


途上国プラント改善診断調査事業  
(プラント改善診断コンサルティング調査)  
ネパール・Udayapur Cement 運転効率改善診断  
コンサルティング調査報告書  
〔概要〕

2010年3月

社団法人日本プラント協会

 豊田通商株式会社

KEIRIN



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp/>



## 目次

1.	調査概要.....	1
	(1) 調査の目的.....	1
	(2) 調査の内容.....	1
2.	Udayapur Cement プロジェクトの概要.....	1
	(1) 所要資金.....	1
	(2) 建設期間.....	1
	(3) 本プロジェクトの実施方法.....	2
3.	プロジェクト完成以降の援助.....	2
	(1) 1992 - 1994.11.....	2
	円借コンサルタント（小野田エンジニアリング）常駐による技術支援.....	2
	(2) 1997 円借款事後評価実施.....	3
	(3) 1997 SAPS実施.....	3
	(4) 1999.3 - 2002.3 JICA専門家長期滞在による工場運営指導.....	4
	(5) 2004 JICA短期専門家 設備維持管理技術支援.....	5
	(6) 2007.7 円借款事業事後モニタリング報告書.....	5
4.	ネパールのセメント産業の現状.....	6
	(1) ネパールのセメント企業.....	6
	(2) 工場新增設の情報.....	7
	(3) セメントマーケット.....	8
5.	現地調査.....	9
	(1) 事前準備.....	9
	(2) 現地調査日程.....	9
6.	現地調査内容.....	10
	(1) 水野大使、及び野村書記官からヒアリングした視察時の運転状況.....	10
	(2) ネパール工業省次官(Secretary of Ministry of Industry) Mr. Pratap Kumar Pathak氏との面会.....	12
	(3) UCILからの情報.....	13
	1) 情報の内容.....	13
	2) 最近4ヶ月の生産状況.....	13
	3) 各系統の運転状況.....	14
7.	問題点.....	18
8.	改善策.....	22
	(1) 改善策の基本思想.....	22

(2) 必要部品.....	22
(3) 必要工事.....	22
9. まとめ.....	22
10. 添付資料.....	23
(1) 必要部品リスト.....	23

## 1. 調査概要

調査の目的および調査の内容は以下の通りである。

### (1) 調査の目的

本調査の目的は、ネパール共和国 Udayapur Cement Industries Ltd. (以下 UCIL)からの要請により、低位に留まっている同社の運転効率を改善して、生産量を増加させるものである。

背景：1992年操業後、設備稼働率が著しく低下している。2004年に JICA の委託で実施した調査にて、最適運転化に必要なセンサーの不備及び設備保全に必要なスペアパーツ類の不足、最適化運転技術の低下等により設備稼働率が著しく低下していると指摘されている。

調査の必要性：前回調査から5年経過後の現在の状況を把握して、稼働率改善に必要なセンサー/スペアパーツの選定、また工場運転保守状況の確認を行う必要がある。

調査の位置づけ：本調査により、稼働率改善への具体的且つ、有効な事業計画を策定する。

### (2) 調査の内容

以下について、UCIL 幹部からのヒアリングによる調査を実施した。

- 1) 運転状況
- 2) 運転効率上の問題点
- 3) 運転効率改善に必要な改善
- 4) 運転効率改善に必要なスペアパーツ(特に必要なもの)
- 5) その他

## 2. Udayapur Cement プロジェクトの概要

本プロジェクトは、ネパール王国(当時；現ネパール共和国)ウダイプール郡ジャルジャリ村に、生産能力 277,200t-cement/年のセメント一貫生産プラントを建設するものである。

### (1) 所要資金

日本政府の ODA 援助資金	187.7 億円(承諾額)	187.49 億円(実行額)
ネパール出資金	3 億ルピー(当時のレートで約 15 億円)	

### (2) 建設期間

1989年9月から1992年11月

(3) 本プロジェクトの実施方法

本プロジェクトの実施方法は以下の通りである。

- 1) 契約形態           フルターンキーベース
- 2) 事業主             ウダイプールセメント工業会社(UCIL)
- 3) コンサルタント   小野田エンジニアリング株式会社 (現太平洋エンジニアリング株式会社)
- 4) コントラクター   川崎重工業株式会社と株式会社トーメン (現豊田通商株式会社) とのコンソーシアム
- 5) 主要生産設備
  - キルン             SP タイプ   800t/day
  - 原料粉砕           シャフトミル(縦型ミル)   70t/h
  - セメント粉砕       チューブミル+O-SEPA   45t/h
  - 石灰石輸送         ロープウェイ   200t/h, 全長 13km、  
メーカー   ドイツ PWH

3. プロジェクト完成以降の援助

(1) 1992 – 1994.11

円借コンサルタント(小野田エンジニアリング)常駐による技術支援  
(小野田エンジニアリングは OECF から UCIL プロジェクトのコンサルタントとして指名され 1987.3 から 1994.12 まで業務を実施した。この技術支援はその一部である。)

(a) 業務依頼者

UCIL (OECF ファイナンス)

(b) 期間

1992.11 – 1994.12 (約 2 年間)

(c) メンバー

小野田エンジニアリング及び関係会社・協力会社等の専門家  
(機械、電気、化学、鉱山、地質、運転、保全、ワークショップ、会計、労務、他)

合計 274 人月、常駐者：最高 20 数名常駐

(d) 目的

UCIL 従業員へのプロセス運転・設備保全・品質管理・電気計装・鉱山採掘、ロープウェイ、事務関係(総務・会計・販売・労務管理)等全般の指導

(e) 主な結果

初心者のみ UCIL 従業員による工場運転がほぼ可能になった。

(f) 特記事項

1992年11月工場が完成し試運転が開始されると同時に本業務の技術指導が開始された。当初3ヶ月は24時間3交替制で付ききりのOJTによる指導を実施した。その後UCIL従業員の習熟に応じて、作業を任せるようにした。鉱山の採掘業務、品質管理業務の理解・習熟は早かったが、自動化された新式の設備(ロープウェイ、スタッカーリクレーマ、豎型ミル、キルンSP等)の運転にはてこずっていた。

