

平成 24 年度政府開発援助
海外協力事業委託費による
「案件化調査」
ファイナル・レポート

ベトナム国

ベトナムにおける改質 FA を使用した
高品質コンクリート二次製品産業の
創出に係る調査

平成 25 年 3 月

(2013 年)

平玄株式会社・株式会社リサイクルワン
共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、平玄株式会社・株式会社リサイクルワン共同企業体を実施した平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による案件化調の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

目次

巻頭写真

略語表

要旨

はじめに

背景と目的、調査方針・内容、団員リスト、スケジュール、現地調査概要

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

- 1.1 ベトナムにおける政治・経済の概況
- 1.2 電力セクターにおける開発課題
- 1.3 ベトナムのFAの処理・循環利用に関する政策、計画、法制度
- 1.4 ベトナムにおけるODA事業の事例分析

第2章 提案企業の技術の活用性及び将来的な事業展開の見通し

- 2.1 業界分析に基づく当社技術を活用したビジネス案
- 2.2 ベトナムの既存技術に対する当社技術の強み
- 2.3 事業展開方針
- 2.4 本共同企業体が海外進出することによる地域経済への貢献
- 2.5 想定する事業の仕組み（非公開）
- 2.6 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール（非公開）
- 2.7 リスクへの対応

第3章 ODA案件化によるベトナムにおける開発効果及び共同企業体の事業展開効果

- 3.1 本FA改質技術と開発課題の整合性
- 3.2 ODA案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

第4章 ODA案件化の具体的提案

- 4.1 ODA案件概要
- 4.2 具体的な協力内容及び開発効果
- 4.3 他ODA案件との連携可能性

添付資料

訪問議事録（非公開）

現地市場調査結果

巻頭写真

生コンクリート工場



生コンクリートの製造状況



ファーライ火力発電所



ファーライの灰捨て場



ファーライのFA改質設備



ハイフォン火力発電所



改質後FAのストックヤード



FA混合製品



FA混合製品の製造工場



プレキャスト製品工場



VIBMへの訪問



EVNへの訪問



略語表

FA	Fly Ash (フライアッシュ、石炭火力発電所から排出される石炭燃焼灰)
VIBM	Vietnam Institution of Building Materials (ベトナム建築材料研究所)
C-CAS	Controlled Coal Ash Slurry (FAの改質技術)
VEA	Vietnam Environment Administration (ベトナム環境総局)
MOC	Ministry of Construction (建設省)
EVN	Electricity of Vietnam (ベトナム電力公社)
VCA	Vietnam Concrete Association (ベトナムセメント協会)
MONRE	Ministry of Natural Resources and Environment (天然資源環境省)
pH	ペーハー、水素イオン濃度指数
Cr	Chromium (クロム)
ODA	Official Development Assistance (政府開発援助)
JETRO	Japan External Trade Organization (日本貿易振興機構)
SiO ₂	二酸化ケイ素
Al ₂ O ₃	酸化アルミニウム
IPP	Independent Power Producer (独立発電事業者)
BOT	Build, operate and transfer (民間企業が設備を建設、運営し、定められた事業期間が終了した後、相手国へ設備を無償で譲渡する事業形態)
PM10	Particulate Matter 10 (浮遊粒子状物質のこと。粒子径 10 μm で 50%の捕集効率(ろ過効率)を持つフィルターを通して採集された、粒子径の異なる微粒子の集団)
O	オゾン
USEPA	United States Environmental Protection Agency (米国環境庁)
TSS	Total suspended solids (全浮遊物質)
TCWN	排水基準
Cd	カドミウム
As	ヒ素
ASEAN	Association of South - East Asian Nations (東南アジア諸国連合)
PDP6	Power Development Plan 6 (国家電力開発プラン6)
CCGT	Combined Cycle Gas Turbin (ガス複合発電)
MOIT	Ministry of Industry and Trade (商工省)
VINACOMIN	Vietnam National Coal Mineral Industrier Group (石炭鉱物工業グループ)
TKV	VINACOMINの別称
PVN	Petro Vietnam (ベトナムガス・石油グループ)
CFB	Circulation Fluidized Bed Boiler (循環流動層ボイラー)
MOT	Ministry of Transportation (運輸省)

ALC	Autoclaved Lightweight Aerated Concrete (軽量気泡コンクリート)
JIS	Japanese Industrial Standards (二本工業規格)

要旨

1. 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

1.1 ベトナムにおける開発課題と改善ニーズ

ベトナムでは、ドイモイ政策により経済の開放が進められ、近年の海外直接投資の増加を梃子に順調な経済成長を実現している。その急速に拡大する電力需要に対応するため、石炭火力発電所の増設が計画されており、将来的には1000万トンもの石炭燃焼灰（フライアッシュ、以後FAと略）が排出されることが予測されている。FAは重金属などを含み、中国では近年、FAによる環境汚染が顕在化してきている。また一方で、FAは建材を中心に資源として活用することが可能であるため、環境汚染リスクの軽減、資源循環型社会形成のためにも、FAを循環させるための技術と制度が求められている。

ベトナムにおいては、FAの環境汚染リスクに対する認識不足、FAをリサイクルするために産業基盤（改質技術、FA活用製品製造技術、製品規格）、及び推奨制度や利用規制などの法制度は十分に整備されておらず、下記表のような4つの開発課題があると確認できた。

表1 ベトナムにおける開発課題のまとめ

背景	ベトナムの急速な発展			
	石炭火力発電所の増設による電力需要への対応		住宅・道路・鉄道などのインフラ整備	
	フライアッシュ（FA）の大量排出		コンクリートを中心とする建材需要	
現状	<ul style="list-style-type: none"> FAはスラリー状のまま灰捨て場で処分されている（不溶化処理はされていない） 	<ul style="list-style-type: none"> FAは2011年で300万トン、2030年には1000万トンの排出量となる 現在のFAのリサイクル率は10～20%程度 	<ul style="list-style-type: none"> 壁・屋根用の建材として、レンガが年間1億枚以上製造されている 	<ul style="list-style-type: none"> 大型のプレキャスト製品工場が少ない 建設現場で型枠を用いてコンクリート製品を製造
開発課題	<ul style="list-style-type: none"> 井戸水の汚染や、洪水による堤防決壊での汚染物拡散といった、環境汚染リスクの可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> 300～800万トンの灰処分量のため、広大な灰捨て場の確保が必要 循環型社会形成の観点で問題あり 	<ul style="list-style-type: none"> レンガ焼成に伴いCO2排出量、大気汚染、農地破壊が顕在化 建設省は2020年までにFAを活用した製品でレンガの40%を代替する政策を発表 	<ul style="list-style-type: none"> 高速道路の梁などはベトナム国内で製造できず、現在は海外から輸入されている インフラ整備能力の低さが指摘されている
C/P	VEA、EVN	EVN、各石炭火力発電所	VIBM、VCA	MOC、VIBM
改善ニーズ	環境汚染は顕在化しておらずニーズはない（しかし、リスクに対する認識不足があると考えられる）	ファーライ火力発電所、ハイフォン火力発電所とも、年間80万トンものFAを全量リサイクルしたいニーズがある	VIBMはFAの改質技術とFA混入製品の開発を行うとともに、製品規格を策定計画があり、支援ニーズがある	ODA案件「インフラ整備能力向上」においても、プレキャスト製品の普及による現場施工力の向上が指摘されている

2. 提案企業の製品・技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

2.1 共同企業体の保有技術と事業化のイメージ

当共同企業体は、北九州大学の松藤教授の発明した FA 中の未燃カーボンの除去技術 C-CAS(Controlled Coal Ash Slurry)を用いた平玄・新技術建材の C-CAS 改質プラント技術、及び改質 FA を用いて高品質なコンクリート製品を製造する和光コンクリート工業の FA 活用技術を活用することで、ベトナムにて FA を中心とした循環型社会構築と、新規事業化を目的としている。

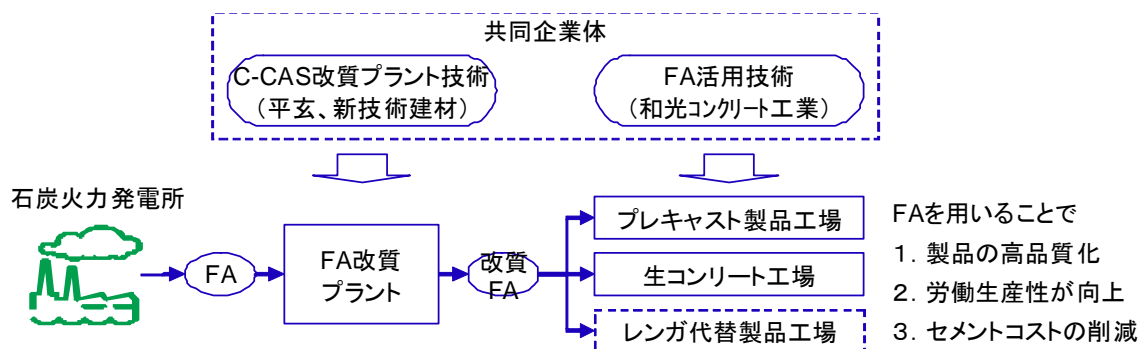


図1 共同企業体の保有技術と事業化のイメージ

2.2 事業化に向けた課題と対応方針

FA 改質事業を展開するにあたっては5つの課題があり、現時点での対応方針についてまとめる。

① FA の入手方法

ファーライ火力発電所、及びハイフォン火力発電所ともに、FA を資源として最大数十万トンレベルまで購入可能であることを確認。価格はスラリー状のもので、現地引取りで240円/t。

② ベトナムのFAに対するC-CAS技術の有効性

ファーライ火力発電所、及びハイフォン火力発電所からFAサンプルを調達し、日本国内でC-CAS技術を用いて改質実証を行ったところ、未燃カーボンは1%未満にまで除去することができた。ベトナムで開発・実施されている改質技術は、除去率6%程度であり、VIBMからもC-CAS技術の方が優位であるとの評価を受けた。

③ FAの改質・処理事業の立上可能性

ベトナムではFAは通常廃棄物扱いであるため、改質事業を行うためには、通常の製造工場と同じアセスメントをクリアすればよいとのことで、特別な許可は不要であることをVEAより確認。

④ 改質FAのコンクリート産業でのニーズ、経済性・事業収益性

生コンクリート工場、及びプレキャスト製品工場にヒアリングしたところ、セメントコストの削減、コンクリート製品の品質向上のため改質FAのニーズはあり、その購入価格はファーライ火力発電所の改質FAの3,200円/tであることが確認できた。FAの仕入れ値240円/tで販売価格が3,200円/tであることから、初期投資を抑えることで経済性は十分に成り立つことが確認できた。

⑤ 事業パートナー、実施サイト

2社の将来の事業パートナー候補を見つけ関係構築し、下記の方針・計画について合意できた。
○ハイフォン火力発電所に近いプレキャスト製品工場と連携して実証プラントを設置すること。
○既存のFA改質事業者と連携し、新たなFA改質プラントの建設やFA混合製品の製造において、将来的には技術提携をおこなうこと。

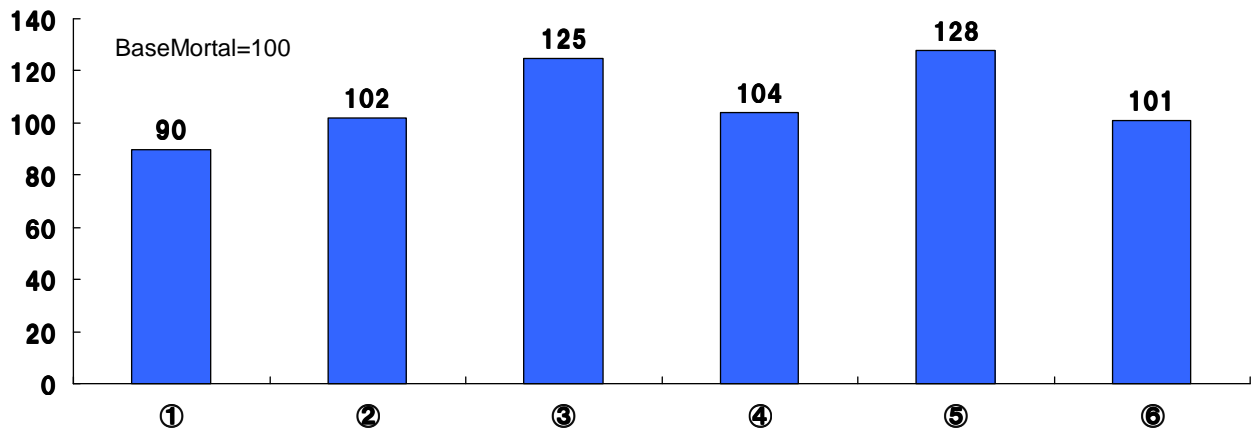
(参考 C-CAS 技術の実証結果)

表2 未燃カーボン比率の比較 (%)

ファーライ			ハイフォン		JIS
①未改質	②現地改質	③C-CAS 改質	④未改質	⑤C-CAS 改質	⑥FA II種
13.12	5.30	0.06	6.17	0.31	5.00



表3 フロー値の比較 (基準モルタルの直径を 100 とした際の指数)



基準モルタル

ファーライ C-CAS 改質 FA 混合

ハイフォン C-CAS 改質 FA 混合



3. ODA 案件化による開発効果及び提案企業の事業展開効果

3.1 提案技術と当該開発課題の整合性

C-CAS 技術を活用した FA の循環利用の仕組みを構築し、ベトナム全土にて展開されることで、4つの開発課題解決に大きく貢献できると考える。図2の展開構想のように、技術協力と、当共同企業体によるハイフォン火力発電所を中心とした技術実証を並行して取り組むことで、2016年頃から開発効果を発揮できるものとする。

表4 4つの開発課題に対する当技術の貢献効果

開発課題	FA の環境汚染 リスクの低減	FA 循環利用の 仕組みの構築	レンガ産業からの 環境汚染低減	インフラ整備能力の 向上
当技術の 貢献効果	不溶化処理を行わない FA の場合、Cr を例にとると、0.6～3.9mg/kg が溶出する（日本での研究結果）。 FA を改質し、コンクリート製品に活用することで、FA に含有されている重金属を溶出分析の検出限界にまで下げることができる。	未燃カーボンが 8%以上と高い場合、コンクリートに混合できずリサイクルは難しい。 C-CAS 技術で改質し、未燃カーボンを 1～2%程度まで除去すると、コンクリート利用に加え、プラスチック混合製品の製造や土壌改良剤として活用でき、より多くリサイクルできる。	FA を改質することで、発泡ブロックなどの焼成レンガの代替となるコンクリート製品の原材料として活用することが可能。 レンガ生産量の 10% を FA 混合製品で代替した場合の環境改善効果は、7.5ha の農地保全と年間 5000t の CO2 削減効果があると推計される。	FA をプレキャスト製品に活用した場合、セメント使用量を 30%抑制し、製造にかかる時間/人数を 30%効率化できるとともに、製品が高品質化するため、産業育成に貢献できる。 プレキャスト製品を活用し現場での型枠製造をやめることで、工期の短縮、事故軽減を図ることができる。



図2 ODA 及び事業展開構想

4. ODA 案件化の具体的提案

4.1 2つの技術協力に関するニーズ把握

FAを循環させる社会作りのためには、政府・民間事業者に対する技術強化のための支援（改質技術、FA混入製品の開発・製造、プラント運転管理、品質評価）と制度整備のための支援（再生品の優先利用、経済合理性を成り立たせるための補助制度）2つの技術協力が必要と考える。それぞれのニーズの把握を行った。

表5 技術強化のための支援と制度整備のための支援の2種類のODA案件提案とそのニーズ

	技術強化のための支援	制度整備のための支援
カウンターパート	VIBM（建設省建築材料研究所） VCA（ベトナムコンクリート協会） EVN（ベトナム国営電力会社）	EVN（ベトナム国営電力会社） VEA（環境省総局、公害防止部） MONRE（環境省）、MOC（建設省）
目標	FAを資源として循環させるための、産業基盤の確立	FAを資源として循環させるための、法制度の確立
目的	FA改質規格の作成 FA混合プレキャスト製品の規格作成 FA混合生コンクリートの規格作成 FA改質・製造技術の浸透	FAの環境汚染リスクへの対応策策定 FAからの重金属溶出抑制技術の浸透 FAの再利用目標・計画の策定 用途別のFA利用推奨・規制の策定
プログラム案	<ul style="list-style-type: none"> ベトナムでのC-CAS実証機設置とFA改質/製品製造の実証試験 日本での研修プログラム（FA改質の研修、FA混合製品工場の見学、等） 専門家派遣（各種規格作成、改質FAの利用方法の伝達、等） 	<ul style="list-style-type: none"> 日本での研修プログラム（環境省や電力会社でのFA管理制度、地方自治体でのFA製品利用推奨制度、FAの環境汚染リスクの研修、等） 専門家派遣（各種制度作成、各石炭火力発電所でのFA対策支援、等）
ニーズ把握	<p>VIBM（2月18日訪問）</p> <ul style="list-style-type: none"> FAのような廃棄物資源を有効活用し、高品質な建材を作りだすことはVIBMの使命であり、ぜひやりたい。 各種の規格は現在ベトナムにはないので、実証を通じて作る必要がある。 MOUを結ぶ必要があれば対応する。建設省国際協力課とも面談調整する。ぜひ技術協力の具体的な内容について議論しよう。 <p>VinaconexPhanVu（2月19日訪問）</p> <ul style="list-style-type: none"> FAを活用したいと考えており、実証試験には協力したいと思う。実証機設置のため工場敷地を貸すことも可能。 	<p>VEA（12月10日訪問）</p> <ul style="list-style-type: none"> EVNからは、FAが原因の環境汚染は発生していないとの報告を受けている。 環境汚染が顕在化する、もしくはEVNから汚染リスク軽減の要請があれば、環境省としては、FAの処理基準や溶出防止策などの制度作りを行う。 <p>EVN （2月18日訪問予定であったが、キャンセルのため、ニーズの詳細把握はできていない）</p>

4.2 技術強化のための支援プロジェクトの具体化

ニーズが明確に確認できた技術強化のための支援については、VIBM、VCA、民間事業者（VinaconexPhanVu、SDCC）と協議を行い、スケジュールや内容についての具体化を図った。

表6 FA改質・コンクリート関連製品製造に関する技術強化のための支援プロジェクトの概要

目標		FAを資源として循環させるための、産業基盤の確立		
目的		複数の電力会社のFA改質実証に基づくFA改質規格の作成 FA混合プレキャスト製品、及びFA混合生コンクリートの規格作成 FA改質・製造技術の浸透（勉強会の実施） FA改質技術・事業化に向けての許可制度の作成		
体制		ベトナム側	日本側	
		<ul style="list-style-type: none"> ・VIBM 2名（プロジェクトリーダー、規格作成担当） ・VCA 1～2名（生コンクリート担当、プレキャスト担当） ・MOC 1名（FA推奨制度・規格承認） ・EVN 1名（環境担当/国際技術協力） ・VinaconexPhanVu（実証サイト） ・FA供給（ハイフォン火力発電所） 	<ul style="list-style-type: none"> ・平玄を中心とする共同企業体 5名（C-CAS実証機の設置、製造実証） ・北九州市立大学などの専門家 △名（規格作成支援、改質技術研究） ・九州電力、九州環境局、和光コンクリート工業など △名（FA混合製品工場見学など日本での研修プログラムへの対応） 	
年/月		ベトナムでのC-CAS実証	専門家派遣	日本での研修
FY2013	4-3	ベトナムのコンクリート関連基礎分析	—	
		—セメント・砂・砂利などの成分分析 —各石炭火力発電所のFA成分分析 実証設備の製造・設置、実証準備 —処理量に基づく実証設備の設計・製造 —火力発電所など実証関係者との協議 —実証計画の策定、実施体制の検討	●	
FY2014	4-3	FA改質、FA混合生コン/プレキャストの製造	—	電力会社・施工現場等の見学、及びセメント協会、自治体等の訪問
		テスト製品の成分分析、既存製品との比較検討	●	
		FA改質規格、FA混合製品規格作成		
FY2015	4-3	VCA主催のFA改質、FAの製品混合に関する勉強会開催	●	民間セクターを呼んでの工場見学
		現場における施工性のテスト		
		FA混合製品の推奨制度、利用目標の作成	●	
		FA改質/FA混合製品の特許・認可の設定		

スキーム(平成24年度政府開発援助海外協力事業委託費による案件化調査) ベトナムにおける改質FAを使用した高品質コンクリート二次製品産業の創出に係る調査

石炭火力発電所から排出される石炭燃焼灰がフライアッシュ(以後、FAと略)

企業・サイト概要

- 提案企業: 平玄株式会社・株式会社リサイクルワン共同企業体
- 提案企業所在地: 東京都
- サイト・C/P機関: ベトナム北部(ホーチミン、ハイフォン)、建設省建築材料局(以後、VIBMと略)及び関係機関

ベトナムの開発課題

- 重金属を含むFAが未処理のまま灰捨て場に処分されており、環境汚染リスクがある
- 300万トン(年間排出量)のFAのリサイクルは20%未満であり、循環型社会形成にて課題がある
- レンガ産業に起因する大気汚染や農地破壊等が顕在化し、代替品開発が重要な政策となっている
- プレキャスト製品の製造能力が低く、高速道路や鉄道などのインフラ整備で非効率が生じている

中小企業の技術・製品

- 北九州大学の松藤教授の発明した、FA中の未燃カーボンを除去するC-CAS技術(Controlled Coal Ash Slurry)を活用し、FAを原料とした高品質なコンクリート製品を製造する技術
- ベトナムの既存の改質技術と比較して、カーボン除去率が高く、プレキャスト製品の幅が広い
- ベトナムのFAを用いて技術実証を行った結果、カーボン除去率は極めて良好な結果を得た

企画書で提案されているODA事業及び期待される効果

- 技術協力: VIBMに対し、改質技術、再生品製造技術、製品規格等を紹介することによるFA産業基盤の創出
- 技術協力: VIBMに対し、推奨制度、利用規制等を紹介することによる、FAを循環させるための法制度の整備
- 技術協力: EVA(環境省総局)、EVN(ベトナム国営電力公社)へのFAの環境汚染リスクの対策検討の啓発

日本の中小企業のビジネス展開

- 2013年中にハイフォン火力発電所周辺にFA改質実証機を設置して技術デモンストレーションを行うことで、既存のプレキャスト工場と連携し、ベトナム北部でFA混合製品事業を展開する



はじめに

(1) 調査の背景

ベトナムは1986年のドイモイ（刷新）政策導入以来、社会主義的な政治体制を維持したまま、市場経済への移行を進めている。近年経済成長は著しく、実質経済成長率は2008～2010年度においても、平均6.1%と依然として高率を維持している。（JETRO 調査による）それに伴い、電力の供給も高い伸び率で上昇しつつあり、2010年末までに運転された電源は20百万KW、今後2030年までに現状の約6.6倍の電源開発を行う予定であり、その2030年には、電源の50%が石炭火力となる予定である。（JETRO「ベトナム電力調査」2011.6）この電源開発に伴い、石炭火力発電所より発生する石炭焼却灰の発生量も急激に増加し、2010年には323万トンであるものが、2025年には2100万トンに達する見込みである。（日本プラント協会調査2009.3）

石炭の燃焼灰の利用状況は、水力発電所のダム用コンクリートに使用されている以外には現状では利用されておらず、日本の様にセメント製造時の粘土代替材としても使用されていない。これは、火力発電所の中で無煙炭を微粉炭焼きボイラーで燃焼するケースでは、日本の場合と異なり未燃カーボンが多く、フライアッシュ（FA）中の20%が未燃カーボンであることが原因として考えられる。その結果、灰の大半が、適切な方法で処理されることなく、河川や池沼または灰捨場に投棄或いは埋め立てられている。近年のベトナムにおける火力発電所においても、いずれも灰捨場に捨てる計画となっている。（日本プラント協会調査2009.3）

ギソン石炭火力発電所	60万KW	2014年完工予定	中部タインホア省
ブンアン石炭火力発電所	60万KW	2014年完工予定	中部ハティン省
ビンディン石炭火力発電所	70万kw	2015年完工予定	中南部ビンディン省

この課題となる、未燃カーボンが含まれている灰量を取り上げて表に示す。このうち約90%は電気集塵機により補集される飛灰（フライアッシュ（FA））である。フライアッシュには重金属なども含まれており、現在のベトナムの灰捨場の管理方法では、その溶出等の環境リスクがあるとともに、持続可能な発電事業の運営、及び循環型社会形成の観点において、年間200～300万トンもの量の灰が再利用されることなく捨てられることは、改善すべき課題であると考えられる。

表 0-1 高未燃カーボンを含む灰の発生量(kton/y)

		2006	2010	2015	2020	2025
無煙炭+微粉炭燃焼		1,168	2,172	3,010	3,010	3,010
詳細	飛灰(FA)	1,051	1,965	2,709	2,709	2,709
	クリンカー灰	117	217	301	301	301
飛灰(FA)中の未燃C		210	391	542	542	542
残純粋灰分(80%)		841	1,564	2,167	2,167	2,167

上記開発課題に対して、本共同企業体が提供しようとするソリューションは・・・

北九州大学の松藤教授の発明した石炭燃焼灰の改質（灰中の未燃カーボン除去）技術 C-CAS (Controlled Coal Ash Slurry) を用いて、ベトナムにおいて現在未処理のまま投棄されている石炭灰（FA）を処理有効活用してコンクリートに混合することにより、より性能の良いコンクリート二次製品を生産し、ベトナム国内外での再利用の仕組みを構築することで、持続可能な発電事業の運営、最終処分量の削減、FA からの環境汚染物拡散の防止、循環型社会形成の構築の実現を目指すものである。

(2) 活用技術の説明

今回活用する技術は、北九州市立大学松藤教授のもとで研究されてきた省エネ型のコンパクトなフライアッシュ改質装置およびそのシステムである。本技術を用いて製造する改質フライアッシュは強熱減量値 2% 以下を目標としているため安心してコンクリート混和材とすることが出来、ハンドリングも容易である。また本技術については、北九州市立大学においてパイロットプラントで基礎データを取得、その後福岡市に実証プラントを建設・運転を経て、現在沖縄にて実プラントが建設中である。また特許を取得済み（4802305号2011. 8. 19登録）である。海外特許申請中。

本技術の利点の 1 点目は、その他の FA 改質方式と比較して、高い未燃炭素分除去率の実現しながら、低コストであることが特徴である。

- ① 旋回流を用いた特殊な分離器により未燃分の分離がコンパクトに出来、操作性も簡単
- ② マイクロバブルによる効果的な気泡の発生ができるため、分離性能に優れる
- ③ 常温・常圧の簡単な装置で操作性も容易である。

燃焼方式、破碎分級＋自燃還元法、焼成＋風力粉碎・分級法では、どうしても高温の燃焼炉が必要となり装置が大規模化し、コストが莫大にかかる傾向がある。また静電分離法は乾式法で前処理・後処理手間がかからない利点はあるが、高度の未燃炭素分の分離が困難で、高い未燃炭素分除去率を達成しようとする、改質 FA 回収率が極度に悪くなる傾向がある。

本技術の利点の 2 点目は、改質した FA をコンクリートに用いることで、従来のコンクリートと比較して多くの利点を生じ、そのため再利用の出口に困らないことが挙げられる。

- ① フライアッシュに含まれる $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ が水・石灰と反応して硬化する（ポゾラン反応）が長時間継続するためセメントだけの場合より長期強度が増進し耐久性があがる。
- ② セメント量が少ないため、乾燥収縮が減少してひび割れ現象が起きにくく、上塗り用にも良い。
- ③ アルカリシリカ反応（コンクリート中のアルカリ金属が骨材中の SiO_2 と反応してひび割れを生じる）の抑制効果がある。

