

# 産業分野の排熱実態調査

## 報告書

2019年3月

未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合

技術開発センター



## はじめに

エネルギーの大量消費による地球温暖化や化石燃料の枯渇といった切実な問題を解決するためには、太陽熱や工場排熱等の自然熱エネルギー、未利用熱エネルギーをこれまで以上に有効活用する必要がある。我が国の生産現場の省エネルギー化は、1970年代の二度の石油危機を契機として地道に進められた。実際、産業部門の最終エネルギー消費量は1973年の水準がほぼ維持されている。経済的に適用可能な省エネルギー対策は、ほぼ実施された状況にあるが、産業用のエネルギー利用の約5割は、直接加熱・ボイラ加熱用等で占められており、今後もより一層の工夫が求められている。

未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発は経済産業省と文部科学省が進める未来開拓研究の一環として経済産業省製造産業局の委託を受け、未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合（経済産業省20131009産第2号認可）が平成25年11月から開始し、平成27年度からは新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業として実施している。本事業では、熱を貯める技術（蓄熱材等）、熱を逃がさない技術（断熱材等）、熱を電気エネルギーに変換する技術（熱電変換等）に加えて、熱を熱として有効利用する技術（ヒートポンプ技術等）などの要素技術や、これら技術の組み合わせによる革新的熱マネジメント技術を研究開発している。また、異なる未利用熱源および温度領域に対して個別のアプリケーション（自動車、ビル・住宅、工場等）を想定し、様々な要素技術を組み合わせたシステムとしての革新的な未利用熱活用技術の構築を進めるものである。

工場の更なる省エネルギー化を検討するには、省エネルギー部素材・機器・システムの研究開発者、プラントエンジニア、生産現場のエネルギー管理者等が工場のエネルギー利用状況を情報共有することが有効である。しかし、工場には蒸気ボイラのような汎用性の高い設備だけでなく、各工場の事情に合わせた独自性の高い設備も少なくない。また、生産工程は企業のノウハウが凝縮されており、秘匿性が高い。さらに、生産に関わるエネルギー利用状況は企業の競争力の指標となることから、公開されにくい。このため、工場のエネルギー利用状況を、該工場関係者以外が把握することは困難な状況にある。

そこで、調査の第一弾として、研究開発機器・システムの導入可能性の高い事業所のエネルギー使用量と未利用熱の排出状況、技術・プロセスの今後の動向、新技術導入条件をアンケート調査等で明らかにし、第1章に、また補足資料を第4章にまとめた。一方、これら排出されている未利用熱を活用するためには、排熱側と研究開発機器・システムとの間の温度や熱量、スペース等のマッチングを図る必要がある。そこで、調査の第二段として、研究開発機器・システムの具体的な導入先、導入方法を検討する上で必要な基礎的情報として、各業種における生産・製造設備における排熱の現在の活用状況と、将来的に期待される活用形態およびそのために求められる性能等について、アンケート調査で明らかにし、第2章に、また補足資料を第5章にまとめた。

本調査結果は事業所の回答に基づいており、可能な限り回答者の個人差が出にくいように質問方法を配慮したが、データのばらつきは否定できない。定量的に判断可能な事項は可能な限り定量化したが、各数値には相応の不確かさが隠れていることに注意されたい。また、一定の合理性の下に定性的に説明できる事項は、図表に対する考察を付記するようにしたが、一面的な解釈となることも危惧されることから、本報告書では数値データと図表の列挙、簡単な説明に止めることを基本とした。

本報告書は、調査にご回答いただいた事業所始め、関係各位のご理解、ご協力の下に取りまとめることができた。未利用熱エネルギー活用に向けた研究開発、システム設計、生産計画、政策立案、省エネルギー施策など、多方面で有効利用されることを期待したい。

## 目次

はじめに.....	1
目次 .....	2
第 1 章 産業分野の未利用熱の排出状況.....	5
1.1 調査背景.....	5
1.2 調査方法.....	5
1.2.1 調査対象.....	5
1.2.2 データ収集方法 .....	7
1.2.3 データ処理方法 .....	7
1.2.4 調査体制.....	10
1.3 調査結果.....	11
1.3.1 アンケート配布、回収状況 .....	11
1.3.2 未利用排ガスエネルギーの温度帯別傾向 .....	11
1.3.3 未利用排ガスエネルギーの設備別傾向 .....	15
1.3.3.1 設備分類区分.....	15
1.3.3.2 生産設備別の未利用排ガスエネルギー .....	15
1.3.3.3 発電設備別の未利用排ガスエネルギー .....	18
1.3.4 日本全体の未利用熱.....	19
1.3.4.1 投入エネルギー量(除く電力)と排ガス熱量 .....	19
1.3.4.2 日本全体の未利用排ガスエネルギーの推定 .....	26
1.3.4.3 日本全体の未利用排ガスエネルギーの温度帯別傾向.....	28
1.3.4.4 日本全体の未利用排ガスエネルギーの業種別傾向 .....	31
1.3.4.5 日本全体の未利用排ガスエネルギーの変化 .....	33
1.3.4.6 日本全体の未利用排温水熱量、固体顕熱量(エネルギー)の推定 .....	35
1.3.5 日本全体の未利用排ガスエクセルギー .....	36
1.3.5.1 日本全体の未利用排ガスエクセルギーの推定.....	36
1.3.5.2 日本全体の未利用排ガスエクセルギーの業種別傾向 .....	38
1.3.6 都道府県別の未利用排ガスエネルギーの推定.....	39
1.3.7 産業技術や製造プロセスの変化動向に関する意見.....	41
1.3.7.1 業界の将来技術動向 .....	41
1.3.7.2 工場製造プロセスの将来動向.....	41
1.3.7.3 未利用熱の外部供給に関する意見.....	42
1.3.7.4 未利用熱利用技術の導入を妨げる要因等 .....	42
1.3.8 新技術を導入する際の優先評価項目 .....	44
1.3.8.1 新技術を導入する際の評価項目の優先順位 [技術評価].....	44
1.3.8.2 新技術を導入する際の評価項目の優先順位 [+α、リスク評価].....	45
1.3.9 新技術を導入する際の条件.....	46
1.3.9.1 絶対に必要な条件.....	46
1.3.9.2 好ましい条件 .....	46
1.3.9.3 不要な条件 .....	47
1.4 調査のまとめ.....	48
1.5 参考文献.....	49
第 2 章 産業分野の未利用熱の活用状況.....	51
2.1 調査背景.....	51

2.2 調査方法	51
2.2.1 調査対象	51
2.2.2 データ収集方法	51
2.2.3 データ処理方法	51
2.2.4 調査体制	51
2.3 調査結果	52
2.3.1 アンケート配布、回収状況	52
2.3.2 従来型の排熱利用設備の導入状況	53
2.3.2.1 排熱利用機器の種類	53
2.3.2.2 排熱回収状況	54
2.3.2.3 排熱利用機器の導入理由	59
2.3.2.4 排熱利用機器の導入効果の満足度	59
2.3.3 未利用熱活用設備の導入の可能性	60
2.3.3.1 温度帯別の未利用熱活用ニーズ	60
2.3.3.2 未利用熱活用技術の適用可能性(熱として活用する技術)	62
2.3.3.3 未利用熱活用技術の適用可能性(電気として活用する技術)	64
2.3.3.4 未利用熱活用技術の可能性(熱使用量を削減する技術)	66
2.3.4 未利用熱利用のための障害、要求	68
2.3.4.1 新技術への関心度	68
2.3.4.2 技術区分毎の重視すべき項目	69
2.3.5 熱輸送状況	73
2.3.5.1 ボイラからプロセスへの熱輸送	73
2.3.5.2 プロセスから排熱利用設備への熱輸送	76
2.3.5.3 蒸気輸送時の放散熱量	78
2.4 調査のまとめ	79
2.5 参考文献	80
第3章 調査体制	81
第4章 産業分野の未利用熱の排出状況(補足資料)	83
4.1 未利用熱の排出状況調査のアンケート書類	84
4.1.1 ご回答にあたってのお願い	84
4.1.2 調査票記入要領	85
4.1.3 業種別の未利用熱の考え方	87
4.1.4 業種区分表	91
4.1.5 回答用紙	92
4.2 生産設備別の排ガスエネルギー	99
4.3 生産設備別の排ガスエクセルギー	114
4.4 発電設備別の排ガスエネルギー	129
4.5 発電設備別の排ガスエクセルギー	134
4.6 モデル分析	140
4.6.1 モデル分析《食料品》	140
4.6.2 モデル分析《繊維》	143
4.6.3 モデル分析《パルプ・紙》	144
4.6.4 モデル分析《化学》	146
4.6.5 モデル分析《石油・石炭》	148
4.6.6 モデル分析《窯業》	150

4.6.7	モデル分析《鉄鋼》	152
4.6.8	モデル分析《非鉄金属》	156
4.6.9	モデル分析《機械》	161
4.6.10	モデル分析《輸送機械》	162
4.6.11	モデル分析《ガス・熱供給》	163
4.6.12	モデル分析《電力》	164
4.6.13	モデル分析《清掃》	165
4.7	2000年の調査結果の修正値	166
4.8	日本全体の未利用排ガスエネルギーの変化	167
4.9	新技術を導入する際の優先評価項目(業種別)	175
4.9.1	新技術を導入する際の評価項目の優先順位[技術評価]	175
4.9.2	新技術を導入する際の評価項目の優先順位[+α、リスク評価]	182
4.10	新技術を導入する際の条件(業種別)	190
4.10.1	絶対に必要な条件	190
4.10.2	好ましい条件	198
4.10.3	不要な条件	206
4.11	参考文献	213
第5章	産業分野の未利用熱の活用状況(補足資料)	215
5.1	未利用熱の活用状況調査のアンケート書類	216
5.1.1	ご回答にあたってのお願い	216
5.1.2	調査票記入要領	217
5.1.3	回答用紙	221
5.2	未利用熱活用技術への関心度	228
5.2.1	業種別関心度	228
5.2.2	技術別関心度	236
謝辞		239

## 第1章 産業分野の未利用熱の排出状況

### 1.1 調査背景

工場の多様な業種にわたる全国規模の排熱調査としては、旧通商産業省のニューサンシャイン計画「広域エネルギー利用ネットワークプロジェクト」(エコ・エネ都市プロジェクト、1993～2000年度)の一環として、財団法人省エネルギーセンターが実施した工場群のエネルギーシステムに関する調査研究がよく知られている<sup>(1)</sup>。この調査は、1997～2000年度にかけて工場への予備調査とそれを受けた本調査を実施し、最終的に15業種、約1000工場の回答データに基づいた未利用排ガス熱量、排温水の熱量、固体顕熱量の推定を行っている。しかし、その後は特定業種の部分的な調査は行われているものの、横断的な調査は見かけられない<sup>(2)</sup>、<sup>(3)</sup>。また、これら調査はいずれも原子力発電が電力のベースロードを負担していた頃に行われており、2011年3月以降の原子力発電所の停止、一部再稼働の影響は入っていない。そこで、省エネルギー部素材・機器・システムの研究開発の方向性の精査と、適用先の検討を行うための基盤的なデータを得ることを目的として、工場から未利用のまま排出されている熱の調査を実施した。

### 1.2 調査方法

#### 1.2.1 調査対象

調査対象業種は、文献(1)の調査結果との比較も可能なように、文献(1)の業種と基本的に同一とした。すなわち、食料品製造業(食料品製造業、飲料・飼料・たばこ製造業)、繊維業、パルプ・紙製造業(パルプ・紙・紙加工品製造業)、化学工業(化学工業、プラスチック製品製造業、ゴム製品製造業)、石油製品・石炭製品製造業、窯業・土石製品製造業(ガラス、セメント、陶磁器製造業)、鉄鋼業、非鉄金属製造業、機械製造業(金属製品製造業、汎用機械器具製造業、生産用機械器具製造業、業務用機械器具製造業)、電気機械製造業(電子部品・デバイス・電子回路製造業、電気機械器具製造業、情報通信機械器具製造業)、輸送用機械製造業、ガス・熱供給業、電力業、清掃業(廃棄物処理業)、その他製造業(印刷・同関連業、木材・木製品製造業、家具・装備品製造業、なめし革・同製品・毛皮製造業、資源再生業)の15業種とした。

これら調査対象15業種の分類構成を表1に示す。文献(1)の時代と現在とでは、エネルギー統計の分類が微妙に異なるので、本調査では現在の分類方法を用いている。表1において、調査年度が2012の業種は後述のように2013年の、また調査年度が2015の業種は2016年の調査対象としたことを意味する。

清掃業は地方自治体の廃棄物処理を中心とする。その他製造業には印刷、なめし革、木製品、資源再生等が含まれる。調査対象工場は、全国的な総量の推計精度を高めるために、エネルギーの使用の合理化等に関する法律で指定される第一種エネルギー管理指定工場のうち15業種の全数と、事前調査で協力の意思を確認できた第二種エネルギー管理指定工場の合計4483工場とした。

表1 調査対象15業種の分類

整理番号	調査年度	本調査での分類	産業連関表業種	産業連関表細業種
1	2012	食料品	11 飲食料品	111 食料品
				112 飲料
				113 飼料・有機質肥料
				114 たばこ
2	2015	繊維	15 繊維製品	151 繊維工業製品
				152 衣服・その他の繊維既製品
3	2012	パルプ・紙	16 パルプ・紙	163 パルプ・紙・板紙・加工紙
				164 紙加工品
4	2012	化学	20 化学製品	201 化学肥料
				202 無機化学工業製品
				203 石油化学基礎製品
				204 有機化学工業製品
				205 合成樹脂
				206 化学繊維
				207 医薬品
				208 化学最終製品
			22 プラスチック・ゴム	221 プラスチック製品
				222 ゴム製品
5	2012	石油・石炭	21 石油・石炭製品	211 石油製品
				212 石炭製品
6	2012	窯業・土石製品	25 窯業・土石製品	251 ガラス・ガラス製品
				252 セメント・セメント製品
				253 陶磁器
				259 その他の窯業・土石製品
7	2012	鉄鋼	26 鉄鋼	261 銑鉄・粗鋼
				262 鋼材
				263 鑄鍛造品
				269 その他の鉄鋼製品
8	2012	非鉄金属	27 非鉄金属	271 非鉄金属精錬・精製
				272 非鉄金属加工製品
9	2012	機械	28 金属製品	281 建設・建築用金属製品
				289 その他の金属製品
				29 汎用機械
			30 生産用機械	301 生産用機械
			31 業務用機械	311 業務用機械
10	2015	電気機械	32 電子部品	321 電子デバイス
				329 その他の電子部品
			33 電気機械	331 産業用電気機器
				332 民生用電気機器
				333 電子応用装置・電気計測器
				339 その他の電気機械
			34 情報・通信機器	341 通信機械・同関連機器
342 電子計算機・同附属装置				
11	2012	輸送機械	35 輸送機械	351 乗用車
				352 その他の自動車
				353 自動車部品・同附属品
				354 船舶・同修理
				359 その他の輸送機械・同修理
12	2015	ガス・熱供給	46 電力・ガス・熱供給	462 ガス・熱供給
13	2015	電力	46 電力・ガス・熱供給	461 電力
14	2015	清掃	48 廃棄物処理	481 廃棄物処理
15	2015	その他製造業	39 その他の製造工業製品	191 印刷・製版・製本
				231 なめし革・毛皮・同製品
				391 その他の製造工業製品(木製品・家具)
				392 再生資源回収・加工処理



(産業連関表業種は総務省統計局平成 23 年 (2011 年) 産業連関表における部門分類による)

※文献(1)の調査では特例として下記のように分類されており、本調査でも踏襲した

- ・ 22 プラスチック・ゴムは化学に分類
- ・ 261 鉄鉄・粗鋼の中の電炉は 262 鋼材に分類
- ・ 28 金属製品は機械に分類

文献(1)によれば、業種別の排熱状況から次の点がわかる

(1) 業種別全国排熱量の多い業種

電力、化学、鉄鋼、清掃、窯業・土石製品、石油・石炭、パルプ・紙、食料品、輸送機械、機械、非鉄金属

(2) 設備別全国排熱量の多い業種

ボイラ：電力、化学、パルプ・紙、食料品、石油・石炭、繊維、ガス・熱供給

焼成炉：窯業・土石製品、鉄鋼、化学

化反炉：化学

燃焼炉：鉄鋼、化学

加熱炉：鉄鋼、化学、石油・石炭

溶解炉：窯業・土石製品、機械、鉄鋼、非鉄金属

発電：電力、化学、パルプ・紙、鉄鋼

焼却炉：清掃、化学

(3) 上記(1)と(2)に共通する開発機器導入先としての可能性の高い業種は

化学、鉄鋼、窯業・土石製品、石油・石炭、パルプ・紙、食料品+輸送機械、機械、非鉄金属

(電力、清掃は排熱量が多いけれども事業所間の排出傾向の類似性が高い)

したがって、本調査では初めに下記 9 業種の調査を実施し、その知見も活かして残る下記 6 業種の調査を追加実施することにした。

9 業種：化学、鉄鋼、窯業・土石製品、石油・石炭、パルプ・紙、食料品、輸送機械、機械、非鉄金属

6 業種：電力、清掃、ガス・熱供給、繊維、電気機械、その他製造業

## 1.2.2 データ収集方法

調査票の配布は、9 業種（化学、鉄鋼、窯業・土石製品、石油・石炭、パルプ・紙、食料品、輸送機械、機械、非鉄金属）の事業所に対しては 2013 年 3 月に、また 6 業種（電力、清掃、ガス・熱供給、繊維、電気機械、その他製造業）の事業所に対しては 2016 年 8 月に郵送し、任意での回答・返信を受けた。調査票等を 4.1 節に別掲する。

未利用排熱は、生産設備から直接廃棄される熱、熱回収された後に廃棄される熱、排ガス処理装置から廃棄される熱、冷却機器から廃棄される熱等として定義した（4.1 節図 90 参照）。

回答内容で曖昧な点は、可能な限り回答者に確認し、明確化した。排ガス熱量が未記入の回答については、省エネ法の基準空気比を参考に空気比を仮定し、排ガス流量と未利用熱量の推算を行った。

## 1.2.3 データ処理方法

(1) 排ガス熱量の算出

排ガス熱量は、年間稼働時間、排ガス温度、単位時間あたりの流量のアンケート回答値から算出した。なお、温度は把握しているが流量の実績値については把握管理していないとの回答が多かったため、汎用機器で流量データが不足する場合には、省エネルギー法の基準空気比を参考に空気比を仮定し、ガス流量の推定式を用いて排ガス熱量を算出した。

## (2) 排ガス熱量（アンケート値）の補正について

排熱発生設備が事業所内に多数設置されている事業所は少なくないが、アンケート回答用紙には代表的な設備について記載されている場合が多かった。さらに各設備の使用燃料は把握、管理されているが、全ての設備について排熱データが管理されている事業所は少ないので、全ての設備に対する使用燃料と排熱情報（温度、流量等）を網羅して収集するのは物理的に困難である。このため、回答用紙に転載された省エネ法定期報告書の購入エネルギー量に関する数値を用いて、事業所全体の排熱熱量を補正した。

具体的には、各設備における投入燃料の量と排熱量に対して、以下の補正を行うことで事業所全体における修正排熱熱量とした。

事業所における排熱修正値＝

$$(\text{各設備の排熱量}) / (\text{各設備の投入熱量の総和}) \times (\text{事業所全体の購入エネルギー熱量})$$

事業所全体の購入エネルギーは電力分を除外した値とした。電気炉等は重要な排熱発生設備であるが、排熱に影響しない動力等への使用も多く、排熱の一般的な補正方法としては適切でない判断した。

排熱設備への投入熱量の総和が事業所での投入熱量よりも大きいケースもあったが、その際には上記補正によると排熱量は小さく修正されることになる。各設備の単位時間当たりの燃料使用量ならびに排ガス等の温度、流量は設備仕様値から引用される場合が多く、実際より排熱量を大きく見積もる場合も現実には発生する。このように排熱熱量を大きく見積もっている場合の修正式としても、前述の省エネルギー法に基づく報告書の実績使用量による補正は意味があると考え適用した。

ただし、燃料別の燃料使用量の総和と事業所の使用量の差が大きい場合は、補正值に大きな影響を与えるので、設備毎の排ガス熱量割合をチェックするなどの妥当性検証が必要である。とくに、購入熱量が大きいにも関わらず、修正排ガス熱量が小さい場合は、設備投入熱量が過多になっている可能性があるため、統計処理の対象から除外した。

## (3) 特異データの抽出と修正

アンケート回答値から算定される排熱等の数値に対して、特異データの抽出と修正を行った。抽出された特異データについては、電話または電子メール等による回答者へのヒアリングを通じて、修正した。特異データの抽出の具体的な項目は以下のとおりである。

- 1) 排熱発生設備の燃料の年間使用量の合計が、省エネ法に応じて国へ届け出ている事業所全体の燃料使用量を大きく超えているケース。（各設備のデータと省エネ法定期報告書提出値との整合）
- 2) 排熱発生設備の年間の燃料使用量の合計が、事業所全体の使用量より極端に小さいケース。
- 3) 各設備において、投入燃料の熱量に対する排熱発生熱量の割合が物理的に説明できないケース。（例えば、投入熱量に対する排ガス熱量割合が100%を超えている等）

## (4) 全国推計について

石油・石炭業、鉄鋼業、清掃業を除く12業種の業種別の排ガス熱量の全国値は、各業種の投入エネルギー量（除く電力）と排ガス熱量の関係を最小二乗法で線形回帰し、求めた回帰式に文献(4)から得られた2015年度の各業種へのエネルギー投入量を代入することで推算した。

## (5) 石油・石炭及び鉄鋼業における全国推計について

石油・石炭及び鉄鋼業は、主要事業所からのアンケート回答がなかったため、文献および業界団体や特定企業等へのヒアリング情報によって全国値を推定した。

## (6) 清掃工場に関する扱い

省エネルギー法による定期報告書では廃棄物の処理量及びエネルギー量の記載欄がないため、廃棄物の熱量を無視できない清掃工場には、上述の精査方法が適用できない。この点は、文献(1)においても指摘され、清掃工場の排熱量は廃棄物処理量と強い相関にあることが報告されている。

また、文献(4)にも廃棄物の統計量が記載されていない。そこで、本調査では清掃工場においても一定の燃料購入があること、ならびに廃棄物を投入熱量とみなすことが必要だとの観点から、廃棄物投入量の熱量換算値と購入燃料熱量の合算値を投入エネルギー量として定義し、排ガス発生熱量との相関の強度について検討した。

各清掃工場の年次ごとの処理実績状況ならびにごみの熱量等は、環境省によって取りまとめられている<sup>6)</sup>。一方、助燃燃料は文献(5)には記載されていないので、アンケート調査から得られる清掃のごみの発熱量と助燃燃料の比を用いて、清掃の助燃燃料の値を推定した。そして、2015年度のごみの熱量と助燃熱量の和を投入熱量の全国値とした。

清掃に関する実態調査データに記載の廃棄物の熱量は低位発熱量であるので、他の業種同様、高位発熱量換算が必要となる。一般廃棄物の低位発熱量と高位発熱量比が 0.922 (低位値/高位値) との報告<sup>6)</sup>があるので、本調査に関する一般廃棄物及び排ガス熱量の低位発熱量から高位発熱量換算にはこの係数を用いた。

#### (7) 温水、固体からの排熱について

排温水、固体表面からの未利用熱量については、定量評価できる十分なアンケート回答数が得られなかった。このため排温水については、文献(7)の 2015 年度の淡水回収水、海水用水データを排水量推定の根拠として、排熱量を推定した。また、固体顕熱については、後述の 4.6 節に示すモデル工場の検討結果から推定した。

具体的には、年間 300 日稼働、排温水 40℃をクーリングタワーで 35℃に冷却する際の温水排熱と仮定して推算した。ただし、ガス・熱供給、清掃業では、該当するデータが統計に無いため推算できなかった。電力業では、火力発電所の排温水放水口での水温上昇は最大 7℃程度、出力 100 万 kW 当たりの排温水量は約 30～50 m<sup>3</sup>/s 程度であるとする文献(8)の情報から、排水時の温度差 7℃、流量 40 m<sup>3</sup>/s として推算した。2015 年度の火力発電量は、文献(9)のデータを参照した。鉄鋼業では、後述の 4.6.7 項のモデル製鉄所の検討結果から引用した。

#### (8) 都道府県別推計について

都道府県別の未利用熱量については、定量評価できる十分なアンケート回答数が得られなかった。一方、文献(1)の調査では、エネルギー使用量と製造品出荷額との間に強い相関関係のあることが明らかにされている。そこで、全国出荷額に占める各都道府県の出荷額の割合で、未利用排ガスの全国推定値を按分することによって、都道府県別の排ガス熱量を推定した。

具体的には、ガス・熱供給と清掃業以外の業種については、都道府県別の 2015 年の製品出荷額を文献(10)から業種ごとに求め、全国出荷額に対する各都道府県出荷額の割合で、文献(11)から得た業種別の投入エネルギー（除く電力）の全国値を按分し、都道府県ごとの投入エネルギー（除く電力）を推定した。この際、同一県内に同業者が 2 社以下しかない場合には、文献(10)で出荷額が公表されていないため、不明の出荷額については、文献(12)による不明の県の事業所数の合計に対する不明の県の事業所数の割合で、不明の県の出荷額の合計を按分することで推定した。

ガス・熱供給業については、文献(13)による LNG 基地のガス製造量と文献(14)によるガス製造設備を有するガス事業者の販売量を都道府県別に整理し、ガス供給業における都道府県別の投入エネルギー（除く電力）を推定した。また、文献(15)から熱供給事業における都道府県別の投入エネルギー（電力を除く）を推定した。

清掃業については、文献(5)の一般廃棄物処理量を元に都道府県別の投入エネルギー（電力を除く）を推定した。

そして、本調査で求めた投入エネルギー（除く電力）と排ガス熱量の関係から、都道府県別の未利用排ガス熱量を推定した。

#### 1.2.4 調査体制

調査は未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合の技術開発センターに設置した調査チームが実施した。アンケート調査、ヒアリング調査の実務的な検討、データの整理、分析は、調査会社が実施した。また、技術開発センター内に産業排熱調査検討委員会を設置し、生産現場に経験のある委員の助言を受けながら、調査方法およびデータの分析方法の検討、分析結果の検証を行った。産業排熱調査検討委員会は調査期間中に12回開催し、必要に応じて調査チームが該委員会委員から個別に助言を受けた。関係者の氏名、所属、担当期間、委員会開催日程を第3章に記載する。

### 1.3 調査結果

#### 1.3.1 アンケート配布、回収状況

未利用熱の排出状況に関するアンケート調査の業種別配布数、回収状況等を表2に示す。2013年3月に行った9業種の回収率は25.2%、2016年8月に行った6業種の回収率は35.8%であった。15業種全体では28.4%となった。

表2 未利用熱発生状況に関するアンケート調査の配布数、回収状況等

業種名称	配布			回収			回収率 %
	1種	2種	1種+2種 合計	1種	2種	1種+2種 合計	
食料品	573	51	624	118	31	149	23.9
パルプ・紙	144	4	148	62	3	65	43.9
化学	797	57	854	187	36	223	26.1
石油・石炭	31	2	33	11	2	13	39.4
窯業・土石製品	206	8	214	63	8	71	33.2
鉄鋼	220	13	233	35	7	42	18
非鉄金属	128	7	135	39	10	49	36.3
機械	327	36	363	58	16	74	20.4
輸送機械	493	25	518	78	22	100	19.3
9業種計	2919	203	3122	651	135	786	25.2
繊維	91	10	101	38	7	45	44.6
電気機械	614	25	639	164	22	186	29.1
ガス・熱供給	157	15	172	62	10	72	41.9
電力	204	2	206	82	2	84	40.8
清掃	39	72	111	23	29	52	46.8
その他の製造業	114	18	132	37	11	48	36.4
6業種計	1219	142	1361	406	81	487	35.8
15業種計	4138	345	4483	1057	216	1273	28.4

注：調査年 ①選定9業種（2013年）、②選定6業種（2016年）

#### 1.3.2 未利用排ガスエネルギーの温度帯別傾向

前述の1.2.3項のデータ処理方法で排ガス熱量の算出、補正、特異データの抽出と修正を行い、業種別、温度帯別に積算した排ガス熱量（アンケート値）を表3に示す。また、15業種の温度帯別の排ガス熱量（アンケート値）を図1に示す。図1のように、電力業からの100～149℃の排熱が非常に多い。

そこで、電力業を除いた14業種での温度帯別の排ガス熱量（アンケート値）をみると、図2のようになる。電力業を除く14業種でみれば、150～199℃の温度帯に排ガス排熱のピークがある。

温度帯別の未利用排ガス熱量の業種ごとの構成割合を求めると図3のようになった。また、事業所当たりの温度帯別の平均未利用排ガス熱量を算出すると図4のようになった。図3によれば、業種ごとの未利用熱の温度帯は食品、繊維、パルプ・紙、化学、窯業、電気機械、ガス・熱供給、電力、清掃業では100～199℃が過半を占めているのに対して、石油・石炭、鉄鋼、非鉄金属、機械、輸送機械、その他製造業では

表3 業種別温度帯別排ガス熱量（アンケート値） [TJ/year]

	食料品	繊維	パルプ・紙	化学	石油・石炭	窯業・土石製品	鉄鋼	非鉄金属	機械	電気機械	輸送機械	ガス・熱供給	電力	清掃	その他製造業	合計	
排ガス温度 [°C]	～99	59.7	15.9	278.6	282.4	37.2	446.8	31.7	64.1	23.3	52.8	37.4	22.9	12787.2	0.0	59.7	14199.7
	100～149	375.1	159.8	1997.6	1106.2	359.1	1948.4	127.3	225.2	56.3	79.0	142.2	854.5	48521.5	296.5	12.4	56261.1
	150～199	764.0	124.2	2554.0	3356.0	245.9	2097.1	277.3	66.5	257.9	126.0	88.5	1051.8	1491.1	1055.0	626.8	14182.1
	200～249	74.2	23.4	167.8	627.8	440.8	695.6	172.4	617.0	115.0	84.7	61.2	217.6	20.9	994.6	629.5	4942.4
	250～299	32.4	2.9	22.6	100.7	57.4	139.3	185.0	361.8	222.7	6.0	215.2	0.6	1443.0	0.0	68.2	2857.7
	300～349	21.0	37.6	70.9	330.3	0.0	10.7	11.9	258.8	16.3	0.0	2.7	13.5	2176.7	109.6	38.4	3098.5
	350～399	69.0	0.0	3.5	94.1	0.0	13.6	98.2	213.3	22.2	0.0	12.3	0.0	1234.9	0.0	0.6	1761.7
	400～449	0.0	0.1	0.1	45.8	0.0	3.7	8.9	73.7	0.3	0.6	22.3	45.6	1.4	6.3	0.0	208.7
	450～499	0.0	0.0	0.0	20.5	0.0	0.0	81.1	44.2	24.1	0.0	63.5	36.5	0.2	0.0	6.4	276.5
500～	2.7	0.0	3.3	156.2	204.6	0.0	28.3	1247.2	48.1	0.0	208.6	0.1	1.0	0.0	99.4	1999.4	
排ガス設備（生産+自家発電設備）からの排ガス熱量アンケート値合計 [TJ/年]	1398.1	363.9	5098.4	6120.0	1345.0	5355.2	1022.1	3171.8	786.2	349.1	853.9	2242.9	67678.0	2462.0	1541.3	99787.9	
設備への投入エネルギー量アンケート値 [TJ/年]	14432.0	3534.2	138038.0	73192.0	9685.0	34548.0	8589.0	15059.0	10130.0	4366.7	7114.0	24871.2	916883.3	14515.0	11221.8	1286179.0	

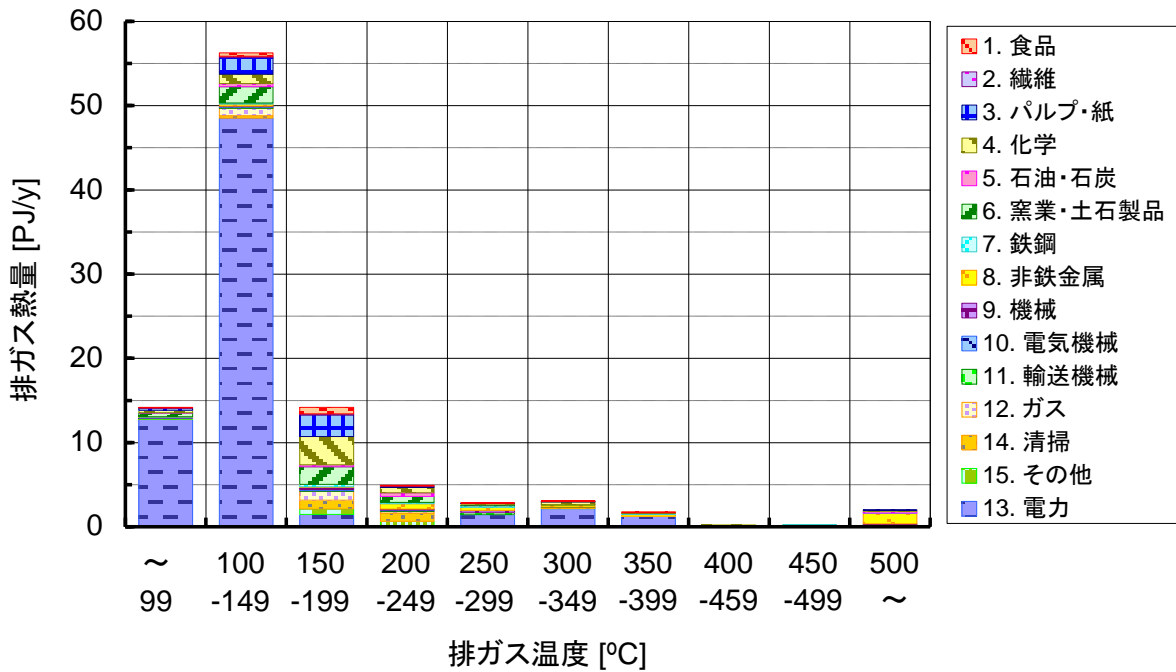


図1 温度帯別の業種別排ガス熱量（15業種）（アンケート値）

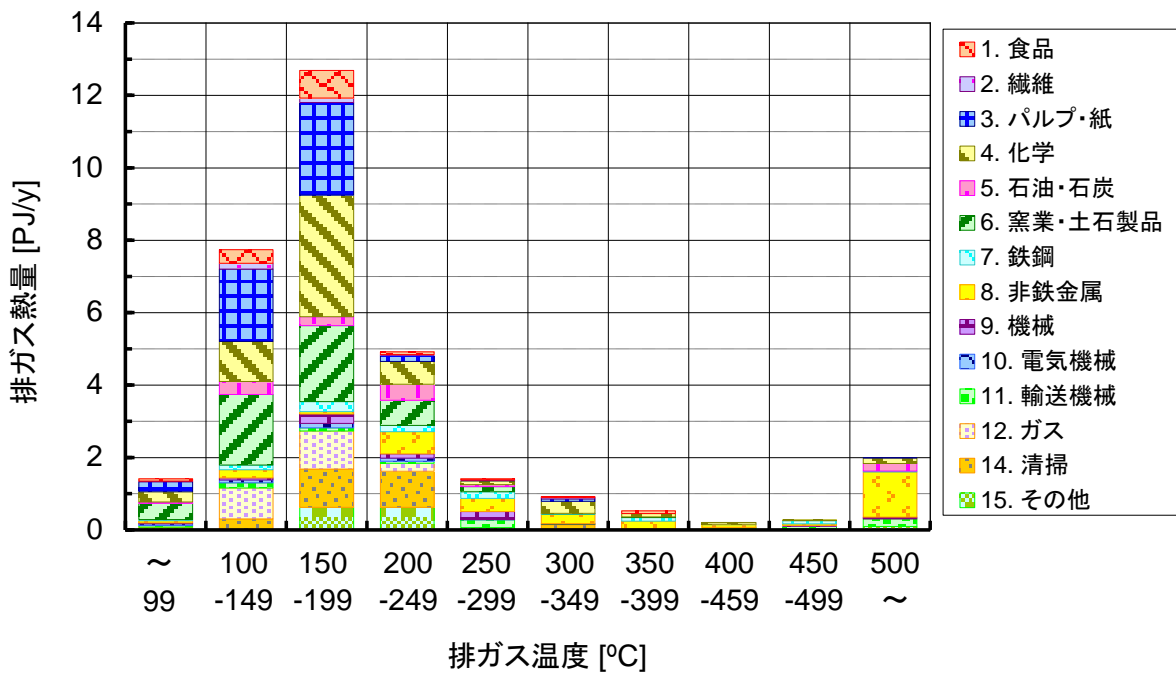


図2 温度帯別の業種別排ガス熱量（電力以外の14業種）（アンケート値）

200°C以上が過半を占めている。また、石油・石炭、非鉄金属、輸送機械業では、500°C以上の高温の排ガスも多い。これは、溶解炉が多用されていることが原因だと考えられる。

図4によれば、アンケート回答の事業所では、食料品、パルプ・紙、化学、窯業、鉄鋼、電気機械、ガス・熱供給、清掃業は150~199°Cの温度帯の排ガス熱量が、他の温度帯よりも多い。この温度帯にピークがくるのは、酸露点と白煙防止を考慮した運用がなされているためと推測される。繊維、電力業は100~149°Cの温度帯に排出のピークがあり、電力業で1200 TJ/factory、パルプ・紙製造業で70 TJ/factoryになっている。石油・石炭業は200~249°Cに排出の大きなピークがある。非鉄金属業では500°C以上の温度帯にピークがあり、同

温度帯の排ガス熱量の多い石油・石炭業とともに、熱電素子のような温度差の必要な発電熱源として、活用が期待される。

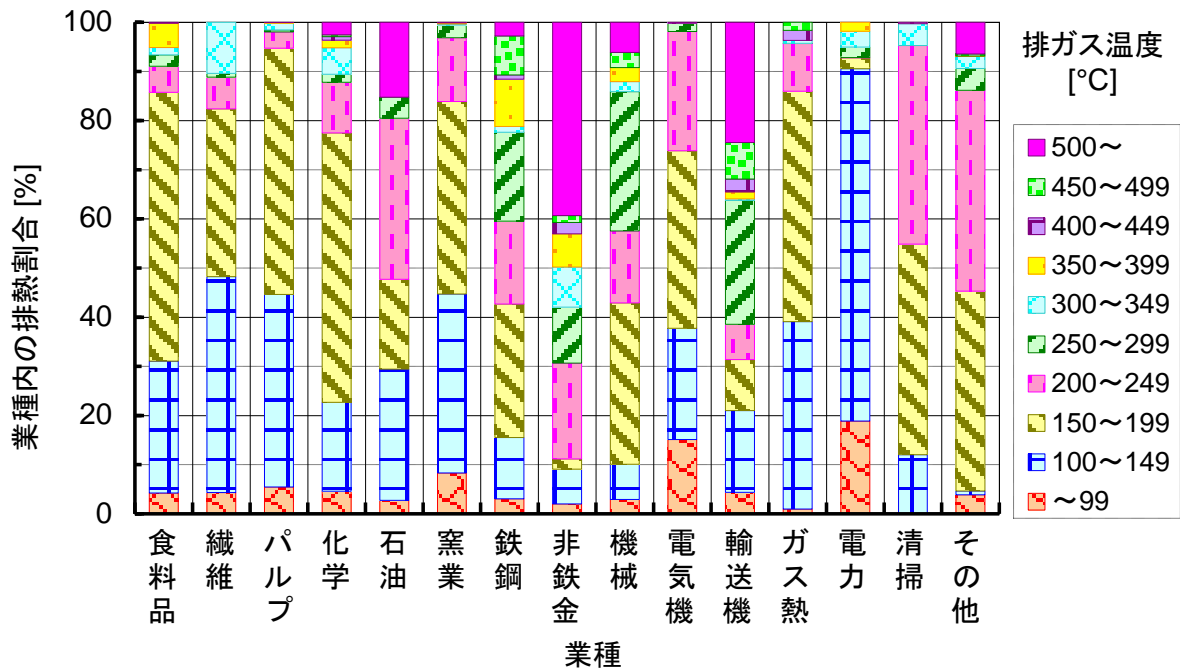


図3 業種別の温度帯別排ガス熱量の構成割合（アンケート値）

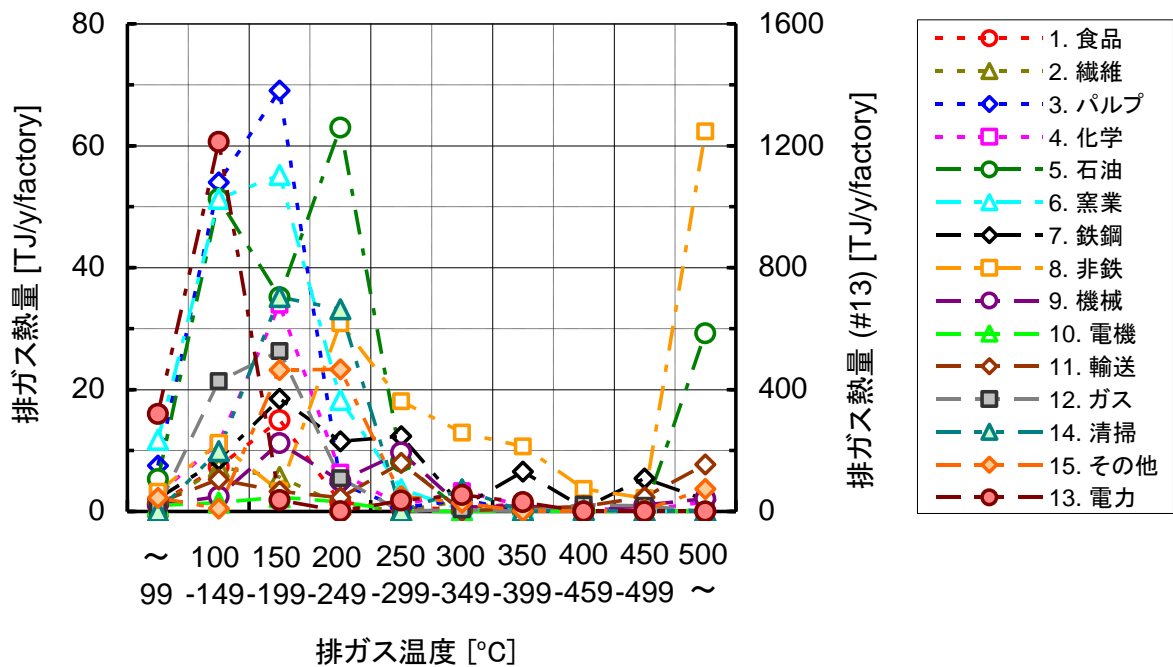


図4 事業所当たりの温度帯別排ガス熱量（電力は右縦軸）



### 1.3.3 未利用排ガスエネルギーの設備別傾向

#### 1.3.3.1 設備分類区分

未利用の排ガス熱量のアンケート値を設備別に分析、評価した。設備の分類は文献(1)に準拠して、表4の区分に分類した。

表4 設備分類区分

設備区分	詳細等
焼成炉	焼成炉
	焼成設備
	キルン炉
	シャフト炉
化学反応炉	化学反応炉
燃焼炉	燃焼炉
	燃焼設備
	乾燥炉
加熱炉	加熱炉
	熱処理炉
	予熱炉
溶解炉	溶解炉
	溶解設備
	電気炉
脱臭炉	脱臭炉
	脱臭設備
蒸気ボイラ	
熱媒ボイラ	
排熱ボイラ	
焼却炉	
ガス化熔融炉	
冷凍機・冷温水発生設備	冷凍機
	温水ボイラ
	冷却設備
コジェネ設備	
その他	蒸留、電解設備等

#### 1.3.3.2 生産設備別の未利用排ガスエネルギー

表5に温度帯別の設備別排ガス熱量（アンケート値）を示す。回答事業所の傾向として、蒸気用ボイラの排ガス排出熱量が全体の3分の1を占めており、次いで焼成炉、溶解炉、加熱炉からの排熱量が多い。温度帯別の排熱量をみると図5のようになり、蒸気ボイラ、焼成炉、化学反応炉の排熱が100～199℃の温度帯に集中し、全温度帯の排熱量の約6割を占めている。脱臭炉の排ガスは、200～249℃に集中している。

温度帯別の未利用排ガス熱量の設備ごとの構成割合を求めると図6のようになり、温度帯別にみれば、250℃以上の温度帯は加熱炉や溶解炉からの排ガス熱量が占めている。

参考として、温度帯別の設備別1基当たりの排ガス熱量（アンケート値）を4.2節の表20に別掲する。また、温度帯別の設備別の排ガス熱量、1基当たりの排ガス熱量（アンケート値）を4.2節の図91～108に別掲する。さらに、温度帯別の設備別排ガスエネルギー（アンケート値）を4.3節の図119～147に別掲する。

表5 温度帯別の設備別排ガス熱量（アンケート値） [TJ/year]

		焼成炉	化学 反応炉	燃烧炉	加熱炉	溶解炉	脱臭炉	蒸気用 ボイラ	熱媒 ボイラ	排熱 ボイラ	焼却炉	ガス化 溶融炉	冷凍機・ 冷温水 発生設備	コジェネ 設備	その他	合計
排ガス 温度 [°C]	～99	346.5	0.0	164.2	61.7	97.6	4.8	184.2	0.0	0.0	197.0	0.0	3.3	432.4	1.6	1493.3
	100～149	1697.7	0.0	379.0	215.6	11.5	0.0	5206.6	0.1	102.8	129.0	0.0	69.4	121.6	486.1	8419.4
	150～199	1976.1	1273.1	347.7	482.6	46.0	7.2	3207.8	17.7	41.3	807.0	248.4	41.9	95.1	83.4	8675.2
	200～249	93.5	2.3	325.0	829.1	452.9	18.9	512.4	30.6	22.1	475.6	980.6	98.5	0.0	479.3	4320.9
	250～299	39.0	24.6	271.4	250.3	611.6	2.7	104.1	57.2	8.6	0.0	0.0	5.8	0.0	30.7	1406.0
	300～349	20.2	0.0	53.4	192.2	148.0	30.0	136.5	8.4	0.0	79.6	0.0	13.4	0.0	4.3	686.0
	350～399	0.0	0.0	28.5	218.0	176.6	0.0	5.7	0.0	0.0	22.6	0.0	0.0	0.0	4.9	456.4
	400～449	20.8	0.0	0.0	56.4	51.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	16.8	0.0	145.7
	450～499	1.6	0.0	0.0	123.7	24.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	149.4
	500～	226.9	0.0	119.6	210.4	1269.7	0.3	0.0	0.0	0.0	38.6	99.4	0.0	0.0	0.0	1964.8
	合計	4422.1	1300.1	1688.9	2640.0	2889.7	63.9	9357.3	113.9	174.7	1749.4	1328.4	232.3	666.0	1090.3	27717.1

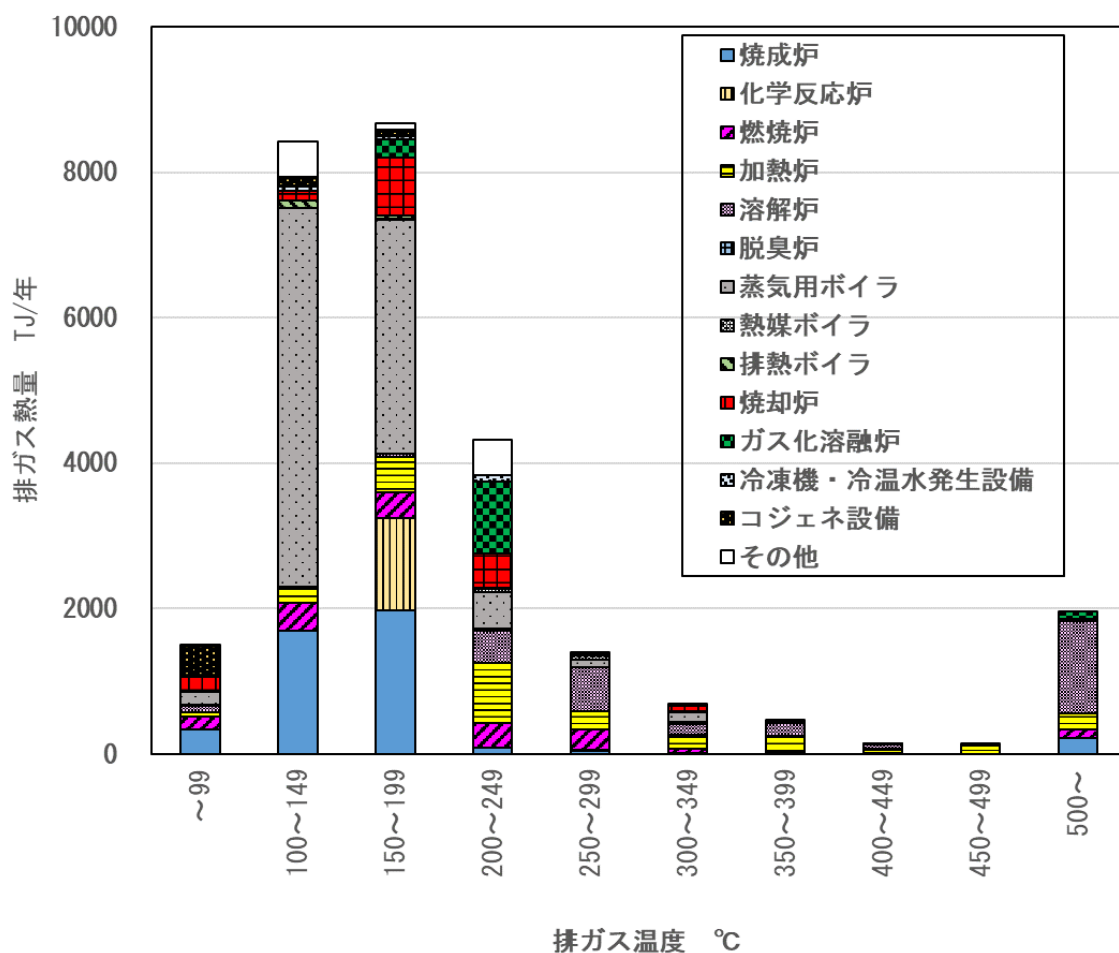


図5 温度帯別の設備別排ガス熱量 (15業種、設備数：1155基) (アンケート値)

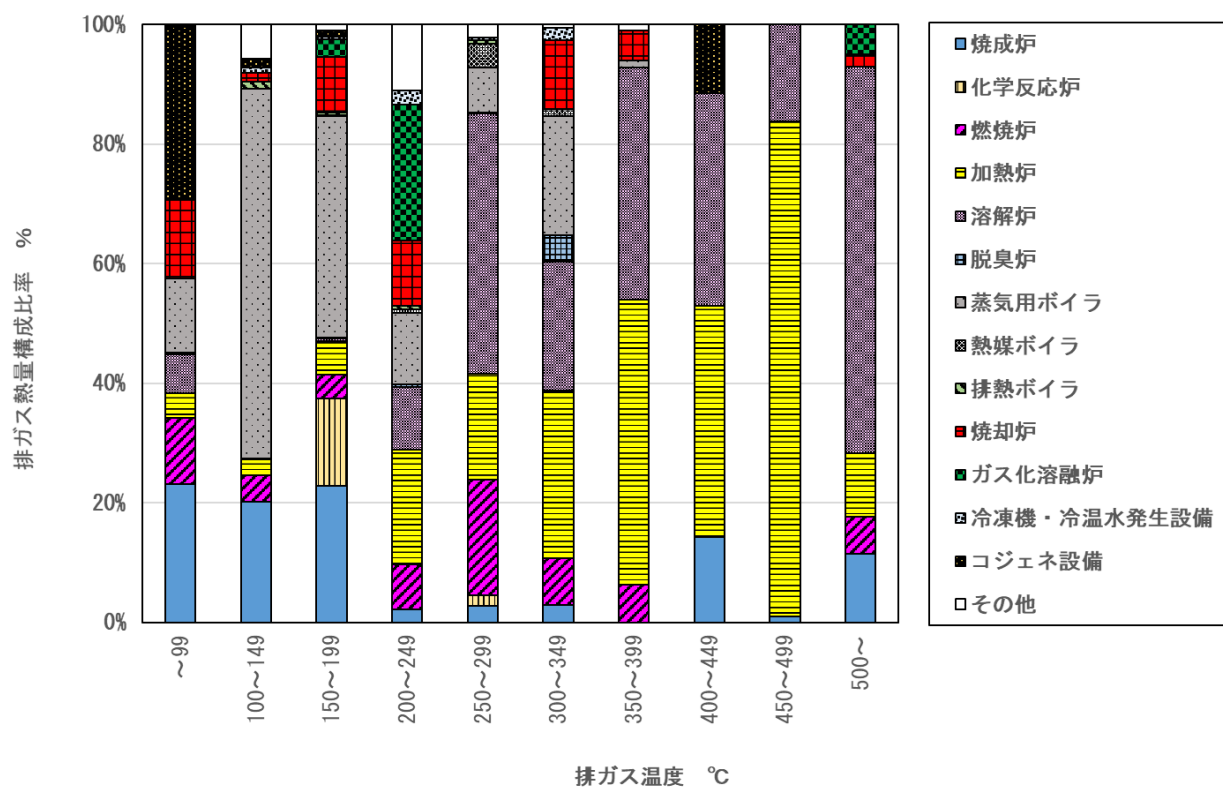


図6 温度帯別の業種別の設備別排ガス熱量の構成割合 (アンケート値)

### 1.3.3.3 発電設備別の未利用排ガスエネルギー

表6に温度帯別の発電設備別排ガス熱量（アンケート値）を示す。また、温度帯別の排ガス熱量を図7に示す。図7のように、発電設備の排ガス温度は、蒸気タービンとコンバインドサイクルによる100～149℃の排熱量が全温度帯の排熱量の3分の2近くを占めている。

参考として、発電設備の設備別温度帯別の排ガスエネルギー（アンケート値）を4.4節の図149～157に、また排ガスエネルギー（アンケート値）を4.5節の図158～168に別掲する。

表6 温度帯別の発電設備別排ガス熱量（アンケート値） [TJ/year]

		ガスエンジン	ディーゼルエンジン	ガスタービン	蒸気タービン	コンバインドサイクル	合計
排ガス温度 [°C]	～99	0.0	0.0	0.0	5222.8	6316.0	11538.8
	100～149	76.1	28.2	1028.9	21035.8	22014.7	44183.6
	150～199	1316.7	82.2	654.4	2914.2	0.0	4967.4
	200～249	52.4	24.7	158.9	198.2	46.1	480.3
	250～299	0.0	1379.8	0.0	0.0	0.0	1379.8
	300～349	225.2	2078.3	0.0	0.0	0.0	2303.5
	350～399	133.3	1103.4	0.0	0.0	0.0	1236.6
	400～449	48.2	9.9	1.3	0.0	0.0	59.4
	450～499	26.3	32.8	63.7	0.0	0.0	122.8
	500～	0.1	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
	合計	1878.2	4739.2	1908.1	29371.0	28376.7	66273.2

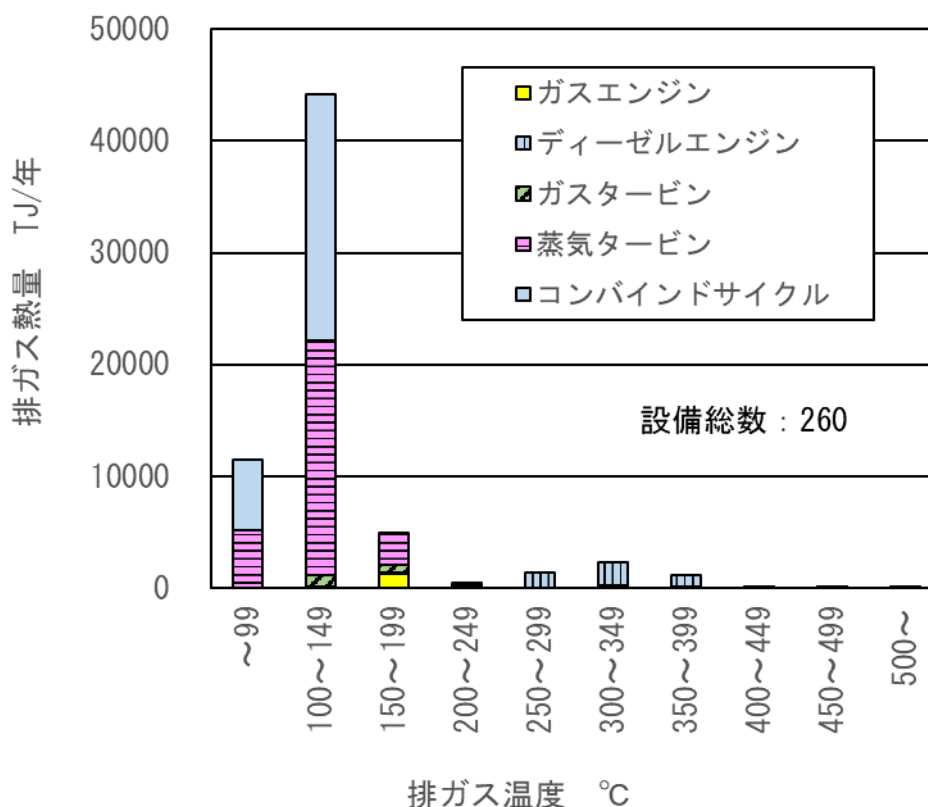


図7 温度帯別の発電設備別排ガス熱量（15業種、設備数：260基）（アンケート値）

### 1.3.4 日本全体の未利用熱

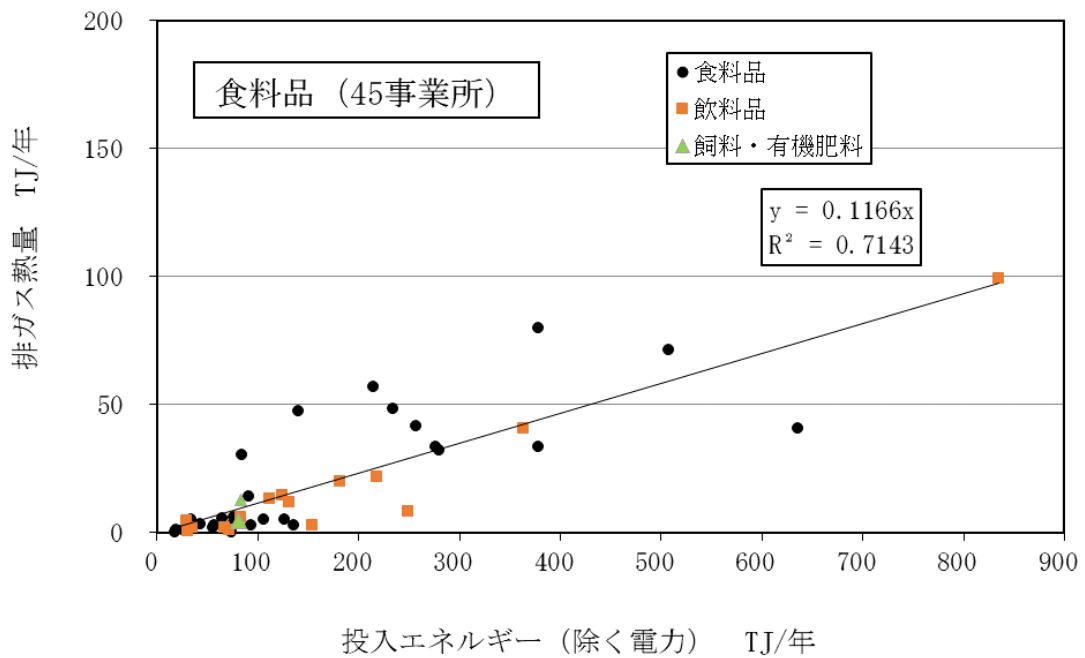
#### 1.3.4.1 投入エネルギー量(除く電力)と排ガス熱量

未利用の排ガス熱量の全国値を推定するために、各業種の投入エネルギー量（除く電力）と排ガス熱量との関係を求めた。結果を図8～20に示す。その際、窯業・土石製品、ガス・熱供給及びその他製造業以外の業種においては、投入エネルギーの多い事業所は線形回帰への影響が大きかったため、別扱い事業所として線形回帰の対象データから除外した。また、投入エネルギー上位事業所は、図の数値から事業所が特定される可能性があるため、図中にプロットしないこととした。熱量は高位発熱量としてある。

図8～20に記載の $y$ は、各業種の投入エネルギー量（除く電力）と排ガス熱量との関係を最小二乗法で線形回帰し、求めた回帰式であり、 $R^2$ は決定係数である。図8～20によると、各業種の製造品の違いによる明確な差は捉えられなかった。

今回のアンケート調査の集計では、その他の製造業の区分に資源循環事業者を組み込んだが、これらの事業者は民間企業のリサイクル事業が主体であるため、廃棄物処理情報の開示が自治体の清掃事業ほど進んでいない。これらの資源循環事業者のデータは、廃棄物の処理量、熱量情報等が簡単に得られないため、上述のような補正が困難である。ガス化溶融炉を設置してサーマルリサイクル事業を展開している民間事業者が増加傾向にあるので、排熱利用という観点からは、清掃工場と同様、処理量、廃棄物の熱量に関する情報管理の仕組みづくりが重要と思われる。廃棄物処理と資源循環は微妙なバランスで議論されるので難しい課題と思われるが、民間事業者の資源循環事業の情報管理等は、今後の排熱利用の政策課題のひとつと言えるかもしれない。

(1) 食料品



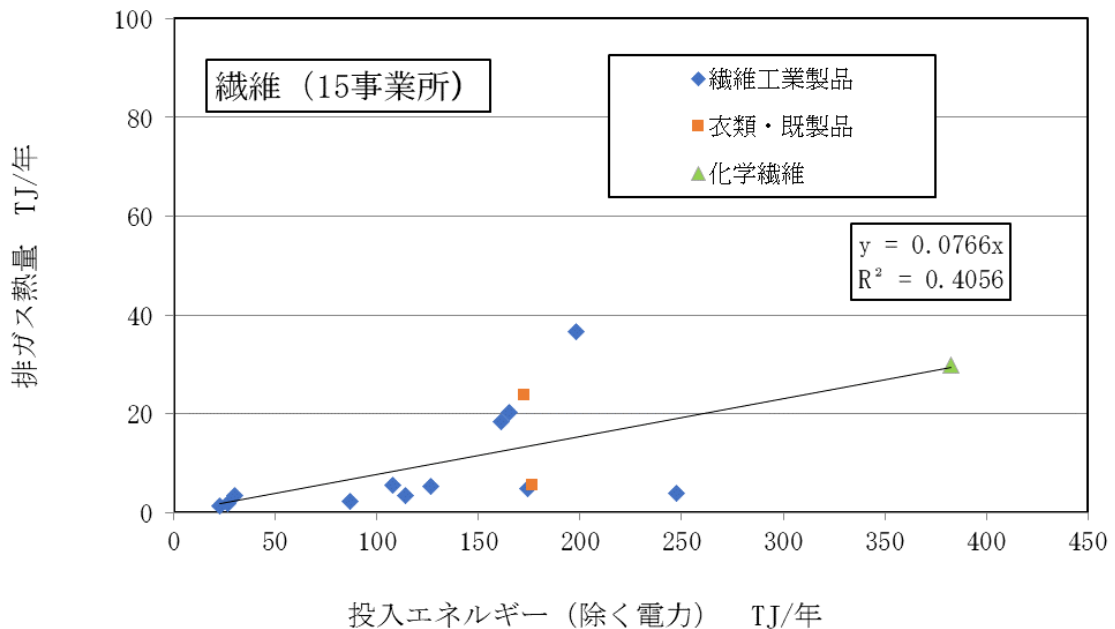
注1：投入エネルギーの多い事業所は線形回帰への影響が大きいため、別扱い事業所として線形回帰データから除外した。

注2：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注3：熱量は高位発熱量である。

図8 投入エネルギー量（除く電力）と排ガス熱量との関係（食料品）

(2) 繊維



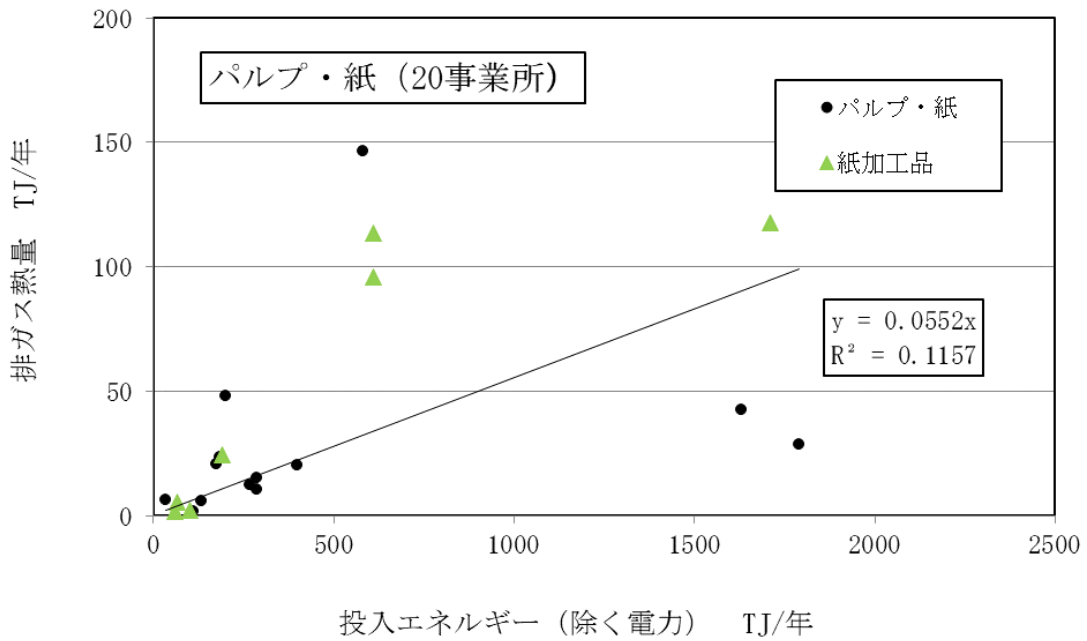
注1：投入エネルギーの多い事業所は線形回帰への影響が大きいため、別扱い事業所として線形回帰データから除外した。

注2：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注3：熱量は高位発熱量である。

図9 投入エネルギー量（除く電力）と排ガス熱量との関係（繊維）

(3) パルプ・紙製品



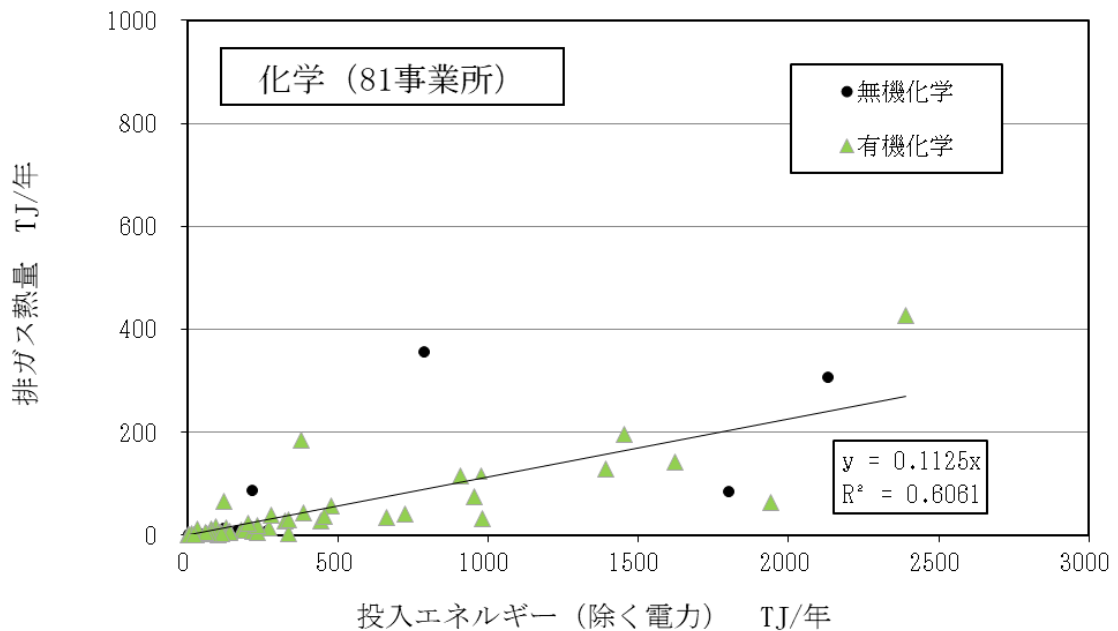
注1：投入エネルギーの多い事業所は線形回帰への影響が大きいため、別扱い事業所として線形回帰データから除外した。

注2：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注3：熱量は高位発熱量である。

図10 投入エネルギー量（除く電力）と排ガス熱量との関係（パルプ・紙製品）

(4) 化学



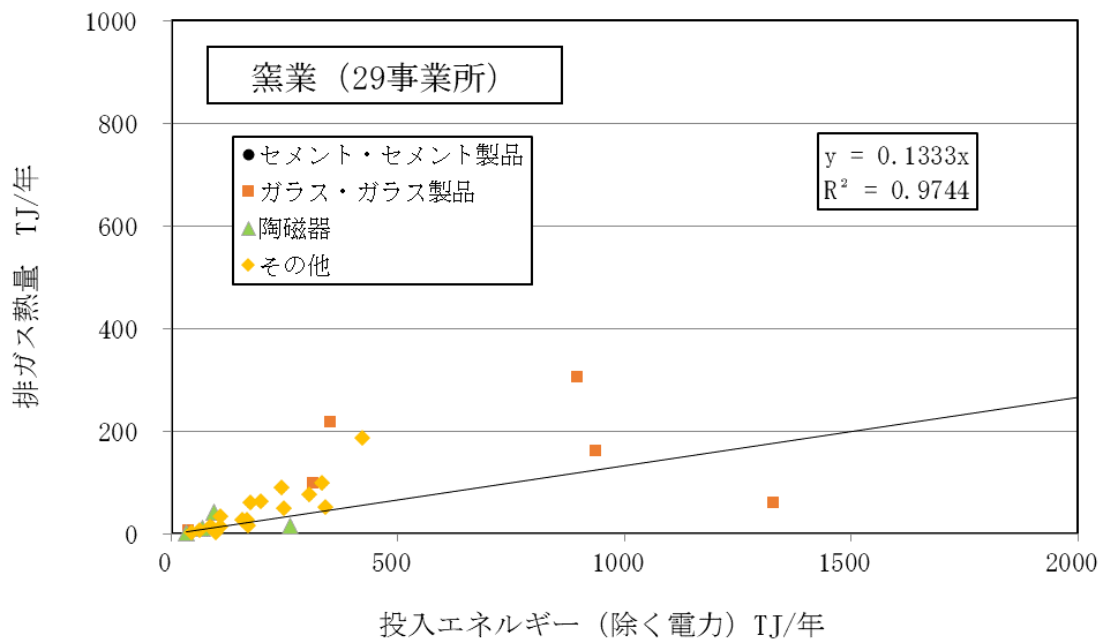
注1：投入エネルギーの多い事業所は線形回帰への影響が大きいため、別扱い事業所として線形回帰データから除外した。

注2：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注3：熱量は高位発熱量である。

図11 投入エネルギー量（除く電力）と排ガス熱量との関係（化学）

(6) 窯業・土石製品

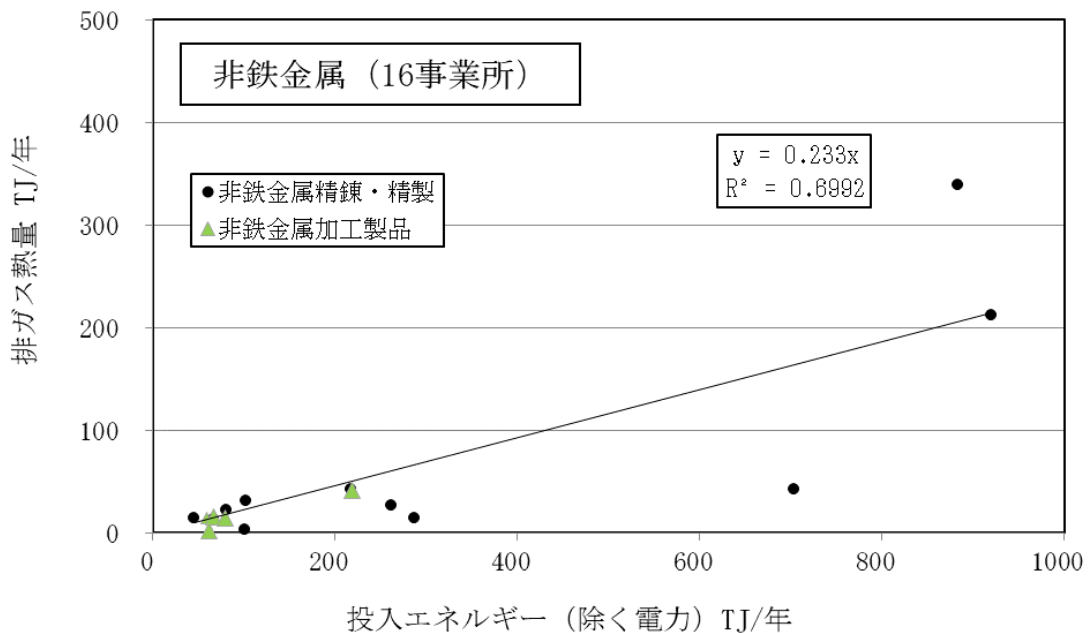


注1：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注2：熱量は高位発熱量である。

図12 投入エネルギー量 (除く電力) と排ガス熱量との関係 (窯業・土石製品)

(8) 非鉄・金属製品



注1：投入エネルギーの多い事業所は線形回帰への影響が大きいため、別扱い事業所として線形回帰データから除外した。

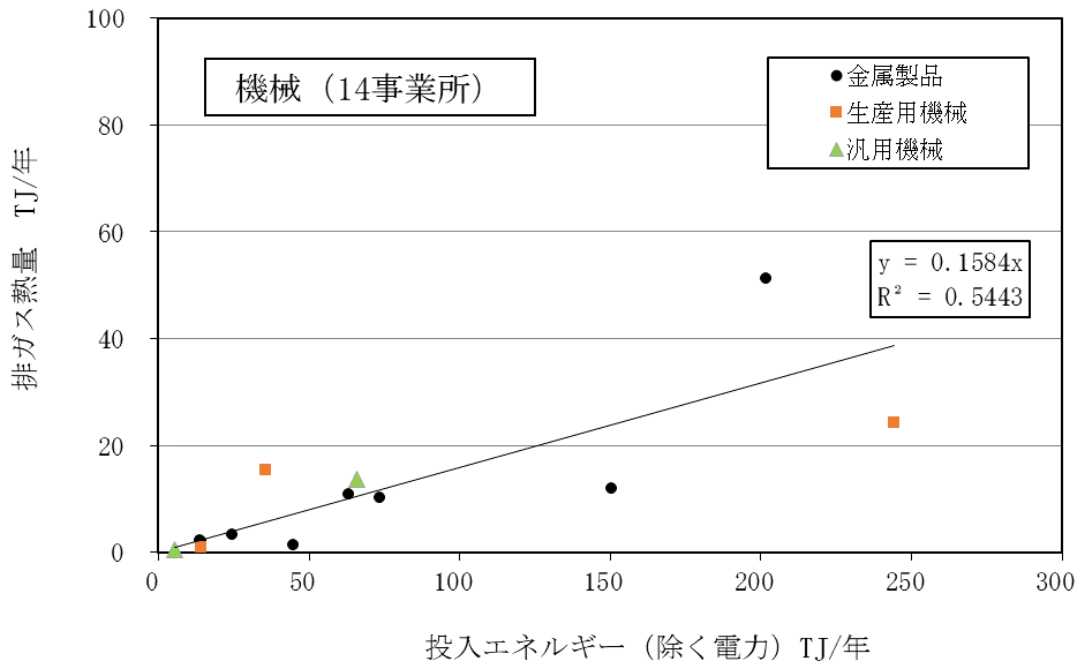
注2：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注3：熱量は高位発熱量である。

図13 投入エネルギー量 (除く電力) と排ガス熱量との関係 (非鉄・金属製品)



(9) 機械



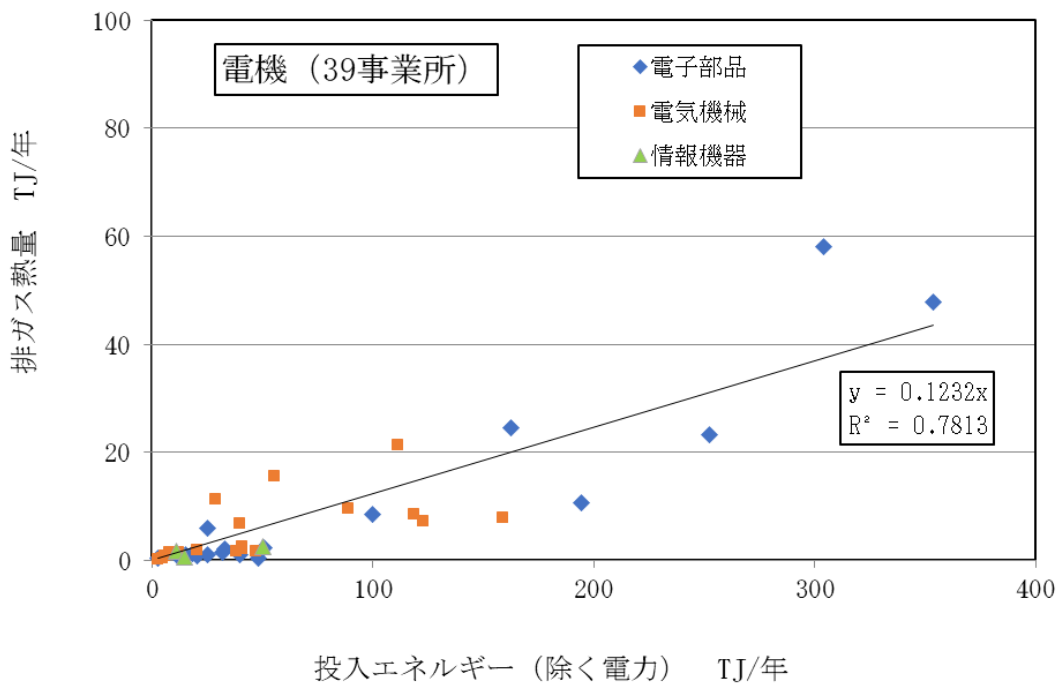
注1：投入エネルギーの多い事業所は線形回帰への影響が大きいため、別扱い事業所として線形回帰データから除外した。

注2：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注3：熱量は高位発熱量である。

図14 投入エネルギー量 (除く電力) と排ガス熱量との関係 (機械)

(10) 電気機械



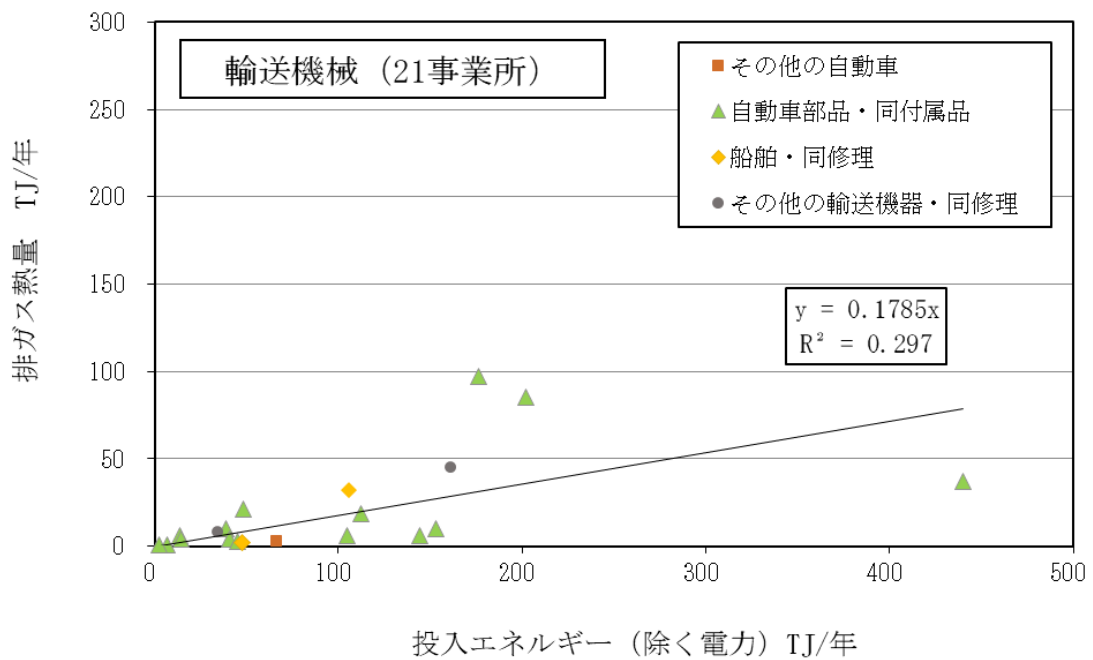
注1：投入エネルギーの多い事業所は線形回帰への影響が大きいため、別扱い事業所として線形回帰データから除外した。

注2：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注3：熱量は高位発熱量である。

図15 投入エネルギー量 (除く電力) と排ガス熱量との関係 (電気機械)

(11) 輸送機械



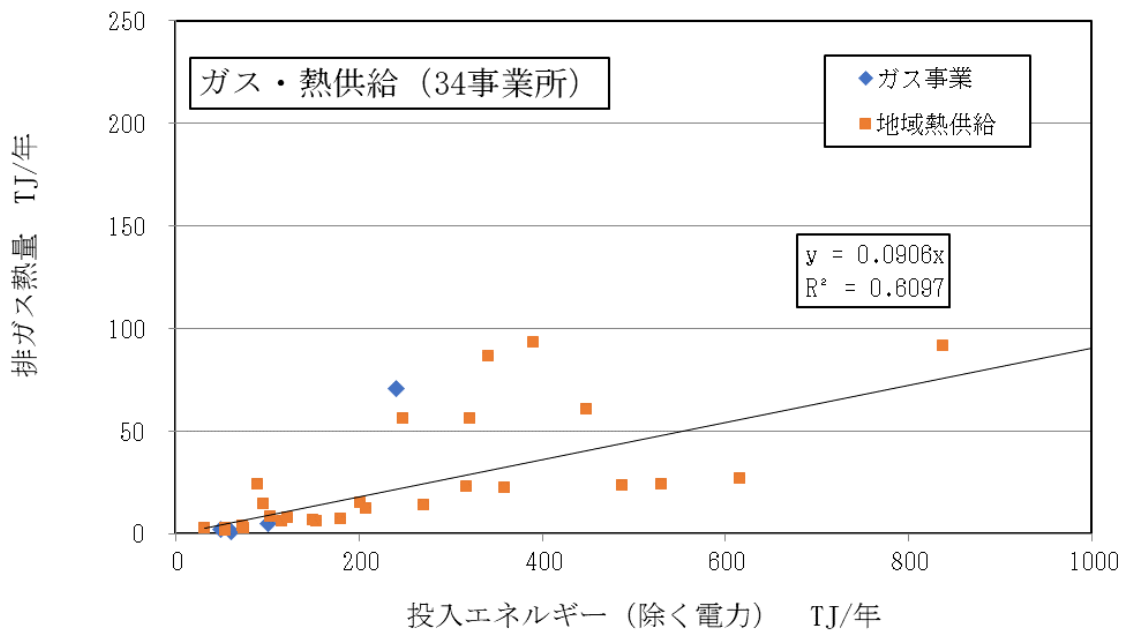
注1：投入エネルギーの多い事業所は線形回帰への影響が大きいため、別扱い事業所として線形回帰データから除外した。

注2：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注3：熱量は高位発熱量である。

図16 投入エネルギー量（除く電力）と排ガス熱量との関係（輸送機械）

(12) ガス・熱供給

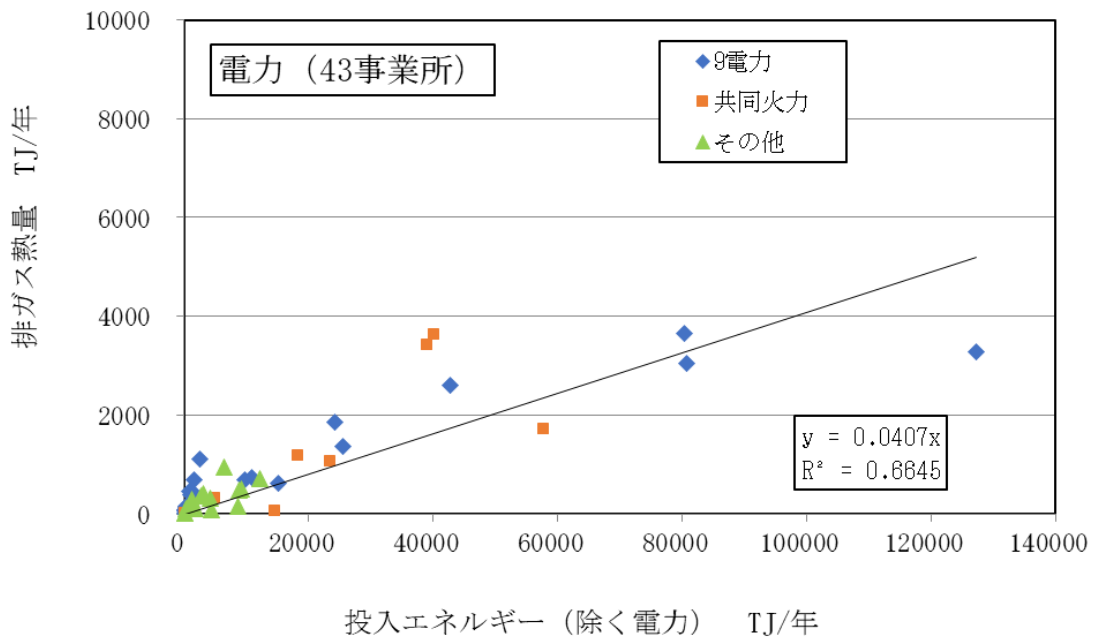


注1：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注2：熱量は高位発熱量である。

図17 投入エネルギー量（除く電力）と排ガス熱量との関係（ガス・熱供給）

(13) 電力



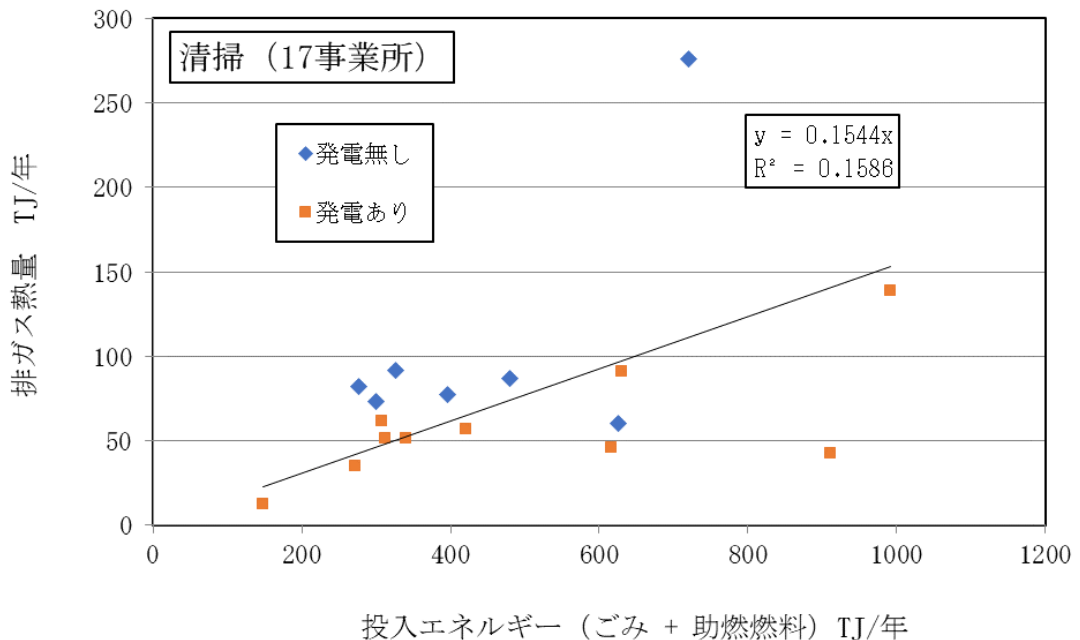
注1：投入エネルギーの多い事業所は線形回帰への影響が大きいため、別扱い事業所として線形回帰データから除外した。

注2：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注3：熱量は高位発熱量である。

図18 投入エネルギー量 (除く電力) と排ガス熱量との関係 (電力)

(14) 清掃



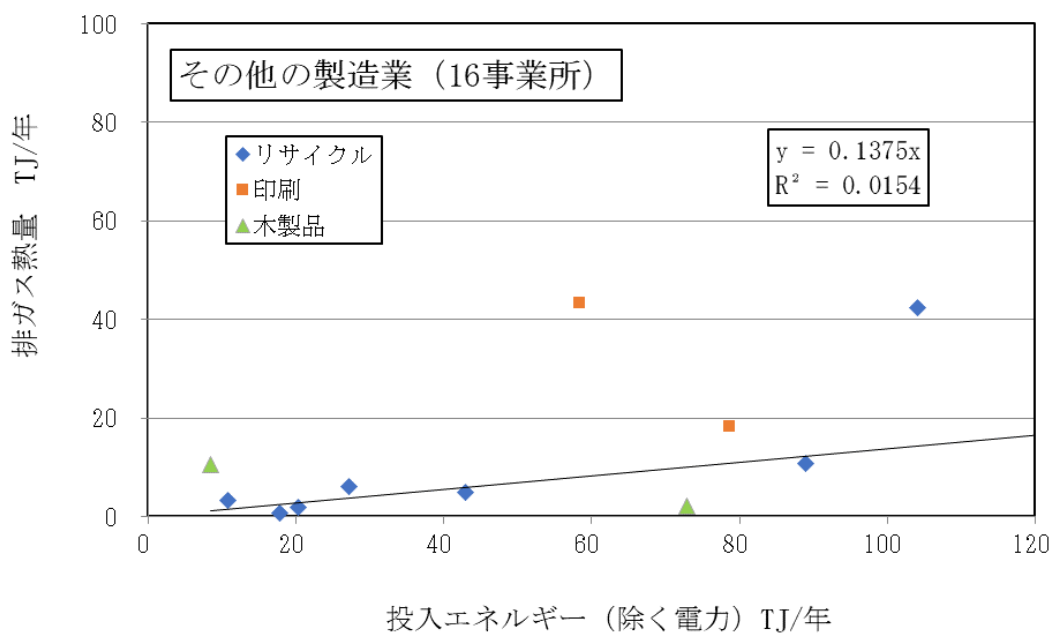
注1：投入エネルギーの多い事業所は線形回帰への影響が大きいため、別扱い事業所として線形回帰データから除外した。

注2：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注3：廃棄物 (ごみ) および助燃燃料の熱量は高位発熱量である。

図19 投入エネルギー量 (除く電力) と排ガス熱量との関係 (清掃)

(15) その他の製造業



注1：事業所が特定される可能性があるため、投入エネルギー上位事業所は当該グラフに記載していない。

注2：熱量は高位発熱量である。

図20 投入エネルギー量 (除く電力) と排ガス熱量との関係 (その他の製造業)

### 1.3.4.2 日本全体の未利用排ガスエネルギーの推定

前述の 1.3.4.1 項で求めた回帰式を用いて、1.2.3 項(4)~(6)のデータ処理により、業種別の投入エネルギー (除く電力) から排ガス熱量の全国値を推定した。石油・石炭及び鉄鋼業については、文献および業界団体や特定企業等へのヒアリング情報によって全国値を推定した。推定方法の詳細は、4.6 節に別掲した。

推定の結果を表7に示す。また、温度別の業種別排ガス熱量の全国推定値を表8に示す。

表7 業種別の投入エネルギー（除く電力）及び排ガス熱量の全国推定値

	食料品	繊維	パルプ・紙	化学	石油・石炭	窯業・土石製品	鉄鋼	非鉄金属	機械	電気機械	輸送機械	ガス・熱供給	電力	清掃	その他製造業	合計
投入熱量(除く電力)の全国値 [TJ/year]	180312	99802	468149	913659	—	353186	—	70445	29219	51612	71082	62687	6244853	374028	172820	9091854
投入熱量の全国値に対するアンケート値の割合 [%]	5.5	4.5	3.1	4.8	0.0	6.8	0.0	10.9	7.5	8.2	6.4	16.9	17.3	2.2	1.5	13.4
線形近似式の傾き	0.1166	0.0766	0.0552	0.1125	--	0.1333	--	0.2330	0.1584	0.1232	0.1785	0.0906	0.0407	0.1544	0.1375	--
決定係数 R <sup>2</sup>	0.7143	0.4056	0.1157	0.6061	--	0.9744	--	0.6992	0.5443	0.7813	0.2970	0.6097	0.6645	0.1586	0.0154	--
排ガス熱量全国推定値 [TJ/year]	21197	7937	26240	103136	44889	47080	104474	16367	4611	6621	12648	5679	260621	57942	23763	743206
排ガス熱量割合 [%]	11.76	7.95	5.61	11.29	0.00	13.33	0.00	23.23	15.78	12.83	17.79	9.06	4.17	15.49	13.75	8.17

注：投入熱量の全国値は文献(4)の2015年度値

窯業・土石製品、ガス・熱供給及びその他製造業は別扱い事業所なしの回帰式の値。それ以外の業種は、線形回帰において別扱いの事業所を設定した回帰式の値  
石油・石炭及び鉄鋼は、主要事業所からのアンケート回答が得られなかったため、文献および業界団体ヒアリング情報による推計  
清掃業におけるごみの発熱量は、文献(5)の施設別整備状況における2015年度値から算出

表8 温度帯別の業種別排ガス熱量の全国推定値 [単位：TJ/year]

		食料品	繊維	パルプ・紙	化学	石油・石炭	窯業・土石製品	鉄鋼	非鉄金属	機械	電気機械	輸送機械	ガス・熱供給	電力	清掃	その他製造業	合計
排ガス温度 [°C]	～99	905	347	1434	4759	0	3928	0	331	137	1002	554	58	49242	0	921	63617
	100～149	5687	3486	10281	18642	12513	17129	31395	1162	330	1498	2106	2164	186851	6978	191	300414
	150～199	11583	2709	13145	56556	17875	18436	32604	343	1513	2391	1311	2663	5742	24829	9663	201363
	200～249	1125	510	864	10580	8938	6115	7601	3184	675	1606	906	551	80	23407	9704	75847
	250～299	491	62	116	1697	5563	1225	0	1867	1306	113	3188	1	5557	0	1051	22238
	300～349	318	821	365	5566	0	94	2694	1335	96	0	40	34	8382	2580	592	22918
	350～399	1046	0	18	1586	0	120	3688	1101	130	0	182	0	4755	0	9	12635
	400～449	0	2	1	772	0	33	8771	380	2	11	330	115	5	148	0	10570
	450～499	0	0	0	345	0	0	0	228	141	0	941	92	1	0	99	1847
	500～	41	0	17	2632	0	0	17721	6436	282	0	3090	0	4	0	1532	31755
合計		21197	7937	26240	103136	44889	47080	104474	16367	4611	6621	12648	5679	260621	57942	23763	743206

### 1.3.4.3 日本全体の未利用排ガスエネルギーの温度帯別傾向

15 業種全体の温度帯別の未利用排ガスエネルギーの全国推定値を図 21 に、また温度帯別の業種別全国推定値を図 22 に示す。さらに、図 22 のデータについて、排ガス熱量が多い業種、中程度の業種、少ない業種に分類し、グラフ縦軸の尺度を調節した図を、それぞれ図 23、24、25 に示す。

図 21 のように排ガス熱量は 100～149℃の温度帯に集中し、全体の 41%を占めている。100～199℃の温度帯でみれば全体の 70% (522 PJ/year) が排出されており、さらに 250℃未満でみれば全体の 89%が排出されている。

図 22 のように電力業は化学工業の 4 倍近い大きさのピークを持ち、全体の 4 分の 1 の排熱が 100～149℃の温度帯で電力業から排出されている。

清掃業とその他製造業は、焼却炉からの排熱が多く、排出温度の傾向が類似している (図 24)。

排ガス熱量が少ない業種の中では、非鉄金属、輸送機械業の 500℃以上の高温排熱が特徴的である (図 25)。

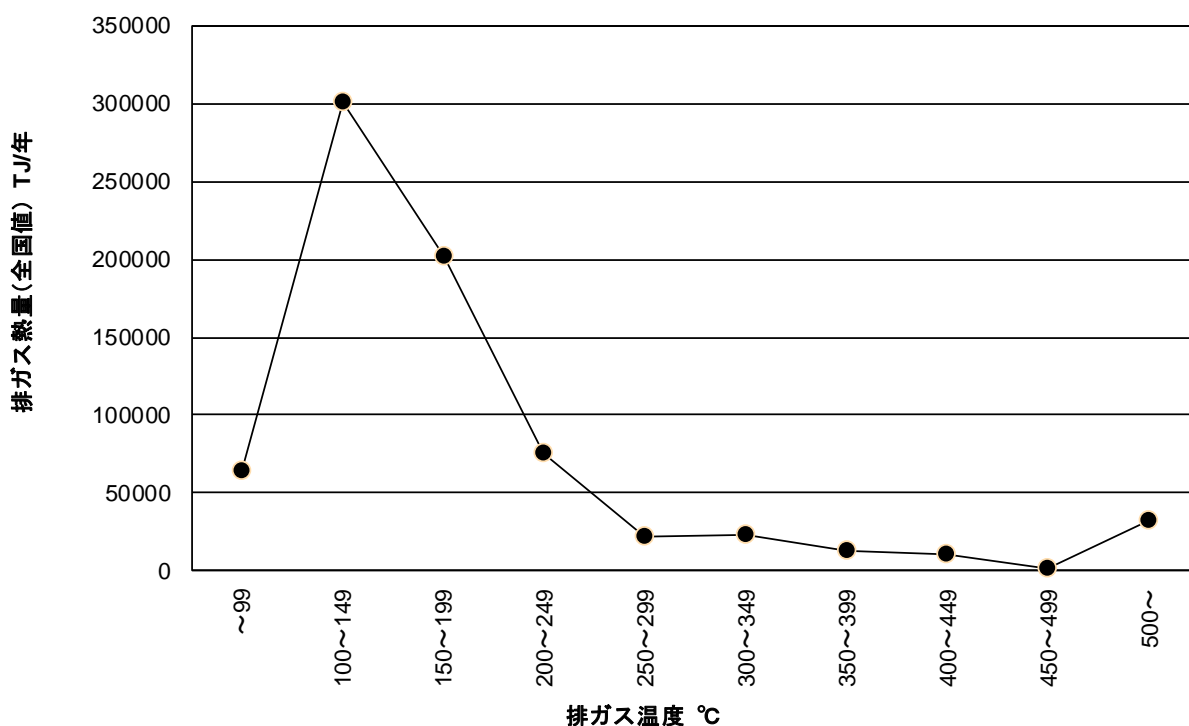


図 21 15 業種全体の温度帯別の排ガス熱量の全国推定値

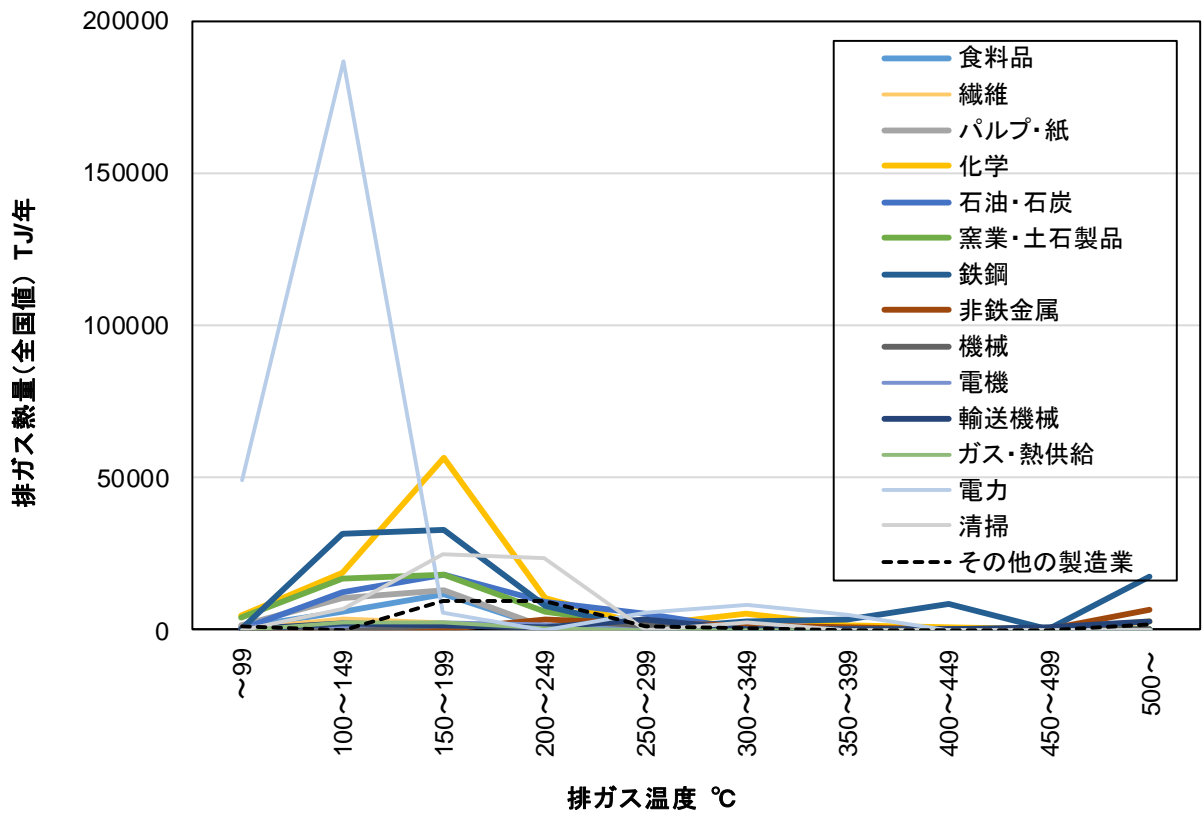


図 22 15 業種の温度帯別の排ガス熱量の全国推定値

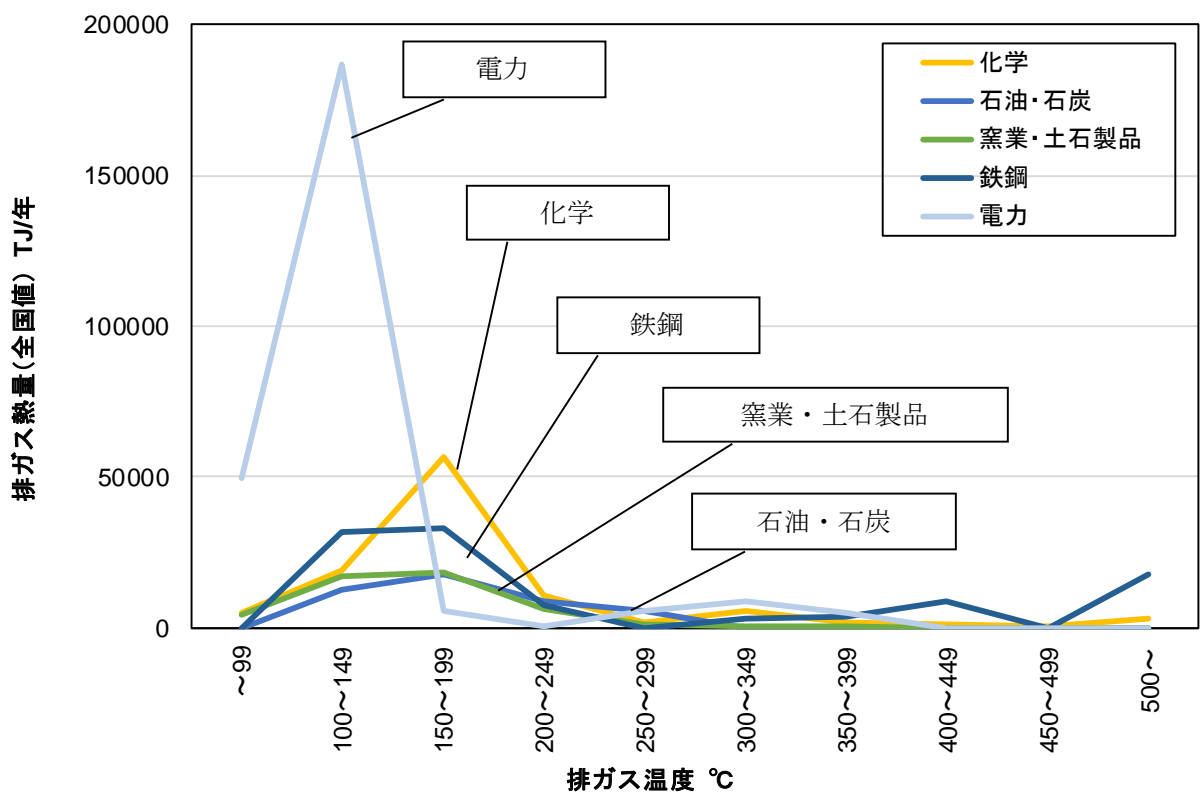


図 23 温度帯別の排ガス熱量の全国推定値 (図 22 で排ガス熱量が多い業種)

