

経済産業省 資源エネルギー庁

平成17年度 国際エネルギー使用合理化基盤整備事業（専門家派遣）

マレーシア国油脂化学工業

A社

工場の省エネルギー診断報告書

2005年 8月

財団法人省エネルギーセンター

1. 事業所の概要

a. 事業所名： A社

b. 所在地： マレーシア国ジョホール州パシルグダン

c. 事業所の内容

業種： 化学工業 油脂加工製品製造（脂肪酸・硬化油・グリセリン製造業）

事業所の主要製品： 脂肪酸及び精製グリセリン

資本金： RM20,000,000.-（日本円換算 600,000,000円）

年間生産能力： 140,000 ton

事業所年間出荷額： RM300,000,000.-（日本円換算 9,000,000,000円） 2004年

事業所の従業員数： 170 名

d. 診断時の主担当者： Mr. Low Yin Peng（技術部長）
Mr. Ravinder Singh（設備担当技師）
Mr. Azhar Bin Juri（プラント担当技師）

2. 診断の概要

a. 診断実施者

財団法人省エネルギーセンター： 福島演雄（技術専門職）
鈴木清次（技術専門職）
マレーシアエネルギーセンター： Mr. Phubalan Karunakaran（エネルギー診断技師）
（PTM） Mr. Ghazari Talib（エネルギー診断技師）
Mr. Mohd. Ibrahim Bachik（エネルギー診断技師）
Mr. Nor Hisham Sabran（技術アシスタント）
Ms. Nor Azean Mohd. Nor（技術アシスタント）

b. 診断実施日 2005年8月18日（木）から23日（水）まで（4日間）

c. 事業所診断依頼事項（主要項目箇条書き）

3. 診断結果

(1) 改善提言事項と改善対策実施後の予測効果

追番	所見リスト 分類No.	改善事項 (添付所見リストに対応して箇条書き)	予 測 効 果		
			エネルギー 種 類	省エネルギー量 (kL/年、kWh/年等)	低 減 額 (RM/年)
1	2 - 1	事務所冷房温度設定を23 から 25 に変更	電力	10,500kWh/年	2,200
2	2 - 2	事務所冷房機の室外機に日除け板 取付	電力	5,250kWh/年	1,100
3	2 - 3	チラー(冷水機)凝縮器の冷却水 温度を下げる	電力	6,800kWh/年	1,429
4	2 - 4	冷却塔CR-3の送水ポンプを3台運 転に変更する。	電力	216,000kWh/年	45,792
5	3 - 2	空気圧縮機の出口圧力を下げる	電力	62,440kWh/年	13,112
6	4 - 1	高圧蒸気ボイラの燃焼管理	天然ガス	18,660m3N/年	9,146
7	4 - 3	蒸気ボイラマンホール保温強化	天然ガス	3,120m3N/年	1,529
8	4 - 4	中圧蒸気ボイラの排熱回収	天然ガス	972,740m3N/年	476,642
9	4 - 5	高圧蒸気発生器、熱交換器の保温 強化	天然ガス	45,270m3N/年	22,180
10	4 - 6	スチームトラップの点検整備	天然ガス	259,000m3N/年	126,910
10		その他の改善事項(合計)			
予 測 結 果 の 合 計			燃料量(計)	1,298,790m3N/年	636,407RM/年
			電力量(計)	300,990kWh/年	63,810RM/年
(注) 原油換算値は特記事項参照		A	燃料・電力の原油換算値(計)		1,448.0 kL/年
(2)項のB参照		(A/B) × 100	事業所全体省エネルギー率		5.3 %

(2) 事業所全体の年間エネルギー使用量、エネルギー費率および原単位

年間エネルギー使用量(下記C+D) B = 26,879 kL

内訳 電力の原油換算量 C = 4,948 kL (購入電力E = 19,480千kWh) × 0.254

全燃料使用量の原油換算量 D = 21,948 kL (各燃料量を原油換算した合計)

明細(換算前)	重油(C) : 7,450t/y	都市ガス : 14,000,000m ³
	灯油 : kL	L P G : ton
	軽油 : 20 kL	

エネルギー費率(年間出荷額F = 300,000,000RMに対するエネルギー費用)

年間生産能力 F = 140,000 ton

電力の年間費用(G) : RM4,130,000.- エネルギー費率 : 1.4 % (G ÷ F × 100)

燃料の年間費用(H) : RM12,420,000.- エネルギー費率 : 4.1 % (H ÷ F × 100)

原単位(年間出荷額などに対するエネルギー使用量)

- 電力原単位(E ÷ 出荷額) = 64.9 kWh/Mil. RM

- 燃料原単位(D ÷ 出荷額) = 73.1 kL/Mil. RM

- 電力原単位(E ÷ F) = 0.139 千kWh/ton

- 燃料原単位(D ÷ F) = 0.157 kL/ton

(3) 特記事項

1) 2005年に燃料油は全て天然ガスに切替られた。

2) プラント運転時間 = 360 * 24 = 8,640時間/年

年間稼働日数 : 360日/年

1日運転時間 : 24時間/日

3) エネルギー価格

天然ガス : 0.49 RM/m³N

電力 : 0.212 RM/kWh

4) 燃料等の原油換算量

原油の発熱量 : 38,728 kJ/L (9,250 kcal/L)

天然ガスの原油換算量 : 1.001 L/m³S = 1.056 L/m³N

電力の原油換算量 : 2,350kcal/kWh ÷ 9,250kcal/L = 0.254 L/kWh

電力2,350kcal/kWhは需要端熱効率を36.60%とした数値である。(日本の換算値)

工場の省エネルギー診断 所見リスト (改善対策、予測効果の詳細説明は添付別紙に記載)

1. 一般管理事項

	チェック項目・内容	評価 (注1)	現状および問題点	改善対策
一 般 管 理 事 項	1. エネルギー管理体制 ・組織の整備,人材教育 ・環境管理との整合性 ・省エネ目標,投資予算 ・中長期計画 ・省エネ実施状況	C	エネルギー原単位は原価管理の項目として、毎月チェックしている。 中長期計画は不明。	
	2. 計測・記録の実施状況 ・計測器の設置,運用状況 ・計測器の保守,点検状況 ・定期的計測,記録の実施	D	プラントプロセスの計測器は設置されているが、エネルギー管理のための計測器は不足である。 スチームトラップチェッカーによる点検を行っている。	
	3. 機器の保守管理 ・定期点検,日常点検 ・漏洩補修(水,空気,蒸気) ・保温,断熱 ・機器清掃(フィルタ,ストレーナ)	C	バルブの保温に断熱布を使用している。 蒸気漏れは少ない。	
	4. エネルギー使用量管理 ・日報記録状況 ・日使用量,日負荷曲線 ・月使用量,前年度比グラフ		不明	
	5. 主要製品の原単位管理 ・出荷額対比エネ原単位 ・生産数量対比エネ原単位	C	主要工程のエネルギー原単位は原価管理の項目として、管理している。	
ISO14001取得状況			(2000年)取得済み	

(注1) 評価欄記号 A:非常に優れている

B:良好である

C:普通

D:もう少し努力すれば良くなる

E:かなり努力する必要がある。

2. 空調・冷凍設備

	チェック項目・内容	現状および問題点	改善対策及び予測効果（年間）kL, kWh, RM	
空 調 ・ 冷 凍 設 備	1. 空調の運転管理 ・設定温度,湿度の適正化 ・取入れ外気量の減少 ・熱源機器の台数管理 ・冷水出口温度設定変更 ・スケジュール運転 ・外気侵入遮断,換気状況 ・高温機器の輻射熱遮断	(1)工場地区の月別最高気温は30-34、平均気温は25-27であり、1年中冷房を使用している。事務所の室内温度は22-23に設定されている。	室温設定温度を25に設定する。室内温度を2上げると、電力は20%節約出来る。 7台の空調機の年間消費電力は、52,500kWh/yであるから、設定温度を2上げると、電力節約量は10,500kWh/yである。	電力節約量： 10,500kWh/y 電力節約費： 2,200RM/y
	2. 空調の省エネルギー対策 ・建屋断熱強化,日射遮蔽 ・外気利用 ・排熱回収利用,ヒートポンプ ・搬送機器(ポンプ,送風機)の回転数制御(VAV等) ・局所クーリング,局所排気 ・成層空調,空調気積低減	空調機の7台の室外機は直射日光下に設置されている。1台あたりの消費電力は3kWhと推定される。1日の稼働時間を10時間、稼働日数を250日とすると7台の空調機の年間消費電力は、52,500kWh/yである。	空調機の室外機に日除け板を設置する。日除け板を設置すると、消費電力は10%節約できる。電力節約量は5,250kWh/yである。	電力節約量： 5,250kWh/y 電力節約費： 1,100RM/y
	3. 冷却設備の運転管理 ・冷凍機の運転動力 ・冷媒の出入口圧力 ・水の出入口温度・圧力	1)脂肪酸フレーキング装置用に3台のチラーが設置されている。 No.1チラーの凝縮器の冷却水温度差は3.5であるが、入口温度は33である。 No.2チラーは4台の圧縮機の内2台故障中であり、冷媒温度は16.5である。 No.3チラーは修理中である。	No.1チラーの冷却水温度を33から31に変更すれば、チラーの性能が2.8%向上する。 No.2チラーの圧縮機を修理して、4台運転を実施すれば、冷媒温度は低下し、フレーキング能率は向上する。	No.1チラー電動機消費電力： $60kW \times 0.9 = 54kW$ 運転時間： 4,500h/y 年間消費電力： 243,000kWh/y 電力節約量： 6,800kWh/y 電力節約費： 1,429RM/y
		2)冷却塔6基のうち、最も能力の大きな2基(CR-、-)は、メインの製造工程に送水して、各蒸留塔を高真空下で運転するための真空発生系(ブースター+エジェクター)の間接冷却機の冷却用に使用されている。 しかし、その省エネは冷水塔単独で(送水量を絞ることによる省電力)行われており、送水先を含めたシステム全体での最適条件が検討されていない。	送水先である真空発生系で消費される大量のブースター吹き込み蒸気は、間接冷却機が低温に冷やされるほど蒸気量が節減できる。 このように、よく冷却した方が省エネルギーに結びつく工程を送水先にもつ冷水塔は、冷水塔だけで省エネルギーを検討しないで、冷水をフルに送水してブースター吹き込み蒸気が全体でどのくらい節減できるか現場実験で十分に把握し、その結果で最も省エネルギー効果の大きな最適条件で作業することが必要である。冷却水温度が1低下すれば、ブースターの蒸気消費量が2.5%低下することが期待される。	

2. 空調・冷凍設備 (前頁の続き)

	チェック項目・内容	現状および問題点	改善対策及び予測効果 (年間) kL, kWh, RM
	<p>4. 冷凍設備補機の運転管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・冷却塔の運転動力 ・水質管理(電気伝導度) ・ポンプ運転動力(水量、揚程) 	<p>1)冷却塔は各設備ごとに分散配置されている。</p> <p>2)No.1冷却塔はNo.1チラー用であり、33の冷却水を供給している。湿球温度27に対して高めである。冷却水量の不足か、冷却塔充填材の汚れが原因と思われる。</p> <p>3)No.4冷却塔はNo.2チラーと水素添加装置用である。湿球温度27に対して冷却水温度は29.7であり、運転状況は良好である。</p> <p>4)CR-2冷却塔は分解工工程用である。冷却塔温度差は3.3-4.4であり、排気は白色であり、冷却能力不足と推定される。設計水量930t/hに対し、実水量670t/hであり、送水ポンプは4台設置、3台運転であり、その中の1台のポンプ出口弁開度は50%で、電動機負荷は46%である。出口弁の調整は節水のためと推定される。</p> <p>5)CR-3冷却塔は分解工工程用である。冷却塔温度35、入口出口温度差は2.5-3.6であり、冷却能力不足である。送水ポンプは4台設置、4台運転であり、その中の2台は出口弁開度50%で、電動機負荷は58.9%と66.4%である。送水量は設計水量930t/hに対して、実水量は約800t/hである。</p>	<p>1)No.1冷却塔の整備を行い、湿球温度27に対して冷却水温度31の運転を行う。</p> <p>2)CR-2冷却塔は、送水量を増加して、能力増強をはかる。ポンプ3台運転時に、出口弁開度100%で運転する。ポンプ3台運転により、送水量930t/hを確保し、ブースターの蒸気使用量削減を図る。</p> <p>3)CR-3冷却塔は送水ポンプ3台運転を出口弁全開で行い、送水量930t/hを確保し、冷却水温度を32に低下出来る。配管抵抗が大きい場合は調査する。</p> <p>現在の4台運転を3台運転に変更すれば、電力使用量は 4台運転時：157kW 3台運転時：132kW であり、電力節約量は25kWである。</p> <p>CR-3冷却塔の送水ポンプ3台運転による電力節約量： 電力節約量：25kW 運転時間：8640h/y 年間電力節約量： =25*8640 =216,000kWh/y 電力節約費： 45,792RM/y 投資金額は不要である。</p>