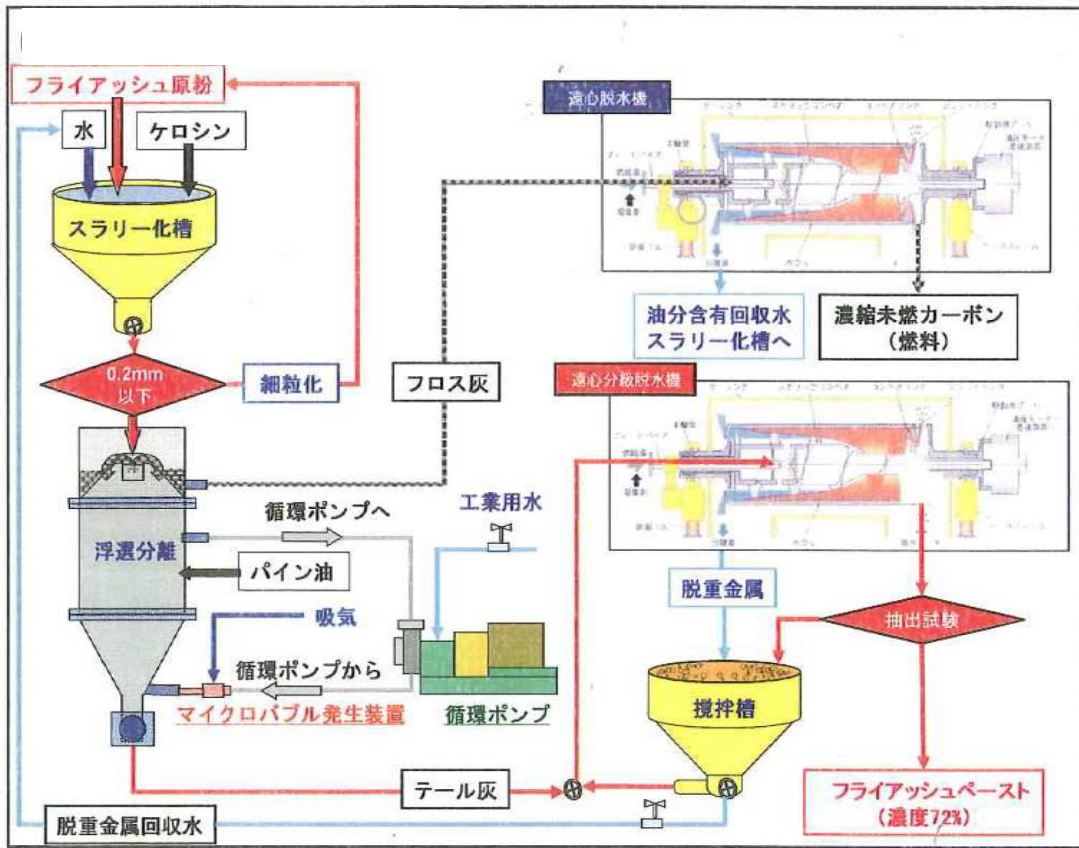


図 0-1 フローシート



図 0-2 実証プラント

(3) 調査の目的

本事業の最終的な目標は、石炭燃焼灰の改質(灰中の未燃カーボン除去)技術 C-CAS (Controlled Coal Ash Slurry)が ODA スキームを通じてベトナム国営電力会社 (EVN 社) に導入され、ベトナムにおいて現在未処理のまま投棄されている石炭灰を処理有効活用して、より性能の良いコンクリート関連製品を生産・流通するベトナム国内外での再利用の仕組みを構築することで、持続可能な発電事業の運営、最終処分量の削減、FA からの環境汚染物拡散の防止、循環型社会形成の構築の実現を目指すものである。

その上で本調査の目的としては、大きく2点がある。

- ① EVN 社の FA 処理における現状・将来における課題を整理し、本 C-CAS 技術がコスト・安全性・資源循環性等の観点から有効であることを、調査・検証を通じて明確にすること。
- ② C-CAS 技術の有効性について EVN 社と意見交換を行い、導入意向を持ってもらうこと。また、その導入方法 (ODA スキーム) については、関係者とよく協議を行い、想定している ODA を活用した3つの導入スキームのオプションの中で、どれが最も実現可能性が高いのかについて明確にすること。

(4) 調査の方針

調査対象国ベトナム国のコンクリート二次製品工業・石炭燃焼灰の処理に係るニーズを各種関連資料の整理・分析、同国政府機関、現地進出企業へのヒアリングを通じて可能な限り網羅的に把握し、具体的なODA案件の提案のための情報収集を行う。調査開始時においては、下記の3つのODA案件化オプションを想定しているが、本調査の中でこれ以外においても、可能性を探る。

① 第3次ギソン火力発電所・有償資金協力PJの設計変更

現在の第3次ギソン火力発電所に対する有償資金協力において、設計変更を行い、本技術であるFAの改質設備をギソン火力発電所内に設置する。このスキームでは、最も短期的に、かつ距離的にも火力発電所の近傍にFAの改質設備を設置できることから、現在、環境破壊が顕在化しつつあるFA処理をより早期に実施することができ、環境面においては最も効果的なオプションとなる。

② 第4次ギソン火力発電所・有償資金協力PJでの実施

今後、実施の有無及びPJ内容が検討される第4次ギソン火力発電所・有償資金協力PJにおいて、FAの改質設備をギソン火力発電所内、もしくはEVNの100%出資会社で現在、FAの処理を行っている会社への設備導入を、PJ内容として盛り込み実施する。このスキームでは、実施時期については未定/長期となるものの、より精緻なFAの成分分析、将来のFA排出量に対するリスク検討、改質FAを用いた高品質コンクリート(再生品)を優先的に活用する政府の循環型社会への取組・制度作り、改質FAを用いた製品の規格策定、改質したFAの販売先の目処付け・販売量予測、などに基づき、より実効性の高い事業計画を策定できることがメリットとなる。

③ ベトナム国の既存のFA処理・改質会社、及びコンクリート二次製品企業への技術協力

現在、水力発電所用のコンクリートへ、一部FAが利用されており、それを担っているEVNが出資しているベトナム国の処理会社 (Phalai Thermal Power Joint Stock Company等) がいくつかあり、

それら企業に対して技術協力を行うスキーム。FAの搬出・改質・販売が一部実施されルートが構築されつつある公営企業であり、事業主体も明確であること、そして、それら公営企業側としても、現在の唯一の販路である水力発電所用コンクリート事業からの多角化は重要な経営課題であるため、事業展開はスムーズとなるオプションとなる。

そのため、調査の目的・方針は2点にまとめ、短期間の中でより効果的な調査を実施する。

① EVN社のFA処理における現状・将来における課題を整理し、本C-CAS技術がコスト・安全性・資源循環性等の観点から有効であることを、調査・検証を通じて明確にする。

- ・EVN社の現状の石炭燃焼灰全体、及びFAの処理・リサイクルの現状と、今後の見通しや課題について、文献や現地担当者へのヒアリングを通じてよく整理し、本技術が求められているFA量を把握する。
- ・ベトナム国の火力発電所のFAサンプルを用いて、実際にC-CAS技術を用いた高品質コンクリート製品の物性試験を行い、既存の改質技術と比較してC-CAS技術が有効であることを定量的に整理する。
- ・ベトナム国の今後の開発計画（道路、住宅等の整備計画）などから推測されるコンクリート二次製品需要量を推計し、本事業を経て製造される再生品の出口が問題ないことを、できる限り定量的にまとめる。

② 有効性についてEVN社と意見交換を行い、導入意向を持ってもらうこと。また、その導入方法（ODAスキーム）については、関係者とよく協議を行い、想定しているODAを活用した3つの導入スキームのオプションの中で、どれが最も実現可能性が高いのかについて明確にする

- ・ベトナム国の開発課題に貢献し、かつ費用的にも事業性が期待される技術・システムであっても、人材、資金、物質、情報等の不足により導入が阻害されることも考えられる。この点を鑑み、各国の現状・特性を踏まえたODA案件の提案について関係者と意見交換を行う。
- ・法規制・知的財産権保護・コストダウン等のための現地の部分的な委託生産やODA事業後の普及を想定した普及方法についても調査を行う。
- ・EVN社、及びギソン火力発電所の有償資金協力PJの関係者ともよく協議を行い、設計変更or新規計画or技術協力の3つの可能性について、それぞれのメリット・デメリットや実現可能性、今後の進め方についてよく協議を行う。

上記のように、調査対象国のコンクリート二次製品工業確立・石炭燃焼灰の処理支援ニーズ及び我が国の中小企業が有する製品・技術を調査し、中小企業等の海外展開と途上国の課題解決の両立を図る。

(5) 調査内容

下記11項目にわたる調査内容を計画している。

(1) ベトナムにおけるエネルギー・電力状況の調査

- 1) ベトナムにおける発電電力量の年次推移と傾向
- 2) 電力供給の構成割合
- 3) 石炭火力発電所建設計画

- (2) ベトナムにおける石炭焼却灰発生量の将来推計と処理状況の調査
 - 1) 現在のFA発生状況と将来予測
 - 2) 石炭焼却灰の現状の処理・再利用状況調査
 - 3) 今後のFAリサイクルニーズと課題把握
 - 4) ベトナムFAの品質分析
 - 5) ベトナムにおけるFAに関する法規制の整理
- (3) ベトナムにおけるセメント系産業の現状調査
 - 1) セメント生産量の推移
 - 2) コンクリート二次製品工業の現状調査（製品種別、生産量など）
 - 3) コンクリート二次製品の利用状況の調査
 - 4) セメント・コンクリート産業におけるFA利用状況と動向把握
- (4) 未燃カーボン分離技術の調査（現地採用技術との比較）
 - 1) 既存のFA改質プラント技術
 - 2) FAの処理方針（技術、プラント規模、サイト）の把握
- (5) ベトナムのFAに対するC-CAS技術の有効性検証
 - 1) ベトナム火力発電所由来のFA改質テスト
 - 2) 改質FAを用いたコンクリート二次製品の物性テスト
 - 3) C-CAS技術のFA処理における有効性の整理
- (6) 高品質コンクリート、及び二次製品のニーズ把握
 - 1) ODAを担当する日本のゼネコン等の利用意向
 - 2) 現地ゼネコン、住宅メーカーなどの利用意向
 - 3) 環境省・建設省へのFA活用再生品の利用推進策
- (7) 現地のFA改質規格の原案作成
 - 1) 現状の石炭燃焼灰の現地規格の有無・内容調査
 - 2) 処理・品質規格の原案作成
- (8) 事業地選定のための現地視察
- (9) ODA案件の具体的提案（規模、候補地、設備内容、建設費など）
 - 1) EVN社に対するC-CAS技術の有効性の説明、及び事業スキームに関する協議
 - 2) 政府関係者、及びJICAベトナム事務所などとの意見調整
 - 3) ODAスキームのオプション評価と今後の展開に関するまとめ
- (10) ODAの開発効果の検討
 - 1) 最終処分量の削減効果、及び環境汚染防止効果の評価
 - 2) FAを用いたコンクリートを活用することによる経済効果の概算算定
- (11) 最終報告書の作成

(6) 調査団員リスト

表0-2 調査団員リスト

業務従事者名簿				
氏名	担当業務	所属先	最終学歴（注）	専門分野
古谷達人	業務主任者	平玄(株)	1947年3月 高校卒	普通科
東 誠悟	コンサル プロジェクトマ ネージャー	(株)リサイクルワ ン	2000年7月 大学院中退 1998年3月 大学卒	環境システム 工学
藤平慶太	コンサル ODA案件化調査	(株)リサイクルワ ン	1996年3月 大学卒	経済学部
渡辺康明	技術市場調査	平玄(株)	1966年3月 大学卒	建築工学
田村亘弘	技術市場調査	平玄(株)	1963年3月 大学院卒 1961年3月 大学卒	応用化学
与倉守英	技術市場調査 改質テスト	平玄(株)	1966年3月 大学院卒 1964年3月 大学卒	化学工学
天野英二	技術市場調査 改質テスト	平玄(株)	1965年3月 工業高校卒	機械工学
達見清隆	補強 技術市場調査 改質テスト	新技術建材(株)	1976年3月 大学卒	建築工学
金丸和光	補強 製品開発	和光コンクリー ト工業(株)	1955年3月 工業高校卒	土木工学
川島満成	補強 製品開発 工場設計	和光コンクリー ト工業(株)	1962年3月 高校卒	普通科

以上

(7) 調査の全体スケジュール

調査内容に対応した調査の全体スケジュールは下記表の通りとなる。12月中旬に第1回ベトナム訪問調査を実施、そこで入手したFAサンプルを用いて日本国内で技術実証を行い、その結果の説明と今後のODA案件化の方針・具体ニーズに関して協議を行うため、2月下旬に第2回ベトナム訪問調査を行った。

表 0-3 本調査事業の全体スケジュール

	11月				12月				1月				2月				
	5	12	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28	4	11	18	25
活動計画			▲契約締結			現地調査のアレンジ・資料準備											
						第1回現地調査					現地の文献・市場データ収集						
																	報告書ドラフトの作成
											FAサンプルの調達・日本への発送						
																	FAの改質テスト
																	現地調査のアレンジ
																	第2回現地調査
																	ODA案件・ビジネスプランの調整
																	報告書完成
(1) ベトナムにおけるエネルギー・電力状況の調査																	
①) ベトナムにおける発電電力量の年次推移と傾向																	
②) 電力供給の構成割合																	
③) 石炭火力発電所建設計画																	
(2) ベトナムにおける石炭焼却灰発生量の将来推計と処理状況の調査																	
①) 現在のFA発生状況と将来予測																	
②) 石炭焼却灰の現状の処理・再利用状況調査																	
③) 今後のFAリサイクルニーズと課題把握																	
④) ベトナムFAの品質分析（海外文献調査+国内成分分析）																	
(3) ベトナムにおけるセメント系産業の現状																	
①) セメント生産量の推移																	
②) コンクリート二次製品工業の現状調査（製品種別、生産量など）																	
③) コンクリート二次製品の利用状況の調査（特にODA関連）																	
④) セメント・コンクリート産業におけるFA利用状況と動向把握																	
(4) 未燃カーボン分離技術の調査（現地採用技術との比較）																	
①) 既存のFA改質プラント技術																	
②) FAの処理方針（技術、プラント規模、サイト）の把握																	
(5) コンクリート二次製品工業における石炭燃焼灰の利用技術の内容調査																	
①) ギンソンの周辺に工場二次製品工場の製造プロセスの把握																	
②) ベトナム火力発電所由来のFA改質テスト																	
③) 改質FAによるコンクリート二次製品の試作と評価																	
(6) 高品質コンクリート及び二次製品のニーズ把握																	
①) ODAによる開発担当の日本セネコンの利用意向																	
②) 現地セネコン、住宅メーカーなどの利用意向																	
③) 環境省・建設省へのFA活用再生品の利用推進策																	
(7) 現地のFA改質規格の原案作成																	
①) 現状の石炭燃焼灰の現地規格の有無・内容調査																	
②) 処理規格の原案作成																	
③) 事業地選定のための現地視察																	
(8) ODA案件の具体的提案（規模、候補地、設備内容、建設費など）																	
①) JICAへの事務所との意見調整																	
②) 政府関係者との意見調整																	
③) EVNとの意見調整																	
(9) ODAの開発効果及び合弁会社の事業展開効果の検討																	
(10) 最終報告書の作成																	

(8) 第1回ベトナム現地調査

12月9～16日までの8日間の調査を実施した（次ページ旅程表を参照）。本調査における目的をⅠ～Ⅲとし、ODA方針検討チームとFA改質・コンクリ技術チームの2チームで分担して調査を実施した。

目的Ⅰ 調査内容(1)～(4)、及び(6)～(7)に対応したベトナムの関係者に訪問・面談し、該当するデータの収集と市場動向を把握すること

目的Ⅱ 調査内容(5)のC-CAS技術実証において必要となるFAサンプルを石炭火力発電所から調達すること

目的Ⅲ 上記調査を通じてベトナムの開発課題を整理するとともに、FAの入手可能性、改質FAの販売可能性、事業パートナーの探索・評価、関係機関ごとのニーズ把握を行い、事業展開の可能性及びODA案件化の可能性を検討すること

<調査内容と訪問先の対応関係>

(1)ベトナムにおけるエネルギー・電力状況の調査

→ベトナム電力公社（EVN）への訪問調査

(2)ベトナムにおける石炭焼却灰発生量の将来推計と処理状況の調査

→ベトナム建設省建築材料局（VIBM）、ファーライ火力発電所、ハイフォン火力発電所への訪問調査

(3)ベトナムにおけるセメント系産業の現状調査

→Vimeco（ハノイの生コンクリート会社）への訪問調査

(4)未燃カーボン分離技術の調査

→ファーライ火力発電所、SongDaCaoChuong（FAを活用した再生品製造会社）への訪問調査

(6)高品質コンクリート、及び二次製品のニーズ把握

→VinaconexPhanvu（ハイフォンのプレキャスト製品会社）への訪問調査

(7)現地のFA改質規格の原案作成

→VIBMへの訪問調査

(9)ODA案件の具体的提案（規模、候補地、設備内容、建設費など）

→ベトナム環境省総局（VEA）、VIBM、日本大使館、JICAベトナム事務所への訪問・面談

表 0-4 第 1 回ベトナム現地調査

第1回ベトナム現地調査 旅程表(最終時点)

チーム分類		チーム①【ODA方針検討】	チーム②【FA改質・コンクリ技術】
現地調査の目的		EVN社との情報交換・方針確認・コース把握・見学交渉	FAの排出、搬送、処分/改質の現場視察【課題、コスト把握】
		ベ国の環境省・建設省との情報交換、法制度の現状・動向確認	コンクリート関連産業(生コン、二次製品)の現地視察
		JICA事務所・大使館への訪問による今後のODA方針の相談	コンクリートの利用現場(道路、住宅)の視察
		研究所・学者との情報交換、FA処理技術・再利用目標の確認	現地ゼネコン、住宅メーカーとの対話【高流動コンクリートのコース把握】
		各種統計データの所在の確認・収集	既存のFA混入製品の評価、コース、課題の把握
9日	日	～8:30	—
		8:30～10:30	—
		10:30～12:00	—
		14:00～16:00	—
		16:00～18:00	—
		18:00～ Ha Noi泊	JL751 NRT18:00発 HAN22:30
10日	月	～8:30	LZ含めて調査の目的、進め方、調査内容、連絡方法、集合場所などのブリーフィング
		8:30～10:30	Vimeco(生コンクリート工場 ハノイで45%)の見学
		10:30～12:00	LZ社において打ち合わせ
		14:00～16:00	—
		16:00～18:00	環境省環境総局・公害防止部への訪問・面談 (FAは環境省マターではない、VIBMが主担当)
		18:00～ Ha Noi泊	ホテルでブリーフィング、その後解散
11日	火	～8:30	—
		8:30～10:30	大使館への訪問・面談 市内工事現場の見学
		10:30～12:00	EVNへの訪問・面談(個別火力発電所との交渉依頼) 日本の国土交通省担当官との面談
		14:00～16:00	VIBMへの訪問・面談
		16:00～18:00	JICAへの訪問・面談 市内工事現場の見学
		18:00～ Pha Lai泊	ホテルでブリーフィング、その後解散
12日	水	～8:30	大型バンにて7:00より移動
		8:30～10:30	Cao Cuong Song Da FA factory
		10:30～12:00	Pha Lai Thermal power plant (930 MW) FAサンプル入手
		14:00～16:00	Hai Phongへ移動
		16:00～18:00	Vinaconex PhanVu(コンクリート二次工場)へ訪問・面談
		18:00～ Hai Phong泊	ホテルでブリーフィング、その後解散
13日	木	～8:30	大型バンにて7:00より移動
		8:30～10:30	Hai Phong 1 Thermal Power plant FAサンプル入手
		10:30～12:00	Hai Phong 2 Thermal Power plant
		14:00～16:00	Vinaconex PhanVu(コンクリート二次工場)へ訪問・面談
		16:00～18:00	Ha Noiへ移動
		18:00～ Ha Noi泊	ホテルでブリーフィング、その後解散
14日	金	～8:30	LZへ移動
		8:30～10:30	FA改質プラントの採算性検証
		10:30～12:00	ビジネススキームの検討
		14:00～16:00	今後の分析・データ入手方法の整理 高流動コンクリートの販売可能性の検討
		16:00～18:00	来週及び次回訪問に関する打ち合わせ
		18:00～ Ha Noi泊	ホテルでブリーフィング、その後解散
15日	土	～8:30	—
		8:30～10:30	訪問議事録等の作成
		10:30～12:00	訪問議事録等の作成
		14:00～16:00	作業時間
		16:00～18:00	帰国準備
		18:00～ Ha Noi泊	JL752 HAN23:55発 JL752 HAN23:55発
16日	日	～8:30	NRT6:40着 NRT6:40着
		8:30～10:30	帰宅 帰宅
		10:30～12:00	—
		14:00～16:00	—
		16:00～18:00	—
		18:00～ Ha Noi泊	—

(9) 第2回ベトナム現地調査

2月17～24日までの8日間の中で、本調査における目的をⅠ～Ⅲとし調査を実施した。

目的Ⅰ ベトナムで入手したFAを用いて実施した技術実証結果を、VIBM、EVN、ハイフォン火力発電所、SongDaCaoChuong、VinaconexPhanvu に対し説明し、C-CAS 技術の開発課題への貢献効果・有効性を認識してもらうこと

目的Ⅱ C-CAS 技術を用いたFA改質プラントの設備コスト、及び想定している事業モデルにおけるランニングコストについて、事業パートナー候補、改質FA 販売候補に説明し、事業性を認識してもらうこと

目的Ⅲ ①FA を循環利用するための改質・製品化技術の技術強化のための支援、②FA を用いた再生品をより社会的に利用していくための制度構築、③FA に起因する環境リスクに対する認識の啓発、④有償資金協力による鉄道・地下鉄工事などへの製品提供、第1回ベトナム現地調査において見出された4つのODA 案件化の可能性について、政府関係者、関係機関に対し説明し、ニーズやプログラムに関する具体的な要望、実施における課題などを協議し、より実行性・実現可能性の高いODA 案件の実施計画を策定すること

表 0-5 第2回ベトナム現地調査

第2回ベトナム現地調査の計画						
1	2月15日	金	古谷、渡辺、東、達見	日本		
					日本→ベトナム	
2	2月16日	土	古谷、渡辺、東、達見	ハノイ	チームミーティング	改質実証結果に関する考察
					説明資料の作成	C-CAS技術の有効性を説明する資料の作成
3	2月17日	日	古谷、渡辺、東、達見	ハノイ	LiveZone	現地調査スケジュール、市場データに関する打ち合わせ
					LiveZone	実証結果・説明資料に関する打ち合わせ
4	2月18日	月	古谷、渡辺、東、達見	ハノイ	EVN(キャンセル)	改質実証の結果、技術協力に関する打ち合わせ
					VIBM	改質実証の結果、技術協力に関する打ち合わせ
5	2月19日	火	古谷、渡辺、東、達見	ファーライ	Song Da Cao Cuong	改質実証の結果報告、事業連携に関する打ち合わせ
				ハイフォン	VinaconexPhanvu	C-CAS実証スキームに関する打ち合わせ
6	2月20日	水	古谷、渡辺、東、達見	ハノイ	チームミーティング	技術移転プロジェクトのプログラムに関する打ち合わせ
					チームミーティング	技術移転プロジェクトの体制・予算に関する打ち合わせ
7	2月21日	木	古谷、渡辺、東、達見	ハノイ	LiveZone	VIBMとの今後の進め方に関する打ち合わせ
					JICAベトナム事務所	ODAスキーム、今後の事業の進め方についての協議
8	2月22日	金	古谷、渡辺、東、達見	ハノイ	LiveZone	環境省、建設省との今後の進め方に関する打ち合わせ
					ベトナム→日本着(夜行便)	移動
9	2月23日	土	古谷、渡辺、東	日本	日本着	

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

1.1 ベトナムの政治・経済の概況

1.1.1 ベトナムの経済成長

1) 政治・経済状況（以下は出典：外務省ホームページ 2012.11 による）

人口構成 人口 約 8,800 万人 （キン族（越人）約 86% 他に 53 の少数民族）

国土面積 329,241 平方キロメートル

GDP 1,227 億米ドル （一人当たり 1,374 米ドル） 成長率 5.9%

政治状況

- (1) 1986 年の第 6 回党大会にて採択された市場経済政策の導入と対外開放化を柱としたドイモイ（刷新）路線を継承、外資導入に向けた構造改革や国際競争力の強化に取り組んでいる。他方、ドイモイ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。
- (2) 2011 年 1 月には第 11 回共産党大会が開催され、2020 年までに近代工業国家に成長することを目標として引き続き高い成長を目指す方針が掲げられたほか、プロレタリア階級主導の共産党方針は維持しつつも、私営経済活動を本業とする者の入党を試験的に認めることとされた。また、党中央指導部の人事が一新され、書記長にはこれまで国会議長を務めたグエン・フーチョン氏が選出された。
- (3) 同年 5 月には国会議員選挙が行われ、その結果を受けて 7 月 23 日より第 13 期国会が召集され、グエン・シン・フン国会議長、チュオン・タン・サン国家主席が選出され、グエン・タ・ズン首相が再選された。また、政府の組織改編が承認されるとともに、ズン首相が提案した新閣僚人事が承認され、一部閣僚が交代した。

主要産業 農林水産業、鉱業、軽工業

エネルギー

最新の電力需要予測では、2020年の総電力需要は32万9,400GWhに達するとしており、今後も毎年14%程度の電力消費の伸びとなる見通しである。

この旺盛な電力消費に対応すべく、今後も新規電源開発が計画されているが、PDP6に基づいて実際に計画通りに稼働した発電所は、2009年が63%、2010年が73%と低い。送電線や変電所については、さらに低い実行率に留まっている。

それを裏付けるように、2010年はハノイ市やホーチミン市などの都市部で停電が頻発し、優先的に電力が供給されるはずの工業団地もその被害を被っており、夏場は週に48時間の停電を強いられる企業まで出るほどであった。

電力不足の原因は近年の雨量不足が影響していることもあるが、政府が発表している電力マスタープランの実行遅延も大きな原因の一つである。

ベトナムはこれまで、ベトナム電力公社（EVN）が全国の発電・送電・配電事業を実施してきたが、今後は、EVN以外のベトナム国営企業や外資企業がオーナーとなり建設を進めるIPPやBOT案件が増える見通しであり、2010年末時点でも発電量の約40%がEVN以外のオーナーによるものである。

今後は、IPPやBOT案件に対する投資をさらに拡大させるためにも、電力料金の引き上げや、入札案件の早期履行、電力自由化ロードマップに基づく発電事業の採算性・透明性の確保が重要である。ベトナムの電力は、日本で注目を集めているインフラビジネスの一つとして大きな期待を集める一方で、現状の電力不足は、進出を検討している日本企業にとって大きな投資リスクとなっている。

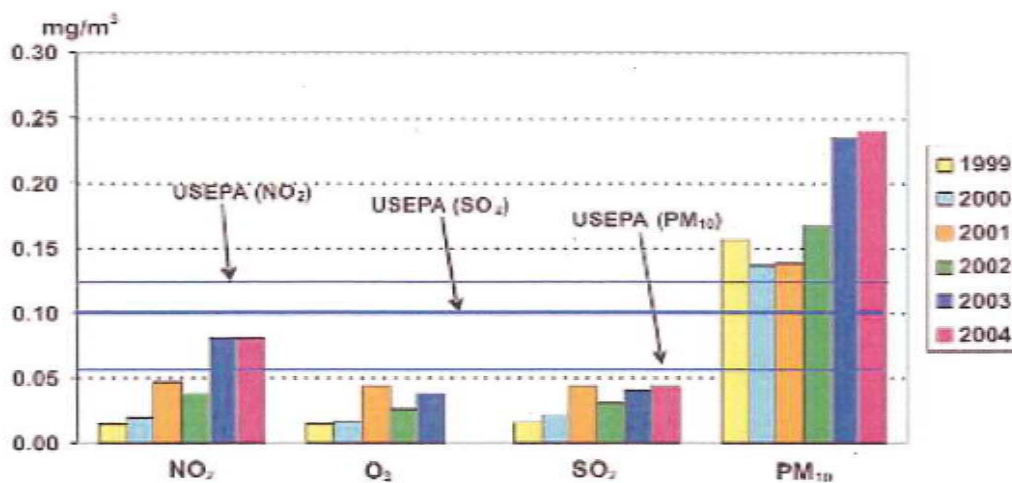
環境問題（本項のみ出典：日本環境省報告 2012.3）

ベトナムでは急速に進む社会経済発展の下で主要都市部への人工集中や地方都市における産業構造の変化が様々環境負荷を生みだしている。

ベトナム天然資源環境省（MONRE）が公表している環境状況報告書において特に問題とされているのは、主要都市圏において、生活排水や無処理の工場排水により人間への健康影響が懸念されるほど深刻さを増し社会問題化しつつあると指摘している。地方都市においても内陸水環境は、生産性向上を狙う農業用化学物質の過剰な使用による余剰成分の公共用水域への流出や、ベトナム特有の小規模な生産単位であるクラフトビレッジからの排水の影響を受け、安全な食糧生産や飲料水の確保が困難になるなど、生活や国家の基幹産業である農業分野へ影響が報告されています。ベトナム特有の小規模な生産単位であるクラフトビレッジからの排水の影響を受け、安全な食糧生産や飲料水の確保が困難になるなど、生活や国家の基幹産業である農業分野へ影響が報告されている。以下に環境項目ごとに同報告を要約する。

●大気汚染

下図に表される様に煤塵（PM10）が突出して高く、米国環境基準の約5倍である。SO₂, NO_x, O₃などは低い水準にある。



出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam".

