

7. 測定データの処理

7. 測定データの処理

7.1 測定と誤差

実際に計測器を用いて測定するにはさまざまな要因により誤差が生じる。測定によって真の値を求めることは不可能であるため、解析に使用する測定値には誤差を含んだ値を用いるのが普通である。そのため誤差について理解を深め、できるだけ誤差を少なくさせることが大切である。

7.1.1 誤差の要因

誤差の要因は以下の四つに大別される。

(1)測定の方法、原理によるもの

測定に用いる物理法則や理論が、現実の測定対象や方法に適していないために誤差が生じる。

(2)計測器によるもの

用いる計測器の不完全さ、狂いなどによる誤差で、測定値に“かたより”や“ばらつき”を生じさせる。

(3)測定条件、測定環境によるもの

計測器と測定対象との相互作用（電氣的ならびに機械的インピーダンス）、環境や電源条件の影響、環境変化による測定対象自身の変化、不安定性により誤差を生じる。

(4)読みとり方法によるもの

測定者の知覚の限界や読みとりのくせ、間違い、あるいは A-D 変換器の“まらめ”などによる誤差がある。

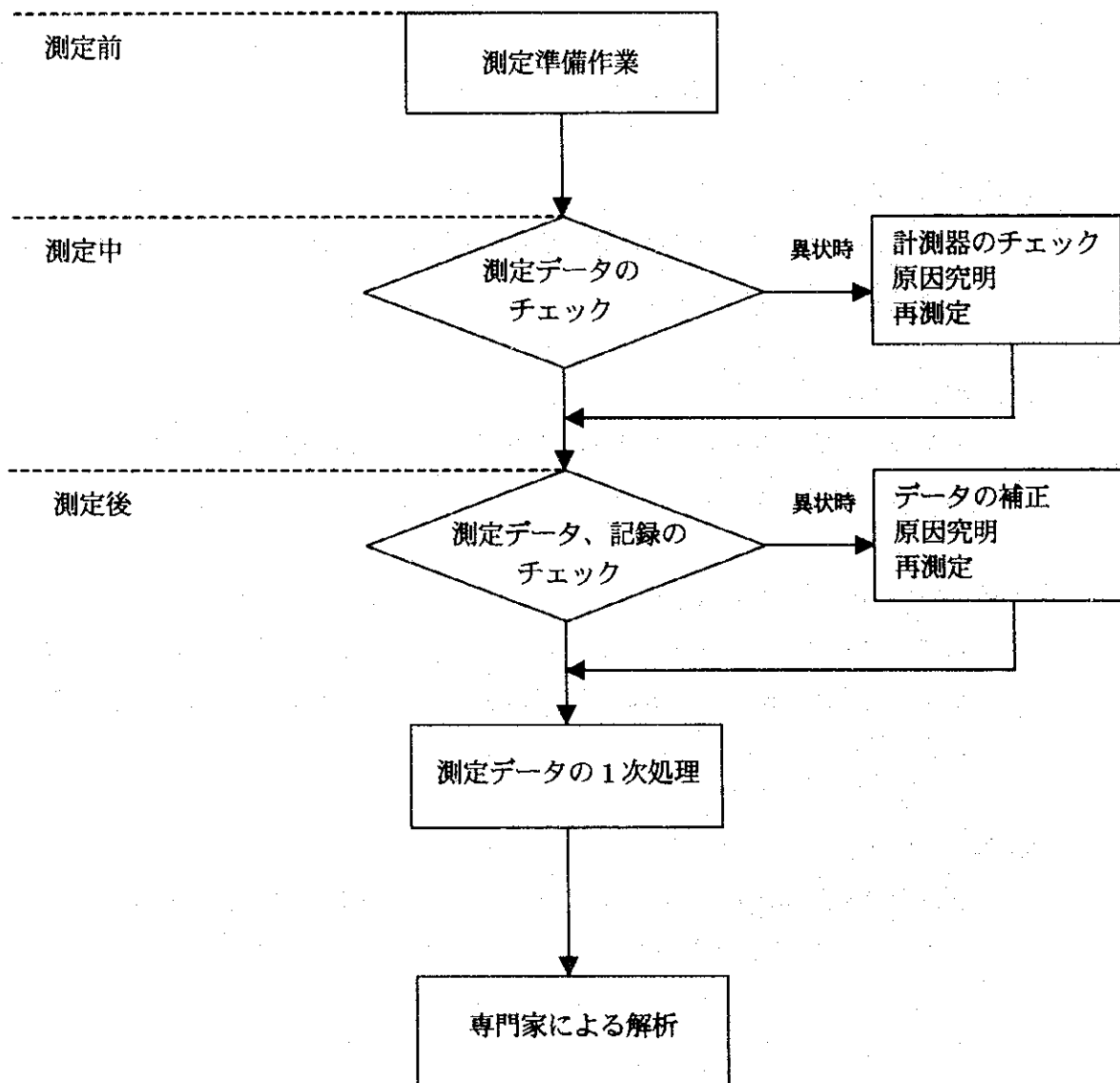
7.2 測定データの収集と処理手順

様々な測定データを基に解析を実施するためには、正しいデータ収集とデータ処理が必要となる。

7.2.1 データ処理フロー

測定データの処理フローは Figure 7.1 のとおりである。

Figure 7.1 測定データの処理フロー



7.2.2 データ処理の確認および注意事項

(1)測定開始前の確認および注意事項

- ・定期的に計測器のメンテナンスを実施する。
- ・測定開始前に計測器の校正を実施する。(Zero点補正、スパン補正等)
- ・配線、センサの取付等が正しくなされているか確認する。
- ・計測器自体の設定が正しくなされているか確認する。

(2)測定中の確認および注意事項

- ・正常値、理論値と測定値を比較して異常の有無を確認する。
異常発生時は原因を究明し再測定する。
- ・他の既設メータと比較する。(既設のメータがある場合)
- ・数種類の計測器で測定し、それぞれの測定データと比較する。
- ・工場の担当者からのヒアリングした値と比較する。
- ・測定点(場所)による違いがないかを確認する。
- ・長時間測定の場合など計測器に異常がないかを確認する。
- ・測定対象(設備、ライン等)に異常や変化があった場合はその内容と時間を記録する。
- ・関係者以外の計測器の操作を禁止する。

(3)測定後の確認および注意事項

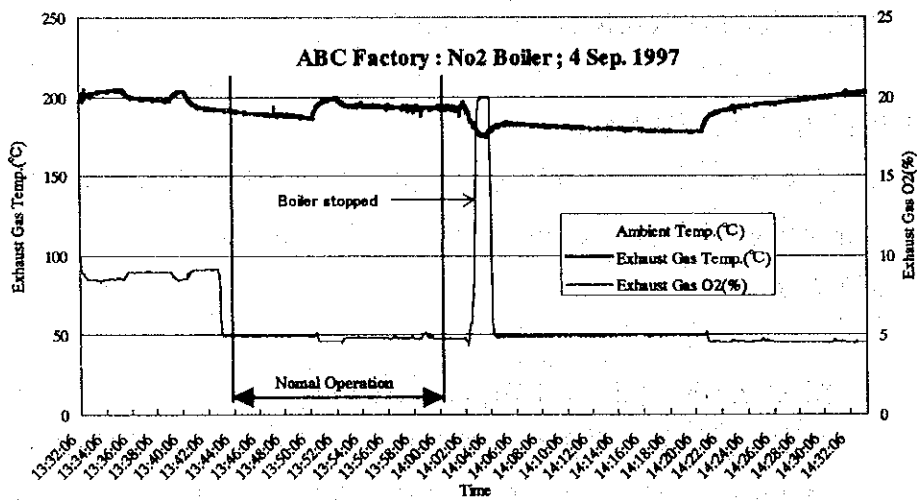
測定したデータをスプレッドシート、グラフに整理して異常の有無を確認する。異常が発生した場合は原因究明と共に専門家と相談し、データの補正または再測定を行う。

- ・記録したデータは解析する際に見やすいように表やグラフにして整理する。その際には日時、工場名、測定対象、その他特記事項等を記入する。
- ・測定対象(設備、ライン等)が操業開始直後、操業終了直前、事故などによる一時的な中断など場合は測定データの変動が大きくなる。その際は解析しやすいようにその部分を取除くか専門家と相談して決める。
測定データの1次処理の一例を Table 7.1 および Figure 7.2 に示す。

Table 7.1 データの処理例

Date / Time : 09-04-1997 12:12:12					
Factory : ABC Factory					
Facility : No.2 Boiler O2 , Gas Temp & Ambient Temp					
Date	Time	Data 1 Ambient T (DEGC)	Data 2 Gas Temp. (DEGC)	Data 3 Gas O2 (%)	
97/09/04	13:26:42	29.8	197.4	19.72	
97/09/04	13:26:44	29.9	197.2	19.74	
97/09/04	13:26:46	29.9	197.8	19.77	
97/09/04	13:26:48	29.9	197.3	19.86	
97/09/04	13:26:50	29.8	197.0	20.01	
97/09/04	13:26:52	31.0	196.6	20.09	
97/09/04	13:26:54	29.6	197.3	20.15	
97/09/04	13:26:56	29.9	197.0	20.19	
97/09/04	13:26:58	29.9	196.8	20.22	
97/09/04	13:27:00	29.2	197.0	20.25	
97/09/04	13:27:02	30.0	197.2	20.26	
97/09/04	13:27:04	29.9	197.3	20.28	
97/09/04	13:27:06	30.0	197.2	20.29	
.	
.	

Figure 7.2 測定データの処理例 (グラフ化)



7.3 測定データの処理

使用する計測器には、スポットで使用するもの、本体にメモリ機能を有するもの、記録計への信号出力ができる機能を有するものがある。

(1)スポットで使用するもの

測定漏れ防止のため専用の記録用紙等に測定データを記入する。

- Pressure gauge (bourdon tube) (P-1～P-4)
- Glass thermometer (T-1)
- Thermo-hygrometer (T-2)
- Surface thermometer (T-8)
- SC meter (W-1)
- PH meter (W-2)
- Oxygen analyzer (spot)(G-3)
- Low voltage detector (E-1)
- Tester (E-2)
- Clip-on AC power meter (E-4)
- Tachometer (TM-1)
- Lux meter (L-1)

(2)本体にメモリ機能を有するもの

計測器にフロッピーディスクユニットを内蔵するものは専用の解析ソフトウェアで解析し、メモリ機能があるものはデータを呼出して整理する。

- Radiation pyrometer (T-9, T-10)
メモリ点数：100
- Infrared thermovideo (T-12)
メモリ点数：30 画像/1 枚(3.5 inch FD 2HD)
専用の解析ソフトで解析する。
- Steam trap checker (S-1)
メモリ点数：800

RS232Cでパソコンへデータ送信後、専用ソフトで解析する。

- Clamp-on power meter (E-3)

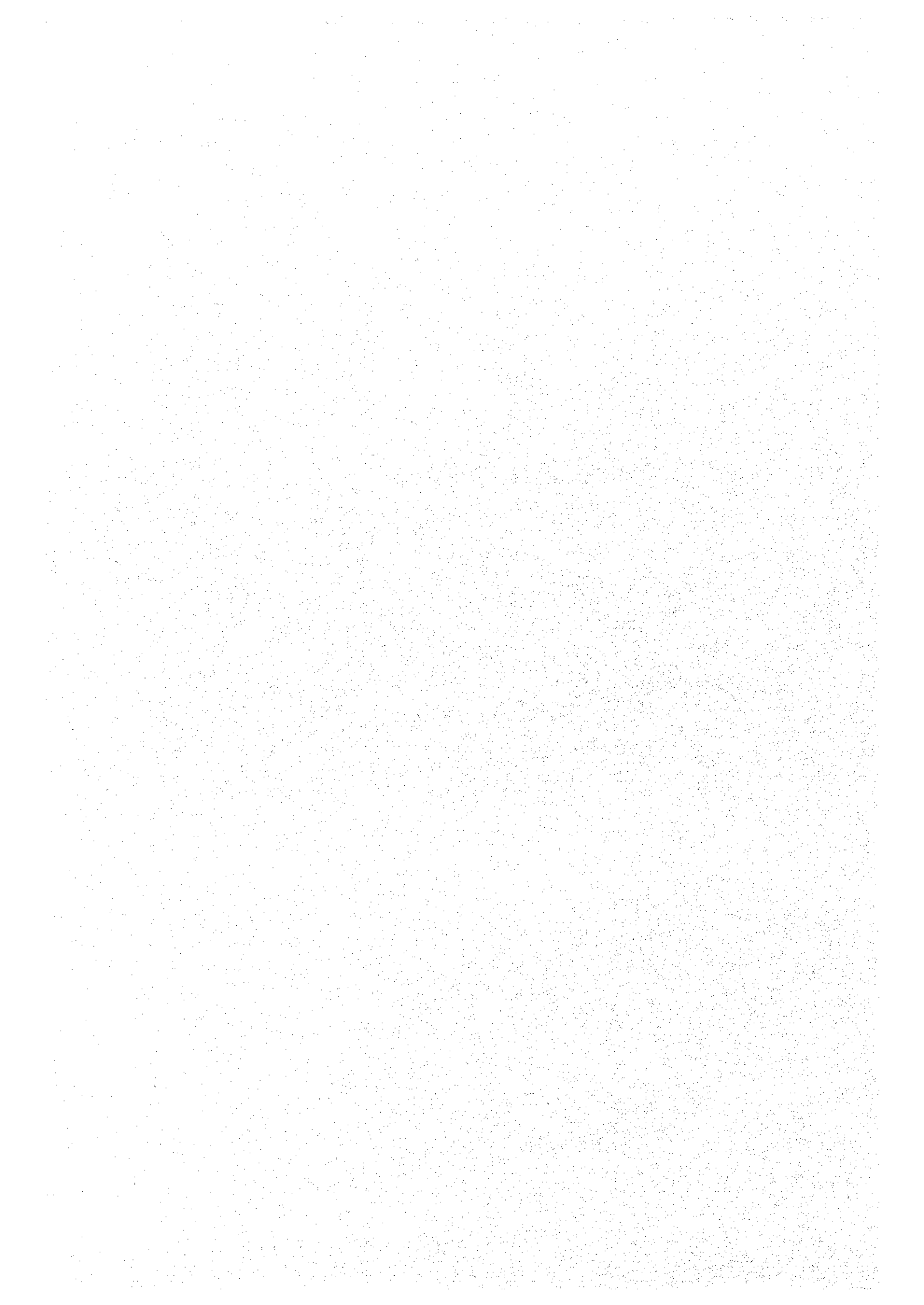
本体に付属の FDD Unit に記録されたデータを Microsoft EXCEL に数値データとして読込んで解析する。

(3)アナログ信号出力を有するもの

各計測器からの測定データはアナログ信号で出力され、メモリ機能付記録計のフロッピーディスクに記録することができる。フロッピーディスク内のデータは表計算ソフトウェア(Microsoft Excel 等)で読込んで表およびグラフにする。

- | | | |
|--|--------------------------|----------------------|
| • Digital low pressure indicator (P-5) | output : DC 1-5V | } to Hybrid Recorder |
| • Steam pressure transmitter (P-6) | output : DC 4-20mA | |
| • Sheathed thermocouple (T-3~T-7) | | |
| • Suction pyrometer (T-11) | output : DC 1-5V | |
| • Ultrasonic flowmeter (F-1) | output : DC 1-5V | |
| • Vortex flowmeter (F-2) | output : DC 4-20mA | |
| • Hot wire anemometer (F-3) | output : DC 0-1V | |
| • Oxygen analyzer (continuous)(G-2) | output : DC 0-1V | |
| • Transducer (E-5~E-9) | output : DC 0-1, 0-1.1mA | |
| • CO,CO ₂ meter (EC-1) | output : DC 0-1V | |
| • Pitot type flowmeter (EC-2) | output : DC 1-5V | |

8. 熱計算シートへの解説



8. 熱計算シートの解説

この解説は、(財)省エネルギーセンターが提供する熱計算のワークシートの内容と使い方を記述したもので、シートの利用者がシートを机上のパソコンに開いた状態で読まれることを前提としている。シートの内容を十分に理解することによって、その応用範囲がさらに拡大される。

(1) 互換性

この熱計算シートは、いくつかのファイルで構成され、これらは最初は日本語版ロータス 123 / DOS の上で日本語で開発された。提供するファイルはその一部を英語化し、また Excel 化したものである。したがってマクロはロータス 123 / DOS のものであって、Excel はこれをそのまま読んで実行できる。

(2) 著作権

熱計算シートの著作権は (財)省エネルギーセンターが保有し、利用者はこのシートを他者へ配布することはできない。(財)省エネルギーセンターは、このシートの利用によって発生するかもしれない支障について責任を負わない。

(3) 構成

この計算シートには以下のファイルが含まれる。

H_BL_GAS.xls	ガス燃料の燃焼計算とボイラーの熱精算
H_BL_OIL.xls	油燃料の燃焼計算とボイラーの熱精算
HBFC_GAS.xls	ガス燃料の燃焼計算と鋼材連続加熱炉の熱精算
SHIFTAVG.xls	ボイラー連続計測データの整理
SHIFTABG.wk1	ボイラー連続計測データの整理、ロータス 123 / DOS 版
Eco_INSU95.xls	経済的保温厚さの計算
Mlt_INSU.xls	多層保温における放熱量・温度など計算
EMISSION.xls	表面からの放熱量を多数ケースについて計算
STEAM_14.xls	蒸気表の近似と応用

これらの計算シートは当初はロータス 123 / DOS で作成しているのので、罫線は必ずしも Excel 上で再現されていない。そのために入力セルをその他の数式セルから識別し

にくい場合もある。

8.1 燃焼計算とボイラー（あるいは加熱炉）の熱精算

File : H_BL_GAS	ガス燃焼、ボイラ熱精算つき
H_BL_OIL	油燃焼、ボイラ熱精算つき
HBFC_GAS	ガス燃焼、加熱炉熱精算つき

燃焼の計算は、伝熱・保温の計算とともに熱計算の基本である。計算の考え方は物質バランスと熱バランスに基づいており一次方程式と四則演算の域を出ないので、パソコンでなくても十分に計算できるが、実用上はパソコンで計算した方が効率的である。この計算シートでは、燃料の種類別（気体燃料、油燃料、石炭燃焼）に計算シートを用意し、それぞれに空気予熱器の熱バランスやボイラーの熱精算を付加している。

8.1.1 基本計算

基本的な計算は、燃料成分の設定、空気条件の設定、排ガス中酸素と一酸化炭素の設定によって行われる。なお、設定値を入力するセルは識別しやすいように枠線で囲まれている。

燃料成分はメニューからの選択のほか手入力でも可能である。空気条件としては、基準温度、大気温度、大気湿度、空気温度（バーナー空気の温度と考えてよい）、空気中の酸素%を設定する。大気湿度は燃焼空気中の湿分の計算に利用されるもので、相対湿度による設定と湿球温度による設定を切替選択できる（切替えても以前の設定値は保存される——言い換えると引き継がれる）。この切替えはマクロによる計算式の入替えで行われており、蒸気表の近似式が利用されている [Cell:v101..ae120]。

注： [] 内は関係するセルのアドレスを示す。

排ガス条件としては、排ガス中の O_2 濃度と CO 濃度を設定する。これらの排ガス成分の設定は、湿式ベースの測定値（ウェットベース）と乾式ベースの測定値（ドライベース）を切替え選択できるので、分析装置の特性に応じて使い分けることができる。もちろん切替えても以前の設定値は引き継がれる。ただし、 CO は湿式で、 O_2 は乾式で測定というような湿式・乾式の混用には対応していない。この切替えは、マクロ

によって排ガス成分・排ガス量などの計算式を交換することによって行われている [Cell:ap61..ax80]。切替前の設定値は、マクロにより新しい設定単位に変換されたのち新しい設定値として記入される。すなわち設定値は継承される。

計算の結果は、燃料の発熱量 (低位、高位)、理論燃焼の欄では空気量・排ガス量 (成分毎に)・排ガス成分 % をそれぞれウェットベース、ドライベースで表示する。実燃焼の欄では、排ガスの各成分とその量、排ガス量を湿式ベース・乾式ベースで表示し、また空気量・空気比を表示する。Screen 8.1 および Screen 8.2、Screen 8.3 に計算シートの例を示す [Cell:a21..i40]。

計算シートはできるだけ汎用的に利用できることを目指して作られている。たとえば基準温度は設定値としており、必ずしも 0°C (摂氏零度) に固定してはいない。また空気中の酸素濃度の設定を変更すれば、酸素富化燃焼にも対応する。さらに炉内侵入空気を理論空気に対する量の比率で設定でき、この分を除外したものをバーナー空気比として扱っている。燃焼の空気や排ガスの計算は近似計算ではなく、燃料成分によって必要とされる空気量や生成される排ガス量をマトリックスに配列し、これを集計している。また燃焼空気中の湿分も集計に織り込まれる。

