

地球規模課題対応国際科学技術協力

(環境・エネルギー分野「低炭素社会の実現に向けた高度エネルギーシステムに関する研究」領域)

ベトナムおよびインドシナ諸国における、バイオマスエネルギーの生産システム(植林・製造・利用)構築による多益性気候変動緩和策の研究
(ベトナム社会主義共和国)

平成 25 年度実施報告書

代表者： 前田 泰昭

大阪府立大学・地域連携研究機構・特認教授

<平成 23 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

現在、産油国であるベトナムは経済発展とともに化石燃料の消費が増え続け、2020年には生産が消費の約半分になり、2025年には約1/3にまで減る。それに従って、政府でも再生エネルギーの生産を推奨している。平成25年12月に首相決定として、ガソリンにエタノールを5%加えることが義務化され、軽油にはバイオジーゼル燃料（BDF）を5%加えることが推奨されている。従って現在の軽油の年間消費量の1200万tに対して、その5%の60万tのBDFの供給が必要となる。しかし実際にはベトナム国内で燃料として使用可能なBDFは本SATREPSのパイロットプラントで製造しているものが唯一である。これを受けて、日越工業化戦略ではBDF製造技術の日本からの技術移転を考えている。

一方、ベトナムでは、焼き畑や戦争中の枯れ葉剤による土壌汚染などで広がった約900万haの荒廃地、さらに広大な石炭採掘跡地での土砂崩れ、洪水などの災害が危惧されており、防災のための植林が急務である。また急速な経済発展に伴う都市部の粒子状物質と多環芳香族炭化水素などの大気汚染による健康被害と、山間部の貧困問題の改善が急がれている。本研究では、これらの環境・社会問題を解決し、地球温暖化対策にも寄与する植林・製造・利用を一体化したバイオエネルギーの生産システムを構築する。そのためにダイオキシン土壌汚染の調査方法として廉価な生物検定法を確立し、汚染土壌の調査を行う。また低汚染荒廃地へ *Jatropha Curcas* の植林を試みるとともに、施肥、灌水などの最適植林技術を確立し、非食用油の効率の良い採取法を検討する。

最近ではヨーロッパを中心に再生可能エネルギーの気候変動緩和能はCO₂の直接排出削減と間接土地利用変化（ILUC）の両者から評価することが推奨されるようになった。その結果、パーム油、大豆油、菜種油、ひまわり油を原料としたBDFでは、その耕作地にほかの植物を栽培したときの炭酸ガス削減能（ILUC）を考慮すると、地球温暖化ガス削減にはならないことが指摘、ベトナムのナマズ油への関心が増え、値段が高騰している。

Jatropha Curcas 油以外にもベトナムでの生産の可能性の高い *Pongamia Pinnata*、ナマズ油、ベトナムではまだほとんど利用されていない、米ぬか粗油およびゴムの実油などの非食用油を原料とした共溶媒法による高品質バイオジーゼル燃料（BDF）の製造方法を確立し、軽油と競争可能なBDFの製造を可能にし、それで製造したBDFを公共交通機関、ジーゼル発電機、船舶、農業機械の燃料として100% BDFを利用し、排ガス改善の技術開発を進める。これらの技術をラオス、カンボジア、ミャンマーなどインドシナ周辺諸国にも普及を目指す。

本プロジェクトでは上記のように多くの課題に取り組むため、下記のように全体を5つのグループに分け、それぞれが有機的に連携し、効率良く実施されるように図る。

[グループ1]: 最適なBDF原料樹種 (*Jatropha Curcas*, *Pongamia Pinnata* 等) の選択と栽培方法の確立

[グループ2]: 汚染土壌の現況調査と汚染改善技術の開発

[グループ3]: クリーンな高品質BDF製造プロセスの確立

[グループ4]: BDFの公共交通機関、農業機械等への利用と大気汚染削減の評価

[グループ5]: 多益性の検証（気候変動対策、大気汚染及び土壌汚染改善、貧困撲滅）と経済効果

2. 研究グループ別の実施内容

[グループ1]: 最適なBDF原料樹種 (*Jatropha*, *Pongamia Pinnata* 等) の選択と栽培方法の確立

①研究のねらい

荒廃地でも十分に成長し、十分なBDF原料油を供給可能な非食用油生産樹種について、優良樹種の実験とその最適栽培法を確立し、採取した油をBDFの原料としてグループ3へ供給する。

②研究実施方法

日本の2か所(大阪府立大学と石垣島の JIRCAS)で、栽培の詳細を検討した。ベトナムでは去年までの3か所に新たに Ha Long 炭鉱跡地を加えベトナムの4か所で実際の栽培を実施している。Jatropha の優良種の選択とその細胞培養による苗の栽培は技術的にめどがついた。植林は北部の Va Bi、Ha Long で6ha、中部 Quang Tri で5ha、南部 Tran Bang で5ha の合計16ha の荒廃地で Jatropha の栽培が始まり、気象条件、施肥、灌水と成長、油の収量の関係を測定中である。季節ごとの体積含水率、光合成特性を測定し、成長との関係を明らかにした。来年度から果実の採取、油の採取が始まる。さらに、油の収穫量の多いとされており、マメ科のために窒素肥料のいらない、Pongamia Pinnata の植林を、大阪府立大学と、石垣島の JIRCAS で開始した。



1. Va Bi
2. Quang Tri
3. Trang Bang
4. Ha Long

図 1-1 ベトナムでの植林地

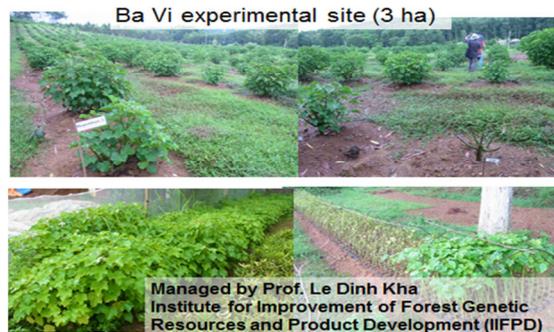


図 1-2 Ba Vi の圃場での植林(3ha)



