

平成 20 年度 CDM/JI 実現可能性調査 最終報告書 概要版

調査名

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

団体名

三菱 UFJ 証券株式会社

1. プロジェクトの概要

(1) ホスト国、地域

ベトナム、ホーチミン市

(2) プロジェクトの概要

本プロジェクトは、ホーチミン市電力会社（HCMPC）との協業により、送配電設備のキーデバイスである変圧器の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ものである。本プロジェクトの実施により、温室効果ガスを低減し、更には温熱などの生活環境の改善や安全性の向上を図る。本プロジェクトを実施した際の年間排出削減量は 3,131 トン CO₂/年と試算され、同調査により検討されるベトナム電力公社(EVN)による統括的な取組に発展すると、その潜在的削減効果はその数十倍に達する見込みである。

本プロジェクトは、既存送配電網のリハビリを推進することで温室効果ガスの削減を図る CDM 要素に加え、現在ホーチミン市で問題視される環境面・安全面の改善を図る環境配慮型のコベネフィットプロジェクトである。更には、発電施設の増設や改修を伴わず、効率改善による実質的な電力供給量の増加に寄与するものであり、新規発電所建設に伴う環境悪化や化石燃料の消費増加を抑制する上でも効果的なプロジェクトである。

2. 調査内容

(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は以下の 4 項目である。

➤ 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かつ重要な課題であった。

➤ 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。

➤ 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。

➤ 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) 調査実施体制

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)) :

- 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)の取りまとめ
- ベトナムにおける現況や基準などの情報収集
- アモルファス変圧器導入による効果や収益性の分析

日立金属株式会社 :

- 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
- 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
- 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、効率面の検討および分析協力

(3) 調査の内容

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。本調査を通じて得られた成果を以下にまとめる。

▶ 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。

▶ 省エネルギー施策

二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。

▶ 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 CO₂/年と、調査実施前の試算 (4,251 トン CO₂/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 CO₂/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 CO₂ 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。

▶ 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。

▶ 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。

▶ 現地調査概要（詳細は、別添の現地調査報告書参照）

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。

3. プロジェクトの事業化

(1) プロジェクトバウンダリー及びベースラインの設定

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、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)、および 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)の国連承認済みの適用可能方法論があり、本調査では今後のプロジェクトの拡大を考慮してAM0067を選定し、同方法論を用いたPDDの作成を行う。

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。

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。

本プロジェクトの同方法論の適用については、表1のとおりであり、今後の構築や確認作業を伴うが、大枠としては適用可能であると判断する。

表 1： 方法論適用条件

| | 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 |

本方法論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。

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以下のように設定される。

- 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。
- 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。

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。

$$BE_y = \sum_{k=1}^n (NLL_{BL,k} * n_{k,y}) * MP * (1 - Br) * EF_{CO_2,grid,y} * 10^{-6}$$

| | |
|---|---|
| BE_y : | y 年におけるベースライン排出量 (トンCO ₂ / 年) |
| k : | プロジェクト活動で導入される変圧器のタイプ k |
| NLL_{BL,k} : | 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 |
| MP : | モニタリングの継続時間 (時間): 8760h |
| Br : | 停電率 (%): 0.03% |
| EF_{CO₂,grid,y} : | y 年における系統電源の排出係数 (トンCO ₂ /MWh): 0.520 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 |
| n_{k,y} : | 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 |

また、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。

$$PE_y = \sum_{k=1}^n [(1 + UNC) * NLL_{PR,k,y} * n_k] * MP * (1 - Br) * EF_{CO_2,grid,y} * 10^{-6}$$

| | |
|---|--|
| PE_y : | y 年におけるプロジェクト排出量 (トンCO ₂ / 年) |
| k : | プロジェクト活動で導入される変圧器のタイプ k |
| NLL_{PR,k,y} : | 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 |
| MP : | モニタリングの継続時間 (時間) |
| Br : | 停電率 (%) |
| EF_{CO₂,grid,y} : | y 年における系統電源の排出係数 (トンCO ₂ /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 |
| UNC | 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 |
| n_{k,y} : | 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 |

