

平成 27 年度  
二国間クレジット制度に係る  
実現可能性調査

「クアンニン省セメント工場における廃熱利用発電」  
(ベトナム)

報 告 書

平成 28 年 2 月

JFE エンジニアリング株式会社

# 目次

## I. 概要編

1. 調査実施体制	I-1
2. プロジェクトの概要	I-1
3. 調査対象プロジェクト	I-2
(1) 調査対象プロジェクトの概略	I-2
(2) 調査対象プロジェクトが実施する背景及び理由	I-2
4. 調査実施方針	I-3
(1) 調査課題及び調査内容	I-3
(2) 調査実施体制	I-4
(3) 調査実施スケジュール	I-4
5. プロジェクト実現に向けた調査結果	I-5
(1) プロジェクト実現性に対する調査結果	I-5
① プロジェクト計画	I-5
② 資金計画の評価結果	I-6
(2) プロジェクト許認可	I-6
(3) 日本の貢献	I-7
(4) 環境十全性の確保、ホスト国の持続可能な開発への貢献	I-8
① 環境十全性の確保	I-8
② ホスト国の持続可能な開発への貢献	I-8
6. JCM 予備論の予備調査結果	I-8
(1) 方法論に必要なデータ収集等の予備調査結果	I-8
(2) MRV 実施体制	I-10
7. 今後の予定	I-11

## II. 詳細編

<b>1</b>	<b>調査の背景</b>	<b>II-1</b>
<b>2</b>	<b>調査対象プロジェクト</b>	<b>II-1</b>
2.1	調査対象プロジェクトの概略	II-1
2.1.1	プロジェクトの目的	II-1
2.1.2	GHG 排出削減効果	II-2
2.1.3	導入する技術の概要	II-2
2.1.4	本設備の規模・性能	II-5
2.1.5	実施サイト	II-5
2.2	調査対象プロジェクトが実施する背景及び理由	II-9
2.2.1	企画立案の経緯	II-9
2.2.2	ベトナムにおける本調査対象プロジェクトのニーズ	II-10
2.2.3	ホスト国の関連法制度・政策との整合性	II-12
<b>3</b>	<b>調査実施方針</b>	<b>II-12</b>
3.1	調査課題及び調査内容	II-12
3.1.1	調査課題	II-12
3.1.2	調査内容	II-12
3.2	調査実施体制	II-13
3.3	調査実施スケジュール	II-15
<b>4</b>	<b>プロジェクト実現に向けた調査結果</b>	<b>II-16</b>
4.1	プロジェクトの実現性に関する調査結果	II-16
4.1.1	プロジェクト計画	II-16
4.1.2	プロジェクトの実施体制	II-27
4.1.3	プロジェクトの実施主体の経営体制	II-27
4.1.4	資金計画の評価結果	II-28
4.2	プロジェクト許認可取得	II-30

4.2.1	セメント工場の煙突からの排出規制	II-30
4.2.2	周辺大気の水質に関する規制	II-31
4.2.3	環境影響評価に関する規制	II-31
4.3	日本の貢献	II-32
4.4	環境十全性の確保、ホスト国の持続可能な開発への貢献	II-33
4.4.1	環境十全性の確保	II-33
4.4.2	ホスト国の持続可能な開発への貢献	II-34
5	JCM 方法論の予備調査結果	II-34
5.1	方法論に必要なデータ収集等の予備調査結果	II-34
5.2	MRV 実施体制	II-38
6	今後の予定	II-45

### III. 資料編

	2011年8月29日付首相令 No.1488/QD-TT <sub>g</sub> 参考資料	III-1
	排出係数の根拠資料	III-11

# I. 概要編

二国間クレジット制度に係る実現可能性調査 最終報告書概要版	
調査案件名	クアンニン省セメント工場における廃熱利用発電
調査実施団体	JFE エンジニアリング株式会社
ホスト国	ベトナム国

### 1. 調査実施体制:

国	団体名	受託者との関係	実施内容
日本	三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング(株)	外注先	方法論の予備調査
インド	JFE Engineering India Private Limited	外注先	プロセス設計等

### 2. プロジェクトの概要:

調査対象プロジェクトの概要			
プロジェクトの概要	ベトナム国クアンニン省にあるタンロンセメント社工場にて、セメント生産設備からの廃熱エネルギーを回収し、発電することで、セメント生産で消費されている化石燃料由来の電気の省エネルギー化を実現する。それにより、CO2 排出量の削減とあわせ、排気ガスのダスト低減、周辺の電力エネルギー事情の改善を実現する。		
予定代表事業者	JFE エンジニアリング株式会社		
プロジェクト実施主体	タンロンセメント社 (Thang Long Cement Joint Stock Company)		
初期投資額	2,450,000 (千円)	着工開始予定	2017 年度(最早)
年間維持管理費	60,000 (千円)	工期 (リードタイム)	24 ヶ月
投資意志	投資意欲あり。	稼働開始予定	2019 年度
資金調達方法	JCM 設備補助事業としての採択を前提に、初期投資費用及び維持管理費用は、タンロンセメント社の自己資金(銀行融資、親会社融資等)で賄われる予定。		
CO2 削減量	294,480(tCO2) = 年間排出削減量 32,720(tCO2/年) × 導入設備の法定耐用年数 9(年) (前提稼働時間 7,680 時間=320 日)		
GHG 削減量	同上		







見に基づき、プロジェクト工程・計画をタンロンセメント社に提案し確認された。

### ③ プロジェクト運営計画

設備運転計画、モニタリング計画、人員配置・組織計画については、セメンインドネシア社からタンロンセメント社に出向中の技術担当幹部が、セメンパダン社廃熱回収発電設備での知見を有しており、また今回計画の廃熱回収発電設備の制御装置も既存の中央制御室内に配置されることから、セメント設備の運転要員を核に人員配置することで運用できるとの見通しが示された。

## (2) 調査実施体制

プロジェクトの事業性に関する調査にあたっては、プロジェクトの実施主体であるタンロンセメント社の協力のもとに提供された各種データ・情報を踏まえ、概略技術検討・工事計画・プロジェクト運営計画について、JFE エンジニアリング株式会社が主体的に実施した。概略技術検討の一環でプロセス設計等は、JFE Engineering India Private Limited に外注した。

また、JCM 方法論の開発に関する予備調査については、JCM 方法論作成に関する業務経験を豊富に有しており、効率よく本業務を遂行することが可能な三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング株式会社へ外注を行うとともに、全体のとりまとめを JFE エンジニアリング株式会社が実施した。

## (3) 調査実施スケジュール

訪問先	概要
第 1 回調査(9/14～9/18, 2015)	
タンロンセメント社 (工場/本社)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●サイト調査及び主要機器配置エリアにつき現場踏査(主要機器: SP ボイラ、AQC ボイラ、タービン発電機建屋、冷却塔、電気設備)</li> <li>●排ガス条件等の設計基本条件を協議</li> <li>●所掌範囲の取り決め協議</li> <li>●MRV 体制について協議</li> <li>●本調査/プロジェクトについてのスケジュール共有</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>●CFO 他財務部門担当者と面談</li> <li>●プロジェクト資金の調達計画についてヒアリング</li> </ul>
天然資源環境省(MONRE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●気象・水文・気候変動局担当者と面談、排出係数の最新版を入手(2015年2月付2013年の係数)</li> </ul>
第 2 回調査(12/13～12/15, 2015)	

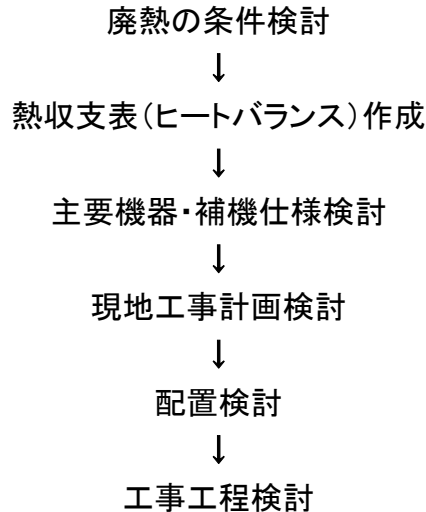
<p>タンロンセメント社 (工場/本社)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●主要機器配置エリアについて現場踏査/再確認</li> <li>●現地工事見積用資料の説明</li> <li>●ヒートバランス説明</li> <li>●プロジェクト実施段階における工事工程の確認</li> <li>●プロジェクト実施体制の確認</li> <li>●稼動後の運転体制とメンテナンス体制の確認</li> <li>●廃熱回収発電設備制御室の配置確認</li> </ul>
<p>第 3 回調査(2/16～2/18, 2016)</p>	
<p>タンロンセメント社 (本社)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●FS の報告</li> <li>●今後のプロジェクトの見通しについて確認</li> </ul>

## 5. プロジェクト実現に向けた調査結果

### (1)プロジェクトの実現性に関する調査結果

#### ①プロジェクト計画

プロジェクトの工事計画は、次の手順で行った：



日本側から代表事業者としての JFE エンジニアリング株式会社、ベトナム側からタンロンセメント社の 2 社により構成される国際コンソーシアムにより、JCM 設備補助事業としてプロジェクトを実施する。

タンロンセメント社は、インドネシア国営セメンインドネシア社が 2012 年 12 月に買収した子会社である。株主構成は、セメンインドネシア社 70%、複数の現地資本が 30%を保有している。

取締役会は、6名で構成されている。Chairmanはベトナム人であるが、Vice Chairman(兼、セメンインドネシア社取締役)以下取締役は全員セメンインドネシア社からの出向者である。同社の2015年度売上は約140億円である。

## ②資金計画の評価結果

本プロジェクトは、JCM 設備補助を前提としているが、大部分の資金がタンロンセメント社の自己資金により賄われるため、同社における設備投資の予算確保が必要である。同社での新規投資案件の社内稟議は、下記の手順で行われることになっている。

1. 起案部署による設備投資計画策定  
↓
2. 起案部署による予算申請  
↓
3. 予算投資管理部門による査定  
↓
4. 次年度投資案件予算化会議  
↓
5. 予算決定(取締役会承認)  
↓
6. 親会社セメンインドネシア社への融資借入承認申請または報告

タンロンセメント社の投資基準は、プロジェクト IRR5%~6%とされている。最終的に、親会社であるセメンインドネシア社の承認を得る必要があるが、JCM 補助金により、セメンインドネシア社の投資基準であるプロジェクト IRR10%を満たしているため、本廃熱回収発電設備は新規投資案件としては適格として考えられる。

資金計画については、初期投資の24.5億円のうち、5.5億円がJCM 設備補助事業にて賄われることを前提とし、19億円はタンロンセメント社にて準備(銀行融資または親会社融資等)される予定である。タンロンセメント社は、融資借入実績のある外銀、インドネシアの大手銀行などと非公式の接触を続けているが、親会社(セメンインドネシア社)からの融資の可能性やその他融資の可能性を含め、総合的に融資スキームを検討中である。維持管理及びMRVについても自己資金により遂行される計画である。

## (2)プロジェクト許認可取得

タンロンセメント社の見解によると、環境アセスメントは不要であるとのことである。ただし、プロジェクト建設の承認は必要ではないが、クアンニン省人民委員会及びホアンボ地区人民委員会に対し、工事着工前に届出が必要であろうというもの。さらに、他の承認要件があるかどうかを精査するとの報告が来ている。プロジェクトの承認が不要であるとの見解は、政府による2015年2月14日付の下記法令において廃熱回収発電設備が承認対象として挙げ

られていないことを根拠としている。

Appendix II of Decree No. 18/2015/ND-CP dated 14/2/2015 about Regulation on Planning on Environmental Protection, Strategic Environmental Assessment, Environmental Impact Assessment, and Environmental Protection Plan

ちなみに、上記法令 Appendix II において承認対象となっているのは、下記プロジェクトである：

- A) 年間 10 万トン以上のクリンカ/セメント生産をするセメント工場建設の全てのプロジェクト
- B) 核反応炉関係プロジェクト、原子力発電プロジェクト、火力発電プロジェクト

### (3) 日本の貢献

セメント廃熱回収技術は、欧米には見られない日本発祥の技術であり、日本国内においては 1970 年代～1980 年代にかけ多くのセメント工場に導入された実績を有する、信頼性ある優れた技術である。ベトナムにおいては、2011 年 8 月の首相令で 2,500t/日超のクリンカー生産量を有するセメント工場への廃熱回収設備設置が義務づけられていることから、日本発祥の本技術による確実かつ大量の GHG 削減により、当該国の低炭素型発展への貢献が実現される。

近年、セメント廃熱回収設備に関しては、中国製・インド製の類似技術が市場に参入しており、安値攻勢にてセメント生産者側との調整も十分に行われずまま設置されるケースがある。その結果、多数の設備不具合による多額の補修工事費の発生や、想定を上回るメンテナンスコストがかかっている。一方、日本製は初期投資で比較すれば高いものの、当社実績が示すとおり長期間の安定的な運転が可能であり、長期的視点・設備ライフサイクルでの経済性は高くなると見込まれる。また、長期安定稼働により、大量かつ安定的な GHG 削減も実現される。本プロジェクトは、セメント生産における系統電力消費量低減による二酸化炭素排出削減とともに、セメント生産単位あたりのコストをも低減することとなる。セメント生産には膨大な電力消費を伴うが、廃熱回収発電設備を導入することにより、電力購入コストの約 2 割を削減でき、これはセメント生産コストを削減できることを意味している。セメント産業においては、設備投資の優先度という視点では廃熱回収発電設備よりもセメント生産設備への投資に目が向けられがちであるが、当該技術の導入は、将来的には経済成長の鈍化等の景気変動に対する耐性が強まる効果もあると考えられる。

初期投資の壁をクリアできれば、電気料金高騰へのリスクヘッジ、生産コスト低減に寄与できる設備であり、JCM 設備補助事業として日本製技術の導入に向けた理解が深まると思われる。また、本プロジェクトの成功により、初期投資に対するリターンを広く宣伝することで、ベトナム国内の他のセメント会社への導入機運を盛り上げ、環境・経済を両立させることで持続可能な開発に寄与することとなる。

#### (4) 環境十全性の確保、ホスト国の持続可能な開発への貢献

##### ① 環境十全性の確保

本技術は省エネルギーを実現するのみならず、環境負荷に影響を及ぼす機構は特に無い。むしろ、現在大気放散されている排ガス中に含まれるダストの排出を減少させる効果がある。上記 5.(2) 項記載の通り環境影響評価は不要なプロジェクトと位置づけられており、廃熱回収発電設備からの排出物は水だけであることから、環境面での悪影響はない。廃熱回収発電設備建設に際しては、プロジェクトが実施されない場合に比して、建設用トラックや重機等の使用による温室効果ガスの排出や、その出入りに伴う粉塵等の問題が一定期間起こることとなる。ただし、現在の建設スケジュールによれば、その期間は最長でも 12 ヶ月程度であり、影響は微小である。また、燃料焚発電設備等と異なり、本設備では燃料や原料等事業実施後に付加的かつ継続的に温室効果ガスを排出する車両重機等の使用はないため、建設終了後には上記のような問題は起こらない。

##### ② ホスト国の持続可能な開発への貢献

本技術は中国製やインド製に比べて初期投資額が高くなるものの、我が国が提唱する「質の高いインフラパートナーシップ」「質の高いインフラ投資」に沿うものであり、タンロンセメント社での JCM 設備補助事業をモデルプロジェクトまたはショーケースとして、他のセメント会社への導入促進によるホスト国の低炭素社会への“一足飛び”型発展を実現するものである。ベトナム天然資源環境省(気象・水文・気候変動局)訪問時にも、本プロジェクトへの期待が示された。

#### 6. JCM 方法論の予備調査結果

##### (1) 方法論に必要なデータ収集等の予備調査結果

本プロジェクトと同じタイプのプロジェクトに適用される JCM の承認方法論としては、インドネシア JCM の承認方法論 ID\_AM001「Power Generation by Waste Heat Recovery in Cement Industry」がある。同承認方法論及びベトナム JCM の方法論開発ガイドラインを参照し、本プロジェクトに適用する方法論の開発に必要な関連データ・情報をリストアップし、各データ等を収集・整理した。結果の概要を方法論の構成立てに合わせて下表に示す。

データ等の収集・整理結果から、本プロジェクトのための方法論には、基本的には JCM の承認方法論 ID\_AM001 におけるロジックが適用可能と考えられる。

表 6.1 方法論に必要なデータ・情報等の概要

項目	必要なデータ・情報	データ等の収集・整理結果
適格性要件	ベトナムにおける廃熱回収発電設備に関する規制等	2011 年 8 月 29 日発行の首相令で 2011-2020 年及び 2030 年に向けたセメント産業発展のためのマスタープランが承認されている。
	ベトナムのセメント工場における廃熱回収発電設備の導入状況	ベトナムでは、3 つ程度のセメント工場で既に廃熱回収発電設備が導入されているが、そのうち 2 工場はモデル事業と CDM プロジェクトである。
	本プロジェクトの廃熱回収発電設備の構成	SP ボイラ、AQC ボイラ、蒸気タービン発電機及び冷却塔で構成される。
	本プロジェクトの廃熱回収発電設備での他の燃料・蒸気等の使用の有無	廃熱のみを使用し、他の燃料・蒸気等を使用しない。
	本プロジェクトの対象キルンにおける既存の廃熱回収発電設備の有無	対象キルンに既存の廃熱回収発電設備はなく、本プロジェクトで新規導入となる。
	本プロジェクトの対象工場で使用している電力の電源	対象工場では基本的にグリッド電力を用いている。
	本プロジェクトの廃熱回収発電設備で発電した電力の用途	対象工場で自家消費する。
排出削減量計算	グリッド電力排出係数	ベトナム国天然資源環境省がグリッド電力排出係数を公表している。
モニタリング	ベトナムにおける電力量計に関する規格等	電力量計の検査手順や頻度を定めた文書があるが商取引用以外の電力量計への適用義務はない。

## (2)MRV 実施体制

本プロジェクトに適用される方法論では、廃熱回収発電設備で発電される総電力量がモニタリング対象項目になると想定されるため、下図①の位置に電力量計を設置する。廃熱回収発電設備で使用される電力については、方法論では定格容量を用いて計算し、モニタリング対象項目とはならないことが想定されるが、実測が必要となる場合にも対応できるように、消費電力を計測する電力量計を下図②③④の位置に設置する計画である。

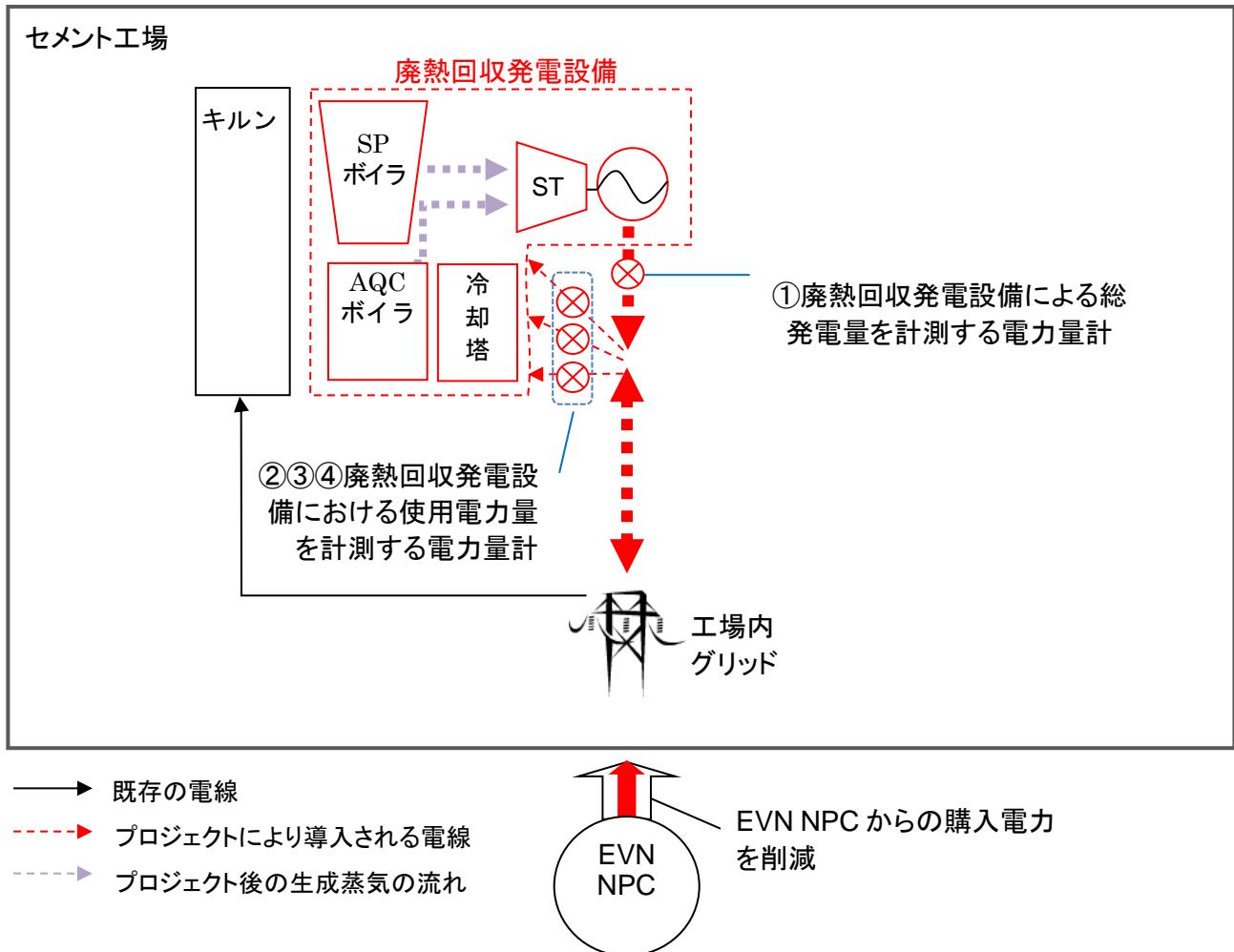


図 6.1 プロジェクトにおける電力・蒸気の流れ及びモニタリング地点の概略

①、②、③及び④で計測された全てのデータは制御システムで(DCS)で集められ、中央制御室に集約される。発電量全体から自家消費電力量を差し引いた量、即ちセメント廃熱回収発電設備導入による代替電力量が 1 時間毎に表示され、それらの値が日報として帳票に入力される。モニタリング及び報告は、タンロンセメント社の人員にて下図の体制で行う予定である。まず担当技師が収集データを保存・集計し、バックデータと共に報告書をまとめる。上級技師がその報告書と全てのデータを関連書類と共に確認し、電力配電課長が確認・承認する。その後、電力配電課長が、月次報告書として生産担当次長に報告し、承認・保管される計画である。