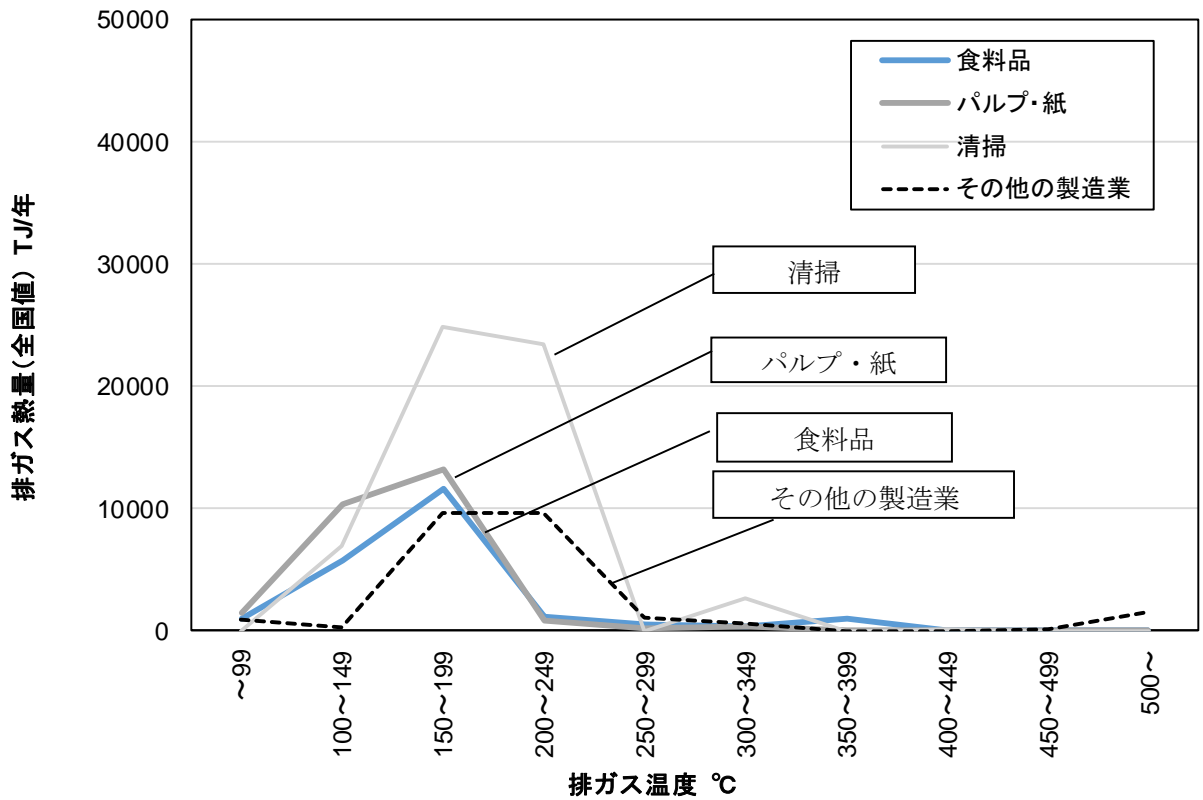


図 24 温度帯別の排ガス熱量の全国推定値 (図 22 で排ガス熱量が中程度の業種)

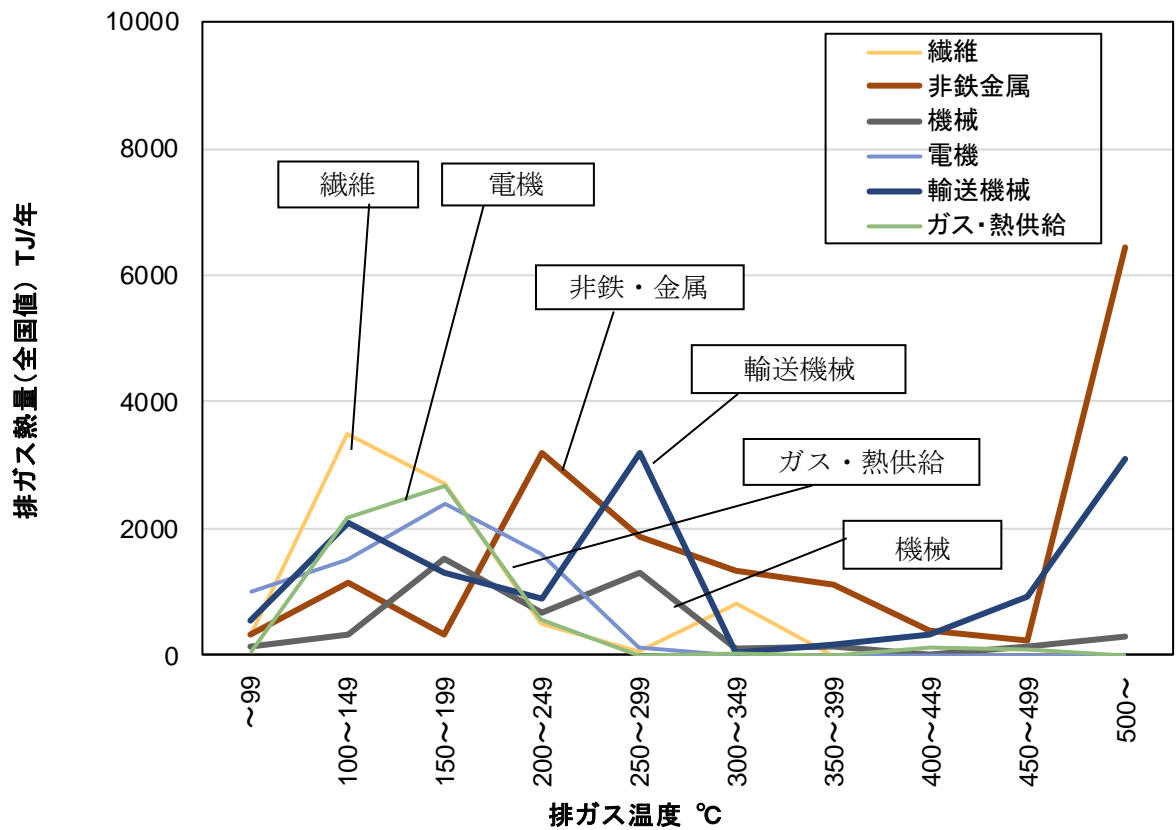


図 25 温度帯別の排ガス熱量の全国推定値 (図 22 で排ガス熱量が少ない業種)



### 1.3.4.4 日本全体の未利用排ガスエネルギーの業種別傾向

業種別の温度帯別排ガス熱量（エネルギー）の全国推定値を図26に示す。また、図26で排ガス熱量が突出している電力業を除いて、グラフ縦軸の尺度を調節した図を図27に示す。さらに、業種ごとの温度帯別の排ガス熱量の全国推定値の構成割合を図28に示す。

業種別でみると、電力、鉄鋼、化学工業の順に排ガス熱量が多い（図26）。

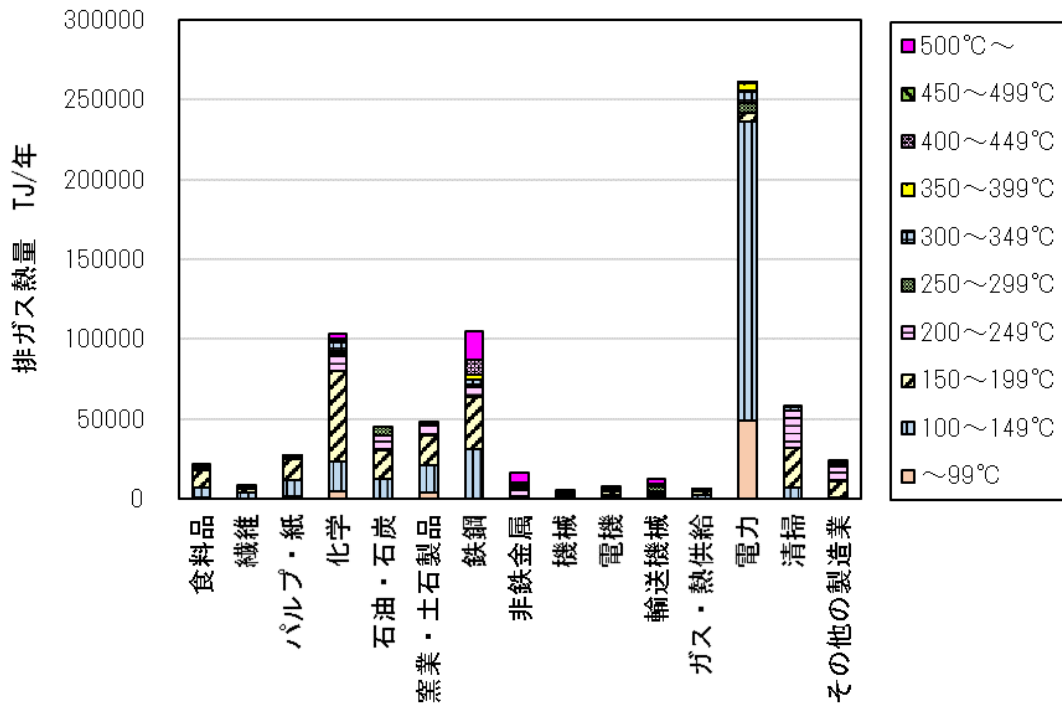


図26 業種別の温度帯別排ガス熱量（エネルギー）の全国推定値（15業種）

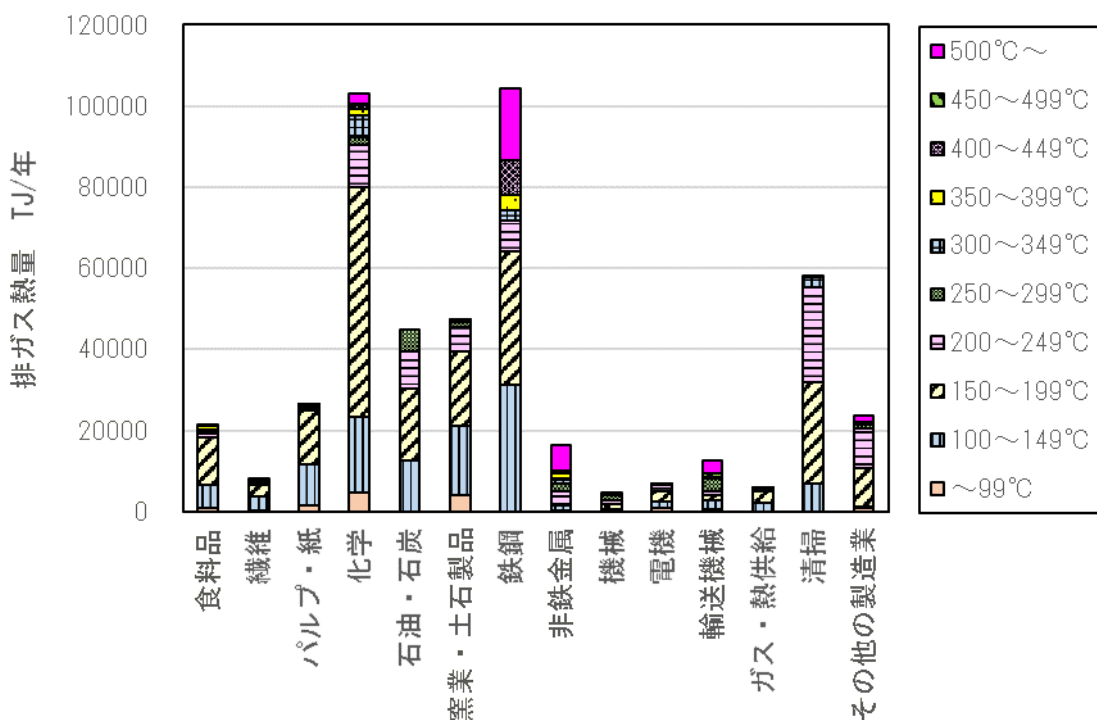


図27 業種別の温度帯別排ガス熱量（エネルギー）の全国推定値（図26で電力業を除く14業種）

図28によれば、石油・石炭、鉄鋼業は、大手メーカーの数値が反映されるので、アンケート値の図3とは傾向が異なっている。溶解炉を持つ鉄鋼、非鉄金属、輸送機械業は、500℃以上の排熱が占める割合が他業種よりも大きい。電力業の排熱の約9割は149℃以下の排熱で、有効利用に工夫が求められる。

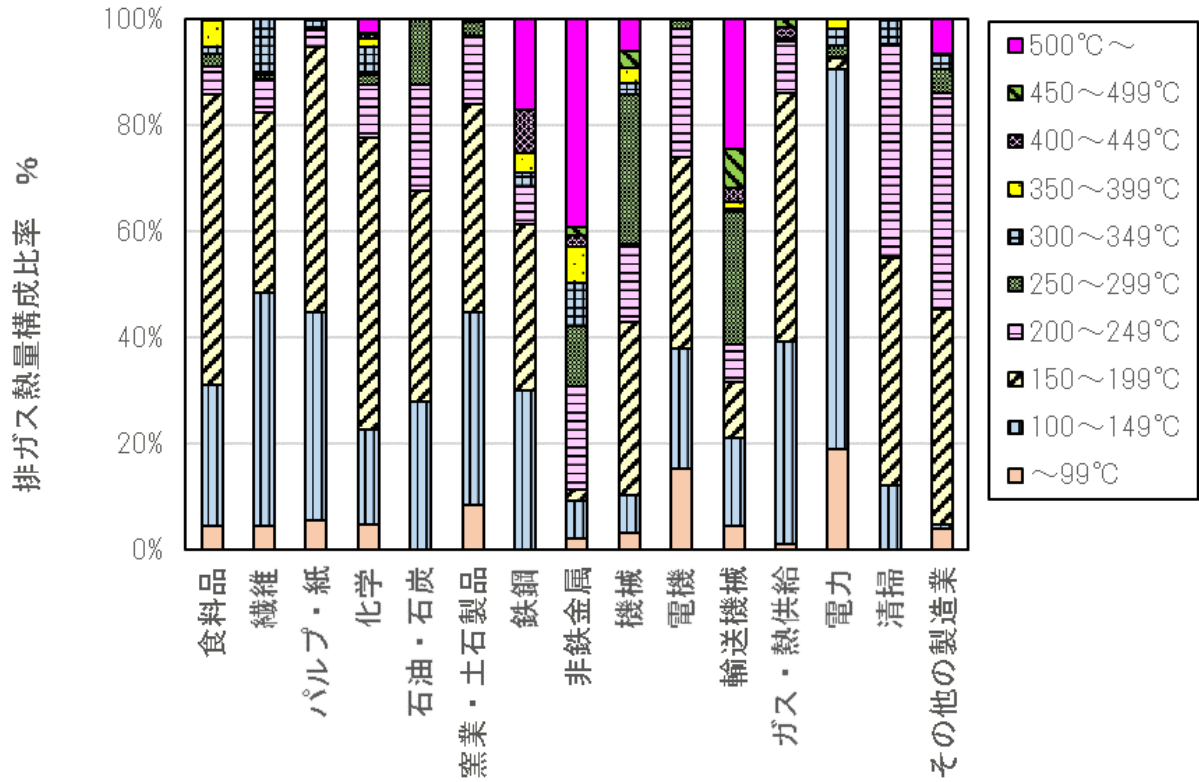


図28 業種別排ガス熱量の全国推定値の温度帯別の構成割合

### 1.3.4.5 日本全体の未利用排ガスエネルギーの変化

本調査の結果と文献(1)による 2000 年時点の未利用排ガスエネルギーとの比較を図 29 に示す。文献(1)に記載されている排ガス熱量の全国値は、当時の投入エネルギーの全国値を利用しているが、その値は文献(4)で修正されているため、文献(1)で報告されている投入エネルギー（除く電力）と排ガス熱量との回帰式に文献(4)の 2000 年時点の業種別投入エネルギーを代入して、修正値を求めた。求めた修正値を表 9 に示す。

図 29 によれば 2015 年の 15 業種全体の排ガス熱量は、2000 年から約 14%低下している。本調査は文献(1)の調査とは、調査対象事業所や回答者が完全には一致しないので、厳密な比較にはならないが、2015 年までの 15 年間に 1 割程度の省エネルギーが達成されていることが推測される。

文献(1)に記載されている 15 業種の排ガス熱量の全国推定値を 4.7 節の表 32 に転載する。また、文献(1)の温度帯別の 15 業種の排ガス熱量の全国推定値の修正値を 4.7 節の表 33 に別掲する。さらに、本調査と文献(1)の業種ごとの比較は 4.8 節の図 181～195 に示す。

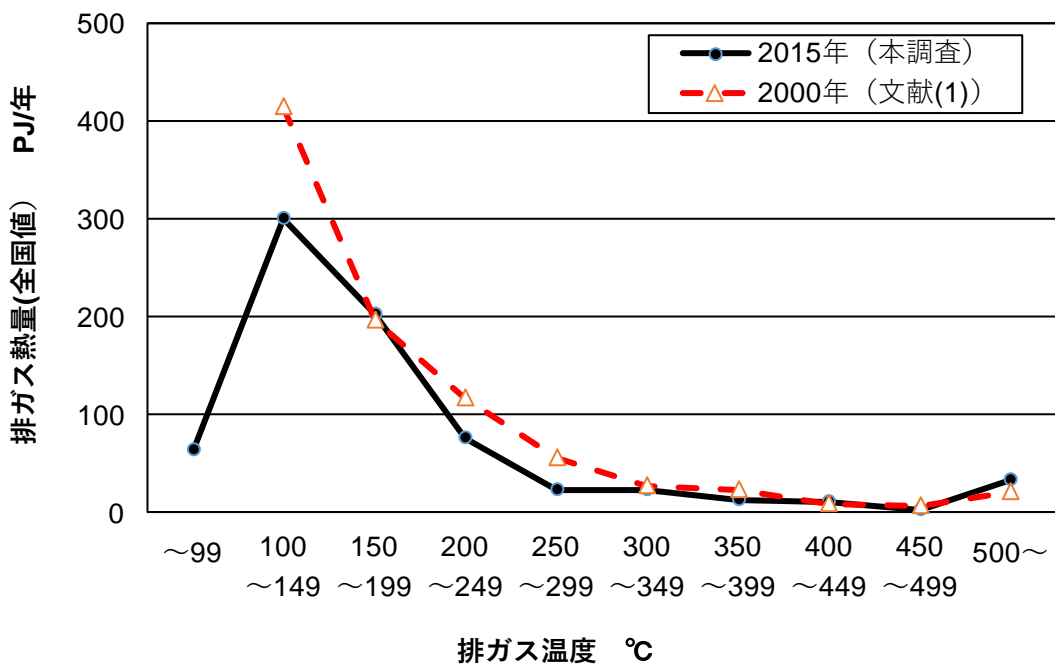


図 29 未利用排ガスエネルギーの 2000 年調査結果との比較

表9 文献(1)による排ガス熱量の全国推定値

【参考】文献(1)	食料品	繊維	パルプ・紙	化学	石油・石炭	窯業・土石製品	鉄鋼	非鉄金属	機械	電気機械	輸送機械	ガス・熱供給	電力	清掃	その他製造業	合計
近似式の傾き	0.092	0.130	0.082	0.088	--	0.127	--	0.196	0.189	0.165	0.194	0.096	0.061	--	0.121	--
決定係数 R <sup>2</sup>	0.608	0.683	0.544	0.737	--	0.802	--	0.608	0.770	0.803	0.659	0.433	0.465	--	0.948	--
排ガス熱量全国推定値 [TJ/year]	18130	9419	52983	227663	59953	58990	150145	14676	12759	15271	15911	11242	280340	84889	4287	1016645
排ガス熱量全国推定修正値 [TJ/year]	15239	25969	56637	93392	59884	63551	73241	21821	4092	12122	11810	4096	302285	84927	33092	862158

#### 1.3.4.6 日本全体の未利用排温水熱量、固体顕熱量(エネルギー)の推定

前述の1.2.3項(7)の処理方法で求めた未利用排温水の熱量、固体顕熱(エネルギー)の全国推定値を表10に示す。

温水排熱は15業種で2711 PJ/yと見積もられ、排ガス排熱743 PJ/yの3.6倍になっており、また温水排熱の74%は電力業から出ている計算となった。

文献(1)の15業種の温水排熱は93466 TJ/y、固体排熱は28063 TJ/yと推定されており、本調査での推定値は温水排熱で29倍、固体排熱で0.5倍となり、両者の乖離は大きい。表10の値は、一定の仮定の下での推定であり、窯業、鉄鋼業、非鉄金属業以外の固体顕熱量始め捉え切れていない状況が多々あるものと考えられる。

表10 未利用の排温水熱量、固体顕熱量(エネルギー)の全国推定値

業種	淡水回収水 (m <sup>3</sup> /日)	海水 (m <sup>3</sup> /日)	回収水+海水 (m <sup>3</sup> /日)	温水排熱 (TJ/年)	固体顕熱 (TJ/年)
食料品	947287	683115	1630402	10223	-
繊維	1086801	33684	1120485	7025	-
パルプ・紙	3973549	27711	4001260	25088	-
化学	33263858	12536043	45799901	287165	-
石油・石炭	6006368	6175345	12181713	76379	-
窯業・土石製品	1833469	860845	2694314	16893	4410
鉄鋼	0	0	0	194937	10560
非鉄金属	1742783	1341717	3084500	19340	18
機械	310233	16252	326485	2047	-
電気機械	2136598	0	2136598	13396	-
輸送用機械	5937940	19179	5957119	37351	-
ガス・熱供給	0	0	0	-	-
電力	0	0	0	2016973	-
清掃	0	0	0	-	-
その他製造業	696088	0	696088	4364	-
合計	57934974	21693891	79628865	2711183	14988

### 1.3.5 日本全体の未利用排ガスエクセルギー

#### 1.3.5.1 日本全体の未利用排ガスエクセルギーの推定

15 業種における排ガスの有効エネルギー（エクセルギー）の全国推定値を表 11 に示す。排ガスエクセルギーは、排ガスの温度が各温度帯の中央値にあり、また環境温度が 20℃にあるものと仮定して計算した。有効エネルギー（エクセルギー）は、環境温度との間で有効な仕事のできる量を示しており、排ガスの温度低下量が同じであっても環境との温度差が大きいほど有効性は高く、数値は大きくなる。

表 11 15 業種における排ガスエクセルギーの全国推定値

排ガス 温度 [°C]	排ガス 温度 中央値 [°C]	食料品	繊維	パルプ・ 紙	化学	石油・ 石炭	窯業・ 土石 製品	鉄鋼	非鉄 金属	機械	電気 機械	輸送 機械	ガス・ 熱供給	電力	清掃	その他 製造業	合計
～99	70	69	27	110	365	0	301	0	25	10	77	42	4	3777	0	71	4880
100～149	125	827	507	1494	2709	1819	2489	4563	169	48	218	306	314	27156	1014	28	43661
150～199	175	2286	534	2594	11160	3527	3638	6434	68	298	472	259	526	1133	4899	1907	39735
200～249	225	272	123	209	2559	2162	1479	1839	770	163	388	219	133	19	5662	2347	18346
250～299	275	138	17	33	476	1561	344	0	524	367	32	894	0	1559	0	295	6240
300～349	325	100	258	115	1751	0	30	848	420	30	0	13	11	2638	812	186	7211
350～399	375	361	0	6	547	0	41	1272	380	45	0	63	0	1640	0	3	4358
400～449	425	0	1	0	287	0	12	3263	141	1	4	123	43	2	55	0	3932
450～499	475	0	0	0	137	0	0	0	90	56	0	373	37	0	0	39	732
500～	750	20	0	8	1311	0	0	8828	3206	141	0	1539	0	2	0	763	15819
合計		4073	1468	4569	21304	9069	8335	27045	5794	1159	1191	3831	1069	37927	12442	5639	144914

注：排ガス温度区分「～99°C」では、当該温度区分の下限を 40°Cとして、中央値を 70°Cとした

排ガス温度区分「500°C～」では、当該温度区分の上限を 1000°Cとして、中央値を 750°Cとした

### 1.3.5.2 日本全体の未利用排ガスエクセルギーの業種別傾向

業種別の温度別排ガスエクセルギーの全国推定値を図 30 に示す。また、図 30 で排ガスエクセルギーの大きい電力業を除いて、グラフ縦軸の尺度を調節した図を図 31 に示す。

エネルギーをグラフの縦軸に取った図 26 と比べると、図 30 のように低温の排熱の多い電力業はエクセルギーが相対的に小さくなる。逆に、高温の排熱の多い化学、鉄鋼、非鉄金属、輸送機械業はエクセルギーが相対的に大きくなり、有効性の点では電力業に近づいている。

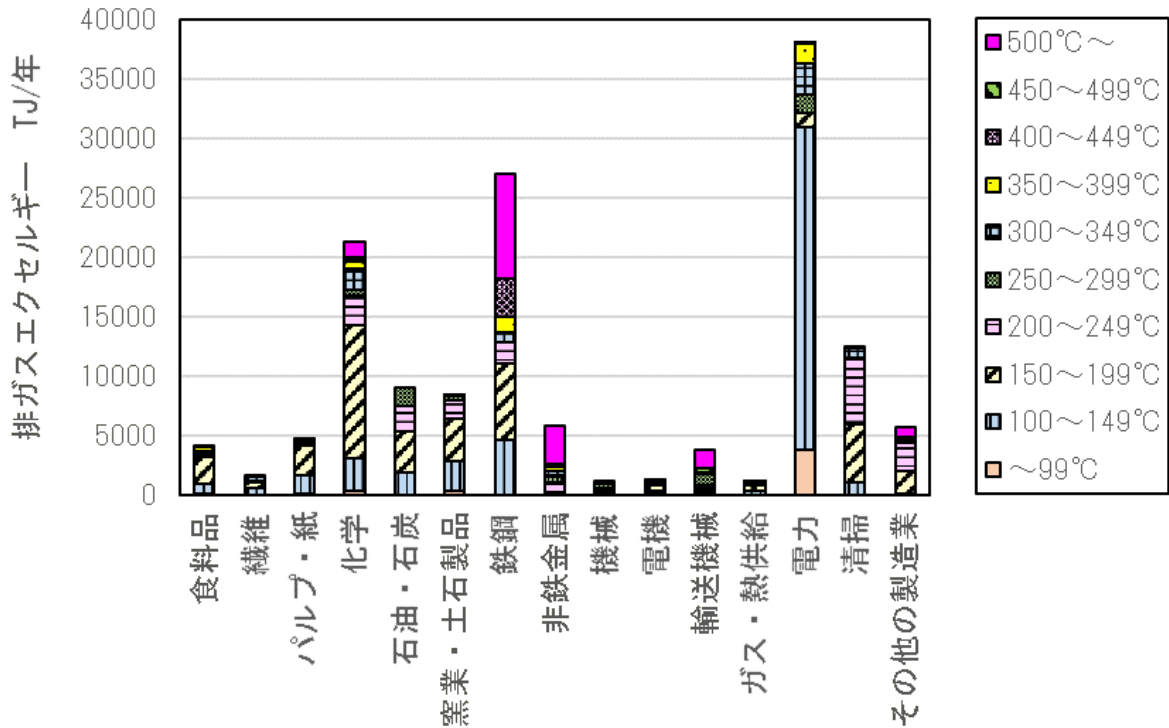


図 30 業種別の温度別排ガスエクセルギーの全国推定値 (15 業種)

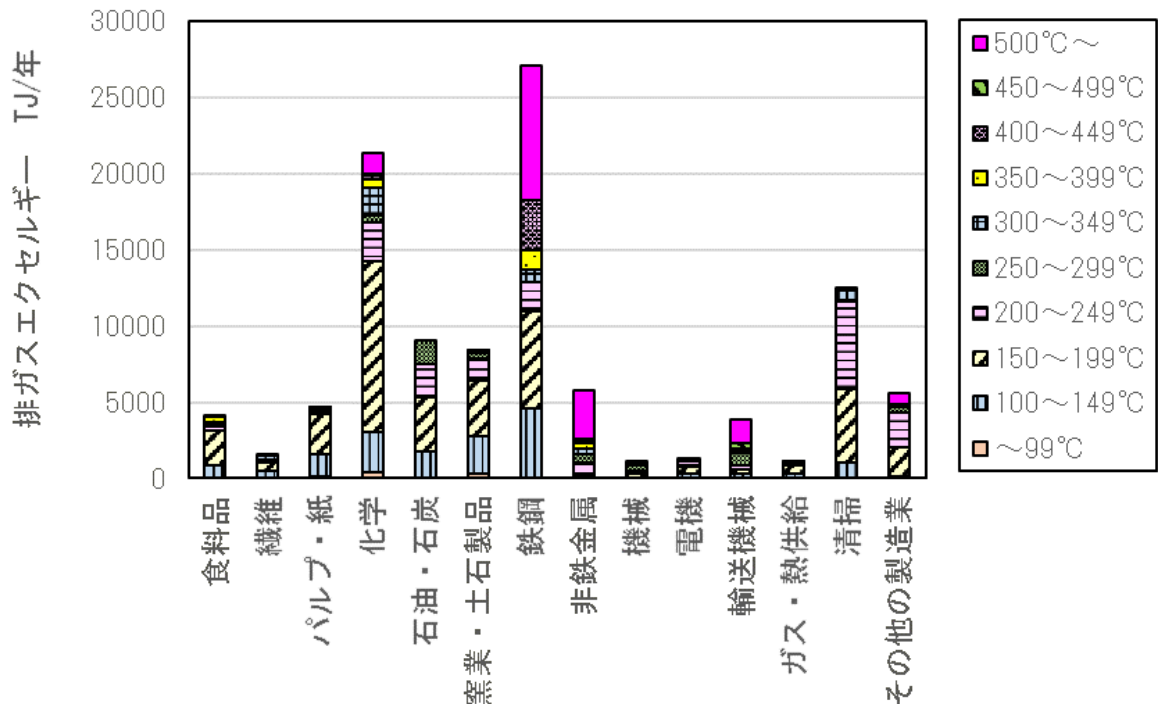


図 31 業種別の温度別排ガスエクセルギーの全国推定値 (図 30 で電力業を除く 14 業種)



### 1.3.6 都道府県別の未利用排ガスエネルギーの推定

前述の 1.2.3 項(8)のデータ処理方法によって、都道府県別、業種別のエネルギー投入量を推計し、調査結果から得た業種ごとの投入エネルギー（除電力）に対する排ガス熱量の回帰近似式を用いて、都道府県別の業種別未利用排ガスの熱量を推定した。推定結果を表 13 に示す。

本推定は、出荷額推定の段階で統計値のないデータもあり、推計誤差は大きい。このため、あくまでも参考値と考えられたい。

(参考)

都道府県別、業種別のエネルギー投入量を推定するに当たって、公開されている統計データを比較すると、表 12 のような関係になり、各文献は表中「○」のあるデータが提供されていた。すなわち、都道府県別、業種別、エネルギー種別の投入エネルギーを統計値の組み合わせで算出することはできない。そこで、製造品目毎に石油等消費動態統計の対象と対象外に仕分けして各都道府県の出荷額を推定し、都道府県毎のエネルギー種別消費量を該当製品の出荷額で業種別に比例配分し、さらに業種別に配分値の総和が統計値と一致するよう係数をかけて補正する方法を試みたが、推定誤差が大きく、1.2.3 項(8)の方法の方が都道府県間の推定値の不整合が小さかった。

表 12 参考にした統計データ

	集計対象		分類状況							単位		
	動態統計対象	動態統計非対象	P業種	Q都道府県	Rエネルギー	P×Q	P×R	Q×R	P×Q×R	固体単位	熱量単位	原油換算
A 直接エネルギー投入表(石油等消費動態統計を含む):文献(11)	○*1	○	-	○	-	○	-	-	○	○	△*2	-
B 直接エネルギー投入表(石油等消費動態統計を含まない):文献(16)	-	○	○	-	○	-	○	-	-	○	○	△*2
C 都道府県・業種別エネルギー消費:文献(17)	-	○	○	○	-	○	-	-	-	-	○	○
D 都道府県・エネルギー種別エネルギー消費量:文献(18)	-	○	-	○	○	-	-	○	-	○	○	△*2
E 品目群による都道府県別出荷額(産業中分類別、従業者4人以上の事業所):文献(10)	○*1	○	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-
F 品目別、都道府県別の出荷及び産出事業所数(従業者4人以上の事業所):文献(12)	○	○	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-
G 石油等消費動態統計(業種別エネルギー消費):文献(19)	○	-	○	-	○	-	○	-	-	○	○	△*2
H 石油等消費動態統計(都道府県別エネルギー消費量):文献(20)	○	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-	○

\*1：石油等消費動態統計の対象と非対象の値は分けられていない

\*2：固有単位の表の項目（都道府県、業種等）毎の合計値は原油換算値

※ 統計期間は、E・Fは暦年（1～12月）、その他は年度（4月～翌年3月）

表 13 都道府県別の未利用排ガスエネルギー [単位：TJ/year]

	食料品	繊維	パルプ・紙	化学	石油・石炭	窯業・土石	鉄鋼	非鉄金属	機械	電気機械	輸送機械	ガス・熱供給	電力	清掃	その他製造業	合計
全国計	21197	7937	26240	103136	44889	47080	104474	16367	4611	6621	12648	5679	260621	57942	23763	743206
北海道	1346	55	1650	833	3329	1044	2439	38	34	53	83	88	8601	2061	575	22229
青森	250	21	363	125	19	296	540	36	19	48	10	6	899	580	69	3279
岩手	217	36	218	264	38	686	515	27	46	56	126	8	311	616	283	3446
宮城	408	29	710	637	1407	941	939	133	48	120	110	45	3305	1093	385	10311
秋田	68	50	188	266	13	359	111	49	23	62	15	12	3802	528	175	5720
山形	196	86	247	787	16	612	173	99	37	141	29	13	1568	482	319	4804
福島	231	102	693	2110	44	1467	523	303	76	214	90	17	15891	1083	366	23210
茨城	1100	147	826	5649	141	2194	4993	1260	283	215	121	49	12209	1242	1006	31434
栃木	967	110	874	3188	66	1088	1386	687	139	223	367	19	57	804	506	10480
群馬	602	89	277	3130	30	647	1460	205	115	136	800	52	48	1025	528	9144
埼玉	1070	171	1706	5672	108	1673	1699	1162	189	237	422	292	175	3198	1884	19657
千葉	1020	58	442	6647	8893	1875	10644	341	136	92	26	413	33950	2800	829	68168
東京	506	140	528	1541	99	1188	1046	142	101	287	378	1137	2854	7174	2324	19445
神奈川	1042	84	765	5983	7273	1997	3964	608	265	314	925	608	28982	3784	741	57335
新潟	464	127	884	1577	58	856	1172	152	116	127	42	119	12934	985	333	19947
富山	127	150	593	1970	19	581	1033	668	90	68	33	13	1600	273	355	7571
石川	110	319	86	523	17	414	312	71	91	120	33	9	2735	620	357	5817
福井	36	390	205	835	14	327	167	292	19	92	36	4	2995	421	280	6113
山梨	180	74	63	403	11	414	60	85	83	119	22	10	0	468	197	2189
長野	382	27	249	690	40	774	250	203	136	267	78	35	0	775	480	4385
岐阜	241	255	781	1906	34	2410	1328	149	108	85	231	36	0	962	535	9059
静岡	1356	235	3045	5982	76	1127	1172	962	201	407	934	136	511	1733	1069	18947
愛知	1217	863	1296	7608	2660	4387	14373	1029	523	451	3992	478	23131	3280	1703	66991
三重	322	132	330	4414	3137	1607	507	816	116	494	514	57	9031	642	325	22444
滋賀	306	415	467	3993	28	2323	578	303	165	176	222	74	2	514	586	10150
京都	843	235	440	927	23	1277	300	139	88	140	121	185	4473	1123	809	11125
大阪	865	599	1202	6580	4674	1409	7993	1229	342	285	235	875	10420	4687	1717	43115
兵庫	1127	417	995	5825	378	1963	10324	559	304	457	269	416	18406	2791	897	45127
奈良	127	148	195	640	30	230	183	59	47	33	45	58	0	442	332	2569
和歌山	115	130	121	1121	1545	295	4461	25	43	7	4	45	1775	506	148	10342
鳥取	79	37	344	47	6	75	100	5	7	38	4	5	201	228	71	1248
島根	50	96	70	176	8	249	1002	31	15	58	18	4	2534	264	104	4679
岡山	396	512	313	3672	3606	1272	5827	119	73	116	206	19	3609	857	550	21147
広島	355	372	369	2216	61	852	8012	451	145	231	675	81	4675	1085	622	20201
山口	161	133	356	4645	3002	1605	3789	248	44	23	268	24	7813	689	177	22977
徳島	119	65	449	1523	7	124	215	0	18	58	4	6	6717	368	168	9842
香川	221	111	425	622	294	511	235	860	35	35	54	8	1396	435	212	5454
愛媛	225	425	1915	1463	1470	239	677	1147	33	27	91	8	3337	506	130	11692
高知	51	27	224	53	8	309	135	31	10	4	7	5	620	330	87	1902
福岡	883	88	297	2466	278	2127	5756	300	85	106	664	115	6262	2453	663	22541
佐賀	199	31	255	699	11	279	118	221	19	57	40	6	65	378	239	2617
長崎	172	34	15	69	7	281	145	1	40	66	67	23	8009	643	61	9632
熊本	250	50	333	872	29	414	274	76	48	77	76	17	3326	771	163	6774
大分	146	38	106	1863	1652	715	3367	994	29	90	138	14	8086	581	105	17924
宮崎	272	191	154	794	14	205	40	4	9	55	12	8	300	261	154	2472
鹿児島	655	27	154	98	17	998	19	44	13	56	11	22	460	673	99	3345
沖縄	123	6	24	33	199	363	121	7	4	1	0	6	2547	728	43	4205

### 1.3.7 産業技術や製造プロセスの変化動向に関する意見

#### 1.3.7.1 業界の将来技術動向

未利用熱エネルギー発生状況とその対策、国への要望等（4.1.5 項、設問 5)-1)) について、自由回答いただいた内容を共通項でくくり、分類分けすると図 32 のようになった。各分類項目の棒グラフの上段は第一種エネルギー管理指定工場の回答を、下段は第二種エネルギー管理指定工場の回答を示している。

未利用熱エネルギー発生状況とその対策に対しては、補助金や経済的支援への要望が最も多かった。これは、特定の業種や第一種、第二種によらず共通している。二番目に多かったのは、技術革新への要望・技術の周知の必要性であった。6 業種の回答には、電池充放電時の発熱、サーバーの発熱の回収、冷熱利用、半年間の蓄熱技術等への意見もあった。

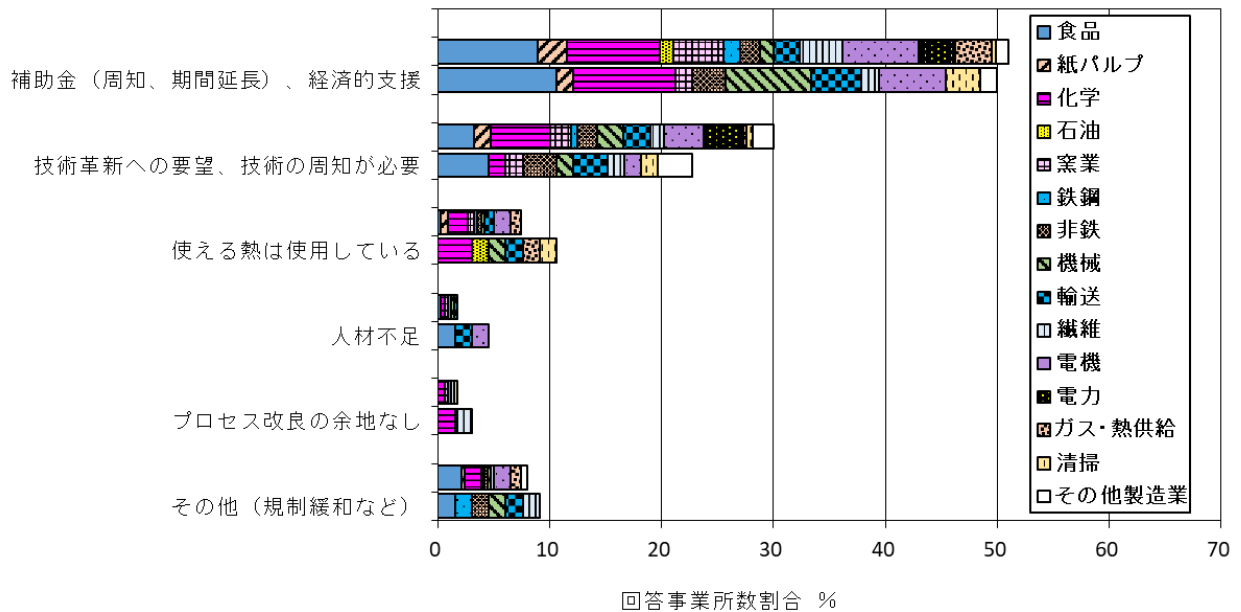


図 32 未利用熱エネルギー発生状況とその対策、国への要望等（上段：第一種、下段：第二種）

#### 1.3.7.2 工場製造プロセスの将来動向

エネルギーに係る課題とその対策、国への要望等（4.1.5 項、設問 5)-2)) について、自由回答いただいた内容を共通項でくくり、分類分けすると図 33 のようになった。最も回答比率が高かったのは第二種事業者の「エネルギーコストが高すぎる」という内容であった。また、エネルギー使用効率を改善し、未利用熱を減らすために工場プロセス改善の必要性を挙げた回答者と、技術革新への要望・技術の周知の必要性を挙げた回答者が多く、補助金・経済的支援がそれに続いた。

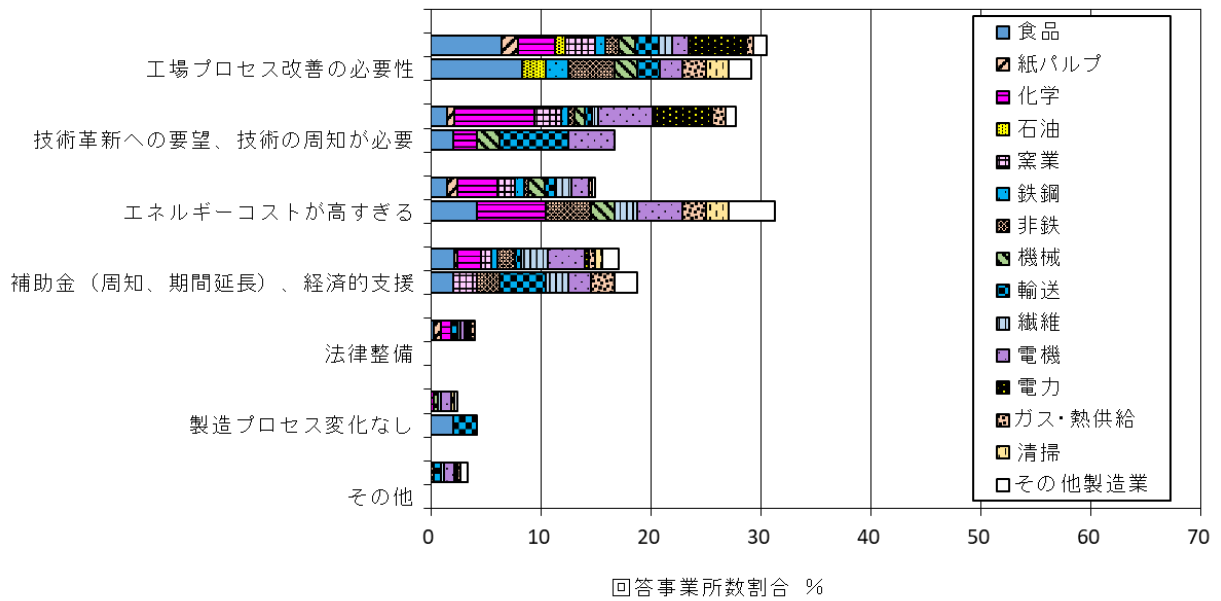


図 33 未利用熱エネルギー発生状況とその対策、国への要望等

### 1.3.7.3 未利用熱の外部供給に関する意見

未利用熱の外部供給に関する検討状況と課題等（4.1.5 項、設問 5)-3)) について、自由回答いただいた内容を共通項でくくり、分類分けすると図 34 のようになった。「需要側との調整が必要」と「行政等によるインフラの整備を期待」については、熱供給事業者等の意見も含まれている。個別企業では調整が難しいことと行政がインフラの整備を行えば、さらに普及の余地があるという見方が表れている。

「その他」には、自社周辺に熱を供給すべき工場や施設がないという意見が含まれている。

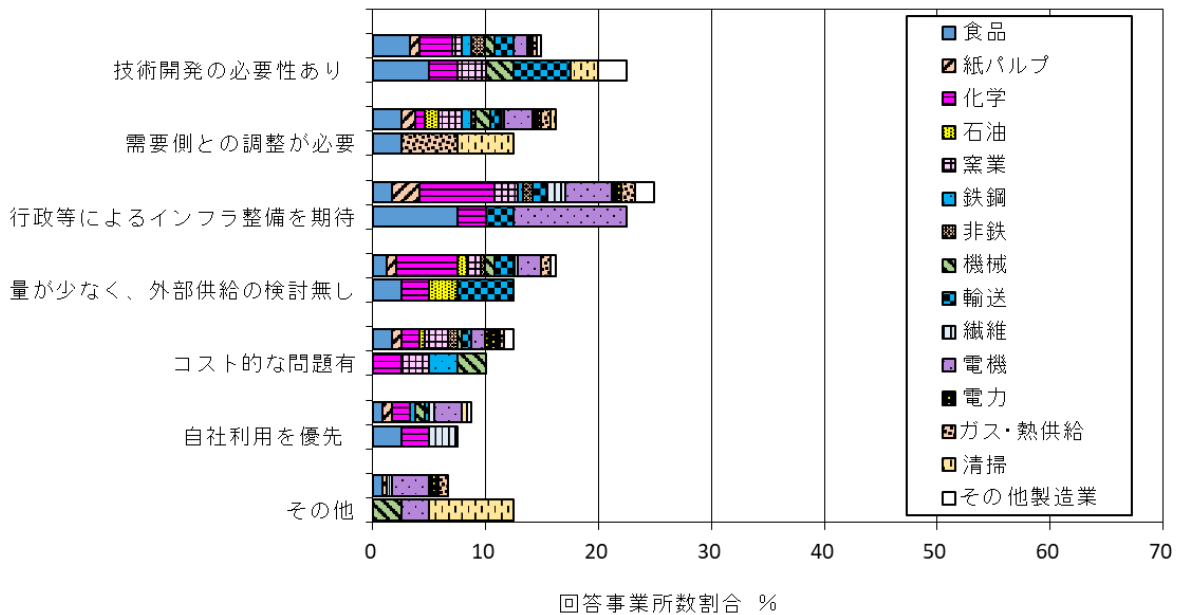


図 34 未利用熱エネルギー発生状況とその対策、国への要望等

### 1.3.7.4 未利用熱利用技術の導入を妨げる要因等

未利用熱利用技術の導入を妨げる要因（4.1.5 項、設問 5)-4)) について、自由回答いただいた内容を共通項でくくり、分類分けすると図 35 のようになった。導入障壁として、「コスト的な問題」を挙げる回答者が最も多かった。二番目に多かったのが、技術革新・啓蒙が必要と考える回答であった。三番目は人材不足が挙げられていた。

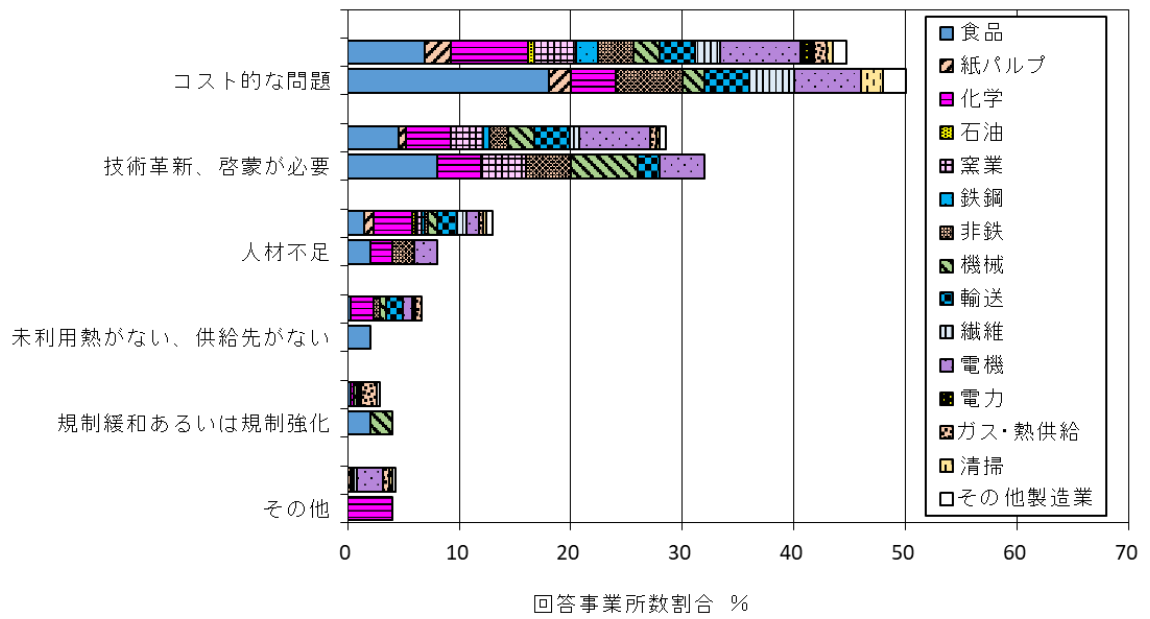


図 35 未利用熱エネルギー発生状況とその対策、国への要望等

### 1.3.8 新技術を導入する際の優先評価項目

#### 1.3.8.1 新技術を導入する際の評価項目の優先順位〔技術評価〕

新技術を導入する際の優先順1位に挙げられた技術評価項目（4.1.5項、設問6)-1-1)の回答割合を図示すると、図36のようになった。優先評価項目として、「投資効果に優れている」が圧倒的に高く、全業種で92%の事業所が選択している。次いで「他の類似技術より高い目標達成が期待できる」であるが、選択比率は6%弱で少なかった。

業種別の回答を4.9.1項の図196～210に別掲する。各業種の傾向は、図36とおおむね一致する。

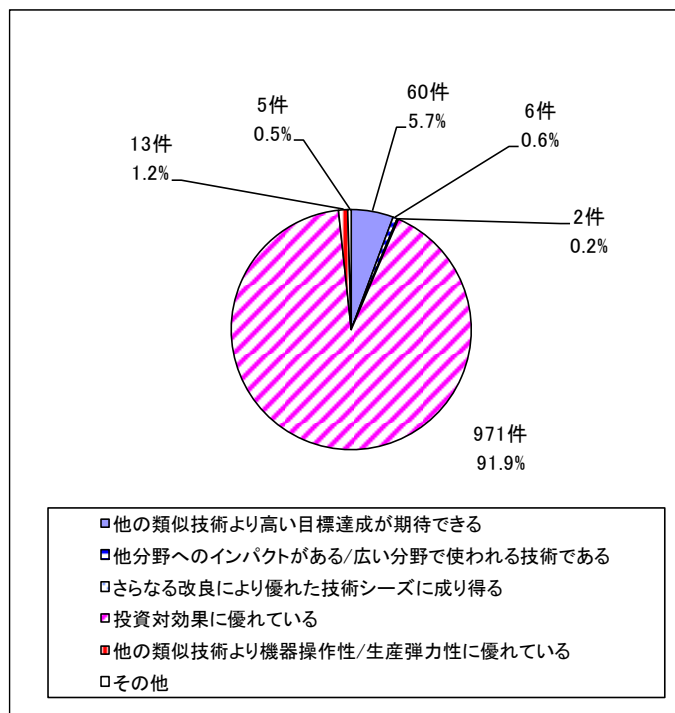


図36 新技術を導入する際に優先する技術評価項目（優先順位1、全15業種）

### 1.3.8.2 新技術を導入する際の評価項目の優先順位〔+α、リスク評価〕

新技術を導入する際に優先するリスク評価項目（4.1.5 項、設問 6)-1-2) の選択割合を図 37 に示す。第 1 位は「省エネルギー以外に生産性、品質向上も期待できる」が過半を占め、次いで「自社で類似技術の経験があり導入リスクが少ない」、 「騒音、振動、排ガス処理等のデメリット要素が少ない」が続いている。

業種別の回答を 4.9.2 項の図 211～225 に別掲する。各業種の傾向は、図 37 とおおむね一致する。

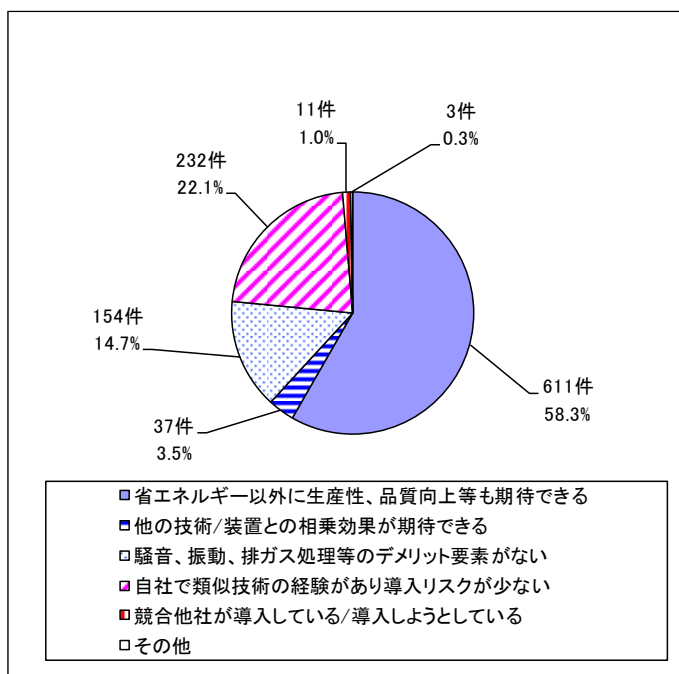


図 37 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目（優先順位 1、全 15 業種）

### 1.3.9 新技術を導入する際の条件

#### 1.3.9.1 絶対に必要な条件

新技術を導入する際に絶対に必要な条件（4.1.5 項、設問 6)-2）の選択割合を図 38 に示す。絶対に必要な条件として、「投資対効果に優れている」は事業所全体の 97%が、「省エネルギー性に優れている」は全体の 75%が回答しており、この 2 項目が突出している。

業種別の回答を 4.10.1 項の図 226～240 に別掲する。各業種の傾向は、図 38 とおおむね一致する。

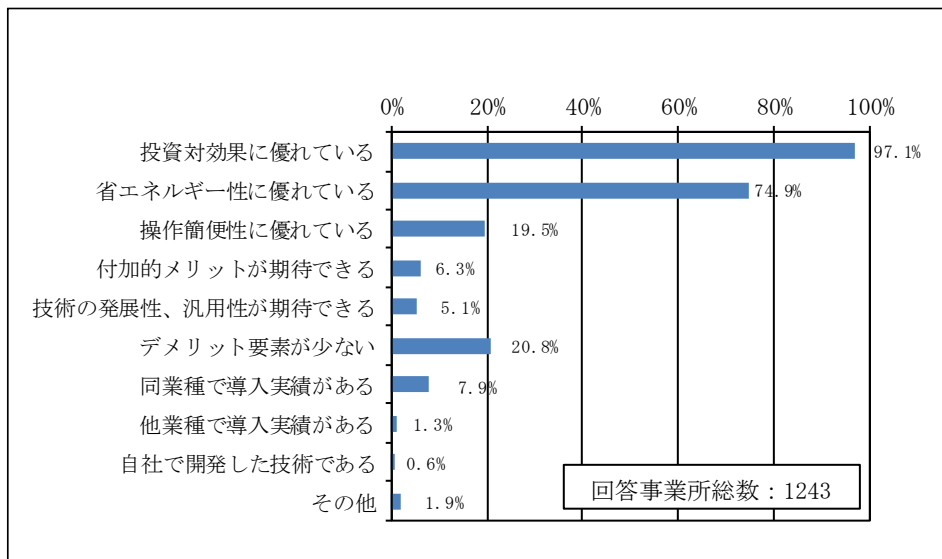


図 38 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（全 15 業種）

#### 1.3.9.2 好ましい条件

新技術を導入する際に好ましい条件（4.1.5 項、設問 6)-2）の選択割合を図 39 に示す。好ましい条件としては、「操作簡便性に優れている」が約 66%で高く、「付加的メリットが期待できる」と「デメリット要素が少ない」がそれに次いで 50%台であった。

業種別の回答を 4.10.2 項の図 241～255 に別掲する。各業種の傾向は、図 39 とおおむね一致する。

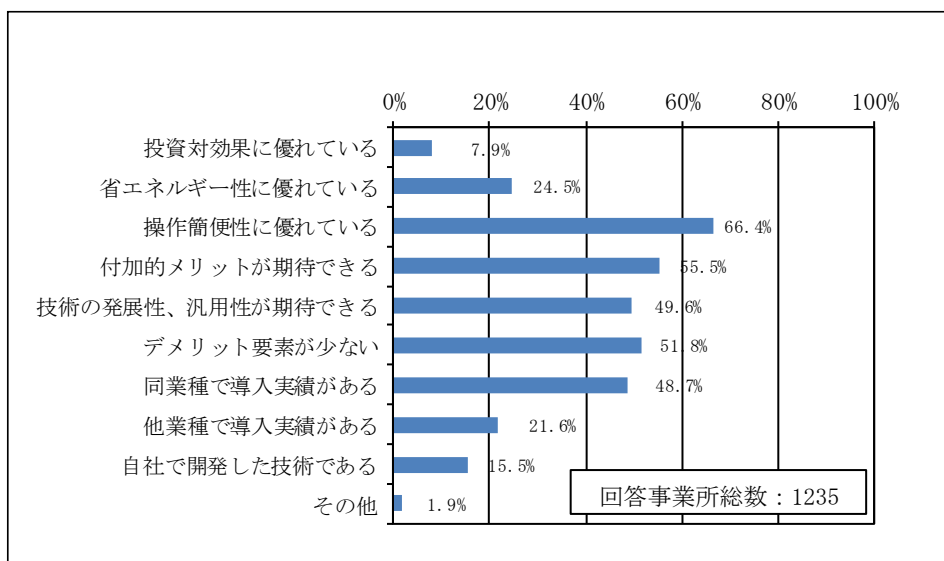


図 39 新技術を導入する際の条件（好ましい条件）



### 1.3.9.3 不要な条件

新技術を導入する際に不要な条件（4.1.5 項、設問 6)-2）の選択割合を図 40 に示す。不要な条件としては、「他業種で導入実績がある」および「自社で開発した技術である」が高く、約 60%の事業所がこれらを選択している。

業種別の回答を 4.10.3 項の図 256～270 に別掲する。各業種の傾向は、図 40 とおおむね一致する。

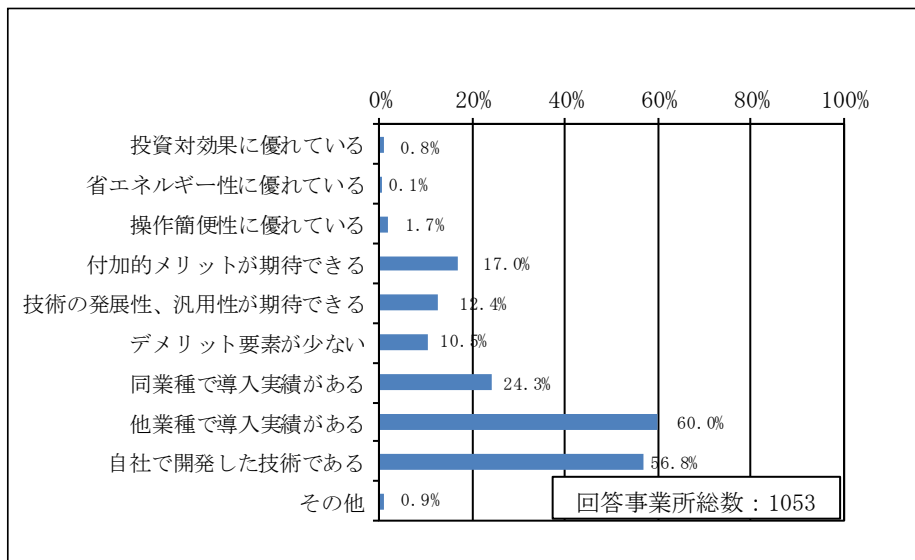


図 40 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（全 15 業種）

#### 1.4 調査のまとめ

未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発／熱関連調査研究と各種熱マネジメント材料の基盤技術の開発に係る産業分野の排熱実態調査として、2014年3月に送付した9業種（食料品、パルプ・紙、化学、石油・石炭、窯業・土石製品、鉄鋼、非鉄金属、機械、輸送機械）に対する調査票と2016年8月に送付した6業種（繊維、電気機械、ガス、電力、清掃、その他製造業）に対する調査票の結果を元に、15業種に対する分析を行った。

まず、収集したデータに加えて代表的なプロセスモデルに対する分析を行い、排ガスからの排熱発生量を補正、推定した。この業種別のデータを元に、投入エネルギー量（除く電力）と排ガス熱量との関係を求め、業種別購入エネルギー量（除く電力）の全国統計値を使用して、業種別排ガス熱量を推定した。これにより、温度帯別の業種別排ガス熱量の比較が可能になった。

また、回収データの不足している100℃以上の高温固体や40℃以上（発電設備の復水器冷却水については20℃以上）（夏期）の温水からの排熱発生量についても、代表的なプロセスモデルに対する分析により、業種別全国値の推計を行った。

産業技術や製造プロセスの変化動向に関する意見として、自由記述で回答をいただき、類型別に整理しまとめた。また、新技術を導入する際の優先評価項目の優先順位と新技術を導入する際の条件についてもアンケートを行い、回答を得た。

調査の結果は、15業種の未利用排ガス熱量全体の約8割は200℃未満であり、その活用には技術的な革新と経済的な支援が求められていることを示している。また、溶解炉を多用する業種では、500℃以上の排ガスが未利用のまま排出されている場合が多く見られた。未利用熱の活用には経済的な投資効果が何よりも重要視されているが、一方で他社も含めた新技術の導入実績には拘らないとする傾向が見られ、新技術導入への心理的なバリアは小さいものと見なせた。未利用熱の外部供給には、インフラ整備や需給調整など、種々の課題が指摘されている。技術革新に加えて、新技術に対応できる人材の不足も課題として指摘されている。

## 1.5 参考文献

- (1) 省エネルギーセンター, 工場群のエネルギーシステムに関する調査研究, 広域エネルギー利用ネットワークシステムの開発/エネルギーシステム設計技術の研究, (2000).
- (2) 日本環境技研, 新エネルギー等導入促進基礎調査(未利用熱エネルギー導入基盤整備調査), (2004).
- (3) 日本機械工業連合会, 省エネルギー技術の活用による新たな事業展開についての調査研究, (2008).
- (4) 資源エネルギー庁, 総合エネルギー統計 (2018年4月24日改訂版) .
- (5) 一般廃棄物処理実態調査結果 (環境省, 2017年4月13日) .
- (6) 「家庭ごみの組成分析および低位発熱量の推移」(第9回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 1998, p563) .
- (7) 2016年経済センサス-活動調査 産業別集計 (製造業)「用地用水編」 .
- (8) 電気学会編, 火力発電総論.
- (9) 電気事業連合会資料 [http://www.fepec.or.jp/about\\_us/pr/pdf/kaiken\\_s3\\_20160520\\_1.pdf](http://www.fepec.or.jp/about_us/pr/pdf/kaiken_s3_20160520_1.pdf).
- (10) 経済産業省, 工業統計調査, 平成28年経済センサス-活動調査結果 (製造業), 第3表 品目群による都道府県別出荷額 (産業中分類別、従業者4人以上の事業所) .
- (11) 資源エネルギー庁, エネルギー消費統計調査, 平成27年度エネルギー消費統計調査 (石油等消費動態統計を含む) , 第2表 直接エネルギー投入表.
- (12) 経済産業省, 工業統計調査, 平成28年経済センサス-活動調査結果 (製造業) , 第4表 品目別都道府県別の出荷及び産出事業所数 (従業者4人以上の事業所) .
- (13) 各 LNG 基地 Web ページ等.
- (14) 日本ガス協会, ガス事業便覧 平成29年版.
- (15) 日本熱供給事業協会, 熱供給事業便覧 平成28年版.
- (16) 資源エネルギー庁, エネルギー消費統計調査, 平成27年度エネルギー消費統計調査 (石油等消費動態統計を含まない) , 第2表 直接エネルギー投入表.
- (17) 資源エネルギー庁, エネルギー消費統計調査, 平成27年度エネルギー消費統計調査 (石油等消費動態統計を含まない) , 参考表1 都道府県・業種別エネルギー消費量表.
- (18) 資源エネルギー庁, エネルギー消費統計調査, 平成27年度エネルギー消費統計調査 (石油等消費動態統計を含まない) , 参考表2 都道府県・エネルギー種別エネルギー消費量表.
- (19) 資源エネルギー庁, エネルギー消費統計調査, 経済産業省特定業種石油等消費統計調査, 02 業種別エネルギー消費.
- (20) 資源エネルギー庁, エネルギー消費統計調査, 経済産業省特定業種石油等消費統計調査, 39 都道府県別.



## 第2章 産業分野の未利用熱の活用状況

### 2.1 調査背景

生産現場で未利用のまま排出されている熱を活用するためには、排熱側と研究開発機器・システムとの間の温度や熱量、スペース等のマッチングを図る必要がある。そこで、研究開発機器・システムの具体的な導入先、導入方法を検討する上で必要な基礎的情報として、各業種における生産・製造設備における排熱の現在の活用状況や、将来的に期待される活用形態およびそのために求められる性能等について、アンケート等により調査分析した。

### 2.2 調査方法

#### 2.2.1 調査対象

前述の1.2.1節の調査対象と同様の15業種を考え、省エネルギー法エネルギー管理指定工場（第1種指定工場及び第2種指定工場）のうち、未利用排熱の排出状況調査で回答のあった1273事業所とした。

#### 2.2.2 データ収集方法

アンケート調査票の配布は、9業種（化学、鉄鋼、窯業・土石製品、石油・石炭、パルプ・紙、食料品、輸送機械、機械、非鉄金属）の事業所に対しては2015年1月に、また6業種（電力、清掃、ガス・熱供給、繊維、電気機械、その他製造業）の事業所に対しては2017年3月に郵送し、任意での回答・返信を受けた。回答内容が不明瞭な場合には、可能な限り回答者に電話または電子メール等によって確認し、明確化した。調査票等を5.1節に別掲する。

#### 2.2.3 データ処理方法

全15業種の未利用熱の活用状況を定量的に比較できるように整理した。また、未利用熱の活用を促進する上で求められる事業所のニーズを抽出し、設備別・温度帯別に整理した。なお、2014年に実施した排熱活用状況に関するアンケート調査では、選定6業種からも回答があったが、その件数は2016年度の389事業所との重複を除くと98事業所であった。

#### 2.2.4 調査体制

調査は1.2.4項に既述の調査体制で、調査チームを主体として、産業排熱調査検討委員会委員の助言を受けながら調査方法およびデータの分析方法の検討、分析結果の検証を行った。アンケート調査、ヒアリング調査の実務的な検討、データの整理、分析は、調査会社が実施した。産業排熱調査検討委員会は調査期間中に12回開催し、必要に応じて調査チームが該委員会委員から個別に助言を受けた。

## 2.3 調査結果

### 2.3.1 アンケート配布、回収状況

未利用熱の活用状況に関するアンケート調査の業種別配布数、回収状況等を表 14 に示す。排熱発生状況アンケート調査において回答があったすべての事業所(1273 事業所)にアンケート調査票を送付し、571 事業所から回答を得た。回収率は全 15 業種で 44.9%であった。

表 14 未利用熱活用状況に関するアンケート調査の配布数、回収状況等

業種名称	配布			回収			回収率 %
	1種	2種	1種+2種 合計	1種	2種	1種+2種 合計	
食料品	118	31	149	62	14	76	51
パルプ・紙	62	3	65	20	0	20	30.8
化学	187	36	223	81	18	99	44.4
石油・石炭	11	2	13	4	1	5	38.5
窯業・土石製品	63	8	71	31	3	34	47.9
鉄鋼	35	7	42	12	4	16	38.1
非鉄金属	39	10	49	17	7	24	49
機械	58	16	74	23	6	29	39.2
輸送機械	78	22	100	25	11	36	36
9業種計	651	135	786	275	64	339	43.1
繊維	38	7	45	15	2	17	37.8
電気機械	164	22	186	70	11	81	43.5
ガス・熱供給	62	10	72	35	4	39	54.2
電力	82	2	84	37	0	37	44
清掃	23	29	52	15	22	37	71.2
その他の製造業	37	11	48	18	3	21	43.8
6業種計	406	81	487	190	42	232	47.6
15業種計	1057	216	1273	465	106	571	44.9

注：調査年 ①選定 9 業種（2015 年）、②選定 6 業種（2017 年）

## 2.3.2 従来型の排熱利用設備の導入状況

### 2.3.2.1 排熱利用機器の種類

従来型の排熱利用機器の導入状況（5.1.3 項、設問 2）の回答結果を図 41 に示す。

排熱利用機器としてはエコノマイザおよび排熱回収ボイラの導入件数が多く、エコノマイザは回答事業所の約 80%が導入していた。

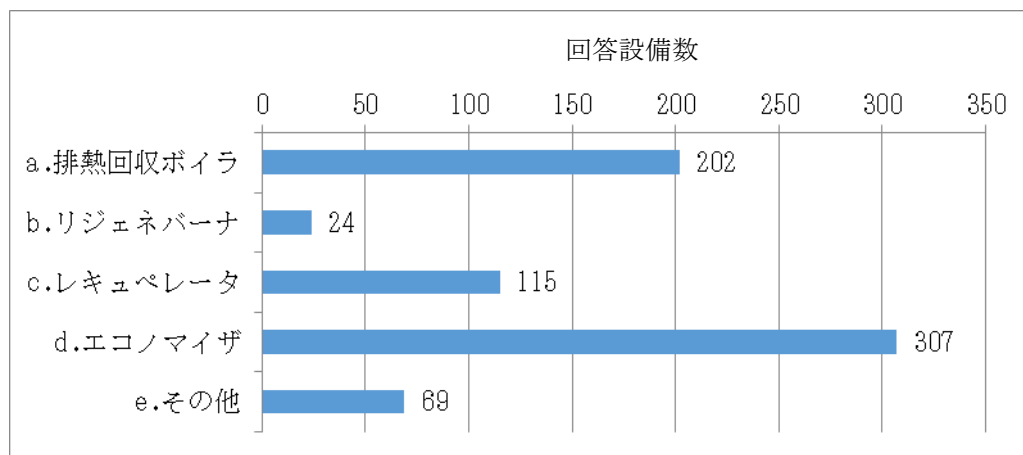


図 41 排熱利用機器の種類別件数（15 業種）（回答事業所数：371）

### 2.3.2.2 排熱回収状況

排熱利用機器の入口温度帯別の排熱利用機器設備数の回答結果を図 42 に、入口温度帯別の排熱回収熱量の回答結果を図 43 に、機器別に 1 基当りの排熱回収熱量を求めた結果を図 44～47 に示す。

温度帯別にみると、500℃以上を熱回収対象とする排熱回収ボイラの導入数が最も多く、二番目に 150～249℃を熱回収対象とするエコノマイザの導入数が多い（図 42）。

温度帯別の排熱回収量の分布をみると、排熱回収ボイラ、レキュペレータ、エコノマイザによる 300℃以上の排熱の回収量が多い（図 43）。

回答設備全体としての回収熱量は排熱回収ボイラの値が大きいが、1 基当りの回収熱量を見ると、エコノマイザでは 400℃以上で、レキュペレータでは 300～400℃で、排熱回収ボイラと同等もしくはそれ以上の排熱が回収されている（図 44～47）。

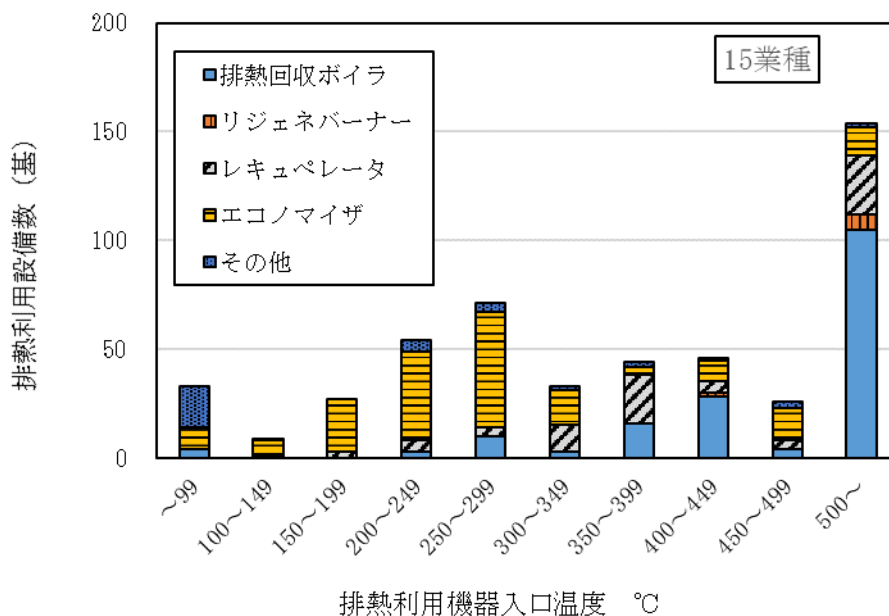


図 42 排熱利用機器の入口温度帯別の設備数

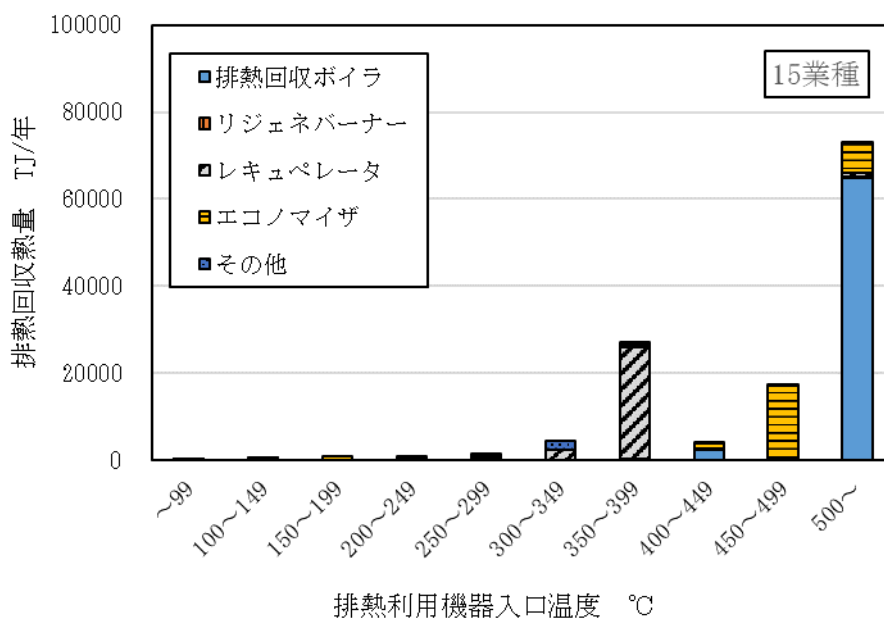


図 43 排熱利用機器の入口温度帯別の回収熱量



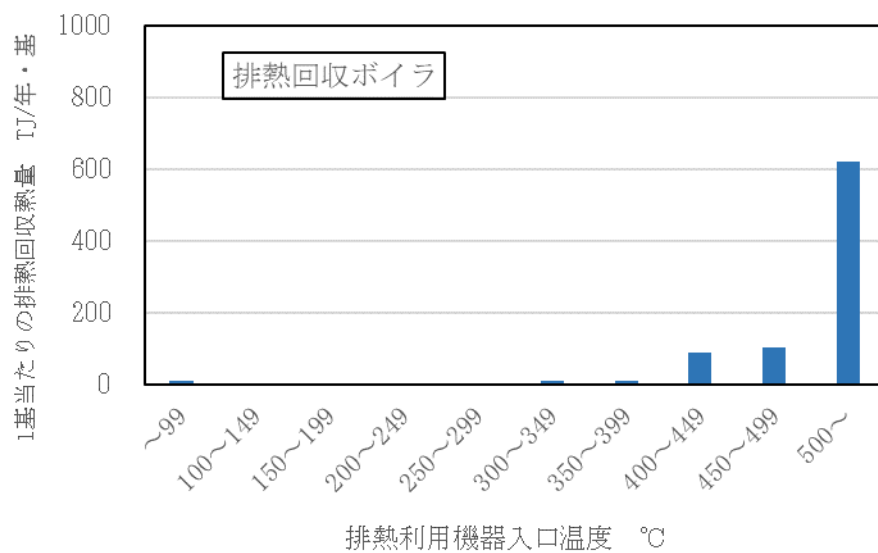


図 44 1 基当たりの排熱回収熱量 (排熱回収ボイラ)

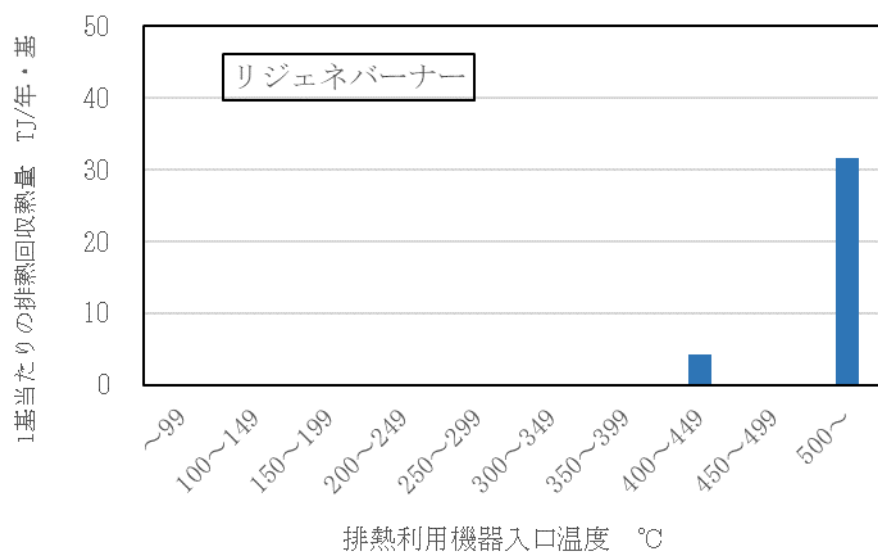


図 45 1 基当たりの排熱回収熱量 (リジェネバーナー)

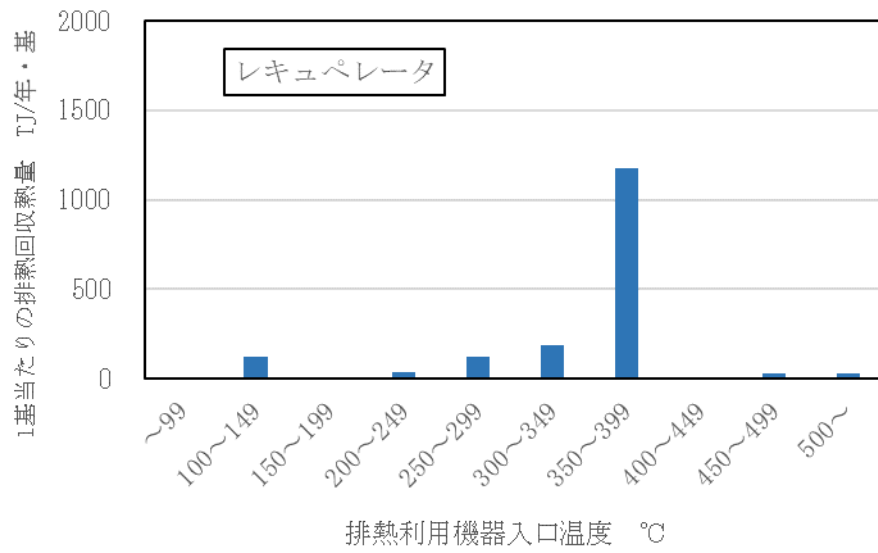


図 46 1 基当たりの排熱回収熱量 (レキュペレータ)

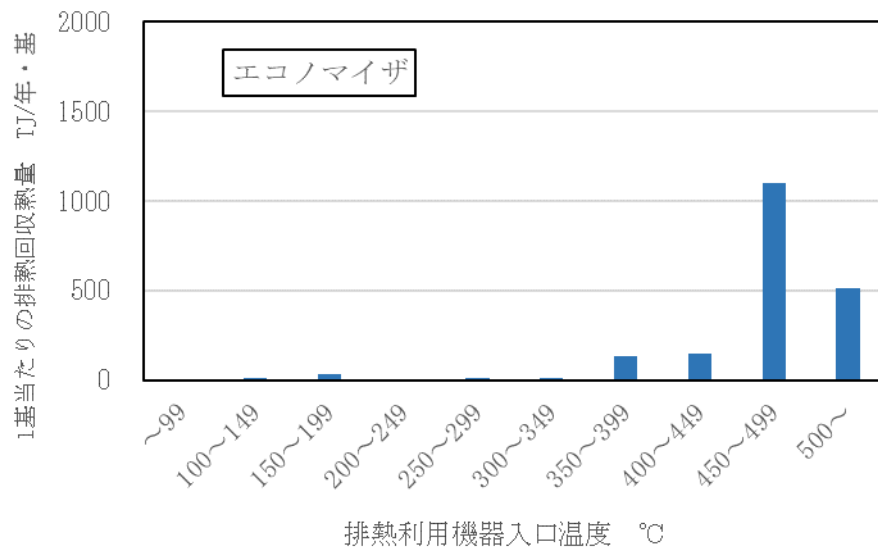


図 47 1 基当たりの排熱回収熱量 (エコノマイザ)

排熱利用機器の設備数を業種別に積算した結果を図48に、回収熱量を業種別に積算した結果を図49、50に、業種別の1基当たりの排熱利用熱量を求めた結果を図51、52に示す。図50と図52は、それぞれ図49と図51において、回収熱量が突出している電力業を除いて、グラフ縦軸の尺度を調節した図である。

業種の特徴としては、電力業における回収熱量が突出しており、次いで清掃、ガス・熱供給、化学工業の回収熱量が多い(図49)。

熱利用設備1基当たりの回収熱量では、電力に次いで窯業・土石製品業の回収熱量が多い(図51,52)。

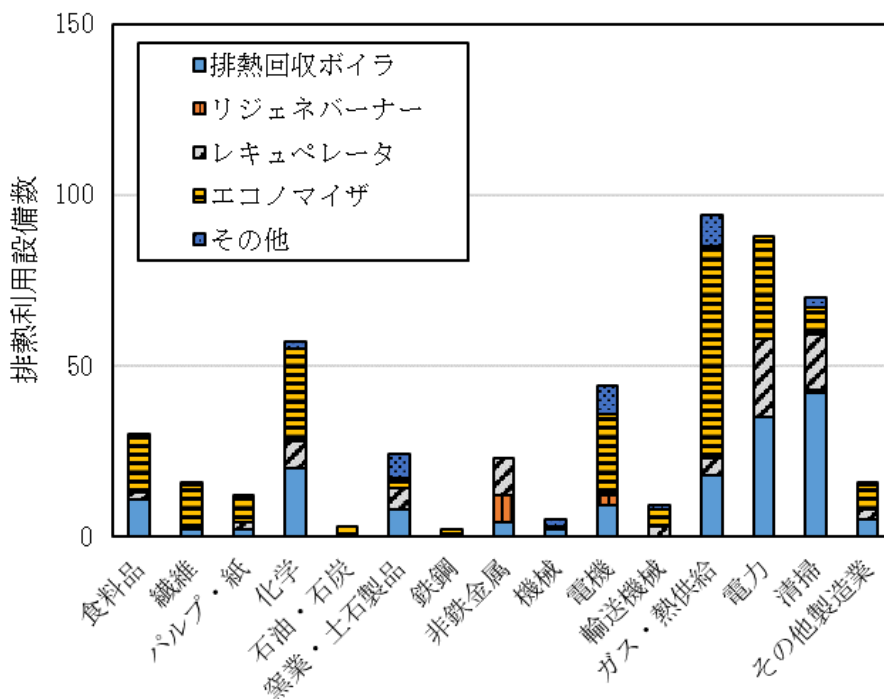


図48 業種別排熱利用機器設備数

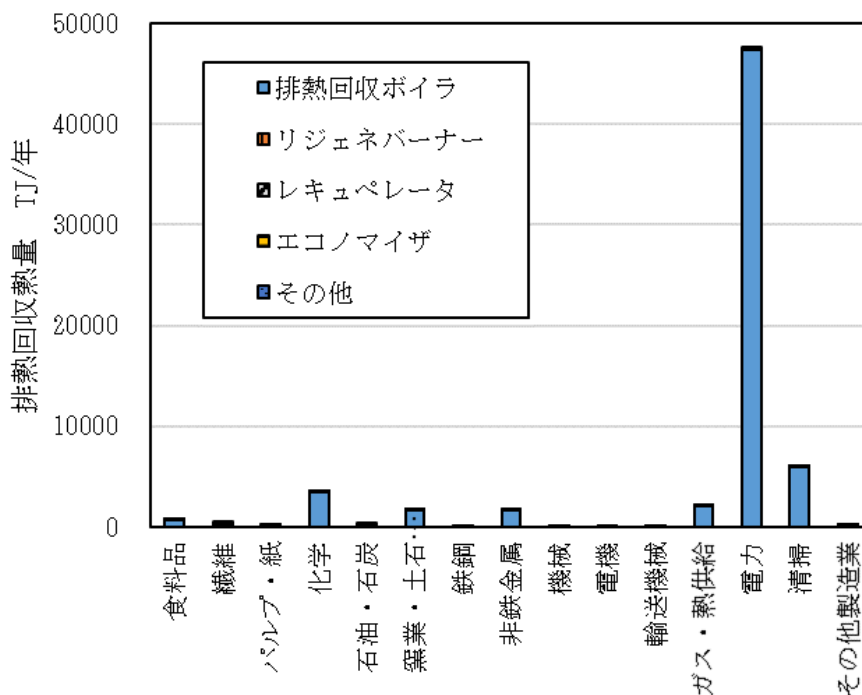


図49 業種別排熱回収熱量

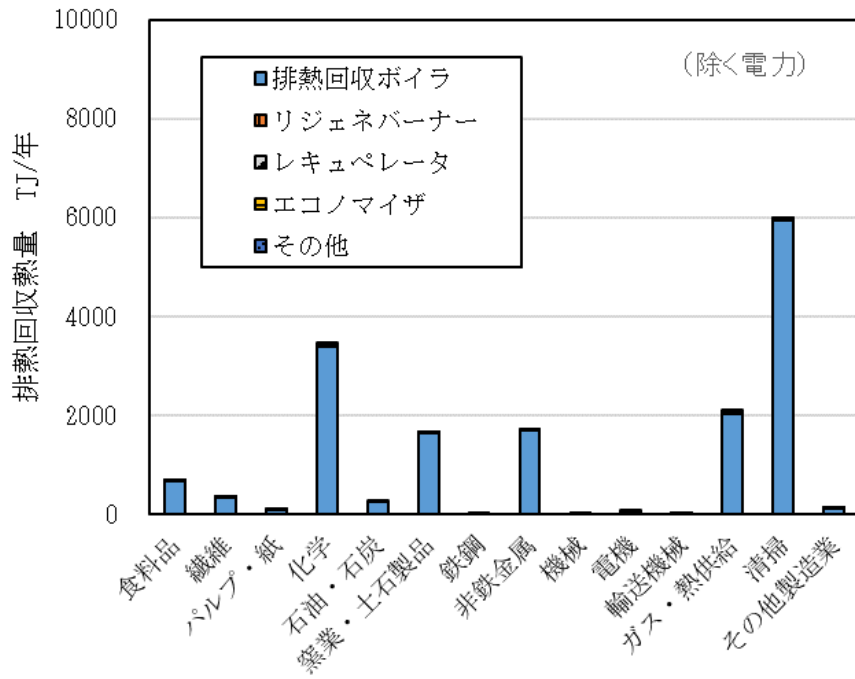


図 50 業種別排熱回収熱量 (除く電力)

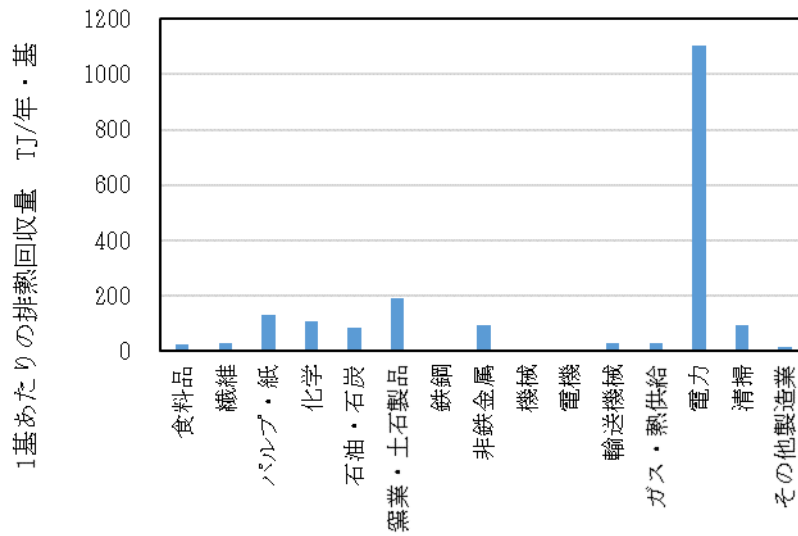


図 51 業種別 1 基当たりの排熱利用熱量

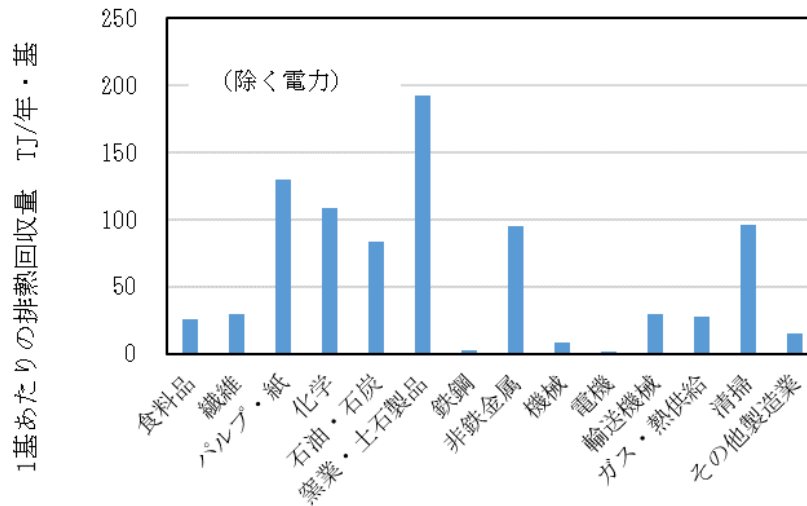


図 52 業種別1基当たりの排熱利用熱量 (除く電力)

### 2.3.2.3 排熱利用機器の導入理由

排熱利用機器の導入理由 (5.1.3 項、設問 2) に対する回答数の結果を図 53 に示す。導入理由としては「省エネへの必要性」が最も多かった。

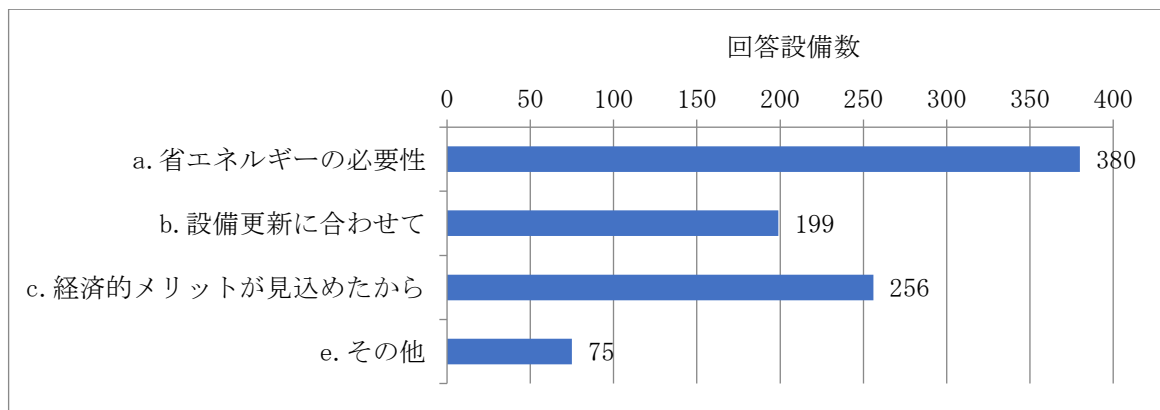


図 53 排熱利用機器の導入理由 (回答事業所数: 203)

### 2.3.2.4 排熱利用機器の導入効果の満足度

排熱利用機器の導入効果 (5.1.3 項、設問 2) の満足度への回答結果を図 54 に示す。多くの事業所が導入効果に概ね満足している。

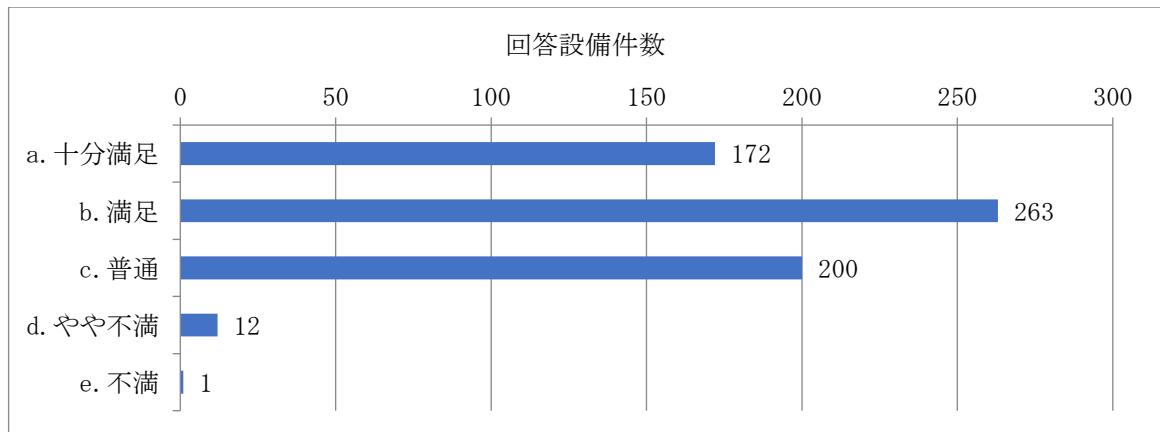


図 54 排熱利用機器の導入効果の満足度 (回答事業所数: 350)

### 2.3.3 未利用熱活用設備の導入の可能性

#### 2.3.3.1 温度帯別の未利用熱活用ニーズ

未利用熱活用のニーズ（5.1.3 項、設問 3.1）を温度帯別に集計すると図 55 のようになった。ニーズとしては、150℃以下のものが圧倒的に多く、本アンケートへの回答設備数の約 70%の設備がこの温度帯である。

製造設備の未利用熱活用対象となる設備数を温度帯別に集計すると図 56 のようになった。製造設備に関しては、200℃以下では蒸気ボイラの排熱利用ニーズが高い。500℃以上の高温域では、燃焼炉及び加熱炉の排熱利用ニーズがあるものと考えられる。100℃未満のその他の設備では、圧縮機からの排熱利用ニーズが多い。

発電設備の未利用熱活用対象となる設備数を温度帯別に集計すると図 57 のようになった。発電設備に関しては、200℃においてガスタービンが、200℃以上ではガスエンジンの排熱利用ニーズがあると考えられる。

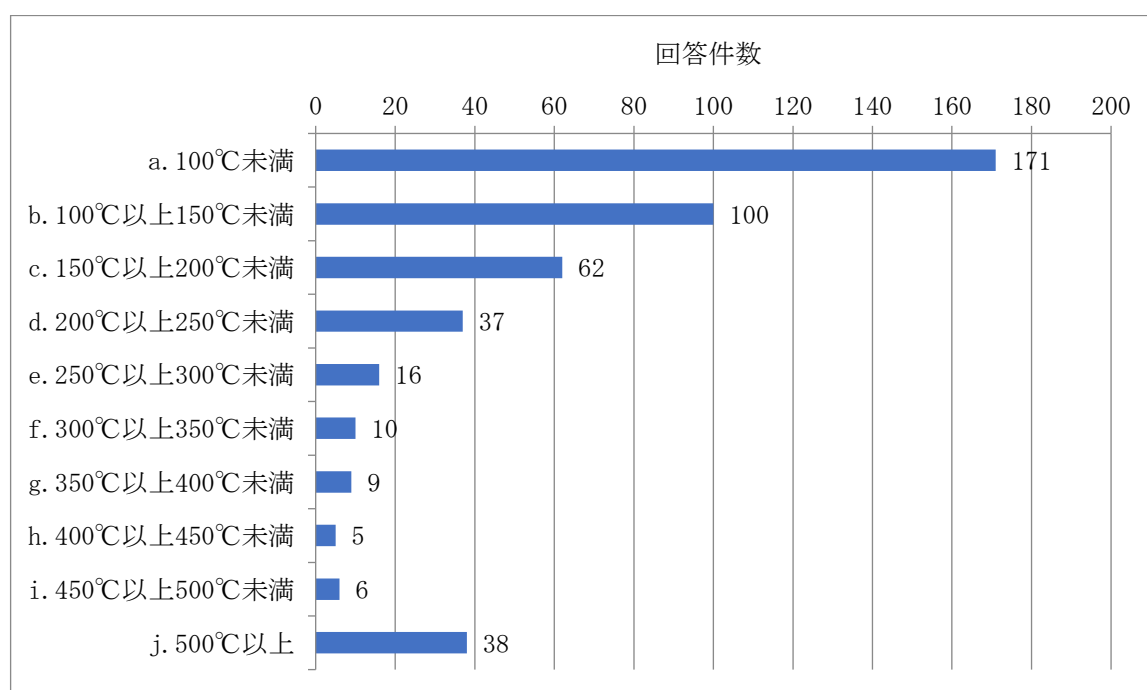


図 55 温度帯別の未利用熱活用ニーズに関する設備件数（回答事業所数：291）

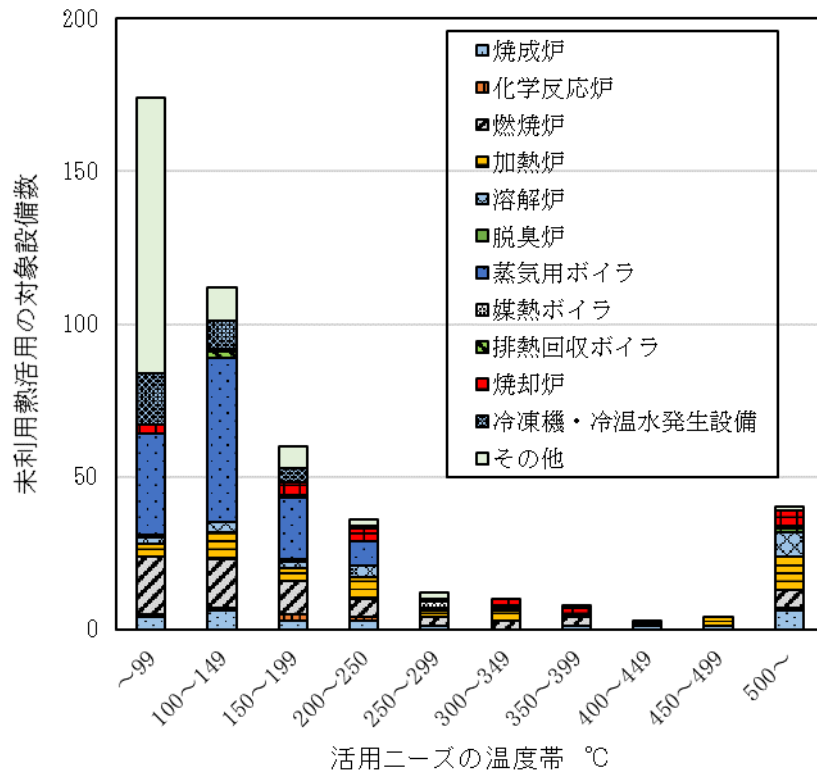


図 56 温度帯別の未利用熱活用ニーズに関する設備件数（製造設備）

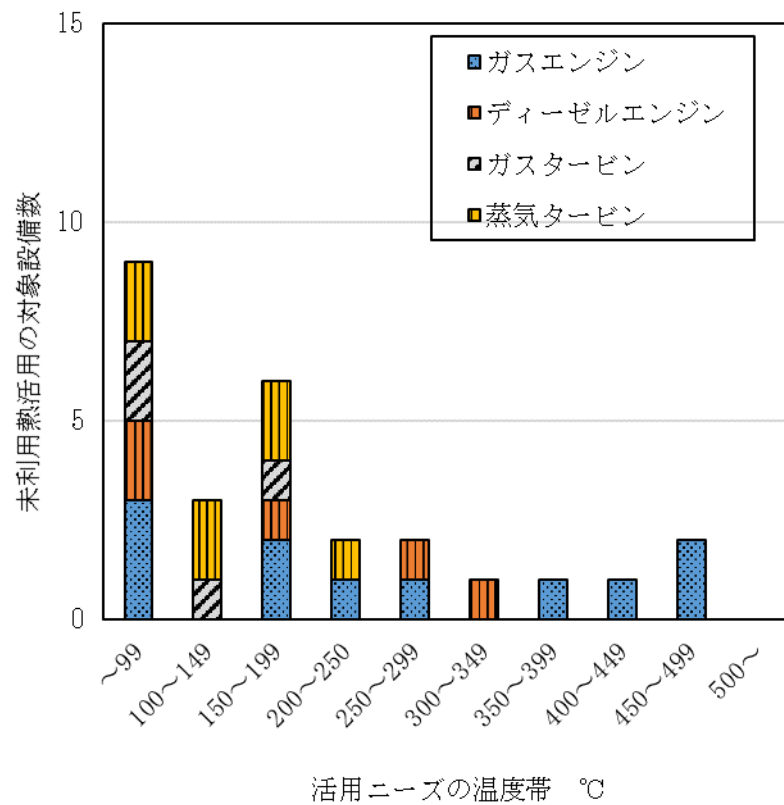


図 57 温度帯別の未利用熱活用ニーズに関する設備件数（発電設備）

### 2.3.3.2 未利用熱活用技術の適用可能性(熱として活用する技術)

#### (1) 蓄熱

未利用熱を熱の形のまま活用する技術の適用可能性(5.1.3項、設問3.2)として、蓄熱技術を適用したい温度帯、蓄熱時間に対する回答件数を集計すると、それぞれ図58、59のようになった。

