

平成 20 年度 CDM / JI 事業調査

ベトナム・ホーチミン市電力送配電設備  
における高効率変圧器技術移転に伴う  
CDM 事業調査

最終報告書

平成 21 年 2 月

三菱 UFJ 証券株式会社

## 目次

1. 目的	1
2. 調査概要	2
2.1 調査課題	2
2.2 調査実施体制	3
2.3 調査内容および成果	4
2.4 現地調査	6
3. ベトナム基礎情報	11
3.1 地勢・気候	11
3.2 社会・言語・宗教	13
3.3 政治体制	14
3.4 経済状況	15
3.5 ベトナムのエネルギー及び電力事情	17
3.5.1 ベトナムのエネルギー事情	17
3.5.2 ベトナムの電力事業	18
3.5.3 ベトナム政府のエネルギー関連目標・プログラム	26
3.6 環境政策	27
4. ベトナムのクリーン開発メカニズム（CDM）	29
4.1 ベトナムのクリーン開発メカニズム（CDM）への取り組み	29
4.2 クリーン開発メカニズム（CDM）承認体制	31
4.3 クリーン開発メカニズム（CDM）の実績	32
5. プロジェクトの概要	34
5.1 事業概要	34
5.1.1 プロジェクトの背景および目的	34
5.1.2 プロジェクト参加者	35
5.1.3 事業実施サイト	37
5.2 プロジェクト活動（アモルファス変圧器）	39
5.2.1 非晶質アモルファス金属	39
5.2.2 変圧器の構造	40
5.2.3 アモルファス変圧器の特性	42
5.2.4 各種変圧器の比較	45
5.3 ベトナムにおける変圧器標準規格	48
5.3.1 国内変圧器製造規格	48
5.3.2 ベトナム国内の変圧器標準	50
5.4 アモルファス変圧器の国際的普及状況	50

5.4.1	我が国におけるアモルファス変圧器	50
5.4.2	アモルファス変圧器の世界市場	52
6.	PDD の概要	53
6.1	CDM 適用方法論	53
6.1.1	適用方法論の分析	53
6.1.2	プログラム CDM 化の検討	56
6.2	PDD コンテンツ	57
6.2.1	追加性	57
6.2.2	プロジェクトバウンダリー	60
6.2.3	ベトナム電力グリッド排出係数	60
6.2.4	ベースライン排出量	68
6.2.5	プロジェクト排出量	74
6.2.6	リーケージ	75
6.2.7	プロジェクト排出削減量	75
6.2.8	モニタリング	78
6.2.9	クレジット期間	79
6.2.10	ステークホルダーコメント	80
6.2.11	環境への影響評価	82
6.2.12	安全性の向上	84
7.	コベネフィット	85
8.	事業化にむけての課題と展望	87
8.1	コスト分析	87
8.2	技術的課題	89
8.3	プロジェクトの拡大と普及	90
8.3.1	プログラム CDM 化による排出量拡大の検討	90
8.3.2	ベトナム国におけるプロジェクト普及のポテンシャル	90
8.4	展望	91
8.5	スケジュール	92

参考文献

IRR 計算シート

## 1. 目的

本調査業務は、ホーチミン市電力会社（HCMPC）との協業により、ベトナム・ホーチミン市の電力送配電設備のキーデバイスである変圧器の運転効率を向上させることにより、ホーチミン市内の配電網の効率化を図るプロジェクトについて、そのクリーン開発メカニズム(CDM)としての実現可能性を調査し、国連の有効化審査に対応したプロジェクト設計書（PDD）の作成を行うものである。また、温暖化対策とホスト国における公害対策の「コベネフィット」の効果についても検討を行う。

本プロジェクトの実施により、24時間365日浪費され続ける変圧に伴う電力損失を低減し、温室効果ガス排出量の削減を図る。また、全て熱として大気中に放射される損失電力の低減は、都市部のヒートアイランド化など、深刻な生活環境問題の改善にも寄与する。更に、既存送配電網のリハビリを推進することで、漏電火災などの安全面の改善を図ることが出来るため、環境配慮型のコベネフィットプロジェクトであると考えられる。

プロジェクトの普及による既存の老朽化した送配電網の効率化により、発電施設の増設や改修を伴わず、実質的な電力供給量の増加が実現され、新規発電所建設に伴う環境問題や化石燃料の消費増加を抑制する効果も期待される。

本プロジェクトを実施した際の年間排出削減量は、第一クレジット期間の平均で3,213トンCO<sub>2</sub>/年と試算される。本プロジェクトがベトナム国全体に波及した場合、その潜在的削減効果が数十倍に達するものと見込まれるため、本調査ではプロジェクト普及の可能性とその効果について分析を行う。

## 2. 調査概要

### 2.1 調査課題

本調査の実施に当たり、CDM プロジェクト実施のためには必要不可欠であるものの、事前には把握できておらず、本調査において明らかにすべきと認識していた事項を以下にまとめる。

#### (1) ホーチミン市電力会社 (HCMPC) の意向

現在、ベトナム国ホーチミン市の電力施設は、ホーチミン市電力会社 (HCMPC) が創業した 30 年ほど前から年々拡張されているが、初期に導入された施設の老朽化が進み、システムの一部では送電ロスが 50%にも達すると言われている。送配電設備のキーデバイスである変圧器においても、既存機器の負荷損失や無負荷損失は、現行のベトナム国内標準に比べて著しく大きく、その効率化が求められている。一方で同国では、近年の目ざましい経済発展に伴い、電力需要は毎年 10%程度の増加が続き、老朽化した非効率な既存施設の改善ではなく、新規施設の構築に資金が投入される傾向にある。このため、既存施設への高効率機器導入に対する HCMPC が享受するインセンティブの提示が、本プロジェクトの最も基本的且つ重要な課題であった。

#### (2) 現地のアモルファス変圧器製造体制

本プロジェクトで導入を検討しているアモルファス変圧器は、これまでベトナム国内では製造・販売されていない。この新しい技術の採用にあたり、ベトナム国の継続的な発展や雇用の創出、価格競争力強化のためには、製品の輸入に頼るのではなく、同国内での独自の生産が不可欠であると考えられた。この技術移転を可能にするため、本調査では、世界最大のアモルファス金属供給シェアを持つ日立金属株式会社に技術協力を受けて、現地の製造業者の受け入れ体制や資材の輸入ルートの確立など、確認すべき事項・課題を明確化する必要があった。

#### (3) ベースライン設定

CDM プロジェクトとしての蓋然性およびインセンティブの有無を判断する上で、ベースラインの設定は重要である。本調査を開始する時点で、既存施設の老朽化に伴う配電損失が問題視されている事実は把握していたが、方法論上では新規若しくは更新計画の際のベースラインは、現状の法規若しくは標準に則った機器の性能となるため、具体的なデータの入手の可否が懸念されていた。

#### (4) プロジェクト計画（シナリオ）の構築

本プロジェクトの CDM としてのインセンティブの確保や新規変圧器生産体制の構築には、ある程度大きな規模のプロジェクト化が不可欠である。調査開始以前から、ホーチミン市電力会社（HCMPC）の変圧器の新規年間導入容量は把握していたが、排出削減量および採算性に関する検討は、不確定要素を含んだ仮定の上で行われており、その明確化が課題であった。

## 2.2 調査実施体制

本調査は図 2-1 に示す調査実施スキームのとおり、ホーチミン市省エネルギーセンターおよび日立金属株式会社を国内外のカウンターパートとして実施された。以下に両団体の本調査における活動内容を示す。

#### (1) ホーチミン市省エネルギーセンター(Energy Conservation Center of Ho Chi Minh City: (ECC)) :

本調査において ECC は、技術移転に伴う他の協働者であるホーチミン市電力会社 (Ho Chi Minh City Power Company: HCMPC) や電力機器製造会社(Electrical Equipment Manufacturing Company: EEMC)を取りまとめて、ベトナムにおける現況や基準などの情報収集に加え、アモルファス変圧器導入による効果や収益性の分析の支援を行った。

#### (2) 日立金属株式会社 :

本調査において日立金属株式会社は、アモルファスメタル金属の持つ特性や性能などの情報提供に加え、現地の変圧器製造業者に対して同金属コアを用いる変圧器の製造に関する技術指導を行った。また同社は、既に構築されている東南アジア諸国の需要に対するアモルファスコアの製品製造販売体制を活かし、本調査で必要とされる技術面、収益面、運用面の検討および分析に寄与した。

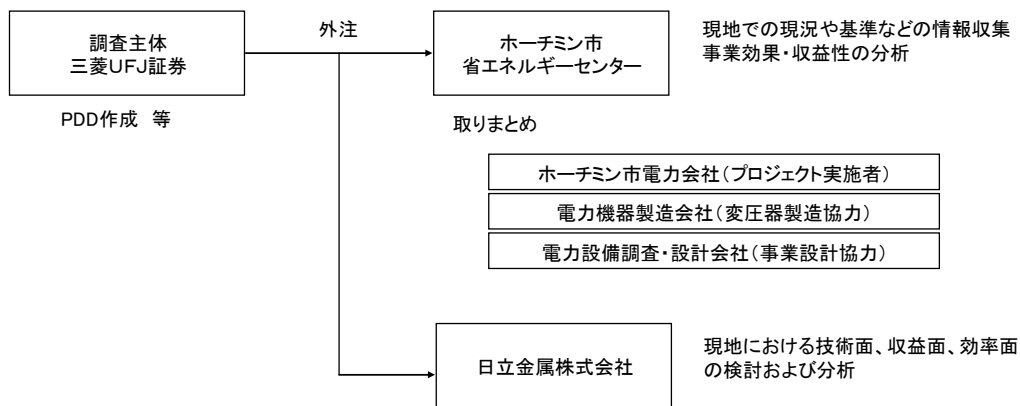


図 2-1： 調査実施スキーム

### 2.3 調査内容および成果

本調査は、2度に渡る現地調査の実施に加え、関連文献や Web 上に公開された情報および日本国内外のカウンターパートから提供されるデータの分析・検討をもとに進められた。「2.1 調査課題」に示した事前課題を中心に、本調査を通じて得られた成果を以下にまとめる。

#### (1) 技術移転

第一回現地調査で実施した日立金属株式会社によるアモルファス変圧器に関するプレゼンテーションは、ECC の 20 名を越える技術スタッフをはじめ、電力供給会社 3 社、機器製造会社 2 社、電力施設設計者 2 社、報道関係 2 社など、プロジェクトに関連する多くのステークホルダーズに対して行われた。このプレゼンテーションでは、アモルファス変圧器の技術、効果、製造、コスト、マーケティング、資材納入に関して包括的に議論され、同変圧器導入に対して多くの肯定的な意見が寄せられた。

また、変圧器製造業者 Thibidi 社の工場視察では、現状の生産ラインにアモルファス変圧器製造ラインを導入する手法や同変圧器の設計、製造、試験方法など、詳細に渡る技術指導を行った。その結果 Thibidi 社では、本調査期間中にアモルファス変圧器の基本設計およびコスト試算を実施するなど、技術移転の初期過程が円滑に行われた。

#### (2) 省エネルギー施策

2度の現地調査で実施した商工省との協議では、本プロジェクトに対し高い関心が寄せられた。同省では、ベトナム国内の主要 7 地域に設立された省エネルギーセンターと連携し、省エネルギーのモデル事業を推進しているが、本プロジェクトもその対象にな

り得るとの考えに基づき、ベトナム電力公社(EVN)やハノイ市省エネルギーセンターとの連携を勧められ、調査終了後も引き続き協議を行っていく予定である。

### (3) プロジェクトの発展

本調査を通じて、プロジェクト実施者であるホーチミン電力の変圧器に関する要求仕様が、ベトナム国の標準を大きく上回ることが分った。その結果、同社の新規変圧器導入計画に基づく温暖化効果ガス削減量の試算では、第一クレジット期間の平均値で3,213トンCO<sub>2</sub>/年と、調査実施前の試算(4,251トンCO<sub>2</sub>/年)より低い結果となった。この高効率基準を適用しているのは、EVN傘下の11社の電力供給事業者のうち、ホーチミン電力および電力供給会社2(PC2社)の2社のみであり、他社は、ベトナム国の標準値を遵守した独自の規準を設けている。

上記のホーチミン電力の機器導入計画に合わせた試算に、電力供給会社3(PC3社)の標準値を適用すると温暖化効果ガス削減量は7,354トンCO<sub>2</sub>/年となるなど、プロジェクトの発展により潜在的効果が期待できることがわかった。また本調査を通じて、協議に参加した電力供給会社2(PC2)および電力供給会社3(PC3)の有する電力配電網をプロジェクトに加えることで、年間約2万トンCO<sub>2</sub>クラスのプロジェクトになると試算され、今後のEVNとの協議により、ベトナム全土に渡るプロジェクトの発展の可能性を追求する。

### (4) プログラム CDM 化

本プロジェクトは、ホーチミン電力の所管する配電網に対して超高効率変圧器の導入を図るものであるが、本調査では、同プロジェクト地域に限定せず、他の電力会社の配電網への拡大・普及の可能性も追求した。また、CDMとしてプロジェクトの円滑な推進とクレジットの有効な発行を図るため、プログラム CDM 化の効果についての検討を行った。

プログラム CDM 化の可能性は、以下の2つのシナリオにおいて検討された。ひとつは、プロジェクトがベトナム全土、若しくは複数の地域に普及したことを想定するものである。この場合、全体の CDM 活動プログラムの実施を電力公社(EVN)が行い、傘下の11電力供給会社が実施するそれぞれのプロジェクトを個々の CPA となる。またもうひとつは、現行のホーチミン電力のプロジェクトにおいて、クレジットのクレームを有効化するものである。同プロジェクトは、第一クレジット期間の7年間に渡り、毎年一定数の変圧器を導入するものであり、クレジットの有効なクレームを行うためには、各年の変圧器導入プロジェクトを一つの CPA としたプログラム化が有効であると考えられる。一方で CDM プロジェクトとして実施するための費用も無視できないことから、そ



の費用対効果の分析を行った。

#### (5) 総括

本調査を通じ、高効率変圧器導入プロジェクトの実現により、永年に渡って継続的に配電網の変圧に伴う電力損失の低減を実現し、温暖化効果ガス排出削減および都市環境・安全の向上に寄与することが、ベトナム国内の多くの利害関係者に認識された。

## 2.4 現地調査

現地調査の詳細を表 2-1 に示すが、第一回現地調査では、6 社 40 数名に対して行われた日立金属株式会社による技術講習会に加え、延べ 10 社との会合、製造工場の視察、配電網メンテナンス状況の視察などを網羅した有意義なものであった。

また、平成 20 年 12 月 16 日から 24 日に掛けて実施した第二回現地調査（日程は表 2-2 参照）では、第一回調査にて確認した各種課題について、ECC、ホーチミン電力および変圧器製造業者 Thibidi 社との協議を中心に、ベトナムの CDM プロジェクト推進に最も大きな障害となるグリッドデータの入手や省エネルギープロジェクトの動向、実際の事業開始に際する協力関係の樹立など、より広い範囲を対象にしたヒアリングを実施した。

表 2-1： 第一回現地調査訪問実績

日	訪問先	目的	内容
第一回			
2008/9/27 (土)	VECC (現地コンサルティング会社)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ベトナムの CDM 承認体制</li> <li>- ベトナムにおける CDM プロジェクトの進捗</li> <li>- ベトナムグリッド排出係数の入手について</li> </ul>
2008/9/29 (月)	Ministry of Industry and Trade (MOIT: 商工省)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ベトナムの CDM 承認体制</li> <li>- ベトナムの気候変動およびエネルギー問題への取り組み</li> </ul>
	Institute of Energy (ベトナムエネルギー研究所)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ベトナムの再生可能エネルギーおよび省エネ政策</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- ベトナムにおける CDM プロジェクトの動向</li> <li>- ベトナムにおける CDM の課題</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- グリッド排出係数について</li> </ul>
2008/9/30 (火)	<p>The Energy Conservation Center (ECC: ホーチミン省エネセンター)</p>	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 本調査のタスクとスケジュール</li> <li>- 業務委託契約内容の確認</li> <li>- 本調査の目的、手法、懸案事項の確認</li> <li>- 当該現地調査における各ミーティング出席者および主旨の確認</li> </ul>
	(日立金属株式会社)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- プレゼンテーションの進め方に関する協議</li> <li>- 本調査に必要な情報収集に関する協議</li> </ul>
2008/10/1 (水)	<p>The Energy Conservation Center (ECC: ホーチミン省エネセンター)</p>	プレゼン	<ul style="list-style-type: none"> <li>- アモルファス変圧器に関するプレゼンテーション</li> <li>- 意見交換</li> </ul>
		調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 配電網の現状の課題</li> <li>- 配電網の省エネルギー施策</li> <li>- 本調査に関する必要情報について</li> </ul>
2008/10/2 (木)	<p>The Energy Conservation Center (ECC: ホーチミン省エネセンター)</p>	プレゼン	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ホーチミン電力より、現状の配電網に関するプレゼンテーション</li> <li>- アモルファス変圧器に関するプレゼンテーション</li> <li>- 意見交換</li> </ul>
	<p>Thibidi, Electrical Equipment Joint-Stock Company</p>	工場視察	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 工場内見学</li> <li>- ベトナム国内の市場について</li> <li>- 製造ラインアップについて</li> <li>- 顧客の要求仕様について</li> </ul>

2008/10/3 (金)	The Energy Conservation Center (ECC: ホーチミン省エネセンター)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 調査内容の確認</li> <li>- 調査スケジュールの確認</li> <li>- 既収集情報の整理・確認</li> <li>- 未収集情報の整理・確認</li> <li>- 協力体制の確立</li> </ul>
	Ho Chi Minh City Power Company (HCM PC: ホーチミン電力)		
	The Energy Conservation Center (ECC: ホーチミン省エネセンター)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 調査協力体制について合意</li> <li>- 本調査における課題協議</li> <li>- 全日程のラップアップ</li> </ul>

表 2-2 : 第二回現地調査訪問実績

日	訪問先	目的	内容
第二回			
2008/12/17 (水)	Greentech Ltd.,Co. (環境設計、コンサルティング会社)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ホーチミンの環境政策と実施の現状について</li> <li>- 潜在的な CDM プロジェクトについて</li> <li>- 実際の CDM プロジェクトを推進に際する、支援の可否について</li> </ul>
	KYOTOenergy (CDM コンサルティング会社)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 実際の CDM プロジェクトを推進に際する、支援の可否について</li> <li>- ベトナムにおける CDM プロジェクトの現状</li> <li>- ベトナムグリッド排出係数の入手について</li> </ul>

2008/12/18 (木)	The Energy Conservation Center (ECC:ホーチミン省エネセンター)  Thibidi, Electrical Equipment Joint-Stock Company (変圧器製造業者)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 調査の進捗状況の確認</li> <li>- 調査の課題についての協議</li> <li>- 本現地調査内容および方向性の確認</li> <li>- アモルファス変圧器の設計状況</li> <li>- コア部材購入ルートとのコンタクトについて</li> <li>- アモルファス変圧器の概算について</li> <li>- アモルファス変圧器導入の障害・課題について</li> </ul>
2008/12/19 (金)	The Energy Conservation Center (ECC: ホーチミン省エネセンター)  Ho Chi Minh City Power Company (HCM PC: ホーチミン電力)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ホーチミン電力における変圧器の新規導入・既存改修計画について</li> <li>- アモルファス変圧器導入への課題点</li> <li>- 協力体制の確立</li> </ul>
	The Energy Conservation Center (ECC: ホーチミン省エネセンター)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 事業実施協力体制についての合意</li> <li>- 本調査における課題協議</li> <li>- 全日程のラップアップ</li> </ul>
2008/12/20 (土)	VECC (現地 調査協力企業)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- グリッドデータの入手状況について</li> <li>- ベトナム国のグリッド係数動向</li> </ul>
2008/12/22 (月)	MONRE (DNV 資源環境省)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DNA 承認の現状について</li> <li>- ベトナム政府の動向について</li> </ul>
	InvestPro (法律 & コンサルティン)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- プロジェクト推進時の協力体制の確立について</li> </ul>

	グ会社)		- CDM プロジェクトの動向について
2008/12/23 (火)	MOIT (商工省)	調査打合	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ベトナム政府の省エネルギー施策について</li> <li>- 本プロジェクトに関する政府支援の可否について</li> <li>- 本プロジェクトの電力公社との協業の可能性について</li> </ul>

### 3. ベトナム基礎情報

#### 3.1 地勢・気候

##### (1) 地勢

ベトナムは、北部の中心地首都ハノイと南部の国内最大の経済都市ホーチミンの二大都市を基点とした北緯 8 度～23 度、東経 102 度～109 度に位置する南北に細長い国である。その国土は、大きく北部、中部、南部の三つの地域に分かれており、言葉や文化、自然環境などが異なる。

山岳地帯となる中北部は、民族問題や貧困問題、また自然災害が頻発する地域であり、一方で本プロジェクトサイトとなる南部のホーチミン市周辺部は、経済都市特有の深刻な環境問題に直面している。

国土の面積は 331,689km<sup>2</sup>、その東と南側には、約 3,000km に及ぶ海外線を有し、東シナ海と太平洋に接している。国土の北側は中国、西側はカンボジアとラオスと隣接しており、国土全体の 4 分の 3 は標高 100m から 1,000m の山や丘に覆われている。平野は紅河とメコン川という 2 大河川の河口に集中している。

図 3-1 にベトナムの全体地図と、ホーチミン市周辺の地図を示す。

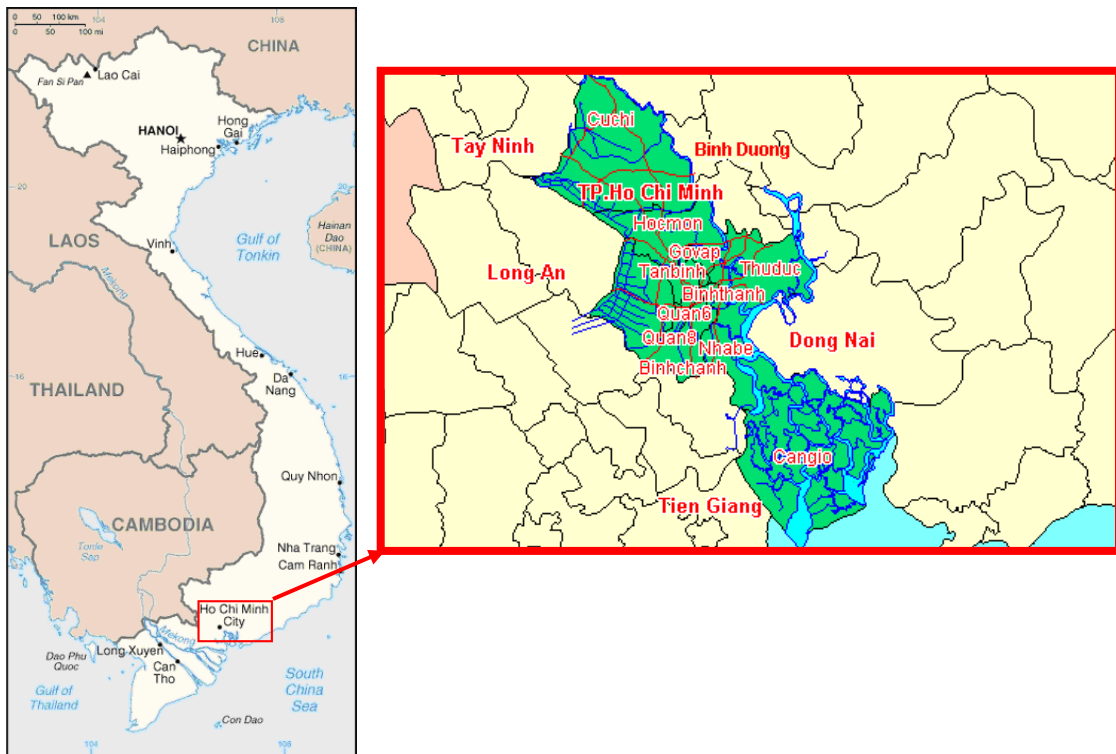


図 3-1 : ベトナム<sup>1</sup>とホーチミン市周辺<sup>2</sup>の地図

## (2) 気候

ベトナム北部は亜熱帯、南部は熱帯モンスーン気候に属しており、一般的に高温多湿である。しかし、南北に長い地形や山岳地帯などの地勢により地域による気候の差が大きい。北部ベトナムには四季があり、1-3月の冬季期間は気温が10度程度になる。一方で南部ベトナムは四季がなく、5-10月の雨季と11-4月の乾季にわかれる。南部で最も暑い時期は4月で、35度を超える日が続く。

ベトナムは、台風や熱帯サイクロンの影響を受けやすい場所に位置し、年間平均4-5回の被害を受けている。

年間の降水量も600-5,000mmと地域によって大きな差がある。北部は年間を通じて降

<sup>1</sup> Central Intelligence Agency. *The World Fact Book*,  
<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/vn.html>.