Screen 8.1 Gaseous Fuel Combustion Calculation

Gas Combustion		<Dry>	Ostrowiec	Base temperature		28	Air O ₂ %	
Gas composition	Wet volume	Exhaust gas	Composition/Wet	Exhaust volume	Composition/Dry		21.0%	
CO	0.00%	CO ₂	6.2%	0.99	7.3%	Adiabatic temperature:		
CO ₂	0.09%	N ₂	72.7%	11.59	84.7%	(AD)	1459	
H ₂	0.00%	O ₂	6.9%	1.09	8.0%	Exhaust temperature	240.0	
CH ₄	97.85%	H ₂ O	14.2%	2.26		Exhaust O ₂ (re)	4.00%	
C ₂ H ₆	0.00%	CO	0.0%	0.00	0.0%	AR(Re)	1.211	
C ₃ H ₈	0.42%	Total	100.0%	15.94	100.0%	AR Effect	2.89%	
C ₄ H ₁₀	0.13%					Exhaust gas temperature		
C ₅ H ₁₂	0.09%					after AH(calculated)	240	
N ₂	1.42%	Excess air		5.31	5.21	Exhaust volume(re)	12.66	
O ₂	0.01%	Air total		14.94	14.66	Air volume(re)	11.64	
H ₂ O	0.00%	Air ratio		1.55	1.55	Exhaust gas loss	10.43%	
		Invasion air ratio		0.0%				
Fuel temperature	28	Theoretical combustion	Wet	Dry	Exhaust gas loss	Burner air	Exhaust weight	
Air temperature	28.0	Oxygen	Gas volume	10.63	8.47	13.02%	14.94	19.82
Ambient temperature	28	Air_Wet	CO ₂	9.4%	11.7%	Exhaust carbon dioxide(C base)		
Wet Bulb	50.0%	Air_Dry	N ₂	70.3%	88.3%	kg/fuel-m ³ _w		0.533
Fuel weight	0.73		O ₂	0.0%	0.0%	kg/fuel-10 ³ kcal-HI		0.0628
Net heat HI	8,487		H ₂ O	20.3%		Unit:kg,m ³ ,°C,kcal fuel/F		
Net heat Hh	9,416	9.45	Unit:m ³ ,°C,kcal/kg		Insulation Calculation	10.Sep 2002.9.10 17:15		

Screen 8.2 Liquid Fuel Combustion Calculation

Oil Combustion			<Dry> A_fuel		Base temperature		28	Air O ₂ %
Oil composition	Wt. %		Exhaust gas	Composition/wet	Exhaust volume	Composition/dry		21.0%
C	84.6%		CO ₂	8.8%	1.58	9.8%	Adiabatic temperature:	1552
H	11.8%		N ₂	74.4%	13.28	82.2%	(ΔD)	
O	0.7%	HV adjust	O ₂	7.2%	1.29	8.0%	Exhaust gas temperature	250.0
N	0.5%	NU	H ₂ O	9.5%	1.70		Exhaust gas O ₂ (re)	4.0%
S	0.3%		CO	0.0%	0.00	0.0%	AR(re)	1.221
H ₂ O	0.3%		SO ₂	0.0118%	0.002	0.0130%	AR Effect	2.96%
Fuel temperature	28	Atomizing steam	Total	100.0%	17.86	100.0%	Exhaust gas temperature	
Air temperature	28	kg/kg		0		Wet	after AH(calculated)	250
Ambient temperature	28	Pressure ata		8	Excess air	6.30	Exhaust volume(re)	13.97
Relative Humidity	60.0%	Invasion air ratio			Air total	17.19	Air volume(re)	13.30
15/Adens	0.86			0.0%	Air ratio	1.58	Exhaust gas loss	10.05%
Wt/Volume	0.85155	Theoretical combustion		Wet	Dry	Exhaust gas loss	Burner air	Exhaust weight
Heat value/kg		Oxygen	Gas volume	11.57	10.00	12.71%	17.19	22.92
HI	10262	2.24	CO ₂	13.7%	15.8%	CO ₂ emission(C_eq)		
Hh	10879	Air Wet	N ₂	72.8%	84.2%	kg/fuel-kg		
Heat value/li(Ref.)		10.90	O ₂	0.0%	0.0%	kg/fuel-th.kcal-HI		
HI	8738	Air Dry	H ₂ O	13.5%		Unit:kg,m ³ ,°C,kcal fuel/NF		
Hh	9264	10.65	SO ₂	0.0182%	0.0210%	Adiabatic Calculation 10.Sep 18:28:32		

Screen 8.3 Coal Combustion

Coal Combustion			<Dry> STAR		Base temperature		28.0	Air O ₂ %
Composition(DAF)	Wt. %		Exhaust gas	Composition/Wet	Exhaust volume	Composition/Dry		21.0%
C	81.49%		CO ₂	7.4%	1.11	7.8%	Adiabatic temperature:	958
H	4.92%		N ₂	75.6%	11.30	79.7%	(ΔD)	
O	11.42%		O ₂	11.4%	1.70	12.0%	Residue(including Soot)	
N	1.30%	Exhaust gas temperature	H ₂ O	5.2%	0.77		Generation kg/kg	0.10
S	0.78%	250	CO	0.5%	0.07	0.5%	Carbon %	3.27%
H ₂ O	6.0%	Exhaust gas O ₂ (Re)	SO ₂	0.0%	0.00	0.0%	Heat kcal/kg	26.42
Fuel temperature	28.0	8.0%	Total	100.0%	14.95	100.0%	Exhaust gas temperature	500
Air temperature	28.0	AR(Re)		1.57	94.8%	Wet	Specific heat	0.20
Ambient temperature	28.0	AR improve effect		8.8%	Excess air	8.09	Exhaust volume(re)	10.57
Relative Humidity	50.0%	after AH(count)		250	Air total	14.56	Air volume(re)	10.19
Ash	16.21%	Invasion air ratio		0.0%	Air ratio	2.25	Exhaust gas loss	18.15%
Hh(DAF)	6302	Theoretical combustion		Wet	Dry	Exhaust gas loss	Burner air	Exhaust weight
Heat value/kg-wet		O ₂	Gas volume	6.83	6.21	25.36%	14.56	19.45
HI	5148	1.33	CO ₂	17.2%	19.0%	Exhaust carbon dioxide(C base)		
Hh	5386	Air Wet	N ₂	73.6%	81.0%	kg/fuel-kg		
Heat value/kg-wet coal heat value		6.48	O ₂	0.0%	0.0%	kg/fuel-10 ³ kcal-HI		
HI	5889	Air Dry	H ₂ O	9.1%		Unit:kg,m ³ ,°C,kcal fuel/NF		
Hh	6066	6.36	SO ₂	0.1%	0.1%	Insulation Calculation 02.09.10 18:43:37		

8.1.2 断熱燃焼温度

断熱燃焼温度は設定条件 (燃料はもちろん、空気・排ガスの条件も含めて) のもとでマクロで計算する。なぜならば、燃焼ガスの比熱がガス温度の 3 次式で表現されているため、温度と比熱の関係を単純に解くことができず、やむなく繰り返し計算して収斂させているものである。ただし、高温における燃焼生成ガスの熱分解は考慮

していないので (もちろん完全な断熱燃焼も現実としてはあり得ないので) 、この断熱燃焼温度は参考値と考えるべきである。収斂の手法は単純で、ある前提の温度によって計算された結果の燃焼温度が前提値に近づくまで前提値に修正を加えて計算を繰返すだけである [Cell:p81..s100] 。計算を終了する収斂限界は設定することができる。

8.1.3 燃料選択

メニューで選択できる燃料は、各種の燃料についてその組成がシートに既に記載されている [Cell:a125..n142] 。メニュー上から選択した燃料のコードを入力すれば、選択燃料の範囲 [am63:an76] に燃料組成が index 関数によって引用され、これが燃焼計算の基本設定画面にコピーされる。index のセルを別途に設けたのは、基本設定画面 a21:i40 へ index 式を書くと Manual 設定ができなくなるためである。なお油燃焼のシートでは燃料選択はメニューからの選択である。

この燃料組成の記載値を変更することにより任意の燃料組成をメニューで選択できるようになる。したがって既に記載されている組成を変更すれば、任意の燃料組成を選択できることになる。しかし燃料の組成ではなく成分を変更することは面倒である。すなわち、燃料の選択表に掲載されていない成分を追加したり、その成分の要求酸素量や発生ガス成分を設定し、また比熱の設定も必要となる。

石炭燃焼のシート [file:H_BL_Coal.xls] では燃料の取り扱いは以下のようである。

<石炭の取り扱い>

燃料成分の設定は、水分・灰分を含めて成分の比率を設定する。これらの設定値は、水分・灰分を含めて合計が 100%となるようにシート内で調整される。元素組成の設定は、この計算シートが燃焼ガスの計算を組成をもととして行うので、必要である。燃焼計算では、このように 100%換算された成分から残渣を除外して必要空気量や燃焼排ガスを計算する。

発熱量は低発熱量を設定する。発熱量はこの設定値を計算シートで使用し、元素分析からの発熱量の計算値は使用しない。

もえがら (ここでは残渣と呼ぶ) については、基本設定の画面で残渣の発生量、排出

温度などを設定する。これらは、空気比の改善や空気予熱の試算に使用されるほか、ボイラーの熱精算にも使用されている。

8.1.4 排ガス酸素と諸特性

このような計算で、かりに排ガス中の酸素濃度を変更した場合に各種の計算結果がどのように変化するかは、酸素設定セルに新しい数値を入力すれば直ちに計算される。しかし、いくつかの酸素設定に対して、たとえば排ガスの量を知りたいとき、この結果が一覧表で表示できれば便利である。スプレッドシートはこのような表 (“What-if table” と呼ばれる) を作る機能を備えているので、この計算シートでは各種の酸素濃度に対応して計算結果がどう変化するかを Screen 8.4 のように計算させて表示する [Cell:a41..i60]。この計算は自動実行ではなくいくつかのキー操作を必要とするのでマクロに作成している。前提値を設定した後に CTRL + I (「CTRL」キーを押しながら「I」キーを押すことを意味し、表の上部のタイトルの横に ¥ I と記載されている) で計算される。計算忘れを防ぐため計算後に表の下部欄外に時刻を記入するようにしている。

マクロの実行は、装置 (パソコン) あるいはソフトによって Alt + I の場合がある。また ¥ 記号は英語ではバックスラッシュで表示される。

Screen 8.4 What-if Table for Combustion Calculation

What-if Study(V) <Dry> Ostrowiec

Tbl.1 Burner air etc.

Tbl.4 Adiabatic temperature(ΔT)

O ₂ dry	Air ratio	Air/Wet	Exhaust/Wet	CO ₂	Exhaust weight	O ₂ dry	CO	
							0.0%	0.5%
0.0%	1.00	9.6	10.63	9.4%	13.03	0.0%	2039	2028
4.0%	1.21	11.7	12.66	7.9%	15.63	4.0%	1764	1753
8.0%	1.55	14.9	15.94	6.2%	19.82	8.0%	1459	1447
12.0%	2.20	21.1	22.14	4.5%	27.74	12.0%	1108	1095
16.0%	3.87	37.2	38.25	2.6%	48.33	16.0%	690	675
(CO dry	0.00%)			10.Sep	17:16:00		10.Sep	17:15:38

Tbl.2 Exhaust gas loss (to HI)

Tbl.3 Burner air heat (to HI)

O ₂ dry	Exhaust gas temperature				O ₂ dry	Air temperature		
	300	400	500	600		200	350	500
0.0%	11.4%	15.8%	20.3%	24.9%	0.0%	6.1%	11.6%	17.2%
4.0%	13.5%	18.6%	23.9%	29.4%	4.0%	7.4%	14.1%	20.9%
8.0%	16.8%	23.3%	29.8%	36.6%	8.0%	9.5%	18.0%	26.8%
12.0%	23.1%	31.9%	41.0%	50.2%	12.0%	13.4%	25.5%	37.9%
16.0%	39.5%	54.5%	69.9%	85.6%	16.0%	23.7%	44.9%	66.7%
			10.Sep	17:16:01			10.Sep	17:16:02

Excel では、上記のようにマクロを用いて What-if を計算せずに、自動的に計算される “ Table ” 関数が用意されており、このシートでも空気比改善の効果や空気予熱の効果をも 1 ケースだけ手軽に見るために Table 関数が用いられている。ただし Table 関数を多用するとワークシートの再計算速度が低下するようである。

What-if table としてはこのほかに、次のようなスタディが用意されている。

8.1.5 空気比調整による燃料節減率

これは上の Screen 8.4 の排ガス損失率の表に記載された各排ガス温度について、調整前の O₂ と調整後の O₂ から燃料の節減率 (調整前の燃料量に対する比率として) を読み取るもので、排ガス損失の他は必要な熱量 (空気比を調整してもその量に変わらない) として計算されている [Cell:k21..u40]。この表の計算はマクロ I で上の Screen 8.4 の計算に引き続いて実行されるので計算の実行をあらためて指示する必要はない。Screen 8.5 にこの表の例を示す。

Screen 8.5 Air Ratio Adjustment

Tbl.5 Fuel economy by air ratio adjust(VG)(to before adjust fuel)										Ostrowiec
2.89% Exhaust temperature= 300					2.89% Exhaust temperature= 400					Invasion air ratio 0.0%
Before adjust	O ₂ dry after adjust				Before adjust	O ₂ dry after adjust				
O ₂ dry	0.0%	4.0%	8.0%	12.0%	O ₂ dry	0.0%	4.0%	8.0%	12.0%	
0.0%	0.0%	-	-	-	0.0%	0.0%	-	-	-	
4.0%	2.3%	0.0%	-	-	4.0%	3.4%	0.0%	-	-	
8.0%	6.1%	3.9%	0.0%	-	8.0%	8.8%	5.7%	0.0%	-	
12.0%	13.2%	11.1%	7.6%	0.0%	12.0%	19.2%	16.3%	11.3%	0.0%	
16.0%	31.7%	30.1%	27.3%	21.3%	16.0%	46.0%	44.1%	40.8%	33.2%	
2.89% Exhaust temperature= 500					2.89% Exhaust temperature= 600					
Before adjust	O ₂ dry after adjust				Before adjust	O ₂ dry after adjust				
O ₂ dry	0.0%	4.0%	8.0%	12.0%	O ₂ dry	0.0%	4.0%	8.0%	12.0%	
0.0%	0.0%	-	-	-	0.0%	0.0%	-	-	-	
4.0%	4.6%	0.0%	-	-	4.0%	5.9%	0.0%	-	-	
8.0%	12.0%	7.7%	0.0%	-	8.0%	15.5%	10.2%	0.0%	-	
12.0%	25.9%	22.4%	15.9%	0.0%	12.0%	33.7%	29.5%	21.5%	0.0%	
16.0%	62.2%	60.4%	57.1%	49.0%	16.0%	80.8%	79.6%	77.3%	71.1%	

10.Sep 17:16

たとえば排ガス温度 250℃ のとき調整前の O₂ = 10 % を調整によって O₂ = 5 % にできるとすると、これによる燃料節減は熱バランス上は 8.0 % となる。

計算ではまず排ガス損失を除外した熱量を必要熱量として各ケースについて計算し、ついでこれをもとにして燃料の節減量を求めている。

8.1.6 空気予熱による燃料節減率

前項と同様に空気予熱による燃料節減率も ¥ I のうちで続いて Screen 8.6 のように計算される [Cell:w21..ae40]。表中で” - “は設定した空気予熱温度が排ガス温度よりも高いのであり得ないケースを意味する。たとえば排ガス温度 250℃ で排ガス酸素 5 % のとき空気を 150℃ に予熱すれば熱バランス上は燃料は 5.6 % 節減される。

Screen 8.6 Air Preheating with Exhaust Gas Heat

Tbl.6 Fuel economy by air preheat(N)(to before preheat)					Ostrowiec				
					Air invasion=				
					0.0%				
Exhaust temperature before preheat=			300		Exhaust temperature before preheat=			400	
O ₂ dry	Preheat temperature				O ₂ dry	Preheat temperature			
	200	350	500		200	350	500		
0.0%	6.5%	-	-	0.0%	6.8%	12.1%	-		
4.0%	7.9%	-	-	4.0%	8.4%	14.7%	-		
8.0%	10.3%	-	-	8.0%	11.0%	19.0%	-		
12.0%	14.9%	-	-	12.0%	16.5%	27.2%	-		
16.0%	28.1%	-	-	16.0%	34.3%	49.7%	-		
Exhaust temperature before preheat=			500		Exhaust temperature before preheat=			600	
O ₂ dry	Preheat temperature				O ₂ dry	Preheat temperature			
	200	350	500		200	350	500		
0.0%	7.1%	12.7%	-	0.0%	7.5%	13.4%	18.7%		
4.0%	8.9%	15.6%	-	4.0%	9.5%	16.6%	22.8%		
8.0%	11.9%	20.4%	-	8.0%	13.0%	22.1%	29.7%		
12.0%	18.6%	30.2%	-	12.0%	21.3%	33.8%	43.2%		
16.0%	44.1%	59.9%	-	16.0%	62.2%	75.7%	82.2%		
								09.10	17:16

このシートでは、マクロ ¥ E によって空気予熱器の熱バランスから空気予熱器の出口のガス温度が計算される [Cell:ag21..an40]。What-if Table のマクロ ¥ I を実行すれば、この計算 (マクロ ¥ E) も引き続いて実行される。この温度は、空気予熱器の低温腐蝕の検討にも参考となるであろう。また交換熱量 [Cell:w41..ae60] や対数平均温度差 [Cell:ag101..ao120] も表示される。これらの計算では、空気予熱器の器体表面からの放熱量を空気予熱器入り口の排ガスの保有熱量に対する比率で設定できる (この放熱量を空気予熱器入り口の排ガス熱量から除外して熱バランスを計算している [Cell:ai22])。

また空気予熱器における空気の漏洩 (空気予熱器のガス側入り口において空気側から排ガス側へ予熱された空気が混入するとして) を、理論燃焼空気に対する比率で設定できる (いずれも ¥ I による計算の前に設定しておくこと) [Cell:ai22]。もちろんこれらの設定値にゼロを入力しておけば、それぞれ放熱なし、空気漏洩なしとして計算される。

なお、このほかに次の計算表が載せられている。

空気予熱器の対数平均温度差 (Cell ag101:ao120)

空気予熱器の温度効率 (Cell ag121:ao140)

空気予熱器入り口排ガス温度 (漏洩空気の混合後) (Cell aq101:ay120)

空気予熱器における交換熱量 (Cell aq121:at130)

なお Cell a21 の基本設定画面では、空気比改善および空気予熱による効果の試算ができる。設定値 (前提条件) は次の項目である。

- ・排ガス温度 (基本設定の空気温度が大気温度よりも高い場合は、ここで設定する排ガス温度は空気予熱器入り口の排ガス温度として扱われる)
- ・改善後の排ガス酸素 (この設定値は、その時点で選択されている排ガス分析の Dry / Wet 選択の値として扱われる)
- ・予熱空気の温度

これらの前提条件のもとで、Table 関数などで自動計算して表示される項目は次のとおりである。

- ・空気比 (排ガス酸素改善後の)
- ・空気比改善による燃料節減率
- ・空気予熱器後の排ガス温度

(基本設定の空気温度が大気温度よりも高いとき、空気予熱が設置されているものと解して、空気予熱器の熱バランスから空気予熱器後の排ガス温度を算出している)

- ・排ガス量 (空気比改善後の)
- ・空気量 (空気比改善後の)
- ・排ガス損失比率 (空気比改善後の)
- ・空気予熱による燃料節減率 (基本設定の空気温度に対比した比率。基本設定の空気温度と予熱空気温度の設定が等しいときは空気予熱効果はゼロと表示される)

8.1.7 ボイラーの熱精算

燃焼計算のワークシートには蒸気ボイラーの熱精算が付加されている。このシート

では、JIS の陸上ボイラーの熱精算 (JIS B 8222) に準じて、燃料量・給水量・排ガス温度・蒸気条件などを設定すれば [Cell:az21..bh40]、ボイラーの熱精算が行われて、その結果が表示される (燃料の選択など燃焼の計算を先に完了しておくこと) [Cell:bi21..bq40]。この計算には、蒸気のエンタルピーや圧縮水のエンタルピーの算出のために、蒸気表の近似式が利用されている [Cell:az61..bg110]。炉壁からの放散熱は JIS に記載されたようにボイラーの容量から比率で設定する方法と炉壁の温度から計算する方法を選択することができる。Screen 8.7 にボイラー熱精算の基礎数値、Screen 8.8 にボイラーの熱精算表の例を示す。

蒸気条件の設定において、蒸気温度の設定値が設定圧力における飽和温度以下の場合、圧力相当の飽和蒸気として扱われる。また、設定温度が飽和温度を越えている値の場合は過熱蒸気として扱われ、乾き度の設定値は無視される。