蓄熱技術として使ってみたい温度帯は100℃未満の件数が圧倒的に多い。必要な蓄熱時間としては、12時間及び24時間の件数が多い。

#### ・使ってみたい蓄熱温度

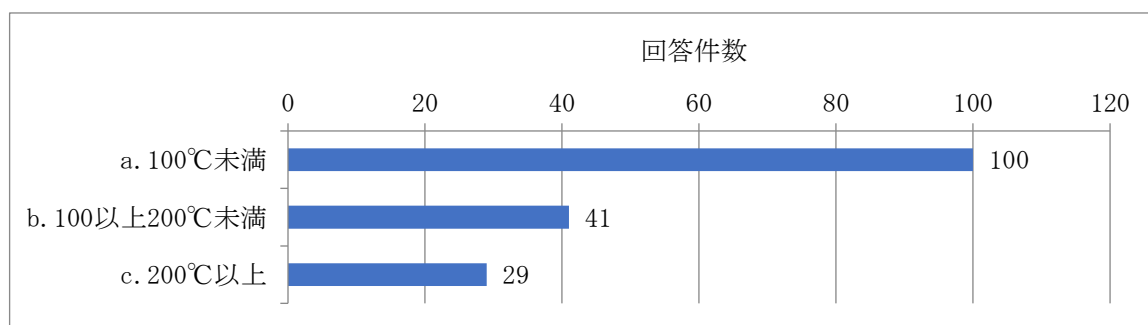


図58 蓄熱技術において使ってみたい蓄熱温度(回答事業所数:141)

#### ・必要な蓄熱時間

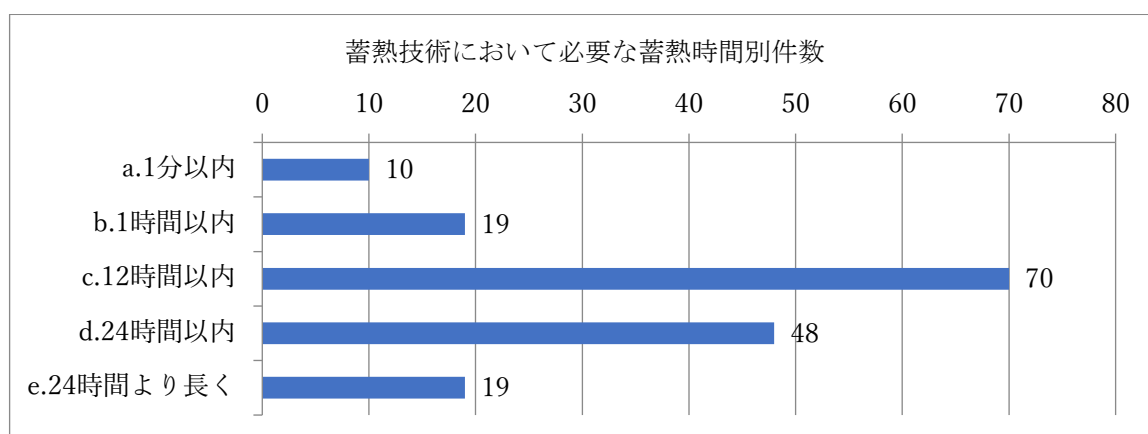


図59 蓄熱技術において必要な蓄熱時間(回答事業所数:137)

#### (2) ヒートポンプ

未利用熱を熱の形のまま活用する技術の適用可能性(5.1.3項、設問3.2)として、ヒートポンプを既存のボイラから代替する場合の用途別件数を集計すると図60に、また温度帯を集計すると図61のようになった。既存のボイラからヒートポンプへの代替用途としては、蒸気を対象とするものが多い。次いで、熱水が多く、温水、熱水のニーズも比較的多いことがわかる。既存ボイラから代替する際の温度帯は、100℃未満、150℃未満、200℃未満の順で多かった。

ヒートポンプを既存の冷凍機から代替する場合の用途別件数を図62に、温度帯を図63に示す。既存冷凍機からヒートポンプへの代替用途としては、冷却水またはブラインの回答が多い。その温度帯としては、5℃以上が最も多い。



・既存のボイラからヒートポンプに代替する場合の用途

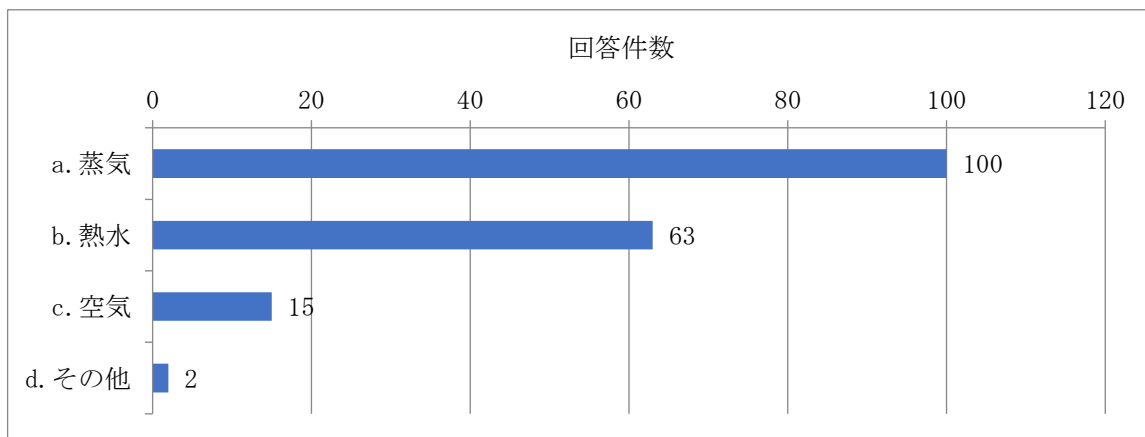


図 60 既存のボイラから代替する場合の用途（回答事業所数：149）

・既存のボイラからヒートポンプに代替する場合の温度

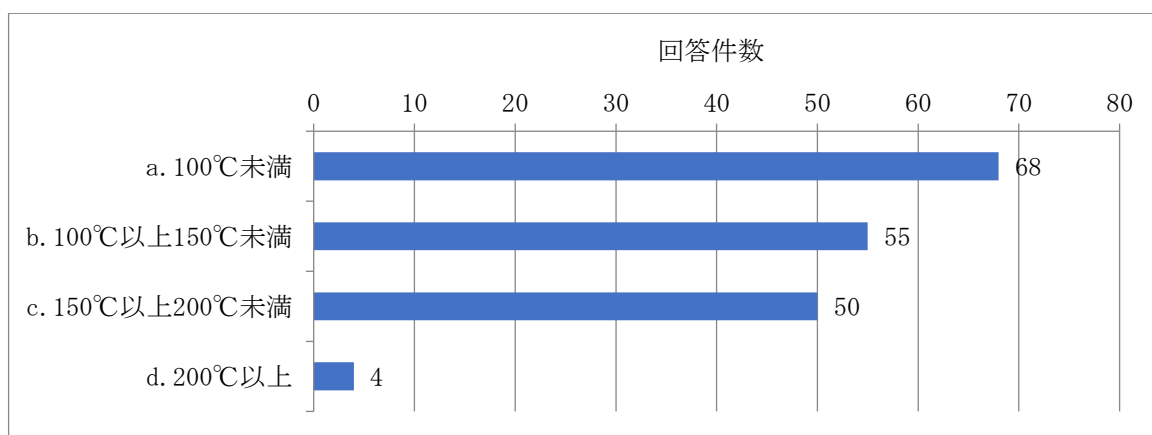


図 61 既存のボイラから代替する場合の温度帯（回答事業所数：147）

・既存の冷凍機からヒートポンプ代替する場合の用途

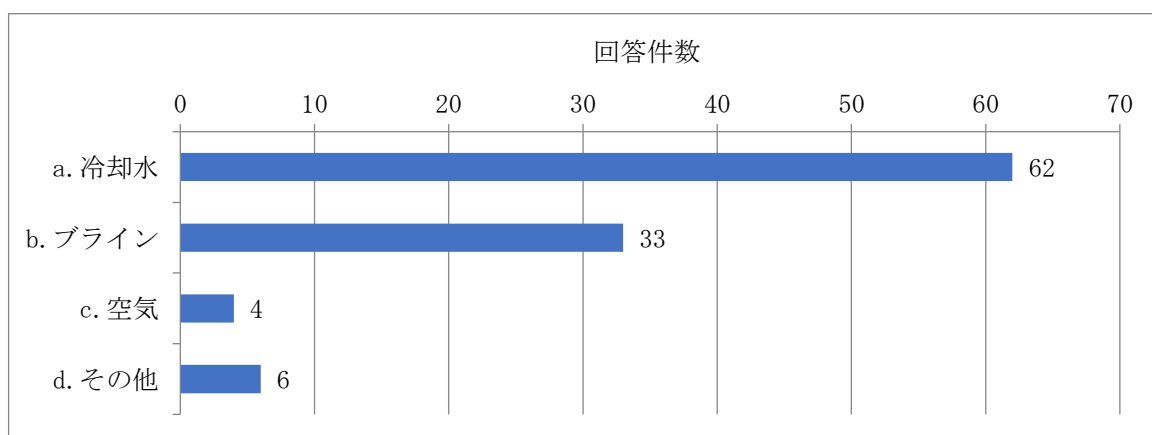


図 62 既存の冷凍機から代替する場合の用途（回答事業所数：88）

・既存の冷凍機からヒートポンプに代替する場合の温度

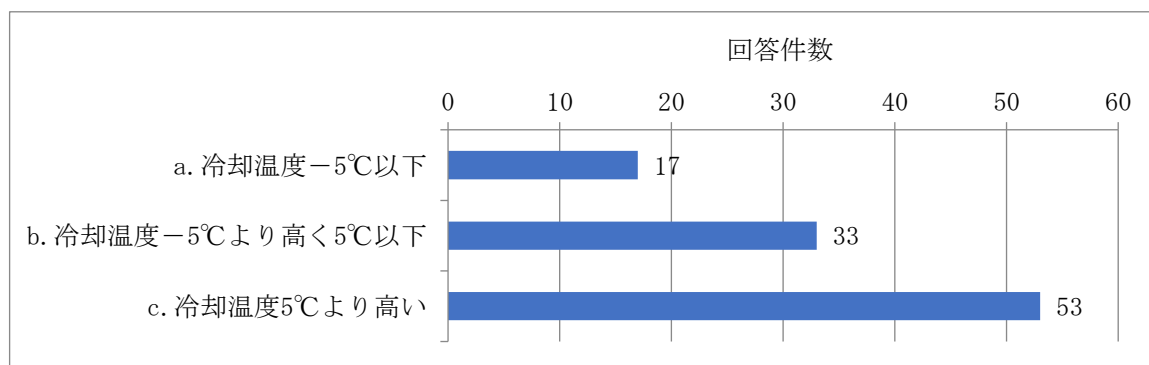


図 63 既存の冷凍機から代替する場合の温度 (回答事業所数 : 89)

2.3.3.3 未利用熱活用技術の適用可能性(電気として活用する技術)

(1) 熱電発電

未利用熱を電気に変換して活用する技術の適用可能性 (5.1.3 項、設問 3.3) として、熱電発電の適用可能な排熱量別の件数をまとめると図 64 のようになった。熱電発電に適用可能な排熱熱量としては、10 kW が最も多く、次いで 100 kW であった。この排熱熱量は、発電量としては、それぞれ 1 kW 及び 10 kW に相当する。

熱電発電を新技術として許容できる発電単価別の件数をまとめると図 65 のようになった。熱電発電の導入で許容できる発電単価は、通常の電力レベルである 10 円/kWh が最も多いが、再生可能エネルギー程度の 30 円/kWh が回答者の 30%程度もあった。

・適用可能な排熱熱量

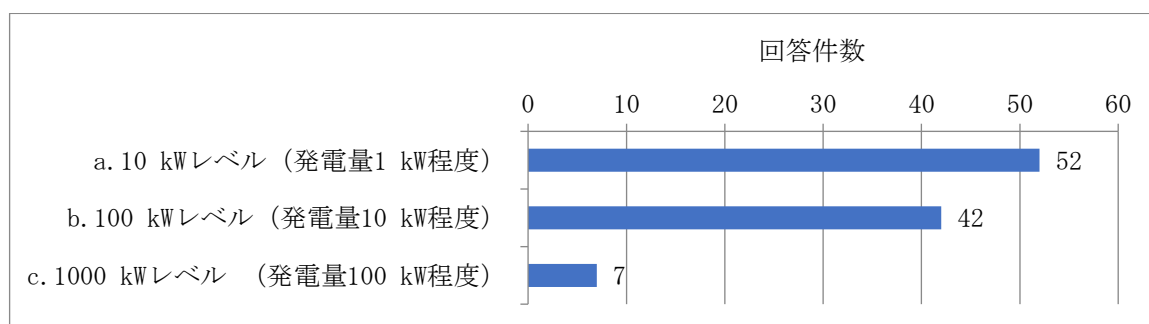


図 64 熱電発電に適用可能な排熱熱量 (回答業所数 : 85)

・新技術に際して許容できる発電単価

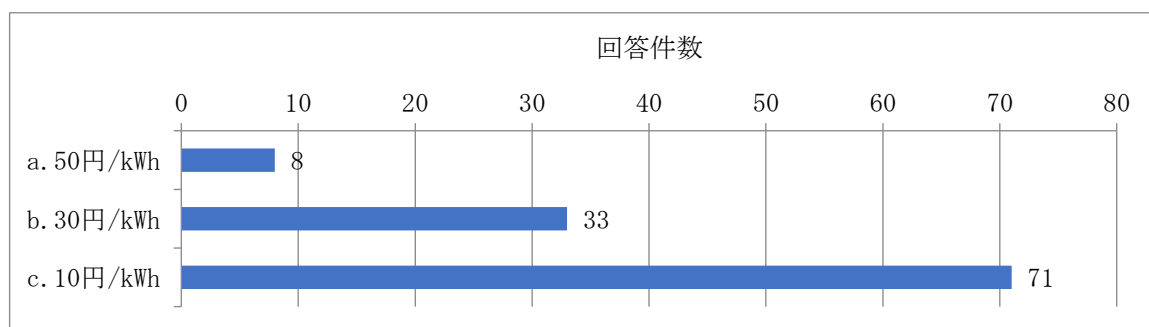


図 65 熱電発電の新技術として許容できる発電単価 (回答事業所数 : 93)

## (2) 熱機関発電

未利用熱を電気に変換して活用する技術の適用可能性（5.1.3 項、設問 3.3）として、熱機関発電の適用可能な排熱量別の件数をまとめると図 66 のようになった。熱機関発電へのニーズに関する回答事業者総数は 69 件であり、排熱の熱機関発電への適用可能性に関する関心は高くない。

熱機関発電を新技術として許容できる発電単価別の件数をまとめると図 67 のようになった。熱機関発電に適用可能な排熱量ならびに発電単価へのニーズは、概ね熱電発電と同様の傾向であった。

### ・適用可能な排熱量

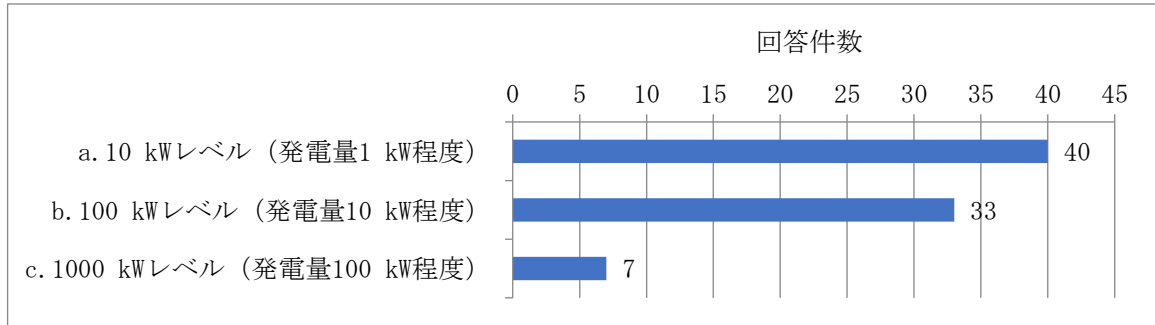


図 66 熱機関発電に適用可能な排熱量（回答事業所数：69）

### ・新技術に際して許容できる発電単価

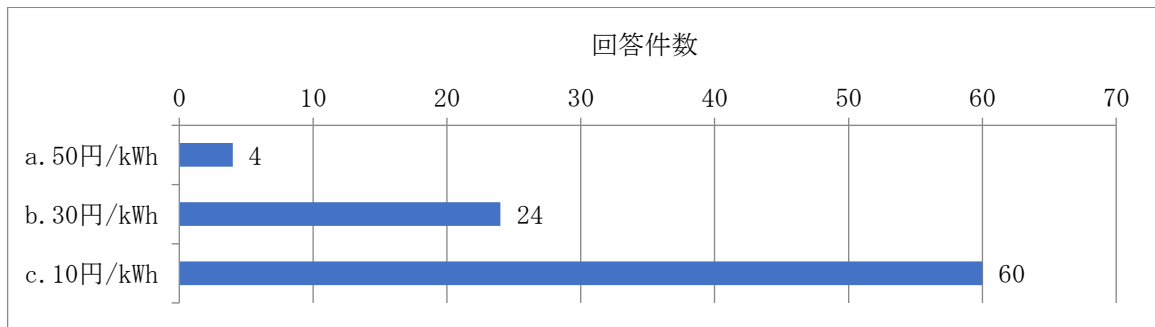


図 67 熱機関発電の新技術として許容できる発電単価（回答事業所数：74）

### 2.3.3.4 未利用熱活用技術の可能性(熱使用量を削減する技術)

#### (1) 断熱

熱使用量を削減する技術の適用可能性(5.1.3項、設問3.4)として、断熱技術を適用したい温度帯、場所に対する回答件数を集計すると、それぞれ図68、69のようになった。適用温度は、100~200℃未満が突出して多い。適用場所は、炉壁および配管が多い。その他の適用場所としては、乾燥機、電気ヒータ等の記載があった。

#### ・適用温度(耐熱温度)

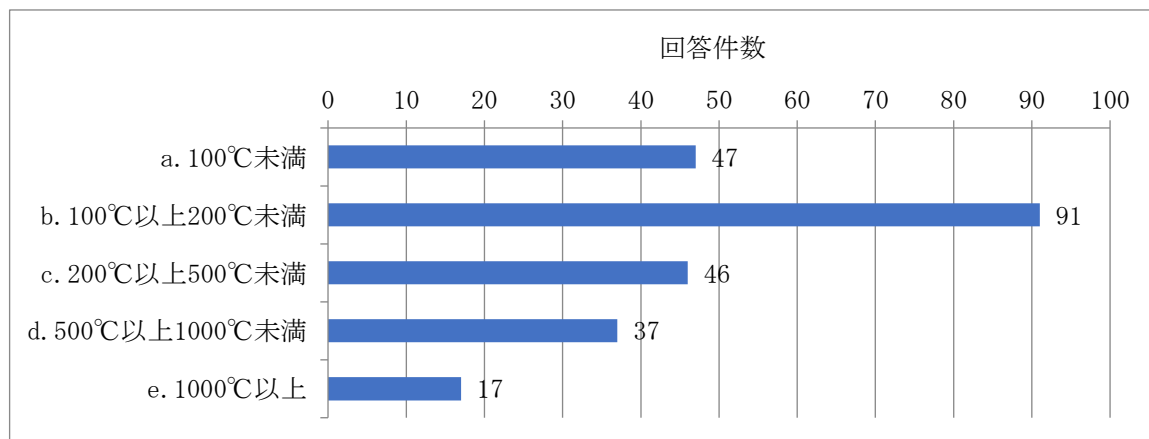


図68 断熱技術の適用温度(耐熱温度)(回答事業所数:182)

#### ・適用場所

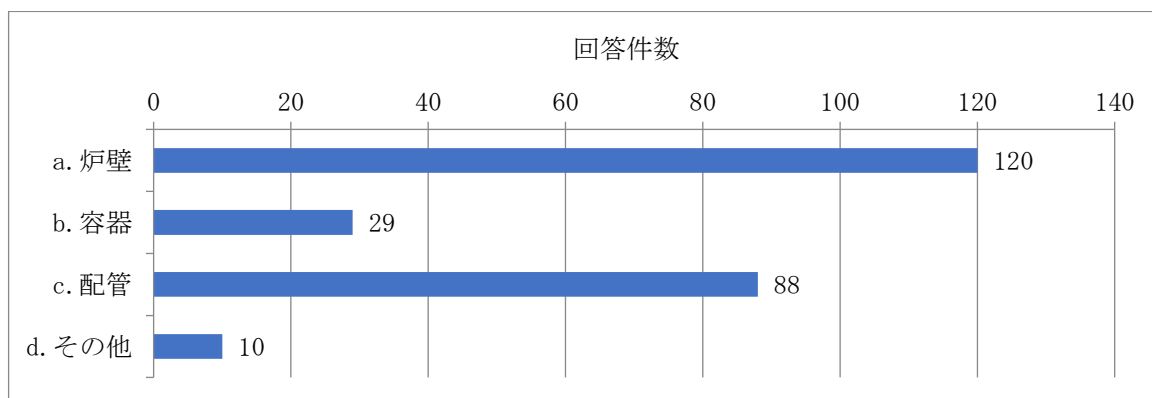


図69 断熱技術の適用場所(回答事業所数:180)

## (2) 遮熱

熱使用量を削減する技術の適用可能性（5.1.3 項、設問 3.4）として、遮熱技術を適用したい設備、温度帯、場所に対する回答件数を集計すると、それぞれ図 70～72 のようになった。対象設備は工場建屋および設備への適用が多い。遮熱温度は、100℃未満が圧倒的に多い。適用場所は、屋根／壁面が最も多く、次いで高温部になっている。

### ・対象設備

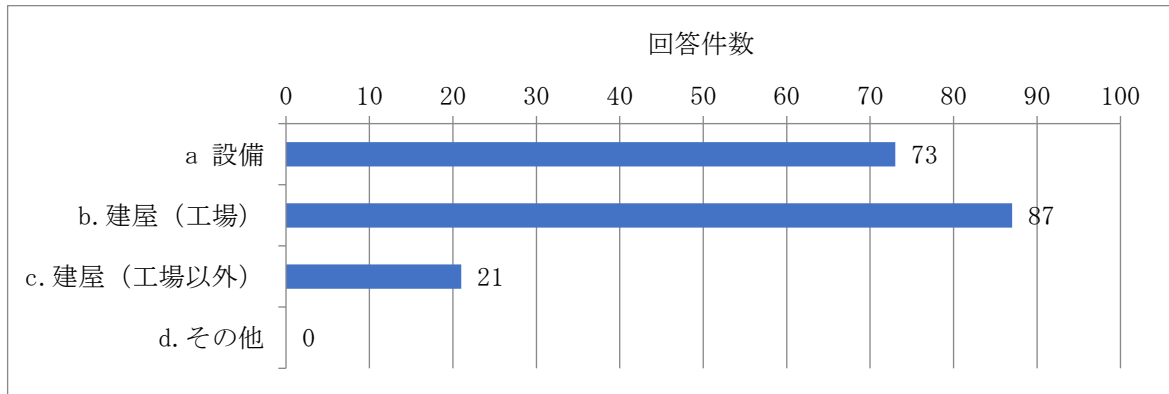


図 70 遮熱技術の適用対象設備（回答事業所数：145）

### ・適用温度(耐熱温度)

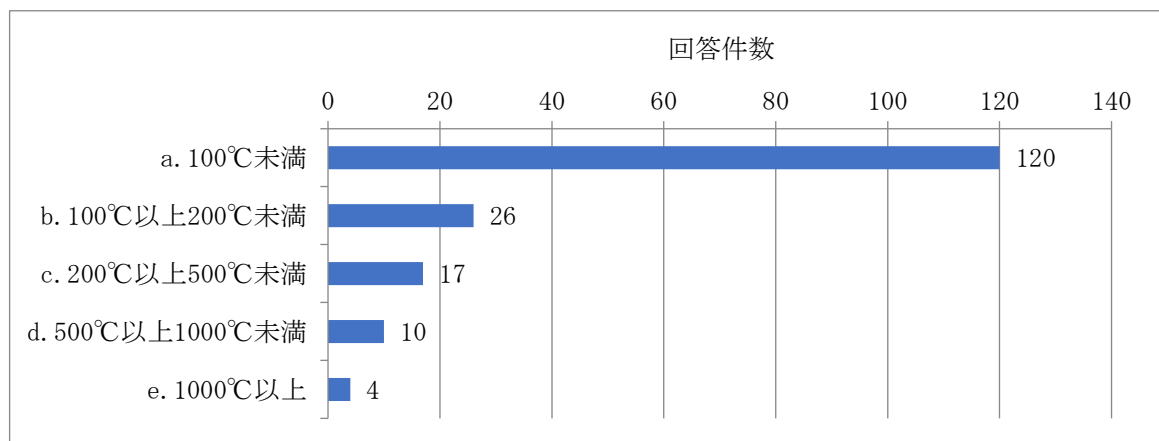


図 71 遮熱技術の適用温度（耐熱温度）（回答事業所数：144）

### ・適用場所

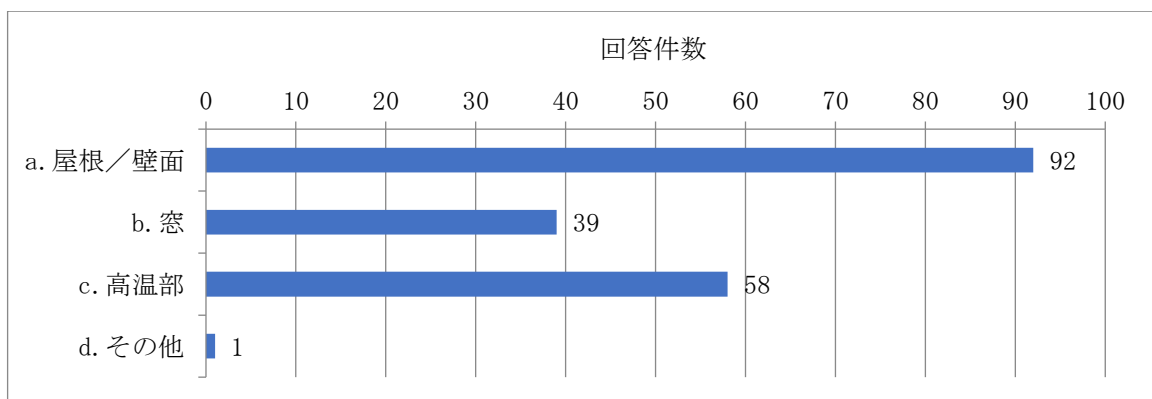


図 72 遮熱技術の適用場所（回答事業所数：141）

## 2.3.4 未利用熱利用のための障害、要求

### 2.3.4.1 新技術への関心度

新技術に対する技術別、業種別の関心度（5.1.3 項、設問 4）への回答件数と回答割合をまとめると図 73、74 のようになった。ヒートポンプ、断熱への関心は高い。回答者総数の半数以上が「関心あり」と回答があった技術は、ヒートポンプ、断熱、遮熱、蓄熱であった。一方、熱電発電及び熱機関発電への関心ありとの回答数は当該回答総数の半分に満たなかった。

業種別の回答結果を 5.2.1 項の図 271～285 に、技術別の回答結果を 5.2.2 項の図 286～291 に別掲する。

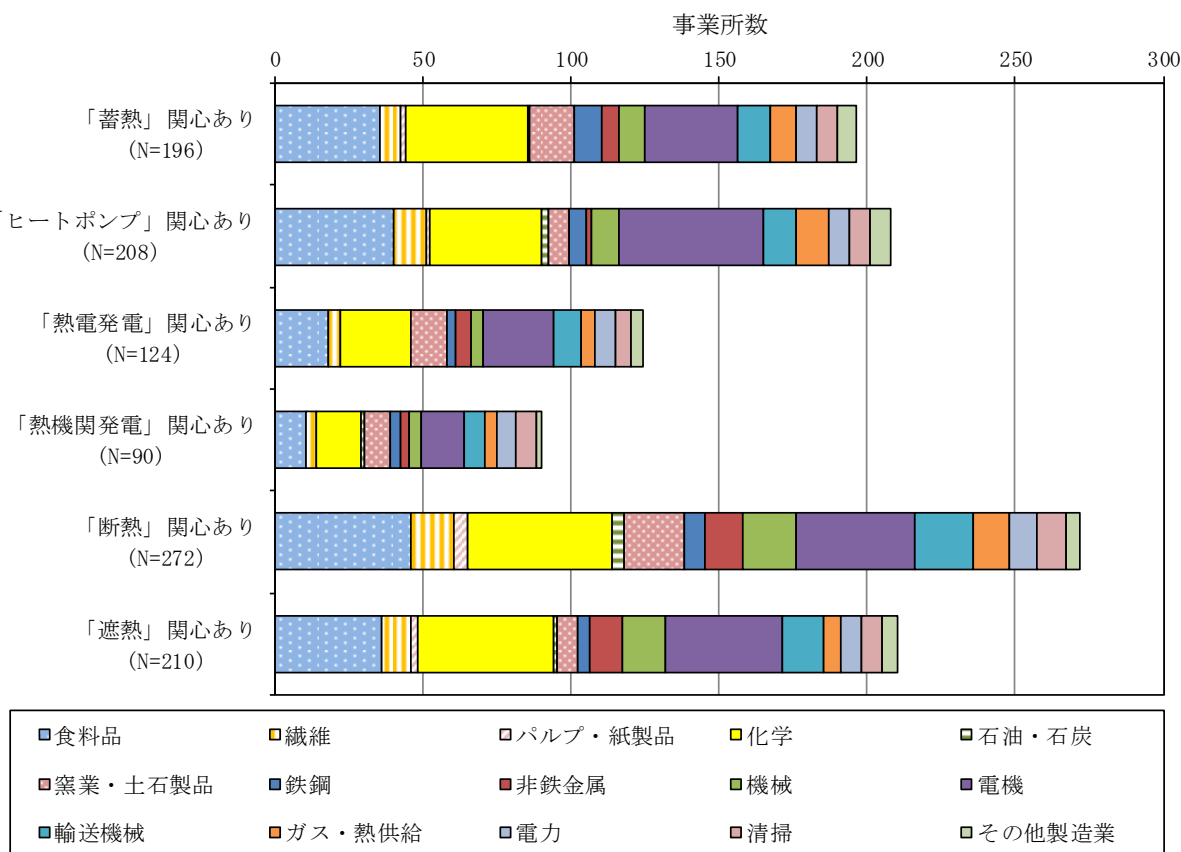


図 73 技術別業種別関心度

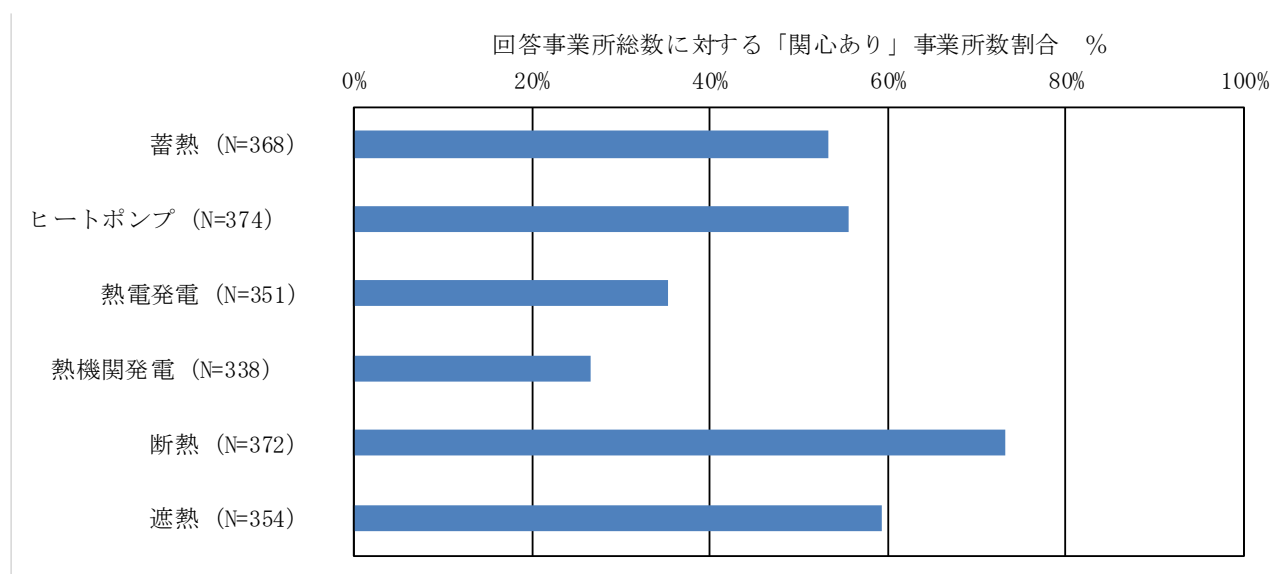


図 74 技術別関心ありの事業所数割合 (15 業種全体)

### 2.3.4.2 技術区分毎の重視すべき項目

新技術に対する技術別の重視すべき項目（5.1.3 項、設問 4）への選択件数をまとめると図 75～80 のようになった。

#### (1) 蓄熱

蓄熱技術に対しては、「排熱の温度」、「耐久性」、「熱損失」、「出力制御性」、「安定性」などが重視されている。「その他」の自由回答欄には、コスト・経済性、蓄熱設備の設置場所がない等が記載されていた。

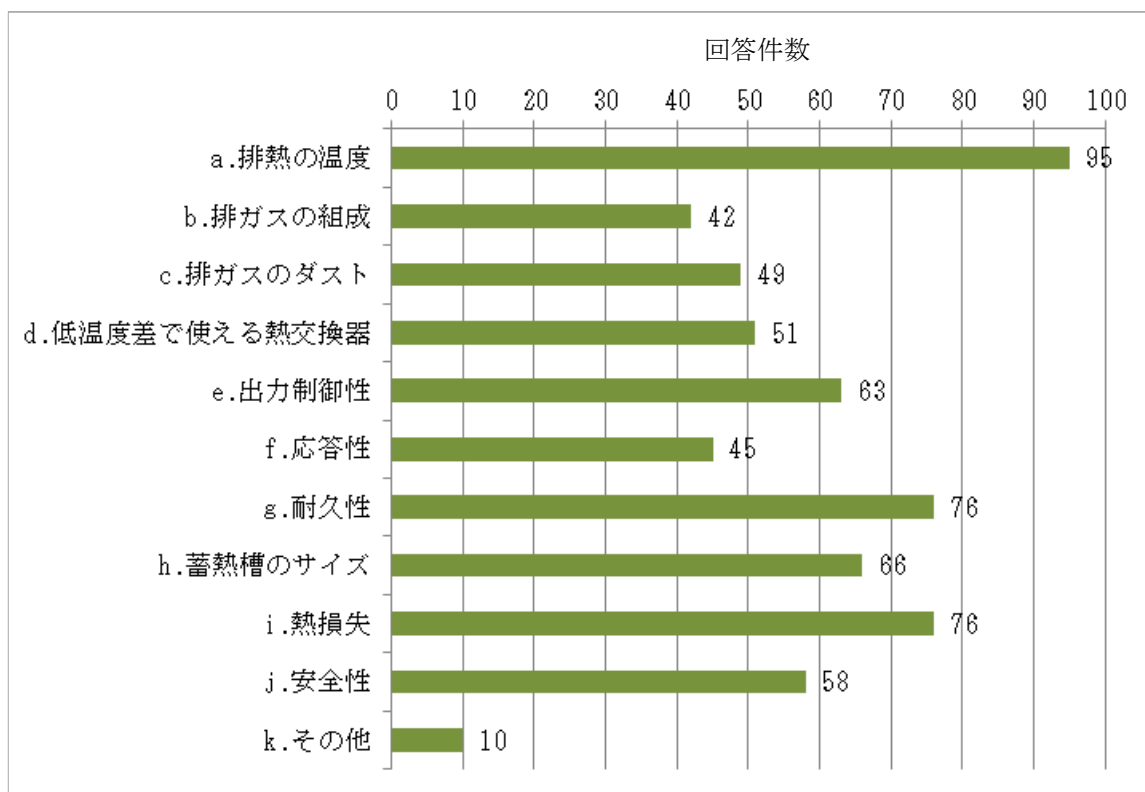


図 75 蓄熱技術において重視すべき項目（回答事業所数：221）

## (2) ヒートポンプ

ヒートポンプ技術に対しては、「耐久性」、「能力」、「低温度差で使える熱交換器」、「排熱の温度変動」、「出力制御性」などが重視されている。「その他」の自由回答欄には、経済性・コスト等が記載されていた。

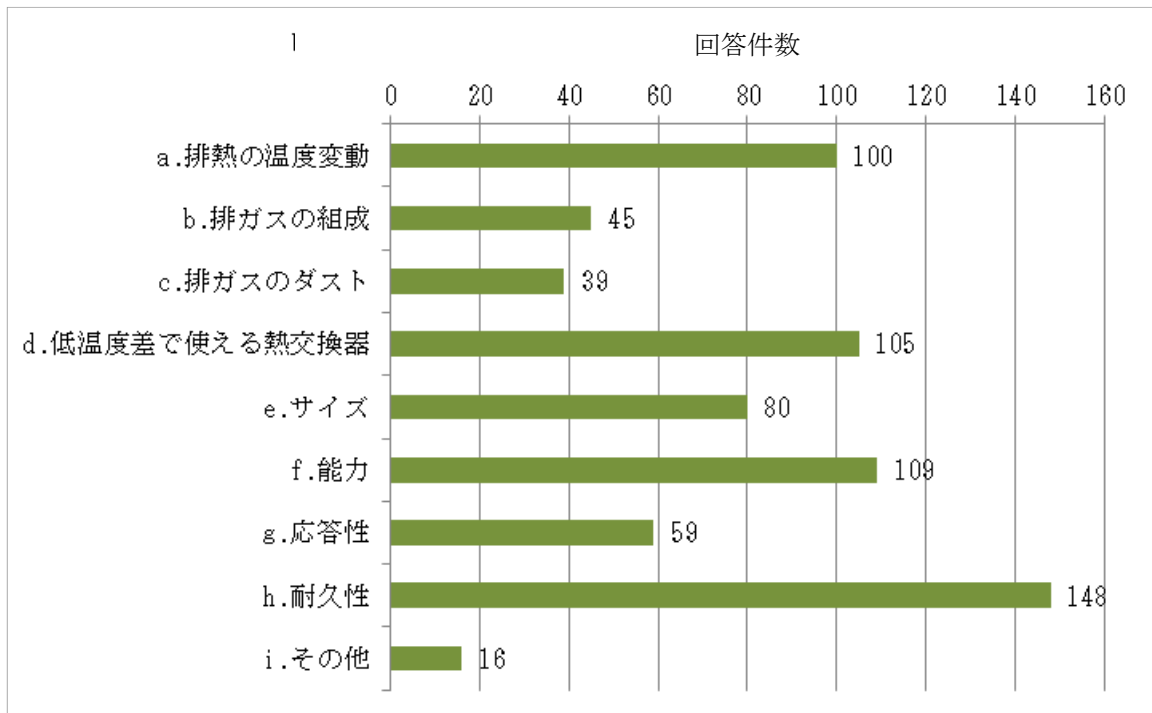


図 76 ヒートポンプ技術において重視すべき項目（回答事業所数：152）

## (3) 熱電発電

熱電発電技術に対しては、「耐久性」、「低温度差で使える熱交換器」、「排熱の温度」などが重視されている。「その他」の自由回答欄には、コスト等が記載されていた。

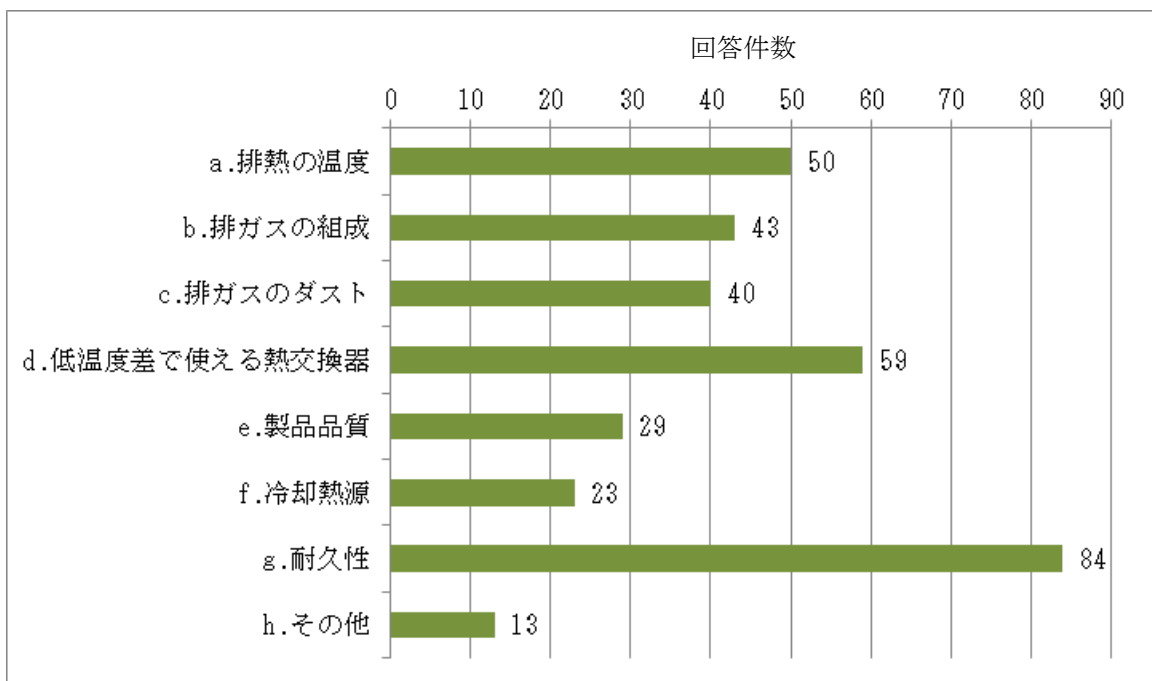


図 77 熱電発電技術において重視すべき項目（回答事業所数：113）



#### (4) 熱機関発電

熱機関発電技術に対しては、「低温度差で使える熱交換器」、「排熱の温度変動」、「サイズ」、「排ガスの組成」などが重視されている。「その他」の自由回答欄には、コスト、安全性等が記載されていた。

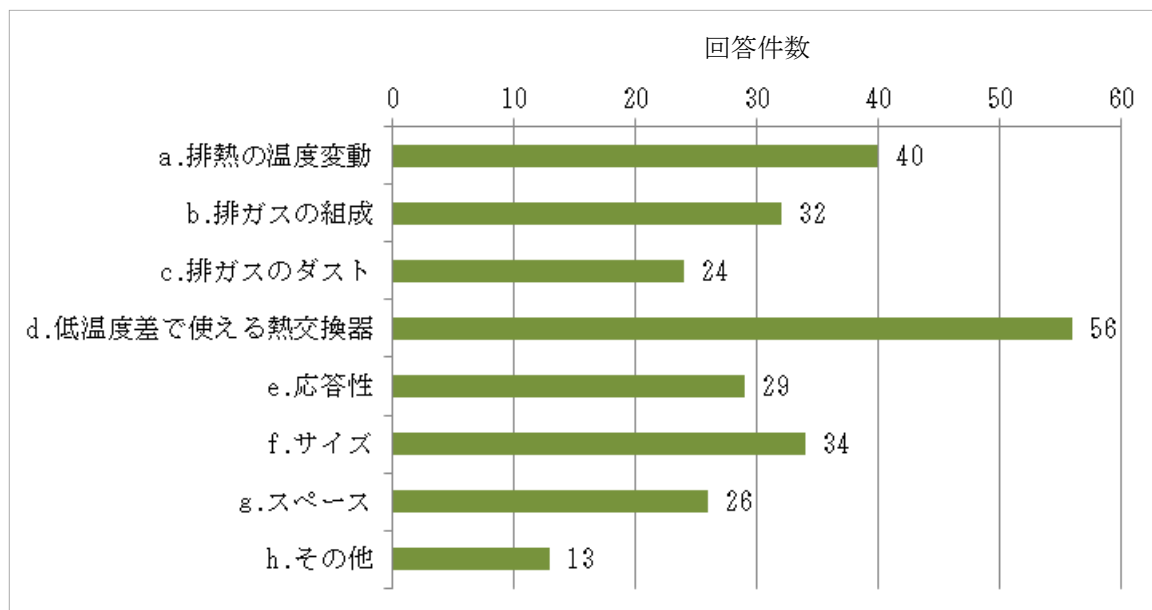
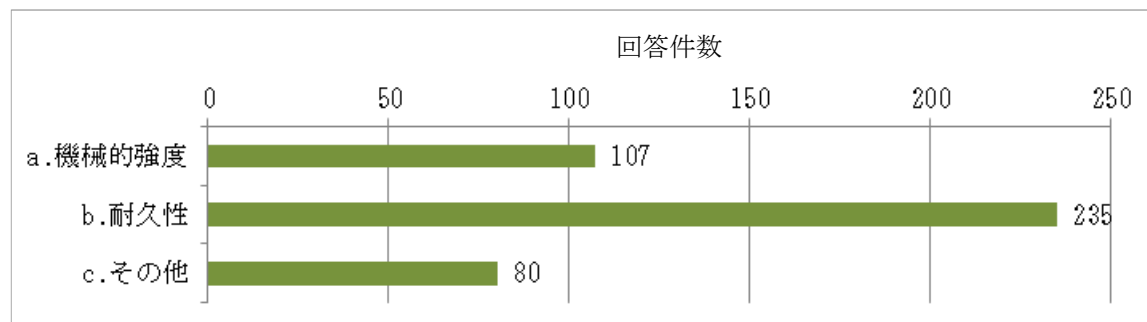


図 78 熱機関発電技術において重視すべき項目（回答事業所数：114）

#### (5) 断熱

断熱技術に対しては、「耐久性」、「機械的強度」などが重視されている。「その他」の自由回答欄には、高温性能、コスト等が記載されていた。



注) その他欄：

図 79 断熱技術において重視すべき項目（回答事業所数：293）

## (6) 遮熱

遮熱技術に対しては、「機械的強度」、「可視光透過率が高いこと」、「日射熱取得率が低いこと」などが重視されている。「その他」の自由回答欄には、コスト、耐久性、貼り易さ等が記載されていた。

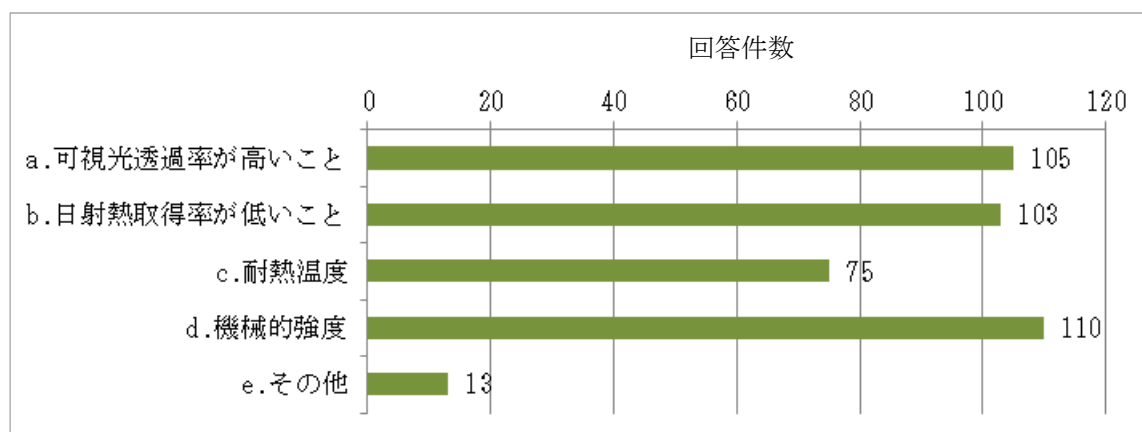


図 80 遮熱技術において重視すべき項目（回答事業所数：225）

## 2.3.5 熱輸送状況

### 2.3.5.1 ボイラからプロセスへの熱輸送

ボイラ等からプロセスへの熱輸送において、プロセスの種類別件数を集計すると図 81 に、また熱輸送長別件数を集計すると図 82 のようになった（5.1.3 項、設問 5.1）。ボイラからの熱輸送先は加熱設備が圧倒的に多く、全体の約 56%を占める。その他の輸送先としては空調設備、発電設備、冷水発生設備等の記述があった。輸送長としては、200 m 以下が約 60%を占めた。全 15 業種では数 km 級が数件あった。

ボイラ等からプロセスまでの温度帯別の設備数を熱輸送距離別にまとめると図 83 に、温度帯別の熱輸送量を熱輸送距離別にまとめると図 84 のようになった。輸送距離別の熱輸送設備数をみると、200°C 以下の熱が近接から数 km まで広く輸送されている。とくに、150~199°Cの熱輸送設備が突出して多い。熱輸送量は、輸送距離 0.2 km の設備が突出して多い結果となった。

熱供給事業者におけるボイラ等からプロセスへの熱供給状況（アンケート結果（設問 5-1））では、近接及び 50 m の近距離の熱輸送量が大きい。5 km の輸送熱量も比較的多いが、件数としては 1 事業者の回答結果であった。ガス・熱供給事業者における熱輸送に関する当該設問への回答は、ガス・熱供給事業者全体の 15.5%と低い。当該設問はボイラから生産設備等（加熱、乾燥、保温設備）への供給をイメージしたものとなっているので、他の事業者への熱供給状況として回答されていないためと推察される。したがって、図 82~85 は、熱供給事業者における他社等外部への熱輸送状況を反映したものとはなっていないと考えられる。

電力事業者におけるボイラ等からプロセスへの熱供給状況（アンケート結果（設問 5-1））では、近接の熱輸送量が圧倒的に大きいですが、件数としては 1 事業者の回答結果であった。電力事業者における熱輸送に関する当該設問への回答は電力事業者全体の 8.6%と低い。さらに、熱供給量が記載されている事業者数は 3 事業所のみであり、具体的には IPP が 1 件、内燃力発電所が 2 件であった。コンバインドサイクル設置電力事業者からのアンケート回答は多数あるが当該設問回答は 0 件であった。したがって、コンバインドサイクル発電における蒸気輸送（ガスタービンコンバインドで、ガスタービンの排ガスを排熱ボイラに送り、蒸気を発生させ蒸気タービンで発電する工程）は図 82~85 には含まれていないものと考えられる。

・プロセスの種類

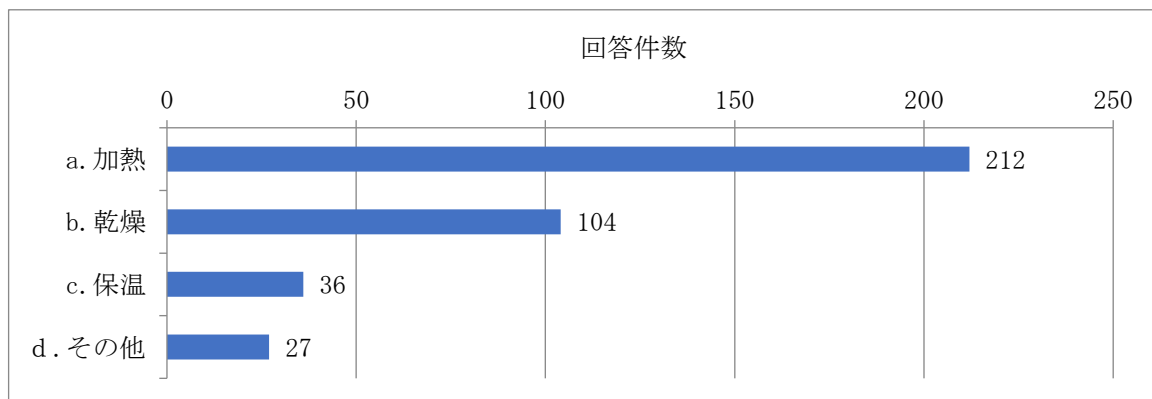


図 81 ボイラ等から生産プロセスへ熱輸送される場合のプロセス別件数 (回答事業所数 : 263)

・熱輸送長

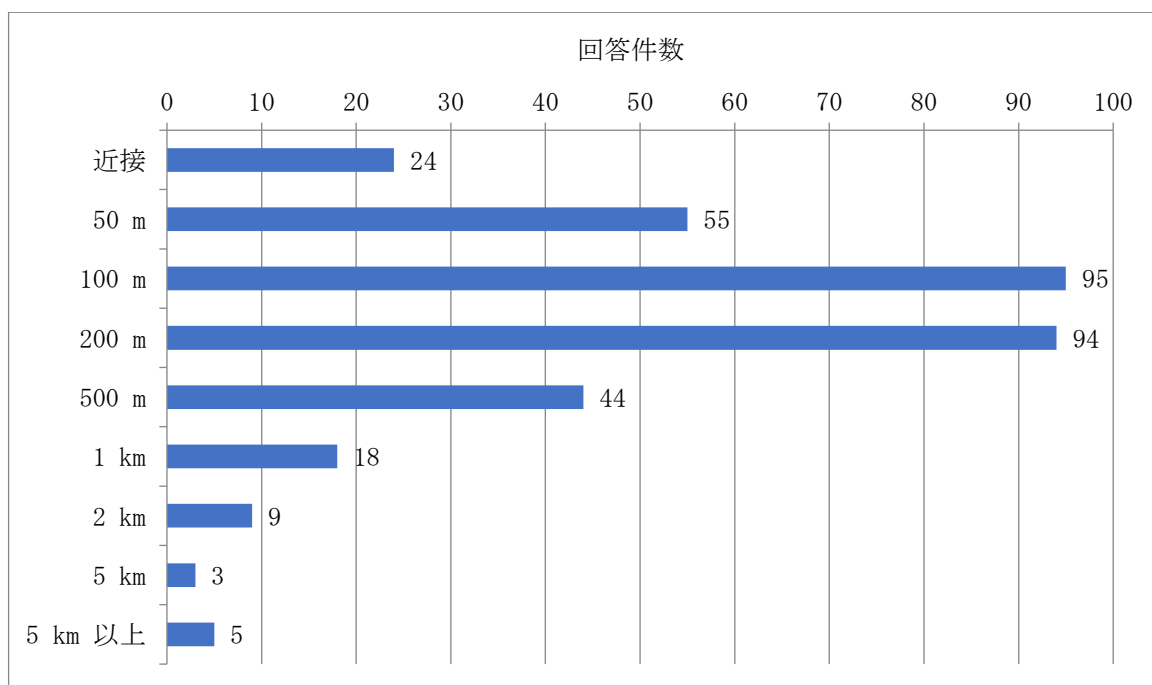


図 82 ボイラ等から生産プロセスへ熱輸送される場合の熱輸送距離別件数 (回答事業所数 : 260)

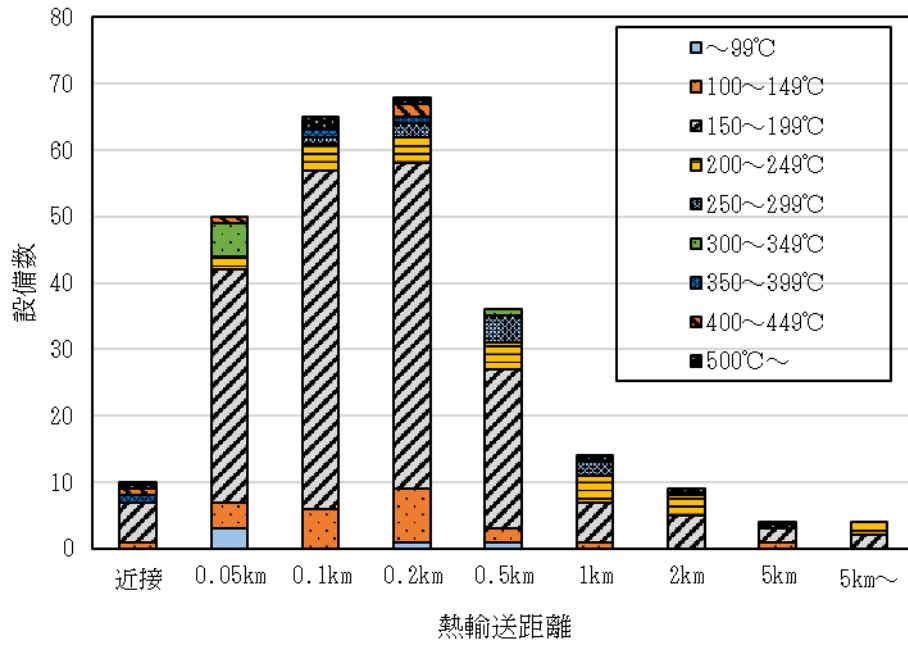


図 83 ボイラ等からプロセスまでの熱輸送距離別設備数（ボイラ出口温度別）

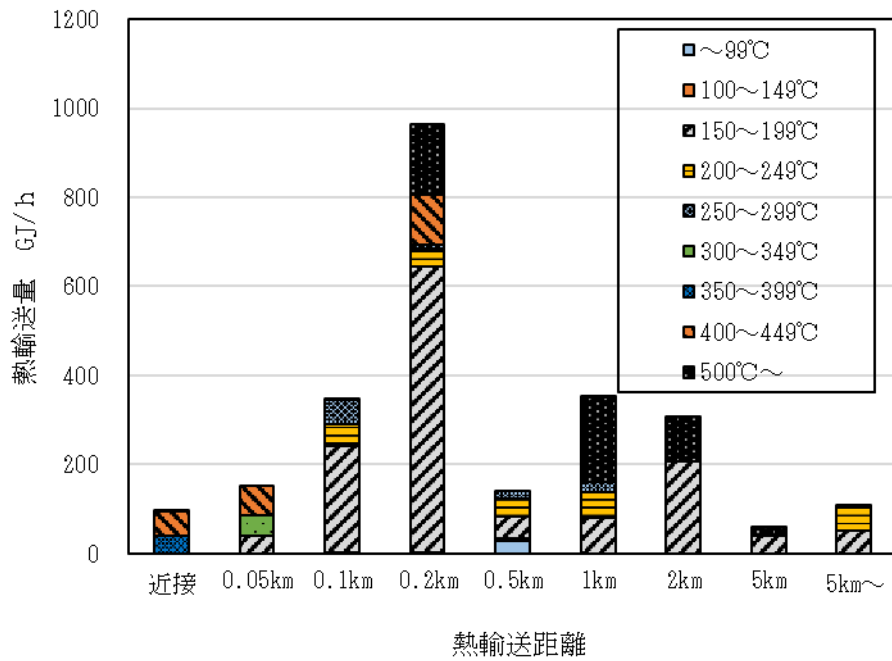


図 84 ボイラ等からプロセスまでの熱輸送距離別熱輸送量（ボイラ出口温度別）

### 2.3.5.2 プロセスから排熱利用設備への熱輸送

プロセスから排熱利用設備への熱輸送において、プロセスの種類別件数を集計すると図 85 に、また熱輸送長別件数を集計すると図 86 のようになった (5.1.3 項、設問 5.2)。排熱利用設備へ熱輸送を行っている排熱等発生設備 (プロセス) としては、加熱設備が圧倒的に多い。その他のプロセスとしては、空調設備等の記述があった。輸送長は、近接が最も多い。ボイラからの熱輸送距離の傾向と異なり、数 km 級は極めて少ない。また、プロセス出口温度が 500°C 以上の高温の際の熱輸送距離はすべてが近接であった。

プロセスから排熱利用設備までの温度帯別の設備数を熱輸送距離別にまとめると図 87 に、温度帯別の熱輸送量を熱輸送距離別にまとめると図 88 のようになった。輸送距離別の熱輸送件数では 200 m までの設備が多く、とくに高温では近接の設備が多い。輸送熱量で見ると、圧倒的に近接での輸送熱量が多く、また温度帯では 100°C 未満の低温ならびに 500°C 以上の高温の輸送で大半が占められていた。

#### ・プロセスの種類

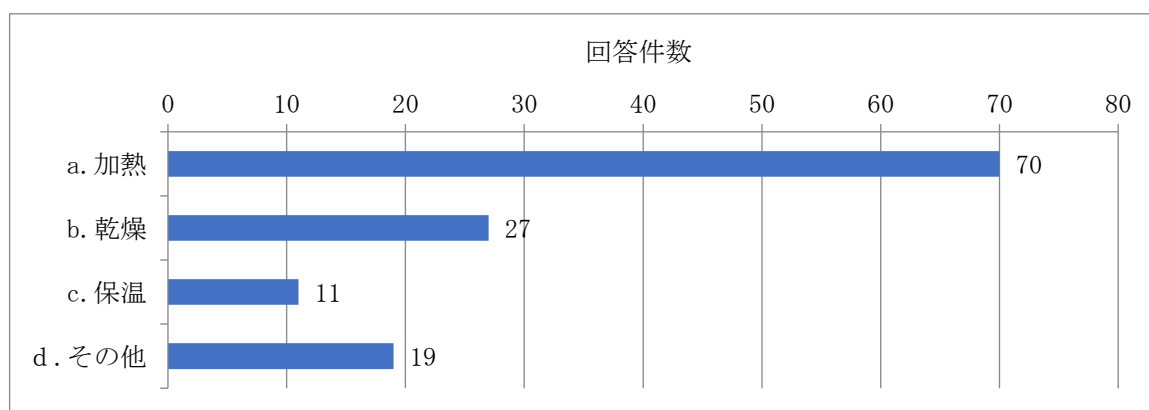


図 85 生産プロセスから排熱利用設備へ熱輸送される場合のプロセスの種類別件数 (回答事業所数: 105)

#### ・熱輸送長

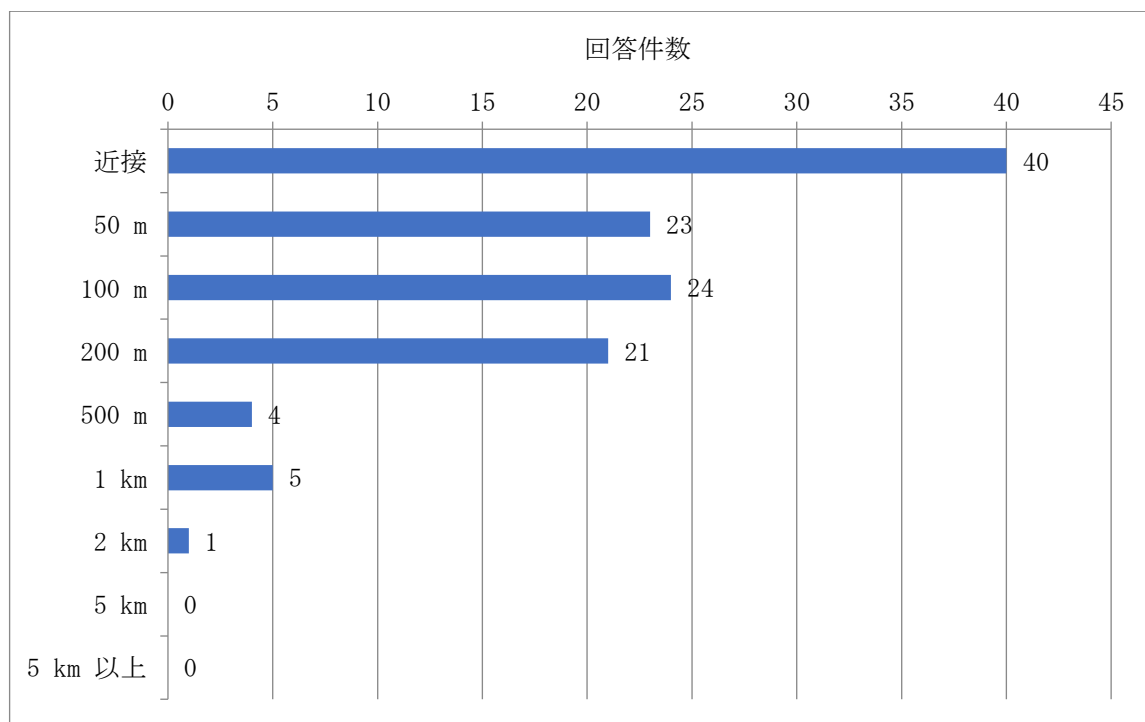


図 86 生産プロセスから排熱利用設備へ熱輸送される場合の熱輸送距離 (回答事業所数: 100)

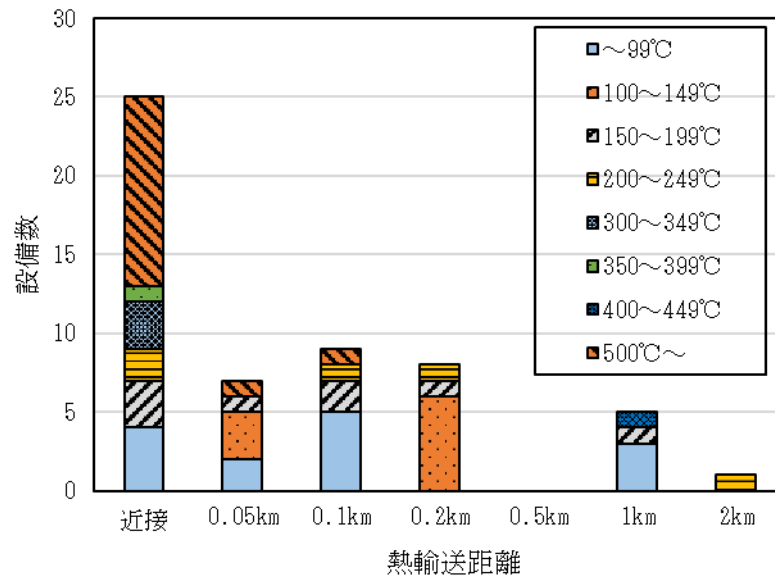


図 87 プロセスから排熱利用設備までの距離と設備数（プロセス出口温度別）  
（温度および距離未記載データを除く）

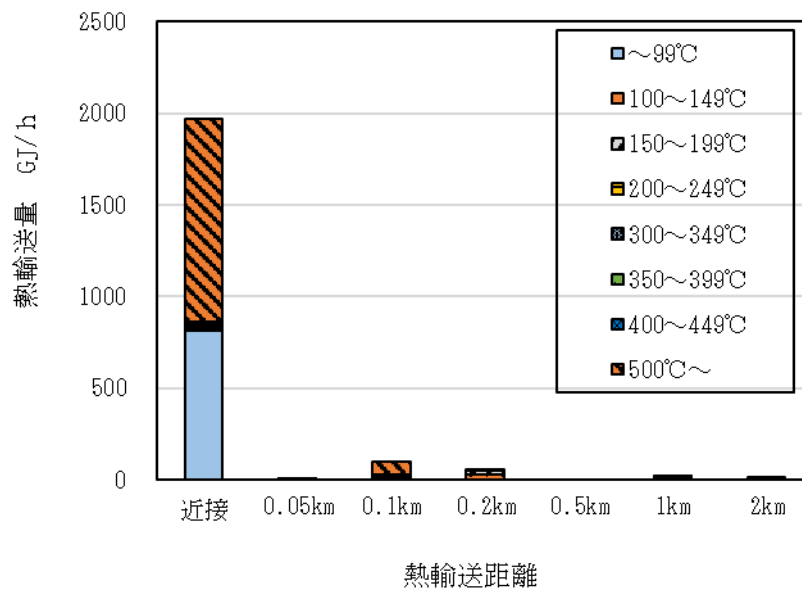


図 88 プロセスから排熱利用設備までの距離と熱輸送量（プロセス出口温度別）  
（温度および熱輸送量未記載データを除く）

### 2.3.5.3 蒸気輸送時の放散熱量

アンケート回答の配管保温材の表面温度を元に、自然対流と放射熱伝達による放散熱量を算出し、配管全長にわたる放散熱量と熱輸送量の比（熱損失割合）を求めた。得られた結果を図 89 に示す。

省エネルギー診断などで簡易的に使用されている方法として、水平円管が微小な垂直壁面の集合であるとみなし、垂直壁面の式により計算した。自然対流は以下の式による<sup>(21)</sup>。

$Q_c = \alpha c \times A \times \Delta t$  : 放熱量 [W/m]

$\alpha c = 2.6 \times \Delta t^{0.25}$  : 対流熱伝達率 垂直壁面 [W/m<sup>2</sup>・K]

A : 表面積 [m<sup>2</sup>]

$\Delta t$  : 温度差 [K]

また、放射熱伝達は以下の式による

$Q_r = \sigma \times A \times \varphi \times (t_1^4 - t_2^4)$  : 放熱量 [W/m]

$\sigma$  : ステファンボルツマン定数 :  $5.67 \times 10^{-8}$  [W/m<sup>2</sup>・K<sup>4</sup>]

A : 表面積 [m<sup>2</sup>]

$t_1$  : 蒸気配管保温材表面温度 [K]、 $t_2$  : 大気温度 [K]

$\varphi$  : 放射率（経験値として 0.9 とした）

蒸気配管からの熱損失は、配管の断熱状態や環境などによって異なるが、図 89 のように熱輸送距離が 100 m 程度を超えると、直管部からの熱損失は大きくなる。ボイラ等からプロセスまでの距離は図 83 のように 100~200 m 程度が多く、プロセスから排熱利用設備までの距離は図 87 のように近接だけでなく、100~200 m の場合も多く、熱輸送に伴う損失に注意が必要である。とくに、経年劣化による断熱材の性能の低下には注意する必要があるだろう。

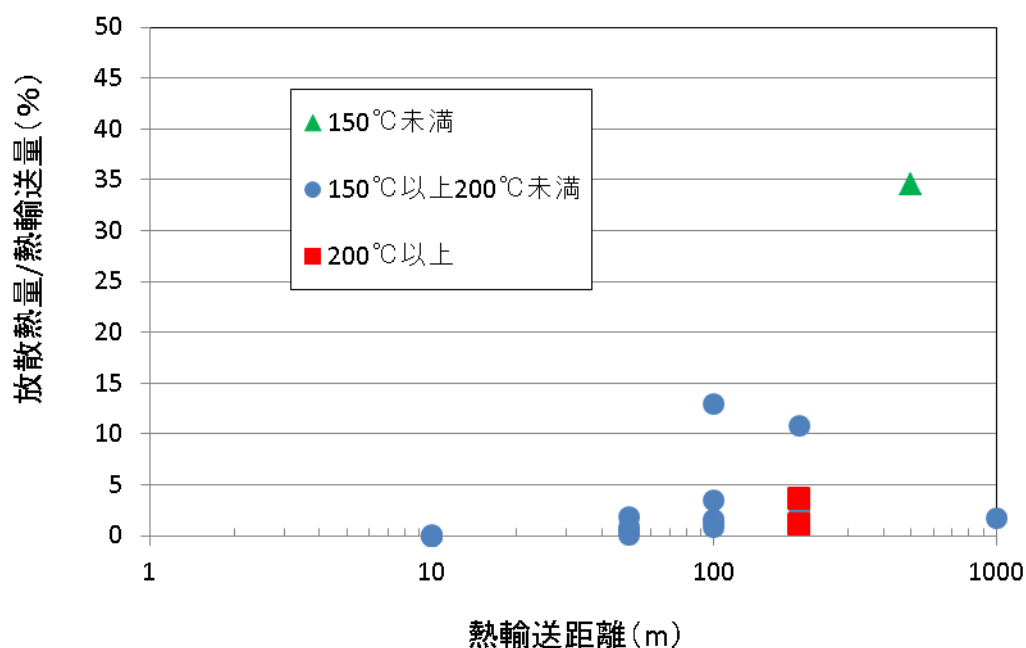


図 89 輸送距離と（放散熱量/熱輸送量）の関係



## 2.4 調査のまとめ

未利用熱活用状況調査として、2015年1月に送付した9業種（食料品、パルプ・紙、化学、石油・石炭、窯業・土石製品、鉄鋼、非鉄金属、機械、輸送機械）に対する調査票と、2017年3月に送付した6業種（繊維、電気機械、ガス、電力、清掃、その他製造業）に対する調査票の結果を元に、電話等によるヒアリング確認および取得データの整理・分析を行った。そして、全15業種の未利用熱の活用状況を定量的に比較できるように整理した。また、未利用熱の活用を促進する上で求められる工場のニーズを抽出し、設備別・温度帯別に整理した。さらに未利用熱活用技術である「蓄熱」「ヒートポンプ」「熱電発電」「熱機発電」「断熱」「遮熱」について現場のニーズを整理した。最後にボイラからプロセス間、プロセスから排熱利用設備間の熱輸送状況をまとめた。

調査結果によれば、回答企業においては、排熱回収ボイラ、レキュペレータ、エコノマイザなど、既存の排熱回収利用機器の導入が進んでおり、投資相応の省エネルギー効果が得られていることがわかった。未利用熱の活用の可能性では、200℃未満への対応が求められており、この点は第1章に示した未利用熱の排出状況の結果と符合している。新技術に対しては、生産現場の関心や理解を高めることも必要だと考えられる。熱源からプロセスまでの距離が長い現場も多数あり、断熱の恒常的な確保や熱源の分散化など、熱輸送に伴う放熱損失を抑制する対策も重要である。

## 2.5 参考文献

- (21) 2016 省エネルギー手帳、省エネルギーセンター.

### 第3章 調査体制

表15 産業排熱調査検討委員会 委員 (50音順、敬称略)

氏名	所属(着任時)	着任期間
秋山 俊一	一般財団法人省エネルギーセンター	2016.10.1～2018.3.31
綾部 統夫	一般社団法人日本機械工業連合会	2014.7.22～2018.3.31
石田 栄治	トヨタ自動車株式会社	2014.7.22～2017.1.31
伊藤 あすか	一般社団法人日本ガス協会	2017.1.1～2018.3.31
植山 正基	一般社団法人日本化学工業協会	2014.3.7～2015.3.31
小野 透	新日鐵住金株式会社	2014.7.22～2016.3.31
加藤 忠利	トヨタ自動車株式会社	2017.2.15～2018.3.31
佐土原 聡*1	横浜国立大学	2014.3.7～2018.3.31
須田 孝彦	一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会	2014.7.22～2018.3.31
曾我 拓央	一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター	2016.10.1～2018.3.31
高雄 信吾	一般財団法人省エネルギーセンター	2014.3.7～2016.3.31
立松 勝	株式会社UACJ	2014.7.22～2015.3.31
寺内 誠	一般社団法人日本化学工業協会	2016.12.1～2018.3.31
原 茂	一般社団法人日本化学工業協会	2015.6.3～2016.8.10
平野 聡*2	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2014.3.7～2018.3.31
矢部 彰*3	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2014.3.7～2015.3.31
渡邊 幸芳	一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター	2014.3.7～2016.6.30

\*1: 委員長 (2015.10.2～2018.3.31)、\*2: 委員長代行 (2015.4.1～2015.10.1)、

\*3: 委員長 (2014.3.7～2015.3.31)

表16 調査チーム 担当者 (50音順)

氏名	所属(着任時)	着任期間
遠藤 尚樹	国立研究開発法人産業技術総合研究所 (未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合 技術開発センター)	2013.10.17～2019.3.31
上山 慎也	同上	2013.10.17～2019.3.31
馬場 宗明	同上	2013.10.17～2019.3.31
平野 聡*4	同上	2013.10.17～2019.3.31

\*4: 責任者

表17 事務局 担当者 (50音順)

氏名	所属(着任時)	着任期間
豊田 俊介	一般財団法人金属系材料研究開発センター (未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合 技術開発センター)	2017.4.1～2019.3.31
中丸 裕樹	同上	2015.4.1～2017.4.1
箕浦 忠行	同上	2013.10.17～2019.3.31
村木 峰男	同上	2013.10.17～2015.3.31

表18 調査会社 担当者 (50音順、敬称略)

氏名	所属	期間
石塚 仁司*5	JFE テクノリサーチ株式会社	2014.1.27～2019.3.31
海老原 正則	同上	2014.1.27～2018.3.31
杉山 峻一	同上	2014.1.27～2016.3.31
藤居 竜矢	同上	2018.4.1～2019.3.31
八木 竜一	同上	2014.1.27～2019.3.31

\*5: 責任者

表 19 産業排熱調査検討委員会開催日程

委員会名	開催日
第 1 回産業排熱調査検討委員会	2014.3.7
第 2 回産業排熱調査検討委員会	2014.7.22
第 3 回産業排熱調査検討委員会	2014.10.15
第 4 回産業排熱調査検討委員会	2015.2.24
第 5 回産業排熱調査検討委員会	2015.6.3
第 6 回産業排熱調査検討委員会	2015.10.2
第 7 回産業排熱調査検討委員会	2016.2.19
第 8 回産業排熱調査検討委員会	2016.5.27
第 9 回産業排熱調査検討委員会	2017.2.15
第 10 回産業排熱調査検討委員会	2017.7.26
第 11 回産業排熱調査検討委員会	2017.11.10
第 12 回産業排熱調査検討委員会	2018.1.23

## 第4章 産業分野の未利用熱の排出状況（補足資料）

本章には第1章の補足資料として、未利用熱の排出状況調査のアンケート書類に加え、回答の不足部分を補足するための業種別の代表的なモデルの分析、および第1章には挙げなかった細分化した分析結果を記載する。

業種別、設備別の分析結果は、元のデータ数が限られるため、第1章の分析よりも誤差が大きくなりやすく、あくまでも定性的な傾向を見る資料として利用されたい。

## 4.1 未利用熱の排出状況調査のアンケート書類

### 4.1.1 ご回答にあたってのお願い

#### ご回答にあたってのお願い

##### 同封書類

お願いにあたり、次の書類を同封いたしております。万一不足がありましたときには、下記連絡先にご連絡願います。

1. アンケート調査ご協力へのお願い
2. ご回答にあたってのお願い（本用紙）
3. 調査票記入要領
4. 業種別の未利用熱の考え方
5. 業種区分表
6. 調査票《記入例》
7. 調査票《回答用紙》
8. 未利用熱エネルギー革新的活用技術研究開発の概要
9. 先行調査の概要と結果の活かし方

##### ご回答方法

ご回答は任意です。諸般の事情でご回答いただけない場合は、下記 e-mail アドレスへ「諸般の事情により回答できない」旨、ご一報いただければ幸いに存じます。

##### ご回答期限

回答用紙は同封の返信用封筒に入れ、9月30日までにご返送ください。

##### 調査内容の基準年度

本調査は 2015年度（平成27年度） を基準にします。この年のデータがない場合はできるだけ近い年度または年の実績でご回答ください。その場合は年度または年を明記してください。

##### ご回答手順

本調査はエネルギーの使用の合理化に関する法律による登録管理工場単位で実施させていただいておりますので、貴管理工場の内容についてのみご回答ください。なお、本社で一括してご回答いただいても結構です。

ご記入にあたっては、「調査票記入要領」および「調査票《記入例》」を参考にしてください。また、質問項目が貴工場に該当しない項目または不明の項目については、未記入または不明と記入して次の質問項目に進んでください。

回答用紙の電子ファイル（MS-Excel 形式）を準備いたしております。電子ファイルによる回答の方がご都合の良い方は、下記 e-mail アドレスへご請求ください。

##### お問い合わせ先

本調査についてご不明な点がございましたら、下記の連絡先までお問い合わせください。

調査主体：未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合

調査担当：未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合 技術開発センター長 平野 聡

委託調査機関：JFE テクノリサーチ株式会社

連絡先：JFE テクノリサーチ株式会社 調査研究第二部 未利用熱アンケート事務局

住 所：〒100-0004 千代田区大手町二丁目7番1号

TEL：03-3510-XXXX、YYYY、ZZZZ

9月30日以降のお問い合わせは、e-mail のみでの受付でお願いいたします。

e-mail：miriyou@jfe-tec.co.jp（本調査専用）

#### 4.1.2 調査票記入要領

### 調査票記入要領

1. 本調査での工場の未利用熱エネルギーとは、工場の各種設備から現在排出されている熱エネルギーの中で、次ページ図 90 のように工場では利用されていないものを指し、主として燃焼排ガス、排蒸気、排温風、排温水、高温固体からの放熱等が相当します。製造設備等から環境中への放熱も、有効に使われていない限り未利用熱エネルギーと考えられますが、放熱量がとくに大きい場合を除いて、勘案する必要はありません。
2. 本調査が記入対象とする未利用熱の性状は以下のとおりです。
  - ・燃焼排ガス、温風等：100℃以上  
ただし湿式脱硫設備などで排ガスが強制冷却されている場合は 100℃未満でも記入してください。
  - ・排温水：40℃以上（夏期）  
ただし発電設備の復水器冷却水については、20℃以上の場合記入をお願いいたします。
  - ・高温固体（素材／製品または装置）：100℃以上（表面温度）
3. 排熱量および温度は稼動時の平均排出量、平均排出温度を記入してください。  
排熱量計算の基準温度は、20℃とします。
4. 本調査で記入対象とする排熱発生設備の能力は以下のとおりです。
  - ・燃料使用量 581 kW（50 万 kcal/hr）以上 または重油使用量換算年間 450 kL/年以上
  - ・電気炉の場合 容量 50 kVA 以上なお上記燃料使用量と同等の廃棄物焼却炉があればそれらの排熱も記入してください。
5. 生産・製造設備・エネルギー転換設備および焼却設備（自家発電設備を除く）の未利用熱
  - ・発電設備、コージェネ設備、廃棄物発電、LNG 気化器、蒸気用ボイラ、化学反応炉、蒸留設備、電解設備、燃焼炉、乾燥炉、予熱炉、加熱炉、熱処理炉、溶解炉、電気炉等、焼成炉、キルン、キュボラ、シャフト、廃棄物焼却炉、ごみ焼却炉、蒸発設備、冷却設備等、代表的な設備をご記入ください
  - ・冷却設備や凝縮設備等からの排熱については、冷却塔や冷凍機で冷却し循環使用する場合には冷却塔や冷凍機の入口・出口温度と流量、海水で冷却する場合には海水入口・出口温度と流量条件等を記入してください。
  - ・排ガスの脱硫、脱硝、排ガスを利用した予熱設備などがあれば記入してください。
6. 記入用紙が不足したときは恐れ入りますがコピーして追加記入してください。

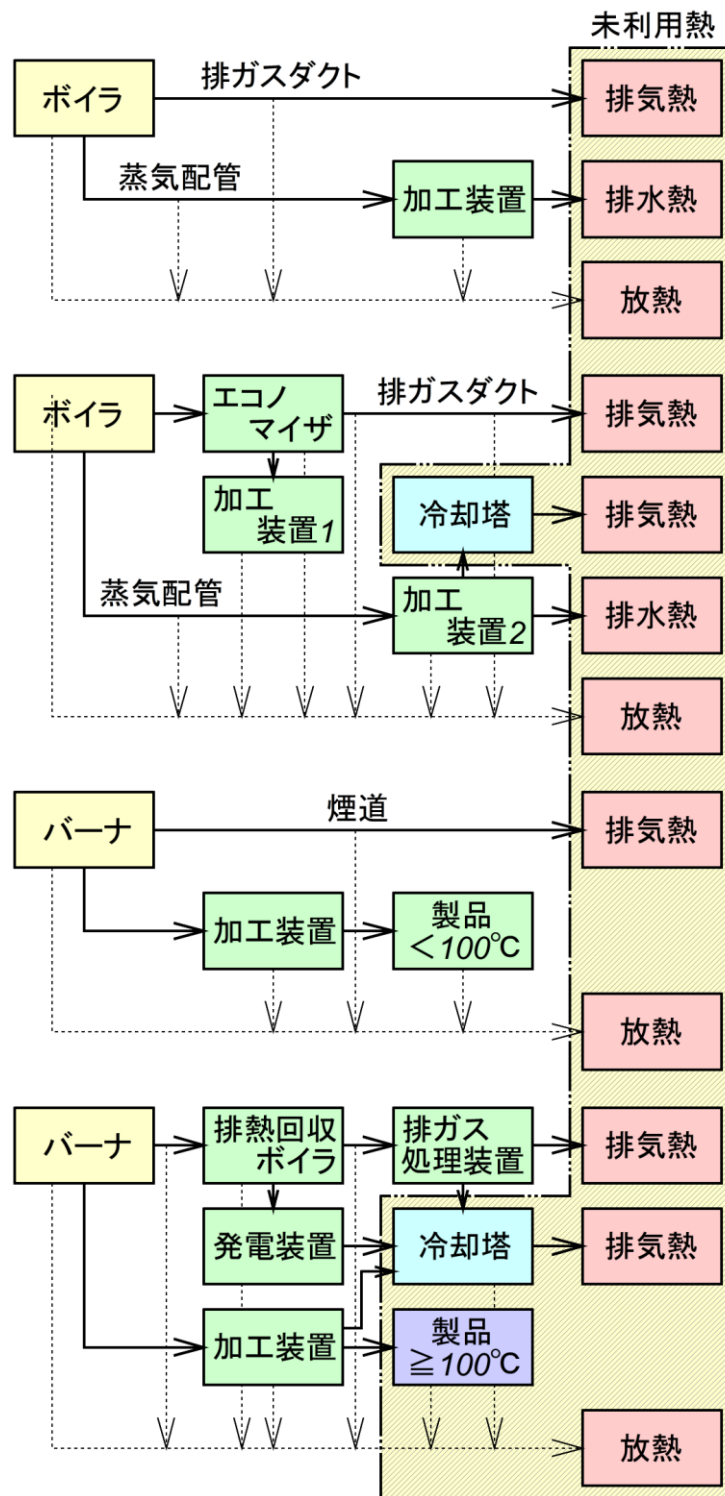


図 90 本調査で対象とする未利用熱の範囲例

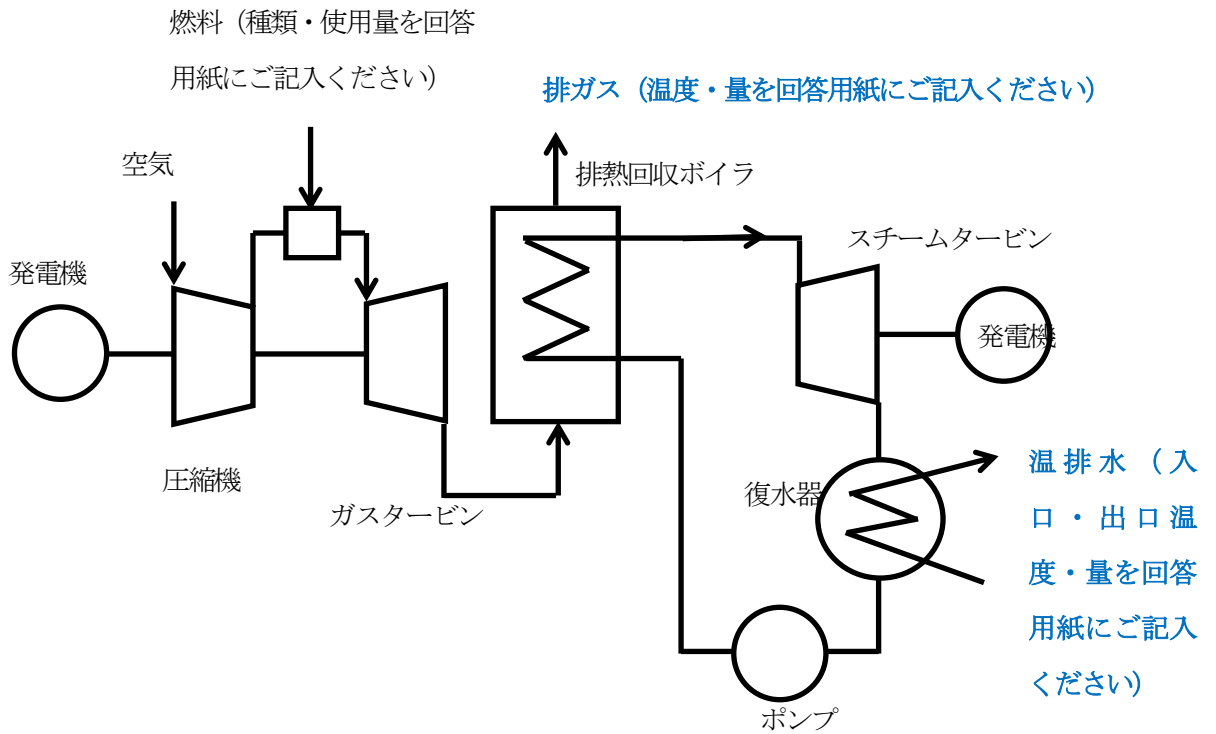


4.1.3 業種別の未利用熱の考え方

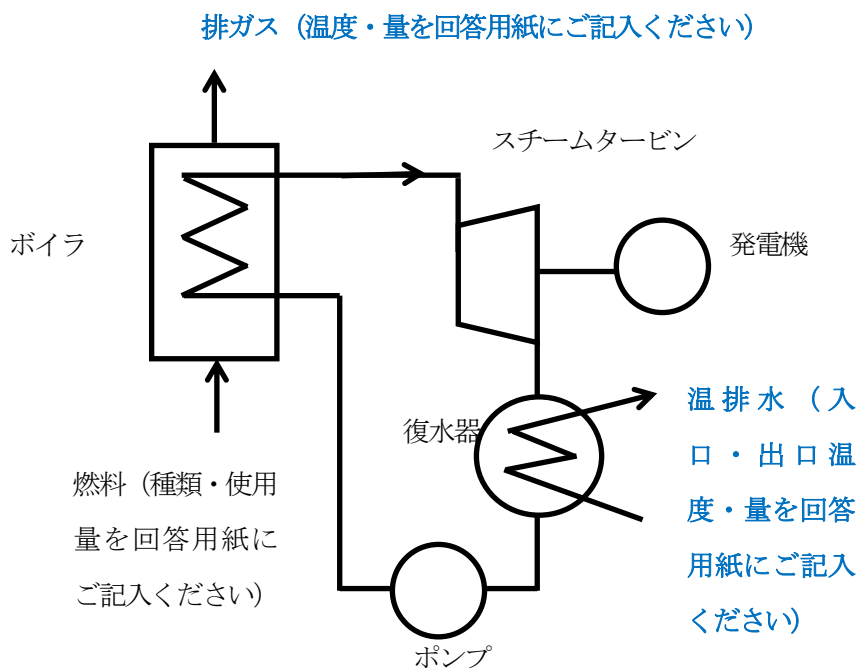
業種別の未利用熱の考え方

(1) 電力(変電設備も別途考慮)

①コンバインドサイクル (ガスタービン+スチームタービン：稼働状況を回答用紙にご記入ください)

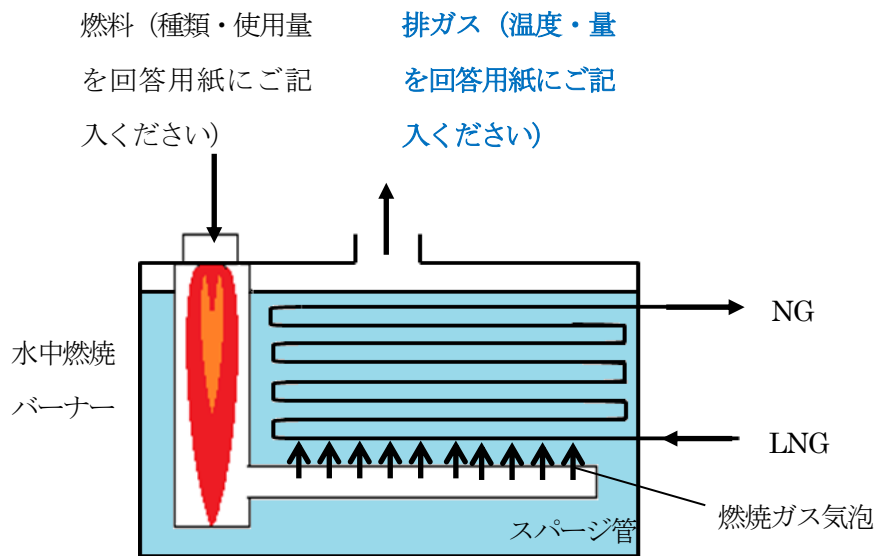


②スチームタービン (稼働状況を回答用紙にご記入ください)

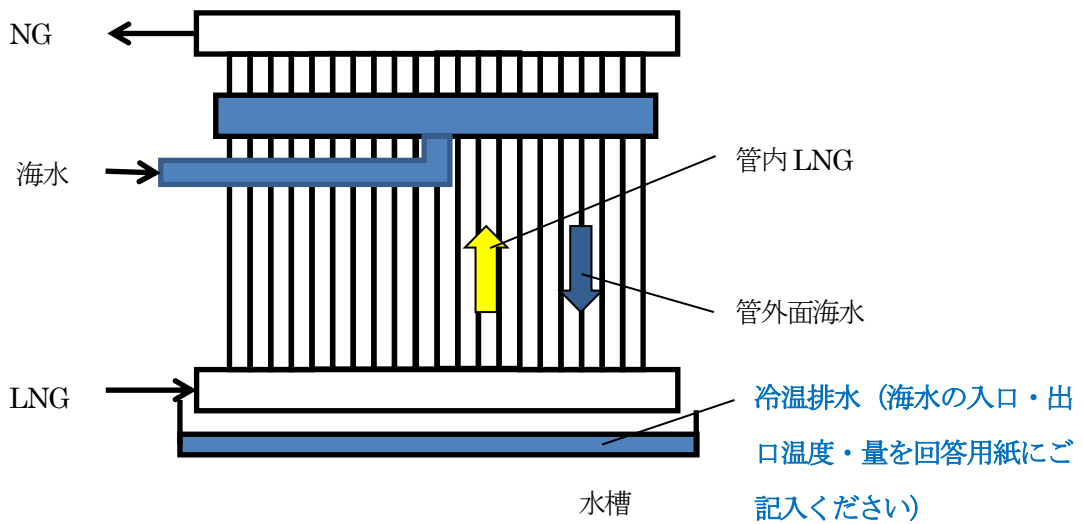


(2) ガス・熱供給

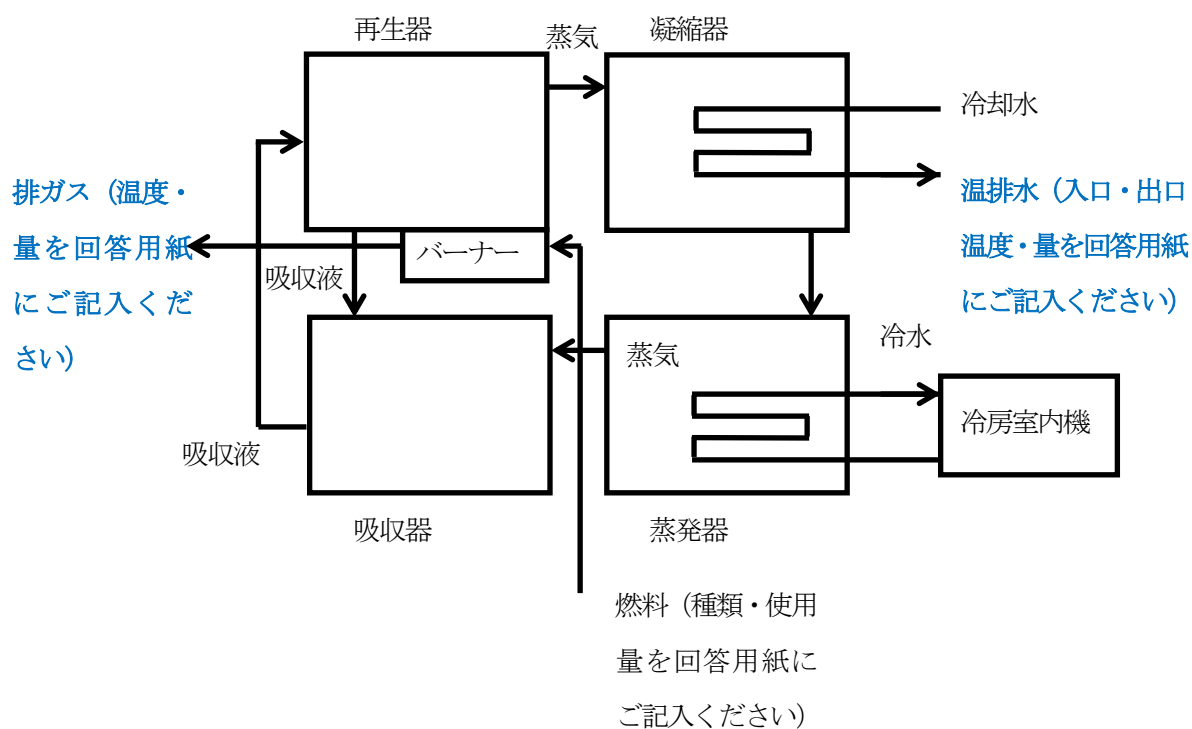
②LNG 気化器 (サブマージドコンバッション気化器: SCV) (稼働状況を回答用紙にご記入ください)



③LNG 気化器 (オープンラック式気化器: ORV) (稼働状況を回答用紙にご記入ください)