<sup>2</sup> <http://www2m.biglobe.ne.jp/%257Esaigon/map.htm>

水量が少ない。一方で雨量が大きい南部では、その 80-90%は雨季に集中している。年間の降水日数も 60-200 日と地域によって差がある。雨季に洪水や浸水災害が起こる一方で、乾季にはしばしば干害が起こる地域があることもベトナムの特徴といえる。

### 3.2 社会・言語・宗教

ベトナムの人口は約 8,650 万人、世界で第 13 位の人口密度の高い国であり、都市部に約 25%、農村部に約 75%の割合で居住している。「稲作文化」が社会の基盤をなしており、社会主義生産体制の導入にもかかわらず、農業共同体が依然として緊密な結びつきを保っている。しかし、近年のドイモイ政策導入以降、諸外国の文化や思想が流入し、従来の文化に変化が生じてきている。

ベトナムは 54 の民族からなる多民族国家で、キン族が人口の約 86%を占めるといわれている。キン族は主に低地やデルタ地帯に居住し、その他の 53 の少数民族は主に内陸部や山岳地帯で生活している。ベトナムの公用語はベトナム語であるが、もともとキン族の母語であり、キン語や安南語ともよばれる。

東南アジアのほとんどの国はなんらかの宗教が国教若しくはそれに準じた地位を占めるが、ベトナムには国民の多数を篤い信仰をあつめる国教的な宗教は存在しない。それぞれの民族において、昔からの伝統的な信仰があるが、その民族の精神生活や素地に基づいたものである。なんらかの宗教に分類するとすれば、80%程度の国民が仏教徒であるといえるが、その大多数は熱心な信者とはいえない。

ベトナムの基礎情報を表 3-1 に示す。

表 3-1: ベトナムの基礎情報

総人口 (2008 年 7 月)	約 8,650 万人
年齢構成 (2008 年推測値) <sup>3</sup>	0-14 歳 : 25.6% ; 15-64 歳 : 68.6% ; 65 歳以上 : 5.8%
人口増加率 (2008 年推測値)	0.99%
経済成長率 (2007 年速報)	8.48%
一人当たりの GDP (2007 年 IMF 推測値)	818 US ドル
物価上昇率 (消費者物価) (2008 年 9 月。2007 年 12 月比)	21.9%

<sup>3</sup> <http://www.viet-kabu.com/basic.php>



為替レート (ドン/US ドル)	16,255(2008年10月) ; 15,983 (2006年) ; 15,746 (2005年), (2004年) ; 15,510 (2003 年) ; 15,280 (2002年)
識字率 (2002年)	90.3%
失業率(2007年速報)	4.6%
民族構成 <sup>4</sup>	キン族 86.2%, 他に 53 の少数民族
宗教 <sup>5</sup>	仏教 80%、カトリック、カオダイ教他
言語	ベトナム語(公用語)

(出典) 各種リソースより作成

### 3.3 政治体制

ベトナムは社会主義共和国で、2006年6月に就任したグエン・タン・ズン首相のもと、1976年の南北統一以来のベトナム共産党の一党支配が続いている。党の意思決定機関として、党政治局、党中央委員会、党大会があり、党大会は5年に一度開催される。国会議員のほとんどが共産党員で、閣僚の大半は党中央委員会に所属している。1986年の第6回党大会にて採択された市場経済システムの導入と対外開放化を柱としたドイモイ路線を維持している。2006年の第10回党大会でドイモイ政策実施20年を総括すると共に、ドイモイ路線の継続を確認した。

2007年5月に5年に1度の国会議員選挙が行われ、共産党書記長はノン・ドック・マイン (Nong Duc Manh)、国家元首はグエン・ミン・チュエット (Nguyen Minh Triet)、政府首相はグエン・タン・ズン (Nguyen Tan Dung)、議長にグエン・フー・チョン (Nguyen Phu Trong) が再任されている。

2007年7月に中央省庁再編が行われ、急速な経済発展および国際化への対応を強化するため「小さな政府」を目指した。表3-2に22の中央政府組織を示すが、天然資源環境省(MONRE: Ministry of Natural Resources and Environment)をはじめとした16の省庁からCDM承認のためのDNAは構成される。

一方で地方政府組織は、ホーチミン、ハノイ、ハイフォン、ダナン、カントーの5つの中央直轄市と59の省が存在し、その下に県、市、郡、町、村等が置かれている。

<sup>4</sup> 外務省ホームページ、<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/vietnam/data.html>

<sup>5</sup> 同上

表 3-2 : ベトナムの中央政府の組織

Ministry of Defense : 国防省	Ministry of Natural Resources and Environment : 天然資源環境省
Ministry of Public Security : 公安省	Ministry of Information and Communication : 情報通信省
Ministry of Foreign Affairs : 外務省	Ministry of Labor, War Invalids and Social Affairs : 労働傷病兵社会問題省
Ministry of Interior : 内務省	Ministry of Culture, Sports and Tourism : 文化スポーツ観光省
Ministry of Justice : 司法省	Ministry of Science and Technology : 科学技術省
Ministry of Planning and Investment : 計画投資省	Ministry of Education and Training : 教育訓練省
Ministry of Finance : 財務省	Ministry of Health : 保健省
Ministry of Industry and Trade : 商工省	Ministry of Agriculture and Rural Development : 農業農村開発省
Ministry of Transport : 交通運輸省	Ministry of Construction : 建設省
State Bank of Vietnam : 中央銀行	Government Inspectorate : 政府監察院
Committee of Ethnic Minorities : 民族委員会	Government Office : 政府官房

(出典) <http://www.thanhniennews.com/politics/?catid=1&newsid=30534> 等

### 3.4 経済状況

1980年代に入り、社会主義的経済運営の行き詰まりから経済危機に陥ったベトナムでは、1986年の第6回共産党大会において、従来の中央計画経済路線に代えて、ドイモイ（ベトナム語の刷新の意）政策が決定され、市場経済システムの導入と対外開放化を柱とした政策転換により、近隣アジア諸国同様、高度経済成長路線の軌道に乗ることに成功した。1990年代に入ると経済成長が加速し、90年代中頃には9%台の高成長を達成した。

しかし、97年に発生した東アジア通貨危機の影響を受け、外国投資が減少するなど、99年には成長率は4.8%にまで落ち込んだ。また、ドイモイ政策の進展の裏で、貧富の差の拡大、汚職の蔓延、官僚主義の弊害などのマイナス面も顕在化している。

2000年以降は新10ヵ年戦略をベースに成長優先の経済運営に転じ、2000年の成長率は6.7%、その後2004年の7.9%まで、年々増加している。特に2000年から施行された会社法により、民間企業の設立手続が簡素化された結果、企業設立が加速し国内の景気回復に貢献しており、2005年11月には会社法の改正法案が国会を通過した。近年、ベトナムは一層の市場経済化と国際経済への統合を推し進め、2006年11月、1995年に申請したWTO加盟がWTO一般理事会において承認され、2007年1月11日、正式加盟を果

たした。他方、慢性的な貿易赤字、未成熟な投資環境等の懸念材料も依然残っている<sup>6</sup>。

ベトナムでは、社会経済開発戦略（Socio-Economic Development Strategy）が10年ごとに採択され、その実施のための5ヵ年計画を策定する。2001年に策定した「2001年～2010年社会経済開発戦略」においては、2020年までに工業国への転換が目標となっている。2006年6月に「2006～2010年社会・経済開発5ヵ年計画」（The Five-year Socio-Economic Development Plan 2006-2010, The Socialist Republic of Vietnam）が発表された。これによると、2006～2010年のGDP（国内総生産）成長率目標を7.5～8.0%とし、2010年のGDPを2000年の2.1倍とすることを目指している。この国家目標達成に向けて、2006年～2010年の社会・経済インフラ整備への投資総額は2,200兆ドン（1,382億USドル）、うち産業・建設分野は44.5%の979兆ドン（615億USドル）を見込んでいる。ちなみに、2001～2005年の投資総額は1,098兆ドン（690億USドル）、うち産業・建設分野は44.3%の486兆ドン（305億USドル）であった（2006年3月の為替レート1USドル=15,914ドンをもとに計算）。したがって、投資総額に占める産業・建設分野の割合には大きな変化は見られないものの、投資総額そして産業・建設分野への投資金額ともに、実に前5ヵ年の倍に膨らんでいる。今後も更に大幅な増加が見込まれる電力需要やインフラ整備の拡大に向けて、このような莫大な投資資金をどのように調達していくかが大きな課題となっている<sup>7</sup>。

近年のベトナム経済の動向は、貿易の拡大を直接投資の流入を受けて、2000年以降約7%を超える安定した成長を遂げてきた。特に、2007年のWTO加盟により、輸出や投資の効果が表れ8.5%という高い成長を記録した。国民1人当たりのGDPも、同年ベースで809ドルに達するなど成長が著しい。一方でインフレも深刻化しており、2008年1月の対前年同月比の消費者物価上昇率は14.1%という値になっている。こうしたインフレにより、多くのプロジェクトが計画段階で凍結している現状もあり、中央銀行ではその施策を打ち出している<sup>8</sup>。

本プロジェクトの対象地区であるホーチミン市は、ベトナムで最大の商業都市であり、ベトナム経済発展の牽引力となっており、ドンナイ省、バリア・ヴンタウ省、ビンズオン省、ロンアン省、タイニン省、ビンフォック省、ティエンザン省とともに南部集中経済地区に認定されている。2001年12月に「ホーチミン市に対する一部の分野の管理分担に関する政府議定」が発出され、土地区画整備、予算管理、行政組織の改編等の分野で中央政府の承諾を待たずに、ホーチミン市単独で決定できる権限を付与された。このため、ビジネス環境、特に外国投資環境の改善について、ホーチミン市が、パイロット・

<sup>6</sup> 外務省ホームページ

<sup>7</sup> 三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社のホームページから引用

<sup>8</sup> 国際協力銀行「ベトナムの投資環境」

プログラムを導入するなど、主導的な役割を担っている<sup>9</sup>。図 3-2 にホーチミン市の概要を示す。

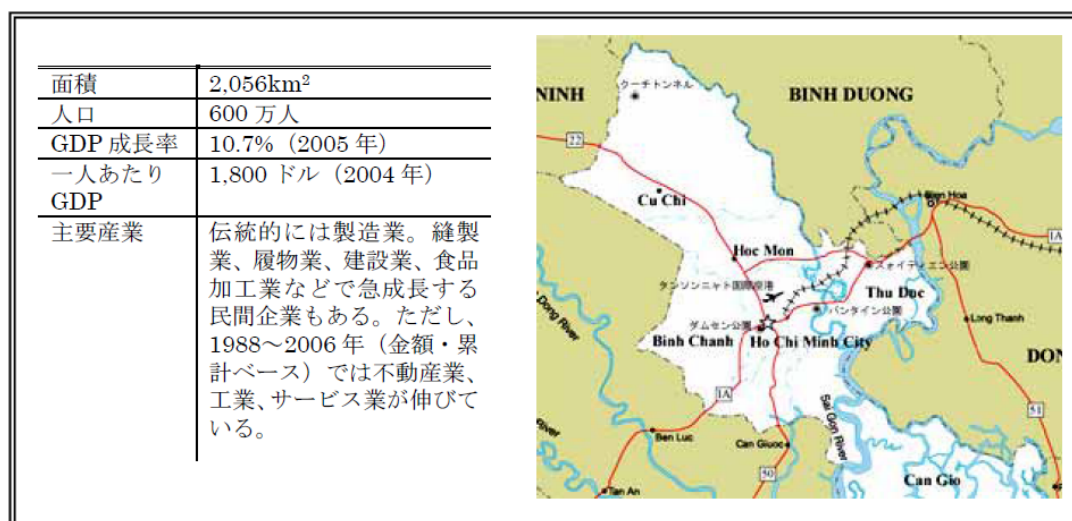


図 3-2： ホーチミン市の概要

(出典：ホーチミン市ホームページ)

### 3.5 ベトナムのエネルギー及び電力事情

#### 3.5.1 ベトナムのエネルギー事情

ベトナムはエネルギー純輸出国である。エネルギー資源としては、南部の沖合に油田やガス田、北部に石炭が存在し、また国の北から南に多くの河川を有するため水力資源も豊富である<sup>10</sup>。

石油の埋蔵量は約 31 億バレルと推定され、約 40 万バレルの生産量の殆どを日本、シンガポール、韓国などに輸出している。これは総輸出額の約 21.5%(2004 年)を占める。一方で、石油精製産業が存在しないため、石油製品は客に輸入に頼っている。

天然ガス資源も豊富であり、随伴ガスと併せた埋蔵量は 2,350 億 m<sup>3</sup> と推定されている。南部メコンデルタ地帯のガス田開発により、2015 年まで毎年 15-20 億 m<sup>3</sup> 増加していくと見込まれている。

石炭においても 1.5 億トンの埋蔵量を有し、その大部分が高品質の無煙炭で、世界第二位の無煙炭生産国としても知られている。その多くは原料炭として輸出され、品質の

<sup>9</sup> 在ホーチミン日本総領事館ホームページ

<sup>10</sup> 海外諸国の電気事業：第 1 編 追加版、社団法人海外電力調査会、2006

劣るものは国内の発電やセメント用として使用されている。2000年代に入っても新たな石炭鉱床が発見されており、中国向け輸出や発電用としての利用が期待されている。

水力においては、国内の理論包蔵水力は年間 3,000 億 kWh と推定されるが、昨今の環境問題や森林保護の観点から実際に開発される水力は包蔵量の4分の1程度に過ぎない。

ベトナム政府は、再生可能エネルギーの開発にも注力している。風力、太陽光、地熱などの新エネルギーは、ベトナム電力公社 (EVN) 参加のエネルギー研究所 (IE) を中心に研究・開発が進んでいる。中でも太陽光は、高いポテンシャルを有している。しかし、現時点では太陽光製品はほぼ全て輸入に頼っており、導入された太陽光発電設備の出力は僅か 800kW 程度に過ぎない。

石油、石炭及び天然ガスに恵まれており、1987 年頃の原油の生産開始以降、エネルギー生産は堅調な伸びを示してきた。製油所がないため、生産された原油は全て輸出されているが、その他の豊富な国産エネルギー資源は行政組織の不備により有効活用されていないのが現状である。一方で、農業国であるが故に、バイオマスに対するポテンシャルは高く、40ヶ所以上のバイオマス発電所が約 15 万 kW の発電を行っている。

### 3.5.2 ベトナムの電力事業

2004 年におけるベトナムの発電設備容量は 9GW であり、うち 48%は水力発電による。電力需要は 1994 年から 2004 年まで年間平均で 13.1%、この 10 年間で 3.4 倍と驚異的な増加を続けている。2004 年以降の増加率も 10%を上回っており、電力供給不足が深刻化している。そのため中国やラオスからの電力の輸入を実施・計画している<sup>11</sup>。

ベトナムでは、図 3-3 に示すように水力発電が約半分を占め、特にハノイのある北部ではその比率がさらに高くなる。このため渇水の影響を受けやすく、2005 年 5 月から 6 月には北部の各省で大規模な計画停電が実施された<sup>12</sup>。政府は、電力の安定供給を最重要課題のひとつと位置づけ、これまで 5 年ごとに電力開発基本計画を策定し、計画的な電力設備の開発を目指してきたが、経済の順調な拡大に伴い、供給予想を上回り電力需要が伸びている。2007 年 7 月、2006～2015 年の国家電力開発計画（略称：第 6 次電力計画）が承認されたが、本計画では、電力供給量を年間 17～20%増加させ、急激な需要増に備え最大 22%増まで対応可能となるように電源開発を行うこととした<sup>13</sup>。

<sup>11</sup> EIA ウェブサイト

<sup>12</sup> JETRO 通商弘報 No.46563

<sup>13</sup> JICA プレスリリース 2007 年 8 月 3 日

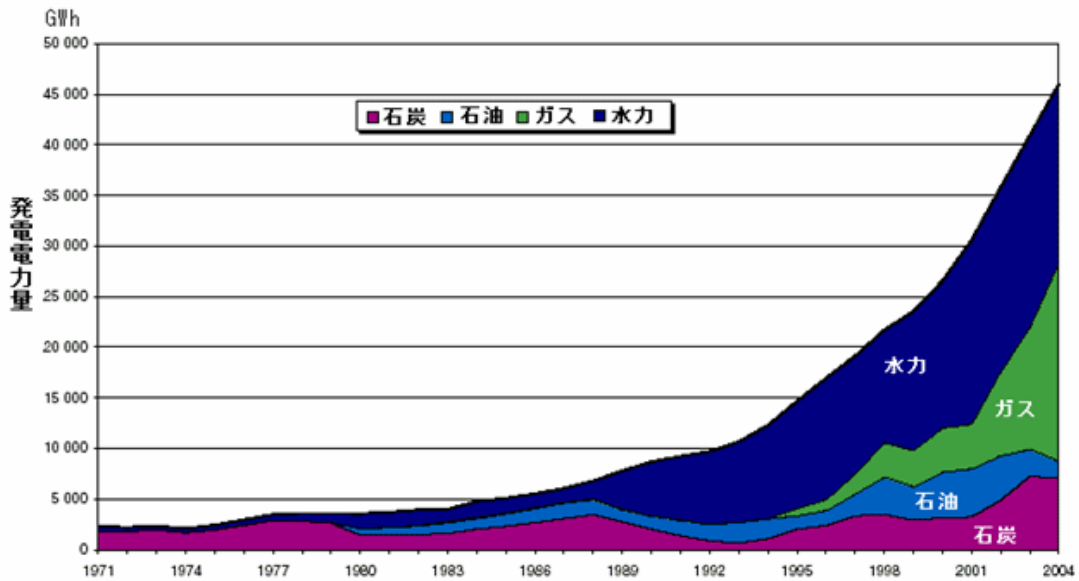


図 3-3: ベトナムの発電電力量の推移 1971-2004

(出典: IEA Energy Balances of non-OECD countries 2004)

電力行政に関しては、2005年10月に政府議定が承認され、Ministry of Industry and Trade (MOIT: 商工省) (旧、Ministry of Industry (MOI)) の中に Electricity Regulatory Authority of Vietnam (ERAV) が設置されることとなった。MOIT における電力・エネルギー分野の主な業務は以下の通りである。

- ① 電力設備の運転・保守、給電に関する規制
- ② 電力料金の許可
- ③ 投資を促進するためのプロジェクト (マスタープランに従ったプロジェクト) の公表
- ④ 省や直轄都市が作成する「電力マスタープラン」の承認

こうした電力行政のもと、ベトナム電力公社 (Electricity of Viet Nam: EVN) を中心とした電力供給体制が構築されている。図 3-4 にベトナムにおける電力供給形態を示す。

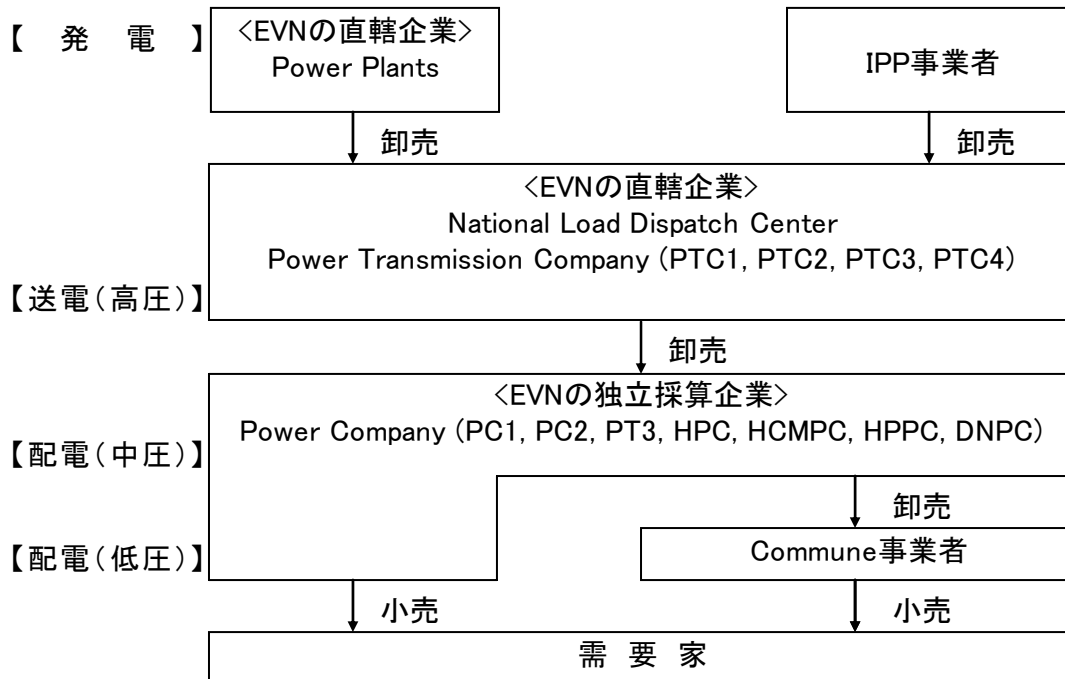


図 3-4: ベトナムの電力供給体制

(出典 : EVN)

#### 1) 発電事業者 (Power Producer: PP)

EVN 傘下の発電事業者は 14 社あり、それぞれ送電系統に接続する主要発電所を所有している。また、EVN 直轄の発電事業者のほかに、独立系卸電力事業者(Independent Power Producer: IPP)が存在し、PTC1 から PTC4 の 4 社の地域送電事業者に卸売し、その後中圧、低圧の配電事業者を経由し需要家に給電される。

#### 2) 送電会社 (Power Transmission Company: PTC)

送電会社 (Power Transmission Company: PTC) は、110kV – 500kV の高圧送電設備を運営管理しているが、送電設備の拡充や増強などの各種計画および変圧器や開閉器などの大型資材の保有は行っていない。一方で通常の送配電保守関連する碍子、電線、電柱などの予備品は確保している。当該プロジェクトのバウンダリーであるホーチミン市の電力供給網は、南部を直轄する PTC4 からの送電施設の支流となる。

### 3) エネルギー研究所 (Institute of Energy: IE)

1995 年までエネルギー省の管轄機関であったエネルギー研究所 (Institute of Energy: IE)は、現在 EVN の傘下となり、引き続きエネルギー政策の立案や全国・地域レベルの電源開発計画とともに、電力関連設備や機器、エネルギー政策に至るまで、各種の調査・研究を担当している。同機関はベトナム国における多くの CDM プロジェクトの開発を支援しており、同国のプロジェクトが円滑に推進されるべく指針や制度、データの構築に務めている。

### 4) 配電事業者 (Power Company: PC)

ベトナム全土に配電事業者は 11 社存在し、需要家や電化組合事業者 (Commune 事業者)に電力を供給している。Commune 事業者は、日本でいう村のような小規模地域への電力供給を担っている。これら 11 社の配電事業者は、110kV 以下の送配電線網の運転・保守、料金収集業務を行っており、制度面で一定の権限を有する独立採算企業である。しかし、設備計画や融資計画などについては EVN の許可を必要とする。当該プロジェクトの事業実施者であるホーチミン電力 (Ho Chi Minh city Power Company: HCMPC)および第 2 電力公社 は、11 社の配電事業者のうちの 2 社であり、それぞれホーチミン市および南部地域の電力供給事業を管轄している。

- ① PC1: 北部 (ハノイ市、ハイフォン市を除く)
- ② PC2: 南部 (ホーチミン市、ドンナイ省を除く)
- ③ PC3: 中部
- ④ Ha Noi Power Company (HPC): ハノイ市
- ⑤ Ho Chi Minh city Power Company (HCMPC): ホーチミン市
- ⑥ Hai Phong Power Compant (HPPC): ハイフォン市
- ⑦ Dong Nai Power Company (DNPC): ドンナイ省
- ⑧ Hai Duong Power Company (HDOC): ハイドン省
- ⑨ Ninh Binh Power Company (NBPC): ニンビン省
- ⑩ Da Nang power company: ダナン省
- ⑪ Khanh Hoa power company: カンホア省

### 5) 配電設備

系統電源の周波数は、全国一律で 50Hz に統一されているが、配電電圧は 35kV, 22kV, 15kV, 10kV, 6kV など多様である。一般的には、需要中心地までこうした中圧で供給され、



変圧器若しくは Commune 事業者を経て、低圧にて最終需要化に供給される。低圧配電は、北部では 380/220V(3 相 3 線式)に対し、南部では 220/110V(3 相 4 線式)が、中部ではその併用方式が採用されている。

また、Commune 事業者が管轄するエリアでは、施工や保守の不備により、配電損失が 50%に達する事業者もいると言われている<sup>14</sup>。当該プロジェクトでは、南部の 220/110V(3 相 4 線式)をプロジェクトバウンダリーと指定しているが、ホーチミン市内では、こうした著しく低い送電効率のもと安全性や安定性に乏しい配電網が多く存在しており、高効率型の変圧器の導入に併せた施設の改善が望まれている。

#### [地方電化]

ベトナムの地方人口は約 6,000 万人で総人口の約 8 割を占めており、地方電化による地方経済の活性化は、政策課題として重要視されている。2004 年現在の地方電化率は、Districts 単位で 97.8%、Commune 単位で 94.6%、世帯単位で 88.0%である。表 3-3 に示す 2000 年のデータと比較すると急速な地方電化が進んでいる様子が分かる。しかし、未だに地方の電力消費量は全体の 15%で、EVN の子会社に直接管理されている割合は約 20%に過ぎない。

また、同表 3-3 は当該プロジェクト実施者のホーチミン電力の管理エリアが、ベトナム全体の極一部あることを表している。このように、本プロジェクトによる送電ロスの改善は、ベトナム全土の情勢を考慮すれば極めて限定的であり、ベトナム国若しくは EVN のエネルギー施策により、さらに大きな環境改善のポテンシャルがあることが分かる。

---

<sup>14</sup>海外諸国の電気事業：第 1 編 追加版、社団法人海外電力調査会、2006

表 3-3 : 配電会社別の地方電化率 (2000 年 3 月)<sup>15</sup>

配電会社名	区 (Districts)		村 (Communes)		世帯	
	総数 (箇所)	電化率 (%)	総数 (箇所)	電化率 (%)	総数 (1,000戸)	電化率 (%)
Hanoi Power Company	5	100.0	118	100.0	229	100
<b>Ho Chi Minh Power Company</b>	5	100.0	61	100.0	185	92
Hai Phong Power Company	8	87.5	171	98.3	275	97.7
Dong Nai Power Company	8	100.0	130	100.0	196	65
Power Company No.1	237	96.2	3,853	73.0	4,986	79.3
Power Company No.2	131	96.9	1,648	97.6	1,900	54
Power Company No.3	104	96.2	1,119	76.7	1,413	65.6
<b>合計/平均</b>	<b>498</b>	<b>96.7</b>	<b>7,100</b>	<b>92.2</b>	<b>9,184</b>	<b>79.1</b>

## 6) 電気料金

ベトナムの電力小売料金は全国で統一されている。2004 年の販売単価は、1kWh あたり約 5.1 セント (10%の付加価値税込みで約 5.6 セント)で、慢性化した赤字体質であった EVN は、財政改革の実行によって収益をあげる水準にまで達している。一方で、各配電事業者の供給コストにはかなりの相違があり、概して都市部に対する配電事業者は、人口が密集しているため低コスト体質で、地方向け配電事業者は高コスト体質となっている。こうした格差を是正し、統一の供給価格を維持するため、送電会社は配電会社に対する卸売り価格に差異を設けている。表 3-4 は 1999 年から導入された卸売料金の比較を示すが、最大で約 3 倍もの開きがあることが分かる。

<sup>15</sup>海外諸国の電気事業：第 1 編 追加版、社団法人海外電力調査会、2006

表 3-4 : 配電会社に対する卸売料金 (2000 年)

(単位: セント/kWh)

配電会社名	料金
Power Company No.1	1.43
Power Company No.2	2.00
Power Company No.3	1.85
Hanoi Power Company	3.51
<b>Ho Chi Minh Power Company</b>	<b>3.91</b>
Hai Phong Power Company	2.26
Dong Nai Power Company	4.15

(出典 : EVN 資料を基に作成)

