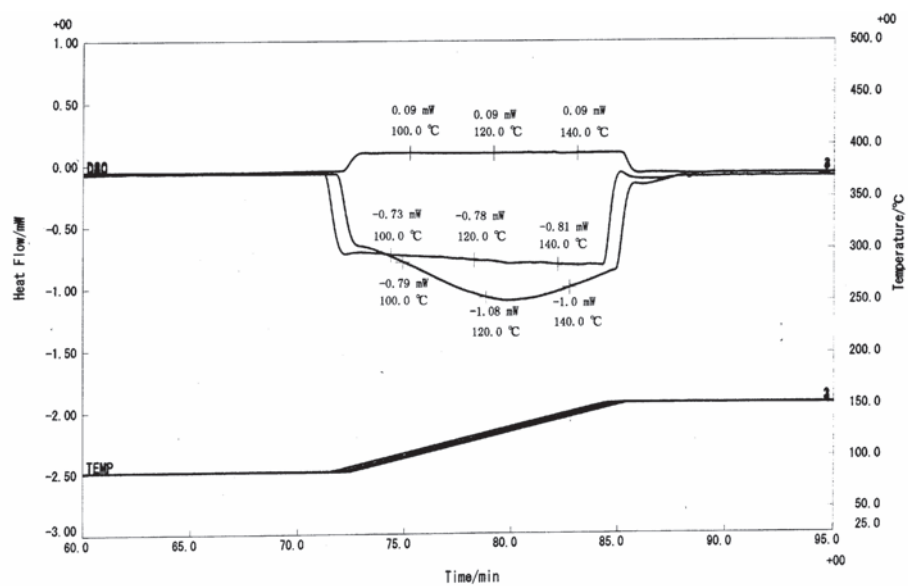


図 3.4.6.1 比熱の測定結果 (木質ペレット (バーク))

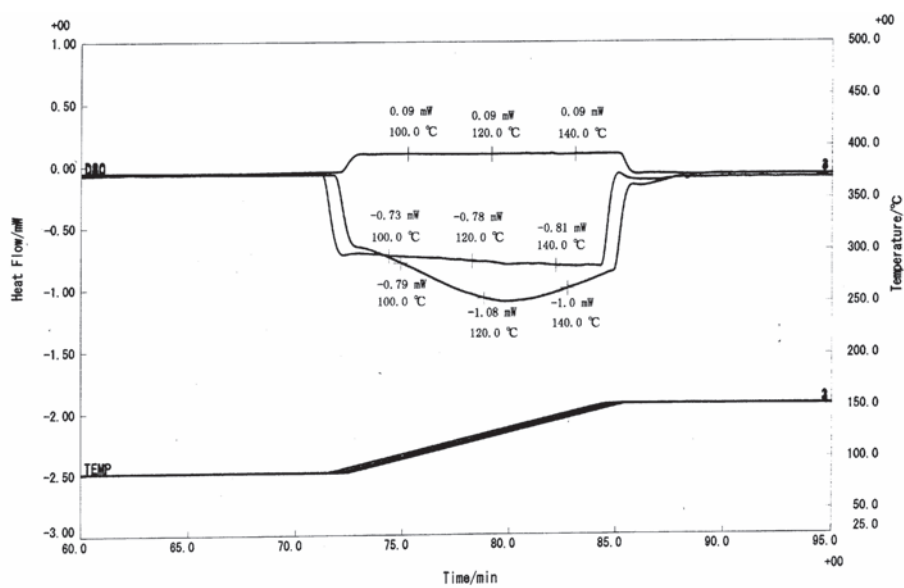


図 3.4.6.2 比熱の測定結果 (木質ペレット (ホワイト))

3. 4. 6. 3 熱伝導率の測定

熱伝導率の測定結果は、以下のとおり。測定は、100℃で行った。
なお、本実験は、(株)住友化学分析センターに委託した。

表 3. 4. 6. 3 熱伝導率の測定結果

試料	熱伝導率 (W/m・K)
木質ペレット (バーク)	0.103
木質ペレット (ホワイト)	0.077
汚泥燃料 (油乾燥)	0.175
汚泥燃料 (高温炭化)	0.097
汚泥燃料 (低温炭化)	0.102
汚泥燃料 (乾燥造粒)	0.226
C-RPF	0.051
鶏糞	0.356
石炭	0.139
セルロース	0.114
参考 RPF*	0.060
RDF*	0.014

*：消防研究センターデータ

3. 4. 7 フランク・カメンスキー (Frank-Kammenetskii) 式に基づく推定

再生資源燃料等の大量貯蔵時の発熱発火挙動を知るために数m～10m程度まで堆積した場合の発熱開始温度の予測計算を行う。計算に当たっては、試料についての基礎的なデータが必要である。このうち、熱伝導度については、(株)住化分析センターに依頼した。

フランク・カメンスキー (Frank-Kammenetskii) 式

$$\ln \frac{\delta_c T_R^2}{r^2} = P - \frac{E}{RT_R}$$

ここで、 δ_c ：臨界パラメーター、 T_R ：周囲温度、 P ：熱伝導度、 E ：活性化エネルギー、 r ：堆積物の代表直径である。ここで、 δ_c は無限平板(=0.88)とした。

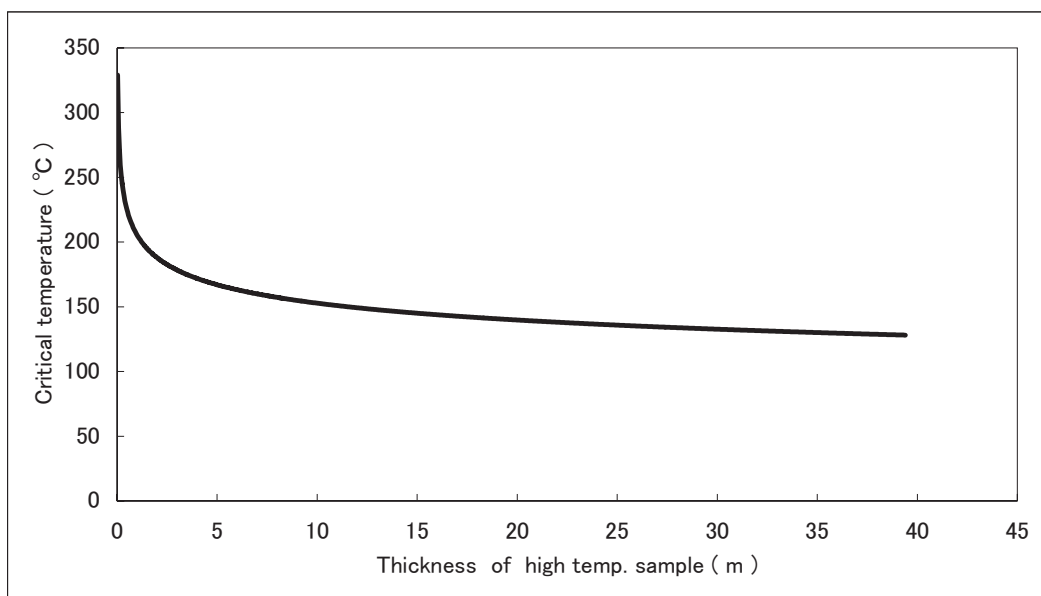
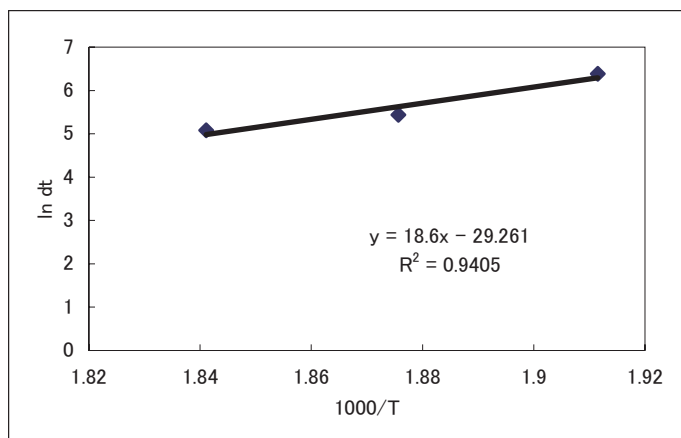
ここで、活性化エネルギーは、反応がアレニウス型で進むとし、SITの発火遅れ時間 dt と周囲温度 T の関係

$$dt = t_0 \times \exp(E/RT)$$

から求めた。

結果の一例（汚泥燃料(高温炭化)）は、図3.4.7.1に示した。

図 3.4.7.1 F-K 計算結果の例
汚泥燃料（高温炭化）



必要なデータ

Frank-Kamenetskii's parameter [-]	$\delta_c = 0.878$
Bulk density [g cm ⁻³]	$\rho = 0.429$
Specific heat [J g ⁻¹ K ⁻¹]	$c = 1.62$
Thermal conductivity [J min ⁻¹ cm ⁻¹ K ⁻¹]	$\lambda = 0.058$
Rise temperature [K]	$\Delta T = 1.25$
Activation energy [kJ mol ⁻¹]	$E = 154.6$
Coefficient defined by F-K equation	$a = 18600$
Coefficient defined by F-K equation	$b = -29.26$

3. 4. 8 発生ガスの分析

発生ガスの分析実験の結果の一覧を表3.4.8.1に示した。

試料を約11日間放置した場合に生じるガスの発生実験の結果では、汚泥燃料(油乾燥)、汚泥燃料(低温炭化)のような発熱量が大きい物質ではガスが多く発生し、熱量測定の結果と良く合致すると言える。鶏糞は、水分が多く、発熱量は小さいが、大量にガスが発生した。汚泥燃料(油乾燥)及び石炭(瀝青炭)では、水素が2%発生した。石炭は、水素の他、一酸化炭素も生じている。また、鶏糞も水素を多く発生した。鶏糞は、二酸化炭素を多く発生している。炭化水素の発生は少なく、嫌気性菌の活動は激しくないと考えられるが、更に、菌の分析等の実験を行えば、より確定的な結論が得られる。木質ペレット(ホワイト)では、水素が約1%発生している。

20%(重量)の水を試料に加えて同様の実験を行った。汚泥燃料(高温炭化、低温炭化)、木質ペレット(ホワイト)が水素を多く発生した。木質ペレット(バーク)も同様だが、水素発生量はやや少ない。

鶏糞は、放置実験よりもさらに多くの二酸化炭素を多く発生しているが、このことから、鶏糞に含まれる微生物(好気性菌)による発酵が起こっていることが推定できる。

本実験は、ガス検知管を用いた簡易実験であり、複数のガスが存在した場合、干渉し合うこともありえる。ガスクロマトグラフを使った測定の方がより正確に測定することが可能である。

表3. 4. 8. 1 発生ガス分析

受領のままの状態では実験に供試

		重量 g	H2O g	CO	H2 *	CO2	低級炭化水素	ガソリン
木質ペレット	パーク	50.0	-	<5ppm	0.5%	0.13%	<0.1%	<0.03%
	ホワイト	50.0	-	0	1%	0.13%	0	0.01%
汚泥燃料	油乾燥	50.0	-	~0.07%	2%	0.80%	0.03%	0.03%
汚泥燃料	高温炭化	50.0	-	<0.1%	0.5%	0.25%	0	0.02%
	低温炭化	50.0	-	0	0.5%	<0.2%	0	0.02%
汚泥燃料	乾燥造粒	50.0	-	0	1%	0.20%	0	0.02%
C-RPF		50.1	-	0	1%	0.13%	0	0.02%
鶏糞 宮崎		49.8	-	0	1%	12%	0	0.01%
石炭	SS089	50.0	-	~0.02%	2%	0.2%	0	0.02%
RDF		50.0	-	20ppm	1%	0%	0	0.00%
RPF		50.0	-	0	0%	0%	0	0.01%

水を20%添加して供試

		重量 g	H2O g	CO	H2 *	CO2	低級炭化水素	ガソリン
木質ペレット	パーク	50.0	12.5	0	0.5%	16%	0	0.01%
	ホワイト	50.0	12.5	0	2%	1.5%	0	0.02%
汚泥燃料	油乾燥	50.0	12.5	0.25%	2%	5%	0.05%	0.06%
汚泥燃料	高温炭化	50.0	12.5	0.05%	4%	2.1%	0	0.01%
	低温炭化	50.0	12.5	0.1%	4%	1.5%	0.05%	0.04%
汚泥燃料	乾燥造粒	50.0	12.5	80ppm	2%	0.3%	0.00%	0.01%
C-RPF		50.0	12.5	30ppm	1%	0.6%	0.05%	0.02%
鶏糞 宮崎		49.8	12.5	2ppm	0.5%	22%	0.04%	0.02%
石炭	SS089	50.0	12.5	10ppm	0.5%	0.25%	0.05%	0.01%
RDF		50.0	12.5	70ppm	4%	5%	0.00%	~0.01%
RPF		50.0	12.5	0%	0%	15%	0.00%	0.02%

* 水素検知管の特性によりCOガスとの干渉の可能性がある。

3. 5 危険性評価について

発熱温度、発熱量及びガス発生量を指標として各再生資源燃料の危険性を比較するために相対的な危険性評価を行った。発熱温度は「発熱反応の起こりやすさ」を、発熱量は「発熱の強度」を表すものと考えられる。各再生資源燃料に水を添加した場合についても同様な判定方法で危険性評価を行った。

発熱温度について C80 による発熱開始温度と SIT の自然発火温度によって代表させた。C80 の発熱開始温度は発熱の起こりやすさを表し、SIT の自然発火温度は発熱開始後の酸化発熱の起こりやすさを表す。C80 による発熱開始温度は、微少発熱の開始温度を対象としている。SIT による自然発火温度は、乾燥した試料の酸化発熱の開始温度を対象としている。C80 及び SIT による発熱温度の両方を用いて危険性評価を行った。

各試料間で発熱温度に関する危険性を比較し易くするために、次のような基準に基づいて評価点を与えた。括弧内は危険性評価点で、評価点が高いほど危険性が大きい。C80 及び SIT 発熱温度に関する危険性評価点を足し合わせて、発熱温度に関する評価点とした。C80 の危険性評価の温度範囲を狭く取ることによって C80 の発熱開始温度の結果に重みをつけている。

●C80 発熱温度に関する危険性評価点：

$0^{\circ}\text{C} \leq (5) < 30^{\circ}\text{C} \leq (4) < 60^{\circ}\text{C} \leq (3) < 90^{\circ}\text{C} \leq (2) < 120^{\circ}\text{C} \leq (1)$

●SIT 発熱温度に関する危険性評価点：

$0^{\circ}\text{C} \leq (5) < 60^{\circ}\text{C} \leq (4) < 120^{\circ}\text{C} \leq (3) < 180^{\circ}\text{C} \leq (2) < 240^{\circ}\text{C} \leq (1)$

発熱量について TAM による 50°C での 64 時間または 74 時間の発熱量によって代表させた。64 時間の発熱量と 74 時間の発熱量の間に大きな差は無い。各試料間で発熱量に関する危険性を比較し易くするために、次のような基準に基づいて評価点を与えた。括弧内は評価点で、評価点が高いほど危険性が大きい。

●発熱量に関する危険性評価点ランク：

$0 \text{ (J/g)} \leq (1) < 10 \text{ (J/g)} \leq (2) < 20 \text{ (J/g)} \leq (3) < 30 \text{ (J/g)}$
 $\leq (4) < 40 \text{ (J/g)} \leq (5) < 60 \text{ (J/g)} \leq (6)$

可燃性ガス発生量について水素の発生量 (%) を危険性評価の指標とした。ただし、水素用検知管は一酸化炭素と干渉するため、水無添加で一酸化炭素を発生する「油温減圧乾燥汚泥」、「高温炭化汚泥」について、水添加で一酸化炭素を発生する「油温減圧乾燥汚泥」、「低温炭化汚泥」、「高温炭化汚泥」について、一酸化炭素が水素と干渉して、正確な水素濃度が得られていない可能性がある。

「水添加無し」及び「水添加有り」の場合について、各試料の相対的な危険性を比較し易くするために、危険性評価結果を図 3-5 にまとめた。横軸は発熱温度に関する危険性を表し、C80 と SIT による発熱開始温度の危険性評価点を足し合わせたものである。縦軸は TAM

の 50℃での 64 または 72 時間での発熱量の危険性評価点を示す。グラフの右上にある試料が、熱的危険性が高いことを示す。反対にグラフの左下にある試料が、熱的危険性が低いことを示す。円の面積は発生した水素濃度を表している。一酸化炭素の干渉がある試料についても図中に示した。水の添加の有無にかかわらず⑩「RPF」の水素の発生は無かったが、最も面積の小さい○をプロットした。ただし、「RPF」について C80 と SIT の測定とガス濃度の実験では異なる製造元の「RPF」を使用している。

「水添加無し」と「水添加有り」の危険性評価結果について以下にまとめた。

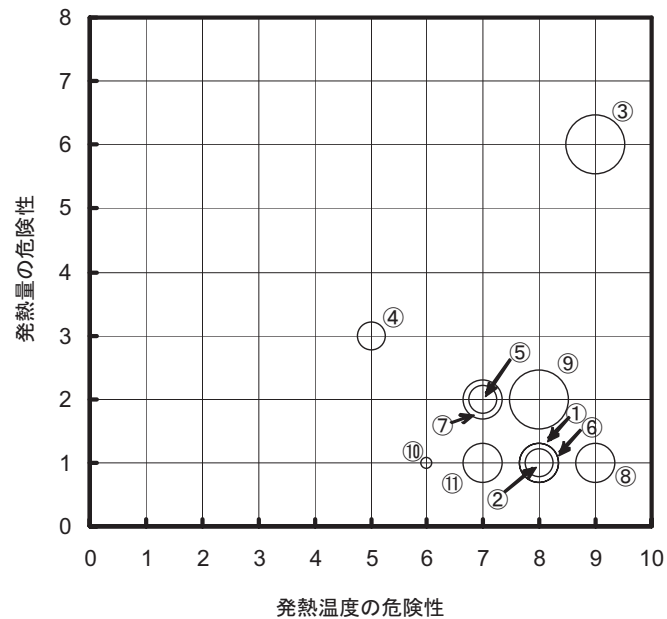
「水添加無し」

1. 「油温減圧乾燥汚泥」が最も熱的危険性が高い。「RPF」が熱的及びガス発生危険性に関して最も低い。
2. 大別すると「木質ペレット（ホワイト）」、「木質ペレット（バーク）」、「造粒乾燥汚泥」「鶏糞」、「石炭」のグループで危険性はほぼ等しいとみなすことができた。また、「低温炭化汚泥」と「C-RPF」の危険性はほぼ等しいとみなすことができた。
3. 「木質ペレット（ホワイト）」、「木質ペレット（バーク）」、「低温炭化汚泥」、「造粒乾燥汚泥」、「C-RPF」、「鶏糞」、「RDF」で水素が発生した。「RDF」の水素発生量について 1%であった。
4. 「油温減圧乾燥汚泥」、「高温炭化汚泥」及び「石炭（SS089）」の水素濃度について、水素検知管の特性による一酸化炭素による干渉によって正確に濃度測定ができていない可能性がある。

「水添加有り」

1. 水添加によって「鶏糞」の熱的危険性が「油温減圧乾燥汚泥」と同じになり、両者の危険性が最も高い。水を添加した場合も「RPF」が熱的及びガス発生危険性に関して最も低い。
2. 水を添加した場合、大別すると「木質ペレット（ホワイト）」、「木質ペレット（バーク）」、「C-RPF」、「石炭」のグループで危険性はほぼ等しいとみなすことができた。
3. 水を添加した熱的危険性について「C-RPF」及び「RPF」を除いた全ての試料で、水添加によって熱的危険性が高くなった。特に、「鶏糞」、「造粒乾燥汚泥」、「低温炭化汚泥」の熱的危険性が増加した。
4. 水を添加した場合、「RDF」で 4%の水素が発生した。この値は他の試料と比較して最も大きい。
5. 「油温減圧乾燥汚泥」、「高温炭化汚泥」及び「低温炭化汚泥」の水素濃度について、水素検知管の特性による一酸化炭素による干渉によって正確に濃度測定ができていない可能性がある。

水添加無し



水添加有り

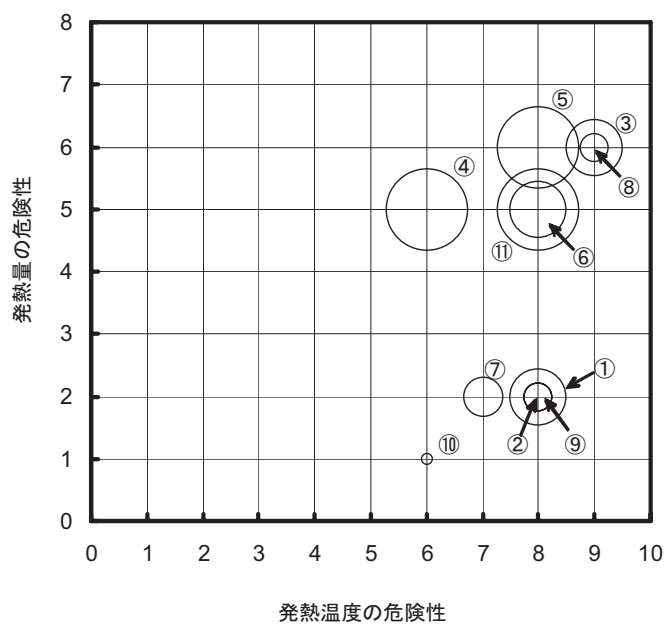


図 3－5 各試料の相対的な危険性評価結果

①木質ペレット(ホワイト)、②木質ペレット(バーク)、③汚泥燃料(油温減圧乾燥汚泥)、
④汚泥燃料(高温炭化汚泥)、⑤汚泥燃料(低温炭化汚泥)、⑥汚泥燃料(造粒乾燥汚泥)、
⑦C-RPF、⑧鶏糞、⑨石炭(SS089)、⑩RPF、⑪RDF

「水添加無し」の③「油温減圧乾燥汚泥」、④「高温炭化汚泥」、⑨「石炭(SS089)」の水素濃度及び「水添加有り」の③「油温減圧乾燥汚泥」、④「高温炭化汚泥」、⑤「低温炭化汚泥」の水素濃度について、一酸化炭素の干渉の可能性はある。

第4章 再生資源燃料等・消費施設等の実態調査

4. 1 実態調査対象施設

国内において、研究や実用化されている再生資源燃料等の物品について、製造の段階から使用段階までの使われ方・保管状況等を把握し、各工程における危険要因等を抽出するため、当該燃料の製造・消費施設の現地調査並びにアンケート調査等を実施した。

調査対象施設については、文献調査、再生資源燃料届出状況調査を参考にし、次の4種類の燃料の製造・消費施設に絞り込み、当該調査を実施した。

なお、RPF施設については、新型固形燃料1（C-RPF）が試作段階のものであり、製造工程等がRPF施設と類似している点から、対象施設として加えた。

燃料の種類	製造施設	消費施設
木質ペレット	関東圏内製造事業者（ホワイトペレット製造事業者）	関東圏内地方公共団体管理施設（ボイラー施設）
下水汚泥燃料	九州圏内下水道浄化センター	九州圏内石炭火力発電設備
鶏糞燃料	鶏糞そのものを燃焼させており、鶏糞を加工して燃料化する施設はない。	九州圏内事業者（鶏糞ボイラー発電）鶏糞そのものを燃焼させており、鶏糞を加工して燃料化する施設はない。
RPF（参考）	関東圏内製造事業者	見学可能な施設無し。

4. 2 実態調査事項等

現地調査並びにアンケート調査等については、製造施設・消費施設の各工程における次のような事項について、実施可能な範囲で調査することとした。

(1) 再生資源燃料等の製造施設における実態（種類・生産量・性状・製造貯蔵方法及び設備）

- ①燃料の種類、生産量・貯蔵量・流通量
- ②燃料の性状
- ③製造の化学的原理と製造プロセス
(どのような反応、精製、物理操作等を実施しているか)
(反応温度、圧力などの反応条件)
- ④貯蔵・流通・使用の方法
- ⑤製造・貯蔵・流通・使用における設備

(2) 再生資源燃料等の消費施設における実態

- ①流通経路
- ②貯蔵方法・貯蔵量
- ③消費の方法・消費量

(3) 安全対策・消防上の対策等

- ①工程上、設備等（貯蔵時含）において実施されている各種安全対策（不活性ガス等の使用等）
- ②機器設備の材質に関する対策（再生資源燃料に対する適合性等）
- ③設置されている安全装置（異常反応、温度・圧力異常時等）
- ④火災危険性対策（引火点、燃焼範囲、可燃性蒸気の挙動等）
- ⑤火災の検知方法、火災時の消火方法（消火薬剤の種類等）
- ⑥KYK（危険予知活動）、ヒヤリハット事例

4. 3 現地調査結果

4. 3. 1 木質ペレット（ホワイト）

（1）木質ペレット製造施設

ア 調査施設の概要

（ア）事業の経緯

A 社は、2003 年に設立された木質ペレット製造会社である。製材工場の廃棄物であるオガクズを原料にペレットを製造販売する他、ペレットストーブの販売も手がけている。

2003 年に、製材業者が中心となって A 社を自主的に設立し、2003 年 11 月から製造販売が開始された。

現在、個人または法人が所有するペレットストーブ 80 台と、公共の宿泊施設に設置されているペレットボイラ 1 台に、ペレットを販売している。

① ペレット製造量・販売量・貯蔵量

年間 100t のペレットを製造販売している。製品の最大貯蔵量は 40t。

A 社のペレット製造量は、全国約 30 カ所ある工場の中では小規模なものである。通常の工場では年間 1,000t 程度を生産し、大規模な工場では 1,500t を生産する。

② 設備稼働率

年間約 3 分の 1 の期間で工場を操業している。

③ 製品の流通

ストーブ用 10kg 袋詰めのペレットは、宅配業者により個別配送される。ボイラ用ペレットはフレコンバッグ詰めにし、4t トラックでサイロまで納入している。

イ 木質ペレット生産プロセス

(ア) 原料の種類

製材工場から出るオガクズ、かんなクズを原料に使用している。原料となる木は、スギが7割、ヒノキが3割という割合である。原料に樹皮（バーク）は含まれていない。原料となるオガクズの含水率は、受入時でおおよそ40%弱といったところ。

原料調達は、3カ所の製材工場からフレコンバッグ（容量1m³）詰めにして回収している。原料の最大貯蔵量は15t。



(イ) 製造の化学的原理と製造プロセス

木質ペレットは通常、原料の粉碎、乾燥、成型、冷却という工程で製造される。A社の場合、原料としてすでに粉末となっているオガクズを使用しているため、原料の粉碎工程がない。従って、原料オガクズの乾燥、ペレット成型、冷却という3段階の工程でペレットが生産されている。

乾燥は、製品ペレットを熱源とするロータリドライヤ式で、約150℃の熱風によりオガクズの含水率を約40%から15%まで乾燥させている。

ペレット成型は、成型機の摩擦圧縮熱により120~130℃までオガクズが加温され、成型押し出しされた後、溶けたリグニンが固まるためペレット状となる。成型機から出た直後のペレットは約70℃となっている。

(ウ) 木質ペレット設備

A 社のペレット製造工場は、製材工場の跡地を利用している。生産規模が小さいため、機器を個別に調達、あるいは自社開発して試行錯誤を重ね、製造ラインを自社で完成させた。設備能力としては、1 時間当たり 200kg のペレットを製造できる。200kg/時でペレットを生産する場合、原料の投入量は 1 時間当たり 250kg である。

生産規模 1,000t 以上のペレット工場では、専門の設備メーカーが生産ラインを設計、製造している。

原料ホッパ

フレコンバッグで搬入された原料は、いったん木製の保管箱（容量 1.5m³）に移される。乾燥工程に送るため、必要量を保管箱から原料ホッパ（容量 1 m³）へ投入する。



保管箱の原料オガクズ



原料ホッパ

乾燥機・貯蔵サイロ

自社開発のロータリドライヤで、原料を乾燥させる。熱源には木質ペレットが使用されている。150℃の熱風により、含水率を40%から15%程度まで落とす。乾燥後は、空気搬送により貯蔵サイロへ送られ、成型機投入までの間、貯蔵サイロで一時保管される。貯蔵サイロ投入時の原料温度は70～80℃、一時保管は翌日までの最長24時間程度。



ロータリドライヤ



乾燥後原料の貯蔵サイロ（スクリュウホッパー）、容量 3m³

ペレット成型機

乾燥済原料は、貯蔵サイロからスクリュウコンベアでペレット成型機へ送られる。

ペレット成型機は、ロール展圧方式と呼ばれるフラットダイで成型するものを使用している。オガクズがフラットダイを通過するとき、摩擦圧縮熱により120℃程度まで熱せられ、穴から押し出された後、規定サイズの25mmに切断される。熱によって溶けたオガクズ中のリグニンが、冷却すると再び固まるため、オガクズがペレットとして成型され、外形を維持する。成型直後のペレットは約70℃である。



ペレット成型機 ロール展圧方式



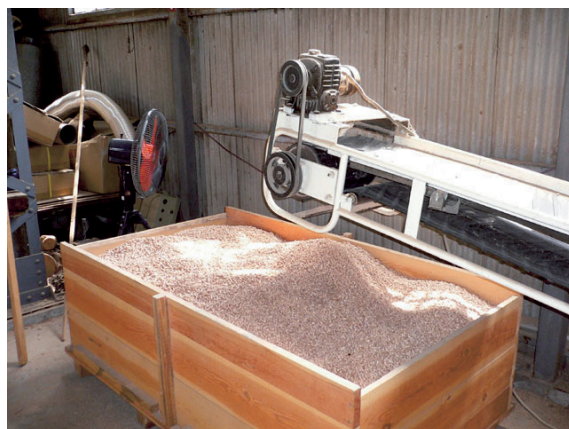
フラットダイ

冷却機（ベルトコンベア、扇風機）

成型直後 70℃のペレットは、ベルトコンベアで製品保管箱（木製、容量 1.5m³）に搬送される間で粗熱が取られ 30～40℃となり、保管箱上に設置された扇風機により常温まで冷却される。



搬送冷却用ベルトコンベア



保管箱 600kg まで保管

製品出荷

ストーブ用のペレットは 10kg 単位で袋詰めして保管される。袋はクラフト紙 2 層の紙製である。

ボイラ用は、フレコンバッグに詰められ一時保管後、週に 2 回のペースでボイラ施設に配送される。

一時保管としては、ストーブ用（6t）ボイラ用（6t）合わせて 12t 程度である。

ストーブ用ペレットは、春先から秋の需要期に向けて生産を始めるため、保管期間は最大で約 6 ヶ月となる。ボイラ用は週に 2 回配送されるので、一時保管は 3 日程度である。



ストーブ用ペレット 袋詰めパック



ボイラー用ペレット フレコンバッグ

ウ 保安対策・消防対策

(ア) 工程上、設備等において実施されている各種保安対策

ペレット製造に関して特に消防法上の規制を受けていないため、防爆などの特殊な保安対策は採られていない。

(イ) 機器設備の材質に関する対策（バイオ燃料に対する適合性等）

特に留意していない。

(ウ) 設置されている安全装置（異常反応、温度、圧力異常時）

自動的に作動する類の安全装置は設置されていない。しかし、規模が大きいペレット工場では、乾燥や成型工程で異常温度上昇時に自動的に装置が停止する安全装置が採用されている。

(エ) 火災危険性対策（引火点、燃焼範囲、可燃性蒸気の挙動等）

特に留意していない。

(オ) 火災の検知方法、火災時の消火方法（消火薬剤の種類）

火災感知器、ガス検知器は設置されていない。消火器（6カ所）と消火用水（1カ所）が設置されている。



(2) 木質ペレット消費施設（ペレットボイラ）

ア 調査施設の概要

(ア) 木質ペレットボイラ設置の経緯

B 施設は、地方公共団体が林業作業や山里生活を体験する施設として、1991 年に開設された。施設には入浴設備があり、年間を通じて利用されている。従来は灯油ボイラにより給湯していたが、更新時期が迫ったこと、行政サイドのバイオマス利活用の推進もあり、2003 年にスイス製の木質ペレットボイラに切り替えた。

ペレットボイラによる熱は、年間を通して風呂の給湯に、冬季は暖房用にも利用されている。

(イ) 木質ペレット消費量

木質ペレットの消費量は、年間約 20t。

風呂給湯需要のみの夏は 1t/月、暖房需要が加わる冬は 2t/月のペレットが消費される。

夏季は 2 ヶ月に 1 回のペースで 2t を、冬季は毎月 2t のペレットを受け入れている。

(ウ) 原料調達

木質ペレット燃料は、ペレット製造業者から調達している。ストーブ用と同じペレットがボイラ用にも使用されている。

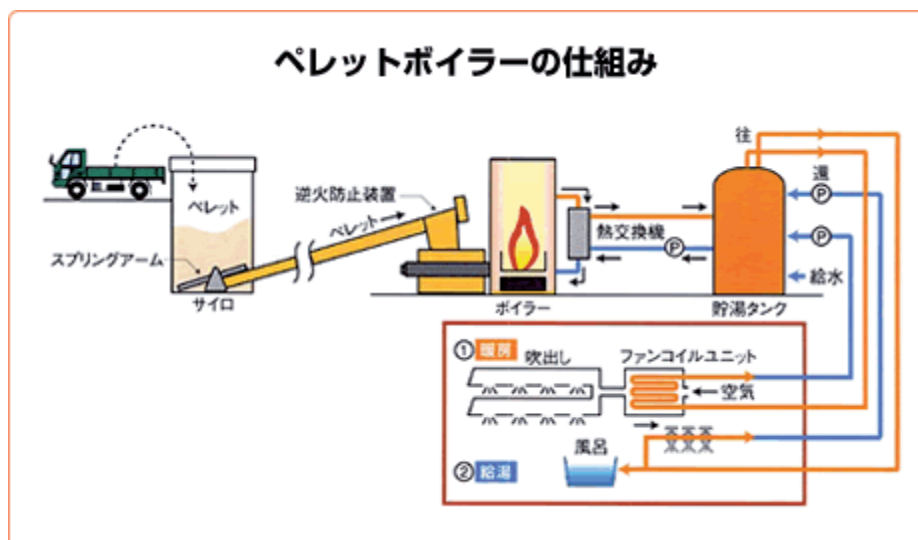
(エ) 設備稼働率

週 1 日の閉館日以外は毎日稼働させている。

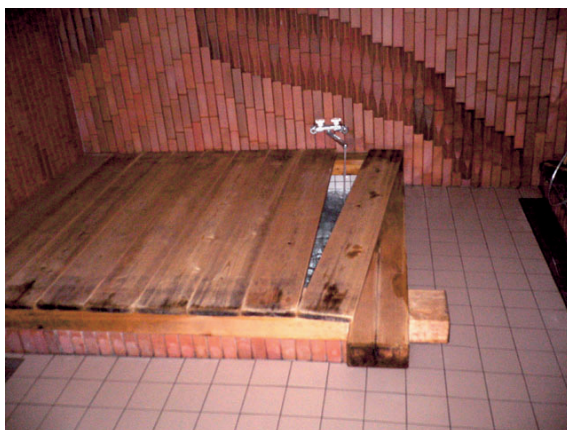
イ ペレットボイラの原理・設備

(ア) ペレットボイラ設備全体の仕組み

ペレットボイラ設備は、燃料を貯蔵するサイロと供給装置、ボイラ本体、貯湯タンクで構成される。サイロで貯蔵された木質ペレットがスクリーローダでボイラへ供給され、燃焼熱により湯を沸かし、貯湯タンクで出来上がった湯を貯蔵する仕組みとなっている。



