

畜産動物油脂の用途開発に関する
調査検討報告書

平成15年3月

社団法人 日本畜産副産物協会

はじめに

本報告書は、農畜産業振興事業団の助成により社団法人日本畜産副産物協会が「平成14年度BSEフリー肉骨粉供給体制整備事業」で実施した「畜産動物油脂の用途開発に関する調査検討」について取りまとめたものである。

畜産動物油脂については、BSE発生以来その用途に制約が生じ需給関係のバランスが崩れ、需要先が限定されていることから新たな用途開発が必要となっている。従来は食用、配合飼料用、燃料用、工業原料用などがあるが、新たな用途開発として従来用途よりも高度の付加価値を見出すことも課題となる。しかし、畜産動物油脂は毎日生産されていることから、従来の用途を中心に検討することが当面の対応となる。

このため、畜産動物油脂の生産量と既存の需要等を踏まえて、燃料利用の用途とその需要先の検討を行うとともに、燃料利用の技術的可能性と経済性について検討することを目的として実施したものである。

検討した項目は、第1に畜産動物油脂の供給状況について、供給量の推定を行うために油脂の用途と畜種別を考慮して油脂供給量を推定した。第2に畜産動物油脂の燃料性状として、畜産動物油脂の燃料性状と重油の規格と性状から特性比較検討を行い課題を摘出した。第3にボイラー利用での技術的検討として、牛脂の燃料化への前処理設備、ボイラーの種類とバーナーを検討し、燃料供給方式を明らかにするとともにこれに対応する必要な設備について検討した。第4に大気汚染にかかわる排出基準との適合性等について検討した。第5に骨油燃料による大気汚染物質の測定試験を行い、第6に発電ボイラーによる骨油燃焼試験を行った。第7に燃料利用の経済性として石油価格の推移を踏まえて重油と油脂の発熱量による価格差、メンテナンス費用を考慮して経済性の成立要件の検討したものである。

本報告書の取りまとめに当たっては、委員会の委員各位をはじめとして、農林水産省、農畜産業振興事業団、地方自治体、関係団体、レンダリング業界企業などの方々に御指導・御協力をいただき厚くお礼申し上げる次第である。

平成15年3月

社団法人 日本畜産副産物協会
会長 野間 嘉愛

畜産動物油脂の用途開発に関する調査検討委員会

委員長	高村 淑彦	東京電機大学工学部教授
委員	義村 利秋	(財)政策科学研究所主席研究員
	岡田 輝雄	あかねエンジニアリング(株)代表取締役
	中林 正和	玉川マシナリー(株)東京支店環境加工グループ部長
	須藤 浩人	石川島汎用ボイラ(株)東京支店エンジニアリング部長
	中邑 三郎	(株)ヒラカワガイダム汎用ボイラー事業部長
	宮田 大	北海道農政部酪農畜産課主査
	杉山 博	十勝農業協同組合連合会化成事業担当部長
	本山 逸郎	三共理化工業(株)代表取締役
	弓削 昭男	南国興産(株)取締役工場長
協力	松本 博紀	農林水産省生産局畜産部畜産企画課課長補佐
	成田 圭作	農林水産省生産局畜産部食肉鶏卵課需給第一係長
	鈴木 稔	農畜産業振興事業団畜産助成部長
	伊藤 憲一	農畜産業振興事業団畜産助成部審査役
	鈴木 秀夫	農畜産業振興事業団畜産助成部助成第二課長
	塩島 勉	農畜産業振興事業団畜産助成部出資課長
	井田 俊二	農畜産業振興事業団畜産助成部出資課調査役
事務局	坂本 壽文	(社)日本畜産副産物協会専務理事
	工藤 光治	(社)日本畜産副産物協会理事
	吉岡 光雄	(社)日本畜産副産物協会総務課長

目 次

序	1
1 畜産動物油脂の供給状況	2
1. 1 畜産動物油脂の供給量	2
1. 2 畜産動物油脂の用途別消費量	2
1. 3 畜種別の油脂生産量の推計	4
2 畜産動物油脂の燃料性状	5
2. 1 畜産動物油脂の燃料性状の分析概要	5
2. 2 畜産動物油脂の燃料性状の分析結果	6
2. 3 重油の規格と性状	12
2. 4 畜産動物油脂と重油との特性比較	17
3 ボイラー利用での技術的検討	22
3. 1 牛脂の燃料化への前処理設備	22
3. 2 ボイラーの種類とバーナー	25
3. 3 燃料供給方式と必要な設備	26
3. 4 炉筒煙管式ボイラーの実績	27
4 燃料利用の法規制	32
4. 1 大気汚染防止法の概要	32
4. 2 対象施設の規制	32
4. 3 新設又は変更に伴う手続等	36
4. 4 排出基準への対応	37
5 骨油燃料による大気汚染物質の測定試験	44
5. 1 試験の概要	44
5. 2 原料とボイラー燃焼	44
5. 3 骨油の燃料分析	45
5. 4 大気汚染物質の測定	49
6 発電ボイラーによる骨油燃料の燃焼試験	52
6. 1 燃焼試験の概要	52
6. 2 第1回燃焼テスト	53
6. 3 第2回燃焼テスト	57
6. 4 第3回燃焼テスト	60
7 燃料利用の経済性	64
7. 1 石油価格の推移	64
7. 2 燃料価格と設備対応	64
7. 3 メンテナンス費用	65
7. 4 経済性の成立要件の検討	66
8 検討結果と今後の課題	67

8. 1 検討結果 6 7

8. 2 今後の課題 6 8

資料編

1. 畜種別の油脂生産量の推計 7 1

2. 畜産動物油脂の燃料性状分析結果 7 7

3. ボイラーの種類とバーナー 8 0

序

1. 目的

畜産動物油脂については、BSE発生以来その用途に制約が生じ需給関係のバランスが崩れ、需要先が限定されていることから新たな用途開発が必要となっている。従来の食用、配合飼料用、燃料用、工業原料用などがあるが、新たな用途開発として従来用途よりも高度の付加価値を見出すことも課題となる。しかし、畜産動物油脂は毎日生産されていることから、従来の用途を中心に検討することが当面の対応となる。

このため、畜産動物油脂の生産量と既存の需要等を踏まえて、燃料利用の用途とその需要先の検討を行うとともに、燃料利用の技術的可能性、法的規制、経済性等について検討することを目的とする。なお、燃料利用の中で当面、牛脂を課題とするが、検討の進行に応じて順次必要な課題について検討することとする。

2. 用途開発の検討視点

新たな用途開発における検討の視点としては、一般的に新規用途の技術的な可能性が挙げられるが、その他に新規用途が従来の用途との競合関係があることから経済的に成立するかが挙げられる。この他に用途開発が、その用途により法規制を受けることから規制に適合するかがある。

本調査検討における畜産動物油脂では、従来の用途があることから畜産動物油脂の需給動向を検討し、新規用途への供給量の見通しと新規用途の需要の見通しが必要となる。

よって、検討の視点をまとめると次のようになる。

- 1) 新規用途の技術的可能性
- 2) 新規用途の法規制
- 3) 新規用途への供給見通し
- 4) 新規用途の需要見通し
- 5) 新規用途の経済性

3. 本報告の構成

以上の検討の視点から本報告では、目的にある畜産動物油脂の燃料化を図ることにあることから、

- 1) 畜産動物油脂の供給状況
- 2) 畜産動物油脂の燃料性状
- 3) ボイラー利用での技術的検討
- 4) 燃料利用による法規制
- 5) 骨油燃料により大気汚染物質の測定試験
- 6) 発電ボイラーによる骨油燃料の燃焼試験
- 7) 燃料利用の経済性
- 8) 検討結果と今後の課題

としてまとめている。

1 畜産動物油脂の供給状況

1. 1 畜産動物油脂の供給量

畜産動物油脂は、牛脂（ヘット）・豚脂（ラード）・鶏脂（チキンオイル）が代表的であり、国内での生産はレンダリング業が担っており、これら油脂には輸入品もある。

国内生産量や輸入量を取りまとめた公式的な資料としては、「我が国の油脂事情」があり、油脂全体の生産と輸入の最近の動向をみると、表1. 1のようになる。

表1. 1 油脂の生産量と輸入量		単位：千 t				
		平 2	平 7	平 10	平 11	平 12
国産	牛脂	61	90	79	80	80
	豚脂	219	158	154	152	150
	魚油	370	59	76	73	70
	その他	33	40	37	37	37
	計	683	348	346	342	338
輸入	牛脂	126	92	86	85	93
	ラード	1	1	1	1	2
	その他	2	83	27	25	52
	計	129	176	114	111	146
合計		812	524	460	453	484
国産	国内	77	68	62	62	65
	こめ油	1	1	-	1	1
	その他	78	69	62	63	66
	計	78	69	62	63	66
	輸入	655	680	667	697	694
	大豆油	754	787	867	905	912
	なたね油	32	92	103	102	101
	トモロシ油	201	127	114	112	112
	その他	1,642	1,686	1,751	1,816	1,819
	計	1,720	1,755	1,813	1,879	1,885
輸入	パーム油	276	351	356	364	373
	パーム核油	37	52	52	53	51
	やし油	39	23	33	28	32
	その他	112	155	143	130	171
	計	464	581	584	575	627
合計		2,184	2,336	2,397	2,454	2,512
総 計		2,996	2,860	2,857	2,907	2,996

資料：「我が国の油脂事情」（農林水産省）より作成

畜産動物油脂を平成12年でみると、国内生産の牛脂80千t、豚脂150千tで合計230千tであり、輸入は牛脂93千t、ラード2千tの合計95千tとなり、国内消費量は国内と輸入の合計323千tとなる。ただ、国内生産のその他には畜産系が含まれているとみられるが、輸入は魚油がほとんどとみられることから、国内生産にはその他37千tを含むとすると、我が国の畜産動物油脂の消費量は360千tとなる。

1. 2 畜産動物油脂の用途別消費量

上記による資料から油脂の用途別消費量を平成12年でみると、表1. 2のようになる。畜産動物油脂の食用消費量はその他を含めて185.2千tとなり、非食用は同様にその他を含めると177.7千tで合計362.9千tとなる。上記の国内生産量と輸入量の合計360千t

とほぼ同様となる。用途別を畜産動物油脂全体でみると食用と非食用の比率はほぼ半々であり、牛脂では食用が 37.0 %、豚脂の食用は 64.3 %となる。

表 1. 2 油脂の消費実績（平成 12 年）

単位：千 t

		国内需要					輸出用	合 計
		食 用			非食用	計		
		単体油	加工用	計				
動物油脂	牛 脂	—	63.8	63.8	108.9	172.7	0.1	172.8
	豚 脂	—	96.3	96.3	53.5	149.7	0.7	150.4
	ラード	—	1.1	1.1	0.4	1.5	—	1.5
	魚油	—	69.7	69.7	49.6	119.2	0.2	119.4
	その他	—	24.0	24.0	14.9	38.9	0.1	39.1
	計	0	254.9	254.9	227.3	482.2	1.2	483.4
植 物 油 脂	大豆油	428.6	225.1	653.7	31.1	684.8	0.5	685.3
	なたね油	643.2	264.6	907.8	22.7	930.5	0.3	930.8
	サフラワー油	34.1	3.6	37.7	0.6	38.3	—	38.3
	ごま油	38.7	0.5	39.2	—	39.2	3.9	43.1
	トモロシ油	42.1	47.3	89.4	0.5	89.9	7.3	97.3
	こめ油	37.9	27.4	65.3	9.6	74.9	—	94.9
	オリーブ油	22.9	0.4	23.3	4.0	27.3	0.1	27.4
	やし油	—	38.0	38.0	20.2	58.2	—	58.2
	パーム核油	—	23.0	23.0	27.5	50.5	0.2	50.7
	パーム油	71.9	252.2	324.1	48.5	372.5	0.2	372.7
	あまに油	—	—	—	23.9	23.9	—	23.9
	ひまし油	—	—	—	28.9	28.9	0.3	29.2
	その他	14.5	32.5	47.0	23.7	70.7	4.1	192.5
	計	1,333.9	914.6	2,248.5	241.2	2,489.6	16.9	2,506.5
合 計		1,333.9	1,169.4	2,503.3	468.5	2,971.8	18.1	2,989.9

資料：「我が国の油脂事情」（農林水産省）より

一方、畜産動物油脂の畜産へのリサイクルとして、配合飼料への油脂使用があり、それを表 1. 3 に示す。油脂及び油脂吸着飼料の配合飼料への使用割合は 1.5 % である。

表 1. 3 配合飼料生産量と油脂使用量（平成 12 年度）

単位：千 t

	育すう・ 成鶏用	ブロイラ ー用	養豚用	乳用牛	肉用牛	その他	配合飼料 計
油脂及び油脂吸着飼料（動物性）	133.8	148.3	78.3	3.7	4.1	0.6	368.7
油脂及び油脂吸着飼料（その他）	5.6	0.4	1.3	0.5	0.1	0	7.8
配合飼料生産量	6,826.3	3,424.8	5,976.3	3,263.2	3,684.3	85.2	23,260.2

資料：農林水産省資料より

配合飼料へ使用する油脂及び油脂吸着飼料の使用量は 368.7 千 t であり、上記の用途別消費量の合計 362.9 千 t とほぼ同様の量となり、非食用に限定すると 177.7 千 t となり表 1. 3 の使用量との乖離が大きくなる。非食用には工業用用途が含まれていることから、飼料への使用量はますます減少する。

これは表 1. 1 で示した資料「我が国の油脂事情」には、チキンオイルが含まれていないと考えられることから、その推計を次に示す。

1. 3 畜種別の油脂生産量の推計

(1) 推計方法

牛脂・豚脂・チキンオイル推計に当たっては、畜産物副産物の発生量とレンダリング製品量の推計方法において「畜産動物業界再編合理化検討推進事業報告書」（平成13年3月（社）日本畜産副産物協会（財）政策科学研究所）に示された「各論 畜産副産物頭羽数と処理施設等の現状と見通し」を前提とする。なお、推計方法は「資料1」を参照されたい。

(2) 推計結果

畜種別の油脂生産量の推計結果は表1. 4のようになり、生産量の種類として油脂と骨油に分けてあるのは、原料の相違により用途が定まることから分離して推計したものである。即ち、油脂は生脂を原料とし食用用途を中心とするものであり、骨油は内臓・骨等の部位を原料とし飼料用途を中心とするものである。

牛脂の油脂と骨油の合計は85千tで「我が国の油脂事情」の生産量80千tとほぼ同様であり、豚脂は同様の合計が171千tで上記資料の生産量は150千tと推計値が若干多くなっている。チキンオイルはブロイラーと成鶏の合計で113千tとなる。骨油は一部工業用に向けられるが、すべて飼料用とすれば183千tとなるものの、配合飼料用への油脂使用量が368.7千tであったことから、その差の185.7千tが不足することになる。

この不足する油脂は、廃食用油（業界通称：回収油、2号油）が供給されていると指摘されており、畜産飼料用油脂は骨油と廃食用油がほぼ半々を担っていると推定される。

表1. 4 製品別畜種別の生産量(平成12年度)

単位：t

	油脂			骨油				
	牛	豚	計	牛	豚	ブロイラー	成鶏	計
全国	59,048.4	128,764.8	187,813.2	26,620.1	43,040.9	101,090.5	12,322.0	183,073.5
北海道	8,353.6	7,333.1	15,686.7	7,786.4	2,411.8	4,190.5	545.5	14,934.2
東北	4,860.1	19,314.3	24,174.4	2,149.9	6,418.9	24,468.8	1,095.1	34,132.8
関東	14,630.8	38,201.1	52,831.9	5,274.6	12,808.9	5,025.9	3,338.6	26,448.0
北陸	1,110.8	3,966.3	5,077.0	404.0	1,334.8	1,348.9	793.7	3,881.5
東海	4,132.1	10,094.3	14,226.4	1,467.0	3,302.0	3,908.7	1,635.9	10,313.6
近畿	7,987.0	2,071.3	10,058.4	2,577.7	671.9	4,206.9	769.4	8,225.8
中国	2,432.8	1,771.9	4,204.7	948.2	616.0	5,994.5	678.1	8,236.9
四国	2,204.8	5,490.8	7,695.7	803.5	1,821.1	6,071.7	605.6	9,301.8
九州	13,088.3	37,143.4	50,231.7	5,063.4	12,503.3	45,268.0	2,812.1	65,646.8
沖縄	248.0	3,378.4	3,626.3	145.1	1,152.1	606.8	42.1	1,946.0

(3) 最近の動向

BSE発生以来、牛脂需要が減少したと多くのレンダラーが指摘している。レンダリング生産量の半分を占める骨油は、飼料用油脂として肉骨粉の焼却に伴い飼料会社からの需要があるが、食用は消費者・小売業者の敬遠から需要が減退している。このため生脂由来の牛脂を飼料用や工業用へ向けるなどの対策を講じているレンダラーも少なくないのが現状であるが、需給バランスが崩れたため価格面において厳しい状況に陥っている。

2 畜産動物油脂の燃料性状

2. 1 畜産動物油脂の燃料性状の分析概要

(1) 燃料性状の分析項目

畜産動物油脂の燃料性状の分析は、J I S規格に定める8項目と、動物油脂を燃料にするための与件として必要な項目がある。

①J I S 8項目：反応、引火点、動粘度、流動点、残留炭素、水分、灰分、硫黄分

②その他の項目：密度、総発熱量、蒸留性状（沸点分布）、元素組成（炭素、水素、酸素）、窒素、全塩素、不溶性不純物、固形分（ドライスラッジ）、灰分中組成（Na、Mg、Al、Si、P、Cl、K、Ca、Fe）

(2) 分析機関

これらの項目を分析は、(社)日本海事検定協会 理化学分析センターに依頼した。

(3) 試料と分析数

畜産動物油脂を燃料として利用するときに、油脂の純度が高い基準あるいは標準的な試料があることで、純度が多少劣る油脂に対して指標となることから、対象とする試料としては、①食用牛脂、②食用豚脂、③骨油、④死亡牛油脂の4種類とする。食用で牛脂と豚脂を対象としたのは、レンダリング処理形態で牛と豚が混合処理されている場合を想定しているものである。

①食用牛脂：北海道の2ヶ所と九州の1ヶ所の工場

②食用豚脂：北海道と九州のそれぞれ1ヶ所の工場

③骨油：北海道の4工場

④死亡牛油脂：中部の1工場と九州の1工場から4試料

なお、骨油の概ねの原料組成と死亡牛の処理工程は下記ようになる。

表2. 1 骨油の原料組成概要と処理工程

試料名	原料組成	処理工程
北海道1	と畜牛と死亡牛の混合	デカンター処理後
北海道2	と畜牛と死亡牛の混合	"
北海道3	と畜牛、豚と死亡牛の混合	"
北海道4	と畜牛、豚、鶏と死亡牛の混合	"

表2. 2 死亡牛処理工程後の採取

試料名	処理工程と採取等
中部	クッカー処理後直ちに採取した試料
九州-1	デカンター処理直後に採取した試料
九州-2	死亡牛を4日後に処理しデカンター処理後に採取
九州-3	デカンター処理後にタンクで12時間静置後に採取
九州-4	デカンター処理前に採取

注：クッカーは釜、デカンターは遠心分離機

2. 2 畜産動物油脂の燃料性状の分析結果

分析結果について、燃料性状等の項目、総発熱量・蒸留性状・元素組成、灰分中の組成の3つに分けて示すことにする。なお、表2. 2で示した死亡牛の中部と九州-4は、通常行われるデカンター処理をしていないものである。

(1) 燃料性状項目等

上記の試料について分析した結果から、燃料性状項目と窒素、全塩素、不溶性不純物、固形分を示したのが表2. 3～2. 5である。

表2. 3 畜産動物油脂(食用牛脂・豚脂)の燃料性状分析結果

	食用牛脂			食用豚脂	
	北海道1	北海道2	九州	北海道1	九州
密度 (g/cm ³)	0.9147	0.9305	0.9277	0.9273	0.9359
引火点 PM (℃)	230	254*1	234*1	254	246*1
動粘度 (50℃mm ² /s)	29.8	30.7	29.8	28.7	28.9
流動点 (℃)	25.0	27.5	25.0	27.5	25.0
残留炭素 (wt %)	0.25	0.22	0.19	0.29	0.26
水分 (mt %)	0.1	0.05	0.05	0.2	0.05
灰分 (wt %)	0.005 以下	0.006	0.005 以下	0.005 以下	0.005 以下
硫黄分 (wt %)	0.030	0.029	0.032	0.026	0.031
窒素分 (wt %)	0.003	0.004	0.004	0.002	0.005
全塩素 (wt %)	0.0003	0.0007	0.0003	0.0004	0.0006
不溶性不純物 (wt %)	0.01 以下	0.03	0.05	0.01 以下	0.04
固形分 (wt %)	0.01 以下	0.01 以下	0.01 以下	0.01 以下	0.01 以下

*1：引火点分析法のPMとCOCの差が70℃となりこの差分を除した値

表2. 4 畜産動物油脂(骨油)の燃料性状分析結果

	骨 油			
	北海道1	北海道2	北海道3	北海道4
密度 (g/cm ³)	0.9270	0.9193	0.9338	0.9221
引火点 PM (℃) *1	214	202	218	208
動粘度 (50℃mm ² /s)	30.8	29.3	46.7	31.2
流動点 (℃)	27.5	22.5	25.0	27.5
残留炭素 (wt %)	0.34	0.23	0.41	0.55
水分 (mt %)	0.1	0.1	0.05	0.1
灰分 (wt %)	0.037	0.012	0.065	0.053
硫黄分 (wt %)	0.037	0.035	0.035	0.039
窒素分 (wt %)	0.054	0.034	0.039	0.059
全塩素 (wt %)	0.0013	0.0003	0.0007	0.0009
不溶性不純物 (wt %)	0.13	0.01	0.19	0.09
固形分 (wt %)	0.06	0.03	0.19	0.16

*1：引火点分析法のPMとCOCの差が70℃となりこの差分を除した値

表2. 5 畜産動物油脂(死亡牛油脂)の燃料性状分析結果

	死亡牛油脂				
	中 部	九 州-1	九 州-2	九 州-3	九 州-4
	クッカ-後	デカンタ-後	4 日後	静置後	デカンタ-前
密 度 (g/cm ³)	0.9309	0.9231	0.9292	0.9237	0.9455
引火点 PM (℃) *1	210	174	164	170	146
動粘度 (50℃mm ² /s)	28.2	29.4	28.4	29.4	36.3
流動点 (℃)	27.5	12.5	10.0	12.5	25.0
残留炭素 (wt %)	0.44	0.43	0.35	0.54	4.18
水 分 (wt %)	2.4	2.4	0.8	0.3	0.05
灰 分 (wt %)	0.22	0.038	0.052	0.016	0.32
硫黄分 (wt %)	0.1	0.035	0.038	0.031	0.089
窒素分 (wt %)	0.065	0.102	0.113	0.092	0.267
全塩素 (wt %)	0.0003	0.0007	0.0003	0.0006	0.0013
不溶性不純物 (wt %)	1.2	0.10	0.07	0.02	7.5
固形分 (wt %)	0.41	0.08	0.03	0.02	8.5

*1: 引火点分析法のPMとCOCの差が70℃となりこの差分を除した値

食用牛脂、食用豚脂、骨油、死亡牛油脂の4種類の結果について、分析項目別にそれぞれの分析値の最大と最小を示し特徴をみることにする。なお、表末の引火点で示したPM（密閉式分析）とCOC（解放式分析）については、重油の分析ではPMを用い、COCは採用されていないことからPMを近似させている。

1) 密度

食用牛脂は0.9305～0.9147g/cm³で、豚脂は0.9359～0.9273g/cm³となり、骨油は0.9338～0.9221g/cm³で食用牛脂とほぼ同等であり、死亡牛油脂は0.9445～0.9231g/cm³で食用牛脂の高値より高いが低値は若干高い値である。密度の幅をみると、高いのは死亡牛油脂の0.9445g/cm³で、低いのは食用牛脂の0.9147g/cm³となる。

2) 引火点

食用牛脂は254～230℃で、豚脂は254～246℃となり、骨油は218～202℃で食用牛脂よりは36～28℃ほど低い値であり、死亡牛油脂は210～146℃で食用牛脂よりは44～84℃ほど低い値である。引火点の幅をみると、高いのは食用牛脂と豚脂の254℃で、低いのは死亡牛油脂の146℃である。

3) 動粘度

食用牛脂は30.7～29.8mm²/sで、豚脂は28.9～28.7mm²/sとなり、骨油は46.7～29.3mm²/sで低値が食用牛脂と同等であるが、高値は食用牛脂と比べ16.0mm²/sと高くなっており、死亡牛油脂は36.3～28.2mm²/sで低値が食用牛脂と同等であるが、高値は食用牛脂と比べ5.6mm²/s高くなる。動粘度の幅をみると、高いのは骨油の46.7mm²/sで、低いのは4種ともほぼ同様であり死亡牛油脂の28.2mm²/sとなる。

4) 流動点

食用牛脂は27.5～25.0℃で、豚脂も同様の27.5～25.0℃となり、骨油は27.5～22.5

℃で食用牛脂とほぼ同等であり、死亡牛油脂は 27.5 ～ 10.0 ℃で食用牛脂の高値は同様であるが低値は死亡牛油脂が 15 ℃低くなる。流動点を幅で見ると、高いのは4種類とも同様の 27.5 ℃で、低いのは死亡牛油脂の 10.0 ℃である。

5) 残留炭素

食用牛脂は 0.25 ～ 0.19wt %で、豚脂は 0.29 ～ 0.26wt %となり、骨油は 0.55 ～ 0.23wt %で食用牛脂より 0.30 ～ 0.04wt %ほど高い値であり、死亡牛油脂は 4.18 ～ 0.35wt %であり高値を除いても食用牛脂のほぼ倍の値である。死亡牛油脂の高い値の 4.18wt %は、デカンター処理前の試料であることから不純物の混入による影響とみられる。これを除いた残留炭素の幅をみると、高いのは骨油の 0.55wt %で、低いのは食用牛脂の 0.19wt %である。

6) 水分

食用牛脂は 0.1 ～ 0.05wt %で、豚脂は 0.2 ～ 0.05wt %となり、骨油は 0.1 ～ 0.05wt %で食用牛脂と同様であり、死亡牛油脂は 2.4 ～ 0.05wt %で食用牛脂の高値よりも死亡牛油脂が高くなる。死亡牛油脂の 2.4wt %は、クッカー処理後とデカンター処理後のものであり、これを除いた水分の幅をみると、高いのは豚脂の 0.2wt %で、低いのは4種類とも同様の 0.05wt %である。

7) 灰分

食用牛脂は 0.006 ～ 0.005wt %以下で、豚脂は 0.005wt %以下となり、骨油は 0.065 ～ 0.012wt %で食用牛脂の 0.006 ～ 0.005wt %以下を上回っており、死亡牛油脂は 0.32 ～ 0.016wt %で食用牛脂の 0.006 ～ 0.005wt %以下を上回っている。死亡牛油脂の 0.32wt %はデカンター処理前のものであり、これを除いた灰分の幅をみると、高いのは骨油の 0.065wt %で、低いのは食用牛脂と豚脂の 0.005wt %以下である。

8) 硫黄分

食用牛脂は 0.032 ～ 0.029wt %で、豚脂は 0.031 ～ 0.026wt %となり、骨油は 0.065 ～ 0.012wt %で食用牛脂と比べ高い値では食用牛脂のほぼ倍、低い値では食用牛脂を下回っている。死亡牛油脂は 0.1 ～ 0.031wt %である。死亡牛油脂の 0.1wt %はクッカー処理後のものであり、これを除いた硫黄分の幅をみると、高いのは骨油の 0.065wt %で、低いのは同様に骨油の 0.012wt %である。

9) 窒素分

食用牛脂は 0.004 ～ 0.003wt %で、豚脂は 0.005 ～ 0.002wt %となり、骨油は 0.059 ～ 0.034wt %と食用牛脂を1桁上回り、死亡牛油脂は 0.267 ～ 0.065wt %と食用牛脂を2桁と大幅に上回っている。死亡牛油脂の 0.267wt %はデカンター処理前のものであり、これを除いた窒素分の幅をみると、高い値も低い値も骨油となる。ただし、死亡牛油脂のデカンター処理後の値は、0.113 ～ 0.092wt %と骨油を上回っている。

10) 全塩素

食用牛脂は 0.0007 ～ 0.0003wt %で、豚脂は 0.0006 ～ 0.0004wt %となり、骨油は 0.0013 ～ 0.0003wt %と食用牛脂と比べ高い値は2倍であり、死亡牛油脂は 0.0013 ～ 0.0003wt %と骨油と同じレンジにある。全塩素を幅で見ると、高いのは骨油と死亡牛油脂の 0.0013wt %で、低いのは食用牛脂・骨油・死亡牛油脂の 0.0004wt %である。

11) 不溶性不純物

食用牛脂は 0.05 ~ 0.01wt % 以下で、豚脂は 0.04 ~ 0.01wt % 以下となり、骨油は 0.13 ~ 0.01wt % と食用牛脂と比べ高い値が 1 桁高くなっており、死亡牛油脂は 7.5 ~ 0.02wt % と高値は食用牛脂の 2 桁高い値である。死亡牛油脂の 7.5wt % はデカンター処理前のものであり、これを除く不溶性不純物の幅をみると、高いのは骨油の 0.13wt % で、低いのは食用牛脂と豚脂の 0.01wt % 以下である。

12) 固形分

食用牛脂と豚脂はすべて 0.01wt % 以下であり、骨油は 0.19 ~ 0.03wt % となり食用牛脂と比べ高い値が 1 桁高くなっており、死亡牛油脂は 8.5 ~ 0.02wt % と高値は食用牛脂の 3 桁高い値である。これは不溶性不純物と同様の傾向を示している。死亡牛油脂の 8.5wt % はデカンター処理前のものであり、これを除く固形分の幅をみると、高いのは骨油の 0.19wt % で、低いのは食用牛脂と豚脂の 0.01wt % 以下である。

13) 4 種類の比較結果

1 2 分析項目の試料 4 種類の比較において特徴的なことは、全般的にみて食用牛脂と豚脂が最も低い値にあり、次いで骨油となり、高い傾向にあるのが死亡牛油脂の順となる。

分析項目の値を比較してみると、①一定幅にある項目、②特定種類で異なる値をもつ項目、③ 1 桁異なる項目、④ 3 桁異なる項目がある。①では密度、動粘度、流動点であり、②では引火点が死亡牛において他の試料よりも低い値であり、③では残留炭素、水分、硫黄分、全塩素で、④では灰分、窒素分、不溶性不純物、固形分である。

この原因は、上述してきたように死亡牛油脂の処理において、クッカー処理後、デカンター処理前という通常の処理を行っていない試料において高い値が発生していることである。即ち、灰分から固形分まではそれぞれ関係ある項目であり、死亡牛という蛋白を多く含んだ処理において生じたものである。

不溶性不純物と窒素分には蛋白が影響しているが、デカンター処理後の不溶性不純物と窒素を比較すると、不溶性不純物がデカンター処理後の 0.10wt % から 1 2 時間静置後の 0.02wt % と減少しているものの、窒素分は 0.102wt % から 0.092wt % と変化しただけであり減少率が不溶性不純物と同様の傾向を示していない。

(2) 総発熱量と蒸留性状等

分析結果から総発熱量、蒸留性状、油脂元素組成を示したのが表 2. 6 ~ 2. 8 である。上記と同様に、各表の分析項目別に特徴を示すこととする。

1) 総発熱量

総発熱量は食用牛脂 1 試料の 7,451kcal を除くと、他は 9,537 ~ 9,209kcal の幅にあり、この 3 試料を除くと 9,400kcal 台が 6 試料、9,300kcal 台が 5 試料である。

2) 蒸留性状

蒸留するときの留出量と温度の関係をみたものであり、初留点である蒸留初期の温度は、死亡牛油脂の 174 °C と 125.5 °C、食用牛脂の 258 °C を除くと、200 °C 代前半にある。5 % では死亡牛油脂の 152.5 °C を除くと 300 °C 前後に分布しており、10 % では死亡牛油脂の 219.5 °C を除くと 320 °C 前後で分布している。50 % では 351 ~ 311 °C で分布し、蒸留が止まった分解点では 383 ~ 342 °C にある。このことは重油と比べ、温度分布が高い位置を初留点直後からもつという特徴を表している。即ち、引火点で示したように高温の引火とそ

れに続いて高温の状態をもつという高温蒸留物質ということになる。

表 2. 6 畜産動物油脂 (食用牛脂・豚脂) の総発熱量・蒸留性状・元素組成結果

		食用牛脂			食用豚脂	
		北海道 1	北海道 2	九 州	北海道 1	九 州
総発熱量 (kcal)		7,451	9,537	9,410	9,441	9,429
蒸 留 性 状	初留点 (℃)	258.0	224.0	244.0	225.0	235.5
	5 % (℃)	303.0	293.5	300.0	299.0	302.5
	10 % (℃)	321.0	320.5	318.0	321.0	319.5
	50 % (℃)	346.0	346.5	343.0	348.0	340.5
	90 % (℃)	—	—	374.5	—	378.5
	分解点 (℃)	380.0	380.0	377.0	374.0	378.5
	全留出量 (vol %)	90	89	92	88	90
組 成	炭素 (wt %)	76.4	76.6	76.6	76.6	76.6
	水素 (wt %)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
	酸素 (wt %)	11.5	11.3	11.3	11.3	11.3

注：分解点は蒸留できなくなった温度。全留出量は分解点までに蒸留した比率。

表 2. 7 畜産動物油脂 (骨油) の総発熱量・蒸留性状・元素組成結果

		骨 油			
		北海道 1	北海道 2	北海道 3	北海道 4
総発熱量 (kcal)		9,391	9,391	9,381	9,369
蒸 留 性 状	初留点 (℃)	221.0	247.5	243.5	224.0
	5 % (℃)	309.0	310.0	298.0	298.0
	10 % (℃)	320.0	322.5	311.0	313.0
	50 % (℃)	342.0	344.0	337.0	331.5
	90 % (℃)	—	—	382.0	352.0
	分解点 (℃)	379.0	383.0	382.0	352.0
	全留出量 (vol %)	89	89	90	91
組 成	炭素 (wt %)	76.5	76.5	76.8	76.5
	水素 (wt %)	12.0	12.1	12.0	12.0
	酸素 (wt %)	11.4	11.3	11.1	11.4

注：分解点は蒸留できなくなった温度。全留出量は分解点までに蒸留した比率。

3) 元素組成

油脂の基本元素である炭素、水素、酸素の組成をみると、各試料種類を比較するまでもなく、ほぼ炭素 76.6 %、水素 12.0、酸素 11.4 %で構成されている。石油製品である重油は、炭化水素であり酸素を含まない炭素と水素のみであり、水素は油脂と同様の 12.0 %程度とされていることから、油脂の酸素 11.4 %は重油では炭素となる。