2005 年における電力系統を図 3-5 に示す。

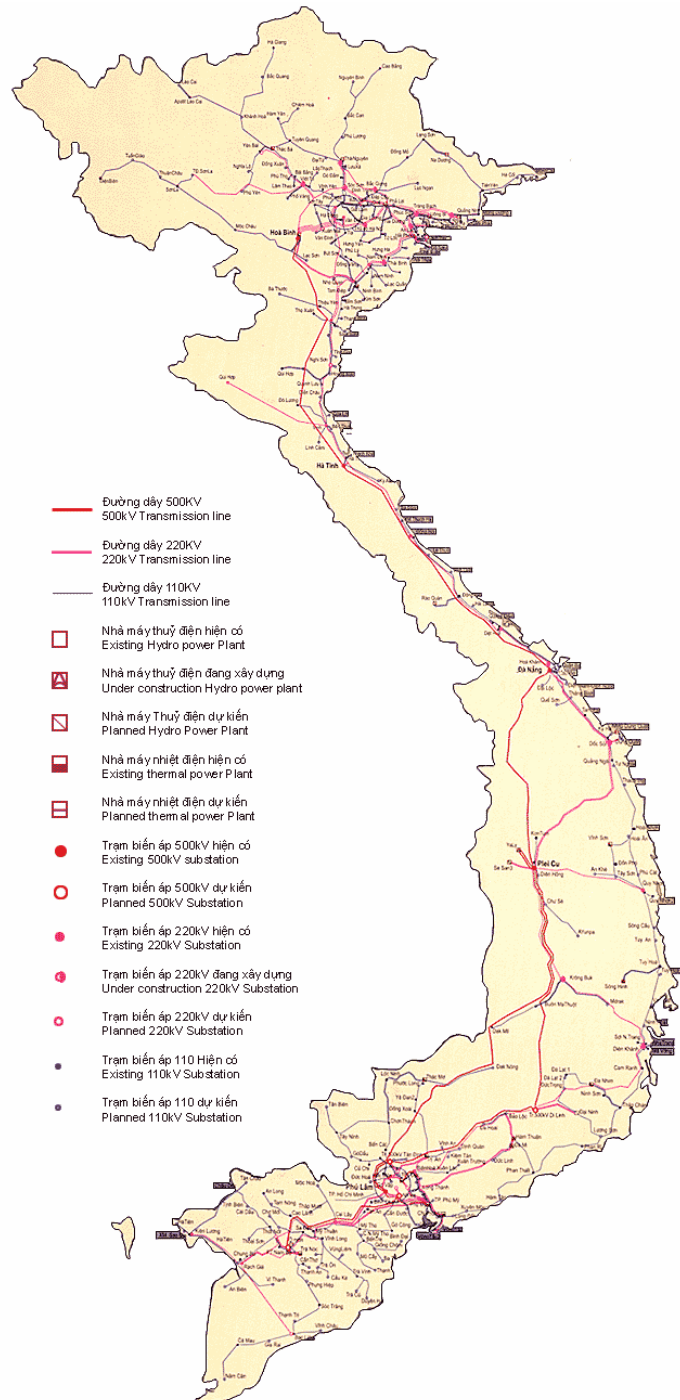


図 3-5 : 2005 年の電力系統

(出典 : Institute of Energy)

### 3.5.3 ベトナム政府のエネルギー関連目標・プログラム

ベトナム国内の政策として、社会・経済開発 5 ヶ年計画に併せた電力セクターマスタープランがあり、長期的に効率的な電力の安定供給を確保するための様々な政策が掲げられている。2007 年には、2005-2006 年の「電力セクターマスタープラン調査」に基づき策定された 2006-2015 年の国家電力開発計画（第 6 次電力計画）が、グエン・タン・ズン首相によって承認された。

ベトナムは、これまでも電力の安定供給を最重要課題と位置づけ、計画的な電源開発が進めてきたが、経済の堅調な成長を背景に、過去 10 年間の電力消費量の増加は供給量の伸びを上回る状況で、電力不足による計画停電を余儀なくされてきた。ベトナム国家電力調整センターによれば、最盛期の電力需要は 2 億 1,700 万 kWh にも達すると言われ送電停止に陥ることも懸念されている。

ベトナム政府は、第 6 次電力計画をもとに、電力供給量ベースで年間 17-20%の増加、また急激な需要増に備えて最大 22%増まで対応できるよう電源開発を行っていきとしている。同時に各種省エネルギー政策を実施し、エネルギー有効活用を重要な施策と位置づけている。

こうした省エネルギー政策の促進のため、ベトナム政府は先進諸外国からの技術移転やノウハウと取り込みにも積極的である。2007 年 3 月、ベトナム政府と日本政府は、両国のエネルギー安全保障を促進するため、二国間のエネルギー分野における協力の現状と将来展望について議論を行った。この中で両国は、ベトナムのエネルギー戦略は世界の持続可能な発展にとって重要であることを確認し、その最も費用対効果の高い戦略は省エネルギー・エネルギー利用効率の向上であるとの認識を共有した。こうした観点から、日本はベトナム国に対して長期専門家派遣および受入研修を引き続き実施するとした。

両国の間で進められた主な省エネ推進プログラムには以下のようなものがある。

- (1). 省エネ人材育成支援 (2000 年 -)
  - 専門家派遣約 30 名、受入研修生 90 名
- (2). セメント焼成プラント電力消費量削減モデル事業 (1998 - 2001 年, 2006 年)
  - ベトナムセメント公社傘下の工場における排熱回収発電事業
- (3). ビール工場省エネルギー化モデル事業 (2003 - 2005 年)
  - ハノイ・アルコール・ビール・飲料公社傘下のビール工場における排蒸気再利用、高効率冷却設備、排水処理メタンガス回収ボイラーの導入事業

(4). ベトナム国家エネルギーマスタープラン調査 (2006 – 2008 年)

- ▶ 商工省 (MOIT)、エネルギー研究所 (IE)、エネルギー・石油に対する国家エネルギーマスタープラン策定支援

### 3.6 環境政策

ベトナム政府は、1992 年に気候変動枠組条約 (UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change) に調印し、1994 年 11 月に同条約を批准した。その後、資源環境省 (MONRE) を中心に作業を進め、2003 年には国の気候変動対策指針とも言うべく、Initial National Communication を UNFCCC に提出した。

図 3-6 に 1994 年のセクター別地球温暖化ガス排出量を示す。ベトナム経済の目ざましい発展により、排出量の大幅な伸びが懸念されるなか、ベトナム政府は各種抑制戦略を打ち出している。表 3-5 にセクター別の主な戦略と期待される抑制効果を、またこうした戦略に基づいた 2010 年および 2020 年の予想値を図 3-7 に示す。各種戦略の実行により、森林・用地の用途変更や農業系セクターにおいては、1994 年と概ね同等程度に抑えられることが分かる。一方で、エネルギーセクターにおいては、各種施策による抑制効果を大きく上回る伸びが予想される。

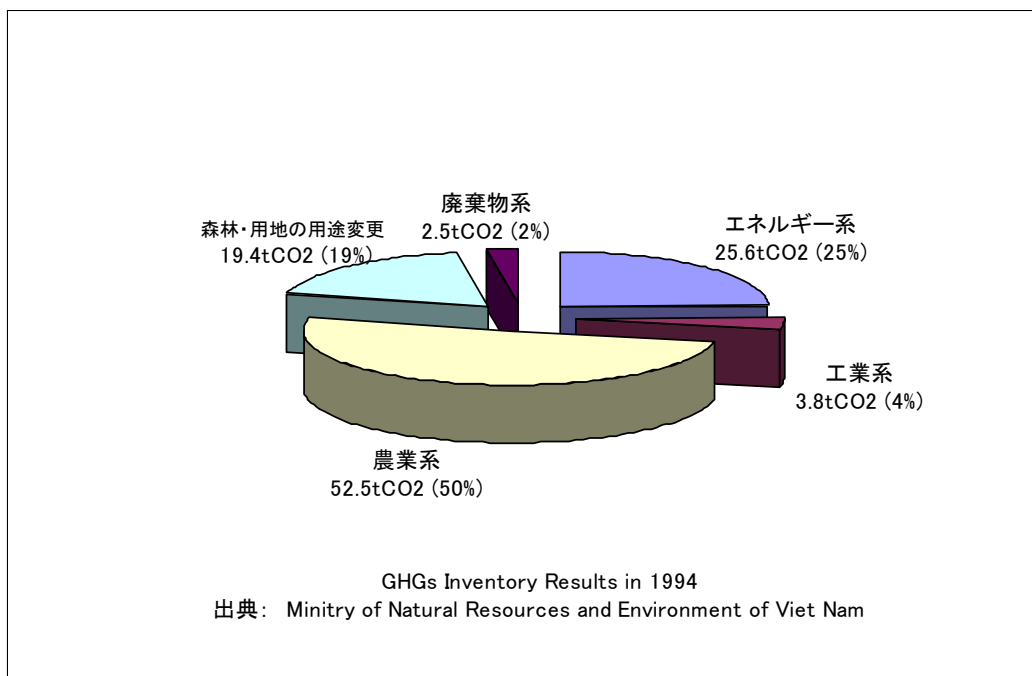


図 3-6 : セクター別地球温暖化ガス排出量

表 3-5 : GHGs 抑制戦略 (2000-2012)

	抑制戦略	期間 2000-2020	
		GHG削減見込	軽減コスト
		tCO2	USDドル/tCO2
エネルギー	石炭ボイラーの高効率化	10.2	3.65
	石油ボイラーの高効率化	3.5	-3.65
	自動車のリーンバーンエンジン採用による高燃費化	21.9	-6.78
	地熱発電の開発	29.2	5.15
	太陽光発電の開発	26.1	6.01
	風力発電所の開発	34.0	4.64
	石炭調理器の高効率化	73.0	-4.15
	照明器具の高効率化	16.0	-8.31
	工業モーターの高効率化	70.0	-7.19
	合計	283.9	
森林・用地	森林保護	1320.6	0.21
	森林育成と再生	372.6	0.11
	保護林の植樹	325.8	0.26
	短期森林再生	445.8	-0.15
	長期森林再生	496.1	0.2
	個別樹木の植樹	278.7	2.56
	合計	3239.6	
農業	田んぼの水利管理	105.0	13.12
	家畜の飼料処理	8.0	5.19
	バイオガス利用	27.3	3.41
	合計	140.3	

出典 : Ministry of Natural Resources and Environment of Viet Nam

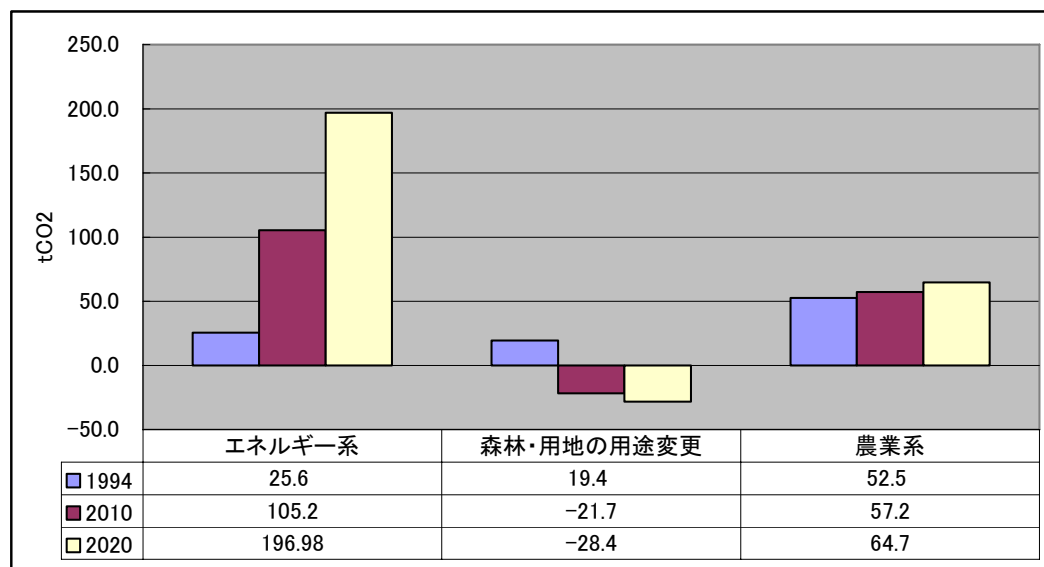


図 3-7 : 主要 3 セクターの地球温暖化ガス排出量予想値

出典 : Ministry of Natural Resources and Environment of Viet Nam

## 4. ベトナムのクリーン開発メカニズム (CDM)

### 4.1 ベトナムのクリーン開発メカニズム (CDM) への取り組み

前述のとおりベトナム政府は、1994年にUNFCCCを批准、その後2002年9月25日には京都議定書を批准し、同国のクリーン開発メカニズム (CDM) への積極的な取り組みを進めてきた。2003年には天然資源環境省 (Ministry of Natural Resources and Environment : MONRE) を UNFCCC と京都議定書の実施に関する担当機関に任命し、MONRE 国際協力局 (International Cooperation Department : ICD) が CDM 国家機関 (CDM National Authority : CNA) に指定された。

2003年から2004年には、案件活動の発展、有効化、実施、モニタリング、認証等に関するCANの機能について法的規制を整え、2004年から2005年にはそれらの業務についてCAN (DNA)が有効に機能することを目標に準備作業を進めてきた。その後、CDM案件に関する規制の質的向上を図り、2007年8月20日にクリーン開発メカニズムにもとづく投資プロジェクトに対する資金メカニズムおよび政策に関する首相決定第130/2007/QD-TTg号規定を発効し、2008年7月4日にはCDMプロジェクトに適用する財政メカニズムおよび政策に関するガイドラインを発表した。

このガイドラインでは、CDMの課金制度が盛り込まれた。CERの保有者は、CERを販売または移転する場合、MONREおよびベトナム環境保護基金に報告し、CERを販売または移転する前に、CER販売手数料の納付を完了させなければならないとされた。この課金率は、プロジェクトの計画や投資・実施分野によって異なるが、表4-1に示すとおり1.2%から2%に設定されている。また、ODA資金によるCDMプロジェクトについては、取得したCERは国家の所有とするとされ、プロジェクト投資者は、CER販売金額の全額をベトナム環境保護基金に納める責任を有するとある。

CER販売手数料は、その全額がベトナム環境保護基金に積み立てられる(図4-1参照)。環境保護基金の用途は、気候変動およびCDMに関する認識向上のための普及・宣伝活動、CDMプロジェクトの審査・承認およびCDMプロジェクト実施における管理・監督業務、CDMプロジェクト設計書(PDD)作成への支援等への助成が予定されている。また、環境保護基金は、助成対象分野である、再生可能エネルギー(風力・太陽光・地熱・潮力)プロジェクトおよび廃棄物埋立処分場・炭坑から発生したメタンガス(CH<sub>4</sub>)の回収発電プロジェクトにおける発電コストを補填するための助成金としての使用も予定されている。



表 4-1： CDM プロジェクト CER 販売手数料<sup>16</sup>

プロジェクトの計画、投資・実施分野	課金率
エネルギー使用効率の向上、エネルギーの保存、省エネルギー	1.2%
再生可能エネルギー源の開発および応用	1.2%
温室効果ガスの吸収量増大および削減のための植林、森林再生、森林保全	1.2%
温室効果ガス排出量削減のための化石燃料の代替	1.5%
廃棄物処分または発電、生活利用のための廃棄物埋立処分場および炭坑から発生するメタンガス(CH <sub>4</sub> )の回収	1.5%
農業、畜産業から発生するメタンガス(CH <sub>4</sub> )の削減、バイオガスの応用	1.5%
油田から発生する随伴ガスの回収および利用	2%
温室効果ガスの削減に効果的なその他の分野	2%

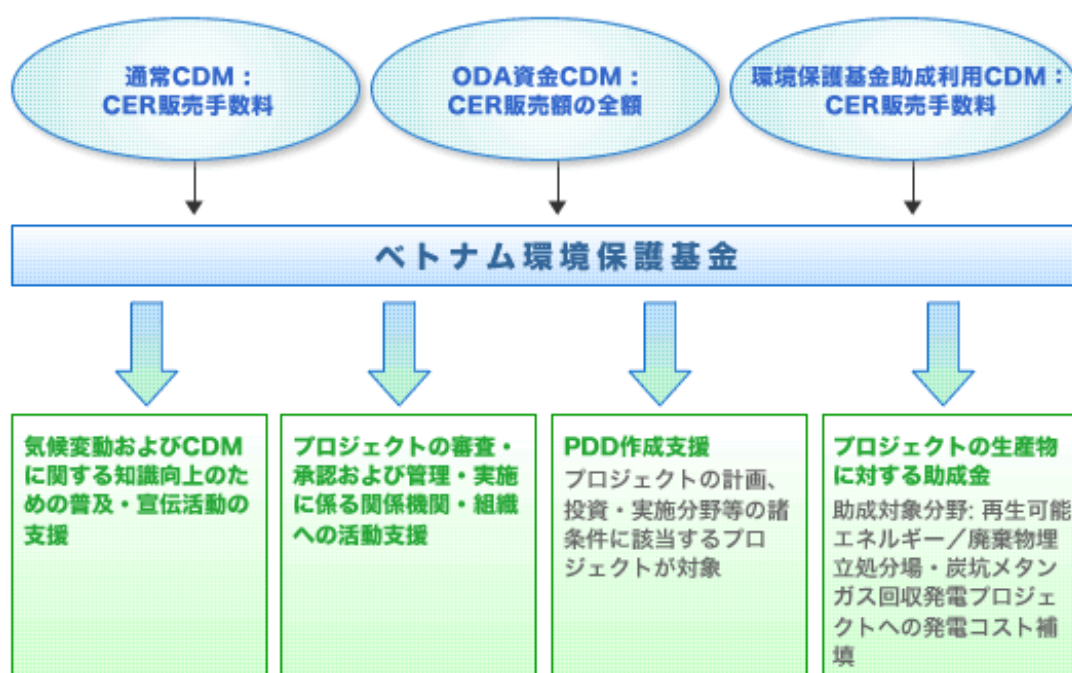


図 4-1： ベトナム国における CDM プロジェクトに適用する財政メカニズムフロー図<sup>17</sup>

<sup>16</sup> 京都メカニズム情報プラットフォーム: [http://www.kyomecha.org/pf/viet\\_nam.html#03](http://www.kyomecha.org/pf/viet_nam.html#03)

<sup>17</sup> 京都メカニズム情報プラットフォーム: [http://www.kyomecha.org/pf/viet\\_nam.html#03](http://www.kyomecha.org/pf/viet_nam.html#03)

## 4.2 クリーン開発メカニズム（CDM）承認体制

ベトナムのDNAは当初CANのMONREが担っていたが、現在では気象・水・気候変動局（Department of Meteorology, Hydrology and Climate Change）が認定されている。

DNAは16名で構成され、天然資源環境省(MONRE)、外務省(MOFA)、商工省(MOIT)、文化スポーツ観光省(MOCST)、計画投資省(MPI)、財務省(MOF)、交通省(MOT)、科学技術省(MOST)、労働傷病兵社会福祉省(MOLWS)、建設省(MOC)、農業農村開発省(MARD)、ベトナム科学技術協会(VUSTA)、教育訓練省(MOET)、法務省(MOJ)からそれぞれ1名ずつ参加している（図4-2参照）。

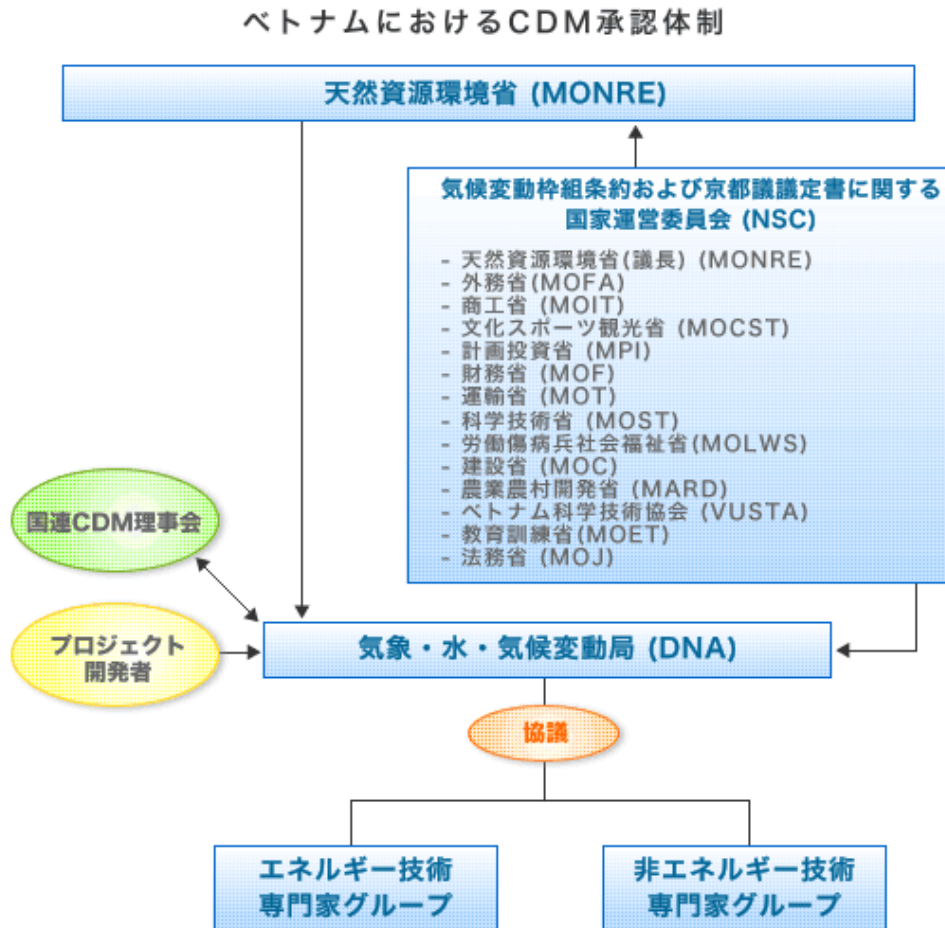


図 4-2： ベトナムにおける CDM 承認体制

(出典：京都メカニズム情報プラットフォーム)

MONRE は引き続き同組織の議長を務め、CDM プロジェクト開発者から提出された申請書は、内容によって関連省庁がその事前審査を担当し、DNA に所見を提出する。また、DNA の下部組織にエネルギー技術、非エネルギー技術の専門家グループが組織され、必要に応じて専門的な調査・検証が行われる。

DNA によるホスト国承認基準は以下の 2 項目である。

#### 1. 必須要求項目

持続可能性	当該案件は、ベトナムの持続可能な発展に資すること。
追加性	環境追加性：案件が実施されない場合に比べて、GHG 排出削減が追加的であること。 資金的追加性：案件が実施されない場合に比べて、投入される資金が追加的であること。

#### 2. 優先的項目

案件が、ベトナムの持続可能な発展に寄与する規定との関連から、商業的実効性を有すること。ここでいう「商業的実効性」とは、この案件が、国際的な投資家の需要を反映した数値的な基準に基礎をおくものである。

CDM 承認申請の際は、以下の 5 つのドキュメントを英語、ベトナム語でそれぞれ 15 部ずつ提出する必要がある。

- CDM プロジェクト申請書
- Project Design Document (PDD) 若しくは PIN (Project Idea Note)
- 人民委員会からの推薦レター
- ステークホルダーズコメント
- 環境影響報告書 (EIA: Environmental Impact Assessment)

#### 4.3 クリーン開発メカニズム (CDM) の実績

ベトナムにおける CDM の登録実績は 2 件ある。その第一号は、ベトナムの南西部に位置する RANG DONG オイルフィールドにおける発生ガスの回収利用事業で、2006 年 2 月 4 日に登録され、677,000 CO<sub>2</sub> トンの排出削減量と算定されている。もう一件は、同年 6 月 26 日に登録された SONG MUC 水力発電所の再生化プロジェクトで、削減量は 4,306 CO<sub>2</sub> トンと試算される。

ベトナム政府はこれまで 56 プロジェクトに承認を与えており、全プロジェクトによる削減量は、年間 453 万 CO<sub>2</sub> トンと試算されるなど CDM プロジェクトに関する関心は高い。しかし、56 プロジェクト中、44 プロジェクトが水力発電に関するものであり、その殆どが国連承認に至っていない現状である。国連承認件数の比較では、マレーシアの 32 件、タイの 10 件に対して著しく低い。

この原因として、ベースライン算定における公的な信頼性のあるデータの不足や、グリッド電源の排出係数の算定において実データではなく政府の電力事業計画に基づく試算が行われていることなどが上げられる。また、ベトナムでは各産業における投資指標が定まっていないことから、追加性の証明が困難であることも国連承認を妨げる要因となっている。

本調査によれば、こうした問題点は既にベトナム政府でも認識されており、エネルギー研究所 (Institute of Energy: IE) では、グリッドの排出係数の国内指標の構築など、CDM プロジェクトの平準化に向けた動きを進めている。

## 5. プロジェクトの概要

### 5.1 事業概要

#### 5.1.1 プロジェクトの背景および目的

現在、ベトナム・ホーチミン市の電力施設は、ホーチミン市電力会社（HCMPC）が創業した 30 年ほど前から年々拡張されているが、初期に導入された施設の老朽化が進み、システムの一部では送電ロスが 50%にも達すると言われている。送配電設備のキーデバイスである変圧器の効率の悪化も問題視されており、変圧器効率の指標である負荷損失や無負荷損失も、近年の標準機器に比べて著しく大きい。一方で、同市の電力需要は年間 10%程度の増加が続き、こうした老朽化した既存施設の改修ではなく、新規施設の構築に予算が配分される傾向にある。

本プロジェクトは、高効率変圧器の導入により、HCMPC が管理運営するホーチミン市内の配電網の効率化を図るものである。本プロジェクトの実施により、変圧に伴う送電ロスを減らし、温室効果ガス排出量を低減する。これにより、送電ロスに起因する変圧器から継続的に発生する温熱量も低減され、ヒートアイランド現象などの都市部の生活環境汚染を抑制する。また、老朽施設の改善は、漏電による停電率の改善や火災の防止など安全性の向上にも寄与する。

本プロジェクトで導入を検討する変圧器は、我が国のトップランナー制度で採用されるアモルファス変圧器で、現在ベトナムで一般的に利用されるシリコン型の変圧器に比べ、変電効率が高く、供給可能電力量の増加が見込めるため、同国の電力需要の拡大に対する施策としても有効で、安定した電力供給の実現にも寄与するものと期待される。

負荷損失のデータによれば、アモルファス変圧器の損失は、30 年前の日本の JIS 規格に則った変圧器に比べて約 3 分の 1 程度であり、最新のシリコンタイプの変圧器に比べても 2 分の 1 程度と格段に高い効率を持つ。こうした変圧効率の改善は、特に低負荷運転時に顕著であり、エリアによって電力需要が著しく異なる同国の設備に適したものである。また前述のとおり、同変圧器は運転時の機器本体の温度が低いため、地域の大気汚染（温熱環境）の改善にも寄与する。