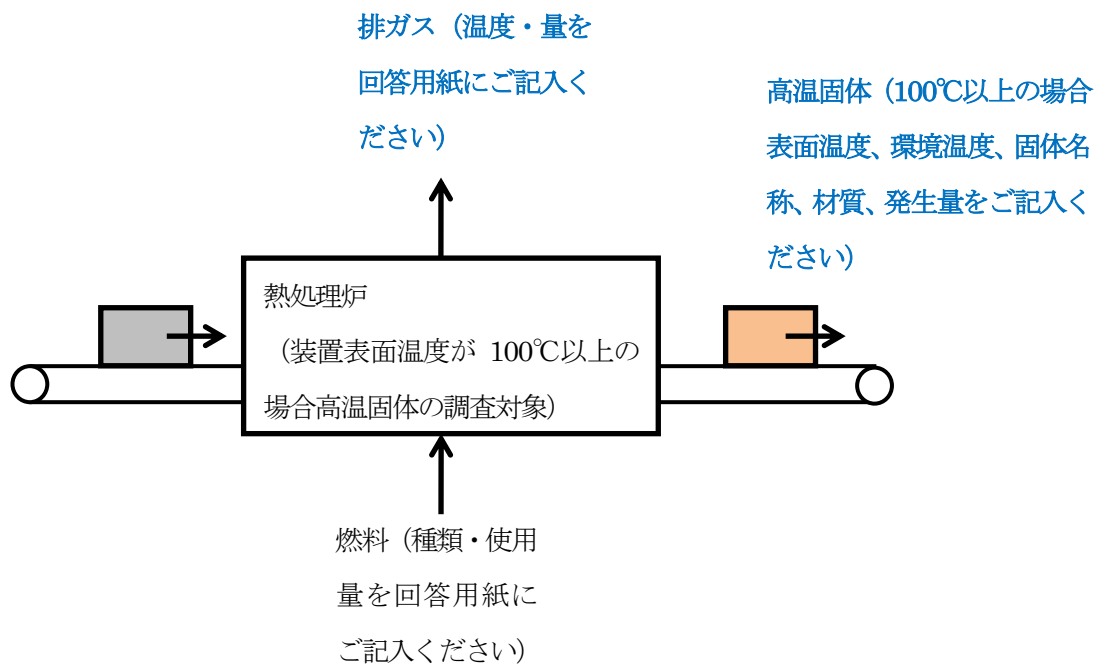


④吸収式冷凍機（稼働状況を回答用紙にご記入ください）



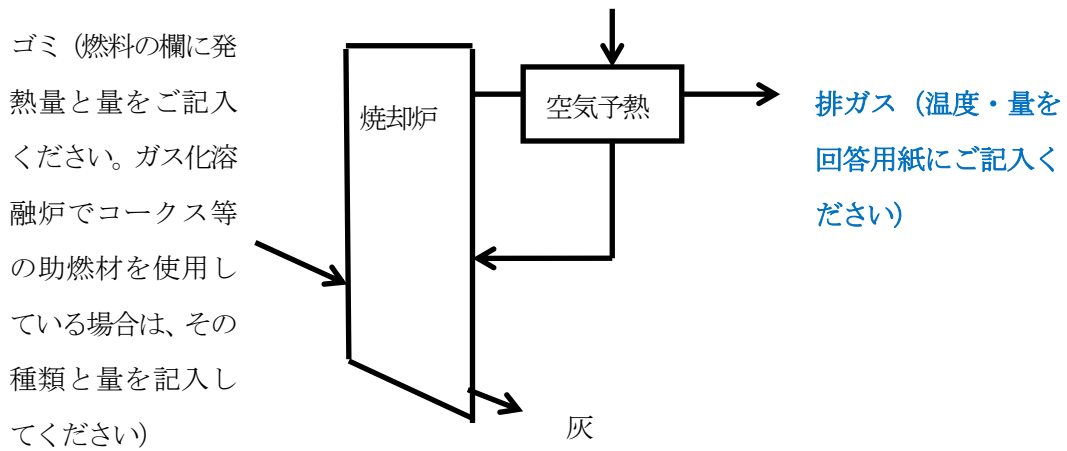
(3) 電気・電子

熱処理炉（稼働状況を回答用紙にご記入ください）

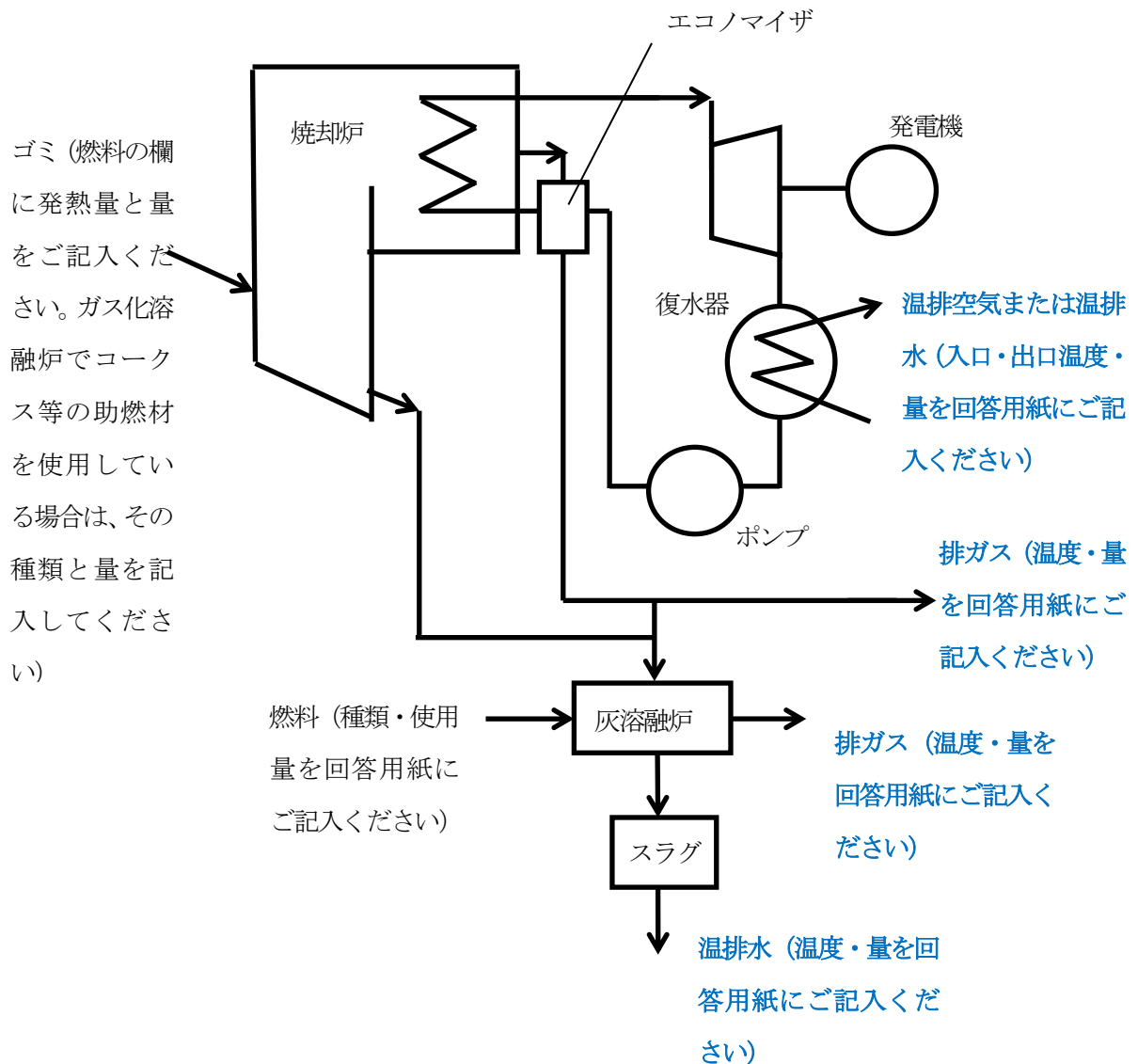


(4) 清掃

①焼却炉 (稼働状況を回答用紙にご記入ください)



②廃棄物発電 (稼働状況を回答用紙にご記入ください)



4.1.4 業種区分表

業種区分表（総務省統計局平成23年（2011年）産業連関表における部門分類による）

業種	細業種			
11 飲食料品	111 食料品	112 飲料	113 飼料・有機質肥料	114 たばこ
15 繊維製品	151 繊維工業製品	152 衣服・その他の繊維既製品		
16 パルプ・紙	163 パルプ・紙・板紙・加工紙	164 紙加工品		
20 化学製品	201 化学肥料	202 無機化学工業製品	203 石油化学基礎製品	204 有機化学工業製品
	205 合成樹脂	206 化学繊維	207 医薬品	208 化学最終製品
21 石油・石炭製品	211 石油製品	212 石炭製品		
22 プラスチック・ゴム	221 プラスチック製品	222 ゴム製品		
25 窯業・土石製品	251 ガラス・ガラス製品	252 セメント・セメント製品	253 陶磁器	259 その他の窯業・土石製品
26 鉄鋼	261 銑鉄・粗鋼	262 鋼材	263 鋳鍛造品	269 その他の鉄鋼製品
27 非鉄金属	271 非鉄金属精錬・精製	272 非鉄金属加工製品		
28 金属製品	281 建設・建築用金属製品	289 その他の金属製品		
29 汎用機械	291 汎用機械			
30 生産用機械	301 生産用機械			
31 業務用機械	311 業務用機械			
32 電子部品	321 電子デバイス	329 その他の電子部品		
33 電気機械	331 産業用電気機器	332 民生用電気機器	333 電子応用装置・電気計測器	339 その他の電気機械
34 情報・通信機器	341 通信機械・同関連機器	342 電子計算機・同附属装置		
35 輸送機械	351 乗用車	352 その他の自動車	353 自動車部品・同附属品	354 船舶・同修理
	359 その他の輸送機械・同修理			
39 その他の製造工業製品	191 印刷・製版・製本	231 なめし革・毛皮・同製品	391 その他の製造工業製品（木製品・家具）	392 再生資源回収・加工処理
46 電力・ガス・熱供給	461 電力	462 ガス・熱供給		
48 廃棄物処理	481 廃棄物処理			
100 民生部門	事務所・ビル、デパート、卸小売業、飲食店、学校、ホテル・旅館、病院、劇場・娯楽場、その他サービス（福祉施設等）			

#### 4.1.5 回答用紙

未利用熱調査 調査票<<回答用紙>>

- 記入可能な部分のみご回答ください。新たに測定していただく必要はありません。  
 ○ 本アンケートに回答できない場合は、下記 e-mail アドレスへ「諸般の事情により回答できない」旨、ご一報ください。  
 e-mail: mirivou@ife-tec.co.jp

#### 1) 工場概要

社名			
工場名			ID 注 1)
工場所在地			
連絡担当者	氏名：	所属：	
		e-mail：	
		TEL：	
業種 注 2)		細業種 注 2)	

注 1) ID は送信封筒の宛先に記述されていますので、その番号 (7 桁) をご記入ください。

注 2) 別紙の業種区分から選択し、業種区分ごとに書かれている番号をご記入ください

#### 2) 平成 27 年度の使用量と販売した副生エネルギー量 (定期報告書の記載通りで結構です)

(H27 年度でない場合には、何年度かを余白にご記入ください)

エネルギーの種類	単位	平成 27 年度使用量		平成 27 年度販売した副生エネルギーの量	
		数値	熱量 GJ/年	数値	熱量 GJ/年
原油(コンデンセートを除く)	kL				
原油のうちコンデンセート(NGL)	kL				
揮発油	kL				
ナフサ	kL				
灯油	kL				
軽油	kL				
A 重油	kL				
B・C 重油	kL				
石油アスファルト	t				
石油コークス	t				
石油ガス	液化石油ガス (LPG)	t			
	石油系炭化水素ガス	千m <sup>3</sup>			
可燃性天然ガス	液化天然ガス (LNG)	t			
	その他可燃性天然ガス	千m <sup>3</sup>			
石炭	原料炭	t			
	一般炭	t			
	無煙炭	t			
石炭コークス	t				
コールタール	t				
コークス炉ガス	千m <sup>3</sup>				
高炉ガス	千m <sup>3</sup>				
転炉ガス	千m <sup>3</sup>				
その他の燃料	都市ガス	千m <sup>3</sup>			
産業用蒸気	GJ				
産業用以外の蒸気	GJ				
電力 (自家発電を除く)	千kWh				
温水	GJ				
冷水	GJ				

3) 生産・製造設備・エネルギー転換設備および焼却設備（自家発電設備を除く）の未利用熱

設備	1 注3)			2 注3)			3 注3)		
プロセス・設備名									
設備種類 注3)									
稼動状況 稼動時間	時間/日			時間/日			時間/日		
年間稼動日数	日/年			日/年			日/年		
使用燃料 種類 1									
発熱量 注4)									
(相当単位に○)	kcal/kg	kJ/kg		kcal/kg	kJ/kg		kcal/kg	kJ/kg	
使用量 (相当単位に○)	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h
使用燃料 種類 2									
発熱量									
(相当単位に○)	kcal/kg	kJ/kg		kcal/kg	kJ/kg		kcal/kg	kJ/kg	
使用量 (相当単位に○)	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h
予熱設備 温度	℃			℃			℃		
予熱源									
未利用熱 注5)	1			2			3		
排ガス 温度	℃			℃			℃		
量	Nm <sup>3</sup> /h			Nm <sup>3</sup> /h			Nm <sup>3</sup> /h		
排蒸気・排温空気注6) 温度	℃			℃			℃		
量	ton/h	Nm <sup>3</sup> /h		ton/h	Nm <sup>3</sup> /h		ton/h	Nm <sup>3</sup> /h	
排温水 温度(入口・出口)	℃	℃		℃	℃		℃	℃	
量	m <sup>3</sup> /h			m <sup>3</sup> /h			m <sup>3</sup> /h		
高温固体 平均表面温度	℃			℃			℃		
環境温度	℃			℃			℃		
固体名称									
代表的固体材質									
質量(年換算概算値)	ton/y			ton/y			ton/y		
上記未利用熱の工場外使用 注7) (相当するものに○)	有・無			有・無			有・無		

注3) 発電設備、コージェネ設備、廃棄物発電、LNG 気化器、蒸気用ボイラ、化学反応炉、蒸留設備、電解設備、燃焼炉、乾燥炉、予熱炉、加熱炉、熱処理炉、溶解炉、電気炉、焼成炉、キルン、キュボラ、シャフト、廃棄物焼却炉、ごみ焼却炉、蒸発設備、冷却設備、代表的な設備をご記入ください

注4) ごみ、廃棄物の場合にご記入ください。

注5) 未利用熱は、周囲環境に捨てられる熱としてください。別紙 調査票記入要領参照 記入の際不明な点等ありましたら、事務局までご連絡ください。

注6) 排蒸気・排温空気のどちらかの指定をお願いします。

注7) 工場外とは、貴社工場の外、例えば外部の別企業、機関のことです。

設備	4 注 3)			5 注 3)			6 注 3)		
プロセス・設備名									
設備種類 注 3)									
稼動状況 稼動時間	時間/日			時間/日			時間/日		
年間稼動日数	日/年			日/年			日/年		
使用燃料 種類 1									
発熱量注 4)									
(相当単位に○)	kcal/kg	kJ/kg		kcal/kg	kJ/kg		kcal/kg	kJ/kg	
使用量 (相当単位に○)	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h
使用燃料 種類 2									
発熱量									
(相当単位に○)	kcal/kg	kJ/kg		kcal/kg	kJ/kg		kcal/kg	kJ/kg	
使用量 (相当単位に○)	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h
予熱設備 温度	℃			℃			℃		
予熱源									
未利用熱 注 5)	1			2			3		
排ガス 温度	℃			℃			℃		
量	Nm <sup>3</sup> /h			Nm <sup>3</sup> /h			Nm <sup>3</sup> /h		
排蒸気・排温空気注 6) 温度	℃			℃			℃		
量	ton/h	Nm <sup>3</sup> /h		ton/h	Nm <sup>3</sup> /h		ton/h	Nm <sup>3</sup> /h	
排温水 温度 (入口・出口)	℃	℃		℃	℃		℃	℃	
量	m <sup>3</sup> /h			m <sup>3</sup> /h			m <sup>3</sup> /h		
高温固体 平均表面温度	℃			℃			℃		
環境温度	℃			℃			℃		
固体名称									
代表的固体材質									
質量(年換算概算値)	ton/y			ton/y			ton/y		
上記未利用熱の工場外使用 注 7) (相当するものに○)	有・無			有・無			有・無		



#### 4) 自家発電設備の未利用熱と副生エネルギー

##### 4-1) 電力・蒸気の需給状況

電力			蒸気		
	量	単位		量	単位
自家発電量 注 8)		kWh/h	自家生産量		kW
自家発電稼働時間		h/年			
自家使用量		kWh/h	自家使用量		kW
外部販売量		kWh/h	外部販売量		kW

注 8) コージェネを含めた自家火力発電量+排熱発電量をご記入ください。

##### 4-2) 電力の熱としての使用量 (電気炉等電気加熱)

設備名			
年間使用量	千kWh/年	千kWh/年	千kWh/年
加熱温度	℃	℃	℃

##### 4-3) 副生エネルギー

副生エネルギー名									
自家生産量 (相当単位に○)	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h
発熱量 (相当単位に○)	MJ/kL	MJ/Nm <sup>3</sup>	MJ/ton	MJ/kL	J/Nm <sup>3</sup>	MJ/ton	MJ/kL	MJ/Nm <sup>3</sup>	MJ/ton
自家使用量 (相当単位に○)	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h
外部販売量 (相当単位に○)	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h

4-4) 自家発電設備（コージェネ設備を含む）の操業と未利用熱

設備（スチームタービン、ガスタービン、ディーゼルエンジン等）									
設備種類 注 7)									
年間発電量	千kWh/年			千kWh/年			千kWh/年		
年間稼働時間	時間/年			時間/年			時間/年		
使用燃料 種類 1									
使用量 (相当単位に○)	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h
使用燃料 種類 2									
使用量 (相当単位に○)	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h	kL/h	Nm <sup>3</sup> /h	ton/h
未利用熱									
排ガス 温度	℃			℃			℃		
量	Nm <sup>3</sup> /h			Nm <sup>3</sup> /h			Nm <sup>3</sup> /h		
排蒸気 温度	℃			℃			℃		
量	ton/h	m <sup>3</sup> /h		ton/h	m <sup>3</sup> /h		ton/h	m <sup>3</sup> /h	
排温水 温度(入口・出口)	℃	℃		℃	℃		℃	℃	
量	m <sup>3</sup> /h			m <sup>3</sup> /h			m <sup>3</sup> /h		
上記未利用熱の外部供給 (相当するものに○)	有・無			有・無			有・無		

注 7) 発電設備の種類（スチームタービン、ガスタービン、ディーゼルエンジン等）をご記入ください。

**5) 5年先までの産業技術や製造プロセスの変化動向に関する意見**

今後の技術開発・新技術導入等により、貴業界あるいは貴工場における熱利用状況の変化が予想されます。未利用熱の将来予測あるいは排熱有効活用に係る国への要望等、ご意見をお聞かせください。

1) 業界の将来技術動向（未利用熱エネルギー発生状況とその対策、国への要望等）

2) 工場製造プロセスの将来動向（エネルギーに係る課題とその対策、国への要望等）

3) 未利用熱の外部供給に関する意見（検討状況と課題等）

4) その他（未利用排熱利用技術の導入を妨げる要因等）

6) 新技術導入条件

1 新技術を導入する際の評価項目の優先順位	
1-1 技術評価	①他の類似技術より高い目標達成度が期待できる ②多分野へのインパクトがある／広い分野で使われる技術である ③さらなる改良によりより優れた技術シーズに成り得る ④投資対効果に優れている ⑤他の類似技術より機器操作性／生産弾力性に優れている ⑥その他 ( ) 注9)
優先順位 注8)	
1-2 +α、リスク評価	①省エネルギー以外に生産性向上、品質向上等も期待できる ②他の技術／装置との相乗効果が期待できる ③騒音、振動、排ガス処理等のデメリット要素がない ④自社で類似技術の経験があり導入リスクが少ない ⑤競合他社が導入している／導入しようとしている ⑥その他 ( ) 注9)
優先順位 注8)	
2 新技術を導入する際の条件	
<b>導入する際の条件</b>	
①投資対効果に優れている	②省エネルギー性に優れている
③操作簡便性に優れている	④付加的メリットが期待できる
⑤技術の発展性、汎用性が期待できる	⑥デメリット要素が少ない
⑦同業種で導入実績がある	⑧他業種で導入実績がある
⑨自社で開発した技術である	⑨その他 ( ) 注9)
2 (1) 導入する際に絶対に必要な条件 注10)	
2 (2) 好ましい条件 注10)	
2 (3) 不要な条件 注10)	

注8) 優先順位順に、①～⑥を並べ替えてご記入ください。

注9) その他の場合は、内容をご記入ください。

注10) 相当する条件を番号でご記入ください

.....

守秘の説明 ご記入いただきました回答内容は未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合において調査担当が厳重に管理し、各社の情報が特定されないように集計・統計処理した上で、本プロジェクトの推進および経済産業省における今後の政策検討の基礎資料となるよう、活用させて頂く予定です。したがって、個別に貴社名等が公表されることもございません。

.....

連絡先 : JFE テクノリサーチ株式会社 調査研究第二部 未利用熱アンケート事務局 住 所 : 〒100-0004 千代田区大手町二丁目7番1号 TEL : 03-3510-XXXX、YYYY、ZZZZ 9/30以降は e-mail のみの受付 E-mail : miriyou@jfe-tec.co.jp
---

回答期限 2016年9月30日  
ご協力ありがとうございました。

#### 4.2 生産設備別の排ガスエネルギー

表 20 設備別温度帯別の 1 基当たりの排ガス熱量 (アンケート値) [TJ/year/unit]

		焼成炉	化学 反応炉	燃焼炉	加熱炉	溶解炉	脱臭炉	蒸気用 ボイラ	熱媒 ボイラ	排熱 ボイラ	焼却炉	ガス化 溶融炉	冷凍機・ 冷温水 発生設備	コジェネ 設備	その他	合計
排ガス 温度 [°C]	～99	31.5	0.0	4.3	4.1	13.9	1.6	3.3	0.0	0.0	10.9	0.0	0.8	216.2	0.3	287.1
	100～149	77.2	0.0	14.6	12.0	11.5	0.0	21.4	0.1	102.8	43.0	0.0	2.9	40.5	54.0	380.0
	150～199	85.9	424.4	20.5	21.9	23.0	7.2	23.8	8.8	20.6	44.8	35.5	2.5	47.6	13.9	780.4
	200～249	18.7	0.8	21.7	29.6	32.3	18.9	6.9	3.8	22.1	52.8	109.0	8.2	0.0	159.8	484.6
	250～299	13.0	24.6	19.4	17.9	122.3	1.4	6.9	11.4	4.3	0.0	0.0	1.2	0.0	15.4	237.8
	300～349	10.1	0.0	7.6	11.3	21.1	10.0	22.8	8.4	0.0	19.9	0.0	6.7	0.0	2.1	120.1
	350～399	0.0	0.0	14.3	24.2	58.9	0.0	5.7	0.0	0.0	22.6	0.0	0.0	0.0	4.9	130.6
	400～449	3.5	0.0	0.0	7.1	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	8.4	0.0	44.8
	450～499	1.6	0.0	0.0	15.5	24.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.2
	500～	56.7	0.0	23.9	15.0	105.8	0.3	0.0	0.0	0.0	12.9	99.4	0.0	0.0	0.0	314.0
合計		298.1	449.8	126.2	158.6	438.9	39.3	90.8	32.6	149.8	207.0	243.8	22.3	312.7	250.4	2820.3

1) 焼成炉

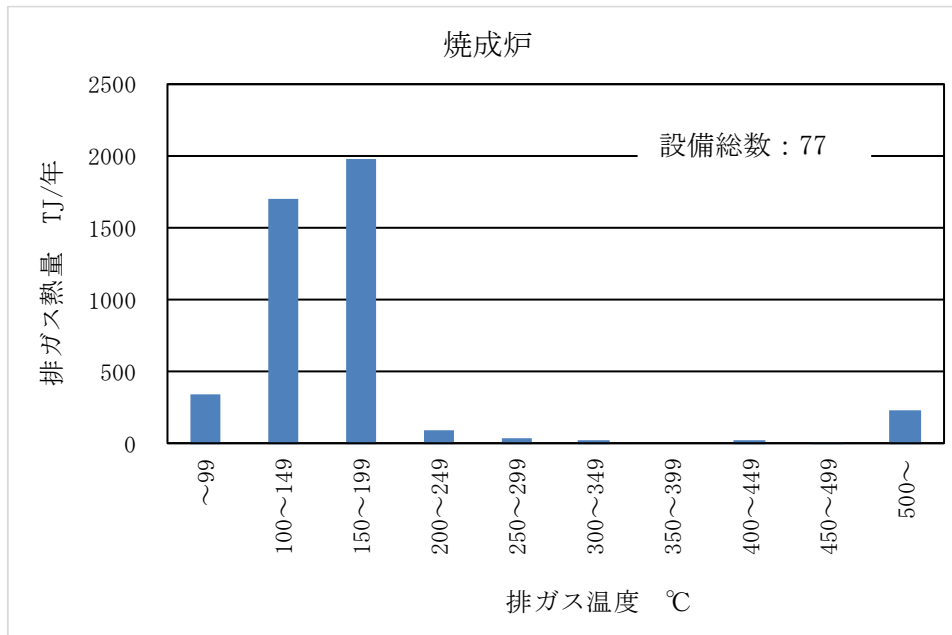


図 91 排ガス熱量 (焼成炉)

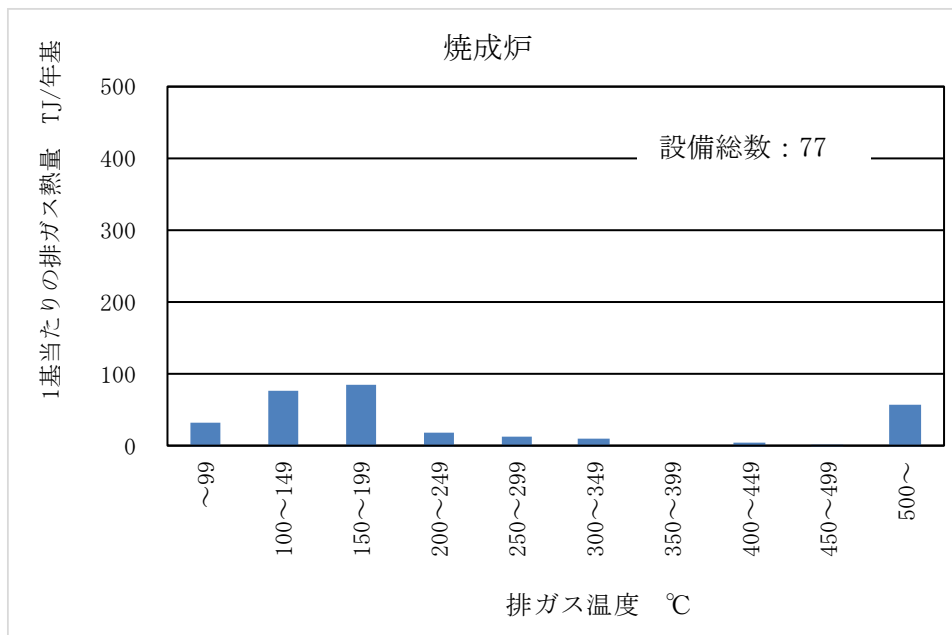


図 92 1基当たりの排ガス熱量 (焼成炉)

2) 化学反応炉

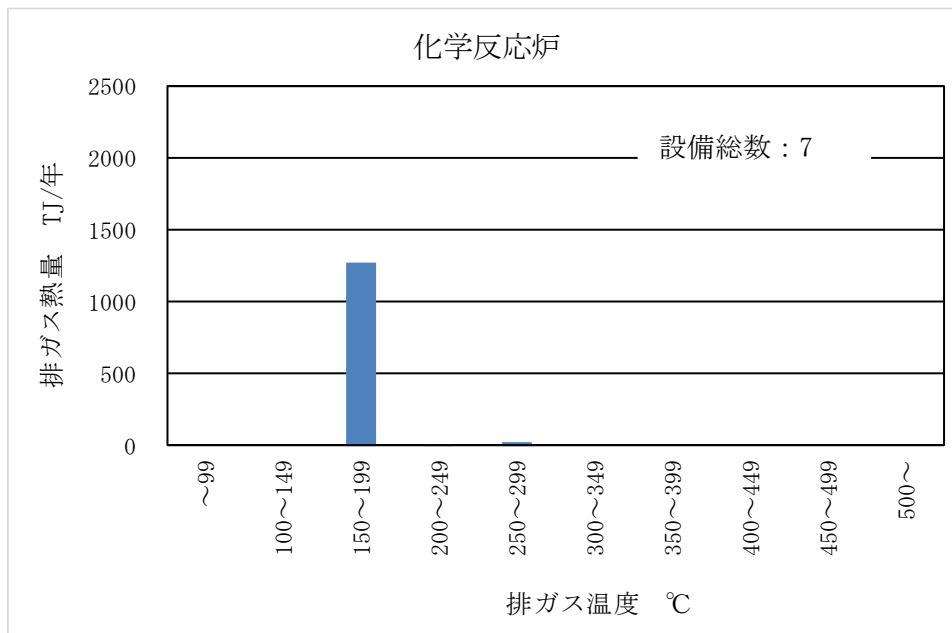


図 93 排ガス熱量 (化学反応炉)

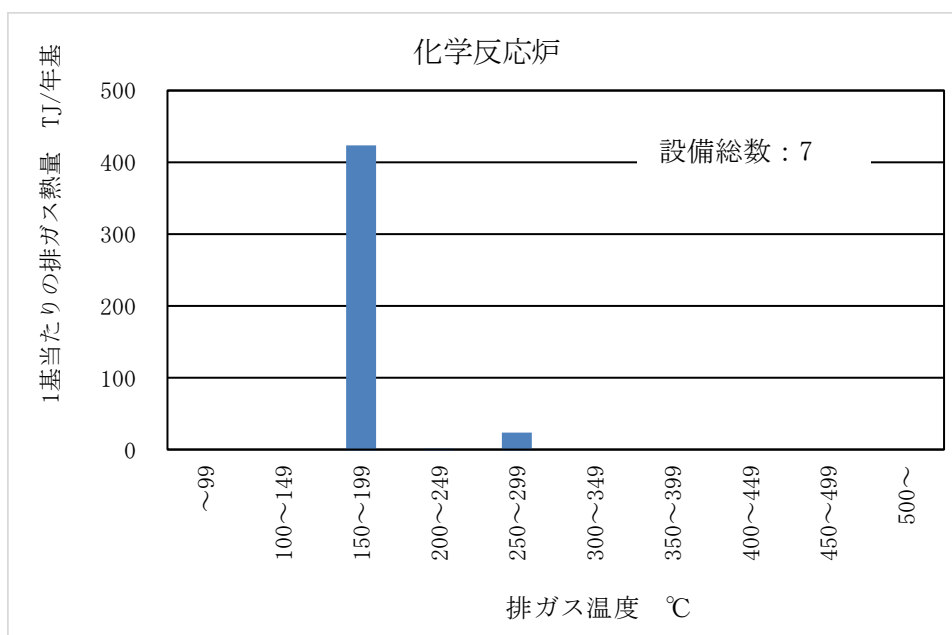


図 94 1 基当たりの排ガス熱量 (化学反応炉)

3) 燃烧炉

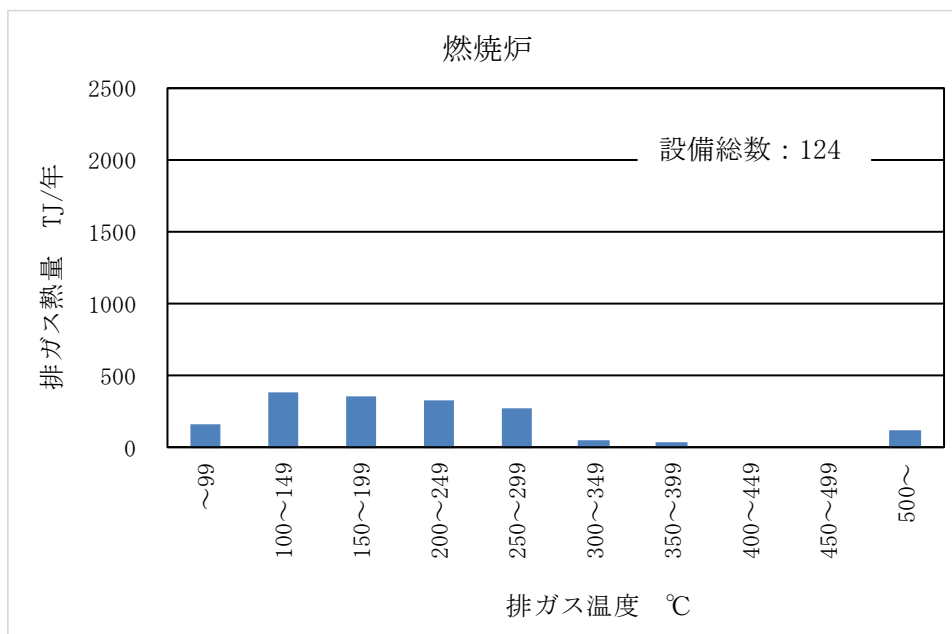


図 95 排ガス熱量 (燃烧炉)

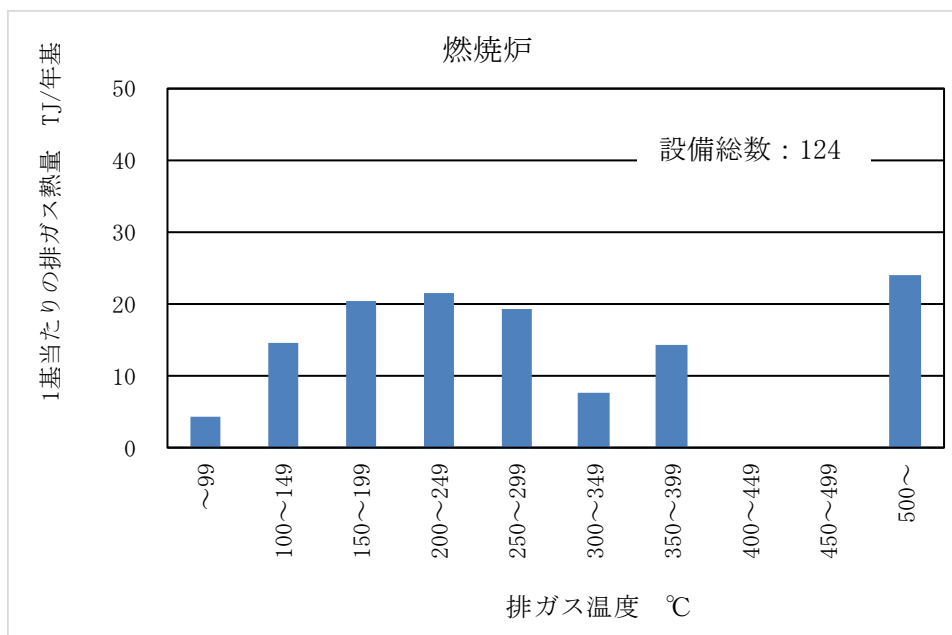


図 96 1 基当たりの排ガス熱量 (燃烧炉)



4) 加熱炉

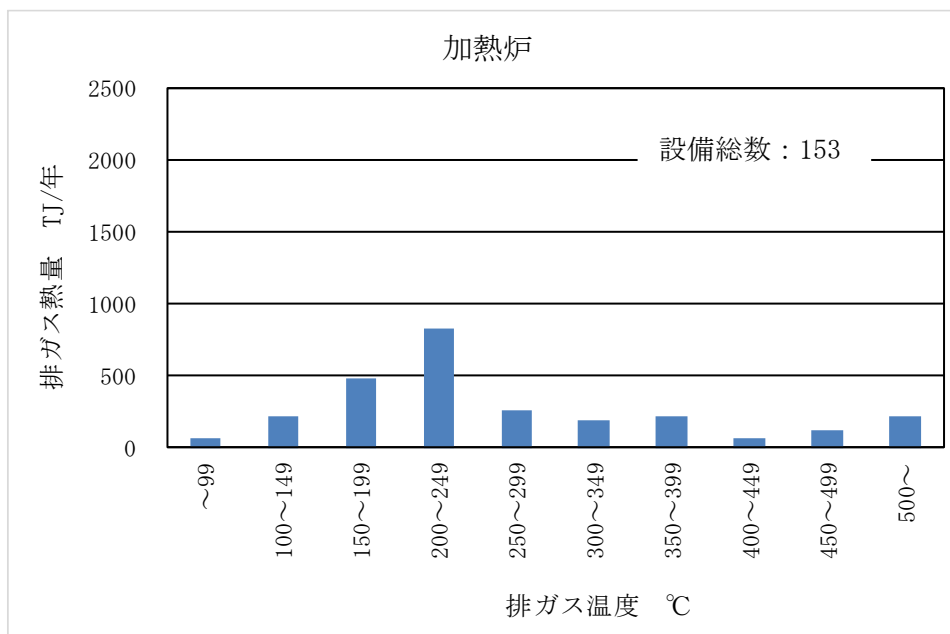


図 97 排ガス熱量 (加熱炉)

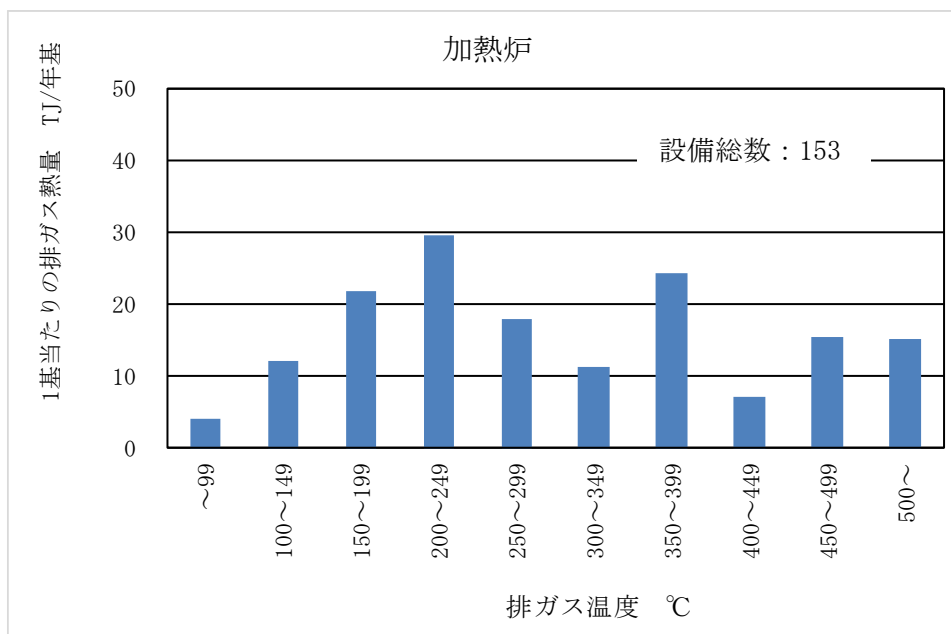


図 98 1基当たりの排ガス熱量 (加熱炉)

5) 溶解炉

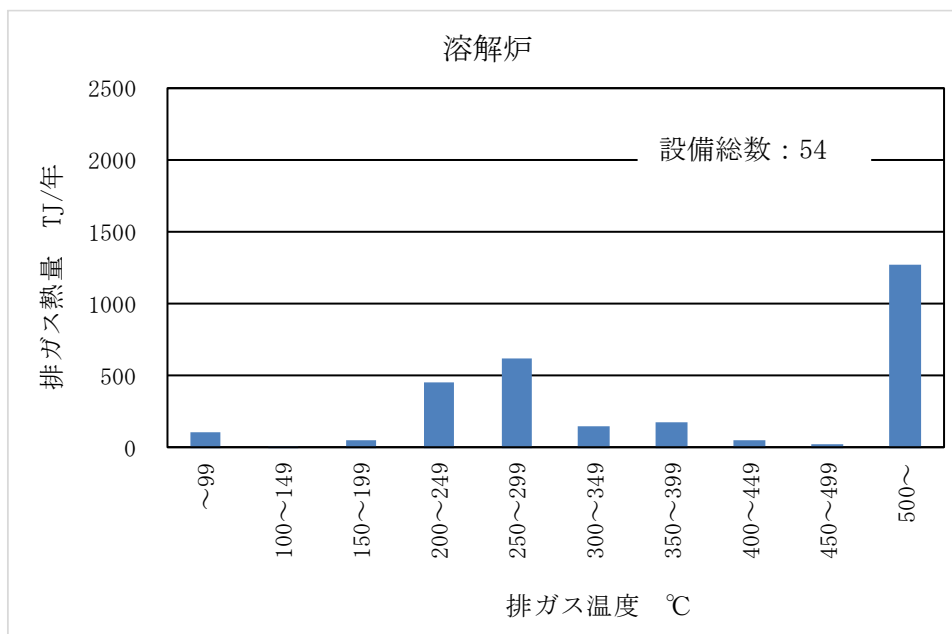


図 99 排ガス熱量 (溶解炉)

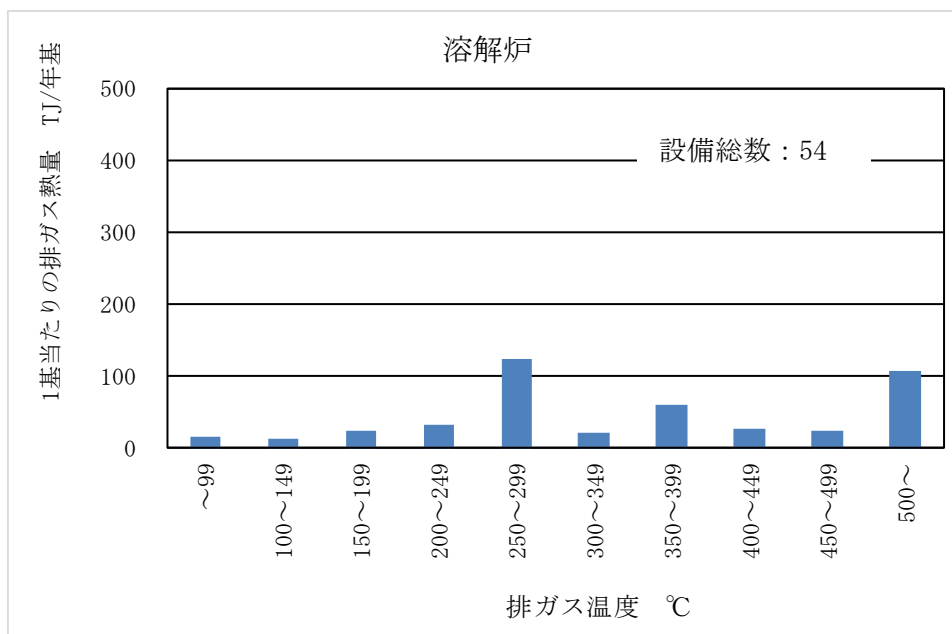


図 100 1基当たりの排ガス熱量 (溶解炉)

6) 脱臭炉

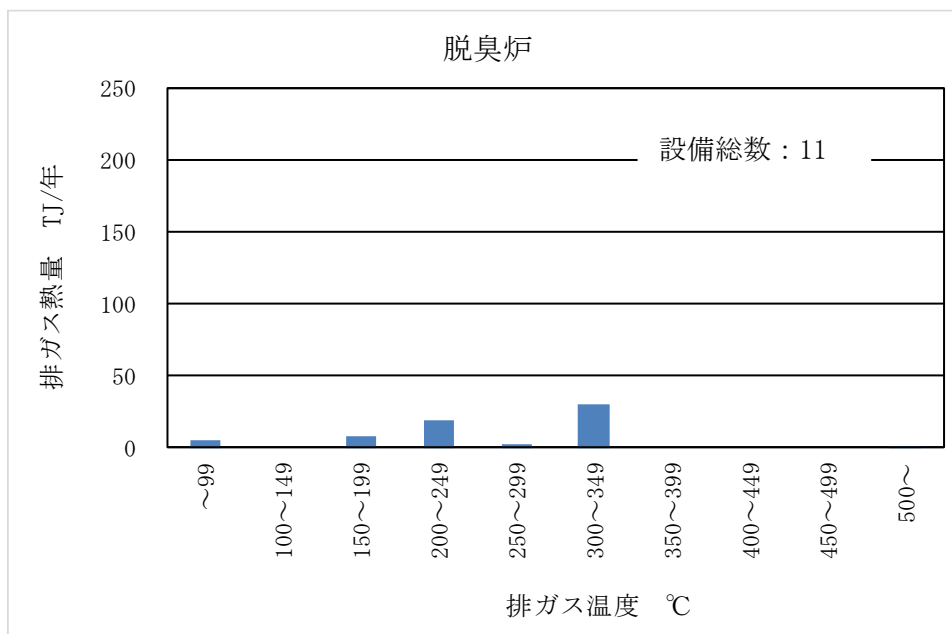


図 101 排ガス熱量 (脱臭炉)

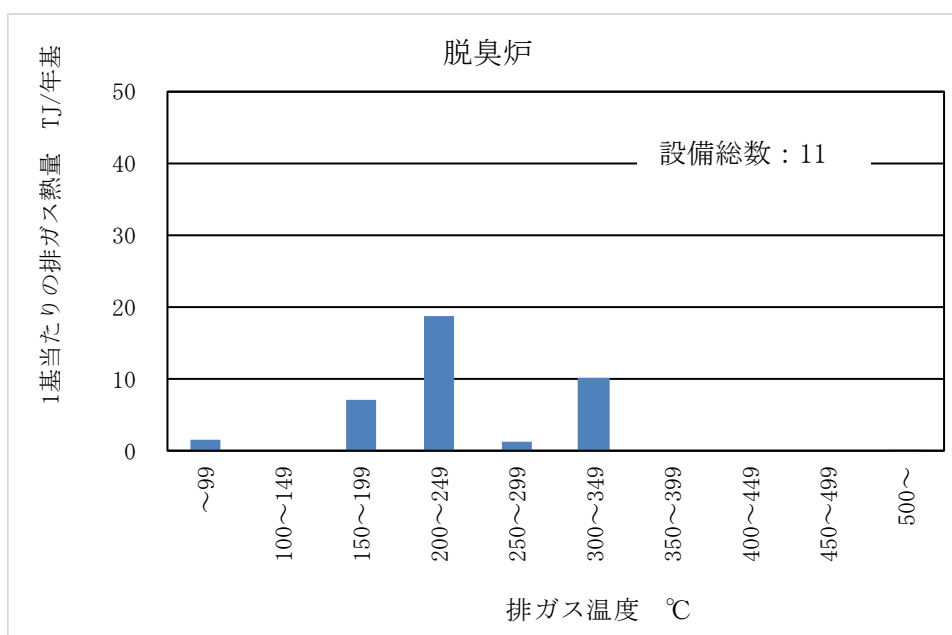


図 102 1 基当たりの排ガス熱量 (脱臭炉)

7) 蒸気ボイラ

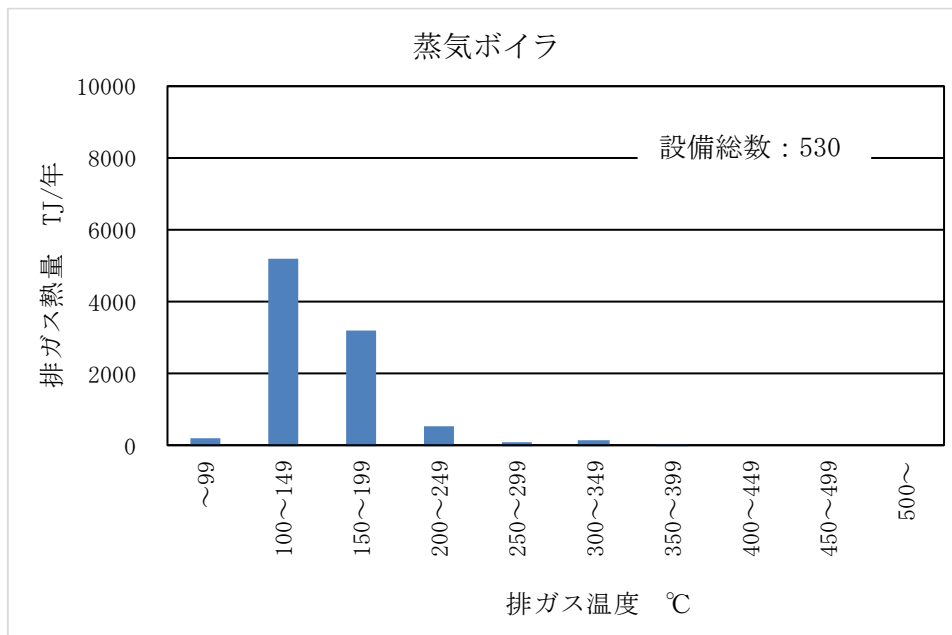


図 103 排ガス熱量 (蒸気ボイラ)

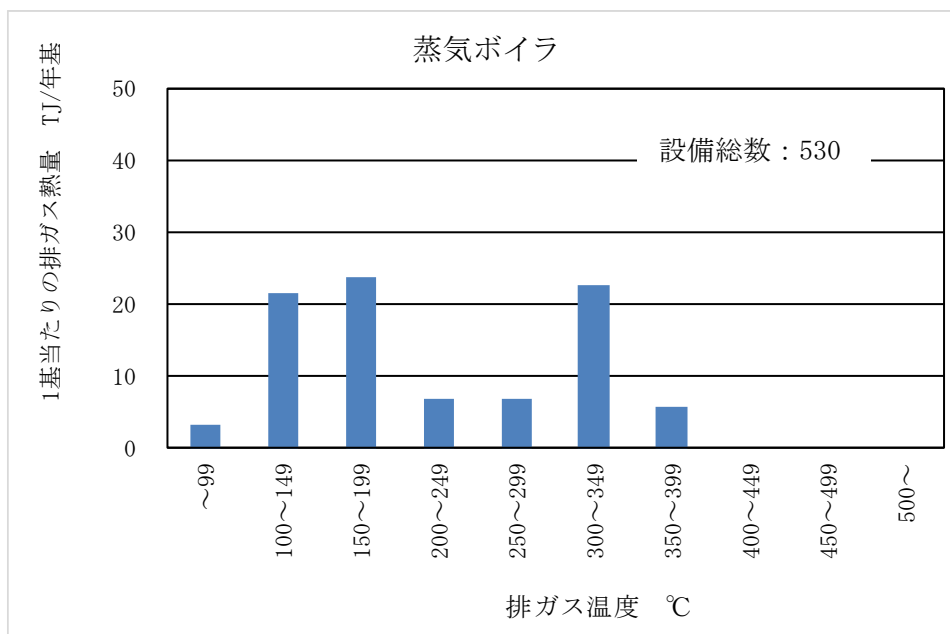


図 104 1基当たりの排ガス熱量 (蒸気ボイラ)

8) 熱媒ボイラ

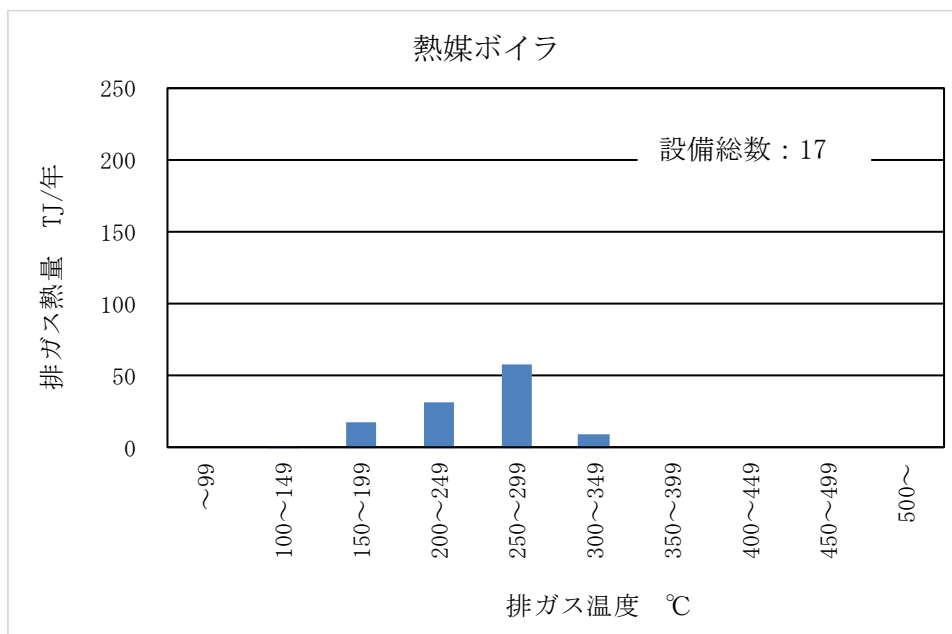


図 105 排ガス熱量 (熱媒ボイラ)

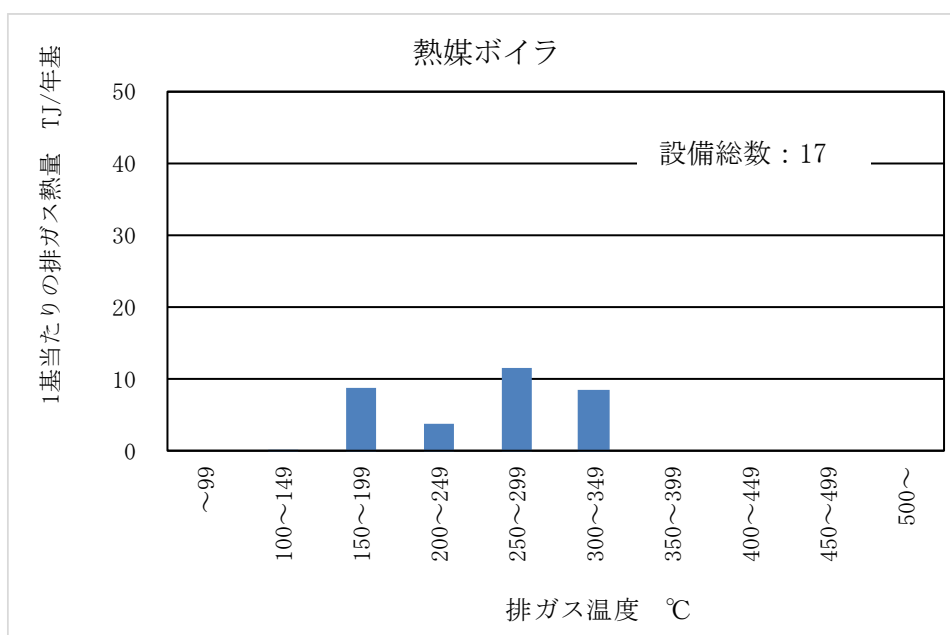


図 106 1基当たりの排ガス熱量 (熱媒ボイラ)

9) 排熱ボイラ

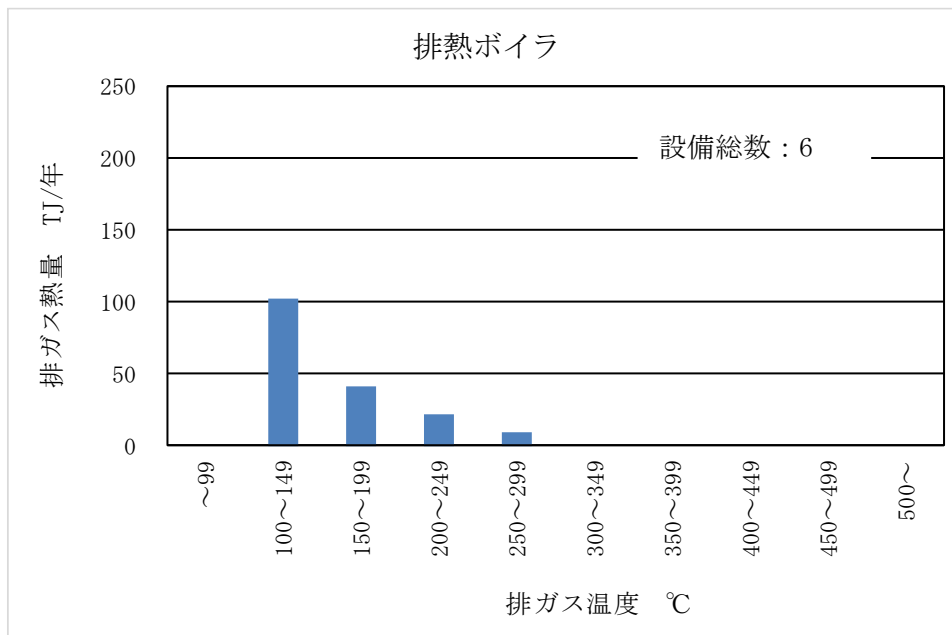


図 107 排ガス熱量 (排熱ボイラ)

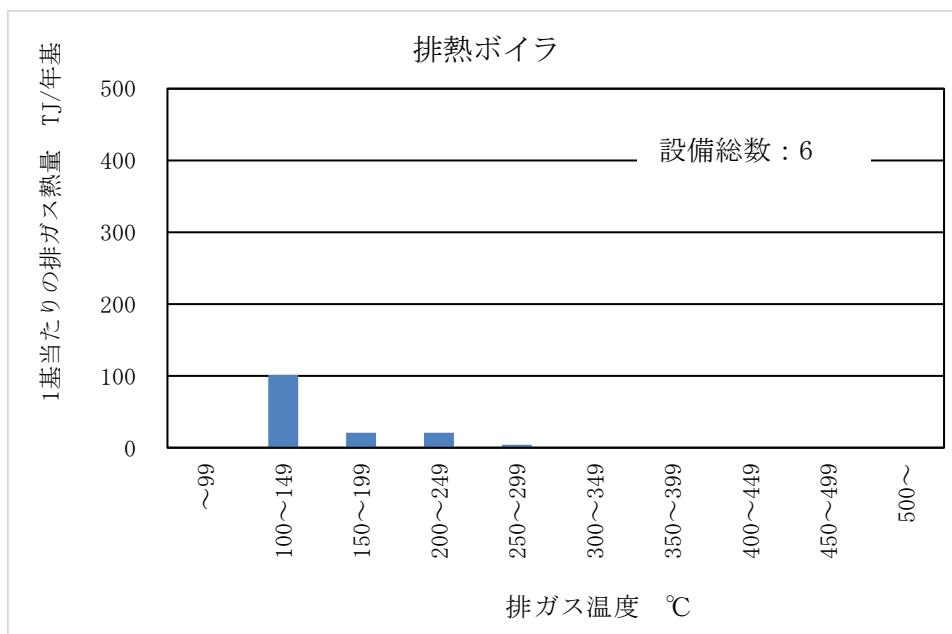


図 108 1基当たりの排ガス熱量 (排熱ボイラ)

10) 焼却炉

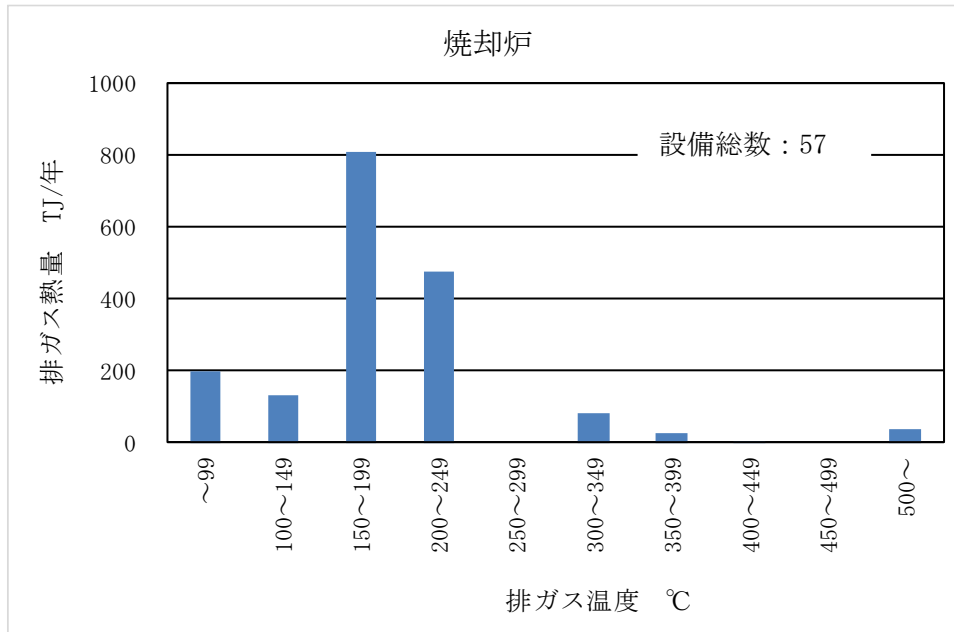


図 109 排ガス熱量 (排熱ボイラ)

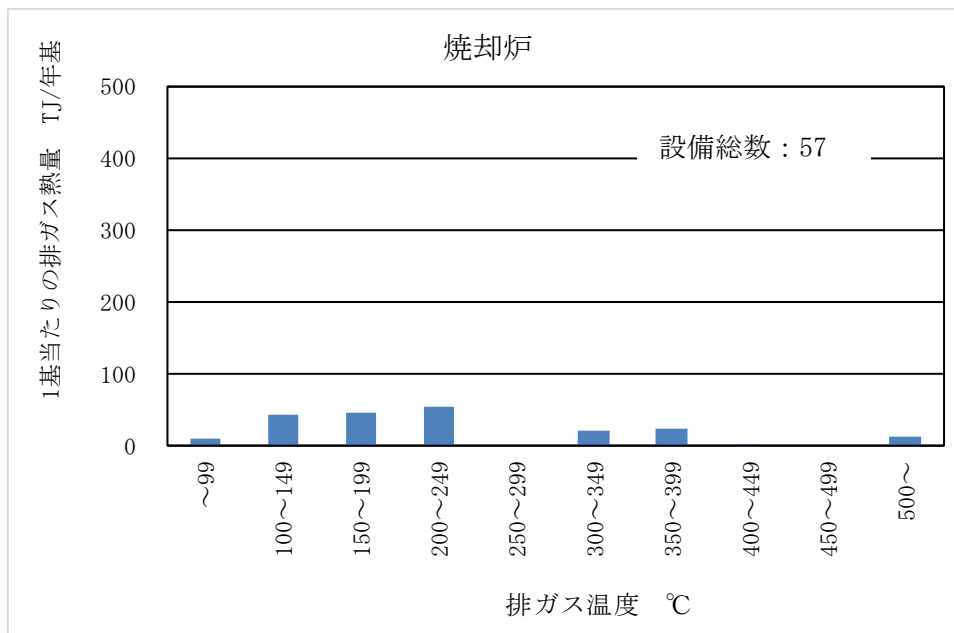


図 110 1基当たりの排ガス熱量 (排熱ボイラ)

11) ガス化溶融炉

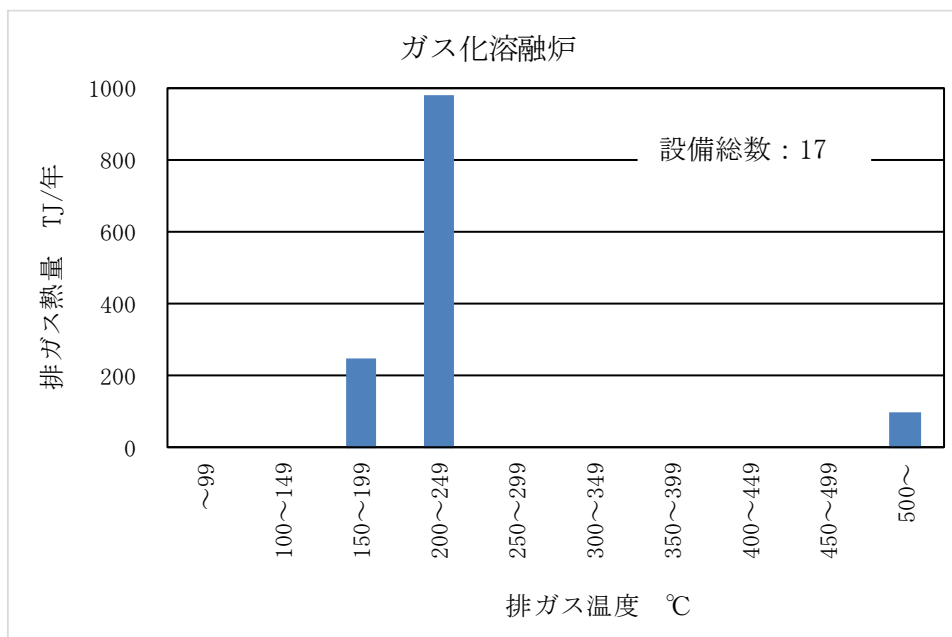


図 111 排ガス熱量 (ガス化溶融炉)

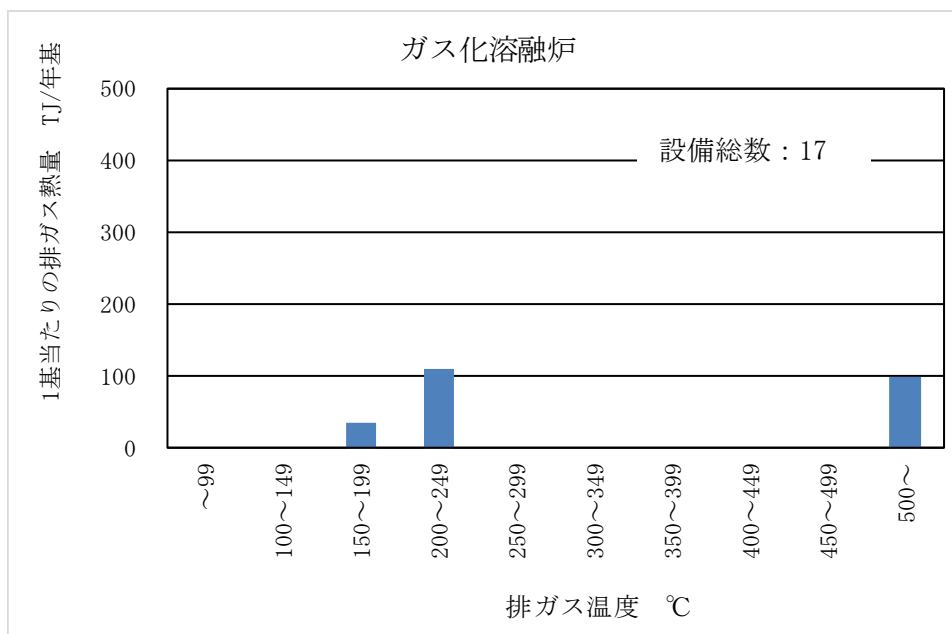


図 112 1 基当たりの排ガス熱量 (ガス化溶融炉)



12) 冷凍機・冷温水発生設備

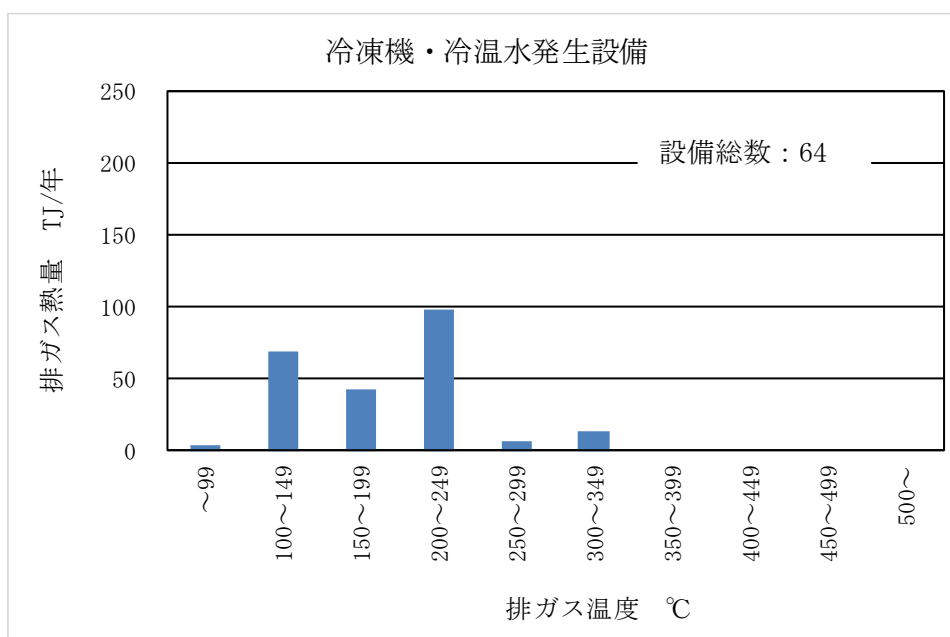


図 113 排ガス熱量 (冷凍機・冷温水発生設備)

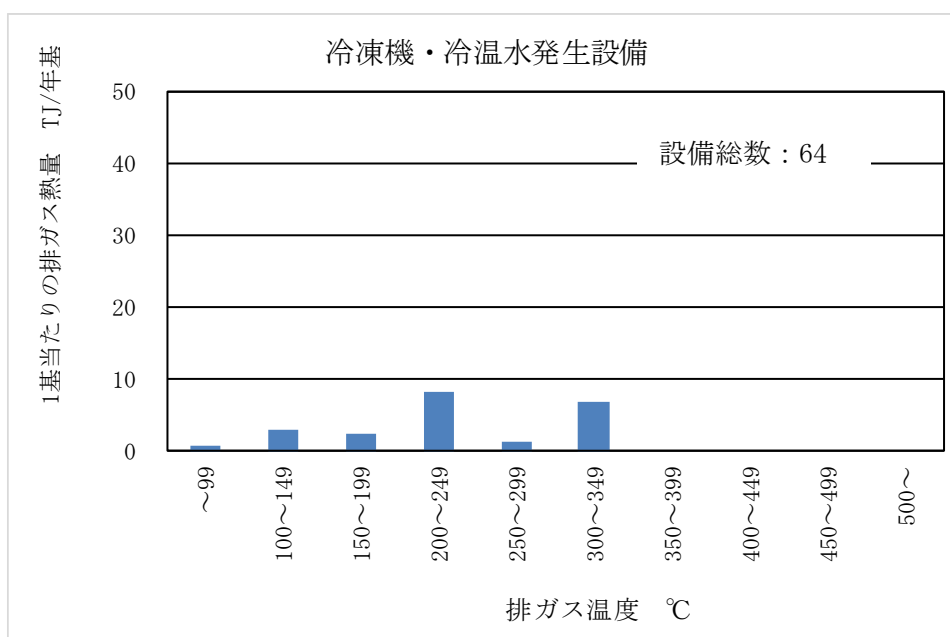


図 114 1 基当たりの排ガス熱量 (冷凍機・冷温水発生設備)

13) コジェネ設備

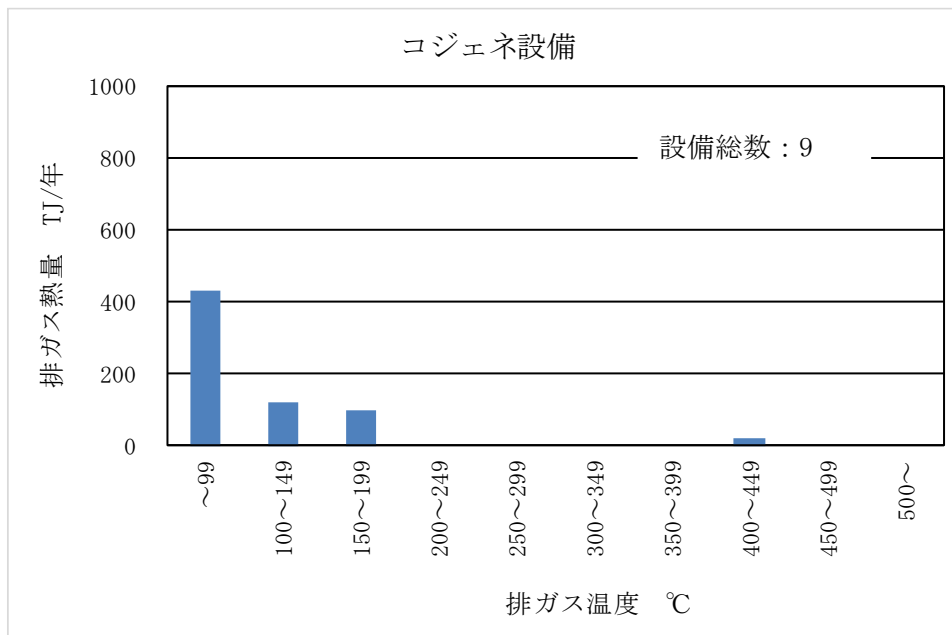


図 115 排ガス熱量 (コジェネ設備)

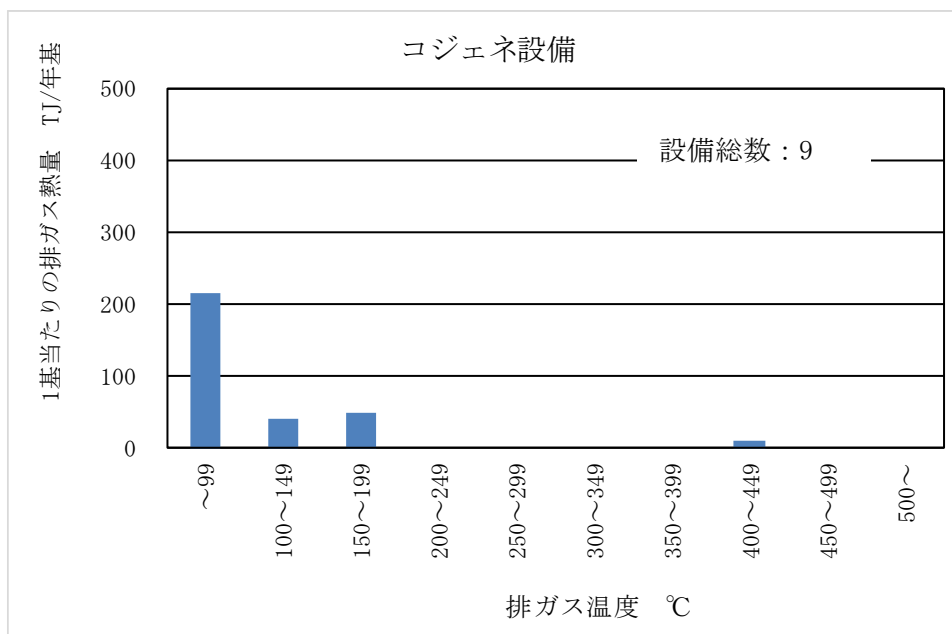


図 116 1基当たりの排ガス熱量 (コジェネ設備)

14) その他の設備

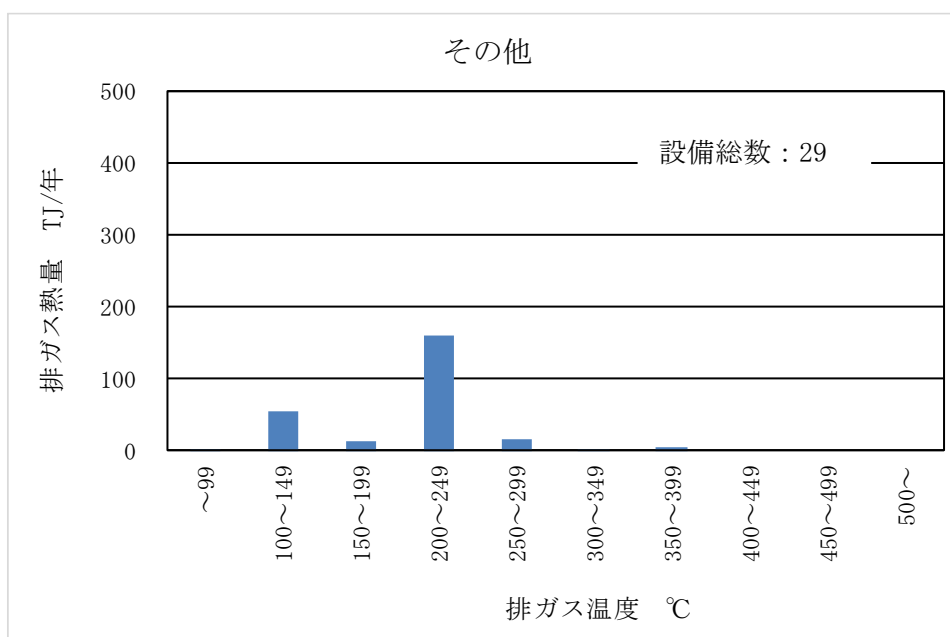


図 117 排ガス熱量 (その他の設備)

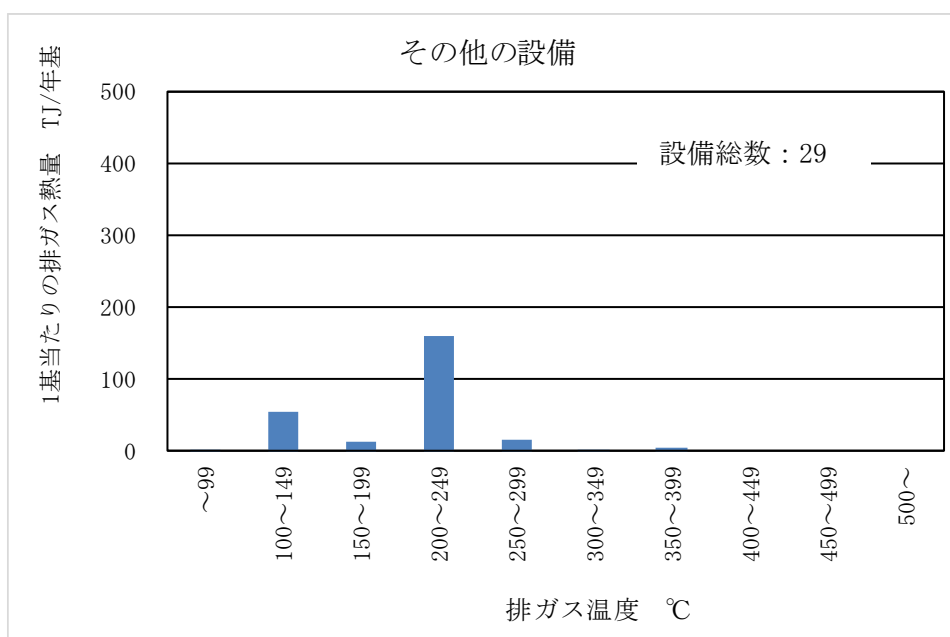


図 118 1 基当たりの排ガス熱量 (その他の設備)

### 4.3 生産設備別の排ガスエクセルギー

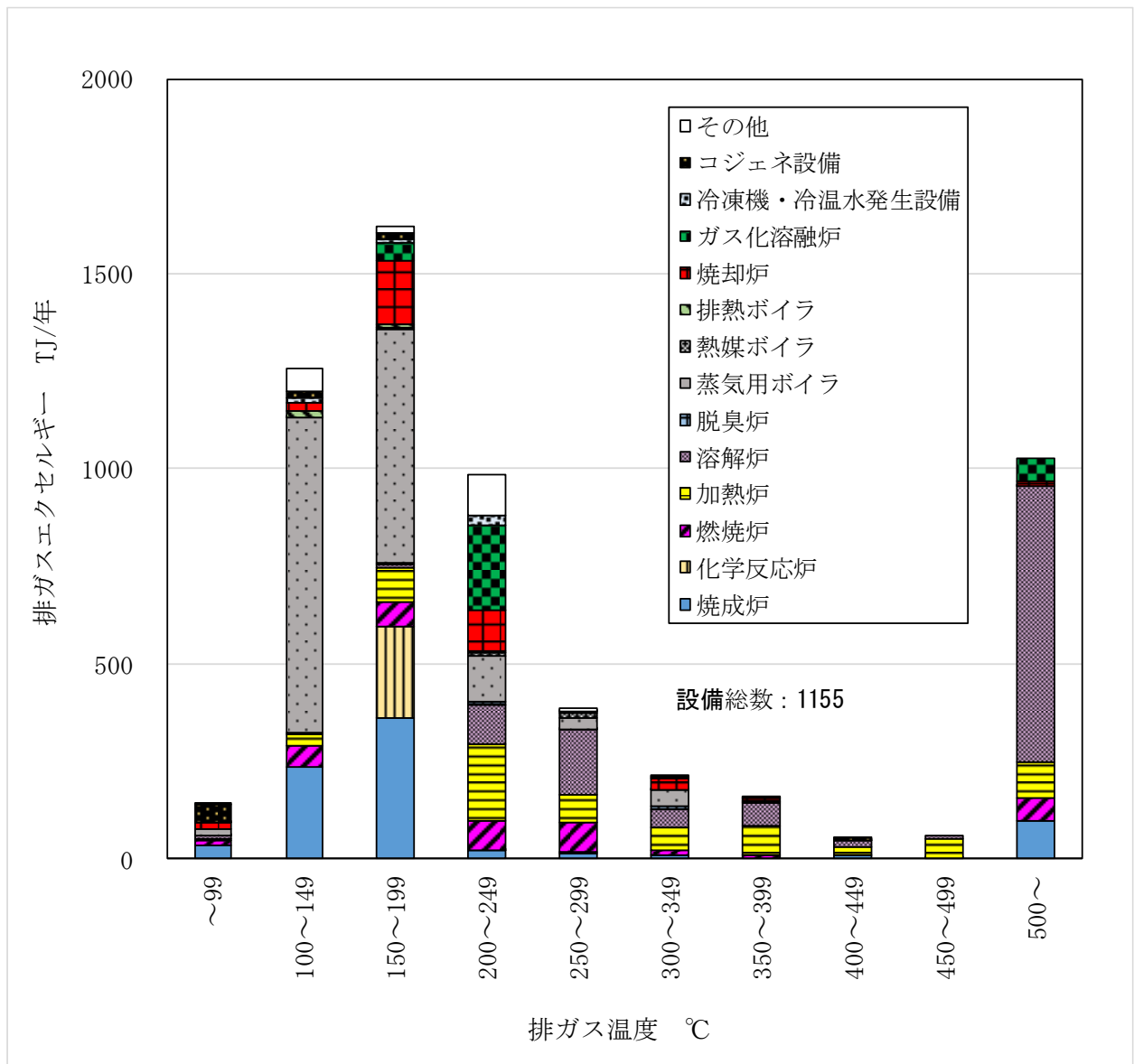


図 119 生産設備別排ガスエクセルギー (15 業種、設備数：1155 基)

(1) 焼成炉

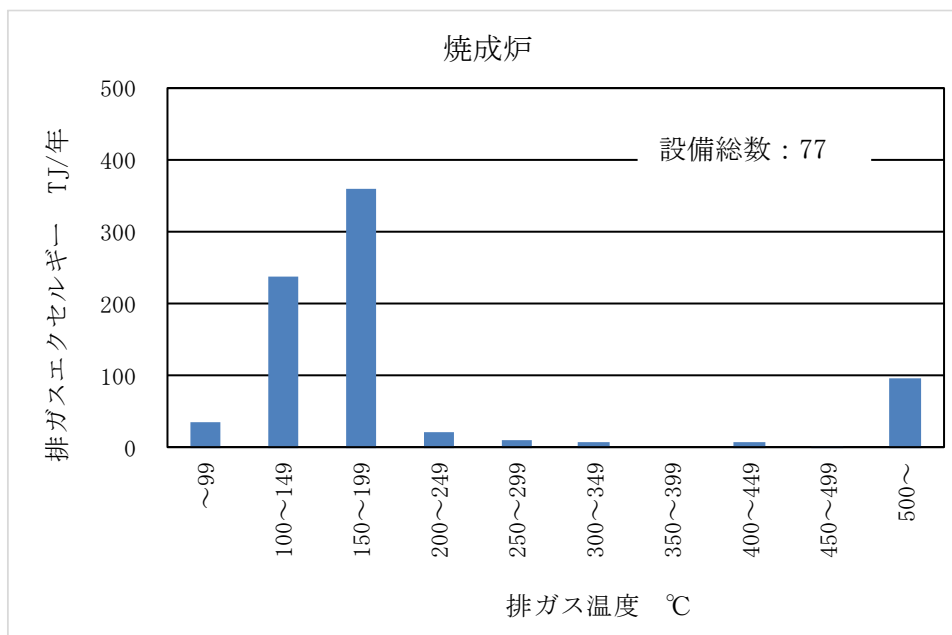


図 120 排ガスエクセルギー (焼成炉)

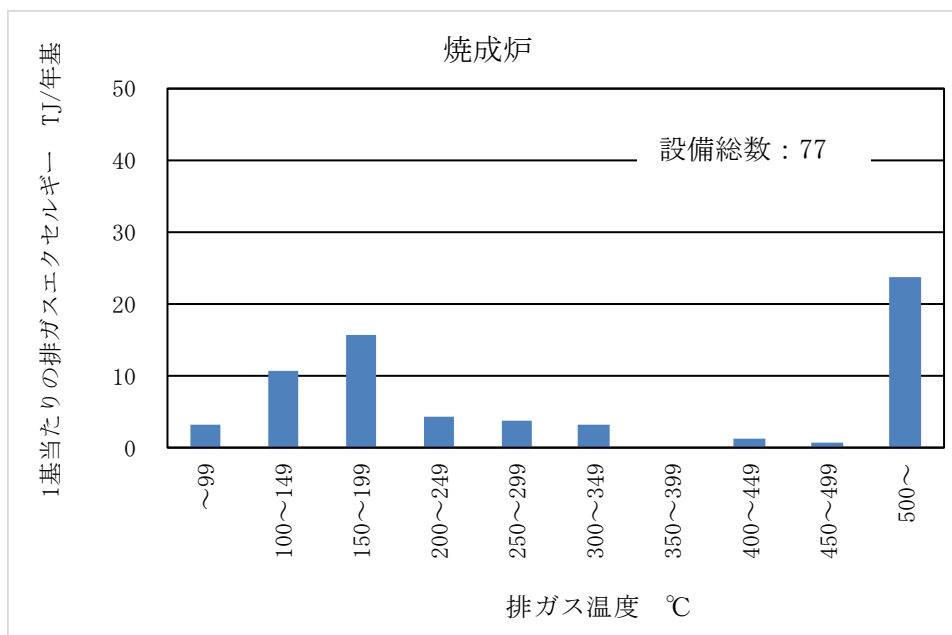


図 121 1基当たりの排ガスエクセルギー (焼成炉)

(2) 化学反応炉

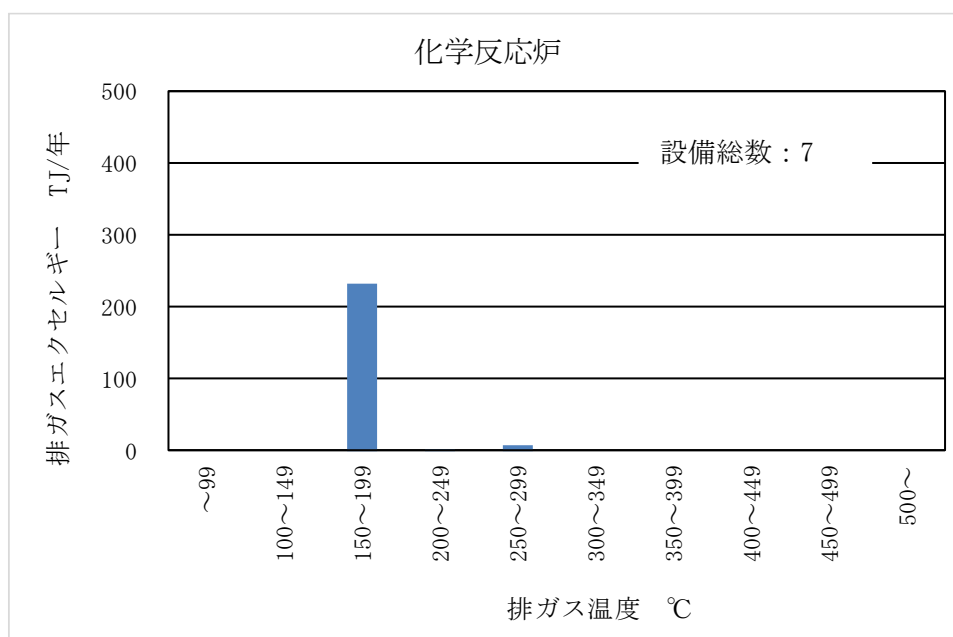


図 122 排ガスエクセルギー (化学反応炉)

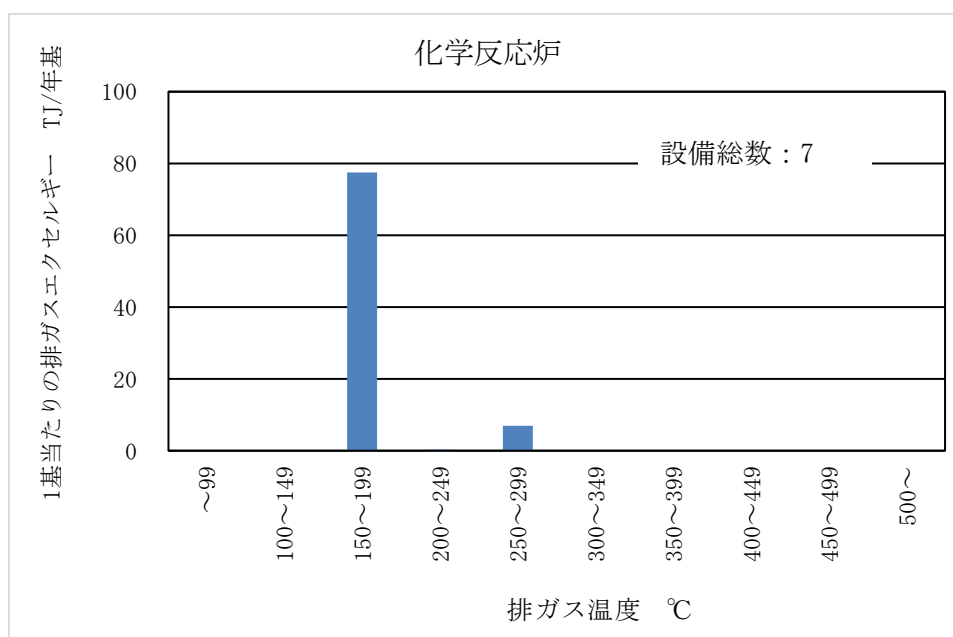


図 123 1基当たりの排ガスエクセルギー (化学反応炉)

(3) 燃烧炉

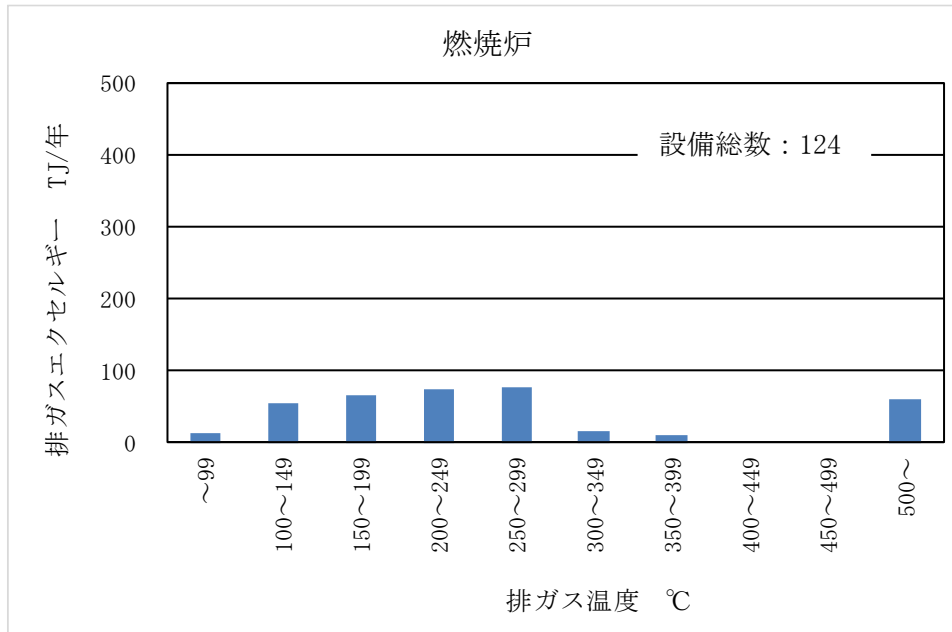


図 124 排ガスエクセルギー (燃烧炉)

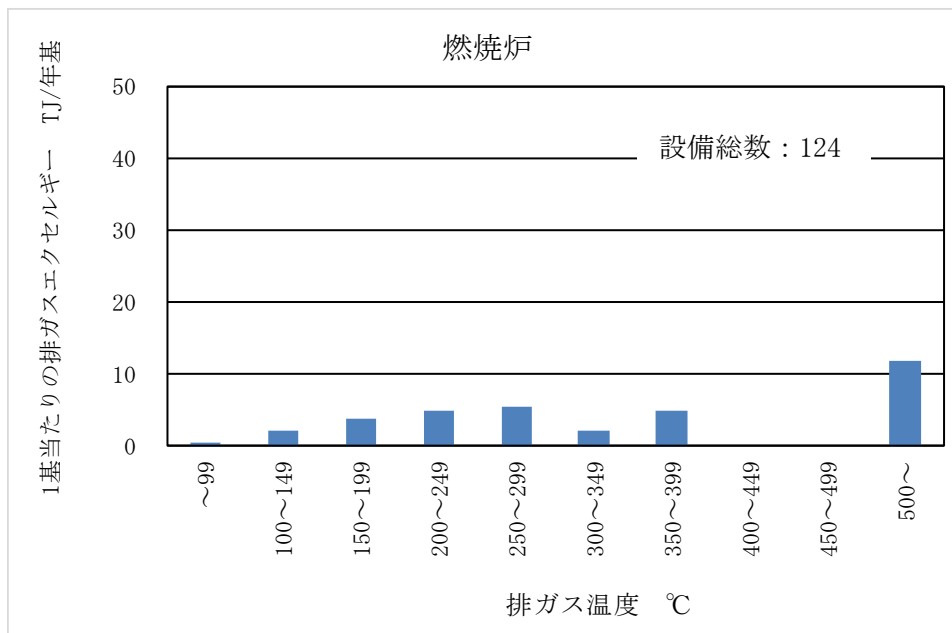


図 125 1基当たりの排ガスエクセルギー (燃烧炉)

(4) 加熱炉

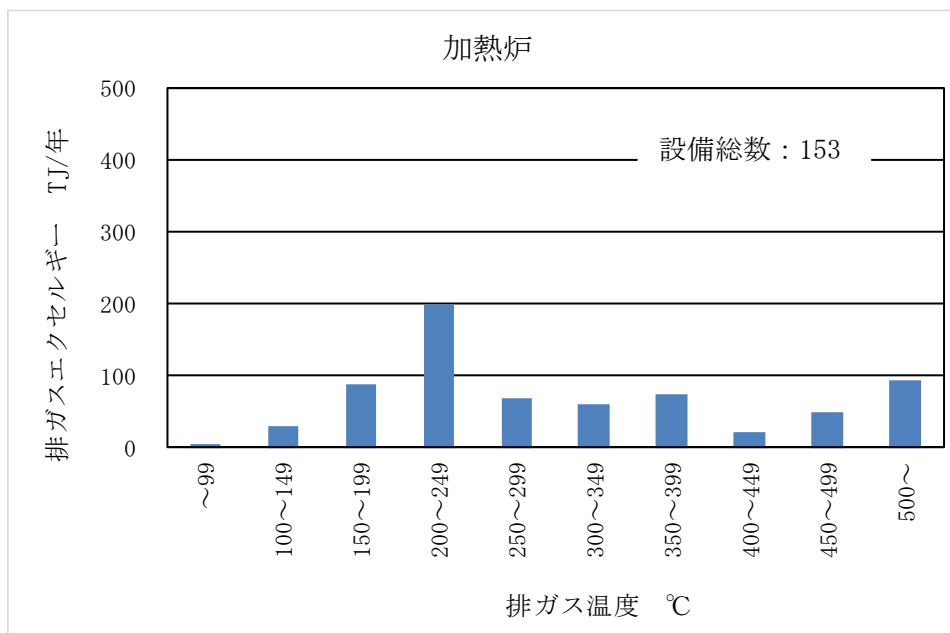


図 126 排ガスエクセルギー (加熱炉)

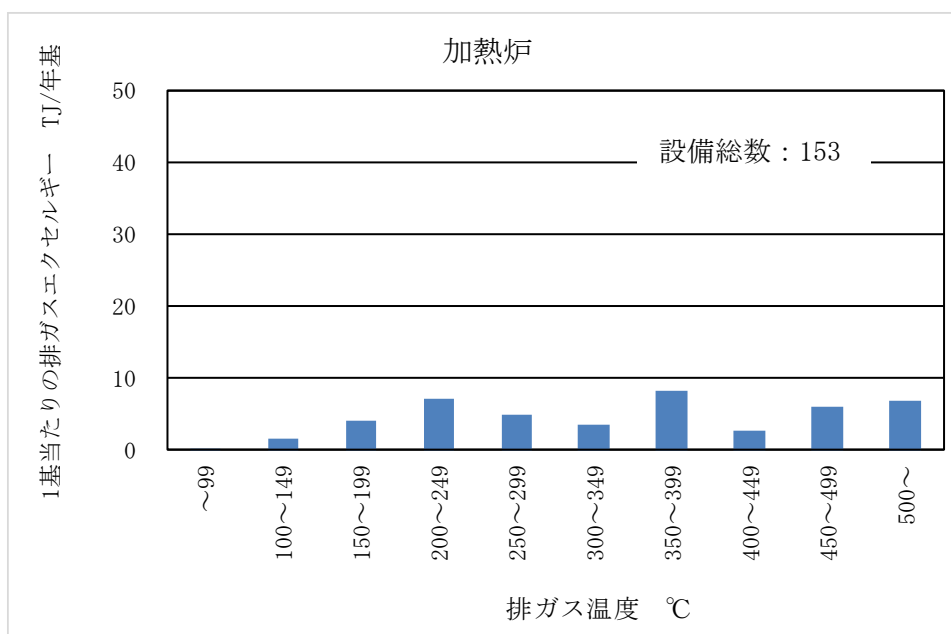


図 127 1 基当たりの排ガスエクセルギー (加熱炉)



(5) 溶解炉

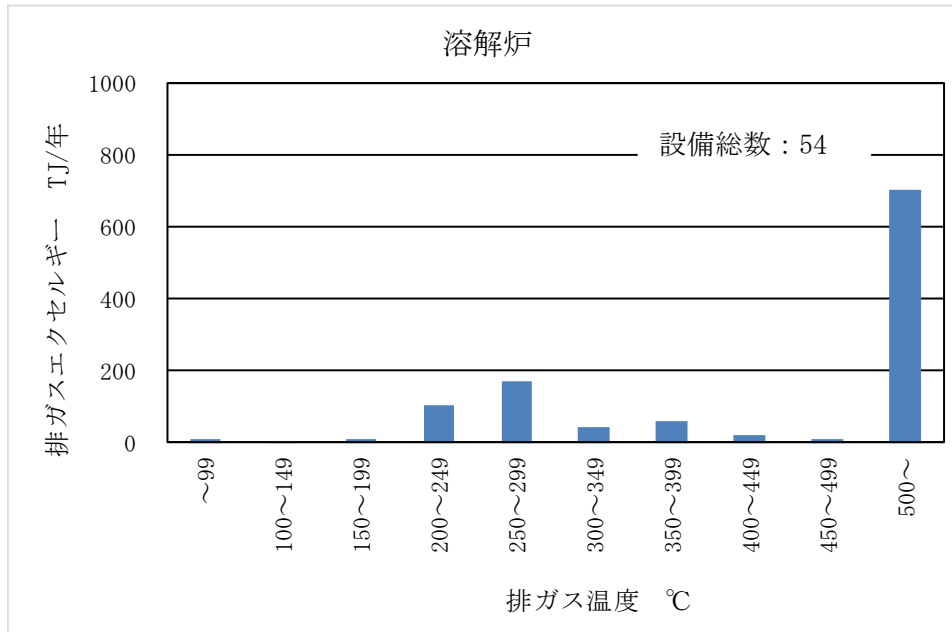


図 128 排ガスエクセルギー (溶解炉)

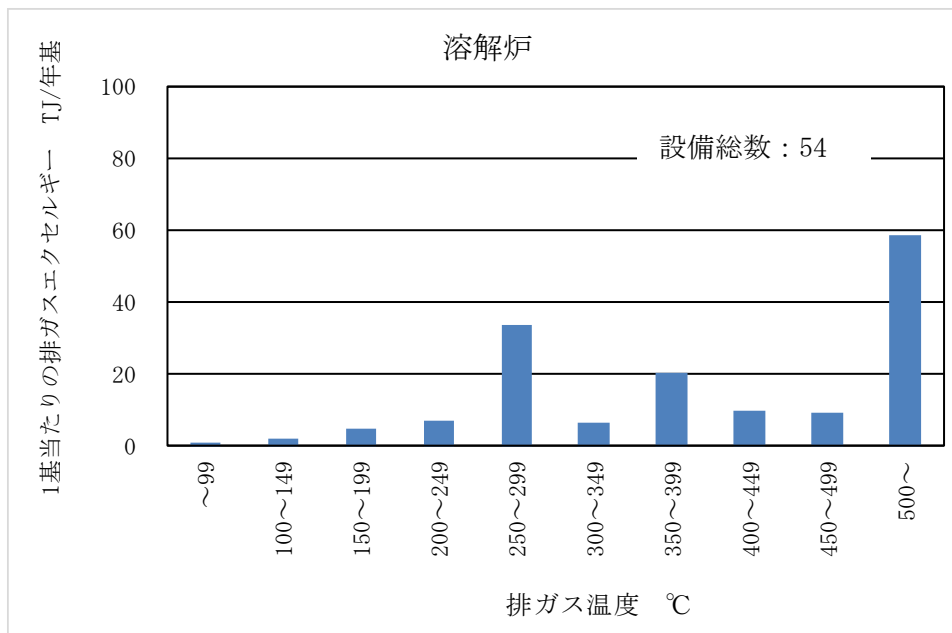


図 129 1基当たりの排ガスエクセルギー (溶解炉)

(6) 脱臭炉

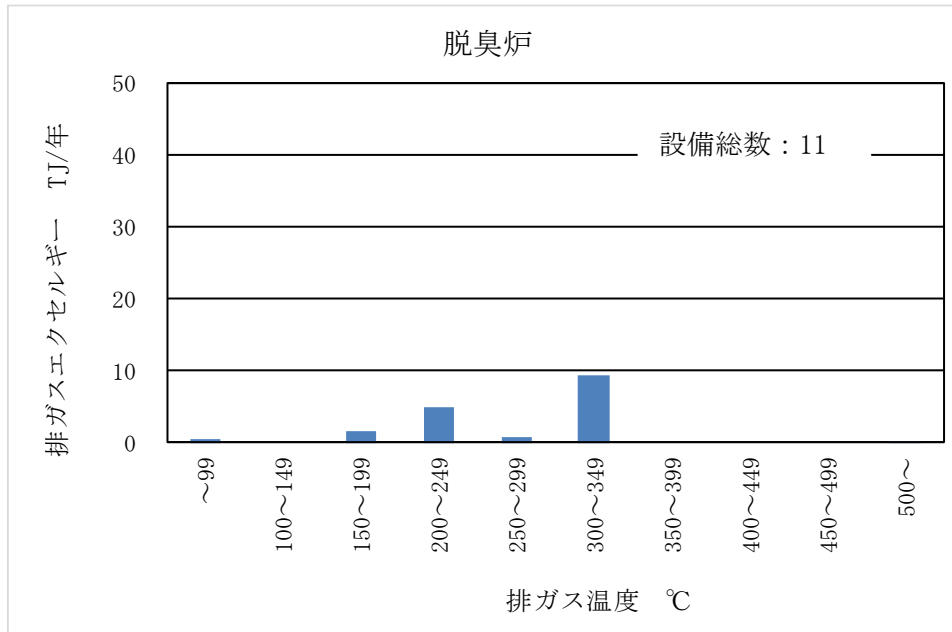


図 130 排ガスエクセルギー (脱臭炉)

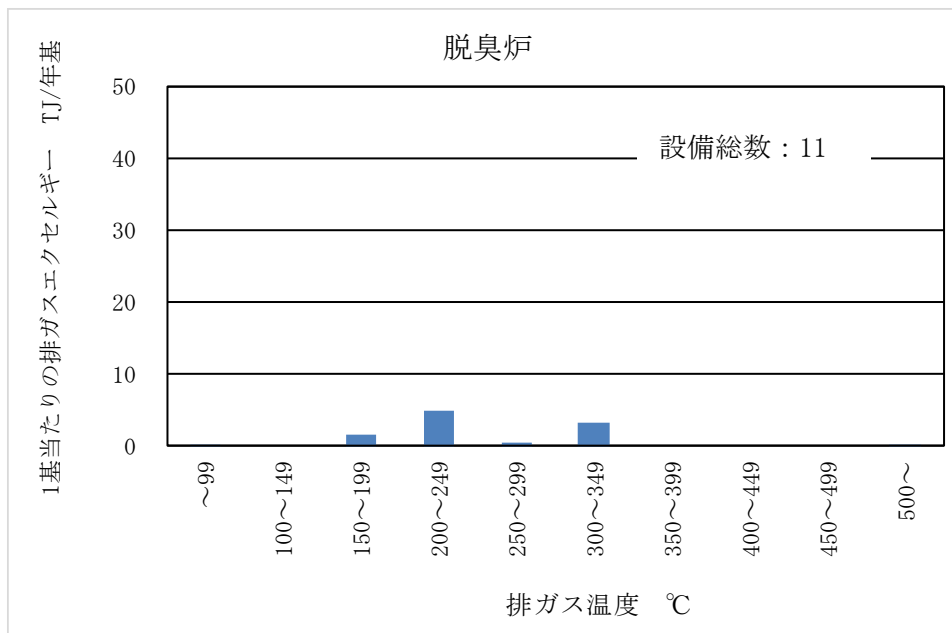


図 131 1基当たりの排ガスエクセルギー (脱臭炉)