3. ポンプ・ファン, コンプレッサー等

	チェック項目・内容	現状および問題点	改善対策及び予測効果 (年間) kL, kWh, RM	
ポンプ・ファン	1. ポンプ・ファンの運転管理 ・弁開閉状況 ・ルートの改善(配管,ダクト) ・使用流量, 運転圧力 ・設計裕度チェック ・回転数制御, 台数制御	冷却塔送水ポンプの中で、出口弁開度50%で運転しているものがある。		
コンプレッサー	2. 空圧設備の運転管理 ・型式の見直し (スクリュー/ルシプロ, プロ) ・容量と型式のマッチング ・吐出圧, 使用端圧の低減 ・高/低圧ラインの区分け ・換気設備・周囲温度 ・配管太さ・配管ルート見直し ・エアシーバの設置 ・台数制御 ・最適容量制御 ・リーク対策 ・廃熱活用	4台の圧縮機は常時3台運転であり、手動切替である。 ドライヤーの圧力損失は0.07Mpaあり、フィルター清掃などの整備が必要である。 計装用、パッカー用、プロセスブロー用など要求圧力の異なるものが、1系統で圧縮空気が供給されている。 プラント入口に圧力計が設置されていない。	1) ドライヤー圧力損失を0.04以下に低下させることにより、空気圧縮機吐出圧力を、0.03Mpa低下させることが出来る。圧縮機の動力は2.4%削減できる。 2) 圧縮空気使用先の要求圧力から推定すると、圧縮機室出口圧力は、0.05Mpa下げて、0.58Mpaにする。圧縮機出口圧力を0.05Mpaだけ低下できる。圧縮機の動力は4.1%削減できる。 3) 空気圧縮機の運転方式を圧力低下時に自動起動する方式を採用する。 4) プラント入口に圧力指示計を設置し、圧力低下などの監視を行う。	3台の圧縮機の電動機電力：111.2kW 運転時間：8640h/y 年間消費電力：960,727kWh/y 1) ドライヤー圧力損失改善による電力節約量：23,060kWh/y 電力節約費：4,842RM/y 2) 圧縮機出口圧力低下による電力節約量：39,380kWh/y 電力節約費：8,272RM/y

4. ボイラ・工業炉，蒸気系統，熱交換器，廃熱・廃水等

	チェック項目・内容	現状および問題点	改善対策及び予測効果 (年間) kL, kWh, RM	
ボ イ ラ ・ 工 業 炉	1. 燃焼管理 ・空気比, 排ガス管理 ・バーナ, 燃料, 通風系統 ・燃焼制御装置 ・蓄熱型燃焼システム	中圧、高圧蒸気ボイラの空気比は1.06 - 1.1であり、一時的に最大447ppmのCOガス発生が見られる。未燃焼損失が発生し、熱効率は1-3%低下していると推定される。中圧及び高圧蒸気ボイラの燃焼室の大きさ及びバーナ構造では空気比1.1で安定した燃焼を維持することは難しい。	未燃焼損失防止及び安全のため、COが検出されない様に、空気比を1.2に設定する。空気比を1.1から1.2に変更すると、未燃焼損失が減少し、ボイラ熱効率は1%程度向上する。 高圧ボイラは低燃焼時に、バーナの空気ダンパが全閉になり、COが発生するので、低燃焼時に空気ダンパを全閉しない対策を行う。	3台の高圧ボイラ5の空気比調整を行い、熱効率が1%向上すると、燃料節約量は、 $103.7 \times 0.01 \times 6,000 \times 3 \text{ set}$ $= 18,666 \text{ m}^3/\text{y}$ 燃料節約費は、 $18,666 \times 0.49$ $= 9,146 \text{ RM}/\text{y}$
	2. 運転、効率管理 ・負荷率, 起動/停止状況 ・台数制御 ・熱効率, 熱勘定, 熱分布 ・水質管理, フロー管理	ボイラ熱効率は損失法で、中圧ボイラ91.6%、高圧ボイラ89.9%であり、排ガス損失が大きい。 中圧ボイラは台数制御を行っているが、給水流量計が無いため、ボイラに負荷率が不明である。 ボイラ給水は脱気器で加熱されているため、温度は72-84 である。	各ボイラに給水流量計又は蒸気流量計を設置して、ボイラの負荷率を計算し、効率の良いボイラの負荷率を上げて、全体の効率を向上させる。	
	3. 断熱・保温及び放熱防止 ・炉壁外面, タクの温度 ・断熱, 断熱材(蓄熱損失) ・開口部シール, 炉内圧	ボイラ本体の保温は良好である。特に、排ガス側エンドプレートは断熱布で保温されている。 3基の中圧ボイラのマンホールは保温されていない。表面温度は170 と推定される。	3基の中圧ボイラのマンホール及び覗き窓の保温を実施する。 マンホールの50mm厚さのガラスウールで保温すると、表面温度は47 となり、1基のボイラの放熱損失回収量は4,670kJ/hとなる。3基のボイラの熱回収量は14,000kJ/hである。	保温による回収熱量：14,000kJ/h 天然ガス燃料換算：3,120m ³ /y 燃料節約費： 1,529RM/y

チェック項目・内容	現状および問題点	改善対策及び予測効果 (年間) kL, kWh, RM	
4. 排ガス温度管理, 廃熱回収 ・排ガス温度 ・熱回収(給水・空気予熱) ・排ガス循環	ボイラの排ガス温度は240-273 である。排熱回収は実施されていない。	1) 中圧ボイラの排熱回収を行う。7t/h x 1台及び15t/h x 2台に燃焼空気予熱器を設置すると、排ガス温度は240 から164 に低下し、熱効率は3.5%改善される。負荷率63%の場合、年間燃料節約量は522,840m ³ /yである。 2) 31.8t/hボイラに給水予熱器を設置して給水温度を84 から100 に上昇させると、排ガス温度は240 から165 に低下し、熱効率は3.3%改善されて94.5%になる。負荷率63%の場合、年間燃料節約量は449,900m ³ /yである。 3) 高圧ボイラに給水予熱器を設置することは望ましい。しかし、ボイラ効率は4.5%向上するが、ボイラ容量が小さいので投資回収期間は6年になり、経済性で採用困難である。	1) 7t/h x 1台及び15t/h x 2台のボイラの空気予熱器設置による燃料節約効果： 年間節約費用： 7t/h : 52,380RM/y 15t/h : 112,240RM/y 空気予熱器費用： 7t/h : 128,330RM/set 15t/h : 283,330RM/set 投資回収期間： 7t/h : 2.5年 15t/h : 1.6年 2) 31.8t/hボイラの給水予熱器設置による燃料節約効果： 年間節約費用： RM220,450/y 給水予熱器費用： RM308,000/set (日本円換算924万円) 投資回収期間： 1.4年
5. 蒸気漏れ・保温の管理 ・配管系統, タンク等 ・負荷設備	バルブの保温は良好である。 プラント機器の高圧蒸気発生器、熱交換器及び蒸留塔マンホール部は未保温である。	プラント機器の高圧蒸気発生器、熱交換器及び蒸留塔マンホール部を保温する。取り外し可能な構造とし、蒸気漏れ検出可能とする。未保温部に50mm厚さのガラスウールで保温すると、表面温度は45 から50 となり、放熱損失回収量は182.7MJ/hとなる。	保温による回収熱量：182.7MJ/h 天然ガス燃料換算：45,270m ³ /y 燃料節約費： 22,180RM/y

4. ボイラ・工業炉，蒸気系統，熱交換器，廃熱・廃水等（前頁の続き）

	チェック項目・内容	現状および問題点	改善対策及び予測効果（年間）kL, kWh, RM
蒸気系統	6. 蒸気ドレン回収利用 ・蒸気圧回収(背圧タービン) ・スチームトラップ管理 ・ドレン回収先、回収系統 ・フラッシュ蒸気利用	スチームトラップ管理は、トラップチェッカーにより実施している。 プラントのスチームトラップ検査を行い、31個中13個は良好であったが、漏れ6個、吹き放し2個あった。損失蒸気量は次の通りである。 吹き放し：210kg/h 漏れ：173kg/h 合計：383kg/h	漏れ及び吹き放しのスチームトラップを点検、取替を行う。漏れの停止により、吹き放しトラップ383kg/h (3,309,000kg/y)の蒸気が節約できる。（運転時間:8,640h/y） 詰まり及び低温のスチームトラップは点検整備を行う。 1)スチームトラップの蒸気漏れ停止による天然ガス節約量： 259,000m ³ /y 2)燃料節約金額： 126,910RM/y

5. 受変電設備，電動機，照明，電気加熱設備

	チェック項目・内容	現状および問題点	改善対策及び予測効果（年間）kL, kWh, RM
電動機	1. 電動機容量・運転管理 ・設備容量,電圧,台数 ・回転速度制御 ・無負荷運転停止	23台の30kW以上の電動機の負荷率は良好である。冷却塔送水ポンプの1台の負荷率は46%である。分解工程の高圧水ポンプは流量制御のためインバーター制御を採用している。	冷却塔CR-3の送水ポンプ(75kW)の1台は負荷率46%で運転しているが、配管抵抗及び負荷状況、出口弁開度50%の原因を調査する。並列運転のポンプ電動機にインバーター設置すること、及び小型モーターへの変更は十分調査の上行なう。

6. 負荷平準化（負荷平準化，電力契約）、コージェネレーション、新エネルギー等

	チェック項目・内容	現状および問題点	改善対策及び予測効果（年間）kL, kWh, RM
その他	1. エネルギー転換 ・燃料転換、他	2005年にボイラの燃料は全て天然ガスに転換完了した。天然ガスの価格上昇、ガスの供給停止に備えて、ボイラには燃料油バーナを設置している。	

診断所見リスト記載内容の説明

2 - 2 空調の省エネルギー対策

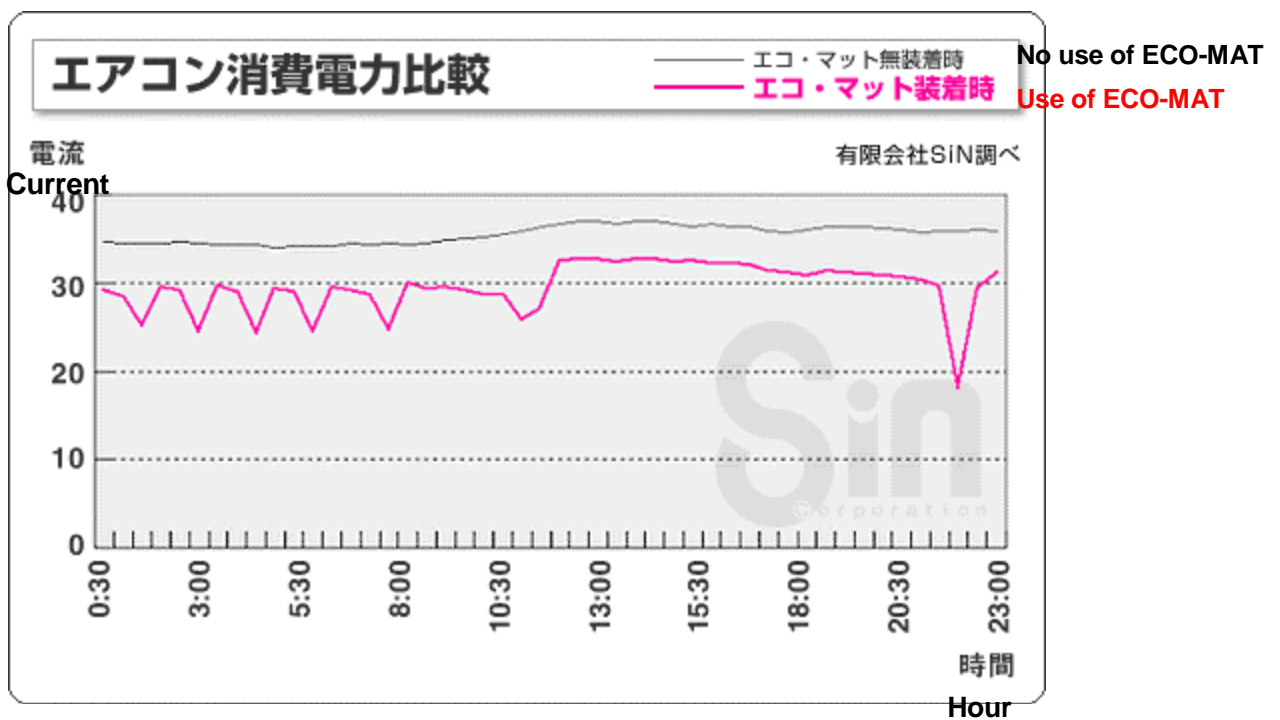
Example of sun shade mat: ECO-MAT

Power consumption of air-conditioner is saved by 10%.



