

調査・研究報告書の要約

書名	平成22年度我が国の発電プラントの国際展開に寄与する途上国へのプラント・メンテナンス・インフラ構築・導入に関する調査研究報告書				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会・社団法人 日本プラント協会				
発行年月	平成23年3月	頁数	137頁	判型	A4

[目次]

序 (会長 伊藤 源嗣)

はしがき (会長 川村 隆)

委員会名簿

目次

第1章 調査研究の目的・実施方法・日程

- 1.1 調査研究の目的
- 1.2 調査研究の実施方法
- 1.3 調査研究の日程

第2章 発展途上国における電力事情と発電事業の態様

- 2.1 発展途上国の電力の需給動向
- 2.2 発展途上国における電力・発電事業が抱える課題と将来展望

第3章 調査対象国の選定

- 3.1 選定の概要
- 3.2 プラント・メンテナンス改善の必要性
- 3.3 関連情報の入手状況及び現地訪問調査に関するインフラ整備
- 3.4 調査結果報告内容のフォローアップ

第4章 調査対象国（ベトナム）における既設火力発電プラントメンテナンス高度化の必要性

- 4.1 既設発電プラントの運用の現況
- 4.2 既設発電プラントのメンテナンスの現況と問題点
- 4.3 既設石炭火力発電プラントの運用状況と課題
- 4.4 既設石炭火力発電プラントのメンテナンス上の課題

第5章 日本国内のプラントメンテナンス技術の現状

- 5.1 国内電力会社のプラントメンテナンスシステムの調査
- 5.2 国内電力会社のプラントメンテナンスシステムの期待と現状
- 5.3 国際貢献としての国内メンテナンス技術の発展途上国への導入検討

第6章 調査対象国（ベトナム）へのプラントメンテナンス技術導入の具体化

- 6.1 ベトナムにおけるメンテナンスニーズの大きい分野の把握と優先度
- 6.2 導入システムのマッチングと絞り込み

第7章 対象国へのメンテナンスシステム導入にかかる問題点と解決策

- 7.1 ファイナンススキーム構築に向けた各種インセンティブ確保
- 7.2 具体的なシステム構築・選定における問題点
- 7.3 ベトナムへのメンテナンスシステム導入の可能性と展望

第8章 結言

添付資料

1. 委員会議事録（第1回～第3回）
2. 海外調査記録
3. 啓蒙資料
4. 参考文献

[要 約]

途上国においてプラント設備を導入しながら、その後、運転や維持管理が適切にできないため、プラント機器の故障、寿命の低下などが原因となり、稼働率の低下を招く問題が多数発生している。本調査研究においては、アジアの発展途上国で電力供給に問題を抱えるベトナム国、中でも北部の Pha Lai 火力発電所を事例とし、メンテナンスシステム・インフラの構築というテーマの下、主としてシステムによる長期的な視点でのメンテナンス支援、メンテナンスの質の向上を目的とした仕組みの紹介、啓蒙に取り組んだ。その過程でより重要なこととしてメンテナンスにおける戦略的アプローチという視点での取り組みの推進に注意を向けることができた。

第1章 調査研究の目的・実施方法・日程

1.1 調査研究の目的

途上国においてプラント設備を導入しながら、その後、運転や維持管理が適切にできないため、プラント機器の故障、寿命の低下などが原因となり、稼働率の低下を招く問題が多数発生している。

プラント運転中の異常発生後、速やかに対処することで解決することはもちろん必要であり、途上国においても納入プラント設備のマニュアルに基づき解決が図られている。しかしながら、我が国企業の取り入れているプラント・メンテナンスの思想を当該国に導入促進させ、普及させることにより、発電プラント設備のより一層適正な稼働を図ることが可能となる。

以上のことから、ベトナムにおける発電プラント運転においてプラント・メンテナンスの考えを普及させ、円滑なプラント運転、故障の防止を図ることを本調査研究の目的とした。

1.2 調査研究の実施方法

1) 国内における文献資料調査、2) システムプラン作成、3) 予防保全に関する推進・支援方策検討及び啓蒙資料の作成、4) ベトナム現地調査、5) プラント・メンテナンス・インフラ構築・導入調査研究委員会の各方法により調査研究を実施した。

1.3 調査研究の日程

2010年10月1日の調査研究開始から2011年3月31日の調査研究完了までの間、11月、1月、2月の3回に亘るプラント・メンテナンス・インフラ構築・導入調査研究委員会、11月、1月の2回のベトナム現地調査、10月に1回の国内発電所訪問調査を実施した。