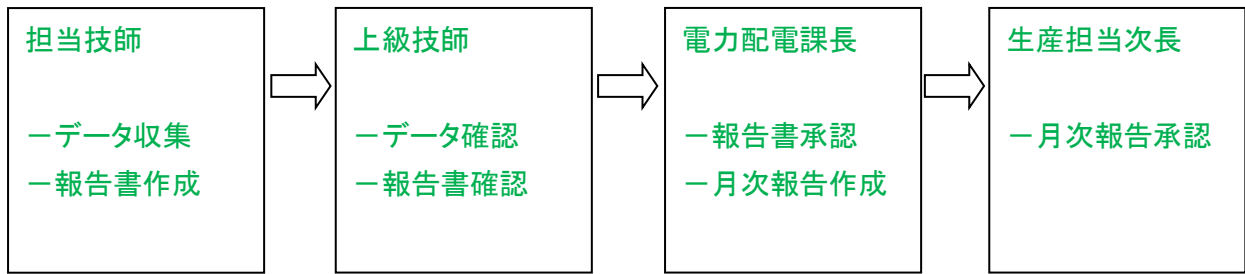


図 6.2 モニタリング体制

## 7. 今後の予定

現地のプロジェクト実施主体であるタンロンセメント社は、親会社であるセメンインドネシア社での先行事例 2 件(セメンインドネシア社ツバン工場及び同社傘下のセメンパダン社インダラン工場)がある為、本技術のもたらす経済的メリット、CO2 排出削減、JCM スキーム、ベトナム政府が本技術の導入を推進していることを理解しており、廃熱回収発電設備導入に大変意欲的である。親会社側も本プロジェクト推進に積極的である。

プロジェクト実現へのスケジュールについては、本調査終了後、2016 年後半にタンロンセメント社内で 2017 年度(1 月～12 月)投資案件の予算上申/審議、投資承認/資金調達承認(含、親会社による承認)というプロセスを経る予定である。その後、タンロンセメント社と JFE エンジニアリング株式会社間で国際コンソーシアム協定書が締結され、2017 年度設備補助採択を前提として、最早で 2017 年内のプロジェクト実現が期待される。タンロンセメント社は親会社の意向も勘案し、新設セメント工場建設も視野に入れて投資案件の検討を行っているものの、環境への配慮及びエネルギーコスト削減の重要性も十分に理解しており、本廃熱回収発電プロジェクトについても早々の実現を親会社に申し入れている。

JFE エンジニアリング株式会社としては、このスケジュール感をタンロンセメント社と共有しつつ、プロジェクト実現に必要な技術要件や商業条件の整備を進める方針である。



## II. 詳細編

## 1. 調査の背景

日本政府は、途上国への先進的な低炭素技術・製品・システム・サービス・インフラなどの普及や対策実施を通じ、実現した温室効果ガスの排出削減・吸収への日本の貢献を定量的に評価し、日本の削減目標の達成に活用するため、二国間クレジット制度 (Joint Crediting Mechanism: JCM) を構築・実施しており、その導入を国際会議に向けて提案している。

国連気候変動条約 (UNFCCC) を中心とした気候変動に関する国際交渉においては、新たな市場メカニズムについての議論も進展しており、日本政府が提案している JCM を含む様々なアプローチについては、実施のための枠組みについて作業計画を実行していくことが決定され、枠組みの機能や役割、国際的なクレジットの移動に関してダブルカウントを防止する方法等を検討していくこととなっている。

このような、国際制度の新規構築に関する議論が進められるにあたり、より具体的な形で、既存の市場メカニズムの課題を克服し開発途上国における新たな排出削減と低炭素社会構築の実現を支援し、同時に日本政府の温室効果ガス排出削減の中期目標を達成する取組の方法手続きを示すことが急務となっている。日本政府としては、これまで 16 ヶ国と JCM に関する二国間文書の署名を行っている。

ベトナムでは、1994 年に環境保護法を施行して以来、環境関連法規の整備が進められているものの、行政基盤・資金的基盤の弱体などの理由で、中々実効が上がっていないのが実情である。国際的な気候変動対策への積極的な取組みもされており、2002 年には京都議定書に批准し、2003 年に天然資源環境省 (MONRE) 傘下に指定国家機関 (DNA) が設置され、CDM プロジェクトが推進されてきた。2013 年 7 月には、日本政府とベトナム政府間で JCM に関する二国間文書の署名が行われており、JCM の活用による GHG 排出削減活動が優先されるという方向性が示されている。

## 2. 調査対象プロジェクト

### 2.1 調査対象プロジェクトの概略

#### 2.1.1 プロジェクトの目的:

当該国のセメント業では、セメント生産に際し化石燃料由来の多量な電気エネルギーが消費されている一方、発生する高温排ガスのほとんどは十分に熱利用されことなく大気放散されているのが現状である。本プロジェクトは、クアンニン省にあるタンロンセメント社のセメント生産プロセスに廃熱回収発電設備を設置し、熱エネルギーを回収することで電気エネルギーに転換し、工場の電気エネルギーの一部を賄うことにより省エネルギーを図り、結果として温室効果ガスの排出量削減を図ることを目的とする。

## 2.1.2 GHG 排出削減効果:

294,480(tCO<sub>2</sub>)=年間排出削減量 32,720(tCO<sub>2</sub>/年) × 導入設備の法定耐用年数 9(年)

(前提稼働時間 7,680 時間=320 日)

## 2.1.3 導入する技術の概要 — 廃熱回収発電 —:

## (1) セメントプラントと廃熱

セメント製造工程は大きく分けて、原料粉砕工程、焼成工程、セメント粉砕工程の 3 工程から構成される。(図 2.1 セメント製造設備 参照)

原料粉砕工程では、主原料である石灰石を粉砕し、他の原料と混ぜ粉砕調合してセメント原料を製造する。焼成工程においては、この原料をサスペンションプレヒーター(Suspension Preheater、以下 SP と記す<sup>1)</sup>)で予熱、仮焼してロータリーキルンへ送り、そこで約 1500°C の高温下で焼成した後に空気冷却器(Air Quenching Cooler、以下 AQC と記す<sup>2)</sup>)で 130°C 程度まで急冷してクリンカーを作る。この熱源として、重油や石炭が多量に用いられる。最後に、クリンカーを細かく粉砕するセメント粉砕工程がある。これらの工程の中で、焼成工程は、最も多量のエネルギーを消費する工程であり、セメント生産で消費するエネルギーの 90%以上を占める。

セメント焼成設備からは多量の高温ガスが排出され、最新の設備では、SP 出口温度 320~400°C、AQC 出口温度 250~300°C の温度レベルである。これらの排ガスの持つ熱は原料の粉砕・乾燥、石炭の粉砕・乾燥、焼成熱源としての重油または石炭燃焼用空気にも有効利用されている。しかし、排ガスの全てが有効利用されているわけではなく、依然として大量の熱が未利用のまま廃熱として大気中に排出されている。

## 1) サスペンションプレヒーター

セメント原料をキルンに投入する前に、セメント原料を予熱するための装置であり、4 段~6 段のサイクロンから構成される。その予熱の仕組みとしては、最上段のサイクロンから投入されたセメント原料が、順次下段のサイクロンへ降下していく過程において、キルンからの排ガスが最下段のサイクロンから順次上昇し、セメント原料と排ガスがカウンターフローのような接触となり、排ガスの保有熱でセメント原料を予熱するものである。

この結果、セメント焼成工程での熱効率の向上が図られているが、最上段のサイクロンから排出される排ガスは、その一部を原料や石炭の乾燥に使用し、残りは大気中に排出される。

## 2) 空気冷却器

キルンで焼成されたセメント原料は、高温のクリンカー状態で AQC に排出される。この粒状のクリンカーは AQC で冷却空気によって 150°C 以下に急速冷却される。AQC 内では、固定グレートと摺動グレート上をクリンカーが順次移動しながら、送風機によってグレート下の風箱に送り込まれた空気が、グレートの間を通過、上昇してクリンカーを冷却する仕組みが一般的である。クリンカーを冷却し終えた空気は高温となり、焼成用燃焼室空気や予焼成燃焼室用空気として利用されるが、残りは大気中に排出される。

一般に、焼成のために投入された熱量に対して、約 65%の熱量がクリンカー焼成に使用され製品としてセメントとなるが、乾燥等に利用された後の残り約 35%が SP および AQC から大気に排出されてしまう。

セメント焼成プロセスからの排ガスを利用した廃熱発電技術は、上述の SP および AQC からの大量の排ガスの熱回収を廃熱回収ボイラで行い、蒸気を発生させ、蒸気タービンで発電することによって、熱エネルギーをより有効に利用しようとするものである。

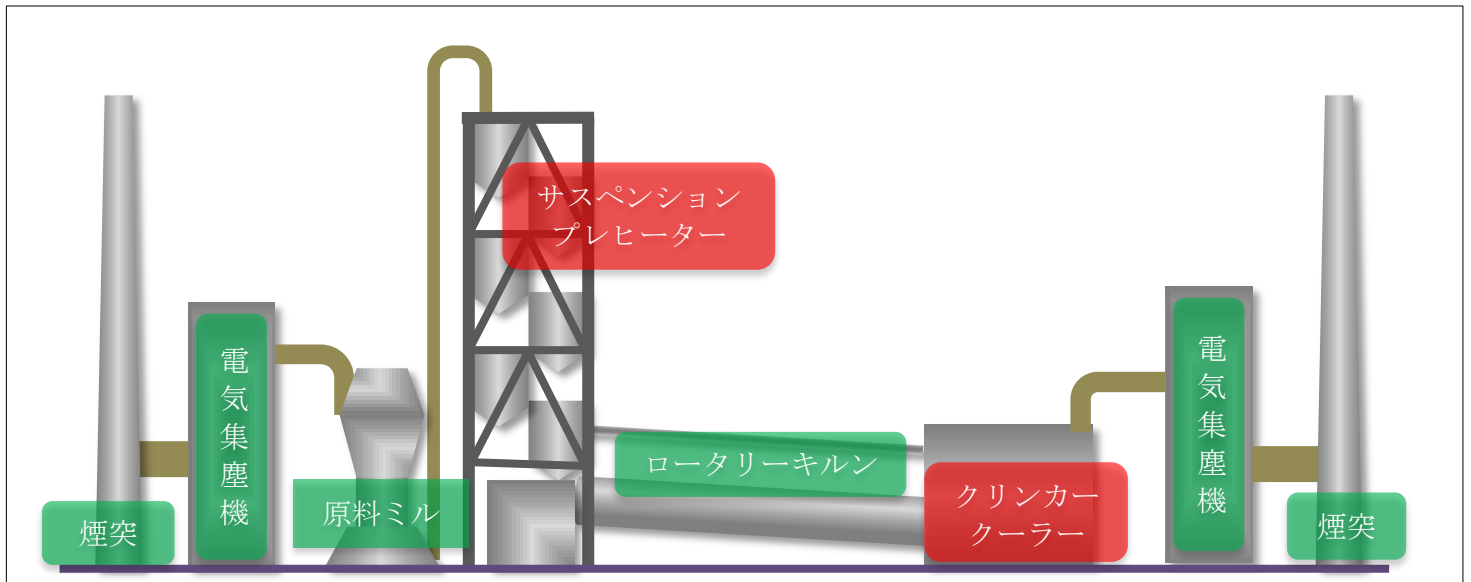


図 2.1 セメント製造設備概要

## (2) 廃熱回収方法

前述のように、セメント焼成プロセスの熱効率は改善されているものの、依然として多量の廃熱が利用されないまま大気中に放出されている。廃熱回収の方法には各種あるが、廃熱の持つ保有熱を、蒸気や温水にしてプロセス用熱源として利用するのが一般的である。近隣にそのような熱の有効利用が図れる化学工場等がある場合には有効な手段であるが、セメント工場は、一般に原料の石灰石産地に単独で立地することが多く、また製造プロセスで蒸気、温水、熱水を使用することがないため、電力の形で有効利用を図ることが最善である。

また、セメント廃熱回収発電は、大気中に捨てている高温のガスを回収するため、新たな大気汚染ガス( $\text{NO}_x$  や  $\text{SO}_x$ )を発生させることがなく、さらに温室効果ガスとしての二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )を発生させることがない。発電した電力によりセメント工場の電力需要の一部を賄うことで購入電力を減らし、結果として省エネルギー効果が期待でき、また環境保全効果が達成できる。

セメント廃熱回収発電設備は、日本において省エネルギー効果の観点から、1970 年代後半から導入検討が開始され、1980 年代に多数設置された。その後もアジア地区での導入が徐々に進み、廃熱回収発電としての技術が確立されてきた。セメント焼成プロセスに廃熱回

収を設置する場合、一般的には、前述したように SP と AQC からの排ガスの廃熱回収を検討することになる。

### (3) SP 排ガスを利用した発電

SP から排出される排ガスの温度は 320～400℃であり、このガスの全量または一部をボイラに導いて蒸気を発生させ、蒸気タービンにて発電される。SP の排ガスは、原料の乾燥や石炭乾燥に使用されるが、必要な熱量はそれらの含有水分量に大きく左右されるため、要求されるガス温度条件はセメントプラント毎に異なる。従って、SP 排ガスの廃熱回収発電への利用に際しては、各プラントに適した排ガス条件を設定することが重要である。

さらに、次に述べるような技術的課題に配慮しなければならない。

#### ① SP 排ガスに含まれるダストによるボイラチューブの磨耗

SP 排ガスに含まれるダストは、石灰石、シリカ、スラグ等であるが、ダスト濃度が増すと、ボイラチューブの磨耗に配慮しなければならない。この磨耗を防止するには、ボイラ構造の大型化によりボイラ通過のガス流速を遅くすることが効果的であるが、コスト増とのバランスを考慮する必要があり、実績類似プラントの経験、データ等に基づき決定される。

#### ② ダスト付着によるボイラ効率低下防止のためのダスト付着物の除去方法

ダストの付着性が大きい場合には磨耗は心配ないが、ボイラチューブの伝熱性に悪影響を与える。ある程度のダストの付着を前提として、伝熱面積に余裕を持たせた設計を行うことも可能であるが、ボイラの大型化によりコストが増加してしまう。よって、ダスト除去を行なう方が望ましく、従来から採用してきた、ボイラチューブに打撃を与え振動によりダストを除去する方法を今回の計画でも用いることとした。

### (4) AQC 排ガスを利用した発電

AQC 設備の排ガス温度は 250～300℃と低いため、回収される蒸気の圧力と温度は低く、そのままでは発電に適しているとはいえない。そこで、先ず AQC 排ガスの高温部分を SP ボイラと同じく蒸気により回収する。残りの低温部分を、ボイラ給水の加熱に用い、前述の SP ボイラの給水にも使用することで、回収熱の全般的な有効利用が図られる。一般に、この時得られる給水量は、AQC 用ボイラおよび SP ボイラで必要とされる量以上であるため、残った熱水をフラッシュャー<sup>3)</sup>へ導き、低圧の飽和蒸気を発生させる。この低圧蒸気は、混気蒸気とし

<sup>3)</sup> フラッシュャー

高圧の熱水を急激に減圧することで、自己蒸発させて飽和蒸気と飽和水に分離させる装置

て蒸気タービンの途中段に混気され、タービン出力の向上に寄与する。

AQC 排ガスは、キルンからのクリンカー排出状況が変動することにより、温度条件が変動し、上述の給水温度も変動するため、給水温度を一定とする制御弁を設け、AQC の給水加熱器(エコマイザーと呼ばれる)への給水量を制御する。

図 2.2 にセメント廃熱回収発電の一般的な概要を示す。

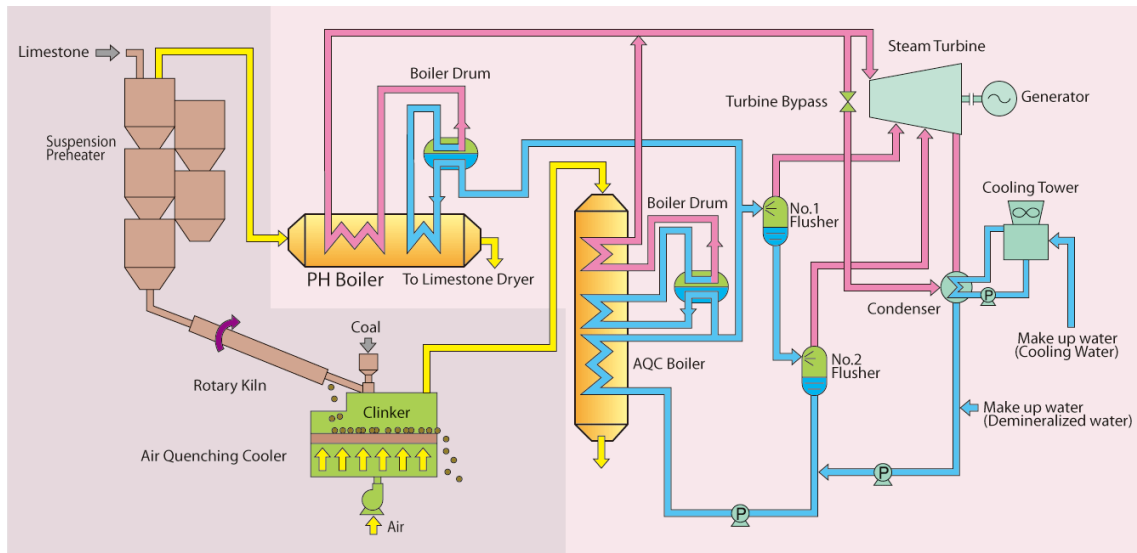


図 2.2 セメント廃熱回収発電の概要

#### 2.1.4 本設備の規模・性能:

本廃熱回収発電設備は、後述する設計条件によりタービン発電機端出力 8,900kW の性能を有する。

#### 2.1.5 実施サイト:

(1) クアンニン省のハロンベイ近傍にあるタンロンセメント社工場 (Thang Long Cement Joint Stock Company) である。

#### (2) タンロンセメント社概要

タンロンセメント社は、元々 Hanoi General Import and Export Joint Stock Company(GELEXIMCO)が 2008 年 12 月に設立した会社であるが、2012 年 12 月にインドネシア最大のセメントグループであるセメンインドネシア社に買収されて現在に至っている。現在の株主構成は、セメンインドネシア社(70%)、複数の現地資本(30%)である。本社所在地はハノイであるが、本調査対象の工場はハノイから約 150km、ハロンベイから車で 30 分程度の所に位置している。クリンカー生産設備の規模は、6,000 トン/日である。

タンロンセメント社工場の位置を図 2.3、図 2.4 で示す：



図 2.3 タンロンセメント社工場の位置(広域)



図 2.4 タンロンセメント社工場の位置 (詳細)

気候は亜熱帯気候に属し、ゆるやかな四季がある。雨季の5月～10月と乾季の11月～4月に分けられ、6月～7月は湿度も高く暑い日々が多い。最高気温は39℃に達することもある。雨期には、熱帯低気圧が襲来するが当該セメント工場が被災したことはない。ベトナム北西部では地震が時々発生しているが、当該工場の辺りでは体感地震はほとんどない。

