PNC TN941 79－128

高速実験炉「常陽」性能試験報告書

ＰＴ－12　定常伝熱特性

１９７９年 12 月

動力炉・核燃料開発事業団

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13　茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団　大洗工学センター

システム開発推進部　技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be abbressed to: Technology Management Section, O-arai Engneering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002, Narita O-arai-machi Higashi-Ibaraki-gun, Ibaraki, 311-14, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

PNC TN941 79－128
1979年　12月

高速実験炉「常陽」性能試験報告書
PT－12 定常伝熱特性

七島　建志*　遠藤　雅行***　榎本　俊彦**
広瀬　正史*　山本　寿*

要　　旨

本試験は主冷却系の主中間熱交換器及び主空気冷却器について，その設計性能を確認するものである。主中間熱交換器についてはIHX(A)及びIHX(B)について測定を行い，主空気冷却器については4台の内2Bについてのみ測定を行った。試験は原子炉出力50Mwtに至る各ステップ(15,25,40,50Mwt)の定常状態において行った。

試験の結果：1) IHX(A)については設計性能を下回る結果となり，IHX(B)についてはほぼ設計性能を満足する結果となった。2) 主空気冷却器については25～50Mwtの範囲でほぼ設計値と良い一致を示した。

IHX(A)における性能の低下は主としてシェル側流体のバイパス流(伝熱管－内胴間，及び内胴－外胴間)によるものと考えられるが，今後の出力上昇(50Mwt以降)に伴う問題点とからめて検討する予定である。

主空気冷却器については，原子炉出力50Mwtでは，まだ低風量域であるため，定格性能を予想することは困難であり，今後の出力上昇試験において確認する予定である。

*　大洗工学センター高速実験炉部　技術課
**　〃　〃　原子炉二課
***　高速実験炉部技術課(現三菱原子力工業(株))

PNC TN941 79－128

Dec., 1979

「JOYO」 Start-Up Test Report
PT－12 Heat Transfer Characteristics of IHX and DHX

Takeshi Nanashima*, Masayuki Endoh***, Toshihiko Enomoto**,
Tadashi Hirose* and Hisashi Yamamoto*

Abstract

The purpose of this test is to confirm that the heat transfer characteristics of the intermediate heat exchangers (IHX) and dump heat exchanger (DHX) satisfy the design values. Each primary and secondary heat transport system has two loops (A & B) and each has an IHX. Each secondary loop has two DHX's (a total of 4). However, only one DHX (unit 2B) is instrumented to provide the required test data. The IHX/DHX heat transfer characteristics are measured under steady-state operating conditions at least four times (at 15, 25, 40 and 50 Mwt).

Test results : 1) The heat transfer coefficient for the A-loop IHX is approximately 60% of the expected value. The B-loop IHX value is approx.120% of expected. 2) The DHX 2B air-side heat transfer coefficients measured in the range of 25 to 50 Mwt (Reactor power) closely match predicted values. The pressure drop in the DHX air flow duct based on measured blower outlet pressure is less than the predicted value.

* Reactor Technology Section, Experimental Fast Reactor Division, O-arai Engineering Center, PNC.

** Maintenance Section, do.

*** Reactor Technology Section do.Now Mitsubishi Atomic Power Industries, INC.

目　　次

1. まえがき …… 1

2. 設備概要

2.1 1次主冷却系統設備 …… 2

2.2 2次主冷却系統設備 …… 7

3. 試験の方法

3.1 試験時のプラント状態 …… 10

3.2 測定方法 …… 11

3.3 データの整理方法 …… 17

3.4 試験経過 …… 21

4. 試験結果

4.1 測定結果 …… 22

4.2 主中間熱交換器 …… 22

4.3 主空気冷却器 …… 43

5. 検　討

5.1 主中間熱交換器 …… 58

5.2 主空気冷却器 …… 72

6. 結　言 …… 77

付　録

List of Figures

Fig 2. 1 Cooling system 3

Fig 2. 2 Main Intermediate Heat Exchangers 5

Fig 2. 3 Dump Heat Exchanger 9

Fig 3. 1 Location of Sensors 15

Fig 3. 2 Temporary Measuring System for Air-Flow Duct 16

Fig 4. 1 Temp. Transition of IHX (A) 31

Fig 4. 2 Temp. Transition of IHX (B) 32

Fig 4. 3 Over-all Heat Transfer Coeff. of IHX (A) 33

Fig 4. 4 Over-all Heat Transfer Coeff. of IHX (B) 34

Fig 4. 5 IHX Out-Inlet Temperature Difference 35

Fig 4. 6 Logarithmic Mean Temperature Difference 36

Fig 4. 7 Ratio of Over-all Heat Transfer Coeff. Vs Heat Removal Rate 37

Fig 4. 8 Temp. Transition of IHX at Low Flow Rate 38

Fig 4. 9 Flow Rate (F), Over-all Heat Transfer Coeff. (U), Logarithmic Mean Temp. Diff.(LMTD) at Low Flow Rate 39

Fig 4.10 Over-all Heat Trans. Coeff. Vs IHX Pri. Flow Rate 41

Fig 4.11 Correlation Nusselt Numbers for Peclet Numbers 42

Fig 4.12 Result of DHX Testing 45

Fig 4.13 Air-side Heat Transfer Coefficient Vs Air Velocity 46

Fig 4.14 Blower Outlet Pressure Vs Air Flow Rate 47

Fig 4.15 Air-Flow and Temperature Distribution for near-by Duct Wall (I) 51

Fig 4.16 Air-Flow and Temperature Distribution for near-by Duct Wall (II) 52

Fig 4.17 Static Pressure Distribution of Air-Flow Duct (I) 55

Fig 4.18 Static Pressure Distribution of Air-Flow Duct (II) 56

Fig 4.19 Pressure Drop of DHX Vs Air Flow Rate 57

Fig 5. 1 IHX (A) OUT-IN Temp. Vs By-pass Flow Rate 63

Fig 5. 2 IHX (A) Temp.Distribution for 20% By-pass Flow 64

Fig 5. 3 IHX (A) By-pass Flow Vs Gap Length of Seal Ring 65

Fig 5. 4 Effect of Heat Exchange at Down comer 68

Fig 5. 5 IHX (B) OUT-IN Temperature Difference 70

Fig 5. 6 Air-side Heat Transfer Coefficient Vs Reynolds Numbers 74

Fig 5. 7 Correlation Heat Transfer Rate for DHX (2B), IHX (B) 76

表　リ　ス　ト

表 2.1　IHX伝熱条件の比較 …… 6

表 3.1　試験時のプラント状態 …… 10

表 3.2　試験器具 …… 11

表 3.3　測定項目 …… 12

表 3.4　主中間熱交換器諸元 …… 19

表 3.5　主空気冷却器諸元 …… 20

表 3.6　試験経過 …… 21

表 4.1　測定結果（1/8～8/8） …… 23

表 4.2　流量変化試験 …… 40

表 4.3　主冷却器試験結果 …… 44

表 4.4　ダクト熱損失測定結果 …… 49

1　ま　え　が　き

本報告書は「常陽」出力上昇試験項目の内PT－12「定常伝熱試験」として実施された試験結果について報告するものである。

本試験の目的は原子炉冷却系を構成する熱交換器群の内

(1)　主中間熱交換器

(2)　主空気冷却器

について，その設計性能を確認するものである。

2　設備概要

原子炉冷却系統設備は，炉心を含む1次ナトリウム系と炉心を含まない2次ナトリウム系統よりなり，各々主冷却系統2系統，補助冷却系統1系統および充填ドレン系統などの付属系統よりなる。

冷却材は液体金属ナトリウムで1次ナトリウム系機器は，格納容器内の窒素ガス雰囲気中に置かれ，2次ナトリウム系は一部を格納容器内窒素ガス雰囲気に，主冷却系統設備の残り部分は原子炉建物に隣接して施設する主冷却機建物，補助冷却系統の残り部分は，原子炉付属建物内に収納される。主冷却機建物および原子炉付属建物に施設された冷却系統機器の周辺は空気である。原子炉で発生した熱は中間熱交換器に運ばれ，ここで2次冷却材に伝えられる。2次冷却材に伝えられた熱は，冷却器に入り，大気に放散される。主冷却系の冷却材は1次2次共に機械式ポンプ，補助冷却系の冷却材は，1次2次共に電磁ポンプで循環される。

Fig 2.1に冷却系の概略を示す。

2.1　1次主冷却系統設備

1次主冷却系統設備は，炉心で発生した熱を吸収し，主中間熱交換器を介して2次主冷却系統設備へ伝達し，また原子炉停止後の崩壊熱の除去を行なうものであり，主に次の各部より構成されている。

主中間熱交換器

主循環ポンプ

主電磁流量計

サイフォンブレークライン電磁流量計

配管及び逆止弁

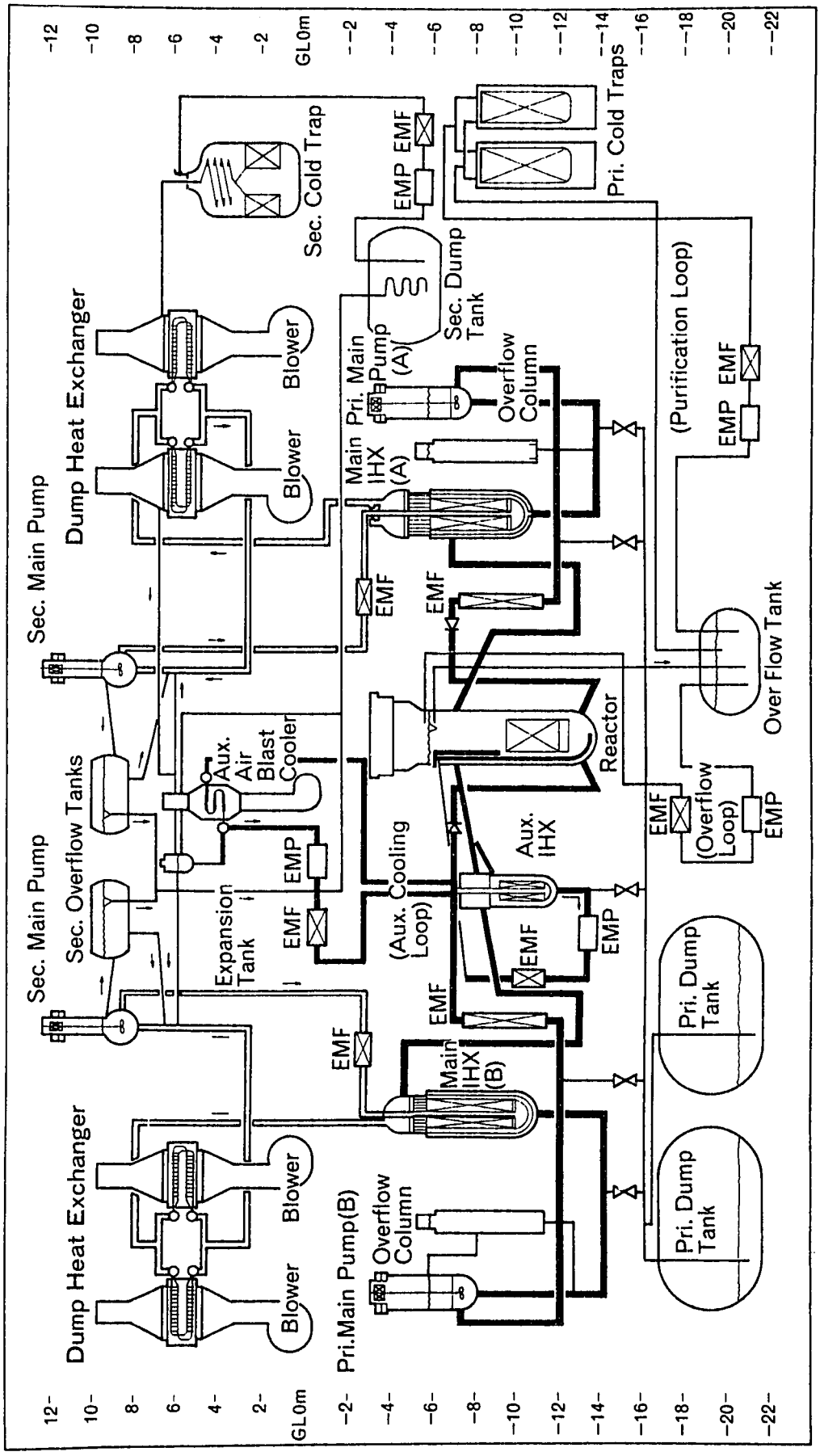


Fig 2.1 Cooling System

主中間熱交換器

主中間熱交換器は，1ループに1台，計2台設置されている。それらの構造は細部を多少異にするが，ほぼ同一である。2台の主中間熱交換器は，格納容器東側および西側の主中間熱交換器室の地下中1階（GL.－3400㎜）に据付けられ，それぞれA，Bと称する。

2台の熱交換器は「たて形自由液面シェルアンドチューブ」型のナトリウムーナトリウムの熱交換器である。構造は胴部，管束部および遮蔽材に大別され，胴部は上方から順次，上部フランジ，上部胴体，胴フランジおよび下部胴体から成り，上部胴体には遮蔽材，下部胴体には管束部がそれぞれ挿入されている。下部胴体にはリークジャケットが取付けられ，ナトリウムの漏洩検出および熱交換器のガス循環路となっている。下部胴体の側面には1次ナトリウム入口ノズル，下部胴体の鏡板には1次ナトリウム出口ノズルがあり，その上方に管束の振れ止めが設けられている。ナトリウムの流れが直接当る壁面には熱遮蔽板を設け，1次ナトリウムの熱衝撃から内部を保護する構造となっている。

管束部は，管束，ダウンカマ，シュラウド，上部プレナムおよび下部プレナム，これらに付属するナトリウム入口管，出口管などから成り，これらを一体として，下部胴体に挿入し，上部プレナムに取付ける構造になっている。伝熱管は直管で上下の部分は，それぞれ上部管板と下部管板に溶接されている。また伝熱管寸法は主中間熱交換器Aが外径15.9㎜，肉厚1.0㎜，総数2835本の同心円，周方向等間隔配列である。主中間熱交換器Bは外径22.2㎜，肉厚1.2㎜，総数1812本の正三角形配列である。

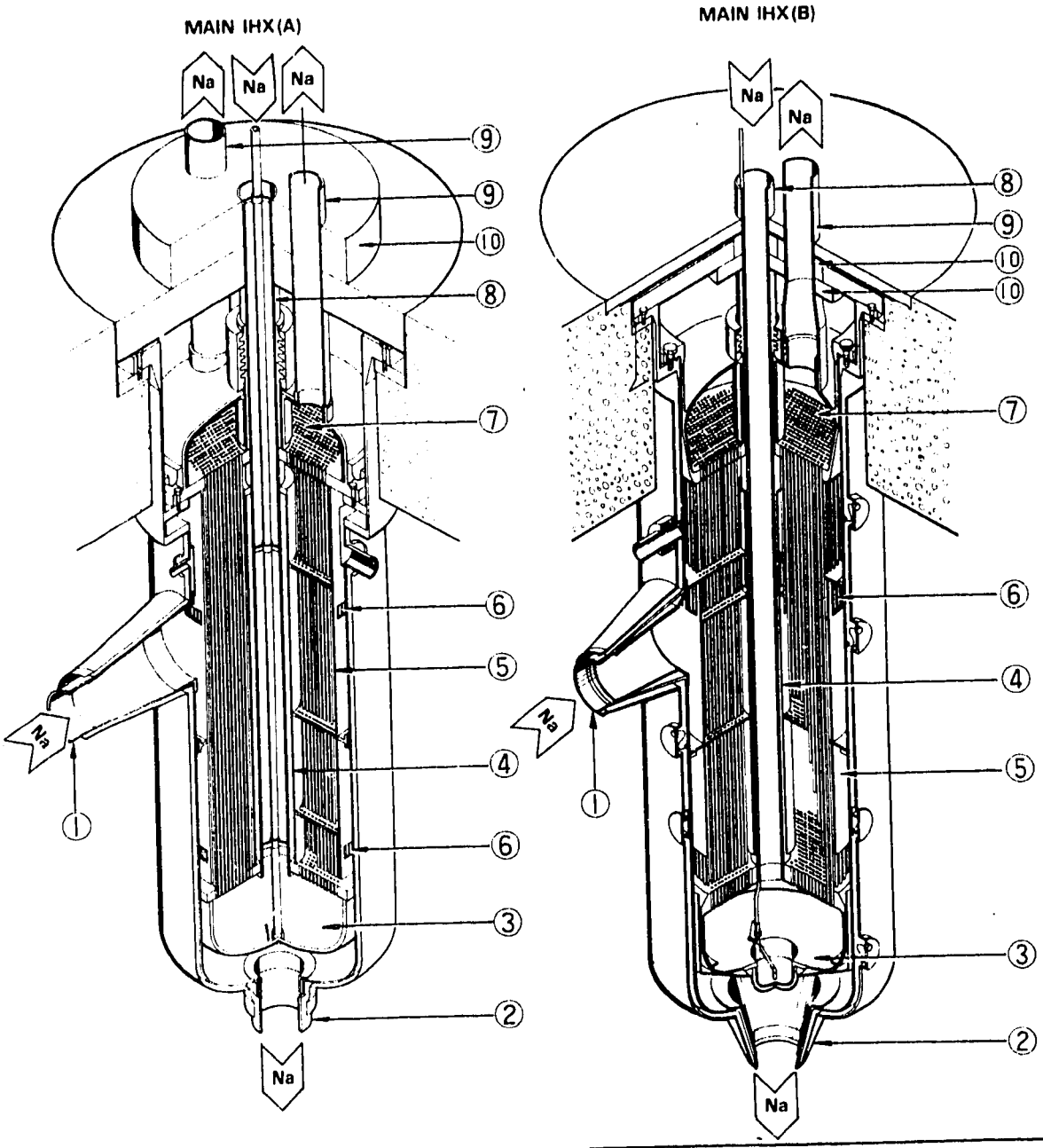
2次ナトリウム入口管は上部プレナムの中心を貫通して下部管板に溶接されている。ダウンカマと伝熱管の運転時の温度差に起因する過大荷重防止のために入口管が上部プレナムの部分で軸方向にベローズによりスライドできる構造で，同時にベローズによりカバーガスのシールを行なう。

伝熱管の振動を制限するために主中間熱交換器Aは伝熱管相互に伝熱管振止め金具を取付け，主中間熱交換器Bは，管束支持板を設けてある。

内側シュラウドは，ダウンカマの熱遮蔽体を兼ねたものとし，外側シュラウドは1次ナトリウム入口ノズルから流れ込むナトリウムから伝熱管を保護する役目を兼ねたものとしている。遮蔽体はγ線を遮蔽することを目的とし，炭素鋼或いは，普通コンクリートを構造材として上部胴体に収納されている。

Fig 2.2に主中間熱交換器の概略構造を示す。

表 2.1は主中間熱交換器(A)(B)について主要な伝熱条件を比較したものである。



1 PRI. SODIUM INLET NOZZLE
2 PRI. SODIUM OUTLET NOZZLE
3 SEC. SODIUM LOWER PLENUM
4 INNER SHROUD
5 OUTER SHROUD
6 SODIUM FLOW PATH
7 SEC. SODIUM UPPER PLENUM
8 SEC. SODIUM INLET NOZZLE
9 SEC. SODIUM OUTLET NOZZLE
10 RADIATION SHIELD

HEAT TRANSFER TUBE PARAMETERS		
	(A)	(B)
O.D.	15.9 mm	22.2mm
WALL THICKNESS	1.0 mm	1.2 mm
LENGTH	4000 mm	4130 mm
NUMBER	2835	1812
ARRANGEMENT	CO-AXIAL CIRCULAR	TRIANGULAR

Fig 2.2 Main Intermediate Heat Exchangers

表 2.1　IHX伝熱条件の比較

項　　目	IHX　(A)	IHX　(B)
Na 流量　(t／h)	(1次)　(2次) 1085.6／1085.6	(1次)　(2次) 1085.6／1085.6
入口温度　(℃)	500／340	500／340
出口温度　(℃)	370／470	370／470
伝熱管　(外径／内径)	15.9mm OD／13.7mm ID	22.2mm OD／19.6mm ID
(本数／有効長)	2835本／2500mm	1812本／2820mm
(配列／ピッチ)	同心円状／半径方向 21mm 円周方向 22mm	正三角形／31mm
(有効伝熱面積)	354 m²	356m²
Na 流量　(1次／2次)	0.314m/s／083 m/s	0.391m/s／0.644m/s
レイノルズ数(1次／2次)	3.44×10^{4}／2.533×10^{4}	3.43×10^{4}／3.92×10^{4}
熱伝達率　(1次／2次)	2220／11100(Kcal/m²H℃)	10630／16060(Kcal/m²H℃)
管壁熱抵抗	0.769×10^{-4} (m²H℃/Kcal)	0.773×10^{-4} (m²H℃/Kcal)
熱貫流率	4459 (Kcal/m²H℃)	4132 (Kcal/m²H℃)

2.2　2次主冷却系統設備

2次主冷却系統は主に次の各部より構成されている。

2次主冷却系循環ポンプ

主空気冷却設備

電磁流量計

ポンプオーバフロタンク

配管設備

本系統は，主中間熱交換器を介して1次主冷却系からナトリウム冷却材に伝達された熱を主冷却器により，空気冷却を行ない大気に放散するもので，1次主冷却系と同様に2系統で構成されている。

本系統のナトリウム冷却材は，非放射性であるので機器は原子炉付属建物に隣接する主冷却機建物に収納され，地下の配管路を通して格納容器内の主中間熱交換器と接続されている。

主冷却器を冷却する空気は，建物側面より流入して主送風機にて主冷却器までダクトで送気する。ナトリウムを冷却した空気は建物上部のダクトを通り，大気中へ放出される。

循環ポンプから吐出されたナトリウムは，電磁流量計を経て主中間熱交換器の管側に入る。胴側を流れる放射性の1次主冷却系のナトリウムと熱交換を行ない，主中間熱交換器の管側を出たナトリウムは，次に2つに分岐して2台の主冷却器に入りフィン付伝熱管を通り，その間に空気冷却される。主空気冷却器から出たナトリウムは，低温側配管として合流して循環ポンプ入口へ接続している。

ナトリウムの流量は，ポンプ軸の回転数を変えることにより調節する。ポンプ軸の回転数制御は駆動用電動機の2次抵抗を変えることにより行なう。通常運転時は原子炉出力によらず2次主冷却系統量が定格値（ 1085.6 ton/hr ）となる抵抗器タップを選択する。

ナトリウムの温度制御は，主冷却器出口ナトリウム温度を原子炉入口ナトリウム温度が370℃になる様にあらかじめ設定した温度に保持するように空気流量を調節する。運転温度は，50MWt運転時では，主冷却器入口温度420℃，出口温度355℃，又100MWt 運転時では，主冷却器入口温度470℃，出口温度340℃となっている。

通常運転時には，主冷却出口ナトリウム温度を検出して，送風機入口ベーンの開度を自動的に調節して，空気流量を変え，出口ナトリウム温度を制御する。入口ベーンの通常制御範囲を越える低負荷運転時には，主冷却器入口ダンパの開度を自動的に調節して，空気流量を変え出口ナトリウム温度を制御する。

主冷却系空気冷却設備

主冷却系空気冷却設備は，非放射性の2次主冷却系ナトリウムを冷却するための設備で，冷却媒体である空気を主冷却器に送りこむ主送風機，空気を風胴室から吸気した主冷却器に導き建物外に放出する流路を形成するダクト，ダクトの熱膨張吸収するための伸縮継手および空気量を調節するダンパより構成されている。

主冷却器本体はヘッダにフィンチューブを取り付け，外周を空気流路を形成するようにケーシングで囲んだフィンチューブ多管式のナトリウム空気冷却器である。

ドレン時にナトリウムが残留しない様にフィンチューブは約1／100の勾配を設け，ヘッダにもドレン管を設けた。

主冷却器は2次主冷却系1系統に2台，すなわち合計4台設置され，主冷却機建物2階に据付けられている。

主送風機は入口ベーン付両吸込横置ターボファンで主冷却機建物1階主冷却器室に設置され，同室内および風胴室より空気を吸気し，主冷却器に送りこむようになっている。形式は電動機直結形で風量は入口ベーンを操作することによって調節することができる。

主冷却器入口ダンパは，バタフライ形式の翼を持ち，主冷却器入口に設置され，空気圧作動の駆動装置によってダンパ翼を操作し，主冷却器に送気する風量を制御することができる。

主冷却器出口ダンパは，バタフライ式の翼を持ち，主冷却器出口に設置され，付属の電動機によってダンパ翼を駆動する。

本ダンパは風量調節系の駆動用空気源が喪失した場合には非常用電源によって操作でき自然通風量を制御できる。

主冷却系空気冷却設備用ダクトは，主送風機より吐出される空気を主冷却器に導き屋外に排出するダクトである。

主冷却系空気冷却設備用伸縮継手は風道の熱膨張による伸びを吸収するためのもので主冷却系空気冷却設備の出口ダンパ下流（屋内1ケ，屋外2ケ）に設置されている。

Fig 2.3に主空気冷却器の概略構造を示す。

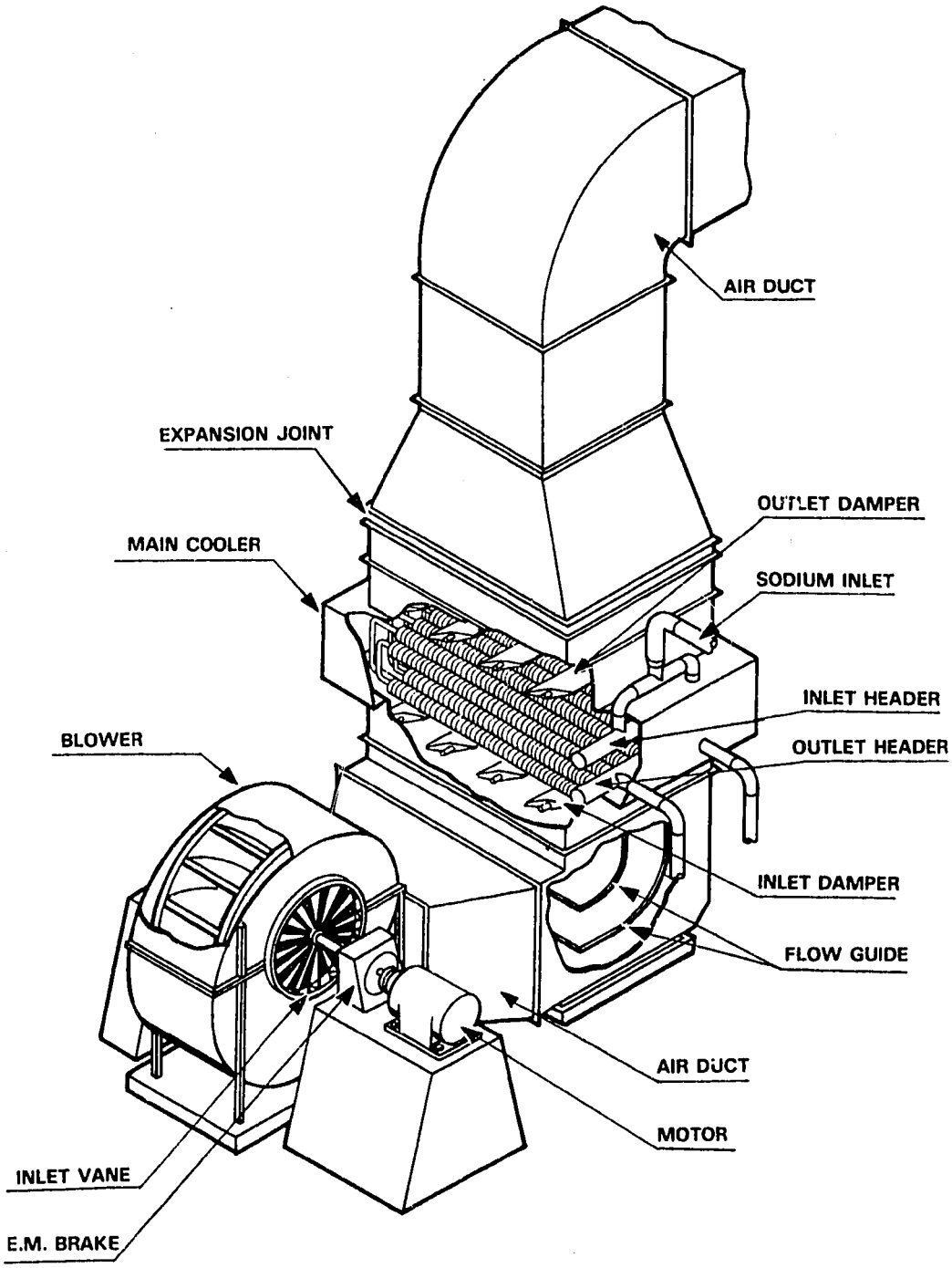


Fig 2.3 Dump Heat Exchanger

3　試検の方法

3.1　試験時のプラント状態

本試験時にはプラントが下記状態にあることを確認し，プラント各部のプロセス量を測定した。

表 3.1　試験時のプラント状態

系統設備名	状　　態
1.　原子炉本体	1.　運転モードが「高出力」であること。 2.　原子炉熱出力が所定の値に維持されていること。
2.　原子炉冷却設備	1.　1次冷却系が通常運転状態にあること。 2.　2次冷却系が通常運転状態にあること。
3.　計測制御設備	1.　中性子計装系が動作状態にあること。 2.　プロセス計装系が動作状態にあること。 3.　冷却材温度制御系が動作状態にあること。

3.2 測定方法

3.2.1 試験器具

本試験では下記の計器及び試験器具を使用した。

表3.2 試 験 器 具

	名 称	員数	仕 様	用 途
1	ディジタルマルチ温度計	1	YEW TYPE 2572 DIGITAL THERMOMETER 精度 ±〔0.05 % of rdg＋0.2 ℃〕	ナトリウム温度測定用
2	ディジタルマルチメータ	1	YEW TYPE 2501 PRECISION DIGITAL METER 精度 （10mVレンジにて） ±〔0.01%of rdg＋2digits〕	ナトリウム流量測定用
3	熱線風速計	6	日本科学工業（KANOMAX） MODEL 24－3411S 0～25m/s 0～400℃ 精度 風速 ±5% 風温 1%of rdg±1digits	DHX 風速，風温測定用
4	ピトー管 （熱電対組込式）	9	理化精機工業 ウェスタン型ピトー管	DHX 風速，風温測定用
5	ベッツ型マノメータ	1	理化精機工業 ベッツ型マノメータ 0～200mmAq 分解能 1/10 mmAq	ピトー管差圧測定用
6	MDマノメータ	1	理化精機工業 F－303－200 0～200mmAq 精度 ±0.1mmAq	DHX ダクト静圧測定用

表3.2（続き） 試験器具

	名　称	員数	仕　様	用　途
7	アルコール乾湿計	1	市　販　品	DHX 入口,温湿度測定用
8	気　圧　計	1	東京鈴木製作所 フォルタン型水銀指示気圧計 650～820㎜Hg 分解能　1／10㎜Hg	気圧測定用
9	多点温度記録計	1	江藤電機　E－60T 0～1200℃ 精度　±0.3℃	DHX 出口温度集録用

3.2.2 測定項目及び方法

本試験では下記の項目につき測定を行った。

表3.3 測 定 項 目

	項　目	盤,場所	計器番号	測定器
1	原子炉入口Na温度(A)		TE31.1－7AX（仮設）	ディジタルマルチ温度計
2	〃　(B)		TE31.1－7BX（仮設）	〃
3	原子炉出口Na温度(A)		TE31.1－1A	〃
4	〃　(B)		TF31.1－1BX（仮設）	〃
5	1次主冷却系Na流量(A)		FX31.1－1A	ディジタルマルチメータにより出力信号を測定 較正曲線より換算
6	〃　(B)		FX31.1－1B	〃
7	IHX 2次入口Na温度(A)		TE31.2－4AX（仮設）	ディジタルマルチ温度計
8	〃　(B)		TE31.2－4BX（仮設）	〃
9	IHX 2次出口Na温度(A)		TE31.2－5AX（仮設）	〃
10	〃　(B)		TE31.2－5BX（仮設）	〃

表 3.3（続き） 測定項目

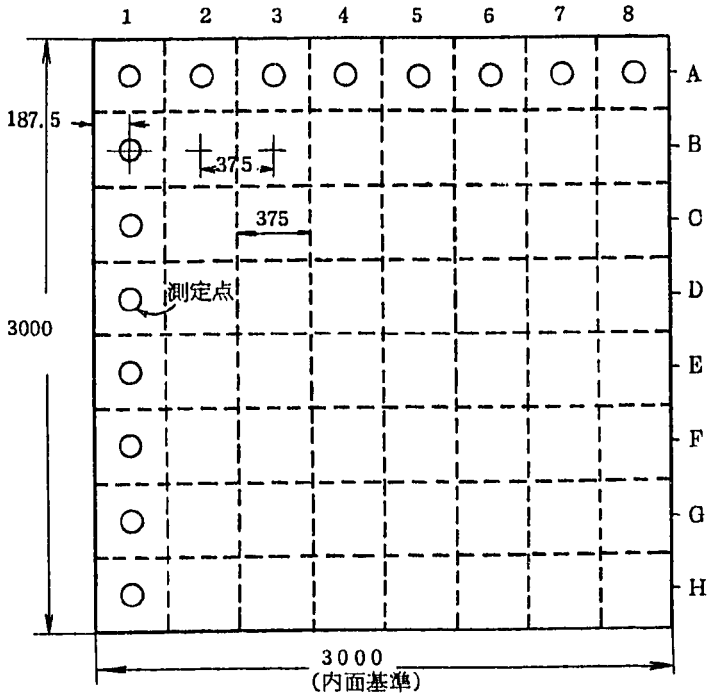
	項　　目	盤,場所	計　器　番　号	測　定　器
11	2次主冷却系Ｎａ流量 (A)		ＦＸ31.2－1Ａ	5に同じ
12	〃　　(B)		ＦＸ31.2－1Ｂ	〃
13	ＤＨＸ入口Ｎａ温度 (A)		ＴＥ31.2－1Ａ	ディジタルマルチ温度計
14	〃　　(B)		ＴＥ31.2－1Ｂ	〃
15	ＤＨＸ出口Ｎａ温度(1A)		ＴＥ31.2－2Ａ－1	〃
16	〃　　(2A)		ＴＥ31.2－2Ａ－2	〃
17	〃　　(1B)		ＴＥ31.2－2Ｂ－1	〃
18	〃　　(2B)		ＴＥ31.2－2Ｂ－2	〃
19	DHX出口合流点Na温度(A)		ＴＥ31.2－3Ａ	〃
20	〃　　(B)		ＴＥ31.2－3Ｂ	〃
21	DHX入口空気温度(2B)		仮　　設	アルコール乾湿計
22	DHX出口空気温度(2B)		〃	多点温度集録装置
23	DHX出口空気風速(2B)		〃	熱線風速計・ピトー管
24	送風機出口吐出圧(2B)		〃	マノメータ
25	DHXダクト静圧分布		〃	〃

測定方法

(1) ナトリウム温度：Fig 3.1に示す本設備の測定点の内表3.3に示した項目につき，熱電対の出力信号をディジタルマルチ温度計にて測定した。

(2) ナトリウム流量：(1)と同様，本設備測定点より電磁流量計出力信号をディジタルマルチメータにて測定し，流量計較正曲線より換算した。

(3) 主冷却器空気系回り：空気系回りの測定については，Fig3.2に示す仮設測定系を構成し測定を行った。その内DHX出口風速，温度については下図のようにダクト断面を64分割し各点での測定を行った。



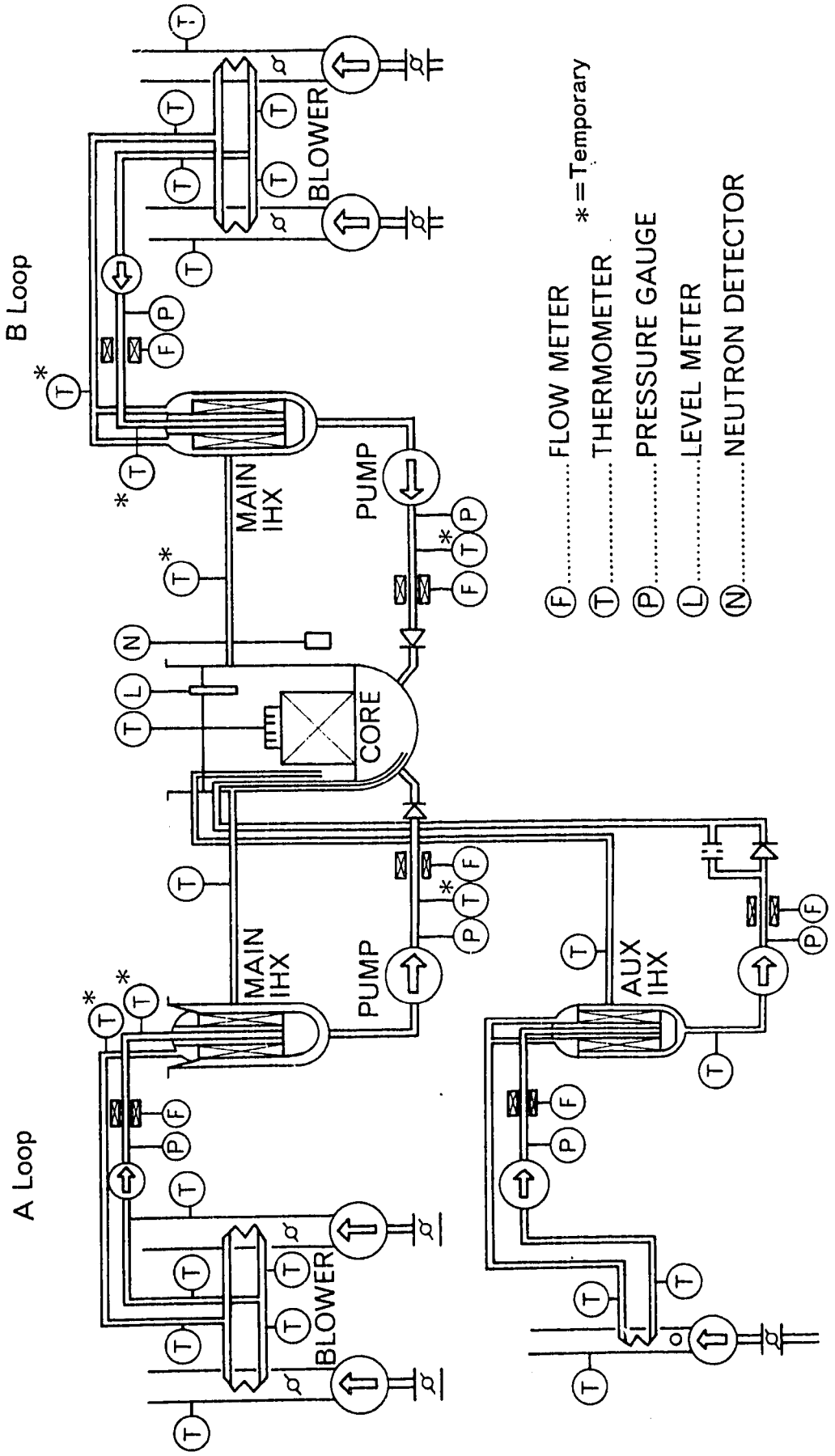


Fig 3.1 Location of Sensors

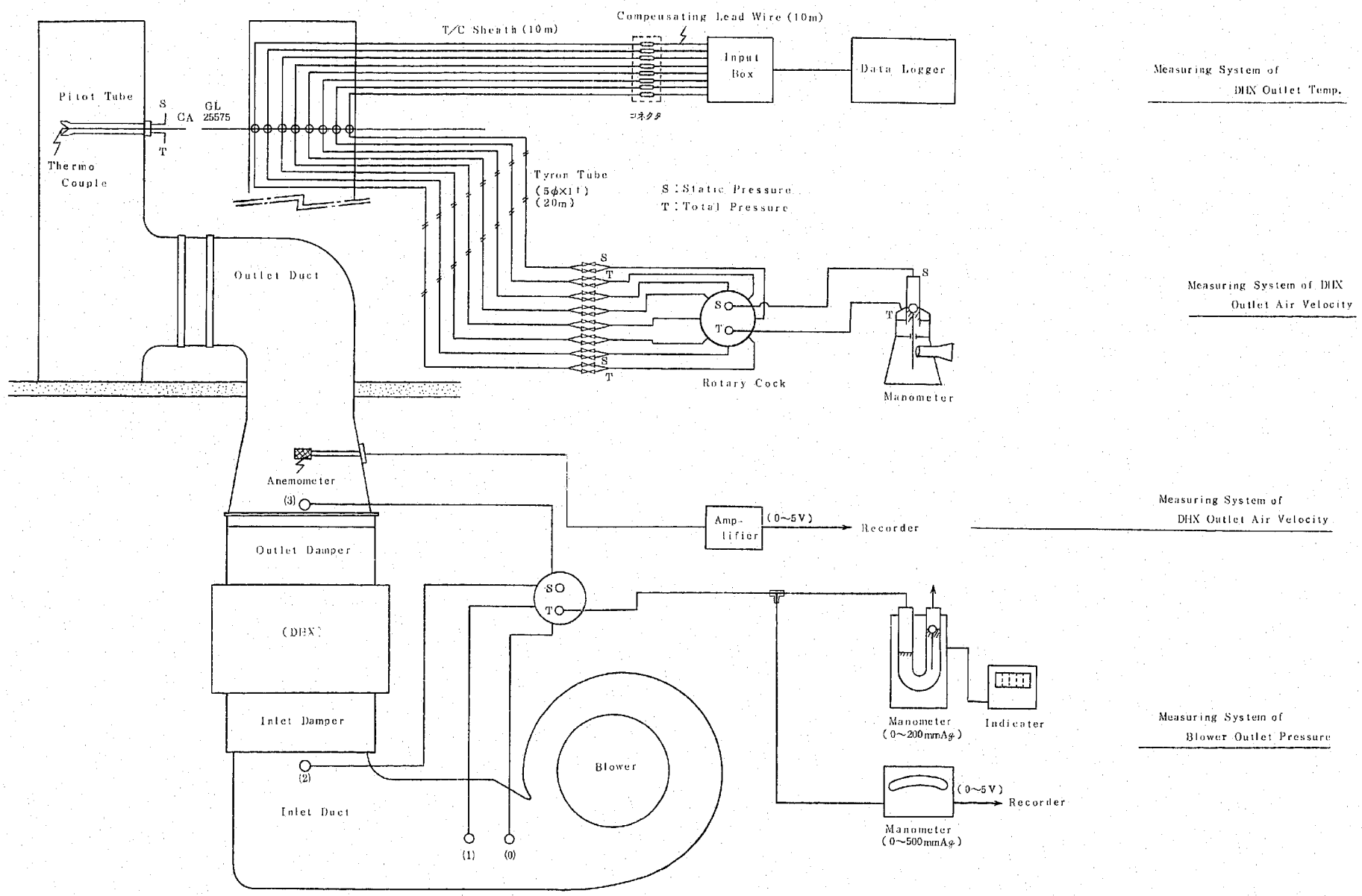


Fig 3.2 Temporary Measuring System for Air-Flow Duct

3.3 データの整理方法

3.3.1 ナトリウム物性値

ナトリウム物性値についてはANL－7323（1967）を原典とし，下記式によるものを使用した。

(1) 比重量 （γ）

$$\gamma\,(Kg/m^3) = 950.01 - 0.229774\,T - 1.46065\times10^{-5}T^2 + 5.63796\times10^{-9}T^3$$

T：（℃）

(2) 動粘性係数 （ν）

$$\nu\,(m^2/\sec) = \frac{10^{(220.651/(T+273.15)^{-2.4892})}}{(950.01 - 0.229774\,T - 1.46065\times10^{-5}T^2 + 5.63796\times10^{-9}T^3)} \times \frac{1}{(T+273.15)^{0.4925}}$$

(3) 熱伝導率 （λ）

$$\lambda\,(Kcal/m\,h\,℃) = 79.9136 - 5.06588\times10^{-2}T + 1.00829\times10^{-5}T^2$$

(4) 定圧比熱 （Cp）

$$Cp\,(Kcal/Kg℃) = 0.343253 - 1.38686\times10^{-4}T + 1.1055\times10^{-7}T^2$$

(5) エンタルピ （i）

$$i\,(Kcal/Kg) = 83.559 + 0.343253\,T - 6.93429\times10^{-5}T^2 + 3.6850\times10^{-8}T^3$$

3.3.2 空気物性値

(1) 比重量 （γ）：「機械工学便覧」より

$$\gamma\,(Kg/m^3) = 1.2931\times\frac{273}{273+t}\times\frac{P - 0.378\,\phi\,hs}{760}$$

t ：温度（℃）

p ：圧力（mmHg）

ϕ ：相対湿度

hs：t℃における飽和水蒸気の圧力（mmHg）

(2) 粘性係数 μ（Kg／mh）

(3) 熱伝導率 λ（Kcal／mh℃）

(4) 比　熱 Cp（Kcal／Kg℃）

「伝熱工学資料」による

3.3.3. ナトリウム流量換算

ナトリウム流量については，電磁流量計較正曲線より近似した下記式により算出した。

(1) 1次主冷却系 (A)

$F(m^3/h) = 162.602V - 60.165$ （F・＞280m^3/h）

$F(m^3/h) = 145.198V + 5.77677$ （70≦F≦280）

(2) 1次主冷却系 (B)

$F(m^3/h) = 162.602V - 60.165$ （F＞280）

$F(m^3/h) = 148.150V + 5.59591$ （70≦F≦280）

(3) 2次主冷却系 (A)

$F(m^3/h) = 278.596V - 54.164$ （F＞760）

$F(m^3/h) = 263.893V - 11.2928$ （70≦F≦760）

(4) 2次主冷却系 (B)

$F(m^3/h) = 279.431V - 88.329$ （F＞760）

$F(m^3/h) = 265.568V - 14.2806$ （70≦F≦760）

V：電磁流量計出力電圧（mV）

3.3.4 空気風速の換算

ピトー算により測定した各点での風速は下記により算出した。

$$v = C_u\sqrt{2g \cdot \Delta H/\gamma}$$

v ：空気風速（m／s）

g ：重力加速度（m／s^2）

ΔH：動圧 （≒マノメータ圧力差）（Kg／m^2）

γ ：空気比重量（Kg／m^3）

C_u：ピトー管係数（—）

ピトー管	ピトー管係数
TAG No.1	0.838
〃 2	0.828
〃 3	0.831
〃 4	0.831

3.3.5 諸　　元

使用した諸元は下記の通りである。

(1) 主中間熱交換器

表 3.4　主中間熱交換器諸元

諸　　元		IHX (A)	IHX (B)
伝熱管	外径 (mm)	15.9	22.2
	肉厚 (mm)	1.1	1.3
	内径 (mm)	13.7	19.6
	本数 (本)	2835	1812
	有効長 (mm)	2500	2820
有効伝熱面積	(m^2)	354	356
中心胴外径	(mm)	493	393.4
内胴内径	(mm)	1442	1484
管側等価直径	(m)	0.0137	0.0196
胴側等価直径	(m)	0.0219	0.0272
管側流路断面積	(m^2)	(0.4179)	0.547
胴側流路断面積	(m^2)	(0.8793)	0.907

(　　)内は公称値より計算したもの

(2) 主空気冷却器

表 3. 5 主空気冷却器諸元

諸元		主冷却器／基
伝熱管	外径（mm）	42.7
	肉厚（mm）	2.0
	内径（mm）	38.7
	フィン外径（mm）	80.7
	フィン板厚（mm）	1.6
	フィンピッチ（mm）	5.08(5山／25.4 mm)
	本数（本）	80
	列数（列）	40
	段数（段）	4
	フィン付部有効長（mm）	4800
	サポート	幅 25 mmのもの3ケ
ナトリウム側流路面積（m^2）		0.0941
空気側前面面積（m^2）		16.8
全外表面積（m^2）		1225

注）上記値は公称値である。5項では検討用として一部値を変えたものを使用した。
詳細は5項参照のこと。

3.4 試験経過

本試験の経過を下記に示す。

表 3.6 試 験 経 過

	試験年月日	原子炉出力	試験対象	備 考
1	1978年 5/19	19.31 MW	IHX, DHX	
2	5/23	20	IHX(B), DHX	Bループのみ測定
3	5/25	23.53	IHX, DHX	
4	6/1	25	DHX	DHXのみ測定
5	6/6	7.42	IHX, DHX	
6	6/9 (1)	25	IHX	炉内MIXING試験初期値
7	6/9 (2)	25	〃	〃 Aループ －5 ℃ (Bループ －5 ℃)
8	6/9 (3)	25	〃	〃 Aループ －10℃ (Bループ －10℃)
9	6/9 (4)	25	〃	〃 Aループ －15℃ (Bループ －15℃)
10	6/12	22.30	IHX, DHX	DHX自然通風最大除熱試験
11	6/23	40.01	IHX	IHXのみ測定
12	6/24	39.84	〃	〃
13	6/28	38.17	IHX, DHX	
14	7/4	39.55	〃	
15	7/6	47.18	〃	
16	7/8	50.51	IHX	IHXのみ測定
17	7/13	49.74	IHX, DHX	
18	7/28(1)	41.87	IHX	2次系流量80% IHXのみ測定
19	7/28(2)	37.58	〃	1次系流量80% IHXのみ測定
20	10/27	5 ～ 10	〃	1次系 約17%流量 2次系 〃 43 〃 1次系自然循環試験時

4 試 験 結 果

4.1 測定結果

測定結果を表4.1に示す。

4.2 主中間熱交換器 （IHX）

(1) 通常運転時，IHX，1次，2次共ナトリウム流量はほぼ一定（1086 t/hr）である。

原子炉入口温度は370℃になるよう制御されるため，原子炉出口温度（IHX，1次入口），IHX，2次出口温度は原子炉出力と共に上昇し，IHX 2次入口温度は下降する。

Fig 4.1はIHX（A）について，当初の計画温度パターンに対して試験結果をプロットしたものである。Fig 4.2はIHX（B）について示したものである。

IHX（B）はほぼ計画値に近いのに対し，IHX（A）では，ずれる結果となった。

(2) Fig 4.3，Fig 4.4は2次側流量を定格とし，胴側レイノルズ数をパラメータとし，熱貫流率について，計算値と実験値を比較したものである。

計算値に使用した熱伝達式は管側，胴側共，設計に使用されたLubarsky－Kaufmanの式によった。

この結果，原子炉出力約50MWにおいて，熱貫流率実験値はIHX（A）について計算値の約60％，IHX（B）は約120％という結果が得られた。

表4.1　測定結果データシート　（1／8）

測定年月日	1978 5／19	5／23	5／25	6／1	6／6	6／9(1)
原子炉出力	19.31(MW)		23.53		7.42	25.33
原子炉入口Na温度 (A) (TE－31.1－7A)	370.3 (℃)	Bループのみ測定	371.6	Bループ DHXのみ測定	365.6	372.1
原子炉出口Na温度 (A) (TE 31.1－1A)	395.9 (℃)		402.4		376.4	405.4
IHX 2次入口Na温度 (A) (TE 31.2－4A)	360.6 (℃)		359.6		361.2	359.2
IHX2次出口Na温度 (A) (TE31.2－5A)	383.9 (℃)		388.1		370.2	390.4
DHX入口Na温度 (A) (TE31.2－1A)	386.4 (℃)		391.2		373.4	392.8
DHX出口Na温度 (2A) (TE31.2－2A－2)	365.3 (℃)		364.2		365.3	363.4
DHX出口Na温度 (1A) (TE31.2－2A－1)	362.5 (℃)		362.1		364.1	361.4
DHX出口Na温度(合流点A) (TE31.2－3A)	363.8 (℃)		363.1		364.7	362.2
1次主冷却系Na流量 (A) (FX31.1－1A)	8.080 (mV) 1253.7(m³/H)		8.0748 1252.8		H－350で測定 1255.5	8.1119 1258.8
2次主冷却系Na流量 (A) (FX31.2－1A)	4.7475 (mV) 1268.5(m³/H)		4.7448 1267.7		4.7415 1266.8	4.7337 1264.6

表4.1　データシート　（2／8）

測定年月日	1978 6／9(2)	6／9(3)	6／9(4)	6／12	6／23	6／24
原子炉出力	(MW)			22.30	40.01	39.84
原子炉入口Na温度 (A) (TE31.1－7A)	367.1 (℃)	363.4	355.4	372.6	372.9	372.7
原子炉出口Na温度 (A) (TE31.1－1A)	402.9 (℃)	401.0	396.8	402.1	425.8	425.1
IHX 2次入口Na温度 (A) (TE31.2－4A)	353.7 (℃)	348.9	340.5	361.4	353.9	354.1
IHX 2次出口Na温度 (A) (TE31.2－5A)	387.2 (℃)	384.6	379.0	388.8	404.0	403.5
DHX入口Na温度 (A) (TE31.2－1A)	390.1 (℃)	386.9	381.4	391.5		406.1
DHX出口Na温度 (2A) (TE31.2－2A－1)	357.4 (℃)	353.0	344.6	365.4		358.4
DHX出口Na温度 (1A) (TE31.2－2A－1)	356.5 (℃)	350.8	342.0	364.0		356.1
DHX出口Na温度(合流点A) (TE31.2－3A)	356.9 (℃)	352.1	343.3			357.0
1次主冷却系Na流量 (A) (FX31.1－1A)	8.1367 (mV)	8.1215	8.1144		8.072	8.1018
	1262.9 (m^3/H)	1260.4	1259.3	1259.7	1241.8	1257.2
2次主冷却系Na流量 (A) (FX31.2－1A)	4.7280 (mV)	4.7260	4.7074		4.526	4.7253
	1263.0 (m^3/H)	1262.5	1257.3	1263.8	1206.8	1262.3
	Aループ －5℃	Aループ －10℃	Aループ －15℃			

表4.1　データシート　（3／8）

測定年月日	1978 6／28	7／4	7／6	7／8	7／13	
原子炉出力	38.17 (MW)	39.5	47.18	50.51	49.74	
原子炉入口Na温度 (A) (TE31.1－7A)	370.2 (℃)	370.8	368.7	369.4	370.2	
原子炉出口Na温度 (A) (TE31.1－1A)	421.9 (℃)	423.0	431.5	436.2	436.0	
IHX 2次入口Na温度 (A) (TE31.2－4A)	351.2 (℃)	351.8	347.1	346.5	347.0	
IHX 2次出口Na温度 (A) (TE31.2＋5A)	400.4 (℃)	401.9	407.1	410.5	410.6	
DHX入口Na温度 (A) (TE31.2－1A)	403.5 (℃)	404.5	409.3	412.4	412.9	
DHX出口Na温度 (2A) (TE31.2－2A－2)	356.1 (℃)	356.0	352.1	351.3	351.6	
DHX出口Na温度 (1A) (TE31.2－2A－1)	353.3 (℃)	353.9	348.8	348.0	349.1	
DHX出口Na温度(合流点A) (TE31.2－3A)	354.6 (℃)	354.9	349.8	349.2	350.1	
1次主冷却系Na流量 (A) (FX31.1－1A)	8.094 (mV)	8.1011	8.080	8.1042	8.0573	
	1255.9 (m^3/H)	1257.1	1253.7	1257.6	1250.0	
2次主冷却系Na流量 (A) (FX31.2－1A)	4.717 (mV)	4.7223	4.730	4.7185	4.723	
	1260.0 (m^3/H)	1261.5	1263.6	1260.4	1261.7	

表4.1　データシート　4／8

測定年月日	1978 7／28 (1)	7／28 (2)	10／27 (1)	10／27 (2)	10／27 (3)	
原子炉出力	41.87 (WM)	37.58	5.23	7.44	11.09	
原子炉入口Na温度 (A) (TE31.1－7A)	367.9 (℃)	370.7	249.2	245.4	245.7	
原子炉出口Na温度 (A) (TE31.1－1A)	423.5 (℃)	434.0	284.0	297.7	322.7	
IHX 2次入口Na温度 (A) (TE31.2－4A)	343.5 (℃)	353.6	247.4	244.0	244.3	
IHX 2次出口Na温度 (A) (TE31.2－5A)	408.7 (℃)	401.1	261.3	264.6	274.8	
DHX入口Na温度 (A) (TE31.2－1A)	411.0 (℃)	403.3				
DHX出口Na温度 (2A) (TE31.2－2A－2)	348.3 (℃)	358.2				
DHX出口Na温度 (1A) (TE31.2－2A－1)	345.0 (℃)	355.4				
DHX出口Na温度(合流点A) (TE31.1－3A)	346.3 (℃)	356.5				
1次主冷却系Na流量 (A) (FX31.1－1A)	8.072 (mV)	6.295				
	1252.4 (m^3/H)	963.5	212.7	214.1	215.8	
2次主冷却系Na流量 (A) (FX31.2－1A)	3.831 (mV)	4.737				
	1013.1 (m^3/H)	1265.5	542.4	536.4	356.9	

2次側 80%流量　1次側 80%流量

表 4. 1.　データシート　（ 5 ／ 8 ）

測定年月日	1978 5／19	5／23	5／25	6／1	6／6	6／9 (1)
原子炉出力	19.31 (MW)		23.53		7.42	25.33
原子炉入口Na温度 (B) (TE 31.1－7B)	369.5 (℃)	370.7	370.3		366.6	371.0
原子炉出口Na温度 (B) (TE 31.1－1B)	393.8 (℃)	393.1	400.3		374.9	403.0
IHX2次入口Na温度 (B) (TE 31.2－4B)	364.7 (℃)	366.4	364.4		364.3	364.6
IHX2次出口Na温度 (B) (TE 31.2－5B)	388.0 (℃)	387.7	393.1		372.7	395.4
DHX入口Na温度 (B) (TE 31.2－1B)	390.6 (℃)	390.5	395.9	397.4	375.4	397.7
DHX出口Na温度 (B) (TE 31.2－2B－2)	368.8 (℃)	370.8	369.2	370.9	368.6	368.9
DHX出口Na温度 (1B) (TE 31.2－2B－1)	368.2 (℃)	369.9	367.9	367.6	368.0	367.9
DHX出口Na温度(合流点B) (TE 31.2－3B)	366.6 (℃)	368.2	366.2	367.2	366.3	366.2
1次主冷却系Na流量 (B)	8.14 (mV)	8.1248	8.157		H－350で測定	8.1617
(FX31.1－1B)	1263.0 (m^3/H)	1260.9	1266.2		1268.2	1267.0
2次主冷却系Na流量 (B)	4.79 (mV)	4.7956	4.7928	4.754	4.7985	4.7446
(FX 31.2－1B)	1250.8 (m^3/H)	1251.7	1250.9	1249.2	1252.5	1254.1
DHX入口空気温度 (2B)	28.4 (℃)	25.9	24.4	27.0	29.9	
DHX出口空気温度 (2B)	311.6 (℃)	315.9	311.9	310.0	230.8	
DHX出口空気風速 (2B)	(4.23) (m/s)	(3.79)	(4.64)	3.51	(2.50)	
DHX入口ベーン開度(2B)	8.0 (%)	7.5	10	8.5	全閉(入口ダンパ全閉)	
DHX入口空気相対湿度	62 (%)	46	42	26	41	
大気圧	749(mmHg)	755	757		756.5	
DHXダクト静圧0 (2B)	－11.2 (mmAq)	－11.0	－11.9	－10.2	142.7	
〃 1	(〃)					
〃 2	(〃)					
〃 3	(〃)					
		Bループ側のみ測定		DHXのみ測定	強制通風最小	IHX側のみ炉内Mixing試験

表 4.1　データシート　（6／8）

測定年月日	1978 6／9(2)	6／9(3)	6／9(4)	6／12	6／23	6／24
原子炉出力	（MW）			22.30	40.01	39.84
原子炉入口Na温度 (B) （TE31.1－7B）	363.2	362.5	356.0	372.1	372.3	372.1
原子炉出口Na温度 (B) （TE31.1－1B）	399.0	398.2	397.1	400.0	423.6	422.7
IHX2次入口Na温度 (B) （TE31.2－4B）	355.9	355.4	348.2	366.6	363.2	353.4
IHX2次出口Na温度 (B) （TE31.2－5B）	390.1	389.7	387.0	393.6	412.0	411.6
DHX入口Na温度 (B) （TE31.2－1B）	392.4	392.2	389.5	396.2		414.2
DHX出口Na温度 (2B) （TE31.2－2B－2）	359.3	359.4	352.3	369.4		367.7
DHX出口Na温度 (1B) （TE31.2－2B－1）	359.6	358.6	350.9	371.6		367.3
DHX出口Na温度(合流点B) （TE31.2－3B）	357.2	356.6	349.5			364.9
1次主冷却系Na流量 (B) （FX31.1－1B）	8.1779 (mV)	8.1980	8.1582		8.145	8.1573
	1269.6 (m^3/H)	1272.8	1266.4	1271.2	1264.2	1266.2
2次主冷却系Na流量 (B) （FX31.2－1B）	4.8053 (mV)	4.7959	4.7894		4.5915	4.7880
	1254.6 (m^3/H)	1251.8	1250.0	1249.4	1194.7	1249.6
DHX入口空気温度 (2B)	(℃)		30.6	23.0		
DHX出口空気温度 (2B)	(℃)		283.0	309.3		
DHX出口空気風速 (2B)	(m/s)		5.45	3.52		
DHX入口ベーン開度 (2B)	(%)		14.5	100		
DHX入口空気相対湿度	(%)		32	72		
大気圧	(mmHg)		763.5	754		
DHXダクト静圧0 (2B)	(mmAq)		－4.9	－8.2		
〃 1	（〃）					
〃 2	（〃）					
〃 3	（〃）					
	IHXのみBループ－5℃	〃 －10℃	Bループ －15℃	自然通風最大試験	IHXのみ	Na側のみ

