

平成 2 2 年度
内航船ディーゼル主機関の排熱を利用した
主機燃料油加熱システムに関する技術開発
成果報告書

平成 2 3 年 3 月
社団法人 日本船用工業会

はしがき

本報告書は、競艇の交付金による日本財団の助成金を受けて、平成 22 年度に社団法人日本舶用工業会が実施した「内航船ディーゼル主機関の排熱を利用した主機燃料油加熱システムに関する技術開発」の成果をとりまとめたものである。

内航船で使用している燃料油は高粘度化が進み、燃料油を適正粘度にするには高温に加熱する必要があるが、大型内航船では蒸気ボイラー、熱媒体ボイラーなどが利用されているのに対して、総トン数 499 型以下の内航貨物船では、これらの据付面積がとれないことから、電気ヒータで燃料油を加熱しているのが実状である。

そこで、電気ヒータ用に消費する燃料の削減をはかるため、内航船に搭載可能な、主機排熱を利用する加熱システムの開発を、(株)KITA ENGINEERING に委託して実施したものである。

ここに、貴重な開発資金を助成いただいた日本財団に厚く御礼申し上げる次第である。

平成 23 年 3 月
(社)日本舶用工業会

目 次

第1章 事業の概要	1
第1節 事業の目的	1
第2節 事業計画	7
2.1 事業の目標	7
2.2 事業の内容	7
第2章 技術調査	8
第1節 内航船の現状調査	8
1.1 内航船の燃料油供給システムの現状調査	8
1.2 主機燃料油の加熱条件	9
第2節 対象とするディーゼル機関の発熱量の調査	11
第3節 実用化試験装置の計画	13
3.1 実用化試験装置テストの計画	13
3.2 初期燃料油ヒートバランスの検討	13
3.2.1 高温冷却水の使用範囲の検討	13
3.2.2 主機関排気ガスの利用範囲の検討	14
3.3 排気ガスによる熱媒油のヒートバランスの検討	17
3.4 主機関の排熱を利用した燃料油加熱システムのフロー	19
3.5 主機関排ガス模擬試験機の温度設定と風量設定	19
3.6 主機燃料油加熱機の計画	21
3.7 熱媒体（油）の調査	26
3.7.1 合成系有機熱媒体のリスク管理に係る自主管理	26
3.7.2 熱媒体の使用マニュアル	28
3.7.3 熱媒体（油）の選択	33

第3章 実用化試験装置の詳細設計と製作	36
第1節 実用化試験装置の設計と製作	36
第2節 実用化試験装置の詳細設計	41
第3節 実用化試験装置の製作組立	50
第4章 実用化試験	55
第1節 主機排ガス模擬試験機の運転とデータ収集	55
1.1 燃焼炉の運転とデータ収集	55
1.2 主機排ガス模擬試験機と排ガス熱交換器の燃焼運転とデータ収集	60
第5章 装置設計による機関室配置検証	61
第1節 499GT型貨物船に対応した装置設計	61
第2節 機関室配置設計による検証	64
2.1 排ガス主機燃料油加熱機システム	64
2.2 排ガス主機燃料油加熱機システムの機関室配置	65
第6章 まとめ	67

第1章 事業の概要

第1節 事業の目的

“内航船とその造船業の現状と問題点”特集 海を越えて運ぶ「内航船」において、これからの内航海運業は、若い船員が喜んで入ってくる職場環境・処遇を整備すること、協業化や船舶管理会社の利用などにより合理化投資が可能となる経営規模を確保すること、排ガス規制・CO2削減などの環境規制に対応することが課題であると指摘しており、これらの課題に応えるために内航船が目指すべき方向は、

省力化・省人化、
単純化・標準化、
環境性能向上

の3つであると思われる。

運航コスト削減と船上労働者負担を軽減するために今後とも省力化・省人化を図っていくべきで、航海時だけでなく係船・荷役時への取り組みも重要である。また、経営規模が拡大して乗組員の流動化が進むとシンプルで標準化された船舶が望ましく、若年層乗組員の促成のためにも単純化・標準化は重要である。

さらに環境性能については、特に、トレードオフの関係にあるNOx低減と燃費向上について、今後益々両方とも高い水準で達成することが求められる。

内航船で使用している燃料油は高粘度化が進み、燃料油を適正粘度にするには高温に加熱する必要がある。このため、大型内航船では蒸気ボイラー、熱媒体ボイラーなどが利用されているが、総トン数499型以下の内航貨物船では、これらの据付面積がとれないことから、電気ヒータで燃料油を加熱しているのが実状である。

例えば、総トン数499トン・積載トン数1600トン主機関1471kW(2000PS)の内航貨物船では、燃料油の加熱に使用される電力は33kWとなっている。一方、これらの小型船舶では、航海中消費電力は129kWほどであり、電気ヒータによる消費電力量が33kWであるということは、全体の消費電力の約25%を超える量になっており、注目すべきである。

図1.1～図1.3の対象船の電力調査表に示すように赤い枠でかこまれた部分が燃料油の加熱に費やす電力量である。合計所要電力は129.1kWで、出入港時にも発電機負荷率は54.3%となり、もし、航海中の燃料加熱ヒータの電力量が少なければ発電機本体も小型のものが使用でき、発電機のコストも低く抑えることが出来る。発電機2台のコスト減の範囲内で排ガスを利用した燃料油加熱装置が出来れば船価も抑えることが出来る。

図面名称		電力調査表																			
番	船	図面来源														備考					
機器名称	台数	出力 (kW)	入力 (kW)	需要率(%)と電力消費量(kW)																	
				航海時				出入港時				荷役時					停泊時				
				台数	%	連続	断続	台数	%	連続	断続	台数	%	連続	断続	台数	%	連続	断続		
主機冷却海水ポンプ	1	15.0	16.5	1	80	13.2			1	80	13.2			1	80	13.2					
低温用主機冷却清水ポンプ	1	15.0	16.5	1	80	13.2			1	80	13.2			1	80	13.2					
高温用主機冷却清水ポンプ	2	5.5	12.6	1	80	5.0			1	80	5.0									1台は予備	
主機燃料油供給ポンプ	2	0.75	2.0	1	70	0.7			1	70	0.7									1台は予備	
主機予備潤滑油ポンプ	1	15.0	16.5						1	70		11.6									
逆転機予備潤滑油ポンプ	1	15.0	16.5						1	70		11.6									
A重油移送ポンプ	1	1.5	1.8	1	70		1.3		1	70		1.3	1	70		1.3	1	70		1.3	
C重油移送ポンプ	1	1.5	1.8	1	75		1.4														
清水ポンプ	2	0.4	1.0	1	80		0.4		1	80		0.4	1	80		0.4	1	80		0.4	
油水分離器用ビルジポンプ	1	0.4	0.5	1	80		0.4													1台は予備	
燃料油清浄機	1	3.7	4.3	1	75	3.2															
潤滑油清浄装置	JOPポンプ	1	0.4	0.5	1	80	0.4					1	80	0.4							
	供給ポンプ	1	0.75	1.0	1	75	0.8					1	75	0.8							
	電気ヒーター	1	15.0	15.0	1	100	15.0					1	100	15.0							
生空気圧縮機	2	5.5	12.6	1	85		5.4	1	85		5.4									1台は予備	
機関室通風機	2	3.7	8.6	2	85	7.3			2	85	7.3			2	85	7.3	1	85	3.7		
機関室排風機	1	1.5	1.8	1	85	1.5			1	85	1.5										
真油移送ポンプ	1	1.5	1.8	1	80		1.4										1	80		1.4	
主機開回転機	1	0.4	0.5									1	70		0.4	1	70		0.4		
電動チェーンブロック	1	1.5	1.8									1	70		1.3	1	70		1.3		
復水ボイラー	燃料ポンプ	1	0.4	0.5	1	80	0.4		1	80	0.4		1	80	0.4		1	80	0.4		
	送風機	1	0.4	0.5	1	80	0.4		1	80	0.4		1	80	0.4		1	80	0.4		
同上用温水循環ポンプ	1	0.75	1.0																	感度時使用	
燃料油加熱器(主機用)	1	12.0	12.0	1	100	12.0			1	100	12.0										
燃料油加熱器(常用タンク用)	1	4.0	4.0	1	100	4.0			1	100	4.0			1	100	4.0	1	100	4.0		
燃料油加熱器(慢タンク用)	1	7.0	7.0	1	100	7.0			1	100	7.0			1	100	7.0	1	100	7.0		
燃料油加熱器(清浄機用)	1	10.0	10.0	1	100	10.0															
潤滑油加熱器(慢タンク用)	1	7.0	7.0									1	100	7.0							
小計 (kW)						94.1	10.3				64.7	30.3				68.7	3.4			41.9	4.8

図 1.1 電力調査表(1)

近年、世界的な環境問題から、船舶からの CO2 の発生量の削減も重要な課題となっており、大型船舶では、主機関から発生する排熱をエコマイザーや、熱媒体ボイラーを活用して回収し、有効利用していることは周知のとおりである。

しかし、小型内航船ではこれらの装置は大きく、据え付け場所が確保できないことから利用されていない。そこで、総トン数 499 型の小型内航船においても設置できる、主機関の排熱を利用した燃料油加熱システムを開発するものとする。

具体的には、コンパクトで操作が容易な装置として、燃料油加熱は貯蔵タンク約 5 ~ 燃料油澄タンク 65 ~ 主機関入口では 115 程度まで順次加熱するようにする。

主機関の排熱である高温冷却水は 70 ~ 80 で主機から排出されている熱量を利用するには大きな装置も必要でなく安価に利用することが出来るが残念ながら加熱の全域をカバーすることが出来ない。

そこで、燃料油加熱の低温域は高温冷却水を利用し、高温域即ち、高温冷却水でカバーできない範囲を排ガス利用して燃料油を加熱し、更に、主機関の燃料消費量の 2 倍以上の燃料油を加熱して循環させることにより、燃料油系統全体を加熱するシステムを開発する。

図 1.4 の内航船の船型別総トン数と隻数の分布及び、図 1.5 の内航船の貨物船総トン数と隻数の分布に示すように、総トン数 499 型貨物船は 928 隻あり、総トン 100 以上の内航船全体の隻数 2821 隻の約 33%であり、内航貨物船の 1962 隻の約 50%が適用可能となる。

これらの多くの船舶では燃料油を加熱するのに電気ヒータが採用されており、本開発のシステムが実用化されれば電気ヒータで加熱していたものが、主機関の排熱で加熱する事が可能となり、発電機で消費されていた燃料費の削減とともに、CO2 削減に大きく貢献できるものと期待される。

図 1.4 と図 1.5 に示すように、内航船の 33%、内航貨物船の 50%が適用可能となることは全体としての効果は大きい。

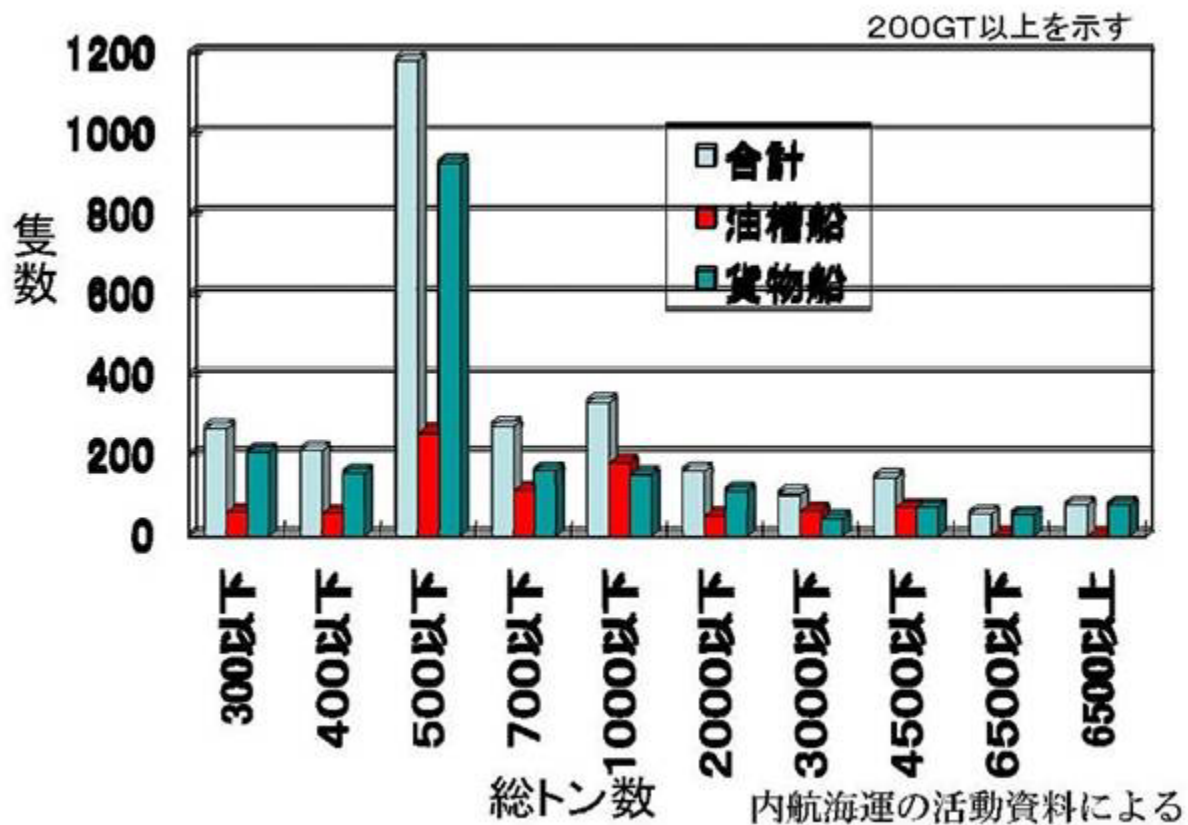


図 1.4 内航船の船型別総トン数と隻数の分布

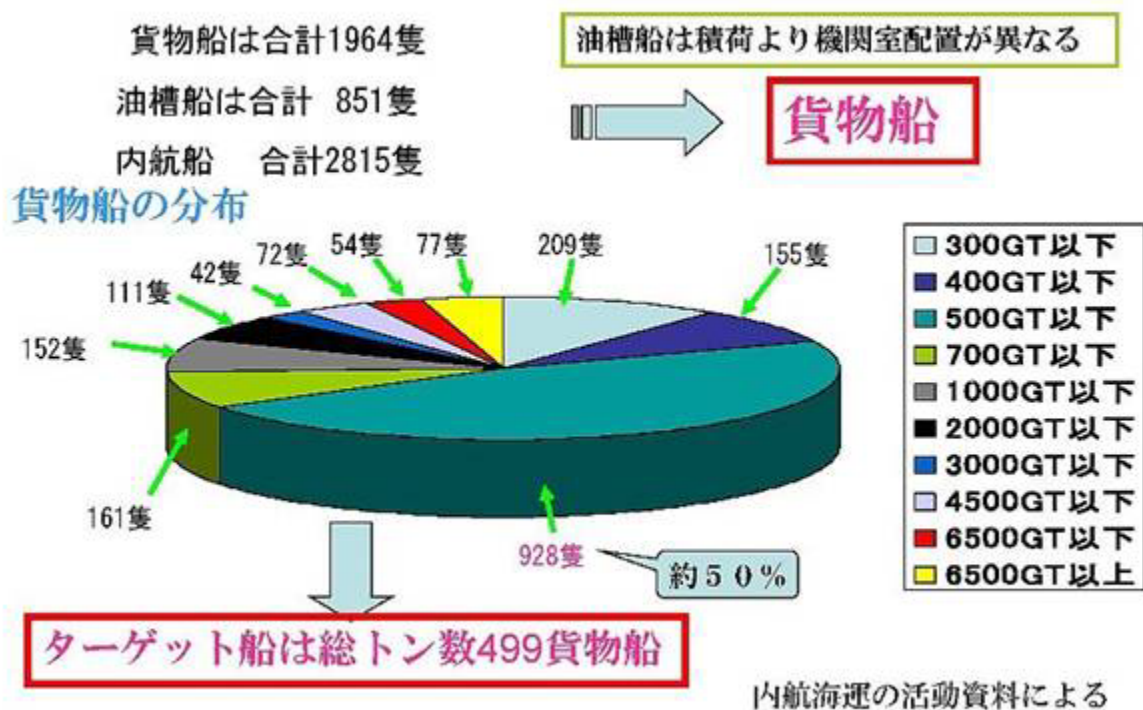


図 1.5 内航船の貨物船総トン数と隻数の分布

第2節 事業計画

2.1 事業の目標

内航船の燃料油を、ディーゼル機関の排気ガスとシリンダージャケット冷却水（高温冷却水）の排熱を活用して加熱する主機燃料油加熱システムを実用化する。

2.2 事業の内容

1) 技術調査

内航船の現状調査

内航船の燃料油供給システムの現状調査と加熱条件を把握する。

ディーゼル機関の発熱量の調査

対象とするディーゼル機関の発熱量、発熱温度、発熱温度と排熱エネルギーを調査する。

実用化試験装置の計画

実用化試験装置(実物大の加熱システムと模擬テスト装置)の計画を立てる。

2) 実用化試験装置の詳細設計及び製作

実用化試験装置の詳細設計

実物大の加熱システムと模擬テスト装置の詳細設計を行う。

実用化試験装置の製作組立

実用化試験装置の製作組立を行う。

3) 実用化試験

実用化試験装置の運転とデータ収集

実用化試験装置のテスト運転とデータ収集を行う。

4) 装置設計による機関室配置検証

499GT型貨物船に対応した装置設計

テスト運転データを分析して、499GT貨物船に対応した、主機燃料油加熱システムの設計を行なう。

機関室配置設計による検証

機関室配置設計により装置としてまとめたものが搭載可能であることを検証する。

第2章 技術調査

第1節 内航船の現状調査

1.1 内航船の燃料油供給システムの現状調査

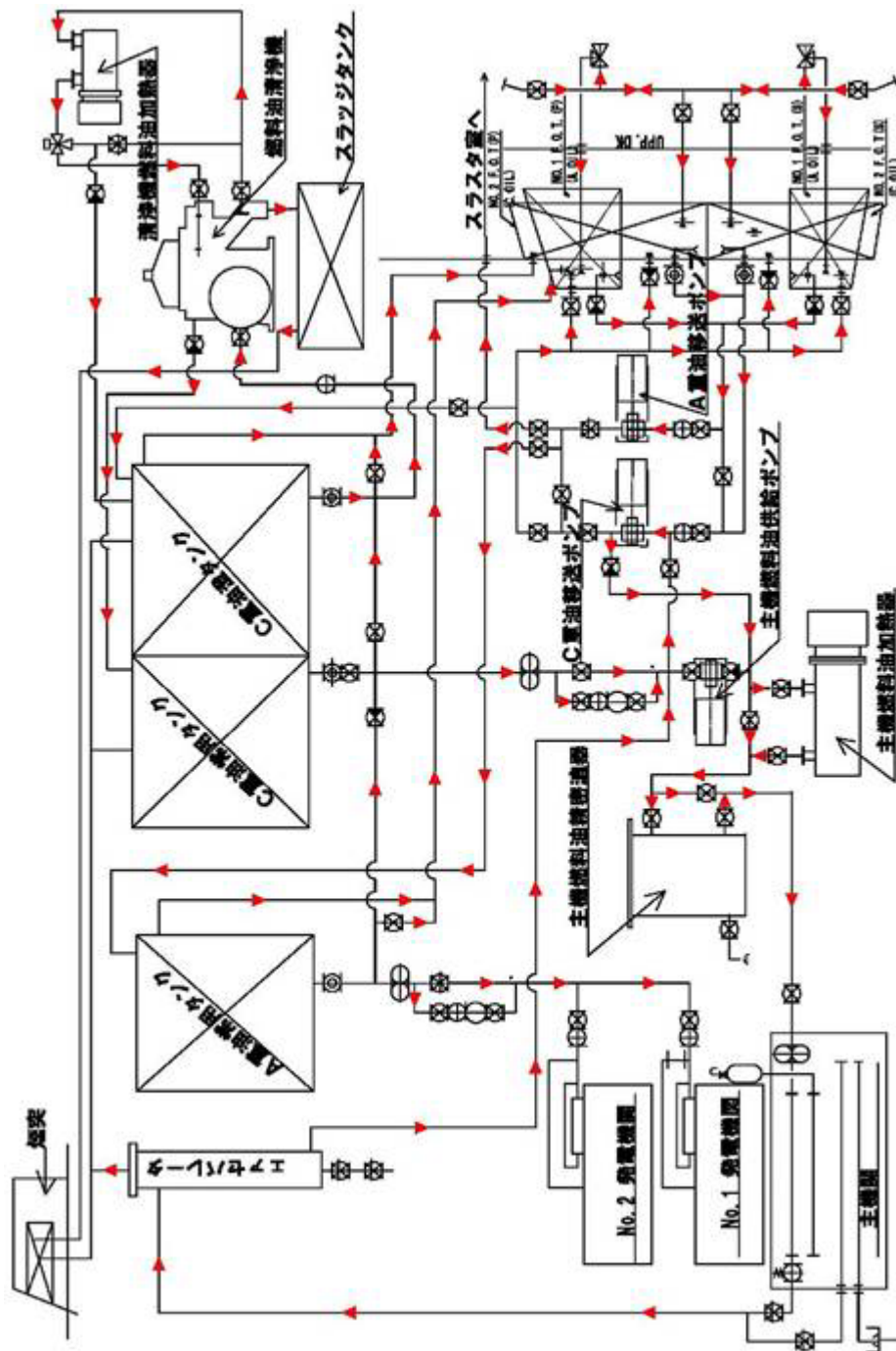


図 2.1 総トン499型貨物船燃料油配管系統図

燃料油では図 2.1 の総トン499型貨物船燃料油配管系統図に示すものが一般的な配管系統である。

1.2 主機燃料油の加熱条件

使用燃料は内航船ではC重油 180mm²/s(50)が一般的であり、内航船4サイクル主機関の燃料油では低質油を使用して良好な燃料噴射、燃焼を得るためには、燃料油噴射時の粘度を 16 ~ 18mm²/S 程度に加熱保持する必要がある。