Picture of air-conditioner with ECO-MAT

Comparison of consumed power of air-conditioner



Source: <http://www14.plala.or.jp/ecomat/product/index.html>

2 - 3 冷却塔及び真空発生系冷却器の運転管理

1. 冷却塔の運転方法

A 社における冷却塔は全部で 6 基あり、このうち最大能力を有する冷却塔 CR - と CR (各送水量の設計値 930m³/h) からの冷水はそれぞれ脂肪酸製造のメイン工程に送られ、グリセリン蒸留や脂肪酸蒸留での真空発生系(ブースタ+エジェクタ)の間接冷却機の冷却用や一般冷却用途に使用されている。

省エネルギーは、冷却塔単独でなく、大きな蒸気量を消費する真空発生系を含めて総合的に検討する必要がある。

この両冷却塔の消費電力、各水温、水量等を測定した。

冷却塔 CR - の運転データ及び運転方法を Fig. 2-1 に示す。この冷水塔の 8 台のファンは全部稼働しているが、入口水温 34.7~36.2 に対し、出口水温 31.4~31.8 とその差は 3.3~4.4 でやや小さい。送水ポンプは 4 台(1 台は予備)があるが、フル稼働は 2 台で、1 台は送水量を出口バルブで約 50%に絞って運転している。

冷水塔 CR - の運転データ及び運転方法を Fig. 2-2 に示す。この冷水塔の 6 台のファンは全て稼働しているが、入口水温 34.6~35.2 に対し出口水温 30.3~32.7 とその差は 2.5~4.3 で CR - より更に小さい。送水ポンプは 4 台あるがフル稼働しているのは 2 台で、2 台は送水量を出口バルブで約 50%に絞って運転している。

2. グリセリン蒸留塔真空発生系の運転データ

CR - からの送水先の一つである Section 400 グリセリン蒸留塔真空発生系(CR - からの冷却水で間接冷却機を冷却する)並びに CR からの送水先の一つである Section 403 グリセリン蒸留塔真空発生系(Section 400 と同様)について、ブースタ吹き込み水蒸気量、冷却機の水温、凝縮液温度を調べた。尚水量は適切に実測できる場所がなく、測定できなかった。

Section 400 グリセリン蒸留塔真空発生系での運転結果を Fig. 2-3 に示す。問題点として、(ブースタ+エジェクタ)吹き込み蒸気量が設計値の 116%と大きいこと、間接冷却機の入口水温が設計値より高いこと、凝縮液温度が 45~46 と高いことがあげられる。省エネルギーの狙いは消費量の大きなブースタ吹き込み蒸気量の削減である。

Section 403 グリセリン蒸留塔真空発生系での運転結果を Fig. 2-4 に示す。問題点として、(ブースタ+エジェクタ)吹き込み蒸気量が Section 400 より更に大きいこと(設計値ベース)、間接冷却機の入口水温が設計値より 2~4 高いこと、凝縮液温度が 47 と高いことがあげられる。省エネルギーの狙いは Section 400 と同様大量のブースタ吹き込み蒸気量の削減である。

3 . 冷却塔と真空発生系を含めた運転管理法の課題と検討

冷却塔 CR - 並びに CR の主要な送水先は、それぞれの製造工程のグリセリン蒸留塔や脂肪酸蒸留塔での真空発生系の間接冷却機用の冷却水である。そしてこれら真空発生系における最大の省エネルギー点はブースタに吹き込まれる大量の水蒸気の削減である。真空発生系の間接冷却機はよく冷却されるほど、ブースタの蒸気消費量は削減することが知られており、1 低温化できると相対値で 2.5%程低減することが推定される。これはグリセリン蒸留塔だけではなく、同一冷水塔から受水する全ての蒸留塔の真空発生系に共通する。

冷却水の温度が 1 度低下するとブースタの吹き込み蒸気量が相対的に 2.5%程低下するとした根拠は、Fig.2-5 から概想して、水温が 30 から 18 に低下した場合に、蒸気圧 14kg/cm² での蒸気消費量は、水温 12 の低下で約 110kg/h (428kg/h-318kg/h) 削減できることになり、これはこの冷却温度の範囲で水温が 1 度下がると吹き込み蒸気は相対的に約 2.5%程度の削減と推定できることによる。

従って、CR - 並びに CR の現状運転で冷水塔のファンは全て稼働しているが、送水ポンプが出口バルブで絞られ送水量は下がっているため、先ずフル送水してみて、それと各間接冷却機の温度の下がり方、それによる各ブースタの水蒸気削減量との相関関係を現場実験を通して十分に把握し、どのような運転のやり方が最も総合的にみて省エネルギーに結びつくのか検討する必要がある。

その結果をよく吟味した上で将来における冷水塔能力の強化、あるいは真空発生系の抜本的方法として実用に給され始めた「チラー冷却水循環法」や「凍結凝集捕集法」等についても検討が必要と思われる。

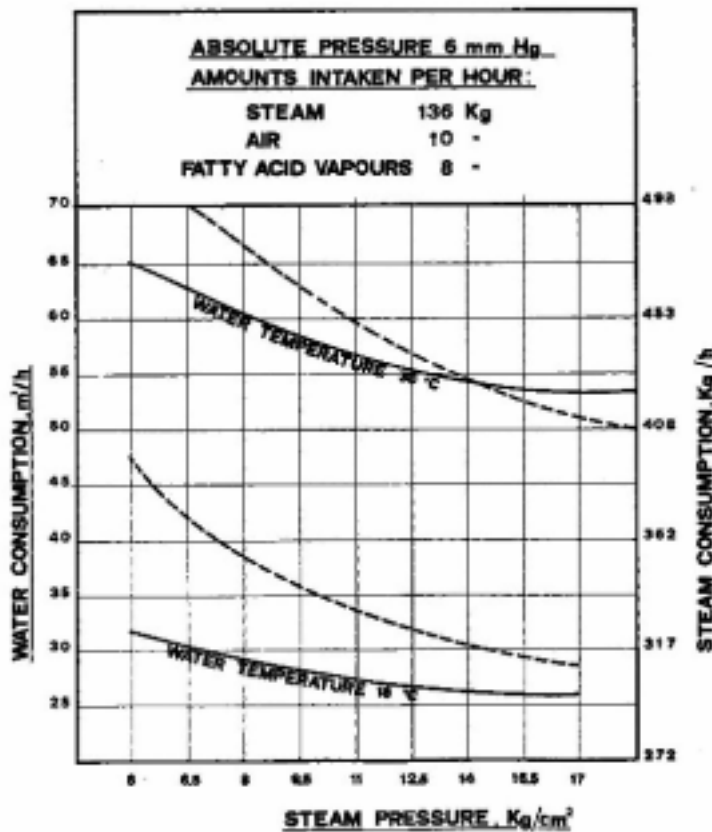
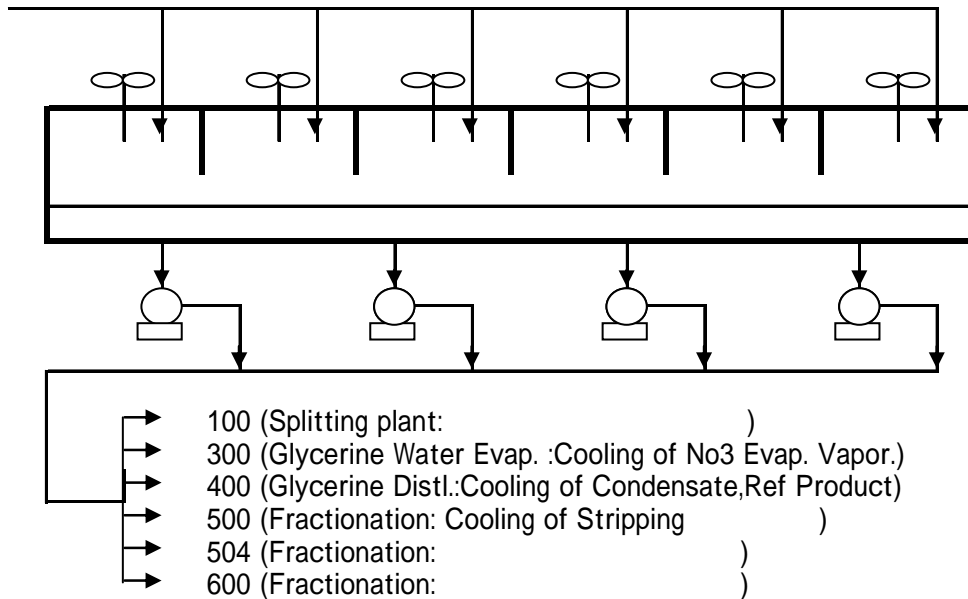


Fig.2-5 Relationship between cooling water temperature and steam consumption of booster

Source: "The new oil and fat technology", Mr. E. Bornardini, Publishing house "Technologie", Rome

Fig. 2-1 Flow-sheet and flow-rate of Cooling Tower (CR-II)



(1) 8/19 Result of Measuring

1) Motor current of fan

	504-1	504-2	504-3	504-4	504-5	504-6	504-7	504-8
Rated current (A)	15.3							
Actual current (A)	12	12	10	12	13.6	11	11	13
Load factor (%)	78.4	78.4	65.4	78.4	88.9	72.0	72.0	85.0

2) Motor current of feed pump

	504G80.1	504G80.2	504G80.3	504G80.4
Rated current (A)	133	133	133	133
Actual current (A)	106	Standby	99.4	56 (?)
Load factor (%)	79.7	---	74.5	42.1

3) Flow rate of cooling water (Total ,19 August)

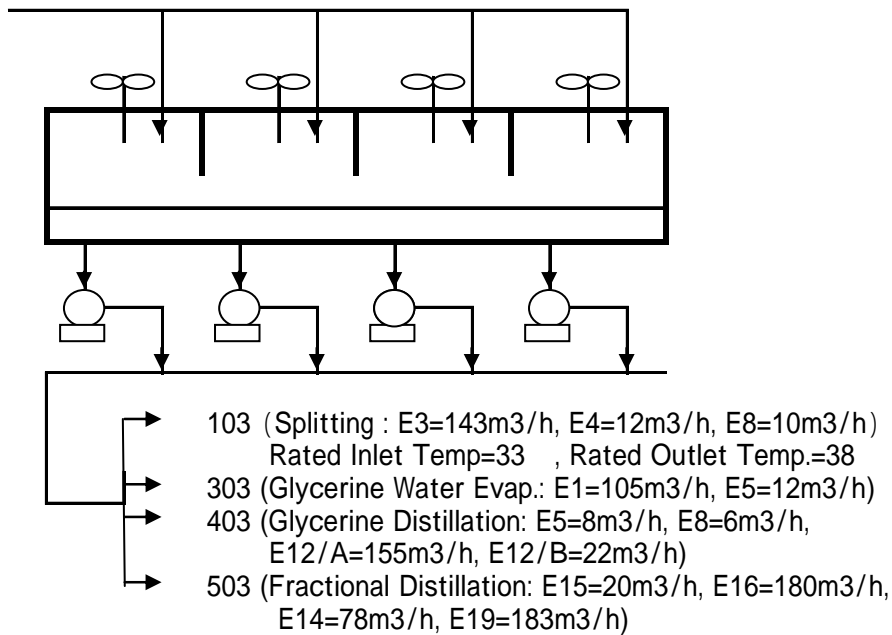
Rated=930m³/h, Actual=664 (Inlet line), 678 (Outlet line) Av.671?