湯は、風呂の給湯と、ファンコイルユニットを通して空気を熱し、冬季の暖房用に使用されている。



風呂



館内の暖房吹き出し口

(イ) ペレットボイラ設備

サイロ

フレコンバッグで搬入された木質ペレットを貯蔵するサイロ。コンクリートブロック造で、外部は防水塗装されている。容量は8m³で、5.8tのペレットを貯蔵することができる。



ペレットは、水分を吸収すると脆くなり燃料として使用できなくなる。雨水がサイロ内に入らないよう、投入口は木の蓋とビニールカバーで丁寧に覆われている。

サイロは、指定可燃物貯蔵取扱所の指定を受けており、品名「再生資源燃料」、最大数量「5,600kg」が明記されている。



サイロ上部のペレット投入口



指定可燃物貯蔵取扱所の指定

ペレットボイラ

ペレットボイラは、サイロに隣接した建屋内に設置されている。建屋は新設ではなく、3年前まで使用されていた灯油ボイラ用をそのまま流用している。



ペレットボイラの建屋



ペレットボイラの煙突

ペレットボイラは、スイスのシュミット社製で、出力は 110kW (92,000kcal)。燃料供給から燃焼まで全自動運転となっている。設置費用を含めた購入価格は 650 万円。ボイラの主な仕様を次の表に示す。



ペレットボイラの仕様

形式	木質ペレット焚き、無圧式温水器
出力	110kW(92,000kcal)
出力制御	21～110kW
燃料	木質ペレット(バークペレット)及び乾燥チップ
出力可能最高缶水温	85℃
ボイラー熱利用率	80%以上
設置可能スペース	縦2.3×横2.8×高さ2.4
燃焼室構造	回転火格子、灰受ボックス付



燃焼炉内で燃焼するペレット



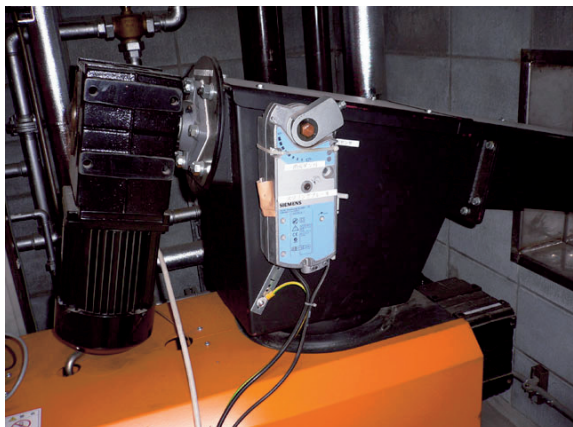
灰受ボックスにたまる燃焼灰

ウ 保安対策・消防対策

(ア) 設備において実施されている保安対策・安全装置

ボイラには逆火防止装置（消火ダンパ）が付けられている。万が一炉内の火がサイロへ向かっても、自動的に炎を遮断する安全対策が採られている。

また、設備担当者の説明にはなかったが、感震器が取り付けられているので、強震度の地震が発生した場合、自動的に消火ダンパが作動すると思われる。



逆火防止装置

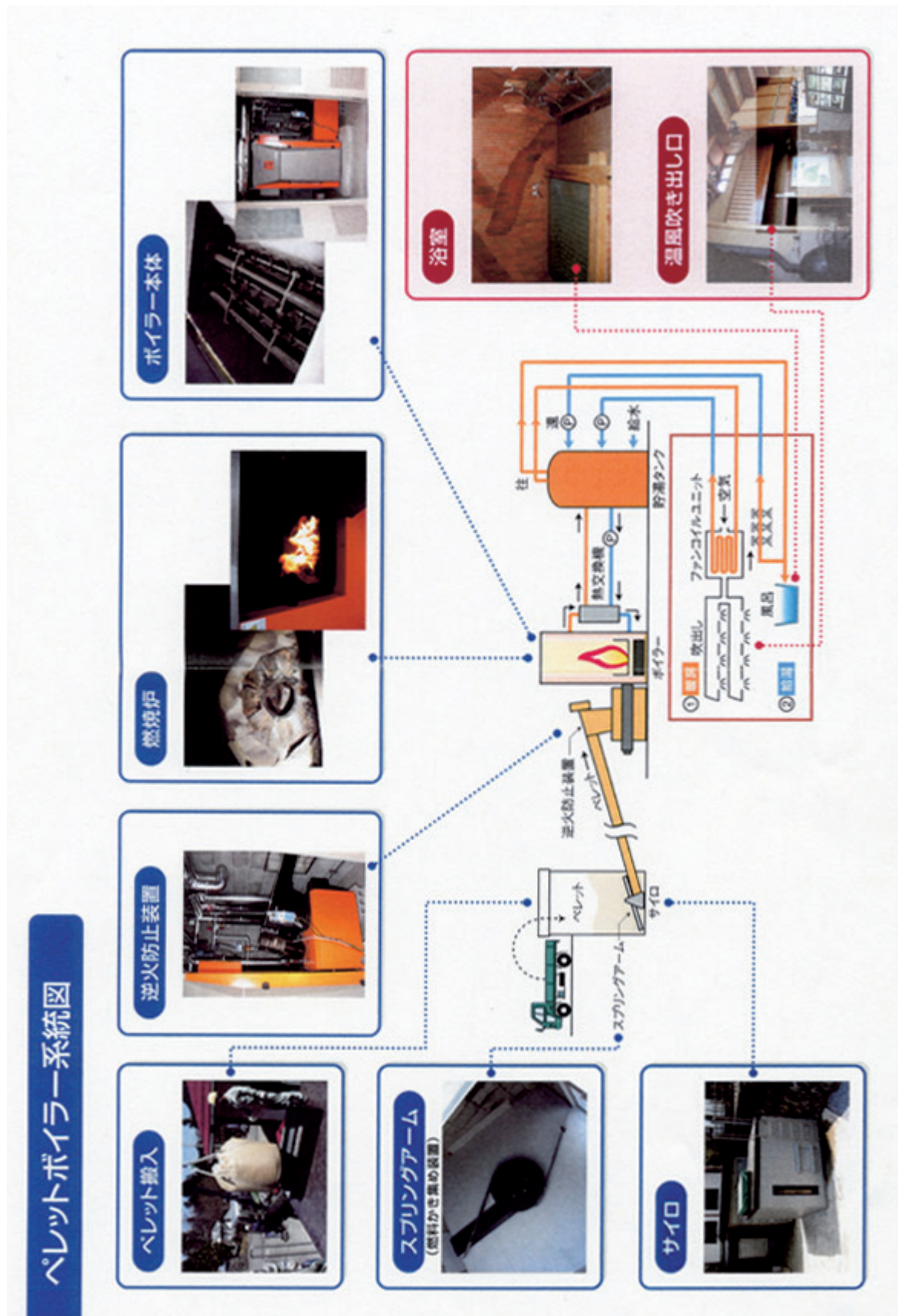


感震器

(イ) 火災の検知方法、火災時の消火方法（消火薬剤の種類）

火災感知器器、ガス検知器は設置されていない。

(参考) ペレットボイラ系統図



4. 3. 2 造粒乾燥汚泥

(1) 下水汚泥燃料製造施設

ア 調査施設の概要

(ア) 事業の経緯

C 社は、2004 年から汚泥造粒乾燥システムを開発している。実機は、2005 年 10 月より下水道浄化センターに設置され、乾燥汚泥燃料を製造し、燃料の基本燃焼特性の確認、パイロット燃焼炉による燃料特性や環境影響の確認などが進められてきた。

2006 年 6 月からは、C 社の石炭火力発電所にて、石炭との混焼実験が実施され、実プラントでの試験が行われている。

(イ) 乾燥汚泥燃料製造量・販売量・貯蔵量

石炭火力発電所の混焼実験に供する目的で、年間約 200t の乾燥汚泥を製造している。混焼実験以外の用途で販売されていない。貯蔵は、600kg 詰めのフレコンバッグで行っており、貯蔵専用サイロなどの貯蔵設備はない。

(ウ) 設備稼働率

年 4 回の混焼実験スケジュールに合わせて、設備を稼働させている。原料の脱水ケーキ 5t から乾燥汚泥 1t を製造するので、混焼実験で 100t の乾燥汚泥が必要なときは、約 100 日間の運転で燃料を製造する。

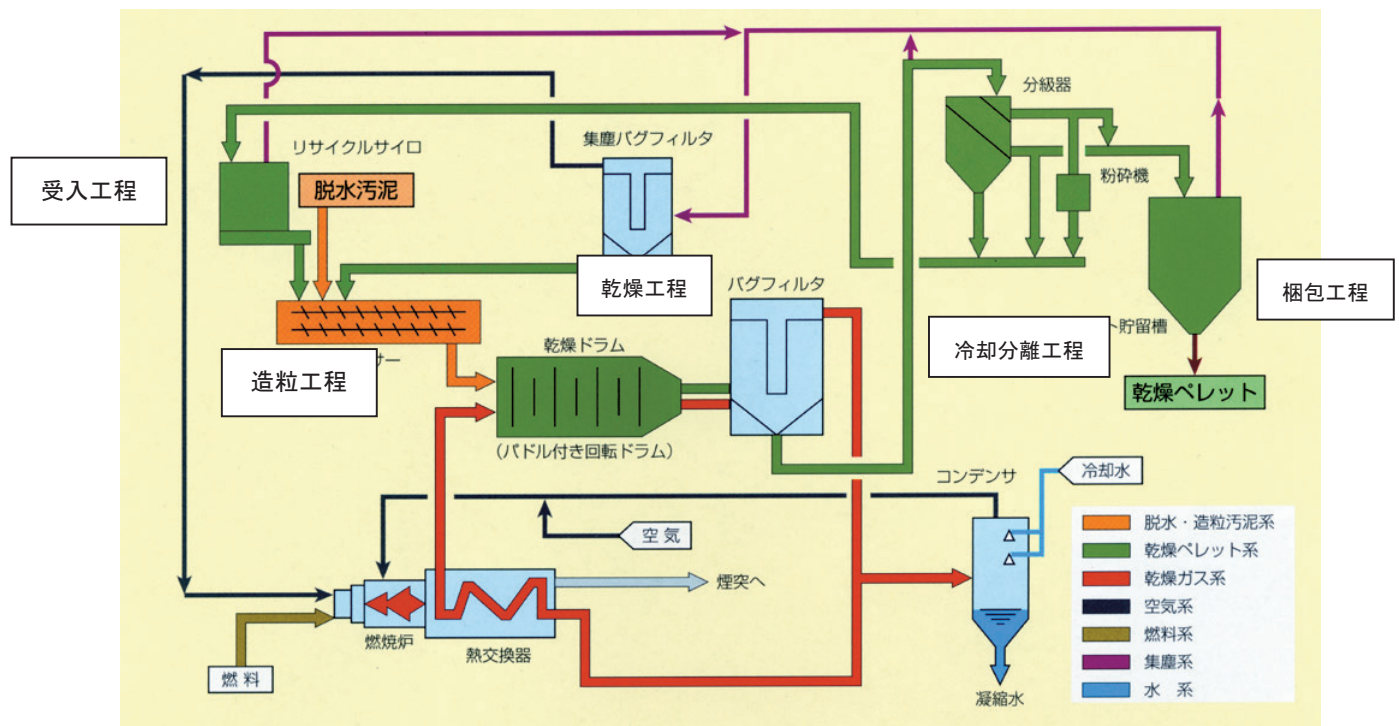
イ 乾燥汚泥生産プロセス

(ア) 原料の種類

原料は下水道浄化センターで排出される汚泥を使用している。汚泥は脱水処理をされたものを受け入れており、これを脱水ケーキと呼んでいる。脱水ケーキは含水率 60～85%で、現在 1 日当たり 5t を受け入れている。

(イ) 製造の化学的原理と製造プロセス

汚泥から乾燥汚泥燃料を製造するプロセスは、受入工程、造粒工程、乾燥工程、冷却分離工程、製品梱包工程に分けられる。



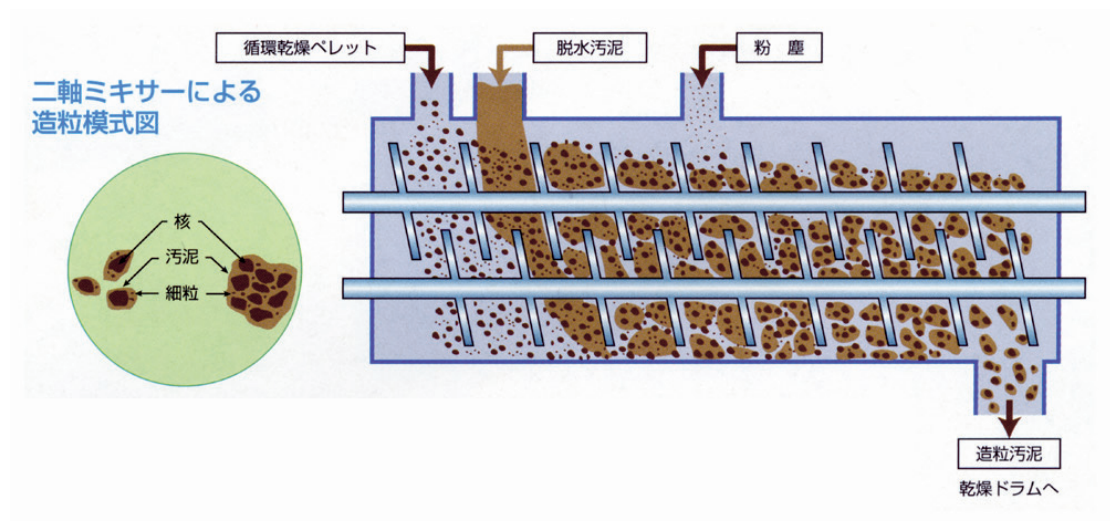
受入工程

汚泥は、下水処理場で脱水加工された脱水ケーキとして受け入れる。最大 7t の脱水ケーキを受入ピットに搬入する。脱水ケーキの含水率は、65～85%となっている。



造粒工程

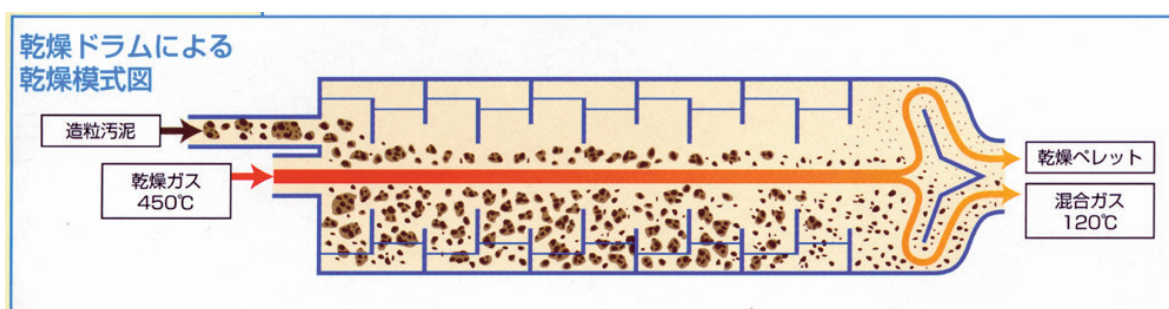
造粒工程では、乾燥済みの小径粒を種として投入し、脱水汚泥が種に付着することにより、粒径 2～8mm の造粒汚泥が二軸ミキサーによって生成される。種として投入される小径の乾燥汚泥は、最終工程にある分級器でふるい落とされた小粒の乾燥汚泥である。脱水汚泥、小粒径乾燥汚泥のほか、分級器ではじかれた乾燥粉塵も二軸ミキサーに投入される。

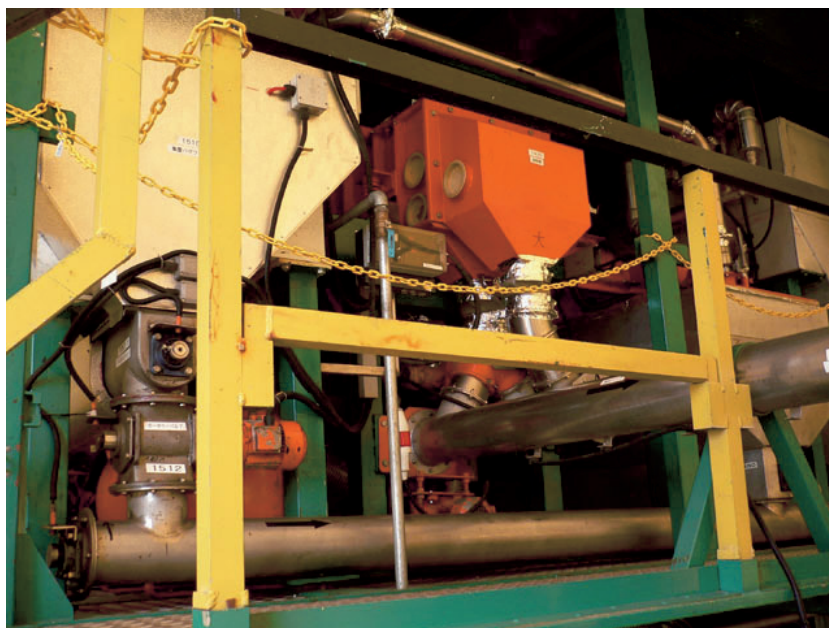




乾燥工程

乾燥工程では、乾燥ドラム（パドル付き回転ドラム）により、造粒された汚泥を乾燥させる。乾燥ドラム中には、300～400℃の乾燥ガスを循環させている。この乾燥工程により、汚泥の含水率は 35～45%まで低下する。乾燥工程後は、バグフィルタによりガスと汚泥に分離する。バグフィルタ出口の汚泥含水率は 6～10%になる。





冷却分離工程

バグフィルタを通過した乾燥汚泥は、バケットコンベアで分級器まで移送される間に冷却される。バグフィルタ出口の乾燥汚泥は70℃、コンベアで30～40℃まで冷却される。

分離工程では、分級器により正規生成品（粒径2～5mm）と粗大粒と粉塵に分離する。粗大粒は粉碎器で小粒径に粉碎し、造粒工程の種汚泥として二軸ミキサーへ還流される。同じく粉塵も二軸ミキサーへ戻されて、原料利用される。

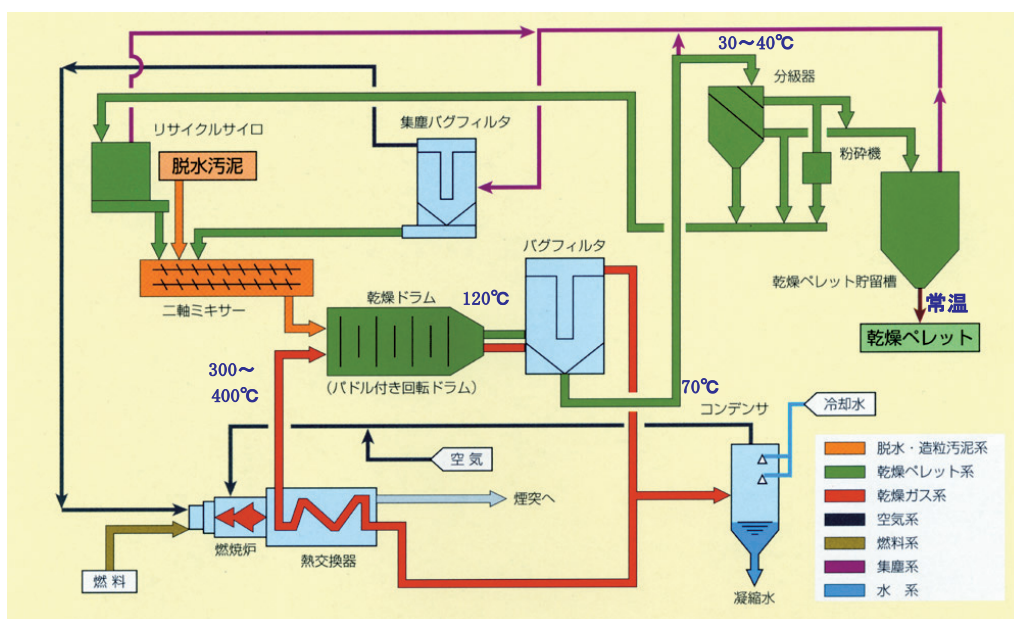
製品梱包工程

粒径 2～5mm の正規生成品は、600kg 入りのフレコンバッグに梱包される。
フレコンバッグ梱包時の乾燥汚泥は常温となっている。

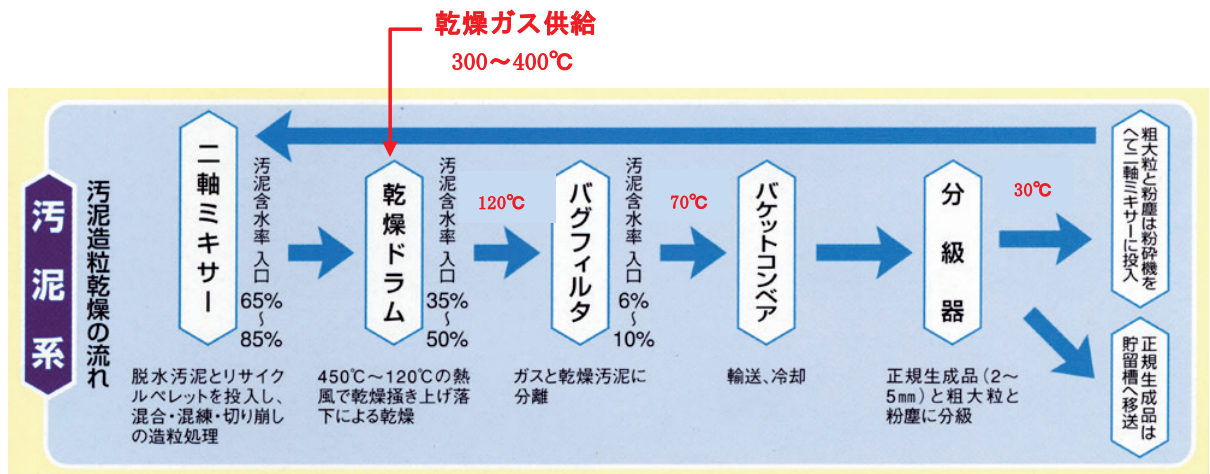


(ウ) プロセスの反応条件

製造工程の反応条件（温度）を下図に示す。



温度条件としては、乾燥工程が一番高い。乾燥ドラムには 300～400℃の乾燥ガスが供給され、含水率 65～85%の二軸ミキサー後の造粒汚泥を 35～50%まで乾燥させる。乾燥ドラムを出た造粒汚泥は約 120℃で分離機へ投入され、その後バグフィルタを通過して、約 70℃の乾燥汚泥がバケットコンベアへ搬出される。バケットコンベアでの移送中に、乾燥汚泥は 30～40℃まで冷却され、分級器で正規生成品が分離され常温状態でフレコンバッグに詰められる。圧力は、乾燥ドラム内だけが負圧状態で、他の系統は常圧となっている。



(エ) 設備能力

脱水ケーキを最大 20t/日を受け入れ、乾燥汚泥を 5t/日造粒することを基本仕様に、プラントは設計されている。

(オ) プラントメーカー

C 社による設計製造。

ウ 保安対策・消防対策

本設備は、乾燥汚泥を再生資源燃料と認識し、所轄消防局に指定可燃物貯蔵・取扱所として申請している。最大数量は 5t である。



(ア) 工程上、設備等において実施されている各種保安対策

- プラントは防爆仕様で製造されている。（建て屋は防爆ではない。）
- 粉塵は、バグフィルタで除去し二軸ミキサーに還流しているので系外に出ない。また、粉塵は水分を含んでいるので、建て屋内で粉塵爆発を起こすことはないと考えている。
- 立ち下げ時は、炉内温度が 100℃以下になったこと必ず確認して、システムの完全停止としている。
- 乾燥汚泥は、蓄熱発火しない、水分吸収しても発酵しないという認識がある。原料の活性汚泥は菌類であるが、受け入れまでに浄化センターで 10 回以上加熱されているので、完全に滅菌されている。
- 実機には窒素パージを付ける。本機はパイロットプラントであるため、窒素パージ設備を付けていない。

(イ) 機器設備の材質に関する対策（汚泥燃料に対する適合性等）

- プラントの材質はすべてステンレスを使用している。

(ウ) 設置されている安全装置（異常反応、温度、圧力異常時）

- 乾燥ガス（循環ガス）の酸素濃度は常時モニタされている。酸素濃度が上昇した場合、水を自動注入して温度を下げるインターロックが採用されている。（酸素濃度 10%、温度 120～130℃でトリガー設定。）

乾燥ガス中の酸素濃度が上昇するのは、乾燥ドラム入口を負圧制御することにより二軸ミキサや乾燥ドラム摺動部等から空気（漏れ込み空気）が入るためである。安定運転時は、この漏れ込み空気量は一定であるため、酸素濃度はほとんど変動しない。

(エ) 火災の検知方法、火災時の消火方法（消火薬剤の種類）

- 火災感知器は設置されていない。
- 火災時は、粉末消火器（8 本設置）で消火する。

(2) 下水汚泥燃料消費施設（石炭火力発電所）

ア 調査施設の概要

(ア) 乾燥汚泥消費施設

下水道浄化センター内の汚泥造粒乾燥システムで製造された乾燥汚泥を、C 社所有の石炭火力発電設備で試験的に消費している。現在のところ汚泥の利用は実証実験の位置づけであり、商業利用として汚泥燃料を消費しているのではないとの事。

石炭と乾燥汚泥の混焼試験に使用されている発電所は、石炭（微粉炭）専焼ボイラ式発電設備であり、定格出力は 15 万 kW である。電力卸（IPP）用発電所のため、発電量の 9 割は電力会社へ売電されている。

(イ) 乾燥汚泥消費量・貯蔵量

これまで、本年 6 月と 8 月に 5 日間の石炭混焼試験を実施した。10 月と 12 月にも試験予定。汚泥混焼率 0.5%、1%、2%によって汚泥消費量が異なる。0.5%ならば 1 日当たり約 5t の汚泥を消費し、1%では 10t 消費する。従って、5 日間の試験では、混焼率 0.5%で 25t、1%では 50t の汚泥を消費する。年間 4 回実施する予定の試験では、混焼率 0.5%×2 回、1%×1 回、2%×1 回で行われるので、試験で消費される汚泥の年間消費量は約 200t となる。

貯蔵は、1 日分の燃料をフレコンバッグで受入ホッパ前に平積みする。その最大量は混焼率 1%で約 10t である。

(ウ) 設備稼働率

汚泥燃料を投入するのは年 4 回の試験のみで、20 日間となっている。

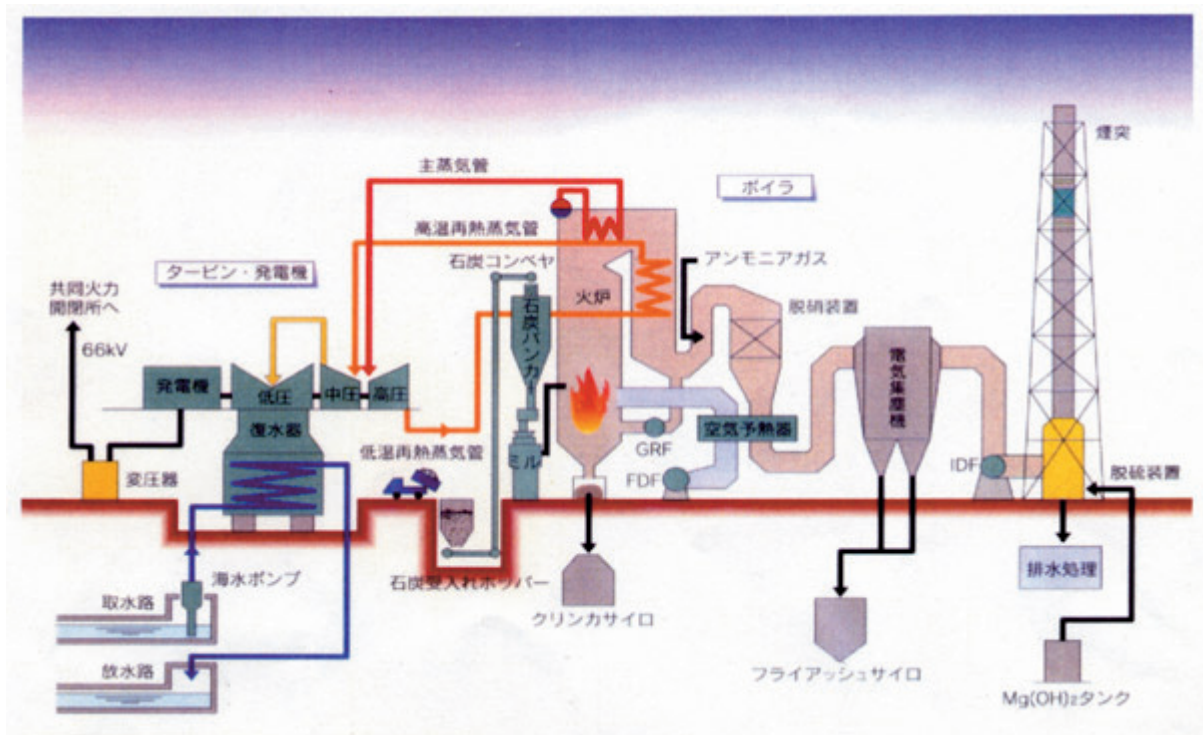
（石炭発電設備としては、石炭を原料に週 6 日間の運転を年間実施している。）

イ 汚泥燃料利用プロセス

(ア) 発電プロセス全体

既存石炭供給ラインに乾燥汚泥供給ラインを増設している。他の発電設備には改造を加えていない。

石炭をボイラに供給する石炭バンカが3基あり、その内の1基に汚泥供給ホッパを追加し、石炭に乾燥汚泥を混合させる。

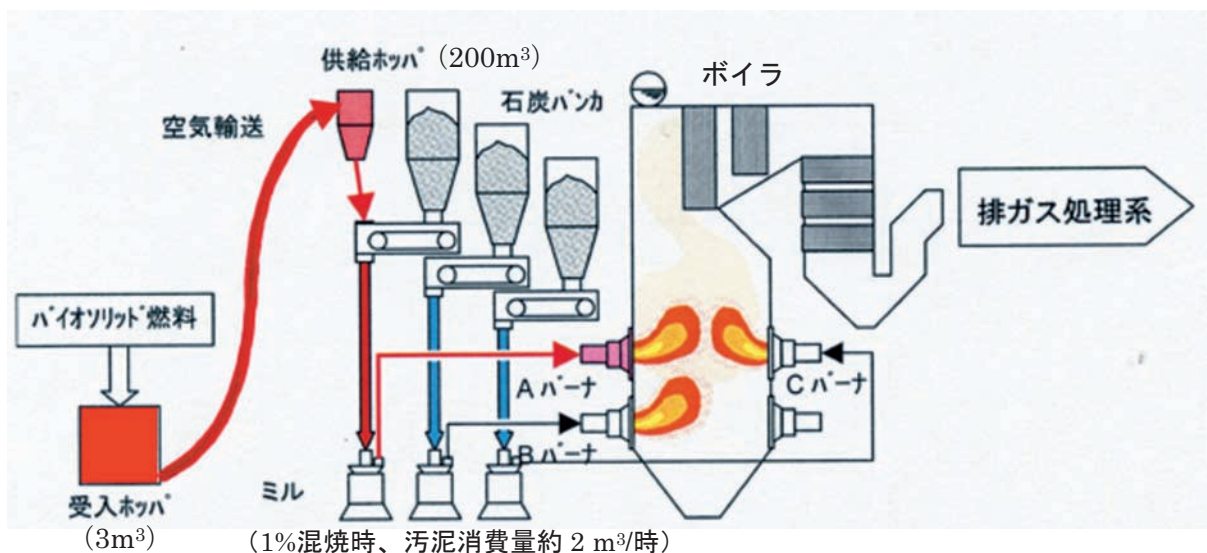


(イ) 乾燥汚泥供給方法

乾燥汚泥の貯蔵は、発電所横の同敷地内に設置された貯蔵所にて、フレコンバッグ詰めで行われている。貯蔵所はコンクリート打ちで、フレコンバッグはパレット上に一時貯蔵される。

乾燥汚泥の供給は、フレコンバッグから発電所に隣接する受入ホッパ (3m³) へ投入され、空気輸送によりボイラ側に設置された汚泥専用供給ホッパに蓄えられる。汚泥専用供給ホッパは、石炭を微粉化するミル手前にある。給炭器に乾燥汚泥供給ホッパから一定の混合率になるよう汚泥燃料を切り出し供給する。供給量は、ロータリーバルブにより自動制御されている。

1%混焼の場合、乾燥汚泥消費量は毎時 2m³ 程度。受入ホッパから供給ホッパまでの空気輸送は約 10 分。供給ホッパの容量は 200m³。



(ウ) プラントメーカー

乾燥汚泥供給設備は、C 社が設計製作。

ウ 保安対策・消防対策

発電所では、乾燥汚泥を燃料として使用するにあたり、再生資源燃料の指定可燃物貯蔵所および取扱所の許可を所轄消防局から得ている。

貯蔵所の最大数量は 10t、取扱所（受入ホッパ側）は 36t であった。

（ア）工程上、設備等において実施されている各種保安対策

- 汚泥燃料供給設備は、発電所内に設置されているためすべての機器、計装類は防爆仕様となっている。

（イ）機器設備の材質に関する対策（汚泥燃料に対する適合性等）

- 特に配慮されていない。
- ただし、乾燥汚泥は石炭より表面が固いため、配管に対する摩耗の影響があると考えられる。

（ウ）設置されている安全装置（異常反応、温度、圧力異常時）

- 乾燥汚泥特有の安全装置は設置されていない

（エ）火災危険性対策・火災の検知方法

- 発電所の対策に従っている。乾燥汚泥特有としての対策はない。

（カ）水溶性成分の扱い（濡れた場合の回収方法）

- 乾燥汚泥は水分を含むと膨張し、配管内に付着して詰まりの原因になることが考えられる。
- 仮に貯蔵所にてフレコンバッグ詰め乾燥汚泥を野積みする場合、雨天対策としてブルーシートをかけ水分の混入を防いでいる。

（キ）KYK（危険予知活動）、ヒヤリハット事例

- 年 4 回、5 日間程度の試験なので、継続的な活動は行っていない。

（ク）その他

- 残渣のフライアッシュはセメント会社の原料に、ボトムアッシュは建材メーカーへ骨材の原料として引き取られる。
- 混焼率が 10%を越えると未燃分が増え、アッシュも増えるので運転が難しい。
- 乾燥汚泥は石炭と異なり、S、P、N、K が多く含有される。混焼率が高いと NOx 増加が懸念される。しかし、混焼率の最大値が現在の 2%であれば、脱硫、脱硝装置に影響はない。