Screen 8.7 Assumptions for Boiler Heat Balance

Data for Boiler Heat Balance Calculation (combustion calculation to be completed)							Ostrowiec
Time	Begin	1100	(set in four	Emission option	c		
Time	Close	1200	digits)	d:JIS formal	1.28%		
Time	hr	1		c:Calculation	0.28%		
Boiler capacity t/h		12	(Rated)	m:Manually	1.4%		
Base temperature		28		Adopted	0.28%		
Item	Unit	Amount	/hour	Pressure abs	Temperature	Unit heat	Others
Fuel latent heat	m ³ _N	1400.0	1400.0	-	-	8487	
Fuel sensible heat	kcal	1400	1400.0	-	28	0.00	
Burner air	m ³ _N wet	20912	20912	-	844	0.00	
Invasion air	m ³ _N wet	0	0	-	28	0.00	
Exhaust gas	m ³ _N wet	22318	22318	-	240.0	69.31	
CO loss	m ³ _N wet	0	0	-	-	3018	
Eco inlet feed	kg				14.5	14.8	
Boiler-in feed	kg	15000	15000		80	80.2	
Drum blow	kg	0	0	8.033	-	171.5	
Outlet steam	kg	15000	15000	12.00		654.8	
	Dryness%	98%	Wet steam				

Screen 8.8 Boiler Heat Balance Table

Boiler Heat Balance (net heat value based)				Ostrowiec			
Heat-in				Heat-out			
	kcal/m ³ _N	kcal/h	%		kcal/m ³ _N	kcal/h	%
Fuel calorific	8,487	11,881,806	100.0%	Steam generated	6,858	9,600,876	80.8%
Fuel sensible heat	0.0	0.0	0.0%	Exhaust gas loss	1,105	1,546,845	13.0%
Air sensible heat	0.0	0.0	0.0%	CO loss	0.0	0.0	0.0%
			0.0%	Emission loss	24	32,903	0.3%
Total	8,487	11,881,806	100.0%	Sub total	7,986	11,180,624	94.1%
				Miscellaneous	501	701,182	5.9%
				Total	8,487	11,881,806	100.0%
				Utilized heat detail			
					kcal/m ³ _N	kcal/h	%
				Main body of boiler	6157	8619727	72.5%
				Economizer	701	981149	8.3%
				Superheater	0	-	0.0%
				Total	6858	9600876	80.8%
Boiler efficiency							
In/out method			80.8%				
Heat loss method			86.7%				

8.1.8 ボイラーの逐次熱精算

このシートでは、排ガス成分など熱精算の前提となる測定値が時間的な数値列として得られた場合に（たとえば連続測定器の記録カードなどで1分毎の計測値として得られた場合）、その数値群を燃焼計算に取り込んで、これを用いてボイラーの熱精算を逐次的に行うことができる。このようにすれば、ボイラーの効率などの運転特性を時系列的に把握することができる。

燃焼計算のシートには、測定値を別のロータス 123 ファイルから取り込んで、これを時系列的に逐次にボイラー熱精算の設定値に取り込み、計算を行って、その結果を表示するマクロが用意されている [Cell:ca1..cs14]。この計算のためには、測定値が所要の配列に整えてあることが必要である。またそのファイル名が Shiftavg でなければならない（大文字と小文字は区別されない）。測定値の配列はデータファイル Shiftavg に記載されている。

Excel のシート上からは、ロータス 123/DOS のマクロを用いてロータス 123 / DOS のシートの一部を範囲名で読込むことはできない（セルアドレスでは読込めるが、Shiftavg では範囲名で範囲を指定している）。したがって、Shiftavg ファイルをエクセル上へ読んでおいてこれから Excel の Copy / Paste 機能によって燃焼計算ファイル

ヘデータ範囲を移す必要がある。このときコピーすべき範囲は Shiftavg 上で数値補正を施されたデータであって adjusted という範囲名が付けられている。

8.1.9 計測データファイル

File : Shiftavg

逐次熱精算のマクロは、測定値を Shiftavg から取り込み [Cell:ca21..ci21 以下]、この数値群を使って逐次熱精算を行う [Cell:cj21..cu21 以下]。Screen 8.9 に熱精算の結果表の1部を示す。

Screen 8.9 Successive Heat Balance Calculation

Time	HI	Fuel sensible heat	Air sensible heat	Total	Steam generated	Exhaust gas loss	CO loss	Emission loss	Miscellaneous	In-out method	H loss method
14:19:59	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,431.9	699.7	4.7	46.7	304.0	87.6%	91.2%
14:21:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,392.2	703.3	4.9	46.2	340.3	87.1%	91.1%
14:22:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,396.5	695.4	5.0	46.0	344.1	87.2%	91.2%
14:23:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,350.9	691.7	5.2	46.6	392.7	86.6%	91.2%
14:24:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,146.5	695.4	5.4	46.1	593.6	84.2%	91.2%
14:25:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,143.6	698.6	5.2	45.9	593.7	84.2%	91.2%
14:26:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,192.5	699.3	5.1	46.1	544.0	84.7%	91.2%
14:27:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,224.6	702.9	5.1	46.7	507.7	85.1%	91.1%
14:28:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,219.4	705.6	5.9	46.5	509.6	85.1%	91.1%
14:29:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,257.0	704.5	5.7	46.4	473.3	85.5%	91.1%
14:30:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,091.2	695.3	5.5	45.8	649.2	83.6%	91.2%
14:31:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,059.5	698.9	5.7	45.8	677.1	83.2%	91.2%
14:32:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,185.8	680.6	6.1	46.6	567.9	84.7%	91.4%
14:33:01	8,487.0	0.0	0.0	8,487.0	7,256.7	679.2	6.2	46.9	498.1	85.5%	91.4%

Shiftavg のシート上では測定値の群に対して移動平均を求めることができる。移動平均では、1回の平均の対象の個数と移動の行数を任意に設定できる [Cell:r2..t3]。

たとえば、

連続した30個の数値を平均して

次ぎに15行下へ移動して

そこから連続した30個の平均をとる

これを繰り返す

というような移動平均が可能である。このケースでは平均の個数に30を設定し、また移動数に15を設定すればよい。

また Shiftavg の上では測定値への補正が行われる。測定値への補正は、たとえば流量計測値への温度・圧力補正やゲージ圧力の絶対圧力への変換などを想定したものである。補正はすべての測定項目に対して実施され、補正の式は 1 次式で表されている [Cell:a14..i20]。したがってもし補正が必要なければ 1 次式の定数項をゼロに、1 次の係数を 1 に設定すればよい。補正は全てのレコードに対して一様に行われる。したがってレコード毎に補正の係数を変えることはできない。補正計算のマクロは、計算完了とともに補正を施された結果のデータ範囲に adjusted の範囲名を自動的に付ける。

Shiftavg ファイルには測定値を取り込む機能はないので、測定データを手動でこのファイル上へコピーすることが必要である。

8.1.10 加熱炉の熱精算

File: HBFC_GAS

このファイルはガス燃焼の計算シートに鋼材の連続加熱炉の熱精算の機能を付加したものである。ガス燃焼のみで、油燃焼には対応しない。連続加熱炉では、材料の装入量や抽出量が連続的な計測値では表せないで、ボイラーの例のような逐次熱精算の機能はなく、静的な熱精算を行うのみである。

鋼材の含熱量は近似式で与えられている [Cell:az61..bk115]。鋼材の含熱量はその温度に依存し、遷移温度付近で不規則な変化をするので、近似式は遷移点近傍とその前後の温度域に対して夫々別途に用意され、この 3 個の式を接続している。含熱量は鋼種によって異なるので、このような式を鋼種別に用意し、鋼種を選択コードをキー [Cell:bd23] として Lookup 関数によって所要の数値が採択される。鋼種はリムド鋼はじめステンレス鋼も含めて 11 種から選択することができる。

多くの加熱炉では、空気予熱器が設置されている。排ガスの酸素を空気予熱器の前と後で測定すれば、これから空気予熱器での空気漏洩率を算出できる。ここで空気漏洩とは、空気予熱器において空気側から排ガス側への空気の漏洩を意味する。基本設定画面 (Cell a21:i40) での排ガス条件 (酸素、温度) は加熱炉の熱精算ページでは空気予熱器の後の排ガスに対する値として扱われる。炉本体あるいは空気予熱器入り口での排ガス条件は Cell az41:bh49 に設定する。これにより炉本体から空気予熱器入り口あるいは空気予熱器出口に至る過程において、排ガス中への外気侵入を求めることができる。Screen 8.10 に加熱炉熱精算の設定画面を示す。

Screen 8.10 Setting for Rereating Furnace Heat Balance

Basic Data for Rereating Furnace Heat Balance (Including AH)								Ostrowicc
Time, begin		0		Steel 1-11		Heat emission rate		
Time, close		1400		1		Calculated		0.07%
Time, hour		14.00 (digit)		Rimmed				
Item	Unit	Amount	/hour	Temperature	t-S	kcal/unit	kcal/t-charged	kJ/t
Fuel latent heat	m ³ _N	81,540	5,824	-	52.88	8,487	448,787	1,878,624
Fuel sensible heat	kcal	-	-	28	-	0	0	0
Burner air	m ³ _N	1,544,371	110,312	28	1002	0	0	0
Invasion air	m ³ _N	0	0.0	28	0	0	0	0
Exhaust gas	m ³ _N	1,626,352	116,168	426.0	1055	132	138,997	581,842
CO loss	m ³ _N	0	0.0	-	0	3,018	0	0
Steel, charged	t	1,542	110.1	40	1.00	1,349	1,349	5,648
Steel, discharged	t	1511.16	107.9	1200	0.98	191,114	187,292	784,003
Scale loss	t	30.84	2.2	1160	0.020	1,334,926	26,699	111,760
Scale heat, sensible	t	-	-	-	-	330,335	6,607	36,630
TFE/scale		75.5%	-	-	-	-	-	-
In, cooling water	m ³	12600	900	32	8.171	-	-	-
Out, cooling water	m ³	-	-	40	-	8,000	65,370	273,637

加熱炉の熱精算は、空気予熱器を含んだ系として把握する場合と空気予熱器を含まない系として求める場合があり、熱精算表はこの両様式に対応して 2 つの表が用意されている。加熱炉の熱精算表の例を Screen 8.11 に示す [Cell:bi21..bq47]。

Screen 8.11 Heat Balance Table for Reheating Furnace

Heat Balance of Continuous Reheating Furnace (includes AH)					
Heat-in			Heat-out		
	(10 ³ kcal/t)			(10 ³ kcal/t)	
Fuel latent heat	448.8	94.1%	Slab discharged	187.3	39.3%
Fuel sensible heat	0.0	0.0%	Scale sensible heat	6.6	1.4%
Slab heat content	1.3	0.3%	Exhaust gas sensible heat	139.0	29.1%
Scale generation	26.7	5.6%	Cooling water	65.4	13.7%
Total	476.8	100.0%	Emission and miscellaneous	78.6	16.5%
Recovered in AH	111.1	23.3%	Total	476.8	100.0%

Heat balance of continuous reheating furnace (furnace only)					
Heat-in			Heat-out		
	(10 ³ kcal/t)			(10 ³ kcal/t)	
Fuel latent heat	448.8	76.3%	Slab discharged	187.3	31.9%
Fuel sensible heat	0.0	0.0%	Scale sensible heat	6.6	1.1%
Air sensible heat	111.1	18.9%	Exhaust gas sensible heat	218.5	37.2%
Slab heat content	1.3	0.2%	Cooling water	65.4	11.1%
Scale generation	26.7	4.5%	Emission and miscellaneous	110.2	18.7%
Total	588.0	100.0%	Total	588.0	100.0%

8.1.11 液体燃料の熱量調整

File : H_BL_OIL

液体燃焼の場合に、燃料の成分値のほかに発熱量が前提条件として与えられる場合がある。しかしこの計算シートでは発熱量は成分値から計算されるので、その計算結果が与えられた発熱量に合致するとは限らない。この計算シートでは、このような場合に便宜的に、燃料成分のうち炭素と水素の単位発熱量を比例的に変更して、与えられた燃料発熱量を得るような選択を与えている (¥U) [Cell:a85..g100]。この熱量調整をおこなった場合は、画面上に表示される [Cell:c22..e24]。また同じマクロによって熱量調整を元に戻すことができる。

8.2 多層保温

File : Mlt_INSU

保温の計算では、保温材の熱伝導率が材料の温度によって変化し、それは JIS では材料温度の 2 次式で表現されている [Cell:cb1..eo40]。さらに保温の外面からの熱放散の係数である熱伝達率が表面温度の関数で与えられることもあって、保温の計算は面倒となる。したがって、繰り返し計算によって収斂させることが必要となる。もちろん近似的な結果を求めるならば熱伝導度や熱伝達率が温度に依存しないとしてもよいだろう。この計算シートはこの両方の場合に対応できる。

8.2.1 条件の設定

このシートでは配管や塔槽類に保温を二層あるいは三層に施した場合の表面温度や放熱量が計算される。前提条件として、内外の流体温度・内面の熱伝達率・各層の厚みを最初に設定しておき [Cell:a21..h40, i21..p40]、次いで ¥ A のメニューから各層の保温材料・外面熱伝達の式・風速 (強制対流の場合のみ)・外面の放射率などを選択あるいは設定する。ある保温材料や熱伝達率の式を選択することによって、その材料の熱伝導率の式の係数や熱伝達率の式が Lookup 関数により選択される。これらの選択・設定の順序には制約はないので、ある項目を変更したい場合はその項目だけをもう一度選択すればよい。またメニューからはいつでも抜け出したり戻ったりできるので設定忘れに気付いたときは再度メニューを呼出して設定すればよい。

保温の各層について保温材量の選択が必要であるが、その層がない場合 (たとえば二層だけ保温する場合の第三層) には、その層の厚みをゼロに設定しておけばよい (この場合、その層の材料を選択してもしなくても計算結果には影響しない)。第一層は管や塔槽の材料 (金属) を選択するのが普通であるが、金属材料では熱伝導率が大きいので、これを無視して保温の第一層から始めてもよい。この際は三層までの保温の計算ができることになる。

平板の計算では、材料選択の中にセラミックファイバや耐火煉瓦が記載されている。これらを選択することにより、加熱炉などの炉壁の断熱の計算ができ、通過熱量や炉壁内の温度分布を知ることができる。

8.2.2 計算の実行

以上の設定・選択を終えてからメニューで計算実行を選べば、設定された条件・計算式で収斂計算が行われる。もちろん前回計算した条件（設定値や計算式）は残っているから、ある設定項目が次回の計算でもし同じ条件ならば設定する必要はない。たとえば他の条件をそのままにして、保温材の厚みだけを変えたときの再計算がこれに当たる。

計算シートは、円管の保温と平面の保温のページで構成され、それぞれについて 5 ケースの計算を併記しているのので、異なる部位の計算を一覧したり、保温材の厚さや材料を変更した試算を一覧することができる。この 5 ケースの間には相互関連はなく、各ケースは独立している。またメニュー中の他列複写を選択することにより、あるケースの設定条件をそっくり現在選択のケースに複写することもできる。計算の対象とする管・面の選択およびケースの選択はメニューから行われる。Screen 8.12 に管の場合の設定ページを示す [Cell:a21..h40]。

Screen 8.12 Multi-layer Insulation, Settings

Multi-layer heat insulation -- pipe			In frame :	<= Setting	Selected =>	2	
Case No.			1	2	3	4	5
Pipe line name							
I/O temperature	Fluid, inside		250	180	180	180	180
	Ambient		20	20	20	20	20
H transfer coefficient	Inside		10000	10000	10000	10000	10000
	Outside	Convection	2.459	2.641	2.659	2.659	2.659
		Radiation	2.616	2.575	2.569	2.569	2.569
1st layer	Material		Steel 0.5C	Steel 0.5C	Steel 0.5C	Steel 0.5C	Steel 0.5C
	H transfer coefficient		46.0000	46.0000	46.0000	46.0000	46.0000
	Outside diameter		0.3185	0.1398	0.1143	0.1143	0.1143
	Thickness		0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
2nd layer	Material		R.W.felt	R.W.felt	R.W.felt	R.W.felt	R.W.felt
	H transfer coefficient		0.0618	0.0518	0.0516	0.0516	0.0516
	Thickness		0.12	0.075	0.075	0.075	0.075
3rd layer	Material		G.W.cylinder	G.W.cylinder	G.W.cylinder	G.W.cylinder	G.W.cylinder
	H transfer coefficient		0.0342	0.0332	0.0330	0.0330	0.0330
	Thickness		0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
H transferred	Per length (kcal/m)		118.07	50.28	44.29	44.29	44.29
Temperature	Outside surface		32.17	29.03	28.58	28.58	28.58

8.3 経済的な保温厚さ

File : Eco_INSU95

蒸気配管や加熱槽の壁面などにおいて、保温層の厚みを増せば放熱量が減少して省エネルギー的であり、結果として燃料費が低減される。しかし厚い保温はそれなりに施工費が嵩む。JIS 9501 (1995) では、保温による燃料費の低減と設備費 (保温施工費) の増加の両者のバランスから年間の費用 (エネルギー費と償却など設備費負担の計) が最小額となる保温厚さを「経済的保温厚さ」と呼び、その計算式の考え方と計算例を示している。

経済的保温厚さの計算では、多くの因子 (管径や厚み、外表面の熱伝達率や材料の熱伝導率、熱量単価や保温施工価格、利率・償却年数) が関係しているので、手計算では相当に面倒である。また JIS に例示されている計算例はこれら因子のある特定の条件を前提としているので、条件を変えた場合には再度計算が必要である。この計算シートはこれらの必要性に応えるものである。

このシートでも管と平板に対する計算が用意されている。設定値では、内外面温度や金利率などは管と面に共通の設定条件として扱い、保温材料や管径は管と面に個別に選択する。

8.3.1 条件の設定

このシートでは各種の前提条件——各部温度、経済条件、材料の選択など——を設定あるはメニューから選択してからマクロで計算実行させることにより、経済的厚さ、年間の費用、放熱量などが計算される。管と平面に対して夫々マクロ ¥ R および ¥ S で計算される。管と面に共通な設定値は画面の左部分に、個別の設定値は右側に設定セルがある。Screen 8.13 に設定と計算結果の画面を示す [Cell:a21..h40]。

Screen 8.13 Economical Thickness of Heat Insulation

Economical insulation			Conventional (kcal unit)	Currency	\unit
			<Pipe> (AR:calc)	09.09	22:34
<Premises---Pipe/Surface>			Economical thickness	Xp	0.083 m
Inside temperature	th.0	180.0	Outer diameter of insulation	do	0.281 m
Room temperature	th.r	20	Inner diameter of insulation	di	0.1143
Heat transfer *	alpha	10.32	Annual expense	Fp	4876 \year
Heat price *	b	5.81	Heat loss / hour *	Qp	59.9 kcal/m/h
Annual interest	n	5.00%	Surface temperature	th.pc	26.6 °C
Insulation life, year	m	15	Heat conductivity (avg)*	ramda.p	0.0558
Working hour	hr	8,000	Insulation work price	ap	420 th.\m³
Annual depreciation	dep	9.6%	Insulation material	Rockwool	
*: careful on unit			Bare tube heat loss	592.9	kcal/m/h
Work price coefficient	I	12	<Plane surface> (S:calc)	07.28	21:51
Artificial fiber	La	200	Economical thickness	Xs	0.134 m
Inorganic porous	Lb	300	Annual expense	Fs	6415 \year
Exchange rate	V\$	100	Heat loss / hour *	Qs	57.5 kcal/m²/h
Macros:	U:Unit option		Surface temperature	th.sc	25.6 °C
V:Menu	V:Print		Heat conductivity (avg)*	ramda.s	0.0499
G:Call graph	X:Boxes		Insulation work price	as	290 th.\m³
L:Cell protect	Free		Insulation material	R.W.board-1	

なお、この計算シートでは熱量の単位を kcal と Wh で切替が可能であり（これは JIS が Wh の単位で表現されているため）、また金額の単位も ¥ と \$ の切替ができる [Cell::r1..z16]。ただし金額の単位を切替えても、長さの単位の m と ft を切替えるものではないので、保温厚さや熱伝導率、放熱量の数値を見るときは注意が必要である。切り替えた場合には、その前に設定されていた値は換算された数値として引き継がれる。

8.3.2 計算

保温材料の熱伝導率は温度の関数で与えられており、関係した計算セルには材料の選択に応じた熱伝導率の式の係数が Lookup 関数で選択される。保温の施工費用は数式で設定されており、材料の区分によって異なる係数が Lookup 関数で選択される [Cell:i32..l40, r32..s40]。

収斂計算のマクロは、先に記した年間の費用を表す式の保温厚さに対する微分値が、ゼロとなるような厚さを見出すよう繰り返し計算を行う [Cell:i21..o30, r21..x30]。もちろん収斂限界は設定値である。

また What-if table として、「管サイズ / 熱量単価と経済厚さ」、「保温厚さと放熱損失 / 設備費負担など」、「施工単価の変化と経済厚さ」などが用意されており、夫々のページに記載のマクロにより計算される [Cell:r41..z120]。一例を Screen 8.14、Screen 8.15 に示す。

Screen 8.14 Insulation Thickness & Annual Expense

Table.2 Economical thickness vs Annual expense (Pipe) (NJ)		09:10	21:01
Insulation thickness to economical thickness	mm	Surface temperature	Loss heat
70%	0.058	30.0	74.8
80%	0.067	28.6	68.7
90%	0.075	27.5	63.8
100%	0.083	26.6	59.9
110%	0.092	25.9	56.5
120%	0.100	25.3	53.7
130%	0.108	24.8	51.2