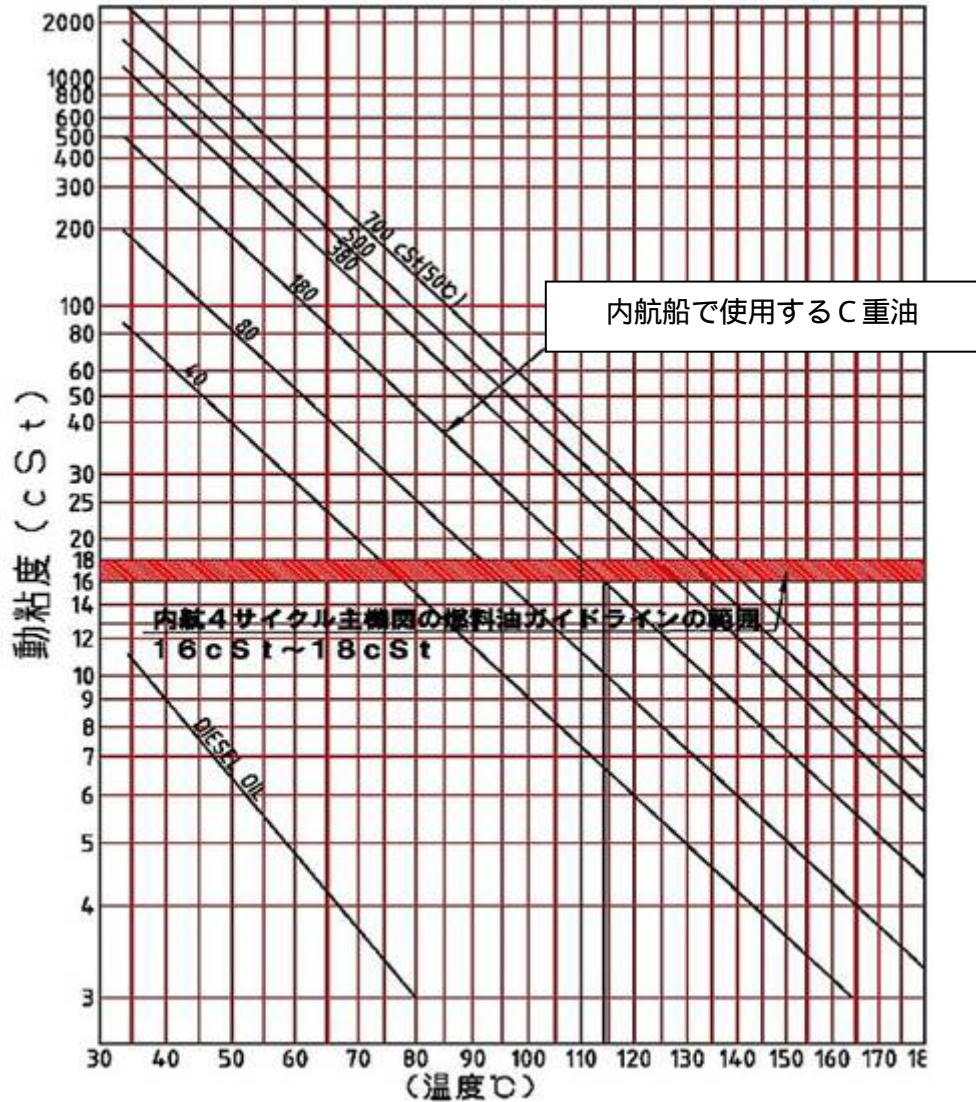


図 2.2 燃料油加熱温度と動粘度関係図表

図 2.2 において粘度 180mm²/s(50)での加熱温度は、16mm²/s では加熱温度は 114 で、18mm²/s では加熱温度は 108 となり、機関入口の温度は、108 から 114 の間で温度管理する必要がある

180mm²/s(50)程度の燃料油の温度管理は図 2.3 に示す温度管理が望ましいとされている。

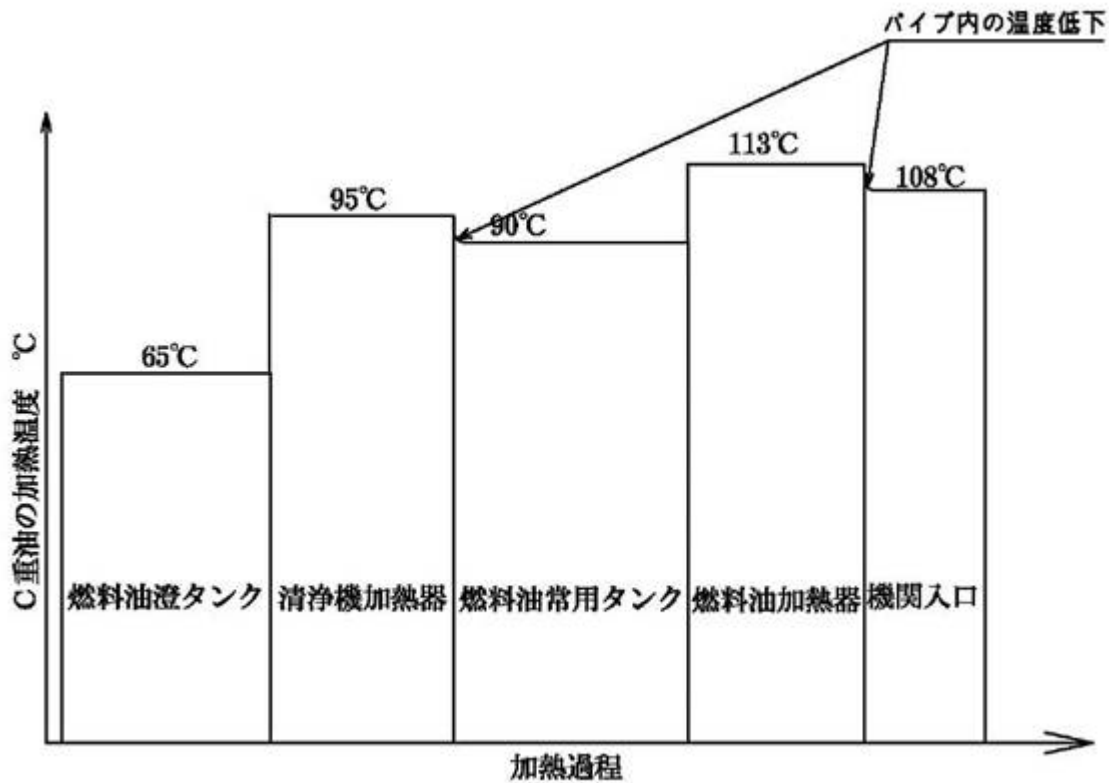


図 2.3 低質油の温度管理 180mm²/s(50)

図 2.1 の総トン 499 型貨物船燃料油配管系統図から図 2.3 低質油の温度管理に従って燃料油供給システムの温度と流れのフローを図 2.4 に示す。

燃料油供給システムは燃料油清浄系統と燃料油供給系統から構成されている。

燃料油清浄系統は、C 重油澄タンク → 清浄機移送ポンプ → 清浄機加熱器 → 燃料油清浄機 → C 重油常用タンク → C 重油澄タンクに循環する系統である

一方、燃料油供給系統は、C 重油常用タンク → 燃料油供給ポンプ → 燃料油加熱器 → 主機関 → エアセパレータ → 燃料油供給ポンプと循環する回路で、C 重油常用タンクから燃料油供給ポンプに至る配管は主機関で消費された C 重油を補給する。

HANSHIN LA32G	出力	1471kW		
負荷	50	75	85	100
過給機出口温度	250	240	260	255
排ガス量 kg/min	86	129	146	171
高温冷却水出口温度	58	72	79	80
高温冷却水ポンプ容量		35m ³ /h		
HANSHIN LA28G	出力	1323kW		
過給機出口温度	325	320	320	324
排ガス量 kg/min	66	99	113	133
高温冷却水出口温度	78	79	79	80
高温冷却水ポンプ容量		35m ³ /h		

NIIGATA 6M34BGT	出力	1471kW		
過給機出口温度	300	285	285	270
排ガス量 kg/min				
高温冷却水出口温度	43	68	78	78
高温冷却水ポンプ容量		35m ³ /h		

表 2.5 ディーゼル機関の発生排熱量

HANSHIN LA32G	出力	1471kW		
負荷 %	50	75	85	100
排ガス量 Q kg/min	86	129	146	171
排ガス量 N m ³ /h	4210	6318	7151	8675
HANSHIN LA28G	出力	1323kW		
排ガス量 Q kg/min	66	99	113	133
排ガス量 N m ³ /h	3232	4849	5535	6514

表 2.6 ディーゼル機関の排ガス量

排ガス量 N (m³/h) = Q × 48.98 標準大気 15 760mmHg 時
 上記排ガス量 N 値を計算したものが表 2.6 の排ガス量 (m³/h) である。

第3節 実用化試験装置の計画

3.1 実用化試験装置テストの計画

主機関の排熱により熱媒油を加熱し、加熱された熱媒油は熱媒油熱交換器により主機関燃料消費量の2倍以上の燃料油を加熱し、加熱された燃料油は、主機関を通過する時に燃料消費分以外の余剰燃料油は熱媒体として使用し、必要な燃料油を加熱した後、燃料油供給ポンプへと循環使用する。電気ヒータに代わり、主機関の排熱を利用して燃料油を加熱する新しい方式である。従来の熱媒方式と大きく異なる点は熱媒油管を最短として、燃料油を熱媒体として利用することで従来の燃料油管を熱媒体管として利用する方式である。

実用化試験装置は主機関の排気ガス状態を作り出す主機関排ガス模擬試験機と排気ガスにより熱媒油を加熱する排ガス熱交換器及び排ガス熱交換器で加熱された熱媒油で燃料油を加熱する熱媒油熱交換器から構成される。

実用化試験装置は、主機の排気ガス状態を模擬的に作成し、実物大の排ガス熱交換器を作り、排ガス熱交換器で熱媒油を加熱した上で、加熱された熱媒油をもって熱媒油熱交換器において、燃料油の加熱温度と加熱油量が確保できるかを検証するものが実用化試験装置である。実用化試験機は試験の環境作りの主機関排ガス模擬試験機を使用して排ガス熱交換器～熱媒油熱交換器の出力として燃料油の加熱温度と加熱油量が得られるか性能を検証するための装置として計画し、

主機関排ガス → 熱媒油加熱 → 燃料油(熱媒体) →
燃料油加熱の流れで加熱するものとする。

3.2 初期燃料油ヒートバランスの検討

燃料油の設定加熱温度は、図2.3を参考値とする。

低質油の温度管理 180mm²/s(50)

- ・燃料油澄タンク 7kW 設定温度 65
- ・燃料油清浄機加熱 10kW 設定温度 95
- ・燃料油常用タンク 4kW 設定温度 90
- ・主機関入口 設定温度 108

3.2.1 高温冷却水の使用範囲の検討

(高温冷却水は燃料油澄タンクより設定温度が低いので使用可能かの検討)

燃料油澄タンクは、設定温度 65 において電気ヒータ 7kW で加熱している。貯蔵タンクの加熱温度はポンプの吸引能力から粘度を 390cSt 以下とする必要がある、使用燃料油 180mm²/s (50) では加熱温度 25 であり、貯蔵タンクの入口 25 から設定温度 65 まで加熱時間4時間で加熱できる容量として7kWの電気ヒータが選定されている。実際には燃料油移送ポンプの起動、発停を頻繁に繰り返して燃料油澄タンクの温度変化を少なくしている。

タンク容量 900 L の燃料油澄タンクにおいて、

300 L / 1 回で燃料油を補給すると、温度低下は 51.7 で 13.3 低下、

200 L / 1 回では、温度低下は 56 で 9 低下、

100 L / 1 回では、温度低下は 60.6 で 4.4 となる。

燃料油清浄機の清浄を安定して運転するには燃料油澄タンクの温度が安定していることが重要である。

ディーゼル機関の発熱量で調査したように高温冷却水は、L A 3 2 型機関では 75%出力時には、水温 72 で容量 35m³/h の熱量は 290kW である。

水温 65 以上の吸収可能な熱量は H (kW) は、

$H (kW) = 290 \times (72 - 65) / 72 = 28kW$ で 7.5kW 以上となり使用可能である。

3.2.2 主機関排気ガスの利用範囲の検討

燃料加熱量は、主機関の燃料消費量(QMAIN) + 加熱用熱量(QH)に分けて考える。

加熱用熱量 (QH) は、

1) 燃料油清浄機加熱ヒータ 10 kW、設定温度 95

2) 燃料油常用タンク加熱ヒータ 4kW、設定温度 90

に相当する電気エネルギーを主機関の排熱で燃料油を加熱し、順次加熱機器を通過させて加熱するシステムのヒートバランスを考える。

加熱用熱量QHは燃料油清浄機加熱ヒータ 10kW と燃料油常用タンク加熱ヒータ 4kW を加えたもので 14kW の熱量に相当する。

燃料油加熱温度 120 ~ 130 に加熱した燃料油を主機関が消費した後の余剰燃料油で温度の高い燃料油清浄機ヒータ、燃料油常用タンクヒータの通過温度を図 2.7 に示すように検証する。

図 2.7 に示すように、縦軸は燃料油の主機関出口温度を示し、横軸は各ヒータの合計電力量を示し、各機器の加熱温度の高い順に機器を配置し、通過する機器の合計電力量 kW とすると、主機関燃料油出口温度 120 と 125 の 2 点での温度で検討し、位置を A 点として、燃料油清浄機ヒータ 10kW 相当の位置で温度 95 位置を B 点とし、燃料油常用タンクヒータ 4kW 相当(合計 14kW)位置で温度 90 を C 点として合計 14kW 相当とする。A 点 (120、125) から各機器出口温度 B、C 点を結ぶ各点で、この場合では一番厳しい点 C 点を選択すればヒートバランスは成立する。

C 点での電気ヒータ相当 10kW + 4kW = 14kW の合計熱量の交換熱量 H は、

H : 交換熱量 (kJ/h)

: 効率 = 0.85

h : 加熱時間 = 1.0

加熱電力 (kW) = $H / (3600 \times h)$

$H = 14 \times (3600 \times 0.85) = 42840 \text{ kJ/h}$

熱交換量Hから加熱燃料油流量Q f を求めると

Q f : 流量 (m³/h)

t 2 : 入口温度 ()

t 1 : 出口温度 ()

s g : 比重 (kg/m³)

s h : 比熱 (kj/kg/K)

主機関出口温度を 125 と 120 の 2 点で次式から流量 (Q f) を求める。

$$Q f = H / ((t 2 - t 1) \times s g \times s h)$$

主機関出口 A 点の温度 125 時

$$Q f 125 = 42840 / ((125 - 90) \times 980 \times 1.884) = 0.663 \text{m}^3 / \text{h} \quad 670 \text{ l/h}$$

主機関出口 A 点の温度 120 時

$$Q f 120 = 42840 / ((120 - 90) \times 980 \times 1.884) = 0.773 \text{m}^3 / \text{h} \quad 800 \text{ l/h}$$

燃料油清浄機ヒータ及び燃料油常用タンクヒータを順次加熱して通過必要燃料油量は主機関燃料油出口温度 120 の時 800l/h で、出口温度 125 の時 670l/h になる。

各通過点での温度検証

* A ~ B 点通過時間での交換熱量Hは、

$$H = kW \times 3600 \times 0.85 \times 1 = 10 \times 3600 \times 0.85 \times 1 = 30600 \text{kJ/h}$$

温度降下量 T b は $T b = H / (Q f \times s g \times s h)$

$$125 \text{ の時 } T b 125 = 30600 / (0.670 \times 980 \times 1.884) = 30600 / 1.237 = 24.7$$

$$120 \text{ の時 } T b 120 = 30600 / (0.800 \times 980 \times 1.884) = 30600 / 1.477 = 20.7$$

B 点通過時温度は、

$$125 \text{ の時 } B \text{ 点通過時での燃料油温度は } T b 125 = 125 - 24.7 = 100.3$$

$$120 \text{ の時 } B \text{ 点通過時での燃料油温度は } T b 120 = 120 - 20.7 = 99.3$$

* B ~ C 点通過時での交換熱量Hは、

$$H = K W \times 3600 \times 0.85 \times 1 = 4 \times 3600 \times 0.85 \times 1 = 12240 \text{ k j / h}$$

温度降下量 T c は、

$$125 \text{ の時 } T c 125 = 12240 / (0.670 \times 980 \times 1.884) = 12240 / 1237 = 9.9$$

$$120 \text{ の時 } T c 120 = 12240 / (0.800 \times 980 \times 1.884) = 12240 / 1477 = 8.3$$

C 点通過時温度は、

$$125 \text{ の時 } C \text{ 点通過時での燃料油温度 } T c 125 = 100.3 - 9.9 = 90.4$$

$$120 \text{ の時 } C \text{ 点通過時での燃料油温度 } T c 120 = 99.3 - 8.3 = 91.0$$

となる。

A 点主機関出口燃料油温度から燃料油量で燃料油を順次各機器を温度の高い順に B 点燃料油清浄機ヒータ、C 点燃料油常用タンクヒータを通過することで順

次熱量が消費されても、図 2.7 主機出口温度 125 と 120 から各通過点での温度降下は図に示すように、温度と熱量は確保できる。

燃料消費量 (Q_{MAIN}) は、

499GT 貨物船の主機関 1471kW の場合は、主機関の 100%ロード時の、

$$Q_{MAIN} = 1471 \text{ kW} \times 192 \text{ g/kW.h} / 0.98 = 88 \text{ l/h}$$

燃料油量 (Q) は、

燃料油量 $Q =$ 主機関の燃料消費量 (Q_{MAIN}) + 加熱用熱量 (Q_H)

$$Q = Q_{MAIN} + Q_H$$

機関出口温度が 125 では

$$Q_{125} = 288 \text{ l/h} + 670 \text{ l/h} = 960 \text{ l/h}$$

機関出口温度が 120 では

$$Q_{120} = 288 \text{ l/h} + 800 \text{ l/h} = 1100 \text{ l/h}$$

熱媒油熱交換器の容量は、

機関出口温度が 125 の時 燃料油 960l/h

燃料油入口温度を 90

出口温度 130

燃料油の加熱温度差は 40

機関出口温度が 120 の時 燃料油 1100l/h

燃料油入口温度を 90

出口温度 125

燃料油の加熱温度差は 35

熱媒油熱交換器の加熱温度により加減が可能である。

燃料油常用タンクは、設定温度 90 で電気ヒータ 4kW は、清浄機から補給される燃料油の加熱温度は、清浄機用加熱器の温度から清浄機と途中配管の放熱で、燃料油常用タンクの放熱を補うために 4kW 電気ヒータは設定温度に保温することを目的としている。

ここでは、燃料油清浄機の加熱温度が 90 とすると加熱する燃料油は、約 100 で通過することになり、エアセパレーターを内装することでヒータの役目も可能であるので航海中の燃料油常用タンクの放熱熱量は 100 ~ 90 の間の燃料油熱量で賄える。