4. 3. 3 鶏糞

(1) 鶏糞燃料消費施設（鶏糞ボイラ発電）

ア 調査施設の概要

(ア) 事業の経緯

D 社は、畜産廃棄物処理業者であり、食肉・食鳥処理場や水産加工場から排出される副産物（鳥・豚の骨、内臓、脂肪など）を原料として、飼料や肥料を生産している。鶏糞の燃料利用としては、昭和 61 年に工場内のスチームを供給するため、鶏糞ボイラを設置したのが始まりとなった。その後、平成 14 年には現在の鶏糞ボイラ発電設備を稼働させ、工場内にスチームと電力を供給している。現在、県内で発生する年間 25 万 t の鶏糞のうち 10 万 t を受け入れている。

(イ) 鶏糞燃料消費量

年間約 10 万 t の鶏糞をボイラ燃料として消費している。

年間 30 万 t のスチームと 1,200 万 kWh の電力を製造している。

(ウ) 設備稼働率

2 ヶ月に一度と、年に 1 回の定期検査で年間約 20 日は設備を停止する。定期検査以外では、年間を通して連続運転されている。

イ 鶏糞燃料発電プロセス

(ア) 原料の種類

ブロイラー鶏（食肉）の糞とレイヤー鶏（卵）の糞を原料にしている。比率はブロイラー9 に対してレイヤー1 の割合。ブロイラーの糞は、敷布のおがくずが混ざっている。レイヤーは、羽毛が混ざる。レイヤー糞の方が発熱量は小さく、ブロイラーの約半分とのこと。鶏糞は県内の養鶏場から、トラック輸送で一日およそ 50t 搬入される。

受け入れる鶏糞は、含水率 50%以下を条件に受け入れている。ほとんどの場合、含水率は 30%程度だという。

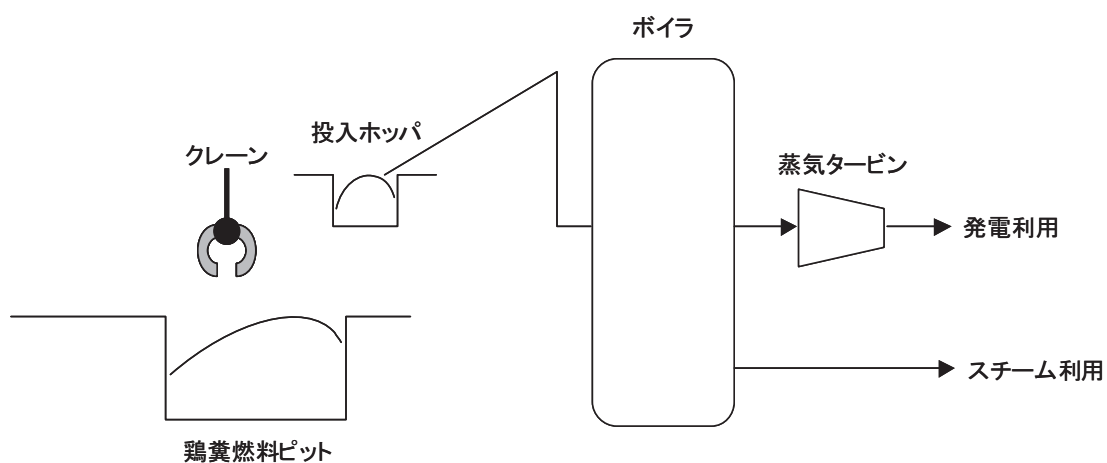
鶏糞は、鶏舎からそのままの状態で受け入れており、鶏舎側で乾燥機などを使って乾燥させていない。機械乾燥させなくても含水率は50%未満を満たしているとのこと。



燃料ピットに貯蔵された鶏糞

(イ) 鶏糞燃料製造プロセス

鶏糞ボイラ発電設備は、鶏糞を受け入れる燃料ピット、燃料投入ホッパ、ボイラ、発電タービンから構成されている。



養鶏工場から受け入れた含水率 30%程度の鶏糞を、そのままボイラ用燃料として使用している。燃料用にするための乾燥工程を設けていない。鶏糞は、トラックから 2,000m³の燃料ピットに搬入され、一時貯蔵される。ピットは最大 1,000t の鶏糞が貯蔵可能。一日あたり 320t の鶏糞がボイラで消費されることから、最大でも受入から 3 日間の貯蔵である。

燃料ピットは、底部から上方向に常時空気が供給されており、これにより乾燥が促されている。また、悪臭防止にもなっている。

ピットからホッパへ鶏糞をクレーンで投入し、ホッパからは燃焼に必要な量だけがボイラに自動供給される。ボイラは流動床式で、ボイラ燃焼維持のための助燃剤は使わず、鶏糞のみで燃焼が保たれている。ボイラ燃焼温度は 900℃前後でほぼ一定とのこと。



燃料ピット



鶏糞をクレーンでホッパへ投入する



トラック搬入口



ボイラへの鶏糞搬送路

鶏糞貯蔵中、まれに燃料の温度が上昇することがあるが、通常は常温程度、もしくは常温より少し高め程度である。4年間の操業で発煙したことは一度もない。温度上昇はあっても、空気供給による乾燥で含水率が30%に抑えられているため、発酵は起こらないと考えている。また、ピットは、開口なので温度上昇があったとしても容易に放熱する構造である。

ボイラからのスチームは、構内利用のスチームと発電用タービンに分けられて利用されている。ボイラ蒸気発生量は41t/hで、そのうち20.5t/hを工場内で熱源利用し、残りで460kWと1,500kW2基の発電設備で利用している。年間では、30万tのスチームと1,200万kWhの電力が製造されている。



ボイラ・発電設備全景



蒸気タービン・発電装置



制御室

燃焼灰は、鶏糞投入量の10%程度発生する。灰は肥料として販売している。

設備常時2名の3交代、24時間体制で運転管理されている。クレーンによる原料のホップ投入以外、すべての工程が自動化されているため、運転監視は制御室における状況監視が主なものとなる。

(ウ) 鶏糞ボイラ発電設備能力

蒸気発生量 41t/h、蒸気タービン発電出力 1,500kW、誘導発電出力 460kW

(エ) 鶏糞燃料製造プラントメーカー

ボイラ、発電設備など主要な設備は、(株)タクマが製造した。

ウ 保安対策・消防対策

(ア) 工程上、設備等において実施されている各種保安対策

計装の自動制御による保安対策が採られている。設備は、圧力・温度等の異常でトリップするよう自動制御されている。また、安全弁などが設置され、ボイラ発電設備としての基本的な安全対策が採られている。

(イ) 機器設備の材質に関する対策（バイオ燃料に対する適合性等）

燃料貯蔵ピットは、特に材質面での配慮はない。ボイラでは、燃焼ガスがアンモニアガス、トリエチルアミン、硫化水素などを含むため、腐食対策としてステンレス材が煙道管に用いられるなどの対策が採られている。

(ウ) 設置されている安全装置（異常反応、温度、圧力異常時）

設備は、圧力・温度等の異常でトリップするよう自動計装制御されている。また、安全弁などが設置され、基本的な安全対策が採られている。

(エ) 火災危険性対策（引火点、燃焼範囲、可燃性蒸気の挙動等）

鶏糞燃料固有という意味では、特に留意されていない。

(オ) 火災の検知方法、火災時の消火方法（消火薬剤の種類）

- 燃料ピット天井部に火災感知器が設置されている。
- スプリンクラーは設置されていない。
- 万が一、燃料ピットから出荷した場合は、構内消防車による放水で消火することになっている。

(カ) KYK（危険予知活動）、ヒヤリハット事例

2 ヶ月に1回は設備を停止し、各部点検、メンテナンスを実施している。また、法令上は2年に1回の定検を、毎年15日間の期間を設定し実施している。

運転当初、灰の排出管で、灰が配管内で詰まってしまうことが起こり、運転停止を招くことがあった。この経験から、2 ヶ月に1回は設備点検することになっている。

4. 3. 4 RPF (参考)

(1) RPF 製造施設

ア 調査施設の概要

(ア) 事業の経緯

E 社は、1939 年創業以来産業廃棄物の収集・運搬及び処理を業務としている。RPF 製造事業としては、1991 年に第一号の RPF 設備を稼働させたのが事業の始まりとなっている。1997 年には、通産省（当時）から「新エネルギー法」に基づく事業認定の第 1 号を受領。2004 年には、新設工場を稼働させ、国内最大の RPF 製造施設となった。

(イ) RPF 製造量・販売量・貯蔵量

RPF 製造販売量は年間 9 万 t である。

製造即販売しているので在庫としての貯蔵は行っていない。ただし、夕方以降 4 時間に渡り製造した約 100t は翌日の出荷となるため、一晩に限り製品ヤード内に一時的に保管される。消防申請上は 256t の一時貯蔵となっている。

(ウ) 設備稼働率

工場稼働時間 16h/日×月間操業日数 25 日×12 ヶ月=4,800 時間が工場稼働時間。
年間設備稼働率は約 55%となる。(4,800÷8,760=0.55)

(エ) 製品の流通

製造された RPF は、関東圏内 12~13 の取引先事業所に 20t トラックで移送される。取引先事業所は、製紙メーカー、石灰製造業者などであり、石炭の代替燃料として RPF が利用されている。バイオマス専焼ボイラでの燃焼もあるが、ほとんどが石炭との混焼である。RPF の大きさに応じて、ストーカ式ボイラ（φ8 の RPF）、循環流動床ボイラ（φ20 の RPF）、流動床ボイラ（φ40）に分けられる。

イ RPF 生産プロセス

(ア) 原料の種類

RPF の原料には、産業廃棄物のうち難再生古紙類と廃プラスチック類が使用されている。

主な原料を次の表に示す。

	主体原料名	主な用途
紙	特殊紙	加工紙、ラミネート紙、紙製容器等、アルミ蒸着紙
	粘着テープ	ラベル、ステッカー、ガムテープ等
	ロール状損紙	切り落とし紙、フィルム類
	平判損紙	切り落とし紙、フィルム類
	紙製容器包装	容器包装リサイクル法における分別基準適合物
プラスチック	ポリエチレン PE	包装用フィルム(包材)、買い物袋、アルミ蒸着紙等
	ポリプロピレン PP	通箱、結束ひも、菓子の包装袋、アルミ蒸着紙等
	ポリスチレン PS	食品用トレイ、発泡スチロール、家電製品のボディー等
	ポリエチレンテフタレート	PETボトル、カーペット、衣料品等
	ポリカーボネート PB	AV機器等のボディー、コピー機等のボディー
	アクリルブタジエンスチレン ABS	自動車、家電製品等
	ナイロン	合成繊維
	アクリル	レンズ他
	ポリウレタン	スポンジ、靴底等

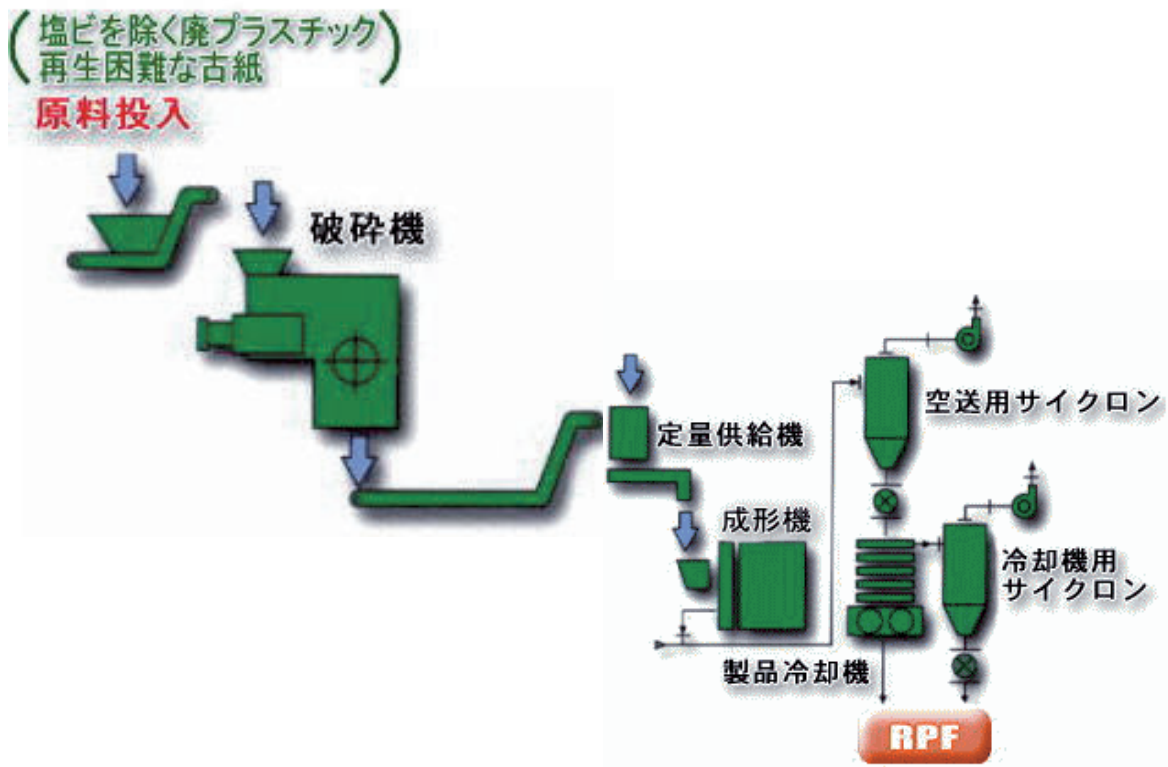
ほとんどの古紙類、廃プラスチック類が原料となるが、廃プラスチックのうちポリ塩化ビニール（PVC）、不飽和ポリエステル樹脂（FRP）、フェノール樹脂は原料として使用不可となっている。

同社の RPF 工場では古紙、プラスチックの混合比率を調整することで、6,000kcal/kg の石炭相当 RPF と 8,000kcal/kg のコークス相当 RPF を製造している。原料調達には、関東を中心に約 700 の事業所から産業廃棄物を受け入れている。

(イ) 製造プロセス

原料として受け入れられた廃プラスチック、古紙類は、原料を選別する前処理工程、破碎工程、RPF 成型工程を経て出荷工程へと流れる。

前処理工程では、受け入れた産業廃棄物を RPF 原料に選別するため、磁選機及び作業員の目視によって金属を除去する。その後、原料は破碎機に投入され、成型、冷却を経て、製品 RPF となる。RPF 製造フローの一例を以下に示す。



RPF の成型は、成型時に発生する摩擦熱で行われており、その温度は約 100℃である。成型のために、外部からの加温、加圧はされていない。

成型直後の RPF は 100℃だが、冷却器により約 50℃まで冷やされて、製品ヤードにはき出される。

(ウ) RPF 製造設備

工場は、敷地面積 18,962 m²に 4 系列 (A、B、C、D) の生産ラインを保有している。A ラインは直径 8mm (φ8) の RPF を、B ラインはφ20、C ラインはφ40、D ラインは容器リサイクル法対応のボール品を生産している。全体の生産能力は、日産 260t となっている。

今回は、平成 16 年から稼働している A ライン (φ8 の RPF) 及び B ライン (φ20) の生産ラインを見学した。

前処理選別ライン

破砕機で投入された原料をすべて破砕した後、トロンメルと呼ばれる比重差を利用した回転式分別機で金属と原料を分ける。トロンメルを通過してしまった金属は、直後の磁選機に据付けられた磁石により完全に除去される。次に目視による選別で RPF 原料とならない物を除去する。最終的に、塩ビ除去装置により塩素系廃棄物を除去し、残った原料が RPF 成型工程へ供給される。



原料受入・前処理選別ライン



破碎機（奥）、磁選機及び目視選別ライン（手前左）



原料投入口

RPF 製造工程

RPF 製造工程では、破碎機（マルチロータ）で RPF 成型に適したサイズに原料を破碎する。原料は成型器（マルチプレス）に投入され、成型器のダイの穴を通過しペレット状に加工される。穴を通過する際に発生する摩擦熱により成型される仕組みになっている。成型直後の RPF は約 100℃に達しているため、冷却機で約 50℃まで冷却され、製品ヤードへ移送される。



RPF 製造ライン



RPF 製造用の破碎機（マルチロータ）



RPF 成型機（マルチプレス）



冷却機



RPF 成型用のダイ

RPF 貯蔵出荷工程

製造された RPF は製品ヤードで一時的に貯蔵保管される。製造直後約 50℃ の RPF はこの一時保管で常温まで冷却される。常温まで下がったことを確認し、専用トラックにて出荷される。



製品ヤード



製品吐き出し口



製品 RPF (φ8)

ウ 保安対策・消防対策

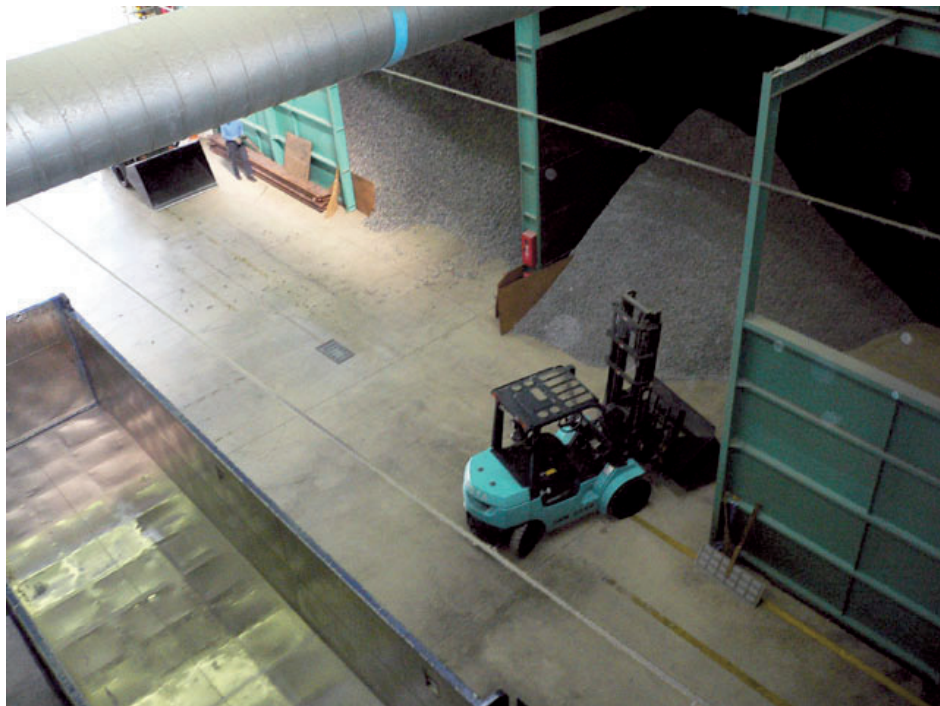
(ア) 工程上・設備等において実施されている各種保安対策

前処理工程の危険物除去

原料を成型機に投入する前に、前処理工程でガスライター、ボンベなどの危険物を完全に除去し、後工程の人的安全、機械の安全運転になるよう作業している。

RPF 製品の温度管理

製品の温度管理を徹底している。製品ヤード内における RPF の温度管理を徹底している。RPF は製造後 50℃あるが、フォークリフトにより 2 回ほどヤード内で貯蔵場所を移し替え、放熱を促し、常温まで冷却させるのを早める工夫をしている。1 時間に 1 回は非接触式温度計でチェックし、常温が確認されなければ製品を出荷しない。夜間警備の巡回では、製品に直接触れて温度チェックしている、



製品ヤード内のフォークリフトによる移送作業

(イ) 設置されている安全装置（異常反応、温度、圧力異常時）

前処理破碎機にガス検知機

破碎機に可燃性ガス（スチレンガス）の検知機が設置されており、一定以上の濃度に達した場合、機械が自動停止する。

RPF 成型機に自動停止装置

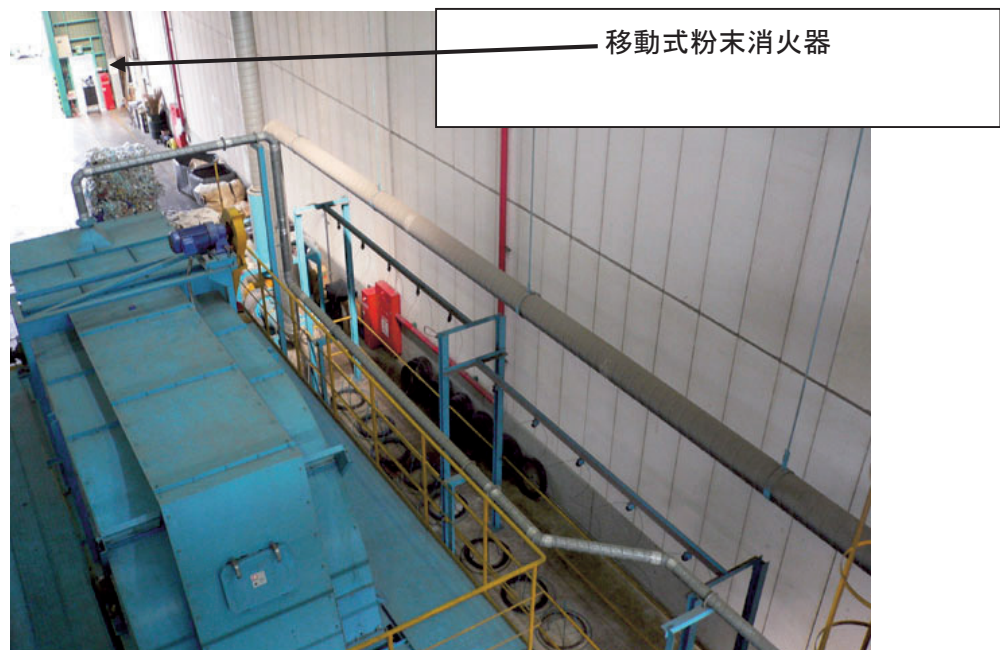
成型機に温度感知による自動停止装置が設置されており、成型温度が 100℃以上になった場合、機械が自動停止し、消火装置が作動する。

工程別に防火壁

前処理工程、成型工程、製品ヤードは、それぞれ防火壁で区切られている。また、各工程は、開放式の建屋となっているので、放熱しやすくなっている。

(ウ) 火災の検知方法、火災時の消火方法（消火薬剤の種類）

通常の消火設備の他、移動式粉末消火器を工場内 20 カ所に設置している。移動式粉末消火器は、設計当初設置しない方針であったが、所轄消防局の指導により設置することとなった。



(エ) 水溶性成分の扱い（濡れた場合の回収方法）

特に留意されていない。

(オ) KYK（危険予知活動）、ヒヤリハット事例

これまでに危険な事態が発生したことはなく、事故につながるような事例を経験していない。無事故を継続している。

過去に、トラック輸送中における RPF 発火事故があったとのことで、製品温度管理には特に気を付けている。

4. 4 アンケート調査結果

4. 4. 1 木質ペレット（バーク）

（1）製造・貯蔵について

①原料の種類と貯蔵方法

- ・原料種類 : 広葉樹の樹皮（自社生産分と一部他社調達）
- ・貯蔵方法 : 木質チップを製造（製紙会社に納入）する際に発生する原料（樹皮）であり、通常は毎日回転をしている。

一部購入分と当日の繰り越分は、チップ工場の土場に一時堆積しているが、長くても1週間位で回転している。

②製品の製造プロセスと貯蔵方法

- ・原木調達（主に岩手県北地域の造林業者より購入）→原木より樹皮を採取（木部（原木より樹皮を除いた部分）はチップにして製紙会社に納入）→定量投入装置→1次粉碎機→乾燥機（自社生産のペレット焚き燃焼炉で燃焼ガス供給）→2次粉碎機→ホッパー・定量供給装置→成型機→冷却機→製品選別機→製品サイロ（一次貯蔵）→袋詰（10キロ紙袋・フレコンバック等で当社の倉庫に格納）→トラック搬出

③原料・製品の貯蔵量

- ・原料貯蔵量：広葉樹樹皮 最大100トン位 アスファルト土場に堆積
- ・製品貯蔵量：600kg入フレコンバック＝30トン位
10kg入紙袋＝10トン位

④設備能力・稼働率

- ・設備能力 : 1トン／1時間（1日7時間稼働＝1日生産量7.0トン）×2台（2ライン）保有
- ・設備稼働率：1台＝100%稼働
1台＝70%稼働

（2）保安対策・消防対策について

①貯蔵・製造設備において実施されている安全装置、火災対策

- ・自動火災報知設備・消火器・動力消防ポンプ設備等（各所に配置）

②機器設置の材質に関する対策

- ・機器材質は鉄が主体ですが、一部ゴム・塩ビパイプ等有る。

③その他、微生物発酵対策・水分管理等について（粉塵爆発について可能性、並びに、その対策について）

- ・当社の原材料は長期の貯蔵物は無く（長くても1週間くらいで回転）、微生物発酵対策
- ・水分管理等の必要性は無く、粉塵爆発の可能性も全くない。
- ・微粉等発生した場合は回収し原材料とする。
- ・磁選機は設置していない。

4. 4. 2 油温減圧乾燥汚泥

(1) 製造施設（下水処理場）

ア 製造・貯蔵について

(ア) 原料の種類と貯蔵方法

- ・脱水汚泥（含水率80%、可燃分72%）：鋼板製ホッパ
- ・廃食用油：鋼板製円筒立型タンク

(イ) 製品の製造プロセスと貯蔵方法

- ・脱水汚泥を媒体油と混合加熱し、油温減圧式乾燥装置で減圧しながら85℃程度に加熱・乾燥させた後、これを遠心分離により乾燥汚泥と油に分離するものである。乾燥汚泥は、冷却機にて約40℃程度まで冷却し、乾燥汚泥ホッパ（鋼板製ホッパ）、脱水ケーキヤードまたは磁選スラグ分級棟にて貯蔵する。

(ウ) 原料貯蔵量、製品貯蔵量

- ・脱水汚泥：貯蔵容量 80m³（なお、脱水汚泥は脱水設備棟よりポンプで圧送される。）
- ・廃食用油：貯蔵容量 15.5m³×2基
- ・製品貯蔵量：乾燥汚泥ホッパ 27t、脱水ケーキヤード 150t、磁選スラグ分級棟 40t

(エ) 設備能力、設備稼働率

- ・処理量：30t-wet/8時間（乾燥汚泥として約8.3t/8時間）
- ・設備稼働率：年間稼働日数約200日程度（乾燥汚泥製造量約2,400t/年）

イ 保安対策・消防対策について

(ア) 貯蔵・製造設備において実施されている安全装置、火災対策

a 貯蔵設備

貯蔵設備はいずれも再生資源燃料としての届出をし、下記対策を行っている。

- ①乾燥汚泥ホッパ：監視装置として温度計3点、CO計、O₂計を設置し、長期貯蔵は行わない。火災対策としては、N₂封入配管及び冷却管を設置している。
- ②脱水ケーキヤード：監視としては、携帯型温度計により内部温度を定期的に測定し、必要に応じて攪拌を行う。火災対策としては、消火器（ABC型）を設置している。
- ③磁選スラグ分級棟：監視としては、携帯型温度計により内部温度を定期的に測定し、必要に応じて攪拌を行う。

（磁選スラグ分級棟：磁選スラグ分級器が設置されている建て屋）

b 製造設備

製造設備は、蒸気発生用ボイラの燃料として灯油を使用し、媒体油として廃食用油を使用することから、危険物一般取扱所の許可を得ており、下記対策を行っている。

- ①建屋は鉄筋コンクリート造り
- ②出入口は特定防火設備（自閉式甲種防火戸）
- ③静電気除去設備

④避雷設備

⑤自動火災報知設備

⑥第3種不活性ガス（N₂）、消火設備（全域方式）、第4種ABC消火器

（イ）機器設備の材質に関する対策

・取扱う物質の物性に応じた適正な材質を使用している。

（ウ）その他、粉塵爆発対策・微生物発酵対策・水分管理等について

a 粉塵爆発対策

乾燥汚泥は、顆粒状で約 30%の油を含有していることから、ほとんど飛散することはない。

b 微生物発酵対策

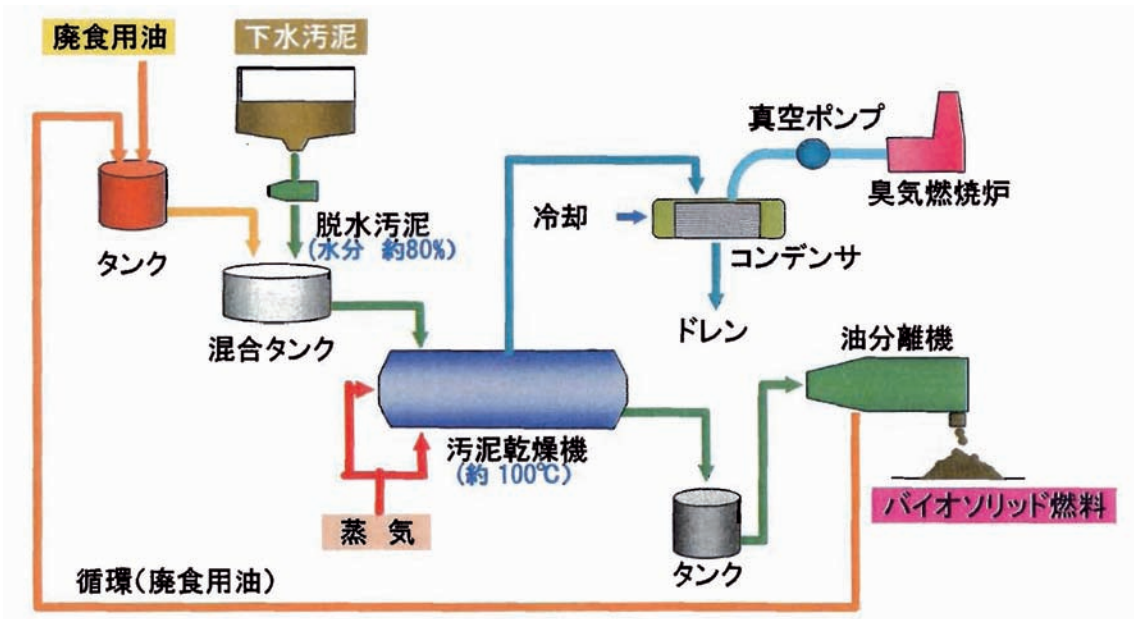
下水汚泥と廃食用油を混合し、約 85℃程度で 1 時間半程度加熱乾燥することから、汚泥中の微生物は基本的に死滅するものと考ええる。更に、表面は油でコーティングされるため、加湿されたとしても乾燥汚泥表面の水分は増加するものの、内部の水分は増加することはない。

また、油乾燥汚泥の微生物発酵試験を実施した結果、発酵現状は認められなかった。

c 水分管理

乾燥汚泥を石炭火力発電所で混焼利用する際のハンドリング性を考慮して、製造時の水分は 3 %以下としている。

＜製造施設について＞



燃料製造フロー（概要）

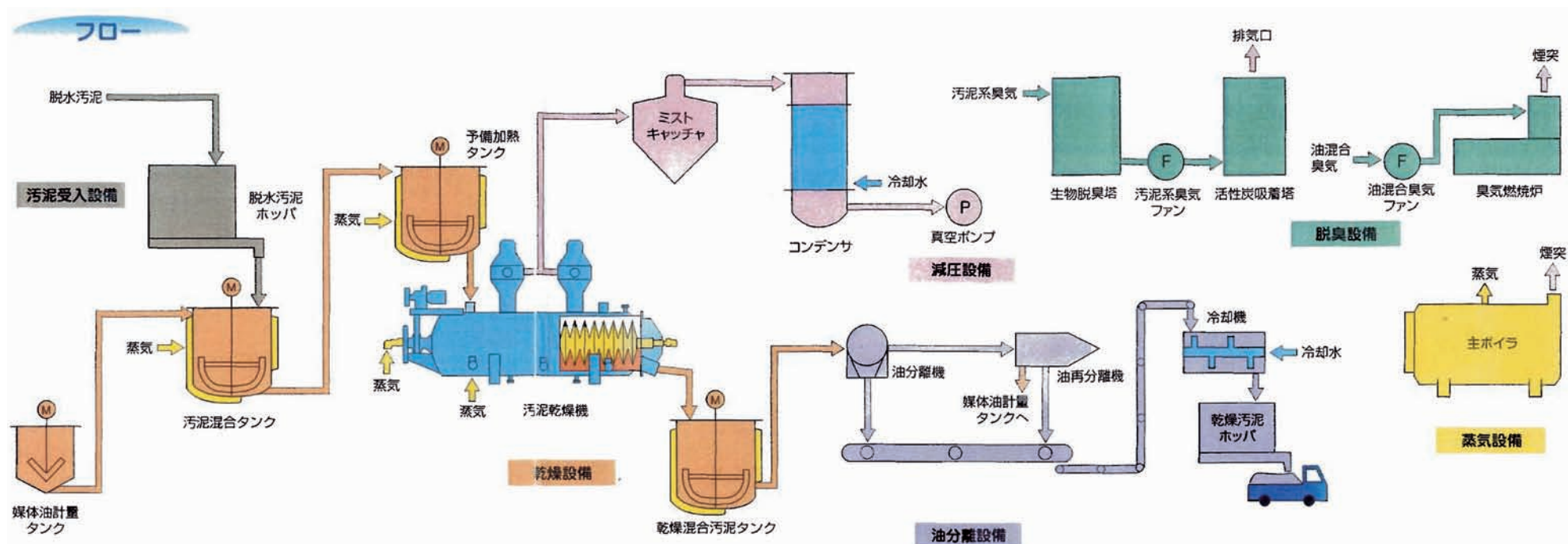


燃料性状

燃料

発熱量	23,500 kJ/kg	(5,600 kcal/kg)
水分	1.7 %	
灰分	19 %	
全硫黄	0.9 %	

※混焼試験における実績値(平均)を示す



汚泥受入設備

遠心脱水機・ベルトプレス脱水機によって含水率約80%まで脱水したケーキ状の脱水汚泥が圧送され汚泥ホッパに投入されます。

乾燥設備

脱水汚泥ホッパから汚泥混合タンクに脱水汚泥を投入し、媒体油と混合します。混合汚泥は予備加熱タンクを経て、汚泥乾燥機に投入されます。汚泥乾燥機に投入された混合汚泥は、減圧下で約85℃に加熱され汚泥中の水分を効率よく蒸発させ乾燥します。

減圧設備

真空ポンプにより汚泥乾燥機内を大気圧から約-40 kPa 減圧します。汚泥から発生した水分はミストキャッチャー及びコンデンサで除去します。

油分離設備

乾燥汚泥と媒体油の混合物(乾燥混合汚泥)は油分離機で乾燥汚泥と油とに分離されます。油はさらに油再分離機で精製し、媒体油として再利用されます。

脱臭設備

臭気ガスは汚泥系臭気と油混合臭気の2系統で吸引されます。汚泥系臭気は生物脱臭塔により酸化脱臭、活性炭吸着塔により吸着脱臭され排出されます。油混合臭気は臭気燃焼炉により燃焼脱臭され排出されます。

