

2-3. 工場設備の概要

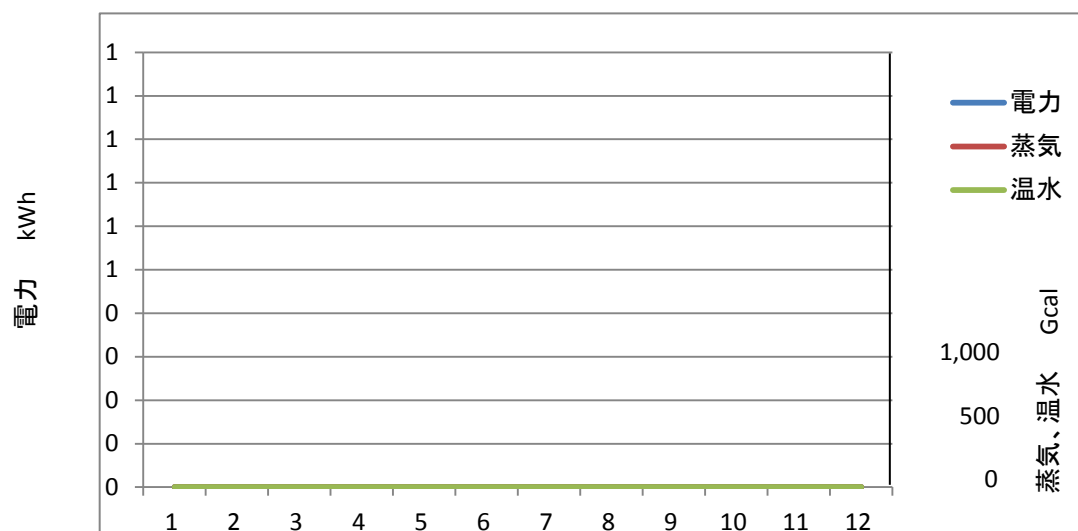
ユーティリティー設備	蒸気設備						
	受入先	第4火力発電所					
	蒸気圧力(診断時) bar	10.1					
	受入温度(診断時) °C	163 (飽和)					
	温水設備						
	受入先	熱供給公社					
	受入圧力(診断時) bar						
	受入温度(診断時)						
	返送温度(診断時)						
	空気圧縮機	1	2				
	メーカーおよび形式	KAESER ASD-57T	KAESER ASD-57T				
	風量 Nm ³ /h	264	264				
	圧力 MPaG	11	11				
	定格入力 kW	30	30				
	受電トランス						
	一時/二次側電圧						
	能力 kVA						
	設置年						
照明	照明形式	Incandescent	Fluorescent cca	Fluorescent (HF)	HID	Hg	
	照明器具数						
	平均電力 W						
その他エネルギー多使用設備							

3-4. エネルギー価格

- 1) 電力: Tg/kWh
- 2) 蒸気: Tg/Gcal
- 3) 温水: Tg/Gcal
- 4) 排水排出料金: Tg/m³ (参考)

2-4. エネルギー使用量およびエネルギー原単位

年/月		電力使用量		蒸気 使用量 Gcal	暖房用 温水使用 量 Gcal	水使用量		生産量/販売額		エネルギー原単位			
		ピーク電 力 kW	月間使用 電力 kWh			市水 m3	井水 m3	生産量	販売額	電力		蒸気	
										生産量 ベース	販売額 ベース	生産量 ベース	販売額 ベース
2010	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7												
	8												
	9												
	10												
	11												
	12												
合計		-	0	0	0	0				-	-	-	-



3. 省エネルギー診断内容

3-1. 全般

- 1) 実施日 2011年6月8日
- 2) 診断員 高橋進
檜垣定夫
- 3) 参加者 AQDCC Ms. ツオルモン

3-2. 蒸気設備

- 1) 設備状況の確認
- 2) 設備のフロー図作成
- 3) 運転状況確認
- 4) 配管保温状況の確認
- 5) スチームトラップの点検(抜き取り)
- 6) その他

3-3. 圧縮空気設備

- 1) 空気圧縮機の電流、圧力の連続計測
- 2) 設備のフロー図作成
- 3) 設備状況および運転状況の確認
- 4) 圧縮空気漏洩状況の確認

3-5. 照明設備

- 1) 設備状況の確認
- 2) 設備の使用管理状況確認

4. モンゴル側参加者への省エネルギー診断および計測機器の技術指導

AQDCC担当者1名、および工場の担当者に省エネルギー診断技術および省エネルギー診断機器の取扱の技術指導を行った。

機器の取扱を極力モンゴル側参加者に実施して貰うとともに、工場側にも各センサー類を取り付けをお願いした。以下に技術指導状況の写真を示す。



図-4-1: 超音波漏洩検知器による圧縮空気の漏洩チェック



図-4-2: サーモカメラの取扱指導

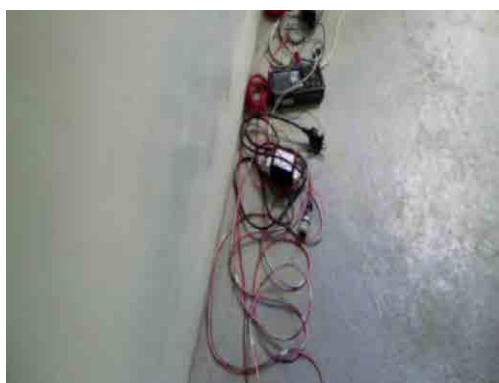


図-4-2: 空気圧縮機の連続計測

5. 省エネルギー診断結果

5-1. 蒸気設備

蒸気は、第4火力発電所から受け入れて使用している。(別添-1のフロー図参照)
蒸気設備に関する省エネルギーの観点から見た問題点について、以下の点が確認された。

- 1) 第4火力発電所と、2t/hの蒸気を受け入れる契約となっており、使い切れない余剰分は大気放出されている。
- 2) 配管の保温の状況が良好とは言えず、大きな熱ロスを生じている。
 - 裸バルブ、フランジ、パイプ等の個所
 - 保温厚保さ不足および保温方法不良
- 3) 蒸気配管系および蒸気使用箇所の必要個所のドレン抜き(スチームトラップ)が設置されていない。
- 4) ドレンを多く含む湿り蒸気のため、受入蒸気流量計の指示誤差の可能性がある。
- 5) 飼料工場のドレンセパレーターが大容量であり、表面からの熱放散が多い。

5-1-1. 第4火力発電所との受入蒸気に関する契約

第4火力発電所と、2t/hの蒸気を受け入れる契約となっており、使い切れない余剰分は大気放出されている。(図-5-1-1, 図-5-1-2参照)



図-5-1-1: 余剰蒸気の大気放出
(2011年6月)



図-5-1-2: 余剰蒸気の大気放出
(2011年3月)

このような状況は、工場における蒸気に関する省エネルギー対策推進を阻害するものであり、今後の課題として、契約面での改善が必要である。

なお、以下の蒸気に関する省エネの改善案は、あくまでも、本来の蒸気の使用について、その使用量の削減を図る対策について記載したものであり、これらの効果を得るためには、契約面での改善が前提となる。

5-1-2. 蒸気配管の保温の改善

5-1-2-1. 保温されていない配管および保温脱落配管の保温修理

1) 現状

蒸気配管のバルブ、フランジが総て保温されておらず、またパイプ自体も保温されていない個所がある。そのため、これらの部分から大きな放散熱ロスを生じている。(サーモカメラ写真参照)
また、配管保温厚さも小さいとともに、保温破損個所も見受けられる。

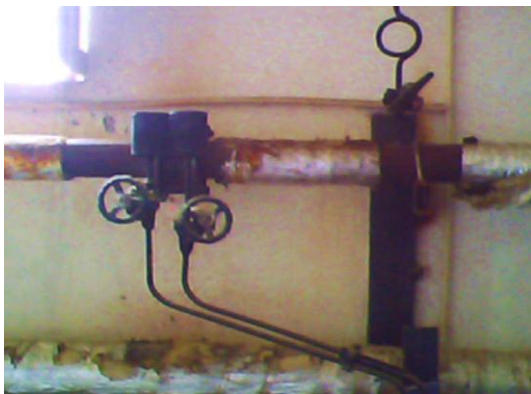


図-5-2-1: 蒸気流量計廻り

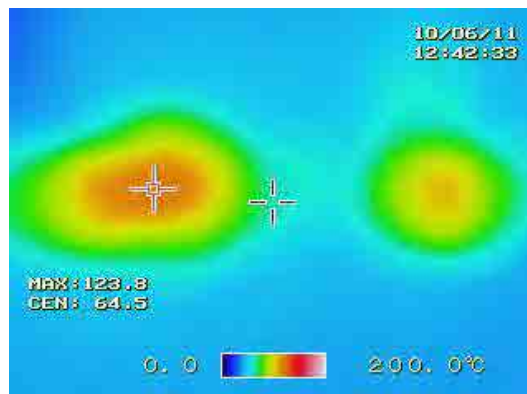


図-5-2-2: 左のサーモカメラ写真



図-5-3-1: 製麺工場エアヒーター用蒸気ヘッダー



図-5-3-2: 左のサーモカメラ写真



図-5-4-1: 飼料工場ドレンセパレーター入口ノズル廻り



図-5-4-2: 左真のサーモカメラ写真

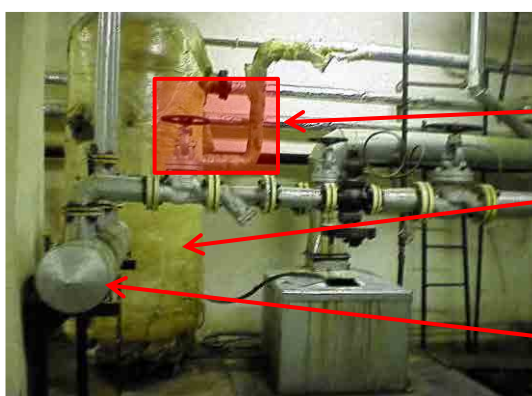


図-5-4-3: 飼料工場ドレンセパレーターおよび
周辺蒸気配管写真

上図写真の範囲

ドレンセパレーター

スチームヘッダー

2) 非保温個所からの放散熱量の計算

非保温個所(保温脱落箇所を含む)からの放散熱量は、表-5-1の通り。

表-5-1: 非保温または保温が脱落した蒸気配管からの放散熱量

サイズ	個所	蒸気圧力 MPaG	蒸気温度 °C	室温 °C	配管等長 長さ m	1m当り 放散熱量 kcal/m・h	個所数 または 長さ	放熱量合 計 kcal/h
1"	Welded Ball Valve	10.06	183	20	0.50	307	4 個所	614
1-1/2"	Welded Ball Valve	10.06	183	20	0.50	420	4 個所	840
4"	Welded Ball Valve	10.06	183	20	0.50	933	1 個所	467
2"	Flanged Globe Valve	10.06	183	20	2.10	527	3 個所	3,320
2"	Press. Reducing Valve	10.06	183	20	1.56	527	2 個所	1,644
2"	Strainer	10.06	183	20	1.78	527	1 個所	938
4"	Flange	10.06	183	20	0.46	1,301	1 個所	598
6"	Flange	10.06	183	20	0.51	1,301	2 個所	1,327
4"	Pipe	10.06	183	20	1.00	933	10 m	9,330
合計								18,464

3) 非保温個所の保温による省エネ効果の計算

[前提]

- 保温効率: 85%
- 工場全体では、上記の放散熱量の1.5倍の放散熱ロス
- 運転時間: 8,760時間
- 飼料工場のヘッダー
- 保温工事費は、日本の場合の1/2程度

[対策内容]

図-5-1に示すように、バルブについては保温ジャケットによる保温が、施工も簡単であり、保温効果が高く本方法を推奨する。

日本でもこの保温方法は広く採用されているとともに日本以外でも同種の製品が製作されている。



図-5-5: 蒸気バルブ保温の実施例

[放散熱ロス削減量]

$$16,251 \times 1.5 \times 8,760 \times 0.85 / 1,000,000 = 182 \text{ Gcal/年}$$

この削減量については、蒸気受入れ量の8.2%(705/8,623*100=8.2)に相当する。

[年間メリット]

$$182 \times 10,600 / 1,000 = 1,929 \text{ 千Tg/年 (工場全体の場合の概算値)}$$

[概算投資額]

$$4,000 \text{ 千Tg (工場全体の場合の概算値)}$$

[投資償却期間]

$$4,000 / 1,929 = 2.1 \text{ 年}$$

5-1-2-2. 保温方法の改善(保温厚さの増加)

1) 現状

現状の保温方法は、10mm厚さのグラスウールで保温を行っている個所が大半である。
現状の保温方法での保温効率の計算結果は、約81%と、通常の保温効率と較べて、約10%低い。
以下に、現状の保温効率の計算結果を示す。

[計算前提]

- 保温材質: グラスウール
- 保温厚さ: 10mm
- 配管サイズ: 4inch
- 蒸気圧力: 10.6bar (183°C)
- 雰囲気温度: 20°C
- 風速: 0m/s
- 放射率(Emissivity): 0.90

[計算結果]

蒸気条件から保温計算ソフトで自動計算すると、この場合の保温効率は、81%である。
なお、配管サイズが変わっても、保温厚さに変化が無ければ、ほぼ同じ保温効率である。

2) 改善および改善効果

保温厚さは、最適保温厚さ(投資額と経済性が最適となる保温厚さ)で決定すべきであるが、ここでは、それを30mmに変更した場合で、改善効果を試算する。
ただし、以降の改善効果は、現状の第4発電所との契約が変更され、使用量に応じて蒸気料金が支払われる形になることが前提である。

[計算前提]

- 保温材質: グラスウール
- 保温厚さ: 10mmT→30mmT
- 配管サイズ/等長長さ: 4inch/150m
注: 1)他のサイズの配管を含み、4inch, 150mの前提とする。
2)地下配管は考慮しない。
- 蒸気圧力: 10.06bar (183°C)
- 雰囲気温度: 20°C
- 風速: 0m/s
- 放射率(Emissivity): 0.90
- 蒸気単価: 10,600Tg/Gcal

[計算結果]

- 現状および改善後の放散熱量および保温効率

表-5-2.現状および改善後の放散熱量および保温効率

	放散熱量 kcal/m	保温効率 %	備考
現状(10mmT)	178.7	80.8	
改善後(30mmT)	83.6	91.0	
保温なし	932.5	0	参考

- 改善により減少する放散熱量
 $(178.7-83.6)*150 = 14,265 \text{ kcal/h}$
 125.0 Gcal/h

- 改善により減少する蒸気ロス量
[改善メリット]

$$15,265 \times 8,760 / 1,000,000 \times 11,870 / 1,000 = 1,587 \text{ 千Tg/年}$$

[投資金額(概算)]
4,000 千Tg

[投資償却期間]
 $4,000 / 1,587 = 2.5 \text{ 年}$

5-1-3. 配管底部立ち上がり部へのドレン切り設備(スチームトラップ)設置

1) 現状

蒸気の送気配管の底部の立ち上がり部にスチームトラップが設置されておらず、ドレンが抜き出せないため以下の問題の発生恐れがある。

- 工場内にドレン交じりの蒸気(湿り度(Wetness)の高い蒸気)が送られるため、設備の過熱能力が減少する。
- 通気開始時等にウォーターハンマー現象が発生し易い。
- 蒸気圧力が変動する恐れがある。

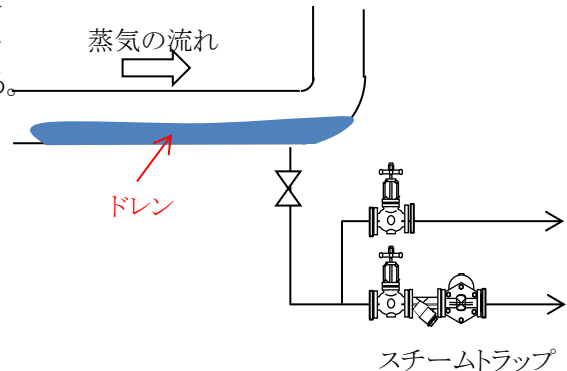


図-5-6: 蒸気配管立ち上がり部への

2) 対策

大口径蒸気配管(例えば、3 inch以上)の立ち上がり部に図-5-8の様なドレン切り設備(スチームトラップ)を設置する。

5-1-4. 受入流量計前へのドレンセパレーター設置

1) 現状

蒸気受入れ量の流量計の前にはドレンセパレーターが無く、流量計を通過する蒸気は、相当な湿り蒸気であることが予想される。

工場で受け入れる蒸気の支払いは熱量ベースで行われているが、実際の流量よりも高い流量が計測され、また、単位重量の蒸気を持つ熱量が小さいことから、実際の受入熱量よりも大きな受入熱量となっていることが予想される。

2) 対策

このような場合、一般的には受入流量計前へのドレンセパレーターが設置される。(図-5-9参照)ただし、蒸気に含まれるドレン量(蒸気の湿り度)が不明のため、この対策による実受入熱量の変化については、算出できない。

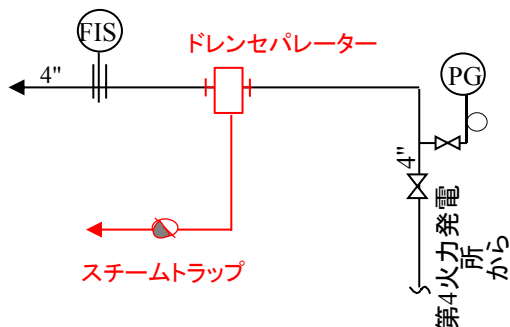


図-5-7: 受入蒸気流量計上流側への
ドレンセパレーター設置



図-5-8: ドレンセパレーター製品例

5-1-5. 飼料工場のドレンセパレーターの小型化

1) 現状

飼料工場の蒸気受入れ箇所にて、図-5-8に示す様な大容量のドレンセパレーターが設置されており、表面積が大きいこと、また、グラスウールの保温厚も約20mmと薄いことから、大きな熱散熱が発生している。

2) 対策

既設の大容量ドレンセパレーターを、図-5-8に示す小型のドレンセパレーターに取替え、放散熱ロス(蒸気ロス)を削減する。



図-5-8: 飼料工場ドレンセパレーター

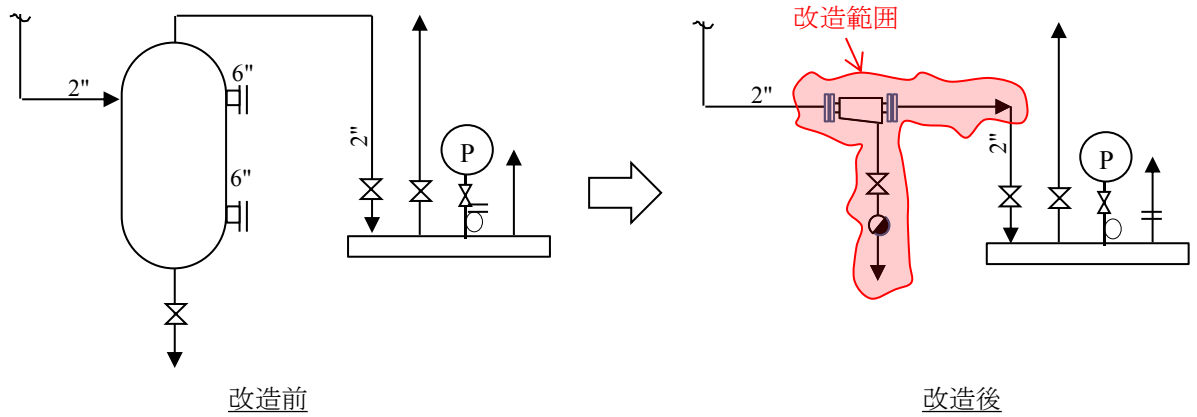


図-5-8: 改造内容

3) 改善効果の計算

[計算前提]

- 既設ドレンセパレーター
 - 容量: 2 m³
 - 表面積: 10 m²
 - 保温: グラスウール, 10mmT
- 新設ドレンセパレーター
 - 表面積: 2mの長さの2inch配管と同等の表面積とする。(約0.4m²)
 - 保温: グラスウール, 30mmT
- 蒸気圧力: 10.06 bar (183℃)
- 雰囲気温度: 20 °C
- 風速: 0 m/s
- 放射率(Emissivity): 0.90
- 蒸気単価: 10,600 Tg/Gcal

[計算結果]

	表面積 m ²	保温厚さ mm	放散熱量 kcal/h		
			本体	ノズル部	合計
改造前	10	20	4,836	1,327	6,163
改造後	0.4	30			102
差					6,061

53.1 Mcal/y

[改善メリット]

$$6,061 \times 8,760 / 1,000,000 \times 11,870 / 1,000 = 630 \text{ 千Tg/年}$$

[投資金額(概算)]

$$3,000 \text{ 千Tg}$$

[投資償却期間]

$$3,000 / 630 = 4.8 \text{ 年}$$

5-1-6. 製麺工場スチームエアヒーターへのスチームトラップの設置

製麺工場の乾燥工程で使用される加熱空気は、乾燥工程からの循環エアをスチームエアヒーター(4台)で加熱され、乾燥工程に送られている。

このスチームエアヒーターのドレン排出側にスチームトラップが設置されていないため、蒸気ロスが発生し、蒸気の蒸発潜熱が有効に使われていない可能性がある。

ただし、このロスについては、現状では算出できないが、将来的な検討項目とすることを推奨する。

5-1-7. 製麺工場加熱ダクトの保温

製麺工場の乾燥工程で使用される加熱空気ダクトについては保温されておらず、大きな熱ロスを生じている。

現状では、運転条件(循環空気量等)が不明であり、保温実施による効果が不明のため、将来的な検討項目とすることを推奨する。

6-2. 圧縮空気設備および照明設備

圧縮空気設備および照明設備に関する省エネ診断に係る指摘事項は、表-5-5の通り。

表-5-5「Altan Taria社診断」圧縮空気設備/照明設備指摘事項

No	項目	現状	提案	数値化
1	エアコンプレッサ運転状態	小麦の製粉プロセスでは、1Fに45kW、5Fに18.5kWのエアコンプレッサが配置され、2台とも独立で連続運転されていた。	1Fのエアコンプレッサを約2時間計測記録した結果、圧縮空気を送気するオンロード運転と、送気せずに電力のみを消費する待機モードのアンロード運転の比率は、ほぼ50%ずつであった。一方、5Fのコンプレッサはオンロード比率が約25%で、1Fと5Fの圧縮空気配管を接続して、1Fのコンプレッサから5Fに圧縮空気を供給すれば、消費電力は大幅に削減可能である。	年間で62,000kWhの電力量削減が可能となる。
2	空気漏れ	①エアコンプレッサ周りの配管接続部6カ所に漏洩あり。 ②製粉ラインの自動計量装置の空気配管接続部でも、2カ所の漏洩があった。	①早急に補修すること。 ②確認された漏洩個所の修理を行うとともに、超音波漏洩検知器を購入して、今後定期的に漏洩個所の検地を行い、修理することが望ましい。	推測値 1個所あたり 0.4kWh/h 漏洩損失計算 漏洩個所が5ヶ所 (0.4 X 5) X 6,000Hr = 12,000kWh/年
3	空気圧力	7.7～6.8Bar	大きな問題ではないものの、0.5Barほど下げて省エネを図る可能性があるが、優先順位低として、将来の取組みを期待する。	—
4	各製造ラインの照明	窓からの自然を活用して蛍光灯照明は殆ど消灯されていた。	照明に関しては節電の意識が浸透しているようで非常に好ましいことである。	—
5	白熱灯の電球型蛍光灯への更新	工場内では白熱灯が散見された。	工場内の照明をすべて確認し、白熱灯を電球型蛍光灯に更新すべきである。	—

5-2-1. 圧縮空気設備

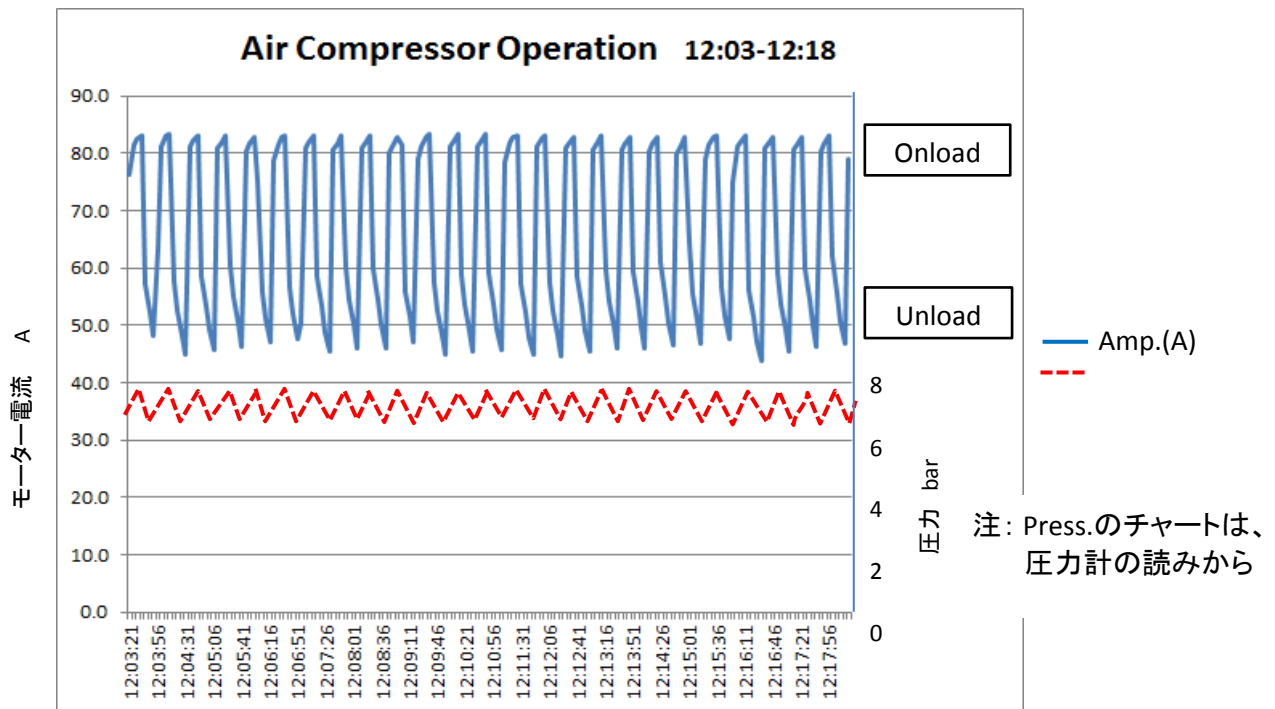
圧縮空気とエアコンプレッサの測定調査結果は別表の通りであるが、特に運転コンプレッサの変更、漏洩検知については次の通り記載する。