Loss expense	Fixed cost	Annual expense	Insulation work price
3480	1626	5106	533.5
3196	1772	4968	485.3
2970	1927	4897	448.5
2784	2092	4876	419.7
2628	2266	4894	396.5
2496	2448	4945	377.5
2383	2640	5022	361.6

Screen 8.15 Heat Price & Economical Thickness

Table.1 Pipe size / Heat price vs Economical thickness (NH)		09:10	21:09					
Heat price	25A	50A	100A	150A	200A	250A	300A	Plane
	4	0.048	0.059	0.071	0.077	0.082	0.085	0.088
6	0.058	0.071	0.084	0.092	0.098	0.102	0.106	0.136
8	0.067	0.080	0.095	0.104	0.111	0.116	0.120	0.158
10	0.074	0.088	0.105	0.115	0.122	0.128	0.132	0.177
12	0.080	0.095	0.113	0.124	0.132	0.138	0.143	0.194
14	0.086	0.102	0.121	0.132	0.141	0.148	0.153	0.210

このシートで経済厚さをマクロで計算した後に「経済厚さ」のセル「Cell:g23, g34」に別な値を手入力した場合には、年費用や放熱量が自動計算されるが、この場合は保温材の熱伝導度の値は経済厚さのもの（言い換えると経済厚さのもとでの保温材温度における熱伝導率の値）が用いられる。表面温度の変化が小さいならばこれで充分の近似と言えよう（What-if の表はこうして作られている）。

直接的に放熱量に影響する。実際は風速や日射によって熱伝達率は常に変化しており、また計算式を選択によっても放熱量は変化する。したがって、計算結果は絶対的なものとして解してはならない。

8.5 蒸気表の近似「Cell:a21..j140」

File: STEAM_14

例えば蒸気管の圧力損失を求めようとするときまず与えられた圧力と温度に相当する蒸気の比容積を蒸気表の上で求めることが必要となる。蒸気表は数値表であって、式では与えられていないから圧力・温度が変わるたびに蒸気表を引かねばならない。さらに蒸気表から読み取った値から圧力・温度によって内挿計算が必要な場合もある。

蒸気表の近似式は蒸気条件を設定すれば直ちに蒸気の実験値を与えるので、これによって各種の蒸気応用問題のシミュレーションがワークシート上で容易にできるようになる。このシートでは収録された各項目毎に式が独立しており、また近似のものにはマクロは使われていないので、必要な部分を切り取って他のシートへコピーして利用できる。

8.5.1 圧力基準飽和・過熱蒸気表

蒸気表は飽和蒸気表では変数は1個であるが、過熱蒸気表では変数が圧力と温度の2個となる。この近似式では変数が1個の場合には多項式で近似する。また二変数の場合には、たとえばある圧力のもとでのエンタルピーを温度の多項式で近似しておき、これを数段階の圧力のもとで準備しておく。与えられた圧力の前後の圧力での温度相当のエンタルピーを温度の多項式から計算し、その後圧力で内挿することによって、与えられた条件のもとでのエンタルピーとする。このような方法で作成したエンタルピーの近似式の精度は、相対精度で0.1%以下である。例で示すと、圧力 42 kg/cm² abs/ 温度 480°C が与えられたとき、近似は 40 kg/cm² abs/480°C、 $H = 812.04$ (温度の5次式) と、50 kg/cm² abs/480°C、 $H = 809.21$ から圧力で内挿 (直線内挿) して $H = 811.5$ を得る。これに対して蒸気表の値は 811.6 である。近似の精度は適用範囲の下限近くで悪くなる傾向にあるので、圧力 2 ata 以下では別の式に作成している。蒸気表の画面の例を Screen 8.17 に示す [Cell:a21..i40]。

Screen 8.17 Pressure Based Steam Table

(Pressure base) Saturated & Superheated Steam		Box :Set value	
Applied: Pr 1.5 - 140 abs under		U:Pressure unit conversion	
Temperature upto 500 °C		Current unit: kg/cm ² abs	
Pressure kg/cm ² abs	130.00	When set temperature is less than saturation temperature, calculation is on saturated steam.	
Pressure kg/cm ² gauge	128.97		
Pressure MPa	12.75		
Temperature °C	340		
<Saturated steam, pressure base>		<Super heat steam>	
	(kcal) (kJ)	(kcal) (kJ)	
Saturation temperature	329.3	Super heat degree	10.7
Saturated water volume	0.001538	Volume m ³ /kg	0.0142
Saturated steam volume	0.013	SH steam enthalpy	655.7 2745
Saturated water enthalpy	363.7 1522	SH heat amount	17.7 74.0
Saturated steam enthalpy	638.0 2671	Average specific heat	1.652 6.914
Latent heat	274.3 1148	SH steam entropy	1.331 73.99
Saturated water entropy	0.847 3.546		
Saturated steam entropy	1.303 5.452		

このシートの適用範囲は、圧力 140 kg/cm²、温度 500℃までである。近似式は蒸気の物性値を物理的な性質とは無関係に近似式化しているの、適用範囲を越えて外挿することは危険である。

このファイルには上の図のほか以下の近似式が収録されている。

8.5.2 温度基準飽和蒸気表 [Cell:k21..r60] :

設定値 : 温度

近似値 : 飽和圧力 (kg/cm² abs, kg/cm² gauge, MPa)

/ 飽和水比容積/飽和蒸気比容積 / 飽和水エンタルピー

/ 飽和蒸気エンタルピー / 飽和蒸気潜熱 / 飽和水エントロピー

/ 飽和蒸気エントロピー

8.5.3 低圧飽和蒸気表 (0.01 - 2.0 kg/cm²) [Cell:u21..aa80] :

設定値 : 圧力

近似値 : 飽和温度 / 蒸気比容積 / 飽和水エンタルピー / 蒸気エンタルピー

/ 飽和水エントロピー / 蒸気エントロピー

ほかに温度・エンタルピー・エントロピーの各設定値から飽和圧力を求める表も用意されている。

8.5.4 圧縮水 ($0.1 \leq P$) [Cell:a21..aa8] :

設定値 : 圧力 / 温度

近似値 : エンタルピー / エントロピー

8.5.5 蒸気状態量の相互近似 [Cell:bo21..bw140] :

過熱蒸気について、圧力 P /温度 T /エントロピー H /エンタルピー S について次の近似式

P, H to T P, S to T P, S to H P, H to S

飽和蒸気について、 S to H

飽和水について、 S to H

近似式の応用例として、同じファイルに次の各例を掲載している。

8.5.6 蒸気アキュムレーターの計算 [Cell:ad21..ah40]

この計算では蒸気アキュムレーターの初圧・終圧と器内の熱水容積を設定して、この間の発生蒸気量を算出する。一般にはアキュムレーターの蒸発量はこれらをパラメータとしてグラフで与えられているが、この近似を使用すれば数値でかつワークシート上で与えられるので、初圧や終圧をパラメータとしたシミュレーションなどが容易にできる。Screen 8.18 に計算例を示す。

Screen 8.18 Steam Accumulator

Steam Accumulator & Self Evaporation of Hot Water		Box	:set value
Applicable: 1.5 - 140 kg/cm ² abs under			
	Initial	Final	
Pressure kg/cm ² abs	120.00	10.00	
Pressure kg/cm ² gauge	118.97	8.97	
Pressure MPa	11.77	0.98	
Saturation temperature	323	179 deg C	
Saturated water enthalpy	354.3	181.3 kcal/kg	
Saturated water volume	0.00150	0.00112 m ³ /kg	
Latent heat	288.5	481.6 kcal/kg	
Saturated steam enthalpy	642.8	662.8 kcal/kg	
Saturated steam volume	0.0146	0.1979 m ³ /kg	
Unit evaporation		0.2 kg/m ³ -initial w.volume	
Saturated water amount	80.0	51.2 ton	
Saturated water ttl volume	120.0	57.6 m ³	
Evaporation	0	28.7 ton	
Steam volume	0.00	5687 m ³	

8.5.7 蒸気配管の圧力損失 [Cell:ax21..bd100]

蒸気の比容積が近似式化されているので、配管の圧力損失を手軽に計算できる。この計算では、配管の種類 (Sch.40/60/80 など) のコードと呼称 A サイズ (mm サイズで 150 など) を入力すると配管の内径が読み取られ、さらに蒸気の圧力・温度・流量と配管の長さを設定すれば、比容積から流速が算出されて、圧力損失が計算される。計算式は「新版・蒸気の上手な使い方 応用編」((財) 省エネルギーセンター 1984) の式を用いている。ただし、摩擦損失によって管の長さ方向に圧力が逐次低下し、比容積が変化することは配慮していない。もし必要であれば、配管の全長を長さ方向にいくつか分割して計算すればよい。

なお同時に、配管の温度膨張長さと初期暖管に必要な蒸気量も計算される (配管材料の昇温に必要な熱量を圧力相当の蒸気潜熱で供給するとして算出しており、放熱を含まない)。なお配管の材料として、鋼、銅、アルミについて計算している。Screen 8.19 に計算例を示す。

Screen 8.19 Pressure Drop & Heat Up Steam in Steam Pipe

Pressure loss, heat expansion & heat up steam of steam pipe			Box	:set value
Applicable: 1.5 - 140 abs under (Set nominal size A, then check nominal size B)				
<Setting>				
JIS pipe code		<input type="text" value="2"/>		
1:SGP 2:Sch40 3:Sch80				
Nominal size A (mm)		<input type="text" value="200"/>		
Nominal size B (inch)		8		
Inside diameter:Di	m	0.1999		
Pipe weight	kg/m	42.1		
Steam flow:G	t/h	<input type="text" value="20"/>		
Pressure abs	kg/cm ²	<input type="text" value="15"/>		
Temperature	°C	<input type="text" value="230"/>		
Latent heat	kcal/kg	465		
Unit volume:v	m ³ /kg	0.1467		
Saturation temperature	°C	197		
Pipe length:L	m	<input type="text" value="200"/>		
Initial temperature	°C	<input type="text" value="20"/>		
Pressure loss formula: $10.5/10^6 \cdot v \cdot G^2 / ((Di/1000)^5 \cdot (@PI/4)^2) / 3.6^2 \cdot L$ (Quoted from "Intelligent steam use"(ECC) p.72)				
			Equivalent length on right	
<Calculated>				
Flow velocity	m/s	26.0		
Pressure loss	kg/cm ²	0.483		
Heat expansion	m			
	Carbon steel	0.400		
	SUS 18-8	0.547		
	Aluminum	0.806		
	Copper	0.560		
Heating steam	kg	356.4		
(as saturated steam / steel pipe)				
If set temperature is less than saturation temperature of steam, the sheet assumes it as sat steam.				

8.5.8 蒸気タービンの計算 [Cell:by21..cg180]

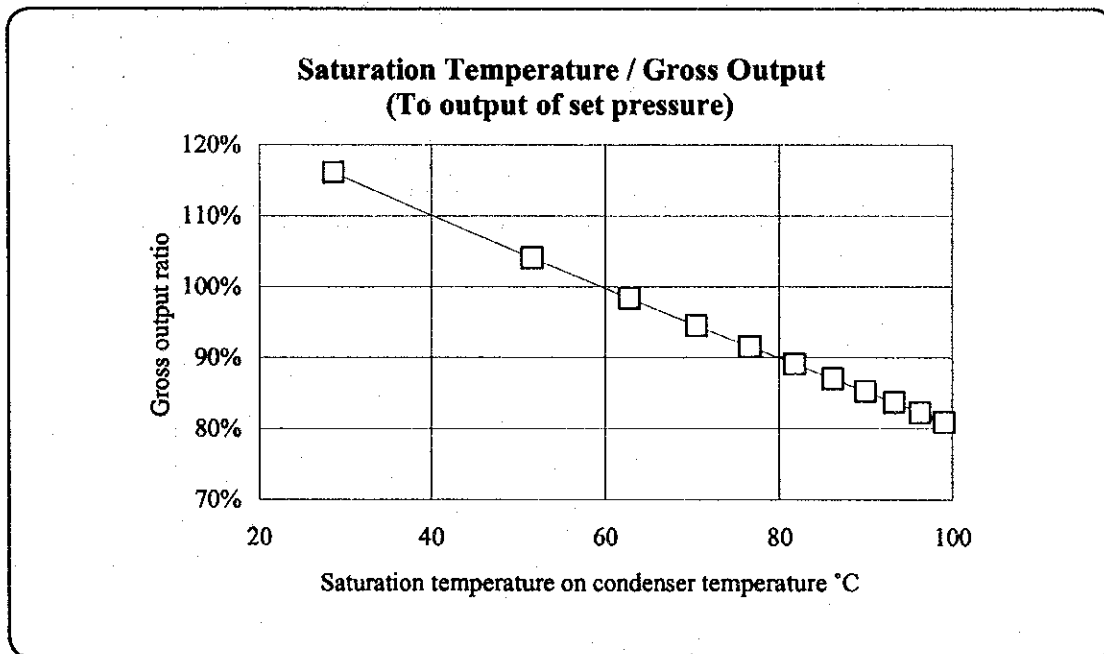
蒸気タービンの熱落差の計算は簡単には蒸気表に添付された i-s チャートの上で定規とものさしを用いて行われているが、蒸気表の近似式と蒸気特性値の相互近似を利用すればワークシート上で蒸気タービンのシミュレーションが可能である。このシートでは単純な(再熱なしの)抽気復水タービンの計算を、入り口蒸気・抽気の蒸気条件(抽気量は入り口蒸気量に対する比率で設定)、膨張効率、復水器真空(真空度/飽和温度の切替可能)などを設定値として、高低圧車室出力、全熱効率を算出している。なお全熱効率は、抽気蒸気が保有する熱量のすべてを有効として計算している。蒸気タービンの計算の例を Screen 8.20 に示す。

Screen 8.20 Steam Turbine Simulation

Steam Turbine			Box	:set value	
<H-P turbine> (Back-pressure turbine)		<L-P turbine> (Condensing turbine)		<Condenser>	
Pressure	<input type="text" value="40"/>	Extraction pressure	<input type="text" value="20"/>	Pressure	<input type="text" value="0.20"/>
Temperature	<input type="text" value="275"/>	Temperature	211.4 Wet	Vacuum Hg	612.9
Enthalpy	689.6	Enthalpy	661.6	Saturation temperature	59.66
Entropy	1.488	Entropy	1.502	Dryness	81.5%
Expansion efficiency	<input type="text" value="80.0%"/>	Expansion efficiency	<input type="text" value="85.0%"/>	Enthalpy	518.9
Power out (kWh/kg-stm)	0.0326	Power out (kWh/kg-stm)	0.1659	Entropy	1.577
Steam kg	<input type="text" value="1"/>	Extraction kg	0.4	Condense kg	0.6
		Extraction ratio	<input type="text" value="40.0%"/>	Overall efficiency	54.9%
Output(kWh)	0.0326	Output(kWh)	0.0996	(Overall efficiency)	
	(kWh)		(kWh)	Total out	0.1321
					(kWh)

この計算シートを用いれば、タービン出力に対する各前提値の利き (感度) を容易にシミュレートすることができる。シートには例として抽気圧力や復水器真空をパラメーターとしたスタディをグラフで表示している。Screen 8.21 に復水器真空相当飽和温度とタービン出力を示す。

Screen 8.21 Sensibility of Condenser Saturation Temperature on Turbine Output



また効率に0(ゼロ)を設定すれば、このシートは単純な絞り(エンタルピー不変の断熱膨張)の計算として利用できる。

8.5.9 減圧減温装置 [Cell:ci21..cn85]

背圧タービンを用いて発電とプロセス蒸気の供給を行っている場合に、タービンバイパスとして高圧の過熱蒸気に減圧と注水による減温を行う装置を設けて、タービンの停止時や負荷変動に対応させる場合がある。この計算では、1次側と2次側の蒸気条件および注水の条件を設定して、必要な注水量を算出する。Screen 8.22 に計算例を示す。

Screen 8.22 Pressure & Temperature Reduction

		Primary	Secondary
Temperature, Pressure reducing device (by water injection)		Box :set value	
		Primary	Secondary
Steam			
Pressure	kg/cm ² abs	60	16
Temperature	°C	300	230
Enthalpy	kcal/kg	689.7	685.4
Amount	t/h	25	25.19
Water			
Pressure	kg/cm ² abs	69	
Temperature	°C	120	
Enthalpy	kcal/kg	121.4	
Injection	t/h	0.191	

8.6 計算ディスクの使い方

(この項に記載している内容はロータス 123 / DOS に基づいているので、ウィンドウス上のスプレッドシートでは、表示様式や選択方法などが若干異なる場合がある)

8.6.1 メニュー

これらのワークシートはロータス 123 / DOS 上で開発されたが、Excel 97 の Book 形式で提供される。手持ちの Excel 97 をパソコンで立ちあげて、このディスクの中から必要なファイルを読み込むと、多くの場合まずプライベートメニューが表示された状態となる。カーソルキーでこのメニュー上を移動するとメニューウィンドウの下にそれぞれのメニューの概略内容が表示される。設定値のセルへ入力するにはこのメニューを Exit で抜け出すことが必要であるが、その前にこのメニューを利用してシートの画面の各ページを見ることをお勧めする (任意のメニューの項目でリターンキーを押せばそのページへジャンプする)。プライベートメニューは 8 項目しか作れないので、ある項目の下に更にサブメニューを持つ場合がある。サブメニューへ移ってももとのメニューへ戻る選択が用意されており、またメニューから脱出することもできる。

DOS 版では画面表示範囲は固定されているが、ウィンドウス版では表示範囲が任意に調節できるためマクロによる画面移動が効果的でない場合がある。もちろん計算には何等支障はない。

大部分のファイルではワークシート上のレイアウトを表にして載せているので、メニュー上で Location map へ移ればワークシートの構成の大凡を把握できる。あるいはこのマップのページをプリントして手元において参照することも有用であろう。

Screen 8.23 に例としてガス燃焼のシートのマップを示す。

Screen 8.23 Location Map on Combustion Calculation Sheet

Location Map							
							(H_BL_GAS.xls)
	A	J	V	AF	AP	AZ	BI
1	Instruction	What-if remarks	W/D option remarks	Air Heat remarks	Map	Heat balance remarks	Macro list
21	Setting Basic calculation	AR adjust effect	Air heating effect	AH outgas temperature	Cp arrange (Heat balance)	Heat balance setting	H_balance table
41	What-if table	Utilized heat Saturated water	AH calc	AH outgas macro	AH heat balance	Surface emission	AR,AH effect
61	Fuel composition	Heat value Air required	Combustion calculation	Fuel selection	O ₂ /CO W/D option	Strm_Hs approximation	H_balance English
81	Gas Cp coefficients	Adiabatic temperature calculation	Cp arrange	AR W-ifs macro	Adiabatic W-if macro	FW_Hw approximation	H_balance JIS style
101	Menu macros	Control macros	Humidity option RH/WB	AH logarithmic mean temperature difference	AH inlet gas temperature	Hw/T approximation	-
121			Humidity option to AE180	AH temperature efficiency	AH exchanged heat	AH effect	-
ca1.. Heat balance macro			cjl.. Heat balance macro				
ca21.. Heat balance data			caj1.. Heat balance data				

通常の入力状態からは、マクロ ¥A (「Ctrl」 (あるいは「Alt」) を押しながら「A」を押す) でいつでもこのプライベートメニューに入ることができる。

8.6.2 入力と計算

スプレッドシートではセルへ数値を入力すると直ちに自動的に計算が実行されて、関係したセルの表示値が変わる。入力に際してパーセント表示されているセルへの数値入力は Excel では直接に % 値を入力する。たとえば燃料ガス組成で 24% を設定したいときは 0.24 ではなく 24 と入力する。設定できるセルは、見易いように太線枠で囲っており (パソコンあるいはソフトの種類によっては枠線の種類が区別されないあるいは枠線を表示できないものもある) 、

数式が書いてあるセルに誤って入力すると数式を壊してしまい、そのことに気付かないで誤った計算結果を使う危険がある。また気付いてもファイルを保管してオリジナルファイルをリプレースした後では多くの数式は復旧が困難である。マクロ ¥L (セルプロテクト / フリー) でセルをロックしておけば誤入力による数式の破壊を避けることができる。しかし万が一に備えて最初にディスク (ファイル) のバックアップをとっておく方がよい。

8.6.3 マクロ

一部の計算 (くり返して収斂させる計算など) や What-if table の作成はマクロで実行させる必要がある。この際にはその計算のページに ¥ C などの記載があるので、これを実行すればよい (前記と同じように「Ctrl」 (あるいは「Alt」) と「C」を同時に押す)。ロータス 123 / Win や Excel / Win では、ロータス 123 / DOS のマクロを書き換えることなく、そのまま読んで実行できる。

各ファイルに共通して設定しているマクロには、さきの ¥ L のほかに ¥ X (罫線非表示 / 表示---Excel では機能しない)、¥ A (イニシャルメニュー) がある。¥ L と ¥ X はいわゆるトグルスイッチで、一度押すたびに動作が反転する。たとえば ¥ L でセルプロテクトした後でもう一度 ¥ L を押せばプロテクトが解除され入力自由となる。