図 1-1. 汚染物質の濃度推移と米国環境庁（USEPA）環境基準との比較

●水質汚濁

ベトナム国家大学の報告によると、2005 年中に表流水に直接放出された一日あたりの総排水量は、311 万 m³（一般排水 64%、産業排水 32%、医療系排水 4%）であり、人健康や環境だけでなく居住区域の生態系に多大な影響を及ぼした恐れのあることが報告されている。このような状況を受け、MONRE が取りまとめている全国の主要河川の水質モニタリング結果は、生物化学的酸素要求量（BOD₅）及びアンモニア性窒素が排水基準（TCVN A 類型）の 1.5 倍から 3 倍、全浮遊物質（TSS）が排水基準（TCVN A 類型）の 1.5 倍から 2.5 倍となっており、環境への影響を如実に示唆している。

●土壌汚染

化学農薬使用による汚染、農薬（殺虫剤）による汚染、工業地域近隣の土壌中の重金属濃度（Cr, Cd, As など）が着目されている。

我々が注目している石炭火力発電所からのフライアッシュ（FA）による土壌汚染については、特に着目されておらず、事実今回我々が訪問した環境省（EVA）、国营電力公社（EVN）、ファーライ、ハイフォン各発電所とも問題は発生していないとの認識であった。印象として、環境問題が多数発生していて、FA まで手が回っていない様子であった。

2) ベトナムの経済政策（出典：大和総研「経済分析ベトナム」2012.11）

成長著しい東南アジア諸国連合（ASEAN）の一員として 2000～11 年まで年平均 7. の高い経済成長を続け、人口約 8,800 万人のうち、29 歳以下が 50%以上を占める若く豊富な労働力にも恵まれ、日本企業の直接投資先として注目を浴びてきた。だが、2011 年の金融引き締めから景気減速が鮮明となり、2012 年の経済成長率は 1999 年以来の低さとなる見通しだ。リーマン・ショック以降、ベトナム政府は金融・財政両面からの景気刺激策を実施。09 年に 5.3%と落ち込んだ実質 GDP 成長率は 10 年に 6.8%に回復した半面、インフレ高進と経常赤字拡大、それに伴う外貨準備減少と通貨ドンの減価など経済の不安定化が大きな問題となった。11 年 1 月のベトナム共産党大会でマクロ経済の安定が主要課題に挙げられると、経済拡大路線から金融引き締めへ転換、11 年 1 月には前年比 20%を超えたインフレ率は年末以降落ち着きを見せ、12 年上期は経常黒字へ転換し、外貨準備も推定 200 億ドル（約 1 兆 6270 億円、輸入の約 2 カ月分）程度まで回復、ドンの切り下げも一段落し、マクロインバランスは是正されつつある。

しかし、高金利とインフレ加速による実質購買力低下に先進国の景気停滞の影響も加わり、今年 1～3 月期は実質 GDP 成長率が前年同期比 4.0%まで鈍化した。ベトナム国家銀行（中央銀行）は 3 月から金融緩和に転じ、5 回にわたり政策金利（リファイナンスレート）を引き下げた。成長率は 4～6 月期 4.7%、7～9 月期 5.4%と 2 四半期連続で改善したが 1～9 月期では 4.7%にとどまっている。

経済状況は、国内では自動車関連や二輪車、家電などを中心に製造業が低調で実質小売売上高も伸び悩み、内需に力強さはみられない。対外面では内需減速と国内製造業の停滞による輸入減少、輸出も外国企業が牽引して国内企業は振るわない。12 年の GDP 成長率は当初の政府目標 6.0～6.5%には届かず、5%程度にとどまり、1999 年以來の低さになる見通し。政府は景気下支

えのために公共投資を増加させたが、国債発行額の増加で財政赤字拡大を容認しながら景気を下支えするか、赤字拡大抑制を優先するかを選択を迫られ、今後の財政規模は限られたものにならざるを得ないだろう。

第13期第4回国会では来年の経済・社会発展計画が決議され13年の成長率5.5%、物価上昇率8%以内とする目標が決定されたが、本格的な景気回復に取り組むべき課題が多い。

1つ目は景気鈍化による銀行の不良債権増加。中銀によると今年3月時点で銀行の不良債権比率は8.6%。中銀は商業銀行の貸出増加目標を引き上げ、中小企業への融資促進のための金利優遇措置の実施、不良債権買い取り公社の設立案を発表したが、政府と中銀は不良債権処理、金融システムの透明化に取り組む必要がある。

構造改革も大きな課題。今夏、グエン・タン・ズン首相に近い関係とされる大手銀行役員が逮捕されるなどスキャンダルも起きたが、共産党内部の権力争いが絡むとの見方もあり政治的問題が経済に悪影響を与えている。国営企業を代表とする非効率な経済運営、縁故主義や汚職などが経済失速を招いた一因とされ、ズン首相は国会冒頭で経済政策の失敗を認めた。

主要な輸出品は農産物・軽工業品で、政府は20年までの工業化を目標に海外からの直接投資による産業育成を目指す。市場や投資家の信認を高め直接投資、ひいては国全体の成長へとつなげるには、インフラや法整備などの投資環境整備に加え、金融システムの透明化、公共投資のあり方、国営企業改革などの改革を実行できるかがポイントとなる。

3) 人口の2050年までの将来予測

下のグラフはベトナムの人口推移と将来予測推移を表したものである。(緑は1999年から2009年までの推移、薄緑は2020年から2050年までの将来予測推移。)

ベトナムの09年の総人口は8,8.10万人。1999年から2009年までの増減割合は13.5%、2009年から2030年までの将来増加割合は19.7%、人口密度は267人/k㎡となっている。

ベトナムの出生数は132.6万人で、出生率は15.6%(対1000人)、死亡数は38.3万人で死亡率は4.5%(対1000人)、ベトナムの平均寿命は72年で男性平均寿命が70年、女性平均寿命が75年となっている。(出典:「人口ウオッチャー(ベトナム)」)

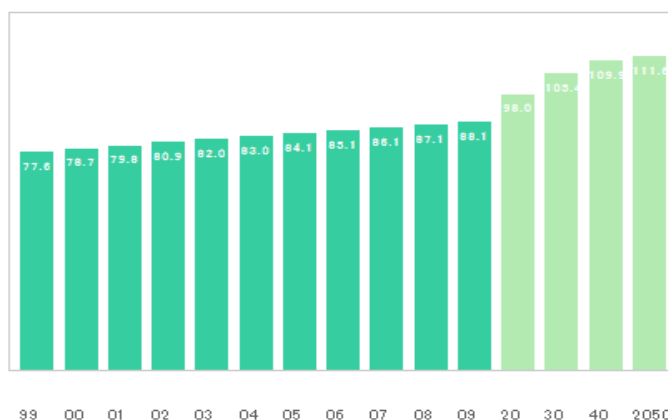


図1-2 ベトナムの人口の年次推移と将来予測 (出典:「人口ウオッチャー(ベトナム)」)

15～64歳の生産年齢人口が、それ以外の人口の2倍以上ある状態を人口ボーナス期というが、国がこの状態になると消費が活発化し税収も増えるため、高度経済成長が可能となる。ベトナムは2005年から2040年ころこの状態に入るといわれ、これから高成長が期待される若い国である。

1.1.2 ベトナムにおけるエネルギー・電力状況の調査

1) ベトナムにおける発電電力量の年次推移と傾向（出典：JETRO「ベトナム電力調査」2011.6）

2010年末までに開発、運転された電源は約20,000MW（図1-3）。

PDP6（国家電力開発プラン—5年毎に発表）では、2009年には8ヶ所の石炭火力発電所が計画されていたが、いずれも2009年内に運転開始には至っていない。2006年から2010年までの5年間をみると、マスタープランに対する計画進捗率は70%を割り込んでいる（表1-1）。

毎年約14%の伸びを示す電力需要に対して、発電所建設が追い付かず、2010年は日系の工業団地でも計画停電が相次いだ。ひどいところでは、週48時間の停電を余儀なくされるどころまであり、製造業には多大な被害をもたらした。

PDP7は、2011年度中に発効される見通しだが、EVNの財務状況が思わしくなく、各案件へのファイナンスの目途がどこまでついているのかは不透明な状況である。その他にも、送電線建設、案件の精査（立地・技術・採算性等）、電力料金の見直しによる投資環境改善など、将来に向けて課題は山積している。

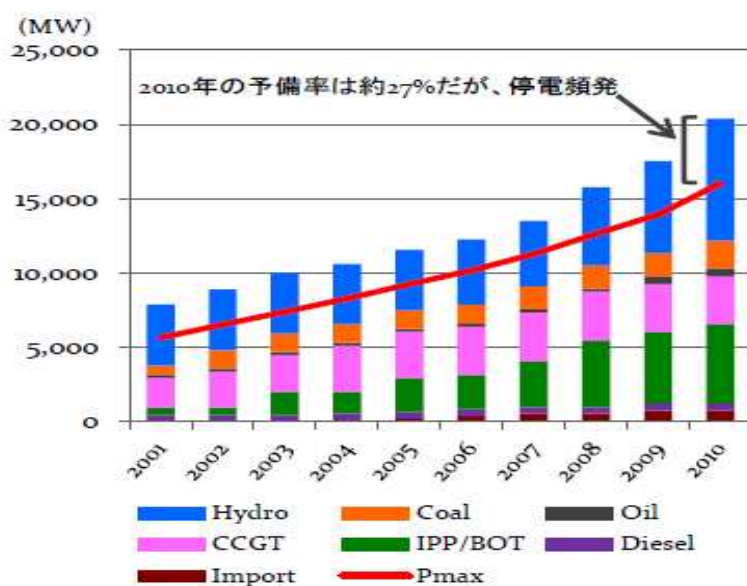


図1-3 2010年までのベトナムの電源開発推移（出典：JETRO「ベトナム電力調査」2011.6）

表1-1 PDP6の発電計画と実行率（出典：JETRO「ベトナム電力調査」2011.6）

	2006	2007	2008	2009	2010	2006-2010
計画発電能力(MW)	861	2,006	3,271	3,393	4,960	14,581
実施発電能力(MW)	756	1,297	2,251	2,136	3,641	10,081
電源開発計画実行率(%)	87.8	61.9	68.8	63.0	73.4	69.1
500KV送電線建設実行率(%)	—	—	—	—	—	41.0

以上は JETRO 文献調査によるものであるが、今回我々がベトナムで Live Zone 社に委託した電力調査による裏付けも同様に、実施発電能力は、2010 年で 10,007MW であった。

また、同社の調査によれば、ベトナムの電力需要は毎年 15%上昇しているが、設置電力は年平均 12%にとどまっているとのことであった。

2) 電力供給の構成割合 (出典：JETRO「ベトナム電力調査」2011.6)

2010年以降の電源開発は、水力から石炭にシフトし、2030年には電源の約半分が石火力となる(図1-4)。

2010年の水力発電所の設備容量は全体の38%を占めているが、発電量で見ると、全体の27%に過ぎず、実際の主電源はガス火力(全発電量の44%)と言える。

ベトナムのガス火力は、南部沿岸域に広がる油田・ガス田から燃料供給を受けているが、油田開発コストやパイプラインの敷設コストなど、2010～2015年までに約215億ドルの開発資金が必要と発表されている。

石炭については直近は輸入に頼る局面が続くが、2015年以降はQuang Ninh省の石炭開発に注力することで、ガスに比べて比較的安価に供給できるという前提のもと、将来はメイン電源に石炭火力を据えている。

石炭を中心に、今後 20 年間で現状の約 6.6 倍の電源開発を行う計画であるが、発電所建設資金の確保も課題である。現状、EVN が最大の発電事業者であるが、資金や燃料調達において課題があり、また電力セクター改革によって、そのシェアは 25%まで下がる見込みである。今後は、契約によって長期に、かつ安定的に電力供給を行う義務を負う BOT (*) 案件の重要性が高まっていくと見られる。(1.1.2.4) 項参照)

*民間企業が設備を建設、運営し、定められた事業期間が終了した後、相手国へ設備を無償で譲渡する事業形態のこと。事業期間は通常、20～25 年。

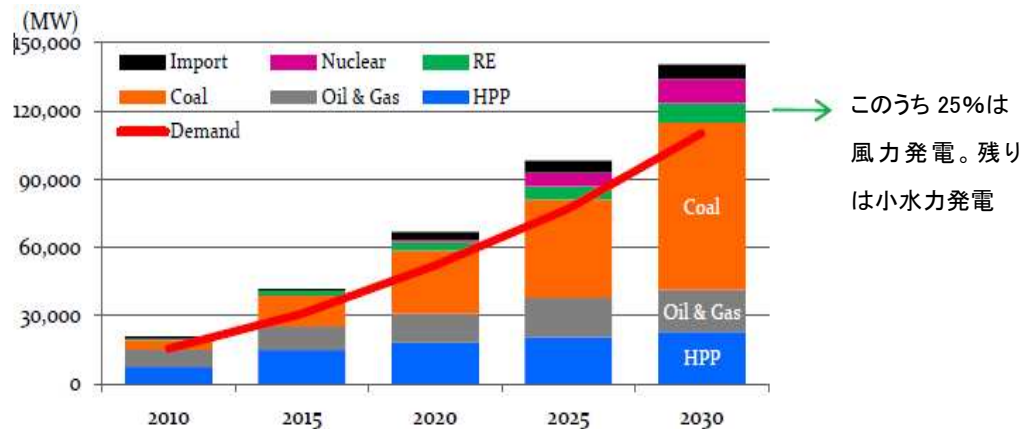


図 1-4 2010 年以降の電源開発計画
(出典：JETRO「ベトナム電力調査」2011.6)

比較のため現状の発電エネルギーの現状の供給割合を図1-5に示す。
 (2012.12 現地委託調査依頼先 Live Zone 社が EVN より入手)

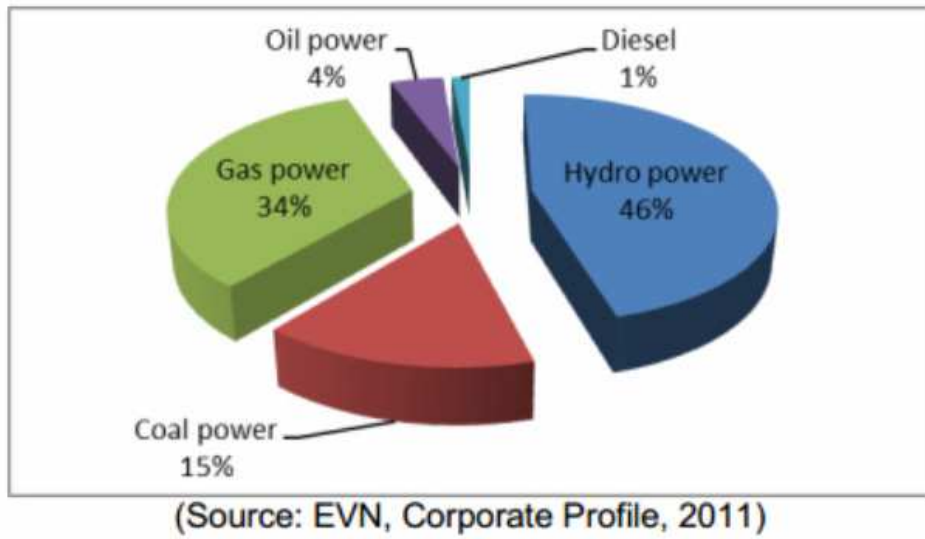


図1-5 ベトナムにおける現状の発電エネルギー供給割合

3) 石炭火力発電所の分布状況、及び今後の建設計画

●既存の石炭火力発電所 (2012.12.11 現地調査時、国営電力公社 EVN より入手)

表1-2 ベトナムにおける石炭火力発電所

Tên nhà máy Power plants	Công suất đặt Installed capacity (MW)	Chủ sở hữu Owner
Nhiệt điện than - Coal fired	3371	
Uông Bí	105	EVN
Uông Bí mở rộng II	330	EVN
Phả Lại I	440	EVN JSC
Phả Lại II	600	EVN JSC
Ninh Bình	100	EVN JSC
Hải Phòng I	300	EVN JSC
Quảng Ninh I	300	EVN JSC
Na Dương	111	Vinacomin
Cao Ngạn	115	Vinacomin
Cẩm Phả	600	Vinacomin
Sơn Động	220	Vinacomin
Formosa	150	Local lpp

●今後の建設計画（2012.12.11 現地調査時、国営電力公社 EVN より入手）

表 1-3 今後の石炭火力発電所建設計画

No.	Project name	Capacity (MW)	Operation year
1	Sơn La HPP, unit 5, 6	800	2012
2	Đồng Nai 4 HPP, unit 2	170	2012
3	Bản Chát HPP, unit 1, 2	220	2012
④	Hải Phòng II TPP, unit 1	300	2013
⑤	Nghi Sơn I TPP, unit 1	300	2013
⑥	Hải Phòng II TPP, unit 2	300	2014
⑦	Nghi Sơn I TPP, unit 2	300	2014
8	Quảng Ninh II TPP, unit 1	300	2014
⑨	Vinh Tân II TPP, unit 1, 2	1200	2014
⑩	Ô Môn I TPP, unit 2	330	2014
⑪	Duyên Hải I TPP, unit 1	600	2014
12	Huội Quảng HPP	520	2015
⑬	Quảng Ninh II TPP, unit 2	300	2015
⑭	Duyên Hải III TPP, unit 1	600	2015
15	Duyên Hải I TPP, unit 2	600	2015
16	Ô Môn III TPP	750	2015

.注 丸印は石炭火力発電所

4) 電力供給体制（環境省、建設省、EVN、火力発電所の関係等）

エネルギー関連政府機構（以下出典：「コールデータバンク」によった）

●Ministry of Industry and Trade (MOIT ; 商工省)

エネルギー部門およびその他の産業に関連する活動に責任を有する。

石油製品輸出入を管理していた旧 MOT（貿易省）は新組織に統合されその結果、MOIT がエネルギー部門を全体的に統括する組織となった。

MOIT の内部では、Energy Department（エネルギー局）がエネルギー分野の責任を持ち、これにベトナム電力公社（EVN）、石炭鉱物工業グループ（VINACOMIN）およびベトナム石油・ガスグループ（Vietnamese oil and Gas Group、Petro Vietnam）が所属している。MOIT 下の Industrial Economic Strategy Institute（産業経済戦略研究所）が産業政策を検討し、MOIT に助言している。Institute of Energy（IE ; エネルギー研究所）は EVN に所属しているが、政策策定及び基本計画に関しては MOIT と緊密に協力している。

●Ministry of National Resources and Environment (MONRE : 天然資源環境省)

環境、鉱業などを統括

●Ministry of Planning and Investment (MPI : 計画投資省)

MPI は「社会経済開発戦略」および「計画」に権限を持ち、同時に各省や機関から出されたそ

それぞれのプロジェクトへの国家資本投資の分配と外国資本の導入（FDI）を調整する権限を持つ。

- Ministry of Construction（MOC：建設省）
セメント産業（Vietnam cement）などを管轄
- Ministry of Transportation（MOT：運輸省）
運輸部門を管轄する

発電事業者（以下出典：「コールデータバンク」によった）

●EVN

EVN（ベトナム電力）は国有の重要な会社で、国の社会経済発展のための電力供給を確保する重要な役割を担っている

●VINACOMIN（TKV）

現在、同集団は5つの稼働中火力発電所を有し、全ては国内の低品位石炭を燃焼するCFB技術を利用している。石炭火力発電所の位置は炭鉱のそばや選炭工場のそばに建設された。

2010年度のVINACOMINの運転中石炭火力発電所：

- ナズン1（CFB, 104MW）
- カオガン（CFB, 114MW）
- ソンドン（CFB, 220MW）
- カムファ1&2（CFBC, 660MW）

2010年度、VINACOMINの発電設備容量は約1200MWくらいあり、2010年度以降2500MW以上を計画している。

●PVN

ベトナムガス・石油グループ（PetroVietnam；PVN）は、2006年8月29日、首相決定により国営所有である Holding Company-Petrovietnam Oil and Gas Group が設立された。傘下に100企業体以上を有し、約5万人の職員・労働者を有している。2010年12月まで、PVNの発電量は全国の13%ぐらい占め、2025年に30%に達する計画がある。全てはガス火力発電所で、

- CaMau1&2（1500MW）
- Nhon Trach1（450MW）
- NhonTrach2（750MW） 試運転中

ガス発電ではなく、石炭火力発電所の計画もあり、PVNはベトナムで初めての超臨界技術を導入する企業である。また、水力発電、風力発電や再生エネ発電も研究して、開発する。

各社の発電割合（出典：JETRO「ベトナム電力調査」2011.6）

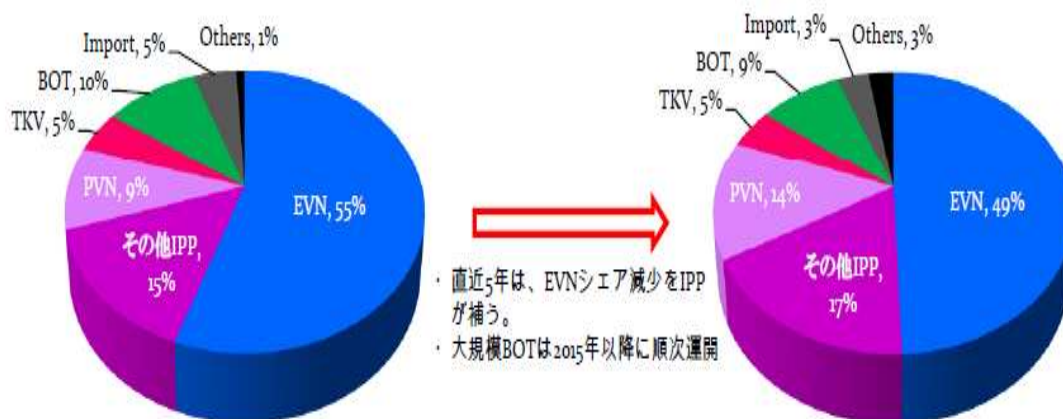


図 1-4 2010年（左）と2015年（右）の発電事業者のシェア

（出典：JETRO「ベトナム電力調査」2011.6）

注・BOT：民間企業が設備を建設、運営し、定められた事業期間が終了した後、相手国へ設備を無償で譲渡する事業形態のこと。事業期間は通常、20～25年。（前出）

IPP： Independent Power Producer（独立発電事業者）の略。自ら設備を建設、運営し、発電した電力を電力会社などへ卸売する事業者のこと。IPPの投資に関しては、Decision30/2006/QD-BCNにて条件が定められている。

1.2 電力セクターにおける開発課題（FA起因による環境問題）

1.2.1 ベトナムにおけるFA（フライアッシュ）発生量の将来推計

1) 文献によるFA発生状況及び将来予測データと現地調査結果との比較

現地調査以前までに入手し得た資料は日本プラント協会が2009年に行った調査結果のみであった。それを下記に示す。（出典：日本プラント協会調査 2009.3）電源開発に伴い、石炭火力発電所より発生する石炭焼却灰の発生量も急激に増加し、2010年には323万トン、2025年には2,100万トンに達する見込みである。（表1-4）

表 1-4. 石炭焼却灰の総発生量(千トン/年)（出典：日本プラント協会調査 2009）

	2006	2010	2015	2020	2025
火力発電所	1,402	3,239	6,243	11,051	21,045
他産業	2,587	2,983	3,849	4,776	5,717
合計	3,989	6,222	10,092	15,827	26,762

このうち火力発電所の中で無煙炭を微粉炭焼きボイラーで燃焼するケースは、日本の場合と異なり未燃カーボンが多く、フライアッシュ（FA）中の20%が未燃カーボンであると想定している。この量を取りあげて表1-5に示す。このうち約90%は電気集塵機により補集される飛灰（フライアッシュ）である

表 1-5. 高未燃カーボンを含む灰の発生量(千トン/年)

		2006	2010	2015	2020	2025
無煙炭+微粉炭燃焼		1,168	2,172	3,010	3,010	3,010
詳細	飛灰(FA)	1,051	1,965	2,709	2,709	2,709
	クリンカー灰	117	217	301	301	301
飛灰(FA)中の未燃C		210	391	542	542	542
残純粋灰分(80%)		841	1,564	2,167	2,167	2,167

(出典：日本プラント協会調査 2009)

上記に引用した日本プラント協会資料(2009)は、石炭火力発電所の建設計画の設備容量より、計算で石炭使用量を算出し、さらに石炭使用量の一定割合でFAが発生するとして算出しており、①発電所建設計画の遅れ、②実際の発電容量が設備容量より少ないこと、③廃棄物中のFAの発生量が90%としている点(ファーライ火力発電所の実績では80%)を考慮すると過大に算出されている可能性がある。

そこで現地法人のLive Zone社に委託してVIBM(ベトナム建設省建築材料研究所)より入手した石炭火力発電所からのFA発生量並びに発生量予測を表1-6に掲げる。

表 1-6 現地調査によるFA発生量予測(出典：Live Zone/VIBM)

年	発電容量(MW)	石炭使用量(百万トン/年)	FAの発生量(百万トン/年)
2011	4,441	4.35	1.30-1.52
2013	6,161	12.75	3.82-4.46
2014	9,791	18.72	5.61-6.55
2015	14,341	21.72	6.51-7.60
2020	36,000	67.30	21.1

1.2.2 ベトナムにおけるFAの処理・再利用の状況

1) FAの現状の処理状況(ファーライ石炭火力発電所、ハイフォン石炭火力発電所、FAの処理・リサイクル)

●ファーライ石炭火力発電所(本項は2012.12.13第1回現地調査による)

訪問調査結果の抜粋

ファーライ石炭火力発電所は2機で構成されている。1号機は1983年にロシアの技術で建設され、440MWの発電能力を持ち、2号機は2002年に日本の技術で製造され、660MWの発電能力を持っている。2機合わせて、70万KWhある。2機合わせて、1年間に300万トンの石炭を使っている。1号機は古いため発電効率が悪く、1kWhの電力を作るのに600gの石炭が必要であり、2号機はそれが470gで済む。結果、1号機では年間に46万トン、2号機からは48万トンの廃棄物が発生し、2機合わせて94万トン。そのうち、FAは80%程度を占めるので、ファーライ火力発電所全体としては、年間に75万トンほどFAを排出している。

この火力発電所から8km先に2haほどの灰捨て場があり、そこでFAを処分している。灰捨て場につながる地下パイプを整備しており、FAは火力発電所で水と混ぜ15%のスラリー状にして、パイプを通じて灰捨て場まで運んでいる。FAのリサイクルは灰捨て場の隣に別会社の改質工場を併設しており、改質FAの需要に応じて改質工場を稼働させている。改質後主として水力発電所のダム工事用に販売していた。最盛期は16万tほど改質FAを製造し販売したが、現在は不景気であることもあり、FAの改質量は減っている。具体的な改質量や、処分とリサイクルの比率は分かっていない。