(1) 運転コンプレッサの変更

通常は製粉ライン1Fに設置されている45kWと5Fの18.5kWのコンプレッサが同時に運転されており、1Fのコンプレッサは圧縮空気を送気するオンロードとアンロード運転の比率は、ほぼ50%となっている。

一方、5Fのコンプレッサの場合はオンロード運転比率が約25%と稼働率が低いことから、1Fと5Fの圧縮空気配管を接続すれば、1Fのコンプレッサから5Fへの圧縮空気の供給が可能となり消費電力の削減が可能となる。

なお工場では、既にこの配管の接続を検討しているとのことで、今回計測したこの記録を参考にして、改善を進めることが望ましい。



5Fのエアコンプレッサを停止した場合の電力削減量は、次の試算の通りと予測される。

(現状)

1F

オンロード時 $\sqrt{3 \times 0.38V \times 83A \times 0.85 \times 4000Hr} = 123,076 \text{ kWh}$

アンロード時 $\sqrt{3 \times 0.38V \times 50A \times 0.70 \times 4000Hr} = 64,499 \text{ kWh}$

合計 $123,076 \text{ kWh} + 64,499 \text{ kWh} = 187,575 \text{ kWh}$

5F

オンロード時 $\sqrt{3 \times 0.38V \times 83A \times 0.85 \times 4000Hr} = 123,076 \text{ kWh}$

アンロード時 $\sqrt{3 \times 0.38V \times 50A \times 0.70 \times 4000Hr} = 64,499 \text{ kWh}$

合計 $123,076 \text{ kWh} + 64,499 \text{ kWh} = 187,575 \text{ kWh}$

現状での消費電力総計

$123,076 \text{ kWh} + 64,499 \text{ kWh} = 187,575 \text{ kWh}$

(変更後)

1Fのコンプレッサは、5Fのコンプレッサ分を供給するため、オンロード運転が10%増加して、電力消費量は次の通りとなる。

オンロード時 $\sqrt{3} \times 0.38\text{V} \times 28\text{A} \times 0.85 \times 8000\text{Hr} = 125,313\text{ kWh}$

アンロード時 $\sqrt{3} \times 0.38\text{V} \times 50\text{A} \times 0.70 \times 4000\text{Hr} = 64,499\text{ kWh}$

一方、5Fのコンプレッサは停止するため電力消費は0となる。

(削減量)

削減量は、現状の消費電力の総計から、変更後の1Fのコンプレッサの電力消費量を差し引くことで求められる。

$$187,575\text{ kWh} - 125,313\text{ kWh} = 62,262\text{ kWh}$$

年間で約62,000kWhの電力が節減可能となる。

なお次項の圧縮空気漏洩防止を図ることによって、削減量が増加するとともに、15kWコンプレッサ1台での運転も容易となる。

(2) 圧縮空気漏洩箇所の検知

超音波漏洩検知器を活用して、圧縮空気の漏洩を検知した結果、エアコンプレッサ近辺の配管接続部分6カ所と、自動計量装置で2カ所、合計8カ所での漏洩が検知された。

1カ所当たりの漏洩量は $5\text{m}^3/\text{h}$ と推定され、0.5kWhの電力消費増加に相当する。すなわち、漏洩箇所を適切に発見して補修することにより、年間では次の電力消費の削減が可能となる。

$$0.5\text{ kWh} \times 8 \times 8,000\text{ Hr} = 32,000\text{ kWh}$$

なお今回は工場内すべての圧縮空気使用箇所の検知を行ったのではないことから、今後漏洩検知を徹底することによって、更に多数の漏洩箇所の摘出が可能となり、電力削減量は更に多くなるものと考えられる。

(3) エアコンプレッサ運転計測記録

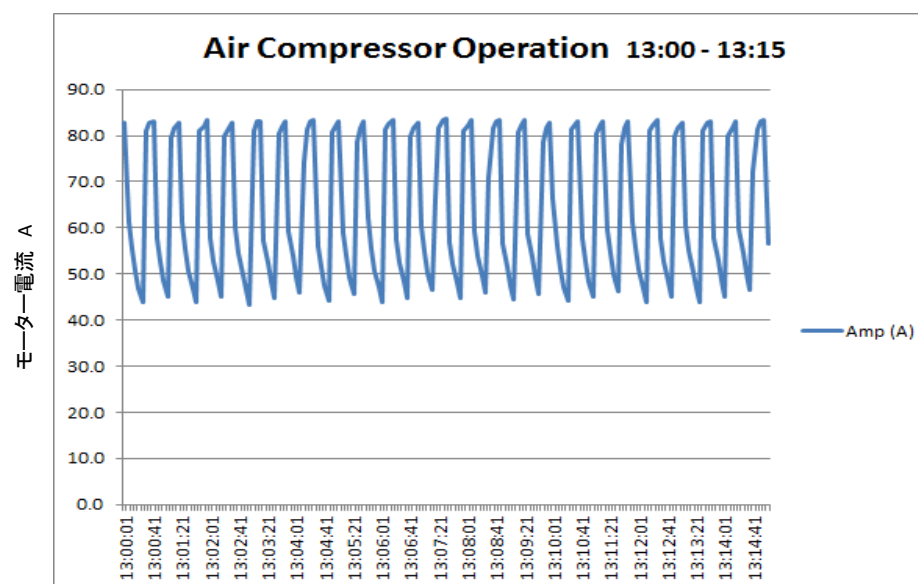
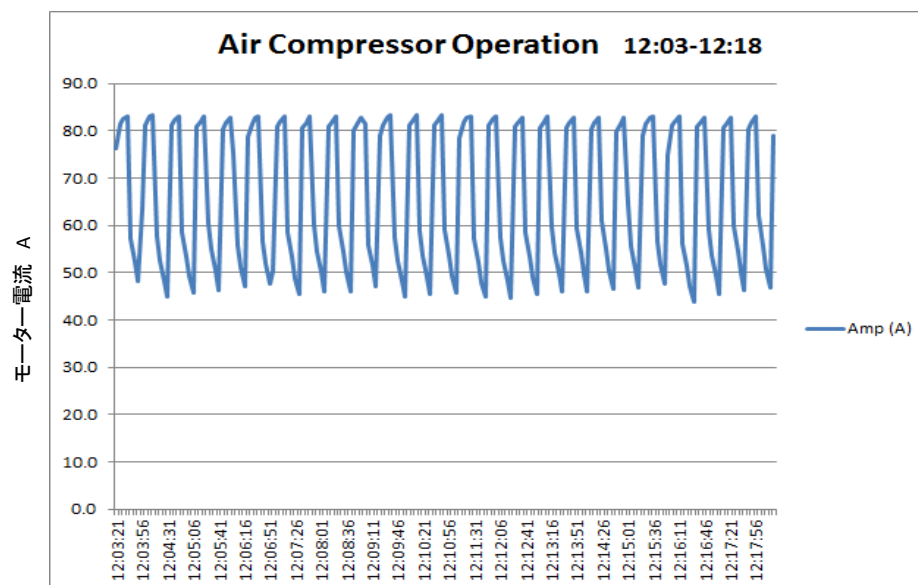
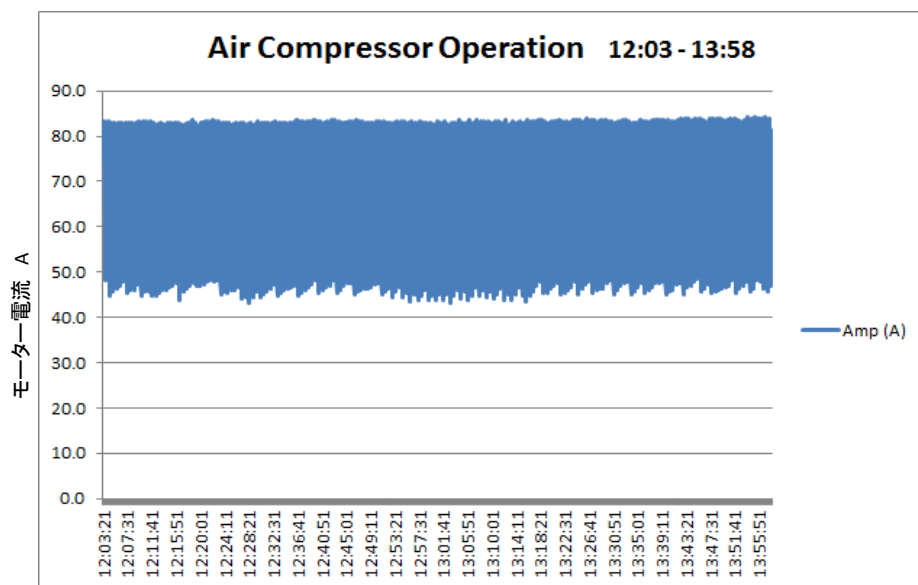
今回計測したエアコンプレッサの運転記録は別添-1の通りである。

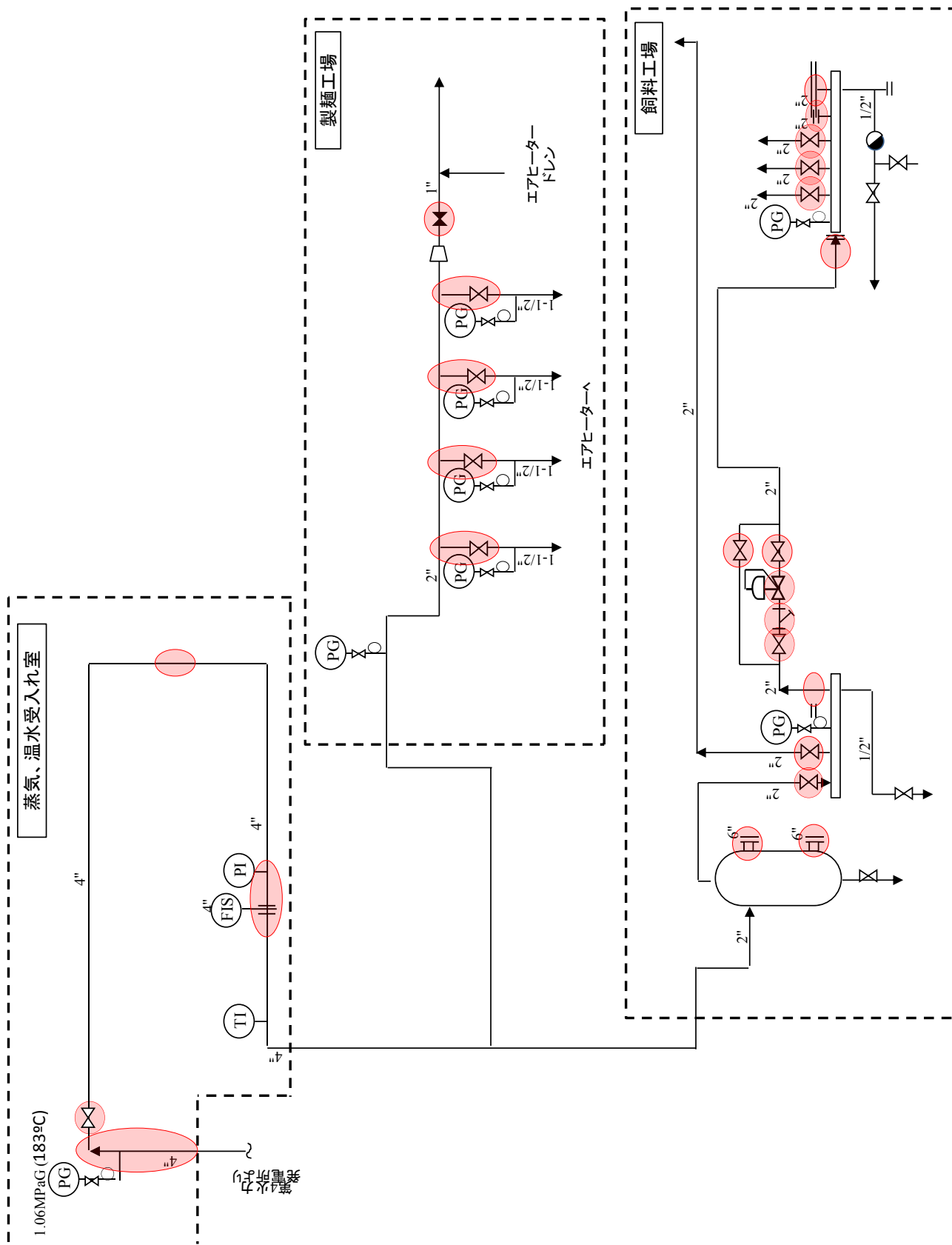
5-2-3. 照明設備

照明設備に関しては、既に工場内天井からの自然光の取り入れによる、昼間の蛍光灯の消灯や、階段通路照明への人感センサーの導入など、積極的な省エネ活動が確認された。

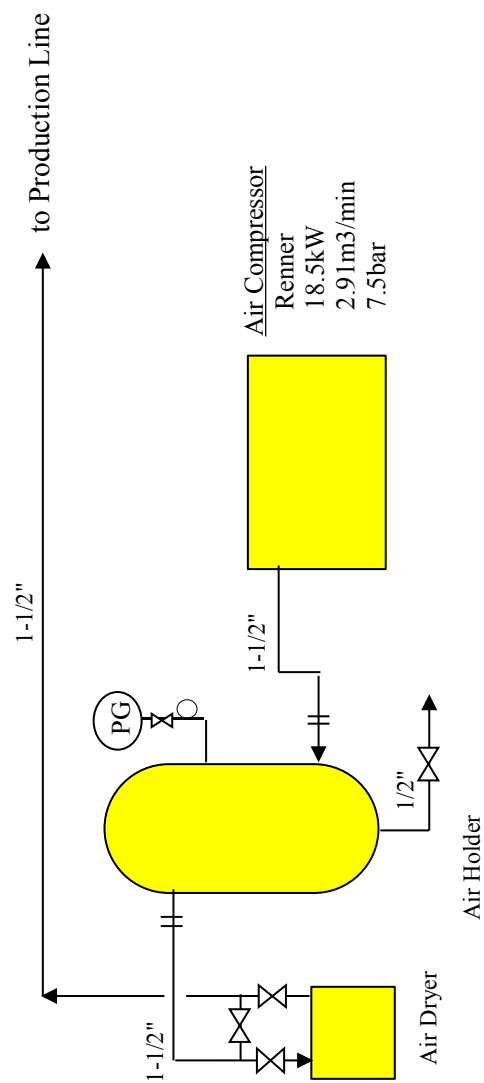
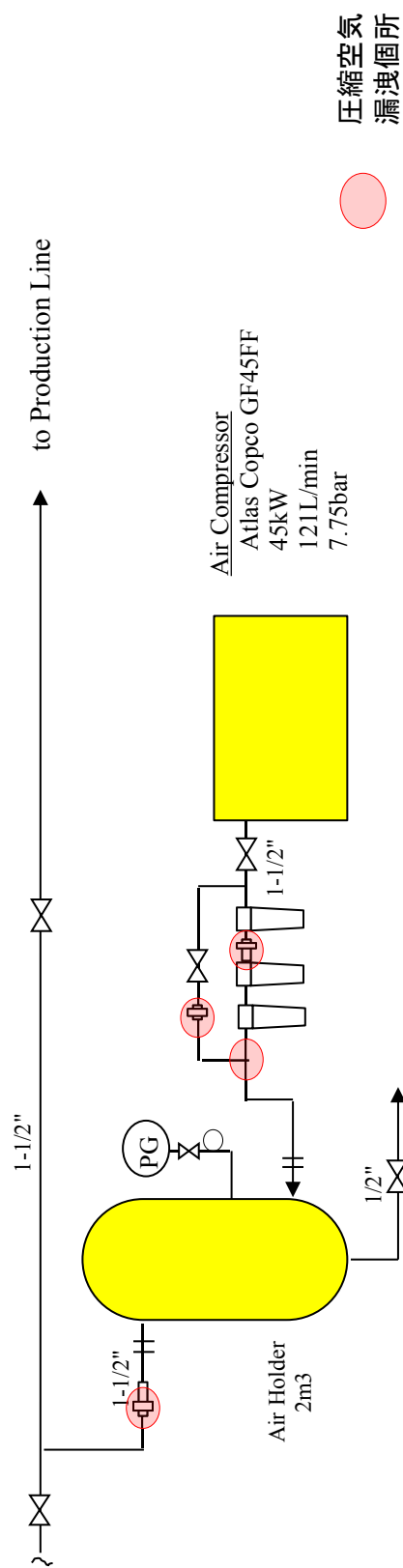
但し、白熱電球の使用箇所も散見されており、早い機会に電球型蛍光灯に更新することにより、更に省エネ、節電が可能となる。

照明設備の診断結果は、表-5-5.をご参照のこと。





Altan Taria工場 蒸気システムフロー図



Milk JSC 工場圧縮空気フロー図

2011.9.27

モンゴル国ウランバートル市

大気汚染対策能力強化プロジェクト

省エネルギーチーム

UGUUJ - SWEET & BISCUIT ウォークスルー省エネルギー診断報告書

1. 診断先

会社名 : UGUUJ-SWEET & BISCUIT

業種 : パン、ビスケット製造

2. 診断日時 : 2011 年 9 月 22 日 (木) 15:00~16:00

3. 先方対応者

Ms. Ch. ULZIIBADRAKH (Marketing Department スタッフ) 他 2 名

4. 訪問者

AQDCC : Ms. Tsolmon

JICA 専門家 : 高橋進

〃 : 檜垣定夫

5. 工場概要

- 1) パンおよびビスケットの製造工場
- 2) 1958 年設立で、現在は民営会社
- 3) 古いソ連製の設備が多く、色々と改造し、現在に至っている。
- 4) イタリア製、ポーランド製の機械、またロシア製の最新の機械も導入している。

6. ウォークスルー省エネ診断結果

- 1) 加熱源は電気と温水で、蒸気は使用していない。
- 2) オーブンは電気加熱の連続式オーブンである。しかし、入口/出口部および側面の開口部が大きく、これらの部分からの熱ロスにより、熱効率は良くないと思われる。
オーブンでの電力使用量が多いと思われるが、サーベイ時の受電電流量は、400A を示していた。(約 260kW)
- 3) 温水は熱供給会社から供給され、10/1 から 5/1 の間、原料加熱、給湯、暖房で使用されている。
なお、熱供給会社から供給される温水と熱交換器(二重管式熱交換器)で熱交換された温水が工場に送水される。また、温水設備の保温状況については、一部が保温されている程度であり、保温されていない部分が多い。
- 4) 空気圧縮機は、3 箇所に設置されているが、総て小型の物であり、設備の運転に併せて稼働するので、運転時間も短く省エネの余地は少ない。

5) 照明関係については次の通りで、全体的には良い状況であった。

- －明るい場所の消灯が実施されていた。
- －白熱灯の使用は見受けられなかった。

7. 省エネに関するコメント

1) 温水配管の保温については、保温の効果を確認し、投資効率が良ければ実施することが好ましい旨、アドバイスした。

一例として、保温されていない二重管式熱交換器表面からの放散熱量および保温効果の概算結果は次の通り。

[前提]

－二重管式熱交換器部の非保温部分のみで、配管部分は除外

－サイズ：6inch

－未保温箇所全長：30m

－1m 当りの放散熱量：200kcal/m（自動計算）

－全体の放散熱量： $200\text{kcal/m} \times 30\text{m} = 6,000\text{kcal/h}$

－年間の放熱削減量： $6,000\text{kcal/h} \times 5,000\text{h/y} = 30,000,000\text{kcal/y}$
 $= 30.0\text{Gcal/y}$

－放熱削減量： $30.0\text{Gcal/y} \times 80\% \times 0.8 = 19.2\text{Gcal/y}$

－年間費用削減量： $19.2\text{Gcal/y} \times 20,886\text{Tg/Gcal} = 400,000\text{Tg/y}$

2) 現状の電気加熱連続式オーブンの熱効率は低いと思われるが、今後の老朽化による設備の更新があれば、これにより改善される。

3) 現在、工場では日本人の指導で5 Sに取り組んだとのことで、この改善活動が省エネ活動にも波及することを期待したい。

2011.9.27

モンゴル国ウランバートル市

大気汚染対策能力強化プロジェクト

省エネルギーチーム

JURUR（ケーキ製造）ウォークスルー省エネルギー診断報告書

1. 診断先

会社名：JURUR

業種：ケーキ製造

住所：Khan-Uul District, III th Khoroo, “AJILCHINY” street-137, “JUR UR” Bldg.
Ulaanbaatar, Mongolia

2. 診断日時：2011 年 9 月 23（金）12:00～13:00

3. 先方対応者

Mr. Maralkhuu Togtokhbayar（Head of supply division）

4. 訪問者

AQDCC：Ms. Tsolmon

JICA 専門家：高橋進

〃：檜垣定夫

5. 工場概要

ケーキ製造工場で、敷地面積は 1,500m² の小さな工場である。

6. ウォークスルー省エネ診断結果

1) 加熱源は電気と温水で、蒸気は使用していない。

2) ケーキ製造用の電気オーブンは総て多段前面開閉扉式であり、オーブン本体の外表面温度も低く、熱効率は良好であると判断される。（オーブン内温度：150～200℃）

3) 温水は熱供給会社から供給され、10/1 から 5/1 の間、原料加熱、給湯、暖房で使用するが、温水温度は以下の通り。

－供給：80～90℃

－給湯：50～60℃

－暖房：80～90℃？

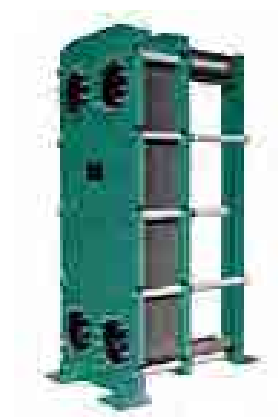
なお、熱供給会社から供給される温水と熱交換器（二重管式熱交換器）で熱交換された温水が工場に送水されるが、熱交換器の能力が不足している状況がある。

また、温水設備の保温状況については、一部が保温されている程度である。

- 4) 空気圧縮機としてベビコンが 1 台あり、間欠的に起動され、ここでの電力の使用量は少ない。
なお、圧縮空気圧力は 6.7bar であった。
- 5) 照明関係については次の通りで、全体的には良い状況であった。
- －明るい場所の消灯が実施されていた。
 - －反射板付の蛍光灯が使用されていた。
 - －白熱灯の使用は見受けられなかった。
 - －屋外の 2 灯の照明（HID ランプ）が昼間にも拘わらず点灯されていた。消灯忘れとのことであった。

7. 工場への省エネに関するアドバイス内容

- 1) 温水の熱交換器の能力不足の問題の対策として、既設の二重管式熱交換器ではなく、右図のプレート式熱交換器に取替える方が、伝熱効率が高いことから表面積も小さく（放散熱量が小さい）、また場所も取らない。
また、この熱交換器の取替えに際しては、JICA の 2 ステップローンを活用することも可能であろうとアドバイスした。
- 2) 温水設備の保温については、温水温度が余り高くないため、投資回収期間が長くなるが、例えば、投資額を抑えるために、従業員が実施するようなことが出来れば良いと思われる。
- 3) 屋外で点灯されていた 2 灯の照明について、指摘後直ぐに消灯されていた。なお、消灯忘れの防止のため、当該スイッチに必要な表示を行うこと、また担当者を決めること。



プレート式熱交換器例

第 3 火力発電所省エネルギー診断結果報告書

1. 目的

JICA モンゴル国ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクトにおける活動の一環として、計測器を使用し、第 3 火力発電のボイラ廻りの保温、断熱状況の計測診断を行った。