本プロジェクトの実施に際しては、他国からの変圧器の輸入に頼るのではなく、ベトナム国内で生産を可能にするための技術移転を検討している。これにより、同国の雇用

が確保されるだけでなく、より高い技術の習得や新たな市場の創出による経済の活性化にも繋がる。この技術移転の円滑化および効率化を図るため、本調査を通じて、アルモファス金属を供給する日立金属株式会社による技術指導や情報提供が効果的に行われた。

### 5.1.2 プロジェクト参加者

プロジェクトの実施主体は、ホーチミン電力(HCMPC: Ho Chi Minh City Power Compaby)である。同社は、ベトナム電力 (EVN) 傘下の送配電サービス供給事業者で、Phu Lam 地区と Nha Be 地区にそれぞれ 500kV および 220kV の変圧ステーションを有し、3,500 MVA の電力を 42 ヶ所の 110kV サブ変圧ステーションと 380km の送電網を經由し、約 2,000km<sup>2</sup> のエリアに住む 600 万人の需要者に供給している。図 5-1 は、同社の配電網イメージを示す。

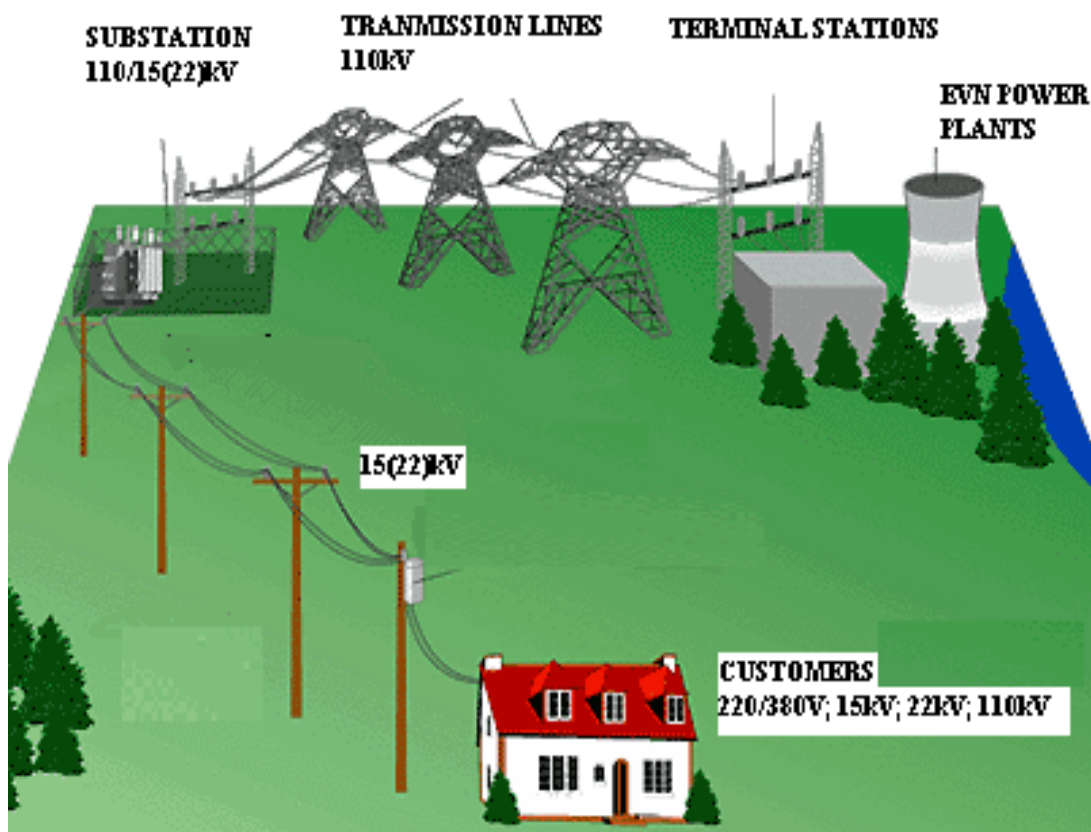


図 5-1： ホーチミン電力配電網イメージ

出典：ホーチミン電力

ホーチミン電力の企業概要を以下に示す。

(平成 20 年 9 月現在)

従業員数：	7,500 人
契約顧客数：	1,581,205 顧客
需要内訳：	産業系 (45%)、サービス業系 (15%)、住宅系 (35%)
ピークロード：	2,178 MW
配電損失レート：	7.07% (2007 年)
主な供給事業：	電力事業、通信事業、ファイナンス、バンキング、不動産等

本プロジェクトは、このような HCMPC の有する配電網における高効率変圧器の導入および CDM 化を図るもので、図 5-2 に示す各関連企業がそれぞれ以下の役割を担い、HCMPC を支援する。

三菱 UFJ 証券は、CDM コンサルタントとして同プロジェクトの CDM 化のアドバイスを行う。また、本調査の現地カウンターパートの ECC は、CDM プロジェクトアドバイザーとして、引き続き三菱 UFJ 証券のカウンターパートとして HCMPC をサポートする。

本 CDM プロジェクトのプロジェクト活動となるアモルファス変圧器は、現地の変圧器製造業者により製造・供給される。変圧器製造の技術移転に関しては、ベトナム政府が過半数の株式を有する Thibidi 社と前述の日立金属株式会社の間で協議が進められている。また、変圧器製造業者には、当面の間、海外のアモルファスコア製造業者からコアの供給を受ける予定であるが、将来的には Thibidi 社による国内生産も視野に入れている。

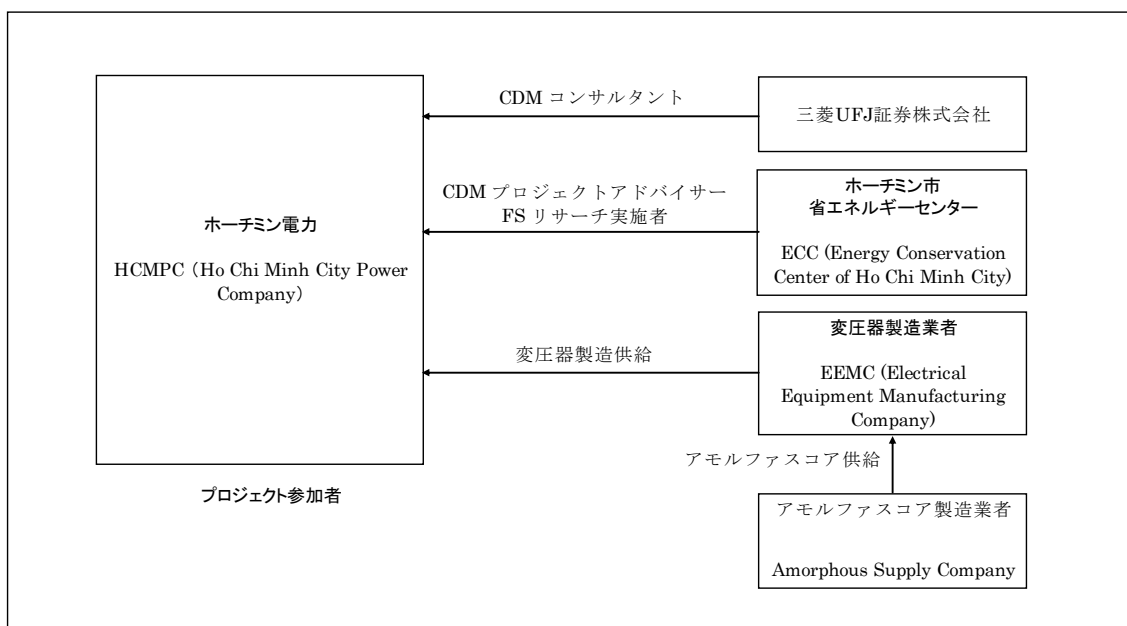


図 5-2： プロジェクト実施体制

### 5.1.3 事業実施サイト

本プロジェクトの対象サイトは、ホーチミン市全体の電力送電網である。図 5-3 は HCMPC の有する配電ネットワークを示す。前述のとおり、同社はベトナム電力公社 (EVN) 傘下の 11 社の配電事業者の 1 社で、全長 1 万 km を越える送電網を通じて、約 160 万拠点に電力を供給している。



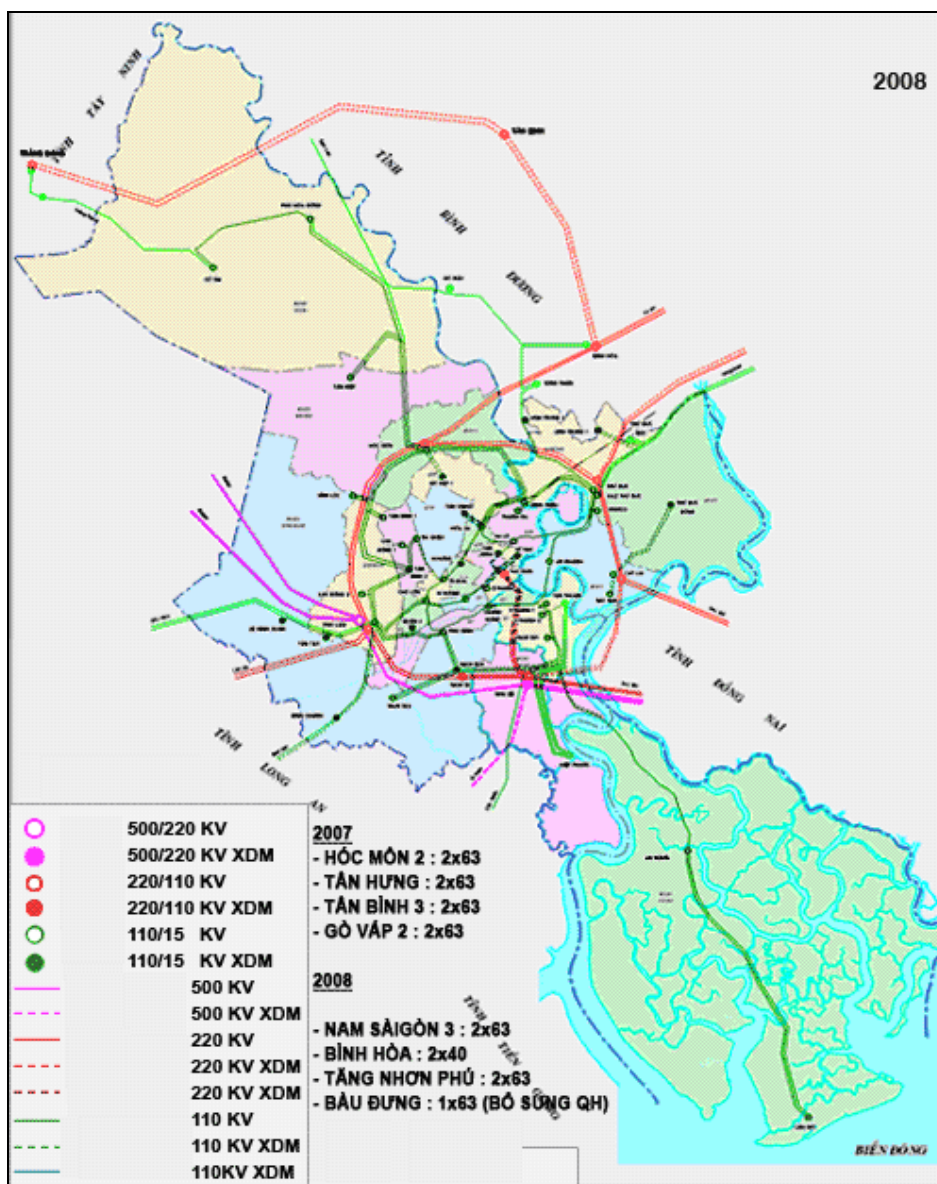


図 5-3 : ホーチミン電力変圧ネットワーク

出典：ホーチミン電力

同地域の電化率はほぼ 100%に達しており、その安定供給と送電ロスの低下が HCMPC の最重要施策となっている。ベトナム国では、配電事業者から直接供給されるエリアと Districts 単位および Communes 単位で配電網が管理されるエリアに分かれるが、HCMPC 傘下の配電網にも 5つの Districts と 61 の Communes が存在し、その劣悪な管理状態に起因する損失改善対策は特に重要視される。

こうした中 HCMPC では、

- (1) 変圧器容量およびトータル損失の標準化、
- (2) 老朽化した機器の改修推進、
- (3) 三相変圧器のバランスによる負荷の平準化、
- (4) アモルファスのような高効率変圧器の導入の検討

などの変圧損失の各種低減対策を積極的に推進している。

図 5-4 は、HCMPC 全体の供給電力量と損失レートの推移を示すが、この 8 年間で供給量が約 2 倍に増加している一方で、損失レートは 4% 近く減少しており、同社の改善施策が有効に作用していることを示している。

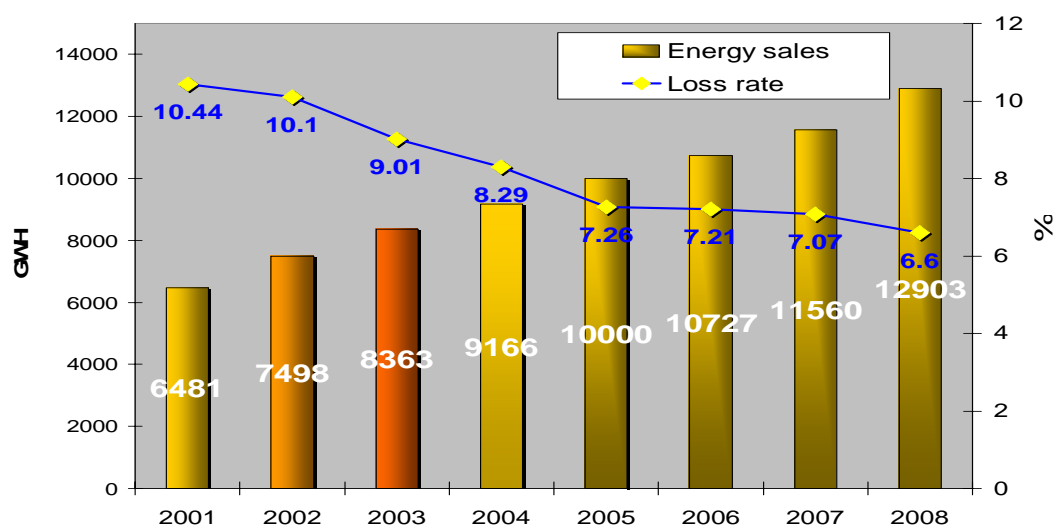


図 5-4： ホーチミン電力供給電力量と損失レートの推移

出典：ホーチミン電力

## 5.2 プロジェクト活動（アモルファス変圧器）

### 5.2.1 非晶質アモルファス金属

変圧器を構成するコア部分に用いられるアモルファス金属は、原材料を 1 秒間に 1,000,000 度という超急速冷却を行い、0.025mm の薄いリボン状にしたものである。この冷却工程により、通常結晶状態になる金属分子が、非結晶状態（図 5-5）のまま成型さ

れることで以下の特性を有する合金となる。

[アモルファス合金の特性]

- 鉄損が小さい
- 透磁率が高い
- 磁歪を広い範囲で制御
- 電気抵抗率が高い
- 熱膨張係数の温度係数が小さい
- 機械的強度が大きい

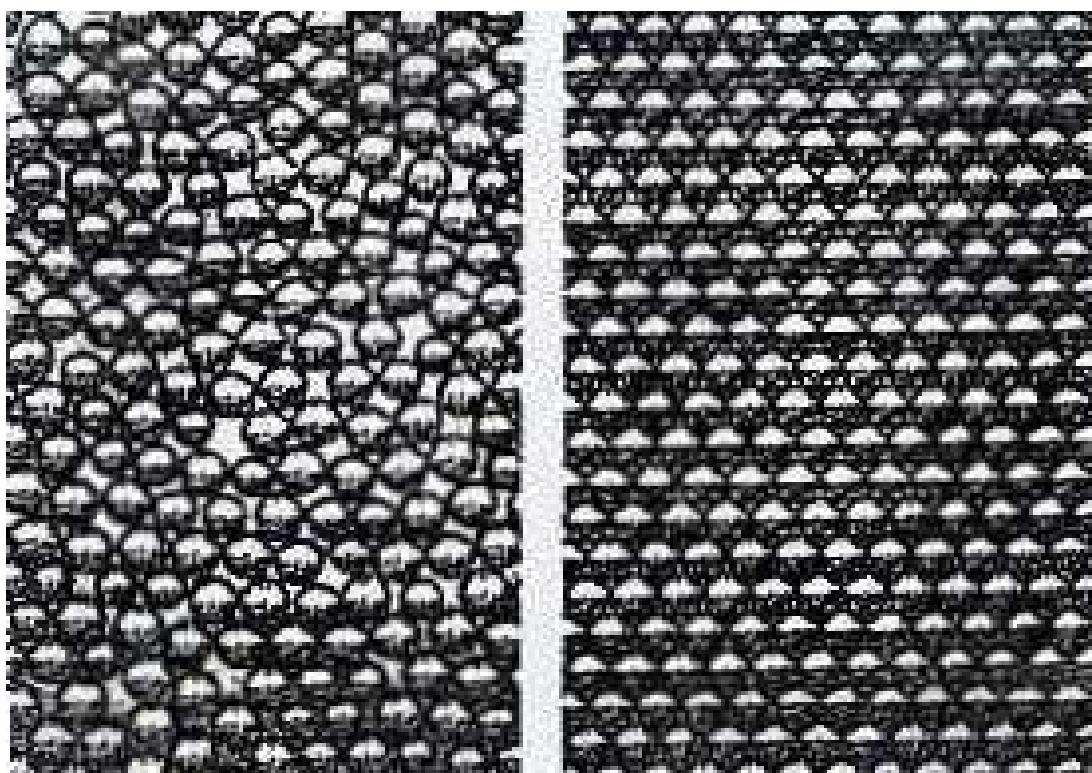


図 5-5： 非結晶金属（左）と結晶金属（右）の構造模型

## 5.2.2 変圧器の構造

変圧器の構造は、主に鉄心と巻線（一次および二次）から成る。図 5-6 はその概念を示す。入力巻線（一次巻線）の交流電流により変化する磁場を発生させ、それを相互インダクタンスで結合された出力巻線（二次巻線）に伝え、再び電流に変換している。変圧器によって電圧を変更することを変圧といい、電圧を上昇させることを昇圧、逆に下降させることを降圧という。配電網に用いられる変圧器は、一般に降圧変圧器である。

一次電圧  $V_1$  と二次電圧  $V_2$  の比を変圧比という。また、一次巻数  $N_1$  と二次巻数  $N_2$  の比を巻数比または変成比という。理想状況下における変圧器の場合、この変圧比と巻線の巻数比は等しい。

一次巻線と二次巻線を相互インダクタンスで結合する磁気回路として、通常は鉄心が用いられる。高周波用には鉄心を有しないものもあり原理的には変圧器と同じであるが、一般にコイルと呼ばれる。変圧器の鉄心には鉄損が少なく、飽和磁束密度・透磁率の大きい材料が適しているケイ素鋼板が最も多く用いられる。こうしたケイ素鋼板は特定の方向に磁化し易い方向性鋼板である。一方で本プロジェクトでは、損失の低減を図る目的で非方向性のアモルファス磁性材料を用いる変圧器の導入を検討する。

鉄心と巻線の配置は内鉄形と外鉄形の二種類があり、以下にそれぞれの特性を示す。

#### [内鉄形]

- 鉄心の周りに低圧巻線、その周りに高圧巻線を配置する同心円配置のものが多い。
- 鉄心より巻線が多くなり、銅機械となる。
- 絶縁のため高電圧に用いられる。

#### [外鉄形]

- 巻線の周りに鉄心を配置したものである。
- 鉄心の周りに低圧巻線・高圧巻線を交互に配置する交互配置のものが多く。
- 巻線より鉄心が多くなり、鉄機械となる。

鉄心に主磁束を形成する電流を励磁電流といい、理想的な変圧器では、励磁電流の位相は一次電圧よりも  $90^\circ$  遅れる。実際には鉄心の磁気飽和やヒステリシスにより励磁電流の波形は主に奇数次の高調波ひずみを含む。

変圧器の損失には、無負荷損（鉄損）と負荷損があり、前者は通電（励磁）している場合、負荷の大きさに関係なく生じる損失で、後者は損失負荷電流の2乗にほぼ比例する損失である。負荷損は、銅損（巻線の電気伝導体の電気抵抗によるジュール損）と漂遊負荷損（漏れ磁束による変圧器各部に生ずる渦電流損）から成る。アモルファス変圧器の特徴は、ケイ素鋼板性の変圧器に比べ、無負荷損が小さいところにある。

鉄心および巻線と変圧器フレームとの絶縁を図るための絶縁物は、シリコン油や合

成樹脂モールド、空気、六フッ化硫黄(SF6)ガスなどが用いられ、それぞれ油入変圧器、モールド変圧器、乾式変圧器、ガス変圧器と呼ばれる。

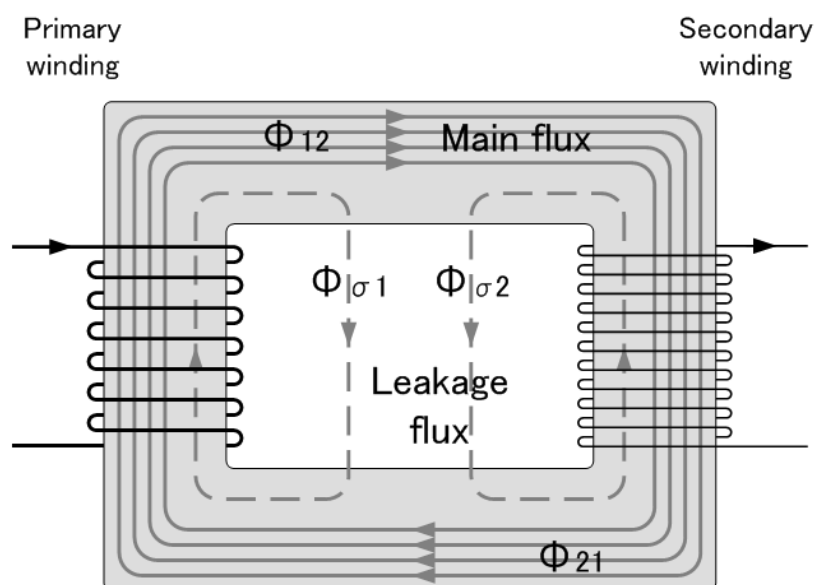


図 5-6： 変圧器の概念

出典：Wikipedia Website

### 5.2.3 アモルファス変圧器の特性

変圧器の損失の中で、負荷損は巻線で発生し、無負荷損は鉄心で発生する。無負荷損には、ヒステリシス損と渦電流損があり、前者は電磁鋼板の磁区構造に関係し、後者は電磁鋼板の厚さ（電気抵抗）に関係する。鉄心にアモルファス金属を用いるアモルファス変圧器は、分子が非結晶状態にあるため、極性の切り替えが容易で、ヒステリシス損の低減が可能である（図 5-7）。また、表 5-1 に示すとおりアモルファス合金は、ケイ素鋼に比べ厚さが薄く、電気抵抗が大きい特徴を有しており、渦電流損も大きく低減できる。

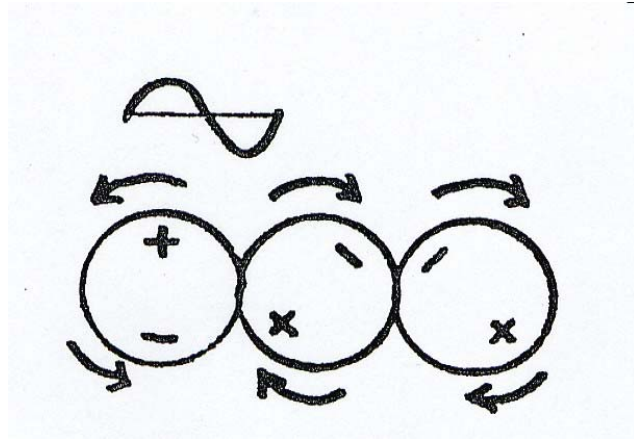


図 5-7： 極性の切り替えイメージ

表 5-1： 電磁鋼板の比較

電磁鋼板の比較		
磁性体材料の種類	厚さ (mm)	電気抵抗 ( $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )
ケイ素鋼	0.3	45
アモルファス合金	0.025	130
特性の比較	1/12倍	2.9倍

図 5-8 は、ケイ素鋼変圧器の鉄心構造（短冊積鉄心と額縁鉄心）とアモルファス変圧器（巻鉄心と三脚巻鉄心）の鉄心構造を示す。また図 5-9 は、5 脚巻鉄心タイプのアモルファス変圧器を示す。アモルファス鉄心は、薄いリボンを積層する構造であるため、コーナー部分が曲線で抵抗を軽減できることが分かる。

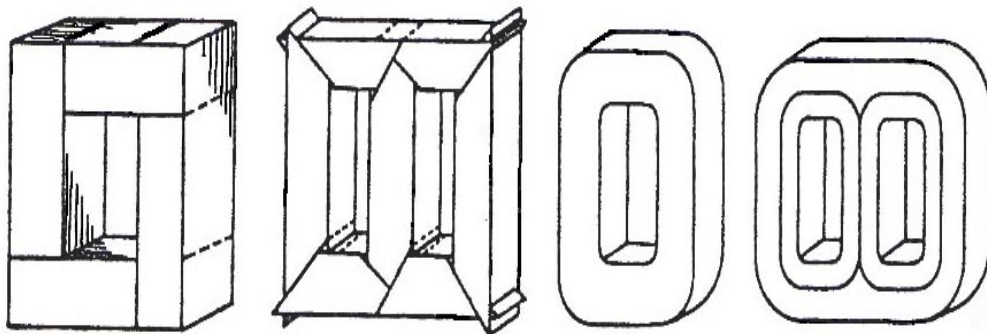


図 5-8： 鉄心構造（短冊積鉄心、額縁鉄心、巻鉄心、三脚巻鉄心）

出典：日立金属株式会社資料

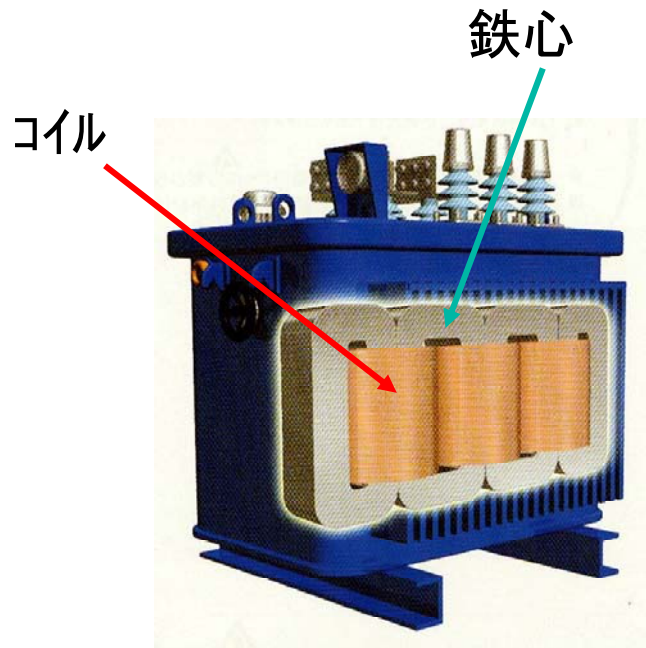


図 5-9： 5脚巻鉄心タイプのアモルファス変圧器

出典：日立金属株式会社資料

こうした変圧器の損失は、全て熱になって大気中に放熱される。図 5-10 に示すように、ケイ素鋼のコアを用いた変圧器に比べ、アモルファスコア部分の温度は極めて低い。また、本プロジェクトで温室効果ガス削減の対象としている無負荷損失は、負荷の有無に関らず 24 時間 365 日常に一定のロスを生むもので、周囲の温熱環境に与える影響が大きい。