表4.1　データシート　（7／8）

測定年月日	1978 6／28	7／4	7／6	7／8	7／13	
原子炉出力	38.17 (MW)	39.55	47.18	50.51	49.74	
原子炉入口Na温度 (B) (TE31.1－7B)	372.6 (℃)	370.9	369.7	370.0	370.8	
原子炉出口Na温度 (B) (TE31.1－1B)	419.6 (℃)	420.8	429.2	433.8	434.2	
IHX2次入口Na温度 (B) (TE31.2－4B)	364.2 (℃)	362.2	360.0	359.9	360.5	
IHX2次出口Na温度 (B) (TE31.2－5B)	409.1 (℃)	409.7	416.3	419.7	420.3	
DHX入口Na温度 (B) (TE31.2－1B)	412.0 (℃)	412.1	418.7	422.5	422.6	
DHX出口Na温度 (2B) (TE31.2－2B－2)	368.7 (℃)	366.1	364.0	363.7	364.8	
DHX出口Na温度 (1B) (TE31.2－2B－1)	368.3 (℃)	365.8	363.3	363.3	363.7	
DHX出口Na温度(合流点B) (TE31.2－3B)	366.0 (℃)	363.2	360.7	360.8	361.4	
1次主冷却系Na流量 (B) (FX31.1－1B)	8.1575 (mV)	8.1590	8.1333	8.1557	8.133	
	1266.3 (m^3/H)	1266.5	1262.3	1266.0	1262.3	
2次主冷却系Na流量 (B) (FX31.2－1B)	4.7738 (mV)	4.7796	4.7910	4.7785	4.782	
	1245.6 (m^3/H)	1247.3	1250.4	1246.9	1247.9	
DHX入口空気温度 (2B)	20.5 (℃)	31.8	29.9		29.8	
DHX出口空気温度 (2B)	291.0 (℃)	287.6	273.3		270.5	
DHX出口空気風速 (2B)	6.05 (m/s)	6.61	8.34		8.92	
DHX入口ベーン開度 (2B)	14.3 (%)	17.5	20.8		21	
DHX入口空気相対湿度	75.7 (%)	57	59		60	
大気圧	750 (mmHg)	753.4	756.7		765.7	
DHXダクト静圧0 (2B)	－3.9 (mmAq)	0.8	6.1		8.6	
〃 1	－3.6 (〃)	0.9	6.2		8.7	
〃 2	0.4 (〃)	5.2	11.6		14.2	
〃 3	－8.5 (〃)	－5.8	－5.8		－5.3	
				IHX側のみ		

表4.1　データシート　（8／8）

測定年月日	1978 7／28(1)	7／28(2)	10／27(1)	10／27(2)	10／27(3)	
原子炉出力	41.87 (MW)	37.58	5.23	7.44	11.09	
原子炉入口Na温度 (B) (TE31.1－7B)	368.9 (℃)	370.3	243.3	243.5	242.6	
原子炉出口Na温度 (B) (TE31.1－1B)	421.6 (℃)	432.0	282.3	295.8	320.6	
IHX2次入口Na温度 (B) (TE31.2－4B)	353.1 (℃)	365.5	242.3	242.2	241.5	
IHX2次出口Na温度 (B) (TE31.2－5B)	415.8 (℃)	412.5	258.3	263.4	272.6	
DHX入口Na温度 (B) (TE31.2－1B)	418.0 (℃)	415.0				
DHX出口Na温度 (2B) (TE31.2－2B－2)	357.3 (℃)	369.9				
DHX出口Na温度 (1B) (TE31.2－2B－1)	356.5 (℃)	368.3				
DHX出口Na温度(合流点B) (TE31.2－3B)	353.8 (℃)	366.6				
1次主冷却系Na流量 (B)	8.157 (mV)	6.511				
(FX 31.1－1B)	1266.2 (m^3/H)	998.48	221.5	222.3	224.4	
2次主冷却系Na流量 (B)	3.7693 (mV)	4.785				
(FX31.2－1B)	964.9 (m^3/H)	1248.66	540.2	536.6	539.3	
DHX入口空気温度 (2B)	(℃)					
DHX出口空気温度 (2B)	(℃)					
DHX出口空気風速 (2B)	(m/s)					
DHX入口ベーン開度 (2B)	(%)					
DHX入口空気相対湿度	(%)					
大気圧	(mmHg)					
DHXダクト静圧0 (2B)	(mmAq)					
〃 1	(〃)					
〃 2	(〃)					
〃 3	(〃)					
	IHX側のみ2次系80%流量	〃 1次系80%流量				

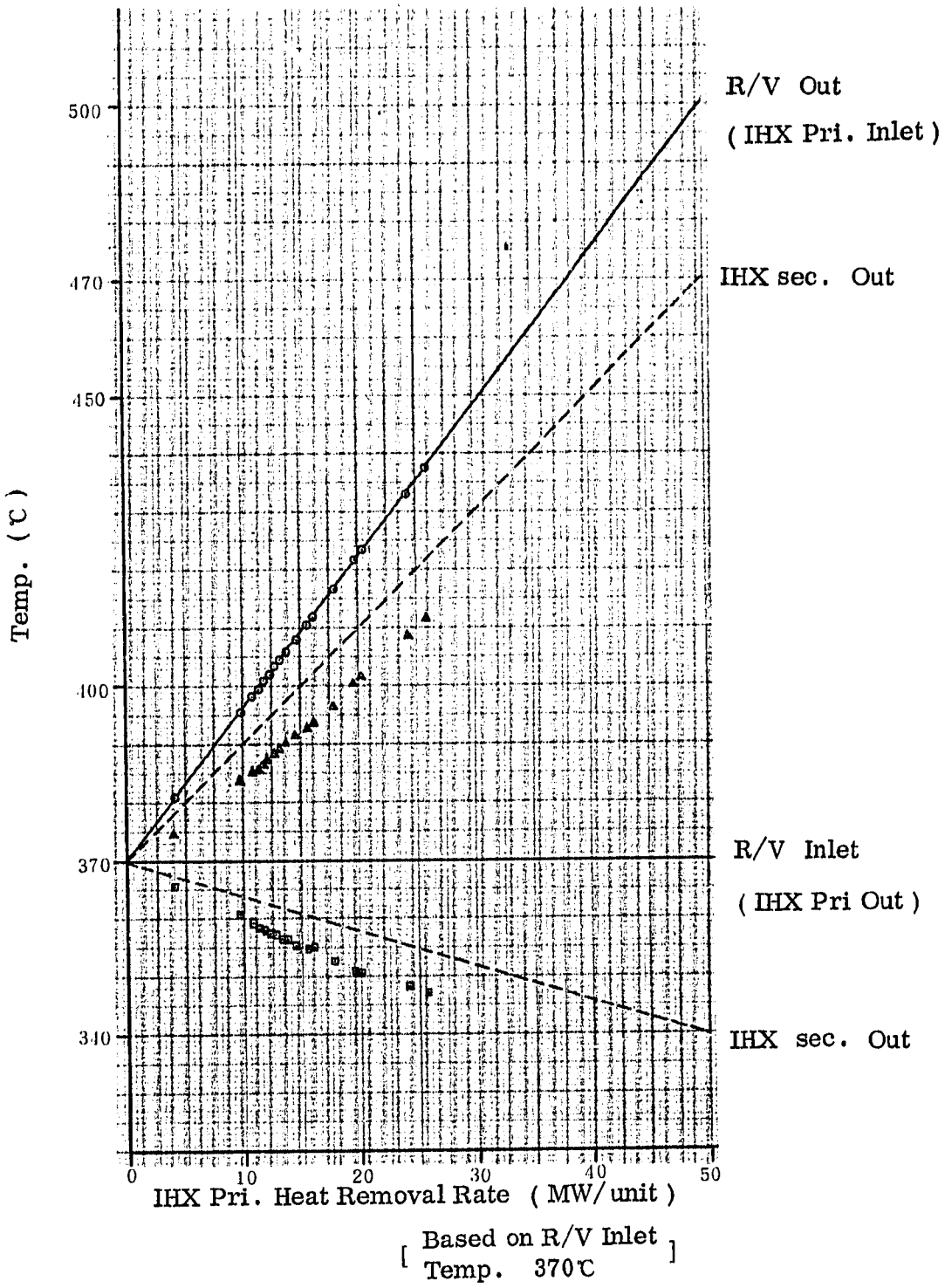


Fig 4.1 Temp. Transition of IHX (A)

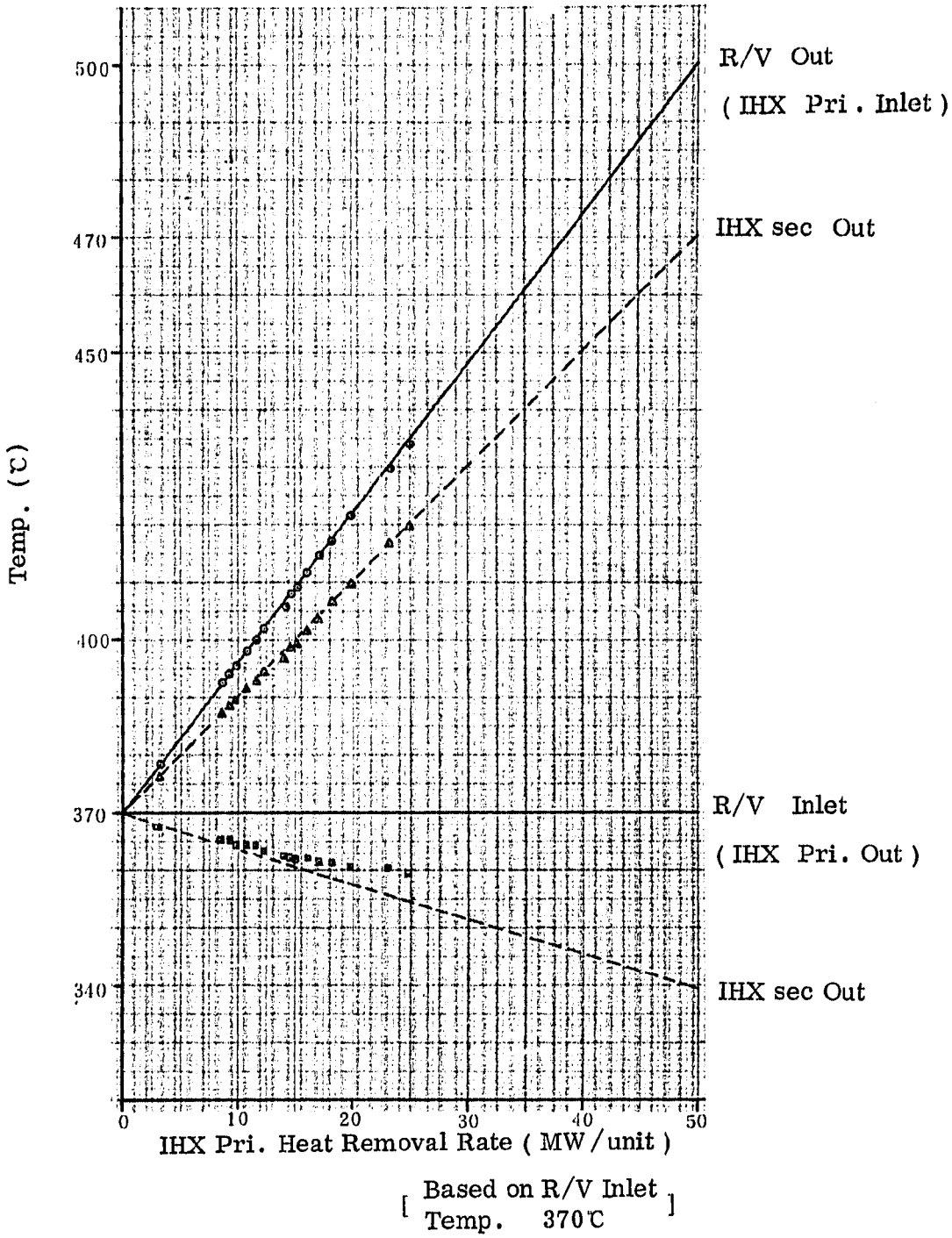


Fig 4.2 Temp. Transition of IHX (B)

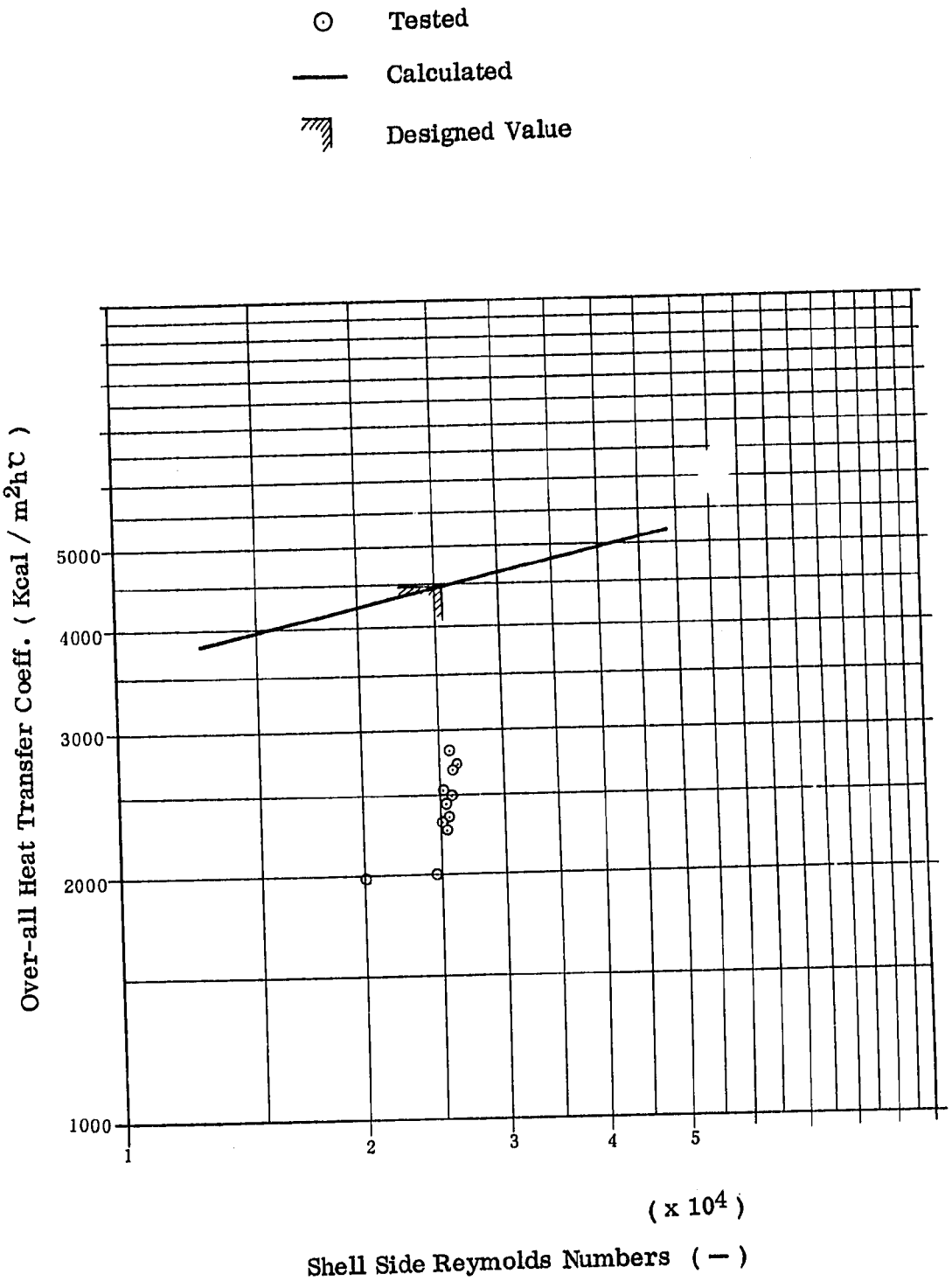


Fig 4.3 Over-all Heat Transfer Coeff. of IHX (A)

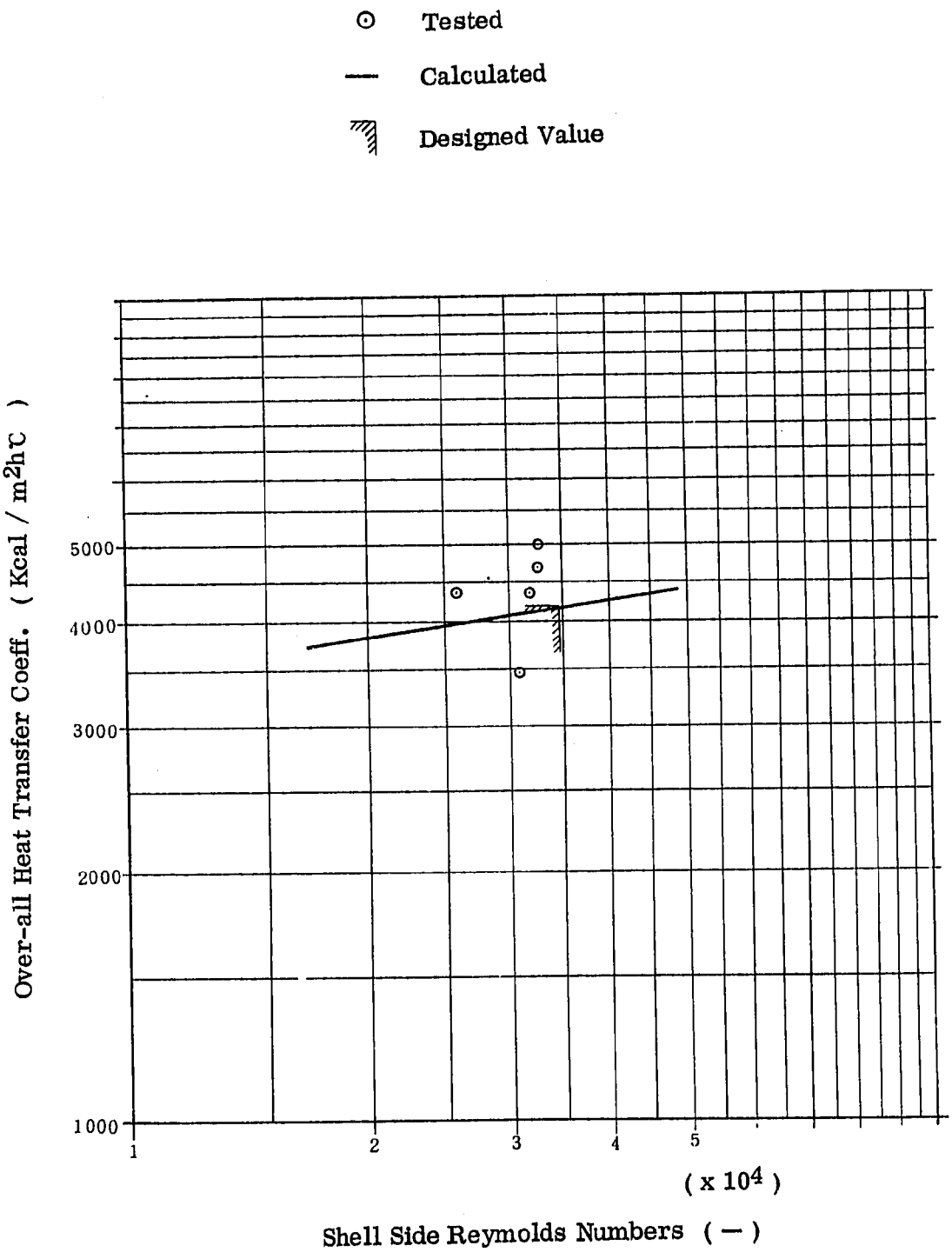


Fig 4.4 Over-all Heat Transfer Coeff. of IHX (B)

(3) IHX 出入口における温度差，即ち

IHX 1次出口温度差 ＝ （1次出口温度） － （2次入口温度）

IHX 1次入口温度差 ＝ （1次入口温度） － （2次出口温度）

は，流量が一定であるため直線的に変化すると考えられたが，Fig 4.5 に示すような傾向となった。このため対数平均温度差（LMTD）は，Fig 4.6 に示すように IHX 除熱量と共に勾配が下向傾向となり，又熱貫流率も Fig 4.7 に示すように除熱量と共に上昇する傾向となった。

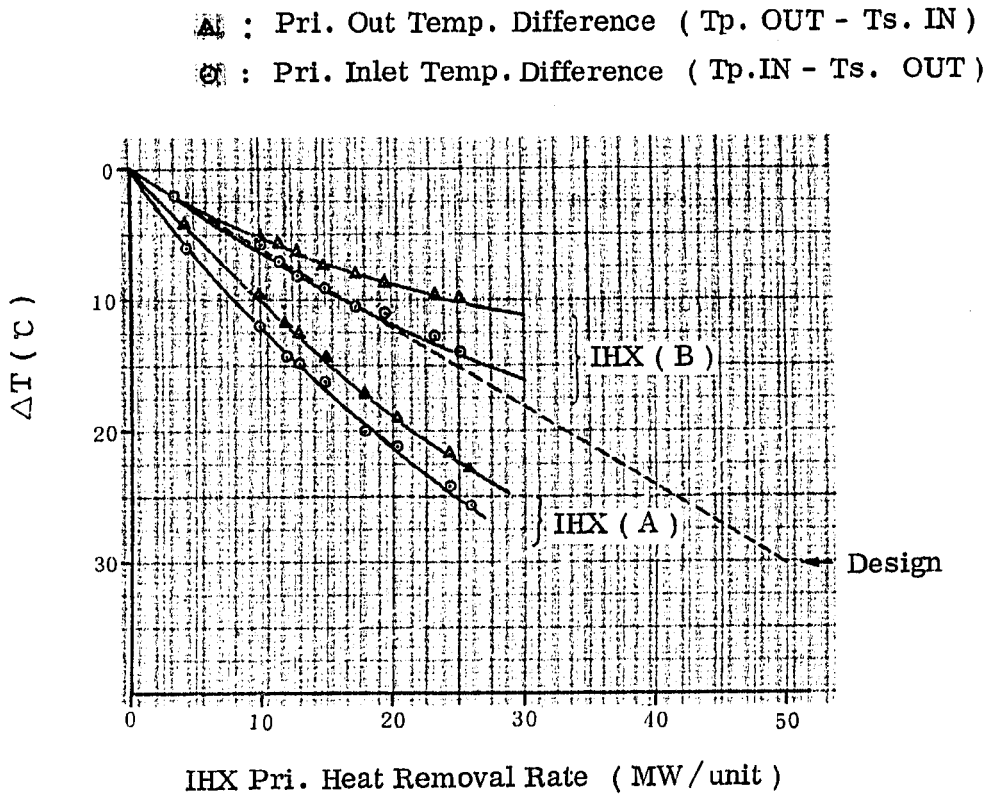


Fig 4.5 IHX OUT-INLET Temperature Difference (△T)

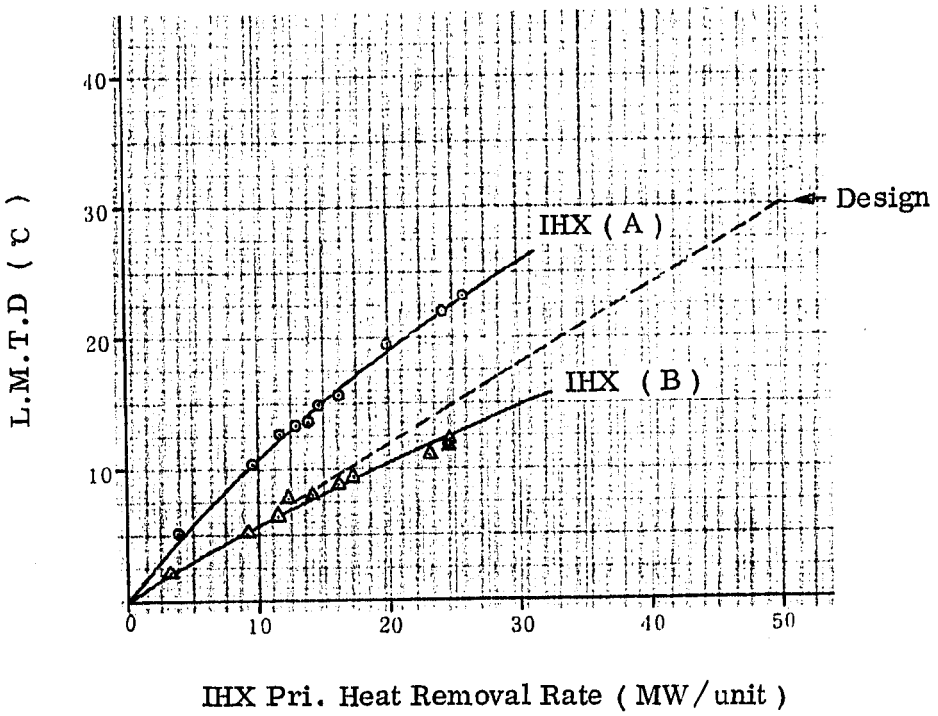


Fig 4.6 Logarithmic Mean Temperature Difference (L.M.T.D)

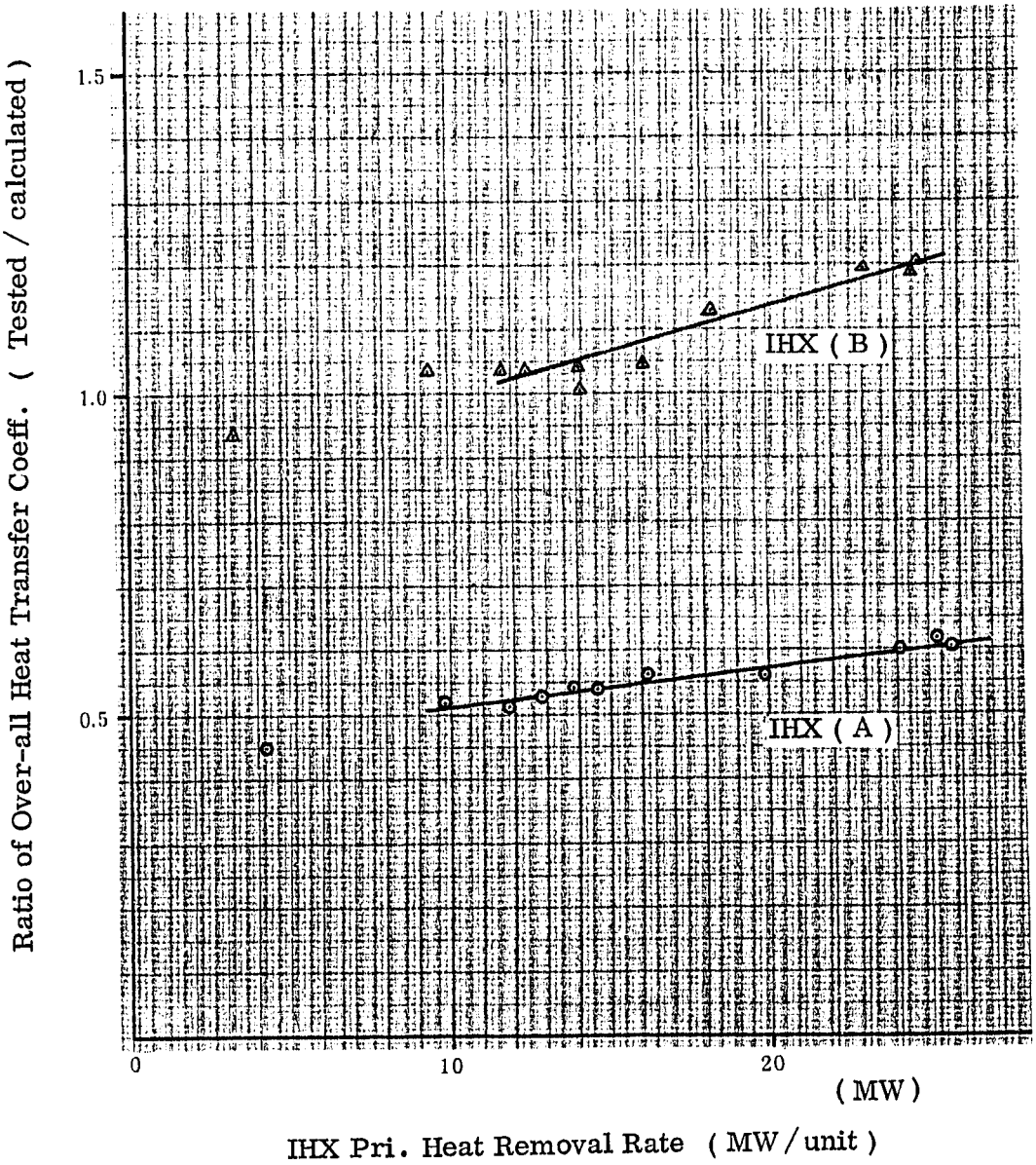


Fig 4.7 Ratio of Over-all Heat Transfer Coeff. Vs Heat Removal Rate (Tested / calculated)

(4) 1978年10月27日に行われた試験は1次側流量を定格の約17%，2次側流量を約43%に下げて実施された。

測定は，原子炉出力約5MW，7MW，10MWにおいて行った。

Fig 4.8は原子炉入口温度を250℃基準とした約5MW～10MWでの温度移行である。この流量域ではIHX(A)，(B)でほぼ差のない結果となった。

Fig 4.9はこの時の流量，熱貫流率，対数平均温度差をIHX除熱量に対して示したものである。

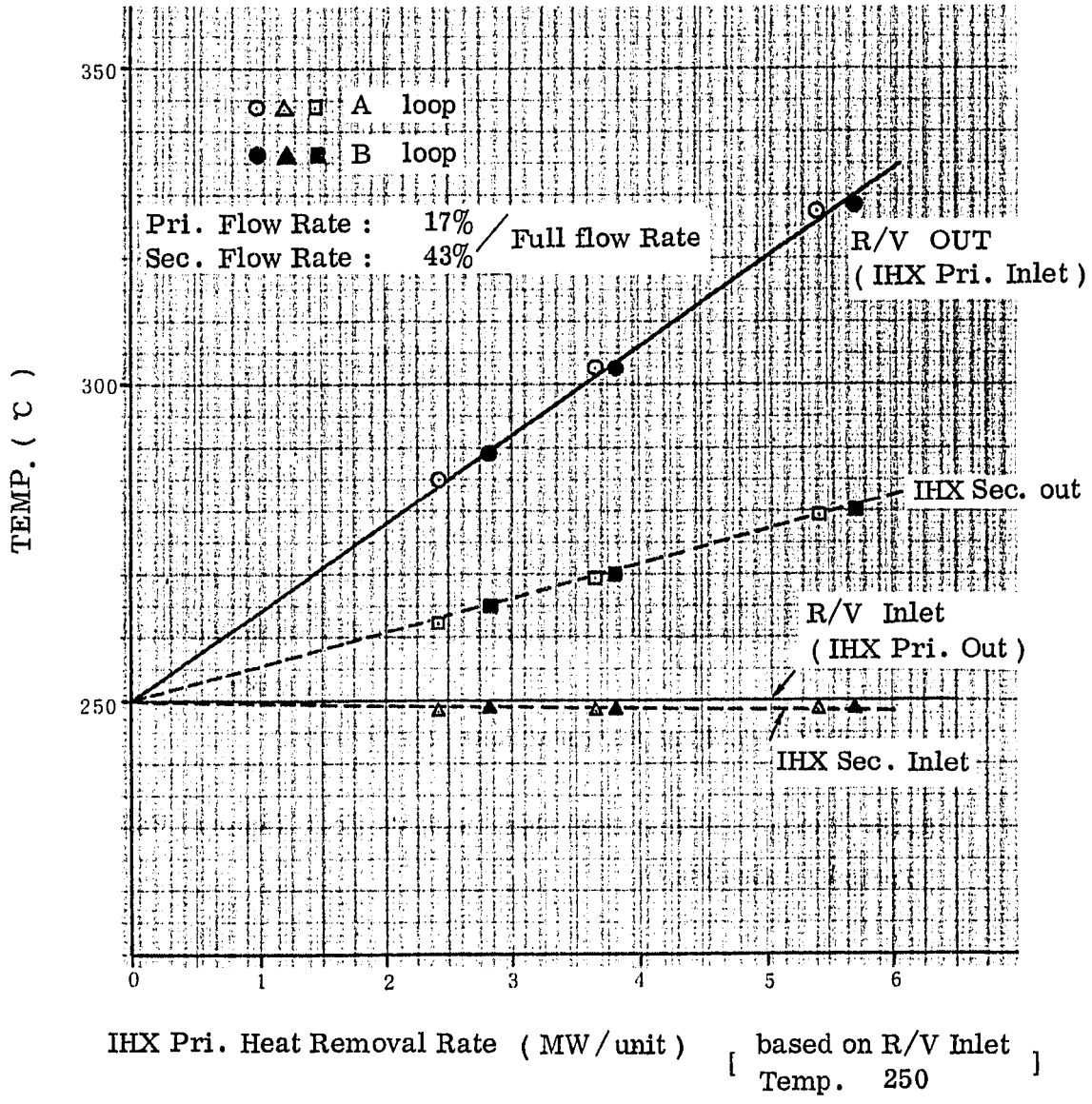


Fig 4.8 Temp. Transition of IHX at Low Flow Rate.

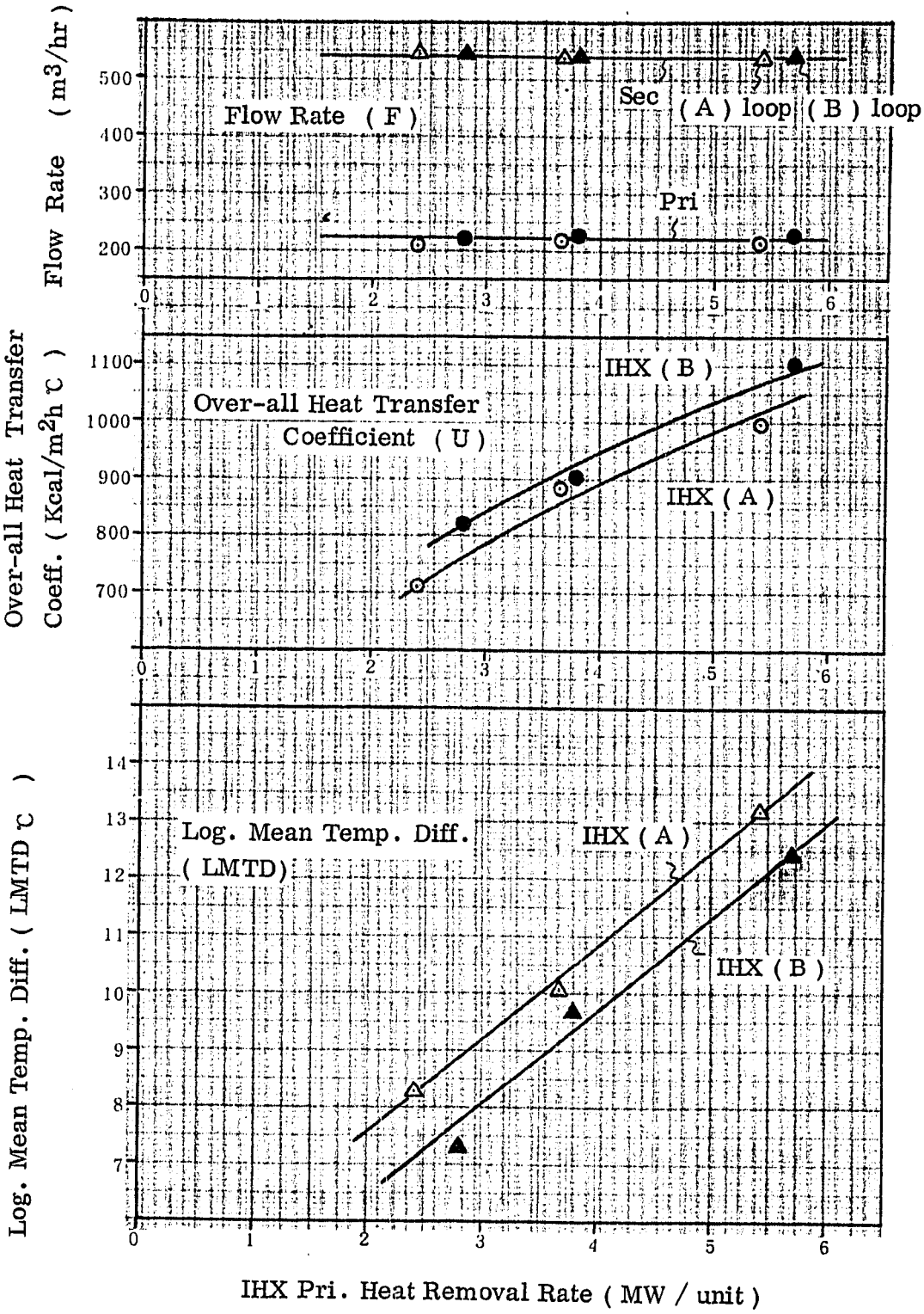


Fig 4.9 Flow Rate (F)
Over-all Heat Transfer Coeff (U)
Logarithmic Mean Temp. Diff. (LMTD) at Low Flow Rate

(5) 本試験期間中，一部流量を変化させた状態でのデータが得られた。整理すると下表となる。

表 4.2 流量変化試験

	CASE 0(定常)	CASE 1	CASE 2	CASE 3
試験年月日	1978年 5/19～7/13	7/28	7/28	10/27
1次側流量	100 %	100 %	約 80 %	約 17 %
2次側流量	100 %	約 80 %	100 %	約 43 %
原子炉出力	7MW～50MW	約42MW	約38MW	5MW～11MW
原子炉入口温度	370 ℃	370 ℃	370 ℃	250 ℃

この内，1次側流量変化時の熱貫流率を比較したのがFig 4.10である。（CASE 0，2，3について）

注1）CASE 3では2次側流量も変化しているが，1次側に比べて変化巾が小さいこと，又，管側熱抵抗の寄与が胴側に比べて小さいことから同列に比較した。

注2）低流量域における伝熱面積の取り方については不明な点があるが，ここでは設計有効伝熱面積により熱貫流率を算出した。

Fig 4.11は胴側熱伝達についてペクレ数をパラメータとしてヌセルト数を示したものである。又比較のため既存の伝熱式による値を示した。

注3）胴側ヌセルト数算出に当って，管側熱伝達率はLubarsky－Kaufmanの式によった。

これらの結果より，（設計有効伝熱面積を全流量域について使用した比較では）低流量域において熱伝達率が下がり傾向となった。

注5）管側のみを80％に下げた場合（CASE 1）は特に顕著な変化は見られなかった。又，43％に下げた場合（CASE 3）については胴側も17％流量でありその寄与が大きく，管側についての比較は行わなかった。

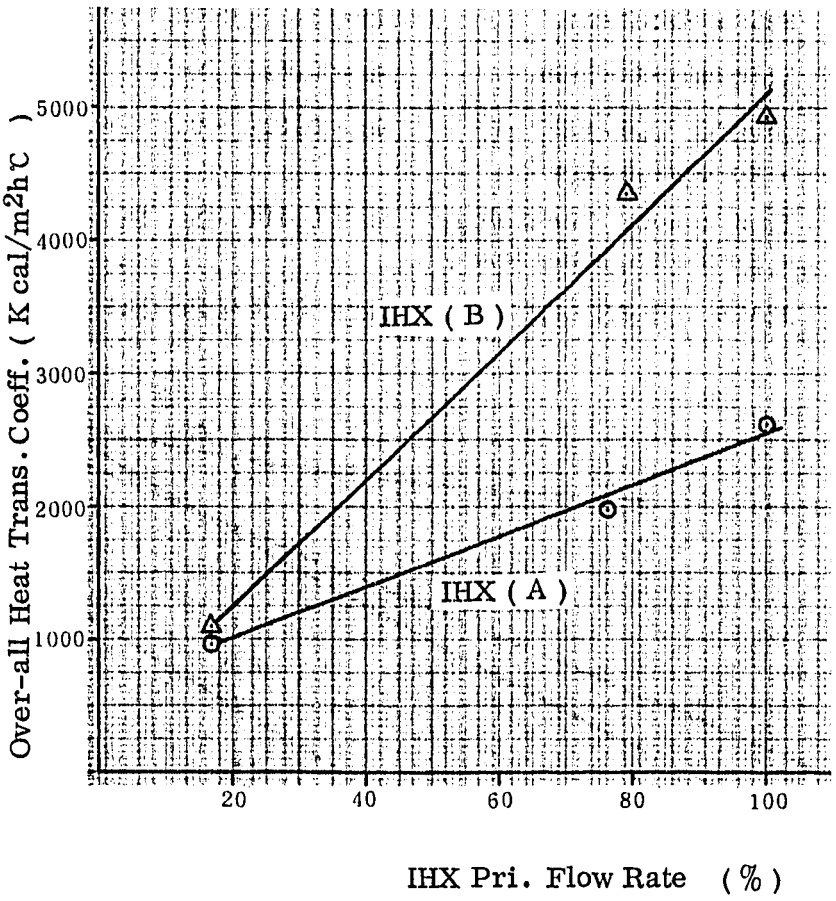


Fig 4.10 Over-all Heat Trans. Coeff. VS IHX Pri. Flow Rate

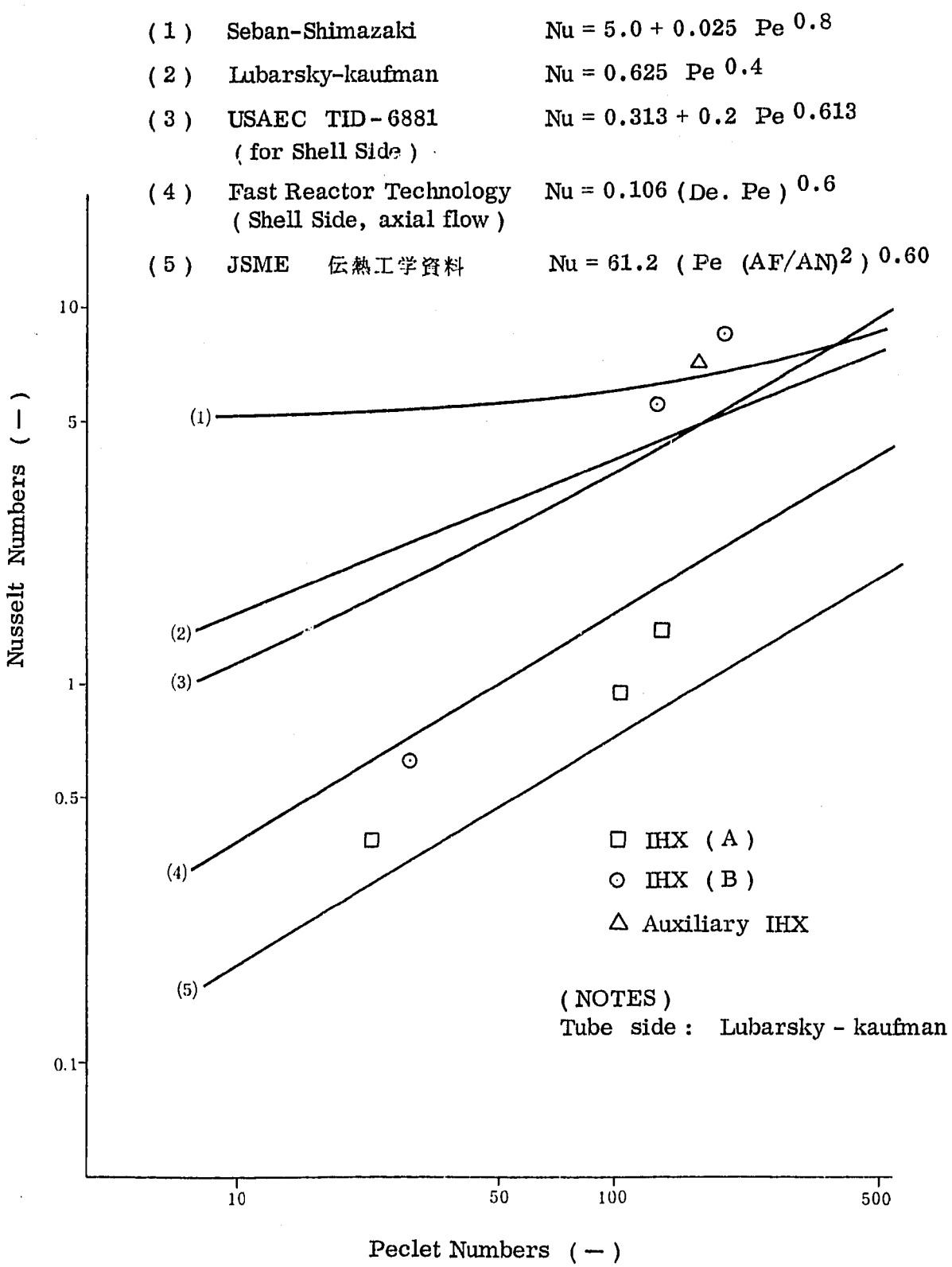


Fig 4.11 Correlation Nusselt Numbers for Peclet Numbers (for shell side)

4.3　主空気冷却器（DHX）

(1)　4.1項の測定結果より，DHXに関する結果をまとめたものを表4.3に示す。

Fig 4.12は，Na側除熱量を基準として各値をプロットしたものである。Fig 4.12においてはDHXのNa側除熱量と空気側受熱量が一致しないため，Na側及び空気出入口温度を基準として，ヒートバランスの一致する風量も合わせ示した。

(2)　Fig 4.13は，空気側熱伝達率について設計値（工認）と比較したものである。

原子炉出力50MWまでにおいては，実験値はほぼ設計値と一致した。

空気側熱伝達率を算出するに当り，Na側熱伝達率（hio）及び，伝熱管熱抵抗(rw)は設計値（工認値）を使用した。

(3)　DHXの2次側冷却材である空気は送風機により駆動される。送風機の性能は「工場試験」及び「総合機能試験」において常温での性能が確認されている。

が，DHXで除熱運転される状態では，（同一送風風量でも）流動抵抗が上昇するため，出力運転時の送風機特性を確認する必要がある。

Fig 4.14は空気流量をパラメータとして50MWまでの結果を予想値並びに，総合機能試験時の結果と比較したものである。50MWでは，まだ低風量域であるため，定格点での予想は困難であるが，予想値を越えることはなかった。

表 4.3　主冷却器試験結果（ 25 ～ 50 MW ）

	1. 試験番号	A－1	A－2	A－3	A－4	A－5
	2. 試験年月日	1978 6／1	6／28	7／4	7／6	7／13
	3. 原子炉出力（MW）	約 25	38.17	39.55	47.19	49.74
	4. ナトリウム入口温度（℃）	397.4	412.0	412.1	418.7	422.6
	5. ナトリウム出口温度（℃）	370.9	368.7	366.1	364.0	364.8
	6. ナトリウム流量（m^3／H）	624.6	622.8	623.65	625.2	623.74
	7. 空気入口温度（℃）（吐出圧（mmAq））	27.0 （－ 10.2）	20.5 （－ 3.9）	31.8 （0.8）	29.9 （6.1）	29.8 （8.6）
	8. 空気出口温度（℃）（64 点平均）	310.0	291.0	287.6	273.3	270.5
	9. 空気出口風速（m／s）（64 点平均）	3.51	6.05	6.61	8.34	8.92
	10. ナトリウム側交換熱量（MW）	5.09	8.30	8.82	10.53	11.10
	11. 空気側交換熱量（MW）	5.51	9.38	9.67	11.96	12.87
	12. 熱交換比（%）（空気側／ナトリウム側）	108.3	113.0	109.6	113.6	115.9
*1	13. 空気風量（m^3／min）（30 ℃換算値）	985.4 (910.5)	1755.8 (1552.9)	1912.7 (1746.3)	2487.8 (2190.8)	2706.7 (2334.1)
	14. 対数平均温度差（℃）	187.2	214.95	212.41	226.82	231.64
*2	15. 熱貫流率（kcal／m^2H℃）	19.09	27.10	29.16	32.60	33.63
*2	16. 管外熱伝達率（kcal／m^2H℃）	19.68	28.30	30.56	34.36	35.50
*2	17. 前面風速（m／s）	0.89	1.49	1.74	2.17	2.31

＊1　（ ）内はナトリウム側交換熱量とバランスする空気風量

＊2　15，16，17 についてはナトリウム側交換熱量を基準として算出したものである。

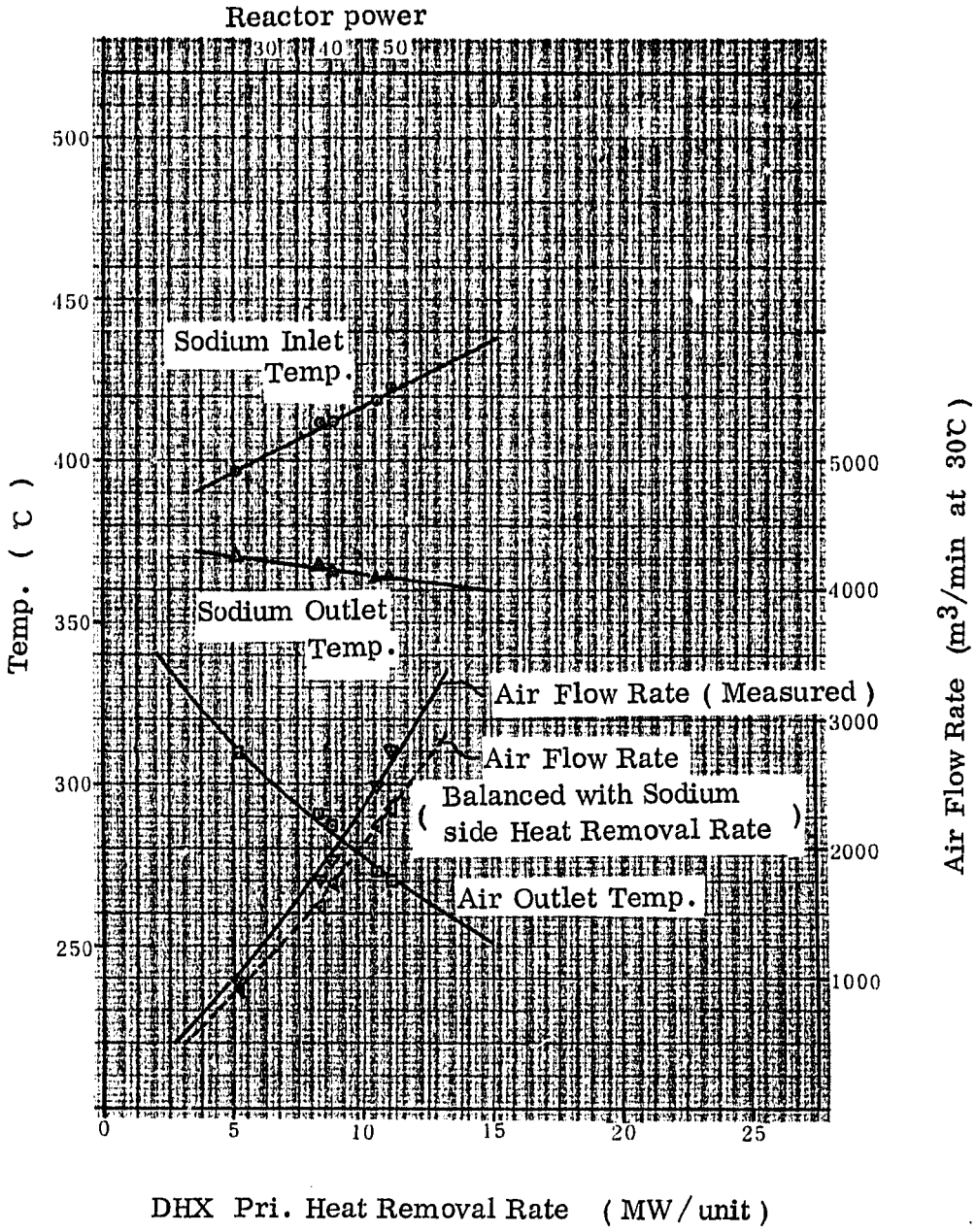


Fig 4.12 Result of DHX Testing

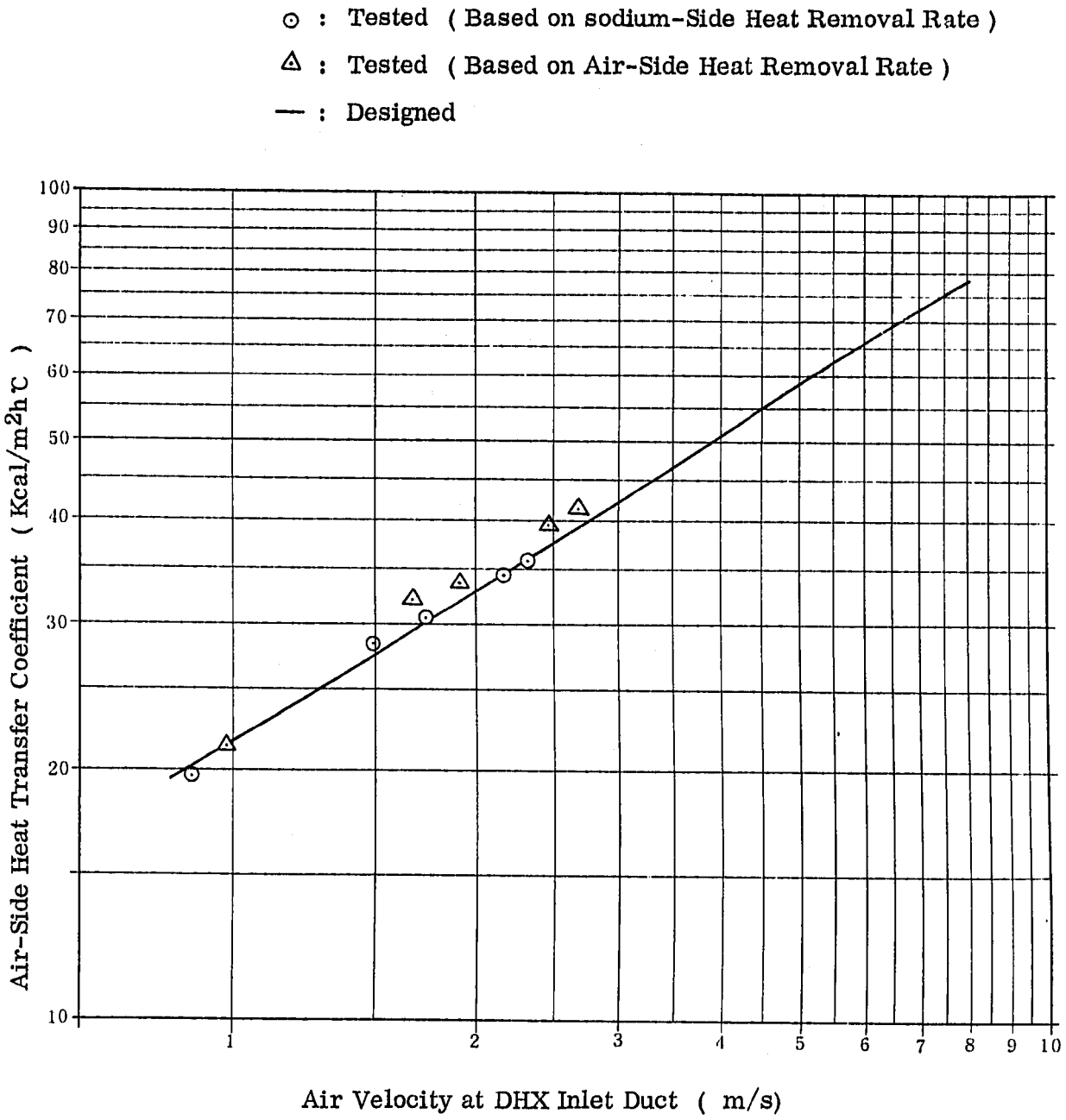


Fig 4.13 Air-Side Heat Transfer Coefficient Vs Air Velocity

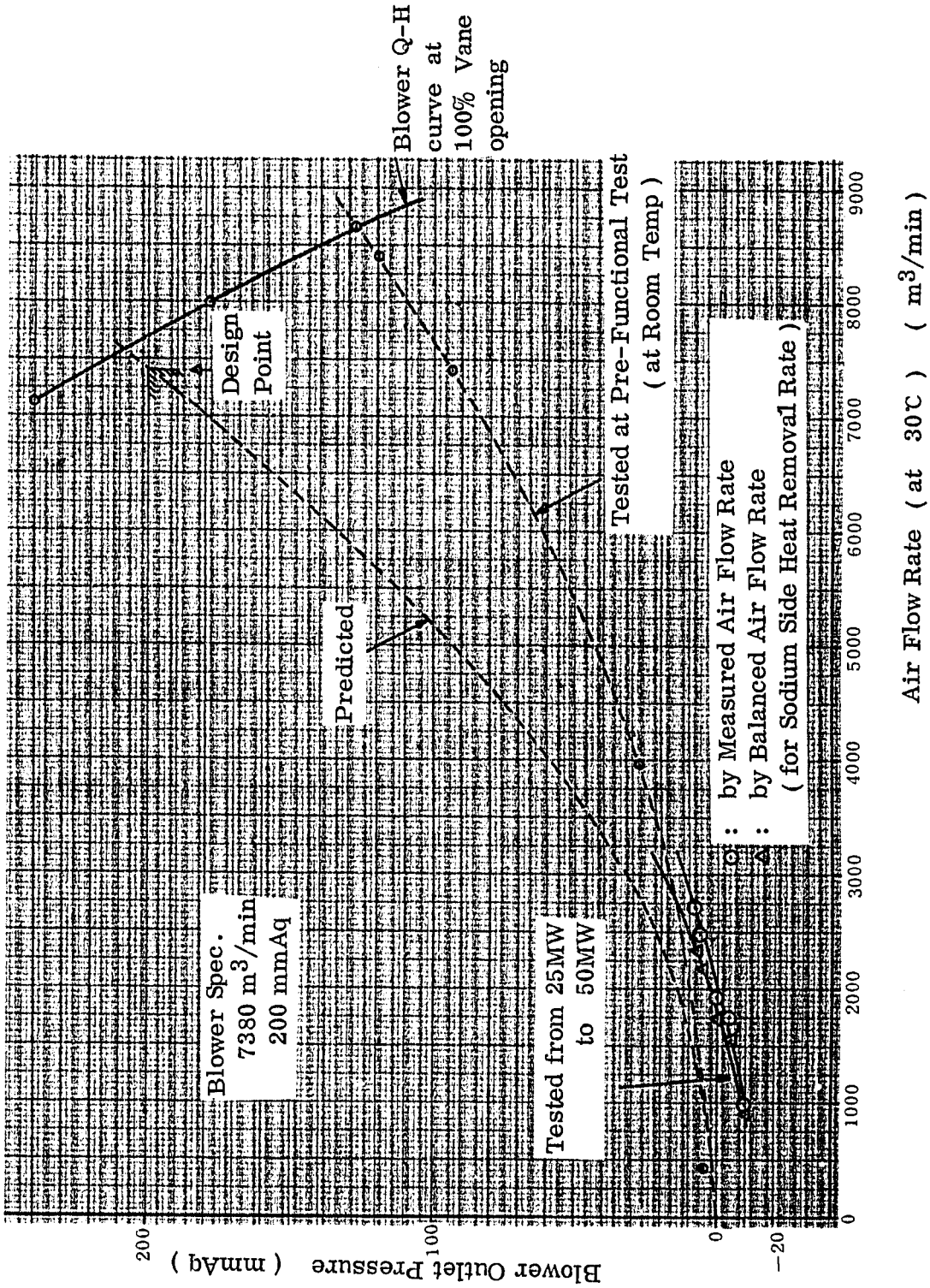


Fig 4.14 Blower Outlet Pressure Vs Air Flow Rate

(4) ダクト熱損失

定常伝熱試験時，空気側出口温度（分布）測定点はGL 21198 の所にあり，冷却器出口（GL 6270 ）から約15 m程離れている。従って，厳密には Na 側放熱量と空気側受熱量を比較する際，この間の熱損失を加味する必要があり概略放熱量を測定した。

測定に当っては，熱流素子により接近可能なダクト表面（2 B ）の放熱量（単位面積当り）を測定し，ダクト総表面積から熱損失を推定した。

熱流素子測定点

(I) （GL 6270 ） A／C 出口 ～ （GL 12500 ） 屋上（保温有） ： 8 箇所

(II) （GL 12500 ） 屋　　上 ～ （GL 21198 ） 測定点（保温無）： 14 箇所（屋上）

熱流素子　　ER－20492

HFMメータ（No. 10319 ）

測定結果は表 4.3 に示す通りであり，ダクト一基当り熱損失は約 360 kW 程度までと推定された。原子炉出力が上昇すれば A／C 出口空気温度が下るため熱損失は減少するが，40 MW → 50 MW で若干その傾向が得られた。