2. 診断日時

2011 年 9 月 28 日（木）10:00～11:30

3. 先方対応者

第 3 火力発電所：Mr. Boldsaikhan（エコロジーエンジニア）

4. 訪問者

AQDCC：Ms. Tsolmon

JICA：高橋 進（診断員）

檜垣定夫（診断員）

5. 発電所概要

第 3 発電所の設備概要は表-1 の通り。

表-1：第 3 発電所の設備概要

項 目	中圧系統	高圧系統
ボイラ基数&（番号）	6 基（第 1 号～6 号）	7 基（第 7 号～12 号）
ボイラ仕様 －蒸発量 －蒸気圧力 －蒸気温度	75 t/h 40 kg/cm ² 440 °C	220 t/h 100 kg/cm ² 540 °C
ボイラ石炭使用量	16～17 t/h/缶	35～40 t/h/缶
タービン容量×基数	12 MW×4 基（合計：48 MW）	25 MW×4 基（合計：100 MW）
集塵方式および台数	ベンチュリースクラバー 2 基/缶	ベンチュリースクラバー 4 基/缶

6. 発電所レイアウト

発電所のレイアウトは、図-1 の通り。



図-1：第3火力発電所レイアウト

出典：Google Earth

6. 診断内容

1) 診断対象設備：第8号ボイラ

2) 使用計測器

- ① サーモカメラ (NEC AVIO Infrared Ray Technology Co. Ltd.製 サーモショット FW30)
- ② 赤外線放射温度計 (HIOKI 製 放射温度ハイテスタ 3419)



図-2：サーモカメラ

注) ー測定温度範囲：-20～350℃
ー放射率(Emissivity)0.85 に設定
ー周辺温度を 20℃に設定



図-3：放射温度計

注) ー測定温度範囲：-35～500℃
ー放射率(Emissivity)0.85 に設定

3) 診断方法

- ① サーモカメラを使用して、ボイラ本体、スチームドラム廻り、空気ダクト、給水および蒸気配管について、サーモ写真および通常写真の撮影を行い、表面温度の状況を計測
- ② 放射温度計を使用して、同上箇所の温度を計測
- ③ 計器室でボイラの運転状況を確認

7. 診断結果

- 1) ボイラ本体、スチームドラム廻り、空気ダクト、蒸気および給水配管のサーモカメラ写真（サーモ写真モードおよび通常写真モード）については、写真-1～8の通りであり、一部保温がない部分、またスーパーヒーター入口部等について、高温の部分がある。
- 2) 放射温度計を用いた計測で、全体的な温度範囲は次の通りで、一部、保温、断熱の不良個所で温度の高い部分がある。しかしその例外には、全体的には、多少高めではあるが、極端に高くはない。
 - ① ボイラ本体外表面（全体的）：50～70 ℃
 - ② スーパーヒーター入口貫通部廻りボイラ本体外表面：100～120 ℃
 - ③ スチームドラム本体表面：40～50 ℃
 - ④ 主蒸気配管表面：45～55 ℃
 - ⑤ 給水配管表面：30～35 ℃
- 3) ボイラ運転状況
第8号ボイラの運転状況については、図-9～12の通り。
- 4) その他
 - ① 配管等の保温材として、見た範囲では総てアスベストが使用されている。
 - ② アスベスト保温の施工方法については、成形品ではなく、アスベストと石膏等を混ぜ、水で練ったものを表面に塗り込む方法で、この方法は、市中の温水配管と同じ方法である。

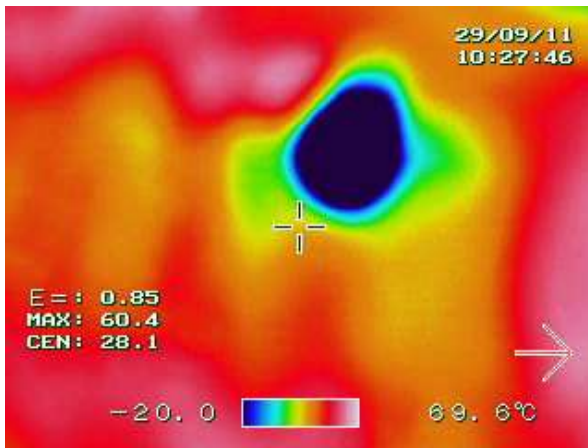


写真-1：ボイラ後壁外面サーモ写真

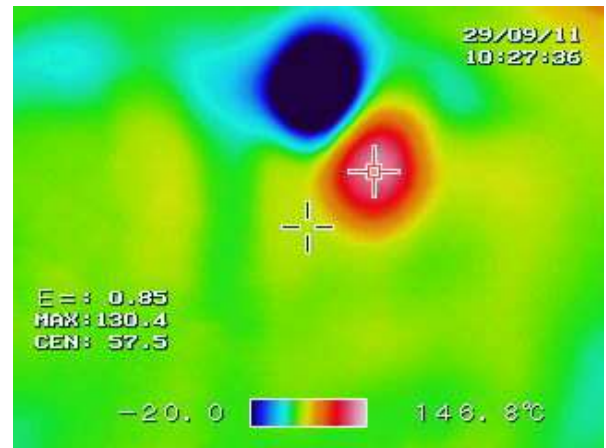


写真-2：エコ外面ボイラ側サーモ写真

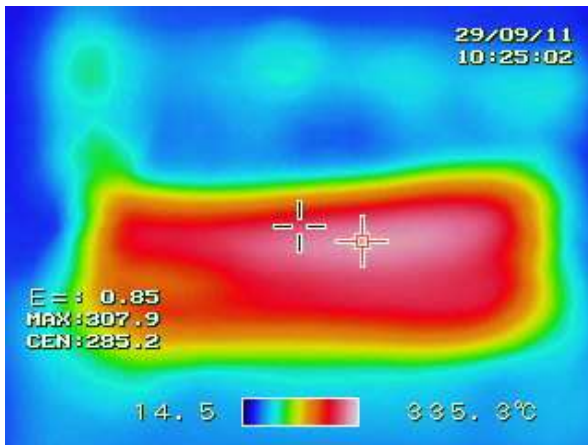


写真-3：エアプレヒーター出口エアダクト
裸フランジ部サーモ写真

注：写真1～3については、当該箇所が暗く、
通常写真サーモカメラの通常写真モード
での撮影不可

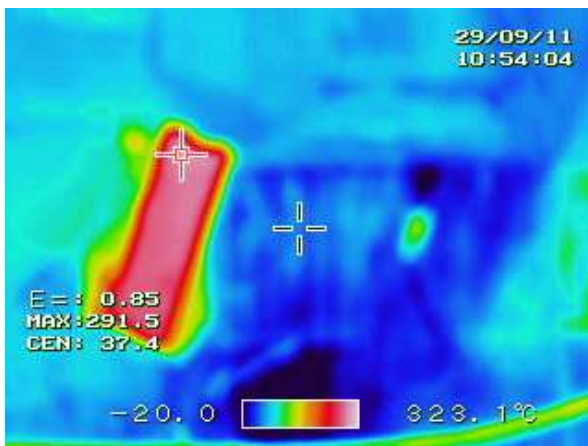


写真-4-1：スーパーヒーター入口ボイラ本体
貫通部サーモ写真



写真-4-1：スーパーヒーター入口ボイラ本体
貫通部通常写真

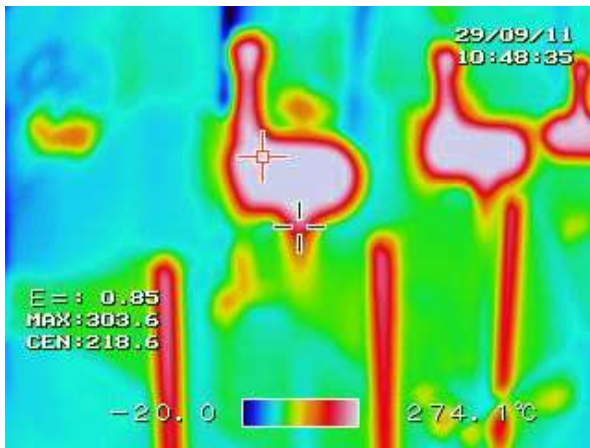


写真-5-1：スチームドラム廻りサーモ写真



写真-5-1：スチームドラム廻り通常写真

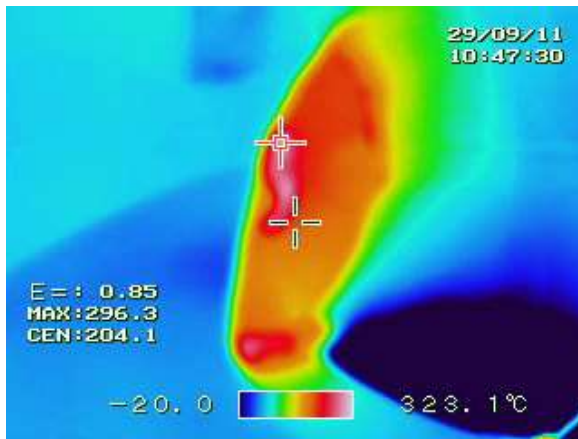


写真-6-1：スチームドラムマンホール廻り
サーモ写真



写真-6-2：スチームドラムマンホール廻り
通常写真

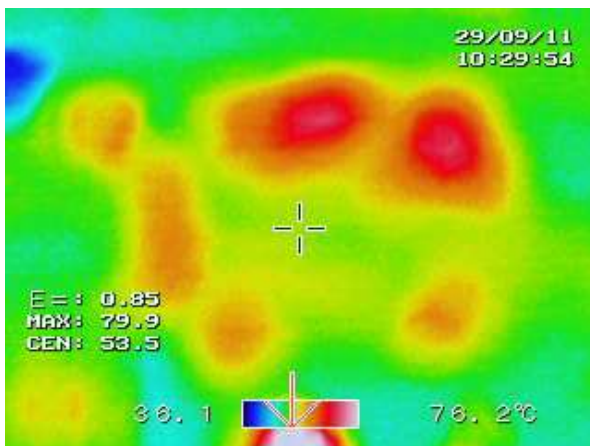


写真-7-1：エコノマイザー出口給水配管
サーモ写真



写真-7-2：エコノマイザー出口給水配管
通常写真

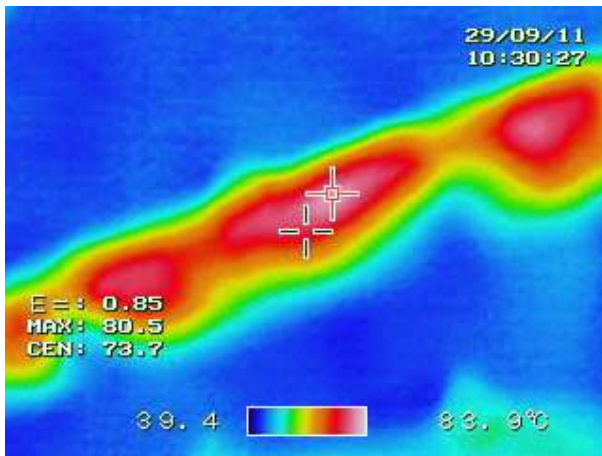


写真-8-1：主蒸気配管サーモ写真



写真-8-2：主蒸気配管通常写真

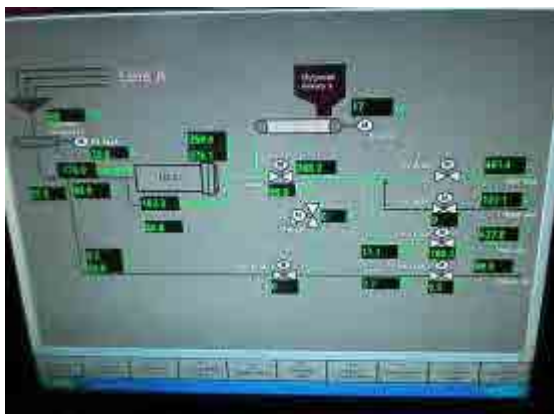


図-9： ボイラ運転状況
(A 系列給炭設備廻り)

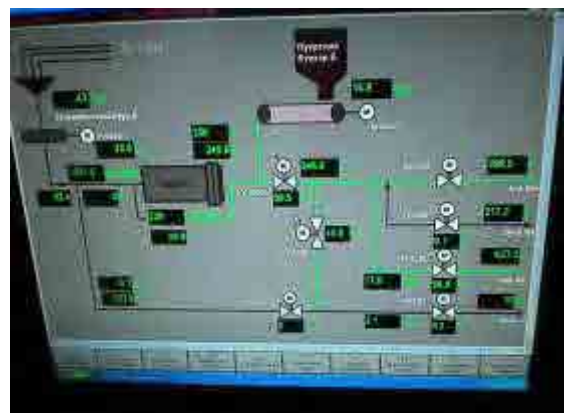


図-10： ボイラ運転状況
(B 系列給炭設備廻り)

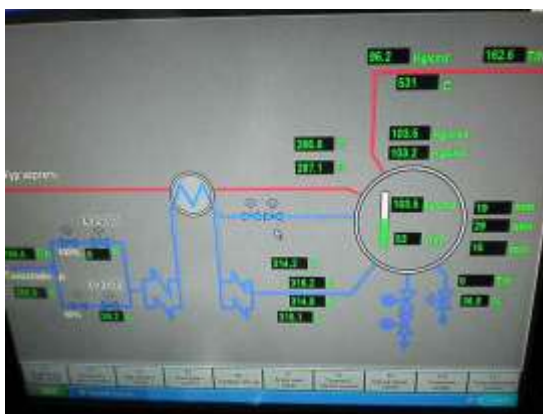


図-11： ボイラ運転状況（給水系統および
スチームドラム廻り）

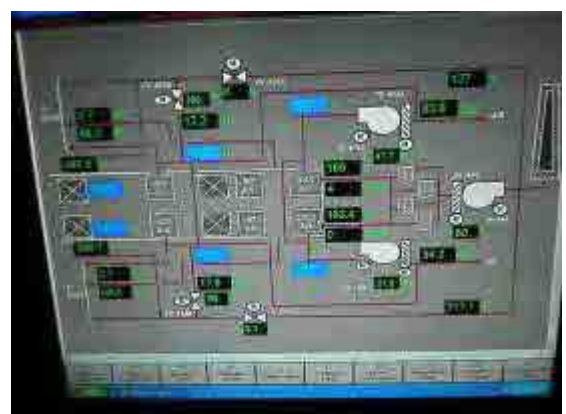


図-12： ボイラ運転状況（エコノマイザー
およびエアプレヒーター廻り）

8. 結論

- 1) 保温、断熱不良個所で表面温度が高いところもあるが、全体的には多少表面温度が高い程度であり、ボイラ効率の放散熱ロス分に占める割合については、左程大きいものではない。概算ではあるが、ボイラ本体の平均表面温度が 60℃から 50℃に 10℃低下した場合のボイラ本体からのボイラ効率に占める放散熱ロスの減少割合は、約 0.25%と小さい。
なお、この規模のボイラでのボイラ効率に占める放散熱ロスの割合は、一般的に 1%以下である。
- 2) しかし、スーパーヒーター入口ボイラ外壁貫通部の裸配管等の保温されていない個所、また保温破損個所については、保温の実施が必要である。

9. その他コメント

- 1) サーモカメラにはサーモ写真と通常写真が切替えて撮れる機能がある。
これは撮影箇所の特定に有効な機能ではあるが、フラッシュ機能がないため、暗い場所では通常写真が撮れない。(真っ黒の写真となる)
そのため、暗い場所での撮影に際しては、照明を準備するか、または普通のカメラで通常写真を撮影する必要がある。
サーモカメラに係る本問題点については、省エネルギー診断用計測器類の取扱に関するワークショップ（9/30 開催）でも説明した。
- 2) 省エネルギーに係る内容ではないが、保温材としてコストの面からアスベストが使用されている状況は、安全衛生面で大きな問題があり、モンゴル全体として今後解決すべき大きな課題であると思われる。

以上

省エネルギー診断結果報告書

Stimo Company Ltd.

2013年 1月

モンゴル国ウランバートル市
大気汚染対策能力強化プロジェクト
省エネチーム

1. 省エネルギー診断結果の要約

1-1 省エネルギー提案内容

表-1-1-1 省エネルギー提案内容

番号	項目	エネルギーの種類	エネルギー使用削減量 /年	効果 千Tg/年	投資額 概算 千Tg	投資償却 期間 年	備考
1	圧縮空気圧力の低下	電力		—	—	—	定量評価不可
2	圧縮空気漏洩箇所の修理	電力		—	—	—	定量評価不可
3	ビスケット工場の照明の見直し	電力		1,620,000	ほぼ0	ほぼ0	
4	C4工場の照明の見直し	電力		4,590,000	ほぼ0	ほぼ0	
5	ボイラ室の照明(白熱灯)の蛍光灯への取り換え	電力		342,000	500,000	1.5	
6	その他箇所での、照明用電力削減 ①明るすぎる箇所の照明の消灯また球抜き ②高効率照明への取り換え ③人感センサーの設置 ④照明の点灯、消灯の基準の明確化と照明スイッチの管理の徹底	電力		—	—	—	定量評価不可

1-2. 省エネルギーポテンシャル（効果が定量化されたもののみ）

表-1-2. に工場の省エネポテンシャルを示すが、定量化されない項目もあること、さらにこれ以外の項目もあると考えられるので、さらに大きなポテンシャルがあると考えられる。

表-1-1-2 省エネポテンシャル

エネルギーの種類	年間使用量	削減量	削減率 %	削減額 千Tg	投資額 千Tg	投資償却年 年	備考
電気	kWh	kWh	0.6	6,552,000	500,000	0.08	
石炭	ton	ton	—	—	—	—	提案事項なし。

2. 工場概要

2-1 工場概要

- | | |
|-----------|----------------------------|
| 1) 会社名 | Stimo Company Ltd. |
| 2) 会社所有形態 | 民営 |
| 3) 住所 | Mongolia, Ulaanbaatar, 46a |
| 4) 主な製品 | |
| | - ビスケット |
| | - 菓子パン |

5) Energy Consumption

- | | |
|----------------|--|
| (1) 電力 (2010年) | <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; display: inline-block;"></div> kWh |
| (2) 石炭 (2010年) | <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; display: inline-block;"></div> ton |

2-2 工場のレイアウト



2-3 工場設備の概要

ユーティリティ 設備	温水ボイラ	1	2	3	4	5
	メーカーおよびタイプ	CSLG-0.46	CSLG-0.46	CSLG-0.47	CSLG-0.47	CSLG-1.05
	能力 MW	0.46	0.46	0.47	0.47	1.05
	供給/戻り温度 °C	65/85	65/85	65/85	65/85	65/85
	圧力 MpaG	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	空気圧縮機	6台+1台(予備)				
	メーカーおよびタイプ	エアレシーバー 付ベビコン				
	風量 m3/min	1.05				
	圧力 MPaG	1.25				
	定格入力 kW	7.5				
	冷凍機					
	タイプ					
	設計能力					
	定格入力					
	受電トランス					
	一時/二次側電圧					
	能力 kVA					
	設置年					
	受電トランス					
	一時/二次側電圧 V	10,000/400				
	能力 kVA	1,000				
	設置年	1,990				
照明	照明形式	Incandescent	Fluorescent	Fluorescent (HF)	HID	Hg
	照明器具数		1,300		8	
	平均電力 W		60		450	
その他エネルギー多使用設備						

エネルギー価格

電力 昼
夜
ピーク

Wh
Wh
kWh

→平均90Tg/kWhと仮定

2-4 エネルギー使用量およびエネルギー原単位

年/月		電力使用量		石炭 使用量 ton		工業用水 使用量 m3	生産量/販売額		エネルギー原単位	
		購入電力					生産量	販売額	電力	
		ピーク電力 kW	積算電力 kWh						生産量 ベース	販売額 ベース
2010	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									
	10									
	11									
	12									
合計		-							-	-

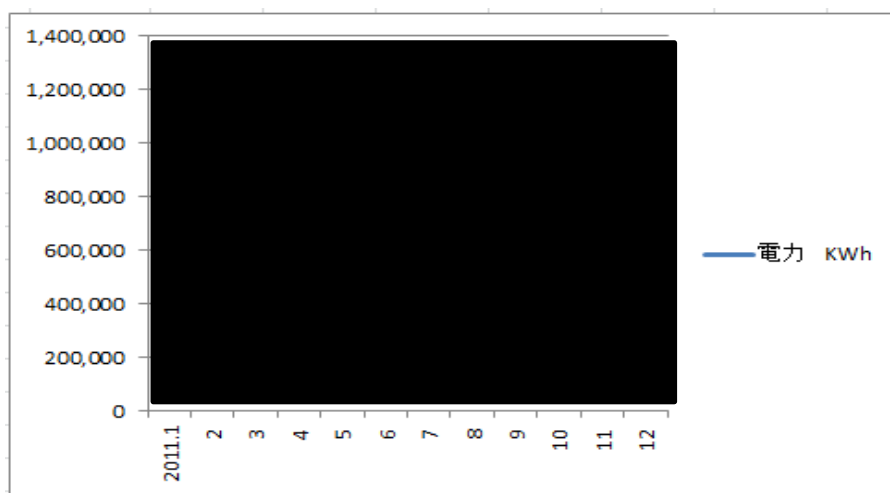


図-2-4-1 エネルギー使用量の経時変化

3. 省エネルギー診断内容

3-1. 全般

- 1) 実施日 2011年10月12日
- 2) 診断員 檜垣定夫
- 3) 参加者 AQDCC Ms. Tsolmon
通訳 Ms.Baskag

3-3. 温水設備

- 1) 設備および運転状況の確認
- 2) 暖房用設備(ラジエーター)設備およびその使用状況の確認

3-4. 圧縮空気設備

- 1) 設備状況および運転状況の確認
- 2) 圧縮空気漏洩状況の確認

3-5. 照明設備

- 1) 設備状況の確認
- 2) 設備の使用管理状況確認

4-1 温水設備

4-1-1 温水ボイラ

- 1) 以下の中国製CLSGタイプの暖房用および給湯用の温水ボイラ5基を有している。
 - CLSG 0.46×2台
 - CLSG 0.47×2台
 - CLSG 1.05×1台（予備）
- 2) 燃焼灰の未燃分は少ないようで、燃焼状態は良く管理されているようである。



図-4-1-1: 温水ボイラ



図-4-1-2: 石炭灰

4-1-2 温水使用先

暖房用の各ラジエーターには温水流量の調整バルブが取り付けられており、温水の通水量を調整できる設備となっている。



図-4-1-3：暖房用ラジエーター

4-1-3 省エネ改善事項

提案事項は特になし。

4-2 圧縮空気設備

4-2-1 現状

- 1) エアコンプレッサーには、中国製のエアレシーバー付エアコンプレッサー（ベビコン）が予備機の1台を含め、計7台が設置されており、性能は、以下の通りである。
 - ① 風量： 1.05m³/min.
 - ② 圧力： 12.5bar
 - ③ 電動機： 7.5kW
- 2) 各エアコンプレッサーの起動、停止の圧力スイッチを適宜設定変更することで圧縮空気の圧力を4～12.5barの間で調整している。
- 3) 圧縮空気の漏洩チェックを超音波漏洩探知器を使用し、工場内の一部について実施したが、C4工場内のパッキングマシン廻り、エアコンプレッサーのホース接続部の1箇所に漏洩が確認された。
漏れの程度としては良い状況にあるが、他の漏洩箇所も含め修理が必要である。



図-4-2-1 エアコンプレッ



図-4-2-2 パッキングマシン廻りの圧縮空気漏洩検査の状況



図-4-2-3 超音波漏洩検知器

4-2-3 省エネ改善内容

4-2-3-1 圧縮空気圧力の低下

- 1) 図-4-2-4に示すように、圧縮空気圧力が低い方が、エアコンプレッサーでの電力使用量が少ないので、各エアコンプレッサーの圧力設定を見直し、極力、圧縮空気圧力を低くする。
- 2) 本対策のための投資は不要であるが、本対策による定量的な省エネ効果の試算は難しい。

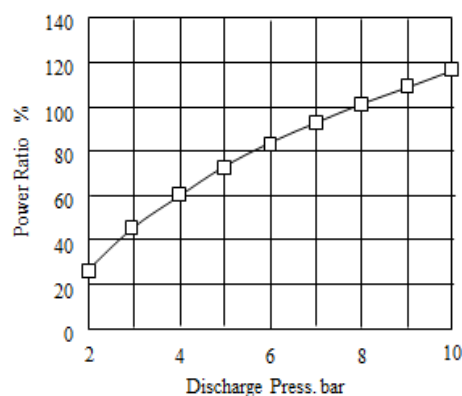


図-4-2-4 吐出圧力と動力の関係

4-2-3-2 圧縮空気漏洩箇所の修理

- 1) 超音波漏洩検知器（図-4-2-3）を使用し、圧縮空気の漏洩検査を実施し、顕著な漏洩箇所は検知されなかったが、定期的に漏洩検査を行い、発見された漏洩箇所の修理の実施を推奨する。
- 2) なお、仮に1mmφ程度の開口部がある漏洩箇所では、約4Nm³/hの圧縮空気が漏洩しており、の修理の実施を推奨これによる電力ロス、約0.4kW程度である。