第2章 発展途上国における電力事情と発電事業の態様

2.1 発展途上国の電力の需給動向

我が国のプラント設備輸出の主要な対象地域は経済発展の著しいアジア地域であり、本調査検討では調査対象国としてベトナムを選定して実施することになっている。本章ではアジア地域の全般的な電力事業の状況を概括するために、アジア地域の、インド共和国、インドネシア共和国、タイ王国、フィリピン共和国、マレーシアを選定して調査した。各国の電力事業の現況として、電力需給の推移、現在の発電設備容量、エネルギー資源別の電源設備、今後の電源開発計画とその状況、各国の電力事業体制、などについて概要を報告している。

2.2 発展途上国における電力・発電事業が抱える課題と将来展望

アジアの発展途上国5か国の電力事業を概括したが、各国はそれぞれ地勢的にまた歴史的に種々の問題を抱えている。それらの中で発展途上国が共通的に抱えている電力事業の課題について考察を加えた。項目としては次の通りである。

- 1) 未電化地区の解消と電化による生活向上が求められ、電力需要が急速に伸びる。
- 2) 送電による電力損失が大きい。送電の技術的問題もあるが、盗電の影響も大きい。
- 3) 電力料金が低く抑えられており、自由化や民活導入が進まない要因となっている。

- 4) 電力改革により、電力会社の民営化、経営効率化を進めているが、進捗が遅い。
- 5) IPP が制度化されているが、参入が進まない。
- 6) メンテナンスが不十分なため老朽化が進んでいる。
- 7) 以上の要因から発電設備の大幅な増強が急務となっている。
- 8) 新興国の安価な発電設備が発注される傾向にあり、運転・保守技術が移転されない。

第3章 調査対象国の選定

3.1 選定の概要

今回調査対象国の候補として、我が国とも関係の深い東南アジアのタイ、ベトナム、インドネシア、インドの4か国を候補として選定した。評価方法としては、1) プラントメンテナンス改善の必要性、2) 関連情報の入手状況、及び訪問調査のインフラ及び3) 調査結果のフォローアップの3項目について比較した。

3.2 プラント・メンテナンス改善の必要性

4か国におけるメンテナンス改善に対する潜在的なニーズを比較したところ、ベトナムが他の3か国より遥かに強い潜在的ニーズがあることが判明した。

3.3 関連情報の入手状況及び現地訪問調査に関するインフラ整備

国内で入手可能な関連情報に関し4か国間には特段差異が無いが、現地調査に関するインフラについては、ベトナムが他の3か国より有利なことが認められた。

3.4 調査結果報告内容のフォローアップ

今回の調査結果が将来の案件形成、F/S の実施等ほどの程度有効利用される可能性が見込めるか各国の状況を比較したところ、ベトナムが最も有力であることが認められた。

以上を総合的に判断して、ベトナムを調査対象国として決定した。

第4章 調査対象国（ベトナム）における既設火力発電プラントメンテナンス高度化の必要性

4.1 既設発電プラントの運用の現況

本章では調査対象国であるベトナムに絞って、電力事情を説明したうえで、火力発電プラントの運用状況、メンテナンスの現況と問題点について調査した。

ベトナムの電力需要は、2000年代に入って急速な伸びを示しており10%以上の伸び率となっている。最大電力に対する平均電力の比率を示す負荷率は60~66%となっており、平均電力に対して最大電力（ピーク電力）が高いことが分る。また電力損失は10%以上と高いが、徐々に減少している傾向にある。

ベトナムで最大の電力会社であるEVN社の設備構成は、水力が最大の容量で約50%、次いでガスタービン（燃料は天然ガス）が約30%であり、石炭火力が13%と意外に少ない。

最近の傾向を見ると、ガスタービンが大きく伸び、石炭火力の伸びは約 8%程度である。原子力発電所はなく、水力以外の風力や地熱等の再生可能エネルギーも無い。小型の発電設備であるディーゼル発電は減少の傾向にある。

電力需要は 2015 年までは年率約 15%で、その後 2020 年度までは年率約 10%で増加していくと予測され、発電設備を 2015 年までには 42,341MW、2020 年までには 60,611MW までに増強する計画である。

ベトナムの電力事業の最近の課題は、電力供給設備の増強が急務であること、電力料金制度が複雑で料金承認制度の見直しが必要となっていること、電力市場の自由化と IPP 化を進めること、などがある。

4.2 既設発電プラントのメンテナンスの現況と問題点

EVN 社（ベトナム電力公社）は改革により現在は持株会社となっており、EVN が 100%保有する直轄企業と、合弁形式の独立採算企業に分けられている。発電会社は 16 社また送電会社は 4 社あり直轄企業となり、配電会社は 9 社あり独立採算企業となっている。メンテナンス部門については、2007 年に発電会社から独立し電力サービス株式会社となっている。