尚，ダクト熱損失は 50 MW で約 3％程度であり結果の整理に当ってはその影響を無視した。（これは DHX については若干厳しい側の評価となる。）

表 4.4　ダクト熱損失測定結果

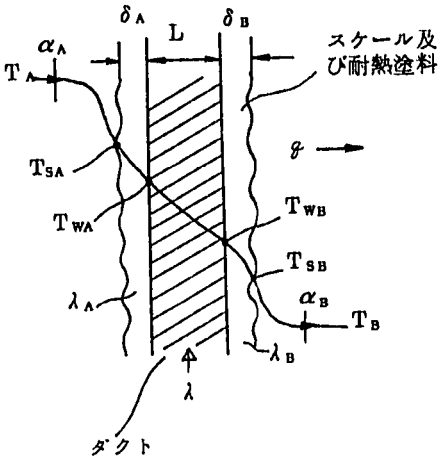
0	測定時プラント状態	測定日時	1978 6／1	7／4	7／6
		原子炉出力（MW）	25	40	50
		出口ダクト空気温度（64点平均）（℃）	310	287.6	273.3
1	ダクト表面積(I) A/C出口～屋上（保温有）（GL 6270）（GL 21198）		103.5 m²	—	—
2	ダクト表面積(II) 屋上～測定点（保温無）（GL 12500）（GL 21198）		135.8 m²	—	—
3	平均放熱量(I)（kcal/m² H）		361.9	305.3	262.3
4	平均放熱量(II)（kcal/m² H）		1982.1	2037.9	1716.4
5	放熱量(I)（kcal/H）（1×3）		3.75×10^4	3.16×10^4	2.71×10^4
6	放熱量(II)（kcal/H）（2×4）		2.69×10^5	2.77×10^5	2.33×10^5
7	Total 放熱量（kcal/H）（5＋6） kW		（3.07×10^5）357 kW	（3.09×10^5）359 kW	（2.60×10^5）302.4 kW

(5)　ダクト壁近辺の温度風速分布

a）A/C 出口ダクト設計温度は 210 ℃である。しかし 0 MW～100 MW の部分負荷時（R/V 入口 370 ℃一定制御では）には空気温度が 210 ℃以上となる。

単純には　空気温度＝ダクト壁温　と考えられるが実測，及び推定によりダクト壁近辺の温度分布を求めた。

b) 概略温度プロフィールは下記の如くと考えられる。



$$T_A - T_{SA} = \frac{q}{\alpha_A}$$

$$T_{WB} - T_{SB} = q\frac{\delta_B}{\lambda_B}$$

$$T_{SA} - T_{WA} = q\frac{\delta_A}{\lambda_A}$$

$$T_{SB} - T_B = q/\alpha_B$$

$$T_{WA} - T_{WB} = q\frac{L}{\lambda}$$

L （ダクト板厚） ：4.5 mm

λ （ダクト熱伝導率） ：46 kcal/mh℃ （炭 鋼 0.5 C 以下として）

$\frac{\delta_A}{\lambda_A}, \frac{\delta_B}{\lambda_B}$ （よごれ係数） ：0.002（m^2h℃/kcal）（燃焼ガスとして）

T_A （ダクト内空気温度）	：273.3 ℃	1978 , 7/6 50 MW 時測定結果より
q （熱流速）	：1716.4（kcal/m^2h）	
T_{SB}（ダクト外表面温度）	：139.9 ℃	
T_B （外気温度）	：38 ℃	

c) Fig 4.15 は 50 MW 時におけるダクト壁近辺の温度，風速測定結果である。

Fig 4.16 は Fig 4.15 及び前(4)項で得られたダクト外表面温度をもとに平均的な温度，風速分布を示したものである。

d) 以上の結果

ダクト壁温は出口空気平均温度に比べ約 100 ℃ 以上は低く，約 150 ℃程度と推定された。（≃ 50 MW ）

ダクト壁を通した，外気への熱流束からは壁内外での △t は約 6 ℃程度（汚れ係数含む、Metal のみでは 0.2 ℃程度 ）でありほぼ外表面温度（測定可能 ）と大差ないと考えられる。

50 ～ 100 MW の間では， 出口空気温度がさらに低下するため現状を越えることはないと推定される。

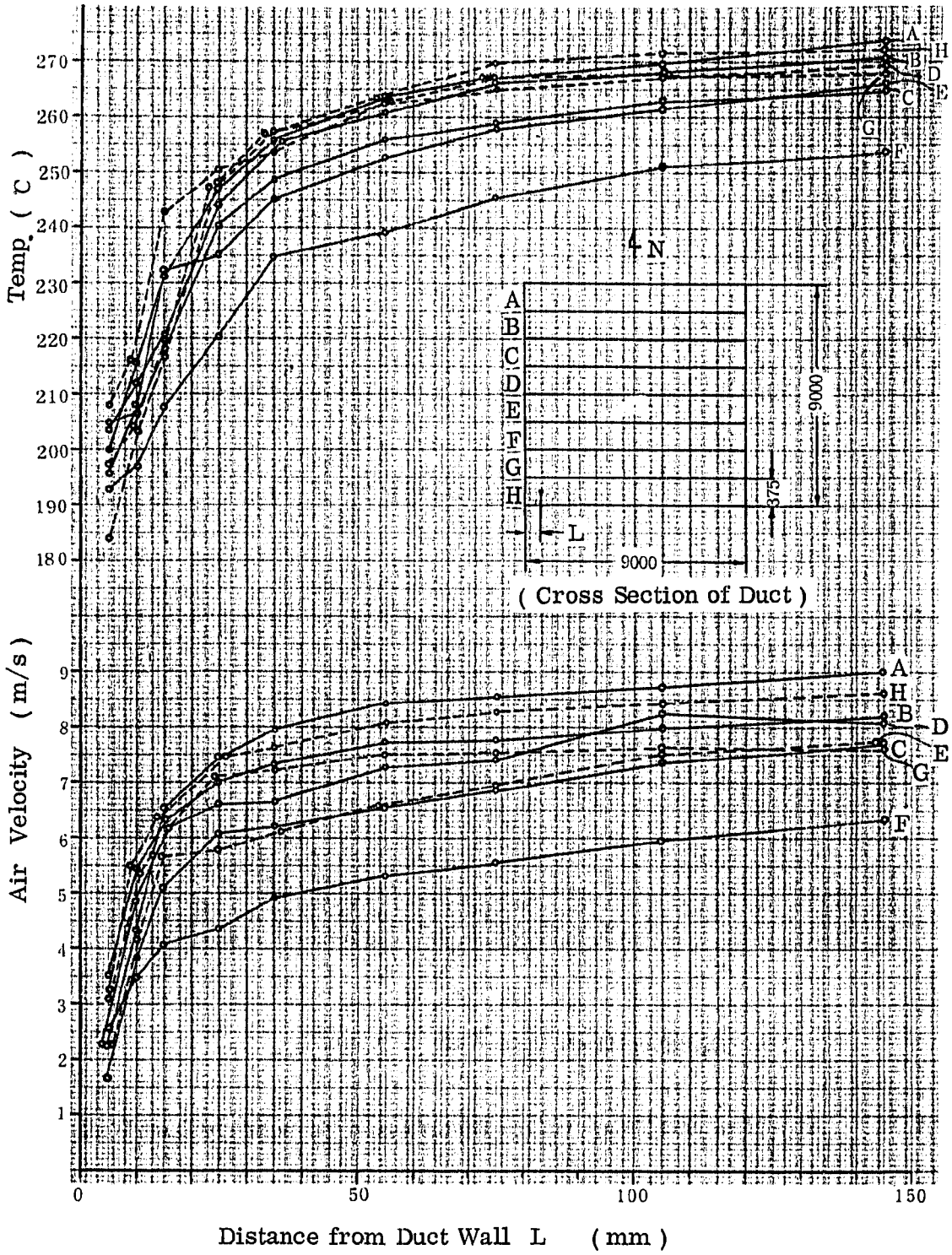


Fig 4.15 Air-Flow and Temperature Distribution for Near-by Duct Wall (I) (1978. 7/6)

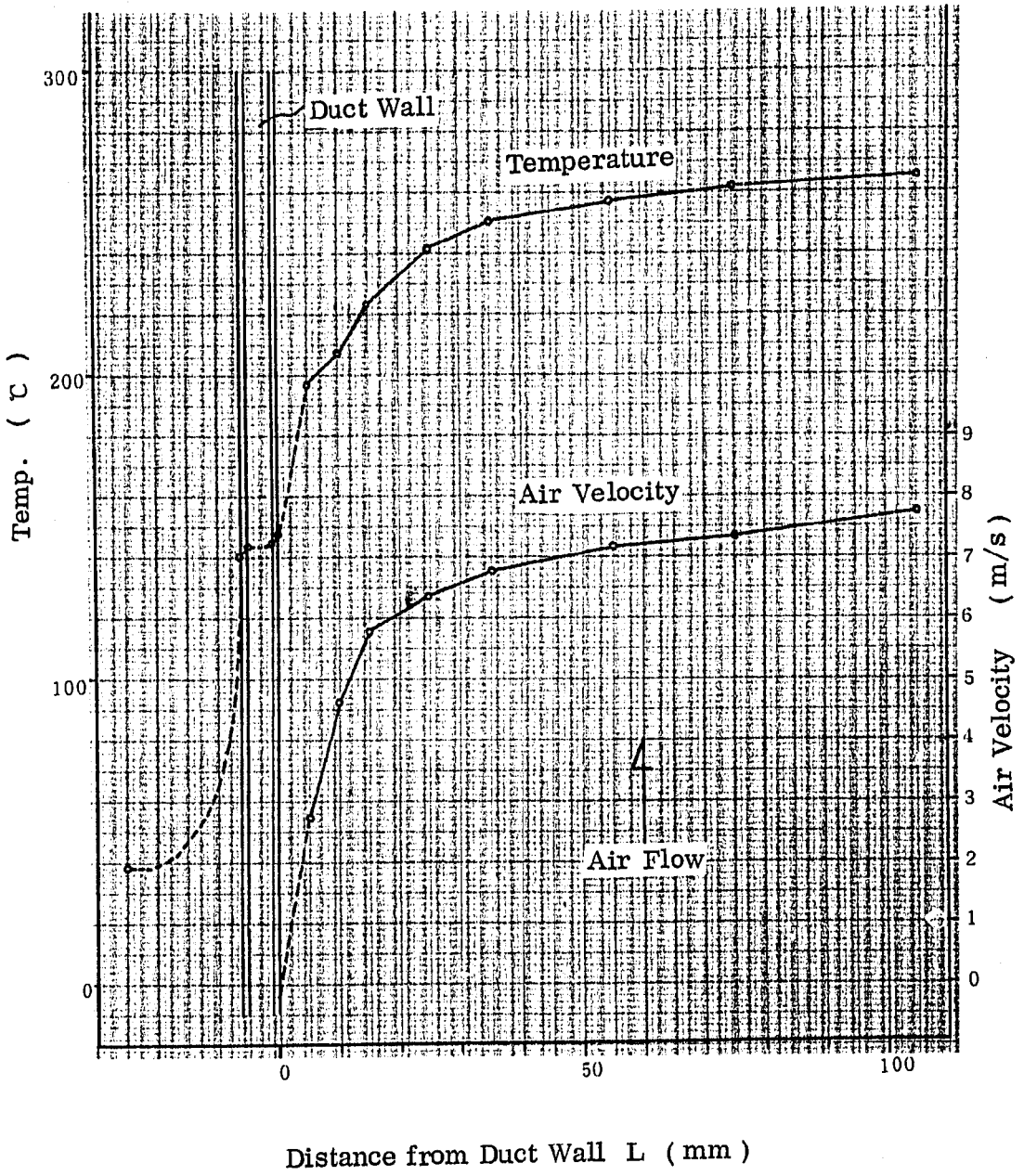


Fig 4.16 Air-Flow and Temperature Distribution for near-by Duct Wall (Ⅱ)

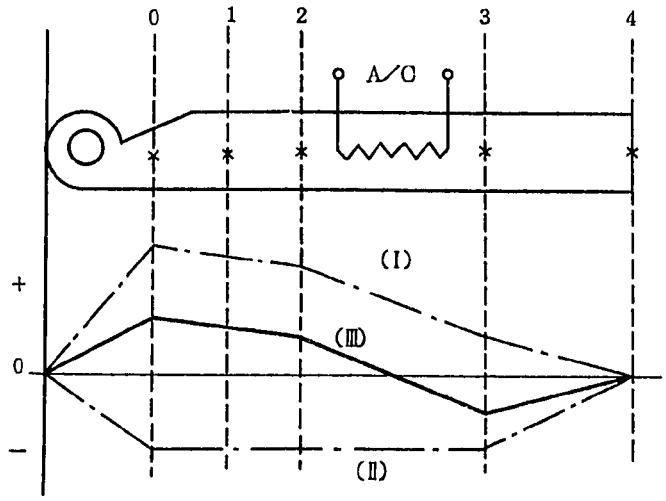
(6) ダクト静圧分布及びA/C圧力損失

a) ダクト各点の静圧分布は自然吸引力による効果で「総合機能試験」時とは，状態が異って来ている。

そこで，自然吸引力を加味した静圧分布を推定し，実測値と比較した。又A/C伝熱管群の空気側圧力損失について，静圧分布測定結果より求めた。

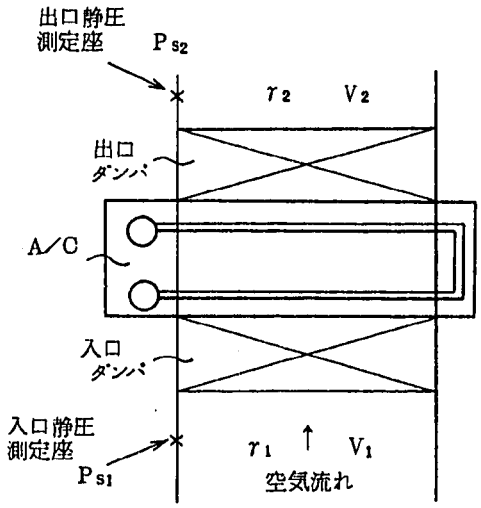
b) 静圧分布の推定については自然吸引力のない場合の風量Fにおける分布(I)を求め，（運転温度の補正は行う）A/C出口温度Tにおける自然吸引力(II)を求める。

(1)，(2)より静圧分布(III)を推定する。



c) A/C圧力損失については定常状態でA/C出入口静圧，温度，風量を測定し，ベルヌーイの法則より，圧力損失 ΔPe は

$$\Delta Pe = (Ps_1 - Ps_2) + \frac{1}{2g}(v_1^2 \gamma_1 - v_2^2 \gamma_2)$$ として求めた。



d） Fig 4.17はダクト静圧分布の測定結果である。Fig 4.18 は実測値を推定値と比較したものである。

e） Fig 4.19 はA/C空気側圧力損失について，実測値を予想値，及び「総合機能試験」時の結果（常温）と比較したものである。

この結果，実測風量ではほぼ予想値と一致したがナトリウム側除熱量基準の風量では若干高目となった。

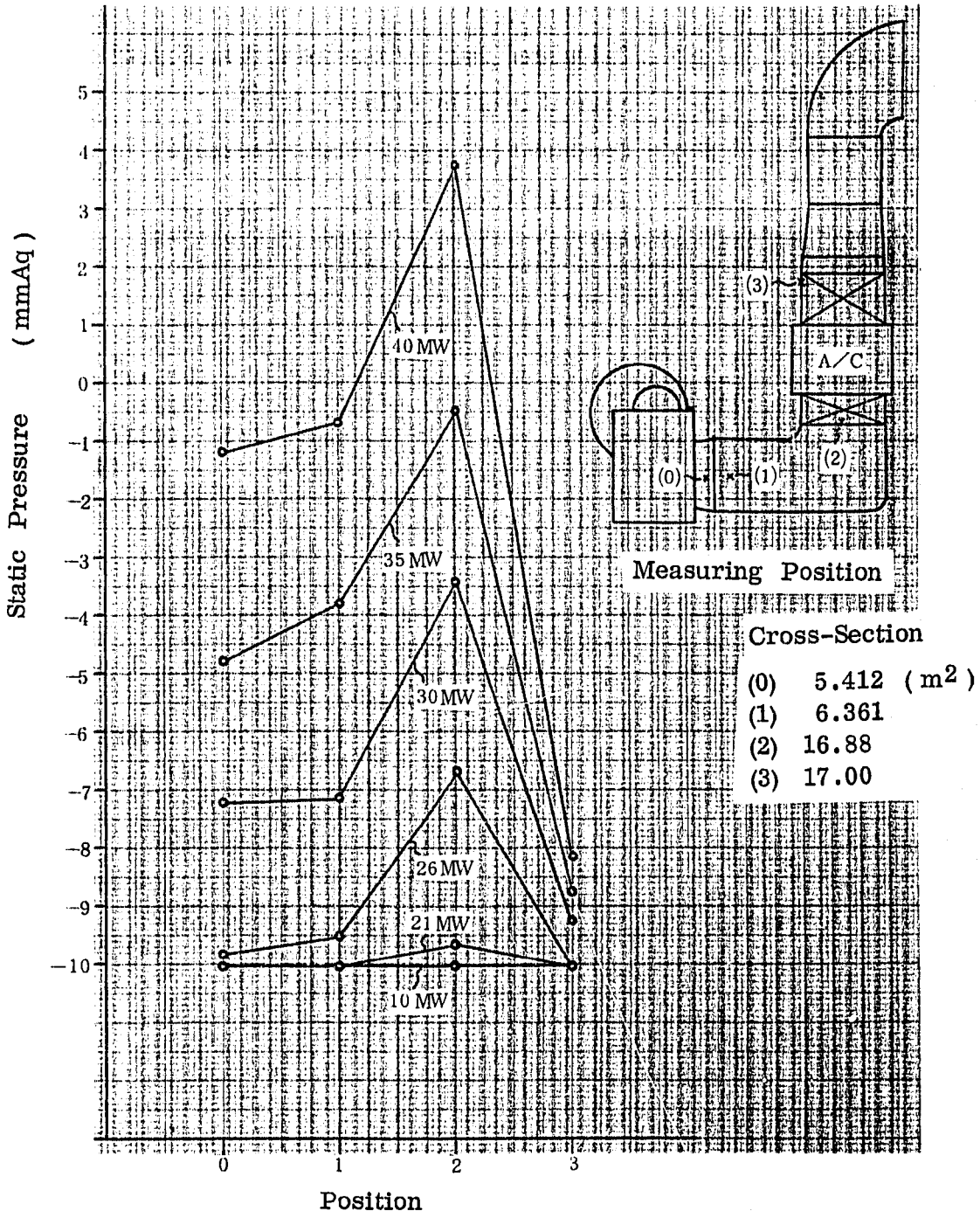


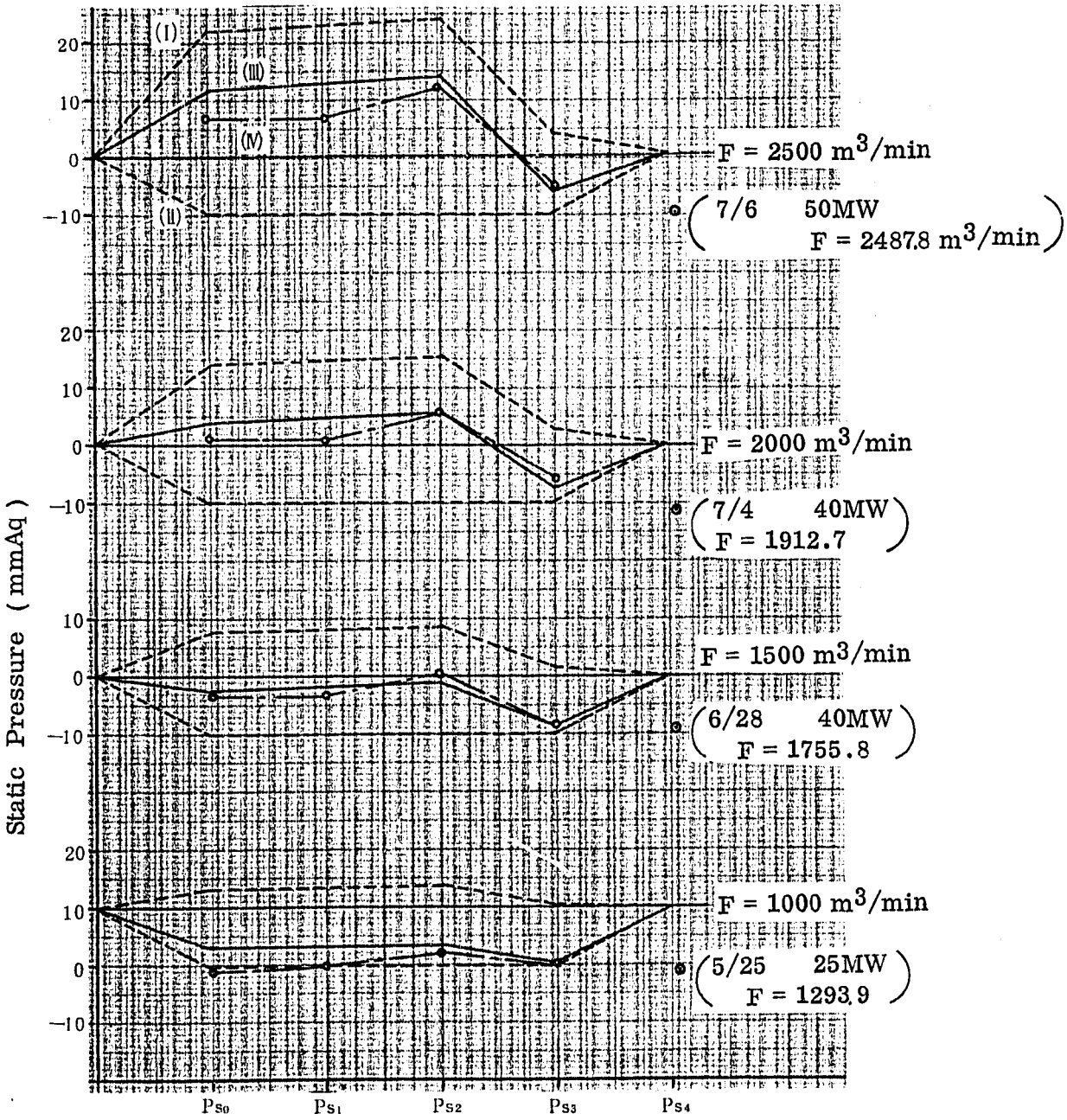
Fig 4.17 Static Pressure Distribution of Air-Flow Duct (I)
(1978. 6/22)

(I) Calculated Static Pressure without Natural Draft

(II) Natural Draft by Chimney Effect

(III) Combined ((I), (II)) Static Pressure

(IV) Tested Static Pressure



Position
- Ps_0 : Blower Outlet
- Ps_1 : Damper Inlet
- Ps_2 : DHX Inlet
- Ps_3 : DHX Outlet
- Ps_4 : Air Flow Duct Outlet

Fig 4.18 Static Pressure Distribution of Air Flow Duct (II)

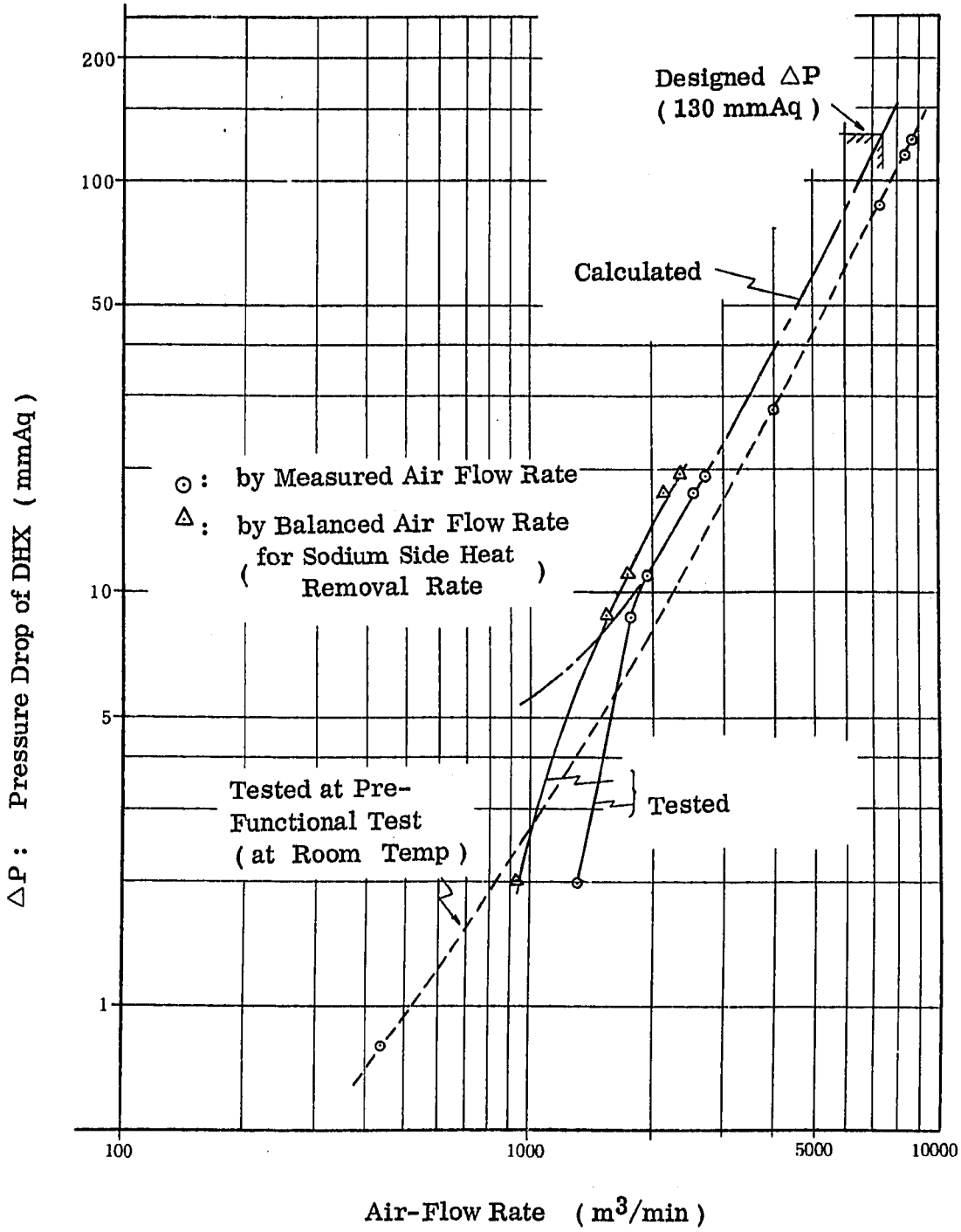


Fig 4.19 Pressure Drop of DHX Vs Air - Flow Rate

5 検　　討

5.1 中間熱交換器（IHX）

IHXに関する試験結果より判明した主な事項は下記の通りである。

(1) IHX(A)の熱貫流率低下

(2) 熱貫流率の除熱量依存性（IHX(A)，(B)共）

(3) 出入口温度差の不一致

(4) 低流量域における既存伝熱式との相違

以下，これらにつき考察を加える。

5.1.1 IHX(A)の熱貫流率低下

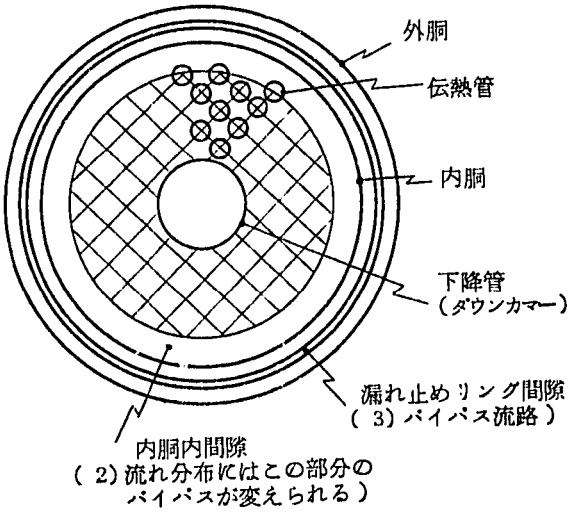
これについて考えられる要因は以下のものである。

1) 伝熱式（Lubarsky & Kaufman）の不適合

2) IHX内1次側流量の流れ分布の影響

3) IHX内1次側流量のバイパス流による影響

4) 諸物性値，設計誤差の影響



(1) 伝熱式の妥当性

a) 設計に使用されている伝熱式は Lubarsky & Kaufman の式である。

これは本来円筒内の乱流域において適用出来るもので，1次側（胴側）流体にそのまま使用出来るかどうかは分らない。

b) が，上式にはもともと余裕があるとされており次頁に示すように，最近の比較で

でも（余裕側に出るためか）推奨式から削除されている。

c） 又，同じ式に基くIHX Ⓑ及び補助IHXではほぼ性能が出ている。

d） 以上より，設計に用いた伝熱式は（実験値と設計値が良く一致するという）妥当性は少ないかもしれないが，性能低下の主原因とはならないと考えられる。

e） 次に「伝熱工学資料」第2版（1966年）と第3版（1975年）の比較を示す。

円管内ナトリウム熱伝達式

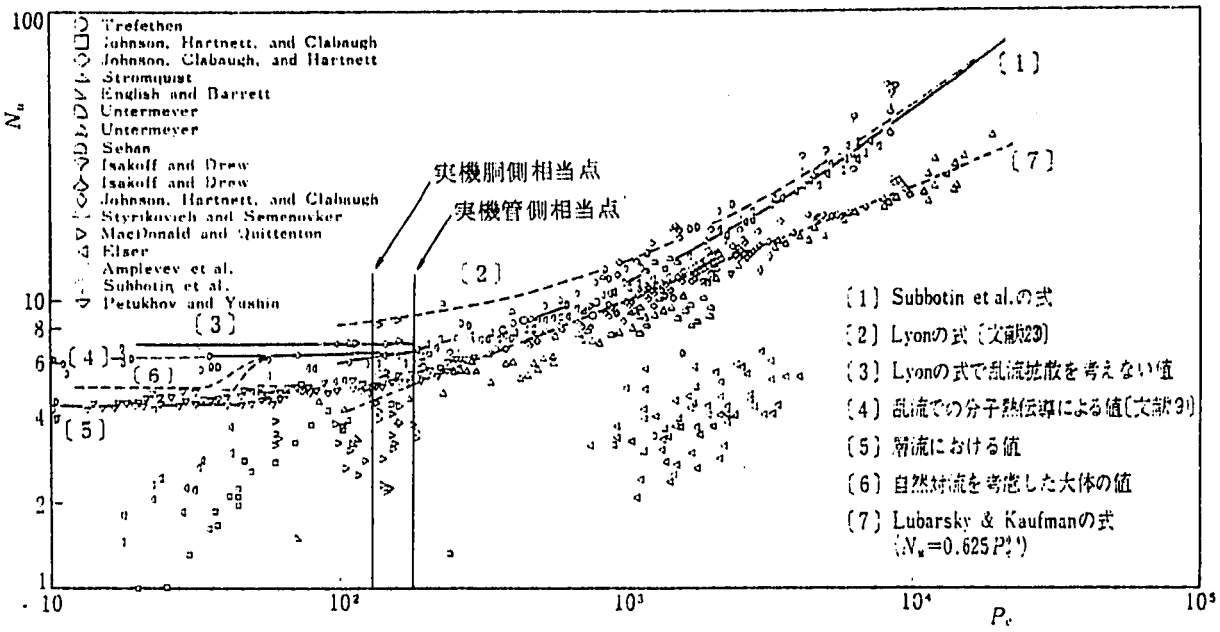
(i) 強制対流，長い流路の場合（伝熱工学資料　改訂第2版　1966）

流路形状	流れの形式	熱的境界条件	計算式	理論式実験式の別	文献	備考
円管	乱流	熱流速q一定	$N_M = 0.625\,P_e^{0.4}$ もしくは $N_M = \frac{2}{3}N_{us} + 0.019(P_e)^{0.2}$ ただし　$N_{us} = 8.0$	実験式 半実験式	(4) (6)	$D_e = D$
円管	乱流	壁温t_M一定	$N_u = \frac{2}{3}N_{us} + 0.019(P_e)^{0.2}$ ただし　$N_{us} = 5.8$	理論式	(6)	$D_e = D$

(l) 強制対流，長い流路の場合（伝熱工学資料　改訂第3版　1975）

流路形状	流れの形式	熱的境界条件	計算式	理論式実験式の別	文献	備考
円管	乱流	熱流速一定	$N_u = 5.0 + 0.025\,P_e^{0.8}$	実験式	(1)	$D_e = D$
円管	乱流	壁温一定	$N_u = 5.0 + 0.025\,P_e^{0.8}$	理論式	(2)	$D_e = D$

（伝熱工学資料　改訂第3版　1975 ）



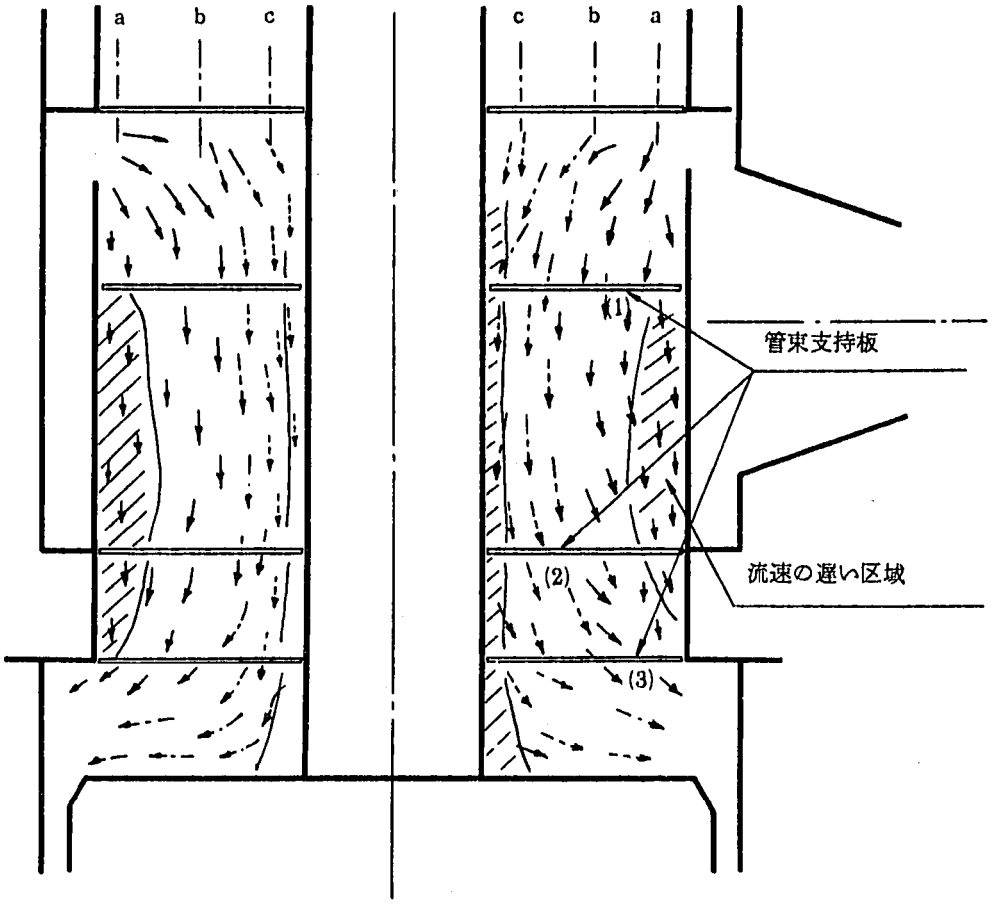
第１図　円管内，熱流束一定の場合の液体金属熱伝達（ヌセルト数の計算値と実験値との比較）

第１図に発達した円管内の流れで熱流束一定の場合のヌセルト数の計算値と実験値との比較を示す。清浄な状態で行った最近の実験結果の平均値は，乱流においては図中の曲線〔1〕に示した Subbotin らの式(1)に従うとされている。一方，層流においては自然対流が存在すれば曲線〔6〕に近い値が予想される。したがって，最も確からしいヌセルト数の値は曲線〔6〕→〔4〕→〔1〕をつなぐ線で示される。

(2)　ＩＨＸ内（内胴内）１次側流量の流れ分布の影響

a）考えられるものとしては管群部を通過せず（熱交換をあまり行わないで）出口に至るバイパス流れであるが，ＩＨＸ内計測点がなく不明である。

b）ＩＨＸ(B)の水流動試験結果（下図）によれば，定性的には内胴及びダウンカマ近辺は流速が遅く，バイパス流は少ないと考えられるが，ＩＨＸ(A)，(B)は管群部の支持構造が異り一概には言えない。



IHX(B)　水流動試験

半円全モデル試験結果，流況（観察面）
SHELL－SIDE FLOW PATTERN
SJ－222 72-01「常陽」主中間熱交換器水流試験（その1）より

(3)　IHX内1次側バイパス流（シールリング部）による影響

a)　IHX(A)は構造上，内胴－外胴間のシールリング部で，若干のバイパス流を避け得ない。（下図）　設計上，このバイパス流を約3％としている。

b)　Fig 5.1はこのバイパス流をパラメータとして（5％～25％）IHX 出入口温度を計算し，実測値と比較したものである。

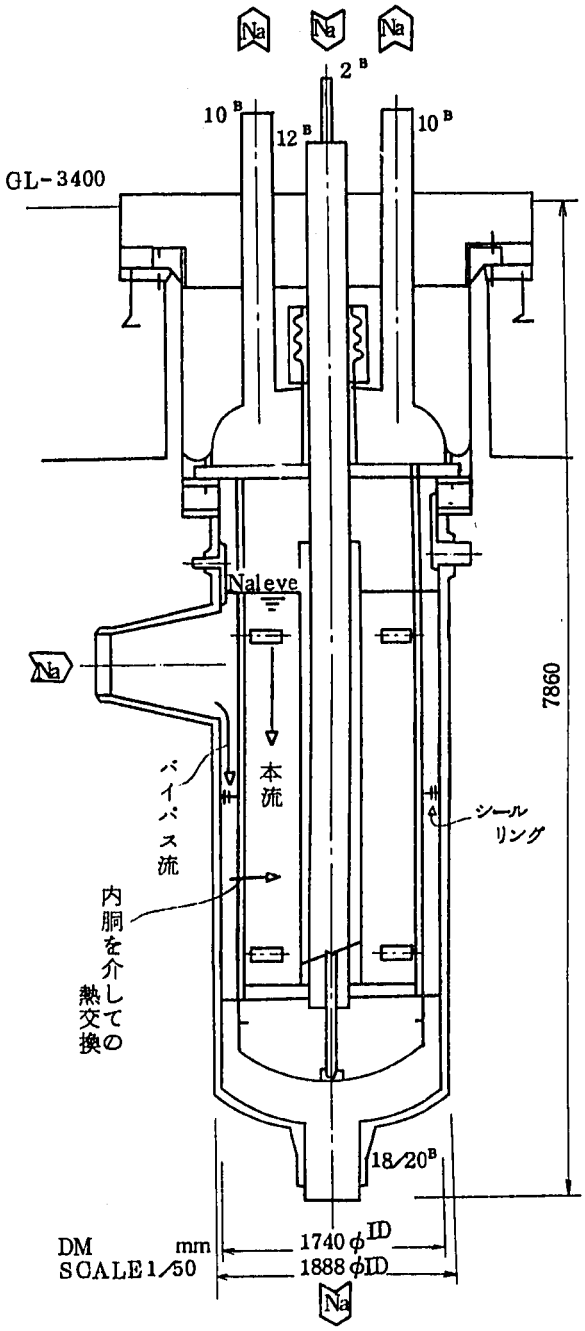
c)　Fig 5.2はバイパス流20％としてIHX内の温度分布を計算したものである。

d)　IHX(A)の熱貫流率低下の原因を，バイパス流に集約すると，約20％のバイパスが生じている結果となった。

e)　Fig 5.3はシールリング間隙をパラメータとして，胴側管群部流動抵抗とバランスするバイパス流量を求めたものである。これによれば20％のバイパス流が生じ

るためには約7～8 mm の間隙に相当する結果となった。

主中間熱交換器（A）



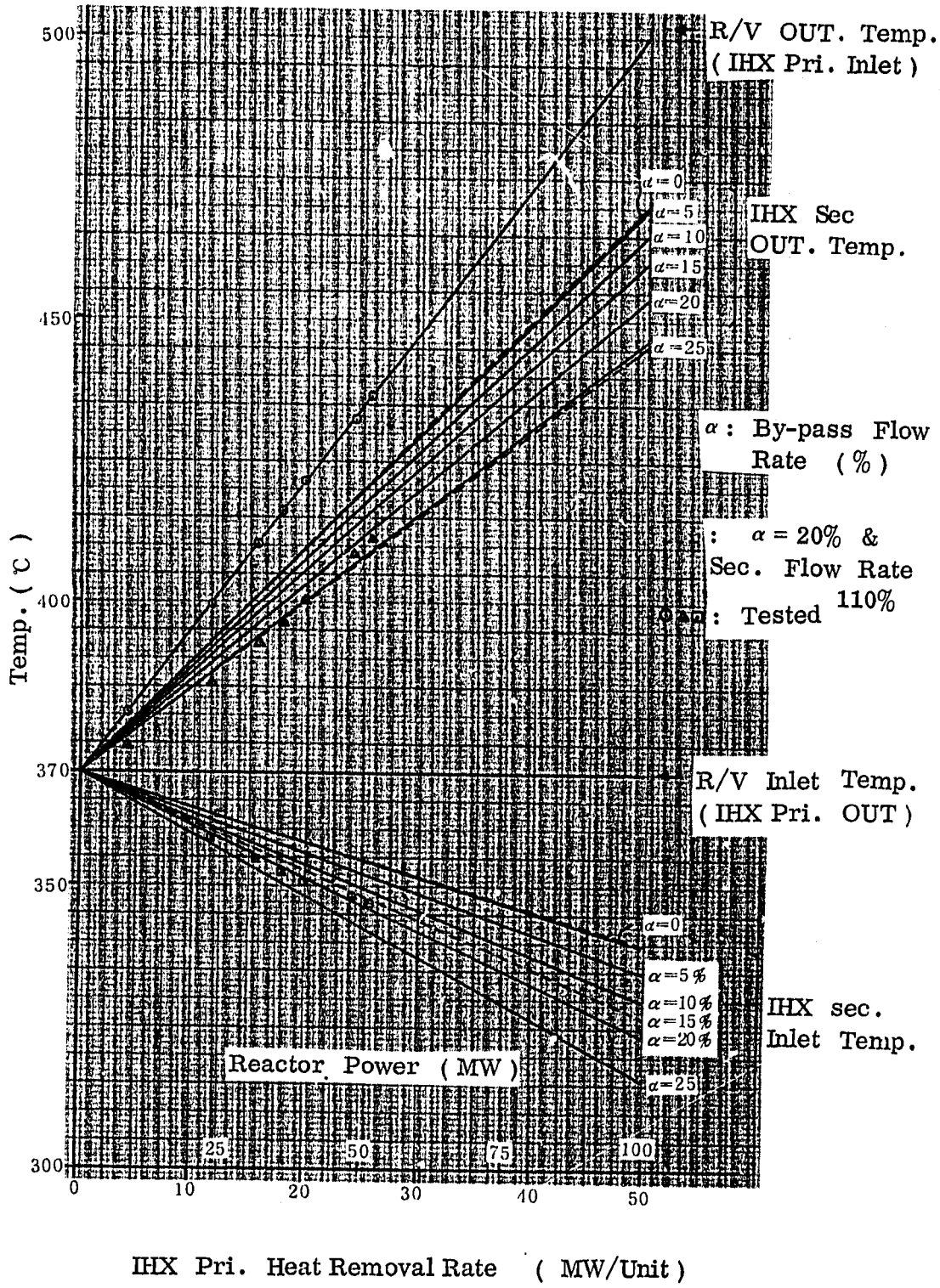


Fig 5.1 IHX (A) OUT-IN Temp. Vs By-pass Flow Rate.

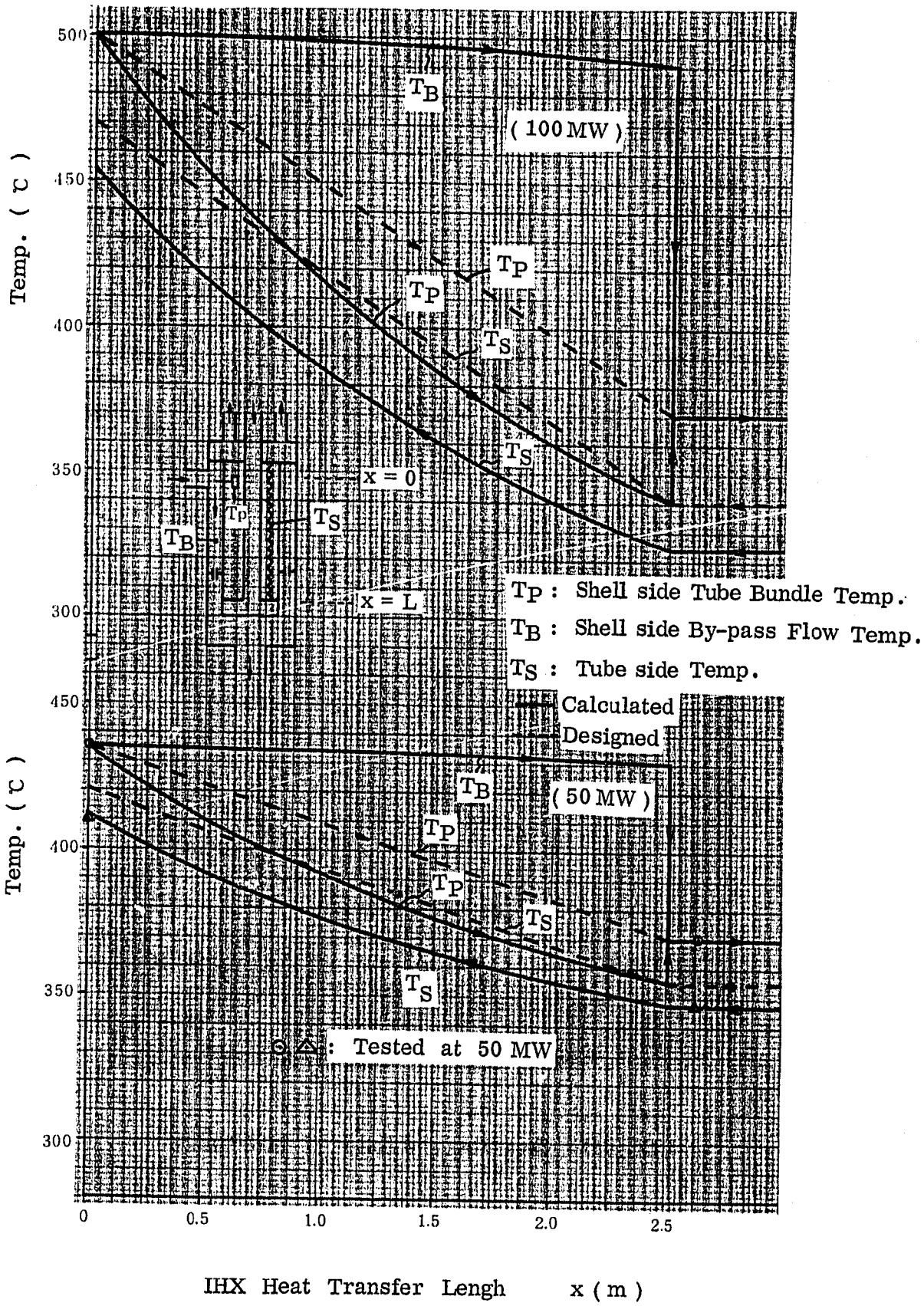


Fig 5.2 IHX (A) Temp. Distribution for 20% By-pass Flow

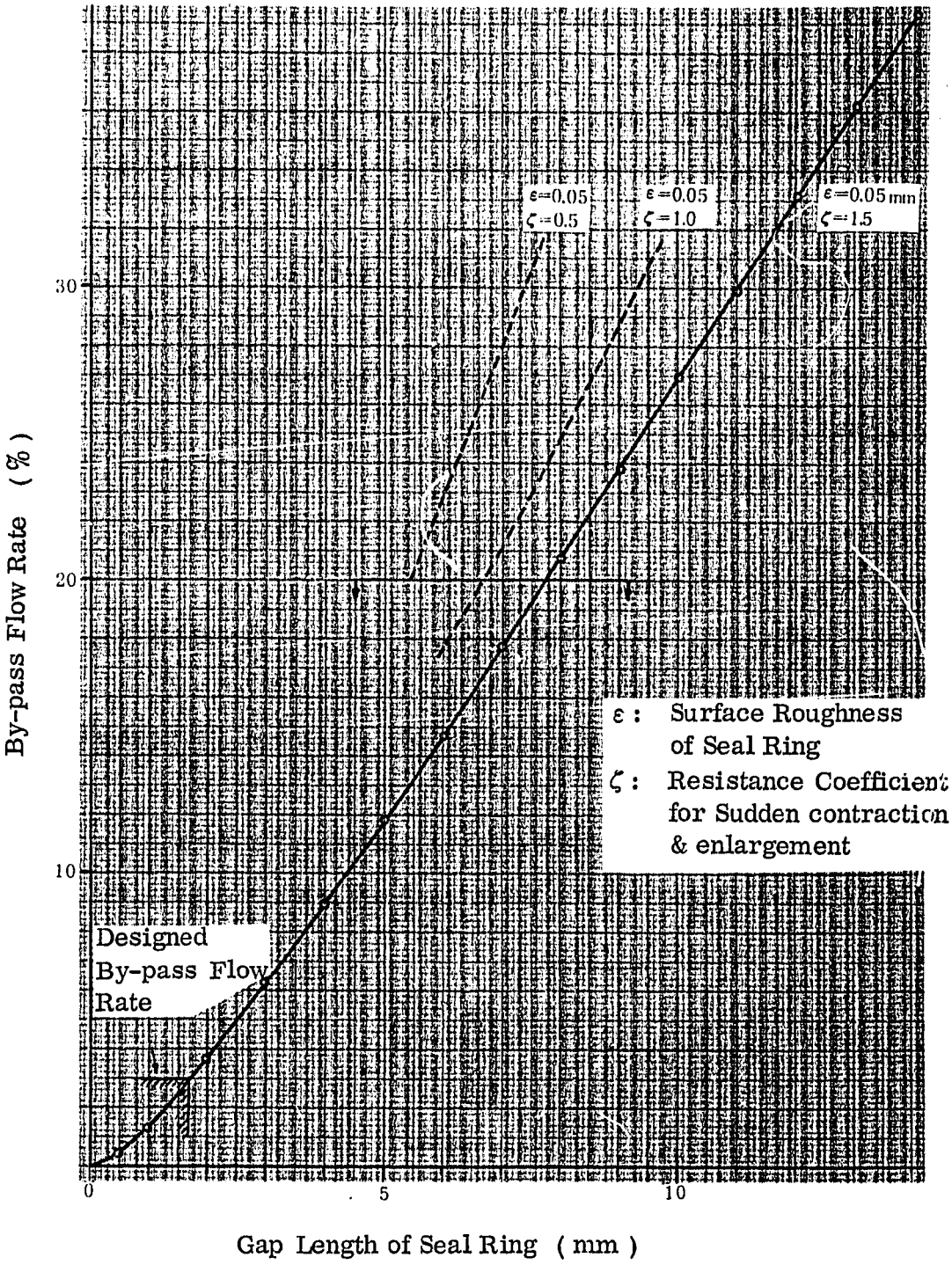


Fig 5.3 IHX(A)By-pass Flow Vs Gap Length of Seal Ring

(4) 検討結果のまとめ

a) IHX (A) の熱貫流低下についてはさらに検討を加えねばならないが，ほぼ同等の設計であるIHX (B) 及びIHX (A)をスケールダウンしたと考えられる補助IHXについては性能を満足していることから伝熱式或いは物性値，計測誤差等が主原因とは考えられない。

b) 約20％のバイパス流を仮定すれば，現象と一致はするが，シールリング部の製作公差（1～2 mm）を考えれば，全バイパス流がシールリング部を流れるとは考えられず，シールリング部及び管群部内で約20％に相当するバイパス流が生じていると考えられる。

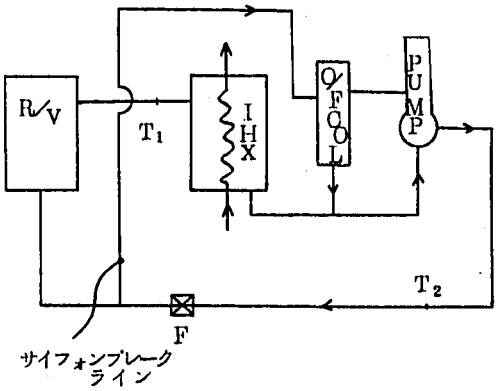
5.1.2 熱貫流率の除熱量依存性

(1) 除熱量が増大すると共に熱貫流率が見かけ上良くなって来る傾向が表れた。（Fig 4.7）（補助IHXでも同様の傾向が見られている。）

(2) 1つの可能性として，2次側下降管（ダウンカマー）での熱交換を検討してみたが（Fig 5.4）ダウンカマではほとんど熱交換していない結果となった。

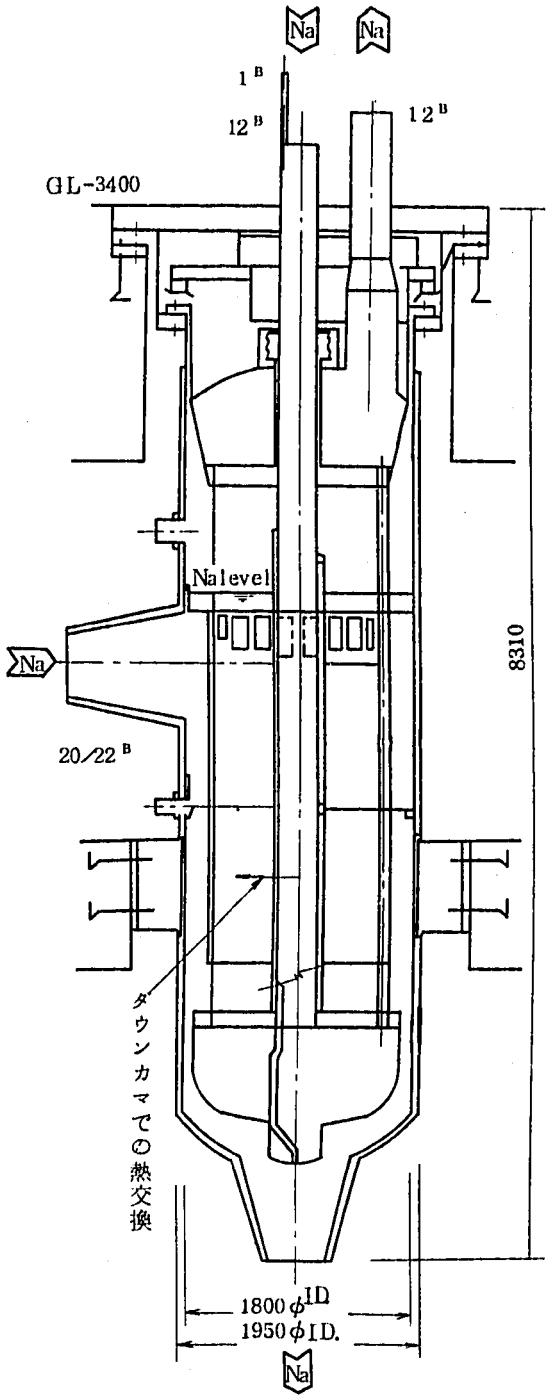
(3) 又，Fig 4.7は試験温度における物性値で比較しているため，物性値の影響ではないと考えられる。

(4) 試験時の測定系における熱又は流量の出入は，流量計の下流側にサイフォンブレークラインがあるが，これは全体の1％程度しか流れず無視出来るものと考えられる。



(5) 本現象の主要因は現在不明で，さらに検討を加える予定である。

主中間熱交換器（B）


Na
Na
1 B
12 B
12 B
GL-3400
Na level
Na
8310
20/22 B
ダウンカマでの熱交換
1800 φ ID
1950 φ I.D.
Na

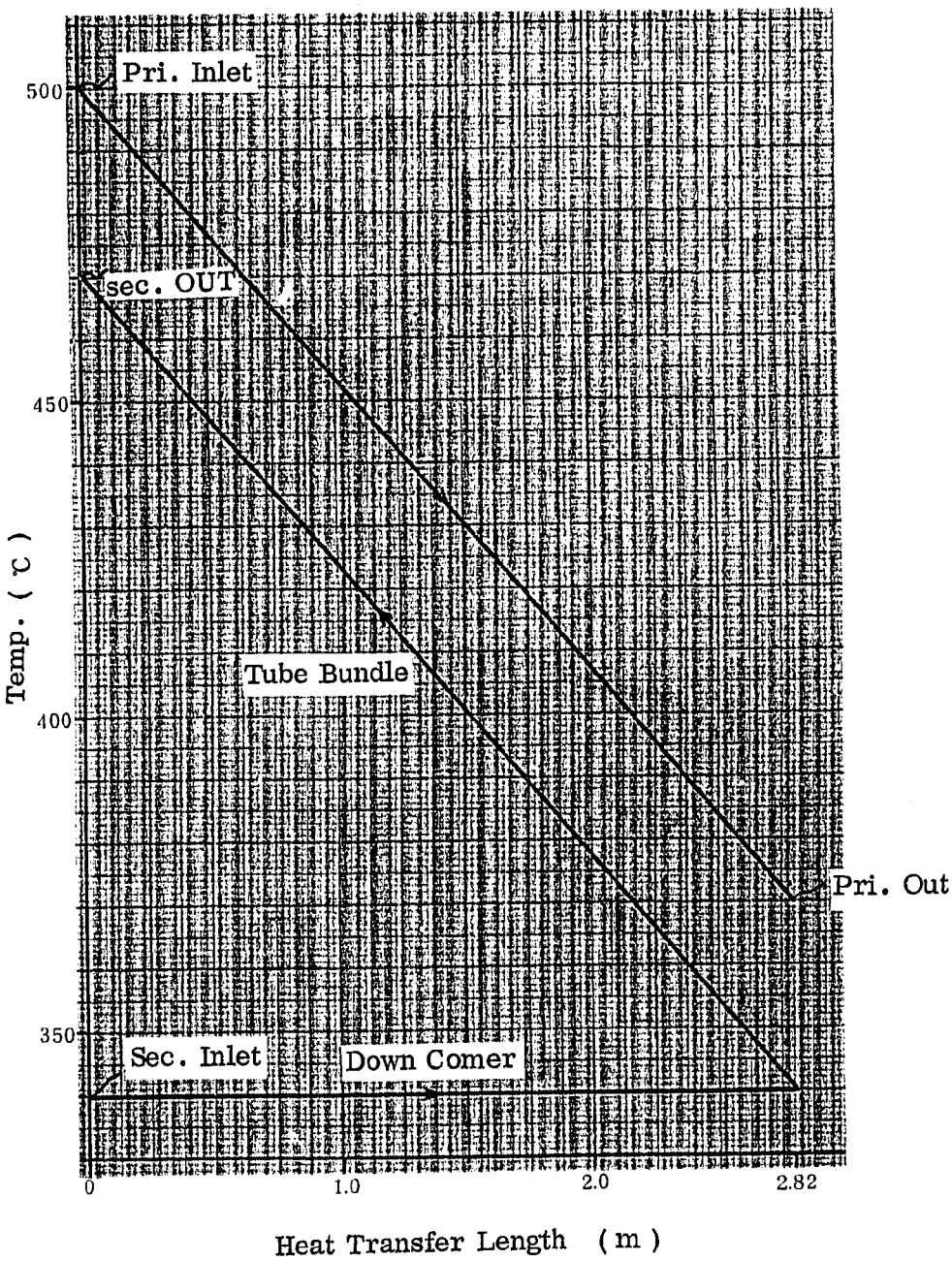


Fig 5.4 Effect of Heat Exchange at Downcomer (IHX (B))