蒸気設備

乾燥に必要な熱源である蒸気を発生します。燃料として、汚泥から発生する消化ガス又は灯油を利用できます。

燃料製造フロー（詳細）

燃料製造主要設備等

(2) 消費施設（石炭火力発電所）

ア 貯蔵について

(ア) 製品の製造プロセスと貯蔵方法

- ・乾燥汚泥製造所からトラックにより石炭火力発電所に輸送し、受入設備を経て貯蔵サイロ（鋼板製円筒型）に貯蔵する。

(イ) 製品貯蔵量

- ・貯蔵サイロ 50t×1基

(ウ) 設備能力、設備稼働率

a バイオマス受払設備

- ・受入設備：最大12t/h
- ・払出設備：最大12t/h
- ・設備稼働率：年間受入回数約120回程度（約15t/回）（約1,800t/年）

b 発電設備

- ・発電所出力：100万kW×2基
- ・主要燃料：石炭（年間約445万t：利用率約70%の場合）
- ・年間混焼率：約0.04%程度（最大混焼率1%）

イ 保安対策・消防対策について

(ア) 貯蔵設備において実施されている安全装置、火災対策

貯蔵設備は、消防法に基づく再生資源燃料としての届出及び電気事業法に基づく廃棄物固化燃料としての届出をし、下記対策を行っている。

- ・温度計4点
- ・CO計
- ・O₂計
- ・メタン計
- ・湿度計
- ・燃焼防止装置（N₂封入ノズル）
- ・消火設備（消火栓）

その他、乾燥汚泥燃料は廃食用油を約30%含有していることから、空気と接触する状態に晒された場合、天ぷらなどの揚げかすで見られる自然発熱現象が生じる可能性がある。これは、油脂の不飽和脂肪酸基が徐々に酸素と結合する低温有機物酸化反応であり、数日から数週間に渡って緩慢な発熱反応が進行する。

従って、油乾燥汚泥の酸化反応を抑制するため、貯蔵設備は外部から空気の流入を極力抑制した構造としている。

(イ) 機器設備の材質に関する対策

- ・取扱う物質の物性に応じた適正な材質を使用している。

(ウ) その他、粉塵爆発対策・微生物発酵対策・水分管理等について

a 粉塵爆発対策

乾燥汚泥は、顆粒状で約30%の油を含有していることから、ほとんど飛散することはない。

b 微生物発酵対策

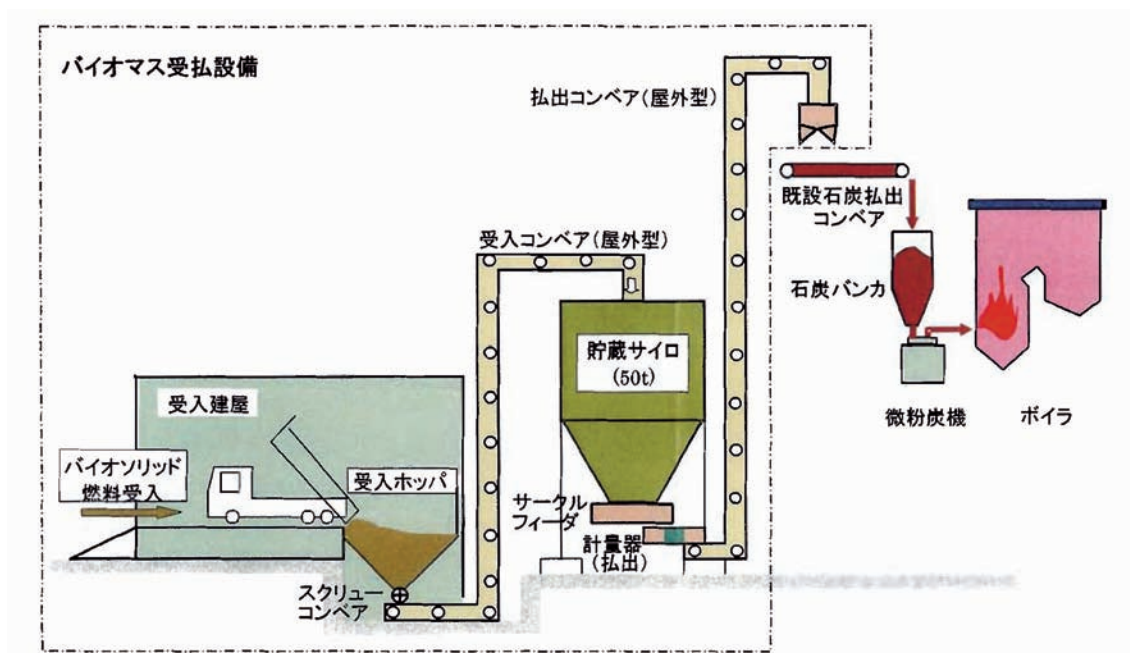
下水汚泥と廃食用油を混合し、約85℃程度で1時間半程度加熱乾燥することから、汚泥中の微生物は基本的に死滅するものと考え。更に、表面は油でコーティングされるため、加湿されたとしても乾燥汚泥表面の水分は増加するものの、内部の水分は増加することはない。

また、油乾燥汚泥の微生物発酵試験を実施した結果、発酵現状は認められなかった。

c 水分管理

乾燥汚泥を石炭火力発電所で混焼利用する際のハンドリング性と輸送時の吸湿を考慮して、受入時の水分は7%以下としている。

<消費施設について>



燃料混焼フロー（概要）



搬送用トラック



受入建屋



貯蔵サイロ

4. 4. 3 高温・低温炭化汚泥

(1) 炭化汚泥施設について

現在、低温炭化汚泥施設はない。現在稼働中の汚泥炭化施設は高温炭化方式であり、低温炭化は実機としてはない。

(2) 燃料利用について

現在稼働中の高温炭化汚泥施設は2カ所で、製造された炭化汚泥は脱水助剤、土壤改良材として利用されているが、燃料としては利用されていない。燃料利用については、共同研究中であり、模索している。

(3) 高温炭化汚泥について

高温炭化汚泥は微生物発酵を起こさない。粉塵爆発の可能性は極めて低い。

【微生物発酵】

炭化工程で700℃まで加温されるため、炭化汚泥中に微生物は存在しない。それ故、高温炭化汚泥は微生物発酵を起こさない。

【粉塵爆発】

高温炭化汚泥の含水率は30%と高く、また、粉塵となっても飛散性が低いいため粉塵爆発を起こす可能性（危険性）は極めて低い。

自己発熱を抑えるために精錬度管理^{※1}を徹底し、炭化率を一定に維持していること、製品を加湿処理^{※2}することで、結果的に粉塵爆発の可能性も低下させている。

※1 精錬度管理

精錬度は、木炭精錬度計を用いて測定され、粉砕サンプルの電気抵抗値（ $10^4 \Omega / \text{cm}$ ）のt値を精錬度としている。また、精錬度は、電気抵抗の指標として木炭の分野で定義されており、精錬度の値が低いほど、炭化の進行程度が高いことを表している。

精錬度が高いと炭化率が低く、可燃性成分（メタン、エタンなど）が残留している炭化汚泥となり、精錬度5～8で自己発熱する炭化汚泥となる。

炭化炉温度が700℃であれば、ほぼ定常的に精錬度3以下を得ることができるため、高温炭化汚泥施設では、精錬度3以下となるよう徹底して管理している。精錬度は毎日サンプリングにより測定している。

※2 加湿処理（加湿管理）

加湿管理は、炭化製品に水分を加えることで発熱を抑える発熱対策として実施している。加湿水流量がストレーナの詰まりなどで低下した場合、ただちに炭化炉が停止するインターロックがかけられている。

(4) 低温炭化汚泥について

低温炭化汚泥については発熱を起こす可能性がある。

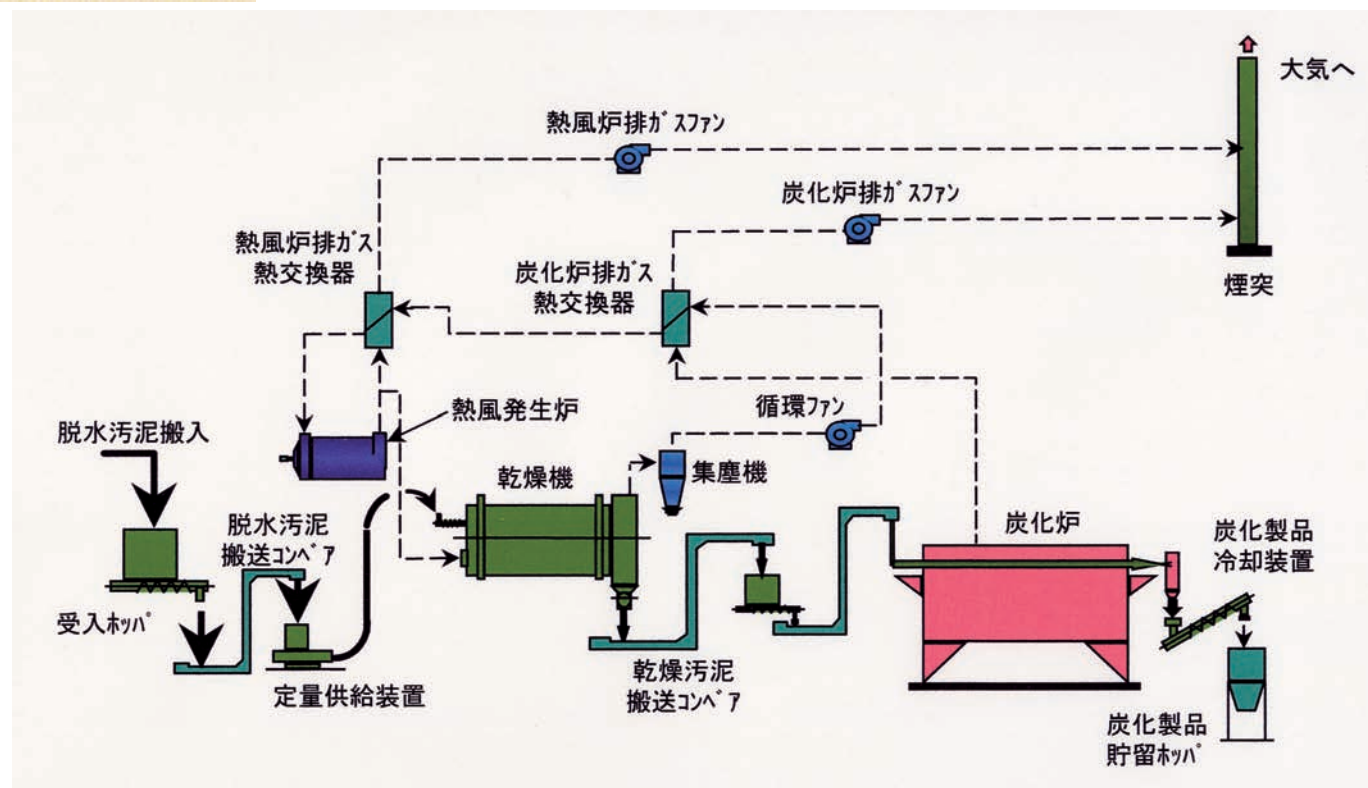
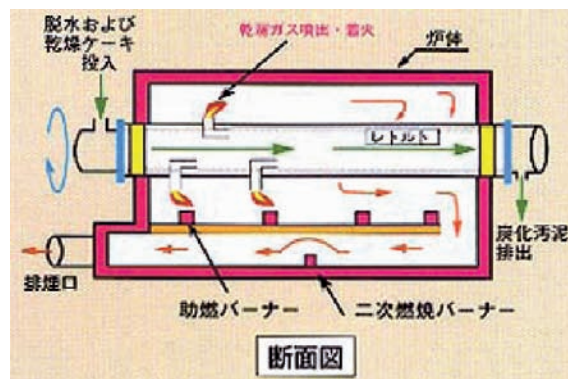
炭化率が低いため、自己発熱を起こしやすい。ホッパー内で蓄熱など起こりうる。微

生物発酵も考えられる。

発熱量が高温炭化より大きいため、燃料利用としては低温炭化方式の方が有利。現在、共同研究中であり、発熱を抑える技術を検討中。

高温・低温炭化汚泥製造施設

	実証設備	浄化センター	保健衛生施設組合
	実験設備（高温・低温炭化）	実機1号機（高温炭化）	実機2号機（高温炭化）
(1) 製造・貯蔵について			
①原料の種類と貯蔵方法	原料：脱水汚泥 貯蔵方法：ホッパに貯留	原料：脱水汚泥 貯蔵方法：ホッパに貯留	原料：脱水汚泥 貯蔵方法：ホッパに貯留
②製品の製造プロセスと貯蔵方法	製造物：炭化製品 (脱水汚泥)→乾燥→(乾燥汚泥)→炭化→ (炭化製品) 貯蔵方法：フレコンに仮貯蔵	製造物：炭化製品 (脱水汚泥)→乾燥→(乾燥汚泥)→炭化→ (炭化製品) 貯蔵方法：ホッパに加湿貯留	製造物：炭化製品 (脱水汚泥)→乾燥→(乾燥汚泥)→炭化→(炭 化製品) 貯蔵方法：ホッパに加湿貯留
③原料貯蔵量・製品貯蔵量	脱水汚泥受入ホッパ：有効容量 5m ³ 炭化製品貯蔵量：200L、又は 1m ³ 単位	脱水汚泥受入ホッパ：有効容量 20m ³ 炭化製品貯留ホッパ：有効容量 4.5m ³	脱水汚泥受入ホッパ：有効容量 6m ³ 炭化製品貯留ホッパ：有効容量 9.2m ³
④設備能力・設備稼働率	設備能力：3ton-脱水汚泥/日 稼働率：20～30%程度(概略) 【年 70～100 日稼働】	設備能力：20ton-脱水汚泥/日 稼働率：90%程度 【年約 330 日稼働】	設備能力：5ton-脱水汚泥/日 稼働率：90%程度 【年約 330 日稼働】
⑤炭化物の有効利用用途	燃料利用、土壌改良材等	場内利用(脱水助剤)	土壌改良材
(2) 保安対策・消防対策について			
①貯蔵・製造設備において実施されている安全装置、火災対策	実証設備建屋内に ABC 粉末消火器を設置 使用燃料：灯油(1 日使用量 500ℓ以下) 灯油タンク容量：980ℓ（少量危険物貯蔵届 出書提出済） 灯油タンク：近傍に消火器あり 炭化炉、乾燥機設置届出書提出済 炭化炉に安全弁(炉内圧上昇時開放)設置	炭化炉棟内に ABC 粉末消火器を設置 使用燃料：都市ガス 炭化炉廻りに消火器設置 炭化炉、乾燥機設置届出書提出済 炭化炉に安全弁(炉内圧上昇時開放)設置 炭化製品精錬度管理、加湿管理を実施 炉温管理、ホッパ 内温度管理を実施	炭化炉棟内に ABC 粉末消火器を設置 使用燃料：灯油 1 日使用量(概略)：800ℓ/日 灯油タンク容量：8,000ℓ（危険物設置許可申 請書提出済）消火器設置 炭化炉、乾燥機設置届出書提出済 炭化炉に安全弁(炉内圧上昇時開放)設置 炭化製品精錬度管理、加湿管理を実施 炉温管理、ホッパ 内温度管理を実施
②機器設備の材質に関する対策	—	—	—
③その他、粉塵爆発対策・微生物発酵対策 ・水分管理等について	フレコンより、系外へ正規に搬送する際には必ず N2 封入及び 35%程度の加湿を行っている。	加湿機(水分 35%)をラインに設置、加湿水量流量低下にて炉停止（重故障警報）	加湿機(水分 35%)をラインに設置、加湿水量流量低下にて炉停止（重故障警報）



炭化システムフロー図（低温炭化・高温炭化）

4. 5 実態調査結果取纏め

実態調査（現地調査並びにアンケート調査）結果について、当該施設で施されている安全対策を含め、取り纏めたものが次頁以降の表 4－5－1 (1)～(5) である。

表4-5-1 実態調査結果(1)

	燃料製造施設				燃料消費施設	
	原料	原料貯蔵	製造	製品貯蔵	燃料貯蔵	燃料消費
木質ペレット (ホワイト)	木質ペレット製造工場(実運用施設)				ペレットボイラー(実運用施設)	
現地 調査	・製材くず(かんなくず) (・スギ7割、ヒノキ3割) ・含水率40% ・製材工場3カ所からフレコン バッグで受け入れ	・フレコンバッグで工場内に て貯蔵保管	・原料粉砕、乾燥、成型、冷却処 理を経てペレットを生産 ・乾燥時の熱風150℃、成型時の 摩擦熱120℃ ・成型後の吐き出し時製品温度 70℃、冷却後常温 ・ペレット製造量100t/年	・製品含水率15% ・ボイラ向けはフレコンバッ グで貯蔵後、週1回ボイラ 需要家へ配送 ・ストーブ向けは10kg袋詰 めで貯蔵	・フレコンバッグでペレット受け入れ ・容量8m ³ (ペレット5.6t)コンクリートブ ロック造のサイロでペレットを貯蔵 ・指定可燃物貯蔵取扱所、再生資源燃 料5,600kgの指定	・スイス製ペレット専用ボイラ(出力 92,000kcal)で風呂、冬季暖房に給湯利 用 ・ペレット消費量20t/年(夏1t/月、冬2t/ 月) ・週1日の閉館日以外稼働
危険安全 対策			・乾燥機、成型機に温度センサ、 異常温度上昇時は自動停止(見 学施設にはなし) ・消火器6カ所設置 ・火災検知機なし		・ペレットの乾燥状態を維持するため、 投入口からの雨水侵入をビニールカ バーで防止	・ボイラには逆火防止装置(消火ダン パ)が付けられ、炉内の火がサイロへ向 かった場合、自動的に炎を遮断
木質ペレット (パーク)	木質ペレット製造工場(実運用施設)					
アンケート (ヒアリング) 調査	・広葉樹の樹皮(自社生産分 と一部他社調達)	木質チップを製造(製紙会社 に納入)する際に発生する 原料(樹皮)であり、通常は 毎日回転をしている。 一部購入分と当日の繰り越 分は、チップ工場の土場に 一時堆積している。	・原木調達(主に県北地域の造林 業者より購入)→原木より樹皮を 採取(木部(原木から樹皮を除い た部分)はチップにして製紙会社 に納入)→定量投入装置→1次粉 砕機→乾燥機(自社生産のペレッ ト焚き燃焼炉で燃焼ガス供給)→ 2次粉砕機→ホッパー・定量供給 装置→成型機→冷却機→製品選 別機→製品サイロ(一次貯蔵) ・設備能力 : 1トン/1時間(1日 7時間稼働＝1日生産量7.0ト ン)×2台(2ライン)保有 ・設備稼働率: 1台＝100%稼働 1台＝70%稼働	・製品サイロ(一次貯蔵)→ 袋詰(10キロ紙袋・フレコ ンバッグ等で当社の倉庫に格 納)→トラック搬出 ・製品貯蔵量: 600kg入フレ コンバッグ＝30トン位、 10kg入紙袋＝10トン位		
危険安全 対策		・長くても1週間位で回転し ている。	・自動火災報知設備・消火器・動力消防ポンプ等(各所に配 置) その他、微生物発酵対策・水分管理等について(粉塵爆発に ついて可能性、並びに、その対策について) ・当社の原材料は長期の貯蔵物は無く(長くても1週間くらい で回転)、微生物発酵対策 ・水分管理等の必要性は無く、粉塵爆発の可能性も全くない と認識している。 ・微粉等発生した場合は回収し原材料とする。			

表4-5-1 実態調査結果(2)

	燃料製造施設				燃料消費施設	
	原料	原料貯蔵	製造	製品貯蔵	燃料貯蔵	燃料消費
造粒乾燥汚泥	造粒乾燥汚泥製造工場（実験設備）				石炭火力発電所（混焼試験中）	
現地調査	- 下水処理場の活性汚泥 - 汚泥は脱水処理後のもので、含水率60～85% - 受入量 5t/日	容量7tの受入ピットで貯蔵	- 造粒、乾燥、冷却、分離、梱包工程を経て乾燥汚泥燃料を生産 - 乾燥工程ではドラム中を300～400℃の乾燥ガスが循環 - 小粒径分離後の製品(2～5mm)は、分離機吐き出し時70℃、冷却コンベアで30～40℃まで冷却 - 乾燥汚泥製造量約200t/年 - 指定可燃物貯蔵、取扱所の指定(最大数量5t)	- 製品は600kg入りフレコンバッグで貯蔵、保管 - 製品含水率6～10%	- 石炭火力発電所にて、石炭との混焼を試験中(混焼率0.5、1、2%) 1日分の乾燥汚泥を発電所脇の貯蔵所にてフレコンバッグで貯蔵 - 混焼率0.5%の場合、汚泥消費量は5tで、フレコンバッグ10袋に相当 - 指定可燃物貯蔵、取扱所の指定(貯蔵最大数量10t、取扱36t)	- 年4回の混焼試験で、年間200tの乾燥汚泥を消費 - 年4回の混焼試験は5日間×4Runで、年間では合計20日間の試験
危険安全対策		- センサでH₂S濃度常時監視 - 悪臭対策として、換気は活性炭による脱臭を実施	- 防爆仕様プラント - 乾燥ガスの酸素濃度を常時監視、異常上昇時は水自動注入 - 粉塵はバグフィルタで除去し、系外に出ないため粉塵爆発はない - 粉末消火器8本設置	乾燥汚泥は、水分吸収しても発酵しないと認識している故、特別な対策を講じていない。(現地調査におけるヒアリング結果)	- ホッパ、空気輸送設備などの乾燥汚泥供給設備防爆仕様 - 雨天対策としてフレコンバッグ上にシートをかけ、水分混入を防止 (乾燥汚泥は水分を含むと膨張し、配管内に付着して詰まりの原因になる恐れがある)	- ホッパ、空気輸送設備などの乾燥汚泥供給設備は、火力発電所にならない防爆仕様 - その他消防、保安対策も発電所基準で対応
高温・低温炭化汚泥	高温・低温炭化汚泥製造設備(実験設備)					
アンケート(ヒアリング)調査	原料:脱水汚泥	- 貯蔵方法:ホッパに貯留 - 脱水汚泥受入ホッパ:有効容量5m³	- 製造物:炭化製品(脱水汚泥)→乾燥→(乾燥汚泥)→炭化→(炭化製品) - 設備能力:3ton-脱水汚泥/日 - 稼働率:20～30%程度(概略)(年約70～100日稼働)	炭化製品貯蔵量:200L、又は1m³単位(フレコンバッグ?)		
危険安全対策			- 実証設備建屋内にABC粉末消火器を設置(使用燃料:灯油、使用量:500L/日以下、灯油タンク容量:980L、タンク近傍に消火器あり) - 炭化炉に安全弁(炉内圧上昇時開放)設置	<備考> - フレコンバッグより、系外へ正規に搬送する際には必ずN₂封入及び35%程度の加湿を行っている。 - 利用先:燃料、土壌改良材等 - 低温炭化汚泥には実機はない。 - 低温炭化汚泥は発熱を起こす可能性がある。「表面活性点との酸素定着反応」及び「メタン・エタン等可燃性物質の酸化反応」により、自己発熱を起こしやすく、ホッパ内で蓄熱など起こりうる。微生物発酵も考えられる。 - 発熱量が高温炭化より大きいため、燃料利用としては低温炭化方式の方が有利だが、発熱を抑える技術を検討中。		

表4-5-1 実態調査結果(3)

	燃料製造施設				燃料消費施設	
	原料	原料貯蔵	製造	製品貯蔵	燃料貯蔵	燃料消費
高温炭化汚泥	高温炭化汚泥製造工場(浄化センター内)(実運用施設)				浄化センター	
アンケート (ヒアリング) 調査	・原料:脱水汚泥	・貯蔵方法:ホッパに貯留 ・脱水汚泥受入ホッパ:有効 容量20m3	・製造物:炭化製品 ・(脱水汚泥)→乾燥200℃→(乾燥 汚泥)→炭化700℃→(炭化製品) ・設備能力:20ton-脱水汚泥/日 ・稼働率:90%程度(年約330日稼 働)	・貯蔵方法:ホッパに加湿 貯留 ・炭化製品貯留ホッパ:有 効容量4.5m3		・燃料としてではなく、下水汚泥の脱水 助剤として場内利用 (・燃料利用については模索中)
危険安全 対策			・炭化炉棟内にABC粉末消火器を 設置、炭化炉廻りに消火器設置 (使用燃料:都市ガス) ・炭化炉に安全弁(炉内圧上昇時 開放)設置 ・炭化製品精錬度管理、加湿管理 を実施(注1) ・炉温管理、ホッパ内温度管理を実 施 ・加湿機(水分35%)をラインに設 置、加湿水量流量低下にて炉停 止(重故障警報)	・炭化工程で700℃まで加 湿されるため、炭化汚泥中 に微生物は存在せず、微 生物発酵しない。 ・高温炭化汚泥の汚泥の 含水率は30%と高く、また、 粉塵となっても飛散性が低 いため粉塵爆発を起こす 可能性は極めて低い。		
高温炭化汚泥	高温炭化汚泥製造工場(保健衛生施設組合)(実運用施設)				保健衛生施設組合	
アンケート (ヒアリング) 調査	・原料:脱水汚泥	・貯蔵方法:ホッパに貯留 ・脱水汚泥受入ホッパ:有効 容量6m3	・製造物:炭化製品 ・(脱水汚泥)→乾燥200℃→(乾燥 汚泥)→炭化700℃→(炭化製品) ・設備能力:5ton-脱水汚泥/日 ・稼働率:90%程度(年約330日稼 働)	・貯蔵方法:ホッパに加湿 貯留 ・炭化製品貯留ホッパ:有 効容量9.2m3		・燃料としてではなく、土壌改良材として 利用 (・燃料利用については模索中)
危険安全 対策			・炭化炉棟内にABC粉末消火器を 設置、炭化炉廻りに消火器設置 (使用燃料:灯油、使用量:800L/ 日、灯油タンク容量:8000L、消火 器設置) ・炭化炉に安全弁(炉内圧上昇時 開放)設置 ・炭化製品精錬度管理、加湿管理 を実施(注1) ・炉温管理、ホッパ内温度管理を実 施 ・加湿機(水分35%)をラインに設 置、加湿水量流量低下にて炉停 止(重故障警報)	・炭化工程で700℃まで加 湿されるため、炭化汚泥中 に微生物は存在せず、微 生物発酵しない。 ・高温炭化汚泥の汚泥の 含水率は30%と高く、また、 粉塵となっても飛散性が低 いため粉塵爆発を起こす 可能性は極めて低い。		

注1: 自己発熱を抑えるために精錬度管理を徹底し炭化率を一定維持していること、製品に加湿処理することで、結果的に粉塵爆発の可能性も低下させている。
精錬度3以下に徹底。5～8で自己発熱する。精錬度高いと炭化率低く、可燃性成分(メタン、エタンなど)が残留している。
炭化炉温度が700℃であれば、ほぼ定常的に精錬度3以下を得ることができている。精錬度は毎日サンプリングにより測定している。

表4-5-1 実態調査結果(4)

	燃料製造施設				燃料消費施設	
	原料	原料貯蔵	製造	製品貯蔵	燃料貯蔵	燃料消費
油温減圧乾燥汚泥	油温減圧乾燥汚泥製造工場(実運用施設)				石炭火力発電所(実運用施設)	
アンケート (ヒアリング) 調査	・脱水汚泥(含水率80%、可燃分72%) ・廃食用油	・脱水汚泥:貯蔵容量 80m³(なお、脱水汚泥は脱水設備棟よりポンプで圧送される。) ・廃食用油:貯蔵容量 15.5m³×2基	・脱水汚泥を媒体油と混合加熱し、油温減圧式乾燥装置で減圧しながら85℃程度に加熱・乾燥させた後、遠心分離により乾燥汚泥と油に分離。乾燥汚泥は、冷却機にて約40℃程度まで冷却し、乾燥汚泥ホツパ、脱水ケーキヤードまたは磁選スラグ分級棟にて貯蔵。 ・処理量:30t-wet/8時間(乾燥汚泥として約8.3t/8時間) ・設備稼働率:年間稼働日数約200日程度(乾燥汚泥製造量約2,400t/年)	・製品貯蔵量:乾燥汚泥ホツパ 27t、脱水ケーキヤード 150t、磁選スラグ分級棟 40t	・乾燥汚泥製造所からトラックにより石炭火力発電所に輸送し、受入設備を経て貯蔵サイロ(鋼板製円筒型)に貯蔵。 ・貯蔵サイロ 50t×1基 ・混焼利用する際のハンドリング性と輸送時の吸湿を考慮して、受入時の水分は7%以下に制限	【発電設備】 ・発電所出力:100万kW×2基 ・主要燃料 :石炭(年間約445万t:利用率約70%の場合) ・年間混焼率:約0.04%程度(最大混焼率1%) 【バイオマス受払設備】 ・受入設備:最大12t/h ・払出設備:最大12t/h ・設備稼働率:年間受入回数約120回程度(約15t/回)(約1,800t/年)
危険安全 対策			・危険物一般取扱所の許可(熱源として灯油、媒体湯として廃食用油を使用するため) ・建屋は鉄筋コンクリート造り、出入口は特定防火設備(自閉式甲種防火戸)、静電気除去設備、避雷設備 ・設備は取扱う物質の物性に応じた適正な材質を使用 ・自動火災報知器、第3種不活性ガス(N₂)、消火設備(全域方式)、第4種ABC消火器 ・油温乾燥汚泥は、顆粒状で30%の油を含有していることから飛散性が低く、粉塵爆発の可能性は極めて低い。 ・乾燥加熱工程により汚泥中の微生物は基本的に死滅するので、微生物発酵は起こらない。	・貯蔵設備はいずれも再生資源燃料として届出 ・乾燥汚泥ホツパ:監視装置として温度計3点、CO計、O₂計を設置、長期貯蔵は行わない。火災対策としては、N₂封入配管及び冷却管を設置。 ・「脱水ケーキヤード」:監視としては、携帯型温度計により内部温度を定期的に測定し、必要に応じて攪拌を行う。火災対策としては、消火器(ABC型)を設置。 ・磁選スラグ分級棟:監視としては、携帯型温度計により内部温度を定期的に測定し、必要に応じて攪拌実施。	・貯蔵設備は、消防法に基づく再生資源燃料としての届出及び電気事業法に基づく廃棄物固化燃料としての届出済 ・保安対策として温度計4点、CO計、O₂計、メタン計、湿度計、燃焼防止装置(N₂封入ノズル)、消火設備(消火栓)設置 ・乾燥汚泥燃料は廃食用油を約30%含有していることから、空気と接触する状態に晒された場合、天ぷらなどの揚げかすで見られる自然発熱現象が生じる可能性がある。これは、油脂の不飽和脂肪酸基が徐々に酸素と結合する低温有機物酸化反応であり、数日から数週間に渡って緩慢な発熱反応が進行する。 ・従って貯蔵中の自然発熱を抑えるため、貯蔵設備は外部から空気の流入を極力抑制した構造を採用	・消防、保安対策については発電所基準で対応

表4-5-1 実態調査結果(5)

	燃料製造施設				燃料消費施設	
	原料	原料貯蔵	製造	製品貯蔵	燃料貯蔵	燃料消費
鶏 糞	養 鶏 場				鶏糞ボイラ発電所(実運用施設)	
現地調査	・ブロイラー養鶏場にて、出荷時に発生する鶏糞を、無加工で燃料用途で出荷		・ブロイラー糞は出荷時の含水率が30～50%と低いため、乾燥工程をもたない (・レイヤー(採卵)養鶏の糞は含水率が高いため、燃料利用する場合は乾燥機を通す例もある)		・容量1,000tの燃料ピットにて鶏糞を貯蔵 ・貯蔵時の鶏糞中には悪臭防止のため空気を供給。乾燥も促進され、常温程度を維持する ・含水率30%に抑えられているため、発酵しない	・鶏糞専用ボイラによる燃焼で、スチームと電気を供給(スチーム20t/h、電力3,500kW) ・燃料消費量320t/日
危険安全対策					・燃料ピット天井部に火災検知器を設置 ・出火時は構内消防車の放水による消火で対応	・設備は自動制御運転で、異常圧力温度発生時はインターロック作動 ・燃焼ガスにアンモニア、トリエチルアミン、硫化水素等含まれるため、ボイラ煙導管等には腐食防止のためステンレスを使用 ・年1回の定検と2ヶ月に1度は設備停止し保守安全点検を実施
R P F(参考)	RPF製造工場(実運用施設)					
現地調査	・原料は、灰ブラと古紙 ・灰ブラのうち、PVC、FRP、フェノール樹脂は除外 ・関東700カ所の事業所から産廃受け入れ	・原料貯蔵設備なし ・原料ヤードにて受け入れ後、即RPF製造工程へ投入	・原料破碎、成型、冷却処理を経てRPFを生産 ・成型時の摩擦熱100℃ ・冷却後の吐き出し時製品温度50℃ ・RPF製造量9万t/年	・製品ヤードにて一時貯蔵 ・製品が常温まで低下を確認後出荷 ・夕方以降製造のRPF100tは翌日出荷となるため、一晚ヤードで貯蔵 ・消防申請上の保管量は256t		
危険安全対策	・産廃中に混入する金属を除去 ・産廃中に混入するガスライター、ガスポンペを除去		・破碎機に可燃性ガス検知機設置され、ガス濃度上昇時は自動停止 ・成型機に温度センサ設置され、100℃以上で自動停止 ・前処理(破碎)、成型、製品出荷工程別に防火壁設置 ・移動式粉末消火器20カ所設置	・製品RPFの温度管理を徹底するため、夜間警備時も含め毎時非接触式温度計で温度チェック ・必ず常温を確認後、トラック積載		

第5章 再生資源燃料等製造施設等における危険要因と対策

5. 1 再生資源燃料等の危険要因

(1) 危険性評価に基づく危険要因

第3章3-4-8「発生ガス分析」及び3-5「危険性評価」から、各再生資源燃料等の熱的危険性並びに発生水素の危険性について、RDF並びにRPFの危険性と比較するため、次のような方針で危険性を大まかに4段階に分けた。

＜レベル分け方針＞

①熱的危険性

・RDF・RPFを基準とした。

・発熱温度・発熱量の評価点を合算し、その合算値を熱的危険性評価点とした。

合算値6以下 : 危険性 レベル0

合算値7以上9以下 : 危険性 レベル1

合算値10以上12以下 : 危険性 レベル2

合算値13以上 : 危険性 レベル3

②水素濃度

濃度0.5%未満 : 危険性 レベル0

濃度0.5%以上1%未満 : 危険性 レベル1

濃度1%以上4%未満 : 危険性 レベル2 (爆発限界 1/4～爆発限界未満)

濃度4%以上 : 危険性 レベル3 (爆発限界以上)