火力発電所については、Pha Lai 発電所の発電量が主力となっている。Pha Lai 発電所の容量は、Pha Lai I が 440MW、Pha Lai II が 600MW、合計で 1,040MW であり、ベトナム最大の石炭火力である。他の発電所は 39～405MW と小さい。

計画メンテナンス停止および突発的な事故停止を含む発電所停止によるロス電力量の全発電量に対する年平均の割合は 1.2%以下であり、軽微であると言える。しかしながら月別で見れば多い時で 300GWh なり 5%近くのロス率となることがある。2008 年の場合は 7 月に起きており、夏場の電力需要の高い時期であることを考慮すれば、その影響は甚大であったことが推定される。ベトナム電力事業の電力損失率を示す。また電力損失率は、徐々に低下しているものの、未だ 10%以上となっている。ベトナムの場合は南北に長いため送電系統が長いことも一因と考えられる。

4.3 既設石炭火力発電プラントの運用状況と課題

海外電力調査会 海外諸国の電気事業 2008 年の報告書によれば、石炭火力発電所は 9 か所で合計の設備容量は 2,950MW と報告されている。

燃料となる石炭は、国産の無煙炭の中の低品位の物が利用されているが、現在の火力発電所の増設傾向が継続する場合には、2013 年以降輸入炭を利用する必要にせまられものと予測されている。

旺盛な電力需要の増加に対応するため、国による電源開発計画による設備増強計画が策定されており、計画に沿った建設計画（新設及び増設）が進められている。石炭火力発電に

関しては、2011年から2015年へかけて計50の案件が策定され、計画通り実施された場合には合計11,560MWの設備容量が増加することになる。

現在の電力需給関係の逼迫を解決するためには、既存発電所の稼働率改善だけでは不十分であり、需要に見合う発電設備の増強が必要とされている。

4.4 既設石炭火力発電プラントのメンテナンス上の課題

ベトナムの北部地域の火力発電所では、メンテナンス作業を所内メンテナンス部門から外部のメンテナンス専業会社（NPS）へ全面的に委託する動きが拡大してきている。NPSは日常の点検業務以外、短期メンテナンスやオーバーホール等も担当範囲とされている。但し高額な費用を伴うオーバーホール等は、国の規定により外国企業も参加可能な入札方式がとられている。NPSによるメンテナンスの外部委託化は成功したものと評価され、今後南部地域へも同様の会社を発足させる計画が進められ模様である。

日常点検を除いたメンテナンスは、原則3か月ごとの短期メンテナンス、2年毎のセミ・オーバーホール及び4年毎のオーバーホールの3種類に分類される。但し実際には、電力需給状況により稼働停止時間が確保できず、メンテナンスの間隔を延長されるケースも発生している。

電力セクターの自由化により発電所の所有、オペレーション及びメンテナンスが分離された結果、メンテナンス業務の権限や責任の所在が不明確となり、中長期計画の策定が困難に状況も発生している。また、発電所毎に独立採算制がとられるようになった結果、大規模改修工事の実施が困難になってきており、促進の為の新しいスキームの制定が望まれる。

メンテナンス業務作業そのもののアップグレードの為には、新しい情報システムの導入を図ると共に、入札制度を中止してメンテナンス作業は全て専業会社への委嘱方式に変更、メンテナンスエンジニアが発電所のオペレーションや管理業務を経験できるようなトレーニングコースの設定や、作業の負担軽減の為に主要機器納入メーカーの絞り込み等の施策の実施が必要である。

第5章 日本国内のプラントメンテナンス技術の現状

5.1 国内電力会社のプラントメンテナンスシステムの調査

メンテナンスには、稼働時間を根拠としてメンテナンスを行う時間計画メンテナンス（TBM；Time Based Maintenance）と、設備診断を実施しその設備状態の結果からメンテナンスを行う状態監視メンテナンス（CBM；Condition Based Maintenance）がある。これら二つの方式によるメンテナンスを必要に応じて使い分けながら、設備のメンテナンスを行っているのが現実の姿である。

よく知られた火力発電設備における予防保全技術の体系において、経年劣化診断では運転中、停止中の機器の異常監視、あるいは検査などにより診断する。この中で寿命の診断・評価技術は設備状態の劣化等の経年変化を検出する技術である。信頼性維持向上は劣化設備に対する改修・更新等による耐力・維持向上を行う。保全管理技術は以上述べた技術の支援機能である。本調査研究では、上記体系の中で停止中診断と運転中診断に注目する。