表 2. 8 畜産動物油脂(死亡牛油脂)の総発熱量・蒸留性状・元素組成結果

		死亡牛油脂				
		中 部	九 州-1	九 州-2	九 州-3	九 州-4
		クッカー後	デカンター後	4 日後	静置後	デカンター前
総発熱量 (kcal)		9,209	9,429	9,470	9,441	9,391
蒸 留 性 状	初留点 (℃)	224.0	222.0	174.0	202.0	125.5
	5 % (℃)	312.0	315.0	319.5	315.5	152.5
	10 % (℃)	325.0	322.0	327.5	326.5	219.5
	50 % (℃)	351.0	339.0	347.5	351.0	325.0
	90 % (℃)	381.0	—	—	—	—
	分解点 (℃)	381.0	363.0	385.0	393.0	342.0
	全留出量 (vol %)	90	87	89	88	84
組 成	炭素 (wt %)	75.9	75.3	75.9	76.2	76.1
	水素 (wt %)	12.0	11.9	11.9	12.0	12.0
	酸素 (wt %)	11.9	12.6	12.0	11.6	11.5

注：分解点は蒸留できなくなった温度。全留出量は分解点までに蒸留した比率。

(3) 灰分中の組成

骨油と死亡牛油脂について、灰分中の組成を分析しているのでその結果を表 2. 9 に示す。骨油と死亡牛油脂は、不溶性不純物が多いと想定されたことから灰分中に含まれる物質が、ボイラーの燃焼部等に影響を及ぼす可能性をみるために行ったものである。

この分析では、骨油は北海道の 2 試料（表 2. 7 の北海道 1、北海道 2）、死亡牛油脂は九州の 4 試料を対象とした。

1) 組成の概要

- ・ナトリウムの分析値は 6 試料すべてにあり、その幅は 18.7 ～ 8.0wt % である
- ・マグネシウムの分析値は 6 試料中 3 試料と半分にあり、その幅は 4.0 ～ 1.0wt % である。
- ・アルミニウムも 3 試料が検出され、その幅は 2.7 ～ 1.8wt % である。
- ・ケイ素の分析値はすべて検出され、その幅は 3.7 ～ 1.6wt % である。
- ・リンもすべて検出され、その幅は 23.4 ～ 15.6wt % である。
- ・塩素は 1 試料のみ検出され、その値は 4.8wt % である。
- ・カリウムの分析値はすべて検出され、その幅は 17.4 ～ 6.5wt % である。
- ・カルシウムもすべて検出され、その幅は 13.9 ～ 2.3wt % である。
- ・鉄もすべて検出され、その幅は 11.2 ～ 2.0wt % である。

2) 組成の特徴

これら元素の酸化物となる酸素を除けば、リンが最も多く次にカリウム、ナトリウム、カリウムの順となる。リンはボイラー燃焼室や配管の壁面に付着すると指摘されており、この値でどの程度の影響をもつか検討が必要である。

表2. 9 畜産動物油脂(死亡牛油脂)の灰分中の組成結果

	骨油		死亡牛油脂			
	北海道	北海道	九州-1	九州-2	九州-3	九州-4
	1	2	デカンタ後	4日後	静置後	デカンタ前
ナトリウム Na (wt %)	10.2	16.0	16.7	18.7	8.0	11.6
マグネシウム Mg (wt %)	—	—	1.5	—	1.0	4.0
アルミニウム Al (wt %)	1.8	1.9	—	—	—	2.7
ケイ素 Si (wt %)	2.8	2.5	1.8	1.6	2.6	3.7
リン P (wt %)	23.4	20.4	19.6	22.1	22.6	15.6
塩素 Cl (wt %)	—	—	—	—	—	4.8
カリウム K (wt %)	11.8	11.1	12.9	17.4	11.4	6.5
カルシウム Ca (wt %)	13.9	7.0	4.3	2.3	2.6	13.9
鉄 Fe (wt %)	3.9	2.0	3.5	2.6	11.2	2.4
酸素 O (wt %)	32.2	39.1	39.8	35.3	40.7	34.8

2. 3 重油の規格と性状

(1) 重油の規格

重油の規格については、「JIS K 2205-例」により、1.適用範囲、2.種類、3.品質、4.試験方法、5.表示が定められている。適用範囲について、「この規格は、重油について規定する。」、種類について、「重油は、動粘度によって1種(A重油)、2種(B重油)及び3種(C重油)の3種類に分類する。更に1種は硫黄分によって1号及び2号に細分し、3種は1号、2号及び3号に細分する。備考 括弧内は、通称を参考として示したものである。」とし、品質について、「重油は、内燃機関用、ボイラー用及び各種炉用などの燃料として適当な品質の精製鉱油であって、4.によって試験を行ったとき、表1の規定に適合しなければならない。」としている。

ここで明記されている、表1と4. 試験方法について下記に示す。

試験方法

- 1.試料採取方法 試料採取方法は、JIS K 2251 による。
- 2.反応 反応は、JIS K 2252 による。
- 3.引火点 引火点は、JIS K 2265 に規定するペンキーマルティンズ密閉式引火点試験方法による。
- 4.動粘度 動粘度は、JIS K 2283 に規定する動粘度試験方法による。
- 5.流動点 流動点は、JIS K 2269 に規定する流動点試験方法による。
- 6.残留炭素分 残留炭素分は、JIS K 2270 による。
- 7.水分 水分は、JIS K 2275 による。
- 8.灰分 灰分は、JIS K 2272 に規定する灰分試験方法による。
- 9.硫黄分 硫黄分は、JIS K 2541 による。

表 2. 10 -表 1 品質-

種類		反応	引火点 ℃	動粘度 (50℃) mm ² /s [cSt] (Ⅱ)	流動点 ℃	残留炭素分 質量%	水分 容量%	灰分 質量%	硫黄分 質量%
1種	1号	中性	60 以上	20 以下	5 以下(Ⅱ)	4 以下	0.3 以下	0.05 以下	0.5 以下
	2号								2.0 以下
2種						50 以下	10 以下(Ⅱ)	8 以下	0.4 以下
3種	1号	70 以上		250 以下	—	—	0.5 以下	0.1 以下	3.5 以下
	2号			400 以下	—	—	0.6 以下		—
	3号			400 を超えて 1000 以下	—	—	2.0 以下	—	—

(1) 1 種及び 2 種の寒候用のものの流動点は 0℃以下とし、1 種の暖候用の流動点は 10℃以下とする。

(2) 1 mm²/s = 1 cSt

なお、J I S の解説に示された重油の主な用途は、下記のようになる。

表 2. 11 重油の主な用途

種類		主な用途
1 種	1 号	窯業、金属製錬用、暖房用
	2 号	小形内燃機関用、暖房用
2 種		内燃機関用
3 種	1 号	一般用、大型ボイラー用、鉄鋼用、大型内燃機関用
	2 号	一般用、大型ボイラー用、鉄鋼用、大型内燃機関用
	3 号	高粘度バーナー用

(2) 重油の性状

石油連盟によれば、A 重油と C 重油の性状は下記のようになる。

1) 性状調査

2001 年 1 月及び 8 月 (冬季と夏季) の各製油所での出荷実績から、6 大都市圏向けデータの最大値、最小値で各性状実勢の幅を調べ作成した。ある 1 つのサンプルが、すべての項目において下記の最大値あるいは最小値を示すわけではない。

2) A 重油 (JIS 1 種)

A 重油については、製造実績のある主要製油所の全 35 製油所のうち 30 弱程度が対象サンプルとなっている。

表 2. 12 硫黄分 $\leq 1.0\%$

地区		密度 (15℃)	引火点	動粘度 (50℃)	10%CR (10%残炭)	水分	灰分	硫黄分	CP 曇点	CFPP (目詰点)
		g/cm ³	℃	mm ² /s	質量%	容量%	質量%	質量%	℃	℃
6大都市圏 出荷品	MAX	0.8958	96	4.536	0.82	0.0	0.0	0.990	16.0	10.0
	MIN	0.8641	66	2.370	0.32	0.0	0.0	0.457	-5.0	-18.0

資料：石油連盟技術環境部技術課（2002/8/29）

表 2. 13 硫黄分 $\leq 0.1\%$

地区		密度 (15℃)	引火点	動粘度 (50℃)	10%CR (10%残炭)	水分	灰分	硫黄分	CP 曇点	CFPP (目詰点)
		g/cm ³	℃	mm ² /s	質量%	容量%	質量%	質量%	℃	℃
6大都市圏 出荷品	MAX	0.8927	118	4.523	0.9	0.0	0.0	0.100	15.0	10.0
	MIN	0.8294	66	2.054	0.3	0.0	0.0	0.040	-7.0	-20.0

資料：石油連盟技術環境部技術課（2002/8/29）より

3) C重油 (JIS 3種)

A重油と同様に製造実績のある 35 製油所から、下表の製油所を対象サンプルとしている。

表 2. 14 硫黄分 $\leq 0.3\%$

		密度 (15℃)	反応	引火点	動粘度 (50℃)	流動点	残留 炭素分	水分	灰分	硫黄分
		g/cm ³		℃	mm ² /s	℃	質量%	容量%	質量%	質量%
全製油所 (19製油所)	MAX	0.9425	中性	224	197	50	9.85	0.1	0.050	0.30
	MIN	0.8705	中性	74	19.51	-22.5	0.06	0.0	0.000	0.11

資料：石油連盟技術環境部技術課（2002/8/29）より

表 2. 15 硫黄分 $\leq 1.0\%$

		密度 (15℃)	反応	引火点	動粘度 (50℃)	流動点	残留 炭素分	水分	灰分	硫黄分
		g/cm ³		℃	mm ² /s	℃	質量%	容量%	質量%	質量%
全製油所 (16製油所)	MAX	0.9710	中性	162.1	196	45	9.58	0.1	0.050	0.98
	MIN	0.8983	中性	73.8	43	-20	0.15	0.0	0.004	0.54

資料：石油連盟技術環境部技術課（2002/8/29）より

表 2. 16 硫黄分 $\leq 3.0\%$

		密度 (15℃)	反応	引火点	動粘度 (50℃)	流動点	残留 炭素分	水分	灰分	硫黄分
		g/cm ³		℃	mm ² /s	℃	質量%	容量%	質量%	質量%
全製油所	MAX	0.9970	中性	148	200	15	16.4	0.1	0.040	2.99
(28製油所)	MIN	0.9230	中性	73	52.6	-30	1.4	0.0	0.010	1.10

資料：石油連盟技術環境部技術課（2002/8/29）より

これらの硫黄分と測定値の最大最小の相違はあるものの、これをまとめてA重油とC重油の項目別の幅としてみると以下ようになる。

表 2. 17 A重油（既存資料）の測定値

	石油連盟資料	J I S 規格値
密 度 (g/cm ³)	0.896 ~ 0.829	—
引火点 (℃)	118 ~ 66	60 以上
動粘度 (mm ² /s)	4.536 ~ 2.054	20 以下
流動点 (℃)	—	5 以下
残留炭素 (wt %)	0.9~0.3 (10%残油)	4 以下
水 分 (mt %)	0.0	0.3 以下
灰 分 (wt %)	0.0	0.05 以下
硫黄分 (wt %)	0.99 ~ 0.01	0.5 以下 (1 号)、2.0 以下 (2 号)

表 2. 18 C重油（既存資料）の測定値

	石油連盟資料	J I S 規格値 (3 種 1 号)
密 度 (g/cm ³)	0.997 ~ 0.87	—
引火点 (℃)	224 ~ 73	70 以上
動粘度 (mm ² /s)	200 ~ 19.51	250 以下
流動点 (℃)	50 ~ -30	—
残留炭素 (wt %)	16.4~0.06	—
水 分 (mt %)	0.1 ~ 0.0	0.5 以下
灰 分 (wt %)	0.050 ~ 0.00	0.1 以下
硫黄分 (wt %)	2.99 ~ 0.11	3.5 以下

また、ボイラーメーカーが大気規制に対応するために、分析した重油の分析結果は次のようになる。

表 2. 19 国産 A B C 重油の一般性状分析結果（実績調査）

	A 重油	B 重油	C 重油
引火点 (℃)	92	96	106
動粘度 (PW50 ℃)	36.2	128.0	527
流動点 (℃)	-10	-7.5	0
残留炭素 (wt %)	1.0	6.5	9.0
水 分 (mt %)	0.05	0.1	0.1
灰 分 (wt %)	0.005	0.01	0.02
硫黄分 (wt %)	0.71	2.37	2.71
窒素分 (wt %)	0.03	0.13	0.23

資料：ボイラーメーカー提供

（3）重油の項目別性状

重油の性状については、「四訂・公害防止の技術と法規 [大気編]」（平成 6 年 8 月 通商産業省環境立地局監修（社）産業環境管理協会発行）に記述があり、J I S 項目について概要を示すこととする。

1) 比重

4℃の水に対する 15℃の油の重量比を比重とする。比重が大きいほど流動点、粘度、残留炭素などが大きくなる。また一般に比重が大きいほど発熱量は低くなり、燃焼性は悪くなる。

2) 粘度

粘度の低いものほど一般に低沸点炭化水素を含む。粘度は送油及び燃焼の際、バーナーにおける噴霧性状に影響する性質として重視される。粘度は温度の増加とともに低下するから必要に応じて加熱して用いる。一般に、重油の送油に要求される粘度は 500 ～ 1000cSt (500 ～ 1000mm²/s)、バーナーにおける微粒化において要求される粘度は、バーナーの型式によって異なるが、20 ～ 45cSt (20 ～ 45mm²/s) である。多くの場合、A 重油、B 重油は加熱しなくても使用できるが、C 重油は送油では 20 ～ 30℃、噴霧燃焼では 80 ～ 90℃まで加熱することが必要である。

3) 流動点

低温で取り扱う場合の難易を示す尺度として必要とされるもので、冬期又は寒冷地において特に重要である。通常、高粘度重油の場合は加熱保温の処置がとられる。一般に低粘度の重油は、高粘度のものと比べて流動点は低い。

4) 引火点

油を加熱して、その蒸気が空気と混合して可燃性ガスを生じる最低温度をいう。引火点は重油の組成、比重、粘度などに関係する。引火点が低いと火災の危険があり、高いと着火が困難になる。

5) 残留炭素

重油を空気の供給で十分でないところで高温に加熱すると、乾留を受けて炭素が凝着する。これを残留炭素という。この試験には普通コンラドソン試験器を用いる。一般にこれが多いものは粘度が高く、またアスファルトを多く含み良質な重油とはいえない。バーナ

一のノズルに炭化物の生成、重油のガス化のときのコークス化の程度に相関性がある。

6) 灰分及び夾雑物

重油中の不純分のうち、燃焼して金属酸化物の固体として残るものが灰分である。主に鉄、マグネシウム、カルシウム、ケイ素、カリウム、バナジウムの化合物からなる。

7) 水分

原油中にある程度の水分や泥分が混入し、これが重油中にそのまま残ったものを水分分という。蒸留によって分離されたものが水分である。

8) 硫黄分

重油の中には硫黄化合物が含まれており、その量及び存在の状態は原油の性状や製造法で異なる。硫黄化合物は、完全燃焼すれば SO_2 を生じる。

2. 4 畜産動物油脂と重油との特性比較

畜産動物油脂の燃料性状分析結果と、A重油とC重油の性状と比較して、畜産動物油脂の特徴をみると次のようになる。ただし、4種類の試料のうち死亡牛油脂の中の、クッカー処理後とデカンター処理前の値は、通常のデカンター処理を行っていない試料であることから除いて検討する。

(1) 食用牛脂・豚脂の重油との比較

1) 密度

食用牛脂の密度は、 $0.9305 \sim 0.9147\text{g/cm}^3$ であり、豚脂は $0.9359 \sim 0.9273\text{g/cm}^3$ となり、A重油の $0.896 \sim 0.829\text{g/cm}^3$ と比べると牛脂・豚脂が高く、C重油の $0.997 \sim 0.87\text{g/cm}^3$ の範囲内の値となっている。

2) 引火点

食用牛脂の引火点は、 $254 \sim 230^\circ\text{C}$ であり、豚脂は $254 \sim 246^\circ\text{C}$ となり、A重油の $118 \sim 66^\circ\text{C}$ に比べて高く、C重油の $224 \sim 73^\circ\text{C}$ よりも高い値となっている。

3) 動粘度

食用牛脂の動粘度は、 $30.7 \sim 29.8\text{mm}^2/\text{s}$ であり、豚脂は $28.9 \sim 28.7\text{mm}^2/\text{s}$ となり、A重油の $4.536 \sim 2.054\text{mm}^2/\text{s}$ に比べて高く、C重油の $200 \sim 19.51\text{mm}^2/\text{s}$ の範囲内の値となっている。

4) 流動点

食用牛脂の流動点は、 $27.5 \sim 25.0^\circ\text{C}$ であり、豚脂も同様の $27.5 \sim 25.0^\circ\text{C}$ となり、A重油の J I S 規格値 5°C より高く、C重油の $50 \sim -30^\circ\text{C}$ の範囲内の値となっている。

5) 残留炭素

食用牛脂の残留炭素は、 $0.25 \sim 0.19\text{wt} \%$ であり、豚脂は $0.29 \sim 0.26\text{wt} \%$ となり、A重油の $0.9 \sim 0.3\text{wt} \%$ (10%残油) の下限値を下回る範囲内にあり、C重油の $16.4 \sim 0.06\text{wt} \%$ とかなり少なくなっている。

6) 水分

食用牛脂の水分は、 $0.1 \sim 0.05\text{wt} \%$ であり、豚脂は $0.2 \sim 0.05\text{wt} \%$ となり、A重油の $0.0\text{wt} \%$ 、C重油の $0.1 \sim 0.0 \%$ と同程度の範囲内にある。

7) 灰分

食用牛脂の灰分は、 $0.006 \sim 0.005\text{wt} \%$ 以下であり、豚脂は $0.005\text{wt} \%$ 以下となり、A重油の $0.0\text{wt} \%$ 、C重油の $0.050 \sim 0.00\text{wt} \%$ と同程度の範囲内にある。

8) 硫黄分

食用牛脂の硫黄分は、0.032 ～ 0.029wt %であり、豚脂は 0.031 ～ 0.026wt %となり、A 重油の 0.99 ～ 0.01wt %の範囲内で下限値に近くであり、C 重油の 2.99 ～ 0.11wt %の下限値を下回っている。

9) 窒素分

食用牛脂の窒素分は、0.004 ～ 0.003wt %であり、豚脂は 0.005 ～ 0.002wt %となり、A 重油の 0.03wt %を 1 桁下回っており、B 重油の 0.13wt %、C 重油の 0.23wt %を 2 桁下回っている。

10) 重油との比較結果

以上から食用牛脂・豚脂は、①密度ではC重油の範囲内にあり、②引火点はC重油を上回り、③動粘度はC重油の範囲内で、④流動点はC重油の範囲内で、⑤残留炭素はA重油の範囲内であり、⑥水分はC重油と同程度で、⑦灰分はA重油とC重油と同程度で、⑧硫黄分はA重油の範囲内で下限値に近く、⑨窒素分はA重油を 1 桁下回っている。

よって、密度・動粘度・流動点はC重油の範囲内にあり、残留炭素はA重油の範囲内にあり、引火点はC重油を上回り、水分・灰分はC重油と同程度で、硫黄分はA重油の下限値にあり、窒素分はA重油を 1 桁下回っている。このことから、食用牛脂・豚脂は、燃焼システムの項目においてはC重油並みであるが、環境負荷系はA重油並みとみることができよう。

(2) 骨油と重油との比較

骨油の燃料性状を重油と比較するときに、畜産動物油脂の標準となる食用牛脂と骨油との比較も併せて行うこととする。

1) 密度

骨油の密度は、0.9338 ～ 0.9221g/cm³で食用牛脂とほぼ同等であることから、A重油の0.896～0.829g/cm³と比べると高いが、C重油の0.997～0.87g/cm³の範囲内の値となっている。

2) 引火点

骨油の引火点は、218 ～ 202℃で食用牛脂よりは36 ～ 28℃ほど低い値であることから、A重油の118 ～ 66℃に比べて高く、C重油の224 ～ 73℃よりも高い値となっている。

3) 動粘度

骨油の動粘度は、46.7 ～ 29.3mm²/sで低値が食用牛脂と同等であるが、高値は食用牛脂の30.7mm²/sと比べ16.0mm²/sと高くなる。A重油の4.536～2.054mm²/sに比べて高く、C重油の200～19.51mm²/sの範囲内の値となっている。

4) 流動点

骨油の流動点は、27.5 ～ 22.5℃で食用牛脂とほぼ同等であり、A重油のJIS規格値5℃より高く、C重油の50 ～ -30℃の範囲内の値となっている。

5) 残留炭素

骨油の残留炭素は、0.55 ～ 0.23wt %で食用牛脂より0.30 ～ 0.04wt %ほど高い値であることから、A重油の0.9 ～ 0.3wt % (10 %残油) の下限値を下回る範囲内にあり、C重油の16.4 ～ 0.06wt %に比べるとかなり少なくなっている。

6) 水分

骨油の水分は、0.1～0.05wt %で食用牛脂と同様であり、A重油の0.0wt %、C重油の0.1～0.0 %と同程度の範囲内にある。

7) 灰分

骨油の灰分は、0.065～0.012wt %で食用牛脂の0.006～0.005wt %以下を上回っており、A重油の0.0wt %、C重油の0.050～0.00wt %の上限値に近い値となっている。

8) 硫黄分

骨油の硫黄分は、0.065～0.012wt %で食用牛脂の0.032～0.029wt %と比べ高い値では食用牛脂のほぼ倍、低い値では食用牛脂を下回っている。このことからA重油の0.99～0.01wt %の範囲内で下限値に近く、C重油の2.99～0.11wt %の下限値に近づいている。

9) 窒素分

骨油の窒素分は、0.059～0.034wt %と食用牛脂の0.004～0.003wt %を1桁上回るものの、A重油の0.03wt %と同程度であり、B重油の0.13wt %、C重油の0.23wt %を1桁下回っている。

10) 重油との比較結果

以上から骨油は、①密度ではC重油の範囲内にあり、②引火点はC重油を上回り、③動粘度はC重油の範囲内で、④流動点はC重油の範囲内で、⑤残留炭素はA重油の範囲内であり、⑥水分はC重油と同程度で、⑦灰分はC重油と同程度で、⑧硫黄分はA重油の範囲内で下限値に近く、⑨窒素分はA重油を1桁下回っている。

よって、密度・動粘度・流動点はC重油の範囲内にあり、残留炭素はA重油の範囲内で、あり、引火点はC重油を上回り、水分・灰分はC重油と同程度で、硫黄分はA重油の下限値にあり、窒素分はA重油を1桁下回っている。このことから、骨油は、燃焼システムの項目においてはC重油並みであるが、環境負荷系はA重油並みとみることができよう。

(3) 死亡牛油脂の重油との比較

上記でも述べたようにクッカー処理後の中部とデカンター処理前の九州-4を除いて、以下の比較検討を行う。また、上記の骨油と同様に、標準の食用牛脂とも比較する。

1) 密度

死亡牛油脂の密度は、0.9292～0.9231g/cm³で食用牛脂とほぼ同等の値であることから、A重油の0.896～0.829g/cm³と比べると高いが、C重油の0.997～0.87g/cm³の範囲内の値となっている。

2) 引火点

死亡牛油脂の引火点は、174～164℃で食用牛脂よりは80～64℃ほど低い値であるものの、A重油の118～66℃に比べて高く、C重油の224～73℃の範囲内の値となっている。

3) 動粘度

死亡牛油脂の動粘度は、29.4～28.4mm²/sで高値が食用牛脂の30.7mm²/sと比べて同等であるが、A重油の4.536～2.054mm²/sに比べて高く、C重油の200～19.51mm²/sの範囲内の値となっている。

4) 流動点

死亡牛油脂の流動点は、12.5 ～ 10.0℃で食用牛脂の高値 27.5℃と 15℃高くなっており、A重油の J I S 規格値 5℃より高く、C重油の 50 ～ 30℃の範囲内の値となっている。

5) 残留炭素

死亡牛油脂の残留炭素は、0.54 ～ 0.35wt %でこの高値は食用牛脂の高値 0.25wt %と比べほぼ倍の値であり、A重油の 0.9 ～ 0.3wt % (10 %残油) のほぼ範囲内にある。またC重油の 16.4 ～ 0.06wt %と比べ低くなっている。

6) 水分

死亡牛油脂の水分は、2.4 ～ 0.3wt %で食用牛脂の高値よりも死亡牛油脂が高くなり、A重油の 0.0wt %、C重油の 0.1 ～ 0.0 %を上回っている。

7) 灰分

死亡牛油脂の灰分は、0.052 ～ 0.016wt %で食用牛脂の 0.006 ～ 0.005wt %以下を上回っており、A重油の 0.0wt %、C重油の 0.050 ～ 0.00wt %の高値に近くなっている。

8) 硫黄分

死亡牛油脂の硫黄分は、0.038 ～ 0.031wt %で食用牛脂の 0.032 ～ 0.029wt %と比べほぼ同様の値があり、A重油の 0.99 ～ 0.01wt %の範囲内を 1 桁下回っており、C重油の 2.99 ～ 0.11wt %の下限值をも大きく下回っている。

9) 窒素分

死亡牛油脂の窒素分は、0.102 ～ 0.092wt %と食用牛脂の 0.004 ～ 0.003wt %を大幅に上回り、またA重油の 0.03wt %も上回っているが、B重油の 0.13wt %と同等の値となっている。

10) 重油との比較結果

以上から死亡牛油脂は、①密度ではC重油の範囲内にあり、②引火点はC重油の範囲内で、③動粘度はC重油の範囲内となり、④流動点はC重油の範囲内で、⑤残留炭素はA重油の範囲内であり、⑥水分はC重油を上回り、⑦灰分はC重油を上回り、⑧硫黄分はA重油の範囲内を 1 桁下回り、⑨窒素分はB重油並みとなっている。

よって、密度・引火点・動粘度・流動点はC重油の範囲内にあり、水分・灰分はC重油を上回り、残留炭素と硫黄分はA重油の範囲内であり、窒素分はB重油並みとなっている。このことから、死亡牛油脂は、燃焼システムの項目においてはC重油並みであるが、環境負荷系はB重油並みとみることができよう。

(4) 重油との比較のまとめ

以上のように食用牛脂・豚脂、骨油、死亡牛油脂について、A B C重油の性状と比較してきたが、これをまとめると下記ようになる。即ち、畜産動物油脂の種類と処理工程を考慮しても、燃焼系に影響のある密度、動粘度、流動点は、C重油と同程度であり、引火点はC重油を上回るものの燃料タンクが加温されていることから燃焼上の課題は解決される。また、灰分は、骨油でC重油と同程度であるが死亡牛油脂はC重油を上回っており、灰分の元となる夾雑物が燃焼系統（バーナー）に影響を与えることが考えられる。

一方、環境負荷系として硫黄分、窒素分があり、硫黄分はA重油範囲内あるいはそれを 1 桁下回っている。窒素分は骨油でA重油と同程度であるが、死亡牛油脂ではB重油と同程度であることから、夾雑物の影響とみられる。このことから、燃焼系の対応と同時に夾

雑物の除去を行えば、窒素分の含有量は減少することになる。

3 ボイラー利用での技術的検討

3. 1 牛脂の燃料化への前処理設備

(1) レンダリング設備の概要

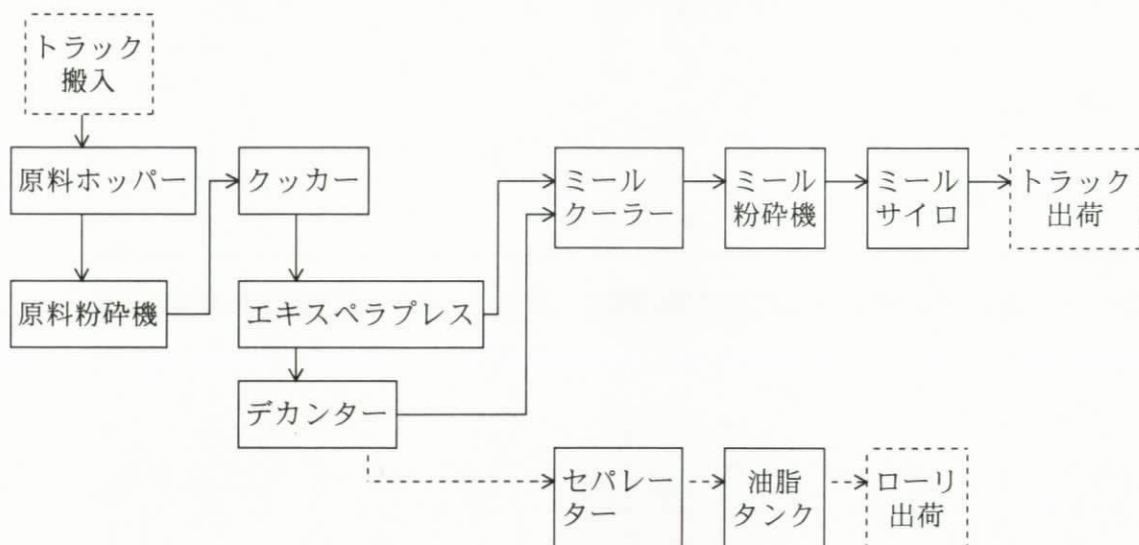
1) 設備の概要

乾式処理と湿式処理では装置工程が異なるが、獣骨処理では乾式処理となる。主な工程では、クッカー処理すると水分はほとんどなくなり、固形分（ケーキ状）と油分とをエキスペラで分離し、油分はデカンター（2層分離）で固形分（おり）を除去する。

このデカンター処理後のままで燃料にするのか、セパレーターを用いてさらに分離を行うのか、あるいはろ過装置により固形分を除去するのかなの方法がある。固形分が混入しているとバーナーの安定性やカーボン発生量に影響することから、前処理設備の検討が必要である。獣骨処理における乾式処理の装置工程の概要は、図3. 1のようになる。

図3. 1 乾式レンダリング設備の概要

<基本設備>



<周辺設備>

ボイラー設備、受電設備、脱臭設備、受給水槽設備、排水処理設備、トラック洗浄設備

2) ろ過装置

ろ過の方法には、大きく分けて①静置分離、②ろ紙（布）によるろ過、③遠心分離が挙げられる。レンダリング業における夾雑物の除去には、多くの事例では静置分離と遠心分離を組み合わせで行われ、一部にろ布の方法も用いられている。

上図においてレンダリングではデカンターを用いるのは通例であるが、油脂の純度を増すために、セパレーターの前後にセッティング（静置沈殿分離）タンクを設置し、おりの除去を行うことがある。デカンター処理後の不純物量は3～5%程度となり、セッティングタンクによる不純物除去後でも1%未満とはならないとみられている。不純物量の多寡は、①原料の鮮度、②デカンターの適正運転に原因があるとされ、油脂におりが混入することになる。セパレーターを用いると不純物量は1%未満になるとみられる。

デカンター及びセパレーターの主要メーカーは、アルファラバル、ウエストファリア、石川島播磨、トモエ、タナベなどがある。セパレーターを導入すると、装置費・維持費がかさみ運営的に厳しいとの見方もある。

この他に溶解性物質が油脂に含まれていることもあり、セパレーターでは限界があることから、油脂用ろ過装置を用いるという方法があるが、ろ過助剤が高価でありこの助剤の処理が問題となるとの指摘もある。

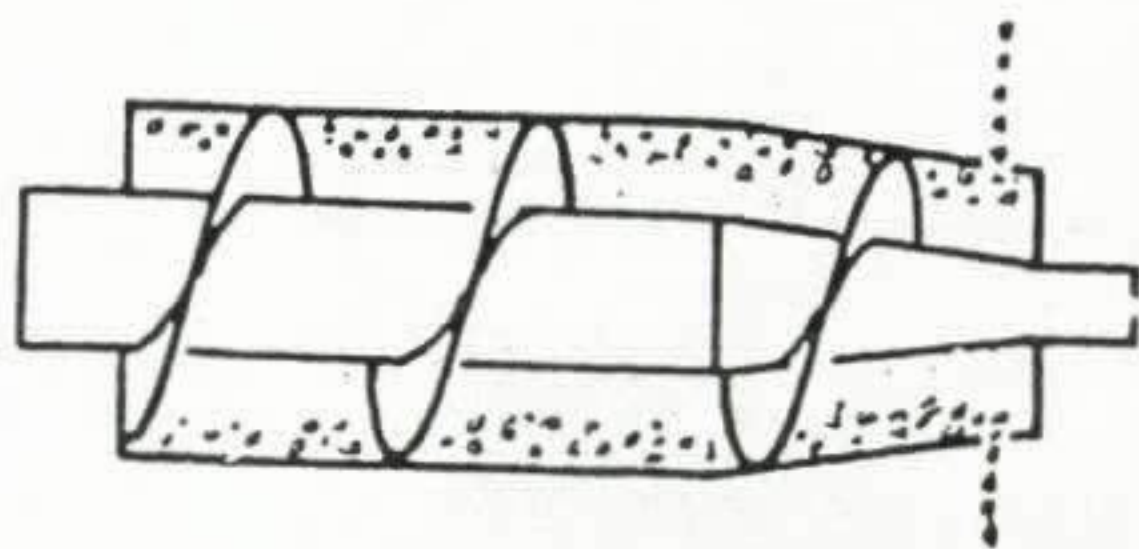
このデカンターとセパレーター及びセパレーターの代替としてろ過装置について下記に概要を示す。