(2) 1997 円借款事後評価実施

(a) 業務依頼者

OECD

(b) 期間

3ヶ月

(c) メンバー

OECD 担当者

(d) 目的

円借款事後評価(国内評価)

(e) 主な結果

事後評価書の作成

(f) 特記事項

なし

(3) 1997 SAPS実施

(a) 業務依頼者

OECD

(b) 期間

1997.12 – 1998.03

(c) メンバー

PM, 機械、電気、財務、の専門家合計 5 名

OECD 担当者随行

(d) 目的

ネパール政府の本プロジェクトに対する方針のレビュー

UCIL の設備運営・組織構造上の問題点調査

スペアパーツ管理・システムの問題点調査

財務状況レビュー

従業員トレーニング方法レビュー

改善策の提案

(e) 主な結果

調査結果に基づくネパール政府及び UCIL に対する下記の改善案の提案

資本リストラクチャリング

工場運転及び保全の改善

UCIL 従業員のトレーニング

(f) 特記事項

半年毎 2 年間計 4 回のモニタリングを依頼したが回答は得られなかった。

(4) 1999.3 – 2002. 3 JICA 専門家長期滞在による工場運営指導

(a) 業務依頼者

JICA

(b) 期間

長期専門家：1999.3 – 2002.3 (2 年間で 1 年延長され 3 年間になった。)

短期専門家：1999.3 – 1999.10 (6 ヶ月間)

(c) メンバー

長期専門家：小野田エンジニアリング(2000 年、太平洋エンジニアリング社に改称) OB UCIL 工場長(方針管理担当)

短期専門家：小野田エンジニアリング社員 UCIL 機械技術者(運転・保全)

(d) 目的

UCIL の生産状況が不振のため現状調査・改善指導を実施する。

(e) 主な結果

- 現状を調査し提案・指導を実施した。
- 設備稼働率、クリンカ日産量が改善された。
- 検査チェックリスト、スペアパーツ管理の活用
- 生産・保全管理システムの活用

(f) 特記事項

特になし

(5) 2004 JICA短期専門家 設備維持管理技術支援  
(延べ 10 人月)

(a) 業務依頼者

JICA

(b) 期間

2004.3 – 2004.6

(c) メンバー

太平洋エンジニアリング 機械技術者(運転・保全) 2 名

(d) 目的

設備維持管理技術支援

(e) 主な結果

- 現状調査
- 改善提案(1)：機械設備及び保守管理活動
- 改善提案(2)：スペアパーツ及び倉庫管理

(f) 特記事項

スペアパーツリスト作成、伝達

(6) 2007.7 円借款事業事後モニタリング報告書

(a) 業務依頼者

OECD

(b) 期間

2007年7月

(c) メンバー

株式会社グローバルグループ 21 ジャパン(OECF 委託者)

(d) 目的

円借款事後評価後 10 年経過後の状況をモニタリングし、現状把握と提言を実施する。

(e) 主な結果

主なコメントは以下の通りであった。

〔有効性・インパクト〕

事後評価後に行われた上述の技術協力にもかかわらず、事後評価時に比較してセメント生産量はさらに低迷し、近年は4割以下にとどまる。高品位石灰石を原料とする非常に品質のよいセメントで魅力的な商品であるが、しばしば工場が長期間操業停止することから供給量が不安定である。

〔持続性〕

持続性は事後評価時に比べむしろ低下したと考えられる。他の多くのネパール国営企業と同様、UCIL の経営体質は不健全で、経営能力、技術能力が全般に不足している。恒常的な赤字が続いており、スペアパーツの不足、計画的・予防的メンテナンスの欠如、維持管理技術の低さなどから、生産設備の維持管理状況は劣悪である。

〔教訓、提言及び資料情報とモニタリング方法〕

セメント品質の高さにより与えられた業績回復の機会を逃さないために、UCIL は経営改善のための様々な課題に真剣に取り組むべきであり、鉱工業サービス省は積極的に責任を持ってこれを支援する必要がある。

技術協力は成功する条件が整うことを確認して実施すべきこと、高価な技術はそれを使いこなせない場合、かえって企業経営を圧迫する恐れがあることが教訓である。

#### 4. ネパールのセメント産業の現状

(1) ネパールのセメント企業

従来、ネパールには乾式 SP キルンのセメント生産一貫工場が2社2工場、豎窯のセメント生産一貫工場(現在閉鎖)が1社1工場ある。その粉砕工場を含めて23社24工場ある。2005年現在の企業名及び生産能力等は表の通りである。

(単位：t/y)

企業名	工場のタイプ	クリンカ 生産能力	セメント 生産能力
Udayapur Cement Industries Ltd.	一貫工場	264,000	277,200
Hetauda Cement Industries Ltd.	一貫工場	247,500	259,875
Himal Cement Industries Ltd.	一貫工場	118,800*	124,740*
Maruti Cement Udyog	粉砕工場	0	17,325
Trigveni Cement Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	10,395*
Pancha Ratna Cement Udyog	粉砕工場	0	10,395*
Buddha Cement Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	30,000
Butwal Cement Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	100,000
Brij Cement Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	60,000
Cosmos Cement Ind. Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	100,000
Chitwan Cement Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	30,000
Dynasty International Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	60,000
Jagadamba Cement Ind.. Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	150,000
Jaya Mangalam Cement Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	30,000
Krishna Cement Ind. Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	30,000
Mittal Cement Ind. Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	30,000
National Cement Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	30,000
Narayani Cement Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	60,000
Pashupati Cement Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	150,000
Vishwakarma Cement Pvt. Ltd. (Narayanghar 工場)	粉砕工場	0	150,000
同 Birguni 工場	粉砕工場	0	150,000
Supreme Cement Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	60,000
Vijaya Ceent Pvt. Ltd.	粉砕工場	0	45,000
Sisshartha Cement Udyog	粉砕工場	0	150,000
	合 計	630,300 511,500**	2,114,930 1,969,400**

