（ 様式D－２ ）
（ 別　　紙 ）

令和７年度　海外派遣研究員研究報告書〔研究実績〕

令和７年９月８日

日本大学理事長　　殿
日本大学学長　　殿

所　　属　　理工学部　（理工学研究所）
資格・氏名　　教授・小嶋　芳行

令和７年度海外派遣研究員（　短期Ｂ　）の研究実績を，下記のとおり報告いたします。

記

１　区　　分　　短期Ｂ

２　研 究 課 題

東南アジアでのセメント・石膏・石灰石会社における脱 CO_2 の取り組みに関する調査

３　派 遣 期 間　　西暦 2025 年 7 月 31 日　～　2025 年 8 月 21 日

４　派　遣　先　　タイ，○ベトナム，中国

５　研 究 目 的

私の研究分野は，セメント・石膏・石灰を対象としたものであり，テーマとしてはカルシウム化合物の粒径，形状，構造等（キャラクター）を制御に関する一連の研究を行っている。セメント・石灰では，原料として石灰石を使用しており，それを加熱することによって二酸化炭素（CO_2）を大量に排出する。この CO_2 は温室効果の主因とされており，世界で 330 億ｔ，日本だけでも 10 億ｔの CO_2 を排出している。日本は 2050 年にカーボンニュートラル実現を目指しているが，実際の達成は困難であると考えられている。しかしながら，製鉄やセメント製造のメーカーはカーボンニュートラルに向けた様々な取り組みを見せており，評価され始めている。

一方，海外に目を向けると，欧米ではカーボンニュートラルに向けた取り組みが順調であるように見受けられる。これに対して，東南アジアでは発展途上国も多く，現状の製造を維持することが精一杯であり，カーボンニュートラルに向けた技術革新がされていないように思われる。そこで，今回の海外派遣において東南アジア（中国を含めた）におけるセメント・石膏・石灰の会社を訪問し，実際の CO_2 対策及び将来に向けた取り組み，日本の技術の導入等について意見交換を行う。

（ 様式D－２ ）

６　研　究　概　要

①　研究の方法

日系企業の方と現地で会い，工場見学等をしながらその国の環境問題（特に CO_2 関連）の話をして，情報を得る。

②　渡航先での活動内容

今回の短期Bにおいて，タイ，ベトナム，中国を訪問し，セメント，石膏，石灰会社における環境問題，特に CO_2 の排出について調査を行った。

まず，タイにおいて日本の石灰会社（白石カルシウム）からタイの法人に出向されている方とその会社の倉庫等を見学させていただき，タイの環境に関する情勢について話をした。倉庫の場所は，バンコクから車で約1.5時間離れたアマターシティーライオンにあった。話によると，タイの国としてはまだ CO_2 の排出を厳しく制限するという雰囲気ではないようである。しかしながら，欧米系の現地会社は非常に CO_2 の排出を気にしており，その取り組みも厳しくなってきているようである。例えば，輸送による CO_2 の発生についても気にしており，自社の近場に協力会社を配置しているようであった。見学した会社の倉庫は最も取引量の多い会社の隣にあり，速やかに原料の供給ができる体制となっていた。倉庫内の撮影はできなかったが，原料の管理を効率的にするために2次元バーコードを用いており，これを読み取ることにより原材料がいつ到着し，その利用期限等も速やかに分かるようになっていた。タイにおいても石灰石は採掘されるようであり，付加価値の低い石灰石は現地から調達し，付加価値の高い製品は日本から輸入しているようである。さらに，打ち合わせ場所をバンコク市内の本社に移し，2時間程度タイの環境に対する考え方等の話を聞くことができた。

現在，タイにおいてはあまり CO_2 の排出に厳しい規制があるわけではないが，欧米系さらには日系の企業では，なるべく CO_2 の排出量を少なくしていく工夫を取っていることが分かった。

ベトナムのホーチミンでは，研究室の OB の松田氏が社長を務めるプラスチック製造メーカーを見学した（写真1）。この会社の場所は，ホーチミンから車で約1時間のところにあり，タイで倉庫見学した場所と同じ名前のアマターシティーにあった。聞いたところ，タイと同じ資本により作られた工業団地のようである。倉庫を見学すると，タイと同じような2次元バーコードを用いて品物の管理を行っていた。ベトナムはタイとは異なり，共産圏の国であり，環境問題等についてもトップダウンで環境対策が指示されるようである。現在，特にホーチミンとハノイでの大気汚染が問題になっている。2030年までに車，バイクの1/3を電気化する予定になっており，国産の電気自動車を優先的にタクシー，観光バス等へ取り入れていくとのことである。