(2) デカンターとセパレーター

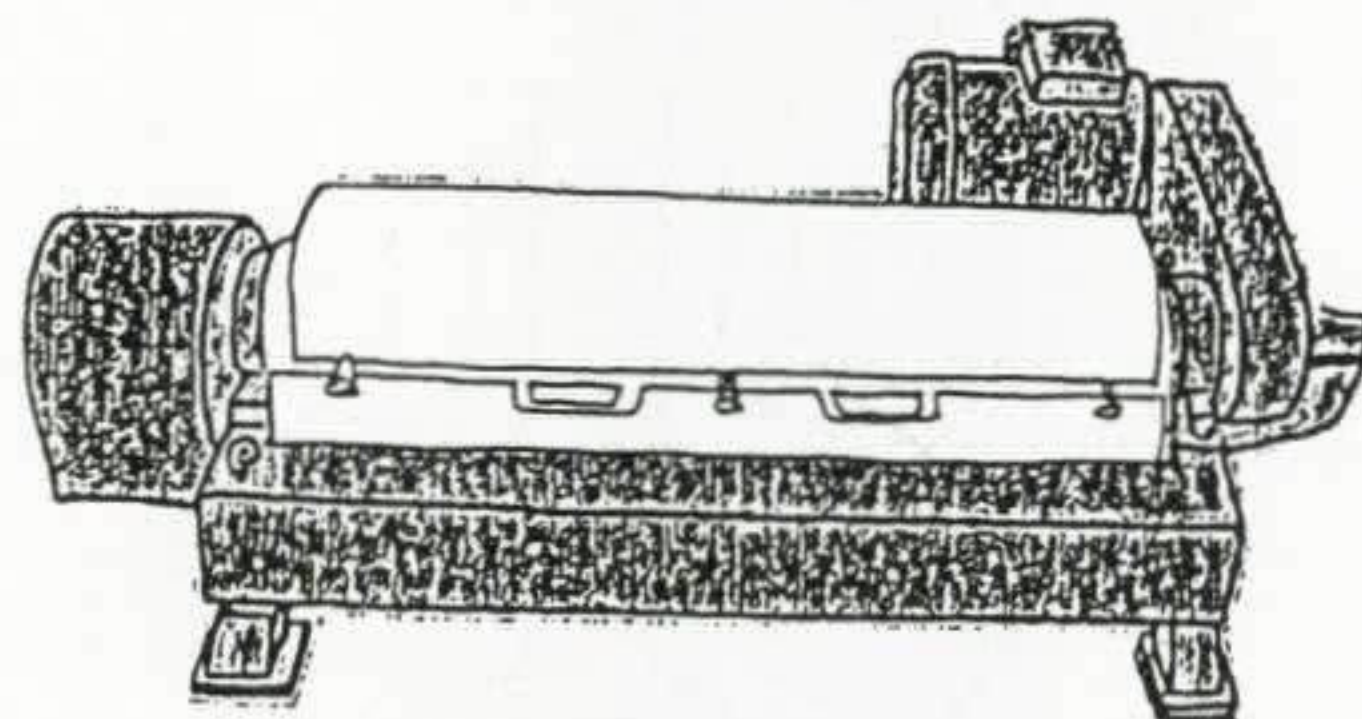
アルファラバルのパフレットから、デカンターとセパレーターの構造と用途について示すと下記のようなになる。

1) デカンター形遠心分離機

基本タイプ



装置外観

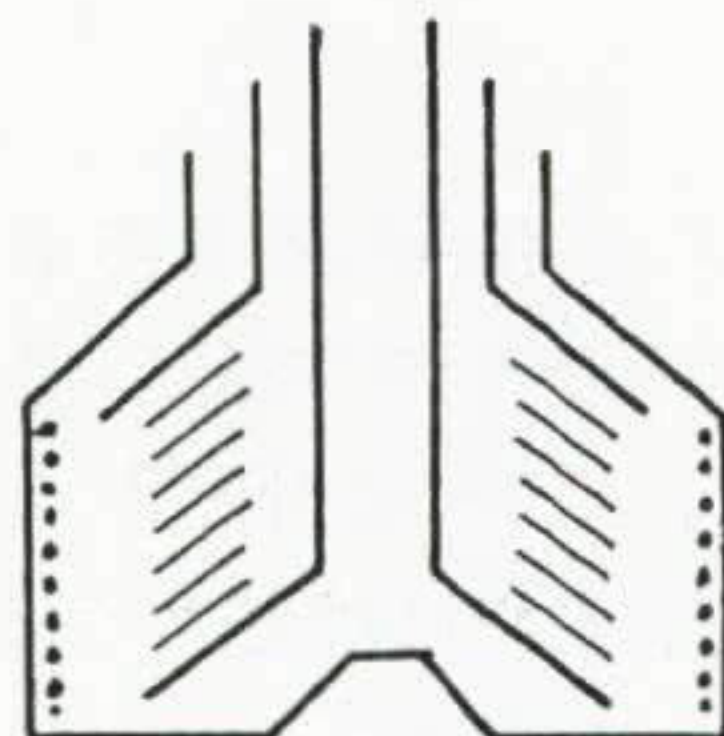


60 %までの固形分を含んだスラッジの脱水に使われる。これは水平のドラムあるいはローターを持ち、その中で縦形セパレーターと同様に分離が行われる。デカンターはディスクスタックを持たないが、固形分はスクリーコンベアーによりドラムから連続的に排出される。

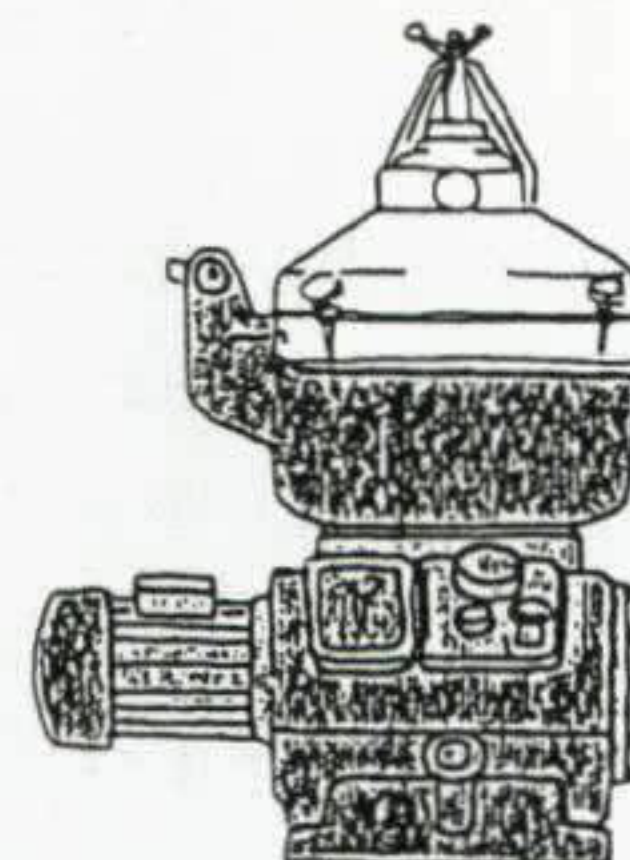
用途：魚肉加工、精肉副産物、下水処理、プラスチック、その他

2) ソリッドリテイニング形セパレーター

基本タイプ



装置外観

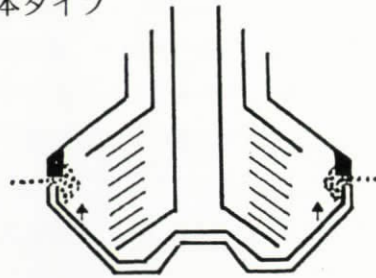


固形分が1 %以下程度の少量しか含まれない液体の分離に使われる。その理由は固形分を取り除くとき、機械を停止してボウルを開け、手で固形分を取り除くためである。

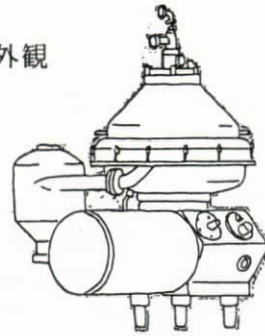
用途：爆薬、食用油、石けん、ラバーラテックス、その他

3) ソリッドエジェクティング形セパレーター

基本タイプ



装置外観

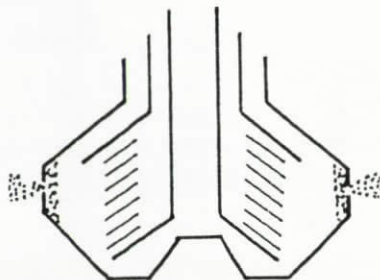


固形分を 10 % まで含んでいる液体を分離するとき、ボウルを開けるために機械を停止させることが望ましくない場合に用いられる。ボウルの中にたまった固形分は、ボウルの周壁にあたって、一定インターバルごとに開くスロットルから 1 秒の何分の 1 という瞬間にはき出される。

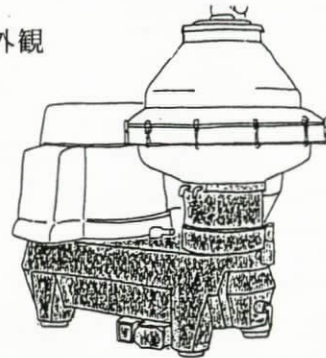
用途：燃料油、ミルク、ワイン、ビール、フルーツジュース、原子力廃棄物、その他

4) ノズル形セパレーター

基本タイプ



装置外観



液体に 10 % 以上の固形分を含んでいるときに使う。このセパレーターは固形分が連続的にボウルから排出される。

用途：イースト、アルコール、スターチ、パームオイル、合成燃料、その他

以上の 4 種類のセパレーターの中で、どの種類が適しているかはレンダリング処理におけるエキスペラプレスの後の性状とろ過精度との関連で、手間をかける人員が調達できるのか、手間をかけずに自動的に夾雑物を除去するのか、それに伴う費用をどの程度見込むのかによって異なったものとなる。

(3) ろ布・ろ過助剤によるろ過装置

牛脂等の油脂に含まれる、溶解性物質をろ過するのに用いられるろ過装置がある。その種類には様々なものがあるが、装置としてはタンク内にろ布（あるいは金属製）を数枚並べて圧力を掛けてろ過するもので、リーフ（葉）フィルターと呼ばれるものがある。このリーフとなる布にゼオライト（珪藻土）を付着させて、油脂にはゼオライトを少量添加し、これが通過するさいにコロイド状物質がケーキとなって堆積するものである。

装置構成としては、ろ過機、プリコートタンク（ろ過を始める前にリーフ面にゼオライトを付着させるためのもの）、ボディーフィードタンク（油脂にゼオライトを混合させるもの）、ポンプなどである。

3. 2 ボイラーの種類とバーナー

(1) ボイラーの種類

ボイラーとは、燃料の燃焼により発生した熱を容器内の水に伝えて、高温・高圧の蒸気を発生する装置であり、炉（燃焼室）、ボイラー本体、付属装置からなりその種類は表3. 1のようになる。各種製造業や暖房用に用いられているのは、炉筒煙管式が幅広く利用されており、レンダリング業においてもこれを用いていることから、この種類が対象となる。レンダリング業では、高濃度臭気が発生するので、これをダクトで収集しボイラーで燃焼させるという臭気対策を行っており、これが牛脂を燃焼させると、どのように影響するのかの検討も必要である。

表3. 1 ボイラーの種類と概要

種類	蒸発量規模	構造等の特徴
水管式	大型	多数の管に水を通し燃焼ガスで熱する
炉筒煙管式	中型	燃焼ガスを煙管に通し管の周囲にある水を熱する
貫流式	小型	水管式と同じであるが、いわば家庭の湯沸器と同様

(2) バーナー

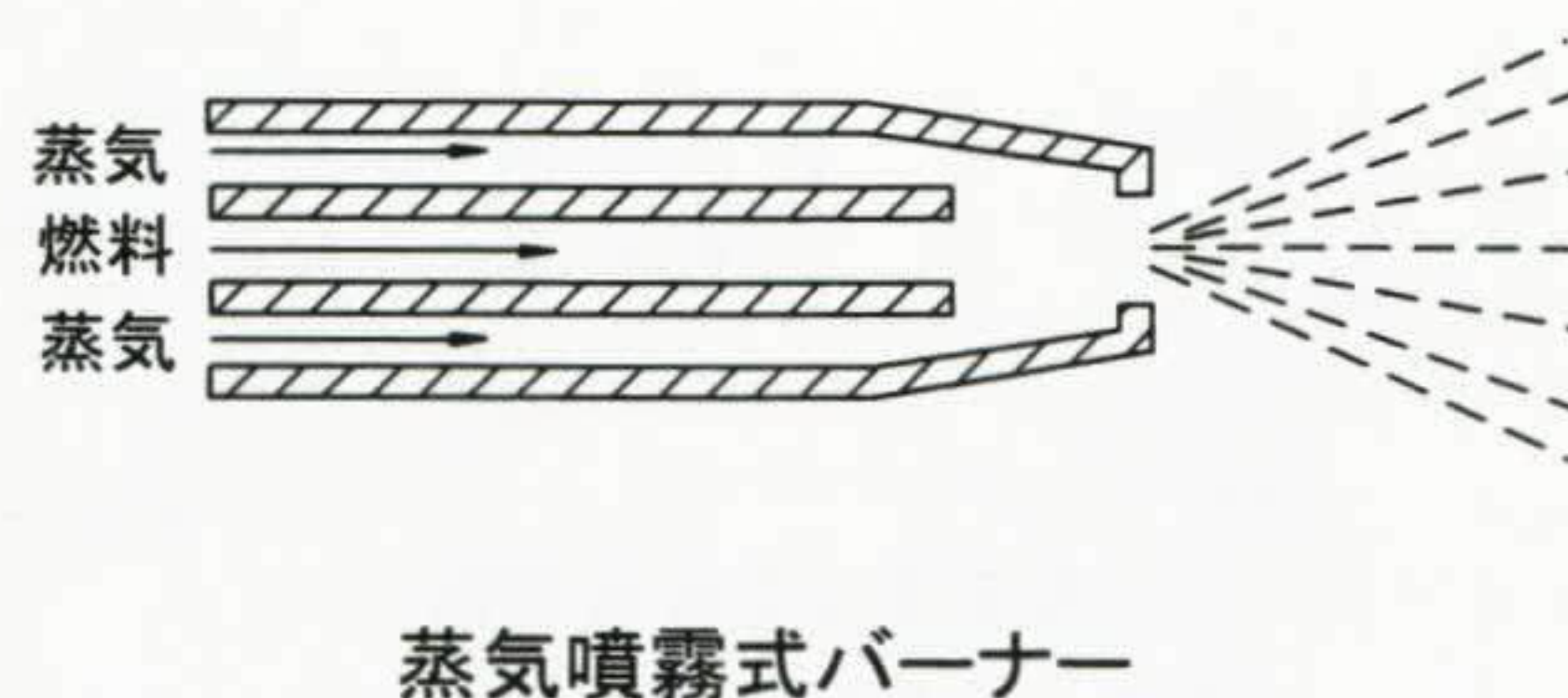
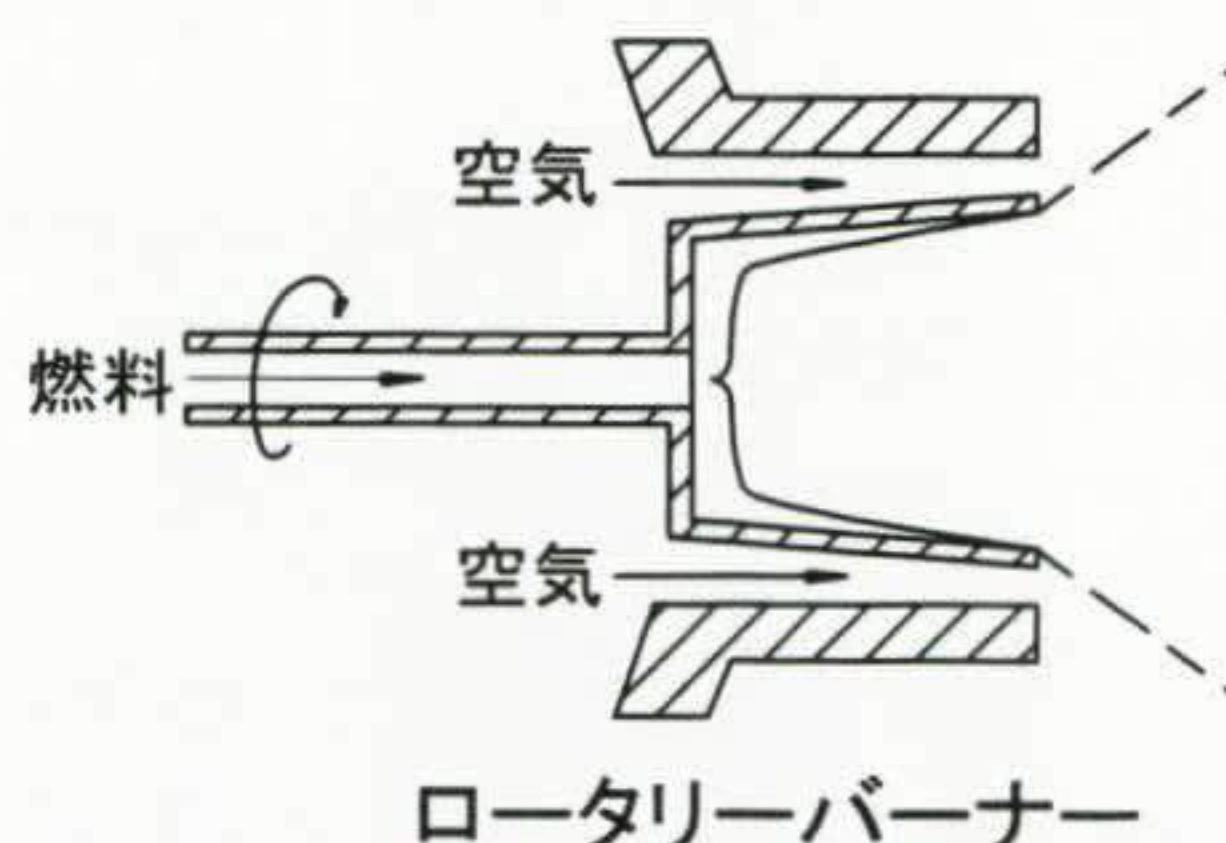
バーナーとは、燃料を燃焼室に吹き込み、空気と十分に混合させて燃焼させる装置である。重油を燃焼させるバーナーとは異なり、動粘度や流動点が高い牛脂で適合するバーナーとして、ロータリーバーナーや蒸気噴霧式バーナーで可能と考えられる。ロータリーと蒸気噴霧式の相違点は次のようになる。

1) ロータリーバーナー

回転するカップの内壁に沿って燃料を流し、遠心力によって霧化するもので、バーナーがやや大型になるが、燃料量の調節が広い範囲で行えるため小型ボイラーで多く用いられている。

2) 蒸気噴霧式バーナー

蒸気を高速に吹き出すことにより燃料を霧化するもので、他の方式と比べ燃焼状態が良好であり、燃料量の調節も容易であるが、高圧の蒸気を必要とする。



このような相違の他に、蒸気噴霧式バーナーが蒸気を用い、ロータリーバーナーは通常の空気を用いることから温度帯が異なることが挙げられる。寒冷地の事例では、配管中の油脂温度を蒸気噴霧式バーナーでは70℃、ロータリーバーナーでは90℃にするとされ

ている。

これらのバーナーを用いるにしても燃焼室のバーナーを単に取り替えるのみで対処できるのか、改造が必要となるのかの検討が必要となる。

(3) 燃焼による問題点

従来検討されてきた動植物油脂の燃焼における問題は、ボイラー能力が維持できるか、燃焼により発生する問題の2点が指摘されている。

1) ボイラー能力

動植物油脂はC重油と比較して発熱量が低くなるので、燃焼量を同じとすればボイラー能力は発熱量分低下する。混焼する場合は、給油ポンプ能力の範囲内であるならば追炊き（油量を増やす）は可能であり、それによりボイラー能力の保持は可能となる。

2) 燃焼による問題点

- ①オイル配管内のスケール付着
- ②オイル配管内のストレーナーの目詰まり
- ③オイルサービスタンクのフロートスイッチの作動不良
- ④オイルヒーターの絶縁不良
- ⑤A C弁の動作不安定
- ⑥バーナーチップ穴の変形による燃焼不安定
- ⑦引火点がC重油に比べて高いため、着火位置が先に伸びて火炎が長くなり、燃焼室の壁にカーボンが付着したり、損傷が生じる
- ⑧煙管の詰まり（清掃が必要）
- ⑨高燃焼を長時間続けると、築炉の損傷が生じる

3. 3 燃料供給方式と必要な設備

(1) 燃料供給方式

牛脂を単体で燃焼させる切換専焼方式か、重油と混合して燃焼させる混焼方式かのいずれかになるが、これも動粘度や流動点の関係で定まる。

- ①切換専焼方式――重油を燃焼させボイラーと専用牛脂タンクを加熱して、牛脂が流動したときにコックで切り替えて牛脂のみを燃焼させ、終了前に重油を燃焼させるものである。
- ②混燃方式――重油と牛脂の混合し燃焼させるもので、この混合比がどの程度が最適になるかは牛脂の性状により異なり、設備として混合装置（タンク付）が必要となる。

(2) 対応する必要な設備

専燃・混燃のいずれの方式にしても必要となる設備としては、下記のようなになる。

- ①前処理設備――デカンター、セパレーター、リーフフィルター（ろ過装置）
- ②共通設備――タンク類として重油タンク、牛脂専用タンク、同タンク加熱装置
バーナーまでの配管（ヒーター等の常時加熱）
- ③専燃方式――蒸気噴霧式バーナーかロータリーバーナー、重油・牛脂切換コック

④混燃方式ー蒸気噴霧式バーナーかロータリーバーナー、混合装置とサービスタンク
レンダラーでは、既存のボイラーの燃焼室はバーナー交換で可能か、メーカーにより改造が必要かなどの課題がある。

(3) 燃焼方式におけるボイラーレイアウト

燃焼方式とバーナーの相違によるボイラー本体と周辺機器のレイアウトを示すと図3. 2～3. 5のようになる。その種類は

- ①切替専焼方式
- ②バーナー独立混焼方式
- ③燃料事前混合混焼方式
- ④燃料直前混合混焼方式

が挙げられる。また、通常のボイラーの燃焼系統では、ストレーナが数段設置されていることから、夾雑物系の混入があったとしても除去でき、大気汚染排出基準やバーナーへの大きな障害となる可能性は低いものとなろう。

3. 4 炉筒煙管式ボイラーの実績

レンダリング業界において、重油と骨油の切替燃焼を行っている事例をあげると下記のようになる。

表3. 2 重油・動物油脂の同時燃焼の実績

	ボイラ型式	数量	発熱量 (t/h)	圧 力 (MPa)	バーナー 型式	燃焼方式
北海道	炉筒煙管式	1	6	0.98	蒸気噴霧	切替専焼
北海道	炉筒煙管式	2	8	0.98	蒸気噴霧	切替専焼
北海道	炉筒煙管式	1	10	0.98	蒸気噴霧	切替専焼
関 東	炉筒煙管式	1	2.5	0.98	ロータリー	切替専焼
中 国	炉筒煙管式	1	8	0.98	蒸気噴霧	切替専焼
四 国	炉筒煙管式	1	10	0.98	ロータリー	切替専焼
”	炉筒煙管式	2	18	0.98	ロータリー	切替専焼

図3.2 切替専焼方式(蒸気噴霧式バーナー)

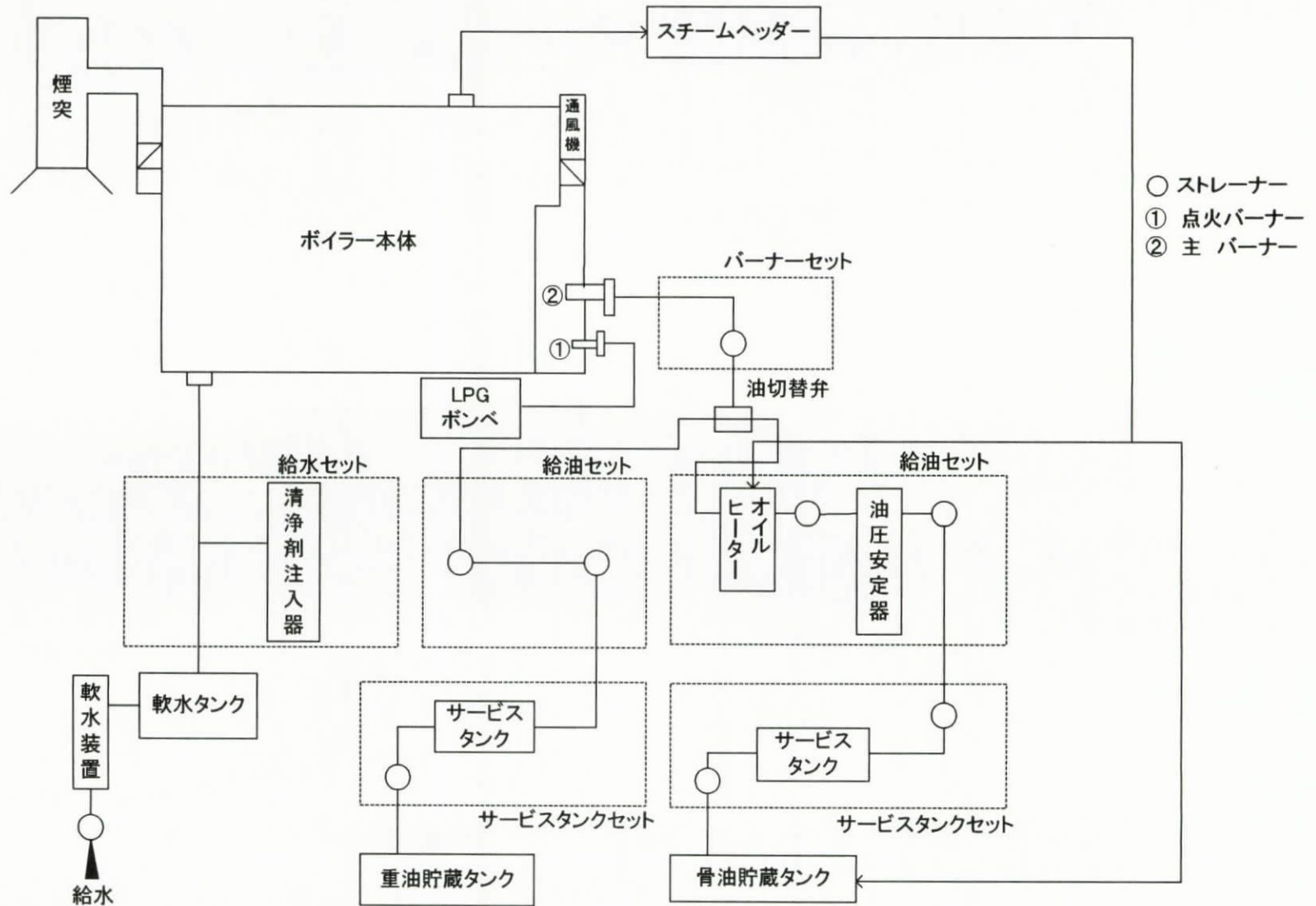


図3.3 バーナー独立混焼方式(蒸気噴霧式バーナー)

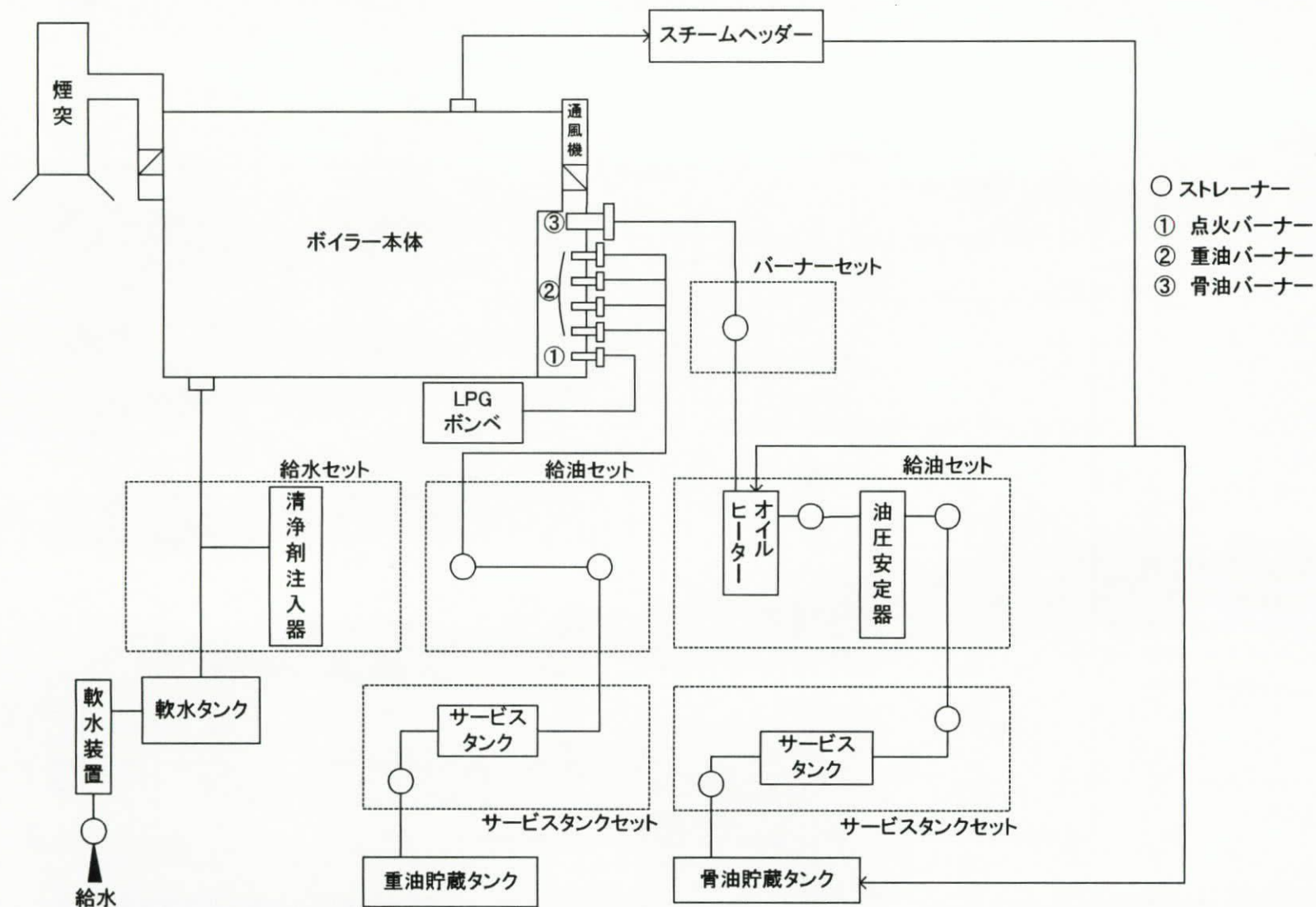


図3.4 燃料事前混合混焼方式(蒸気噴霧式バーナー)

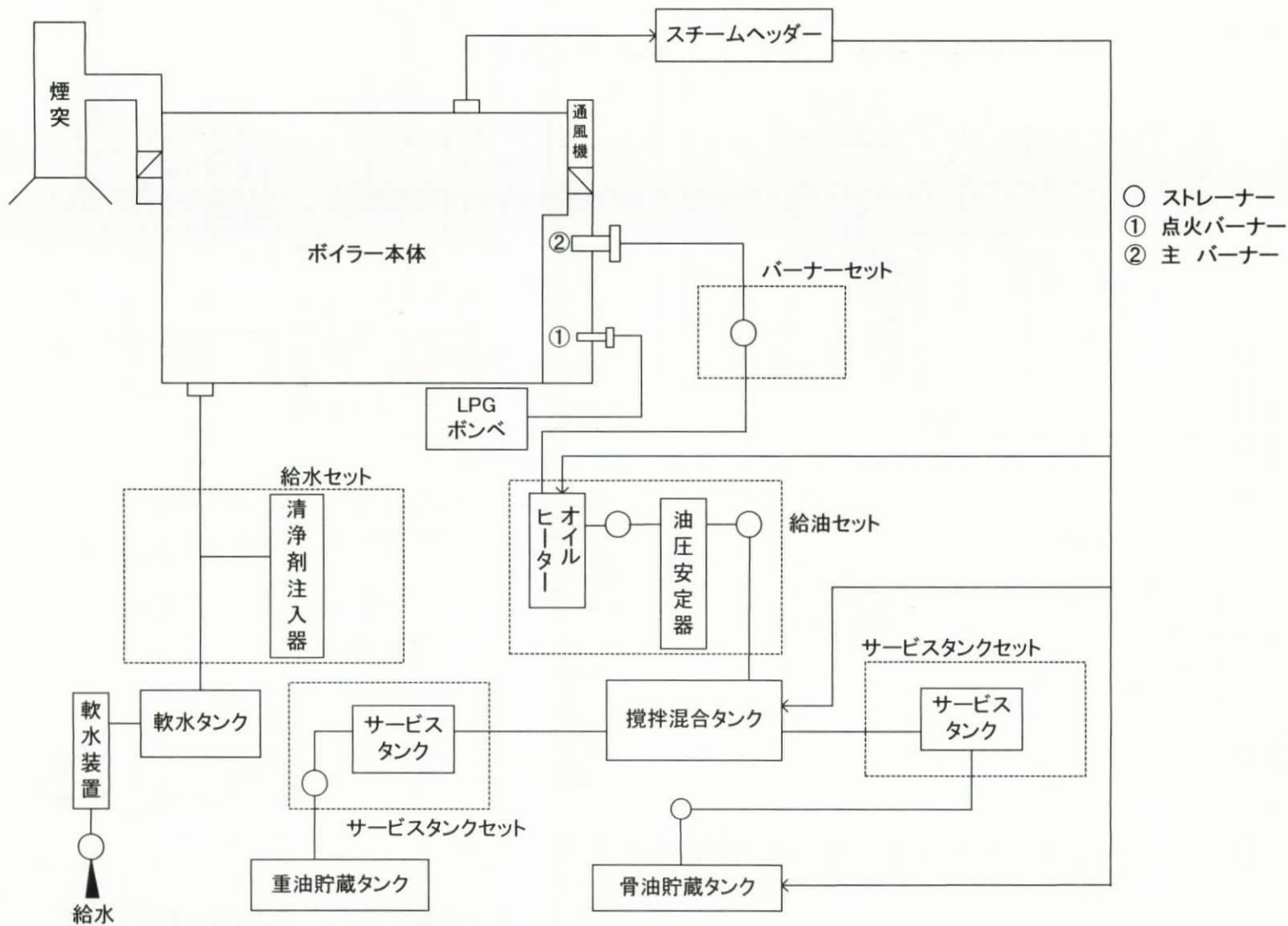
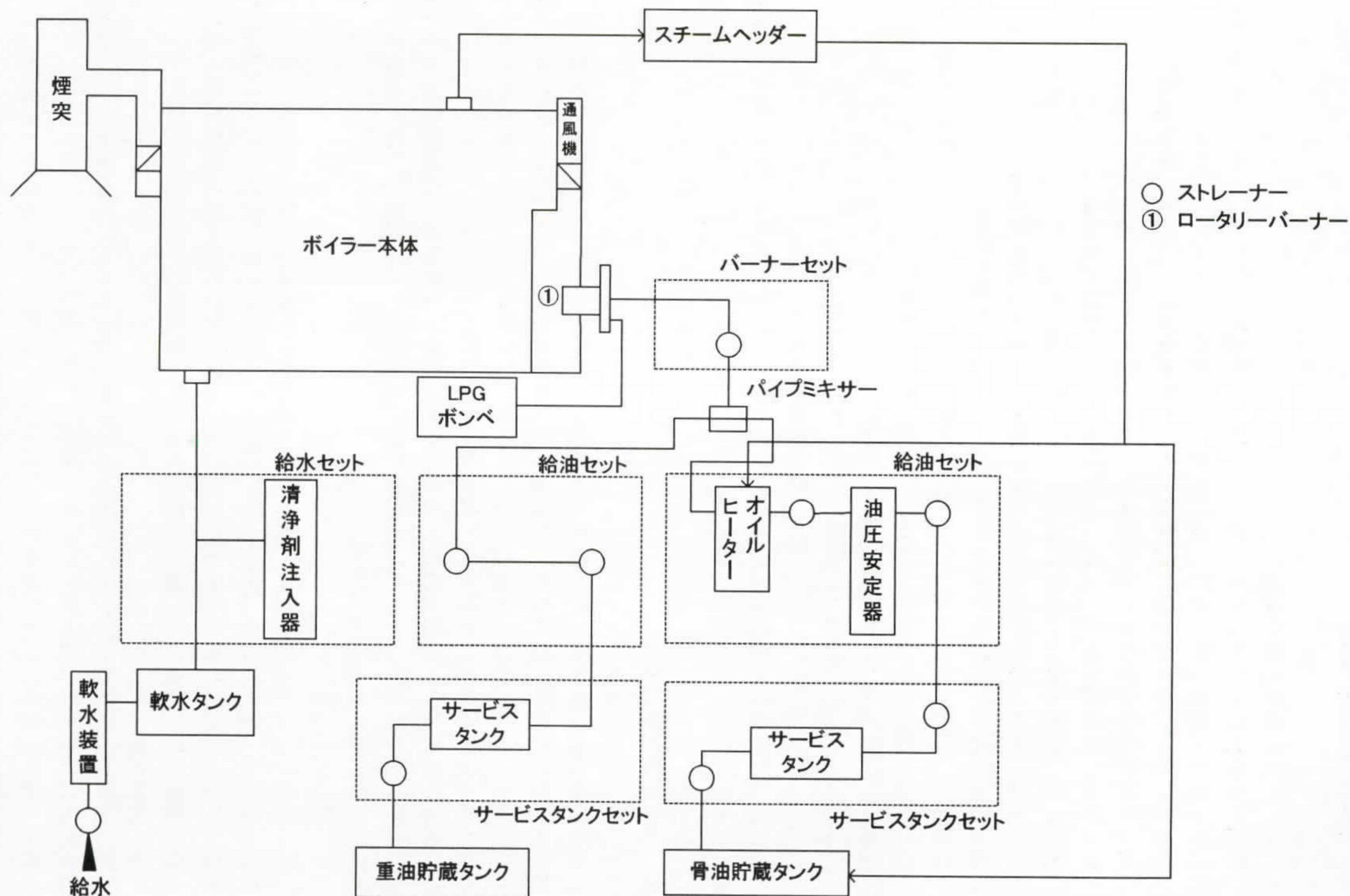