プリントマクロ ¥ P は、エクセル上では機能しない。ウインドウスの機能で印刷すればよい。マクロはキーボードから入力して行うロータス 123 上の一連の手順をそのまま入力の順に書いたものと、マクロ専用の命令の記述で構成される。マクロ専用命令はロータス 123 のヘルプ (ワークシートの上からいつでも Help キーで読むことができる) に種類や使い方が記載されているので、このシートに用いられているマクロ専用命令 (条件判断による作業の分岐やメニュー・画面表示の制御に使用されているケースが多い) も容易に理解でき、また利用者なりに変更もできる。マクロの実行は、Ctrl (機種によっては Alt) とさきのアルファベットを押せばよい。ロータス 123/DOS は、マクロが記述されたセルから下のセルに向かって順に読んで実行して行き、空白のセルがあるとそこで作業を停止する (終了する)。したがってマクロ終了の直下のセルは空白にしておくか、あるいはマクロの最後に {quit} と書いておけば (この方が確実) 終了宣言となる。なお ¥ 0 (ゼロ) と名付けておけば、そのマクロはファイルを読み込んだ直後に引き続いて実行される。この計算シートのプライベートメニューのマクロはこのようにしている。

8.6.4 演算表

What-if table は演算表とも呼ばれ、一連の計算のなかで設定値の 1 あるいは 2 個を変更した場合に任意の計算結果の数値がどのように変化するかを見るもので、スプレッドシートの便利な機能の 1 つである。使用者が任意に変数や計算結果値を選んで、演算表を作ることができるが若干の手数 (ロータスメニューによるキー操作) がかかる。この計算シートでは、いくつかの What-if table を画面上に用意してありかつ計算の実行のキー操作をマクロに作っている。したがって使用者は各演算表のタイトル

の部分に記載されているマクロネーム (¥T などと書かれている) を実行するだけでシミュレーションの結果を見ることができ、また一部の表の計算結果はグラフで見ることができる。

Excel では、このようにその都度に計算することなく、あたかも関数による計算のように What-if tabel を作る機能がある。このシートでは燃焼計算のシートの一部にこの “Table” 機能が用いられている。このシートをエクセル以外の Spread sheet 形式で保存すると、この “Table” 機能が損なわれるので注意が必要である。

8.7 日本語版の Enecalc.wj2

日本語版では、上記に解説したシートのほかに次の計算シートが開発されている。

固体燃料の燃焼計算

熱計算_A, B ----- 熱伝達の計算式、熱交換、熱伝達係数の例
各種ガスの比熱、温水表面の蒸発、開口部からの侵入空気、
大気拡散式

気体・液体のツリー状の配管系の圧力損失

気体・液体のループ状の配管系の圧力損失

コジェネレーション設備の経済性の検討

なお、今回提供した英語版のうち、ボイラーの逐次熱精算・加熱炉の熱精算・ Shift
avg ・ EMISSION の機能あるいはファイルは日本語版では含まれていない。

9. 業種毎の測定計画

9. 業種毎の測定計画

9.1 鉄鋼

9.1.1 鉄鋼 (Ostrowice)

(1) Electric Arc Furnace

a. 測定目的

Electric Arc Furnace の input energy 及び損失熱量を推定し、省エネルギー可能量を計算するため現在の運転状況を把握する。

b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① クーラ入口排ガス CO vol%	4 charges	CO, CO ₂ メータ	to Recorder
② クーラ入口排ガス CO ₂ vol%	4 charges	CO, CO ₂ メータ	to Recorder
③ クーラ入口排ガス O ₂ vol%	4 charges	O ₂ メータ	to Recorder
④ クーラ入口排ガス温度	4 charges	熱電対	to Recorder
⑤ クーラ入口排ガス圧力	4 charges	微差圧計	to Recorder
⑥ クーラ入口排ガス流量	4 charges	熱線風速計,ピトー管	to Recorder
⑦ 冷却水流量	4 charges	超音波流量計	to Recorder
⑧ 冷却水圧力(入口)	4 charges	圧力計	to Recorder
⑨ 冷却水圧力(出口)	4 charges	圧力計	to Recorder
⑩ 冷却水温度(入口)	4 charges	熱電対	to Recorder
⑪ 冷却水温度(出口)	4 charges	熱電対	to Recorder
⑫ 溶鋼温度	4 charges	操業用メータ	to Recorder
⑬ 燃焼用 O ₂ 流量	4 charges	操業用メータ	to Recorder
⑭ 燃料流量	4 charges	操業用メータ	to Recorder
⑮ EAF の電力量、力率	4 charges	操業用メータ	to Recorder
⑯ 冷却水ポンプ電力量	4 charges	クランプメータ	to FDD
⑰ IDF 電力量	4 charges	クランプメータ	to FDD
⑱ 炉表面温度	spot	放射温度計	Memo
⑲ カーボン投入量	4 charges	操業記録	Memo

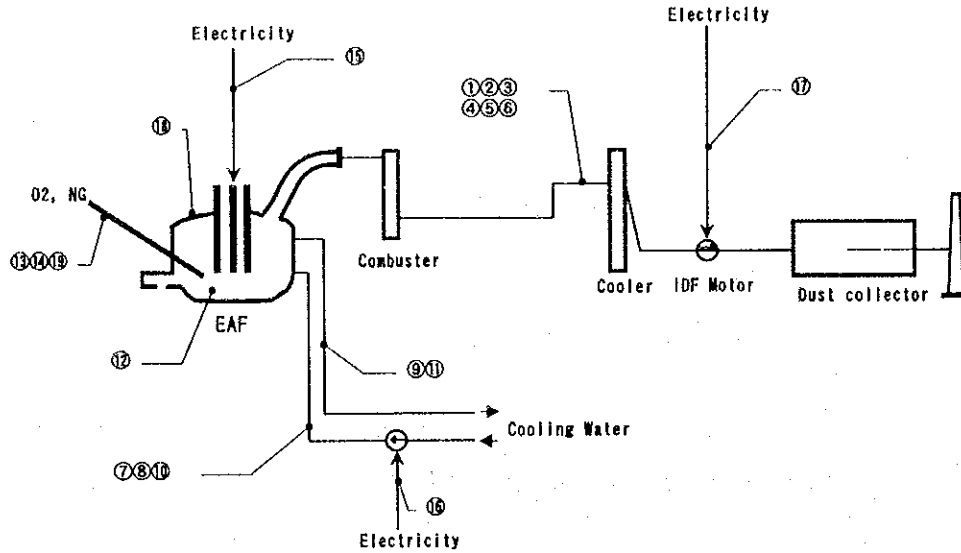
note) 1) クーラ入口で①～⑥の測定が出来ない場合はクーラ出口で測定する。

2) 上記項目の他に現状の運転状況を把握するために次の操業データが必要である。(出鋼量、スラグ量、スクラップ量、銑鉄量、電極使用量、残鋼量 (hot heel)、ダスト量、ダスト成分、スラグ成分、スクラップ温度 etc.)

c. 測定点

Electric Arc Furnace の測定点を Figure 9.1.1 に示す。

Figure 9.1.1 Measuring Points of Electric Arc Furnace



(2) Rolling Mill 及び Reheating Furnace

a. 測定目的

Rolling Mill の電力原単位の把握および Reheating Furnace の熱精算を実施するため、現在の運転状況を把握する。

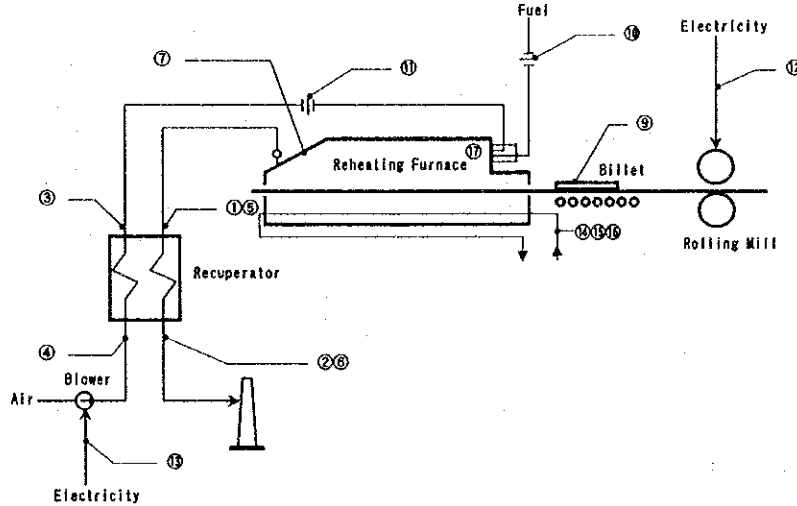
b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① Recuperator 入口排ガス温度	24h	熱電対	to Recorder
② Recuperator 出口排ガス温度	24h	熱電対	to Recorder
③ Recuperator 出口燃焼用空気温度	24h	熱電対	to Recorder
④ Recuperator 入口燃焼用空気温度	24h	熱電対	to Recorder
⑤ Recuperator 入口排ガス O ₂ %	24h	O ₂ メータ	to Recorder
⑥ Recuperator 出口排ガス O ₂ %	24h	O ₂ メータ	to Recorder
⑦ Reheating Furnace 炉壁温度	spot	放射温度計	Memo
⑧ 開口部面積	spot		Memo
⑨ ピレット送出货量	24h	操業記録	Memo
⑩ 燃料流量	24h	操業記録	Memo
⑪ 燃焼用空気流量	24h	操業記録	Memo
⑫ Rolling Mill 電力量	24h	操業用メータ	to Recorder
⑬ 加熱炉ブロー電流、電力、力率	24h	クランプメータ	to FDD
⑭ 冷却水量	1 heat	超音波流量計	to Recorder
⑮ 冷却水出入口温度	1 heat	熱電対	to Recorder
⑯ 冷却水圧力	1 heat	圧力計	to Recorder
⑰ 炉内 O ₂ %	spot	O ₂ メータ	Memo

c. 測定点

Rolling Mill および Reheating Furnace の測定点を Figure 9.1.2 に示す。

Figure 9.1.2 Measuring Points of Rolling Mill and Reheating Furnace



(3) 9.1.3 Heating Furnace for Forging

a. 測定目的

Heating Furnace for Forging の熱精算を実施するため、現在の運転状況を把握する。

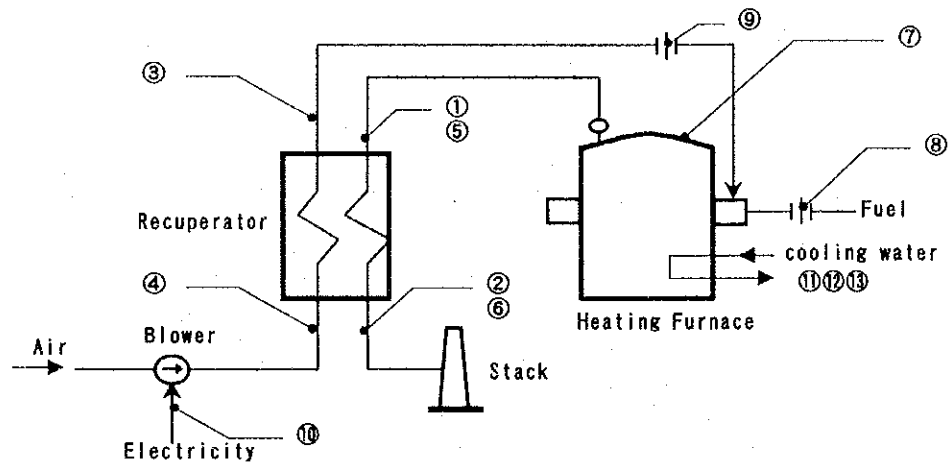
b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① Recuperator 入口排ガス温度	1 heat	熱電対	to Recorder
② Recuperator 出口排ガス温度	1 heat	熱電対	to Recorder
③ Recuperator 出口燃焼用空気温度	1 heat	熱電対	to Recorder
④ Recuperator 入口燃焼用空気温度	1 heat	熱電対	to Recorder
⑤ Recuperator 入口排ガス O ₂ %	1 heat	O ₂ メータ	to Recorder
⑥ Recuperator 出口排ガス O ₂ %	1 heat	O ₂ メータ	to Recorder
⑦ 炉壁表面温度	spot	放射温度計	Memo
⑧ 燃料量	1 heat	操業記録	Memo
⑨ 燃焼用空気量	1 heat	操業記録	Memo
⑩ プロワ電流、電力、力率	1 heat	クランプメータ	to FDD
⑪ 冷却水量	1 heat	超音波流量計	to Recorder
⑫ 冷却水圧力	1 heat	圧力計	to Recorder
⑬ 冷却水温度	1 heat	熱電対	to Recorder

c. 測定点

Heating Furnace for Forging の測定点を Figure 9.1.3 に示す。

Figure 9.1.3 Measuring Points of Heating Furnace for Forging



(4) エネルギー利用

設備名	対象	測定時間
電力管理	Electric Arc Furnace	24h
ファン・ブロワ	Electric Arc Furnace	24h
電動機	Electric Arc Furnace	24h
エアコンプレッサ	主要設備	24h
ポンプ	Electric Arc Furnace 冷却水	24h
	中央ポンプ	24h
変圧器	主要設備	24h
照明	工場各地	spot
ボイラ	Boiler Room	24h
蒸気配管	工場各地	spot

測定方法、測定点については「10. エネルギー利用」参照。

HUTA OSTROWIEC CHECK LIST

(Fill in the blanks)

1. Factory out-line

- (1) Factory name Huta "Ostrowiec" SA
- (2) Address 27-400 Ostrowiec ue. Samsonowicze 2
- (3) No. of employee 4,151
- (4) Main products Deformed bars, flat bars and wire rod
Forged product
- (5) Production capacity Bar and wire rod : 60,000t/M
Forged products : 10,000t/M
- (6) Process outline

(7) History • foundation 1913

- history of expansion and revamping
- Bar and wire rod line

EAF :
CC : In CC was installed for the first time in poland. Now they have a plan to renew it.
Mill : Instrumentation was renewed in

Forging line

EAF :
Forging shop :
Mechanical working shop :

- Shear of products in poland

- Evaluation on products quality

----- see pamphlet
(recognized by LLOYD's etc)

- Feature of process

(8) Plant layout

(9) Electricity one line diagram

- (10) Eergy price Electricity
Natural gas
Oil
light oil

2. Production and energy consumption

(1) Trend of production

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Bar and wire						
Forged product						
(Metallurgical line)						
Molten steel	t		437,832	586,682	658,020	
Bar	t		388,839	441,138	485,759	

(2) Trend of energy consumption

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Fuel oil	t		42,674	38,424	0	
Diesel oil						
Kerosene						
Natural gas	10 ³ m ³ N		50,257	41,133	84,063	
Coal						
Other fuels						
Electricity	Mwh		503,774	410,653	634,620	
Raw water (river)	m ³		780,800	381,995	210,400	
Steam and hot water						
Oxygen (L-O ₂)						

(3) Trend of energy intensity

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Fuel oil						
Diesel oil						
Kerosene						
Natural gas						
Coal						
Other fuels						
Electricity						
Raw water						
Steam and hot water						
Oxygen						

(4) Rate of energy cost vs product cost : about %

3. Energy conservation activity

- (1) Energy conservation strategy and target

- (2) How do you follow about it ?

- (3) Problems on promotion of energy conservation----- list attached

- (4) Energy conservation items in the past or future ----- list attached
 - Operation improvement
 - Process modification

- (5) Energy conservation promotion organization

- (6) Activity of energy conservation committee

- (7) Do you have the group that execute mainly energy conservation activity, and how do they it ?

- (8) Personal evaluation for energy conservation activities such as promotion and award

4. Energy management

- (1) Data of energy consumption by process
- (2) Cost sheet of main product
- (3) Monthly report of production and energy consumption showing comparison between planning and actual data.
- (4) Energy supply flow diagram showing flow meter location
- (5) Commendation or award system for man and group in energy conservation activity

5. Metallurgical Line

(1) Main specifications

Equipment	Specification	
EAF (2set)	Type	Electric arc furnace with EBT
	Nominal capacity	140 ton/charge
	Fabricator	
	Installation	
	Transformer capacity	Nominal MVA
	Voltage 1st/2nd	110 KV/
	Ampere (2nd)	A
	Type of dust collector	
	Capacity of fan	KW
	Oil burner capacity	l/h× set
Ladle furnace (set)	Type	
	Capacity	ton/ch
	Fabricator	
	Installation	
	Transformer capacity	Nominal MVA
	Voltage 1st/2nd	KV/ V
	Function	
	Heating	
	Decarburization	
	Degassing	
Alloying		

Equipment	Specification	
Continuous caster (2set)	Type	
	Strand	4 /set
	Capacity	t/h
	Fabricator	Demag
	Installation	
	Casting speed	m/min
Reheating furnace (1 set)	Product	Bloom 220mm × 220mm mm × mm
	Type	Pusher type
	Capacity	t/h
	Fabricator	
	Installation	
	Furnace dimension	width × effective length
	Charged materials	Bloom 220mm × 220mm
	Kind of fuel	Natural gas
	Burner capacity	max Mcal/h
	Target of furnace temperature	Heating zone °C Soaking zone °C
Rolling mill (1 set)	Type	
	Capacity	t/h
	Product	Bar and wire rod
	Max.rolling speed	m/s
	Motor capacity	(rougher sub-total) MW (intermediate sub-total) MW (finisher sub-total) MW

Equipment	Specification	
Reheating furnace after rougher (1 set)	Type	Pusher type, side charge, side discharge
	Capacity	t/h
	Fabricator	
	Installation	
	Furnace dimension	width × effective length
	Charged materials	Bar
	Kind of fuel	
	Burner capacity	max Mcal/h
	Target of furnace temperature	°C °C

(2) Design and operational information

Process	Item	Design	Actual	
EAF	Production	t/ch	t/ch	
	Productivity	t/h	t/h	
	Tap-to-tap time	90 ? min	135 min	
	Scrap ratio	%	%	
	Molten steel temp.	°C	°C	
	Electricity consumption	kwh/t	EOnly 500 kwh/t	
	Electrode consumption	kg/t	kg/t	
	Cooling surface rate of wall	%	%	
	O ₂ injection	m ³ N/t	m ³ N/t	
	Oil injection	l/t	l/t	
	Carbon injection	kg/t	kg/t	
	Scrap pre-heating temp.	scrap	°C	scrap °C
		exhaust gas	°C	exhaust gas °C
	Other fuel consumption	m ³ N/t	m ³ N/t	

Process	Item	Desing	Actual	
Ladle furnace	Treatment rate			
	Treatment time (net)			
	Electricity consumption			
	Fuel consumption			
	Other energy consumption			
Continuous caster	Productivity	t/h	t/h	
	Casting speed	m/min	m/min	
	Ave. continuous c. rate			
	Electricity consumption	kwh/t	kwh/t	
	Fuel consumption	m ³ N/t	m ³ N/t	
Reheating furnace	Productivity	t/h	t/h	
	Fuel consumption	Mcal/t	60m ³ N/t. (Mcal/t)	
	Yield in furnace	%	%	
	Kind of fuel	oil	Natural gas	
	Burner capacity	Preheating zone upper	m ³ N/h set	m ³ N/h set
		lower		
	Heating zone upper			
		lower		
	Soaking zone upper			
		lower		
	Heat insulation material			
	Electricity consumption	kwh/t	kwh/t	
	Discharge temp of billet	°C	°C	
	O ₂ content of exhaust gas	%	%	
Rolling mill	Productivity	t/h	t/h	
	Electricity consumption	kwh/t	kwh/t	
	Yield			
	Max. rolling speed	m/s	m/s	
	Cooling water rate	t/h	t/h	

Item		Design	Actual
Reheating furnace after rougher	Productivity	t/h	t/h
	Fuel consumption	Mcal/t	Mcal/t
	Yield in furnace	%	%
	Kind of fuel		
	Heat insulation material		
	Discharge temp of billet	°C	°C
	O ₂ content of exhaust gas	%	%

(3) Energy balance data Performance test or design or during operation

1) Energy balance of EAF measuring data

Heat input (Mcal/t)	Heat output (Mcal/t)
Electricity (kwh/t) :	Heat content of molten steel :
Electrode (kg1/t) :	Sensible heat of exhaust gas :
Oxidation heat :	Heat of cooling water :
Oil injection (l//kg) :	Sensible heat of slag :
Slag formation heat :	Heat loss :
Heat content of scrap :	Heat recoverd by scrap preheating : ()
Heat recoverd by scrap preheating : ()	
Total	Total

2) Heat balance data of reheating furnace

- Measurement
- Charged billet temperature : °C
- Productivity : t/h

Heat Input	Mcal/t	Heat Output	Mcal/t
Combustion heat of fuel		Heat content of extracted billet	
Sensible heat of fuel		Sensible heat of scale	
Heat content of charged billet		Sensible heat of exhaust gas	
Scale formation heat		Heat of cooling water	
		Heat loss	
Heat recovered by recuperator ()		Heat recovered by recuperator ()	
Total		Total	