Load factor=Actual / Rated = 72%?, (can not measure on 22 August)

4) Temperature of water

Wet bulb temp.	Outlet line	Inlet line	Water in tower
27	31.4~31.8	34.7~36.2	31.4~32.5
Deference	4.4 - 4.8 degC		3.3 - 4.4 degC

Fig. 2-2 Flow-sheet and flow-rate of Cooling tower CR-III



1) Motor current of fan

	503- 1	503-2	503-3	503-4	503-5	503-6
Rated current (A)	15.3					
Actual current (A)	10	13	11	10	12	10
Load factor (%)	65.4	85.0	72	65.4	78.4	65.4

2) Motor current of water feed pump

	503G30	503G31	503G32	503G33
Rated current (A)	97	97	97	97
Actual current (A)	64.1	57.5	72	77.5
Load factor (%)	66.1	59.3	74.5	79.9
Valve opening	50%	50%	100%	100%

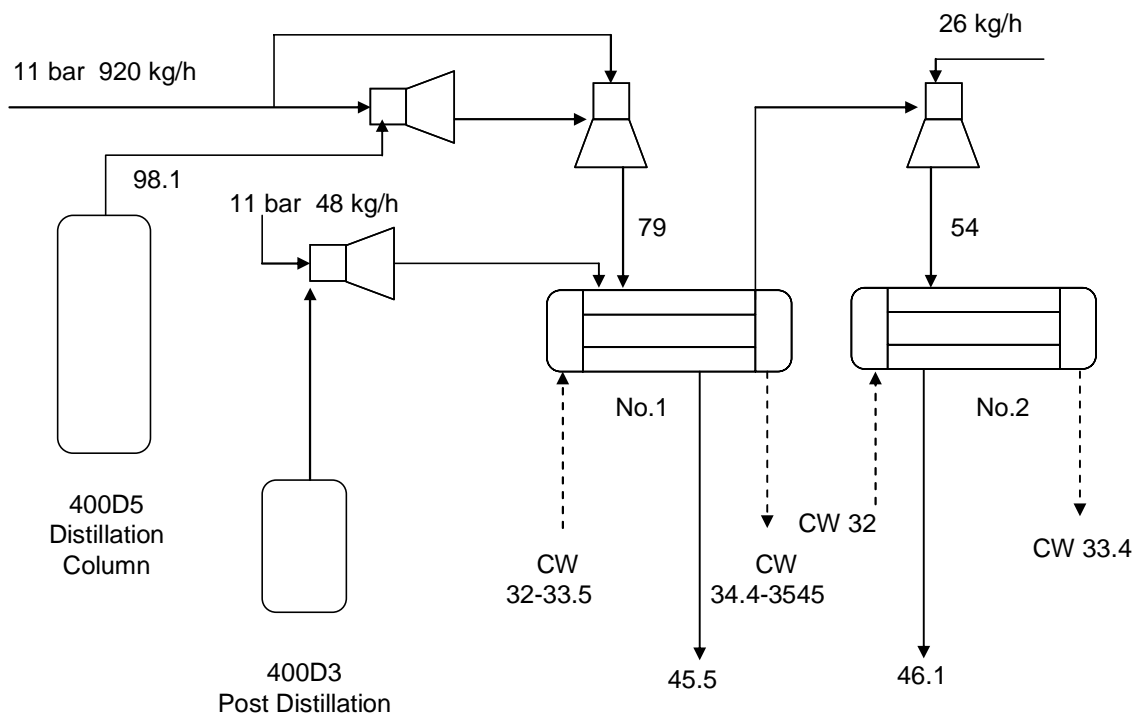
3) Flow rate of cooling water (Total ,19 August)

Rated flow-rate=934m³/h, Actual flow-rate=cannot measure (Pipe diameter is too large.)

4) Temperature of Water (degC)

Measuring date	Wet Bulb Temp.	Outlet Line	Inlet Line	Water temp. in Tower
19 August	27	34.5~35.8	37.2~39.4	32.5~34.9
Difference		7.5~8.5	2.7~3.6	(5.5~7.9 against WB)
22 August	27	30.3~32.7	34.6~35.2	29.8~33.8
Difference		3.3~5.7	2.5~4.3	(2.8~6.8 against WB)

Fig. 2-3 Flow-sheet and operation data of Section 400 Vacuum System



Steam Consumption (Booster + Ejector)

Designed Value: 994kg/h

Actual Value: 1,150 kg/h (116% against Designed Value)

Water Temperature of Surface Condenser (No.1)

Designed: Inlet 32 deg C

Outlet 36 deg C

Actual : Inlet 32 ~ 33 . 5 deg C

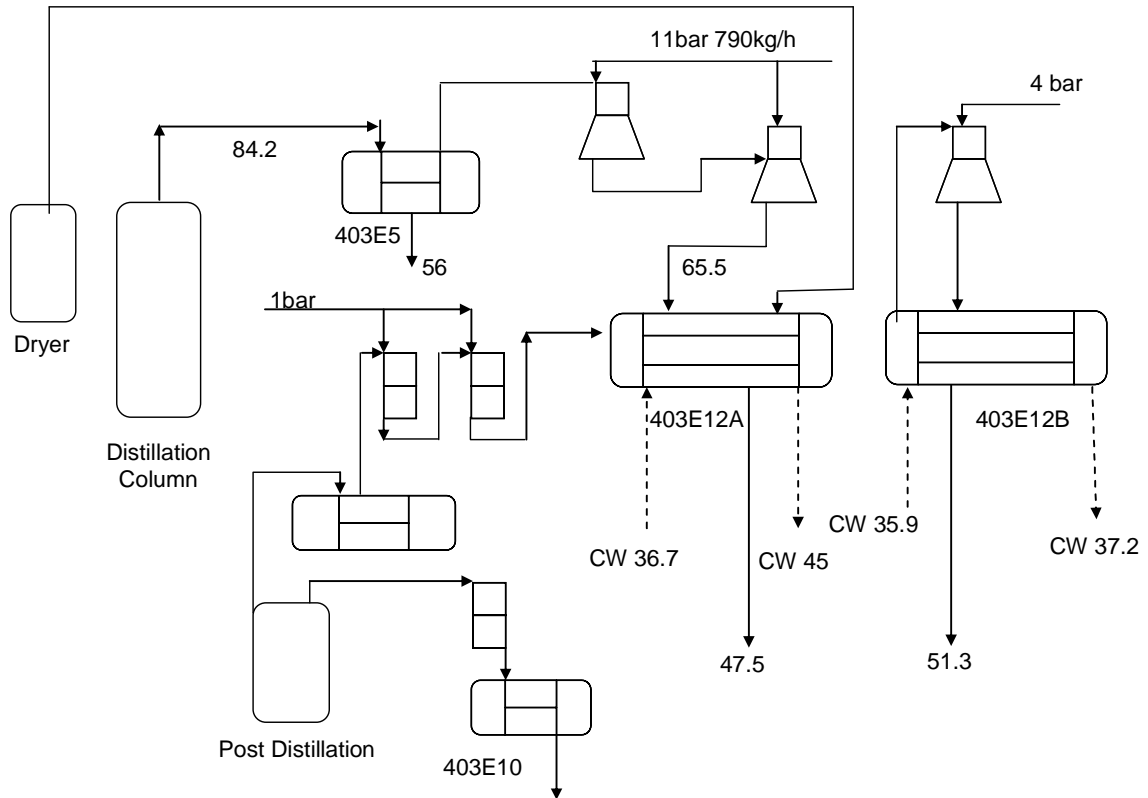
Outlet 34.4~35 deg C

Water Flow Rate in Surface Condenser (No.1)

Designed: 196 m3/h

Actual : can not measure

Fig. 2-4 Flow-sheet and operation data of Section 403 Vacuum System



Steam Consumption (Booster + Ejector)

Designed Value : 1,180 kg/h

Actual Value : ----

Temperature of Surface Condenser (E12A)

Designed Value : inlet 33 deg C outlet 38 deg C

Actual Value : inlet 35 ~ 36.7 deg C outlet 39.3 ~ 45 deg C

Water Flow Rate of Surface Condenser (E12A,12B)

Designed Value : 155 m3/h E12A

22 m3/h E12B

Actual Value : can not measure

2 - 3 チラーの運転管理

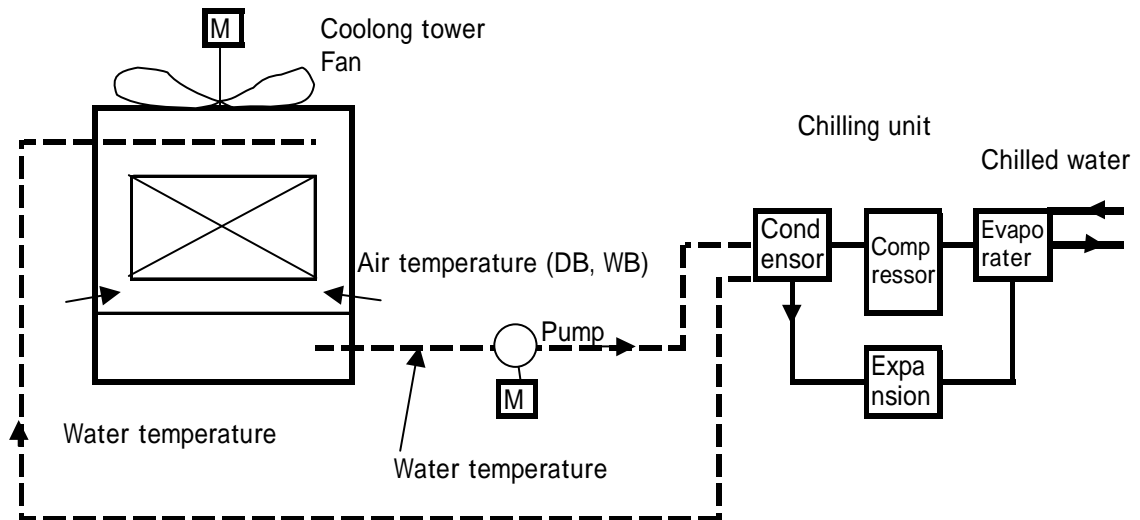
Cooling tower No. 1

Factory name: Company A

Date of measurement: 2005/8/22

Each * mark indicates a measured value

No.	Item	Unit	Data 1	Data 2	Data 3
1	Measuring time		10:29	15:00	
2	Type				
3	User		Chiller 1		
4	Rated capacity	m3/h			
* 5	Inlet air temperature (Dry bulb)	degC	31		
* 6	Inlet air temperature (Wet bulb)	degC	26.5		
* 7	Inlet water temperature	degC		36.5	
* 8	Outlet water temperature	degC	27.0	33.0	
9	Chiller operation		stop		
* 10	Make-up water temperature	degC			
11	Pump motor: Rated power	kW	15		
12	Pump motor rated current	A			
* 13	Pump motor current (Measured)	A	24.6/26.8		
14	Pump motor power load factor	%			
* 15	Opening ratio of pump outlet valve	%	100		
20	No.1 Chiller				
21	Type			Turbo	
22	User			Fraker 1	
23	Inlet water temperature	degC		33.0	
24	Outlet water temperature	degC		36.5	
* 25	Water flow-rate	m3/h		134.2	
* 26	Chilled water temperature	degC		10.9	
27	Operation condition			On load	