図3.5 燃焼直前混合混焼方式(ロータリーバーナー)



4 燃料利用の法規制

4. 1 大気汚染防止法の概要

重油等を燃料として用いると、大気汚染防止法の適用を受けることから、動物油脂を燃料とするときも同様であるため、その概要として関連する各条を下記に示す。

第1条目的 第2条定義（ばい煙、ばい煙発生施設） 第3条排出基準
第4条都道府県知事の定める排出基準 第5条排出基準に関する勧告
第5条の2総量規制基準 第5条の3指定ばい煙総量削減計画
第6条ばい煙発生施設の設置の届出 第7条経過措置
第8条ばい煙発生施設の構造等の変更の届出 第9条計画変更命令等
第9条の2指定ばい煙処理の変更命令等 第10条実施の制限
第11条氏名等の変更等の届出 第12条承継 第13条ばい煙の排出の制限
第13条の2指定ばい煙の排出制限 第14条改善命令等
第15条季節による燃料の使用に関する措置
第15条の2指定地域における燃料の使用に関する措置
第16条ばい煙量等の測定 第17条事故等の措置

なお、以下では大気汚染防止法を「大防法」と略す。以下の条文は、平成12年5月31日改正による。

4. 2 対象施設の規制

(1) ばい煙発生施設

畜産動物油脂を燃料として、使用するとき主にボイラーを用いることとなるが、このボイラーは大防法第2条第2項で定める「ばい煙発生施設」に該当する。即ち施行令第2条の別表1の中欄に掲げる施設として、別表1の1の項の「ボイラー（熱風ボイラーを含み、熱源として電気又は廃熱のみを使用するものを除く）」と定めていることにある。また、別表ではボイラーとは「環境省令で定めるところにより算出した伝熱面積が10平方メートル以上であるか、又はバーナーの燃料の燃焼能力が重油換算1時間当たり50リットル以上であること。」としている。

(2) ばい煙とは

ばい煙発生施設における「ばい煙」とは、大防法第2条第1項第1号、第2号、第3号に定めるものとなる。即ち、燃料その他の燃焼に伴い発生する、第1号「いおう酸化物」、第2号「ばいじん」であり、第3号人の健康又は生活環境に係る被害を生ずるおそれのある物質で政令で定めるもの、施行令第1条第5号「窒素酸化物」が該当する。

(3) 排出基準

ばい煙の排出規制については、大防法第3条第1項において「排出基準は、ばい煙発生施設において発生するばい煙について、環境省令で定める。」とし、第2項では大防法第2条第1項で定めた「いおう酸化物」「ばいじん」及び第3号の物質を「有害物質」として、「許容限度」を設け、それぞれについて大防法では次のように定めている。

1) いおう酸化物

第2項第1号において、「いおう酸化物に係るばい煙発生施設において発生し、排出口から大気中に排出されるいおう酸化物の量について、政令で定める地域の区分ごとに排出口の高さに応じて定める許容限度」

2) ばいじん

第2条第2号において、「ばいじんに係るばい煙発生施設において発生し、排出口から大気中に排出されるばいじんの量について、施設の種類及び規模ごとに定める許容限度」

3) 有害物質

第2条第3号において、「有害物質に係るばい煙発生施設において発生し、排出口から大気中に排出される有害物質の種類及び施設の種類ごとに定める許容限度」

4) 排出基準

大防法第3条第1項で環境省令で定めるとは、施行規則第3条（いおう酸化物の排出基準）、第4条（ばいじんの排出基準）、第5条（有害物質の排出基準）において規定している。

1 > いおう酸化物の排出基準

施行規則第3条1項において、「いおう酸化物の排出基準は、次の式において算出したいおう酸化物の量とする。」

$$q = K \times 10^{-3} H_e^2$$

q：いおう酸化物の量

（単位 温度零度、圧力1気圧の状態に換算した立方メートル毎時）

K：法第3条第2項第1号の政令で定める地域ごとに別表第1の下欄に掲げる値

H_e：次項に規定する方法により補正された排出口の高さ（単位 メートル）

第3条第2項において、「法第3条第2項第1号に規定する排出口の高さの補正は、次の式によるものとする。」

$$H_e = H_0 + 0.65 (H_m + H_i)$$

$$H_m = 0.795 \sqrt{Q \cdot V} / (1 + (2.58 / V))$$

$$H_i = 2.01 \times 10^{-3} \cdot Q \cdot (T - 288) \cdot (2.30 \log J + (1/J) - 1)$$

$$J = (1 / \sqrt{Q \cdot V}) (1460 - 296 \times (V / (T - 288))) + 1$$

H_e：補正された排出高の高さ（単位 メートル）

H₀：排出口の実高さ（単位 メートル）

Q：温度15℃における排出ガス量（単位 立方メートル毎秒）

V：排出ガスの排出速度（単位 メートル毎秒）

T：排出ガスの温度（単位 絶対温度）

2 > ばいじんの排出基準

施行規則第4条において、「ばいじんの排出基準は、温度が零度であって、圧力が1気圧の状態に換算した排出ガス1立方メートルにつき、別表第2の第2欄に掲げる施設の種類及び同表の第3欄に掲げる規模ごとに同表の第4欄に掲げるばいじんの量とする。」と定めている。

3 > 有害物質の排出基準

施行規則第5条において、「有害物質の排出基準は、温度が零度であって、圧力が1気圧の状態に換算した排出ガス1立方メートルにつき、次の各号に掲げる有害物質の種類ご

とにそれぞれ当該各号に掲げるとおりとする。」とし、

第5条第2号では、「窒素酸化物 別表第3の2の第2欄に掲げる施設の種類及び同表の第3欄に掲げる規模ごとに同表の第4欄に掲げる窒素酸化物の量」と定めている。

4 >ばいじんと窒素酸化物の排出基準

施行規則第4条、第5条のばいじんと窒素酸化物の排出基準のうち、ばい煙発生施設としてボイラーを挙げると表4. 1のようになる。

表4. 1 ばいじんとNO_xの排出基準値一覧（ボイラーのみ）

施設種類	規 模	新設基準値			
		On (%)	ばいじん (g/m ³ N)		NO _x (ppm)
			一般	特別	
ガス専焼ボイラー	4万 m ³ N 以上	5	0.05	0.03	60 ~ 100
	4万 m ³ N 未満	5	0.10	0.05	130 ~ 150
重油専焼及び ガス液体混焼ボイラー	20万 m ³ N 以上	4	0.05	0.04	130 ~ 150
	4 ~ 20万 m ³ N	4	0.15	0.05	150
	1 ~ 4万 m ³ N	4	0.25	0.15	150
	1万 m ³ N 未満	4	0.30	0.15	180
黒液燃焼ボイラー	20万 m ³ N 以上		0.15	0.10	
	4 ~ 20万 m ³ N		0.25	0.15	
	4万 m ³ N 未満		0.30	0.15	
石炭燃焼ボイラー	20万 m ³ N 以上	6	0.10	0.05	200 ~ 250
	4 ~ 20万 m ³ N	6	0.20	0.10	250 ~ 320
	4万 m ³ N 未満	6	0.30	0.15	250 ~ 350
触媒再生塔附属ボイラー		4	0.20	0.15	
その他のボイラー	4万 m ³ N 以上	6	0.30	0.15	
	4万 m ³ N 未満	6	0.30	0.20	

注：Onとは、ばいじん量の算定において、施設ごとに定める標準酸素濃度をいう

資料：「大気汚染防止法の概要 排出基準等一覧（ばいじんとNO_xの排出基準値一覧）」
(平成11年2月 大気保全局大気規制課) 環境省HPより

畜産動物油脂を燃料とするときは、ボイラーとして表中の「重油専焼及びガス液体混焼ボイラー」が該当する。

(4) 規制方式

大気汚染物質に対する規制方式の概略は、表4. 2のとおりである。この表は表4. 1の排出基準との関係において、それぞれの規制概要が把握できよう。

表4. 2 工場及び事業場から排出される大気汚染物質に対する規制方式とその概要

物質名		主な発生の形態等	規制の方式と概要
ばい煙	硫黄酸化物 (SO _x)	ボイラー、廃棄物焼却炉等における燃料や鉱石等の燃焼	1) 排出口の高さ (He) 及び地域ごとに定める定数Kの値に応じて規制値 (量) を設定 許容排出量 (Nm ³ /h) = K × 10 ³ × He ² 一般排出基準: K = 3.0 ~ 17.5 特別排出基準: K = 1.17 ~ 2.34 2) 季節による燃料使用基準 燃料中の硫黄分を地域ごとに設定 硫黄含有率: 0.5 ~ 1.2%以下 3) 総量規制 総量削減計画に基づき地域・工場ごとに設定
	ばいじん	同上及び電気炉の使用	施設・規模ごとの排出基準 (濃度) 一般排出基準: 0.04 ~ 0.7g/Nm ³ 特別排出基準: 0.03 ~ 0.2g/Nm ³
	カドミウム (Cd) カドミウム化合物	銅、亜鉛、鉛の精錬施設における燃焼、化学的処理	施設ごとの排出基準 1.0mg/Nm ³
	塩素 (Cl ₂) 塩化水素 (HCl)	化学製品反応施設や廃棄物焼却炉等における燃焼、化学的処理	施設ごとの排出基準 塩素: 30mg/Nm ³ 塩化水素: 80, 700mg/Nm ³
	フッ素 (F) フッ化水素 (HF) 等	アルミニウム精錬用電解炉やガラス製造用熔融炉等における燃焼、化学的処理	施設ごとの排出基準 1.0 ~ 20mg/Nm ³
	鉛 (Pb) 鉛化合物	銅、亜鉛、鉛の精錬施設等における燃焼、化学的処理	施設ごとの排出基準 10 ~ 30mg/Nm ³
	窒素酸化物 (NO _x)	ボイラーや廃棄物焼却炉等における燃焼、合成、分解等	1) 施設・規模ごとの排出基準 新設: 60 ~ 400ppm 既設: 130 ~ 600ppm 2) 総量規制 総量削減計画に基づき地域・工場ごとに設定
粉じん	一般粉じん	ふるいや堆積場等における鉱石、土砂等の粉碎・選別、機械的処理、堆積	施設の構造、使用、管理に関する基準 集じん機、防塵カバー、フードの設置、散水等
	特定粉じん (石綿)	切断機等における石綿の粉碎、混合その他の機械的処理	事業場の敷地境界基準 濃度 10 本/リットル
		吹き付け石綿使用建築物の解体・改造・補修作業	建築物解体時等の除去、囲い込み、封じ込め作業に関する基準
特定物質 (アンモニア、一酸化炭素、メタノール等 28 物質)		特定施設において故障、破損等の事故時に発生	事故時における措置を規定 事業者の復旧義務、都道府県知事への通報等
有害大気汚染物質**		234 物質 (群) このうち「優先取組物質」として 22 物質	知見の集積等、各主体の責務を規定 事業者及び国民の排出抑制等自主的取組、国の科学的知見の充実、自治体の汚染状況把握等
	指定物質	ベンゼン	ベンゼン乾燥施設等 施設・規模ごとに抑制基準 新設: 50 ~ 600mg/Nm ³ 既設: 100 ~ 1500mg/Nm ³
		トリクロロエチレン	トリクロロエチレンによる洗浄施設等 施設・規模ごとに抑制基準 新設: 150 ~ 300mg/Nm ³ 既設: 300 ~ 500mg/Nm ³
		テトラクロロエチレン	テトラクロロエチレンによるドライクリーニング機等 施設・規模ごとに抑制基準 新設: 150 ~ 300mg/Nm ³ 既設: 300 ~ 500mg/Nm ³

* ばいじん及び有害物質については、都道府県は条例で国の基準より厳しい上乘せ基準を設定することができる。

* 上記基準については、大気汚染状況の変化、対策の効果、産業構造や大気汚染源の変化、対策技術の開発普及状況等を踏まえ、随時見直しを行っていく必要がある。

** (低濃度でも継続的な摂取により健康影響が懸念される物質)

資料: 「大気汚染防止法の概要 工場及び事業場から排出される大気汚染物質に対する規制方式とその概要」(平成 11 年 2 月 大気保全局大気規制課) 環境省HPより

4. 3 新設又は変更に伴う手続等

(1) 新設の手続

大防法第6条第1項において、「ばい煙を大気中に排出する者は、ばい煙発生施設を設置しようとするときは、環境省令で定めるところにより、次の事項を都道府県知事に提出しなければならない。」とし、次の事項とは以下の各号となる。

- 1 氏名又は名称及び住所並びに法人にあっては、その代表者の氏名
- 2 工場又は事業場の名称及び所在地
- 3 ばい煙発生施設の種類
- 4 ばい煙発生施設の構造
- 5 ばい煙発生施設の使用の方法
- 6 ばい煙の処理の方法

環境省令で定めるとは、施行規則第8条第1項の「法第6条第1項の規定による届出は、様式1号による届出書によってしなければならない。」と定めている。この様式は別紙のとおりである。

また、大防法第6条第2項では、「前項の規定による届出には、ばい煙発生施設において発生し、排出口から大気中に排出されるいおう酸化物若しくは特定有害物質の量又はばい煙発生施設において発生し、排出口から大気中に排出される排出物に含まれるばいじん若しくは有害物質の量及びばい煙の排出の方法その他の環境省令で定める事項を記載した書類を添付しなければならない。」と定めている。

環境省令で定めるとは、施行規則第8条第2項の「環境省令で定める事項とは、次のとおりとする。」として、

- 1 ばい煙の排出の方法
- 2 ばい煙発生施設及びばい煙発生施設の設置場所
- 3 ばい煙の発生及びばい煙に係る操業の系統の概要
- 4 煙道の排ガスの測定箇所が設けられている場合は、その場所
- 5 緊急連絡用の電話番号その他緊急時における連絡方法

を定めている。

(2) 変更の手続

大防法第8条第1項において、「第6条第1項の規定による届出をした者は、その届出に係る第6条第1項第4号から第6号までに掲げる事項の変更をしようとするときは、環境省令で定めるところにより、その旨を都道府県知事に届け出なければならない。」と定め、第8条第2項では「第6条第2項の規定は、前項の規定による届出について準用する。」と定めている。

この環境省令で定めるとは、上記の施行規則第8条の第1項、第2項である。

(3) 計画変更の権限

大防法第9条において、「都道府県知事は、第6条第1項又は前条第1項の規定による届出があった場合において、その届出に係るばい煙発生施設に係るばい煙量又はばい煙濃度がそのばい煙発生施設に係る排出基準に適合しないと認めるときは、その届出を受理した日から60日以内に限り、その届出をした者に対し、その届出に係るばい煙発生施設の構造若しくは使用の方法若しくはばい煙の処理の方法に関する計画の変更（前条第1項の

規定による届出に係る計画の廃止を含む)又は第6条第1項の規定による届出に係るばい煙発生施設の設置に関する計画の廃止を命じることができる。」としている。

なお、手続において届出先は都道府県知事と定めているが、政令指定都市、中核市及び大防法政令に定める地区では、それぞれが届出先であり、これらを除く市町村が都道府県知事となる。

(4) ばい煙量等の測定

大防法第16条において、「ばい煙排出者は、環境省令に定めるところにより、当該ばい煙発生施設に係るばい煙量又はばい煙濃度を測定し、その結果を記録しておかなければならない」と定めている。

環境省令で定めるとは、施行規則第15条の第1号から第7号において定めており、概要は次のようになる。

1>第1号

硫黄酸化物に係るばい煙量の測定方法を定め、2月を超えない作業期間ごとに1回以上行うこと。

2>第2号

使用する燃料の硫黄含有率の測定方法を定め、これに従い行うこと。ただし、他の方法により確認できるときは、この限りではない。

3>第3号

ばいじんに係るばい煙量の測定方法を定め、2月を超えない作業期間ごとに1回以上行うこと。

4>第4号

有害物質に係るばい煙量の測定方法を定め、2月を超えない作業期間ごとに1回以上行うこと。

5>第5号

窒素酸化物に係るばい煙量の測定方法を定め、2月を超えない作業期間ごとに1回以上行うこと。

6>第6号

前各号の測定(常時の測定を除く)の結果は、様式第7によるばい煙量等記録表により記録し、その記録を3年間保存すること。

7>第7号

常時の測定の結果は、測定年月日、測定箇所、測定方法及びばい煙発生施設の使用状況を明らかにして、その記録を3年間保存すること。

なお、様式第7は別紙のとおりである。

4. 4 排出基準への対応

(1) 排出基準の相違

環境省が定めた硫黄酸化物、ばいじん、窒素酸化物については、表4.2で示したように総量規制が実施されている市町村では別の排出基準となる。また、都道府県、市町村により排出基準が、環境省で定めるものよりより厳しい基準となっていることがある。

このため畜産動物油脂を燃料として利用するときには、工場のある市町村の条例等を十

分踏まえて排出基準の状況を把握して進めることが必要である。

(2) 分析結果からの対応

前述の2.において、畜産動物油脂の燃料性状分析を行ったが、その結果を踏まえて排出基準との関係について基準のある3物質について検討してみる。

硫黄酸化物のもととなる油脂に含まれる硫黄分は、A重油よりも1桁以上少ないことが分析結果で示されていることから、排出基準への適用は満足できるものと想定される。

ばいじんについては、発生源となる物質として残留炭素分が想定されるが、その量はC重油程度であることから対応は比較的容易であると考えられる。

窒素酸化物は、硫黄酸化物のようにK値規制というように明確な判断基準がなく、個別の燃焼条件により影響を受けることから一概に事前に排出量を定めることができないとされている。それは、空気燃焼によるものと燃料中に含まれる窒素分の燃焼によるものの2つの系統があることが指摘されていることになる。空気燃焼由来の窒素酸化物と燃料含有物由来の窒素酸化物の状態が、排出濃度にどのように影響するのかなどの諸検討が必要であることは上記2つの物質と異なる点である。

様式第 1

ばい煙発生施設設置（使用、変更）届出書

年 月 日

都道府県知事

殿

市 長

届出者 氏名又は名称及び住所並びに
法人にあつてはその代表者の 印
氏名

大気汚染防止法第 6 条第 1 項（第 7 条第 1 項、第 8 条第 1 項）の規定により、ばい煙発生施設について、次のとおり届け出ます。

工場又は事業場の 名 称		※整 理 番 号	
工場又は事業場の 所 在 地		※受 理 年 月 日	年 月 日
ばい煙発生施設 の 種 類		※施 設 番 号	
ばい煙発生施設 の 構 造	別紙 1 のとおり。	※審 査 結 果	
ばい煙発生施設 の 使 用 の 方 法	別紙 2 のとおり。	※備 考	
ばい煙の処理の方法	別紙 3 のとおり。		

- 備考 1 ばい煙発生施設の種類の欄には、大気汚染防止法施行令別表第 1 に掲げる項番号及び名称を記載すること。
- 2 ※印の欄には、記載しないこと。
- 3 変更届出の場合には、変更のある部分について、変更前及び変更後の内容を対照させること。
- 4 届出書及び別紙の用紙の大きさは、図面、表等やむを得ないものを除き、日本工業規格 A 4 とすること。

別紙 1

ば い 煙 発 生 施 設 の 構 造

工場又は事業場における施設番号			
名 称 及 び 型 式			
設 置 年 月 日		年 月 日	年 月 日
着 手 予 定 年 月 日		年 月 日	年 月 日
使 用 開 始 予 定 年 月 日		年 月 日	年 月 日
規 模	伝 熱 面 積 (㎡)		
	燃 料 の 燃 焼 能 力 (重油換算 l/h)		
	原 料 の 処 理 能 力 (t/h)		
	火格子面積又は羽口面断面積 (㎡)		
	変圧器の定格容量 (KVA)		
	触媒に付着する炭素の燃焼能力 (kg/h)		
	焼 却 能 力 (kg/h)		
	乾 燥 施 設 の 容 量 (㎡)		
	電 流 容 量 (KA)		
	ポ ン プ の 動 力 (KW)		
合 成 ・ 漂 白 ・ 濃 縮 能 力 (kg/h)			

- 備考 1 設置届出の場合には着手予定年月日及び使用開始予定年月日の欄に、使用届出の場合には設置年月日の欄に、変更届出の場合には設置年月日、着手予定年月日及び使用開始予定年月日の欄に、それぞれ記載すること。
- 2 規模の欄には、大気汚染防止法施行令別表第1の中欄に掲げる施設の当該下欄に規定する項目について記載すること。
- 3 ばい煙発生施設の構造概要図を添付すること。概要図は、主要寸法を記入し、日本工業規格A4の大きさに縮小したもの又は既存図面等を用いること。

別紙 2

ばい煙発生施設の使用の方法

工場又は事業場における施設番号					
使用状況	1日の使用時間及び 月使用日数等	時間／回 時～ 日／月		時間／回 時～ 日／月	
	季節変動				
原材料 (ばい煙の発生に 影響のあるもの に限る。)	種類				
	使用割合				
	原材料中の成分割合 (%)	いおう分 カドミウム分	鉛 素分	いおう分 カドミウム分	鉛 素分
	1日の使用量				
燃料又 は電力	種類				
	燃料中の成分割合 (%)	灰分	いおう分	窒素分	灰分 いおう分 窒素分
	発熱量				
	通常の使用量				
	混焼割合				
排出ガス量 (Nm ³ /h)		湿り	最大	通常	最大 通常
		乾き	最大	通常	最大 通常
排出ガス温度 (℃)					
排出ガス中の酸素濃度 (%)					
ばい煙 の濃度	ばいじん (g/Nm ³)	最大	通常	最大	通常
	いおう酸化物 (容量比ppm)	最大	通常	最大	通常
	カドミウム及びその 化合物 (mg/Nm ³)	最大	通常	最大	通常
	塩素 (mg/Nm ³)	最大	通常	最大	通常
	塩化水素 (mg/Nm ³)	最大	通常	最大	通常
	弗素、弗化水素及び 弗化珪素 (mg/Nm ³)	最大	通常	最大	通常
	鉛及びその化合物 (mg/Nm ³)	最大	通常	最大	通常
	窒素酸化物 (容量比ppm)	最大	通常	最大	通常
ばい煙量	いおう酸化物 (Nm ³ /h)	最大	通常	最大	通常
参考事項					

- 備考 1 原材料中の成分割合 (%) の欄及び燃料中の成分割合 (%) の欄の記載にあたっては、重量比%又は容量比%の別を明らかにすること。
- 2 ばい煙の濃度は、乾きガス中の濃度とすること。
- 3 ばい煙の濃度は、ばい煙処理施設がある場合は、処理後の濃度とすること。
- 4 参考事項の欄には、ばい煙の排出状況に著しい変動のある施設についての一工程中の排出量の変動の状況、窒素酸化物の発生抑制のために採っている方法等を記載するほか、ガスタービン、ディーゼル機関、ガス機関又はガソリン機関については、常用又は非常用 (専ら非常時において用いられるものをいう。) の別を明らかにすること。

別紙 3

ばい煙の処理の方法

ばい煙処理施設の工場又は事業場における施設番号				
処理に係るばい煙発生施設の工場又は事業場における施設番号				
ばい煙処理施設の種類、名称及び型式				
設 置 年 月 日			年 月 日	年 月 日
着 手 予 定 年 月 日			年 月 日	年 月 日
使 用 開 始 予 定 年 月 日			年 月 日	年 月 日
処 理 能 力	排出ガス量 (Nm ³ /h)	最 大		
		通 常		
	排出ガス温度 (℃)	処 理 前		
		処 理 後		
	ばいじん (g/Nm ³)	処 理 前		
		処 理 後		
	いおう酸化物 (容量比ppm)	処 理 前		
		処 理 後		
	カドミウム及びその化合物 (mg/Nm ³)	処 理 前		
		処 理 後		
	塩 素 (mg/Nm ³)	処 理 前		
		処 理 後		
	塩化水素 (mg/Nm ³)	処 理 前		
		処 理 後		
	弗素、弗化水素及び弗化珪素 (mg/Nm ³)	処 理 前		
		処 理 後		
	鉛及びその化合物 (mg/Nm ³)	処 理 前		
		処 理 後		
	窒 素 酸 化 物 (容量比ppm)	処 理 前		
		処 理 後		
ばい煙量	最 大	処 理 前		
	通 常	処 理 後		
捕 集 効 率 (%)	ばいじん			
	いおう酸化物			
	カドミウム及びその化合物			
	塩 素			
	塩 化 水 素			
	弗素、弗化水素及び弗化珪素			
	鉛 及 び そ の 化 合 物			
	窒 素 酸 化 物			
使用状況	1日の使用時間及び月使用日数等		時間/回 時~ 回/日 日/月	時間/回 時~ 回/日 日/月
	季節変動			
排 出 口 の 実 高 さ Ho (m)				
補正された排出口の高さ He (m)				
排 出 速 度 (m/s)				

備考 1 設置届出の場合には着手予定年月日及び使用開始予定年月日の欄に、使用届出の場合には設置年月日の欄に、変更届出の場合には設置年月日、着手予定年月日及び使用開始予定年月日の欄に、それぞれ記載すること。

2 ばい煙の濃度は、乾きガス中の濃度とすること。

3 補正された排出口の高さHeは、大気汚染防止法施行規則第3条第2項の算式により算定すること。

4 ばい煙処理施設の構造図とその主要寸法を記入した概要図を添附すること。

様式第7

ばい煙量等測定記録表

ばい煙発生施設の種類及び工場又は事業場における施設番号

測定 年月日 時刻 開始～終了時刻	測定者	測定 箇所	測定 方法	ばい煙 発生施設 の使用 状況	使用原料 の種類 及び割合 (カドミ ウム分、 鉛分、窒 素分)(%)	排出ガス 量 (Nm ³ /h)		いおう 酸化物 の量 (Nm ³ /h)		いおう 酸化物 の濃度 (ppm)		ばいじん (g/Nm ³)					カドミウ ムおよび その化合 物 (mg/ Nm ³)		塩素 (mg/ Nm ³)		塩化水素 (mg/Nm ³)					非窒素、非 化水素及 び非化珪 素 (mg/ Nm ³)		鉛及び その化合 物 (mg/ Nm ³)		窒素酸化物の濃度 (容量比ppm)					備考																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
						平均	最大	平均	最大	平均	最大	Cs	C	酸素 濃度 (%)	平均	最大	平均	最大	平均	最大	Cs	C	酸素 濃度 (%)	平均	最大	平均	最大	平均	最大	Cs	C	酸素 濃度 (%)	平均	最大		平均	最大	平均	最大	平均	最大																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				</

- 備考 1 使用原料又は燃料のいおう分、カドミウム分、非窒素分、鉛分又は窒素分(%)の欄の記載にあたっては、重量比%又は容量比%の別を明らかにすること。
- 2 ばいじん、塩化水素及び窒素酸化物の濃度のCsの欄にはそれぞれ大気汚染防止法施行規則別表第2、別表第3及び別表第3の2の備考に掲げるCsとして表示された数値を、Cの欄にはそれぞれ大気汚染防止法施行規則別表第2、別表第3及び別表第3の2の備考に掲げる式により算出されたばいじん、塩化水素及び窒素酸化物の量として表示された数値を記載すること。ただし、大気汚染防止法施行令別表第1の13の項に掲げる廃棄物焼却炉以外のばい煙発生施設に係る塩化水素に係るばい煙濃度の測定の結果は、塩化水素のCsの欄に記載すること。
- 3 ばいじん、塩化水素及び窒素酸化物の濃度の酸素濃度の欄には、それぞれの測定を行つた時の排出ガス中の酸素の濃度を記載すること。

5. 骨油燃料による大気汚染物質の測定試験

5. 1 試験の概要

この試験は、骨油燃料が適正に燃焼しかつ大気汚染において、排出基準を満足するのかを明らかにするため、北海道にある骨油を燃料とする既存レンダリング施設と、青森県の新規レンダリング施設の協力を得て実施したものである。大気汚染物質の測定試験における項目としては、

- 1) 原料の処理状況とボイラー燃料設備
- 2) 骨油の燃料分析
- 3) 大気汚染物質の測定

の3つとなり、それぞれの結果は下記のようになる。

5. 2 原料とボイラー燃焼

レンダリング処理により骨油となる原料の組成、骨油の処理状況、ボイラーの燃焼方式、ボイラー設備をまとめると表5. 1のようになる。

(1) 原料と処理

1) 既設レンダリング施設の原料

原料としては、と畜牛、死亡牛、豚、鳥（ブロイラー等）である。十勝農協連は、牛が95%であるが、道南化成は豚が60%となっている。原料をクッカーとエキスペラで処理した後にできる骨油は、両社ともデカンターで固形分を除去している。

2) 新設レンダリング施設の原料

三共理化は新設のレンダリング施設であり、その原料も死亡牛が80%、SRM（特定危険部位）が20%となるいわば死亡牛対応の原料である。処理工程は十勝農協連と同様の処理方式を採用している。

(2) 燃焼方式とボイラー設備

骨油は、動物脂といわれるように飽和脂肪酸が多いことから、融点が高いために通常の温度帯では固形状態にある。このため燃焼方式として、重油を先に燃焼させ加温された骨油に切り替えて燃焼させ、終業時は重油に切り替えて燃焼させるというもので、両社とも同様の方式を用いている。新設の三共理化も同様の方式を用いている。

ボイラ設備は、既設の両社とも炉筒煙管式ボイラーでありレンダリング業において通常用いられている設備である。新設の三共理化も、同様の炉筒煙管式ボイラーを用いている。

(3) 燃料移送ライン

燃料の移送ラインを図5. 1～5. 3に示したが、3社ともほぼ同様の移送ラインの構成となっている。即ち、骨油ラインとA重油ラインの2系統に分かれ、各系統や3社で1部で相違があるものの基本的な構成は図5. 4のようになる。

図5. 4 燃料移送ラインの基本構成

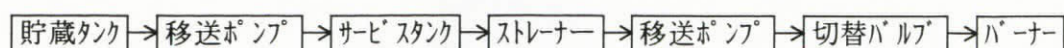


表5. 1 原料と処理状況

		十勝農業協同 組合連合会	道南化成工業 株式会社	三共理化工業 株式会社
原料状況 (原料の 割合) (%)	と畜牛	55	28	—
	死亡牛	40	12	80
	S R M	—	—	20
	豚	4	60	—
	鳥	1	—	—
処理状況		クッカー処理後にプレッサーを経て、デカンター（巴P-4800F）で固形分を除去して骨油を製造する。	クッカー処理後にエキスペラを経て、高速デカンター連続遠心分離機で固形分を除去して骨油を得る。	クッカー処理後にエキスペラを経て、デカンター（巴PTM-350）で固形分を除去して死亡牛骨油を製造する。
燃焼方式		手動により切り替えて燃焼させる方式であり、始動及び停止時はA重油のみで燃焼させる。	燃焼方式は、切替専焼で始動にA重油を1時間ほど燃焼させ、骨油に切替燃焼し、終業の1時間前にA重油に切り替える方式。	手動により切り替えて燃焼させる方式であり、始動及び停止1時間前後はA重油のみで燃焼させる。
ボイラー設備		IHI呉ボイラ（炉筒煙管式ボイラー） KMH-20A 蒸気発生量＝10t/h	IHI呉ボイラ（炉筒煙管式ボイラー） KMH-12A 蒸気発生量＝6t/h	IHI 呉ボイラ（炉筒煙管式ボイラー） KMH-24A 発生蒸気量＝12t/h
燃料移送ライン		図5. 1 参照	図5. 2 参照	図5. 3 参照