5.1.3　IHX 出入口温度差の不一致

(1)　Fig 4.5 で示したように IHX (A), (B) においてその出入口温度差は一致していない。特に IHX (B) が大である。

Δt_1 = IHX 1 次入口温度差 =（1 次入口温度）－（2 次出口温度）

Δt_2 =　〃　出口　〃　=（1 次出口温度）－（2 次入口温度）

とすれば「常陽」IHX のように 1 次，2 次の流量が等しい場合においては

本来なら　$\Delta t_1 \fallingdotseq \Delta t_2$　となる筈である。

試験結果では IHX (A), (B) 共に　$\Delta t_1 > \Delta t_2$　である。

(2)　これは 1 次，2 次流量のアンバランスによるものと考えられ，定性的には

1 次流量　>　2 次流量　→　$\Delta t_1 < \Delta t_2$

1 次流量　<　2 次流量　→　$\Delta t_1 > \Delta t_2$

となる。

(3)　Fig 5.5 に 1 次流量を定格とし，2 次流量をパラメータとして Δt_1, Δt_2 を示した。（50 MW 時）（IHX (B)）

(4)　50 MW 時実測値との比較では，2 次流量が 1 次流量より 6 ～ 8 %増に相当する結果となった。（IHX (B) について）

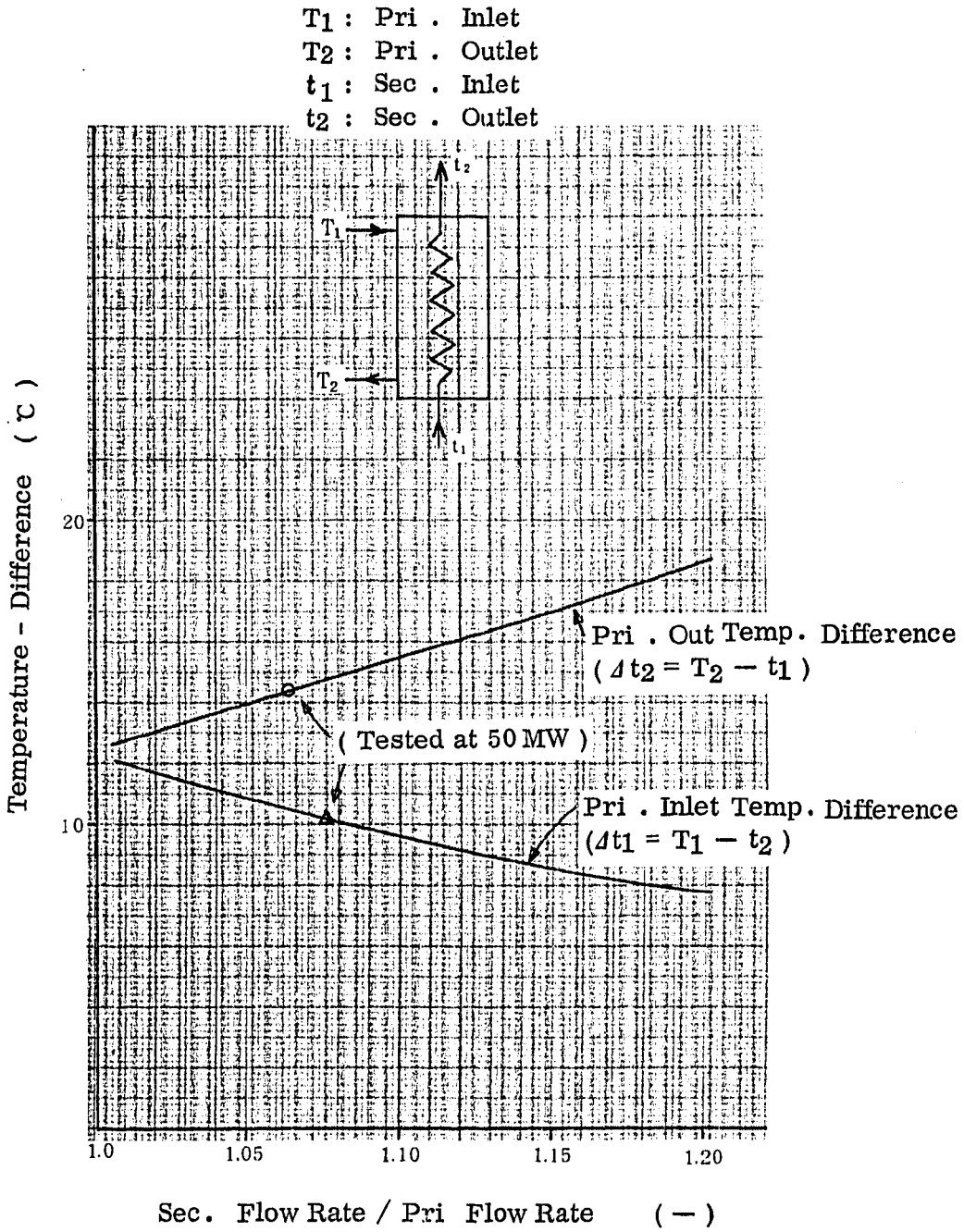


Fig 5.5 IHX (B) OUT-IN Temperature Difference
(sec. Flow Rate > Pri Flow Rate)

5.1.4　低流量域における既存伝熱式との相違

(1)　IHXの伝熱設計には，管側（Tube Side），胴側（Shell Side）共 Lubarsky & Kanfman の式

$$Nu = 0.625\ Pe^{0.4}$$

が用いられている。

(2)　が，上式は円管内の熱伝達式で胴側に適用出来るかどうか不明である。

胴側の式としては以下のものがある。

$$Nu = 0.313 + 0.2\,Pe^{0.613}\ \text{（USAEC TID 6881）}$$

$$Nu = 0.106\,(De \cdot Pe)^{0.6}\ \text{（Fast Reactor Technology）}$$

$$Nu = 61.2\,[\,Pe\,(AF/AH)^2\,]^{0.60}\ \text{（伝熱工学資料）}$$

しかし，これらも乱流域におけるもので，本試験で実施したような低流量域に適用できるかどうか不明である。

(3)　Fig 4.11 には上記式と実験値との比較を示してあるが，「常陽」においても＊低流量領域で熱伝達率が低下する傾向が見られた。

［＊同様の傾向は例えば　SJ－213 78－01「50MW SG ループ」のIHXにも見られている。］

(4)　一般に管側については，低流量域で，無次元数Nuが一定値（$Nu = 4 \sim 5$）に近づくとされており（5.1.1項　付図）胴側についても同様と考えれば実験値の傾向がわないことになる。

(5)　しかし，このような傾向は他にも例があり（下図）

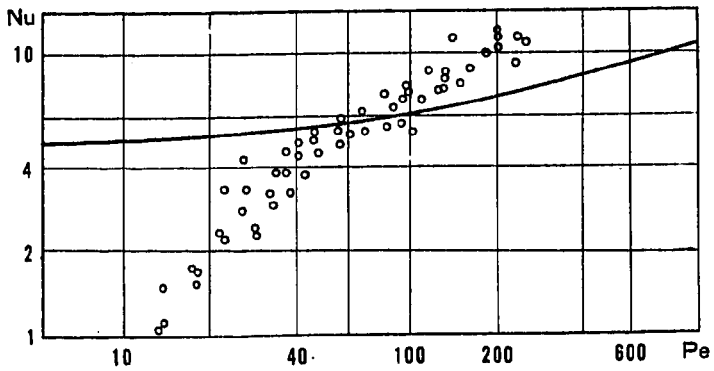


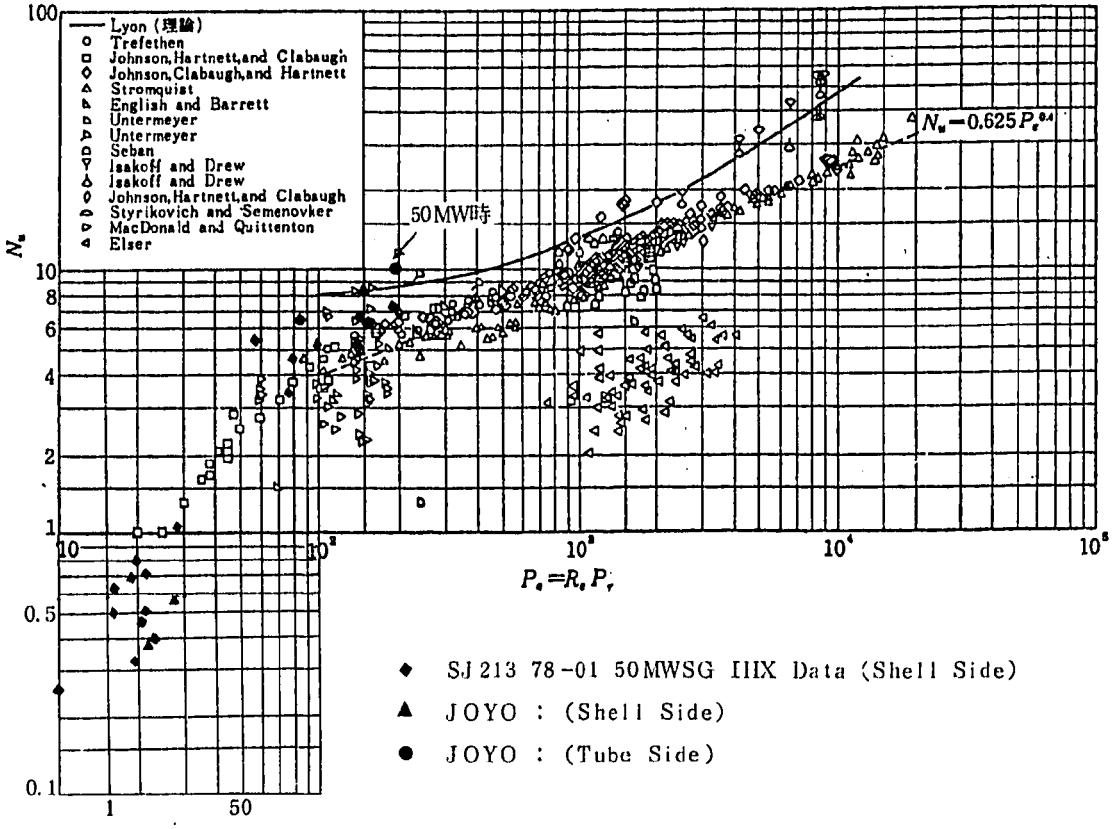
Figure 5 Nusselt Numbers for Oppositely Directed (Counterflow) Combined Connection. Section No.2 (Sodium); Solid Line－Curved of $Nu = 5 + 0.025\,Pe^{0.8}$

〔NASA TTF－522〕

又，旧版の伝熱工学資料（1966）でも，低流量域でNuが低下する傾向のみが示さ

れており，「常陽」，「50MW SG ループ」のIHXはほぼそれに一致する。

（伝理工学資料 1966年版）



(6) これら，低流量域における理論値との相違（Nu数が一定にならない）は，多くが実験手法に問題があるとされており，特に実機の場合低流量域において全伝熱面積が均等に熱交換しているとは考えられず，又，流れ分布もかなりの偏流があるであろうから，理想的な状態での実験式と直接比較することはかなり無理があるとも考えられる。

［低流量域の特性については，胴側について管側の実験式と比較するという検討になったが，これは，本試験中管側のみの特性を取り出す試験状態が作れなかったことによる。］

5.2 主空気冷却器（DHX）

5.2.1 DHX伝熱性能について

DHXの伝熱性能についてはその支配的因子である管外熱伝達率について，設計値（工認）との比較を行い（Fig 4.13），50MWまではほぼ設計値通りであることを確認した。

工認資料（管外熱伝達率）はフィンチューブメーカの経験と実績に基き，計算値に余裕をもって線引きされたものであり，それ自体は信頼すべきものと考えられる。が，その取扱中にはKnow-How的なものや，フィン溶接後の実測値の使用等一般的でないものが含まれている。

そのため，主冷却器の評価を行う上でバックアップとして設計公称値に基く，一般的な方法によりその検討を行う。

(1) 検討のため使用した式，及び諸元は下記の通りである。

a) 管外熱伝達率（ h_o ）

$$h_o = \lambda_a \cdot Nu / De$$

$$Nu = 0.0920\ (Re)^{0.723}\ (Pr)^{1/3}$$

(Jamesonの近似式　　内田他：衛生工業協会誌　第34巻　7号)

b) フィンチューブ諸元　：
c) フィン効率　：
d) フィン，伝熱管熱伝導率　：
e) 対数平均温度差修正係数　：

付D－11参照

（「常陽」用に計算したもの）
（ASME, SECⅢ, 1977より）
（Kern, Process Heat Tras. より計算したもの）

(2) 検討結果

a) 管外熱伝達率計算値と実測値の比較をFig 5.6に示す。

実測値としては，ナトリウム側除熱量基準によるものと，空気側除熱量基準によるものを示した。＊

＊ これは5.2.2項で示すように，本来なら

$$Q_{IHX} = Q_{C\cdot Na} = Q_{C\cdot Air}$$

Q_{IHX} ： IHX 1次放熱量の1/2

$Q_{C\cdot Na}$ ： DHX（2B）Na放熱量

$Q_{C\cdot Air}$ ： DHX（2B）空気受熱量

となるものが，そうはならず$Q_{C\cdot Na}$が他に比べて低い値となるため現時点では$Q_{C\cdot Na}$を絶対的基準とは考えにくいためである。

b) Fig 5.6より管外熱伝達率は計算値に比べて

Na側基準　：　約－5[illegible]

空気側基準　：　約＋[illegible]%

の結果となった。

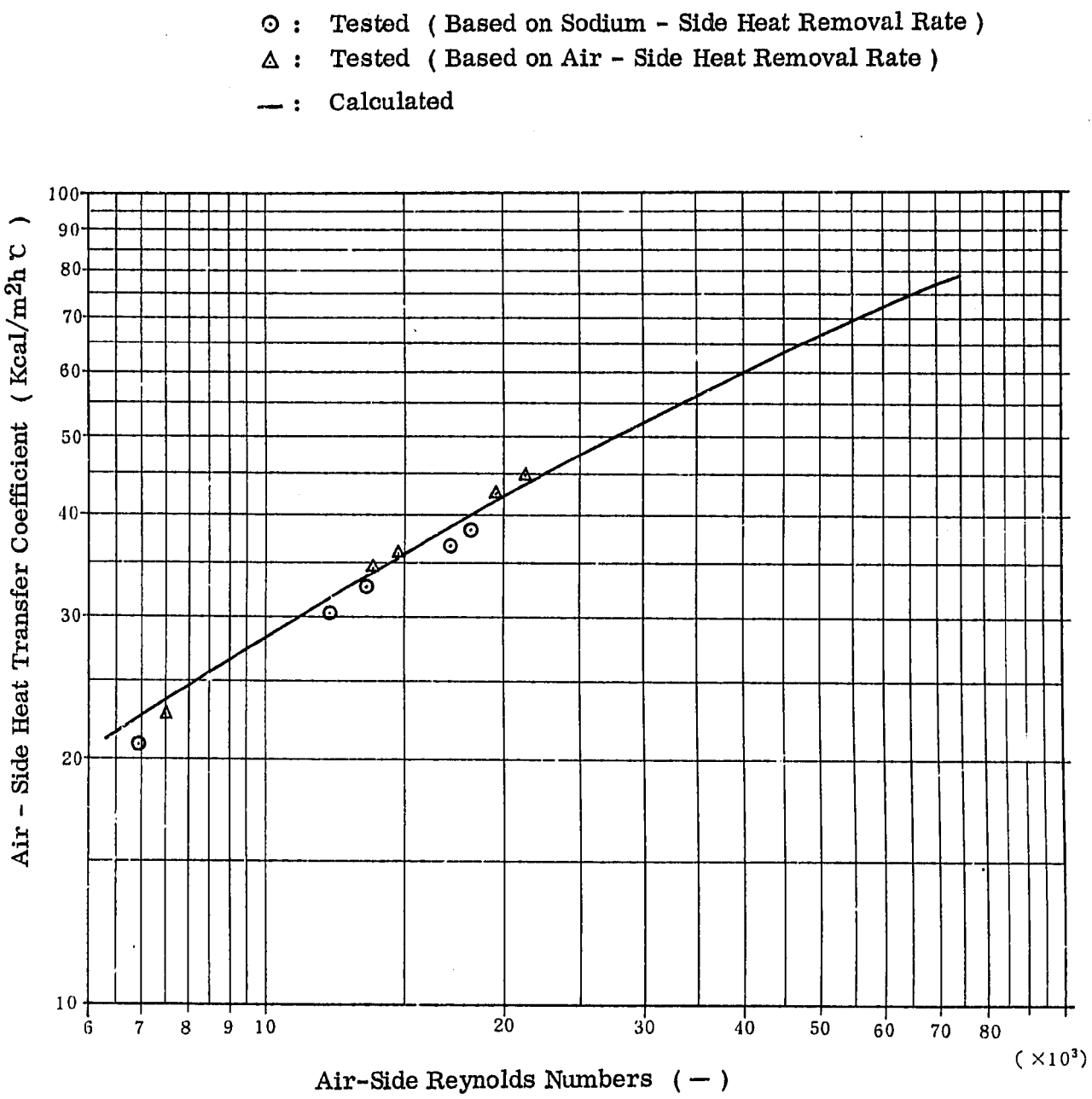
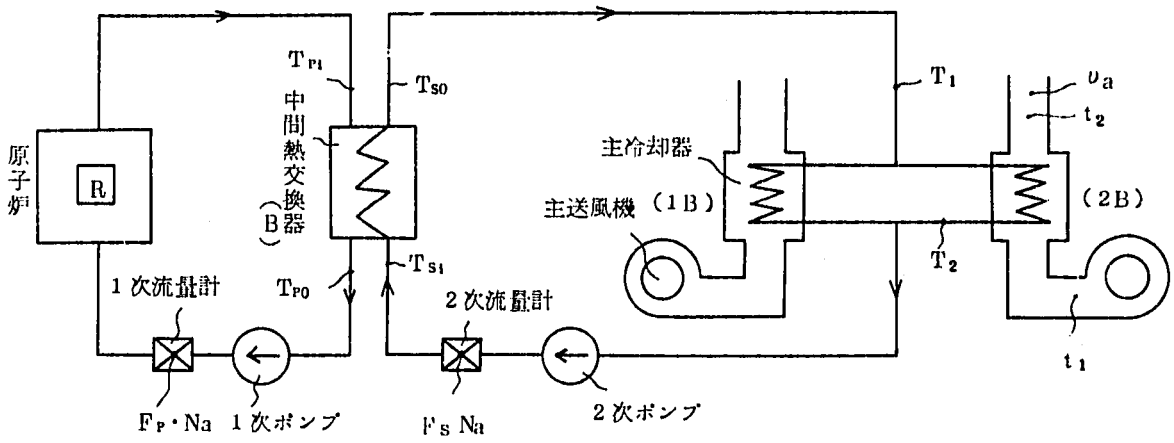


Fig 5.6 Air-side Heat Transfer Coefficient Vs Reynolds Numbers

5.2.2　交換熱量の不一致について

(1)　5.1.3 項で述べたように，IHX (B)においても Na 流量計の差と思われる，交換熱量の不一致が見られた。今回の試験における測定系は下記に示す通りで



（冷却系Bループと測定点）

a）機器，配管からの放熱量が無視し得る程度に少なく

b）DHX の Na 流量が 1 B，2 B 等分に分流する。

とすれば，各箇所における交換熱量はほぼ一致すると考えられる。

(2)　Fig 5.7 は DHX（2 B）の Na 側放熱量に対し，DHX（2 B）の空気側受熱量，及び IHX (B) の 1 次側放熱量の 1/2 をプロットしたものである。

これより，DHX 空気側の受熱量は IHX (B) 放熱量（1 次側）の約半分に相当する傾向が見られた。

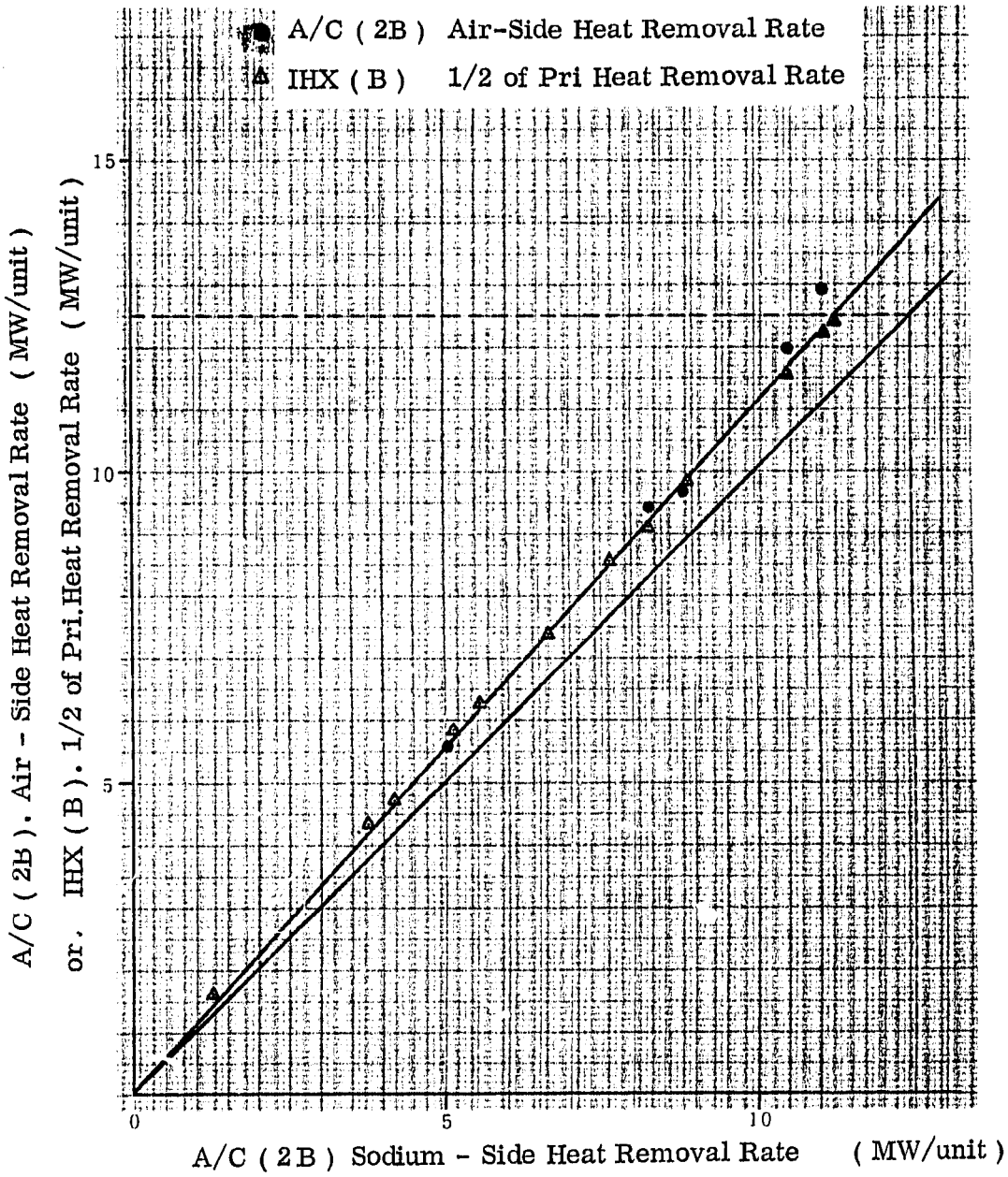


Fig 5.7 Correlation Heat Removal Rate for DHX (2B). IHX (B)

6　結　　言

6.1　主中間熱交換器（IHX）

(1)　IHX(A)については設計値を下回る性能が得られた。

この原因については，1次側流体の流れ分布の影響と考えられるが，今後さらに検討を加える予定である。

(2)　IHX(B)については，設計値を満足する結果が得られた。

6.2　主空気冷却器　（DHX）

(1)　DHXについては，4台中1台のみの測定であったが，原子炉出力50MWまでは設計値と一致する結果が得られた。

(2)　今後，他の3台のDHX共合せ，原子炉出力50MW以上の性能について確認する予定である。

付　　録

A－1　主中間熱交換器測定データ

A－2　主空気冷却器（2B）測定データ

D－1　（Fig 4.3～Fig 4.7）IHX熱貫流率計算書

D－2　（Fig 4.9～Fig 4.11）IHX低流量試験時熱貫流率計算書

D－3　（Fig 5.1～Fig 5.2）IHXバイパス流による温度分布

D－4　（Fig 5.3）IHX(A) シールリング部間隙とバイパス流量

D－5　（Fig 5.4）IHX(B) ダウンカマー管の熱交換を考えた場合の温度プロフィール

D－6　（Fig 5.5）IHX (B) 熱当量が異る場合の温度

D－7　（表4.3，Fig 4.12～Fig 4.14）DHX 管外熱伝達率計算書

D－8　（Fig 4.16）ダクト壁近辺温度

D－9　（Fig 4.17～Fig 4.18）ダクト静圧分布

D－10　（Fig 4.19）空気冷却器圧力損失

D－11　（5.2.1項）フィンチューブ諸元等

D－12　（Fig 5.6）管外熱伝達率計算書

A － 1	主中間熱交換器測定データ	1／23

伝　熱　計　算　記　録　紙

測定日：5月19日

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口 エンタルピ kcal/kg	出口 エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 Kg/m³	冷却材流量 Kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 Mw
原子炉 (A)	370.3	395.9	203.028	210.870	1253.7	863.208	1082.20×10^3	8.4866×10^6	9.87
〃 (B)	369.5	393.8	202.782	210.228	1263.0	863.398	1090.47×10^3	8.1197×10^6	9.44
主中間熱交換器2次側 (A)	360.6	383.9	200.047	207.199	1268.5	865.518	1097.91×10^3	7.8522×10^6	9.13
〃 (B)	364.7	388.0	201.307	208.454	1250.8	864.542	1081.37×10^3	7.7285×10^6	8.99
主冷却器 Na 側 (1A)	386.4	362.5	207.964	200.631	1268.5/2	865.518	548.95×10^3	4.0255×10^6	4.68
〃 (2A)		365.3	207.964	201.492	〃	〃	〃	3.5528×10^6	4.13
〃 (1B)	390.6	368.2	209.250	202.383	1250.8/2	864.542	540.68×10^3	3.7129×10^6	4.32
〃 (2B)		368.8	209.250	202.567	〃	〃	〃	3.6134×10^6	4.20

主中間熱交換器伝熱効率 (A) $\eta_A =$ 92.5〔%〕

(B) $\eta_B =$ 95.2〔%〕

測定日：5月23日

伝　熱　計　算　記　録　紙

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口 エンタルピ kcal/kg	出口 エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 kg/h	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 Mw
原子炉 (A)									
〃 (B)	370. 7	393. 1	203. 151	210. 014	1260. 9	863. 112	1088. 30 × 10³	7. 4690 × 10⁶	8. 68
主中間熱交換器2次側 (A)									
〃 (B)	366. 4	387. 7	201, 830	208. 362	1251. 7	864. 137	1081. 64 × 10³	7. 0653 × 10⁶	8. 22
主冷却Na側 (1A)									
〃 (2A)									
〃 (1B)	390. 5	369. 9	209. 219	202. 905	1251. 7/2	864. 137	540. 82 × 10³	3. 4147 × 10⁶	3. 97
〃 (2B)		370. 8	209. 219	203. 181	〃	〃	〃	3. 2655 × 10⁶	3. 80

主中間熱交換器伝熱効率（A）　η_A = ———〔%〕

〃　〃　（B）　η_B = 94. 7〔%〕

伝　熱　計　算　記　録　紙

測定日：5月25日

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 kg/m³	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 Mw
原子炉 (A)	371.6	402.4	203.427	212.856	1252.8	862.898	1081.04×10^3	10.1931×10^6	11.85
〃 (B)	370.3	400.3	203.028	212.215	1266.2	863.208	1092.99×10^3	10.0413×10^6	11.68
主中間熱交換器2次側 (A)	359.6	388.1	199.739	208.485	1267.7	865.756	1097.52×10^3	9.5989×10^6	11.16
〃 (B)	364.4	393.1	201.215	210.014	1250.9	864.613	1081.54×10^3	9.5165×10^6	11.07
主冷却器Na側 (1A)	391.2	362.1	209.433	200.508	1267.7/2	865.756	548.76×10^3	4.8977×10^6	5.69
〃 (2A)		364.2	209.433	201.154	〃	〃	〃	4.5432×10^6	5.28
〃 (1B)	395.9	367.9	210.870	202.291	1250.9/2	864.613	540.77×10^3	4.6393×10^6	5.39
〃 (2B)		369.2	210.870	202.690	〃	〃	〃	4.4235×10^6	5.14

主中間熱交換器伝熱効率 (A)　$\eta_A = 94.2$ 〔%〕

〃　〃　(B)　$\eta_B = 94.8$ 〔%〕

測定日：6月6日

伝　熱　計　算　記　録　紙

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 kg/m³	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 Mw
原子炉 (A)	365.6	376.4	201.584	204.900	1255.5	864.327	1085.16×10^3	3.5984×10^6	4.18
〃 (B)	366.6	374.9	201.894	204.440	1268.3	864.089	1095.92×10^3	2.7902×10^6	3.24
主中間熱交換器2次側 (A)	361.2	370.2	200.231	202.997	1266.8	865.375	1096.26×10^3	3.0322×10^6	3.53
〃 (B)	364.3	372.7	201.184	203.765	1252.5	864.637	1082.96×10^3	2.7951×10^6	3.25
主冷却器Na側 (1A)	373.4	364.1	203.979	201.123	1266.8/2	865.375	548.13×10^3	1.5655×10^6	1.82
〃 (2A)		365.3	203.979	201.492	〃	〃	548.13×10^3	1.3632×10^6	1.59
〃 (1B)	375.4	368.0	204.593	202.321	1252.5/2	864.637	541.48×10^3	1.2302×10^6	1.43
〃 (2B)		368.6	204.593	202.506	〃	〃	541.48×10^3	1.1301×10^6	1.31

主中間熱交換器伝熱効率 (A)　η_A = 84.4 〔%〕

〃　〃　(B)　η_B = 100.0 〔%〕

伝熱計算記録紙（A－①／B－①）

測定日：6月9日

初期値（25 Mw）　炉内MIXING試験

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m^3/h	冷却材比重量 kg/m^3	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 Mw
原子炉（A）	372.1	405.4	203.580	213.772	1258.8	862.779	1086.07×10^3	11.069×10^6	12.87
〃（B）	371.0	403.0	203.243	213.039	1267.0	863.041	1093.47×10^3	10.712×10^6	12.46
主中間熱交換器2次側（A）	359.2	390.4	199.616	209.188	1264.6	865.851	1094.96×10^3	10.481×10^6	12.19
〃（B）	364.6	395.4	201.277	210.718	1254.1	864.566	1084.25×10^3	10.236×10^6	11.90
主冷却器Na側（1A）	392.8	361.4	209.923	200.293	1264.6/2	865.851	547.48×10^3	5.272×10^6	6.13
〃（2A）		363.4	209.923	200.908	1264.6/2	865.851	547.48×10^3	4.936×10^6	5.74
〃（1B）	397.7	367.9	211.421	202.291	1254.1/2	864.566	542.13×10^3	4.950×10^6	5.76
〃（2B）		368.9	211.421	202.598	1254.1/2	864.566	542.13×10^3	4.783×10^6	5.56

主中間熱交換器伝熱効率（A）　η_A ＝ 94.7〔%〕

〃　〃（B）　η_B ＝ 95.5〔%〕

測定日：6月9日

伝　熱　計　算　記　録　紙　（A－②）

A loop　T in ＝ 365 ℃　　25MW

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/Kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 kg/m³	冷却材流量 Kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 Mw
原子炉（A）	367.1	402.9	202.045	213.009	1262.9	863.970	1091.11×10³	11.963×10⁶	13.91
〃（B）	371.0	401.6	203.243	212.612	1269.2	863.041	1095.37×10³	10.263×10⁶	11.93
主中間熱交換器2次側（A）	353.7	387.2	197.923	208.209	1263.0	867.161	1095.22×10³	11.265×10⁶	13.10
〃（B）	365.0	394.0	201.400	210.290	1242.5	864.470	1074.10×10³	9.549×10⁶	11.10
主冷却器Na側（1A）	390.1	356.5	209.097	198.785	1263.0/2	867.161	547.61×10³	5.647×10⁶	6.57
〃（2A）		357.4	209.097	199.062	1263.0/2	867.161	547.61×10³	5.495×10⁶	6.39
〃（1B）	396.3	368.0	210.993	202.321	1242.5/2	864.470	537.05×10³	4.657×10⁶	5.42
〃（2B）		369.0	210.993	202.629	1242.5/2	864.470	537.05×10³	4.492×10⁶	5.22

主中間熱交換器伝熱効率（A）　η_A ＝ 94.2 〔%〕

〃　（B）　η_B ＝ 93.0 〔%〕

測定日：6月9日

伝　熱　計　算　記　録　紙　（A－③）

A loop　　Tin ＝ 360 ℃　　25MW

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m^3／h	冷却材比重量 kg／m^3	冷却材流量 kg／h	伝熱量 kcal／h	伝熱量 Mw
原子炉（A）	363. 4	401. 0	200. 908	212. 429	1260. 4	864. 851	1090. 06×10³	12.559×10⁶	14. 60
〃（B）	370. 7	399. 6	203. 151	212. 001	1266. 1	863. 112	1092. 79×10³	9.671×10⁶	11. 25
主中間熱交換器2次側（A）	348. 9	384. 6	196. 443	207. 413	1262. 5	868. 303	1096. 23×10³	12.026×10⁶	13. 98
〃（B）	364. 8	392. 4	201. 338	209. 800	1250. 1	864. 518	1080. 73×10³	9.145×10⁶	10. 63
主冷却器Na側（1A）	386. 9	350. 8	208. 117	197. 029	1262. 5/2	868. 303	548. 12×10³	6.078×10⁶	7. 07
〃（2A）		353. 0	208. 117	197. 707	1262. 5/2	868. 303	548. 12×10³	5.706×10⁶	6. 63
〃（1B）	395. 1	368. 1	210. 626	202. 352	1250. 1/2	864. 518	540. 37×10³	4.471×10⁶	5. 20
〃（2B）		369. 0	210. 626	202. 629	1250. 1/2	864. 518	540. 37×10³	4.321×10⁶	5. 02

主中間熱交換器伝熱効率（A）　η_A ＝ 95. 8 〔%〕

〃　（B）　η_B ＝ 94. 5 〔%〕

測定日：6月9日

伝熱計算記録紙（A－④）

A loop　Tin＝ 355 ℃　　25MW

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 kg/m³	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 Mw
原子炉（A）	355.4	396.8	198.446	211.146	1259.3	866.756	1091.51×10^3	13.862×10^6	16.12
〃（B）	370.4	396.0	203.059	210.901	1269.7	863.184	1095.98×10^3	8.595×10^6	9.99
主中間熱交換器2次側（A）	340.5	379.0	193.851	205.697	1257.3	870.301	1094.23×10^3	12.962×10^6	15.07
〃（B）	365.0	390.2	201.400	209.127	1248.8	864.470	1079.55×10^3	8.342×10^6	9.70
主冷却器（1A）	381.4	342.0	206.433	194.315	1257.3/2	870.301	547.11×10^3	6.630×10^6	7.71
〃（2A）		344.6	206.433	195.117	257.3/2	870.301	547.11×10^3	6.191×10^6	7.20
〃（1B）	392.3	368.5	209.770	202.475	1248.8/2	864.470	539.78×10^3	3.938×10^6	4.58
〃（2B）		369.6	209.770	202.813	1248.8/2	864.470	539.78×10^3	3.755×10^6	4.37

主中間熱交換器伝熱効率（A）　η_A ＝ 93.5〔%〕

〃　〃　（B）　η_B ＝ 97.1〔%〕

測定日：6月9日

伝　熱　計　算　記　録　紙　（B－②）

B loop　　Tin ＝ 365 ℃　　25 MW

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal／kg	出口エンタルピ kcal／kg	冷却材流量 m³／h	冷却材比重量 kg／m³	冷却材流量 kg／h	伝熱量 Kcal／h	伝熱量 Mw
原子炉（A）	370. 0	401. 5	202. 936	212. 581	1256. 5	863. 279	1084.71×10^3	10.462×10^6	12. 17
〃（B）	363. 2	399. 0	200. 846	211. 818	1269. 6	864. 899	1098.08×10^3	12.048×10^6	14. 01
主中間熱交換器2次側（A）	358. 4	387. 2	199. 370	208. 209	1268. 4	866. 042	1098.49×10^3	9.710×10^6	11. 29
〃（B）	355. 9	390. 1	198. 600	209. 097	1254. 6	866. 637	1087.28×10^3	11.413×10^6	13. 27
主冷却器Na側（1A）	389. 7	360. 0	208. 974	199. 862	1268. 4/2	866. 042	549.24×10^3	5.005×10^6	5. 82
〃（2A）		362. 7	208. 974	200. 693	1268. 4/2	866. 042	549.24×10^3	4.548×10^6	5. 29
〃（1B）	392. 4	359. 6	209. 800	199. 739	1254. 6/2	866. 637	543.64×10^3	5.470×10^6	6. 36
〃（2B）		359. 3	209. 800	199. 647	1254. 6/2	866. 637	543.64×10^3	5.520×10^6	6. 42

主中間熱交換器伝熱効率（A）　η_A ＝ 92. 8 〔%〕

（B）　η_B ＝ 94. 7 〔%〕

測定日：6月9日

伝　熱　計　算　記　録　紙　（B－③）

B loop　　Tin ＝ 360 ℃　　25 MW

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal／kg	出口エンタルピ kcal／kg	冷却材流量 m^3／h	冷却材比重量 kg／m^3	冷却材流量 kg／h	伝熱量 kcal／h	伝熱量 Mw
原子炉（A）	369. 9	400. 8	202. 905	212. 368	1259. 1	863. 303	1086.98×10^3	10.286×10^6	11. 96
〃（B）	362. 5	398. 2	200. 631	211. 573	1272. 8	865. 066	1101.06×10^3	12.048×10^6	14. 01
主中間熱交換器2次側（A）	358. 0	386. 9	199. 247	208. 117	1269. 7	866. 137	1099.73×10^3	9.755×10^6	11. 34
〃（B）	355. 4	389. 7	198. 446	208. 974	1251. 8	866. 756	1085.01×10^3	11.423×10^6	13. 28
主冷却器Na側（1A）	389. 3	359. 8	208. 852	199. 801	1269. 7/2	866. 137	549.87×10^3	4.977×10^6	5. 79
〃（2A）		362. 3	208. 852	200. 570	1269. 7/2	866. 137	549.87×10^3	4.554×10^6	5. 30
〃（1B）	392. 2	358. 6	209. 739	199. 431	1251. 8/2	866. 756	542.50×10^3	5.592×10^6	6. 50
〃（2B）		359. 4	209. 739	199. 677	1251. 8/2	866. 756	542.50×10^3	5.459×10^6	6. 35

主中間熱交換器伝熱効率（A）　η_A ＝ 94. 8 〔%〕

〃　〃　（B）　η_B ＝ 94. 8 〔%〕

測定日：6月9日

伝　熱　計　算　記　録　紙　（B－④）

B　loop　　T in ＝ 355 ℃　　～27 MW

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal／kg	出口エンタルピ kcal／kg	冷却材流量 m³／h	冷却材比重量 kg／m³	冷却材流量 kg／h	伝熱量 kcal／h	伝熱量 Mw
原子炉（A）	369.8	399.4	202.874	211.940	1264.1	863.327	1091.33×10^3	9.894×10^6	11.50
〃（B）	356.0	397.1	198.631	211.237	1266.4	866.613	1097.48×10^3	13.835×10^6	16.09
主中間熱交換器2次側（A）	358.1	385.7	199.277	207.750	1265.2	866.113	1095.81×10^3	9.285×10^6	10.80
〃（B）	348.2	387.0	196.228	208.148	1250.0	868.469	1085.59×10^3	12.940×10^6	15.05
主冷却器Na側（1A）	388.2	360.0	208.515	199.862	1265.2/2	866.113	547.90×10^3	4.741×10^6	5.51
〃（2A）		362.5	208.515	200.631	1265.2/2	866.113	547.90×10^3	4.320×10^6	5.02
〃（1B）	389.5	350.9	208.913	197.060	1250.0/2	868.469	542.79×10^3	6.434×10^6	7.48
〃（2B）		352.3	208.913	197.491	1250.0/2	868.469	542.79×10^3	6.200×10^6	7.21

主中間熱交換器伝熱効率（A）　η_A ＝ 93.9 〔%〕

〃　〃　（B）　η_B ＝ 93.5 〔%〕

測定日：6月12日

伝　熱　計　算　記　録　紙

23MW　　自　然　通　風

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m^3/h	冷却材比重量 kg/m^3	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 Mw
原子炉 (A)	372.6	402.1	203.734	212.765	1259.7	862.660	1086.69×10^3	9.814×10^6	11.41
〃 (B)	372.1	400.0	203.580	212.123	1271.2	862.779	1096.76×10^3	9.370×10^6	10.89
主中間熱交換器2次側 (A)	361.4	388.8	200.293	208.699	1263.8	865.328	1093.60×10^3	9.193×10^6	10.69
〃 (B)	366.6	393.6	201.891	210.167	1249.4	864.089	1079.59×10^3	8.935×10^6	10.39
主冷却器Na側 (1A)	391.5	364.0	209.525	201.092	1263.8/2	865.328	546.80×10^3	4.611×10^6	5.36
〃 (2A)		365.4	209.525	201.523	〃	865.328	546.80×10^3	4.375×10^6	5.09
〃 (1B)	396.2	371.6	210.962	203.427	1249.4/2	864.089	539.80×10^3	4.067×10^6	4.73
〃 (2B)		369.4	210.962	202.751	〃	864.089	539.80×10^3	4.432×10^6	5.15

主中間熱交換器伝熱効率 (A)　η_A = 93.7 〔%〕

〃　〃 (B)　η_B = 95.4 〔%〕

測定日：6月23日

伝　熱　計　算　記　録　紙

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 kg/m³	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 Mw
原子炉（A）	372.9	425.8	203.826	219.988	1241.8	862.588	1.07116×10^6	1.731×10^7	20.13
〃（B）	372.3	423.6	203.642	219.319	1264.2	862.731	1.09066×10^6	1.710×10^7	19.88
主中間熱交換器2次側（A）	353.9	404.0	197.984	213.345	1206.8	867.113	1.04643×10^6	1.607×10^7	18.69
〃（B）	363.2	412.0	200.846	215.785	1194.7	864.899	1.03329×10^6	1.544×10^7	17.95
主冷却器Na側（1A）									
〃（2A）									
〃（1B）									
〃（2B）									

主中間熱交換器伝熱効率（A）　η_A ＝ 92.9 〔%〕

〃　〃（B）　η_B ＝ 90.3 〔%〕

伝　熱　計　算　記　録　紙

測定日：6月24日

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 kg/m³	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 Mw
原子炉（A）	372.7	425.1	203.765	219.775	1257.2	862.636	1084.506×10³	1.7363×10⁷	20.19
〃（B）	372.1	422.7	203.580	219.045	1266.2	862.779	1092.451×10³	1.6895×10⁷	19.65
主中間熱交換器2次側（A）	354.1	403.5	198.046	213.192	1262.3	867.065	1094.496×10³	1.6577×10⁷	19.28
〃（B）	363.4	411.6	200.908	215.663	1249.6	864.851	1080.718×10³	1.5946×10⁷	18.54
主冷却器Na側（1A）	406.1	356.1	213.986	198.662	1262.3/2 (631.15)	867.065	547.248×10³	8.3860×10⁶	9.75
〃（2A）		358.4	213.986	199.370	〃	〃	〃	7.9986×10⁶	9.30
〃（1B）	414.2	367.3	216.456	202.106	1249.6/2 (624.8)	864.851	540.359×10³	7.7542×10⁶	9.02
〃（2B）		367.7	216.456	202.229	〃	〃	〃	7.6877×10⁶	8.94

主中間熱交換器伝熱効率（A）　η_A ＝ 95.5〔%〕

〃　〃（B）　η_B ＝ 94.4〔%〕

伝　熱　計　算　記　録　紙

測定日：S 53. 6月28日

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 kg/m³	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 Mw
原子炉（A）	370. 2	421. 9	202. 997	218. 801	1255. 9	863. 231	1084.13 ×10³	1. 713×10⁷	19. 92
〃（B）	372. 6	419. 6	203. 734	218. 101	1266. 3	862. 66	1092.39×10³	1. 569 ×10⁷	18. 25
主中間熱交換器2次側（A）	351. 2	400. 4	197. 152	212. 245	1260. 0	867. 755	1093.37 ×10³	1, 650 ×10⁷	19. 19
〃（B）	364. 2	409. 1	201. 154	214. 901	1245. 6	864. 661	1077.02 ×10³	1. 481 ×10⁷	17. 22
主冷却器Na側（1A）	403. 5	353. 3	213. 192	197. 799	1260. 0/2	867. 755	546.69 ×10³	8. 415 ×10⁶	9. 79
〃（2A）		356. 1	213. 192	198. 662	1260. 0/2	867. 755	546.69 ×10³	7. 943 ×10⁶	9. 24
〃（1B）	412. 0	368. 3	215. 785	202. 414	1245. 6/6	864. 661	538.51 ×10³	7. 200 ×10⁶	8. 37
〃（2B）		368. 7	215. 785	202. 536	1245. 6/2	864. 661	538.51×10³	7. 135 ×10⁶	8. 30

主中間熱交換器伝熱効率（A）　η_A ＝　96. 3〔%〕

〃　　〃　（B）　η_B ＝　94. 4〔%〕

測定日： 7月 4日

伝 熱 計 算 記 録 紙

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 kg/m³	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 MW
原子炉（A）	370.8	423.0	203.181	219.145	1,257.8	863.088	1,085.55×10³	17.330×10⁶	20.15
原子炉（B）	370.9	420.8	203.203	218.466	1,266.5	863.072	1,093.08×10³	16.684×10⁶	19.40
主中間熱交換器2次側（A）	351.8	401.9	197.322	212.688	1,261.5	867.625	1,094.47×10³	16.818×10⁶	19.56
主中間熱交換器2次側（B）	362.2	409.7	200.523	215.084	1,247.3	865.149	1,079.06×10³	15.712×10⁶	18.27
主冷却器Na側（1A）	404.5	353.9	213.482	197.969	1,261.5/2	867.625	547.23×10³	8.489×10⁶	9.87
主冷却器Na側（2A）		356.0	213.482	198.631	1,261.5/2	867.625	547.23×10³	8.127×10⁶	9.45
主冷却器Na側（1B）	412.1	365.8	215.801	201.630	1,247.3/2	865.149	539.53×10³	7.646×10⁶	8.89
主冷却器Na側（2B）		366.1	215.801	201.738	1,247.3/2	865.149	539.53×10³	7.587×10⁶	8.82

主中間熱交換器伝熱効率（A） ＝97.0〔％〕

主中間熱交換器伝熱効率（B） ＝94.2〔％〕

測定日： 7月 6日

伝 熱 計 算 記 録 紙

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal／kg	出口エンタルピ kcal／kg	冷却材流量 m³／h	冷却材比重量 kg／m³	冷却材流量 kg／h	伝熱量 kcal／h	伝熱量 MW
原子炉（A）	368.7	431.5	202.536	221.722	1,253.7	863.589	1,082.65×10³	20.772×10⁶	24.15
原子炉（B）	369.7	429.2	202.844	221.022	1,262.3	863.351	1,089.83×10³	19.811×10⁶	23.04
主中間熱交換器2次側（A）	347.1	407.1	195.888	214.291	1,263.6	868.731	1,097.73×10³	20.202×10⁶	23.49
主中間熱交換器2次側（B）	360.0	416.3	199.862	217.096	1,250.4	865.661	1,082.44×10³	18.655×10⁶	21.69
主冷却器Na側（1A）	409.3	348.8	214.962	196.413	1,263.6／2	868.731	548.86×10³	10.181×10⁶	11.84
主冷却器Na側（2A）		352.1	214.962	197.430	1,263.6／2	868.731	548.86×10³	9.623×10⁶	11.19
主冷却器Na側（1B）	418.7	363.3	217.827	200.877	1,250.4／2	865.661	541.22×10³	9.174×10⁶	10.67
主冷却器Na側（2B）		364.0	217.827	201.092	1,250.4／2	865.661	541.22×10³	9.057×10⁶	10.53

主中間熱交換伝熱効率（A） ＝97.2 〔％〕

主中間熱交換伝熱効率（B） ＝94.2 〔％〕

測定日： 7月 8日

伝 熱 計 算 記 録 紙

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 kg/h	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 MW
原子炉（A）	369.4	436.2	202.752	223.150	1,257.6	863.423	$1,085.841 \times 10^3$	2.215×10^7	25.75
原子炉（B）	370.0	433.8	202.936	222.421	1,266.0	863.280	$1,092.912 \times 10^3$	2.130×10^7	24.76
主中間熱交換器2次側（A）	346.5	410.5	195.704	215.328	1,260.4	868.874	$1,095.129 \times 10^3$	2.149×10^7	24.99
主中間熱交換器2次側（B）	359.9	419.7	199.832	218.132	1,246.9	865.685	$1,079.423 \times 10^3$	1.975×10^7	22.97
主冷却器Na側（1A）	412.4	348.0	215.908	196.166	1,260.4/2 (630.2)		547.565×10^3	1.081×10^7	12.57
主冷却器Na側（2A）		351.3	215.908	197.184	1,260.4/2 (630.2)		547.565×10^3	1.025×10^7	11.92
主冷却器Na側（1B）	422.5	363.3	218.984	200.877	1,246.9/2 (623.5)		539.712×10^3	9.773×10^6	11.36
主冷却器Na側（2B）		363.7	218.984	201.000	1,246.9/2 (623.5)		539.712×10^3	9.706×10^6	11.29

主中間熱交換器伝熱効率（A） ＝ 97.05〔％〕

主中間熱交換器伝熱効率（B） ＝ 92.77〔％〕

測定日： 7月13日

伝熱計算記録紙

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 kg/m³	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 MW
原子炉（A）	370.2	436.0	202.998	223.090	1,249.97	863.232	$1,079.014 \times 10^3$	2.168×10^7	25.21
原子炉（B）	370.8	434.2	203.182	222.543	1,262.33	863.089	$1,089.503 \times 10^3$	2.109×10^7	24.53
主中間熱交換器2次側（A）	347.0	410.6	195.858	215.359	1,261.67	868.755	$1,096.082 \times 10^3$	2.137×10^7	24.85
主中間熱交換器2次側（B）	360.5	420.3	200.016	218.315	1,247.48	865.542	$1,079.746 \times 10^3$	1.976×10^7	22.97
主冷却器Na側（1A）	412.9	349.1	216.060	196.506	—	—	548.041×10^3	1.072×10^7	12.46
主冷却器Na側（2A）		351.6	216.060	197.276	—	—	548.041×10^3	1.029×10^7	11.97
主冷却器Na側（1B）	422.6	363.7	219.015	201.000	—	—	539.873×10^3	9.726×10^6	11.31
主冷却器Na側（2B）		364.8	219.015	201.339	—	—	539.873×10^3	9.543×10^6	11.10

主中間熱交換器伝熱効率（A） ＝ 98.6〔％〕

主中間熱交換器伝熱効率（B） ＝ 93.6〔％〕

測定日： 7月28日

伝 熱 計 算 記 録 紙

（1次，2次流量変化試験）
初 期 値

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m^3/h	冷却材比重量 kg/m^3	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 MW
原子炉（A）	369.6	461.7	202.813	217.218	1,253.92	863.375	1.08260×10^6	$1,55949\times10^7$	18.13
原子炉（B）	370.3	415.3	203.028	216.792	1,266.96	863.208	1.09365×10^6	$1,50530\times10^7$	17.50
主中間熱交換器2次側（A）	352.2	397.5	197.461	211.360	1,258.53	867.518	1.09180×10^6	$1,51749\times10^7$	17.65
主中間熱交換器2次側（B）	362.6	404.6	200.662	213.528	1,244.18	865.042	1.07627×10^6	$1,38473\times10^7$	16.10
主冷却器Na側（1A）	400.0	354.2	212.124	198.077	1,258.53/2	867.518	$1.09180\times10^6/2$	$7,66824\times10^6$	8.917
主冷却器Na側（2A）		356.8	212.124	198.878	〃	〃	〃	$7,23097\times10^6$	8.408
主冷却器Na側（1B）	407.1	366.1	214.291	201.738	1,244.18/2	865.042	$1.07627\times10^6/2$	$6,75520\times10^6$	7.855
主冷却器Na側（2B）		366.6	214.291	201.892	〃	〃	〃	$6,67232\times10^6$	7.759

主中間熱交換器伝熱効率（A） ＝ 97.4〔％〕

主中間熱交換器伝熱効率（B） ＝ 92.0〔％〕

測定日： 7月28日

伝熱計算記録紙

2次系流量変化

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m^3/h	冷却材比重量 kg/m^3	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 MW
原子炉（A）	367.9	423.5	202.291	219.289	1,252.413	863.780	1.08181×10^6	1.83886×10^7	21.38
原子炉（B）	368.9	421.6	202.598	218.710	1,266.234	863.542	1.09345×10^6	1.76176×10^7	20.49
主中間熱交換器2次側（A）	343.5	408.7	194.778	214.779	1,013.138	869.588	8.81013×10^5	1.76211×10^7	20.49
主中間熱交換器2次側（B）	353.1	415.8	197.738	216.944	964.940	867.304	8.36896×10^5	1.60734×10^7	18.69
主冷却器Na側（1A）	411.0	345.0	215.481	195.241	1,013.138/2	869.588	4.40506×10^5	8.915848×10^6	10.37
主冷却器Na側（2A）		348.3	215.481	196.259	1,013.138/2	869.588	〃	8.467413×10^6	9.85
主冷却器Na側（1B）	418.0	356.5	217.614	198.785	964.940/2	867.304	4.18448×10^5	7.87860×10^6	9.16
主冷却器Na側（2B）		357.3	217.614	199.032	964.940/2	867.304	〃	7.77560×10^6	9.04

主中間熱交換器伝熱効率（A） ＝ 95.8〔％〕

主中間熱交換器伝熱効率（B） ＝ 91.2〔％〕

測定日： 7月28日

伝 熱 計 算 記 録 紙

一次系流量変化

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal/kg	出口エンタルピ kcal/kg	冷却材流量 m³/h	冷却材比重量 kg/m³	冷却材流量 kg/h	伝熱量 kcal/h	伝熱量 MW
原子炉（A）	370.7	434.0	203.151	222.482	963.469	863.113	831.583×10³	16.0753×10⁶	18.69
原子炉（B）	370.3	432.0	203.028	221.874	998.483	863.208	861.899×10³	16.2433×10⁶	18.89
主中間熱交換器2次側（A）	353.6	401.1	197.892	212.460	1,265.452	867.185	1,097.38×10³	15.9866×10⁶	18.59
主中間熱交換器2次側（B）	365.5	412.5	201.554	215.938	1,248.655	864.352	1,097.28×10³	15.5243×10⁶	18.05
主冷却器Na側（1A）	403.3	355.4	213.132	198.447	1,265.452/2	867.185	548.690×10³	8.05752×10⁶	9.369
主冷却器Na側（2A）		358.2	213.132	199.309	1,265.452/2	867.185	548.690×10³	7.58455×10⁶	8.819
主冷却器Na側（1B）	415.0	368.3	216.700	202.414	1,248.655/2	864.352	539.639×10³	7.70928×10⁶	8.964
主冷却器Na側（2B）		369.9	216.700	202.905	1,248.655/2	864.352	539.639×10³	7.44432×10⁶	8.656

主中間熱交換器伝熱効率（A） ＝99.46〔％〕

主中間熱交換器伝熱効率（B） ＝95.55〔％〕

A－2	主空気冷却器（2B）測定データ	1／52

主冷却器（2B）伝熱計算記録紙

測定日　：　5月19日

主冷却器Na入口温度		390.6	℃
主冷却器Na出口温度		368.8	℃
Na　流　量		$\frac{1,250.8}{2}$	m³／h
	＊	540.68	t／h
Na側除熱量	＊	4.20	MW
空気入口温度		28.4	℃
空気出口平均温度		311.6	℃
平　均　風　速		4.23	m／s（熱線風速計）
風　量	＊	81.58	t／h
空気側交換熱量	＊	6.53	MW
入口ベーン開度		8.0	%
ドラフト圧		－11.2	mmH₂O
大　気　圧		749	mmHg
空気入口湿度		62	%

＊は計算値を示す。

空 気 側 伝 熱 計 算	測定：5月19日

(1) 出口空気

空気温度　tao＝311.6　〔℃〕

大 気 圧　P ＝749　〔mmHg〕

比　　重　$\gamma a_2 = 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15 + tao} \times \frac{P}{760}$

$= 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15 + 311.6} \times \frac{749}{760} = 0.5953$　〔Kg／m³〕

(2) 入口空気

空 気 温 度　tai＝28.4　〔℃〕

平均空気温度　tam＝(tao＋tai)／2

$= \frac{311.6 + 28.4}{2} = 170$　〔℃〕

平 均 比 重　Cpm＝0.243　〔kcal／Kg.℃〕

(3) 交換熱量

風　　量　Wa＝2,284　〔m³／min〕

＝2,284×γa×60

＝2,284×0.5953×60＝81.58×10³　〔Kg／h〕

交換熱量　Q ＝Wa Cpm (Tao－Tai)

＝81.58×10³ ×0.243 (311.6－28.4)

＝5.614×10⁶　〔kcal／h〕

＝6.53　〔MW〕

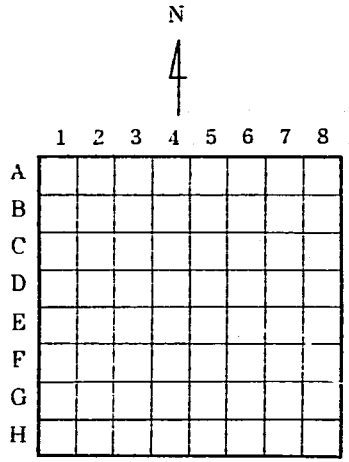
風速m／s	上段
温度℃	下段

試験月日：5／19

主冷却器（2B）出口ダクト内風速記録紙

測定器具（熱線風速計），フェスタン型ピトー管（ベッツ型orMD型））

アドレス	H	G	F	E	D	C	B	A	計
1	4.2	3.4	3.3	3.8	4.4	4.7	4.0	5.0	4.1
	303	299	295	311	317	314	310	313	308
2	3.9	3.8	4.7	5.0	5.0	5.3	4.9	5.1	4.7
	309	311	315	321	326	324	324	317	318
3	3.4	3.7	4.4	4.2	4.0	4.4	4.1	3.7	7.0
	308	314	319	321	323	319	319	308	316
4	3.5	3.8	4.1	4.3	4.8	5.1	4.3	4.0	4.2
	306	315	319	323	325	320	318	306	317
5	3.9	4.3	4.7	4.7	4.8	4.9	4.5	4.3	4.5
	305	317	321	323	322	315	314	309	316
6	4.2	4.3	4.9	4.8	4.3	4.5	4.1	4.2	4.4
	307	317	321	322	315	310	310	302	313
7	3.9	4.3	4.5	4.3	4.0	4.3	3.9	3.3	4.1
	304	313	312	315	306	308	306	295	307
8	3.1	3.8	4.3	4.2	3.9	3.7	3.5	3.1	3.7
	297	305	312	303	308	294	300	265	298
計	3.8／305	3.9／311	4.4／314	4.4／317	4.4／318	4.6／313	4.2／313	4.1／302	V＝4.21

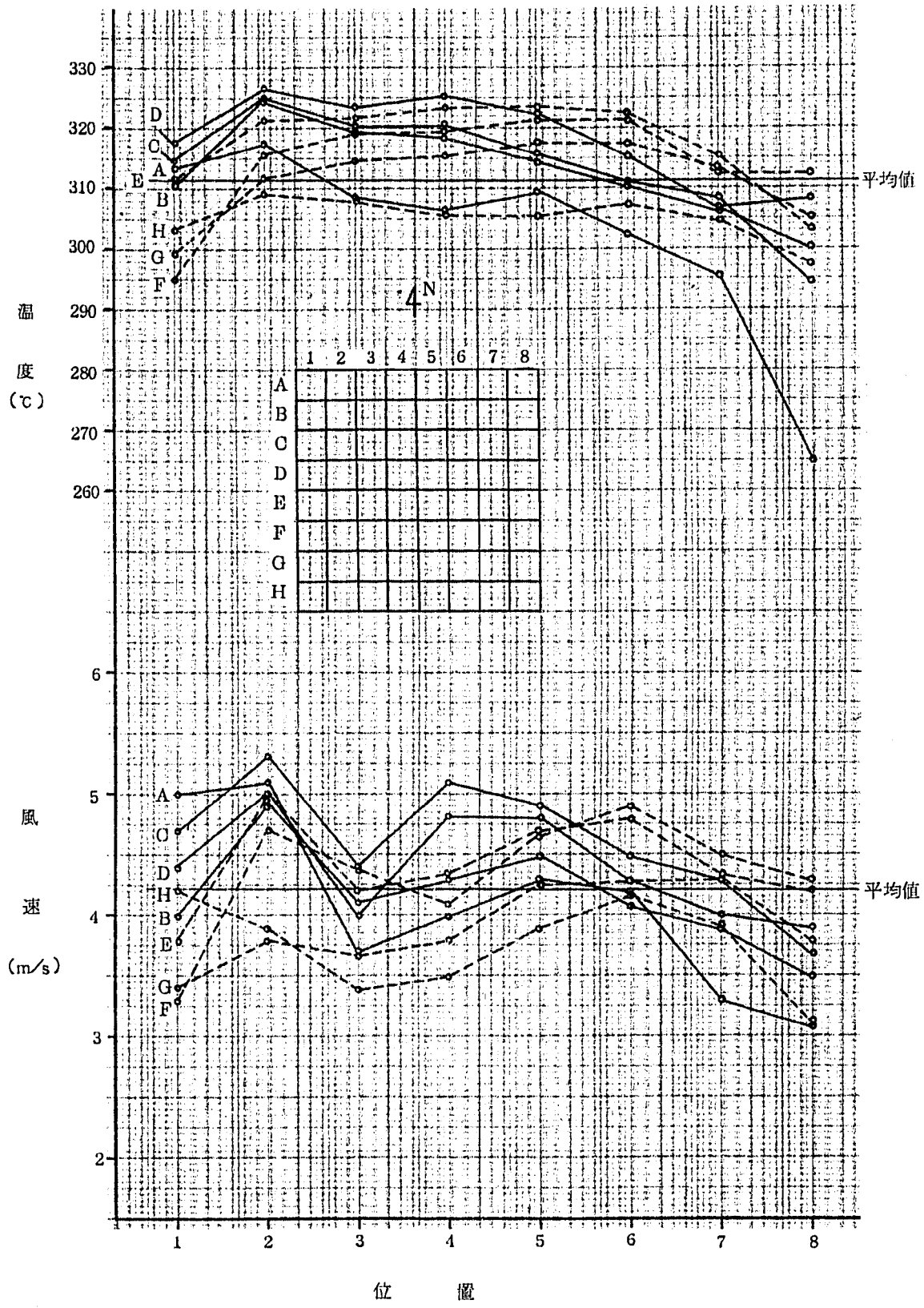


主冷却器（2B）ダクト

空気流量 $Q = V\frac{60}{64} \cdot 9$

$= 22.76\ (m^3/min)$

T＝311.6℃



2次主冷却器（2B）出口ダクト風速．温度分布　（S53．5／19 15MW時測定）

主冷却器（2B）伝熱計算記録紙

測定日　：　5月23日

主冷却器Na入口温度		390.5	℃
主冷却器Na出口温度		370.8	℃
Na　流　量		$\frac{1,251.7}{2}$	m^3/h
	＊	540.82	t／h
Na側除熱量	＊	3.80	MW
空気入口温度		25.9	℃
空気出口平均温度		315.9	℃
平　均　風　速		3.79	m／s（熱線風速計）
風　量	＊	73.15	t／h
空気側交換熱量	＊	5.99	MW
入口ベーン開度		7.5	%
ドラフト圧		－11.0	mmH_2O
大　気　圧		755	mmHg
空気入口湿度		46	%