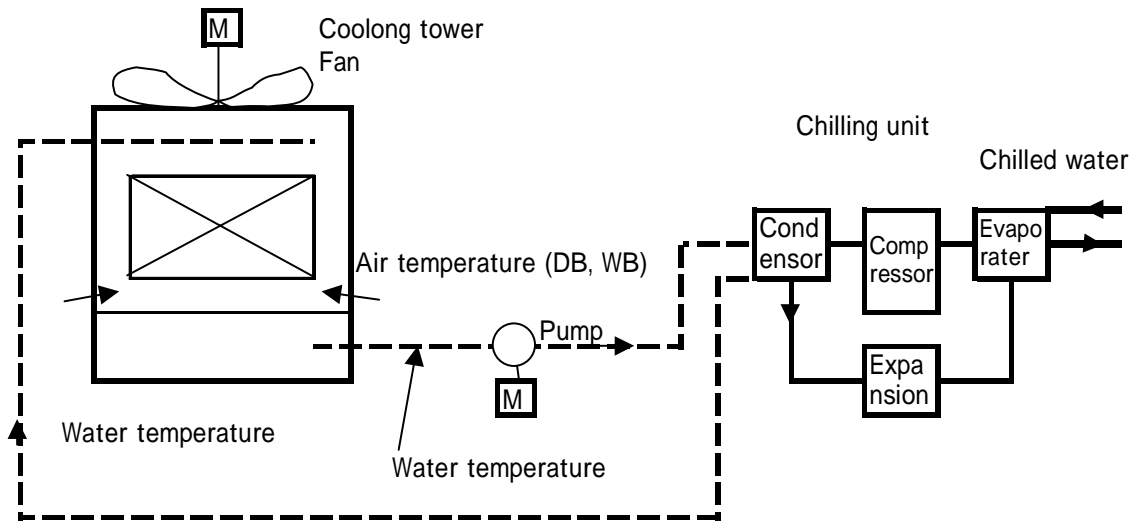
Cooling tower No. 4

Factory name: Company A

Date of measurement: 2005/8/19

Each * mark indicates a measured value

No.	Item	Unit	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4
1	Measuring time		10:35	10:35	10:35	15:14
2	Type					
3	User		Chiller 2 & hydrogebnation			
4	Rated capacity	m3/h				
*	Inlet air temperature (Dry bulb)	degC	31			
*	Inlet air temperature (Wet bulb)	degC	26.7			
*	Inlet water temperature	degC	26.7			32.0
*	Outlet water temperature	degC	26.7			29.7
9	Chiller operation		stop			
10	Motor No.		1	2	3	
11	Pump motor: Rated power	kW	30	30	30	
12	Pump motor rated current	A			stop	
*	Pump motor current (Measured)	A	54.8	59.4		
14	Pump motor power load factor	%				
15	Pump discharge pressure	Mpa	0.4	0.5		
16	user		Chiller 2	Hydrogen ation		
17	Cooling tower specifications		Manufacturer: Nippon Spindle co., Model: GTA 450UN, Capacity: 1546 USGPM			
18	Fan impeller material					
19	Fan motor: rated power	kW	5.5			
20	No.2 Chiller					
21	Type					Turbo
22	User					Fraker 2
23	Rated capacity					
24	Inlet water temperature	degC				29.7
25	Outlet water temperature	degC				32.0
26	Water flow-rate	m3/h				3.0
27	Chilled water temperature	degC				16.5
28	Return chilled water temperature	degC				
29	Chilled water flow-rate	m3/h				
30	Operation condition		Stop			On load: 2-com- pressor



2 - 4 冷却塔の運転管理

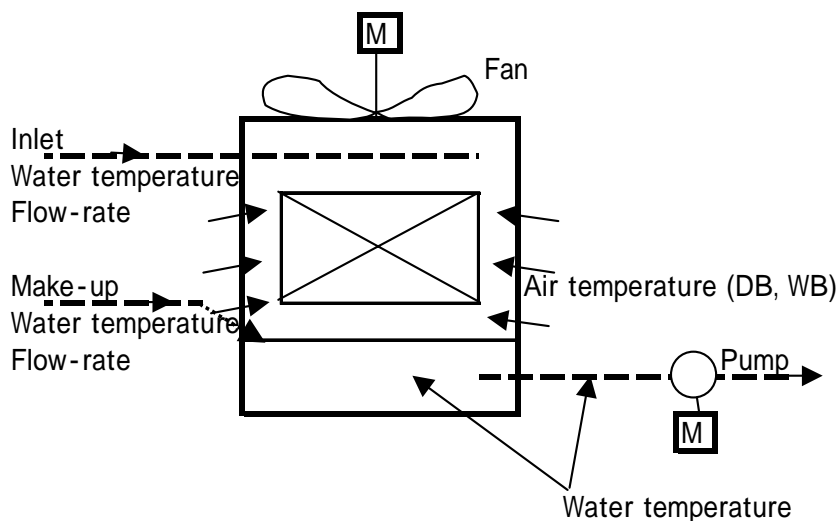
Cooling tower No. CR-2

Factory name: Company A

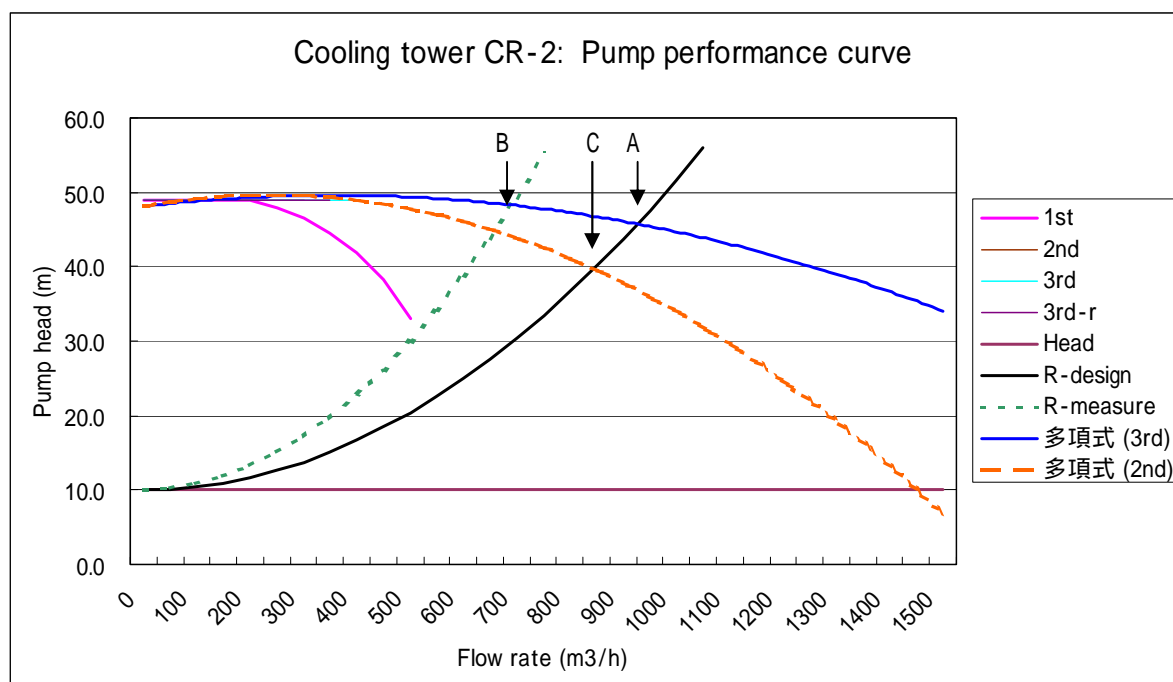
Date of measurement: 2005/8/19

Each * mark indicates a measured value

No.	Item	Unit	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4
1	Measuring time		14:54			
2	User		100, 300, 400, 500, 600, 504			
3	Rated capacity	m3/h	1100			
* 4	Inlet air temperature (Dry bulb)	degC	32			
* 5	Inlet air temperature (Wet bulb)	degC	27			
6	Humidity	% RH	60			
* 7	Inlet water temperature	degC	36.4 / 36.4	36.4 / 36.6	36.9 / 37.2	36.3 / 36.3
* 8	Outlet water temperature	degC	32.5 / 31.4			
* 9	Water flow-rate	m3/h	Inlet	664.4	Outlet	678.5
10	Water speed	m/s		2.07		2.03
11	Water flow-rate (Calculated)	m3/h		698.1		
12	Measuring time		15:09	15:26		
* 13	Make-up water temperature	degC				
14	Make-up water flow-rate (reading)	m3	4657.0	4680.5		
* 15	Make-up water flow-rate	m3/h		82.9		
16	Motor No.		1	2	3	4
17	Pump motor: Rated power	kW	75	75	75	75
* 18	Pump motor rated current	A	133	133	133	133
19	Pump motor current (Measured)	A	106	0	99.4	58.0
20	Power consumption (Calculated)	kW	61	0	57	33
* 21	Pump motor power load factor	%	79.7		74.7	43.6
* 22	Opening ratio of pump outlet valve	%	100		100	50
23	Fan impeller material		FRP			



ポンプの性能曲線



設計条件は、ポンプ 3 台運転によるA点での運転である。

調査時は、ポンプ 3 台運転で、1台のポンプは出口弁開度50%であり、B点で運転されていた。

バタフライ弁の特性は、開度50%で流量30%になるが、ポンプ動力は60%になり、電力損失が大きい。

ポンプは出来るだけ出口弁開度 100% で運転し、流量を減少させる時は、ポンプを1台停止して、C点での運転を行なう。

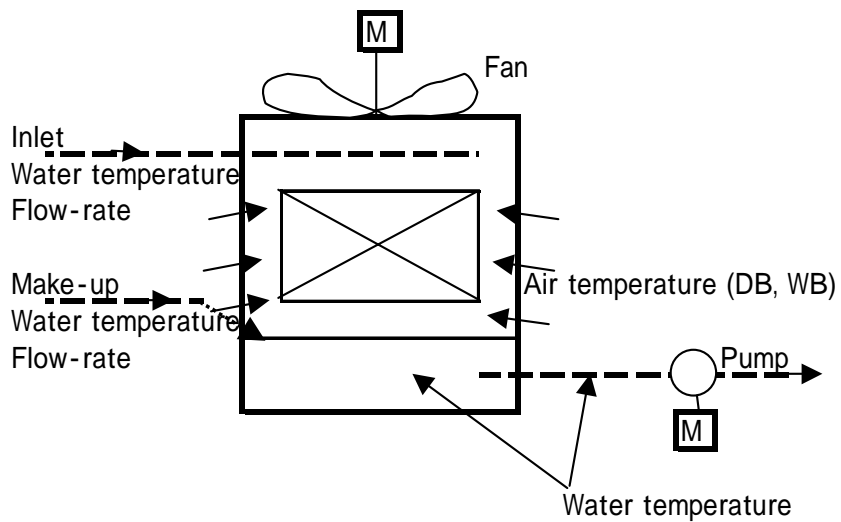
現状では、冷却能力を増大させる必要があるので、ポンプ3台運転でA点で運転することを提言する。

Cooling tower No. CR-3

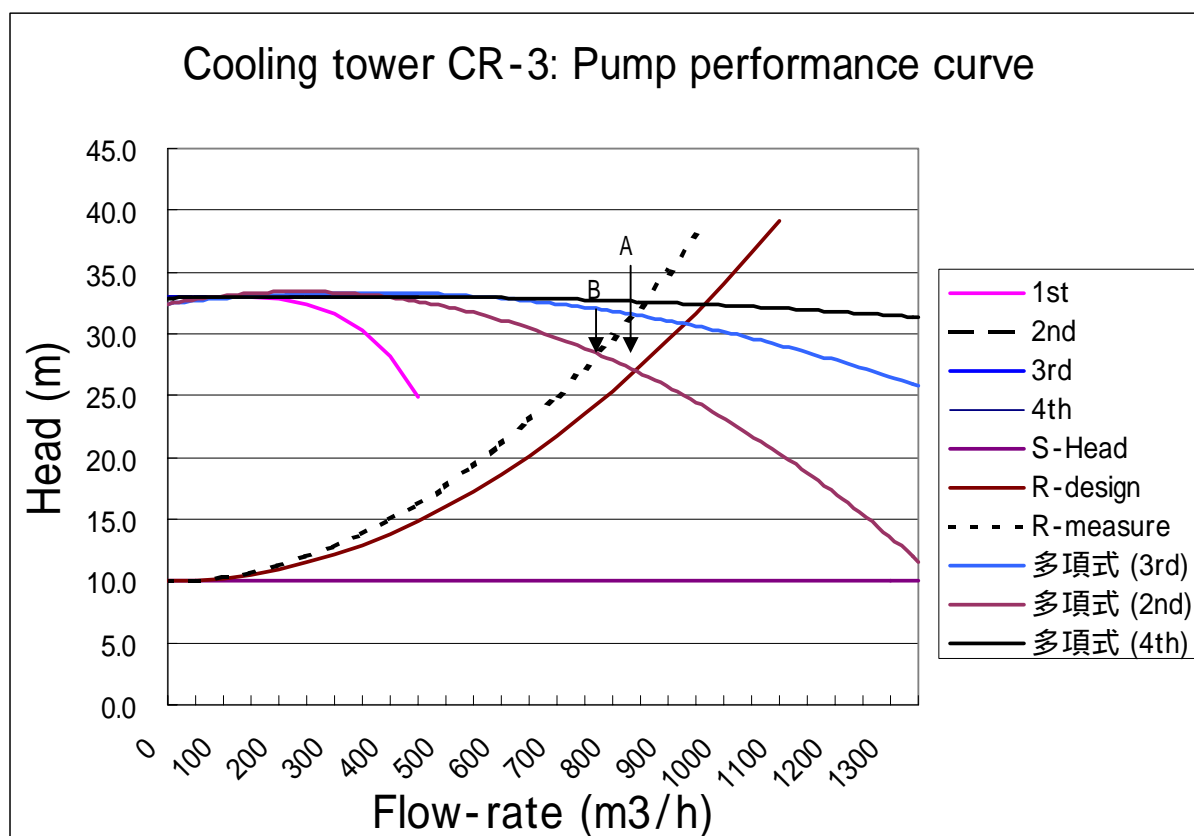
Factory name: Company A Date of measurement: 2005/8/19