用水は、現地水道局と契約しており、利用可能水量に対する既存セメント生産設備での消費分と廃熱回収発電設備の冷却塔での消費分を合わせても余裕がある。従って、本プロジェクトにおいては、空冷タイプより効率の良い水冷タイプの復水器を採用することとする。

2014年及び2015年にはグリッドの停電は年間4回程度発生しており、停電時の非常用電源として2,000kVAのディーゼル発電設備1基を有している。

また、同社はセメント工場と周囲環境との調和のため、ISO14001(環境マネジメントシステム)の認証を取得しており、他にISO9001(品質マネジメントシステム)及びISO/IEC17025(材料試験や試験に使用する機器の校正を行なう事業者の認定)の認証を取得している。

図 2.5 および図 2.6 に本プロジェクトの対象プラント及びセメント生産設備の写真を示す。





図 2.5 タンロンセメント社工場全景(写真提供:タンロンセメント社)



図 2.6 タンロンセメント社工場生産設備(写真提供:タンロンセメント社)

## 2.2 調査対象プロジェクトを実施する背景及び理由

### 2.2.1 企画立案の経緯

JFE エンジニアリング株式会社は、1980 年代初頭から廃熱回収発電設備を市場に供給しており、その発端は石油危機等を背景として省エネルギーに対して取り組む日本・台湾のセメント会社向けであった。

その後経済成長に伴い環境規制が強化された中国本土のセメント会社へと市場を移し、2011 年、NEDO モデルプロジェクトの資金支援を受け、セメンインドネシア社傘下のセメンパダン社にインドネシアで初めてのセメント廃熱回収発電設備を納入した。セメンインドネシア社では、セメント生産設備そのものへの投資とは別に、セメンパダン社での廃熱回収発電設備導入の成功を踏まえ、地域社会および環境保全に貢献できる形での環境投資に関心を強く持つに至った。同社の経営マインドは、温暖化効果ガスの削減及び日本技術の世界展開を企図した JCM スキームとの親和性が高く、「平成 26 年度 JCM プロジェクト設備補助事業セメント工場における廃熱利用発電」を JFE エンジニアリング株式会社と共同実施中である。

一方、ベトナムにおいては、2011 年 8 月 29 日付首相令 No.1488/QD-TTg (APPROVAL OF VIETNAM CEMENT INDUSTRIAL DEVELOPMENT PLANNING 2011-2020 period and orientation to year 2030、以下 2011 年 8 月 29 日付首相令 No.1488/QD-TTg と記す)が出され比較的大型のセメント工場には廃熱回収発電設備設置が義務付けられている。しかしながら、特に罰則規定が設けられてないことやセメント市況の低迷によるセメント会社の資金的基盤が脆弱である等の理由で、廃熱回収発電設備の設置は遅々として進んでないというのが現状である。

タンロンセメント社は、2012 年にセメンインドネシア社傘下に収められ、セメンインドネシア社で実施中の上記 JCM による廃熱回収発電設備と同様に、JCM を活用した同設備をタンロンセメント社工場にも設置したいとの意向が示された。結果的には、上記首相令に沿う形となっている。また、本調査対象プロジェクトで適用する廃熱利用発電技術は、当該国現地企業単独で実施することが未だ困難であることから、本技術による温室効果ガス削減事業の実績がある JFE エンジニアリング株式会社が調査を実施し、プロジェクト実現にイニシアティブを取ることをタンロンセメント社も希望している。タンロンセメント社は、本プロジェクトを同社の省エネルギー及び環境改善事業として実施することに意欲的であり、プロジェクト実施に先立つ本調査へも全面的に協力することを表明している。これは、セメンインドネシアグループの省エネルギー、環境改善というポリシーと軌を一にするものである。

## 2.2.2 ベトナムにおける本調査対象プロジェクトのニーズ

ベトナムにおいては、上記 2011 年 8 月 29 日付首相令 No.1488/QD- TTgが出されていることから、潜在的ニーズは大きいと考えられる。ベトナムにはセメント工場が 53 工場あるが、その内、将来の廃熱回収発電プロジェクトの対象として考えられる年産 100 万トン以上の比較的大型のセメント工場を表 2.1 に示す。よって、プロジェクトのニーズ(普及可能性)を判断するにあたっては、表 2.1 にある工場がその対象となると考えられる。

表 2.1 大型セメント工場リスト(参考:Global Cement Directory 2015)

	セメント工場名	年産(万トン)
1.	Thang Long Cement (Semen Indonesia Group)	230
2.	Phuc Son Cement (Lucky Group)	360
3.	VICEM Bim Son Cement	320
4.	VICEM Ha Tien Cement I	100
5.	VICEM Haiphong Cement	170
6.	VICEM Hoang Thach Cement	350
7.	VICEM Tam Diep Cement	140
8.	VICEM But Son Cement	280
9.	VICEM Cong Thanh Cement	180
10.	VICEM Vinakaisai	280
11.	VICEM Duyen Ha Cement	230
12.	Cam Pha Cement	230
13.	Thua Thien Hue Luks Cement	150
14.	Nam Dong Cement	180
15.	Quang Phuc Cement	160
16.	Dong Binh Cement	100
17.	Langbang Cement	150
18.	Luong Son Cement	120
19.	Mai Son Cement	120
20.	Quang Ninh Cement and Construction	120
21.	Quang Son Cement	150
22.	Song Thao Cement	140
23.	Fico Tay Ninh Cement	200
24.	Ngu Hanh Cement	100
25.	Hai Van Cement	100
26.	Hoang Mai Cement	100
27.	Sai Son Cement	100
28.	Dong Lam Cement	150
29.	Dien Bien Cement	150
30.	Bac Giang Cement	100
31.	Morning Star Cement	140
32.	Binh Phuc Cement	130
33.	Halong Cement	210
34.	He Duong Cement(Lucky Group)	360
	合計	6,100

## 2.2.3 ホスト国の関連法制度・政策との整合性

ベトナムにおいては、2011年8月29日付首相令 No.1488/QD-TTgが出された。この首相令によると、2,500t クリンカ/日超のキルンを有する新しいセメント工場への投資（首相令の発効日以降に設備供給契約に署名）の場合、燃料として産業廃棄物や廃棄物を使う技術以外の、発電のための廃熱回収設備を即設置することとされている。また、既存の工場あるいは設備供給契約の署名日が首相令の発効日以前の場合は、2015年までに廃熱回収発電設備を設置することとされている。

本技術の導入による省エネルギー及び温室効果ガス削減は、当該国の政策とも一致するものである。上述のインドネシアにおける JCM プロジェクトの実績をベトナムに横展開することで、ベトナムでの低炭素化促進と日本の排出削減目標達成に貢献するプロジェクトである。

## 3. 調査実施方針

### 3.1 調査課題及び調査内容

#### 3.1.1 調査課題

- ・ セメント製造工程から廃熱回収発電に利用できる排ガス条件の確認（ガス量、温度、ガス組成等）
- ・ 冷却水条件の確認（水量、水質等）
- ・ プロジェクトサイトにおける周囲温度、湿度その他気象条件の確認
- ・ 主要機器配置エリアの確認（SP ボイラ、AQC ボイラ、タービン発電機建屋、冷却塔、電気設備）
- ・ 環境アセスメントの要否、プロジェクト建設承認の要否などの確認
- ・ プロジェクト実施段階における工事工程の確認
- ・ 設備の運転計画、人員配置・組織計画、MRV 体制等の確認
- ・ プロジェクト資金ソース及び資金調達方法
- ・ 排出係数の最新版を確認
- ・ JCM 方法論の予備調査

#### 3.1.2 調査内容

##### 1) プロセスフロー・ヒートバランス・プラントレイアウト等の技術検討

JFE エンジニアリング株式会社の実績プラントでの知見及び至近の実績例（稼働中のセメントインドネシア社傘下のセメンパダン社向廃熱回収発電設備、現在施工中のセメントインドネ

シア社ツバン工場向廃熱回収発電設備)にて採用されているプロセス及びタンロンセメント社での最近の稼動状況を考慮し、設計条件を設定した。また、タンロンセメント社工場全体を共同調査・踏査し、主要機器(SP ボイラ、AQC ボイラ、タービン発電機建屋、冷却塔、電気設備)の配置を決定した上で各種技術検討を行った。

## 2) 工事計画の妥当性

プロジェクト実施段階での工事計画について、JFE エンジニアリング株式会社の実績・知見に基づき、プロジェクト工程・計画をタンロンセメント社に提案し確認された。

## 3) プロジェクト運営計画

設備運転計画、モニタリング計画、人員配置・組織計画については、上記セメンインドネシア社からタンロンセメント社に出向中の技術幹部が、セメンパダン社廃熱回収発電設備での知見を有しており、廃熱回収発電設備の制御装置も既存の中央制御室内に配置されることから、セメント設備の運転要員を核に人員配置することで運用できるとの見通しが示された。

## 3.2 調査実施体制

プロジェクトの事業性に関する調査にあたっては、プロジェクトの実施主体であるタンロンセメント社から提供された各種データ・情報を踏まえ、概略技術検討・工事計画・プロジェクト運営計画について、JFE エンジニアリング株式会社が主体的に実施した。概略技術検討の一環でプロセス設計等は、JFE Engineering India Private Limited に外注した。

また、JCM 方法論の開発に関する予備調査については、JCM 方法論作成に関する業務経験を豊富に有しており、効率よく本業務を遂行することが可能な三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社へ外注を行うとともに、全体とりまとめを JFE エンジニアリング株式会社が実施した。

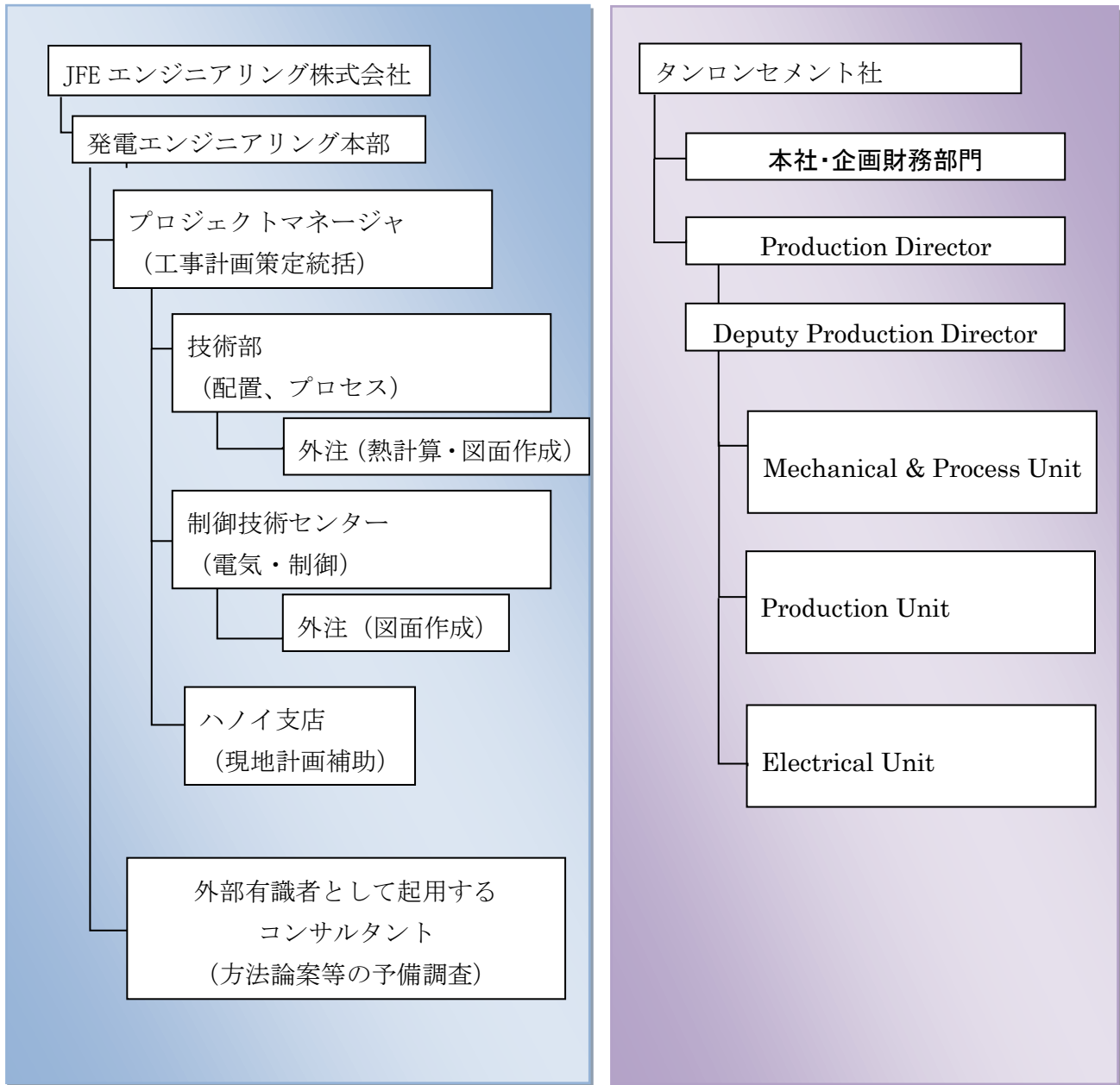


図 3.1 調査実施体制

### 3.3 調査実施スケジュール

実施した調査スケジュールは下記の通りである。

訪問先	概要
第 1 回調査(9/14～9/18, 2015)	
タンロンセメント社 (工場/本社)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●サイト調査及び主要機器配置エリアにつき現場踏査(主要機器:SP ボイラ、AQC ボイラ、タービン発電機建屋、冷却塔、電気設備)</li> <li>●排ガス条件等の設計基本条件を協議</li> <li>●所掌範囲の取り決め協議</li> <li>●MRV 体制について協議</li> <li>●本調査/プロジェクトについてのスケジュール共有</li> </ul>
天然資源環境省(MONRE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●CFO 他財務部門担当者と面談</li> <li>●プロジェクト資金の調達計画についてヒアリング</li> </ul>
第 2 回調査(12/13～12/15, 2015)	
タンロンセメント社 (工場/本社)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●主要機器配置場所について現場踏査/再確認</li> <li>●現地工事見積用資料の説明</li> <li>●ヒートバランス説明</li> <li>●プロジェクト実施段階における工事工程の確認</li> <li>●プロジェクト実施体制の確認</li> <li>●稼動後の運転体制とメンテナンス体制の確認</li> <li>●廃熱回収発電設備制御室の配置確認</li> </ul>
第 3 回調査(2/16～18, 2016)	
タンロンセメント社 (本社)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●FS の報告</li> <li>●今後のプロジェクトの見通しについて確認</li> </ul>



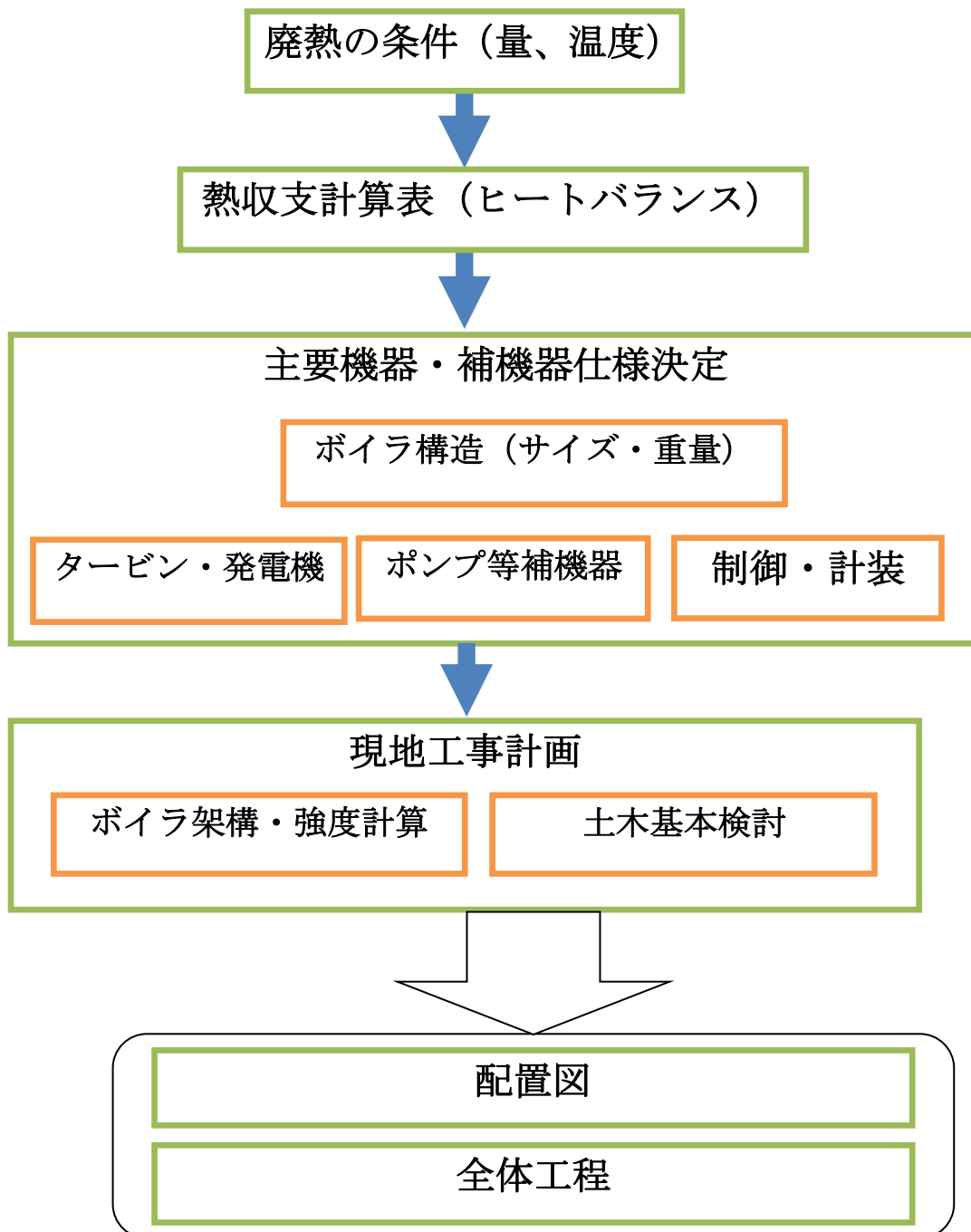
#### 4. プロジェクト実現に向けた調査結果

##### 4.1 プロジェクトの実現性に関する調査結果

##### 4.1.1 プロジェクト計画

##### 1)プロジェクトの工事計画

廃熱回収発電設備の工事計画は、大まかに以下のフローに従って進めた。



## 2) 廃熱の条件

本プロジェクトの対象は、タンロンセメント社工場にある既設キルン1本からの廃熱である。タンロンセメント社から提供されたデータ及び当社の経験をもとに協議した結果、表 4.1 のように、廃熱の条件を設定した。

また、当該キルンは、SP からの廃熱が2ストリング(ライン)に分かれて排出される構造であることから、1キルンあたり2つの SP ボイラ(SP ボイラ No.1 及び SP ボイラ No.2)と1つの AQC ボイラの廃熱の条件(平均条件)を記載している。

表 4.1 廃熱条件

	SP ボイラ No.1	SP ボイラ No.2	AQC ボイラ
排出ガス量 (Nm <sup>3</sup> /h)	181,500	181,500	272,000
ボイラ入口温度 (°C)	355	355	320
ボイラ出口温度 (°C)	200	200	145
許容圧力損失 (mmAq)	150	150	100
排出ガス成分 (Vol.%)			
CO <sub>2</sub>	27.3	27.3	0.03
N <sub>2</sub>	63.2	63.2	76.2
O <sub>2</sub>	3.5	3.5	20.3
H <sub>2</sub> O	6.0	6.0	3.47
NO <sub>x</sub>	-	-	-
SO <sub>2</sub>	-	-	-
SO <sub>3</sub>	-	-	-
H <sub>2</sub>	-	-	-
CO			-
ダスト含有量 (g/Nm <sup>3</sup> )	80 未満	80 未満	30 未満

## サイトの一般計画条件

外気温(最高/最低/平均)	: 32/14/23 °C
湿度(年平均)	: 83.3 %
地震係数	: MS4.5－4.9
設置高度(平均)	: 海拔 3.5m
交通	: ハノイから 150km
雨季	: 5 月～10 月
乾季	: 11 月～4 月
セメントプラント稼働	: 321 日/年(2014 年実績)
電源 周波数	: 50Hz
電圧	: 6,300V 高圧 負荷 250kW 以上
	: 400V 低圧
	: 230V 制御、計装、照明
	: 110V 直流