FAの処分は、石炭を採掘している池に埋め戻すような形で処理を行っており、灰捨て場においてFAが原因で環境問題が発生したことはない。環境リスクの観点からは、特別な対策は必要ないとは思っているが、FAが資源として販売できることは経済的にも環境的にも良いことなので、改質FAを買っていただけるのであればいくらでも供給するし、実証が必要であればサンプルを提供する。

訪問調査を受けての事業化に関する考察

ファーライ火力発電所は今回我々が提供しようとしている改質技術ほどの性能はないものの、未燃カーボンが6%程度に改質されており、当共同企業体のFA改質技術を売り込むことは難しいと考えられる。

ファーライ火力発電所との連携方法としては、

- ①Cao Chong社と連携し、新たなFA混合製品事業を展開する際のFA供給先としての連携。
- ②C-CAS設備を既存のFA改質プラントに併設し、現在の6~8%程度の未燃カーボンを含むFAをさらに改質し、未燃カーボン比率1~2%の高品質改質FAを製造して、ファーライやハノイ周辺の生コンクリート工場に販売する事業での連携。の2つが考えられる。

もともと石炭を採掘している池にFAを戻ししている特殊な環境からか、FAに起因する環境リスクはないとの認識であった。しかし、FA改質に用いた処理水には、環境基準の何倍もの重金属等が混入しているはずであり、それらの高汚染水の処理設備がないため、地下への浸透や洪水時に外へあふれ出すなどのきっかけで、周辺環境の汚染につながる危険性は十分にあると考えられる。

●ハイフォン火力石炭発電所（本項は2012.12.14第1回現地調査による）

訪問調査結果の抜粋

2014年には合計1,200MW（120万KW）の発電能力を持つ予定（現在600MW）である。FAの発生量は80万トン/年であり、20%は販売し、他は廃捨て場に捨てている。灰捨て場は80ha確保しており、灰の改質はやっていない。販売先はレンガ企業、セメント会社であり、販売価格は60,000VND（240円）/トンで販売は20%スラリーで行っている。（ローリー車で引き取ってもらう）。FA起因の環境リスクは低いと認識している。それよりもFAは資源として捉えており、できれば全量リサイクルしたく、そして灰捨て場を別の目的に活用したいと考えている。

良い技術があり、それを活用することでFAが販売できるのであれば、そのような技術を発電所として導入したいと考えている。民間との連携事業での活用も良いと思われる。FAを有効活用できるのであれば、何十万トンでも供給する。また日本の石炭火力発電所のFAの管理の

方法などにも興味がある。

訪問調査を受けての事業化に関する考察

ファーライ火力発電所よりもハイフォン火力発電所はより新しく、FAの成分表を見せて頂いたが、それは明らかにファーライ火力発電所のものよりも良いことが伺えた。

また、C-CAS技術でFAを改質する場合は、FAに水を加えスラリー状にしてからラントに投入するので、その観点からも、灰捨て場から既に水が適正割合で混合されているスラリー状のFAを240円/tで何十万トンも入手できることが確認できたことは、大きな収穫となった。

FA調達先としては、前日に訪問したファーライ石炭火力発電所よりも、ハイフォン石炭火力発電所の方がFAの品質、価格、量、競合環境とも良いと判断される。

そのため事業構想としては、ハイフォン火力発電所の近くにC-CASプラントを設置し、スラリー状のFAを調達して改質し、改質後のFAをハイフォン周辺の生コンクリート工場やプレキャスト工場、発泡FAコンクリート工場に販売する事業が想定される。

また距離を考慮すると、ハイフォンはギソンよりもハノイに近いので、ハノイ周辺の生コンクリート工場に対してもFAを販売することで、セメント仕入れコストが安くなるメリットを提供できることから、ハイフォン周辺だけでなくハノイも商圏として捉えられる可能性がある。

●EVN（本項は2012.12.11第1回現地調査による）

訪問調査結果の抜粋

FAの処理やリサイクルについてであるが、各火力発電所とも、それぞれ適正な灰捨て場を整備しFAの処分を行っている。灰捨て場はだいたい10年分程度を整備し、あとはそのFAの排出量や処分状況に応じて、灰捨て場の拡張を行っている。

近年はFAが廃棄物としてではなく、資源として捉えられるようになり、火力発電所によっては、FAを販売しているケースも増えてきた。FAの用途や売り先としては、水力発電所向けコンクリートの原料として改質する工場が購入したり、未燃カーボン分の多いFAはレンガメーカーが補助燃料として購入したり、コンクリートメーカーやFAを使った製品を作るメーカーが購入している。

販売できていないFAはまだ大量にあるので、C-CAS技術という良い技術があるのであれば、ぜひ購入して欲しい。（予定では年間1万トンの購入と伝えたと）5万トンでも10万トンでも購入してもらい、将来的にはより多くのFAを資源として売却したい。

訪問調査を受けての事業化に関する考察

EVNによると、未燃カーボンは火力発電所にもよるが、10～20%含まれているようであるので、補助燃料として活用する以外は何らかの改質は必要になる。EVNの現在の補助燃料としての販売先であるレンガ産業が、徐々にではあるが縮小方向に政策が向かっているため、われわれの改質事業の観点からは、追い風であると捉えることができる。また全体として、FAの資源としてのリサイクルニーズが強いことが把握できたことが収穫であった。

2) FAの再利用の状況、及びリサイクルニーズ

●水力発電所用コンクリート

後述するファーライ改質工場では、ファーライ石炭火力発電所から発生するFAを改質して2007

年-2010年にかけて

Son La 水力発電所 30万トン

Ban Chat 水力発電所 6万トン

Tai An 水力発電所 30万トン

の改質FAを販売したが、EVNの調査でも解るように、2016年完成の水力発電所の完成をもって、水力発電所の建設は終了する予定であり、今後大規模な需要は望めない。

●生コンクリート

VIMECO ハノイ工場の例（本項は2012.12.11第1回現地調査和光コンクリート報告による）

所在地 ハノイ市内

事業規模 ハノイ市内の生コンクリートシェア 45% ベトナム国内では25%のシェアを有し、その中にはコンクリート製品工場も有する模様である。



工場
外観



FA
外観

市場占有率から判断すれば国内最大規模の工場と判断される。説明によればフライアッシュコンクリートに関するベトナム国内における先進工場の実態であろうと推測される。

写真は工場の外観である。骨材置き場に上屋は無く、僅かに計量層にのみ上屋を有する程度で、比較的簡易な設備である。

フライアッシュの使用実態

工場側の口頭による説明から配合を下記に記す。ただし内容等を確認できる管理記録帳票等は開示されなかった。

基本配合及びフライアッシュの品質概要（担当者説明）

単位セメント量	400 k g
単位フライアッシュ量	80 k g
単位水量	180 k g
混和剤	減水剤使用（使用量、混和剤名等の詳細は不明）
水・セメント比	45%
水・紛体比	37.5%
フライアッシュの強熱減量	6%前後との説明
細骨材	単位量は不明 川砂使用
粗骨材	単位量は不明（20mm石灰石碎石使用）
配合強度	不明

フライアッシュの流通等

フライアッシュはファーライ火力発電所産で、後に示す改質品である。

フライアッシュの運搬はセメントローリー車により運搬され、工場に設置したフライアッシュ専用サイロに保管されている。

フライアッシュの品質外観

サイロから抜き取ったフライアッシュの外観を写真に示す。

フライアッシュの外観は写真に見られる通りで、タンクローリーにて運搬されるフライアッシュとしては、やや湿分が多く、粒状に固形化した外観を呈しており、外観から、その湿分はおおよそ 10%前後と判断された。

フライアッシュコンクリートの普及状態

説明によればフライアッシュコンクリートの導入は 1 年前。フライアッシュ採用の目的として、次の 2 点を挙げていた。

- ①強度の増進（品質の向上）
- ②単位水量の抑制効果によるセメント量 10～15%程度削減を期待した経済効果。

フライアッシュコンクリートの品質管理体制

①設備関係

細骨材（川砂 100%） 1 種類 粗骨材（砕石 2 種類）が累加法式により計量され、セメント及びフライアッシュはミキサー室に備える個別の計量装置を備え、材料の計量装置にのみ上屋を有する程度で比較的簡易な生コンクリート工場である。

②品質管理関係体制

スランプ試験

出荷時の製品検査としてアジテータから抜き取った生コンクリートについて、工場側の好意で実施してくれたスランプ試験に立会した。

強度管理

供試体は 15 c m の立方体と、円柱供試体である。薄い鋼板製のためか特にコンクリート立方供試体の加圧面などの寸法精度から試験精度には疑問を感じた。

供試体は相当量が保管されており、養生温度等の管理はなされていない。

骨材を含むコンクリートの試験設備、品質データ等の存在も工場の雰囲気から感じ取れなかった。

視察後の所感

- ①練り上り生コンクリート外観や状態は良好で、目視検査の限りでは合格と判断される。
- ②試験に用いられる、スランプ試験器具は 1mm内外の薄い鉄板で造られてあり、スランプコーン及び、特に中空構造の底板であるため、表面は凹凸が有り、水密とか平滑とは言い難い器具が常用されている。従って、正しいスランプ値は確認できなかったが、おおよそ 20 c m 程度と判断された。スランプ試験やフロー試験に対するベトナムのコンクリート品質管理技術認識は これからの感がある。
- ③見た限りでは、現在、ベトナムに流通しているフライアッシュコンクリートの品質はプラスチックでワーカブルに富む良質なコンクリートであることがスランプ試験の立会印象

であり、ベトナム生コンクリートの隠し味を見た思いがした。

- ④生コンクリートの製造工程に関し、統計的品質管理など、標準化に対する組織等は見受けられない。
- ⑤結果として今回見学した工場で生産されているフライアッシュコンクリートの品質はプラスチックでワーカブルに富む良質なコンクリートであることがスランプ試験立会の印象からは判断された。ベトナム生コンクリートの隠し味を見た思いがした。
- ⑥生コンクリートに改質FAを混合するのは、まだそれほど一般的でないと思うとのことであった。
- ⑦日本では、FAを40%程度混合して高流動コンクリートを作っていることを伝えたところ、驚いている様子だった。
高流動コンクリートについて、作業性の改善や強度の改善などをいくつか説したが、ベトナムではそのようなコンクリートはないため、本当のところでは理解できていないようだった。

●発泡コンクリート建材

Song Da Cao Chong JSC (本項は2012.12.12第1回現地調査和光コンクリート報告による)

製造品目 : 気泡フライアッシュモルタルブロック (以下ALCブロックと記す)

主たる用途 : レンガの代替品との説明である。建築用仕切用壁材に用いる気泡フライアッシュモルタルブロック(無筋)である。

企業形態 : 国と10社程度のゼネコンが出資して作った廃棄物処理を事業目的として設立。他に、略称BECAMEX ACC(鉄筋コンクリート排水溝、他のコンクリート製品等の製造販売)、及びセメントコンクリートの原料材料関連事業等を含めたグループ、2企業等がある。

製品製造の概要

主な材料 フライアッシュ70%+セメント30%+発泡剤による混合モルタル

工程概要 材料の計量⇒混練⇒大型の型枠に充填成型⇒1次養生⇒脱型⇒所要寸法に切断⇒オートクレープによる2次養生⇒製品⇒梱包出荷

製品品質規格寸法 600×200×100

密度 0.7

使用フライアッシュ 最寄のファーライ火力発電所排出の改質FAである。

強熱減料15%程度から6%前後に改質

ALCブロックの販売価格

製品の販売価格は、1,000,000 VND (4,000円/m³:30円弱/1個)。でベトナム産煉瓦よりも高価な設定である。

現在のベトナム経済は不動産市況が低迷中で、多くの開発案件は停滞状態である。

このため、現在は生産休止中との説明であった。

会社説明概要

- ①フライアッシュの活用技術は政府の注目度も高く、2010年に政府表彰を受賞。
 今後は、2013年を目標に、ハイフォン火力発電所及び石油関連会社とも連携したフライアッシュの改質事業に着手予定である。
- ②ベトナム政府においても循環型社会形成に高い関心がある。特に建設省では現在の煉瓦工場は、焼成過程で大量の重油消費に伴う大気汚染防止対策の一環として2025年を目標に煉瓦生産をから新建材に代替の方針である。その具体例に、国営関連の工場や公共建物向け100%、民間向け50%を発泡フライアッシュモルタルブロックの活用が推進、指導される例である。当社はこうした時代背景を踏まえフライアッシュの改質及びその活用を通じた関連製品の事業展開を計画中である。
- ③ALC-FAは公立研究機関でその品質や技術について高い評価を受けているものの設計施工マニュアル等の技術支援、の不備もあって普及は遅れている現状である。
- ④当共同企業体等との連携による技術確立
 ALCブロックの他にもフライアッシュ活用製品やフライアッシュ改質技術など、今後の事業展開として、新製品の開発から品質管理、設計施工技術など、総合的な技術ノウハウの導入を希望しており連携が必要と考えている。
- ⑤一次養生後の半製品はスライサーにより既定の寸法に切断された後オートクレープによる2次養生を経て製品が完成する。この工場の成型装置など主要設備がドイツ製である。
- ⑥今後は、ハイフォン火力発電所と連携してFA改質工場を作る予定としている。
 また石油工場とも連携して、FA改質工場を作る予定としている。どちらの工場とも、2013年中に建設する予定。

視察後の所感

- ①フライアッシュの改質を含め技術向上に関する経営トップの持つ今後の事業方針に積極性、具体性を感じた。
- ②ファーライ発電所の改質フライアッシュの未燃カーボンは6~7%程度である。一方、製品が必要とする品質特性である所期の密度を得るために要する発泡剤量はその種類によって異なるものの、未燃カーボン量の影響を受けるものと見られる。(要検討)
- ③野外にストックされる改質フライアッシュはこれまで加熱による水分調整を必要としている。
- ④生産品に対する設備投資規模の費用対効果を見る時、製造品目の技術レベル向上製品の拡充などが課題と思われる。
- ⑤本事業が提案する浮遊選鉱法によるフライアッシュ改質技術を適用し「乾燥工程の省略化」に向けた検討で提案する方法も選択肢である。
- ⑥オートクレープ養生など、優れた設備を活用できる付加価値の高い製品の製造。
 具体的には本格的なALC製品の外壁、床材など補強鉄筋構造による新建材の開発など、ハード・ソフト両面で技術充実を図る。
- ⑦関連企業であるBECAMEX ACC社に本事業が提案する浮遊選鉱法による改質技術と高流動コンクリート技術を導入し、生産の効率化、作業環境の改善に併せた事業拡大を図る。

リサイクル、及び循環型社会形成の推進について工場側の見解

ベトナム政府、特に建設省からリサイクルを推進する政策が打ち出されているレンガ工場

は、レンガを焼成するために重油を使っているが、その大気汚染などもあり、2025年までにレンガをなくす方向性で政府は考えている。

そういったこともあり、政府は、国営関連の工場や工事においては100%、それ以外の民間案件においても50%は、発泡FAコンクリートブロックを活用するよう、建設省から指示がでている。

このようなベトナムの今後のリサイクル市場、建材市場の動向を踏まえて、当社は時代に先立ち、を活用したリサイクル製品の工場やFA改質工場の建設を計画している。

発泡コンクリートブロックを製造する技術はまだベトナムの中でも新しく、発泡FAコンクリートブロックは各研究機関で評価を受けているものの、現場ではまだまだ使い方を知らないため、普及には啓発と時間が必要となる。



軽量発泡コンクリート



切断装置

●プレキャスト製品

Vinaconex Phan Vu 社（本項は2012.12.13 第1回現地調査和光コンクリート報告による）

会社概要 ベトナム最大のディベロッパーVinaconex 社の企業グループである。

主要製品 鉄筋コンクリートパイプ・ポール 鉄筋コンクリート矢板 橋梁用プレキャストスラブ等 比較的大型製品

主要設備 工場面積 12ha 天井クレーン、ミキサープラント、コンクリート試験設備等

従業員数 150名

現在生産量 2万t/年間

企業規模と最近の市況概要（Vinaconex Phan Vu 社長談）

この企業はベトナム国内 5位以内であり、ハノイ近郊では1~2位に属する規模である。今年是不況のため生産調整中だ。最盛期は24時間操業も可能。

ベトナムでは下水管工事や道路工事、ビル建設などの現場に型枠を持ち込んで、現場でコンクリート製品を製造する手法が現在も主流であり、現場製作製品に比べ、コンクリート工場製品の需要は少ない現状である。最近は民需の減少に伴い価格競争が進み、現在のプレキャスト製品販売価格は5,000,000VND/m³（20,000円/m³：8300円/t）程度で不動産需要が旺盛であった3~5年前に比べ20~30%程度価格が下落した。

但し、最近ではコプレキャスト製品の品質、施工の機械化省力化、工期短縮、工程管理の簡便性などに評価が高まり、プレキャスト製品ニーズは、年々高まりつつある。

例えば PCコンクリート橋桁などの大型プレキャスト製品製造技術がベトナムでは普及しておらず、例えばハノイ高速道路に使用された橋桁は、オーストラリアの輸入技術で現場

製作されている。この様な技術を導入し、自社製品で国内需要を賄いたい。
国内の景気回復に期待し、この端境期は研究開発と生産体制構築に研鑽中である。

コンクリート原材料価格など

主なコンクリート原材料の市況は次の通りである。

普通ポルトランドセメント : 1,100VND/kg (4,400円/t)、

粗骨材(砕石) : 170,000VND/m³ (680円/m³)、

細骨材(川砂) 230,000VND/m³ (920円/m³)

単位水量 110kg 設計基準強度 100KN/mm² スランプ 2~6cm

型枠はベトナム製、又は高精度を要する型枠は中国に委託する

型枠の設計は自社で行う。

フライアッシュコンクリートへの関心度

Vinaconex Phanvu 社では現在、フライアッシュコンクリートの採用に至っておらず、以下はフライアッシュコンクリート及び高流動コンクリートの概要の説明に対する社長の見解概要である。

①フライアッシュのポゾラン反応に関する説明に対するコメント

(プレキャスト製品の販売価格が下落傾向の中、主要原料であるセメント価格は不変で、そのため収益性が圧迫されている。フライアッシュコンクリートの採用によって単位セメント量の節減可能で、コストメリットが確認できれば検討したい。)

②フライアッシュ採用に伴う作業性改善(特に高流動コンクリートへの利用)に関する説明に対する返答

(社員の人件費は徐々に高騰の傾向にあり人件費の削減対策は今後の課題であり、大いに興味がある。)

③高流動コンクリートは鉄筋量の多い構造や、複雑な形状をなす製品の製造に適している。例えば地下鉄工事用コンクリートセグメントやボックスカルバート、下水道製品や各種の道路用製品など、高耐久性を要する高品質コンクリート製品、大型コンクリート製品の製造に、高流動コンクリートを用いることで品質への信頼性が向上し、競合他社との差別化が可能で効果的である。との説明に対する答え

(価格競争を避けるためには製造技術水準向上による差別化は有効と思う。)

海外輸入コンクリート製品は早急にベトナム国産化することが重要と考えている。従ってフライアッシュの活用でそれが実現可能であれば早急にフライアッシュ活用の検討を進めたい。現段階で建設省が推奨するフライアッシュ混入製品は壁材、屋根など、煉瓦の代替品に限定されており、現時点で、その他のコンクリート製品に対するフライアッシュコンクリートの奨励制度は対象外である。但し、フライアッシュコンクリートを用いた一般コンクリート製品が品質、経済性、環境負荷低減などに効果的、と判断されれば、フライアッシュコンクリート技術を積極的に採用したい。)

事業連携についての同社の見解

フライアッシュ及び、フライアッシュコンクリートに関する基礎知識が知りたい。成分表、改質フライアッシュのサンプルがあれば是非試してみたい。改質装置のテストプラントがベ

トナムに必要であれば、当社は工場敷地の提供など全面協力できる。

テストプラントによってフライアッシュコンクリートの優位性、費用対効果の確認ができれば設置し活用したい。この他、各種プレキャスト製品の製造技術や型枠システム、コンクリート工場から排出されるスラッジ水の利用方法など、技術習得の必要性を感じており、事業連携を希望している。

ベトナムでは公共事業に出荷した製品対象の供試体は3年間の保管義務がある

視察後の所感

- ①主力製品は遠心力製品が70%前後とみられることから、本事業が推奨する高流動コンクリートの適用は実績は我が国でもまだ少ない。従って実際の導入に当たっては事前検討を要する。
- ②Vinaconex Phan Vu社の製造製品は比較的高強度（100 k N）が要求される。
これを配合実例で見ると、単位水量が110 k g 単位セメント量460 k gである。この配合にフライアッシュを添加するには事前に十分な技術的検討が必要である。
- ③生産数量 2万 t / 年間 及び骨材生産携わる従業員数150人で、このうちコンクリート製品製造従事者数について、説明はなかった。そこで、半数の75名と仮定しても、我が国の2.5~3倍の人員を要している。従って、フライアッシュコンクリートの導入は省力化、生産性向上、並びに、作業環境改善など経済的メリット、だけ挙げても大きいと判断できる。
- ④Vinaconex Phanvu社は広大な敷地を所有し、且つ所在地が首都圏であるある、ハイフォン火力発電所、ファーライ火力発電所と近距離であることなど、今後フライアッシュコンクリート技術活用下水道コンクリート製品、各種道路用製品、など多様なプレキャストコンクリートの生産拠点として極めて有望な地理的条件に恵まれており、開発型指向の経営資質と相まって 今後の事業展開で有望なパートナーと判断する。



強制2軸ミキサーによるミキサープラント



大量のコンクリート供試体の保管

1.3 ベトナムのFA処理・循環利用に関する政策、計画、法制度、取組み

1) 環境省におけるFA関連の法制度と見解（本項は第1回現地調査 2012.12.10による）

石炭火力発電所、及びFAに関する環境リスクについてのコメント

まずFAの捨て場周辺などでの環境問題についてであるが、それはEVNからそういった報告が上がってきているわけではないので、公害防止局としては環境問題が顕在化していると思っていない。ベトナムの中では、火力発電所は比較的しっかりと環境分野の管理はできており、FAも、指定された灰捨て場でしっかりと処分されていると思う。

長期的な灰捨て場の確保の問題については、それは EVN が解決すべき課題であり、公害防止局としては、その周辺で何らかの環境問題が顕在化したときに、指導・規制する立場にあるので、それは EVN に聞いて欲しい。

ポイント：環境省環境総局公害防止部が管理している、化学物質管理や有害物質管理、環境汚染防止管理の観点から、FA に関する特別な規制や法制度はないことが確認できた。

FA のリサイクル事業を展開することについてのコメント

ベトナムでは、FA は何か特別な有害廃棄物としての位置づけでなく、普通の廃棄物として位置付けられているので、その受入・処理を行うにあたっての特別な許可は要らない。一般的な環境アセスメントを実施しれもらえばよいので、その事業を実施するのであれば、その手続きは簡単だと思う。ただし FA は廃棄物であるとの認識であるので、それを輸入することは禁じている。過去に、ギソンセメントが FA を輸入したいと申請してきたが、それは却下された。

先ほど言ったように、FA をリサイクルすることに対しての、具体的な目標などはないが、2009 年に政府が実施した調査で、今後将来的に必要な技術分野の一つとして、FA のリサイクルは指定されたので、もし事業を実施するのであれば、その応援を得ることはできると思う。

ポイント：FA が特別な管理が必要な廃棄物ではないため、FA を共同企業体単独、もしくは現地企業との合弁会社とで連携して FA の改質工場を運営する場合、環境省が管轄する認可を取得する必要がないことが確認できた。

2) VIBM におけるこれまでの取組と今後の方針（第 1 回現地調査 2012. 12. 11 による）

ベトナムにおける FA の改質・FA 混合製品に関する規格についてのコメント

現在ベトナムでは、FA の改質や FA 混合製品に関する規格はなく、アメリカの ASTM C681 の規格を参考にしている。規格の作成は今後の課題であり、現在検討・作成中である。

VIBM では改質 FA の評価を行っているので、日本で C-CAS 技術で処理した改質 FA のサンプルを送ってもらえれば、既存のベトナムの改質技術との比較ができるので、よければ送って欲しい。

建設省としては、FA を活用した建築材料の利用推進を通じて、FA の有効利用を促進していく方針である。定めた利用推進については、後ほど文章を送るので確認して欲しい。

ポイント：環境省で言及があった様に、建設省の方では、FA が混入した商品についての利用推奨を行っている。だがこれは、あくまで推奨であり、再生品を使わないからといって何か罰則があるわけではなく、また具体的な補助制度もあるわけではないため、過度な期待やレンガ代替製品に開発を集中することは、リスクがあると判断された。

また建設省の中では VIBM が FA 改質技術、FA を活用したリサイクル製品化をベトナムで最も強く推進し、規格を作成したことが判明したため、今後、技術協力や共同企業体の技術の評価してもらい場合には、VIBM をカウンターパートとして取り組んでいきたい。

1.4 ベトナムにおける ODA 事業の事例分析

1.4.1 ベトナムで過去に実施された技術協力プロジェクト

下記表が、ベトナムで過去に実施された／現在も実施中の技術協力プロジェクトの一覧となる。当該分野と関連し、現在も実施中となる領域・プロジェクトとしては、運輸交通課題で2010年より実施されている「インフラ工事品質確保能力向上プロジェクト」が、プレキャスト製品や高流動コンクリートによる作業効率改善の視点で、関係が強いと考える。またリサイクル分野においては、2006年より環境管理課題で都市ごみを対象とした「循環型社会形成に向けてのハノイ市3Rイニシアティブ活性化支援プロジェクト」が実施されているが、本事業のような産業からの廃棄物・循環利用に関する技術協力は、まだ行われていない。

表 1-7 ベトナムで過去に実施された技術協力プロジェクトの一覧

課題	プロジェクト名	期間
保健医療	高危険度病原体に係るバイオセーフティ並びに実験室診断能力の向上と連携強化プロジェクト	2011年2月21日から 2016年2月20日
保健医療	母子健康手帳全国展開プロジェクト	2011年2月14日から 2014年2月13日
保健医療	ベトナム保健医療従事者の質の改善プロジェクト	2010年7月28日から 2015年7月27日
保健医療	中部地域医療サービス向上プロジェクト	2005年7月1日から 2010年6月30日
保健医療	ホアビン省保健医療サービス強化プロジェクト	2004年12月3日から 2009年12月2日
水資源・防災	中部地域都市上水道事業体能力開発プロジェクト	2010年6月6日から 2013年6月6日
水資源・防災	中部地域災害に強い社会づくりプロジェクト	2009年3月1日から 2012年2月28日
水資源・防災	中部地区水道事業人材育成プロジェクト	2007年3月1日から 2009年2月28日
ガバナンス	ハノイ交通安全人材育成プロジェクト	2006年7月10日から 2010年3月31日
運輸交通	ハノイ公共交通改善プロジェクト	2011年7月1日から 2014年6月30日
運輸交通	交通警察官研修強化プロジェクト	2010年6月1日から 2013年6月1日
運輸交通	インフラ工事品質確保能力向上プロジェクト	2010年5月16日から 2013年3月21日
運輸交通	港湾管理制度改革プロジェクト	2005年2月1日から 2008年11月30日
情報通信技術	ハノイ工科大学ITSS教育能力強化プロジェクト フェーズ2	2009年3月16日から 2012年3月15日
情報通信技術	ハノイ工科大学ITSS教育能力強化プロジェクト	2006年10月28日から 2008年10月27日
経済政策	税関行政官能力向上のための研修制度強化プロジェクト	2009年9月30日から 2012年9月30日
経済政策	税務行政改革支援プロジェクト フェーズ2	2008年8月1日から 2011年7月31日
民間セクター開発	ベトナム日本人材協力センター	2005年9月1日から 2010年8月31日
民間セクター開発	知的財産権情報活用プロジェクト	2005年1月1日から 2009年3月31日
農業開発／農村開発	ベトナム北部中山間地域に適応した作物品種開発プロジェクト	2010年12月3日から 2015年12月2日
農業開発／農村開発	北西部山岳地域農村開発プロジェクト	2010年8月1日から 2015年7月31日
農業開発／農村開発	農産物の生産体制および制度運営能力向上プロジェクト	2010年7月1日から 2013年12月31日
農業開発／農村開発	メコンデルタ地域における効果的農業手法・普及システム改善プロジェクト	2009年10月15日から 2014年10月14日
農業開発／農村開発	中部高原地域における貧困削減のための参加型農業農村開発能力向上計画プロジェクト	2009年1月7日から 2014年1月6日
農業開発／農村開発	農村地域における社会経済開発のための地場産業振興にかかる能力向上計画プロジェクト	2008年12月1日から 2011年4月8日
農業開発／農村開発	中小規模酪農生産技術改善計画プロジェクト	2006年4月9日から 2011年4月8日
自然環境保全	国家生物多様性データベースシステム開発プロジェクト	2011年11月17日から 2015年3月31日
自然環境保全	北西部水源地域における持続可能な森林管理プロジェクト	2010年8月15日から 2015年8月14日
自然環境保全	造林計画策定・実施能力強化プロジェクト	2010年3月1日から 2013年2月21日
自然環境保全	ビズップ・スイバ国立公園管理能力強化プロジェクト	2010年1月5日から 2014年1月4日
ジェンダーと開発	人身取引対策ホットラインにかかる体制整備プロジェクト	2012年7月9日から 2015年7月8日
都市開発・地域開発	都市計画策定・管理能力向上プロジェクト	2009年3月1日から 2012年5月31日
環境管理	ホーチミン市下水管理能力開発プロジェクト	2009年5月11日から 2010年11月11日
環境管理	循環型社会形成に向けてのハノイ市3Rイニシアティブ活性化支援プロジェクト	2006年11月30日から 2009年11月29日