表5-1-1に取り纏めた結果を示す。なお、熱的危険性欄中の数字は第3章3-5「危険性評価」における危険性評価点である。

表5-1-1 各種再生資源燃料等の熱的危険性及び水素濃度

凡例 危険性低い 危険性高い

レベル0	レベル1	レベル2	レベル3
------	------	------	------

再生資源燃料等の種類	熱的危険性（発熱温度/発熱量/合算値（評価点））						水素濃度（％）	
	水添加無し			水添加有り			水 添 加 無し	水 添 加 有り
	発熱温度	発熱量	合算値	発熱温度	発熱量	合算値		
1 木質ペレット （ホワイト）	8	1	9	8	2	1 0	1． 0	2． 0
	レベル 1			レベル 2			レベル 2	レベル 2
2 木質ペレット （パーク）	8	1	9	8	2	1 0	0． 5	0． 5
	レベル 1			レベル 2			レベル 1	レベル 1
3 油温減圧乾燥 汚泥	9	6	1 5	9	6	1 5	2． 0 *1	2． 0 *1
	レベル 3			レベル 3			レベル 2	レベル 2
4 高温炭化汚泥	5	3	8	6	5	1 1	0． 5 *1	4． 0 *1
	レベル 1			レベル 2			レベル 1	レベル 3
5 低温炭化汚泥	7	2	9	8	6	1 4	0． 5	4． 0 *1
	レベル 1			レベル 3			レベル 1	レベル 3
6 造粒乾燥汚泥	8	1	9	8	5	1 3	1． 0	2． 0
	レベル 1			レベル 3			レベル 2	レベル 2
7 C－R P F	7	2	9	7	2	9	1． 0	1． 0
	レベル 1			レベル 1			レベル 2	レベル 2
8 鶏糞	9	1	1 0	9	6	1 5	1． 0	0． 5
	レベル 2			レベル 3			レベル 2	レベル 1
9 石炭	8	2	1 0	8	2	1 0	2． 0 *1	0． 5
	レベル 2			レベル 2			レベル 2	レベル 1
10 R P F	6	1	7	6	1	7	0	0
	レベル 1			レベル 1			レベル 0	レベル 0
11 R D F	6	1	7	8	5	1 3	1． 0	4． 0
	レベル 1			レベル 3			レベル 2	レベル 3

*1 水素検知管の特性より、CO ガスとの干渉によって、測定水素濃度については、正確な濃度測定ができていない可能性がある。

更に、「熱的危険性」と「発生水素危険性」を合わせた「全体の危険性」についてレベル分けするため、横軸を「熱的危険性レベル」縦軸を「発生水素危険性（水素濃度レベル）」としてグラフ化し、取り纏めたものが図5－1－1である。

なお、当該各種燃料の「全体の危険性レベル」については、各危険性レベルの上位レベルと設定し、4段階に区分した。

↑ 水 素 濃 度 レ ベ ル	3			4	5 11
	2		①⑥⑦ 7 11	1 8 9	③ 3 6
	1		②④⑤	2	8
	0		10 10	9	
		0	1	2	3
	熱的危険性レベル →				

図5－1－1 再生資源燃料等の危険性

囲み数字は再生資源燃料等の種類。

1 木質ペレット（ホホワイト）、2 木質ペレット（バーク）、3 油温減圧乾燥汚泥、4 高温炭化汚泥

5 低温炭化汚泥、6 造粒乾燥汚泥、7 C-RPF、8 鶏糞、9 石炭、10 RPF、11 RDF

○数字：水添加無し、□数字：水添加有り

表5－1－1 及び図5－1－1 より、次のような知見が得られた。

- ① 熱的危険性並び発生水素危険性については、当該燃料の主に保管・貯蔵時等に問題となる危険要因であり、相応の安全対策を講じる必要がある。
- ② 発生する水素ガスの濃度については、0.5%～4.0%と燃料によって濃度に関係があるが、各再生資源燃料共に、密閉状態で長期間保管される場合には、注意を要する。
- ③ 特に、高温・低温炭化汚泥については、水分の存在で水素発生量が増加しており、危険性レベル3に該当している（RDF（水添加有り）の危険性と同レベル）。
但し、検知管にて水素濃度を測定しており、同時に発生している一酸化炭素に

より干渉しているため、正確な濃度ではない可能性が高い。いずれにせよ、貯蔵時等は注意を要する。また、発生する水素ガスに対しては、**RDF** と同等の安全対策を講じる必要がある。

- ④ 熱的危険性については、水分の有無に関係なく、注意すべき燃料は危険性レベル3（**RDF** と同等の危険性）の油温減圧乾燥汚泥燃料である。また、水分の存在により注意すべき燃料は危険性レベル3の低温炭化汚泥、造粒乾燥汚泥、及び鶏糞である。熱的危険性に関して、これらの再生資源燃料等については、**RDF** と同等の安全対策を講じる必要がある。

（２）実態調査に基づく危険要因

実態調査結果から抽出した製造・消費施設における危険要因について、危険性評価試験から明らかとなった危険要因を加え、各燃料別・工程別に次頁以降に記載する。

なお、危険要因の抽出に当たっては、既存の**RDF**・**RPF**施設で考えられる危険要因も参考にした。また、記載工程等については、各種燃料に共通している部分が多いため、基本的に次のように区分けした。

製造施設における工程については、次の８工程。

- ①原料受入・保管工程（サイロ、ピット、原料ヤード等） ②原料破碎工程 ③乾燥工程 ④粉碎工程・成型工程 ⑤冷却工程 ⑥搬送工程 ⑦製品保管・貯蔵工程 ⑧製品出荷・運搬

消費施設における工程については、次の２工程。

- ①製品受入・貯蔵工程 ②製品消費

危険要因を以下の表５－１－１～表５－１－５に記載する。

表5-1-1 再生資源燃料等の危険要因(木質ペレット)

工 程		危険要因
製造施設	原料受入・保管工程 ＜小規模施設＞ (保管箱) ＜大規模施設＞ (サイロ、原料ヤード等)	○原料の不適切な管理による発熱危険性 (・保管温度、積上高さ、貯蔵期間による発熱。)
	原料破碎工程 ＜大規模施設のみ＞	○金属等異物混入した場合の破碎時における発火危険性
	乾燥工程	○異常温度上昇時の危険性。
	粉砕工程 ＜大規模施設のみ＞	
	成型工程	○成型工程における摩擦熱。(異常温度上昇時の発火危険性)
	冷却工程	○成型工程後、本工程で十分に冷却されない場合、後工程で発火危険性。
	搬送工程	○前工程での冷却不足、過熱物体による発熱・発火。 ○コンベア等の搬送設備の詰まりによって生じる摩擦熱からの発火。
	製品保管・貯蔵工程 ＜小規模施設＞ (保管箱) ＜大規模施設＞ (サイロ、ピット、原料ヤード等)	○製品の不適切な管理による発熱・水素発生の危険性。 (・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。)
	製品出荷・運搬	○製品運搬時における雨水浸入等による貯蔵時への影響(発熱・水素発生)
消費施設	製品受入・貯蔵工程	○製品の不適切な管理による発熱・水素発生の危険性。 (・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。)
	消費工程	○ボイラー等への投入時の逆火による投入経路・貯蔵製品への着火危険性
危険性評価		○熱的危険性 水添加無し:危険性レベル1 水添加有り:危険性レベル2 ○発生水素濃度 水添加無し:1%(危険性レベル2)(ホワイト)、0.5%(危険性レベル1)(パーク) 水添加有り:2%(危険性レベル2)(ホワイト)、0.5%(危険性レベル1)(パーク)

表5-1-2 再生資源燃料等の危険要因（下水汚泥燃料(造粒乾燥汚泥)）

工 程		危険要因
製造施設	原料受入・保管工程（サイロ、ピット、原料ヤード等）	（〇ガス（硫化水素）の発生。）
	原料破碎工程	
	造粒工程～乾燥工程	〇異常温度上昇時の危険性。 〇系内で粉塵の発生。 〇機器設備の腐食。
	粉碎工程	
	成型工程	
	冷却分離工程	〇系内で粉塵の発生。 〇機器設備の腐食
	搬送工程	<乾燥工程～冷却分離工程間の搬送工程> 〇コンベア等の搬送設備の詰まりによって生じる摩擦熱からの発火危険性。
	製品保管・貯蔵工程	〇製品の不適切な管理による危険性 （・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。）
	製品出荷・運搬	〇製品運搬時における雨水浸入等による貯蔵時の影響（発熱・水素発生）
消費施設	製品受入・貯蔵工程	〇製品の不適切な管理による危険性 （・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。）
	消費工程	〇ボイラー等への投入時の逆火による投入経路・貯蔵製品への着火危険性
危険性評価		〇熱的危険性 水添加無し：危険性レベル1 水添加有り：危険性レベル3 〇発生水素濃度 水添加無し：1%（危険性レベル2） 水添加有り：2%（危険性レベル2）

表5-1-3 再生資源燃料等の危険要因（下水污泥燃料（高温・低温炭化污泥））

工 程		危険要因
製造施設	原料受入・保管工程（サイロ、ピット、原料ヤード等）	（○ガス（硫化水素）の発生。）
	原料破碎工程	
	乾燥工程	○異常温度上昇時の危険性。 ○系内で粉塵の発生。 ○機器設備の腐食。
	粉碎工程	
	炭化工程	○異常温度上昇時の危険性。
	冷却工程	（○系内での粉塵の発生。）
	搬送工程	（○系内での粉塵の発生。） （○コンベア等の搬送設備の詰まりによって生じる摩擦熱からの発火危険性。）
	製品保管・貯蔵工程	○製品の不適切な管理による危険性 （・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。） （・高温炭化物は上記に加え、乾燥による自己発熱の危険性もある。）
	製品出荷・運搬	○製品運搬時における乾燥による自己発熱の危険性 ○製品運搬時における雨水浸入等による消費施設貯蔵時への影響（発熱・水素発生）
消費施設	製品受入・貯蔵工程	
	消費工程	
危険性評価		○熱的危険性 水添加無し：危険性レベル1 水添加有り：危険性レベル2（高温炭化）、危険性レベル3（低温炭化） ○発生水素濃度 水添加無し：0.5% ^{*1} （危険性レベル1） 水添加有り：4% ^{*1} （危険性レベル3） ^{*1} 水素検知管の特性よりCOガスとの干渉の可能性有

表5-1-4 再生資源燃料等の危険要因(下水汚泥燃料(油温減圧乾燥汚))

工 程		危険要因
製造 施設	原料受入・保管工程(サイロ、ピット、原料ヤード等)	(○ガス(硫化水素)の発生。)
	原料破碎工程	
	媒体油との混合加熱乾燥	○乾燥時の熱風。(異常反応時、異常温度上昇時の危険性) (粉塵発生の危険性低い。)
	粉碎工程	
	成型工程	
	遠心分離工程 ～冷却工程	媒体油への着火危険性等
	搬送工程	(・コンベア等の搬送設備の詰まりによって生じる摩擦熱からの発火危険性。)
	製品保管・貯蔵工程	○製品の不適切な管理による危険性 (・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。)
	製品出荷・運搬	○製品運搬時における雨水浸入等による貯蔵時への影響(発熱・水素発生)
消費 施設	製品受入・貯蔵工程	○製品の不適切な管理による危険性 (・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。)
	消費工程	○ボイラー等への投入時の逆火による投入経路・貯蔵製品への着火危険性
危険性評価		○熱的危険性 水添加無し:危険性レベル3 水添加有り:危険性レベル3 ○発生水素濃度 水添加無し:2% ^{*1} (危険性レベル2) 水添加有り:2% ^{*1} (危険性レベル2) ^{*1} 水素検知管の特性よりCOガスとの干渉の可能性有

表5-1-5 再生資源燃料等の危険要因（鶏糞）

工 程		危険要因
製造施設	原料受入・保管工程（サイロ、ピット、原料ヤード等）	
	原料破碎工程	
	乾燥工程（レイヤー鶏糞の場合）	○異常温度上昇時の危険性。 （ブロイラー糞の場合は、鶏舎内の管理等がなされているため、乾燥工程等なくとも、出荷時には含水率が50%以下である。しかし、レイヤー糞の場合は、含水率が高く（おおよそ60～80%）、鶏糞の乾燥工程等が必要となる。）
	粉碎工程	
	成型工程	
	冷却工程	
	搬送工程	
	製品保管・貯蔵工程	○製品の不適切な管理による危険性 （・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。）
	製品出荷・運搬	
消費施設	原料受入・貯蔵工程	○製品の不適切な管理による危険性 （・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。）
	消費工程	○ボイラー等の異常圧力温度上昇時の不適切な対応による火災等危険性。 ○燃焼ガス中の腐食性ガス（アンモニア、トリエチルアミン、硫化水素等）によるボイラ煙導管等の腐食。
危険性評価		○熱的危険性 水添加無し：危険性レベル2 水添加有り：危険性レベル3 ○発生水素濃度 水添加無し：1%（危険性レベル2） 水添加有り：0.5%（危険性レベル1）

5. 2 再生資源燃料等の安全対策

前項 5. 1 にて各種再生資源燃料等における危険要因等について記載した。また、再生資源燃料の性状等について、特別な危険性を有するものは見いだせなかった。これらを踏まえて、種々の実態も鑑みて、現行の R D F の関連基準（安全対策等）をベースに、必要とされる安全対策について検討した。以下にその安全対策について記載する。

（１） 製造時の安全対策

当該燃料の性状は、酸化反応や微生物発酵等を防止するために必要な性状管理を徹底する体制を確保することにより、発熱を防止する必要がある。

ア 水分量管理

水分量を当該各種燃料で推奨される含有率範囲の管理値に抑え、発熱等を防止する。

イ 壊れにくい形状の確保

崩れた形状の当該燃料等は表面積が大きくなり発熱・発火し易くなるため、壊れにくい形状を確保する。

ウ 可燃性ガス・可燃性微粉に対する措置

可燃性ガス・可燃性微粉が発生する場合、機器等を防爆仕様とする等の適正な措置を講じる。

エ 製造工程別における安全対策等

（ア）原料受入・保管工程

原材料については、長期間同じ状態での保管や集積は避ける。

（イ）原料破碎工程

磁選機等により、原料から金属等異物を除去。

（エ）乾燥工程

乾燥機等に温度測定装置を設置し、管理温度を超えたならば、熱風の供給を自動的に停止する等の措置を講じる。

（オ）成型工程

成型機に温度測定装置を設置し、管理温度を超えたならば、機器を自動的に停止する等の措置を講じる。

（カ）炭化工程

炭化炉に安全弁等を設置し、炉内圧上昇時は自動的に開放する等の措置を講じる。炉温を管理する。

（キ）冷却工程

冷却機のごみの滞留、堆積がないように定期的に清掃する。

冷却機内への製品の過充てん防止。

冷却機停止時には内部に製品を残さないことが必要である。

（ク）搬送工程

コンベアに詰まりがないか、コンベアの部品が接触していないかなど、コンベア

の作動状況を定期点検する必要がある。

業務終了後はコンベア上にごみを残さないようにする。

コンベア上で詰まりやすいと想定される箇所に、発熱や発火を早期に発見するための温度測定装置の設置、異常を監視するための措置を講じる。

(2) 当該燃料等保管時の安全対策

保管時に当該燃料等の発熱・可燃性ガスの発生を起こさないための、次の対策が必要である。

ア 高温状態での保管の禁止

製造後の当該燃料等について、十分に冷却した後保管する。

イ 一定規模以上の集積の制限

当該燃料等は、集積量が多くなる程発火危険性が高まることから、集積高さ等を制限することにより、発熱・発火しにくくするとともに、万が一、発熱・発火した場合においても消防活動が容易に行える集積量に制限する。

ウ 長期保管の回避

当該燃料等の長期保管を行わないとともに、定期的(少なくとも3箇月に1回以上)に保管場所からの全量の掻き出しを実施する。

エ 吸湿等防止

雨水の浸入を防止し、通気・換気等の確保により周囲環境と比較して高温多湿状態となることを防止する。

オ 可燃性ガス・可燃性微粉に対する措置

可燃性ガス・可燃性微粉の発生・滞留しやすい場所では、適正な換気等の措置を行う。

(3) 当該燃料等の異常の監視

当該燃料等の状態を監視し、異常発生時に直ちに対応を図るための体制を確保することが必要であり、貯蔵形態に応じ次のような対策を確保する必要がある。

ア 温度測定装置による温度の有効監視

発熱等の異常を早期に発見する。

イ 可燃性ガス測定装置による可燃性ガス監視

メタン、水素、一酸化炭素等の可燃性ガスの発生状況を有効に監視する。

(4) 保管施設等の事故発生時の安全対策

当該燃料等は、ひとたび発熱・発火すると、消火が非常に困難であることから、異常発熱時には貯蔵量等に応じ、次のような対策が迅速に図られる体制の確保が必要である。

ア 不活性ガス封入装置等の設置による貯蔵槽の不活性雰囲気確保

当該燃料等を貯蔵槽等で貯蔵している場合、発熱・発火した際に酸素濃度を低下させ

るため、不活性ガス雰囲気とするための装置を設備する。

イ 消火設備、連結散水設備等による冷却・消火

初期消火対策として、消火設備又は散水設備、あるいは大量放水を必要とする場合に備えて、消火設備等の補完設備として連結散水設備による対応を図る。

(5) 保管施設等の消防活動上の対策

事故発生時に迅速かつ容易に消火活動を行うことのできる貯蔵方式等とすることが必要である。

ア 効果的な消火対策の確保

消火水による消火方法が有効な当該燃料等を貯蔵している場合、消火水が貯蔵槽による保管等により十分に消火水がかかりにくい貯蔵形態であれば、例えば当該燃料等を水没させることができる構造等とする。

イ 当該燃料等の迅速な排出

貯蔵槽等での火災態様により、当該燃料等を迅速に取り出すことのできる構造とする。

(6) 日常の安全管理体制

上記(1)～(5)の安全対策のほか、日常の安全管理体制に係る対策の確保が必要である。

ア 安全管理要員の確保と教育・訓練

専従の安全管理要員を確保し、当該安全管理要員に安全教育と災害時の対応について教育・訓練を実施する。

イ 従業員等の安全管理教育・訓練の徹底

従業員についても専従の安全管理要員と同様に安全管理教育・訓練を実施する。

(7) 消防機関、第三者機関等による安全性の確認

当該燃料等関係施設の実態、貯蔵・取扱い方法等に応じたそれぞれの火災危険要因を関係者が事前に把握し、これに対応した安全対策を確保していくことが重要であり、この点について消防機関等も確認を行っていく必要がある。

なお、上記安全対策の他、その燃料の特有な性状に応じた安全対策を講じる必要がある。

5. 3 危険要因の把握と安全対策の考え方

第3章に記載しているとおり、今回、再生資源燃料等の危険性を評価するため、次のような各種性状確認試験等を実施した。

- ①熱分析 (TG-DTA)
- ②高感度熱量計 C80
- ③高感度熱量計 TAM-III
- ④SIT (自然発火温度測定装置)
- ⑤ワイヤーバスケット試験
- ⑥燃焼熱量、比熱、熱伝導度の測定
- ⑦フランク・カメンスキー式に基づく推定

(大量貯蔵時の発熱発火挙動の推定 (発熱開始温度の推定))

このような試験により、発熱量、水素発生量、蓄熱に関する発熱開始温度、並びに水との反応性等について確認することが可能であるという知見が得られた。

また、これらの試験結果から、RDF等既知の危険性レベルと比較検討し、各種再生資源燃料等物質そのものの危険性レベルを把握し、整理した。また、実態調査から得られた取扱い・貯蔵時の危険要因も把握し、これらの危険性に応じた安全対策を前項5-2に記載した。

これらを踏まえ、今回把握した当該燃料等以外の新たな再生資源燃料等が将来出現した場合は、同様の試験を実施し、その危険性を把握することにより、今回整理した物質と比較して、その性状に応じた必要な安全対策を把握することが可能になるものと考えられる。

以上のように、本手法を用いれば、性状に応じた必要な安全対策を含めた危険性の評価が可能になるものと考えられる。但し、実際は、貯蔵方法・取扱い状況・装置等により、危険性が変わるため、安全対策等については、十分に実態を把握して考える必要がある。

第6章 今後の課題

(1) 試験方法（水素濃度測定方法）について

水素濃度については、簡易計測方法であるガス検知管による濃度測定を実施した。しかし、サンプルによっては、CO ガスを発生するものもあり、その CO ガスとの干渉で正確な値が測定されなかった。このため、今後、ガスクロマトグラフ等を用いた測定が望まれる。

(2) 危険性評価手法について

第5章5. 3において、将来新たに出現する再生資源燃料等について、今回の試験装置等により、性状を把握できるとした。しかし、今後は、今回の試験装置等よりも、簡単な方法による精度の高い「危険性評価手法」について、更に検討する必要がある。

(3) 火災メカニズムの解明について

微小火源から発酵熱・反応熱の蓄熱等により、大きな火災に至るようなメカニズムの解明も必要である。

第7章 まとめ

本年度、再生資源燃料等について、当該燃料を製造し、取り扱う場合等における安全対策を確立するため、次のような事項について検討を実施した。

- ①再生資源燃料等の把握
- ②取扱い実態の把握
- ③性状の把握
- ④危険要因の把握
- ⑤安全対策の検討
- ⑥性状の確認方法の確立

その結果、次のような知見等が得られた。

- (1) 該当する燃料を絞り込み、当該燃料の製造施設・消費施設における各種工程・貯蔵形態等について、現地調査等を実施した。その結果、当初考えられていた危険性に対しては、それに応じた安全対策が各種施設・各種工程において実施されていた。

ただし、性状試験結果から数%の濃度ではあるが、水素ガスが発生する知見が得られている。それ故、一部の再生資源燃料施設では、取扱状況によっては（例えば、密閉度の高い貯蔵設備での貯蔵等）、その危険性（水素ガス等の発生）に応じた安全対策を施す必要がある。

- (2) 現地調査結果・性状試験結果等を参考にし、各種工程等（貯蔵含む）において考えられる危険要因を洗い出し、それに対応する安全対策を検討してこれを取り纏めた。

- (3) 再生資源燃料等の危険性を評価するため、各種性状確認試験等を実施した。

このような試験により、発熱量、水素発生量、蓄熱に関する発熱開始温度、並びに水との反応性等について確認することが可能であるという知見が得られた。

当該燃料について性状試験等の実施結果を踏まえ、従来からある再生資源燃料 R D F 等と比較し、その危険性がどのくらいのレベルにあるかを明確にし、性状に応じた必要な安全対策を含めた危険性の評価が可能になるものと考えられる。但し、実際は、貯蔵方法・取扱い状況・装置等により、危険性が変わるため、安全対策等については、十分に実態を把握して考えることが必要である。

- (4) 将来新たに出現する再生資源燃料等についても、今回の試験装置等により、性状を把握できるとした。しかし、今後は、今回の試験装置等を用いる方法よりも、簡単な方法による精度の高い「危険性評価手法」について、更に検討する必要がある。

参考資料 1 関連法令

消防法・火災予防条例（例）等（指定可燃物関係箇所抜粋）

消防法

第九条の三 危険物についてその危険性を勘案して政令で定める数量（以下「指定数量」という。）未満の危険物及びわら製品、木毛その他の物品で火災が発生した場合にその拡大が速やかであり、又は消火の活動が著しく困難となるものとして政令で定めるもの（以下「指定可燃物」という。）その他指定可燃物に類する物品の貯蔵及び取扱いの技術上の基準は、市町村条例でこれを定める。

2 指定数量未満の危険物及び指定可燃物その他指定可燃物に類する物品を貯蔵し、又は取り扱う場所の位置、構造及び設備の技術上の基準（第十七条第一項の消防用設備等の技術上の基準を除く。）は、市町村条例で定める。

危険物の規制に関する政令

（指定可燃物）

第一条の十二 [法第九条の三](#) の物品で政令で定めるものは、別表第四の品名欄に掲げる物品で、同表の数量欄に定める数量以上のものとする。

別表第四 （第一条の十二関係）

品名	数量
綿花類	キログラム二〇〇
木毛及びかんなくず	四〇〇
ぼろ及び紙くず	一、〇〇〇
糸類	一、〇〇〇
わら類	一、〇〇〇
<u>再生資源燃料</u>	<u>一、〇〇〇</u>
可燃性固体類	三、〇〇〇
石炭・木炭類	一〇、〇〇〇
可燃性液体類	立方メートル二

木材加工品及び木くず		一〇
合成樹脂類	発泡させたもの	二〇
	その他のもの	キログラム三、〇〇〇

備考

- 一 綿花類とは、不燃性又は難燃性でない綿状又はトップ状の繊維及び麻糸原料をいう。
- 二 ぼろ及び紙くずは、不燃性又は難燃性でないもの（動植物油がしみ込んでいる布又は紙及びこれらの製品を含む。）をいう。
- 三 糸類とは、不燃性又は難燃性でない糸（糸くずを含む。）及び繭をいう。
- 四 わら類とは、乾燥わら、乾燥藁及びこれらの製品並びに干し草をいう。

五 再生資源燃料とは、資源の有効な利用の促進に関する法律（平成三年法律第四十八号）

第二条第四項に規定する再生資源を原材料とする燃料をいう。

- 六 可燃性固体類とは、固体で、次のイ、ハ又はニのいずれかに該当するもの（一気圧において、温度二〇度を超え四〇度以下の間において液状となるもので、次のロ、ハ又はニのいずれかに該当するものを含む。）をいう。

イ 引火点が四〇度以上一〇〇度未満のもの

ロ 引火点が七〇度以上一〇〇度未満のもの

ハ 引火点が一〇〇度以上二〇〇度未満で、かつ、燃焼熱量が三四キロジュール毎グラム以上であるもの

ニ 引火点が二〇〇度以上で、かつ、燃焼熱量が三四キロジュール毎グラム以上であるもので、融点が一〇〇度未満のもの

七 石炭・木炭類には、コークス、粉状の石炭が水に懸濁しているもの、豆炭、練炭、石油コークス、活性炭及びこれらに類するものを含む。

八 可燃性液体類とは、法別表第一備考第十四号の総務省令で定める物品で液体であるもの、同表備考第十五号及び第十六号の総務省令で定める物品で一気圧において温度二〇度で液状であるもの、同表備考第十七号の総務省令で定めるところにより貯蔵保管されている動植物油で一気圧において温度二〇度で液状であるもの並びに引火性液体の性状を有する物品（一気圧において、温度二〇度で液状であるものに限る。）で一気圧において引火点が二五〇度以上のものをいう。

九 合成樹脂類とは、不燃性又は難燃性でない固体の合成樹脂製品、合成樹脂半製品、原料合成樹脂及び合成樹脂くず（不燃性又は難燃性でないゴム製品、ゴム半製品、原料ゴム及びゴムくずを含む。）をいい、合成樹脂の繊維、布、紙及び糸並びにこれらのぼろ

及びくずを除く。

火災予防条例（例）

（指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物の貯蔵及び取扱いの技術上の基準等）

第三十一条 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物の貯蔵及び取扱い並びに貯蔵し、又は取り扱う場所の位置、構造及び設備は、前条に定めるもののほか、次条から第三十一条の八までに定める技術上の基準によらなければならない。

第三十一条の二 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物の貯蔵及び取扱いのすべてに共通する技術上の基準は、次のとおりとする。

- 一 ためます又は油分離装置にたまつた危険物は、あふれないように随時くみ上げること。
- 二 危険物又は危険物のくず、かす等を廃棄する場合には、それらの性質に応じ、安全な場所において、他に危害又は損害を及ぼすおそれのない方法により行うこと。
- 三 危険物を貯蔵し、又は取り扱う場所では当該危険物の性質に応じ、遮光又は換気を行うこと。
- 四 危険物は、温度計、湿度計、圧力計その他の計器を監視して、当該危険物の性質に応じた適正な温度、湿度又は圧力を保つように貯蔵し、又は取り扱うこと。
- 五 危険物を貯蔵し、又は取り扱う場合においては、危険物の変質、異物の混入等により、当該危険物の危険性が増大しないように必要な措置を講ずること。
- 六 危険物が残存し、又は残存しているおそれがある設備、機械器具、容器等を修理する場合は、安全な場所において、危険物を完全に除去した後に行うこと。
- 七 可燃性の液体、可燃性の蒸気若しくは可燃性のガスが漏れ、若しくは滞留するおそれのある場所又は可燃性の微粉が著しく浮遊するおそれのある場所では、電線と電気器具とを完全に接続し、かつ、火花を発する機械器具、工具、履物等を使用しないこと。
- 八 危険物を保護液中に保存する場合は、当該危険物が保護液から露出しないようにすること。
- 九 接触又は混合により発火するおそれのある危険物と危険物その他の物品は、相互に近接して置かないこと。ただし、接触又は混合しないような措置を講じた場合は、この限りでない。
- 十 危険物を加熱し、又は乾燥する場合は、危険物の温度が局部的に上昇しない方法で行うこと。
- 十一 危険物を詰め替える場合は、防火上安全な場所で行うこと。
- 十二 吹付塗装作業は、防火上有効な隔壁で区画された場所等安全な場所で行うこと。
- 十三 焼入れ作業は、危険物が危険な温度に達しないようにして行うこと。
- 十四 染色又は洗浄の作業は、可燃性の蒸気の換気をよくして行うとともに、廃液をみだりに放置しないで安全に処置すること。
- 十五 バーナーを使用する場合には、バーナーの逆火を防ぎ、かつ、危険物があふれないようにすること。
- 十六 危険物を容器に収納し、又は詰め替える場合は、次によること。
 - イ 固体の危険物にあつては危険物の規制に関する規則（昭和三十四年総理府令第五十五号。以下「危険物規則」という。）別表第三、液体の危険物にあつては危険物規則別表第三の二の危険物の類別及び危険等級の別の項に掲げる危険物について、

これらの表において適応するものとされる内装容器（内装容器の容器の種類の項が空欄のものにあつては、外装容器）又はこれと同等以上であると認められる容器（以下この号において「内装容器等」という。）に適合する容器に収納し、又は詰め替えるとともに、温度変化等により危険物が漏れないように容器を密封して収納すること。

ロ イの内装容器等には、見やすい箇所に危険物規則第三十九条の三第二項から第六項までの規定の例による表示をすること。

十七 危険物を収納した容器を積み重ねて貯蔵する場合には、高さ三メートル（第四類の危険物のうち第三石油類及び第四石油類を収納した容器のみを積み重ねる場合にあっては、四メートル）を超えて積み重ねないこと。

2 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物を貯蔵し、又は取り扱う場所の位置、構造及び設備のすべてに共通する技術上の基準は、次のとおりとする。

一 危険物を貯蔵し、又は取り扱う場所には、見やすい箇所に危険物を貯蔵し、又は取り扱っている旨を表示した標識（危険物を貯蔵し、又は取り扱うタンクのうち車両に固定されたタンク（以下「移動タンク」という。）にあつては、〇・三メートル平方の地が黒色の板に黄色の反射塗料その他反射性を有する材料で「危」と表示した標識）並びに危険物の類、品名、最大数量及び移動タンク以外の場所にあつては防火に関し必要な事項を掲示した掲示板を設けること。

二 危険物を取り扱う機械器具その他の設備は、危険物の漏れ、あふれ又は飛散を防止することができる構造とすること。ただし、当該設備に危険物の漏れ、あふれ又は飛散による災害を防止するための附帯設備を設けたときは、この限りでない。

三 危険物を加熱し、若しくは冷却する設備又は危険物の取扱いに伴つて温度の変化が起こる設備には、温度測定装置を設けること。

四 危険物を加熱し、又は乾燥する設備は、直火を用いない構造とすること。ただし、当該設備が防火上安全な場所に設けられているとき、又は当該設備に火災を防止するための附帯設備を設けたときは、この限りでない。

五 危険物を加圧する設備又はその取り扱う危険物の圧力が上昇するおそれのある設備には、圧力計及び有効な安全装置を設けること。

六 引火性の熱媒体を使用する設備にあつては、その各部分を熱媒体又はその蒸気が漏れない構造とするとともに、当該設備に設ける安全装置は、熱媒体又はその蒸気を火災予防上安全な場所に導く構造とすること。

七 電気設備は、電気工作物に係る法令の規定の例によること。

八 危険物を取り扱うにあつて静電気が発生するおそれのある設備には、当該設備に蓄積される静電気を有効に除去する装置を設けること。

九 危険物を取り扱う配管は、次によること。

イ 配管は、その設置される条件及び使用される状況に照らして十分な強度を有するものとし、かつ、当該配管に係る最大常用圧力の一・五倍以上の圧力で水圧試験（水以外の不燃性の液体又は不燃性の気体を用いて行う試験を含む。）を行つたとき漏れいその他の異常がないものであること。

ロ 配管は、取り扱う危険物により容易に劣化するおそれのないものであること。

ハ 配管は、火災等による熱によつて容易に変形するおそれのないものであること。ただし、当該配管が地下その他の火災等による熱により悪影響を受けるおそれのない場所に設置される場合にあっては、この限りでない。

ニ 配管には、外面の腐食を防止するための措置を講ずること。ただし、当該配管が設置される条件の下で腐食するおそれのないものである場合にあっては、この限り

でない。

ホ 配管を地下に設置する場合には、配管の接合部分（溶接その他危険物の漏えいのおそれがないと認められる方法により接合されたものを除く。）について当該接合部分からの危険物の漏えいを点検することができる措置を講ずること。

ヘ 配管を地下に設置する場合には、その上部の地盤面にかかる重量が当該配管にかからないように保護すること。

第三十一条の三 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物を屋外において架台で貯蔵する場合には、高さ六メートルを超えて危険物を収納した容器を貯蔵してはならない。

2 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物を屋外において貯蔵し、又は取り扱う場所の位置、構造及び設備の技術上の基準は、次のとおりとする。

一 危険物を貯蔵し、又は取り扱う屋外の場所（移動タンクを除く。）の周囲には容器等の種類及び貯蔵し、又は取り扱う数量に応じ、次の表に掲げる幅の空地を保有するか、又は防火上有効な塀を設けること。ただし、開口部のない防火構造（建築基準法第二条第八号に規定する防火構造をいう。以下同じ。）の壁又は不燃材料で造った壁に面するときは、この限りでない。

容器等の種類	貯蔵し、又は取り扱う数量	空地の幅
タンク又は金属製容器	指定数量の二分の一以上指定数量未満	一メートル以上
その他の場合	指定数量の五分の一以上二分の一未満	一メートル以上
	指定数量の二分の一以上指定数量未満	二メートル以上

二 液状の危険物を取り扱う設備（タンクを除く。）には、その直下の地盤面の周囲に囲いを設け、又は危険物の流出防止にこれと同等以上の効果があると認められる措置を講ずるとともに、当該地盤面は、コンクリートその他危険物が浸透しない材料で覆い、かつ、適当な傾斜及びためます又は油分離装置を設けること。

三 危険物を収納した容器を架台で貯蔵する場合には、架台は不燃材料で堅固に造ること。

第三十一条の三の二 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物を屋内において貯蔵し、又は取り扱う場所の位置、構造及び設備の技術上の基準は、次のとおりとする。

一 壁、柱、床及び天井は、不燃材料で造られ、又は覆われたものであること。

二 窓及び出入口には、防火戸を設けること。

三 液状の危険物を貯蔵し、又は取り扱う床は、危険物が浸透しない構造とするとともに、適当な傾斜をつけ、かつ、ためますを設けること。

四 架台を設ける場合は、架台は不燃材料で堅固に造ること。

五 危険物を貯蔵し、又は取り扱うために必要な採光、照明及び換気の設備を設けること。

六 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が滞留するおそれのある場合は、その蒸気又は微粉を屋外の高所に排出する設備を設けること。

第三十一条の四 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物を貯蔵し、又は取り扱うタンク（地盤面下に埋没されているタンク（以下「地下タンク」という。）及び移動