図1-3 Ba Vi の冬季の落葉、春には回復するが成長が遅くなる



図 1-4 Quang Tri 省での植林(5ha)

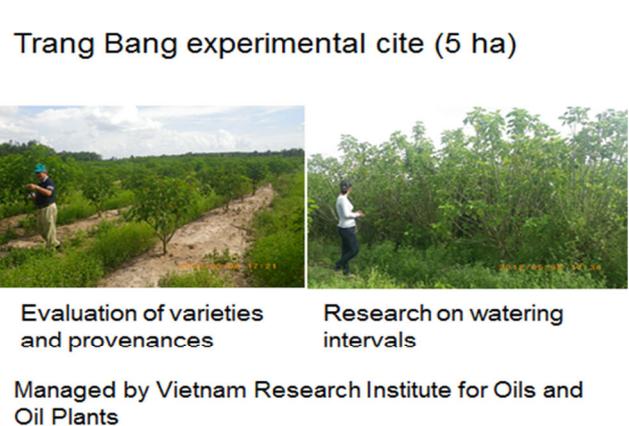


図 1-5 Trang Bang での植林(5ha)

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

ジャトロファ (*Jatropha curcas* L.) は、熱帯・亜熱帯に生育するトウダイグサ科の非食用植物であり、乾燥に強く、その種子はバイオディーゼル燃料の原料となる。食料生産との競合を避けるためには、半乾燥土壌や汚染土壌など食用植物の栽培不適地でのジャトロファの栽培管理技術を確立しなければならない。そのためには、水供給が不十分な条件下にあるジャトロファの生育に及ぼす地下水由来の土壌水の影響を把握する必要がある。

そこで大阪府立大学 (OPU) では、昨年度に引き続きジャトロファ栽培における給水管理技術確立の基礎的知見を得るために、含水率の異なる砂質土壌におけるジャトロファのガス交換について検討した。ジャトロファは花房を枝の先端に付けることから、分枝数が増えると種子生産量が増える。その他に、ジャトロファの分枝の能力や種子中の油脂含有量、雌花の数などの遺伝的形質も、種子生産に大きく関与する。そこで、これらの高い遺伝的形質を持ったジャトロファのクローン植物を効率よく繁殖させるために挿し木が行われている。挿し木は、根を持たない茎や枝を挿し穂として用いるため、水ストレスを受けにくい水分条件下で挿し木を育成することが重要となる。一般的に、発根までの間、挿し木植物体は高湿度条件下で育成する。発根した挿し木植物体は横方向に伸長する不定根を持っており、実生植物体とは異なる根の形態を持つ。このような植物体は地中深くの水を利用できないと考えられるため、半乾燥土壌などの水不足環境下では、実生植物体に比べて水ストレスをより強く受ける可能性がある。しかし、土壌の低含水率に対するジャトロファ挿し木植物の水ストレス応答についてはよくわかっていない。このような知見は、ジャトロファ挿し木の栽培地の選定や、低灌水コストでの栽培技術開発において重要となる。そこで今年度は、土壌含水率を低下させた時のジャトロファ挿し木の水ストレス応答について調べた。(結果を図1-6)

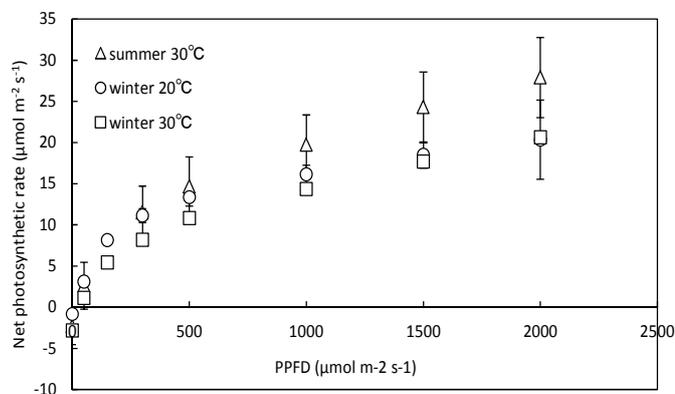


図1-6 根をそのままにした時と切った時の成長の違い 図1-7 光の照射強度と成長の速さ

国際農林水産業研究センター (JIRCAS) では、夏季と冬季におけるジャトロファの光合成特性について調べた(図1-7)。また JIRCAS では、ジャトロファの水環境以外の栽培条件と種子収量との関係を調べ、荒廃地等の栽培において種子収量を最大にするための栽培方法を検討している。今年度は初夏の大型台風により実験区の種子収量の正確な把握が難しくなったため、新梢の数で種子収量を推測する(種子収量は新梢数に比例する)考えで、ポット植えと地植えの違い、元肥量や栽植密度の違いが新梢数に及ぼす影響を調査した。加えて、①剪定方法の検討、②ジャトロファ栽培地の緑肥とカバークロップの効果を兼ねてマメ科牧草を植え、草食家畜をジャトロファの樹間で飼育する方法の検討を開始した。さらに荒廃地におけるジャトロファ栽培の実証試験として、ベトナム、ハロン市にある炭鉱跡地にお

いて試験植林を開始した。また新規の油糧樹種であるポンガミアの栽培試験を、大阪府立大学および JIRCAS で開始した。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

Jatropha Curcas 優良樹種の細胞からの栽培による多量の苗の作成について、熱帯生物研究所の Quynh 博士と協力して必要な技術の習得を行った。(下図、1-8参照)

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

ベトナム政府の強い要望で、ハロン湾炭鉱跡地(図 1-6 参照)に *Jatropha Curcas* の植林を開始した。VINACOMIN と相談し、炭鉱跡地に5ha の新たな植林地を確保した。ここは貧栄養土壌のため、多量の施肥の必要性が予想されるので、ハロン市のごみ処理コンポスト会社と、話し合いを開始した。