3) Heat balance data of reheating furnace after rougher

- Measurement
- Charged billet temperature : °C
- Productivity : t/h

Heat Input	Mcal/t	Heat Output	Mcal/t
Combustion heat of fuel		Heat content of extracted billet	
Sensible heat of fuel		Sensible heat of scale	
Heat content of charged bar		Sensible heat of exhaust gas	
Scale formation heat		Heat of cooling water	
		Heat loss	
Heat recovered by recuperator ()		Heat recovered by recuperator ()	
Total		Total	

6. Processing Line

(1) Main specification

Equipment		Specification
EAF (1 set)	Type Capacity Fabricator Installation Transformer Voltage (1st/2nd) Ampere (2nd) Dust collector type Capacity of fan Oil burner	Electric arc furnace with EBT 70 T/ch Nominal MVA kv/ kv KA kw l/h× set
Ladle furnace (1 set)	Type Capacity Fabricator Installation Transformer Voltage (1st/2nd)	Nominal MVA kv/ kv
Ingot casting	Type Ingot weight	Bottom pouring 50 ton , 200 ton
Ingot car (1 set)	Type Capacity Vacuum	ton mmHg
Forged material heating furnace (1 set)	Type Capacity Fabricator Installation	
Forging press (5 set)	Type Capacity Fabricator Fluid pressure	Hydraulic press 800, 1250, 2000, 3200 and 8000 ton Mpa
Primary heat treating furnace (1 set)	Type Capacity Heating temp Burner capacity	
Final heat treating furnace (1 set)	Type Capacity Heating temp Burner capacity	Pit type and bogie type Mcal/h
Quenching tank	Capacity Coolant	
Mechanical working shop	Type Max. weight	

(2) Design and operation information

Process	Item	Design	Actual
EAF	Productivity	t/h	t/h
	Tap-to-tap time	min	min
	Scrap ratio	%	%
	Electricity consumption	kwh/t	kwh/t
	Electrode consumption	kg/t	kg/t
	O ₂	m ³ N/t	m ³ N/t
	Oil	l/t	l/t
	aux. fuel	"	"
	Molten steel temp.	°C	°C
Cooling water flow rate × Δt			
Forged material heating furnace	Productivity	t/h	t/h
	Fuel consumption	Mcal/t	Mcal/t
	Heat insulation material		
	Charged material temp	°C	°C
	Discharged material temp	°C	°C
Primary heat treating furnace	Productivity	t/h	t/h
	Fuel consumption	Mcal/t	Mcal/t
	Heat insulation material		
	Product temp	°C	°C
Final heat treating furnace	Productivity	t/h	t/h
	Fuel consumption	Mcal/t	Mcal/t
	Heat insulation material		
	Product temp	°C	°C

Process	Item	Design	Actual
Plant total	Electricity consumption	kwh/t	kwh/t
	Fuel	Mcal/t	Mcal/t
	O ₂	m ³ N/t	m ³ N/t
	Argon	m ³ N/t	m ³ N/t
	Cooling water	m ³ /t	m ³ /t

(2) Design and operation information

Equipment	Item	Design	Actual
Power receiving station	Contract demand	MW	155 MW
	Power factor		0.42
	Maximum demand	MW	145 MW
	Average power supply	MW	MW
Boiler	Average steam supply	t/h	t/h
	Average fuel consumption	Mcal/t	Mcal/t
Waste heat boiler	Average heat recovery	Mcal/tp	Mcal/tp
Oxygen plant	Average O ₂ consumption	m ³ N/h	m ³ N/h
	Average power consumption	kwh/m ³ N O ₂	kwh/m ³ N O ₂
	Average O ₂ generation	m ³ N/h	m ³ N/h
	Average power consumption	kwh/h	kwh/h
	Average feed air supply	m ³ N/h	m ³ N/h
	Average feed air supply (press.)	MPa	MPa
Air compressor	Average air supply volume	m ³ N/h	m ³ N/h
	Average power consumption	kwh/h	kwh/h
	Average air supply pressure	MPa	MPa
Water supply system	refer to electricity check list		

8. Energy consumption in 1996 (HUTA OSTROWIEC)

Process	Production		Electricity 10 ³ kwh	Natural G. 10 ³ m ³ N	Oil t	Compressed air 10 ³ m ³ N	Oxygen 10 ³ m ³ N	Argon 10 ³ m ³ N	Hot water ton	Steam ton	Recircu. water 10 ³ m ³
	Product	Ton									
[Generated energy]											
[Consumed energy]											
Bar and wire rod Line											
EAF and LF											
Molten S.											
Continuous C/ Billet											
Rolling mill											
Bar and wire											
(Sub-total)											
Forging Line											
Steel melting shop											
Ingot											
Forging shop											
Forged P.											
(Sub-total)											
Energy Supply											
Air separation											
Oxygen											
Air compressor											
Air											
Recirc.water											
Recirc.w.											
Others											
(Sub-total)											
Others											
Consumption total											
Purchased energy total											
Demand max.											

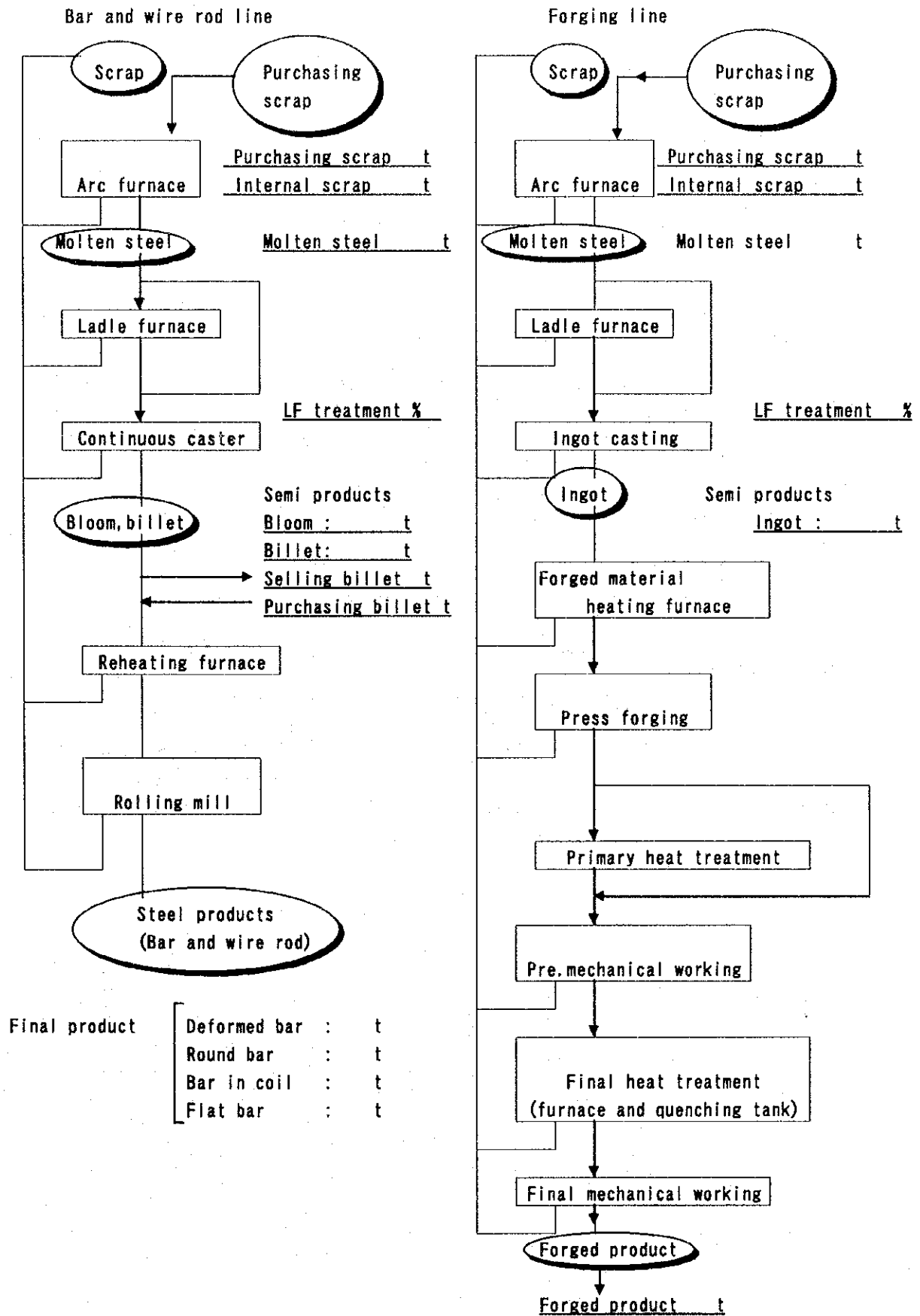
(Note) In case that each process has own air compressor and it electricity is supplied from each, it is not necessary to put it's data in "compressed air"

unit (hour)

9. Main equipment working rate

	Non-operating time (非稼働時間)							(作業率) 【I】 Operating rate (C-H) ÷ C	(稼働率) 【J】 Working rate I × C ÷ A
	(暦時間) 【A】 Calendar hour	(予定修理) 【B】 Programmed Maintenance	(稼働可能時間) 【C=A-B】 Available time for operation	【D】 Equipment trouble (Down time)	【E】 Inspection or survey	【F】 Operational maintenance (ex. roll change)	【G】 Others		
Bar and wire rod Line									
EAF									
CC									
Reheating furnace									
Rolling mill									
Forging Line									
EAF									
Reheating furnace									
Forging press.									

10. Material flow in 1996. Ostrowiec



11. Site survey plan

1. General observation of operation and equipment

- operation
- maintenance of equipment
- energy conservation equipment
- energy conservation potentiality
- data collecting for analysis
- main equipment
- pumps
- blowers
- compressors

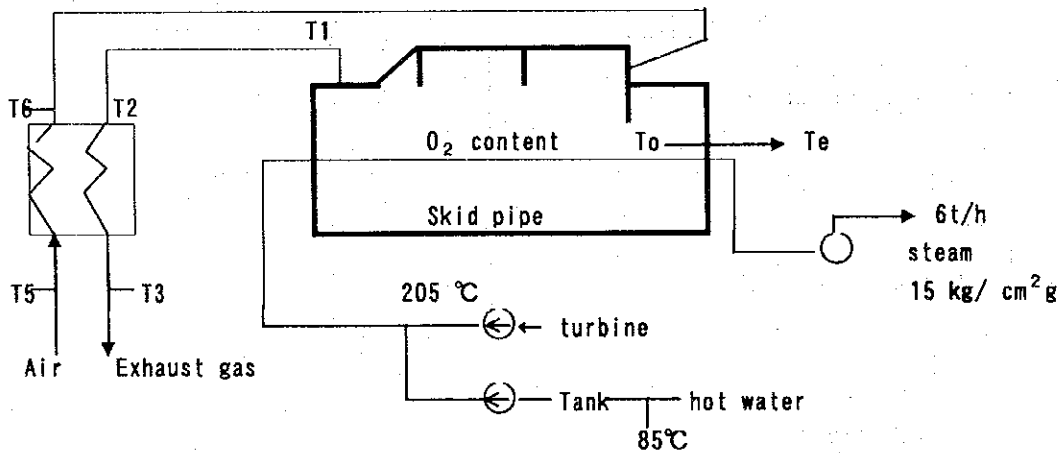
2. Actual operation data

1) EAF and Ladle furnace

- Productivity (t/h)
- Power consumption (kwh/t) during normal operation
 - EAF
 - Auxiliary equipment (water, dust collector)
- Cooling water rate

2) Reheating furnace

- Fuel consumption during normal operation
- Furnace data
- Control system
- Operation standard



T _e									
T _o	1240								
T ₁	858								
T ₂	667				T ₆	321			
T ₃	372				T ₅				
O ₂	2				O ₂				
t/h									

3) Forged material heating furnace and heat treatment furnace

Fule consumption daily

Furnace data

Control system

Operation standard

- Heating up and down standard
- During low productivity and operation stoppage

Exhaust gas O₂ content during low load

Furnace radiation heat loss and cooling loss

Exhaust gas heat loss

9.1.2 鉄鋼 (Labyd)

(1) Middle Section Mill 及び Reheating Furnace

a. 測定目的

Middle Section Mill の電力原単位の把握および Reheating Furnace の熱精算を実施するため、現在の運転状況を把握する。

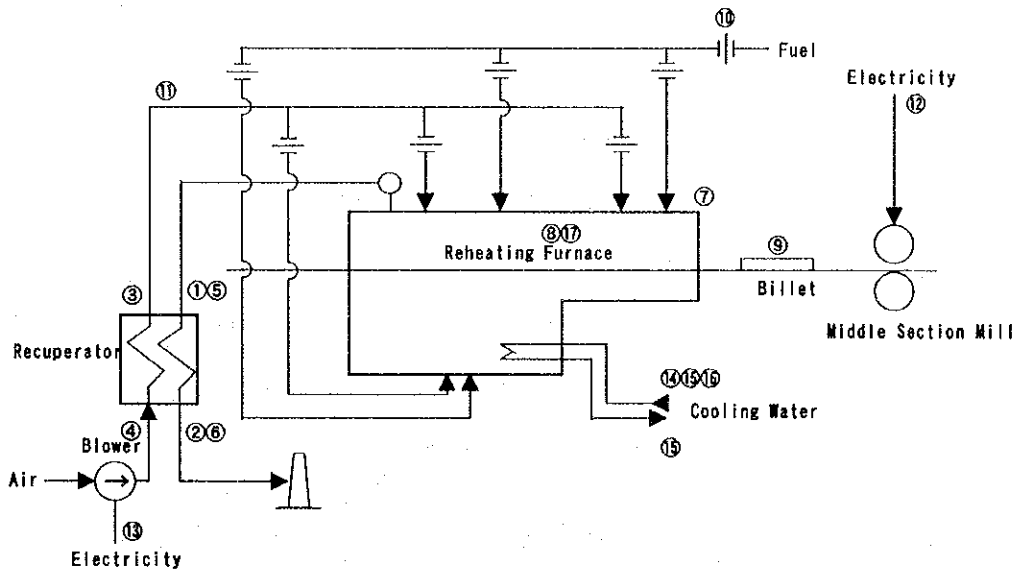
b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① Rec.入口排ガス温度	24h	熱電対	to Recorder
② Rec.出口排ガス温度	24h	熱電対	to Recorder
③ Rec.出口燃焼用空気温度	24h	熱電対	to Recorder
④ Rec.入口燃焼用空気温度	24h	熱電対	to Recorder
⑤ Rec.入口排ガス O ₂ %	24h	O ₂ メータ	to Recorder
⑥ Rec.出口排ガス O ₂ %	24h	O ₂ メータ	to Recorder
⑦ Reheating Furnace 炉壁温度	spot	放射温度計	Memo
⑧ 炉内温度	spot	操業記録	Memo
⑨ ビレット送出货量	24h	操業用メータ	to Recorder
⑩ 燃料流量	24h	操業用メータ	to Recorder
⑪ 燃焼用空気流量	24h	操業記録	Memo
⑫ Rolling Mill 電力量	24h	操業用メータ	to Recorder
⑬ 加熱炉ブロー電流、電力、力率	24h	クランプメータ	to FDD
⑭ 冷却水量	1 heat	超音波流量計	to Recorder
⑮ 冷却水出入口温度	1 heat	熱電対	to Recorder
⑯ 冷却水圧力	1 heat	圧力計	to Recorder
⑰ 炉内 O ₂ %	spot	O ₂ メータ	Memo
⑱ 開口部面積	spot		Memo

c. 測定点

Middle Section Mill 及び Reheating Furnace の測定点を Figure 9.1.4 に示す。

Figure 9.1.4 Measuring Points of Middle Section Mill and Reheating Furnace



(2) Universal Mill 及び Reheating Furnace

a. 測定目的

Universal Mill の電力原単位の把握および Reheating Furnace の熱精算を実施するため、現在の運転状況を把握する。

b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

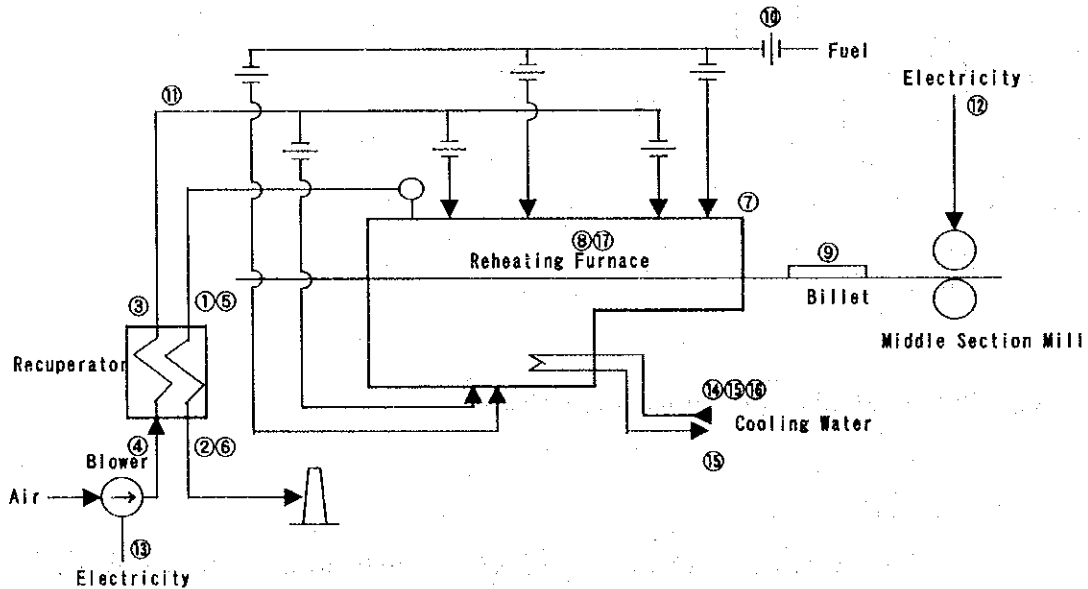
測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① Rec.入口排ガス温度	24h	熱電対	to Recorder
② Rec.出口排ガス温度	24h	熱電対	to Recorder
③ Rec.出口燃焼用空気温度	24h	熱電対	to Recorder
④ Rec.入口燃焼用空気温度	24h	熱電対	to Recorder
⑤ Rec.入口排ガス O ₂ %	24h	O ₂ メータ	to Recorder
⑥ Rec.出口排ガス O ₂ %	24h	O ₂ メータ	to Recorder
⑦ Reheating Furnace 炉壁温度	spot	放射温度計	Memo
⑧ 炉内温度	spot	操業記録	Memo
⑨ ビレット送出量	24h	操業用メータ	to Recorder
⑩ 燃料流量	24h	操業用メータ	to Recorder
⑪ 燃焼用空気流量	24h	操業記録	Memo
⑫ Rolling Mill 電力量	24h	操業用メータ	to Recorder
⑬ 加熱炉ブロウ電流、電力、力率	24h	クランプメータ	to FDD
⑭ 冷却水量	1 heat	超音波流量計	to Recorder
⑮ 冷却水出入口温度	1 heat	熱電対	to Recorder
⑯ 冷却水圧力	1 heat	圧力計	to Recorder

⑰ 炉内 O ₂ %	spot	O ₂ メータ	Memo
⑱ 開口部面積	spot		Memo

c. 測定点

Universal Mill 及び Reheating Furnace の測定点を Figure 9.1.5 に示す。

Figure 9.1.5 Measuring Points of Universal Mill and Reheating Furnace



(3) Cooling Water System

a. 測定目的

Cooling Water System の水量、水圧力および電力消費量を調査し、現在の運転状況を把握する。

b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

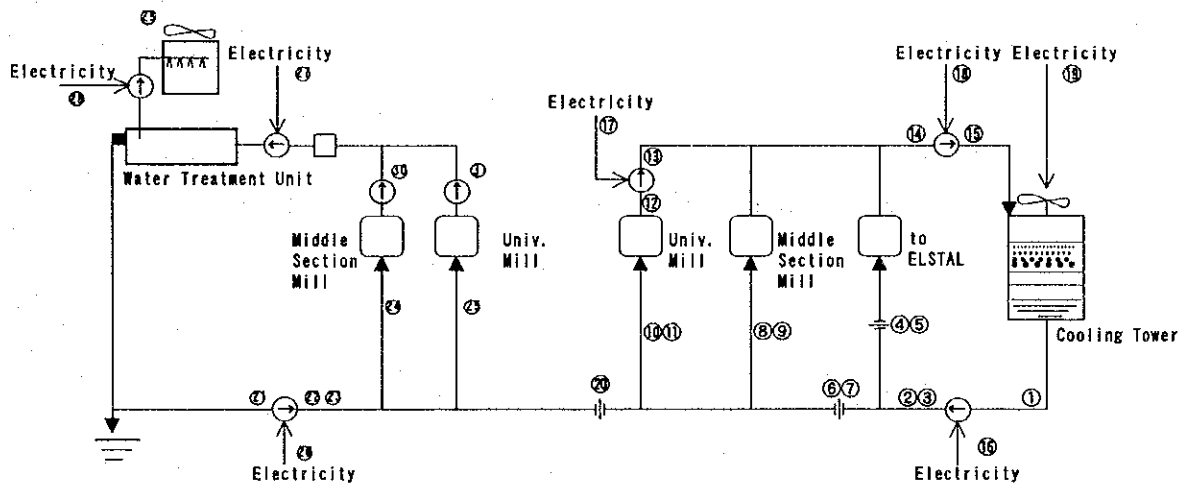
測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① 給水ポンプ吸込圧力	12h	圧力計	to Recorder
② 給水ポンプ吐出圧力	12h	圧力計	to Recorder
③ 給水ポンプ吐出圧力	spot	超音波流量計	to Recorder
④ Elstal 給水流量	12h	操業用メータ	Memo
⑤ Elstal 給水圧力	spot	圧力計	Memo
⑥ Rolling Mill 給水流量	12h	操業用メータ	Memo
⑦ Rolling Mill 給水圧力	spot	圧力計	Memo
⑧ Middle Section Mill 給水流量	spot	超音波流量計	Memo
⑨ Middle Section Mill 給水圧力	spot	圧力計	Memo