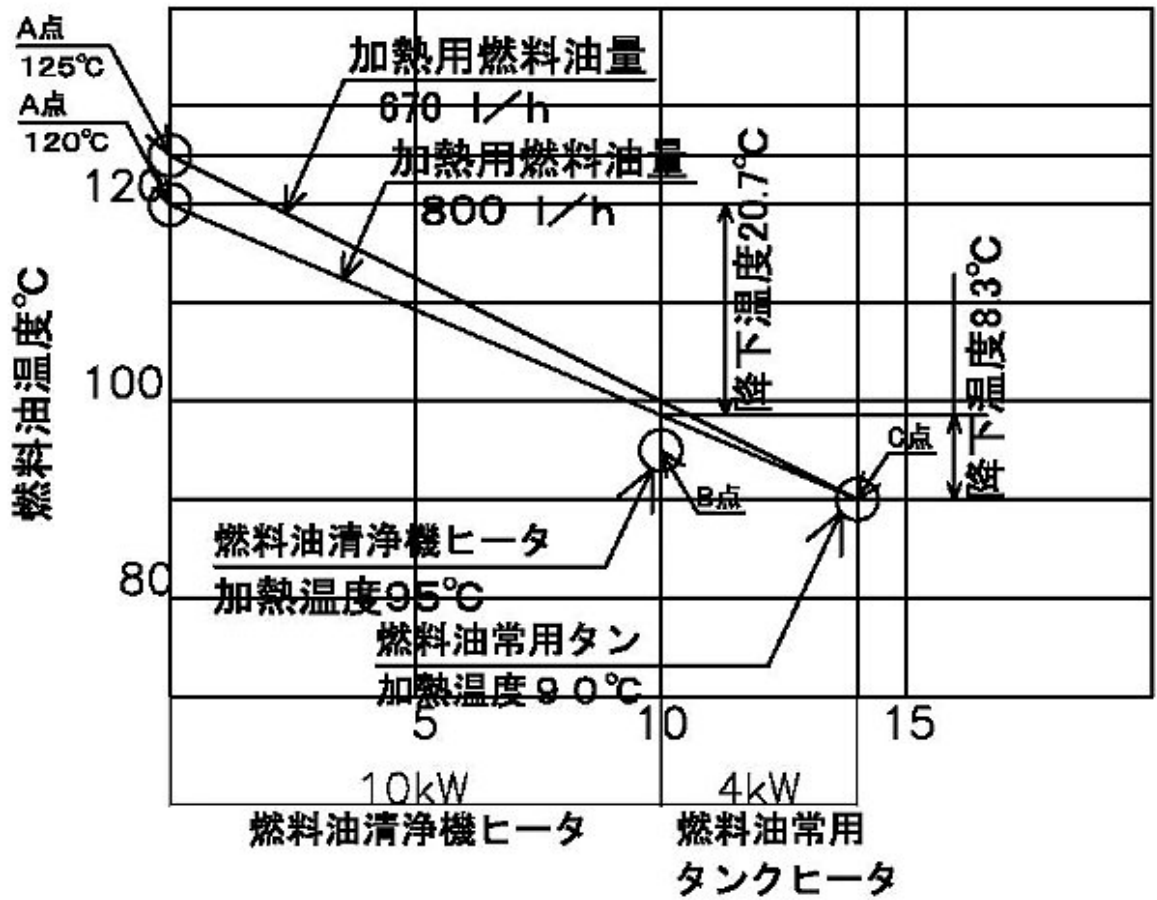


図 2.7 燃料油主機関出口からの温度降下量

3.3 排気ガスによる熱媒油のヒートバランスの検討

伝熱面積		1m ²	2m ²	3m ²
交換熱量	kJ/h	58,000	125,550	
熱媒流量	m ³ /h	3,000	5,000	
熱媒入口温度		170	170	
熱媒出口温度		157	160	
燃料油入口温度		60	95	
燃料油出口温度		90	135	

図 2.8 プレート式熱交換器の比較

- ・熱交換効率の良いプレートヒータを使用する場合の検討
上記燃料油の熱交換量からプレート式熱交換器の選択をする

$$\text{熱交換量 } H = Q_f \times s_g \times s_h \times (t_2 - t_1)$$

機関出口温度 125 の時

$$Q_f = 0.960 \quad s_g = 980 \quad s_h = 1.884 \quad t_1 = 90 \quad t_2 = 130$$

$$H = Q_f \times s_g \times s_h \times (t_2 - t_1)$$

$$H_{125} = 0.96 \times 980 \times 1.884 \times (130 - 90) = 70898 \text{ kJ/h}$$

機関入口 120 の時

$$Q_f = 1.10 \quad s_g = 980 \quad s_h = 1.884 \quad t_1 = 90 \quad t_2 = 125$$

$$H_{120} = 1.10 \times 980 \times 1.884 \times (125 - 90) = 71083 \text{ kJ/h}$$

熱媒油熱交換器の伝熱面積は、上記条件であれば 2 m^2 で機関出口温度が 125 、 130 でもどちらでも使用できる。

- ・熱媒油熱交換器の熱媒側の検討

熱媒油 $4.0 \text{ m}^3/\text{h}$ として

熱媒出口温度を 140 、 150 、 160 で入口温度を検討する。

$$\text{熱媒体出口温度 } T_2 = T_1 - H / (s_g \times s_h \times Q_s)$$

$T_1 = 140$ の時 $T_2 = 140 - 71000 / (800 \times 2.428 \times 4) =$ 燃料油常用タンクは、設定温度 90 で電気ヒータ 4kW は、清浄機から補給される燃料油の加熱温度は、清浄機燃料加熱器の温度から清浄機と途中配管の放熱で、燃料油常用タンクの放熱を補うために 4kW 電気ヒータは設定温度に保温することを目的としている。

ここでは、燃料油清浄機の加熱温度が 95 とすると加熱する燃料油は当然 95 より高い温度で通過することになり、エアセパレータを内装することでヒータの役目も可能であるので航海中の燃料油常用タンクの放熱熱量は 95 ~ 90 の間の燃料油熱量で賄える。

$$H : \text{交換熱量 (kJ/h)} \quad : \text{効率} = 0.85 \quad h : \text{加熱時間} = 1.0$$

$$\text{加熱電力 (kW)} = H / (3600 \times \quad \times h)$$

4kW のヒータの交換熱量 H は、

$$4 \text{ kW} = H / (3600 \times 0.85 \times 1)$$

$$H = 4 \times (3600 \times 0.85) = 12240 \text{ kJ/h}$$

$$140 - 9.14 = 131$$

$$T_1 = 150 \text{ の時 } T_1 = 150 - 9.14 = 141$$

$$T_1 = 160 \text{ の時 } T_1 = 160 - 9.14 = 151$$

熱媒温度は T_1 が 140 の時 T_2 が 131 となり燃料油出口温度と近いので熱交換器の伝熱面積が大きくなる可能性があるので T_1 が 150 以上を目指す。

熱媒油熱交換器の熱媒油側は熱媒循環量 4.0m³/h で、T1 出口温度 150 以上としたとき、燃料油 1.0 l/h で出口温度 130 を目標値とする。

3.4 主機関の排熱を利用した燃料油加熱システムのフロー

図 2.9 に示すように主機関から出た余剰燃料油配管において、従来は主機関からエアセパレータに直接返していたものを、清浄機燃料油加熱器を経由してエアセパレータにもどすものとし、また、高温冷却水が主機関から燃料油澄タンク内に新しく設けた温水加熱器を経由して冷却器に至るように、フローを変更することとなる。

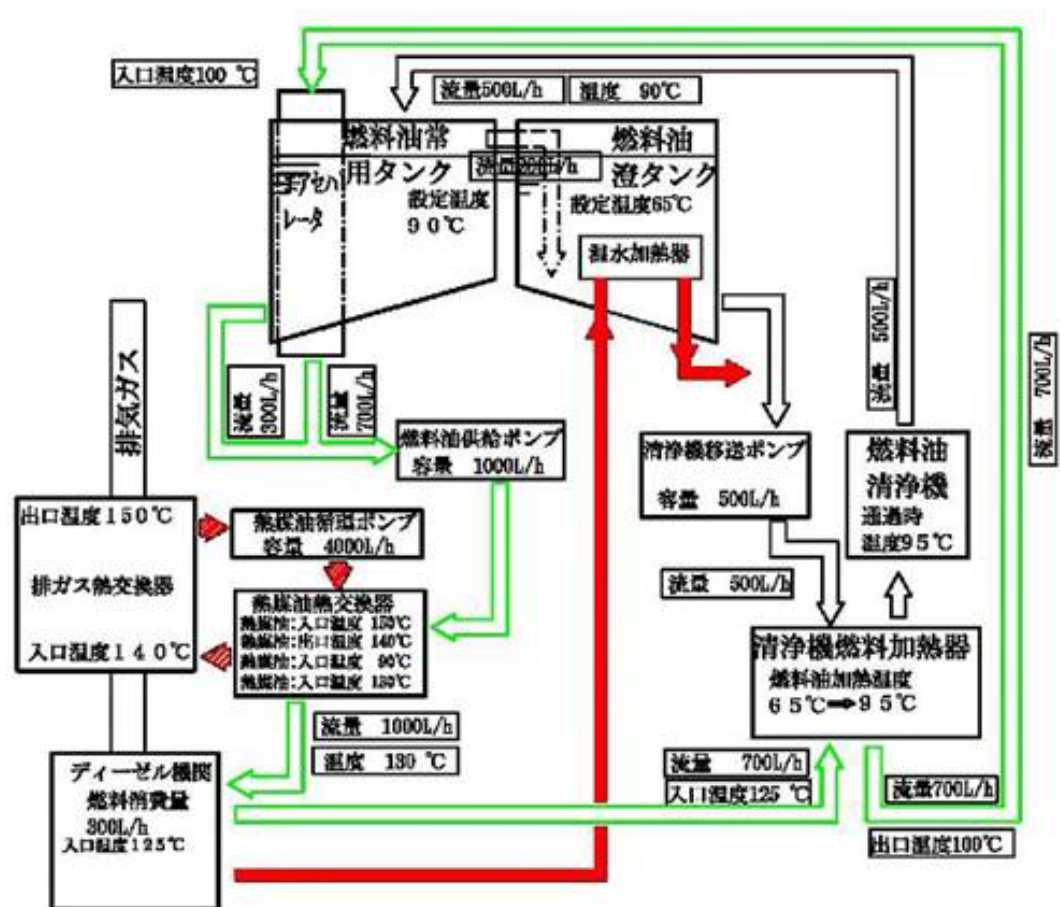


図 2.9 主機関の排熱を利用した燃料油加熱システムのフロー

3.5 主機関排ガス模擬試験機の温度設定と風量設定

表 1.5 のディーゼル機関の発生排熱量と、表 2.6 のディーゼル機関の排ガス量から主機関の排熱を利用した燃料油加熱システムの稼働範囲を想定すると、主機メーカーからの A 重油使用条件は、「通常は機関が冷態でも確実に始動、停止を行い良好な燃焼を行わせるために、出入港時には A 重油を使用し、機関が十分温まり負荷が 50%以上になってから C 重油に切り替えること。」とされている。このため、燃料加熱システムを稼働するのは主機出力の 50%とする。

また、50%出力時の排ガス温度及び排ガス量は具体的には 250 と 4210m³/h とする。

主機関排ガス模擬試験機製作にあたって、排気ガス量は、主機関の 50%ロードに相当する 4210m³/h (70m³/min) とし、温度は 230 ~ 250 となるように、燃焼炉において暖かい空気と冷たい新鮮空気を混合して、所定の温度を得るものとする。

- ・ 空気を加熱するために用いるバーナーの選定

常温 10 を 250 まで加熱するのに必要なカロリー (熱量)

$$\text{空気量 } N = 4210\text{m}^3/\text{h}$$

$$\text{温度差 } T = 250 - 10 = 240$$

$$\begin{aligned}\text{空気密度} &= 1.2925 \times (273.15 / (273.15 + 10)) \times 1013 / 1013 \\ &= 1.2468 [\text{kg}/\text{m}^3]\end{aligned}$$

常温・標準大気圧時

$$\text{空気比熱 } C_p = 0.24 [\text{kcal}/\text{kg}]$$

空気の加熱に必要な熱量 Q [kcal]

$$\begin{aligned}Q &= C_p \times (\times N) \times T = 0.24 (1.2468 \times 4210) \times 240 \\ &= 303.6 \times 1000 [\text{kcal}/\text{h}]\end{aligned}$$

- ・ A 重油の熱量

$$A \text{ 重油消費量} = 303600 / 8500 = 35.7 \text{ l/h}$$

バーナー能力は A 重油焚きで 35.7 l/h の能力を選択する必要がある。

ロータリ式オイルバーナー RA 4 0 1 型

能力燃焼量 : 20 ~ 40 l/h

熱出力 : 175000 ~ 350000 [kcal/h]

必要熱量 Q 303,600[kcal/h] < バーナー熱出力 350,000[kcal/h] OK

- ・ 送風機の選定

風量は、70m³/min 以上で耐熱温度が 350 の送風機を選定する。

ターボファン風量 75m³/min

耐熱温度 350

駆動モーター 3.7 kW 60Hz

・ 燃烧炉の寸法

バーナーメーカーの参考寸法

A: 750mm

B: 700mm

C: 1500mm

D: 260mm

E: 400mm

F: 300mm

G: 7000mm

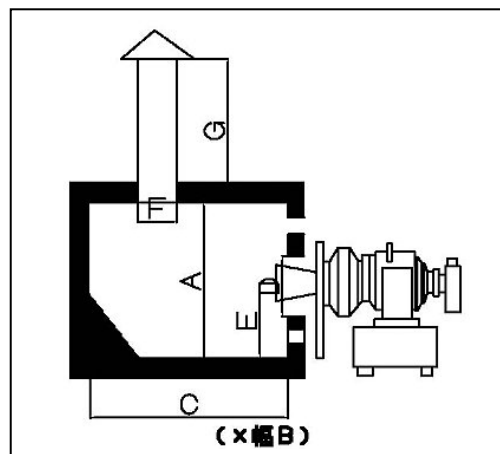


図 2.10 燃烧炉の寸法

燃烧炉は 700 の暖かい空気とすると設定温度にするには、
冷えた空気 10 であると

混合比は 燃烧炉は $26\text{m}^3/\text{min} \times 700 = 18200$

新鮮空気は $49\text{m}^3/\text{min} \times 10 = 490$

合計 $75\text{m}^3/\text{min}$ 18690

平均温度 250

新鮮空気量 $50\text{m}^3/\text{min}$ 新鮮空気取入れ口の風速を $3\text{m}/\text{sec}$ としたとき、
新鮮空気取入れ面積は 0.272m^2 となる。

燃烧炉出口面積 静圧を同じとするには風速を $3\text{m}/\text{sec}$ とすると風量が $26\text{m}^3/\text{min}$
となり、開口面積を 0.144m^2 とする必要がある。

ファンの吸入開口は、口径 320mm とすると面積 0.0804m^2 で、ファン吸入口の流
速は $15.55\text{m}/\text{sec}$ となる。

メーカーの図 2.10 に示す燃烧炉の参考寸法では煙突 7m が必要としている。このこ
とは燃烧炉内を負圧とする必要があり、負圧が強すぎるとバーナーが消火してしま
うことがあるため負圧の調整機能が必要となる。

3.6 主機燃料油加熱機の計画

機関室の中で主機燃料油加熱機を設置できる場所は限られおり、機関室上甲板
上のケーシング内で設置できる大きさを検討する必要がある。

図 2.11 の機関室側配置図において排気管中の赤く斜線で塗られた部分が主機燃
料油加熱機設置可能な場所であり、その長さは 1500mm 程度である。

図 2.12 の上甲板上のケーシング内排気管の断面部に赤く斜線で塗られた部分が
主機燃料油加熱機設置可能な場所で排気管は主機関出力により、直径 450mm と直径
 400mm の排気管があるのでどちらでも設置可能な構造とする必要がある。

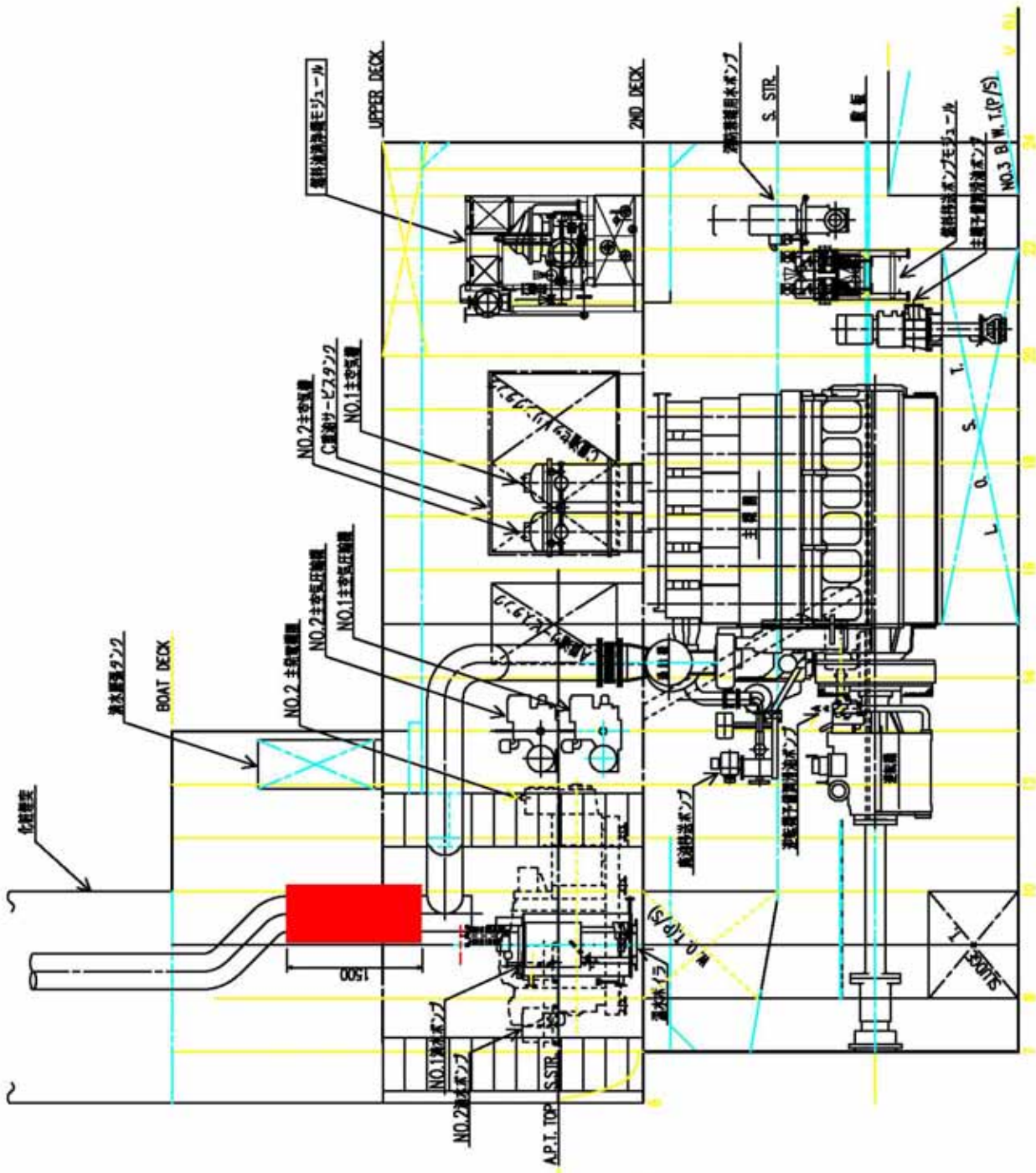


図 2.11 機関室側面配置で主機燃料油加熱器の設置検討図

赤く斜線で塗られた範囲が設置可能範囲である。

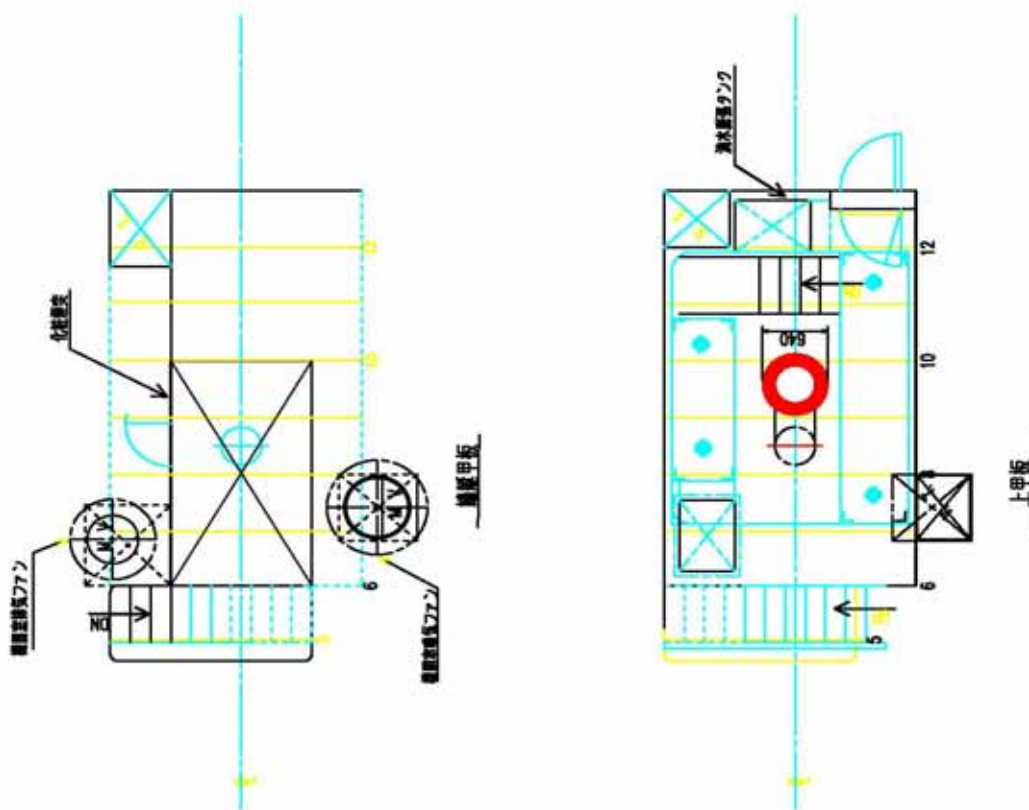


図 2.12 機関室上甲板上ケーシング平面図

図 2.12 の配置は、主機燃料油加熱機の設置検討範囲で、赤く斜線で塗られた範囲が設置可能範囲である。

以上をまとめたものを図 2.13 の主機燃料油加熱機の主機排ガス模擬試験機の配置計画図に示す。また、図 2.14 が主機排ガス模擬試験機の全体を示すシステム計画図としてまとめたものである。