5. 3 骨油の燃料分析

骨油の燃料性状を明らかにするため、重油の燃料特性を示す項目と大気汚染に係る項目で分析を行ったのが表5. 3である。

表5. 3 骨油の分析結果

	十勝農業協同 組合連合会	道南化成工業 株式会社	三共理化工業 株式会社
動粘度@ 50℃	30.2 mm ² /s	30.7 mm ² /s	30.47 mm ² /s
流動点	+25.0℃	+22.5℃	+20.0℃
硫黄分	0.032 w t %	0.022 w t %	0.026 w t %
窒素分	0.05 w t %	0.06 w t %	0.07 w t %
不溶性不純物	0.01 w t %以下	0.34 w t %	0.033 w t %
固形分	0.01 w t %	0.34 w t %	0.02 w t %

図5.1 動物油脂移送ライン（十勝農業協同組合連合会）

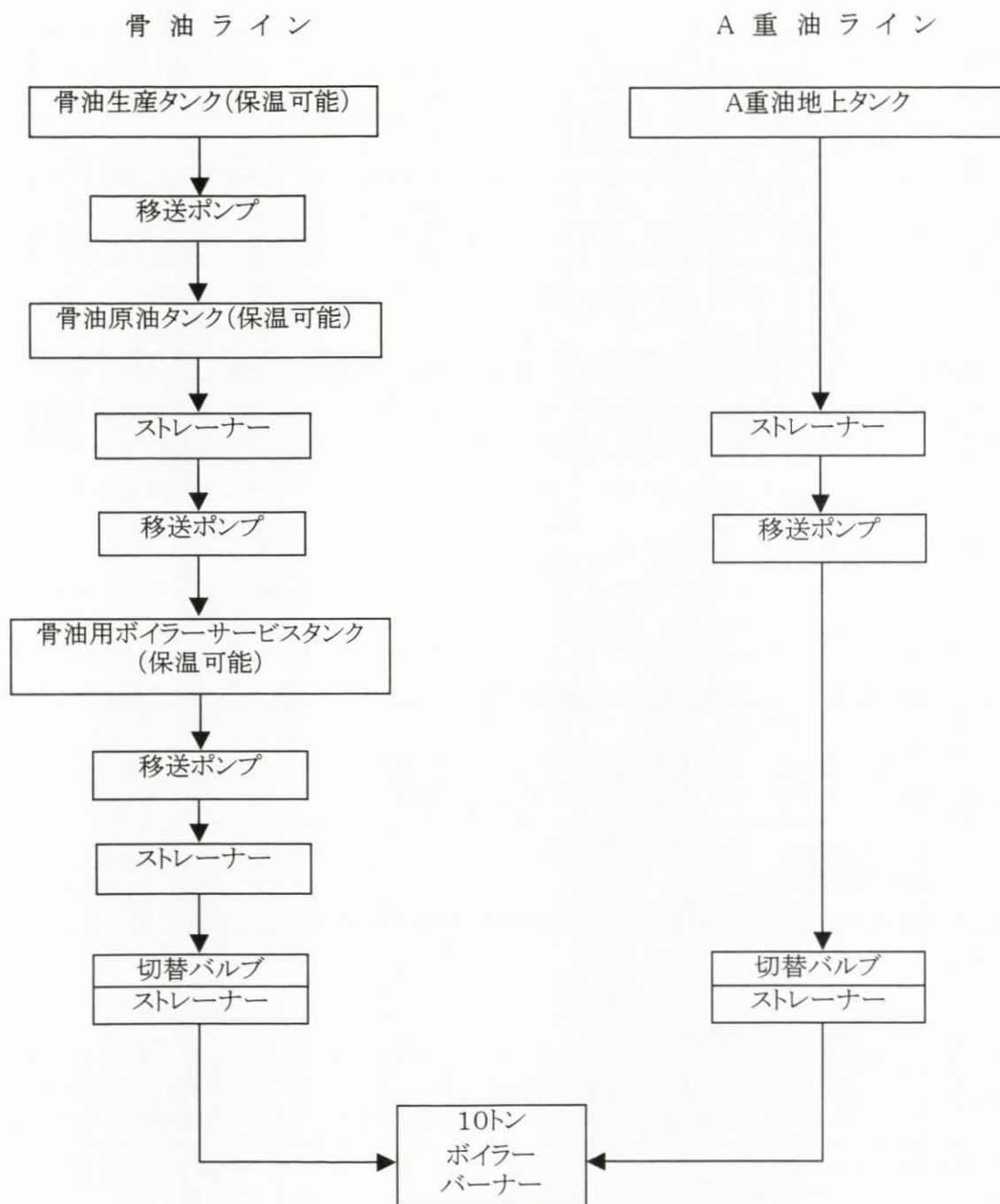
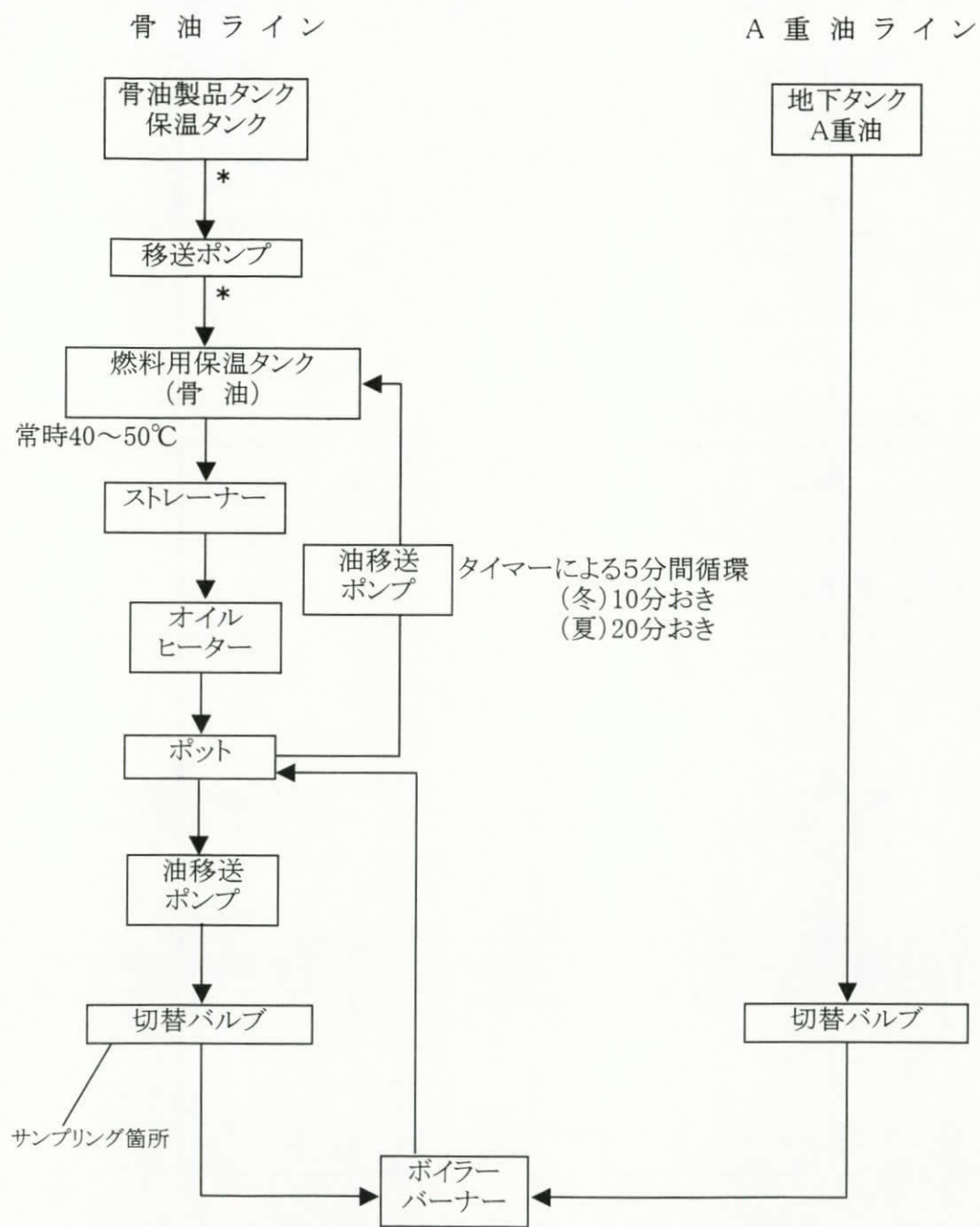
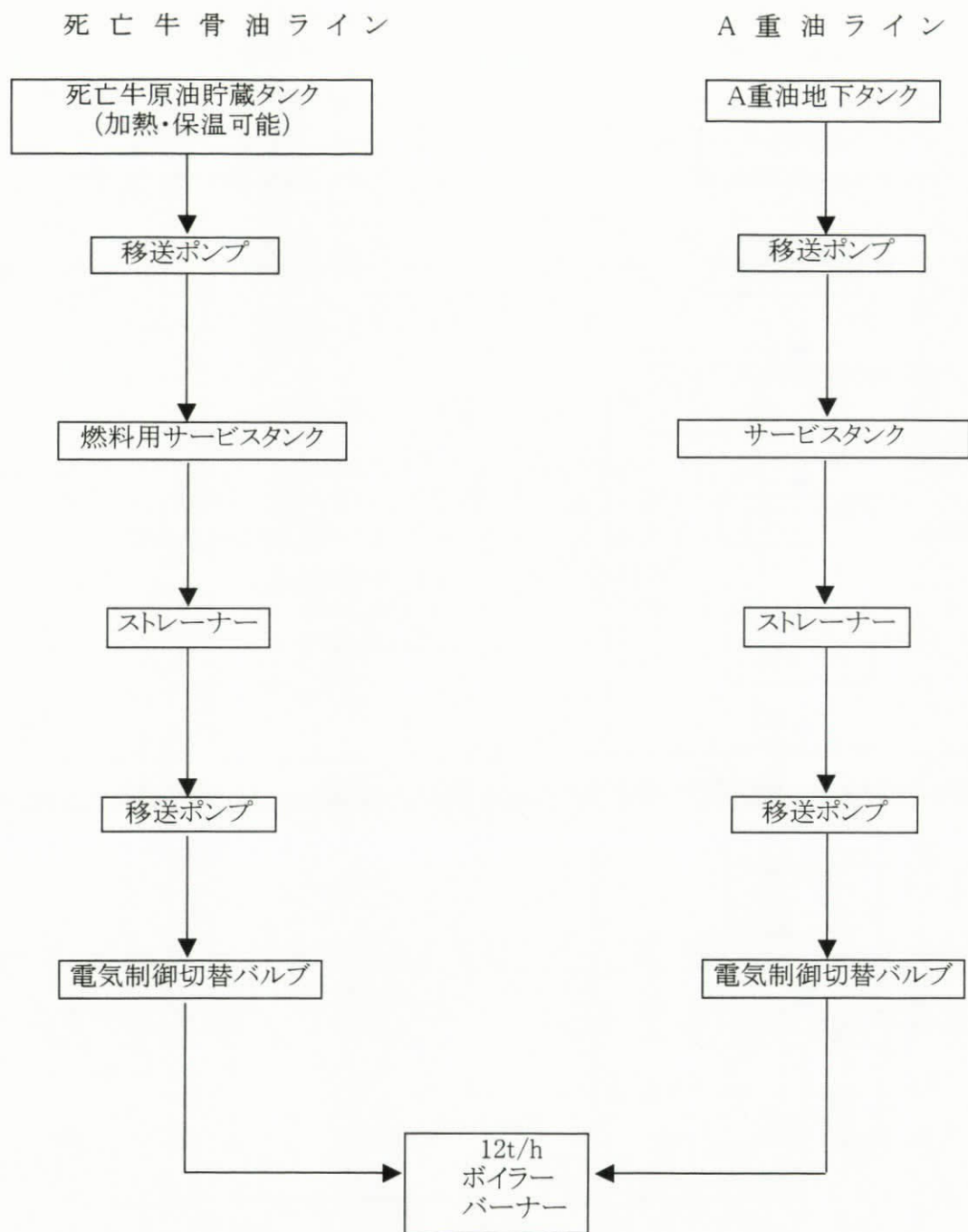


図5. 2 動物油脂移送ライン(道南化成工業株式会社)



* 油送管は電熱線を巻き、保温する。

図5.3 動物油脂移送ライン(三共理化工業株式会社 八戸工場)



* 配管は全てラインヒーターにて常時加熱保温する。

(1) 重油の燃料特性

前述した石油連盟資料（2002.8）によれば、A重油の動粘度は約 2.0 ～ 4.5 mm²/s であり、C重油は約 20 ～ 197 mm²/s である。3社とも約 30 mm²/s であることから、A重油には及ばないがC重油の範囲内にある。

流動点は、JISによりC重油のみで同上資料によれば約－ 22 ～ 50 ℃であり、3社の 20 ～ 25 ℃はC重油の範囲内にある。

いずれにしても骨油は、加温することから燃料としての流動性を確保することが十分可能であるが、C重油が加温されていることから特段の処置とはいえない。

(2) 大気汚染物質

同上資料による硫黄分は、A重油が 0.04 ～ 0.1 %、C重油で 0.1 ～ 3 %である。3社の硫黄分は、0.022 ～ 0.032 %となりA重油の下限値を下回っている。

窒素分は前述のボイラーメーカー実績資料（表 2. 19）によれば、A重油が 0.03wt %、B重油で 0.13wt %となり、3社の窒素分は 0.05 ～ 0.07wt %で、A重油に近い値となっている。

(3) 固形分

同上資料による灰分は、C重油で 0.00 ～ 0.050wt %であり、3社の固形分は 0.01 ～ 0.34wt %である。C重油の灰分は 800 ℃で処理されたものであるのに対し、固形分はフィルターによる残留物という分析上の相違があり一概に比較できない。

固形分構成は、原料からみて有機物を主体するのに対し、重油は鉱物系であるという基本的な相違があるため、灰分と比べ固形分は、1桁以上値が低下するとみられる。固形分を灰分にすると、資料編に示してあるように、リン化合物、カルシウム化合物等がありバーナーや煙管に蓄積されることが想定される。

5. 4 大気汚染物質の測定

骨油を燃焼させて大気汚染物質との状況を把握するための燃焼試験の概要は、表 5. 4 のようになる。

(1) 大気測定試験の実施と施設

北海道の2社とも大気測定試験は、平成 14 年 11 月 14 日に実施し、新規設備の実験は施設整備との関係で平成15年2月に実施している。実煙突高、排出口面積では、十勝農協連が大きく次いで三共理化、道南化成の順となっている。

表 5. 4 測定年月日と施設概要

測定項目	単位	十勝農業協同 組合連合会	道南化成工業 株式会社	三共理化工業 株式会社
測定年月日		平成14年11月14日	平成14年11月14日	平成 15 年 2 月 28 日
測定時刻		14時20分～16時30分	9時50分～10時53分	14 時 00 分～ 15 時 30 分
実煙突高	m	22. 5	15. 0	18.3
排出口断面積	m ²	0. 36	0. 28	0.283

(2) 排ガス測定

排出基準のある項目を除く排ガス項目は、ボイラーの規模を蒸気発生量でみると三共理化が12t/h、十勝農協連が10t/h、道南化成が6t/hとなるが、排ガス速度では十勝農協連が高く三共理化が低く、排ガス温度では道南化成が高く三共理化が低くなっている。これは三共理化が、ボイラー規模に比して排ガス速度と温度とも低い状態で運転しているためである。

表 5. 5 排ガス測定項目

測定項目		単位	十勝農業協同 組合連合会	道南化成工業 株式会社	三共理化工業 株式会社
湿りガス流量		m ³ N/h	8190	2370	3336
排ガス流速		m/sec	11.9	5.51	4.9
排ガス温度		℃	245	331	133
水分量		%	6.7	10.9	9.0
排ガス組成	O ₂	%	7.0	4.6	6.0
	CO ₂	%	10.0	12.4	11.0
	CO	%	0.0	0.0	0.0
	N ₂	%	83.0	83.0	83.0
硫黄酸化物濃度		ppm	1未満	50未満	94.5

(3) ばい煙量等の測定

大気汚染防止法に係るばい煙量等の測定値と排出基準を示したのが表 5. 6 である。

1) 換算ダスト濃度

換算ダスト濃度の排出基準は、0.3 g/m³Nであり、測定結果は十勝農協連が0.01g/m³N未満で、道南化成が0.05g/m³Nであることから基準を満たしている。また、三共理化も0.014 g/m³Nで基準を満足している。

2) 硫黄酸化物量

硫黄酸化物量の排出基準は、十勝農協連が13.07 m³N/h、道南化成が3.40 m³N/h、三共理化が2.37 m³N/hとなる。道南化成が函館市で三共理化が八戸市にあり、大気汚染防止法第3条2項1号において政令で定める地域に該当することから、排出基準が厳しくなっている。

十勝農協連の測定値は、0.01m³N/h未満で、道南化成は0.046m³N/h未満であり、両社とも排出基準を満たしている。また、三共理化も0.29m³N/hで基準を満足している。

3) 換算窒素酸化物濃度

換算窒素酸化物濃度の排出基準は180ppmであり、十勝農協連が120ppmで、道南化成が9 ppmであることから基準を満たしている。また、三共理化も 87ppmで排出基準を満足している。

表 5. 6 ばい煙量等の測定値と基準値

		十勝農業協同 組合連合会		道南化成工業 株式会社		三共理化工業 株式会社	
測定項目	単位	測定値	基準値	測定値	基準値	測定値	基準値
換算ダスト濃度	g/m ³ N	0.01未満	0.3	0.05	0.3	0.014	0.3
硫黄酸化物量	m ³ N/h	0.01未満	13.07	0.046未満	3.40	0.29	2.37
換算窒素酸化物濃度	ppm	120	180	96	180	87	180

(4) 骨油の大気汚染への影響

以上のようにボイラー燃料とする骨油の原料組成、骨油の性状分析、大気汚染物質の測定について検討してきたところであり、①骨油と原料との関係、②骨油成分と大気汚染物質の関係について改めて整理することにする。

1) 骨油と原料組成

3社の原料組成の特徴は、と畜牛系、豚系、死亡牛系と分かれるが、骨油の成分組成において相違はなくほぼ同様であり、死亡牛系でも特段の相違はみられない。

2) 骨油成分と大気汚染物質

骨油の成分組成についてA B C重油との比較を行ったが、硫黄分はA重油以下、窒素分はA重油に近似値であることから、大気汚染防止法で定めるダスト濃度、硫黄酸化物量、窒素酸化物濃度は、3社とも満足している。

3) 骨油のボイラー燃料としての適正

以上のことから死亡牛脂を含む骨油は、第1に燃料としての性状ではC重油と同様に加温することが必要となるが、成分組成においてはA重油相当であること、第2に燃焼した骨油からの大気汚染物質の濃度等は排出基準を満たしていること、したがって第3に骨油はボイラー燃料として適正と判断されるものとなろう。

6. 発電ボイラーによる骨油燃料の燃焼試験

6. 1 燃焼試験の概要

(1) 試験の趣旨

北海道では死亡牛ラインが整備されれば、骨油（以下、Y Gという）の発生量は年間8千tと見込まれている。このY Gは飼料用油脂への利用が禁止されることから、燃料として利用することが必要となるが、発生量が多いことからレンダリング工場内のボイラーで利用することには限界がある。

このため大量に燃料を必要とする工場において、燃焼試験を行い技術的可能性を検討することを目的に実施したものであり、その概要は次のようになる。

(2) 試験の概要

1) 試験工場

試験実施工場：日本製紙(株)白老工場

燃料使用設備：発電ボイラー

燃焼試験内容：Y Gの燃焼性、排ガス濃度等

2) 実施概況

第1回燃焼試験

実施月日：平成14年10月22日

使用燃料：(株)サカイ製造Y G

供給量：5,600 kg

使用ボイラー：9号重油ボイラー

試験概況：燃焼性は良好

第2回燃焼試験

実施月日：平成14年12月25日

使用燃料：十勝農業協同組合連合会化製工場製造Y G

供給量：18,380 kg

使用ボイラー：9号重油ボイラー

試験概況：ストレーナー、バーナーの目詰まり発生

第3回燃焼試験

実施月日：平成15年3月13日

使用燃料：十勝農業協同組合連合会化製工場製造Y G

供給量：4,790 kg

使用ボイラー：3号回収ボイラー

試験概況：燃焼性問題なし、蒸気発生量過多

注：回収ボイラーの燃料は、常温で凝固する「黒液」であり、Y Gと性質が類似することから混焼とした。

：「黒液」(Black liquor)とは、パルプ廃液の70%濃縮液でパラフィンを含むことから常温では凝固するため、95℃で加温保管している。

：回収ボイラーのノズル幅は、重油ボイラーが1mmに対して20mm程度であるこ

とから、バーナーの目詰まりは解消された。

以上の燃焼試験について、日本製紙(株)白老工場で作成された試験計画およびその結果の報告を示すと次のようになる。

6. 2 第1回燃焼テスト

(1) 燃焼テスト計画

燃焼テスト計画として、YG性状と燃焼テスト手順について以下に示す。

1) YG性状

項目	単位	数値		項目	単位	数値	
		YG	C重油			YG	C重油
密度	g/cm ³ (15℃)	0.9135	0.941	灰分	%	0.02	0.01
引火点	℃	284	110	残留炭素	%	0.28	8.62
低位発熱量	kcal/kg	8,740	9,710	炭素	% (Wt)	79.2	85.0
動粘度	mm ² /s (50℃)	29.3	87.6	水素	% (Wt)	12.3	11.9
水分	%	0.18	0.02	窒素	% (Wt)	0.03	0.22
流動点	℃	22.5	2.5	硫黄	% (Wt)	0.01以下	2.37

YG分析者：三菱重工業(株)長崎研究所

2) 燃焼テスト手順

手順	要領
1 通汽	YGタンクヒーター及びYG配管ラインのトレース 保温は本使用まで取付けないので火傷に注意方
2 YGをタンクに投入	タンク投入量は5klとする
3 ポンプを運転	吐出弁は閉のまま戻りラインで循環し、60℃～70℃に加温する。
4 ポンプ吐出弁を開ける	YG循環弁を開けバーナー入口弁まで循環させる。フラッシングを兼ね異物除去のため、ストレーナーを切替点検する。 戻りラインは凝固しない程度に開けておく。このとき、ポンプ出口圧力が10kg/cm ² になるようYG循環弁を調整する。
5 バーナー1本目点火	YG噴霧圧力を6kg/cm ² になるようにバーナー弁で調整する。 燃料使用量は約1.2kl/hとなる。(N-18バーナー特性曲線より) YG循環弁は凝固しない程度に開けておく。
6 バーナー2本目点火	2本目点火により1本目の噴霧圧力が下がるので、YG噴霧圧力を6kg/cm ² になるようにバーナー弁で調整する。
7 ばい煙等の実測	NOx, SOx及びばいじん測定。ダイオキシン類の測定
8 監視及び記録	①点火前にグラフィック、トレンド等画面のコピーをとる②テスト開始時蒸気、燃料の積算を記録する③混焼中の画面コピーをとる④燃焼状態、監視計器類に変化がないか点検する
9 バーナー1本目消火	タンク残量が約1m ³ になったら、バーナー1本消火する

10	バーナー 2 本目消火	ポンプで可能な限りYGを使いきり、2 本目を消火する。 蒸気、燃料の積算を記録する
11	消火後	ポンプを停止し配管内のYGはタンク内に戻す

□上記の手順 4 項までは、前日までに終了させる。

□YG燃焼試験は上段バーナー2本で実施するが、自動制御の系外となるため操作が煩雑となるが、YG燃焼量は原則として一定とし、人員配置を徹底し連絡を密にすること。

□異常が発生した場合は中止する。

□人員配置 中操＝バーナー前＝循環弁前＝ポンプ前＝タンク前

□YG燃焼量及び燃焼時間

YG燃焼量 $1.2 \text{ kl/h} \times 2 \text{ 本} \times 2 \text{ h} = 4.8 \text{ kl/2h}$

*YG燃焼量は時間当たり 2.4kl となるが、YGポンプ吐出量は 7 kg/cm^2 ($\Delta P 1 \text{ kg/cm}^2$ を加算) のとき、約 4kl/h であるため、循環弁は常時微開としておく。

□ その他

- ・消火後はポンプ内などYGを完全に抜くか、抜くことができない場合は、消火後断続的にポンプを運転する必要がある。
- ・重油とYGに熱量差があるので、YGに換算係数 0.9 を用いること。

(2) 燃焼テスト結果

1>対象ボイラー 9号ボイラー (蒸発量:260t/h 蒸気圧力:12.65Mpa 蒸気温度:536℃)

2>実施日時 平成14年10月22日 13時20分～15時43分

3>テストスケジュール

	12時	13時	14時	15時	16時
YGポンプ運転	-----	-----	-----	-----	
バーナー1本目点火		-----	-----	-----	
バーナー2本目点火		-----	-----	-----	
ばい煙等測定		-----	-----	-----	

----- : 計画 — : 実績

4>テスト記録

時間	蒸気発量 t/h	蒸気温度 ℃	YG温度 ℃	YGバーナー -本数	YGバーナー 油圧 kg/cm ²	重油流量 kl/h	重油バーナー 本数	全バーナー 本数
12:46	127	525	60.5	0	0	9.45	8	8

13:20	155	537	60.2	1	6	9.9	8	9
13:34	164	534	60.2	1	6	9.98	8	9
13:35	163	534	60.2	2	6	9.84	8	10
14:05	163	531	59.8	2	6	9.43	8	10
15:10	168	529	59.6	1	6	11.11	8	9
15:28	165	530	59.6	1	7	10.71	8	9
15:43	166	525	59.5	0	0	12.38	8	8
15:55				0	0		8	8

時間	重油バーナー 油圧 kg/cm ²	風箱ドラフト mmAq	NO _x ppm	SO ₂ ppm	排ガス O ₂ %	空燃比 %	備 考
12:46	7.1	150	91	833	2.9	39	YG 点火前重油専焼時
13:20	7.3	199	88	794	3.1	49	YG 1本目点火直後
13:34	7.6	225	103	732	3.4	51	YG 1本目燃焼安定時
13:35	6.5	235	101	685	2.9	58	YG 2本目点火直後
14:05	6.2	225	105	688	3.1	56	YG 2本目燃焼安定時
15:10	7.2	252	112	717	4.0	50	YG 1本目消火直後
15:28	7.5	234	105	743	3.2	48	YG 1本目燃焼安定時
15:43	8.5	300	123	755	4.0	40	YG 2本目消火直後
15:55			106	840	3.3	40	YG 消火後重油専焼時

5) YG 点火後の変化と処置

変化	処置
蒸気圧力上昇	1本目に上昇したが自動制御範囲内であった
燃焼空気量低下	黒煙の発生が見られ空燃比を39%→49%→58%に変更した
蒸気温度上昇	スプレー水の増加で対応する
SO _x 濃度低下	処置なし

6) テスト結果

- ・ 今回のテストで使用したバーナーは重油燃焼用 (N18) であったが、テスト中の負荷変動もなく燃焼は安定しており、良好であったと判断する。
- ・ バーナーノズルのデポジット (固着物) も見られなかった。
- ・ 重油に比べると火炎は長くなる傾向にあるようだ。
- ・ SO_x濃度は顕著に低下した (833ppm→685ppm)
- ・ テストのため、蒸気負荷を125t/hから165t/hに増加させたためか、排ガスO₂、NO_x濃度等の変化については特定できなかった。

7) YG 燃焼による重油削減量予測

- ・ YG使用量 (推定) 5. 1 kl
- ・ 蒸気発生量 1 6 5 t/h
- ・ 重油専焼時の蒸発倍数 1 4. 5 0 t/kl
- ・ YG混焼時の蒸発倍数 1 7. 4 3 t/kl
- ・ 重油専焼時の燃料量 $165\text{t/h} \div 14. 50 \text{ t/kl} = 11. 379\text{kl/h}$
- ・ YG混焼時の燃料量 $165\text{t/h} \div 17. 43 \text{ t/kl} = 9. 466\text{kl/h}$
- ・ 重油削減量 $(11. 379\text{kl/h} - 9. 466\text{kl/h}) \times 2. 38\text{h} = 4. 553\text{kl}$
- ・ YG換算量 $4. 553\text{kl} \div 0. 9 = 5. 059\text{kl}$
- ・ 重油削減費 $4. 553\text{kl} \times (25, 000\text{円/kl} - 10, 000\text{円/kl}) = 68, 295\text{円}$
- ・ 副生亜硫酸曹減少費
 $\text{Na}_2\text{SO}_3 \quad 160\text{kg/h} \times 15. 5\text{円/kg} \times 2. 38\text{h} = \blacktriangle 5, 902\text{円}$
 $\text{NaOH} \quad 101\text{kg/h} \times 23. 0\text{円/kg} \times 2. 38\text{h} = 5, 583\text{円}$

$\blacktriangle \quad 319\text{円}$
- ・ メリット $68, 295\text{円} - 319\text{円} = 67, 976\text{円}$
 $67, 976\text{円} \div 5. 059\text{kl} = 13, 437\text{円}$
- ・ 結果 YG 1 kl 燃焼することで 1 3, 4 3 7 円の利益が予測できる。

8>硫黄酸化物量等測定値結果

		平成 14 年 9 月通常燃焼	Y G 燃焼 テスト	総量規制
測定項目	単位	測定値	測定値	規制値
硫黄酸化物 (SOx) 量	m³N/h	4. 5	2. 4	80
窒素酸化物 (NOx) 量	m³N/h	19. 18	12. 14	150
ばいじん量	kg/h	2. 23	3. 42	170

9>悪臭物質濃度測定結果

		ブランク	Y G 濃度	測定方法
測定項目	単位	測定値	測定値	
硫化水素	ppm	<0. 002	<0. 002	環境庁告示第 9 号 (昭和 47 年 5 月)
メチルメルカブタン	ppm	0. 065	0. 076	
硫化メチル	ppm	0. 440	0. 490	
二硫化メチル	ppm	<0. 0002	<0. 0002	

10>今後の課題

①今回の燃焼テストは、燃焼性とばい煙等の実測が主体であった。ばい煙等の分析結果は別となるが、燃焼性は問題ないことが分かった。しかし、短時間でのテストであり負荷追従性 (燃焼応答性) や Y G 物質性状がボイラ (特に高温高圧) に与える影響は分からない。今後、メーカーとも協議し資料を送り技術情報を取り入れていきたい。

②今回の燃焼テストで人員配置は、タンク前、ポンプ前、循環弁、バーナー前、中操室の 8 人体制で実施した。本格使用に向けて自動制御への取込みが必要であるので、プラン

トメーカーに協力を要請していく。

③点火前にYGの油温上昇から、ポンプを停止したがYG性状からポンプ回りで凝固してしまい、融解に手間取った。厳寒期を思うとより以上の加温対策が必要である。

④本格使用に向けては、貯蔵設備、移送管及び自動制御装置などYGの性状を考慮した検討をていくが、さらに燃焼テスト(最大蒸発量時等)を重ねていくことでYG使用可能か判断をしたい。

6. 3 第2回燃焼テスト

(1) 燃焼テスト計画

燃焼テスト計画として、YG性状と燃焼テスト手順について以下に示す。

1>YG性状

項目	単位	数値		項目	単位	数値	
		YG	C重油			YG	C重油
密度	g/cm ³ (15℃)	0.9127	0.941	灰分	%	不検出	0.01
引火点	℃	264	110	残留炭素	%	0.35	8.62
低位発熱量	kca/kg	8,740	9,710	炭素	% (Wt)	76.2	85.0
動粘度	mm ² /s (50℃)	16.5	87.6	水素	% (Wt)	12.3	11.9
水分	%	0.1	0.02	窒素	% (Wt)	0.09	0.22
流動点	℃	27.5	2.5	硫黄	% (Wt)	不検出	2.37

YG分析者：(株)北炭セ・ネカセ・ビス

2>燃焼テスト手順

	手順	要領
1	通汽	YGタンクヒーター及びYG配管ラインのトレースに通気する。
2	YGをタンクに投入 タンクローリーの現地到着は燃焼テスト 当日の9時必着とし到着時のYG温度を60℃とすること。	タンクローリーで18kl用意する。タンク初期投入量は5klとする。ローリーはテストが終了するまで待機しタンクレベルが低下したら、随時補給する。 タンクレベルは温度変化を考慮して3kl以下にしないこと。
3	ポンプを運転	YG戻りラインを開けポンプを運転する。
4	ポンプ吐出弁を開ける	YG循環弁を開けバーナー入口弁まで循環させる。タンク容量が少ないため、YG配管ラインのトレースにより温度が上昇するので、YGタンク内温度は60℃以下が望ましい。 戻りラインは凝固しない程度に開けておく。このとき、ポンプ出口圧力が10kg/cm ² になるようYG循環弁を調整する。
5	バーナー1本目点火 * 目標点火時刻 11時	YG噴霧圧力を6kg/cm ² になるようにバーナー弁で調整する。 燃料使用量は約1.2kl/hとなる。(N-18バーナー特性曲線より) YG循環弁は凝固しない程度に開けておく。
6	バーナー2本目点火 * 目標点火時刻 11時30分	2本目点火により1本目の噴霧圧力が下がるので、YG噴霧圧力を6kg/cm ² になるようにバーナー弁で調整する。

7	ばい煙等の実測	ダイオキシン類の測定
8	監視及び記録	①点火前にグラフィック、トレンド等画面のコピーをとる ②テスト開始時蒸気、燃料の積算を記録する③混焼中の画面コピーをとる④燃焼状態、監視計器類に変化がないか点検する
9	バーナー1本目消火	タンク残量が約1m ³ になったら、バーナー1本消火する
10	バーナー2本目消火	ポンプで可能な限りYGを使いきり、2本目を消火する。 蒸気、燃料の積算を記録する
11	消火後	ポンプを停止し配管内のYGをタンク内に戻す

□第1回目は、YG燃焼量を一定としたため燃焼も安定していたが、今回は蒸気負荷変動とYG燃焼量を変動させてYG燃焼が自動制御系外でも長期運転が可能か試みる。

□人員配置 【中操＝バーナー前＝循環弁前＝ポンプ前＝タンク前】

□YG燃焼量及び燃焼時間

YG燃焼量 1.2kl/h×2本×7h＝16.8kl

*YG噴霧量の増減も実施するのでYG燃焼量は多少変化する。

(2) 燃焼テスト結果

1>対象ボイラー 9号ボイラー (蒸発量:260t/h 蒸気圧力:12.65Mpa 蒸気温度:536℃)

2>実施日時 平成14年12月25日 11時00分～19時37分

3>テストスケジュール

	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時
YGポンプ運転	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
バーナー1本目点火	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
バーナー2本目点火	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
ダイオキシン等測定	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

---- : 計画 — : 実績

4>テスト記録 (蒸気発生量と重油流量はYG燃焼時間中の積算値)