1.4.2 ベトナムで過去に実施された円借款案件

道路、空港、鉄道などインフラ整備が積極的に行われている。本事業との係わり合いとしては、改質FAを活用した高品質なプレキャスト製品の製造や、高流動性コンクリートによる作業効率の改善を通じて、これらの円借款案件に貢献できると考える。

表 1-8 ベトナムにおける 2010 年以降の円借款案件

No	案件名	部門名	業種	事業実施者名
1	ノイバイ国際空港第二旅客ターミナルビル建設事業(2)	運輸	空港	北部空港会社
2	ホアラク科学技術都市振興事業(1)	鉱工業	工業	ホアラクハイテパー管理委員会
3	ホーチミン市都市鉄道建設事業(ペンティン-スオイティエン間(1号線))(2)	運輸	鉄道	ホーチミン市人民委員会
4	保全林造林・持続的管理事業	農林・水産業	林業	農業農村開発省
5	南部ビンズオン省水環境改善事業(フェーズ2)	社会的サービス	上下水道・衛生	ビンズオン省人民委員会
6	国道3号線道路ネットワーク整備事業(2)	運輸	道路	ベトナム運輸省
7	地方病院医療開発事業(2)	社会的サービス	保健・医療	ベトナム保健省
8	第10次貧困削減支援借款	商品借款等	商品借款等	ベトナム国家銀行
9	ギソン火力発電所建設事業(3)	電力・ガス	発電所	ベトナム電力公社
10	ラックフェン国際港建設事業(港湾)(1)	運輸	港湾	ベトナム海運総局
11	ラックフェン国際港建設事業(道路・橋梁)(1)	運輸	橋梁	ベトナム道路総局
12	南北高速道路建設事業(ベンルック-ロンタイン間)(1)	運輸	道路	ベトナム高速道路公団
13	気候変動対策支援プログラム(2)	商品借款等	商品借款等	天然資源環境省
14	衛星情報の活用による災害・気候変動対策事業(1)	その他	総合的環境保全	ベトナム国家衛星センター
15	南北高速道路建設計画(ダナン-クアンガイ間)(第一期)	運輸	道路	ベトナム高速道路公団
16	南北高速道路建設計画(ホーチミン-ゾーザイ間)(第二期)	運輸	道路	ベトナム高速道路公団
17	ギソン火力発電所建設事業(2)	電力・ガス	発電所	ベトナム電力公社
18	ニャットン橋(日越友好橋)建設事業(2)	運輸	橋梁	ベトナム運輸省
19	第9次貧困削減支援借款	商品借款等	商品借款等	ベトナム国家銀行
20	気候変動対策支援プログラム(1)	商品借款等	商品借款等	天然資源環境省
21	サイゴン東西ハイウェイ建設事業(5)	運輸	道路	ホーチミン市人民委員会
22	ホーチミン市水環境改善事業(3)	社会的サービス	上下水道・衛生	ホーチミン市人民委員会
23	クーロン(カントー)橋建設事業(2)	運輸	橋梁	ベトナム運輸省
24	ノイバイ国際空港-ニャットン橋間連絡道路建設事業(1)	運輸	道路	ベトナム運輸省
25	ノイバイ国際空港第二旅客ターミナルビル建設事業(1)	運輸	空港	北部空港公団
26	ホアラクハイテクパーク・インフラ建設事業(E/S)	鉱工業	工業	ホアラク・ハイテクパーク管理委員会
27	第3期国道1号線橋梁リハビリ事業(2)	運輸	橋梁	ベトナム運輸省

第2章 提案企業の技術の活用性及び将来的な事業展開の見通し

2.1 業界分析に基づく当社技術を活用したビジネス案

2.1.1 生コンクリート業界への展開可能性

1) 生コンクリート生産量

今回調査委託先現地法人 Live Zone 社の調査によれば 101 百万トン/年である。

これは日本の生コン生産量の丁度 1/2 に当たる。

用途：住宅 80%、道路 5%、その他 15%

参考：日本の 2011 年度生産量は 202 百万トン/年（セメント生産量の 72%を使用する）

出典：全国生コンクリート工業連合会（2013.3）

2) ベトナムの主要な生コンクリート事業者

同じく Live Zone 社の調査によると全国的に大きな生コンクリート事業者は表 2-1 のようになる。

今回第 1 回現地調査で訪問した Vimeco 社も含まれている。

表 2-1 ベトナムにおける主要な生コン業者一覧表

STT	Tên các nhà máy	Khu vực hoạt động	Ghi chú
1	Transinco	Phía Bắc (北部)	
2	Vimeco	Phía Bắc	
3	Sông Đà	Phía Bắc	
4	Việt Úc	Phía Bắc	
5	Việt Đức	Phía Bắc	
6	Việt Hàn	Toàn Quốc (全国)	
7	Vibex (Bê tông chèn)	Phía Bắc	
8	Phan Vũ	Phía Nam (南部)	
9	Holcim	Phía Nam	
10	DIC	Phía Nam	
11	Maxcom	Phía Nam	
12	Mecong	Toàn Quốc	
13	Sài Gòn RDC	Phía Nam	
14	Lê Phan	Phía Nam	
15	PVV	Phía Nam	
16	Sunway Hà Tây	Phía Bắc	
17	Vinaconec	Phía Nam	

3) 生コンクリート業界での改質 FA の現在の利用状況

第 1 回調査で訪問した生コン業者 Vimeco においても約 1 年前から使用し始めたと言っており、一般的には余り使われていないとも言っていて、FA の利用一般的ではない模様である。使用した FA はファーライで改質した未燃カーボン 6%のものを使用していた。

日本の様に大量に使用して高流動コンクリートを作製することは、考えていない様子である。

4) 生コンクリート業界でFAを用いるメリット

FAには、それ自身水硬性はないが、セメントに混入すると、FA中の活性なシリカ質が、セメントの水和反応によって生成される水酸化カルシウムと徐々に反応して、水溶性の安定なケイ酸カルシウムの水和物を生成する。(ポゾラン反応という)

FAを使用したコンクリートの特徴を以下に示す。

表 2-2 FAを使用したコンクリートの特徴

特性値		FAを用いたコンクリート
フレッシュ時	ワーカビリティ	粒子が粒状をしているので単位水量を減じることができ作業性も良い（高流動コンクリート）
	空気連行性	未燃カーボンがあるとAE剤を吸着してしまい、空気連行性を妨げる（FA改質の必要性）。
	水和熱	発熱量が小さい。
強度	初期材齢	FA置換率の増加に伴って小さくなる。
	長期材齢	十分な湿潤養生を行えば、長期に亘って強度は増加する。
耐久性	水溶性	91日以降、著しく向上する。
	アルカリ骨材反応	抑制効果がある。（ヒビ割れ防止）
	中性化	同一セメント比では速い。
	乾燥収縮	FA置換率が大きい程、小さくなる。（ヒビ割れ防止）
コスト削減	単位水量抑制効果	セメント量10～15%程度削減による経済効果。
	炭酸カルシウム置換による効果	単価差による経済効果。

5) 生コンクリート業界におけるFA改質技術のビジネス機会

生コンクリート工場でのFA利用価値としては、生コンクリートの品質向上に加え、場合によってはコスト削減にもつながるため、ビジネス機会は十分にあると言える。FAの提供方法としては2種類想定され、一つは絶乾状態にして乾粉FAを提供する方法、そしてもう一つは、小型のFA改質プラントを生コンクリート工場に設置しスラリー状の改質FAを提供する方法がある。

日本の沖縄にあるC-CASプラントでは、生コンクリート工場の周辺に改質プラントを設置し、後者のスラリー状のFAを提供するモデルとなっている。こちらのモデルは、改質プラントの運転管理をしっかりと行いスラリーの水分レベルをコントロールできるようであれば、FAの乾燥工程を挟まないため低コスト・低CO2となる。実証を重ねてビジネスモデルを確立すべきではあるが、ベースモデルとしては、生コンクリート工場にスラリー状のFA提供／もしくは小型改質プラントの販売を想定する。

2.1.2 プレキャスト製品業界への展開可能性

1) プレキャスト製品の生産量

現地調査委託企業 Live Zone 社の調査によると

年間生産量 30 万トン/年

労働人口 調査するも不明

参考に日本の 24 年度プレキャストコンクリートの同様調査結果を下記に記す。

年間生産量 922 万トン/年

労働人口 13,500 人

出典：経済産業省統計局公表データ

2) ベトナムの主要なプレキャストメーカー

今回調査委託企業 Live Zone 社の調査によると以下の様になる。

表 2-3 ベトナムの主要なプレキャストコンクリートメーカー

	会社名	資本金 (USD)	創立(年)
1	Vinaconex Xuan Mai	10,000,000	1983
2	Fecon Concrete	7,000,000	2004
3	BECAMEX Concrete	5,000,000	2003
4	BETON6 Corporation	5,000,000	1993
5	Vinaconex Phan Vu	4,000,000	2004

3) プレキャスト業界での改質 FA の現在の利用状況

我々の第 1 回現地調査時に調査した上表の No. 5 の Vinaconex 社 (1.2.2 2) 参照) でも FA はプレキャストコンクリートに使用していなかったが、あらためて Live Zone 社に業界全体を調査してもらったところ、殆んど使用されていないとのことであった。

4) プレキャスト業界で FA を用いるメリット

表 2-2 に示したコンクリート製作上のメリットが当てはまるが特にコンクリート 2 次製品に使用した場合高流動コンクリート (別名：締固め不要コンクリート或いは自己充填コンクリート) が作製でき、

- ① 締固め不完全による不良率の抑制、作業の効率化、鉄筋量の多い締固め困難な部材の作製
- ② 普通コンクリートでは充填しがたい複雑な形状の部材
- ③ 微細な石粉等 (例 ; CaCO₃) の代替えとして使用でき、コストダウンが図れる。

5) プレキャスト業界における FA 改質技術のビジネス機会

プレキャスト工場においては、Vinaconex グループの 1 社にヒアリングしただけではあるが、現在、グループ全体では FA は活用しておらず、上記にあるようなメリットがあるのであれば、いち早く活用し、他社グループと差別化となる、高品質コンクリート製品を製造したいとのニーズを確認できた。

プレキャスト業界においても、生コンクリート業界と同様にビジネスモデルとしては、乾粉 FA とスラリー状 FA の 2 つの事業モデルがあるが、こちらもスラリー状の FA 提供/もしくは小型改質プラントの販売を想定する。

またプレキャスト業界の場合は、FA を混合した高流動コンクリートの活用方法、それを活かしたバイブレーションをかけないプレキャスト製造技術がまだまだ浸透していない状況もあることから、プレキャスト業界においては、FA を提供するだけでなく、FA を活用した製造技術アドバイスの提供、さらにはプレキャスト工場と FA を混合した高品質コンクリート製品を製造する工場を合弁会社として設立することも、ビジネス機会として考えられる。

2.1 ベトナムの既存技術に対する当社技術の強み

2.1.1 FA 改質に関する、当社技術とベトナム既存技術との比較

1) FA 改質技術の一般的な整理

石炭火力発電所などで石炭を燃焼させた排ガス中から捕集される灰（フライアッシュ、以降 FA と称す）をコンクリート製造におけるコスト削減の目的でコンクリート中に混入することが多い。

しかしながら上記手法では、FA 中に含まれる未燃カーボンが、コンクリート中の AE 剤（コンクリートの作業性をよくするため細かい気泡を発生させる）を吸着してしまい、コンクリートの品質改善を阻害することに加えて、コンクリート表面に浮上して欠陥部分を形成するといった問題が発生している。

FA 中の未燃カーボンを除去した灰を、コンクリートに混入する事により、上記の欠点を解消することが可能である。

しかも一般的なコンクリート製品に比べ、2.1.1 4) 並びに 2.1.2 4) に述べた優れた性能特徴を有する高性能コンクリートを作り出し、かつコンクリートの製造コスト削減を図れるものである。また、レンガ積みの目地材としても高品質で、高精度に施工できるため、レンガ表面に塗布してレンガ積み住宅などのボルト締め組積工法を可能にした。

FA 中の未燃カーボン除去技術としては下記の技術があげられる。

●破砕分級・自然灰還元法

破砕分級法は、FA を構成する粒子のうち未燃粒子は完全燃焼粒子に比べて破砕されやすいという粒子間の硬度の違いを利用したものである。図2-1に破砕分級法の装置の概要を示す。逆方向に回転する一対の回転翼により発生した垂直方向の対向気流に乗ったFA を衝突させることにより破砕を行い、装置内の気流に乗った粒子を密度差により分別するものである。

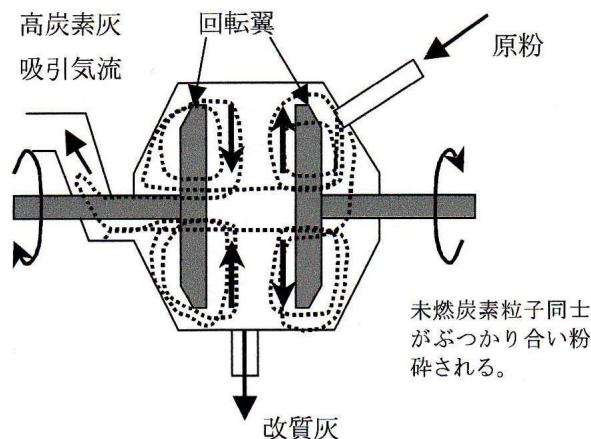


図2-1 破砕分級法の装置の概要（出典：日本プラント協会調査 2009）

電力中央研究所が開発した破碎分級・自燃灰還元法は、改質灰に含まれる未燃粒子を除去する効率は、回転翼の回転数と吸引気流の流量に依存することに着目し、強熱減量値の低い原粉試料に対しても適切な運転条件を設定することにより、未燃炭素の除去処理を可能にするとともに、未燃炭素濃縮灰が発火する程度のわずかな熱を加え、未燃炭素が自ら燃焼する温度条件（約700℃）を整えることにより未燃粒子を燃焼除去する方法である。

この低炭素灰（自燃灰）を一次処理灰に混合して改質灰を製造することにより、FAの利用量拡大を図る。図2-2に自燃灰還元用の加熱炉の概念図を示す。また、図2-3には破碎・自燃灰還元法による改質灰製造のプロセスを示す。

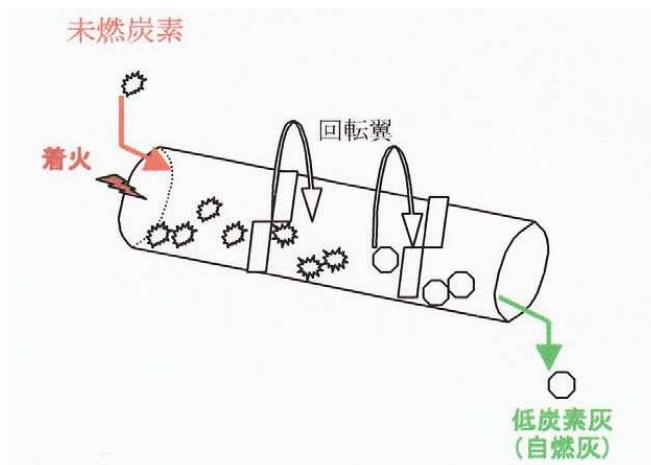


図2-2 自燃灰還元用加熱炉の概念図(電力中央研究所)

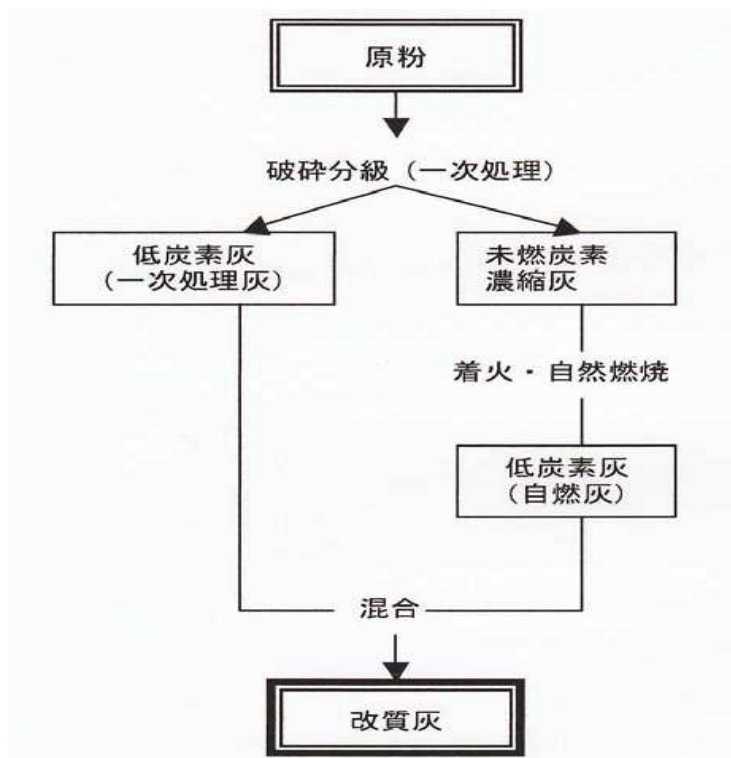


図 2-3 破碎分級・自燃灰還元法（電力中央研究所 研究報告書 U03015 平成 15 年 10 月）

●静電分級法

FAは、微粉炭が完全燃焼して灰分が溶融・固化した球状粒子と、溶融点に達せず不完全燃焼の状態ではボイラーから放出された多孔質の不定形未燃粒子が混在したものである。これらの粒子を誘導帯電により一定量を帯電させた場合、SiO₂、Al₂O₃等の鉱物成分を多く含む低炭素粒子と未燃炭素を多く含む高炭素粒子では、その帯電時間が異なる。静電分級法は、この粒子に作用する静電気力の差異を利用して粒子を選別する方法である。図2-4には電力中央研究所が適用性を検討した静電ベルト式分級装置の概念図と外観を示す。これは、粒子を水平方向に回転する格子状のベルトに落下させ、上下の各ベルト近傍に設置した電極間に電界を発生させることで粒子を分級する方法である。

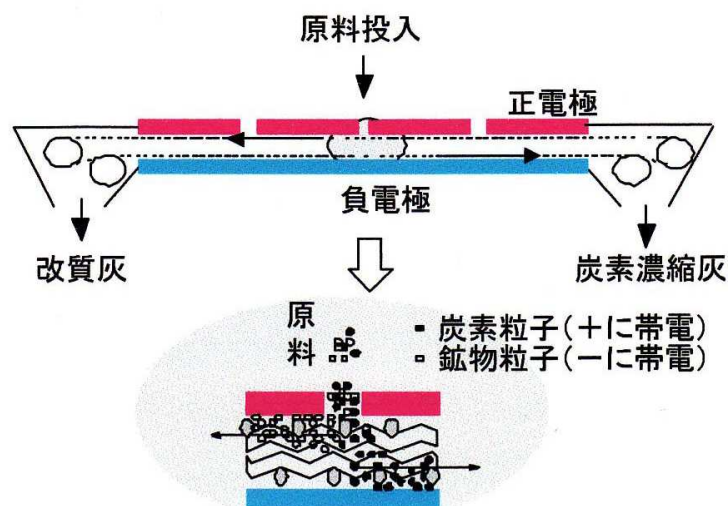


図2-4 静電ベルト式分級装置の概念図（電力中央研究所 研究報告書）

●浮遊選鉱方式

浮選方式は選炭・選鉱分野において広く実用されている技術であり、粒度約0.5 mm以下の微細粉から石炭や鉱物を選別する方法である。水中に懸濁する固体粒子は、その表面の性質が水になじみにくい疎水性を有するものと、逆に水になじみやすい親水性の粒子がある。これらの粒子を分離させるには浮選機と呼ばれる分離装置内で固体粒子が懸濁している水中に気泡を吹き込むことにより行う。すなわち、疎水性の粒子は、容易に気泡と接触し、気泡が付着して浮上する。一方、親水性の粒子は、そのまま水中にとどまる。一般的に石炭粒子は疎水性を有している。FAの成分であるシリカ等は親水性の粒子であり、適切な条件下で浮選技術を適用すれば、FA中の未燃炭素分を除去することが可能となる。

浮選技術の適用するにおいては、粒子表面の性質が重要となる。石炭粒子（未燃炭素）は疎水性を有しているが長期間大気に晒された石炭は、表面の酸化が進み疎水性が失われて来る。一旦、燃焼された未燃炭素は表面が酸化されており、疎水性が低下しているため、通常の浮選では、炭素の回収率が著しく低下する。これに対処する方法として、表面改質技術がある。粒子表面を油性物質でコーティングし疎水性を復活させるとこにより浮選を可能にする。

図2-5には表面改質法の原理を示す。フライアッシュ（FA）の水スラリーにごく少量の捕集剤（灯油、軽油など）を添加して、表面改質機内で高せん断力下において短時間表面改質を行い、未燃炭素分の浮選性（疎水性）を向上させた後、浮選分離により未燃炭素分をフロス（気泡に付着して浮上分離した物質）として分離し、未燃炭素分を分離した改質FAテール（気泡に付着せずに槽内に残

った物質)として回収する技術である。

得られたテールおよびフロスは脱水されて、改質FAと未燃炭素が濃縮した残渣が各々回収される。

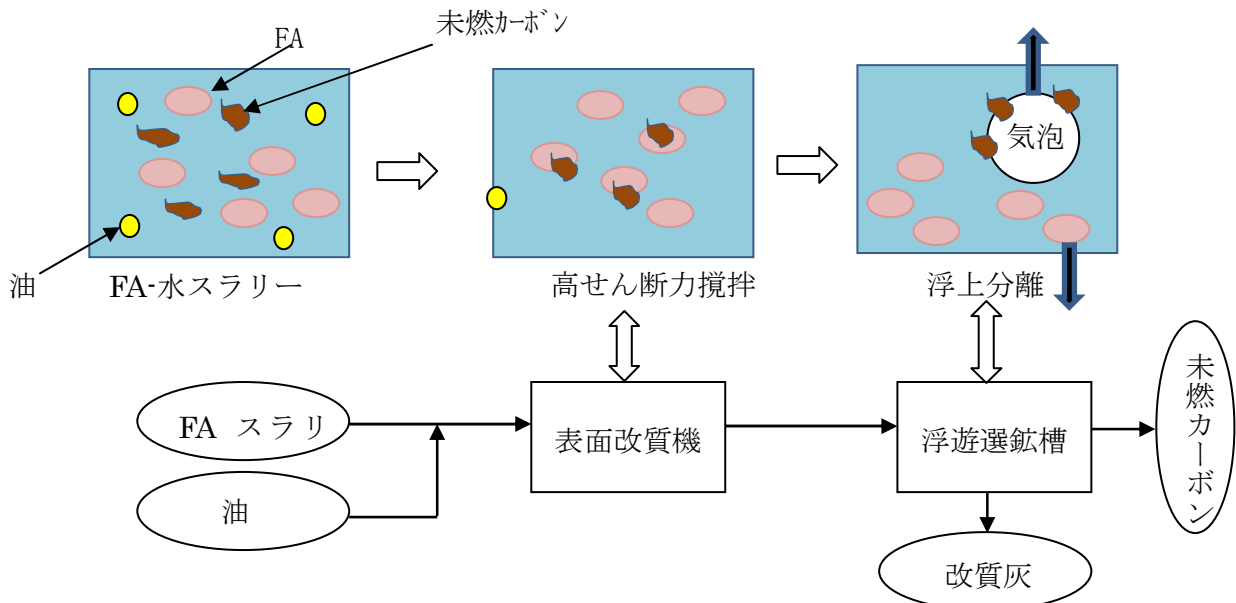


図2-5 浮遊選鉱方式によるFA中の未燃カーボンの分離の原理

●焼成+風力粉碎・分級法 (石炭灰有効利用シンポジウム大分大学資料 2007 年による)

FA を自燃させて未燃カーボンを除去した(焼成工程)後、風力を用いた粉碎処理(微粉碎処理工程)と分級処理(分級工程)を行って製造。排出口に応じて強熱減量(未燃カーボン分の燃焼による減量)が分かれた状態で回収される。

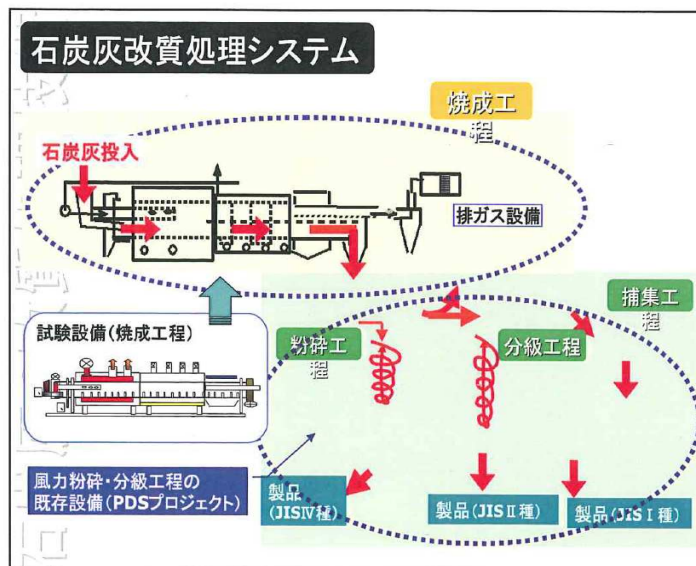


図 2-6 焼成+風力粉碎・分級法説明図

●**燃焼方式**

未燃分を燃焼させて減少させる方式で、流動層式燃焼炉、熱処理・プラズマ処理方式がある。上記を簡単に比較表にまとめると下記表となる。

表 2-3 各種改質技術の要約

改質方式	技術の概要	改質後の状態	強熱減量(%)
浮遊選鉱	スラリー化した石炭灰を入れた容器に界面活性剤を添加し、空気を吹き込みながら攪拌することで、容器上部より泡およびこれに付着した未燃カーボンを多く含む灰を除去する方法。(本技術もこの範疇)	スラリー ↓ 乾粉	2~4% 本技術は2%以下
静電分級	2種類以上の粒子が混合されている粉体を帯電させ、電界の力を利用して、異なる粒子を種類別に選別する方法。	乾粉	1~2%
燃焼方式	流動層式燃焼炉、熱処理・プラズマ処理などがある。	乾粉	1~2%
破碎分級 + 自然還元法	強熱減量が3~6%の原粉を改良型気流粉碎装置で処理して、強熱減量の低い一次処理灰と未燃炭素凝集灰に分級、未燃炭素凝集灰を未燃炭素が自然する温度条件のもとで燃焼除去し、一次処理灰と混合して低炭素灰を製造。	乾粉	1~2%
焼成 + 風力粉碎・分級	原粉を自然させて未燃カーボンを除去したのち(焼成工程)、風力を用いた粉碎処理(微粉碎処理工程)と分級処理(分級工程)をおこなって製造。	乾粉	1%以下 (CfFA)