3.7 熱媒体（油）の調査

合成系有機熱媒体のリスク管理に係る自主管理と熱媒体の使用マニュアルに示すように合成系有機熱媒体（熱媒油）は安定性が高いことから、環境中に残存しやすいと考えられ取扱いについて注意が必要とされているので扱いについては自主管理が必要となる。

3.7.1 合成系有機熱媒体のリスク管理に係る自主管理

平成19年10月25日

化成品工業協会

熱媒体自主管理委員会

熱媒体は、スチーム加熱の限界を超える200℃以上の高温領域で使用できることから、油脂工業、合成樹脂工業、石油化学工業、繊維工業等で数万トンが使われ、これらの産業を支えています。最近では省エネルギーや地球環境保護の観点から、熱媒体の応用分野はさらに拡大しております。熱媒体の種類としては、フッ素系、シリコン系、鉱油系等もありますが、優れた熱安定性と経済性を考慮した場合、合成系有機熱媒体に優るものはありません。

一般に、合成系有機熱媒体は安定性が高いことから、環境中に残存しやすいものと考えられています。国も、化学物質の審査および製造等の規制に関する法律（以下、「化審法」という）の既存化学物質の安全性点検の中で、生分解性および生体への蓄積性を調査しています。その結果、主要製品の成分のうち、次の5物質が「第一種監視化学物質」に指定されました。

- ・ジイソプロピルナフタレン（CAS 38640-62-9、既存番号4-961）平成16年9月22日指定
- ・水素化テルフェニル〔水素化トリフェニル〕（CAS 61788-32-7、既存番号4-41）

平成17年2月23日指定

- ・ジエチルビフェニル（CAS 28575-17-9、既存番号4-16）

同上

- ・ジベンジルトルエン（CAS 26898-17-9、既存番号4-638）

同上

- ・トリエチルビフェニル（CAS 42343-17-9、既存番号4-16）

平成18年1月13日指定

合成系有機熱媒体の中には、第一種監視化学物質として指定された物質以外にも安定な構造を持つものが数多くあり、これらが環境中に放出された場合、分解されずに長期間残存することも予想されます。このことから、上記5物質と同様に、すべての合成系有機熱媒体の環境中への放出を抑えることが必要と考えられます。

合成系有機熱媒体の生産は、製造から出荷まで十分に管理され、かつ、密閉化された設備で行っております。また、製造設備の保全については、定期的に保守、点検、整備等を充分行っており、製造プロセスの管理には万全を期しております。さらに、工程および品質管理についても、最新の技術を取り入れて随時見直しております。工場の運営に当たっては、一般環境および作業環境の保全に関する法令を遵守しており、人や環境への暴露はありません。しかしながら、第一種監視化学物質については、製造段階だけではなく、物流、使用、廃棄というすべてのステージにおけるリスク管理が求められているため、その他の合成系有機熱媒体をも含め、製造から廃棄に至る全ライフサイクルで、リスク低減に向けた自主的な管理を推進することが急務であると認識しています。

このため、平成16年8月、製造・輸入会社4社が化成品工業協会内に熱媒体自主管理委員会を発足させました。本委員会は、法令の遵守はもとより、合成系有機熱媒体の製造・輸入者

のみならず、その使用者を含めたサプライチェーン全体で自主的なリスク管理を継続的に進めるべく、使用者への暴露管理の指導、情報提供などの活動を推進中であります。以下に具体的なリスク管理項目と経過報告を示します。

作成・改訂履歴：' 04.12.15 作成 ' 05.04.07 改訂 ' 06.01.16 改訂 ' 06.02.14 改訂 ' 06.06.22 改訂 ' 07.10.09 改訂

I リスク管理

1. 熱媒体用途については、気密性を持った閉鎖系の設備内で使用される場合のみ販売する。
2. 劣化油の不適切な処理による環境中への排出を防止するため、使用者に対し、焼却等の適正な処理を指導する。
3. 劣化油の再生処理は指定した事業所でのみ実施し、環境中へ排出されることがないように管理する。
4. 熱媒体の使用・管理状況について、年一回、使用者から報告を受ける。
5. 不測の事態等により熱媒体が環境中に排出された場合は、使用者から直ちに報告を受け、必要な助言を行う。
6. 1～5の内容について、使用者と確認書を取り交わす。
7. 熱媒体の適正な使用方法、使用設備について記した取扱いマニュアルを作成し、使用者に配布する。
8. 関係法令を遵守し、使用者に常に最新の情報を継続して提供し、環境および人への暴露防止に努め、環境保全と安全確保のための活動を推進する。

II 経過報告

リスク管理のための対応策の進捗状況は、12 ヶ月毎に化成品工業協会のホームページを通じて公表する。

自主管理の対象となる合成系有機熱媒体の製品名は、別添のリストをご参照ください。

熱媒体自主管理委員会 会員会社名

新日鐵化学株式会社

綜研テクニクス株式会社

松村石油株式会社

ソルーシア・ジャパン株式会社

以上

本件に関するお問い合わせ先：

熱媒体自主管理委員会事務局（化成品工業協会・技術部 担当：浜中）

E-mail : hamanaka@kaseikyo.jp ホムページ : [http:// www.kaseikyo.jp/](http://www.kaseikyo.jp/)

電話 : 03-3585-3374 ファックス : 03-3589-4236

【ご質問・ご意見等はできるだけE-mail をご利用ください】

3.7.2 熱媒体の使用マニュアル

平成19年10月25日

化成品工業協会

熱媒体自主管理委員会

熱媒体を使用する際は、「合成系有機熱媒体のリスク管理に係わる自主管理」をご参照いただき、メーカーとの確認書の取り交わしをお願いいたします。

熱媒体は、装置を正しく運転することによって安全に使用することができます。

このマニュアルは、熱媒体を正しく安全にご使用いただき、熱媒体による事故および環境汚染防止のための作業手順、注意事項について、守っていただきたいことを記載しております。

I. 装置に関する注意事項

1. 施設・場所

熱媒体を取り扱う施設・場所の床面は、熱媒体の地下浸透を適切に防止できるコンクリート等の材質にしてください。

2. 設備

環境への放出を防ぐため、設備が密閉系であることを確認してください。

3. 加熱装置

熱媒体の局部加熱による劣化を防止するため、熱媒体の適正な循環量のチェック、ボイラーの火炎が伝熱面に直接当たる箇所がないことを確認するなど、適正な加熱をお願いします。

4. ポンプ

高温の油用に設計された熱媒体用のポンプを使用してください。

5. 膨張タンク

- ① 不活性ガスでシールし、熱媒体の酸化劣化を防止してください。
- ② 不活性ガスでシールしない場合は、膨張タンクの油温が常温になるようにしてください。

6. その他

- ① 熱媒体の漏洩を防止するため、フランジは必要最小限にしてください。
- ② 配管敷設後は、必要に応じてフラッシングにより系内を清掃してください。
- ③ 水による清掃、圧力テスト等、系内に水が残る操作は避けてください。
- ④ 熱媒体は高温で使用されるため、パッキン、ガスケット類は耐油性および耐熱性の優れた製品を使用してください。

※ご質問、お問い合わせは、各メーカーへお願い致します。

2004.12.15 作成

2005.04.07 改訂

2007.10.25 改訂

II. 設備への充填時の注意事項

1. 充填前作業

- ① 配管、バルブ、計装品等、装置が設計どおり施工されているかを確認してください。
- ② 装置内に水分、異物が無いことを確認してください。
- ③ 配管の気密性、並びに、配管、ドレン、タンク等のバルブの開閉状態を確認してください。
- ④ 充填する熱媒体の種類、数量を確認してください。
- ⑤ 万一の油の漏洩に備え、吸着マット、受け皿等を配置してください。吸着したマット等は、焼却処理を行ってください。

2. 充填作業

- ① 配管、ドレン、タンク等のバルブの開閉状態を確認してください。
- ② 膨張槽のエアバント（エア抜きライン）を開けてください。
- ③ 充填用の配管、充填口、充填ポンプ等を接続してください。
- ④ 充填ポンプを起動し、充填を開始してください。
- ⑤ 配管、フランジ、バルブ等から油漏れがないことを確認してください。
- ⑥ 膨張タンクの液面を確認しながら充填を継続してください。
- ⑦ 膨張タンク容量の25%程度で充填ポンプを停止してください。
- ⑧ 常温で循環ポンプを起動し、液面計、圧力計が安定するまでエア抜きを行なってください。

ハナ切りオイルは、焼却処理を行なってください。

- ⑨ 循環ポンプ起動後、膨張タンクの液面が下がることがあります。もし下がった場合には、循環ポンプを止めて再充填を行ってください。
- ⑩ 循環ポンプの圧力を確認し、ストレーナーの詰まりを確認して下さい。必要であればストレーナーを掃除してください。掃除の際抜き出したオイルは、劣化状況によって適切な処理をしてください。廃棄する際は、産廃処理を行なってください。
- ⑪ 熱媒体を取り扱う場合は、保護眼鏡、ゴム手袋、保護マスク等の適切な保護具を着用し、直接、熱媒体に接触しないよう注意してください。仮に油が付着した場合は、紙、布類でふき取ってください。ふき取り後の布、紙類は、焼却処理を行なってください。

3. 運転開始

- ① 膨張タンクの油量が常温でタンク容量の25%程度であることを確認してください。または、装置メーカーの仕様に従ってください。
- ② 循環ポンプを稼働させて吐出圧が正常であることを確認し、熱媒体の加熱を始めてください。
- ③ 熱媒体を120℃位まで昇温させ、液面計、圧力計が安定するまでエア抜きを行なってください。
- ④ 設定温度まで段階的に昇温させ、必要に応じてエア抜きを実施してください。
- ⑤ 昇温の際、フランジ等の増し締めを行い、油漏れの防止に努めてください。

Ⅲ. 更油時の注意事項

1. 抜き取り作業

2004.12.15 作成

2005.04.07 改訂

2007.10.25 改訂

3

- ① 熱媒体の温度が十分下がっていることを確認してください。
- ② 熱媒体の抜き取り数量を確認してください。
- ③ 抜き取り用ポンプ、接続配管、空ドラム等を準備してください。
- ④ 劣化油を可能な限り空ドラムへ抜き取り、実質抜き取り量を確認してください。
- ⑤ 分解したフランジ等のガスケット、パッキンを取り替えてください。

2. フラッシング作業（必要に応じて行って下さい。）

- ① 「Ⅱ. 設備への充填時の注意事項」に従い、適切にフラッシング油を充填してください。
- ② 出来るだけ長時間、常温運転を行った後、フラッシング油を可能な限り抜き取り、実質抜き取り数量を確認してください。フラッシングオイルが合成系有機熱媒体であれば、廃棄の際は、必ず焼却処理を行なってください。
- ③ ストレーナーの掃除を行なってください。

3. 新油の充填作業

「Ⅱ. 設備への充填時の注意事項」に従い、適切に作業を実施してください。

Ⅳ. 日常運転時の注意事項

- ① 定常運転時は、熱媒体の漏洩、温度、圧力等を定期的に監視してください。
- ② ボイラー方式の設備の稼働を停止するときは、バーナーが停止した後、循環ポンプを30分以上運転し、局部過熱を起こさないようにしてください。温調器等、他の加熱方式については、設備メーカーの取扱説明書に従ってください。
- ③ 保有量、補充量を把握してください。また、廃油が発生した場合には廃油量を確認し、適切に処理してください。廃油として処理する場合は、焼却処理としてください。
- ④ 設備稼働後、定期的に保守管理試験を実施し、使用中の熱媒体の性状を確認してください。
- ⑤ 試験の際のサンプリングは、循環ライン中より冷えた状態で抜き取りを実施してください。
- ⑥ 劣化試験の結果から熱媒体の経時変化を的確に把握し、トラブル防止のため、必要に応じて熱媒体の交換又は再生を実施してください。
- ⑦ 熱媒体は高温で使用するため、火傷等に十分注意してください。
- ⑧ 水抜き運転を行なう場合は、排出される水分、及び水分を含んだ油は、配管を通じドラム缶に落とし飛散しないように管理してください。

2004.12.15 作成

V. 緊急停止、異常停止時の注意事項

- ① 停電の時 計装用空気供給停止、冷却水の供給が止まり、ポンプ、送風機も停止します。その際は、熱媒循環ポンプ、バーナーの起動スイッチをOFFにしてください。
- ② 安全弁、逃がし弁が作動した時 熱媒循環ポンプ、バーナー運転を速やかに停止してください。排出物は、飛散しないようにドラム等に受けてください。
- ③ 炉内で、加熱管から、油が漏れ、引火した時 スナッフイングスチームあるいは、不活性ガスを炉内に吹きこみ消火させる。この時、熱媒循環ポンプ、バーナー運転を速やかに停止し、熱媒循環ポンプの吐出弁を閉じる。

VI. 再起動時の注意事項

- ① ユーティリティ供給状態の確認を行い、トラブル箇所のチェックと復旧を行ってから、熱媒循環ポンプを起動させます。正常な循環を確認した後、バーナー運転を再開します。

V. 貯蔵および輸送に関する注意事項

- ① 熱媒体は、原則として屋内危険物倉庫に貯蔵してください。
- ② ドラム詰め製品等を屋外に置く場合は、ドラムの口金が雨水に浸らないように注意してください。
- ③ 火気や熱源より遠ざけ、危険物の表示をして貯蔵してください。
- ④ 転倒や落下などで容器を損傷しないようにしてください。
- ⑤ 強酸化性物質と共に保管したり、混載輸送することは避けてください。
- ⑥ 熱媒体を輸送する運転手には、環境汚染を防止するための取扱い上の注意事項と非常時の連絡先等（イエローカード）を事前に通知してください。

VI. 漏出時の注意事項

漏れが止まらないときは、設備の運転を停止して処置をしなければならないので、状況判断を的確に行なえるようにしておくこと。また、漏れた場所の周囲から速やかに可燃物を撤去すると同時に、消火器を用意するなどの防火対策が必要です。

1. 配管および装置内から漏れた場合

- ① 保温材で覆われていないフランジや、溶接による配管接続箇所
応急処置としては増し締めを行なってください。また、ピンホールがあればコーキング処理を行なってください。その後、適当な時期に運転を停止し、ガスケットの交換もしくは溶接のやり直しを行なってください。
- ② 保温材で覆われているフランジや溶接接続箇所
くすぶりがあるときに急いで保温材を取り除くと発火する危険が大きいため、温度を下げた後、静かに少しずつ保温材を取り除いてください。その後、①と同様な処置を実施してください。

2004.12.15 作成

2005.04.07 改訂

2007.10.25 改訂

5

2. 床、地上に流出した場合

- ① 少量のときは、吸着マットやウエスなどで拭き取り、焼却処理してください。
- ② 多量のときは、熱媒体が排水溝に流出しないよう早急に土嚢などで囲み、回収した後、焼却処理してください。

3. 排水溝、下水管などへ流出した場合

- ① ただちに溝や管路を土嚢などで遮断し、熱媒体が公共用水路へ流出しないようにしてください。万が一大量に流出した場合は、消防署・メーカー又は販売会社へ連絡してください。
- ② 遮断して溝や管路に滞留している熱媒体は、金属製容器や貯槽などに回収した後、廃水とともに焼却処理してください。

VII. 再生時の注意事項

- ① 劣化した熱媒体を再生するときは、メーカーへ委託して適切な再生処理をしてください。
- ② 処理量、再生仕上がり量については、ユーザーにおいても把握してください。

VIII. 廃棄処理時の注意事項

- ① 廃油や使用済みウエス等を廃棄するときは、「廃棄物の処理および清掃に関する法律」に従って、適切に焼却処理してください。
- ② 廃油の処理を外部に委託する場合は、適正な資格を持った産業廃棄物処理業者に処理を委託し、産業廃棄物処理業者発行のマニフェストを保管してください。
- ③ 廃油量の適正な管理を行い、年1回の管理実施表の報告をお願いいたします。

IX. その他の注意事項

- ① 熱媒体は引火性液体であり、消防法の危険物に該当します。使用の際は消防署にご相談の上、消防法規に従って使用してください。
- ② 食品又は食品添加物の製造工程には使用しないでください。
- ③ ご不明な点がございましたら、製品安全データシート（MSDS）をご参照いただくか、熱媒体メーカーへお問い合わせください。

以上__

3.7.3 熱媒体（油）の選択

図 2.15 の熱媒油種類と使用温度に示すように使用温度と熱媒油の種類が異なる。

主機関 L A 3 2 G のように過給機出口温度が低い場合はバーレルサーム 200 を使用し、L A 2 8 G では過給機出口温度が高い場合にはバーレムサーム 400 を選択する必要がある。

バーレムサーム 400 と 200 の差は比熱、熱伝導度、粘度等がことなる、また動粘度はポンプの選択にも影響するので注意する必要がある。バーレルサーム 200 とバーレルサーム 400 についての代表性状及び物理特性表を図 2.16 及び図 2.17 に示す。

バーレルサームシリーズ

安全と信頼の合成系有機熱媒体油です。-70℃～+370℃で使用されています。バーレルサームは、反応、溶解、蒸留、蒸発、濃縮、乾燥等、極めて広範囲な間接加熱に使用されています。

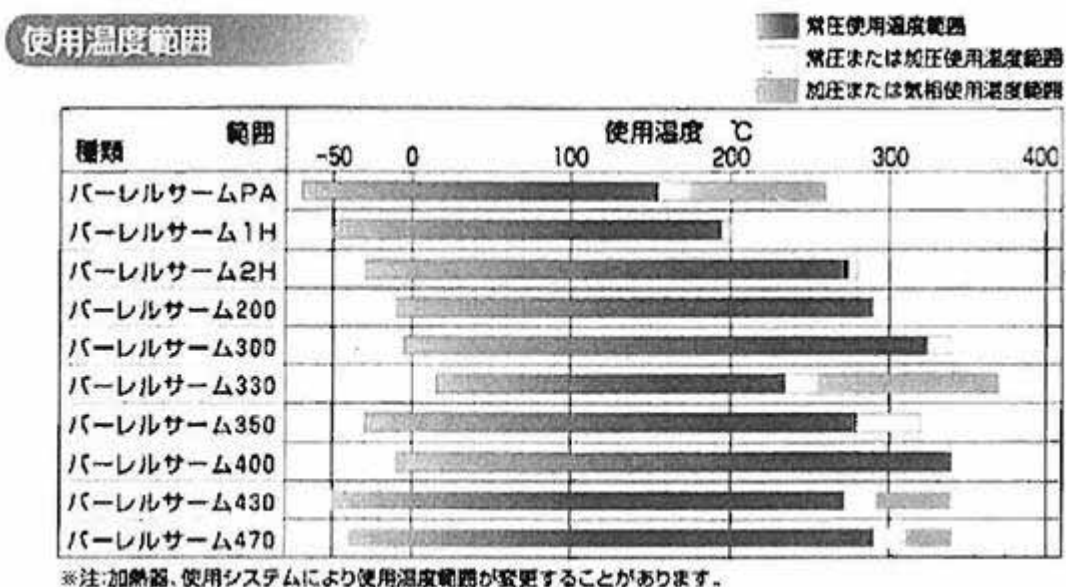


図 2.15 熱媒油種類と使用温度

代 表 性 状

(出荷規格ではありません)

外観			淡黄色
密度	(15°C)	g/cm ³	0.89
引火点	(COC)	°C	206
動粘度	(40°C)	mm ² /s	31.0
平均分子量			380
膨張係数		1/°C	6.7 × 10 ⁻⁴
流動点		°C	-20以下
平均沸点		°C	382
自然発火温度		°C	390

物 理 特 性 表

(出荷規格ではありません)

温 度 °C	蒸気圧 kPa	比 熱 kJ/kg·K	熱伝導度 W/m·K	密 度 kg/m ³	粘 度 mPa·s	動 粘 度 mm ² /s
-20	—	1.757	0.132	911	2500	2740
0	—	1.799	0.131	899	324	360
20	—	1.841	0.130	887	78	88
40	—	1.925	0.129	875	27	31
60	—	2.008	0.128	864	13	15
80	—	2.092	0.126	852	6.8	8.0
100	—	2.134	0.124	841	4.2	5.0
120	—	2.218	0.123	830	2.8	3.4
140	—	2.301	0.122	818	2.0	2.4
160	0.2	2.343	0.120	807	1.5	1.9
180	0.6	2.427	0.119	796	1.2	1.5
200	1.2	2.510	0.117	784	0.94	1.2
220	2.5	2.594	0.116	772	0.78	1.0
240	5.3	2.636	0.115	761	0.67	0.88
260	9.9	2.720	0.113	750	0.57	0.76
280	17.3	2.803	0.112	738	0.50	0.68
300	28.0	2.845	0.110	727	0.44	0.61