4-3. 照明設備

4-3-1 現状

- 1) 照明に関しては、不要な照明が消灯されている箇所も多く、概ね良い状況にある。

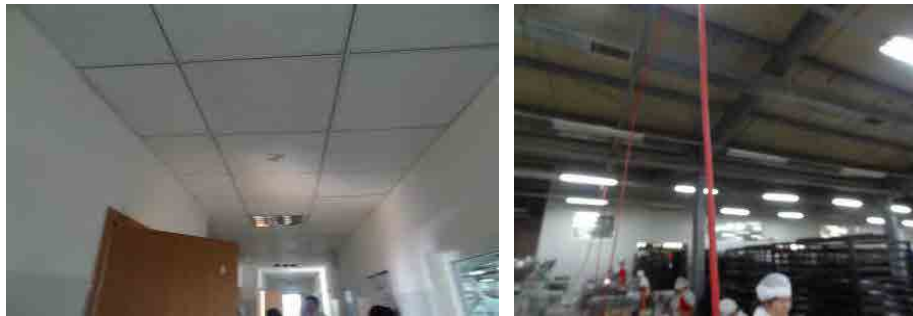


図4-3-1 消灯状況

- 2) しかし、表-4-3-1に示すJIS,ISOの照度基準からすれば、明る過ぎる場所、暗すぎる場所もある。

表-4-4-1 JIS、ISOの照度基準

照度 Lux	工場		事務所	
	場所	作業	事務所	
3000				
2000	制御室などの計器盤および制御盤	精密作業	—	
1500				
1000	設計室、製図室	細かい作業	事務所（細かい作業を行う場合）、玄関（昼間）	
750				
500	制御室	一般の製造工程などでの普通の作業	—	事務所、役員室、会議室、診察室、受付
300			集会室、応接室、食堂、調理室、守衛室、玄関（夜間）、エレベーターホール	
200	電気室、空調機室	粗な視作業	—	倉庫、会議室、電気室、行動、機械室、エレベーター内
150				洗い場、湯沸場、浴室、廊下、階段、洗面所、便所
100	出入口、廊下、通路、階段、洗面所、便所、作業を伴う倉庫	ごく粗な視作業	喫茶室、休憩室、宿直室、更衣室、倉庫、玄関（車寄せ）	—
75				
50	屋内非常階段、倉庫、屋外動力設備	荷の積み下ろし、荷の移動などの作業	屋内非常階段	
30				
20	屋外	—	—	
10				

4-3-2 改善対策

4-3-2-1 ビスケット工場の照明の見直し

1) 現状

ビスケット工場の照度の計測結果は、図-4-3-2の通りであり、明る過ぎる場所、不要な照明等もある。

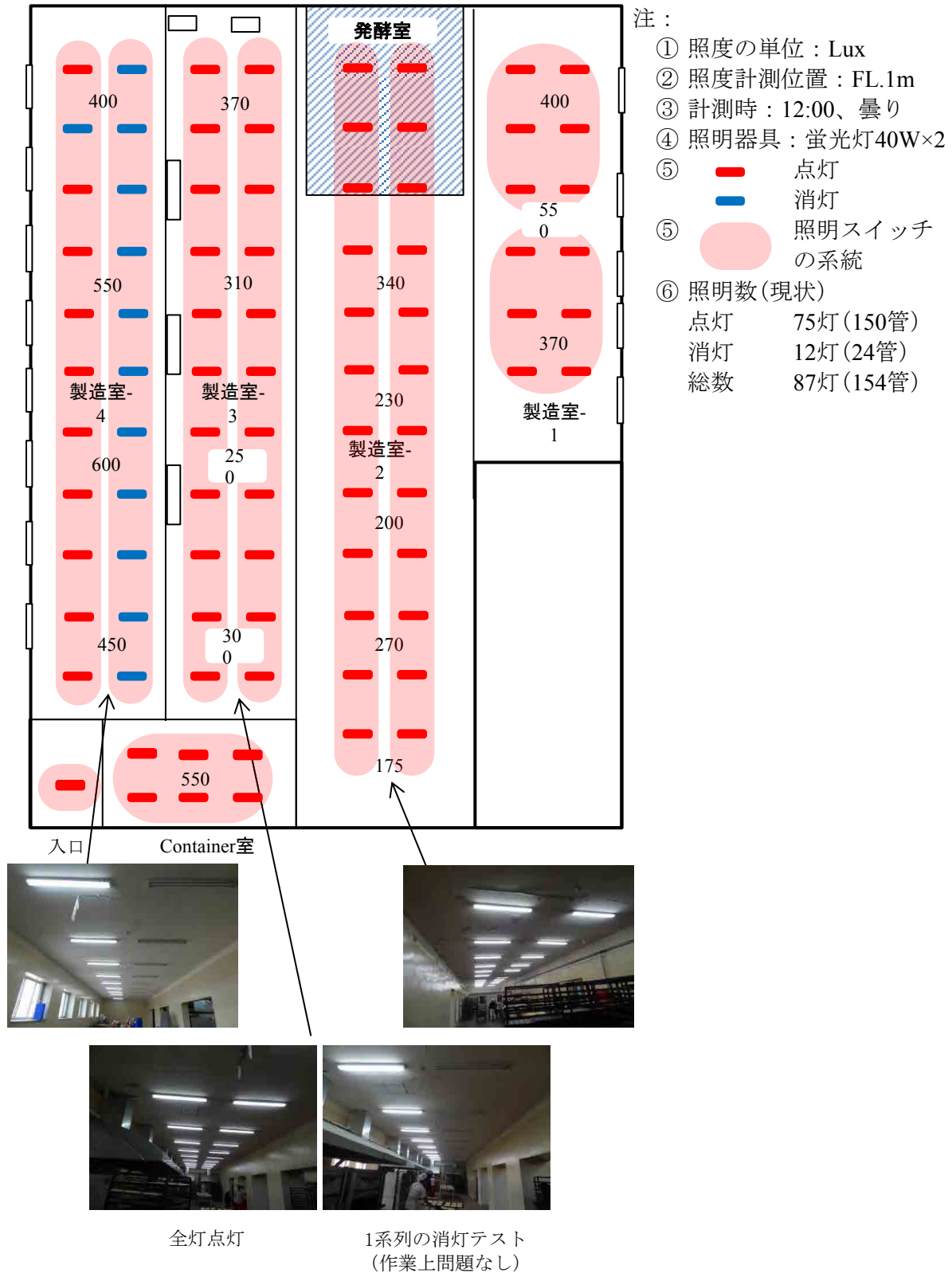


図4-3-2 ビスケット工場の照度計測結果

2) 対策内容

ここでの照度は、作業内容から150Lux程度で良いので、以下の対策を行う。

- ① 発酵室の上部は照明が不要なので、6灯（蛍光管12管）の球抜きを行い、消灯する。
- ② 製造室-1の下側6灯（蛍光管12管）は、必要時以外点灯しない。
- ③ 製造室-1,2,3については、照度の確認と作業の状況（作業員の意見を含む）を確認し、消灯、蛍光管の取り外しを行う。
特に、製造室-3では、1系列の照明11灯（蛍光管22管）を消灯する。
- ④ Container室の照明6灯（蛍光管12管）については、人がいる場合のみ点灯する。（点灯、消灯の徹底、または人感センサーの設置）

3) 省エネ効果の計算

[前提]

- ① 25%(19灯、38管)の消灯が可能とする。
- ② 蛍光灯60W
- ③ 点灯期間:90%
- ④ 電力単価: 90Tg/kWh (仮定)

[計算]

- | | | |
|------------|---|----------------|
| ① 電力削減量: | $38 \times 60 / 1000 \times 8,760 \times 0.9 =$ | 18,000 kWh/y |
| ② コストメリット: | $18,000 \times 90 =$ | 1,620,000 Tg/y |

[投資回収期間]

投資はあっても少額と思われるので、投資回収期間は殆どゼロ

4-3-2-2 C4工場の照明の見直し

1) 現状

- ① 2灯式の蛍光灯(60W×2)が、全体で約300灯設置されている。
- ② 一部消灯されているものもあり、また球切れにより消灯しているものもある。

2) 対策内容

- ① 同一室内でも作業内容が異なる場所があるので、表-4-4-1の基準を参考に、作業に支障のない範囲で、消灯または蛍光管の取り外しを行う。
例えば、機械設備廻り、細かい作業箇所等を明るくし、粗い作業箇所(製品、半製品の置場等)を暗くする。
- ② スwitchの系統が順不同なので、これを順番通りにするとともに、照明の系統を表示する。

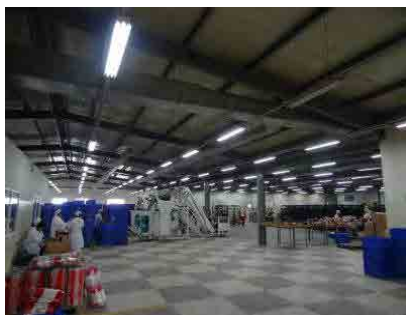


図4-3-3 C4工場内



図4-3-4 照明スイッチ

3) 省エネ効果の計算

[前提]

- ① 蛍光灯60W
- ② 蛍光灯数: 300灯(600管)
- ③ 点灯していない蛍光灯数: 30灯(60管、10%)
- ④ 点灯数: 270灯(540管)
- ⑤ 消灯可能蛍光灯数: 点灯蛍光灯数の20%(54灯(108管))
- ⑥ 点灯期間:90%
- ⑦ 電力単価: 90Tg/kWh (仮定)

[計算]

- ① 電力削減量: $108 \times 60 / 1,000 \times 8,760 \times 0.9 = 51,000 \text{ kWh/y}$
- ② コストメリット: $51,000 \times 90 = 4,590,000 \text{ Tg/y}$

[投資回収期間]

投資はあっても少額と思われるので、投資回収期間は殆どゼロ

4-4-2-2 ボイラ室の照明（白熱灯）の蛍光灯への取り換え

1) 現状

ボイラ室内に200Wの白熱灯（口金:E39）が3台使用されている。

2) 対策内容

- ① これらの白熱灯を、電球型蛍光灯（白熱灯200W相当）に変更する。
なお、LED灯に変更することも考えられるが、LED灯の場合、放射角度が大きくないので（放射角度外が暗くなる）、この場合は、適さないと思われる。
- ② 既設の口金がE39なので、必要なら口金の変更、またはアダプターを取り付ける。



図4-3-5 ボイラ室の照明（白熱灯）

3) 省エネ効果の計算

[前提]

- ① 白熱灯200W→蛍光灯40W(3灯)
- ② 電力単価: 90Tg/kWh (仮定)
- ③ 点灯期間: 90%

[計算]

- ① 電力削減量: $(200-40) \times 3 / 1,000 \times 0.9 \times 8,760 = 3,800 \text{ kWh/y}$
- ② コストメリット: $3,800 \times 90 = 342,000 \text{ Tg/y}$

[投資回収期間]

- ① 投資額: 500,000 Tg
- ② 投資回収期間: $500,000 / 342,000 = 1.5 \text{ y}$



図4-3-6 電球型蛍光灯
(200W)

[その他]

蛍光灯に取り換えることで、白熱灯と比べ長いので、電球の取り換え頻度が減少する。

省エネルギー診断結果報告書

MCS Coca-Cola Plant

2013年 1月

モンゴル国ウランバートル市
大気汚染対策能力強化プロジェクト
省エネチーム

1. 省エネルギー診断結果の要約

1-1 省エネルギー提案内容

表-1-2-1 省エネルギー提案内容サマリー

番号	項目	エネルギーの種類	エネルギー使用削減量 /年	効果 千Tg/年	投資額 概算 千Tg	投資償却 期間 年	備考
1	非保温蒸気配管の保温	石炭	ton	3,036	9,000	3.0	
2	工場行蒸気配管のドレンセパレーターの保温の修理	石炭	ton	471	1,500	3.2	
3	蒸気大気放出の削減	石炭		—	—	—	定量評価不可
4	スチームトラップの点検、整備	石炭		—	—	—	定量評価不可
5	蒸気漏洩箇所への修理	石炭		—	—	—	定量評価不可
6	圧縮空気圧力の低下	電力	kWh	570	0	0	
7	エアコンプレッサーインバーター機の導入(将来対策)	電力	kWh	10,750	200,000	19	エアコンプレッサーの更新または新設時での投資償却期間は、約3
8	圧縮空気漏洩箇所への修理	電力		—	—	—	定量評価不可
9	事務所棟2階の廊下、トイレの照明見直し	電力	kWh	47	0	0	
10	照明用電力削減 ①明るすぎる箇所の照明の消灯また球抜き ②高効率照明への取り換え ③人感センサーの設置 ④照明の点灯、消灯の基準の明確化と照明スイッチの管理の徹底	電力		—	—	—	定量評価不可

1-2 省エネルギーポテンシャル（効果が定量化されたもののみ）

表-1-2. に工場の省エネポテンシャルを示すが、定量化されない項目もあること、さらにこれ以外の項目もあると考えられるので、さらに大きなポテンシャルがあると考えられる。

表-1-2-2 工場の省エネポテンシャル

エネルギーの種類	年間使用量	削減量	削減率 %	削減額 千Tg	投資額 千Tg	投資償却年 年	備考
石炭	ton	ton	1.1	3,297	9,000	2.7	
電力	kWh	kWh	2.3	11,367	200,000	17.6	

2. 工場概要

2-1 工場概要

- | | |
|-----------|---|
| 1) 会社名 | MCS Coca-Cola Plant |
| 2) 会社所有形態 | 民営 |
| 3) 住所 | Gachuut 104, Amglan 13260, BZ District 10 Horoo, Ulanbaatar, Mongolia |
| 4) 主な製品 | |

- | | | |
|--------------------|------------|---------|
| 5) 従業員数 | 540 名 | |
| 6) 運転時間 | 8,760 時間/年 | 24 時間/日 |
| 7) エネルギー使用量(2011年) | | |
| (1) 電力 | | kWh |
| (2) 石炭 | | ton |
| (3) 工業用水 | | m3 |

2-2 工場のレイアウト



2-3 工場設備の概要

ボイラ	No.	1	2	3		
	メーカー/タイプ	DZL	DZL	DZL		
	能力 t/h	80	80	60		
	圧力 bar	12.5	12.5	12.5		
	燃料	石炭	石炭	石炭		
エアコンプレッサー	No.	1				
	メーカー/タイプ	Atlas Copco ZT75FF				
	風量 Nm3/h					
	圧力 MPaG	7.5				
	電動機 kW	75				
冷凍機	No.	1	2			
	メーカー/タイプ	York				
	能力 MJ/h					
	電動機 kW	250	250			
受電トランス		1	2	3	4	
		10,000/400	10,000/400	10,000/400	10,000/400	
	kVA	1,600	1,600	1,600	1,000	
		2,009	2,009	2,009	2,009	
照明	照明器具タイプ	Incandescent	Fluorescent	Fluorescent (HF)	HID	Hg
	照明器具数					
	平均消費電力 W					
その他エネルギー多使用設備						

エネルギー価格

電力 Tg/kWh

石炭 Tg/ton

工業用水 Tg/m3

2-4 エネルギー使用量およびエネルギー原単位

表-2-4-1 エネルギー使用量(2011年)

年/月		電力使用量		石炭 使用量 ton		水使用量		生産量/販売額		エネルギー原単位	
		購入電力				市水 m3	井水 m3	生産量	販売額	電力	
		ピーク電力 kW								生産量 ベース	販売額 ベース
2111	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										
	11										
	12										
合計		-			-					-	-

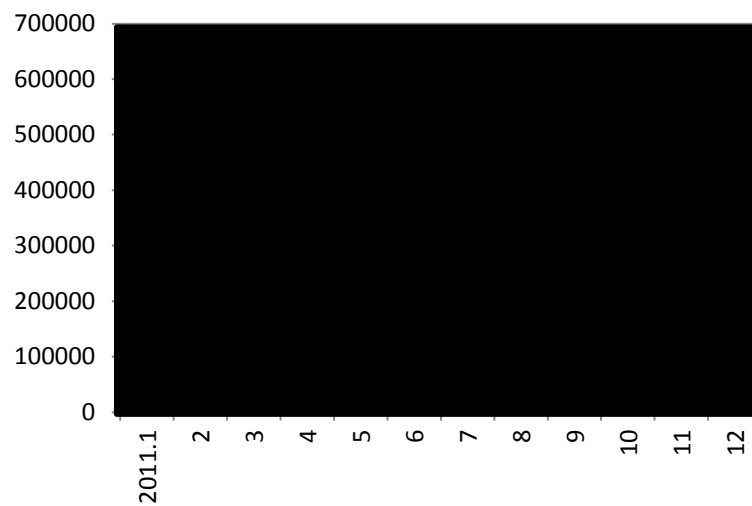


図-2-4-1 エネルギー使用量の変化

3. 省エネルギー診断内容

3-1 全般

- 1) 実施日 2012年10月16日～10月17日
- 2) 診断員 檜垣定夫
- 3) 通訳 Ms.Baskag

3-2 蒸気設備

- 1) 設備状況の確認
- 2) 設備のフロー図作成
- 3) 運転状況確認
- 4) 配管保温状況の確認
- 5) スチームトラップの点検(抜き取り)

3-3 温水設備

- 1) 設備および運転状況の確認
- 2) 暖房用設備(ラジエーター)設備の確認

3-4 圧縮空気設備

- 1) 空気圧縮機の電流、圧力の24時間計測
- 2) 設備のフロー図作成
- 3) 設備状況および運転状況の確認
- 4) 圧縮空気漏洩状況の確認

3-5 照明設備

- 1) 設備状況の確認
- 2) 設備の使用管理状況確認

4. 省エネルギー診断結果

4-1 蒸気設備

4-1-1 現状

蒸気は、3台の中国製DZLボイラ3台の内の1台を運転して供給されている。

また、蒸気のコンデンセートは、その約90%が回収されている。

図-4-1-1にボイラ室内および温水熱交換器室内の蒸気システム図を示す。

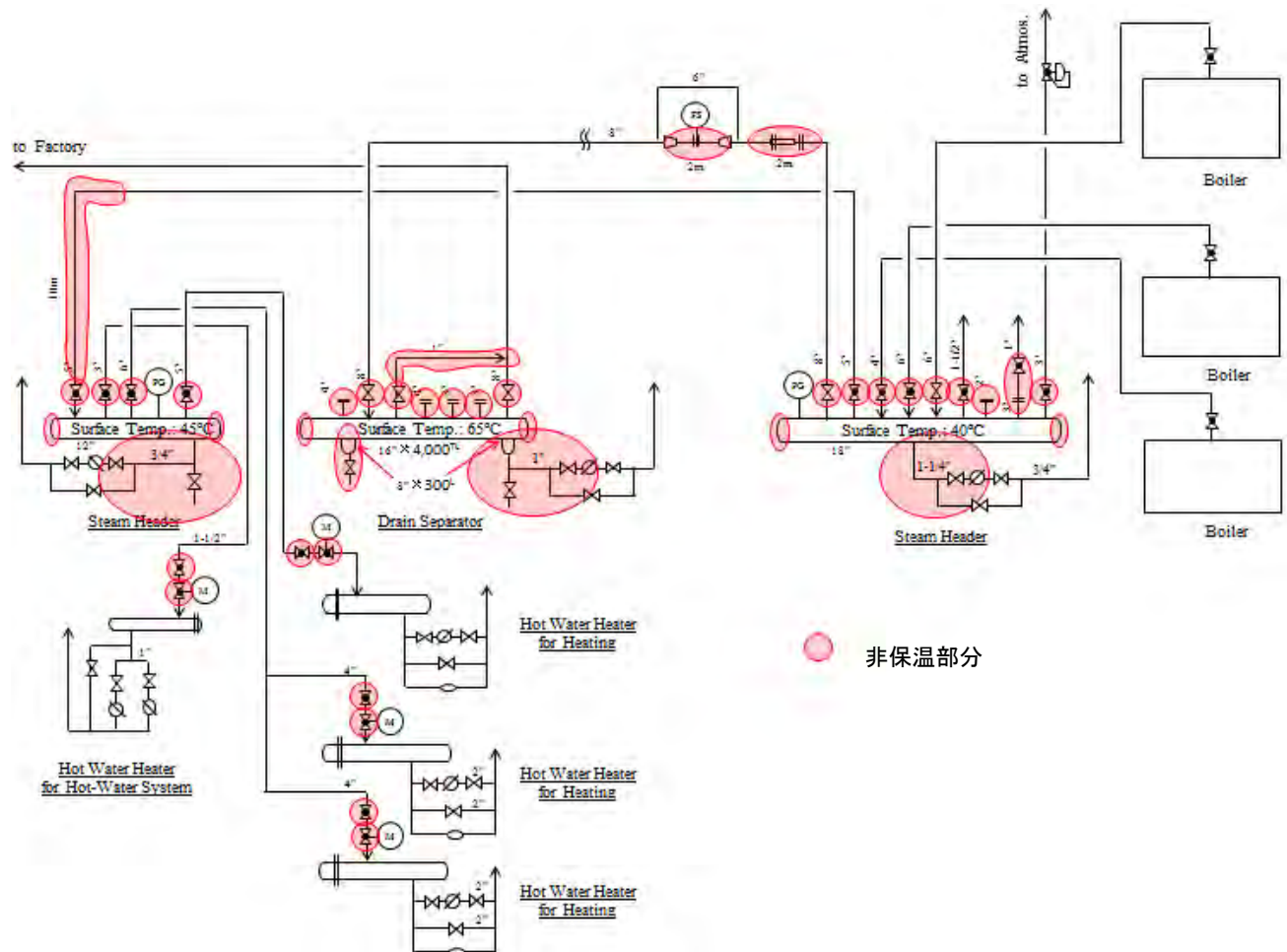


図-4-1-1 ボイラ室内および温水熱交換器室内の蒸気システムフローシート

4-1-2. 省エネ診断により摘出された問題点は蒸気設備に関する問題点

- 1) バルブ類、蒸気ヘッダー末端、また配管の一部等が保温されていない
- 2) ボイラ廻りのバルブ、スチームヘッダーのマンホールからの蒸気漏洩が多い
- 3) 工場へ送気される蒸気配管のドレンセパレーター廻りの保温状況が非常に悪い。
- 4) 蒸気圧力は、4～12.5barの間で調整されるが、12.5barに達した場合、燃焼を停止し、更に圧力が15～16barになると、蒸気は大気放出される。

4-1-3. 蒸気発生量の推定

省エネ削減率の計算に必要な年間蒸気発生量について試算する。

[計算の前提]

- ① 石炭使用量: 6,942 ton/y (提出データより)
- ② 石炭発熱量: 3,600 kca/kg (LHV)
- ③ ボイラ効率: 75 % (推定)
- ④ 蒸気Enthalpy 662 kcal/kg (8bar、175℃)
- ⑤ 給水Enthalpy 75 kcal/kg (75℃、推定)

[年間蒸気発生量の計算]

年間蒸気発生量: $(6,942 \times 1,000 \times 3,600 / (662 - 75)) \times 0.75 / 1,000 = 32,000 \text{ ton/y}$

4-1-4 省エネ改善内容

4-1-4-1 非保温配管の保温

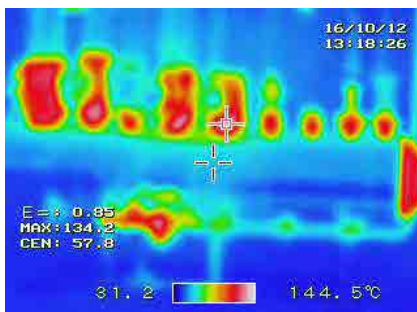
1) 現状

蒸気配管の保温状態は概ね良好であるが、蒸気配管のバルブフランジが総て保温されておらず、またパイプ等も保温されていない個所がある。

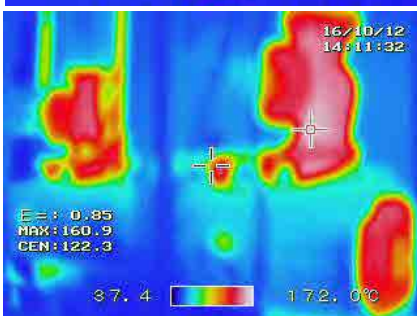
これらの部分から大きな放散熱ロスを生じている。(図-4-1-3のサーモカメラの写真参照)