⑩ Universal Mill 給水流量	spot	超音波流量計	Memo
⑪ Universal Mill 給水圧力	spot	圧力計	Memo
⑫ ポンプ吸込圧力	spot	圧力計	Memo
⑬ ポンプ吐出圧力	spot	圧力計	Memo
⑭ Cooling Tower 給水ポンプ吸込圧力	spot	圧力計	Memo
⑮ Cooling Tower 給水ポンプ吐出圧力	spot	圧力計	Memo
⑯ 給水ポンプ電力量	12h	操業用メータ	to Recorder
⑰ Universal Mill ポンプ電力量	spot	クランプメータ	to FDD
⑱ 冷却塔給水ポンプ電力量	spot	クランプメータ	to FDD
⑲ 冷却塔ファン電力量	spot	クランプメータ	to FDD
⑳ 直接冷却系への送水流量	12h	操業用メータ	Memo
㉑ ポンプ吸込圧力	spot	圧力計	Memo
㉒ ポンプ吐出圧力	spot	圧力計	Memo
㉓ ポンプ吐出流量	12h	超音波流量計	Memo
㉔ Middle Section Mill 給水流量	spot	超音波流量計	Memo
㉕ Universal Mill 給水流量	spot	クランプメータ	to FDD
㉖ ポンプ電力量	12h	クランプメータ	to FDD
㉗ ポンプ電力量	spot	クランプメータ	to FDD
㉘ ポンプ電力量	spot	クランプメータ	to FDD
㉙ ファン電力量	spot	クランプメータ	to FDD
㉚ ポンプ電力量	spot	クランプメータ	to FDD
㉛ ポンプ電力量	spot	クランプメータ	to FDD

c. 測定点

Cooling Water System の測定点を Figure 9.1.6 に示す。

Figure 9.1.6 Measuring Points of Cooling Water System



(4) Air Compressor

a. 測定目的

Air Compressor の運転状況を把握する。

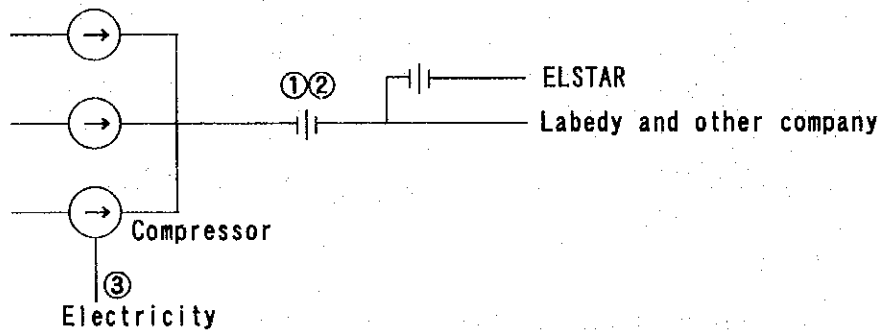
b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① Compressed Air	24h	操業用メータ	to Recorder
② Compressed Air 吐出圧力	24h	操業用メータ	to Recorder
③ Compressor 電力量	24h	操業用メータ	to Recorder

c. 測定点

Air Compressor の測定点を Figure 9.1.7 に示す。

Figure 9.1.7 Measuring Points of Air Compressor



(5) Hot Water System

a. 測定目的

Hot Water System の現状把握のため、熱収支表をつくる。

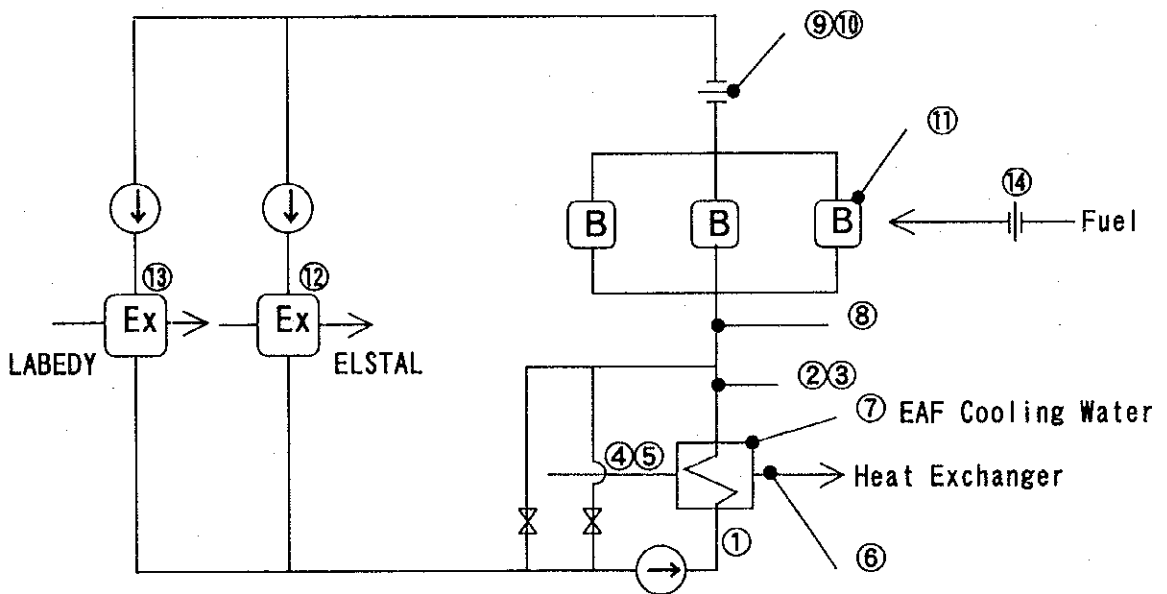
b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① Heat Exchanger 入口温度	spot	熱電対	Memo
② Heat Exchanger 出口温度	spot	熱電対	Memo
③ Heat Exchanger 出口流量	spot	超音波流量計	Memo
④ Heat Exchanger 入口温度	spot	熱電対	Memo
⑤ Heat Exchanger 入口流量	spot	熱電対	Memo
⑥ Heat Exchanger 出口温度	spot	熱電対	Memo
⑦ Heat Exchanger 熱交換量	12h	操業用メータ	to Recorder
⑧ ボイラ入口温度	spot	熱電対	Memo
⑨ ボイラ出口温度	spot	熱電対	Memo
⑩ ボイラ出口流量	spot	超音波流量計	Memo
⑪ ボイラの出熱量	12h	操業用メータ	to Recorder
⑫ Elstal 熱量	12h	操業用メータ	to Recorder
⑬ Labedy 熱量	12h	操業用メータ	to Recorder

c. 測定点

Hot Water System の測定点を Figure 9.1.8 に示す。

Figure 9.1.8 Measuring Points of Hot Water System



(6) エネルギー利用

設備名	対象	測定時間
電力管理	受電設備	24h
	Substation	24h
ファン・ブロワ	加熱炉用ブロワ	24h
電動機	主要設備	24h
エアコンプレッサ	主要設備	24h
ポンプ	冷却水ポンプ	24h
変圧器	主要設備	24h
照明	工場各地	spot
ボイラ	Boiler Room	24h
蒸気配管	工場各地	spot

測定方法、測定点については「10. エネルギー利用」参照。

2. Production and energy consumption

(1) Trend of production

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
OHF (ingot)	t	308,363	271,617	314,328	232,191	
EAF (molten steel)	t	—	—	—	—	
Bloom	t	276,500	241,352	311,980	278,500	
Shapes and cramps	t	248,936	204,920	285,202	246,244	
Plate	t	24,028	28,605	32,463	36,467	

(2) Trend of energy consumption

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Fuel oil	kl	24,359.7	17,047.00	22,749.00	14,171.50	
Diesel oil	kl	595.4	573	611.2	580.4	
Kerosene						
Natural gas	10 ³ m ³	—	15,792.30	74,464.00	66,371.30	
Gasoline	kl	24.8	20.2	22.2	24.5	
Others		116,254.2	75,957.80	—	—	
Coal	t	—	100	25	9.8	
Electricity	Mwh	57,808.8	51,444.90	59,818.80	53,050.30	
Raw water (River)	t	608,126	364,381	374,409	485,584	
Raw water (City)	t	275,279	260,491	266,738	267,326	

(3) Trend of energy intensity

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Fuel oil						
Diesel oil						
Kerosene						
Natural gas						
Gasoline						
Others						
Coal						
Electricity						
Raw water (River)						
Raw water (City)						
Total						

(4) Rate of energy cost vs product cost : about %

3. Energy conservation activity

- (1) Energy conservation strategy and target
- (2) How do you follow about it ?
- (3) Problems on promotion of energy conservation list attached
- (4) Energy conservation items in the past or future list attached
Operation improvement
Process modification
- (5) Energy conservation promotion organization
- (6) Activity of energy conservation committee
- (7) Do you have the group that execute mainly energy conservation activity, and how do they it ?
- (8) Personal evaluation for energy conservation activities such as promotion and award

4. Energy management

- (1) Data of energy consumption by process
- (2) Cost sheet of main product
- (3) Monthly report of production and energy consumption showing comparison between planning and actual data.
- (4) Energy supply flow diagram showing flow meter location
- (5) Commendation or award system for man and group in energy conservation activity

5. ELSTAR

(1) Main specifications

Equipment	Specification	
EAF (set)	Type	Electric arc furnace with EBT
	Nominal capacity	70 ton/charge (350,000 t/y)
	Fabricator	
	Installation	
	Transformer capacity	Nominal MVA (48MW)
	Voltage 1st/2nd	110 KV/
	Ampere (2nd)	A
	Type of dust collector	
	Capacity of fan	KW
	Oil burner capacity	l/h× set
Ladle furnace (set)	Type	
	Capacity	ton/ch
	Fabricator	
	Installation	
	Transformer capacity	Nominal MVA (13MW)
	Voltage 1st/2nd	KV/ V
	Function	
	Heating	
	Decarburization	
	Degassing	
Alloying		

Equipment	Specification	
Continuous caster (set)	Type	
	Strand	3 /set
	Capacity	t/h
	Fabricator	CONCAST
	Installation	
	Casting speed	m/min
	Product	Bloom 150mm × 200mm mm × mm

(2) Design and operational information

Process	Item	Design	Actual	
EAF	Production	t/ch	t/ch	
	Productivity	t/h	t/h	
	Tap-to-tap time	min	min	
	Scrap ratio	%	%	
	Molten steel temp.	°C	°C	
	Electricity consumption	kwh/t	kwh/t	
	Electrode consumption	kg/t	kg/t	
	O ₂ injection	m ³ N/t	m ³ N/t	
	Oil injection	l/t	l/t	
	Carbon injection	kg/t	kg/t	
	Scrap pre-heating temp.	scrap	°C	scrap °C
		exhaust gas	°C	exhaust gas °C
Other fuel consumption	m ³ N/t	m ³ N/t		

Process	Item	Design	Actual
Ladle furnace	Treatment rate	%	%
	Treatment time (net)	min	min
	Electricity consumption		
	Fuel consumption		
	Other energy consumption		
Continuous caster	Productivity	t/h	t/h
	Casting speed	m/min	m/min
	Ave. continuous c. rate		
	Electricity consumption	kwh/t	kwh/t
	Fuel consumption	m ³ N/t	m ³ N/t
Time from starting of EF tapping to finishing of casting		min	min

(3) Energy balance data Performance test or design or during operation

1) Energy balance of EAF measuring data

Heat input (Mcal/t)	Heat output (Mcal/t)
Electricity (kwh/t) :	Heat content of molten steel :
Electrode (kg1/t) :	Sensible heat of exhaust gas :
Oxidation heat :	Heat of cooling water :
Oil injection (l//kg) :	Sensible heat of slag :
Slag formation heat :	Heat loss :
Heat content of scrap :	Heat recovered by scrap preheating : ()
Heat recovered by scrap preheating : ()	
Total	Total

6. Lebedy

(1) Main specifications
(V shape and billet mill)

Equipment	Specification	
Reheating furnace (set)	Type	Pusher type
	Capacity	60 t/h
	Fabricator	
	Installation	
	Furnace dimension	width X effective length
	Charged materials	Bloom
	Kind of fuel	Natural gas
	Burner capacity	max Mcal/h
	Target of furnace temperature	Heating zone °C Soaking zone °C
Rolling mill (set)	Type	
	Capacity	t/h
	Product	V shape and billet
	Max. rolling speed	m/s
	Motor capacity	(rougher sub-total) MW (intermediate sub-total) MW (finisher sub-total) MW

(Steel support and cramp)

Equipment	Specification	
Bending machine	Type	
	Capacity	t/h
	Fabricator	
	Installation	
	motor	kw
Press and mechanical working	Press type	
	Press capacity	t/h

(Plate mill)

Equipment	Specification	
Reheating furnace (set)	Type	Pusher type
	Capacity	60 t/ch
	Fabricator	
	Installation	
	Furnace dimension	width × effective length
	Charged materials	Bloom
	Kind of fuel	Natural gas
	Burner capacity	max Mcal/h
	Target of furnace temperature	Heating zone °C Soaking zone °C
Rolling mill (set)	Type	
	Capacity	t/h
	Product	Plate (sheet and flat bar)
	Max. rolling speed	m/s
	Motor capacity	(rougher sub-total) MW (intermediate sub-total) MW (finisher sub-total) MW

(Open-hearth furnace)

Equipment	Specification	
Open-hearth furnace (set)	Type	
	Capacity	t/ch
	Fabricator	
	Installation	
	Charged materials	
	Fuel	
	Burner capacity	Mcal/h × set

(2) Design and operational information
(V shape and billet mill)

Item		Design	Actual
Reheating furnace (set)	Productivity	t/h	t/h
	Fuel consumption	Mcal/t	60Nm ³ /t. (Mcal/t)
	Yield in furnace	%	%
	Kind of fuel	oil	Natural gas
	Burner capacity		
	Preheating zone upper	l/h	m ³ N/h
	lower	set	set
	Heating zone upper		
	lower		
	Soaking zone upper		
	lower		
	Heat insulation material		
	Electricity consumption	kwh/t	kwh/t
	Discharge temp of bloom	°C	°C
O ₂ content of exhaust gas	%	%	
Rolling mill	Productivity	t/h	t/h
	Electricity consumption	kwh/t	kwh/t
	Yield		
	Max.rolling speed	m/s	m/s
	Cooling water rate	t/h	t/h

(Steel support and cramp)

Item	Design	Actual
Bending machine		
Press and mechanical working		

(Plate mill)

Item	Design	Actual
Reheating furnace (set)	Productivity	t/h
	Fuel consumption	Mcal/t
	Yield in furnace	%
	Kind of fuel	oil
	Burner capacity	
	Preheating zone upper	m ³ N/h
	lower	set
	Heat insulation material	
	Heating zone upper	
	lower	
	Soaking zone upper	
	lower	
	Electricity consumption	kwh/t
	Discharge temp of billet	°C
O ₂ content of exhaust gas	%	
Rolling mill	Productivity	t/h
	Electricity consumption	kwh/t
	Yield	
	Max. rolling speed	m/s
	Cooling water rate	t/h

(Open-hearth furnace)

Item	Design	Actual
Productivity	t/h	t/h
Tap-to-tap time	min	min
Fuel consumption	Mcal/t	Mcal/t
Kind of fuel		Natural gas, oil benzol
O ₂ consumption	m ³ N/h	m ³ N/h
Air temp. after preheater	°C	°C

(3) Energy balance data

1) Heat balance data of reheating furnace

- Measurement day
- Charged billet temperature : °C
- Productivity : t/h

Heat Input	Mcal/t	Heat Output	Mcal/t
Combustion heat of fuel		Heat content of extracted billet	
Sensible heat of fuel		Sensible heat of scale	
Heat content of charged billet		Sensible heat of exhaust gas	
Scale formation heat		Heat of cooling water	
		Heat loss	
Heat recovered by recuperator ()		Heat recovered by recuperator ()	
Total		Total	

2) Heat balance data of reheating furnace

- Measurement day
- Charged billet temperature : °C
- Productivity : t/h

Heat Input	Mcal/t	Heat Output	Mcal/t
Combustion heat of fuel		Heat content of extracted billet	
Sensible heat of fuel		Sensible heat of scale	
Heat content of charged billet		Sensible heat of exhaust gas	
Scale formation heat		Heat of cooling water	
		Heat loss	
Heat recovered by recuperator ()		Heat recovered by recuperator ()	
Total		Total	

3) Heat balance data of reheating furnace

- Measurement day
- Charged billet temperature : °C
- Productivity : t/h

Heat Input	Mcal/t	Heat Output	Mcal/t
Combustion heat of fuel		Heat content of extracted billet	
Sensible heat of fuel		Sensible heat of scale	
Heat content of charged billet		Sensible heat of exhaust gas	
Scale formation heat		Heat of cooling water	
		Heat loss	
Heat recovered by recuperator ()		Heat recovered by recuperator ()	
Total		Total	

4) Heat balance data of open-hearth furnace

- Measurement date
- Productivity : t/h

Heat Input	Mcal/t	Heat Output	Mcal/t
Combustion heat of fuel :		Heat content of molten steel :	
Sensible heat of fuel :		Sensible heat of slag :	
Heat content of scrap :		Sensible heat of exhaust gas :	
Scale formation heat :		Heat of cooling water :	
Slag formation heat :		Heat loss :	
Heat content of atomize steam :		Heat recovered by air preheater : ()	
Heat recovered by air preheater : ()			
Total		Total	

7. Energy supply equipment

(1) Main specification

Equipment	Specification	
Power receiving Station	Voltage Main transformer	kv to steel making MVA (kv) to rolling mill and others MVA (v)
Emergency generator (set)	Type Capacity	kw
Boiler (set)	Type Capacity Kind of fuel	t/h
Waste heat boiler (set)	Type Capacity Location	t/h MPa
Oxygen plant (set)	Type Capacity Feed air compressor	O ₂ gas gene. 1200m ³ N/h Liquid O ₂ gene. t/h N ₂ gas gene. m ³ N/h m ³ N/h × MPa × KW
Air compressor (set)	Type Capacity	
Tank and Holder	Oxygen Oil	m ³ N/h × MPa × set kl × set
Water supply system	Reference :electricity check list	

(2) Design and operation information

Equipment	Item	Design	Actual
Power receiving station	Contract demand	MW	MW
	Maximum demand	MW	MW
	Average power supply	MW	MW
Boiler	Average steam supply	t/h	t/h
	Average fuel consumption	Mcal/t	Mcal/t
Waste heat boiler	Average heat recovery	Mcal/tp	Mcal/tp
(* tp : tonne product)			
Oxygen plant	Average O ₂ consumption	m ³ N/h	m ³ N/h
	Average power consumption	kwh/m ³ N O ₂	kwh/m ³ N O ₂
	Average O ₂ generation	m ³ N/h	m ³ N/h
	Average power consumption	kwh/h	kwh/h
	Average feed air supply	m ³ N/h	m ³ N/h
	Average feed air supply (press.)	MPa	MPa
Air compressor	Average air supply volume	m ³ N/h	m ³ N/h
	Average power consumption	kwh/h	kwh/h
	Average air supply pressure	MPa	MPa
Water supply system	Refer to electricity check list		

8. Energy consumption in 1996 (Labeby)

Process	Production		Electricity 10 ⁵ kwh	Natural G. 10 ³ m ³ N	Oil l	Oxygen 10 ³ m ³ N	Compressed air 10 ³ m ³ N	Hot water ton	Steam ton	Recircu. water 10 ³ m ³ N
	Product	Ton								
[Generated energy]										
[Consumed energy]										
Open-hearth furnace										
Ingot casting										
EAF and LF										
Continuous casting										
Rolling mill										
Bending machine										
Press machine										
(Sub-total)										
Rolling mill (plate)										
Energy supply										
Air separation										
Air compressor										
Recircu. water										
Others										
(Sub-total)										
Others										
Consumption total										
Purchased energy total										
Demand										

(Note) In case that each process has own air compressor and its electricity is supplied from each, it is not necessary to put it's data in "compressed air"