Each * mark indicates a measured value

No.	Item	Unit	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4
1	Measuring time		16:05			
2	Type					
3	User		103 (2C), 303 (2C), 403 (4C), 503 (4C)			
4	Rated capacity	m3/h	950			
* 5	Inlet air temperature (Dry bulb)	degC	33			
* 6	Inlet air temperature (Wet bulb)	degC	27			
* 7	Inlet water temperature	degC	37.2			
* 8	Outlet water temperature	degC	34.5			
* 9	Water flow-rate	m3/h				
10	Pump Specifications (volume, head)					
11	Motor No.		1	2	3	4.0
12	Pump motor: Rated power	kW	55	55	55	55
13	Pump motor rated current	A	97	97	97	97
* 14	Pump motor current (Measured)	A	64.4	57.1	72	77.5
15	Power consumption (Calculated)	kW	37.0	32.8	42.7	44.6
16	Pump motor power load factor	%	66.4	58.9	74.2	79.9
* 17	Opening ratio of pump outlet valve	%	50	50	100	100
18	Fan impeller material		FRP			



ポンプの性能曲線



設計条件は、ポンプ 3 台運転によるA点での運転である。

調査時は、ポンプ 4 台運転で、2 台のポンプは出口弁開度50%であり、B点で運転されていた。

バタフライ弁の特性は、開度50%で流量30%になるが、ポンプ動力は60%になり、電力損失が大きい。

ポンプは出来るだけ出口弁開度 100%で運転し、流量を減少させる時は、ポンプを1台停止させる。

現状では、冷却能力を増大させる必要があるので、ポンプ3台運転により、A点で運転することを提言する。

現状のポンプ4台運転の消費電力は157kWであり、ポンプ3台運転を行なうと消費電力は132kWであり、25kWの電力節約となる。

年間の電力節約量： $25\text{kW} \times 8640\text{h/y} = 216,000\text{kWh/y}$

年間電力料金節約： $216,000 \times 0.212 = 45,792 \text{ RM/y}$

3 - 2 空氣壓縮機出口压力低下效果

Air compressor and compressed air line

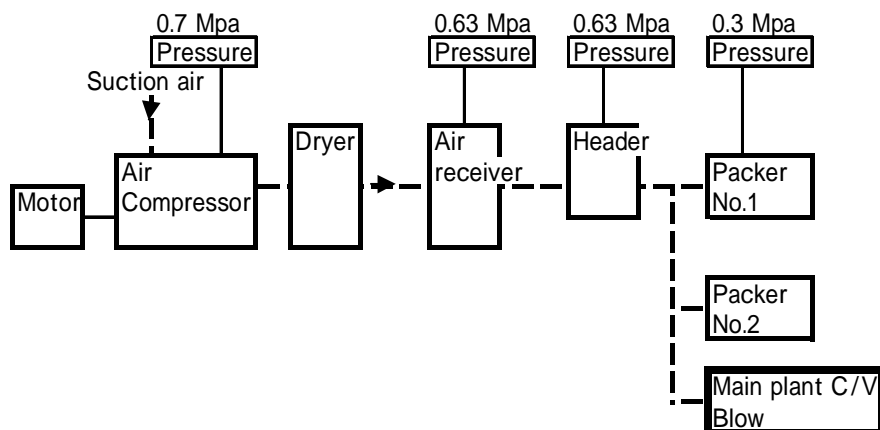
Factory name: Company A

Date of measurement: 2005/8/22

Each * mark indicates a measured value

No.		Unit	Compressor		
			No.1	No.2	No.3
1	Measuring time		9:25		
2	Specifications				
3	Motor power				
4	Rated capacity	m3/min			
* 5	suction air temperature	degC	32	32	32
* 6	Discharge air pressure	Mpa	0.69	0.70	0.75
7	Discharge air temperature	degC	78	88	
* 8	Motor current on load	A	50	60	72
* 9	Motor current or power at no-load	A, kW			
* 10	Full load time	min			
* 11	No-load time	min			
12	Dryer input air pressure	Mpa			0.67
13	Air receiver pressure	Mpa	0.62	0.64	
14	Header pressure	Mpa	0.63		
15	User				
* 16	Air pressure at 502/503		C/V	3 bar	
* 17	Air pressure at section 802		C/V & blow		
* 18	Air pressure at 504		C/V		
* 19	Air pressure at CR II		C/V		
* 20	Air pressure at CR III		C/V		
21	Air pressure at CR 2		Blow	4-5 bar	
22	Air pressure at CR 1		Packer	3 bar	
23	Air pressure at CR IV		C/V & blow		

Note: C/V = Control valve



4 - 1 ボイラの燃焼管理

この高圧蒸気ボイラは、原料油分解塔に圧力60barの蒸気を供給している。

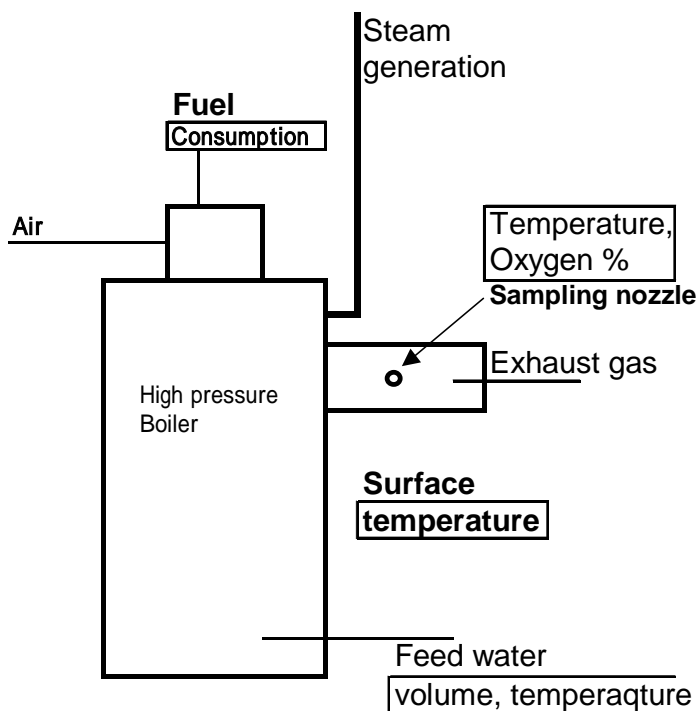
空気比は1.06であるが、小型貫流ボイラとしては低すぎる。COガスは最大447ppm発生している。COガス中毒の危険、未燃損失及びすすの発生があり、COガスが発生しないように空気比は1.2に調整することを提言する。空気比調整により、未燃損失が減少し、ボイラ効率は1%程度向上する。特に、低負荷燃焼時に、バーナ空気ダンパーが全閉になることにより、CO発生が見られるので、バーナ空気ダンパが全閉にならないように調整することを提言する。

熱効率は89.9%であるが、未燃損失は含まれていない。排ガス温度が273℃あるので、エコノマイザを設置して排熱回収を図ることを提言する。ただし、投資回収期間が概算で3年以上となるが、ボイラメーカーに相談して、経済性の点から採用を検討する。空気予熱器はバーナ構造及び据付スペース不足により採用は困難である。

ボイラの熱効率は、排熱回収を行うことにより4.5%向上する。

本体の保温は良好である。

ボイラ効率は、ボイラ給水量のを確定できないため、損失法により算出した。



Boiler efficiencies according to the heat loss method

Factory name: Company A

Boiler No. High pressure boiler

Date of measurement: 2005/8/19

Each * mark indicates a measured value

No	Item	Unit	DATA	Remarks
	Measuring time	min	32	
1	Rated capacity	t/h	2.0	Specification
2	Boiler load factor	%		
3 *	Feed water temperature	degC	72.0	
4	Specific gravity of water	kg/L	1.0	
6	Amount of feed water	L/h	1716	
7	Amount of feed water	kg/h	1716	
9	Enthalpy of feed water	kJ/kg	301	
10 *	Drum steam pressure	M Pa	5.87	
11	Enthalpy of steam	kJ/kg	2,785	Steam table
12 *	Fuel gas temperature	degC	32	
13	Fuel gas pressure in gage	kPa	0.29	
14	Amount of fuel gas	m ³ S/h	109.4	
16	Amount of fuel gas	m ³ N/h	103.7	
17	Lower calorific value of fuel gas	kJ/m ³ S	38,750	
18	Lower calorific value of fuel gas	kJ/m ³ N	40,879	
19 *	Exhaust gas temperature	degC	273.3	At the outlet of boiler
20 *	Oxygen concentration of exhaust gas	%	1.20	Min. 0.3% - Max. 2.5%
21	CO concentration of exhaust gas	ppm	195.0	Max. 447ppm
22	Excess air ratio		1.06	
23 *	Outside air temperature	degC	32.0	
24	Exhaust gas loss	kJ/m ³ N	4,005	[28]*[29]*([19]-[23])
25	Theoretical air volume	m ³ N/m ³ N	10.4	1.09*[18]/1000-0.25
26	Actual air volume	m ³ N/m ³ N	11.0	
27	Specific heat of combustion air	kJ/m ³ NC	1.382	
28	Theoretical dry exhaust gas volume	m ³ N/m ³ N	11.4	1.14*[18]/1000+0.25
29	Actual dry exhaust gas volume	m ³ N/m ³ N	12.0	
30	Specific heat of exhaust gas	kJ/m ³ NC	1.4	
31	Blow loss		0	
33 *	Surface temperature	deg C	43.0	
34 *	Surface area (2.22m dia*3.6mL)	m ²	32.8	
35	Radiation loss from surface	kJ/m ³ N	64.7	
36	Convection loss from surface	kJ/m ³ N	42.5	
37	Dissipation loss from surface	kJ/m ³ N	107.2	
	Boiler efficiency (Indirect method)	%	89.9	

Calculation sheet of economizer of High pressure boiler

No.	Item	Unit	DATA	Remarks
1	Rated capacity	t/h	2.0	Specification
2	Boiler load factor	%	86	
3	Drum steam pressure	M Pa	5.87	
4	Feed water temperature	deg-C	72.0	
5	Feed water temperature (Outlet of economizer)	deg-C	100.0	
6	Specific gravity of water	kg/L	1.0	
7	Amount of feed water	kg/H	1720.0	=2000*0.86
8	Amount of feed water	kg/m3N	15.7	
9	Enthalpy of feed water	kJ/kg	301.4	
10	Fuel gas temperature	deg-C	32.0	
11	Fuel gas pressure in gage	kPa	290.0	
12	Amount of fuel gas	m3S/h	109.4	453.7*3.6
13	Amount of fuel gas	m3N/h	103.7	
14	Lower calorific value of fuel gas	kJ/m3S	38.75	
15	Lower calorific value of fuel gas	kJ/m3N	40.88	
16	Exhaust gas temperature (outlet of boiler)	deg-C	273.3	
17	Exhaust gas temperature (outlet of economizer)	deg-C	174.2	
18	Oxygen concentration of exhaust gas	%	3.50	Change 1.2 to 3.5
19	Excess air ratio		1.2	
20	Outside air temperature (intake temperature)	deg-C	32.0	
21	combustion air temperature (at burner)	deg-C		
22	Exhaust gas loss	kJ/m3N	2645	[e32*e33*(e37-e23)
23	Exhaust gas loss without economizer	kJ/m3N	4488	
24	Theoretical air volume	m3N/m3N	10.39	1.09*HL/1000-0.25
25	Actual air volume	m3N/m3N	12.47	
26	Specific heat of combustion air	kJ/m3N-C	1.30	
27	Theoretical dry exhaust gas volume	m3N/m3N	11.38	1.14*HL/1000+0.25
28	Actual dry exhaust gas volume	m3N/m3N	13.5	
29	Specific heat of exhaust gas	kJ/m3N-C	1.382	
30	Economizer balance			
31	Water side		1842.8	
32	Exhaust gas side		1842.8	
33	Exhaust gas temperature (outlet of economizer)	deg-C	174.2	
34	Blow loss		0	
35	Radiation loss			
36	Surface temperature	deg C	43.0	
37	Surface area (2.22m dia*3.6mL)	m2	32.8	
38	Radiation loss from surface	kJ/m3N	60.0	
39	Convection loss from surface	kJ/m3N	39.4	
40	Dissipation loss from surface	kJ/m3N	99.4	
41	Boiler efficiency with economizer	%	93.3	
42	Boiler efficiency without economizer	%	88.8	