時間	蒸気発生量 t/h	蒸気温度 ℃	YG温度 ℃	YGバーナー 本数	YGバーナー 油圧 kg/cm ²	重油流量 kl/h	重油バーナー 本数	全バーナー 本数
10:15		531		0	0		10	10

11:00		532	72.9	1	6		9	10
11:30		530	87.9	1	6		8	10
12:00	171	532	75.2	2	6	10.63	8	10
13:00	170	534	85.0	2	6	10.63	8	10
14:00	168	530	76.0	2	7	11.29	8	10
15:00	158	531	83.7	2	8	10.72	8	10
16:00	152	532	87.5	2	8	10.15	8	10
17:00	161	531	89.1	1	8	10.15	8	9
18:00	158	533	89.5	1	8	10.15	9	10
19:00	164	533	89.0	1	8	11.11	9	10
19:37	102			0		7.01	10	10

時間	重油バーナー 油圧 kg/cm ²	風箱ドラフト mmAq	NO _x ppm	SO ₂ ppm	排ガス O ₂ %	空燃比 %	備 考
10:15	7.2	256	129	938	2.7	45	YG点火前重油専焼時
11:00	7.1	233	112	931	2.0	56	YGバーナー1本点火時
11:30	7.0	215	91	851	3.2	64	YGバーナー2本点火時
12:00	7.1	249	106	785	2.5	53	
13:00	7.7	248	96	835	2.6	49	
14:00	6.7	201	97	830	3.8	50	YG圧力 6.0→7.0K
15:00	7.0	179	88	891	2.5	50	YG圧力 7.0→8.0K
16:00	7.6	205	90	890	2.6	50	
17:00	7.1	186	87	875	2.6	50	
18:00	6.8	207	107	921	2.9	50	YGバーナー1本消火
19:00	7.2	222	101	932	2.3	50	
19:37							YGバーナー全消火

5) YG点火後の変化と処置

変化	処置
蒸気圧力上昇	1本目に上昇したが自動制御範囲内であった
燃焼空気量低下	炉内の火炎が黒く不安定になったので空燃比を45%→56%→64→50%に変更した
蒸気温度上昇	スプレー水の増加で対応する
SO _x 濃度低下	処置なし

6) テスト結果

①今回のYGは色も黒く油ポンプを運転してから、10分程でYGストレーナーが詰まり、テストはストレーナーを取り外して行った。

②今回のテストで使用したバーナーは重油燃焼用(N18)であったが、テスト中に2コーナバ

バーナーの燃焼が悪くなり、消火して分解整備を行った結果バーナーノズル内の汚れが見られ、掃除実施後再点火、それ以外燃焼は安定しており、良好であったと判断する。

③SOx濃度は顕著に低下した(938ppm→874ppm)

④ローリー18380kg(20.14kl)入荷したが、不安定な燃焼を継続することは危険と判断し、ローリーから5klタンクの全量受入れを中止した。

7) YG燃焼による重油削減量予測

・YG使用量(推測)	9.0kl
・平均蒸気発生量	163t/h
・重油専焼時の蒸発倍数	14.08t/kl
・YG混焼時の蒸発倍数	15.29t/kl
・重油専焼時の燃料量	$163\text{t/h} \div 14.08\text{t/kl} = 11.577\text{kl/h}$
・YG混焼時の燃料量	$163\text{t/h} \div 15.29\text{t/kl} = 10.661\text{kl/h}$
・重油削減量	$(11.577\text{kl/h} - 10.661\text{kl/h}) \times 8.62\text{h} = 7.896\text{kl}$
・YG換算量	$7.896\text{kl} \div 0.9 = 8.733\text{kl} \approx 8.8\text{kl}$
・重油削減費	$7.896\text{kl} \times (25,000\text{円/kl} - 10,000\text{円/kl}) = 118,440\text{円}$
・副生亜硫酸曹減少費	$\text{Na}_2\text{SO}_3 \quad 158\text{kg/h} \times 15.5\text{円/kg} \times 8.62\text{h} = \blacktriangle 21,110\text{円}$ $\text{NaOH} \quad 101\text{kg/h} \times 23.0\text{円/kg} \times 8.62\text{h} = \underline{21,809\text{円}}$ $\blacktriangle \quad 699\text{円}$
・メリット	$118,440\text{円} - 699\text{円} = 117,741\text{円}$ $117,741\text{円} \div 8.733\text{kl} = 13,482\text{円}$
・結果	YG1kl燃焼することで13,482円の利益が予測できる。

* 蒸気積算量は、ボイラー直立盤重油流量計と4号タービンのタービン入口流量計で計測し、ボイラー日誌積算値と比較し換算した。

8) 今後の課題と取組み

①今回の燃焼テストは燃焼性の再確認とダクトシンの実測が主体であった。ダクトシンの分析結果は後報となるが、YGの性状にバラツキがあるようで、今回入荷した物は色も濃く、受入れ後約10分でストーラーが詰まり、燃焼後6時間でバーナーに詰り現象が現れるなど固形分混入によるトラブル対策が必要と思われる。

②今回の燃焼テストで人員配置は、タンク前、ポンプ前、バーナー前、中継室の5人体制で実施した。バルブ開度を一定にしても燃焼圧力が変化し、元圧調整の必要性がある。

タンクローリーから受け入れる時にローリーの払出しポンプがYG凝固で始動せず蒸気で融解した。冬期間の受入れ設備対策を慎重に図りたい。

6. 4 第3回燃焼テスト

(1) 燃焼テスト計画：回収ボイラー(3RB)

1) テスト予定日 YG受入れ後、3/12～14 or 3/18～20の1日(7時間)

2) テスト用人員 1名(操作、記録、連絡)

3>テスト燃焼量 ⇒ 5.0kl 予定

4>燃焼条件 3RB 固形分処理量 20~24.0 t/h 燃焼安定を図り行う

1) YGは黒液燃焼ラインに注入(3FL 濃度計出口) 規定量を燃焼する

2) 燃焼量の調製は、仮設設備を運転(手順別紙)バルブ開度調整にて、除々に増加する
平成15年度受入れ予想量(6,500kl/年)=最大900kl/hを目標とする

3) 3RB 主蒸気発生量最高 80.0 t/hを超えない事

主蒸気発生量最高 80.0 t/hを超える気配の時は、固形分処理量を調整する

4) 計画燃焼量(5.0kl)と時間

a 200l/h ⇒ 1時間

b 500l/h ⇒ 1時間

c 700l/h ⇒ 1時間

d 900l/h ⇒ 4時間

合計 7 時間

5>監視及び記録(30分/毎)

1) 固形分処理量、(噴射圧力、温度、濃度)積算値を記録

2) YG 燃焼量(タンクレベルから算出する)

3) 主蒸気発生量(積算値)、温度、圧力

4) 供給空気量、温度、ドラフト

5) ボイラー排ガス関係、温度、ドラフト(SH, BB, ECO, CaE, EP)

6) ボイラー排ガス 環境測定値、O₂、SO_x、NO_x

7) カスケードエバポレーター Amp、(A・B)

8) 還元率の測定を行う、(事前1回、900・・・燃焼直前1回、緑液サンプリングの事)

6>その他

1) 燃焼不良等の緊急事態発生の際は、速やかにテスト中止すること

2) 今回のテスト結果検証後、2回目ロングランテストへ入る

(2) 燃焼テスト結果

1>対象ボイラー NO.3回収ボイラー8B(蒸発量:80t/h、蒸気圧力:6.5Mpa、蒸気温度:450℃)

2>実施日時 平成15年3月13日 9時00分~17時15分

3>テストスケジュール

	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時
YGポンプ運転	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
YG噴射ラインへ注入	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	

----- : 計画 — : 実績

4>テスト記録

時間	蒸気発生量 t/h	蒸気温度 ℃	黒液処理量 t/h	黒液温度 ℃	黒液圧力 kg/cm ²	黒液濃度 %	YG圧力 kg/cm ²
10:00	57	441	21.3	121.0	1.17	68	3.3

11:00	62	442	25.5	122.0	1.17	69	3.2
12:00	57	444	20.1	122.0	1.20	65	4.5
13:00	64	438	22.7	121.6	1.20	67	5.0
14:00	66	441	22.7	121.0	1.22	67	6.0
15:00	68	460	23.2	121.0	1.22	68	5.9
16:00	70	428	23.1	123.5	1.25	68	6.1
17:00	68	440	22.2	123.0	1.20	68	6.2
18:00	66	443	22.7	122.5	1.22	67	6.2
19:00	65	443	24.8	122.4	1.22	68	
20:00	57	442	20.5	122.0	1.22	66	

時間	Y G 温度 ℃	Y G 供給量 l/h	全 空 気 量 t/h	B 排ガス温度 SH 出口 ℃	NOx ppm	SOx ppm	排ガス O ₂ %
10:00	91.1		91	550	57	145	5.4
11:00	99.3	310	92	583	62	95	5.4
12:00	104.9	372	98	592	24	120	3.2
13:00	105.5	682	99	600	40	130	3.9
14:00	103.7	992	98	610	37	175	4.0
15:00	101.8	1054	98	582	60	90	4.2
16:00	100.8	868	102	593	54	130	4.1
17:00	99.9	899	104	599	45	130	4.1
18:00	99.5		102	566	73	90	6.2
19:00			102	578	70	100	6.1
20:00			102	585	68	130	6.7

5>Y G 燃焼時の変化と処置

- 1) Y G 供給量不安定……バルブ手動操作のため、小量 (200 ～ 500l/h) での調節不可
- 2) 蒸気発生量増加………Y G 混焼で速く蒸気発生象があり
- 3) B 排ガス温度上昇………S H 出口温度 500 → 610℃まで上昇あり
- 4) S O_x 濃度上昇………空気不足により燃焼不安定、空気量UP後回復
- 5) N O_x、O₂ 濃度低下…Y G 燃焼にて空気不足が生じた、94t/h → 104t/h 増加回復
- 6) 黒液噴射粒子変動………黒液ヒーター温度上昇で対応

6>燃焼結果

- 1) 黒液固形分処理量 23.0t/h ベース
- 2) Y G 処理量 5.58kl
 - ①時間最大燃焼量 目標 900l/h 実績 1,054l/h
 - ②時間蒸気発生量 目標 12.5t/kl 実績 12.9t/kl
- 3) 黒液専焼時蒸気発生量 60.0t/h
- 4) 黒液専焼時蒸気発生倍率 2.51t/so (3/1 ～ 10 日平均値)

- 5) Y G 蒸気発生倍率 12.9t/kl
- ① Y G 混焼時蒸気発生量 $\text{黒液 } 23\text{t/h} + \text{Y G } 0.953\text{kl/h} = 70\text{t/h}$
- ② 黒液 23t/h 蒸気発生量 $23\text{t/h} \times 2.51\text{t/so} = 57.7\text{t/h}$
- ③ Y G 燃焼による蒸気増加量 $70 - 57.7 = 12.3\text{t/h} (295.2\text{t/D})$
- ④ Y G 蒸気発生倍率 $12.3\text{t}/0.953\text{kl/h} = 129.\text{t/kl}$
- 6) Y G + L G 蒸気発生量 (黒液 28t/h 時) $28\text{t/h} \times 2.51\text{t/so} = 70.28\text{t/h} (1687\text{t/D})$
 $1687\text{t} + 295\text{t} = 1982\text{t/D}$
 $1920\text{t} - 1982\text{t} = - 62.0\text{t/D} (\text{時間当オーバー})$
- 7) Y G + L G 蒸気発生量 (黒液 26t/h 時) $26\text{t/h} \times 2.51\text{t/so} = 65.3\text{t/h} (1566\text{t/D})$
 $1566\text{t} + 295\text{t} = 1861\text{t/D}$
 $1920\text{t} - 1861\text{t} = 59\text{t/D} (\text{蒸気余裕})$

7) 燃焼テスト結果と今後の展開

- 1) Y G の燃焼方法は、B L 噴射ラインに直接注入し混焼を実行したが、Y G 供給量調整はバルブの開閉操作のため、小量時ラインの詰まりの発生もあり、燃焼の安定に手間取った。
- 2) 今回黒液処理量 23t/h ベースで実施したが、最高負荷時 (28t/h) での Y G 混焼は蒸気発生量 62.0t/D オーバーする。Y G 燃焼量を減少するが、4 R B と併用で燃焼が必要と考える。
- 3) 黒液噴射ノズル (23ϕ) の詰まりは無かった。
- 4) 黒液温度の変動については、Y G 温度 ($99.5 \sim 105.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) が低いため、Y G 流量変動にて黒液温度に影響がでたと考えられる。(流量調節計必要)
- 5) ボイラー排ガス温度の上昇について、今回予想はしていたが $550 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 610 \text{ }^{\circ}\text{C}$ と温度上昇がみられ、ダストの融点上昇でダストトラブルの懸念及び温度上昇が、蒸気管への高温腐食の (S 化合物との影響含む) 状況を充分監視する必要がある。
- 6) Y G 自体の臭気があるため、臭気対策が必要である。
- 7) 次回の燃焼テスト方法は、ミキシングタンクに Y G を入れ黒液と混合して燃焼し、噴射ライン注入との比較を検討したい。
- 8) Y G の安定燃焼を図るため、流量調整計を取り付けて、ロングランテストを検討したい。

7 燃料利用の経済性

7. 1 石油価格の推移

牛脂の燃料利用に対応するものは、A重油、C重油が対象となり、その価格推移は表7. 1のようになる。

表7. 1 A重油・C重油の卸売価格と価格指数 (価格：円/L)

		H 7 年	H 8 年	H 9 年	H 10 年	H 11 年	H 12 年	H 13 年	H 14 年 4 月
A 重油	価格	24.4	28.4	30.9	27.3	26.3	29.5	30.4	
	指数	100.0	108.2	136.6	123.6	132.7	167.7	180.8	196.8
C 重油	価格	15.8	17.3	19.9	17.9	17.4	21.8	23.8	
	指数	100.0	81.8	134.1	121.9	100.4	139.2	153.9	155.4

価格：「平成 13 年 石油資料」(石油通信社)「最近の石油製品の価格推移」より
(財) 経済調査会経済調査報告書物価版の東京・大阪・名古屋の月末値平均
(消費税は含まない) A 重油：S 分 1.0%以下ローラー、C 重油：S 分 3.0%以下ローラー
指数：「石油資料月報 2002.6」(石油連盟)「石油製品卸売物価指数」より

7. 2 燃料価格と設備対応

(1) 総発熱量による価格差

重油の総発熱量は表7. 2のようになり今回の分析による総発熱量は表7. 3である。
食用牛脂・豚脂を除き骨油と死亡牛脂肪の9試料の平均総発熱量は 9,393kcal/kg となり、
A重油の総発熱量が 9,341kcal/kg で、C重油は 9,962kcal/kg となる。骨油等平均の総発熱量はA重油と同等であるが、C重油では6%程度総発熱量が低くなる。

A重油を利用している事業所では、総発熱量からすると価格差は生じないが骨油等は加温の必要性があることから設備面と熱源をみれば価格アップ要因となる。しかし、C重油を利用している事業所では、総発熱量から6%の価格ダウンとなるが、加温設備が整っていることから価格面で抑えられる。

表7. 2 石油製品等の標準発熱量

種類	単位	発熱量 (kcal) 注 1	比重 注 2
L P G	kg	11,992	0.50 ~ 0.60
ナフサ	l	8,146	—
ガソリン	l	8,266	0.73 ~ 0.76
ジェット燃料	l	8,767	0.76 ~ 0.80
灯油	l	8,767	0.78 ~ 0.80
軽油	l	9,126	0.80 ~ 0.84
A 重油	l	9,341	重油： 0.83 ~ 0.96
C 重油	l	9,962	

注 1：「総合エネルギー統計(平成 13 年度版)」

注 2：旧版「エネルギー統計」資源エネルギー庁

ただ、継続的に骨油等を利用するとなれば、設備面での対応が必要となるため、価格的に安くすることで利用の分野が広がることがある。また、硫黄分が少ないために、環境対策上有利な燃料となる。

したがって、安定的に供給することが可能となり、利用事業所が設備を整えれば、C重油の価格で引取条件を交渉することができるものとなろう。

なお、レンダラー自らが燃料とすることは、価格的にC重油代替燃料として利用することになる。

表 7. 3 畜産動物油脂の総発熱量

試料名	総発熱量 (kcal)	1kcal = 4.18605kJ
食用牛脂	7,451 (北海道 1) 9,537 (北海道 2) 9,410 (九州)	
食用豚脂	9,441 (北海道 1) 9,429 (九州)	
骨油	9,391 (北海道 1) 9,391 (北海道 2) 9,381 (北海道 3) 9,369 (北海道 4)	
死亡牛油脂	9,209 (中部) 9,429 (九州-1) 9,470 (九州-2) 9,411 (九州-3) 9,391 (九州-4)	

(2) 設備での対応

既存のレンダリング施設における燃焼設備面での対応としては、油脂貯蔵タンクはあるものの、追加する設備として専用タンクと、ボイラ設備として切替専焼や混焼など燃焼方式による相違があるが、基本となるものは下記が挙げられる。

- ①専用タンクとサービスタンクへの配管（油送管、加熱蒸気配管等）
- ②サービスタンクと付帯装置（加温蒸気配管、ストレーナ、油送配管、油送ポンプ等）
- ③バーナーの取替えと付帯設備（油送配管等）

これら設備の建設費をどの程度に見込むのかにより、C重油並みの価格で使用あるいは供給されたとしても経済的に成立するか否かの検討が必要である。

7. 3 メンテナンス費用

骨油等を燃料として利用するときに、重油より多く発生する費用にメンテナンス費がある。それは清掃等の定期的なメンテナンスと、部品等の交換が発生するものに分けられる。

(1) 定期的メンテナンス

今までの燃焼経験から、①ストレーナの目詰まりとその清掃、②ボイラ内の煙管にカーボンが付着しその清掃、③バーナーチップ穴の目詰まりとその清掃が、1週間あるいは1ヶ月に1回は必要であるとされている。

この原因としては、重油に比べて灰分が多いこと、引火点が高いことにある。分析結果でみると重油の灰分は0.05wt %以下であるが、骨油では0.063 ~ 0.012wt %、死亡牛油脂では0.052 ~ 0.016wt %（デカンター処理後のみ）であり、大きな差はないものの燃焼時には引火点が高いこともあり相乗効果でカーボンが発生すると考えられる。

(2) 部品交換・補修

部品交換としては、電気ヒーターを用いればヒーターエレメントの年1回の交換が発生する。この他に、バーナーの損傷が激しければ交換することになる。補修としては、重油

に比べ火災が長くなるので、築炉壁が損傷・脱落することがあることからその対応が必要となる。

7. 4 経済性の成立要件の検討

骨油等を燃料として使用するときの経済性の成立は、上記に示したように

- ①燃焼するために対応する設備の費用
- ②骨油等の価格
- ③定期的メンテナンス費用
- ④部品交換・補修

である。①、③、④は設備面での費用となり、既存設備の状況等に影響されることから一概に算定はできないが、骨油等は一定の価格幅が想定される。それは骨油等が飼料用油脂として利用されておりその価格は40～50円/1であったことや、最近のA重油価格が30円/L前後でありC重油価格は20円/L前後であることにある。しかし、使用するとすれば長期的になり、かつ使用量も大量となることから、重油の価格変動幅の差と飼料用油脂の差をどのように見込むかにより採算性へ大きく影響する。このことから、第1に既存設備等との関係で追加設備価での投資額と、その設備におけるメンテナンス費用を算定すること、第2に燃料費としての骨油等の価格を上記を参考に算定すること、この2つをそれぞれの設備で検討することで経済性の成立、即ち採算性が取れるか否かが定まることになる。

一方、余剰骨油を燃料として他の事業所に販売する場合においても、上記と同様な具体的な検討が必要となる。

8 検討結果と今後の課題

8. 1 検討結果

畜産動物油脂の燃料用途への検討を行ってきたが、それぞれの検討から以下のような当面の結論を示すことができよう。

(1) 畜産動物油脂の燃料性状

食用牛脂、食用豚脂、骨油、死亡牛油脂を対象としてJISに定める項目を中心として燃料性状の分析を行ったが、畜産動物油脂の特徴としては次のことが指摘される。

- 1) 石油系燃料は炭化水素であるが、動物油脂はそれに酸素を12%含むこと
- 2) 引火点が高く蒸留性状において、留出温度が高く300℃状態にあること
- 3) 密度、動粘度、流動点は、重油に近似する値であること
- 4) 硫黄分は、A重油を1桁下回ること

このことから動物油脂は加温することで流動することから、重油並みに利用可能であり、また重油並みの燃料性状を持ち、大気汚染上において最も課題となる硫黄分はA重油を下回るという特徴がある。

(2) 燃料利用への技術

畜産動物油脂を燃料として利用する場合に、製造工程が課題となるが、従来から用いられてきた技術からみて、燃料性状へ与える影響は少ないとみられる。熱処理された牛脂等は、デカンターにより夾雑物が除去されるためである。

ボイラーとして、レンダリング業において骨油の混焼を行っている例は、7事例があり技術的にボイラーが対応できることを示している。ただし、今までの実績から火炎が長くなることによる燃焼室の損傷、カーボン付着等の課題があるが、これも技術的に解決することが可能である。また、燃料中に含まれる夾雑物は、ボイラーに設置されるストレーナーにより除去されることから、製造工程における除去と合わせると更に微量となるため技術的に問題となる可能性は低くなる。

(3) 燃料利用への法規制

燃料利用においては、大気汚染防止法の適用を受け、ばい煙発生施設となり硫黄酸化物、ばいじん、窒素酸化物の排出基準をクリアすることが必要となる。また、手続的にも技術的な検討を踏まえた設計値を、届出書に記入することになるため、個々のケースに即した検討が必要である。届出先（条例で別に定める自治体がある）により排出基準が異なることから、更に個別ケースでの検討が重要となる。

(4) 骨油燃焼による大気測定

レンダリング3社において骨油燃焼による大気汚染物質の測定を行った結果は、大気汚染防止法で定めるダスト濃度、硫黄酸化物量、窒素酸化物濃度はともに排出基準を満足していることからボイラー燃料として骨油は燃料として適正と判断される。

(5) 発電ボイラーにおける骨油の燃焼試験

北海道において骨油の発生量が年間8千tと見込まれることから、製紙工場の発電ボイラーにおいて骨油の燃焼試験を行った結果、重油ボイラーでは目詰まりが発生したものの、パルプ廃液（黒液）を燃焼させる回収ボイラーによる試験では、燃焼性に問題はなく良好

であった。また、重油ボイラーでの試験では、硫黄酸化物濃度は顕著に低下した。これらのことから発電ボイラーで骨油を燃焼することに見通しが立ったことになる。

(6) 燃料利用の経済性

燃料利用においては、重油価格が指標となるが、A重油かC重油かにより価格差があることや、設備面での整備が必要なこともあり実際の価格は、個別ケースで定まることになる。また、技術的な課題で示した、カーボン付着等に伴う清掃などのメンテナンス費用を見込むことが必要となるためコストアップとなることから、更に諸検討が必要となる。

(7) 燃料利用への位置付け

畜産動物油脂は重油と同等の規格値にあり、かつ、総発熱量も重油と遜色のない値である。また、燃料として利用している実績もある。このことから骨油等は、燃料として明確に位置付けを行うことが必要となる。

8. 2 今後の課題

(1) 需給見通しの検討

序でも述べたように、新規用途における需給関係の検討が必要であることは指摘したところである。供給量見通しと需要先の分野とその需要量を検討することにより、経済性が成立する基礎条件の整備となることから、見通しを明らかにした経済性の検討が必要となる。これらは個別レンダラーにおいて今後、諸要因を踏まえた検討に基づき具体的な展開を踏まえて行うことになる。

(2) 前処理とボイラー技術の検討

骨油に含まれる夾雑物の除去について、既存の設備等を用いて試験を行い除去率を明らかにし、製造工程からの燃料性状の改善状況を検討することが必要である。即ち、デカンター後のセパレーター処理の方法とその試験や、ボイラーに設置されているストレーナー試験を通常の油送圧力をもとにして行うことである。これらは個別レンダラーにより設備が異なることから、その状況を踏まえて個別技術的な対応を行うことで全体的な除去率等を検討することになる。

(3) 大気汚染防止法への対応検討

新規設備及び変更を行うときに、法に定める必要事項を満足することが必要である。重油では、既存の実績値が膨大にあることから設計値を定めることは容易であるが、骨油等では実績が少ないため、法による届出項目を踏まえて、既存設備等を用いて大気汚染防止法による対応項目の試験や大気測定が必要である。これらは個別レンダラーにおいて、設備等や排出基準を踏まえた測定が行われることことから実績として集約することになる。

(4) 大量燃焼への対応検討

発電ボイラーによる骨油の燃料試験を行った結果、燃焼が良好なことから今後燃焼することへの一定の見通しが立ったものの、骨油による安定的な燃焼が継続できるかが課題であることから、流量調整計を用いたロングランテストが必要であるが、これは今後レンダラー等との協議により検討することになる。

資 料

1. 畜種別の油脂生産量の推計
2. 畜産動物油脂の燃料性状分析結果
3. ボイラーの種類とバーナー

資料1 畜種別の油脂生産量の推計

1. 畜産副産物の生産量等の推計方法

畜産物副産物の発生量とレンダリング製品量の推計方法は、「畜産動物業界再編合理化検討推進事業報告書」（平成13年3月 （社）日本畜産副産物協会（財）政策科学研究所）に示された「各論畜産副産物頭羽数と処理施設等の現状と見通し」の「第3章 畜産副産物量の推計と1施設当たりの処理規模の検討」を前提として行うこととする。

2. 推計方法の考え方と概要

2.1 発生量の推計の考え方

（1）発生頭羽数

ここで発生について、場所と発生形態に分けて捉えると、

（1）発生場所一と畜場、食鳥処理場、卸売食肉加工所・食肉店、畜産農家

（2）発生形態一①と畜場・食鳥処理場で発生する「と畜処理頭羽数」、「検査後と畜禁止又は廃棄件数」、②卸売食肉加工所・食肉店で発生する「国産枝肉と部分肉のカット部位」、「輸入枝肉と部分肉のカット部位」、③農家で発生する「死亡獣畜」

である。ただし、上記の②の流通過程に関しては、国産枝肉と部分肉のカット部位は、と畜場で発生するとして計上すれば、発生しないことになる。また、輸入の枝肉と部分肉は、輸入資料制約から全国の発生量となる。

（2）副産物の部位別の発生率

畜産副産物の発生率である化製向け歩留まりは、家畜1頭当たりの重量を基準としてレンダリング業において処理し生産しているレンダリング製品との関係から、原料となる①脂肪、②骨等（骨、頭足、不可食内臓）、③羽、④血液に分けた、化製向け歩留まり原単位を算出する。

（3）副産物の発生量の推計

副産物発生量の推計では、上記のそれぞれ①発生頭羽数等に対して、②化製向け歩留まり原単位（発生部位別の発生重量）、の2つを用いて発生量を推計するという方法となる。

（4）化製品向け歩留まり率

副産物発生量から化製品（レンダリング製品）を算出するため、原料と化製品との関係を示した化製品向け歩留まり率を定める。

（5）化製品生産量の推計

化製品の生産量は、①上記の（3）で示した原料種類別の副産物発生量に、②（4）で示した化製品向け歩留まり率の2つを用いて生産量を推定するという方法となる。

2.2 と畜場・食鳥処理場でのと畜頭羽数と禁止廃棄の件数

（1）と畜場・食鳥処理場のと畜頭羽数

1）牛と豚等

牛と豚等のと畜頭数については、「畜産物流通統計」（農林水産省）があり、都道府県別に示されている。

2）食鳥

食鳥の処理羽数については、「食鳥処理場調査結果」（農林水産省）があり、食鳥となるブロイラー、成鶏に分かれ都道府県別に示されている。ただし、県によっては秘匿値がある。

（2）と畜場・食鳥処理場での禁止廃棄の件数

と畜場、食鳥処理場では、と畜前後に検査が行われており、その結果をまとめたものが「乳肉

関係統計資料」(厚生労働省)である。検査の結果で食用向けとならないものを「と畜禁止」「全部廃棄」「一部廃棄」に分けてありその件数がある。牛と豚は都道府県別に件数があり、食鳥は全国値のみである。

2. 3 輸入食肉の発生量

輸入肉量については、「日本貿易月表」(財務省)があり、これを年間で整理したものが「畜産物流通統計」(農林水産省)に参考資料として畜産物輸入量が示されている。この輸入量は上述したように、全国値のみで地域別の値は示されていない。

2. 4 死亡獣畜の発生頭羽数

(1) 牛豚の発生頭数

牛豚の死亡獣畜の発生頭数については、「畜産物流通合理化促進事業報告書」(平成4年(社)日本畜産副産物協会)により、次のような発生率(=死亡率)による算出式を示している。

$$\text{牛} = (\text{乳用牛飼養頭数} + \text{肉用牛飼養頭数}) \times 0.854\% (=0.00854)$$

$$\text{豚} = \text{豚飼養頭数} \times 2.68\% (=0.0268)$$

この算出式に基づくかあるいは、都道府県別に集計された死亡獣畜数を用いるかの2つの方法がある。

(2) 食鳥の発生羽数

食鳥の死亡鳥の発生羽数については、「鶏ひなふ化羽数」(農林水産省)があり、採卵用めすひなえ付け羽数、ブロイラー用ひなえ付け羽数が都道府県別に示されている。このえ付け羽数と食鳥処理場での処理羽数との差が、死亡鳥となる。処理羽数も都道府県別に示されているので、都道府県別に差を求めれば死亡鳥の発生数は算出できるが、え付け羽数は養鶏農家へと出荷されるので、単に引き算では発生羽数を求めることができない。したがって、統計が整備されているえ付け羽数を前提として、下記の全国値の死亡発生率を用いて死亡発生羽数を算出する。

$$\begin{aligned} \text{全国ブロイラー死亡発生率} &= (\text{ブロイラー用え付け羽数} - \text{ブロイラー処理羽数}) \\ &\quad \div \text{ブロイラー用え付け羽数} \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{全国採卵鶏死亡発生率} &= (\text{採卵用めすひなえ付け羽数} - \text{成鶏処理羽数}) \\ &\quad \div \text{採卵用めすひなえ付け羽数} \times 100 \end{aligned}$$

$$\text{ブロイラー死亡羽数} = \text{都道府県別処理羽数} \times \text{全国ブロイラー死亡発生率}$$

$$\text{採卵用鶏死亡羽数} = \text{都道府県別処理羽数} \times \text{全国採卵鶏死亡発生率}$$

2. 5 と畜場・食鳥処理場での化製向け歩留まり

(1) 家畜の重量歩留まり

畜産動物はと畜・解体されて、食肉と畜産副産物に分けられるが、牛・豚・鶏の食肉等の部位別歩留まり表が「食肉便覧」(中央畜産会)にあり、それを表2. 1、2. 2に示す。

表 2. 1 牛・豚の重量歩留まり

単位：kg

	和牛(去勢)		乳牛(去勢)		豚	
	重 量	比 率	重 量	比 率	重 量	比 率
生 体	630	100%	650	100%	110	100%
枝 肉	395	63% (100%)	395	60% (100%)	77	70% (100%)
部分肉	280	45% (71%)	265	41% (68%)	54	49% (70%)
骨	45	7% (11%)	65	10% (16%)	8	7% (10%)
脂 肪	65	10% (16%)	55	8% (14%)	14	13% (18%)
そ の 他 (くず肉等)	5	1% (2%)	5	1% (2%)	1	1% (2%)
内 臓	130	21%	150	23%	13	12%
頭 足	25	4%	30	5%	6	5%
皮	40	6%	40	6%	9	8%
その他(血液等)	40	6%	40	6%	5	5%

注：()内は枝肉を 100%とした比率

資料：「食肉便覧」(平成 8 年 6 月 中央畜産会)

表 2. 2 食鶏若どりの重量歩留まり

単位：g

	重 量	比 率
生 体	2,200	100%
と 体	1,980	90.00% (100.0%)
骨つき肉(中ぬきⅢ型)	1,544	70.20% (78.0%)
正 肉	743	33.75% (37.5%)
皮	42	1.89% (2.1%)
ささみ	71	3.24% (3.6%)
こにく	73	3.33% (3.7%)
あぶら	55	2.52% (2.8%)
手羽さき	81	3.69% (4.1%)
手羽もと	97	4.41% (4.9%)
骨	382	17.37% (19.3%)
可食内臓	89	4.05% (4.5%)
不可食内臓	178	8.10% (9.0%)
頭・足	168	7.65% (8.5%)
血液・羽毛	220	10.0%

注 1：()内はと体を 100%とした比率

注 2：可食内臓とは、心臓、肝臓、脾臓及び筋胃をさし、
不可食内臓とは、可食内臓以外をいう注 3：この歩留まり表は、処理場における通常の処理による
歩留まりの事例調査である。可食、不可食の区分も
流通の現状に合わせた分類となっている。

注 4：なお、名称は「食品取引規格」(農林水産省)による

資料：「食肉便覧」(平成 8 年 6 月 中央畜産会)

(2) 重量歩留まり原単位

上記の畜種別の重量歩留まりから、畜産副産物となるレンダリング原料の種類別である脂肪、骨、頭・足、不可食内臓、羽についてまとめたものが表2. 3である。

表2. 3 と畜獣畜の化製向け重量歩留まり原単位

単位：kg

		牛	豚	ブロイラー	成 鶏	馬	めん羊	や ぎ
生 体		630	110	2.54	1.74	560	43	38
脂 肪		65	14	0.064	0.044	58	5.5	4.8
骨		45	8	0.441	0.302	40	3.1	2.8
頭 足		25	6	0.194	0.133	22	2.3	2.1
不可食内臓		65	6.5	0.206	0.141	58	2.5	2.2
計		200	34.5	0.904	0.619	178	13.5	11.9
		31.7%	31.4%	35.6%	35.6%	31.7%	31.4%	31.4%
原 単 位	脂 肪	65	14	—	—	58	5.5	4.8
	骨 等	135	20.5	0.904	0.619	120	8.0	7.1
	羽	—	—	0.152	0.104	—	—	—

注1：牛、豚の不可食内臓は、「食肉便覧」の牛・豚重量歩留まりの内臓値の50%とした。

注2：「食肉便覧」の食鶏若どり重量歩留まりの血液・毛羽の10%の内訳は、(社)日本食鳥協会によれば血：毛＝4：6であり、よって原単位の羽の値は6%を用い算出した。