図1-8 細胞培養した *Jatropha* の苗



図1-9 *Pongamia Pinnata* の苗(沖縄で栽培)



図 1-10 ハロン湾の炭鉱露天掘り跡地と *Jatropha* の植林

[グループ2] : 汚染土壌の現況調査と汚染改善技術の開発

① 研究のねらい:

ベトナム戦争時に大量に散布された枯葉剤エージェントオレンジに含まれたダイオキシンによる、植林地の汚染を迅速測定可能な生物検定法を確立し、ベトナムでその分析法の研修を行い、習得した方法で、荒廃地のダイオキシン汚染を測定し、汚染マップを作製する。汚染された土壌の改善技術についても検討を行う。

②実施方法

ベトナム環境モニタリングセンター/MONRE (Calux 法)と環境技術センター/VAST (KinExa 法)の2か所で、ダイオキシン簡易測定法である生物検定法の研修を、平成24年度に図 2-1、図 2-2 に示すように実施した。

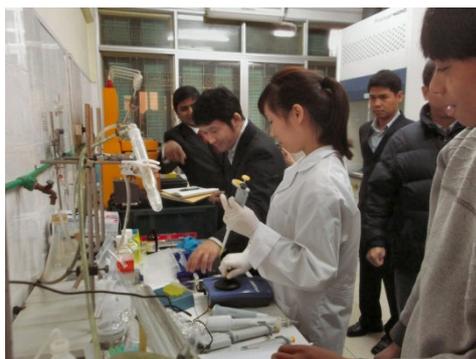


図2-1 CEM での CALUX の研修



図2-2 IET での KinExa の研修

H25 年度には Ba Vi と Trang Bang で重金属汚染について土壌を採取・分析を実施した。結果を図2-3に示す。両場所はベトナムの北と南で 1000 km 以上離れているにも拘わらず、ほとんど同じような金属の分布であった。

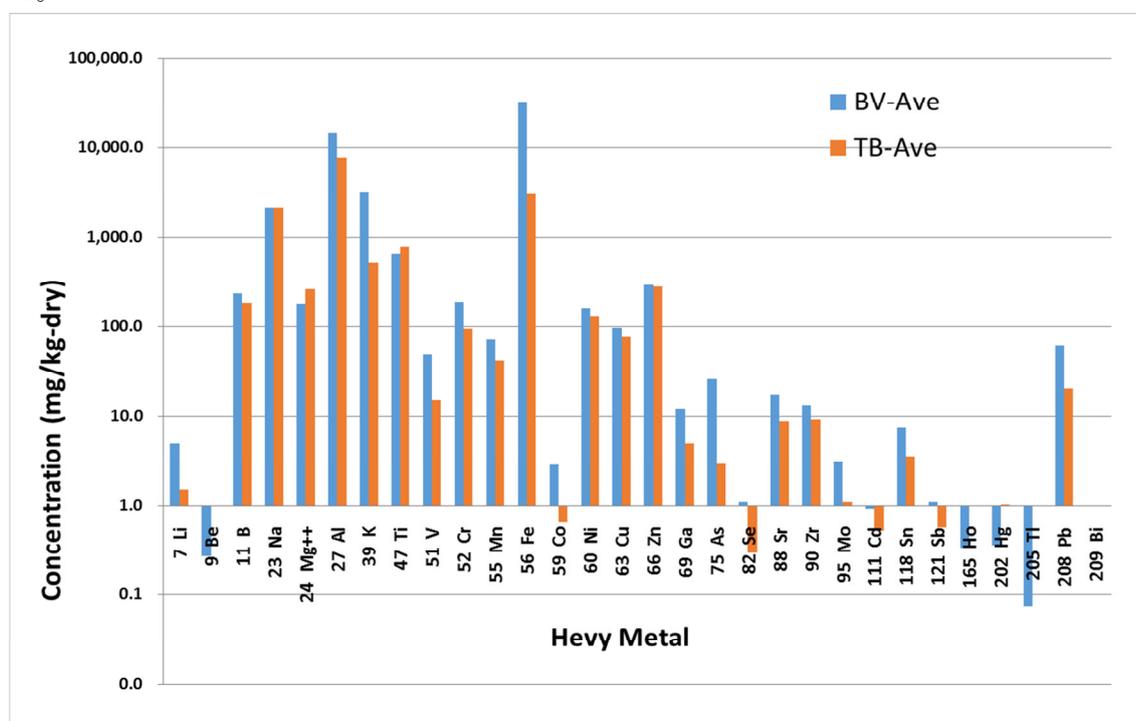


図2-3 Trang Bang および Ba Vi の土壌中重金属類濃度 (平均値)

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

CEM/MONRE と IET/VAST の両ベトナム国家環境測定研究所での生物検定法の習得と GC-MS での測定値とのクロスチェックでも測定結果の一致が得られ、さらに研修を重ねて、測定装置の充実を図れば、ベトナム側だけで、信頼性のあるダイオキシン測定の実施が可能になる。

ただ中部の大量に枯葉剤エージェントオレンジが散布された地域でも、すでに散布後 40 年が過ぎているため、ダナン空港やビンフック空港などのように、エージェントオレンジの倉庫近辺以外には高濃度汚染地域が存在せず、まだ汚染土壌の浄化の実験での実験はできていない。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

上記のように、生物検定法をまず日本に招いて研修し、さらにベトナムで初めて実試料について研修し、測定機器の設置、測定技術のノウハウを教えた。あとは測定を重ねながら、経験を積むことで、今後ベトナムでのダイオキシン測定を中心となることができる。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

ダイオキシンの生体検定法で、Calux がベトナムの公定法として検討されており、日本から測定のための細胞を輸送することなく、ベトナムで細胞の培養ができるようにとの要請が CEM からあった。これに対応できるように、H25 年度には、インキュベーターその他の装置の設置し、検討を始めた。