(7) 蒸気ボイラ

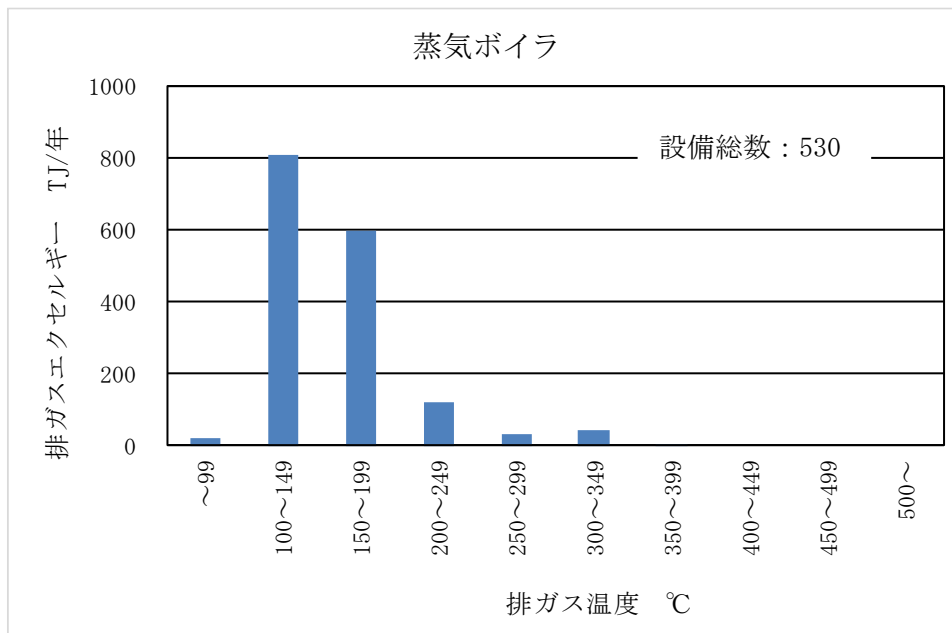


図 132 排ガスエクセルギー (蒸気ボイラ)

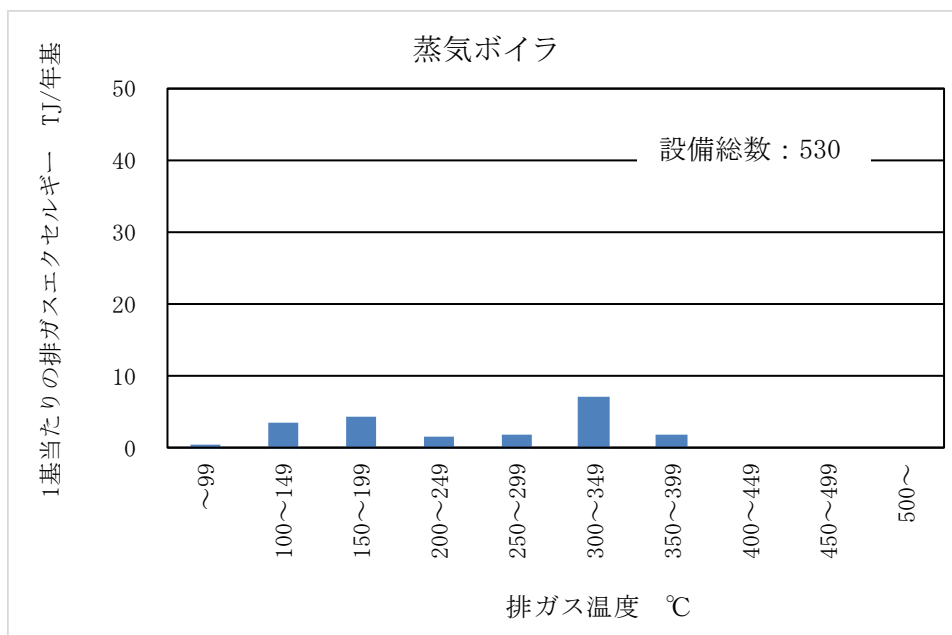


図 133 1基当たりの排ガスエクセルギー (蒸気ボイラ)

(8) 熱媒ボイラ

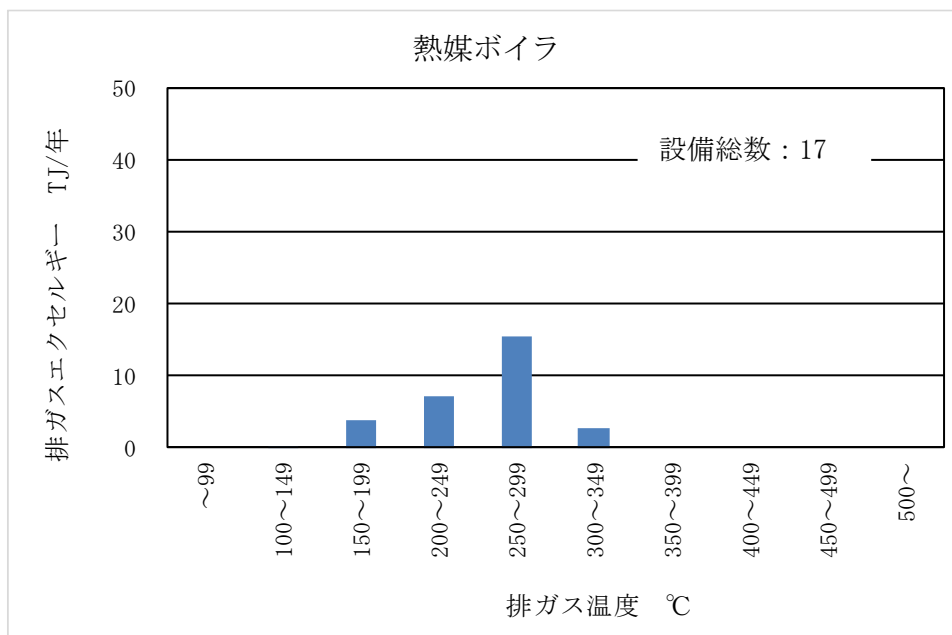


図 134 排ガスエクセルギー (熱媒ボイラ)

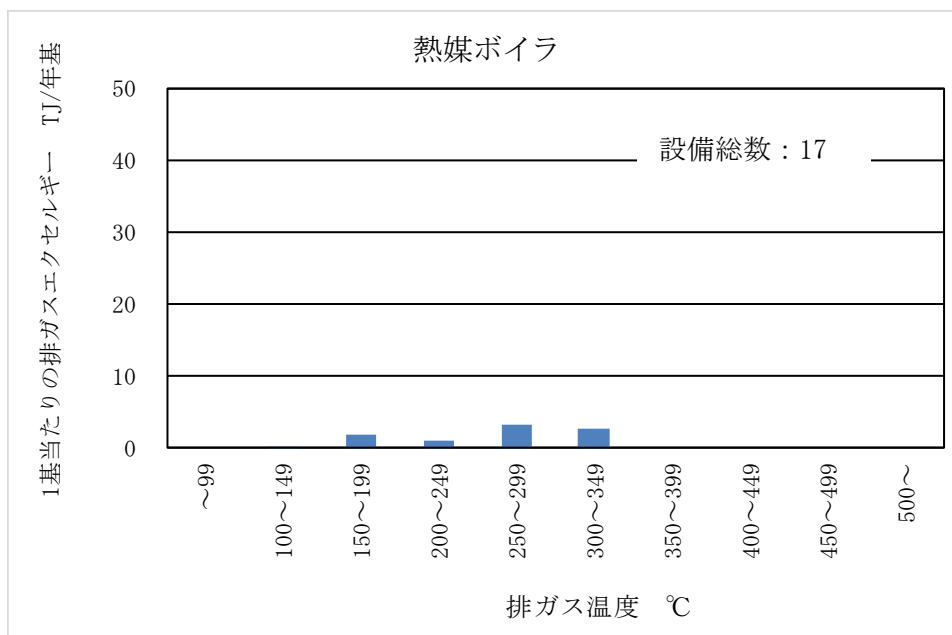


図 135 1 基当たりの排ガスエクセルギー (熱媒ボイラ)

(9) 排熱ボイラ

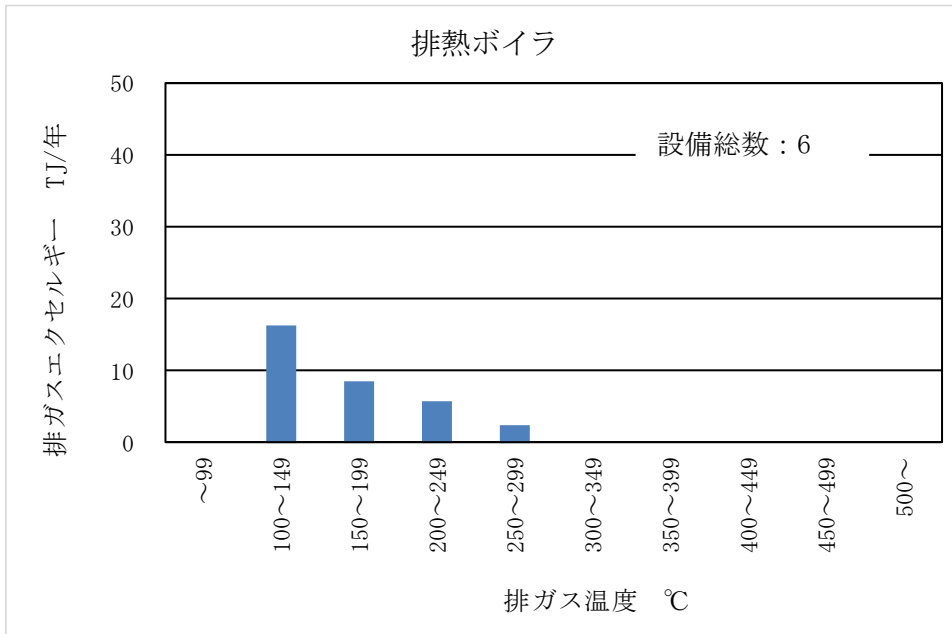


図 136 排ガスエクセルギー (排熱ボイラ)

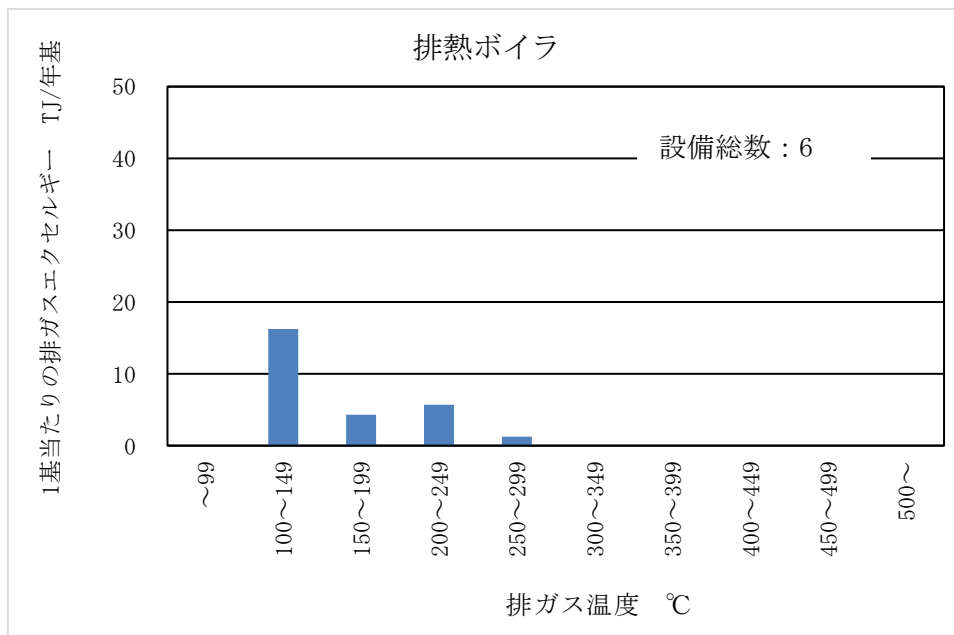


図 137 1基当たりの排ガスエクセルギー (排熱ボイラ)

(10) 焼却炉

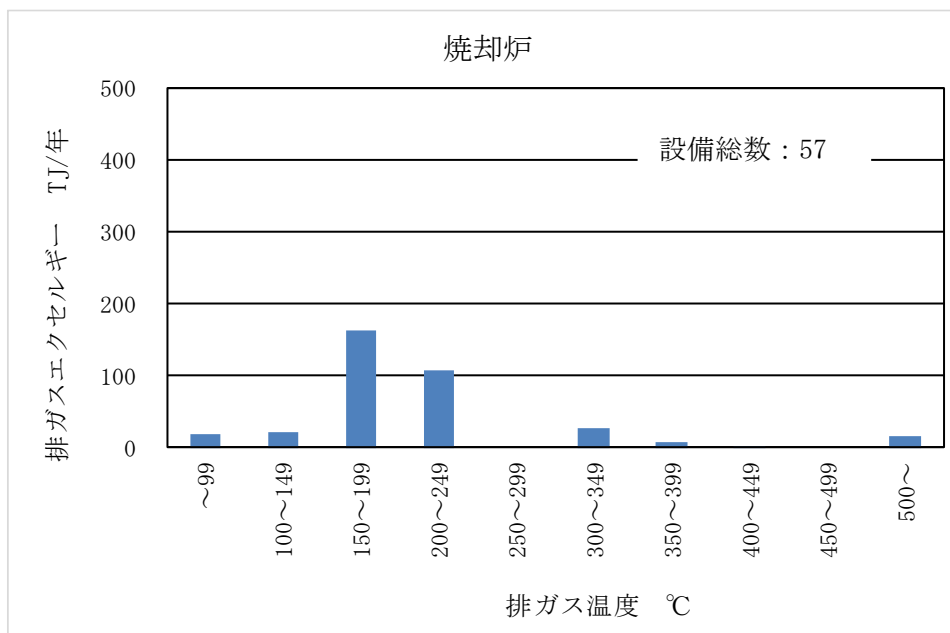


図 138 排ガスエクセルギー (排熱ボイラ)

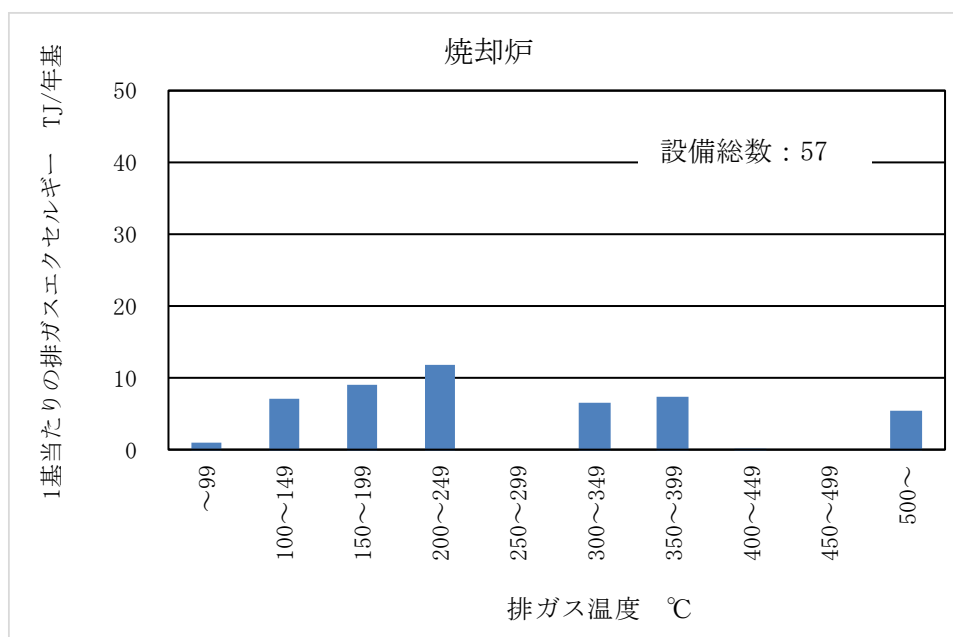


図 139 1基当たりの排ガスエクセルギー (排熱ボイラ)

(11) ガス化溶融炉

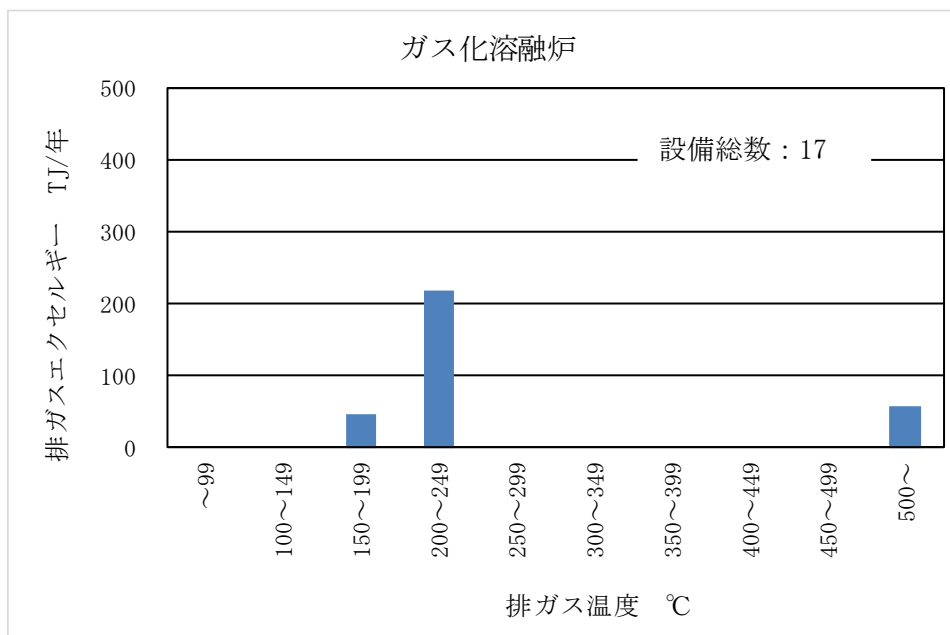


図 140 排ガスエクセルギー (ガス化溶融炉)

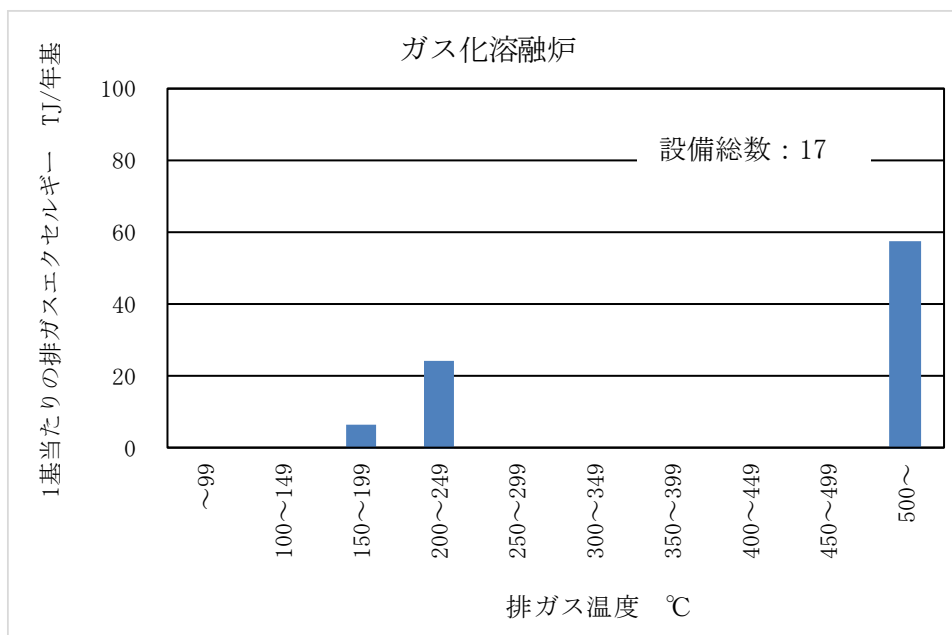


図 141 1基当たりの排ガスエクセルギー (ガス化溶融炉)

(12) 冷凍機・冷温水発生設備

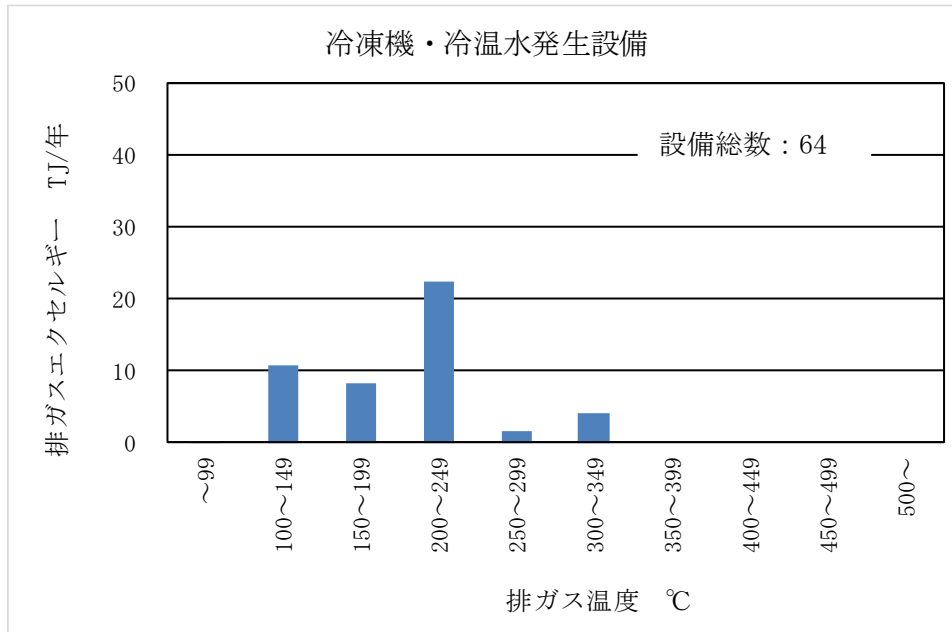


図 142 排ガスエクセルギー（冷凍機・冷温水発生設備）

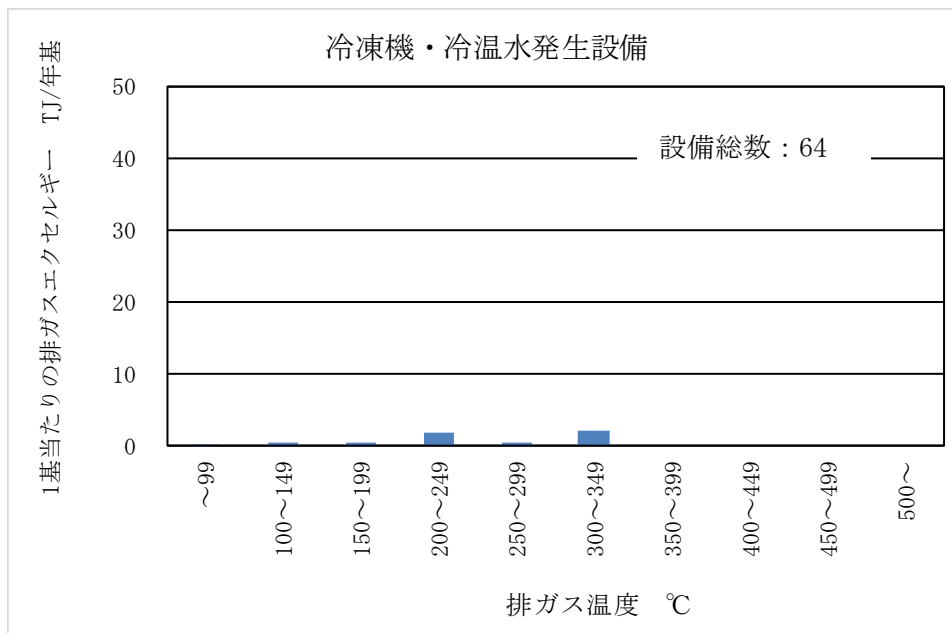


図 143 1 基当たりの排ガスエクセルギー（冷凍機・冷温水発生設備）



(13) コージェネ設備

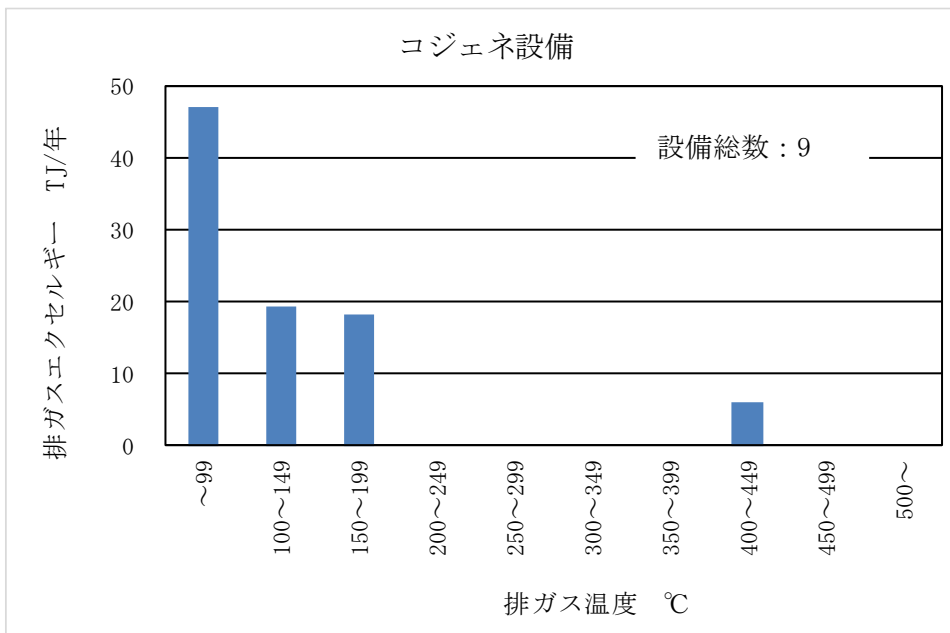


図 144 排ガスエクセルギー（コージェネ設備）

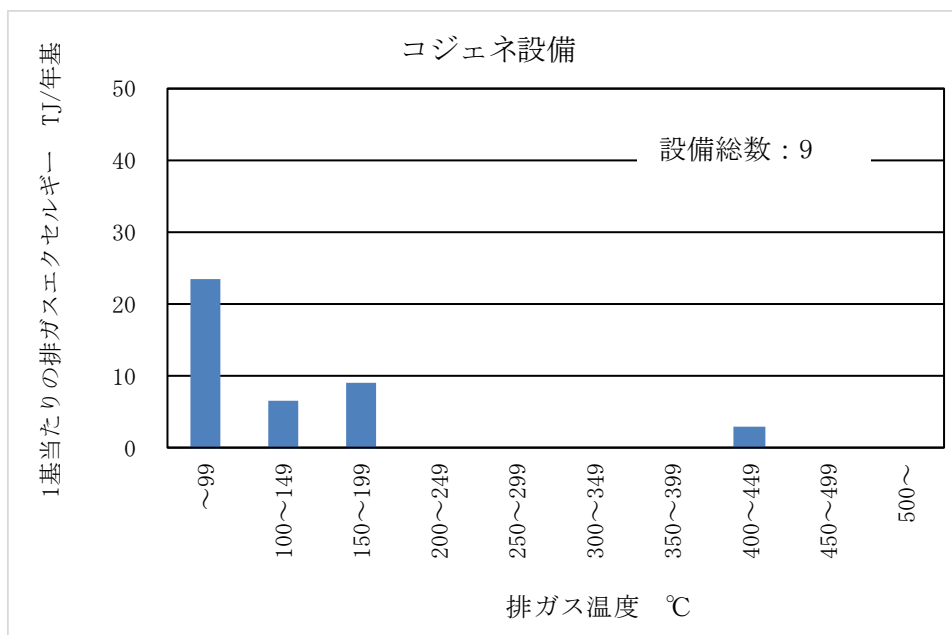


図 145 1 基当たりの排ガスエクセルギー（コージェネ設備）

(14) その他の設備

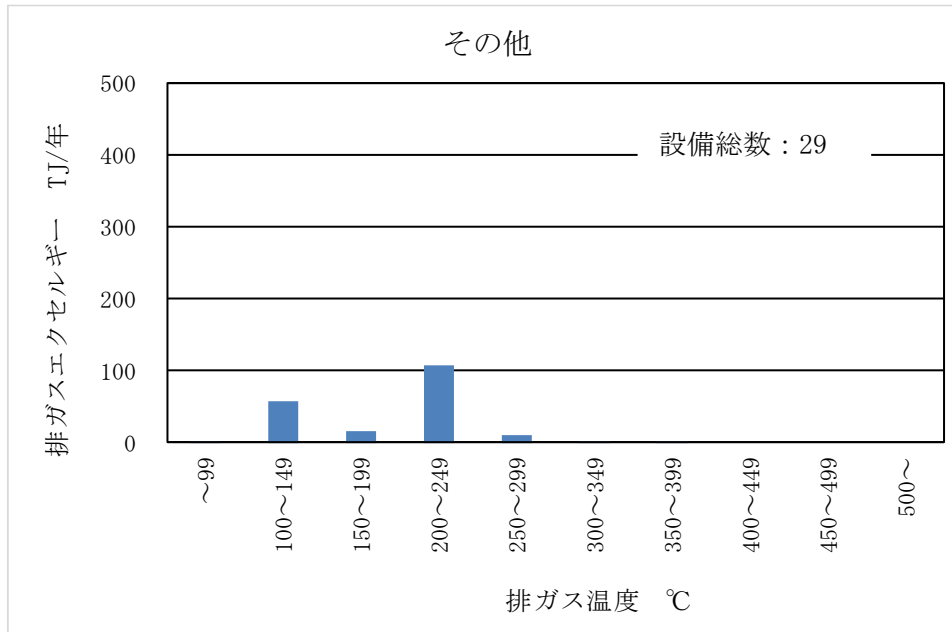


図 146 排ガスエクセルギー（その他の設備）

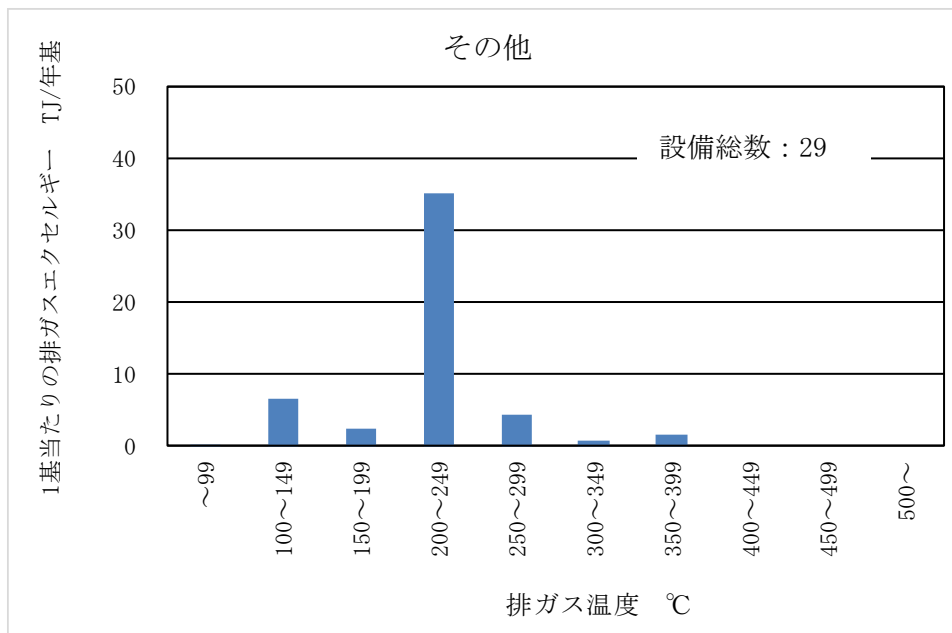


図 147 1基当たりの排ガスエクセルギー（その他の設備）

#### 4.4 発電設備別の排ガスエネルギー

##### 1) ガスエンジン

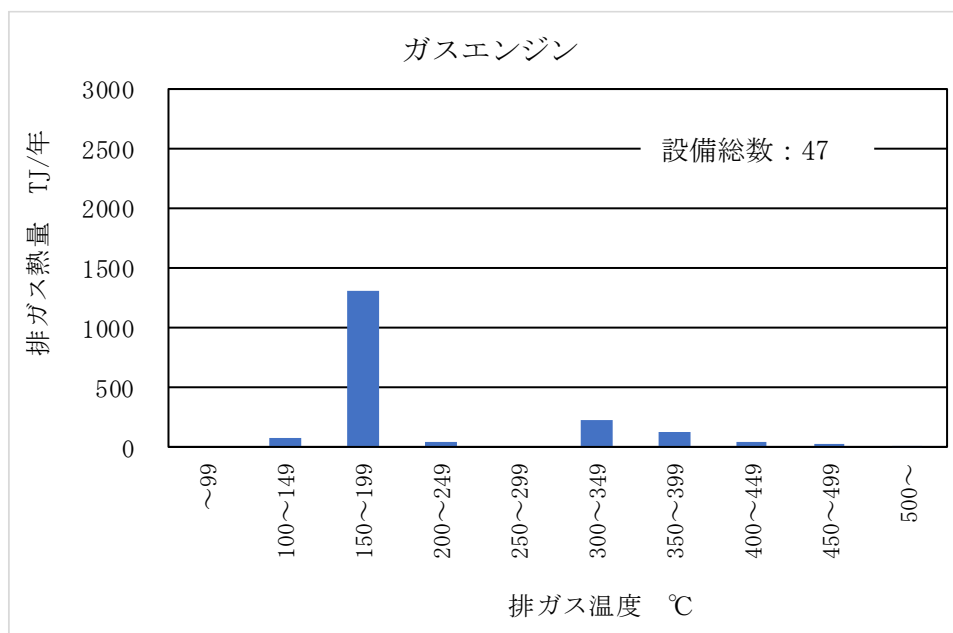


図 148 排ガス熱量 (ガスエンジン)

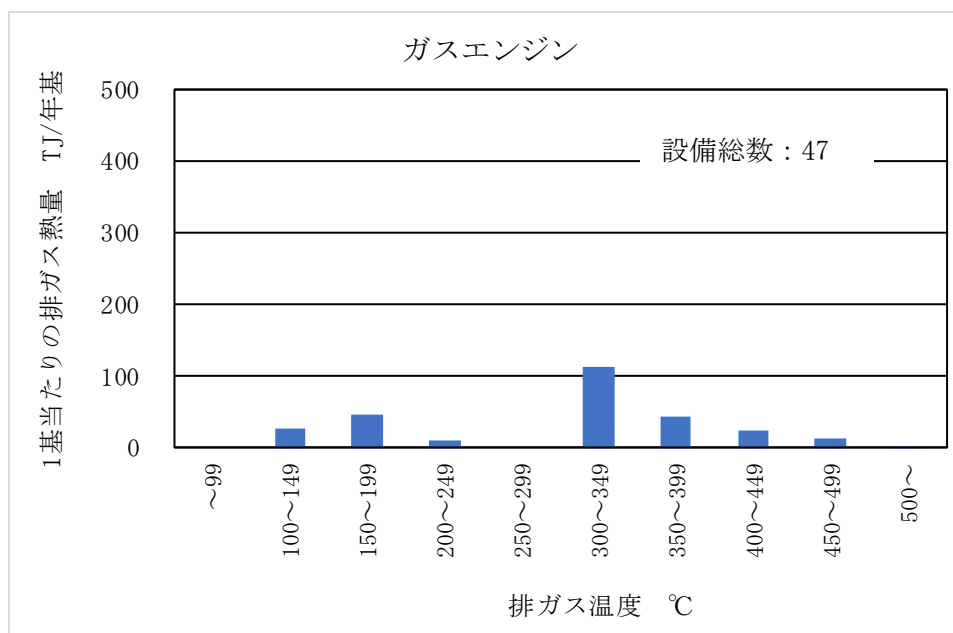


図 149 1基当たりの排ガス熱量 (ガスエンジン)

2) ディーゼルエンジン

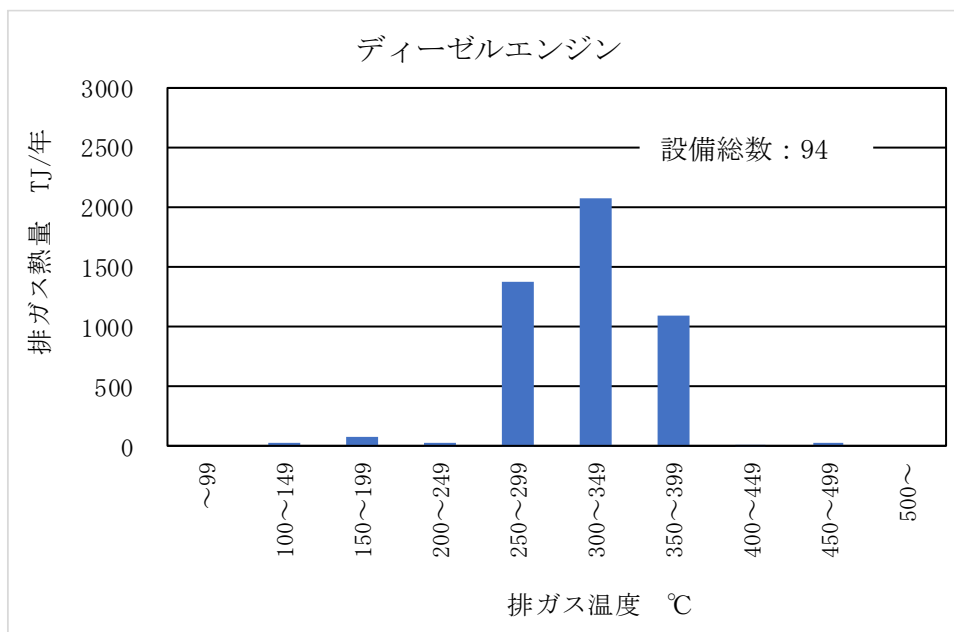


図 150 排ガス熱量 (ディーゼルエンジン)

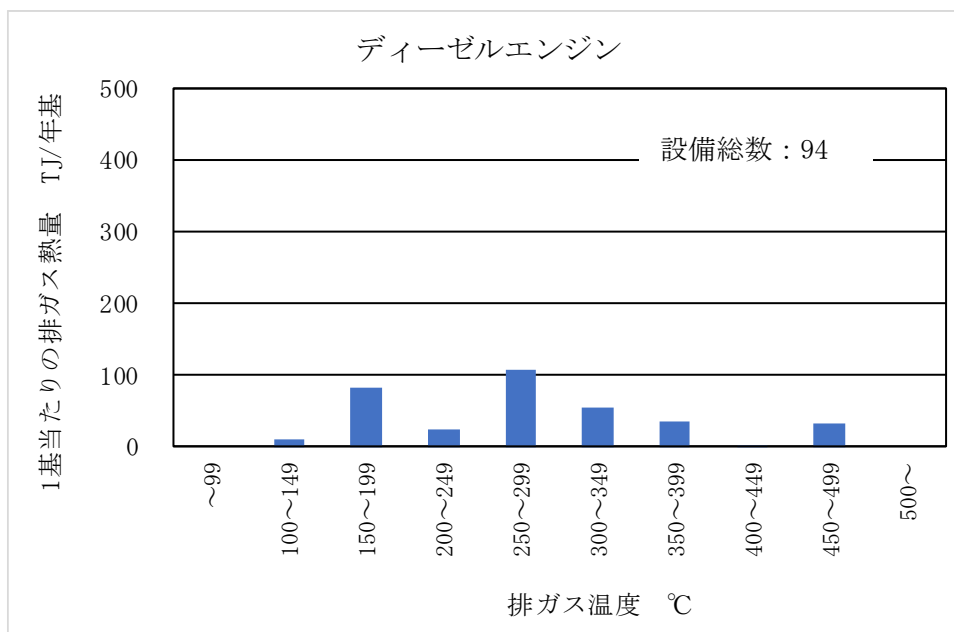


図 151 1基当たりの排ガス熱量 (ディーゼルエンジン)

3) ガスタービン

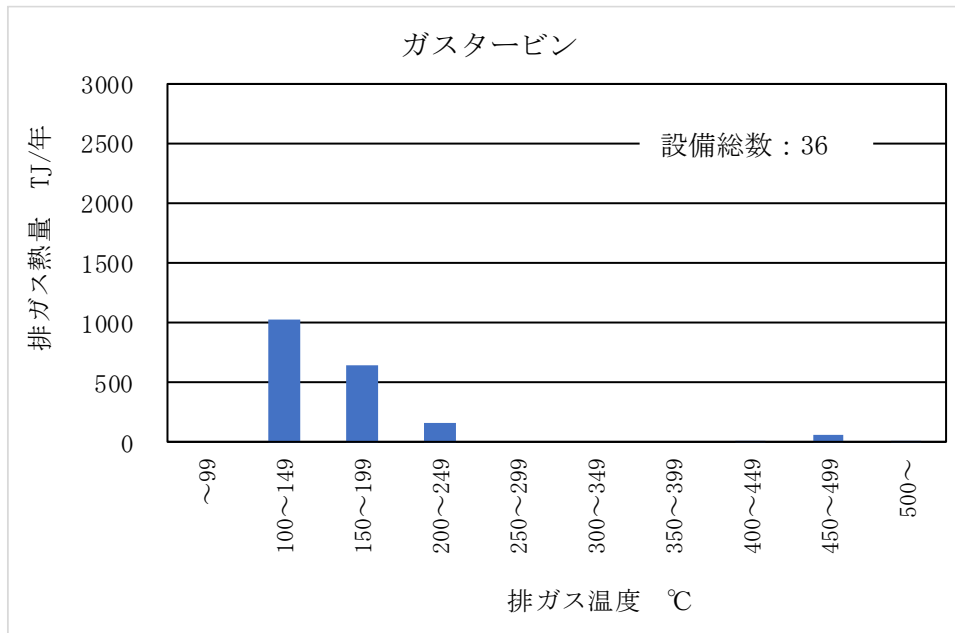


図 152 排ガス熱量 (ガスタービン)

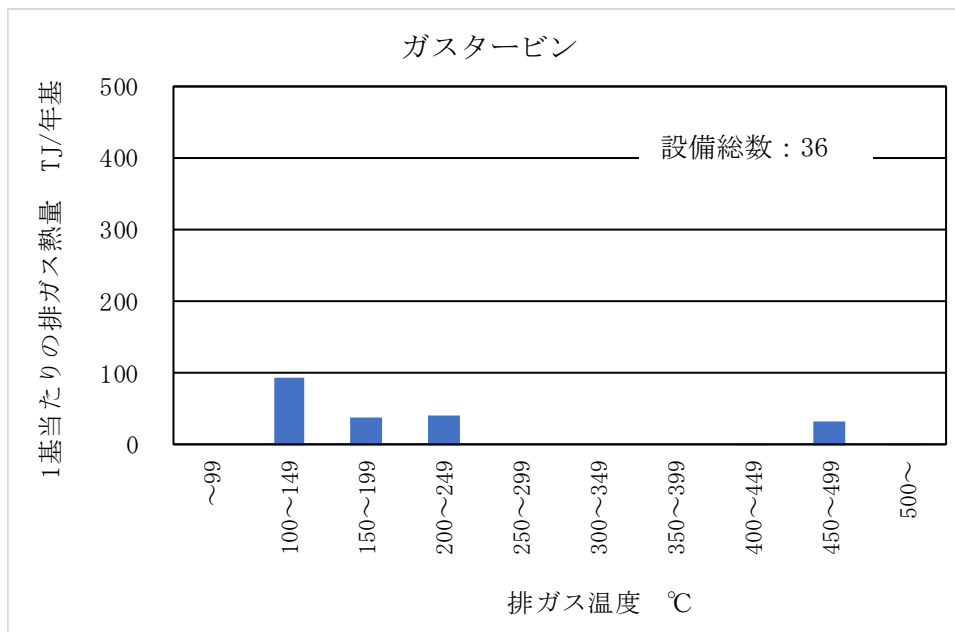


図 153 1基当たりの排ガス熱量 (ガスタービン)

#### 4) 蒸気タービン

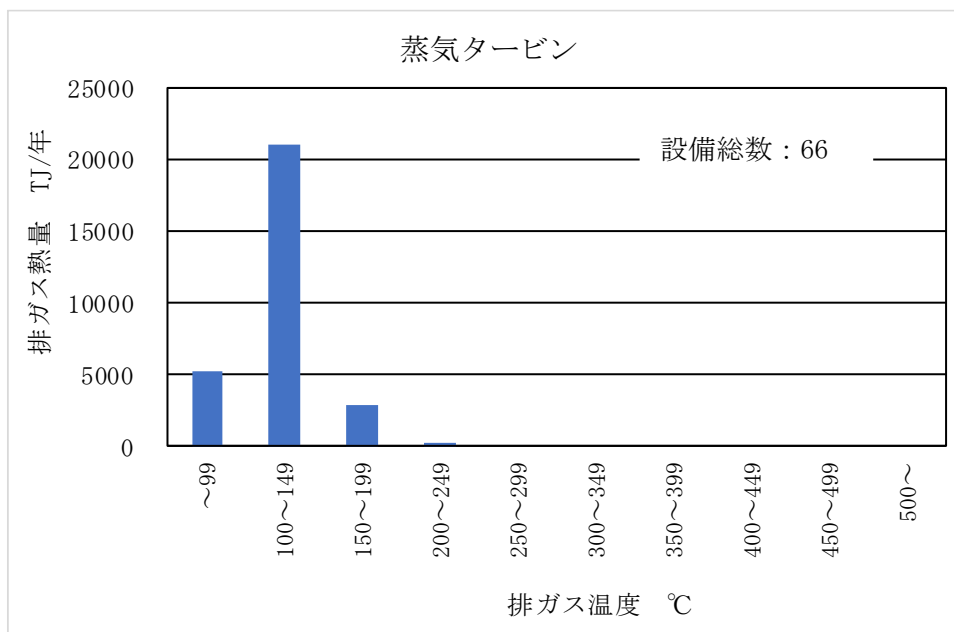


図 154 排ガス熱量 (蒸気タービン)

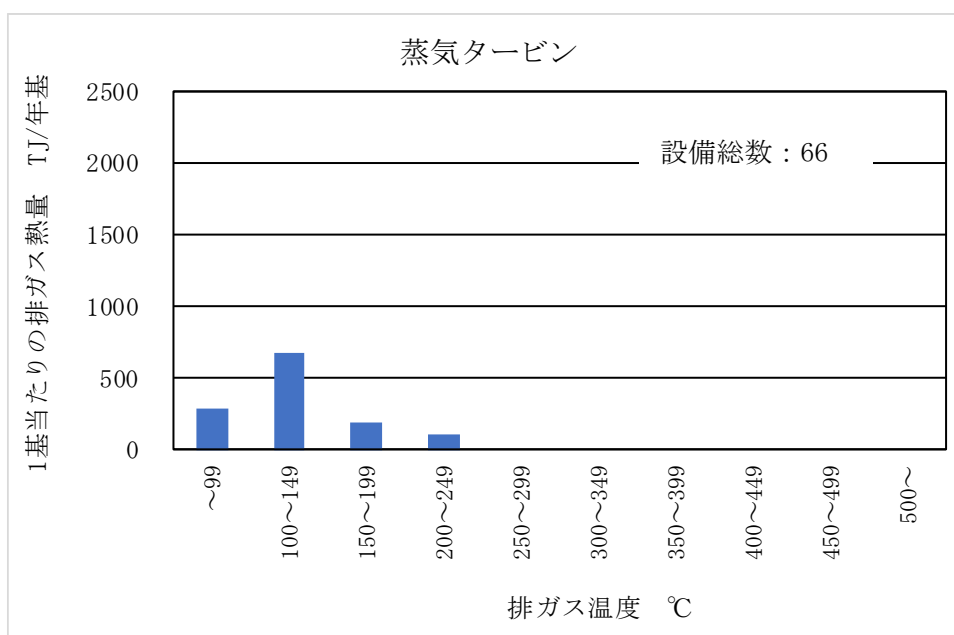


図 155 1基当たりの排ガス熱量 (蒸気タービン)

5) コンバインドサイクル

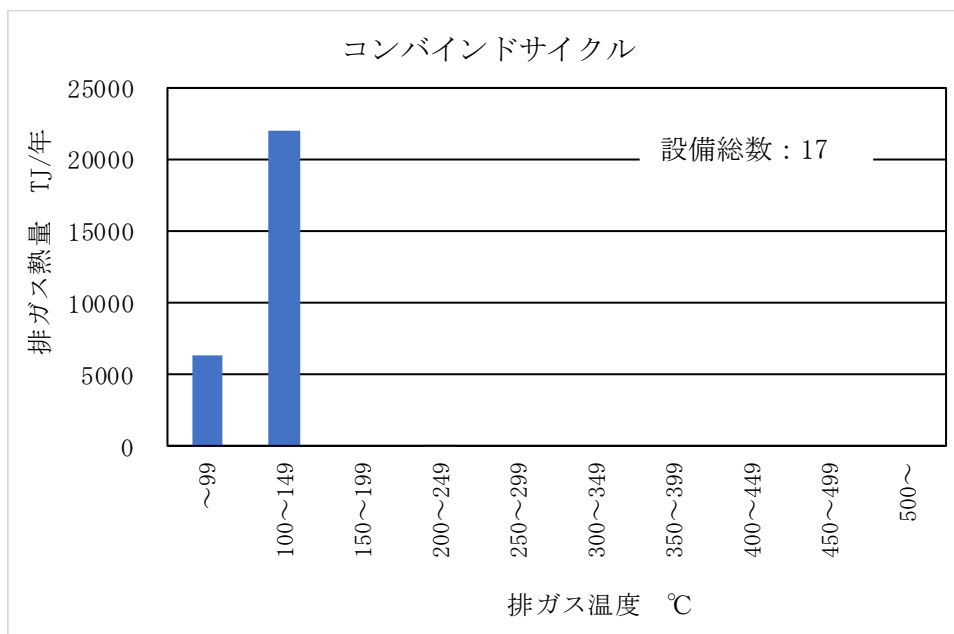


図 156 排ガス熱量 (コンバインドサイクル)

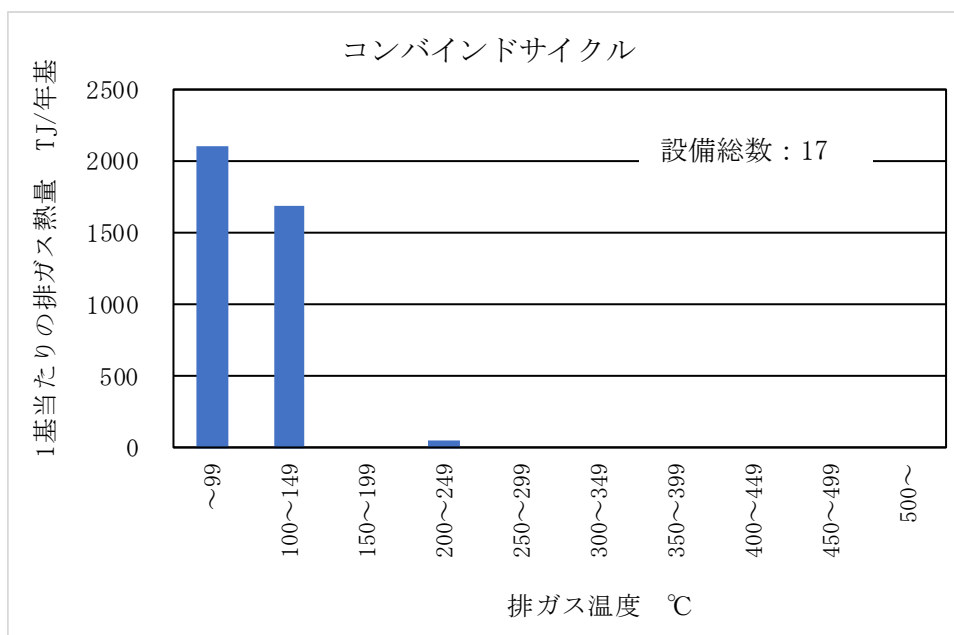


図 157 1基当たりの排ガス熱量 (コンバインドサイクル)

#### 4.5 発電設備別の排ガスエクセルギー

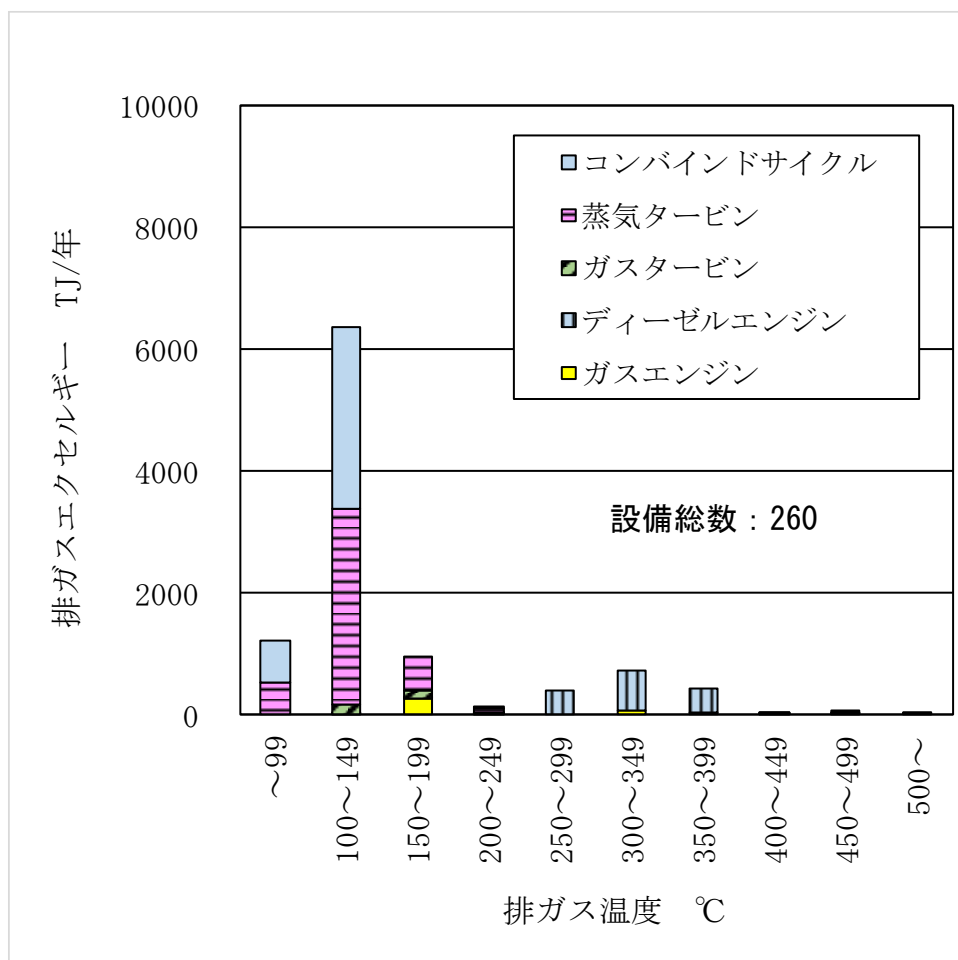


図 158 発電設備における排ガスエクセルギー (15 業種、設備数: 260 基)



(1) ガスエンジン

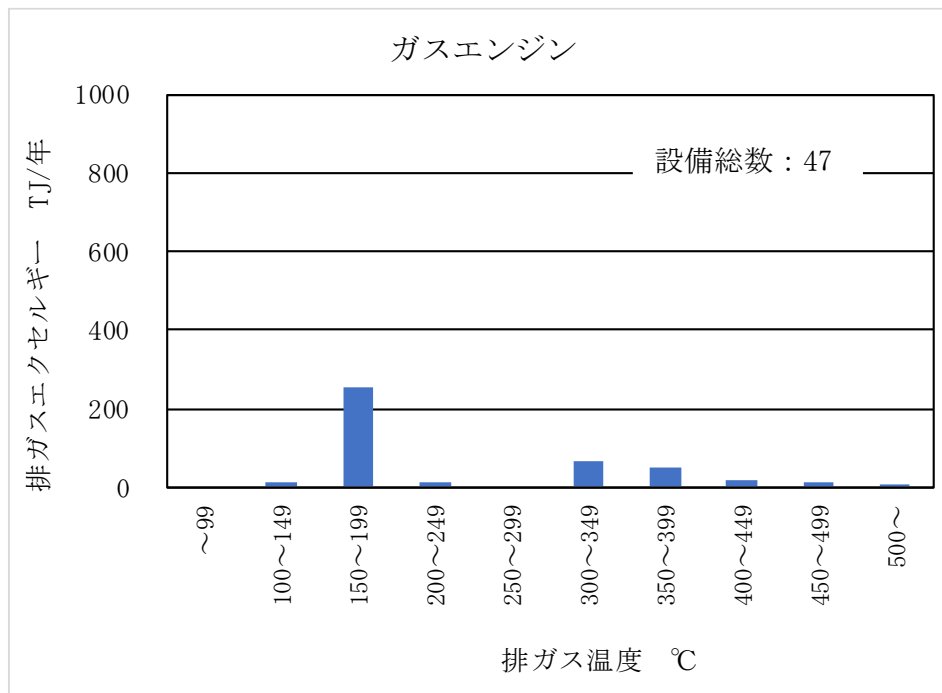


図 159 排ガスエクセルギー (ガスエンジン)

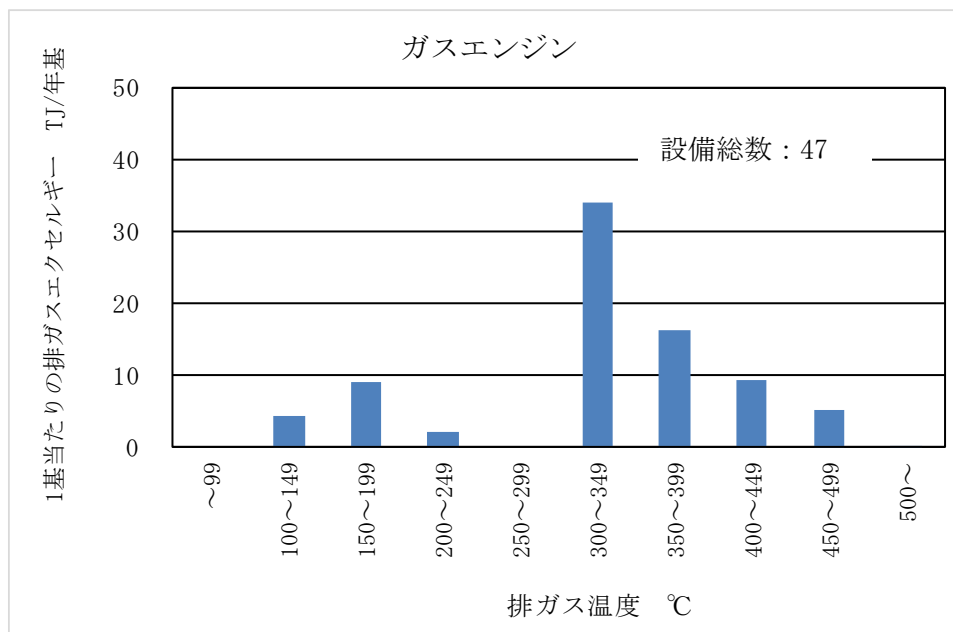


図 160 1基当たりの排ガスエクセルギー (ガスエンジン)

(2) ディーゼルエンジン

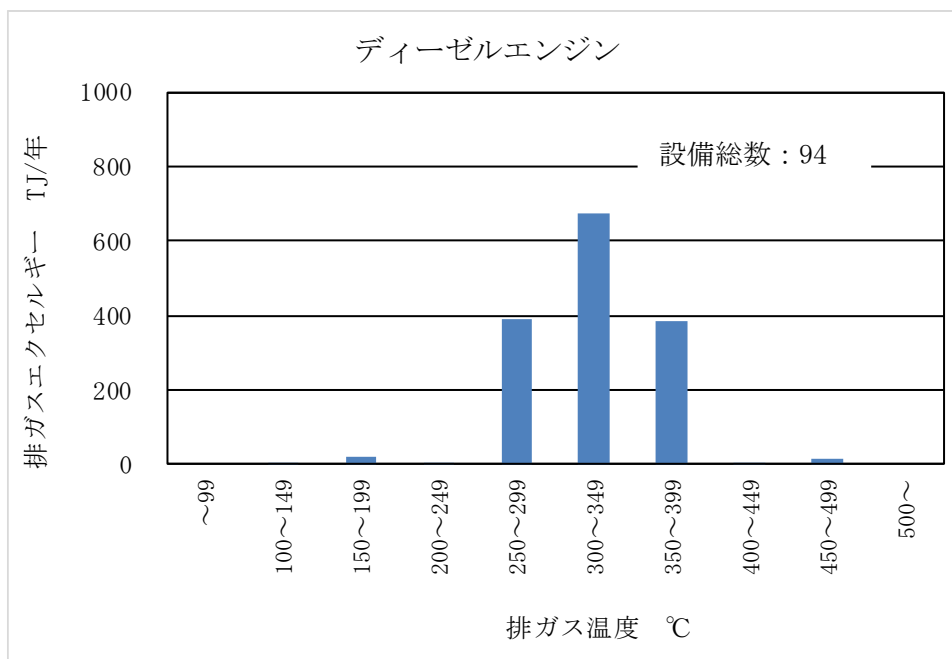


図 161 排ガスエクセルギー (ディーゼルエンジン)

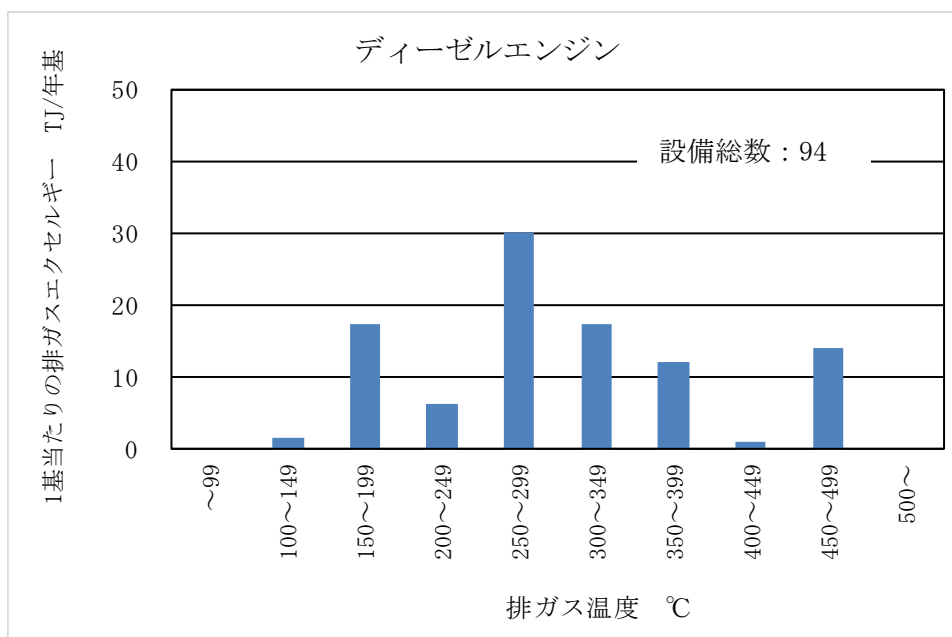


図 162 1 基当たりの排ガスエクセルギー (ディーゼルエンジン)

(3) ガスタービン

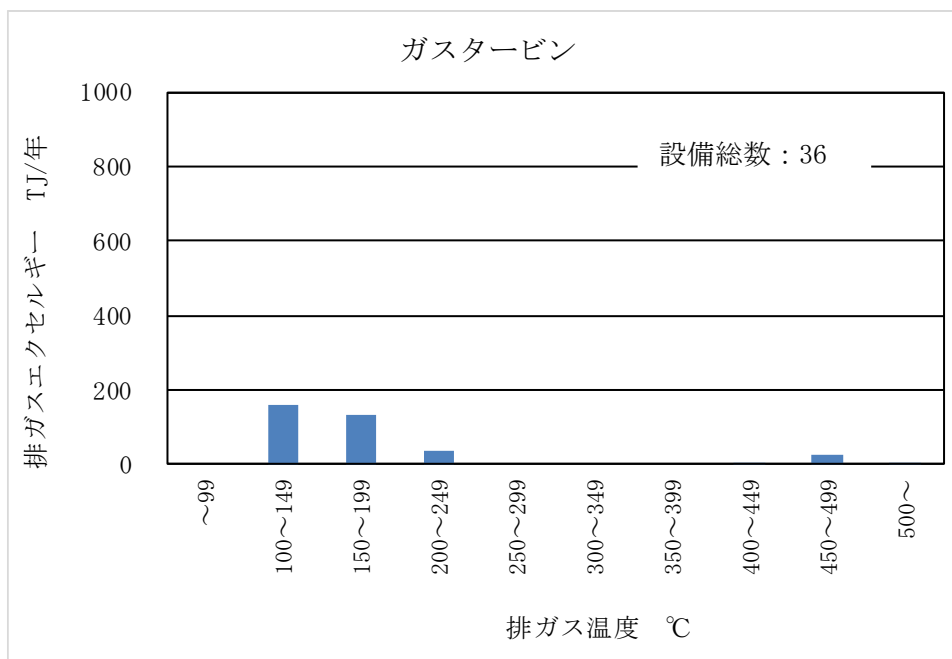


図 163 排ガスエクセルギー (ガスタービン)

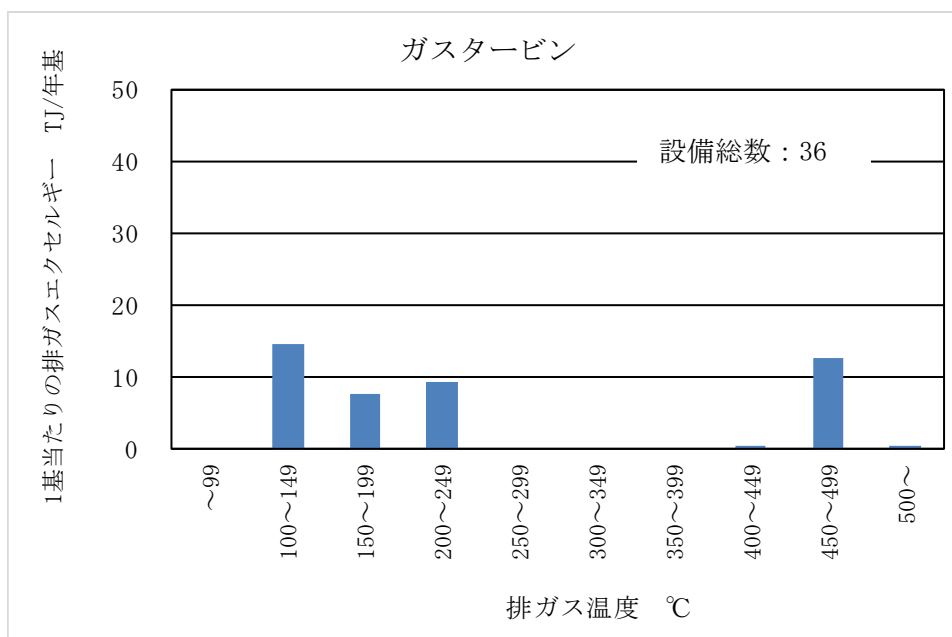


図 164 1基当たりの排ガスエクセルギー (ガスタービン)

(4) 蒸気タービン

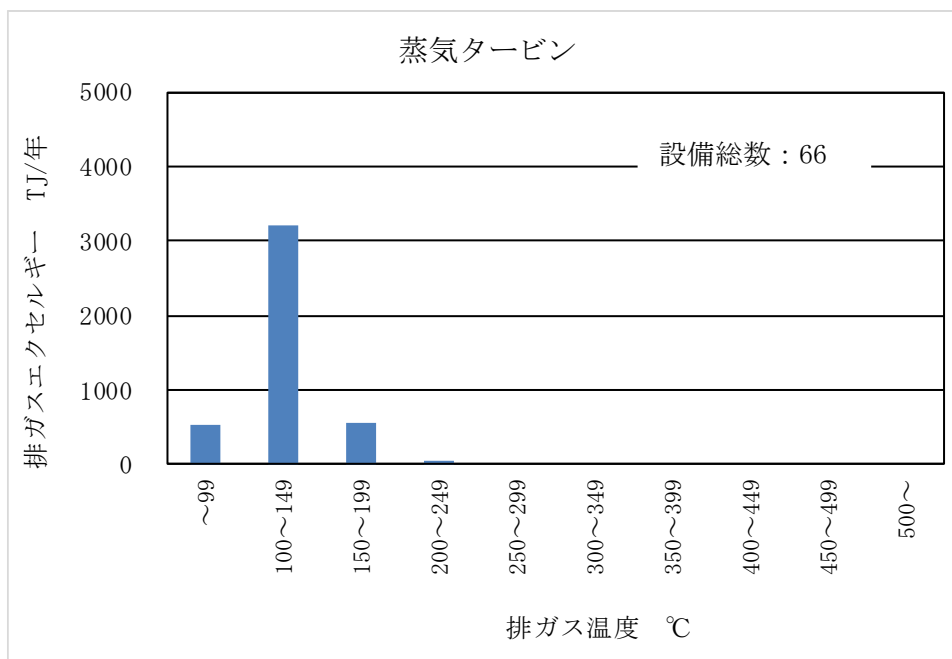


図 165 排ガスエクセルギー (蒸気タービン)

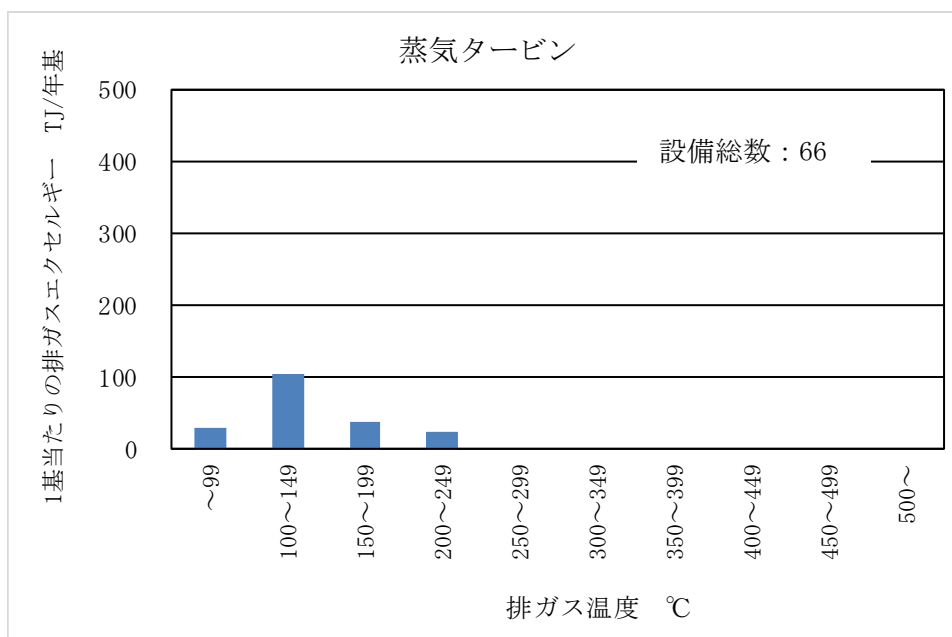


図 166 1基当たりの排ガスエクセルギー (蒸気タービン)

(5) コンバインドサイクル

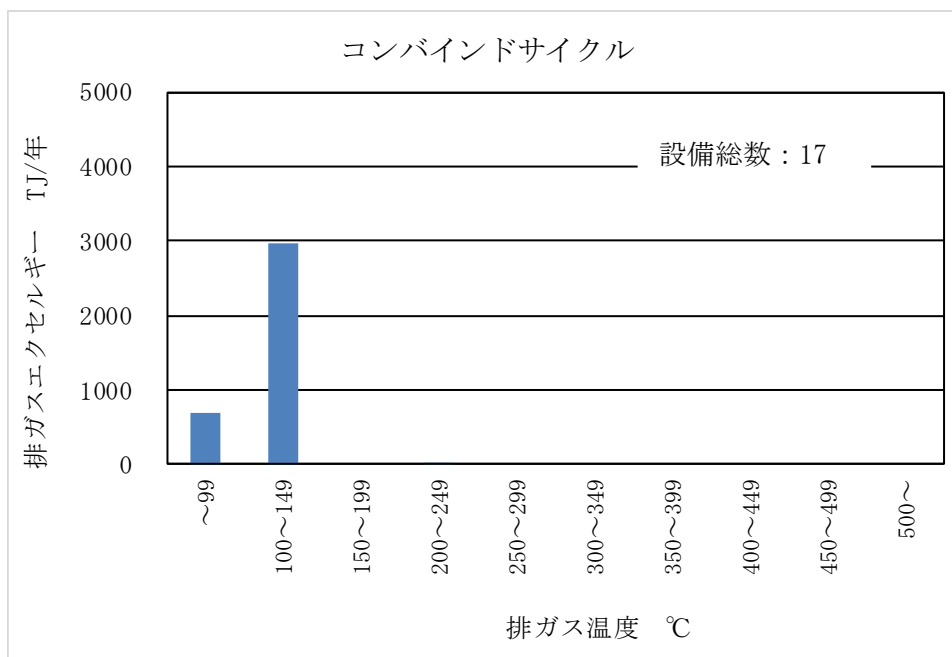


図 167 排ガスエクセルギー (コンバインドサイクル)

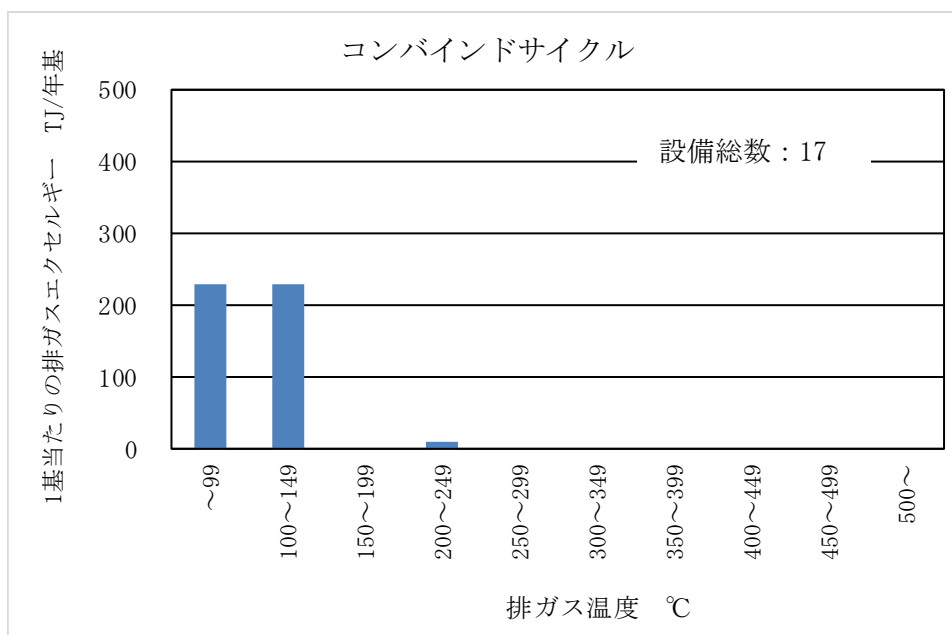


図 168 1基当たりの排ガスエクセルギー (コンバインドサイクル)

## 4.6 モデル分析

エネルギー使用が半導体製造工程（購入電力）と空調が大部分である電機業界と個別のプロセスでのエネルギー使用が相対的に少ない「その他製造業（印刷・皮革・廃棄物処理）」以外の13業種に対して、代表的な製品製造プロセスを取り上げ、使用温度帯、排熱源等を整理した。

### 4.6.1 モデル分析《食料品》

#### (1) 冷凍食品

日本冷凍食品協会資料<sup>(22)</sup>およびA社ヒアリングにより整理した。

凍結するときに、食品の組織が壊れて品質が変わってしまわないように、非常に低い温度で急速凍結する。食品の温度（品温）を生産・貯蔵・輸送・配送・販売の各段階を通じ一貫して常に $-18^{\circ}\text{C}$ 以下に保つように管理する。

食品の冷凍とは食品中の水分が凍結すること。一般に、食品中の水分は $-1^{\circ}\text{C}$ あたりから凍り始め、 $-5^{\circ}\text{C}$ 程度でほぼ凍結する。この間に水は氷結晶となるが、この温度帯を通過する時間が長いと氷結晶が大きくなり、食品の組織を大きく損なってしまう。食品の組織の損傷を極力少なくするためには、この温度帯を急速に通過させる必要があり、この凍結方法を急速凍結という。

冷凍機としては、フロン冷媒を使用したものを削減し、自然冷媒を使用したものに置き換えることを、業界の自主行動計画に含まれている。

#### A社ヒアリング

- ・風味を保つために急速冷凍することが重要で、重油焚きのアンモニア吸収式冷凍機（ $-50^{\circ}\text{C}$ ）が使用されている。
- ・フリーズドライのコーヒーなどでは、アンモニアは直接使用しないで、 $\text{CO}_2$ を使用した間接冷却方式を採用している。
- ・加熱と急速冷凍がセットとなって冷凍食品分野では、加熱の排熱を冷凍に利用するニーズがあるかもしれない。

#### (2) レトルト食品

日本缶詰びん詰レトルト食品協会資料<sup>(23)</sup>及びB社ヒアリングによる整理した。

レトルト食品は、プラスチックフィルムとアルミ箔等の金属箔の積層されたパウチや異なる種類のプラスチックフィルムが積層されたパウチに食品を封入して、簡単な加熱で食べられるようにした食品である。食品をパウチに充填する際には、フィルムを熱で溶かして密封するため、特殊な充填・シール機械が使われ、殺菌には加熱でパウチの内容物が膨張して、破裂しないように加圧殺菌・加圧冷却機構が組み込まれた高圧殺菌釜（レトルト）が使われている。

殺菌加熱の時間が長いと食品に影響するので、短時間で処理するために、蒸気や加圧熱水を利用し、 $100^{\circ}\text{C}$ を越える加圧加熱殺菌が行われている。これがレトルト殺菌である。殺菌温度は $120^{\circ}\text{C}$ 、30～60分が最も一般的で、 $105\sim 115^{\circ}\text{C}$ のセミレトルト、 $130^{\circ}\text{C}$ 以上のハイレトルト（HTST）なども行われている。微生物の殺菌では温度を上げると殺菌時間は飛躍的に短くなる。例えば芽胞菌を死滅させるのに $100^{\circ}\text{C}$ で400分かかるのに対し、 $120^{\circ}\text{C}$ では4分でよく、内容物の熱による劣化もはるかに少なくなる。

#### B社ヒアリング

- ・投入エネルギーは99%が都市ガスである。その内、ガスエンジン発電機で85%を消費し、排熱回収ボイラで15%以上の熱回収をしている。温水まで含めると70%の効率になる。温水は $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ で製造工程の洗浄用に使用されるが、まだ使いきれないで余っている。

- ・食品をパウチに充填した後の高圧殺菌釜では、ガスエンジンからの排熱回収ボイラの蒸気を活用しているが、バッチ式プロセスである。窯のサイズはφ3m×L5m程度。蒸気から熱水にして利用している。衛生的な問題から一度製品に触れた温水の再利用は行っていない。
- ・レトルト食品の種類を変えるための切り替え洗浄に、温水が使用されている。乾燥には蒸気を使用されている。
- ・料理には、IHや蒸気を使用されている。
- ・以前は、発酵を応用した製品を製造していた。当時は、発酵槽の加温、発酵でできた製品の濃縮・結晶化のために蒸気が必要で、蒸気タービンを使用していたが、製造品目が変わったため、熱需要が減り、蒸気タービン型ガスエンジンに更新された。

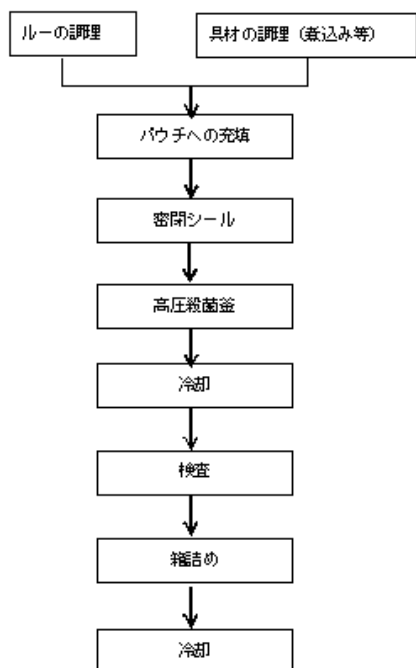


図 169 レトルト食品の一般的な製造工程

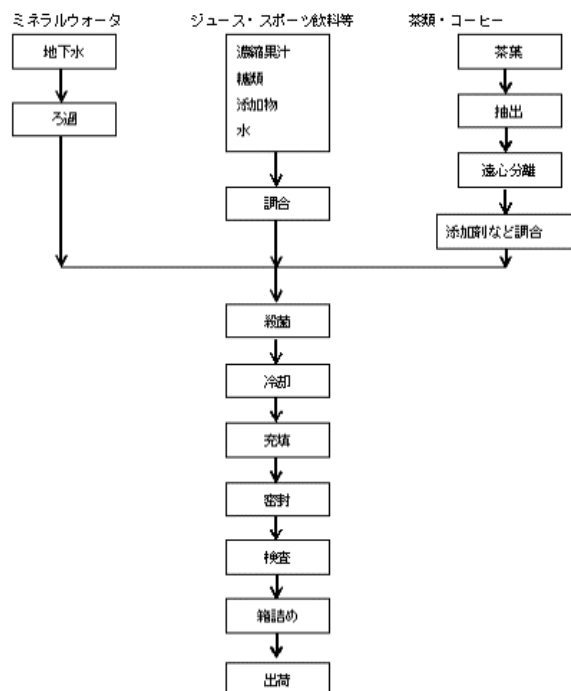


図 170 清涼飲料の一般的な製造工程

### (3) 清涼飲料

清涼飲料工業会資料<sup>24)</sup>およびC社ヒアリングにより整理した。

清涼飲料の製造工程の主な特徴は以下のとおり。

#### ○加熱殺菌

食品衛生法では、製品のpHと水分活性によって、清涼飲料水の加熱殺菌の基準が決められている。その基準は以下の通りです。

#### ◆ミネラルウォーター類以外の清涼飲料水

- ・pH4.0未満のもの：65℃で10分間加熱する方法、または同等以上の効力をもつ方法
- ・pH4.0以上のもの（pH4.6以上かつ水分活性が0.94を超えるものを除く）  
85℃で30分間加熱する方法、または同等以上の効力をもつ方法
- ・pH4.6以上かつ水分活性が0.94を超えるもの  
120℃で4分間加熱する方法、または同等以上の効力をもつ方法

◆ミネラルウォーター類

85°C30分間加熱する方法、または同等以上の効力をもつ方法

ただし、無殺菌無除菌も認められている（基準あり、または表示必要）。

I社ヒアリング

- ・緑茶、ウーロン茶、コーヒーのような商品は、圧力容器で、100°C以上で抽出作業が行われている。製造ラインの品種切り替えでは、洗浄に温水が使用されるが、排水を少なくするために短時間で洗浄が行われるように工夫がされている。
- ・高温で殺菌後、冷却して充填する工程となっているが、高温排熱から冷熱を作ることは、採算性のために行われているという話は聞いたことがない。
- ・飲料品工場では空調エネルギー需要が大きいのではと思う。以前は殺菌工程で100°C以上の蒸気を使っていたが、最近は蒸気需要も減少傾向にあると思う。
- ・品種切り替えの際の洗浄は必須であり、この排水量削減が省エネの観点からも重要課題である。



#### 4.6.2 モデル分析 《繊維》

日本染色協会等の各種公開資料により、整理した。

繊維製品は、紡績、ねん糸、生地製造（織物業）、染色（染色整理業）、縫製によって製品となる。以下に示すように染色工程に要するエネルギーが最も多い。

ねん糸製造業は、製造された原糸を引きそろえて撚りをかけるねん糸機の動力源となっている電気に要する費用が最も多くなっている。

織物業は、糸を織り込む織機の動力源である電気に要する費用が多いことに加え、サイジング工程を実施している事業所もあり、燃料に要する費用が約3割となっている。<sup>(25)</sup>

染色整理業は、繊維に付着した汚れや油を洗い落とす精練、漂白工程、染色工程、洗浄工程、整理仕上げといった工程を担っており、その生産プロセスにおいて大量の水、熱、電気を使用しており、これらのエネルギーに要する費用が3業種の中で最も多くなっている。<sup>(26)</sup>（石川県：いしかわ事業者版環境ISO業種別マニュアル）

連続染色機として、パッドドライヤとパッドスチーマの組み合わせが使用されている。

前者では、布を染液に浸漬後、染液パッドで液切り後、乾燥機で繊維内部の水分を蒸発させるためにガス赤外線バーナ（ヒータ温度約800°C）を使用して乾燥させる。パッドスチーマでは、染料を付与した布に、染料を固着させるために還元剤やアルカリ剤に浸漬後、ケミカルパッドで液切りし、スチーマ内で蒸熱される（100°C～105°C）。

その後水洗槽、酸化槽、ソーピング槽、湯洗槽と最低8～10槽で構成された水洗機を通り、最終的に乾燥機で、乾燥する。ソーピング槽及び湯洗槽は80～90°Cと高温なので密閉型である。乾燥機の一例としてシリンダ乾燥機があり、乾燥シリンダ群の出口に積みシワ防止を目的に布地を冷却するために水冷シリンダを取付ける。<sup>(27)</sup>

1985年以降の円高により、加工工程が短く単純で、大量生産が可能である生産効率に優れた安価な製品群は海外生産へシフトし、逆に国内は技術力を必要とする多品種・小ロット・短納期の付加価値製品へシフトせざるを得ない状況が続いている。このような状況から、省エネ努力以上に加工工程は長く複雑化しており、生産効率は低下し、それらの結果原単位は悪化の傾向にある。

### 4.6.3 モデル分析 《パルプ・紙》

文献<sup>(28)</sup>および日本製紙連合会ヒアリングにより整理した。

紙を作る場合、木材チップからクラフトパルプを作りそのパルプから紙を作る方法と、古紙から異物を取り除いたりインクを除去したりする古紙処理工程を経て古紙パルプを作り、古紙パルプから紙を製造する方法がある。

2014年度の古紙利用率は板紙 93.2%、紙 40.4%、紙・板紙合計で 64.0%となっており、2015年度までの古紙利用率の向上目標 64%は達成している。

クラフトパルプ工場では、パルプ廃液である黒液を燃料として使用できるため、木材チップから洋紙製造工程の総エネルギー量の 65.8%を賄うことができる。よって、外部エネルギーの使用比率は 34.2%である。これに対して、古紙からの洋紙製造の場合は、黒液を使用することはできない。しかしながら、古紙パルプ化工程に必要なエネルギーが木材チップからのパルプ化に必要なエネルギーに比べ少ないことや、海外からの木材チップ輸送のエネルギーが不要であることから、古紙からの洋紙製造に必要なエネルギーは木材チップからの場合に比べ、61.8%となっている。そして、これは必要な外部エネルギー比率と同じである。

以下に洋紙製造における代表的なプロセスである、化学パルプ製造工程、古紙パルプ製造工程、抄紙工程の概要を示す。

#### (1) 化学パルプ製造工程 (Kraft Pulp : KP)

連続蒸解釜で原料チップ (木材) をアルカリ性の NaOH (苛性ソーダ) 水溶液で処理する。高さ 60 m の連続蒸解釜 (塔) の上部から原料と薬液 (NaOH) を投入し、温度 150~160°C で 5 時間処理して、塔の下部から抜き出す。この蒸解操作で木材はセルロース質であるパルプと、リグニン質が溶けた黒液 (こくえき、Black liquor) となる。

黒液 (固形分 20%) はエバポレーター (多重効用蒸発装置) により自然可能な濃度 75% まで濃縮される。濃縮黒液を (ソーダ) 回収ボイラで燃焼する。発生した熱は発電や紙の乾燥に使われる。ボイラでリグニン質は CO<sub>2</sub> となり、薬品はボイラ底から回収される。これをスメルトという。

スメルトを溶解・処理して炭酸ナトリウム (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) の溶液 (緑液) とする。これに酸化カルシウム (生石灰、CaO) を混合・反応させて NaOH を生成する。この NaOH がリサイクルされ、再度蒸解に用いられる。ここで生成した炭酸カルシウム CaCO<sub>3</sub> はキルンにより 900°C 以上の高温下で酸化カルシウム CaO(s) に戻され、リサイクル使用される。

#### ●排熱発生箇所

KP 工程：蒸気的主要な使用先は、エバポレータである (パルプから分離した黒液 (樹液) をボイラの燃料とするため、蒸気を使用して濃縮する (黒液濃度：14~5% を 73% 程度まで濃縮)。蒸気ドレンは蒸気を製造している自家発のボイラに戻している。その他の工程でも加温用に蒸気を使用している。これらのドレンも戻せるものは戻している。黒液をボイラで燃焼後、廃液 (緑液) が発生する (スメルトと称する)。これはボイラ室から回収しているので、高温である。現在は特に熱回収は行っておらず水冷、自然放冷で冷却し、化成装置で再生し、再利用している。

石灰キルンについても炉体放熱は対策を特にしていない。なお石灰キルンの燃料は、過去は重油であったが現在はオイルクークス、天然ガスを使用している箇所が多い。

#### (2) 古紙パルプ製造工程 (Deinked Pulp : DIP)

離解工程により、古紙を緩やかにほぐし、ほぐすときの攪拌力でインキを剥離する。次に異物を取り除く除塵工程や表面活性剤を使用する脱墨 (フローテーター) および薬品による漂白を行う。また、リファイナーでは、パルプの叩解 (切る・すりつぶす) を行い、繊維を毛羽立たせ結合を促す。

●排熱発生箇所

DIP 工程：ほとんど熱は使用しない。この工程は洗濯機で古紙の繊維をばらばらにするようなものである。

(3) 抄紙工程

抄紙機では、紙料を水に分散させ希釈したのち、ヘッドボックスから紙料をワイヤー（網）に分散し、均一なシートにする。そして、プレスパートではフェルトとロールで機械的に搾水し、ドライヤーパートでは蒸気で加熱したロールに何度も通すことによって水分を蒸発させる。また、紙のにじみ止め（サイズ剤）を塗布する。さらに、塗料をコーターで塗布し、乾燥させる。最後に、カレンダーパートとして複数重ねたロールでプレスし紙の密度を上げるとともに平滑性を加え、光沢をつける。

●排熱発生箇所

抄紙工程：ドライヤーで使用した蒸気のドレンは自家発ボイラに戻している。ボイラでの受け入れ温度は60°C程度であるので、ドライヤーでのドレン温度は65~70°C程度と思われる。（当然ドレン回収配管は保温しているとのこと）抄紙工程での最大の未利用熱はドライヤーの排気を持つ熱量。特に冬季になり気温が下がると、排気中の水分が白煙となり非常に目立つ。以前から利用の話はあるが、結局投資回収年が長く、実用化に至っていない。ただし排気の温度は乾燥であるので100°C未満。

水分濃度（抄紙機入り口：99%程度、ワイヤーパート出口：90%程度、製品：10%程度）ワイヤーパート出口～製品までの水分は蒸気を熱源とするドライヤーで乾燥している。

#### 4.6.4 モデル分析《化学》

##### (1) エチレンプラント

文献資料<sup>(29)(30)</sup>により整理、化学工業会、石油化学工業会からの資料提供、D社からのヒアリングにより整理した。

石油化学の基礎原料として一番需要の多いエチレンは、国内の各コンビナートで製造されており、2015年末のエチレン生産量は6883千トンであった。<sup>(31)</sup>

エチレンプラントではナフサを熱分解してエチレン、プロピレン等のオレフィンを含む低分子炭化水素にして、それを各成分に分離する。原料ナフサが水蒸気（原料に対して0.5～0.9の割合）とともに、バーナで750-850°Cにされた分解炉内の多数の管内を通過する。このナフサ熱分解工程がエチレンプラントで最も高温の工程である。そして、分解炉を出たガスはただちに400～600°Cに急冷してそれ以上の分解を防ぎ、この急冷により高圧蒸気発生用に熱回収を行う。

冷却された分解ガスはガソリン精留塔で重質成分を分離する。次のクエンチタワーでは塔の上部から水を噴霧して水分とガソリン成分(C<sub>5</sub>-C<sub>9</sub>)を凝縮分離する。ガスは高圧蒸気駆動の圧縮機で昇圧して分離工程に送られる。

水素が途中の深冷分離器（-160°C、37気圧）で分離される。メタン、エチレン、エタン、プロピレン、プロパンは各々蒸留塔を通過すること順次純成分に分離される。この分離精製系における分解ガスの圧縮機、エチレン冷凍機、プロピレン冷凍機、メタン冷凍機の駆動に必要なエネルギーとして、分解急冷系で発生された高圧蒸気を使用される。

この低温の分離工程で、冷熱はより沸点の高いガスの分離の予冷のために利用されている。発生したCOは熱分解炉の燃料として使用され、C<sub>6</sub>以上の生成物は原料として戻され、熱分解炉に再投入される。

「石油化学プロセス」に示された冷却水原単位300m<sup>3</sup>/（エチレントン）と2015年度のエチレン生産量を元に、冷却水出口温度40°C、クーリングタワー出口35°Cを仮定すると、温排水発生量は38488TJ/年となる。

表21 全国エチレンプラント排温水発生量の推計

エチレン生産量	6883000	t/年	
冷却水原単位	300	m <sup>3</sup> /t エチレン	
冷却水温度	40	°C	
基準温度	35	°C	
冷却水流量	2064900000	m <sup>3</sup> /年	
水定圧比熱	4.1755	kJ/kg・°C	40°C
冷却水熱量	38488811	MJ/年	
	38488	TJ/年	

##### (2) アンモニア

文献<sup>(32)</sup>およびE社ヒアリングにより整理した。

アンモニアの合成工程の温度帯と、排熱の発生状況を以下に示す。

水素と窒素を高温高圧下で反応させて、アンモニアを製造するハーバー・ボッシュ法が主流である。水素の製造には、メタン（または、ナフサ、オイルコークス、廃プラ）を原料に水蒸気を加え熱分解し、水素とCOを製造する水蒸気改質法と、その工程で製造されたCOを水蒸気と反応させCO<sub>2</sub>と水素にするシフト反応を利用する場合が多い。メタンを原料にした場合には、ニッケル触媒を使用し、出口温度800°Cの外熱式反応管で分解が行われ、加熱に使用された燃料の排ガスは、熱回収後140°Cで放出される。

さらに、アンモニアのもう一つの原料である窒素を得るために使用する空気からの酸素との反応による2

次改質でメタン未反応分を低下させる。メタンと水素が燃やされることになり、出口温度が 1000°C に達する。この熱を高温・高圧の蒸気として回収する。

CO を CO<sub>2</sub> に転化するシフト反応では、第 1 段で高温転化触媒 (Fe-Cr 系) により 350~500°C の反応と、第 2 段で低温転化触媒 (Cu-Zn 系) による 200~250°C、出口温度 230°C の反応が行われる。

窒素と水素を反応させる前に、CO<sub>2</sub> と CO を除去する必要がある、まず炭酸カリ水溶液による反応吸収操作で CO<sub>2</sub> を取り除く。この低温における吸収、高温での再生操作に多大のエネルギーが消費される。炉体冷却の冷却水が使用され、クーリングタワー入口 30°C、出口 25°C で循環されている。

残留 CO は、アンモニア合成触媒の触媒毒になるため除外する必要がある、310°C でニッケル系触媒により、水素と反応させメタンに戻す。

合成原料ガスは、水素と窒素の比が 3 対 1 である。残りはメタンおよびアルゴンが 1% 程度含まれる。蒸気タービン駆動の遠心式高圧ガス圧縮機で、33 MPa まで昇圧される。

合成反応は反応条件 500°C で、触媒として酸化鉄 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> が使用され、原料ガスを高温・高圧下の触媒層を通すことでおこなわれる。反応器出口ガスは熱交換器で -20°C まで冷やされ、合成されたアンモニアを凝縮分離する。転化率が低いことと不活性ガスの存在によりリサイクル・パージ操作の必要がある。

複数のフラッシュドラムにより順次減圧しつつ冷却され、貯蔵用に常圧、-33°C まで冷却される。冷却のための熱交換器は 5 段あり、高温の初段では蒸気として熱回収し、それ以降ではボイラの給水加熱用に使用される。貯蔵の方式は、工場により異なり、5°C、0.4 MP (専用船での輸送レベル) や常温でさらに高圧 (タンクローリーで輸送レベル) で貯蔵される場合がある。

### (3) 苛性ソーダ

ソーダ工業会、F 社ヒアリングにより整理した。

蒸気タービンによる自家発電を持ち、電解のための電力と、製品である苛性ソーダの濃縮のための加熱に抽気蒸気を利用している。濃縮工程では、145°C の入り口温度の蒸気を三重効用で使用して、25% から 48% まで濃縮している。蒸気は、電解槽の温度を 50°C 程度に保つためにも使用されている。

#### 4.6.5 モデル分析《石油・石炭》

石油・石炭製品製造業の場合、アンケートの回答数が5件と限られ、製油所からの回答が1件であったので、それを基に全国値を推計することは困難であり、既存の調査報告<sup>(33)</sup>から整理した結果に対し意見をいただいた。

一般財団法人 石油エネルギー技術センター (JPEC)、G社にヒアリングを行い、既存の調査報告<sup>(33)</sup>を基に、整理することの是非について確認を行なったところ、調査当時と大きな技術・設備について変化はないと言うことで了承を得た。

ただし、この報告書を作成した JPEC (石油活性化センター名称変更) には、作成当時のメンバーが残っていないことから、報告書の内容についての質問の回答はいただけなかった。

##### (1) 主要設備

- ・常圧蒸留、減圧蒸留、流動接触分解の3種で良い。どこの製油所にもあり、エネルギー消費も大きい。排熱は、最終的にはエアフィンクーラーで大気に放出される場合が多いが、蒸留塔から出た製品の熱は、熱交換器で回収され、予熱等に使用されており、熱は有効に使用されている。
- ・常圧蒸留塔の最高温度と、減圧蒸留塔の最高温度はほぼ同じである。減圧の方がより蒸発しにくい重質油を蒸留するためである。
- ・蒸気を使用するので、コージェネは蒸気タービンが主に使用される。蒸気の用途は、製品の加熱のほか、真空を作るためのエジェクターにも使われる。また、原油の流動性を保つためにタンク、配管 (スチームトレース) も加温されている。
- ・電力は、ポンプ動力として使用される場合が多い。
- ・石油業界では、かつてコンビナートルネッサンスのプロジェクトが行われ、近隣の化学工場とのエネルギー連携が検討された。現在は、重質油からいかに軽い油をとるかというペトロリオミクスプロジェクトが行われている。これは直接には省エネルギー開発には関係がない。
- ・一部蒸留塔にヒートポンプ (圧縮機) の技術が使われている。
- ・固体顕熱による排熱はない。

##### (2) 製油所における排熱

既存の調査報告<sup>(33)</sup>において、20万B/D (バレル/デイ) クラスの製油所を基に未回収排熱量と温度レベルについて調査が行われた。その報告内容を基に、データ整理を行った。

加熱後およびボイラの燃焼ガスはプロセス流体の昇温、スチームの発生をした後、さらにスチームの発生、燃焼用の空気の予熱に利用されて150°C程度の温度で排出される。下流に脱硫・脱硝設備があるときはもっと低い温度となる。加熱炉、ボイラからの排ガス損失を表22および図171に示す。

表22 排ガス損失

温度範囲	排ガス損失(TJ/y)
~150°C	770
150~200°C	1100
200~250°C	550
250°C~	330
合計	2750

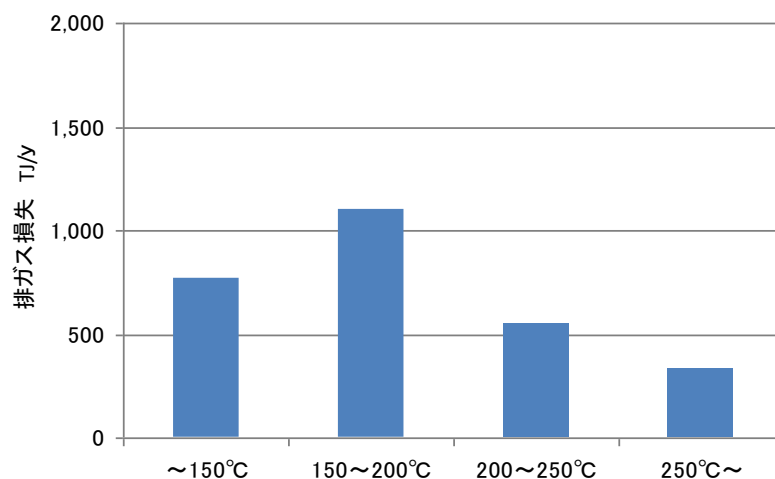


図 171 排ガス損失熱量と温度レベル

2015 年度の原油処理量が、325 万バレル/日であることから、20 万バレル/日の場合と比例するとして、全国値を求めた。表 23 に推計値を示す。

表 23 排ガス量全国推計値

温度範囲	排ガス損失(TJ/y)
~150°C	12513
150~200°C	17875
200~250°C	8938
250°C~	5363
合計	44688

#### 4.6.6 モデル分析《窯業》

アンケートは購入エネルギーの大きな1社の影響が大きいため、窯業（セメント業）について、ヒアリングを行なった。セメント製造業の熱エネルギー使用割合は窯業全体の46%で、ほぼ半分のエネルギー（買電を除く熱エネルギー）を使用している。

##### (1) セメント業の排熱発生

日本セメント協会、H社資料およびヒアリングにより整理した。

- ・サスペンションプレヒータ（SP）～ロータリーキルン～クリンカクーラの順に製品は流れる。ロータリーキルンでは約1500°Cで原料を焼成し、クリンカクーラで130°Cまで急冷されるクリンカクーラからは、250°Cの熱せられた空気が排気される。この空気はサスペンションプレヒータの加熱に使用される。サスペンションプレヒータの出口からは320～400°Cの高温ガスが排出されるので、排熱回収ボイラを通った後、原料破砕機に投入される原料の乾燥に使用される。近年、水分の多い産廃の投入が増え、乾燥のために自家発電の排熱をさらに利用する場合がある。原料の乾燥にまで排熱を利用しているため、捨てている熱はないと認識している。
- ・クリンカクーラから出た高温空気は、操業のバランスによる大気に放出される場合がある。
- ・サスペンションプレヒータの放射熱をヒートポンプに使う可能性有
- ・ロータリーキルンの放射熱で熱電発電を行う取り組みをNEDOプロジェクトで行った。
- ・セメント業では、原料の破砕、セメントの破砕に電力を相当量使用する。そのため深夜電力を利用している。熱と電力の使用割合は妥当と考えられる。
- ・固体顕熱による排熱はない。
- ・冷却水は、機械の性能維持のためにベアリングを冷却するくらいでほとんどない。