図 2.16 バーレムサーム 200 の代表性状と物理特性表

代 表 性 状

(出荷規格ではありません)

外観			淡黄色
密度	(15°C)	g/cm ³	1.05
引火点	(COC)	°C	210
動粘度	(40°C)	mm ² /s	17.5
平均分子量			270
膨張係数		1/°C	8.6 × 10 ⁻⁴
流動点		°C	-20以下
平均沸点		°C	390
自然発火温度		°C	495

物 理 特 性 表

(出荷規格ではありません)

温 度 °C	蒸気圧 kPa	比 熱 kJ/kg·K	熱伝導度 W/m·K	密 度 kg/m ³	粘 度 mPa·s	動粘度 mm ² /s
-20	—	1.427	0.136	1073	1619	1509
0	—	1.494	0.135	1059	203	192
20	—	1.561	0.134	1045	49.3	47.2
40	—	1.632	0.131	1032	18.1	17.5
60	—	1.703	0.129	1018	8.58	8.43
80	—	1.770	0.127	1004	4.83	4.81
100	—	1.841	0.124	990	3.06	3.09
120	—	1.912	0.122	976	2.10	2.15
140	—	1.996	0.120	962	1.53	1.60
160	—	2.050	0.117	948	1.17	1.23
180	0.2	2.113	0.116	936	0.93	0.99
200	0.4	2.176	0.114	920	0.76	0.82
220	0.8	2.247	0.112	906	0.63	0.70
240	1.8	2.314	0.109	892	0.54	0.61
260	3.4	2.385	0.107	878	0.47	0.54
280	6.4	2.448	0.105	865	0.41	0.48
300	11.5	2.519	0.102	852	0.37	0.44
320	19.7	2.586	0.100	838	0.33	0.40
340	32.7	2.648	0.098	824	0.31	0.37
360	51.6	2.720	0.095	810	0.28	0.35

図 2.17 バーレムサーム 400 の代表性状と物理特性表

第3章 実用化試験装置の詳細設計と製作

第1節 実用化試験装置の設計と製作

小型の熱交換器を製作して実験を行った。排ガスで熱をとる方法として、排気管の内部に熱吸収のために写真 3.1 に示す内部ひげ式熱吸収体を作成し、写真 3.2 に示す排気管の外部タンクに取り付けた。

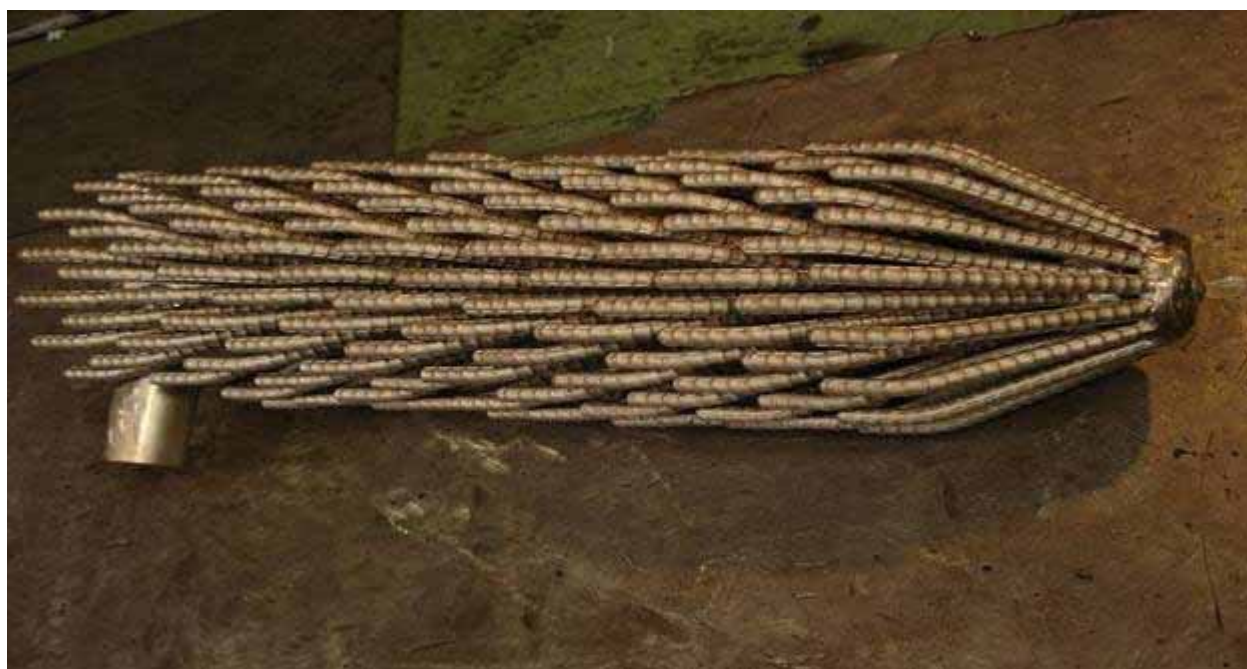


写真 3.1 ひげ式熱吸収体



写真 3.2 排気管の外部タンク

写真 3.3 に示すものが熱交換器の計測管と熱交換器であり、写真 3.4 はロータリーバーナーと軸流ファンの取り付け状態を示す。

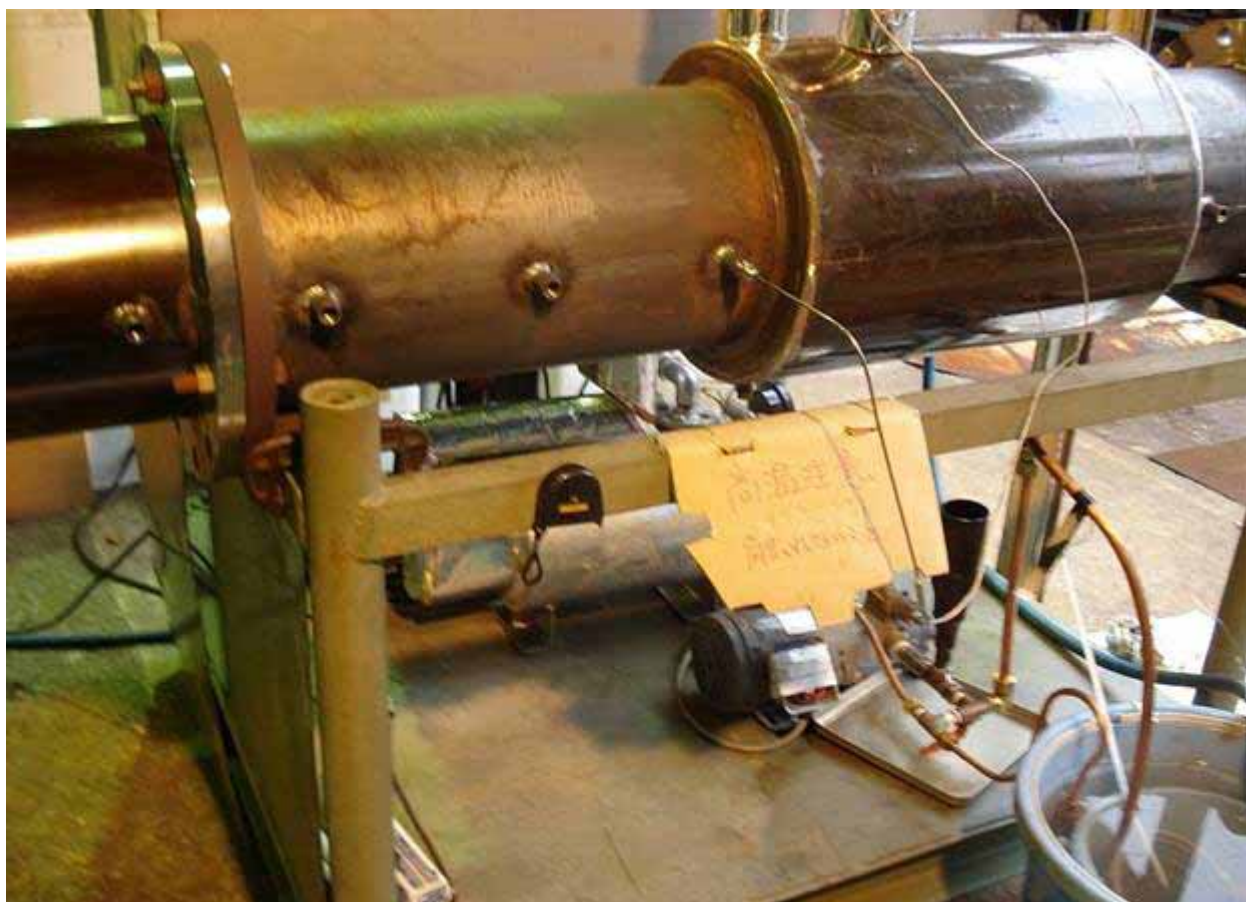


写真 3.3 計測管と熱交換器

小型の熱交換器の軸方向に軸流ファンを取付け、軸方向と直角方向からロータリーバーナーを取付け、火炎が熱交換器に直接当たらないように設置改良を加えたものが写真 3.4 である。

初めはロータリーバーナーを軸方に取り付けたために直接火炎が内部フィンに当たり温度 300 の設定が出来なかったが、その後改良を加えて燃焼テストを行ったものが写真 3.5 である。

このテスト機では、設定温度の調整が非常に困難であった。温度調整ため温度を下げる時にバーナーが不完全燃焼となり、温度が下がったが完全燃焼していないために熱量が下がってしまう現象が発生した。

図 3.6 は排熱利用実験装置において熱媒油で C 重油を昇温するテスト要領に示す。

図 3.7 は熱媒油流量 400 l/h 時のテストデータにおいても小さいモデルではあるが十分な熱量は可能で、本データを基に実用化試験装置の計画を進めた。



写真 3.4 バーナーの取り付けと軸流ファンの取付け



写真 3.5 小型熱交換器燃焼テスト状態

廃熱利用実験(11)熱媒油でC重油を昇温

排気温度 325°C 熱媒油-C重油間の熱交換器を2台直列で使用。 屋外運転

- A. 目的 熱媒油で、C重油を加熱するに於いて、排気温度を325°C、熱媒油の流量を、200-400-600-1000-1400-1800 L/Hで流した各温度。
- B. 仕様 1 C重油循環用トロコイドポンプは、内装レギュレータ(3.0kg/cm²)の為、100°C以下の高粘度のC重油ではリークするので1800rpmで一定回転させて流量はバルブで変えた。しかし、熱媒油はインバータで流量変えた。
 2 バーナノズルを1.5ガロン/Hに変更した。
 3 NO.6より、筒内排気の計測位置を”バナナ型集熱器”の前部へ変更した。
 4 計測のタクトタイム、熱媒流量変更時は 20分、C重油流量変更時 10分を目安とした。
 5 熱交換器を2台直列に使用した。
 6 装置を屋外に移動した為、ブルーシートで出送風機の後ろ側全面に壁を作ったが、風の影響を受けて常時目的温度のプラスマイナス4~7°C位変化した。今後は、風にそよがない、固い板か壁に替える予定です。
- C. 計測点(太字箇所)

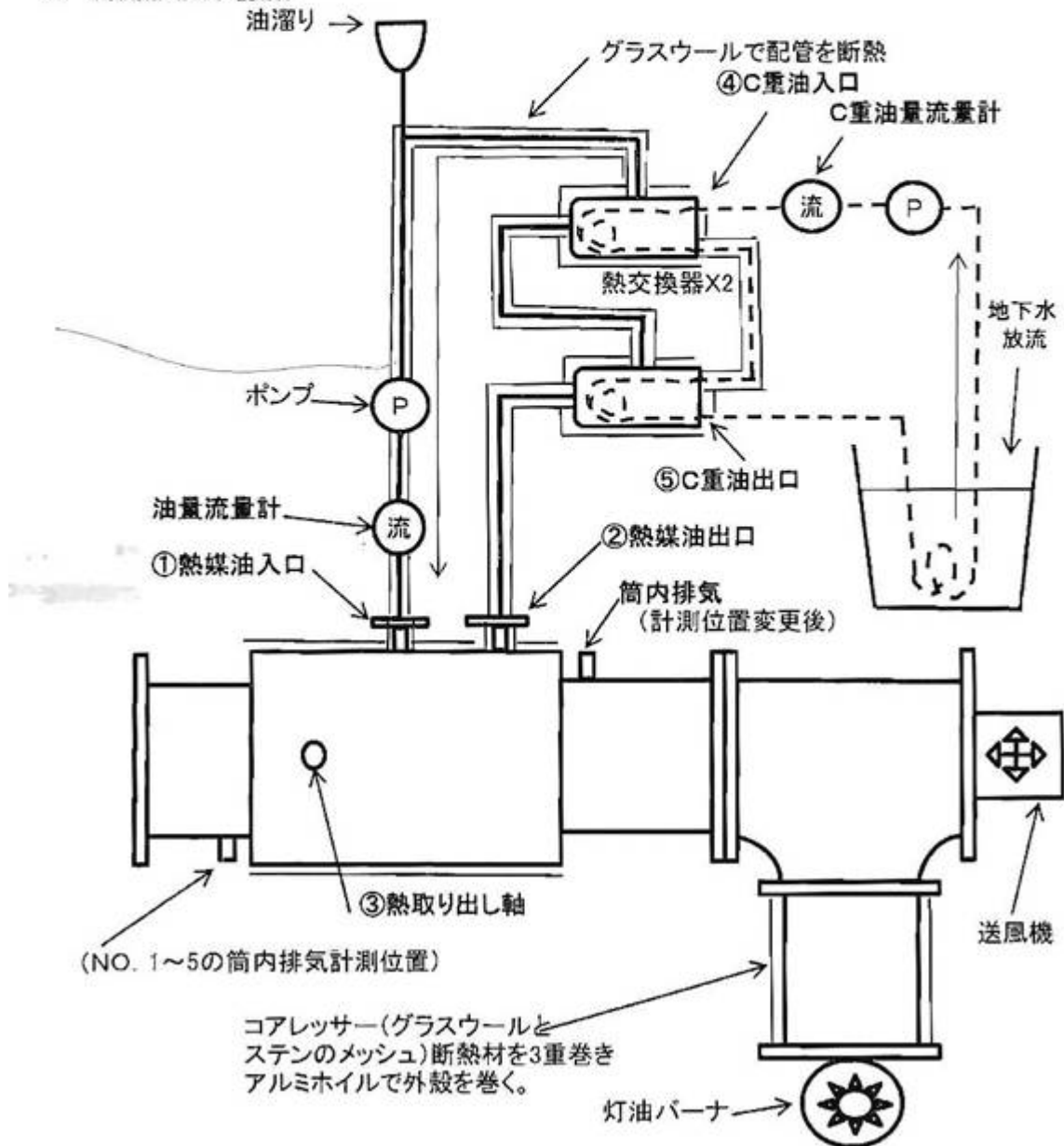


図 3.6 排熱利用実験熱媒油でC重油を昇温テスト要領

排気温度 325°C 熱交換器 x 2 1.5ガロン 屋外

計測順 2

熱媒油流量 400 L/H

C重油流量 L/H	①油入口温度 °C	②油出口温度 °C	③熱取り出し軸 °C	④C重油入口温度 °C	⑤C重油出口温度 °C	筒内排気温度 °C	水温 °C	C重圧 Mpa
100	93.1	102.8	148.4	52.4	86.8	332-320	49	0.31
80	91.1	100.9	146.5	50.2	87.0	332-320	50	0.25
60	90.8	100.0	145.5	44.7	90.5		50	0.17
40	90.7	99.7	145.2	42.2	93.9		50	0.12
20	92.2	100.7	145.6	37.9	97.9		50	0.11

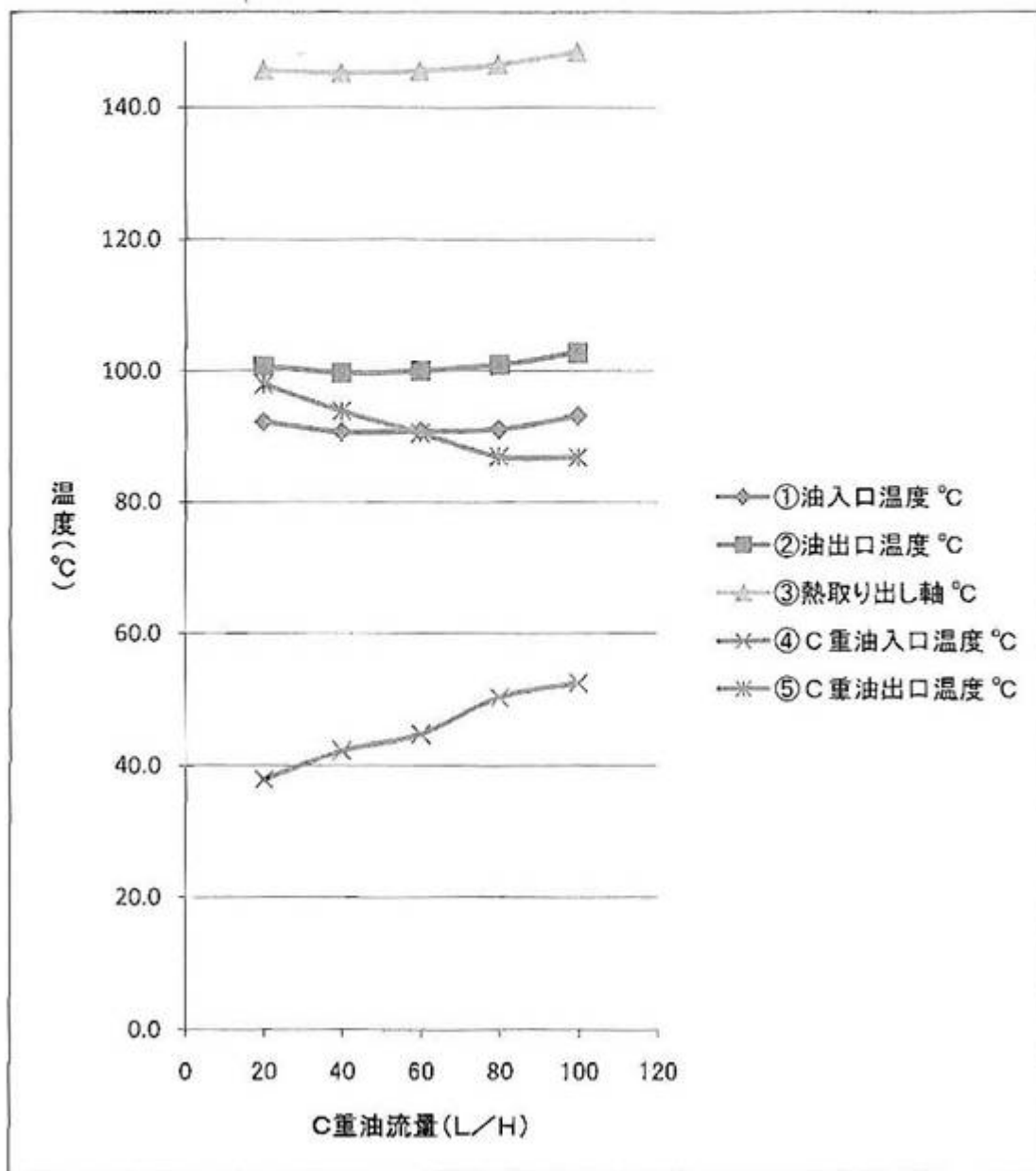


図 3.7 熱媒油流量 400 l/h 時のテストデータ

第2節 実用化試験装置の詳細設計

詳細設計の段階で実用化試験を施工する場合に主機排ガス模擬試験機の燃焼炉の容量が大きいため燃焼試験を行う際に近隣住民からの問題が危惧されたので、排ガスを最小限度に抑えるために、排ガスの循環回路を設ける改正を行った。そのために設計途中で設計変更を行った。具体的には、図 2.14 の主機燃料油加熱機的主機排ガス模擬試験機システム計画図を図 3.1 のように修正を行っており、排ガスリターンダクトを設け、上部集合部で燃焼炉から排出される排ガスと混合して実験装置外への排ガスを極力抑える設計に変更した。

修正後の模擬試験機を、図 3.1 に加えて、図 3.2～図 3.8 に示す。

図 3.2 主機排ガス模擬試験機も、計画図 2.13 から大きく変更が生じた。

図 3.3 主機排ガス模擬試験機共通台盤図である。

図 3.4 燃焼炉製作図は、ボイラー設計者のアドバイスもあり、完全燃焼を行うように第 2 燃焼室を設けた設計とした。また、防熱についても、燃焼炉内部が 700 を超える温度が予想されたので、セラミックス製の防熱を施工した。この防熱で炉外温度は 50 程度になった。