[グループ 3] : クリーンな高品質 BDF 製造プロセスの確立

①研究のねらい

共溶媒法でナマズ油、パーム油、Jatropha 油からバイोजーゼル燃料 (BDF) を製造し、すべての原料から純度 97%以上の BDF を得ることができた。これら製造した BDF をハロン湾の観光船の燃料として B100 で使用した (全量は 20t)。また株式会社ヤンマーのコタ・キナバル研究センターに 500L の BDF を送り、100 時間の長時間エンジンテストを実施した。全く問題なくエンジンテストを終えた。ただ共溶媒法で製造した BDF には少量のアセトンが含まれることがあるとの指摘を受けたので、生成した BDF 中にアセトンが混入しない洗浄法(洗浄水の量と回数)を確立するために、微量アセトン定量の可能な、FID 検出器付 GC をベトナムに送り試験中である。また高濃度の遊離脂肪酸を含有する安価な原料に対応した、酸-アルカリ触媒 2 段法による BDF の製造の基礎実験のために、加圧-減圧 2 槽式反応器の製作を依頼し、日本で試験を開始した。良質の原料油だけでなく、遊離脂肪酸を多く含んでいる廉価な質の悪い油からも良質な BDF の製造の可能な BDF 製造システムを構築し、副生するグリセリンの精製法としてマイクロ波加熱法を確立し、高品質グリセリンを廉価に回収し、燃料電池燃料としての用途を図る。また新たに BDF 製造の副生成物のグリセリンの超吸水ポリマー(ポリアクリル酸ナトリウム)への変換反応についても検討をする。さらに H25 年度に、グリセリンを少量加えることによって光触媒による水からの水素発生が大きく促進することを見出したので、それについても詳しく研究を始めた。

②研究実施方法

大阪府立大学とベトナム国家大学ハノイ校化学学部で、研究室実験として酸・アルカリ触媒 2 槽式 BDF 製造法の最適条件(触媒濃度、メタノール/原料油比、温度、最適溶媒添加濃度)を検討し、パイロットプラントで実施する製造実験に備えた。その結果、アセトンを溶媒として加えた時の BDF と副生グリセリンの分離の極めて早い現象を、図 3-1 に示したように、共存する、メタノールの溶解がグリセリン側で起こるか、アセトン側で起こるかの違いで、説明ができた。またゴムの実油、Jatropha 粗油、米ぬか粗油を原料として、BDF 製造実験を行い、これら遊離脂肪酸の多い、質の悪い廉価な原料油からは共溶媒法でのみ、純度が BDF 燃料基準の 96.5%を上回る高品質の BDF の製造が可能であることを明らかにした。さらに、副生グリセリンのマイクロ波加熱については、図 3-2 に示す連続加熱装置を作製し、検討した。その結果、マイクロ波過熱によって極めて高純度のグリセリンを得ることができた。また図 3-3 に示したような、BDF 製造パイロットプラントを作製、ハイフォン経由で VNU-ハノイに輸送・設置し、H26 年 4 月に BDF 製造を開始した。(図 3-3) そこで製造した BDF を原料および副生のグリセリンと一緒に図 3-4 に示した。

分離

従来法(機械攪拌)	共溶媒法
600分	15分
BDF 0.89	BDF + Acetone + CH ₃ OH 0.87
Gly+3CH ₃ OH 0.91	Gly 1.26



図 3-1 共溶媒法での分離の早い理由 図 3-2 マイクロ波加熱グリセリン精製装置 図3-3 加圧反応装置
(従来法:密度 0.89 と 0.91 の液体の分離、
共溶媒法:密度 0.87 と 1.26 の液体の分離)



図3-4 試運転をするパイロットプラント

図3-5 固形分の混ざった粗油から高品質 BDF の製造

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

現時点では極めて順調に計画が実施されている。やっとパイロットプラントでの製造実験が開始したので、経済的に意義のある、Jatropha 油、獣脂、ゴムの実油を原料として、できるだけ多くの BDF を製造し、National Railway、ハロン湾の観光船へと供給を継続する。



図3-5 ハロン湾の観光船への BDF の利用

図3-6 BDF を観光船燃料に利用した時の排ガス測定

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

共溶媒法での BDF 製造、B100 で使用する際の重要なキーテクノロジーである、凝固点降下剤(PPD)の製造

についてはカウンターパートが完全に技術を習得し、今後は自分たちだけで運転ができる。あとはグリセリンの利用についてさらに研修を実施する必要がある。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況

当初はJatropha 油を主原料としたBDF 製造を計画していたが、原料油の高騰によって、廉価なゴムの実油、最近、注目されている *Pongamia Pinnata* についても検討する必要が出てきた。H25 年度から検討を開始した。

グリセリンのアクリル酸への変換とポリアクリル酸ナトリウム、超吸水ポリマーは合成が終わり、現時点ではポリマーの約 500 倍の水を吸うことが明らかとなった(図3-7)。

超音波で白金ナノ微粒子を TiO₂ に担持した触媒で水の光分解をする時、グリセリンを加えると水素発生が役百倍にも増加した(図3-8)。今後はこれについても研究を進めるつもりである。