プレヒータ入口：300-400°C

プレヒータ出口：1000°C

キルン出口：1450～1500°C

クリンカクーラ冷却空気出側温度：500～600°C

\*クリンカの出側温度が130°Cであれば、平均で500-600°Cは少し高い。

クリンカクーラ出側クリンカ温度：130°C

- ・製造プロセスの変更：ここ15年くらいは大きな変化はない。
- ・プレヒータのNew SP (NSP)とSPの違いは仮焼成炉の有無。仮焼成炉有はNSP。
- ・セメント製造プロセスにおける省エネのポイント  
燃料：プレヒータ内は負圧になっている。外気のシールが重要。またクリンカクーラでの排熱回収。  
クリンカクーラでは、冷却空気の温度を上昇させるため、エアを均一に流すのではなく、クリンカが集まっている個所に集中的に冷却エアを送る。
- ・電力：主要な電力消費設備は、破砕機、キルンの回転、クリンカクーラの冷却ファン。排熱発電で電力原単位の20%程度はカバーしている。
- ・排熱の利用先としても最も重要なのは、原料粉砕機における、原料の乾燥。これでも排熱が余るので、排熱回収発電を実施している。
- ・廃棄物  
現在廃棄物、副産物を450-480 kg/tセメント使用している（高炉スラグもこの中に算入されている）。従来の粘土に比較して、石炭灰（石炭火力のフライアッシュ）などは乾燥しているので、破砕機での乾燥に必要なエネルギーが減少している。



●排熱発生箇所

セメント製造工程は基本的に、原料工程の原料破碎機で乾燥を行い、以降は全てドライ状態の工程。従って温水排熱はない。固体排熱については、クリンカクーラ出側のクリンカ顕熱が該当する。

●窯業におけるセメントクリンカ（表 24）の固体顕熱を推算した。

銅製錬では、スラグは水砕され利用されているが、鉛精錬ではスラグは水冷されているが、利用されていないことから、固体顕熱として推計した。

表 24 クリンカ固体顕熱の推算<sup>(34)</sup>

クリンカ生産量	50394000	t/年
クリンカ温度	130	°C
クリンカ平均比熱	0.7956	kJ/kg・°C
基準温度	20	°C
固体顕熱	4410281304	MJ/年
	4410281	GJ/年

(2) ガラス<sup>(35)</sup>

現代の板ガラスの代表的な製法がフロート法である。1959年にイギリス・ピルキントン社が開発し、今では世界中に普及している。その原理は、溶かしたガラス素地をガラスより比重が大きい熔融金属 [錫 (すず)] の上に浮かべて、ガラスを板にするというものである。

①原料投入・熔融槽

主原料の珪砂 (けいしゃ) に、石灰石、苦灰石、長石、ソーダ灰、芒硝、ガラスくず [カレット] などを調合したものを原料として、熔融窯に投入し、加熱熔融する。炉内温度は約 1600°Cである。

②清澄槽

清澄槽に流れ出したガラス素地は、約 1300~1100°Cの状態、素地に混ざっていた泡切りが行われる。

③フロートバス

ガラス素地は、フロートバスに流れ込み、熔融状態の錫の上を浮かびながら移動し、両面の凹凸がなくなり平坦かつ平行になるまで十分に高温に保たれ徐冷炉に送られる。フロートバス入口は約 1100°C、出口では約 600°Cである。

熔融した錫は高温では容易に酸化されるため、フロートバス全体が密閉構造になっており、還元性保護ガス (窒素及び少量の水素) が供給充填される。

④徐冷炉

約 600°Cで、搬送ロールで下面に傷がつかない程度に固まったガラスを徐冷することで、内部のひずみを取り除く。

⑤洗浄・検査

徐冷後、ロールで運ばれるガラスは、温水で洗浄されてから乾燥する。その後各種検査が行われ、切断され製品となる。

#### 4.6.7 モデル分析 《鉄鋼》

鉄鋼業の場合、アンケートの回答数が限られ、一貫製鉄所からの回答が得られていなかったため、それを基に全国値を推計することは困難であり、既存の調査報告<sup>(36)</sup>から整理した。

##### (1) 一貫製鉄所における排熱発生

ヒアリングを日本鉄鋼連盟に対し行い、以下の内容を確認した。

- ・参考にした調査報告<sup>(36)</sup>の中で引用している技術・数値について大きな変化がないことを確認した。
- ・省エネルギーセンターの2000年度の調査時点からも、大きな設備変更はないことを確認した。
- ・一貫製鉄所のフローとして、分解圧延は連続铸造設備（CC）に置き換わっているため、CCだけを示せば良い事を確認した。
- ・固体顕熱としては、製鋼スラグが1500°Cであり、CCSにおけるCO<sub>2</sub>分離熱源として顕熱回収の検討が行なわれている。
- ・COG(コークス炉ガス顕熱)と転炉ガス顕熱が発生量の変動もあり、経済性がきびしく顕熱回収が進んでいない。
- ・製鉄所全体で、冷却水顕熱が存在しているが、経済性から熱回収は行なわれていない。
- ・連続铸造設備に熱電発電により電力(10 kW)を回収するNEDO実証事業が平成23~25年度に行われた。製品品質に与える影響から受熱板と製品の距離の決定、製鉄所内電力系統との接続試験、500時間のユニット耐久性試験を行っている。
- ・熱を蒸気として回収しても、事業所内では足りているので、社外に供給するしかない。
- ・24時間操業なので、蓄熱の必要性は基本的にはない。
- ・COURSE-50と関連して、未利用熱をCCS分離回収に利用する開発が行われている。
- ・データのまとめ方について説明し、了承を得た。

図172に一貫製鉄所フロー図<sup>(38)</sup>を示す。参考にした調査報告<sup>(36)</sup>には、図173のように800万tyのモデル製鉄所の排熱発生状況が示されている。なお、青の円は文献<sup>(37)</sup>に記載されている冷却水損失を重ねて示したものである。

図1.2から排熱温度別に排熱量をまとめ、表25と図173に示した。

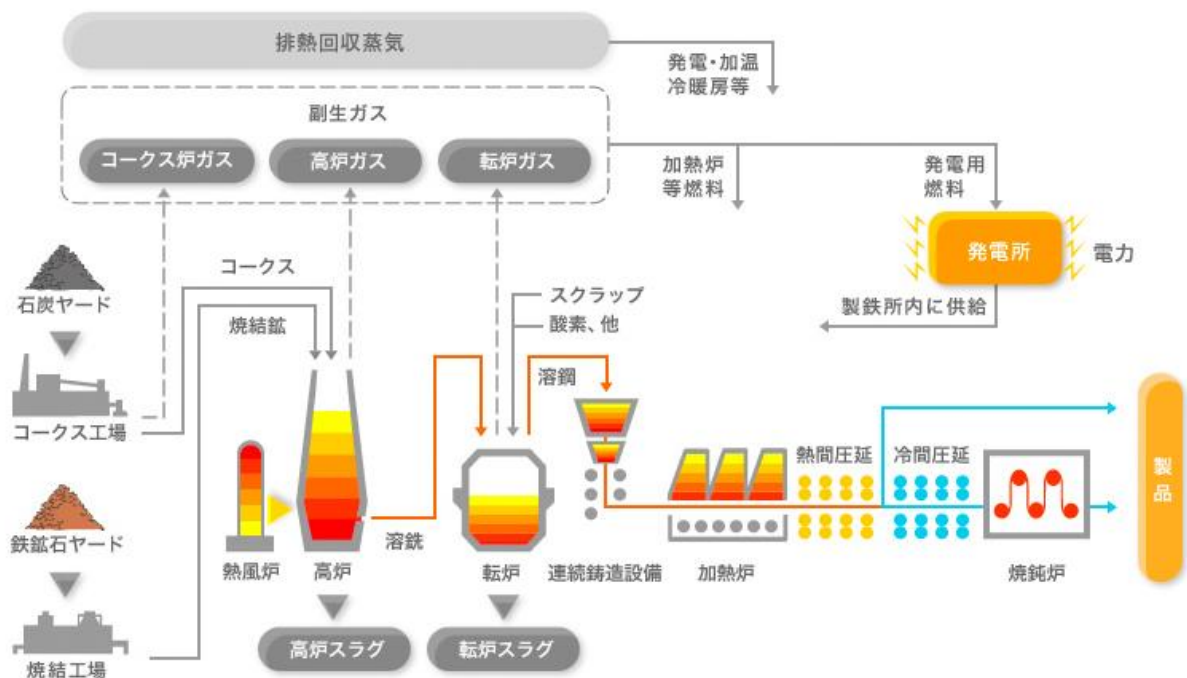


図172 一貫製鉄所フロー図 (モデル製鉄所)

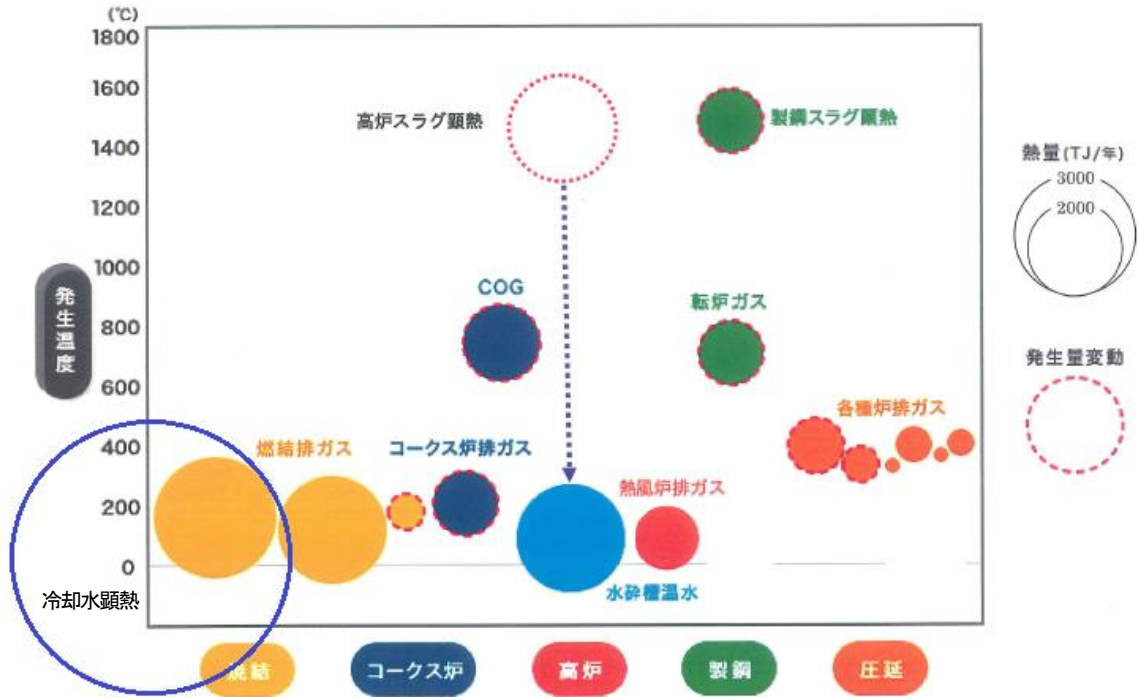


図 173 製鉄プロセスにおける未利用顕熱・排熱の現状<sup>(39)(40)</sup>

表 25 排熱の現状 (排熱温度別) (モデル製鉄所 800 万 t/y)

排熱温度 [°C]	排ガス熱量[TJ/y]	排温水 [TJ/y]	固体顕熱 [TJ/y]
~99	0	16567	0
100~149	3098	0	0
150~199	3217	0	0
200~249	750	0	0
250~299	0	0	0
300~349	0	0	0
350~399	364	0	0
400~449	865	0	0
450~499	0	0	0
500~	1749	0	750

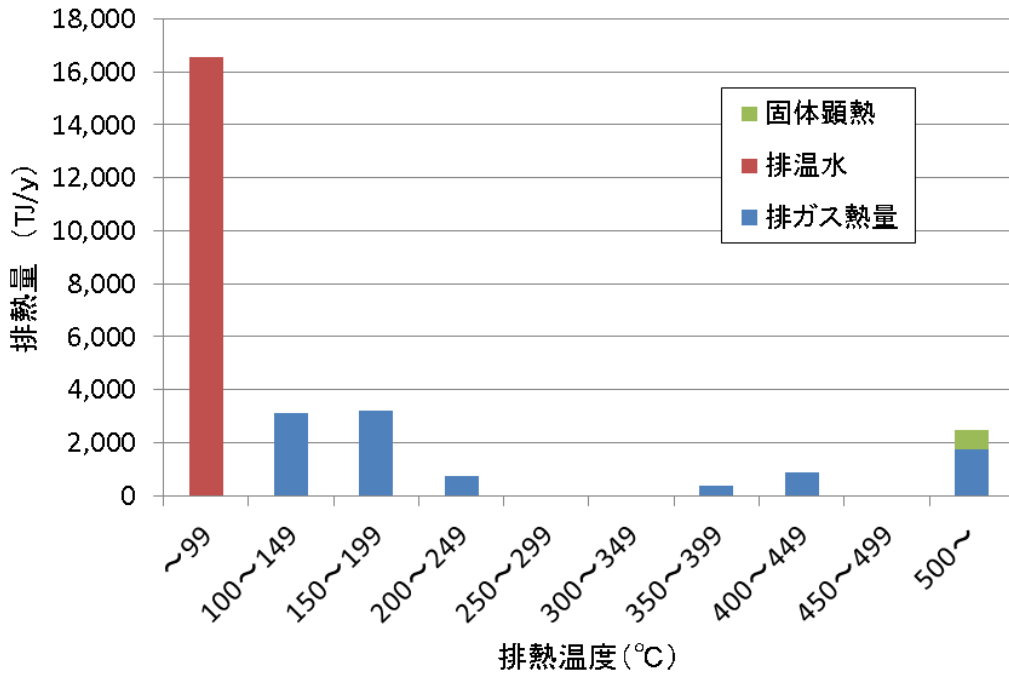


図 174 排熱の現状 (排熱温度別) (モデル製鉄所 800 万 t/y)

(2) 電炉における排熱発生

図 175 に電炉製鉄所における未利用顕熱・排熱の現状を示す。図 175 を元に表 26 排熱の現状 (温度別) (モデル電炉 50 万 t/y) をまとめるに当たり、今回の調査では、購入電力によるエネルギーは除外しているので、電炉スラグ、電炉排ガス、電炉炉体冷却水以外の、加熱炉排ガスと熱延排温水の分をまとめた。

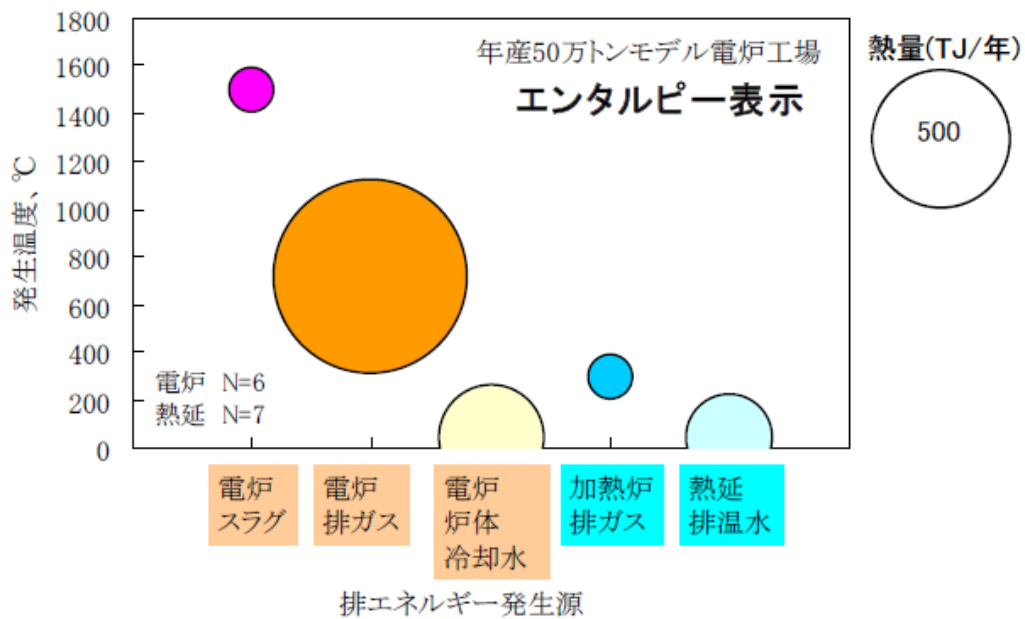


図 175 電炉製鉄所における未利用顕熱・排熱の現状<sup>(38)</sup>

表 26 排熱の現状（温度別）（モデル電炉 50 万 t/y）

排熱温度(°C)	排ガス熱量[TJ/y]	排温水[TJ/y]	固体顕熱[TJ/y]
～99	0	187	0
100～149	0	0	0
150～199	0	0	0
200～249	0	0	0
250～299	0	0	0
300～349	56	0	0
350～399	0	0	0
400～449	0	0	0
450～499	0	0	0
500～	0	0	0

表 25 の一貫製鉄所の排熱は、800 万 t/y の場合であり、表 26 の電炉の排熱は 50 万 t/y の場合の数値である。全国推計を行う 2015 年度の粗鋼生産高は表 27 に示すとおりである。この数値とモデル工場の生産量の比率を、排熱量に掛け、全国値を推計した。その結果を表 28 に示す。

表 27 2015 年度の鉄鋼生産量

	生産量(万 t/y)
転炉鋼(一貫製鉄所)	8108
電炉鋼	2495

表 28 排熱推計値 [単位：TJ/y]

排熱温度	一貫製鉄所			電炉			一貫製鉄所+電炉		
	排ガス熱量	排温水	固体顕熱	排ガス熱量	排温水	固体顕熱	排ガス熱量	排温水	固体顕熱
～99	0	167,907	0	0	8,982	0	0	176,888	0
100～149	31,395	0	0	0	0	0	31,395	0	0
150～199	32,604	0	0	0	0	0	32,604	0	0
200～249	7,601	0	0	0	0	0	7,601	0	0
250～299	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300～349	0	0	0	2,694	0	0	2,694	0	0
350～399	3,688	0	0	0	0	0	3,688	0	0
400～449	8,771	0	0	0	0	0	8,771	0	0
450～499	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500～	17,721	0	7,601	0	0	0	17,721	0	7,601
合計	101,780	167,907	7,601	2,694	8,982	0	104,474	176,888	7,601

※電炉における電炉排ガスは電気エネルギーによることから、集計から除外している。

#### 4.6.8 モデル分析 《非鉄金属》

日本鉱業協会及び、I社、J社、K社の資料およびヒアリングにより整理した。

日本国内では、亜鉛、鉛、銅の精錬が行われている。

##### (1) 亜鉛

I社の製造プロセスのヒアリングを元に整理した。

###### ●製造工程の概要

・焙焼炉：亜鉛を酸化させて、抽出する工程。燃料は鉱石中のSの酸化熱が主体（S:30%程度）。着火時のみ重油を燃焼させる（着火燃料）。排ガス温度は800°C位あるが、蒸気として回収している。蒸気の使用先は発電、および製錬工程の加熱用。発電容量はあまり大きくない。

・硫酸回収工程

・転化器：SO<sub>2</sub>をSO<sub>3</sub>に転換させる（酸化反応）。発熱反応であるので、冷却水で間接冷却している。冷却水は河川水等を利用している。Znの製造工程で、最大の温水排熱の発生個所であるが温水温度は把握されていない。現状は排熱回収なし。

・亜鉛精錬工程

・焙焼炉の製品を、希硫酸に溶解させて、固体は高圧搾フィルター→、ロータリーキルン（Znを気体にする）→ガスクーラ→バグフィルターで固体として回収し、溶解器へもどし、Zn回収する。ロータリーキルンの排ガス温度はMax.600°C程度出るが、排熱回収はしていない。（ガスクーラによる水冷）。

カドミウム回収工程

浄液槽：金属を添加して、イオン化傾向の違いを利用して析出させて回収している。

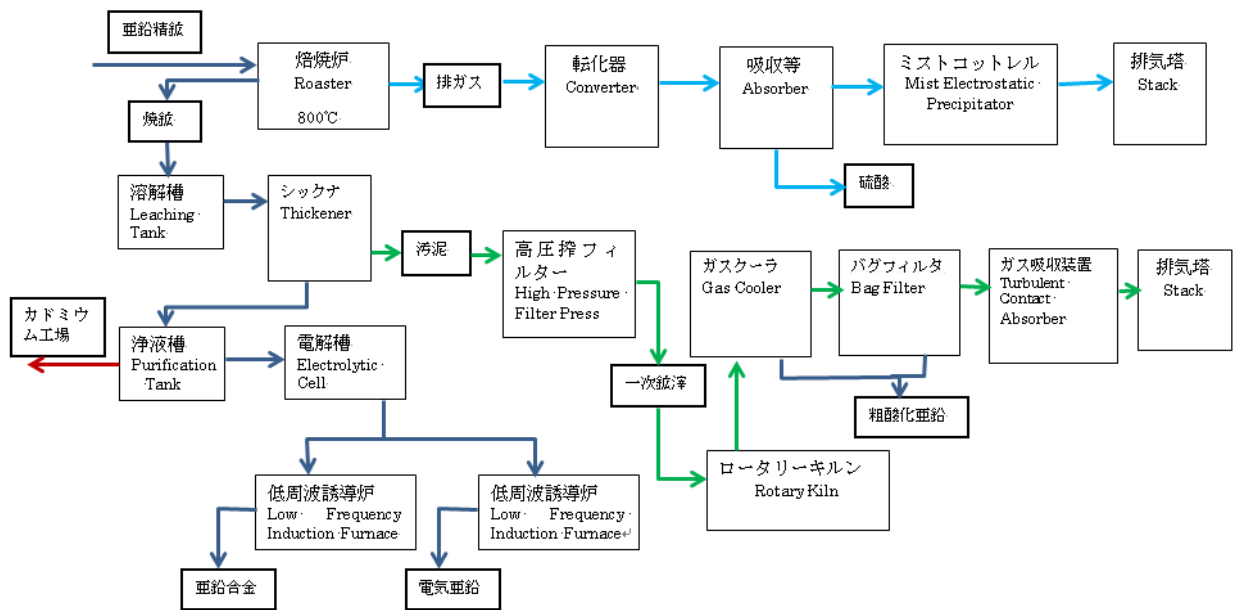


図 176 亜鉛精錬プロセス

##### (2) 鉛

J社の製造プロセスのヒアリングを元に整理した。

###### ●製造工程の概要

・鉛の製造工程は、製鉄の高炉の製造工程に近い。

・焼結機：鉱石では溶鉱炉での使用に耐える強度がないため、焼結鉱にする工程。出側温度は800°C（もう少し低い可能性あり）、であるが、搬送がベルトコンベアであるので、クーラで冷却している。冷却温度は100数十°C。クーラでの排熱回収は実施していない。

・溶鉱炉：鉛の融点は324°Cであるが、不純物として含まれる、鉄等を熔解し、除去するために1000°C程度

まで温度を上げている（燃料はコークス）。

スラグ：セメント原料等へのリサイクルはしていない。水冷の必要はないが、水冷している。

金属：次工程の脱銅機で冷材（スクラップ鉛、添加剤等）を投入し、340°Cまで冷却している。（熱は有効利用されているという認識）。ビスマスは分銀炉で分離している。

排ガス：溶鉱炉出側直後で水吹込みにより冷却している。Sは、高濃度分は硫酸として回収し（図中水色ライン）、低濃度の物は石膏として回収している（図中赤色ライン）。排ガス中のSは石膏ラインへ投入し、石膏として回収している。

その他

- ・ブリオンとは鉛スクラップを溶解し、固めたものの総称で、製錬前のものを指す。
- ・電解方式は、Zn抽出電解、Pb：精製電解で機構が異なり、Pbの精錬では電力の消費は少ない。
- ・Pbでは蒸気の使用用途が少ない。そのため、蒸気回収のニーズが少なく、排熱回収する場合は発電まで持っていく必要がある。

表 29 鉛スラグ固体顕熱推算値

項目	単位	数値	コメント
鉛鉱石輸入量	千t/年	65.5	2012年鉛鉱石輸入量 出典:JOGMEC 鉱物資源マテリアルフロー2013(鉛)
スラグ発生量	千t/年	26.2	鉛鉱石成分より鉱石の60%が鉛、40%がスラグになるとした。
スラグ温度	°C	700	溶鉱炉出側温度1000°Cより輸送、汲み上げ機での温度降下300°C。
スラグ比熱	kJ/kg°C	0.984	高炉スラグ、700°C 出典:鉄鋼熱勘定数値小委員会、鉄鋼熱計算用数値(昭和41年3月) 日刊工業新聞社
スラグ顕熱	GJ/年	17529	温度20°C基準

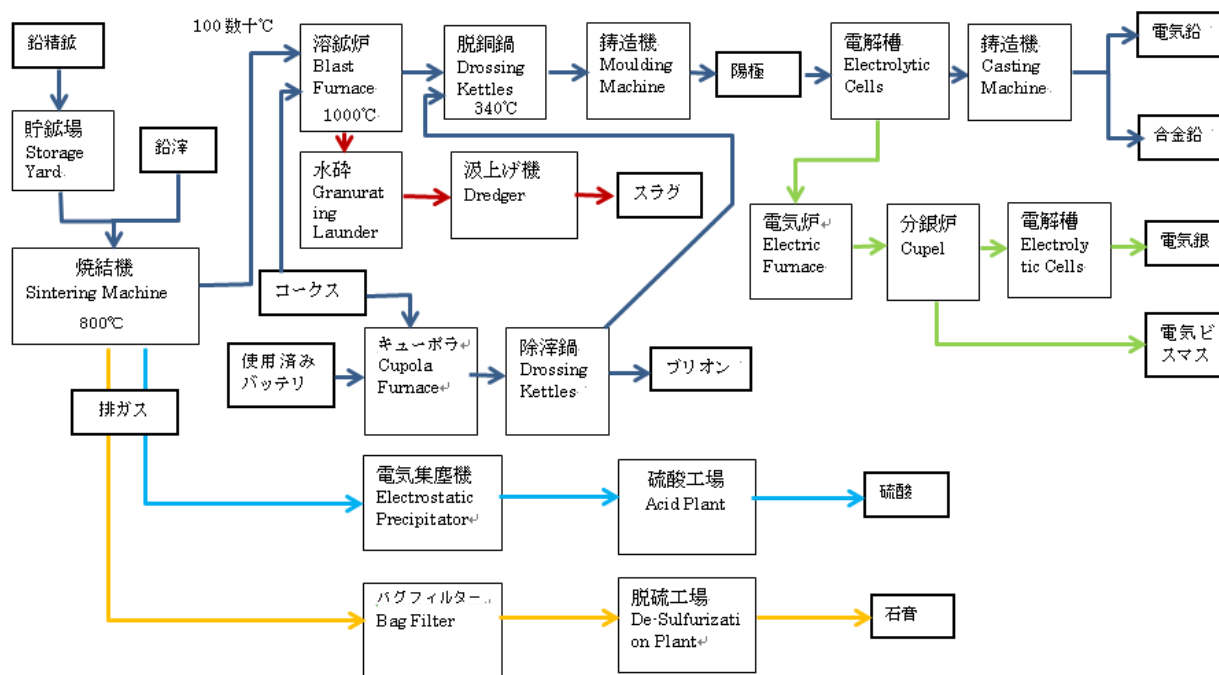


図 177 鉛の精錬プロセス

### (3) 銅

現在、銅鉱石は全て輸入している。国内の銅精錬の事業所は5か所。K社の製造プロセスのヒアリングを元に整理した。

銅精錬の含有組成は、銅：約30%、鉄：約30%、硫黄：約30%であり、これに金鉱石（金：40～45g/t）を加えて銅製錬を行っている。

#### ●銅精錬工程

- ・山元：銅鉱石の銅含有量は1%程度である。輸送コストを削減するため山元で浮遊選鉱を行う（水の中で比重差により銅鉱石とそれ以外を選別する）。これによりCuの含有率は26～27%まで上昇する（水分濃度は7～8%程度）。
- ・乾燥工程：以前は重油を燃料として乾燥していた。2000年以降ドイツの技術で蒸気により乾燥するドライヤを導入した。蒸気は自溶炉排ガスよりの排熱回収蒸気を使用している。現在は蒸気式ドライヤで75%の乾燥を行っている。（重油炊きドライヤ25%）。最近建設された中国のプラントでは蒸気ドライヤで100%乾燥している。
- ・乾燥庫：ドライヤの排気7～8万Nm<sup>3</sup>/h、80°C程度。排熱回収はなし。
- ・自溶炉：鉱石（鉱石90%+フラックス10%）を重油、石炭等と一緒にバーナに吹き込む。吹込み酸素は酸素プラントよりの酸素+空気の混合で酸素濃度80%程度（吹込み酸素量；4万Nm<sup>3</sup>/h）。銅精錬中の硫黄分が燃料となって、高温が維持されるため自溶炉と呼ばれる。銅品位が60～65%に濃縮されたものをマット（鉞 [かわ]）と言い、比重差によりスラグ（鍍 [からみ]）主成分は鉄酸化物、珪酸とに分離される。
- ・排ガス：温度1300°C程度、後ろの電気集塵機の耐熱性から350°C以下まで冷却する。ただし、排ガス中にはSが含まれるため、酸露点の関係であまり低温までは回収できない。排熱回収ボイラで蒸気回収を行っており、回収蒸気量は30 t/h (2 MPa)  
\*圧力はあまり高くない。そのためか発電効率が低い。
- ・金属（マット）：1230°C程度。次工程の転炉で処理。
- ・スラグ：スラグクリーニング炉でメタル分を分離する（比重差）。多分保熱のためと思われるが電気加熱方式である。その後水砕してコンクリートの材料などにリサイクルしている。リサイクルのためには、水砕の必要があるため1200°C程度のスラグを水砕している。
- ・転炉：自溶炉から出てきた銅品位60～65%のマットは、純度を上げるため転炉に送られる。転炉内での酸素の吹き込みにより、硫黄分はガスとなって除去され、鉄分はケイ素（金鉱石の主成分）に取り込まれスラグとなる。こうして純度98%の粗銅が転炉より取り出され、精製炉で酸素濃度を調整する。1バッチ200t。炉の横側に羽口がある。羽口は54本のパイプ。吹込み空気量は4万Nm<sup>3</sup>/h×2基（転炉は2基操業、酸素濃度は25%程度）排ガスは1300°C程度であるが、炉口よりの吸いこみ空気により700°C程度まで低下している可能性がある。この排ガスからも蒸気回収をしている。排熱回収温度は自溶炉と同じくEPの耐熱性から350°C以下で管理している。
- ・スラグについては、蒸気回収をしているが、スラグを薄く延ばし、輻射熱のみにより回収しているため、回収率は低く、回収蒸気も少ない。このスラグには不純物が濃縮されており、そのままではリサイクルができないため、自溶炉に戻している。
- ・精製炉：保熱程度であるので、排ガス量は少ない。
- ・転化器：Sの回収ラインには、SO<sub>2</sub>をSO<sub>3</sub>に参加させる転化器がある。酸化反応であるので、発熱するので、蒸気で排熱回収している。
- ・自家発電：排熱回収蒸気は飽和蒸気であるので、重油を燃料とした蒸気再加熱器で、過熱蒸気にして発電している。所内使用電力に占める自家発電力の割合は低く、購入電力が主体である。



●硫酸設備

銅精錬時に発生するガス (SO<sub>2</sub>) は回収され、硫酸設備で硫酸となる。

●鍛造設備

精製炉から出てきた銅は、モールド (型枠) で铸造され、「精製アノード」になる。

●精製アノード

アノードの重量は約 400 kg である。

●銅電解槽

精製アノードと種板を交互に電解槽に入れる方法と、ステンレス板を用いるパーマナントカソード法の 2 種類の電解法により、純度 99.99% の電気銅を製造する。アノードに含まれる貴金属やレアメタル類は、電解槽底部に溜まり、アノードスライム (沈殿物) となって、貴金属精製プラントに送られる。

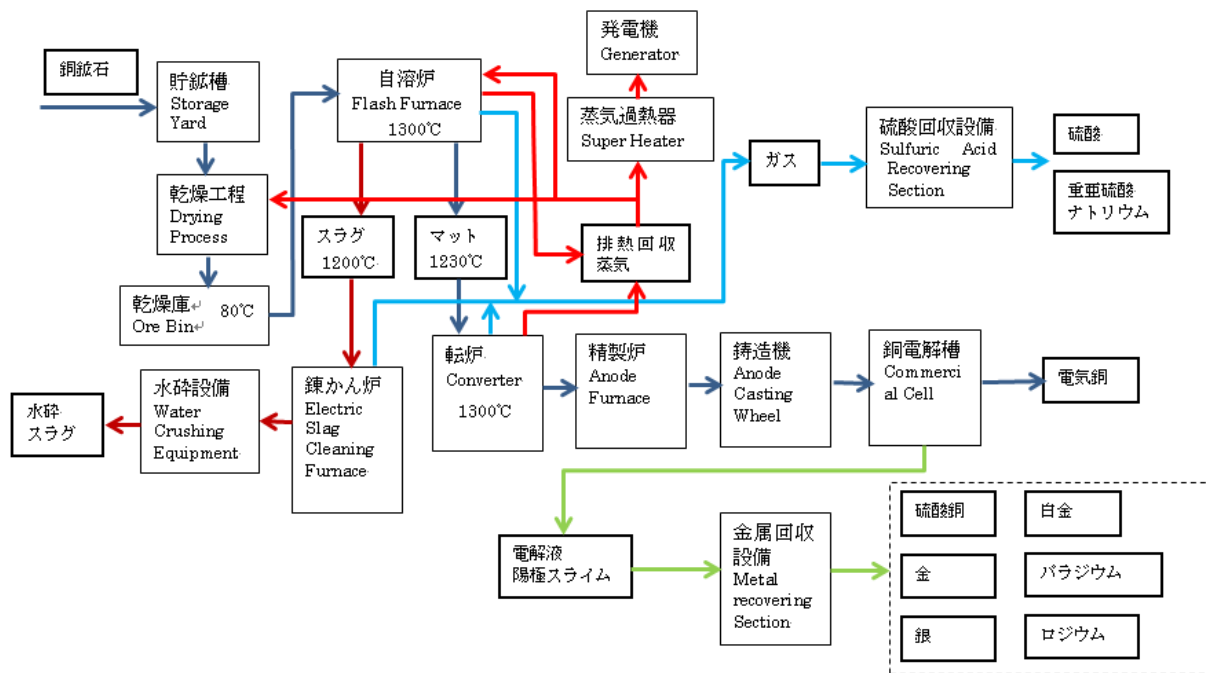


図 178 銅の精錬プロセス

(4)アルミニウム

アルミ精錬は国内で行われていないが、主に地金輸入・圧延工程のアルミニウムの分類と再生アルミ地金製造のアルミニウム二次地金を合計すると、銅と亜鉛と同等の 15%程度になる。アルミニウム二次地金の方が地金輸入・圧延工程のアルミニウムよりも熱エネルギー使用量は多い。

日本が必要とする新地金の量は用途の拡大に応じて、順調に増加してきたが、供給ソースは大きく変わった。戦後約 30 年間は国産地金の供給が主であったが、産業構造の変化に伴い、輸入に切り替ってきている。

アルミニウムは、ボーキサイトからアルミナを抽出し、電解工程を経て生まれますが、そうした新地金を製造する「アルミニウム第 1 次製錬・精製業」に対し、工場やアルミニウム製品から発生したスクラップを主原料として、用途別に成分管理のうえ溶解・鋳塊する産業を「アルミニウム第 2 次製錬・精製業」という。しかし、「アルミニウム第 2 次製錬・精製業」の名称を使用することはなく、一般には「アルミニウム合金業」の名称を多く使用している。このアルミニウム合金地金はアルミニウム総需要量の 40%弱を賄っている。そして、合金地金製造が新地金製造に比べてわずか 3%のエネルギーで済むことから、省エネルギー面からも注目されている。

地金の溶解から、圧延を行う代表的な工程と処理温度を図 179 に示す。

また、アルミニウムの加工法として熱間押しがあり、これはビレットと呼ばれるアルミニウムの塊を 350～550℃の熱間で、押し機を用いて強い圧力を加え、いろいろな形をしたダイス穴から押し出して、さまざまな断面形状をもった製品を作る方法である。

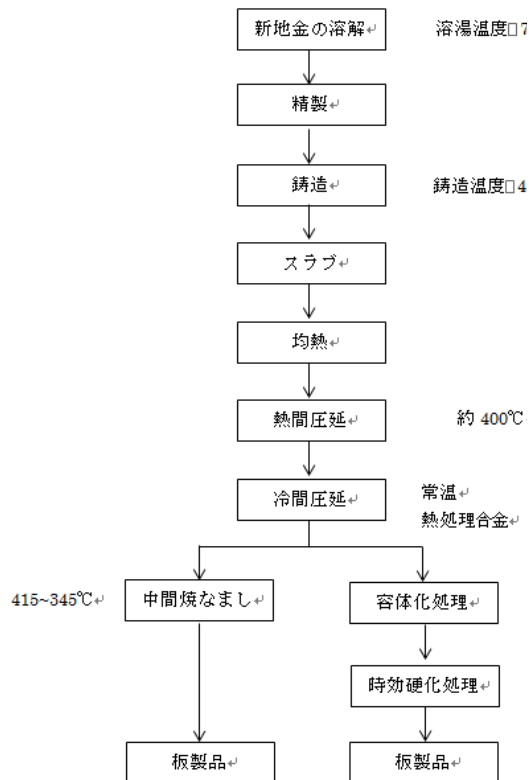


図 179 アルミ圧延プロセス

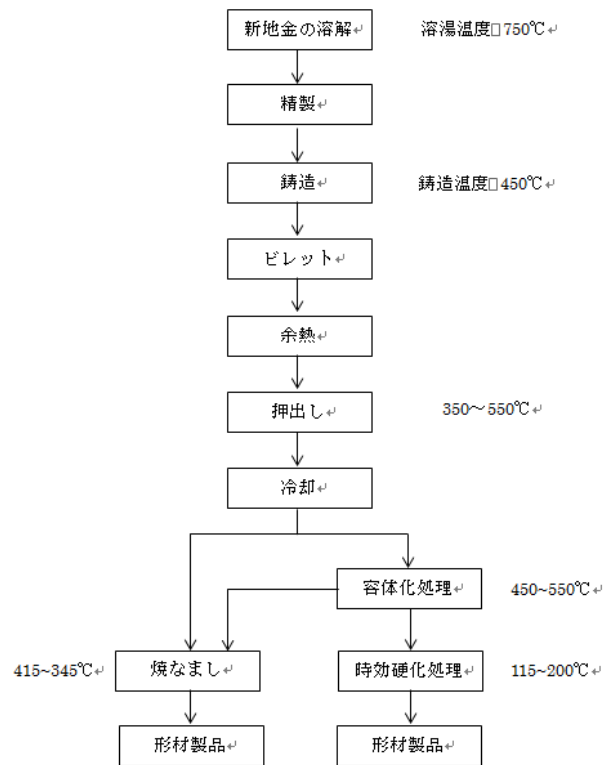


図 180 アルミ押しプロセス

#### 4.6.9 モデル分析《機械》

機械製造分野では、各種部品を組み立てる工程が主となっており、その際には、コンベア、電動工具、溶接、ロボット等電気エネルギーが使用されている。部品段階では、鍛造、熱処理などの熱エネルギーを使用した加工・処理が行われている。

##### (1) 鍛造

日本鍛造協会資料<sup>(41)</sup>と（一社）素形材センターの鍛造技術分野のロードマップ<sup>(42)</sup>を元に整理した。

塊状の金属に力を加えて塑性（永久）変形を与えて所定の形状にする塑性加工法を「鍛造」と言う。

鋼の鍛造方法を温度で分類すると、素材を約 1000°C以上に加熱して鍛造する「熱間鍛造」、素材を加熱しない室温で鍛造を行う「冷間鍛造」、および両者の中間の 200 ~ 850 °Cで加工する「温間鍛造」になる。熱間鍛造品では脱炭層が生じるために表面を切削により取り除いて使用するのが普通である。冷間鍛造は表面状態および寸法精度が良く、あまり切削しないで使用するため大量生産のコスト競争力があるが、工具の耐圧限界やプレス容量の限界で小形の製品の生産に限られている。

専用の金型を使用して加工するかにより、以下のような分類がある。

- ①自由鍛造 加圧面が平面な工具を用い、素材表面を自由にしたままで圧縮する鍛造
- ②型鍛造 製品形状に彫った金型により素材表面の大部分を拘束しながら成形する鍛造
- ③回転鍛造 回転ないしは揺動する工具を用いて成形する鍛造

熱間鍛造では、加熱炉で鋼材を赤熱状態にして処理する。鍛造用加熱炉は炉内温度 1100~1300°Cであるが、バッチ式加熱炉が多く、鋼材取り出し時に炉内温度に等しい排ガスが放出され、その熱効率率は 10~40%程度となる。また、鋼材の種類に適した加熱パターンや炉の昇温に伴い、耐火物への蓄熱が熱損失になる。

##### (2) 表面熱処理<sup>(43)</sup>

###### ①浸炭炉

浸炭炉は、炭素量の少ない鋼材（部品）を、浸炭性のあるガス中で 900~1000°Cに加熱して、炭素を鋼材表面に拡散し炭素量を増加させる炉である。浸炭後鋼材を焼き入れすることで、浸炭層を硬化する。一方鋼材の内部は、炭素量が少ないため焼き入れされず、靱性が保たれる。

###### ②窒化炉

窒化処理は、鋼材（部品）の表面に窒化物およびその拡散層を形成させるもので、その温度は 500~550°C程度である。温度が比較的低いため、熱応力が少なく熱処理歪を少なく抑えることができる。窒化処理による、高い硬さと耐摩耗性、耐かじり性が得られるため、自動車部品をはじめとする各種機械部品や、金型、工具などに広く用いられる。

#### 4.6.10 モデル分析 《輸送機械》

日本自動車工業会・日本自動車車体工業会の資料を元に整理した。  
経済産業省への報告資料<sup>(44)</sup>において、塗装、鋳造工程でエネルギー消費が多いことが示されている。

##### (1) 塗装工程<sup>(45)</sup>

- ・下塗りである電着塗装後、水切り乾燥が行われ、その後の3層塗装のたびに焼き付けのための乾燥炉が設置されている。塗装ラインの全長は3km、1台の塗装に7時間程度を要する。
- ・電着塗装では、ボディに電流を流すことで塗料を定着させる。サビを防ぐために行う。全長23m、深さ3mの電着塗料のプールに、6分間にわたって浸される。
- ・その後、シール材塗布、鮮映性向上のための中塗り、そして美観付与、耐候性向上の上塗り塗装工程がある。各乾燥工程は燃料として、LPG等が使用され、熱風で乾燥される。この時、VOCが発生するので、脱臭炉で直接燃焼(700°C)処理される。
- ・乾燥炉の熱負荷のうち排気損失が50%を占める(排気損失:32%、開口部損失:21%)状態であり、脱臭炉の排熱を乾燥炉の加熱にカスケード利用することが、検討されている。また、脱臭炉の排ガス再循環(EGR)化も検討されている。

塗装工程全体としては、塗料の改良による、乾燥温度の低下、完全に乾燥させないでも上塗りのできる塗料(Wet on Wet 塗装)の採用による乾燥炉の1機削減が検討され、一部採用されている。

##### (2) エンジン鋳造工程<sup>(46)</sup>

- ・アルミのもつ優れた熱伝導率は、鉄のおよそ3倍だといわれており、この特性は非常に高温になるエンジンシリンダーに向くと早くから注目を浴びてきていた。さらに軽量を要求されるクルマやバイクのエンジンにアルミを用いることで軽量化も期待できる。シリンダ部分の内部にライナーとして鋳鉄スリーブを使うことで、アルミ製シリンダーブロックが実現されている。
- ・アルミ鋳物は、金型を使用し、熔融したアルミを高圧で圧入するアルミダイキャスト方式で製造される。ダイキャスト金型は、高温・高速・高圧力といった厳しい条件下で使用される。例えば、アルミニウム合金ダイキャストでは、毎ショットごとにキャビティは、650~720°Cの溶湯がゲート通過速度30~70 m/s程度の高速で流入し、さらに20~100 MPaの高い鋳造圧力を受ける過酷な状況におかれる。
- ・このような過酷な条件で、金型の冷却は必須であるが、金型流入時のアルミの温度740°C、型開時のアルミの温度350°C、ショット毎のアルミの重量22 kg、成型サイクル6 minの場合、冷却水は入側30°C出口35°Cで129 L/min程度という試算がある。<sup>(47)</sup>

#### 4.6.11 モデル分析 《ガス・熱供給》

##### (1) ガス製造<sup>(48)</sup>

都市ガスは、大手4社は約75%を供給する体制になっている。また、都市ガスは海外から輸入されたLNGをLNG受け入れ基地で、気化して供給されている。気化には、ほとんど海水式気化器が利用され、気化器の熱源として使用される化石燃料は14%程度で少なく、86%の熱源は海水・空気である。LNG基地では、コージェネレーションが挿入されており、電力と熱負荷に対応している。主要な電力負荷としては、海水ポンプ、LNGポンプ、BOG(ボイルオフガス)圧縮機があり、熱負荷としては販売する都市ガスの熱量調整のために加えられるLPGの気化器、蒸気利用設備(各所ヒーター等)がある。

都市ガスの製造効率は、石炭・石油からLNGへの原料転換が進んだことから、2000年の98.5%から2007年以降は、99.5%となっている。

##### (2) 地域熱供給

複数の建物に対して、一箇所にまとめた冷暖房・給湯設備で製造した冷・温水等を供給するシステムである。設備を一箇所にまとめ、供給するのでエネルギーを効率的に使え、また設置スペース削減することができる。建物ごとに設備を置いた場合に対し、エネルギー効率で約1割の向上が期待できるとされる。<sup>(49)</sup> 給湯、温熱、冷熱の別では、冷熱利用が約60%と最も多い。具体的には、需要家のニーズに応じ、冷水、温水、蒸気ごとに、それぞれ「行き」と「戻り」の導管により供給される。<sup>(50)</sup>

熱源としては、供給する熱の形態により、表30に示すような複数の設備の組み合わせがある。

表30 地域熱供給の熱供給形態

	熱源	供給形態
1	蒸気ボイラ+蒸気吸収式冷凍機	冷水、蒸気(温水)
2	蒸気ボイラ+蒸気タービン駆動ターボ冷凍機	冷水、蒸気
3	ヒートポンプ(+蓄熱槽)	冷水、温水
4	電動ターボ冷凍機(+蓄熱槽)	冷水
5	吸収ヒートポンプ+水熱源ヒートポンプ	冷水、温水

#### 4.6.12 モデル分析《電力》

##### (1) LNG コンバインドサイクル発電の導入

ガスタービンのみ単独で運転される発電方式（シンプルサイクル、またはオープンサイクルと称す）では、ガスタービンからの高温排ガス（600°C程度）は大気に放出される。コンバインドサイクル発電は、この高温排ガスを熱回収し、プラントの総合熱効率の向上をはかったもので事業用コンバインドサイクル発電プラントでは、ガスタービン排ガスを排熱回収ボイラに導き、その熱回収によって蒸気を発生させ、蒸気タービンを駆動するサイクル（排熱回収サイクル）が多く採用される。

導入されている最新鋭の LNG コンバインドサイクル発電として、世界最高水準の約 61%（設計熱効率、低位発熱量基準：LHV）という高い熱効率を実現している（2016 年度末時点）。<sup>(51)</sup>

##### (2) 石炭火力発電所

従来型の石炭火力発電については、熱効率の向上のため蒸気条件（温度、圧力）の向上を図っており、現在、電源開発(株)磯子発電所では、最新鋭である 600°C級の超々臨界圧石炭火力発電（USC）が導入されている。

表 31 石炭火力発電の発電方式<sup>(52)</sup>

	微粉炭発電方式	蒸気条件	熱効率(送電端 HHV)
1	亜臨界(Sub-C)	蒸気圧 22.1 MPa 未満	38~40%
2	超臨界(SC)	蒸気圧 22.1 MPa、蒸気温度 566°C以下	40~42%
3	超々臨界(USC)	蒸気圧 22.1 MPa、蒸気温度 566°C以上	41~43%
4	先進超々臨界(A-USC) 開発中	蒸気圧 24.1 MPa、蒸気温度 700°C以上	45%以上

#### 4.6.13 モデル分析 《清掃》

ごみ焼却炉の方式としては、ストーカ炉、流動床炉、シャフト炉式ガス化溶融炉などがある。2015年度の稼働施設では、ストーカ炉が72%、流動床炉が18%、シャフト炉式ガス化溶融炉5%、その他5%となっている。<sup>(53)</sup>

##### (1) ストーカ炉

ストーカ炉は、ストーカ（火格子）の上をごみが移動しながら焼却される方式で、乾燥段、焼却段、未燃焼分を完全に燃焼させるための後燃焼段からなる。

##### (2) 流動床炉

流動床炉は、炉内に流動砂が入っており、この砂を650～800℃に加熱し、風圧で流動化させる。この状態で破碎したごみを投入し、燃焼させる。

##### (3) シャフト炉式ガス化溶融炉

シャフト炉式ガス化溶融炉は、炉頂部からごみが投入され、乾燥、熱分解、燃焼されて炉底で灰が溶融してスラグとして排出される。熱分解ガスは、二次燃焼で完全燃焼し、排ガス処理装置を通して排出される。いずれの場合も、焼却温度としては、ダイオキシンを分解するために800℃以上、滞留時間2秒以上の条件を満たすようになっている。

##### (4) 助燃剤

ストーカ炉と流動床炉では、起動時の炉の昇温のためと、停止時にごみを完全に燃焼させるために助燃剤が使用される。また、シャフト炉式ガス化溶融炉では、炉底部の送風ノズルから酸素富化空気が吹き込まれ、コークスが高温燃焼し、約1700～1800℃の温度になり、ごみに含まれる不燃性の灰分等を溶融する。この溶融物は炉底から排出される時、水砕ピットの水で急冷され砂状のスラグになる。<sup>(54)</sup>

##### (5) 排熱利用状況

ごみ焼却炉の排熱は、温水プールや、温水・蒸気として熱供給される場合の他に、廃棄物発電として利用される。排熱ボイラで4 MPa×400℃の蒸気を作り、蒸気タービンで発電する。2015年度には、1141 清掃工場に対し、348 に廃棄物発電が設置されており、30.5%であった。<sup>(55)</sup>

4.7 2000 年の調査結果の修正値

表 32 文献(1)における 15 業種の排ガス熱量全国推定値 [TJ/year]

		食料品	繊維	パルプ・紙	化学	石油・石炭	窯業・土石	鉄鋼	非鉄金属	機械	電気機械	輸送機械	ガス・熱供給	電力	清掃	その他製造業	合計
排ガス温度 [°C]	～99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100～149	6614	1227	29918	47566	4776	23999	42761	921	4487	2566	774	929	265613	8000	335	440485
	150～199	6066	678	13986	117343	27867	5693	44477	1528	456	7070	4307	6191	13965	23283	2214	275124
	200～249	3399	2390	7501	18783	9682	10453	16267	2327	2528	3784	2583	1938	159	41714	1511	125021
	250～299	289	1206	674	15388	3973	15241	12462	2378	1620	435	368	2034	184	11893	0	68145
	300～349	306	0	109	5999	4843	2847	20428	1746	247	1415	678	0	419	0	0	39035
	350～399	1118	3918	678	6899	2507	0	3227	795	682	0	1172	42	0	0	0	21039
	400～449	4	0	0	1340	1407	0	2487	2369	368	0	636	0	0	0	21	8632
	450～499	0	0	0	5576	486	519	984	21	440	0	766	0	0	0	205	8996
	500～	335	0	117	8770	4412	239	7053	2591	1930	0	4626	96	0	0	0	30169
合計		18130	9419	52983	227663	59953	58990	150145	14676	12759	15271	15911	11231	280340	84889	4287	1016645

表 33 文献(1)における 15 業種の排ガス熱量全国推定値（修正値※） [TJ/year]

		食料品	繊維	パルプ・紙	化学	石油・石炭	窯業・土石	鉄鋼	非鉄金属	機械	電気機械	輸送機械	ガス・熱供給	電力	清掃	その他製造業	合計
排ガス温度 [°C]	～99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100～149	5559	3369	31993	19537	4778	25866	20913	1370	1437	2305	579	340	286216	8005	2585	414852
	150～199	5106	1871	14951	48092	27840	6119	21728	2266	147	6345	3202	2253	15160	23331	17097	195508
	200～249	2859	6593	8046	7729	9683	11264	7967	3452	814	1821	1915	707	303	41683	11685	116521
	250～299	237	3340	697	6333	3950	16409	6066	3531	520	384	274	742	303	11909	0	54695
	300～349	256	0	127	2469	4842	3059	9959	2609	80	1266	499	0	303	0	0	25468
	350～399	946	10797	697	2791	2485	0	1539	1186	220	0	869	18	0	0	0	21547
	400～449	0	0	0	537	1402	0	1177	3531	116	0	467	0	0	0	138	7367
	450～499	0	0	0	2254	510	556	453	26	141	0	563	0	0	0	1586	6089
	500～	276	0	127	3650	4396	278	3440	3848	618	0	3443	35	0	0	0	20111
合計		15239	25969	56637	93392	59884	63551	73241	21821	4092	12122	11810	4096	302285	84927	33092	862158

※文献(1)の修正値：排ガス熱量の全国推定に用いた全国投入エネルギーの業種別統計値を 2018 年 4 月 28 日改定の総合エネルギー統計の当該年度値に置き換えて算出した文献(1)における排ガス全国推定修正値



#### 4.8 日本全体の未利用排ガスエネルギーの変化

本調査と文献(1)の温度帯別排ガス熱量の全国推定値を業種ごとに比較すると、図 181～195 のようになる。

- ・両者は回答者が異なり、またデータ処理手順も完全に同一とは言えないので、不確かさは大きい。
- ・温度帯によっては、いずれに調査にも補足し切れていない熱の存在する可能性がある。

##### (1) 食料品

本調査と省エネセンター調査時の食料品業の投入エネルギー（電力を除く）の変化は少ないが、本調査の排ガス熱量の方が大きくなっている。直火や蒸気を調理に使用する場合は、小型の装置では熱回収が行われていない場合が多い。また、同じ装置で多数の製品を作る切り替え時の蒸気洗浄の増加、空調や冷却で蒸気の需要が増加し、低温の排ガス熱量が増加した可能性がある。

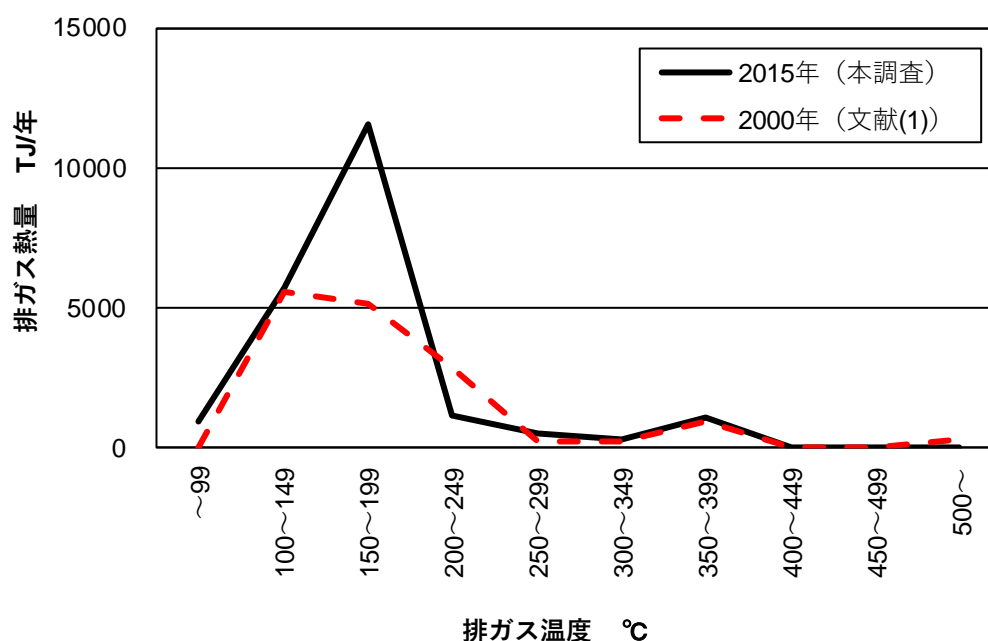


図 181 排ガス熱量全国推定値（食料品）

(2) 繊維

国内繊維産業の減少および高温排熱の回収が進み排ガス熱量が減少したと考察される。

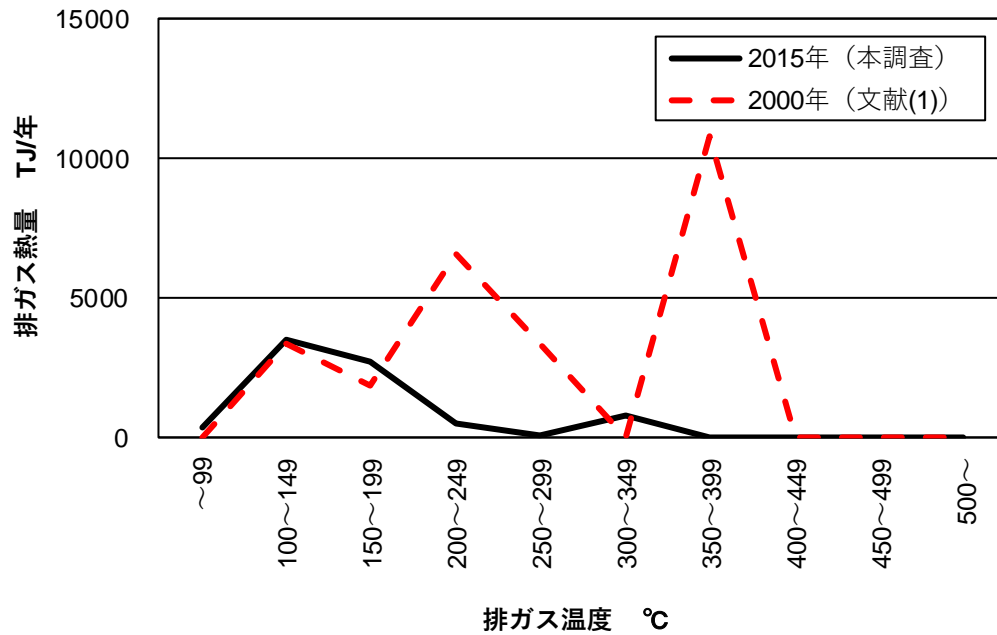


図 182 排ガス熱量全国推定値 (繊維)

(3) パルプ・紙製品

投入エネルギーの減少と排熱回収が進んだため減少していると考察される。

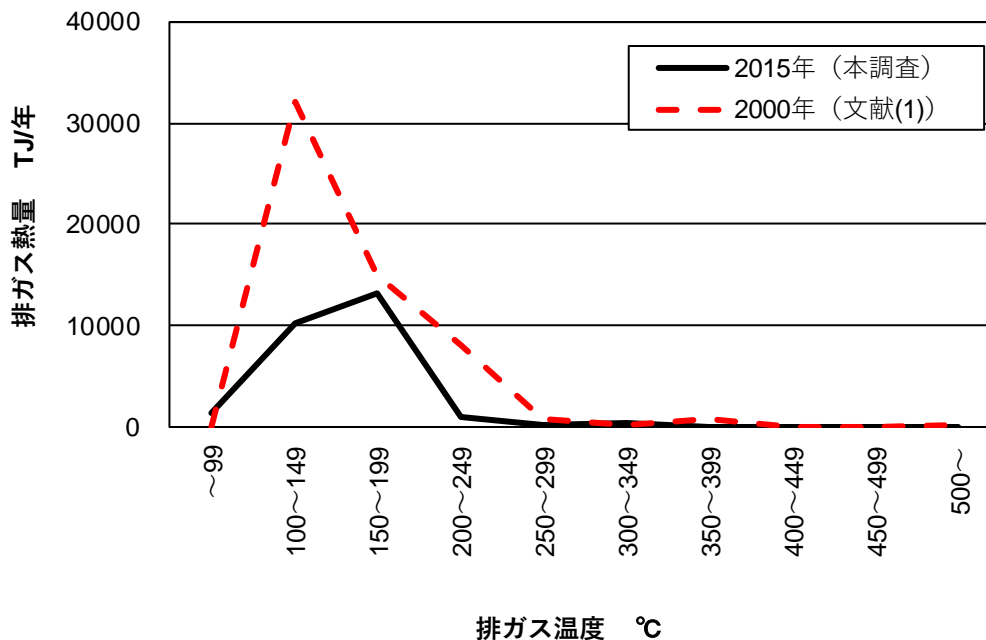


図 183 排ガス熱量全国推定値 (パルプ・紙製品)

(4) 化学

2 調査間の投入エネルギーはほぼ同じであるが、近年製造品目が増加していることから、熱回収できない小型の装置やバッチ処理が増加していることが推察される。

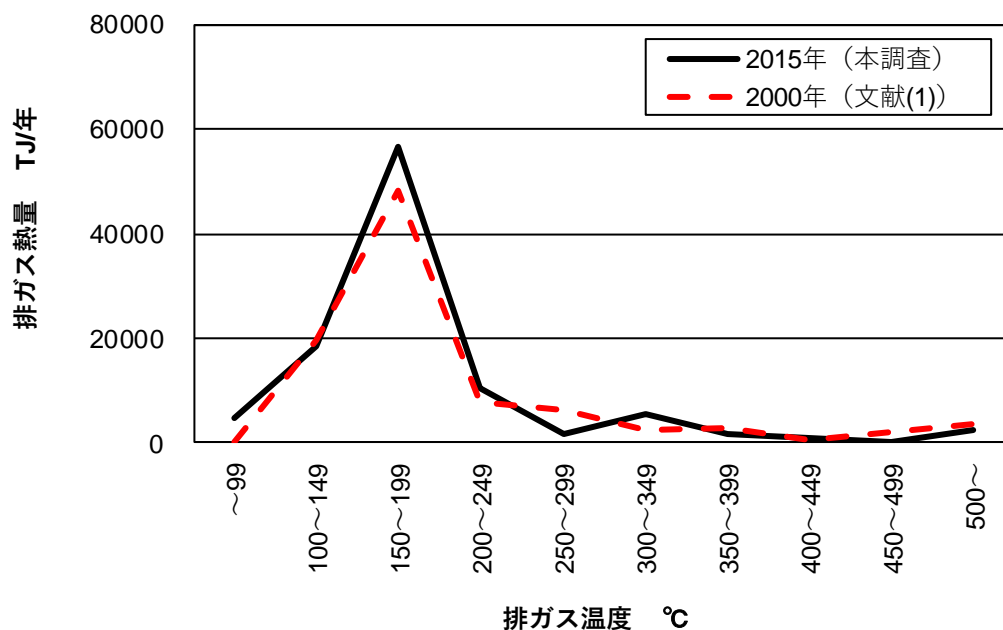


図 184 排ガス熱量全国推定値 (化学)

(5) 石油・石炭

今回の調査は文献からの推計値であるため、350°C以上は推計できていない。150~199°Cの範囲の熱回収は進んだものと考えられる。

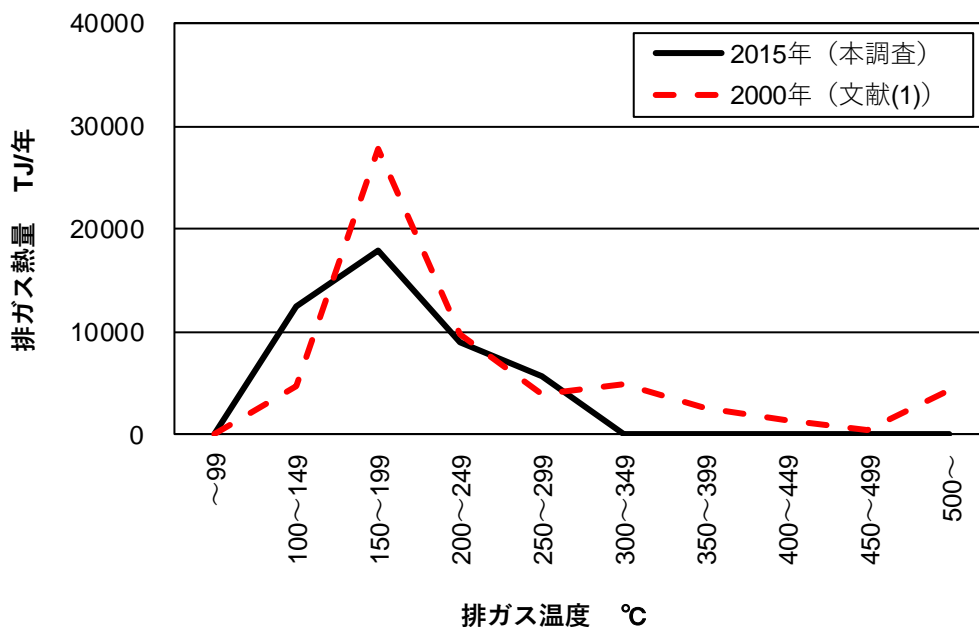


図 185 排ガス熱量全国推定値 (石油・石炭)

(6) 窯業・土石製品

投入エネルギー減少および250～299℃の範囲の熱回収が進み、150～199℃の範囲に排ガス熱量がシフトしたものと考えられる。

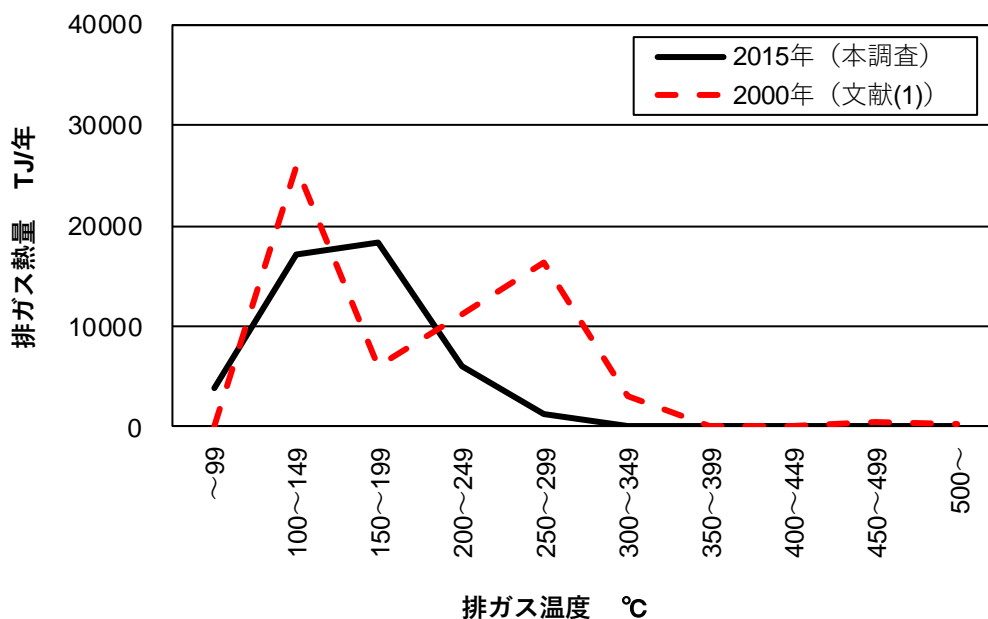


図 186 排ガス熱量全国推定値（窯業・土石製品）

(7) 鉄鋼

2 調査間の投入エネルギーはほぼ同じであるが、今回調査は文献からの推算値であり、省エネルギーセンター報告書修正値とは単純に比較できない。今回調査は、プロセス上非連続的に発生する高温の排ガス熱量を反映している。

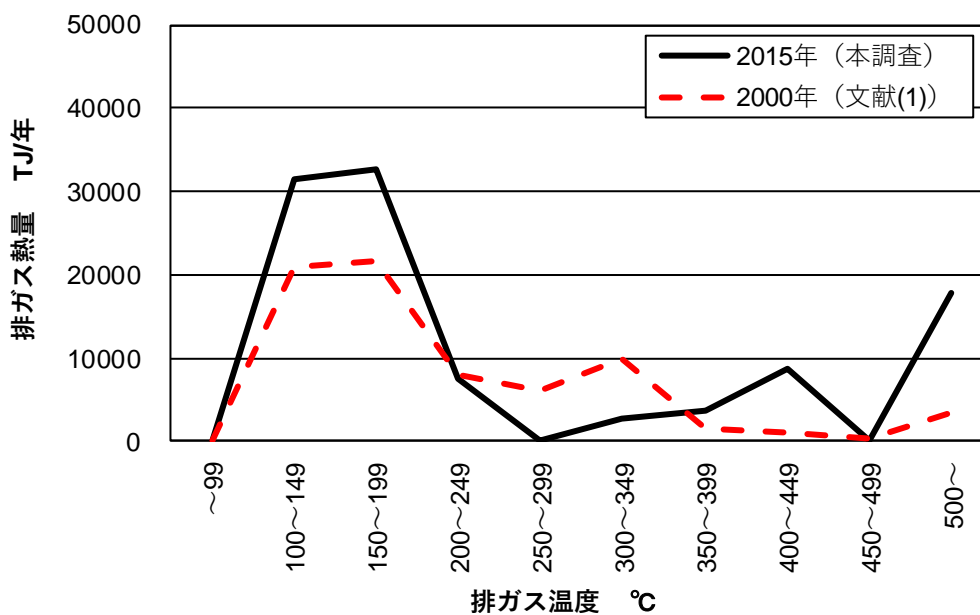


図 187 排ガス熱量全国推定値（鉄鋼）

(8) 非鉄・金属製品

本調査では投入エネルギーは減少しているため、排ガス熱量も減少している。低温側に排ガス熱量はシフトしているが、500℃以上の排ガスはプロセス上の要因で残っている。

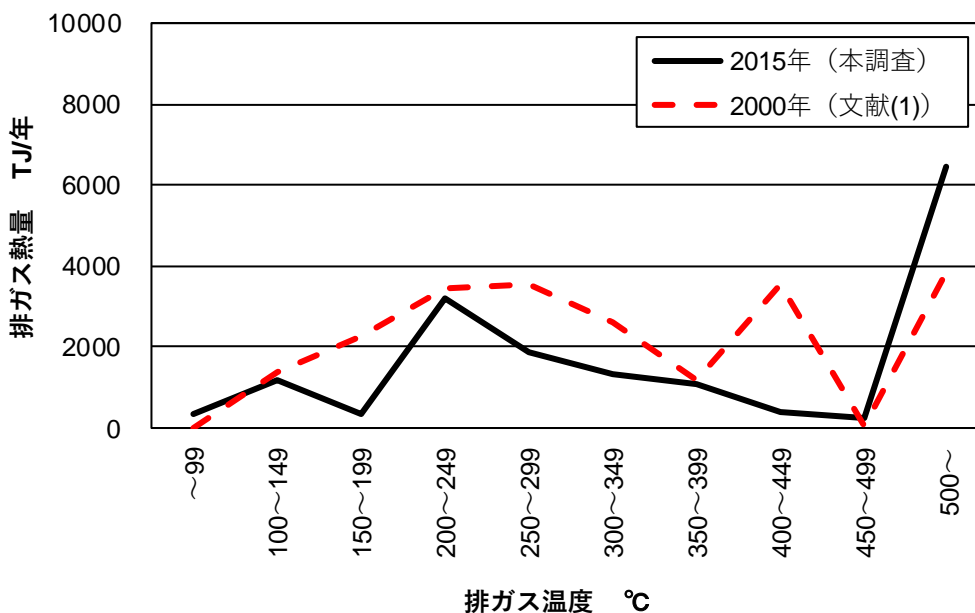


図 188 排ガス熱量全国推定値 (非鉄・金属製品)

(9) 機械

ボイラと加熱炉等との排ガス温度の差により、2つの排ガス熱量のピークが見られる。投入エネルギーが今回調査の方が少し大きいため、排ガスのピークもやや高めとなっている。また、製造する機械の品種が増えているため工程も多様化し、排ガスのピーク温度は高温側にシフトした結果となったと考えられる。

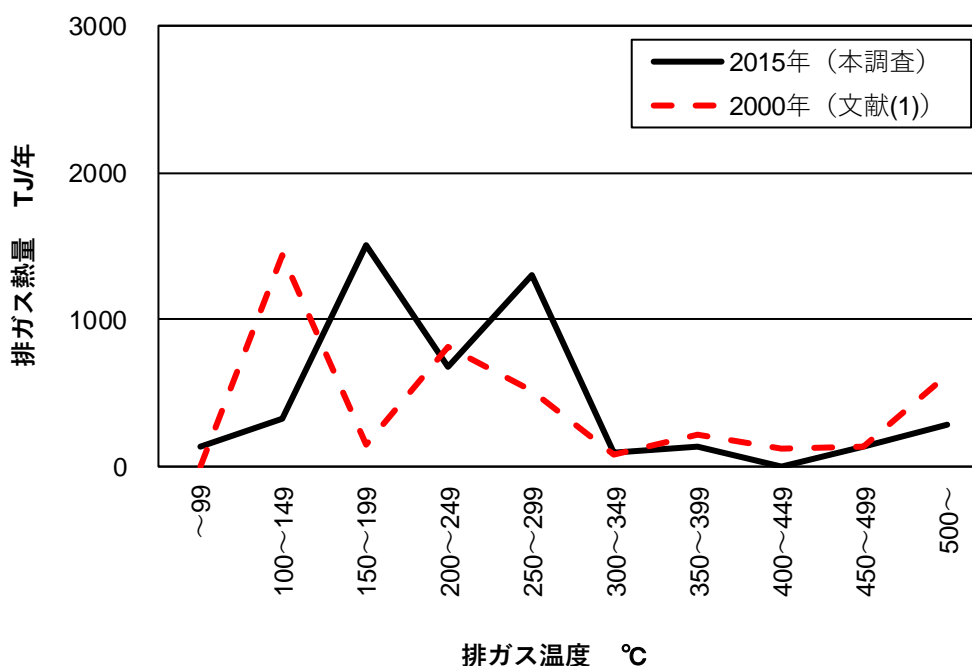


図 189 排ガス熱量全国推定値 (機械)

(10) 電気機械

投入エネルギーは、本調査の方が減少しているため、排ガス熱量も減少している。排ガスの主たる温度は150～199℃で変化ないが、300～349℃の発生は今回調査ではなくなっており、熱回収が進んだと考えられる。

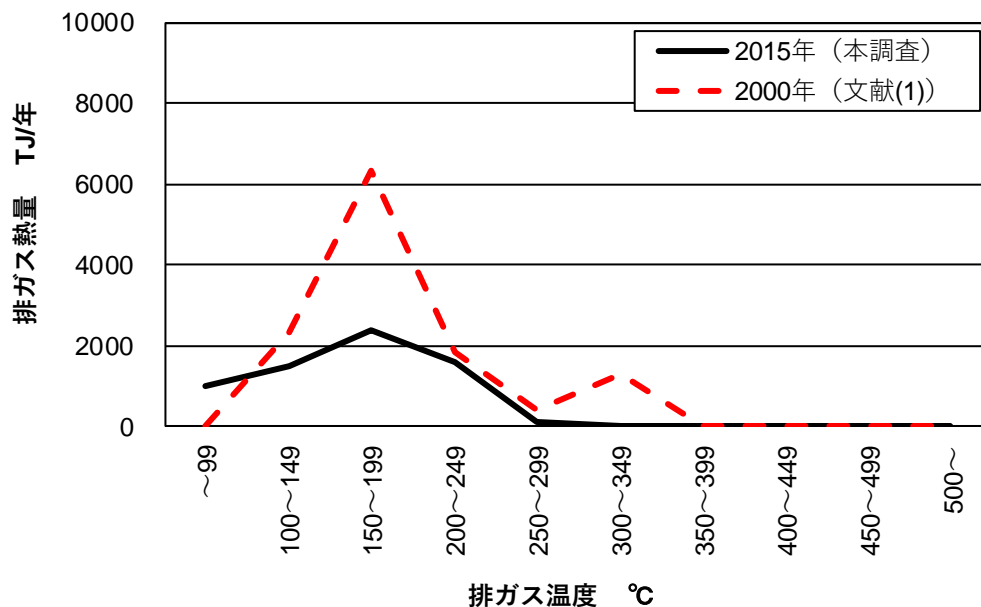


図 190 排ガス熱量全国推定値 (電気機械)

(11) 輸送機械

本調査の方が投入エネルギーは減少している。500℃以上は溶解炉、250～299℃の排熱は塗装工程からと考えられる。150～199℃の排熱の減少は熱回収が進み、100～149℃へシフトしたと考えられる。

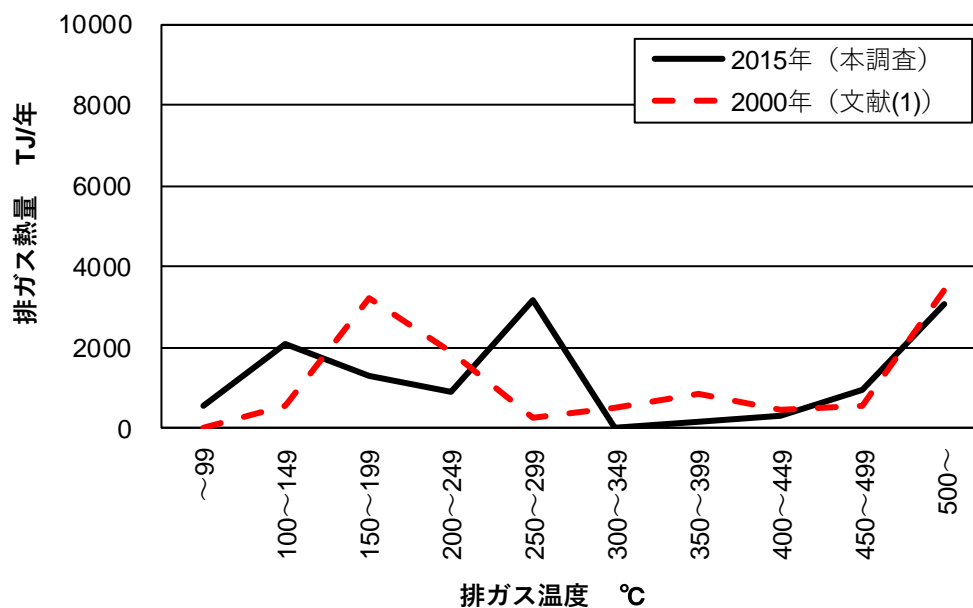


図 191 排ガス熱量全国推定値 (輸送機械)

(12) ガス・熱供給

本調査までに、ガス供給事業におけるLNG基地の増設により、ガス製造のための投入エネルギーが増加した。排ガスの温度帯は低温側にシフトしている。

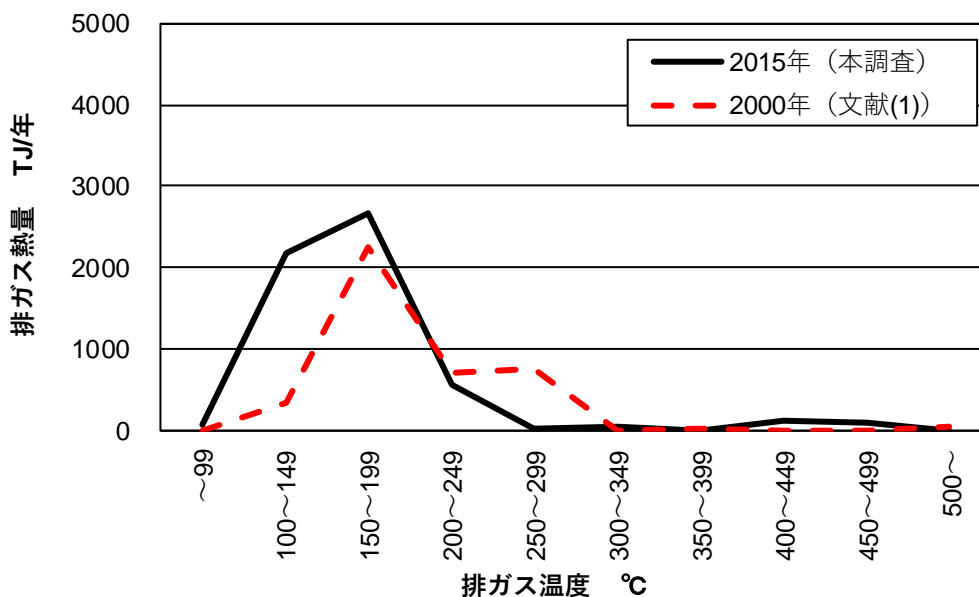


図 192 排ガス熱量全国推定値 (ガス・熱供給)

(13) 電力

電力需要の増大により投入エネルギーは増えているが、高効率のコンバインドサイクルの導入等で、排ガス熱量は減少している。

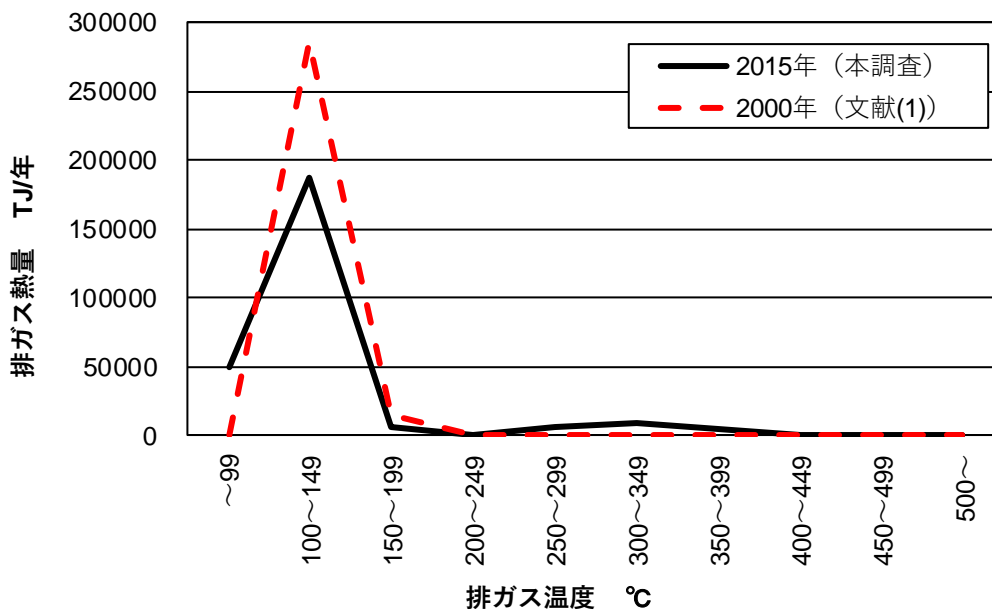


図 193 排ガス熱量全国推定値 (電力)

(14) 清掃

焼却装置の高性能化、清掃工場の温水プールや廃棄物発電の増加により、排ガス熱量は減少している。

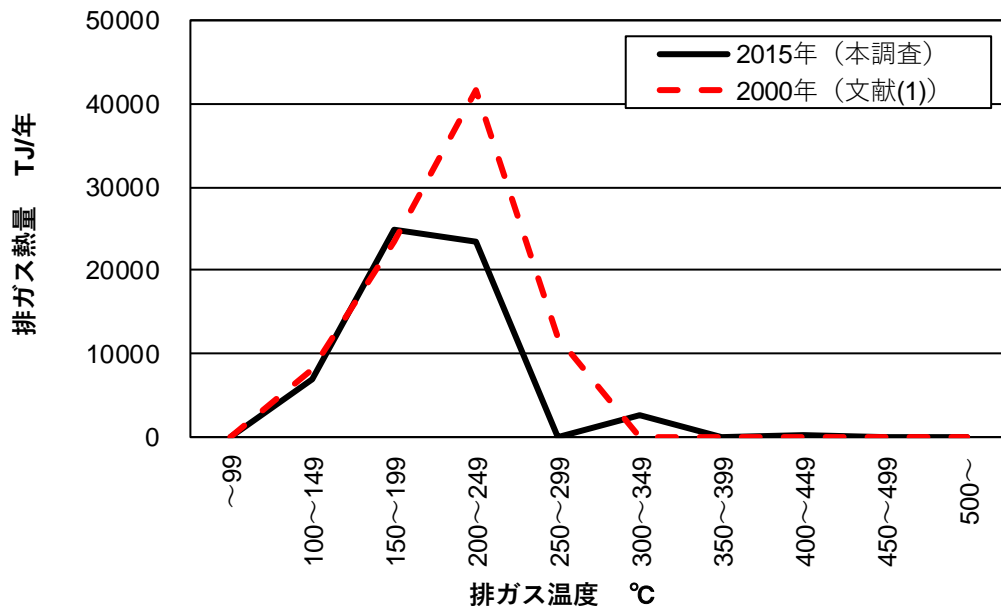


図 194 排ガス熱量全国推定値 (清掃)

(15) その他の製造業

リサイクル業、印刷業、木製品製造業の合計であり変化の要因分析は難しい。本調査の方が投入エネルギーはやや増加しているが、装置の高効率化、排熱回収の実施により排ガス熱量は減少したと考えられる。

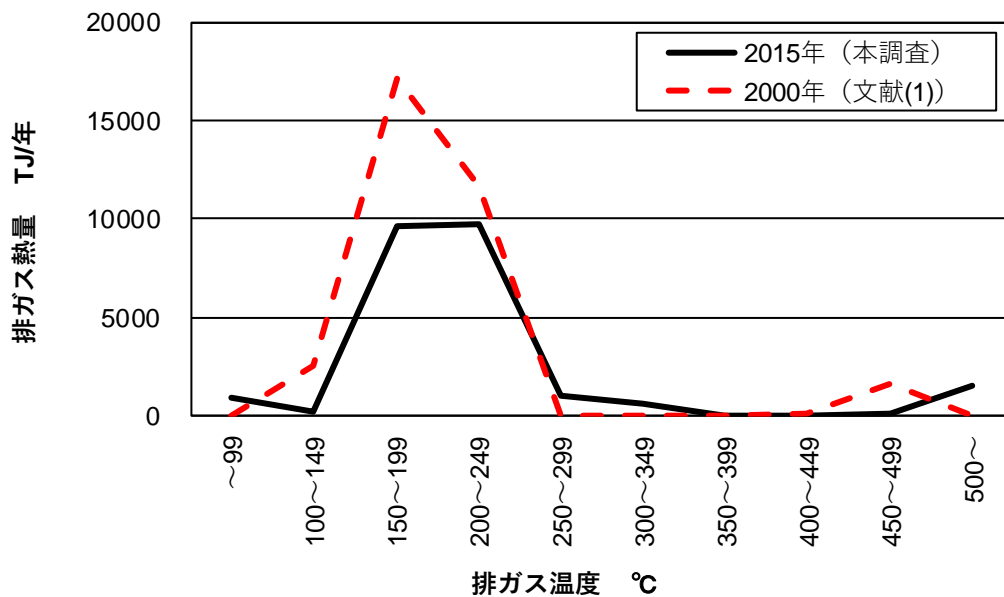


図 195 排ガス熱量全国推定 (その他の製造業)



#### 4.9 新技術を導入する際の優先評価項目(業種別)

##### 4.9.1 新技術を導入する際の評価項目の優先順位[技術評価]

新技術を導入する際の優先順1位に挙げられた業種別の技術評価項目を図196～210に示す。各業種の傾向は、1.3.8.1項の図36に示した全15業種の集計結果の傾向とおおむね同じである。

##### (1) 食料品

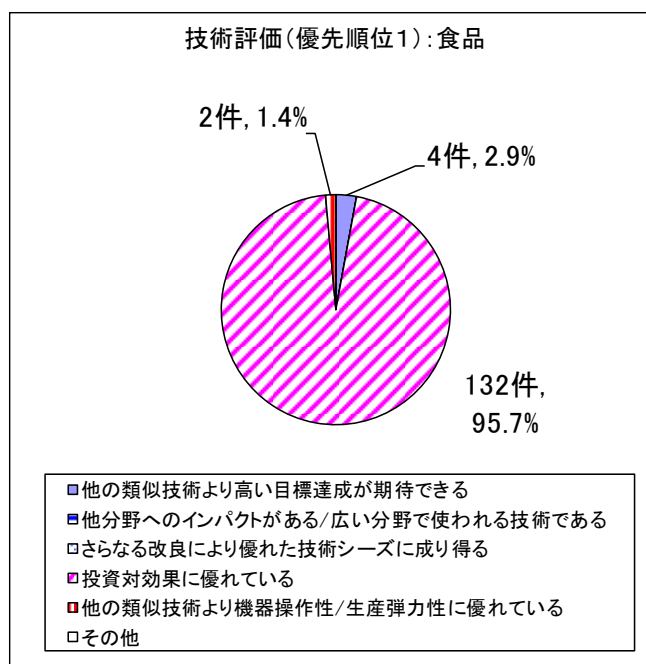


図196 新技術を導入する際に優先する技術評価項目(食料品)

##### (2) 繊維

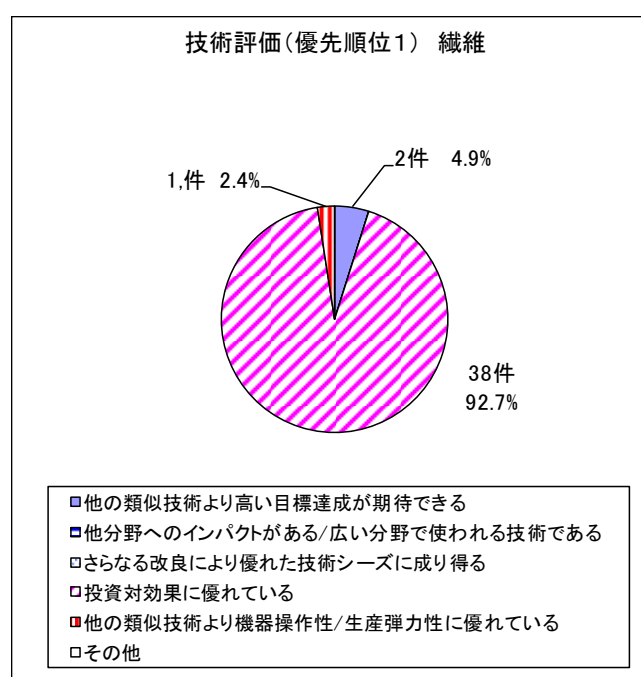


図197 新技術を導入する際に優先する技術評価項目(繊維)

(3) パルプ・紙製品

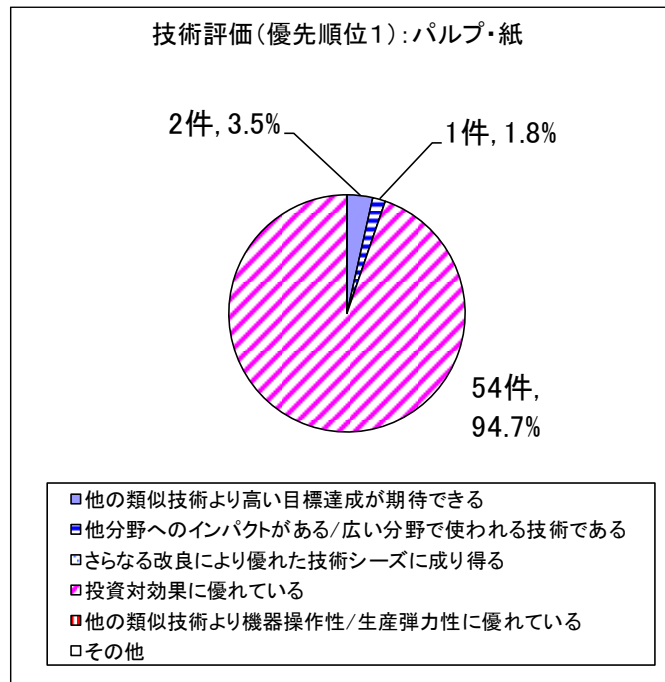


図 198 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (パルプ・紙製品)

(4) 化学

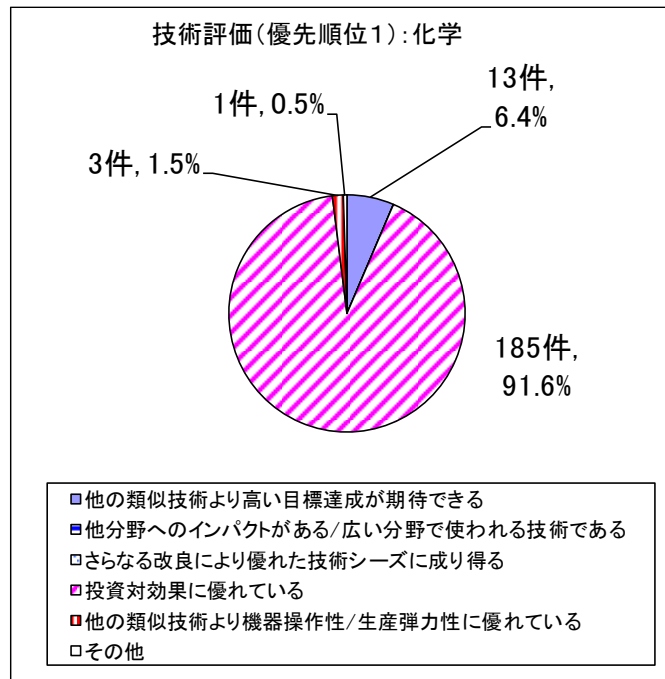


図 199 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (化学)

(5) 石油・石炭

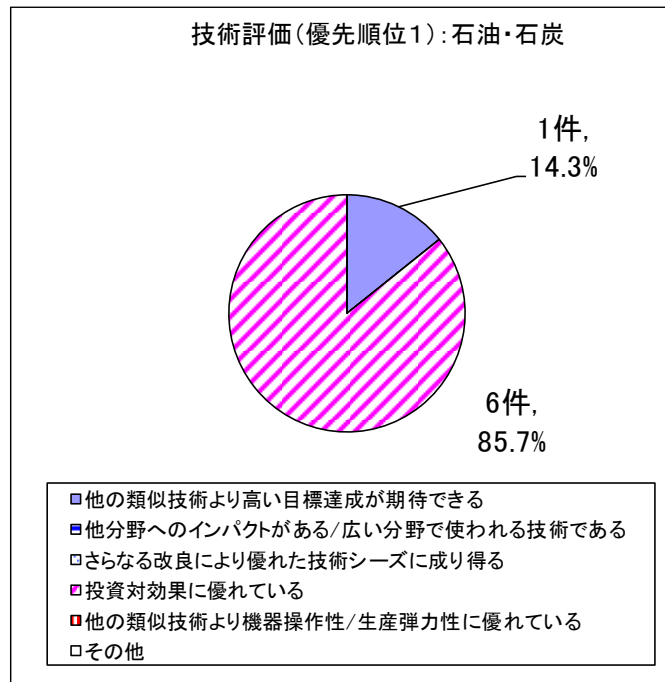


図 200 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (石油・石炭)

(6) 窯業・土石製品

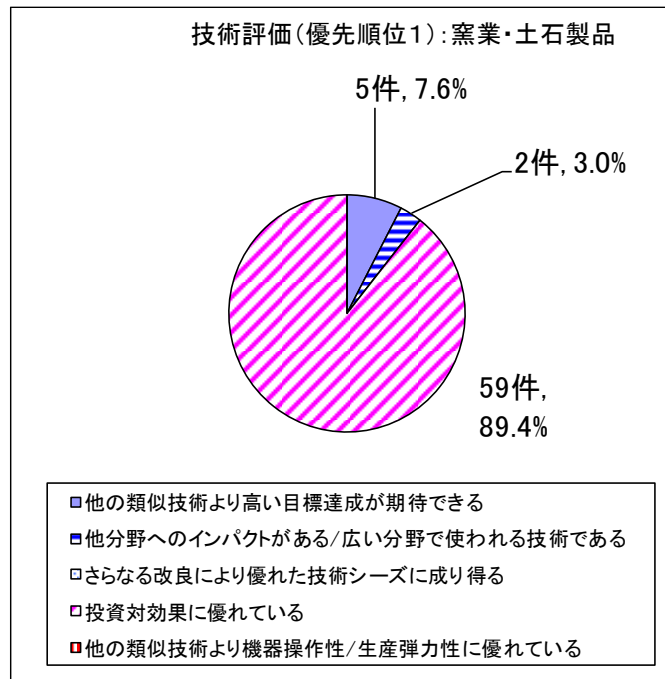


図 201 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (窯業・土石製品)

(7) 鉄鋼

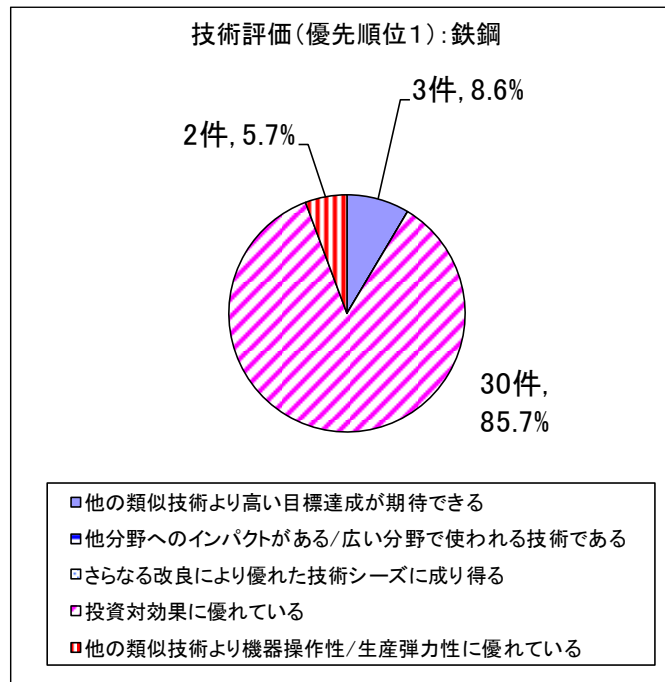


図 202 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (鉄鋼)

(8) 非鉄・金属製品

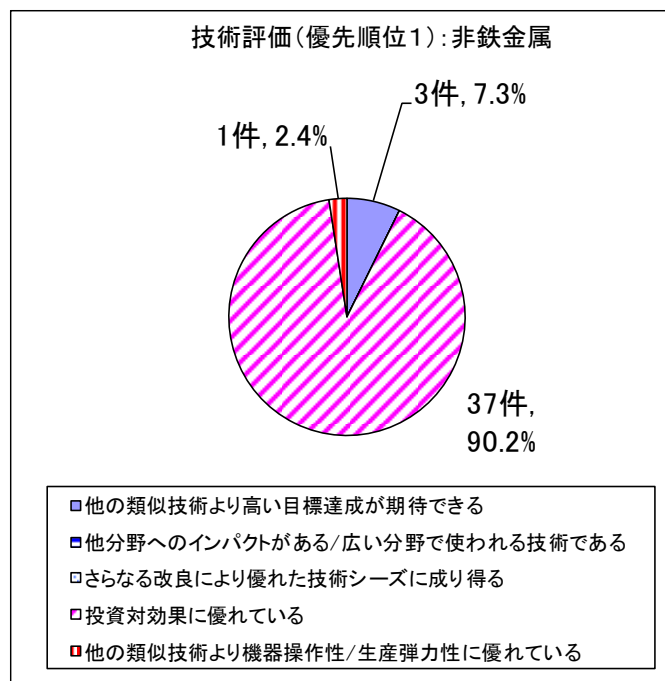


図 203 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (非鉄・金属製品)

(9) 機械

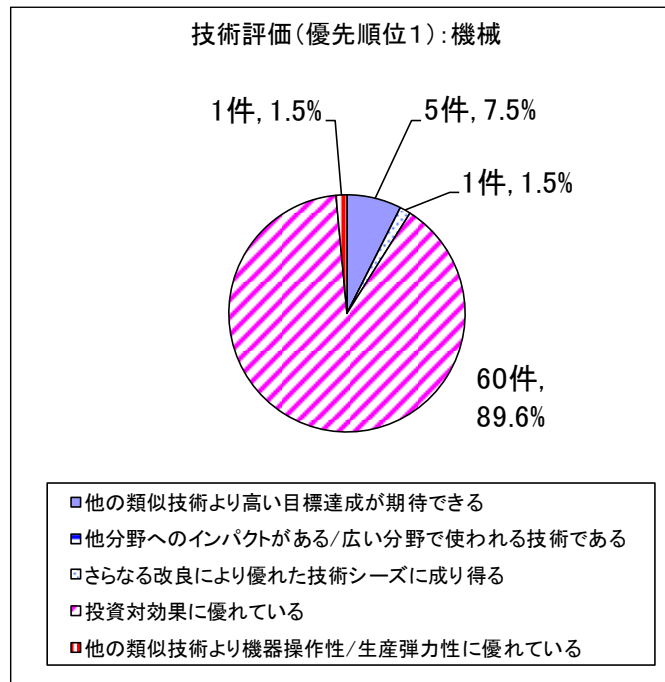


図 204 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (機械)

(10) 電気機械

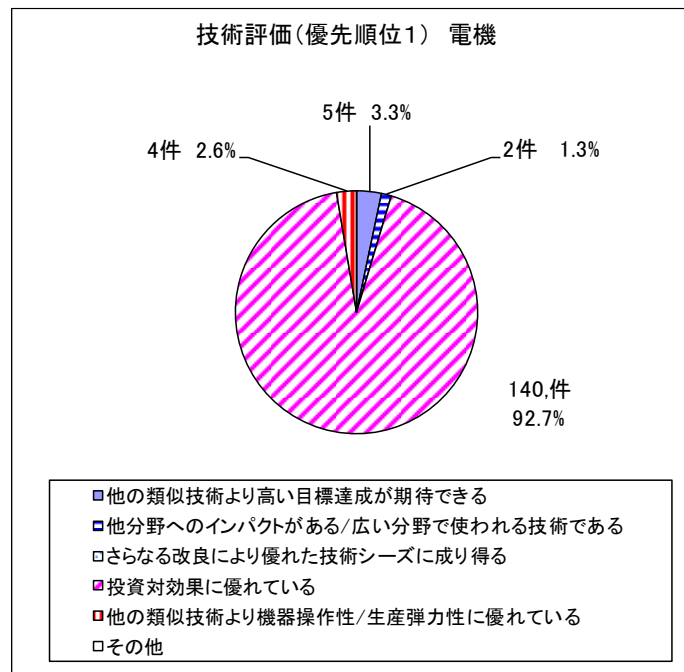


図 205 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (電気機械)

(11) 輸送機械

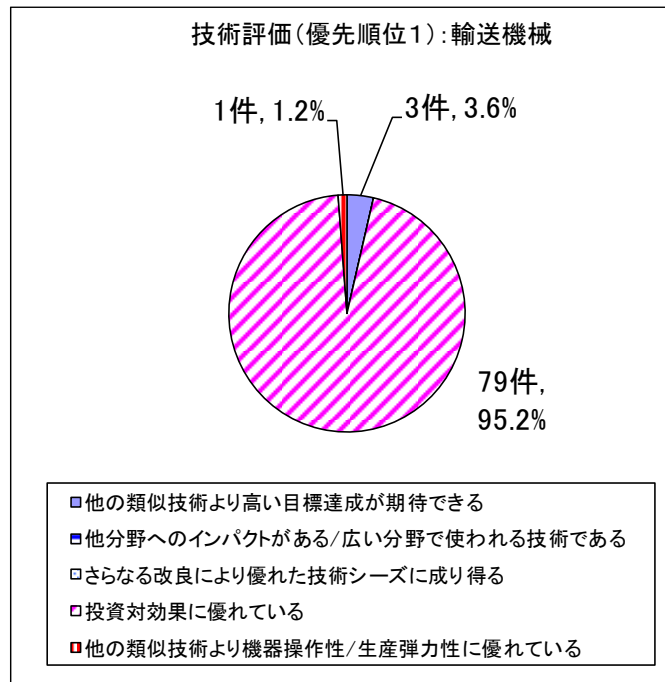


図 206 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (輸送機械)