注3：ブロイラーと成鶏の重量は「畜産物流通統計」を用い、成鶏の値はブロイラーの構成比による。鶏の脂分はすべて骨等に含まれる。

注4：馬、めん羊、やぎの生体重量は「畜産物流通統計」より推計し、馬の化製向け歩留まりは牛の構成比、めん羊、やぎの化製向け歩留まりは豚の構成比を用いた。

2. 6 輸入食肉の化製向け歩留まり率

輸入食肉の化製向け歩留まり率は、食肉便覧を参考に表2. 4のように定めた。

表2. 4 輸入食肉の化製向け歩留まり率

	牛 肉		豚 肉		馬肉 羊肉 やぎ肉
	枝 肉	その他	枝 肉	その他	
脂 肪	10%	1%	13%	1%	1%
骨	7%	—	7%	—	—

注：牛肉、豚肉の枝肉は、「食肉便覧」の値を参照し、その他と馬等は1%とした。

2. 7 と畜場・食鳥処理場の一部廃棄の原単位

(1) と畜場の一部廃棄

と畜場での検査によりと畜禁止、全面廃棄、一部廃棄に分かれる中で、一部廃棄の1件当たりの重量が不明であることから、表2. 5に示したように調査に基づき算出した。

表 2. 5 と畜場における一部廃棄の重量

		牛	豚
内臓	発生重量(kg)	194,500	74,300
	検査件数(件)	26,424	33,755
	平均重量(kg/件)	7.4	2.2
食肉	発生重量(kg)	13,632	240
	検査件数(件)	1,308	84
	平均重量(kg/件)	10.4	2.9
検査の発生重量(kg)		208,132	74,540
検査件数(件)		27,732	33,839
1件当たり重量(kg/件)		7.5	2.2

注：食肉の頭数は、1件として換算

資料：平成 11 年 東京都中央卸売市場食肉市場調べ

(2) 食鳥処理場の一部廃棄の原単位

食鳥処理場での検査により、と畜場と同様の区分で破棄件数が示されているが、それに対応するため表 2. 6 に示すような調査により、一部廃棄の原単位を算出した。

表 2. 6 食鳥処理場における一部廃棄の重量

項目	諸元	
処理羽数	4万羽／日	
一部廃棄発生率	5%	
一部廃棄重量	100～200g／羽	
発生重量	200～400kg／日	
	ブロイラー	成鶏
発生重量	300g	200g

注：全農系の食鳥処理場での例

ブロイラー、成鶏の発生重量は上記より推定

資料：(社)日本食鳥協会より

2. 8 廃棄、死亡獣畜等の原単位

(1) 死亡獣畜の原単位

死亡獣畜である牛、豚、鶏の原単位は、と畜処理する以前（出荷前）の死亡であることが多く成育過程にあることから、牛豚は生体重の半分とし、鶏は 1/3 とした。

(2) 禁止、全部廃棄、一部廃棄

一部破棄については上記のように定めたが、牛や豚のと畜禁止は病畜等となることから、家畜保健衛生所等で焼却処理されるか、畜産農家が持ち帰るなどの措置が行われるとみられるため、対象外とした。全部廃棄は生体重を対象とした。これらをまとめたのが表 2. 7 である。

表 2. 7 全部廃棄、一部廃棄、禁止、死亡獣畜の化製向け歩留まり 単位: kg

	全 部 廃 棄 獣 畜				一 部 廃 棄 獣 畜			
	牛	豚	ブロイラー	成 鶏	牛	豚	ブロイラー	成 鶏
生 体	630	110	2.54	1.7	630	110	2.54	1.7
脂 肪	65	14	—	—	—	—	—	—
肉・骨等	485	82	2.54	1.7	7.5	2.2	0.3	0.2
計	550	96	2.54	1.7	7.5	2.2	0.3	0.2
	と 殺 禁 止				死 亡 獣 畜			
	牛	豚	ブロイラー	成 鶏	牛	豚	ブロイラー	成 鶏
生 体	—	—	2.54	1.7	315	55	0.75	0.5
脂 肪	—	—	—	—	32.5	7	—	—
肉・骨等	—	—	2.54	1.7	242.5	41	0.75	0.5
計	—	—	2.54	1.7	275.0	48	0.75	0.5

注: 「食肉便覧」より、皮、その他(血液等)を除いた。全部廃棄、禁止については、生体重を対象とし、一部廃棄は肉骨等の1.5%(牛)、2.68%(豚)、鶏は生体重の10%、死亡獣畜については、成牛、豚の生体重の半分とし、鶏はと体重の33%とした。

2. 9 化製(レンダリング)製品の生産量

レンダリング製品である油脂・粕の生産量については、と畜頭羽数等と化製向け歩留まり率により副産物発生量が算出されるが、これに化製品となる歩留まり率を副産物原料別に定めることが必要となる。これには日本レンダリング工業組合連合会の資料があり、それを畜種別に示すと表2. 9のようになる。

表 2. 9 化製品向け歩留まり率

原料	牛		豚		鶏	
	油脂	粕	油脂	粕	油脂	粕
脂 肪	70%	4%	55%	5%	—	—
骨 等	10%	55%	11%	33.5%	18%	20%
血 液	—	17%	—	17%	—	16%
羽	—	—	—	—	—	32%

注: 鶏原料の骨等には油脂を含む

馬は牛の歩留まり率を、めん羊・やぎには豚の歩留まり率を用いる

資料: 日本レンダリング工業組合連合会より

資料2 畜産動物油脂の燃料性状分析結果

試験項目			A	B	C	D
			食用牛脂	食用豚脂	骨油	食用牛脂
			北海道1			北海道2
1	反応	—	中性	中性	中性	中性
2	引火点, PM	°C	230	254	測定不能	測定不能
	引火点, COC	°C	308	320	284	324
3	動粘度 50°C	mm ² /s	29.8	28.7	30.8	30.7
4	流動点	°C	25.0	27.5	27.5	27.5
5	残留炭素分	wt%	0.25	0.29	0.34	0.22
6	水分	vol%	0.1	0.2	0.1	0.05
7	灰分	wt%	0.005 以下	0.005 以下	0.037	0.006
8	硫黄分	wt%	0.030	0.026	0.037	0.029
9	密度ハーバード法	g/cm ³	0.9147	0.9273	0.927	0.9305
10	総発熱量	J/g	31,190	39,520	39,310	39,920
11	蒸留試験	—	—	—	—	—
	初留点	°C	258.0	225.0	221.0	224.0
	5%	°C	303.0	299.0	309.0	293.5
	10%	°C	321.0	321.0	320.0	320.5
	50%	°C	346.0	348.0	342.0	346.5
	90%	°C	—	—	—	—
	95%	°C	—	—	—	—
	分解点	°C	380.0	374.0	379.0	380.0
	全留出量	vol%	90.0	88	89	89
12	炭素	wt%	76.4	76.6	76.5	76.6
13	水素	wt%	12.0	12.0	12.0	12.0
14	酸素	wt%	11.5	11.3	11.4	11.3
15	窒素	wt%	0.003	0.002	0.054	0.004
16	全塩素	wt%	0.0003	0.0004	0.0013	0.0007
17	不溶性不純物	wt%	0.01以下	0.01以下	0.13	0.03
18	固形分(ドライスラッジ)	wt%	0.01以下	0.01以下	0.06	0.01以下
19	灰分中のEDX組成	—	不要	不要	—	不要
	ナトリウム Na	wt%	—	—	10.2%	—
	マグネシウム Mg	wt%	—	—	—	—
	アルミニウム Al	wt%	—	—	1.8%	—
	ケイ素 Si	wt%	—	—	2.8%	—
	リン P	wt%	—	—	23.4%	—
	塩素 Cl	wt%	—	—	—	—
	カリウム K	wt%	—	—	11.8%	—
	カルシウム Ca	wt%	—	—	13.9%	—
	鉄 Fe	wt%	—	—	3.9%	—
	酸素 O	wt%	—	—	32.2%	—

E	F	G	H	I	J	K
骨油	骨油	骨油	死亡牛脂肪	食用牛脂	食用豚脂	死亡牛脂肪
北海道2	北海道3	北海道4	中 部	九 州		
			(処理前)			(処理前)
中性	中性	中性	中性	中性	中性	中性
測定不能	測定不能	測定不能	測定不能	測定不能	測定不能	測定不能
272	288	278	280	304	316	216
29.5	46.7	31.2	28.2	29.8	28.9	36.3
22.5	25.0	27.5	27.5	25.0	25.0	25.0
0.23	0.41	0.55	0.44	0.19	0.26	4.18
0.1	0.05	0.1	2.4	0.05	0.05	0.05
0.012	0.065	0.053	0.022	0.005 以下	0.009	0.32
0.035	0.035	0.039	0.100	0.032	0.031	0.089
0.9193	0.9338	0.9221	0.9309	0.9277	0.9359	0.9455
39,310	39,270	39,220	38,550	39,390	39,470	39,310
—	—	—	—	—	—	—
247.5	243.5	224.0	224.0	244.0	235.5	125.5
310.0	298.0	298.0	312.0	300.0	302.5	152.5
322.5	311.0	313.0	325.0	318.0	319.5	219.5
344.0	337.0	331.5	351.0	343.0	340.5	325.0
—	382.0	352.0	381.0	374.5	378.5	—
—	—	—	—	—	—	—
383.0	382.0	352.5	381.0	377.0	378.5	342.0
89	90	91	90	92	90	84
76.5	76.8	76.5	75.9	76.6	76.6	76.1
12.1	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
11.3	11.1	11.4	11.9	11.3	11.3	11.5
0.034	0.039	0.059	0.065	0.004	0.005	0.267
0.0003	0.0007	0.0009	0.0003	0.0003以下	0.0006	0.0013
0.01	0.19	0.09	1.2	0.05	0.04	7.5
0.03	0.19	0.16	0.41	0.01以下	0.01以下	8.5
—	不要	不要	不要	不要	不要	—
16.0%	—	—	—	—	—	11.6%
—	—	—	—	—	—	4.0%
1.9%	—	—	—	—	—	2.7%
2.5%	—	—	—	—	—	3.7%
20.4%	—	—	—	—	—	15.6%
—	—	—	—	—	—	4.8%
11.1%	—	—	—	—	—	6.5%
7.0%	—	—	—	—	—	13.9%
2.0%	—	—	—	—	—	2.4%
39.1%	—	—	—	—	—	34.8%

死亡牛油脂の燃料性状分析結果

試験項目			デカンター直後	死亡4日後処理	タンク静置後
			九 州		
1	反応	—	中性	中性	中性
2	引火点, COC	°C	244	234	240
3	動粘度 50°C	mm ² /s	29.4	28.4	29.4
4	流動点	°C	12.5	10.0	12.5
5	残留炭素分	wt%	0.43	0.35	0.54
6	水分	vol%	2.4	0.8	0.3
7	灰分	wt%	0.038	0.052	0.016
8	硫黄分	wt%	0.035	0.038	0.031
9	密度ハーバード法	g/cm ³	0.9231	0.9292	0.9237
10	総発熱量	J/g	39,470	39,640	39,520
11	蒸留試験	—	—	—	—
	初留点	°C	222.0	174.0	202.0
	5%	°C	315.0	319.5	315.5
	10%	°C	322.0	327.5	326.5
	50%	°C	339.0	347.5	351.0
	90%	°C	—	—	—
	95%	°C	—	—	—
	分解点	°C	363.0	385.0	393.0
	全留出量	vol%	87.0	89.0	88.0
12	炭素	wt%	75.3	75.9	76.2
13	水素	wt%	11.9	11.9	12.0
14	酸素	wt%	12.6	12.0	11.6
15	窒素	wt%	0.102	0.113	0.092
16	全塩素	wt%	0.0007	0.0003以下	0.0006
17	不溶性不純物	wt%	0.10	0.07	0.02
18	固形分(ドライスラッジ)	wt%	0.08	0.03	0.02
19	灰分中のEDX組成	—	—	—	—
	ナトリウム Na	wt%	16.7	18.7	8.0
	マグネシウム Mg	wt%	1.5	0.0	1.0
	アルミニウム Al	wt%	0.0	0.0	0.0
	ケイ素 Si	wt%	1.8	1.6	2.6
	リン P	wt%	19.6	22.1	22.6
	塩素 Cl	wt%	0.0	0.0	0.0
	カリウム K	wt%	12.9	17.4	11.4
	カルシウム Ca	wt%	4.3	2.3	2.6
	鉄 Fe	wt%	3.5	2.6	11.2
	酸素 O	wt%	39.8	35.3	40.7

タンク静置後とは、通常の処理後に12時間静置

資料3 ボイラーの種類とバーナー

1. ボイラーの概要と種類

高村淑彦「熱機関演習」によりボイラーの概要と種類について示す。

1. 1 ボイラーの概要

ボイラ (boiler) は、燃料の燃焼によって発生した熱を容器内の水に伝えて、高温・高圧の蒸気を発生する装置であり、炉、ボイラ本体、付属装置から成り立っている。炉は燃料を燃焼させる部分であり、燃焼装置と燃焼室に分けられる。燃焼装置は、使用する燃料の種類によって異なり、**個体燃料では火格子 (fire grate)** を使用するが、微粉炭、液体燃料、気体燃料では**バーナ (burner)** を使用する。燃料室は燃料を完全に燃焼させるのに十分な広さをもつ必要がある。

ボイラ本体は、炉で発生した熱を水に伝える部分であり、円筒形の**ドラム (drum)** や多数の管で構成されている。ボイラ本体のうちで燃焼ガスにより加熱される部分を**伝熱面 (heating surface)** と呼ぶ。また、伝熱面のうち燃焼室に面し炎からの放射熱を受けるものを**放射伝熱面 (radiant heating surface)**、主として高温の燃焼ガスとの接触によって加熱されるものを**対流伝熱面 (convective heating surface)** と呼ぶ。

ボイラ本体で発生する蒸気は、乾き度が1に近い飽和蒸気であるが、動力を発生する場合には過熱蒸気が必要となるので、**過熱器 (superheater)** により飽和蒸気をさらに加熱する。また、排ガスのもつ熱量を有効に利用するため、**エコノマイザ (economizer)** を使って給水を予熱したり、**空気予熱器 (air preheater)** により燃焼用空気を予熱することも行われる。

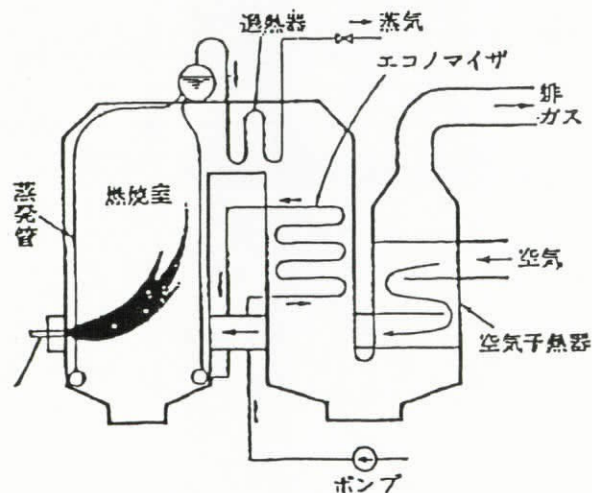


図 3-1 ボイラーの構成

1. 2 ボイラの種類

(1) 丸ボイラ (cylindrical boiler)

ボイラ本体が直径の大きな円筒形の容器でできているものであり、その構造から高圧蒸気の発生には適さない。低圧で蒸気使用量の少ないところで使用される。

丸ボイラは円筒形容器の形状により4つに分けられ、円筒容器を立てて置いた**立てボイラ** (vertical boiler、図3-2 (a))、円筒容器を横にして内部に炉筒 (flue) と呼ばれる筒を設け、その中で燃焼される**炉筒ボイラ** (flue boiler、図3-2 (b))、円筒容器に多数の管を取り付け、その中に燃焼ガスを通すようにした**煙管ボイラ** (smoke tube boiler、図3-2 (c))、炉筒の後部や周囲に多数の煙管を設けた**炉筒煙管ボイラ** (smoke tube and flue boiler、図3-2 (d)) となる。これらのうちで炉筒煙管ボイラが広く用いられている。

丸ボイラは、ボイラ本体に保有される水の量が多いため、運転を開始してから蒸気が発生するまでの時間が長くなる。しかし、水の温度が上がれば蓄熱量も大きいため、蒸気使用量が変化しても圧力はあまり変動せず、燃焼量の制御は容易である。

(2) 水管ボイラ (water tube boiler)

図3-2 (e) に示すようにボイラ本体が比較的小さな直径のドラムと細い水管からできているものであり、細い水管によって伝熱面が構成されているため、ボイラ全体の容積に比べて伝熱面積が広くなり、大容量で高圧のボイラに適している。水管ボイラでは、水を各水管に均等に循環させることが必要になるが、循環方式によって、**自然循環式水管ボイラ** (natural circulation water tube boiler)、**強制循環式水管ボイラ** (forced circulation water tube boiler)、**貫流ボイラ** (once through boiler、図3-2 (f)) に分けられる。

自然循環式は、加熱された水管すなわち**蒸発管** (upriser) の中の蒸気と水の混合物と、加熱されない水管すなわち**降水管** (down comer) の中の水との密度差によって水を循環させるものである。低圧においては蒸気と水の密度差が大きいため十分な駆動力が得られるが、高圧になると密度差が小さくなるため水の循環が悪くなる。高圧においても水の循環を確実にを行うためポンプを使用するのが強制循環式である。

強制循環式では十分な駆動力が得られるため、水管を自由に配置したり流動抵抗の大きな細い水管を使用することも可能になる。この結果、ボイラが比較的小型になる。

貫流ボイラ (図3-2 (f)) は1本の長い水管で構成されており、ポンプで加圧された水が管の一端から送り込まれ、途中で余熱、蒸発、過熱されたのち他端から過熱蒸気となって送り出されるものである。他の形式の水管ボイラと異なり、水管内を水が循環しないため保有水量が少なくすみ、蒸気発生までの時間が短いのが特徴である。また、ドラムがなく小さな直径の水管のみであるため、高圧蒸気の発生に適している。しかし、水の循環がなく、細い管内で水がそのまま蒸発するから、給水に不純物¹が含まれていると蒸発区

¹ 一般に、水中にはナトリウム塩、カリウム塩、マグネシウム塩、ケイ酸などが溶解しているが、蒸発が進むにつれ濃度が高くなると、蒸発管の内面に付着するようになる。

間で不純物が堆積し、流動抵抗や熱抵抗が増す原因になる。このため、使用する水は十分に処理する必要がある。さらに、蒸気使用量の変化により圧力変動が生じやすいので燃焼量と給水量の制御には十分注意しなければならない。

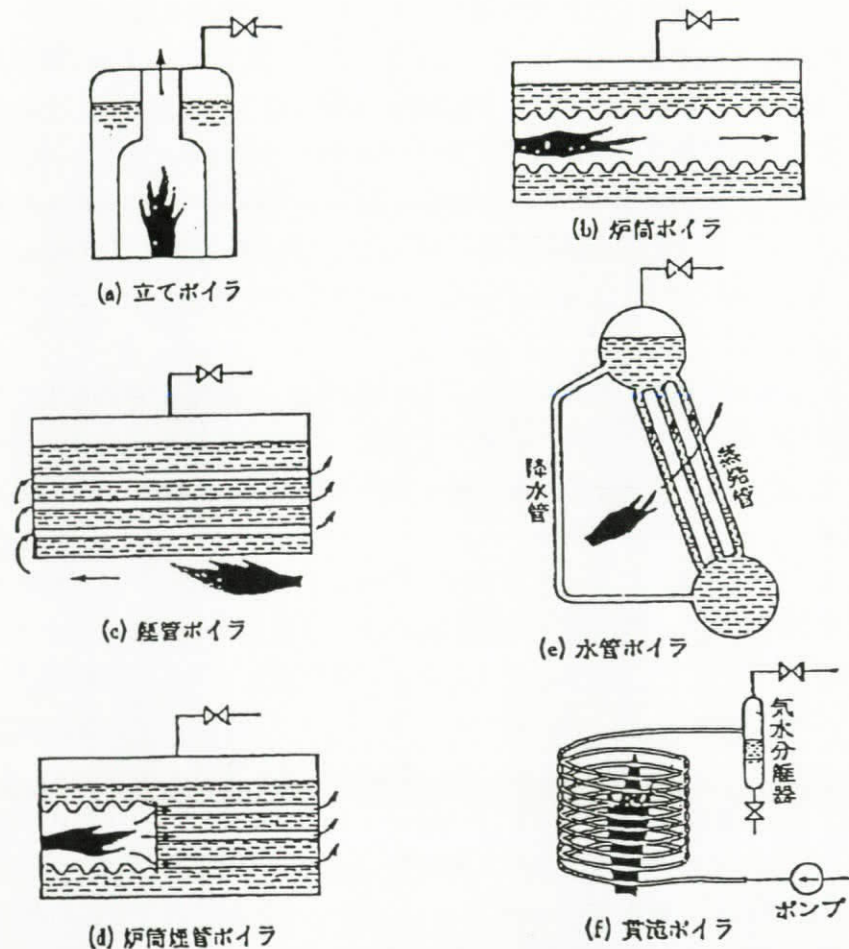


図 3-2 ボイラの種類

2. 蒸気の性質

2. 1 蒸気の発生

圧力を一定に保ちながら水を加熱すると水の温度は上昇するが、ある温度に到達すると水の温度はそれ以上にはならない。例えば圧力が 760mmHg のときには水の温度は 100℃ までしか上がらない。この温度は圧力によって変化し、圧力が高いほど高くなる。この温度をその圧力に対する**飽和温度** (saturation temperature)、そのときの圧力をこの温度に対する**飽和圧力** (saturation pressure) という。また、飽和温度の水を**飽和水** (saturated water)、飽和温度以下の水を**圧縮水** (compressed water) という。

飽和水をさらに加熱すると、熱量はすべて蒸気の発生に使われるようになり、体積は急激に増加する。このような状態は水がすべて蒸発してしまうまで続くが、温度は飽和温度のままであり、同じ温度の水と蒸気が共存することになる。飽和温度の蒸気を**飽和蒸気** (saturated steam) といい、飽和水を含んだ蒸気を**湿り蒸気** (wet steam) という。

湿り蒸気の状態で加熱を続けると飽和水の量が減少し、ついには温度は飽和温度のままであるが飽和水を全く含まない蒸気となる。この状態を**乾き飽和蒸気** (dry saturated steam) という。また 1kg の飽和水を等圧のもとで乾き飽和蒸気にするのに必要な熱量を**蒸発熱** (heat of vaporization) という。蒸発熱は圧力によって変化し、圧力が高くなると小さくなる。

乾き飽和蒸気をさらに加熱すると温度は再び上昇しはじめ、飽和温度よりも高くなる。このように、その温度が飽和温度よりも高くなった蒸気を**加熱蒸気** (superheated steam) といい、過熱蒸気の温度とその圧力に対する飽和温度との差を**過熱度** (degree of superheat) という。

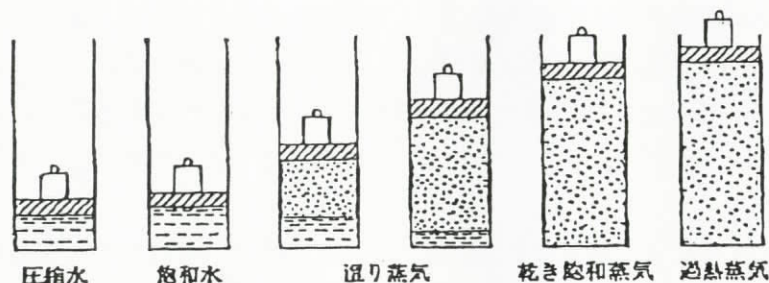


図 3-3 定圧のもとでの蒸気発生

他の圧力で加熱した場合もこのような経過により過熱蒸気となるが、圧力が高くなると飽和水と乾き飽和蒸気の比体積の差が小さくなり、ついには飽和水と乾き飽和蒸気の比体積が同じになる。この圧力において、水は蒸気という現象を伴わず、連続的に水から蒸気になる。この点を**臨界点** (critical point) といい、この圧力を**臨界圧力** (critical pressure)、温度を**臨界温度** (critical temperature) という。

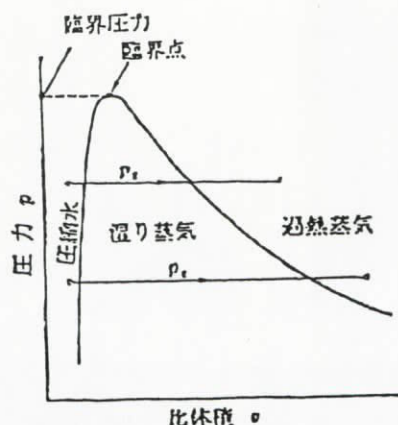


図 3-4 蒸気の $p-v$ 線図

2. 2 湿り蒸気

飽和温度のもとで飽和水と蒸気が混合した状態を**湿り蒸気**と呼ぶが、それぞれの混合割合によって蒸気のもつ熱量が異なる。そこで湿り蒸気に含まれる飽和水と蒸気の割合を示す値が必要になる。湿り蒸気 1kg に含まれる湯き飽和蒸気を χ [kg]、飽和水を $(1-\chi)$ [kg] とするとき、 χ を**乾き度** (dryness)、 $(1-\chi)$ を**湿り度** (wetness) と呼ぶ。

2. 3 蒸気表および蒸気線図

蒸気の状態量は実験値をもとにして作った状態式から計算できるが、理想気体とは異なり、状態式は非常に複雑な形になり計算が面倒である。そこであらかじめ計算した値を表や線図にしたものが用意されている。これが**蒸気表** (steam table) および**蒸気線図** (steam chart) である。

飽和蒸気表には温度基準と圧力基準の 2 種類があり、与えられた温度あるいは圧力に対する飽和水および乾き飽和蒸気の比体積 v' 、 v'' 、比エンタルピ h' 、 h'' 、比エントロピ s' 、 s'' が示されている。過熱蒸気表からは、温度と圧力を与えることにより過熱蒸気の比体積 v 、比エンタルピ h 、比エントロピ s を読み取ることができる。なお、過熱蒸気表には圧縮水の状態量も示されている。

蒸気線図としては、 $p-v$ 線図、 $T-s$ 線図、 $h-s$ 線図が考えられるが、一般には $h-s$ 線図がよく使われる。 $h-s$ 線図は**モリエ線図** (Mollier chart) とも呼ばれている。

3. 燃焼装置

3. 1 火格子燃焼装置

石炭などの固体燃料を燃焼させるには**火格子燃焼** (grate firing) を行う。これは炉の下方に火格子を設け、この上に燃料を供給して燃焼させるものであり、火格子の下部は灰だめとなっている。燃焼用の空気は火格子のすきまから供給され、燃焼によって発生した可燃性のガスは火格子の上方にある燃焼室で燃焼する。火格子燃焼装置は燃料の供給方法により**ストーカ燃焼**と**手だき燃焼**に分けられる。

ストーカ燃焼は図 3-5 に示すように石炭を連続的に火格子上に供給するものであり、燃焼が均一になるとともに灰出しも連続的に行われるため、燃焼状態を良好に保つことができる。

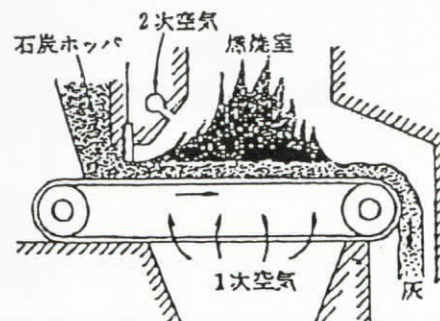


図 3-5 ストーカ燃焼装置

3. 2バーナ燃焼装置

バーナ燃焼装置は、微粉炭、液体燃料、気体燃料を燃焼室内に吹き込み、空気と十分に混合させることにより燃焼させる装置である。

微粉炭燃焼では、石炭を微粉炭機 (mill) によって細かな粉末にし、燃焼用空気とともにバーナに送って燃焼室内に吹き込む。微粉炭燃焼は火格子燃焼に比べて燃料と空気の混合がよいため、少ない過剰空気でも完全燃焼が行えるため燃焼効率が高い。しかも低質の石炭が使用でき、燃焼量の調節も容易である。

しかし、微粉炭 (pulverized coal) を作るために莫大な設備費や維持費が必要となるので大型の発電用ボイラ以外ではあまり利用されていない。

液体燃料の場合には、バーナによって燃料を細かな液滴として燃料室に吹き込む。バーナは燃料を霧化する方式により3つに分けられ、**圧力噴霧式バーナ** (pressure atomizing burner)、**蒸気または空気噴霧式バーナ** (steam(or air) atomizing burner)、**回転式バーナ** (rotary burner) と呼ばれる。圧力噴霧式バーナは燃料に1.0~4.0Mpaの圧力を加え、旋回運動を与えながら小さな穴から燃料を噴出させるものである。燃焼量の調節は燃料に加える圧力によって行うが、燃料の圧力が一定値以下に下がると霧化状態が悪くなる。そこで、燃料の圧力はつねに一定値以上に保ちながら燃料の一部を噴射せずにバイパスさせ、加圧ポンプに戻すようにしたものもある。

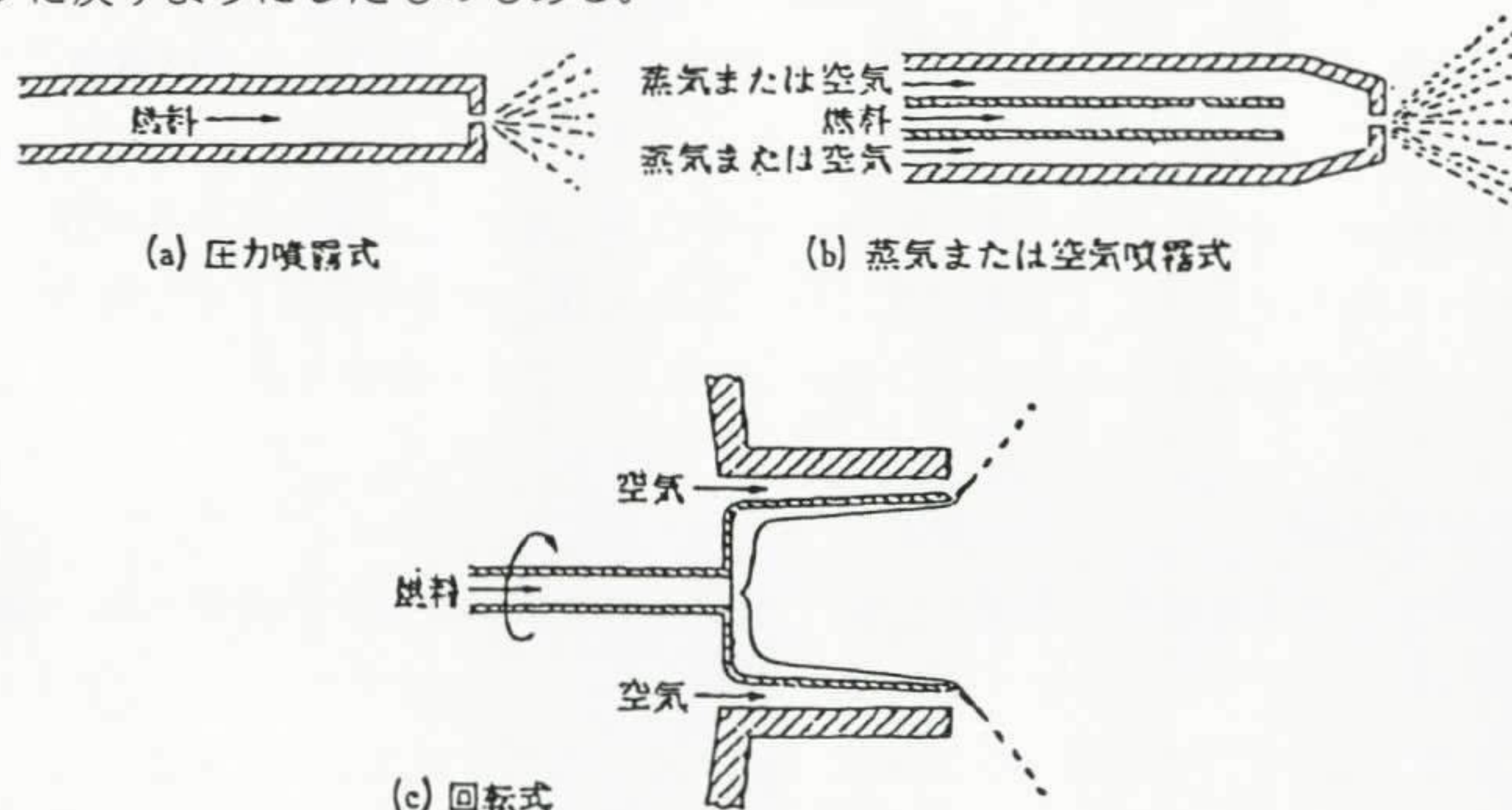


図 3-6 液体燃料用バーナ

蒸気または空気噴霧式バーナは、蒸気や空気で高速で吹き出すことにより燃料を霧化するものであり、他の方式に比べ燃料状態が良好であり、燃焼量の調節も容易であるが、高圧の蒸気や空気を必要とする。

回転式バーナは、回転するカップの内壁に沿って燃料を流し、遠心力によって霧化するものである。バーナがやや大型になるという欠点はあるが、燃焼量の調節が広い範囲で行えるため小型ボイラで多く用いられている。

気体燃料の燃焼方法には、燃料と空気をあらかじめ混合しバーナから噴出させる**予混合燃焼**と、液体燃料の場合と同じように燃料ガスだけをバーナから噴出させ、バーナ周囲から送られる空気と混合して燃焼させる**拡散燃焼**がある。ボイラでは、放射による伝熱量を増すのに有利なため**拡散燃焼**を使用することが多い。

4. 付属装置

4. 1 エコノマイザ

ボイラの排ガス温度は発生蒸気の飽和温度以下には下げられないため、蒸気圧力が高いほど排ガス温度も高くなる。しかし、蒸気の発生には使用できなくても、排ガスはまだ高温であるため給水の予熱には十分に使用できる。排ガスによりボイラ給水（feed water）を予熱する装置を**エコノマイザ**（economizer）と呼ぶ。排ガスのもつ熱により給水を加熱するため、ボイラを出る排ガスの温度は下がり、ボイラ効率は上昇する。また、ボイラ給水を予熱することにより、ボイラ本体に入っているボイラ水との温度差が小さくなり、給水する際に発生するボイラドラムの熱応力²が軽減される。

一方、煙道にエコノマイザを設置すれば排ガスの流動抵抗が増える。また、給水を加熱したことにより排ガス温度が下がり、煙突の吸引力も減少する。この結果、燃焼に必要な空気を送り込むことが困難となり、送風機的能力を上げることが必要になることもある。