写真1

その後，ホーチミンにある吉野石膏のベトナム工場を見学した。説明は，現地駐在員及び研究室の OB である落合氏が行った。場所はホーチミンより南に 70 ㎞のところにあり，車での移動時間は約 1.5 時間であった。ベトナムでは 4 社が石膏ボードを製造しており，そのうち 1 社の生産割合が 50%を超えているため，厳しい状況にある。ベトナムでは，タイと同じようにコンクリートに細い鉄筋を入れ，30 階以上のマンションを建てており，部屋はレンガを用いて間仕切られているため，日本のような間仕切り用に石膏ボードを使うことはあまりないようである。こちらでは，石膏ボードを天井材として使用しているようである。日本の工場では，副産物である排煙脱硫セッコウと天然セッコウを使用しているが，ベトナムでは主に天然セッコウを原料に使用していた。製造した石膏ボードはホーチミンにはトラック輸送であるが，それ以外は船で輸送している。工場では燃料に CO_2 の発生しにくい天然ガスを用いており，その廃熱を用いて乾燥等を行うことで，CO_2 の削減に努めているようである。

ベトナムにおいては，政府主導で大気汚染等を改善するために，電気自動車や電動バイク等の導入を進めており，それが当然 CO_2 の削減にもつながっていることを知った。やはり，こちらでも欧米系及び日系の工場では，CO_2 の削減を行い始めていることが分かった。

ホーチミンからタインホアまで飛行機で移動し，その近くにある矢橋グループのいくつかの工場を見学した。そのうちの一つである VINA WHITE は石灰石を採掘する会社である。従業員は 100 人以上おり，35℃近い日差しを避けることができないような環境下でも，ベトナムの方々は作業を行っていた。聞いたところによると，熱射病になるベトナム人を見たことがないとのことである。日本式にダイナマイトを用いて，ベンチカット方式で計画的に石灰石を採掘しているが，他の石灰石採掘場では山の形から推察すると，ベンチカット方式ではない方法で行われているようであった。塊状の石灰石は重機を用いてより小さくし，50 ㎜程度まで粉砕を行っていた。また，この鉱山の特徴は白色度が高く，手作業で流れてきた石灰石のうち，白色度の低いものを分別していた。機械での分離も可能であるが，その開発費でしばらくの間，人を雇うことができるため，人による分別の方が良いとのことである。

ベトナムでは鉱物等をそのまま輸出するのではなく，ある程度加工したものを輸出したいようである。それは，材料に手を加えることによって人を従事させることができ，付加価値も高くすることができるためである。このため，採掘した石灰石を粉砕するための工場を新たに建設しているとのことで，そこを見学した。その工場の社名は VINA POWDER であり，外観は既にできていた。鉱山から届いた石灰石をジョークラッシャー，ハンマークラッシャー，ローラミルを用いて 6 - 7μｍにし，これをさらに分級して粒度分布を狭くするための装置が主社屋に置いてあり，その設備は予想したものと比較して大型のものであった。これにより，製造された製品は国内で消費を考えているとのことだが，輸出についても今後行う予定であるとのことだった。

VINA POWDER の工場から車で約 1 時間のところにギソンがあり，海に面している街である。ここに太平洋セメントと三菱マテリアルとの合同出資のセメント会社があり，2000 年から製造を始めている。会社説明は，現地駐在員及び研究室の OB である小林氏が行った。ベトナムの年間のセメント需要は 6000 万ｔであり，このギソンセメントでは年間 500 万ｔ製造している。製造しているセメントは 3 種類であり，日本で最も製