(12) ガス・熱供給

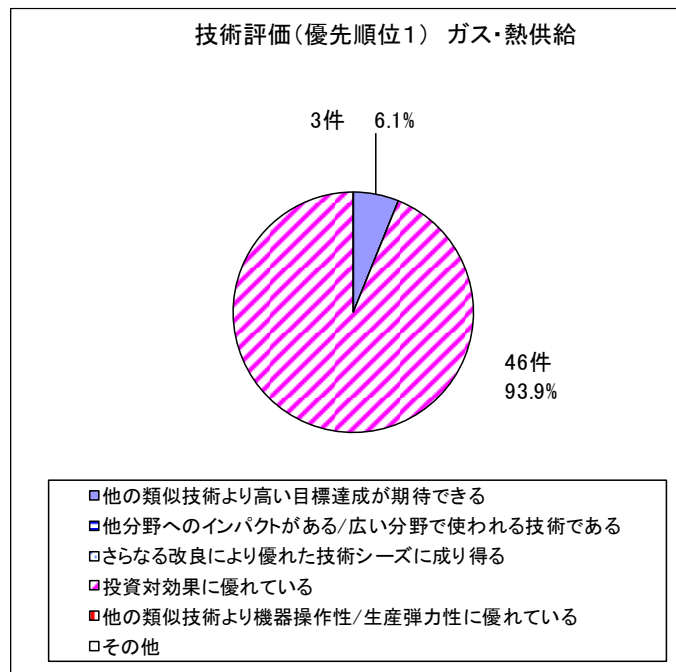


図 207 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (ガス・熱供給)

(13) 電力

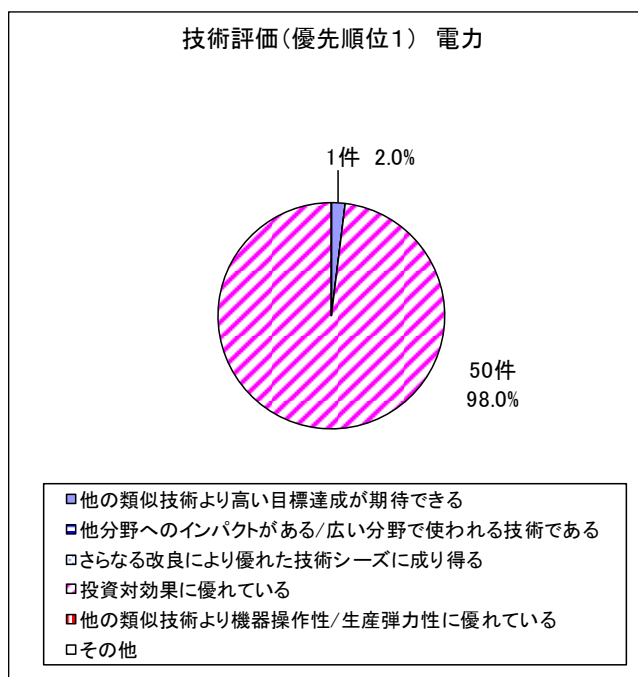


図 208 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (電力)

(14) 清掃

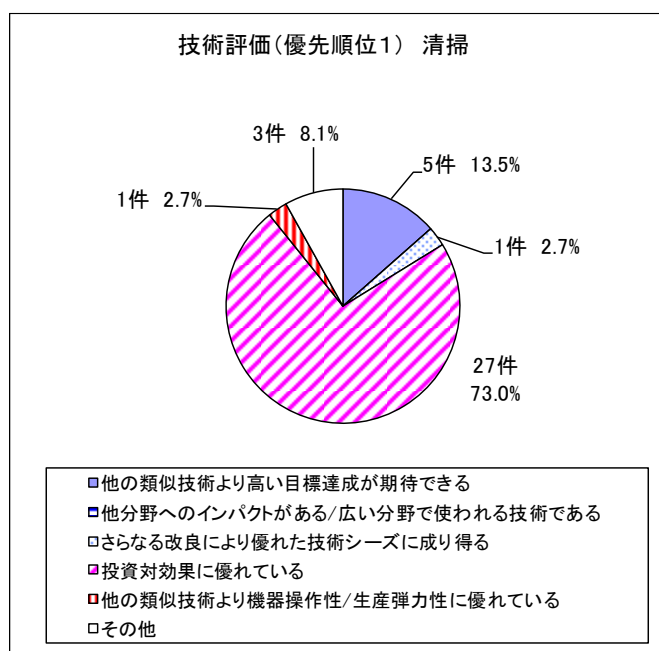


図 209 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (清掃)

(15)その他の製造業

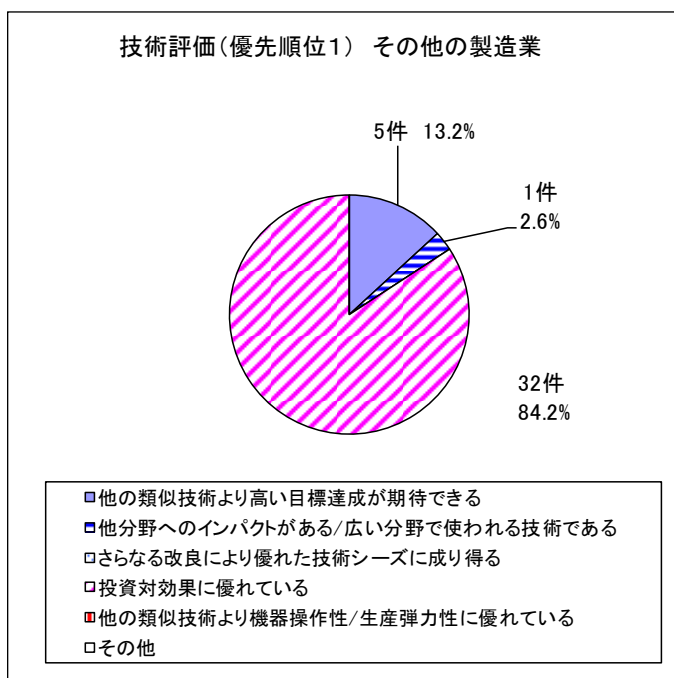


図 210 新技術を導入する際に優先する技術評価項目 (その他の製造業)

4.9.2 新技術を導入する際の評価項目の優先順位[+α、リスク評価]

新技術を導入する際の優先順位1位に挙げられた業種別のリスク評価項目を図211～225に示す。各業種の傾向は、1.3.8.2 項の図 37 に示した全 15 業種の集計結果の傾向とおおむね同じである。

(1) 食料品

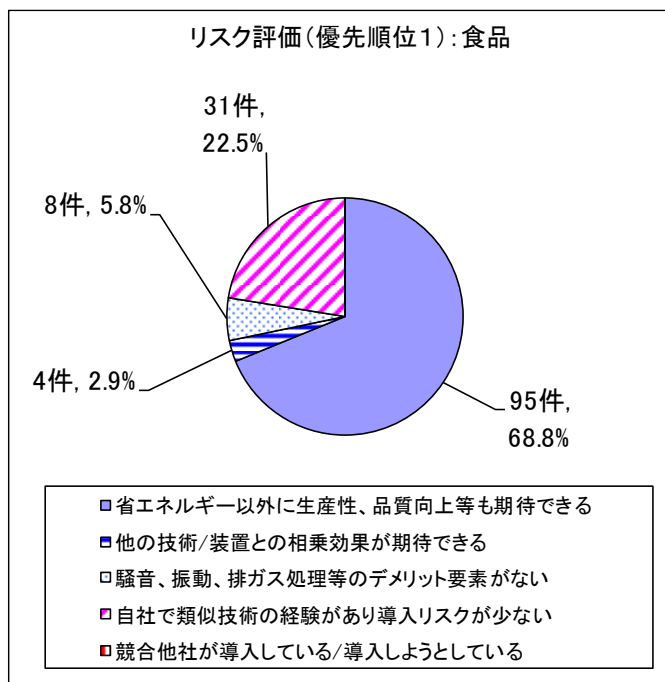


図 211 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目 (食料品)



(2) 繊維

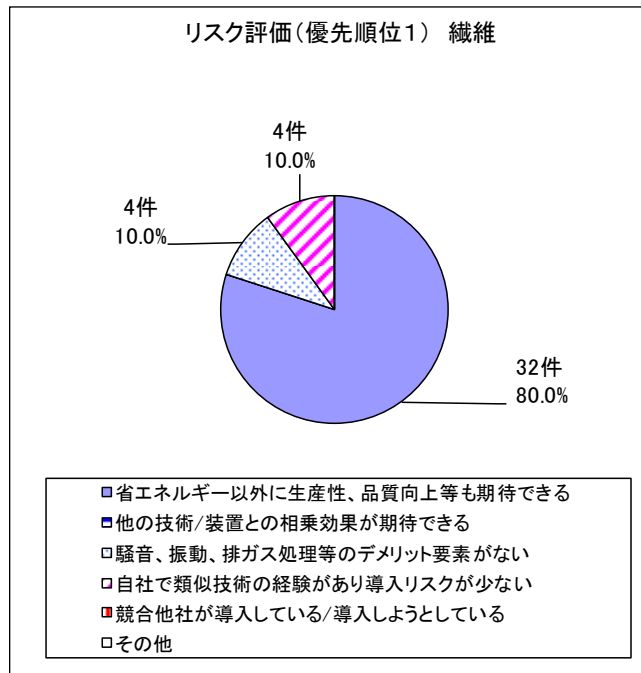


図 212 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目（繊維）

(3) パルプ・紙製品

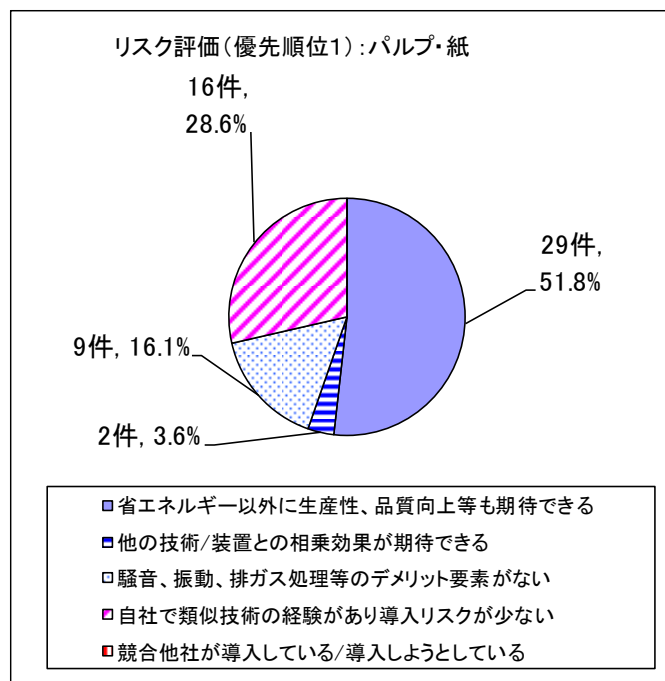


図 213 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目（パルプ・紙製品）

(4) 化学

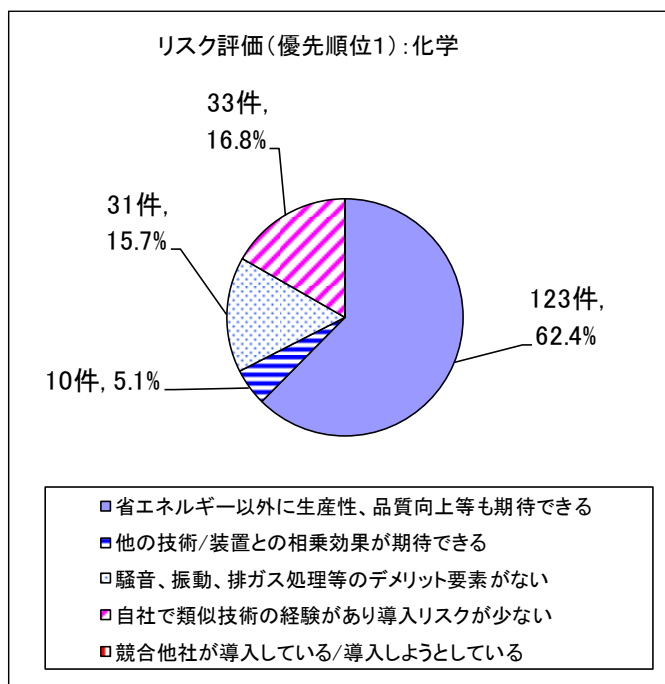


図 214 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目 (化学)

(5) 石油・石炭

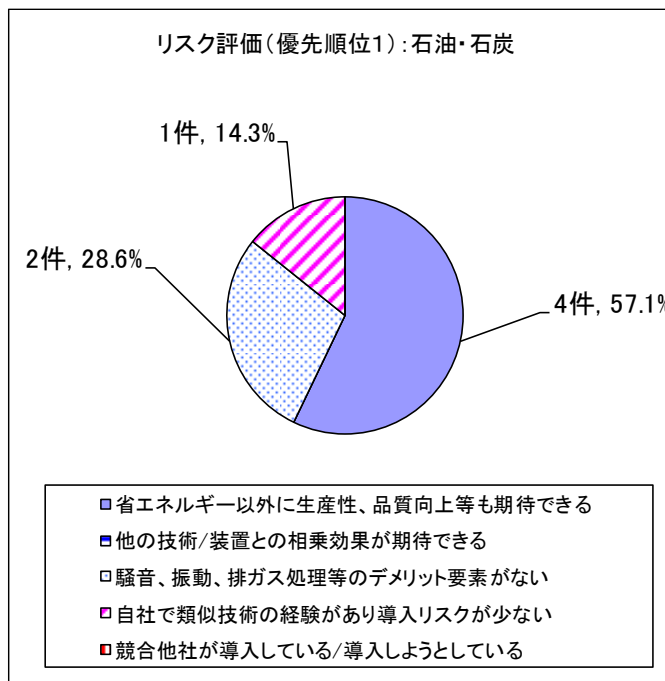


図 215 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目 (石油・石炭)

(6) 窯業・土石製品

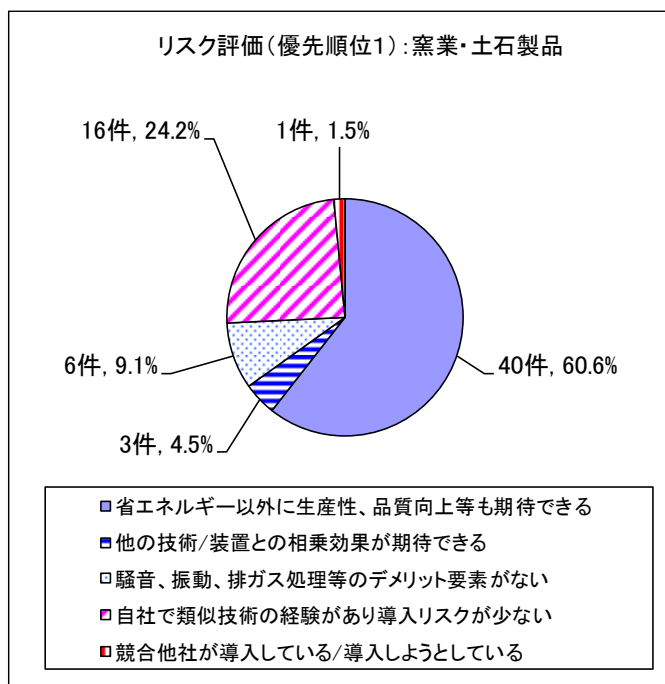


図 216 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目 (窯業・土石製品)

(7) 鉄鋼

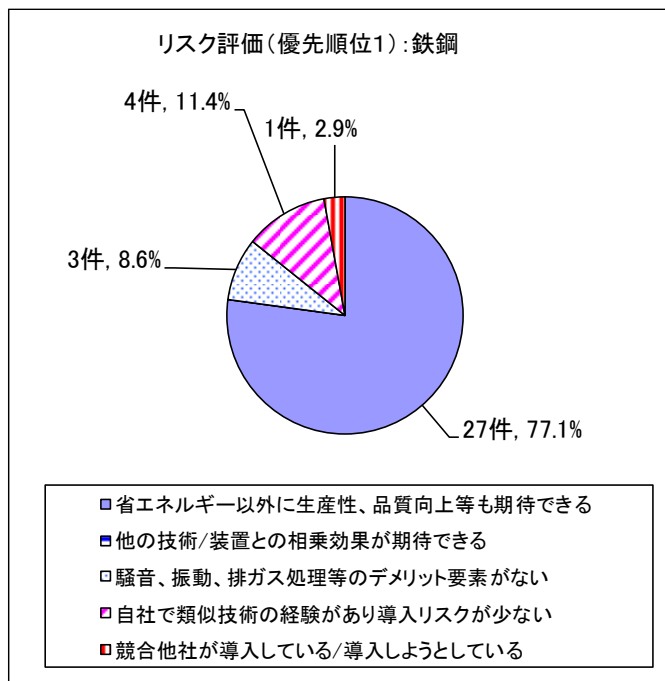


図 217 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目 (鉄鋼)

(8) 非鉄・金属製品

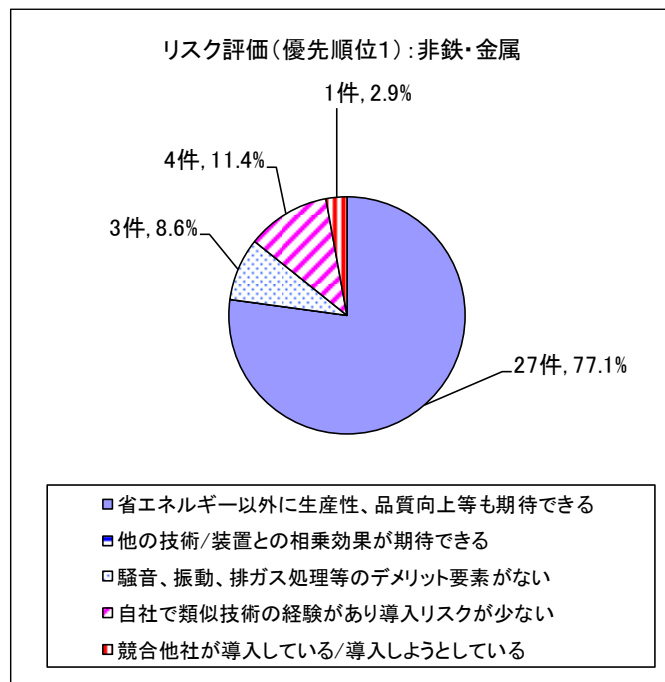


図 218 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目 (非鉄・金属製品)

(9) 機械

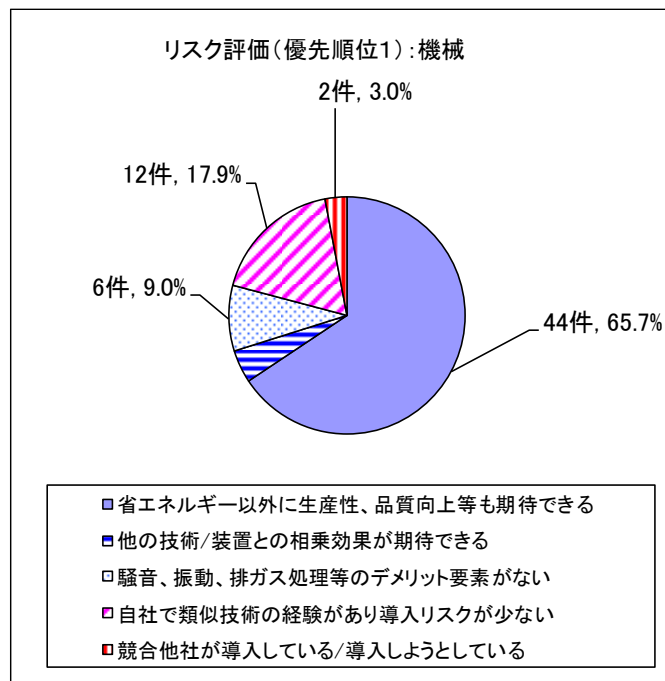


図 219 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目 (機械)

(10) 電気機械

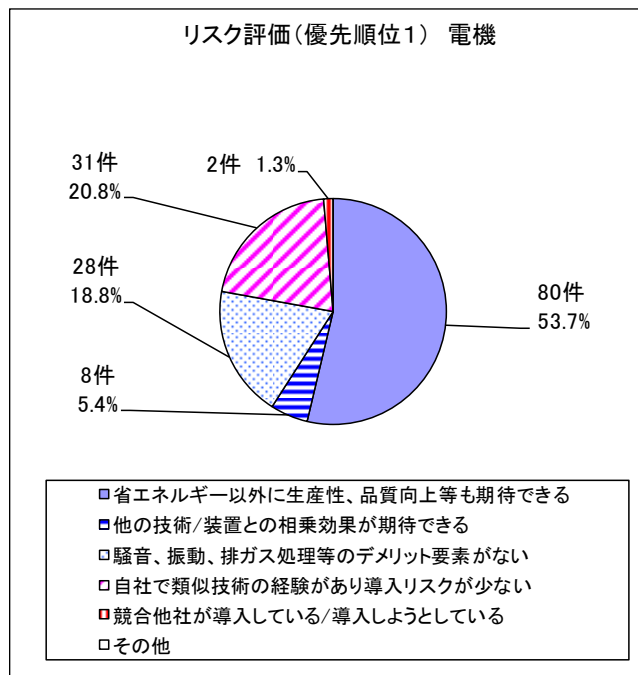


図 220 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目 (電気機械)

(11) 輸送機械

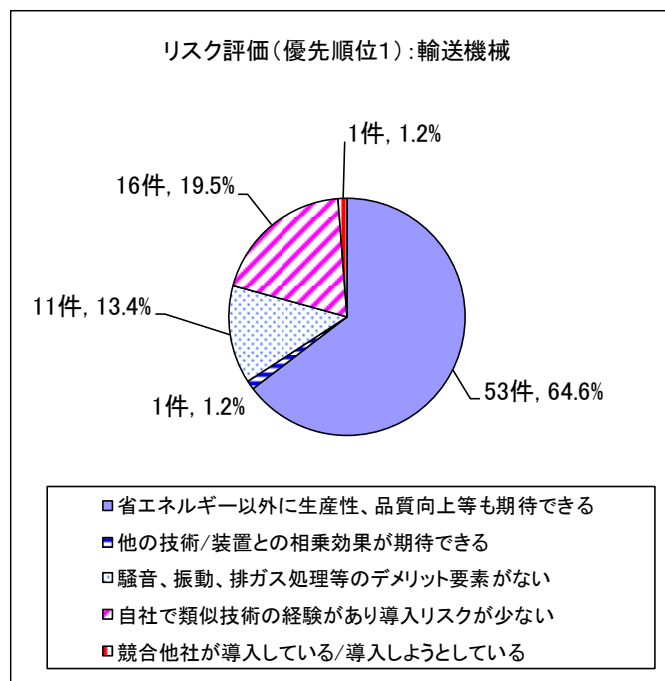


図 221 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目 (輸送機械)

(12) ガス・熱供給

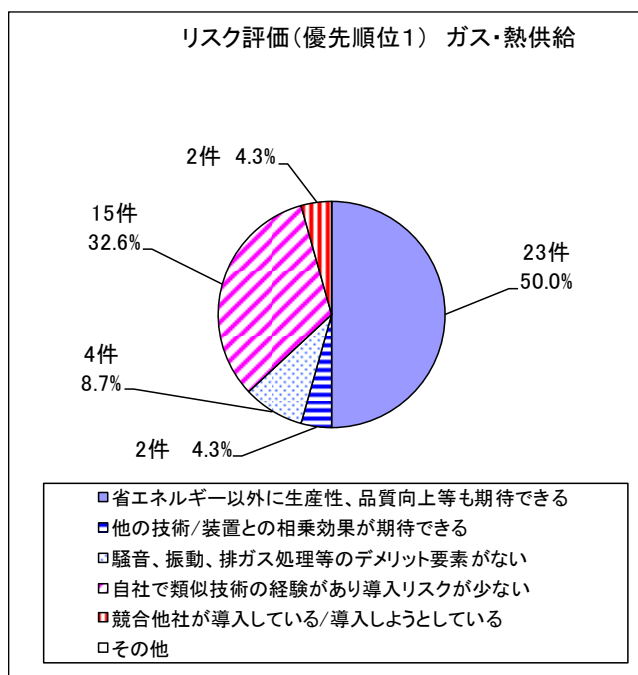


図 222 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目（ガス・熱供給）

(13) 電力

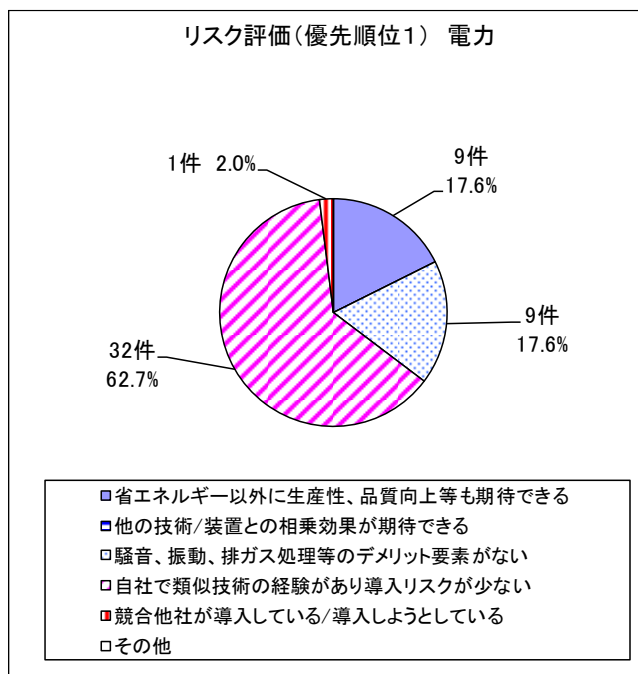


図 223 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目（電力）

(14) 清掃

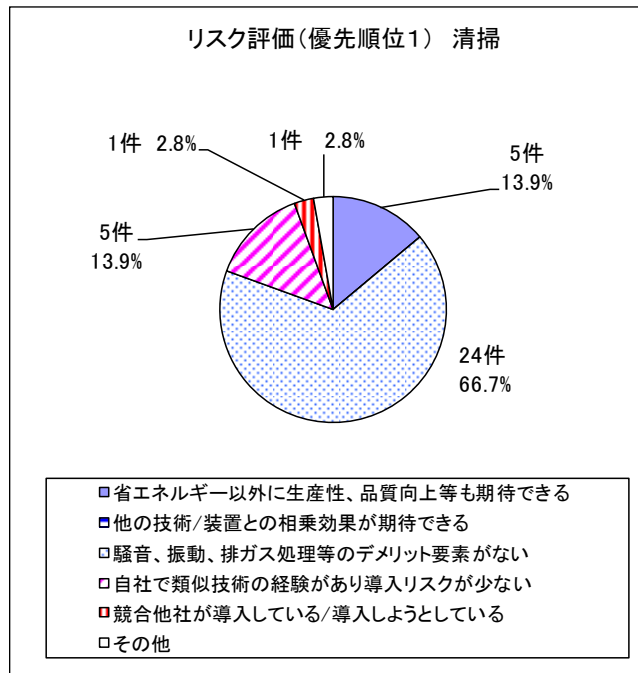


図 224 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目 (清掃)

(15) その他の製造業

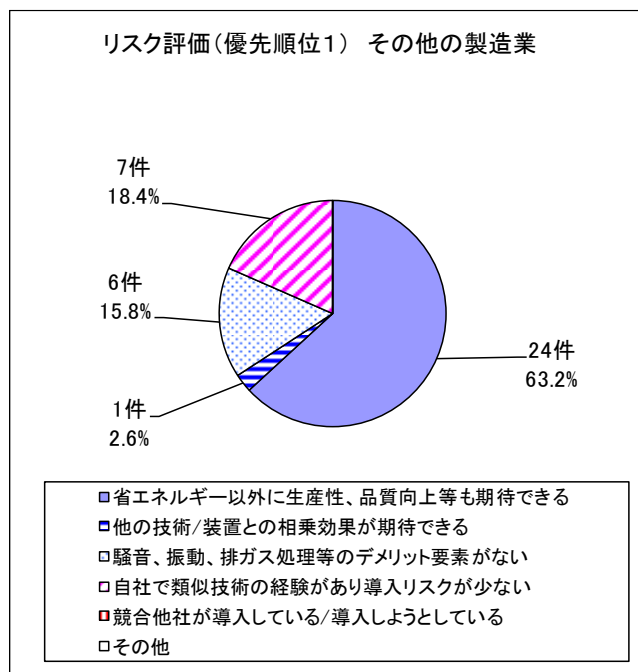


図 225 新技術を導入する際に優先するリスク評価項目 (その他の製造業)

## 4.10 新技術を導入する際の条件(業種別)

### 4.10.1 絶対に必要な条件

新技術を導入する際に絶対に必要な業種別の条件を図 226～240 に示す。各業種の傾向は、1.3.9.1 項の図 38 に示した全 15 業種の集計結果の傾向とおおむね同じである。

#### (1) 食料品

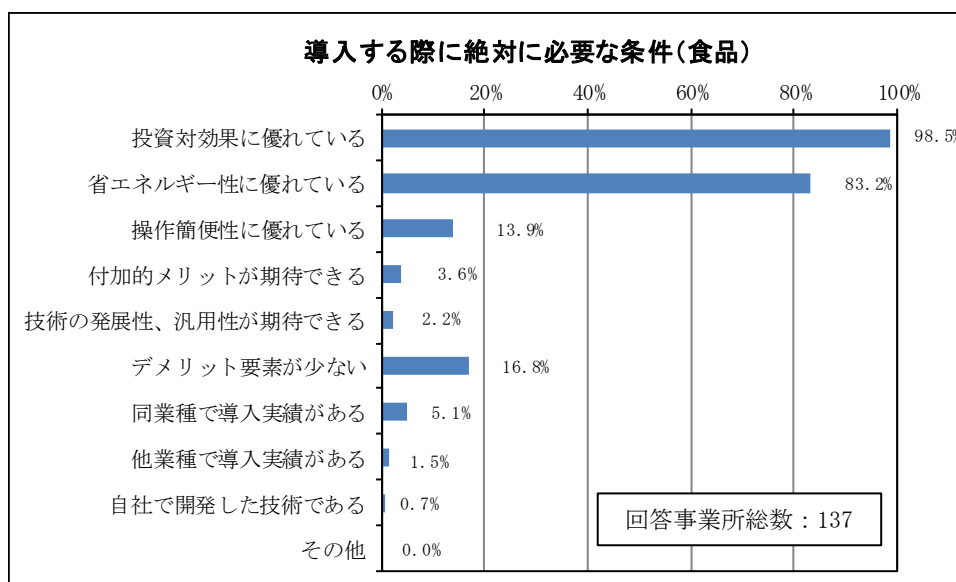


図 226 新技術を導入する際の条件 (絶対に必要な条件) (食料品)

#### (2) 繊維

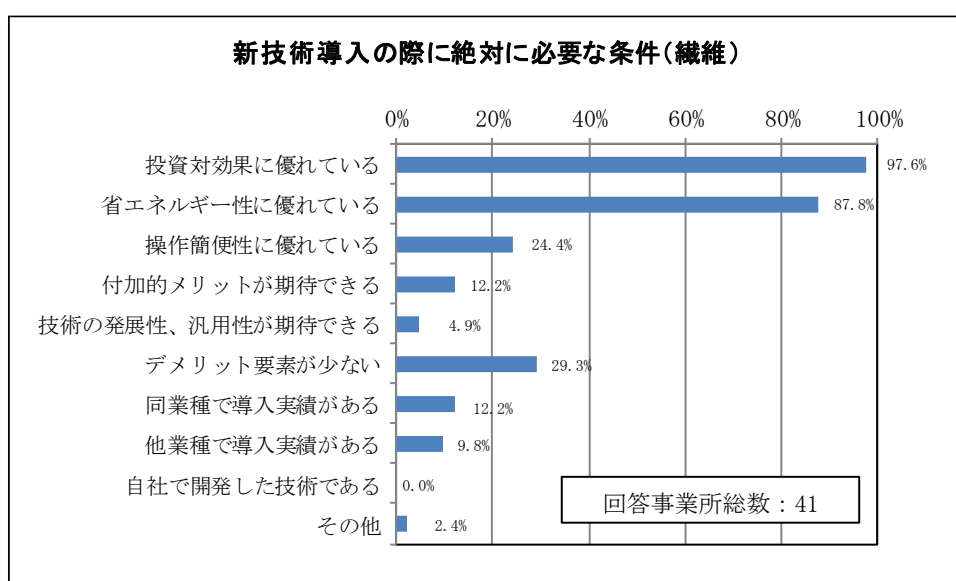


図 227 新技術を導入する際の条件 (絶対に必要な条件) (繊維)



(3) パルプ・紙製品

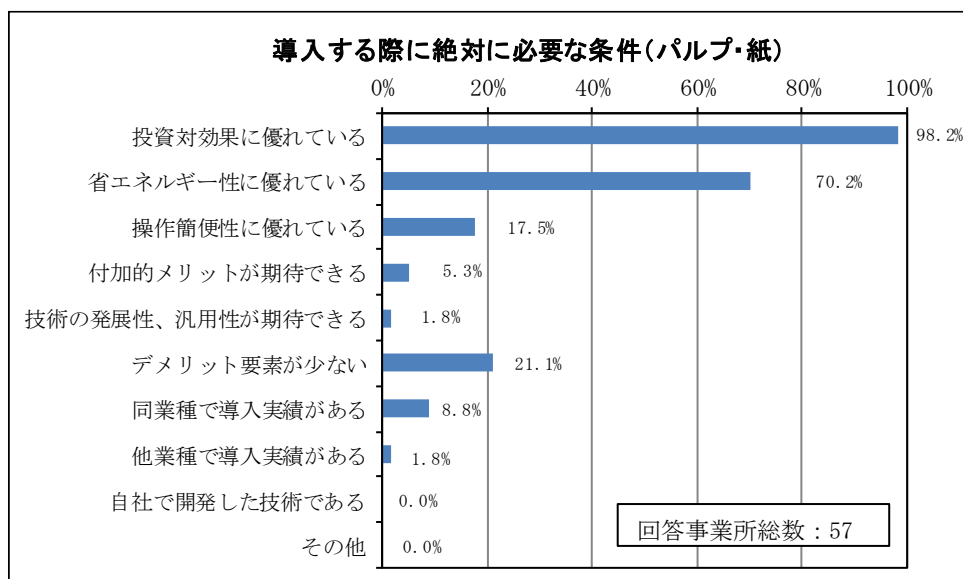


図 228 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（パルプ・紙製品）

(4) 化学

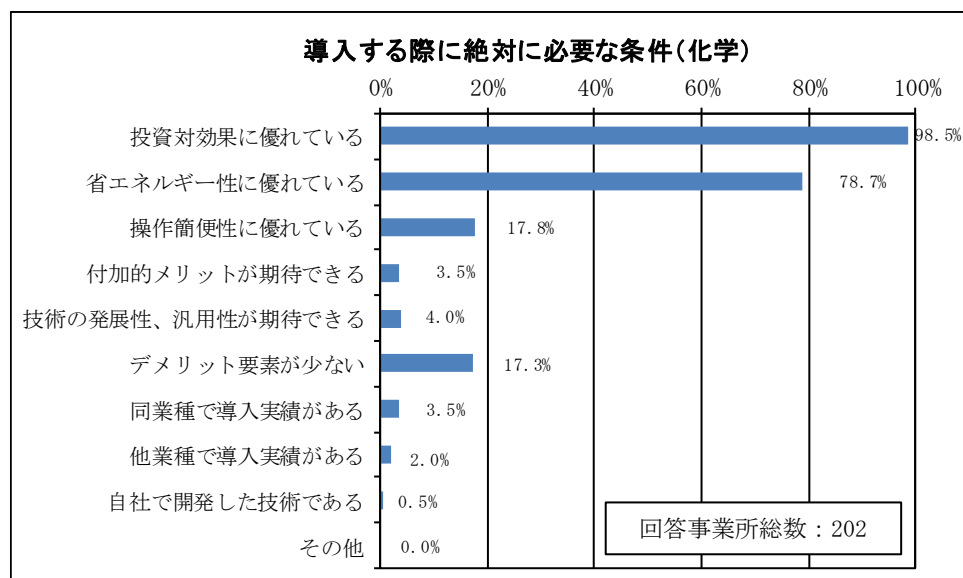


図 229 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（化学）

(5) 石油・石炭

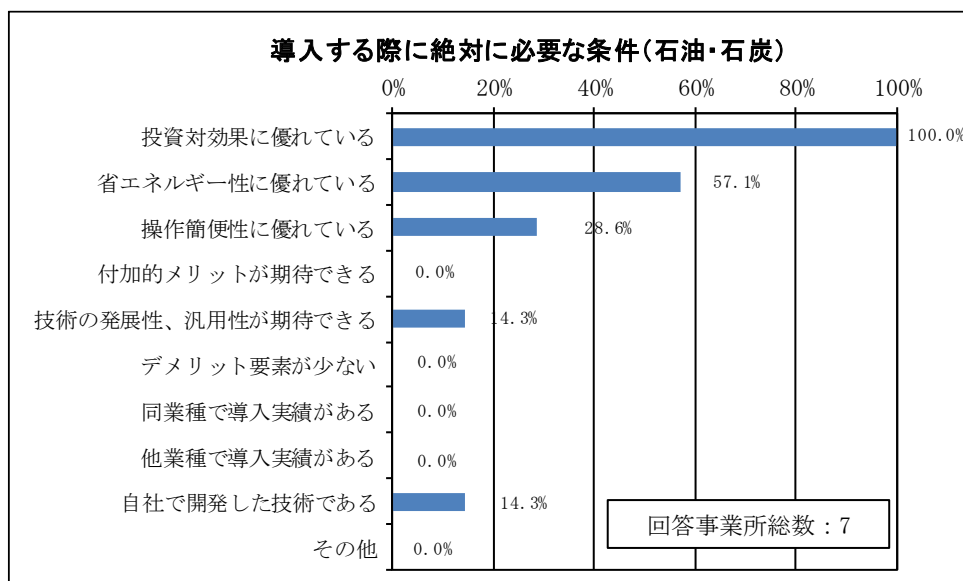


図 230 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（石油・石炭）

(6) 窯業・土石製品

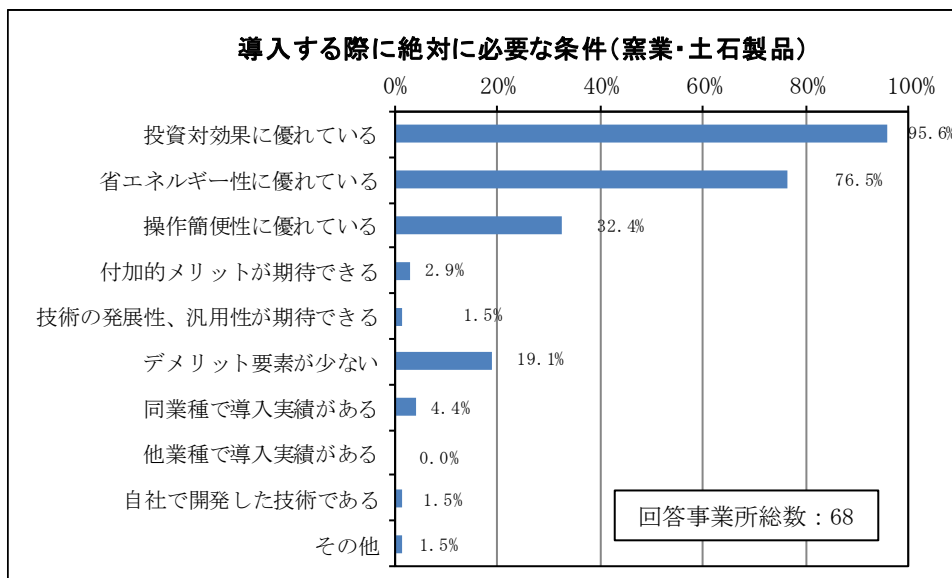


図 231 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（窯業・土石製品）

(7) 鉄鋼

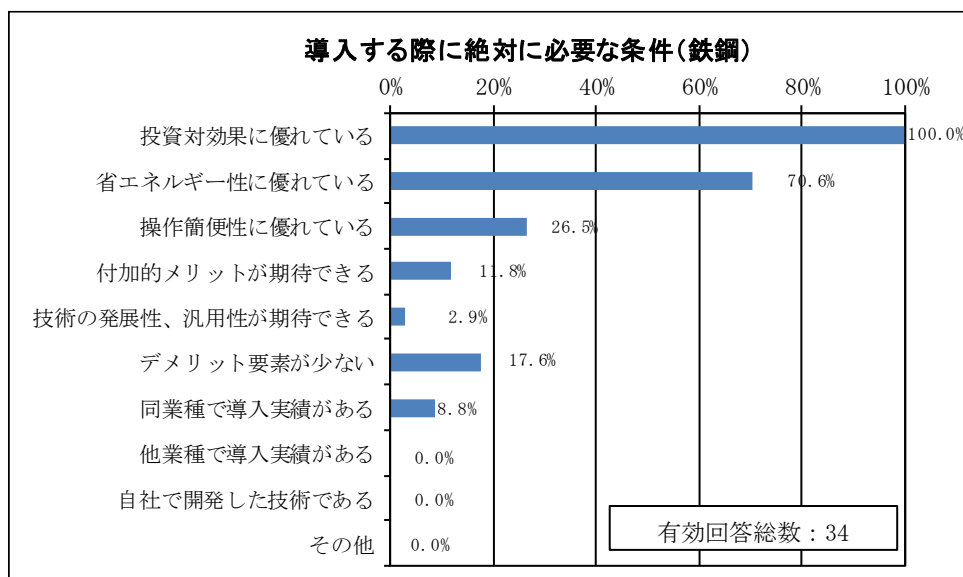


図 232 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（鉄鋼）

(8) 非鉄・金属製品

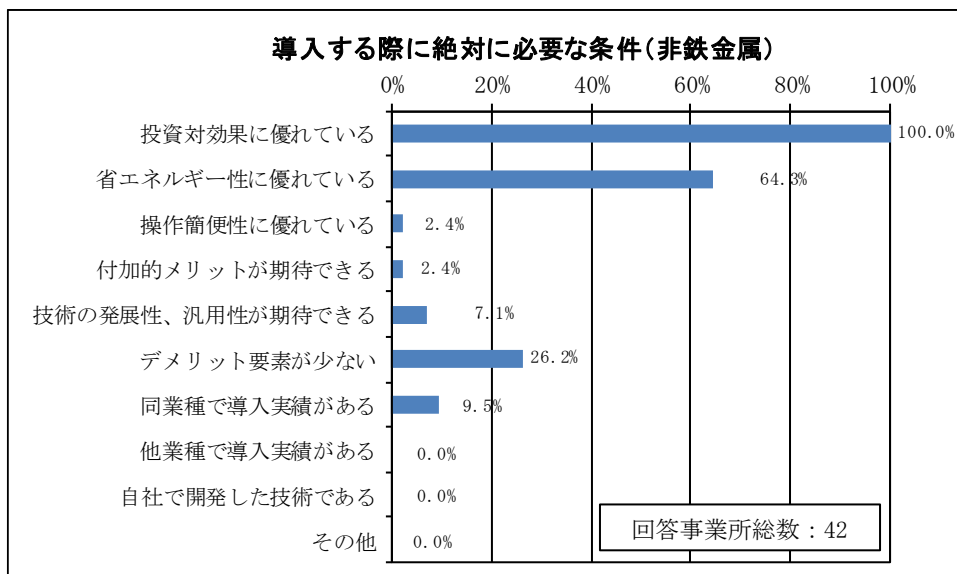


図 233 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（非鉄・金属製品）

(9) 機械

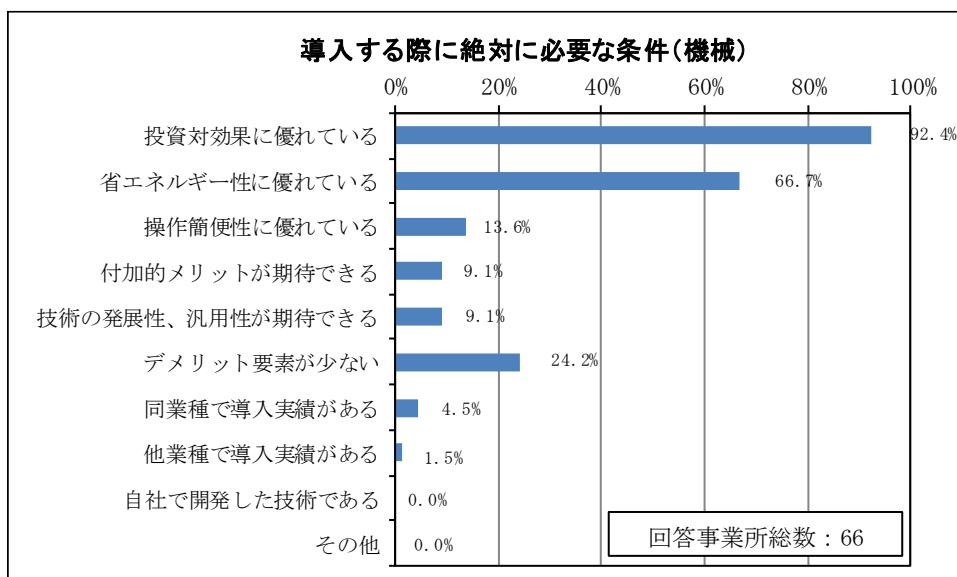


図 234 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（機械）

(10) 電気機械

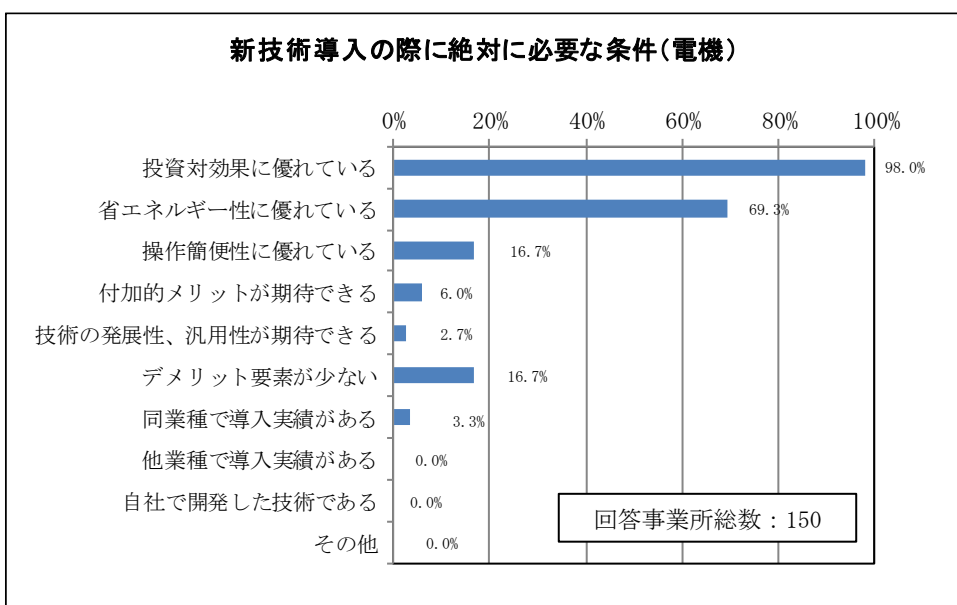


図 235 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（電気機械）

(11) 輸送機械

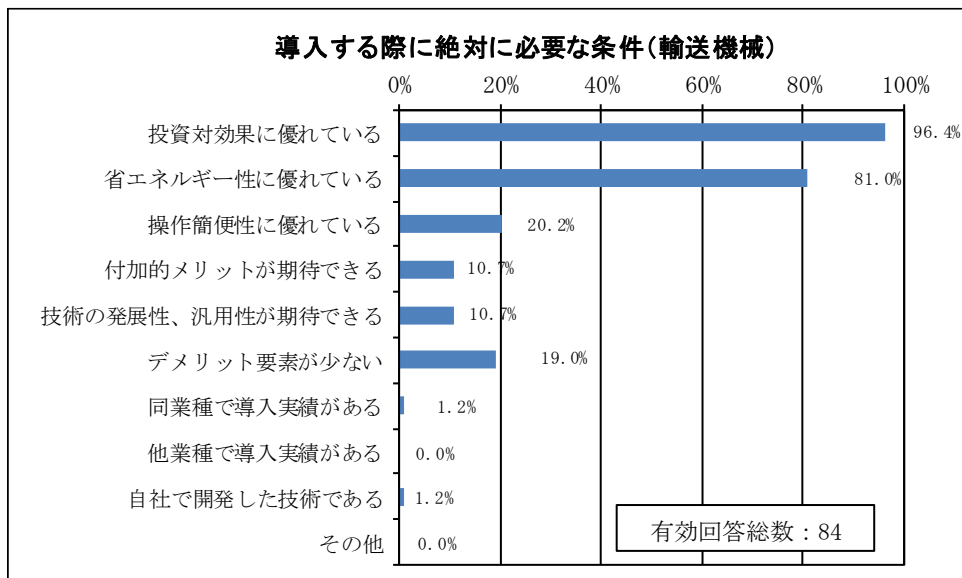


図 236 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（輸送機械）

(12) ガス・熱供給

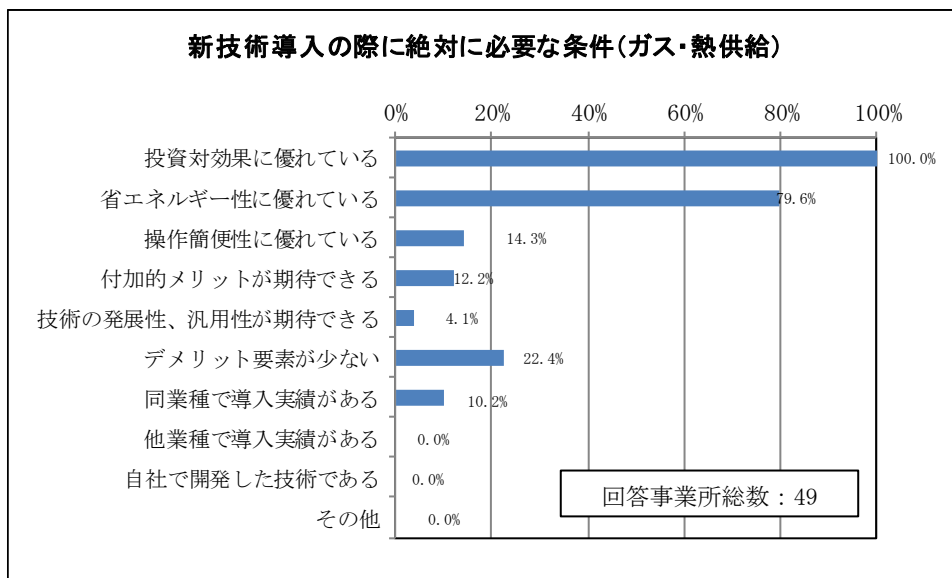


図 237 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（ガス・熱供給）

(13) 電力

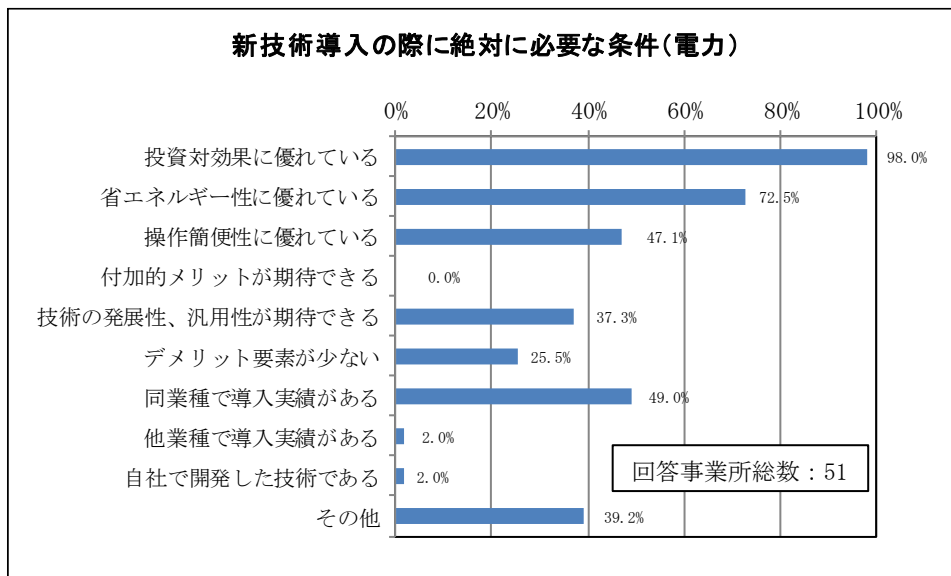


図 238 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（電力）

(14) 清掃

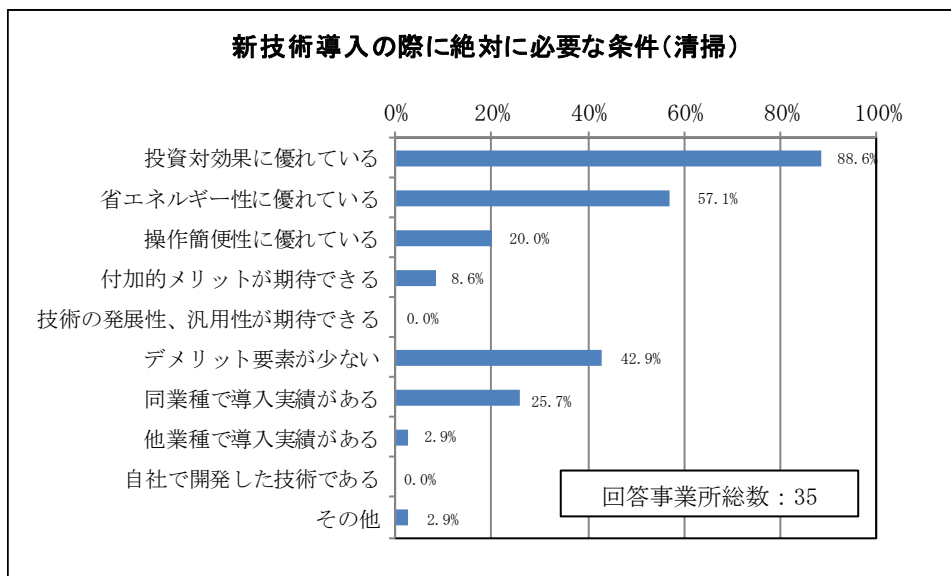


図 239 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（清掃）

(15) その他の製造業

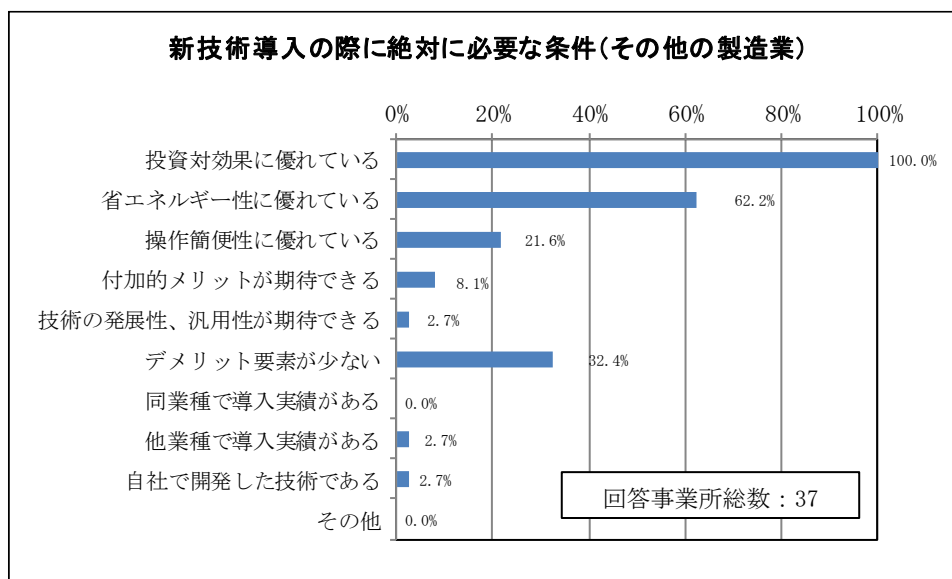


図 240 新技術を導入する際の条件（絶対に必要な条件）（その他の製造業）

#### 4.10.2 好ましい条件

新技術を導入する際に好ましい業種別の条件を図 241～255 に示す。各業種の傾向は、1.3.9.2 項の図 39 に示した全 15 業種の集計結果の傾向とおおむね同じである。

##### (1) 食料品

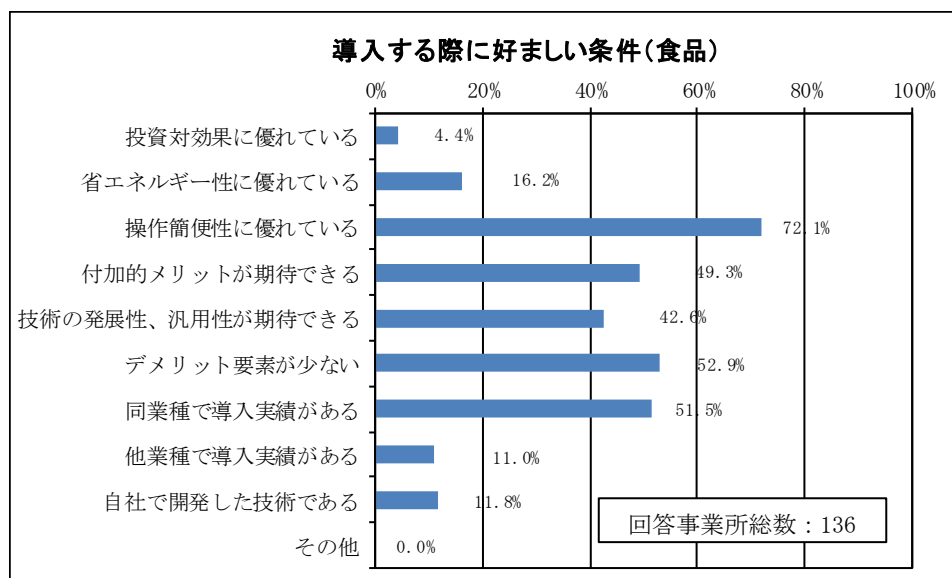


図 241 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (食料品)

##### (2) 繊維

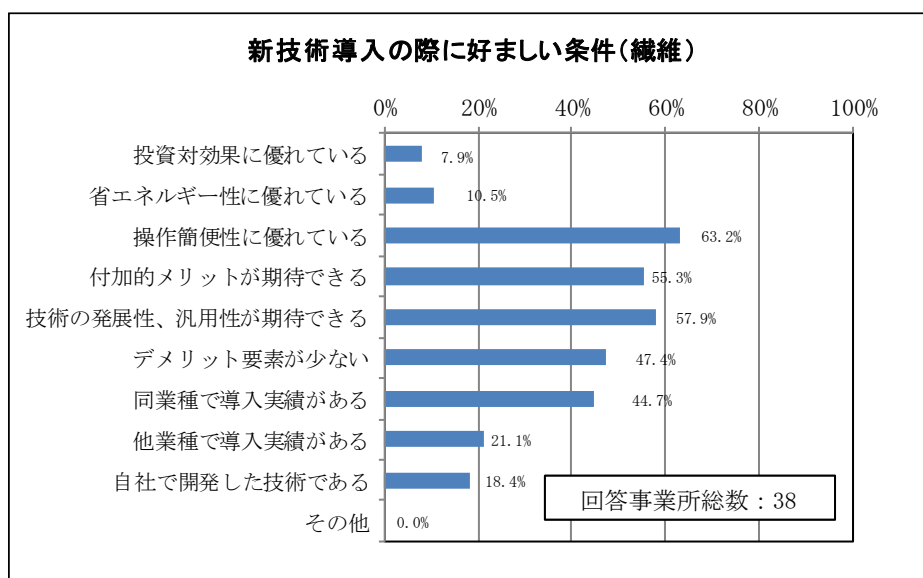


図 242 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (繊維)



(3) パルプ・紙製品

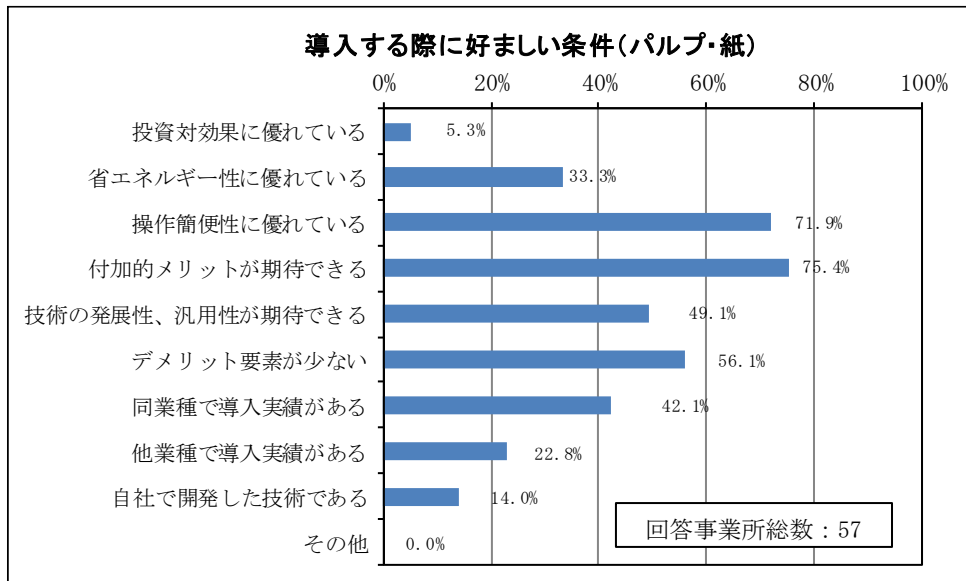


図 243 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (パルプ・紙製品)

(4) 化学

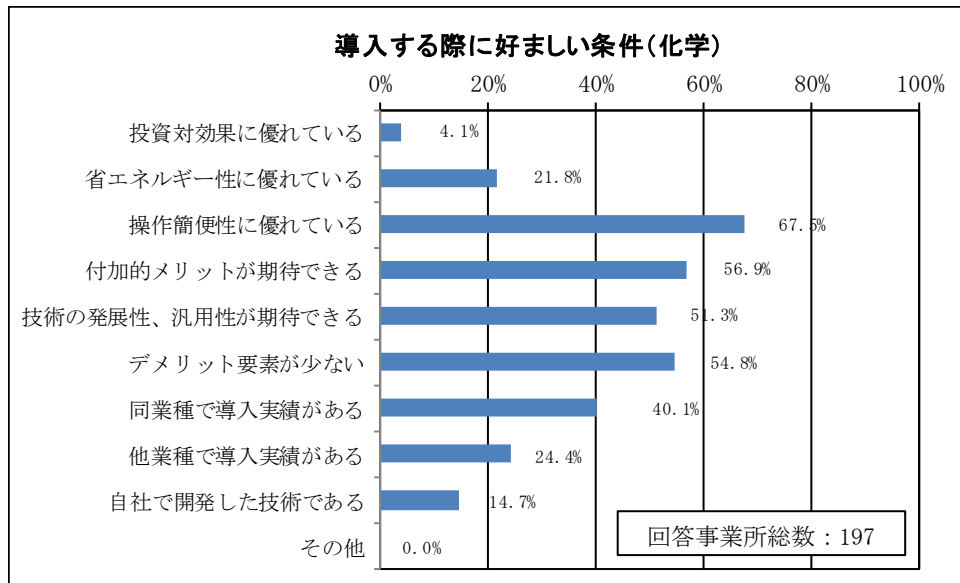


図 244 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (化学)

(5) 石油・石炭

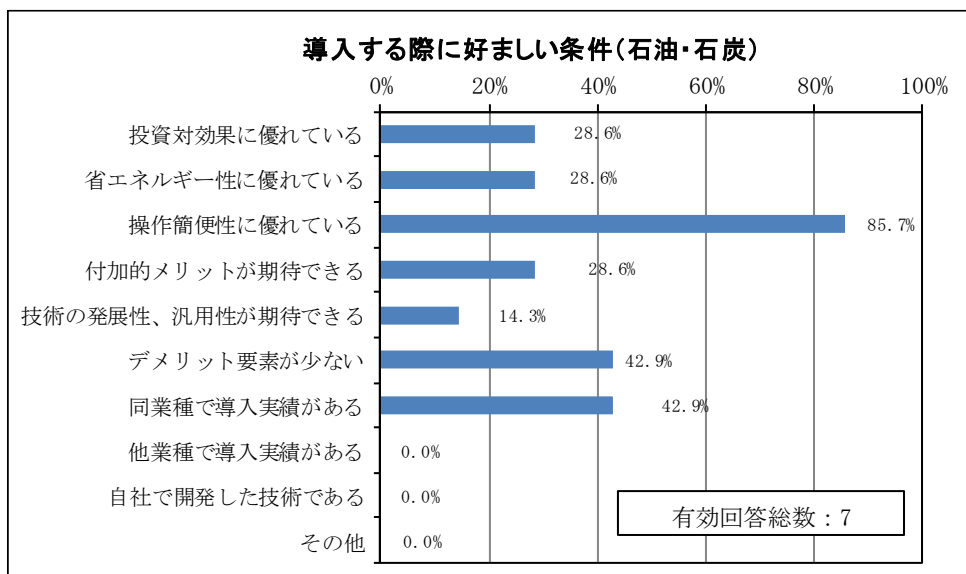


図 245 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (石油・石炭)

(6) 窯業・土石製品

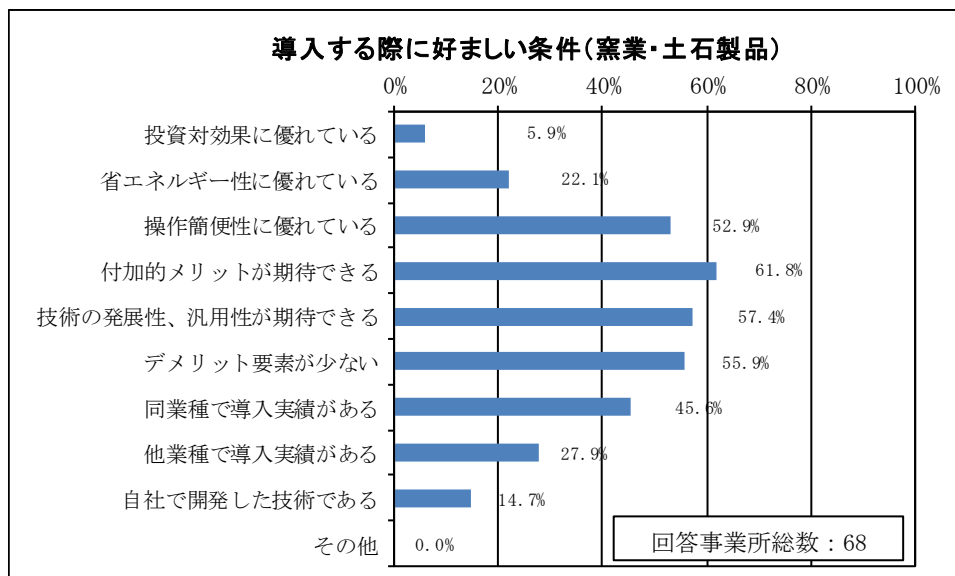


図 246 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (窯業・土石製品)

(7) 鉄鋼

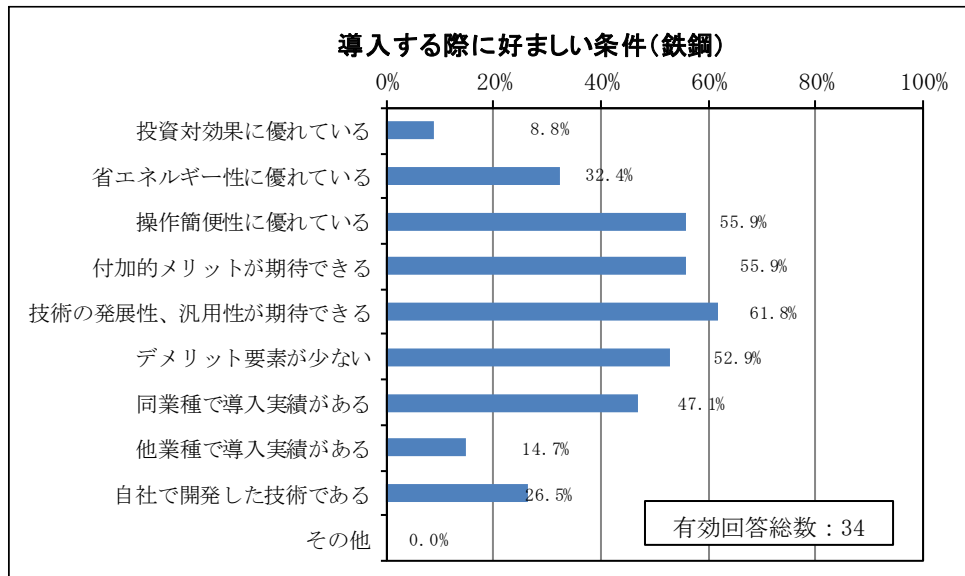


図 247 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (鉄鋼)

(8) 非鉄・金属製品

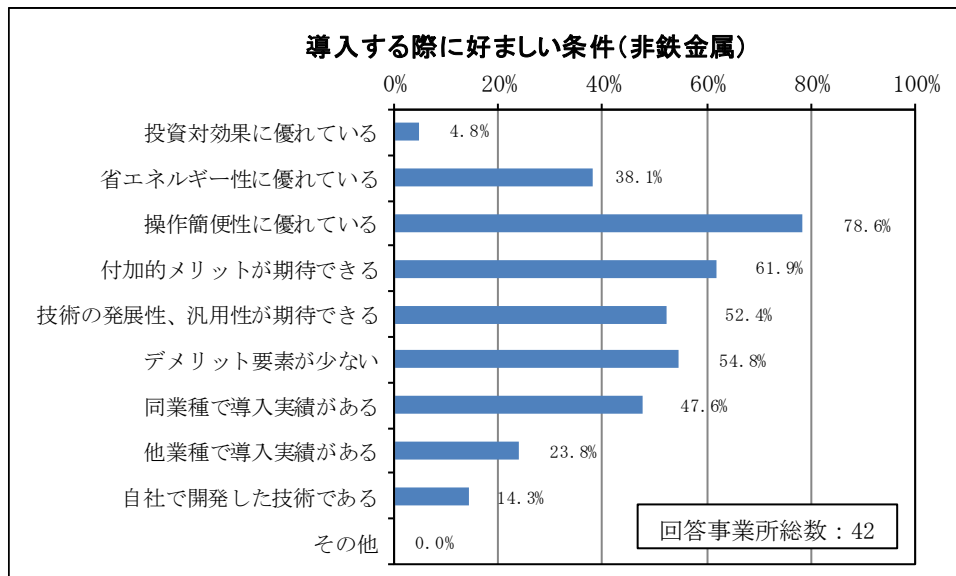


図 248 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (非鉄・金属製品)

(9) 機械

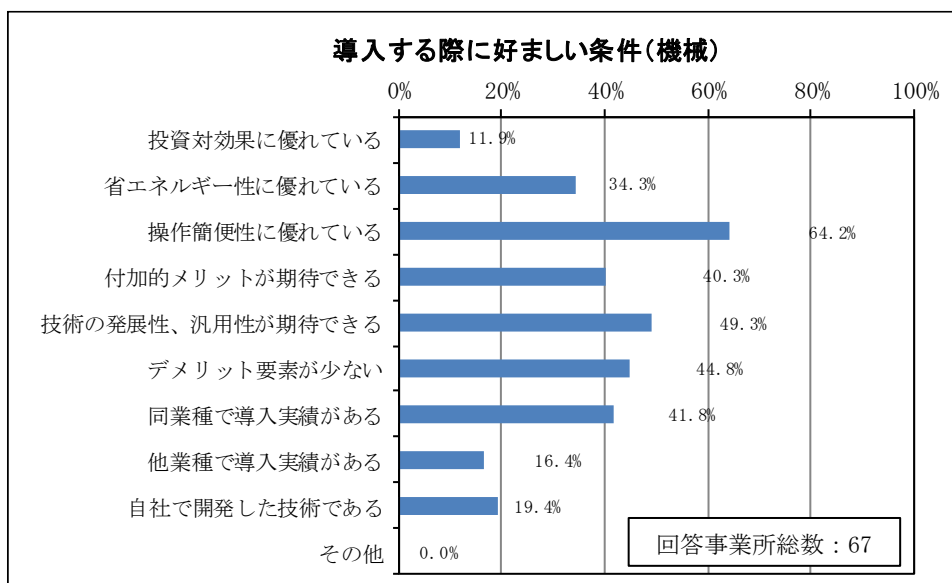


図 249 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (機械)

(10) 電気機械

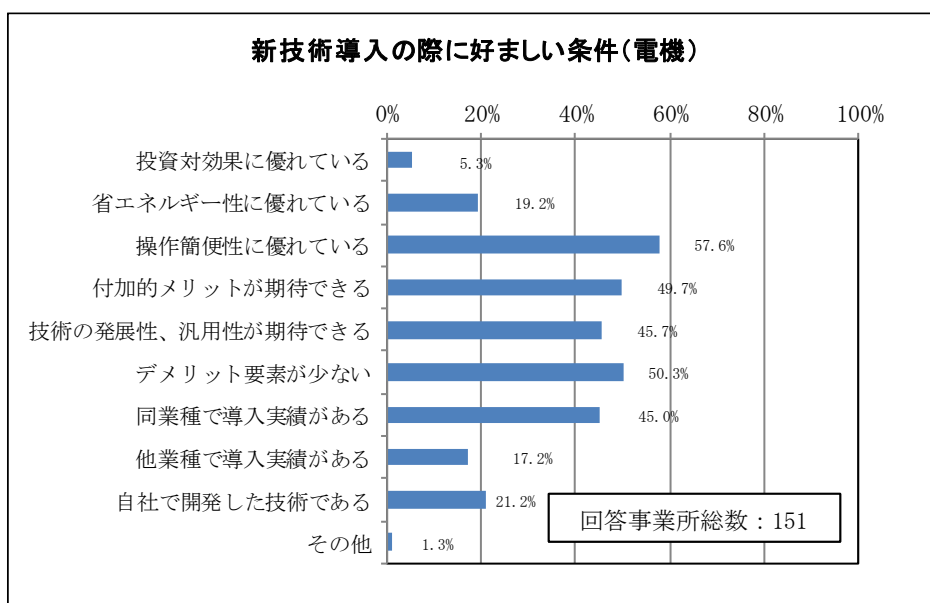


図 250 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (電気機械)

(11) 輸送機械

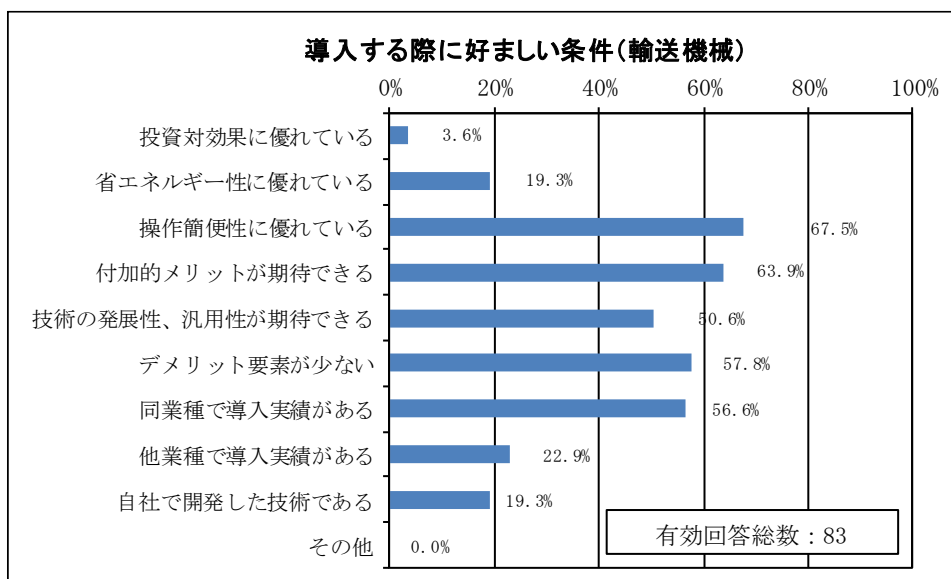


図 251 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (輸送機械)

(12) ガス・熱供給

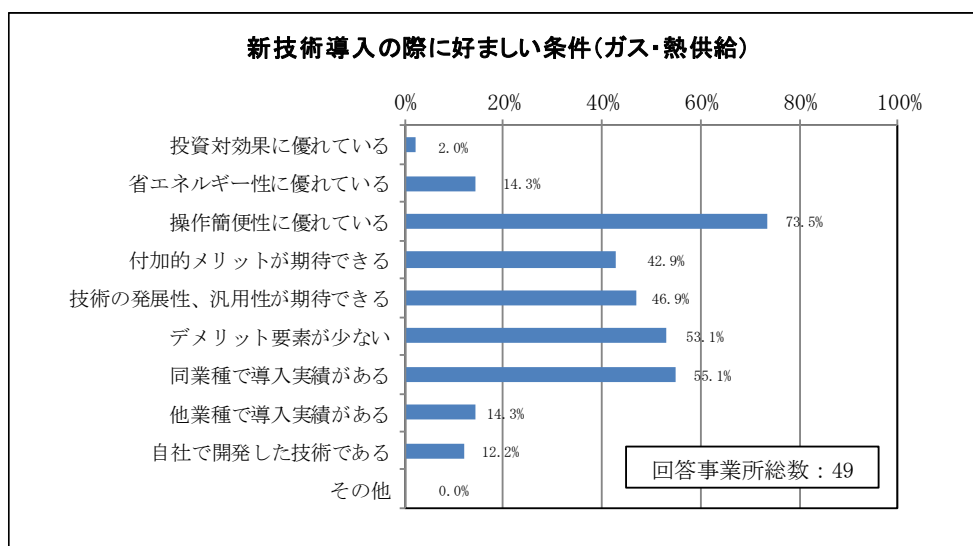


図 252 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (ガス・熱供給)

(13) 電力

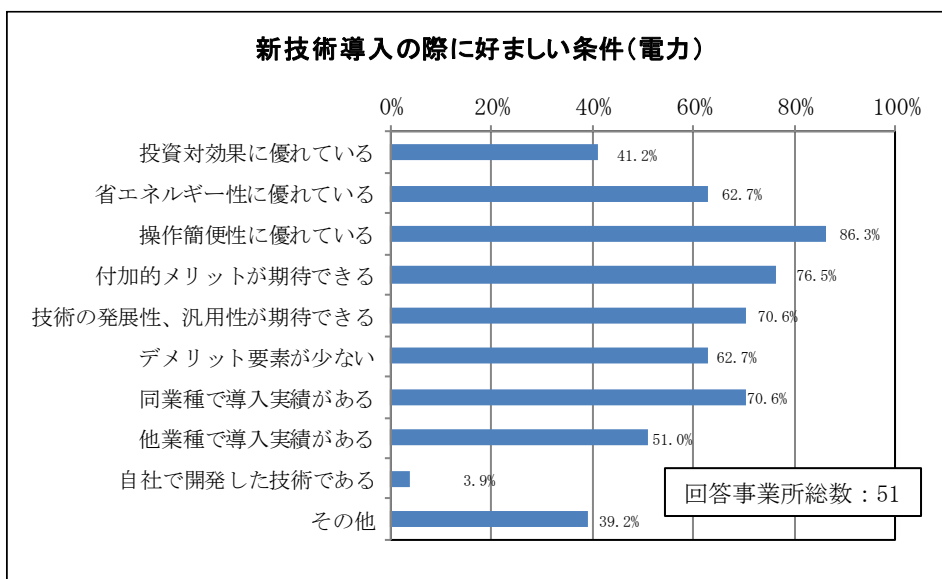


図 253 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (電力)

(14) 清掃

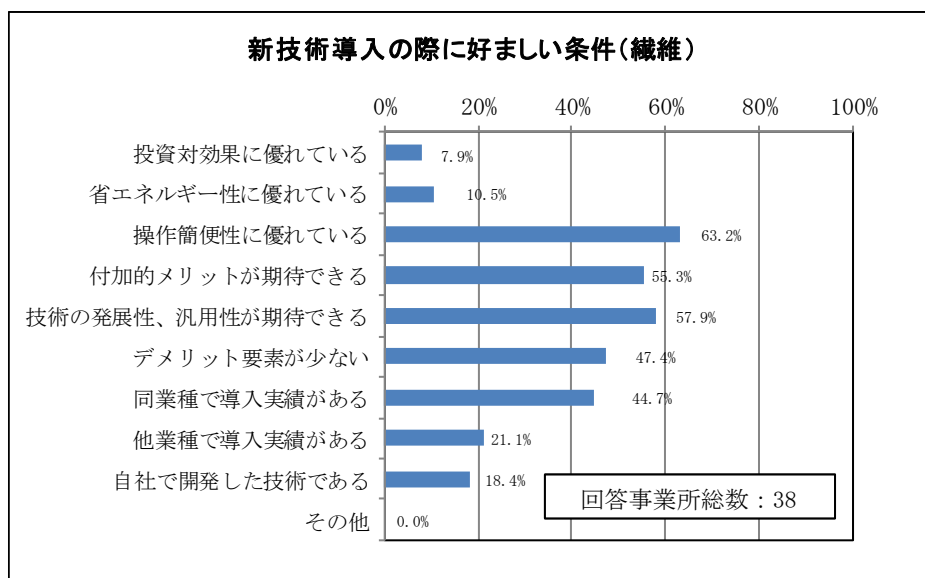


図 254 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (清掃)

(15) その他の製造業

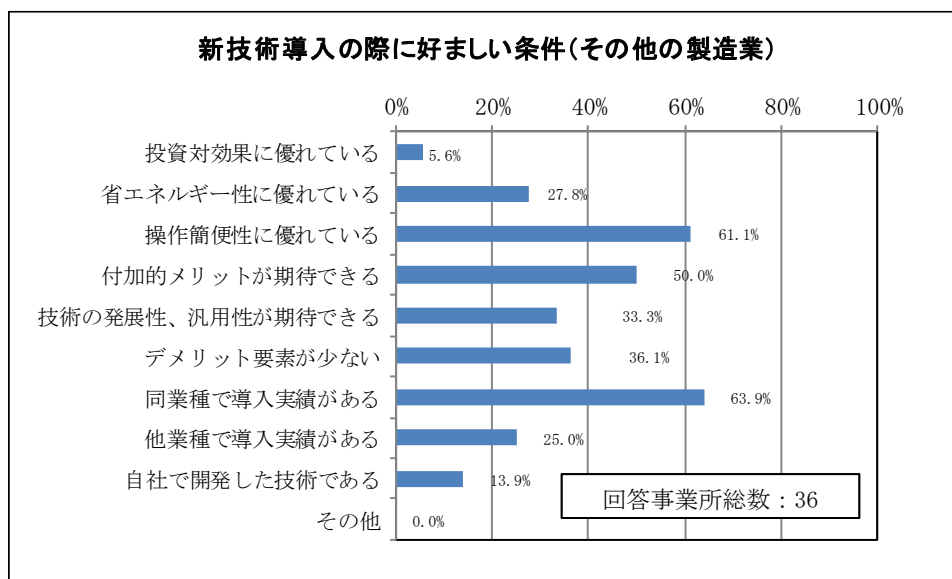


図 255 新技術を導入する際の条件 (好ましい条件) (その他の製造業)

#### 4.10.3 不要な条件

新技術を導入する際に不要な業種別の条件を図 256～270 に示す。各業種の傾向は、1.3.9.3 項の図 40 に示した全 15 業種の集計結果の傾向とおおむね同じである。

##### (1) 食料品

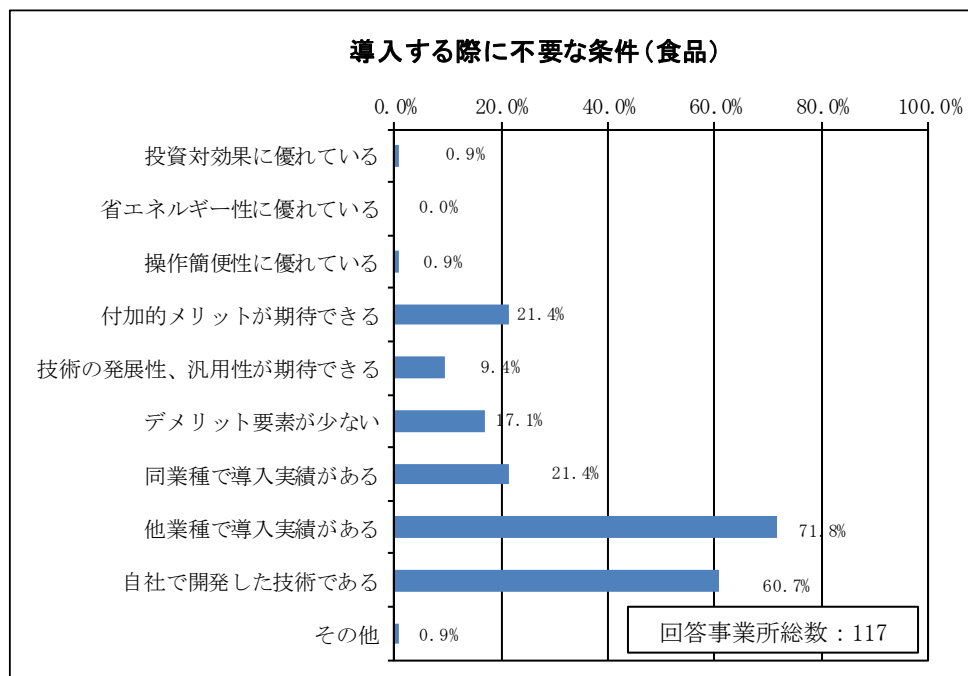


図 256 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（食料品）

##### (2) 繊維

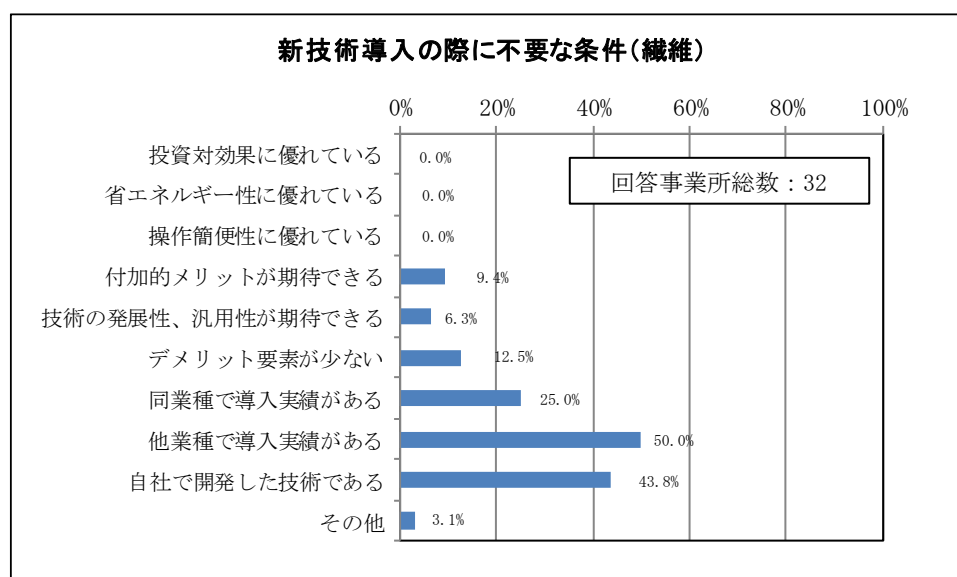


図 257 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（繊維）



(3) パルプ・紙製品

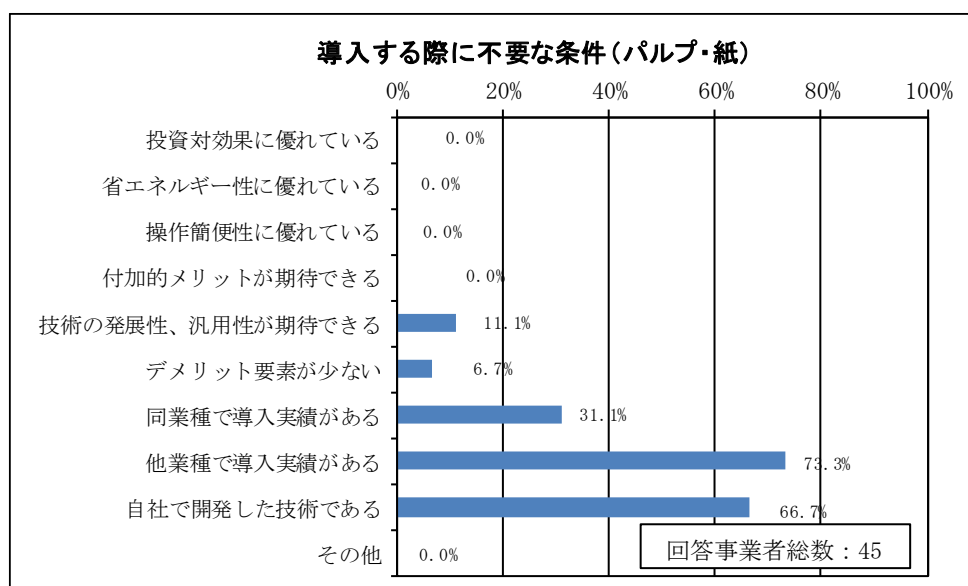


図 258 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（パルプ・紙製品）

(4) 化学

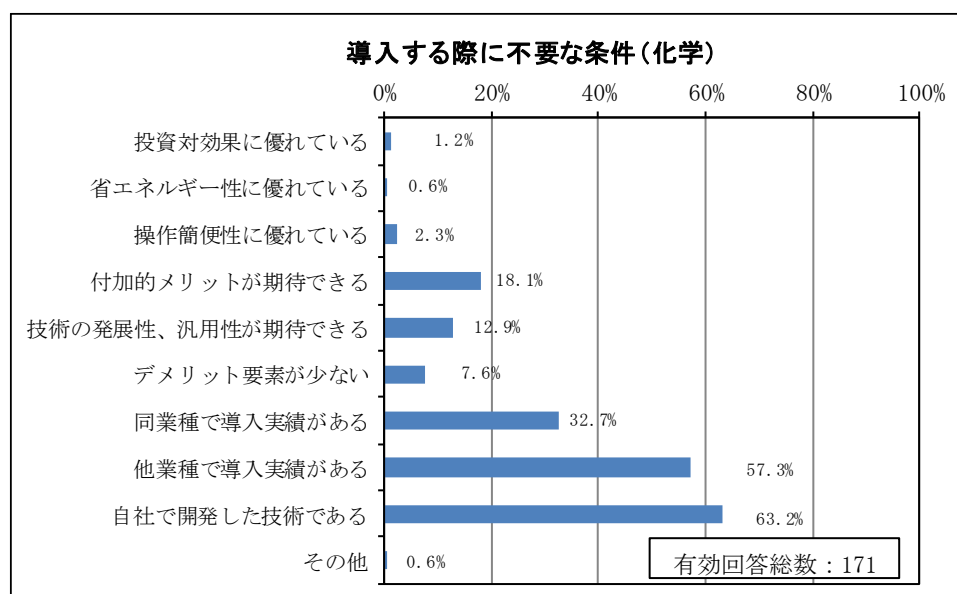


図 259 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（化学）

(5) 石油・石炭

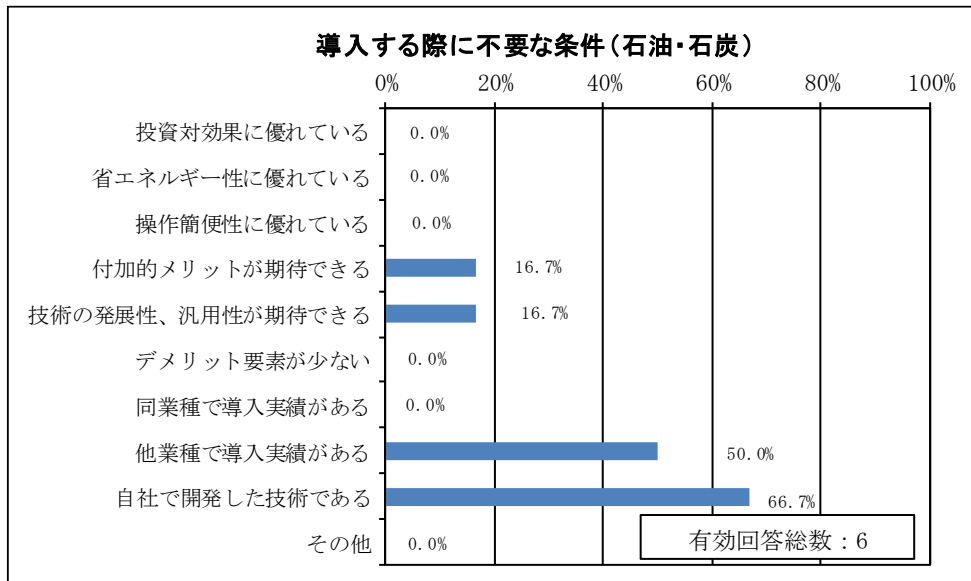


図 260 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（石油・石炭）

(6) 窯業・土石製品

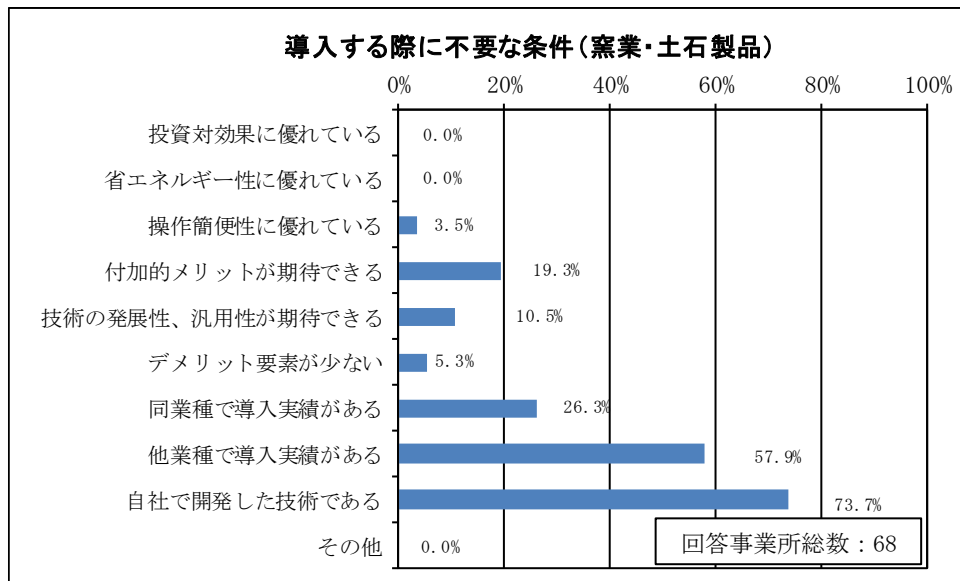


図 261 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（窯業・土石製品）

(7) 鉄鋼

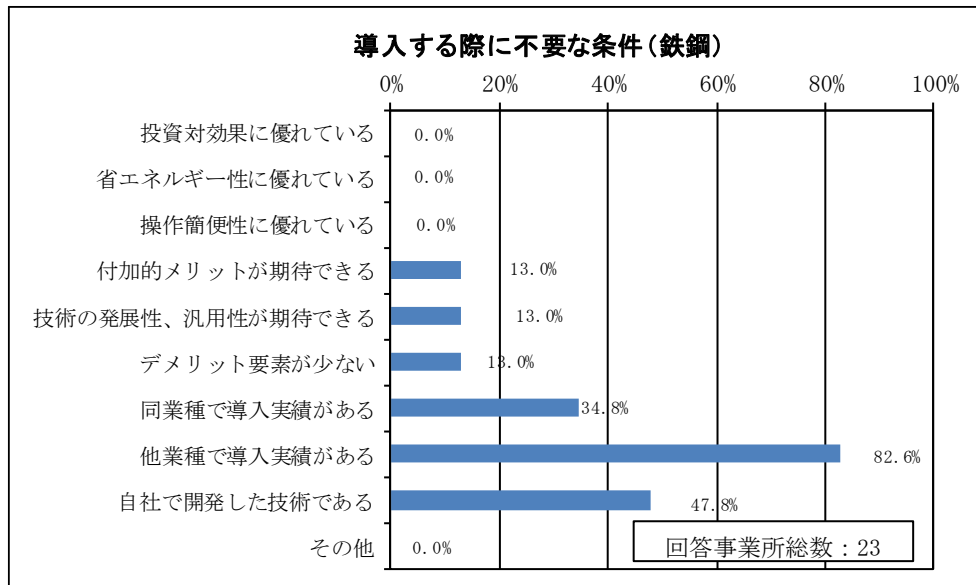


図 262 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（鉄鋼）

(8) 非鉄・金属製品

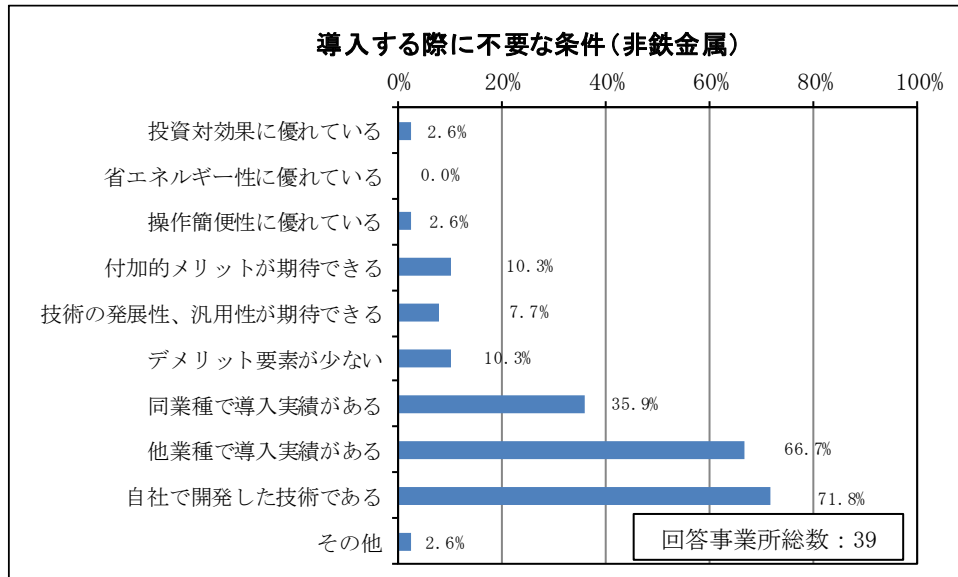


図 263 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（非鉄・金属製品）

(9) 機械

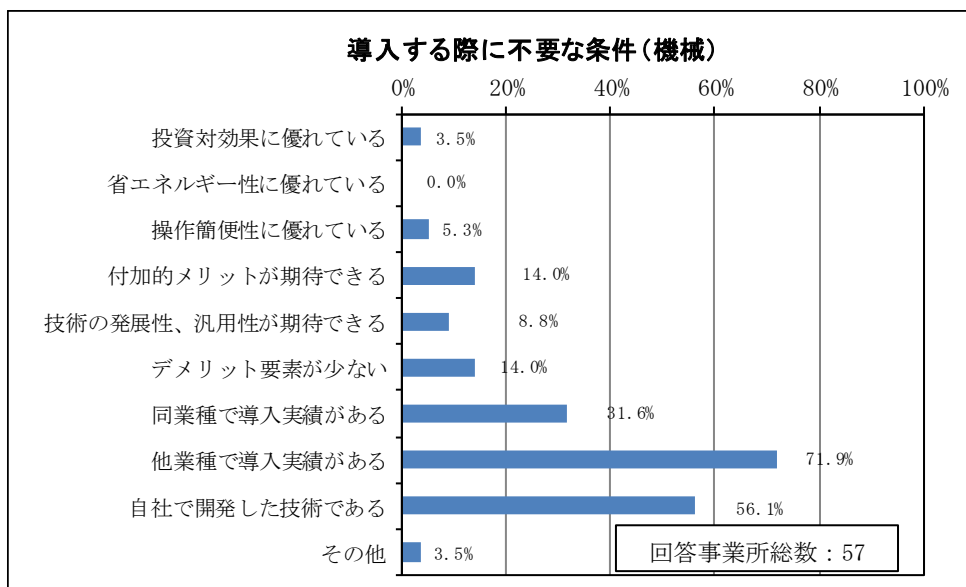


図 264 新技術を導入する際の条件 (不要な条件) (機械)

(10) 電気機械

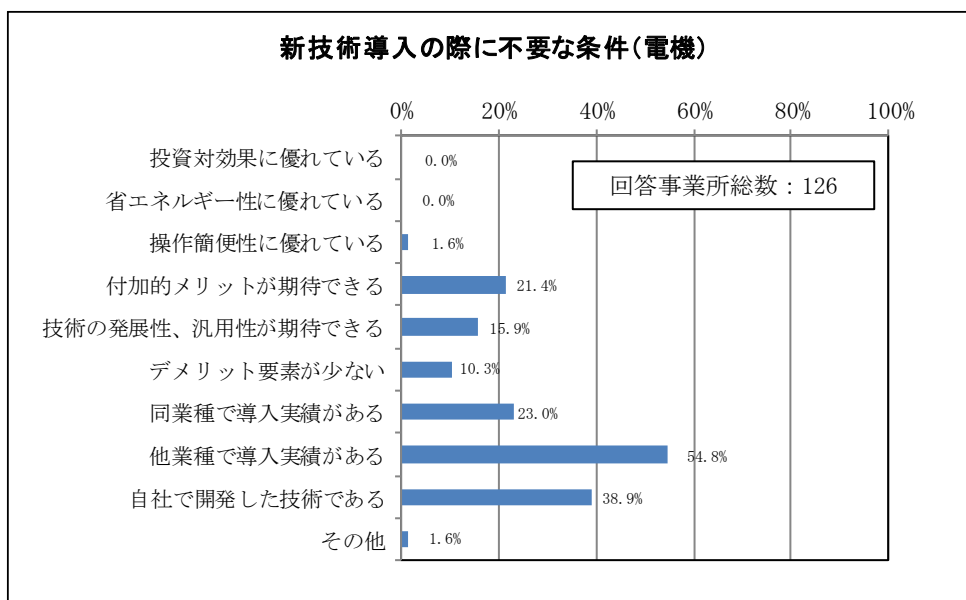


図 265 新技術を導入する際の条件 (不要な条件) (電気機械)

(11) 輸送機械

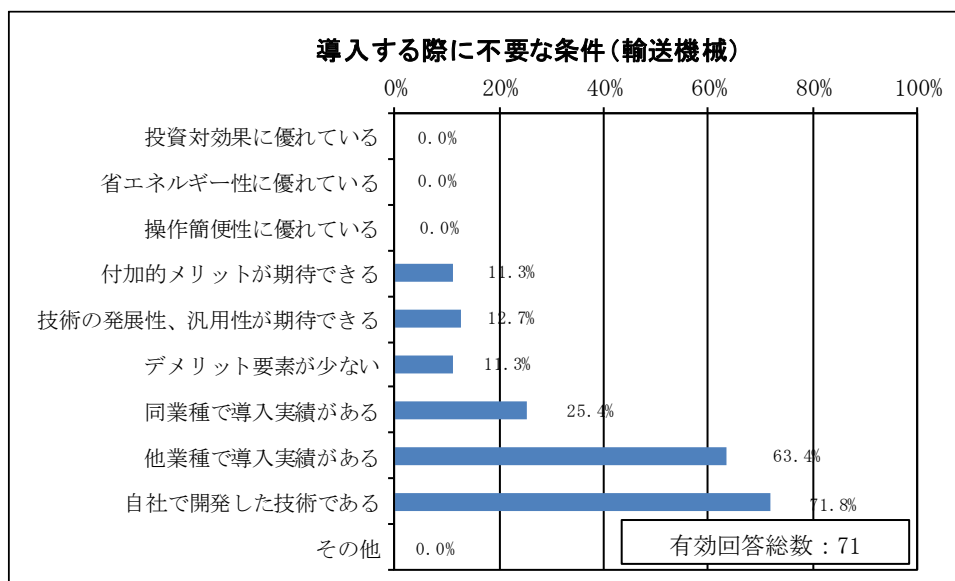


図 266 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（輸送機械）

(12) ガス・熱供給

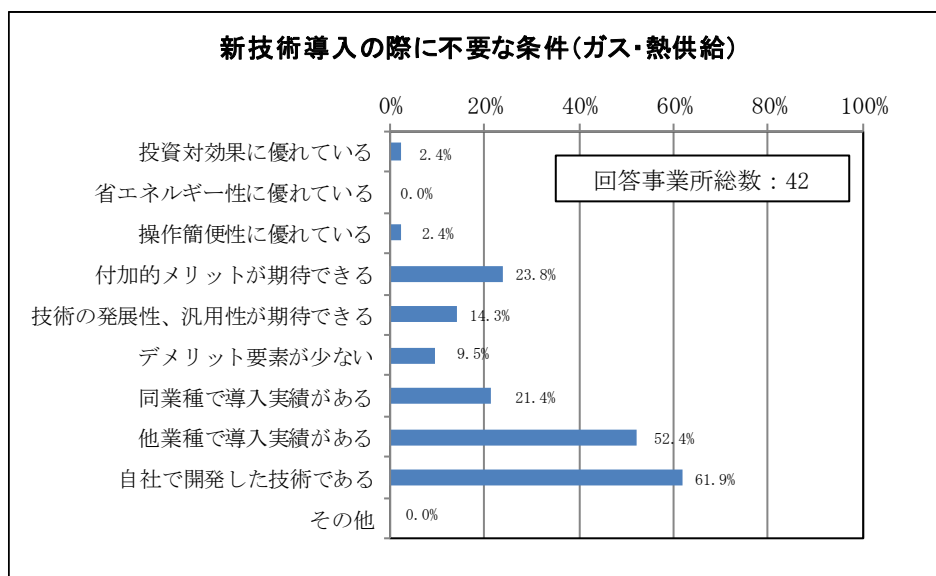


図 267 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（ガス・熱供給）

(13) 電力

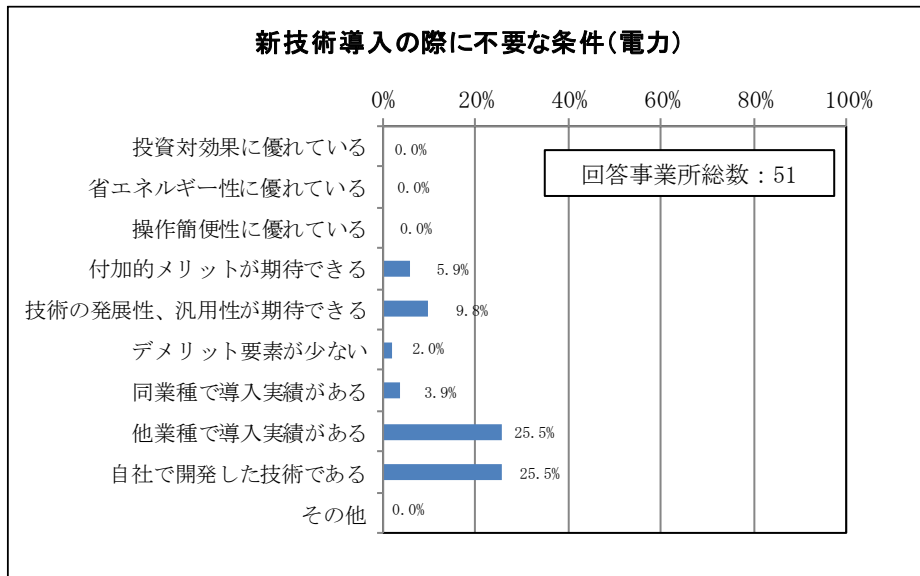


図 268 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（電力）

(14) 清掃

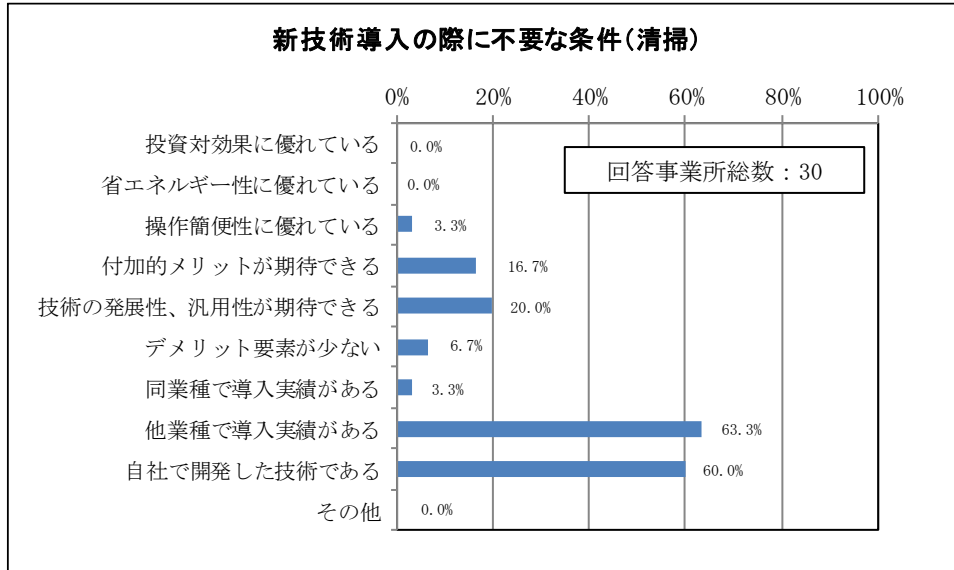


図 269 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（清掃）

(15) その他の製造業

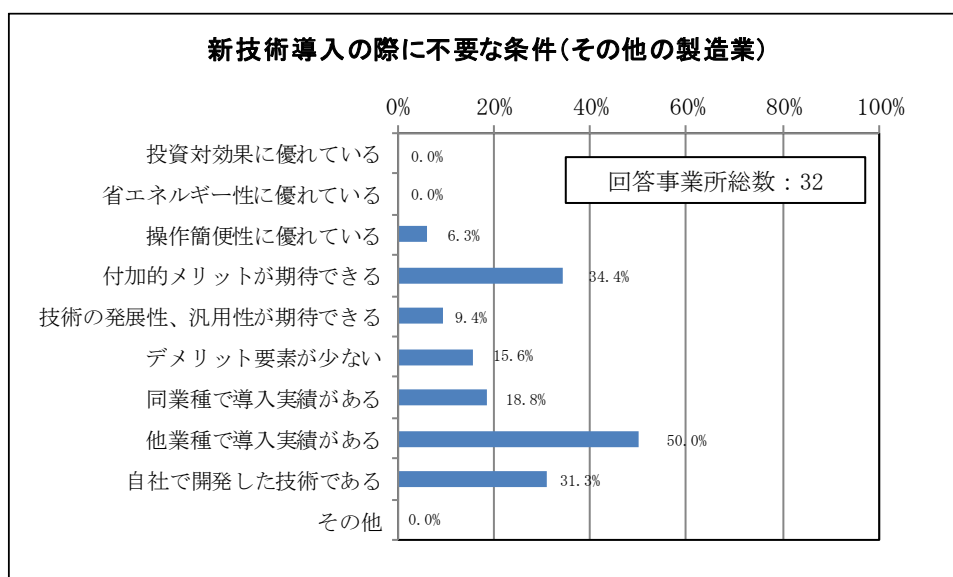


図 270 新技術を導入する際の条件（不要な条件）（その他の製造業）

4.11 参考文献

- (22) 日本冷凍食品協会資料 <http://www.reishokukyo.or.jp/frozen-foods/qanda/qanda1/>.
- (23) 日本缶詰レトルト食品協会資料 <http://www.retortfood.jp/about/howto.html>.
- (24) 清涼飲料工業会資料 [http://www.j-sda.or.jp/manufacturing/manufacturing\\_method01.php](http://www.j-sda.or.jp/manufacturing/manufacturing_method01.php).
- (25) 日本染色協会：染色整理業における地球温暖化対策の取り組み(平成 20 年度).
- (26) 石川県：いしかわ事業者版環境 ISO 業種別マニュアル.
- (27) 日本機械工業連合会、社団法人 日本繊維機械協会：平成 15 年度繊維機械における技術革新と今後の方向性に関する調査研究報告書.
- (28) Web 版 化学プロセス集成 パルプ（製紙工場）.
- (29) 石油学会 石油化学プロセス.
- (30) 三菱重工技報 Vol.33 No.5 (1996-9).
- (31) 経済産業省「化学工業統計」.
- (32) Web 版化学プロセス集成資料.
- (33) 「製油所における最新省エネ技術の適用可能性調査報告書」（20 万 BSD クラスの製油所を対象），財団法人 石油活性化センター，(2004).
- (34) 生産量はセメント新聞（2016.3.21 号）、比熱は JIS R0303 セメント工業用窯炉の熱勘定方式による.
- (35) 板硝子協会資料.
- (36) 2012 年度 METI 鉄鋼業における未利用熱エネルギーの有効活用及び省エネルギー実態調査.
- (37) 秋山，共生型製鉄所の可能性，鉄と鋼，Vol. 82 No. 3，(1996).
- (38) 日本鉄鋼連盟ホームページ <http://www.jisf.or.jp/course50/tecnology03/>.
- (39) 平成 24 年度 経済産業省 鉄鋼業における未利用熱エネルギーの有効活用及び省エネルギー実態調査.
- (40) 共生型製鉄所の可能性，鉄と鋼，Vol.82 (1996) No.3、秋山友宏、八木順一郎.
- (41) 日本鍛造協会資料 <http://www.jfa-tanzo.jp/contents/01forging01.html>.