コア部分の温度が低いということは、機器を構成する部材の温熱劣化を防ぐ効果があり、耐用年数の長期化やメンテナンスコストの低減にも寄与する。また、同機器が室内に設置される状況下では、この熱の放出は全て換気若しくは冷房負荷に加算される。ベトナム南部の気候条件下では、こうした温熱環境の改善は省エネルギー効果に加えて快適性の向上に大きく寄与するものである。



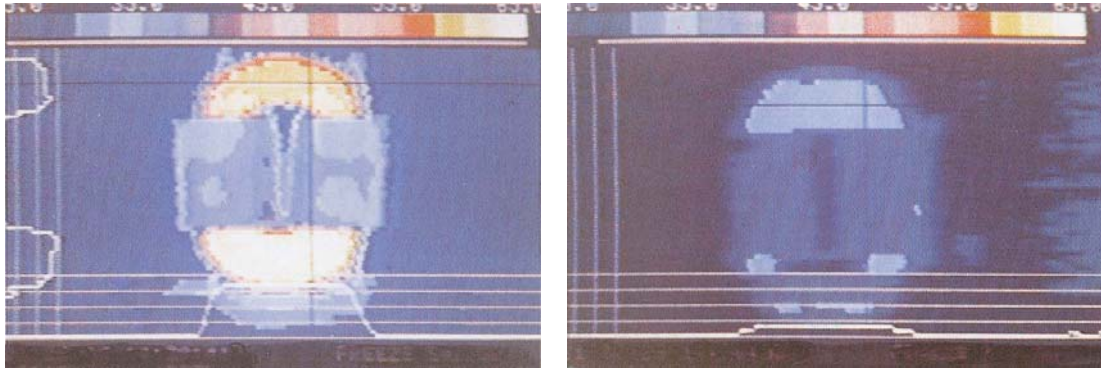


図 5-10: ケイ素鋼コア (左) とアモルファスコア (右) の温度状況

出典：日立金属株式会社資料

#### 5.2.4 各種変圧器の比較

図 5-11 に、我が国における各種変圧器（30 年前のケイ素鋼変圧器、JIS 規格の低損失形ケイ素鋼変圧器、高効率形ケイ素鋼変圧器）とアモルファス変圧器（標準型および高効率型）の損失比較を表す。現在の JIS 規格の値を 100%とした場合、30 年前のケイ素鋼変圧器の定格負荷損および無負荷損の合計は、114%であったのに対し、高効率形アモルファス変圧器は 38%と、その効率が極めて高いことが分かる。

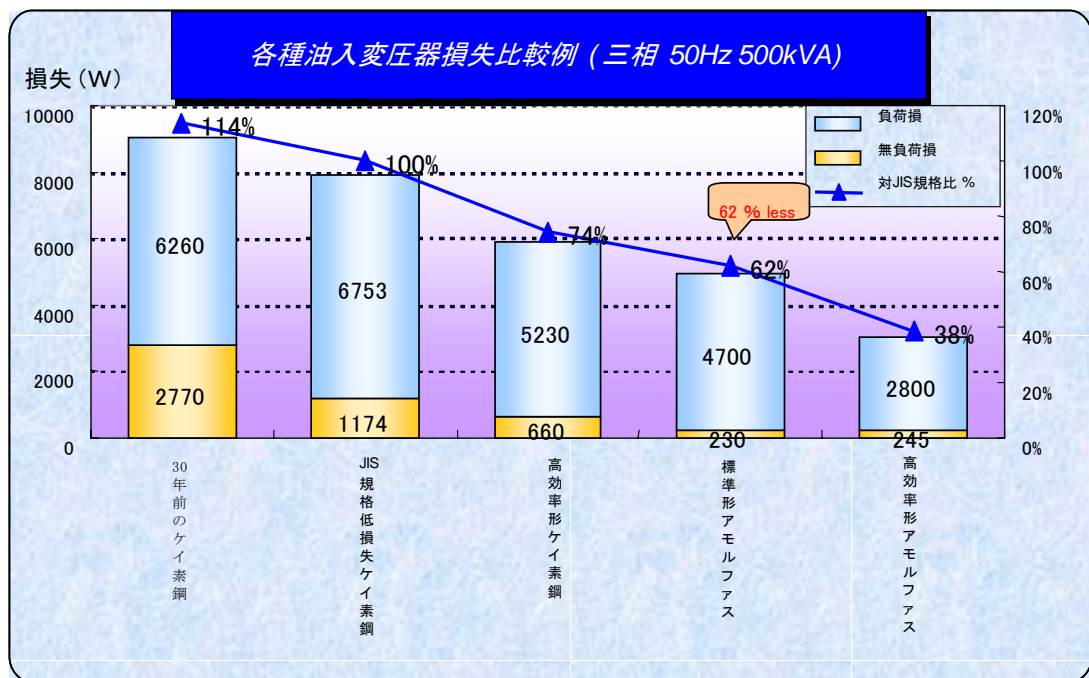


図 5-11： 各種変圧器の損失比較



実際の稼働状況下における有効性の判断には、こうした機器固有の定格値の比較とともに、実回路での変圧器の損失分析が重要になる。実回路では、高調波と呼ばれる通常の商用周波数より高い周波数成分を含んだ歪んだ電流が多く流れる。この高調波の発生源は、テレビやパソコン、エアコン、電子レンジなどの家電用品や、インバーターや電気炉などの特殊電力であり、近代化が進む都市部では特に大きな影響を受ける。

磁性体材料の周波数特性曲線（図 5-12）からも分かるように、周波数が高くなると損失は増加する。この増加率は、渦電流損の場合周波数の 2 乗に比例して、ヒステリシス損の場合周波数に比例して大きくなる。こうした高周波が機器に加わった場合の無負荷損失周波数は、磁束密度に関係して異なってくる。表 5-2 に、ケイ素鋼板とアモルフォス変圧器の 60Hz と 600Hz の場合の無負荷損失の増加率の比較を示すが、ケイ素鋼板変圧器のほうが高周波による影響を受け易いことがわかる。つまり実回路上では、機器の定格値以上の差異が生じることになる。

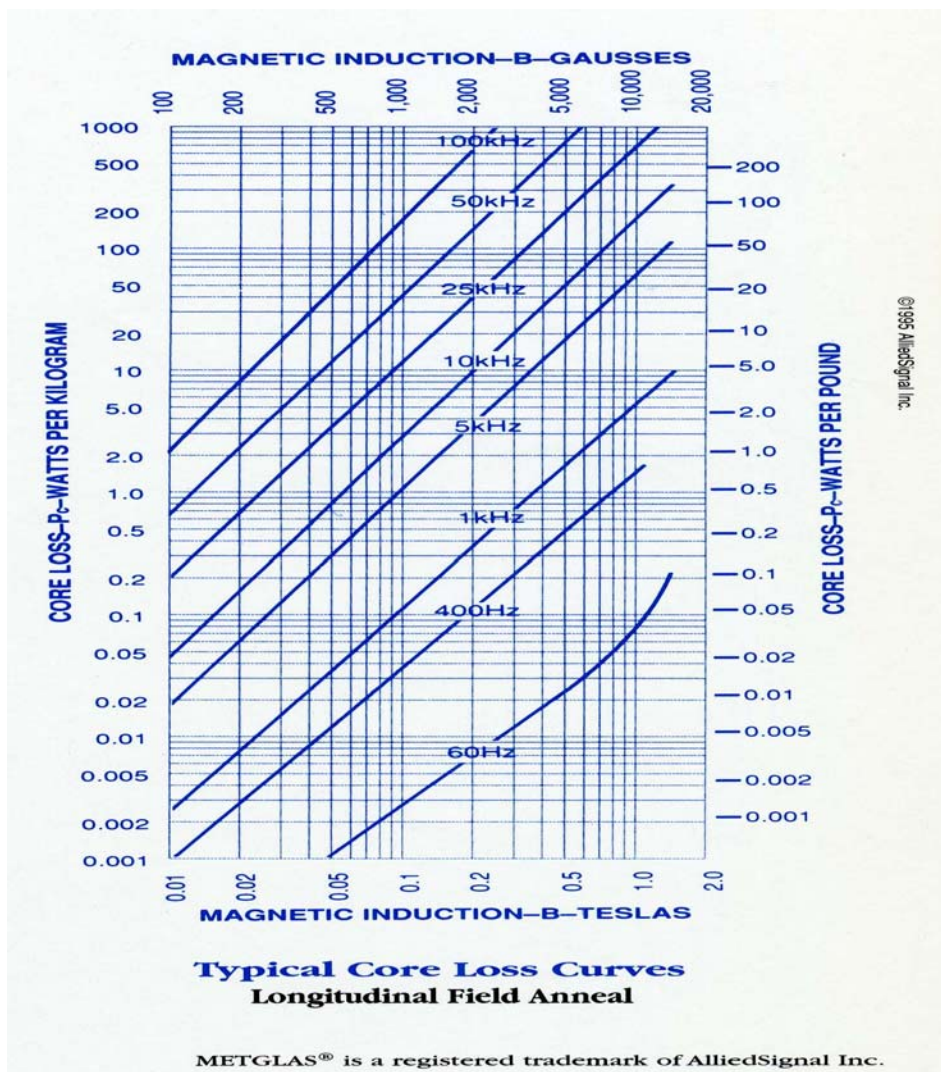


図 5-12： 磁性体材料の周波数特性曲線

表 5-2： ケイ素鋼板とアモルフォス合金の無負荷損周波数特性比較

周波数	60Hz	600Hz	増加率
方向性ケイ素鋼板 (磁束密度1.7T)	約1.0 (W/Kg)	約30 (W/Kg)	30倍
アモルファス金属 (磁束密度1.3T)	約0.14 (W/Kg)	約2.7 (W/Kg)	19倍
比較値	7倍	11倍	158%

このようにアモルファス合金を用いる変圧器の特徴は、ケイ素鋼板タイプの変圧器に比べ、無負荷損を低減する効果があり、実用回路のもとでは定格値以上に損失削減の効果が見込まれる。また、前述のとおり、変圧器の損失は全て熱に変化するため、アモルファス変圧器の運転温度はケイ素鋼板に比べて低くなる。これによって、

- (1) 変圧器の絶縁材料の寿命延長、
- (2) 絶縁油劣化の軽減、
- (3) 一時的な過負荷への対応力が高い、
- (4) 電気室悠長負荷の低減、
- (5) 室温低下により電子機器への温度影響低下

などの副次的効果を齎す。

### 5.3 ベトナムにおける変圧器標準規格

#### 5.3.1 国内変圧器製造規格

ベトナム国内の変圧器供給は、Thibidi 社および EMC 社の 2 社の国内変圧器製造企業による国内生産に加え、GE や Wagner、Standard、ABB、SCCD、TAKAOKA、Osaka、Mitsu、Letrans、MG、TSC、Tatung、Westinghouse、Hitachi、Spokane など、多くの外国企業からの輸入により賄われている。変圧器の国内規格は、TCVN1984 – 1994 によって定められているほか、電力配電会社の独自標準に応じて定められている。

変圧器の性能を評価するうえで、最も重要な負荷損および無負荷損の基準値を以下に整理する。各電力配電会社の独自標準は、全て TCVN1984 – 1994 規格を上回るものであるが、それぞれの会社の供給エリアにより、その標準値は大きく異なる。特に、PC2 や HCMPC のような首都圏を中心としてサービス供給する会社の水準は、PC3 のような中央ベトナムを中心としたローカル地域にサービス供給する企業に比べて高い。前者の規格は DLTP 2077 – DLDN 800 に準じており、後者は TCVN1984 – 1994 および QD1545 に則っている。表 5-3 は、各社の基準に対応する Thibidi 社製の変圧器の仕様をまとめたものである。写真 5-1 および 5-2 に、それぞれ同社の単相および三相変圧器の外観写真を示す。

表 5-3 : 配電会社変圧器無負荷損失基準比較

容量 (kVA)	無負荷損失 (W)	
	PC2 / HCMPC (ケイ素鋼板)	PC3 (ケイ素鋼板)
100	230	330
160	280	510
250	340	550
320	390	700
400	450	900
560	580	1,000
630	787	1,300
750	855	1,400
800	880	1,460
1,000	980	1,700
1,250	1,020	1,800
1,500	1,305	2,200
2,000	1,500	2,800
2,500	2,870	3,500



写真 5-1 : Thibidi 社製単相変圧器



写真 5-2 : Thibidi 社製三相変圧器

### 5.3.2 ベトナム国内の変圧器標準

前項で述べた HCMPC や PC2 の変圧器に関する基準は、国際基準 ISO 標準を上回るものであり、ベトナム電力公社 (EVN) の施策に基づき、配電施設の高効率化が進められていることが分かる。こうした国際的にも高い水準を遵守するためには、コアの材質として”Hi-B”と呼ばれる高性能のケイ素鋼を採用する必要があり、現在、こうしたコアは全て海外からの輸入に頼っている状態である。このため、製品の高コスト化や安定供給、品質の確保などに課題が残されている。

このように現行の標準が既に高いレベルにあるものの、本調査を通じてアモルファス変圧器の導入により、現行の HCMPC の高効率化施策の目標値を更に大きく上回ることがわかった。また、現地での日立金属株式会社によるアモルファス変圧器技術の紹介により、Thibidi 社では、アモルファスコアを用いた製品の施工性や保守性、耐久性の高さを理解し、導入に向けた検討を開始した。既に基本設計は完了し、機器製造の体制は整っているが、初期コストを重視した従来型の入札制度の下では、市場での受け入れ状況に不安があり、今後の更なる検討・分析が必要としている。また、Hi-B コア同様にアモルファスコアの供給も、当初は海外からの輸入に頼ることになり、その納入ルートの確保も課題となっている。

一方でベトナム政府の要請により、EVN では、2010 年までに配電網の損失レートを 8%に低減することが要求されている。これは 2006 – 2010 年の 5 ヵ年計画 (2006-2010 Decision 80/2006/QD-TTg)の基準 (9%)より、更に 1%高い目標値である。こうした需要家サイドの高い要求仕様に応えることは、Thibidi 社をはじめとした機器供給事業者の緊急課題となっており、本プロジェクトには商工省 (MOIT) も高い関心を寄せている。

## 5.4 アモルファス変圧器の国際的普及状況

### 5.4.1 我が国におけるアモルファス変圧器

我が国における有効な省エネルギー施策のひとつとして、トップランナー制度が挙げられる。これは、高効率の先行機器 (トンプランナー) の水準以上の製品の導入および開発に努めようとするもので、現在21種類の特定機器がトップランナーに選定されてい

る。この選定には、国の審議会である「総合資源エネルギー調査会」の下部組織として設けられた「省エネルギー基準部会」においてトップランナー基準の対象とすることが適当であるとされた機器と規定されている。

この21機器のうちのひとつが変圧器であり、2006年から適用が開始されている。図5-13に表すように、アモルファス変圧器の基準は、我が国のトップランナー基準に比べても更に高い水準にある。特に無負荷損失に関しては、ケイ素鋼変圧器のトップランナー機器に比べても3分の1程度の損失である。

こうした高効率の変圧器が、電力会社により採用されるための第一の障害は、その初期コストの高さにある。電力会社等のインフラ供給事業者の投資判断指標には、TOC (Total Owning Cost)が用いられるが、内部利益の優位性を見た場合、高コスト傾向になるアモルファス変圧器の導入が見送られることになる。このため、日本国内でのアモルファス変圧器の普及率は、未だ極めて低い状況にある。

こうした投資効果の判断では、特にベトナムなどの発電、送電、配電会社が分社化された場合、配電会社にとっては、送電効率の改善による実質供給電力量の増大のメリットが享受できない問題点が指摘されている。つまり全体（全電力事業）最適が部分（配電事業）最適にならない事象が生じるため、高価な機器の導入が見送られる結果となる。

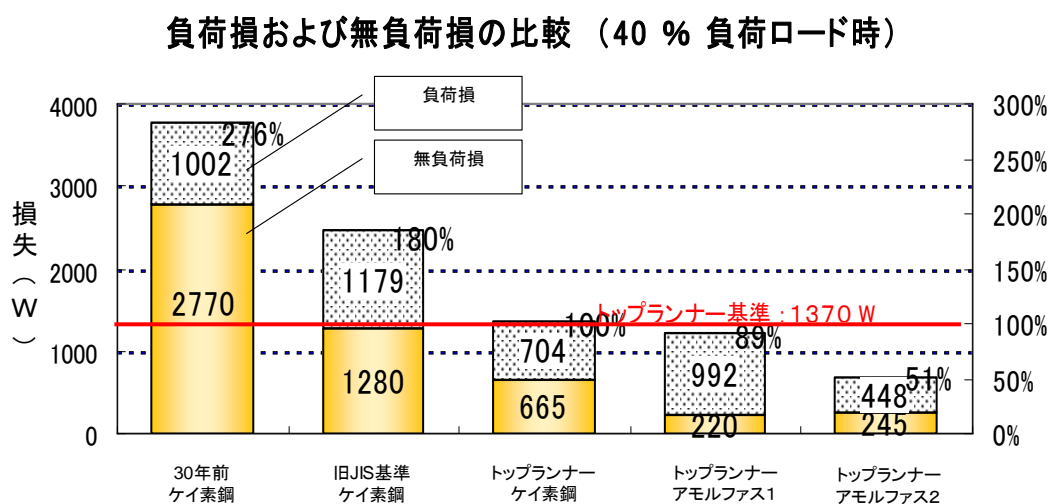


図 5-13: 我が国の負荷損・無負荷損の比較

#### 5.4.2 アモルファス変圧器の世界市場

日立金属によれば、アモルファス変圧器の世界市場規模は、現在 100 億円程度であるが、中国・インドなど、今後、電力供給の増加が見込まれる国における導入が急速に進んでいるため、今後大幅な拡大が予想されるという。これは、日本のトップランナー制度に代表されるように、変圧器効率に対する各国の要求基準の高まりが大きな要因となっている。また、高効率製品を生産するために必要とされる高性能ケイ素鋼板の価格の高騰および供給不足も、アモルファスの導入推進の一翼を担っている。前述のとおり、ベトナムの製造業者も、こうした中国・インドと同様の問題に直面しており、アモルファス変圧器の導入を望む声が聞かれる。

こうした世界市場における需要増大のなか、アモルファス材料の供給不足の問題も指摘されている。これに対して、世界的にもほぼ独占的シェアを握る日立金属は増産体制構築に向けて新たな投資計画を打ち出すなど、積極的な市場の拡大を目指している。

同社のアモルファス事業は、米国ハネウェル社のアモルファス金属材料事業を買収したことに端を発している。アモルファス変圧器発祥の地とも言える同国では、電力の自由化の影響で高コスト機器の導入が見送られ、GE をはじめとした各社が事業から撤退し、近年は市場がほぼゼロの状態となっている。しかし、米国エネルギー省 (DOE: Department of Energy) が、エネルギー施策の一環として日本のトップランナーに類似した制度の導入を検討しており、アモルファス変圧器への注目も高まってきている。

一方で、環境問題に対する関心の高い EU 諸国では、アモルファス変圧器の導入が進んでいない事実がある。この第一の要因は、変圧器コアの基本構造が、アモルファスのような巻き芯タイプではなく、積み鉄心タイプであることだと考えられている。また、既にインフラ整備が充実しており、新規導入よりは保守・管理が主な業務となっているため、新規機種導入に対するインセンティブが働き難いことも一因である。

このように国際社会においてアモルファス変圧器は、電力需要の増加が著しい新興国で特に注目されるとともに、これまでエネルギー施策や電力業界の構造的要因で、需要が低迷していた米国で大量に導入されることが予想されている。

こうした情勢から判断し、ベトナム国においても、その省エネルギー施策のひとつとして、アモルファス変圧器の導入・普及が進むことが期待される。

## 6. PDD の概要

### 6.1 CDM 適用方法論

#### 6.1.1 適用方法論の分析

電力供給者サイドのエネルギー効率改善に関連するプロジェクトには、通常規模および小規模でそれぞれ1つずつ国連承認済みの適用可能方法論がある。前者は AM0067: *Methodology for installing of energy efficiency transformers in a power distribution grid* (電力配送グリッドにおける省エネルギー変圧器の導入のための方法論)で、後者は AMS II.A: *Supply side energy efficiency improvements – transmission and distribution* (供給側でのエネルギー効率改善 – エネルギー伝送配) である。

AM0067 は本プロジェクトで採用を予定しているアモルファス変圧器を、中国の山東省に導入する株式会社日立産機システムのプロジェクトをベースに、日立製作所株式会社によって開発されたものである。現時点までに、本方法論を用いた CDM プロジェクトの登録事例はなく、早期に実現すれば本プロジェクトがその適用第一号となる。このため、CDM 登録のプロセスに未だ不透明性がある。

一方で AMS II.A は、電力グリッドのみでなくエネルギーの伝送プロジェクトに適用される方法論である。AM0067 同様、同方法論においても、これまで登録されたプロジェクトは存在しない。

以下に方法論 AM0067 の要求に則って、プロジェクトの適用性を分析する。

#### 【技術・手法に関する適用条件】

同方法論は、

- (1) 既存の電力配電網における既存の低効率変圧器を高効率変圧器に交換するプロジェクト、若しくは
- (2) 配電網の拡張により包括される新規エリアでプロジェクトの実施がなければ低効率の変圧器の導入が見込まれる電力配電網に対する新規高効率変圧器の導入プロジェクト



に適用される。

以下に、本プロジェクトにおける、方法論の適用条件との整合性を分析する。

適用条件（１）（２）： 本プロジェクトは、既存の電力配電網における低効率変圧器の高効率変圧器への交換、および配電網の拡張により包括される新規エリアで、プロジェクトの実施がなければ低効率の変圧器の導入が見込まれる電力配電網に対する新規の超高効率変圧器の導入を図るものであり、上記の適用条件（１）および（２）を満足している。

また同方法論で言及される詳細条件に関する適否を表6-1にまとめる。

表 6-1： 方法論 AM0067 適用条件に関するプロジェクトの適否

	条 件	適否
(a)	無負荷損失の低減に起因する排出削減量	適
(b)	配電網内の変圧器の導入は、地域若しくは国で規定する最大許容負荷損失および無負荷損失の標準値に基づき決定する	適
(c)	プロジェクトで導入される変圧器の定格負荷における負荷損失は、プロジェクトが実施されない場合に導入されるであろう変圧器の負荷損失と同様か、若しくは小さいことを実証する	要構築
(d)	プロジェクトで導入される変圧器は、国内/国際の品質保証/品質管理基準に準拠する	適
(e)	プロジェクト提案者は、交換された変圧器が配電網の別の場所若しくは他の配電網に再利用されないこと明確にするシステムを構築する	要構築
(f)	プロジェクトで導入される各々の変圧器を独自に識別可能な完全なリストを提供する	要構築
(g)	プロジェクト実施前の三年間に導入された変圧器の数量とタイプのデータが入手可能なこと	要確認

本調査では、プロジェクトの既存方法論に対する適用性を上記のとおり確認した。

(a), (b)項に関しては、アモルファス変圧器およびベトナム国、ホーチミン市における変圧器に関する各種規格を調査し、同プロジェクト方法論が適用可能であることを明らかにした。

(c)項の機器の負荷損失に関しては、今後ベトナム国内で製造されるアモルファル変圧器の設計に基づくものであり、機器製造業者に対して、今後、標準機器の基準をもとに設計することを確認した。プロジェクト参加者は使用される全ての変圧器タイプ毎に、本項の条件を満たすことを立証していく。

(d)項に関しては、変圧器製造業者により出荷される変圧器は全て国際標準(ISO9001)に則って品質管理/品質保証していることが、現地調査の時点で確認された。

(e), (f) 項に関しては、既にプロジェクト実施者であるホーチミン電力と協議しており、プロジェクトの実施に向けて体制を整える予定である。

(g) 項に関しては、ホーチミン電力および機器納入業者双方に確認していく。

(c)項に関連し、製造されるアモルファス変圧器が同等若しくはそれ以上の基準を有しなければならないとされるが、その指標として、表 6-2 にホーチミン電力の負荷損失に関する基準値をまとめる。

表 6-2： ホーチミン電力の変圧器負荷損失基準値

容量	負荷損失
(kVA)	(W)
100	1,320
160	1,940
250	2,600
320	3,330
400	4,200
560	4,810
630	5,570
750	6,725
800	6,920
1,000	8,550
1,250	10,690
1,500	13,680
2,000	17,100
2,500	21,740

### 6.1.2 プログラム CDM 化の検討

前述のとおり本プロジェクトは、ホーチミン電力の所管する配電網に対する超高効率変圧器の導入を図るものである。しかし、本調査を通じて、他の電力会社の配電網への拡大・普及の可能性も確認された。この場合、プロジェクトの円滑な推進とクレジットの有効な発行を図るため、プログラム CDM の採用が有効である。

プログラム CDM とは、活動プログラム (Programme of Activities) の下での複数のプロジェクト活動を単一の CDM プロジェクト活動として登録するものである。単一の CDM プロジェクトとして登録するものを活動プログラム (PoA : Programme of Activities) と呼び、その下で個別に実施する活動を CPA (CDM programme activity) と呼ぶ。また CPA は PoA の期間中 (最長 28 年間) に無制限に追加できる。ただし、一つの PoA の下の CPA は、同一の技術・手法を用いた同一の承認方法論が適用されることが要求されている。

プログラム CDM では、以下に示す三種類の PDD の作成が要求されており、バリデーション時には、これら全ての PDD の提出が求められる。

- Program of Activities Design Document (PoA-DD)  
CDM 活動プログラムの全体に関する設計書
- CDM Programme of Activities Design Document (CPA-DD)  
活動プログラムのもとで実施される CDM プログラム活動に関する設計書
- Specific CDM Programme of Activities Design Document (Specific CPA-DD)  
活動プログラムのもとで実施される具体的な CDM プログラム活動に関する設計書