### 3) 熱収支計算～機器仕様確定

上記の廃熱の条件をもとに、廃熱回収ボイラでの熱交換で得られる熱量から、媒体の温度・流量を算出し、タービン発電機による発電出力を算出する。この熱収支計算から、要求されるボイラのサイズ・重量、タービン発電機といった主要機器の仕様、ポンプ・バルブなど補機器の仕様を検討した。

### 4) ボイラ架構の強度計算・土木基本設計

上記3)にて検討した主要機器・補機器の仕様を基に、それぞれの荷重を計算し、ボイラ架構の強度計算、必要な鉄骨重量算出、土木基本設計検討を行った。

### 5) 配置

上記で検討した主要機器の配置を検討する上では、熱媒体の経路を短くすることによる自家消費電力の最小化、セメント生産設備と廃熱回収ボイラをつなぐダクトの距離を短くすることによる設置工事費の最小化及びボイラでの熱損失及び圧力損失の最小化を図る必要がある。一方、既存生産設備におけるスペース、生産設備及び廃熱回収発電設備のメンテナンス時のクレーンの稼働範囲確保、工場内の輸送車動線確保、タービン発電機との配管の制限など、様々な制約を受ける。これまでの調査を通じ、仮設定した配置での問題点の洗い出し、解決案に対するタンロンセメント社側との調整などを行い、図 4.1 の機器配置で合意した。

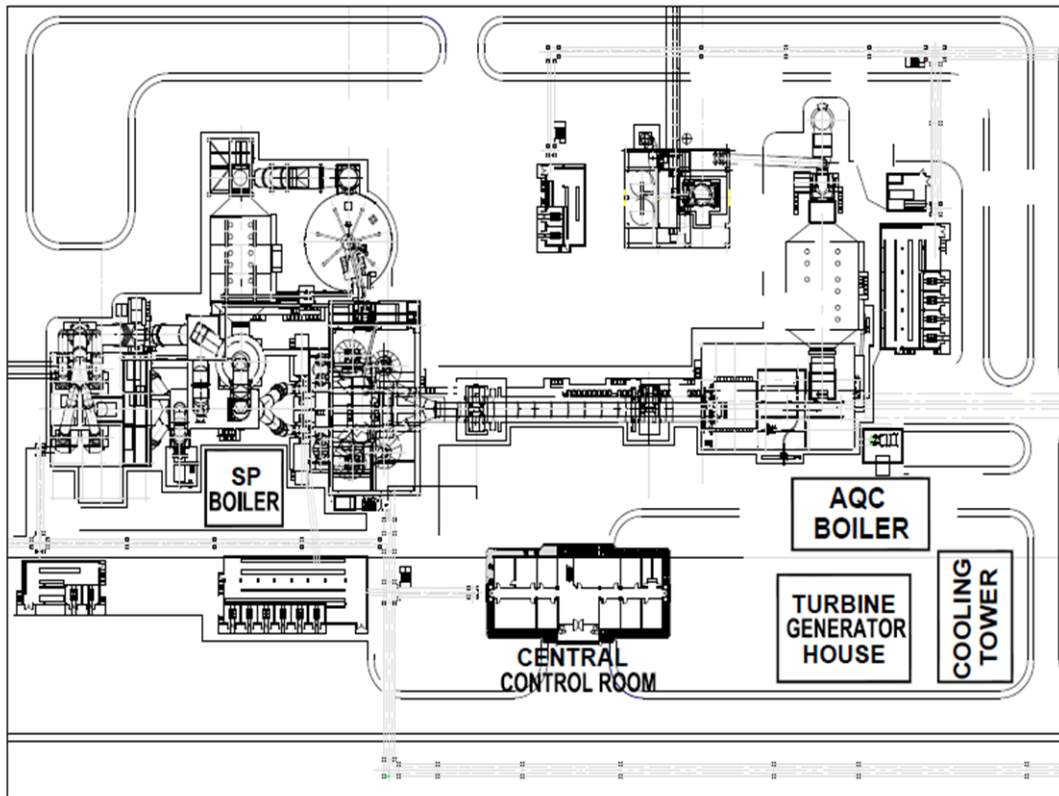


図 4.1 機器配置図

#### 6) 制御・計装

廃熱回収発電設備の運転、発電した電力の所内電力系統へのつなぎこみ、電力の計測、中央制御装置の設計、及び異常な廃熱及び運転を感知し自動停止が行われるための安全機構の設計検討を行った。また、廃熱回収発電設備の自家消費電力量を測定できるように電力計を設置する計画とした。

#### 7) 工程

上記を考慮し、主要機器及び補機器の発注・詳細設計・製作・輸送、現地土木工事、機器据付工事、試運転の工程を作成した。

項目 \ 年	1 年目		2 年目		3 年目	
	1	2	1	2	1	2
1.基本計画		6ヶ月				
2.エンジニアリング、 詳細設計			10ヶ月			
3.製作、輸送				11ヶ月		
4.据付、試運転 工事					9ヶ月	

図 4.2 工事行程

## 8) 所掌区分

本プロジェクトの進捗・経済性を最大にするよう、タンロンセメント社との所掌区分を以下のとおり設定した。

表 4.2 業務分担における各記号は以下の通りである。

- ◎: 双方がそれぞれ所掌とする範囲を計画から全て実行する。  
また、プロジェクト全体では主務を示す。
- : 計画・立案への参画を意味し、条件提示等を行う。

表 4.3 機器供給範囲等における各記号は以下の通りである。

機器供給範囲に明記されていない項目はタンロンセメント社側の所掌とする。

- A: JFE エンジニアリング株式会社側から基本仕様、データの提供を行い、タンロンセメント社側は必要な基本仕様および詳細仕様を決定し、機器・機材の調達・納期管理・検査・受け入れを実施する。
- B: JFE エンジニアリング株式会社側から詳細図面の提供を行い、タンロンセメント社側は工場製作図面への展開および材料手配と製作・検査・受け入れを行う
- C: JFE エンジニアリング株式会社側から機器の供給を行い、タンロンセメント社側では、船卸以降を行う。

表 4.2 業務分担

項目	細目	JFE	タンロン セメント	備考
1.基本設計条件	基本設計条件書 1) 作成 2) 確認	◎	○* ◎	*既設設計条件
	基本設計データ 1) 作成 2) 確認	◎	○* ◎	*現地データ
2.基本計画	基本計画	◎	○*	
	工程管理 1) 工程管理 2) 納期管理	◎ ◎	◎ ◎	各所掌について 各所掌について
3.設計	基本設計 1) 機械設備 2) 電気設備 3) 計装設備 4) 土建水設備 荷重条件 基礎、建屋 架構	◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎*	◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎	各所掌について 各所掌について 各所掌について *条件提示
	5) ユーティリティ設備	◎*	◎	*詳細条件提示
	6) その他	◎*	◎	*条件提示
	7) 確認	◎*	◎	*適宜
	◎	◎		
	詳細設計 1) 機械設備 2) 電気設備 3) 計装設備 4) 土建水設備 アンカープラン 基礎、建屋 架構	◎ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎ ◎	各所掌について 各所掌について 各所掌について
	5) ユーティリティ設備	◎*	◎	*詳細条件提示
	6) その他		◎	
			◎	

項目	細目	JFE	タンロン セメント	備考
4.機器製作・ 調達	設備・機器・装置	◎	◎	各所掌について
	土木材料		◎	
	架構・建屋材料		◎	
	配管・ダクト材料	◎	◎	各所掌について
	バルブ	◎	◎	各所掌について
	電気品	◎	◎	各所掌について
	計装品	◎	◎	各所掌について
	電気工事材料	◎	◎	各所掌について
	計装工事材料	◎	◎	各所掌について
	保温塗装材料	◎	◎	各所掌について
	工事用予備品・消耗品	◎	◎	各所掌について
	要具	◎	◎	各所掌について
納品・納期管理	◎	◎	各所掌について	
5.検査	完成試験検査等	◎	◎	各所掌について
	出荷前検査成績書	◎	◎	各所掌について
	開梱検査	○	◎	*立会い
6.輸送	出荷国通関	◎		
	船積・海上輸送	◎		
	船卸		◎	
7.内陸輸送	ベトナム国内通関		◎	
	ベトナム国内輸送		◎	
8.工事設計	工事基本計画	◎		
	工事基本設計		◎	
	工事詳細設計		◎	
	確認	◎	◎	
9.建設工事	工事用地		◎	
	倉庫・保管管理		◎	
	仮設工事		◎	
	工事事務所		◎	
	工事に電気・水		◎	
	建設機器・機材		◎	
	建設資材		◎	
	工事技術指導	◎		JFE 供給設備
	機器材料受け入れ		◎	

項目	細目	JFE	タンロン セメント	備考
	土木工事 機械工事 電気工事 建屋工事 受変電設備 ユーティリティ工事 既設設備操業調整		◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎	*既設設計条件
10.試運転調 整	試運転準備 1) 体制・要員 2) 準備作業 3) 技術指導 試運転 1) 試運転 2) 技術指導 性能確認 排出物・廃棄物処理	◎* ◎	◎ ◎ ◎ ◎※ ◎	*参画 JFE 供給設備  *計画立案 JFE 供給設備 *計画立案 ※実施
11.教育・訓練	運転員教育	◎		
12.図書類作 成・提出	出荷前検査成績書 開梱検査要領書 据付工事要領書 試運転要領書 既設設備の技術データ 既設設備の図面類 工場レイアウト等	◎ ◎* ◎* ◎*	◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎	*JFE 供給設備に関 して、基本要領書を 作成



表 4.3 機器供給範囲

機器名称	業務範囲			備考
	A	B	C	
1.SP ボイラ				
① 蒸気ドラム			○	
② 蒸発管、過熱器管、管寄せ			○	
③ ボイラーケーシング		○		
④ ボイラ架構(足場、階段、手摺)		○		
⑤ ボイラ付属配管、支持装置		○		
⑥ 保温	○			
⑦ ガスダクト	○			
⑧ ガスダンパー			○	
⑨ 伸縮継ぎ手			○	
⑩ ハンマリング装置			○	
⑪ 安全弁、レベル計			○	
⑫ 蒸気サイレンサー	○			
⑬ ダスト排出弁			○	
⑭ ダストコンベヤー			○	
⑮ ブロータンク	○			
⑯ 薬液注入装置			○	
⑰ サンプリング装置			○	
⑱ ボイラ循環ポンプ			○	
2.AQC ボイラ				
① 蒸気ドラム			○	
② 節炭器、蒸発管、過熱器管、管寄せ			○	
③ ボイラーケーシング			○	
④ ボイラ架構(足場、階段、手摺)		○		
⑤ ボイラ付属配管、支持装置		○		
⑥ 保温	○			
⑦ ガスダクト	○			
⑧ ガスダンパー			○	
⑨ 伸縮継ぎ手			○	
⑩ ダスト捕捉チャンバー		○		
⑪ 安全弁、レベル計			○	
⑫ 蒸気サイレンサー	○			

機器名称	業務範囲			備考
	A	B	C	
⑬ ダスト排出弁			○	
⑭ ダストコンベヤー			○	
⑮ ブロータンク	○			
⑯ 薬液注入装置			○	
⑰ サンプリング装置			○	
⑱ ボイラ循環ポンプ			○	
<b>3.蒸気タービン設備</b>				
① タービン本体			○	
② 復水器			○	
③ 減速機			○	
④ 油系統設備			○	
⑤ タービン付属配管		○		
⑥ 復水ポンプ			○	
⑦ グランドコンデンサ			○	
⑧ エジェクター			○	
⑨ 天井走行クレーン	○			
⑩ 保温	○			
<b>4.プラント機器</b>				
① 純水、原水タンク	○			
② 純水装置			○	
③ フラッシュャー		○		
④ 原水ポンプ			○	
⑤ 純水ポンプ			○	
⑥ 冷却塔			○	
⑦ 冷却水ポンプ			○	
⑧ 冷却水薬液注入装置			○	
⑨ プラント配管、支持装置		○		
⑩ 中和処理設備			○	
<b>5.発電機および電気設備</b>				
① 発電機および制御盤			○	
② 発電機遮断器盤	○			
③ 発電機変成器盤	○			
④ 高圧配電盤および高圧補機盤			○	

⑤	変圧器	○				
⑥	低圧配電盤および分電盤	○				
⑦	低圧動力制御盤	○				
⑧	非常用油ポンプ制御盤			○		
⑨	直流電源装置	○				
⑩	無停電電源装置	○				
⑪	電気配線材料	○			特殊ケーブルを除く	
⑫	通信設備	○				
⑬	放送設備	○				
6.計装設備						
①	デジタル制御監視システム			○		CRT、I/O 装置を含む
②	プリンター			○		
③	調節弁			○		
④	タービン制御盤			○		
⑤	タービン付属計装機器			○		
⑥	現場計器			○		
⑦	配管および配線材料	○				
7.既設改造工事						
①	連絡配管、支持装置	○				
②	計装および電気配線用ラック	○				
③	補給水配管	○				
④	その他改造	○				
8.土工工事						
①	基礎、水槽	○				
②	タービン建屋および付帯設備	○				
③	電気・監視建屋および付帯設備	○				
④	ピットおよび排水設備	○				
⑤	照明設備	○				
9.据付および試運転						
①	据付、試運転指導			○		
②	据付工事	○				
③	試運転工事	○				
④	ユーティリティ工事	○				
⑤	保温工事	○				
⑥	電気、配線工事	○				
⑦	導圧管工事	○				

#### 4.1.2 プロジェクトの実施体制

日本側から代表事業者としての JFE エンジニアリング株式会社、ベトナム側からタンロンセメント社の 2 社により構成される国際コンソーシアムにより、JCM 設備補助事業としてプロジェクトを実施する。

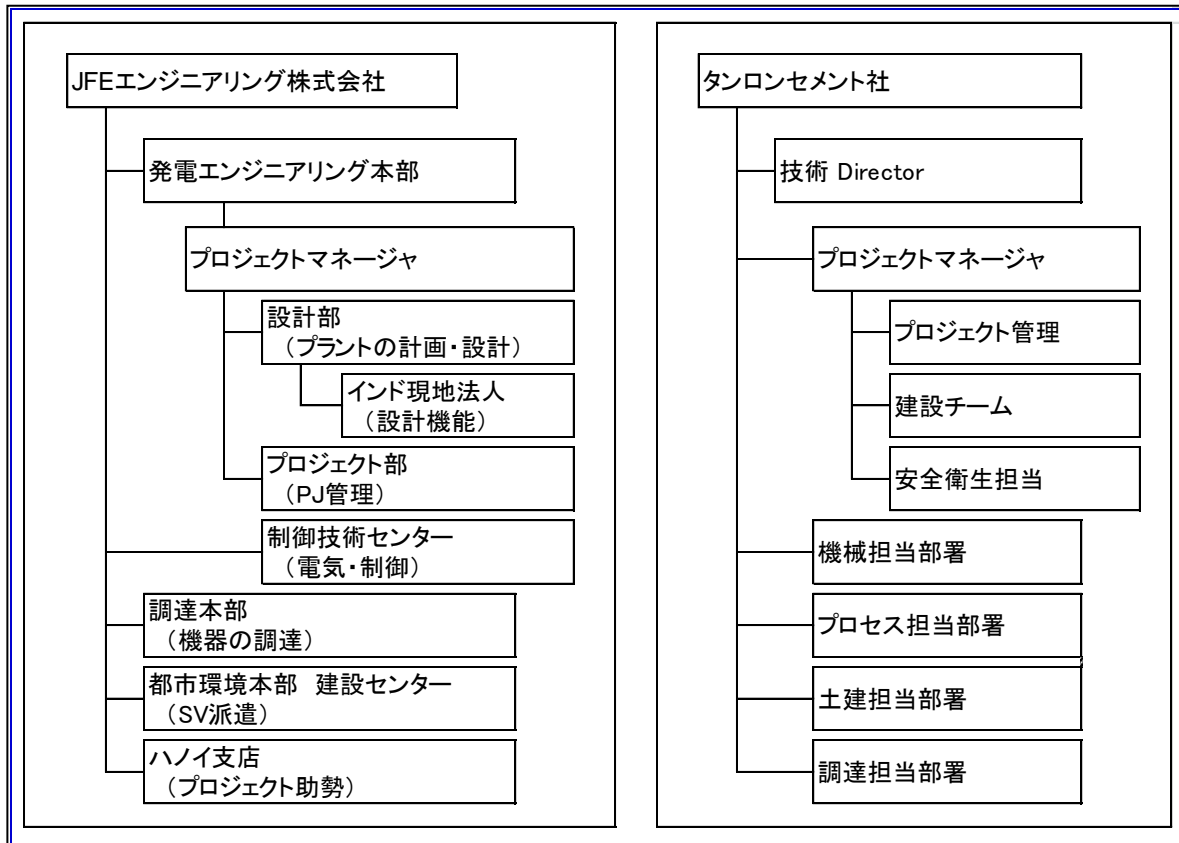


図 4.3 プロジェクトの実施体制

#### 4.1.3 プロジェクト実施主体の経営体制

タンロンセメント社は、インドネシア国営セメンインドネシア社が 2012 年 12 月に買収した子会社である。株主構成は、セメンインドネシア社 70%、複数の現地資本が 30%を保有している。取締役会は、6 名で構成されている。Chairman はベトナム人であるが、Vice Chairman (兼、セメンインドネシア社取締役) 以下取締役は全員セメンインドネシア社からの出向者である。同社の 2015 年度売上は約 140 億円である。

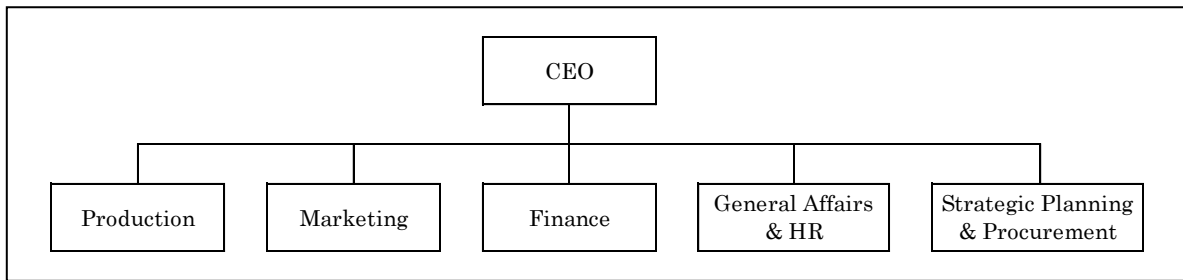


図 4.4 タンロンセメント社組織図

#### 4.1.4 資金計画の評価結果

本プロジェクトは、JCM 設備補助を前提としているが、大部分の資金がタンロンセメント社の自己資金により賄われるため、同社における設備予算の確保が必要であり、新規投資案件の社内稟議は下記の手順で行われることになっている。

1. 起案部署による設備投資計画策定
- ↓
2. 起案部署による予算申請
- ↓
3. 予算投資管理部門による査定
- ↓
4. 次年度投資案件予算化会議
- ↓
5. 予算決定(取締役会承認)
- ↓
6. 親会社セメンインドネシア社への融資借入承認申請又は報告

タンロンセメント社の投資基準は、プロジェクト IRR5%~6%となっている。最終的に、親会社であるセメンインドネシア社の承認を得る必要があるが、表 4.4 の通り、JCM 補助金によりセメンインドネシア社の投資基準であるプロジェクト IRR10%を満たしているため、本廃熱回収発電設備は新規投資案件としては適格として考えられる。

資金計画については、初期投資の 24.5 億円のうち、5.5 億円が JCM 設備補助事業にて賄われることを前提とし、19 億円はタンロンセメント社にて準備(銀行融資または親会社融資等)される予定である。タンロンセメント社は、融資借入実績のある外銀、インドネシアの大手銀行などと非公式の接触を続けているが、親会社(セメンインドネシア社)からの融資の可能性やその他融資の可能性を含め、総合的に融資スキームを検討中である。維持管理及び MRV についても自己資金による遂行される計画である。

表 4.5 プロジェクト想定収支表(設備補助あり)