4 - 4 蒸気ボイラの空気予熱器設置

中圧ボイラNo.5は、排ガス温度240 であり、給水温度は脱気器で加熱され、84 である。ボイラの熱効率、91.6%である。燃焼空気比は1.1であり、炉筒煙管ボイラとしては低すぎる。COガスが最大5ppmの濃度で検出されている。COガス中毒の危険、未燃損失及びすすの発生があり、COガスが発生しないように空気比は1.2-1.3に調整することを提言する。

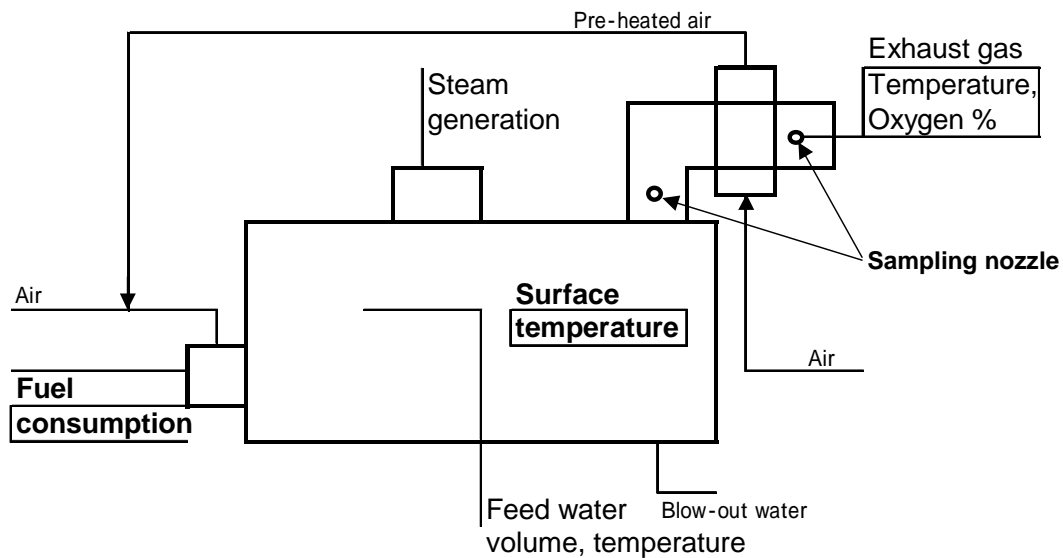
7 ton/h、15 ton/hボイラに排ガスの排熱回収装置として、燃焼空気予熱器を設置すると熱効率は3.5%向上する。

31.8ton/hボイラにはエコマイザを設置すると、効率は3%向上する。

本体の保温は良好であるが、マンホールは保温されていない。

ボイラの負荷変動は小さく、良好な効率を得ている。

ボイラ効率は、熱損失法により算出した数値を採用した。



Boiler efficiencies according to the heat input/output method

Factory name: Company A

Boiler No. Middle pressure No.5

Date of measurement: 2005/8/19

Each * mark indicates a measured value

No.		Item	Unit	DATA	Remarks
1		Measuring time	min	32	
2		Rated capacity	t/h	15.0	Specification
3		Boiler load factor	%	58.0	
4	*	Feed water temperature	deg - C	84.0	
5	*	Drum steam pressure	M Pa	1.52	
6		Enthalpy of steam	kJ/kg	2792	Steam table
7	*	Fuel gas temperature	deg - C	34	
8	*	Fuel gas pressure in gage	kPa	0.29	
9		Amount of fuel gas (Reading of meter)	m ³ /h	214	
10		Amount of fuel gas	m ³ S/h	771.4	
11		Amount of fuel gas	m ³ N/h	731.3	
12		Lower calorific value of fuel gas	kJ/m ³ S	38,750	
13		Lower calorific value of fuel gas	kJ/m ³ N	40,879	
14	*	Exhaust gas temperature	deg - C	240.0	At the outlet of boiler
15	*	Oxygen concentration of exhaust gas	%	1.90	Min. 1.6% - Max. 2.5%
16	*	CO concentration of exhaust gas	ppm	1.3	Max. 5ppm
17		Excess air ratio		1.10	
18	*	Outside air temperature	deg - C	32.5	
19		Exhaust gas loss	kJ/m ³ N	3,560	[23]*[24]*([14]-[18])
20		Theoretical air volume	m ³ N/m ³ N	10.4	1.09*HL/1000-0.25
21		Actual air volume	m ³ N/m ³ N	11.43	
22		Specific heat of combustion air	kJ/m ³ N-C	1.30	
23		Theoretical dry exhaust gas volume	m ³ N/m ³ N	11.38	1.14*HL/1000+0.25
24		Actual dry exhaust gas volume	m ³ N/m ³ N	12.41	
25		Specific heat of exhaust gas	kJ/m ³ N-C	1.382	
26		Blow loss		0	
27	*	Surface temperature	deg C	49.2	
28	*	Surface area (3.3m dia * 5.8mL)	m ²	68.7	
29		Radiation loss from surface	kJ/m ³ N	30.1	
30		Convection loss from surface	kJ/m ³ N	21.2	
31		Dissipation loss from surface	kJ/m ³ N	51.3	
32		Boiler efficiency (Indirect method)	%	91.2	100-([19]+[31])/[20]*100

Calculation sheet of air preheater of Boiler No.5

No.	Item	Unit	DATA	Remarks
1	Measuring time	Unit	32	
2	Rated capacity	t/h	15.0	Specification
3	Boiler load factor	%	58	
4	Drum steam pressure	M Pa	1.52	
5	Enthalpy of steam	kJ/kg	2792	Steam table
6	Fuel gas temperature	deg-C	34.0	
7	Fuel gas pressure in gage	kPa	290.0	
8	Amount of fuel gas	m ³ /h	214.3	
9	Amount of fuel gas	m ³ S/h	771.4	
10	Amount of fuel gas	m ³ N/h	731.3	
11	Lower calorific value of fuel gas	kJ/m ³ S	38.75	
12	Lower calorific value of fuel gas	kJ/m ³ N	40.88	
13	Exhaust gas temperature (outlet of boiler)	deg-C	240.0	
14	Oxygen concentration of exhaust gas	%	3.50	Change 1.9 to 3.5
15	Excess air ratio		1.20	
16	Outside air temperature	deg-C	32.5	Intake temperature
17	Combustion air temperature (at burner)	deg-C	120.0	
18	Exhaust gas loss	kJ/m ³ N	2441	e32*e33*(e37-e23)
19	Exhaust gas loss without air preheater	kJ/m ³ N	3859	
20	Theoretical air volume	m ³ N/m ³ N	10.39	1.09*HL/1000-0.25
21	Actual air volume	m ³ N/m ³ N	12.47	
22	Specific heat of combustion air	kJ/m ³ N-C	1.30	
23	Theoretical dry exhaust gas volume	m ³ N/m ³ N	11.38	1.14*HL/1000+0.25
24	Actual dry exhaust gas volume	m ³ N/m ³ N	13.5	
25	Specific heat of exhaust gas	kJ/m ³ N-C	1.382	
26	Air preheater balance			
27	Air side		1418.5	
28	Exhaust gas side		#NAME?	
29	Exhaust gas temperature	deg-C	163.7	Outlet of preheater
30	Blow loss		0	
31	Radiation loss			
32	Surface temperature (55 to 70 deg-C)	deg C	49.2	
33	Surface area (2.4m dia*5.4mL)	m ²	69	
34	Radiation loss from surface	kJ/m ³ N	32	
35	Convection loss from surface	kJ/m ³ N	22	
36	Disspartition loss from surface	kJ/m ³ N	54	
37	Un-insulated manhole: 3	deg C	166	480mm dia
38	Radiation loss from manholes	kJ/m ³ N	3	
39	Boiler efficiency with air heater	%	93.9	
40	Boiler efficiency without air preheater	%	90.4	

Calculation sheet of economizer of Boiler of 31.8 t/h

No.	Item	Unit	DATA	Remarks
	Rated capacity	t/h	31.8	Specification
	Boiler load factor	%	58	
	Drum steam pressure	M Pa	1.52	
	Feed water temperature	deg-C	84.0	
	Feed water temperature (Outlet of economizer)	deg-C	110.0	
	Specific gravity of water	kg/L	1.0	
	Amount of feed water	kg/H	18444.0	31800 * 0.58
	Amount of feed water	kg/m ³ N	11.3	
	Enthalpy of feed water	kJ/kg	351.6	
	Drum steam pressure	M Pa	1.5	
	Fuel gas temperature	deg-C	34.0	
	Fuel gas pressure in gage	kPa	290.0	
	Amount of fuel gas	m ³ /h	453.7	214 * 31.8/15
	Amount of fuel gas	m ³ S/h	1633.2	453.7*3.6
	Amount of fuel gas	m ³ N/h	1548.2	
	Lower calorific value of fuel gas	kJ/m ³ S	38.75	
	Lower calorific value of fuel gas	kJ/m ³ N	40.88	
	Exhaust gas temperature (outlet of boiler)	deg-C	240.0	
	Oxygen concentration of exhaust gas	%	3.50	Change 1.9 to 3.5
	Excess air factor		1.2	
	Outside air temperature (intake temperature)	deg-C	32.5	
	Exhaust gas loss with economizer	kJ/m ³ N	2630	e32*e33*(e37-e23)
	Exhaust gas loss without economizer	kJ/m ³ N	3859	
	Theoretical air volume	m ³ N/m ³ N	10.39	1.09*HL/1000-0.25
	Actual air volume	m ³ N/m ³ N	12.47	
	Specific heat of combustion air	kJ/m ³ N-C	1.30	
	Theoretical dry exhaust gas volume	m ³ N/m ³ N	11.38	1.14*HL/1000+0.25
	Actual dry exhaust gas volume	m ³ N/m ³ N	13.5	
	Specific heat of exhaust gas	kJ/m ³ N-C	1.382	
	Economizer balance			
	Water side		1229.1	
	Exhaust gas side		1229.1	
	Exhaust gas temperature (outlet of economizer)	deg-C	173.9	
	Radiation loss			
	Surface temperature (55 to 70 deg-C)	deg C	49.2	
	Surface area (2.4m dia*5.4mL)	m ²	69	
	Radiation loss from surface	kJ/m ³ N	14	
	Convection loss from surface	kJ/m ³ N	10	
	Dissipation loss from surface	kJ/m ³ N	24	
	Un-insulated manhole: 3	deg C	166	480mm dia
	Radiation loss from manholes	kJ/m ³ N	2	
	Boiler efficiency	%	93.5	
	Boiler efficiency without air preheater	%	90.5	

4 - 5 プラントの保温状況

高温未保温装置類からの放熱ロス試算

(1) 現状での放熱ロス

同社は3つの油脂分解プラントを有するが、そのひとつについてプラント内の高温機器未保温箇所（装置の一部）の表面積や表面温度を実測し、そこからの放熱ロスを試算した。測定箇所の詳細と放熱ロス試算結果を下表に示す。

No.	Area	Equipment	Part of Equipment	Status	Surface temperature (deg C)	Surface Area (m2)
1	504-1F	Thermal Oil Heater	704 10/ PMD1.9	Insulated	50.8	---
2	504-2F	H.P.S Generator	E39	Insulated	46.5	---
3	504-2F	H.P.S Generator	E49	Insulated	49.7	---
4	504-2F	H.P.S Generator	Side View	Uninsulated	194	---
5	504-2F	H.P.S Generator	Front View	Uninsulated	227	2.5
6	504-3F	Fractionation	Manhole	Uninsulated	183	0.5
7	504-4F	Falling Film Evaporator	E41	Uninsulated	233	3.7
8	504 Top	Heat Exchanger	E22	Uninsulated	176	9.0

H.P.S. : High Pressure Steam

No	Equipment	Heat Loss from Convection(Qc) (kcal/h)	Heat Loss from Radiation(Qr) (kcal/h)	Total Heat Loss (Qc+Qr) (kcal/h)
5	H.P.S Generator	4,043	2,643	6,686
6	Fractionation Distill.Column	592	340	932
7	Falling Film Evaporator	7,181	4,125	11,306
8	Heat Exchanger	10,060	5,659	15,719
	Total	21,876	12,767	34,642

(2) 結果と対策

上表のNo5～8の全放熱量を年間に換算（24h/日×360日/年）すると約30万Mcalとなり、天然ガス（発熱量9.53Mcal/Sm³として）約3.14万Sm³（金額として1.54万RM/年 天然ガス単価0.59RM/Sm³として）分に相当する。