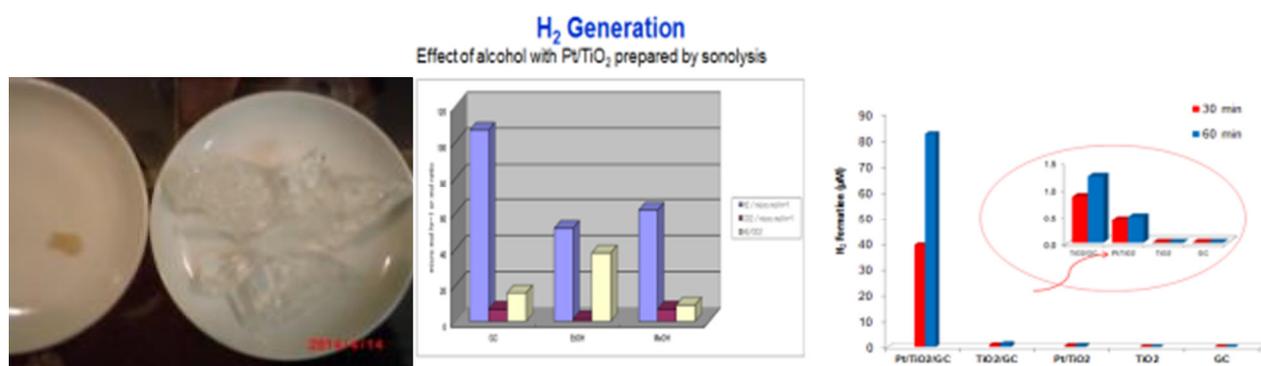


図 3-7 超吸水ポリマー 図 3-8 光触媒の水の分解による水素発生グリセリンによる加速作用

[グループ 4] : BDF の公共交通機関への利用と大気汚染削減の評価

① 研究のねらい

石油系燃料の軽油の代替に BDF を利用すると、本当に環境汚染の改善になるかどうかを検証するために、BDF 燃焼排ガスの測定法の確立と、確立した測定法での排ガスの測定を実施する。大気汚染の現状を測定するために、ハノイとホーチミンの 2 か所に大気汚染観測局を設置し、連続的に大気汚染の測定を行い、ベトナムの大都市圏での大気汚染の現状を把握する。

② 研究実施方法

図 4-1 と図 4-2 に示すように、ハノイの IET/VAST とホーチミンの VNU-HCMC の道路沿いの敷地内に大気観測局を設置した。



図 4-1 ハノイ、IET/VAST の大気観測局(地上)



図 4-2 ホーチミンの VNU-HCMC の大気観測局(2 階)

両観測局には窒素酸化物計、硫黄酸化物計、オゾン計、PM2.5、炭化水素計が設置されており、ホーチミンには CO 計が設置された。H25 年 3 月から継続して測定が開始された。このような機器のそろった、しかも継続的に測定をする観測局は、ハノイではほかに 2 測定局が、ホーチミンでは従来の測定局のほとんどが故障しているので、唯一の観測局である。特に中国からの飛来が社会問題になっている PM2.5 についてはベトナムでは全くデータがなく、本観測がベトナムで初めてのものである。

発電機に BDF と軽油の混合燃料を用いて排ガスを測定した。結果は図 4-3 に示すように

ガス分析器の測定結果

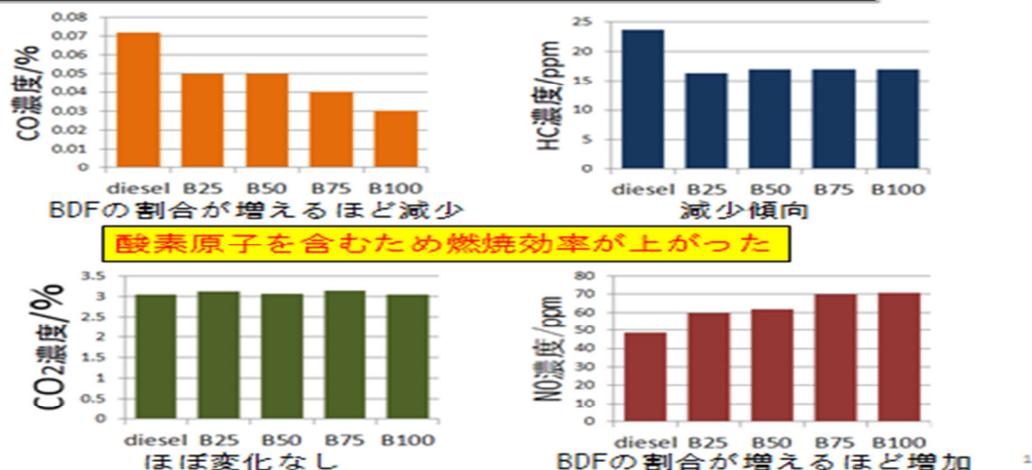
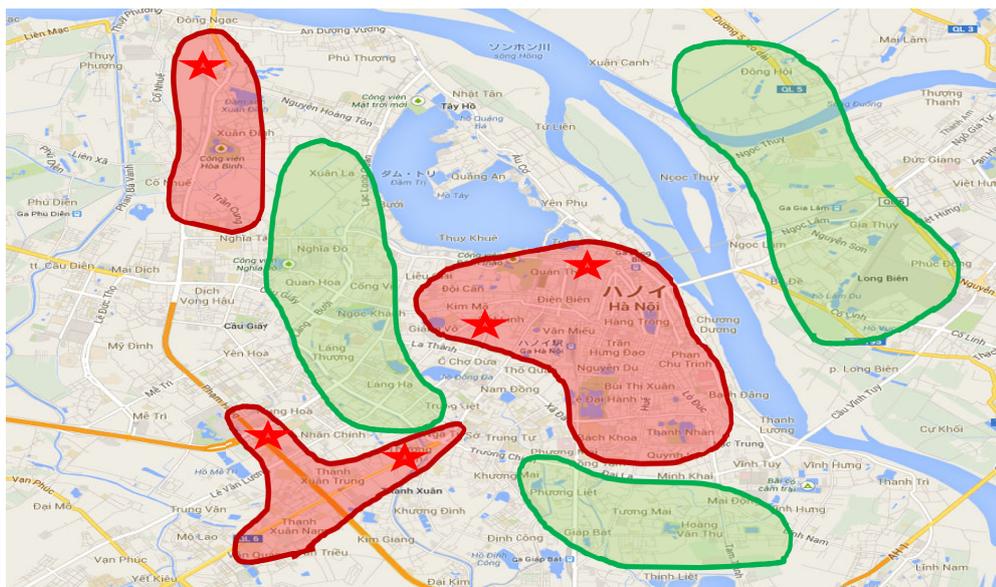
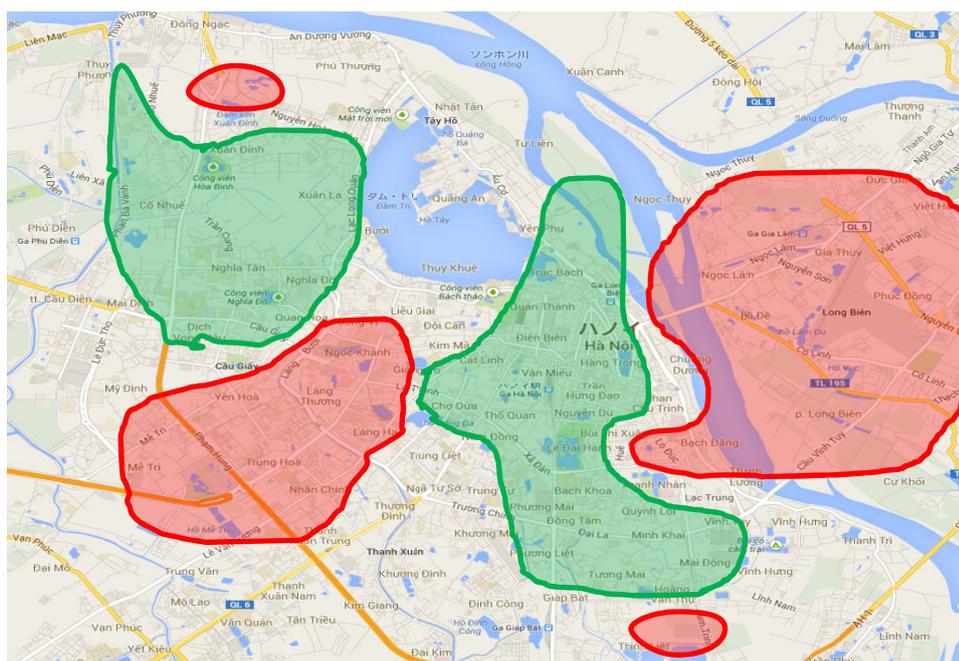