\*2005 年現在休止中 \*\*は休止中工場を除外した数値

(出典：Nepal News July 2005)

現在、ネパールのセメント需要は 200 万 t/y 程度であり、その 60-70 %をインドからの輸入に頼っている状況である。(ヒアリングでは 20mil.t/y ということであつたが、人口一人あたりの消費量が 680kg/人・年となってしまうため現実的でない数値である。2007.7 円借款事業事後モニタリング報告書によると 2006 年度で 150 万 t/y とあるので、その後の伸びを勘案した 200 万 t/y が妥当と考える。)

## (2) 工場新增設の情報

工場の新增設については、以下の各情報がある。現在、ネパールでは、セメント、水力発電、銀行への投資が盛んになっている。

- 1) UCIL 工場より 26km の Lahan 近郊に、日産 600t のロータリーキルンのセメントプラント Maruti Cement が昨年(2008 年)より操業開始。設備はインド製(Indian Technology と説明あり)オーナーはネパール人で、インド規格の 43Grade のセメントを製造。  
(カトマンズ市街地の看板には 53Grade, ISO14000 Certified との表記あり)
- 2) Hetauda にて、新セメント工場 1200t/day の Siva Om Cement が 2011 年頃に操業予定。(新聞記事による)オーナーはネパール人。  
石灰石は約 70km 離れた新鉱山より輸送。石灰石の品質には問題ないとのこと。  
新セメント工場の建設許可はネパール籍の投資家にしか発行されない。(インド企業でも、許可されるという情報もあり)
- 3) Kathmandu にも縦型キルンのセメント工場建設計画があり、元 UCIL のエンジニアがプロジェクトに参加している。

### (3) セメントマーケット

- 1) UCIL  
工場出し価格 諸税込み：510 Rs/50 kg bag 品質：53 Grade 以上  
UCIL と Hetauda Cement の上限価格は政府により設定されるが、他の民間粉砕プラントと民間セメント工場へは適用されない。  
荷姿：100%袋 袋は麻袋から既にポリプロピレン袋に変更
- 2) インドからの輸入セメント  
販売価格：UCIL とほぼ同じ  
なお、ピーク時(2月 - 6月)には、価格が上昇する。
- 3) Multi Cement  
工場出し価格 480Rs/50kg bag 市場価格：550Rs/50kg bag
- 4) カトマンズでの建材店調査  
カトマンズの建材店の店頭には、UCIL は出荷が不安定ということもあり、見かけなかった。また、前述のように看板はあったものの、Maruti Cement も見かけなかった。  
その代わりに Made in Nepal と記された Agni Cement, Brij Cement が販

売されていた。インドからクリンカを輸入し、ネパールで粉碎したものである。  
 インドのセメント銘柄の看板等は見かけたが、建材店では現物は見かけなかった。

## 5. 現地調査

### (1) 事前準備

現状の運転状況に関する質問状を作成送付し、回答を依頼した。

### (2) 現地調査日程

以下の日程で、現地調査を実施した。

日	午前・午後	内容	備考
11/29	p.m.	成田 - バンコク	バンコク泊
11/30	a.m.	バンコク - カトマンズ	
	4:00 p.m.	日本大使館 水野全権大使、野村二等書記官 面会 最近の現地視察時の状況等を伺った。	
12/1	12:00p.m. -3:00p.m.	UCIL オフィスにて調査 面会者 Chairman Mr. Kumar DGM Mr. Koilala, Director Production Mr. Shah, Procurement Chief Mr. Battharai 全般、及び現状の問題点ヒアリング	
12/2	a.m.	前日ヒアリングで確認した問題点の整理	
	2:30p.m. -3:30p.m.	日本大使館 野村二等書記官面会 現地訪問時の状況、その他追加情報をいただく。	
12/3	11a.m.	Ministry of Industry (工業省) Secretary Mr. Patak 面会	Mr. Shah より
	1p.m.-4p.m.	UCIL オフィスにてヒアリング 記入済の質問状受領、確認 予備品リストの優先品の理由確認 センサー現状確認 (フローシート使用)	

日	午前・午後	内容	備考
12/3	5p.m-6p.m.	ホテルにてヒアリング Mr.Karki, 前 GM, Mr. Kafre, Director メンテナンス担当 質問状内容補足確認 現状の問題点ヒアリング	Mr. Kafre より
12/4	a.m.	調査結果整理	
	p.m.	調査結果整理	
12/5	p.m.	カトマンズ - バンコク -	夜行便
12/6	a.m.	成田着	帰国

## 6. 現地調査内容

### (1) 水野大使、及び野村書記官からヒアリングした視察時の運転状況

水野大使及び野村書記官は、調査の前週、東部ネパールで、日本の援助プロジェクトの完工式に出席する機会に、UCIL を訪問、滞在した。水野大使、野村書記官から以下の情報を得た。

- 訪問時、プラントは休止。原因は部品交換で Control Room は無人状態であった。
- 現在の稼働率は67%で過去最高との報告(後日 UCIL 説明では最近4ヶ月の結果で、昨年は56%)操業開始当初より60%台との説明を受けたが、何故新設プラントであり、何度も JICA で技術指導もしているのにこのように低いのか疑問をもった。  
(この点については、当時の現地状況等によるところが大きいと12/2説明。)
- プラントの老朽化の印象を受けた。また、足が埋まるほどダストが堆積していた。UCIL は、これは地面のダストであると説明していたが、プラントからの排出であることは明白で、説明は信じられない。
- 労働組合の代表が面会に来て、委員長名の協力要請状を提出してきた(コピー受領)スペアパーツ調達困難と専門技術者不足解消への協力を要請してきた。大使は、技術指導は過去に JICA で実施してきたし、再度協力することは考えられるが UCIL 自身での技術向上への啓発・取り組みが必要であると回答した。
- 以下2カットは、野村書記官の撮影した写真である。写真をご提供いただいたことに厚く感謝申し上げます。