図 3.5 排ガス熱交換器本体図である。

図 3.6 主機排ガス模擬試験機ダクト部品詳細図である。

図 3.7 主機排ガス模擬試験機上部集合部詳細図である。

図 3.8 主機排ガス模擬試験機配管装置図である。

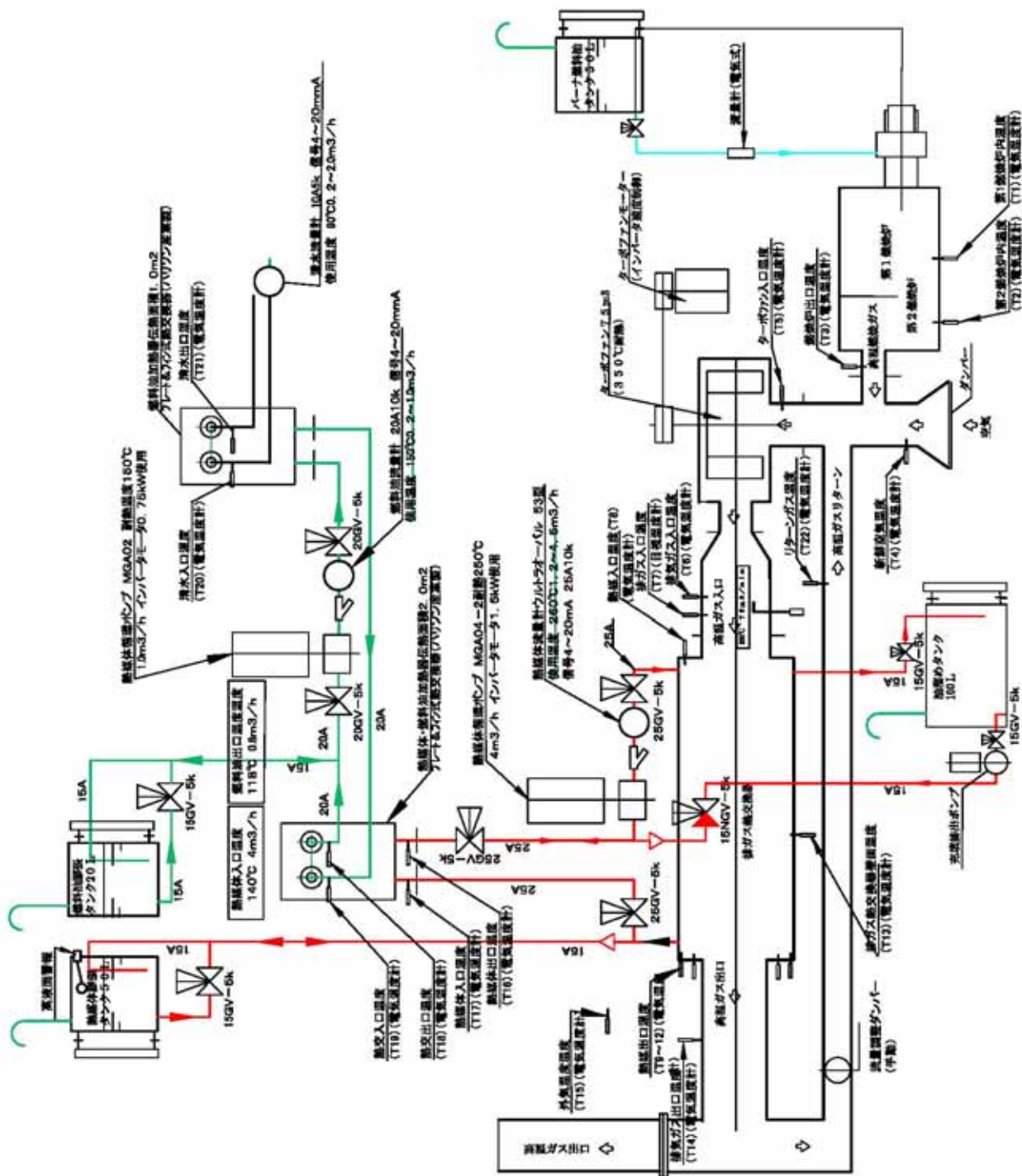


図 3.1 主機排ガス模擬試験機システム系統図 (改訂版)

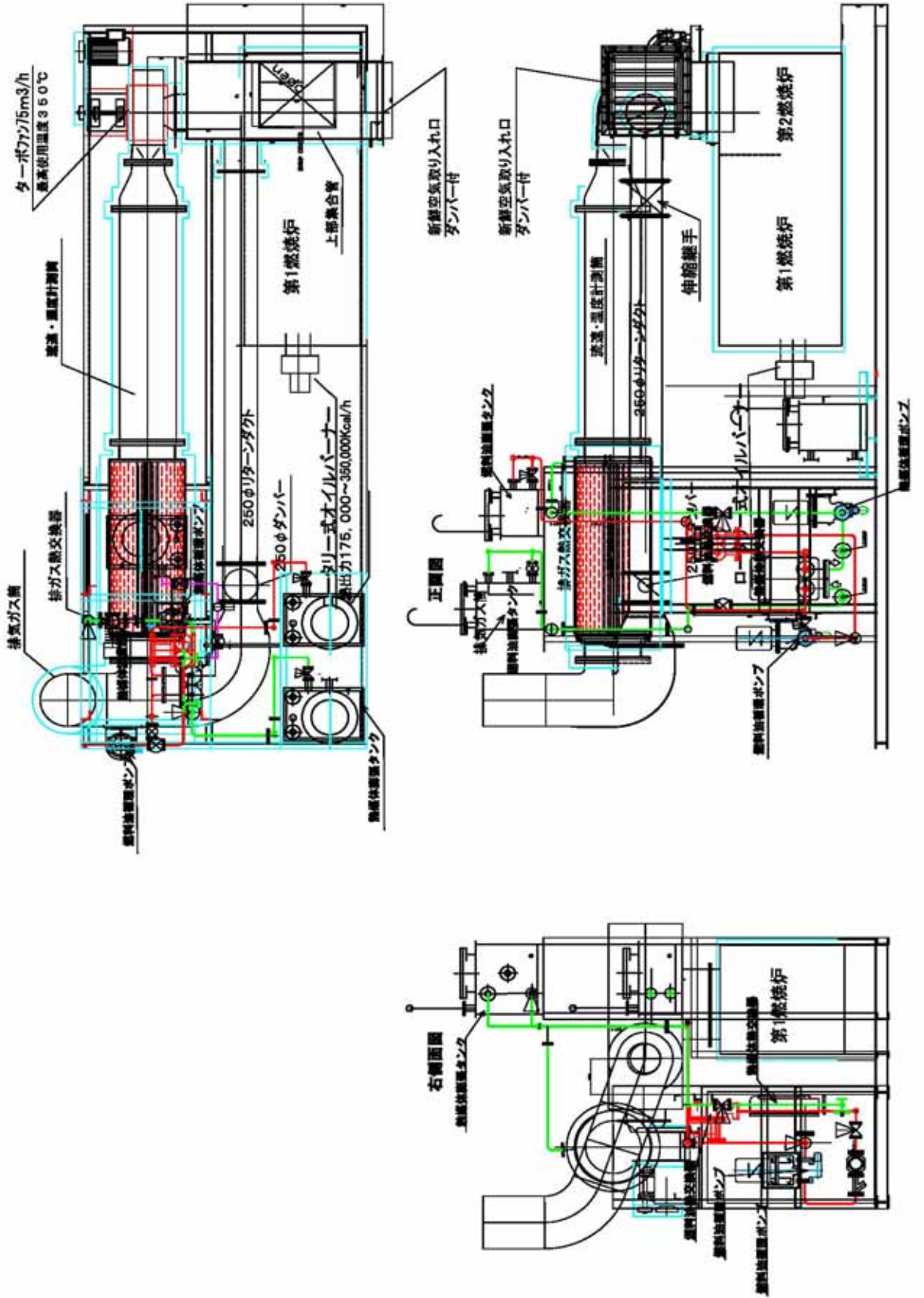


図 3.2 主機排ガス模擬試験機装置図 (改正図)