タンクを除く。以下この条において同じ。) に危険物を収納する場合は、当該タンクの容量を超えてはならない。

2 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物を貯蔵し、又は取り扱うタンクの位置、構造及び設備の技術上の基準は、次のとおりとする。

一 その容量に応じ、次の表に掲げる厚さの鋼板又はこれと同等以上の機械的性質を有する材料で気密に造るとともに、圧力タンクを除くタンクにあつては水張試験において、圧力タンクにあつては最大常用圧力の一・五倍の圧力で十分間行う水圧試験において、それぞれ漏れ、又は変形しないものであること。ただし、固体の危険物を貯蔵し、又は取り扱うタンクにあつては、この限りでない。

タンクの容量	板 厚
四十リットル以下	一・〇ミリメートル以上
四十リットルを超え百リットル以下	一・二ミリメートル以上
百リットルを超え二百五十リットル以下	一・六ミリメートル以上
二百五十リットルを超え五百リットル以下	二・〇ミリメートル以上
五百リットルを超え千リットル以下	二・三ミリメートル以上
千リットルを超え二千リットル以下	二・六ミリメートル以上
二千リットルを超えるもの	三・二ミリメートル以上

二 地震等により容易に転倒又は落下しないように設けること。

三 外面には、さび止めのための措置を講ずること。ただし、アルミニウム合金、ステンレス鋼その他さびにくい材質で造られたタンクにあつては、この限りでない。

四 圧力タンクにあつては有効な安全装置を、圧力タンク以外のタンクにあつては有効な通気管又は通気口を設けること。

五 引火点が四十度未満の危険物を貯蔵し、又は取り扱う圧力タンク以外のタンクにあつては、通気管又は通気口に引火を防止するための措置を講ずること。

六 見やすい位置に危険物の量を自動的に表示する装置（ガラス管等を用いるものを除く。）を設けること。

七 注入口は、火災予防上支障のない場所に設けるとともに、当該注入口には弁又はふたを設けること。

八 タンクの配管には、タンク直近の容易に操作できる位置に開閉弁を設けること。

九 タンクの配管は、地震等により当該配管とタンクとの結合部分に損傷を与えないように設置すること。

十 液体の危険物のタンクの周囲には、危険物が漏れた場合にその流出を防止するための有効な措置を講ずること。

十一 屋外に設置するもので、タンクの底板を地盤面に接して設けるものにあつては、

底板の外面の腐食を防止するための措置を講ずること。

第三十一条の五 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物を貯蔵し、又は取り扱う地下タンクに危険物を収納する場合は、当該タンクの容量を超えてはならない。

2 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物を貯蔵し、又は取り扱う地下タンクの位置、構造及び設備の技術上の基準は、前条第二項第三号から第五号まで及び第七号の規定の例によるほか、次のとおりとする。

- 一 地盤面下に設けられたコンクリート造等のタンク室に設置し、又は危険物の漏れを防止することができる構造により地盤面下に設置すること。ただし、第四類の危険物のタンクで、その外面がアスファルトルーフィング、アスファルトプライマー、モルタル、エポキシ樹脂、タールエポキシ樹脂等により有効に保護されている場合又は腐食し難い材質で造られている場合にあつては、この限りでない。
- 二 自動車等による上部からの荷重を受けるおそれのあるタンクにあつては、当該タンクに直接荷重がかからないようにふたを設けること。
- 三 タンクは、堅固な基礎の上に固定されていること。
- 四 タンクは、厚さ三・二ミリメートル以上の鋼板又はこれと同等以上の強度を有する金属板若しくはこれと同等以上の性能を有するガラス繊維強化プラスチックで気密に造るとともに、圧力タンクを除くタンクにあつては七十キロパスカルの圧力で、圧力タンクにあつては最大常用圧力の一・五倍の圧力で、それぞれ十分間行う水圧試験において、漏れ、又は変形しないものであること。
- 五 危険物の量を自動的に表示する装置又は計量口を設けること。この場合において、計量口を設けるタンクについては、計量口の直下のタンクの底板にその損傷を防止するための措置を講ずること。
- 六 タンクの配管は、当該タンクの頂部に取り付けること。
- 七 タンクの周囲には、当該タンクからの液体の危険物の漏れを検査するための管を二箇所以上適当な位置に設けること。

第三十一条の六 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物を貯蔵し、又は取り扱う移動タンクの技術上の基準は、第三十一条の四第一項の規定の例によるほか、次のとおりとする。

- 一 タンクから危険物を貯蔵し、又は取り扱う他のタンクに液体の危険物を注入するときは、当該他のタンクの注入口にタンクの注入ホースを緊結するか、又は注入ホースの先端部に手動開閉装置を備えた注入ノズル（手動開閉装置を開放の状態で固定する装置を備えたものを除く。）により注入すること。
 - 二 タンクから液体の危険物を容器に詰め替えないこと。ただし、安全な注油に支障がない範囲の注油速度で前号に定める注入ノズルにより引火点が四十度以上の第四類の危険物を容器に詰め替える場合は、この限りでない。
 - 三 静電気による災害が発生するおそれのある液体の危険物をタンクに入れ、又はタンクから出すときは、当該タンクを有効に接地すること。
 - 四 静電気による災害が発生するおそれのある液体の危険物をタンクにその上部から注入するときは、注入管を用いるとともに、当該注入管の先端をタンクの底部に着けること。
- 2 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物を貯蔵し、又は取り扱う移動タンクの位置、構造及び設備の技術上の基準は、第三十一条の四第二項第三号の規定の例によるほか、次のとおりとする。

- 一 火災予防上安全な場所に常置すること。
- 二 タンクは、厚さ三・二ミリメートル以上の鋼板又はこれと同等以上の機械的性質を有する材料で気密に造るとともに、圧力タンクを除くタンクにあつては七十キロパスカルの圧力で、圧力タンクにあつては最大常用圧力の一・五倍の圧力で、それぞれ十分間行う水圧試験において、漏れ、又は変形しないものであること。
- 三 タンクは、Ｕ ボルト等で車両のシャーシフレーム又はこれに相当する部分に強固に固定すること。
- 四 常用圧力が二十キロパスカル以下のタンクにあつては二十キロパスカルを超え二十四キロパスカル以下の範囲の圧力で、常用圧力が二十キロパスカルを超えるタンクにあつては常用圧力の一・一倍以下の圧力で作動する安全装置を設けること。
- 五 タンクは、その内部に四千リットル以下ごとに完全な間仕切を厚さ三・二ミリメートル以上の鋼板又はこれと同等以上の機械的性質を有する材料で設けること。
- 六 前号の間仕切により仕切られた部分には、それぞれマンホール及び第四号に規定する安全装置を設けるとともに、当該間仕切により仕切られた部分の容量が二千リットル以上のものにあつては、厚さ一・六ミリメートル以上の鋼板又はこれと同等以上の機械的性質を有する材料で造られた防波板を設けること。
- 七 マンホール及び注入口のふたは、厚さ三・二ミリメートル以上の鋼板又はこれと同等以上の機械的性質を有する材料で造ること。
- 八 マンホール、注入口、安全装置等の附属装置がその上部に突出しているタンクには、当該タンクの転倒等による当該附属装置の損傷を防止するための防護枠を設けること。
- 九 タンクの下部に排出口を設ける場合は、当該タンクの排出口に、非常の場合に直ちに閉鎖することができる弁等を設けるとともに、その直近にその旨を表示し、かつ、外部からの衝撃による当該弁等の損傷を防止するための措置を講ずること。
- 十 タンクの配管は、先端部に弁等を設けること。
- 十一 タンク及び附属装置の電気設備で、可燃性の蒸気が滞留するおそれのある場所に設けるものは、可燃性の蒸気に引火しない構造とすること。

第三十一条の八 指定数量の五分の一以上指定数量未満の危険物を貯蔵し、又は取り扱うタンク、配管その他の設備は、第三十一条の二から第三十一条の六までの位置、構造及び設備の技術上の基準に適合するよう適正に維持管理されたものでなければならない。

（可燃性液体類等の貯蔵及び取扱いの技術上の基準等）

第三十三条 別表第八の品名欄に掲げる物品で同表の数量欄に定める数量以上のもの（以下「指定可燃物」という。）のうち可燃性固体類（同表備考第六号に規定する可燃性固体類をいう。以下同じ。）及び可燃性液体類（同表備考第八号に規定する可燃性液体類をいう。以下同じ。）並びに指定数量の五分の一以上指定数量未満の第四類の危険物のうち動植物油類（以下「可燃性液体類等」という。）の貯蔵及び取扱いは、次の各号に掲げる技術上の基準によらなければならない。

- 一 可燃性液体類等を容器に収納し、又は詰め替える場合は、次によること。
 - イ 可燃性固体類（別表第八備考第六号ニに該当するものを除く。）にあつては危険物規則別表第三の危険物の類別及び危険等級の別の第二類のⅢの項において、可燃性液体類及び指定数量の五分の一以上指定数量未満の第四類の危険物のうち動植物油類にあつては危険物規則別表第三の二の危険物の類別及び危険等級の別の第四類のⅢの項において、それぞれ適応するものとされる内装容器（内装容器の容器

の種類が空欄のものにあつては、外装容器）又はこれと同等以上であると認められる容器（以下この号において「内装容器等」という。）に適合する容器に収納し、又は詰め替えるとともに、温度変化等により可燃性液体類等が漏れないように容器を密封して収納すること。

ロ イの内装容器等には、見やすい箇所に可燃性液体類等の化学名又は通称名及び数量の表示並びに「火気厳禁」その他これと同一の意味を有する他の表示をすること。ただし、化粧品の内装容器等で最大容量が三百ミリリットル以下のものについては、この限りでない。

二 可燃性液体類等（別表第八備考第六号ニに該当するものを除く。）を収納した容器を積み重ねて貯蔵する場合には、高さ四メートルを超えて積み重ねないこと。

三 可燃性液体類等は、炎、火花若しくは高温体との接近又は過熱を避けるとともに、みだりに蒸気を発生させないこと。

四 前号の基準は、可燃性液体類等を貯蔵し、又は取り扱うにあつて、同号の基準によらないことが通常である場合においては、適用しない。この場合において、当該貯蔵又は取扱いについては、災害の発生を防止するため十分な措置を講ずること。

2 可燃性液体類等を貯蔵し、又は取り扱う場所の位置、構造及び設備は、次の各号に掲げる技術上の基準によらなければならない。

一 可燃性液体類等を貯蔵し、又は取り扱う屋外の場所の周囲には、可燃性固体類及び可燃性液体類（以下「可燃性固体類等」という。）にあつては容器等の種類及び可燃性固体類等の数量の倍数（貯蔵し、又は取り扱う可燃性固体類等の数量を別表第八に定める当該可燃性固体類等の数量で除して得た値をいう。以下この条において同じ。）に応じ次の表に掲げる幅の空地を、指定数量の五分の一以上指定数量未満の第四類の危険物のうち動植物油類にあつては一メートル以上の幅の空地をそれぞれ保有するか、又は防火上有効な塀を設けること。

容器等の種類	可燃性固体類等の数量の倍数	空地の幅
タンク又は金属製容器	一以上二十未満	一メートル以上
	二十以上二百未満	二メートル以上
	二百以上	三メートル以上
その他の場合	一以上二十未満	一メートル以上
	二十以上二百未満	三メートル以上
	二百以上	五メートル以上

二 別表第八で定める数量の二十倍以上の可燃性固体類等を屋内において貯蔵し、又は取り扱う場合は、壁、柱、床及び天井を不燃材料で造った室内において行うこと。ただし、その周囲に幅一メートル（別表第八で定める数量の二百倍以上の可燃性固体類等を貯蔵し、又は取り扱う場合は、三メートル）以上の空地を保有するか、又は防火上有効な隔壁を設けた建築物その他の工作物内にあつては、壁、柱、床及び天井を不燃材料で覆った室内において、貯蔵し、又は取り扱うことができる。

- 3 前二項に規定するもののほか、可燃性液体類等の貯蔵及び取扱い並びに貯蔵し、又は取り扱う場所の位置、構造及び設備の技術上の基準については、第三十条から第三十一条の八まで（第三十一条の二第一項第十六号及び第十七号、第三十一条の三第二項第一号並びに第三十一条の七を除く。）の規定を準用する。

（綿花類等の貯蔵及び取扱いの技術上の基準等）

第三十四条 指定可燃物のうち可燃性固体類等以外の指定可燃物（以下「綿花類等」という。）の貯蔵及び取扱いは、次の各号に掲げる技術上の基準によらなければならない。

- 一 綿花類等を貯蔵し、又は取り扱う場所においては、みだりに火気を使用しないこと。
- 二 綿花類等を貯蔵し、又は取り扱う場所においては、係員以外の者をみだりに出入りさせないこと。
- 三 綿花類等を貯蔵し、又は取り扱う場所においては、常に整理及び清掃を行うこと。
この場合において、危険物と区分して整理するとともに、綿花類等の性状等に応じ、地震等により容易に荷くずれ、落下、転倒又は飛散しないような措置を講ずること。
- 四 綿花類等のくず、かす等は、当該綿花類等の性質に応じ、一日一回以上安全な場所において廃棄し、その他適当な措置を講ずること。
- 五 再生資源燃料（別表第八備考第五号に規定する再生資源燃料をいう。以下同じ。）のうち、廃棄物固形化燃料その他の水分によつて発熱又は可燃性ガスの発生のおそれがあるもの（以下「廃棄物固形化燃料等」という。）を貯蔵し、又は取り扱う場合は、次によること。
 - イ 廃棄物固形化燃料等を貯蔵し、又は取り扱う場合は、適切な水分管理を行うこと。
 - ロ 廃棄物固形化燃料等を貯蔵する場合は、適切な温度に保持された廃棄物固形化燃料等に限って受け入れること。
 - ハ 三日を超えて集積する場合においては、発火の危険性を減じ、発火時においても速やかな拡大防止の措置を講じることができるよう五メートル以下の適切な集積高さとする。
 - ニ 廃棄物固形化燃料等を貯蔵する場合は、温度、可燃性ガス濃度の監視により廃棄物固形化燃料等の発熱の状況を常に監視すること。

- 2 綿花類等を貯蔵し、又は取り扱う場所の位置、構造及び設備は、次の各号に掲げる技術上の基準によらなければならない。

- 一 綿花類等を貯蔵し、又は取り扱う場所には、綿花類等を貯蔵し、又は取り扱っている旨を表示した標識並びに綿花類等の品名、最大数量及び防火に関し必要な事項を掲示した掲示板を設けること。
- 二 綿花類等のうち廃棄物固形化燃料等及び合成樹脂類（別表第八備考第九号に規定する合成樹脂類をいう。以下同じ。）以外のものを集積する場合には、一集積単位の面積が二百平方メートル以下になるように区分するとともに、集積単位相互間に次の表に掲げる距離を保つこと。ただし、廃棄物固形化燃料等以外の再生資源燃料及び石炭・木炭類（同表備考第七号に規定する石炭・木炭類をいう。）にあつては、温度計等により温度を監視するとともに、廃棄物固形化燃料等以外の再生資源燃料又は石炭・木炭類を適温に保つための散水設備等を設置した場合は、この限りでない。

区 分		距 離
(一)	面積が五十平方メートル以下の集積単位相互間	一メートル以上
(二)	面積が五十平方メートルを超え二百平方メートル以下の集積単位相互間	二メートル以上

三 綿花類等のうち合成樹脂類を貯蔵し、又は取り扱う場合は、次によること。

イ 集積する場合においては、一集積単位の面積が五百平方メートル以下になるように区分するとともに、集積単位相互間に次の表に掲げる距離を保つこと。ただし、火災の拡大又は延焼を防止するため散水設備を設置する等必要な措置を講じた場合は、この限りでない。

区 分		距 離
(一)	面積が百平方メートル以下の集積単位相互間	一メートル以上
(二)	面積が百平方メートルを超え三百平方メートル以下の集積単位相互間	二メートル以上
(三)	面積が三百平方メートルを超え五百平方メートル以下の集積単位相互間	三メートル以上

ロ 合成樹脂類を貯蔵し、又は取り扱う屋外の場所の周囲には、一メートル（別表第八で定める数量の二十倍以上の合成樹脂類を貯蔵し、又は取り扱う場合は、三メートル）以上の空地を保有するか、又は防火上有効な塀を設けること。ただし、開口部のない防火構造の壁又は不燃材料で造った壁に面するとき又は火災の延焼を防止するため水幕設備を設置する等必要な措置を講じた場合は、この限りでない。

ハ 屋内において貯蔵し、又は取り扱う場合は、貯蔵する場所と取り扱う場所の間及び異なる取扱いを行う場合の取り扱う場所相互の間を不燃性の材料を用いて区画すること。ただし、火災の延焼を防止するため水幕設備を設置する等必要な措置を講じた場合は、この限りでない。

ニ 別表第八に定める数量の百倍以上を屋内において貯蔵し、又は取り扱う場合は、壁及び天井を難燃材料（建築基準法施行令第一条第六号に規定する難燃材料をいう。）で仕上げた室内において行うこと。

四 廃棄物固形化燃料等を貯蔵し、又は取り扱う場所の位置、構造及び設備は、前号イ及びニの規定の例によるほか、次に掲げる技術上の基準によること。

イ 廃棄物固形化燃料等の発熱の状況を監視するための温度測定装置を設けること。

ロ 別表第八で定める数量の百倍以上の廃棄物固形化燃料等をタンクにおいて貯蔵する場合は、当該タンクは廃棄物固形化燃料等に発熱が生じた場合に廃棄物固形化燃料等を迅速に排出できる構造とすること。ただし、当該タンクに廃棄物固形化燃料等の発熱の拡大を防止するための散水設備又は不活性ガス封入設備を設置した場合はこの限りでない。

第三十四条の二 別表第八で定める数量の百倍以上の再生資源燃料（廃棄物固形化燃料等

に限る。）、可燃性固体類、可燃性液体類又は、合成樹脂類を貯蔵し、又は取り扱う場合は、当該貯蔵し、又は取り扱う場所における火災の危険要因を把握するとともに、前二条に定めるもののほか当該危険要因に応じた火災予防上有効な措置を講じなければならない。

（基準の特例）

第三十四条の三 この章（第三十条、第三十一条の七及び第三十二条を除く。以下同じ。）の規定は、指定数量未満の危険物及び指定可燃物の貯蔵及び取扱いについて、消防長（消防署長）が、その品名及び数量、貯蔵及び取扱いの方法並びに周囲の地形その他の状況等から判断して、この章の規定による貯蔵及び取扱い並びに貯蔵し、又は取り扱う場所の位置、構造及び設備の技術上の基準によらなくても、火災の発生及び延焼のおそれが著しく少なく、かつ、火災等の災害による被害を最少限度に止めることができると認めるとき、又は予想しない特殊の構造若しくは設備を用いることによりこの章の規定による貯蔵及び取扱い並びに貯蔵し、又は取り扱う場所の位置、構造及び設備の技術上の基準による場合と同等以上の効力があると認めるときにおいては、適用しない。

（指定数量未満の危険物等の貯蔵及び取扱いの届出等）

第四十六条 指定数量の五分の一以上（個人の住居で貯蔵し、又は取り扱う場合にあつては、指定数量の二分の一以上）指定数量未満の危険物及び別表第八で定める数量の五倍以上（再生資源燃料、可燃性固体類等及び合成樹脂類にあつては、同表で定める数量以上）の指定可燃物を貯蔵し、又は取り扱おうとする者は、あらかじめ、その旨を消防長（消防署長）に届け出なければならない。

2 前項の規定は、同項の貯蔵及び取扱を廃止する場合について準用する。

別表第八（第三十三条、第三十四条、第三十四条の二、第四十六条関係）

品 名	数 量
綿花類	キログラム 二〇〇
木毛及びかんなくず	四〇〇
ぼろ及び紙くず	一、〇〇〇
糸類	一、〇〇〇
わら類	一、〇〇〇
<u>再生資源燃料</u>	<u>一、〇〇〇</u>
可燃性固体類	三、〇〇〇
石炭・木炭類	一〇、〇〇〇
可燃性液体類	立方メートル 二
木材加工品及び木くず	一〇
発泡させたもの	二〇
合成樹脂類 その他のもの	キログラム 三、〇〇〇

備考

- 一 綿花類とは、不燃性又は難燃性でない綿状又はトップ状の繊維及び麻糸原料をいう。
- 二 ぼろ及び紙くずは、不燃性又は難燃性でないもの（動植物油がしみ込んでいる布又は紙及びこれらの製品を含む。）をいう。
- 三 糸類とは、不燃性又は難燃性でない糸（糸くずを含む。）及び繭をいう。
- 四 わら類とは、乾燥わら、乾燥藁及びこれらの製品並びに干し草をいう。

五 再生資源燃料とは、資源の有効な利用の促進に関する法律（平成三年法律第四十八号）第二条第四項に規定する再生資源を原材料とする燃料をいう。

- 六 可燃性固体類とは、固体で、次のイ、ハ又はニのいずれかに該当するもの（一気圧において、温度二十度を超え四十度以下の間において液状となるもので、次のロ、ハ又はニのいずれかに該当するものを含む。）をいう。
 - イ 引火点が四〇度以上一〇〇度未満のもの
 - ロ 引火点が七〇度以上一〇〇度未満のもの
 - ハ 引火点が一〇〇度以上二〇〇度未満で、かつ、燃焼熱量が三四キロジュール毎グラム以上であるもの
 - ニ 引火点が二〇〇度以上で、かつ、燃焼熱量が三四キロジュール毎グラム以上であるもので、融点が一〇〇度未満のもの
- 七 石炭・木炭類には、コークス、粉状の石炭が水に懸濁しているもの、豆炭、練炭、石油コークス、活性炭及びこれらに類するものを含む。
- 八 可燃性液体類とは、法別表備考第十四号の総務省令で定める物品で液体であるもの、同表備考第十五号及び第十六号の総務省令で定める物品で一気圧において温度二〇度で液状であるもの、同表備考第十七号の総務省令で定めるところにより貯蔵保管されている動植物油で一気圧において温度二〇度で液状であるもの並びに引火性液体の性状を有する物品（一気圧において、温度が二〇度で液状であるものに限る。）で一気圧において引火点が二五〇度以上のものをいう。
- 九 合成樹脂類とは、不燃性又は難燃性でない固体の合成樹脂製品、合成樹脂半製品、原料合成樹脂及び合成樹脂くず（不燃性又は難燃性でないゴム製品、ゴム半製品、原料ゴム及びくずを含む。）をいい、合成樹脂の繊維、布、紙及び糸並びにこれらのぼろ及びくずを除く。

資源の有効な利用の促進に関する法律

第一章 総則

(目的)

第一条 この法律は、主要な資源の大部分を輸入に依存している我が国において、近年の国民経済の発展に伴い、資源が大量に使用されていることにより、使用済物品等及び副産物が大量に発生し、その相当部分が廃棄されており、かつ、再生資源及び再生部品の相当部分が利用されずに廃棄されている状況にかんがみ、資源の有効な利用の確保を図るとともに、廃棄物の発生の抑制及び環境の保全に資するため、使用済物品等及び副産物の発生の抑制並びに再生資源及び再生部品の利用の促進に関する所要の措置を講ずることとし、もって国民経済の健全な発展に寄与することを目的とする。

(定義)

第二条 この法律において「使用済物品等」とは、一度使用され、又は使用されずに収集され、若しくは廃棄された物品（放射性物質及びこれによって汚染された物を除く。）をいう。

2 この法律において「副産物」とは、製品の製造、加工、修理若しくは販売、エネルギーの供給又は土木建築に関する工事（以下「建設工事」という。）に伴い副次的に得られた物品（放射性物質及びこれによって汚染された物を除く。）をいう。

3 この法律において「副産物の発生抑制等」とは、製品の製造又は加工に使用する原材料、部品その他の物品（エネルギーの使用の合理化に関する法律（昭和五十四年法律第四十九号）第二条第二項 に規定する燃料を除く。以下「原材料等」という。）の使用の合理化により当該原材料等の使用に係る副産物の発生の抑制を行うこと及び当該原材料等の使用に係る副産物の全部又は一部を再生資源として利用することを促進することをいう。

4 この法律において「再生資源」とは、使用済物品等又は副産物のうち有用なものであって、原材料として利用することができるもの又はその可能性のあるものをいう。

5 この法律において「再生部品」とは、使用済物品等のうち有用なものであって、部品その他製品の一部として利用することができるもの又はその可能性のあるものをいう。

6 この法律において「再資源化」とは、使用済物品等のうち有用なものの全部又は一部を再生資源又は再生部品として利用することができる状態にすることをいう。

参考資料２　ＲＤＦ／ＲＰＦ製造施設における危険要因と安全対策等
（「危険性評価方法」抜粋（（財）全国危険物安全協会））

RDF／RPF 製造施設における危険要因と安全対策等

1 原料ごみ受入・保管工程

原料ゴミの適正保管

<危険要因>

- 当該製品製造用に分別、搬入される原料ごみの性状の変動は、当該製品の製造過程での不安定要因となる。
- 原料ごみを大量に保管すると、蓄熱により、自然発火する危険性がある。
- 長期間同じ状態で保管しておくと、発酵や酸化反応により蓄熱が進み、発火する危険性がある。

<出火防止対策>

- 受入工程ではごみをよく攪拌し、できるだけ均一にしておく必要がある。
- ごみは小分けして保管し、かつ、長期間同じ状態での保管や集積は避けることが重要である。

<事故例>

- RPF 製造設備の屋内集積場の廃プラスチックが、蓄熱による自然発火を起こし、火災となった。
- RDF 製造設備の野積みのシュレッターダストが、自然発火により出火した。

<異常の早期発見と事故拡大防止>

- RDF や RPF 製造用の集積された原料ごみの火災予防のためには、発煙等の異常を早期に発見し、初期消火を行うことが重要である。このため、安全パトロールの頻度を決めて、定期的にごみの保管状態に異常がないかをチェックする必要がある。
- 原料ごみ保管場所に監視カメラを設置し、中央監視室、警備室でモニターできるようにすると良い。なお、夜間においても監視できることが望ましい。
- 集積された原料ごみの火災規模が大きくなると消火が困難になり、大量の消火用水が必要となる。このため集積・保管された原料ごみから出火した場合には、出火の初期段階で消火することが重要であり、ごみ集積・保管場所に消火用水や散水設備を設置しておくことが必要である。
- 火災発生時に確実に散水できるよう、散水設備は定期的に作動テストを実施する必要がある。

2 破碎工程

破碎機内での出火防止対策

<危険要因>

- 原料ごみの中に金属が混入していると、破碎機のロータリーとの金属同士の衝突の衝撃により火花が発生したり、金属が高温に過熱されるため、ごみが発火する危険性がある。
- 破碎機内に溶融した廃プラスチック等が付着していると、破碎機ローター部での摩擦熱により出火する危険性がある。

<出火防止対策>

- 破碎機入口付近に監視カメラを設置し、常に監視するとともに、原料ごみを破碎機に入れる前にごみに金属類が混入していないことを確認し、金属類が混入していた場合には除去する。
- 定期的に内部を清掃する必要がある。

<事故例>

- RDF 製造設備の粗破碎の工程で、廃プラスチックに混入していた電池等が破碎されて発熱し、周囲の原料を焼損させた。
- RDF 製造設備の破碎ローターに廃プラスチックが溶着し、破碎機マルチローター部との摩擦熱により廃プラスチックが着火して火災となった。

<異常の早期発見と事故拡大防止>

- 破碎機内で出火があった場合には、早期に発見し、火災の拡大を阻止することが重要である。このため、破碎機室内の出火を早期に発見するための火災報知器や温度測定装置を設置し、中央監視室、警備室に警報を発することが必要である。
- 初期消火のための散水設備を設置するとともに、散水設備は出火時に確実に作動するよう、定期的に作動テストを実施する必要がある。
- 破碎機内での爆発による被害を軽減するために、破碎機には爆風圧を逃す機能を備える必要がある。

3 乾燥工程

乾燥機内での出火防止対策

<危険要因>

- 原料ごみ乾燥には、熱風により行われるため、乾燥機並びに接続排気ダクト内にゴミやほこりが付着、堆積しやすく、これらが蓄熱により発火する可能性がある。
- 停電・無人時の一時的な操業停止時には、乾燥中のゴミが機内の余熱により発火する恐れがある。

<出火防止対策>

- 乾燥機並びに乾燥機に接続する排気ダクトの定期的な清掃を行い、ゴミやほこりが堆積しないようにする必要がある。
- 機内にゴミが残留しない構造とするか、ゴミが滞留しないような作業停止の手順を定めておく必要がある。

<事故例>

- 乾燥機から排気用サイクロン間のダクトに付着した綿ほこりが蓄熱し、発火した。
- 乾燥機上部にたまったほこりから発煙した。
- 乾燥機内部にゴミが滞留し、発煙した。
- RDF 製造設備の乾燥機内部の RDF が発災し、乾燥機本体及び接続ダクトの一部を焼損した。原因は、火種が乾燥機に残っていたものである。

乾燥機の温度管理

<危険要因>

- 乾燥時、熱風温度が異常に高いと乾燥機内のゴミから出火する危険性がある。

<出火防止対策>

- 乾燥機の管理温度を設定し、従業員に周知徹底するとともに、熱風供給装置の点検・整備基準を定め、定期点検・整備により乾燥機の健全性を確保することが重要である。
- 万一の異常に備えて、乾燥機に温度測定装置を設置し、管理温度を超えたならば、熱風の供給を自動的に停止することが必要である。

<事故例>

- RDF 製造設備の乾燥工程の熱風により微小火源を生じ、無炎燃焼を継続して出火した。
- 乾燥機内において過乾燥により発火した。

<異常の早期発見と事故拡大防止>

- 乾燥機内での燻りに備えて、一酸化炭素濃度測定装置を設置する。
- 乾燥機内で万一出火した場合には、早期に発見し、事故の拡大を防止することが重要である。火災を早期に発見するために乾燥機室内に火災報知器を設置し、中央監視室、警備室に警報を発することが必要である。
- 散水設備を設置し、温度異常上昇時に、火災報知器と連動して自動散水できることが望ましい。なお、散水設備は定期的に作動確認を実施する必要がある。

4 成形工程

成型機の出火防止対策

<危険要因>

- 成形機内でごみが詰まると、摩擦熱によりごみが高温となり、出火する危険性がある。
- 成形機の出口温度は約 80～90℃であり、成形機出口温度が異常に高い場合には、次の工程である乾燥工程あるいは冷却工程において、余熱により発火する可能性がある。

<出火防止対策>

- 成形機稼動開始前にはごみがないことを確認するとともに、適切に清掃する等、日常の設備管理が重要である。

<事故例>

- RDF 成形工程において、詰まった RDF が摩擦熱により高温となり発火し、焦げた RDF が冷却工程に搬送され、フィルターに着火した。さらに冷却工程の RDF に延焼拡大し、冷却器、集塵機、ダクトを焼損した。
- RDF 成形機内の摩擦熱により、原料のごみ類（壤等）から出火した。
- RDF 製造設備で原料に混入していた鉄屑が成形機との摩擦で発熱し、そのまま山積みされたため、燥焼燃焼を継続し、発炎した。

<異常の早期発見と事故拡大防止>

- 成形機出口に温度測定装置や一酸化炭素濃度測定装置を設置し、異常を検知したならば中央監視室に警報を発するとともに、設備の自動停止並びに自動散水することが必要である。なお、散水設備は定期的に作動確認を実施する必要がある。
- 成形機作業室内に煙や熱の感知器を設置し、燻焼等の発生を早期に発見する必要がある。

<事故例>

- RDF 固形燃料を製造するのに成形機に乾燥ごみを投入し、それを圧縮して押し出す際の熱により火の粉が発生し、その火の粉がダクトを経て集塵機に入り出火した。成形機が乾燥ごみを押し出す時の運転温度は、120℃から 150℃である。この温度を超えた場合は、温度センサーによって乾燥ごみ全体に自動散水することになっているが、温度センサーは成形機押し出し部にあり、散水設備は乾燥ごみの投入口にあったため、押し出される乾燥ごみが十分に冷却されず着火した。
- RDF 製造設備において廃プラスチックのごみが熱で長時間にわたり加熱されて劣化し、自然発火して成形機出口の蛇腹ダクトを焼損した。

5 冷却工程

冷却機の出火防止対策

<危険要因>

- 成形・乾燥された製品は、冷却機で送風により冷却される。冷却機内に製品が過充填されると、風が十分に行き渡らず、冷却能力が不足し、蓄熱により発火する危険性がある。
- 高温状態の製品を冷却機内に残したまま冷却機を停止して放置すると、蓄熱により発火する危険性がある。

<出火防止対策>

- 冷却機のごみの滞留、堆積がないように定期的に清掃する。
- 冷却機内への製品の過充てん防止。
- 冷却機停止時には内部に製品を残さないことが必要である。

<事故例>

- RDF 製造業の冷却装置内で、堆積した高温のごみ固形化燃料が蓄熱発火し、当該装置内上部のごみ固形化燃料を焼損した。原因は、冷却装置内に高温状態の固形化燃料が堆積した状態でゴミ固形燃料化の製造を停止したため、連動して当該冷却装置のファンも停止し、冷却装置内に堆積した固形化燃料が蓄熱発火したものである。出火時は、場内は無人数であり、自動火災報知設備の作動信号を受信した警備会社が 119 番通報した。なお、冷却装置の自動消火設備は、設定温度に達していなかったので作動しなかった。
- RDF 成型工程の乾燥機で、過熱乾燥されて発火したごみが、製造過程で固形燃料に混じり、成形品冷却機内部で無炎燃焼を継続し、約 5 時間 30 分後に出火した。
- RDF 冷却機内で運転停止の約 6 時間後に出火し、冷却機及び付近の蛍光灯等を焼損した。原因は、加熱乾燥されたごみが、余熱により成形品冷却機内部で着火し、出火したものである。

<異常の早期発見と事故拡大防止>

- 冷却機内で万一出火した場合には、早期に発見し、事故の拡大を阻止することが重要である。このため、異常の早期発見のために冷却機室内に火災報知器を設置し、中央監視室に警報を発することが必要である。
- 散水設備を設置し、火災報知器と連動して自動散水できることが望ましい。なお、散水設備は定期的に作動確認を実施する必要がある。

6 製品保管・貯蔵工程

RDF/RPF の適正保管

<危険要因>

- 製造工程からの製品を高温のまま保管・貯蔵すると発熱・発火する危険性がある
- 当該製品は集積量が多くなる程、発熱・発火危険性が高くなる。
- 当該製品は長期間保管すると蓄熱による発熱・発火の危険性が増大する。

<出火防止対策>

- 冷却工程からの製品は大気温度と同程度に冷却した後に受け入れて保管。貯蔵する必要がある。
- RDF/RPF 製品集積高さを制限し、発熱・発火しにくくすることが必要である。このため3日を超えて貯蔵する場合に、5m以下の集積高さとする。万一、発熱・発火した場合においても消防活動が容易に行える集積量とする。
- RDF/RPF は、長期間の保管を行わないとともに、定期的（少なくとも3ヶ月に1回以上）に保管場所からの全量の掻き出しを実施する必要がある。