さらに、重油や石炭のように硫黄分を含む燃料では、伝熱面温度が**酸露点**³（acid dew point）以下になり、燃焼によって発生した無水硫酸が伝熱面上に硫酸溶液となって付着し、激しい腐食をもたらすことが考えられる。このため、硫黄分の多い燃料を使用しているボイラにエコノマイザを取り付けるときには、伝熱面温度が酸露点以下にならないように注意するか、伝熱面を耐食性の材料で作るようにすることが必要になる。

4. 2 空気予熱器

排ガスのもつ熱を利用して燃焼用空気を予熱する装置が**空気予熱器**である。空気予熱器を設置することにより、次のような効果がある。

- （1） 排ガス温度が下がり排ガス損失が減少するためボイラ効率が上がる。
- （2） 燃焼用空気の温度が上昇することにより燃焼状態がよくなり、少ない過剰空気でも完全燃焼できる。
- （3） 燃焼ガス温度が上がるためボイラ本体での伝熱量が増える。

² 材料は温度変化により膨張や収縮するが、材料を拘束して膨張や収縮ができないようにすると材料の内部に応力が発生する。この応力を熱応力と呼ぶ。材料が拘束状態になくても、温度が局部的に変化すれば熱応力が発生する。

³ 燃焼ガス中に含まれる硫酸蒸気が凝縮して水滴が発生しはじめる温度を酸露点と呼ぶ。燃焼ガス中に水蒸気だけが含まれるときには露点は50℃～60℃であるが、硫黄の燃焼によって発生した無水硫酸が存在すると水蒸気と化合して硫酸蒸気になり、露点は120℃～130℃まで上昇する。

これに対し、次のような短所も考えられる。

- (1) 排ガスと燃焼用空気の温度差が小さく、しかも気体と気体の熱交換であるため伝熱面積の大きな熱交換器が必要となる。
- (2) 排ガスの流動抵抗が増え温度も低下するため通風力が不足する。

空気予熱器の伝熱方式は熱通過式と再生式に大別される。熱通過式は伝熱面を隔てて流れる高温の排ガスから低温の燃焼用空気へ熱を直接伝えるものであり、その形状により管形と板形に分けられる。**管形空気予熱器**（図3-7（a））は、多数の管に排ガスを流し、その周囲に燃焼用空気を通して加熱するようになっている。板形空気予熱器は、多数の板を一定間隔で並べ、その間を排ガスと空気が1列おきに流れるものである。排ガスと空気の流動方向は直角または反対方向である。なお、最近では、排ガス通路と空気通路を外側にフィンの付いたヒートパイプで結んで熱交換するヒートパイプ式熱交換器も使われるようになった。この方式では、排ガス流動抵抗を小さくでき、熱交換器の伝熱面積当たりの大きさも小さくできるという利点がある。

再生式空気予熱器は、薄い金属板などでできた伝熱要素をつめた回転体を回転軸のまわりに回転させ、排ガス通路と空気通路を交互に通過させて伝熱を行うものであり、**ユングストローム**（Ljungström）空気予熱器（図3-7（b））と呼ばれている。この形式の空気予熱器は排ガスの一部が燃焼用空気の中に漏れ込むことや、伝熱体を回転させるのに動力が必要であることが欠点である。しかし、熱通過式に比べて、空気予熱器本体の大きさが単位伝熱量当たりで1/2～1/4になるという利点がある。

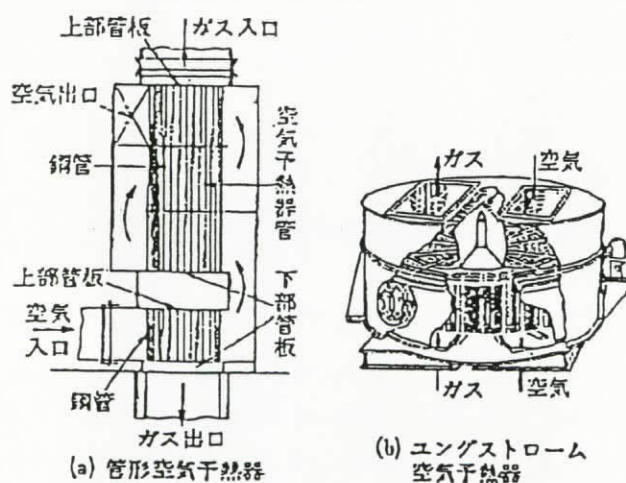


図3-7 空気予熱器

4. 3 過熱器

蒸気を動力発生に使用するときには、飽和蒸気をそのまま使用せず、過熱器によって飽和蒸気を加熱し、過熱蒸気にしてから使う。過熱器は伝熱方式によって**対流過熱器**と**放射過熱器**に分けられる。対流過熱器はボイラ後部の比較的低温のガス通路に設けたもので、

伝熱は対流熱伝達による。これに対し放射過熱器は燃焼室内の炎から直接熱放射によって加熱されるものである。このほか、対流と放射の両方式で過熱される**放射対流過熱器**がある。

ボイラ負荷により過熱蒸気の温度は変化するが、図 3-8 に示すように、変化の様子は対流式と放射式では異なる。放射過熱器ではボイラ負荷が高くなり、燃焼量が増えても炎からの放射伝熱量はあまり大きくならないのに対し、過熱器を通過する蒸気量が増えるため過熱蒸気温度は低下する。一方、対流過熱器では燃焼ガス量の増加により熱伝達率が高くなるため、ボイラ負荷とともに過熱蒸気温度は上昇する。放射対流過熱器では、これらが組み合わさった形となるため過熱蒸気温度はあまり変化しない。

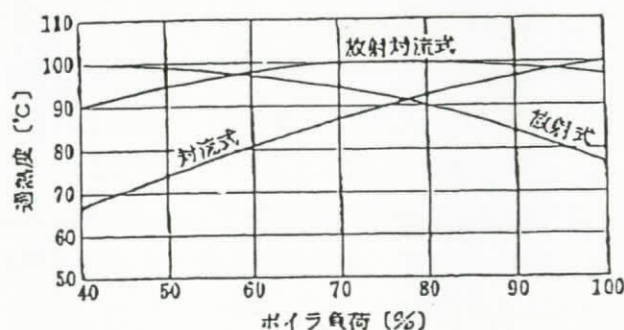


図 3-8 過熱器の温度特性

5. 液体燃料の装置

(「ボイラ便覧」により液体燃料の燃焼装置とバーナの選定について示す。)

5. 1 液体燃料の燃料装置

液体燃料の燃焼装置は、燃料を炉内で燃焼させるためのバーナ、燃焼用の空気をバーナに供給し、かつ、燃焼排気を排出するための通風装置、燃料をバーナに供給するための燃焼供給装置、および燃焼負荷に応じて燃料供給量を調節するとともに、それに見合うように空気量を調節する制御装置、運転の安全性を保つための安全制御装置などから構成される。

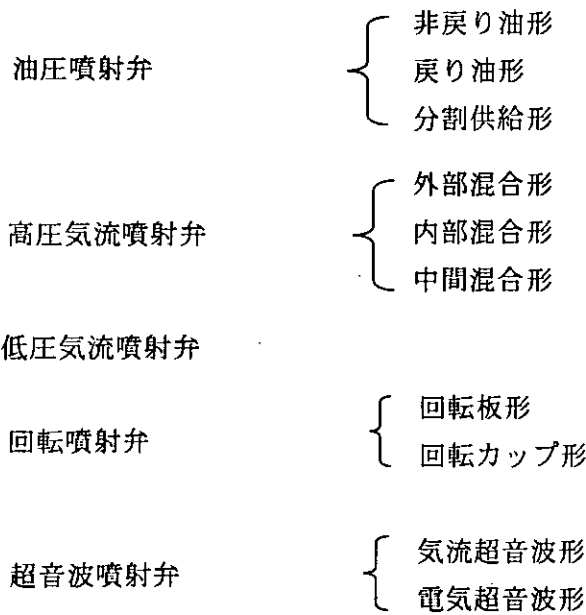
バーナは、燃焼装置のうちで、液体燃料を効率良く、清浄に燃焼させて、その熱エネルギーを直接、あるいは間接にボイラに使用し、その全体性能を決定づける最も重要な基本構成要素である。したがって、バーナの性能は、燃焼性能と伝熱性能の両方から評価する必要がある。燃焼性能としては、空気の過不足に対する安定限界がどの程度の空気比の範囲にあるかを評価する燃焼安定性、負荷の急変や負荷の変化に応じた負荷追従性、環境汚

染物質の排出に関する低公害性、高い熱効率を生み出す省エネルギー性などがある。一方で、伝熱性能としては、ボイラの伝熱面形状に応じた火炎の形状、放射伝熱性を考慮した火炎の輝度などがある。

液体燃料のバーナを構成する主要機器は、燃料噴射弁（油霧化器）、燃料供給装置、空気調節装置（エアレジスタ）、保炎器、バーナタイル、点火器である。それらの機器について概要を述べる。

(1) 燃料噴射弁（油霧化器、オイルアトマイザ）

燃料噴射弁は、液体燃料を微細な粒子に微粒化してバーナの中心から炉内に適当な噴射角をもって放射状に噴射する役割をもつ。液体燃料を微粒化する方式には種々あるが、ボイラに使用されるものとしては、油圧噴射式、高圧気流噴霧式、低圧気流噴霧式、回転噴霧式、超音波噴霧式があり、それぞれが、また以下のように分類される。



1) 油圧噴射弁

加圧ポンプによって燃料油に 500kPa（約 5kg/cm²）程度以上の圧力をかけ、噴射弁の内部に設けられた旋回室で強い旋回運動を与えて、先端の微小なノズルから噴射する形式で渦巻き噴射弁とも呼ばれ、図 12.6 に示されるような構造をしている。円錐状の中空噴霧を形成するが、バーナ近傍の流動形態によって噴霧円錐の角度、すなわち噴霧角も選定することが重要である。流量は油圧の平方根に比例するので、湯圧の調節によって流量を調整する。しかし、噴霧の平均粒径 d_n は、噴射弁の形状、寸法が決まると、油圧 P_l と表面張力 σ の関数として、

$$d_n = A(\sigma / P_l)^{1/4}$$

のように表されるので、油圧の低下とともに微粒化が悪くなる。したがって、油量の調節

を油圧を変えることで行える最小流量は、最大流量の $1/2$ 程度までである。

噴射弁の流量を調節する範囲が広い場合には、油圧に関係なく流量が調節できる戻り油形の油圧噴射弁（還流式噴射弁とも呼ばれる）が使われ、図 12.7 に示される構造をしている。この形式では、噴射弁への供給油量を噴射流量に関係なく一定として、噴射弁内の旋回室の入口における油圧を高く保ち、旋回室内から噴射流量を超える余分の燃料をタンクに戻すことで、噴射流量を調節するものである。この形式では、流量の調節範囲は広くなり、最小流量は最大流量の $1/5$ 程度とすることができる。

分割供給形と呼ばれる油圧噴射弁は、旋回室に入る燃料油を内外 2 流に分割し、それらの分割比を変えることによって噴射角度を自由に変えられるようになっている。

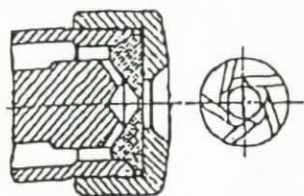


図 12.6 油圧噴射弁（渦巻き噴射弁）

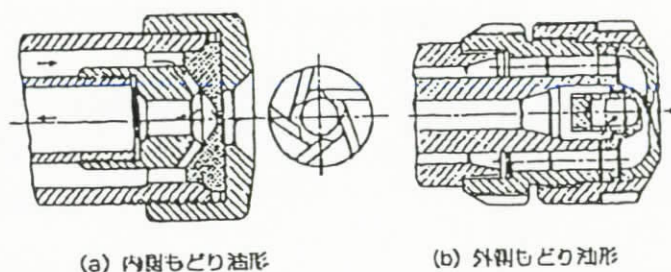


図 12.7 戻り油形油圧噴射弁（還流式噴射弁）

2) 高圧気流噴射弁

比較的高圧（ $100 \sim 1000 \text{ kPa}$ ）の空気あるいは蒸気などの気体を燃料油とともに噴射して微粒化するもので、二流体噴射弁とも呼ばれる。気流による微粒化の方法によって、外部混合形、内部混合形、中間混合形に分類される。外部混合形は、噴射弁の外部で高速の気流を燃料噴流に衝突させて微粒化するもので、内部混合形は、噴射弁の内部の混合室で燃料油と気体を混合乳化して先端のノズルから噴射するものである。図 12.8 (a) に外部混合形の高圧気流噴射弁、図 12.8 (b) に内部混合形の高圧気流噴射弁の構造例を示す。外部混合形と内部混合形の中間的なものが中間混合形で、ノズルの形が Y 字状をしていることから Y ジェット形とも呼ばれている。

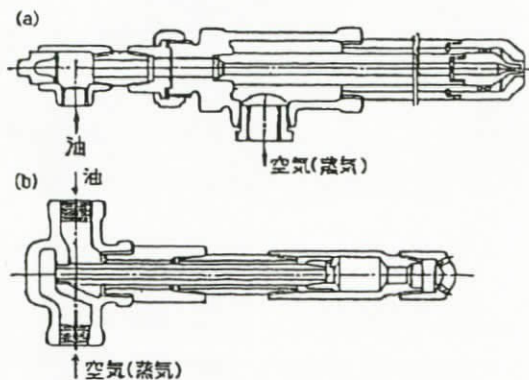


図 12.8 高圧気流噴射弁 ((a) 外部混合形、(b) 内部混合形)

3) 低圧気流噴射弁

比較的低圧の空気を霧化媒体として燃料油を微粒化するもので、その構造例から図 12.9 に示す。霧化用の低圧空気の一部に旋回を与えて旋回室に導き、中心ノズルから旋回を与えられてチューリップ状の広がりをもって噴かれる燃料油を、空気の旋回力で旋回室の壁面に薄い油膜状とし、中空円錐状に噴射する。この油膜に噴射弁の出口付近で空気を衝突させて、油膜を吹きちぎって微粒化する。

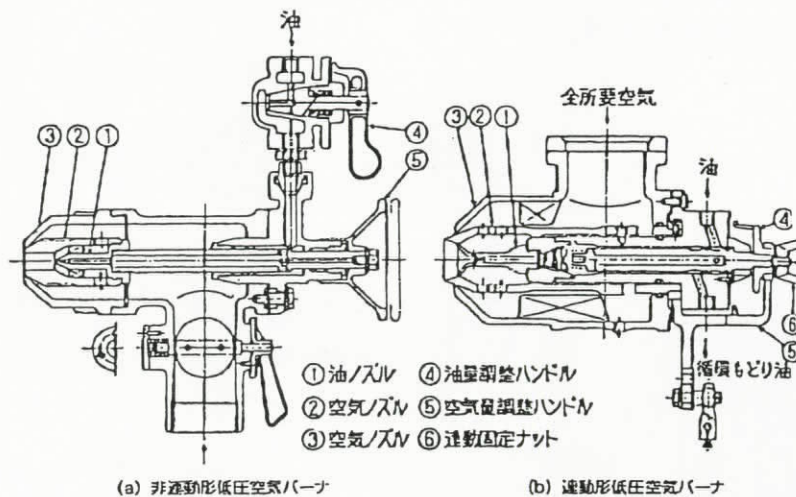


図 12.9 低圧気流噴射弁

4) 回転式噴射弁

回転板形と回転カップ形がある。回転板形は送風機から送られる燃焼用の空気流により回転板を高速で回転し、その中心部に燃料油を滴下して回転板の遠心力で霧化し、噴霧を燃焼用の空気流で炉内に送る。軽質油を使用する小形、少容量のバーナによく用いられる。回転カップ形も原理は同じで、回転するカップの中心に設けられたノズルからカップの内面に向けて噴射される燃料油を、カップの遠心力でその内面に油膜状に広げ、カップの縁から円錐状に炉中に噴射しつつ、その外周から油膜に向けてカップの回転方向と逆方向に旋回する高速の霧化空気を当てて油膜を吹きちぎって微粒化する。回転カップ形のオイルバーナの例を図 12.10 に示す。

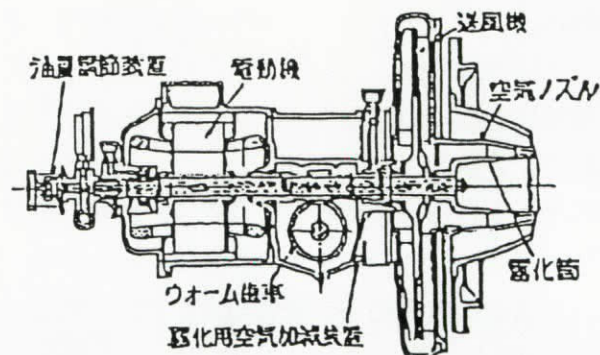


図 12.10 回転カップ形オイルバーナ

5) 超音波噴射弁

超音波エネルギーによって燃料油を微粒化するもので、超音波の発生を高速気流で行うものと、電気による発振で行うものがある。前者は燃料油の噴出口の付近の音波共振体（レゾネータ）に圧縮空気あるいは蒸気を吹きつけて超音波領域を形成させ、ここを通過する燃料油に高周波励振を反復させ、油滴を自爆させて微粒化する。後者は、電気的な発振器により 2000kHz 以上の超音波を発生させ、この超音波領域を通過する燃料油を微粒化する。図 12.11 に超音波波形の例を示す。

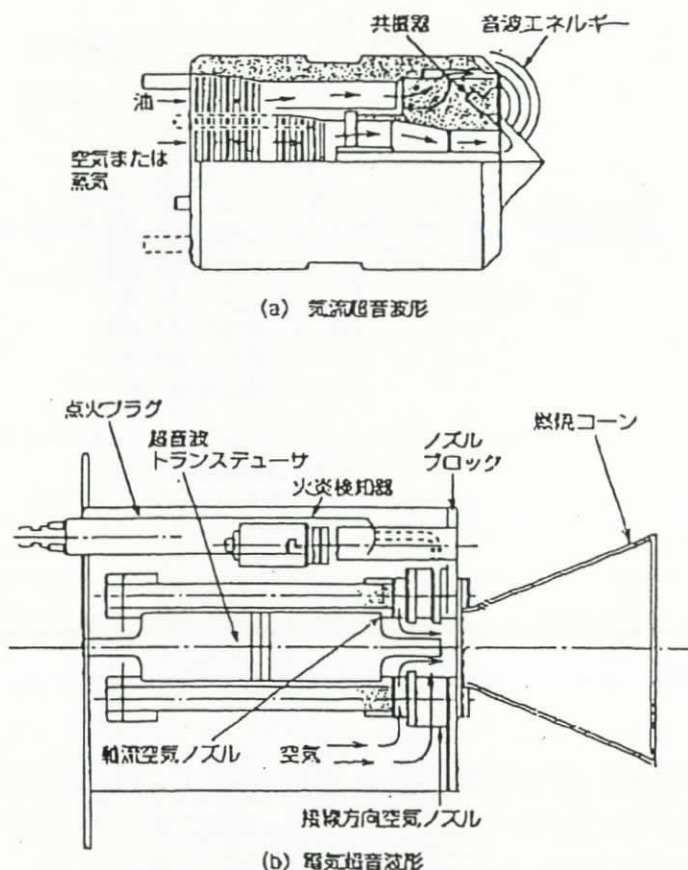


図 12.11 超音波噴射弁

(2) 燃料供給装置

図 12.12 は燃料油供給装置のフローシートの例を示す。貯油槽に蓄えられている燃料油は、移送ポンプによって工場内に分散して設置されている燃焼装置に円滑に供給するための給油槽に送られる。給油槽からの燃料油は、燃料や配管中のごみ類がストレーナによって取り除かれた後、燃料噴射ポンプに送られる。

常温流動性の悪い燃料油を多量に貯蔵する場合には、貯油槽の底部にコイル状の蒸気ヒーターを設置して燃料油を加熱し、流動性を保つようにする。また、サービスタンクの出口には、伝熱式あるいは蒸気式の燃料油予熱器を設置し、バーナに燃料油を供給する燃料ポンプに適正な粘度になるように予熱する。

12 燃焼方法および燃焼装置

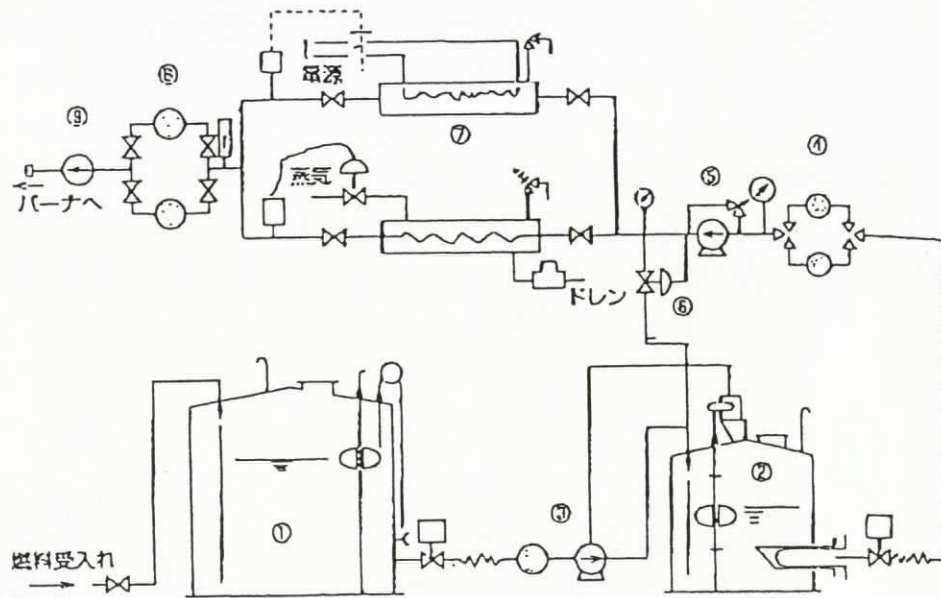


図 12.12 燃料油供給装置のフローシート⁹⁾

燃料油をバーナに供給し、また、炉内に噴射するに必要な圧力まで加圧する役割をもつのが燃料ポンプあるいは噴燃ポンプである。図 12.13 に示すような歯車ポンプ（外歯式あるいは内歯式）かスクリーumpが多用されており、送油能力はバーナの定格燃焼量の 2 割増し程度に設定するのが普通である。ポンプの選定の際には、吐出し圧力、流量のほか、使用する燃料油の温度、粘度に留意し、条件に適合したものを選定する。粘度の低い燃料油の場合には、摺動部の摩擦を防ぐように材質を選び、適当なすき間を保持しなければならない。したがって、漏れ量を考慮し、若干送油能力に余裕をもたせる必要がある。

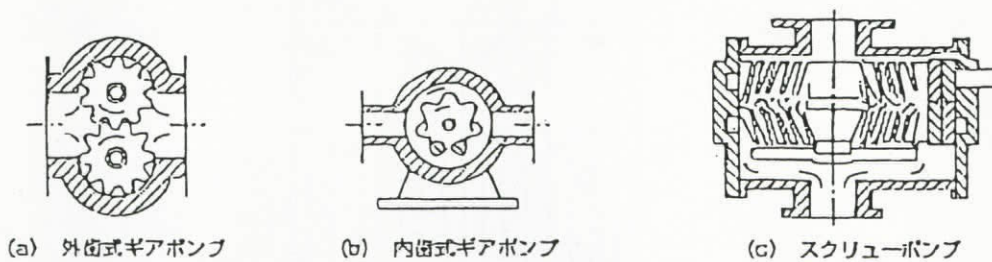


図 12.13 歯車式燃料ポンプ¹⁰⁾

(3) 空気調節装置（エアレジスタ） 燃料噴射弁（油噴霧器）より炉内に噴射された燃料噴霧に、燃焼用の空気を有効かつ適切に供給して、拡散燃焼を効率良く行わせ、また、着火の確実さと燃焼の安定性を図るために、空気流を適切に調整する装置である。風箱、案内羽根、保炎器で構成される。

1) 風箱（ウィングボックス）

風箱は、押込み通風の場合にバーナを取り付ける壁面に設けられる密閉した箱であって、風道からの空気を受け入れて動圧の大部分を静圧に変え、炉内に送る空気の流を一様で対称的にする役目をもつ。図 12.14 はその例を示す。図の（a）は旋回器を有する内筒を風箱内に設けたもの、（b）は風道からの空気を接線方向に受け入れて旋回噴流として炉内に送出するもの、（c）は多数の案内羽根からなるものであって、羽根固定式と羽根角度可変式のものがある。複数のバーナが設置される場合には、図 12.15 のように中仕切りを設けて各バーナへの空気の配分を均等にする。

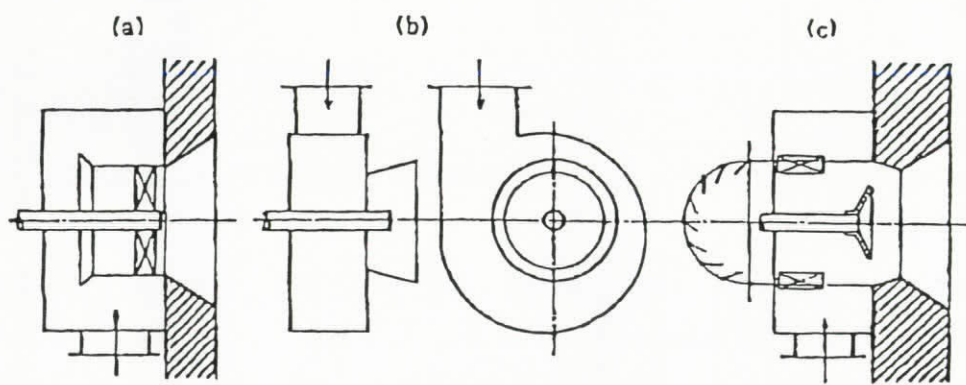


図 12.14 風箱（ウインドボックス）

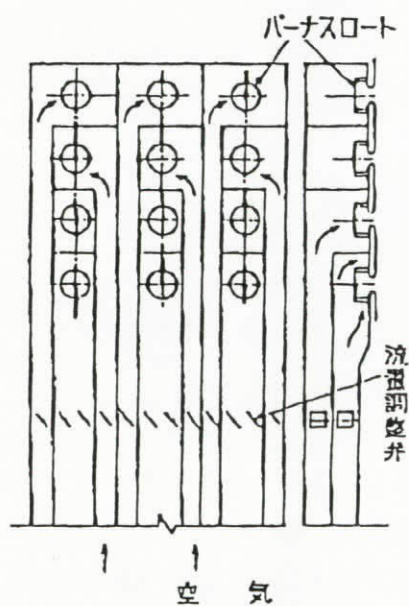


図 12.15 マルチバーナの分割風箱

2) 保炎器 (フレイムホルダ、スタピライザ)

保炎器は、気流中に噴射された燃料噴霧に確実に着火し、火炎の安定化を図るものである。旋回器による方式と、保炎板による方式がある。いずれの方式においても炉内への空気噴流の中心領域に流速の遅い部分、あるいは上流に逆流する部分を発生させることによって、火炎の伝播速度に釣り合う場所を作り、火炎を安定に保持する作用をもたらす。図 12.16 に示すのが旋回器、保炎板の例である。

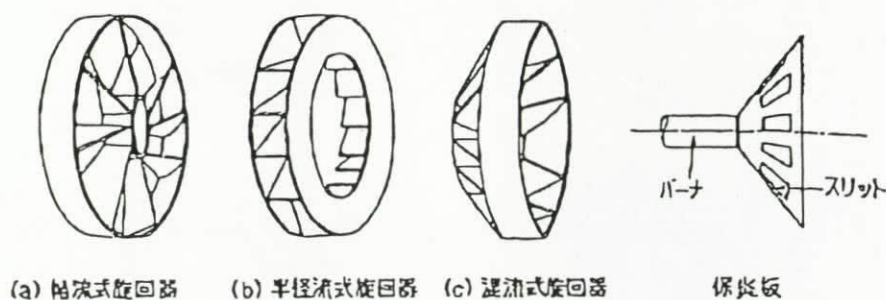


図 12.16 各種の保炎器の形式

(4) バーナタイル

炉内に空気流と燃料噴霧を噴射して、バーナの近傍に火炎を作る際に、着火と火炎の安定を助ける役割をもつ、耐火材でできた円錐状のバーナ口 (バーナスロート) のことをいう。炉内に噴射される燃料噴霧および空気噴流の速度分布、流れのパターンを整え、噴霧流と空気流の適合を図り、また、熱せられたタイルからの放射熱を噴霧流に与えて火炎を安定化する。耐火材の材質は、着火、消火時の急熱、急冷に耐え、しかも耐火度が高いことが必要である。

(5) 点火装置

バーナの点火の方法には、直接点火式とパイロットバーナ式とがある。直接点火式は、点火栓 (スパークイグナイタ) により直接主バーナに点火する方式で、ガス燃料あるいは軽質の液体燃料を使用する小容量のバーナに使われる。点火栓は電極間に高電圧を与え、火花放電により点火エネルギーを放出するもので、100V あるいは 200V の交流電源変圧器で 5000~10000V に昇圧して、4~8mm の間隔に保たれた電極に電気火花を発生させる。

パイロットバーナ式は、まず電気点火栓により点火されたパイロットバーナにより主バーナに点火する方式 (図 12.17) で、現在は大部分のバーナがこの方式である。また、パイロットバーナは、燃焼室内の予備加熱や燃焼中の主バーナの火炎の安定化のためにも使用されることがある。主バーナの点火のみに使用されるパイロットバーナは、主バーナの着火後ただちに消火されるが、主バーナの火炎安定化に使用される場合には、常時燃焼させ

る。パイロットバーナの燃料には、一般にガス燃料が用いられるが、大容量のバーナには軽質の液体燃料が用いられる。パイロットバーナの容量は主バーナの 1~3% 程度が適当である。

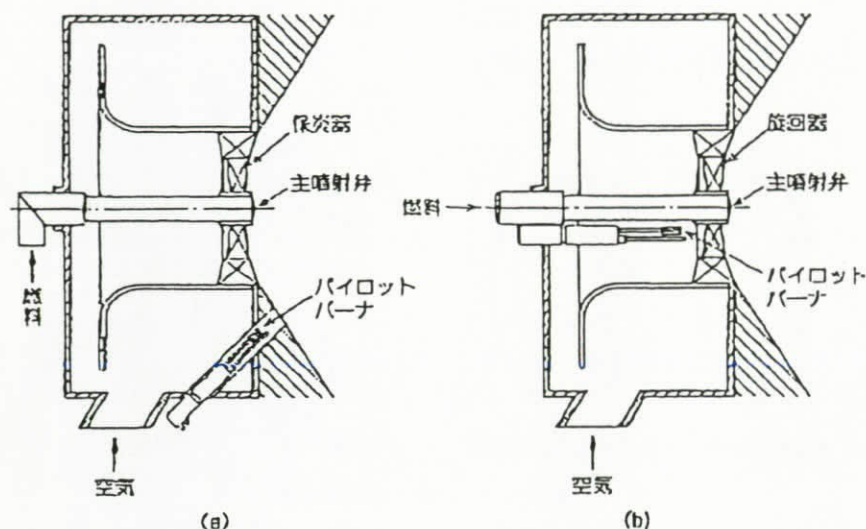


図 12.17 パイロットバーナの取付け方

5. 2 バーナの選定基準

(1) 負荷調整範囲 液体燃料バーナは種類が多く、各々性能に特徴があるから、用途、使用燃料、設備費、運転費等を検討して最適のものを選ぶことが重要である。その選定にあたって考慮する項目、条件は、およそ次のとおりである。

- 1) 炉の形成、形状、用途、炉の操作条件（出力、負荷変動、排ガス O_2 、許容最大ドラフト、使用燃料等）。
- 2) 炉の最大燃焼量からバーナ本数、バーナ容量、エアレジスタの決定。
- 3) 燃料噴射弁形式（油圧噴射弁、高圧気流噴射弁、低圧気流噴射弁、回転噴射弁等）の決定
- 4) 燃料油の噴射圧力、温度、噴射媒体の流量、圧力等の決定。
- 5) バーナによる汚染物質低減対策の程度。

燃料噴射弁は、低負荷における微粒化性能から負荷調整の範囲、すなわちターンダウン比 (TDR) に限界がある。TDR で比較すると、戻り油型（還流式）圧力噴射弁は 5~10 程度、高圧気流噴射弁は 6 程度、高圧気流式と圧力噴射式の併用型で 10 程度であり、回転式噴射弁では高速回転型で 25 に及びものがある。これに対して、非戻り油型圧力噴射弁は、1.5~2 程度ときわめて負荷調整範囲が狭いので、負荷を連続的に調整する炉には向かず、ON/OFF の負荷制御に使われる。このように噴射弁には負荷調整が可能な範囲があるので、バーナ本当りに燃焼が可能な容量の範囲は、図 12.18 に示すようになる。

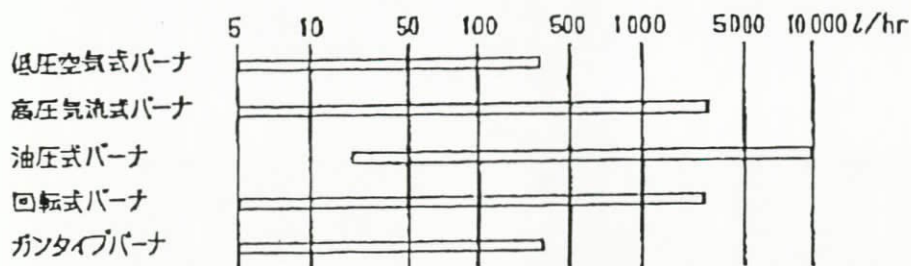


図 12.10 各種バーナの容量範囲

(2) 使用燃料

燃料油を噴霧燃焼させる場合には、噴霧粒の粒径が比較的均一で、かつ平均粒径が適当な範囲にあることが望ましい。噴霧特性に関する燃料の性状としては、比重、粘度、表面張力の3つがある。しかし、比重と表面張力は粘度に比べて燃料油の種類による差異が小さく、また、温度による変化も小さい。燃料油の粘度は温度によって著しく変化するので、粘度の高い B, C 重油は燃料噴射時の粘度が適当になるように、予熱する。理想的な噴霧を形成するために燃料油の粘度は、25cSt 程度以下であることが必要である。また、高粘度の燃料を使用する場合には、蒸気噴霧式や回転式の噴射弁が適している。

(3) 制御方式

ON/OFF 制御は、どの形式のバーナに採用できる方式であるが、比例制御は、バーナの形式により制御方式を考えなければならない。非連動型低圧空気式、非戻り油型油圧式、直接噴射式のガンタイプ等のバーナでは、比例制御方式の採用は困難である。連動型低圧空気式バーナは、比例制御用のバーナで流量の計測制御が不要のため、軽便で安価である。ただし、小容量向きであって、精密な制御は期待できない。