図4-3 軽油、BDF およびその混合燃料を燃料した発電機の排ガス測定結果



赤: 20~40 ppb
 緑: 0~20 ppb

図 4-4 パッシブサンプラーによるハノイ市内 NO₂ 濃度測定結果 (2013 年 8 月 28 日~9 月 3 日)



赤: 20~40 ppb
 緑: 0~20 ppb

図 4-5 ハノイ市オゾン濃度分布図

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

計画通り観測機器が設置され測定を開始した。また個別の観測値(多環芳香族炭化水素類、アルデヒド類)の測定も実施した。またパッシブサンプラーでの窒素酸化物とオゾンの測定を実施し、ハノイ市での濃度分布を図 4-4, 4-5 に示した。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

大気観測局の各測定器の測定法とメンテナンスについては、2 月 18 日から 3 月 15 日まで今村博士が、3 月 17 日から 20 日まで大阪府立大学竹中教授がハノイとホーチミンを訪問して、カウンターパートと一緒に測定

機器の作動、運転について確認し、標準ガスを用いて測定機器の校正を行った。ハノイ市内のパッシブサンプラーでの汚染物質の分布は IET のカウンターパートが測定したものである。サンプラーの作り方、汚染物質の採取方法、測定方法はすでに技術移転ができています。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

PM2.5 についてはベトナム環境基準には含まれていないが、人間の健康にもっとも被害があることが指摘されているので、その測定器を設置し、今後はベトナムの環境基準に含まれている PM10 と両者の濃度を同時測定し、今後、ベトナムでの初めての観測データとして公表する予定である。またベトナムの観測局では極めて湿度が高く、機器管理と機器に導入前に、試料採気管での湿度削減の検討が必要である。今年度は観測準空気での希釈と、冷却による湿度削減の両観点から検討を行う。

[グループ 5] : 多益性の検証 (気候変動対策、大気汚染及び土壌汚染改善、貧困撲滅) と経済効果

①研究のねらい

植林、BDF 原料油の採取、BDF の製造と利用によって本当に本プロジェクトを推進することが気候変動緩和策になりうるかどうかを正確に評価する。また多益性についても、CO₂ 吸収、汚染土壌の無害化と活用、貧困農民の収入増加、廃棄物の少ない BDF のクリーン製造プロセスの実現、BDF 燃料のカーボンニュートラルの実証を評価する。

②研究実施方法

多益性評価に関する理論的アプローチとして、ベトナムを対象としたポリューションヘブン問題の考察、エージェントベースドシミュレーション、労働市場分析(以上大阪市大担当)を行うとともに、現場型アプローチとして、ハノイおよびハロンにおける各種聞き取り調査(大阪市大担当)、ならびにハロン湾観光船への BDF 利用の社会受容性に関するアンケート調査(大阪府大担当)を行った。理論的アプローチの結果から、ポリューションヘブン問題については現在は観察されていないものの今後起こる可能性があること、荒廃地での BDF 作物生産による収入が食用作物生産による収入より低くなければならないこと、BDF 作物生産だけでなく別の段階での雇用創出の効果を検討する必要があることが分かった。また、現場型アプローチの結果からは、ハノイでの大気汚染は深刻であり公共交通機関の発達とともにそれに対する BDF 利用が効果的であること、ハロンでは観光産業を活用した環境保全「エコツーリズム」が効果的であること、さらに BDF 利用の費用負担について、特に外国人観光客が積極的であることが分かった。