＊は計算値を示す。

空 気 側 伝 熱 計 算	測定：5月23日

(1) 出口空気

空気温度　tao＝315.9　〔℃〕

大 気 圧　P ＝755　〔mmHg〕

比　重　$\gamma a_2 = 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15 + tao} \times \frac{P}{760}$

$= 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15 + 315.9} \times \frac{755}{760} = 0.5957$　〔Kg／m³〕

(2) 入口空気

空 気 温 度　tai＝25.9　〔℃〕

平均空気温度　tam＝(tao＋tai)／2

$= \frac{315.9 + 25.9}{2} = 170.9$　〔℃〕

平 均 比 重　Cpm＝0.243　〔kcal／Kg.℃〕

(3) 交換熱量

風　量　Wa＝2,046.6　〔m³／min〕

＝2,046.6×γa×60

＝2,046.6×0.5957×60＝73.15×10³　〔Kg／h〕

交換熱量　Q ＝Wa Cpm (Tao－Tai)

＝73.15×10³ ×0.243 (315.9－25.9)

＝5.155×10⁶　〔kcal／h〕

＝5.99　〔MW〕

主冷却器（2B）出口ダクト内温度記録紙

試験月日：5／23

	H	G	F	E	D	C	B	A	平　均
1	309.9	308.8	308.4	320.0	328.8	325.9	318.0	324.0	317.98
									(2,543.8)
平均									
2	313.2	318.4	319.9	328.8	331.0	331.9	327.1	324.7	324.38
									(2,595)
平均									
3	313.8	320.6	325.1	327.8	328.9	328.8	313.9	300.8	319.96
									(2,559.7)
平均									
4	293.1	295.0	322.3	326.4	329.7	327.8	319.0	323.0	317.04
									(2,536.3)
平均									
5	308.8	324.6	325.1	321.5	315.8	314.9	317.5	315.0	317.90
									(2,543.2)
平均									
6	309.8	315.4	323.3	323.7	320.5	319.9	318.4	303.2	316.78
									(2,534.2)
平均									
7	283.8	310.3	323.5	318.0	311.3	309.1	308.1	304.0	308.51
									(2,468.1)
平均									
8	308.2	318.3	312.8	309.6	304.7	304.0	293.1	283.6	304.29
									(2,434.3)
平均									
平均	(2,440.6) 305.075	(2,511.4) 313.925	(2,560.4) 320.05	(2,575.8) 321.975	(2,570.7) 321.338	(2,562.3) 320.288	(2,515.1) 314.388	(2,478.3) 309.788	(2,526, 84) (315.85)

$\bar{T} = 315.9$

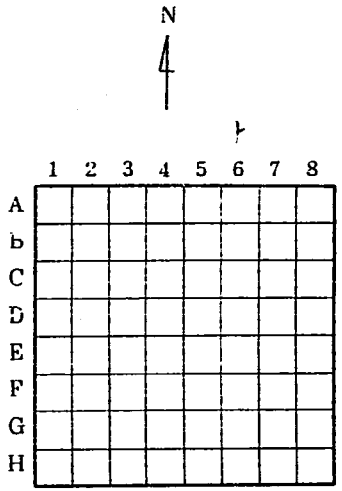
主冷却器（2B）出口ダクト内風速記録紙

(mV)	上段
風速 m／s	下段

試験月日：5／23

測定器具（熱線風速計），フェスタン型ピトー管（ベッツ型 or MD型））

アドレス	H	G	F	E	D	C	B	A	計
1	6.86	6.42	6.88	8.81	9.55	9.16	7.45	8.62	
	3.43	3.21	3.44	4.41	4.78	4.58	3.73	4.31	31.89／3.99
2	6.79	6.58	7.82	9.04	9.51	9.08	9.12	9.34	
	3.40	3.29	3.91	4.52	4.76	4.54	4.56	4.67	33.65／4.21
3	7.07	7.68	7.99	8.11	8.10	7.55	8.17	7.58	
	3.54	3.84	4.00	4.06	4.05	3.78	4.09	3.79	31.15／3.89
4	7.39	8.80	7.37	7.80	8.56	8.24	9.05	8.16	
	3.70	4.40	3.69	3.90	4.28	4.12	4.53	4.08	32.7／4.09
5	6.75	7.92	8.33	8.89	8.86	8.20	8.00	6.78	
	3.38	3.96	4.17	4.45	4.43	4.10	4.00	3.39	31.88／3.99
6	6.12	7.88	7.07	7.39	7.90	7.96	7.58	6.12	
	3.06	3.94	3.54	3.70	3.95	3.98	3.79	3.06	29.02／3.63
7	3.53	6.78	8.20	8.33	7.68	6.93	7.28	6.30	
	1.77	3.39	4.10	4.17	3.84	3.47	3.64	3.15	27.53／3.44
8	5.99	7.49	6.51	6.64	6.70	6.14	5.83	4.32	
	3.00	3.75	3.26	3.32	3.35	3.07	2.92	2.16	24.83／3.10
計	25.28／3.16	29.78／3.72	30.11／3.76	32.53／4.07	33.44／4.18	31.64／3.96	31.26／3.91	28.61／3.91	V＝242.65／3.79



主冷却器（2B）ダクト

空気流量 $Q = V\frac{60}{64} \cdot 9$

$= 2{,}046.6\ (m^3/min)$

$V = 3.79\ m/s$

主冷却器（2B）伝熱計算記録紙

測定日　：　5月25日

主冷却器Na入口温度		395.9	℃
主冷却器Na出口温度		369.2	℃
Na　流　量		$\frac{1,250.9}{2}$	m³／h
	＊	540.77	t／h
Na側除熱量	＊	5.14	MW
空気入口温度		24.4	℃
空気出口平均温度		311.9	℃
平　均　風　速		4.64	m／s　（熱線風速計）
風　　量	＊	90.45	t／h
空気側交換熱量	＊	7.35	MW
入口ベーン開度		10	%
ドラフト圧		－11.9	mmH_2O
大　気　圧		757	mmHg
空気入口湿度		42	%

＊は計算値を示す。

空 気 側 伝 熱 計 算	測定：5月25日

(1) 出口空気

空気温度　tao ＝ 311.9　〔℃〕

大 気 圧　P ＝ 757　〔mmHg〕

比　重　$\gamma a_2 = 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15 + tao} \times \frac{P}{760}$

$= 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15 + 311.9} \times \frac{757}{760} = 0.6013$　〔Kg／m³〕

(2) 入口空気

空 気 温 度　tai ＝ 24.4　〔℃〕

平均空気温度　tam ＝ (tao ＋ tai)／2

$= \frac{311.9 + 24.4}{2} = 168.2$　〔℃〕

平 均 比 熱　Cpm ＝ 0.243　〔kcal／Kg．℃〕

(3) 交換熱量

風　量　Wa ＝ 2.507　〔m³／min〕

＝ 2.507 × γa × 60

＝ 2.507 × 0.6013 × 60 ＝ 90.45 × 10³　〔Kg／h〕

交換熱量　Q ＝ Wa Cpm (Tao － Tai)

＝ 90.45 × 10³ × 0.243 (311.9 － 24.4)

＝ 6.3189 × 10⁶　〔kcal／h〕

＝ 7.35　〔MW〕

主冷却器（2B）出口ダクト内風速記録紙

風速 m／s	上段
温度℃	下段

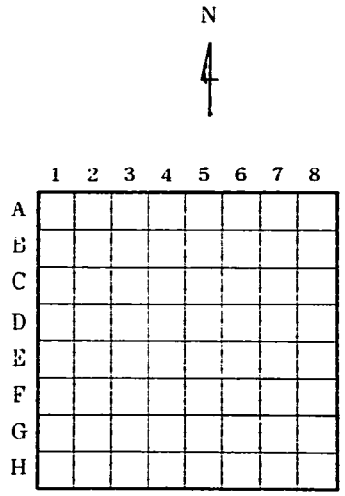
試験月日：5／25

測定器具（熱線風速計），フェスタン型ピトー管（ベッツ型 or MD型））

アドレス	H	G	F	E	D	C	B	A	計
1	4.9	4.3	3.4	4.8	5.1	4.5	4.6	5.0	36.6
	310	303	293	308	315	307	309	313	2.458
2	4.4	4.6	4.9	5.5	5.3	5.5	5.2	5.1	40.5
	311	309	314	320	323	323	320	314	2.534
3	3.7	4.2	4.6	4.5	4.3	4.2	4.0	3.6	33.1
	306	313	315	319	320	320	315	303	2.511
4	3.7	4.3	4.3	4.7	4.8	4.8	4.6	4.1	35.3
	302	312	315	319	321	320	315	303	2.507
5	4.2	4.8	4.9	5.4	5.5	5.4	4.9	4.3	39.4
	309	313	317	322	324	323	314	306	2.528
6	4.4	4.9	4.8	5.5	5.6	5.2	4.8	4.6	39.8
	308	312	316	320	321	319	313	309	2.518
7	4.1	4.4	4.6	5.2	5.3	4.7	4.6	4.5	37.4
	305	307	312	315	316	314	309	306	2.484
8	3.7	4.3	4.5	4.9	5.0	4.5	4.3	3.8	35.0
	297	300	304	313	308	303	302	295	2.422
計	33.1／2.448	35.8／2.469	36.0／2.486	40.5／2.536	40.9／2.548	38.8／2.529	37.0／2.497	35.0／2.449	V= (297.1) / 4.64

(19962)
T=311.9℃

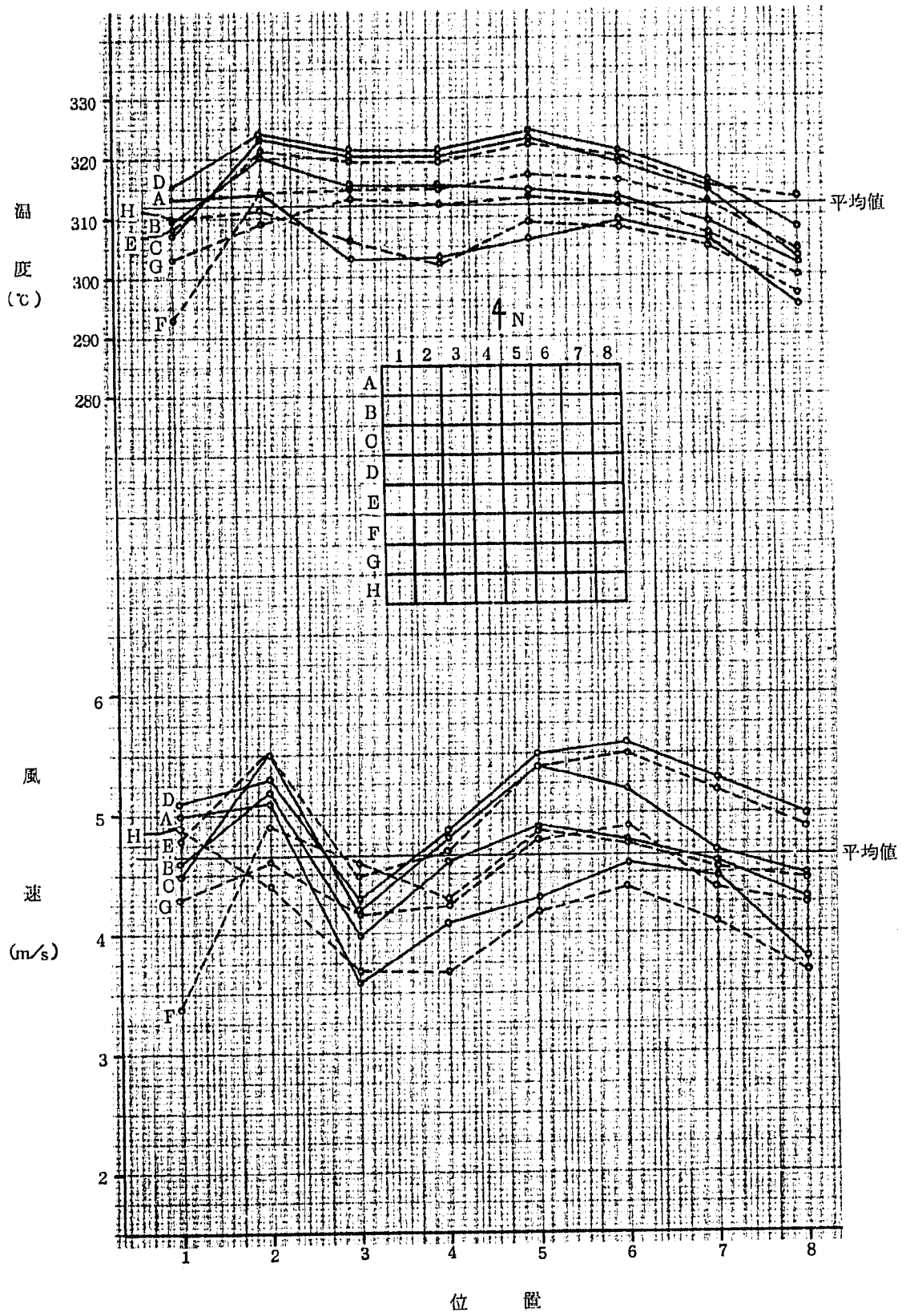
試験炉出力 25 MW



主冷却器（2B）ダクト

空気流量 $Q = V\frac{60}{64} \cdot 9$

$= 2.507\ (m^3/min)$



2次主冷却器（2B）出口ダクト風速．温度分布　（S53．5／25 25MW時測定）

主冷却器（2B）伝熱計算記録紙

測定日　：　6月　1日

主冷却器Na入口温度		397.4	℃	
主冷却器Na出口温度		370.9	℃	
Na　流　量		$\frac{1,249.2}{2}$	m³／h	
	＊	539.07	t／h	
Na側除熱量	＊	5.09	MW	
空気入口温度		27.0	℃	
空気出口平均温度		310.0	℃	
平　均　風　速		3.51	m／s	（ウェススタン型ピトー管）
風　量	＊	68.88	t／h	
空気側交換熱量	＊	5.51	MW	
入口ベーン開度		8.5	%	
ドラフト圧		－10.2	mmH₂O	
大　気　圧		－	mmHg	
空気入口湿度		26	%	

＊は計算値を示す。

空 気 側 伝 熱 計 算	測定：6月 1日

(1) 出口空気

空気温度　tao = 310.0　〔℃〕

大 気 圧　P = ✓　〔mmHg〕

比　重　$\gamma a_2 = 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15 + tao} \times \frac{P}{760}$

$= 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15 + 310.0} = 0.6057$　〔Kg／m³〕

(2) 入口空気

空 気 温 度　tai = 27.0　〔℃〕

平均空気温度　tam = (tao + tai)／2

$= \frac{310.0 + 27}{2} = 168.5$　〔℃〕

平 均 比 熱　Cpm = 0.243　〔kcal／Kg.℃〕

(3) 交換熱量

風　量　Wa = 1895.4　〔m³／min〕

= 1895.4 × γa × 60

= 1895.4 × 0.6057 × 60 = 68.88 × 10³　〔Kg／h〕

交換熱量　Q = Wa Cpm (Tao − Tai)

= 68.88 × 10³ × 0.243 (310.0 − 27.0)

= 4.7370 × 10⁶　〔kcal／h〕

= 5.51　〔MW〕

主冷却器（2B）出口ダクト内空気温度記録紙

	1	2	3	4	5	6	7	8	平　均
A	314.2	317.6	306.0	304.5	310.0	307.9	305.2	296.4	2,461.8
									307.7
平均									
B	304.6	319.2	313.5	313.7	318.2	311.0	306.3	298.3	2,484.8
									310.6
平均									
C	303.5	317.9	313.7	314.3	321.4	314.9	308.8	299.5	2,494.0
									311.8
平均									
D	311.9	320.9	317.7	319.2	323.6	320.6	316.0	306.0	2,535.9
									317.0
平均									
E	304.6	318.5	318.2	317.1	321.9	319.4	316.2	308.6	2,524.5
									315.6
平均									
F	286.0	310.4	313.2	312.3	314.8	314.3	309.9	302.5	2,463.4
									307.9
平均									
G	301.9	309.4	310.2	311.1	312.6	310.3	304.6	298.8	2,458.9
									307.4
平均									
H	304.3	308.9	303.2	300.1	302.7	305.6	301.2	292.9	2,418.9
									302.4
平均									
	2,431／303.9	2,522.8／315.4	2,495.7／312.0	2492.3／311.5	2,525.2／315.7	2,504／313.0	2,468.2／308.5	2,403.0／300.4	

試験月日：6／1

試験炉出力　25 MW

$\Sigma X = 19,842.2$

$\bar{X} = 310.0$ ℃

主冷却器（２Ｂ）出口ダクト内空気風速温度記録紙

	1	2	3	4	5	6	7	8	平　均
A	0. 69	0. 70	0. 28	0. 34	0. 43	0. 62	0. 68	0. 50	Cu=0. 838
	0. 601	0. 598	0. 610	0. 611	0. 606	0. 608	0. 611	0. 620	
	3. 97	4. 01	2. 51	2. 77	3. 13	3. 75	3. 92	3. 33	27. 39／3. 42
	314. 2	317. 6	306. 0	304 5	310. 0	307. 9	305. 2	296. 4	2461. 8／307. 7
B	0. 50	0. 79	0. 35	0. 48	0. 58	0. 65	0. 63	0. 58	Cu=0. 828
	0. 611	0. 596	0. 602	0. 602	0. 597	0. 604	0. 609	0. 618	
	3. 32	4. 22	2. 80	3. 27	3. 61	3. 80	3. 73	3. 55	28. 30／3. 54
	304. 6	319. 2	313. 5	313. 7	318. 2	311. 0	306. 3	298. 3	2484. 8／310. 6
C	0. 49	0. 78	0. 39	0. 52	0. 70	0. 65	0. 58	0. 49	Cu=0. 838
	0. 612	0. 597	0. 602	0. 601	0. 594	0. 600	0. 607	0. 617	
	3. 32	4. 24	2. 99	3. 45	4. 03	3. 86	3. 63	3. 31	28. 83／3. 60
	303. 5	317. 9	313. 7	314. 3	321. 4	314. 9	308. 8	299. 5	2494. 0／311. 8
D	0. 59	0. 70	0. 35	0. 50	0. 74	0. 71	0. 63	0. 60	Cu=0. 828
	0. 604	0. 594	0. 598	0. 596	0. 592	0. 595	0. 599	0. 610	
	3. 62	3. 98	2. 81	3. 36	4. 10	4. 01	3. 56	3. 64	29. 08／3. 64
	311. 9	320. 9	317. 7	319. 2	323. 6	320. 6	316. 0	306. 0	2535. 9／317. 0
E	0. 50	0. 79	0. 40	0. 47	0. 70	0. 78	0. 70	0. 60	Cu=0. 831
	0. 611	0. 597	0. 597	0. 598	0. 593	0. 596	0. 599	0. 607	
	3. 33	4. 23	3. 01	3. 26	4. 00	4. 21	3. 98	3. 66	29. 68／3. 71
	304. 6	318. 5	318. 2	317. 1	321. 9	319. 4	216. 2	308. 6	2524. 5／315. 6
F	0. 30	0. 69	0. 50	0. 40	0. 65	0. 70	0. 60	0. 52	Cu=0. 831
	0. 632	0. 605	0. 602	0. 603	0. 601	0. 601	0. 606	0. 613	
	2. 54	3. 93	3. 35	3. 00	3. 83	3. 97	3. 66	3. 39	27. 67／3. 46
	286. 0	310. 4	313. 2	312. 3	314. 8	314. 3	309. 9	302. 5	2463. 4／307. 9
G	0. 42	0. 52	0. 40	0. 40	0. 58	0. 65	0. 70	0. 53	Cu=0. 831
	0. 614	0. 606	0. 605	0. 604	0. 603	0. 605	0. 611	0. 617	
	3. 04	3. 41	2. 99	2. 99	3. 61	3. 81	3. 94	3. 41	27. 20／3. 40
	301. 9	309. 4	310. 2	311. 1	312. 6	310. 3	304. 6	298. 8	2458. 9／307. 4
H	0. 60	0. 58	0. 30	0. 30	0. 48	0. 70	0. 65	0. 50	Cu=0. 831
	0. 611	0. 607	0. 613	0. 616	0. 613	0. 610	0. 615	0. 624	
	3. 64	3. 60	2. 57	2. 57	3. 25	3. 94	3. 78	3. 29	26. 64／3. 33
	304. 3	308. 8	303. 2	300. 1	302. 7	305. 6	301. 2	292. 9	2418. 9／302. 4
平均	3. 35／303. 9	3. 95／315. 4	2. 88／312. 0	3. 08／311. 5	3. 70／315. 7	3. 92／313. 0	3. 78／308. 5	3. 45／300. 4	

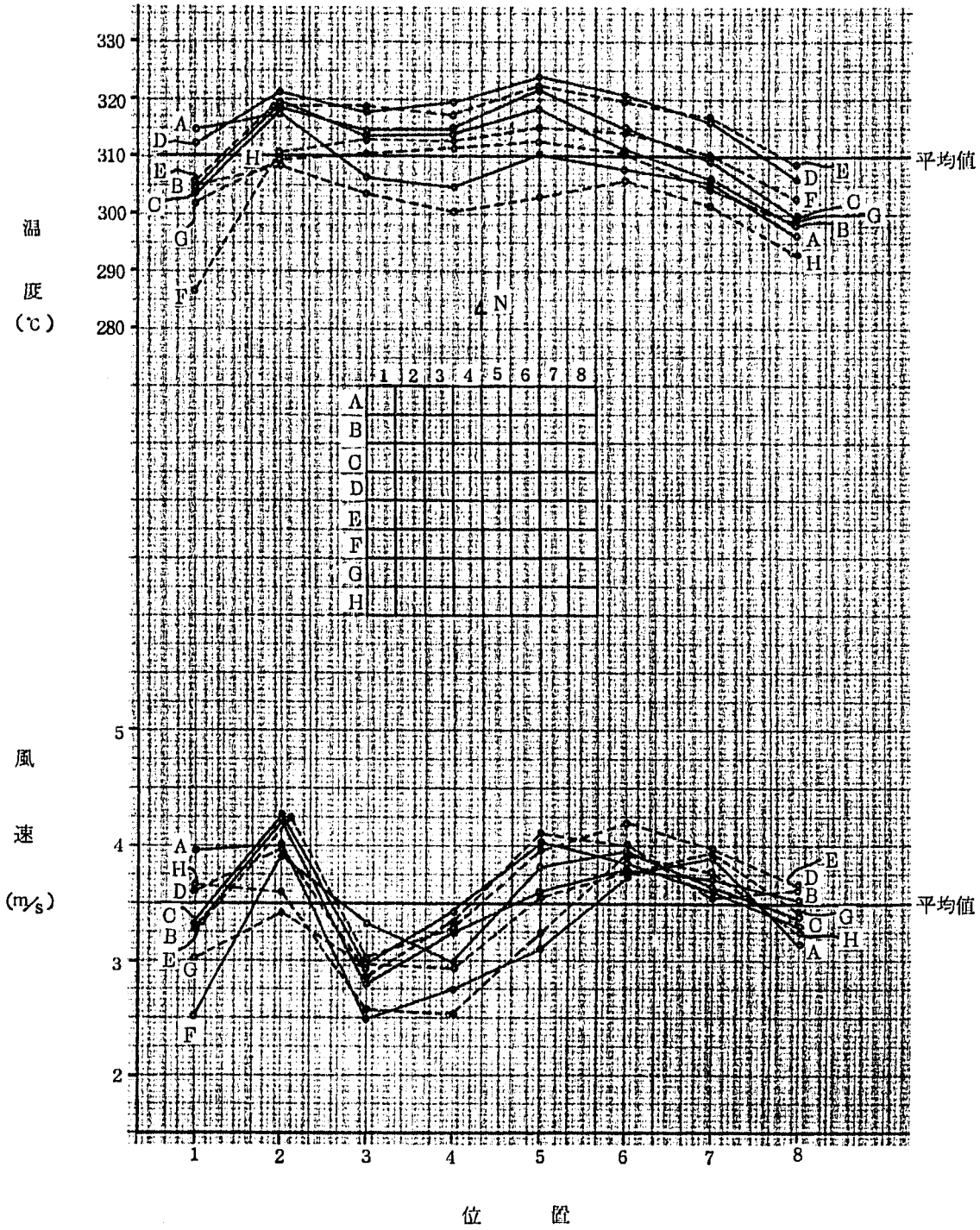
試験月日：6／1

試験炉出力　25　MW

差　圧	mmH_2O
比重量	kg/m^3
風　速	m／s
温　度	℃

$\Sigma V = 224.79$　$\overline{V} = 3.51$ m／s

$\Sigma T = 19842.2$　$\overline{T} = 310.0$



2次主冷却器（2B）出口ダクト風速，温度分布（S 53, 6／1 25MW時測定）ピトー管法

主冷均器（２Ｂ）伝熱計算記録紙

測定日：６月６日

強制通風下限

主冷却器Ｎａ入口温度		375.4	℃	
〃 Ｎａ出口温度		368.6	℃	
Ｎａ流量		$\frac{1252.5}{2}$	m^3/h	
	＊	541.48	t／h	
Ｎａ側除熱量	＊	1.31	MW	
空気入口温度		29.9	℃	
空気出口平均温度		230.8	℃	
平均風速		2.50	m／s	（熱線風速計）
風量	＊	56.51	t／h	
空気側交換熱量	＊	3.19	Mw	
入口ベーン開度		全閉	%	入口ダンパ全閉
ドラフト圧		142.7	mmH_2O	
大気圧		756.5	mmHg	
空気入口湿度		41	%	

＊は計算値を示す。

空　気　側　伝　熱　計　算	測定：6月6日

(1) 出口空気

空気温度　$t_{ao} = 230.8$　〔℃〕

大気圧　$P = 756.5$　〔mmHg〕

比重　$r_{a2} = 1.2931 \times \dfrac{273.15}{273.15 + t_{ao}} \times \dfrac{P}{760}$

$$= 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15 + 230.8} \times \frac{756.5}{760} = 0.6977 \text{〔kg／m}^3\text{〕}$$

(2) 入口空気

空気温度　$t_{ai} = 29.9$　〔℃〕

平均空気温度　$t_{am} = (t_{aD} + t_{ai}) / 2$

$$= \frac{230.8 + 29.9}{2} = 130.4 \text{〔℃〕}$$

平均比熱　$c_{Pm} = 0.242$　〔kcal／kg℃〕

(3) 交換熱量

風量　$w = 1350$　〔m³／min〕

$= 1350 \times r \times 60$

$= 1350 \times 0.6977 \times 60 = 56.51 \times 10^3$　〔kg／h〕

交換熱量　$Q = W_a C_{Pm} (T_{ao} - T_{ai})$

$= 56.51 \times 10^3 \ 0.242 \ (230.8 - 29.9)$

$= 2.747 \times 10^6$〔kcal／h〕

$= 3.19$　〔Mw〕

主冷却器（２Ｂ）出口ダクト内風速記録紙

mV	上段
風速 m／s	下段

試験月日：6／6

測定器具（熱線風速計，ウエスタン型ピトー管（ベッツ型 or MD型）

試験炉出力　7.5　MW

強制通風下限

アドレス	1	2	3	4	5	6	7	8	計
A	3.76	3.68	4.03	2.95	4.55	4.68	3.58	4.41	
	1.88	1.84	2.02	1.48	2.28	2.34	1.94	2.21	15.89／2.00
B	4.33	4.45	4.48	3.02	5.56	4.72	3.77	4.41	
	2.17	2.23	2.24	1.51	2.78	2.36	1.89	2.21	17.39／2.17
C	4.56	5.42	5.85	5.12	5.24	5.72	5.53	2.84	
	2.28	2.71	2.93	2.56	2.62	2.86	2.77	1.42	20.15／2.52
D	4.99	4.84	7.11	5.50	6.40	6.32	5.43	3.28	
	2.50	2.42	3.56	2.75	3.20	3.16	2.72	1.64	21.95／2.74
E	3.48	3.77	6.68	5.36	6.12	6.64	5.72	2.81	
	1.74	1.89	3.34	2.68	3.06	3.32	2.86	1.41	20.30／2.54
F	4.20	3.82	6.16	5.43	5.72	6.76	5.72	2.82	
	2.10	1.81	3.08	2.72	2.86	3.38	2.86	1.41	20.32／2.54
G	6.26	6.45	7.44	6.95	5.21	5.23	3.05	4.54	
	3.13	3.23	3.72	3.48	2.61	2.62	1.53	2.27	22.59／2.82
H	5.98	6.00	6.85	5.93	4.46	5.31	3.71	3.84	
	2.99	3.00	3.43	2.97	2.23	2.66	1.86	1.92	21.06／2.63
計	18.79／2.35	19.23／2.40	24.32／3.04	20.15／2.52	21.64／2.71	22.70／2.84	18.43／2.30	14.49／1.81	$V = \frac{159.75}{2.50}$

N

	1	2	3	4	5	6	7	8
A								
B								
C								
D								
E								
F								
G								
H								

空気流量 $Q = V\frac{60}{64} \cdot 9$

$= 1350$ （m^3／min）

主冷却器（２Ｂ）出口ダクト内空気温度記録紙

	1	2	3	4	5	6	7	8	平　均
A	177. 2	176. 7	207. 5	213. 1	240. 7	201. 9	188. 9	167. 3	1573. 3
平均									196. 7
B	201. 1	193. 9	222. 0	226. 6	253. 7	212. 4	197. 1	172. 3	1679. 1
平均									209. 9
C	205. 7	253. 6	225. 2	247. 7	254. 3	219. 5	238. 5	234. 5	1879. 0
平均									234. 9
D	216. 5	253. 4	221. 2	240. 4	267. 2	215. 8	234. 8	237. 9	1887. 2
平均									235. 9
E	214. 8	243. 8	225. 3	224. 7	258. 2	221. 6	216. 9	236. 6	1841. 9
平均									230. 2
F	209. 2	228. 3	232. 3	221. 5	245. 4	227. 2	215. 0	237. 4	1816. 3
平均									227. 0
G	289. 3	247. 6	280. 8	266. 3	261. 2	249. 6	222. 5	249. 9	2067. 2
平均									258. 4
H	278. 4	242. 3	277. 0	256. 1	257. 2	245. 1	222. 7	250. 0	2028. 9
平均									253. 6
平均	1792.2 / 224.0	1839.6 / 230.0	1891.3 / 236.4	1896.4 / 237.1	2037.9 / 254.7	1793.1 / 224.1	1736.4 / 217.1	1786.0 / 223.3	

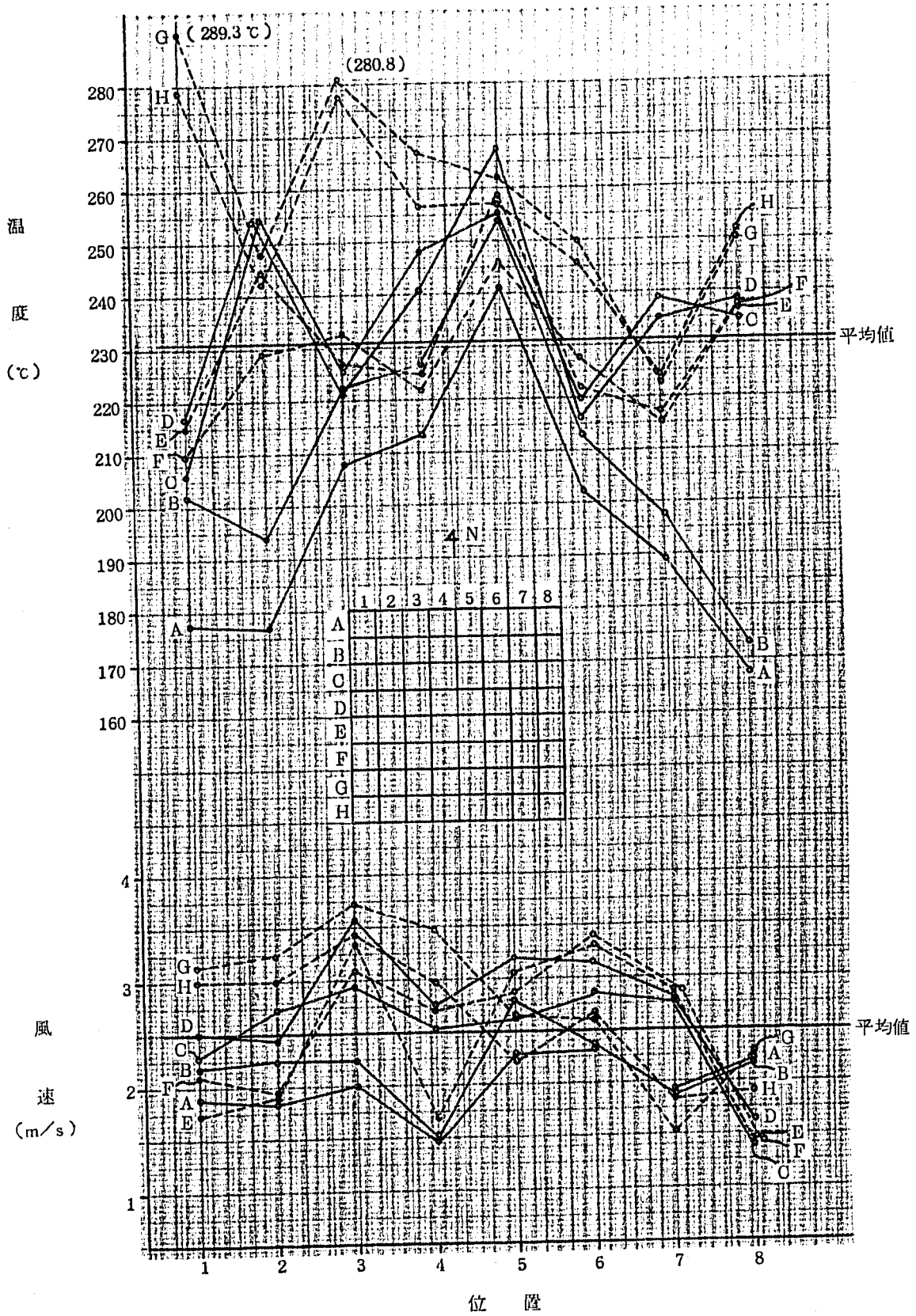
試験月日：6／6

試験炉出力　7. 5　MW

強制通風下限

$\Sigma X = 14772.9$

$\overline{X} = 230.8$ ℃



2次主冷却器（2B）出口ダクト風速，温度分布（S 53, 6／6 強制通風下限測定時 約7.5MW）

主冷却器（２Ｂ）伝熱計算記録紙

測定日：６月９日

主冷却器Ｎａ入口温度		389.5	℃
〃 Ｎａ出口温度		352.3	℃
Ｎａ流量		$\frac{1250.0}{2}$	m³/h
	＊	542.79	t/h
Ｎａ側除熱量	＊	7.21	Mw
空気入口温度		30.6	℃
空気出口平均温度		283.0	℃
平均風速		5.45	m/s
風量	＊	112.66	t/h
空気側交換熱量	＊	8.03	Mw
入口ベーン開度		14.5	%
ドラフト圧		－4.9	mmH_2O
大気圧		763.5	mmHg
空気入口湿度		32	%

（ウエスタン型ピトー管）

＊は計算値を示す。

空　気　側　伝　熱　計　算　　～27 MW　　測定：6月9日

(1)　出口空気

空　気　温　度　tao ＝283.0　〔℃〕

大　気　圧　P ＝763.5　〔mmHg〕

比　　重　r_{a2} ＝ $1.2931 \times \frac{273.15}{273.15+tad} \times \frac{P}{760}$

$= 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15+283.0} \times \frac{763.5}{760} = 0.6380$〔kg／m³〕

(2)　入口空気

空　気　温　度　tai ＝30.6　〔℃〕

平均空気温度　tam ＝（tao＋tai）／2

$= \frac{283.0+30.6}{2} = 156.8$　〔℃〕

平　均　比　熱　CPm ＝0.243　〔kcal／kg℃〕

(3)　交換熱量

風　　量　Wa ＝2943　〔m³／min〕

＝2943 × ra × 60

＝2943 × 0.6380 × 60 ＝ 112.66×10^3　〔kg／h〕

交　換　熱　量　Q ＝WaCPm（Tao－Tai）

＝ $112.66 \times 10^3 \times 0.243$（283.0－30.6）

＝ 6.9098×10^6　〔kcal／h〕

＝8.03　　〔Mw〕

主冷却器（２Ｂ）出口ダクト内風速温度記録紙

差圧 mmAq ／温度℃	上段
風速 m／S	下段

測定器具（熱線風速計 ウェスタン型ピトー管 （ベッツ型 or MD）

試験月日：６／９

アドレス	1	2	3	4	5	6	7	8	計
A	1.72/283.5	1.90/287.2	0.87/277.4	1.18/275.9	1.38/279.6	1.50/279.6	1.37/276.9	1.15/270.7	2230.8/278.9
	6. 11	6. 44	4. 32	5. 03	5. 45	5. 68	5. 42	4. 94	43.39/5.42
B	1.50/277.6	1.90/290.5	0.94/286.8	1.13/282.7	1.40/283.3	1.50/282.5	1.40/280.7	1.30/276.8	2260.9/282.6
	5. 61	6. 38	4. 48	4. 89	5. 44	5. 63	5. 43	5. 22	43.08/5.39
C	1.20/274.2	1.70/291.6	0.89/291.2	0.90/288.8	1.40/292.6	1.58/290.0	1.53/287.8	1.50/286.0	2302.2/287.8
	5. 06	6. 12	4. 42	4. 44	5. 56	5. 89	5. 78	5. 72	42.99/5.37
D	1.52/278.7	1.75/290.4	0.95/291.1	0.90/289.5	1.40/293.1	1.67/291.2	1.60/289.4	1.60/287.7	2311.1/288.9
	5. 65	6. 13	4. 52	4. 39	5. 49	5. 99	5. 85	5. 84	43.86/5.48
E	1.40/274.2	1.98/292.0	1.24/290.8	1.00/289.7	1.57/291.2	1.80/292.6	1.75/291.5	1.70/290.2	2312.2/289.0
	5. 42	6. 55	5. 18	4. 64	5. 83	6. 25	6. 15	6. 06	46.08/5.76
F	0.80/258.4	1.88/284.4	1.07/285.9	1.25/285.0	1.60/285.6	1.70/287.0	1.72/286.7	1.71/285.5	2258.5/282.3
	4. 04	6. 34	4. 79	5. 17	5. 85	6. 04	6. 08	6. 05	44.36/5.55
G	1.13/272.8	1.70/281.8	0.93/281.6	1.20/283.9	1.45/282.8	1.47/278.8	1.40/280.0	1.55/281.4	2243.1/280.4
	4. 86	6. 01	4. 45	5. 06	5. 56	5. 58	5. 45	5. 74	42.71/5.34
H	1.60/279.9	1.70/273.6	0.90/270.0	1.20/275.9	1.30/273.5	1.15/269.1	1.25/273.6	1.59/273.6	2195.2/274.4
	5. 82	6. 00	4. 33	5. 03	5. 22	4. 89	5. 12	5. 77	42.18/5.27
計	42.57/5.32	49.97/6.25	36.49/4.56	38.65/4.83	44.40/5.55	45.95/5.74	45.28/5.66	45.34/5.67	V =
	2199.3/274.4	2297.5/287.2	2274.8/284.4	2271.4/283.9	2281.7/285.2	2270.8/283.9	2266.6/283.3	2251.9/281.5	

N

	1	2	3	4	5	6	7	8
A								
B								
C								
D								
E								
F								
G								
H								

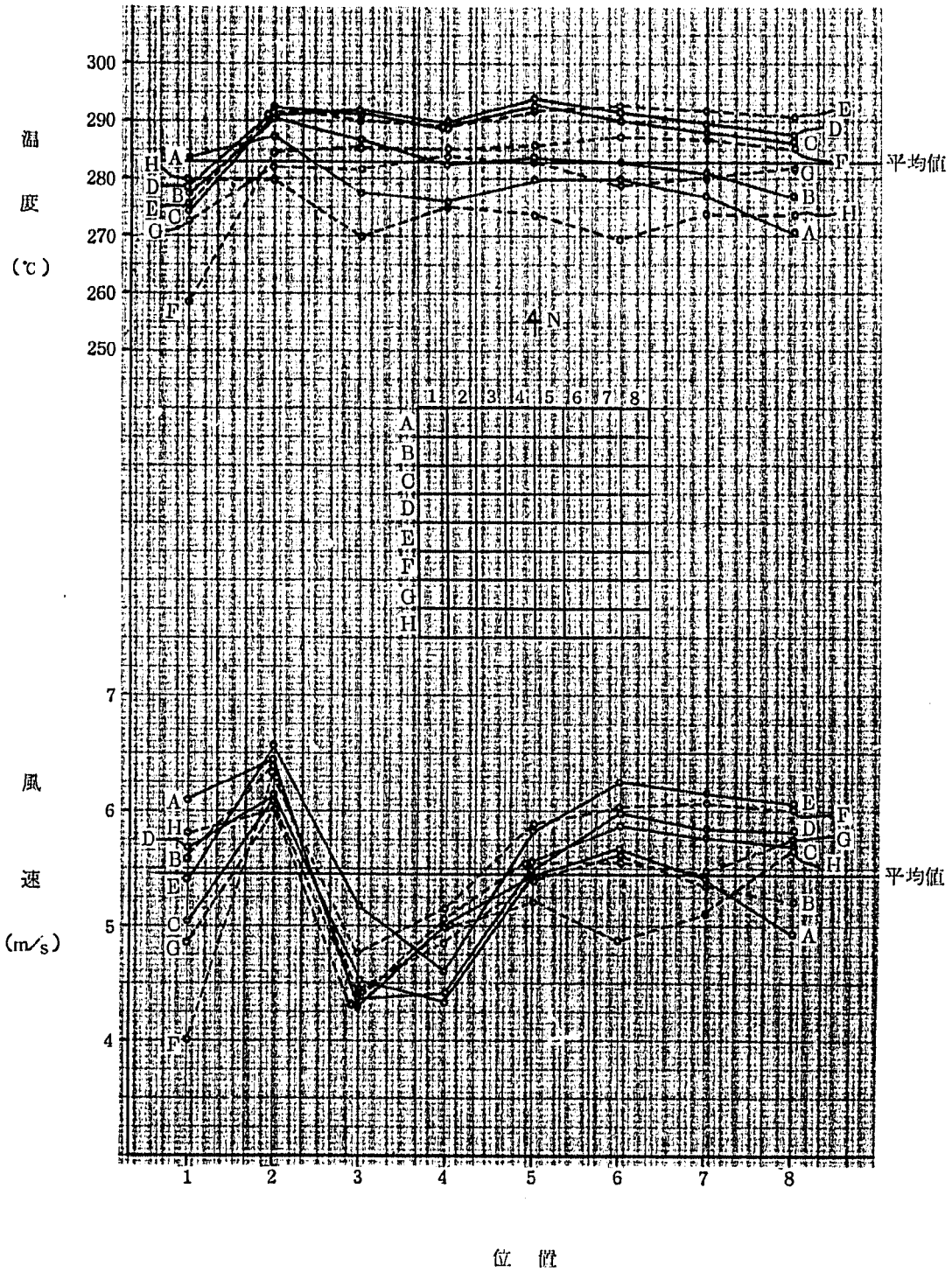
主冷却器（２Ｂ）ダクト

$\Sigma X = 348.65$　$\Sigma T = 18114.0$

$\bar{X} = 5.45$ m/S　$\bar{T} = 283.0$ ℃

空気流量 $Q = V \frac{60}{64} \cdot 9$

$= 2943$ (m^3/min)



S 53, 6／9
2次主冷却器（2B）出口ダクト風速，温度分布（炉内ミキシング試験時）
約30MW相当

主冷却器（２Ｂ）伝熱計算記録紙

測定日：6月12日

自然通風（最大）

主冷却器Ｎａ入口温度	396.2	℃
〃 Ｎａ出口温度	369.4	℃
Ｎａ流量	1249.4 / 2	m^3/h
＊	539.80	t／h
Ｎａ側除熱量 ＊	5.15	Mw
空気入口温度	23.0	℃
空気出口平均温度	309.3	℃
平均風速	3.52	m／s (ウェスタン型ピトー管)
風量 ＊	68.55	t／h
空気側交換熱量 ＊	5.55	Mw
入口ベーン開度	100	%
ドラフト圧	－8.2	mmH_2O
大気圧	754.0	mmHg
空気入口湿度	72	%

＊は計算値を示す。

空 気 側 伝 熱 計 算	測定：6月12日

(1) 出口空気

空 気 温 度　$t_{ao} = 309.3$　〔℃〕

大 気 圧　$P = 754.0$　〔mmHg〕

比　重　$r_{a2} = 1.2931 \times \dfrac{273.15}{273.15 + t_{ad}} \times \dfrac{P}{760}$

$$= 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15 + 309.3} \times \frac{754}{760} = 0.6016 \text{〔kg／m}^3\text{〕}$$

(2) 入口空気

空 気 温 度　$t_{ai} = 23.0$　〔℃〕

平均空気温度　$t_{am} = (t_{ao} + t_{ai}) / 2$

$$= \frac{309.3 + 23.0}{2} = 166.2 \quad \text{〔℃〕}$$

平 均 比 熱　$C_{Pm} = 0.243$　〔kcal／kg℃〕

(3) 交換熱量

風　量　$W_a = 1899$　〔m^3／min〕

$= 1899 \times \gamma_a \times 60$

$= 1899 \times 0.6016 \times 60 = 68.55 \times 10^3$　〔kg／h〕

交 換 熱 量　$Q = W_a C_{Pm} (T_{ao} - T_{ai})$

$= 68.55 \times 10^3 \times 0.243 \times (309.3 - 23.0)$

$= 4.769 \times 10^6$　〔kcal／h〕

$= 5.55$　〔Mw〕

主冷却器（２Ｂ）出口ダクト内風速温度記録紙

差圧mmAq／温度℃	上段
風速m／s	下段

試験月日：6／12

測定器具（熱線風速計，ウエスタン型ピトー管）（ベッツ型 or ＭＤ型）

試験炉出力　23　MW

アドレス	1	2	3	4	5	6	7	8	計
A	0.72/314.8	0.73/315.7	0.30/303.8	0.42/301.8	0.48/304.6	0.53/304.7	0.52/304.3	0.40/297.4	2147.1/305.9
	4.06	4.09	2.60	3.07	3.29	3.46	3.42	2.98	26.97/3.37
B	0.58/304.6	0.77/317.5	0.37/312.0	0.53/313.2	0.68/316.4	0.56/308.7	0.50/308.7	0.42/300.8	2481.9/310.2
	3.57	4.16	2.87	3.44	3.91	3.52	3.33	3.03	27.83/3.48
C	0.56/307.0	0.80/307.8	0.40/319.7	0.52/319.6	0.70/323.7	0.70/316.7	0.60/309.3	0.52/305.0	2508.8/313.6
	3.56	4.26	3.04	3.47	4.04	4.01	3.69	3.42	29.49/3.69
D	0.60/311.0	0.80/311.1	0.40/322.0	0.65/319.5	0.77/325.4	0.73/317.9	0.70/312.1	0.60/307.7	2526.7/315.8
	3.65	4.22	3.01	3.83	4.19	4.05	3.95	3.64	30.54/3.82
E	0.57/303.2	0.82/318.4	0.45/316.8	0.50/316.8	0.70/320.0	0.72/317.1	0.68/313.4	0.58/307.2	2512.9/314.1
	3.55	4.31	3.19	3.36	3.99	4.04	3.91	3.59	29.94/3.74
F	0.30/289.6	0.68/308.8	0.55/312.8	0.43/309.8	0.65/312.3	0.65/311.1	0.58/306.6	0.60/299.4	2450.4/306.3
	2.54	3.89	3.51	3.10	3.82	3.82	3.59	3.63	27.90/3.49
G	0.50/305.1	0.60/306.5	0.40/309.1	0.38/308.1	0.58/309.9	0.60/310.2	0.52/305.7	0.48/299.2	2453.8/306.7
	3.33	3.65	2.99	2.91	3.60	3.66	3.40	3.25	26.79/3.35
H	0.63/306.8	0.52/306.2	0.33/300.3	0.35/297.6	0.48/302.2	0.57/304.0	0.48/301.1	0.40/294.7	2413.0/301.6
	3.74	3.40	2.69	2.77	3.25	3.55	3.25	2.95	25.60/3.20
計	28.00/3.50	31.98/4.00	23.90/2.99	25.95/3.24	30.09/3.76	30.11/3.76	28.54/3.57	26.49/3.31	V＝
	2442.1/305.3	2492.0/311.5	2496.5/312.1	2486.4/310.8	2514.6/314.3	2490.4/311.3	2461.2/307.7	2411.4/301.4	

N

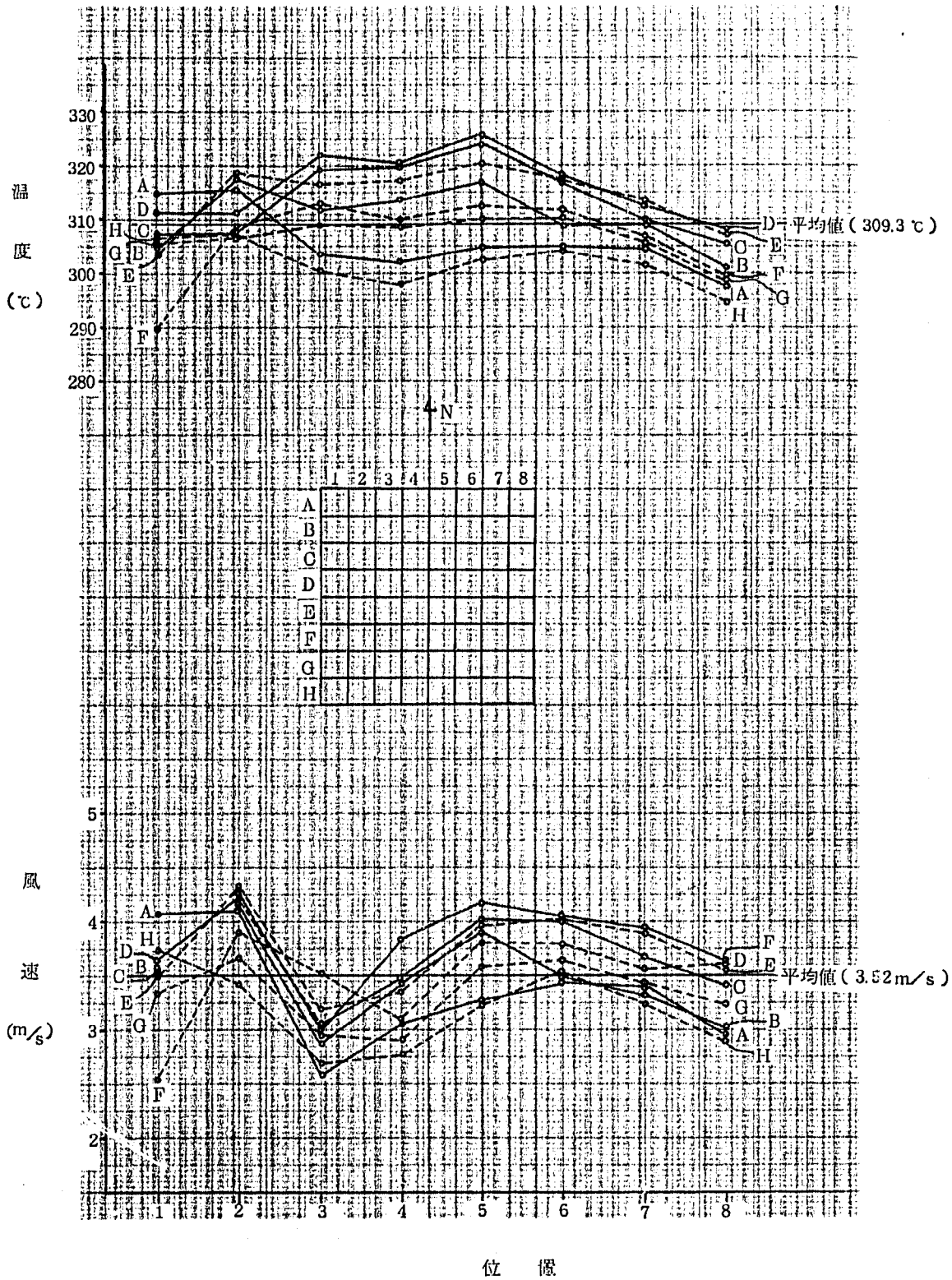
	1	2	3	4	5	6	7	8
A								
B								
C								
D								
E								
F								
G								
H								

$\Sigma V = 225.06$　　$\Sigma T = 19794.6$

$V = 3.52$（m／s）　$T = 309.3$℃

空気流量 $Q = V \frac{60}{64} \cdot 9$

$= 1898.9$（m^3／min）



S 53, 6／12
2次主冷却器（2B）出口ダクト風速，風温分布（自然通風23MW除熱時）
ピトー管による測定

主冷却器（２Ｂ）伝熱計算記録紙

測定日：６月２８日

主冷却器Ｎａ入口温度		412.0	℃
〃 Ｎａ出口温度		368.7	℃
Ｎａ流量		$\frac{1245.6}{2}$	m^3/h
	＊	538.51	t／h
Ｎａ側除熱量	＊	8.30	Mw
空気入口温度		20.5	℃
空気出口平均温度		291.0	℃
平均風速		6.05	m／s (ピトー管)
風量	＊	122.73	t／h
空気側交換熱量	＊	9.38	Mw
入口ベーン開度		14.3	%
ドラフト圧		－3.9	mmH_2O
大気圧		750.0	mmHg
空気入口湿度		75.7	%

＊は計算値を示す。

空 気 側 伝 熱 計 算	測定：6月28日

(1) 出口空気

空 気 温 度 $t_{ao} = 291.0$ 〔℃〕

大 気 圧 $P = 750.0$ 〔mmHg〕 at 30.0℃

比 重 $r_{a2} = 1.2931 \times \dfrac{273.15}{273.15 + t_{ao}}$

$= 1.2931 \times \dfrac{273.15}{273.15 + 291.0} = 0.6261$ 〔kg／m³〕

(2) 入口空気

空 気 温 度 $t_{ai} = 20.5$ 〔℃〕

平均空気温度 $t_{am} = (t_{ao} + t_{ai}) / 2$

$= \dfrac{291.0 + 20.5}{2} = 155.8$ 〔℃〕

平 均 比 熱 $C_{Pm} = 0.243$ 〔kcal／kg℃〕

(3) 交換熱量

風 量 $W_a = 3267$ 〔m³／min〕

$= 3267 \times r_a \times 60$

$= 3267 \times 0.6261 \times 60 = 122.73 \times 10^3$ 〔kg／h〕

交 換 熱 量 $Q = W_a C_{Pm} (T_{ao} - T_{ai})$

$= 122.73 \times 10^3 \times 0.243 \times (291.0 - 20.5)$

$= 8.0671 \times 10^6$ 〔kcal／h〕

$= 9.38$ 〔Mw〕

主冷却器（２Ｂ）出口ダクト内空気温度風速記録紙

	1	2	3	4	5	6	7	8	平　　均
A	2.12	2.28	1.12	1.32	1.60	1.82	1.60	1.48	Cu＝0.838
	291.4	293.8	283.6	279.6	281.6	284.8	281.3	275.6	2271.7／284.0
	6.83	7.10	4.93	5.33	5.88	6.29	5.88	5.63	47.87／5.98
B	1.82	2.28	1.08	1.30	1.62	1.83	1.72	1.67	Cu＝ 0.828
	289.2	299.0	294.4	290.5	289.9	290.8	288.5	282.7	2325.0／290.6
	6.24	7.05	4.83	5.28	5.89	6.27	6.06	5.94	47.56／5.95
C	1.62	1.88	1.02	1.02	1.65	1.88	1.86	1.85	Cu＝0.838
	283.5	299.0	296.8	294.8	295.3	294.7	294.2	292.6	2350.9／293.9
	5.93	6.48	4.76	4.75	6.05	6.45	6.41	6.39	47.22／5.90
D	1.85	1.90	1.15	1.08	1.68	2.00	1.92	1.92	Cu＝0.828
	289.9	300.4	298.5	298.5	302.2	299.5	296.0	295.5	2380.5／297.6
	6.30	6.44	5.00	4.85	6.04	6.60	6.45	6.45	48.13／6.02
E	1.60	2.28	1.44	1.25	1.88	2.06	2.08	2.04	Cu＝0.831
	281.9	298.5	298.1	297.2	300.0	299.8	299.0	296.4	2370.9／296.4
	5.83	7.07	5.62	5.23	6.43	6.73	6.75	6.67	50.33／6.29
F	1.20	2.10	1.50	1.46	1.92	2.05	2.00	2.15	Cu＝0.831
	268.3	291.2	294.8	293.4	294.5	295.3	295.0	293.1	2325.6／290.7
	4.99	6.74	5.71	5.63	6.46	6.68	6.60	6.83	49.64／6.21
G	1.60	2.10	1.12	1.52	1.74	1.84	1.68	1.92	Cu＝0.831
	286.5	291.5	291.5	291.9	290.0	288.8	288.0	290.4	2318.6／289.8
	5.86	6.74	4.92	5.74	6.13	6.30	6.01	6.44	48.14／6.02
H	2.05	2.02	1.18	1.58	1.68	1.68	1.63	1.92	Cu＝0.831
	292.1	289.1	281.6	283.9	283.2	284.3	282.8	285.1	2282.1／285.3
	6.66	6.60	5.01	5.87	5.99	5.99	5.89	6.41	48.36／6.05
平均	2282.8／285.4	2362.5／295.3	2339.3／292.4	2329.8／291.2	2336.7／292.1	2338／292.3	2324.8／290.6	2311.4／288.9	18625.3／291.0
平均	48.64／6.08	54.22／6.78	40.78／5.10	92.68／5.34	48.87／6.11	51.31／6.41	50.05／6.26	50.76／6.35	387.3／6.05

試験月日：6／28

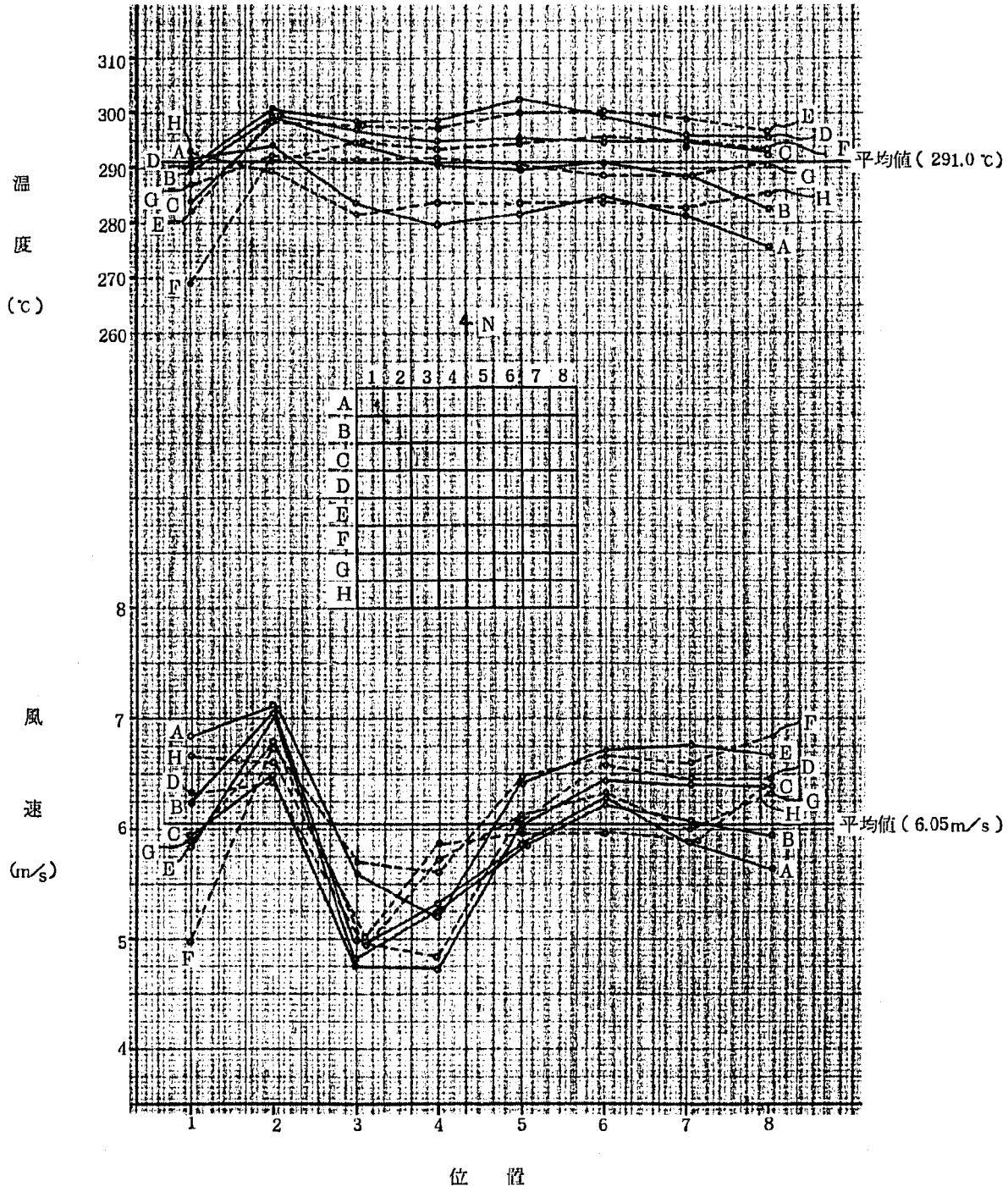
試験炉出力　40MW

差圧	mmAg
温度	℃
風速	m／s

差圧　mmAq
温度　℃
風速　m／s

平均温度 291.0 ℃

平均風速 6.05 m／s　3267 m^3/min



2次主冷却器（2B）出口ダクト風速，温度分布 (S 53, 6／28 40MW時測定 ピトー管法)