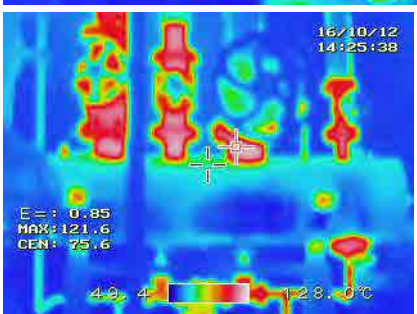
図-4-1-2 サーモカメラ



ボイラ出口蒸気
ヘッダー



工場行ドレンセパ
レーター



温水熱交換器行
蒸気ヘッダー

図-4-1-3 各蒸気ヘッダーのサーモ写真と通常写真

2) 非保温箇所からの放散熱量の計算

表-5-1に、蒸気受入流量計下流の非保温箇所からの放散熱量の計算結果を示す。

また、蒸気使用量減少には直接つながらないことから、参考として受入流量計受入流量計上流部非保温箇所からの放散熱量の計算結果を表-4-1-1に示す。

表-4-1-1 蒸気非保温部分からの放散熱量

箇所	サイズ inch	蒸気圧力 (平均) bar	蒸気温度 ℃	室温 ℃	配管等 長さ m	1m当り 放散熱量 kcal/m・h	個所数、 長さ、面 積	放熱量 合計 kcal/h	通気期間 Month/y	年間 放散熱 量 Gcal/y
Globe弁	3/4	8.0	175	15	1.23	234	2 個所	268	7	1.37
Globe弁	1	8.0	175	15	1.21	284	5 個所	659	12	5.78
Globe弁	1-1/4	8.0	175	15	0.20	336	1 個所	22	12	0.19
Globe弁	1-1/2	8.0	175	15	1.20	388	3 個所	392	12	3.44
Globe弁	2	8.0	175	15	1.28	470	1 個所	140	12	1.22
Globe弁	3	8.0	175	15	1.56	662	1 個所	170	12	1.49
Globe弁	4	8.0	175	15	1.58	827	1 個所	172	12	1.51
Globe弁	4	8.0	175	15	1.58	827	4 個所	689	12	6.03
Globe弁	5	8.0	175	15	1.65	990	3 個所	540	12	4.73
Globe弁	5	8.0	175	15	1.65	990	2 個所	360	7	1.84
Globe弁	6	8.0	175	15	1.78	1,149	3 個所	582	12	5.10
Gate弁	8	8.0	175	15	2.00	1,464	3 個所	654	12	5.73
Flange	2	8.0	175	15	0.49	470	1 個所	53	12	0.47
Flange	3	8.0	175	15	0.50	662	3 個所	164	12	1.43
Flange	4	8.0	175	15	0.46	827	2 個所	100	12	0.88
Flange	8	8.0	175	15	0.51	1,464	2 個所	111	12	0.97
Pipe	3/4	8.0	175	15	-	234	2 m	468	12	4.10
Pipe	1	8.0	175	15	-	284	7.5 m	2,130	12	18.66
Pipe	1-1/4	8.0	175	15	-	310	2.0 m	620	12	5.43
Pipe	5	8.0	175	15	-	990	10 m	9,900	12	86.72
Pipe	8	8.0	175	15	-	1,464	3 m	4,392	12	38.47
Header (両端)	18	8.0	175	15	-	2,451 Kcal/m ² ・h	0.48 m ²	1,176	12	10.30
Drain Separator (両端)	16	8.0	175	15	-	2,451 Kcal/m ² ・h	0.38 m ²	931	12	8.16
Hot Water Header (両端)	10	8.0	175	15	-	2,451 Kcal/m ² ・h	0.21 m ²	515	12	4.51
										219

3) 対策内容

図-4-1-1に示すように、バルブについては保温ジャケットによる保温が、施工も簡単であり、保温効果が高いので本方法を推奨する。

日本でもこの保温方法は広く採用されているとともに日本以外でも同種の製品が製作されている。



図-4-1-4 蒸気バルブ保温の実施例

4) 省エネ効果の計算

[前提]

- ① 非保温配管からの放散熱量: 219Gcal/y
- ② 保温効率: 85%
- ③ 運転時間: 8,760時間
- ④ ボイラ効率: 75% (推定)
- ⑤ 蒸気Enthalpy: 662kcal/kg (8bar、175℃)
- ⑥ 給水Enthalpy: 75kcal/kg (75℃、推定)
- ⑦ 石炭価格: 44,000Tg/ton
- ⑧ 工場内でも保温改善箇所があるが、ここでは計算に含めない。

[計算]

- ① 放散熱量削減量: $219 \times 0.85 = 186.2 \text{ Gcal/y}$
- ② ボイラ発生蒸気減少量: $186.2 \times 10^6 / (662 - 75) / 1,000 = 317 \text{ ton/y}$
- ③ 石炭使用削減: $186.2 \times 10^6 / 0.75 / 3,600 / 1,000 = 69.0 \text{ ton/y}$
- ④ コストメリット: $69.0 \times 44,000 = 3,036,000 \text{ Tg/y}$

[投資回収期間]

- ① 投資額: 9,000,000 Tg
- ② 投資回収期間: $9,000,000 / 3,036,000 = 3.0 \text{ y}$

4-1-4-2 工場行蒸気配管のドレンセパレーターの保温の修理

1) 現状

ドレンセパレーター廻りの保温状況が悪く、平均表面温度が、65℃と高い。
現状と表面温度が40℃に改善された場合の、ここからの放散熱量を表-4-1-2に示す。

表-4-1-2 ドレンセパレーターの現状と表面温度が40℃の場合の放散熱量

	サイズ inch	表面温 度 (平均) ℃	室温 ℃	放散熱 量 kcal/m ² ・h	個所数、 長さ、面積	放熱量 合計 kcal/h	通気 期間 Month/y	年間 放散熱 量 Gcal/y
現状	16"×4,000TL 保温厚さ:40mm	65	15	516	6.75 m ²	3,483	12	30.5
改善後	16"×4,000TL 保温厚さ:50mm	40	15	222	7.00 m ²	1,554	12	13.6
削減量								16.9

2) 対策内容

ドレンセパレーターの保温の修理、強化

3) 省エネ効果の計算

[前提] 4-1-1-1.項と同じ

[計算]

- ① 放散熱量削減量: 16.9 Gcal/y
- ② ボイラ発生蒸気減少量: $16.9 \times 10^6 / (662 - 75) / 1,000 = 28.8 \text{ ton/y}$
- ③ 石炭使用削減: $28.8 \times 10^6 / 0.75 / 3,600 / 1,000 = 10.7 \text{ ton/y}$
- ④ コストメリット: $10.7 \times 44,000 = 471,000 \text{ Tg/y}$

[投資回収期間]

- ① 投資額: 1,500,000 Tg
- ② 投資回収期間: $1,500,000/471,000 = 3.2 \text{ y}$

4-1-4-3. 蒸気大気放出の削減

1) 現状

ボイラ圧力は、4～12.5barの間で調整されるが、12.5barに達すると、燃焼を停止し、更に15～16barになると、圧力調整弁で蒸気は無駄に大気放出され、蒸気ロスを生じている。

2) 改善内容

運転マニュアルの見直し等を行い、極力大気放出を削減する。

3) 経済効果

評価不可。但し、投資は不要



図-4-1-5 蒸気大気放出の状況

4-1-4-4. スチームトラップの点検整備

1) スチームトラップの点検結果

聴音棒(図-4-1-6)を使用して、スチームトラップ作動状況の点検を行った。

点検結果は、表-4-1-3 の通り。



図-4-1-6 聴音棒

表-4-1-3 スチームトラップの点検結果

スチームトラップ	点検台数	点検結果
蒸気ヘッダー、ドレンセパレーター	3	異常なし
温水ヒーター	3	負荷が低く(温度100℃以下)判断不可
洗ビン機	2	負荷が低く(温度100℃以下)判断不可

2) 改善内容

- ① 聴音棒を使用して、定期的に(例えば1年毎)点検を実施し、作動不良のものがあれば、修理、取替えを実施することを推奨する。
- ② 取替えに際しては、省エネルギーを考慮し、蒸気ロスの少ないもの、また耐久性の高いものを選定すること。

3) 経済効果

評価不可

4-1-4-5 蒸気漏洩箇所の修理

1) 現状

ボイラ廻りで、蒸気漏洩がある。



蒸気ドラムマンホールからの漏洩



蒸気ドラムベント弁からの漏洩

図-4-1-7 ボイラー廻りの漏洩状況

2) 対策

- ① 漏洩箇所の修理を行う。
- ② 修理に際しては、以下の点を考慮する。
 - 蒸気ドラムマンホールの漏洩に対しては、高級ガスケットの採用等を考慮する。
 - ベント弁の漏洩に対しては、バルブの2重化等を考慮する。

3) 経済効果

評価不可

4-2 温水設備

4-2-1 現状

- 1) 温水(暖房用および給湯用)は、熱交換器で蒸気加熱され工場内に送水される。



図-4-2-1 暖房用温水熱交換器



図-4-2-2 給湯用温水熱交換器

- 2) 暖房用温水は、10月中旬から翌年の5月頃まで供給され、給湯用は通年送水される。
- 3) 暖房用温水の使用先について、下の写真の通り、各ラジエーターには調整バルブが取り付けられ、流量(加熱量)を調整できるようになっている。



図-4-2-3 暖房用ラジエーターの例

4-2-2 省エネ改善内容

- 1) 熱交換器入口の蒸気配管の保温の問題(バルブ類の保温等)はあるが、蒸気設備の改善に含めている。
- 2) 温水配管の保温については、温度が低く、投資回収期間が長いため、現状で問題はない。

4-3 圧縮空気設備

4-3-1 現状

- 1) 圧縮空気設備については、図-4-3-1の通りであり、空気圧縮機は1台のみで、予備機はなく、修理が必要な場合は、保有した部品にて早急に修理を行っている。

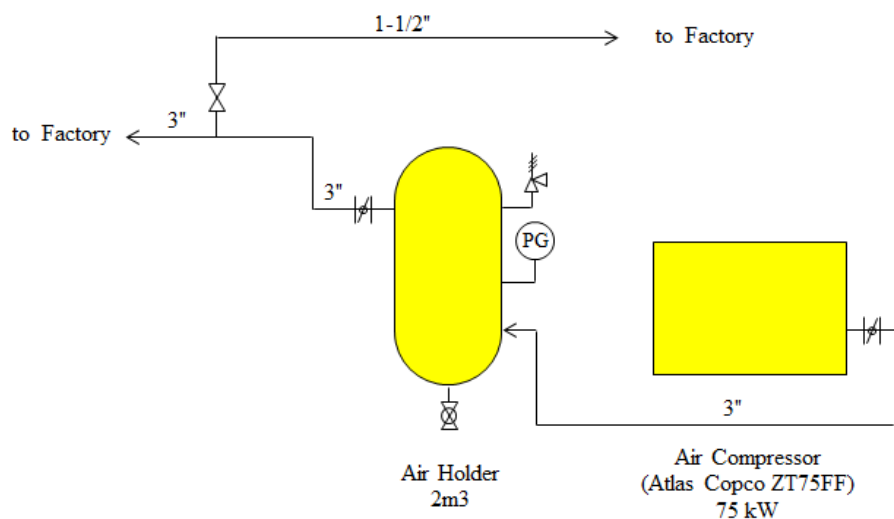


図-4-3-1 空気圧縮機設備フロー図

- 2) 超音波漏洩検知器(図-4-3-2)を使用し、圧縮空気の漏洩検査を実施したが、顕著な漏洩箇所は検知されなかった。



図-4-3-2 超音波漏洩検知

4-3-2 空気圧縮機の運転状況の計測

- 1) データロガーおよび電流/圧力センサーを使用して、エアコンプレッサーの電流値および圧縮空気圧力の24時間連続計測を実施した。



計測状況



データロガー



電流センサー



圧力センサー

図-4-3-3 計測状況と使用計測器

- 2) 計測結果

計測結果を、図-4-3-4に示す。

なお、24時間の計測データでは分かりにくいので、代表的な時間における10分間の計測結果を併せて示す。

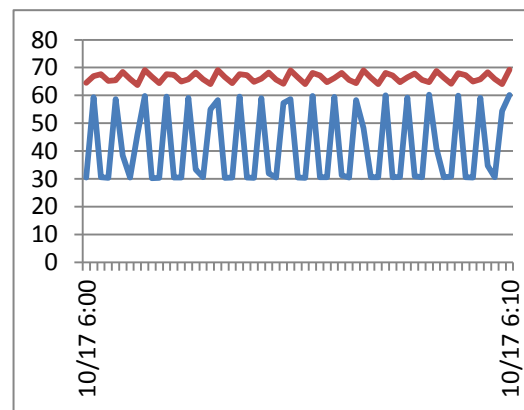
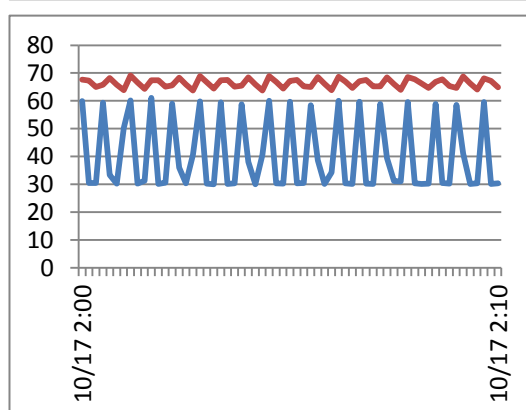
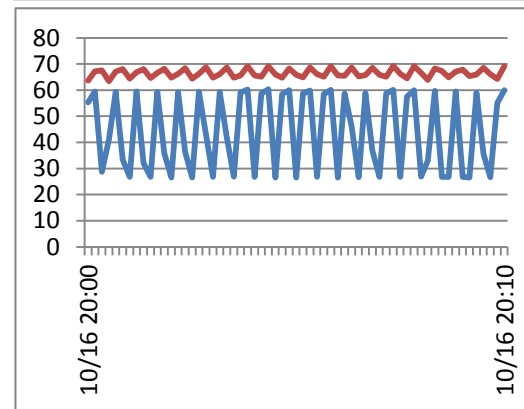
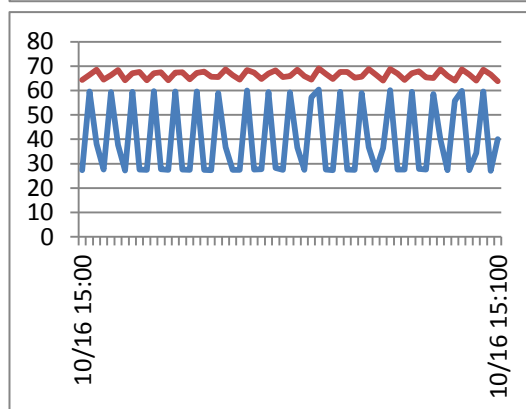
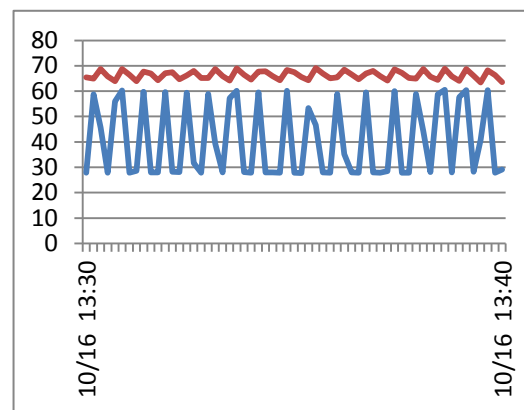
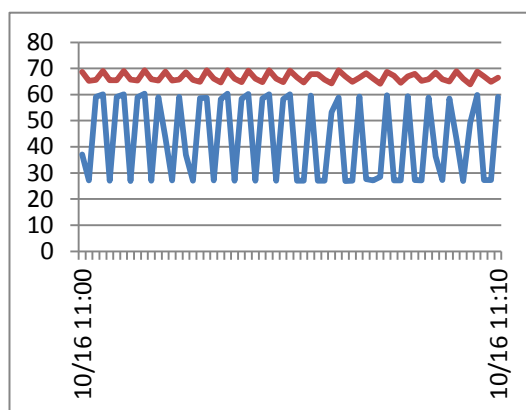
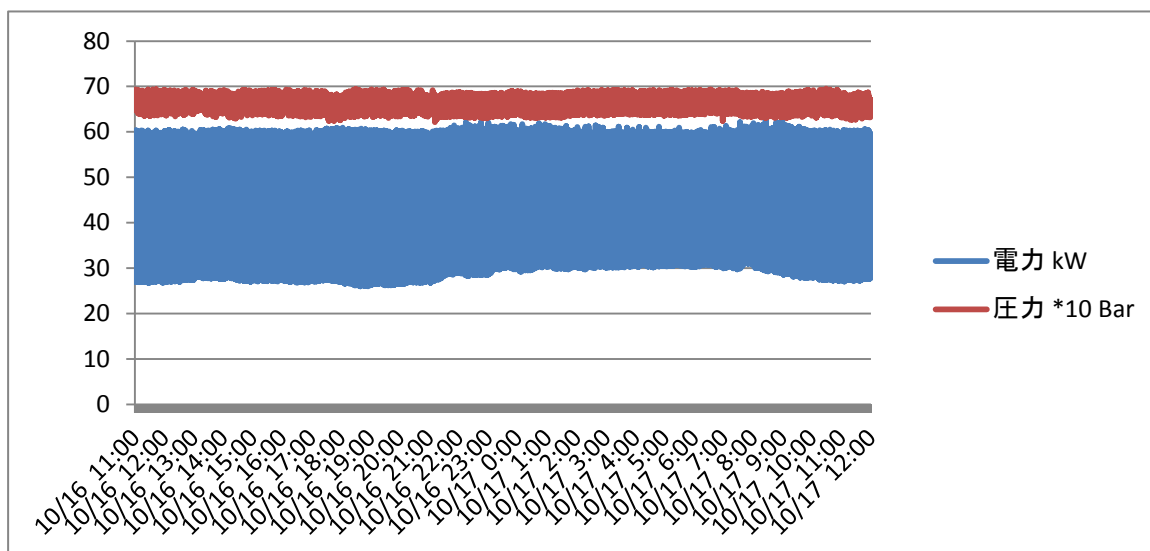


図-4-3-4 エアコンプレッサーの計測結果

3) 計測結果の分析

- ① 30～40秒周期でLoad/Unloadを繰り返しており、これはかなり頻繁であり、これはエアホルダー(2m³)を含む系内容量が小さいこと、また圧力調整範囲が6.5～7.0barと調整幅(0.5bar)と小さいことに起因する。
- ② Load運転の比率は、時間的に変化するが、30～50%程度である。
- ③ Load運転時に対するUnload運転時の負荷比率は、45～50%程度で若干高い。

4-3-3 省エネ改善内容

4-3-3-1 圧縮空気圧力の低下

1) 現状

圧縮空気の圧力は、6.5～7.0bar(平均:6.75bar)で調整されている。

2) 改善内容

- ① 圧縮空気の圧力の調整範囲を、6.0～6.7bar(平均:6.35bar)程度に低下させる。
なお、一般的には、計装用空気の圧力は6bar程度で十分である。
- ② 圧力低下に際しては、生産設備の状況に十分注意し、徐々に行う。

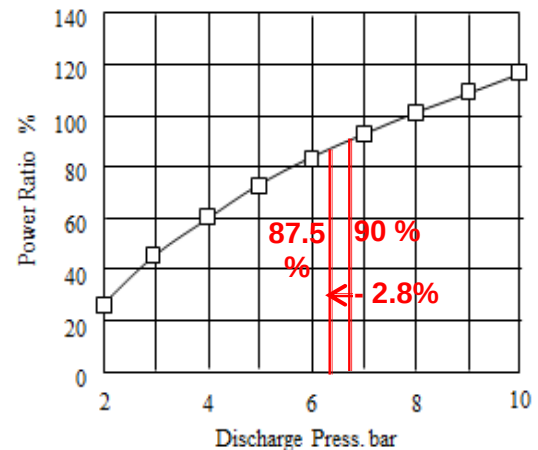


図-4-3-5 圧縮空気圧力と動力の関係

3) 改善によるメリット計算

[計算の前提]

- ① Load運転時の負荷低減率:-2.8%
- ② Load運転比率:40%
- ③ 年間運転時間:8,760時間

[計算]

- ① 電力削減量: $60\text{kW} \times 0.028 \times 8,760\text{h/y} \times 0.4 = 5,890 \text{ kWh/y}$
- ② コストメリット: $5,890\text{kWh/y} \times 98.6\text{Tg} = 570,000 \text{ Tg/y}$

[投資回収期間]

- ① 投資額: 0
- ② 投資回収期間: 0

4-3-3-2 エアコンプレッサーインバーター機の導入(将来対策)

1) 現状

1台のスクリータイプエアコンプレッサーをOnload/Unload制御で運転しており、故障時には、手持ち部品で早急に修理することで対応している。

2) 改善内容

- ① 工場の安定運転の観点から、予備機は必要である。
- ② 工場の増設も進められており、これに合わせて、予備機の設置も含む設備の見直しが必要である。
- ③ その際、インバータータイプのエアコンプレッサーの導入を推奨する。
なお例として、図-4-3-6 に、Onload/Unloadタイプとインバータータイプのエアコンプレッサーの同じ圧縮空気使用量における運転状況の比較を示す。この場合、インバータータイプのエアコンプレッサーでは、約30%電力使用量が少ない。

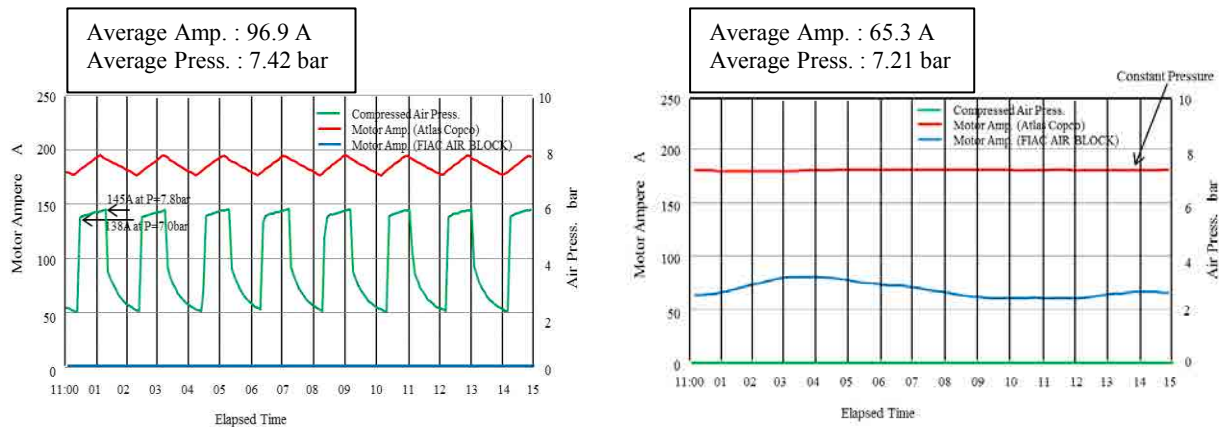


図-4-3-6 Onload/Unload機とインバーター機の運転状況の比較例

3) 改善によるメリット計算

[計算の前提]

- ① 現状の設備で、インバータータイプのエアコンプレッサーを導入した場合とする。
- ② 現状のOnload/Unload機の平均電力使用量: 41.3kW (計測データより)
- ③ インバーター機の電力削減割合: 30% (推定)

[計算]

- ① 電力削減量: $41.3\text{kW} \times 8,760\text{h/y} \times 0.3 = 109,000 \text{ kWh/y}$
- ② コストメリット: $109,000\text{kWh/y} \times 98.6\text{Tg} = 10,750,000 \text{ Tg/y}$

[投資回収期間]

- ① 投資額: 200,000,000 Tg (75kWクラス設置のケース)
- ② 投資回収期間: 19 year

4) その他

なお、この場合の投資回収期間は長期となるが、Onload/Unload機をインバーター機の導入に変えた場合の投資回収期間は、約3年程度に短くなるので、将来的なエアコンプレッサーの取り換えに際しては、インバーター機の導入を推奨する。

4-3-3-3 圧縮空気漏洩箇所の修理

- 1) 超音波漏洩検知器(図-4-3-2)を使用し、圧縮空気の漏洩検査を実施し、顕著な漏洩箇所は検知されなかったが、定期的に漏洩検査を行い、発見された漏洩箇所の修理の実施を推奨する。
- 2) なお、仮に1mmφ程度の開口部がある漏洩箇所では、約4Nm³/hの圧縮空気が漏洩しており、これによる電力ロス、約0.4kWである。

4-3-3-4 エアホルダーの増強(参考)

- 1) 前述の通り、現在、30～40秒周期と非常に短い間隔でOnload/Unload運転を繰り返しており、これは、エアホルダーの容量(2m³)および配管容量が小さいことによる。
- 2) 将来的に、エアホルダーの容量の増加(エアホルダーの増設)を推奨する。
- 3) エアコンプレッサーがドライオイルフリーエアコンプレッサーなので、エアホルダーを増設しても省電力にはつながらないが、余りにも頻繁なOnload/Unload運転を繰り返しが緩和されるので機器の故障の低減が期待される。