2) ベトナムの既存の改質技術及び VIBM で開発中の FA 改質技術

●**ベトナム既存の開発技術**

ファーライ改質工場 (本項は現地調査 2012. 12. 12 による)

この会社はファーライ石炭火力発電所から発生する FA を改質して 2007 年-2010 年にかけて下記の発電プラントの工事コンクリート用に販売・供給した。

Son La 水力発電所 300,000 トン

Ban Chat 水力発電所 60,000 トン

Tai An 水力発電所 300,000 トン

不燃材、高品質コンクリート製造、セメント添加剤用 10,000 トン

供給する改質灰の品質が以下のもの 能力 30,000 トン/月 (1000 kg、400 kg 袋詰)

湿分 3%以下

未燃分 6%以下 価格 609,000 VND(2,314 円)/ton (付加価値税抜き)

供給する改質灰の品質が以下のもの 能力 40,000 トン/月 (袋詰なし)

湿分 20%以下

未燃分 6%以下 価格 525,000VND(1,995 円)/ton (付加価値税抜き)

訪問したところファーライ石炭火力発電所の比較的近い場所に位置しており、石炭灰は発電所から 15%のスラリーで配管輸送され、改質処理後天日乾燥されて灰捨て場に山積み状態で保管さ

れていた。 現在使われていないが、処理後の灰の乾燥機も設置されており、袋詰め状態で出荷した袋の残りも積まれていた。

改質技術は浮遊選鉱法であるが、性能が悪く改質しても未燃カーボンが 6%以下にならない。細長い浮遊選鉱山槽に FA スラリーを供給して未燃分を浮上させ、上部に槽に平行な軸を持つ回転掻取羽根を設けて浮上した未燃カーボンを側溝に落として分離する方式で、未燃カーボンを除去した灰スラリーは配管でポンドに送られ灰を沈降させる。ポンドは時々水を抜いて灰をショベルカーで掻き取り裏に積み上げて天日乾燥する。全体に装置にコストをかけない原始的な方法の印象であった。

上記の湿分 3%以下の改質灰を製造する場合には乾燥機を使用して湿分を下げる。

説明はなかったが、日本プラント協会の見学記（2009）によると下記剤を使用している。

補集剤 Fuel oil 1L/FA トン

起泡剤 Pine Oil 0.5L/FA トン

ファーライ石炭火力発電所より供給される原料 FA 中の未燃カーボンは

1 系列 14%

2 系列 11~13%

水力発電所の建設が少なくなったため、改質工場も稼働が少ない感がある。、装置は動いていたが、灰は周辺の池（石炭採掘場）に戻しているだけであった。



浮遊選鉱槽



袋詰改質灰



改質灰の沈降池



改質灰の天日乾燥

3) 当社技術の概要

当社の技術は北九州市立大学松藤教授のもとで研究されてきた省エネ型のコンパクトな FA 改質装置およびそのシステムである。

本技術を用いて製造する改質 FA は強熱減量値 2%以下を目標としているため安心してコンクリート混和材とすることが出来、ハンドリングも容易である。

●本技術の利点

- ①旋回流を用いた特殊な分離器により未燃分の分離がコンパクトに出来、操作性も簡単である。
- ②マイクロバブルによる効果的な気泡の発生ができるため、分離性能に優れている。

③常温・常圧の簡単な装置で操作性も容易である。

●これまでに得られている研究成果

本技術を用いて製造されたフライアッシュコンクリートの普通コンクリートに対する一般的な優位性の確認データは実証されているが、2.2.1. 1) 項で説明しているのが割愛し、未燃カーボンの除去性能については、未燃カーボン約 8%を含む石炭燃焼灰中の未燃カーボン量を下図の様に低下させることができる。

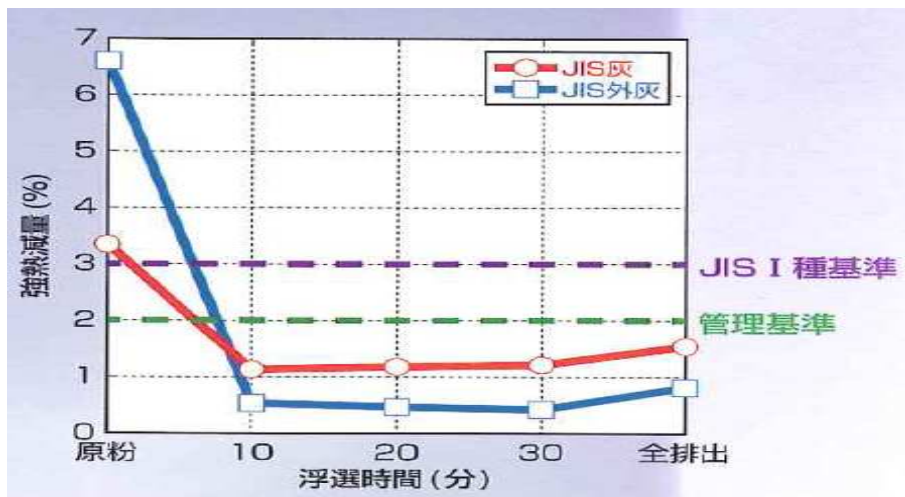


図 2-7 C-CAS による FA の未燃カーボン除去性

この技術のフローシートならびに実証プラント写真を下記に示す。

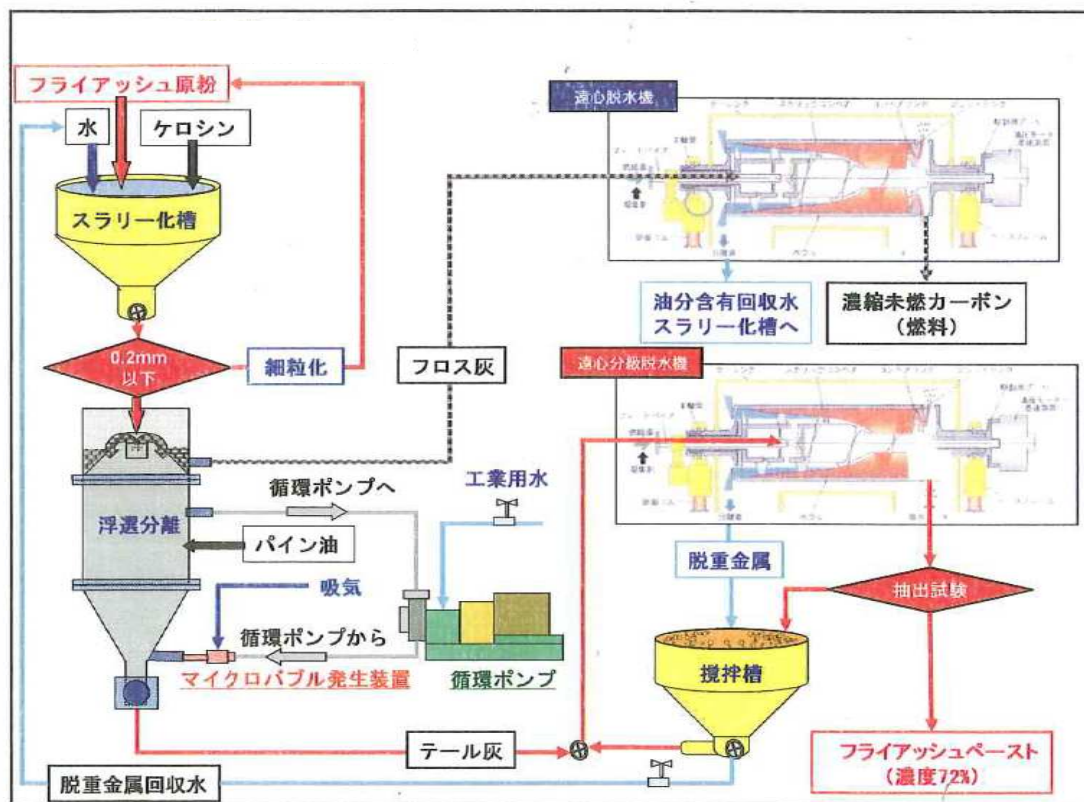


図 2-8 フローシート



図 2-9 実証プラント

●石炭焼却灰の改質技術の確立度

すでに、北九州市立大学においてパイロットプラントで基礎データを取得、その後福岡市に実証プラントを建設・運転を経て、現在沖縄にて実プラントが建設中である。

また特許を取得済み（4802305 号 2011.8.19 登録）である。海外特許申請中であるが、ベトナムは含まれておらず、新たに自身の特許に触れないような新しい特許の出願を工夫して出願する必要がある。

●フライアッシュコンクリート二次製品の製造

弊提案グループの和光コンクリート工業株式会社では、すでにフライアッシュを混入したコンクリートの製造を行い市販している。

●ODA を想定した場合

2010 年度の日本からの ODA 総額は 8 億ドル。日本の ODA によって造られたインフラは、空港、高速道路、国道、トンネル、橋、港湾、上下水道など多岐に亘る。

既に技術は確立しているので今後の ODA のインフラの新設、整備に C-CAS コンクリート二次製品を使用することも可能である。これによって製品の以下の性能向上に貢献できる。

- ①フライアッシュを用いたコンクリートはひび割れを抑制し、長期にわたり強度の増進が期待できることからコンクリートの耐久性を向上させる特徴がある。
- ②フライアッシュを用いて作られた高流動コンクリートは流動性が著しく改善されるため緻密なコンクリート組成が得られ、したがって乾燥収縮・中性化深さ・アルカリ骨材反応などを抑制する機能が高くなる。また海岸等に用いられる消波ブロックなどに耐摩耗性を改善する機能も得られる。

4) 当社の技術的な強み

表 2-4 にベトナムの既存改質技術を含めた類似技術と本 C-CAS の比較を示す。本 C-CAS 技術がコンパクトで分離性能も優れている。

表 2-4 C-CAS 技術と他の改質技術の比較

改質技術分類	改質技術の名称	比較
燃焼方法	燃焼方式	燃焼を伴うため、どうしても高温の燃焼炉が必要となり、装置が大規模化する傾向がある。
	破碎分級＋ 自然還元法	
	焼成＋ 風力粉碎・分級 法	
静電分離法		乾式法で後処理・前処理に手間がかからない利点はあるが、高度の未燃カーボンの分離が困難で、高い未燃炭素分除去率を達成しようとすると、改質 FA の回収率が極度に悪くなる傾向がある
浮遊選鉱法	ベトナム 既存改質技術	<ul style="list-style-type: none"> ・未燃炭素分の分離性能が極端に悪い。 ・装置が原始的で、操作に人力を必要とする。 ・環境への汚染度が甚だしい。
	日本他社技術	常温・常圧であるが、高剪断力を必要とするため、改質反応機が高価である。
	当社 C-CAS 技術	<ul style="list-style-type: none"> ・同じく常温・常圧で操作性も簡便である。 ・旋回流を用いた特殊な分離機により、分離がコンパクトに出来る。 ・マイクロバブルによる効果的な気泡の発生ができるため、分離性能に優れている

2.1.1 ベトナム FA を用いた C-CAS 技術の有効性検証

1) FA の改質・テスト製品の物性テストの目的と実証内容

- ①ベトナムでは、無煙炭を微粉燃焼器で燃焼させることが多いため、FA 中の未燃カーボンが日本の発電所から得られる FA に比べて高いため、C-CAS 技術で本当に低い未燃カーボンの改質 FA が得られるかを検証する。
- ②未処理の FA を用いたコンクリート二次製品と C-CAS で脱未燃カーボンを行った FA を使用したコンクリート二次製品の性能。強度、加工性の比較を行うためサンプルを作製し比較テストを行う。

2) ベトナムの石炭火力発電所から入手したサンプルの説明

以下の FA サンプルを入手した。

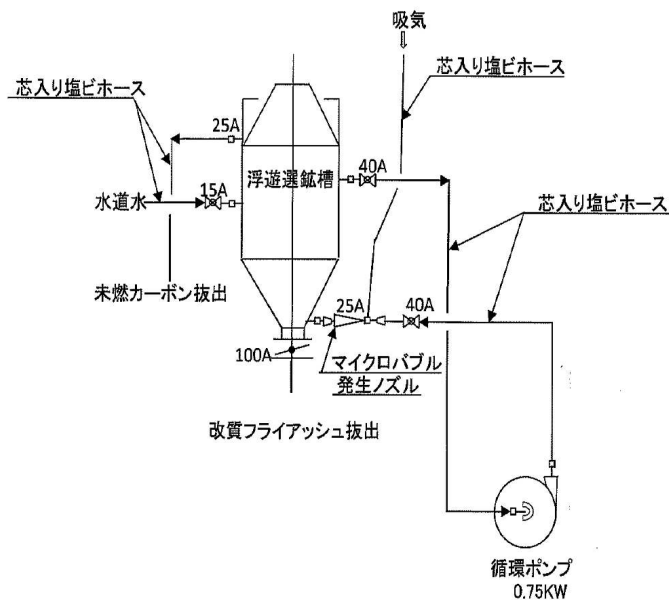
表 2-5 受領したFAサンプル

No.	石炭火力発電所名	改質の有無	未燃カーボン	個数	重量	備考
A	ハイフォン	未改質	～13%*	1	24 k g	
B	ハイフォン	未改質	～13%*	1	26 k g	
C	ファーライ	未改質	～14%	1	40 k g	
D	ファーライ	改質後	～6%	1	20 k g	比較用

*帰国後分析したしたところ、6%前後であった

3) FA 改質の実証プロセス及び実証設備の概要

●実証設備フローシート



●実証設備の概要

処理能力 FA 20 k g / バッチ
 浮遊選鉱槽 130L
 マイクロバブル発生ノズル YJ-09 型 1 個
 時循環ポンプ 80L/min×15m

4) FA 改質の実証試験の結果

●実証試験の方法

ファーライ改質 (～6%未燃カーボン含有)
 ハイフォン未改質 (～6%未燃カーボン含有)
 を実証設備で改質を行った。
 その結果を表 2-6 に示す
 改質実証試験の成績は非常によく、未燃カーボンは改質試験により激減している。

表 2-6 改質試験結果

	ファーライ			ハイフォン	
	未改質	現地改質 (ベトナム)	実証改質 (日本)	未改質	実証改質 (日本)
湿分 (%)		0.3	—	0.3	—
強熱減量 (未燃カーボン) %	13.12	5.30	0.06	6.17	0.31

表 2-7 にカクサンプルの外観を示す

表 2-7 各サンプルの外観

(%)	ファーライ			ハイフォン		JISFA (参考)
	未改質	現地改質 (ベトナム)	実証改質 (日本)	未改質	実証改質 (日本)	
強熱減量	13.12	5.30	0.06	6.17	0.31	5.00



5) 改質 FA を用いたテスト製品の物性試験の実証プロセス

表 2-5 に JISA6201 コンクリート用 FA の規格を示す。基本的にはこの表と同一の試験測定、及び分析を行って評価する。

表 2-8 JIS A6201

		FA 1 種	FA 2 種	FA 3 種	FA 4 種
二酸化ケイ素 SiO ₂	%	45 以上	45 以上	45 以上	45 以上
湿分	%	1.0 以下	1.0 以下	1.0 以下	1.0 以下
強熱減量	%	3.0 以下	5.0 以下	8.0 以下	5.0 以下
密度	g/cm ³	1.95 以上	1.95 以上	1.95 以上	1.95 以上
粉末度	45 μm 残分(網篩法) %	10 以下	40 以下	40 以下	70 以下
	比表面積(ブレン法) cm ² /g	5,000 以上	2,500 以上	2,500 以上	1,500 以上
フロー値比	%	105 以上	95 上	85 以上	75 以上
活性度指数 %	材齢 28 日	90 以上	80 以上	80 以上	60 以上
	材齢 91 日	100 以上	90 以上	90 以上	70 以上

●各種実験写真

①密度測定 (ルシヤテリエ比重ビン)



②未燃焼炭素分測定

燃焼温度 950° 30分



燃焼炉



燃焼後

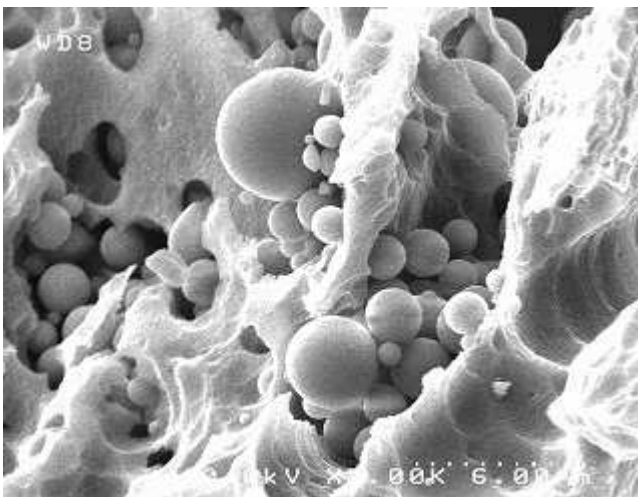
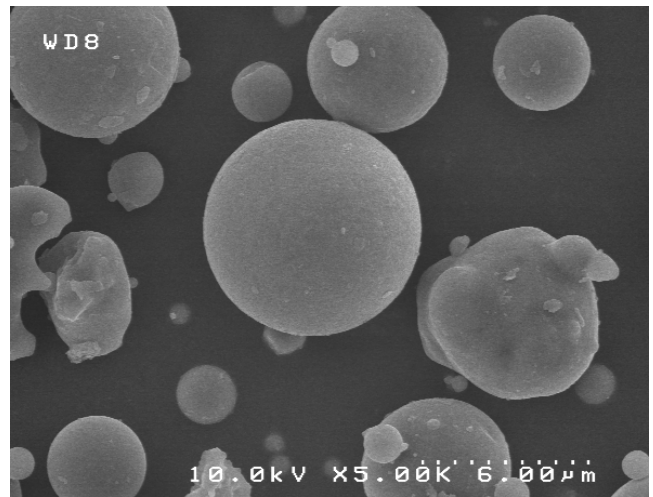
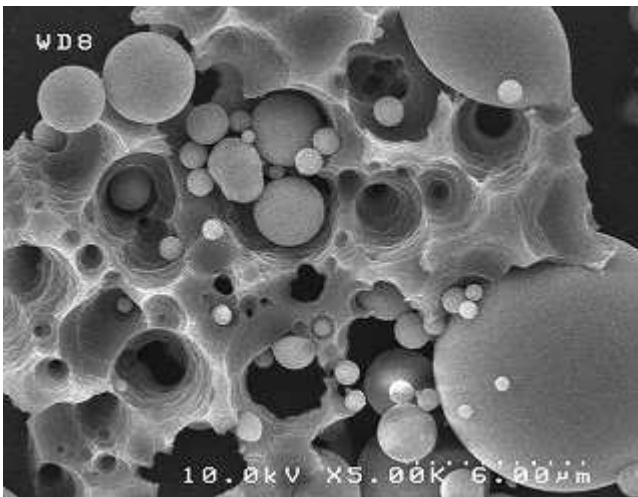
③比表面積測定 (ブレン空気透過装置)



6) テスト製品の物性試験の結果

表 2-9 物性試験の結果まとめ

		ファーライ		ハイフォン	
		現地改質	実証改質	未改質	実証改質
二酸化ケイ素 SiO ₂	%	64. >45		61 >45	
湿分	%	0.3	20	0.3	20
強熱減量	%	5.3 3種適合	0.06 1種適合	6.17 3種適合、	0.31 1種適合
密度	g/cm ³	2.14	2.35	2.34	2.30
粉末度	45 μm 残分(網篩法) %	—	—	—	—
	比表面積(ブレン法) cm ² /g	2,760 2種適合	2,930 2種適合	3,030 2種適合	3,300 2種適合
フロー値比	%	103 2種適合	126 1種適合	107 1種適合	130 1種適合
活性度指数 %	材齢 28 日	82.6 2種適合	未	89.6 2種適合	未
	材齢 91 日	未	未	未	未



サンプル灰の電子顕微鏡写真
(5,000倍)

- 左上 ファーライ未改質灰
- 上 ファーライ改質灰
- 左 ハイフォン未改質灰

改質により得られた球状のフライアッシュはベアリング効果によりコンクリートの作業性が著しく改善される。

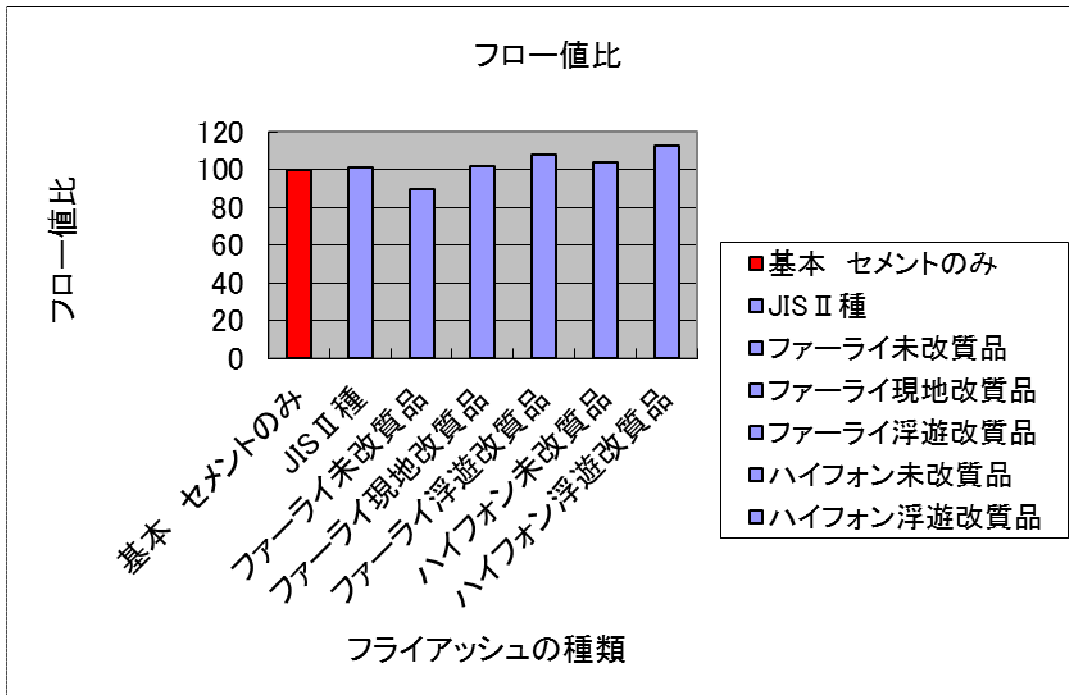
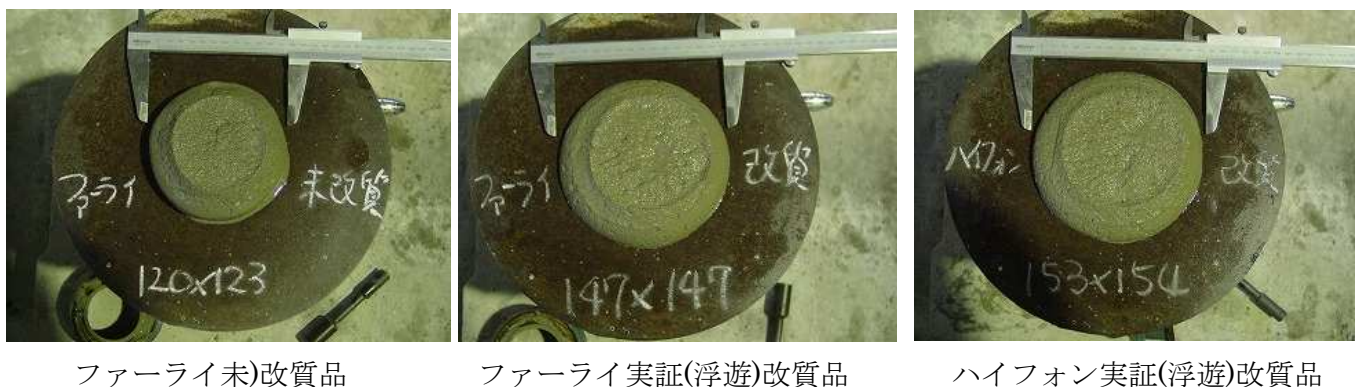


図 2-10 フライアッシュ種類別フロー値の比較



7) 実証試験の結果と C-CAS 技術の優位性のまとめ

まだ一部試験結果が得られていないものがあるが、技術的には下記結論となった。

- ①改質フライアッシュは通常の細骨材を用いたケースに於いても優れた流動性が認められ単位水量の削減効果、作業性の改善効果が優れている。
- ②浮遊選鉱法による改質フライアッシュは基準モルタル比 25%~30%程度の優位性が認められる。
- ③浮遊選鉱法により改質されたフライアッシュの強熱減量は 3%以下(実測 0.5%以下)であり当社が標準とする高性能減水剤から更に 15%前後節減可能と判断している。
- ④浮遊選鉱法により得られる改質フライアッシュはフライアッシュモルタル、フライアッシュコンクリート及び高流動化コンクリート用混和材として有効である。
- ⑤浮遊選鉱法により得られる改質フライアッシュは JIS A6201 コンクリート用フライアッシュ規定 II 種相当品に改質可能である。
- ⑥浮遊選鉱法により得られる改質フライアッシュは 強熱減量の他に 密度、粉末度にも若干

の改善が見られた。

実証試験結果からの事業化に向けた考察

ベトナムで実際に活用されている改質技術では、未燃カーボンが 6%未満程度の減少効果にとどまっており、この水準は、日本の FA 改質規格の 3 種に該当するものであり、コンクリートに混合する上で品質上、十分であるとはいえない。

コンクリート強度試験は継続実施中ではあるが、C-CAS 技術を活用することで、強熱原料（すなわち未燃カーボン）の比率が、改質前は 6~12%あったものが 1%未満にすることができ、C-CAS 技術で改質した FA をモルタルに配合することで、流動性が十分に高まることが確認できた。

また上記実証結果を、ベトナムにて FA の改質技術の開発・評価を行っている VIBM に 2013 年 2 月 19 日に報告したところ、ロン所長から「ベトナムのこれまで評価した技術や中国どの改質技術よりも、未燃カーボンが除去できており、技術的に素晴らしいと思う。ぜひ実証など、この技術を広く実用化するための、次のステップに進めて欲しい」との評価を受けた。

以上のことから、経済性などまだまだ検証すべき点はあるものの、少なくともコンクリートへの混合させる上での改質技術においては、C-CAS 技術の優位性はあることが確認できた。

2.2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

日本国内ではインフラ整備需要は今後低減傾向にあり、コンクリート製品の販売量は減少していく。そのため共同企業体を構成する企業にとって、売上を維持し成長を実現するためには、早期の段階において海外進出を図ることは、事業展開戦略上極めて重要である。

石炭火力発電所が中心で将来的に FA の発生量が大量に増加することが予測され、また道路や鉄道などのインフラ整備需要が旺盛であり、当共同企業体の平玄が長年にわたり関係構築している現地パートナーがいるベトナムが、本 FA 改質事業の一番重要なターゲット国である。

本 ODA 案件化調査をきっかけとして、短期的（~2017 年）にベトナムでの事業化を成功させ、その後カンボジアやミャンマー、タイなどの周辺国においても、ビジネスを拡大展開していく方針である。

2.3 本共同企業体が海外進出することによる地域経済への貢献

本共同企業体が核となってベトナムのプレキャスト工場などに対する技術指導や製品開発指導を行う中で、日本の既存のプレキャスト工場のベトナムへの進出支援となり、雇用促進につながると考えられる。

2.4 想定する事業の仕組み

(非公開)

2.5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

(非公開)