プロジェクトのプログラム化を行う場合、全体の CDM 活動プログラムの実施を電力公社(EVN)が行い、傘下の 11 電力供給会社が実施するそれぞれのプロジェクトを個々の CPA と考えることができる。

また本プロジェクトは、毎年ほぼ同規模の新規変圧器導入および既存変圧器の更新計画に基づき実施される。このようなプロジェクトを 1CDM として取り扱う場合、クレジット期間を同一にする必要性から、後年に導入される機器による排出削減効果のクレー

ム期間にロスが生じる。このため、排出削減量をクレジット有効期間中、最も効果的にクレームするためには、プロジェクト全体を PoA とし、一方で各年の導入計画を 1CPA としたプログラム化の検討が考えられる。

本調査では、1CDM プロジェクトとしての PDD 作成に必要な事項をまとめるとともに、これにより逸失する CER 量の算定を行った。その結果、16,868 トン CO<sub>2</sub> と試算され、モニタリングやベリフィケーションプロセスの煩雑や CDM プロジェクトとして係る費用を考えた場合、プログラム CDM 化によるメリットが期待できないことが分かった。

## 6.2 PDD コンテンツ

本報告書では、PDD の骨格を表現するため、最も保守的なデータをもとに排出削減量の試算を行う。本調査終了後も、将来のプロジェクトの拡大の可能性を模索し、商工省 (MOIT)、電力公社 (EVN)、および他の地域の省エネルギーセンターとの協議を継続していく。

### 6.2.1 追加性

#### (1) 技術障壁

本プロジェクトに採用されるアモルファス変圧器は、日本のトップランナー製品にも指定される超高効率型変圧器である。当変圧器は特に低負荷時に大きな効果が出るのが特徴的で、24 時間 365 日の稼動を前提とする変圧器の損失率の低減に効果的がある。こうした特性は変圧器のコア部分に用いられる材質として、非結晶質であるアモルファス金属を用いることで実現される。

しかし現在まで、アモルファス金属原料およびアモルファスコアの供給・製造は、ベトナム国内では行われておらず、輸入も含めたアモルファス変圧器のマーケットも存在していない。つまり本プロジェクトが実施された場合、ベトナム国で初めての技術導入となる。

本プロジェクトではアモルファスコアをベトナム国内に輸入し、国内の製造業者により製造を行うもので、機器の設計、製造、試験工程において、海外からの技術移転が不可欠である。その初期段階として、本調査を通じて日立金属による技術指導が実施され、ベトナム国内の変圧器製造業者である Thibidi 社により、基本設計やコスト試算などが完

了しているが、今後のプロジェクト実施プロセスにおいて、更なる諸外国からの技術の移転が要求される。このように本プロジェクトの実施には、多くの技術的障壁が存在する。

## (2) 投資障壁

上記のとおり、現時点でアモルファス変圧器はベトナム国内で製造されていない。また、アモルファス金属およびアモルファスコアの製造ラインを新規に構築する場合、多大な初期コストを要するため現実的ではない。因って、当初はアモルファスコアを国外より輸入する必要がある、通常のシリコンコアに比べてコスト高になる。こうした状況を踏まえた変圧器製造会社 Thibidi 社の試算によれば、一般的に流通しているホーチミン電力使用変圧器に比べて 15%程度のコストアップになるという。

これに対し本プロジェクトの実施に伴う収益には、電力損失量の削減によるものと、CDM プロジェクトとしての CER 売却によるものが見込まれる。表 6-3 は IRR 分析に用いたパラメーターを示す。また、プロジェクトのライフタイムである 30 年間の IRR 分析表を本報告書末尾に掲載する。本分析では電気料金は市場価格を用いたが、本来はホーチミン電力が電力損失量削減により、実質収益を得るわけではないため、ここで試算される IRR 値で投資判断が行われるわけではない。しかし同分析結果は、本プロジェクト実施に対する投資障壁の存在を明示している。

CDM による収益なしの IRR 値は 6.84%となる。これに対し、CER の売買単価を 10US ドル、15 US ドル、20 US ドルに設定した場合、それぞれ 7.73%、8.16%、8.59%に上昇する。また、投資の回収期間は約 16 年間と試算される。

投資効果感度分析によれば、初期コストが 10%ダウンすることで 8.01%に、電気料金が 10%アップすることで 7.75%に IRR は改善する。一方で、上記の分析結果では、保守管理費は通常の変圧器と同様と考え見込んでいない。仮にイニシャルコストの 5%程度の保守管理費増加を見込む場合、IRR は 1.58%にまで低下する。

前述のとおり、こうした分析は市場価格で電力削減に見合う収益が、ホーチミン電力に齎されることを前提としており、実際の EVN からの卸売り電力料金を考えた場合、収益率は更に悪化する。こうしたことから、ホーチミン電力にとっては、プロジェクト実施による金銭的なインセンティブが見出せない状況にある。

表 6-3： IRR 分析パラメーター

項目	数量
電力削減量	1,543 MWh
投資金額	824,517 US ドル/年 (7 年間)
自己資本/借入金額	100%
電気料金	53.4 US ドル/MWh
所得税	28%
CER 想定価格 1 (US ドル)	10 US ドル
CER 想定価格 2 (US ドル)	15 US ドル
系統電源の排出係数	0.52 t CO <sub>2</sub> e/MWh
保守管理費	-

### (3) 一般的慣行

ベトナム国内の変圧器製造業者は、各クライアントの要求仕様に則り、規格変圧器を設計、製造している。主なコア材料は要求水準に準じた品質の差異はあるものの、ほぼ全てがケイ素鋼鋼板で、製造工場では同鋼板を用いた製造ライン（写真 6-1 参照）が構築されている。このため、新規コアの導入のためにはラインの見直しが必要になる。

ケイ素鋼変圧器は、現行の法令や各電力配給会社の標準仕様を満足するものであり、更に高効率の水準を要するアモルファス変圧器の製造・販売はベトナム国における一般的慣行はない。



写真 6-1： 変圧器製造工場シリコンコア製造ライン

このように本プロジェクトは、その導入に際し、技術障害、投資障害、一般的慣行に関する障害が存在し、CDM プロジェクトとしての追加性の立証が可能である。

## 6.2.2 プロジェクトバウンダリー

方法論 AM0067 におけるプロジェクトバウンダリーは、プロジェクト活動である変圧器がクレジット期間中に導入される場所とあり、本プロジェクトにおいてはホーチミン電力の有する送配電網となる。また、本プロジェクトによって削減される温室効果ガスは、ベースラインおよびプロジェクト活動ともに CO<sub>2</sub> ガスである。

## 6.2.3 ベトナム電力グリッド排出係数

電力グリッド排出係数は「電力システムに関する排出係数計算ツール」に従って算出される。本ツールには、系統電力からの電力供給を代替する CDM プロジェクトについて、ベースライン排出量の計算のための CO<sub>2</sub> 排出係数を算定する際に参照される。

グリッド排出係数 ( $EF_{grid,CM,y}$ ) は、現在のグリッド連結発電所の電力代替指標であるオペレーティング・マージン (OM ( $EF_{grid,OM,y}$ )) と、今後建設される発電所の電力代替をあらわすビルド・マージン (BM ( $EF_{grid,BM,y}$ )) の加重平均をとり、コンバインド・マージン (CM) として算出される。したがって、上記ツールでは、以下の 3 つのパラメーターを算出するための手順が示されている。

$EF_{grid,OM,y}$	y 年のグリッドに接続する発電におけるオペレーティング・マージン (OM) CO <sub>2</sub> 排出係数 (tCO <sub>2</sub> /MWh)
$EF_{grid,BM,y}$	y 年のグリッドに接続する発電におけるビルド・マージン (BM) CO <sub>2</sub> 排出係数 (tCO <sub>2</sub> /MWh)
$EF_{grid,CM,y}$	y 年のグリッドに接続する発電におけるコンバインド・マージン (CM) CO <sub>2</sub> 排出係数 (tCO <sub>2</sub> /MWh)

排出係数計算ツールでは、上記パラメーターを算出するために、STEP1 から 6 までの手順が示されている。

STEP1. 関連するグリッドの特定

STEP2. オペレーティング・マージン (OM) 排出係数の計算方法の選定

STEP3. オペレーティング・マージン (OM) 排出係数の計算

STEP4. ビルド・マージン (BM) に該当する発電所の特定

STEP5. ビルド・マージン (BM) 排出係数の計算

STEP6. コンバインド・マージン (CM) 排出係数の計算

STEP1.では、プロジェクト活動が連結する電力システムについて明らかにしなければならない。前述どおり、ベトナムの電源の系統は1系統で、ベトナム電力公社（EVN）が管理しており、プロジェクト実施サイトであるベトナム南部地域もその系統により電力が供給されている。したがって、プロジェクトにより代替される電力もこの系統により供給される電力である。

しかしながら、ベトナムではベトナム電力公社（EVN）が、この系統に接続する発電所の発電量、燃料消費量などの情報を公開していないため、国家電力グリッドに関する情報を収集するのが困難である。現在は、EVNにコネクションのあるベトナムのコンサルティング会社数社が独自にデータを入手してグリッド排出係数を算出している。そのため、UNFCCCのウェブサイトに公開されているベトナムのプロジェクトもその使用しているグリッド排出係数にばらつきがある。ベトナムのCDMプロジェクトが登録申請に進まない理由の一つに、このグリッド係数の問題があるといえる。2008年12月16日現在で55件のプロジェクトが国連に提出されているが、そのうち登録案件は2件、また登録申請されている案件は3件にすぎない。エネルギー研究所（IE）によると、現在約5社のコンサルティング会社が異なる排出係数を使用している。これらコンサルティング会社を通じてデータを入手するには、それ相応のコストと時間がかかり、なおかつ、入手データが、バリデーションなどを含む、CDMの審査においてデータの精査にも時間を要する。そのため、IEが中心となって、国家排出係数を提示する作業を行っている。

表6-4および6-5に登録済みまたは登録申請中プロジェクトで使用されている電力グリッド排出係数および、最近国連に提出されたプロジェクトで使用されている電力グリッド排出係数の例をそれぞれ示した。使用されている発電所データの年は、プロジェクト提出時に係らず異なること、また同じ年のデータが使用されていても排出係数は異なることが分かる。

表 6-4： ベトナムの登録済み及び登録申請中プロジェクトで使用されている電力グリッド排出係数の例

プロジェクト名	審査状況	年間 CER 量 (トン)	電力グリッド排出係数	計算に使用された発電所データの年
1 Song Muc Hydro Power Station Regeneration Project in Vietnam	登録済み(2006年6月26日)	4,306	0.598	2004-2006
2 The model project for renovation to increase the efficient use of energy in brewery	登録申請中(レビュー要請)	8,804	0.599	2004-2006



3	Phuoc Hiep I sanitary Landfill gas CDM project in Ho Chi Minh City	登録申請中 (マイナー訂正)	132,351	0.6176	2003-2005
4	Dong Thanh Landfill gas CDM project in Ho Chi Minh City	登録申請中	147,618	0.6176	2003-2005

表 6-5： 最近国連に提出されたプロジェクトで使用されているグリッド排出係数の例

プロジェクト名	パブリックコメント開始日	年間 CER 量 (トン)	電力グリッド排出係数	計算に使用された発電所データの年
1 Nam Chien 2 Hydropower Project	12/16/08	66,563	0.5104	2005-2007
2 Coc Dam Hydropower Project	12/16/08	16,473	0.5104	2005-2007
3 Muong Kim Hydropower Project	12/16/08	59,099	0.5104	2005-2007
4 15MW Hiep Son Coke Ovens Waste Heat Power Project	12/11/08	61,799	0.5993	2005-2007
5 Lap Vo rice husk biomass power plant	12/11/08	50,151	0.5993	2005-2007
6 15MW Waste Heat Power Station from Hoa Phat Cement Plant	12/9/08	43,921	0.5993	2005-2007
7 Dak Ne Hydro Power Project	10/31/08	22,522	0.5993	2005-2007
8 An Diem 2 Hydropower Project	10/16/08	39,555	0.5104	2005-2007
9 Ta Niet Hydro Power Project	9/27/08	12,366	0.68974	2004-2006
10 Nam Pia Hydropower Project	9/23/08	35,276	0.5823	2003-2005
11 Nam Khoa 3-18 MW large scale run-of-river hydropower project	9/4/08	45,747	0.612	2005-2007
12 Suoi Tan 5.5 MW small scale run-of-river hydropower project	9/4/08	14,641	0.612	2005-2007

現段階では、国家排出係数が公開されていないため、当社がベトナムのコンサルティング会社を通じて入手したデータをもとに、ベトナムのグリッド排出係数を算出する。

(1) ベトナムのグリッドのオペレーティング・マージン(OM)

排出係数計算ツールの STEP2 では、オペレーティング・マージン (OM) 排出係数の計算方法の選定をすると指定されている。オペレーティング・マージンには以下の 4 種類があり、グリッド情報の有無、発電所の種類等により、プロジェクト毎に算出方法を選択する。

- 1 簡易 OM (Simple OM)
- 2 簡易調整 OM (Simple adjusted OM)
- 3 平均 OM (Average OM)
- 4 ディスパッチ・データ分析 OM (Dispatch Data Analysis OM)

上記 4 種類のどの方法を用いてもよいが、簡易 OM は直近 5 年間の平均もしくは、長期間の水力発電の平均における、低コスト/マスト・ラン発電所からの発電量がグリッドの年間総発電電力量の 50%以内である場合にのみ用いることが可能である。

ベトナムの過去 5 年間の低コスト/マスト・ラン発電所発電量が占める割合を表 6-6 に示す。それによると、ベトナムの過去 5 年間の低コスト/マスト・ラン発電所からの発電量はグリッド発電量合計の 50%以下であることより、簡易 OM の適用が可能である。

表 6-6： 過去 5 年間の低コスト/マスト・ラン発電所発電量割合

年	2003	2004	2005	2006	2007	5 年間平均
水力発電 (GWh)	19,033	17,979	16,437	19,573	22,178	19,040
グリッド発電合計 (GWh)	40,636	46,800	53,407	60,489	68,725	54,011
低コスト/マスト・ラン発電所発電量割合 (%)	46.84	38.42	30.78	32.36	32.27	35.25

排出係数を計算するために使用できるデータには、事前(ex-ante)オプションと事後(ex-post)オプションを選択することが可能である。

- ① 事前オプション：PDD を DOE に提出する際に入手可能な最新 3 年間の発電量の加重平均を事前に算出する。クレジット期間中、排出係数のモニタリングと再計算は必要ない。
- ② 事後オプション：提案プロジェクトによる系統電源の代替をした年の排出係数を、事後的に算出し、モニタリング期間中は毎年更新する必要がある。

前述したとおり、EVN はグリッドデータを公表していないため、毎年排出係数をモニタリングするにはコストもかかる。したがって、本プロジェクトでは、事前オプションを採用する。

簡易 OM 排出係数は低コスト/マスト・ラン発電所以外の発電所の単位発電量当たりの加重平均 CO<sub>2</sub> 排出量として算出される。排出係数計算ツールの STEP3 には、簡易 OM の計算方法として 3 つのオプションが示されている。

オプション A：各発電所の発電量と燃料消費量データを用いて算出

オプション B：純発電量および各発電所とその使用燃料タイプによる平均効率を用いて算出

オプション C：当該グリッドに接続する全ての発電所の発電総量と使用燃料の種類及び総消費量を用いて算出

簡易 OM は表 6-7 に示されるデータに基づき、オプション A を選択して次式にて計算される。

$$EF_{grid,OMsimple,y} = \frac{\sum_{i,m} FC_{i,m,y} \cdot NCV_{i,y} \cdot EF_{CO_2,i,y}}{\sum_m EG_{m,y}}$$

各値は次のように定義される。

$EF_{grid,OMsimple,y}$	=	y 年における簡易 OM 排出係数 (tCO <sub>2</sub> /MWh)
$FC_{i,m,y}$	=	y 年における当該電力源 m で消費される燃料 i の量 (質量単位)
$NCV_{i,y}$	=	y 年における燃料 i の純熱量 (GJ/質量単位)
$EF_{CO_2,i,y}$	=	燃料 i の CO <sub>2</sub> 排出係数 (tCO <sub>2</sub> / 燃料の質量単位)
$EG_{m,y}$	=	y 年における電力源 m によりグリッドに供給される電力 (MWh)
$m$	=	y 年におけるグリッドに供給されるすべての電力源 (マストラン・低コストのプラントを除く)
$i$	=	y 年に電力源で燃焼されるすべての化石燃料
$y$	=	バリデーターに提出する PDD 作成年に入手可能な直近過去 3 年間 (ex-ante option)

表 6-7： 発電量及び、火力発電における燃料消費量<sup>18</sup>（2005年～2007年）

燃料タイプ		2005	2006	2007
石炭 NCV = 22.19 *TJ/kt CO <sub>2</sub> EF = 94.6 tCO <sub>2</sub> /TJ -IPCC-2006	GWh	9,446	10,808	11,415
	kt	4,857	5,643	5,896
	kt CO <sub>2</sub>	10,083	11,581	12,032
ガスタービン (ガス) CO <sub>2</sub> EF = 54.3 tCO <sub>2</sub> /TJ -IPCC-2006	GWh	24,031	26,786	28,807
	TJ	179,472	204,133	212,945
	kt CO <sub>2</sub>	9,745	11,084	11,563
ディーゼルオイル NCV = 42.7 TJ/kt - IPCC-2006 CO <sub>2</sub> EF = 72.6 tCO <sub>2</sub> /TJ	GWh	482	261	601
	kt	136	73	169
	kt CO <sub>2</sub>	422	228	523
石油 NCV = 41.45 TJ/kt CO <sub>2</sub> EF = 75.5tCO <sub>2</sub> /TJ -IPCC-2006	GWh	2,638	2,095	3,094
	kt	722	574	846
	kt CO <sub>2</sub>	2,259	1,797	2,649
輸入電力	GWh	373	966	2,630
グリッド排出量合計	kt CO <sub>2</sub>	22,509	24,691	26,766
火力発電出力量合計	GWh	36,970	40,916	46,547

表 6-8 に示す過去 3 年間 (2005 年～2007 年) のデータに基づき算出された簡易 OM は、0.594tCO<sub>2</sub>/MWh である。

$$\begin{aligned}
 EF_{OM} &= \frac{\sum_{i,m} FC_{i,m,y} \cdot NCV_{i,y} \cdot EF_{CO_2,i,y}}{\sum_m EG_{m,y}} \\
 &= \left( \frac{22,509 + 24,691 + 26,766}{36,970 + 40,916 + 46,547} \right) \\
 &= 0.594tCO_2 / MWh
 \end{aligned}$$

<sup>18</sup> Power Sector's Statistics of electricity generation from 2002-2007 of EVN, State's annual statistics 2003-2006.

(2) ベトナムのグリッドのビルド・マージン(BM)

排出係数計算ツールの STEP2 によると、ビルド・マージン (BM) 排出係数の算出の対象となる発電所は、以下の 2 つのうち年間発電電力量の合計値が大きくなる方を選択しなければならない。

1. 直近に建設された 5 つの発電所
2. 直近に建設され新たにグリッドに接続された発電所で、グリッドにおける発電量の 20%を占める発電所

2007 年までのデータによると、グリッドにおける発電量の 20%を占める発電所の発電量 (表 6-9) が、直近に建設された 5 基の発電所からの年間発電電力量 (表 6-8) よりも大きいため、直近に建設され新たにグリッドに接続された発電所でグリッドにおける 20%を占める発電所のデータを用いて、ベトナムのグリッドの BM 排出係数を計算する。

表 6-8： 直近に建設された 5 基の発電所

No	発電所名	試運転の開始年	発電容量 (MW)	発電量 (GWh)	燃料タイプ	排出量 (ktCO <sub>2</sub> )
1	Quang Tri	2007	64	64	水力	-
2	Ca Mau	2007	720	691	天然ガス	244
3	Cai Lan (Quang Ninh)	2007	40	81	石油	71
4	Se San 3a	2007	108	345	水力	-
5	Srok Phu Miêng	2006	51	252	水力	-
	合計			<b>1,433</b>		<b>315</b>

表 6-9： グリッドにおける発電量の 20%を占める発電所

No	発電所名	試運転の開始年	発電容量 (MW)	発電量 (GWh)	燃料タイプ	排出量 (ktCO <sub>2</sub> )
1	Quang Tri	2007	64	64	水力	-
2	Ca Mau	2007	720	691	天然ガス	244
3	Cai Lan (Quang Ninh)	2007	40	81	石油	71
4	Se San 3a	2007	108	345	水力	-
5	Srok Phu Miêng	2006	51	252	水力	-

6	Cao Ngan	2006	100	445	石炭	442
7	Uong Bi 2	2006	300	520	石炭	458
8	Se San 3	2006	260	1,113	水力	-
9	Dam Phu My	2005	150	150	天然ガス	58
10	Na Duong	2004	110	744	石炭	763
11	Fosmosa	2004	150	1,113	石炭	864
12	Phu My 4	2004	450	3,142	天然ガス	1,411
13	Phu My 2-2	2004	720	5,004	天然ガス	1,937
14	Can Don	2003	259	361	水力	-
	合計			<b>14,025</b>		<b>6,248</b>

BM 排出係数は下記の式を用いて求められる。

$$EF_{grid,BM,y} = \frac{\sum_m EG_{m,y} \times EF_{EL,m,y}}{\sum_m EG_{m,y}}$$

各値は次のように定義される。

$EF_{grid,BM,y}$	=	y 年の BM 排出係数 (tCO <sub>2</sub> /MWh)
$EG_{m,y}$	=	y 年に電力源 m によりグリッドに供給される電力 (MWh)
$EF_{EL,m,y}$	=	y 年の当該電力源 m の CO <sub>2</sub> 排出係数 (tCO <sub>2</sub> /MWh)
$m$	=	BM に含まれる発電所
$y$	=	データが入手可能な直近の年

表 6-9 のデータに基づき、BM 排出係数は 0.446tCO<sub>2</sub>/MWh と算出される。

$$\begin{aligned}
 EF_{BM} &= \frac{\sum_m EG_{m,y} \times EF_{EL,m,y}}{\sum_m EG_{m,y}} \\
 &= \frac{6,248}{14,025} \\
 &= 0.446tCO_2 / MWh
 \end{aligned}$$

### (3) ベトナムのグリッドのコンバインド・マージン(CM)

コンバインド・マージン (CM) 排出係数は、OM 排出係数と BM 排出係数の加重平均として、下記の式により算出される。

$$EF_y = w_{OM} \cdot EF_{OM,y} + w_{BM} \cdot EF_{BM,y}$$

ここで

$w_{OM}$  : ベースライン排出係数における OM 比率 (デフォルト値は 0.5)

$w_{BM}$  : ベースライン排出係数における BM 比率 (デフォルト値は 0.5)

$w_{OM}$  と  $w_{BM}$  は風力と太陽光発電以外のプロジェクトでは、第 1 クレジット期間については、 $w_{OM}=w_{BM}=0.5$ 、第 2、第 3 クレジット期間については  $w_{OM}=0.25$ 、 $w_{BM}=0.75$  とする。

先に算出された OM 排出係数と BM 排出係数より、ベトナムの電力グリッドの排出係数は  $0.52tCO_2/MWh$  と算出された。

$$\begin{aligned} EF_y &= w_{OM} \cdot EF_{OM,y} + w_{BM} \cdot EF_{BM,y} \\ &= (0.5) \cdot (0.594tCO_2 / MWh) + (0.5) \cdot (0.446tCO_2 / MWh) \\ &= 0.520tCO_2 / MWh \end{aligned}$$

#### 6.2.4 ベースライン排出量

ベースラインシナリオは、“Combined tool to identify baseline scenario and demonstrate additionality”の最新バージョンに則って設定される。その設定に当たっては、以下の変圧器の更新時に最も信憑性が高く起り得るであろう代替案について検討することが要求される。

- (1) プロジェクト活動における技術以上に効率的な技術を用いた変圧器への更新若しくは新規導入。
- (2) 現状の継続。プロジェクト活動が実施される地域において最も一般的に使われ

る変圧器への更新若しくは新規導入。

- (3) 法規によって定められる水準の変圧器への更新若しくは新規導入。
- (4) CDMとして得られる利益なしでの、プロジェクト活動における変圧器への更新若しくは新規導入。

こうした代替案は、関連法規に準拠しないものを除外することで絞り込まれる。現時点において、プロジェクト活動における変圧器およびプロジェクト活動以上の効率的な技術はホスト国には存在しない。また、プロジェクト実施者であるホーチミン電力は、同国で定められている変圧器の標準規格よりも更に高い独自の社内水準を有している。このことから、最も信憑性が高く起り得るであろうベースラインシナリオは、同社の水準を準拠し、現在最も一般的に使われている変圧器への更新若しくは新規導入であり、上記のシナリオの(3)が該当する。

本方法論の適用条件は上記シナリオの(2)若しくは (3)とあり、本プロジェクトはそれを満足している。

ベースライン排出量をもとめる計算式は以下のとおりである。

$$BE_y = \sum_{k=1}^n (NLL_{BL,k} * n_{k,y}) * MP * (1 - Br) * EF_{CO2,grid,y} * 10^{-6} \dots\dots\dots(1)$$

<b>BE<sub>y</sub></b> :	y 年におけるベースライン排出量 (トンCO <sub>2</sub> /年)
<b>k</b> :	プロジェクト活動で導入される変圧器のタイプ k
<b>NLL<sub>BL,k</sub></b> :	ベースラインシナリオで導入されるタイプ k の変圧器の無負荷損失 (W) 同値は変圧器のタイプ毎に算定される
<b>MP</b> :	モニタリングの継続時間 (時間)
<b>Br</b> :	停電率 (%)
<b>EF<sub>CO2,grid,y</sub></b> :	y 年における系統電源の排出係数 (トンCO <sub>2</sub> /MWh) 排出係数は、国連で承認された計算ツール“Tool to calculate the emission factor of an electricity system”を用いて算定する
<b>n<sub>k,y</sub></b> :	y - 1 年の末までにプロジェクト活動で導入されたタイプ k の変圧器の累積数

本プロジェクトのベースラインシナリオは、基準に定められた機能を有する変圧器への変換若しくは新規導入で、前述のシナリオ(3)に該当する。同シナリオ下における無負



荷損失 ( $NLL_{BL,k}$ ) は、当該基準に定められた値となる。

前述のとおりベトナムでは、急激に増加する電力需要に加え、送電損失の低減が大きな課題となっている。このため政府は、多くの法律制定や施策を実施している。2005年には電力利用の合理化を図るための法律 (The Electricity Law was approved by National Assembly; No. 52/2005/QH11) を発表した。また翌2006年には、環境保護を促進するための法律 (The Environment Protection was approved by National Assembly; No. 28/2004/QH11) を制定した。