<事故例>

- RDF 成形テストを実施後、高温の RDF を冷却せずにフレコンバックに収納したため、保管していた RDF 成形テスト品が発煙した。
- RPF 製造設備完成試運転時に製品を冷却せずに収納したため、RPF 貯蔵場所で燦焼があった。
- 屋外のピットに冷却不十分なまま野積みされた RPF が蓄熱を続けた結果出火し、建物の外壁と建物内にあった破碎機等を焼損した。

水分量・形状の管理

<危険要因>

- RDF の水分量は10%を超えると発火しやすくなる。
- 壊れた形状の RDF は表面積が大きくなり、発熱・発火しやすくなる。

<出火防止対策>

- RDF は水分量10%以下のできる限り低い管理値を設定し、発熱を防止する。
- RDF 製造に当たっては壊れにくい形状を確保するとともに、製造工程から保管場所に受け入れる際には、形状のチェックを行う必要がある。
- 保管・貯蔵はできるだけ屋内とし、雨水等の浸入を防止し、通気・換気等の確保により周囲環境と比較して高温多湿状態となることを防止する。

<異常の早期発見と事故拡大防止>

- RDF/RPF 製品の保管状態を監視し、異常発生時には直ちに初動体制を確保することが必要である。
- 発熱などの異常を早期に発見するためには、温度測定装置の設置、また、発酵によるメタン、水素、一酸化炭素等の可燃性ガスの発生状況を有効に監視するためには、可

燃性ガス測定装置による監視も必要である。なお、屋外に保管する場合には監視カメラを設置し、昼夜監視する体制をとる。

○RDF／RPF は、ひとたび発熱・発火すると、消火が非常に困難である。このため、RDF／RPF を貯蔵槽などで貯蔵する場合、発熱・発火した際に不活性ガス雰囲気とするよう不活性ガス封入装置等を設置することが必要である。

○発火時の初期消火対策として、消火設備又は散水設備を設置するほか、消火設備の補完設備として連結散水設備を設置し、大量放水を必要とする場合に備えることも必要である。なお、これらの消火設備は定期的に作動確認を実施する必要がある。

7 搬送工程

コンベアの出火防止対策

<危険要因>

- コンベアなどの搬送設備に詰まりが生じると、摩擦熱により発火する危険性がある。
- 一日の業務終了後にごみをコンベア上に残したままにすると、ごみの蓄熱による発火の可能性がある。
- コンベア設備自体の出火・延焼拡大防止対策も重要。

<出火防止対策>

- コンベアに詰まりがないか、コンベアの部品が接触していないかなど、コンベアの作動状況を定期的にチェックする必要がある。
- 一日の業務終了後はコンベア上にごみを残さないようにする。
- コンベア設備自体の出火・延焼拡大防止対策も重要である。コンベアベルトの材質は、難燃性とするほか、日常管理として、発熱を伴う部位に可燃物の堆積がないように清掃を励行することが必要である。

<事故例>

- RDF 製造設備のベルトコンベア駆動軸の摩擦熱により出火した。

<異常の早期発見と事故拡大防止>

- コンベア上で詰まりやすいと想定される箇所に、発熱や発火を早期に発見するための温度測定装置や詰まりなどの異常を監視するための監視カメラを設置することが望ましい。
- 散水設備を設置し、異常発生時には速やかに散水できるようにする必要がある。なお、散水設備は定期的に作動確認を実施する必要がある。

<事故例>

- RDF 製造工程の成形機から冷却器までのコンベア上において、冷却不良により、製品が出火した。
- RDF 粉砕機により粉砕された、金属塊が、高熱化し、出火した。これにより、ベルトコンベアスカートが損傷した。事後対策として、コンベアスカートを不燃材に変更した。

参考資料 3 参考文献等

参考資料 3－1 下水汚泥燃料について

(日本下水道事業団殿ご提供資料)

1. 下水汚泥燃料化技術の種類

下水汚泥から製造される燃料化技術は大きく以下の3形態に分類される

1.1. 造粒乾燥システム

含水率約80%の脱水汚泥に熱を加え水分を蒸発させる。造粒乾燥物は乾燥の前処理に造粒装置を配し粒径のある乾燥物を製造する。

1.2. 炭化システム

含水率約80%の脱水汚泥を乾燥し、乾燥物を炭化（酸素の少ない環境で熱処理）する。炭化温度は高温炭化物で800℃以上、低温炭化物は500℃以下で炭化する。

1.3. 油温減圧乾燥システム

下水汚泥を廃食用油を熱媒体として混合加熱し、汚泥中の水分を蒸発乾燥する。

2. 下水汚泥燃料の物性

2.1. 造粒乾燥物

- 粒径約3mm、含水率約8%の乾燥物である。
- 発熱量 15～19MJ/kg(4000kcal/kg)

2.2. 高温炭化物（炭化温度800℃以上）

- 元来、緑農地利用、吸着材利用も目的に開発された炭化物
- 黒色、無臭、粒径約1～5mm、含水率5%
- 発熱量 10～15MJ/kg(3000kcal/kg)

2.3. 低温炭化物（炭化温度500℃以下）

- 燃料用に開発された炭化物
- 黒色、粒径1～5mm、
- 発熱量 14～20MJ/kg(3500～4000kcal/kg)

2.4. 油温減圧乾燥物

- 緑農地利用、燃料用に開発された
- 含水率約3%、含油率約36%
- 発熱量 23～25MJ/kg(4000～4500kcal/kg)

3. 下水汚泥燃料の発熱特性

- 造粒乾燥物
- 発熱原理 水分による発酵発熱

- 発火温度 400℃以上
- 自己発熱試験（国連勧告試験法「クラス 4.2（b）自己発熱物質」140℃高温槽 20 時間以上 結果 148℃
- 発酵温度測定試験（嫌気発酵：窒素置換）
- 水分 0～20％ 室内温度 30 度 結果 温度上昇なし

3.1. 炭化物

- 発熱原理 空気酸化による自己発熱
- 発火温度 200～350℃ 炭化温度が高くなるほど発火温度は高い
- H/C（原子数比） 0.1～0.6 炭化温度が高くなるほど H/C は低い
- 自己発熱特性 炭化温度が高くなるほど自己発熱特性は小さい
- 精錬度 高温炭化は 0.1 以下 炭化温度が高くなるほど小さい

3.2. 油温減圧乾燥物

- 発熱原理 廃食油の自己発熱
- 発火温度 約 350℃
- 自己発熱特性 結果 165℃
- 発酵性試験 結果 発酵性なし

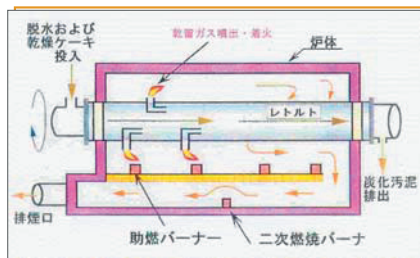
以上

平成18年6月16日
日本下水道事業団

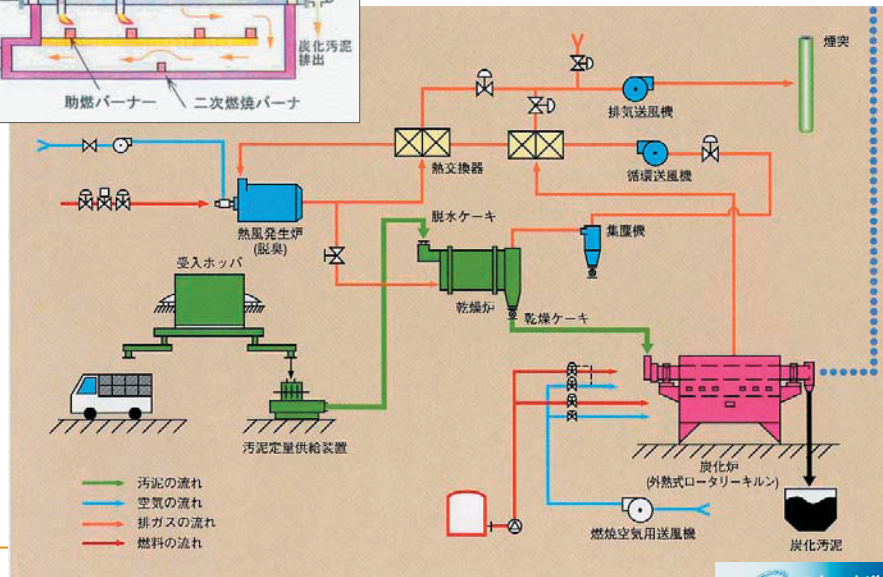
【汚泥燃料の安全性確認試験(案)一覧】

	試験名称	規格	目的	炭化(高温) 実施状況	炭化(低温) 実施状況	造粒乾燥 実施状況	油温減圧 乾燥 実施状況	RDF 事故委員 会	備考
1	工業分析	JIS M8812	燃料特性把握	○	○	○	○	○	
2	元素分析	JIS M8813・8819	燃料特性把握	○	○	○	○	○	
3	精練度	木炭精練度計	炭化進行度(簡易分析)	○	○	—	—	—	
4	自己発熱性試験 (ワイヤーバスケット試験)	国連勧告クラス4.2(b)	蓄熱状況の検討	○	○	○	○	○	ワイヤーバスケットの寸法の違いによる発熱温度測定
5	発火点試験	JIS K1474 4.8	発火危険性の検討	○	○	○	○	○	
6	発酵試験 (嫌気性発酵試験)	RDF委員会	発熱原因(メカニズム)の解明			○	—	○	
8	微生物存在確認試験	RDF委員会	発熱メカニズムの解明(発酵有無の確)			—	—	○	
9	吸湿性試験		初期発熱挙動の検討			○	—	○	
10	示差熱天秤(TG-DTA試験)		物質の熱特性把握	○	○	○	○	○	
16	自然発火性試験 (SITによる断熱試験)	消防研究所	蓄熱状況の検討			—	○		Spontaneous Ignition Tester (株)島津製作所製)

○:実施済 —:未実施

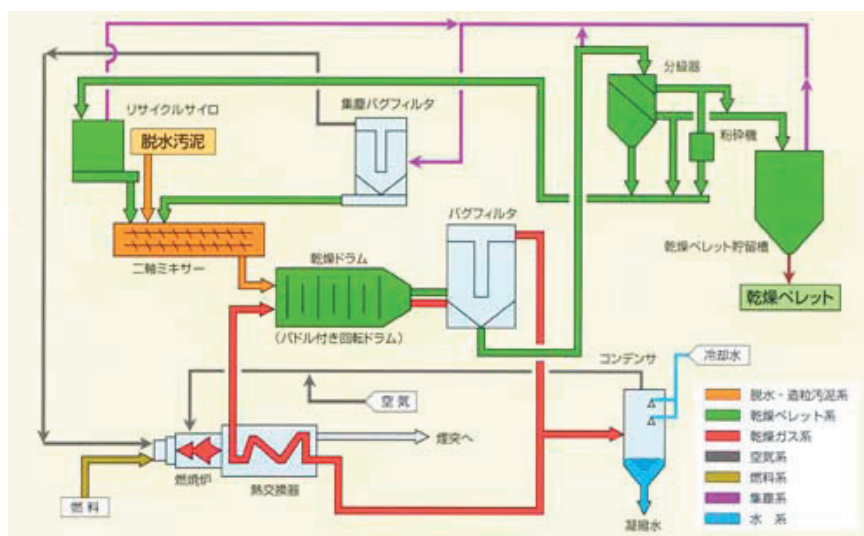


炭化システムフロー (高温、低温)



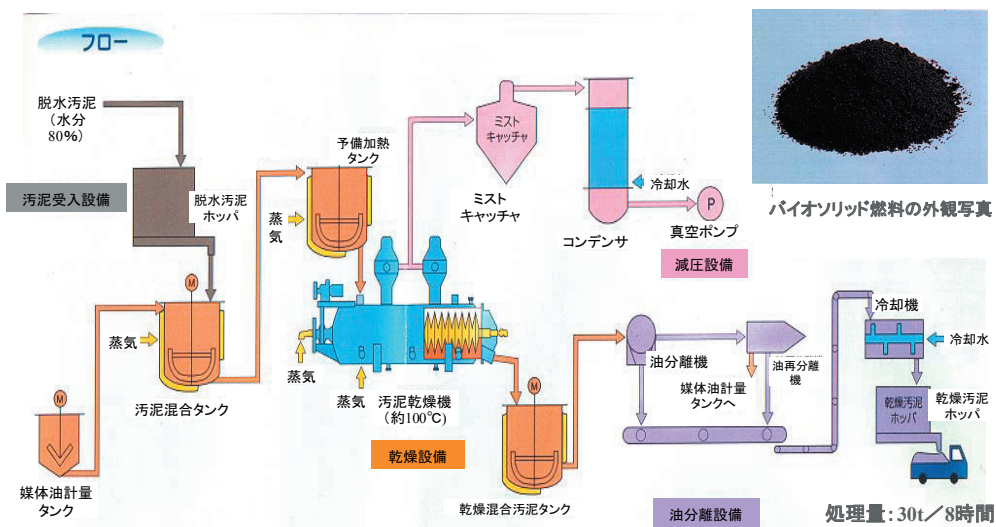
日本下水道事業団
技術開発部

造粒乾燥システム(従来)

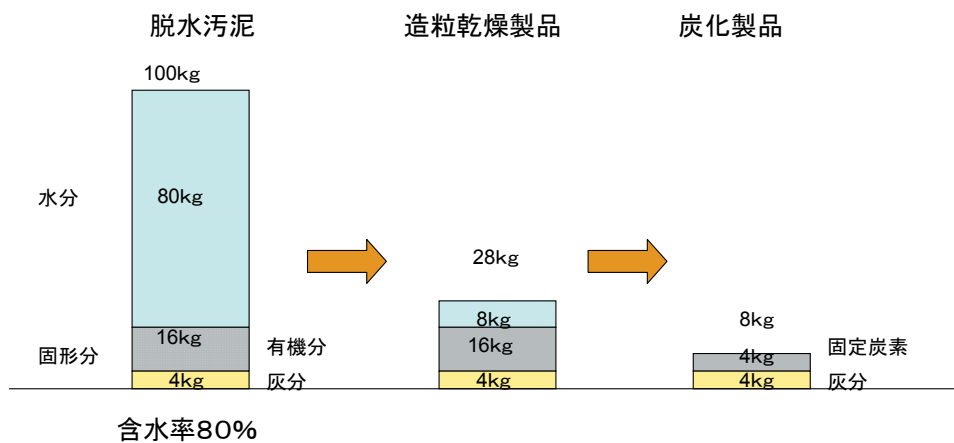


日本下水道事業団
技術開発部

油温減圧乾燥システム



バイオマス燃料の状態変化



製品特性の比較

	乾燥			炭化		焼却
	造粒乾燥 (従来)	造粒乾燥 (改良)	油温乾燥	高温	低温	
熱量 (MJ/kg)	15～19	15～19	23～25	10～15	14～20	0
比重	約 0.6	約 0.6	約 0.6	約 0.4	約 0.5	約 0.4
減容率 (脱水汚泥 比)	1/4～5	1/4～5	1/3～4	1/10	1/10	1/10～15
臭気	乾燥臭	改質	乾燥・油 臭	なし	タール臭	なし
発熱特性 (有姿)	発酵	発酵	自己発熱	自己発熱 (小)	自己発熱 (大)	なし

参考資料３－２ 木質ペレット利用推進対策事業報告書抜粋
(平成 18 年 3 月 (財) 日本住宅木材技術センター)

木質ペレットの概要

3.1.1 事業所の立地

我が国におけるペレット生産事業所は、平成 17 年 12 月末で 20 か所を数えている。今回の調査対象は、このうち、18 事業所である（1 事業所は、郵送によるアンケート調査のみ）。（調査票：別添資料参照）。

調査事業所の地域別内訳は表 1-3-1 のとおりで、北海道・東北、北陸・甲信越等の寒冷・多雪地帯に多く立地していることが読みとれる。

表 1-3-1 地域別調査事業所数

地 域	事業所数	所 在 県
北海道・東北	7	北海道 2、岩手 3、山形 2
北陸・甲信越	4	福島 1、福井 2、長野 1
関東	2	埼玉 1、東京 1
東海・近畿	3	静岡 1、愛知 1、大阪 1
中国・四国	2	岡山 1、高知 1
計	18	

注：平成 17 年末時点で稼働している事業所が、この他に長野県、山口県に各 1 事業所を確認している。

3.4 生産実態

3.4.1 生産実績と今後の見通し

調査結果によるペレットの年間生産量は、平成 15 年を 100 とすると、16 年が 154 で、17 年見込みが 365 と着実に伸びていることが知られる（表 1-3-6）。また、1 事業所当たりの生産量も、それぞれ、237 ton、281 ton、480 ton、そして、将来見込みは約 1,700 ton となっている。これは、現状（17 年）に対して生産目標は約 3.5 倍強である。なお、別項でも述べるが、現状設備でも、仮にフル操業すれば 20,000 ton 程度の生産が可能であると思われる。したがって、このことからいえば、現実の稼働はかなり低いといってよい。この要因は、機械設備の性能もさることながら、需要の季節変動が大きいこともあって、目標とする生産量の確保が難しいことによるものと考えられる。

表 1-3-6 ペレットの生産実績

（単位:ton）

生産実績	15 年	16 年	17 年	将来目標	摘 要
総 量	2,365	3,653	8,634	30,000	H17 年は、調査時点での見込み生産量
15 年対比	100	154	365	12,685	
事業所数	10	13	18	18	
平均生産量	237	281	480	1,666	

また、これを生産規模別事業所数で示したのが表 1-3-7 であり、平成 15 年では 100 ton 未満層に約半数あったものが、平成 17 年では、100～500 ton 未満層が約半数を占め、規模の拡大がみられる。

表 1-3-7 生産規模別事業所数

規模（単位 ton）	15 年	16 年	17 年
1～50 未満	3	1	1
50～100 未満	3	4	3
100～500 未満	2	6	7
500～1000 未満	1	1	4
1000 以上	1	1	3
計	11	13	18

3.4.2 ペレットの種類

ペレット燃料の生産実績については、前項で（3.4.1）で述べたが、これを、種類別に示したのが表 1-3-8 である。パークが 21%、全木 37%に対して、ホワイトペレットが 42%と半数近くを占めている。なお、ホワイトペレットについては、その生産事業所の原料事情や今後の取り組みからみて、さらに、その生産量は、量・比率ともに伸びるものと考えられる。

3.4.3 ペレットの性状

(1) ペレットの形状

各事業所のペレット製造上の設定径は 6.0 mm がほとんどだが、最大は 8.0 mm であった（表 1-3-9）。8.0 mm はいずれもボイラ向けであったが、使用者からは 6.0 mm の方が、燃焼がスムーズであるという声も聞かれた。現実には、調査時点では 8.0 mm であったものを後に 6.0 mm に変更している事業所の存在もある。

また、設定長さは、15～20 mm が最も多く、最大 30 mm であった（表 1-3-10）。ただし、実際の寸法はかなりばらついているのが実態で、ストーブ用に限定すれば、実際の長さが 10～15 mm にそろっているのが望ましいとする意見があった。

表 1-3-8 ペレットの種類別生産量(平成17年見込み)

ペレットの種類	数量 (ton)	構成比 (%)	関連事業所 数
バーク	1,836	21	2
全木	3,211	37	8
ホワイト	3,587	42	10
合 計	8,634	100	18

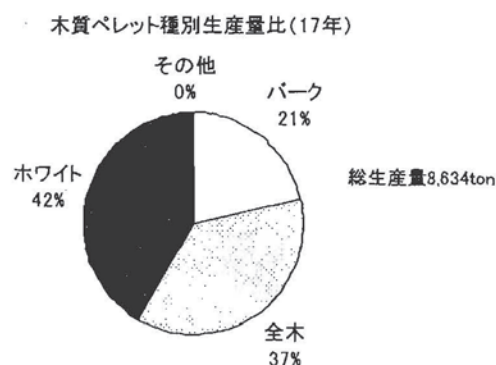


表 1-3-9 ペレットの設定径

ペレットの径	6.0 mm	6.4 mm	6.5 mm	8.0 mm	計
事業所数	14	1	2	2	19

注：1 事業所複数回答

表 1-3-10 ペレットの設定長さ

ペレットの長さ	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	計
事業所数	1	7	7	3	1	19

注：1 事業所複数回答

(2) ペレットの物性、化学的組成

1) ペレットの成分分析の有無と資料提供

各事業所では、製造するペレットの成分分析を行っているものも多く、そのデータ提供を可能としているものも少なくない。すなわち、「分析資料あり」が 14、「なし」が 4 で、14 事業所のうち、資料提供可能が 11 であった。実際に 10 事業所から 20 件の資料提供を受けた。(別途保管)

2) 品質基準書

製造管理上「分析資料あり」とする 14 事業所でも、「品質基準あり」とする回答は 2 事業所にとどまっている。基準がない理由は、事業としてスタートしたばかりであり、

データが不足であること。また、経験のある事業所では、書面にした基準がなくとも、実質的に安定した製造ができており、経験則で十分という認識があるようである。なお、現在はないが準備中とする回答もあった。

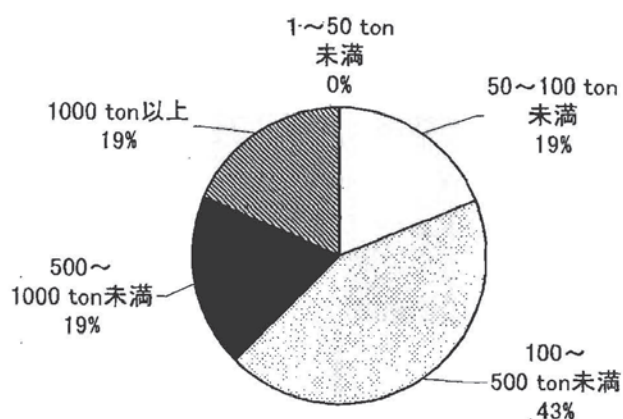
3.7.1 販売実績

製品の販売実績を表 1-3-19 及び図に示した。販売数量は、ほぼ生産額と近似しているが、2 事業所がすべて自家用としていることもあって若干生産量を下回っている。

表 1-3-19 ペレット販売量

区 分	15 年	16 年	17 年	備 考
販売量 (ton)	2,112	3,416	8,272	17 年は見込み
事業所数	10	12	16	
1 事業所当たり (ton)	211	285	517	

ペレットの販売量規模別事業所数(17年度見込み)



3.7.2 仕向け先

今回は、ストーブ用ペレットについて、その販売圏及び仕向け先別の調査を行った。ただし、有効回答が少なく、十分なデータは得られなかったが、およその傾向は把握することができた (図 1-3-1、1-3-2)。

販売先件数の構成率のうち、もっとも多いのが一般家庭用で 35%を占めている。公的施設である官公庁と学校等教育施設を合わせると約 20%、それに、事務所等居室が約 10%となっている。詳細は別項で述べる。

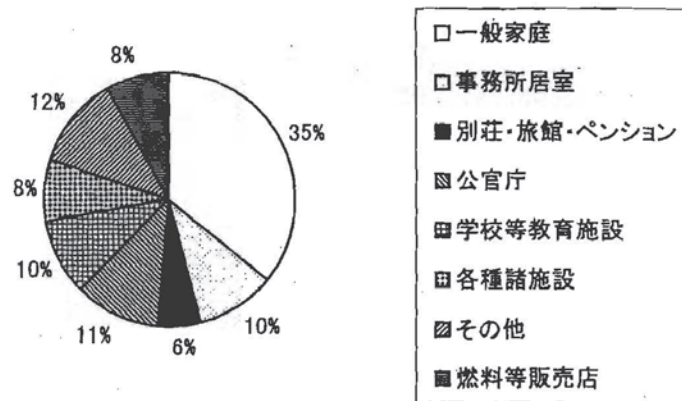


図 1-3-1 ストープの販売先構成(件数比)

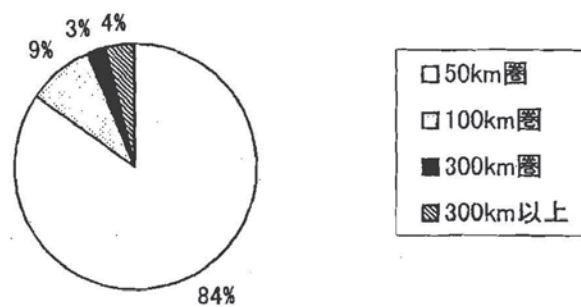


図 1-3-2 販売圏別構成(件数比)

次に、流通圏をみると、原料と同様に、50 km圏が 84%と圧倒的に多い。すなわち、ボイラはともかくとして、ストーブについては、地産地消の傾向が濃厚であるといえよう。

なお、ボイラ用とストーブ用の販売比率は、推定を含むが、前者が 80%弱で、後者が 20%強である。

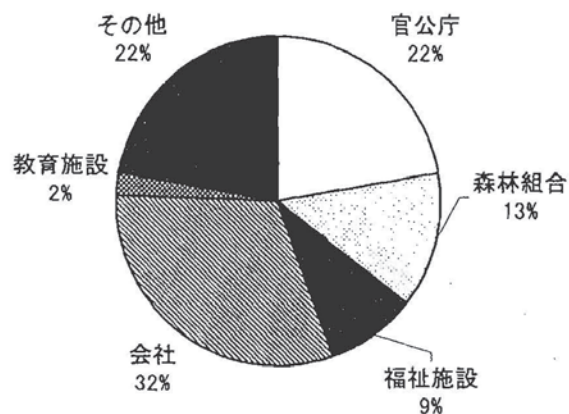
4.1.1 使用事業所の種類と使用場所

業務用のアンケート調査回答者の事業所の種類を表 1-4-1 に示す。

表 1-4-1 業務用ストーブ設置事業所の種類

有効回答数 45 件

種 類	件 数
官公庁	10
森林組合	6
協同組合	0
体育施設	0
福祉施設	4
会 社	14
教育施設	1
その他	10
合 計	45



施策的な、誘導もあって、「官公庁」、「森林組合等」公的施設への導入例が多い。また、「会社」という回答も 32% と比較的大きな比率を占めている。その内訳は、様々であるが、ペレット生産事業所と関わりが深いとみられる地元の木材業者、工務店、金融機関が多数含まれていた。

ストーブが設置されている場所を表 1-4-2 に示す。

業務用のストーブの設置場所は、「事務所」が 40% と主体を占めているが、「その他」も 48% と非常に多く、多様な場所で使用されていることが知られる。例を挙げると、銀行のロビー、病院のホール、官公庁の会議室、駅の待合室などで、展示効果をねらった導入・設置の例が多いことが伺われる。

次に、家庭用の使用場所を表 1-4-3 に示す。

家庭用のストーブは、「日常の居所」に使用するとする回答が 88% と主体を占めており、

別荘がゼロ回答であったのは予想外であった。聴取りの範囲からいえば別荘の場合は、薪ストーブが多用されているようである。

表 1-4-2 業務用ストーブの設置場所

有効回答数 45 件（複数回答）

使用場所	件 数
事務所	19
教室	1
事業所の作業場	1
その他居室	4
その他	23

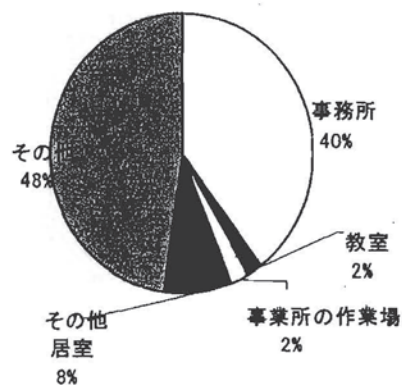
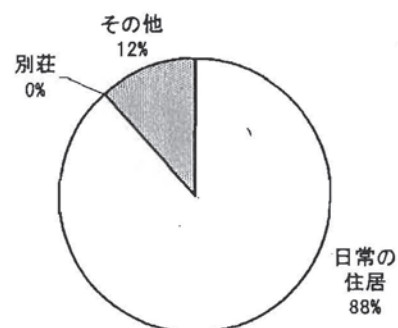


表 1-4-3 家庭用ストーブの設置場所

有効回答数 34 件（複数回答）

使用場所	件 数
日常の住居	28
別荘	0
その他	4



4.3.5 ボイラ燃料としての納入先の概要と販売拡大

(1) 納入先の概要

ボイラ燃料として使われているペレットは、17 年では生産量のおよそ 80%弱とみられる。今回の調査で得られたボイラの納入先事例は 23 事例、28 基（資料提供 11 事業所）であるが、使用量の多さからいって、おおよその傾向はつかむことができる。（一部ボイラ使用者へのアンケート先と重複している。）

表1-4-15 ボイラの用途別設置数

用途	個所数	構成比	摘 要
暖房・給湯（風呂）用	9	39%	床暖 2
温泉用	5	22%	
プール用	3	13%	
木材乾燥	1	4%	
農業用ハウス用	2	9%	いちご、しいたけ
屋根の融雪用	1	4%	
ロードヒーティング用	1	4%	陸 橋
発電用	1	4%	
計	23	100%	

有効回答事業所数11

ボイラ燃料の仕向先を、暖房・給湯用、温泉用等 8 区分すると、件数的に最も多いのは、個所数で暖房・給湯用の 39%、続いて温泉用の 22%、プール用の 13%となっている。なお、1 事例に過ぎないが、屋根の融雪用、ロードヒーティング、発電用としても使用されている。

これを、納入数量で表したのが表 1-4-16（有効回答 20）で、1 事例に過ぎなかった発電・暖房用が 40%を占めているのが目立つ。

また、その他の用途は、導入個所数の順位とあまり変わらないが、個所数の割には、温泉、プール用の比率が高くなっている。

なお、これらペレットボイラの導入は、民営施設もあるが、老人ホーム、青少年の家等公共的な施設が多いことが知られる。

また、ボイラは、ほとんどが温水ボイラで、その出力は、5万、10万、20万、25万、30万、35万及び50万 kcal/h の7種類で、その他に8 ton/h の蒸気ボイラが認められている。

なお、ボイラの納入業者は、8業者で、最も多く納入している業者は7施設（12基）、次いで多いのが5施設（5基）であった。

表1-4-16 ボイラ用途別のペレット納入量

主要用途	数量(ton)	構成比	摘 要
暖房・給湯（風呂）用	738	20%	床暖2
温泉用	699	19%	
プール用	650	17%	
木材乾燥	42	1%	
農業用ハウス用	97	3%	いちご、しいたけ
屋根の融雪用		0%	数量不明
ロードヒーティング用	10	0%	陸 橋
発電・暖房用	1,500	40%	
計	3,736	100%	

有効回答事業所数 8

(2) 販売拡大

ボイラ燃料としての今後における販売拡大の見通しに関する調査（表 1-4-17）では、「域内の新規需要先に予定あり」としたのが 6 事業所で、「域外の新規需要先に予定あり」としたのが 7 事業所であり、それぞれ、全事業所の約 1/3 である。これを、「域内外どちらかには新規需要先がある」という括りでみると 8 事業所（44%）が該当する。

ヒアリングによれば、傾向としては、ボイラ用燃料としての需要拡大に期待する事業所は多いが、前表によると、具体的な需要先の開拓予定がないという事業所も多いことが知られる。ただし、この中には、既にほぼ安定した需要先を確保し、それに見合う生産体制をとっているため改めてボイラ燃料としての大きな顧客を開拓する意向は持っていない事例、自家用、あるいはストーブ用に特化して、あえて大型ボイラ用の需要開拓をねらっていない事例も含まれている。もちろん、意欲はあるが需要先の確保の見通しが立っていない事業所も含まれている。

また、「域内」の取引量の拡大が見込めるかどうかという問いに対しては、8 事業所（40% 強）が見込めるとしている。

表1-4-17 ボイラ燃料としての需要拡大の見込み

(1) 地域内

区 分	回答数	回答比率%
域内の新規需要先に予定あり	6	33%
域内の新規需要先に予定なし	7	39%
回答なし	5	28%
計	18	100%

注：母数18

(2) 地域外

区 分	回答数	回答比率%
域外の新規需要先に予定あり	7	39%
域外の新規需要先に予定なし	6	33%
回答なし	5	28%
計	18	100%

注：母数18

(3) 地域内取引量の増加の見込み

区 分	回答数	回答比率%
増加予定	8	44%
増加の見込みなし	0	0%
減少の見込み	0	0%
計	8	44%

注：母数18

(4) まとめ

新規需要先の予定の有無	個所数	構成比率%
域内・外とも予定あり	5	28%
域内・外とも予定なし	1	6%
域内のみ予定あり	2	11%
域外のみ予定あり	6	33%
回答なし	4	22%
計	18	100%

注：母数18

第2部 木質ペレットの品質・性能について

1 市販木質ペレットの品質評価試験

1.1 はじめに

木質ペレットの品質規格作成に先立ち、市販木質ペレットの品質実態を把握する目的で、11種についての品質・性能試験を行った。試験項目は a.形状（直径・長さ）、b.かさ密度、c.含水率、d.粉化度、e.着火性、f.発煙性、g.発熱量、および h.含有成分として水分、灰分、全硫黄、窒素、塩素、ヒ素含量である。

1.2 測定方法

以下に測定方法を示す。

a. 形状寸法測定法	
測定器具	ノギス
操 作	1) 各供試ペレットから 50 個、任意に抽出する。 2) 抽出した各ペレットについて、直径(精度:0.1mm)、長さ(精度:1mm)を測定。 3) 得られた値より、平均値・標準偏差を算出。
b. かさ密度測定法	
測定容器	取手つき 5 リットル円筒形容器
は か り	10g の桁まで測定できるもの
操 作	1) 測定容器に水を満たし、その質量を 10g の桁まではかり、容積に換算する（1g を 1cm^3 とする）(V)。 2) 測定容器の質量を 10g の桁まではかる(Wa)。 3) 試料を測定容器の縁からあふれる状態まで入れる。 4) 測定容器を約 30cm の高さから、コンクリート床面上に 3 回落下させる。 5) 測定容器に減量分を追加して、試料がすりきり状態になるまで 3)～4) の操作を繰り返す。 6) 試料の表面が平らになるように整える。 7) 測定容器及び試料の質量を 10g のけたまではかる(Wb)。
かさ密度 の算出	かさ密度は、次の式によって小数点以下3桁まで算出し、小数点以下2桁に丸める。 $D = \frac{W_b - W_a}{V}$ ここに、 D : かさ密度 (g/cm^3) Wa : 測定容器の質量 (g) Wb : 測定容器及び試料の質量 (g) V : 測定容器の容積(cm^3)
測定回数	3回

c. 含水率測定法	
はかり	0.1mg まで測定できるもの
乾燥装置	105±2℃に設定可能な小型乾燥器
乾燥容器	秤量瓶
操 作	1) 乾燥装置を昇温し 105±2℃になるように調整。 2) 乾燥容器の質量を、0.1mg の桁まではかる(m_0)。 3) 試料約 1g を乾燥容器に入れ、ふたをして 0.1mg の桁まではかる(m_1)。 4) 試料が飛散しないように注意しながら、ふたとともに乾燥装置内に装入し、乾燥容器のふたを取る。 5) 試料装入時から 1 時間加熱する。 6) 乾燥容器にふたをして乾燥装置から取り出し、デシケータに移し、冷却(20 分以内)後、直ちに 0.1mg の桁まではかる(m_2)。
含水率の算出	含水率は、次の式によって小数点以下3桁まで求め、小数点以下2桁に丸める。 $u = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \times 100$ ここに、 u : 試料の含水率(%) m_1 : 乾燥前の容器と試料の質量(g) m_2 : 乾燥後の容器と試料の質量(g) m_0 : 乾燥容器の質量(g)
測定回数	測定回数は3回とする。
結 果	3回測定したときの平均値。小数点以下 1 桁に丸める。

d. 粉化度測定法	
測定容器	篩(大)(網目 5.5mm)、篩(小)(網目 2.3mm)
はかり	1g の桁まで測定できるもの、および小数点以下1桁まで測定できるもの。
操 作	1) 試料を入れるビニール袋の質量を 1g の桁まではかる(m_1)。 2) 篩(大)にかけた試料を約 5kg ビニール袋に詰め、全体質量を 1g の桁まではかる(m_2)。 3) 試料を入れたビニール袋を 200±4cm の高さから、コンクリート床面上に 4 回落下させる。 4) 袋から試料を取り出し、篩(大)にかけ、落下した試料の質量を小数点以下1桁まではかる(m_3)。 5) 篩(大)で落下した試料を再度別の篩(小)にかけ、落下した試料の質量を小数点以下1桁まで量る(m_4)。 ※「篩にかける」とは、篩を振幅約 20cm で 50 回篩い、一度全体をならした後さらに 10 回篩う操作である。
粉化度の算出	粉化度は、次の式によって小数点以下3桁まで算出し、小数点以下2桁に丸める。