製造設備：右より排気処理電気集塵機、原料サイロ、原料ミル、プレヒータ及び調湿塔



キルン出口側より：左より原料サイロ、プレヒータ、調湿塔

(2) ネパール工業省次官(Secretary of Ministry of Industry) Mr. Pratap Kumar Pathak氏との面会

日時：12月3日 午前11時～11時40分

場所：工業省 次官室

内 容

日本側：今回の来訪の目的を説明。

MOI 次官：

プラント協会ミッションの来訪及び目的は理解している。UCIL の技術 / 要員 / マーケティング(経営)面での改善は喫緊の課題であること MOI 内でも十分に理解している。

また、市場では UCIL の高品質のセメントを評価する声が強く、MOI に対して公共事業に使用するセメントに UCIL のセメントを供給するように多くの要請が寄せられているのは事実である。

当グループの今回の調査に基づいた運転率改善へのスペアパーツ補充などのプロポーザルは歓迎する。しかし、UCIL の Financial Capacity は十分でない。

日本側：

UCIL は、政府の傘下の企業であり、ネパールのセメント需要の 60%以上をインドからのクリンカ、セメント輸入に頼っており、UCIL の運転改善により国内の自然資源を活用して外貨流出を削減する経済効果は大きい。また、570 人もの従業員を雇用していることも事実であり、今政府が UCIL に対して何も支援しなければ近い将来工場閉鎖に追い込まれるであろう。また、操業後の運転指導、JICA にての運転保全技術指導を行ってきた要員を育成してきたが、UCIL が僻地に立地する事などから育成した多くの技術者がより良い待遇を求めて流出している。これらの人材は習得した技術・知識をベースに他のセメント産業他にて活躍していると聞いているが、このような優秀な人材の流出を防ぐ為にも、定着を促進するよう政府として UCIL 従業員への何らかの Incentive を検討して頂きたい。

尚、UCIL の私企業化の話があるが、先ず生産性をあげることが先決である。今回の調査結果を分析して、帰国後にスペアパーツ補充などの運転改善へ向けて、優先順序・必要コストを考慮した段階的なプロジェクト実行へ向けてのプロポーザルを提出したい。

MOI 次官：

幹部社員への Incentive は、検討している。また、私企業化の前に UCIL の生産性をあげることが同感である。また、インドからの輸入製品について信頼しているわけではない。弊方のプロポーザルは歓迎する。プロポー

ザルを受領したら、MOI、MOF 等の関係省庁協議会に諮る。MOF も UCIL の現状を懸念している。

### (3) UCILからの情報

#### 1) 情報の内容

提出を受けた資料

- 最近 4 ヶ月(2009 年 7 月～11 月)の生産状況の資料
- 質問状への回答

ヒアリング事項

- 最近の運転事項
- 重要部品
- その他

#### 2) 最近 4 ヶ月の生産状況

受領資料によると、最近の運転状況は以下のようである。

##### i) 生産量

- クリンカ生産

昨年度(ネパール暦の年度による。西暦 2008.8 – 2009.7 に相当、以下同じ)は 57,542 t の生産に留まっている。これは、主として、キルン耐火物トラブル、原料のフラッシング、部品不足による故障(特にクリンカ輸送系)停電等の理由による。

運転率の改善した 2009 年 7 月～11 月 4 ヶ月間の生産量は 25,299t/y であり、この運転率を年間に換算すると、約 75,000t となる。

キルン耐火物トラブルは現在一つの大きな問題となっている。キルンシェル変形のため耐火煉瓦の適正な施工が出来ず短寿命となっている。シェル変形部分を不定形耐火物で施工する対策も講じたが、寿命に改善は見られなかった。

- セメント生産

昨年度は 64,296t の生産であった。

仕上ミルの生産量が少ない原因としては、電力使用量のピーク帯(17-22 時)制限により、仕上ミル(原料ミルも)を運転できなかった。

工場汎用コンプレッサの空気供給量不足により、仕上ミルとパッキングマシンを並行運転できない(必要な部品の不足により機器が稼働できない。)ことが挙げられる。

2009年7月～11月の4ヶ月の生産量は18,026tであるが、この期間はお荷量が少ない時期のためであり、設備的にはクリンカ生産量以上のセメント生産が可能である。

ii) エネルギー原単位

最近4ヶ月間の電力、熱量原単位は以下の通りである。

	生産量	電力原単位	熱量原単位
原料系統	39,288 RM.t	30.82 kWh/RM.t 50.11 kWh/cli.t	-
焼成系統	25,299 cli.t	74.84kWh/cli.t	1562.7kcal/kg cli
仕上系統	18.026 cem.t	63.84 kWh/cem.t	-
合計	-	*182.55kWh/cem.t	**1484.6kcal/kg cem

RM：原料、cli：クリンカ、cem：セメント

\* (原料 + 焼成) × 0.95 + 仕上      \*\* /kg cli × 0.95

原単位は非常に高く、電力、熱量とも、普通規模(4,000 – 5,000t/d)の新鋭セメント工場のほぼ2倍に達する。

設備が小型ということをお案してもこれは高い数値であり、連続運転ができないことと、運転監視、制御に必要な計器が大部分機能しておらず、手動や勘で運転しているために適切な運転管理ができていないことを示している。