省エネルギー施策としては、2006年から2010年までの首相方針プログラムとして(The Decision of The Prime Minister ; No. 80/2006/QĐ-TTg)を発令している。同プログラムでは、2010年までに配電網の損失率を9%に削減する方針が盛り込まれている。

このような各種法令や指針のひとつとして 4 章で述べた変圧器の規格 TCVN1984 – 1994 がある。しかし各電力配電会社が設ける独自標準は、全てこの TCVN1984 – 1994 規格を上回るものである。因って、本プロジェクトのベースラインシナリオは、ホーチミン電力の変圧器に関する無負荷損失の基準値とする。表 6-10 に同基準値とアモルファス変圧器の無負荷損失を比較する。尚、ベトナム国におけるアモルファス変圧器に関するデータは、同機器の製造・販売が行われていないため入手不能であり、ここでは日本国内の標準機器における値を参考に試算する。

表 6-10： ホーチミン電力の基準とアモルファス変圧器の無負荷損失の比較

容量 (kVA)	無負荷損失 (W)	
	HCMPC (ケイ素鋼板)	日本国内データ (アモルファス鋼板)
100	230	60
160	280	80
250	340	120
320	390	140
400	450	170
560	580	215
630	787	240
750	855	270

800	880	<b>300</b>
1,000	980	<b>340</b>
1,250	1,020	<b>410</b>
1,500	1,305	<b>470</b>
2,000	1,500	<b>490</b>
2,500	2,870	<b>630</b>

表 6-11 から表 6-14 は、ホーチミン電力におけるそれぞれ既存変圧器更新および新規変圧器導入、その合計の実績を表しており、年平均で 0.227 GVA の容量となっている。この間、配電網の総延長も年平均で 3% ずつ増加しており、その傾向は今後 10 年間続くと言われている。表 6-15 は、同社における 2009 年度から 3 年間の変圧器導入計画を示しているが、過去 5 年間とほぼ同水準で推移しており、将来の需要増および既存の更新対応が、今後も継続的に実施されていくことが分かる。

表 6-11： ホーチミン電力における既存変圧器更新実績

容量 (kVA)	2004 年		2005 年		2006 年		2007 年		2008 年*	
	数量	総量	数量	総量	数量	総量	数量	総量	数量	総量
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	56	8,960	73	11,680	66	10,560	50	8,000	54	8,640
250	116	29,000	125	31,250	104	26,000	96	24,000	83	20,750
320	85	27,200	83	26,560	67	21,440	64	20,480	58	18,560
400	163	65,200	177	70,800	132	52,800	132	52,800	112	44,800
560	5	2,800	6	3,360	9	5,040	12	6,720	12	6,720
630	1	630	7	4,410	1	630	1	630	4	2,520
750	0	0	2	1,500	0	0	0	0	1	750
800	0	0	0	0	1	800	0	0	0	0
1,000	2	2,000	4	4,000	2	2,000	4	4,000	0	0
1,250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,000	1	2,000	0	0	1	2,000	4	8,000	3	6,000
2,500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	429	137,790	477	153,560	383	121,270	363	124,630	327	108,740

\* 2008 年は計画値

表 6-12： ホーチミン電力における新規変圧器導入実績

容量 (kVA)	2004年		2005年		2006年		2007年		2008年*		平均**	
	数量	総量	数量	総量	数量	総量	数量	総量	数量	総量	数量	総量
100	0	0	0	0	0	0	3	300	0	0	1	60
160	56	8,960	60	9,600	29	4,640	28	4,480	20	3,200	39	6,176
250	116	29,000	100	25,000	77	19,250	98	24,500	49	12,250	88	22,000
320	85	27,200	50	16,000	21	6,720	35	11,200	29	9,280	44	14,080
400	163	65,200	63	25,200	92	36,800	105	42,000	123	49,200	109	43,680
560	5	2,800	19	10,640	4	2,240	66	36,960	17	9,520	22	12,432
630	1	630	4	2,520	0	0	5	3,150	2	1,260	2	1,512
750	0	0	2	1,500	0	0	2	1,500	0	0	1	600
800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,000	6	6,000	5	5,000	0	0	3	3,000	1	1,000	3	3,000
1,250	0	0	6	7,500	0	0	0	0	0	0	1	1,500
1,500	0	0	0	0	1	1,500	0	0	1	1,500	0	600
1,600	0	0	3	4,800	0	0	0	0	2	3,200	1	1,600
2,000	1	2,000	1	2,000	0	0	2	4,000	0	0	1	1,600
2,500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	433	141,790	313	109,760	224	71,150	347	131,090	244	90,410	312	108,840

\* 2008年は計画値

\*\* 数量は小数点以下四捨五入表記

表 6-13： ホーチミン電力における年間総変圧器導入実績

容量 (kVA)	2005年		2005年		2006年		2007年		2008年*		平均**	
	数量	総量	数量	総量	数量	総量	数量	総量	数量	総量	数量	総量
100	0	0	0	0	0	0	3	300	0	0	1	60
160	112	17,920	133	21,280	95	15,200	78	12,480	74	11,840	99	15,896
250	232	58,000	225	56,250	181	45,250	194	48,500	132	33,000	190	47,500
320	170	54,400	133	42,560	88	28,160	99	31,680	87	27,840	112	35,840
400	326	130,400	240	96,000	224	89,600	237	94,800	235	94,000	247	98,980

560	10	5,600	25	14,000	13	7,280	78	43,680	29	16,240	32	17,892
630	2	1,260	11	6,930	1	630	6	3,780	6	3,780	6	3,560
750	0	0	4	3,000	0	0	2	1,500	1	750	2	1,163
800	0	0	0	0	1	800	0	0	0	0	0	200
1,000	8	8,000	9	9,000	2	2,000	7	7,000	1	1,000	6	5,500
1,250	0	0	6	7,500	0	0	0	0	0	0	1	1,500
1,500	0	0	0	0	1	1,500	0	0	1	1,500	0	600
1,600	0	0	3	4,800	0	0	0	0	2	3,200	1	1,600
2,000	2	4,000	1	2,000	1	2,000	6	12,000	3	6,000	3	5,600
2,500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>合計</b>	<b>862</b>	<b>279,580</b>	<b>790</b>	<b>263,320</b>	<b>607</b>	<b>192,420</b>	<b>710</b>	<b>255,720</b>	<b>571</b>	<b>199,150</b>	<b>708</b>	<b>238,038</b>

\* 2008年は計画値

\*\* 数量は小数点以下四捨五入表記

表 6-14： ホーチミン電力網の総延長距離

配線網 15 kV	2005年	2006年	2007年	2008年*
総延長 (km)	4,271.1	4,546.09	4,722.42	4,818.11

\* 2008年は計画値

表 6-15： ホーチミン電力における今後の変圧器導入計画

年	2009年	2010年	2011年
容量 (kVA)	200,000	216,000	230,000

上記のデータおよび現地調査における打合せを通じて、本調査のベースラインシナリオは、表 6-13 に示すホーチミン電力における年間総変圧器導入実績における過去 5 年間の平均値の数量、容量の導入がクレジット期間中継続するものとする。

尚、方法論における無負荷損失の決定は、以下の 2 つのシナリオに基づくとしている。

- (1) ベースラインシナリオ 2: 以下の計算式による算定

$$NLL_{BL,k} = \min \{NLL_{reg,k}, NLL_{AVG,k}\} \dots \dots \dots (2)$$

<b>NLL<sub>reg,k</sub></b> :	変圧器のタイプ k における国内基準によって定められる無負荷損失値 (W)
<b>NLL<sub>AVG,k</sub></b> :	変圧器のタイプ k の製造会社のうちトップ20%のシェアを持つ会社で製造される変圧器の平均無負荷損失値 (W)

(2) ベースラインシナリオ 3: 規則によって実施される基準により定められる無負荷損失値

前述のとおり、本調査の結果、最も保守的なベースラインの設定はホーチミン電力の標準値であることが明らかになっており、本報告書ではこの標準値をもってベースラインとした。しかし、調査協力企業のひとつである変圧器製造会社の Thibidi 社によれば、同標準を要求しているのはホーチミン電力および PC2 の 2 社のみであり、現在協議しているプロジェクトの枠組み拡大が実現すればベースラインの設定基準が高くなり、排出削減量的には優位にはたらく。

### 6.2.5 プロジェクト排出量

プロジェクト排出量をもとめる計算式は以下のとおりである。

$$PE_y = \sum_{k=1}^n [(1 + UNC) * NLL_{PR,k,y} * n_k] * MP * (1 - Br) * EF_{CO2,grid,y} * 10^{-6} \dots \dots \dots (3)$$

<b>PE<sub>y</sub></b> :	y 年におけるプロジェクト排出量 (トンCO <sub>2</sub> /年)
<b>k</b> :	プロジェクト活動で導入される変圧器のタイプ k
<b>NLL<sub>PR,k,y</sub></b> :	ベースラインシナリオで導入されるタイプ k の変圧器の無負荷損失 (W) 同値は変圧器のタイプ毎に算定される
<b>MP</b> :	モニタリングの継続時間 (時間)
<b>Br</b> :	停電率 (%)
<b>EF<sub>CO2,grid,y</sub></b> :	y 年における系統電源の排出係数 (トンCO <sub>2</sub> /MWh) 排出係数は、国連で承認された計算ツール“Tool to calculate the emission factor of an electricity system”を用いて算定する
<b>UNC</b>	認証機関の認証報告書に記載される無負荷損失の最大許容不確実性
<b>n<sub>k,y</sub></b> :	y - 1 年の末までにプロジェクト活動で導入されたタイプ k の変圧器の

	累積数
--	-----

### 6.2.6 リークージ

尚、本法論において特定されるリークージはないが、交換された変圧器が他の場所で利用されないことを明確にするシステムの構築が必要である。これを立証するために、取り外された変圧器がスクラップにされたことを証明する書面におけるエビデンスの提示などの対策を講じる必要がある。

### 6.2.7 プロジェクト排出削減量

本プロジェクトの実施による排出削減量は、以下の計算式に基づき算定される。

$$ER_y = BE_y - PE_y \dots\dots\dots(4)$$

$ER_y$ :	y 年における排出削減量 (トンCO <sub>2</sub> / 年)
$BE_y$ :	y 年におけるベースライン排出量 (トンCO <sub>2</sub> / 年)
$PE_y$ :	y 年におけるプロジェクト排出量 (トンCO <sub>2</sub> / 年)

表 6-16 に各種パラメーターの採用値を、また表 6-17 に排出削減量をまとめる。

表 6-16： 各種パラメーター (ホーチミン電力)

容量	ベースラインシナリオ		無負荷損失 (W)		BL 損失	PJ 損失
	(kVA)	数量	総量	BL	PJ	(W)
100	1	60	230	60	138	36
160	99	15,896	280	80	27,818	7,948
250	190	47,500	340	120	64,600	22,800
320	112	35,840	390	140	43,680	15,680
400	247	98,980	450	170	111,353	42,067
560	32	17,892	580	215	18,531	6,869
630	6	3,560	787	240	4,447	1,356
750	2	1,163	855	270	1,325	419

800	0	200	880	300	220	75
1,000	6	5,500	980	340	5,390	1,870
1,250	1	1,500	1,020	410	1,224	492
1,500	0	600	1,305	470	522	188
1,500	1	1,600	1,305	470	1,305	470
2,000	3	5,600	1,500	490	4,200	1,372
2,500	0	0	2,870	630	0	0
合計	708	238,038	-	-	284,752	101,641

注) MP = 8,760h, Br = 0.037%, EF = 0.52 トン CO<sub>2</sub> とする

表 6-17: 排出削減量試算 (ホーチミン電力)

年	ベースライン排出量 (トン CO <sub>2</sub> )	プロジェクト排出量 (トン CO <sub>2</sub> )	リーケージ (トン CO <sub>2</sub> )	排出削減量 (トン CO <sub>2</sub> )
1 年目	1,249	446	0	<b>803</b>
2 年目	2,498	892	0	<b>1,606</b>
3 年目	3,747	1,338	0	<b>2,410</b>
4 年目	4,996	1,783	0	<b>3,213</b>
5 年目	6,246	2,229	0	<b>4,016</b>
6 年目	7,495	2,675	0	<b>4,819</b>
7 年目	8,744	3,121	0	<b>5,623</b>
合計	34,975	12,484	0	<b>22,491</b>
平均	4,996	1,783	0	<b>3,213</b>

本調査を通じて、ホーチミン電力の無負荷損失に関する標準は、国の基準に比べて著しく高いレベルに設定されていることが分かった。これは、ベトナム電力公社傘下の他の電力供給会社の標準を大きく上回るものである。

表 6-18 および表 6-19 に PC3 の無負荷損失基準値をもとにした各種パラメーター値および排出削減量試算結果を示すが、ホーチミン電力の基準値に比べ、約 2.3 倍 (7,151 トン CO<sub>2</sub>/年) の排出削減効果があることが分かる。また、第二・第三クレジット期間も CDM プロジェクトとして継続が可能である場合、第一クレジット期間の最終年のクレジットが継続的に発行されることになり、年平均排出削減量は第一クレジット期間の

1.75 倍 (12,514 トン CO<sub>2</sub>/年) となる。

またベトナムの電力供給会社は、ホーチミン電力を含めて 11 社存在し、ベトナム電力公社が本プロジェクトの事業母体になった場合の潜在的効果は多大であることが分かる。

表 6-18： 各種パラメーター (PC3 無負荷損失基準)

容量	ベースラインシナリオ		無負荷損失 (W)		BL 損失	PJ 損失
	数量	総量	BL	PJ	(W)	(W)
(kVA)						
100	1	60	330	60	198	36
160	99	15,896	510	80	50,669	7,948
250	190	47,500	550	120	104,500	22,800
320	112	35,840	700	140	78,400	15,680
400	247	98,980	900	170	222,705	42,067
560	32	17,892	1,000	215	31,950	6,869
630	6	3,560	1,300	240	7,345	1,356
750	2	1,163	1,400	270	2,170	419
800	0	200	1,460	300	365	75
1,000	6	5,500	1,700	340	9,350	1,870
1,250	1	1,500	1,800	410	2,160	492
1,500	0	600	2,200	470	880	188
1,500	1	1,600	2,200	470	2,200	470
2,000	3	5,600	2,800	490	7,840	1,372
2,500	0	0	3,500	630	0	0
合計	708	238,038	-	-	520,732	101,641

注) MP = 8,760h, Br = 0.037%, EF = 0.52 トン CO<sub>2</sub> とする

表 6-19： 排出削減量試算 (PC3 無負荷損失基準)

年	ベースライン排出量 (トン CO <sub>2</sub> )	プロジェクト排出量 (トン CO <sub>2</sub> )	リーケージ (トン CO <sub>2</sub> )	排出削減量 (トン CO <sub>2</sub> )
1 年目	2,284	446	0	1,838
2 年目	4,569	892	0	3,677



3年目	6,853	1,338	0	<b>5,515</b>
4年目	9,137	1,783	0	<b>7,354</b>
5年目	11,421	2,229	0	<b>9,192</b>
6年目	13,706	2,675	0	<b>11,030</b>
7年目	15,990	3,121	0	<b>12,869</b>
合計	63,960	12,484	0	<b>51,475</b>
平均	9,137	1,783	0	<b>7,354</b>

### 6.2.8 モニタリング

本方法論では、適用条件を確認するため、以下の2項目のモニタリングが求められている。

- プロジェクトで導入される高効率変圧器の種類、容量、変圧割合、および負荷損失値 (W)
- 過去5年間の変圧器の種別導入記録

また、方法論ではプロジェクト排出量の算定のために、更に以下の4項目のモニタリングを求めている。

- プロジェクトで導入される高効率変圧器の負荷損失、および無負荷損失
- プロジェクトで導入される高効率変圧器の詳細（導入日、場所、技術データ）
- 年間停電率
- プロジェクトで導入される変圧器の台数

その他の本方法論で求めているモニタリングパラメーターを表 6-20 にまとめる。

ベトナムにおいては、排出係数算定のためのグリッドデータが電力会社から公示されていない。このことが、ベトナムの CDM 登録の最も大きな障害となっている。前述のとおり、本調査におけるヒアリングの結果、ベトナム政府もこの問題点を把握しており、本年中にベトナム国の正式データとして公表する意向だという。本プロジェクトでは、年に1回、排出係数をモニタリングする。

一方で、実質稼働時間(MP)および停電時間(Br)については、ホーチミン電力が毎年公

表しており、継続的なモニタリングが可能である。

変圧器の種類(k)および台数(n)に関しては、通常行っている納入仕様書からデータを取りまとめる。

無負荷損失(NLL)および負荷損失(LL)に関しては、製造業者の出荷時の試験成績書に基づく。ベトナムにおける変圧器製造業者は、ISO9001 に則り、製造物の品質を管理しており、同試験結果をデータとして取りまとめる。

回収された変圧器は、廃棄処分されるが、処分業者との契約書類から、年に1度データを取りまとめる。

これらのモニタリングは、ホーチミン電力の責務において実施され、ECC がその記録・報告業務をサポートする。

表 6-20： モニタリングデータおよびパラメーター

パラメーター	単位	測定	データソース	頻度
EF <sub>CO2,grid,y</sub>	トン CO <sub>2</sub> /MWh	計算	電力会社からのオフィシャルデータ	年1回
MP	時間	-	電力会社からのオフィシャルデータ	-
Br	%	-	電力会社からのオフィシャルデータ	-
k	-	報告	記録	-
n <sub>k,y</sub>	台	報告	記録	年1回
NLL <sub>PR,k,y</sub>	W	-	製造業者の試験成績結果	-
LL <sub>PR,i</sub>	W	-	製造業者の試験成績結果	-
回収された変圧器台数	-	-	記録	年1回

### 6.2.9 クレジット期間

本プロジェクトのクレジット期間は7年間とし、CDM の規則に則り2回の更新を行い最長21年間とする。方法論では第二、第三クレジット期間の移行時には、ベースラインシナリオの見直しを要求している。

本調査の結果、変圧器の寿命は25-30年程度であると確認され、クレジット期間の妨げになるものではない。

#### 6.2.10 ステークホルダーコメント

本調査を通じて行われた関係者会議の議事録を以下にまとめる。

開催日時：平成20年10月2日 9:00-13:00

開催場所：ホーチミン市、科学技術局会議室

住 所：244 Dien Bien Phu St., District 3, HoChiMinh City

出席者：表 6-21 参照

表 6-21： 関係者会議出席者

No.	氏名	役職	企業/組織
1.	Ms. Lam Thi Tuyet Lan	Vice Director	Dong Nai Electric Appliances Joint Stock Company
2.	Ms. Tran Thi Ngoc Hanh	Technical Manager	Electrical Equipment Joint Stock Company
3.	Mr. Le Chi Hoa	Technician	Electrical Equipment Joint Stock Company
4.	Mr. Luong Van Truong	Vice General Director	Electrical Equipment Joint Stock Company
5.	Mr. Nguyen Van Hong	Technician	Electrical Equipment Joint Stock Company
6.	Mr. Nguyen Hong Linh	Vice director	Electrical Testing Center – Power Company of HCM City
7.	Mr. Nguyen Duy Hoang	Technician	Power Company of HCM City
8.	Ms. Thuy Van	Reporter	Dat Viet Newspaper
9.	Ms. Thanh Xuan	Reporter	The Voice of HCM City Peolpe
10	Mr. Huynh Van Hau	Technician	Power Company 2
11	Mr. Le Duc Huy	Technician	Energy Conservation Center of HCM City
12	Mr. Ngo Van Trai	Technician	Energy Conservation Center of HCM City
13	Mr. Akihiko Yoshida	General Director	Electric power dep., Hitachi Metal, Ltd
14	Mr. Satoshi Nakamura	CDM/JI	Mitsubishi UFJ Securities

		Consultant	
--	--	------------	--

次第

1. 開会挨拶 (ECC - Mr. Le Duc Huy)
2. CDM プロジェクトについての説明 (三菱 UFJ 証券株式会社 - 中村仁志)
3. ホーチミン電力の事業説明 (Power Company of HCM city - Mr. Nguyen Duy Hoang)
4. アモルファス変圧器の技術説明 (日立金属株式会社 - 吉田明彦)
5. 質疑応答 (表 6-22 参照)
6. 閉会挨拶 (ECC - Mr. Le Duc Huy)

表 6-22 : 質疑意見

質疑/意見	意見者	返答/対応	返答者
アモルファス変圧器の主な導入可能場所はどこか？	Mr. Luong Van Truong - Electrical Equipment Joint Stock Company	今回のプロジェクトは系統配電網を対象としているが、事務所ビルや病院など多くの施設に利用される。	日立金属株式会社 - 吉田明彦
日本でアモルファス変圧器はどのくらい採用されているか？	Mr. Nguyen Duy Hoang - Power Company of HCM City	約 10%程度である。	日立金属株式会社 - 吉田明彦
10%とは決して高くない数字と思うが、何か原因はあるか？	Mr. Nguyen Duy Hoang - Power Company of HCM City	ビジネス戦略的に、日本国内では高性能シリコン変圧器を低価格で提案するケースが多く、今のところ普及率が大きくないが、その性能は高い評価を得ており、徐々にシェアは高まるものと思われる。	日立金属株式会社 - 吉田明彦

ベトナム国内でアモルファス変圧器はどのように製造され、販売されるのか。	Ms. Thanh Xuan - The Voice of HCM City People	アモルファスコアを輸入し、ベトナム国内で変圧器を製造するように考えている。日立金属がベトナム国内企業に対して技術支援を行う。	日立金属株式会社 - 吉田明彦
コストは高いのではないか？	Mr. Huynh Van Hau - Power Company 2	一概にアモルファス変圧器が高いとは言えない。最終的にはコストは、製造業者の経営判断によって決められるものだが、他国の例では 15-20%程度高い場合もある。	日立金属株式会社 - 吉田明彦
アモルファス変圧器の性能の高さや有効性などは理解できた。社内で更に検討を進める。	Mr. Nguyen Duy Hoang - Power Company of HCM City Mr. Huynh Van Hau - Power Company 2		
非常に興味深い。今後の技術支援を期待する。	Mr. Luong Van Truong - Electrical Equipment Joint Stock Company		
技術的な理解が深まった。また、ベトナムの政府方針にも合致しており、その有効性も再認識した。	Mr. Ngo Van Trai - Energy Conservation Center of HCM City		

#### 6.2.11 環境への影響評価

ベトナムでは環境問題の改善のため、1984年に環境影響評価（Environmental Impact

Assessment : EIA) が the National Resources and Environment Research Programmed (NRERP) によって紹介され、許可を必要とする開発プロジェクトにおいては提出が義務付けられている。本プロジェクトは、開発許可を必要とするプロジェクトではないため、EIA 提出義務に関しては対象外である。

本プロジェクトに関連する法律 (The Law on Environmental Protection (LEP)) は、MOSTE (Ministry of Science, Technology, and Environmental) の管理下のもと 1994 年に制定された。2002 年に同省は、MOST (Ministry of Science and Technology と MONRE (Ministry of Natural Resources and Environment)) に分離され、現在は MONRE が責任監督省となっている。同法律は、持続可能な発展を維持しながら、人々の健康を守るべく地域および世界規模の環境保全に寄与することを目的としており、アモルファス変圧器の製造に際して遵守されなければならない。

本プロジェクトは、変圧器のコア部分の材質変更による高効率化を図るものであり、従来の変圧器導入と比較し、環境に与える影響に大きな差異はないが、本プロジェクトにより送配電設備のキーデバイスである変圧器の運転効率を向上させることで、全て熱として大気に放出される変圧時の負荷損失および無負荷損失を低減し、都市部のヒートアイランド現象など深刻な生活環境問題の改善を図ることができる。

本プロジェクトの実施にあたり、検討すべく環境への影響は以下のとおりである。

#### [社会的影響]Social Impact

- 本プロジェクトは、ベトナム政府の省エネルギー政策にも合致する。
- 配電網の高効率化を図り、省エネルギー化の実現により社会的にも良い影響を与える。
- ベトナム国内での機器製造により、最先端技術の技術移転や雇用の確保・拡大も期待できる。

#### [物理的影響]Physical Impact

- 変圧器の運転時の放熱は不可避なものであり、24 時間 365 日絶え間なく放熱される排熱量の低減は、ホーチミンのような温暖地域の都市環境の改善に寄与するものである。
- 変圧器本体の温度低下は、変圧器付属部位の劣化を抑え、機器の長寿命化に寄与する。
- 変圧器本体の温度低下は、メンテナンス時の作業員の安全性の向上に寄与する。
- 過負荷時の温度上昇の抑制により、火災などの二次災害の抑制に寄与する。

## 6.2.12 安全性の向上

環境影響評価と合わせて電力関連施設の計画・実施・運営においては、安全性の確保が重要な要素となる。電力関連プロジェクトおよび機器の安全に関する規定は、全てベトナムの国内状況に合わせた TCVN 若しくは国際標準に則るとされている。この中で電力供給事業者は、技術、設計、経済性に関する資料を作成・保有し、運用・管理のために確実な業務引継ぎを実施するよう定められている。また、変圧器の所有者は、各々の機器および全体システムへの適合性の確認が義務付けられている。さらに電力に関連する安全管理業務を担う組織には、以下の業務遂行が課せられる。

- 安全に関する基準・標準に準じた十分な製品の保有
- 安全管理業務に従事するも技術員に対する教育
- 安全管理業務に従事するも技術員に対する安全性の確保
- 安全項目の定期的な確認、維持、管理
- 緊急時の対応マニュアルの完備
- 電力事故の統計的データの収集と報告
- 安全に関するセミナーの実施

こうした安全に関する事項は、商工省、資源環境省、建設省が行政責任を負っている。

現在、ベトナムにおける配電網は一部老朽化が進み、漏電に伴う停電や火災など生活環境にも問題が生じている。本プロジェクトの実施による既存施設の改善は、こうした都市部の安全性の向上にも寄与する。

## 7. コベネフィット

前述のとおり本プロジェクトの目的は、24 時間 365 日浪費され続ける変圧に伴う電力損失を低減し、温室効果ガス排出量の削減を図ることにある。この変圧損失は全て熱に変換され大気中に放射される。こうした放熱の抑制により、機器メンテナンス時の作業環境の改善による安全性の確保が期待される。また、都市部のヒートアイランド化など、深刻な生活環境問題の改善にも寄与する。更に、既存送配電網のリハビリを推進することで、漏電火災などの安全面の改善を図ることが出来るため、都市部の生活環境配慮型のコベネフィットプロジェクトであると考えられる。