4-4. 照明設備

4-4-1. 現状

1) 照明に関しては、以下の状況から良い状況にある。

- ① 不要な照明の消灯
- ② 工場での自然採光の採用



梱包工場の自然採光と消灯



機械室の自然採光と消灯

図-4-4-1 照明の例

2) 照度の計測例

照度計を使用して、事務所棟の2階の廊下、トイレ、階段の照度計測を行った。
その結果を図-4-4-3 に示す。



図-4-4-2 照度計

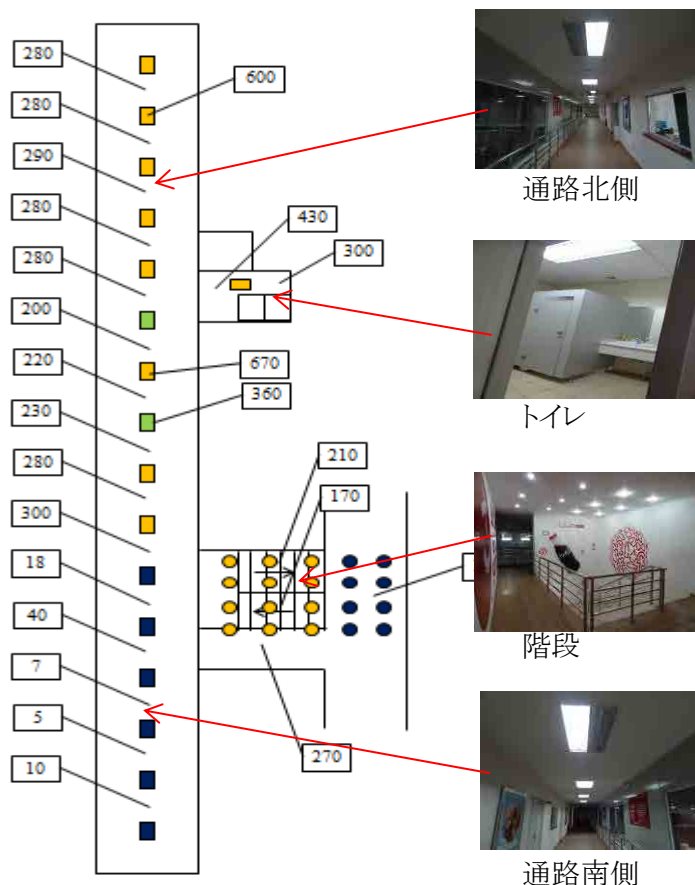


図-4-4-3 照度計測結果(事務所棟2階廊下、トイレ、階段)

40W×4 蛍光灯
 4灯点灯
 2灯点灯
 消灯

蛍光灯ダウンライト
 点灯
 消灯

注:

- 1) 単位: Lux
- 2) 照度をFL.1mで計測

4-4-2. 省エネ改善内容

4-4-2-1. 事務所棟2階の廊下、トイレの照明見直し

1) 現状

照明の状況および照度は、図-4-4-3の通りである。

2) 対策内容

表-4-4-1 「JIS、ISOの照度基準」に基づき、以下の対策を行う。

- ① 廊下の照明(40W×4本、16台)の総てについて、40W×2本とする。
- ② トイレの照明(40W×4本、1台)について、40W×2本とする。
- ③ 上記の対策による40W蛍光灯の点灯本数は、37本→34本(-3本)となる。

3) 省エネ効果の計算

[前提]

- ① 点灯時間: 4,000h/y
- ② 電力単価: 98.6Tg/kWh

[計算]

- ① 電力削減量: $3 \times 40 \times 4,000 / 1,000 = 480 \text{ kWh/y}$
- ② コストメリット: $480 \times 98.6 = 47,000 \text{ Tg/y}$

[投資回収期間]

投資金額および投資回収期間ともゼロ

表-4-4-1 JIS、ISOの照度基準

照度 Lux	工場		事務所	
	場所	作業		
3000				
2000	制御室などの計器盤 および制御盤	精密作業	—	
1500				
1000	設計室、製図室	細かい作業	事務所(細かい作業を行う場合)、玄関(昼間)	
750				
500	制御室	一般の製造工程など での普通の作業	—	事務所、役員室、会議室、診察室、受付
300			集会室、応接室、食堂、 調理室、守衛室、玄関 (夜間)、エレベーター ホール	
200	電気室、空調機室	粗な視作業	—	倉庫、会議室、電気室、 行動、機械室、エレベ- ーター内
150				洗い場、湯沸場、浴室、 廊下、階段、洗面所、 便所
100	出入口、廊下、通路、 階段、洗面所、便所、 作業を伴う倉庫	ごく粗な視作業	喫茶室、休憩室、宿直室、更衣室、倉庫、玄関(車 寄せ)	—
75				
50	屋内非常階段、倉庫、 屋外動力設備	荷の積み下ろし、荷の 移動などの作業	屋内非常階段	
30				
20	屋外	—	—	
10				

4-4-2-2. 照明に関する改善全般

前項は照明の改善照明に関する1つの事例であるが、省電力対策について、以下の対策が考えられる。

- ① 明るすぎる箇所の照明の消灯また球抜き(前項参照)
- ② 高効率照明(LED灯等)への取り換え
- ③ 人感センサーの設置
- ④ 照明の点灯、消灯の基準の明確化と照明スイッチの管理の徹底

別添資料 2.4-14 大気汚染対策診断及び省エネルギー診断に関する協議の議事録

大気汚染対策協議録

1. 事業者

事業者名	Dornii Elch
担当者氏名	Mr. Nyamdavaa
HOB 所在地	第 41 学校と第 60 学校
HOB 型式	MUHT

2. 指導内容

サイクロン測定結果について説明し、定期点検の必要性和改造点を指摘した。

別添資料：サイクロン点検結果

サイクロン効率測定結果報告書

第 41 学校サイクロン効率測定（写真集）

第 60 学校サイクロン効率測定（写真集）

3. 協議内容

- ・サイクロンの捕集効率について、このような測定はモンゴルでなかったので、貴重な測定結果である。測定結果を参考にして、製造方法を改良したい。
- ・指摘されているように、Hopper の角度が低いことは失敗であった。
- ・HOB の運転員が負荷の低い時間帯に HOB を止めたりするので、Hopper 内部の水分が多くなる。Hopper の材料としてネルジ精という金属を使用しているため、Hopper にダストが滞留しやすい。その対策として、中国から陶器製（セラミック）のマルチサイクロンの輸入を考えている。陶器製では 94% の捕集効率になるとのことである。
- ・2.5MW 以上の HOB では、ウェットスクラバーの採用を考えている。

協議実施年月日 年 月 日

大気質庁

事業者

JICA 専門家

大気汚染対策協議録

1. 事業者

事業者名	トゥシカンガ社
担当者氏名	Mr. Batjargal
HOB 所在地	第 41 学校と第 60 学校
HOB 型式	MUHT

2. 指導内容

サイクロン測定結果について説明し、定期点検の必要性和改造点を指摘した。

別添資料：サイクロン点検結果

サイクロン効率測定結果報告書

第 41 学校サイクロン効率測定（写真集）

第 60 学校サイクロン効率測定（写真集）

3. 協議内容

- ・測定を実施した 2 つのボイラで、サイクロンの捕集効率が 94% と 71% と差があった原因について検討した。
- ・ボイラ運用会社として、HOB の運用がどのように捕集効率の向上につながるかを議論した。

協議実施年月日 年 月 日

大気質庁

事業者

JICA 専門家

サイクロン点検結果

2012/10/04

#60 学校、#41 学校（いずれも MUHT）でサイクロンの集塵効率の測定を実施するにあたり、サイクロンの開放点検と計測座の設置に立ち会った。

#60 学校（毎日灰出しをしている）では、通常通りサイクロンの灰出しをした後、まず最初にサイクロンの上面を Cut し、内部を目視したが、灰の堆積もなく清浄であった。（図－1）つぎに Hopper の側面を開放し Hopper 部の灰の堆積を確認したが、傾斜角の少ない左右の面には多少灰が残っていたが総じて清浄であった。（図－2）

次に、#41 学校で Hopper 側面の開放を行おうとしたが、内部に灰が多量に堆積している様子であったので、灰が出なくなるまで、灰出しを繰り返した結果、手押し車 3 台分の灰が堆積していた事が判明した。（図－3）Hopper 側面開放後の Hopper 面での灰の付着は#60 学校と比べ多いように思われた。（図－4）また、サイクロンの底面の灰排出口の周りの灰の付着も認められた。（図－5）

これは、灰が堆積して時間が経過すると、堆積した灰の温度が次第に低下して排ガス中に含まれ水分を吸着して固まったのではないかと推定される。

サイクロンの灰による閉塞防止対策としては、一度灰が堆積すると簡単には排出出来なくなるので定期的な排出を実施すること、Hopper の斜面に灰が堆積し難いよう Hopper の角度を大きくして灰を流れ出し易くする事、サイクロンの底面の灰排出口まで灰が貯まるとサイクロンが機能しなくなるので Hopper の灰の保有容量を多くする事などの改善が必要と考える。（図－6）

#60 学校のサイクロン



図－1 サイクロン上部から



図－2 Hopper の灰残留状況

#41 学校のサイクロン



図 - 3 手押し車で採取した灰



図 - 4 Hopper の灰残留状況



図 - 5 サイクロン底面

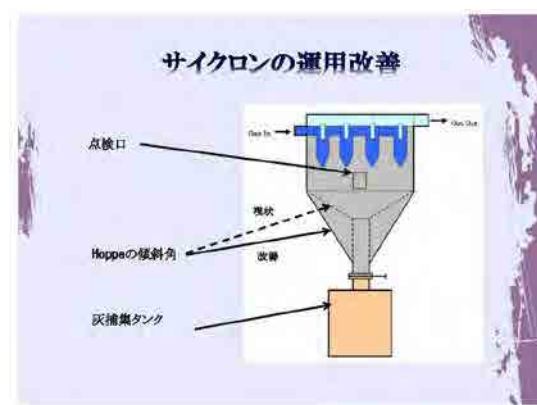


図 - 6 サイクロンの改善

サイクロンダスト捕集量測定結果報告書（２）

１．目的

サイクロンは、設備費も安価であり、設備の構造もシンプルであるので、HOB の煤塵排出量低減対策としては有望な手段である。

第２年次にサイクロンが設置された 2~3 の HOB で、サイクロン後のダスト濃度と、数時間の運転後サイクロンで捕集した灰量から、サイクロンの集塵効率の算出を試みたが、10 数～90%と非常にばらつきの大きな結果となった。

そこで、2012 年 10 月 10、11 日に No.60 School と No.41 School の 2 箇所の HOB についてサイクロン前後にダスト測定口を設置し、ダスト濃度およびサイクロン捕集ダストからのサイクロンダスト捕集率の算定を試みた。

２．HOB 仕様

	No.60 School	No.41 School
HOB 形式	MUHT	MUHT
能力	700kW	700kW
設置基数	1 基	1 基
運転基数	1 基	1 基
集塵装置	マルチサイクロン	マルチサイクロン
サイクロンよりのダスト排出方法	手動のダンパー	手動のダンパー
ダスト排出頻度	1 日に 1 回程度	1 日に 1 回程度
通風方式	平衡通風；石炭投入時も Fan は連続運転	平衡通風；石炭投入時は FDF、IDF 共停止する。

３．捕集率計算結果

表 4-1 参照

４．考察

- (1) 今回の測定では、サイクロンの集塵効率は 60~90%の値が得られた。N数が少ないこと、ダストバランスが取れていないことから効率を断定することはできないが、少なくとも 60~70%程度の集塵効率はある*1とみてよさそうである。

注 1；マルチサイクロンが設置されている第 2 火力の No.3 ボイラで、2011 年 1 月と 2 月に行った、サイクロン前後のダスト濃度の測定結果から求めた集塵効率は 67~84%となっており、ほぼ今回と同程度の捕集率となっている。

(2) 現在設置されているサイクロンの構造面での問題点

測定を行なった MUHT のサイクロンについては下記のような問題点があり、今後設計を含めて改善する必要がある。

a. 内部の点検ができない

点検口がなく、今回測定した 2 箇所については、10 月第 1 週に鉄皮を切断して内部観察をした。詳細は報告書を参照願います。No.60 School については内部にダストの堆積はないが、No.41 School は内部にダストが大量に堆積していた。サイクロンは原理的にサイクロン内部にダストが堆積してしまうと、ダストの捕集効率が大幅に低下してしまう。

b. 確実なダスト払い出しの構造になっていない

内部のダストが払い出せる構造になっておらず、今回もサイクロンの鉄皮をハンマーなどで打って払い出しを行なった。

c. サイクロン下部のホッパ部の角度が足りない

ホッパ部の角度が緩やかであり、壁にダストが堆積する可能性がある。

d. ダスト払い出し時の HOB 室内の環境悪化が著しい

周囲が落下したダストが舞い上がり、HOB 室内の環境悪化が著しい。一部の HOB では袋をサイクロンに結びつけダストの飛散を防止している。ダスト受けのタンクを設置するなどの対策が必要である。

以上

表 4-1 サイクロン捕集率計算結果

	測定HOB	No.41School		No.60School	
		2012年10月10日		2012年10月11日	
排ガスダスト濃度測定結果	測定日	入口		出口	
	場所	988		2614	
	排ガス流量(Dry) (Nm ³ /h)	988		2614	
	排ガスダスト濃度(Dry) (g/Nm ³)	16.4		2.57	
サイクロンダスト量測定結果	排ガスダスト量 (kg/h)	16.20		6.72	
	サイクロン捕集ダスト量 (Kg)	15.6		8.1	
	捕集時間 (h)	1.57		2.05	
	サイクロン捕集ダスト量 (kg/h)	9.94		3.95	
サイクロン捕集率	入口、出口ダスト濃度から算出	94%		71%	
	出口濃度と回収ダスト量から算出	91%		67%	
	入口濃度と回収ダスト量から算出	61%		59%	

*サイクロン入口の流量は、出口と同一と仮定 (入口測定点がダクト広がり部であるため、出口を正としている)

*No.60School の排ガス流量、ダスト濃度は湿り排ガス基準('wet)

#41 学校サイクロン効率測定

2012/10/10



サイクロン（左）と出口測定口（右）



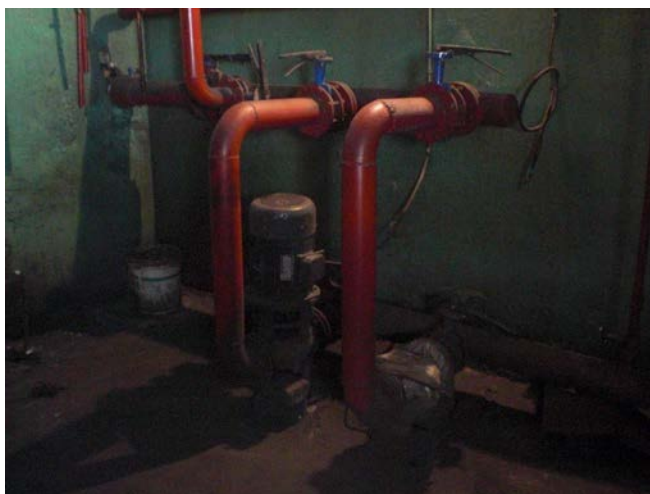
サイクロン（左）と出口測定口（右）



サイクロンと出口測定口（左）



サイクロンと出口測定口（左）



給水 Pump（1 台は取り外されている）



今は使っていない Carborobot



排ガス測定



排ガス測定



排ガス測定



AH 入口ガス Sampling



石炭投入口（炉内-Draft が低い）



石炭投入口



炉内 Draft 計測



測定前のサイクロンからの灰出し（約 10kg）



測定時の煙色



サイクロン出口排ガス Sampling



サイクロン捕集灰の採集（開始時）



サイクロン捕集灰採集中



サイクロン捕集灰採集



サイクロン捕集灰採集



サイクロン捕集灰採集



サイクロン捕集灰採集（ハンマリング）



サイクロン捕集灰採集



サイクロン捕集灰採集

サイクロンからの灰採取量；バケツ4杯分（2時間半で）

HOB の運転状況と、サイクロンからの灰の排出状況

- ①測定開始前のサイクロンの灰出しは、Operator の普段のやり方で実施したので不完全であった可能性が高い。
- ②石炭の投入方法は他の HOB と異なり、シャベルの 1 回の量が約半分で、炭層を薄く投入している。投炭後は Fan を停止する。(熱負荷が低い時期なので、そのようにしている可能性もある) したがって O₂ の変動は少ない。
- ③サイクロンの灰出しは、フランジを開いただけでは、バケツに 1 杯しか出てこない。Hopper の底をたたくと、さらに 1 杯ほど出てきた。サイクロンの Casing の側面 (サイクロンの下部を結合している Plate の有る個所を叩くと、さらに灰が出てきて、最終的には 4 杯分 (15kg/2.5hr) の灰が採取された。
- ④この HOB の誘引 Fan (ロイシア製) は故障して、中国製に取り替えたが、容量が不足しており十分な Draft を得ることができないので、炉内のマイナス圧は小さく時々、火の粉が」噴出す。また、誘引 Fan 出口とレンガ積みの煙道との接合部の Seal が悪く、Fan で昇圧された排ガスが Leak して、煤塵がボイラ室内に噴出している。給水 Pump は 1 台故障して取り外しており、予備機のない状態で運転している。

#60 学校サイクロン効率測定

2012/10/11



#60 学校 Boiler 室



サイクロン（中央）と測定口（左右）



サイクロン叩き用ハンマー



排ガス測定



排ガス測定（Oidovc 先生）



AH 入口吸気口



サイクロン灰出し口



煙突の煙

- ① 安定運転での煙色は#41より薄い感じがする。(サイクロンで良く捕集されている?)
サイクロンは測定前後で入念にハンマリングした。
- ② **Stoker** 上のクリンカを **HOB** 後部に送り出し、灰出し口からクリンカを排出した後は、投炭 3~4 回 (7 回/毎投炭) の間は、投炭時の投炭口からの火の粉の噴き出しが激しく、煙色も濃くなる。それ以降は安定している。(空気の流通が良くなると、投炭した瞬間に急激な燃焼が起こる。また、空気の流通の良い個所は、粉炭がそのまま、吹上られる? なお、**Stoker** 上に炭層が形成されれば、安定した燃焼となる。)
- ③ サイクロンの灰出し後は、サイクロン灰出し口が負圧になり空気を吸込むので、ウェスを巻いて **Seal** した。30 分ほど経過すれば、灰が貯まり、**Material Seal** が効いており、ウェスを外すとフランジの隙間から灰がこぼれ落ちる。

大気汚染対策協議録

1. 事業者

事業者名	Eco Energy Khiits
担当者氏名	Tuguldur
ゲルストーブ所在地	ウランバートル市内全域
型式	ゲルストーブ (集塵装置 #1)

2. 指導内容

AQDCC 長官および関係者に対し、メーカーの説明が行われたので、説明に対し大気汚染削減効果の観点から装置に対し指導を行った。

- ・ 集塵性能に対する評価
- ・ 機能と原理に関する説明
- ・ 安全性に関する評価
- ・ 総括

3. 協議内容

- ・ この装置は、煙色を薄めるかも知れないが、集塵効果は期待できない。
- ・ 開発の経緯は、チェコの軍用車からの排ガスが、温度が高いと敵に発見されやすいので、排気口での排ガス温度を下げる事を目的としたものである。原理は、煙突内の排ガスの熱を利用して、煙突先端部の煙突周囲の空気を加熱して、排出口で空気が排ガス混ざり、排ガスの温度を下げるようになっている。煙突出口で空気を混ぜる事で煙色は薄まるかも知れないが、バイジン除去する機能は持っていない。
- ・ 排ガス温度が高くなると、混入する空気量が増えて煙突出口部での圧力損失が増加しゲルストーブを流れる空気量が減少する。空気量を減らして、火加減を自動調整する事ができても、燃焼状態次第では空気量不足となる事もあるので、適用するゲルストーブの性能、使用する石炭とマッチングしないと、必ずしも安全とは言えない。
- ・ 除塵効果がないので、大気汚染防止の面からは採用する価値はない。

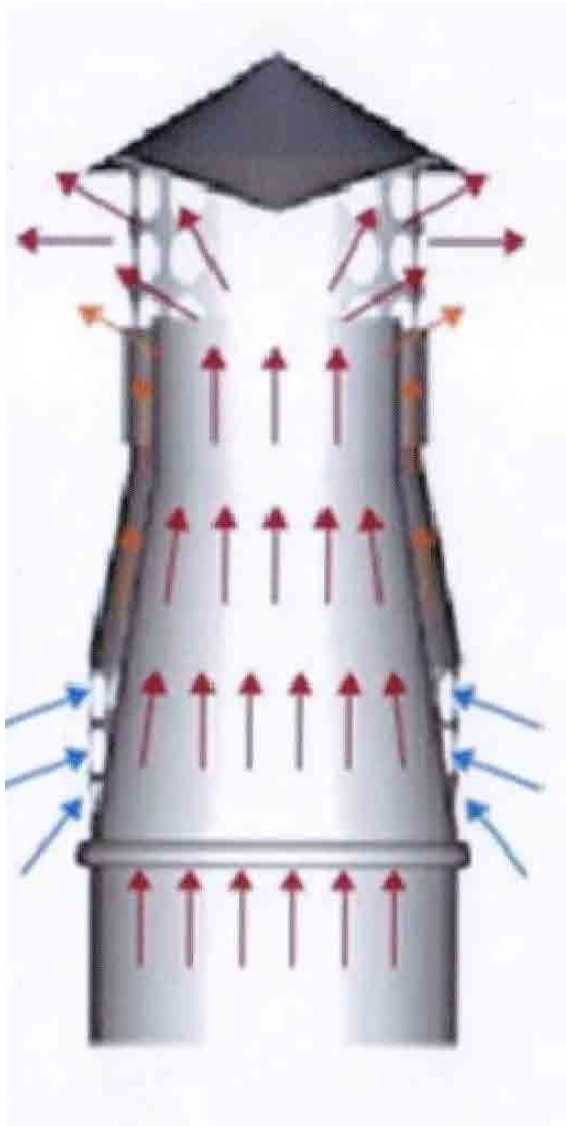
協議実施年月日 2013年 1 月22日

大気質庁

事業者

JICA専門家

装置外観



構造；内筒を排ガスが流れ、内筒と外筒の間を空気が流れ、
排ガスと混ざって大気へ放出される。

大気汚染対策協議録

1. 事業者

事業者名	KHANUI GOL
担当者氏名	Khurel-Erdene
ゲルストーブ所在地	ウランバートル市内全域
型式	ゲルストーブ (集塵装置 #2)

2. 指導内容

AQDCC 長官および関係者に対し、メーカーの説明が行われたので、説明に対し大気汚染削減効果の観点から装置に対し指導を行った。

- ・ 集塵性能に対する評価
- ・ 機能と原理に関する説明
- ・ 安全性に関する評価
- ・ 総括

3. 協議内容

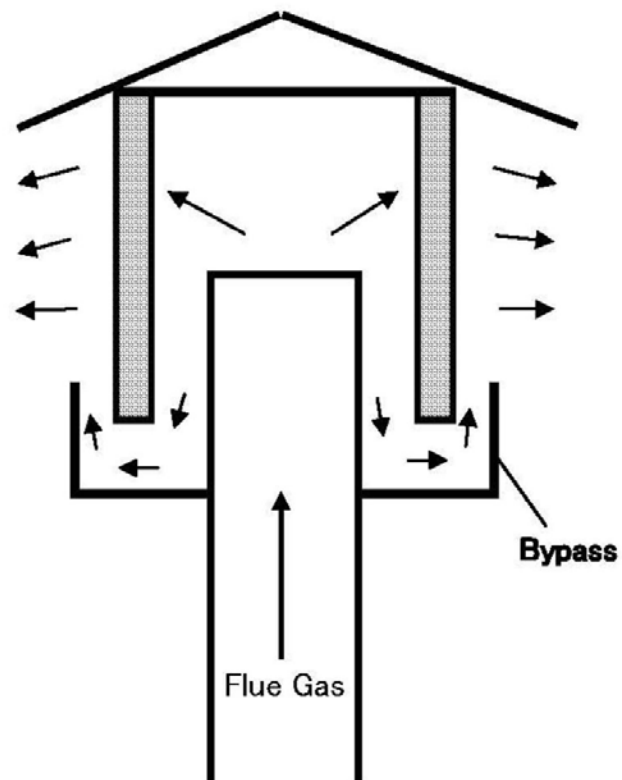
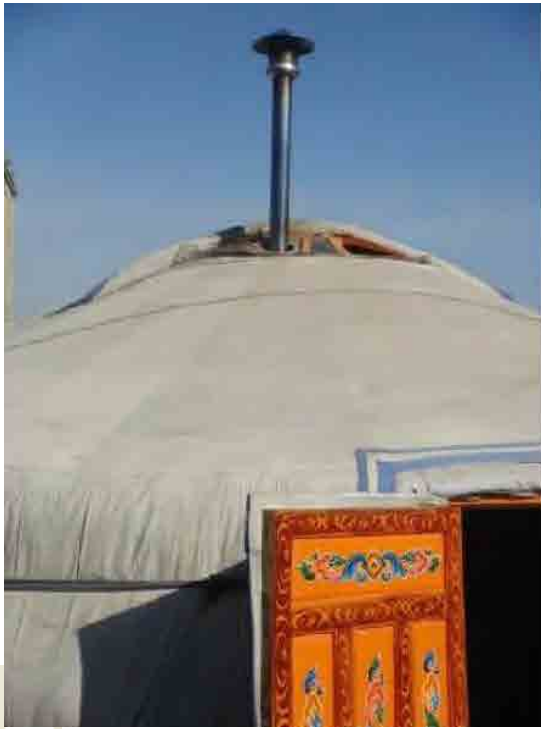
- ・ 排ガスを細かい Mesh の金網で捕集するもので、金網の密度、面積次第でかなりの集塵効果が期待できる。ただし、金網の掃除を頻繁にしないと、目詰まりを起こして排ガスのほとんどは金網をバイパスしてしまうので除塵効果が低下する。
- ・ 細かい Mesh の金網でバイジンを捕集するので、金網の Mesh が細かければ除塵効果は大きいですが、早く閉塞してしまう。除塵できるのは比較的、粒径の大きいバイジンで微細なものは除去する事はできない。(ただし、粒径の大きいものは、重量が重いので、除塵効率としては比較的高い効率が得られる)
- ・ 金網が目詰まりすると、金網の Cage の下部から排ガスがバイパスするようになっており、ストーブでの燃焼用空気が低下しない構造となっているが、目詰まりした場合の空気量の低下について確認が必要である。
- ・ 適用できる可能性はある。なお、金網にバイジンが付着するにしたがって、バイパスする量が増加するので、除塵効果は減少するので、金網の掃除をどれくらいの頻度で行うかにより、実際の除塵効果が変わるので、メンテナンスをどのようにするかが重要である。
- ・ AQDCC で排ガス測定を行い、性能確認を実施することになった。