- (42) 素形材センターの鍛造技術分野のロードマップ  
<http://sokeizai.or.jp/japanese/publish/200706/200901osakada.pdf>.
- (43) 省エネルギーセンター 工業炉ハンドブック.
- (44) 2012 年度 産業構造審議会 自動車 WG 資料.  
[http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004647/pdf/2012\\_04\\_04.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004647/pdf/2012_04_04.pdf).
- (45) 日本塗装機械工業会 [http://www.cema-net.com/documents/seminar\\_5/paper\\_2.pdf](http://www.cema-net.com/documents/seminar_5/paper_2.pdf).
- (46) 日本ダイカスト協会 <http://www.j-imonono.com/column/daredemo/70.html>.
- (47) ファンクショナル・フルイッド資料 <http://www.functional-fluids.co.jp/pdf/Tec08-jp.pdf>.
- (48) 日本ガス協会：都市ガス事業における地球温暖化対策の取組み.
- (49) 平成 19 年度 未利用熱エネルギー面的活用熱供給適地促進調査等事業報告.
- (50) 第 14 回 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 ガスシステム改革小委員会 熱供給事業の現状について.
- (51) 産業構造審議会 産業技術環境分科会 地球環境小委員会 資源・エネルギーワーキンググループ（平成 29 年度第 1 回）電気事業低炭素社会協議会の「低炭素社会実行計画」（2020 年目標）.
- (52) 総合資源エネルギー調査会 長期エネルギー需給見通し小委員会（第 5 回）火力発電における論点を元に作成.
- (53) 環境省廃棄物処理技術情報平成 28 年度調査結果から算出.
- (54) 印西クリーンセンター施設基本計画.
- (55) 環境省 一般廃棄物の排出及び処理状況等（平成 27 年度）について.



## 第5章 産業分野の未利用熱の活用状況（補足資料）

本章には第2章の補足資料として、未利用熱の活用状況調査のアンケート書類に加え、第2章には挙げなかった細分化した分析結果を記載する。

業種別の分析結果は、元のデータ数が限られるため、第2章の分析よりも誤差が大きくなりやすく、あくまでも定性的な傾向を見る資料として利用されたい。

## 5.1 未利用熱の活用状況調査のアンケート書類

### 5.1.1 ご回答にあたってのお願い

#### ご回答にあたってのお願い

##### 同封書類

お願いにあたり、次の書類を同封いたしております。万一不足がありましたときには、下記連絡先にご連絡願います。

1. アンケート調査ご協力へのお願い
2. ご回答にあたってのお願い（本用紙）
3. 調査票記入要領
4. 調査票《記入例》
5. 調査票《回答用紙》
6. 参考資料1 未利用熱利用技術の概要と適用例
7. 参考資料2 未利用熱利用調査（前回実施）の集計状況

##### ご回答方法

ご回答は任意です。諸般の事情でご回答いただけない場合は、下記 e-mail アドレスへ「諸般の事情により回答できない」旨、ご一報いただければ幸いです。

##### ご回答期限

回答用紙は同封の返信用封筒に入れ、5月31日までにご投函ください。

##### ご回答手順

本調査はエネルギーの使用の合理化に関する法律による登録管理工場単位で実施させていただいておりますので、貴管理工場の内容についてのみご回答ください。なお、本社で一括してご回答いただいても結構です。

ご記入にあたっては、「調査票記入要領」および「調査票《記入例》」を参考にしてください。また、質問項目が貴工場に該当しない項目または不明の項目については、未記入または不明と記入して次の質問項目に進んでください。

回答用紙の電子ファイル（MS-Excel 形式）を準備いたしております。電子ファイルによる回答の方が都合の良い方は、下記 e-mail アドレスへご請求ください。

回答用紙が不足する場合には、恐れ入りますが複写いただくか、電子ファイルをご請求ください。

##### お問い合わせ先

本調査についてご不明な点がございましたら、下記の連絡先までお問い合わせください。

調査主体：未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合 URL: <http://www.thermat.jp/>

調査担当：未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合 技術開発センター長 平野 聡

委託調査機関：JFE テクノリサーチ株式会社

連絡先：JFE テクノリサーチ株式会社 調査研究部 未利用熱アンケート事務局

住 所：〒210-0855 神奈川県川崎市川崎区南渡田1番1号

TEL : 044-322-XXXX、YYYY

FAX : 044-322-ZZZZ

e-mail : [miriyou@jfe-tec.co.jp](mailto:miriyou@jfe-tec.co.jp)（本調査専用）

## 5.1.2 調査票記入要領

### 調査票記入要領

#### 1) 工場概要

調査票には、社名、工場名、所属、連絡担当者の氏名をご記入ください。

ID は送付した封筒の宛先ラベルシートに書かれた数字（7桁）を転記してください。

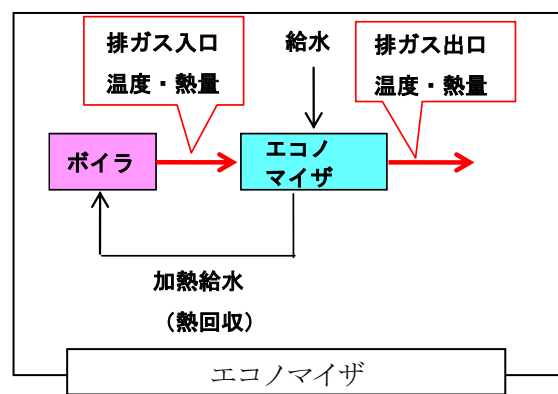
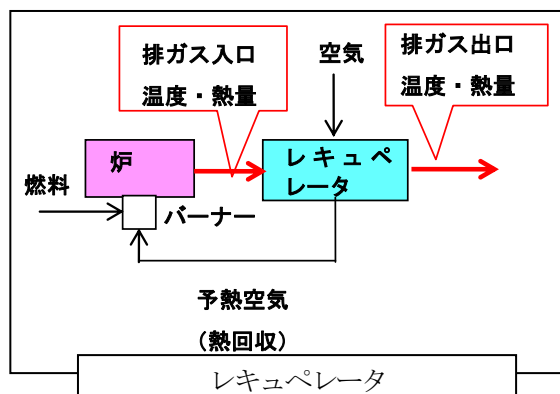
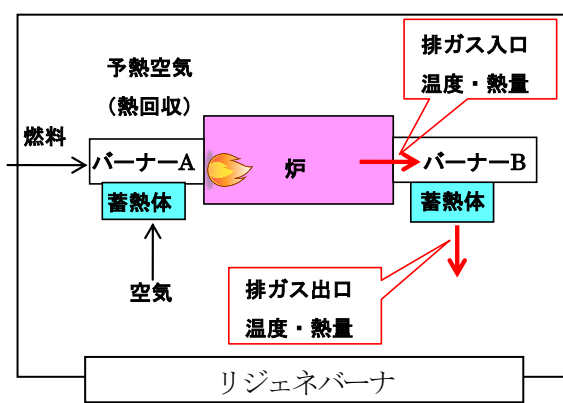
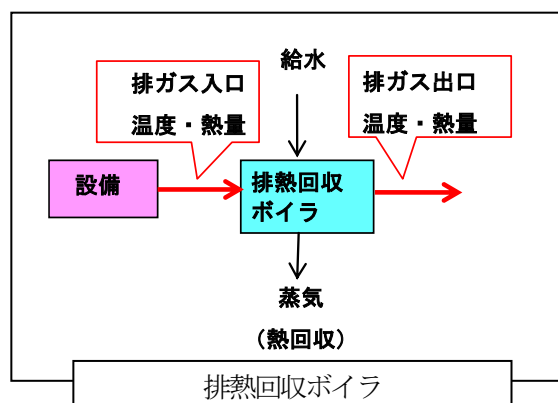
#### 2) 従来型の排熱利用設備の導入状況

設備欄には、前回アンケートと同様、貴社における排熱発生設備の名称をご記入ください。

主な設備名称としては、原則、下表から選定してください。

- ・ 蒸気用ボイラ、化学反応炉、蒸留設備、電解設備、燃焼炉、乾燥炉、予熱炉、加熱炉、熱処理炉、溶解炉、電気炉等、焼成炉、キルン、キュポラ、シャフト炉、廃物焼却炉、ごみ焼却炉、蒸発設備、冷却設備、蒸気タービン、ガスタービン、ディーゼルエンジン、ガスエンジン、圧縮空気用コンプレッサー、空調用熱源（吸収式冷凍機、ターボ圧縮機）等。
- ・ 業務用ビル・商業施設等では空調用熱源（吸収式冷凍機、ターボ圧縮機等）も選定可。

排熱利用機器種類の欄には、排熱発生設備毎に、貴社で既に導入されている排熱利用機器の種類及び該当する数値等をご記入ください。主な排熱利用機器としては、排熱回収ボイラ、リジェネバーナ、レキュペレータ、エコノマイザ等があります。該当機器がない場合は、その他欄にその機器名称をご記入ください。その他温度および熱量は稼動時の平均排熱温度、平均排熱量等を記入してください。測定されていない場合は、定格値あるいは設計値でもかまいません。その際には、その旨をご記入ください。なお、排熱回収ボイラ、リジェネバーナ、レキュペレータ、エコノマイザに関する排ガス入口及び出口の箇所は、下図をご参照ください。



### 3) 未利用熱活用設備の導入の可能性

未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合では、以下の技術開発を実施しています(参考資料1参照)。これらの新技術の適用可能性の検討等に資するため、貴社の未利用熱活用技術導入ニーズに関する質問へのご回答をお願いいたします。

未利用熱を熱として活用する技術	蓄熱
	ヒートポンプ
未利用熱を電気として活用する技術	熱電発電
	熱機関発電(有機ランキンサイクル発電等)
熱使用量を削減する技術	断熱
	遮熱

#### 設問 3.1 未利用熱活用の対象設備

対象設備の欄には、前回のアンケートと同様、貴社の排熱設備名称をご記入ください。主な設備名称としては、原則、下表から選定してください。

- ・蒸気用ボイラ、化学反応炉、蒸留設備、電解設備、燃焼炉、乾燥炉、予熱炉、加熱炉、熱処理炉、溶解炉、電気炉等、焼成炉、キルン、キュポラ、シャフト炉、廃物焼却炉、ごみ焼却炉、蒸発設備、冷却設備、蒸気タービン、ガスタービン、ディーゼルエンジン、ガスエンジン、圧縮空気用コンプレッサー、空調用熱源(吸収式冷凍機、ターボ圧縮機)等。
- ・業務用ビル・商業施設等では空調用熱源(吸収式冷凍機、ターボ圧縮機等)も選定可。

温度の欄には、排熱設備ごとに、「現在活用を検討している、または、検討したい温度帯」を下表から選択して、その記号をご記入ください。

a	100°C未満
b	100°C以上 150°C未満
c	150°C以上 200°C未満
d	200°C以上 250°C未満
e	250°C以上 300°C未満
f	300°C以上 350°C未満
g	350°C以上 400°C未満
h	400°C以上 450°C未満
i	450°C以上 500°C未満
j	500°C以上

### 設問3.2 未利用熱活用の適用可能性（未利用熱を「熱」として活用する技術）

未利用熱を熱として活用する蓄熱及びヒートポンプについて、貴社の設備の適用可能性について回答してください。

対象設備の欄には、未利用熱活用技術適用の可能性のある貴社の排熱設備名称をご記入ください。

主な設備名称としては、原則、下表から選定してください。

- ・ 蒸気用ボイラ、化学反応炉、蒸留設備、電解設備、燃焼炉、乾燥炉、予熱炉、加熱炉、熱処理炉、溶解炉、電気炉等、焼成炉、キルン、キュポラ、シャフト炉、廃物焼却炉、ごみ焼却炉、蒸発設備、冷却設備、蒸気タービン、ガスタービン、ディーゼルエンジン、ガスエンジン、圧縮空気用コンプレッサー、空調用熱源（吸収式冷凍機、ターボ圧縮機）等。
- ・ 業務用ビル・商業施設等では空調用熱源（吸収式冷凍機、ターボ圧縮機等）も選定可。

蓄熱またはヒートポンプを貴社設備の未利用熱と組み合わせた適用可能性について、蓄熱の欄には排熱設備ごとに蓄熱温度、時間を選択してください。ヒートポンプの欄には、排熱の形態、温度、用途等を選択してください。

### 設問3.3 未利用熱活用の適用可能性（未利用熱を「電気」として活用する技術）

未利用熱を電気として活用する熱電発電及び熱機関発電（有機ランキンサイクル発電等）について、貴社の設備の適用可能性について回答してください。

対象設備の欄には、未利用熱活用技術適用の可能性のある貴社の排熱設備名称をご記入ください。

主な設備名称としては、原則、下表から選定してください。

- ・ 蒸気用ボイラ、化学反応炉、蒸留設備、電解設備、燃焼炉、乾燥炉、予熱炉、加熱炉、熱処理炉、溶解炉、電気炉等、焼成炉、キルン、キュポラ、シャフト炉、廃物焼却炉、ごみ焼却炉、蒸発設備、冷却設備、蒸気タービン、ガスタービン、ディーゼルエンジン、ガスエンジン、圧縮空気用コンプレッサー、空調用熱源（吸収式冷凍機、ターボ圧縮機）等。
- ・ 業務用ビル・商業施設等では空調用熱源（吸収式冷凍機、ターボ圧縮機等）も選定可。

熱電発電及び熱機関発電（有機ランキンサイクル発電等）を貴社設備の未利用熱と組み合わせた適用可能性について、排熱設備ごとに適用可能な排熱の熱量、新技術導入として許容できる発電単価を選択してください。

#### 4) 未利用熱活用のための障害、要求

未利用熱活用のために利用者の立場から重視してほしい技術開発項目について回答してください。

それぞれの新技術ごとに関心の有無、重視すべき項目について該当する記号を選択してください（複数選択可）。また、その他の欄には、要望等を記入してください。

#### 5) 熱輸送状況

貴社における現在の排熱活用状況についてご回答ください。設問 5.1 では、ボイラを生産プロセス（乾燥設備等）等に活用している状況についてご記入ください。設問 5.2 では、生産プロセス（加熱設備等）の排熱を排熱利用設備（排熱回収ボイラ等）に活用している状況についてご記入ください。

ボイラは法規制の関係で集中型になり、プロセスへ蒸気を供給する場合が一般的です。一方、今回開発対象としているヒートポンプは、小規模分散配置が可能です。その場合熱輸送長を短縮でき、輸送中の熱損失を減らせる可能性があります。このようなニーズを検討するための質問となっております。

##### 設問 5.1 ボイラからプロセスまで

ボイラを生産プロセス等に活用している際のプロセスの種類、熱輸送長、配管構造、温度／圧力、輸送熱量を記入してください。

##### 設問 5.2 プロセスから排熱活用設備まで

生産プロセスから発生する排熱を排熱活用設備によって活用している際のプロセスの種類、熱輸送長、温度、輸送熱量を記入してください。

5.1.3 回答用紙

5.1.3 アンケート書類 未利用熱利用調査 《回答用紙》													
<p>○ 記入可能な部分のみご回答ください。新たに測定していただく必要はありません。                  ○ 本アンケートに回答できない場合は、下記e-mailアドレスへ「諸般の事情により回答できない」旨、ご一報ください。  <b>e-mail: miriyou@jfe-tec.co.jp</b></p>													
<b>1) 工場概要</b>													
社名													
工場名										ID※:			
所属													
連絡担当者		氏名:				Eメール:							
※送付した封筒の宛先ラベルシートに書かれた数字(7桁)です													
<b>2) 従来型の排熱利用設備の導入状況</b>													
貴社の排熱利用設備の活用状況をお聞きます。設備欄には、前回アンケートと同様、貴社における排熱発生設備の名称をご記入ください。排熱利用機器種類等の欄には、排熱発生設備毎に、貴社で既に導入されている排熱利用機器の種類及び該当する数値等をご記入ください。													
設備No.		2-1			2-2			2-3					
設備名 注1)													
排熱利用機器種類 注2)		a. 排熱回収ボイラ			a. 排熱回収ボイラ			a. 排熱回収ボイラ					
		b. リジェネバーナ			b. リジェネバーナ			b. リジェネバーナ					
		c. レキュペレータ			c. レキュペレータ			c. レキュペレータ					
		d. エコノマイザ			d. エコノマイザ			d. エコノマイザ					
		e. その他 ( )			e. その他 ( )			e. その他 ( )					
排熱 (排熱利用機器入り口)	温度 [°C]												
	熱量 (相当単位に○)	MJ/h		kWh/h		MJ/h		kWh/h		MJ/h		kWh/h	
排熱 (排熱利用機器出口)	温度 [°C]												
	熱量 (相当単位に○)	MJ/h		kWh/h		MJ/h		kWh/h		MJ/h		kWh/h	
回収熱量	温度 [°C]												
	熱量 (相当単位に○)	MJ/h		kWh/h		MJ/h		kWh/h		MJ/h		kWh/h	
稼働状況	稼働時間	時間/日				時間/日				時間/日			
	稼働日数	日/年				日/年				日/年			
導入年度		( )年度			( )年度			( )年度					
導入理由 (複数選択可)		a. 省エネルギーの必要性			a. 省エネルギーの必要性			a. 省エネルギーの必要性					
		b. 設備更新に合わせて			b. 設備更新に合わせて			b. 設備更新に合わせて					
		c. 経済的メリットが見込めたから			c. 経済的メリットが見込めたから			c. 経済的メリットが見込めたから					
		e. その他 ( )			e. その他 ( )			e. その他 ( )					
導入効果の満足度		a. 十分満足			a. 十分満足			a. 十分満足					
		b. 満足			b. 満足			b. 満足					
		c. 普通			c. 普通			c. 普通					
		d. やや不満			d. やや不満			d. やや不満					
		理由 ( )			理由 ( )			理由 ( )					
		e. 不満			e. 不満			e. 不満					
理由 ( )			理由 ( )			理由 ( )							
注1) 設備の種類を次から選んでください。 蒸気用ボイラ、化学反応炉、蒸留設備、電解設備、燃焼炉、乾燥炉、予熱炉、加熱炉、熱処理炉、溶解炉、電気炉等、焼成炉、キルン炉、キュボラ、シャフト炉、廃物焼却炉、ごみ焼却炉、蒸発設備、冷却設備、蒸気タービン、ガスタービン、ディーゼルエンジン、ガスエンジン、圧縮空気用コンプレッサ、空調用熱源 (吸収式冷凍機、ターボ圧縮機) 等													
注2) a. 排熱回収ボイラ：排ガスの熱により蒸気を発生させるボイラ b. リジェネバーナ：蓄熱体とバーナのセットを2式 (A、B)有し、Aが燃焼しているとき、Bから排気してBの蓄熱体に熱を蓄える。次に燃焼するバーナを切り替えてBとする時、Bの蓄熱体に蓄えられた熱で空気を予熱してバーナに供給することで燃料が節約できる。蓄熱体の温度が低下すると、バーナをAに切り替えることで運転を継続する。 c. レキュペレータ：排ガスによる空気予熱 d. エコノマイザ：排ガスによる給水加熱													

**3) 未利用熱活用設備の導入の可能性**

未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合では、以下の技術開発を実施しています(参考資料1参照)。これらの新技術の適用可能性の検討等に資するため、貴社の未利用熱活用技術導入ニーズに関する質問へのご回答をお願いいたします。

	未利用熱を熱として活用する技術	蓄熱					
		ヒートポンプ					
	未利用熱を電気として活用する技術	熱電発電					
		熱機関発電(有機ランキンサイクル発電等)					
	熱使用量を削減する技術	断熱					
		遮熱					

**設問3.1 未利用熱活用の対象設備**

前回アンケートでは、未利用熱が発生している設備の状況についてお聞きしました。今回は未利用熱活用を検討している、あるいは検討したい設備についてお答えください。温度欄には、活用ニーズのある温度帯を下表から選択して、その記号をご記入ください。

設備No.	3-1	3-2	3-3
設備名 注1)			
未利用熱温度帯 注3)			

注1) 再掲載

設備の種類を次から選んでください。

蒸気用ボイラ、化学反応炉、蒸留設備、電解設備、燃焼炉、乾燥炉、予熱炉、加熱炉、熱処理炉、溶解炉、電気炉等、焼成炉、キルン、キューボラ、シャフト炉、廃物焼却炉、ごみ焼却炉、蒸発設備、冷却設備、蒸気タービン、ガスタービン、ディーゼルエンジン、ガスエンジン、圧縮空気用コンプレッサー、空調用熱源(吸収式冷凍機、ターボ圧縮機)等

注3) 温度帯 下記の温度帯から選び記号を記入して下さい。

a	100℃未満
b	100℃以上150℃未満
c	150℃以上200℃未満
d	200℃以上250℃未満
e	250℃以上300℃未満
f	300℃以上350℃未満
g	350℃以上400℃未満
h	400℃以上450℃未満
i	450℃以上500℃未満
j	500℃以上



設問3.2 未利用熱活用技術の適用可能性（未利用熱を熱として活用する技術）							
未利用熱を熱として活用する技術として、蓄熱技術とヒートポンプがあります。これらの技術について貴社設備の未利用熱と組み合わせた場合の活用可能性について回答してください。							
	蓄熱1			蓄熱2			
対象設備（設問3.1のNo.を記入）							
使ってみたい蓄熱温度	a. 100℃未満 b. 100以上200℃未満 c. 200℃以上			a. 100℃未満 b. 100以上200℃未満 c. 200℃以上			
必要な蓄熱時間	a. 1分以内 b. 1時間以内 c. 12時間以内 d. 24時間以内 e. 24時間より長く			a. 1分以内 b. 1時間以内 c. 12時間以内 d. 24時間以内 e. 24時間より長く			
	ヒートポンプ1			ヒートポンプ2			
対象設備（設問3.1のNo.を記入）							
既存の蒸気ボイラから代替する場合の用途	a. 蒸気 b. 熱水 c. 空気 d. その他( )			a. 蒸気 b. 熱水 c. 空気 d. その他( )			
既存の蒸気ボイラから代替する場合の温度	a. 100℃未満 b. 100℃以上150℃未満 c. 150℃以上200℃未満 d. 200℃以上			a. 100℃未満 b. 100℃以上150℃未満 c. 150℃以上200℃未満 d. 200℃以上			
既存の冷凍機を代替する場合の用途	a. 冷却水 b. ブライン c. 空気 d. その他( )			a. 冷却水 b. ブライン c. 空気 d. その他( )			
既存の冷凍機を代替する場合の温度	a. 冷却温度-5℃以下 b. 冷却温度-5℃より高く5℃以下 c. 冷却温度5℃より高い			a. 冷却温度-5℃以下 b. 冷却温度-5℃より高く5℃以下 c. 冷却温度5℃より高い			

設問3.3 未利用熱活用技術の適用可能性（未利用熱を電気として活用する技術）		
未利用熱を電気として活用する技術として、熱電発電と熱機関発電（有機ランキンサイクル発電等）があります。これらの技術を貴社設備の未利用熱と組み合わせた場合の活用可能性についてお答えください。		
	熱電発電1	熱電発電2
対象設備（設問3.1のNo.を記入）		
適用可能な排熱熱量	a. 10 kWレベル（発電量1 kW程度） b. 100 kWレベル（発電量10 kW程度） c. 1000 kWレベル（発電量100 kW程度）	a. 10 kWレベル（発電量1 kW程度） b. 100 kWレベル（発電量10 kW程度） c. 1000 kWレベル（発電量100 kW程度）
新技術に際して許容できる発電単価	a. 50円/kWh b. 30円/kWh c. 10円/kWh	a. 50円/kWh b. 30円/kWh c. 10円/kWh
	熱機関発電（有機ランキンサイクル発電等）1	熱機関発電（有機ランキンサイクル発電等）2
対象設備（設問3.1のNo.を記入）		
適用可能な排熱熱量	a. 10 kWレベル（発電量1 kW程度） b. 100 kWレベル（発電量10 kW程度） c. 1000 kWレベル（発電量100 kW程度）	a. 10 kWレベル（発電量1 kW程度） b. 100 kWレベル（発電量10 kW程度） c. 1000 kWレベル（発電量100 kW程度）
新技術に際して許容できる発電単価	a. 50円/kWh b. 30円/kWh c. 10円/kWh	a. 50円/kWh b. 30円/kWh c. 10円/kWh
設問3.4 未利用熱利用技術の適用可能性（熱使用量を削減する技術）		
熱使用量を削減し、未利用熱の発生を抑える技術として、断熱技術と遮熱技術があります。これらの技術の適用の可能性についてお答えください。断熱技術については加熱炉等への適用温度と適用場所をお答えください。遮熱技術については、対象設備をご記入の上、適用温度と適用場所をお答えください。		
	断熱技術1	断熱技術2
対象設備（設問3.1のNo.を記入）		
適用温度（耐熱温度）	a. 100℃未満 b. 100℃以上200℃未満 c. 200℃以上500℃未満 d. 500℃以上1000℃未満 e. 1000℃以上	a. 100℃未満 b. 100℃以上200℃未満 c. 200℃以上500℃未満 d. 500℃以上1000℃未満 e. 1000℃以上
適用場所	a. 炉壁 b. 容器 c. 配管 d. その他（ ）	a. 炉壁 b. 容器 c. 配管 d. その他（ ）
	遮熱技術1	遮熱技術2
対象設備（選択してください）	a. 設備 b. 建屋（工場） c. 建屋（工場以外） d. その他（ ）	a. 設備 b. 建屋（工場） c. 建屋（工場以外） d. その他（ ）
適用温度（耐熱温度）	a. 100℃未満 b. 100℃以上200℃未満 c. 200℃以上500℃未満 d. 500℃以上1000℃未満 e. 1000℃以上	a. 100℃未満 b. 100℃以上200℃未満 c. 200℃以上500℃未満 d. 500℃以上1000℃未満 e. 1000℃以上
適用場所	a. 屋根／壁面 b. 窓 c. 高温部 d. その他（ ）	a. 屋根／壁面 b. 窓 c. 高温部 d. その他（ ）

4) 未利用熱利用のための障害、要求			
未利用熱活用のために利用者の立場から重視してほしい技術開発項目について回答してください。 それぞれの新技術ごとに関心の有無、重視すべき項目について該当する記号を選択してください(複数選択可)。 その他の欄には、要望等を記入してください。			
技術区分	関心の有無 (有は○、 無しはー)	重視すべき項目 (複数選択可)	説明
蓄熱		a. 排熱の温度	蓄熱に適した温度の排熱発生時のみ、蓄熱するためには排ガス等をバルブで切り替えるシステムが必要になる
		b. 排ガスの組成	熱交換器の排ガスに触れる側の耐食性に影響する
		c. 排ガスのダスト	熱交換器の排ガスに触れる側の汚れが性能に影響する
		d. 低温度差で使える熱交換器	相変化(固体-液体)する蓄熱材の、特に固体に対して効率の良い熱交換器
		e. 出力制御性	熱の取り出し時、所定の温度が保持できるか
		f. 応答性	単位時間に取り出せる熱量が大きいこと
		g. 耐久性	蓄熱材が繰り返し使用しても劣化しないか
		h. 蓄熱槽のサイズ	体積あたりの蓄熱密度が高く、省スペースが可能
		i. 熱損失	蓄熱槽の断熱が優れ、長時間置いても熱損失が少ない
		j. 安全性	蓄熱材の可燃性、高温で分解してガスを発生するなど
		k. その他( )	
ヒートポンプ		a. 排熱の温度変動	排熱の温度が変わっても、出力の温度を一定にできるか
		b. 排ガスの組成	熱交換器の排ガスに触れる側の耐食性に影響する
		c. 排ガスのダスト	熱交換器の排ガスに触れる側の汚れが性能に影響する
		d. 低温度差で使える熱交換器	作動媒体と排熱が効率良く熱交換できる
		e. サイズ	限られた設置スペースでも設置できるか
		f. 能力	小型ボイラ並みの能力(kW)があるか
		g. 応答性	出力の温度が調整可能
		h. 耐久性	メンテナンスが容易なこと
		i. その他( )	
熱電発電		a. 排熱の温度	温度によって使える熱電素子の種類が異なる
		b. 排ガスの組成	熱電素子の排ガスに触れる側の耐食性に影響する
		c. 排ガスのダスト	熱電素子の排ガスに触れる側の汚れが性能に影響する
		d. 低温度差で使える熱交換器	排熱と熱電素子の間に熱交換器を介する場合、熱損失の少ないこと
		e. 製品品質	加熱炉内部、外壁の排熱を熱電変換に使用した場合、製品特性に影響しないか
		f. 冷却熱源	高温部に対し温度差が必要なため、低温部を冷却する必要あり
		g. 耐久性	無機系の場合、排熱の変動によるクラックの発生 有機系の場合、酸化等による性能低下
		h. その他( )	
熱機関発電 (有機ランキンサイクル発電等)		a. 排熱の温度変動	排熱の温度が変わっても、出力の電力を一定にできるか
		b. 排ガスの組成	熱交換器の排ガスに触れる側の耐食性に影響する
		c. 排ガスのダスト	熱交換器の排ガスに触れる側の汚れが性能に影響する
		d. 低温度差で使える熱交換器	作動媒体と排熱が効率良く熱交換できる
		e. 応答性	電力を必要量に応じ出力、制御できる
		f. サイズ	蒸発器を排ガスダクト、排熱配管に取り付けられるか
		g. スペース	蒸発器から凝縮器への配管スペース、凝縮器の設置スペース
		h. その他( )	
断熱		a. 機械的強度	構造材としての機能
		b. 耐久性	クラック、粉体化
		c. その他(高温で性能の高い断熱材がほしい)	
遮熱		a. 可視光透過率が高いこと	暗くならないこと
		b. 日射熱取得率が低いこと	日射の熱が吸収されないこと
		c. 耐熱温度	高温でも使用できる
		d. 機械的強度	剥離しない
		e. その他( )	

**5) 熱輸送状況**

貴社における現在の排熱活用状況についてご回答ください。設問5.1では、ボイラを生産プロセス(乾燥設備等)等に活用している状況についてご記入ください。設問5.2では、生産プロセス(加熱設備等)の排熱を排熱活用設備(排熱回収ボイラ等)に活用している状況についてご記入ください。測定されていない場合は、定格値あるいは設計値でもかまいません。

**設問5.1 ボイラからプロセスまで**

プロセス	1		2		3	
プロセスの種類	a. 加熱		a. 加熱		a. 加熱	
	b. 乾燥		b. 乾燥		b. 乾燥	
	c. 保温		c. 保温		c. 保温	
	d. その他 ( )		d. その他 ( )		d. その他 ( )	
熱輸送長	a. 近接		a. 近接		a. 近接	
	b. 50 m		b. 50 m		b. 50 m	
	c. 100 m		c. 100 m		c. 100 m	
	d. 200 m		d. 200 m		d. 200 m	
	e. 500 m		e. 500 m		e. 500 m	
	f. 1 km		f. 1 km		f. 1 km	
	g. 2 km		g. 2 km		g. 2 km	
	h. 5 km		h. 5 km		h. 5 km	
	j. 5 km以上		j. 5 km以上		j. 5 km以上	
	ボイラ出口蒸気温度または圧力	℃	MPa	℃	MPa	℃
プロセス入口蒸気温度または圧力	℃	MPa	℃	MPa	℃	MPa
プロセス温度 [℃]						
蒸気配管保温材外径 [mm]*1、2	mm		mm		mm	
保温材表面温度 [℃]*1	℃		℃		℃	
熱輸送量 (相当単位に○)						
	MJ/h	ton/h	MJ/h	ton/h	MJ/h	ton/h
数値根拠 (該当事項に○)	測定値	定格値/設計値	測定値	定格値/設計値	測定値	定格値/設計値

\*1ボイラ出口、プロセス入口の蒸気条件の差が不明な場合にご記入ください。

\*2蒸気配管+保温材の外径をご記入ください。

設問5.2 プロセスから排熱利用設備（未利用熱利用設備）まで

プロセス	1		2		3	
プロセスの種類	a. 加熱		a. 加熱		a. 加熱	
	b. 乾燥		b. 乾燥		b. 乾燥	
	c. 保温		c. 保温		c. 保温	
	d. その他 ( )		d. その他 ( )		d. その他 ( )	
熱輸送長	a. 近接		a. 近接		a. 近接	
	b. 50 m		b. 50 m		b. 50 m	
	c. 100 m		c. 100 m		c. 100 m	
	d. 200 m		d. 200 m		d. 200 m	
	e. 500 m		e. 500 m		e. 500 m	
	f. 1 km		f. 1 km		f. 1 km	
	g. 2 km		g. 2 km		g. 2 km	
	h. 5 km		h. 5 km		h. 5 km	
	j. 5 km以上		j. 5 km以上		j. 5 km以上	
プロセス温度 [°C]						
プロセス出口蒸気/ドレン温度 [°C]						
排熱利用機器入口蒸気/ドレン温度 [°C]						
排熱利用温度 [°C]						
熱輸送量 (相当単位に○)						
	MJ/h	kWh/h	MJ/h	kWh/h	MJ/h	kWh/h
数値根拠 (該当事項に○)	測定値	定格値/設計値	測定値	定格値/設計値	測定値	定格値/設計値
<p>-----</p> <p><b>守秘の説明</b>    ご記入いただきました回答内容は未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合において調査担当が厳重に管理し、各社の情報が特定されないように集計・統計処理した上で、本プロジェクトの推進および経済産業省における今後の政策検討の基礎資料となるよう、活用させて頂く予定です。したがって、個別に貴社名等が公表されることもございません。</p> <p>-----</p>						
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>連絡先 : JFEテクノロジー株式会社                      調査研究第二部 未利用熱アンケート事務局 八木、石塚                      住 所 : 〒210-0855 神奈川県川崎市川崎区南渡田1番1号                      TEL    : 044-322-XXXX、YYYY                      FAX    : 044-322-ZZZZ                      E-mail : <a href="mailto:miriyou@jfe-tec.co.jp">miriyou@jfe-tec.co.jp</a> (本調査専用)</p> </div>						
<p>ご回答期限    2017年5月31日                      ご協力ありがとうございました。</p>						

## 5.2 未利用熱活用技術への関心度

### 5.2.1 業種別関心度

#### (1) 食料品

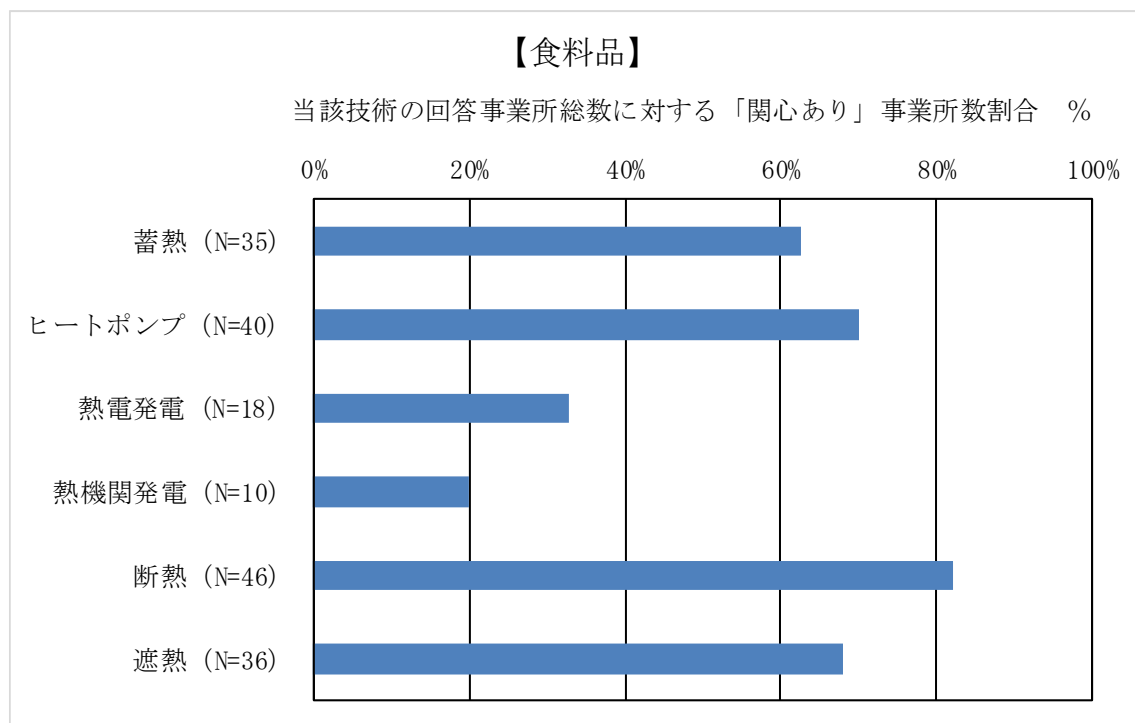


図 271 開発技術への関心度（食料品）

#### (2) 繊維

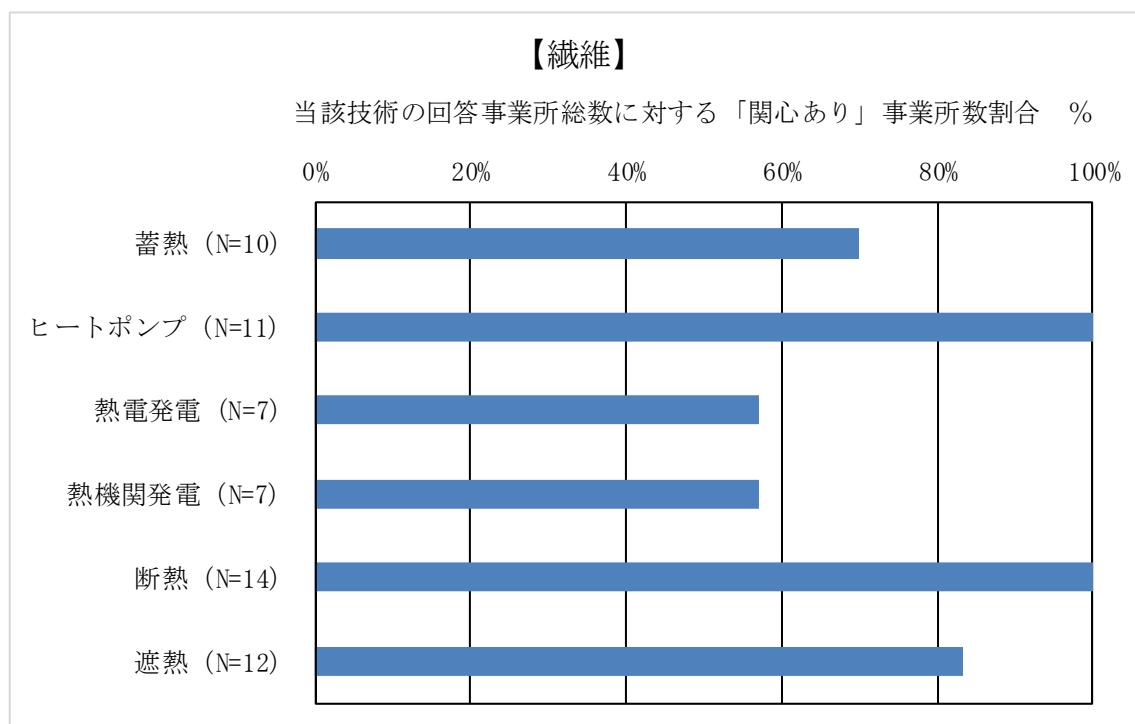


図 272 開発技術への関心度（繊維）

(3) パルプ・紙製品

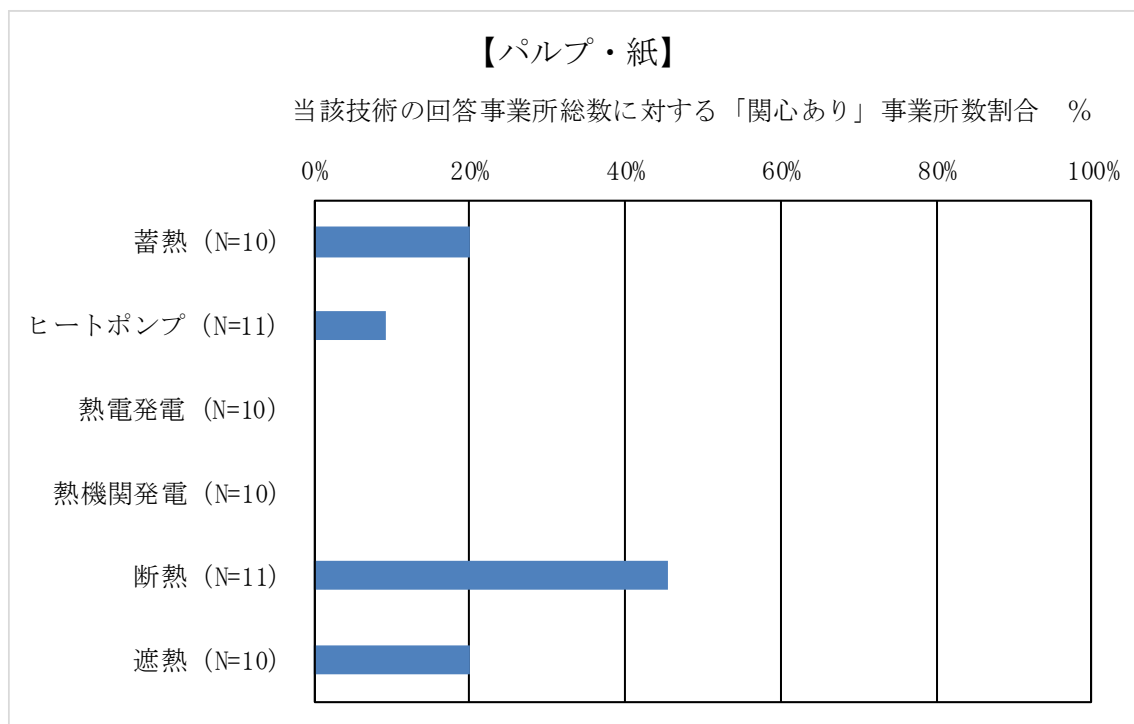


図 273 開発技術への関心度 (パルプ・紙製品)

(4) 化学

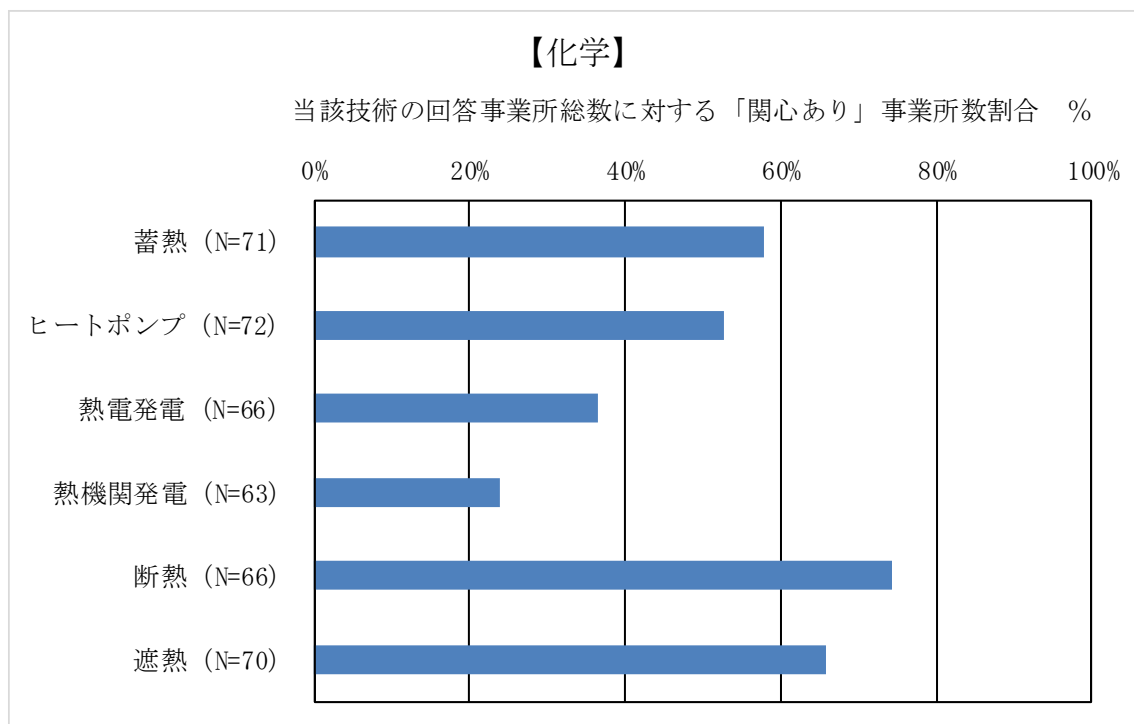


図 274 開発技術への関心度 (化学)

(5) 石油・石炭

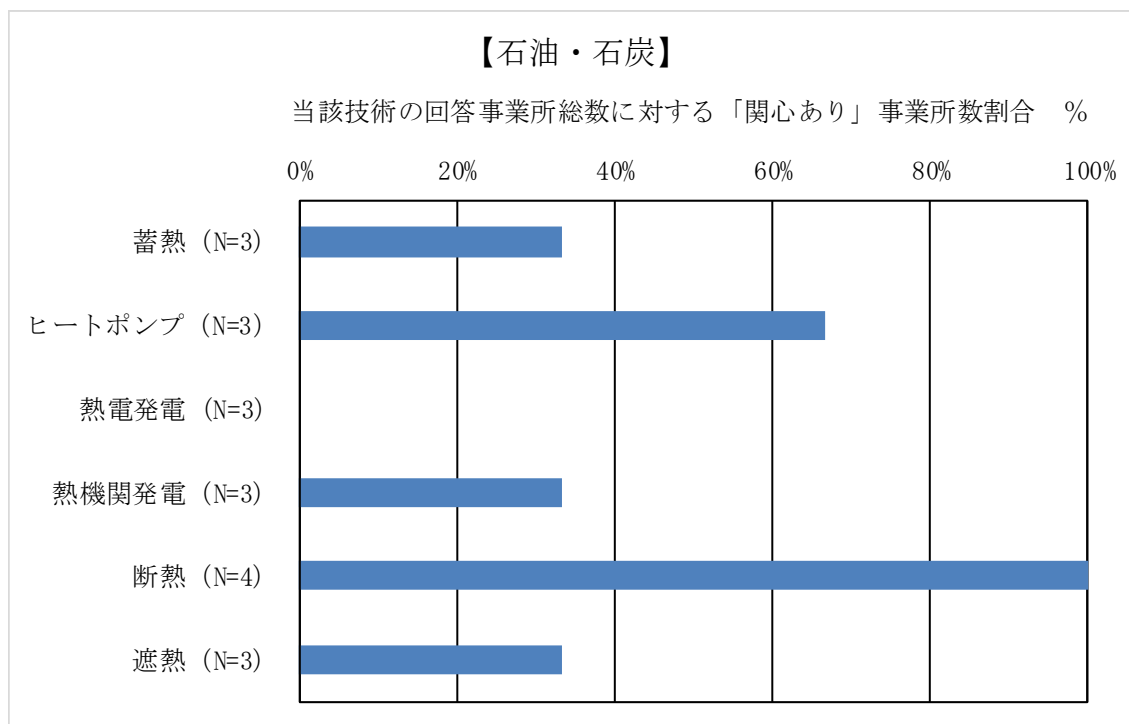


図 275 開発技術への関心度 (石油・石炭)

(6) 窯業・土石製品

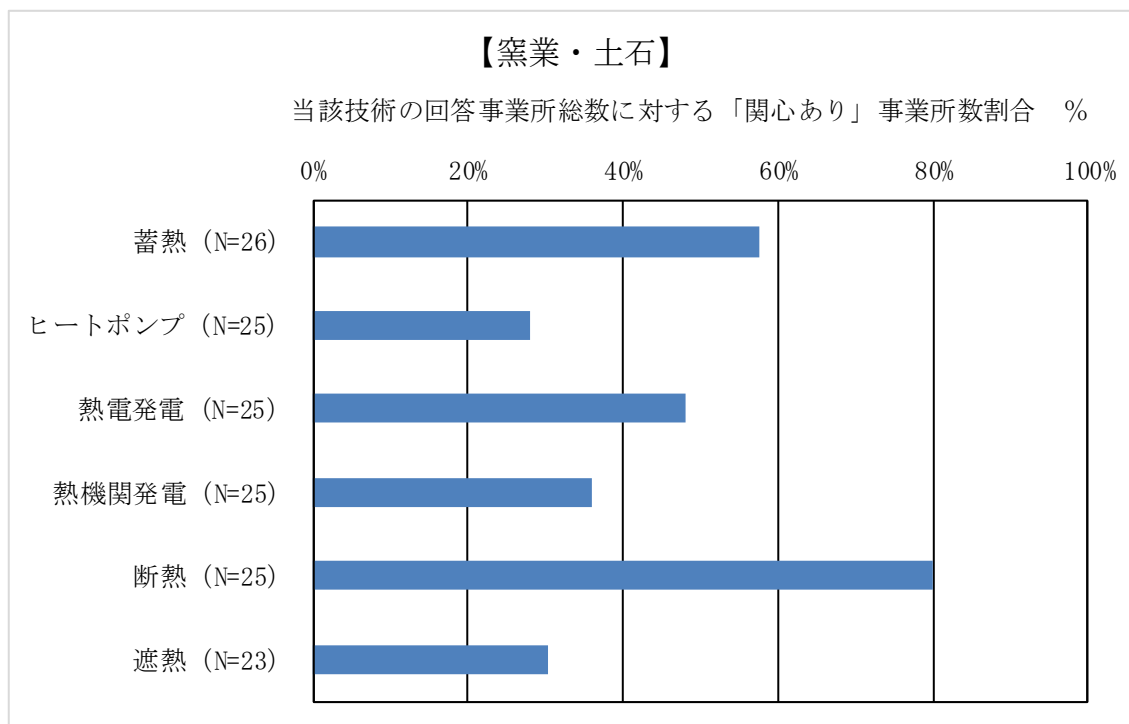


図 276 開発技術への関心度 (窯業・土石製品)



(7) 鉄鋼

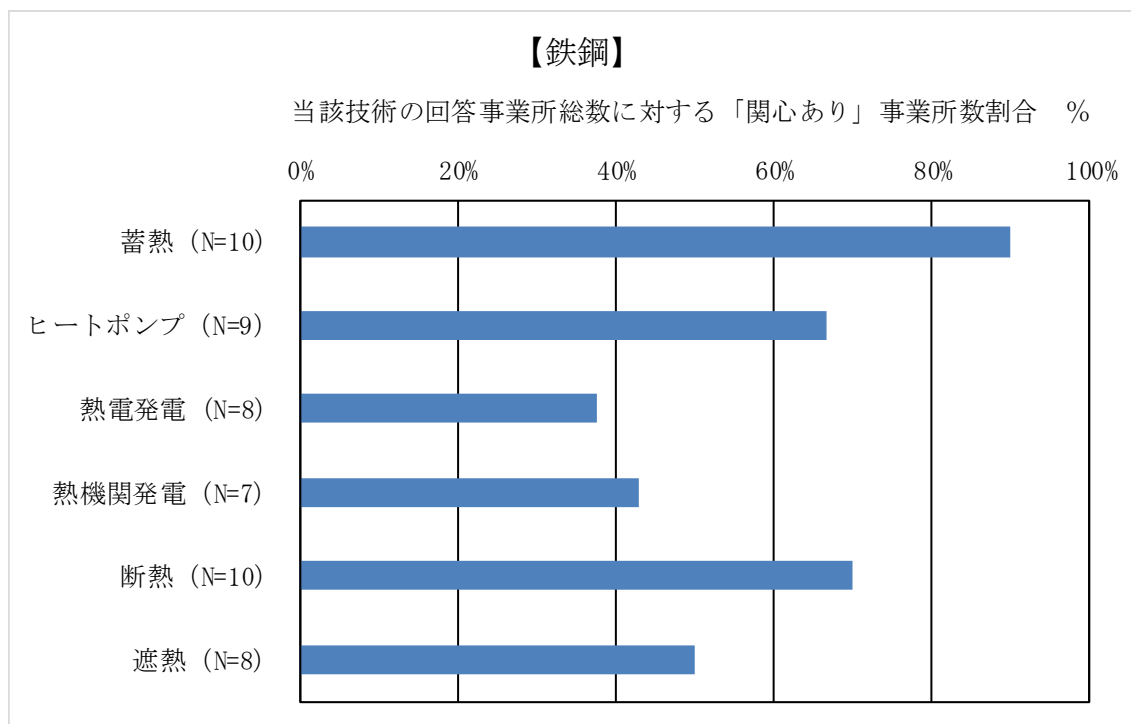


図 277 開発技術への関心度 (鉄鋼)

(8) 非鉄・金属製品

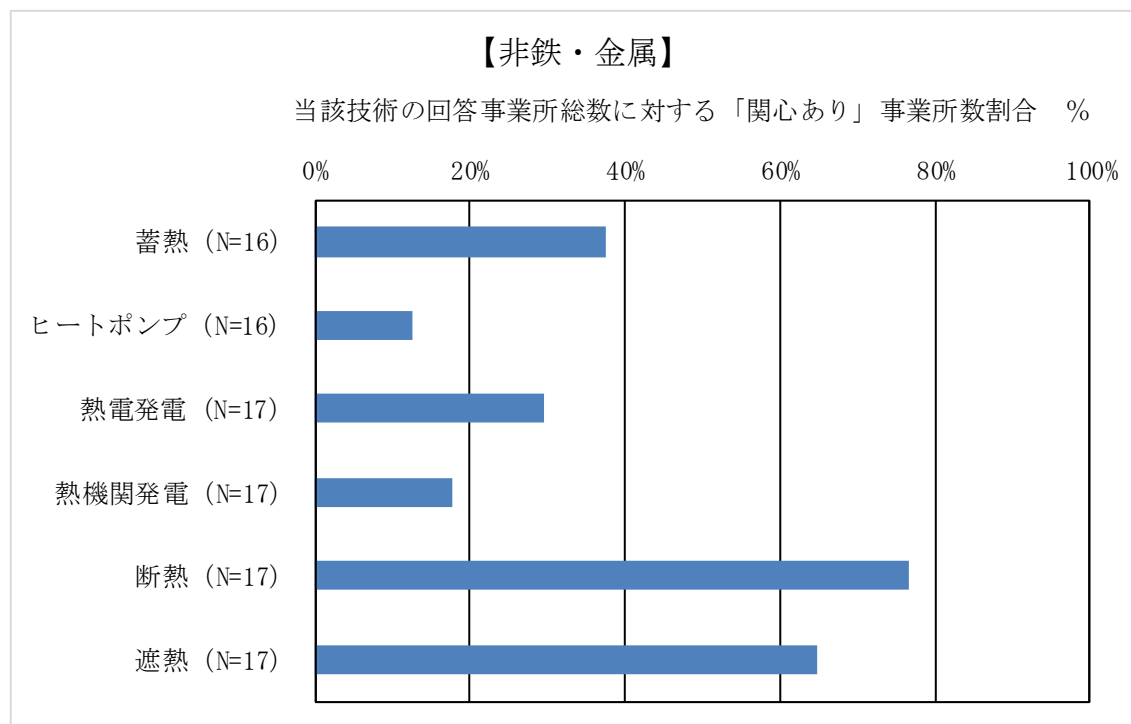


図 278 開発技術への関心度 (非鉄・金属製品)

(9) 機械

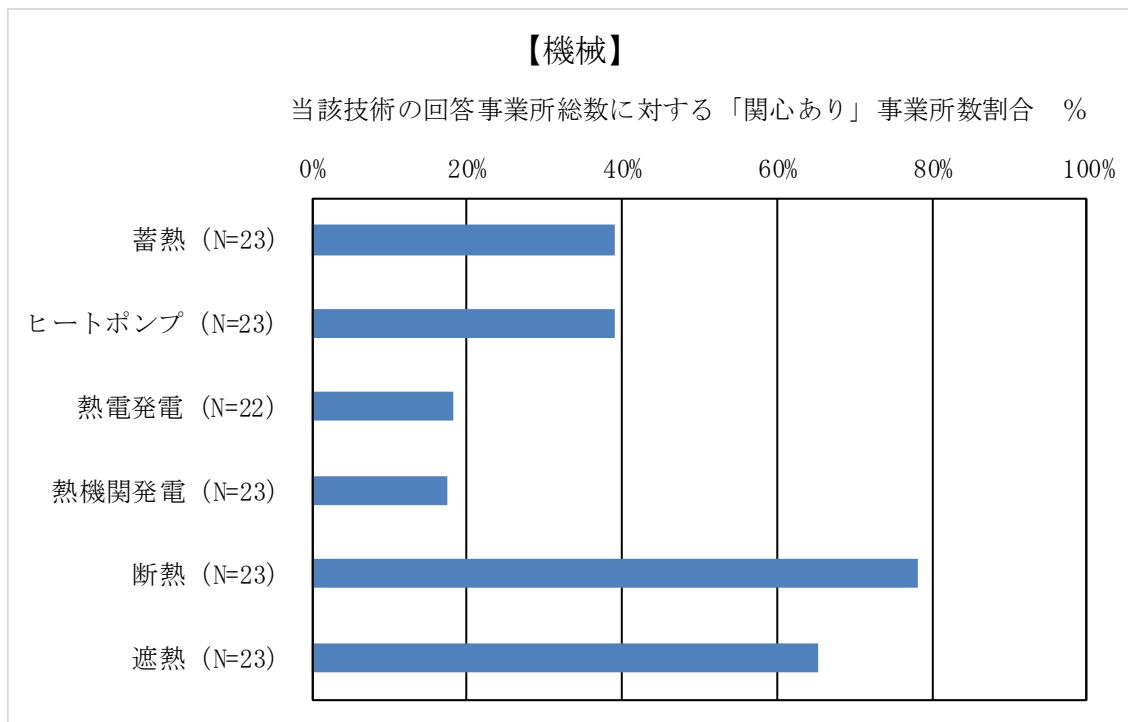


図 279 開発技術への関心度 (機械)

(10) 電気機械

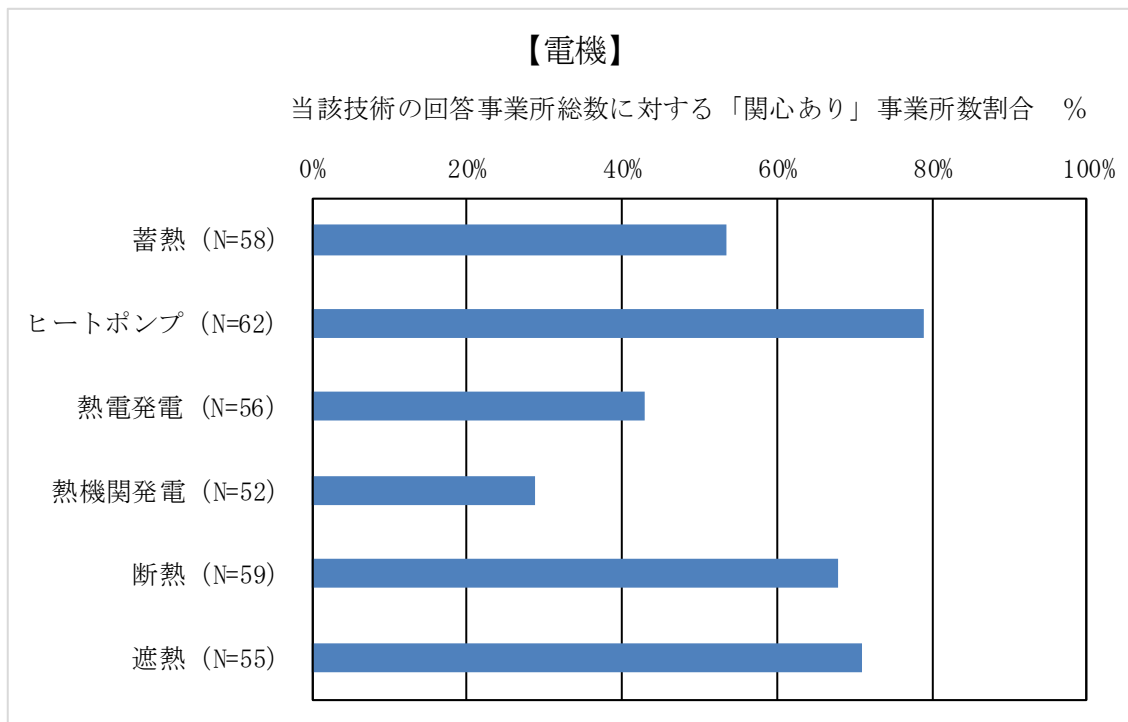


図 280 開発技術への関心度 (電気機械)

(11) 輸送機械

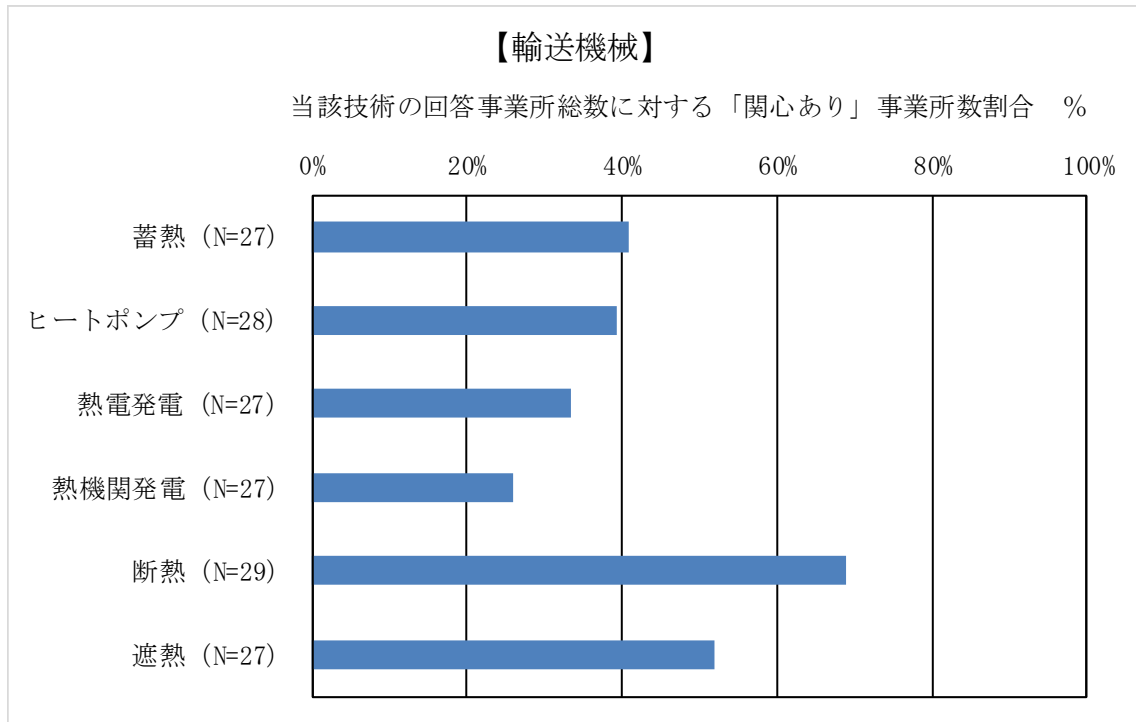


図 281 開発技術への関心度 (輸送機械)

(12) ガス・熱供給

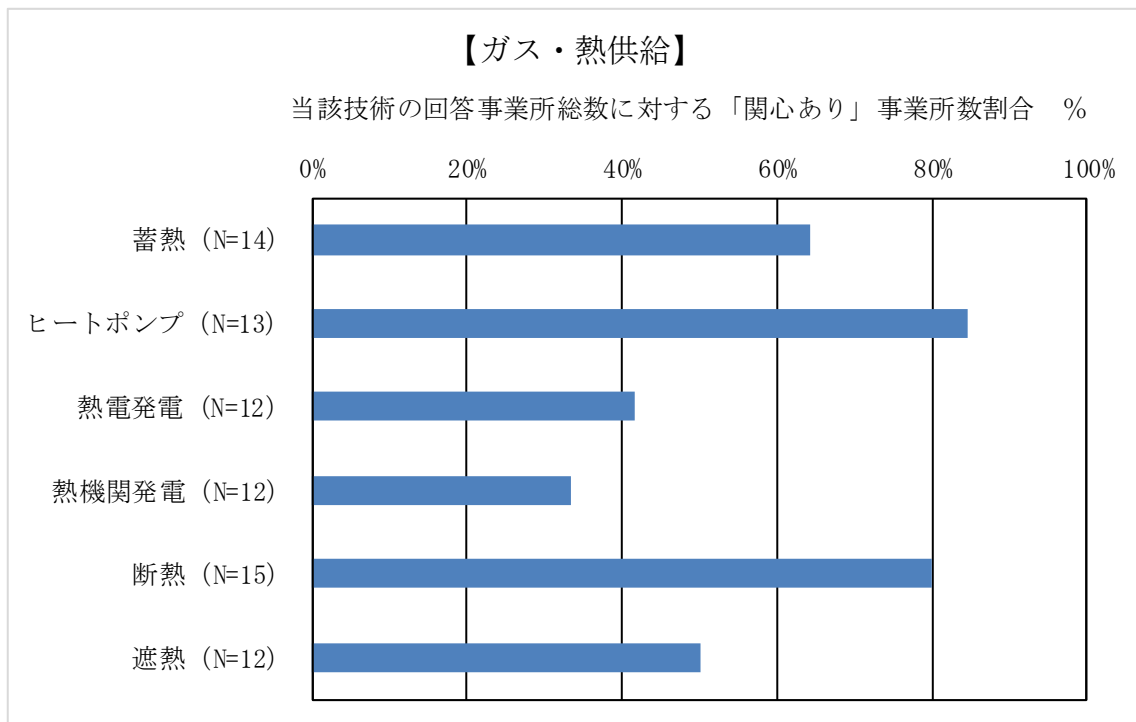


図 282 開発技術への関心度 (ガス・熱供給)

(13) 電力

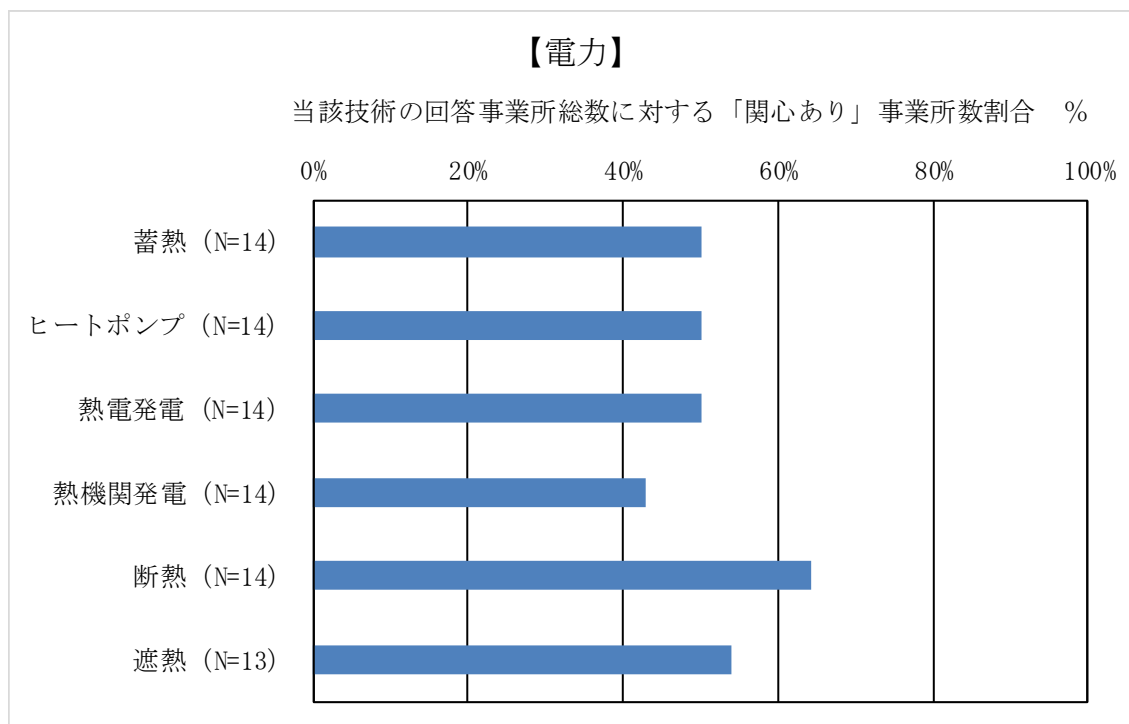


図 283 開発技術への関心度 (電力)

(14) 清掃

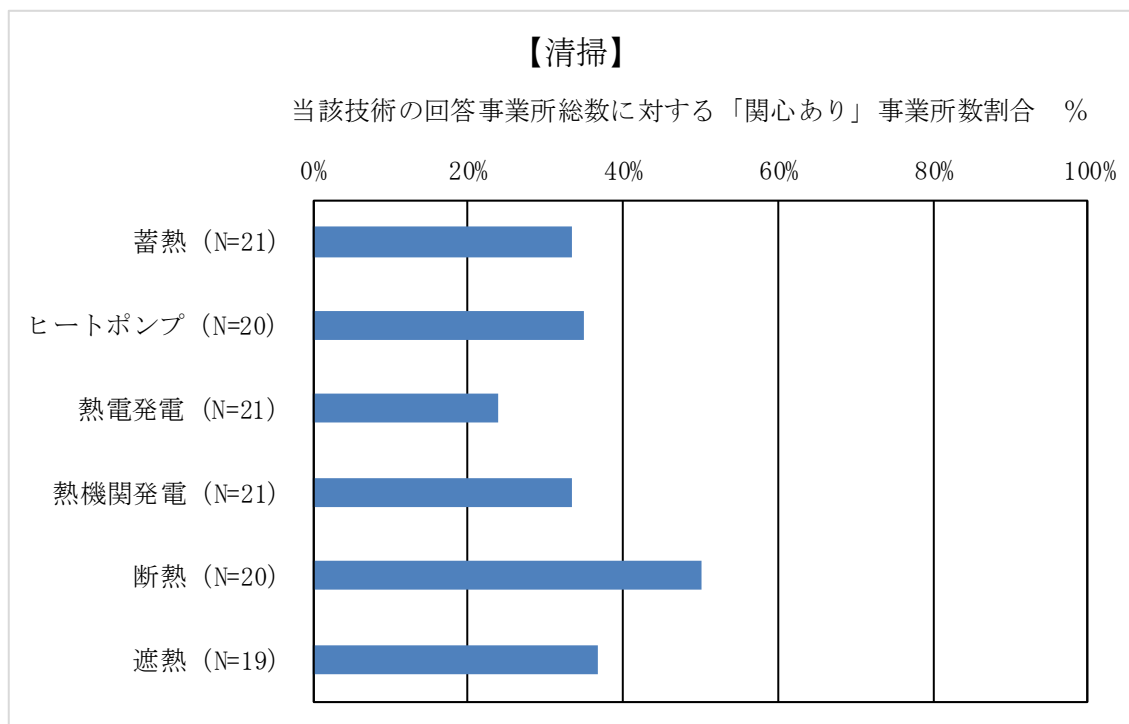


図 284 開発技術への関心度 (清掃)

(15) その他の製造業

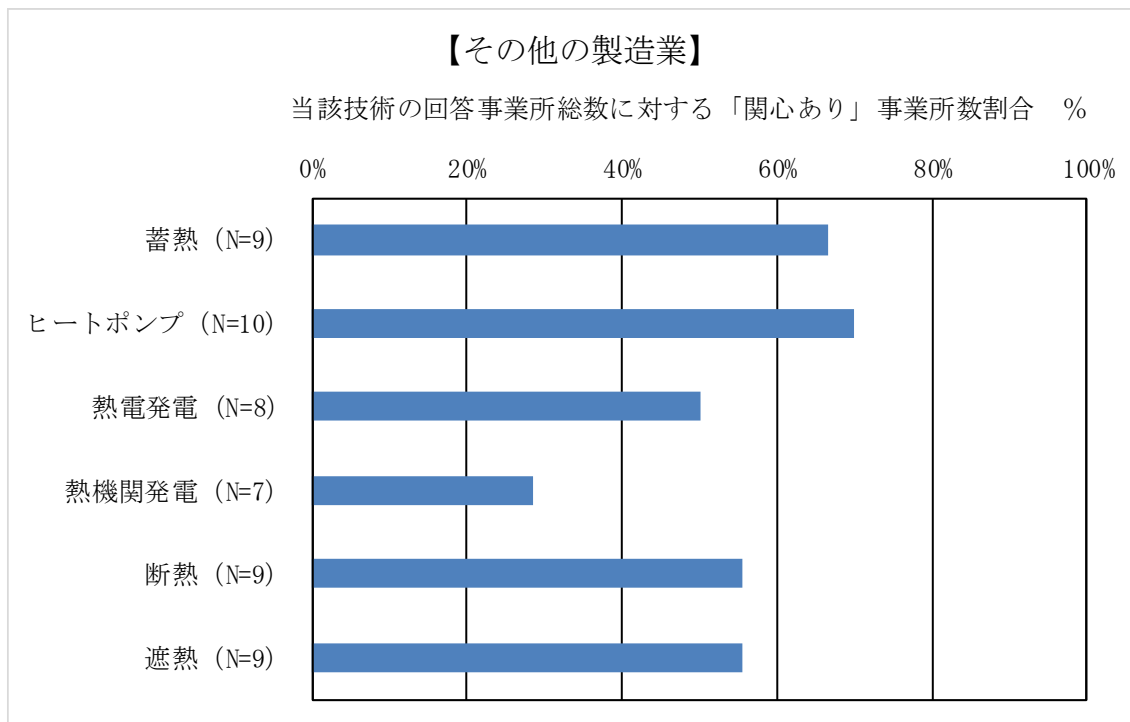


図 285 開発技術への関心度 (その他の製造業)

## 5.2.2 技術別関心度

### (1) 蓄熱

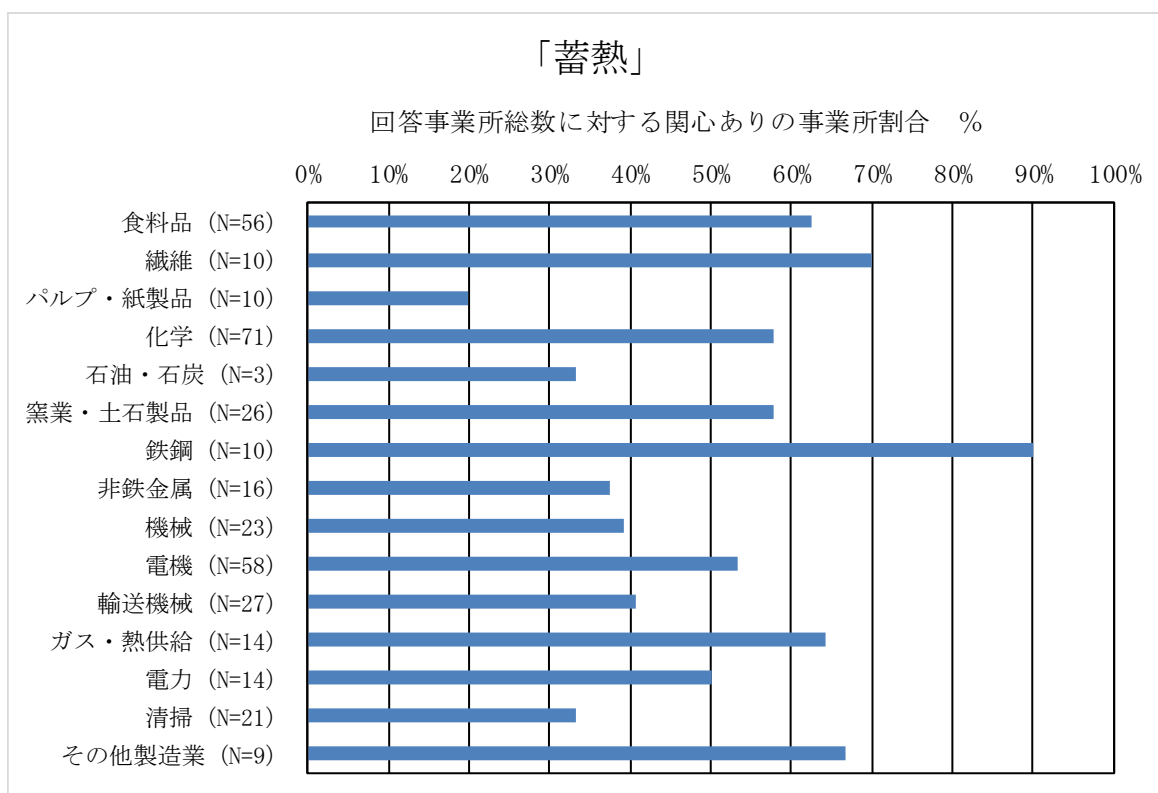


図 286 蓄熱技術への関心度

### (2) ヒートポンプ

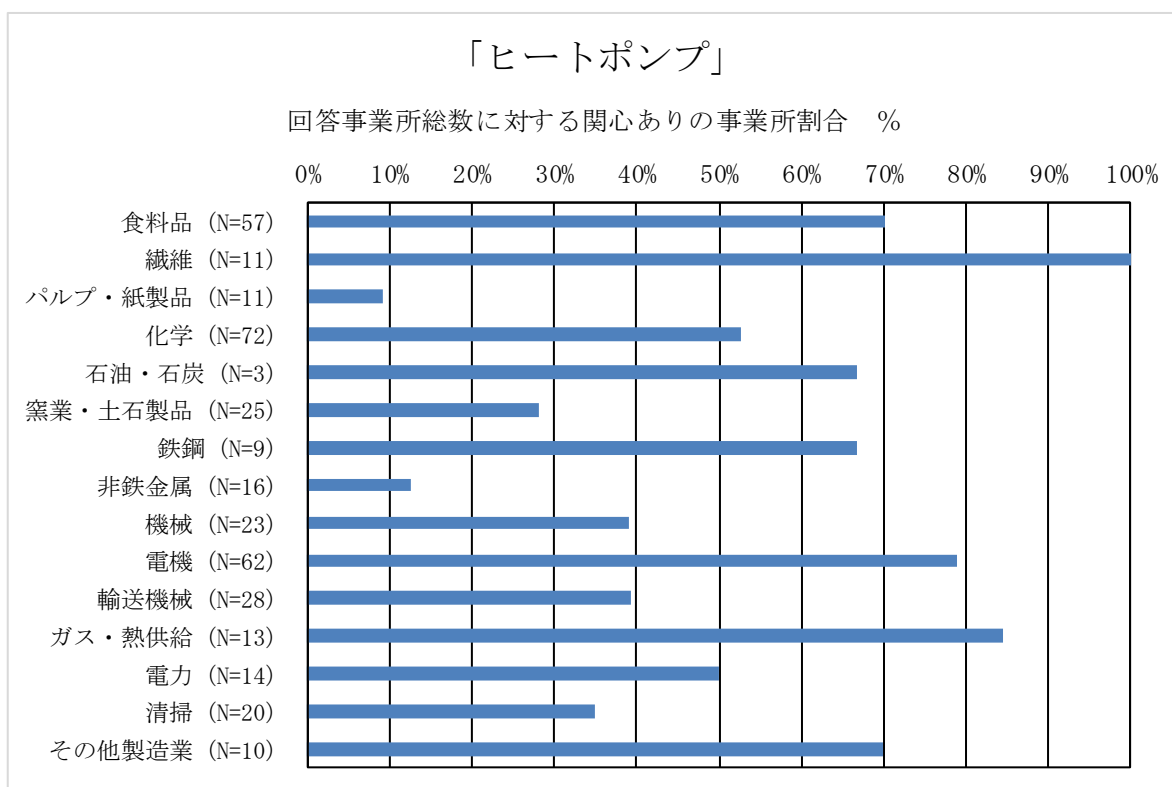


図 287 ヒートポンプ技術への関心度

(3) 熱電発電

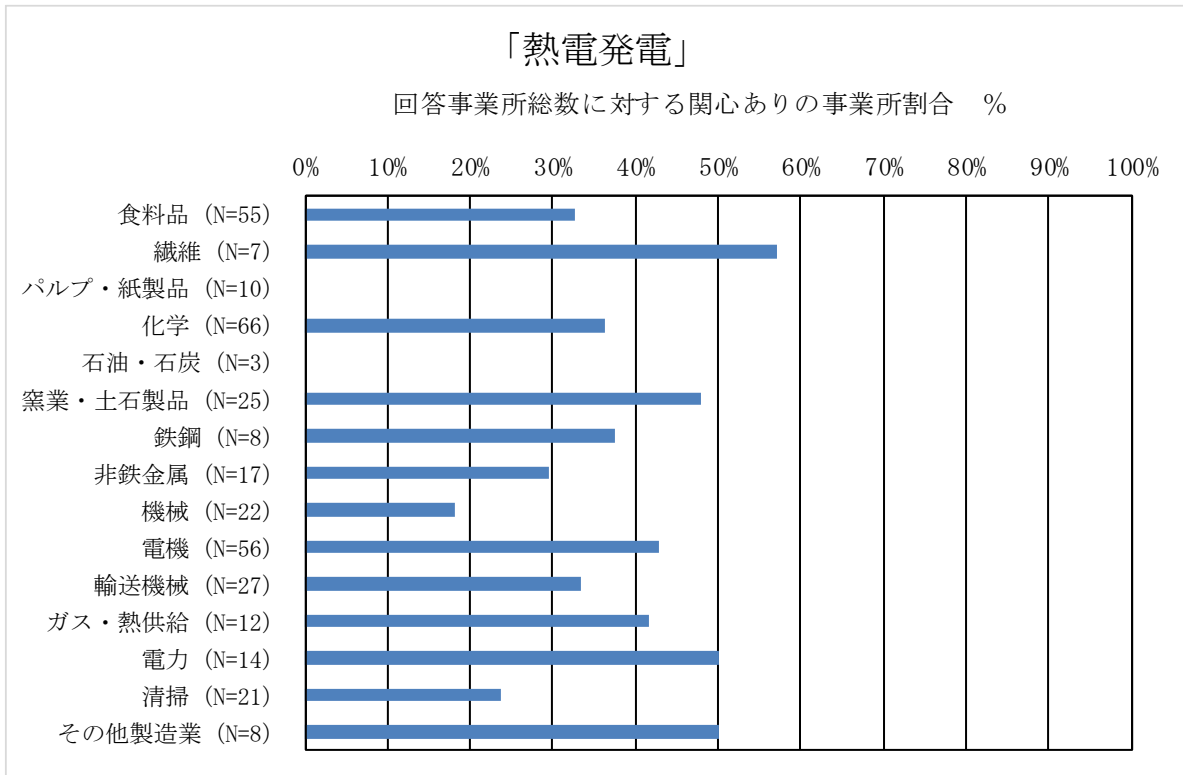


図 288 熱電発電技術への関心度

(4) 熱機関発電

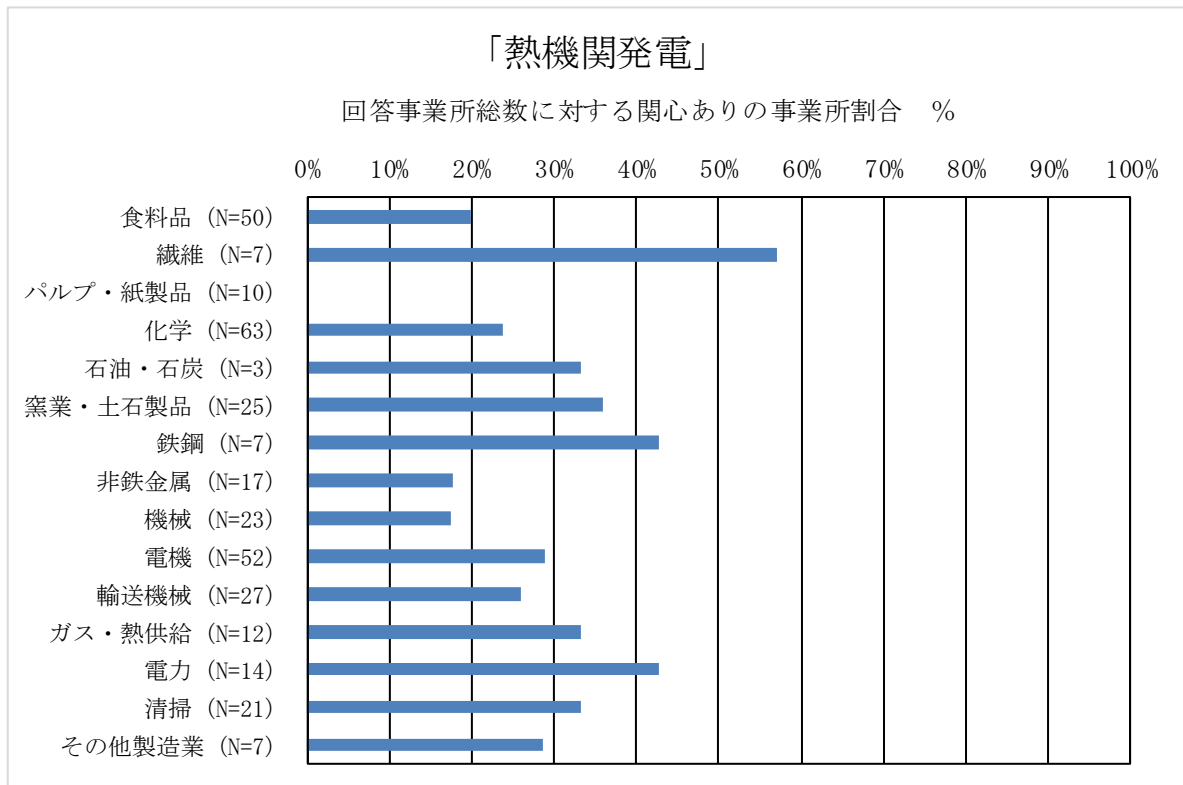


図 289 熱機関発電技術への関心度

(5) 断熱

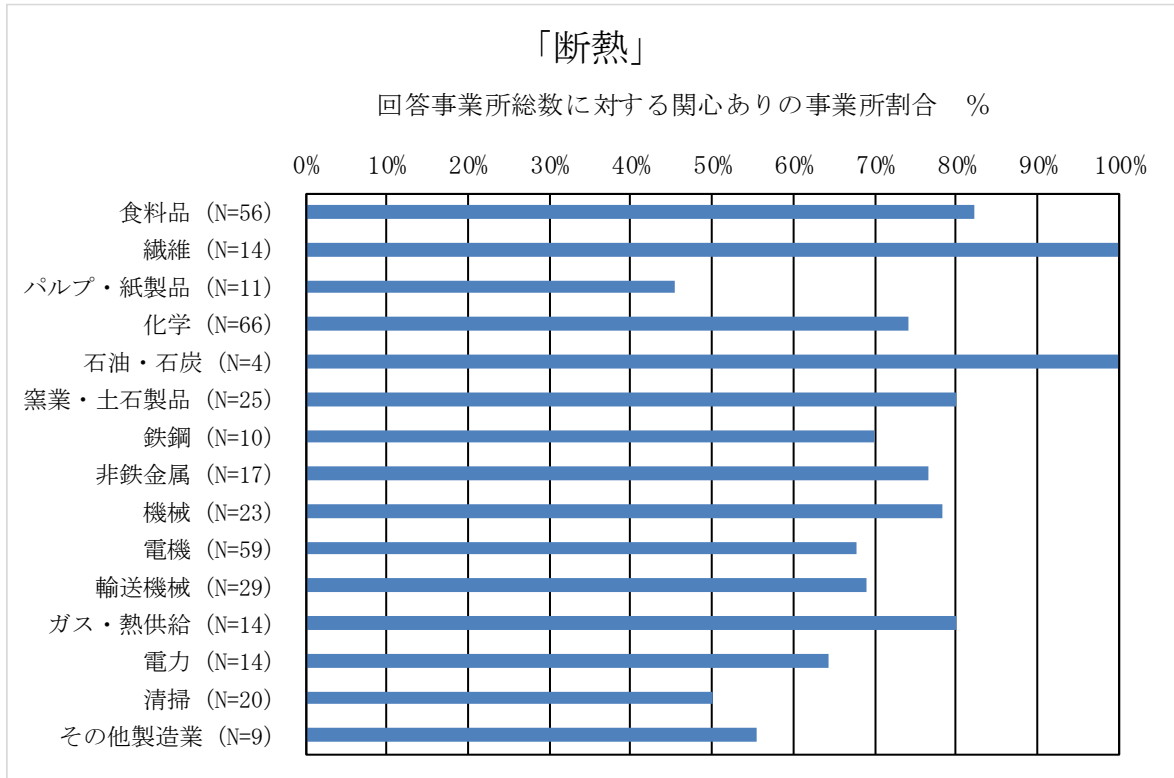


図 290 断熱技術への関心度

(6) 遮熱

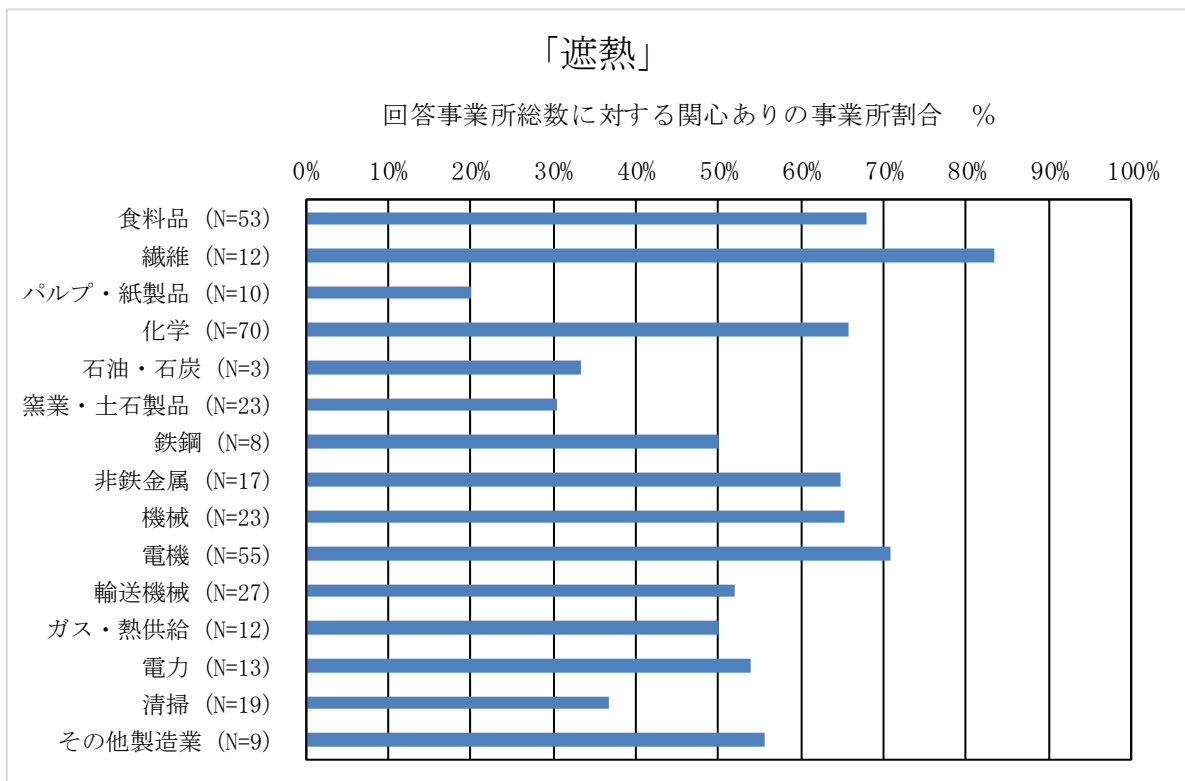


図 291 遮熱技術への関心度



## 謝辞

調査事項の回答に貴重な時間を割いてくださった企業、自治体、およびそれら事業所のエネルギー管理ご担当者に感謝する。