8. Energy consumption in 1994 (Labeby)

Process	Production		Electricity	Natural G.	Mazut	Oil	Benzol	Oxygen	Compressed	Hot water	Steam	Recircu. water
	Product	Ton	10 ³ kwh	10 ³ m ³ N	l	l	t	10 ³ m ³ N	10 ³ m ³ N	ton	ton	10 ³ m ³
[Generated energy]												
[Consumed energy]												
Open-hearth furnace	Ingot	314,328	(22.2) 6,981.4	(1028) 39,038.2	(679) 22,749.0	(141) 4,564						
Ingot casting												
EAF and LF	Molten steel											
Continuous casting												
Rolling mill	Bloom	311,980	(22.9) 7,148.0	(618) 23,303.1								
	shaped.p	269,500	(58.2) 15,697.9	(275) 8,959.2								
Bending machine	Mine roadway steel support	267,513	(6.3) 1,673.0									
Press machine (Sub-total)	Yoke and cramp	17,689	(157.1) 2,779.0									
Rolling mill (plate)	plate and sheet	32,463	(76.2) 2,474	(786) 3,083.6								
Energy supply												
Air separation	Oxygen											
Air compressor	Compressed air											
Recyc. water												
Others												
(Sub-total)			()	()	(0)							
Others			23,065.50	79.9	0							
			(191.7)	(1974.6)	(684.6)							
Consumption total	Crude steel	311,980	59,818.80	74,464.00	22,749.00							
Purchased energy total												
Demand			13.1 MW									

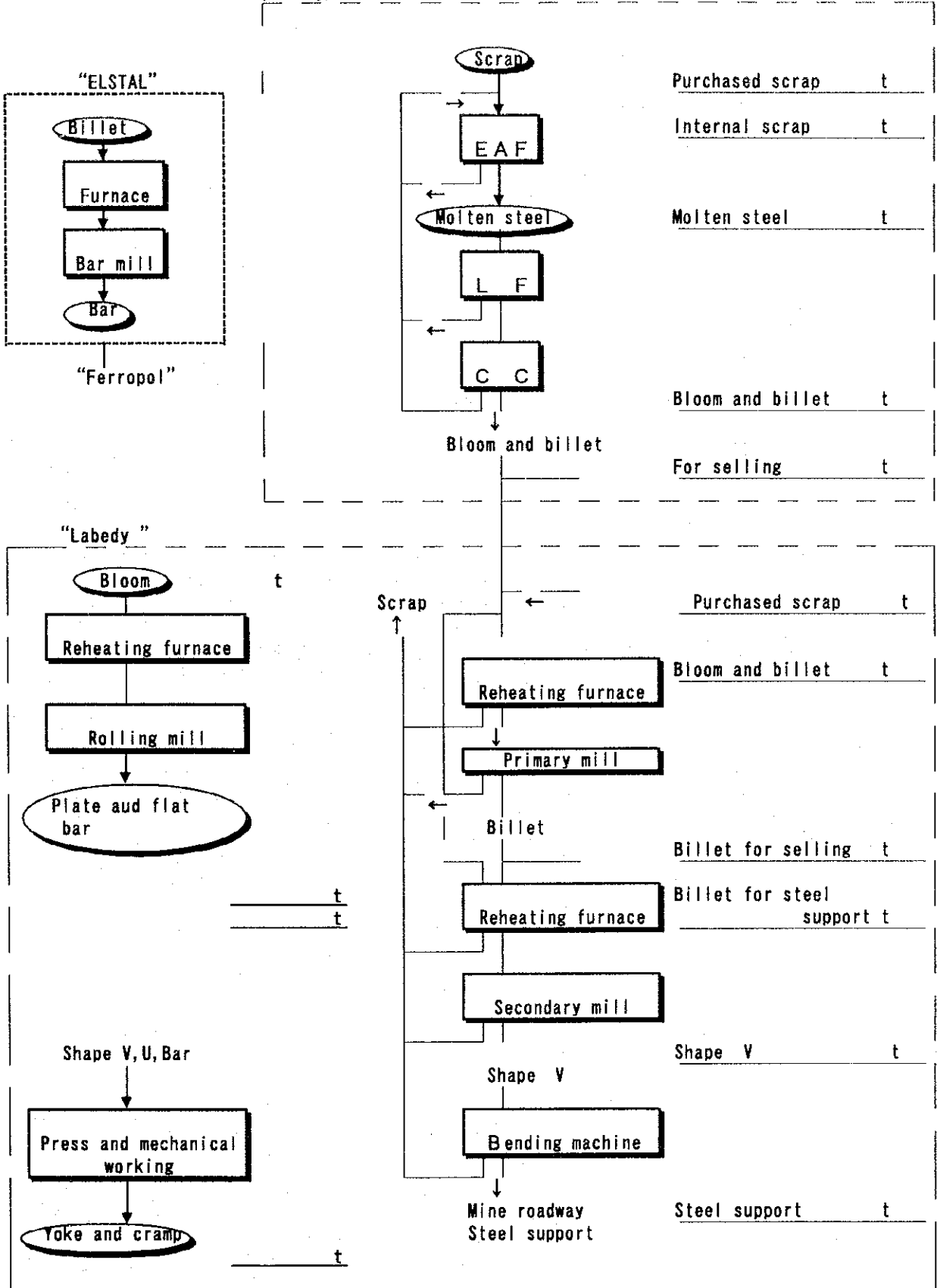
(Note) In case that each process has own air compressor and its electricity is supplied from each, it is not necessary to put it's data in "compressed air" 3090.5 Mca/t

unit (hour)

9. Main equipment working rate

	(稼働可能時間 (非稼働時間))							(稼働率)		(稼働率)	
	(暦時間) 【A】 Calendar hour	(予定修理) 【B】 Programmed Maintenance	(稼働可能時間) 【C-A-B】 Available time for operation	【D】 Equipment trouble (Down time)	【E】 Inspection or survey	【F】 Operational maintenance (ex. roll change)	【G】 Others	【H】 Sub-total D+E+F+G	【I】 Operating rate (C-H) ÷ C	【J】 Working rate I × C ÷ A	
Eistar											
EAF											
CC											
Labedy											
V shape and billet Reheating furnace											
A											
B											
C											
D											
Rolling mill											
Plate mill											
Reheating furnace											
Rolling mill											
Press of roadway support											

10. Material flow in 1996 (Labedy)



11. Site survey plan

1. General observation of operation and equipment

- operation
- maintenance of equipment
- energy conservation equipment
- energy conservation potentiality
- data collecting for analysis
- main equipment
- pumps
- blowers
- compressors

2. Actual operation data

(Labedy)

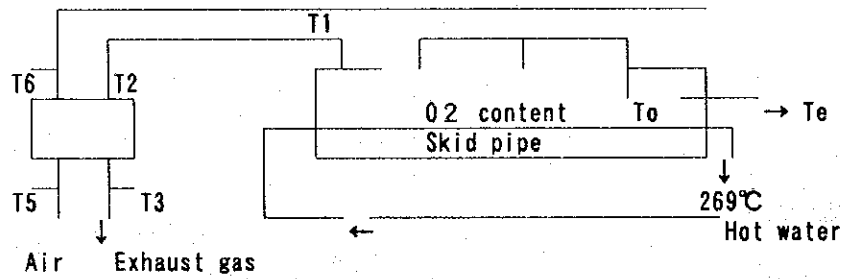
1) Reheating furnace of shape V mill

Fuel consumption during normal operation

Furnace data

Control system

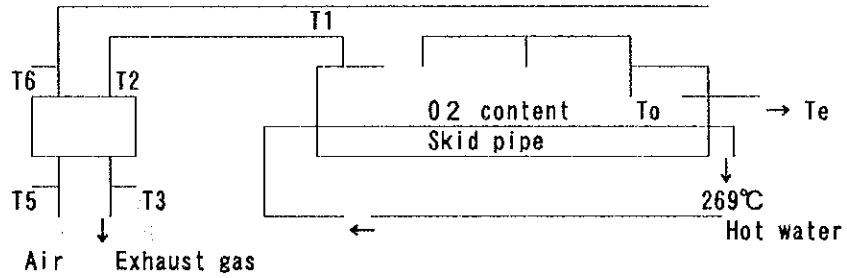
Operation standard



Te					Fuel				
To	#				Air				
T1	#								
T2					T6	349			
T3	#				T5				
O2	2				O2				
t/h									

2) Reheating furnace of billet mill

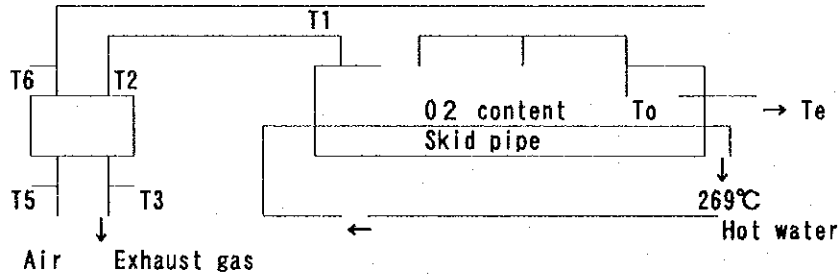
- Fuel consumption during normal operation
- Furnace data
- Control system
- Operation standard



Te					Fuel				
To					Air				
T1									
T2					T6				
T3					T5				
O2					O2				
t/h									

3) Reheating furnace of plate mill

Fuel consumption during normal operation
 Furnace data
 Control system
 Operation standard



Te					Fuel				
To					Air				
T1									
T2					T6				
T3					T5				
O2					O2				
t/h									

4) Pumps

Cooling tower fan
 Pump capacity and actual feed water condition
 Press. and volume

5) O2 Plant

Compressor capacity and actual flow rate
 Press. and volume

6) Air Compressor

Capacity and actual flow rate
 Press. and volume

7) Boiler

Capacity and actual flow rate
 Exhaust gas O2 content

(Elstar)

1) EAF and Ladle furnace

Productivity (t/h)
 Power consumption (kwh/t) during normal operation
 - EAF
 - Auxiliary equipment (water, dust collector)
 Cooling water rate

9.1.3 継手工場 (Lacznikow)

(1) キュボラ

a. 測定目的

キュボラの input energy 及び損失熱量を計算し、省エネルギー可能量を求める。同時に Melting speed と Casting speed の差によりどの位エネルギー損失が生じているかを推定し、その対策を検討する。

b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① 出口排ガス温度	1 charge	熱電対	to Recorder
② 出口排ガス CO vol%	1 charge	CO, CO ₂ メータ	to Recorder
③ 出口排ガス CO ₂ vol%	1 charge	CO, CO ₂ メータ	to Recorder
④ 出口排ガス温度	spot	熱電対	Memo
⑤ 出口排ガス CO vol%	spot	CO, CO ₂ メータ	Memo
⑥ 出口排ガス CO ₂ vol%	spot	CO, CO ₂ メータ	Memo
⑦ 出口排ガス温度	1 charge	熱電対	to Recorder
⑧ 出口排ガス CO vol%	1 charge	CO, CO ₂ メータ	to Recorder
⑨ 出口排ガス CO ₂ vol%	1 charge	CO, CO ₂ メータ	to Recorder
⑩ 送風量	spot	アネモマスター	Memo
⑪ 送風量	1 charge	操業用メータ	to Recorder
⑫ 送風圧力	1 charge	操業用メータ	to Recorder
⑬ 送風温度	1 charge	熱電対	to Recorder
⑭ 送風機電力量	1 charge	クランプメータ	to Recorder
⑮ 出湯温度	1 charge	操業用メータ	to Recorder
⑯ 出湯中のカーボン	1 charge	操業用メータ	to Recorder
⑰ 冷却水量	1 charge	超音波流量計	to Recorder
⑱ 冷却水温度(入口)	1 charge	熱電対	to Recorder
⑲ 冷却水温度(出口)	1 charge	熱電対	to Recorder
⑳ 冷却水ポンプ電力量	spot	クランプメータ	Memo
㉑ 炉表面温度	spot	放射温度計	Memo
㉒ 空気量	spot	アネモマスター	Memo

(note) 1) 排ガスは送風量/排ガス量の N₂ バランスにより求める。

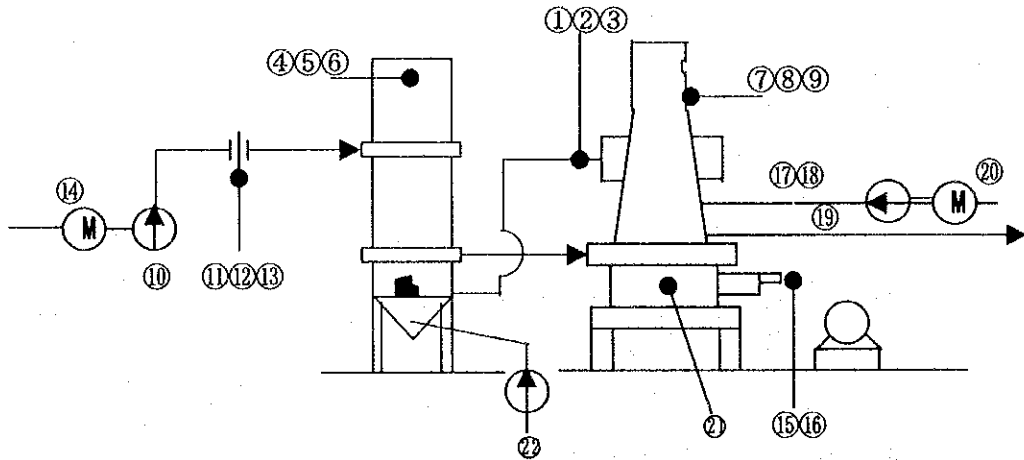
2) 現状の運転状況を把握するために次の操業データが必要である。

(出湯量、スラグ量、ダスト量、ダスト成分、スラグ成分、注湯量、出湯のカーボン、シリカ成分、銑鉄、故鉄、リターン鑄鉄、スクラップ量)

c. 測定点

キュボラの測定点を Figure 9.1.4 に示す。

Figure 9.1.4 Measuring Points of Cupola



(2) 熱処理炉

a. 測定目的

熱処理炉の熱精算を実施するため、現在の運転状況を把握する。

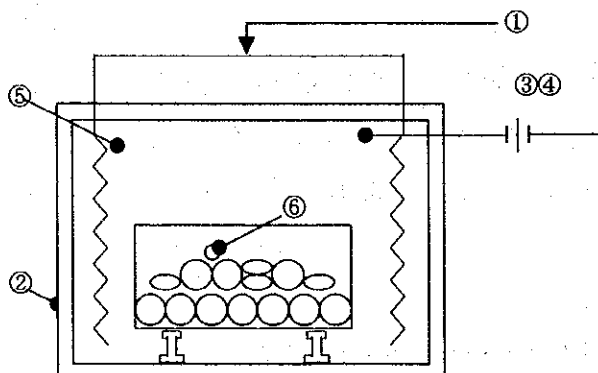
b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① 電力量	8h	操業用メータ	to Recorder
② 炉表面温度	spot	表面温度計	Memo
③ 雰囲気ガス空気消費量	8h	操業用メータ	to Recorder
④ 雰囲気ガス蒸気消費量	8h	操業用メータ	to Recorder
⑤ 炉内温度	8h	操業用メータ	to Recorder
⑥ 熱処理量	spot	操業記録	Memo

c. 測定点

熱処理炉の測定点を Figure 9.1.5 に示す。

Figure 9.1.5 Measuring Points of Reheating Furnace



(3) Zinc coating line

a. 測定目的

損失熱量を推定し、省エネルギー可能量を計算するため現在の運転状況を把握する。

b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

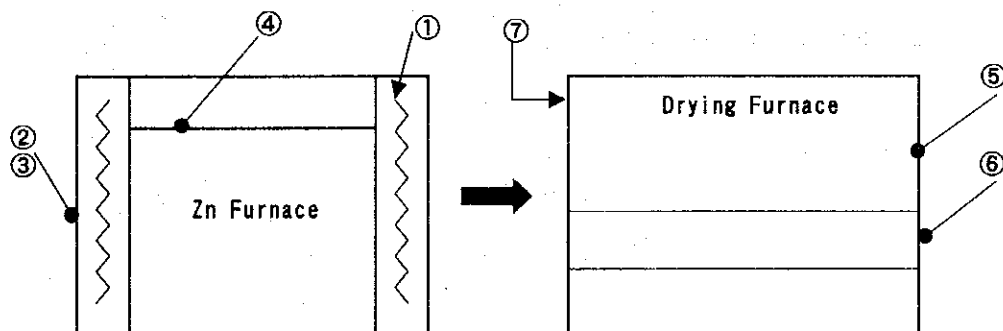
測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① 電力量	8h	操業用メータ	to Recorder
② Zinc 炉表面温度	spot	表面温度計	Memo
③ Zinc 槽表面積	-	-	Memo
④ Zinc 温度	8h	操業用メータ	to Recorder
⑤ 乾燥炉表面温度	spot	表面温度計	Memo
⑥ 乾燥炉出口ガス温度	spot	熱電対	Memo
⑦ 乾燥炉電力量	8h	操業用メータ	to Recorder

(note) 1) 運転状況を把握するため、メッキ製品重量を記録する。

c. 測定点

Zinc coating line の測定点を Figure 9.1.6 に示す。

Figure 9.1.7 Measuring Points of Zinc Coating Line



(4) Compressed air system

a. 測定目的

Compressed air の使用量変動を調査するとともに air compressor の性能を調査する。

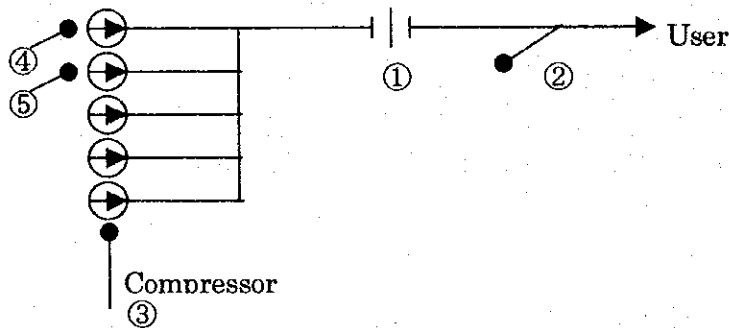
b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① Compressed air flow rate	24h	操業用メータ	to Recorder
② Supply pressure	24h	操業用メータ	to Recorder
③ 電力使用量(Total)	24h	操業用メータ	to Recorder
④ 電力使用量(compressor)	spot	クランプメータ	Memo
⑤ 電力使用量(compressor)	spot	クランプメータ	Memo

c. 測定点

Compressed air system の測定点を Figure 9.1.7 に示す。

Figure 9.1.7 Measuring Points of Compressed Air System



(5) Boiler and hot water system

a. 測定目的

熱交換器及びボイラの性能をチェックするとともに、暖房負荷及びその他の温水負荷の変動状況を調査する。

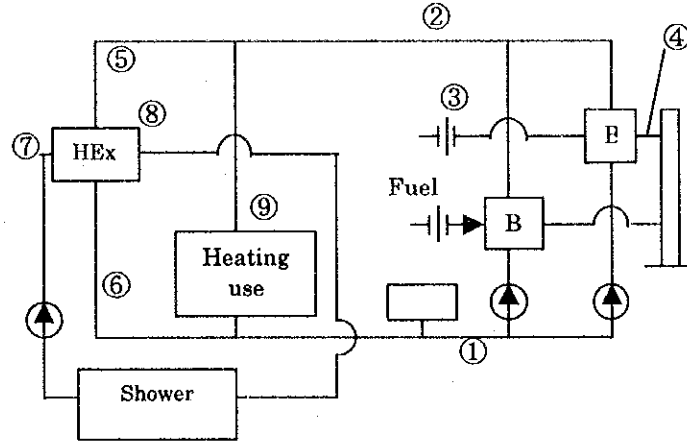
b. 測定項目、測定時間、計測器、データ処理

測定項目	測定時間	計測器	データ処理
① 水量及び温度	6h	操業用メータ	to Recorder
② 温度	6h	操業用メータ	to Recorder
③ 石灰使用量	6h	操業用メータ	to Recorder
④ 排ガス O ₂ %	6h	O ₂ メータ	to Recorder
⑤ 水量	spot	超音波流量計	Memo
⑥ 温度及び圧力	spot	操業用メータ	Memo
⑦ 水量	spot	超音波流量計	Memo
⑧ 温度及び圧力	spot	操業用メータ	Memo
⑨ 暖房負荷	6h	操業用メータ	to Recorder

c. 測定点

ボイラ及び温水システムの測定点を Figure 9.1.8 に示す。

Figure 9.1.8 Measuring Points of Boiler and Hot Water System



(6) エネルギー利用

設備名	対象	測定時間
電力管理	受電設備	24h
	熱処理炉	24h
	乾燥炉	24h
	Zinc 炉	24h
ファン・ブロワ	キューボラ用	24h
電動機	主要設備	24h
エアコンプレッサ	No.3, 4 and 6	24h
ポンプ	キューボラ冷却ポンプ	24h
変圧器	主要設備	24h
照明	工場各地	spot
ボイラ	Boiler Room	24h
蒸気配管	工場各地	spot

測定方法、測定点については「10. エネルギー利用」参照。