ベトナム各地での BDF 生産—利用シナリオについて以下のように進めることとなった。

- ・ Hanoi では、Ba Vi でクロヨナを栽培し、BDF を観光バスに使用する。
- ・ Ha Long では、クロヨナを炭鉱跡地で栽培し、BDF を観光船に使用する。
- ・ Quang Tri では、ゴムを栽培し、BDF を農業機械あるいは観光バス (Hue) に使用する。
- ・ Trang Bang では、ジャトロファを栽培し、BDF を農業機械に使用する。
- ・ Ho Chi Minh では、ナマズ解体廃油を利用し、BDF を観光バスあるいはパッカー車に使用する。

(1) ポリューションヘブンとは

「ポリューションヘブン」とは、「タックスヘブン」のアナロジーのように用いられる概念で、企業が、環境汚染に対する法的規制の厳しい国(地域)から、法的規制の緩い国(地域)に工場を移転することで、環境対策にかかるコストを削減しようとするものである。

一般に、工業化の進んだ先進国は環境汚染に対して厳しい法規制を持っており、現在工業化を進めている発展途上国では、より緩い法規制を持っているために、先進国の工場が発展途上国へ移転することで、経済的な観点からは、先進国の企業は環境対策コストの削減を享受でき、発展途上国は、その工場

によって雇用や生産が向上するという利点があるが、環境の観点からは、発展途上国は、自国の生産規模に加えて、先進国の分の環境汚染までも引き受けることとなるという問題が生じる。

(2) ベトナムの現状

現在までのところ、ベトナムではポリューションヘブン現象は観察されていない¹。これは、現時点でのベトナムの工業化がまだまだ途上段階にあるためである²。

もちろん、そのように厳しい法規制に対しても、ベトナム産の BDF を用いる方が先進国で環境汚染対策をするよりも安いコストでまかなえるということが前提である。現在、食用作物を生産している地域は、荒廃地よりも肥沃な土地であり、BDF 作物が荒廃地でも成長するとしても、肥沃な土地の方がより多くの実をとることが出来るために、当然肥沃地の生産者の方が高い競争力を持つ。

(3) 法的環境規制と BDF

ベトナムでは、すでに大気汚染に対する法規制が行われているが、その規制は先進国を上回るほど厳しいものではないため、ポリューションヘブン現象を生じる危険性を持っている。BDF の生産コストを下げ、これを安価で提供することができれば、先進国からの工場を誘致しながらも、環境に関してより厳しい法規制をもうける³ことで、ポリューションヘブン現象を避けることができる。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

グループ 5 では、当初の計画でも他のグループの結果が得られてから、具体的な検討が始まる。現時点では基礎資料の収集、いろいろなモデルケースに対する評価手法と計算結果を検討中である。

④カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）

まだカウンターパートとの共同作業には至っていない。H25 年度には VNU のカウンターパートとの共同作業を始めて実施した。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況（あれば）

特別に想定されていなかった展開はない。Quang Tri の植林地が極めて山奥で交通の便が悪く、地元でのデータ収集が困難であった。Va Bi は IIFPD が、Trang Ban では Oil Institute がカウンターパートとして協力しているので、Quang Tri 省のカウンターパートとして Lun Lo 51 を選び今後の協力を依頼している。

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

① 本年度発表総数(国内 1 件、国際 11 件(うち印刷中 1 件))

② 本プロジェクト期間累積件数(国内 3 件、海外 18 件)

③ 論文詳細情報

1) Le Tu Thanh, Kenji Okitsu, Yasuaki Maeda, Hiroshi Bandow, Ultrasound assisted production of fatty acid methyl esters from transesterification of triglycerides with methanol in the presence of KOH catalyst: Optimization, mechanism and kinetics, *Ultrasonics Sonochemistry*, **21**, 467-471(2014).

2) P. Q. Thang, Y. Maeda, N. Q. Trung, N. Takenaka, Low molecular weight methyl ester in diesel/waste cooking oil biodiesel blend exhausted gas. *Fuel* **117**, 1170-1171.(2014)

3) Khanh, N., Kitaya, Y., Xiao, L., Endo, R., Shibuya, T., Selection of microalgae suitable for culturing with

¹ 自国内で消費される工業生産物の量に比して、工場由来の環境汚染が過大とはなっていない、という意味である。

² 逆に言えば、今後急速に工業化が進む余地を残している。

- digestate from methane fermentation. *Environmental Technology*, 34, 13-14, 2039-2045,(2013).
- 4) Hoa Thi Truong, Phuong Duc Luu, Yasuaki Maeda, Asu Zylan, Yoshiteru Mizukoshi, New Green Technology for the Biodiesel Fuel Production by Co-solvent method - Extraction of useful chemicals and the utilization of by-products Glycerin- Proc.2013 International Conference on Frontiers of Environment, Energy and Bioscience, Beijing China, October 24-25(2013).
- 5) S. Kongmany, H. Matsuura, M. Furuta, S. Okuda, K. Imamura, Y. Maeda, Plasma application for detoxification of Jatropha phorbol esters, *J. Phys. Confer. Ser. Vo. 441*, 012006 (2013).
- 6) Honda K, Ueda Y, Watanabe I, Evaluation of the rapid cleanup method for the analysis of dioxins derived from herbicide “Agent Orange” in soils. *Organohalogen Compounds*, **75**, 363-366 (2013)
- 7) Ueda Y, Watanabe I, Honda K, Evaluation of the rapid cleanup method for the analysis of dioxins in foodstuff. *Organohalogen Compounds*, **75**, 367-370 (2013)
- 8) Ueda Y, Watanabe I, Nam VD, Minh NH, Son LK, Honda K, Rapid analysis for dioxins derived from Agent Orange in soil. I - HRGC/HRMS determination method. *Organohalogen Compounds*, **75**, 371-374 (2013)
- 9) Tateishi N, Takagi Y, Oshima S, Ueda Y, Watanabe I, Binh MD, Trung NQ, Honda K, The rapid analysis for dioxin derived from Agent Orange in soil II- Analytical method with flow immunosensor. *Organohalogen Compounds*, **75**, 347-350 (2013)
- 10) Nakamura M, Nishida M, Binh HV, Mo NT, Hue NTG, Nam VD, Minh NH, Son LK, Honda K, The rapid analysis for dioxin derived from Agent Orange in soil. III- CALUX assay for developing country. *Organohalogen Compounds*, **75**, 406-409(2013)

H25 年度 (in press)

- 11) P. Q. Thang, T. Taniguchi, Y. Nabeshima, H. Bandow, N. Q. Trung, N. Takenaka(2014) Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons concentrations simultaneously obtained in gas, rainwater and particles. *Air Quality, Atmosphere & Health*, Accepted for publication.