5.2 国内電力会社のプラントメンテナンスシステムの期待と現状

国内電力会社のプラントメンテナンスの技術は着実に進歩しつつあると考えられる。稼働率維持の観点から短期間での補修や機器の取り換え工事を行う技術に対する厳しい要求をクリアしつつ、確実な進展がみられている。

予防保全に関しては、単に部品や機器を既設のそれと同じものに交換したり、同じ状態に補修して機能の原状回復を図るだけで満足するのではなく、より高い信頼性を確保するなどの改善がなされている。

5.3 国際貢献としての国内メンテナンス技術の発展途上国への導入検討

日本の進んだメンテナンス技術の発展途上国への移転を進め、より効率的でコストのかからないメンテナンスの実現での国際貢献を実現することが本調査研究の大きな意義と考えている。

東南アジアの発展途上国は年率10%の成長を続けているが、日本の進んだメンテナンス技術を発展途上国へ移転し、大きな初期コストのかからない既設のプラントの稼働率向上対策に目を向け、その実現のためにメンテナンス技術の発展途上国への導入を具体的に推進するために何が必要かを研究する。

発展途上国として東南アジア諸国がまずターゲットであるが、今回ベトナムを選び、具体的な調査と研究を実施する。

第6章 調査対象国（ベトナム）へのプラントメンテナンス技術導入の具体化

6.1 ベトナムにおけるメンテナンスニーズの大きい分野の把握と優先度

ベトナムでは新設火力への投資を優先しているために、既設火力の改善が後回しとなっており、非効率な運用を強いられている状況が見られる。

そうした状況を受けて今回の調査研究では、ベトナム北部地域の主要発電所の一つであるPha Lai 発電所に絞って調査を行った。

Pha Lai 発電所は全国の10%の電力、北部地域の40%の電力を担う重要電源である。Pha Lai Iは1986年運開で老朽化がかなり進んでいる様子がうかがえる。

本調査研究の一環として、2回の現地調査を実施したが、メンテナンスはベトナムの北部地域の火力発電所（Pha Lai 発電所の全Unitと300MW以上の全てのプラント）のメンテ

ナンスを担当する NPS という保守専門会社に委託されているが、経済性や効率性の面で好ましいメンテナンス体制とは言えない状況にあることが分かった。本項では、こうした状況を考慮した、着目すべきメンテナンスニーズを整理した。

6.2 導入システムのマッチングと絞り込み

メンテナンスの支援に必要なシステムとして、オンラインのプロセスデータに基づく発電所の運用管理、プラントの運転業務、トラブル発生時の対応業務を支援するシステムと、機器・設備の運転履歴や補修履歴、またそうした業務を実施する上で必要な機器・設備の仕様書や図面類など、いわゆるオフラインデータに基づくメンテナンスを支援するものがある。

本項では、メンテナンスシステムの導入検討を、オンラインデータに基づくシステムとオフラインデータに基づくシステムとに分けて実施した。

ベトナムにおける火力発電所の稼働状況を改善するメンテナンス支援システムの具体的な内容を考慮し、東京電力のメンテナンス体制、仕組みは参考になり得ると考えた。

東京電力では、本店に置かれた情報システムと、各発電所に設置されている情報システムの支援のもとにメンテナンス業務を実施すると同時に、広域のネットワークを介して全く同じメンテナンスに必要な情報（オンライン情報およびオフライン情報）を共有している。この仕組みをベトナム北部地域の発電プラントのメンテナンスに当てはめると、本店機能が NPS、各発電所の保守部門のメンテナンススタッフは NPS の各発電所常駐者に対応する。

その情報インフラシステムの構築・導入によって期待される効果は多く挙げられるが、日々更新される最新のデータに基づいたメンテナンス業務によってメンテナンス業務の実施者のスキルアップが漸進的に図られることもそのひとつである。

第7章 対象国へのメンテナンスシステム導入にかかる問題点と解決策

7.1 ファイナンススキーム構築に向けた各種インセンティブ確保

我が国のファイナンススキームとしては、民間資金を除くと、公的資金支援組織は政府開発援助 (Official Development Assistance: ODA) を扱う国際協力機構 (JICA) とその他政府資金 (Other Official Fund: OOF) を扱う国際協力銀行 (JBIC) の 2 機関に大別される。この他に、輸出、輸入、海外投資、あるいは海外融資といった対外取引に伴う危険をカバーする保険を扱う日本貿易保険 (NEXI) があるが、プロジェクト資金の観点から前者 2 者を対象に検討を行う。