尚、本方法論において特定されるリーケージはないが、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。

(2) モニタリング計画

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2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、年に一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 2： 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 _{CO2,grid,y} | トン CO ₂ /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 _{k,y} | 台 | 報告 | 記録 | 年 1 回 |
| NLL _{PR,k,y} | W | - | 製造業者の試験成績結果 | - |
| LL _{PR,i} | 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 |

(3) 温室効果ガス削減量

上記の算定式より温室効果ガス削減量を算出すると表 3 に示す通りとなる。

表 3： プロジェクト排出削減量

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

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 4 に、ベトナム中部の農村地帯にサービスを提供する電力会社である 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 CO₂/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 CO₂/年）のとなる。

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 4： PC3 の標準仕様をベースにした排出削減量

| 年 | ベースライン排出量 (トン CO ₂) | プロジェクト排出量 (トン CO ₂) | リーケージ (トン CO ₂) | 排出削減量 (トン CO ₂) |
|------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 年目 | 2,222 | 434 | 0 | 1,788 |
| 2 年目 | 4,444 | 869 | 0 | 3,575 |
| 3 年目 | 6,667 | 1,303 | 0 | 5,363 |
| 4 年目 | 8,889 | 1,738 | 0 | 7,151 |
| 5 年目 | 11,111 | 2,172 | 0 | 8,939 |
| 6 年目 | 13,333 | 2,607 | 0 | 10,726 |
| 7 年目 | 15,556 | 3,041 | 0 | 12,514 |
| 合計 | 62,222 | 12,165 | 0 | 50,057 |
| 平均 | 8,889 | 1,738 | 0 | 7,151 |

(4) プロジェクト期間・クレジット獲得期間

本プロジェクトの開始日は、2010 年の春と想定される。本調査を通じて、技術移転に関する課題は整理され、機器製造会社によるアモルファス変圧器の基本設計は完了している。残された課題は、実機による詳細データの収集、および初期コストを重視する電力供給会社の入札制度の改善であり、本調査終了後も引き続き調整が必要になる。

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。

(5) 環境影響・その他の間接影響

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 Production (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 Recourses 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。

(6)利害関係者のコメント

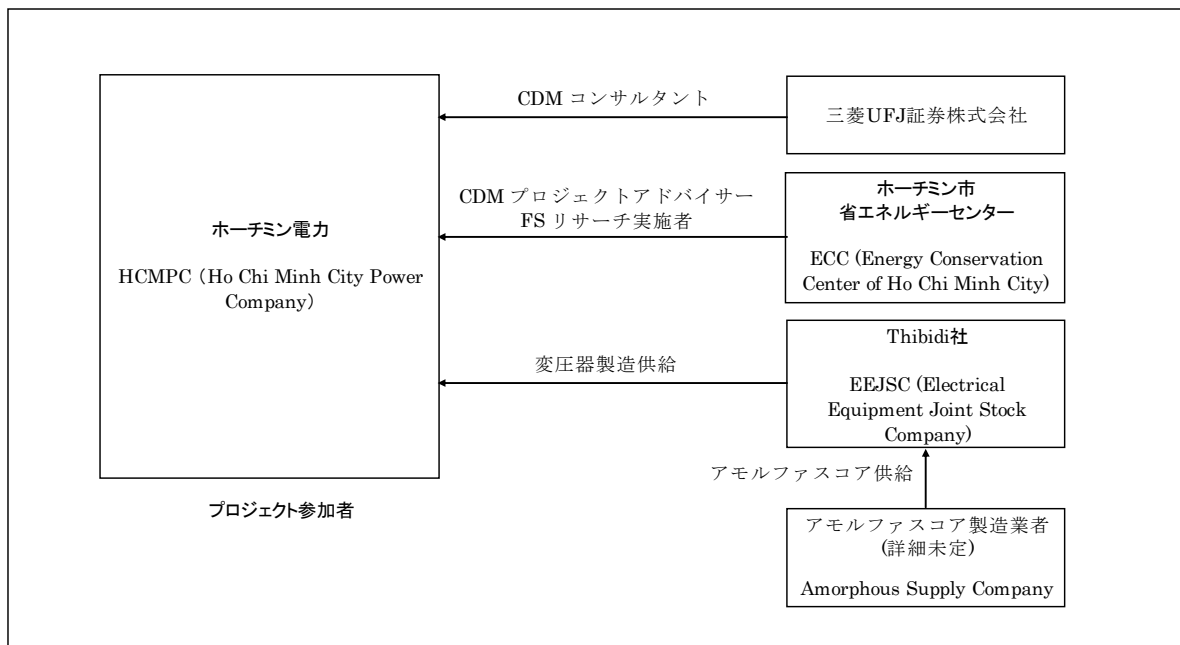
本調査を通じて行われた関係者会議の主な質疑意見を表 5 にまとめる。本プロジェクト実施前には、再度ミーティングを実施する予定である。