主冷却器（２Ｂ）伝熱計算記録紙

測定日：７月４日

主冷却器Ｎａ入口温度		412.1	℃	
〃 Ｎａ出口温度		366.1	℃	
Ｎａ 流量		1247.3／2	m^3／h	
	＊	539.5	t／h	
Ｎａ側除熱量	＊	8.82	Mw	
空気入口温度		31.8	℃	
空気出口平均温度		287.6	℃	
平均風速		6.61	m／s	
風量	＊	133.7	t／h	（1912.7 m^3／min at 30℃）
空気側交換熱量	＊	9.67	Mw	
入口ベーン開度		17.5	%	
ドラフト圧		0.8	mmH_2O	
大気圧		753.4	mmHg	
空気入口湿度		57	%	

＊は計算値を示す。

空 気 側 伝 熱 計 算	測定：7月4日

(1) 出口空気

空 気 温 度　$t_{ao} = 287.6$　〔℃〕

大 気 圧　$P = 753.4$　〔mmHg〕

比　重　$r_{a2} = 1.2931 \times \dfrac{273.15}{273.15 + t_{ao}} \times \dfrac{P}{760}$

$$= 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15 + 287.6} \times \frac{753.4}{760} = 0.6244 \text{〔kg／m}^3\text{〕}$$

(2) 入口空気

空 気 温 度　$t_{ai} = 31.8$　〔℃〕

平均空気温度　$t_{am} = (t_{ao} + t_{ai}) / 2$

$$= \frac{287.6 + 31.8}{2} = 159.7 \quad \text{〔℃〕}$$

平 均 比 熱　$C_{Pm} = 0.243$　〔kcal／kg℃〕

(3) 交換熱量

風　量　$W_a = 3569.4$　〔m³／min〕

$= 3569.4 \times \gamma_a \times 60$

$= 3569.4 \times 0.6244 \times 60 = 1.3372 \times 10^5$　〔kg／h〕

交 換 熱 量　$Q = W_a C_{Pm} (T_{ao} - T_{ai})$

$= 1.3372 \times 10^5 \times 0.243 \times (287.6 - 31.8)$

$= 8.312 \times 10^6$　〔kcal／h〕

$= 9.665$　〔Mw〕

主冷却器（２Ｂ）出口ダクト内空気温度風速記録紙

	1	2	3	4	5	6	7	8	平　均
A	1.22	2.80	1.30	1.75	2.09	2.32	2.16	2.00	Cu=0.838
	287.3	289.9	282.3	278.4	279.5	281.4	280.2	276.1	2255.1/281.9
	5.16	7.84	5.31	6.13	6.71	7.08	6.83	6.54	51.6/6.45
B	2.20	2.82	1.30	1.62	2.09	2.35	2.20	2.13	Cu=0.828
	285.1	294.5	290.8	287.4	285.8	287.3	285.5	282.5	2298.9/287.4
	6.84	7.80	5.28	5.88	6.67	7.08	6.84	6.71	53.1/6.64
C	1.90	2.30	1.22	1.35	1.96	2.40	2.30	2.00	Cu=0.838
	281.1	295.0	292.7	292.1	293.2	293.7	291.5	289.9	2329.2/291.2
	6.41	7.14	5.19	5.45	6.58	7.28	7.11	6.63	51.79/6.47
D	2.52	2.40	1.35	1.35	2.00	2.48	2.42	2.10	Cu=0.828
	288.8	294.4	292.8	293.6	296.4	295.5	293.6	291.8	2346.9/293.4
	7.34	7.20	5.39	5.40	6.58	7.33	7.22	6.72	53.18/6.65
E	1.95	2.80	1.90	1.40	2.10	2.55	2.55	1.96	Cu=0.831
	279.7	293.6	293.1	292.7	294.2	294.8	294.4	291.5	2334.0/291.8
	6.43	7.80	6.42	5.51	6.76	7.45	7.45	6.51	554.33/6.79
F	1.20	2.68	1.90	1.65	2.32	2.50	2.55	1.70	Cu=0.831
	266.6	286.3	289.7	288.6	289.7	290.8	291.4	290.0	2293.1/286.6
	4.98	7.58	6.40	5.96	7.07	7.35	7.43	6 06	52.83/6.60
G	1.95	2.60	1.30	1.68	2.14	2.33	2.18	2.36	Cu=0.831
	282.0	288.8	287.3	287.8	285.9	287.0	287.2	287.3	2293.3/286.7
	6.44	7.48	5.28	6.01	6.77	7.07	6.84	7.12	53.01/6.63
H	2.40	2.52	1.40	1.90	2.10	2.08	2.10	2.32	Cu=0.831
	287.3	284.4	276.4	279.5	280.4	281.2	282.2	283.5	2254.9/281.9
	7.18	7.34	5.43	6.34	6.68	6.65	6.69	7.04	53.35/6.67
平均	2257.9/282.2	2326.9/280.9	2305.1/288.1	2300.1/287.5	2305.1/288.1	2311.7/289.0	2306.0/288.3	2292.6/286.6	
	50.78/6.35	60.18/7.52	44.7/5.59	46.68/5.84	53.82/6.73	57.29/7.16	56.41/7.05	53.33/6.67	

試験月日：7／4

試験炉出力　　MW

差圧 mmAq
温度　℃
風速　m／s

$\Sigma V = 423.19$　　$\overline{V} = 6.61$ m/s

$\Sigma T = 18405.4$　　$\overline{T} = 287.6$ ℃

主冷却器（２Ｂ）伝熱計算記録紙

測定日：７月６日

主冷却器Ｎａ入口温度		418.7	℃	
〃　Ｎａ出口温度		364.0	℃	
Ｎａ流量		1250.4／2	m^3／h	
	＊	541.2	t／h	
Ｎａ側除熱量	＊	10.53	Mw	
空気入口温度		29.9	℃	
空気出口平均温度		273.3	℃	
平均風速		8.34	m／s	
風量	＊	173.9	t／h	（2487.8 m^3/min at 30 ℃）
空気側交換熱量	＊	11.96	Mw	
入口ベーン開度		20.8	%	
ドラフト圧		6.1	mmH_2O	
大気圧		756.7	mmHg	
空気入口湿度		59	%	

＊は計算値を示す。

空 気 側 伝 熱 計 算	測定：7月6日

(1) 出口空気

空 気 温 度　tao ＝273.3　〔℃〕

大 気 圧　P ＝756.7　〔mmHg〕

比 重　$r_{a2} = 1.2931 \times \dfrac{273.15}{273.15+tao} \times \dfrac{P}{760}$

$= 1.2931 \times \dfrac{273.15}{273.15+273.3} \times \dfrac{756.7}{760} = 0.6436$〔kg／m³〕

(2) 入口空気

空 気 温 度　tai＝29.9　〔℃〕

平均空気温度　tam＝(tao ＋ tai)／2

$= \dfrac{29.9+273.3}{2} = 151.6$　〔℃〕

平 均 比 熱　C_{Pm}＝0.243　〔kcal／kg℃〕

(3) 交換熱量

風 量　Wa＝4503.6　〔m³／min〕

＝4503.6 × γa × 60

＝4503.6 × 0.6436 × 60 ＝173.9 × 10^3　〔kg／h〕

交 換 熱 量　Q ＝Wa C_{Pm} (Tao －Tai)

＝173.9 × 10^3 × 0.243×(273.3－29.9)

＝1.0286 × 10^7　〔kcal／h〕

＝11.96　〔Mw〕

主冷却器（２Ｂ）出口ダクト内空気温度風速記録紙

	1	2	3	4	5	6	7	8	平　均
A	4. 20	4. 45	2. 10	2. 80	3. 30	3. 85	3. 45	3, 28	Cu=0, 838
	273. 8	275. 5	266. 3	262. 7	264. 2	267. 2	266. 8	265, 4	2141, 9/267, 7
	9. 46	9. 76	6. 65	7. 65	8. 31	9. 00	8. 52	8, 30	67, 65/8, 46
B	3. 53	4. 20	2. 00	2. 43	3. 30	3. 79	3. 68	3, 46	Cu=0, 828
	272. 3	279. 1	275. 6	271. 9	271. 1	272. 6	271. 6	270, 0	2184, 2/273, 0
	8. 56	9. 39	6. 46	7. 10	8. 27	8. 83	8. 73	8, 46	65, 80/8, 23
C	3.1 5	3. 50	1. 68	1. 96	3. 25	3. 80	3. 72	3, 85	Cu=0, 838
	270. 2	279. 4	276. 8	276. 1	277. 1	277. 5	276. 7	274, 6	2208, 4/276, 1
	8. 17	8. 68	6. 00	6. 48	8. 35	9. 03	8. 93	9, 07	64, 71/8, 09
D	3. 82	3. 60	2. 15	2. 15	3. 28	3. 90	3. 90	3, 80	Cu=0, 828
	272. 1	279. 9	278. 4	278. 4	280. 1	279. 4	278 4	275, 9	2222, 6/277, 8
	8. 90	8. 70	6. 72	6. 72	8. 31	9. 06	9. 05	8, 91	66, 37/8, 30
E	2. 95	4. 25	3. 05	2. 20	3. 38	3. 90	4. 00	3, 86	Cu=0, 831
	264. 7	278. 5	278. 7	277. 6	278. 4	280. 0	278. 1	277, 2	2213, 2/276, 7
	7. 80	9. 48	8. 03	6. 81	8. 45	9. 09	9. 19	9, 02	67, 87/8, 48
F	2. 35	4. 25	2. 68	2. 76	3. 60	3. 92	4. 06	4, 02	Cu=0, 831
	259. 1	275. 2	276. 8	274. 2	275. 2	277. 1	276. 2	275, 9	2189, 7/273, 7
	6. 92	9. 45	7. 52	7. 61	8. 70	9. 09	9. 25	9, 20	67, 74/8, 47
G	3. 12	4. 10	2. 10	2. 88	3. 52	3. 76	3. 55	3, 70	Cu=0, 831
	269. 4	275. 2	273. 2	272. 8	271. 5	273. 4	272 3	272, 9	2180, 7/272, 6
	8. 06	9. 28	6. 63	7. 76	8. 57	8. 88	8. 62	8, 80	66, 60/8, 33
H	3. 80	3. 98	2. 40	3. 08	3. 36	3. 40	3. 35	3, 75	Cu=0, 831
	273, 4	272. 0	263. 6	265. 4	267. 1	268. 6	270. 0	269, 6	2149, 7/268, 7
	8. 92	9. 12	7. 03	7. 97	8. 34	8. 40	8. 35	8, 83	66, 96/8, 37
平均	2155. 0/263. 4 66. 79/8. 35	2214. 8/276. 9 73. 86/9. 23	2189. 4/273. 7 55. 04/6, 88	2179. 1/272. 4 58. 10/7. 26	2184. 7/273. 1 67. 30/8. 41	2195. 8/274. 5 71. 38/8. 92	2190. 1/273. 8 70. 64/8. 83	2181, 5/272, 7 70, 59/8, 82	

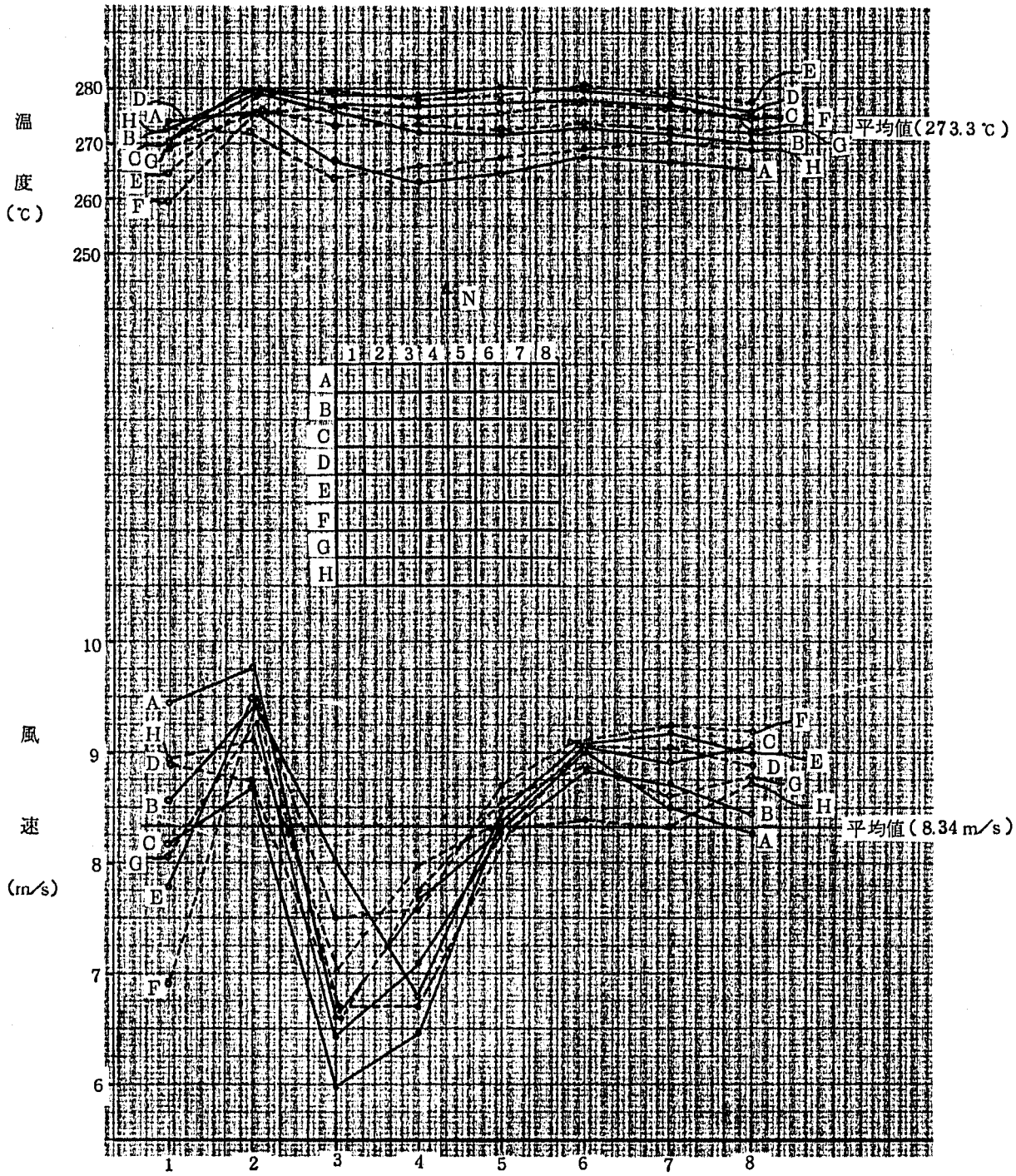
試験月日：7/6　　測定開始　：
測定終了　：

試験炉出力　50　MW

差圧	mmAg
温度	℃
風速	m/s

$\Sigma V = 533, 7$　　$\overline{V} = 8, 34$

$\Sigma T = 17490, 4$　　$\overline{T} = 273, 3$



S 53, 7／6

2次主冷却器（2B）出口ダクト風速，温度分布（50MW時測定）

ピトー管法

主冷却器（２Ｂ）伝熱計算記録紙

測定日：７月１３日

主冷却器Ｎａ入口温度		422.6	℃	
〃 Ｎａ出口温度		364.8	℃	
Ｎａ流量		1247.48／2	m^3／h	
	＊	539.873	t／h	
Ｎａ側除熱量	＊	11.10	Mw	
空気入口温度		29.8	℃	
空気出口平均温度		270.5	℃	
平均風速		8.92	m／s	
風量	＊	189.2	t／h	（2706.7 m^3／min）at 30 ℃
空気側交換熱量	＊	12.87	Mw	
入口ベーン開度		21	%	
ドラフト圧		8.6	mmH_2O	
大気圧		765.7	mmHg	
空気入口湿度		60	%	

＊は計算値を示す。

空 気 側 伝 熱 計 算	測定：7月13日

(1) 出口空気

空 気 温 度 $t_{ao} = 270.5$ 〔℃〕

大 気 圧 $P = 765.7$ 〔mmHg〕

比 重 $r_{a2} = 1.2931 \times \dfrac{273.15}{273.15+t_{ao}} \times \dfrac{P}{760}$

$= 1.2931 \times \dfrac{273.15}{273.15+270.5} \times \dfrac{765.7}{760} = 0.6546$ 〔kg／m³〕

(2) 入口空気

空 気 温 度 $t_{ai} = 29.8$ 〔℃〕

平均空気温度 $t_{am} = (t_{ao} + t_{ai})/2$

$= \dfrac{270.5+29.8}{2} = 150.2$ 〔℃〕

平 均 比 熱 $C_{Pm} = 0.243$ 〔kcal／kg℃〕

(3) 交換熱量

風 量 $W_a = 4816.8$ 〔m³／min〕

$= 4816.8 \times r_a \times 60$

$= 4816.8 \times 0.6546 \times 60 = 189.2 \times 10^3$ 〔kg／h〕

交 換 熱 量 $Q = W_a C_{Pm} (T_{ao} - T_{ai})$

$= 189.2 \times 10^3 \times 0.243 \times (270.5 - 29.8)$

$= 1.1066 \times 10^7$ 〔kcal／h〕

$= 12.87$ 〔Mw〕

主冷却器（２Ｂ）出口ダクト内空気温度風速記録紙

	1	2	3	4	5	6	7	8	平　均
A	4.80	5.12	2.32	3.15	3.80	4.23	4.07	3.72	Cu=0.838
	270.5	272.3	264.8	260.1	261.7	264.5	264.0	262.2	2120.1/265.0
	10.09	10.43	6.97	8.09	8.90	9.42	9.23	8.81	71.94/8.99
B	4.10	4.93	2.35	2.95	3.90	4.20	4.18	3.90	Cu=0.828
	267.8	276.2	272.3	268.8	267.8	269.1	268.4	266.7	2157.1/269.6
	9.19	10.15	6.98	8.00	8.96	9.31	9.28	8.95	70.82/8.85
C	4.35	4.20	1.95	2.25	3.53	4.32	4.24	4.30	Cu=0.838
	271.1	276.8	274.8	273.0	274.8	275.2	273.2	271.1	2190.0/273.8
	9.61	9.49	6.45	6.92	8.68	9.61	9.50	9.55	69.81/8.73
D	5.00	4.00	2.30	2.33	3.60	4.30	4.38	4.30	Cu=0.828
	274.8	276.9	275.4	275.3	276.7	276.6	274.8	271.9	2202.4/275.3
	10.21	9.15	6.93	6.97	8.68	9.48	9.56	9.44	70.42/8.80
E	4.50	4.95	3.10	2.50	3.95	4.48	4.56	4.35	Cu=0.831
	270.8	277.0	272.9	274.7	275.6	276.8	275.8	274.4	2198.0/274.8
	9.69	10.22	8.06	7.25	9.12	9.72	9.80	9.55	73.41/9.18
F	2.70	4.78	3.30	3.12	4.22	4.50	4.68	4.60	Cu=0.831
	254.0	271.2	275.8	272.0	273.2	272.5	273.1	271.8	2163.6/270.5
	7.39	9.99	8.33	8.07	9.40	9.70	9.90	9.80	72.58/9.07
G	3.35	4.70	2.42	3.20	3.98	4.25	4.10	4.30	Cu=0.831
	263.6	271.8	269.7	269.2	268.1	270.2	270.2	270.0	2152.8/269.1
	8.30	9.91	7.10	8.16	9.09	9.41	9.24	9.46	70.67/8.83
H	4.40	4.45	2.70	3.50	3.90	3.90	3.85	4.18	Cu=0.831
	269.4	268.4	260.7	262.7	264.0	266.3	267.2	266.5	2125.2/265.7
	9.57	9.61	7.43	8.48	8.96	8.98	8.93	9.30	71.26/8.91
平均	2142.0/267.8	2190.6/273.8	2166.4/270.8	2155.8/269.5	2161.9/270.2	2171.2/271.4	2166.7/270.8	2154.6/269.3	
平均	74.05/9.26	78.95/9.87	58.25/7.28	61.94/7.74	71.78/8.97	75.63/9.45	75.44/9.43	74.86/9.36	

試験月日：7/13

試験炉出力　50　MW

差圧	mmAg
温度	℃
風速	m/s

$\Sigma T = 17309.2$　　$\overline{T} = 270.5$ ℃

$\Sigma V = 570.91$　　$\overline{V} = 8.92$ m/s

主冷却器（２Ｂ）伝熱計算記録紙

１次系流量変化　　測定日：７月28日

主冷却器Ｎａ入口温度		415.0	℃
〃　Ｎａ出口温度		369.9	℃
Ｎａ流量		1248.655／2	m^3／h
		539.639	t／h
Ｎａ側除熱量	＊	8.656	Mw
空気入口温度		30.9	℃
空気出口平均温度		292.4	℃
平均風速		6.52	m／s
風量	＊	132.0	t／h
空気側交換熱量	＊	9.61	Mw
入口ベーン開度		16.8	%
ドラフト圧		0.2	mmH_2O
大気圧		760.4	mmHg
空気入口湿度		66	%

＊は計算値を示す。

空 気 側 伝 熱 計 算 （1次系流量変化） 測定：7月28日

(1) 出口空気

空 気 温 度 $t_{ao} = 292.4$ 〔℃〕

大 気 圧 $P = 760.4$ 〔mmHg〕

比 重 $r_{a2} = 1.2931 \times \dfrac{273.15}{273.15+t_{ao}} \times \dfrac{P}{760}$

$$= 1.2931 \times \frac{273.15}{273.15+292.4} \times \frac{760.4}{760} = 0.6249 \text{〔kg／m}^3\text{〕}$$

(2) 入口空気

空 気 温 度 $t_{ai} = 30.9$ 〔℃〕

平均空気温度 $t_{am} = (t_{ao} + t_{ai}) / 2$

$$= \frac{292.4+30.9}{2} = 161.7 \text{〔℃〕}$$

平 均 比 熱 $C_{Pm} = 0.243$ 〔kcal／kg℃〕

(3) 交換熱量

風 量 $W_a = 3520.8$ 〔m³／min〕

$= 3520.8 \times \gamma a \times 60$

$= 3520.8 \times 0.6249 \times 60 = 132.009 \times 10^3$ 〔kg／h〕

交 換 熱 量 $Q = W_a C_{Pm} (T_{ao} - T_{ai})$

$= 130.009 \times 10^3 \times 0.243 \times (292.4 - 30.9)$

$= 8.261 \times 10^6$ 〔kcal／h〕

$= 9.61$ 〔Mw〕

主冷却器（２Ｂ）出口ダクト内空気温度風速記録紙

	1	2	3	4	5	6	7	8	平　均
A	2.42	2.50	1.20	1.62	2.00	2.15	1.95	1.80	△P
	295.4	296.5	288.1	284.2	285.4	288.0	285.3	282.8	℃
									Cu=0 838
	7.32	7.45	5.12	5.93	6.60	6.86	6.52	6.25	m/s
B	2.13	2.50	1.18	1.50	2.02	2.18	2.10	1.95	
	291.6	299.2	295.8	292.0	289.5	291.5	291.5	289.5	
									Cu=0.828
	6.77	7.38	5.05	5.68	6.58	6.84	6.72	6.46	
C	1.90	2.25	1.15	1.25	1.95	2.35	2.28	2.20	
	287.8	299.9	298.3	296.9	298.2	299.2	296.8	295.6	
									Cu=0.838
	6.45	7.09	5.06	5.27	6.59	7.24	7.12	6.98	
D	2.20	2.25	1.40	1.22	1.88	2.32	2.30	2.30	
	289.1	299.9	296.3	301.4	299.6	297.7	295.9	298.1	
									Cu=0.828
	6.86	7.00	5.51	5.16	6.40	7.10	7.06	7.07	
E	1.80	2.60	1.78	1.25	1.95	2.40	2.40	2.28	
	281.7	297.7	297.6	296.9	298.6	299.2	299.2	296.6	
									Cu=0.831
	6.19	7.54	6.24	5.23	6.54	7.26	7.26	7.06	
F	1.32	2.60	1.60	1.70	2.18	2.38	2.35	2.28	
	273.2	293.4	295.5	293.1	294.7	296.5	295.4	294.4	
									Cu=0.831
	5.26	7.51	5.91	6.07	6.89	7.21	7.16	7.04	
G	1.60	2.42	1.30	1.72	2.02	2.20	2.02	2.10	
	286.4	293.6	291.8	291.9	290.7	291.2	289.2	291.2	
									Cu=0.831
	5.86	7.25	5.31	6.10	6.61	6.90	6.60	6.74	
H	2.25	2.42	1.35	1.76	1.95	1.98	2.00	2.05	
	291.5	291.2	280.9	282.8	285.2	284.3	285.7	286.4	
									Cu=0.831
	6.98	7.24	5.35	6.12	6.46	6.50	6.55	6.63	
平均									

試験月日：7/28

試験炉出力　40　MW

1次系流量変化

760.4 mm Hg

39.6　℃

平均風速
6.51　m/s
(417.06/64)

平均温度
292.4　℃
(18714.7/64)

主冷却器（２Ｂ）伝熱計算記録紙

２次系流量変化　　測定日：７月28日

主冷却器Ｎａ入口温度		418.0	℃
〃　Ｎａ出口温度		357.3	℃
Ｎａ流量		964.940／2	m^3／h
	＊	418.448	t／h
Ｎａ側除熱量	＊	9.04	Mw
空気入口温度		30.1	℃
空気出口平均温度		283.9	℃
平均風速		7.03	m／s
風量	＊	144.6	t／h
空気側交換熱量	＊	10.37	Mw
入口ベーン開度		17.9	%
ドラフト圧		0.3	mmH_2O
大大気圧		760.7	mmHg
空気入口湿度		65	%

＊は計算値を示す。

空 気 側 伝 熱 計 算 （2次系流量変化） 測定：7月28日

(1) 出口空気

空 気 温 度 $t_{ao} = 283.9$ 〔℃〕

大 気 圧 $P = 760.7$ 〔mmHg〕

比 重 $r_{a2} = 1.2931 \times \dfrac{273.15}{273.15+t_{ao}} \times \dfrac{P}{760}$

$= 1.2931 \times \dfrac{273.15}{273.15+283.9} \times \dfrac{760.7}{760} = 0.6347$ 〔kg／m³〕

(2) 入口空気

空 気 温 度 $t_{ai} = 30.1$ 〔℃〕

平均空気温度 $t_{am} = (t_{ao} + t_{ai})/2$

$= \dfrac{283.9+30.1}{2} = 157.0$ 〔℃〕

平 均 比 熱 $C_{Pm} = 0.243$ 〔kcal／kg℃〕

(3) 交換熱量

風 量 $W_a = 3796.2$ 〔m³／min〕

$= 3796.2 \times r_a \times 60$

$= 3796.2 \times 0.6347 \times 60 = 144.567 \times 10^3$ 〔kg／h〕

交 換 熱 量 $Q = W_a C_{Pm} (T_{ao} - T_{ai})$

$= 144.567 \times 10^3 \times 0.243 (283.9 - 30.1)$

$= 8.916 \times 10^6$ 〔kcal／h〕

$= 10.37$ 〔Mw〕

主冷却器（２Ｂ）出口ダクト内空気温度風速記録紙

	1	2	3	4	5	6	7	8	平　均
A	2.90	3.08	1.48	1.95	2.30	2.52	2.40	2.22	
	285.5	287.1	279.3	274.4	276.7	278.1	279.1	276.1	2236.3/279.5
									Cu=0.838
	7.95	8.20	5.65	6.45	7.02	7.36	7.19	6.89	56.71/7.09
B	2.55	2.85	1.40	1.80	2.30	2.55	2.45	2.28	
	282.0	290.3	285.8	281.9	281.0	283.1	282.3	282.3	2268.7/283.6
									Cu=0.828
	7.34	7.82	5.46	6.17	6.96	7.35	7.20	6.94	55.24/6.81
C	2.30	2.50	1.25	1.40	2.22	2.68	2.60	2.60	
	279.3	289.5	289.2	287.0	289.6	289.9	288.4	286.8	2299.7/287.5
									Cu/0.838
	7.04	7.40	5.23	5.53	6.98	7.67	7.54	7.53	54.92/6.87
D	2.65	2.58	1.50	1.48	2.20	2.72	2.70	2.58	
	282.3	289.5	289.7	288.4	292.8	292.0	289.6	288.9	2313.2/289.2
									Cu=0.828
	7.48	7.43	5.67	5.62	6.88	7.65	7.60	7.43	55.76/6.97
E	2.00	3.10	2.10	1.50	2.40	2.78	2.78	2.75	
	271.1	287.6	289.7	289.4	290.2	290.8	288.3	287.9	2295/286.9
									Cu=0.831
	6.46	8.16	6.73	5.69	7.20	7.75	7.73	7.69	57.41/7.18
F	1.65	3.03	1.90	1.95	2.55	2.80	2.73	2.80	
	268.1	284.4	286.5	286.3	286.4	287.5	286.5	283.9	2269.6/283.7
									Cu=0.831
	5.85	8.75	6.38	6.47	7.40	7.76	7.65	7.73	57.29/7.16
G	1.98	2.90	1.42	2.05	2.46	2.62	2.45	2.60	
	277.2	285.5	283.0	283.5	282.9	283.1	282.3	282.9	2260.4/282.6
									Cu=0.831
	6.46	7.88	5.50	6.61	7.24	7.47	7.22	7.44	55.82/6.98
H	2.70	2.90	1.60	2.10	2.38	2.45	2.30	2.60	
	282.4	282.9	272.9	275.6	277.1	276.6	279.1	279.0	2225.6/278.2
									Cu=0.831
平均	7.58	7.86	5.79	6.65	7.09	7.19	6.98	7.42	56.56/7.07
平均									

試験月日：7/28

試験炉出力　42　MW

２次系流量変化

760.7

39.6　℃

$\Sigma v = 449.71$

$\bar{v} = 7.03$

$\Sigma \tau = 18168.5$

$\bar{\tau} = 283.9$

S 53. 7／6　　50MW時ダクト壁近辺風速温度分布

（風　速）	壁より 185m/m	145	105	75	55	35	25	15	10	5					
A	9. 40	9. 00	8. 71	8. 52	8. 43	7. 93	7. 42	6. 50	4. 32	2. 23					
B	8. 64	8. 20	7. 99	7. 74	7. 70	7. 34	7. 01	6. 31	5. 43	3. 51					
C	8. 05	7. 73	7. 37	6. 86	6. 58	6. 71	6. 05	5. 08	3. 89	1. 67					
D	9. 06	8. 13	8. 24	7. 40	7. 28	6. 67	6. 59	6. 19	4. 82	3. 28					
E	8. 58	7. 74	7. 52	6. 91	6. 53	6. 14	5. 75	5. 65	4. 12	2. 24					
F	6. 68	6. 35	5. 98	5. 57	5. 34	4. 95	4. 35	4. 07	3. 55	2. 60					
G	7. 76	7. 62	7. 55	7. 54	7. 52	7. 27	7. 02	6. 25	5. 37	3. 24					
H	9. 10	8. 67	8. 42	8. 26	8. 01	7. 61	7. 44	6. 35	5. 49	3. 03					
（平　均）	8. 41	2. 93	7. 72	7. 35	7. 17	6. 77	6. 45	5. 80	4. 62	2. 73					
（温　度）															
A	273. 4	273. 5	269. 9	266. 8	263. 6	255. 6	246. 4	230. 7	215. 2	199. 5					
B	271. 9	270. 4	268. 0	265. 5	260. 5	255. 2	243. 9	220. 0	211. 9	203. 1					
C	269. 8	264. 7	262. 8	258. 4	255. 8	248. 3	240. 8	217. 9	206. 1	204. 4					
D	273. 2	269. 7	267. 8	264. 4	262. 0	253. 4	250. 4	242. 6	215. 2	207. 5					
E	267. 3	265. 6	261. 2	257. 7	252. 4	244. 9	234. 4	231. 9	207. 1	195. 6					
F	256. 1	253. 6	250. 8	245. 1	239. 0	234. 4	220. 6	207. 6	196. 8	192. 3					
G	268. 7	267. 8	267. 7	266. 8	262. 7	257. 0	247. 1	216. 9	203. 1	183. 8					
H	274. 3	272. 0	271. 4	269. 2	262. 8	256. 6	246. 8	219. 0	203. 5	196. 9					
平　均	269. 3	267. 2	265. 0	261. 7	257. 4	250. 7	241. 3	223. 3	207. 4	197. 9					

主冷却器（2B）出口ダクト内空気温度風速記録紙

	185	135	95	65	45	25	15	5	−5		−10	
A	4.15	3.80	3.58	3.45	3.40	3.05	2.72	2.15	0.98	0.27	0.00	試験月日：7/6
	273.4	273.5	269.9	266.8	263.6	255.6	246.4	230.7	215.2	199.5	175.3	
	C_u＝0.838											
	9.40	9.00	8.71	8.52	8.43	7.93	7.42	6.50	4.32	2.23		
B	3.60	3.25	3.10	2.92	2.92	2.68	2.50	2.12	1.60	0.68	−0.01	試験炉出力　50MW
	271.9	270.4	268.0	265.5	260.5	255.2	243.9	220.0	211.9	203.1	190.4	
	C_u＝0.828											
	8.64	8.20	7.99	7.74	7.70	7.34	7.01	6.31	5.43	3.51		
C	3.06	2.85	2.60	2.27	2.10	1.90	1.83	1.35	0.81	0.15	−0.02	
	269.8	267.7	262.8	258.4	255.8	248.3	240.8	217.9	206.1	204.4	188.8	
	C_u＝0.838											
	8.05	7.73	7.37	6.86	6.58	6.21	6.05	5.08	3.89	1.67		
D	3.95	3.20	3.30	2.68	2.60	2.22	2.18	1.95	1.25	0.59	0.00	
	273.2	269.7	267.8	264.4	262.0	253.4	250.4	242.6	215.2	207.5	196.8	
	C_u＝0.828											
	9.06	8.13	8.24	7.40	7.28	6.67	6.59	6.19	4.82	3.28		
E	3.55	2.90	2.76	2.35	2.12	1.90	1.70	1.65	0.92	0.28	−0.02	
	267.3	265.6	261.2	257.7	252.4	244.9	234.4	231.9	207.1	195.6	181.1	
	C_u＝0.831											
	8.58	7.74	7.52	6.91	6.53	6.14	5.75	5.65	4.12	2.24		
F	2.20	2.00	1.78	1.56	1.45	1.26	1.00	0.90	0.70	0.38	0.25	
	256.1	253.6	250.8	245.1	239.0	234.4	220.6	207.6	196.8	192.3	189.2	
	C_u＝0.831											
	6.68	6.35	5.98	5.57	5.34	4.95	4.35	4.07	3.55	2.6		
G	2.90	2.80	2.75	2.75	2.75	2.60	2.47	2.08	1.58	0.60	0.02	壁近辺温度，風速分布
	268.7	267.8	267.7	266.8	262.7	257.0	247.1	216.9	203.1	183.8	174.5	
	C_u＝0.831											
	7.76	7.62	7.55	7.54	7.52	7.27	7.02	6.25	5.37	3.24		
H	3.95	3.60	3.40	3.28	3.12	2.85	2.78	2.14	1.65	0.51	−0.02	
	274.3	272.0	271.4	269.2	262.8	256.6	246.8	219.0	203.5	196.9	186.7	
	C_u＝0.831											
	9.10	8.67	8.42	8.26	8.01	7.61	7.44	6.35	5.49	3.03		
平均												

D－1	（Fig 4.3～Fig 4.7） IHX 熱貫流率計算書	1／9

D－1.1　IHX(A)　熱貫流率実験値

D－1.2　〃　（続き）

D－1.3　IHX(A)　熱貫流率計算値

D－1.4　〃　（続き）

D－1.5　IHX(B)　熱貫流率実験値

D－1 6　〃　（続き）

D－1.7　IHX(B)　熱貫流率計算値

D－1.8　〃　（続き）

D－1.2　　PT－12　定常伝熱特性　中間熱交換器（A）データシート（熱貫流率実験値）　　2／9

	試験番号		I－9A	I－10A	I－11A	I－12A	I－13A			
	試験年月日		7／6	7／8	7／28(1)	7／28(2)	7／13			
	原子炉出力	(MW)	47.19	50.51	41.87	37.38	49.74			
1	原子炉入口温度（IHX1次出口）	T_2(℃)	368.7	369.4	367.9	370.7	370.2			
2	原子炉出口温度（IHX1次入口）	T_1(℃)	431.5	436.2	423.5	434.0	436.0			
3	IHX2次入口温度	t_1(℃)	347.1	346.5	343.5	353.6	347.0			
4	IHX2次出口温度	t_2(℃)	407.1	410.5	408.7	401.1	410.6			
5	1次系流量（at T_2）	F_P(m^2／H)	1253.7	1257.6	1252.4	963.5	1249.97			
6	2次系流量（at t_1）	F_S(m^2／H)	1263.6	1260.4	1013.1	1265.5	1261.67			
7	1次系流量	G_P (t／H)	1082.65	1085.84	1081.81	831.58	1079.01			
8	2次系流量	G_S (t／H)	1097.73	1095.13	881.0	1097.38	1096.08			
9	1次側エンタルピ（入口／出口）	i_P (kcal/kg)	202.536/221.722	202.752/223.150	202.291/219.289	203.151/222.482	202.998/223.090			
10	2次側エンタルピ（出口／入口）	i_S (kcal/kg)	195.888/214.291	195.704/215.328	194.778/214.779	197.892/212.460	195.858/215.359			
11	1次側除熱量（G_P（$i_{P1}-i_{P2}$）	Q_P(MW)	24.15	25.75	21.38	18.69	5.21			
12	2次側除熱量（G_S（$i_{S2}-i_{S1}$）	Q_S(MW)	23.49	24.99	20.49	18.59	24.85			
13	交換熱量比（Q_S／Q_P）	R(%)	97.25	97.05	95.8	99.46	98.57			
14	1次側バイパス流量率	α(%)	3 %							
15	1次Na平均比熱	C_{PP} (kcal/kg℃)	0.3055	0.3053	0.3057	0.3053	0.3053			
16	$G_P(1-\alpha)\cdot C_{PP}$	(kcal/℃)	3.208×10^5	3.216×10^5	3.208×10^5	2.463×10^5	3.195×10^5			
17	Q_P／(16)　(Q_P 基準として)	(℃)	64.74	68.87	57.32	65.27	67.85			
18	1次管群出口温度（T_1-C^{17}）	T_2'(℃)	366.8	367.3	366.2	368.7	368.2			
19	入口温度差（T_1-t_2）	Δt_1(℃)	24.4	25.7	14.8	32.9	25.4			
20	出口温度差（$T_2'-t_1$）	Δt_2(℃)	19.7	20.8	22.7	15.1	21.2			
21	対数平均温度差（$\Delta t_1-\Delta t_2/\ell_n\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$）	Δt_m(℃)	21.97	23.16	18.47	22.86	23.24			
22	伝熱面積	A_0(m^2)	354							
23	熱貫流率（Q_P／$A_0\cdot\Delta t_m$）	K(kcal/m^2H℃)	2670.4	2701.1	2812.1	1986.2	2635.3			

D－1.1　　PT－12　定常伝熱特性　中間熱交換器（A）データシート（熱貫流率実験値）　　3／9

	試験番号		I－1A	I－2A	I－3A	I－4A	I－5A	I－6A	I－7A	I－8A
	試験年月日		1978 5／19	5／29	6／6	6／9 (1)	6／9 (2)	6／9 (3)	6／9 (4)	6／28
	原子炉出力	(MW)	19.31	23.53	7.42	25.33	25.84	25.85	26.11	38.17
1	原子炉入口温度（IHX1次出口）	T_2 (℃)	370.3	371.6	365.6	372.1	367.1	363.4	355.4	370.2
2	原子炉出口温度（IHX1次入口）	T_1 (℃)	395.9	402.4	376.4	405.4	402.9	401.0	396.8	421.9
3	IHX2次入口温度	t_1 (℃)	360.6	359.6	361.2	359.2	353.7	348.9	340.5	351.2
4	IHX2次出口温度	t_2 (℃)	383.9	388.1	370.2	390.4	387.2	384.6	379.0	400.4
5	1次系流量（at T_2）	F_P (m^2／H)	1253.7	1252.8	1255.5	1258.8	1262.9	1260.4	1259.3	1255.9
6	2次系流量（at t_1）	F_S (m^2／H)	1268.5	1266.7	1266.8	1264.6	1263.0	1262.5	1257.3	1260.0
7	1次系流量	G_P (t／H)	1082.20	1081.04	1085.16	1086.07	1091.11	1090.06	1091.51	1084.13
8	2次系流量	G_S (t／H)	1097.91	1097.52	1096.26	1094.96	1095.22	1096.23	1094.23	1093.37
9	1次側エンタルピ（入口／出口）	i_P (kcal／kg)	203.028／210.870	203.427／212.856	201.584／204.900	203.580／213.772	202.045／213.009	200.908／212.429	198.446／211.146	202.997／218.801
10	2次側エンタルピ（出口／入口）	i_S (kcal／kg)	200.047／207.199	199.739／208.485	200.231／202.997	199.616／209.188	197.923／208.209	196.443／207.413	193.851／205.697	197.152／212.245
11	1次側除熱量（$G_P(i_{P1}-i_{P2})$）	Q_P (MW)	9.87	11.85	4.18	12.87	13.91	14.60	16.12	19.92
12	2次側除熱量（$G_S(i_{S2}-i_{S1})$）	Q_S (MW)	9.13	11.16	3.53	12.19	13.10	13.98	15.07	19.19
13	交換熱量比（Q_S／Q_P）	R (%)	92.5	94.2	84.4	94.72	94.18	95.75	93.49	96.3
14	1次側バイパス流量率	α (%)	3 %							
15	1次Na平均比熱	C_{PP} (kcal／kg℃)	0.3063	0.3061	0.3070	0.3060	0.3062	0.3064	0.3067	0.3057
16	$G_P(1-\alpha)\cdot C_{PP}$	(kcal／℃)	3.215×10^5	3.210×10^5	3.231×10^5	3.224×10^5	3.241×10^5	3.240×10^5	3.247×10^5	3.215×10^5
17	Q_P／(16)（Q_P基準として）	(℃)	26.40	31.75	11.12	34.33	36.91	38.76	42.69	53.29
18	1次管群出口温度（T_1-C^{17}）	T_2' (℃)	369.5	370.7	365.3	371.1	366.0	362.2	354.1	368.6
19	入口温度差（T_1-t_2）	Δt_1 (℃)	12.0	14.3	6.2	15.0	15.7	16.4	17.8	21.5
20	出口温度差（T'_2-t_1）	Δt_2 (℃)	8.9	11.1	4.1	11.9	12.3	13.3	13.6	17.4
21	対数平均温度差 $(\Delta t_1-\Delta t_2)/\ln(\Delta t_1/\Delta t_2)$	Δt_m (℃)	10.37	12.63	5.08	13.39	13.93	14.80	15.61	19.38
22	伝熱面積	A_0 (m^2)	354							
23	熱貫流率（$Q_P/A_0\cdot\Delta t_m$）	K (kcal／m^2H℃)	2312.2	2279.3	1999.0	2335.0	2425.9	2396.5	2508.7	2497.0

D－1.3　　IHX（A）　熱貫流率計算値　　4/9

			1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
24	1次側平均温度（$T_1+T_2/2$）	Tpm(℃)	382.7	386.6	370.9	388.3	384.5	381.6	375.5	395.3
25	物性値　比重	γp (Kg/m^3)	860.25	859.32	863.07	858.92	859.82	860.52	861.97	857.25
26	〃　動粘性係数	νp(m^2/s)	0.3352×10^{-6}	0.3331×10^{-6}	0.3419×10^{-6}	0.3322×10^{-6}	0.3342×10^{-6}	0.3358×10^{-6}	0.3993×10^{-6}	0.3284×10^{-6}
27	〃　プラントル数	Prp(－)	0.5130×10^{-2}	0.5102×10^{-2}	0.5218×10^{-2}	0.5090×10^{-2}	0.5117×10^{-2}	0.5138×10^{-2}	0.5183×10^{-2}	0.5041×10^{-2}
28	〃　熱伝導率	λp (Kcal/mHC)	62.003	61.836	62.511	61.763	61.926	62.050	62.313	61.464
29	1次側流路断面積	ap(m^2)	$\frac{\pi}{4}(1.442^2-0.493^2)-2835\times\frac{\pi}{4}(15.9\times10^{-3})^2=0.8793\ m^2$							
30	1次側平均流量（$GP/\gamma p\times(1-\alpha)$）	F′p(m^3/H)	1220.3	1220.3	1219.6	1226.5	1230.9	1228.7	1228.3	1226.7
31	平均流速（F′p／ap・3600）	Vp(m/s)	0.385	0.385	0.385	0.387	0.389	0.388	0.388	0.388
32	水力等価直径	Dp(m)	0.0219	（工認より）						
33	レイノルズ数（Dp・vp／νp）	Rep(－)	2.515×10^4	2.534×10^4	2.468×10^4	2.554×10^4	2.548×10^4	2.532×10^4	2.505×10^4	2.584×10^4
34	ペクン数（Rep・Prp）	Pep(－)	129.0	129.3	128.8	130.0	130.4	130.1	129.8	130.3
35	ヌセルト数（$0.625\,Pep^{0.4}$）	Nup(－)	4.367	4.371	4.363	4.380	4.385	4.381	4.377	4.384
36	熱伝達率（λp・Nup/Dp）	hp (Kcal/m^2HC)	1.236×10^4	1.234×10^4	1.245×10^4	1.235×10^4	1.240×10^4	1.241×10^4	1.245×10^4	1.230×10^4
37	管群部流速分布修正係数	β(－)	0.80	（工認より）						
38	1次側修正熱伝達率（β・hp）	h′p($\frac{Kcal}{m^2HC}$)	9.891×10^3	9.872×10^3	9.964×10^3	9.882×10^3	9.920×10^3	9.930×10^3	9.964×10^3	9.842×10^3
39										
40	2次側平均温度（$t_1+t_2/2$）	tsm(℃)	372.3	373.9	365.7	374.8	370.5	366.8	359.8	375.8
41	物性値　比重	γs (Kg/m^3)	862.73	862.35	864.31	862.14	863.16	864.0	865.71	861.90
42	〃　動粘性係数	νs (m^2/s)	0.3411×10^{-6}	0.3402×10^{-6}	0.3450×10^{-6}	0.3397×10^{-6}	0.3422×10^{-6}	0.3444×10^{-6}	0.3486×10^{-6}	0.3391×10^{-6}
43	〃プラントル数	Prs(－)	0.5207×10^{-2}	0.5195×10^{-2}	0.5259×10^{-2}	0.5188×10^{-2}	0.5221×10^{-2}	0.5250×10^{-2}	0.5307×10^{-2}	0.5181×10^{-2}
44	〃　熱伝導率	λs (Kcal/mHC)	62.451	62.382	62.736	62.343	62.529	62.689	62.992	62.300
45	2次側流路断面積	as(m^2)	$2835\times\frac{\pi}{4}(13.7\times10^{-3})^2=0.4179\ m^2$							
46	2次側平均流量（GS／γS）	F′s(m^3/H)	1272.6	1272.7	1268.4	1270.0	1268.8	1268.8	1264.0	1268.6
47	平均流速（F′s／as・3600）	Vs(m/s)	0.846	0.846	0.843	0.844	0.843	0.843	0.840	0.843
48	管内径	Dsi(m)	0.0137	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
49	レイノルズ数（Ds・Vs／νs）	Res(－)	3.397×10^4	3.407×10^4	3.348×10^4	3.405×10^4	3.377×10^4	3.355×10^4	3.302×10^4	3.407×10^4
50	ペクレ数（Res・Prs）	Pes(－)	176.9	177.0	176.0	176.6	176.3	176.1	175.2	176.5
51	ヌセルト数（$0.625Pes^{0.4}$）	Nus(－)	4.954	4.955	4.945	4.951	4.947	4.946	4.935	4.950
52	熱伝達率（λs・Nus／Ds）	hs (Kcal/m^2HC)	2.258×10^4	2.256×10^4	2.250×10^4	2.253×10^4	2.258×10^4	2.263×10^4	2.269×10^4	2.251×10^4
53	管内外直径比（Dsi／Dso）	r_1(－)	0.8616	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
54	熱伝達率（管外基準）（hs・r1）	h′s (Kcal/m^2HC)	1.946×10^4	1.944×10^4	1.939×10^4	1.941×10^4	1.946×10^4	1.950×10^4	1.955×10^4	1.939×10^4
55										
56	管平均温度　（Tpm＋tsm／2）	Tm(℃)	377.5	380.3	368.3	381.6	377.5	374.2	367.7	385.6
57	管熱伝導率	λw (Kcal/mHC)	17.45	17.52	17.37	17.53	17.45	17.45	17.35	17.57
58	管熱抵抗（$\frac{Dso\cdot\ln(Dso/Dsi)}{2\cdot\lambda W}$）	Rw($\frac{m^2HC}{Kcal}$)	6.791×10^{-5}	6.764×10^{-5}	6.822×10^{-5}	6.760×10^{-5}	6.791×10^{-5}	6.791×10^{-5}	6.830×10^{-5}	6.744×10^{-5}
59			$\frac{1}{2}Dso\cdot\ln(Dso/Dsi)=\frac{1}{2}\cdot0.0157\ \ln(15.7/13.5)=1.185\times10^{-3}$　（工認より）							
60	汚れ係数（工認より）	Rf (m^2HC/Kcal)	4×10^{-6}	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
61	1次側熱抵抗（1／hp′）	Rp (m^2HC/Kcal)	1.011×10^{-4}	1.013×10^{-4}	1.004×10^{-4}	1.012×10^{-4}	1.008×10^{-4}	1.007×10^{-4}	1.004×10^{-4}	1.016×10^{-4}
62	2次側熱抵抗（1／h′s）	Rs (m^2HC/Kcal)	5.139×10^{-5}	5.144×10^{-5}	5.157×10^{-5}	5.152×10^{-5}	5.139×10^{-5}	5.128×10^{-5}	5.115×10^{-5}	5.157×10^{-5}
63										
64	総熱抵抗（Rw＋Rf＋Rp＋Rs）	RT (m^2HC/Kcal)	2.244×10^{-4}	2.244×10^{-4}	2.242×10^{-4}	2.243×10^{-4}	2.241×10^{-4}	2.239×10^{-4}	2.239×10^{-4}	2.246×10^{-4}
65	熱貫流率（計算値）（1／RT）	Kc (Kcal/m^2HC)	4456.3	4456.7	4460.5	4457.9	4462.3	4466.5	4467.3	4452.2
66										
67	熱貫流率比（実験値／計算値）	K／Kc(－)	0.519	0.511	0.448	0.524	0.544	0.537	0.562	0.561

D－1.4　　IHX（A）熱貫流率計算値　　5/9

			9A	10A	11A	12A	13A			
24	1次側平均温度 $\left(T_1+T_2'/2\right)$	T_{Pm}（℃）	399.2	401.8	394.9	401.4	402.1			
25	物性値　比重	γ_P（kg/m³）	856.32	855.70	857.34	856.79	855.62			
26	〃　動粘性係数	ν_P（m²/S）	0.3264×10^{-6}	0.3251×10^{-6}	0.3286×10^{-6}	0.3253×10^{-6}	0.3249×10^{-6}			
27	〃　プラントル数	P_{rP}（－）	0.5015×10^{-2}	0.4998×10^{-2}	0.5044×10^{-2}	0.5000×10^{-2}	0.4996×10^{-2}			
28	〃　熱伝導率	$\lambda_P\left(\frac{kcal}{mHC}\right)$	61.297	61.187	61.481	61.204	61.174			
29	1次側流路断面積	a_P（m²）	0.8793							
30	1次側平均流量（$G_P/\gamma_P\times(1\ 2)$	F_P'（m³/H）	1226.4	1230.9	1224.0	942.6	1223.5			
31	平均流速（$F_P'/a_P\cdot3600$）	V_P（m/S）	0.387	0.389	0.387	0.298	0.386			
32	水力等価直径	D_P（m）	0.0219							
33	レイノルズ数（$D_P\cdot V_P/\nu_P$）	R_{eP}（－）	2.599×10^4	2.619×10^4	2.577×10^4	2.605×10^4	2.605×10^4			
34	ペクレ数（$R_{eP}\cdot P_{rP}$）	P_{eP}（－）	130.4	130.9	130.0	100.2	130.1			
35	ヌセルト数　（$0.625\,P_{eP}^{0.4}$）	N_{uP}（－）	4.385	4.392	4.380	3.947	4.382			
36	熱伝達率（$\lambda_P\cdot N_{uP}/D_P$）	$h_P\left(\frac{kcal}{m^2HC}\right)$	1.227×10^4	1.227×10^4	1.230×10^4	1.103×10^4	1.224×10^4			
37	管群部流速分布修正係数	β（－）	0.80							
38	1次側修正熱伝達率（$\beta\cdot h_P$）	$h_P'\left(\frac{kcal}{m^2HC}\right)$	9.818×10^3	9.817×10^3	9.836×10^3	8.825×10^3	9.792×10^3			
39										
40	2次側平均温度 $\left(t_1+t_2/2\right)$	t_{sm}（℃）	377.1	378.5	376.1	377.4	378.8			
41	物性値　比重	γ_S（kg/m³）	861.59	861.26	861.83	861.52	861.18			
42	〃　動粘性係数	ν_S（m²/S）	0.3384×10^{-6}	0.3376×10^{-6}	0.3389×10^{-6}	0.3382×10^{-6}	0.3374×10^{-6}			
43	〃　プラントル数	P_{rS}（－）	0.5171×10^{-2}	0.5161×10^{-2}	0.5178×10^{-2}	0.5169×10^{-2}	0.5158×10^{-2}			
44	〃　熱伝導率	$\lambda_S\left(\frac{kcal}{mHC}\right)$	62.214	62.184	62.287	62.231	62.171			
45	2次側流路断面積	a_S（m²）	0.4179							
46	2次側平均流量（G_S/γ_S）	F_S'（m³/H）	1274.1	1271.5	1022.2	1273.8	1272.8			
47	平均流速（$F_S'/a_S\cdot3600$）	V_S（m/S）	0.847	0.845	0.679	0.847	0.846			
48	管内径	D_{Si}（m）	0.0137							
49	レイノルズ数（$D_S\cdot V_S/\nu_S$）	R_{eS}（－）	3.429×10^4	3.430×10^4	2.747×10^4	3.430×10^4	3.435×10^4			
50	ペクレ数（$R_{eS}\cdot P_{rS}$）	P_{eS}（－）	177.3	177.0	142.2	177.3	177.2			
51	ヌセルト数（$0.625\,P_{eS}^{0.4}$）	N_{uS}（－）	4.959	4.955	4.54	4.958	4.957			
52	熱伝達率（$\lambda_S\cdot N_{uS}/D_S$）	$h_S\left(\frac{kcal}{m^2HC}\right)$	2.253×10^4	2.249×10^4	2.064×10^4	2.252×10^4	2.250×10^4			
53	管内外直径比 $\left(D_{Si}/D_{So}\right)$	γ_1（－）	0.8616							
54	熱伝達率（管外基準）（$h_S\cdot\gamma_1$）	$h_S'\left(\frac{kcal}{m^2HC}\right)$	1.941×10^4	1.938×10^4	1.779×10^4	1.941×10^4	1.938×10^4			
55										
56	管平均温度（$T_{Pm}+t_{Sm}/2$）	T_W（℃）	388.2	390.2	385.5	389.9	390.5			
57	管熱伝導率	$\lambda_W\left(\frac{kcal}{m\,HC}\right)$	17.60	17.65	17.57	17.65	17.65			
58	管熱抵抗 $\frac{D_{So}\cdot\ell_n(D_{So}/D_{Si})}{2\cdot\lambda_W}$	$R_W\left(\frac{m^2HC}{kcal}\right)$	6.733×10^{-5}	6.714×10^{-5}	6.744×10^{-5}	6.714×10^{-5}	6.714×10^{-5}			
59			1.185×10^{-3}							
60	汚れ係数	$R_f\left(\frac{m^2HC}{kcal}\right)$	4×10^{-6}							
61	1次側熱抵抗（$1/h_P'$）	$R_P\left(\frac{m^2HC}{kcal}\right)$	1.019×10^{-4}	1.019×10^{-4}	1.017×10^{-4}	1.133×10^{-4}	1.121×10^{-4}			
62	2次側熱抵抗（$1/h_S'$）	$R_S\left(\frac{m^2HC}{kcal}\right)$	5.152×10^{-5}	5.160×10^{-5}	5.621×10^{-5}	5.152×10^{-5}	5.160×10^{-5}			
63										
64	総熱抵抗（$R_W+R_f+R_P+R_S$）	$R_T\left(\frac{m^2HC}{kcal}\right)$	2.218×10^{-4}	2.246×10^{-4}	2.294×10^{-4}	2.360×10^{-4}	2.348×10^{-4}			
65	熱貫流率（計算値）（$1/R_T$）	$K_C\left(\frac{kcal}{m^2HC}\right)$	4449.4	4451.6	4360.1	4238.0	4258.2			
66										
67	熱貫流率比（実験値/計算値）	K/K_C（－）	0.600	0.607	0.645	0.469	0.619			

D1.5　　PT－12 定常伝熱特性　中間熱交換器（B）データシート（熱貫流率実験値）　　6/9

	試験番号		I－1B	I－2B	I－3B	I4B	I－5B	I－6B	7B	8B
	試験年月日		1978 5/19	5/25	6/6	6/9 (1)	6/9 (2)	6/9 (3)	6/9 (4)	6/28
	原子炉出力	(MW)	19.31	23.53	7.42	25.33	26.18	25.97	27.59	38.17
1	原子炉入口温度（IHX1次出口）	T_2 (℃)	369.5	370.3	366.6	371.0	363.2	362.5	356.0	372.6
2	原子炉出口温度（IHX1次入口）	T_1 (℃)	393.8	400.3	374.9	403.0	399.0	398.2	397.1	419.6
3	IHX2次入口温度	t_1 (℃)	364.7	364.4	364.3	364.6	355.9	355.4	348.2	364.2
4	IHX2次出口温度	t_2 (℃)	388.0	393.1	372.7	395.4	390.1	389.7	387.0	409.1
5	1次系流量（at T_2）	F_P (m^3/H)	1263.0	1266.2	1268.3	1267.0	1269.6	1272.8	1266.4	1266.3
6	2次系流量（at t_1）	F_S (m^3/H)	1250.8	1250.9	1252.5	1254.1	1254.6	1251.8	1250.0	1245.6
7	1次系流量	G_P (t/H)	1090.47	1092.99	1095.92	1093.47	1098.08	1101.06	1097.48	1092.39
8	2次系流量	G_S (t/H)	1081.37	1081.54	1082.96	1084.25	1087.28	1085.01	1085.59	1077.02
9	1次側エンタルピ（入口/出口）	i_P (kcal/kg)	202.782 / 210.228	203.028 / 212.215	201.894 / 204.440	203.243 / 213.039	200.846 / 211.818	200.631 / 211.573	198.631 / 211.239	203.734 / 218.101
10	2次側エンタルピ（出口/入口）	i_S (kcal/kg)	201.301 / 208.454	201.215 / 210.014	201.184 / 203.765	201.277 / 210.718	198.600 / 209.097	198.446 / 208.974	196.228 / 208.148	201.154 / 214.901
11	1次側除熱量（G_P（$i_{P1}-i_{P2}$））	Q_P (MW)	9.44	11.68	3.24	12.46	14.01	14.01	16.09	18.25
12	2次側除熱量（G_S（$i_{S2}-i_{S1}$））	Q_S (MW)	8.99	11.67	3.25	11.90	13.27	13.28	15.05	17.22
13	交換熱量比（Q_S/Q_P）	R (%)	95.2	94.8	100	95.51	94.72	94.79	93.54	94.4
14	1次側バイパス流量率	α (%)	0							
15	1次Na平均比熱	C_{PP} (kcal/kg℃)								
16	$G_P(1-\alpha)\cdot C_{PP}$	(kcal/℃)								
17	Q_P/(16)（Q_P基準として）	(℃)								
18	1次管群出口温度（T_1－(17)）	T'_2 (℃)	$=T_2$							
19	入口温度差（T_1-t_2）	Δt_1 (℃)	5.8	7.2	2.2	7.6	8.9	8.5	10.1	10.5
20	出口温度差（T'_2-t_1）	Δt_2 (℃)	4.8	5.9	2.3	6.4	7.3	7.1	7.8	8.4
21	対数平均温度差 $\left(\Delta t_1-\Delta t_2 / \frac{\Delta t_1}{\ell_n \Delta t_2}\right)$	Δt_m (℃)	5.28	6.53	2.25	6.98	8.07	7.78	8.90	9.41
22	伝熱面積	A_0 (m^2)	356							
23	熱貫流率（Q_P/$A_0\cdot\Delta t_m$）	K (kcal/m^2H℃)	4319.0	4320.9	3478.7	4312.3	4193.9	4350.2	4367.3	4685.1