簡易事業採算計算													
表 4.4 プロジェクト想定収支表(設備補助がある場合)													
For Reference Only													
発電量	8,900 kW(max)	8,200 kW(ave-net)	物価上昇率		5% (電気代のみ) 2%								
設備投資額	1,900 百万円	0.213483 百万円/kW	JCMクレジット		0 USD/t								
年間運転時間	7,680 時間	(320日)	温室効果ガス削減量		35,626 t-CO2/y								
電気代	0.065 USD/kWh	7.475 円/kWh	JCM補助金		550 百万円								
為替レート	115.0 /USD												
減価償却費	期間: 9年 / 定額法 / 残存簿価: 10%												
竣工からの年数	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	合計	Average
<b>設備投資</b>	-380												
<b>事業実施前の支出</b>													
電力購入費		471	480	490	490	500	510	520	530	541	552	4,592	510
<b>Total &lt;A&gt;</b>		471	480	490	490	500	510	520	530	541	552	4,592	510
<b>事業実施後の支出</b>													
燃料代		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
メンテナンス費		26	52	29	57	32	63	35	70	38	402	402	45
運転費		34	35	37	39	41	43	45	47	50	370	370	41
減価償却費		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	1,710	190
<b>Total &lt;B&gt;</b>		250	277	256	286	262	296	270	307	278	2,481	2,481	276
<b>事業実施後の収入</b>													
クレジット代		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total &lt;C&gt;</b>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Savings &lt;D&gt; = &lt;A&gt; - &lt;B&gt; + &lt;C&gt;</b>		221	203	234	213	213	247	224	260	234	274	2,110	234
<b>Cash flow</b>													
Savings of the project		221	203	234	213	213	247	224	260	234	274	2,110	234
( Depreciation )		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	1,710	190
<b>Total &lt;D&gt; + Depreciation</b>		411	393	424	403	403	437	414	450	424	464	3,820	424
<b>収支</b>		-380	-1,900	-1,489	-1,096	-672	-268	169	583	1,033	1,457	1,920	
<b>単純投資回収年数</b>		4.5 years											
<b>Project IRR</b>		15.6 %											

## 4.2 プロジェクト許認可取得

本プロジェクトを遂行するにあたり、今回下記の規制について調査を行った。

### 4.2.1 セメント工場の煙突からの排出規制

セメント工場として規制される数値は、QCVN23:2009/BTNMT “National Technical Regulation on Emission of Cement Manufacturing Industry”に規定されている。天然資源環境省により 2009 年に発行されている本規制文書の該当部分を表 4.5 を下記に示す。

表 4.5:セメント工場からの排出ガス汚染濃度

出典: Concentration C of contaminating parameters in exhaust gas of cement manufacturing industry

No.	対象物質 (Parameter)	Concentration C (mg/Nm <sup>3</sup> )		
		A	B1	B2
1	ダスト量(Total Dust)	400	200	100
2	一酸化炭素(CO)	1000	1000	500
3	窒素酸化物(NO <sub>x</sub> )	1000	1000	1000
4	二酸化硫黄(SO <sub>2</sub> )	1500	500	500

\* Concentration C: 汚染濃度の最大許容値の算出ベース

\* A :2007 年 1 月 16 日以前から操業されたセメント工場及び関連設備を対象とし、2011 年 11 月 1 日までを適用期間とする。

\* B1:2007 年 1 月 16 日以前から操業されたセメント工場及び関連設備を対象とし、2011 年 11 月 1 日から 2014 年 12 月 31 日までを適用期間とする。

\* B2:新設セメント工場及び関連設備を対象とし、2015 年 1 月 1 日以降に適用される。

タンロンセメント社工場は、2009 年操業開始であるため、上記 B2 が適用対象となる。廃熱回収発電設備は、プロセス内で廃熱ボイラへのダストを削減するシステムを具備しており、結果としてセメント工場からのダスト排出を抑える効果があり、他の規制物質についても、廃熱回収発電設備によって増える要素はないため、廃熱回収発電設備プロジェクトにおいては本規制が制約条件とはならない。

## 4.2.2 周辺大気に関する規制

本規制では、工場など生産設備の敷地内は規制の対象外であるが、影響を及ぼす可能性のある周辺大気の質が規制されている。規制される数値は、QCVN05:2013/BTNMT “National Technical Regulation on Ambient Air Quality”にて規定されている。天然資源環境省により2013年に発行されている本規制文書の該当部分を表4.6に示す。

表 4.6: 周辺大気基本物質の制限値

出典: Limit Values of basic parameters of ambient air

(単位: mg/m<sup>3</sup>)

No.	対象物質	1 時間平均	8 時間平均	24 時間平均	年平均
1	二酸化硫黄(SO <sub>2</sub> )	350	-	125	50
2	一酸化炭素(CO)	30000	10000	-	-
3	二酸化窒素(NO <sub>2</sub> )	200	-	100	40
4	オゾン(O <sub>3</sub> )	200	120	-	-
5	浮遊粒子状物質(TSP)	300	-	200	100
6	微小粒子状物質(PM <sub>10</sub> )	-	-	150	50
7	微小粒子状物質(PM <sub>2.5</sub> )	-	-	50	25
8	鉛及び鉛化合物(Pb)	-	-	1.5	0.5
注:(-)は定義なし					

前項と同様に、廃熱回収発電設備によって増える要素はないため、廃熱回収発電設備プロジェクトにおいては本規制が制約条件とはならない。

## 4.2.3 環境影響評価 (Environment Impact Assessment: EIA)に関する規制

環境影響評価が必須とされている対象プロジェクトが、2015年2月14日付政府令18/2015/ND-GPで規定されている。同政府令の附則にて規定されている対象プロジェクトを表4.7に示す。



表 4.7: EIA の対象プロジェクト

出典 : Appendix II List of project compulsory for implementation of environmental impact assessment

No.	対象プロジェクト(Project)	適用範囲(Scope)
14	セメント/クリンカーを生産する工場	年産 10 万トン以上の工場の全て
25	原子炉、原子力発電所、火力発電所に 関するプロジェクト	全て
26	放射性物質又は放射性廃棄物の製造及 びそれらを利用してのビジネスをするこ とを目的とするプロジェクト	許容値を超える放射性廃棄物を排出す る全てのケース
27	風力発電プラント、太陽光プラント、水力 発電プラントに関するプロジェクト	100 ヘクタールを超える風力発電プラ ント及び太陽光プラント。貯水容量が 10 万 m <sup>3</sup> 以上又は 10MW 以上の水力発電プラ ント

タンロンセメント社の見解によると、本プロジェクトの廃熱回収発電設備はセメント工場の敷地内に設置されること、また、本設備の設置により大気放散等系外に放出される物質の増加はないため、EIA 等プロジェクトに関する特別な許認可は不要である。プロジェクトの承認が不要であるとの見解は、上記規制において廃熱回収発電設備が承認対象として挙げられていないことを根拠としている。又、通常の設定増設に関する許認可取得は、タンロンセメント社によって担保されており、本プロジェクトは通常の設定増設工事の範囲を逸脱するものではない。但し、プロジェクトの承認は必要ではないが、クアンニン省人民委員会及びホアンポ地区人民委員会に対し、工事着工前の届出が必要である。

#### 4.3 日本の貢献

セメント廃熱回収技術は、欧米には見られない日本発祥の技術であり、日本国内においては 1970 年代～1980 年代にかけ多くのセメント工場に導入された実績を有する、信頼性ある優れた技術である。ベトナムにおいては、2011 年 8 月の首相令で一定規模の生産量を有するセメント工場への廃熱回収設備設置が義務づけられていることから、日本発祥の本技術による確実かつ大量の GHG 削減により、当該国の低炭素型発展への貢献が実現される。

近年、セメント廃熱回収設備に関しては、中国製・インド製の類似技術が市場に参入しており、安値攻勢にてセメント生産者側との調整も十分に行われないうまま設置されるケースがある。その結果、多数の設備不具合による多額の補修工事費の発生や、想定を上回るメンテナンスコストがかかっている。一方、日本製は初期投資で比較すれば高いものの、JFE エ

ン지니어リング株式会社の実績が示すとおり長期間の安定的な運転が可能であり、長期的視点・設備ライフサイクルでの経済性は高くなると見込まれる。また、長期安定稼働により、大量かつ安定的な GHG 削減も実現される。本プロジェクトは、セメント生産における系統電力消費量低減による二酸化炭素排出削減とともに、セメント生産単位あたりのコストをも低減することとなる。セメント生産には膨大な電力消費を伴うが、廃熱回収発電設備を導入することにより、電力購入コストの約 2 割を削減でき、これはセメント生産コストを削減できることを意味している。セメント産業においては、設備投資の優先度という視点では廃熱回収発電設備よりもセメント生産設備への投資に目が向けられがちであるが、当該技術の導入は、将来的には経済成長の鈍化等の景気変動に対する耐性が強まる効果もあると考えられる。

初期投資の壁をクリアできれば、電気料金高騰へのリスクヘッジ、生産コスト低減に寄与できる設備であり、JCM 設備補助事業として日本製技術の導入に向けた理解が深まると思われる。また本プロジェクトの成功により、初期投資に対するリターンを広く宣伝することで、ベトナム国内の他のセメント会社への導入機運を盛り上げ、環境・経済を両立させることで、持続可能な開発に寄与することとなる。

#### 4.4 環境十全性の確保、ホスト国の持続可能な開発への貢献

##### 4.4.1 環境十全性の確保

本技術は省エネルギーを実現するのみならず、環境負荷に影響を及ぼす機構は特に無い。むしろ、現在大気放散されている排ガス中に含まれるダストの排出を減少させる効果がある。上記 4.2.3 項記載の通り環境影響評価は不要なプロジェクトと位置づけられており、廃熱回収発電設備からの排出物は水だけであることから、環境面での悪影響はない。廃熱回収発電設備建設に際しては、プロジェクトが実施されない場合に比して、建設用トラックや重機等の使用による温室効果ガスの排出や、その出入りに伴う粉塵等の問題が一定期間起こることとなる。ただし、現在の建設スケジュールによれば、その期間は最長でも 12 ヶ月程度であり、影響は微小である。また、燃料焚発電設備等と異なり、本設備では燃料や原料等事業実施後に付加的かつ継続的に温室効果ガスを排出する車両重機等の使用はないため、建設終了後には上記のような問題は起こらない。

##### 4.4.2 ホスト国の持続可能な開発への貢献

本技術導入は、GHG 削減のみならず、高温廃熱の排出による周辺環境への負荷を低減する効果も期待される。また、消費電力低減によるセメント生産単位あたりのコストを下げることで導入先企業の経済的利益も持続的に実現される。

本技術は中国製やインド製に比べて初期投資額が高くなるものの、我が国が提唱する「質の高いインフラパートナーシップ」「質の高いインフラ投資」に沿うものであり、タンロンセメ

ント社での JCM 設備補助事業をモデルプロジェクトまたはショーケースとして、他のセメント会社への導入促進による宿主国の低炭素社会への“一足飛び”型発展を実現するものである。天然資源環境省(気象・水文・気候変動局)訪問時にも、本プロジェクトへの期待が示された。

## 5. JCM 方法論の予備調査結果

### 5.1 方法論に必要なデータ収集等の予備調査結果

本プロジェクトと同じタイプのプロジェクトに適用される JCM の承認方法論としては、インドネシア JCM の承認方法論 ID\_AM001「Power Generation by Waste Heat Recovery in Cement Industry」がある。同承認方法論及びベトナム JCM の方法論開発ガイドラインを参照し、本プロジェクトに適用する方法論の開発に必要な関連データ・情報をリストアップし、各データ等を収集・整理した。結果の概要を方法論の構成立てに合わせて下表に示す。さらに詳細を以下に示す。

データ等の収集・整理結果から、本プロジェクトのための方法論には、基本的には JCM の承認方法論 ID\_AM001 におけるロジックが適用可能と考えられる。

表 5.1 方法論に必要なデータ・情報等の概要

項目	必要なデータ・情報	データ等の収集・整理結果
適格性要件	ベトナムにおける廃熱回収発電設備に関する規制等	2011 年 8 月 29 日発行の首相令で 2011-2020 年及び 2030 年に向けたセメント産業発展のためのマスタープランが承認されている。
	ベトナムのセメント工場における廃熱回収発電設備の導入状況	ベトナムでは、3 つ程度のセメント工場に既に廃熱回収発電設備が導入されているが、そのうち 2 工場はモデル事業と CDM プロジェクトである。
	本プロジェクトの廃熱回収発電設備の構成	SP ボイラ、AQC ボイラ、蒸気タービン発電機及び冷却塔で構成される。
	本プロジェクトの廃熱回収発電設備での他の燃料・蒸気等の使用の有無	廃熱のみを使用し、他の燃料・蒸気等は使用しない。
	本プロジェクトの対象キルンにおける既存の廃熱回収発電設備の有無	対象キルンに既存の廃熱回収発電設備はなく、本プロジェクトで新規導入となる。
	本プロジェクトの対象工場で用いている電力の電源	対象工場では基本的にグリッド電力を用いている。
	本プロジェクトの廃熱回収発電設備で発電した電力の用途	対象工場で自家消費する。
排出削減量計算	グリッド電力排出係数	ベトナム国天然資源環境省がグリッド電力排出係数を公表している。

モニタリング	ベトナムにおける電力量計に関する規格等	電力量計の検査手順や頻度を定めた文書があるが商取引用以外の電力量計への適用義務はない。
--------	---------------------	---

### ①ベトナムにおける廃熱回収発電設備に関する規制等

2011年8月29日発行の首相令でセメント産業発展のための2011-2020年及び2030年に向けたマスタープランが承認されている。同マスタープランでは、開発コンセプトとして、2,500t クリンカ/日超のキルンを有する新しいセメント工場への投資(首相令の発効日以降に設備供給契約に署名)の場合、燃料として産業廃棄物や廃棄物を使う技術以外の、発電のための廃熱回収設備を即設置することとされている。また、既存の工場あるいは設備供給契約の署名日が首相令の発効日以前の場合は、2015年までに廃熱回収発電設備を設置することとされている。

### ②ベトナムのセメント工場における廃熱回収発電設備の導入状況

ベトナム全土でセメント工場は53工場あるが、そのうち実際に廃熱回収発電設備が導入されている工場はわずか3工場程度と推測される。さらに、そのうち1工場(Ha Tien 2)はNEDOモデル事業による導入、1工場(Holcim)はCDMのプロジェクトとなっており、通常の設備投資ではない資金が得られて、もしくは見込まれて廃熱回収発電設備が導入されている。セメント工場への廃熱回収発電設備の導入が進まない理由としては、生産設備と同等レベルの初期投資が必要であること、ベトナムのセメント業界では需要が生産能力を下回る水準で推移しており<sup>4)</sup> 業況がよくないこと、廃熱回収発電設備が生産設備ではない付帯設備であるため、投資の優先順位が高くないこと、などが挙げられる。

以上のように、セメント工場への廃熱回収発電設備に関するマスタープランはあるものの、実際には資金面での障壁により廃熱回収発電設備の導入は進んでいない。そのため、ベトナムにおいてセメント工場への廃熱回収設備の導入をJCMプロジェクトとすることは適切であると考えられる。

### ③本プロジェクトの廃熱回収発電設備の構成

本プロジェクトで導入する廃熱回収発電設備は、SPボイラ、AQCボイラ、蒸気タービン発電機及び冷却塔で構成される。これは、セメント工場における廃熱回収発電設備の一般的な構成である。そのため、方法論が適用されるプロジェクトで導入される設備が廃熱回収発電設備であることを特定するために、これらの設備構成を適格性要件として挙げる。

<sup>4)</sup> Institute for Industrial Productivity and International Finance Corporation (2014) “Waste Heat Recovery for the Cement Sector: Market and Supplier Analysis”, 81pp.

## ④本プロジェクトの廃熱回収発電設備での他の燃料・蒸気等の使用の有無

本プロジェクトでは、廃熱回収発電設備での発電において廃熱のみを使用し、他の燃料・蒸気等は使用しない。そこで、方法論では、他の燃料・蒸気等を使用しないことを前提に、以下のようにプロジェクト排出量はゼロとする。プロジェクト排出量をゼロとするため、適格性要件においては、他の燃料・蒸気等を使用しないことを規定することが必要である。

$$PE_p = 0$$

ここで:

$$PE_p \quad \text{期間 } p \text{ のプロジェクト排出量} \quad (\text{tCO}_2/p)$$

## ⑤本プロジェクトの対象キルンにおける既存の廃熱回収発電設備の有無

本プロジェクトの対象キルンには、既存の廃熱回収発電設備はなく、本プロジェクトで新規導入となる。そこで、方法論では、プロジェクトの対象キルンにおいて既存の廃熱回収発電設備がないことを前提に、以下のように、リファレンス排出量は廃熱回収発電設備導入前に使われている電源(具体的には、⑥に示すようにグリッド電力)で、プロジェクトの廃熱回収発電設備による正味発電量と同量の電力を発電する場合の排出量として計算する。このような計算方法をとるため、適格性要件においては、本プロジェクトの対象キルンにおいて、既存の廃熱回収発電設備が無いことを規定することが必要である。

$$RE_p = EG_p * EF_{grid}$$

ここで:

$$RE_p \quad \text{期間 } p \text{ のリファレンス排出量} \quad (\text{tCO}_2/p)$$

$$EG_p \quad \text{期間 } p \text{ のグリッド電力購入量を代替する廃熱回収発電設備による正味} \quad (\text{MWh}/p)$$

発電量

$$EF_{grid} \quad \text{プロジェクトにより代替される電力を供給するベトナムのグリッド電力の} \quad (\text{tCO}_2/\text{MWh})$$

CO<sub>2</sub> 排出係数

## ⑥本プロジェクトの対象工場で用いている電力の電源

本プロジェクトの対象工場では、現在、非常用の自家発電機 2,000kVA が 1 台あるが、停電時を除いては、基本的にグリッド電力を用いている。ベトナムにおいては、約 1 秒程度の停電が年に数回生じる程度で、停電は短時間かつ低頻度である。プロジェクトでは、廃熱回収発電設備は停電中は停止し、また、非常用自家発電機の電力は廃熱回収発電設備の機器には供給されない配線としている。

## ⑦本プロジェクトの廃熱回収発電設備で発電した電力の用途

本プロジェクトでは、廃熱回収発電設備で発電した電力の一部は廃熱回収発電設備の機器

で用い、残りは対象工場で自家消費する。また、⑥に示したように、本プロジェクトの対象工場では現状、基本的にグリッド電力を用いている。方法論では、廃熱回収発電設備による電力は廃熱回収発電設備での使用分を除いてすべて、プロジェクトの対象工場で用いられているグリッド電力を代替することを前提としたリファレンス排出量の計算式(⑤参照)を採用する。そのため、適格性要件においては、プロジェクトの対象工場でグリッド電力が使われていることとともに、廃熱回収発電設備による電力がグリッド電力の代替になるように規定することが必要である。インドネシアの JCM 承認方法論 ID\_AM001 では、これらを担保するための適格性要件として、プロジェクトの対象となるセメント工場がグリッドに接続されており、廃熱回収発電設備からの理論上の最大年間発電量がプロジェクト開始前の1年間のグリッド電力購入量を上回らないこと(適格性要件 5)、廃熱回収発電設備がセメント工場の工場内グリッドのみに接続されるよう設計されること(適格性要件 6)を挙げている。本プロジェクトに適用する方法論についても同様の要件を挙げることが適切と考えられる。なお、ID\_AM001 の適格性要件 5 については、本プロジェクトの対象工場の 2014 年のグリッド電力購入量は約 164 千 MWh、導入予定の発電機の定格容量 8.9MW × 24 時間 × 365 日 = 約 78 千 MWh であり、要件を満たすことができる予定である。

一方、廃熱回収発電設備で発電した電力のうち、廃熱回収発電設備自体の機器で用いる電力については、純排出削減を確保するため、インドネシア承認方法論 ID\_AM001 と同様に、可能性のある最大の消費電力量を計算する方法が適切と考えられる。

$$EG_p = EG_{GEN,p} - EC_{AUX,p}$$

ここで:

$EG_p$	期間 $p$ のグリッド電力購入量を代替する廃熱回収発電設備による正味発電量	(MWh/p)
$EG_{GEN,p}$	期間 $p$ の廃熱回収発電設備による総電力量	(MWh/p)
$EC_{AUX,p}$	期間 $p$ に廃熱回収発電設備自身により消費される電力量	(MWh/p)

$$EC_{AUX,p} = EC_{CAP} * 24(\text{hours/day}) * D_p$$

ここで:

$EC_{AUX,p}$	期間 $p$ に廃熱回収発電設備自身により消費される電力量	(MWh/p)
$EC_{CAP}$	電力を消費する廃熱回収設備の機器の最大定格容量の合計	(MW)
$D_p$	期間 $p$ 中の日数	(day/p)

## ⑧グリッド電力排出係数

ベトナムにおけるグリッド電力の排出係数は、ベトナム国天然資源環境省 (Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE)) が公表している。そこで、方法論では、グリッド電力排出係数として、妥当性確認時において最新の同省の公表値を用いることを規定する。なお、2016 年 1 月時点で最新の公表値は、2015 年 2 月に公表された「Hệ số phát thải lưới

điện Việt Nam năm 2013」(Grid emission factor Viet Nam 2013)<sup>5)</sup>に記載されている、2013 年グリッド電力排出係数(CM)0.5657tCO<sub>2</sub>/MWh である。

#### ⑨ベトナムにおける電力量計に関する規格等

ベトナムにおける電力量計の検査手順を示している規格として、DLVN39:2012 がある。また、サーキュラー23/2013/TT-BKHCHN において、電力量計の検査頻度が示されている(単相交流 5 年、三相交流 2 年)。しかしながら、本プロジェクトでモニタリングする電力量は商取引の対象ではないため、電力量計検査に関する規格は義務として適用されない。方法論においては、プロジェクトに適した方法で、かつ、適切な計測が行われるように、国際、ベトナム国内の規格、あるいは電力量計の製造者による規定等に従って電力量計の管理を行うことを規定する。