2.6 リスクへの対応

2.6.1 想定していたリスクへの対応

本調査事業を開始する前の段階で想定していた、FA 改質事業を展開するにあたっての 5 つの

リスクについては、その検証結果と対応方針についてまとめる。

① FA の入手方法

ファーライ火力発電所、及びハイフォン火力発電所ともに、FA を資源として最大数十万トンレベルまで購入可能であることを確認。価格はスラリー状のもので、現地引取りで 240 円/t。

② ベトナムの FA に対する C-CAS 技術の有効性

ファーライ火力発電所、及びハイフォン火力発電所から FA サンプルを調達し、日本国内で C-CAS 技術を用いて改質実証を行ったところ、未燃カーボンは 2%未満にまで除去することができた。ベトナムで開発・実施されている改質技術は、除去率 6%程度であり、VIBM からも C-CAS 技術の方が優位であるとの評価を受けた。(第 2 回現地調査で確認)

③ FA の改質・処理事業の立上可能性

ベトナムでは FA は通常廃棄物扱いであるため、改質事業を行うためには、通常の製造工場と同じアセスメントをクリアすればよいとのことで、特別な許可は不要であることを EVA より確認。

④ 改質 FA のコンクリート産業でのニーズ、経済性・事業収益性

生コンクリート工場、及びプレキャスト製品工場にヒアリングしたところ、セメントコストの削減、コンクリート製品の品質向上のため改質 FA のニーズはあり、その購入価格はファーライ火力発電所の改質 FA の 3,200 円/t であることが確認できた。FA の仕入れ値 240 円/t で販売価格が 3,200 円/t であることから、初期投資を抑えることで経済性は十分に成り立つことが確認できた。

⑤ 事業パートナー、実施サイト

2 社の事業パートナーと連携し、ハイフォン火力発電所に近いプレキャスト製品工場の敷地内で実証プラントを設置すること、既存の FA 改質事業者と技術提携し新たな FA 改質プラントをハイフォン火力発電所周辺に建設すること、について継続的に提携することを確認できた。

2.6.2 新たに顕在化したリスクへの対応

また新たなる把握されたリスクとしては次がある。本調査事業期間の中で、全て検討しきれではないが、今後の継続検討課題として、現地パートナーとも検討を進める。

⑥ C-CAS 技術の流出防止

C-CAS 技術自体は、それほど高度な技術ではなく、設備もマイクロバブルを発生する装置は日本独自ではあるものの、それ以外の設備はベトナムや中国において準備できるものであるため、技術流出を防止する必要がある。対策の一つ目としては、VIBM と共同で FA の未燃カーボン比率を 3% 未満にできる優秀 FA 改質技術認定の制度の構築すること。対策の二つ目としては、改質 FA の提供ではなく、FA が混合した生コンクリートとしての販売や、FA 混合プレキャスト製品の販売といった、改質技術をブラックボックス化するためのビジネスの仕組みを検討していく。

⑦ 経済性の確保

ベトナム現地でのマイクロバブル発生に使う薬品の調達価格が、日本と比較しても高い可能性が見出されたため、経済性をより高めるために、それに代替できる薬品の検討も行っていく。

第3章 ODA 案件化による開発効果及び共同企業体の事業展開効果

3.1 FA 改質技術と当該開発課題の整合性

3.1.1 ベトナムにおける開発課題のまとめ

1) 開発課題

ベトナムでは、ドイモイ政策により経済の開放が進められ、近年の海外直接投資の増加を梃子に順調な経済成長を実現している。そして、その急速に拡大する電力需要に対応するため、石炭火力発電所の増設が計画されており、将来的には 1000 万トンもの石炭燃焼灰（フライアッシュ、以後 FA と略）が排出されることが予測されている。FA は重金属などを含み、中国では表のように、近年 FA による環境汚染が顕在化してきている。また一方で、FA は建材などを中心に資源として活用することが可能であるため、環境汚染リスクの軽減、資源循環型社会形成のためにも、FA を循環させるための技術と制度が求められている。

表 3-1 中国における FA 起因での環境問題

No	名称	発生前	場所	被害の概要	汚染源	
1	ホーリング市フライアッシュ汚染	2010年	内モンゴル自治区ホーリング市	同市の2010年のフライアッシュ排出量は550万トンだが、フライアッシュ利用企業は2社で年間消費量は20万トンのみ。大量の粉塵が、市内の大気と地下水を汚染している。これらの企業においてはフライアッシュの利用率が低く、また利用附加価値も高くない。	フライアッシュ	
2	貴州省六盤水市盤泉発電所の灰堆積所の崩壊	2006年	貴州省六盤水市盤泉発電所	同発電所の約30メートルの高さの4号灰堆積所が崩壊し、灰が珠江の上流河川に直接入り、珠江から下流の拖長江まで水質汚染が拡大した。	フライアッシュ	
3	延辺農鳴紙業有限公司フライアッシュ汚染水の流出	2006年	吉林省電井市	同社の発電所の灰堆積所から汚水が流出し、約11万m ³ の灰が下流の農地80万㎡を汚染し、一部は河川に入り水質汚染を引き起こした。	フライアッシュ	
4	赤峰コーゼン発電所灰堆積場汚染	2008年	内モンゴル自治区赤峰市	同発電所の近郊の井戸水は10年前より汚染がひどく飲用できない。灰堆積場からの排水が、近郊の村の池を汚染している。	フライアッシュ	
5	山西省忻州市広宇発電所フライアッシュ汚染	2009年	山西省忻州市	同発電所は2007年の設立以来、毎日1000トンから2000トンのフライアッシュを廃棄しており、周辺の農地、温泉、地下水の汚染は深刻で、頓村温泉地の水質安全に危険を及ぼすだけでなく、周辺住民の健康や生命を脅かしている。	フライアッシュ	
6	神頭第二発電所汚染	2007年	山西省朔州市朔城区神頭鎮	同発電所はフライアッシュ堆積所2カ所を所有しているが、周辺の大気にひどい汚染を引き起こしている。近郊の900以上の村の住人は、粉じんの中での生活を強いられている。また、堆積所から流出する汚水により、農地がアルカリ化し、住宅にひびが入るなどの被害が発生している。	フライアッシュ	
7	内モンゴルのフライアッシュの利用率の低さ	2006年、内モンゴル全体のフライアッシュ総合利用率は43.3%であったが、包頭市は112%、オールドス市は55%、フフホト市は41.3%、烏海市は20%、バヤンノール市は%、ウランチャブ市は36.7%、赤峰市は25%、通遼市は16%、ホロンバイル市は44%と都市による格差が大きい。				

出所 日本貿易振興機構 「H22 中国の省エネ・環境保護分野市場ニーズ調査」

ベトナムにおいては、FAの環境汚染リスクに対する認識不足、FAをリサイクルするために必要な技術（改質技術、FAを活用した製品製造技術、製品規格）、及び推奨制度や利用規制などの法制度については十分に整備されておらず、下記表のような4つの開発課題があると確認できた。

① FAの環境リスク

日本の電力中央研究所によれば、日本の石炭火力発電所のFA中の重金属濃度は、水銀4～5ppm、ヒ素80～100ppm、アンチモン7～12ppm、セレン320～355ppm、亜鉛170～824ppm、鉛90～155ppm、銅120～160ppmなどと高濃度であり、日本においては熔融固化、セメント固化、薬剤処理、酸その他溶媒による抽出法のいずれかによる中間処理（溶出防止）が義務づけられている。しかしベトナムにおいては、スラリー状のまま灰捨て場に処分されており、EVN、EVAともこれまでに環境汚染は顕在化していないとの認識であるが、将来的には、それらの環境汚染物質が地下水に混入するといった、環境リスクの抑制・対策が課題となる。

② 循環型社会形成

FA排出量は現状で300万トン、将来的には1,000万トンにもものぼると言われている。FAを安全かつ安定的に処分するためには、10万トンあたり1ha程度の土地が必要であり、発電事業の安定かつ継続的運用、及び循環型社会の構築のためには、FAを廃棄物として灰捨て場に処分するのではなく、資源として再生利用することが課題となる。

③ レンガ産業の環境汚染

現状、ベトナムのほぼ全ての建物で壁材として活用されている粘土焼成レンガ。年間に10億枚ほど作られているが、それにより、農地75ヘクタール（採掘の深さは2メートル、粘土約150万m³）、焼成に伴うCO₂は5.7万トンとなり、大気汚染、温暖化対策、農地保全など様々な観点から、その対策が求められている。結果、2010年5月にグエン・タン・ズン首相は、「2020年までの無焼成建設資材発展計画」の決定文書567/QD-TTg号に署名した。この計画は、従来の焼成レンガを無焼成レンガに替えていくことで、農業用地の節約、環境汚染の原因となる排気の減少、焼成用燃料の節約などを目指したものとなる。

計画では、石炭火力発電所などで発生する石炭灰などの産業廃棄物を年間1500万～2000万トン使用して無焼成レンガを生産することにより、農業用地約1000ヘクタールと廃棄物埋め立て地数百ヘクタールを節約するとともに、無焼成レンガの使用割合を2015年までに20～25%、2020年までに30～40%に引き上げることを目標に掲げている。

計画はまた、2011年から9階以上のビルを建設する場合は、建設資材の少なくとも30%を無焼成の軽量レンガ（1立方メートル当たり1000キログラム以下）にすることを定めている。

④ インフラ整備能力の向上

ベトナムの施工スタイルとしては、下水管工事や道路工事、ビル建設など工事現場に型枠を持ち込んで、現場でコンクリート製品を成型・製造するのがまだ一般的となっている。しかしそれでは、大型の製品や精密なコンクリート製品を作ることができない。例えばハノイ

の高速道路に活用されている梁は、あのような超大型のプレキャストを精密に作る技術がベトナムにはまだないため、オーストラリアから梁が輸入されて高速道路が作られた。今後もベトナムでは、高速道路や鉄道工事、地下鉄工事に代表されるインフラ整備工事が進められる。それに伴い、地下鉄工事に使われるセグメント製品などの高精度コンクリート製品や、高速道路の梁などの超大型コンクリート製品が必要となるが、それらを製造する技術がないため他国からの輸入品で賄うとすると、高コストかつ時間がかかってしまう。インフラ整備能力の向上は、今後のインフラ整備を効率的に進める上で課題となる。

表 3-2 開発課題のまとめ

背景	ベトナムの急速な発展			
	石炭火力発電所の増設による電力需要への対応		住宅・道路・鉄道などのインフラ整備	
	フライアッシュ (FA) の大量排出		コンクリートを中心とする建材需要	
現状	<ul style="list-style-type: none"> FA はスラリー状のまま灰捨て場で処分されている（不溶化処理はされていない） 	<ul style="list-style-type: none"> FA は 2011 年で 300 万トン、2030 年には 1000 万トンの排出量となる 現在の FA のリサイクル率は 10～20%程度 	<ul style="list-style-type: none"> 壁・屋根用の建材として、レンガが年間 10 億枚以上製造されている 	<ul style="list-style-type: none"> 大型のプレキャスト製品工場が少ない 建設現場で型枠を用いてコンクリート製品を製造
開発課題	<ul style="list-style-type: none"> 井戸水の汚染や、洪水による堤防決壊での汚染物拡散といった、環境汚染リスクの可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> 300～800 万トンの灰処分量のため、広大な灰捨て場の確保が必要 循環型社会形成の観点で問題あり 	<ul style="list-style-type: none"> レンガ焼成に伴う CO2 排出量、大気汚染、農地破壊が顕在化 建設省は 2020 年までに FA を活用した代替製品でレンガの 40%を置き換える政策を発表 	<ul style="list-style-type: none"> 高速道路の梁などはベトナム国内で製造できず、現在は海外から輸入されている インフラ整備能力の低さが指摘されている
C/P	VEA、EVN	EVN、各石炭火力発電所	VIBM、VCA	MOC、VIBM
改善ニーズ	環境汚染は顕在化しておらずニーズはない（しかし、リスクに対する認識不足があると考えられる）	ファーライ火力発電所、ハイフォン火力発電所とも、年間 80 万トンもの FA を全量リサイクルしたいニーズがある	VIBM は FA の改質技術と FA 混入製品の開発を行うとともに、製品規格を策定計画があり、支援ニーズがある	ODA 案件「インフラ整備能力向上」においても、プレキャスト製品の普及による現場施工力の向上が指摘されている

3.1.2 開発課題に対する本技術の貢献効果

1) FAの環境リスクに対する本技術の貢献効果

日本においては、FAを処分する際、FAから重金属類などが溶出する危険性を抑えるため、コンクリート固化などの前処理を行ったうえで処分場にて処分される。しかしベトナムにおいては、FAは水と混ぜられスラリー状のまま処分されており、重金属溶出などの環境リスクは残ったままとなっている。C-CAS技術を用いてFAを改質し、コンクリートに混ぜ込むことで、FAからの重金属類の溶出を抑えることができることから、FAの環境リスクの抑制に貢献できる。

2) 循環型社会形成に対する本技術の貢献効果

ベトナムのFAは未燃炭素分が10～14%と多く、そのままではレンガ産業での燃料代替やセメントキルンへの投入などに限定されてしまう。また既存の技術で改質されたFA(未燃炭素分6%程度)については、水力発電所用のACCコンクリートや生コンクリート、発泡コンクリートブロックなどへの活用はあるものの、再生品の品質の問題もあり、現状のリサイクル率は20%未満と低い。C-CAS技術では改質能力が従来の技術に比べて数倍高く、未燃カーボンを1～2%と低く抑えることができるため、再利用用途先が拡大するとともに、再生品の品質向上を図ることができることから、循環型社会形成に貢献できる。

3) レンガ産業の環境汚染に対する本技術の貢献効果

レンガの代替製品の開発がベトナムで進められており、ファーライ火力発電所の近傍では、改質したFAを用いて発泡コンクリートブロックが作られ始めている。またレンガを用いた工法をベースとした代替品ではなく、日本のように軽量コンクリート平板を用いた新たな工法自体の開発・普及についても、VIBMは取り組んでいる。C-CAS技術で改質したFAは、日本においては軽量コンクリート平板に用いられているなど、発泡コンクリートブロック以外にも適合する。FAを活用することでより低コスト・高生産性でレンガに代わる新たな建材開発に寄与できることから、レンガ産業の環境汚染に対して貢献できる。

4) インフラ整備能力における本技術の貢献効果

2010年より実施されている技術協力プロジェクト「インフラ工事品質確保能力工場プロジェクト」においても、ベトナムのインフラ整備能力としては、足場や身なりを含めた安全性や、型枠のゆがみによる品質、コンクリートの継ぎ足しによる強度不足など、整備能力において様々な課題が指摘されている。C-CAS技術で改質したFAをコンクリートに混合させることで、コンクリートは高流動となり、プレキャスト製品を製造する際に品質向上及び生産性向上を図ることができる。このようにプレキャスト製品がベトナムの工事・工法の中でより広がることで、前述した品質や強度、また現場での工期短縮につなげることができ、インフラ整備能力の向上に貢献できる。

表 3-3 4つの開発課題に対する当技術の貢献効果

開発課題	FA の環境汚染 リスクの低減	FA 循環利用の 仕組みの構築	レンガ産業からの 環境汚染低減	インフラ整備能力の 向上
当技術の 貢献効果	不溶化処理を行わない FA の場合、Cr を例にとると、0.6～3.9mg/kg が溶出する（日本での研究結果）。 FA を改質し、コンクリート製品に活用することで、FA に含有されている重金属を溶出分析の検出限界にまで下げることができる。	未燃カーボンが 8%以上と高い場合、コンクリートに混合できずリサイクルは難しい。C-CAS 技術で改質し、未燃カーボンを 1～2%程度まで除去すると、コンクリート利用に加え、プラスチック混合製品の製造や土壌改良剤として活用でき、より多くリサイクルできる。	FA を改質することで、発泡ブロックなどの焼成レンガの代替となるコンクリート製品の原材料として活用することが可能。レンガ生産量の 10%を FA 混合製品で代替した場合の環境改善効果は、7.5ha の農地保全と年間 5000t の CO2 削減効果があると推計される。	FA をプレキャスト製品に活用した場合、セメント使用量を 30%抑制し、製造にかかる時間/人数を 30%効率化できるとともに、製品が高品質化するため、産業育成に貢献できる。プレキャスト製品を活用し現場での型枠製造をやめることで、工期の短縮、事故軽減を図ることができる。

3.2 ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

C-CAS 技術を広くベトナムに普及させ、FA を改質・リサイクルし、幅広い用途で活用することで、FA の環境リスクの抑制、循環型社会形成、レンガ産業の環境汚染抑制、インフラ整備能力の向上といった開発課題の解決につながると考える。

しかし、FA が将来的に年間 100 万トンの単位で有効活用されるためには、社会として FA を有効活用するための制度・仕組みが必要であり、また共同企業体としても、事業展開する上で技術流出の防止や、提案技術を高く評価してもらうことによる付加価値の向上のためにも、改質規格や製品規格が定められていることは必要である。

以上のことから、ODA 案件（技術協力）が実施され、上記の FA 循環のための制度整備や、製品規格の策定といった技術強化が実現すれば、FA 混合が広くベトナム国内に広がることで市場が拡大するとともにビジネスモデルを確立でき、共同企業体としての事業展開は大きく推進されるものと考ええる。

第4章 ODA 案件化の具体的提案

4.1 ODA 案件概要

4.1.1 FA を循環させる社会作りにおける制度面、技術面での支援の必要性

ベトナムにおいて FA を循環させる社会作りのためには、制度、技術の両面において課題があるため、ODA による協力が必要となる。図 4-1 はその 7 つの課題を体系的にまとめたものである。

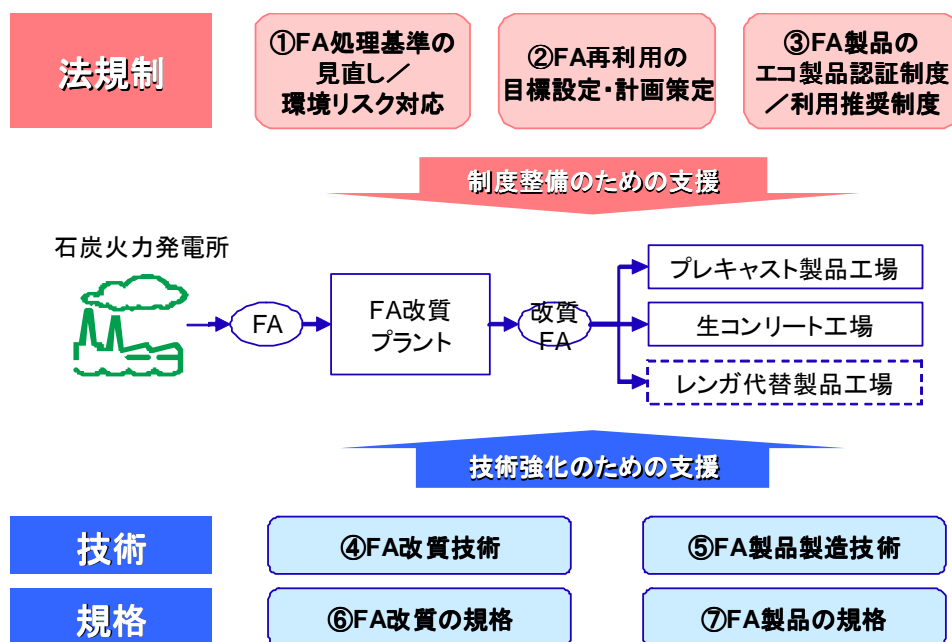


図 4-1 FA を循環させる社会作りにおける制度的、技術的課題のまとめ
出所：共同企業体

< 制度面における課題と必要な支援 >

FA が将来的に年間 100 万トンの単位で有効活用されるためには、例えば東京都が実施しているエコ製品認定や公共工事におけるエコ製品利用推奨といった、FA 混合製品をエコ建材として認定し公共工事において使用を義務づけるといった、社会として FA を有効活用するための制度・仕組みが必要となる。また短期的な視点で仕組みを整えるだけでなく、それが有効に機能し長期的な再利用目標に近づいているかといった、目標設定や実施計画も必要となる。

制度面における課題としては、①FA 処理基準の見直し/環境リスク対応、②FA 再利用の目標設定・計画策定、③FA 製品の認定制度/利用推奨制度、の 3 点がある。

① EVN、EVA の FA 処分に関する環境リスクの認識

現在までベトナムでは、FA に関する環境問題は顕在化していないとのことであるが、中国においては 2006 年～2010 年の間に FA による井戸水汚染や、灰の堆積場が決壊したことによる周辺土壌の汚染など、多くの環境問題が発生し、FA の適正処理・リサイクルが、石炭火力発電所の安定的・永続的運転上の重要課題となっている。また日本においては、FA は重金属を含んでいるため、不溶化処理をしてからの処分が義務づけられている。

このように、他国での FA に伴う環境汚染の発生状況や対策案を参考としながら、ベトナムの既存の灰捨て場周辺の土壌や水質をモニタリングするとともに、災害時における重金属の溶出・周辺への拡散といった将来における環境汚染の可能性について検討することで、環境リスクの認識を高める必要がある。

また不溶化対策が必要となった場合においては、様々な不溶化技術の検討や FA 改質に伴う重金属の除去結果など実施し、具体的な対策案を検討する必要がある。

② FA 再利用の目標設定・計画策定

ベトナムにおいては道路や鉄道、住宅といったインフラ整備需要はまだまだ旺盛であり、それら工事において FA 製品を活用していくためには、パイロットプロジェクトを定め、製品開発・製品供給体制を構築し、実証を通じて社会的に広めていく、といった段階的かつ戦略的な実行が必要となる。

そのため、FA を 2030 年までに 30% 再利用する、といった中長期的な循環型社会形成に向けた再利用に関する目標設定を行い、それを実現するための短・中・長期における実施計画の策定の支援が必要と考える。

③ FA 製品のエコ製品認証制度／利用推奨制度

レンガに関する法規制（決定文書 567/QD-TTg 号）により、2011 年から 9 階以上のビルを建設する場合は、建設資材の少なくとも 30% を無焼成の軽量レンガ（1 立方メートル当たり 1000 キログラム以下）にすることが定められた。しかし、これはレンガのみが対象であり、利用推奨であり罰則はない。また土木工事や道路工事、建物の骨組みについては、このような利用推奨制度はない状況にある。循環型社会形成の構築に向けては、より幅広い用途先での活用を前提として、用途別の適切な利用量目標や、それを進めるための推奨制度、利用義務などの規制を定める必要がある。

<技術面における課題と必要な支援>

FA の改質事業、FA 製品の製造事業がベトナムに広く普及するためには、その改質と FA 製品の製造に関する技術が移転・強化されるだけでなく、広く社会に流通させるための規格作りが必要となる。そのため技術面における課題としては、④FA 改質技術、⑤FA 製品製造技術、⑥FA 改質の規格、⑦FA 製品の規格、の 4 点がある。

④ FA 改質技術

ベトナムでの既存の改質技術・プラントは、未燃カーボンの比率が 5~6% 未満にする技術が一般的であり、C-CAS 技術のように 1~2% まで改質する技術はまだない。そのため C-CAS 技術の普及には、改質技術・設備、及びその運転管理ノウハウを移転する必要がある。

⑤ FA 製品製造技術

改質 FA を用いた製品として、ベトナムでは現在、レンガ代替となる発泡コンクリートブロックが製造されている。FA 製品としては、鉄筋の入ったセグメントといった高い技術水準が必要となるコンクリート製品や、生コンクリートとして土木工事、道路工事での利用も可能であ

る。循環型社会の構築を目指し、FAのリサイクル量を増加させるためには、より幅広い用途開発・製造技術が求められる。

⑥ FA改質の規格

改質FAをより広く普及させるためには、その改質FAの品質（特に未燃カーボン比率）が安定している必要がある。また一方で、未燃カーボン比率が高くても混合製品の品質に影響しないものあることから、例えば1%、5%、9%といった複数種類の未燃カーボン比率に応じた品質基準を設定することも必要であり、また乾燥させたもの、スラリー状のもの、など用途先に応じて物性も様々である。このような状況を鑑み、改質FAを一般原料として扱うための製品規格を定める必要がある。

⑦ FA製品の規格

改質FAを混合した製品の製品規格については、現在、VIBMでアメリカの製品規格を参考に作成中とのことで、現在はまだない。デベロッパーや建設事業者が安心してFA製品を活用するためには、FA製品の強度やサイズ、成分などで規格が定まっている必要がある。

また生コンクリートについては、改質FAを用いることで、流動性が高まり、型枠に一部から入れてもすぐに型枠全体にいきわたるなど、多くのメリットが生じる。しかしベトナムでは現在、このような高流動性のコンクリートは利用されておらず、流動性/生産性に関する技術認識、評価方法が定まっていない。インフラ整備能力の向上のためには、高流動コンクリートの活用は効果的であり、そしてそれを普及させるためには、高流動コンクリートの定義・評価方法を定める必要がある。

4.1.2 制度整備と技術強化のための支援プロジェクトの概要

制度整備、技術強化の両面における課題を解決するための、ODA技術協力における支援プロジェクトの概要をまとめたものが、表4-1となる。技術強化のための支援はVIBMをカウンターパートとして、技術移転や規格作成を目的としたプロジェクトである。制度整備のための支援は、FAの環境リスクの啓発・対策検討やFAを社会として有効に利用するための目標・計画・制度を策定することを目的としたプロジェクトである。

第2回ベトナム現地調査にて、それぞれの技術協力ニーズを把握するためカウンターパートへの訪問調査を行った。結果としては、技術強化のための支援に関しては明確な実施ニーズがあることが確認でき、制度整備のための支援については、2回目の現地調査で予定していたEVNとの面談がキャンセルとなったため、本調査の中で具体ニーズの把握には至らなかったが、1回目の調査でEVNを訪問した際には、長期的にはFAの全量リサイクルのニーズがあること、そして、その実現には建設省や環境省などを含めたワークショップが必要であることを確認できており、制度整備のための支援は必要であると考えられる。

表 4-1 2つの ODA 技術協力の支援プロジェクト概要

	技術強化のための支援	制度整備のための支援
カウンターパート	VIBM (建設省建築材料研究所) VCA (ベトナムコンクリート協会) EVN (ベトナム国営電力会社)	EVN (ベトナム国営電力会社) VEA (環境省総局、公害防止部) MONRE (環境省)、MOC (建設省)
目標	FA を資源として循環させるための、産業基盤の確立	FA を資源として循環させるための、法制度の確立
目的	FA 改質規格の作成 FA 混合プレキャスト製品の規格作成 FA 混合生コンクリートの規格作成 FA 改質・製造技術の浸透	FA の環境汚染リスクへの対応策策定 FA からの重金属溶出抑制技術の浸透 FA の再利用目標・計画の策定 用途別の FA 利用推奨・規制の策定
プログラム案	<ul style="list-style-type: none"> ベトナムでの C-CAS 実証機設置と FA 改質/製品製造の実証試験 日本での研修プログラム (FA 改質の研修、FA 混合製品工場の見学、等) 専門家派遣 (各種規格作成、改質 FA の利用方法の伝達、等) 	<ul style="list-style-type: none"> 日本での研修プログラム (環境省や電力会社での FA 管理制度、地方自治体での FA 製品利用推奨制度、FA の環境汚染リスクの研修、等) 専門家派遣 (各種制度作成、各石炭火力発電所での FA 対策支援、等)
ニーズ把握	<p>VIBM (2月18日訪問)</p> <ul style="list-style-type: none"> FA のような廃棄物資源を有効活用し、高品質な建材を作り出すことは VIBM の使命であり、ぜひやりたい。 各種の規格は現在ベトナムにはないので、実証を通じて作る必要がある。 MOU を結ぶ必要があれば対応する。建設省国際協力課とも面談調整する。 ぜひ技術協力の具体的な内容と、VIBM の役割について議論しよう。 <p>VinaconexPhanVu (2月19日訪問)</p> <ul style="list-style-type: none"> FA を活用したいと考えており、実証試験には協力したいと思う。実証機設置のため工場敷地を貸すことも可能。 	<p>VEA (12月10日訪問)</p> <ul style="list-style-type: none"> EVN からは、FA が原因の環境汚染は発生していないとの報告を受けている。 環境汚染が顕在化する、もしくは EVN から汚染リスク軽減の要請があれば、環境省としては、FA の処理基準や溶出防止策などの制度作りを行う。 <p>EVN</p> <p>2回目の面談はキャンセルとなり、支援プログラムに関するニーズの詳細把握はできていないが、12月11日の1回目に訪問した際には、長期的には FA の全量リサイクルのニーズがあること、そして、その実現には建設省や環境省などを含めたワークショップが必要であることを確認できており、制度整備のための支援は必要であると考えられる。</p>