H25 年度(国内)

- 12) 上田祐子, 渡邊功, 本田克久 : 枯葉剤 (Agent Orange) 由来の土壤中ダイオキシン類の超音波抽出法に関する検討. *環境化学*, 23 (2), 95-102, (2013).

H24 年度

- 13) Thanh T Le, Kenji Okitsu, Yasuhiro Sadanaga, Norimichi Takenaka, Yasuaki Maeda, Hiroshi Bandow, “A new co-solvent method for the green production of biodiesel fuel - optimization and practical application”, *Fuel*, Vol. 103 pp.742-748 (2013).
- 14) J. Hong, Y Miki, K Honda and H Toita, Development of the automated cleanup system for the analysis of PCDDs, PCDFs and DL-PCBs. *Cemosphere* **88**, 1287-1291(2012).

H23 年度

- 15) L.T. Thanh, K. Okitsu, L.V. Boi, Y. Maeda, “Catalytic Technologies for Biodiesel Fuel Production and Utilization of Glycerol: A Review” *Catalysts*, Vol.2, pp.191-222,(2012).

- 16) Arai, R., Akita, K., Nishiyama, T., Nakatani, N., and Otsuka, K., "Measuring Instrument for Dissolved Inorganic Nitrogen and Phosphorus Ions," Jour. of Offshore and Polar Engineers, IJOPE, Vol. 21, No. 1, pp.44-49, 2011 (2011 年 1 月)
- 17) Y. Komai, K. Okitsu, R. Nishimura, N. Ohtsu, G. Miyamoto, T. Furuhashi, S. Semboshi, Y. Mizukoshi, N. Masahashi, "Visible light response of nitrogen and sulfur co-doped TiO₂ photocatalysts fabricated by anodic oxidation" Catalysis Today, Vol. 164, pp. 399-403, 2011 年 4 月
- 18) Y. Maeda, L.T. Thanh, K. Imamura, K. Izutani, K. Okitsu, L.V. Boi, P. N. Lan, N.C. Tuan, Y.E. Yoo, N. Takenaka, "New Technology for The Production of Biodiesel Fuel" Green Chem. Vol. 13, pp. 1124-1128, (2011).
- 19) G. Priyotomo, K. Okitsu, A. Iwase, Y. Kaneno, R. Nishimura, T. Takasugi, "The corrosion behavior of intermetallic compounds Ni₃(Si,Ti) and Ni₃(Si,Ti) + 2Mo in acidic solutions" Applied Surface Science, Vol. 257, pp. 8268- 8274, (2011).

国内誌

- 20) 長尾謙吉 「創造都市をめぐる省察」日本都市学会年報 Vol.145, 121-130, 2011 (笹島と共著)
- 21) 大塚耕司:包括的環境影響評価指標 Triple I, KANRIN(日本船舶海洋工学会誌), 第 38 号, pp.15-18, 2011

(2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳(国内 0 件、国際 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、国際 0 件)

4. プロジェクト実施体制

[グループ 1]:最適な BDF 原料樹種 (*Jatropha*、ゴム、*Pongamia Pinnata*) の選択と栽培方法の確立 :

日本側

大阪府立大学生命環境科学研究科、北宅善昭教授、渋谷俊夫准教授、遠藤良輔助教、
国際農林水産業研究センター、伏見力技術支援室長、緒方達志主任研究員

ベトナム側

IIFPD, 所長 Le Dinh Kha 博士、MARD 林業局 Nguyen Huu Thien 部門長、ITB: Quynh 博士、
Oil Institute of Technology, Thao 所長

[グループ 2]: 汚染土壌の現況調査と汚染改善技術の開発 :

日本側

愛媛大学農学部、本田克久教授、渡邊功研究支援員、上田祐子研究員、立石陽子研究員
大阪府立大学地域連携研究機構、今村清博士、中村昌文研究員、理学系研究科、八木孝司教授、川西優喜
助教、

ベトナム側

CEM/MONRE の Le Ke Son 所長及び Nam 博士、
IET/VAST、Nguyen Thi Phuong Thao 准教授、Trung 博士

[グループ3] : クリーンな高品質 BDF 製造プロセスの確立 :

日本側

大阪府立大学産学官連携機構、前田泰昭特認教授、大阪府立大学大学院工学研究科興津健二准教授、水越准教授、

ベトナム側

VNU-Hanoi 化学学部学部長 Luu Van Boi 教授。Pham Ngoc Lan 准教授

VNU-HCMC 物理化学科長 Nguyen Thi Phuong Thoa 准教授

[グループ4] : BDF の公共交通機関への利用と大気汚染削減の評価 :

日本側

大阪府立大学大学院工学研究科、竹中規訓教授、

ベトナム側

IET/VAST Nguyen Quang Trung 博士、

VNU-HCMC To Thi Hien 博士、Tran Thi Ngoc Lan 博士

[グループ5]: 多益性の検証（気候変動対策、大気汚染及び土壌汚染改善、貧困撲滅）と経済効果 :

日本側

大阪府立大学大学院工学研究科大塚耕司教授

大阪市立大学・大学院経済学研究科：橋本文彦、脇村孝平長尾謙吉、瀬戸口明久准教授、藤森梓博士研究員、浅居孝彦研究員、森脇祥太准教授

ベトナム側

Nguyen Khac Hieu MONRE副局長、Nguyen Tu Anh MONRE、Climate Change Center/MONRE

以上