### 5.2 MRV 実施体制

本プロジェクトでは、下図のように、セメント工場における既存のキルンに、SP ボイラ、AQC ボイラ、蒸気タービン発電機、冷却塔で構成される廃熱回収発電設備を導入し、発電した電力を同工場内で使用する。廃熱回収発電設備で発電した電力は、一部は廃熱回収発電設備の機器において消費され、残りは工場内のグリッドに供給され、工場内で使用される。廃熱回収発電設備の立ち上げ時など、廃熱回収発電設備からの電力供給がない場合は、工場内グリッドから廃熱回収発電設備で使用する電力が賅われる。

本プロジェクトに適用される方法論でモニタリング対象項目と想定されるのは、本プロジェクトで導入する廃熱回収発電設備で発電される総電力量であるため、下図①の位置に電力量計を設置する。廃熱回収発電設備で使用される電力については、方法論では想定される最大の消費電力量を廃熱回収発電設備の機器の定格容量を用いて計算する前提にしており、モニタリング対象項目とはならないことが想定されるが、実測が必要となる場合にも対応できるように、消費電力を計測する電力量計を下図②③④の位置に設置する計画である。

<sup>5)</sup> ベトナム国天然資源環境省ウェブサイト

[http://www.noccop.org.vn/modules.php?name=Airvariable\\_ldoc&menuid=33](http://www.noccop.org.vn/modules.php?name=Airvariable_ldoc&menuid=33)

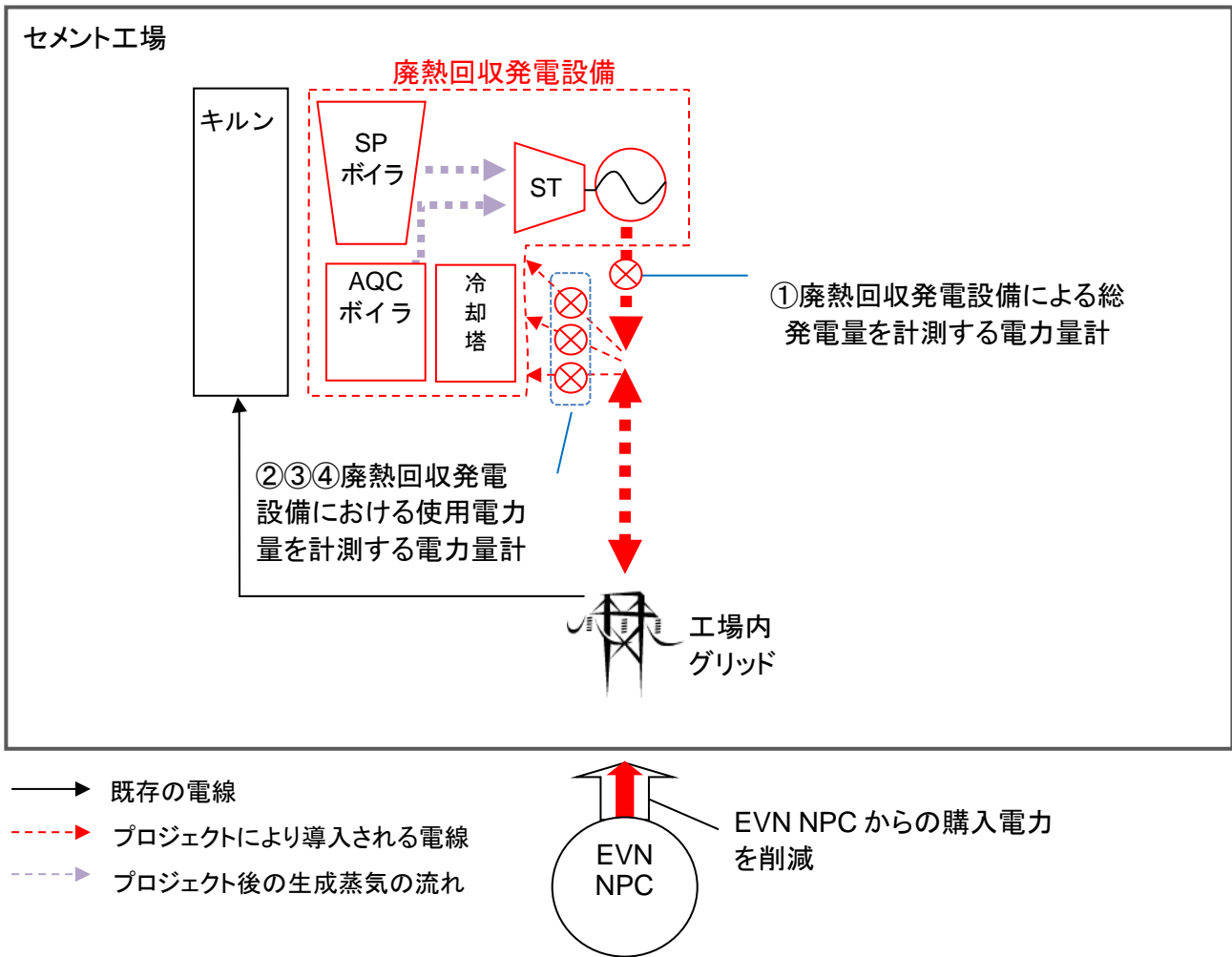


図 5.1 プロジェクトにおける電力・蒸気の流れ及びモニタリング地点の概略

表 5.2 モニタリングの概要

モニタリング項目	電力量計設置箇所 (図 5.3～図 5.5 参照)	ポイント毎計測内容	備考
発電量	①	総発電量	
自家消費電力量	②	TG Load Center	廃熱回収発電設備より電力供給
		照明	
		#1 AQC MCC	
		#1 SP MCC	
	③	#1 復水器冷却水ポンプ	
	④	#2 復水器冷却水ポンプ	



①、②、③及び④で計測された全てのデータは制御システム(DCS)で集められ、中央制御室に集約される。発電量全体から自家消費電力量を差し引いた量、即ちセメント廃熱回収発電設備による代替電力量が1時間毎に表示され、それらの値が日報として帳票に入力される。モニタリング及び報告は、タンロンセメント社の人員にて行う計画である。体制としては、まず担当技師が収集データを保存・集計し、バックデータと共に報告書をまとめる。上級技師がその報告書と全てのデータを関連書類と共に確認し、電力配電課長が確認・承認する。その後、電力配電課長が、月次報告書として生産担当次長に報告し、承認・保管される計画である。MRV実施体制を以下の図に示す。

また、廃熱発電設備の自動安全停止機構により、廃熱の異常にともなう機器停止が発生する場合がありますが、かかる停止も含めた運転状況は消費電力を計測する各電力量計にて把握可能である。また、消費電力数値がゼロになった場合でも廃熱回収発電設備の運転状況を記録することにより、計測機器の異常ではないことを証明できる体制を構築する計画とした。

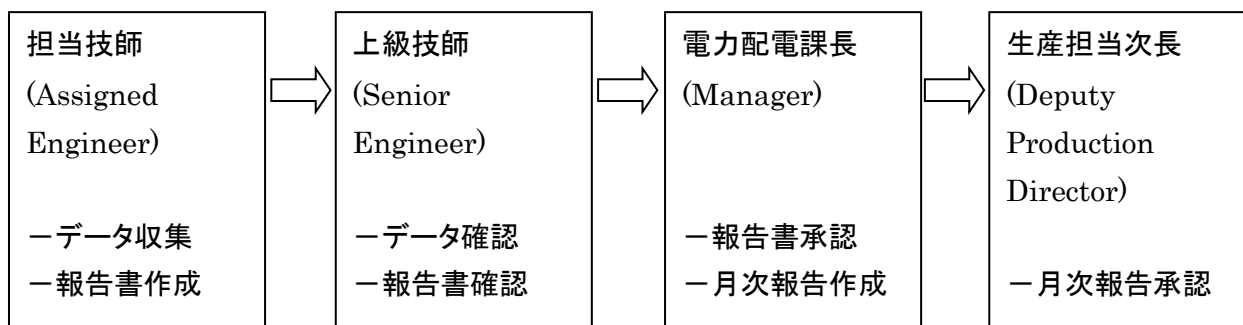


図 5.2 モニタリング体制

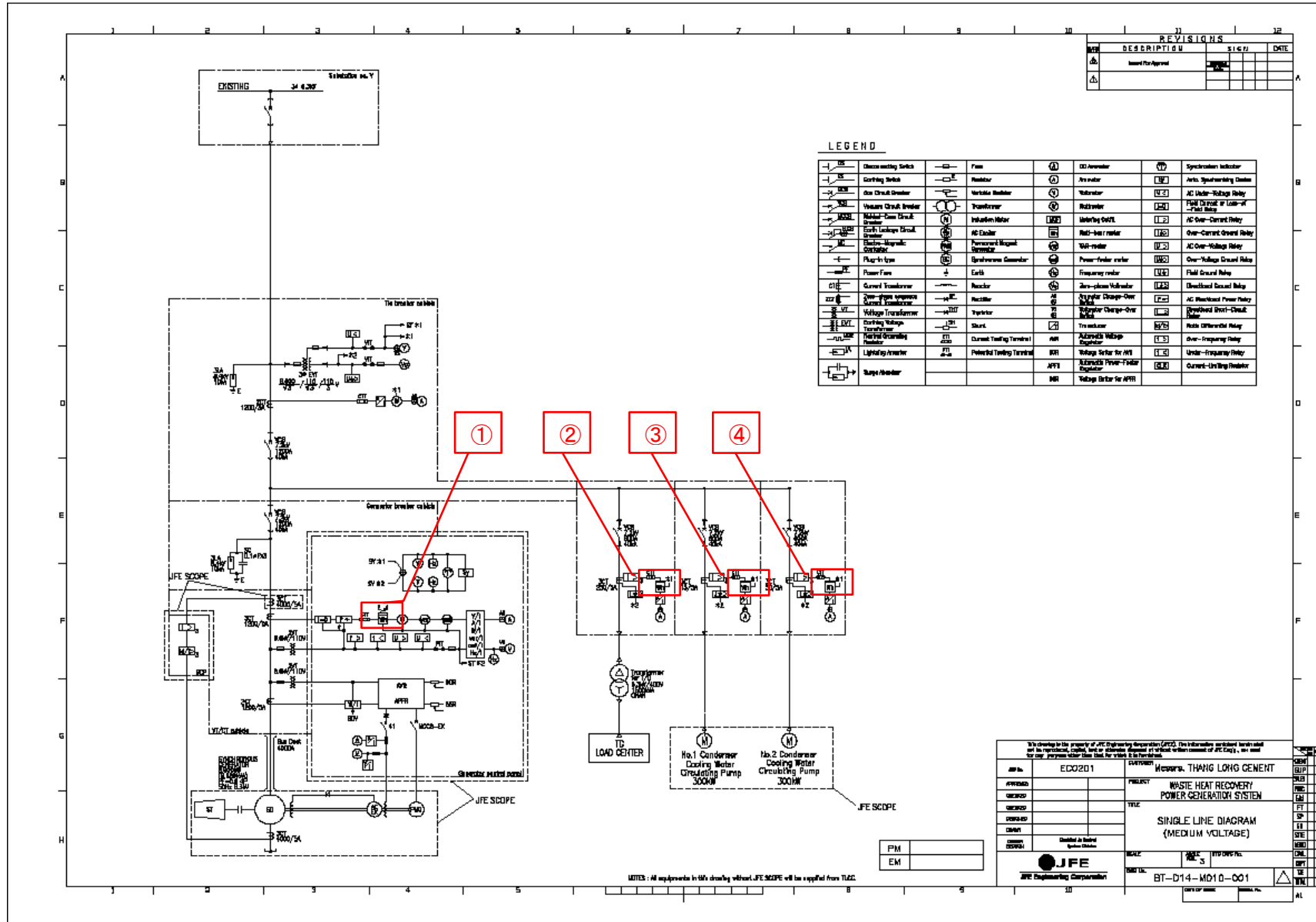


図 5.3 単線結線図(高圧)

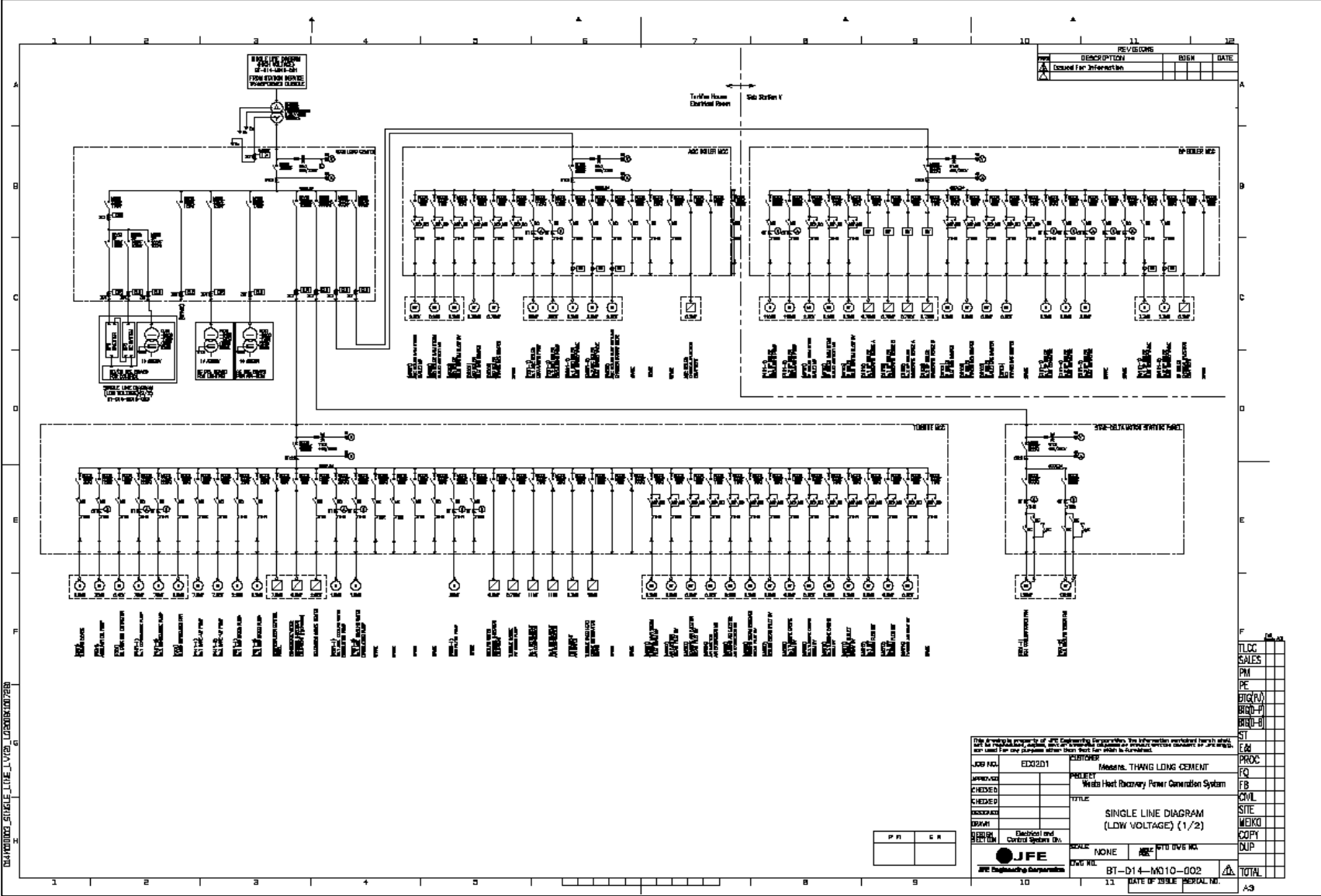


図 5.4 単線結線図(低圧 1)

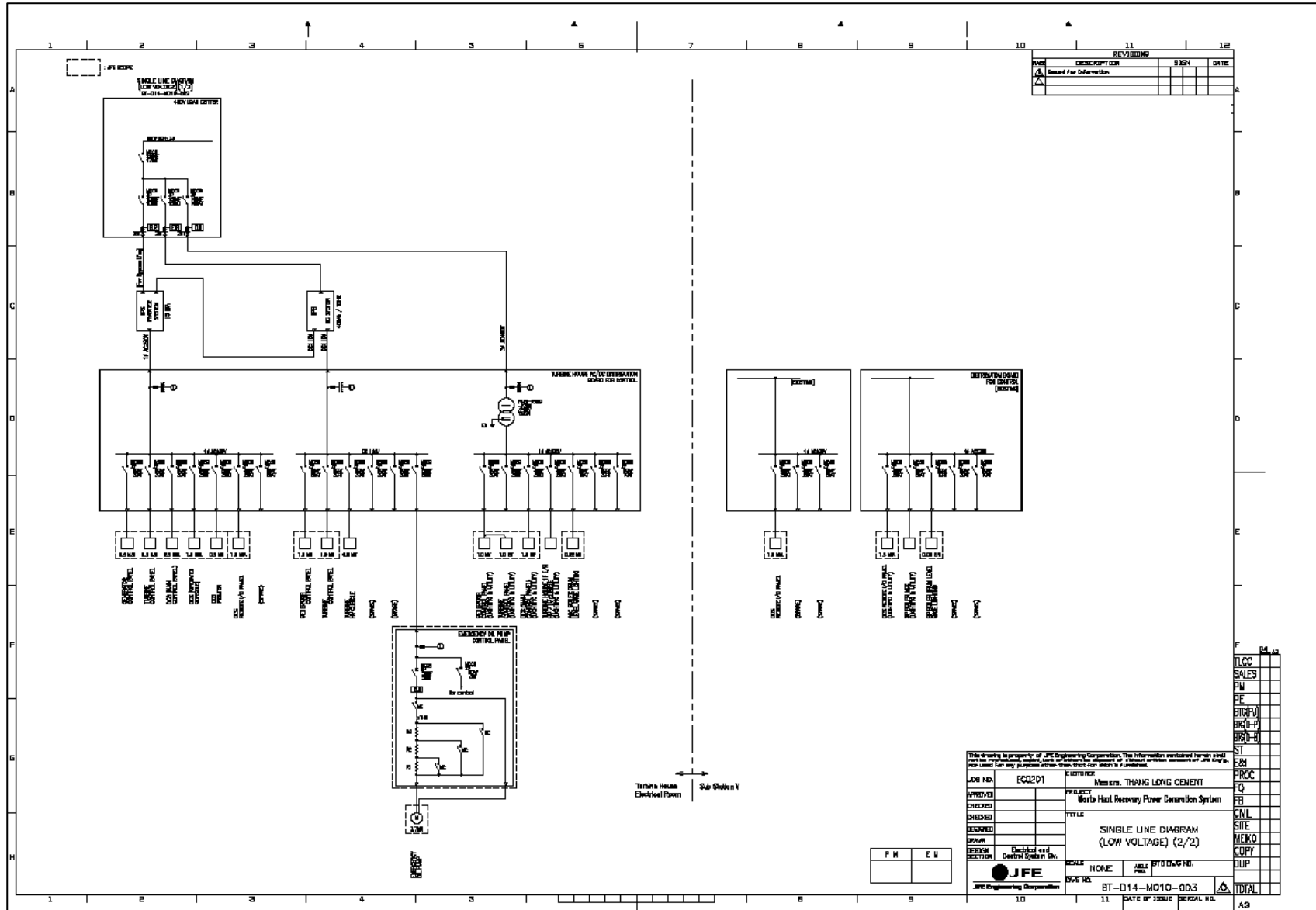


図 5.5 単線結線図(低圧 2)