D－1.6　　PT－12 定常伝熱特性　中間熱交換器（B）データシート（熱貫流率実験値）　　7/9

	試験番号		I－9B	I－10B	I－11B	I－12B	I－13B			
	試験年月日		7/6	7/8	7/28 (1)	7/28 (2)	7/13			
	原子炉出力	(MW)	47.19	50.51	41.87	37.38	49.74			
1	原子炉入口温度（IHX1次出口）	T_2 (℃)	369.7	370.0	368.9	370.3	370.8			
2	原子炉出口温度（IHX1次入口）	T_1 (℃)	429.2	433.8	421.6	432.0	434.2			
3	IHX2次入口温度	t_1 (℃)	360.0	359.9	353.1	365.5	360.5			
4	IHX2次出口温度	t_2 (℃)	416.3	419.7	415.8	412.5	420.3			
5	1次系流量（at T_2）	F_P (m^3/H)	1262.3	1266.0	1266.2	998.5	1262.33			
6	2次系流量（at t_1）	F_S (m^3/H)	1250.4	1246.9	964.9	1248.7	1247.48			
7	1次系流量	G_P (t/H)	1089.83	1092.91	1093.45	861.90	1089.503			
8	2次系流量	G_S (t/H)	1082.44	1079.42	836.90	1079.28	1079.746			
9	1次側エンタルピ（入口/出口）	i_P(kcal/kg)	202.844 / 221.022	202.936 / 222.421	202.598 / 218.710	203.028 / 221.874	203.182 / 222.543			
10	2次側エンタルピ（出口/入口）	i_S(kcal/kg)	199.862 / 217.096	199.832 / 218.132	197.738 / 216.944	201.554 / 215.938	200.016 / 218.315			
11	1次側除熱量（G_P（$i_{P1}-i_{P2}$））	Q_P (MW)	23.03	24.76	20.49	18.89	24.53			
12	2次側除熱量（G_S（$i_{S2}-i_{S1}$））	Q_S (MW)	21.69	22.97	18.69	18.05	22.97			
13	交換熱量比（Q_S / Q_P）	R (%)	94.17	92.77	91.2	95.55	93.64			
14	1次側バイパス流量率	α (%)	0							
15	1次Na平均比熱	C_{PP} (kcal/kg℃)								
16	$G_P(1-\alpha)\cdot C_{PP}$	(kcal/℃)								
17	Q_P/(16)（Q_P 基準として）	(℃)								
18	1次管群出口温度（T_1－(17)）	T_2' (℃)	$=T_2$							
19	入口温度差（T_1-t_2）	Δt_1 (℃)	12.9	14.1	5.8	19.5	13.9			
20	出口温度差（$T_2'-t_1$）	Δt_2 (℃)	9.7	10.1	15.8	4.8	10.3			
21	対数平均温度差 $\left(\Delta t_1-\Delta t_2 / \ln\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}\right)$	Δt_m (℃)	11.22	11.99	9.98	10.49	12.01			
22	伝熱面積	A_o (m^2)	356							
23	熱貫流率（$Q_P/A_o\cdot\Delta t_m$）	K(kcal/m^2H℃)	4958.5	4988.6	4959.8	4350.2	4934.0			

D－1.7　　IHX（B）　熱貫流率計算値　　8/9

			1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B
24	1次側平均温度（$T_1+T_2'/2$）	T_{Pm}（℃）	381.7	385.3	370.8	387.0	381.1	380.4	376.6	396.1
25	物性値　比重	γ_P（kg/m³）	860.49	859.63	863.09	859.23	860.64	860.80	861.71	857.06
26	〃　動粘性係数	ν_P（m²/S）	0.3358×10^{-6}	0.3338×10^{-6}	0.3420×10^{-6}	0.3329×10^{-6}	0.3361×10^{-6}	0.3365×10^{-6}	0.3387×10^{-6}	0.3280×10^{-6}
27	〃　プラントル数	P_{rP}（－）	0.5237×10^{-2}	0.5111×10^{-2}	0.5219×10^{-2}	0.5099×10^{-2}	0.5141×10^{-2}	0.5146×10^{-2}	0.5175×10^{-2}	0.3280×10^{-2}
28	〃　熱伝導率	λ_P $\left(\frac{kcal}{mHC}\right)$	62.046	61.892	62.516	61.819	62.072	62.102	62.266	61.430
29	1次側流路断面積	a_P（m²）	0.907	（工認より）						
30	1次側平均流量（G_P/γ_P）	F_P'（m³/H）	1267.3	1271.5	1268.8	1272.6	1275.9	1279.1	1273.6	1274.6
31	平均流速（$F_P'/a_P\cdot3600$）	V_P（m/S）	0.388	0.389	0.389	0.390	0.391	0.392	0.390	0.390
32	水力等価直径	D_P（m）	0.0272	（工認より）						
33	レイノルズ数（$D_P\cdot V_P/\nu_P$）	R_{eP}（－）	3.144×10^{4}	3.173×10^{4}	3.093×10^{4}	3.185×10^{4}	3.162×10^{4}	3.167×10^{4}	3.132×10^{4}	3.237×10^{4}
34	ペクレ数（$R_{eP}\cdot P_{rP}$）	P_{eP}（－）	161.5	162.2	161.4	162.4	162.6	162.9	162.1	163.0
35	ヌセルト数（$0.625\,P_{eP}^{0.4}$）	N_{uP}（－）	4.777	4.785	4.776	4.787	4.790	4.794	4.784	4.795
36	熱伝達率（$\lambda_P\cdot N_{uP}/D_P$）	h_P $\left(\frac{kcal}{m^2HC}\right)$	1.090×10^{4}	1.089×10^{4}	1.098×10^{4}	1.088×10^{4}	1.093×10^{4}	1.095×10^{4}	1.095×10^{4}	1.083×10^{4}
37	管群部流速分布修正係数	β（－）	－							
38	1次側修正熱伝達率（$\beta\cdot h_P$）	h_P' $\frac{kcal}{m^2HC}$	－h_P　－							
39										
40	2次側平均温度（$t_1+t_2/2$）	t_{sm}（℃）	376.4	378.8	368.5	380.0	373.0	372.6	367.6	386.7
41	物性値　比重	γ_s（kg/m³）	861.76	861.18	863.64	860.90	862.57	862.66	863.85	859.30
42	〃　動粘性係数	ν_s（m²/S）	0.3388×10^{-6}	0.3374×10^{-6}	0.3434×10^{-6}	0.3367×10^{-6}	0.3407×10^{-6}	0.3410×10^{-6}	0.3439×10^{-6}	0.3330×10^{-6}
43	〃　プラントル数	P_{rs}（－）	0.5176×10^{-2}	0.5157×10^{-2}	0.5237×10^{-2}	0.5149×10^{-2}	0.5202×10^{-2}	0.5205×10^{-2}	0.5244×10^{-2}	0.5101×10^{-2}
44	〃　熱伝導率	λ_s $\left(\frac{kcal}{mHC}\right)$	62.274	62.171	62.615	62.119	62.421	62.438	62.654	61.832
45	2次側流路断面積	a_s（m²）	0.547	（工認より）						
46	2次側平均流量（G_s/γ_s）	F_s'（m³/H）	1254.8	1255.9	1253.9	1259.4	1260.5	1257.7	1256.7	1253.4
47	平均流速（$F_s'/a_s\cdot3600$）	V_s（m/S）	0.637	0.638	0.637	0.640	0.640	0.639	0.638	0.636
48	管内径	D_{si}（－）	0.0196							
49	レイノルズ数（$D_s\cdot V_s/\nu_s$）	R_{es}（－）	3.686×10^{4}	3.705×10^{4}	3.635×10^{4}	3.723×10^{4}	3.682×10^{4}	3.671×10^{4}	3.637×10^{4}	3.746×10^{4}
50	ペクレ数（$R_{es}\cdot P_{rs}$）	P_{es}（－）	190.8	191.1	190.3	191.7	191.6	191.1	190.7	191.1
51	ヌセルト数（$0.625\,P_{es}^{0.4}$）	N_{us}（－）	5.106	5.109	5.101	5.116	5.115	5.109	5.106	5.110
52	熱伝達率（$\lambda_s\cdot N_{us}/D_s$）	h_s $\left(\frac{kcal}{m^2HC}\right)$	1.622×10^{4}	1.621×10^{4}	1.630×10^{4}	1.621×10^{4}	1.629×10^{4}	1.628×10^{4}	1.632×10^{4}	1.612×10^{4}
53	管内外直径比（D_{si}/D_{so}）	γ_1（－）	19.6／22.2	＝ 0.8829						
54	熱伝達率（管外基準）（$h_s\cdot\gamma_1$）	h_s' $\left(\frac{kcal}{m^2HC}\right)$	1.432×10^{4}	1.431×10^{4}	1.439×10^{4}	1.432×10^{4}	1.438×10^{4}	1.437×10^{4}	1.441×10^{4}	1.423×10^{4}
55										
56	管平均温度（$T_{Pm}+t_{sm}/2$）	T_w（℃）	379.1	382.1	369.7	383.5	377.1	376.5	372.1	391.4
57	管熱伝導率	λ_w $\left(\frac{kcal}{mHC}\right)$	17.50	17.54	17.40	17.55	17.45	17.45	17.40	17.62
58	管熱抵抗 $\frac{D_{so}\cdot\ell_n(D_{so}/D_{si})}{2\cdot\lambda_w}$	R_w $\left(\frac{m^2HC}{kcal}\right)$	7.903×10^{-5}	7.885×10^{-5}	7.948×10^{-5}	7.880×10^{-5}	7.926×10^{-5}	7.926×10^{-5}	7.948×10^{-5}	7.849×10^{-5}
59										
60	汚れ係数	R_f $\left(\frac{m^2HC}{kcal}\right)$	－							
61	1次側熱抵抗（$1/h_P'$）	R_P $\left(\frac{m^2HC}{kcal}\right)$	9.174×10^{-5}	9.183×10^{-5}	9.107×10^{-5}	9.191×10^{-5}	9.149×10^{-5}	9.132×10^{-5}	9.132×10^{-5}	9.234×10^{-5}
62	2次側熱抵抗（$1/h_s'$）	R_s $\left(\frac{m^2HC}{kcal}\right)$	6.983×10^{-5}	6.988×10^{-5}	6.949×10^{-5}	6.983×10^{-5}	6.954×10^{-5}	6.959×10^{-5}	6.940×10^{-5}	7.027×10^{-5}
63										
64	総熱抵抗（$R_w+R_f+R_P+R_s$）	R_T $\left(\frac{m^2HC}{kcal}\right)$	2.406×10^{-4}	2.406×10^{-4}	2.400×10^{-4}	2.405×10^{-4}	2.403×10^{-4}	2.402×10^{-4}	2.402×10^{-4}	2.411×10^{-4}
65	熱貫流率（計算値）（$1/R_T$）	K_c $\left(\frac{kcal}{m^2HC}\right)$	4156.3	4157.0	4166.0	4157.3	4161.6	4163.7	4163.2	4147.7
66										
67	熱貫流率比（実験値／計算値）	K/K_c（－）	1.039	1.039	0.835	1.037	1.008	1.045	1.049	1.130

D－1.8　　IHX（B）熱貫流率計算値　　9/9

			9 B	10 B	11 B	12 B	13 B
24	1次側平均温度（$T_1+T_2'/2$）	Tpm（℃）	399.5	401.9	395.3	401.2	402.7
25	物性値・比重	γp（kg／m³）	856.25	855.67	857.25	855.84	855.53
26	〃　動粘性係数	νp（m²／s）	0.3262×10^{-6}	0.3250×10^{-6}	0.3284×10^{-6}	0.3254×10^{-6}	0.3247×10^{-6}
27	〃　プラントル数	Prp（－）	0.5013×10^{-2}	0.4997×10^{-2}	0.5041×10^{-2}	0.5002×10^{-2}	0.4992×10^{-2}
28	〃　熱伝導率	λp(kcal／mH℃)	61.285	61.182	61.464	61.212	61.157
29	1次側流路断面積	ap（m²）	0.907				
30	1次側平均流量（Gp／γp）	F'p（m³／H）	1272.8	1277.3	1275.5	1007.1	1273.5
31	平均流速（F'p／ap・3600）	Vp（m／s）	0.390	0.391	0.391	0.308	0.390
32	水力等価価直径	Dp（m）	0.0272				
33	レイノルズ数（Dp・Vp／νp）	Rep（－）	3.250×10^4	3.274×10^4	3.236×10^4	2.578×10^4	3.267×10^4
34	ペクレ数（Rep・Prp）	Rep（－）	162.9	163.6	163.1	129.0	163.1
35	ヌセルト数（$0.625\ Pep^{0.4}$）	Nup（－）	4.794	4.802	4.796	4.366	4.796
36	熱伝達率（λp・Nup／Dp）	hp(kcal/m²H℃)	1.080×10^4	1.080×10^4	1.084×10^4	9.825×10^3	1.078×10^4
37	管群部流束分布修正係数	β（－）	－				
38	1次側修正熱伝達率（β・hp）	h'p$(\frac{kcal}{m^2H℃})$＝hp	－				
39							
40	2次側平均温度（t_1+t_2／2）	tsm（℃）	388.2	389.8	384.5	389.0	390.4
41	物性値　比重	γs（kg／m³）	858.94	858.56	859.82	858.75	858.42
42	〃　動粘性係数	νs（m²／s）	0.3322×10^{-6}	0.3313×10^{-6}	0.3342×10^{-6}	0.3318×10^{-6}	0.3310×10^{-6}
43	〃　プラントル数	Prs（－）	0.5090×10^{-2}	0.5079×10^{-2}	0.5117×10^{-2}	0.5085×10^{-2}	0.5075×10^{-2}
44	〃　熱伝導率	λs(kcal／mH℃)	61.767	61.699	61.926	61.733	61.673
45	2次側流路断面積	as（m²）	0.547				
46	2次側平均流量（Gs／rs）	F's（m³／H）	1260.2	1257.2	973.3	1256.8	1257.8
47	平均流速（Fs'／as・3600）	Vs（m／s）	0.640	0.638	0.494	0.638	0.639
48	管内径	Dsi（m）	0.0196				
49	レイノルズ数（Ds・Vs／νs）	Res（－）	3.776×10^4	3.777×10^4	2.899×10^4	3.770×10^4	3.782×10^4
50	ペクレ数（Res・Prs）	Pes（－）	192.2	191.8	148.3	191.7	192.0
51	ヌセルト数（$0.625\ Pes^{0.4}$）	Nus（－）	5.121	5.117	4.617	5.116	5.119
52	熱伝導率（λs・Nus／Ds）	hs(kcal/m²H℃)	1.614×10^4	1.611×10^4	1.459×10^4	1.611×10^4	1.611×10^4
53	管内外直径比（Dsi／Dso）	r_1（－）	0.8829				
54	熱伝導率（管外基準）（hs・r_1）	h's(kcal/m²H℃)	1.425×10^4	1.422×10^4	1.288×10^4	1.423×10^4	1.422×10^4
55							
56	管平均温度（Tpm＋tsm／2）	Tw（℃）	393.9	395.9	389.9	395.1	396.5
57	管熱伝導率	λw(kcal／mH℃)	17.65	17.70	17.63	17.70	17.70
58	管熱抵抗（$\frac{Dso\ (Dso/Dsi)}{2\cdot\lambda w}$）	Rw$(\frac{m^2H℃}{kcal})$	7.836×10^{-5}	7.814×10^{-5}	7.845×10^{-5}	7.814×10^{-5}	7.814×10^{-5}
59							
60	汚れ係数	Rf(m²H℃／kcal)	－				
61	1次側熱抵抗（1／h'p）	Rp(m²H℃／kcal)	9.259×10^{-5}	9.259×10^{-5}	9.255×10^{-5}	1.018×10^{-4}	9.276×10^{-5}
62	2次側熱抵抗（1／h'p）	Rs(m²H℃／kcal)	7.018×10^{-5}	7.032×10^{-5}	7.764×10^{-5}	7.027×10^{-5}	7.032×10^{-5}
63							
64	総熱抵抗（Rw＋Rf＋Rp＋Rs）	R_T(m²H℃／kcal)	2.411×10^{-4}	2.438×10^{-4}	2.483×10^{-4}	2.502×10^{-4}	2.412×10^{-4}
65	熱貫流率（計算値）（1／RT）	Kc(kcal／m²H℃)	4147.1	4102.6	4026.7	3996.6	4145.6
66							
67	熱貫流率比（実験値／計算値）	K／Kc（－）	1.196	1.209	1.232	1.088	1.191

D－2	（Fig 4.9～4.11） IHX 低流量試験時熱貫流率計算書	1／5

D－2.1　5 MW時　熱貫流率実験値

D－2.2　7 MW時　〃

D－2.3　10 MW時　〃

D－2.4　10 MW時　熱貫流率計算値

2／5

伝　熱　計　算　記　録　紙　　測定日：　10 月　27 日

D－2.1　5 MW 時熱貫流率実験値

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal／kg	出口エンタルピ kcal／kg	冷却材流量 m^3／h	冷却材比重量 kg/in²	冷却材流量 kg／h	伝熱量 kcal／h	伝熱量 Mw
原子炉 (A)	249.2	284.0	165.362	176.294	212.7	891.931	189.714 × 10^3	2.074 × 10^6	2.412
〃 (B)	243.3	282.3	163.498	175.762	221.5	893.323	197.871 × 10^3	2.427 × 10^6	2.822
主中間熱交換器２次側 (A)	247.4	261.3	164.794	169.174	542.4	892.355	484.013 × 10^3	2.120 × 10^6	2.465
〃 (B)	242.3	258.3	163.182	168.230	540.2	893.558	482.700 × 10^3	2.437 × 10^6	2.833
	LMTD	Δto	22.7	LMTD	8.246	U	710.5		
	(A)	Δti	1.8	A	354				
	LMTD	Δto	24.0	LMTD	7.237	U	822.9		
	(B)	Δti	1.0	A	356				

熱出力　5.234

主中間熱交換器伝熱効率 (A)　η_A ＝ 102.2〔％〕

〃　〃　(B)　η_B ＝ 100.4〔％〕

3／5

伝　熱　計　算　記　録　紙

測定日：　10 月　27 日

D－2.2　7MW時 熱貫流率実験値

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal／kg	出口エンタルピ kcal／kg	冷却材流量 m^3／h	冷却材比重量 kg/m^3	冷却材流量 kg／h	伝熱量 kcal／h	伝熱量 Mw
原子炉　(A)	245.4	297.9	164.162	180.572	214.1	892.827	191.154 ×10^3	3.137 ×10^6	3.647
〃　(B)	243.5	295.8	163.562	179.980	222.3	893.275	198.575 ×10^3	3.260 ×10^6	3.791
主中間熱交換器2次側(A)	244.0	264.6	163.720	170.211	536.4	893.157	479.089 ×10^3	3.110 ×10^6	3.616
〃　(B)	242.2	263.4	163.151	169.8[illegible]	536.6	893.582	479.486 ×10^3	3.204 ×10^6	3.726
	LMTD	Δto	33.1	LMTD	10.022	U	884.2		
	(A)	Δti	1.4	A	354				
	LMTD	Δto	32.4	LMTD	9.671	U	903.3		
	(B)	Δti	1.3	A	356				

熱出力　7.438

主中間熱交換器伝熱効率(A)　η_A ＝99.1〔％〕

〃　〃　(B)　η_B ＝98.3〔％〕

4／5

伝　熱　計　算　記　録　紙　　測定日：　10 月　27 日

D－2.3　10MW時熱貫流率実験値

伝熱計算箇所	入口温度 ℃	出口温度 ℃	入口エンタルピ kcal／kg	出口エンタルピ kcal／kg	冷却材流量 m^3／h	冷却材比重量 kg／m^2	冷却材流量 kg／h	伝熱量 kcal／h	伝熱量 Mw
原子炉 (A)	245.7	322.7	164.257	188.344	215.8	892.756	192.657 ×10^3	4.641×10^6	5.396
〃 (B)	242.6	320.6	163.277	187.693	224.4	893.488	200.499 ×10^3	4.895×10^6	5.692
主中間熱交換器2次側 (A)	244.3	274.8	163.814	173.413	536.9	893.087	479.498 ×10^3	4.603×10^6	5.352
〃 (B)	241.5	272.6	162.929	172.723	539.3	893.747	481.998 ×10^3	4.721×10^6	5.489
	LMTD	Δto	47.9	LMTD	13.16 ℃	U	996.2		
	(A)	Δti	1.4	A	354				
	LMTD	Δto	48.0	LMTD	12.42	U	1107.1		
	(B)	Δti	1.1	A	356				

熱出力　11.088

主中間熱交換器伝熱効率 (A)　η_A ＝99.2〔％〕

〃　〃　(B)　η_B ＝96.4〔％〕

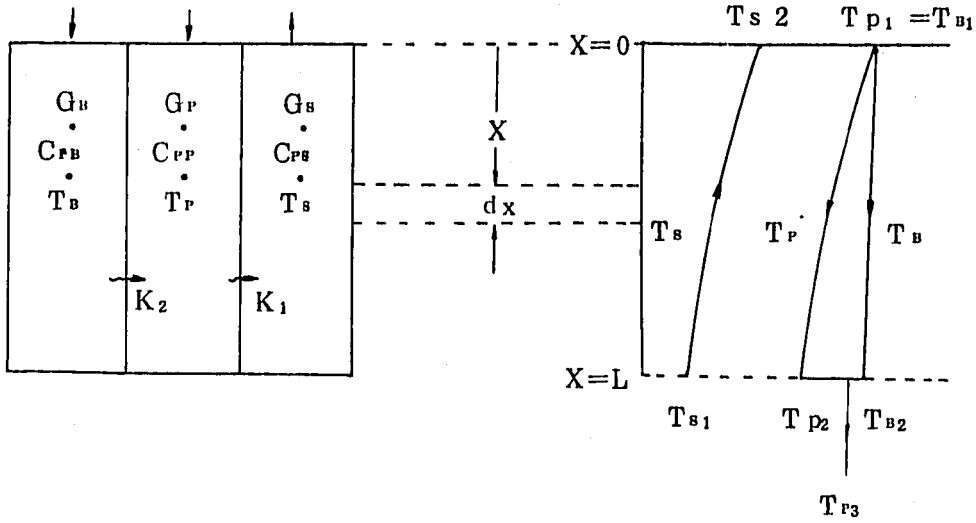
10 MW時熱貫流率計算値　　IHXデータシート　　5/5

D－2.4

			IHX(A)			IHX(B)				
24	1次側平均温度（$T_1+T_2'/2$）	T_{pm}（℃）	284.2			281.6				
25	物性値　比重	γ_p（kg/m³）	883.66			884.27				
26	〃　動粘性係数	ν_p（m²/S）	4.055×10^{-7}			4.078×10^{-7}				
27	〃　プラントル数	P_{rp}（－）	6.082×10^{-3}			6.115×10^{-3}				
28	〃　熱伝導率	λ_p（kcal/mHℂ）	66.33			66.45				
29	1次側流路断面積	a_p（m²）	0.8793			0.907				
30	1次側平均流量（G_p/γ_p）	F_p'（m³/H）	218.02			226.74				
31	平均流速（$F_p'/a_p\cdot3600$）	V_p（m/S）	6.887×10^{-2}			6.944×10^{-2}				
32	水力等価直径	D_p（m）	0.0219			0.0272				
33	レイノルズ数（$D_p\cdot V_p/\nu_p$）	R_{ep}（－）	3719.7			4632				
34	ペクレ数（$R_{ep}\cdot P_{rp}$）	P_{ep}（－）	22.62			28.32				
35	ヌセルト数（$0.625\,P_{ep}^{0.4}$）	N_{up}（－）	2.176			2.381				
36	熱伝達率（$\lambda_p\cdot N_{up}/D_p$）	$h_p\left(\frac{kcal}{m^2Hℂ}\right)$	6590.6			5816				
37	管群部流速分布修正係数	β（－）	0.80			—				
38	1次側修正熱伝達率（$\beta\cdot h_p$）	$h_p'\left(\frac{kcal}{m^2Hℂ}\right)$	5272.5			5816				
39										
40	2次側平均温度（$t_1+t_2/2$）	t_{sm}（℃）	259.6			257.1				
41	物性値　比重	γ_s（kg/m³）	889.47			890.07				
42	〃　動粘性係数	ν_s（m²/S）	4.296×10^{-7}			4.322×10^{-7}				
43	〃　プラントル数	P_{rs}（－）	6.418×10^{-3}			6.456×10^{-3}				
44	〃　熱伝導率	$\lambda_s\left(\frac{kcal}{mHℂ}\right)$	67.44			67.56				
45	2次側流路断面積	a_s（m²）	0.4179			0.547				
46	2次側平均流量（G_s/γ_s）	F_s'（m³/H）	539.08			541.53				
47	平均流速（$F_s'/a_s\cdot3600$）	V_s（m/S）	0.358			0.275				
48	管内径	D_{si}（m）	0.0137			0.0196				
49	レイノルズ数（$D_s\cdot V_s/\nu_s$）	R_{es}（－）	11427			12471				
50	ペクレ数（$R_{es}\cdot P_{rs}$）	P_{es}（－）	73.34			80.51				
51	ヌセルト数（$0.625\,P_{es}^{0.4}$）	N_{us}（－）	3.483			3.616				
52	熱伝達率（$\lambda_s\cdot N_{us}/\ _s$）	$h_s\left(\frac{kcal}{m^2Hℂ}\right)$	17148			12464				
53	管内外直径比（D_{si}/D_{so}）	γ_1（－）	0.8616			0.8829				
54	熱伝達率（管外基準）（$h_s\cdot\gamma_1$）	$h_s'\left(\frac{kcal}{m^2Hℂ}\right)$	14775			11005				
55										
56	管平均温度（$T_{pm}+t_{sm}/2$）	T_w（℃）	271.9			269.4				
57	管熱伝導率	$\lambda_w\left(\frac{kcal}{mHℂ}\right)$	16.25			16.25				
58	管熱抵抗（$\frac{D_{so}\cdot\ell_n(D_{so}/D_{si})}{2\cdot\lambda_w}$）	$R_w\left(\frac{m^2Hℂ}{kcal}\right)$	7.292×10^{-5}			8.511×10^{-5}				
59			$\frac{1}{2}D_{so}\cdot\ell_n(D_{so}/D_{si})=$		1.185×10^{-3}	1.383×10^{-3}				
60	汚れ係数	$R_f\left(\frac{m^2Hℂ}{kcal}\right)$	4×10^{-6}			—				
61	1次側熱抵抗（$1/h_p'$）	$R_p\left(\frac{m^2Hℂ}{kcal}\right)$	1.897×10^{-4}			1.719×10^{-4}				
62	2次側熱抵抗（$1/h_s'$）	$R_s\left(\frac{m^2Hℂ}{kcal}\right)$	6.768×10^{-5}			9.087×10^{-5}				
63										
64	総熱抵抗（$R_w+R_f+R_p+R_s$）	$R_T\left(\frac{m^2Hℂ}{kcal}\right)$	3.343×10^{-4}			3.479×10^{-4}				
65	熱貫流率（計算値）（$1/R_T$）	$K_c\left(\frac{kcal}{m^2Hℂ}\right)$	2991			2874.6				
66										
67	熱貫流率比（実験値/計算値）	K/K_c（－）						IHX(B)		
								(50 MW時)		
	実験値	U	996.2			1107.1		4934.0		
		1/U	1.004×10^{-3}			9.003×10^{-4}		2.027×10^{-4}		
	$R_p=1/U-R_w-R_f-R_s$	R_p	8.592×10^{-4}			7.273×10^{-4}		5.422×10^{-5}		
		h_p（$1/R_p$）	1164			1375		18445		
	$N_{up}=h_p\cdot D_p/\lambda_p$		0.384	（胴側）		0.563		8.204		
								$P_e=163.1$		
	$R_s=1/U-R_w-R_f-R_p$	R_s	7.374×10^{-4}			6.463×10^{-4}		3.18×10^{-5}		
		h_s（$1/R_s$）	1356			1547		31447		
	$N_{us}=h_s\cdot D_s/\lambda_s\cdot\gamma_1$		0.319	（管側）		0.508		9.99		
								$P_e=192.0$		

D－3	（Fig 5.1～Fig 5.2） IHX バイパス流による温度分布	1／9

1. IHX バイパス流による温度分布計算モデル



W_P：$G_P \cdot C_{PP}$	1 次側本流熱当量	（kcal/h℃）
W_B：$G_B \cdot C_{PB}$	〃 バイパス熱当量	（ 〃 ）
W_S：$G_S \cdot C_{PS}$	2 次側熱当量	（ 〃 ）
α ：	バイパス流量比	（ － ）
G_P：	1 次側流量	（t／h）
G_B：	バイパス側流量	（ 〃 ）
G_S：	2 次側流量	（ 〃 ）
T_P：	1 次側本 流温度	（ ℃ ）
T_B：	〃 バイパス 〃	（ 〃 ）
T_S：	2 次側温度	（ 〃 ）
K_1：	1 次本流～2 次側 熱伝達率	（kcal/m²h℃）
K_2：	1 次バイパス～1 次本流 熱伝達率	（ 〃 ）
A_1：	（T_P～T_S 間）単位長当り伝熱面積	（m²／m）
A_2：	（T_B～T_P 間） 〃	（m²／m）

2. 解 析 解 （T_{P1}, T_{P3} 既知として）

(1) $W_s = W_P$ の時

$$T_{s2} = T_{P1} + (T_{P1} - T_{P3}) / k_4$$

$$T_{s1} = (T_{P3} - T_{P1}) + T_{s2}$$

$$T_{P2} = T_{s1} - \frac{W_s}{A_1 \cdot k_1} \cdot \frac{(T_{P1} - T_{P3})}{k_4} \left[a_1 (k_1 - k_2) e^{-a_1 L} + k_3 \right]$$

$$T_{B2} = T_{P2} + (T_{P1} - T_{s2}) / \alpha - (T_{P2} - T_{s1}) / \alpha$$

但し

$$a_1 = \frac{\alpha^2 \cdot A_1 \cdot K_1 + A_2 \cdot K_2}{\alpha (1 - \alpha) A_1 \cdot K_1 \cdot W_P}$$

$$k_1 = \frac{A_1 \cdot K_1 (\alpha^2 A_1 \cdot K_1 + A_2 \cdot K_2)}{\alpha (1 - \alpha) \cdot W_P^2} = A_1 \cdot K_1 / a_1$$

$$k_2 = \frac{\alpha (1 - \alpha) A_1 \cdot K_1 \cdot A_2 \cdot K_2}{(\alpha^2 \cdot A_1 \cdot K_1 + A_2 \cdot K_2)^2}$$

$$k_3 = \frac{A_1 \cdot K_1 \cdot A_2 \cdot K_2}{(\alpha^2 \cdot A_1 \cdot K_1 + A_2 \cdot K_2) W_P}$$

$$k_4 = (k_1 - k_2)(e^{-a_1 L} - 1) - k_3 L$$

(2) $W_S \neq W_P$ の時

$$T_{S2}=T_{P1}-k_5(T_{P1}-T_{P3})$$

$$T_{S1}=T_{S2}-\frac{W_P}{W_S}(T_{P1}-T_{P3})$$

$$T_{P2}=T_{S1}-k_6(T_{P1}-T_{S2})$$

$$T_{B2}=T_{P2}+\frac{1}{\alpha}\left(T_{P1}-\frac{W_S}{W_P}(T_{S2}-T_{S1})-T_{P2}\right)$$

但し

$$a_1=\frac{A_1 \cdot K_1}{W_S}\left[\left(\frac{W_S}{(1-\alpha)W_P}-1\right)+\frac{A_2 \cdot K_2 \cdot W_S}{\alpha(1-\alpha)\cdot A_1 \cdot K_1 \cdot W_P}\right]$$

$$a_2=\frac{1}{\alpha(1-\alpha)}\cdot\frac{A_2 \cdot K_2}{W_P}\cdot\frac{A_1 \cdot K_1}{W_S}\left(\frac{W_S}{W_P}-1\right)$$

$$k_1=\frac{1}{2}\left(-a_1+\sqrt{a_1^2-4a_2}\right)$$

$$k_2=\frac{1}{2}\left(-a_1-\sqrt{a_1^2-4a_2}\right)$$

$$k_3=\left[\frac{k_2}{\left(\frac{W_S}{W_P}-1\right)}+\frac{A_1 \cdot K_1}{W_S}\right]\Big/(k_2-k_1)$$

$$k_4=\left[\frac{k_1}{\left(\frac{W_S}{W_P}-1\right)}+\frac{A_1 \cdot K_1}{W_S}\right]\Big/(k_2-k_1)$$

$$k_5=\left(\frac{W_P}{W_S}\right)\Big/\left[k_3(1-e^{k_1 L})-k_4(1-e^{k_2 L})\right]$$

$$k_6=\left(\frac{W_S}{A_1 K_1}\right)(k_1 k_3 e^{k_1 L}-k_2 \cdot k_4 e^{k_2 L})$$

3. 諸　元

$A_1 = 354 m^2 / 2.5 m = 141.6 \ m^2/m$

$A_2 = 1.442 \times \pi = 4.53 \ m^2/m$

$G_B = 1,085.6$ (t／h)　　$C_{PS} = 0.306$ (kcal／kg℃)

$G_P = 1,085.6 \times (1-\alpha)$　　$C_{PP} = 0.304$ (kcal／kg℃)

$G_B = 1,085.6 \times \alpha$　　$C_{PB} = 0.304$ (kcal／kg℃)

$W_S = 3.322 \times 10^5$　(kcal／h℃)

$W_P = 3.30 \times 10^5 (1-\alpha)$　(〃)

$W_B = 3.30 \times 10^5 \alpha$　(〃)

$$K_1 = \left[\frac{9.01 \times 10^{-5}}{(1-\alpha)^{0.4}} + 1.332 \times 10^{-4} \right]^{-1}$$

K_2

バイパス流路断面	$\frac{\pi}{4}(1.74^2 - 1.47^2)$	$= 0.681 \ m^2$
等価直径	$1.74 - 1.47$	$= 0.27 \ m$
流　速 $\frac{G_P}{\gamma_{45} \cdot A_2}$	$\frac{1085.6 \times 10^3 \alpha}{855.81 \times 0.681 \times 3600}$	$= 0.517 \ \alpha$
$R_e (D_e \cdot v/\nu)$	$0.27 \times 0.517 \alpha / 0.3302 \times 10^{-6}$	
	$= 4.227 \times 10^5 \alpha$	
$P_e (R_e \cdot P_{r405})$	$4.227 \times 10^5 \alpha \times 0.5075 \times 10^{-2} = 2145.2 \alpha$	
$P_e^{0.4}$	$21.5 \alpha^{0.4}$	
$N_u (0.625 P_e^{0.4})$	$13.4 \alpha^{0.4}$	
$h'_B (N_u \cdot \lambda / D_e)$	$13.4 \alpha^{0.4} \times 61.063 / 0.27$	
	$= 3.03 \times 10^3 \alpha^{0.4}$	
$h_B (h'_B (d_o/d_i))$	$3.03 \times 1.47 / 1.442 \times 10^3 \alpha^{0.4}$	
	$= 3.09 \times 10^3 \alpha^{0.4}$	
h_P	$1.11 \times 10^4 (1-\alpha)^{0.4}$	

$$R_i \left(\frac{\alpha_o}{2 \cdot \lambda_i} \cdot \ell_n (d_o/d_i) \right) \frac{1.47}{2 \times 17.1} \ell_n (1.47 / 1.442)$$

$$= 8.27 \times 10^{-4}$$

$$K_2 = \left[\frac{1}{3.09 \times 10^3 \alpha^{0.4}} + 8.27 \times 10^{-4} + \frac{1}{1.11 \times 10^4 (1-\alpha)^{0.4}} \right]^{-1}$$

α	K_1 (kcal/m²h℃)	K_2 (kcal/m²h℃)	G_P (kg/h) $\times 10^3$	G_B (kg/h) $\times 10^3$	$(1-\alpha)W_P$ (kcal/h℃)	W_B (kcal/h℃)
0.01	4,471.0	337.9	1,074.7	10.9	3.267×10^5	3.3×10^3
0.05	4,441.1	502.1	1,031.3	54.3	3.135	1.65×10^4
0.10	4,401.8	576.7	977.0	108.6	2.97	3.3
0.15	4,360.1	619.4	922.8	162.8	2.81	4.95
0.20	4,315.7	648.7	868.5	217.1	2.64	6.60
0.25	4,268.2	670.4	814.2	271.4	2.475	8.25
0.30	4,217.3	687.4	759.9	325.7	2.31	9.9
0.35	4,162.4	701.0	705.6	380.0	2.145	1.155×10^5
0.40	4,103.0	712.0	651.4	434.2	1.98	1.32
0.45	4,038.1	721.1	597.1	488.5	1.815	1.485
0.50	3,966.9	728.4	542.8	542.8	1.65	1.65
0.55	3,887.9	734.2	488.5	597.1	1.485	1.815
0.60	3,799.6	738.6	434.2	651.4	1.32	1.98
0.70	3,583.7	742.9	325.7	759.9	9.9×10^4	2.31
0.80	3,281.7	739.5	217.1	868.5	6.6	2.64
0.90	2,781.5	719.0	108.6	977.0	3.3	2.97
0.95	2,315.7	686.8	54.3	1,031.3	1.65	3.135
0.99	1,425.1	581.3	10.9	1,074.7	3.3×10^3	3.267

4. $\alpha = 20$ %時 IHX内温度分布（$W_S = W_P$）

$$
\begin{cases}
T_S = -\dfrac{T_{P1}-T_{P3}}{k_4}\left[(k_1-k_2)(e^{-a_1x}-1)-k_3X-1\right]+T_{P1} \\[2ex]
T_P = T_S - \dfrac{W_S}{A_1K_1}\cdot\dfrac{(T_{P1}-T_{P3})}{k_4}\left(a_1(k_1-k_2)e^{-a_1x}+k_3\right) \\[2ex]
T_B = T_P + \dfrac{1}{\alpha}(T_{P1}-T_{S2}) - \dfrac{1}{\alpha}(T_P-T_S)
\end{cases}
$$

$k_1 = 3.571$　$k_2 = 0.383$　$k_3 = 0.199$　$k_4 = -2.814$　$a_1 = 0.5186$

$$\frac{W_S}{A_1K_1} = 0.540$$

(1) $T_{P1} = 500$ ℃　$T_{P3} = 300$ ℃　（100 MW）

$T_S = 500 + 46.2\left[3.188(e^{-0.5186x}-1)-0.199x-1\right]$

$T_P = T_S + 24.94\left(1.653e^{-0.5186x} + 0.199x\right)$

$T_B = T_P + 5(500 - T_{S2}) - 5(T_P - T_S)$

x	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
T_S	(T_{S2}) 453.8	415.6	385.0	360.4	340.3	323.8
T_P	(499.99) (チェック)	452.4	414.5	384.3	359.9	340.0
T_B	500	499.4	498.0	495.8	492.9	490.0

(2) $T_{P1} = 435$ ℃　$T_{P3} = 370$ ℃　（50 MW）

$T_S = 435 + 23.10\left(3.188(e^{-0.5186x}-1)-0.199x-1\right)$

$T_P = T_S + 12.47\left(1.653e^{-0.5186x} + 0.199\right)$

$T_B = T_P + 5(435 - T_{S2}) - 5(T_P - T_S)$

x	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
T_S	(T_{S2}) 411.9	392.8	377.5	365.2	355.2	346.9
T_P	(434.99) (チェック)	411.2	392.3	377.2	365.0	355.0
T_B	435	434.7	433.8	432.7	431.5	430.0

5. （ $W_s = W_P$ の時 ） $\alpha = 0.01 \sim 0.30$

1	α	0.01	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
2	A_1 (m^2)	141.6	－					
3	k_1 (Kcal/m^2h℃)	4471.0	4441.1	4401.8	4360.1	4315.7	4268.2	4217.3
4	A_2 (m^2)	4.53	－					
5	k_2 (Kcal/m^2h℃)	337.9	502.1	576.7	619.4	648.7	670.4	687.4
6	W_P (Kcal/h℃)	3.3×10^5						
7	L (m)	2.5						
8	$\alpha^2 A_1 k_1 + A_2 \cdot k_2$		3846.7	8845.4	16697.2	27383	40810	
9	$\alpha(1-\alpha) \cdot W_P$		15675	29700	42075	52800	61875	
10	α_1 ((8)／(9))		0.2454	0.2978	0.3968	0.5186	0.6596	
11								
12	$A_1 \cdot k_1 \cdot A_2 \cdot k_2$		1.430×10^9	1.628×10^9	1.732×10^9	1.796×10^9	1.835×10^9	
13	$\alpha(1-\alpha) W_P^2$		5.173×10^9	9.801×10^9	1.388×10^{10}	1.742×10^{10}	2.042×10^{10}	
14	a_2 ((12)／(13))		0.276	0.166	0.125	0.103	0.0899	
15								
16	$A_1 \cdot k_1 / W_P$		1.906	1.889	1.871	1.852	1.831	
17	k_1 ((16)／(10))		7.765	6.343	4.715	3.571	2.776	
18	k_2 ((14)／$(10)^2$)		4.583	1.872	0.794	0.383	0.207	
19	k_3 ((14)／(10))		1.125	0.557	0.315	0.199	0.136	
20								
21	$k_4((k_1-k_2)(e^{-2,L}-1)-k_3 L)$		－4.272	－3.740	－3.254	－2.814	－2.415	
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								

5. $W_s = W_P$ の時（続き） $\alpha = 0.01 \sim 0.30$

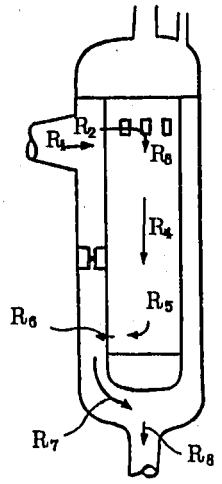
25	(25 MW)	α		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25		
26	$T_{P1}=402.5$ $T_{P3}=370$		$T_{P1}-T_{P3}=$ 32.5							
27	$(T_{P1}-T_{P3})/k_4$			−7.608	−8.69	−9.99	−11.55	−13.46		
28	$T_{S2}=T_{P1}+(27)$	T_{S2}		394.9	393.8	392.5	391.0	389.0		
29	$T_{S1}=-(27)((21)-1)+T_{P1}$	T_{S1}		362.4	361.3	360.0	358.4	356.5		
30	$a_1(k_1-k_2)e^{-aL}+k_3$			1.548	1.189	0.892	0.651	0.462		
31	$1/(16)$			0.525	0.529	0.534	0.540	0.546		
32	$T_{P2}=(29)-(31)(27)(30)$	T_{P2}		368.6	366.8	364.8	362.5	359.9		
33	$(T_{P1}-T_{S2})/\alpha$			152	87	66.7	57.5	54		
34	$(T_{P2}-T_{S1})/\alpha$			124	55	32	20.5	13.6		
35	$T_{B2}=(32)+(33)-(34)$	T_{B2}		396.6	398.8	399.5	399.5	400.3		
36	チェック $T_{P3}=(1-\alpha)T_{P2}+\alpha T_{B2}$			370(ok)	370(ok)	370.0(ok)	369.9	370		
37										
38	(50 MW)									
39	$T_{P1}=435$ $T_{P3}=370$		$T_{P1}-T_{P3}=$ 65							
40	$(T_{P1}-T_{P3})/k_4$			−15.215	−17.38	−19.98	−23.10	−26.92		
41	$T_{S2}=T_{P1}+(40)$	T_{S2}		419.8	417.6	415.0	411.9	408.1		
42	$T_{S1}=-(40)((21)-1)+T_{P1}$	T_{S1}		354.8	352.6	350.0	346.9	343.1		
43	$T_{P2}=(42)-(31)(40)(30)$	T_{P2}		367.2	363.5	359.5	355.0	349.9		
44	$(T_{P1}-T_{S2})/\alpha$			304	174	133.3	115.5	107.6		
45	$(T_{P2}-T_{S1})/\alpha$			248	109	63.3	40.5	27.2		
46	$T_{B2}=T_{P2}+(44)-(45)$	T_{B2}		423.2	428.5	429.5	430.0	430.3		
47	チェック $T_{P3}=(1-\alpha)T_{P2}+\alpha T_{P2}$			370(ok)	370(ok)	370(ok)	370	370		
48										
49	(75 MW)									
50	$T_{P1}=467.5$ $T_{P3}=370$		$T_{P1}-T_{P3}=$ 97.5							
51	$(T_{P1}-T_{P3})/k_4$			−22.823	−26.07	−29.96	−34.65	−40.37		
52	$T_{S2}=T_{P1}+(51)$	T_{S2}		444.7	441.4	437.5	432.9	427.1		
53	$T_{S1}=-(51)((21)-1)+T_{P1}$	T_{S1}		347.2	343.9	340.1	335.3	329.6		
54	$T_{P2}=(53)-(31)(51)(30)$	T_{P2}		365.7	360.3	354.4	347.5	339.8		
55	$(T_{P1}-T_{S2})/\alpha$			450	261	200	173	161.6		
56	$(T_{P2}-T_{S1})/\alpha$			370	164	95.3	61	40.8		
57	$T_{B2}=T_{P2}+(55)-(56)$	T_{B2}		451.7	457.3	459.1	459.5	460.6		
58	チェック $T_{P3}=(1-\alpha)T_{P2}+\alpha T_{B2}$			370(ok)	370	370.1	369.9	370		
59										
60	(100 MW)									
61	$T_{P1}=500$ $T_{P3}=370$		$T_{P1}-T_{P3}=$ 130							
62	$(T_{P1}-T_{P3})/k_4$			−30.43	−34.76	−39.95	−46.20	−53.83		
63	$T_{S2}=T_{P1}+(62)$	T_{S2}		469.6	465.2	460.1	453.8	446.2		
64	$T_{S1}=-(62)((21)-1)+T_{P1}$	T_{S1}		339.6	335.2	330.1	323.8	316.2		
65	$T_{P2}=(64)-(31)(62)(30)$	T_{P2}		364.3	357.1	349.1	340.0	329.8		
66	$(T_{P1}-T_{S2})/\alpha$			608	348	266	231	215.2		
67	$(T_{P2}-T_{S1})/\alpha$			494	219	126.7	81	54.4		
68	$T_{B2}=T_{P2}+(66)-(67)$	T_{B2}		478.3	486.1	488.4	490.0	490.6		
69	チェック $T_{P3}=(1-\alpha)T_{P2}+\alpha T_{B2}$			370(ok)	370(ok)	370	370	370		

6. $W_s \neq W_P$ の時（$W_s = 1.1\ W_P$ の時）$\alpha = 20$ %

	α		20						
	A_1		141.6	$A_2 = 4.53$		$L = 2.5$			
	K_1		4315.7						
	K_2		648.7						
	W_P		3.3×10^5	$W_s = 1.1 W_P$					
	W_s		3.322×10^5	3.63×10^5					
a_1	(1) $A_2 \cdot K_2 \cdot W_s / \alpha(1-\alpha) \cdot A_1 K_1 W_P$		0.0303	0.0331					
	(2) $W_s / (1-\alpha)\ W_P - 1$		0.2583	0.375					
	(3) $A_1 \cdot K_1 / W_s$		1.8396	1.6835					
	$a_1 = (3) \times ((1)+(2))$		0.5309	0.6870					
a_2	(1) $W_s / W_P - 1$		6.667×10^{-3}	0.10					
	(2) $A_1 \cdot K_1 \cdot A_2 \cdot K_2 / \alpha(1-\alpha) W_s W_s$		0.1024	0.0937					
	$a_2 = (1) \times (2)$		6.827×10^{-4}	9.37×10^{-3}					
k_1	$\frac{1}{2}(-a_1 + \sqrt{a_1^2 - 4a_2})$		-1.289×10^{-3}	-1.392×10^{-2}					
k_2	$\frac{1}{2}(-a_1 - \sqrt{a_1^2 - 4a_2})$		-0.5296	-0.673					
k_3	(1) $k_2 / (\frac{W_s}{W_P} - 1)$		-79.44	-6.73					
	(2) $k_2 - k_1$		-0.5283	-0.659					
	$k_3 = (1) + a_1(3) / (2)$		146.89	7.658					
k_4	(1) $k_1 / (W_s / W_P - 1)$		-0.1933	-0.1392					
	$k_4 = (1) + a_1(3) / k_3(2)$		-3.109	-2.343					
k_5	(1) $1 - e^{k_1 L}$		3.217×10^{-3}	3.42×10^{-2}					
	(2) $1 - e^{k_2 L}$		0.7339	0.814					
	(3) $k_3(1 - e^{k_1 L}) - k_4(1 - e^{k_2 L})$		2.7542	2.169					
	(4) W_P / W_s		0.9934	0.909					
	$k_5 = (4) / (3)$		0.3607	0.419					
k_6	(1) $k_1 k_3 e^{k_1 L}$		-0.1887	-0.103					
	(2) $k_2 k_4 e^{k_2 L}$		0.4381	0.293					
	$k_6 = (1) - (2) / a_1(3)$		-0.3407	-0.235					
	$T_{s2} = T_{P1} - k_5(T_{P1} - T_{P3})$		$T_{s1} = T_{s2} - \frac{W_P}{W_s}(T_{P1} - T_{P3})$		$T_{P2} = T_{s1} - k_6(T_{P1} - T_{s2})$		$T_{B2} = T_{P2} + (T_{P1} - T_{P2} - \frac{W_s}{W_P}(T_{s2} - T_{s1})) / \alpha$		
	(100 MW)	T_{s2}	453.1	445.5	$T_s = (T_{P1} - T_{s2})(k_3 e^{k_1 L} - k_4 e^{k_2 L}) - (T_{P1} - \frac{W_s}{W_P} T_{s2}) / (\frac{W_s}{W_P} - 1)$				
	$T_{P1} - T_{P3} = 130$	T_{s1}	324.0	327.3	$= 46.9(146.89 e^{-1.289 \times 10^{-3} L} + 3.109 e^{-0.5296 L}) - 6583.1$				
	$T_{P1} = 500$	T_{P2}	340.0	340.1					
		T_{B2}	490.2	489.5		L = 0	L = 1.0	L = 2.0	L = 2.5
					T_s	451.9	383.0	338.9	322.7
	(75 MW)								
	$T_{P1} = 467.5$	T_{s2}	432.3	426.6	$T_P = T_s + 25.49(+0.189 e^{-1.289 \times 10^{-3} L} + 1.647 e^{-0.5296 L})$				
	$T_{P1} - T_{P3} = 97.5$	T_{s1}	335.4	338.0					
		T_{P2}	347.4		T_P	498.7	412.5	358.9	338.7
		T_{B2}	460.2						
					$T_B = T_P + \frac{1}{\alpha}(T_{P1} - T_P - \frac{W_s}{W_P}(T_{s2} - T_s))$				
	(50 MW)								
	$T_{P1} = 435$	T_{s2}	411.6	407.8	T_B	500	497.2	492.0	488.9
	$T_{P1} - T_{P3} = 65$	T_{s1}	347.0	348.7					
		T_{P2}	355.0						
		T_{B2}	429.9						
	(25 MW)								
	$T_{P1} = 402.5$	T_{s2}	390.8	388.9					
	$T_{P1} - T_{P3} = 32.5$	T_{s1}	358.5	359.4					
		T_{P2}	362.5						
		T_{B2}	399.9						

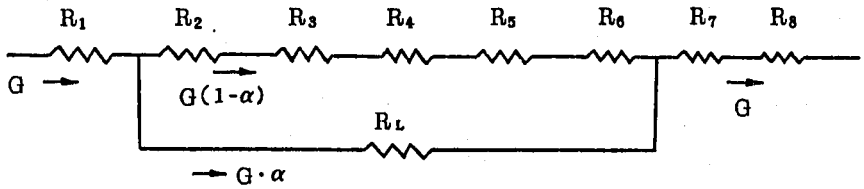
D－4	(Fig 5.3) IH×(A) シールリング部間隙とバイパス流量	1／3

(1) 胴側圧力損失構成（Ⅰ認より）



	圧力損失 (Kg/cm²)
R_1：1次入口ノズル部	0.0057
R_2：内胴上窓	0.00110
R_3：上部クロスフロー域	0.0030
R_4：管群有効伝熱域	0.0036
R_5：管群クロスフロー域	0.0030
R_6：内胴下窓	0.0081
R_7：内胴下窓～ ・ナトリウム出口ノズル	0.0055
R_8：ナトリウム出口ノズル	0.0101

(2) 漏れ止めリング部圧損 R_L

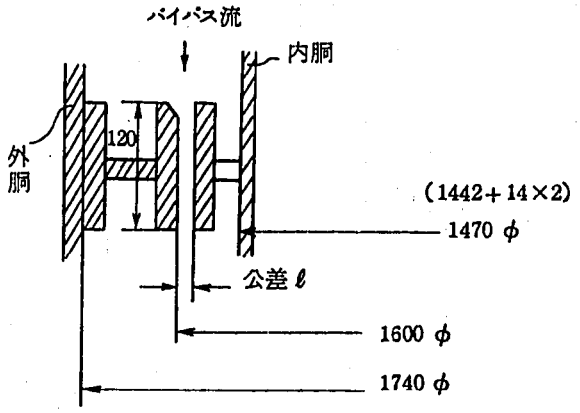


$R_L = \sum_{2}^{6} R_i$ とする （実際にはバイパス流により本流 側抵抗も下るため $(1-\alpha)^2$ 倍とする）

$R_L = 0.0188(1-\alpha)^2$ (kg/cm²)

$= 188(1-\alpha)^2$ (kg/m²)

(3) 漏れ止めリング部形状



(4) 漏れ止めリング部抵抗

(イ) 漏れ止めリング部出入口抵抗

$$\triangle P_1 = \zeta \frac{\gamma v^2}{2g}$$

ζ ：入口＋出口

(0.5)＋(1.0)

＝ 1.5

v ：ギャップ内流速

(ロ) 漏れ止めリングマサツ抵抗

$$\triangle P_2 = \lambda \frac{L}{d} \frac{\gamma v^2}{2g}$$

d ：$d_1 - d_2 = 2\ell$

d_1 ：漏れ止めリング外胴直径

d_2 ：　〃　内胴　〃

L ：120 mm

$$1/\sqrt{\lambda} = 1.14 - 2\log(\varepsilon/d)$$

$$\lambda = 1/[1.14 - 2\log(\varepsilon/d)]^2 \qquad \varepsilon = 0.05$$

$$\triangle P_2 = \frac{1}{(1.14 - 2\log(\frac{0.05}{2\ell}))^2} \cdot \frac{120}{2\ell} \cdot \frac{\gamma v^2}{2g}$$

(ハ) 合計抵抗

$$\triangle P = [1.5 + \frac{120}{2\ell[1.14 - 2\log(\frac{0.05}{2\ell})]^2}] \cdot \frac{\gamma v^2}{2g}$$

1 次流量：1085.6 (t/h) ＝ 1279.2 (m^3/h)　　γ_{435} ＝ 848.68 (kg/m^3)

＝ 0.355 (m^3/s)

バイパス流量：0.355 × α (m^3/s)

流路断面：1.6 × π ℓ × 10^{-3} (m^2)

$$\frac{\gamma \cdot v^2}{2g} = \frac{848.68}{2 \times 9.8} \times \left(\frac{0.355\alpha}{1.6 \times \pi\ell \times 10^{-3}}\right)^2$$

$$= 2.16 \times 10^5 (\alpha/\ell)^2$$

$$\triangle P = 2.16 \times 10^5 (\alpha/\ell)^2 [1.5 + \frac{120}{2\ell[1.14 - 2\log(\frac{0.05}{2\ell})]^2}]$$

(5) 本流側とバランスするα．ℓ．

$$188\,(1-\alpha)^2 = 2.16\times10^5\,(\alpha/\ell)^2\left[1.5+\frac{120}{2\ell\left[1.14-2\ell\log\left(\frac{0.05}{2\ell}\right)\right]^2}\right]$$

$$1-2\alpha+\alpha^2 = K\alpha^2 \qquad K=\frac{1149}{\ell^2}\left[1.5+\frac{120}{2\ell\left[1.14-2\ell\log\left(\frac{0.05}{2\ell}\right)\right]^2}\right]$$

$$(1-K)\,\alpha^2-2d+1=0$$

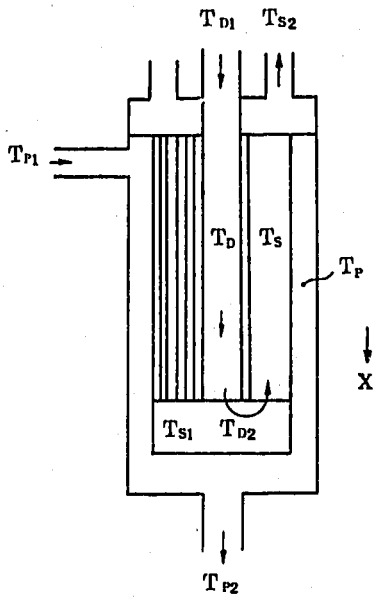
$$\alpha=\frac{1\pm\sqrt{1-(1-K)}}{(1+K)}=\frac{1\pm\sqrt{K}}{(1+K)} \qquad \sqrt{K}>1$$

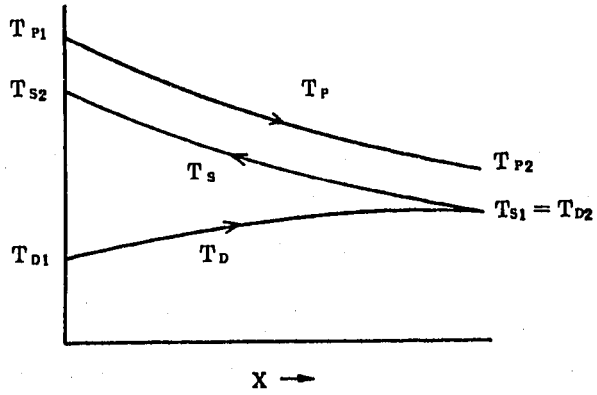
$$\alpha = 1+\sqrt{K}/(1+K)$$

ℓ	K	α	$120/2\ell(1.14-2\ell\log(\frac{0.05}{2\ell}))^2$
0.5 mm	4.628×10^4	4.67×10^{-3}	8.57
1	5.377×10^3	0.0138	3.18
2	783.1	0.037	1.23
3	282.5	0.0628	0.71
4	142.7	0.090	0.49
5	85.7	0.1183	0.364
6	57.0	0.1474	0.287
7	40.7	0.1770	0.235
8	30.49	0.2071	0.20
9	23.7	0.2376	0.171
10	18.9	0.2687	0.149
11	15.50	0.299	0.132
12	12.91	0.331	0.118
13	10.92	0.361	0.107
14	9.36	0.392	0.097
15	8.12	0.422	0.089
16	7.10	0.452	0.082
17	6.27	0.482	0.076
18	5.57	0.511	0.071
19	4.99	0.540	0.066
20	4.49	0.568	0.062

D－5	ダウンカマー管の熱交換を IHX(B) 考えた場合の温度プロフィール(Fig5.4)	1／4

1





ダウンカマー管での熱交換を考えた場合の温度プロフィールは概略上記の如くなる。

2　1次出入口温度T_{Pi}，T_{P2} を既知とした時の各部温度は

$$T_{D1} = C_1 + C_2 + T_{P2}$$

$$T_{S2} = T_{D1} + T_{P1} - T_{P2}$$

$$T_{D2} = T_{S1} = C_1 e^{k_1 L} + C_2 e^{k_2 L} + T_{P2}$$

但し

$$C_1 = -(T_{P1} - T_{P2})\, e^{L(k_2-k_1)} \Big/ \left(\frac{W_S}{A_1 \cdot K_1} k_1 + 1 \right) \left(1 - e^{L(k_2-k_1)} \right)$$

$$C_2 = (T_{P1} - T_{P2}) \Big/ \left(\frac{W_S}{A_1 \cdot K_1} \cdot k_2 + 1 \right) \left(1 - e^{L(k_2-k_1)} \right)$$

$$k_1 = \frac{1}{2}\left(-a_1 + \sqrt{a_1^2 - 4a_2}\right) \qquad k_2 = \frac{1}{2}\left(-a_1 - \sqrt{a_1^2 - 4a_2}\right)$$

$$a_1 = 2A_1 \cdot k_1 / W_S \qquad a_2 = -A_1 \cdot A_2 \cdot K_1 \cdot K_2 / W_S^2$$

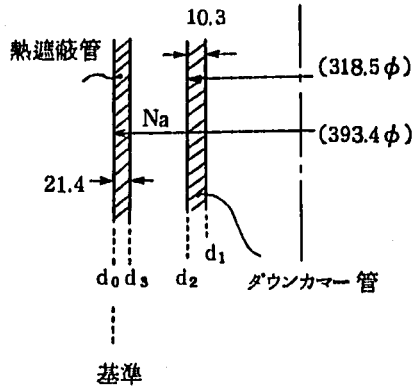
3　諸元（工認等より）

(1)　A_1（ダウンカマー部伝面）　：2.82(m)×0.3934(m)×π＝3.485（m²）

単位長さ当り　　1.236（m²／m）

(2)　A_2（管群部伝熱面積）　：　356（m²）　126.2（m²／m）

(3)　K_1（ダウンカマ部熱貫流率）



$$\frac{1}{r_0 \cdot k_1} = \frac{1}{r_1 \cdot h_1} + \frac{1}{\lambda_{m1}} \cdot \ell_n\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{\lambda_{Na}} \ell_n\left(\frac{d_3}{d_2}\right) + \frac{1}{\lambda_{m2}} \cdot \ell_n\left(\frac{d_0}{d_3}\right) + \frac{1}{r_0 h_0}$$

$$\frac{1}{r_1 h_1} = 1/0.1490 \times 7262.1$$

$$= 9.242 \times 10^{-4}$$

$$\frac{1}{\lambda_{m1}} \cdot \ell_n\left(\frac{d_2}{d_1}\right) = \frac{1}{17.8} \ell_n\left(\frac{318.5}{297.9}\right)$$

$$= 3.756 \times 10^{-3}$$

$$\frac{1}{\lambda_{Na}} \ell_n\left(\frac{d_3}{d_2}\right) = \frac{1}{62.525} \ell_n\left(\frac{350.6}{318.5}\right)$$

$$= 1.536 \times 10^{-3}$$

$$\frac{1}{\lambda_{m2}} \cdot \ell_n\left(\frac{d_0}{d_3}\right) = \frac{1}{17.8} \ell_n\left(\frac{393.4}{350.6}\right)$$

$$= 6.471 \times 10^{-3}$$

$$\frac{1}{r_0 h_0} = 1/0.1967 \times 10630$$

$$= 4.783 \times 10^{-4}$$

$$\frac{1}{r_0 k_1} = 0.0132$$

$k_1 = 1/0.0125 \times d_0 = 1/0.0132 \times 0.1967$

$k_1 = 385.1$（kcal／m² h ℃）

hi　$G = 1085.6$ t／h

$\gamma_{370} = 864.09$ kg／m³

$F = 1085.6 \times 10^3 / 864.09$

$= 1256.4$ m³／hr

$= 0.349$ m³／sec

$D = 318.5 - 2 \times 10.3$

$= 297.9$

$a = \frac{\pi}{4}(0.2979)^2$

$= 6.97 \times 10^{-2}$（m²）

$v = 0.349 / 6.97 \times 10^{-2}$

$= 5.01$ m／s

$R_e = 5.01 \times 0.2979 / 0.3473 \times 10^{-6}$

$= 4.297 \times 10^6$

$P_e = 4.297 \times 10^6 \times 0.5296 \times 10^{-2}$

$= 2.276 \times 10^4$

$P_e^{0.4} = 55.3$

$N_u = 0.625\ P_e^{0.4}$

$= 34.6$

$h_1 = 34.6 \times 62.525 / 0.2979$

$= 7262.1$

(4) K_2（管群部熱貫流率）　：4132（kcal／m² h℃）

(5) W_s（2次側熱当量）　：$W_s = G_s \cdot C_{ps}$

$= 1085.6 \times 10^3 \times 0.306$

$= 3.322 \times 10^5$（kcal／h℃）

(6) $a_1 = 2A_1 \cdot K_1 / W_s = 2 \times 1.236 \times 385.1 / 3.322 \times 10^5$

$= 2.866 \times 10^{-3}$ (－)

(7) $a_2 = -A_1 \cdot A_2 \cdot K_1 \cdot K_2 / W_s^2 = \dfrac{-1.236 \times 126.2 \times 385.1 \times 4132}{(3.322 \times 10^5)^2}$

$= -2.249 \times 10^{-3}$ (－)

(8) $k_1 = \dfrac{1}{2}(-a_1 + \sqrt{a_1^2 - 4a_2}) = \dfrac{1}{2}(-2.866 \times 10^{-3} +$

$\sqrt{(2.866 \times 10^{-3})^2 - 4(-2.249 \times 10^{-3})}) = 4.601 \times 10^{-2}$

(9) $R_2 = \dfrac{1}{2}(-a_1 - \sqrt{a_1^2 - 4a_2}) = \dfrac{1}{2}(-2.866 \times 10^{-3} -$

$\sqrt{(2.866 \times 10^{-3})^2 - 4(-2.249 \times 10^{-3})}) = -4.888 \times 10^{-2})$

(10) L（有効伝熱長）　：2.82 (m)

(11) $e^{L(k_2-k_1)} = \exp(2.82 \times (-4.888 - 4.601) \times 10^{-2})$

$= 0.7652$

(12) $1 - e^{L(k_2-k_1)} = 1 - 0.7652 = 0.2348$

(13) $\dfrac{W_s}{A_1 \cdot K_1} \cdot k_1 + 1 = \dfrac{3.322 \times 10^5}{1.236 \times 385.1} \times 4.601 \times 10^{-2} + 1 = 33.11$

(14) $\dfrac{W_s}{A_1 \cdot K_1} k_2 + 1 = \dfrac{3.322 \times 10^5}{1.236 \times 385.1} \times (-4.888 \times 10^{-2}) + 1 = -33.11$

(15) $C_1 = -(T_{P1} - T_{P2}) \times 0.7652 / 33.11 \times 0.2348$

$= -0.0984 (T_{P1} - T_{P2})$

(16) $C_2 = (T_{P1} - T_{P2}) / -33.11 \times 0.2348$

$= -0.1286 (T_{P1} - T_{P2})$

4. 各部温度

$$T_D = -0.0984\,(T_{P1} - T_{P2})\,e^{4.601\times10^{-2}x} - 0.1286\,(T_{P1} - P_{P2})\,e^{-4.888\times10^{-2}x} + T_{P2}$$

$$T_P = -3.258\,(T_{P1} - T_{P2})\,e^{4.601\times10^{-2}x} + 4.258\,(T_{P1} - T_{P2})\,e^{-4.888\times10^{-2}x} + T_{P2}$$

$$T_S = T_P + T_D - T_{P2}$$

2 次出入口温度としては

$$T_{D1} = T_{P2} - 0.227\,(T_{P1} - T_{P2})$$

$$T_{S2} = T_{P1} - T_{P2} + T_{D1}$$

ex 1.　100 MW 時

$T_{P1} - T_{P2} = 130\,℃$　　$T_{P2} = 370\,℃$

$$T_D = -12.79\,e^{4.601\times10^{-2}x} - 16.72\,e^{-4.888\times10^{-2}x} + 370$$

$$T_P = -423.54\,e^{4.601\times10^{-2}x} + 553.54\,e^{-4.888\times10^{-2}x} + 370$$

x	0	1.0	2.0	2.82
T_D	340.49	340.69	340.81	340.87
T_P	500	453.65	407.62	370.05 (≃ 370)
T_S	470.49	424.34	378.43	340.92

P－6	(Fig 5.5) IHX(B) 熱当量が異る場合の温度	1／1

(1) 熱貫流率

$$U = [(9.407\alpha^{-0.4} + 7.73 + 7.05\beta^{-0.4}) \times 10^{-5}]^{-1}$$

α ：1次流量比　　β ：2次側流量比

($\alpha=1$)	$\beta=1$	1.05	1.10	1.15	1.20
U	4134.5	4136.8	4180.0	4201.0	4221.0
				50MW時	4934

(2) $$t_1 = \frac{1}{(k-1)}\left[\left(\frac{W_P}{W_S}-1\right)T_1 - \left(\frac{W_P}{W_S}-k\right)T_2\right]$$

$$t_2 = t_1 + \frac{W_P}{W_S}(T_1 - T_2)$$

$$k = \exp\left[U \cdot A\left(\frac{1}{W_P} - \frac{1}{W_S}\right)\right]$$

$T_1 = 435℃$, $T_2 = 370℃$, $A = 356\ m^2$, $W_P = 3.292 \times 10^5$ (kcal/h℃)

		$\beta=1.05$	1.10	1.15	1.20
$\frac{W_P}{W_S}$		0.952	0.909	0.870	0.833
$\frac{1}{W_P} - \frac{1}{W_S} = \frac{\beta-1}{\beta W_P}$		1.447×10^{-7}	2.762×10^{-7}	3.962×10^{-7}	5.063×10^{-7}
k		1.238 (1.289)	1.508 (1.624)	1.809 (2.006)	2.140 (2.433)
t_1	355	356.9 (359.2)	358.4 (360.5)	359.6 (361.6)	360.5 (362.4)
t_2	420	418.8 (421.1)	417.5 (419.6)	416.2 (418.2)	414.6 (416.5)
$T_1 - t_2$	15	16.2 (13.9)	17.5 (15.4)	18.8 (16.8)	20.4 (18.5)
$T_2 - t_1$	15	13.1 (10.8)	11.6 (9.5)	10.4 (8.4)	9.5 (7.6)

(　)内は50MW時実測Uによる。

D－7	DHX　管外熱伝達率計算書 （表4.3 Fig 4.12～Fig 4.14関連）	1／3

D－7.1　管外熱伝達率実験値（Na側除熱量基準）

D－7.2　〃　（空気側除熱量基準）

D－7.1　PT－12　定常伝熱試験　空気冷却器データシート　管外熱伝達率実験値（Na 側基準）

01	試験番号		A－1	A－2	A－3	A－4	A－5			
02	試験年月日		1978 6／1	6／28	7／4	7／6	7／13			
03	原子炉出力	（MW）	（25）	38.17	39.55	47.19	49.74			
	〔測定データ〕									
10	ナトリウム入口温度	T_1（℃）	397.4	412.0	412.1	418.7	422.6			
11	ナトリウム出口温度	T_2（℃）	370.9	368.7	366.1	364.0	364.8			
12	ナトリウム流量（at T_2）	F_{Na}（m^3/H）	624.6	622.8	623.65	625.2	623.74			
13	空気入口温度	t_1（℃）	27.0	20.5	31.8	29.9	29.8			
14	空気出口温度（64点平均）	t_2（℃）	310.0	291.0	287.6	273.3	270.5			
15	空気風速（at t_2，64点平均）	V_a（m／S）	3.51	6.05	6.61	8.34	8.92			
	〔ナトリウム側除熱量〕									
20	入口エンタルピ	i_1（kcal/kg）	211.331	215.785	215.801	217.827	219.015			
21	出口エンタルピ	i_2（kcal/kg）	203.212	202.536	201.738	201.092	201.339			
22	質量流量（$F_{Na}\cdot\gamma_{Na}$）	G_{Na}（kg／H）	539.07×10^3	538.51×10^3	539.5×10^3	541.2×10^3	539.873×10^3			
23	除熱量（$G_{Na}(i_1-i_2)$）	Q_{Na}（kcal/H）	4.3767×10^6	7.135×10^6	7.5874×10^6	9.0573×10^6	9.543×10^6			
		（MW）	5.09	8.30	8.82	10.53	11.10			
	〔空気側受熱量〕									
31	比重量（at t_2）	γ_a（kg／m^3）	0.6057	0.6261	0.6244	0.6436	0.6546			
32	質量流量（$A\cdot V_a\cdot\gamma_a\cdot3600$）	G_a（kg／H）	68.88×10^3	122.73×10^3	133.7×10^3	173.9×10^3	189.2×10^3	A_a：風速測定部断面積 9 m^2		
33	平均比熱	C_{Pa}（kcal/kg℃）	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243			
34	受熱量（$G_a\cdot C_{Pa}(t_2-t_1)$）	Q_a（kcal/H）	4.7370×10^6	8.0671×10^6	8.312×10^6	1.0286×10^7	1.1066×10^7			
		（MW）	5.51	9.38	9.67	11.96	12.87			
	〔空気－ナトリウム熱交換比〕									
35	熱交換比（Q_a／Q_{Na}）	（%）	108.3	113.0	109.6	113.6	115.9			
	〔平均温度差〕									
40	入口温度差（T_1-t_2）	$\triangle t_1$（℃）	87.4	121.0	124.5	145.4	152.1			
41	出口温度差（T_2-t_1）	$\triangle t_2$（℃）	343.9	348.2	334.3	334.1	335.0			
42	対数平均温度差	$\triangle t_m'$（℃）	187.2	214.95	212.41	226.82	231.64	$\triangle t_m'=\triangle t_1-\triangle t_2/\ln\frac{\triangle t_1}{\triangle t_2}$		
43	$R=t_2-t_1/T_1-T_2$	（－）	10.68	6.247	5.561	4.450	4.164			
44	$S=T_1-T_2/T_1-t_1$	（－）	0.0715	0.111	0.121	0.141	0.147			
45	修正係数	F（－）	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			
46	平均温度差（$F\cdot\triangle t'm$）	$\triangle t_m$（℃）	187.2	214.95	212.41	226.82	231.64			
	〔熱貫流率〕		ナトリウム側除熱量Q_{Na}基準とする。							
50	伝熱面積	A（m^2）	1225	1225	1225	1225	1225	「工認資料」より		
51	熱貫流率（Q_{Na}／$A\cdot\triangle t_m$）	U（kcal/m^2HC）	19.09	27.10	29.16	32.60	33.63			
	（Q_a基準）		（20.66）	（30.64）	（31.94）	（37.02）	（39.00）			
	〔空気側熱伝達率〕									
60	壁熱及びナトリウム側抵抗	γ_w（m^2HC/kcal）	（工認より）壁熱抵抗 $\gamma_w=0.781\times10^{-3}$（$m^2$HC／kcal） ナトリウム側熱抵抗 $\gamma_i=1/1269=7.88\times10^{-4}$（$m^2$HC/kcal）							
			$\gamma_{iw}=\gamma_w+\gamma_i=1.569\times10^{-3}$（$m^2$HC／kcal）							
61	総熱抵抗（1／U）	γ_T（m^2HC/kcal）	5.238×10^{-2}	3.690×10^{-2}	3.429×10^{-2}	3.067×10^{-2}	2.974×10^{-2}			
62	空気側熱抵抗（$\gamma_T-\gamma_{iw}$）	γ_o（m^2HC/kcal）	5.081×10^{-2}	3.533×10^{-2}	3.272×10^{-2}	2.910×10^{-2}	2.817×10^{-2}			
63	空気側熱伝達率（1／γ_o）	h_o（kcal/m^2HC）	19.68	28.30	30.56	34.36	35.50			
	（Q_a基準）		（21.35）	（32.18）	（33.62）	（39.31）	（41.54）			
	〔前面風速〕		ナトリウム側除熱量基準の風速とする。							
70	空気側バランス流量	G_a'（kg／H）	63.644×10^3	108.548×10^3	122.064×10^3	153.134×10^3	163.156×10^3	$G_a'=Q_{Na}/C_{Pa}(t_2-t_1)$		
71	空気比重量（at t_1）	γ_a'（kg／m^3）	1.177	1.203	1.158	1.165	1.166			
72	前面風速（$G_a'/\gamma_a'\cdot A_F\cdot3600$）	V_a'（m／S）	0.89	1.49	1.74	2.17	2.31	A_F：前面面積（16.8 m^2）		
71	空気側バランス風量（$G_a'/1.165\times10$）	F_a'（m^3/min）	910.5	1552.9	1746.3	2190.8	2334.1			
72	送風機吐出圧	P（mm Aq）	－10.2	－3.9	0.8	6.1	8.6			
	（Q_a基準前面風速）		（0.97）	（1.69）	（1.91）	（2.47）	（2.68）			

D－7.2　空気側除熱量基準による管外熱伝達率

			A－1	A－2	A－3	A－4	A－5			
1	受熱量	Q_a (kcal/H)	4.7370×10^{6}	8.0671×10^{6}	8.312×10^{6}	1.0286×10^{7}	1.1066×10^{7}			
2	平均温度差	Δt_m (℃)	187.2	214.95	212.41	226.82	231.64			
3	伝熱面積	A (m^2)	1225	1225	1225	1225	1225			
4	〔熱貫流率〕									
5	熱貫流率 ($Q_a/\Delta t_m \cdot A$)	U (kcal/m^2H℃)	20.66	30.64	31.94	37.02	39.00			
6	〔空気側熱伝達率〕									
7	総熱抵抗 (1/U)	r_T (m^2H℃/kcal)	4.840×10^{-2}	3.264×10^{-2}	3.131×10^{-2}	2.701×10^{-2}	2.564×10^{-2}			
8	壁及びNa側抵抗	r_{iw} (m^2H℃/kcal)		1.569×10^{-3}						
9	空気側熱抵抗 ($r_T - r_{iw}$)	r_o (m^2H℃/kcal)	4.683×10^{-2}	3.107×10^{-2}	2.974×10^{-2}	2.544×10^{-2}	2.407×10^{-2}			
10	空気側熱伝達率 (1/ro)	h_o (kcal/m^2H℃)	21.35	32.18	33.62	39.31	41.54			
	〔前面風速〕									
11	空気流量	G_a (kg/H)	68.88×10^{3}	122.73×10^{3}	133.7×10^{3}	173.9×10^{3}	189.2×10^{3}			
12	入口空気比重量	γ_a' (kg/m^3)	1.177	1.203	1.158	1.165	1.166			
13	前面面積	A_F (m^2)	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8			
14	前面風速 ($G_a/\gamma_a' \cdot A_F \cdot 3600$)	V_a' (m/S)	0.97	1.69	1.91	2.47	2.68			

D－8	（Fig 4.16） ダクト壁近辺温度	1／1

（ダクト壁温）　$T_{WB} = q \cdot \frac{\delta_B}{\lambda_B} + T_{SB}$

$= 1716.4 \times 0.002 + 139.9$

$= 143.3℃$

（ダクト壁温）　$T_{WA} = q \frac{L}{\lambda} + T_{WB}$

$= 1716.4 \times \frac{4.5 \times 10^{-3}}{46} + 143.3$

$= 143.5℃$

（ダクト内面温度）　$T_{SA} = q \frac{\delta_A}{\lambda_A} + T_{WA}$

$= 1716.4 \times 0.002 + 143.5$

$= 146.9℃$

（ダクト内熱伝達率）　$\alpha_A = q / (T_A - T_{SA})$

$= 1716.4 / (273.3 - 146.9)$

$= 13.6 (kcal/m^2 h ℃)$

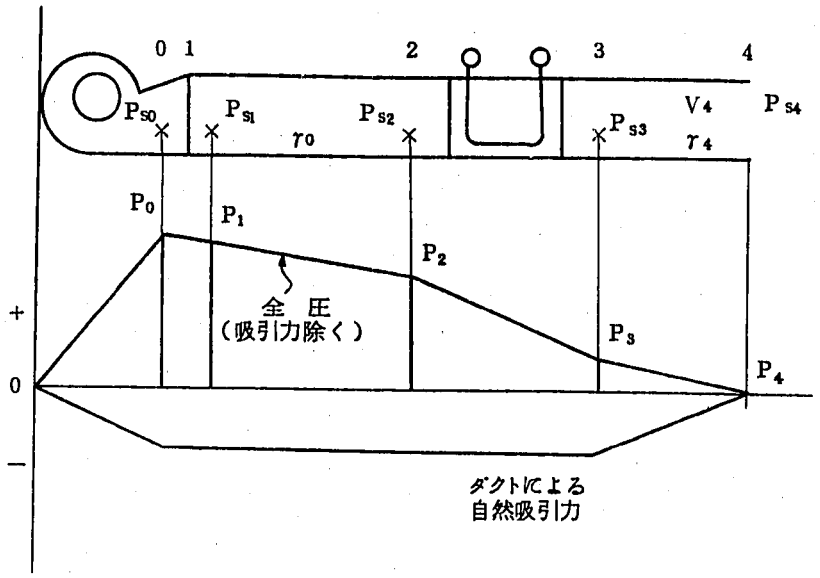
（ダクト外表面熱伝達率）　$\alpha_B = q / (T_{SB} - T_B)$

$= 1716.4 / (139.9 - 38)$

$= 16.8 (kcal/m^2 h ℃)$

D－9	（Fig 4.17 ～Fig 4.18） ダクト静圧分布	1／4

1. 分　布



2. 関　係

$$P_0 = P_{S0} + \frac{\gamma_0}{2g} V_0^2 \quad (1)$$

$$P_1 = P_{S1} + \frac{\gamma_0}{2g} V_1^2 \quad (2)$$

$$P_2 = P_{S2} + \frac{\gamma_0}{2g} V_2^2 \quad (3)$$

$$P_3 = P_{S3} + \frac{\gamma_4}{2g} V_3^2 \quad (4)$$

$$P_4 = P_{S4} + \frac{\gamma_4}{2g} V_4^2 \quad (5)$$

$$P_0 - P_1 = \triangle P_{01} \quad (6)$$

$$P_1 - P_2 = \triangle P_{12} \quad (7)$$

$$P_2 - P_3 = \triangle P_{23} \quad (8)$$

$$P_3 - P_4 = \triangle P_{34} \quad (9)$$

$$V_4 = \frac{G}{\gamma_4} \cdot \frac{1}{A_4} \quad (A_4 : 9\,m^2)$$

$$V_3 = \frac{A_4}{A_3} \cdot V_4 \quad (A_3 : 17\,m^2)$$

$$= 0.529\,V_4 \quad (A_2 : 16.88\,m^2)$$

$$(A_1 : 6.361\,m^2)$$

$$(A_0 : 5.412\,m^2)$$

$$V_2 = \frac{A_4}{A_2} \cdot \frac{\gamma_4}{\gamma_0} \cdot V_4 \quad (10)$$

$$= 0.533\,V_4 \cdot \frac{\gamma_4}{\gamma_0}$$

$$V_1 = \frac{A_4}{A_1} \cdot \frac{\gamma_4}{\gamma_0} \cdot V_4 = 1.415\,V_4 \cdot \frac{\gamma_4}{\gamma_0}$$

$$V_0 = \frac{A_4}{A_0} \cdot \frac{\gamma_4}{\gamma_0} \cdot V_4 = 1.663\,V_4 \cdot \frac{\gamma_4}{\gamma_0}$$

(4)(5)(9)より

$$P_{s3} = P_{s4} + \triangle P_{34} + \frac{\gamma_4}{2g}(V_4^2 - V_3^2) \quad (11)$$

(3)(4)(8)より

$$P_{s2} = P_{s3} + \triangle P_{23} + \frac{1}{2g}(\gamma_4 V_3^2 - \gamma_0 V_2^2) \quad (12)$$

(2)(3)(7)より

$$P_{s1} = P_{s2} + \triangle P_{12} + \frac{\gamma_0}{2g}(V_2^2 - V_1^2) \quad (13)$$

(1)(2)(6)より

$$P_{s0} = P_{s1} + \triangle P_{01} + \frac{\gamma_0}{2g}(V_1^2 - V_0^2) \quad (14)$$

$P_{s4} = 0$，とし，$\gamma_4 = 0.616\ kg/m^3$（at 300℃），$\gamma_0 = 1.165\ kg/m^3$（at 30℃）とすれば

(11)(12)(13)(14)は

$$P_{s3} = \triangle P_{34} + 2.26 \times 10^{-2} V_4^2$$

$$P_{s2} = P_{s3} + \triangle P_{23} + 2.67 \times 10^{-2} V_4^2$$

$$P_{s1} = P_{s2} + \triangle P_{12} - 2.85 \times 10^{-2} V_4^2$$

$$P_{s0} = P_{s1} + \triangle P_{01} - 1.27 \times 10^{-2} V_4^2$$

$$\left.\begin{aligned} \triangle P_{34} &= 2.94 \times 10^{-7} F^2 \\ \triangle P_{23} &= 2.88 \times 10^{-6} F^2 \\ \triangle P_{12} &= 2.15 \times 10^{-7} F^2 \end{aligned}\right\} \text{として}$$

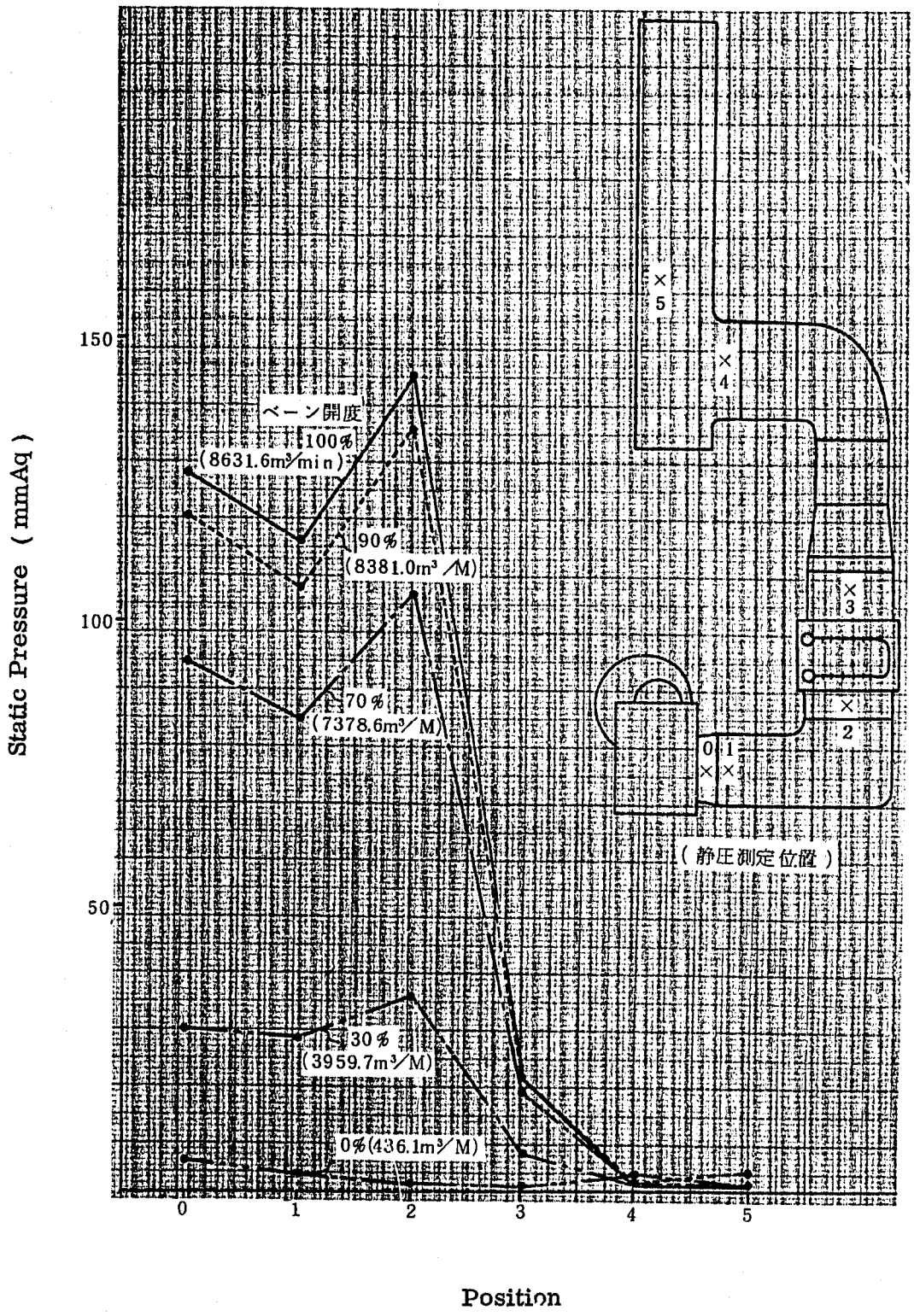
$$P_{s3} = 2.94 \times 10^{-7} F^2 + 2.26 \times 10^{-2} V_4^2$$

$$P_{s2} = P_{s3} + 2.88 \times 10^{-6} F^2 + 2.67 \times 10^{-2} V_4^2$$

$$P_{s1} = P_{s2} + 2.15 \times 10^{-7} F^2 - 2.85 \times 10^{-2} V_4^2$$

$$P_{s0} = P_{s1} - 1.27 \times 10^{-2} V_4^2$$

		F = 1000	F = 1500	F = 2000	F = 2500	F = 3000	F = 1700
	$\gamma_4 = 0.616$ $\gamma_0 = 1.165$						
v_4		3. 50	5. 25	7. 00	8. 76		5. 95
P_{s3}	$2.94 \times 10^{-7} F^2$	0. 294	0. 66	1. 18	1. 84		
	$2.26 \times 10^{-2} v_4^2$	0. 277	0. 62	1. 11	1. 73		
	$P_{s3} =$	0. 57	1. 28	2. 29	3. 57		1. 65.
P_{s2}	$2.88 \times 10^{-6} F^2$	2. 88	6. 48	11. 52	18. 0		8. 32
	$2.67 \times 10^{-2} v_4^2$	0. 327	0. 74	1. 31	2. 05		0. 95
$P_{s2} =$	$P_{s3} +$	3. 78	8. 50	15. 12	23. 62		10. 92
P_{s1}	$2.15 \ 10^{-7} F^2$	0. 215	0. 48	0. 86	1. 34		0. 62
	$-2.85 \times 10^{-2} v_4^2$	-0. 349	-0. 79	-1. 40	-2. 19		-1. 01
$P_{s1} =$	$P_{s2} +$	3. 65	8. 19	14. 58	22. 77		10. 53
P_{s0}	$-1.27 \times 10^{-2} v_4^2$	-0. 156	-0. 35	-0. 62	-0. 97		-0. 45
	$P_{s1} +$	3. 49	7. 84	13. 96	21. 80		10. 08



Static Pressure Distribution of Air-Flow Duct at Pre-Functional Test (Room Temp.)

D－10	(Fig 4.19) 空気冷却器圧力損失	1／1

			5／25	6／28	7／4	7／6	7／13
(1)	出力	(MW)	25	40	40	50	50
(2)	P_{s1}	(mmA)	－ 8	＋0.4	＋5.2	11.6	14.2
(3)	P_{s2}	(〃)	－ 10	－ 8.5	－ 5.8	－ 5.8	－ 5.3
(4)	風量 F	(m^3/M)	1293.3	1755.8	1912.7	2487.8	2706.7
(5)	出口空気温度	(℃)T_2	311.9	291.0	287.6	273.3	270.5
(6)	入口空気温度	(℃)T_1	24.4	20.5	31.8	29.9	29.8
(7)	入口断面積	A_1(m^2)	16.88				
(8)	出口断面積	A_2(m^2)	17.00	γ_3 = 1.165			
(9)	$\gamma_1 = \frac{1.2931 \times 273}{273 + T_1}$		1.187	1.203	1.158	1.165	1.166
(10)	γ_2		0.604	0.626	0.630	0.646	0.650
(11)	$V_1 = \frac{F}{60}\left(\frac{\gamma_{30}}{\gamma_1}\right)\cdot\left(\frac{1}{A_1}\right)$		1.25m/s	1.68	1.90	2.46	2.67
(12)	$V_2 = \frac{F}{60}\left(\frac{\gamma_{30}}{\gamma_2}\right)\cdot\left(\frac{1}{A_2}\right)$		2.45	3.20	3.47	4.40	4.76
(13)	$V_1^2 \gamma_1$		1.86	3.40	4.18	7.05	8.31
(14)	$V_2^2 \gamma_2$		3.63	6.41	7.59	12.51	14.73
(15)	$\frac{1}{2g}(V_1^2\gamma_1 - V_2^2\gamma_2)$		－ 0.09	－ 0.15	－ 0.17	－ 0.28	－ 0.33
(16)	$P_{s1} - P_{s2}$	$\simeq \Delta P$	2.0	8.9	11.0	17.4	19.5

D－11	（5.2.1項） フィンチューブ諸元等	1／7

D－11.1　フィンチューブ諸元

D－11.2　フィン効率

D－11.3　フィン，伝熱管熱伝導率

D－11.4　対数平均温度差，修正係数

D－11.1 フィンチューブ諸元

(1) チューブ外径 D_r : 42.7 mm

(2) フィン高さ W : 19.0 mm

(3) フィン外径 D_0 : $D_r + 2W$

(4) $= 42.7 + 2 \times 19.0$

$= 80.7$ mm

(4) チューブ肉厚 t : 2.0 mm

(5) チューブ内径 D_i : $D_r - 2t$

$= 42.7 - 2 \times 2.0$

$= 38.7$ mm

(6) フィンピッチ P : 5.08 mm

(7) フィン枚数 S : $1\,m/P$

$= 1/5.08 \times 10^{-3}$

$= 196.85$ 枚/m

(8) フィン板厚 $2y_b$: 1.6 mm

(9) チューブ内表面積 A_i : πD_i

$= \pi \times 38.7 \times 10^{-3}$

$= 1.216 \times 10^{-1}\ m^2/m$

(10) フィン表面積 A_f : $\frac{\pi}{4}(D_0^2 - D_r^2) \times 2s$

$= \frac{\pi}{4}(80.7^2 - 42.7^2) \times 2 \times 196.85 \times 10^{-6}$

$= 1.4500\ m^2/m$

(11) チューブ外表面積 A_b : $\pi D_r (1 - 2yb \times s)$

$= \pi \times 42.7(1 - 1.6 \times 10^{-3} \times 196.85) \times 10^{-3}$

$= 9.1900 \times 10^{-2}\ m^2/m$

(12) フィンチューブ外表面積 A_0 : $A_b + A_f$

$= 9.19 \times 10^{-2} + 1.45$

$= 1.5419\ m^2/m$

(13) 投影周辺長 ℓ_s : $(2W + (P - 2y_b)) \times 2s$

$= [2 \times 19.0 + (5.08 - 1.6)] \times 10^{-3} \times 2 \times 196.85$

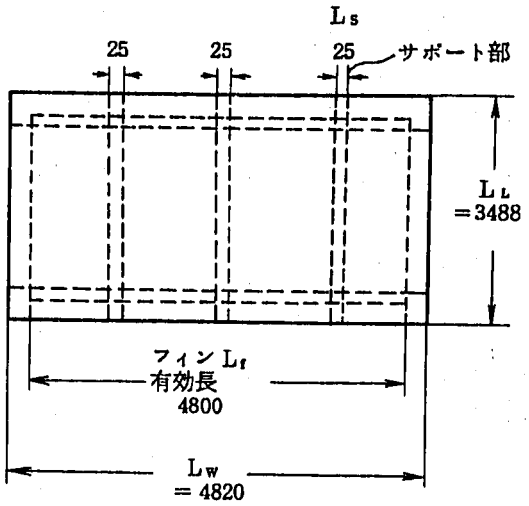
$= 16.331$ m/m

(14) 相当直径　　D_e ： $2 \times A_0 / \pi \times \ell_s$

$= 2 \times 1.5419 / \pi \times 16.331$

$= \underline{6.011 \times 10^{-2}\ m/m}$

(15) 流路断面積　　a_s ：



$a_s = L_L(L_W - 3L_S) - N \cdot D_r \cdot (L_W - 3L_S)$

$- N \cdot (2 \times 2y_b \times W \times S \times (L_f - 3L_S)$

$= 3.488(4.82 - 3 \times 0.025)$

$- 40 \times 42.7 \times 10^{-3}(4.82 - 3 \times 0.025)$

$- 40(2 \times 1.6 \times 19 \times 10^{-6} \times 196.85$

$\times (4.800 - 3 \times 0.025))$

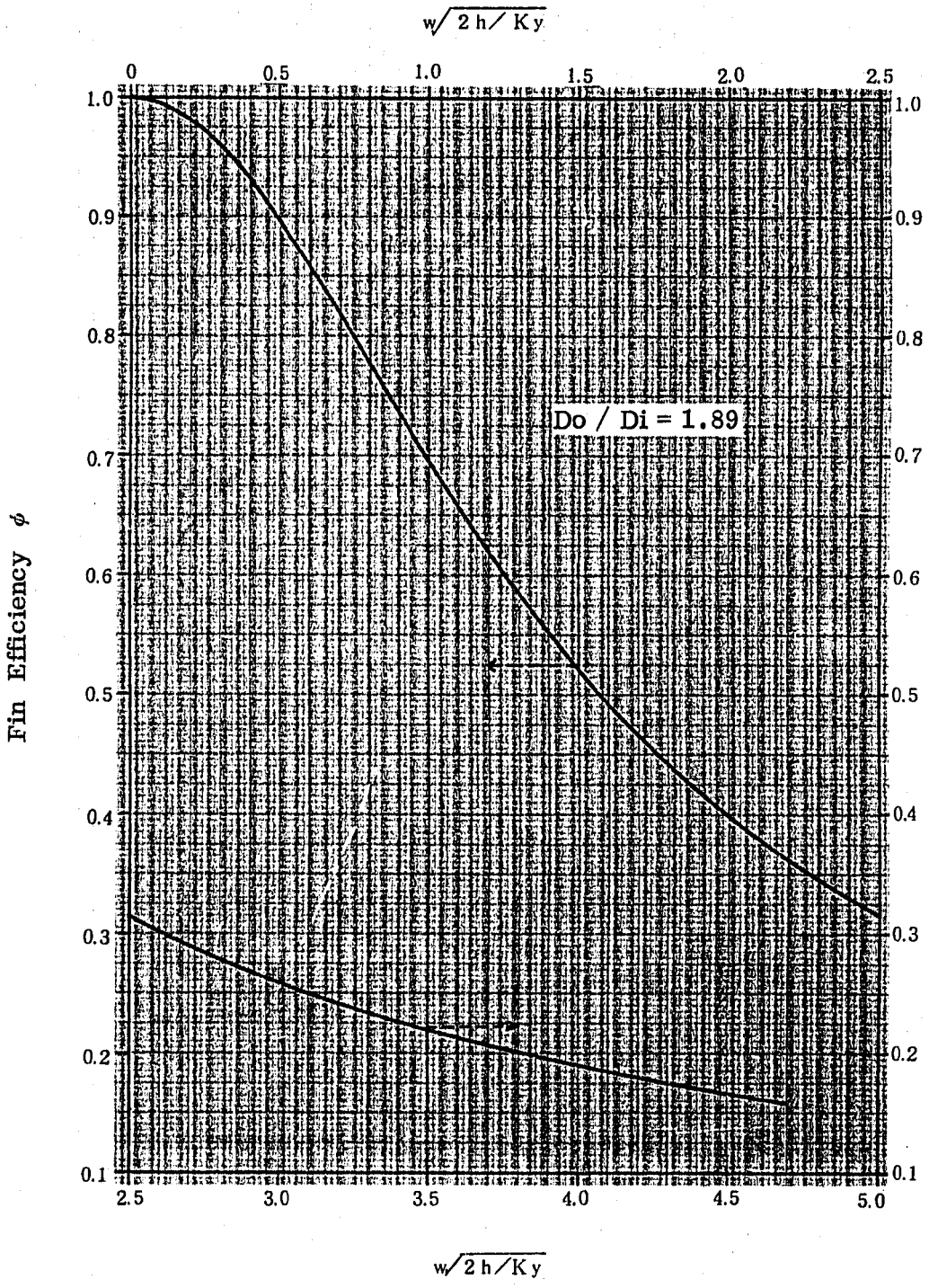
$= 6.184\ (m^2)$

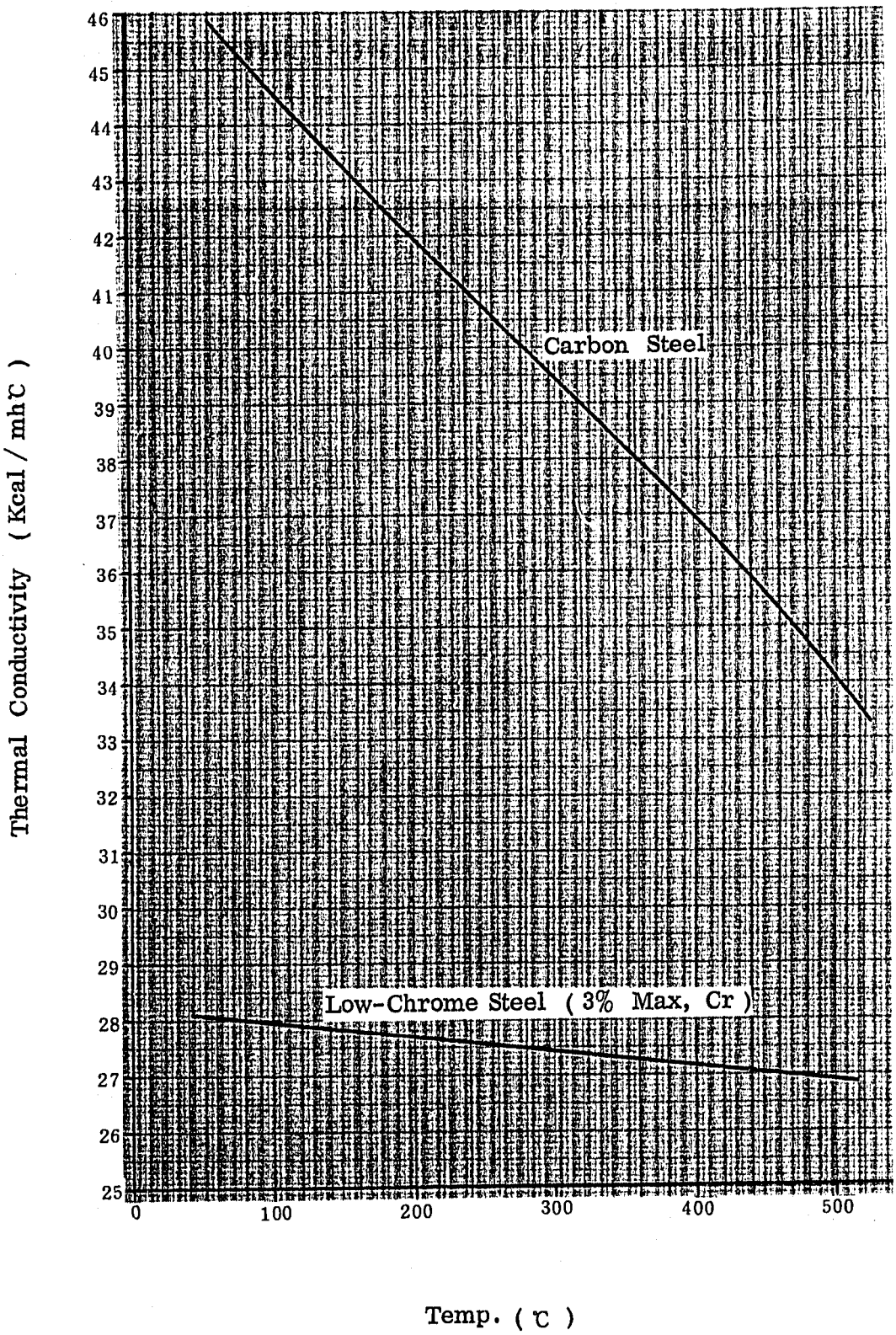
(16) 全外表面積　　A_T ： $A_0 \times (L_f - 3L_S) \times N \times n$ (段)

$= 1.5419 \times (4.800 - 3 \times 0.025) \times 40 \times 4$

$= \underline{1165.7\ m^2}$

D－11.2 EIN EFFICIENCY
CIRCUMFERENTIAL AND STRAIGHT FINS OF UNIFORM PROFILE





D－11.3

Coefficients of Thermal conductivity (ASME SEC III, 1977)

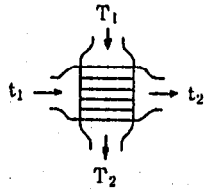
D－11.4 Crossflow-temperature-difference correction factors

1. one fluid mixed, other fluid unmixed（補助冷却器）

$$R = (T_1 - T_2)/(t_2 - t_1), \quad S = (t_2 - t_1)/(T_1 - t_1)$$

(1) $R \neq 1$

$$F = \frac{\ln[(1-S)/(1-RS)]}{(R-1)\ln[1/(1-\ln(1/(1-RS))/R)]}$$



(2) $R = 1$

$$F = S/(1-S)\ln[1/(1-\ln(1/(1-S)))]$$

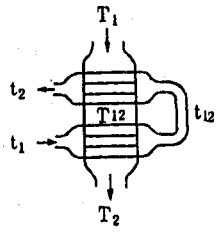
2. two-pass counterflow, shell fluid mixed, tube fluid unmixed（主冷却器）

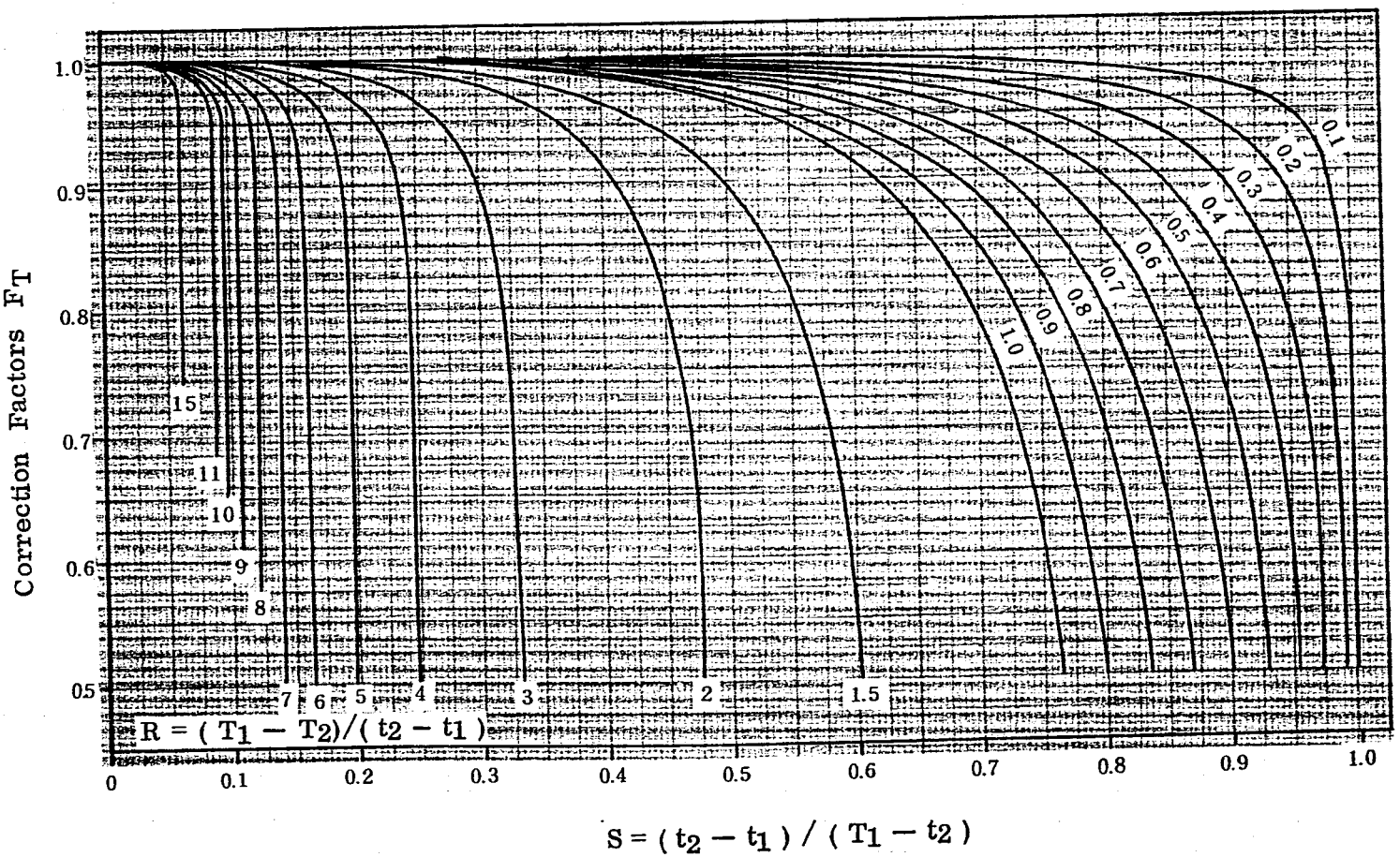
(1) $R \neq 1$

$$F = \frac{\ln[(1-S)/(1-RS)]}{2(R-1)\ln\left[1/\left(1-\frac{1}{R}\ln\left(\frac{\sqrt{(1-S)/(1-RS)}}{1-1/R}\right)\right)\right]}$$

(2) $R = 1$

$$F = S/2(1-S)\ln[1/(1-\ln((2-S)/2(1-S)))]$$





Cross flow-temperature-difference correction factors (Two-pass counter flow, shell fluid mixed, tube fluid unmixed.)

D－12	（Fig 5.6） 管外熱伝達率計算書	1／3

D－12.1　管外熱伝達率実験値

D－12.2　〃　計算値

D－12.1　PT－12　定常伝熱試験　空気冷却器データシート　管外熱伝達率実験値

	試験番号		A－1	A－2	A－3	A－4	A－5			
	試験年月日		1978 6/1	6/28	7／4	7／6	7/13		（推　定）	
	原子炉出力	（MW）		38.17	39.55	47.19	49.74		100MW	
1	ナトリウム入口温度	T_1（℃）	397.4	412.0	412.1	418.7	422.6		470 ℃	
2	ナトリウム出口温度	T_2（℃）	370.9	368.7	366.1	364.0	364.8		340 ℃	
3	ナトリウム流量	F_{Na}（m³/H）	624.6	622.8	623.65	625.2	623.74			
4	入口エンタルピ	i_1（kcal/kg）	211.331	215.785	215.801	217.827	219.015			
5	出口エンタルピ	i_2（kcal/kg）	203.212	202.536	201.738	201.092	201.339			
6	質量流量	G_{Na}（kg/H）	539.07×10^3	538.51×10^3	539.5×10^3	541.2×10^3	539.873×10^3		542.8×10^3	（1085.6 t/H）
7	ナトリウム側除熱量	Q_{Na}（kcal/H）	4.3767×10^6	7.135×10^6	7.5874×10^6	9.0573×10^6	9.543×10^6		2.15×10^7	
	$G_{Na}(i_1-i_2)$	（MW）	5.09	8.30	8.82	10.53	11.10		25	
8	空気入口温度	t_1（℃）	27.0	20.5	31.8	29.9	29.8		30	
9	空気出口温度	t_2（℃）	310.0	291.0	287.6	273.3	270.5		201.9	
10	出口平均風速（at t_2）	V_a（m/S）	3.51	6.05	6.61	8.34	8.92			
11	出口風量（$9\cdot V_a\cdot 60$）	F_a'（m³/min）	1895.4	3267	3569.4	4503.6	4816.8			
12	大気圧	PA（mmHg）	760.0	750.0	753.4	756.7	765.7			
13	空気比重量（at t_2）	γ_{a2}（kg/m³）	0.6057	0.6261	0.6244	0.6436	0.6546			
14	〃　（at 30 ℃）	γ_{a1}（kg/m³）	1.1651							
15	空気質量流量（$9\cdot V_a\cdot\gamma_{a2}\cdot 3600$）	G_a（kg/H）	68.88×10^3	122.73×10^3	133.7×10^3	173.9×10^3	1892×10^3		515.91×10^3	
16	空気体積流量（$G_a/\gamma_{a1}\cdot 60$）	F_a（m³/min）	985.3	1755.6	1912.6	2487.6	2706.5		7380	
17	空気平均温度（$t_1+t_2/2$）	$\bar{t}$（℃）	168.5	155.8	159.7	151.6	150.2			
18	空気比熱（at $\bar{t}$）	C_{Pa}（kcal/kg℃）	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243		0.2425	
19	空気側受熱量	Q_a（kcal/H）	4.7370×10^6	8.0671×10^6	8.312×10^6	1.0286×10^7	1.1066×10^7			
	$G_a\cdot C_{Pa}\cdot(t_2-t_1)$	（MW）	5.51	9.38	9.67	11.96	12.87		25	
20	熱交換比（Q_a/Q_{Na}）	（%）	108.3	113.0	109.6	113.6	115.9		100	
21	入口温度差（T_1-t_2）	$\triangle t_1$（℃）	87.4	121.0	124.5	145.4	152.1		268.1	
22	出口温度差（T_2-t_1）	$\triangle t_2$（℃）	343.9	348.2	334.3	334.1	335.0		310.0	
23	対数平均温度差（$\triangle t_1-\triangle t_2/\ln\frac{\triangle t_1}{\triangle t_2}$）	$\triangle t_m'$（℃）	187.2	214.95	212.41	226.82	231.64		288.5	
24	$R=t_2-t_1/T_1-T_2$	（－）	10.68	6.247	5.561	4.450	4.164		1.322	
25	$S=T_1-T_2/T_1-t_2$	（－）	0.0715	0.111	0.121	0.141	0.147		0.295	
26	修正係数	F（－）	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99		0.99	
27	修正対数平均温度差 $F\cdot\triangle t_m'$	$\triangle t_m$（℃）	185.33	212.80	210.29	224.55	229.32		285.6	
28	伝熱面積	A（m²）	1165.7							
29	熱貫流率（$Q_{Na}/A\cdot\triangle t_m$）	U（kcal/m²H℃）	20.26	28.76	30.95	34.60	35.70		64.58	
	（空気側除熱量基準）	U′	(21.93)	(32.52)	(33.91)	(39.30)	(41.40)			
	（空気側参考データ）									
30	インレットベーン開度	θ（%）	8.5	14.3	17.5	20.8	21			
31	送風機吐出圧	P_o（mmAq）	－10.2	－3.9	0.8	6.1	8.6			
32	冷却器出入口静圧差	$\triangle P_e$（mmAq）								
33	入口空気相対湿度	H（%）	26	75.7	57	59	60			
34	総熱抵抗（1／U）	γ（m²HC/kcal）	4.936×10^{-2}	3.477×10^{-2}	3.231×10^{-2}	2.890×10^{-2}	2.801×10^{-2}		1.548×10^{-2}	
35	管壁 & Na 側熱抵抗	γ_w（m²HC/kcal）	1.693×10^{-3}	1.696×10^{-3}	1.695×10^{-3}	1.694×10^{-3}	1.696×10^{-3}		1.699×10^{-3}	
36	空気側熱抵抗（$\gamma-\gamma_w$）	γ_a（m²HC/kcal）	4.767×10^{-2}	3.307×10^{-2}	3.062×10^{-2}	2.721×10^{-2}	2.631×10^{-2}		1.378×10^{-2}	
37	空気側熱伝達率（$1/\gamma_a$）	h_a（kcal/m²HC）	20.98	30.24	32.66	36.75	38.01		72.56	
	Q_a 基準（1／U′）	γ′	(4.561×10^{-2})	(3.075×10^{-2})	(2.949×10^{-2})	(2.545×10^{-2})	(2.416×10^{-2})			
	Q_a 基準（$\gamma'-\gamma_w$）	γ_a'	(4.391×10^{-2})	(2.905×10^{-2})	(2.780×10^{-2})	(2.376×10^{-2})	(2.246×10^{-2})			
	Q_a 基準（$1/\gamma_a'$）	h_a'	(22.77)	(34.42)	(35.98)	(42.09)	(44.52)			

D－12.2　管外熱伝達率計算値

			A－1	A－2	A－3	A－4	A－5		(25 MW)	
40	ナトリウム側平均温度($T_1+T_2/2$)	T_{Na}(℃)	384.15	390.35	389.1	391.35	393.7		405	
41	(物性値) 比重	γ_{Na}(kg/m³)	859.91	858.43	858.73	858.19	857.63		854.94	
42	〃 動粘性係数	ν_{Na}(m²/S)	0.3344×10^{-6}	0.3311×10^{-6}	0.3317×10^{-6}	0.3305×10^{-6}	0.3293×10^{-6}		0.3235×10^{-6}	
43	〃 プラントル数	P_{rNa}(－)	0.5119×10^{-2}	0.5075×10^{-2}	0.5084×10^{-2}	0.5068×10^{-2}	0.5052×10^{-2}		0.4977×10^{-2}	
44	〃 熱伝導率	λ_{Na}(kcal/mHC)	61.941	61.675	61.729	61.633	61.532		61.051	
45	ナトリウム側平均流量(G_{Na}/γ_{Na})	F_{Na}'(m³/H)	626.89	627.32	628.25	630.63	629.49		634.90	
46	流路断面積	a_{Na}(m²)	$\frac{\pi}{4}(38.7\times10^{-3})^2=1.1763\times10^{-3}$ m²/本			$1.1763\times10^{-3}\times40$(列)$\times2$(段)$=0.0941$ m²				
47	平均流速($F_{Na}'/a_{Na}\cdot3600$)	V_{Na}(m/S)	1.851	1.852	1.855	1.862	1.858		1.874	
48	伝熱管内径	D_{Na}(m)	38.7×10^{-3}							
49	レイノルズ数($D_{Na}\cdot V_{Na}/\nu_{Na}$)	R_{eNa}(－)	2.142×10^5	2.164×10^5	2.164×10^5	2.180×10^5	2.184×10^5		2.242×10^5	
50	ペクレ数($R_{eNa}\cdot P_{rNa}$)	P_{eNa}(－)	1096.3	1098.5	1100.1	1104.7	1103.1		1115.9	
51	ヌセルト数($0.625P_{eNa}^{0.4}$)	N_{uNa}(－)	10.277	10.285	10.291	10.308	10.302		10.35	
52	熱伝達率($\lambda_{Na}\cdot N_{uNa}/D_{Na}$)	h_i(kcal/m²HC)	1.645×10^4	1.639×10^4	1.641×10^4	1.642×10^4	1.638×10^4		1.638×10^4	
53										
54	空気側平均温度($t_1+t_2/2$)	t_a(℃)	168.5	155.8	159.7	151.6	150.2		115.95	
55	(物性値) 比重	γ_a(kg/m³)	0.800	0.823	0.816	0.831	0.834	$1.2931\times273/273+t_a$(0.908)		
56	〃 比熱	C_{Pa}(kcal/kg℃)	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243		0.2425	
57	〃 粘性係数	μ_a(kg/mh)	0.0888	0.0871	0.0877	0.0864	0.0863		0.0811	
58	〃 熱伝導率	λ_a(kcal/mHC)	3.14×10^{-2}	3.06×10^{-2}	3.09×10^{-2}	3.04×10^{-2}	3.03×10^{-2}		2.82×10^{-2}	
59	〃プラントル数($C_{Pa}\cdot\mu_a/\lambda_a$)	P_{ra}(－)	0.6872	0.6917	0.6897	0.6906	0.6921		0.6974	
60	空気出入口温度差(t_2-t_1)	Δt(℃)	283.0	270.5	255.8	243.4	240.7		171.9	
61	空気側バランス流量($Q_{Na}/\Delta t\cdot C_{Pa}$)	G_a'(kg/H)	63.644×10^3	108.548×10^3	122.064×10^3	153.134×10^3	163.156×10^3		515.91×10^3	
62	相当直径	D_e(m)	6.011×10^{-2}							
63	流路断面積	a_a(m²)	6.184(m²)							
64	レイノルズ数($G_a'\cdot D_e/a_a\cdot\mu_a$)	R_{ea}(－)	6966.6	1.211×10^4	1.353×10^4	1.723×10^4	1.8377×10^4		6.184×10^4	
65	$(R_{ea})^{0.723}$		600.5	895.8	970.3	1155.6	1210.8		2911.3	
66	$(P_r)^{1/3}$		0.8825	0.8844	0.8835	0.8839	0.8846		0.8868	
67	$N_u=0.0920(R_{ea})^{0.723}(P_r)^{1/3}$	N_{ua}(－)	48.75	72.89	78.87	93.97	98.54		237.52	
68	熱伝達率 $h_o'(\lambda_a\cdot N_u/D_e)$	h_o'(kcal/m²hC)	25.47	37.10	40.54	47.53	49.67		111.43	
69	汚れ係数	hf(kcal/m²HC)	0.0004(m² hC/kcal)(伝熱工学資料：圧縮空気として) hf＝2500(kcal/m² hC)							
70	h_o''($h_o'\times hf/h_o'+hf$)	h_o''(kcal/m²HC)	25.21	36.56	39.89	46.64	48.70		106.68	
71	フィン熱伝導率	λf(kcal/mHC)	40	40	40.1	40.1	40.2	←(Na～air 平均温度にて ASME SECⅢ Carbon Steel)		
78	yb, W, x_a/x_b		$y_b=1.6/2=0.8$ mm　W＝19.0 mm			$X_a/X_b=80.7/42.7=1.89$				
79	$W\sqrt{h_o/\lambda f\cdot yb}$		0.533	0.642	0.670	0.724	0.739		1.092	
80	フィン効率	Ω(－)	0.89	0.85	0.84	0.81	0.81			
81	Ab, Af, Ao, Ai	m²/m	$A_b=9.1900\times10^{-2}$　$A_f=1.45$　$A_o=1.5419$　$A_i=1.216\times10^{-1}$					$A_o/A_i=12.68$		
82	熱伝達率 $h_o(h_o''\frac{A_b+\Omega A_f}{A_o})$	ho(kcal/m²hC)	22.60	31.40	33.89	38.31	40.0		72.57	
83	伝熱管熱伝導率	λ_w(kcal/mHC)	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	←(Na～air 平均温度にて ASME SECⅢ Low Chrome Steel)		
84	伝熱管肉厚	tw(m)	2.0×10^{-3}							
85	管熱抵抗($tw\cdot A_o/\lambda w\cdot A_i$)	γ_w(mHC/kcal)	9.222×10^{-4}	9.222×10^{-4}	9.222×10^{-4}	9.222×10^{-4}	9.222×10^{-4}		9.222×10^{-4}	
86										
87	管内熱抵抗($A_o/h_i\cdot A_i$)	γ_i(mHC/kcal)	7.708×10^{-4}	7.736×10^{-4}	7.727×10^{-4}	7.722×10^{-4}	7.741×10^{-4}		7.766×10^{-4}	
88	管外熱抵抗(1／ho)	γ_o(mHC/kcal)	4.425×10^{-2}	3.185×10^{-2}	2.951×10^{-2}	2.610×10^{-2}	2.500×10^{-2}		1.378×10^{-2}	
89										
90	総熱抵抗($\gamma o+\gamma i+\gamma w$)	γ(mHC/kcal)	4.594×10^{-2}	3.355×10^{-2}	3.120×10^{-2}	2.779×10^{-2}	2.670×10^{-2}		1.548×10^{-2}	
91	総貫流率(1／$\gamma\tau$)	U(kcal/m²HC)	21.77	29.81	32.05	35.98	37.46		64.60	
92	平均風速($G_a'/a_a\cdot\gamma_a\cdot3600$)	V_a(m/S)	3.57	5.92	6.72	8.28	8.79			
93	管壁＆Na 側抵抗($\gamma_i+\gamma w$)	γ_{iw}(mHC/kcal)	1.693×10^{-3}	1.696×10^{-3}	1.695×10^{-3}	1.694×10^{-3}	1.696×10^{-3}		$A_F=16.8$	
94	前面風速($G_a'/\gamma_a'\cdot A_F\cdot3600$)		0.93	1.59	1.79	2.24	2.39	$\gamma_a'=1.13$(伝熱工学資料より) at 30℃		
100	Q_a 基準	G_a'(kg/H)	68.88×10^3	122.73×10^3	133.7×10^3	173.9×10^3	189.2×10^3			
101	レイノルズ数	R_{ea}'(－)	7539.8	13696.5	14818.7	19564.2	21310.2			