協議実施年月日 2013年 1月22日

大気質庁

事業者

JICA専門家



Detail

大気汚染対策協議録

1. 事業者

事業者名	Green Idea Mongolia
担当者氏名	Oyun Tseren
ゲルストーブ所在地	ウランバートル市内全域
型式	ゲルストーブ (集塵装置 #3)

2. 指導内容

AQDCC 長官および関係者に対し、メーカーの説明が行われたので、説明に対し大気汚染削減効果の観点から装置に対し指導を行った。

- ・ 集塵性能に対する評価
- ・ 機能と原理に関する説明
- ・ 安全性に関する評価
- ・ 総括

3. 協議内容

- ・ 排ガスを細かい Mesh の金網で捕集するもので、金網の密度、面積次第でかなりの集塵効果が期待できる。ただし、金網の掃除を頻繁にしないと、目詰まりを起こしてゲルストーブに供給される空気量が低下し、酸欠状態の燃焼を起こす可能性がある。
- ・ 細かい Mesh の金網でバイジンを捕集するので、金網の Mesh が細かければ除塵効果は大きいですが、早く閉塞してしまう。除塵できるのは比較的、粒径の大きいバイジンで微細なものは除去する事はできない。金網はゲルストーブ出口の引出し式の箱の中にあり、掃除はしやすい。
- ・ 金網が目詰まりすると、酸欠状態の燃焼を起こす可能性がある。ゲルストーブ出口から屋外に至るまでの煙突の途中に、排ガスが漏れだす個所があるのは危険である。
- ・ 除塵はできるが、金網が目詰まりを起こした時に掃除を忘れると酸欠状態の燃焼を起こす可能性があり、安全対策に対する懸念から採用に対しては問題が多い。

協議実施年月日 2013年1月22日

大気質庁

事業者

JICA専門家



構造；Box内に金網が入っており、付着したススは引出し式で取り出して清掃する。

大気汚染対策協議録

1. 事業者

事業者名	MUNGUN KHUNDII
担当者氏名	Erdenesukh
ゲルストーブ所在地	ウランバートル市内全域
型式	ゲルストーブ (集塵装置 #4)

2. 指導内容

AQDCC 長官および関係者に対し、メーカーの説明が行われたので、説明に対し大気汚染削減効果の観点から装置に対し指導を行った。

- ・ 集塵性能に対する評価
- ・ 機能と原理に関する説明
- ・ 安全性に関する評価
- ・ 総括

3. 協議内容

- ・ 煙突の途中にフェルト状のアスベストを設置しバイジンを捕集するもので除塵効果は大きいですが、排ガスが高温であることから、アスベスト以外に適切な材料が無いのが問題である。
- ・ 原理はバイジン測定 Gas Sampling や Bag Filter と同じで (HOB などの排ガス温度はアスベスト以外の材料でも耐えられる温度である)、ほとんどのバイジンを捕集する事が出来る。なお、このようなフィルタの場合には、ドラフトロスが大きいので、燃焼用空気量を確保するためには誘引 Fan が必要である。
- ・ アスベストは健康安全面から使用できない。目詰まりした時に酸欠状態の燃焼を起こす可能性がある。
- ・ 安全面から採用すべきでない。
- ・

協議実施年月日 2013年 1 月22日

大気質庁

事業者

JICA専門家



大気汚染対策協議録

1. 事業者

事業者名	Dornii Elch
担当者氏名	Mr. Nyamdavaa
HOB 所在地	第 41 学校、第 60 学校、他 8 台
HOB 型式	MUHT

2. 指導内容

- ・モンゴルにおける集塵装置機の方式について
- ・サイクロンの設計について
- ・蒸気ボイラ設計の注意点

別添資料；サイクロンについて

3. 協議内容

- ・.HOB に設置する集塵機にはいろんな方式があるが、サイクロンが最もできしていると考え。実際の HOB の運転を考えると丈夫なものが良くセラミックスは壊れやすいし高価なので採用しない方がよい。
- ・せっかくサイクロンを設置しても適切に運転しないと集塵しなくなるので、メーカーが運転に対する注意を分かりやすく取扱い説明書に記載する必要がある。
- ・MUHT には空気比調整用ダンパがついているが、運転員が操作しやすいような構造にすること。
- ・サイクロンには灰の捕集タンクも含めて供給し、HOB 室の環境改善や、捕集した灰の処理が適切にできるようにすべきである。
- ・蒸気ボイラと温水ボイラとでは、チューブ内の水が外部から熱を吸収した時に、蒸気ボイラでは流体の比重差が大きくなり、熱を少ししか受けないチューブ内の流体が逆流する事があるので、同じヘダーに熱吸収量の大きく違うチューブをつなぐのは避けた方がよい。
- ・ボイラ効率や能力の確認には、ラボや研究所に頼むと多額の費用がかかるのがメーカーとしての悩みであるとの事で、今回のプロジェクトのメンバーで科技大に相談するのも一案である。

協議実施年月日 2013年1月22日

大気質庁

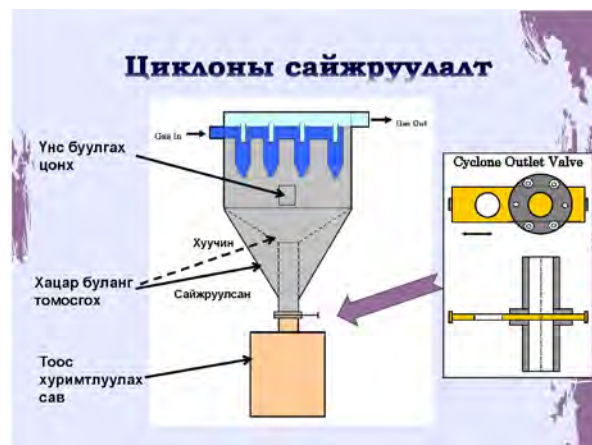
事業者

JICA 専門家

サイクロンについて

2013/01/22

- サイクロンでの Dust の分離は遠心力を利用したもので、サイクロンの形状（内径、ガス入口の流速、ガス出口管の形状など）が同じであれば、集塵効率は、サイクロンの材料によっては変わらない。
- 材料が影響するのは、摩耗の起こりやすさであり、現在使用している鋳物で摩耗の問題が発生していないのであれば、セラミックスを採用する理由は見当たらない。セラミックスは破損しやすいのと高価なので、モンゴルの HOB には適した材料とは考えられない。鋳物は中国から輸入すると聞いているが、サイクロンは鋼管を溶接して作ることもできる。これならモンゴルでも製作が可能である。ただし、鋼管は鋳物よりも摩耗しやすいので、試作品を実際に使ってみて摩耗に対し問題がないか確認する必要がある。
- 集塵効率だけを言うのであれば、Bag Filter は、ほぼ 100% 近く除塵できるが、HOB の起動時や石炭を投炭するたびにタール分を含んだ灰を発生するので、直ぐ目詰まりしてしまい使いものにならなかった例もある。集塵装置は、その国で使用される石炭の性状や、HOB の種類、運転方法などを考慮して選ばないと、高い効率が得られるよう設計されたものであっても、その能力を発揮する事はできない。
- サイクロンのホッパーの角度は、灰が堆積して詰まらないようにするには、石炭のホッパーと同様 60° 以上の角度が必要と考える。また、灰をホッパーに長時間貯めておくと、灰が流れにくくなって排出しないので、ホッパーに貯めるよりは、灰貯タンクをホッパーの下に設置し、一杯になる前に別のタンクと切り替えて使うようにすれば、灰出し時に、HOB 室内に灰が飛散して汚くなるのを防止できるし、捕集した灰がまわりに撒き散らされるのも防止できる。なお、灰貯タンクの取り付け部には、仕切り板を挿入出来るようにし、灰貯タンクを外した時に空気がホッパーに吸い込まれないようにする必要がある。
- もしも灰がサイクロン内に詰まった時に内部が点検出来るよう点検口を設置する事が望ましい。調査の時に行ったように、ホッパーを切断するのは大変である。



大気汚染対策協議録

1. 事業者

事業者名	Elbegdulaan
担当者氏名	Byambatsogt
HOB 所在地	第 37 学校
HOB 型式	E1.4

2. 指導内容

HOB の排ガス成分 (O₂、CO) の測定結果をもとに、HOB の運転に関する改善点を指摘した。

別添資料 ; No.37 School HOB 測定結果

3. 協議内容

- ・石炭投入直後には O₂ 濃度は急激に下がり、CO 濃度は急激に上昇する事が、連続測定を行っては分かった。これは、投入した石炭の揮発分が一気に燃焼を始めるためであり、対策としては、続けて一度に石炭を投入するのではなく、最初に投入した石炭の揮発分が着火して燃焼が少し進んでから次の投入（1 分ほど待ってから）すると、改善が期待できる。
- ・炉内ドラフトは大気圧に近い運転をしており、石炭投入口のシール性も良いので、漏れ込み空気による熱ロスは少ないので良い。
- ・石炭投入後の安定した運転状態では O₂ 濃度の最低値が「14%程度であり、空気比では約 3.0 と」少し高めである。
- ・この HOB に対する適切な空気比を見出そうとすれば、今回のような排ガス成分の連続測定装置が必要であり、簡単にできないのが問題である。

協議実施年月日 2013年 1 月25日

大気質庁

事業者

JICA 専門家

No.37School HOB 測定結果

2011 年 6 月 8 日

1. 目的：HOB 排ガス成分測定により排ガス損失熱を定量化する。

2. 測定項目

測定項目	測定器	測定頻度
HOB 排ガス温度	K 熱電対	連続（データロガー）
排ガス O ₂ 濃度	PG-200	連続（データロガー）
排ガス CO 濃度	PG-200	連続（データロガー）

3. 測定結果

石炭投入から時価の石炭投入までの 1 サイクル分（11：50～12：13）

	O ₂ %	CO ppm	T _g °C
Average	14.0	1703	119
Max.	19.2	5120	138
Min.	7.8	155	79

	ドラフト
燃焼室内	-0.2mmH ₂ O
煙道（E/C 出側）	-0.5mmH ₂ O

* ドラフトについては、操業中のどのタイミングのデータが把握しておらず参考値。

4. コメント

連続測定データを見ると、石炭投入～石炭投入までの推移が明確に出ている。

O₂ 濃度：石炭投入直に O₂ 濃度は 19%から 8%まで数分で低下し、以降徐々に増加していく。

CO 濃度：石炭投入直後に濃度が急上昇している。この状態が 1～2 分続く（今回は 1 分間ほどレンジ（5000ppm）をオーバーしている）。その後 400ppm 程度まで減少するが、その後 2000ppm 程度まで増加する。石炭投入直後の急激な増加は石炭から揮発分が発生したことが原因と思われる。その後の濃度の上昇に原因は不明。石炭の燃焼の進行とともに、燃焼室内の温度が低下し、燃焼性が低下しているのかもしれない（CO 濃度の増加とともに排ガス温度が低下している）。

排ガス温度：石炭投入後の温度が上昇し、その後は石炭の燃焼とともに温度が低下している。このボイラは HOB 出側にエコノマイザーが設置されている（排ガス温度はエコノマイ

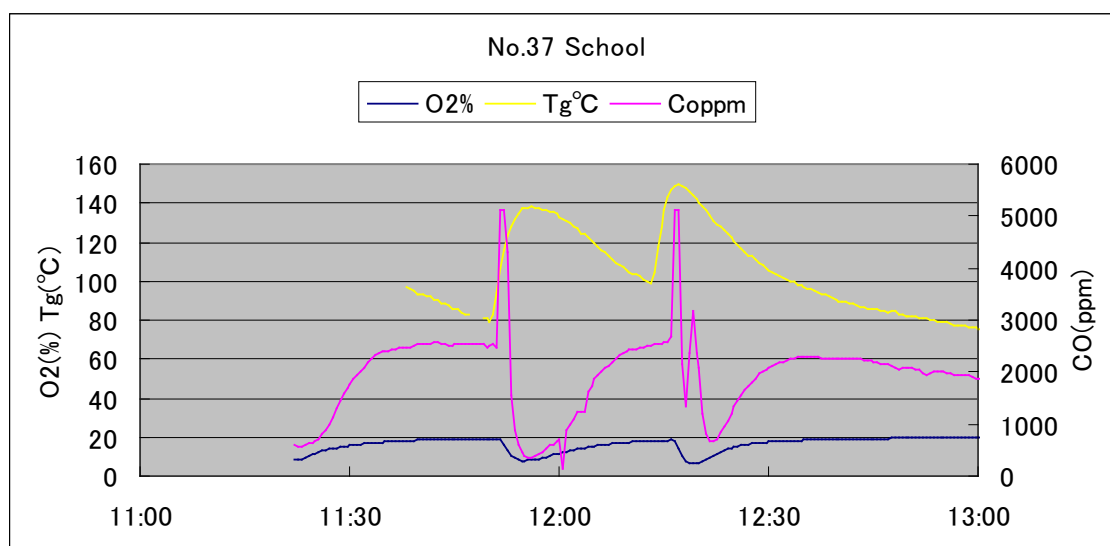
ザー出側で測定)。そのため、全般的に排ガス温度が低い。平均 119℃、最低 79℃。特に最低温度のタイミングでは、酸露点の領域に入っている可能性が高い。管理会社もこの点は理解しており、温水供給ラインにはバイパスを設けて、HOB の給水温度を高め保持しているようである。

ドラフト：測定タイミングが石炭投入～石炭投入のどのタイミングが不明であるが、測定値は-0.2mmH2O と非常に大気圧に近い（鉄道の BUZZUI：-4mmH2O、No.41School の MUHT：-8mmH2O）。侵入エアーも他の HOB に比較すると大幅に少ないと思われる。このような操業ができているのは、HOB 石炭投入口のシール性が優れていることによるものと思われる（写真撮り忘れしました）。石炭投入口のドアはレバーにより本体側に押しつけることによりシールされるようになっている。

5. 結論

排ガス温度が低いこと、O2 濃度の最低値が 14%程度であり（空気比 3 相当）、排ガス損失熱は他の HOB に比較して少ないとみられる（排ガス損失熱は全体出熱の約 14%程度）。空気比について多少の低減の余地はありそうであるが、最低 O2 濃度が 8%（空気比 1.6 相当）と低めであることから極端な空気比の調整は困難かもしれない。また現在は給湯のみであるので、HOB の負荷が低い状態であるが、冬季になり HOB の負荷が上昇すると石炭投入ピッチ、1 回あたりの石炭投入量も増加し、排ガス酸素濃度は全体的に低めになる可能性が高い。従って、現状設備では大きな効率改善は望めないと考えられる。

以上



大気汚染対策協議録

1. 事業者

事業者名	Elbegdulaan
担当者氏名	Byambatsogt
HOB 所在地	第 37 学校
HOB 型式	E1.4

2. 指導内容

超音波流量計を使用した、HOB への給水流量、補給水予熱流量などの測定結果をもとに、温水系統の改善点を指摘した。

別添資料 ; No.37 School 温水流量測定結果

3. 協議内容

- ・この HOB には Economizer が設置されており、HOB への給水温度が低いと、Economizer Tube の管壁温度が酸露点温度まで下がって激しい硫酸腐食を起こすが、事業者はこの現象を良く理解しており、HOB を出た高温の温水を、給水に再循環して給水温度を上げて、その対策を行っている。
- ・再循環している温水量は給水の約 80% と非常に多い結果となっているが、測定は夏季に行ったので、HOB の負荷も低く、温水の需要も少ないので、冬季とは異なった運転となっている可能性が高いので確認する必要がある。
- ・冬季では、給湯水の戻り温度が高くなると思われるので、再循環水量が減少すると思われるが、そうでなければ、HOB への給水温度は低いまま給水しなければならなくなり、Economizer Tube の酸腐食が進行する恐れがある。

協議実施年月日 2013年 1 月25日

大気質庁

事業者

JICA 専門家

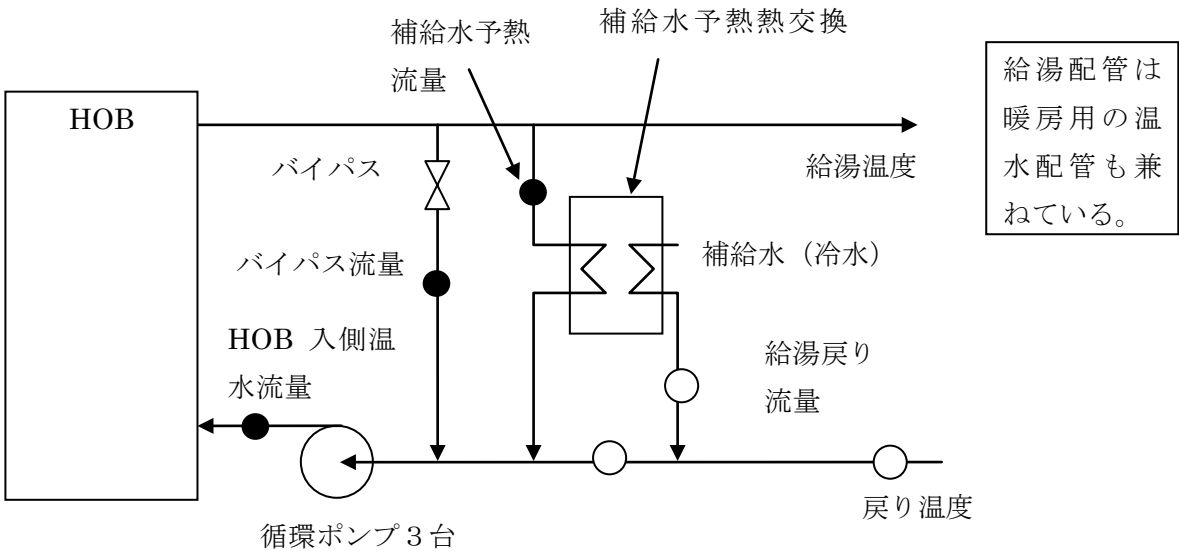
20011 年 6 月 8 日

No.37School 温水流量測定結果

1. 目的：現在の温水流量の把握

2. 測定項目

測定項目	測定器	配管径	測定頻度
HOB 入側温水流量	超音波流量計	150mm	スポット
バイパス流量	超音波流量計	100mm	スポット（直管短い）
補給水予熱流量	超音波流量計	65mm	スポット（直管短い）
補給水温度（熱交後）	K 熱電対		連続（データロガー）
補給後温水温度	K 熱電対		連続（データロガー）
給湯戻り温度			既設温度計を読む



3. 測定結果

(1) 流量

測定場所	流量 (m ³ /h)	流速 (m/s)
HOB 入り側温水流量	47.5	0.96
バイパス流量	27.52	0.886
補給水予熱温水流量	10.5	0.812

(2) 温度

	補給水温度 ℃	補給後温水温度 ℃	温水戻り温度 ℃
Average	50.6	47.3	28
Max.	51.4	48.0	—
Min.	49.7	46.3	—

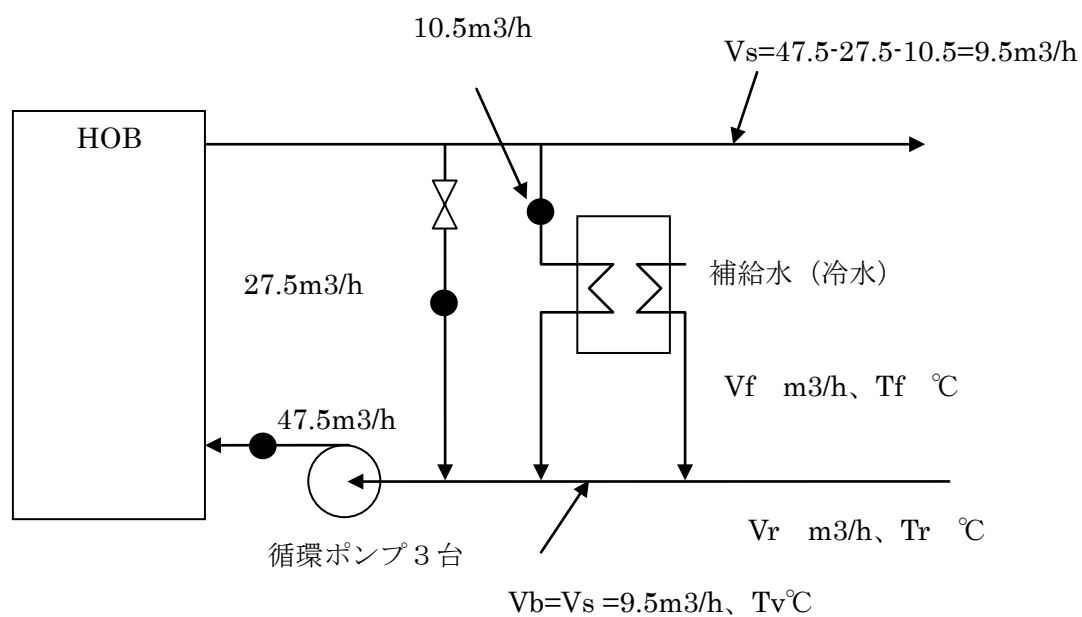
測定時間は研修時間の関係で 20 分弱と短い。

4. 補給水流量の推定

今回の測定値より補給水量の推定を行う。

仮定

補給後の温水流量 (V_b) は、給湯流量 (V_s) に等しい。給湯先で使用された温水量と同じ流量が補給される。



計算

- ・ 補給後の温水流量の熱バランス

$$V_b \times c \times T_v = V_r \times c \times T_r + V_f \times c \times T_f$$

C：水の比熱

測定値を入れると、(比熱は全ての項にかかっているなので、cで全体を割る)

$$9.5 \text{ m}^3/\text{h} \times 47.3^\circ\text{C} = V_r (\text{m}^3/\text{h}) \times 28^\circ\text{C} + V_f (\text{m}^3/\text{h}) \times 50.6^\circ\text{C}$$

さらに、 $V_b = V_r + V_f = 9.5 \text{ m}^3/\text{h}$ であるので、

$$V_r = 9.5 \text{ m}^3/\text{h} - V_f$$

を代入すれば、 $V_f = 8.1 \text{ m}^3/\text{h}$ となる。また $V_r = 9.5 \text{ m}^3/\text{h} - 8.1 \text{ m}^3/\text{h} = 1.4 \text{ m}^3/\text{h}$

5. 現在の運転状態のコメント

実際の給湯の使用量(=補給水量)が約 $8 \text{ m}^3/\text{h}$ 程度であるのに対して、ポンプの給水量は $47.5 \text{ m}^3/\text{h}$ である。この差(約 $40 \text{ m}^3/\text{h}$)のうち無駄に見えるのは、バイパスの流量である(約 $28 \text{ m}^3/\text{h}$)。この理由は、こちらの HOB にはエコマイザーが設置されているため給水温度を下げると、酸露点の領域に入り、エコマイザーが腐食するため、HOB 給水温度を高温に保持するために多量のバイパス流量が必要になっているとのことである。今回 HOB への給水温度などのデータは採取できなかったが、同時に実施した HOB の排ガス温度の測定結果からは、排ガス温度の最低値は夏場で HOB の負荷が低いこともあり、 80°C 程度まで低下していることもあり、バイパス流量の低減は困難か。

大気汚染対策協議録

1. 事業者

事業者名	HSUD
担当者氏名	Nanjid
HOB 所在地	第 46 学校
HOB 型式	KCR-300

2. 指導内容

Fan の運転方法と HOB からのダスト濃度の関係の確認と、超音波流量計を使用した、HOB の給水量、補給水予熱流量などの測定結果をもとに、温水供給能力の確認との改善点を指摘した。

別添資料 ; No.46 School 温水流量測定結果

3. 協議内容

- ・ 灰掻き時や、石炭投入時には、炉内で灰が舞い上がるので、その時に Fan を停止すれば、煙突から排出されるかバイジン量が低減できる事が期待でき、試験を行った結果、石炭投入時には効果が認められたが、灰掻き時については、逆の現象となり、その前の灰掻きの影響も考えられるので判断は困難である。
- ・ HOB で発生した温水と、熱交換器を介して施設へ供給される温水との Heat & Mass Balance の確認をおこなったところ、熱交換器出口の HOB 側温水温度計の保温が適切でなく、正しく計測されていない事が判明した。計器の管理は計器自体のほか、取り付け状態についても注意が必要である。
- ・ この HOB は無煙炭焚きで設計されており、揮発部を多く含む亜瀝青炭を焚く時には、煙管が石炭の着火時に発生するタール分で閉塞する事があるので注意が必要である。