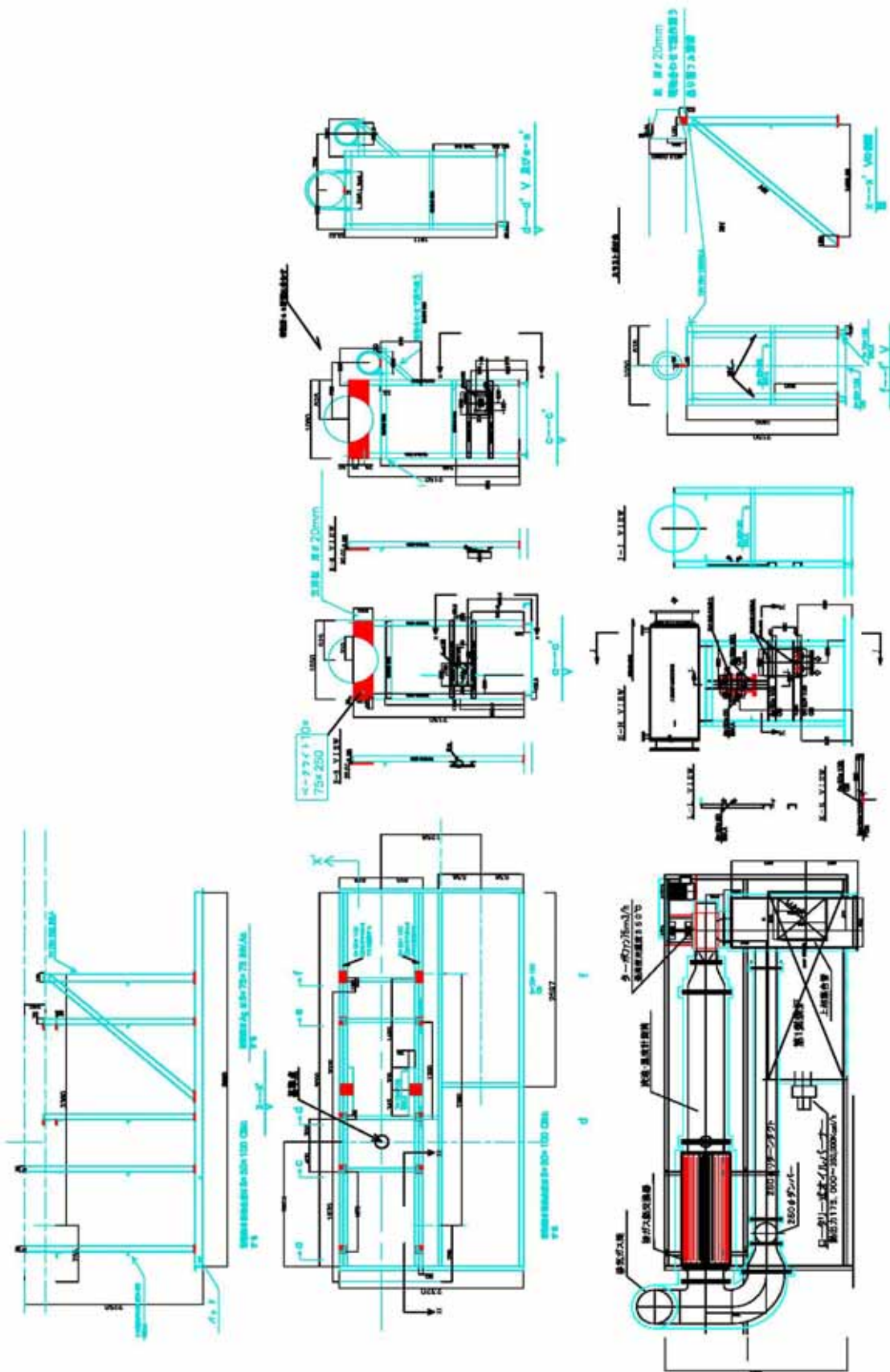


図 3.3 主機排ガス模擬試験機共通台盤図

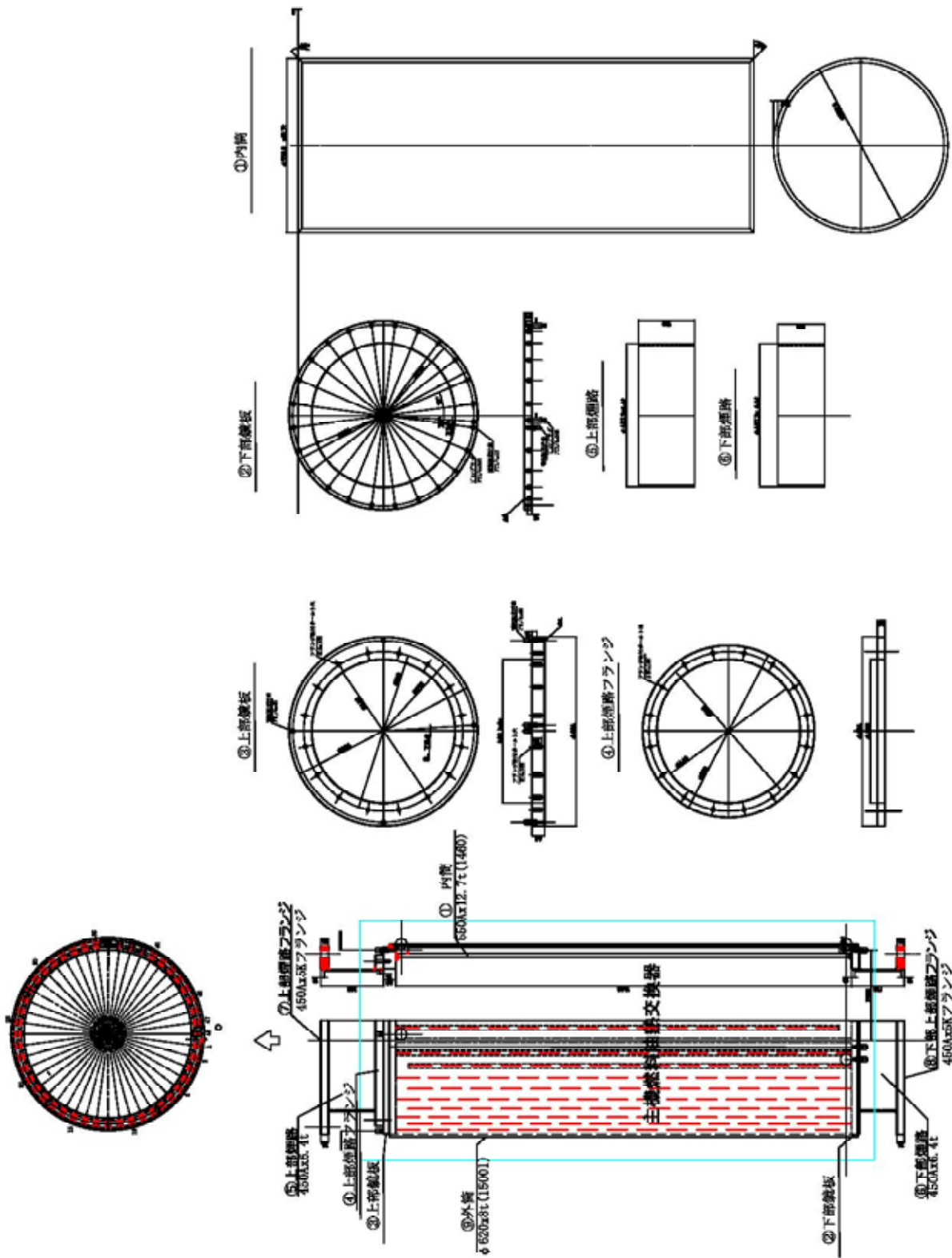


図 3.5 排ガス熱交換器本体図

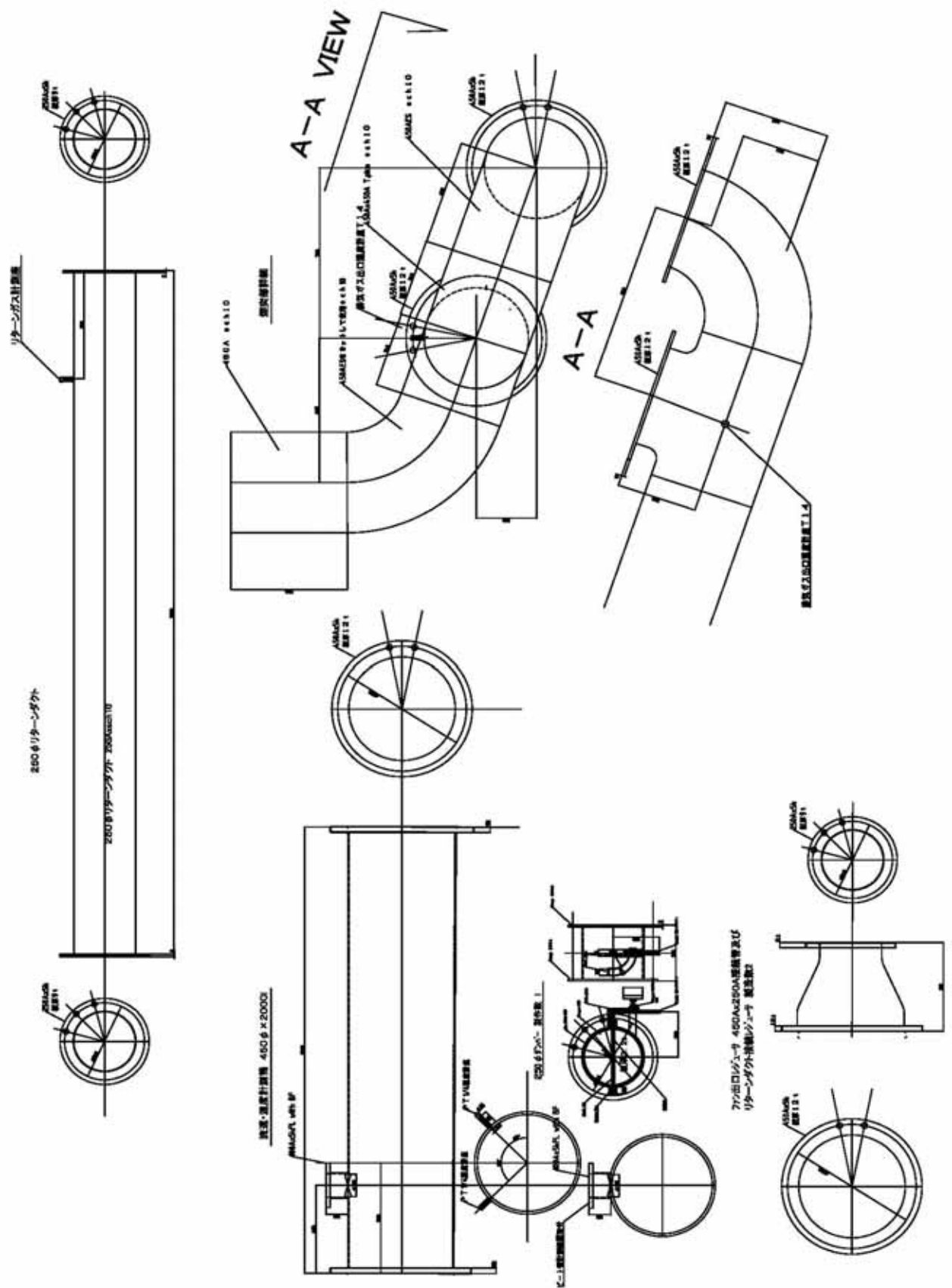


図 3.6 主機排ガス模擬試験機ダクト部品詳細図

ファン取り合いフランジ

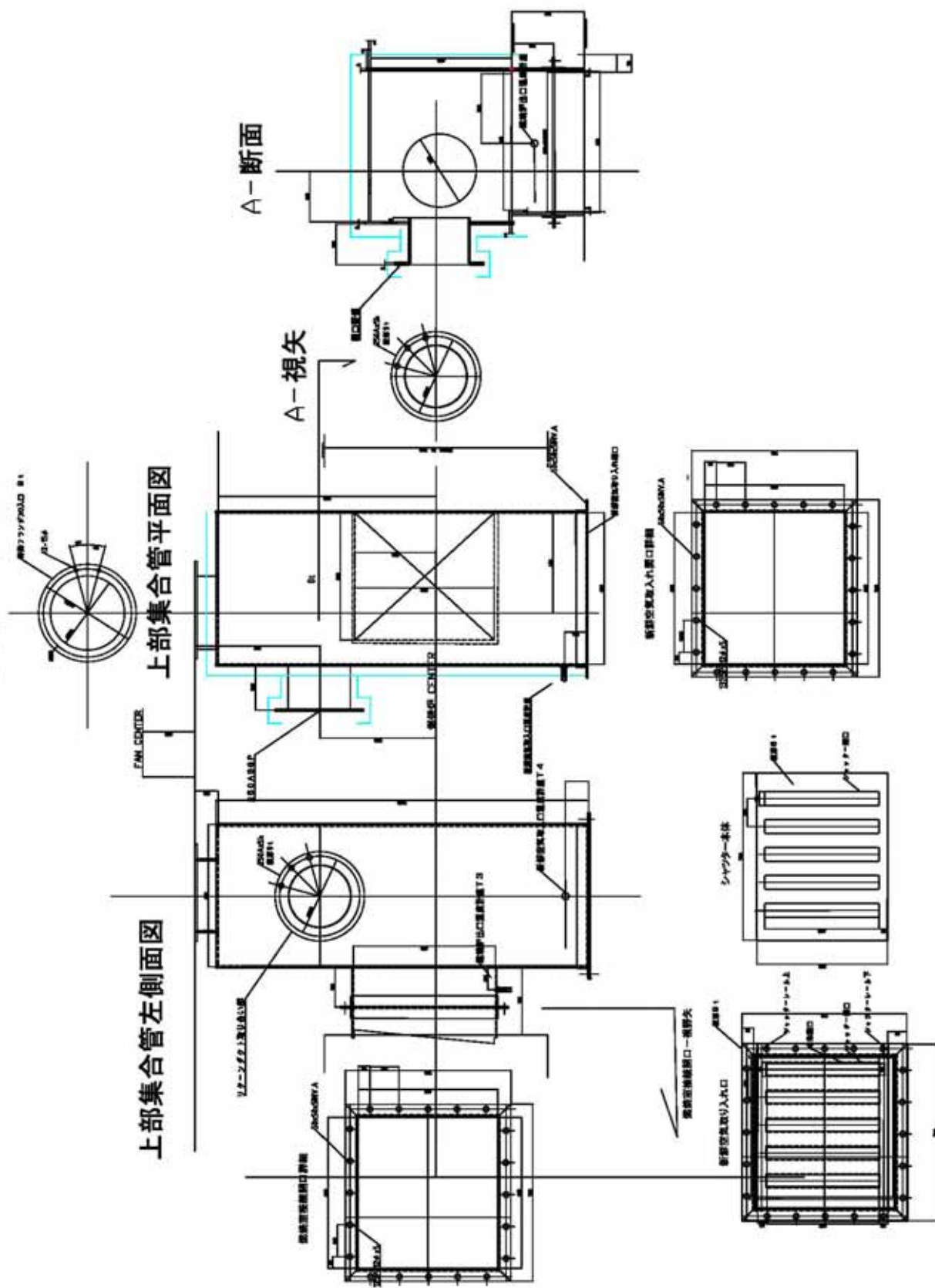


図 3.7 主機排ガス模擬試験機上部集管部詳細図

第3節 実用化試験装置の製作組立

図面に従って実用化試験装置の製作・組み立てを行った写真を示す。



写真 3.1 排ガス熱交換器排気管部



写真 3.2 排ガス熱交換器本体図外筒部



写真 3.3 排ガス熱交換器本体完成



写真 3.4 燃烧炉・集合ダクト・ターボファン取付け



写真 3.5 排ガス熱交換器本体・計測筒防熱工事



写真 3.6 排ガス熱交換器据付け時



写真 3.7 主機排ガス模擬試験機に煙突を取り付け



写真 3.8 配管・熱交換器・熱媒循環ポンプ・燃料油循環ポンプ据付け



写真 3.9 計測用配線・センサー取付け

第4章 実用化試験

第1節 主機排ガス模擬試験機の運転とデータ収集

1.1 燃焼炉の運転とデータ収集

前記の第2章の技術調査の3.5 ディーゼル機関の排ガス量の温度と排ガスを想定して主機排ガス模擬試験機を作成し、その設定量の確認運転を行った。

第1回燃焼炉テストとして、初めに燃焼炉の運転確認を行い、当初予定した計画値に対して評価運転を行った。

燃焼炉におけるロータリーバーナーの燃焼テストにおいて、計測筒での風量計測を行った。

- ・ターボファンのモーターのサイクル別に風量計測を行った。

モーター回転数	50Hz 時の風量	65.4m ³ /min	3924m ³ /h
	55Hz 時の風量	74.3m ³ /min	4458m ³ /h
	60Hz 時の風量	88.2m ³ /min	5292m ³ /h

が計測結果であり、計画値である主機関の50%ロードに相当する風量は55Hzで確保できた。

次にターボファンのモーターを45Hzで運転し、排ガス加熱器入口温度の基準点での設定温度が確保できるかの試験を行った。

結果は図4.1に示す燃焼炉テスト温度計測結果に示すように、ターボファンの通過温度350以下で排ガス加熱器入口温度の基準点での温度の確保がテストの一番の問題点であったが新鮮空気量と燃焼炉の熱風で温度制御が可能となった。

第2回燃焼炉の運転を行うに当たり、設定温度の安定的な運転が可能か確認の運転を行った。

結果を図4.3に示すような結果であり、排ガス入口基準点位置での250は確保できることが確認できた。

第1回燃焼炉の運転結果からバーナーの容量、ターボファンの容量など初期計画で想定した値であった。

実用化試験装置の1号機で問題となった直接バーナーの火炎が当たらないように注意して熱風と新鮮空気の混合することで安定的な温度制御が出来た。

バーナーの容量も設計変更してリターンダクトを設けた結果、計画値の約50%出力で確保できた。燃焼炉の温度も計画値700の確保をイメージしていたが予想以上の良い結果となった。主機排ガス模擬試験機は主機排気ガスの模擬数値は確保することが出来た良い結果となった。

燃烧炉テスト温度計測結果

燃烧炉テスト ターボファン回転数45サイクル バーナー給油量22L/h

計測時間	炉内第1 (T1)	炉内第2 (T2)	炉出口 (T3)	新鮮空 気 (T4)	Fan_入口 横方向 (T5)	排気ガス 入口 (T6)	熱交換器 壁面 (T13)	排ガス出口 (T14)
14:13:03	1095	802	806	24	365	268	201	232
14:13:13	1090	800	805	25	359	268	201	232
14:13:23	1085	806	807	26	300	266	201	231
14:13:33	1070	805	805	26	303	267	202	231
14:13:43	1080	810	803	26	360	269	203	232
14:13:53	1070	811	806	25	333	270	202	234
14:14:03	1069	803	806	26	340	270	203	233
14:14:13	1069	797	803	25	414	274	203	236
14:14:23	1074	797	802	27	440	275	204	237
14:14:33	1070	799	801	26	412	275	204	237
14:14:43	1080	789	799	27	447	275	205	238
14:14:53	1072	792	802	26	359	275	205	238
14:15:03	1073	791	799	25	302	275	206	238
14:15:13	1073	797	800	24	269	275	206	238
14:15:23	1073	807	807	24	302	273	206	237
14:15:33	1078	801	807	24	288	271	206	236
14:15:43	1071	802	804	24	275	271	207	236
14:15:53	1068	802	808	24	260	272	207	237
14:16:03	1068	797	806	24	275	274	208	237
14:16:13	1072	802	805	24	275	273	208	237
14:16:23	1066	797	804	25	261	274	209	239
14:16:33	1056	791	805	24	285	275	209	238
14:16:43	1034	792	800	24	284	275	209	238
14:16:53	1059	797	798	24	319	273	209	236
14:17:03	1061	791	797	25	325	271	210	237
14:17:13	1073	797	798	25	339	271	210	236
14:17:23	1045	804	795	25	349	272	210	236
14:17:33	1047	806	793	24	338	271	211	236
14:17:43	1060	794	796	24	328	272	212	236
14:17:53	1060	791	793	24	317	272	212	237
14:18:03	1059	790	800	24	341	269	212	236
14:18:13	1069	796	802	25	295	268	212	235
14:18:23	1080	796	804	26	270	266	212	235
14:18:33	1095	795	802	25	270	264	213	233
14:18:43	1054	799	802	24	308	264	213	234
14:18:53	1039	801	800	23	319	266	213	234
14:19:03	1062	802	802	24	294	267	213	235
14:19:13	1074	805	803	24	312	267	213	235
14:19:23	1067	806	803	24	302	267	214	235
14:19:33	1096	808	801	24	299	264	214	233
14:19:43	1082	801	793	26	374	265	214	234
14:19:53	1073	799	795	25	411	270	214	237
14:20:03	1076	794	794	27	418	271	215	237
14:20:13	1065	797	796	25	382	271	215	237
14:20:23	1064	791	793	25	386	273	216	238
14:20:33	1061	794	794	26	391	273	216	238
14:20:43	1065	795	793	26	389	273	216	238
14:20:53	1060	794	796	26	356	273	217	238
14:21:03	1064	788	797	27	338	271	217	238
14:21:13	1049	794	798	26	339	271	217	239
14:21:23	1062	793	798	24	284	269	217	238
14:21:33	1064	792	798	25	308	269	218	237
14:21:43	1055	795	797	25	325	271	218	238
14:21:53	1070	798	797	24	315	270	218	238
14:22:03	1070	791	798	23	272	268	219	238

図 4.1 第 1 回燃烧炉テスト温度計測値

燃烧炉テスト温度計測結果(グラフ)

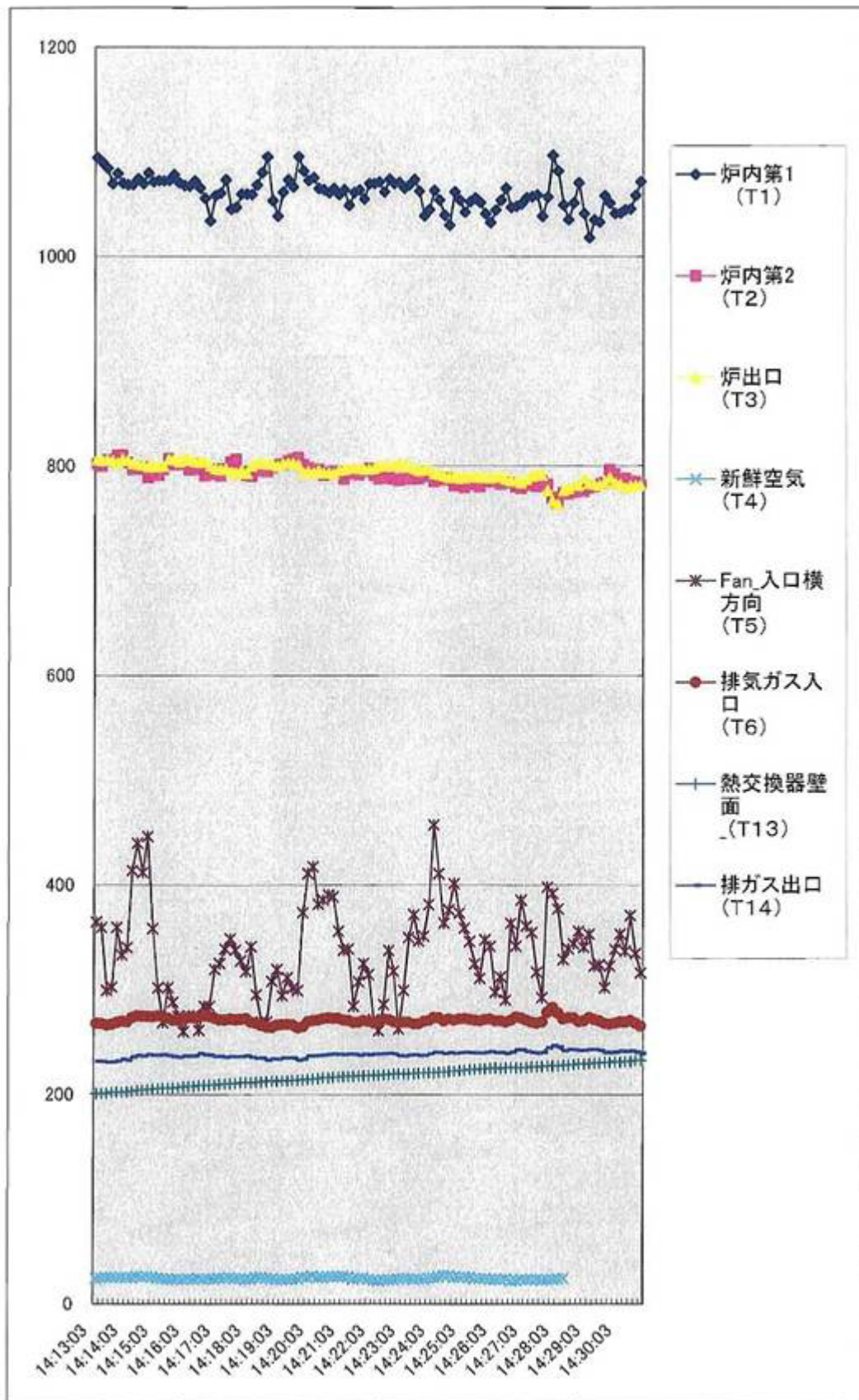


図 4.2 第 1 回燃烧炉テスト温度計測値 (グラフ)

燃烧炉テスト温度計測結果

T6 設定温度250℃

20101220

燃烧炉テスト ターボファン回転 50サイクル

計測時間	炉内第1 (T1)	炉内第2 (T2)	炉出口 (T3)	新鮮空気 (T4)	Fan_入口 横方向 (T5)	排気ガス 入口 (T6)	熱交換器 壁面 (T13)	排ガス出 口 (T14)
14:52:43	987	721	732	18	372	240	244	228
14:52:53	962	724	733	19	369	240	244	228
14:53:03	960	727	736	19	382	241	245	228
14:53:13	969	722	734	18	426	242	244	228
14:53:23	974	723	735	18	438	245	244	231
14:53:33	974	722	735	17	402	243	244	229
14:53:43	988	721	733	18	398	241	244	228
14:53:53	984	721	731	18	402	241	244	228
14:54:03	983	716	730	18	380	242	244	228
14:54:13	960	717	731	17	374	241	243	228
14:54:23	969	713	731	17	380	240	243	228
14:54:33	968	711	730	17	386	242	243	229
14:54:43	971	714	729	18	412	243	243	229
14:54:53	965	718	730	18	415	241	243	229
14:55:03	930	721	730	17	417	242	243	228
14:55:13	959	721	731	17	416	242	242	228
14:55:23	969	715	732	18	378	241	243	228
14:55:33	940	718	731	17	388	241	242	228
14:55:43	966	721	732	17	395	240	242	228
14:55:53	943	717	734	17	417	244	242	230
14:56:03	963	710	729	17	413	244	242	229
14:56:13	969	706	729	16	411	243	242	229
14:56:23	948	704	727	18	405	244	242	230
14:56:33	961	711	726	18	421	244	242	230
14:56:43	934	717	732	17	420	244	242	230
14:56:53	997	716	730	17	358	239	242	227
14:57:03	998	713	732	17	331	235	241	225
14:57:13	1009	714	731	17	309	233	241	224
14:57:23	988	720	730	17	374	237	241	225
14:57:33	979	716	731	16	401	240	241	227
14:57:43	967	716	732	17	419	241	242	227
14:57:53	987	710	732	16	367	242	241	228
14:58:03	980	711	735	17	360	241	242	228
14:58:13	985	716	740	17	338	240	242	228
14:58:23	991	716	741	17	373	242	242	229
14:58:33	990	722	740	18	333	240	242	227
14:58:43	994	732	739	20	433	244	242	230
14:58:53	995	733	744	19	393	241	242	228
14:59:03	1003	734	743	19	417	242	243	229
14:59:13	1004	732	743	18	427	243	242	228
14:59:23	1023	734	747	19	385	241	242	228
14:59:33	996	730	748	18	336	241	242	227
14:59:43	987	729	747	18	311	241	243	228
14:59:53	998	727	747	17	380	242	242	228
15:00:03	1001	728	749	18	391	243	242	229
15:00:13	1011	729	746	19	373	243	241	230
15:00:23	994	732	749	17	359	243	241	229
15:00:33	999	732	747	18	376	243	241	229
15:00:43	1000	727	748	18	391	244	240	229
15:00:53	1007	734	748	18	400	244	240	230
15:01:03	976	740	749	19	406	244	239	230
15:01:13	975	741	750	20	371	243	239	230
15:01:23	997	742	745	20	382	242	239	229
15:01:33	969	745	744	18	426	246	238	230
15:01:43	996	748	747	19	464	247	238	232
15:01:53	997	742	745	19	420	246	238	231

図 4.3 第 2 回燃烧炉テスト温度計測値

燃烧炉テスト温度計測結果(グラフ)

T6 設定温度250°C

20101220

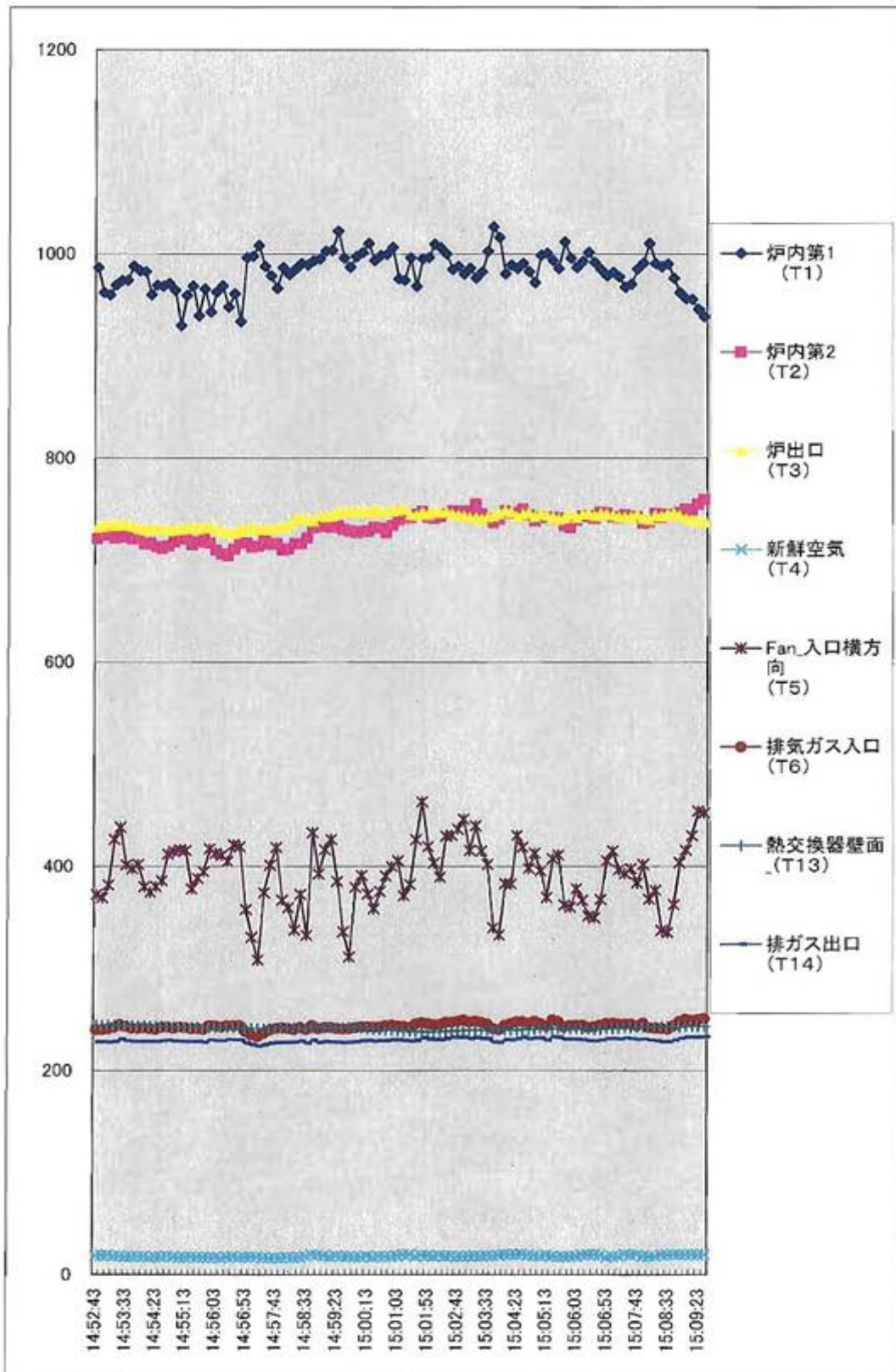


図 4.4 第 2 回燃烧炉テスト温度計測値 (グラフ)

1.2 主機排ガス模擬試験機と排ガス熱交換器の燃焼運転とデータ収集

主機排ガス模擬試験機と排ガス熱交換器燃焼運転を 11 月末から 2 月末まで運転を実施した。多くのデータから代表的なものを図 4.5 に示す。

主機排ガス模擬試験機的气体入口温度は 125 で設定した値で、熱媒油熱交換器の燃料油出口温度 T18、熱媒油熱交換器の燃料油入口温度 T19、燃料油流量積算 (m^3) QF、熱媒油熱交換器の燃料油出入口温度差 T18-T19 の温度差及び使用可能熱量 (kW) H2 である。

これらのデータから燃料油流量積算 (m^3) QF を注目すると燃料油積算値が増加すると燃料油出口温度が低下している。

初期計画時に熱媒油熱交換器 (P-16) の容量として、

* 燃料油機関出口温度 125 のとき、

- ・ 燃料油量 960 l/h
- ・ 熱媒油熱交換器の燃料油出口温度 130
- ・ 燃料油の加熱温度差 40

* 燃料油機関出口温度 120 のとき、

- ・ 燃料油量 1100 l/h
- ・ 熱媒油熱交換器の燃料油出口温度 125
- ・ 燃料油の加熱温度差 35

の 2 ケースで検討した。

実験結果から No.7 ~ No.15 の間のいずれの場合にも上記設定温度より上回った数値で使用可能範囲にある。

その中でも可能熱量 H2 が最良値の 21kW を超えるのは No.9、11、12、13、14 である。いずれも熱交換器出口温度は 135 を超えているので排熱を利用した主機燃料油熱交換機システムでは使用可能である。