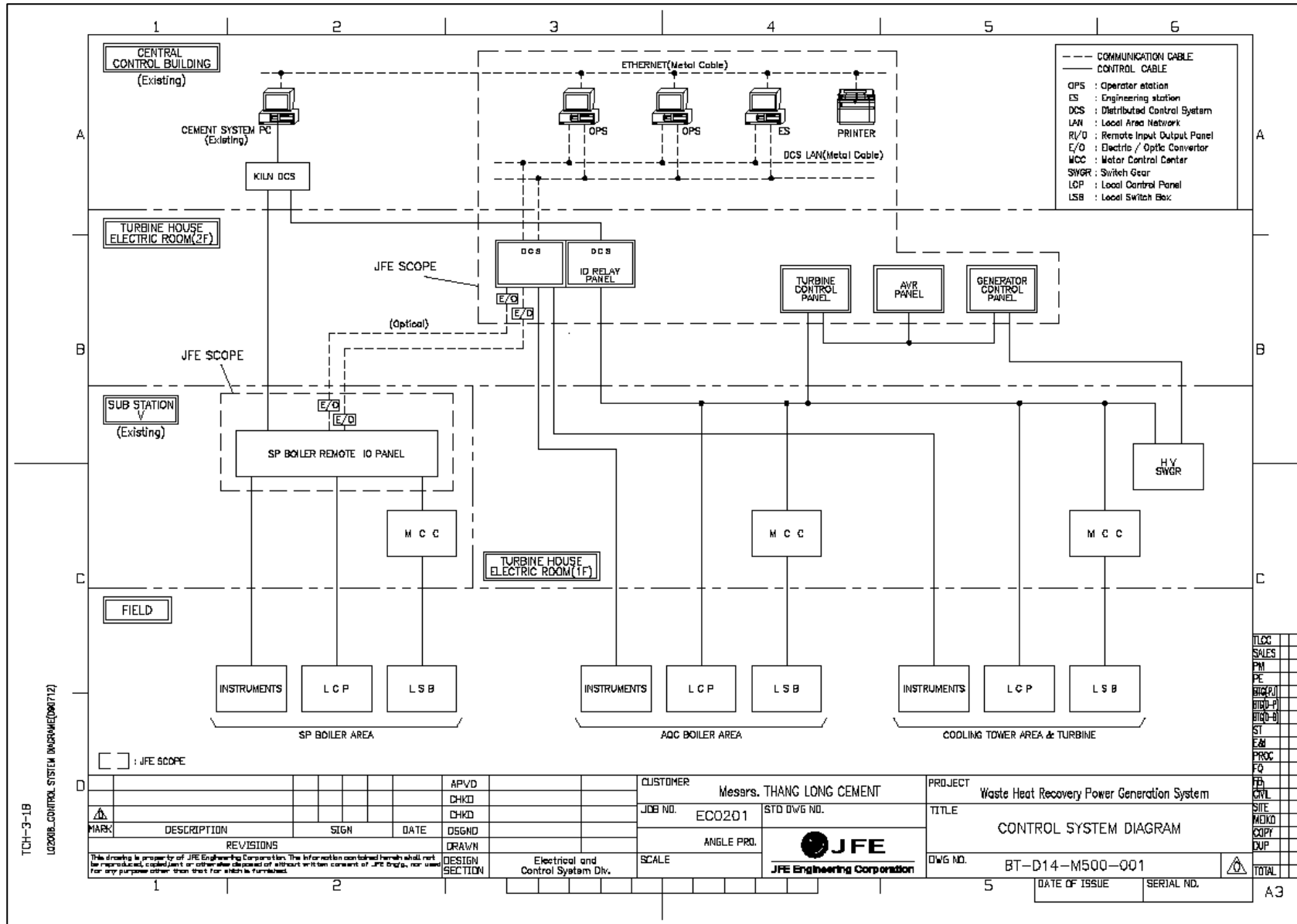


図 5.6 システム構成図

## 6. 今後の予定

現地のプロジェクト実施主体であるタンロンセメント社は、親会社であるセメンインドネシア社での先行事例2件(セメンインドネシア社・ツバン工場及び同社傘下のセメンパダン社・インダラン工場)があるため、本技術のもたらず経済的メリット、CO2 排出削減、JCM スキーム、ベトナム政府が本技術の導入を推進していることを理解しており、廃熱回収発電設備導入に大変意欲的である。親会社側も本プロジェクト推進に積極的である。

プロジェクト実現へのスケジュールについては、本調査終了後、2016 年後半にタンロンセメント社内で 2017 年度(1 月～12 月)投資案件の予算上申/審議、投資承認/資金調達承認(含、親会社による承認)というプロセスを経る予定である。その後、タンロンセメント社と JFE エンジニアリング株式会社間で国際コンソーシアム協定書が締結され、2017 年度設備補助採択を前提として、最早で 2017 年内のプロジェクト実現が期待される。タンロンセメント社は親会社の意向も勘案し、新設セメント工場建設も視野に入れて投資案件の検討を行っているものの、環境への配慮及びエネルギーコスト削減の重要性も十分に理解しており、本廃熱回収発電プロジェクトについても早々の実現を親会社に申し入れている。

JFE エンジニアリング株式会社としては、このスケジュール感をタンロンセメント社と共有しつつ、プロジェクト実現に必要な技術要件や商業条件の整備を進める方針である。

### III. 資料編

PRIME MINISTER

SOCIALIST REPUBLIC OF VIETNAM

Independence - Freedom - Happiness

No: 1488/QD-TTg,

Hanoi, date 29/08/2011

**DECISION**

**APPROVAL OF VIETNAM CEMENT INDUSTRIAL DEVELOPMENT PLANNING**

2011-2020 period and orientation to year 2030

**PRIME MINISTER**

Pursuant to Government Organization December 25, 2001;

Pursuant to Construction Law No. 16/2003/QH11 November 26, 2003;

Pursuant to the Mineral Law No. 60/2010/QH12 November 17, 2010;

Pursuant to Decree No. 92/2006/ND-CP September 7, 2006 by the Government on the preparation, approval and management of the overall planning of economic development - social;

Pursuant to Decree No. 124/2007/ND-CP July 31, 2007 by the Government on management of construction materials;

At the proposal of the Minister of Construction,

**DECIDES:**

**Article 1.** Approving the development plan of Vietnam's cement industry period 2011 - 2020 and orientations till 2030 with the following main contents:

A. Development perspective:

a) On investment:

Investment in developing sustainable cement industry, contributing to socio-economic development, rational use of natural resources, protection of ecological environment, cultural and historic monuments, landscape and ensuring security, defense. Priority given to investment in cement projects in the southern provinces; the expansion of investment projects; the projects of big capacity, modern technology, low raw material and energy consumption. The cement projects under the portfolio together with this Decision, only allowed the construction of the cement grinding section with capacity corresponding to the clinker kiln capacity; not invest the independent, separate grinding plants.

b) Technology:

- Using advanced technology with a high degree of automation, maximum savings of raw materials and energy in production. Selecting appropriate equipment to ensure stable production, high-quality products, reasonable prices, increased competitiveness in terms of regional and international economic integration. Investment of the equipment system utilizing waste heat in the cement plant to generate electricity, in particular:

+ The new cement projects (signing contract of equipment supply from the effective date of this Decision) with kiln capacity of 2,500 tons of clinker/ day or more: It is necessary to invest system using waste heat to generate electricity, except for cement production lines using industrial waste and garbage as fuel. For the cement plants in operation, the ongoing cement



projects with equipment supply contract signed prior to effective date of this Decision: the investment for this system must be completed before 2015.

+ For the cement plants with capacity less than 2,500 tons of clinker / day: encouraging investment research for the systems using waste heat for power generation.

- To encourage investment in cement production technology associated with the handling and use of industrial waste and waste (including medical waste) as fuel for energy saving and environmental protection.

- By late 2015 shall be completed switching technology for cement production from vertical kiln to rotary kiln.

c) The capacity:

Development of plant of big capacity, new investment projects, the minimum capacity of 2,500 tons of clinker / day. Projects in the remote areas and the projects of technological transformation from vertical kiln to rotary kiln can be applied to appropriate capacity. Encourage the formation of big cement production complex from the existing projects with the appropriate forms.

d) The plan:

Prioritize investment in cement projects in the southern provinces, the regions with favorable conditions for raw materials, industrial development, transportation infrastructure.

Limited investment in cement projects in areas with difficult raw material, affecting the cultural heritage, tourism development.

2. Development Goals:

Development of Vietnam cement industry in the direction of industrialization, modernization and sustainable development, advanced technologies, ensuring product quality standards to meet market demand; fuel and materials saving and low energy consumption, protecting environment and natural landscape.

3. The planning criteria:

a) Raw material:

Material for cement projects have been identified in the master plan for exploration, exploitation and utilization of minerals for cement with sufficient reserves to ensure continuous production for at least 30 years.

Using resource efficiently, in the direction of gathering all minerals, negative mining, exploitation by tunnel technology; with solution of reverting to the original state after exploitation of resources and ensuring scene the environment.

b) The technical criteria:

The cement plants must meet the technology requirements, the level of high mechanization and automation, low labor costs, low power consumption, low fuel consumption, low dust emission and raw material saving .

Some specific targets as follows:

- Thermal energy consumption:  $\leq 730$  Kcal / kg clinker;

- Power consumption:  $\leq 90$  kWh / ton of cement;

- Concentration of dust emission:  $\leq 30$  mg/Nm<sup>3</sup>.

c) Requirements for investors:

- Having financial capability (requires a minimum equity capital = 20% of total investment cost), with apparatus to meet requirements for project implementation to ensure progress.
- Comply strictly and fully with the general regulations and the criteria for projects under the approved plan.
- Report of annual project progress to Provincial People's Committee, Ministry of Construction.

d) Demand and the list of projects:

- Forecasted demand:

Year	Cement demand (million ton)
2011	54-55
2015	75-76
2020	93-95
2030	113 - 115

- List of cement projects as planned to be put into operation in the period 2011 - 2015 and the planned investment projects from 2016 to 2030 are listed in Appendix I attached.

4. Solution:

The combination between production and consumption, between sectors and areas such as engineering, transportation, environmental resources, science and technology, education, infrastructure construction, ... to meet the development of cement industry, while promoting the development of other sectors.

Improving capability of domestic mechanical manufacturing to meet demand for cement industry development. Initially, production of non-standard equipment, details, spare parts for repairing service, reducing imports, towards the research and manufacture of complete equipment for cement production line.

Arranging proper funding of science for the research, design, trial manufacturing new equipment, the production line of cement rotary kilns, equipment, spare parts, with mechanisms to encourage domestic companies for their production equipment instead of imports.

**Article 2.** Organization of implementation:

A. Ministry of Construction:

- Publicize, disseminate, implement and supervise the implementation of the Plan approved by the Prime Minister;
- Each year, based on socio-economic situation, the situation of supply - demand of the market, the actual implementation of projects in the planning, reporting and proposing to the Prime Minister for consideration and decision: the mechanisms and policies; the stimulus measures, to stabilize the market, adjust, and update the list of projects to ensure the viability and sustainable development of cement industry; reviewing and adjusting projects progress in the approved plans to ensure balanced supply and demand;
- Lead and coordinate with the Ministry of Natural Resources and Environment to check the performance of criteria of environmental requirements in cement production, limit the impact on the landscape, ecological environment; propose to use reasonable land resources, mineral resources;

- Lead and coordinate with the Ministry of Science and Technology, Ministry of Natural Resources and Environment to research for setting system of product quality standards consistent with international standards and promulgate norms of raw materials, environmental standards; examination of criteria for the technology of cement projects to meet environmental requirements;
- Lead the planning review of exploration, exploitation and use of minerals for cement, report to the Prime Minister to consider adjustments or supplements; have plan for survey, research for exploitation of raw materials in service to develop the cement industry;
- Urge the transformation of production technology in the vertical kiln cement plants.

#### 2. Ministry of Natural Resources and Environment:

- Coordinate with the Ministry of Construction to inspect criteria of environmental requirements in cement production and mining;
- Licensing for mineral activities for the project keeping schedule, the production period; having the measures to require the mining companies to apply and follow the advanced mining techniques, take collection, safety and environmental protection and landscape.

#### 3. Ministry of Industry and Trade:

To chair and coordinate with the Ministry of Construction and other ministries and agencies to direct the program to study engineering, design and manufacture of equipment, spare parts, non-standard equipment in the cement production line.

#### 4. Ministry of Transport:

- Review and adjust plans and traffic planning in areas of many cement plants, including roads, railways, waterways and ports for loading and unloading of clinker and cement as appropriate;
- Coordinate with the Construction Ministry to implement the use of cement for road construction; establish and promulgate under the authority, or propose to issue technical standards for cement concrete road to be applied to project for construction of national highways, provincial roads and highways.

#### 5. Ministry of Education and Training:

Develop plans for training human resources in the following specialties: silicate, building materials, construction materials engineering, automation for development requirements of the cement industry and other sectors.

#### 6. Ministry of Science and Technology:

- Coordinate with the Ministry of Construction, Industry and Trade to build scientific research projects in the field of cement production in the direction of saving raw materials, fuel, waste utilizing and environmental protection;
- Coordinate with the Construction Ministry to complete set of cement standards in accordance with development requirements.

#### 7. Ministry of Planning and Investment:

To study and propose mechanisms and policies to support the development of cement industry.

#### 8. Ministry of Finance:

- Research under the authority to promulgate, or proposed issuance of tax policies to effectively manage resources and minerals;

- Submission to The Government on mechanism to encourage and create favorable terms: the credit and corporate income tax for plants when investing systems to utilize waste heat for generating electricity and using industrial waste and waste as fuel in cement production.

9. State Bank of Vietnam:

Direct commercial banking system, consider arranging capital for cement projects in the approved master plan and the investor's capital to meet 20% of the total investment of the project; does not consider the cement projects not in the plan.

10. Vietnam Cement Association:

Gather and propose to the bodies of state management solutions, technology policy, environmental protection, trade ... to develop the cement industry to meet these objectives.

11. Vietnam Cement Industry Corporation :

- Play the key role in stabilizing production and consumption of cement in the country;

- To take the Government's urgent measures to stabilize cement market in the country.

12. People's Committees of provinces and cities directly under the Central Government:

- Directing the authorities to implement the management and implementation of investment projects in the area in accordance with the contents of approved plans: investment certificates, land compensation , clearance, relocation schedule as prescribed by law and perform other legal procedures on investment for the cement projects in accordance with approved plans;

- When approving new investment cement project locally, an agreement must be approved in writing by the specialized managing ministry (Ministry of Construction);

- Coordinate with the Construction Ministry to direct the implementation of cement projects in the area according to the contents specified in this Decision.

**Article 3.** This Decision takes effect after its signing and replaces Decision No. 108/2005/QĐ-TTg of May 16, 2005 by the Prime Minister.

The ministers, heads of ministerial-level agencies, heads of Government, President's Committee of provinces and cities directly under the Central Government and heads of concerned agencies shall implement this Decision .

**FOR AND ON BEHALF OF PRIME MINISTER  
Deputy Prime Minister**

**Hoang Trung Hai**

## ANNEX I

LIST OF CEMENT PROJECTS EXPECTED TO INVESTED IN PERIOD 2011 - 2030  
(Issued according to Decision No.1488/QĐ-TTg of August 29, 2011 of Prime Minister)

No.	Project name	Address (District/province)	Investor <sup>(1)</sup>	Capacity – ton-cement /year (only rotary kiln)	Completion time
	As of 31/12/2010, there have been 59 cement production lines under operation (detailed in annex II) with total designed capacity:			62,560,000	
	<b>PROJECTS EXPECTED TO PUT INTO OPERATION IN 2011</b> (8 projects)			<b>6,920,000</b>	
				<b>Accumulate: 69,480,000</b>	
1	Tan Quang	Tuyen Quang province	Vietnam Coal-Minerals Group	910,000	Quarter I
2	Quan Trieu	Dai Tu, Thai Nguyen	Quan Trieu Cement JSC	600,000	Quarter II
3	He Duong 1 (transformation)	Hoa Lu, Ninh Binh	He Duong Cement JSC	1,800,000	Quarter IV
4	Ha Tien 2 - 2	Kien Luong, Kien Giang	Ha Tien 2 Cement JSC	1,400,000	Quarter IV
5	X18 (transformation)	Yen Thuy, Hoa Binh	X18 Cement JSC	350,000	Quarter IV
6	Ang Son 2	Quang Ninh, Quang Binh	Thang Loi Casting-Mechanics Co., Ltd	600,000	Quarter IV
7	Mai Son	Mai Son, Son La	Mai Son Cement JSC	910,000	Quarter IV
8	Huong Son (transformation)	Lang Giang, Bac Giang	Huong Son Cement JSC	350,000	Quarter IV
	<b>PROJECTS EXPECTED TO PUT INTO OPERATION IN 2012</b> (8 projects)			<b>7,570,000</b>	
				<b>Accumulate: 77.050.000</b>	
9	Lang Son (transformation)	Cao Loc, Lang Son	Lang Son Cement JSC	350,000	Quarter I
10	12/9 Nghe An (transformation)	Anh Son, Nghe An	12/9 Petroleum Cement JSC	600,000	Quarter I
11	Trung Son	Luong Son, Hoa Binh	Binh Minh Construction and Tourism JSC	910,000	Quarter I
12	He Duong II	Hoa Lu, Ninh Binh	He Duong Cement JSC	1,800,000	Quarter II
13	Ngoc Ha	Ha Giang City, Ha Giang	Ha Giang Cement JSC	600,000	Quarter IV
14	Dong Lam	Phong Dien, Thua Thien Hue	Dong Lam Cement JSC	1,800,000	Quarter IV
15	Xuan Thanh 1	Thanh Liem, Hanam	Xuan Thanh Investment & Development Co., Ltd.	910,000	Quarter IV
16	Lao Cai VINA FUJI (transformation)	Bao Thang, Lao Cai	VINA FUJI Cement JSC	600,000	Quarter IV
	<b>PROJECTS EXPECTED TO PUT INTO OPERATION IN 2013</b> (6			<b>9,110,000</b>	

No.	Project name	Address (District/province)	Investor <sup>(1)</sup>	Capacity – ton-cement /year (only rotary kiln)	Completion time
	projects)			<b>Accumulate: 86.160.000</b>	
17	Cong Thanh 2	Tinh Gia, Thanh Hoa	Cong Thanh Cement JSC	3,600,000	Quarter II
18	Quang Phuc	Tuyen Hoa, Quang Binh	Vietnam Construction Materials Co., Ltd.	1,800,000	Quarter II
19	Ha Tien – Kien Giang	Kien Luong, Kien Giang	Ha Tien clinker JSC	600,000	Quarter IV
20	My Duc	My Duc, Hanoi	My Duc Cement JSC	1,600,000	Quarter IV
21	Thanh Son	Ngoc Lac, Thanh Hoa	Thanh Son Cement JSC	910,000	Quarter IV
22	Truong Son- Ro Li	Cam Lo, Quang Tri	Roli Cement JSC	600,000	Quarter IV
	<b>PROJECTS EXPECTED TO PUT INTO OPERATION IN 2014 (5 projects)</b>			<b>4,320,000</b>	
				<b>Accumulate: 90,480,000</b>	
23	Hop Son (transformation)	Anh Son, Nghe An	Hop Son Cement JSC	350,000	Quarter IV
24	Tan Thang	Quynh Luu, Nghe An	Tan Thang Cement JSC	1,800,000	Quarter IV
25	Thanh Truong (transformation)	Quang Trach, Quang Binh	Thanh Truong Cement JSC	350,000	Quarter IV
26	Visai Hanam	Thanh Liem, Hanam		910,000	Quarter IV
27	Do Luong	Do Luong, Nghe An	Do Luong Cement JSC	910,000	Quarter IV
	<b>PROJECTS EXPECTED TO PUT INTO OPERATION IN 2015 (5 projects)</b>			<b>3,760,000</b>	
				<b>Accumulate: 94,240,000</b>	
28	Tan Phu Xuan (transformation)	Thuy Nguyen, Hai Phong	Tan Phu Xuan cement JSC	910,000	Quarter IV
29	Son Duong	Son Duong, Tuyen Quang	Thai Son Company (Ministry of Defense)	350,000	Quarter IV
30	Quang Minh	Thuy Nguyen, Hai Phong	Quang Minh war invalids collective	350,000	Quarter IV
31	Nam Dong	Nam Dong, Thua Thien Hue	Nam Dong Viet Song Long Cement Investment JSC	1,800,000	Quarter IV
32	Cao Bang (transformation)	Cao Bang town, Cao Bang	Cao Bang Cement JSC	350,000	Quarter IV
	<b>PROJECTS EXPECTED TO BE INVESTED IN PERIOD 2016-2020 (22 projects)</b>			<b>36,330,000</b>	
				<b>Accumulate: 129,520,000</b>	
33	Xuan Thanh 2	Thanh Liem, Hanam	Xuan Thanh Investment & Development JSC	2,300,000	
34	Thang Long 2	Quang Ninh	Thang Long 2 Cement JSC	2,300,000	
35	Cao Duong (transformation)	Kim Boi, Hoa Binh	Luong Son cement JSC	910,000	
36	Minh Tam	Hon Quan, Binh Phuoc	Minh Tam Cement JSC	1,800,000	
37	Tay Ninh 2	Tan Chau, Tay Ninh	FICO Tay Ninh Cement JSC	1,400,000	

No.	Project name	Address (District/province)	Investor <sup>(1)</sup>	Capacity – ton-cement /year (only rotary kiln)	Completion time
38	Lien Khe	Thuy Nguyen, Hai Phong	Bach Dang Cement JSC	1,200,000	
39	Song Gianh 2	Tuyen Hoa, Quang Binh	Song Gianh Cement JSC	1,400,000	
40	Hoang Mai 2	Nghe An	Hoang Mai Cement JSC	4,500,000	
41	Bim Son (transformation from wet to dry technology)	Thanh Hoa	Bim Son cement JSC (total capacity 2,000,000, additional capacity 1,400,000)	1,400,000	
42	Ha Tien 2 - 1 (transformation from wet to dry technology)	Kien Giang	Hatien Cement JSC (total capacity 1,400,000, additional capacity 1,160,000)	1,160,000	
43	Viet Duc	Yen The, Bac Giang	IDC Industry Development JSC	910,000	
44	An Phu	Binh Long, Binh Phuoc	An Phu Cement JSC	1,800,000	
45	Yen Mao (replacement of Huu Nghi 1, 2, 3)	Thanh Thuy, Phu Tho	Hung Vuong Development JSC	910,000	
46	Phu Son	Nho Quan, Ninh Binh	Phu Son Cement JSC	1,200,000	
47	Long Tho 2 (transformation)	Huong Tra, Thua Thien Hue	Song Hong Construction Corporation	910,000	
48	Truong Thinh	Tuyen Hoa, Quang Binh	Truong Thinh Construction Co., Ltd.	1,800,000	
49	Thanh My	Nam Giang, Quang Nam	Xuan Thanh Group	1,200,000	
50	Tan Tao	Thanh Liem, Hanam	Tan Tao Industrial Development JSC	910,000	
51	Binh Phuoc 2	Binh Phuoc	Ha Tien Cement JSC	4,500,000	
52	Cho Moi	Cho Moi, Bac Kan	Bac Kan Minerals JSC	910,000	
53	Ha Long 2	Hoanh Bo, Quang Ninh	Ha Long Cement JSC	2,000,000	
54	Sai Gon Tan Ky	Tan Ky, Nghe An	Sai Gon Investment Group	910,000	
<b>PROJECTS ORIENTED TO BE INVESTED IN PERIOD 2021 - 2030 (6 projects)</b>				<b>9,820,000</b>	
				<b>Accumulate: 139,340,000</b>	
55	Tan Lam	Quang Tri	Tan Lam Cement JSC	1,200,000	
56	Ngan Son	Yen The, Bac Giang	Truong Son JSC	910,000	
57	Holcim 2	Kien Luong, Kien Giang	Holcim Vietnam J/V	3,600,000	
58	Yen Binh 2	Yen Binh, Yen Bai	Yen Binh cement JSC	910,000	
59	Hoa Phat 2	Thanh Liem, Hanam	Hoa Phat Cement JSC	1,800,000	
60	Hoang Son	Nong Cong, Thanh Hoa	Hoang Son Cement JSC	1,400,000	

**Notes:**

(1) In this table, investors are anticipated only, except those already approved by authorities.