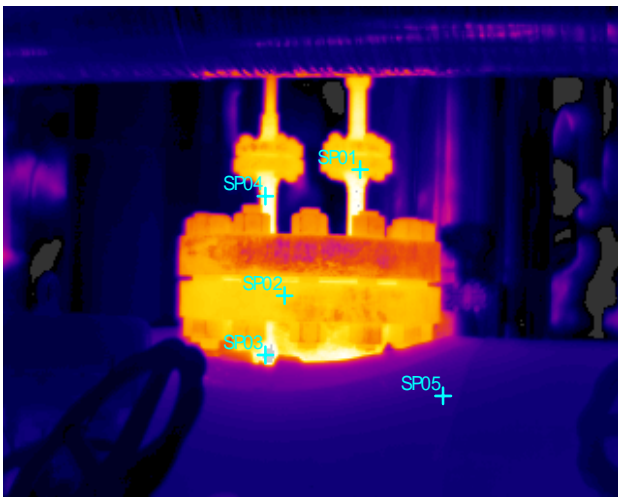
同工場には他に2つの油脂分解プラントがあり、同様の未保温高温部があると仮定するとその値は略々3倍となる。従って、工場内のこのような未保温高温部を全て摘出し、保温を実施することが望ましい。

尚、同工場では高温フランジ部を未保温にしている理由を、万一そこから高圧蒸気のリークがあった場合にいち早く発見できるからとしているが、百数十度もある高温部分が露出していることは作業安全上からも好ましくなく、高圧に対する装置の防御は破裂板等の他の方法を導入して保温を優先することが推奨される。

Thermal image of insulation



Section: 504 E49
 Equipment: Side View
 Date: 22 Aug. 05

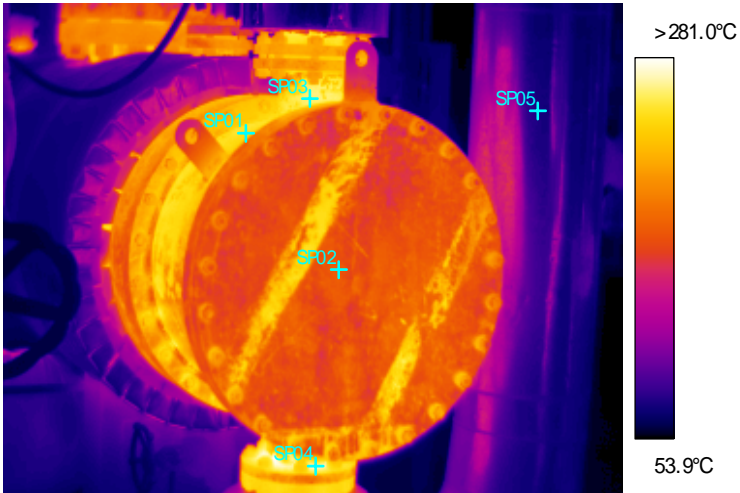


Object parameter	Value
Emissivity	0.44
Object distance	1.0 m

Label	Value
SP01	281.0°C
SP02	281.0°C
SP03	281.0°C
SP04	281.0°C
SP05	96.3°C



Section: 504 E49
 Equipment: Front view
 Date: 22 Aug. 05

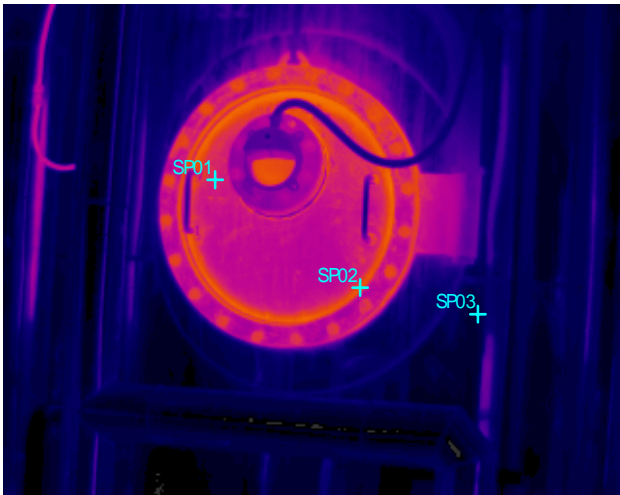


Object parameter	Value
Emissivity	0.44
Object distance	1.0 m

Label	Value
SP01	281.0°C
SP02	268.7°C
SP03	281.0°C
SP04	281.0°C
SP05	90.8°C



Section: 504 D40
 Equipment: Front view
 Date: 22 Aug. 05

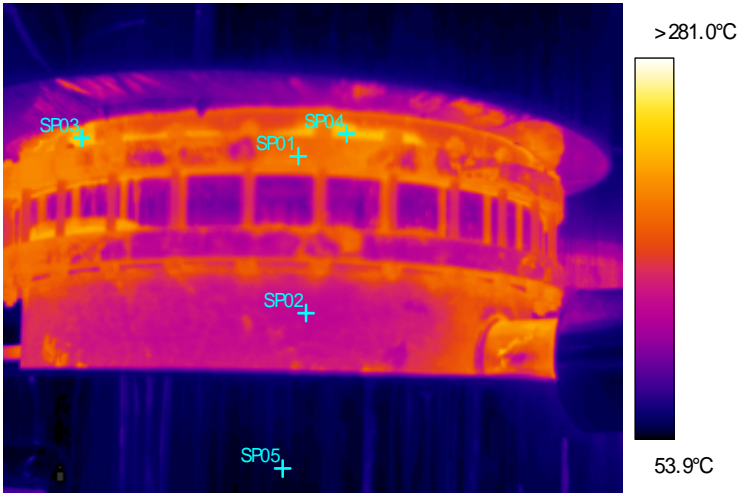


Object parameter	Value
Emissivity	0.44
Object distance	1.0 m

Label	Value
SP01	220.9°C
SP02	262.9°C
SP03	65.2°C



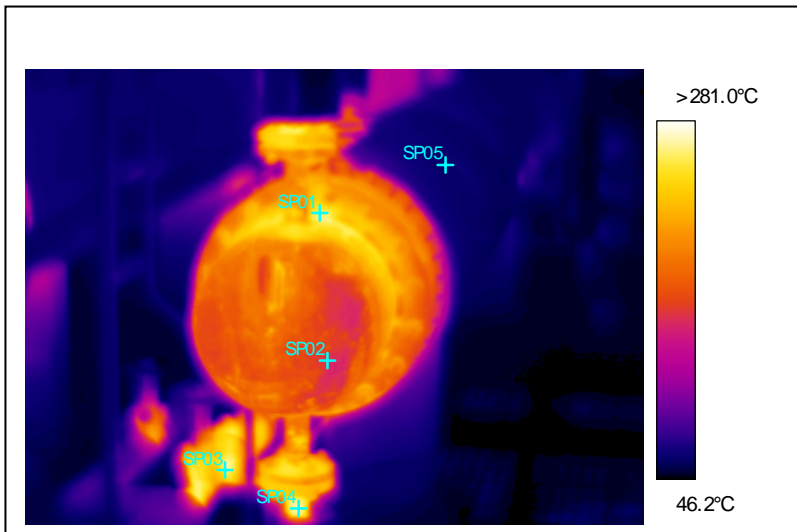
Section: 504 E41 Top View
 Equipment: Side View
 Date: 22 Aug. 05



Object parameter	Value
Emissivity	0.44
Object distance	1.0 m
Label	Value
SP01	281.0°C
SP02	190.9°C
SP03	281.0°C
SP04	281.0°C
SP05	60.0°C



Section: 504 E22
 Equipment: Side View
 Date: 22 Aug. 05



Object parameter	Value
Emissivity	0.44
Object distance	1.0 m

Label	Value
SP01	269.9°C
SP02	160.5°C
SP03	274.6°C
SP04	281.0°C
SP05	62.3°C

4 - 6 蒸気ドレン回収 (スチームトラップ管理)

Steam trap inspection results

Factory: Company A

Date of Measurement: 23 August 2005

No.	Area	Equipment name	Steam pressure (Mpa)	Steam trap type	Inspection results	Remarks
1	504	CR4001/0/TD	0.3	Disk	Good 91°C	
2		CR4003/0/TD	0.3	Disk	Leak 93°C	
3		CR403/0/TD	0.3	Disk	Good 97°C	
4		CR4083/5/IB	1.3	Bucket	Leak 141°C	L14
5		CR4047/5/IB	1.3	Bucket	Good 135°C	
6		CR4060/5/TD	0.3	Disk	Low Temperature 79°C	
8	CR2	CR201/1/IB	0.3	Bucket	Good 89°C	
9		CR202/1/IB	1.3	Bucket	Leak 115°C	L15
10		CR203/1/IB	1.3	Bucket	Low Temperature 54°C	Valve Closed
11		CR204/1/TD	0.3	Disk	Good 87°C	
12		CR205/1/TD	0.3	Disk	Low Temperature 82°C	
13		CR206/1/TD	0.3	Disk	Low Temperature 83°C	
14		CR207/1/TD	0.3	Disk	Low Temperature 64°C	
15		CR201/2/TD	0.3	Disk	Low Temperature 85°C	
16		CR202/2/TD	0.3	Disk	Low Temperature 66°C	
18	CR3	CR3001/1/TD	0.3	Disk	Good 86°C	
19		CR3002/1/F	1.3	Float	Low Temperature 73°C	
20		CR3003/1/F	0.3	Float	Good 112°C	
21		CR3004/1/F	0.3	Float	Good 104°C	
22		CR3005/1/F	0.3	Float	Blocked 89°C	
23		CR3006/1/F	0.4	Float	Good 92°C	
24		CR3007/1/TD	1.3	Disk	Good 140°C	
26		CR3001/2/F	1.3	Float	Good 148°C	
27		CR3002/2/TD	1.3	Disk	Leak 148°C	S01
28		CR3003/2/F	1.3	Float	Good 153°C	
29		CR3004/2/TD	0.3	Disk	Leak 107°C	S04
31		CR3001/3/TD	1.3	Disk	Blowing 144°C	
32		CR3002/3/TD	1.3	Disk	Blowing 145°C	
33		CR3003/3/TD	1.3	Disk	Leak 141°C	M10
34		CR3004/3/TD	0.3	Disk	Blocked 32°C	
35		CR3005/3/TD	1.3	Disk	Good 142°C	
		Inspection results	Quantity			
		Good	13			
		Low temperature	8			
		Leaking	6			
		Blowing	2		In the ejector of CR3	
		Blocked	2			
		Total	31			

5 - 1 モータの運転管理

Motor load factor (20 motors of higher rank of output)

No.	Name of machine	Voltage (V)	Current (A)		Motor (kW)	Revol ution (rpm)	AC or DC	Load factor	Note
			Autual	Rated					
1	704G11A	415	89	124	75	2900	AC	0.72	
2	704G11B	415	ND	124	75	2900	AC		Standby
3	503G30	415	73	97	55	1470	AC	0.75	
4	503G31	415	70	97	55	1470	AC	0.72	
5	503G32	415	75	97	55	1470	AC	0.77	
6	503G33	415	71	97	55	1470	AC	0.73	
7	Cooling tower pump 504G80.1	415	109	133	75	1450	AC	0.82	
8	Cooling tower pump 504G80.2	415	ND	133	75	1450	AC		Standby
9	Cooling tower pump 504G80.3	415	102	133	75	1450	AC	0.77	
10	Cooling tower pump 504G80.4	415	61	133	75	1450	AC	0.46	
11	Air compressor 1	415	60	72	37	2900	AC	0.83	
12	Air compressor 2	415	60	72	37	2900	AC	0.83	
13	Air compressor 3	415	70	92	55	2900	AC	0.76	
14	Air compressor 4	415	ND	92	55	2900	AC		Standby
15	Thermo oil circular pump (ANO)	415	76	77	2x 45	2900	AC	0.99	1 Standby
16	Thermo oil circular pump (703D1)	415	76	77	2x 45	2900	AC	0.99	1 Standby
17	Thermo oil circular pump (703D4)	415	76	75	2x 45	2900	AC	1.01	1 Standby
18	Water pump for splitter 100G1	415	43	95	55	985	AC	0.45	Inverter
19	Water pump for splitter 103G3B	415	50	86	45	1450	AC	0.58	Inverter
20	Water pump for splitter 103G2B	415	30	86	45	1450	AC	0.35	Inverter
21	Chiller No. 3	415	86	151	30+60		AC	0.57	
22	Chiller No. 1	415	90	100	30+30		AC	0.90	
23	Chiller No. 2	415	86	100	30+30		AC	0.86	