熱媒油熱交換器は加熱面積 2 m^2 を採用したが熱媒油熱交換器の熱媒油入口温度と燃料油出口温度差が大きいので、熱媒油熱交換器の面積を大きくすれば熱交換効率がよくなる可能性もある。

実験は主機関出力 50% を想定しているが、実船の場合は主機関出力が 75% 以上で運行されていることが多いので熱量はさらに大きく取れる可能性がある。

主機排ガス模擬試験機の燃焼試験結果から当初計画値を上回る試験結果を得ることが出来た。

項目		No1	No2	No3	No4	No5	No6	No7	No8	No9	No10	No11	No12	No13	No14	No15
熱交出口温度 °C	T 18	138.5	153.8	154.3	140.1	148.4	152.1	140.5	143.6	146.2	139.7	143.4	142.6	137.6	135.1	138.2
熱交入口温度 °C	T 19	93.6	102.7	101.9	99.0	104.5	106.4	102.9	104.6	105.5	101.4	102.7	102.6	102.6	103.3	100.0
燃料油流量積算 (m ³)	QF	0.726	0.726	0.726	0.672	0.872	0.872	1.025	1.025	1.025	1.025	1.025	1.025	1.175	1.330	1.025
熱交出入口温度差	T18-T19	44.9	51.1	52.4	41.1	43.9	45.7	37.6	39.0	40.7	38.3	40.7	40.0	35.0	31.8	31.8
使用可能熱量 (Kw)	H 2	16.9	19.2	19.2	18.6	19.8	20.7	20.0	20.7	21.6	20.3	21.6	21.3	21.3	21.9	20.3

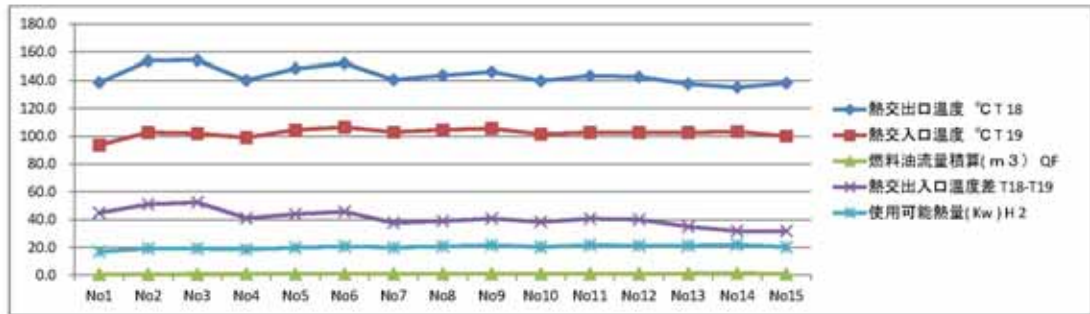


図 4.5 熱媒油熱交換器の燃料油の入口、出口温度値とそのグラフ

第 5 章 装置設計による機関室配置検証

第 1 節 499GT 型貨物船に対応した装置設計

前章で説明したように排ガス熱交換器の外形は現状のサイズで、熱媒油ポンプは 3m³/h × 0.49MPa の容量で燃料油ポンプは 1.2m³/h × 0.49MPa の容量とし、熱媒油熱交換器は 2.8m² の伝熱面積とすれば改善が見込める。

装置図は図 5.1 の主機関の排熱を利用した主機燃料油加熱機装置図に示すものは熱媒油循環ポンプは 2 台案である。図 5.2 は熱媒油循環ポンプ 1 台案である。

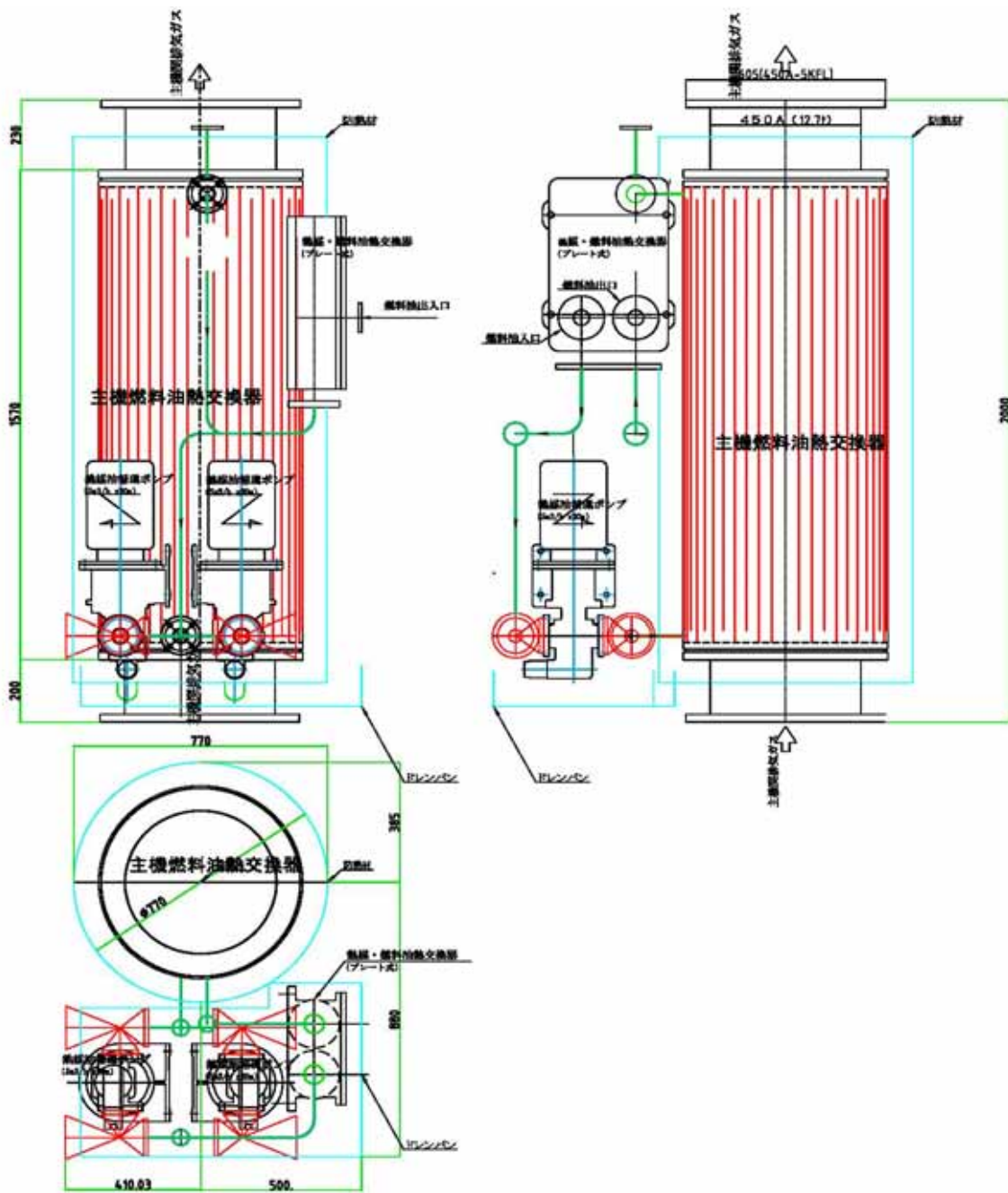


図 5.1 主機関の排熱を利用した主機燃料油加熱機装置図

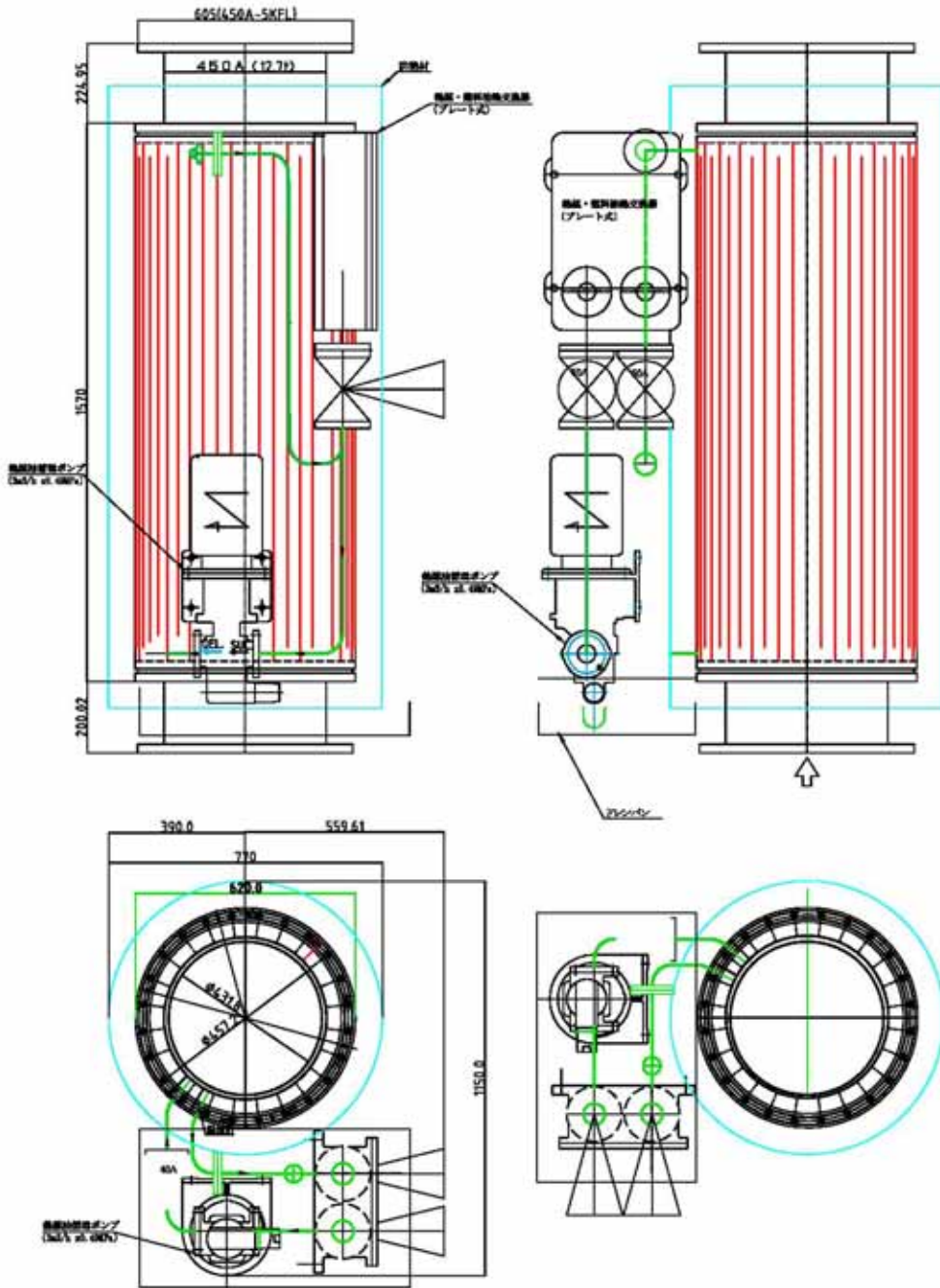


図 5.2 主機関の排熱を利用した主機燃料油加熱機装置図

第2節 機関室配置設計による検証

2.1 排ガス主機燃料油加熱機システム

排ガス主機燃料油加熱機システム図を図5.3図に示す。

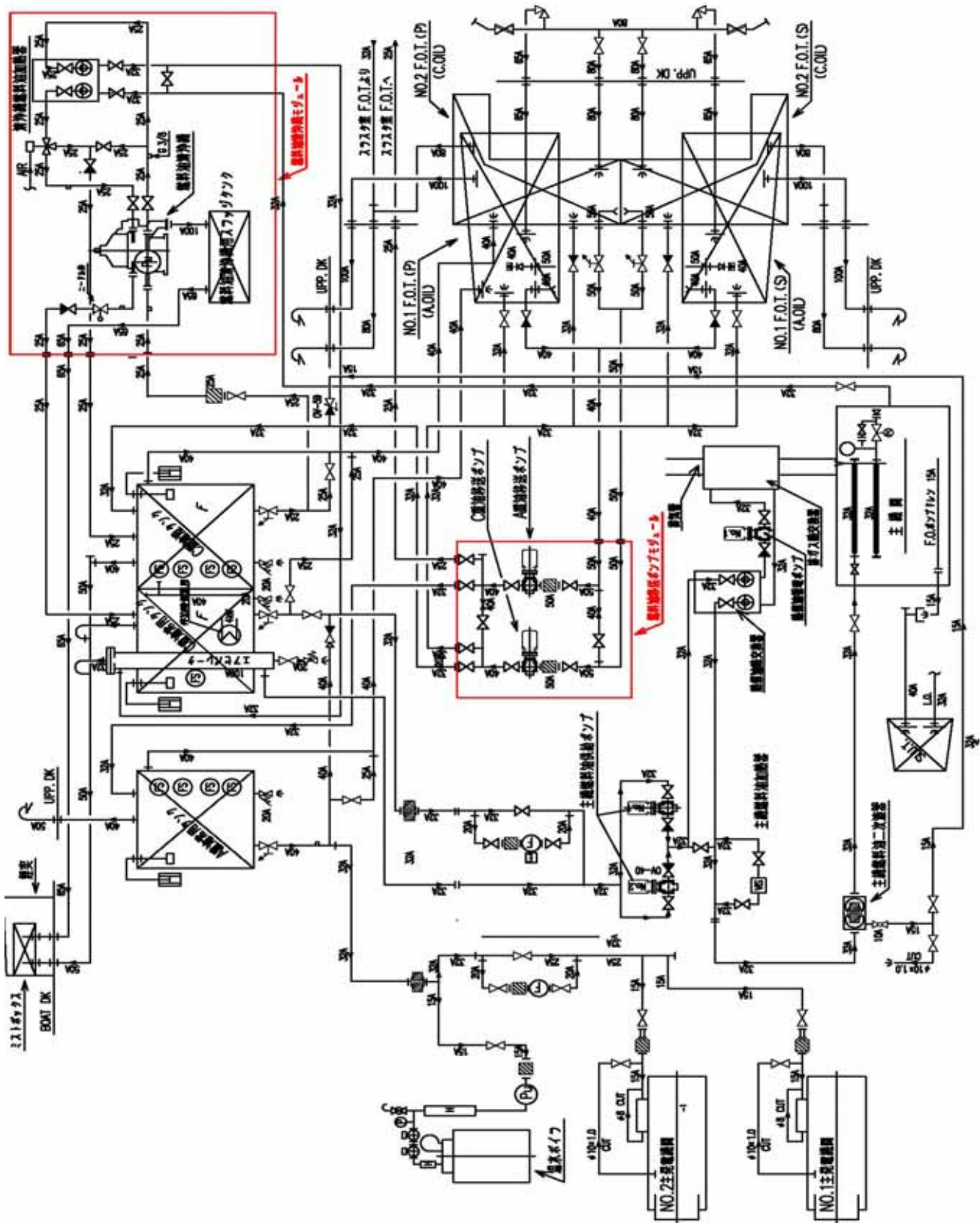


図5.3 排ガス主機燃料油加熱機システム図

2.2 排ガス主機燃料油加熱機システムの機関室配置

排ガス主機燃料油加熱機システム図に示すように熱媒油熱交換器から出た燃料油管は主機関の燃料油入口に配管し、主機関の燃料油出口から清浄機燃料油加熱器に至り、清浄機燃料油加熱器出口からエアセパレータに配管する系統で後は従来の燃料系統と変わらない。よって、排ガス熱交換器、熱媒油循環ポンプ及び熱媒油熱交換器の据え付けが可能かを検証した。

図 5.4 検討図に示すように、上甲板上機関室ケーシング内に主機燃料油加熱機全体をモジュール化した状態で搭載が可能である。

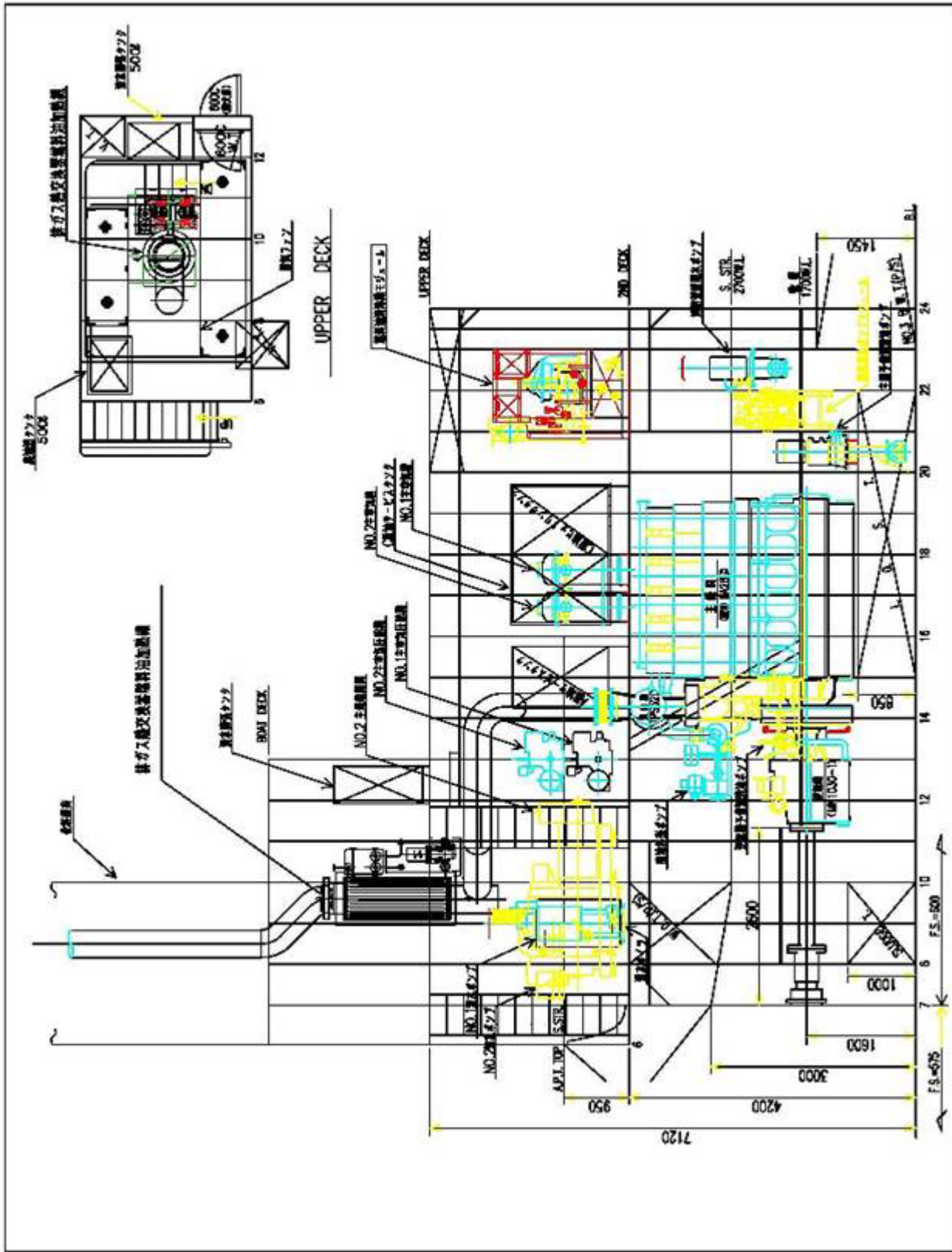


図 5.4 主機燃料油加熱機据え付け検討図

第6章 まとめ

事業目標としては、2.1項のように、「ディーゼル機関の排気ガスとシリンダージャケット冷却水(高温冷却水)の排熱を活用して加熱する主機燃料油加熱システムの実用化」を掲げた。

本技術開発では、主機排ガスを模擬する高温ガス発生装置の熱を回収する熱交換器等で構成される試験装置を試作し、その運転にて、熱回収が可能であることを実証し、実用化の目処をつけることができた。

また、こうした燃料油加熱システムの機関室内への配置についても検討を行い、モジュール化の手法を加味することで、十分可能であることを確認した。

さらに、平成23年度からは、日本財団の助成を受けて、ここで開発した主機燃料油加熱システムの実船搭載試験を行うことにしており、実際の運航実績を重ね、その運用効果や運転・保守についての検証を行い、実用化・商品化を加速する予定である。



「この報告書は BOAT RACE の交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました」

(社)日本舶用工業会

〒105-0001

東京都港区虎ノ門一丁目15番16号(海洋船舶ビル)

電話：03-3502-2041 FAX:03-3591-2206

<http://www.jsmea.or.jp>