(2) Concrete progress of projects oriented to be invested in period 2016 - 2030 shall be adjusted based on actual implementation situation.

## ANNEX II

### LIST OF EXISTING ROTARY KILN CEMENT PRODUCTION LINES AS OF 30/12/2010

*(Issued according to Decision No. 1488/QĐ-TTg of August 29, 2011 of Prime Minister)*

No	Plant name	Location	Capacity (ton/year)
1	Dien Bien	Dien Bien City	350,000
2	La Hien 1	Vo Nhai, Thai Nguyen	250,000
3	La Hien 2	Vo Nhai, Thai Nguyen	600,000
4	Quang Son	Dong Hy, Thai Nguyen	1,500,000
5	Tuyen Quang	Tuyen Quang town, Tuyen Quang	270,000
6	Huu Nghi 1	Viet Tri, Phu Tho	250,000
7	Huu Nghi 2	Viet Tri, Phu Tho	350,000
8	Huu Nghi 3	Viet Tri, Phu Tho	450,000
9	Song Thao	Thanh Ba, Phu Tho	910,000
10	Thanh Ba	Thanh Ba, Phu Tho	350,000
11	Yen Binh	Yen Binh, Yen Bai	910,000
12	Yen Bai	Yen Binh, Yen Bai	350,000
13	Dong Banh	Chi Lang, Lang Son	910,000
14	Hoa Binh	Luong Son, Hoa Binh	350,000
15	Nam Son	Chuong My, Hanoi	350,000
16	Hoang Thach 1	Kinh Mon, Hai Duong	1,100,000
17	Hoang Thach 2	Kinh Mon, Hai Duong	1,200,000
18	Hoang Thach 3	Kinh Mon, Hai Duong	1,300,000
19	Phuc Son	Kinh Mon, Hai Duong	1,800,000
20	Thanh Cong 3	Kinh Mon, Hai Duong	350,000
21	Phuc Son 2	Kinh Mon, Hai Duong	1,800,000
22	Phu Tan	Kinh Mon, Hai Duong	350,000
23	Hai Phong	Thuy Nguyen, Hai Phong	1,400,000
24	Chinh phong 1	Thuy Nguyen, Hai Phong	1,400,000
25	Chinh phong 2	Thuy Nguyen, Hai Phong	1,400,000
26	Cam Pha	Cam Pha, Quang Ninh	2,300,000
27	Thang Long	Hoanh Bo, Quang Ninh	2,300,000
28	Lam Thach 1	Uong Bi, Quang Ninh	450,000
29	Lam Thach 2	Uong Bi, Quang Ninh	450,000
30	Ha Long	Hoanh Bo, Quang Ninh	2,000,000
31	But Son	Kim Bang, Ha Nam	1,400,000



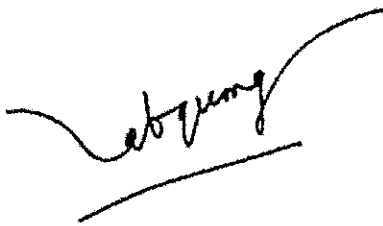
<b>No</b>	<b>Plant name</b>	<b>Location</b>	<b>Capacity (ton/year)</b>
32	But Son 2	Kim Bang, Ha Nam	1,600,000
33	Kien Khe	Thanh Liem, Ha Nam	120,000
34	X 77	Kim Bang, Ha Nam	120,000
35	Hoang Long	Thanh Liem, Ha Nam	350,000
36	Thanh Liem	Thanh Liem, Ha Nam	450,000
37	Hoa Phat	Thanh Liem, Ha Nam	910,000
38	Tam Diep	Tam Diep, Ninh Binh	1,400,000
39	Vinakansai	Gia Vien, Ninh Binh	910,000
40	Duyen Ha 1	Hoa Lu, Ninh Binh	600,000
41	Duyen Ha 2	Hoa Lu, Ninh Binh	1,800,000
42	Huong Duong	Tam Diep, Ninh Binh	910,000
43	Huong Duong 2	Tam Diep, Ninh Binh	910,000
44	Visai	Gia Vien, Ninh Binh	1,800,000
45	Bim Son	Bim Son, Thanh Hoa	1,850,000
46	Bim Son 2	Bim Son, Thanh Hoa	2,000,000
47	Cong Thanh	Tinh Gia, Thanh Hoa	910,000
48	Nghi Son	Tinh Gia, Thanh Hoa	2,150,000
49	Nghi Son 2	Tinh Gia, Thanh Hoa	2,150,000
50	Hoang Mai	Quynh Luu, Nghe An	1,400,000
51	Song Gianh	Tuyen Hoa, Quang Binh	1,400,000
52	Ang Son	Quang Ninh, Quang Binh	350,000
53	Luksvasi 1, 2	Huong Tra, Thua Thien Hue	600,000
54	Luksvasi 3	Huong Tra, Thua Thien Hue	650,000
55	Luksvasi 4	Huong Tra, Thua Thien Hue	1,200,000
56	Tay Ninh	Tan Chau, Tay Ninh	1,500,000
57	Binh Phuoc 1	Binh Long, Binh Phuoc	2,300,000
58	Ha Tien 2	Kien Luong, Kien Giang	1,310,000
59	Holcim	Kien Luong, Kien Giang	1,760,000
	<b>Total</b>		<b>62,560,000</b>

**Notes:** Total designed capacity of vertical kiln plants as of 2010 is 3 million tons. Huu Nghi 1, 2, 3 shall be replaced by Yen Mao project in annex I.

## BÁO CÁO CUỐI CÙNG

### NGHIÊN CỨU, XÂY DỰNG HỆ SỐ PHÁT THẢI (EF) CỦA LƯỚI ĐIỆN VIỆT NAM

Cơ quan thực hiện: Trung tâm Bảo vệ tầng ô-dôn,  
Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu  
Bộ Tài nguyên và Môi trường

Duyệt	Quách Tất Quang
Ký tên	
Chức vụ	Quyền Giám đốc
Ngày tháng	02/2015

## MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN .....	3
GIỚI THIỆU.....	4
<b>I. PHƯƠNG PHÁP LUẬN .....</b>	<b>5</b>
I.1. Tính toán hệ số phát thải biên vận hành OM .....	6
I.2. Tính toán hệ số phát thải biên xây dựng BM .....	7
I.3 Tính toán hệ số phát thải biên kết hợp CM .....	8
<b>II. TÍNH TOÁN, XÁC ĐỊNH HỆ SỐ PHÁT THẢI (EF) .....</b>	<b>9</b>
II.1. Sản lượng điện phát lên lưới điện Việt Nam.....	9
II. 2. Tính toán hệ số phát thải của lưới điện Việt Nam .....	9
II.2.1. <i>Tính toán hệ số phát thải theo biên vận hành (OM) cho năm 2013 .....</i>	<i>9</i>
II.2.2 <i>Tính toán hệ số phát thải theo biên xây dựng (BM) cho năm 2013.....</i>	<i>11</i>
II.2.3. <i>Hệ số phát thải EF (Biên kết hợp- CM) năm 2013 .....</i>	<i>13</i>
<b>III. KẾT LUẬN .....</b>	<b>14</b>
<b>IV. KIẾN NGHỊ.....</b>	<b>14</b>

Calculation for Vietnam

## II. TÍNH TOÁN, XÁC ĐỊNH HỆ SỐ PHÁT THẢI (EF)

### II.1. Sản lượng điện phát lên lưới điện Việt Nam

Bảng 3. Sản lượng điện năng phát của các nhà máy điện (2011-2013)

Đơn vị: MWh

TT	Nhóm nhà máy	2011	2012	2013
1	Thủy điện	35.185.329,29	49.122.414,97	50.666.784,92
2	Nhiệt điện than	18.057.709,04	18.350.002,98	23.771.681,98
3	Turbine khí	41.157.471,43	41.394.086,93	42.120.108,69
4	Nhiệt điện dầu	1.338.218,73	42.572,10	45.512,12
5	Diesel đốt dầu FO		-	
6	Diesel đốt dầu DO PC	63.649,65	63.856,19	75.820,59
7	Điện bã mía	46.479,00	47.660,00	41.554,40
8	Điện nhập khẩu	5.003.000,00	2.676.000,00	3.663.000,00
A	Tổng lượng điện sản xuất trong nước	95.848.857,14	109.020.593,17	116.721.462,70
B	Tổng lượng điện sản xuất trong nước+nhập khẩu	100.851.857,14	111.696.593,17	120.384.462,70

*Nguồn:* Báo cáo của các nhà máy điện thuộc hệ thống điện VN theo Công văn số 721/TCNL-NLTT của Tổng Cục Năng lượng- Bộ Công Thương ngày 05 tháng 6 năm 2014 về việc Thu thập số liệu phục vụ tính toán phát thải hệ thống điện Việt Nam.

*Nguồn:* Ông Quách Tất Quang, Báo cáo Nghiên cứu, xây dựng hệ số phát thải hệ số phát thải hệ thống điện Việt Nam năm 2012, tháng 12 năm 2013.

grid EF for VN

## II. 2. Tính toán hệ số phát thải của lưới điện Việt Nam

### II.2.1. Tính toán hệ số phát thải theo biên vận hành (OM) cho năm 2013

Hệ số phát thải biên vận hành (OM) cho năm 2013 được tính dựa trên tổng phát thải và tổng sản lượng điện trong 3 năm gần nhất (2011, 2012, 2013) cụ thể như bảng 4, bảng 5 và bảng 6 dưới đây:

**Bảng 4. Lượng tiêu thụ, phát thải và sản lượng điện trong 3 năm gần nhất  
(2010, 2011, 2012)**

Nhóm nhà máy	Tiêu thụ nhiên liệu Than, dầu: ktấn Gas: mm <sup>3</sup> )	Điện năng phát lên lưới	Lượng phát thải
<b>Năm 2011</b>			
Nhiệt điện than	11.836,03	18.057.709,04	24.325.299,92
Turbin khí	7.741,16	41.157.471,43	17.509.411,02
<i>Turbin khí chạy khí</i>	7.644,37	28.793.276,63	17.188.008,88
<i>Turbin khí chạy dầu</i>	96,79	403.091,95	321.402,14
<i>Đuôi hơi</i>	-	11.961.102,85	-
Nhiệt điện dầu	332,70	1.338.218,73	1.106.231,39
Diesel đốt dầu FO	0,38	-	1.252,88
Diesel đốt dầu DO	16,67	63.649,65	55.211,03
Điện nhập khẩu		5.003.000,00	-
<b>Tổng</b>	<b>19.926,94</b>	<b>65.620.048,85</b>	<b>42.997.406,24</b>
<b>Năm 2012</b>			
Nhiệt điện than	11.694,76	18.350.002,98	23.814.542,42
Turbin khí	7.776,95	41.394.086,93	18.299.310,77
<i>Turbin khí chạy khí</i>	7.762,68	28.032.970,41	18.251.210,74
<i>Turbin khí chạy dầu</i>	14,27	53.281,17	48.100,03
<i>Đuôi hơi</i>		13.307.835,35	
Nhiệt điện dầu	10,29	42.572,10	34.774,23
Diesel đốt dầu FO	0,19	-	618,11
Diesel đốt dầu DO	17,85	63.856,19	59.069,57
Điện nhập khẩu		2.676.000,00	
<b>Tổng</b>	<b>19.500,34</b>	<b>62.526.518,20</b>	<b>42.208.315,10</b>
<b>Năm 2013</b>			
Nhiệt điện than	14.774,79	23.771.681,98	29.633.207,07
Turbin khí	8.295,67	42.120.108,70	19.726.352,71
<i>Turbin khí chạy khí</i>	8.279,09	28.327.652,70	19.671.079,13
<i>Turbin khí chạy dầu</i>	16,58	62.980,17	55.273,58
<i>Đuôi hơi</i>		13.729.475,83	
Nhiệt điện dầu	14,27	45.512,12	48.075,48
Diesel đốt dầu FO			
Diesel đốt dầu DO	20,13	75.820,59	67.629,47
Điện nhập khẩu		3.663.000,00	
<b>Tổng</b>	<b>23.104,86</b>	<b>69.676.123,39</b>	<b>49.475.264,73</b>

**Bảng 5. Tổng phát thải và sản lượng điện của 3 năm gần nhất**

	2011	2012	2013	Tổng
Tổng điện năng phát (MWh)	65.620.048,85	62.526.518,20	69.676.123,39	197.822.690,44
Tổng lượng phát thải (tCO <sub>2</sub> )	42.997.406,24	42.208.315,10	49.475.264,73	134.680.986,07

Kết quả hệ số phát thải biên vận hành năm 2013 như sau:

**Bảng 6. Kết quả hệ số phát thải biên vận hành OM năm 2013.**

Năm	Tổng điện năng phát (MWh)	Tổng lượng phát thải (tCO <sub>2</sub> )	OM <sub>2013</sub> (tCO <sub>2</sub> /MWh)
	A	B	(ΣB/ΣA)
2011	65.620.048,85	42.997.406,24	0,6808
2012	62.526.518,20	42.208.315,10	
2013	69.676.123,39	49.475.264,73	
Tổng	197.822.690,44	134.680.986,07	

### II.2.2 Tính toán hệ số phát thải theo biên xây dựng (BM) cho năm 2013

- Tổng sản lượng điện của lưới điện Việt Nam năm 2013: 120.384.462,70 (MWh).

- 20% của tổng sản lượng điện của lưới điện Việt Nam năm 2013: 24.076.892,54 (MWh).

**Bảng 7. Tính toán hệ số phát thải theo biên xây dựng (BM) năm 2013**

Nhà máy	Năm đưa vào vận hành	Tiêu thụ nhiên liệu (Than, dầu: ktấn Gas: mm <sup>3</sup> )	Điện năng phát lên lưới (MWh)	Lượng phát thải (tCO <sub>2</sub> )
<b>Tập hợp 5 nhà máy xây dựng mới nhất năm 2013</b>			<b>0,0045%</b>	
Vũng Áng 1	27/12/2013	Coal	- 980,00	25.388,71
Tà Thàng	20/10/2013	Thủy điện	- 33.635,00	-

Nhà máy	Năm đưa vào vận hành	Tiêu thụ nhiên liệu (Than, dầu: ktấn Gas: mm <sup>3</sup> )	Điện năng phát lên lưới (MWh)	Lượng phát thải (tCO <sub>2</sub> )	
Hương Điền (H3)	15/10/2013	Thủy điện	-	42.763,81	-
Nghi Sơn I	08/10/2013	Coal	165.12	367.484,30	428.738,33
Hải Phòng (tổ 3)	30/08/2013	Coal	69.06	93.552,00	184.702,28
<b>Tổng</b>				<b>538.415,11</b>	<b>613.440,61</b>
<i>Tập hợp nhóm nhà máy xây dựng mới nhất đóng góp 20% tổng sản lượng điện</i>				<b>21.12%</b>	
Vũng Áng 1	27/12/2013	Coal	-	980,00	25.388,71
Tà Thàng	20/10/2013	Thủy điện	-	33.635,00	-
Hương Điền (H3)	15/10/2013	Thủy điện	-	42.763,81	-
Nghi Sơn 1	08/10/2013	Coal	165.12	367.484,30	428.738,33
Hải Phòng (tổ 3)	30/08/2013	Coal	69.06	93.552,00	184.702,28
Xekama 3	09/07/2013	Thủy điện	-	445.306,80	-
Bản Chát H1	29/05/2013	Thủy điện	-	420.915,00	-
Hòa Na	27/03/2013	Thủy điện	-	642.593,00	-
Bá Thước	06/04/2013	Thủy điện	-	192.000,00	-
Nậm Chiên	14/01/2013	Thủy điện	-	776.682,65	-
Bản Chát H2	08/02/2013	Thủy điện	-	263.544,20	-
Bauxit	2013	Coal	126.41	479.700,00	496.153,56
Đông Triều S2	07/12/2012	Coal	858.26	1.225.370,00	1.413.661,93
Sơn La (H6)	27/09/2012	Thủy điện	-	1.497.263,27	-
Bắc Hà	07/09/2012	Thủy điện	-	293.632,90	-
Đông Triều S1	10/07/2012	Coal	920.14	1.248.991,00	1.515.600,21
Ka Nak	08/08/2012	Thủy điện	-	54.481,00	-
Sơn La (H5)	4/28/2012	Thủy điện	-	1.412.487,03	-
Quảng Ninh	31/12/2011	Coal	821.84	1.620.907,00	1.756.300,92
Sơn La (H4)	19/12/2011	Thủy điện	-	1.303.191,43	-
Sơn La (H3)	23/08/2011	Thủy điện	-	1.186.975,45	-
An Khê	23/08/2011	Thủy điện	-	482.638,00	-
Formosa 2	14/08/2011	OtherBituminousCoal	485.35	604.719,00	1.178.411,29
Nhơn Trạch 2	14/08/2011	Đuôi hơi	-	1.654.640,00	-
Đông Nai 3	11/06/2011	Thủy điện	-	579.312,20	-
Sơn La (H2)	20/04/2011	Thủy điện	-	1.484.082,87	-
Uông Bí Mở rộng (8)	28/03/2011	Coal	338.04	677.619,63	678.396,12
Nhơn Trạch 2	25/01/2011	Gas	799.76	3.015.420,00	1.660.065,31
Cẩm Phả (S2)	5/2011	Coal	1,228.05	1.780.112,64	2.116.700,96
Sơn La (H1)	17/12/2010	Thủy điện	-	1.542.381,50	-
<b>Tổng</b>				<b>25.423.381,68</b>	<b>11.454.119,62</b>

Nhà máy	Năm đưa vào vận hành	Tiêu thụ nhiên liệu (Than, dầu: ktấn Gas: mm <sup>3</sup> )	Điện năng phát lên lưới (MWh)	Lượng phát thải (tCO <sub>2</sub> )
<b>Kết quả tính toán hệ số phát thải biên xây dựng (BM)</b>				
Tổng lượng phát thải			<b>11.454.119,62 (tCO<sub>2</sub>)</b>	
Tổng điện năng phát			<b>25.423.381,68 (MWh)</b>	
<b>BM<sub>2013</sub></b>			<b>0,4505 (tCO<sub>2</sub>/ MWh)</b>	

**II.2.3. Hệ số phát thải EF (Biên kết hợp- CM) năm 2013**

	Trọng số	Hệ số phát thải (tCO <sub>2</sub> /MWh)
OM	0,5	0,6808
BM	0,5	0,4505
<u>CM (EF)</u>		<u>0,5657</u>