	$P_1 = m_3 / (m_2 - m_1) \times 100$ $P_2 = m_4 / (m_2 - m_1) \times 100$ ここに P_1 : 粉化度 <5.5mm(%) P_2 : 粉化度 <2.3mm(%) m_1 : ビニール袋質量 (g) m_2 : 落下前のビニール袋と試料の質量 (g) m_3 : 篩(大)で落下した試料の質量 (g) m_4 : 篩(小)で落下した試料の質量 (g)
測定回数	3回

e. 着火性試験法

電 熱 器	発熱時の電熱線温度: 約 440℃
操 作	1) 各供試ペレットの中から、長さ 10、20、30mm のもの各 10 本ずつ抽出 2) 電熱ヒーターのコイルに各ペレットを接触させ、ヒーターの電源を入れる 3) 両端が着火したものを 1 点、一端着火したものを 0.5 点とし、合計 8 点以上を示したときの着火時間を記録

f. 発煙性試験法

電 熱 器	着火試験に用いたと同じ電熱器、発熱時の電熱線温度: 約 440℃
操 作	1) 各供試ペレットの中から、長さ 10、20、30mm のもの各 10 本ずつ抽出 2) 電熱ヒーターのコイルに各ペレットを接触させ、ヒーターの電源を入れる 3) 両端が発煙したものを 1 点、一端発煙したものを 0.5 点とし、合計 8 点以上を示したときの発煙時間を記録

g. 発熱量、および h. ペレット含有成分の水分、灰分、全硫黄、窒素、塩素、ヒ素含量は JIS に準じる方法でサンコー環境分析センター(調布市)によって行われた。

1.3 結果と考察

品質・性能試験結果を表 2-1-1 及び図 2-1-1~2-1-7 に示した。

a. 形状(直径・長さ)

直径: おおよそ 6~7mm の範囲にあり、平均は 6.3mm である。標準偏差も小数点 1 桁のものが 3 試料あるが、他は小数点 2 桁であり、比較的ばらつきが少ない。製造装置の継続使用によってダイスが摩耗し、製造されるペレットの直径は次第に大きくなる傾向がある。また、現在は 6mm が一般的であるが、7~8mm でも使用上は問題ないと思われる。したがって、本試験に供された試料の直径は 6~7mm に収まっており、1mm 程度の差は使用上、問題ないと思われる。

長さ: 各試料の平均はおおよそ 10mm 台に収まっており、全体の平均は 14mm である。ただし、3 試料に長さが 30mm を越えるものがあつた。燃焼装置への適応性の点からも長さは 20mm 以内が望ましいといわれている。

b. かさ密度

平均は $0.697(\text{g}/\text{cm}^3)$ で、供試試料のほぼすべてが 0.7 近辺にあるが、1 試料が 0.6 を下回っていた。長さが短いとかさ密度が小さくなる傾向があるようであるが、燃焼効率の面からかさ密度は 0.6 以上が推奨される。

c. 含水率

6% から 13% まで幅広いのが含水率の特徴である。ペレット化は原料の水分に影響され、一定の水分量がないとペレット化が困難なものがある。これは製法によっても違いがあるので、規格作成時に水分の規定については配慮が必要である。水分含量が高いと着火性に影響があるかという点と一部にその影響も認められるものがあるものの必ずしも断定できない。肝心なのはペレットが燃焼するか否か、さらには火持ちのよさである。今回は火持ちのよさについては検討していない。

d. 粉化度

今回、粉化度試験に用いた試料は各企業から送付されたものを使用した。輸送間での粉化の影響を取り除くため、送付された試料をあらかじめ 5.5mm のふるいにかけ、ふるい上に残存した試料を用いた。

5.5mm のふるいを通過する割合は 2 社の製品を除いて 1 % 以下である。2 社の製品が 2 % を越えた数値となっているが、2 社共に鋸屑を原料としており、鋸屑原料が粉化度の数値を高めている可能性がある。2.3mm 以下では 1 社の製品を除き他はすべて 0.2~0.3% に集約している。

粉化度が高いと、燃焼器具によってはタンクの下からバーナ皿にペレットを供給することが困難になるものが出てくるので、粉化度の規格は重要である。海外の規格等とも比較検討し、現在の燃焼器具に不具合のでない粉化の規格を作成する必要がある。

今回の粉化度試験は市販されているペレットの現状を知るために JIS (JIS Z 7302-10 廃棄物固形燃料—第 10 部：粉化度試験方法) に準じた方法で行ったが、将来は現場で容易に測定可能なより簡易な方法を考案、提示する必要がある。なお、JIS では公称目開き 9.5mm のふるいをを用いることを指定しているが、本試験に用いたペレットでは 9.5mm の目開きでは大きすぎるので 5.5mm および 2.3mm のふるいをを用いた。

e. 着火性

長さ 10mm のものがおよそ 50~70 秒、20mm のものが 50~100 秒、25~30mm のものが 60~110 秒程度である。長くなると着火しにくくなる傾向がみられた。明確ではないが、ホワイトの短いもの(長さ 1cm、2cm のもの)が、着火性がよい傾向が見られた。

25~30mm のデータに欠落があるのはこの長さのペレットが不足で測定不可能だったためである。

なお、本試験に用いた電熱器のコイルの発熱時の温度は約 440°C である。電熱器の温度によって、着火性、発煙性は異なってくるので、試験に際しては注意を要する。

f. 発煙性

発煙性はペレットの端から煙が観測された時点での時間であるが、長さが長くなれば発煙時間も長くなる傾向が見られた。それぞれの長さでのペレットの違いによる発煙時間には大きな差は認められなかった。

g. 発熱量

表 2-1-1 に示す発熱量は絶乾状態での高発熱量である。供試試料はおおよそ 4,500(kcal/kg) 前後で類似の値で供試試料間での大きな差は見られない。一般にバークの方がホワイトよりも低い値を示している。バークの発熱量は低いために、他のペレットでもバークの混入の大小で発熱量に影響が出てくる。

h. 含有成分

水分：含水率の項目で前述しているが、含水率とほぼ同じ数値である。試験時の乾燥度合いでこの程度の違いは現れるものと思われる。

灰分：樹皮の灰分が 4% 台であるのに対して、その他は 1% 以下である。樹皮の灰分は他の材料に比べて一般に高いので、ホワイト、全木と区別する必要がある。参考までにオーストラリア連邦農林省ガイドラインではホワイトの灰分を 0.5% 以下に、バークのそれを 6.0% 以下に区別して規定している。

全硫黄：一般に樹木は硫黄分をほとんど含んでいないので、ペレットの硫黄分も低く、小数点 2 桁の含有率である。

窒素：樹皮が高めで、0.5% 近い数値を示している。この場合も灰分含量同様、バークと他のものを区別する検討が必要。

塩素：塩素も硫黄と同様、通常の樹木での含有率はほとんど無視できる状態であるのが普通であるが、全木 D に限り 300(mg/kg) (=300ppm) の高い値を示していた。素原料の海水貯木など特殊な条件の下で塩素分が多くなる可能性がある。

ヒ素：0.5(mg/kg) の検出限界以下であり問題ない。

表2-1-1 市販木質ペレットの品質・性能試験結果

種 類			パークA	パークB	ホワイトA	ホワイトB	ホワイトC	ホワイトD	全木A	全木B	全木C	全木D	全木E	平均
樹 種			広葉樹	スギ、ヒノキ、アカマツ	トドマツ	スギ、ヒノキ	スギ、ヒノキ	オウシュウトウヒ	スギ、ヒノキ、カラマツ	カラマツ、アカマツ	スギ	スギ、アカマツ	スギ、ヒノキ、アカマツ	
種 別			樹皮	樹皮		プレーナー・モルダ屑	鋸屑	プレーナーチップ	ダム流木工事支障木	樹皮・未利用除間伐材・虫害木・工場端材	工場端材、プレーナー・モルダ屑	鋸屑、プレーナー・モルダ屑	未利用除間伐材・虫害木・街路剪定枝条・流木支障木・丸太端材・工場端材	
形 状	直 径	mm*	6.2-6.6-7.0	6.3-6.4-6.7	6.0-6.2-6.4	6.3-6.4-6.5	6.5-6.7-6.8	6.0-6.1-6.2	6.5-6.7-7.2	5.9-6.0-6.1	6.3-6.3-6.5	5.9-6.0-6.1	6.0-6.0-6.2	6.3
		標準偏差	0.14	0.08	0.11	0.06	0.05	0.05	0.18	0.04	0.05	0.05	0.05	
	長 さ	mm*	10-14-21	7-15-33	6-13-17	8-15-34	7-17-24	8-14-24	7-10-19	11-17-25	9-15-32	6-9-21	12-16-27	14
		標準偏差	2.9	5.6	2.7	5.0	4.3	3.7	2.3	3.1	4.6	2.7	3.7	
かさ密度		g/cm ³	0.701	0.710	0.682	0.743	0.748	0.715	0.574	0.727	0.676	0.698	0.696	0.697
含 水 率		%	9.3	12.8	11.2	6.4	5.8	6.3	11.1	6.3	12.4	10.6	8.7	9.2
粉化度	<5.5mm	%	0.45	0.63	0.90	0.87	2.32	0.39	0.92	0.68	0.86	2.87	0.76	1.06
	<2.3mm	%	0.20	0.29	0.39	0.32	0.88	0.20	0.28	0.29	0.26	0.22	0.33	0.33
着火性	L=10mm	秒	70	68	69	48	68	50	70	55	77	78	54	64
	L=20mm	秒	63	97	79	49	66	54	71	59	83	93	55	70
	L=25-30mm	秒	76	112	—	57	98	—	—	64	71	—	62	77
発煙性	L=10mm	秒	18	17	19	18	16	13	20	17	18	13	22	17
	L=20mm	秒	22	22	21	19	22	21	22	18	21	18	22	21
	L=25-30	秒	24	28	22	21	28	21	24	19	27	25	23	24
発 熱 量		KJ/kg	18,060	17,760	17,960	19,640	19,500	18,900	17,940	19,260	18,360	18,860	18,400	18,604
		Kcal/kg	4,310	4,240	4,290	4,690	4,660	4,510	4,290	4,600	4,390	4,510	4,400	4,445
水 分		%	8.88	12.03	10.17	5.82	5.57	6.57	10.47	6.18	10.52	9.41	7.76	8.49
灰 分		%	4.74	4.52	0.42	0.62	0.42	0.25	0.89	0.20	0.40	0.36	0.64	1.22
全 硫 黄		%	0.05	0.07	0.03	0.05	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03
窒 素		%	0.49	0.47	0.09	0.08	0.08	0.09	0.14	0.07	0.12	0.07	0.13	0.17
塩 素		mg/kg	40	90	<10	<10	<10	<10	66	<10	22	300	<10	
ヒ 素		mg/kg	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	

* 形状:最小—平均—最大

参考資料 3－3 木質ペレットについて
(バイオマスハンドブックより抜粋)

導入がなされた。日本にも 1981 年にこの技術が導入され、翌年から国産木質ペレットの生産が開始された。その第一号が、岩手県葛巻林業の葛巻工場に設置され、現在に至るまで生産を継続している。

さらに国産成形機の開発もなされており、現在も稼動しているものがある。

(b) 木質ペレットの特徴

木質ペレットは、木質チップなどの他の木質固形燃料と比較して、以下に示すような特徴をもっている。

- ① ハンドリングが容易：固形燃料の短所の一つにハンドリングの難しさがあるが、ペレット状にすることにより取扱いが格段に容易になる。これにより、貯留装置、搬送装置、供給装置を簡易なものにできる。また、出力制御が比較的容易になる。
- ② 利用効率が高い：出力制御が比較的容易になることにより小刻みな制御が可能となり、不必要な燃料を消費しなくすむ。
- ③ 簡易な装置で安定燃焼が容易：木質ペレットは形状が一定であり、燃焼用空気との混合状態も良くなること、また含水率が一定であることにより発熱量が安定していること、さらに揮発成分が表出しやすいことから、簡易な燃焼装置であっても安定燃焼が期待でき、燃焼効率も高い。
- ④ 排ガス性状が良好である：安定燃焼に加え、木質バイオマス全体の特徴でもある硫黄分および窒素分が少ないことから、燃焼時の排ガス性状が比較的良好である。
- ⑤ 輸送効率が高い：木質ペレットの見掛け比重は、0.6～0.7 となっており、他の媒体、例えば木質チップの約 0.2 と比較して大きくさらに含水率が低いため、エネルギー密度が高い。これにより輸送

6 木質ペレット

(a) 木質ペレットの概要

木質ペレットは、おが粉や樹皮をペレット状に圧縮、成形した木質系固形燃料の一種であり、円筒直径 6～12 mm、長さ 10～25 mm 程度の大きさが主流となっており、真比重 1.0～1.4、見掛け比重 0.6～0.7、低位発熱量 17～19 MJ/kg、含水率 10～15 % 程度となっている。特に接合剤を添加することなしに成形が可能であり、品質の良いペレットは表面に光沢がある。

その形状からハンドリング性が向上することが最大の利点となっている。

この成形技術は、もとは米国で家畜飼料を成形する目的で開発されたものを基本とし、これがおが粉の成形に応用され、1976 年から“ウデックス (Woodex)”という商標で販売が開始されたのを端緒としている。その後、二度にわたるエネルギー危機を契機として、北米およびヨーロッパのほぼ全域に技術

効率が向上する。また、ほぼ粒状物質として取り扱えるため、袋詰製品やフレコンバッグ、コンテナなどにより容易に輸送ができる。

- ⑥ 貯留性が良い：エネルギー密度が比較的高いため、その分貯留容積を小さくできる。また、成形時に木材成分のリグニンなどが溶融し表面をコーティングするため、対湿性能が向上している。雨水がかからないようにすれば、かびも生えず長期保存が可能であり、飼料用のタンクなどをそのまま転用しても貯留が可能である。

他の木質固形燃料との比較を表 1・16 ～ 表 1・18 に示す。

木質ペレットは、従来の固形燃料と比較して製造工程が増える分、手間とコストがかかるものの、利用する場面については、特に小型の燃焼装置には有利であり、その応用範囲も広い。

(c) 化石燃料との比較

木質ペレットに競合する代表的な化石燃料としての灯油との比較を表 1・19 に示す。木質ペレットの単位体積当たりの発熱量は灯油の約 1/3 となっている。したがって、同じ発熱量を得ようとすれば約 3 倍の貯留容量が必要となる。

【木質ペレット成形の原理】 木質ペレットは、おが粉または樹皮を圧縮により高温・高圧化し、木材の繊維細胞を破壊すると同時

■ 表 1・16 各種木質固形燃料の長所と短所³⁵⁾ (引用文献から一部修正)

	メリット	デメリット
まき(薪)	最も容易に製造が可能。	燃焼効率を上げにくい。 煙が多い。 火力の調整が困難。
炭	エネルギー密度が高い。 煙が出ない。 火持ちが良い。 エネルギー用途以外でも多様な使い方ができる。	炭の製造過程で、歩留まりが 40%程度と製造効率が低い。 エネルギー利用としては、煮たき用、火ばちなどに限られる。
チップ	比較的容易に製造が可能。	搬送、供給装置、燃焼装置が複雑になるため、小さな利用機器には難あり。
ペレット	取扱いが容易→制御が容易→火力の調整が容易。 小型機器でも燃焼効率が良い。 煙が少ない。 エネルギー密度が比較的高い。 バーナで使用可能→利用用途が多様化し、応用が広い。	製造工程がやや複雑→製造コストが比較的高く、手間がかかる。

■ 表 1・17 各種木質固形燃料と設備規模の適合性³⁵⁾

	ストーブ 数 kW 程度	小規模ボイラ (家庭、小施設など) 20 ～ 300 kW 程度	中・大規模ボイラ (業務用、工場など) 300 kW 程度～
まき	○	○	×
チップ	×	△	○
ペレット	○	○	△注

〔注〕 大規模ボイラでは、ペレットにすることによりコスト高になる。ただし、輸送距離が長い場合はペレットが有利。

■ 表 1・18 各種木質固形燃料と利用機器の適合性³⁵⁾ (引用文献から一部修正)

	ストーブ	温水ボイラ	蒸気ボイラ	吸収式冷温水器
まき	○	△ (小規模で可)	×	×
チップ	×	△ (中・大規模で可)	○	△ (別途ボイラ必要)
ペレット	○	○	○	○ (直だき可)

■表 1・19 木質ペレット燃料と灯油との比較

項 目	灯 油	木質ペレット
低位発熱量 [MJ/kg]	47	17～19
低位発熱量 [GJ/m ³]	37	10～13
かさ比重	0.78～0.80	0.6～0.7
真比重	0.78～0.80	1.0～1.4
灰 分 [%]	—	樹幹 0.5～1.0 樹皮 3～5

に、成分中のリグニン、糖分、ペクチンなどが可塑化浸出し、これが粘結剤として機能し成形される。

圧縮・成形には、大別して、スクリー押出成形方式とロール展圧成形方式がある。ロール展圧成形方式には、ダイスの形状によりフラットダイとリングダイを採用しているケースに分かれる（図 1・26、図 1・27）。

一般には

押出成形方式

＜ロール展圧成形方式（フラットダイ）

＜ロール展圧成形方式（リングダイ）

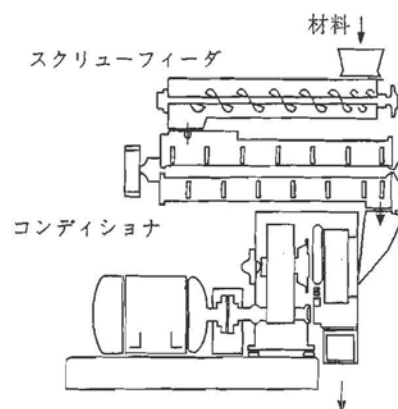
の順に生産能力が向上するものと考えられ、現在事業用に採用されているものは、ほとんどがリングダイを使用したロール展圧成形方式となっている。リングダイを使用したロール展圧成形機構を図 1・28 に示す。

この成形機構では、原材料がダイス内に定量供給され、内部のローラとの間で圧縮され、ダイスに多数設けられた円筒状の小孔より外側に押し出され、所定の長さで切断されてペレット状になって排出される。

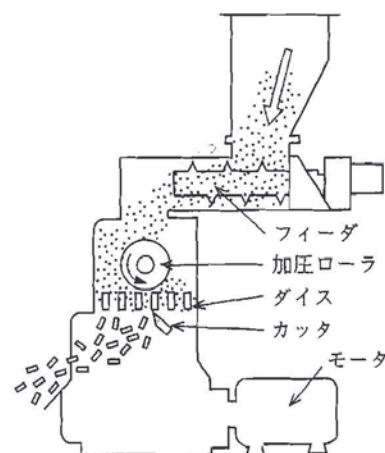
このときの圧縮による圧力・温度条件の例として、約 70 MPa、ダイス温度は 100～150℃との報告がある³⁶⁾。

圧縮成形条件に関わる主な因子は、圧力、温度のほか、加圧時間、原料の粒径、含水率および化学成分と考えられるが、これらの成形条件の抽出は体系化が進んでおらず、成形機メーカーおよび製造業者の経験によるところが大きい。

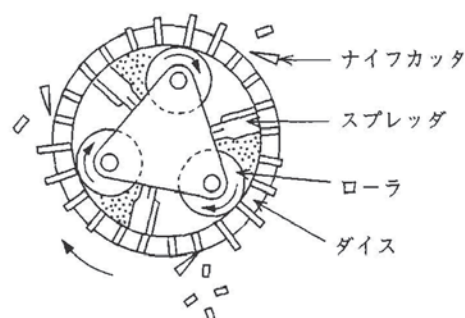
そのため実際の製造工場では、樹種や部位（樹幹または樹皮）の違いにより、含水率、



■図 1・26 スクリー押出成形方式



■図 1・27 ロール展圧成形方式（フラットダイ）



■図 1・28 リングダイを使用したロール展圧成形機構

ダイスの厚み、ダイスとローラ間のクリアランスなどを経験的に調整して、成形率と品質の向上に対処している状況である。

(d) 製造プロセスの概要

木質ペレット製造の代表的なプロセスは

破碎→乾燥→粉碎→成形→冷却→選別の順になされる（図 1・29）。

【破 碎】 間伐材や製材所からの背板などの大きな未利用材を原料として使用する場

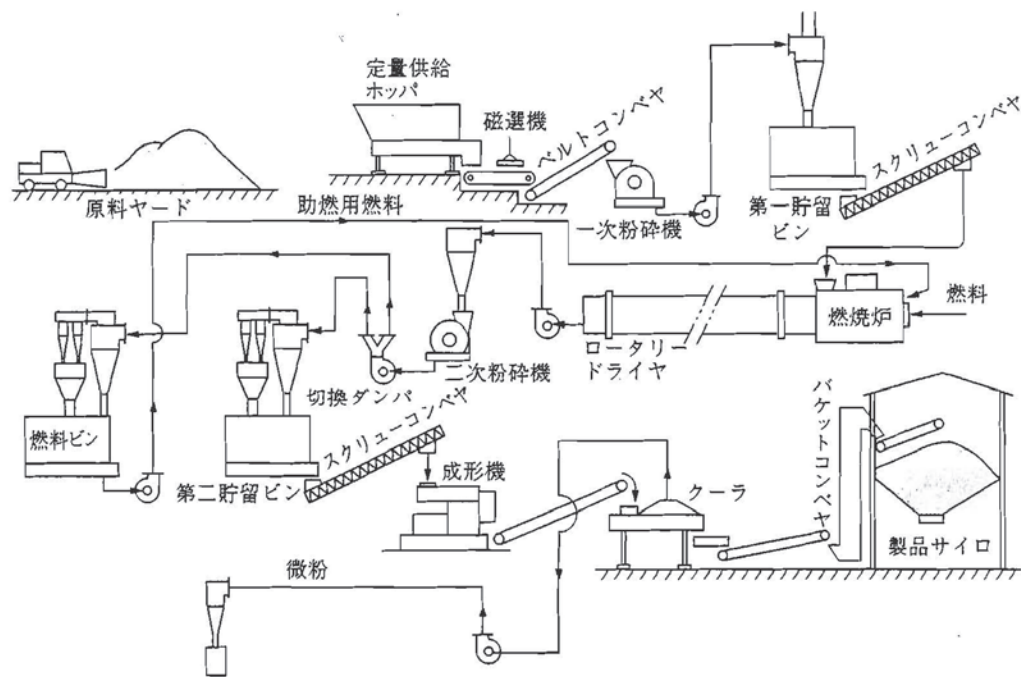


図 1-29 木質ペレット製造プロセスの概要

合には、後に続く乾燥工程での乾燥効率を高め、また含水率を均一にするために適正な大きさに破碎する。

【乾燥】 木質ペレットの成形のための含水率条件は、原料により異なるが、10～20％といわれている。

一般に間伐材などの未利用木材の含水率はこれよりも大きく、生木であれば50％以上という場合が通常である。したがって、乾燥を行う必要がある。

破碎された木片の連続的な乾燥には、ロータリーキルン方式および気流乾燥方式がある。

ロータリーキルン方式は、回転する円筒の中に原料と熱風を通し、かくはんしながら乾燥する方法であり、原料が比較的長い時間をかけて乾燥することになるため、原料の含水率、形状に合わせた制御がゆるやかであり、適用範囲が広いが大きなスペースが必要となる。

気流乾燥機は、高速の熱風の中に原料を投入して、混合しながら急速乾燥する方式である。省スペースとすることができるが、乾燥時間が数秒と短いため、大きさが十分に微細化されている必要がある。通常の製造運転で

は、成形機に投入される原料の含水率の安定化が最も重要な管理項目である。しかも成形率向上のために許容される含水率の振れ幅はたいへん狭いことが経験上知られている。したがって、気流乾燥方式は、おが粉のように粒径が小さい原料に限定されるものと考えられる。

熱源は、成形不良品や捕集したダスト、原料そのものなどが利用される。

【粉碎】 ペレットのサイズに合わせて、原料の粒径を均一にするために再度破碎を行う。

このときの粒径は、ペレットの直径以下とすればよいとされているが、粒径が大きいほど成形機の負荷が増大し、能力の低下、ダイスおよびローラの異常摩耗、詰りなどの原因となる。

【成形】 成形機は、定量供給装置および原料の最終的な調湿のためのコンディショナとこれに続くローラおよびダイスとその駆動装置で構成されている。

【冷却】 成形直後のペレットは高温・多湿でありもろいため、この状態のままでは膨潤したり、形くずれを起こす恐れがあるの

表 1-20 海外におけるペレット生産量と生産能力³⁷⁾

(単位: t/年)

国名	年	1995	1996	1997	1998	1999	備 考
スウェーデン		180 000	200 000	400 000	600 000	780 000	生産能力
ノルウェー					10 000	20 000	生産量
ドイツ					800 000 ~ 1 100 000		生産能力
オーストリア						118 300 (41 300)	生産能力 (販売量)
アメリカ		570 000	586 000	609 000	618 000	602 000	国内販売量
カナダ		40 000	68 000	73 000	72 000	79 000	国内販売量

で、強制通風により急冷する必要がある。

【選 別】 冷却されたペレットは、振動ふるいや回転ふるいなどを使用して、微細な成形不良品を除去する。なお、この成形不良品は乾燥工程の熱源とされる。

(e) 海外と日本における生産動向

欧米では、地球温暖化防止、エネルギーの安全保障、地域産業活性化の観点からバイオマス資源の有効活用に取り組んでいるところであるが、このため木質ペレットも近年生産量が増大しており、今後もその動向は続くものと予想される(表 1-20)。

一方、我が国では、1984～85年に全国で26工場が稼動していた記録があり、生産量も約28 000 t/年に達していた(図 1-30)。しかしこれをピークとして、その後、生産量が急減し、現在(2001年)は、3工場となり、生産量も約2 300 t/年にまで縮小している。現在稼動している工場は、葛巻林業葛巻工場(岩手県葛巻町)、ツツイ(徳島県市場町)、須崎燃料(高知県須崎市)である。

我が国でも近年、林業、林産業の活性化お

よび地球温暖化防止の観点から、再び木質ペレットが注目されつつあり、葛巻林業は製造ラインの増設に踏み切り、新たに高槻市森林組合が生産工場の着工を開始(2002年3月竣工)するほか、全国各地でペレット製造の具体的構想が検討されており、復活が期待されている。

(f) ペレット燃焼装置

かつて、日本においてもペレット専用の温水ボイラ、蒸気ボイラ、ストーブおよびその関連機器のメーカーが十数社存在していた。

現在、ペレット専焼のボイラを製造しているメーカーは、1社のみである。また、ペレットストーブは製造が中止されて久しい。一方、欧米からのストーブの輸入はすでに開始されている(米、カナダ、イタリア、スウェーデン製)。また、ペレットボイラに関しても輸入が始まっている。さらに、地方自治体が関与しながら、ストーブの試作や各種熱利用機器に使用されるバーナの再開発などが数か所でスタートしている。

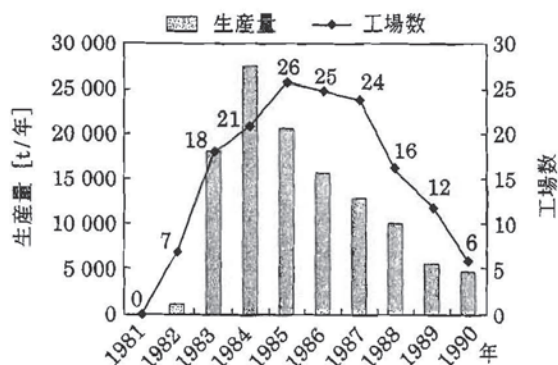


図 1-30 木質ペレットの生産量と工場数の推移

参考資料 3－4 C－R P Fについて

1. C-RPFとは

C-RPF (Char - Refuse Paper & Plastic Fuel)は、既に流通しているRPF (Refuse Paper & Plastic Fuel)同様、プラスチック混合燃料です。

RPFが紙、木くず等とプラスチックの混合燃料であることに対し、

C-RPFは炭化物とプラスチックを混合成形した新型の固形燃料です。

一般廃棄物中の生ごみ等バイオマス成分を含む可燃物を炭化し、この炭化物から異物を除去します。その後、水洗・脱塩して改質した後、プラスチックと混合成形します。



C-RPF

2. C-RPFの特長 (利用メリット)

1) 品質	廃棄物を乾燥させただけの RDF と異なり、熱分解炭化することにより改質した炭化物、及び選別された廃プラを原料としているため、品質が安定しています。
2) 熱量管理	ボイラ等の仕様に応じて炭化物と廃プラの混合比を変えることができ、容易に熱量を調整できます。
3) 高カロリー	製造時の熱量調整により、石炭及びコークス並みの化石燃料代替として使用できます。
4) ハンドリング性	固形で粉化度が低く、密度が高いためハンドリング性と貯蔵特性にも優れています。
5) 経済性	石炭の1/2～1/3という価格でありながら、熱量は石炭と同等です。
6) 環境への配慮	バイオマスを含む燃料である炭化物の使用により、化石燃料使用量の削減が可能です。CO ₂ 削減により地球温暖化防止に貢献します。

3. 形状、寸法及びかさ密度

形状は、ほぼ円柱形であり、直径は8mm～40mm及び長さは10mm～100mm程度です。

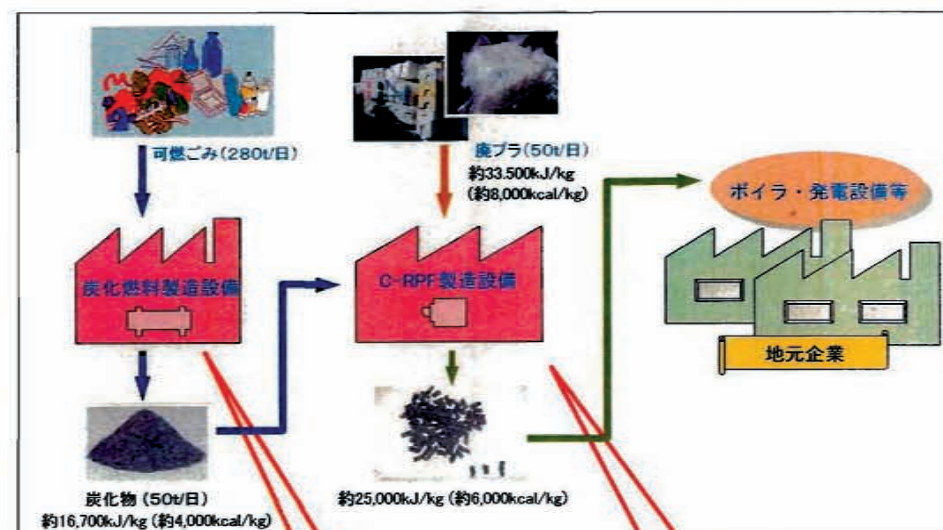
かさ密度は、0.30～0.50g/cm³ (直径8mmの場合)

4. 品質

項目	RPF (石炭相当品品質基準)	C-RPF (分析例)	一般燃料炭 (火力原子力発電用燃料)
高位発熱量 (J/g)	25,070	26,490	22,350～26,580
高位発熱量 (cal/g)	6,000	6,340	5,349～6,361
水分 (気乾ベース) %	3.0	7.0	0.2～0.3
灰分 (気乾ベース) %	7.0	16.4	13.1～25.1
全塩素 (無水ベース) %	<0.3	<0.2	≤0.1
硫黄 (無水ベース) %	<0.2	<0.2	<0.2
窒素 (無水ベース) %	<0.5	0.7	1.0～1.1

- ① RPFと同等の発熱量
- ② RPFに類似した燃焼性
- ③ RPF基準準拠の低塩素濃度

5. C-RPF製造プロセス



炭化設備



C-RPF製造設備

指定可燃物について

1 指定可燃物

「指定可燃物」とは、危険性の程度は一般的には危険物より低いものであるが、万一火災が発生した場合にはその拡大が速やかであるか、又は消火活動が著しく困難になるものであり、危険物の規制に関する政令別表第四に掲げる物品で、同表の数量欄に定める数量以上のもののみが該当する。

2 指定可燃物の種類

指定可燃物の品名としては、「綿花類」、「木毛及びかんなくず」、「ぼろ及び紙くず」、「糸類」、「わら類」、「再生資源燃料」、「可燃性固体類」、「石炭・木炭類」、「可燃性液体類」、「木材加工品及びくず」、「合成樹脂類」がある。

3 指定可燃物の安全対策

火災予防条例で、指定可燃物の貯蔵及び取扱い並びに位置、構造及び設備の技術上の基準が定められている。

三重ごみ固形燃料発電所爆発事故概要

1 発生日時

- (1) 平成15年8月14日 3時10分ごろ
熱風により作業員4名が負傷（中等症：1名、軽症：3名）
- (2) 平成15年8月19日 14時18分ごろ
爆発により消防職員2名死亡、作業員1名が負傷（軽症）

2 事故概要

ごみ固形化燃料（RDF）を約600トン貯蔵する貯蔵槽（サイロ）で、異常発熱及び爆発があり消火作業中の消防職員等が死傷した。

3 ごみ固形燃料発電所概要

- (1) 施設名称等：三重ごみ固形燃料発電所
- (2) 所 在：三重県桑名郡多度町大字力尾字沢地9番3
- (3) 設 置 年：平成14年12月1日（試験運転中）
- (4) 発電性能等
 - 処理方式 焼却処理（循環流動層ボイラ）方式
 - 発電量 12,050 kW／日
 - 売電電力量 約7,000万 kWh／年
 - RDF処理量 240 t／日（平均処理量200t／日）
 - RDF貯蔵槽 円筒タンク式、有効容量：4,000m³（内径15m×高さ25m）
- (5) 処理方法
 - 三重県内26市町村から排出されたごみを7施設でRDF化し、本施設で発電用燃料として利用している。