3) 各系統の運転状況

Director, Mr. Shah (生産担当), Director, Mr. Kafre (保守担当) から個別にヒアリングした結果をまとめた。なお、両者ともに現状、問題点に対する認識は共通であった。

i) 石灰石鉱山

- 穿孔機は1台(当初4台)、運搬用鉱山ダンプトラックは3台(当初7台)のみ可動。一次破砕機は磨耗が進み当初300t/hが現在は150t/h能力。
- 石灰石ロープウェイが全般的に老朽化していて状態が悪く、このため、ダンプトラックによる輸送をしている期間がある。2009年度はほぼ1:1の比率。低生産量であるために問題は起こっていないが生産量が増加した際は輸送力不足が問題となる。

ii) 原料受入

- 二次破碎機は問題ない。
- 原料スタッカの油圧上昇装置が故障していて部品が補充されていないので、位置を移動できない。そのため、予混合ができず単なる置場となっており、原料調合の乱れの原因となっている。

iii) 原料粉砕

- 原料の調合用フィーダについては問題ない。
- 原料ミル油圧シリンダの故障が多く、原料不足によるキルン休止の原因となっている。油圧シリンダが正常に作動していないためローラーアームにクラックが生じ、溶接修理を繰り返して使用している。
- 原料ミルローラーシール部の部品がないため、漏れが生じている。

iv) 排気処理

- 電気集塵機(1-3の3室)の1室内部が変形して荷電できないので使用していない。2,3室による運転であるが、排出ばいじんに問題はないという。

v) 原料混合、貯蔵

- 原料サイロの混合用コンプレッサが故障しており、部品もないので修理できない。このため、工場汎用(クーティリティ用)コンプレッサの空気を流用している。この状態では、原料サイロでの混合が十分とは言いがたく、キルンの安定運転を阻害する一つの原因となっている。
- サイロ引出計量ホッパが故障しており、部品もなく修理できない。このためバイパスして圧力を見ながら供給しているために量の正確な把握ができていない。気送用プロアは3基中1基故障、2基運転のため、予備がない状況である。

vi) プレヒータ

- 圧力指示計がすべて機能していない。温度計だけを頼りに運転している。このためサイクロン詰りの検知等適切な運転管理が困難である。
- プレヒータ出口ダクトを初めとする風管がかなり老朽化している。磨耗によるガスリークや穴あき、内部のダスト堆積等が考えられる。
- ガス調湿塔、散水系は機能している。

vii) 石炭系

- 微粉炭サージピン等のエアレーション用ブロワが故障し、部品もなく修理できないので汎用コンプレッサ空気を使用している。石炭計量システムは機能している。バグフィルタのヒーターが故障しており、結露が発生している。石炭ミル系の圧力指示計は故障している。

#### viii) ロータリーキルン

- 過去、生産量優先とした指示によりキルン耐火物脱落時運転を継続した時期があり、キルンシェルに変形した部分がある。変形部分に煉瓦ストッパがあるため、適正な耐火物施工が困難で、現在の耐火物寿命は1ヶ月程度となっている。連続運転ができないひとつの理由となっている。
- また、原料供給量供給器が故障しているためが圧送圧力のみで制御しているため、供給量を一定に保つことが困難であり、そのために未焼成の原料がキルン内を流れるフラッシングが発生している。
- キルン1次空気ファンの振動が多くなっている。

#### ix) クリンカクーラ

- 修理を重ねて運転している。
- 圧力制御等の制御計器はすべて故障し、マニュアル運転している。また、自動給脂装置が故障しており手動で給脂している。このため最適な運転ができていない。
- 排気系の Gravel Bed Filter (小石を濾過媒体とした集塵機)は全体的に老朽化が進んでおり、ダスト発生も多い。根本的な解決はフィルタの更新であるが資金を要するので補修が現実的である。
- クーラ出口のメタリックコンベアは交換用のレールが調達できず、チェーンはインド製に取り替えたが低品質で故障が多い。適切な部品の供給がないため、キルン休止の原因の一つとなっている。
- クリンカサイロのレベル計が故障して作動しない。また、サイロ集塵のバグフィルタは作動しておらず、発塵があるものと思われる。

#### x) 仕上ミル

- 石膏の破碎系には大きな問題はない。
- ミル供給フィーダの直流モータの故障が多発しているが、2つのフィーダ(クリンカと石膏)の比率制御は可能で、品質に問題は起こらない状況となっている。
- ミル系は機械的に大きな問題はないものの、高圧オイルポンプはシール劣化でオイル漏れを起こしている。
- セパレータ各部の磨耗も進んでいるが、溶接で応急補修している状

態である。ただし、シール類の入手ができず、漏れるに任せる状況である。

- 仕上ミルは運転時間が短いことを勘案しても、生産量が当初のスペックに比べて約 60%と低くなっている。
- 主な原因として、粉碎媒体(ボール)の磨耗、インド製ミル胴体ライナーの磨耗による粉碎効率の低下が考えられる。定期的な媒体の補給はなされていない。
- また、集塵用バグフィルタの払い落としにユーティリティの空気を使用しているが、空気源の制約から仕上げミルと袋詰めを並行運転はできない。セメントサイロのレベル計は故障して使用できない。修理工場のコンプレッサも併用して凌いでいる状況である。

#### xi) セメント出荷

- 工場からの出荷は 100%が 50kg 袋である。工場稼働当初はジュートバッグ(麻袋)詰めであったが、現在は HDPP(ポリプロピレン)袋になっている。
- 機械的に大きな問題はないが、前項でも述べたようにユーティリティの空気源に限られるため、仕上ミル運転時の袋詰め作業ができない。出荷時間がフレキシブルに設定できず、安定出荷の妨げとなっている。