協議実施年月日 2013年 1 月28日

大気質庁

事業者

JICA 専門家

No.46 School 測定結果報告書

1. 測定日：2012 年 1 月 12 日

2. HOB 仕様

HOB 形式	KCR-300	押込みファン：1 台/基 誘引ファン：1 台/基（エジェクターファン） 煙突：個別にあり
能力	240kW	ただし高発熱量炭を使用したときの能力 （注；Mr.Seded の話では 8000kcal/kg の Anthracite との事）
設置基数	2 基	
運転基数	2 基	

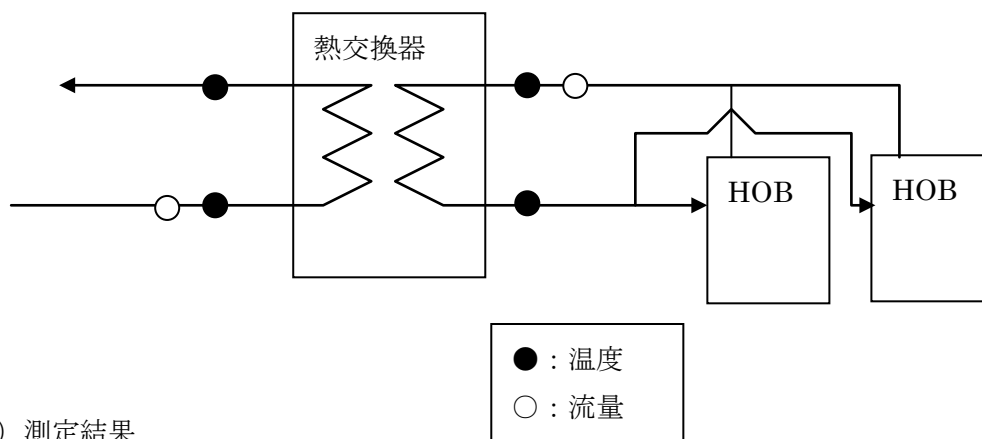
3. 温水供給熱量

（1）目的

HOB の温水供給能力を確認するため、HOB 出側温水の流量、温度差を測定する。

（2）測定項目

項目	測定器	コメント
HOB 出側温水温度	熱電対	配管表面に貼り付け（保温材で覆う）
HOB 入り側温水温度	熱電対	配管表面に貼り付け（保温材で覆う）
HOB 循環温水流量	超音波流量計	
供給温水給水温度	熱電対	配管表面に貼り付け（保温材で覆う）
供給温水戻り温度	熱電対	配管表面に貼り付け（保温材で覆う）
供給温水流量	超音波流量計	



（3）測定結果

1) 流量測定結果

場所	流量	コメント
HOB 循環流量	16.4m ³ /h	
供給温水流量	34.9m ³ /h	
小学校温水流量	10.3m ³ /h	供給先の中で測定可能であった小学校のみ個別に測定した。

2) 温度 (単位: °C) 12:50~13:30 の平均値

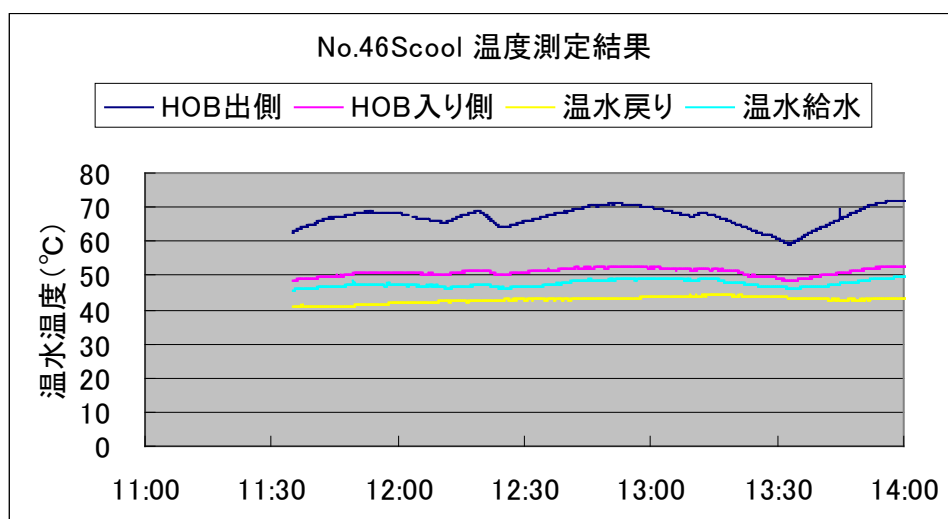
HOB出側	HOB入り側	HOB温度差	温水給水	温水戻り	給水温度差
67.4	51.5	15.9	48.4	43.8	4.6

3) 温水供給熱量

		HOB発生熱量	給湯熱量
熱量	Mcal/h	260	160
	kW	302	186

(4) コメント

HOB 発生熱量と給湯熱量は本来ほぼ同じ値でなければならない。今回に測定結果では、HOB 発生熱量の方が約 60%程度大きい。この原因は温度測定の誤差に起因する可能性が高い。今回の温度測定方法では、実際の温度を高めめに測定することはなく、低めに計測されることがある（保温材が熱電対の先端をしっかりとカバーしていない）。測定後に設置状況を見ると、HOB 循環水の熱交換器出口側の温度計の先端が保温材から外れていた。従って、今回の測定結果では、HOB 発生熱量を過大に測定している可能性が高い。



4. ダスト濃度の測定

(1) 目的

HOB のダスト低減対策として、灰かき時、および石炭投入時に押し込みファン、排気ファンを停止することが考えられる。その効果を確認するために、下記 4 ケースの条件でダストの濃度測定を行った。

(2) 測定条件

タイミング	通常操業			ファン停止 Test			ダスト採取時間
		FDF	IDF		FDF	IDF	
灰かき時	条件 1	X	○	条件 2	x	x	5 分
石炭投入時	条件 3	X	○	条件 4	x	x	10 分

○ ; ファン運転、X ; ファン停止

- ・条件 2、4 のファンの運転は、灰かき時、石炭投入時のみ運転を停止し、作業終了後はファンを運転する。
- ・排気ファン (IDF) は大気を Fan で昇圧して煙道に吹き込む Ejector 方式である。

(3) 測定結果

	灰かき時		石炭投入時	
	ファン運転	ファン停止	ファン運転	ファン停止
ばいじん濃度(g/Nm3)	0.330	0.522	0.441	0.253
測定時間(min)	5	5	10	5

(4) コメント

1) HOB の運転

この HOB は、昨シーズンまでには粉炭を使用していたが、詳細は不明であるが、ジャケット内の煙管が閉塞して、そのメンテナンス (煤の除去) に非常に苦労していた。その対策として今シーズンより、塊炭を主体に使用するようになった (大きさが 10~20cm 程度のもの)。その結果、投入インターバルも 1 時間と他の HOB に比較して非常に長い。石炭投入口は HOB の側面上部にあり、内部はストーカより 40~50cm 程度灰および石炭を積み上げて運転している。そのため、燃焼空気の通気性を確保するために、灰かきを石炭投入の間に 2 回 (約 30 分毎) 実施している。

2) ダスト濃度

通常の灰かき時には、かなり濃い煙色と、石炭投入口からの火の粉を含む火炎の吹き出しが発生する。

煤塵濃度測定結果からは、灰かき時はファンを停止した方が値が大きく、石炭投入時にはファン停止の方が値が小さい。一方煙突よりの発塵状況では両者に大差はない。今回の試験では、一度灰かきを行った後に行ったので、その影響が明確に現れず、測定値の違いはばらつきの範囲内である可能性もあり、この対策については、もう少し測定値の積み重ねが必要と考える。

大気汚染対策協議録

1. 事業者

事業者名	Tushighkhagai
担当者氏名	Batjargal
HOB 所在地	第 88 学校
HOB 型式	KPBO7KB

2. 指導内容

Fan の運転方法と HOB からのダスト濃度の関係の確認を行い、改善点について指摘した。

3. 協議内容

- ・ 灰かき、石炭投入時にファン（押込み、排気）のファンを停止することによる発塵の顕著な低減効果は認められなかった。また、炉内の確認や、燃焼ガスのボイラ室内への噴き出しを考えると、この HOB の場合は、灰かき時や、石炭投入時に Fan を停止する事はできない。
- ・ HOB 内ドラフトの絶対値は、 $\pm 1\text{mmH}_2\text{O}$ の範囲にあり、侵入空気の防止という観点からは、良好な状態である。今後も注意して継続する事。
- ・ 通常燃焼時の燃焼排ガスの O_2 濃度は 18%程度であり、空気比の改善（燃焼空気を削減することによる排ガス損失熱の低減）が必要である。Fan には Damper があって、空気量や炉内ドラフトの調整はできるが、 O_2 濃度は測定装置がないと計測できないので空気量の調整は難しい。

協議実施年月日 2013年 1 月29日

大気質庁

事業者

JICA専門家

No.88School 測定結果報告書

1. 測定日：2012 年 1 月 11 日

2. HOB 仕様

HOB 形式	KBPO07KB	押込みファン：1 台 誘引ファン：1 台
能力	700 k W	
設置基数	1 基	
運転基数	1 基	

3. 設備/運転状況

- ・ No.88School の HOB は平衡通風方式（押込みファン、排気ファンを持っている）である。押し込みファン、排気ファンともに故障時以外停止しない。
- ・ 石炭の投入ピッチは、5 分程度と非常に短い。石炭を投入する前に灰をかき出す。灰はクリンカ状になっているものが多く、灰かき時の煙突よりの発塵は目視ではほとんどない。その後石炭投入とともに煙突よりの発塵も目視で確認できる程度となるが、数分で目視できる発塵はなくなる。

4. 測定結果

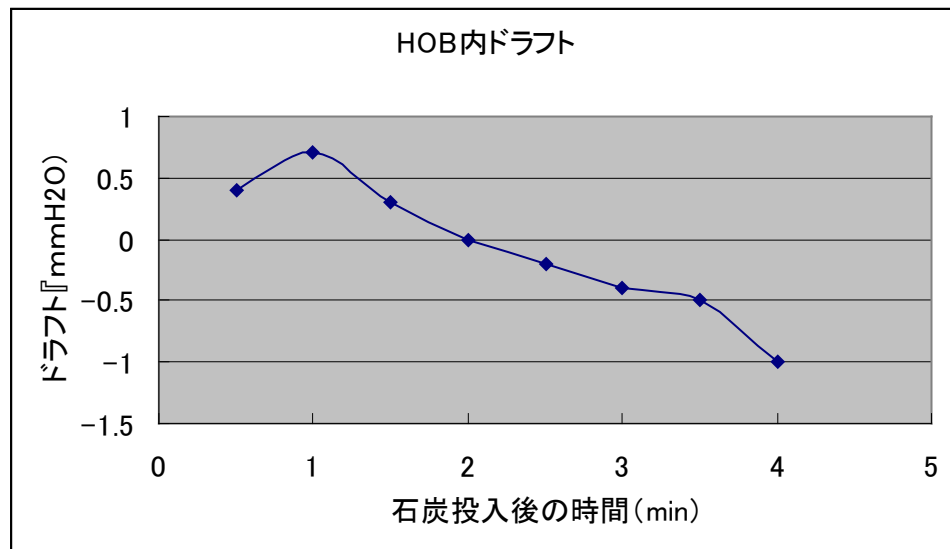
(1) 炉内ドラフト

石炭投入後の時間と HOB 内ドラフトの関係をスポットで測定した。結果を図に示す。

石炭投入直後に石炭から揮発分が発生し、HOB 内ドラフトは上昇する。その後揮発分の発生量が減少し、HOB 内ドラフトは徐々に下がっていく。煙突よりの発塵量もほぼこれに対応している。石炭投入後の煙突よりの白煙は、揮発分の燃焼による水分と、揮発分に起因するダスト（メカニズムは不明）によるものと推定できる。

- ＊ 石炭の投入とともに排ガス成分の中で CO 濃度が急激に増加する。(No.88School の場合には 5000ppm 以上になる。定常時は 400ppm 程度)

なお、HOB 内ドラフトの絶対値は、±1mmH₂O の範囲にあり、侵入空気の防止という観点からは、良好な状態である。ただし、燃焼排ガスの O₂ 濃度は 18%程度であり、空気比の改善（燃焼空気を削減することによる排ガス損失熱の低減）の余地はある。



(2) ファンの停止によるダストの低減

灰かき、石炭投入時にファン（押込み、排気）のファンを停止することによる発塵の低減効果を確認するための測定を行った。石炭投入ピッチが5分程度であるので、2回分として約10分間のダスト量を測定している。

結果を見ると、通常運転時と同じであり、ファン停止の効果は見られない。今回のHOBでは、灰かきによる発塵がもともと少ないこと（灰かき作業がクリンカの排出であり、あまりHOB内の灰をかき回していない）、石炭投入後の発塵は揮発分起因であることが原因かもしれない。

回数	1回目	2回目	3回目	平均
灰かき、石炭投入ファン停止	1.015	1.209	—	1.112
測定時間(min)	10	9	—	
通常操業(ファン運転)	0.8885	1.3816	1.0863	1.119
測定時間(min)	20	20	20	

5. 灰かき、石炭投入時のファン停止対策について

No.88Schoolの翌日に測定を行ったNo.46Schoolにおいても同様な測定を行ったが顕著な効果は認められなかった。従ってさらにデータの蓄積が必要であるが、ファン停止に対する現在までに得られた知見は下記のとおりである。

(1) 灰かき時

- 1) 押し込みファンを停止すると、ストーカ上でどの部分の石炭の燃焼が進んでいないか分かりにくくなる（AQDCC：名前を忘れました）。

2) 1) の理由で押し込みファンが停止できないと、HOB 内のドラフトが上昇するため、排気ファンの停止はしづらい。(HOB 内からボイラ室への吹出し)

(2) 石炭投入時

1) 押し込みファンは、通常停止する。この目的は、石炭投入時は揮発分により HOB 内ドラフトが上昇するので、ボイラ室内への吹き出しを少しでも減少させるため。平衡通風方式の HOB では停止していない場合も多い。Bzui のような排気ファンを持たない HOB でも Mental health care のように、ファンを停止せずボイラ室内の環境が非常に劣悪な場所もある。

2) 排気ファン：排気ファンを停止すると HOB 内ドラフトが上昇し噴出しやすくなる。極端な吹出しはボイラ室内の環境悪化を招くため停止は困難ではないかと思う。

以上

大気汚染対策協議録

1. 事業者

事業者名	School
担当者氏名	Enkhchimeg
HOB 所在地	第 106 学校
HOB 型式	Thermocholor-0.3

2. 指導内容

排ガス測定結果をもとに HOB の運転に対する改善点について指摘した。

3. 協議内容

- ・誘引 Fan の容量が大きい為か押込み Fan を運転しなくとも排ガス O₂ は 18%以上であり、非常に高い過剰空気率で運転されている。FDF を運転しない状態でも、炉内ドラフトは-20mmH₂O 程度であり、押込み Fan の吸引口からエアーが吸引されている。
- ・ボイラ効率の面から過剰空気率を、もう少し下げて運転すべきであるが、O₂ 濃度は測定装置がないと計測できないので空気量の調整は難しい。
- ・誘引 Fan の容量が大き過ぎると動力も消費するので、適切なプーリーと取り換えて、Fan の回転数を下げた運転とする必要がある。
- ・起動時や、石炭投入時に多量のタール分を発生するような HOB に Bag Filter を設置するのは適さない。タール対策が必要である。Bag Filter は機能していないと可能性が高い。

協議実施年月日 2013年 1 月30日

大気質庁

事業者

JICA専門家

No.106 School 測定結果報告書

1. 測定日：2012 年 1 月 10 日

2. HOB 仕様

HOB 形式	Themocholor-0.3	押込みファン：1 台/基 バグフィルター：2 基の HOB で共用 誘引ファン：2 基の HOB で共用 煙突：共用 ただし、HOB の運転は 1 台であり、使用していない HOB の排ガス系統はダンパーで切り離されている。
能力	350kW	
設置基数	2 基	
運転基数	1 基	
集塵装置	バグフィルター	フィルターの本数は 6 本

3. 設備概要

- ・ #106 School は 2008 年に日本の援助で建設された学校で、2009 年にボイラを更新し現在の HOB (350kWx2 缶) が設置されている。集塵装置としては Bag Filter (Cyclone が設置されていると思っていたが実際は Bag Filter であった) が設置されており、通風方式は、FDF と IDF を備えた平衡通風方式である。測定時には 1 缶が運転されており、もう 1 缶は停止中であった。通常運転中は、FDF は停止しており、クリンカを排出するときにたまに運転している。未燃の細かな石炭を燃やすためかもしれない。
- ・ ボイラは科学技術大学で設計され、モンゴルで製造されたもので同一の HOB はアムランにもある。

HOB の構造は MUHT に似た火格子構造で、石炭の投入と炉内の灰出しは前面の扉をあけて行っている。(MUHT では、灰は缶奥へ押し出して後部の灰出し Hopper へ落とす所が異なっている)

- ・ HOB 出口の Duct は缶後ろで 2 缶が Common になっており (合流前には仕切り Damper が設置されている)、合流後に 1 つの Bag Filter へと排ガスは導かれる。Bag Filter の後には IDF が 1 台 (5.5kW) 設置されており、排ガスは煙突に送られる。
- ・ HOB 出口の排ガス温度は 75℃と低い値であり、Bag Filter で出口 Duct は手で触っても、少し暖かい程度である。この要因の一つとして、A/H が設置され排熱回収を実施していることがあげられる。予熱空気温度は 50℃程度まで上昇している (ボイラ室内気温は -8℃程度)

4. 運転状況

- ・ IDF の容量が大きい為か FDF を運転しなくとも排ガス O₂ は 18%以上あり、非常に

高い Excess Air で運転されている。FDF を運転しない状態でも、炉内ドラフトは－20mmH₂O 程度であり、非常に低く、FDF の吸引口からエアーが吸引されている。空気比が高いことも、排ガス温度が非常に低いことの一要因と思われる。

- ・ Bag Filter からの Fly Ash の排出は Hopper 下部の Flange を開いてバケツに受けて灰捨て場へ運ばれる。
- ・ 火格子上の灰は Clinker 状になっており、ショベルですくって排出される。
- ・ 赤熱した Clinker の一部を缶前、缶奥の火格子上に残し、投炭した石炭はそれを火種に着荷する。
- ・ 灰出し時には排煙の着色もほとんど見られないが、投炭後に薄い黒煙となり、投炭した石炭の着火が始まると濃い白煙となる。Excess Air が高く、火格子上の燃焼も缶前と缶奥の一部に限られているので、空気の通りの悪い個所では揮発分が蒸し焼きになりタールを発生し、白煙の発生につながっている可能性が高い。
- ・ 全体の着火が進むと青白い炎を出して緩慢な燃焼が続く。このときには排煙の着色はほとんど見受けられない。
- ・ 測定後にバグフィルターでのダスト量を測定したが、午前中にダストを抜き出した後のダストの堆積はなくダストは排出されなかった。午前中に抜き出したダスト受け容器のダスト量（10 月 1 日運転開始以降のダスト）を測定すると総量は 16kg 程度でありバグフィルターでのダスト捕集量は非常に少ない。バグフィルターはほとんど機能していないようである。学校建設当初の HOB に設置されていたバグフィルターであり、以降 4 年間分解しての点検、清掃は実施されていない。
- ・ バグフィルターからのダストの抜き出しは毎年 4 月に 1 回しか実施していない。

排ガス成分およびドラフトの代表値

排ガス O ₂ 濃度	18%	空気比≒ 7～8
排ガス CO 濃度	800ppm	
排ガス温度	74℃	
BF 後ドラフト	－120mmH ₂ O	
炉内ドラフト	－20mmH ₂ O	

5. バグフィルターについて

バグフィルターによる集塵は、通常は非常に捕集効率が高く、非常に細かいダスト以外はほぼ全量捕集する。しかし、No.106 School では煙突より多量のダストが観察されたことより、現状ではバグフィルターが破損して機能していない可能性が高い。

No.106 School のバグフィルターの設備的な問題は下記 3 点である。

(1) 逆洗装置がない

バグフィルターでは、フィルター表面に付着したダストを払い落とすために圧縮空気を短時間フィルター内に噴射する。この装置がないため、フィルターは比較的短時間で目詰まりを起こしたはずである（フィルターのメッシュが非常に粗い可能性はあるが）。

(2) フィルターの交換が出来ない。

通常のバグフィルターは、装置の上部にフィルターを抜き出し、交換が出来るようになっている。しかし、No.106 School のものは上部が溶接構造であり、フィルターの交換が出来ない。

(3) タール対策設備がない

石炭から揮発分としてタールが発生する。タールは低温で液化する。液体となったタールはフィルターに付着してフィルターの目詰まりの原因となる。この対策として、事前にフィルターにダストを付着し、ダストともにタールをフィルターから払い落とすなどの対策が必要であるが、特にタール対策が採られているように見えない。



ボイラー運転員にメンテナンス状況を確認したところ、稼動以来4年間フィルターの交換を実施していない。またフィルターよりのダストの払い落としも HOB の運転が終了する4月に排ガス入り側のダクトを外して行っているとのことである。

* 入り側ダクトも HOB 更新時に溶接構造としてしまい、フランジは1箇所のみであるので、ダクトの取り外しが出来ない構造となっているため、開放してのメンテナンスは実施されていないかもしれない。

以上の設備的な問題点およびそれに起因するメンテナンスの不備から、フィルターは破損しており、バグフィルターの機能はほとんど果たしていないと判断する。

さらにモンゴル国内では、バグフィルターの予備品調達が困難であることから、バグフィルター式の集塵装置は HOB には向かず、サイクロン方式への改造が適当と考える。

6. 排ガス損失熱の低減について

排ガス酸素濃度が 18% と非常に高い。排気ファンの能力が大きく、通常時は燃焼ファンを運転しないことから、原因としては下記 2 点が考えられる。

- (1) HOB 内のドラフトが $-20\text{mmH}_2\text{O}$ と低いため、石炭投入口などからの侵入空気が多い。
- (2) 排気ファンが強力なためストーカーより過剰な燃焼エアーが供給されている。

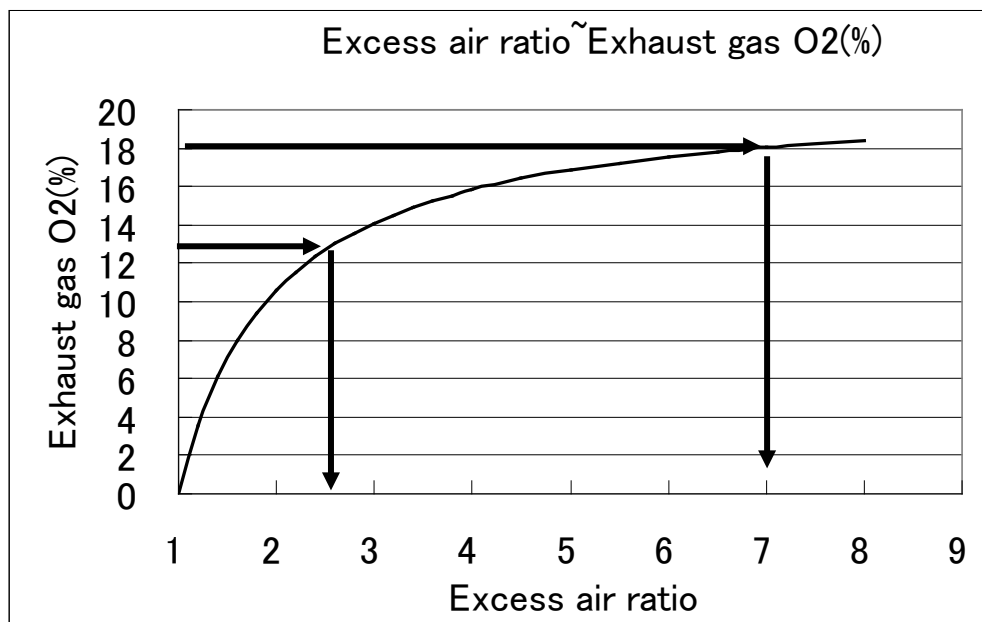
この対策としては、排気ファンによる排気流量を減少させて、HOB 内のドラフトをマイナス $4\sim 5\text{mmH}_2\text{O}$ 程度に荷調節する。その結果ストーカーから供給される燃焼エアーが不足するのであれば、燃焼ファンを運転する。

* 燃焼ファンを運転するとドラフトは上昇するので、その場合には排気量を増加させてドラフトがマイナス $4\sim 5\text{mmH}_2\text{O}$ になるように調節する。

この調節により排ガス酸素濃度がどの程度まで減少するか不明であるが、鉄道修理工場の13%程度まで低減できた場合の効果を試算する。

(1) 空気比

図より、排ガス酸素濃度が現状の18%では空気比が7である。排ガス酸素濃度が13%であれば、空気比は2.5となる。



(2) 排ガス損失熱の低減量

空気比と排ガス損失熱の関係はずのようになる。パラメータは排ガス温度である。排ガス温度が75℃であるので、排ガス損失熱の割合は空気比が7では18%程度であり、空気比2.5では8%程度となる。つまり空気比を2.5まで低減できれば、排ガス損失熱は10%削減でき、HOBのエネルギー効率も10%向上する。