4.2 具体的な協力内容及び開発効果

4.2.1 技術強化のための支援に関する VIBM との協議内容

技術協力においてカウンターパートとなる VIBM と、技術強化のための支援に関して詳細な協議（2月19日訪問）を行った結果について、ポイントを下記に記す。

目標・成果について

- ・ JIS の FA 規格のような、改質に関する規格作成に関して、ニーズを明確に確認できた。
- ・ また技術流出がしないような、FA 改質事業に関する許可制度も検討すべきであると、VIBM よりコメントがあり、成果の一つとして盛り込むこととした。

カウンターパートについて

- ・ 技術強化のための支援のカウンターパートは VIBM が主担当で、それ以外にプレキャスト製品をとりまとめている VCA をメンバーとして入れること、そして VCA の副会長も務めている VIBM のロン所長を、ベトナム側のプロジェクトリーダーとすればよいこと、が確認できた。

プログラム案・スケジュールについて

- ・ 1年目に実証機を設置し、2年目に改質実証やコンクリート製品のテスト製造を行い、3年目に製品規格を作成と勉強会を実施するスケジュールで、大筋合意ができた。

今後の技術協力の進め方について

- ・ MOU を締結することについて、VIBM 側から提案を受けることができた。早急に実施したい。また建設省の国際協力課が ODA に関するガイドラインを用意しているとのことで、今回の調査の中では、建設省国際協力課との調整は難しいが、今後は実施する必要性が確認できた。
- ・ 技術強化のための支援と制度整備のための支援はできれば同時並行的に進めるのが良いとの認識が、VIBM 側にもあることが確認できた。また制度整備のための支援の具体化・詳細化に向けては MOC が担当であるので、今後は VIBM 経由で面談を設定してもらい、調整を図りたい。

4.2.2 FAの循環型社会形成に向けた技術協力の目標・実施概要

VIBM、VCA、民間事業者との協議をふまえ、技術強化のための支援に関してスケジュールやプログラム、体制についての具体化を図った結果が下記の概要となる。

① FA改質・コンクリート関連製品製造に関する技術強化のための支援プロジェクトの概要

目標	FAを資源として循環させるための、産業基盤の確立			
目的	複数の電力会社のFA改質実証に基づくFA改質規格の作成 FA混合プレキャスト製品、及びFA混合生コンクリートの規格作成 FA改質・製造技術の浸透（勉強会の実施） FA改質技術・事業化に向けての許可制度の作成			
体制	ベトナム側	日本側		
	<ul style="list-style-type: none"> ・VIBM 2名（プロジェクトリーダー、規格作成担当） ・VCA 1～2名（生コンクリート担当、プレキャスト担当） ・MOC 1名（FA推奨制度・規格承認） ・EVN 1名（環境担当/国際技術協力） ・VinaconexPhanVu（実証サイト） ・FA供給（ハイフォン火力発電所） 	<ul style="list-style-type: none"> ・平玄を中心とする共同企業体 5名（C-CAS実証機の設置、製造実証） ・北九州市立大学などの専門家 △名（規格作成支援、改質技術研究） ・九州電力、九州環境局、和光コンクリート工業など △名（FA混合製品工場見学など日本での研修プログラムへの対応） 		
年/月	ベトナムでのC-CAS実証	専門家派遣	日本での研修	
FY2013	4-3	ベトナムのコンクリート関連基礎分析 －セメント・砂・砂利などの成分分析 －各石炭火力発電所のFA成分分析 実証設備の製造・設置、実証準備	—	
		ー処理量に基づく実証設備の設計・製造 ー火力発電所など実証関係者との協議 ー実証計画の策定、実施体制の検討	●	改質プラント、プレキャスト工場、大学への訪問
FY2014	4-3	FA改質、FA混合生コン/プレキャストの製造	—	電力会社・施工現場等の見学、及びセメント協会、自治体等の訪問
		テスト製品の成分分析、既存製品との比較検討	●	
		FA改質規格、FA混合製品規格作成		
FY2015	4-3	VCA主催のFA改質、FAの製品混合に関する勉強会開催	●	民間セクターを呼んでの工場見学
		現場における施工性のテスト		
		FA混合製品の推奨制度、利用目標の作成	●	
		FA改質/FA混合製品の特許・認可の設定		

②技術強化のための支援プロジェクトの各プログラムの実施案

<ベトナムでのC-CAS 実証>

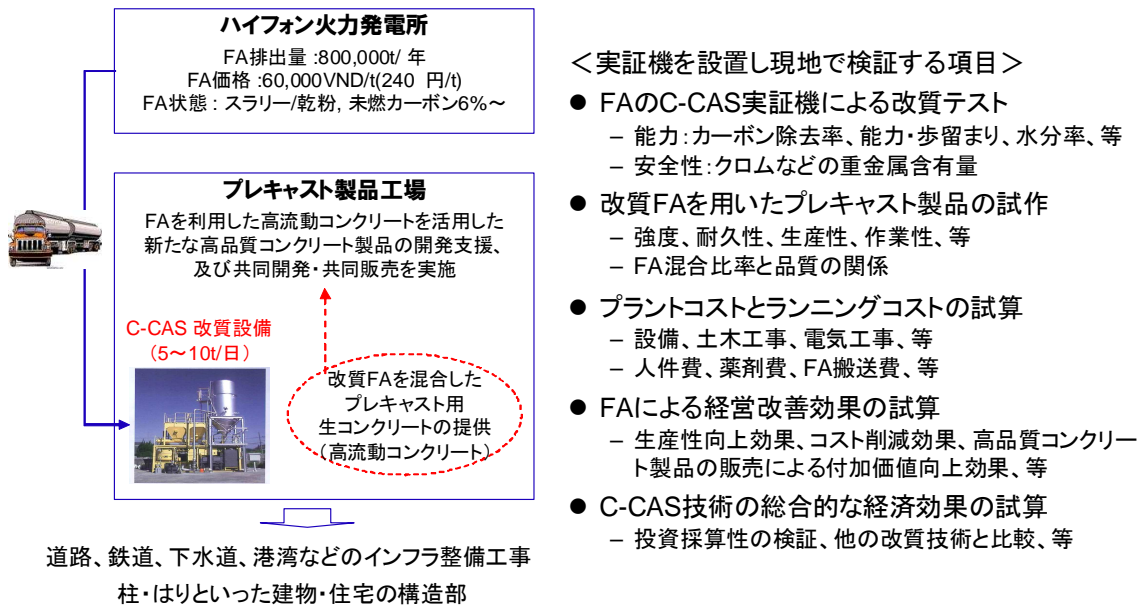


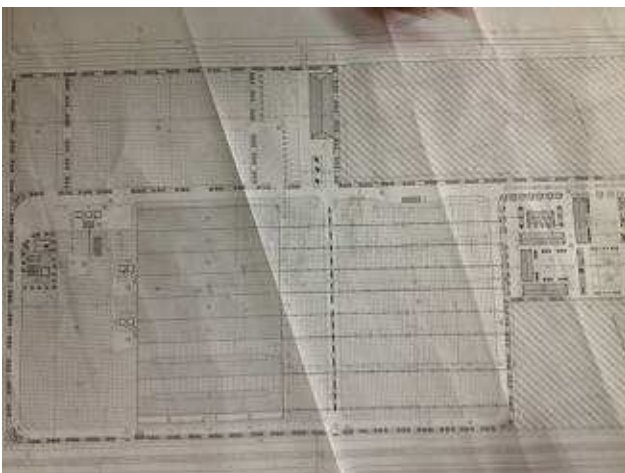
図 4-2 C-CAS 実証の概略図

技術強化のための支援、及びベトナムの有力既存事業者との連携を進めて行くためには、どうしても現地における技術実証は不可欠となる。そのため共同企業体においては、上記図のように、現地のプレキャスト工場と連携して、C-CAS 技術と改質 FA を用いた高品質プレキャスト製品の実証を提案している。

具体的には、既存のプレキャスト製品工場から敷地を借り受け、そこに C-CAS 実証機を設置する。そして、ハイフォン火力発電所から乾粉状態の FA を調達し、プレキャスト工場敷地内にて改質、スラリー状の改質 FA が混合した生コンクリートとして、プレキャスト製品工場に供給し、様々な製品の試験製造・物性テストや、システム全体の経済性を VIBM、CVA などと共同して評価する計画となる。

官民に対して技術デモンストレーションを行うことで、事業パートナー候補である民間事業者との技術支援・事業運営での提携を実現し、ハイフォン火力発電所で計画されている FA 改質プラントの建設・事業運営を共同で実施できるよう進めていく。

ハイフォンのプレキャスト工場での実証機の設置候補地



改質した FA を用いて製造する高品質コンクリート製品案



<日本での研修プログラム案>

- ・北九州大学（松藤教授）での改質技術の指導
- ・沖縄/九州での C-CAS プラントでの改質技術とプラントの運転管理の指導
- ・宮崎県、和光コンクリート工業での FA 混入製品／高品質製品の技術指導
- ・九州地区での FA 混入した高流動コンクリートの製造とそれによる土木工事整備の指導
- ・九州地区の旭化成工場における FA の有効活用方法と、その可能性に関する技術指導
- ・国土交通省九州支局での、FA 混合製品に関する製品規格・工事規格に関する技術指導
- ・北九州市における再生品循環プログラムの技術指導
- ・九州電力での FA のリサイクルプログラムの教育
- ・日本セメント協会からの、FA 混入製品の品質と用途別の利用割合に関する技術指導

③技術強化のための支援プロジェクトの概算金額

概算ではあるが、ベトナムでの C-CAS 実証、専門家派遣、日本での研修プログラムについての概算金額について下記にまとめる。

表 4-2 技術強化のための支援プロジェクトの概算金額（ベトナムでの C-CAS 実証）

ベトナム現地でのC-CAS実証					
予算項目	概要	単価 (千円)	単位	数	小計 (千円)
設備費	設備の設計、製造、現地工事費	150,000	千円/一式	1	150,000
外注費・消耗品費	実証運転に係る光熱費、消耗品費、現地運転委託人員費、等	50,000	千円/一式	1	50,000
人件費(1年目)	ベトナムのセメント関連基礎分析	1,000	千円/月	3	3,000
人件費(2年目)	FA改質、FA混合生コン/プレキャストの製造	1,000	千円/月	30	30,000
	テスト製品の成分分析、既存製品との比較検討	1,000	千円/月	4	4,000
	FA改質規格、FA混合製品規格作成	1,000	千円/月	2	2,000
人件費(3年目)	VCA主催のFA改質、FAの製品混合に関する勉強会開催	1,000	千円/月	10	10,000
	現場における施工性のテスト	1,000	千円/月	20	20,000
	FA混合製品の推奨制度、利用目標の作成	1,000	千円/月	2	2,000
	FA改質/FA混合製品の特許・認可の設定	1,000	千円/月	2	2,000
交通費	日本・ベトナムの往復交通費(1.5ヶ月に1回の移動を想定)	70	千円/回	49	3,407
その他経費		10	%		27,641
合計					304,047

表 4-3 技術強化のための支援プロジェクトの概算金額（専門家派遣、日本での研修プログラム）

専門家派遣					
予算項目	概要	単価 (千円)	単位	数	小計 (千円)
人件費(1年目)	ベトナムのセメント関連基礎分析	1,500	千円/月	1	1,500
人件費(2年目)	FA改質、FA混合生コン/プレキャストの製造	1,500	千円/月		0
	テスト製品の成分分析、既存製品との比較検討	1,500	千円/月	2	3,000
	FA改質規格、FA混合製品規格作成	1,500	千円/月	2	3,000
人件費(3年目)	VCA主催のFA改質、FAの製品混合に関する勉強会開催	1,500	千円/月	4	6,000
	現場における施工性のテスト	1,500	千円/月		0
	FA混合製品の推奨制度、利用目標の作成	1,500	千円/月	2	3,000
	FA改質/FA混合製品の特許・認可の設定	1,500	千円/月	2	3,000
交通費	日本・ベトナムの往復交通費(1ヶ月に1回の移動を想定)	70	千円/回	13	910
その他経費		10	%		2,041
合計					22,451

日本での研修プログラム					
予算項目	概要	単価 (千円)	単位	数	小計 (千円)
人件費(1年目)	講師謝金(改質プラント、プレキャスト工場、大学への訪問)	30	千円/人	10	300
	宿泊費(8名×7日間)	10	千円/泊	48	480
人件費(2年目)	講師謝金(電力会社・施工現場、協会、自治体等の訪問)	30	千円/人	10	300
	宿泊費(8名×7日間)	10	千円/泊	48	480
人件費(3年目)	講師謝金(民間セクターを呼んでの工場見学)	30	千円/人	6	180
	宿泊費(15名×5日間)	10	千円/泊	60	600
交通費	日本・ベトナムの往復交通費	70	千円/回	31	2,170
その他経費		20	%		902
合計					5,412

4.2.3 開発効果

(ア)FAの環境リスクの抑制効果

不溶化処理を行わないFA単体の場合、PhにもよるがCrを例にとると、0.6~3.9mg/kgの溶出が日本の研究「コンクリート学会論文 2004年 重金属類溶出のリスク評価を目的とした石炭灰フライアッシュのキャラクタリゼーション」において認められている。一方で、FAをコンクリートに封じ込めることで、溶出分析の検出限界にまで下がることも証明されている。

重量当り重金属溶出抑制効果 : Cr 1.0mg/kg→0.01mg/kg

総FA発生量 : 400万トン(2020年)

重金属溶出量抑制効果 : 3.6t/年

(イ)循環型社会形成に向けた開発効果(処分量削減効果)

ベトナムセメント協会の発表資料によると、ベトナム国内でのセメント需要量は2015年に7500万トン、2020年には9500万トンである。一方でFAの発生量は、EVNの発表資料によると2015年に400万トン、2020年には500万トンとなる。FAを改質することで、セメント量の20~30%の割合で改質FAを混合することが可能になることから、国全体のマテリアルフロー上からは、全量のリサイクルが可能となる。

2020年セメント需要量 : 9500万トン

2020年時の改質FAの最大混合量 : 1900万トン(20%と想定)

2020年FA発生量

: 500万トン

(ウ)代替品開発によるレンガ産業からの環境汚染抑制効果

レンガ産業での重油燃焼に伴うCO₂排出(5.6万トン/年)、大気汚染、そして農地破壊(75ha/年)がベトナムにおいて重大な環境問題として認識され、2020年までにレンガ生産量を減少させていく政策が発表されている。レンガ産業を起因とする環境問題解決のためには、製造・使用時において環境に配慮した、レンガ代替の建材開発が課題となる。

C-CAS技術でFAを改質することにより、無焼成レンガの原料として活用することができるため、仮にレンガの生産量の10%をFAを混合した製品で代替した場合には、下記のような環境改善効果があると算定される。

農地：7.5ヘクタールの農地保全

CO₂：5000tのCO₂削減効果

(エ)インフラ整備能力向上による経済効果

従来のプレキャスト製品の販売価格は8,000円/t程度で、原材料費、人件費、原価償却費、営業経費などのコストは約6,000円/tとなっている。C-CAS技術で改質したFAをプレキャスト製品に活用した場合、セメントの使用量を30%抑制し、また製品製造にかかる時間/人数を30%効率化できることから、総合して1t当りのコストを5~10%削減でき、それにより最終製品価格も抑えることができるようになる。また工期の短縮、事故の軽減を図ることができる。

ベトナムにおけるプレキャスト製品市場は現在30万トン程度、1tあたりの付加価値を合わせると、市場規模は24億円程度であり、日本の900万トン超から比較すると、まだまだとても未成熟であると言える。本技術が浸透し、生コンクリート消費量と比較した場合の、日本なみにプレキャスト製品産業が発展することでの経済効果は、下記の通り。

FA混合プレキャスト製品の経済効果：30億円(市場拡大効果)

4.3 他 ODA 案件との連携可能性

運輸交通課題で2010年より実施されている「インフラ工事品質確保能力向上プロジェクト」が、プレキャスト製品や高流動コンクリートによる作業効率改善の視点で、関係が強いと考える。また、下記表にあるコンクリート関連プロジェクトについては、高品質コンクリート製品の提供や、高流動コンクリートを活用することによる生産性向上の観点で、貢献できる可能性がある。

表 4-4 コンクリート関連の ODA 案件

件 名	
ハノイ市環状三号線整備計画	ニャットン橋建設計画
ハノイ市都市鉄道建設計画(一号線)	ノイバイ国際空港第2旅客ターミナルビル建設計画
ハノイ市都市鉄道建設計画(二号線)	ノイバイ国際空港—ニャットン橋間連絡道路建設計画
ギソン火力発電所計画	ニンビン火力発電所建設計画
国道一号線バイパス道路整備計画	南北高速鉄道建設計画
クーロン橋建設計画	ホーチンミン市都市鉄道建設計画
国道一号線復旧第三計画	オモン火力発電所およびメコンデルタ送変電建設計画

添付資料

①訪問議事録

第1回ベトナム現地調査

12月10日 VEA

12月10日 Vimeco

12月11日 EVN

12月11日 VIBM

12月12日 SongDaCaoCuong

12月12日 PhaLaiPowerPlant

12月13日 HaiPhonPowerPlant

12月13日 VinaconexPhanvu

第2回ベトナム現地調査

2月18日 VIBM

2月19日 VinaconexPhanvu

(全て非公開)

②現地市場調査結果



LiveZone Vietnam Consulting and
Investment JSC

VIETNAM DATA RESEARCH REPORT

DATE: JAN 27, 2013

TO: HEIGEN CORPORATION

Okura Building 4F, 1-4-10 Shiba-Daimon, Minato-ku, Tokyo, Japan

Please refer to report information as follows:

1). Price of sample precast product:

Product name: Centrifugal drain
Length of pipe: 4000mm. Inner diameter of pipe: 1500mm
Price: Approximately 203 USD



2). Annual production of precast concrete industry in Vietnam

30 million tons of precast concrete/year

3). Working population of whole precast concrete industry in Vietnam

The data of population of precast concrete industry is not yet available but the whole working population of Vietnamese construction industry is 3,1 million people.

4). Usage of FA to produce precast concrete

Fly ash is currently very rarely used to create precast concrete. When applying fly ash, it is used as a admixture of concrete (for example together with *Grace BC100* admixture powder)

5). Concrete market data by segment

For house 80%, road 5% in countryside, 15% for other purpose

6). Annual production of whole concrete industry in Vietnam

101 million tons per year

7). Price information (unit price of concrete)

50 USD/m³ (60 MPA)

8). Total annual FA production data

No	Year	Capacity, MW	Coal usage (tons/year)	(milFA output (mil tons/year)
1	2011	4,441	4.35	1.30 – 1.52
2	2013	6,161	12.75	3.82 – 4.46
3	2014	9,791	18.72	5.61 – 6.55
4	2015	14,341	21.72	6.51 – 7.60
5	2020	36,000	67.3	21.1

9). Annual FA production amount data by each power plant

VIBM cannot provide data for every power plant because they said that it is sensitive and secret data so they provided 3 plants only:

Pha Lai - 440.000 tons/year, Ninh Binh - 37.000 tons/year, Uong Bi - 160.000 tons/year

10). Future prospects of FA production amount

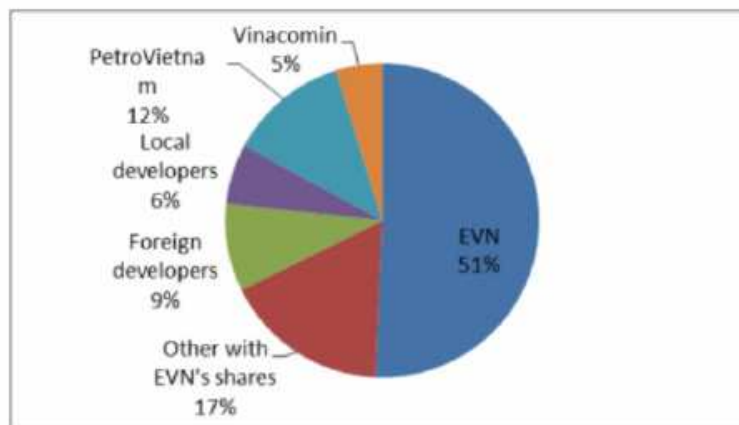
The forecasted future data had shown in the year 2014, 2015, 2020 as above table.

11). Annual total energy supply

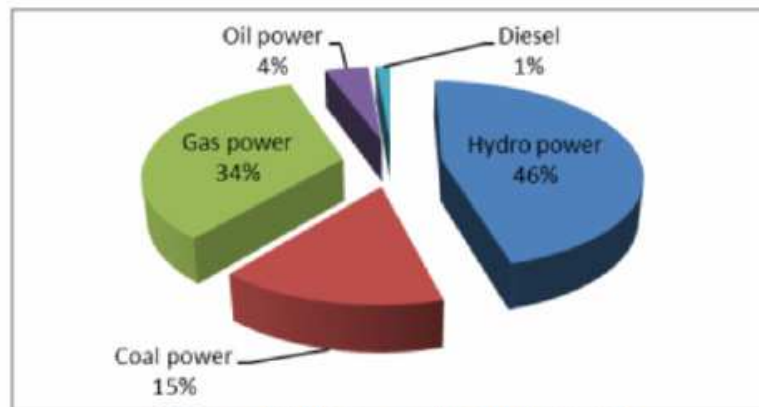
Installed capacity is 18,500 MW and annual power production is 95,000 GWh per annum.

12). Electricity generation situation by ownership and fuel source

Power Generation: According to EVN, currently the total installed capacity is approximately 21,000 MW. Below is the installed capacity by ownership and by fuel sources in 2011:



13). Energy supply by technology



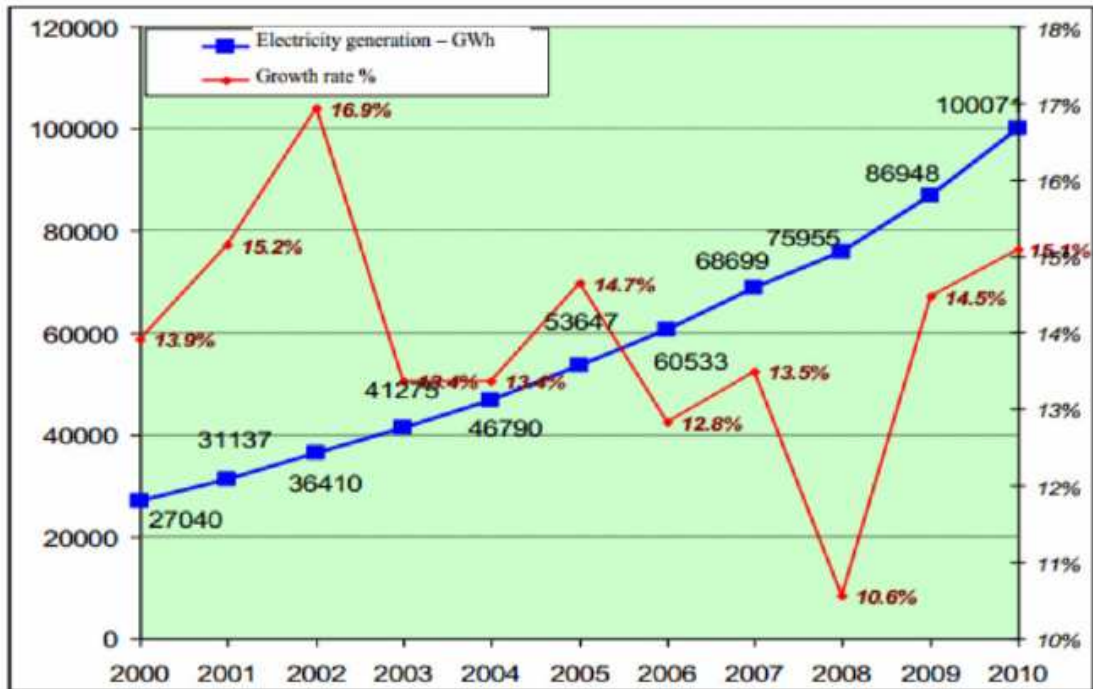
(Source: EVN, Corporate Profile, 2011)

14) Annual total energy demand

Approximately 4000 MW is lacking annually.

15). Vietnam power generation and growth rate

Power generation and growth rate in Vietnam during 2000–2010.



Source: "Power Development Plan VII," Institute of Energy, 2011.

16). Future prospects of energy demand:

Vietnam's annual power demand is to rise by 15% while installed capacity supply rise 12% annually.

17). Quality analysis of FA of PhaLai power plant

No	Characteristics	Materials	
		Before reforming	After reforming
1	Loss on ignition (LOI),%	18.26	0.94
2	Silicon dioxide (SiO ₂),%	45.2	57.14
3	Ferric oxide (Fe ₂ O ₃),%	7.5	7.86
4	Aluminum oxide (Al ₂ O ₃),%	23.01	26.63
5	Calcium oxide (CaO),%	0.56	0.60
6	Magnesium oxide (MgO),%	0.76	0.97
7	Sulfur trioxide (SO ₃),%	0.02	0.05
8	Potassium oxide (K ₂ O),%	3.6	4.36
9	Sodium oxide (Na ₂ O),%	0.1	0.22

18). Price of FA product Before reforming (to remove unburned carbon):

4USD/m³

After reforming: 18USD/ton (humidity 15%), 30 USD/ton (humidity <3%)

19). Company profile of Big 5 precast manufactures

Name	Capital (USD)	Tel	Date established	Representative
Vinaconex Xuan Mai	10 millions	343840385	1983	Doan Chau
Fecon concrete	7 millions	62690481	2004	Phong
BECAMEX concrete	5 millions	6503567200	2008	Pham Viet Khoa
BETON 6 CORPORATION	5 millions	6503751617	1993	Nguyen Van
Vinaconex Phan Vu	4 millions	63251254	2004	Huy
				Nguyen Trung
				Hau
				Nguyen Mai
				Khoi

20). Product standard of precast concrete

Structure of the current Vietnamese building standards system

Level	Code	Field	Issued by	Example
National	TCVN	General specifications, Production standards (cements, tiles, reinforcement, etc.)	MOST	TCVN 3992:1985
	TCXD, TCXDVN	Other fields in civil engineering (design, construction, planning, etc.)	MoC	TCXD 239:1998, TCXDVN 356:2005
Branch	22 TCN	Specialized in Transportation construction	MT	22 TCN 45:79
	14 TCN	Specialized in Agriculture construction	MARD	14 TCN 63:2002

Whereas national and general standards are:

Promulgating Vietnam construction standard **TCXDVN 356: 2005** “Concrete and reinforced concrete structures – Design standard”

DECISION Promulgating Vietnam construction standard **TCXDVN 389: 2007** “Precast prestressed concrete products - Technical requirements and acceptance”

Decision No. 10 2006 QD-BXD Of April 6, 2006, Promulgating Vietnam Construction Standard TCXDVN 239: 2006 Heavyweight Concrete - Guide To Assessment Of Concrete Strength In Existing Structures

For each predefined precast concrete product, factory will register standard for that product according to above national and general design standard or american ASTM or european EN, BS standards, for example:

Decision Promulgating Vietnam construction standard TCXDVN 392: 2007 “Pre-cast reinforced concrete box converts - Technical requirements and testing methods”

21). Regulation of usage of mixed FA product

VIBM has not implemented any regulation on usage of mixed FA product.
At the moment, each factory works by their own experience.

22). Issues

● How to set the definition of flowage concrete / high performance concrete

10 years ago, High performance concrete has been studying in University and Institutes in Vietnam with definitions according to ASTM as follows:

High performance concrete	Test method	Criteria			
		Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
High strength	AASHTO22 ASTM C39	41-55 MPA	55-69 MPA	69-97 MPA	>97 MPA
Low creep	ASTM 512	Less than normal concrete			
Abrasion Aggressive (mm)	ASTM C944	1-2	0.5-1	<0.5	