#### xii) ユーティリティ

- 停電は一日短時間のものが 3,4 回、最高 15 回発生する。電圧変動も多く、ロープウェイが電圧変動のたびに休止するため安定運転の障害となっている。
- 最低限の電力を確保する緊急用発電機も老朽化が進み、現在停電時のキルンターニング(変形防止)は、キルンシェルにワイヤをかけて重機で牽引して回している。
- 工場の汎用コンプレッサの空気を、原料ブレンディングサイロ等、本来専用の空気源があった個所に専用空気源故障以降使用している。このため、汎用コンプレッサの負荷が上昇するとともに能力不足となっている。仕上ミルとパッキングマシンの並行運転ができないのはその一例である。

#### xiii) 試験室

- 蛍光 X 線分析装置の管球が 6, 7 年間破損しており、湿式分析をしている。

## 7. 問題点

6-(3)-3) 運転状況の項でも記述しているが、問題点を整理すると次ページ以下の表の通りとなる。

操業上緊急を要する問題点

No.	問題点	現状	対策
1	<p>鉱山重機の低稼働率</p> <p>鉱山穿孔機コンプレッサ可動台数少</p> <p>鉱山ダンプトラック</p>	<p>重機類の予備部品が少なく稼働率が低下</p> <p>4台中可動1台でそれも老朽化が進んでいる。穿孔・発破による採鉱作業に支障をきたす恐れあり。</p> <p>8台中可動3台、4台は修理不能。</p>	<p>現在インドに調達手配中</p> <p>同上</p>
2	石灰石一次クラッシャ能力低下	磨耗がすすんでおり、スペック 300t/h に対して現状 150t/h。	磨耗部品の交換、予備品の確保が必要。
3	ロープウェイ低運転率	電圧変動の度に停止する。また老朽化もあり、2009 年度はおおよそ 50%の石灰石をトラック輸送。	ロープウェイモーターに電圧安定装置の設置が必要。(UCIL 検討中)
4	スタッカーリクレーマ破損	スタッカ油圧シリンダ破損で排出シュートを移動できず積付けは一ヶ所にしかできない。またリクレーマの減速機破損のため移動できず、積付けた場所からそのまま引き出すしかない。このため石灰石の品位平準化が全くできていない。原料成分の変動が大きく、キルン運転が不安定化している。リクレーマスクレーパチェーンも磨耗	スタッカの油圧シリンダ復旧必要 リクレーマ減速機修理あるいは交換必要 チェーン更新が必要

No.	問題点	現状	対策
5	原料ミル油圧シリンダオイル漏れ	原料ミル振動が大きくなっており、亀裂の原因とも考えられる。	油圧シリンダ一式の更新が必要
6	ブレンディングサイロ混合用コンプレッサモーター損傷	原料ミルで粉砕した調合原料を混合するためのコンプレッサのモーターが損傷、汎用圧縮空気に対応。そのため、混合が十分でなく、原料の均一性が確保できず、運転が安定しない。	モーターを調達、混合ができるようにすることが必須。 また、サイロ引出し制御システムの故障のため、圧力を見てマニュアルで原料をプレヒータに送っているため原料供給の調整が困難。この復旧も必要。
7	キルン 20.9m 部分のシェル変形、煉瓦リテーナによる耐火物短寿命	シェルが過去の耐火物トラブルで変形、加えて煉瓦止めリテーナがあるため、耐火物の施工が難しく、15-20 日ごとに巻き替えしている。モルタルで平滑化したが無効。キャストブル施工をしたが成績はよくなかった。 この耐火物トラブルのため、最近 3 ヶ月間でも数回休止している。	煉瓦リテーナの撤去(または移設)で若干でも好転するか検討。 根本的にはシェル自体の切替えが必要。 生産量優先で運転した時期に耐火物脱落時も運転を継続したため、シェル損傷箇所が何箇所もある。
8	非常用発電機老朽化	300kVA 非常用発電機はすでに老朽化。停電時のキルンターニングは、シェルにロープをかけて重機で引張っている。	キルンのこれ以上の変形を防ぐためにも発電機修理が必要。

No.	問題点	現状	対策
9	GBF ファンインペラ、老朽化	GBF 排気ファンが老朽化しており、振動等により安定運転ができない。 GBF 自体の機能部品の入手困難により、性能が確保できない。	ファンインペラのダスト付着が主因と思われる。 長期的には GBF を他形式の集塵機に更新することも検討する必要あり。
10	クーラ出口メタリックコンベアレール磨耗	レールの調達(17kg/m)ができず磨耗したまま。(ただし入手不能) また、チェーンをインドから調達しているが品質が低く、レール磨耗とあいまって故障が多い。このためキルン休止となる。	レールを至急更新の必要あり。 チェーンの更新にあたっては、価格重視でなく、コストと寿命を考えた調達が必要。
11	仕上ミル粉碎能力低下	設備能力 45t/h に対して現状 25t/h。 1 室ライナー磨耗大。媒体の磨耗大。	ライナー更新、媒体補給にあたっては、価格重視でなく、コストと寿命を考えた調達が必要。
12	セメントサイロ引出しエアレーションプロア故障	工場用エアコンプレッサで代用している。引出しがスムーズでない上、工場用コンプレッサの負荷が上がっている。	エアレーションプロアの部品調達、復旧。
13	汎用コンプレッサ予備機故障	工場各部のプロセスエアに加えて現在原料サイロ、セメントサイロのエアレーションにも使用されており酷使されているが予備機破損、1 台で対応。修理工場のコンプレッサも動員。	すでに UCIL で予備機を発注。

## 8. 改善策

### (1) 改善策の基本思想

UCIL のセメント製造プロセスに欠損している部品を補充し、生産能力を少しでも増加できるようにする。UCIL 側の資金調達能力を勘案して、必要最低限とする。

### (2) 必要部品

2004 JICA 短期専門家 設備維持管理技術支援の際、必要とされる予備部品リストが作成されている。

今回の調査においては、このリストを基に複数の技術系工場幹部からヒアリングを実施、工場稼働率向上に最低限必要な部品の絞り込みを実施した。

現在、新設時に機器を調達した重工メーカーの協力を得て、これらの部品の見積を作成している。

必要部品リストは資料(1)に示すとおりである。

### (3) 必要工事

前項の必要予備品を調達、設置することで、安定運転が図られる。

加えて、キルンシェル変形のために耐火物の寿命が短く、連続運転ができない問題については、キルンシエルの変形部分の交換工事(長さ 3m 程度)を実施することが有効と思われる。

## 9. まとめ

- UCIL のセメントプラントは限られた交換部品、補修の中でまがりなりにも生産を継続しようと努力していることは評価できるが、適切な保守、特に部品(計測器含む)の補給がなされていないために低稼働率、高エネルギー原単位となっている。
- この現状では、同国の産業自立化のために建設された設備が所期の目的を果たしておらず、インドからのセメントの輸入による外貨流出をも招いている。
- 今回、UCIL 側より運転の現状と、稼働率改善に最も必要な部品についての情報が得られたので、それを基にした運転率改善のための必要部品リストをまとめた。
- 本案が実行に移され、UCIL の稼働率向上、生産量増大、そしてエネルギー原単位の低減につながることを期待する。

## 10. 添付資料

### (1) 必要部品リスト

以 上

## Required Parts List (2009.12 Hearing)

No.	Item No.	Name of Equipment	Name of Parts	specification	理由	Unit	Working quantity (original) (A)	Present condition quantity (B)	Balance (B)-(A)	Allowance %	Required quantity	note Delivery Time
		<b>【Quarry Site】</b>										
1	9812	Air compressor	Komatsu Air Compressor	MODEL-EC 260Z-1	穿孔機用、1台のみ可動状態悪い	set	2	0	-2	0	1	12month
							(5)	※ 4 units is out of order				
4	9400	Ropeway	Servo Voltage Stabilizer	Unbalanced Type Capacities 500KVA Wide range 295-11KV	ロープウェイ用 電圧変動多いため必要	set	0	0	0	0	1	
		<b>【Plant Site】</b>										
I		<b>Mechanical</b>										
4	2106	Stacker	Hydraulic. Cylinder.	CD250E140/100-1760 AIX/01	リフティング不能のため	set	1	0	-1	0	1	18month
6	2301	Reclaimer	Scraper chain	MVT OS 250/500, pitch : 250mm, length : 70m	磨耗ひどい	link	560	0	-560	100	560	
9	2301	Reclaimer	Gear Box	FAKB-342 FLENDER	破損	pcs	1	0	-1	0	1	※
16	2317	Raw Mill	Hydraulic Cylinder & Repair Kit	CA 260 × 130R × 150 St DWR NO.OJ-C-18915	油漏れあり	set	3	0	-3	0	3	18month
17	2317	Raw Mill	Hydraulic Pump	LZ-030-110R1-1B-R2600RR	老朽化	set	1	0	-1	0	1	18month
20	2317	Raw Mill	Cylindrical roller bearing	MEOVM 1421, RNNU 6202CS-360	特殊品、入手不能	pcs	3	0	-3	100	6	※
21	2317	Raw Mill	Self aligning roller bearing	24164/315-U4	特殊品、入手不能	pcs	3	0	-3	100	6	※
29	2401	Blending silo	Silo measuring unit Control unit)	Type MLT-1A Matsushima	レベル計、修理不能	pcs	1	0	-1	0	1	
30	2403	Air compressor	Whole Set of Compressor	VMLD2000 44.2m3/min × 2.9Kg/cm2 × 188Kw	汎用、予備なし	set	1	0	-1	0	1	
33	2405	Flow Control Gate	Flow Control Gate Unite	F.FCG S200	サイロ排出用老朽化	pcs	1	0	-1	0	1	
40	2513	Coal Mill	Roller tire	865diax312W, KVN-11779R4-2, 14374-1to3	Ready Spare	pcs	3	0	-3	100	6	18month
41	2513	Coal Mill	Table liner	KVM-11787R2-1	Ready Spare	pcs	9	0	-9	100	18	18month
50	2621	Suspension Preheater Refractory	Cyclone-C1,C2,C3	Fire Brick & Insulation Brick	Ready Spare	ton	84.2	0	-84.2	20	100	
51	2622	Gas Conditioning Tower	Pump for water Injection	HEGA 3210/2 OB BK3-OB P1	No Spare	set	2	1	-1	0	1	
53	2623	SP Fan	Impeller with shaft	FBDB-CNB 2600m3/min × 750mmAq DMW	No Spare	pcs	1	0	-1	0	1	※
55	2624	Rotary kiln	Brick retainer & liner(at feed side)	DWR.No.1212-1,2	シェル切替のため除外	set	12	0	-12	20	14	
61	2626	Burning Equipment	Oil-Coal Combination Burner top end	B5740-101-01-1 to8 NFK-CDF Type,500mmL	Ready Spare	set	1	0	-1	0	1	
64	2628	Clinker cooler	Flat grate plate		Ready Spare	pcs	336	0	-336	50	500	12month
69	2628	Clinker cooler	Lub. Unit		修理不能、人力給脂	pcs	1	0	-1	0	1	
70	2628	Clinker cooler	Pillow Block for DCC Guide Roller	CM-UCP 206	Ready Spare	set	16	0	-16	20	20	
71	2628	Clinker cooler	Rail for DCC	15Kg. Rail	Ready Spare	meter	30	0	-30	0	30	
75	2633	Gravel bed filter	Gear Motor	ICE Norm. Motor Type:CB7/1 RN-1001/6D	Ready Spare	set	7	0	-7	0	7	
76	2634	Chain conveyor	Conveyor chain, Rail	FT05150 with attachment	Ready Spare	link	277	0	-277	5	290	
77	2635	I.E. Fan	Fan unit (without motor 200kw6p)	FTDB-CNM 2200m3/min × 350mmAq DMW	Ready Spare	set	1	0	-1	0	1	※
79	2637	Metallic conveyor	Conveyor chain	CAP540-B17-A2 / pitch-250	老朽化進行至急必要	link	1156	1116	-40	5	100	
80	2637	Metallic conveyor	Conveyor chain rail	17Kg rail	老朽化進行至急必要	meter	288	0	-288	0	288	
86	2751	Clinker silo	Silo measuring unit(Control unit)	Type MLT-1A Matsushima engg	レベル計、修理不能	pcs	1	0	-1	0	1	
90	2805	Cement mill (grinding media)	Grinding media	20 dia	Ready Spare	kg	17800	0	-17800	0	17800	
91	2805	Cement mill (grinding media)	Grinding media	30 dia	Ready Spare	kg	11500	0	-11500	10	12600	
92	2805	Cement mill (grinding media)	Grinding media	50 dia	Ready Spare	kg	8000	0	-8000	20	9600	
93	2805	Cement mill (grinding media)	Grinding media	80 dia	Ready Spare	kg	16600	0	-16600	20	19900	

Required Parts List (2009.12 Hearing)

Revised : Feb 2010

No.	Item No.	Name of Equipment	Name of Parts	specification	理由	Unit	Working quantity (original) (A)	Present condition quantity (B)	Balance (B)-(A)	Allowance %	Required quantity	note Delivery Time
94	2805	Cement mill	Shell liner for 1st compartment	MJ0ML1300-MLC-0181-1, A1-34	磨耗進行生産量低下	pcs	162	0	-162	10	180	12month
100	2901	Cement silo	Silo measuring unit(Control unit)	Type MLT-1A Matsushima engg	レベル計、修理不能	pcs	1	0	-1	0	1	
103	2905/6	Packing Plant	Flow Control Gate Unit	120t/h,400/200mm	Ready Spare	set	2	0	-2	0	2	
<b>II Electrical</b>												
1		CR-2	a. Pen recorder	PEA41922-okkk-z Fuji	老朽化、一部のみ機能	pcs	1	0	-1	0	1	※
2		CR-2	b. Pen recorder	PEC13111-oz Fuji	老朽化、一部のみ機能	pcs	1	0	-1	0	1	※
4		CCTV	Lens tube	LT-10HA 日立電子	レンズチューブのみ	pcs	2	0	-2	0	2	※
8	2301	Reclaimer	Converter for DC motor	SR-A-X-230-004 Bauer		pcs	2	0	-2	0	2	※
11	2405	Flow Control Gate	E/E positioner	ABM-AAA-R Phillips	ポジション	pcs	1	0	-1	0	1	※
14	2624	Rotary kiln	a. Thyristor stack	RBEF1N13-180M1	プリント基板、Fuji	set	1	0	-1	0	1	※
15	2624	Rotary kiln	b. Pulse amplifier board (PUA)	CDPD3ZPA-51	プリント基板、Fuji	pcs	1	0	-1	0	1	※
16	2624	Rotary kiln	c. Speed current regulator (SREG)	CDPB3CPS-91	プリント基板、Fuji	pcs	1	0	-1	0	1	※
17	2624	Rotary kiln	d. Power Source unit (PS)	CDPB3NOX-12	プリント基板、Fuji	pcs	1	0	-1	0	1	※
18	2624	Rotary kiln	e. Field regulator (FREG)	FREG-20DA	プリント基板、Fuji	pcs	1	0	-1	0	1	※
19	2624	Rotary kiln	f. Soft starter print board (HLR)	CDPAOUAJ-23	プリント基板、Fuji	pcs	1	0	-1	0	1	※
20	2628	Clinker cooler	a. Thyristor stack (DSRN)	RGAC3H01-4SANN-2	Fuji	set	1	0	-1	0	1	※
21	2628	Clinker cooler	b. Speed current regulator (SREG)	CDPB3CPS-72	Fuji	pcs	1	0	-1	0	1	※
22	2628	Clinker cooler	c. Soft starter PB (HLR)	CDPAOUJ-23	Fuji	pcs	1	0	-1	0	1	※
23	2628	Clinker cooler	d. Field regulator (FREG)	FREG-10F	Fuji	pcs	1	0	-1	0	1	※
24	2651	Electrostatic precipitator	a. Transducer	H+B contrans TUE 325 pt 100,0-400V/20mA,110VAC Elex		pcs	2	0	-2	0	2	※
25	2651	Electrostatic precipitator	b. Controller	Digitric P,4-20mA/0-400V with external set point value 4-20 Elex		pcs	1	0	-1	0	1	※
26	2651	Electrostatic precipitator	c. Time programmable unit	M896 Rapping time 12 outputs	Elex	pcs	1	0	-1	0	1	※
28	2805	Cement mill	Slip ring for 1600KW induction motor	Motor type-MRS6566A Ser no.-0101181311NS1	Fuji	set	1	0	-1	0	1	※
32	4101	Weighing bridge	b. Load cell	Type SC-20	Kawatetsu advantec	pcs	4	0	-4	0	4	※
33	4101	Weighing bridge	c. PCB Card	KP-872A	Kawatetsu advantec	pcs	2	0	-2	0	2	※
<b>III Laboratory</b>												
1	4601	X-ray Tube for Off line	X-ray tube	Type:Machlett OEG-76H		pcs	1	0	-1	0	1	※
		x-ray Analyzer System		Target:Rhodium								
3	4671	Electrical Muffle Furnace	Electrical Muffle Furnace	Model:KS1502(Special Type)		set	1	0	-1	0	1	※
		※:Should be purchased original specification or compatible one										