ここではその効果を定量的にまとめ、アモルファス変圧器の普及効果を検証する。

表 7-1： プロジェクト電力損失

容量 (kVA)	ベースラインシナリオ		無負荷損失 (W)		BL 損失 (W)	PJ 損失 (W)
	数量*	総量	BL	PJ		
100	1	60	230	60	138	36
160	99	15,896	280	80	27,818	7,948
250	190	47,500	340	120	64,600	22,800
320	112	35,840	390	140	43,680	15,680
400	247	98,980	450	170	111,353	42,067
560	32	17,892	580	215	18,531	6,869
630	6	3,560	787	240	4,447	1,356
750	2	1,163	855	270	1,325	419
800	0	200	880	300	220	75
1,000	6	5,500	980	340	5,390	1,870
1,250	1	1,500	1,020	410	1,224	492
1,500	0	600	1,305	470	522	188
1,500	1	1,600	1,305	470	1,305	470
2,000	3	5,600	1,500	490	4,200	1,372
2,500	0	0	2,870	630	0	0



合計	708	238,038	-	-	284,752	101,641
					<b>差異</b>	<b>183,111</b>

\* 数量は小数点以下四捨五入表記

本報告書 52 頁に記載した図 5-10 の「ケイ素鋼コアとアモルファスコアの温度状況」にあるように、コア周辺の温度は、アモルファスコアが 30 度台前半で推移するのに対して、ケイ素鋼コアは 45 度前後まで上昇する。こうした温度上昇を抑制し、大気中に効率的に放熱させるために変圧器外部にはフィンが設けられている。

表 7-1 に示すとおり、プロジェクトの実施により低減される損失量は 183,111(W)であり、熱量に換算すると以下ようになる。

$$\begin{aligned}
 \text{熱量 (kcal/h)} &= 0.862 \times 183,111 \text{ (W)} = 157,841 \text{ (kcal/h)} \\
 \text{年間の大気中への放熱量} &= 157,841 \text{ (kcal/h)} \times 24 \text{ (h)} \times 365 \text{ (d)} = 1,382,693,134 \text{ (kcal/year)} \\
 &= 1,382,693,134 * 4.1868 \\
 &= 5,789,693,134 \text{ (kJ)} / 1.0545 \\
 &= 5,489,862,129 \text{ (BTU}_{\text{ISO}})
 \end{aligned}$$

本プロジェクトにて導入される変圧器は、ホーチミン電力の配電網のごく一部に過ぎず、また上記の試算は、現行のホーチミン電力独自の損失量に対する基準に基づいている。前述のとおり、この基準はベトナム国内の他の地域に比べて著しく高いものであり、現在導入されている既存機器との比較では 7 割以上の損失削減が図れる。このことから考えても、高効率変圧器の導入プロジェクトの普及は、同国の都市部のヒートアイランド現象の抑制に寄与するものであると言える。

また、プロジェクトの普及による送配電網の効率化により、発電施設の増設や改修を伴わず、実質的な電力供給量の増加が実現され、新規発電所建設に伴う環境問題や化石燃料の消費増加を抑制する効果も期待される。

## 8. 事業化にむけての課題と展望

### 8.1 コスト分析

現在、ベトナムにおける変圧器製造は、日本やロシア、中国、インドからのシリコンコアの輸入に頼って行われており、アモルファスコアを用いた変圧器の製造・流通の実績はない。このため本調査では、日立金属の協力による Thibidi 社への技術移転を通して、両者が取りまとめた原材料費、労務費、輸送費、関税、市場価値を考慮した製品単価の試算に基づき、コスト分析を実施した。市場価値および市場ニーズに関しては、ホーチミン電力、PC2 社、PC3 社の意見が考慮された。

変圧器の原材料費を見た場合、コア本体とそれに伴う周辺部材の差異を検証する必要がある。シリコン製変圧器もアモルファス変圧器も、構造的には大きな差異はないものの、シリコンコアに対しアモルファスコアの重量が重くなるため、フレームや周辺部位の材料費の増加に繋がる。

コア本体のコストは、同じシリコンコアにおいても性能により大きく異なる。ホーチミン電力の要求仕様に対応するための、HiB と呼ばれるコアは通常コアの 1.2 倍程度となる。Thibidi 社の試算では、この高水準の HiB コアに対しても、アモルファスコアはかなり高価であるという。これは同国内に、アモルファスコアが流通しておらず、市場規模が不透明なことに起因する。

一方で日立金属によれば、作業性は寧ろ向上するという。これは、シリコンコアの場合シリコン版の組み合わせ作業を伴うのに対し、アモルファスコアはコア上部の開閉作業により、巻き線との融合が可能なためである。また、試験・検査工程における両変圧器の差異はない。

こうした状況を整理し、Thibidi 社によるコスト試算の結果、従来のシリコン製変圧器に比べて、15%程度高くなるという結果に至った。表 8-1 に各導入計画容量の変圧器の価格比較をまとめるが、初期投資金額で年間 824,517US ドルの追加費用を要する。

表 8-1: 変圧器単価比較表

変圧器容量	年間導入数	Thibidi 社 変圧器価格 (USドル)		アモルファス変圧器 概算金額 (USドル)		差額 (USドル)	
		台	単価	総額	単価	総額	単価
100	1	4,514	4,514	5,191	5,191	677	677
160	98	4,598	450,620	5,288	518,215	690	67596
250	193	6,329	1,221,456	7,278	1,404,674	949	183218
320	115	7,981	917,797	9,178	1,055,463	1,197	137667
400	252	9,288	2,340,652	10,682	2,691,756	1,393	351104
560	31	9,815	304,267	11,287	349,908	1,472	45640
630	5	11,036	55,178	12,691	63,455	1,655	8277
750	1	11,739	11,739	13,500	13,500	1,761	1761
800	0	12,524	0	14,403	0	1,879	0
1,000	5	15,002	75,011	17,252	86,262	2,250	11252
1,250	1	16,552	16,552	19,035	19,035	2,483	2483
1,500	0	19,521	0	22,450	0	2,928	0
1,600	1	20,826	20,826	23,949	23,949	3,124	3124
2,000	3	26,042	78,127	29,949	89,847	3,906	11719
2,500	0	31,359	0	36,063	0	4,704	0
<b>合計</b>	<b>706</b>	<b>207,128</b>	<b>5,496,740</b>	<b>238,197</b>	<b>6,321,256</b>	<b>31,069</b>	<b>824,517</b>

表 8-2 に初期投資の増額分を、プロジェクトにより得られる利益で除した単純回収年数を示す。本プロジェクトによって削減される電力料金による回収年数は約 10.0 年であり、これに CDM プロジェクトとしての CER からの利益を 1 トン CO<sub>2</sub> あたり 15US ドル、20US ドルの単価で考慮した場合、それぞれ 8.7 年と 8.4 年に短縮することが出来る。

しかし、省エネルギープロジェクトへの投資回収年数が、3-4 年を基準にするベトナムにおいて、投資効果的には、本プロジェクトの実施は事業者インセンティブが働くものではない。環境改善や電力の安定供給、安全性の向上など他のベネフィットを考慮

した総合的な投資判断が望まれる。

表 8-2: コスト比較データ

	単位	数量	投資回収年数
初期投資金額	US ドル	<b>824,517</b>	—
保守運用コスト	—	—	—
ベースライン負荷損失量	W	284,752	—
プロジェクト負荷損失量	W	101,641	—
プロジェクト損失削減量	W	183,111	—
運転時間	h	8,760	—
停電率	%	0.03662	—
電力料金単価	US ドル/kWh	0.0534	—
削減電力料金	US ドル	<b>82,538</b>	<b>10.0</b>
クレジット単価 (1)	US ドル	15	—
クレジット単価 (2)	US ドル	20	—
CO <sub>2</sub> 排出削減量	トン CO <sub>2</sub>	803	—
クレジット収益 (1)	US ドル	<b>12,045</b>	<b>8.7</b>
クレジット収益 (2)	US ドル	<b>16,060</b>	<b>8.4</b>

## 8.2 技術的課題

前述のとおり、本調査を通じて技術移転の初期過程が終了し、変圧器製造業者では機器の基本設計およびラフなコスト試算を行った。しかし、プロジェクトを実施に移すためには、(1) 試作機の製造および試験・分析、(2) 標準機の製造および試験・分析、(3) 送電網への設置および試験・分析を通じて、技術とノウハウの蓄積を行う必要がある。

アモルファスコアのアジア諸国における販売ルートは、既に確立されており、今後の現地での実施においては、日立金属に代わりコア供給業者が技術支援を行う。このコア供給業者による途上国への技術支援は、既に中国やタイにおいても行われており、技術移転に関する大きな障害はないものと思われる。

## 8.3 プロジェクトの拡大と普及

### 8.3.1 プログラム CDM 化による排出量拡大の検討

前述のとおり本プロジェクトは、ホーチミン電力の系統電源における変圧器の既存改修および新規導入計画に基づき、アモルファス変圧器の導入による温室効果ガス削減効果を図るものである。この新規変圧器の導入は、一時期に行われるのではなく、ほぼ同容量の変圧器導入を第一クレジット期間中、毎年継続的に行う計画である。

本調査報告書による排出削減量の試算は、国連承認済み方法論の AM0067 を用いた同一プロジェクトとして進めているため、後年に導入される変圧器のクレーム期間が短縮されることになる。CDM プロジェクトとして最も有効にクレジットを取得するためには、プログラム CDM 化により各年の導入計画を 1CPA として捉えることが有効である。

ホーチミン電力の計画をプログラム CDM 化した場合、本調査の試算に対し、第一クレジット期間合計で約 16,870 トン CO<sub>2</sub> のクレジット量の増加が見込める。しかし、プログラム CDM 化に伴う登録料やバリデーション、ベリフィケーションなどのコストなどを考慮すると、同規模のプロジェクトでは十分なファイナシャルメリットが見込めない。このため本報告書では、AM0067 を適用した通常の CDM プロジェクトとしての検討を行った。

なお、プログラム CDM としてのメリットを活かすために、全体の CDM 活動プログラムの実施を電力公社(EVN)が行い、傘下の 11 電力供給会社が実施するそれぞれのプロジェクトを個々の CPA と考えることの重要性を提言し、プロジェクトの拡大と普及について引き続き協議していく。

### 8.3.2 ベトナム国におけるプロジェクト普及のポテンシャル

本調査を通じ、プロジェクト対象地域のホーチミン市だけでなく、ベトナム国全体や他の事業者の標準仕様を入手した。その結果、ホーチミン電力と他の電力供給事業者の無負荷損失の要求水準に大きな差異があり、CDM としてクレジット規模に主眼を置いた場合、プロジェクトの拡大・普及により大きな潜在的効果が期待できることが分かった。

本報告書で述べた PC3 社における試算では、ホーチミン電力の試算値の約 2.4 倍になることがわかった。また、以下に本調査の協力事業者である Thibidi 社の過去の販売実績

から以下の条件で試算すると、ベトナム国におけるプロジェクト普及のポテンシャル規模は数 10 万 CO<sub>2</sub> トンクラスになるという。

また現在同国では、資源環境省および商工省を中心に、様々な地球温暖化に関する施策が実施されており、本プロジェクトの普及に関しても高い関心が寄せられている。今後のプロジェクトの実施に向けて、引き続き同省および EVN との協議を進め、ベトナム全土に渡るプロジェクトの拡大の可能性を追求していく。

#### 8.4 展望

前述のとおり事業化に向けて残された最大の課題は、投資効果にインセンティブが働かないことにある。更には、変圧器製造業者から見た障害は、初期コストを重視する電力供給会社の入札制度にある。こうした資金面の問題解決に対して、現在 ECC の省エネルギー推進予算やホーチミン電力の技術開発予算などの視野に検討しているが、日本政府または日本企業からの支援も期待されている。

また、当面の要望として、機器供給者および使用者双方が、実機による詳細データの収集および分析を望んでおり、アモルファスコア提供事業者への支援を要求している。

資金対策の可能性を模索するため、新しいファンドに関する情報も検討している。現在、独立法人国際協力機構 (JICA) では、途上国の環境改善プロジェクト推進のために、2 ステップローンなどの開発を検討しており、投資障害の低減の一助になればと期待される。また、変圧器製造業者の初期導入に係わる費用負担を軽減するため、ベトナムサイドの関係者は、環境省のコベネフィット CDM モデル事業に強い関心を示しており、その可能性も模索していく。

入札制度の問題を打破する展望としては、ホーチミン電力は既にベトナムの国内基準を大きく上回る独自の仕様を構築しており、更なる送電損失の改善を命題としている点にある。本調査を通じて、アモルファス変圧器導入における効果が、定量的に明らかになったため、今後同社の要求仕様を同変圧器の性能に見合う水準に引き上げることで、制度に伴う障害を回避する方向性を探る。

本調査では、超高効率変圧器の導入が、地球温暖化ガスの削減および都市のヒートアイランド化の抑制、電力の安定供給、安全性の向上など、長い年月に渡ってベトナム国の持続可能な経済発展に寄与することを明らかにした。また、投資のインセンティブには直接繋がらないものの、省エネルギーの実現や CDM による収益により、将来的には

投資回収が可能であることも確認された。

コベネフィットの定量的分析も行われた。7章で試算された変圧損失による熱量5,489,862,129 (BTU<sub>ISO</sub>)は、石油換算では218,032トンという大きなものであり、一つ一つの削減量は小さいが、こうした高効率機器の普及は地球温暖化対策に不可欠であることを改めて認識し、今後ともプロジェクトの推進に尽力していきたい。

## 8.5 スケジュール

上記のとおり、本プロジェクトを推進するためには、幾つかの課題が残されており、その解決のために、各々の関係者が検討を行っている。こうした前提の中、表 8-3 に第二回現地調査時点で協議された今後のスケジュールを示す。

表 8-3： プロジェクトスケジュール

	2009			2010
	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1四半期
アモルフスコアの輸入	●—●			
試作機製造試験調査・分析	●—●			
250, 400, 630kVA機器製造		●—●		
同上試験調査・分析		●—●	●—●	
系統電源網への設置			●—●	●—●
同上試験調査・分析				●—●
プロジェクト開始				

## 表一覧

表 2-1 :	第一回現地調査訪問実績 .....	6
表 2-2 :	第二回現地調査訪問実績 .....	8
表 3-1 :	ベトナムの基礎情報 .....	13
表 3-2 :	ベトナムの中央政府の組織 .....	15
表 3-3 :	配電会社別の地方電化率 (2000 年 3 月) .....	23
表 3-4 :	配電会社に対する卸売料金 (2000 年) .....	24
表 3-5 :	GHGs 抑制戦略 (2000-2012) .....	28
表 4-1 :	CDM プロジェクト CER 販売手数料 .....	30
表 5-1 :	電磁鋼板の比較 .....	43
表 5-2 :	ケイ素鋼板とアモルフォス合金の無負荷損周波数特性比較 .....	47
表 5-3 :	配電会社変圧器無負荷損失基準比較 .....	49
表 6-1 :	方法論 AM0067 適用条件に関するプロジェクトの適否 .....	54
表 6-2 :	ホーチミン電力の変圧器負荷損失基準値 .....	55
表 6-3 :	IRR 分析パラメーター .....	59
表 6-4 :	ベトナムの登録済み及び登録申請中プロジェクトで使用されている電力 グリッド排出係数の例 .....	61
表 6-5 :	最近国連に提出されたプロジェクトで使用されているグリッド排出係数 の例 .....	62
表 6-6 :	過去 5 年間の低コスト/マスト・ラン発電所発電量割合 .....	63
表 6-7 :	発電量及び、火力発電における燃料消費量 (2005 年~2007 年) .....	65
表 6-8 :	直近に建設された 5 基の発電所 .....	66
表 6-9 :	グリッドにおける発電量の 20% を占める発電所 .....	66
表 6-10 :	ホーチミン電力の基準とアモルファス変圧器の無負荷損失の比較 .....	70
表 6-11 :	ホーチミン電力における既存変圧器更新実績 .....	71
表 6-12 :	ホーチミン電力における新規変圧器導入実績 .....	72
表 6-13 :	ホーチミン電力における年間総変圧器導入実績 .....	72
表 6-14 :	ホーチミン電力網の総延長距離 .....	73
表 6-15 :	ホーチミン電力における今後の変圧器導入計画 .....	73
表 6-16 :	各種パラメーター (ホーチミン電力) .....	75
表 6-17 :	排出削減量試算 (ホーチミン電力) .....	76
表 6-18 :	各種パラメーター (PC3 無負荷損失基準) .....	77
表 6-19 :	排出削減量試算 (PC3 無負荷損失基準) .....	77
表 6-20 :	モニタリングデータおよびパラメーター .....	79
表 6-21 :	関係者会議出席者 .....	80



表 6-22 : 質疑意見.....	81
表 7-1 : プロジェクト電力損失.....	85
表 8-1 : 変圧器単価比較表.....	88
表 8-2 : コスト比較データ.....	89
表 8-3 : プロジェクトスケジュール.....	92

## 図一覽

図 2-1 : 調査実施スキーム.....	4
図 3-1 : ベトナムとホーチミン市周辺の地図.....	12
図 3-2 : ホーチミン市の概要.....	17
図 3-3 : ベトナムの発電電力量の推移 1971-2004.....	19
図 3-4 : ベトナムの電力供給体制.....	20
図 3-5 : 2005 年の電力系統.....	25
図 3-6 : セクター別地球温暖化ガス排出量.....	27
図 3-7 : 主要 3 セクターの地球温暖化ガス排出量予想値.....	28
図 4-1 : ベトナム国における CDM プロジェクトに適用する財政メカニズムフロー図.....	30
図 4-2 : ベトナムにおける CDM 承認体制.....	31
図 5-1 : ホーチミン電力配電網イメージ.....	35
図 5-2 : プロジェクト実施体制.....	37
図 5-3 : ホーチミン電力変圧ネットワーク.....	38
図 5-4 : ホーチミン電力供給電力量と損失レートの推移.....	39
図 5-5 : 非結晶金属 (左) と結晶金属 (右) の構造模型.....	40
図 5-6 : 変圧器の概念.....	42
図 5-7 : 極性の切り替えイメージ.....	43
図 5-8 : 鉄心構造 (短冊積鉄心、額縁鉄心、巻鉄心、三脚巻鉄心).....	43
図 5-9 : 5 脚巻鉄心タイプのアモルファス変圧器.....	44
図 5-10 : ケイ素鋼コア (左) とアモルファスコア (右) の温度状況.....	45
図 5-11 : 各種変圧器の損失比較.....	45
図 5-12 : 磁性体材料の周波数特性曲線.....	47
図 5-13 : 我が国の負荷損・無負荷損の比較.....	51

## 写真一覧

写真 5-1 :	Thibidi 社製単相変圧器 .....	49
写真 5-2 :	Thibidi 社製三相変圧器 .....	49
写真 6-1 :	変圧器製造工場シリコンコア製造ライン .....	59

## 参考文献

1. Central Intelligence Agency. The World Fact Book,
2. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/vn.html>,
3. <http://www2m.biglobe.ne.jp/%257Esaigon/map.htm>
4. <http://www.viet-kabu.com/basic.php>
5. 外務省ホームページ: <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/vietnam/data.html>
6. <http://www.thanhniennews.com/politics/?catid=1&newsid=30534>
7. 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社のホームページ:  
<http://www.murc.jp/index.php>
8. 国際協力銀行「ベトナムの投資環境」
9. ホーチミン市ホームページ: <http://www.lonelyplanet.com/vietnam/ho-chi-minh-city>
10. 在ホーチミン日本総領事館ホームページ: <http://www.anzen.mofa.go.jp/index.html>
11. 海外諸国の電気事業：第1編 追加版、社団法人海外電力調査会、2006
12. EIA ウェブサイト: <http://www.eia.doe.gov/>
13. JETRO 通商弘報 No.46563
14. IEA Energy Balances of non-OECD countries 2004
15. JICA プレスリリース 2007年8月3日
16. Institute of Energy:  
[http://www.iiec.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=91&Itemid=2](http://www.iiec.org/index.php?option=com_content&task=view&id=91&Itemid=2)
17. Ministry of Natural Resources and Environment of Viet Nam
18. 京都メカニズム情報プラットフォーム: <http://www.kyomecha.org/index.html>
19. [http://www.kyomecha.org/pf/viet\\_nam.html#03](http://www.kyomecha.org/pf/viet_nam.html#03)
20. <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%89%E5%9C%A7%E5%99%A8>
21. <http://ja.wikipedia.org/wiki/>
22. <http://www.iae.or.jp/energyinfo/energydata/data6011.html>
23. <http://unfccc.int/2860.php/>
24. <http://www.evn.com.vn/>

# I R R 計算シート

IRR 計算シート

単位: USドル

収益計算シート

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
電力量収入	-	82,402	164,804	247,206	329,608	412,010	494,412	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815
減価償却	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
保守運営費用	-	32,981	65,961	98,942	131,923	164,903	197,884	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865
借入金利息	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
税引き前収入	-	49,421	98,843	148,264	197,686	247,107	296,528	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950
所得税等 (28%)	-	13,838	27,676	41,514	55,352	69,190	83,028	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866
税引き後収入	-	35,583	71,167	106,750	142,334	177,917	213,500	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084
バランスシート項目																														
初期費用	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
流動資金	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
キャッシュインフロー	-	82,402	164,804	247,206	329,608	412,010	494,412	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	
税金等	-	13,838	27,676	41,514	55,352	69,190	83,028	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866
ネットキャッシュインフロー	-	68,564	137,128	205,692	274,256	342,820	411,385	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949
- 流動資金	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 初期費用	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
フリーキャッシュフロー	-824,517	-755,953	-687,389	-618,825	-550,261	-481,697	-413,132	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	

IRR w/o CER 6.84%

単位: USドル

キャッシュフロー計算シート w/ CERs

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
CER 収益	-	16,048	32,097	48,145	64,193	80,242	96,290	112,338	112,338	112,338	112,338	112,338	112,338	112,338	112,338	112,338	112,338	112,338	112,338	112,338	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
キャッシュインフロー	-	98,450	196,901	295,351	393,802	492,252	590,703	689,153	689,153	689,153	689,153	689,153	689,153	689,153	689,153	689,153	689,153	689,153	689,153	689,153	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	
税金等	-	13,838	27,676	41,514	55,352	69,190	83,028	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866
CERに関する税金等	-	4,494	8,987	13,481	17,974	22,468	26,961	31,455	31,455	31,455	31,455	31,455	31,455	31,455	31,455	31,455	31,455	31,455	31,455	31,455	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ネットキャッシュインフロー	-	80,119	160,238	240,357	320,476	400,594	480,713	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949
- 流動資金	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 初期費用	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
フリーキャッシュフロー	-824,517	-744,398	-664,279	-584,160	-504,041	-423,923	-343,804	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	560,832	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	

IRR w/ CER 8.34%

投資効果感度解析

CER単価

20

10 USドル

15 USドル

20 USドル

投資効果感度分析 - 初期投資コスト

単位: USドル

収益計算シート

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
電力量収入	-	82,402	164,804	247,206	329,608	412,010	494,412	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815
減価償却	-	32,981	65,961	98,942	131,923	164,903	197,884	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865
保守運営費用	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
借入金利息	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
税引き前収入	-	49,421	98,843	148,264	197,686	247,107	296,528	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950	345,950
所得税等 (28%)	-	13,838	27,676	41,514	55,352	69,190	83,028	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866
税引き後収入	-	35,583	71,167	106,750	142,334	177,917	213,500	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084	249,084
バランスシート項目																														
初期費用	742,065	742,065	742,065	742,065	742,065	742,065	742,065	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
流動資金	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
キャッシュインフロー	-	82,402	164,804	247,206	329,608	412,010	494,412	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815
税金等	-	13,838	27,676	41,514	55,352	69,190	83,028	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866	96,866
ネットキャッシュインフロー	-	68,564	137,128	205,692	274,256	342,820	411,385	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949
- 流動資金	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 初期費用	742,065	742,065	742,065	742,065	742,065	742,065	742,065	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
フリーキャッシュフロー	-742,065	-673,501	-604,937	-536,373	-467,809	-399,245	-330,681	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949	479,949

IRR w/o CER 8.01%

投資効果感度解析	
初期投資コスト変動率	90%
	110%
	105%
	100%
	95%
	90%

投資効果感度分析 - 保守運用コスト

単位:USドル

収益計算シート

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
電力量収入	-	82,402	164,804	247,206	329,608	412,010	494,412	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815	576,815
減価償却	-	32,981	65,961	98,942	131,923	164,903	197,884	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865
保守運営費用	-	41,226	82,452	123,678	164,903	206,129	247,355	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581	288,581
借入金利息	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
税引き前収入	-	8,196	16,391	24,587	32,782	40,978	49,173	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369	57,369
所得税等(28%)	-	2,295	4,590	6,884	9,179	11,474	13,769	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063
税引き後収入	-	5,901	11,802	17,702	23,603	29,504	35,405	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306	41,306
バランスシート項目																														
初期費用	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
流動資金	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
キャッシュインフロー	-	41,176	82,352	123,529	164,705	205,881	247,057	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234	288,234
税金等	-	2,295	4,590	6,884	9,179	11,474	13,769	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063	16,063
ネットキャッシュインフロー	-	38,881	77,763	116,644	155,526	194,407	233,289	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170
- 流動資金	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
- 初期費用	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
フリーキャッシュフロー	-824,517	-785,636	-746,754	-707,873	-668,991	-630,110	-591,228	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	272,170	

IRR w/o CER 1.58%

投資効果感度解析

保守運用コスト変動率	100%	110%	105%	100%	95%	90%
------------	------	------	------	------	-----	-----

投資効果感度分析 - 電力料金

単位: USドル

収益計算シート

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
電力量収入	-	90,642	181,285	271,927	362,569	453,211	543,854	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496
減価償却	-	32,981	65,961	98,942	131,923	164,903	197,884	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865	230,865
保守運営費用	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
借入金利息	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
税引き前収入	-	57,662	115,323	172,985	230,646	288,308	345,970	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631	403,631
所得税等 (28%)	-	16,145	32,290	48,436	64,581	80,726	96,871	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017
税引き後収入	-	41,516	83,033	124,549	166,065	207,582	249,098	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614	290,614
バランスシート項目																														
初期費用	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
流動資金	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
キャッシュインフロー	-	90,642	181,285	271,927	362,569	453,211	543,854	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	634,496	
税金等	-	16,145	32,290	48,436	64,581	80,726	96,871	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	113,017	
ネットキャッシュインフロー	-	74,497	148,994	223,491	297,988	372,485	446,982	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	
- 流動資金	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
- 初期費用	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	824,517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
フリーキャッシュフロー	-824,517	-750,020	-675,523	-601,026	-526,529	-452,032	-377,535	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	521,479	

IRR w/o CER 7.75%

投資効果感度解析

電気料金変動率	110%	110%
		105%
		100%
		95%
		90%