造されている普通ポルトランドセメント，PCB40 及び DD である。PCB40 は 28 日強度で 40MPa がでるセメントである。日本ではセメント 1ｔを作るのに石灰石を 1.1ｔ使用しており，この原料から発生する CO_2 は 0.7ｔであり，燃料からも 0.3ｔの CO_2 を排出する。すなわち，日本のセメント産業等で発生させている CO_2 量は 5000 万ｔにも及び，それが問題となっているため，各セメントメーカーで対策が取られている。日本では，セメントクリンカーに 3～5%の二水セッコウを添加して粉砕することにより，普通ポルトランドセメントを製造しているが，ベトナムではセメント中のクリンカーの割合が 65%程度であり，残りはスラグ，フライアッシュ及びいくつかの鉱石を添加している。すなわち，セメントを 1ｔ製造する際に発生する CO_2 量は日本と比較してベトナムの方が少ない。このように，混ぜ物が多いセメントが使用されているのは地震が少ないためである。地震がほとんどないため，コンクリートの中は細い鉄筋である。ベトナムは今後人口増加も予想され，さらに都市部では高層マンションが多く建てられるようになるため，セメントの需要が多くなると考えられている。

説明を受けた後，工場の見学を行った。プレヒーターの高さは約 100m であり，日本と比較して 30m 高い。また，燃料の代替としてプラスチックも使用され，CO_2 削減のために今後この量を増やす予定とのことであった。

ベトナムでは日系企業を見学し，環境問題に真摯に取り組んでいる様子がうかがえた。特に CO_2 を多く出すセメント会社では，低炭素に向けた努力をしているのが感じ取れた。

中国では建設不況により，見学予定であった石膏ボード工場が生産停止になったため，急遽火力発電所を見学した。この火力発電所は比較的大きい部類であり，8 基の燃焼棟を持っている。石炭を燃焼しているため，ここでは 1 日に排煙脱硫セッコウとフライアッシュが 1 万ｔ発生するとのことである。これまで，排煙脱硫セッコウは石膏ボード会社が引き取っていたが，不況のため引き取られなくなった。この処理のために，会社から 2 ㎞離れた場所に埋め立てをしているということで，本来は入ることができないが特別に許可がおり，見学することができた。大型のダンプカーが火力発電所からひっきりなしに排煙脱硫セッコウ及びフライアッシュを投棄しており，投棄場所は広大な土地であった。フライアッシュは軽く，そのまま投棄すると風で飛ぶため，土をかけて飛ばないようにしているとのことであった。非常に広大な土地であったが，埋まるまでには数年になるかと思われる。中国は環境問題を引き起こしていると考えていたが，現在ではかなり環境問題に取り組み，この埋め立て地においても住民に対して様々な対応をしていた。

次に，北京にある建築材料工業技術研究所を訪れた。原則，外部者は立ち入ることができないが，担当者に迎えに来てもらい入ることができた。研究所では約 2000 人が働いており，セッコウに関する者は 15 人程度であった。

まず，理事長から石膏の現状を聞いた。排煙脱硫セッコウの 1 年間の生成量は 6000 万ｔで，この量は日本の 10 倍以上である。また，日本ではほとんど生産されなくなったリン酸セッコウの生産量は 8000 万ｔであった。排煙脱硫セッコウは公害防止の目安となり，10 年前と比較して多くなっていることから，中国での環境に対する意識が高くなっていることが分かった。さらに，新材料部主任の楊氏よりセッコウの利用についてパワーポイントで説明を受けた。石膏ボードの生産量は 35 億 m^2であり，日本の 8 倍程度である。日本での石膏ボードの使用は間仕切り材，天井材であるが，中国では天井材が 80%以上であり，使い方が日本と中国では異なることを知

った。また，住宅環境基準についても新たな指針を設け，「安全，住みやすい，環境，スマート」をキーワードに環境整備をしているようである。さらに，α型半水セッコウ，Ⅱ型無水セッコウの利用法等についても説明があった。

７　研究結果・成果

タイ，ベトナム，中国を訪問し，環境問題の特に CO_2 について話を聞いてきた。タイでは，政府としてはそれほど CO_2 対策をしているとは感じなかった。しかし，欧米系あるいは日系企業は将来を見据えて，CO_2 の削減を念頭に置いて活動していた。

ベトナムでは，政府主導により車やバイクの排気ガス規制を行うとのことで，CO_2 対策にもなっていると考えられる。また，レンガ製造で多量の CO_2 を排出するため，今後は製造に規制が入るとのことである。

中国は予想以上に環境整備が進んでおり，北京市内のバイクはほとんど電動化されていた。また，山一面の太陽光発電，大規模な風力発電が見られ（写真2），政府主導で CO_2 排出対策をしていることがよく分かった。



写真２

今回の出張では研究室のOBである3人に会い，会社等を説明してもらった。OBが海外で元気に活躍している姿を見られたことも，今回の出張の収穫であった。