表 5： 質疑意見

| 質疑/意見 | 意見者 | 返答/対応 |
|-------------------------------------|--|--|
| アモルファス変圧器の主な導入可能場所はどこか？ | 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？ | Power Company of HCM City | 約 10%程度である。 |
| 10%とは決して高くない数字と思うが、何か原因はあるか？ | 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。 |
| 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。 | 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。 |
| コストは高いのではないか？ | 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。 |
| 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 | |

(7) プロジェクトの実施体制



本プロジェクトの体制は、上図に示すとおり各関連企業がそれぞれ以下の役割を担い、HCMPCを支援するものである。

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。

(8) 資金計画

本プロジェクトは、ベトナム電力公社の下部組織であるホーチミン市電力会社 (HCMPC) の年間予算のなかから捻出される。同社は既に、ベトナム国内の基準を大きく上回る効率の機器を独自に標準に定めており、今後更なる送電網の送電ロスの低減を課題としている。

本調査では、アモルファス変圧器導入によるコスト分析を行ったが、通常のプロジェクトとは異なり、その投資効果の良否がプロジェクトへの投資判断には直結しない。今後、ホーチミン電力では、今回のコスト分析およびアモルファス変圧器導入の効果を分析し、事業実施の判断を行い、それに伴い年間予算に組み込んでいくことになる。

(9) 経済性分析

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り、その結果、初期投資金額で年間 824,517US ドルの追加費用を要する。

本プロジェクトによって削減される電力料金による単純計算に基づく回収年数は約 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 CO₂ 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。

このように投資効果的には、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。

(10) 追加性の証明

[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。

[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り、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。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。

[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ではない。

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。

(11)事業化の見込み・課題

前述のとおり事業化に向けて残された課題は、実機による詳細データの収集、および初期コストを重視する電力供給会社の入札制度の問題であり、本調査終了後も引き続き調整が必要になる。

また、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。

4. (プレ) バリデーション

未実施

5. ホスト国におけるコベネフィットの実現

(1)ホスト国における公害防止の評価

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。

コア周辺の温度は、アモルファスコアが 30 度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。

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のようになる。

熱量 (kcal/h) = 0.862 x 183,111 (W) = 157,841 (kcal/h)

年間の大気中への放熱量 = 157,841 (kcal/h) x 24 (h) x 365 (d) = 1,382,693,134 (kcal/year)
= 1,382,693,134 * 4.1868
= 5,789,693,134 (kJ) / 1.0545
= 5,489,862,129 (BTU_{ISO})

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。

(2) コベネフィット指標の提案

概して、省エネプロジェクトにおける温暖化効果ガスの削減量は限定的であり、それが故に、CDM による利益だけでは、プロジェクト開発者にインセンティブが働き難い傾向にある。しかし、本プロジェクトのように高効率機器の普及は、地球温暖化対策として大きなポテンシャルを秘めていることが分かる。

本調査では、都市部における高効率変圧器の導入により、大気中への放熱量の削減という形で定量化し、ヒートアイランド現象の抑制に関する効果を述べたが、その抑制効果の定量化の言及は至って困難である。また、この放熱量を石油換算した場合、218,032 トンという大きなものになるが、こうした定量化された指標を、コベネフィットプロジェクトの効果の指標に置き換えていく検討が必要である。