国際協力機構 (JICA) は、JICA は ODA のうち国際機関に対する出資・拠出を除く二国間援助を取扱っており、有償資金協力 (円借款)、無償資金協力、技術協力の 3 分野がある。

国際協力銀行(JBIC)は、(株)日本政策金融公庫の国際部門として、①日本にとって重要な資源の海外における開発及び取得の促進、②日本の産業の国際競争力の維持及び向上、③地球温暖化の防止等の地球環境の保全を目的とする海外における事業の推進、④国際金融秩序の混乱への対処、の4つの分野において業務を行っている。

これらの公的資金支援は、本調査の対象となっているプラント・メンテナンスに関するプロジェクトに対していずれも適用できる。

オペレーション・メンテナンスの善し悪しがプラントの効率的な運転とプラント寿命に直接的な関連を持っているが、現在のところ、特にメンテナンスを優先されたファイナンススキームはない。メンテナンスプロジェクトの建設時だけでなく、設備稼働後の定期的な運転稼働をも含めた費用を対象としたファイナンススキームが構築されれば、途上国におけるプラント稼働率向上と、途上国技術者の意識改革にもつながるものと期待される。

7.2 具体的なシステム構築・選定における問題点

メンテナンスシステム・インフラをベトナムに導入・構築するにあたり、考慮すべき問題点は多くある。たとえば、大容量の伝送を想定した広域ネットワークインフラの構築・利用技術が求められること、アプリケーションソフトは、日本国内で発電プラントのメンテナンス用途で採用実績のある、いわゆる Field-proven なシステムが望ましい、多様な DCS との連携の面でフレキシビリティのあるインターフェースが望まれる、オンラインデータやオフラインデータのデータベースの構築技術、検索機能の開発には、メンテナンス業務そのものを熟知していなければならないこと、といったようなことである。

更に真にメンテナンスのノウハウを有するところと、実績豊富な国内のシステムベンダーの連携が、ベトナムでのメンテナンスシステム導入で力を発揮すると考えるのが現実的であろうと思われる。

7.3 ベトナムへのメンテナンスシステム導入の可能性と展望

現地調査チームは単なる調査とその報告に終わるのではなく、実際にシステム導入を考慮するよう、メンテナンスの実態やシステムがいかに効果的なメンテナンスを実現するかを、日本の事例紹介や実際のシステムのデモンストレーションなどによってそのメリットを理解できるよう働きかけを行った。

第2回目の現地調査の中で、Pha Lai 発電所の技術責任者はシステムの導入に向けて取締役会に諮ること、技術責任者自身がその後押しをすることを明言するまでに心を動かすことができた。

Pha Lai 発電所をモデルとした NPS-Pha Lai 発電所のメンテナンスシステム・インフラが構築し、機能するようになれば、北部地域の発電所への横展開も展望できる。

また、北部地域のメンテナンスシステム・インフラが軌道に乗れば、さらに中部、南部の発電所へとベトナム全土を視野に入れた仕組みの拡大を展望できると考えている。

電力需給の逼迫するベトナムにおいて、高品質のメンテナンスで稼働率を向上し電力の供給に貢献するならば、投資への意欲は高まると確信できる。結論として、メンテナンスシステム・インフラのベトナムへの導入の可能性は十分あり、その普及をベトナム国全体に広げることも可能性としてあり得ると考えられる。

第8章 結言

日本でQC (Quality Control : 品質管理) の世界にTQC (Total Quality Control) という思想が導入されたように、メンテナンスの世界 (Productive Maintenance : 生産保全) の世界にTPM (Total Productive Maintenance) の考え方を導入することが有効であることが、日本プラントメンテナンス協会から発信されている。

メンテナンスのPDC (Plan, Do, Check) サイクルの運用に注目した戦略的なアプローチにはメンテナンス技術の向上、人材育成、教育、といった、従来のメンテナンス計画・実践の中で十分に顧みられてこなかった分野も強化しつつメンテナンス業務の改善に取り組むことが期待できるという点で、大きなメリットがあると考えられる。

ベトナム国、そして発展途上国へのメンテナンスシステム・インフラの構築というテーマでの調査研究の過程で得た知見から、より重要な“メンテナンスにおける戦略的アプローチ”という視点での取り組みの推進に注意を向けることができた。これは日本発のメンテナンス分野におけるMethodology ということができる。

O&M 分野で国際的に必ずしも評価の高くない日本の発展途上国への支援への評価を高める一助として、JICAの統括メンテナンス会社への資本参加という考えもあるかもしれないと考えられる。今回の調査研究の成果の今後の発展形として、TPMベースのメンテナンス・インフラ普及を目指すことを提案したい。



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp>