

カンボジア国

カンボジア国

未利用水生植物のバイオエタノール化に関する案件化調査

業務完了報告書

平成 30 年 12 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社サンウエスパ

国内
JR
18-233

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・ 本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・ 利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

巻頭写真



トンレサップ湖 水上村落



水生植物ホテイアオイ



ホテイアオイに囲まれるボート



湖を埋め尽くすホテイアオイ



水上生活者へインタビュー



水上村落にあるガソリンスタンド



MH BIO 社 (バイオエタノール製造工場)

目次

巻頭写真	.....	i
目次	.....	ii
図表リスト	.....	iv
略語表	.....	vi
要約	.....	viii
ポンチ絵（和文）	.....	xiii
はじめに	.....	xiv
第1章	対象国・地域の開発課題.....	1
1-1	対象国・地域の開発課題.....	1
1-1-1	開発課題の状況.....	1
1-1-2	開発課題の背景・原因.....	3
1-2	当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等.....	6
1-2-1	開発計画、政策、法令等.....	6
1-3	当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針.....	10
1-3-1	我が国国別開発協力方針.....	10
1-4	当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析.....	11
1-4-1	ODA 事業.....	11
1-4-2	他ドナーの先行事例.....	12
第2章	提案企業、製品・技術.....	13
2-1	提案企業の概要.....	13
2-1-1	企業情報.....	13
2-1-2	海外ビジネス展開の位置づけ.....	13
2-2	提案製品・技術の概要.....	14
2-2-1	ターゲット市場.....	14
2-2-2	提案製品・技術の概要.....	18
2-2-3	比較優位性.....	22
2-3	提案製品・技術の現地適合性.....	23
2-3-1	現地適合性確認方法.....	23
2-3-2	現地適合性確認結果（技術面）.....	24
2-3-3	現地適合性確認結果（制度面）.....	32
2-4	開発課題解決貢献可能性.....	35
2-4-1	開発課題貢献可能性.....	35
第3章	ODA 案件化.....	36
3-1	ODA 案件化概要.....	36
3-2	ODA 案件内容.....	38
3-3	C/P 候補機関組織・協議状況.....	47

3-4	他 ODA 事業との連携可能性.....	49
3-5	ODA 案件形成における課題・リスクと対応.....	49
3-6	環境社会配慮等.....	50
3-7	期待される開発効果.....	51
第 4 章	ビジネス展開計画.....	52
4-1	ビジネス展開計画概要.....	52
4-2	市場分析.....	52
4-2-1	市場の定義・規模.....	52
4-2-2	競合分析.....	56
4-3	バリューチェーン.....	56
4-3-1	製品・サービス.....	56
4-3-2	バリューチェーン.....	57
4-4	進出形態とパートナー候補.....	58
4-4-1	進出形態.....	58
4-4-2	パートナー候補.....	59
4-5	収支計画.....	60
4-5-1	収支計画.....	60
4-6	想定される課題・リスクと対応策.....	62
4-6-1	課題・リスクと対応策（法制度面）.....	62
4-6-2	課題・リスクと対応策（ビジネス面）.....	63
4-6-3	課題・リスクと対応策（政治・経済面）.....	63
4-6-4	その他課題・リスクと対応策.....	64
4-7	期待される開発効果.....	64
4-7-1	開発効果.....	64
4-8	日本国内地元経済・地域活性化への貢献.....	65
4-8-1	サンウエスパ自体への裨益.....	65
4-8-2	関連企業・産業への貢献.....	65
4-8-3	その他関連機関への貢献.....	65
英文要約	.....	66
ポンチ絵（英語）	.....	72
別添資料	.....	73
環境チェックリスト	.....	74
合意文章	.....	77
掲載新聞	.....	82

図表リスト

図 1	シアヌークビルの海岸に漂流したホテイアオイ	1
図 2	キャノンハイテクタイランドのホテイアオイ除去活動	4
図 3	滋賀県 山本川における除去活動	4
図 4	一人当たりの GDP の推定量 (US ドル)	8
図 5	ホテイアオイの分布	14
図 6	世界のエタノール需給の推移とそのバランス	15
図 7	エタノール製造工程の概要	18
図 8	エタノール製造プラントの立面図 (X軸)	20
図 9	エタノール製造プラントの立面図 (Y軸)	20
図 10	エタノール製造プラントの平面図	20
図 11	エタノール製造工程と関連する機材	21
図 12	各物質の量の経時変化	25
図 13	事業対象候補地	37
図 14	本事業における活動概要と関連する成果	39
図 15	Krong Kampong Chhnang エリアの事業対象候補地 地図	41
図 16	事業対象候補地の写真	42
図 17	ODA 案件の事業実施体制図	43
図 18	コンポンチュナン州の実施体制	44
図 19	カンボジアにおける 1 人当たりの GDP とアルコール年間消費量の関係	53
図 20	アルコール種別消費量	54
図 21	カンボジアへのアルコール輸入量	55
図 22	カンボジアからのアルコール輸出量	55
図 23	事業の全体像	58
図 24	コンポンチュナン焼き 糶薬処理を施す陶工	60
表 1	ホテイアオイの特徴と被害状況	5
表 2	産業・工業分野における主な指標と目標	6
表 3	鉱業・エネルギー分野における主な指標と目標	7
表 4	州における商業活動	8
表 5	トンレサップ庁における戦略計画の政策 2	9
表 6	エネルギー製造工程における関連省庁の棲み分け	10
表 7	我が国国別開発協力方針と事業との関連性	10
表 8	世界のエタノール生産量、需要量	15
表 9	事業法アルコールの用途別需要数量	16
表 10	各国のエタノール混合ガソリン	17
表 11	各国のバイオ燃料導入のスタンスに関する法・支援制度	17

表 12	エタノール製造に必要な機材一式と使用目的.....	19
表 13	エタノール製造方法①～③の比較.....	23
表 14	茎、根の最大収量が得られた時の条件.....	25
表 15	酵母の発酵試験の試験区設定.....	26
表 16	酵母 a～f の購入場所や価格等.....	26
表 17	酵母の発酵試験の結果.....	27
表 18	乾燥試験の結果.....	28
表 19	受入れ活動の主な日程と内容.....	29
表 20	バイオガソリン購入意思ヒアリング結果.....	30
表 21	カンボジア産飲料用アルコールの価格帯.....	32
表 22	環境関連法規制の一覧.....	34
表 23	ODA 案件事業概要.....	38
表 24	導入を想定しているエタノール製造プラントの仕様.....	42
表 25	最適化に向けた 11 通りの検証内容.....	45
表 26	エタノール製造計画（11 通りの検証）.....	45
表 27	活動計画（3 か年計画）.....	46
表 28	州内の観光客数.....	47
表 29	ODA 案件形成における課題とリスク.....	49
表 30	本事業実施によって期待される開発効果.....	51
表 31	カンボジアにおけるガソリン輸入量、販売量.....	52
表 32	設立条件による免税範囲.....	59
表 33	収支計画（前期、後期）.....	61
表 34	法制度面における課題・リスクと対応策.....	62
表 35	ビジネス面における課題・リスクと対応策.....	63
表 36	政治・経済面における課題・リスクと対応策.....	63
表 37	その他課題・リスクと対応策.....	64
表 38	エタノール製造量に応じたホテイアオイの採取面積、重量.....	64

略語表

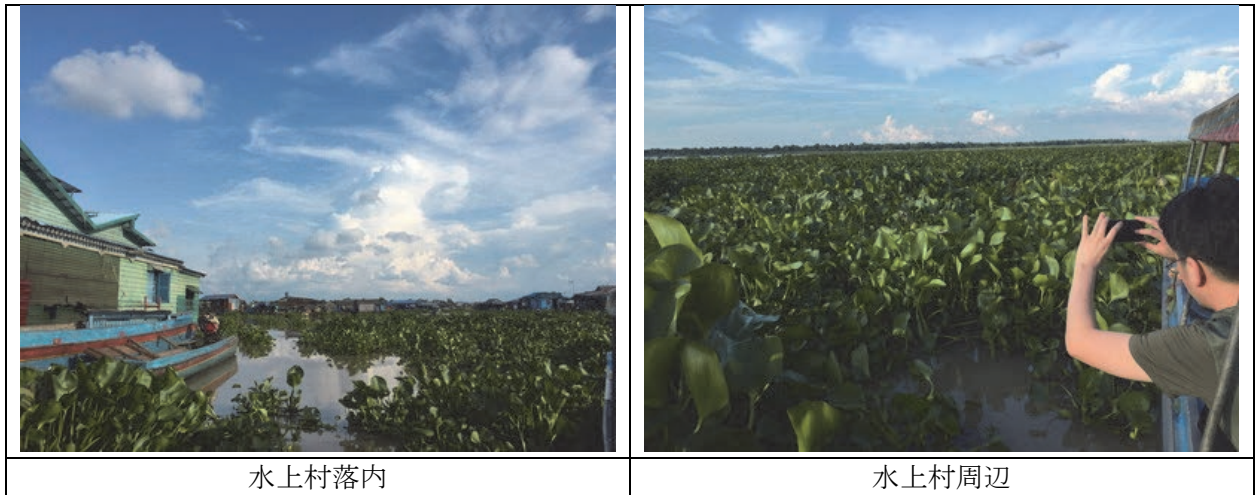
略語	名称	和名称
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AEDP	Alternative Energy Development Plan (2012-2021)	再生可能エネルギー開発計画 (2012-2021)
C/P	Counter Part	現地受入機関
CPG	Cooperation for facilitating Patent Grant	特許の付与円滑化に関する協力
EAC	Electricity Authority of Cambodia	カンボジア電力機構
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EPA	United States Environmental Protection Agency	アメリカ合衆国環境保護庁
EPC	Environmental Protective Contract	環境保護契約
ERIA	Economic Research Institute for ASEAN and East Asia	東アジア・アセアン経済研究センター
EU	European Union	欧州連合
E3	Ethanol 3% mixed gasoline	エタノール3%混合ガソリン
E5	Ethanol 5% mixed gasoline	エタノール5%混合ガソリン
E10	Ethanol 10% mixed gasoline	エタノール10%混合ガソリン
E25	Ethanol 25% mixed gasoline	エタノール25%混合ガソリン
E85	Ethanol 85% mixed gasoline	エタノール85%混合ガソリン
E100	Ethanol 100% mixed gasoline	エタノール100%混合ガソリン
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	国際連合食糧農業機関
FFV	Flexible-Fuel Vehicle	フレックス燃料車
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
HACCP	Hazard Analysis (and) Critical Control Point	危害要因分析重要管理点
IEIA	Initial Environmental Impact Assessment	事前環境影響評価
IUCN	International Union for Conservation of Nature	国際自然保護連合
IT	Information Technology	情報技術
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
MTBE	Methyl Tertiary-Butyl Ether	メチル・ターシャリー・ブチル・エーテル
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PCT	Patent Cooperation Treaty	特許協力条約
QIP	Qualified Investment Project	適格投資プロジェクト
REREP	Rural Electrification by Renewable Energy Policy	再生可能エネルギー利用地方電化政策
RFS	Renewable Fuel Standard	再生可能燃料基準
RGC	Royal Government of Cambodia	カンボジア王国政府

SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム
SC	Steering Committee	ステアリングコミッティ
SEZ	Special Economic Zone	経済特別区
UNEP	United Nations Environment Programme	国連環境計画
WHO	World Health Organization	世界保健機関
WS	Work Shop	ワークショップ

要約

第1章 対象国・地域の開発課題

カンボジアの中央部に位置するトンレサップ湖では、リンや窒素などを含む大量な農業排水や工業廃水が流入し、それらを養分として水生植物が異常繁茂していると言われていいる。水生植物の中でもホテイアオイは繁殖能力に優れ、空間的な制限がない場合には7か月間で現存量が200万倍になることが報告されている¹。かかる性質から、驚異的に繁殖したホテイアオイが湖面や河川を埋め尽くすことによって、水上交通・運送の妨害、水中酸素の減少による魚の大量死や漁獲量の減少、ボートや運搬船に根がからみ、エンジンやスクルーを破損させるなど様々な課題を引き起こしている。



要約写真 水面を埋め尽くすホテイアオイ（コンポンチュナン州）

調査対象地のコンポンチュナン州はトンレサップ湖の南に位置し、ホテイアオイが滞留・蓄積するエリアである。乾季はトンレサップ湖からトンレサップ川へ河水が流入、雨季はトンレサップ川からトンレサップ湖に逆流する現象により、湖からトンレサップ川に分れる川幅の狭い支流に滞留しやすい地域がある。主な被害は航路妨害により通常は15分で行けるところに1日かかることや、漁業に出られない、物資到着・発送の遅延、中洲住民の重症やお産時に移動困難となり死亡するケースがある、などである。

なお、ホテイアオイは南米原産のミズアオイ科の水草（背丈15～60cm）で用水池、水路、湖などに驚異的な繁殖力で広がり、「世界の三大害草」や「青い悪魔」とも言われる公害草である。本邦環境省は、生態系被害の予防に役立てることを目的として、注意を要する外来生物のリストを公表しており、ホテイアオイもリストに含まれる要注意外来生物である。国際自然保護連合も、ホテイアオイを世界の侵略的外来種ワースト100の1つに指定し、世界で10種の最悪な雑草の1つとして認識されている。

このような公害草に対する一般的な対応策は、重機による刈り取り採取や焼却、茎を材料にした民芸品等の制作である。カンボジアでも乾燥したホテイアオイの茎でバッグやフロ

¹ 岡山理科大学 石井猛「ホテイアオイは地球を救う」1992 P15

アマット等を作り販売している場合もあるが、茎の乾燥や民芸品の生産には多大な時間を要するために、回収量や消費量が繁茂に追いつかず、根本的な問題解決には至っていない。

第2章 提案企業、製品・技術

サンウエスパはシュレッターダスト（紙くず）からバイオエタノールを製造し、再利用する事業を行なっている。シュレッターダストのパルプ繊維に含まれる細胞壁（セルロース）に酵素と酵母を用いて糖化発酵し、さらに蒸留させることでバイオ由来のエタノールを製造するものである。この製造方法は、穀物由来のバイオエタノールのように原料が食料と競合せず、廃棄物・エネルギー・食料等の環境問題を包括的に解決する可能性を秘めている。



要約図 1 バイオエタノール製造工程

この技術はシュレッターダストに限らず細胞壁を有するあらゆる植物に応用してバイオエタノールを回収できることから、本調査では、この技術を活用してホテイアオイを原料としたエタノール製造事業の実現を目指す。なお、調査開始時は、エタノールの販売方法は、①E3 ガソリン用に濃度 99.5%以上に精製したエタノール、②消毒用薬用アルコール、③飲料用アルコール（スピリッツ）を想定していた。

本調査の結果、開発課題として設定したホテイアオイの驚異的な繁茂により①航路の妨げによる水上交通・運輸障害、②漁民のボートや運搬船のエンジンやスクリュー破損、③水中酸素の減少や水蒸発量の増大による魚の大量死や漁獲量の減少など、現実的な課題に直面していることが明らかとなり、ホテイアオイの除去に対する需要が高い事も判明した。行政機関もこの課題を認識していたが、解消できない要因の一つとして、行政機関もホテイアオイの除去作業にかかる膨大な労力と費用負担が出来ず、ボランティア活動の範囲で人力による除去作業を行っている程度である。したがって、除去費用を補う持続可能な事業が必要である事が確認された。カウンターパート候補であるコンポンチュナン州からは新規産業と雇用の創出となりうる「E3 ガソリンの製造」「飲料用アルコールの製造」「ホテイアオイ残渣の有効利用」という3つの事業によって収益化を図るよう期待される結果となった。

第3章 ODA 案件化

想定する ODA 案件は、中小企業海外進出支援一普及・実証・ビジネス化事業を活用した「トンレサップ川における公害草ホテイアオイを活用したバイオエタノール製造普及・実

証・ビジネス化事業」(以下、ODA 事業とする)と称し、ホテイアオイの繁茂による水上交通被害の解消と湖水環境の保全を目的として実施する。この目的を果たすには、定期的かつ持続的にホテイアオイの除去作業を行う必要があるが、同時に作業費用も定期的に捻出する必要がある。本事業は、この除去作業費用を補うべく、除去したホテイアオイを原料としてバイオエタノールを製造・販売し、収益化を図る事によって持続可能な事業となる事を実証するものである。この事業の持続性を証明するために、以下の4つの成果の発現を目指し、活動するものである。

【成果1】バイオエタノール製造プラントが計画的、安定的に稼働する。

【成果2】プロダクトであるE3ガソリン、飲料用アルコール、堆肥原料が製造される。

【成果3】各活動による水質変化、環境変化、意識変化などの効果が明らかになる。

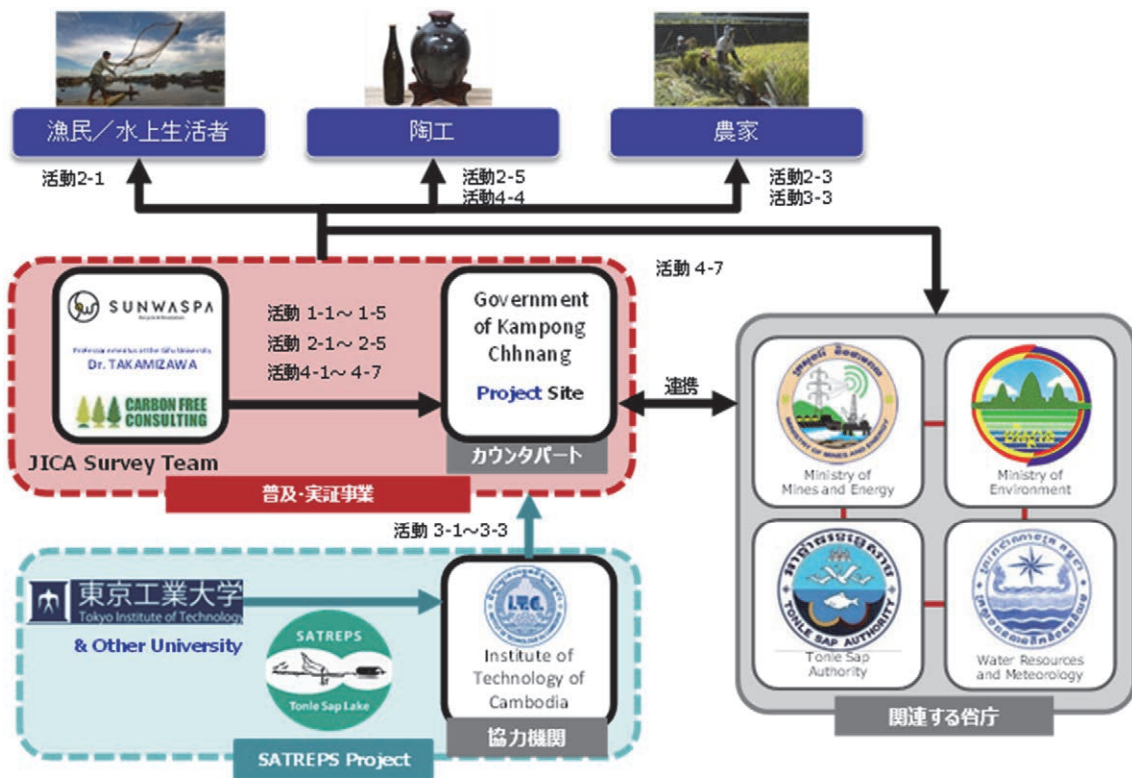
【成果4】サンウエスパのバイオエタノール製造にかかる事業計画が策定される。

本事業のカウンターパートはコンポンチュナン州政府とし、事業実施候補地は州地方開発局の敷地内である。また導入する機材はサンウエスパから JICA に対して貸与する形式を取り、事業終了後にカウンターパートへ譲渡せず、サンウエスパが継続して本格事業に利用できる形式(リース方式)を提案する。

事業期間は計3年間を想定する。1年目は提案製品の製造ならびに事業地の整地工事、障害物撤去、建屋の建設や電気給排水設備の導入、ホテイアオイの採取、乾燥、破碎を委託する漁民の組織化や指導等の準備期間とする。その間も事業開始に向けて必要な情報収集、活動計画の策定などを進め、カウンターパートとの連携効率を高める活動を展開する。

2年目からバイオエタノール製造を開始し、1年間かけて11通りの異なる条件化で検証を行う。ホテイアオイからバイオエタノールを製造出来る事は実証済みだが、事業対象地は日本と異なる環境下であり、湖水と水道水、乾燥したホテイアオイと未乾燥なホテイアオイ、外気温での製造などの条件を変え、事業地の環境特性に沿った最適化を行う。なお、ホテイアオイを人工的に採取することによる、河川の水質に対する正・負のインパクトを把握するために水質モニタリングを行う。2年目後半から3年目にかけては、バイオエタノールを利用して製造したE3ガソリンの実用実証や飲料用アルコールの製造、市場調査や販売方法の構築に着手する。また製造工程から排出された残渣から堆肥化を行い、協力農家にて使用、効果検証を行う。事業終了前には、これらの一連の活動をまとめたワークショップを開催し、事業効果を広く周知すると共に、サンウエスパのカンボジア進出計画、事業計画を策定する。

なお、本事業は、漁民や水上生活者、陶工、農民などの住民参加型事業となるため、コンポンチュナン州政府と共に推進していく必要がある。



要約図 2 事業実施体制図

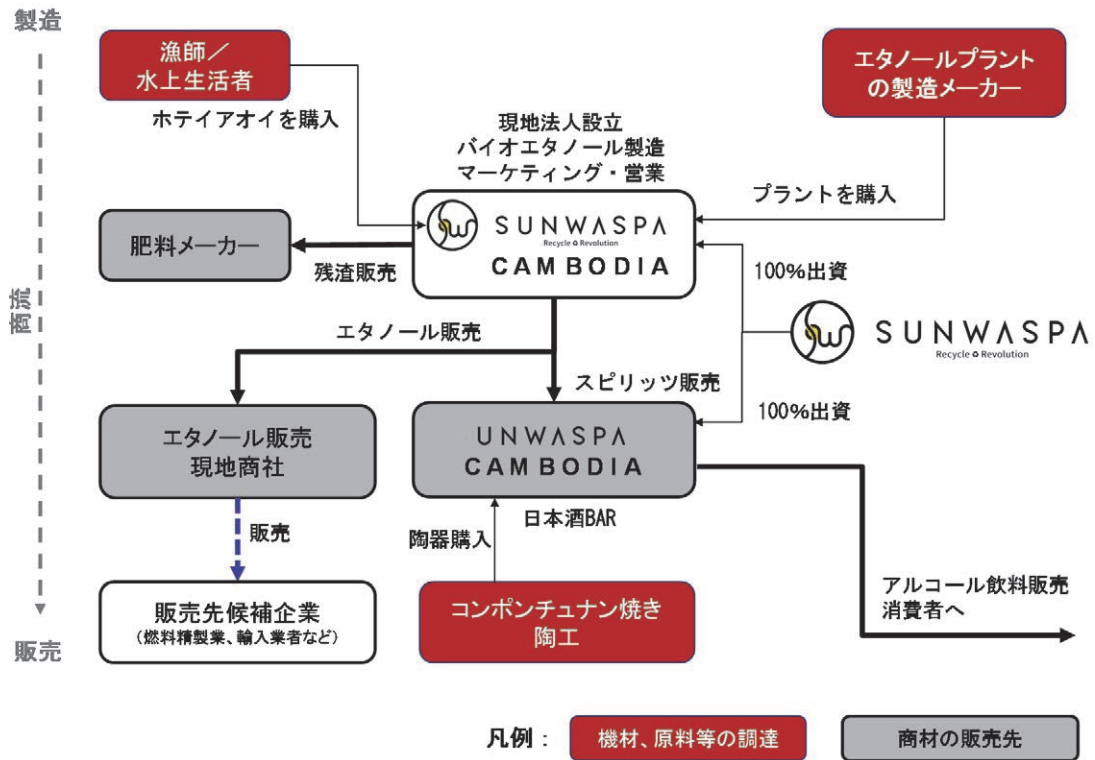
本事業の実施を通じて、以下の開発効果が発現すると期待される。

	事業ステージ	定性的な開発効果	定量的な開発効果
(1)	ホテイアオイの枯死前採取	・航路被害の抑制、船舶の故障、漁業環境・住民被害の低減 ・人工的な採取による水質や環境変化の有無が確認される。	1年間の検証期間ゆえ、定量的に大きな効果は発現しないが、年間合計126トン（水上面積換算で6300m ² ）のホテイアオイが除去される。
(2)	ホテイアオイの買い取り	ホテイアオイを回収する漁民の収入向上やホテイアオイに対する監理意識が芽生える。	1年間の検証期間ゆえ、ホテイアオイ収集量も少なく支払い額は限られるが、漁民は63,000円の副収入が得られる。なお、水上生活している漁民の月額収入はおよそ100ドル前後とされている。
(3)	バイオ燃料 E3 の開発	コンポンチュナン州産の E3 ガソリンが開発され、実用化に向けた効果が確認される。	1年間の検証期間で最大収量6,271リットルのバイオエタノールが製造される。また、バイオエタノール製造に関わる現地人材が5名育成される。
(4)	飲料用アルコールの開発	コンポンチュナン州の特産品としてホテイアオイ原料のスピリッツが開発される。	
(5)	ホテイアオイ残渣の収集	エタノール残渣から堆肥の原料が生産される。この原料から自然由来の堆肥が開発され、農作物への効果が確認される。	1年間の検証期間で14,700kgの堆肥原料が生産される。

第4章 ビジネス展開計画

サンウエスパの独資による現地法人（仮称：SUNWASPA CAMBODIA）を設立する計画である。

SUNWASPA CAMBODIA はコンポンチュナン州のトンレサップ川沿いを拠点として、バイオエタノール製造事業を展開する。原料となるホテイアオイの収穫は漁民や水上生活者に委託し、SUNWASPA CAMBODIA が買取る。製造したエタノールの販売方法は主に 2 通りを想定している。1 つ目は現地商社を介し、燃料用エタノールを販売する。当初想定していたカンボジア国内における E3 ガソリン原料や消毒用薬用エタノールの販売可能性に関しては、法規制の未整備により市場が開かれておらず、また廉価版消毒用エタノールが流通していることから、現時点ではカンボジア国内での販路開拓は難しい状況であると判断した。ただし隣国向けのバイオエタノール輸出は視野に入れて、商社を介した販売ルートの開拓に努める。2 つ目はバイオエタノール製造事業と併せて別途設立する日本酒 BAR 向けに飲料用アルコール(スピリッツ)を販売する。ホテイアオイ産のスピリッツは世界初の試みであり、認知度も低く、信用も得られていない新商品である。このような新商品を飲食店や量販店に売り込むのは現実的ではないため、自ら日本酒 BAR を開店し、ホテイアオイ酒のアンテナショップをして運営する。なお堆肥に関しては肥料メーカーとの連携等を模索する予定である。



要約図 3 事業の全体像

販売計画は、初年度から 5 年目までは国内の E3 ガソリン市場は閉ざされている状態と仮定し、スピリッツの製造と堆肥原料の残渣販売の 2 本を収益事業として展開する。6 年目以降は E3 ガソリン市場が開かれると想定し、燃料用エタノールの販売も着手する。なお、本事業の特徴は 1 リットルあたりの付加価値が高いスピリッツの製造販売を先行し、収益を確保しながら、付加価値は低くとも社会的価値の高い燃料用エタノールを製造、販売し、収益バランスを維持する事業モデルとする。

カンボジア国 未利用水生植物のバイオエタノール化に関する案件化調査

企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社サンウエスパ
- 提案企業所在地：岐阜県岐阜市
- サイト・C/P機関：
カンボジア国コンポンチュナン州



カンボジア国の開発課題

- トンレサップ湖やトンレサップ川ではホテイアオイが広く分布している。水面を埋め尽くしたホテイアオイは水上交通障害を引き起こし、魚船のエンジンやスクルーに絡みつき機材を破壊するなど、住民の生計に悪影響を与えている。
- ホテイアオイは、世界三大公害草とも呼ばれ、水中の酸素欠乏による漁獲量減や枯死腐敗に水質悪化など、生物多様性への影響を及ぼしていると言われている。

中小企業の技術・製品

- セルロースに酵素と酵母を用いて糖化発酵し、さらに蒸留することでバイオ由来のエタノールを製造する技術である。
- どうもろこしやキャッサバ等の穀物由来のバイオエタノールのように原料が食料と競合しない製造方法である。

調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

中小企業海外進出支援一普及・実証事業「カンボジア国 トンレサップ川における公営草ホテイアオイを活用したバイオエタノール製造普及・実証・ビジネス化事業」を想定している。

ホテイアオイの繁茂による水上交通被害の解消と湖水環境の保全を目的とする。課題解決には、ホテイアオイを定期的かつ持続的に除去する必要があるが、同時に作業費用も定期的に捻出する必要がある。したがって、この除去作業費用を補うべく、除去したホテイアオイを原料としてバイオエタノールを製造・販売し、収益化を図る事によって持続可能な事業モデルとなることを実証する。

日本の中小企業のビジネス展開

ホテイアオイは、世界三大公害草といわれおり、カンボジアのみならず原産地である南米、アフリカ、欧州、アジアなど大都市圏を含む全世界に分布している。その驚異的な繁殖力により湖面を埋め尽くし、各地では類似した課題に直面している。カンボジアでの事業経験を活かし、これらの類似課題を有する地域でも提案技術を使用したバイオエタノール製造・販売事業を展開する。

はじめに

(1) 調査名

和文：カンボジア国未利用水生植物のバイオエタノール化に関する案件化調査

英文：Feasibility Survey for Utilizing Water Hyacinth as Ethanol in Kingdom of Cambodia

(2) 調査の背景

カンボジアの中央部に位置するトンレサップ湖は東南アジア有数の漁業生産（国内タンパク源の約8割を生産）を支え、メコン川流域の一部として流域の生物多様性の維持に有用な役割を果たしている。同湖の周りの工場や鉱山、町の廃水、農薬の湖への流入による水質汚染や、汚染された水や水産物を摂取することによる住民の健康被害が懸念されている。さらに農業排水や工業廃水が流入する事により、それらを養分として水生植物ホテイアオイが繁茂していると言われている。ホテイアオイは繁殖能力に優れており、驚異的に繁殖したホテイアオイが湖面を埋め尽くすことにより、水鳥の繁殖地を奪ったり、水中酸素の減少や水蒸発量の増大による魚が大量死したりするなどの生物多様性へ負の影響や、湖上生活を営む漁民の船に根がからみ、エンジンやスクリューなどの機材破損や、海上輸送への悪影響、漁獲量の減少など、漁民の生計被害など負の連鎖を引き起こしている。

カンボジア国環境省及び水資源気象省において、トンレサップ湖の保全是、最も優先度の高い課題として位置付けられている。特に、同国環境省では、ラムサール条約で登録されている湖岸の湿地帯の保全、トンレサップ庁では水上生活者を含めた総合的な水環境保全に取り組んでいる。同庁は、水資源管理や生物多様性の保護、水質や土壌汚染への対策、洪水等の防災、漁業振興や地域住民の生活向上といった諸課題の解決に向けた包括的開発計画として、「トンレサップ庁戦略計画（Tonle Sap Authority Strategic Plan）2016-2020」を策定した。同計画では、自然環境保全や生物多様性の保護、社会経済状況の管理と開発に向けたステークホルダーの能力及び協力体制強化が課題とされている。

かかる状況を受け、我が国は対カンボジア王国国別開発協力方針（2017年7月）における小目標として「公共財への取組」を掲げ、世界的公共財としての環境諸問題の解決が課題とされ、環境管理への対応が求められている。

本調査においては、提案技術であるホテイアオイを原料としたバイオエタノール製造事業を通じた湖上住民の生活被害の解消と、ヒ素吸着効果による水質改善等、開発課題への貢献に係る検証を行い、ODAを通じた提案技術の現地活用可能性、およびビジネス展開にかかる検討を行うことを目的としている。

(3) 調査の目的

本調査を通じて確認される提案製品・技術の途上国の開発への活用可能性を基に、ODA 案件及びビジネス展開計画が策定される。

(4) 調査対象国・地域

カンボジア国 コンポンチュナン州、シエムリアップ州等

(5) 調査期間、調査工程

■ 契約期間 2017年11月1日～2019年2月28日

■ 第1回現地調査 (2017/11/15～11/22)

日数	日付	都市	予定内容	訪問先
1	11/15(水)	東京・名古屋	日本⇒ホーチミン	移動
		プノンペン	ホーチミン⇒プノンペン	移動
2	11/16(木)	プノンペン	調査内容の共有、EIAに関する規定やルール、排水基準、騒音基準、廃棄物処理に関する基準などを入手	環境省
		プノンペン	エタノール市場調査	薬局等
		プノンペン	エネルギー政策、バイオエタノール製造に関する開発計画、規制、販売に関する規制や条件、バイオガソリンの普及計画、普及率など	鉱工エネルギー省
3	11/17(金)	プノンペン	酵母の販売会社、バイオエタノール製造会社、ガソリン販売会社	プノンペン商工会議所
		プノンペン	競合調査、事業内容のヒアリング、事業展開時における留意事項等	MH Bio Energy Co.,Ltd
		プノンペン	対処方針会議、情報共有	JICA カンボジア事務所
		シエムリアップ	プノンペン⇒シエムリアップ	移動
4	11/18(土)	シエムリアップ	漁民、水上生活者へヒアリング	トンレサップ湖 踏査
		シエムリアップ	民芸品屋へのヒアリング	トンレサップ湖 踏査
5	11/19(日)	シエムリアップ	団内会議	
		シエムリアップ	漁民、水上生活者へヒアリング	トンレサップ湖 踏査
		プノンペン	シエムリアップ⇒プノンペン	移動
6	11/20(月)	プノンペン	JICA 制度&本調査の全体像、調査内容の共有、普及実証のイメージ、バイオエタノール製造方法の紹介、情報提供の依頼	トンレサップ庁 水資源省
		プノンペン	バイオエタノール普及状況、バイオエタノール製造・販売許認可、	JETRO カンボジア事務所
		プノンペン	ホテイアオイの成分分析、水質検査の依頼	カンボジア工科大学
		プノンペン	プノンペン⇒ホーチミン	移動
7	11/21(火)	名古屋	ホーチミン⇒日本	移動
		コンポンチュナン	トンレサップ湖南側視察	Chhnok Tru 村
		プノンペン	プノンペン⇒ホーチミン	移動
8	11/22(水)	東京・名古屋	ホーチミン⇒日本	移動

■ 第2回現地調査 (2018/02/25～03/09)

日数	日付	都市	予定内容	訪問先
1	02/25	東京	日本⇒プノンペン	移動
		名古屋	日本⇒バンコク⇒プノンペン	移動
2	02/26(月)	プノンペン	プノンペン⇒Chhnok Tru	移動
		コンボンチュナン	Chhnok Tru 村調査、ガソリン販売量調査	Chhnok Tru 村
		プノンペン	Chhnok Tru⇒プノンペン	移動
3	02/27(火)	プノンペン	ホテイアオイの成分分析の依頼	プノンペン工科大学
			酵母の購入先、販売価格調査	オルセー市場
				EM Cambodia
4	02/28(水)	プノンペン	提案製品の整備・メンテナンス体制の検討	機材設備企業
			バイオエタノール製造に関わる企業ヒアリング	出光興産プノンペン
			提案製品の部品現地生産化の実現性に関する調査	鉄工所（金属加工工場）
5	03/01(木)	コンボンチュナン	JICA 制度&本調査の全体像、調査内容の共有、普及実証のイメージ、バイオエタノール製造方法の紹介、情報提供の依頼	コンボンチュナン州
6	03/02(金)	プノンペン	カンボジアにおけるエネルギー政策、特にバイオエタノール製造に関する開発計画、規制、販売に関する規制、普及率など	鉱工エネルギー省 Petromini Dept
7	03/03(土)	プノンペン	資料整理	
8	03/04(日)	プノンペン	プノンペン⇒コンボンチュナン ⇔Chhnok Tru 村 水上移動調査	移動
9	03/05(月)	コンボンチュナン	造船に関する価格帯調査	造船所
10	03/06(火)	コンボンチュナン	JICA 制度&本調査の全体像、調査内容の共有、バイオエタノール製造方法の紹介、情報提供の依頼	Chhnok Tru 市役所
			ホテイアオイ堆肥製造調査	Chhnok Tru
11	03/07(水)	コンボンチュナン	SATREPS チーム合同調査帯同	Chhnok Tru 村
12	03/08(木)	プノンペン	帰国前報告会	JICA カンボジア事務所
		プノンペン	プノンペン⇒バンコク or 成田	移動
13	03/09(金)	東京/名古屋	成田着/名古屋着	移動

■ 第3回現地調査

日数	日付	都市	予定内容	訪問先
1	05/29(火)	東京	日本⇒プノンペン	移動
		名古屋	日本⇒バンコク	移動
		プノンペン	バンコク⇒プノンペン	移動
2	05/30(水)	東京	日本⇒プノンペン	移動
		プノンペン	カンボジア工科大学	Leader of Satrap team
		プノンペン	流通経路・販売調査（医療用エタノール消費量の確認）	Sunrise Hospital
3	05/31(木)	プノンペン	トンレサップ湖、トンレサップ川の輸送航路	公共事業運輸省 Inland Waterway Transport Department,

		プノンペン	レターピックアップ	JICA カンボジア事務所
		コンボンチュナン	プノンペン→コンボンチュナン	移動
		コンボンチュナン	トンレサップ湖、トンレサップ川の ホテイアオイ状況確認	
4	06/01(金)	コンボンチュナン	本邦受入れ活動説明、事業候補地	コンボンチュナン州
		コンボンチュナン	パイロット事業候補地の踏査	コンボンチュナン州
5	06/02(土)	コンボンチュナン	プノンペン戻り	移動
		プノンペン	団内ミーティング	
6	06/03(日)	プノンペン	資料整理および打合せ	
7	06/04(月)	プノンペン	分析機材、試薬などの調達方法	Dynamic
		プノンペン	分析機材、試薬などの調達方法	DKSH
		プノンペン	トンレサップ湖、トンレサップ川の 輸送航路	公共事業運輸省 Waterway Infrastructure Dept.
		プノンペン	プノンペン→(翌朝名古屋)	移動
8	06/05(火)	プノンペン	ガソリン、工業用エタノール、医療 用エタノール輸入量等、エネルギー 自給率の向上について	商業省 Department of Statistics,
		プノンペン	バーズ製造について	造船会社
		プノンペン	プノンペン→成田(翌朝着)	移動
9	06/06(水)	プノンペン	国内輸送費にかかる各種調査 1	LHL logistics
		プノンペン	国内輸送費にかかる各種調査 2	Yusen logistics
		プノンペン	国内輸送費にかかる各種調査 3	Damco Logistics
		プノンペン	帰国前報告	JICA カンボジア事務所
		名古屋	プノンペン→バンコク or 成田	移動
10	06/07(木)	東京	成田着	移動
		名古屋	バンコク→名古屋着	移動

■ 第4回現地調査

日数	日付	都市	予定内容	訪問先
1	09/05(水)	東京	日本⇒プノンペン	移動
		名古屋	日本⇒バンコク⇒プノンペン	移動
2	09/06(木)	プノンペン	農業資材、肥料の原料調達等について	Bayon Co., Ltd
		プノンペン	肥料、土壌改良剤の市場価格調査	オルセー市場など
		プノンペン	団内ミーティング	
3	09/07(金)	プノンペン	バイオエタノール製造に関する法規 制、工場設置条件等	工業手工芸省
		プノンペン	普及・実証・ビジネス化事業の成果お よび活動素案に関する協議	カンボジア工科大学
		コンボンチュナン	プノンペン→コンボンチュナン	移動
4	09/08(土)	コンボンチュナン	普及・実証・ビジネス化事業の成果お よび活動素案に関する協議	コンボンチュナン州
		コンボンチュナン	パイロット事業候補地の踏査、環境社 会配慮調査(1)	対象サイト
5	09/09(日)	コンボンチュナン	環境社会配慮調査(2)	対象サイト
		コンボンチュナン	肥料、土壌改良剤の市場価格調査、使 用状況	農業資材屋、農家ヒア リング
		コンボンチュナン	米蒸留酒の製造方法の視察	米蒸留酒農家
		プノンペン	コンボンチュナン→プノンペン	移動
6	09/10(月)	プノンペン	分析機材、試薬など調達方法	Dynamic
		プノンペン	破砕機の調達方法	町工場

7	09/11(火)	プノンペン	飲料用アルコール製造に関する法規制、工場設置条件等	工業手工芸省
		プノンペン	コンボンチュナン州&カンボジア工科大学と事業実施に向けた合同協議	カンボジア工科大学
		プノンペン	プノンペン→バンコク プノンペン→(成田)	移動
8	09/12(水)	東京	→成田着	移動
		名古屋	→名古屋着	移動
		プノンペン	帰国前報告	JICA カンボジア
		プノンペン	当該事業における投資環境の調査	CDC
		プノンペン	プノンペン→成田(翌朝着)	移動
9	09/13(木)	東京	成田着	移動

■ 第5回現地調査

日数	日付	都市	予定内容	訪問先
1	09/30(日)	東京	日本⇒プノンペン	移動
		名古屋	日本⇒バンコク⇒プノンペン	移動
2	10/01(月)	プノンペン	団内ミーティング	
		コンボンチュナン	プノンペン⇒コンボンチュナン	移動
3	10/02(火)	コンボンチュナン	普及・実証・ビジネス化事業の成果および活動の役割分担等に関する協議	コンボンチュナン州
		コンボンチュナン	事業対象候補地の確認、環境社会配慮調査	地域開発局敷地
4	10/03(水)	コンボンチュナン	土地レンタル代、建設コスト調査	コンボンチュナン州
		プノンペン	コンボンチュナン⇒プノンペン	移動
5	10/04(木)	プノンペン	カンボジア産アルコール製造調査	市場
		プノンペン	蒸留酒の製造方法の視察	蒸留酒製造企業
6	10/05(金)	プノンペン	帰国前報告	JICA
		プノンペン	プノンペン⇒成田	
7	10/06(土)	東京	→成田着	移動

(6) 調査団員構成

氏名	担当業務	所属先
原 有匡	業務主任/事業計画策定	株式会社サンウエスパ
川合 稜太	現地仕様化/エタノール需要調査	株式会社サンウエスパ
竹田 真一郎	チーフアドバイザー/開発課題/市場調査/環境社会配慮調査/ODA 案件計画策定	カーボンフリーコンサルティング株式会社
山口 泰広	環境実態調査/採算性検証/ビジネスモデル構築	カーボンフリーコンサルティング株式会社
高見澤 一裕	現地 ODA との連携/エタノール製造技術検証	岐阜大学名誉教授

第1章 対象国・地域の開発課題

1-1 対象国・地域の開発課題

1-1-1 開発課題の状況

(1) カンボジアにおけるホテイアオイの繁茂による課題

カンボジアの中央部に位置するトンレサップ湖では、リンや窒素などを含む大量な農業排水や工業廃水が流入し、それらを養分として水生植物が異常繁茂していると言われてい。水生植物の中でもホテイアオイは繁殖能力に優れ、空間的な制限がない場合には7か月間で現存量が200万倍になることが報告されている²。かかる性質から、驚異的に繁殖したホテイアオイが湖面や河川を埋め尽くすことによって、水上交通・運送の妨害や、水中酸素の減少による魚の大量死や漁獲量の減少、ボートや運搬船に根がからみ、エンジンやスクリューを破損させるなど様々な課題を引き起こしている。なお、首都プノンペンからトンレサップ湖を繋ぐトンレサップ川は物流や経済活動の重要な水上航路であるが、ホテイアオイの繁茂によって水上交通障害を引き起こし、トンレサップ湖に接するコンポンチュナン州政府およびシェムリアップ州政府からホテイアオイの駆除要請が上がっている。更に最近ではシアヌークビルの海岸沿いの海水浴場にも枯死したホテイアオイが流れ着き、観光資源の妨げが要因となって市民の苦情に発展し、州知事自ら撤去に乗り出した事例もある。



図1 シアヌークビルの海岸に漂流したホテイアオイ

出典：<https://www.phnompenhpost.com/national/ministers-tackle-sea-pollutants>

² 岡山理科大学 石井猛「ホテイアオイは地球を救う」1992 P15

このような水生植物の繁茂に対する一般的な対応策は、重機による刈り取り採取や焼却、茎を材料にした民芸品等の制作である。カンボジアでも乾燥したホテイアオイの茎でバッグやフロアマット等を作り販売している場合もあるが、茎の自然乾燥や民芸品の生産には多大な時間を要するために、回収量や消費量が繁茂に追いつかず、根本的な問題解決には至っていない。

(2) 事業対象地域におけるホテイアオイの繁茂によって生じている課題



コンポンチュナン州はトンレサップ湖の南に位置し、ホテイアオイが滞留・蓄積するエリアである。乾季はトンレサップ湖からトンレサップ川へ河水が流入、雨季はトンレサップ川からトンレサップ湖に逆流する現象によって、湖からトンレサップ川に分れる川幅の狭い支流に滞留しやすい地域がある。同地域でホテイアオイが最も繁茂する時期は、乾季から雨季へ移り変わる時期（5～7月頃）である。乾季に湖面積が狭くなった後、雨季にトンレサップ川からの流入に伴ってホテイアオイも流れてくる事が主な要因と言われている。市民の被害は主に航路妨害で、通常15分で行けるところを数時間から1日かかることや、漁業に出られない日もある等の状況である。以下は調査中に明らかになったトンレサップ川におけるホテイアオイによる障害事例である。

- ◇ 繁茂時期は1キロの移動に3時間以上かかることもある。
- ◇ トンレサップ川は物資の運搬に利用される重要な水上流通インフラであるが、物資到着・発送の遅延を引き起こしている。
- ◇ 水上生活者のみならず中州に住む住民、陸上生活者の生活にも支障をきたしている。例えば、水上村落や中州には病院が無い。したがって、住民の重症やお産時の緊急時に移動困難が生じ、死亡してしまうケースもある。
- ◇ ホテイアオイの根が人やロングテールボートのプロペラに絡まる事もある。水遊びをする子供の足に根が絡まり溺れるケースもある。
- ◇ ホテイアオイの枯死、腐敗による悪臭発生および水質汚染。

1-1-2 開発課題の背景・原因

(1) トンレサップ湖の状況

カンボジアのトンレサップ湖は、国際河川メコン川洪水流の一部を逆流で受け入れ、季節によって水位が大きく変化し湖面が何倍にも広がる特異な淡水湖である。淡水域としては世界でも最高レベルの生物多様性で知られる湖沼で、東南アジア有数の漁業生産（国内タンパク源の約8割を生産）を支え、メコン川流域の一部として流域の生物多様性の維持に有用な役割を果たし、特に漁業資源に依存する多くの人達が生活を営んでいる。しかし周辺諸国も含む著しい社会経済の発展による森林伐採・土砂の流入、メコン川上流側の都市化や観光業による開発汚染により、同湖の自然環境は激変し、豊かな生態系や自然環境を脅かしていると言われている。特に2010年以降からは水質悪化、漁業生産量の減少、生物多様性の低下、健康リスク（感染症の拡大）等の問題が顕在化しつつあると言われている。また化学肥料の使用増及び誤使用により、リンや窒素などが大量に流入し、ホテイアオイが繁殖しやすい環境になっているとも考えられている。

(2) ホテイアオイとは

ホテイアオイは南米原産のミズアオイ科の水草（背丈15～60cm）で、英語名はWater Hyacinthである。「水のユリ」「池の女王」の愛称もあるが、用水池、水路、湖などに驚異的な繁殖力で広がる「世界の三大害草（ホテイアオイ、セイタカアワダチソウ、ブタクサ）」や「青い悪魔」とも言われる公害草である。日本国内でも琵琶湖で実被害も報告され、守山市の木浜内湖で異常繁殖して水面の酸素欠乏、さらにその枯死に伴う水質異常、生け簀のフナの酸欠死などが起きていた。1964年の資料にも鹿児島、熊本、佐賀、松江、滋賀などで水面を埋め尽くすホテイアオイについて記されていると共に、インドネシア、中国、アフリカなどの温暖な地域からも同様の課題が報告されている事から、古くから外来種雑草として各国地域に流入し、繁殖力の強い外来動植物として悪影響を及ぼしている状況である。以下にタイや日本での除去事例を示す。

キャノンハイテクタイランド社員によるボランティア駆除活動

キャノンハイテクタイランドでは地方政府や地域住民との意見交換を通じて、ホテイアオイが頻繁に発生すると洪水の被害を大きくするだけでなく、水質も悪化させ地域住民の生活に大きな影響が出ていることを知りました。これを機に、地方政府と連携し、ホテイアオイの駆除活動を開始しました。2016年には、ポー運河（アユタヤ県）およびラムタコン川（ナコンラチャシマ県）の2か所で、総勢160名の社員が、40名の地方政府および地域住民とともに駆除活動を行いました。その結果、59トン・1,720m²のホテイアオイを駆除しました。



重機を用いたの駆除作業（アユタヤ県）



地域住民の方々との協力のもとに（ナコンラチャシマ県）

図 2 キャノンハイテクタイランドのホテイアオイ除去活動

出典：<https://global.canon/ja/environment/action-for-green/cht-01.html>

山本川ホテイアオイ清掃大作戦 2006年10月4日～

難問山積ですが、その第一関門は山本川のホテイアオイです。舟が全く通れない状態まで群生してしまいました。今回はホテイアオイの撤去を主に実施し、商工会会長の造園会社の全面協力にて、重機によるフル作業により県道（朝鮮人街道）下のホテイアオイは綺麗に撤去できました。



図 3 滋賀県 山本川における除去活動

出典：「安土どっとネット」<https://azch.exblog.jp/5370498/>

除去の規模にもよるが、費用は数千万円に上ると言われており、各地方自治体でも苦慮している。なお、佐賀県では近年もホテイアオイのような外来種の除去活動に取り組む団体に対して補助金制度を設け、活動費を支援している状況である。

なお、本邦環境省は、生態系被害の予防に役立てることを目的として、注意を要する外来生物のリストを公表している。ホテイアオイはこのリストの中に含まれる要注意外来生物である。

表 1 ホテイアオイの特徴と被害状況

原産地	南アメリカ（ブラジル）原産、北アメリカ、南ヨーロッパ、アフリカ、アジア、オセアニア、大西洋諸島に分布。
被害の事例	生態系に係る被害 浮遊性ゆえ、水面を覆い尽くして光を遮り、他の水生植物の光合成を阻害することが指摘されている。 溶酸素濃度の低下をもたらす、水生生物全体への影響は大きいと言われている。
	農林水産業に係る被害 イネとの競合や水路の水流阻害といった農業被害、船舶の運航や漁業の障害など、産業上の被害が指摘されている。
被害をもたらしている生物学的要因	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 温帯～熱帯に分布し、湖沼、溜池、河川、水路、水田、泥土上に生育する。 ◆ 日当たりが良い、温暖な場所を好み、水質に対する適応性は極大。 ◆ 窒素やリンを吸収して水質浄化。
種子生産と分散能力	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 開花期は6～11月。両性花。花に3型（長花柱花、中花柱花、短花柱花）があるが、日本ではほとんど中花柱花。 ◆ 蒴果（乾燥して裂けて種子を放出する裂開果のうちの一形式）は、1個体当たり40～300個生産されることが知られている。種子の寿命は14～20年とも言われている。 ◆ 栄養体からの再生能力がある。 ◆ 出枝を1個体当たり数1,000個も出すことが知られ、栄養繁殖は極めて盛んである。
特徴、類似種など	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 浮遊性の一年～多年草で、高さは0.1～1.5mになる。 ◆ ホテイアオイ属は世界で6種が知られる。日本には自生種はない。本種以外にも数種が観賞用に輸入されているが、野生化の報告は今のところない。海外でも、本種以外は特に問題になっていない。
その他の関連情報	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 徳島県はH14年に7,000万円をかけて除去作業を実施。その他、石川県江北潟、茨城県霞ヶ浦、奈良県吉野川、京都府、滋賀県他淀川、岡山市、佐賀市、香川県府中ダム、沖縄県天願川等で除去作業が実施されている。 ◆ 防除と利用に関する研究が数多く行われている。 ◆ 世界的に有害視されており、農薬散布、天敵導入、微生物除草剤の開発等が行われている。 ◆ オーストラリアでは持ち込み禁止植物とされる。

出典：環境省 要注外来生物リスト（植物）を基にJICA調査団作成

国際自然保護連合（International Union for Conservation of Nature：以下、IUCN）も、ホテイアオイを世界の侵略的外来種ワースト100の1つに指定し、世界で10種の最悪な雑草の1つとして認識されている。例えば、アフリカでは法律でホテイアオイを有害な水生植物として指定している国もあり、アフリカ7か国におけるホテイアオイの経済的影響

は、毎年5百万～2千万米ドルと推定され、アフリカ諸国の費用は年間1億米ドルになる可能性があると言われている。

一方、ホテイアオイは劣悪な水質であっても驚異的な繁殖力を発揮し、湖沼の水質浄化に役立てられる可能性もあると言われている。奈良県農業技術センターでは、ホテイアオイが大量の窒素やリンを吸収することから水質浄化植物としての能力を評価し、枯死したあとは有機肥料として活用できるなどと提唱している。このほか、千葉県・手賀沼や石川県・内灘町、岡山理科大学での水質浄化研究も成果が注目される。

<研究事例>

- ◇ ホテイアオイを利用した水質浄化システムの適正管理に関する研究
- ◇ ため池の水質浄化を目的としたホテイアオイの植栽・回収方法および利用方法
- ◇ ホテイアオイの窒素吸収能を用いた水質浄化システム構築の検討
- ◇ 水生植物を活用した水質浄化方法の効果
- ◇ ホテイアオイによる水質浄化およびリン肥料としての利用

1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

1-2-1 開発計画、政策、法令等

(1) コンポンチュナン州開発5か年計画（2015～2019）

事業対象候補地のコンポンチュナン州の開発目標は9分野の計画、目標、戦略によって成り立っている。9分野とは①農業、②水産資源と気象学、③産業・工業・鉱業・エネルギー、④公共交通設備、⑤農村発展、⑥経済・銀行・財務・課税、⑦商業とビジネス、⑧観光、⑨ITと衛星通信の開発であり、それぞれの分野で目標値および具体的な戦略が定められている。本事業に関連すると思われる③産業・工業・鉱業・エネルギー、④公共交通設備、⑥経済・銀行・財務・課税、⑦商業とビジネス、における目標を記す。

ア 産業・工業・鉱業・エネルギー

a) 産業、工業

産業、工業分野の目標は、工場、中小企業の設立を促進し、州内住民の収入を上げ、州内の人口の生活水準を向上する事により貧困の削減に取り組むものである。

表 2 産業・工業分野における主な指標と目標

主な指標と目標	単位	2014	目標				
			2015	2016	2017	2018	2019
中小企業	箇所	23	27	32	37	43	48
労働者総人数	人	31,141	34,489	36,360	38,650	42,789	46,135
女性労働者	人	28,001	31,000	32,715	34,785	38,510	41,521
認定済み手工業割合	%	95	96	97	98	99	100
州内の小規模手工業	箇所	1,186	1,300	1,430	1,573	1,651	1,733

出典：コンポンチュナン州開発5か年計画（2015～2019）

b) 鉱業、エネルギー

前述の産業、工業分野の目標を達成するために、州内住民の生活水準の向上やビジネスに必要な電気の需要や供給を満たせるよう、送電地域や配電の拡大、エネルギー開発に重点を置く。

表 3 鉱業・エネルギー分野における主な指標と目標

主な指標と目標	単位	2014	目標				
			2015	2016	2017	2018	2019
州内の電気使用量	千 Kwh	10,820	12,711	14,697	16,683	18,669	20,655
州内の電化率	%	27.24	32.00	37.00	42.00	47.00	52.00
テレビを持つ家庭の割合*	%	63.15	64.00	66.00	67.00	69.00	70.00

* commune data base (CDB)による推定

出典：コンポンチュナン州開発5か年計画（2015～2019）

イ 公共交通設備

公共交通設備分野の目標は、道路交通、道路輸送、及び輸送ビジネスに重きを置き、安全の啓発、交通事故の削減である。この目標を達成に向けた主な取組みを以下に列記する。

- 州内の道路の接続を高める為、既存の州内資源を基に、道路改良・建設といった重要なタスクの開発に重点を置く。
- 雨天時の洪水防止に向けて、道路網や下水管の拡大、修繕活動を継続する。
- 港や海上運輸の管理向上を強化する。
- 道路、水路網の管理、輸送サービスの向上、全輸送手段の強化や過重輸送防止のための協力をする
- 道路安全交通の促進。公共事業・交通省における道路交通法の施行強化や運転免許取得のための教育の実施。交通法違反者への対策を厳格化する。

ウ 経済・銀行・財務・課税

州の目標は、年間5%～7%の経済成長を継続する事である。2011年から2013年における一人当たりGDPは697.5USドルから、711.3USドル、763.6USドルに増加し、2014年から2019年の一人当たりのGDPは以下のように推移すると想定する。



図 4 一人当たりの GDP の推定量 (US ドル)

出典：コンポンチュナン州開発 5 か年計画 (2015～2019)

エ 商業とビジネス

商業とビジネス分野の目標は、成長、雇用、平等、効率に重点を置き、貿易の促進や民間セクターの開発を強化すること、農産物や他の商品の輸出を促進することで貧困の減少に取り組むこととし、実現に向けた重要政策を以下とする。

- 第 1 政策：商業部門の開発を促進
- 第 2 政策：現地生産の促進
- 第 3 政策：市場戦略と開発計画の作成
- 第 4 政策：商業パートナーの構築と発展

表 4 州における商業活動

主な指標と目標	単位	2014	推定				
			2015	2016	2017	2018	2019
大・中規模市場の数	市場	7	7	7	7	7	7
小規模店舗	店舗	1742	2074	2074	2074	2074	2074
企業/小規模登録事業の割合	%	22.83	19.28	19.28	19.28	22.66	22.66

出典：コンポンチュナン州開発 5 か年計画 (2015～2019)

(2) トンレサップ庁戦略計画 2016-2020

トンレサップ湖地域における環境管理及び持続的開発に係る責任機関として 2007 年に「トンレサップ庁 (Tonle Sap Authority)」を設立した後、水資源管理や生物多様性の保護、水質や土壌汚染への対策、洪水等の防災、漁業振興、気候変動対策や地域住民の生活向上といった諸課題の解決に向けた包括的開発計画として、「トンレサップ庁戦略計画 (Tonle Sap Authority Strategic Plan) 2016-2020³」を策定した。この中では自然環境保全や生物多様性の保護、社会経済状況の管理と開発に向けたステークホルダーの能力及び協力体制強化が、優先順位の高い実施事項として挙げられている。

³ <http://www.tonlesap.gov.kh/images/pdf/library/2016/SA%20STP%202016-2020-Eng.pdf>

以下に優先政策の5つを示す。

- 政策1：規制、政策、制度的枠組みの強化
- 政策2：河川流域の基本的な理解の強化
- 政策3：計画と管理の調整
- 政策4：ステークホルダーとの協力とキャパシティビルディングとコミュニケーション
- 政策5：効率的で持続可能な協力の構築

この政策の内、本調査と最も結びつきが強い政策は政策2「河川流域の基本的な理解の強化」であり、期待される成果、活動レベル、期間、優先度を下表に記す。

表5 トンレサップ庁における戦略計画の政策2

期待する成果	活動あるいはプロジェクト	期間	優先順位
政策2 トンレサップ湖、河川流域における基礎情報・理解の強化			
トンレサップ地域および関連分野の経済、社会、環境および天然資源に関するデータベースが収集され、普及するように強化される	トンレサップ地域および関連分野の経済、社会、環境および天然資源に関する調査を行う	2016-2020 (5年)	高
	トンレサップ地域の河川流域管理計画の策定に向けて水資源のインベントリーを準備する	2016-2018 (3年)	高
情報とデータを共有するための管理と仕組み	天然資源、環境、社会経済状況への影響を監視するためのネットワーク強化/確立に向けて各省庁と協力する	2016-2020 (5年)	中
	各国省庁の支援と協力のもと、天然資源、環境、社会経済的条件への影響に関する制度、手続き/方法を強化する	2016-2020 (5年)	高
	トンレサップ地域および関連分野への潜在的影響にかかる研究を共有し、普及するプラットフォームを構築する	2016-	高

出典：Tonle Sap Authority Strategic Plan2016-2020 を基に JICA 調査団作成

(3) バイオ燃料に関する政策

鉱物エネルギー省との協議によると、バイオ燃料は、石油のような枯渇性資源を代替する非枯渇性資源として注目しており、大きな政策上の流れは、エタノール燃料、その他合成ガスなどの開発に向けて極めて前向きな姿勢である。具体的な動きとしては、東アジア・アセアン経済研究センター（Economic Research Institute for ASEAN and East Asia：ERIA）に、国内におけるバイオマス原料由来としたバイオ燃料（ディーゼル含む）の製造の状況について調査を委託しており、一旦調査を終了した状況である。ERIAには引き続き、バイオエタノールの製造に関する政策の策定作業についても依頼中である。またバイオエタノール3%混合ガソリン（以下、E3ガソリン）の国内導入の検討および仕様書の策定を進めている。

ただし、現時点ではバイオ燃料の開発を推進する具体的な開発計画や戦略ペーパーは存在しない。その理由として「石油法やバイオ燃料法などの法律や関連規制が策定されておらず、これら基本法の整備と並行しながら進めていく必要がある」と言われている。なお、石油法のドラフト版は作成済みで、既に鉱物・エネルギー省の手を離れ、他の諸官庁からチェックを受けている段階であるが、施行時期は不明である。

ア エネルギー事業に関連する省庁の棲み分け

エネルギー事業に関しては、複数の省庁が段階に応じて棲み分けている。以下に区分を記す。

表 6 エネルギー製造工程における関連省庁の棲み分け

エネルギー製造のプロセス		管轄
製造段階	燃料工場建設	工業手工芸省
	燃料製造	
利用段階	燃料の保管・備蓄	鉱物エネルギー省
	燃料の仕様	
	燃料の販売	

出典：JICA 調査団により作成

1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力量針

1-3-1 我が国国別開発協力量針

我が国の対カンボジア王国 国別開発協力量針（平成 29 年 7 月策定）の大目標には「経済社会基盤の更なる強化を促すこと」を掲げている。具体的には、「同国が目指す 2030 年までの高中所得国入りの実現に向け、より高いレベルでのインフラ整備、次世代の人材育成などに着手する。また、人間の安全保障の実現を念頭におき、都市部と地方部の格差やプノンペンにおける都市問題の深刻化などの解決を図る。」としている。本事業は同方針における 3 つの重点分野（中目標）の内、(1) 産業振興支援と (3) ガバナンスの強化を通じた持続可能な社会の実現、に関連性がある。

表 7 我が国国別開発協力量針と事業との関連性

中目標	(1) 産業振興支援	(3) ガバナンスの強化を通じた持続可能な社会の実現
具体的方針	地域の連結性強化と産業振興の観点から、ハード及びソフト両面における物流網（道路、港湾、税関など）の強化、投資環境の整備、産業振興に不可欠な <u>エネルギーの安定供給</u> 、産業人材の育成に取り組む。同時にフード・バリューチェーン構築の重要性を認識しつつ、地方部における主要産業である農業振興に取り組む。	中・長期的な視点に立ち、ガバナンスの強化を通じた持続可能な社会の実現を目指すべく、行政機構の組織強化、公務員の能力強化を通じた行政サービスの質の向上、民法・民事訴訟法等に関する法制度整備・法曹人材の育成、選挙改革などの民主主義の更なる定着に向けた取組や、 <u>環境管理への取組</u> 、地雷・不発弾対策などの支援を行う。

本事業との関連性	未利用な水生植物からバイオエタノールを製造し、事業化を目指している点で、エネルギー生産量の拡大、ひいてはエネルギーの安定供給、エネルギー輸入の是正に寄与する。	事業対象候補地は、環境保全活動に注目を集めているトンレサップ湖であり、中心課題となっている水生植物を適量、適切に処理する事によって、枯死、腐敗防止につなげ、水質保全にも寄与する事業である。
----------	---	--

出典：JICA 調査団により作成

1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

1-4-1 ODA 事業

カンボジアでは、本調査の課題要因である水生植物(ホテイアオイ)の除去に関連する ODA 事業ならびに他ドナーの先行事例は見当たっていない。以下は、カンボジア以外でホテイアオイの除去や関連した案件である。

(1) エチオピア連邦民主共和国、ケニア共和国 手動ろ過浄水装置及び貯水タンク普及事業

本事業は外務省の委託事業として「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「途上国政府への普及事業」として実施された案件である。同事業では、ホテイアオイの繁茂によって水質の悪化、漁業の妨げとなっているケニア西部のビクトリア湖をパイロット調査対象地としている。同事業ではホテイアオイの群生を水質悪化の要因の一つとして挙げており、一部の住民を除いては飲料水、料理水、風呂にも使用していない状況を述べている。この水質の悪化した湖水を対象に浄化作業を実施し、提案する浄化装置の有効性を実証しようとするものである。

(2) インドネシア国 ダム湖の水草除去マネジメント向上普及・実証事業

本事業は「インドネシア国 ダム湖の水草除去マネジメント向上事業案件化調査(2015 年)」を経て、普及・実証事業を実施中の案件である。同案件では、チラタ水力発電所のダム湖に繁茂しているホテイアオイを、コストの嵩む手作業で除去していた状況に対して、本邦企業の開発した水草刈取船による効率的な水草除去手法を導入し、ダム湖の維持管理費の削減が可能である事を提案している。また、刈取り後の水草の適切な処理方法として堆肥化技術の導入を提案し、水草の有効活用、悪臭を含む水域環境への被害を低減する効果が期待されている。

上記 2 案件は、対象国は異なるものの、いずれもホテイアオイの繁茂により湖水の水質悪化、酸素欠乏等が生じており、水質改善の提案や、有効な除去方法を提案していると共に、除去コストの課題や除去後のホテイアオイの有効利用についても言及している。ホテイアオイの繁茂によって齎される負のインパクトは、国を問わず全世界の課題となっていることを示唆していると考えられる。その他、本調査の対象地域であるトンレサップ湖に関連する ODA 事業は複数実施されている。以下に案件名を列記する。

- カンボジア国 トンレサップ西部地域農業生産性向上プロジェクト（2010年～2015年）
- 淡水養殖改善・普及プロジェクト フェーズ2（2011年から2015年）
- カンボジア国 トンレサップ西部流域灌漑施設改修事業（2011年～）
- カンボジア国 流域水資源利用プロジェクト（2014年～2019年）

1-4-2 他ドナーの先行事例

未利用水生植物の処理や公害草の駆除、水生植物を原料にしたバイオエタノール化という観点からは他ドナーの先行事例は見当たらなかった。トンレサップ湖や流域に関連するプロジェクトは複数あり、アジア開発銀行（ADB）がトンレサップ流域戦略策定プロジェクトを実施し、その後トンレサップ湖のコア地域（湖）、緩衝地域（乾季に水のない地域）、内陸部を対象としたプロジェクトを実施している。またドイツ復興金融公庫が2012年にフィージビリティ・スタディとして実施した「メコン河下流域における湿地帯管理保全プロジェクトに基づいて、「メコン川下流域湿地帯の管理・保全プロジェクト（Lower Mekong Basin Wetland Management and Conservation Project）を準備している状況である。

第2章 提案企業、製品・技術

2-1 提案企業の概要

2-1-1 企業情報

- ・ 企業名：株式会社サンウエスパ
- ・ 本社所在地：〒501-3156 岐阜県岐阜市岩田西3丁目429番
- ・ 設立年月日：1979年2月
- ・ 事業内容：株式会社サンウエスパ（以下、サンウエスパとする）は、岐阜県岐阜市に拠点を置く再生資源卸売業者であり、国内では岐阜県を中心に中部地方に事業を展開している。サンウエスパの事業領域は、①古紙およびその他再生資源の回収および卸売事業、②中古衣料の輸出事業、③再生資源の無人回収システム「エコファミリー」のフランチャイズ事業、④中古農機具の買取販売事業、および、⑤バイオエタノール製造を行っている。

2-1-2 海外ビジネス展開の位置づけ

(1) 自社の経営戦略における海外事業の位置付け

海外事業はエネルギー事業と並ぶ経営戦略上の最重要課題と位置付けている。また、「地域に根差しつつ、世界を見据える。」を経営理念のひとつに掲げ、地元地域と開発途上国の双方にとって経済的・環境的に大きな意義を持つ、リサイクルのグローバルイニシアチブを実現することを社の使命として標榜している。したがって、海外拠点の設置や外国人技術者の現地育成、国内外を結ぶサプライチェーンの構築は、経営上の必須課題である。

(2) 海外進出の目的及び必要性

循環産業は10万社を超える企業がひしめき合う中、廃棄物量の減少によりその奪い合いが発生する等、循環産業事業者は競争激化の環境にある。サンウエスパが拠点を置く岐阜県の再生資源卸売事業所数は134件あるが、業務範囲が地域と取り扱い品目によってある程度棲み分けされており、さらなる拡大は難しい。さらに日本の人口が減少していく背景から、再生資源の国内需要もまた縮小傾向にある。これらの事由とリサイクル業の性質を勘案し、「再生資源の先進国から開発途上国への循環」こそ必要かつ適当であると解釈する。

(3) 海外ビジネス展開の方針

サンウエスパは国内においても新規市場を開拓すべく、「エコファミリー」と称する市民参加型古紙・古着収集システムや、古紙を原料としたバイオエタノール製造事業、海外における古着リサイクル事業などを次々と立案して、実行してきた。海外展開ビジネスも新規市場開拓の一環とし、バイオエタノール製造事業を本格進出の糸口とする考えである。国内で培ったリサイクル技術を、発展を続けるカンボジアで活かし、カン

ボジアの貢献に寄与すると共にサンウエスパの事業拡大と安定にも繋げる方針である。

2-2 提案製品・技術の概要

2-2-1 ターゲット市場

本事業では、ホテイアオイをバイオエタノールの原料として捉えているため、ホテイアオイの分布について以下に記す。

(1) ホテイアオイの分布

UNEP (United Nations Environment Programme) の調査によると、ホテイアオイは全世界に広がっており、特に熱帯および亜熱帯地域に分布していると言われている。原産地の南アメリカのアマゾン地帯からアフリカ、アジア、オーストラリア、北アメリカへ人為的に侵食エリアが拡大されていった。アフリカは特に、侵食の影響を受けている。東・中央・南アフリカでは1937年にジンバブエで初めて記録されたのを皮切りに、1940年代にはモザンビークの Incomati 川、エチオピアの Zambezi 川、1950年代にはルワンダ、ブルンジ、タンザニアの河川で記録されている。更に1960年代にはザンビアの Kafue 川、マラウイの Shire 川、1986年にはケニアの Naivasha 湖、1988～89年はウガンダの Kyoga 川、1989～1990年にはビクトリア湖などに広がっている。ビクトリア湖では深刻な侵食状態になり、ピーク時には1日3ヘクタールの勢いで増殖し、市民の抗議活動を生み出した。カメルーンでは1997～2000年にかけて初報告され、ナイジェリアでは殆ど全河川がホテイアオイで埋め尽くされている。マリのニジェール川では特に深刻であると共に、エジプトのナイル川デルタ全域でも発生している。ヨーロッパでは、特にスペインとポルトガルでは脅威と言われており、アジアでは、メコンデルタの淡水湿地、バングラデシュの mangrove 林、インドの Kaziranga 国立公園などに侵食し、中国南部でも多くの経済的、社会的、環境的問題を引き起こしていると言われている。

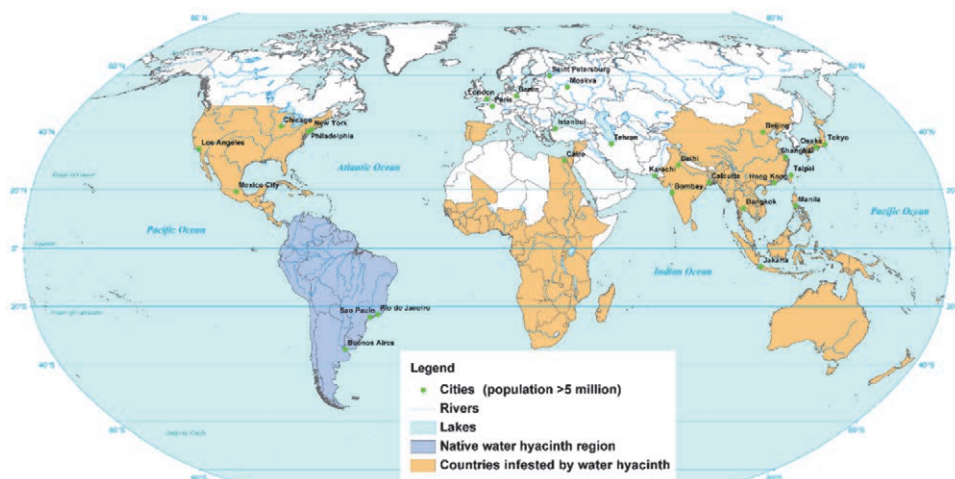


図5 ホテイアオイの分布

出典：Global distribution of water hyacinth (Map redrawn by UNEP/DEWA from Téllez et al., 2008).

上述の通り、ホテイアオイは全世界に広がっている事から、原料調達の観点では特に課題となり難く、本技術を水平展開しやすい状況にあると捉えている。

(2) エタノールの市場

ア 世界のエタノール生産量

経済協力開発機構（OECD）と国際連合食糧農業機関（FAO）の調べによると、2014年には1.11億キロリットルに達している。両機関の見通しによれば、世界のエタノール生産量は増加傾向にあり、2025年には1.28億キロリットルに増加する見通しである。また、需要量も生産量とほぼ一致した動きを示し、2014年の1.10億キロリットルが2025年には1.29億キロリットルとなるが、今後は需要量が生産量を上回り、需給バランスはマイナスになる見通しである。

表 8 世界のエタノール生産量、需要量

(単位：キロリットル)

エタノール量	2010	2014	2015	2020	2025
生産量 (キロリットル)	101,505	111,067	115,579	125,115	128,429
需要量 (キロリットル)	99,102	110,322	116,779	126,098	129,206
需給バランス (キロリットル)	2,403	745	-1,200	-983	-777

注釈) 2015 年以降は予測値

出典：平成 28 年度エタノールの世界需給に関する調査役務請負報告書より引用

(単位：キロリットル)



図 6 世界のエタノール需給の推移とそのバランス

出典)：28 年度エタノールの世界需給に関する調査役務請負報告書より引用

イ エタノールの用途と消費量

日本では 100%アルコール換算で年間 24 万キロリットル以上の酒類の原料用アルコール、食用では約 10 万キロリットル、工業用では年間 40 万キロリットルのアルコールが消費されている。アルコールは無害安全性、殺菌能力、溶解性、蒸発性、反応性などの特徴を有しており、その殺菌能力ゆえ消毒や防腐用に活用、また蒸発しやすいため有機溶媒として化学工業で利用されている。溶解性を利用した用途では、フロンに替わる洗浄剤として新しい洗浄剤が開発されている。日本における用途比率では、酒類原料用を筆頭に、化学薬品、アルコール食品防腐剤と続き、これら 3 用途で全体用途の約 60%以上の消費を占めている。

表 9 事業法アルコールの用途別需要数量

単位：キロリットル

用途分類	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成28年度 割合
酒類原料用	200,411	232,842	238,795	238,874	32%
化学薬品	129,703	140,724	132,284	142,714	19%
アルコール食品防腐剤	71,495	72,637	74,435	78,148	10%
医薬品等	34,668	36,441	38,709	38,433	5%
調味料関連等	32,775	33,701	34,138	34,287	5%
家庭用化学製品等	22,336	22,560	26,994	30,020	4%
化粧品、石鹼等	28,668	29,247	28,058	25,757	3%
化学溶剤	20,732	23,036	23,620	25,672	3%
工業用化学製品等	24,731	25,008	25,891	25,569	3%
食酢	22,186	22,163	22,694	22,387	3%
香料	19,018	19,370	19,727	19,798	3%
家庭用合成洗剤	20,885	18,564	16,104	16,840	2%
みそ	12,611	12,315	12,399	12,266	2%
飲料、製造たばこ等	9,365	8,944	11,354	9,742	1%
その他	10,618	12,297	11,167	8,773	1%
しょう油	8,468	7,397	7,064	7,179	1%
農水産加工食品	6,320	6,039	6,260	6,195	1%
機械器具洗浄用	4,262	4,268	4,217	4,250	1%
写真用品	247	258	211	217	0%
計	679,500	727,811	734,119	747,118	100%

出典：一般社団法人 アルコール協会のホームページより調査団抜粋

<http://www.alcohol.jp/>

ウ エタノール混合ガソリンに対する諸外国の動向

上記の用途の他に、諸外国では輸送用ガソリン燃料の添加剤としてエタノールが活用されている。エタノールの割合は、低濃度エタノール含有率 10% (以下 E10) 以下、もしくは左記含有率以上に分かれる。エタノール混合ガソリンを導入している国では、E5、E10 が普及してきている。含有率 3%以下の E3 であれば既存車両を改造せずに利用でき、E5 以上になると改良が必要になるとされている。アジアでは、中国、タイで E5 や E10 が広がりつつある。両国はエタノールの主要生産国であり、サトウキビやキャッサバなどの自国農作物を活用して生産している。

表 10 各国のエタノール混合ガソリン

米国	ブラジル	タイ	インドネシア*1	中国*2	韓国*3	インド	オーストラリア	フィリピン
E10, E85, FFV	E25, E100, FFV	E10, E20, E85	E5	E10	E3, E5	E5	E10, E85	E5, E10

注釈) *1:設備が整っておらず普及していない/*2:実際は8~12%/*3:試験導入に留まる

出典: バイオ燃料に関する諸外国の動向と持続可能性基準の制度運用等に関する調査報告書およびインターネット検索などを基に JICA 調査団作成

一般的に、バイオ燃料の導入意義は、(1)地球温暖化対策(主に運輸部門)、(2)エネルギーセキュリティの強化、(3)農業振興・産業振興が挙げられている。これらのバイオ燃料導入のスタンスに係る各国の法・支援制度を下表に記す。

表 11 各国のバイオ燃料導入のスタンスに関する法・支援制度

	地球温暖化対策	エネルギーセキュリティの強化	農業振興・産業振興
日本	京都議定書目標達成計画での目標(2008年)	エネルギー供給構造高度化法での目標(2010年)	農林水産省によるバイオ燃料生産拠点確立事業(2007~2014年)
EU	再生可能エネルギー指令で輸送用燃料での導入義務設定(2009年)		作物等由来のバイオ燃料導入上限を設ける(検討中案)
米国	環境庁(EPA)によるRFS制度管轄(2005年~)	エネルギー独立・安全保障法でのRFS制度の改正(2007年) オバマ大統領の長期政策集「Blueprint for a Secure Energy Future」(2011年)で次世代バイオ燃料支援強化に言及	RFS制度におけるトウモロコシ由来バイオ燃料の位置づけ 農業法の一部として次世代バイオ燃料原料への補助制度(2008年)
ブラジル			農務省令でガソリンに対するバイオ燃料混合率を設定
タイ		「10ヵ年エネルギー開発計画」で輸入化石燃料削減を位置づけ	

出典: バイオ燃料に関する諸外国の動向と持続可能性基準の制度運用等に関する調査報告書

米国は、農業振興の観点が強く、近年はエネルギーセキュリティの強化(脱中東依存)の性格も強まっている。EUは、地球温暖化対策としてバイオ燃料導入を推進するほか、フランスなどの農業国では農業振興の観点もある。ただし、持続可能性の観点から、土地で栽培する食用・エネルギー用作物由来のバイオ燃料の導入上限を設けることが議論されている。ブラジルの主目的はエネルギーセキュリティの強化であったが、最近では原油の自給率の高まりと共に農業振興(産業振興)のスタンスが強くなっている。また、タイ等の東南アジア諸国では自国の輸入燃料の削減、エネルギーセキュリティの強化の目的が強い。カンボジアもタイと同様に燃料輸入国であることから、隣国であるタイの政策を記す。

(ア) タイにおけるバイオ燃料政策の概要

タイ政府は 2011 年 11 月に「新 10 カ年再生可能エネルギー開発計画 (Alternative Energy Development Plan, AEDP) (2012-2021)」を閣議決定した。同計画では、総エネルギー消費量に占める再生可能エネルギーの割合を 2011 年の 9.4%から 2021 年までには 25%に引き上げる事となっている。

(イ) 政策の目標

タイがバイオ燃料を導入する目的は、輸入化石燃料の代替である。タイは化石燃料の純輸入国であり、国内資源を活用したエネルギーで代替することにより、輸入化石燃料を削減したいという狙いがある。

(ウ) バイオ燃料の導入状況および導入促進策

タイ国内のバイオエタノール生産量 (2014 年第一四半期) は、290 万リットル/日であり、前年比 12%増となっている。生産されたバイオエタノールの 9 割が燃料用であり、大半が国内で消費されている。主用な原料はサトウキビ由来のモラセス (廃糖蜜) であり、燃料用バイオエタノールに占めるモラセス由来エタノールの割合は 70~80%である。ただし、モラセスは食糧・飲料・飼料用としても使用されており、供給不足の状況にあるため生産増は主にキャッサバで賄われている。キャッサバ由来エタノール製造プラントは、70 万 リットル/日で製造しており、前年比で 40%増加している。燃料用バイオエタノールに占めるキャッサバ由来エタノールの割合は 2013 年の 27%から 2014 年には 30%、2015 年には 30~40%へと増加する見通しである。

2-2-2 提案製品・技術の概要

サンウエスパはシュレッダーダスト (紙くず) からバイオエタノールを製造し、再利用する事業を行なっている。シュレッダーダストのパルプ繊維に含まれる細胞壁 (セルロース) に酵素と酵母を用いて糖化発酵し、さらに蒸留させることでバイオ由来のエタノールを製造するものである。



エタノール原料



酵素と酵母を加えて糖化発酵



蒸留してエタノール製造

図 7 エタノール製造工程の概要

この製造方法は、原料がシュレッターダストゆえに都市部で安定供給できるという特色があり、従来の穀物由来のバイオエタノールのように原料が食料と競合せず、廃棄物・エネルギー・食料等の環境問題を包括的に解決する可能性を秘めている。なお、この技術はシュレッターダストに限らず細胞壁を有するあらゆる植物に応用してバイオエタノールを回収できることから、本調査では、この技術を活用してホテイアオイを原料としたエタノール製造事業の実現を目指す。

(1) 製品・技術のスペック・価格

ア エタノール製造に必要な機材

エタノール製造にて使用する機材一式を纏めて「エタノール製造プラント」と称する。各機材の使用目的は下表の通りである。

表 12 エタノール製造に必要な機材一式と使用目的

No	機材の名称	使用目的
1	乾式粉碎機	ホテイアオイの乾式粉碎を行い、後の工程の糖化・発酵速度を高める。
2	ボイラー	反応槽の殺菌・洗浄を行うための蒸気を用意する。
3	糖化・発酵槽 (以降、反応槽)	槽内にてホテイアオイの糖化・発酵を行う。また糖化発酵の前処理として、槽内にてホテイアオイを 80 度以上の高温にさらし雑菌を死滅させることで、雑菌による糖消費に伴うエタノール収量減少を防ぐ。
4	脱水機	発酵後の液を固液分離する。後の工程の蒸留の効率を高める（時間の短縮、必用熱量の削減など）。廃液・残渣の活用方法に合わせてフィルターろ過と遠心分離を使い分ける。
5	蒸留濃縮装置	固液分離後の液を蒸留し、高濃度のエタノールを得る。

出典：JICA 調査団により作成

(ア)エタノール製造プラントの性能

・ エタノール生産能力

サンウエспаが所有するエタノール製造プラントは、反応槽の稼働可能容積は 400L (実用積は 500L) である。ホテイアオイ 40kg (乾燥重量) から、エタノールを約 7.2L 生産し、残渣排出量は約 34kg である。1 バッチあたりの所要日数は 3 日である。なお、エタノール製造プラントはオーダーメイドであり、求める生産能力に応じてプラントメーカーに発注する形式である。

・ サンウエспаが所有するエタノール製造プラントの購入価格

購入価格は 3000 万円である。

・ サンウエспаが所有するエタノール製造プラントの概要

立面図、平面図を下図に示す。

(単位：メートル)

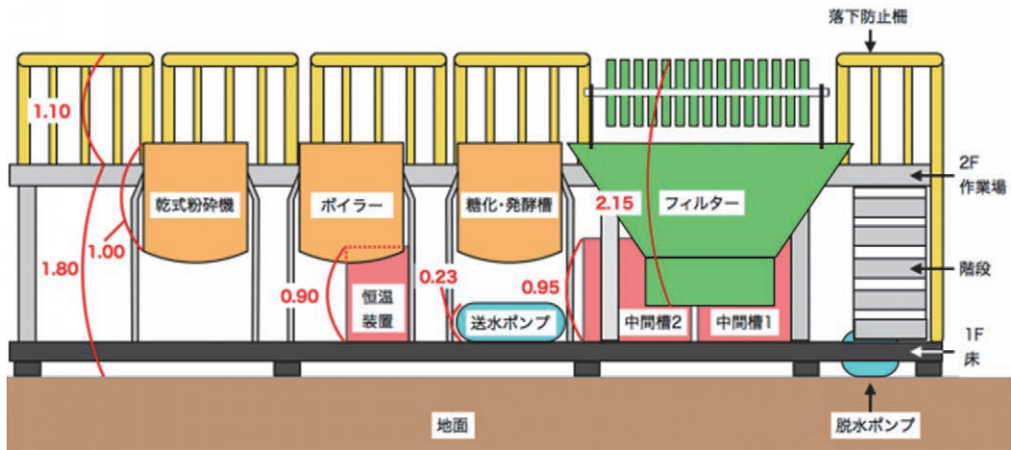


図 8 エタノール製造プラントの立面図 (X軸)

(単位：メートル)

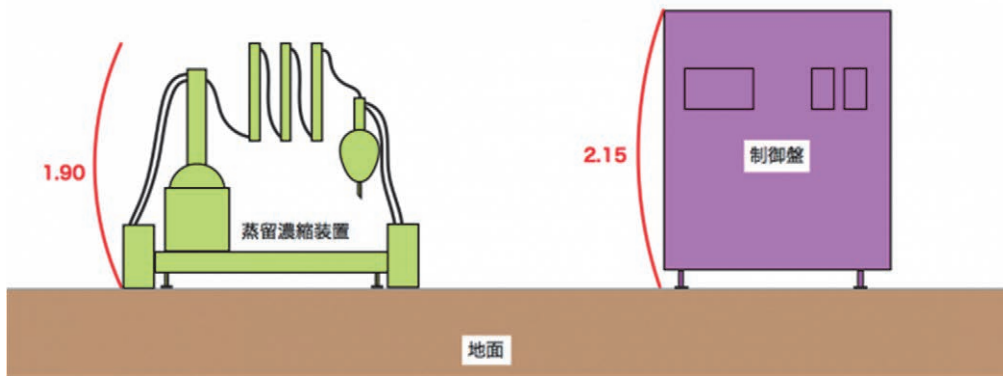


図 9 エタノール製造プラントの立面図 (Y軸)

(単位：メートル)

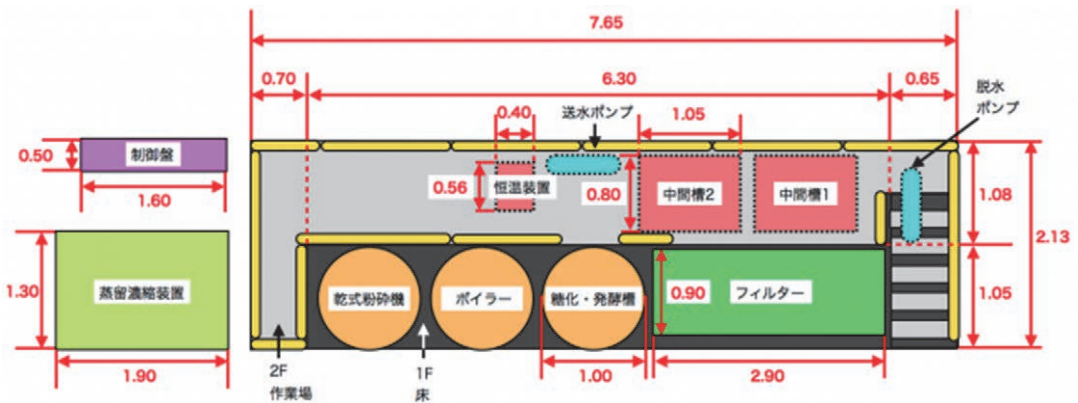


図 10 エタノール製造プラントの平面図

出典：JICA 調査団により作成

イ エタノール製造プラントのライン図

エタノール製造工程と関連する機材を下図に示す。



図 11 エタノール製造工程と関連する機材

出典：JICA 調査団により作成

ウ 技術の特徴

(ア) 特徴その 1：低水分製造による蒸留コスト、蒸留エネルギーの削減

本製造方法は比較的少ない水分量で製造を行うため、製造後に得られるエタノール

ール濃度が大きい。このことにより、他の水分量の多い製造方法と比較して、エタノール濃度を目的濃度に高めるための蒸留コスト、蒸留エネルギーが削減できる。

(イ) 特徴その2：エタノールの随時回収による生産物阻害の防止

エタノール製造は糖化と発酵の2工程から成る。糖化工程では主にグルコース、キシロースが、発酵ではエタノールが生じる。これら生産物の濃度が大きくなると生産物阻害が生じるため、反応速度が小さくなり1バッチあたりの所要日数の増加や、エタノール収量が低下したりする。特に低水分での製造は各物質の濃度が大きくなるため、生産物阻害が生じやすい。固体発酵製法はこの問題を解消すべく、エタノールの随時回収を行う。反応槽（リアクター）内で生じたエタノールの内、気化しているエタノールを空気中から回収することによりエタノール濃度の増大を防ぎ、エタノールの生産物阻害を防止する。エタノールの生産物阻害防止により、グルコース、キシロースは滞りなくエタノール生産のために消費されるため、これら2つの物質の生産物阻害防止も可能となる。

(ウ) 特徴その3：原料の連続投入による酵素の繰り返し利用と酵素コスト削減

通常は原料を連続投入すると生産物の濃度が徐々に高まり、やがて生産物阻害が生じるが、本製法では特徴その2に記載した通り、生産物阻害が生じない。そのためエタノール収量を低下させずに原料の連続投入をすることが可能である。また製造開始時に添加する酵素も失活しない限り原料を糖化するため、原料を連続投入することで酵素も繰り返し利用ができ、酵素コスト削減に繋がる。

2-2-3 比較優位性

バイオエタノールは原料中の糖を酵母で発酵させて製造するのが一般的である。エタノール原料となれる糖分を含む物質は大きく分けて3種類あり、糖質（ブドウ糖、ショ糖等）、でんぷん質、セルロース系バイオマスである。本技術の最大の優位性は、古紙や非食用植物等のセルロースを有する未利用資源をエタノールにすることが可能な点である。他のバイオエタノールは、とうもろこしやキャッサバ等の穀物のでんぷん質を原料とするため食用目的の穀物生産・販売と競合する問題に直面している。しかし、提案技術を用いることにより食料との競合が発生しない点である。

セルロース系バイオマスの酵素糖化によるエタノール製造方法の優位性について、以下の3つの方法を比較し下表に示す。提案製品は方法①である。

方法①：セルロース系バイオマス→酵素による糖化→発酵→バイオエタノール

方法②：セルロース系バイオマス→酸加水分解による糖化→発酵→バイオエタノール

方法③：セルロース系バイオマス→ガス化→合成→バイオエタノール

表 13 エタノール製造方法①～③の比較

工程	方法①	方法②	方法③
メリット	糖化工程の条件（温度、圧力など）が比較的穏やか	硫酸などの調達コストが方法①の酵素調達コストと比べて安価	一旦ガス化するため、そのガスからエタノール以外の物質を製造することが可能
	糖の過分解物が生じない		
デメリット	酵素が高価	耐酸設備が必用	ガス化時、温度が 650～1100℃と高温
	発酵後の液はエタノール濃度が低いため目的用途に合わせて蒸留濃縮が必用	糖の過分解物が発酵を阻害し収率が低下	ガス化後の合成時、ガス混合比の厳密な調節が必用
		発酵後の液はエタノール濃度が低いため目的用途に合わせて蒸留濃縮が必用	ガス化時に生じるタールなどは、合成時に用いる触媒を被毒するため除去が必用

出典：JICA 調査団により作成

2-3 提案製品・技術の現地適合性

2-3-1 現地適合性確認方法

本調査では、以下に示す 3 方法で現地適合性の確認を行った。

(1) ホテアオイのエタノール化実験

サンウエスパの試験ラボおよび常設エタノール製造プラントを活用し、カンボジア産ホテアオイのバイオエタノール化を行う。収量効率の最適化を目指し、使用する酵母による差異やホテアオイの部位による収量変化等を見極める。

(2) 本邦受入れ活動による適合性の検証

主に、実プラントの説明や稼働方法等、エタノール製造プロセスなど技術面を紹介し、プロジェクトに対するカウンターパートの協力意思の確認、実現可能性の確認を行った。なお、参加者はコンポンチュナン州政府を招聘し、サンウエスパが実施する古紙ならびにホテアオイを原料にしたバイオエタノール製造方法を紹介するとともに、E3 ガソリンの精製も実演し、代替エネルギーの活用実現性を示した。

(3) バイオエタノール製造事業に関連するステークホルダーの意識調査

バイオエタノールの製造には、原料であるホテアオイを採取する必要がある。この採取作業は漁業の営む水上生活に委託し、漁と同時並行で採取してもらい、重量メースで買い取る事を想定している。したがって、委託事業が漁民にとって興味ある内容で、担い手が存在するかを確認する。

(4) バイオエタノールの販売先に関する調査

当初計画では、製造したバイオエタノールの販売方法は①濃度 99.5%以上に精製した E3 ガソリン用エタノール、②消毒用薬用アルコール、③飲料用アルコール（スピ

リッツ)を想定した。これらの商材の販売可能性について確認した。

2-3-2 現地適合性確認結果 (技術面)

(1) ホテイアオイのエタノール化実験の方法と結果

ホテイアオイのエタノール化とそれに関わる実験として、下記の実験A～実験Cを実施した。各実験の手順、結果、考察について記す。

- ・ 実験A: ホテイアオイ (茎)、(根) のエタノール化
- ・ 実験B: 酵母の発酵試験
- ・ 実験C: ホテイアオイの乾燥試験

ア 実験A. ホテイアオイ (茎)、(根) のエタノール化について

<目的>

ホテイアオイの各部位からのエタノール収量を知ることが目的とした。また、各部位の特性を知ることが目的とした。

<手順>

- ① ホテイアオイを量り取り、その10倍量のマッキルベイン緩衝液を混ぜ、フードプロセッサ (T-fal Minipro Ruby Red Plus) で3分間細断処理した。
- ② 50ml チューブに①を20ml取った。
- ③ ②にクロラムフェニコール溶液 (50mg/ml-エタノール) を20 μ l入れた。
- ④ 酵素溶液を1.5[g/20ml]の濃度で作成した。酵素はアクレモニウムセルラーゼを用いた。
- ⑤ ③に④を2667 μ l入れた。
- ⑥ 50°Cの恒温器内の振盪機に⑤をセットし、糖化を開始した。
- ⑦ 糖化開始から約70時間経過後に、酵母溶液を4[g/20ml]の濃度で作成した。酵母は日清製粉のスーパーカメリヤを使用した。
- ⑧ ⑦を⑤に1ml入れた。
- ⑨ 32°Cの恒温器内の振盪機に⑧をセットし、発酵を開始した。

<結果>

ホテイアオイの茎、根における糖 (グルコース、キシロース) 生成の様子とエタノール生成の様子を下図に示す。(※何通りか試験区を作成し実験を行ったが、ここでは最も収量の大きかったデータを示す。)

なお、下図に示した試験区の諸条件は下表の通りであった。

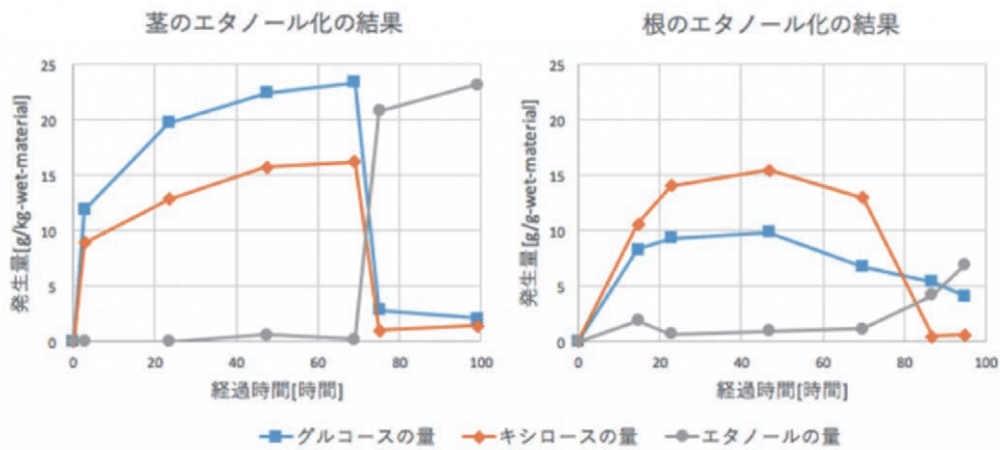


図 12 各物質の量の経時変化

出典：JICA 調査団により作成

表 14 茎、根の最大収量が得られた時の条件

部位	pH	原料重量に対する割合	
		酵素添加量[%]	酵母添加量[%]
茎	4.5	10	10
根	5.0	10	10

出典：JICA 調査団により作成

<考察>

グラフより茎と根で特性の違いを比較すると、生成する糖の傾向に差があり、茎ではグルコースが多く、根ではキシロースが比較的多く生成することが分かる。またグラフより、茎、根のどちらにおいても、酵母投入の70時間以降にキシロースが多く消費され、85時間目にはほぼ全量のキシロースが消費されている。本実験で使用した酵母（日清製粉のスーパーカメリヤ）では、本来ならばキシロースは発酵できないはずである。そのため、雑菌によるキシロースの消費の可能性が懸念された。そこで、本実験でのキシロース消費が酵母によるものなのか、或いは雑菌によるものなのかを確かめるべく、以降に述べる実験Bを実施した。

なお本実験の結果より、乾燥重量あたりのエタノール収量は茎で294[ml/kg-dry-material]、根で106 [ml/kg-dry-material]である。

イ 実験 B. 酵母の発酵試験について

<目的>

Aの実験で用いた酵母、カンボジアで調達した酵母がグルコース、キシロースをどの程度発酵できるのかを把握することを目的とした。

<試験区設定>

試験に使用する酵母に番号を振り（右写真）、試験区を設定した（下表）。



写真 1 実験に使用する酵母と酵母番号

表 15 酵母の発酵試験の試験区設定

試験区番号	酵母番号	添加量		
		グルコース [g/L]	キシロース [g/L]	糖重量に対する酵母の添加割合 [%]
1	a	20	0	10
2	b			
3	c			
4	d			
5	e			
6	f			
7	a	0	20	
8	b			
9	c			
10	d			
11	e			
12	f			
13	-	20	0	0
14	-	0	20	

出典：JICA 調査団により作成

表 16 酵母 a～f の購入場所や価格等

酵母番号	商品名	購入場所	参考（購入価格と量）	
			価格 [ドル]	量 [g]
a	不明	オルセー市場	2	124.37
b	不明	オルセー市場	2	526.83
c	saf-instant	プノンペンのイオン	3.2	500
d	BRUGGEMAN	プノンペンのイオン	4.3	500
e	Angel	プノンペンのイオン	3	500
f	日清製粉のスーパーカメリア	日本のショッピングセンター	300 [円]	50

出典：JICA 調査団により作成

<手順>

- ① 酵母 a～f それぞれについて、精製水に溶かし 3 [g/20ml] の酵母溶液を作成した。（※）
- ② pH5.0 のマッキルベイン緩衝液で濃度 20 [g/L] のグルコース溶液、キシロ

ース溶液をそれぞれ 150ml ずつ作成した。

- ③ ②のそれぞれに 50[mg/ml-エタノール]のクロラムフェニコール溶液を 150 μ l ずつ添加した。
- ④ ③を 50ml チューブに 20ml 入れた。これを 50ml チューブ 14 本分行った。
- ⑤ ①の酵母溶液を④に入れた。添加量は試験区設定の表の通りになるよう、267 μ l を添加した。
- ⑥ 32°C設定の恒温器内の振盪機にセットし発酵を開始した。
- ⑦ 発酵開始 17 時間後にサンプリングを行った。

※①で酵母 a、b は精製水に溶けなかったため、葉さじの腹で押しつぶし粉状にしてから溶かした (右写真)。

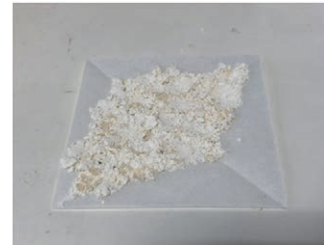


写真 2 押しつぶし粉状にした酵母

<結果>

酵母の発酵試験の結果を下表に示す。

表 17 酵母の発酵試験の結果

酵母 番号	試験区 番号	17 時間経過後の濃度		
		グルコース濃度 [g/L]	キシロース濃度 [g/L]	エタノール濃度 [g/L]
a	1	26.00	0.00	1.46
b	2	50.00	0.00	2.21
c	3	3.00	0.00	12.71
d	4	0.50	0.00	13.96
e	5	5.00	0.00	9.21
f	6	1.50	0.00	12.71
a	7	0.00	32.00	0.96
b	8	0.50	34.00	0.71
c	9	0.00	31.25	0.46
d	10	0.00	32.50	0.71
e	11	0.00	30.75	0.71
f	12	0.00	31.25	0.00
-	13	20.25	0.00	0.71
-	14	0.00	20.50	0.71

出典：JICA 調査団により作成

<考察>

表より酵母 a、b、e よりも、その他の酵母の方がグルコースを多く発酵できることがわかる。また表より、どの酵母もキシロースを発酵できていない

め、実験 A でキシロースがほぼ全量消費しきれていたのは、酵母の発酵によるものではなく雑菌の消費によるものだと考えられる。したがってエタノール収量増加のためには、製造開始前に雑菌を死滅させることと、キシロースを発酵できる酵母を探索することが重要となる。

ウ 実験 C. ホテイアオイの乾燥試験

<目的>

ホテイアオイの乾燥時の各部位（葉、茎、根の3部位）の重量比を把握することを目的とした。（重量比の把握はホテイアオイ重量あたりからのエタノール収量を計算する際に必要となる。）今後行う実験のため、乾燥状態のホテイアオイを確保することも目的とした。

<手順>

- ① ホテイアオイを葉、茎、根の部位別に切り分けた。
- ② ①で切り分けた各部位の重量を記録した。
- ③ 90℃設定の恒温器内に①を入れた。
- ④ 以降、定期的にホテイアオイの葉、茎、根の重量を記録した。重量測定を重量に変動がなくなるまで定期的に繰り返し行った。

<結果>

ホテイアオイの乾燥試験の結果を下表に示す。（※重量の変動は91.5時間目でなくなったため、91.5時間目の重量を絶乾重量とし、葉、茎、根の重量の内訳を計算した。）

表 18 乾燥試験の結果

部位		乾燥 91.5 時間目の 総重量の内訳[%]
ホテイ アオイ A	葉	7
	茎	42
	根	51
ホテイ アオイ B	葉	9
	茎	61
	根	31

出典：JICA 調査団により作成

<考察>

結果より、乾燥状態のホテイアオイの3部位の重量比は、（葉）：（茎）：（根）＝1.5：2.5：6、であるとわかる。根が全体の6割の重量を占めるため、実験 B で述べたキシロースの発酵がエタノール収量増加のためには重要となる。

本実験では根の土を除去しきれていないため、その影響で根の重量比が大きくなったことも考えられる。今後、灰化の実験を行うことで灰分量を測定し、各部位のより正確な重量比を把握する。

(2) 本邦受入れ活動の実施結果

ア 参加組織および人数：

コンポンチュナン州副知事、同州鉱工エネルギー局長、同州公共事業副局長、同州環境副局長の計4名

イ 実施期間：2018年8月26日（日）～9月1日（土）

ウ 主な活動内容：

本活動の目標は「サンウエспаが実施する古紙ならびにホテイアオイを原料にしたバイオエタノール製造方法を紹介するとともに、E3 ガソリンの製造も実演し、代替エネルギーの活用可能性について理解を深める」とした。エタノールの製造実演の際にはカンボジアから輸入したホテイアオイを利用した。

表 19 受入れ活動の主な日程と内容

日程	内容
1 日目	オリエンテーション
2 日目	JICA 中部、岐阜市役所、岐阜県庁を表敬訪問（コンポンチュナン州のプレゼンテーションを含む）
3 日目	株式会社サンウエспа紹介、及びエタノール製造技術の紹介
4 日目	紙及びホテイアオイを原料としたエタノール製造実演
5 日目	製造したエタノールを用いた E3 ガソリンの製造実演、E3 ガソリンを燃料源とした農機具稼働の実演、受け入れ活動内容の統括

出典：JICA 調査団により作成

エ 実施結果・協議結果：

本受け入れ活動中の講義や実演についてはアンケートを用いて各参加者の理解度を把握するよう努めた。「講義の資料や説明はわかりやすかったか？」の問いに対し、good 以上の評価を全てのアンケートで得られており、全講義において理解が得られたと思われる。なお、最終日に実施した統括では、エタノールおよび残渣に対して、コンポンチュナン州が希望する以下の3つの利用用途が述べられた。

- a) E3 ガソリンを製造し、州内の村落で効果を検証したい。
- b) 付加価値の高い飲料用アルコールを製造し、州の名産品であるコンポンチュナン焼きをその容器として販売する産業を興したい。
- c) 残渣は堆肥もしくは飼料として活用できるよう検討し、同州の主要

産業である農畜産業に貢献して欲しい。

なお、効果検証や名産品としての販売、堆肥化や飼料化の検証活動に関しては、農民や漁民、陶工などの州民の協力が不可欠である旨を打診したところ、州政府の指揮のもと協力は惜しまないとの回答を得ている。

(3) バイオエタノール製造に関連するステークホルダーの意識調査

(ア) ホテアオイ収集業務に対する関心度調査

本事業では、ホテアオイの収集を水上生活者に委託する計画である。この収集業務に対する関心度・協力意思の有無を把握するため、水上生活者 10 家族に対し、「ホテアオイ 100kg あたり 500 リエル（約 14 円）で購入する場合、ホテアオイの収集作業をしますか？」との問いをした。結果は「YES：4 家族、NO：6 家族」であった。「YES」と回答した理由は、「漁業以外に安定した収入源が必要」と回答し、「NO」と回答した理由の殆どが「体力作業の割に買取価格が安い」であった。

なお、現時点でホテアオイの収集や売買をする競合は存在せず、水上生活者へ新たな収入機会を創出することになる。適量、適切な時期に回収する事を指導する事によって、枯死・腐敗前に回収し、湖水環境の保全に寄与できると考える。

(イ) バイオガソリンの購入意思調査

事業候補地近くの水上村落ではスピードボートにガソリンを使用している。ホテアオイからバイオエタノール、そしてバイオガソリンを製造し、水上村落内で利用する事になれば、地産地消の循環型エネルギー供給事業にもなる可能性がある。したがって、水上生活者および陸上生活者に対してバイオガソリン購入意思調査を行った。設問は「ガソリンを購入する場合、どのガソリンを購入するか？」とし、以下の三択方式を採用した。

表 20 バイオガソリン購入意思ヒアリング結果

(回答サンプル数：31 人)

質問	投票数	陸上生活者	水上生活者
① 価格が 5%安くなるが、パワーも 5%落ちるガソリン	8	4	4
② 今使っているガソリン	8	5	3
③ 値段が 5%高くなるが、この村で製造された環境に優しいバイオガソリン	15	12	3

出典：JICA 調査団により作成

投票数の約半数が「③値段が 5%高くなるが、この村で製造された環境に優しいバイオガソリン」を選ぶ結果となった。陸上生活者が③を選択する傾向にあり、選んだ理由のほとんどが、「地元産のガソリン製造を応援したい」と地元産業に活性化を

望む結果であった。なお、①の投票者は「安いから」「高くても品質が良いとは限らない」と回答し、②の投票者は「③と品質が同じなら安い②が良い」「いま使っているもので満足している」「エンジンに影響が無いか心配」と回答した。

(4) バイオエタノールの販売先に関する調査

製造したバイオエタノールの販売方法は、①濃度 99.5%以上に精製したエタノール、②消毒用薬用アルコール、③飲料用アルコール（スピリッツ）を想定している。これらの商品の販売可能性について確認を行った。

ア 濃度 99.5%以上に蒸留した E3 ガソリン用エタノール

濃度 99.5%以上に蒸留したエタノールは E3 ガソリンの混合原料として活用可能である。しかし、前述の鉱工エネルギー省からの情報によると、現時点は E3 の国内導入の検討および仕様書の策定を進めている段階ではあるものの、制定される時期は明らかになっていない。主な理由は、石油法やバイオ燃料法などの法律や関連規制が策定されておらず、これら基本法の整備と並行に進むようである。また、カンボジアには石油会社が 13 社参入しているが、グローバル企業 3 社以外の現地会社は品質管理基準を有しておらず、管理基準なき石油ビジネスを行っている状況といわれている。発がん性リスクに対する警告がだされた MTBE (Methyl Tertiary-Butyl Ether; メチル・ターシャリー・ブチル・エーテル) やその他の化合物を混入して廉価版ガソリンを販売しているため、価格競争の観点から E3 ガソリンの普及には厳しい市場であると言われている。このような状況ゆえ、E3 ガソリンが市場に普及していく時期は数年先となると想定した。

イ 消毒用薬用アルコール



プノンペン市内、コンポンチュナン州の薬局およびヘルスセンターで市販されている消毒用アルコールを購入したところ、いずれも同じ商品、製造元であった。同商品は 500ml で 3,000 リエル（84 円、2018 年 10 月 JICA レート）。アルコール濃度は 97%と表示されているが、実際の計測値は 30%程度であった。このような偽物の廉価版消毒用アルコール市場への参入は難しいと判断し、本調査においては見送る判断をした。

ウ 飲料用アルコール：濃度 95%未満のエタノール（スピリッツ）

泡盛、ウィスキー、ウォッカ、スピリタス、焼酎などに類するスピリッツ（蒸留酒）の製造が可能であるため、ホテイアオイを原料に甲類、乙類のスピリッツの製造・販売を行う。カンボジアのスーパーマーケットでは国産ビール、海外ビール、ワイン、日本酒、焼

酎、ウィスキー、その他多数のスピリッツが入手可能である。自国産のウィスキーや米蒸留酒も販売しており、その価格帯を調査した。容量も度数も異なる事ため、1リットルあたりのアルコール度数100度に換算すると、価格帯は概ね50ドルから200ドルの間で、100ドル強の製品が多いことを確認した。

表 21 カンボジア産飲料用アルコールの価格帯

銘柄	容量(ml)	度数(%vol)	価格(US\$)	100度換算(\$/L)
Taong Banana Whisky	600	40.0	11.90	49.58
MEKONG Plam Sparkling	200	8.0	3.30	206.25
KIREL Palm Wine Original	500	11.0	6.50	118.18
スラソー武生	500	25.0	7.90	63.20
スラソー武生 Tamarind	500	25.0	14.25	114.00
Taong Banana Wine	750	14.8	11.90	107.21
SKA Rice Spirit	375	21.0	10.40	132.06
SAMAI Rum	700	41.0	27.50	95.82

出典：JICA 調査団により作成

2-3-3 現地適合性確認結果（制度面）

バイオエタノール製造事業に関連すると思われる許認可、制度について以下に記す。

(1) 投資規制

「改正投資法施行に関する政令第111号」の付属文書1 (Negative List)・Section 1に掲載されている事業は、カンボジア企業および外国企業による投資が禁止されている。さらに、同政令付属文書1・Section 2には「優遇措置に非適格な投資行為」、Section 3には「輸入関税免税には適合するが法人税免税には不適合となる、特別な性質を有する投資行為」が列挙されている。サンウエспаが想定しているバイオエタノール製造事業は、上記政令のいずれにも該当しない事業である。

(2) エタノール製造の許可

工業手工芸省の説明によると、エタノール製造工場の建設許可に関しては、以下の手続きが必要となる。

- A) 工場建設申請書
- B) 工場運営ライセンス
- C) 工業省による操業前検査を経て許可取得
- D) その他：月次報告書を提出する義務がある

なお、A) 工場建設申請書が必要となる条件は、機材・設備のみで500,000USドル以上の投資をする場合である。

また、工場建設申請書は以下の項目で構成されている。

- a) Application Form for Establishment of Factory
- b) Summary Information of Investment Project, Production and Safty -
Sanitary Systme
 - ◇ List of Machinery and Facility
 - ◇ Description of Products
 - ◇ Description of Raw Material
 - ◇ Information of Production Waste
 - ◇ Information of Quality Control Program

更に、申請書に添付する書類は、

- Factory Permit from Authority
- Lease Agreement (IF ANY)
- Land Title
- Commercial Registration Form MoC (IF ANY)
- Statute (IF ANY)
- Feasibility Study (IF ANY)
- Machinery Lay-out Plan
- Factory Signing Board
- ID or Passport (Copy)
- Photo 4 x 6=3Pcs
- Lab Test (IF ANY)
- Criminal or Police Record (IF ANY)

となっている。

(3) 特許について

カンボジアは2016年12月に特許協力条約 (Patent Cooperation Treaty : 以下、PCT) への加入する事となり、世界で151番目のPCT締約国となった。これにより、2016年12月以降に出願された国際出願は自動的にカンボジアの指定を含まれる事となった。また、日本とカンボジア間においては、「特許の付与円滑化に関する協力 (Cooperation for facilitating Patent Grant : 以下、CPG)」によって、日本特許庁の審査を経て特許となった出願に対応するカンボジア出願について、申請によってカンボジアでも実質的に無審査で特許付与されることとなった。この協力により、出願人は日本で登録された特許と同様の特許をカンボジアでも早期に取得することが可能となっている。

(4) 環境関連の制度

カンボジア国「環境影響評価の手続きに関する政令 (1999年)」のAnnexにおいて、アルコール製造事業 (エタノール製造業と読み替える) は製造規模に関わらず

事前環境影響評価（Initial Environmental Impact Assessment, 以下、IEIA）、環境影響評価（Environmental Impact Assessment:以下、EIA）のいずれかを行うことと定められている。なお、事業規模が200万米ドル以下の場合、EIAの審査は州政府によって行われる事となっている。

また、本事業に影響を及ぼす可能性のある環境関連法規制を以下に列記する。

表 22 環境関連法規制の一覧

環境影響評価関連		
1	環境保護及び自然資源管理法／ Law on Environmental Protection and Natural Resources Management, December 1996	全てのプロジェクトに対して、政府の承認を受ける前に、環境影響評価を行うことを義務化。
2	環境影響評価プロセスに関する政令／ Sub-Decree No. 72 Anrk.bk on Environmental Impact Assessment Process, August 1999	EIA 実施対象プロジェクトの分野、規模、内容を規定。政府の承認を受ける前に、EIA が環境省に提出され評価されるプロセスを規定。
3	環境影響評価レポート作成ガイドライン／ Declaration No. 376 Brk.bst on General Guideline for Conducting Environmental Impact Assessment Report (IEIA/EIA), September, 2009	IEIA/EIAレポート作成に関するガイドライン。
環境関連の法規制		
4	水質汚染防止に関する政令／ Sub-Decree No. 27 Anrk.bk on Water Pollution Control, April 1999.	河川、水路、海洋の水質基準及び排水基準を規定。
5	大気汚染及び騒音防止に関する政令／ Sub-Decree No. 42 Anrk.bk on Air Pollution Control and Noise Disturbance, July 2000.	大気の排出物質及び騒音の基準を規定。
6	水資源管理法／ Law on Water Resources Management, April 2007	水資源利用の権利、管理の義務を規定。水資源管理の基本的な方針の設定。
本事業で関連する可能性のある他の法規制		
7	固形廃棄物管理に関する政令／ Sub-Decree No. 36 Anrk.bk on Solid Waste Management, April 1999.	固形廃棄物（家庭、医療、産業）の回収、輸送、保管、廃棄に関するライセンスシステムを規定。
8	国内保護地域法／ Law on Natural Protected Areas, February 2008	保護区の管理、保全フレームワークを規定。保護区および自然保護地域の設立。
9	漁業管理法／ Law on Fisheries Management and Administration 2005	漁法に関する規制の規定。

出典：各種資料を基に JICA 調査団により作成

(5) 食品法体系および食品基準、アルコール規制

カンボジアは新たな食品法を2000年に制定し、表示・保存条件・輸送条件などの技術的規制について法的枠組を定めている。また、食品衛生など食品安全性に関連する他の規制がいくつか策定中である。食品安全性管理に携わる省庁は多く、商業省、工業手工芸省と保健省は、適正製造基準、適正衛生基準、HACCPのような食品安全システムの推進と実装を担っている。保健省と商業省は食品添加物と汚染物質のモニター、工業手工芸省は、食品基準とラベリング証明書を提供するなど、省庁

によって管轄が異なる。

なお、2015年にはアルコール規制法のドラフトが策定され、保健省によって審査されている段階と言われている。ドラフトの状態では10のチャプターと23の条項を含んでいる。アルコール規制法の主たる目的は、以下とされている。

- アルコール商品を管理、統制する為の行動をとる
- アルコール商品の使用に係る危険に対する取組みへの市民の参入を増やし、意識を向上させる。
- アルコールに関する教育を促し、商品の使用を最小限にするために、政府、国内及び国際的な団体やNGOとの協力を高める。

2-4 開発課題解決貢献可能性

2-4-1 開発課題貢献可能性

本調査の結果、開発課題として設定したホテイアオイの驚異的な繁茂により①航路の妨げによる水上交通・運輸障害、②漁民のボートや運搬船のエンジンやスクリュー破損、③水中酸素の減少や水蒸発量の増大による魚の大量死や漁獲量の減少など、現実的な課題に直面していることが明らかとなり、ホテイアオイの除去に対する需要が高い事も判明した。また調査対象地外のシアヌークビル海岸でもホテイアオイの影響により住民生活の妨げとなっている状況にある事も公になっている。行政機関もこの課題を認識していたが、解消できない要因の一つとして、行政機関もホテイアオイの除去作業にかかる膨大な労力と費用負担が出来ず、ボランティア活動の範囲で人力による除去作業を行っている程度である。

本事業は、除去したホテイアオイをエタノールの原料として有効活用し、収益化を図ることにより除去費用を補うと共に持続可能な活動となるよう事業化を図るものである。本邦受入れ活動を通じて、カウンターパート候補であるコンポンチュナン州に対し、バイオエタノールの製造実現性、E3 ガソリンの実用可能性を示した結果、同州からは新規産業と雇用の創出となりうる「E3 ガソリンの製造」「飲料用アルコールの製造」「ホテイアオイ残渣の有効利用」という3つの事業によって収益化を図るよう期待される結果となった。この収益事業が安定的に持続する事により、ホテイアオイの驚異的な繁茂力によって引き起こされる課題の解決に貢献することが可能である。

第3章 ODA 案件化

3-1 ODA 案件化概要

(1) ODA 案件概要

想定する ODA 案件は、中小企業海外進出支援一普及・実証・ビジネス化事業を活用した「トンレサップ川における公害草ホテイアオイを活用したバイオエタノール製造普及・実証・ビジネス化事業」（以下、ODA 事業とする）とする。

本事業は、ホテイアオイの繁茂による水上交通被害の解消と湖水環境の保全を目的として実施する。この目的を果たすには、ホテイアオイの除去作業を定期的かつ持続的に行う必要があるが、同時に作業費用も定期的に捻出する必要がある。普及・実証・ビジネス化事業は、この除去作業費用を補うべく、除去したホテイアオイを原料としてバイオエタノールを製造・販売し、収益化を図る事によって持続可能な事業となる事を実証するものである。この事業の持続性を証明するために、以下の 4 つの成果の発現を目指し、活動するものである。

【成果 1】バイオエタノール製造プラントが計画的、安定的に稼働する。

【成果 2】プロダクトである E3 ガソリン、飲料用アルコール、堆肥原料が製造される。

【成果 3】各活動による水質変化、環境変化、意識変化などの効果が明らかになる。

【成果 4】サンウエスパのバイオエタノール製造にかかる事業計画が策定される。

- ・ 成果 1 は、輸出入、輸送、据付等は当然の事ながら、メンテナンス対応やカンボジア作業員の育成等も含めて、計画的で安定的な稼働を実現できる操業形式を確立する。
- ・ 成果 2 は、収益化商材の開発である。日本とは環境下の異なるカンボジアゆえ、原料の前処理、酵母・酵素の適応性、水の違い、気温の違いなど、あらゆる面で条件が異なる事から、カンボジアに適した製造工程の確立を目指す。なお、E3 ガソリンの市場は近々に開放される状況ではないが、将来的に市場開放された時に向けて製造準備を進める。
- ・ 成果 3 は、ホテイアオイを人工的に収集する事によって生じる水質の変化等の環境影響を検証する。正・負の効果やインパクトを明らかにする事により、事業の継続に必要な対応策を講じられるよう研究を進める。
- ・ 成果 4 は、上記 3 つの成果を纏めると共に、各商材の市場や需要調査を行い、事業計画を構築する。

本事業のカウンターパートはコンポンチュナン州政府とし、事業実施候補地は州地方開発局の敷地内である。また成果 3 に関連する水質変化やインパクトの研究においては、カンボジア工科大学もしくは同等の研究力を有する機関に委託する計画である。なお、本事業で導入する機材はサンウエスパから JICA に対して貸与する形式を取り、事業終了後にカウンターパートへ譲渡せず、サンウエスパが継続して本格事業に利用できる形式（リース方式）を提案する。

(2) 対象地域の選定

トンレサップ湖は東南アジア最大の淡水湖で、湖面積は国土の44%を占める、直径116km、幅は約3km～33km、雨季の周長は約482kmと言われている。世界最大規模の水上生活者が生活しており100万人以上が住むと言われている。また湖および国道5号、6号の周辺を含めると240万人（2014年統計）とされている。面積や水深は季節によって大きく変動し、雨季は100万～150万ヘクタールで水深は8-11メートル、乾季は雨季の1/4の面積となり水深は1～2メートルとなる。

本事業の実施には、以下の観点を踏まえて最適な地域および場所を選定する。

- ▶ トンレサップ湖もしくはトンレサップ川流域で、ホテイアオイの繁茂が多く、水上村落や近隣住民の生活に支障をきたしている地域。また、通年してホテイアオイがある。
- ▶ E3 ガソリンの製造後、地産地消型のエネルギー需給に期待できるため、水上村落や近隣住民がガソリンを多用している地域（ディーゼルを多用している村落もある）。
- ▶ バイオエタノール製造後、運搬、流通しやすい立地。
- ▶ 主要国道へのアクセスが近く、かつ行政機関、研究機関、消費市場が集積するプノンペンに比較的近い場所。
- ▶ 住民移転を必要としない場所。
- ▶ 国立公園など環境保全区域になっていない場所。

対象地調査の結果、水資源省より紹介されたホテイアオイの繁茂地域（①シムリアップ州 Chong Khneas、②コンポントム州 Tonle Chhmar、③コンポンチュナン州 Chhnok Tru、④ポーサット州 Kampong Luong）の内、国道5号線へのアクセスが良く、首都プノンペンへのアクセス容易な③コンポンチュナン州を適地と判断した。

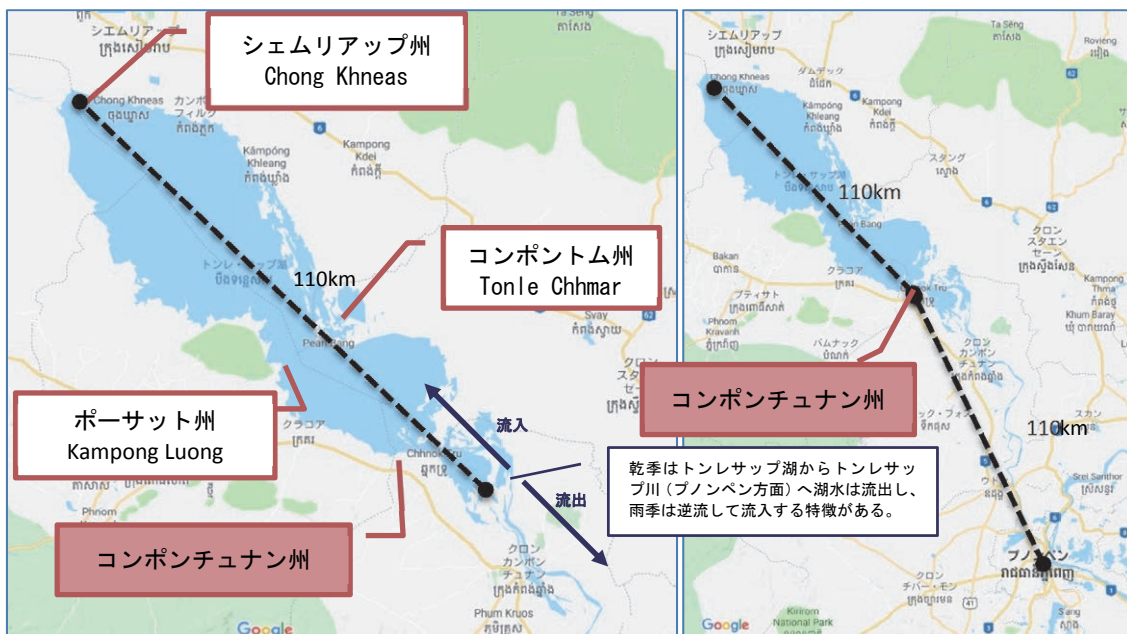


図 13 事業対象候補地

出典：Google Map を利用し、JICA 調査団により作図

3-2 ODA 案件内容

(1) 事業目的と成果および活動

本事業は、ホテイアオイの繁茂による水上交通被害の解消と湖水環境の保全を目的として実施する。この目的を果たすためには、ホテイアオイの除去作業を定期的かつ持続的に行う必要があるが、同時に作業費用も定期的に捻出する必要がある。したがって、この除去作業費用を補うべく、除去したホテイアオイを原料としてバイオエタノールを製造・販売し、収益化を図る事によって持続可能な事業となる事を実証するものである。この事業の持続性を証明するために、下表に示す4つの成果を導く様々な活動を展開するものである。

表 23 ODA 案件事業概要

案件名称：(仮) トンレサップ川における公害草ホテイアオイを活用したバイオエタノール製造普及・実証・ビジネス化事業

成果	活動	
成果 1: バイオエタノール製造プラントが計画的、安定的に稼働する。	1-1	エタノール製造プラントを製造、輸出し、事業対象地に設置する。
	1-2	エタノール製造プラントの操作・維持管理方法の技術指導を行う。操作・維持管理マニュアルを作成する。
	1-3	エタノール製造プラントを用いたバイオエタノールの製造方法の技術指導を行う。
	1-4	E3 ガソリン製造機の操作・維持管理方法の技術指導を行う。
	1-5	エタノール製造プラントを事業対象地から撤去し、移設する。
成果 2: プロダクトである E3 ガソリン、飲料用アルコール、堆肥が製造される。	2-1	水上村落者にホテイアオイの収集作業を委託し、作業の実現性、持続性、費用対効果を把握する。
	2-2	ホテイアオイを原料としたバイオエタノール製造に向け、最適な製造条件を明らかにする。
	2-3	バイオエタノール製造の副産物である残渣を堆肥化し、近隣農家にて試験栽培を行う。
	2-4	バイオエタノールから E3 混合ガソリンを製造し、水上生活者の船外機（ロングテール）や農耕機械で E3 ガソリンの駆動品質の検証を行う。
	2-5	飲料用バイオエタノールを製造し、コンボンチュナン州の特産品を開発する。
成果 3: 各活動による水質変化、環境変化、意識変化などの効果が明らかになる。	3-1	ホテイアオイの採取によるトンレサップ湖の水質変化をモニタリングし、ホテイアオイの乱獲防止策を策定する。
	3-2	バイオエタノール製造工程および E3 ガソリンの利用状況をモニタリングし、温室効果ガス削減効果を検証する。
	3-3	コンポストを活用して栽培した農作物の収量や糖度などの品質面を検証する。
成果 4: サンウエスパのバイオエタノール製造にかかる事業計画が策定される。	4-1	工業用アルコール、醸造用アルコール製造。貯蔵、販売における法規制等を確認する。
	4-2	堆肥または飼料のマーケティング調査を行い、市場規模の把握や販売先候補の発掘を行う。
	4-3	E3 ガソリンのマーケティング調査を行い、市場規模の把握や販売先候補の発掘を行う。
	4-4	ホテイアオイ産醸造用アルコールとコンボンチュナン特産品販売者と連携し一村一品商品を創造する。

	4-5	事業持続性の確保に向け維持管理コスト等の支出を補えるよう収益分析を行い、エタノール価格の設定を行う。エタノール販売候補に対し販売価格や供給条件等を提示し、市場調査を行う。
	4-6	バイオエタノール製造ビジネスの展開計画を策定する。
	4-7	エタノール販売候補企業や環境省、農林水産省などを招き、本事業の成果を紹介し、ホテイアオイを原料としたバイオエタノールの認知度を高める

出典：JICA 調査団により作成

以下に活動概要と関連する成果を図示する。

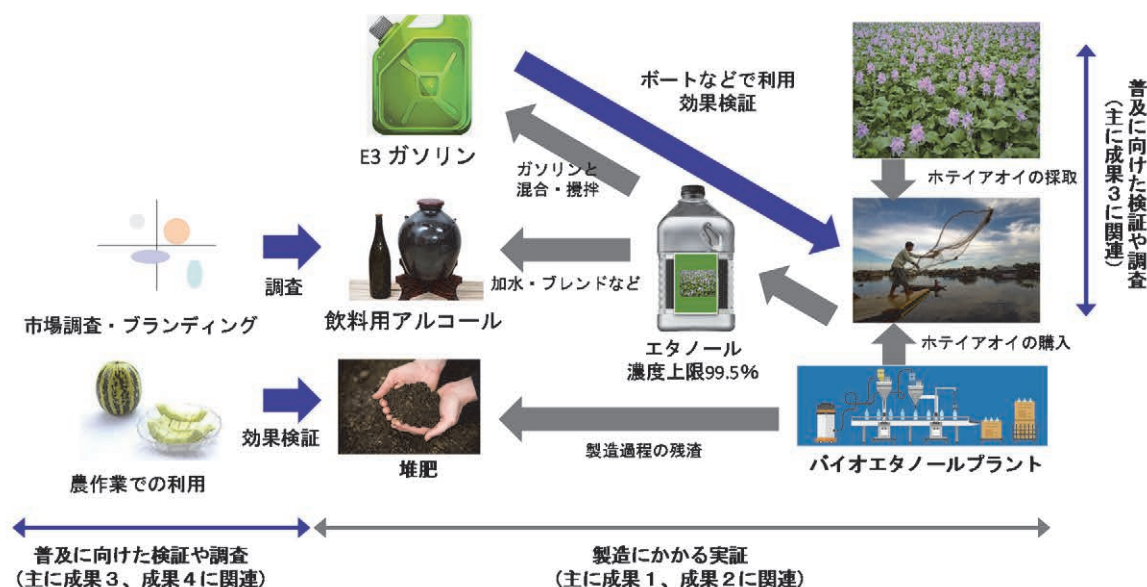


図 14 本事業における活動概要と関連する成果

以下に、日本側、カウンターパート側の投入計画を示す。この計画はコンポンチュナン州との協議によって定めた事項であり、簡略化した議事録に取り纏め済みで、現時点は署名を取り交わす段階にある。

ア 投入

	日本側	カウンターパート側
投入人員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 業務主任/事業企画策定 2. エタノール製造技術 1/製造最適化 3. エタノール製造技術 2/E3 ガソリン製造技術 4. 蒸留酒開発・製造担当 5. 堆肥製造担当 6. チーフアドバイザー/環境実態調査 7. 採算性検証/ビジネスモデル構築 8. エタノール製造アドバイザー/エタノール需要調査 	<ol style="list-style-type: none"> 1. カウンターパート側事業責任者 2. 鉱工・エネルギー担当 3. 環境担当 4. 地域開発担当 5. 保健担当 (食品衛生) 6. 公共事業担当

費用負担事項	機材	<ul style="list-style-type: none"> ・ エタノール製造プラント一式 ・ E3 ガソリン製造機 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業サイトの無償提供 ・ 事業サイトの整地、障害物撤去 ・ JICA 調査団の執務室の提供 ・ ワークショップ会場の提供 (リフレッシュメント等の手配含む)
	建屋	エタノール製造プラント導入建屋 (W25mxD25mXH4mを想定)	
	設備	電気配線・給水・排水工事	
	維持費	電力料金、給水料金	
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 酵素、酵母などの製造用原料 ・ ホテイアオイの購入費 ・ 検査分析器 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 漁民、農民、コンポンチュナン焼陶工への協力打診、統率 ・ ホテイアオイ採取、乾燥、破碎の監理

出典：JICA 調査団により作成

イ 想定予算

I.	人件費 (外部人材の活用費としてのみ計上)	32,074	千円
	1. 直接人件費	12,448	千円
	2. その他原価	11,728	千円
	3. 一般管理費等	7,898	千円
II.	直接経費	58,609	千円
	1. 機材製造・購入・輸送費	29,249	千円
	1) 機材製造・購入費等	25,199	千円
	2) 輸送費・保険料・通関手数料	341	千円
	3) 関税・付加価値税 (VAT) 等	3,709	千円
	2. 旅費	17,906	千円
	航空賃	10,027	千円
	日当・宿泊料、内国旅費等	7,879	千円
	3. 現地活動費	11,454	千円
	4. 本邦受入活動費	0	千円
III.	管理費	1,758	千円
IV.	小計	92,441	千円
V.	消費税	7,395	千円
VI.	合計	99,836	千円

出所：JICA 調査団により作成

ウ 機材設置位置詳細

(ア)事業対象候補地：コンポンチュナン州地方開発局 (Provincial Department of Rural Development, Kampong Chhnang Province) の敷地内

(イ)住所：National Road 5, Trapeang Choeksa village, Sangkat Kampong Chhnang, krong Kampong Chhnang, Kampong Chhnang Province.

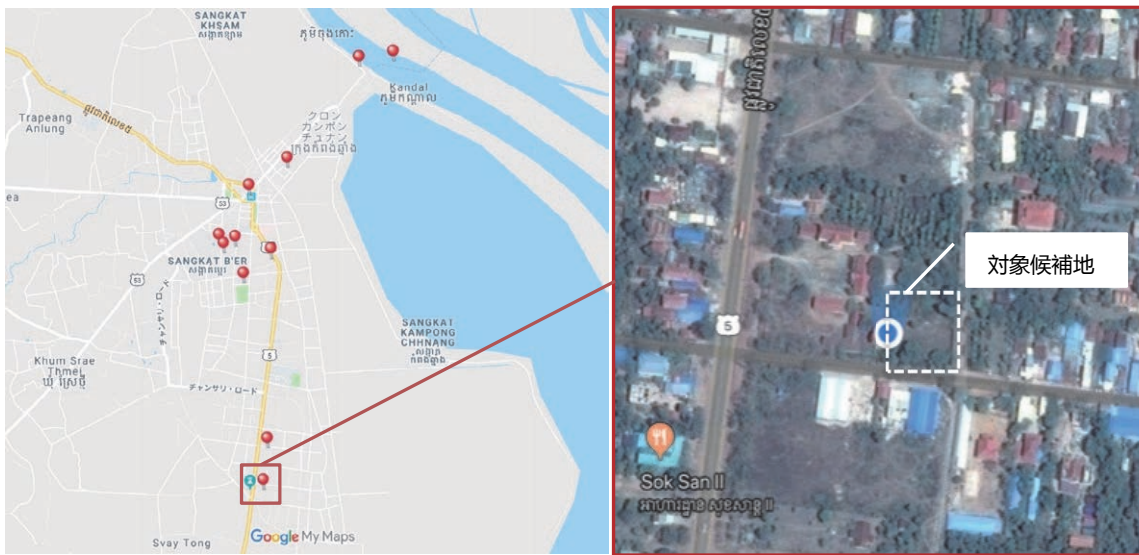


図 15 Krong Kampong Chhnang エリアの事業対象候補地 地図

出典：Google Map を基に JICA 調査団により作成

事業候補予定地は塀で囲まれた地方開発局内で、約 30mx50m の面積を有し、エタノール製造プラントの設置に必要な面積は確保できる。ただし、現在は雑草や樹木が茂っているため、整地工事や障害物撤去工事はコンポンチュナン州の責任と費用負担にて実施される。他方、エタノール製造プラントを設置する建屋、電気、給水、給排水は敷地内で延長増設し、日本側が整備する事となる。なお、地方開発局の敷地内では Water Aid のプロジェクトオフィスが設置されており、今後 ADB プロジェクトオフィスも準備される予定である。コンポンチュナン州としては同一敷地内で各ドナー機関を集積させたい意向である。





地方開発局敷地内の事業対象候補地

図 16 事業対象候補地の写真

出典：JICA 調査団により作成

エ 提案製品の仕様

本事業で導入する機材はサンウエспаから JICA に対して貸与する形式を取り、事業終了後もサンウエспаが継続して本格事業に利用できる方式（リース方式）としたい。したがって、導入機材はデモンストレーション用では無く、事業終了後も本格事業で操業し、収益化を目指せる規模のエタノール製造プラントを導入する。ただし、日本からのプラント一式を輸送すること想定し、糖化発酵槽は 40 フィートコンテナに収容可能なサイズを上限とした。

本エタノール製造プラントの計画収量は 400[ml/kg-dry-material]である。1 バッチあたりの最大仕込み量（ホテアオイの仕込み量）は乾燥重量で 900kg であり、収率 100%の場合には 1 バッチあたり 360 リットルまで生産可能な仕様である。

表 24 導入を想定しているエタノール製造プラントの仕様

		ホテアオイ仕込み量	900 kg-dry/batch
マスバランス	①糖化醗酵	生成アルコール量	2,986L (15vol%)
		生成速度	62.2L/h (48h)
	②減圧蒸留	濃縮率	約 92vol%
		処理能力	約 80L/h
	③膜脱水	濃縮率	99.5vol%
		回収量	約 366L
処理能力		約 91L/h	
エネルギー消費量 (kwh)	①糖化醗酵	48h	50.00
	②減圧蒸留	約 25L/h	58.00
	③膜脱水	約 30L/h	26.00
	合計		134.00
価格 (円)	①糖化醗酵		4,000,000
	②減圧蒸留		41,000,000
	③膜脱水		
	合計		45,000,000

出典：プラントメーカーからの仕様・見積に基づき JICA 調査団により作成

オ ODA 案件実施後の維持管理体制

前述の通り、本事業はリース案件として実施する計画であり、コンポンチュナン州にも説明、承諾済みである。コンポンチュナン州としても、サンウエスパが事業化する事により、持続的な課題解消のみならず、産業開発、雇用促進、外資企業の誘致、投資促進、特産品の製造拡大と観光客誘致など様々な副次効果が得られる事に大きな期待を抱いている。したがって、提案製品は本事業終了後もカウンターパートに譲渡せず、事業対象地からは撤去し、サンウエスパの責任下で新たな事業対象地に移設する事を想定している。

(2) 事業実施体制図

本事業は、漁民や水上生活者、陶工、農民の住民参加型の案件となるため、コンポンチュナン州政府と共に推進していく必要がある。なお、成果3に関連する水質モニタリングなどの検証については、カンボジア工科大学を協力期間として検討しており、既に事業内容、役割分担等も説明済みである。なお、カンボジア工科大学は SATREPS 案件「トンレサップ湖における環境保全基盤の構築」のカンボジア側研究機関であり、同案件の研究対象エリアはコンポンチュナン州でもある。

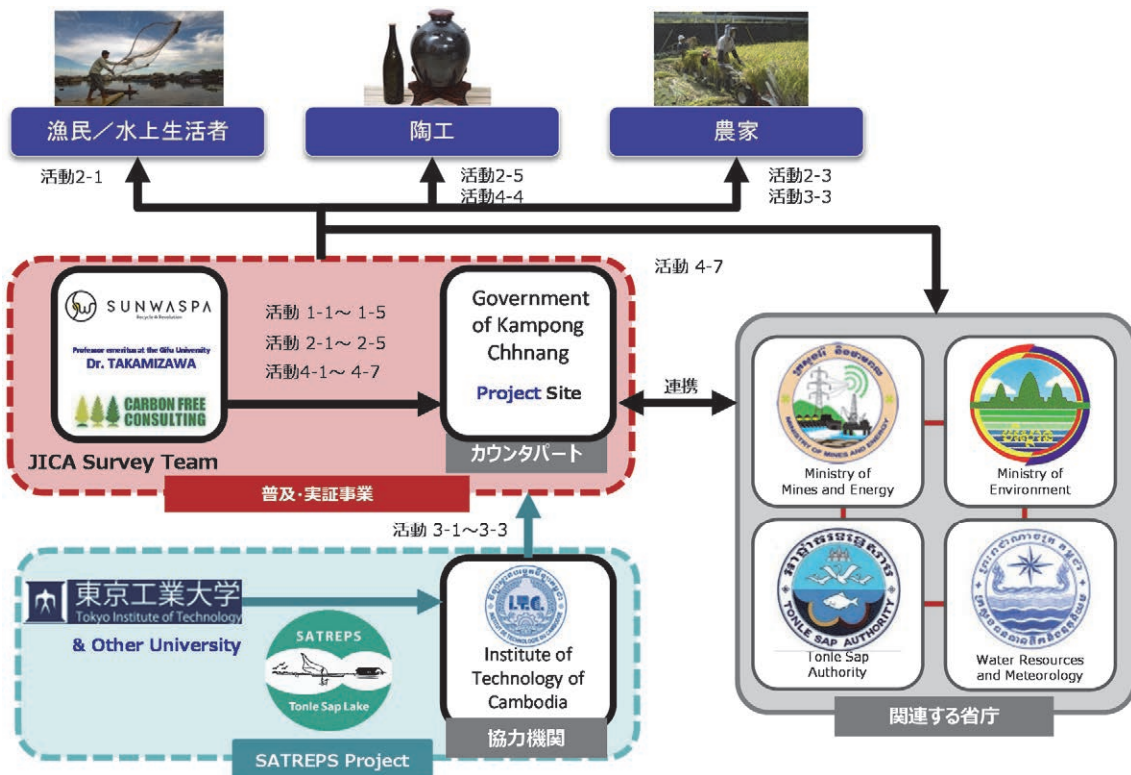


図 17 ODA 案件の事業実施体制図

出典：JICA 調査団により作成

コンポンチュナン州側の実施体制は、副知事（投資促進担当）を責任者として、地方開発局は農民、漁民、その他の関係者との連携役を担い、鉱工エネルギー局からは E3 ガソリンの規制や仕様策定の情報収集、環境担当は環境関連事項の支援、保健局は飲料用アルコールに関連する事項、公共事業担当は河川の航路被害に関する情報提供等を担う予定である。

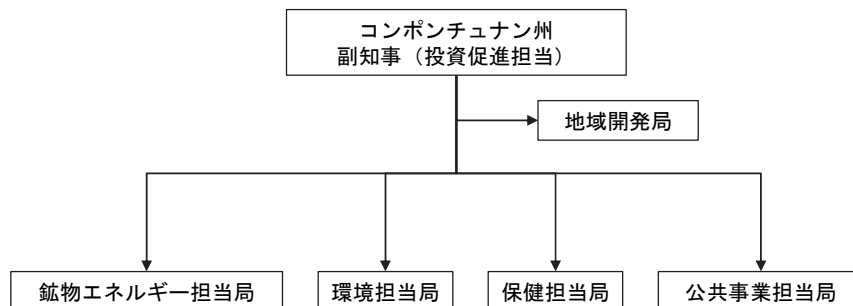


図 18 コンポンチュナン州の実施体制

出典：コンポンチュナン州へのヒアリングに基づき JICA 調査団により作成

(3) 活動計画・作業工程

事業期間は計 3 年間で想定している。1 年目は提案製品の製造ならびに事業地の整地工事、障害物撤去、建屋の建設や電気給排水設備の導入、ホテアオイの採取、乾燥、破碎を委託する漁民の組織化や指導等の準備期間とする。その間も事業開始に向けて必要な情報収集、活動計画の策定などを進め、カウンターパートとの連携効率を高める活動を展開する。

2 年目からバイオエタノール製造を開始し、1 年間かけて 11 通りの異なる条件化で検証を行う。ホテアオイからバイオエタノールを製造出来る事は実証済みであるが、事業対象地は日本と異なる環境下であることから、異なる酵母と酵素、湖水と水道水、乾燥したホテアオイと未乾燥なホテアオイ、外気温での製造などの条件を変え、事業地の環境特性に沿った最適化を行う。この検証活動は、ラボベース（試験管ベース）、実証プラントベースをそれぞれ実施する。なお、ホテアオイを人工的に採取することによる河川の水質に対する正・負のインパクトを把握するために水質モニタリングを行う。2 年目後半から 3 年目にかけては、バイオエタノールを利用して製造した E3 ガソリンの実用実証や飲料用アルコールの製造、市場調査や販売方法の構築に着手する。また製造工程から排出された残渣から堆肥化を行い、協力農家にて使用、効果検証を行う。事業終了前には、これらの一連の活動を取りまとめたワークショップを開催し、事業効果を広く周知すると共に、サンウエスパのカンボジア進出計画、事業計画を策定する。以下に 11 通りの検証計画ならびにエタノール製造計画、3 年間の活動計画表を記す。

表 25 最適化に向けた 11 通りの検証内容

検証項目立て	検証のスケール			
	ラボスケール		プラントスケール	
検証の内容	検証A	糖化前液に含まれる全糖量の測定 (理論収量把握のため)	検証G	糖化前液の滅菌方法の確立
	検証B	湖の水で糖化発酵試験	検証H	外気温での製造試験
	検証C	蒸留廃液の繰り返し利用試験	検証I	天日干し中のホテアオイ含水率の 経時変化モニタリング
	検証D	複数の酵素を添加して糖化試験	検証J	原料の連続投入を試験
	検証E	グルコース発酵酵母 キシロース発酵酵母で発酵試験	検証K	ラボ検証の結果を検証
	検証F	ホテアオイを未乾燥のまま糖化発酵		

出典：JICA 調査団により作成

表 26 エタノール製造計画（11 通りの検証）

エタノール製造計画		実施月[ヶ月目]					
		1~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~12
検証の内容	ラボスケール	検証A、B	検証A、C	検証A、D、E	検証A、F	検証B~F組み合わせ	ラボ検証予備期間
	プラントスケール	検証G、I	検証K(B)、H	検証K(C)	検証K(D、E)、I	検証K(F)、H	検証J
実証プラントでの検証バッチ数		4	4	4	4	4	4
実証プラントでの 乾燥ホテアオイ仕込み量[dry-kg]		150	300	450	600	750	900
ホテアオイ必要量[dry-kg]		600	1,200	1,800	2,400	3,000	3,600
電力使用量[kwh]		536	536	536	536	536	536
使用水量[L]		3,000	6,000	9,000	12,000	15,000	18,000
エタノール最大収量[L] ※蒸留濃縮後の濃度が100%の場合		299	597	896	1,195	1,493	1,792
残渣量[kg] (理論収量に対するエタノール収率が 100%である場合)		700	1,400	2,100	2,800	3,500	4,200
人員[人]		5	5	5	5	5	5

※表中の「検証 K(A)」はラボでの検証 A の結果を、プラントスケールで検証することを指す

※人員は、ラボに 2 人、プラントスケールの製造に 3 人（8 時間交代で 24 時間常駐）を想定する。

※検証 H と検証 I は雨季と乾季での違いを把握するために期間を 6 ヶ月開け、2 度実施する

出典：JICA 調査団により作成

3-3 C/P 候補機関組織・協議状況

(1) コンポンチュナン州政府

コンポンチュナン州政府からの意思表示は以下の通りである。

- ・ 本事業はホテイアオイによる水上交通被害を抑制できるだけでなく、水上生活者の所得向上やコンポンチュナン州の新規産業としてバイオエタノール製造業の構築、雇用促進にも期待でき、コンポンチュナン州に最適な事業と捉えている。
- ・ コンポンチュナン州の GDP を占める 3 つの主要産業、農業・漁業 71.5%、工業 6.5%、公共事業 22.8%となっており、農業・漁業の占める割合が大きい。このような産業構成の中、水上交通や漁業活動ではボートが多用されており、これらのエンジンに E3 ガソリンが利用できるようになれば、コンポンチュナン州にとっても他州に類を見ない取組みとなるので是非とも実現したい。また、エタノール製造時に排出される残渣を農業用の「堆肥」として活用出来れば、主要産業の農業で利用できるため、残渣の有効活用についても検討して欲しい。
- ・ コンポンチュナン焼き（陶器）に、バイオエタノールから製造した飲料用アルコールを入れ、コンポンチュナン州の特産品として販売できるようにしたい。

「Kampong Chhnang Pottery コンポンチュナン焼」は、カンボジア商業省が発表した「カンボジアにおける重要な 10 の商品」に選ばれている特産品である。クメール王朝に存在した『クメール焼』と呼ばれる優れた陶芸技術を蘇らせるため、日本財団による「カンボジア伝統陶器復興プロジェクト」と栃木県益子の陶芸家の技術協力にて復活したカンボジア陶器である。

近年は国内外からの観光客が増加し、陶工の工房にも訪問者数も増加傾向にあり、「コンポンチュナン焼き」と「日本の技術で生産したホテイアオイ酒」が組み合わせれば新旧の文化が融合した特産品としてブランディングが出来ると考える。コンポンチュナン州は目立った観光地やサービスは無いものの、州では「文化・自然」分野を推す方向性で、州内避暑地に観光客を招き入れられるよう、潜在的資源を持続可能に使用し、文化的資産や歴史的天然資源の開発、維持、保全を目指している。

表 28 州内の観光客数

(単位：人)

主な指標と目標	2014	目標				
		2015	2016	2017	2018	2019
国内観光客	25,109	30,115	30,623	31,146	31,676	32,215
海外からの観光客	3,392	3,529	3,670	3,820	3,985	4,158
合計	28,501	33,644	34,293	34,966	35,661	36,373

出典：コンポンチュナン州開発 5 か年計画（2015～2019）

- ・ コンポンチュナン州には、環境省や鉱工エネルギー省などから担当者が配置されており、本省と連携が取りやすいので、利点として捉えて欲しい。
- ・ 普及・実証・ビジネス化事業におけるコンポンチュナン州の主な責任と役割は以下とする。
 - ① 普及・実証期間における事業対象候補地の無償提供
 - ② 事業対象地における用地確保、整地工事、障害物などの除去作業
 - ③ ホテイアオイの収集、乾燥、破砕する漁民からの協力合意
 - ④ 堆肥の効果検証にかかる農民の堆肥利用協力
 - ⑤ E3 ガソリンの効果検証にかかる農民および漁民の E3 ガソリン利用協力
 - ⑥ 本事業の推進に必要なあらゆる許可・許諾（本省に対する許可申請も含む）
 - ⑦ 本事業の紹介、効果検証報告会などのワークショップ共催

(2) 関連する省庁からのコメント

ア 水資源省

- ・ 本事業は、再生可能エネルギーの開発とエタノール製造残渣から堆肥が製造できる可能性も見受けられ、非常に可能性の高い案件だと思料する。
- ・ カウンターパートの選定に対する助言は、トンレサップ庁はあくまで調整・促進機関であり、実施機関にはなれない事に留意した方がよい。普及・実証・ビジネス化事業を展開するには、対象地を選定し、地方自治体を絡める事を推奨する。

イ 公共事業運輸省

コンポンチュナン州知事およびシェムリアップ州知事から、ホテイアオイによる運輸交通の障害（水路渋滞を引き起こしている）に対処して欲しいとの依頼を受けている。水路渋滞の緩和策として期待しており、出来る限り協力をする。

ウ 鉱工エネルギー省

- ・ 生産するエタノールを、トンレサップ湖の船のエンジン燃料や湖上・湖周辺コミュニティの各家庭に販売できれば、地産地消型のクリーンエネルギー供給体制が整い、非常に革新的な活動だと思われる。
- ・ 現在は、エタノール混合ガソリンに関する法規制が存在していないが、広義の再生可能エネルギーの政策では、「あらゆる新規技術・手法を推奨する」と謳っており、バイオエタノール製造事業は「新規技術・手法」として合致する。
- ・ すでにキャッサバを原料としたエタノール製造は行われている。キャッサバは大量に国内で取れるが、一方でバイオガソリンの国内市場は開拓されていない状況である。今後の課題として、バイオガソリンの制度構築に取り組む予定ではある。

エ 工業手工芸省

本事業は、ホテアオイの繁茂による交通障害の緩和の観点からも、エネルギー開発の観点からも非常に期待したい事業である。1年ほど前だが、工業手工芸省の大臣と JICA 事務所長が非公式に懇談した際に、ホテアオイに関する問題意識を協議した事もある。

オ トンレサップ庁

- ・ 本事業は水上生活者の所得向上にも期待でき、また水生植物が水上交通の障害にもなっていると聞いており、非常に興味がある。一方で、トンレサップ湖は生物多様性の保護の観点からも注意深い開発が必要である。ホテアオイを採取する事によって生じる可能性のある負のインパクトには十分留意してもらいたい。
- ・ トンレサップ湖に関連する省庁は、水資源省を筆頭に、環境省、観光省、公共事業・交通省、地方開発省など多数に亘り、また関連する州は8つ、その内隣接する州はコンポンチュナン、ポーサット、バッターバン、バンテアイミアンチェイ、シェムリアップ、コンポントムの6州である。これらの州には各省庁の担当局が配備されている。トンレサップ庁は、これらの関係組織との調整役である。
- ・ 基本事項として、トンレサップ湖で事業実施するには、これら関連する省庁、地方行政、担当部局の理解を得ながら進める必要があり、トンレサップ庁は必ず関与する事になる。

3-4 他 ODA 事業との連携可能性

SATREPS 「トンレサップ湖における環境保全基盤の構築」

本件は 2015 年度より 5 年間の計画で実施されており、トンレサップ湖とその周辺を対象として、現地研究者と共同で湖の水理・水質モデル（水環境解析ツール）の開発、人口増加や気候変動の想定、健康リスクや生態系リスクに着目した環境保全の枠組み（水環境プラットフォーム）の構築を目指している。SATREPS 案件もコンポンチュナン州の水上村落を調査対象としており、本事業対象地とも近い環境にある。SATREPS チームによって収集、解析されたトンレサップ湖の基礎情報をもとに、本事業の水質モニタリングにも活用できる。また本事業で実施する水質モニタリングはカンボジア工科大学の協力を得て実施する可能性がある。カンボジア工科大学は SATREPS 案件のカンボジア側研究機関であるため、両事業間の緊密な連携が可能となる。

3-5 ODA 案件形成における課題・リスクと対応

以下に ODA 案件の形成ならびに実施中に想定される課題とリスク、その対応を記す。

表 29 ODA 案件形成における課題とリスク

課題・リスク		対応策
カウンタパートリスク	これまでコンポンチュナン州の副知事と対話、説明、交渉を行い、合意形成	副知事との間で協議・合意した事項を書面にまとめ、副知事および州知

	成を図ってきた。しかし、最終的には州知事の判断が必要になる。	事から承諾、署名を得る。
原料調達リスク	漁民の協力が得られない。仕様を満たした乾燥・破碎済みホテイアオイが安定的に必要な量供給されない。	協力漁民に対し指導を徹底する。仕様を満たさない場合は、委託漁民を変更するなどの対策を講じる。
自然環境リスク	ホテイアオイが売れる事を知り、委託漁民以外によるホテイアオイの乱獲に発展してしまう。	コンポンチュナン州から住民ならびに水上生活者に本プロジェクトの説明、周知を行い、乱獲防止策をはかる。
法的リスク	・アルコール規制法がドラフト段階にある。 ・その他、予期せぬ法規制に抵触してしまう。	ホテイアオイから飲料用アルコールを製造することへの食品衛生上の対応（HACCP等）や規制に関しては関係当局と打ち合わせる。
技術リスク	カンボジアと日本間の環境が異なるため、検証した結果、想定する収量に満たない。	理論収量に近づけるよう日本で出来る限りの検証を繰り返し、カンボジアにおける環境の変化に対応できるよう準備を重ねる。 *共同研究を進めている大学教授から助言、参画を求める。
商品リスク	スピリッツの製造を計画しているが、風味や香りがカンボジア人の趣向に合わない事が明らかになる。	事前に日本で複数のスピリッツのサンプルを製造し、日本やカンボジアでテストマーケティングを行う。
機材の故障リスク	機材の故障リスク	プラントメーカーに対し、2度のメンテナンス対応を依頼する

出典：JICA 調査団により作成

3-6 環境社会配慮等

(1) 環境社会配慮

カンボジアでは、「環境保全・自然資源管理法（1996年）」のもと、環境影響評価の要件となるすべての公的・民間事業において環境影響評価が実施され、王国政府の意思決定の前に環境省によってレビューや審査が行われなければならないことが規定されている。また、「環境影響評価の手続きに関する政令（1999年）」で環境影響評価の手続きが定められ、「事前環境影響評価（IEIA）／環境影響評価（EIA）報告書の策定に関する一般的なガイドラインについての規程 No. 376 BRK.BST（2009年）」において、IEIA/EIAに含まれるべき項目が明示されている。なお、IEIAとEIAのどちらが求められるのかについての明確なガイドラインは無く、環境省環境影響評価局審査室が最初の現地調査を行った後、決定される。

アルコール製造事業は事業規模に関わらずIEIA、EIAのいずれかを行うことと定められている（「環境影響評価の手続きに関する政令（1999年）」のAnnex参照）。なお、事業規模が200万米ドル以下の場合、EIAの審査は州政府によって行われる事となっている。普及・実証・ビジネス化事業は200万米ドル以下であることから、EIA審査についてコンポンチュナン州副知事ならびに環境担当に確認したところ、「規模も小さく、試験的な取組みである事からEIAを代替して、環境省とコンポンチュナン州政府との間で

Environment Protective Contract（以下、EPC）を締結する」事により事業を進めることが可能との説明を受けた。同州ではガソリンスタンドの建設にEPCを適用した前例もあり、契約書サンプルも入手している。

(2) 環境チェックリスト

事業対象候補地である地方開発局ならびにその周辺を副知事ならびに環境担当と踏査し、インタビューを行いながら現時点で確認できる範囲のチェックリストの作成・確認を行った。チェックリストは別添を参照のこと。

3-7 期待される開発効果

開発効果は事業活動の段階に応じて、以下5つの直接的、間接的な効果として発現すると想定している。

表 30 本事業実施によって期待される開発効果

	事業ステージ	定性的な開発効果	定量的な開発効果
(1)	ホテアオイの枯死前採取	・航路被害の抑制、船舶の故障、漁業環境・住民被害の低減。 ・人工的な採取による水質や環境変化の有無が確認される。	1年間の検証期間ゆえ、定量的に大きな効果は発現しないが、年間合計126トン（水上面積換算で6300m ² ）のホテアオイが除去される。
(2)	ホテアオイの買い取り	ホテアオイを回収する漁民の収入向上やホテアオイに対する監理意識が芽生える。	1年間の検証期間ゆえ、ホテアオイ収集量も少なく支払い額は限られるが、漁民は63,000円の副収入が得られる。なお、水上生活している漁民の月額収入はおよそ100ドル前後と言われている。
(3)	バイオ燃料E3の開発	コンボンチュナン州産のE3ガソリンが開発され、実用化に向けた効果が確認される。	1年間の検証期間で最大収量6,271リットルのバイオエタノールが製造される。
(4)	飲料用アルコールの開発	コンボンチュナン州の特産品としてホテアオイ原料のスピリッツが開発される。	また、バイオエタノール製造に関わる現地人材が5名育成される。
(5)	ホテアオイ残渣の収集	エタノール残渣から堆肥の原料が生産される。この原料から自然由来の堆肥が開発され、農作物への効果が確認される。	1年間の検証期間で14,700kgの堆肥原料が生産される。

出典：JICA 調査団により作成

第4章 ビジネス展開計画

4-1 ビジネス展開計画概要

想定するビジネスは、サンウエスパが独資でカンボジア法人（仮称：SUNWASPA CAMBODIA）を設立し、コンポンチュナン州のトンレサップ川沿いでホテアオイを原料としたバイオエタノール製造事業を展開する。事業構造は普及・実証・ビジネス化事業と同じで、原料となるホテアオイの収穫は漁民や水上生活者に委託し、乾燥、破碎された状態でサンウエスパが買取る。そのホテアオイを原料にエタノールを製造、販売する事業である。本事業における商材は主に以下の3種類とする。

- ① 濃度 99.5%以上に蒸留した E3 ガソリン用エタノール
- ② 濃度 95%未満の飲料用アルコール（スピリッツ）
- ③ エタノール製造後のホテアオイ残渣

各商材の販売先は異なり、①はバイオ燃料を扱う商社を介して販売先を開拓し、②はサンウエスパが別途開店する日本酒バー（仮称：UNWASPA）をアンテナショップとして、ホテアオイ原料のお酒を販売し、③は農家や農業肥料を扱うメーカーへの原料として販売する事を想定している。

4-2 市場分析

4-2-1 市場の定義・規模

(1) E3 ガソリン用のエタノール

表 9 事業法アルコールの用途別需要数量に示した通り、エタノールは主に酒類原料、化学薬品、アルコール食品防腐剤などに利用されている。また、隣国タイを含め様々な国ではエタノール混合ガソリンに利用している。鉱工エネルギー省へのヒアリングによると、E3 ガソリンの国内導入の検討および仕様書の策定作業を進めており、将来的には E3 ガソリンの市場が開かれる流れにある。バイオエタノールからバイオガソリンを製造して国内流通させる事が可能になると、輸入ガソリン量の削減に期待できる。下表によると、カンボジアにおける年間のガソリン輸入量は 2015 年時点で約 568 キロトンである。2010 年と比較して 160%となっており、年々増加傾向にある。

表 31 カンボジアにおけるガソリン輸入量、販売量

（単位：キロリットル）

Quantity Descriptions	2010 年	2014 年	2015 年	2010-2015 増減
Import	416,844	514,412	662,619	159%
Own Use	239	1,392	967	405%
Stock (at the end of the year)	9,102,505	14,136	16,955	0%
Total Sales	405,972	523,910	666,857	164%
Sell to Large-Scale Industrial Users	9,623	1,695	3,553	37%
Transportation Equipment	20	11	18	

Food, Beverages, and Tobacco	44	9	43	
Construction	3			
Not Elsewhere Specified (Industry)	9,557	1,675	3,492	37%
Sell to Other Large-Scale Users	236,942	302,781	395,151	167%
Commercial Services	164,094	228,814	305,025	186%
Public Services	70,954	72,028	88,176	124%
Agriculture		26	26	
Domestic Air Transport		20	31	
Sell to Gas Station	160,886	219,433	268,158	167%
Company-Owned Stations	106,555	92,079	116,305	109%
Company Franchises	54,332	127,354	151,853	279%

出典：Cambodia National Energy Statistics 2016

含有率 3%以下の E3 であれば既存車両を改造せずに利用できるため、仮に輸入量 662,619 キロリットルの 3%を全て代替すると仮定すると、19,878 キロリットルの輸入を削減でき、国内産エタノール混合ガソリン市場として置き換える事が可能である。

なお、ガソリン価格に関しては、国際原油価格の上昇もあって、2017年6月の3611 リエル/リットルから2018年6月には4300 リエルまで19%上昇しているが、E3 ガソリンを普及するには、このガソリン価格と同等もしくは安価でエタノールを提供することが必須条件である。

(2) 飲料用アルコールの場合

ア アルコール消費量について

カンボジアのアルコール年間消費量は数十年の間で増加し続けている。世界保健機関(WHO)は、収入の増加とアルコールの消費量は相関関係にあり、収入増に伴い消費量も増加すると指摘している。

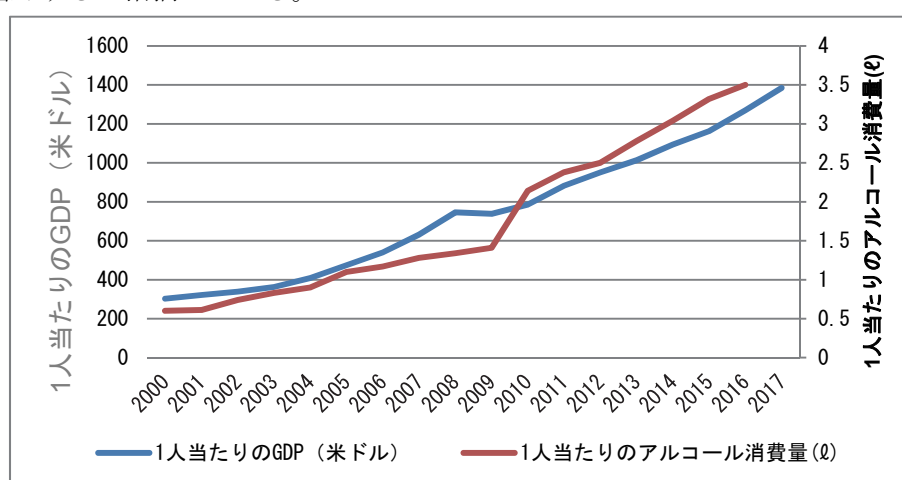


図 19 カンボジアにおける1人当たりのGDPとアルコール年間消費量の関係

出典：GDPは世界銀行のデータベース、アルコール消費量は

<http://apps.who.int/gho/data/node.main.A1039?lang=en>を基にJICA調査団により作成

カンボジアも 2000 年から 2015 年の間に 1 人当たり GDP が増加し、アルコールの消費量も一人当たり 0.5 から 3 リットル強に増加している。消費量 3 リットル強とは、ビール（アルコール濃度 5% 換算）で 66 リットル、日本酒（15% 換算）で 22 リットル、焼酎（25% 換算）で 13.2 リットルにあたる。参考値として、日本（2016 年度）の 1 人あたり消費量は 6.86 リットルである。すなわちカンボジアの一人あたり消費量は日本人の約半分の消費量といえる。

また、アルコール種別消費量では、2004 年からビールが増加しており、スピリッツは 0.5 リットル未満でほぼ横ばいの状況が続いている。ワインに関しては、全体消費量の少数の割合のみ占めている。ビールのみ純増している要因は、一本あたりの単価が安く、中間所得層が比較的入手しやすい事、ならびに他の商品よりアルコール度数が低く、飲料量が増えやすい点が考えられる。

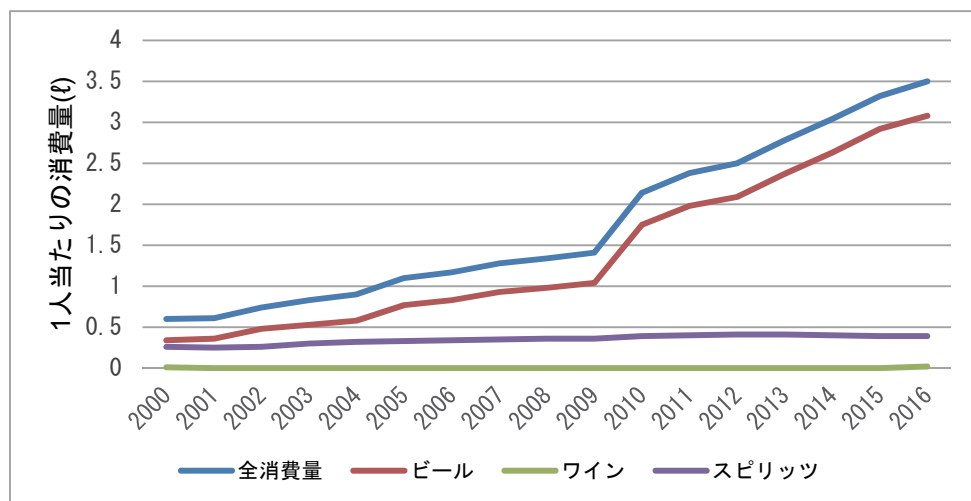


図 20 アルコール種別消費量

出典：<http://apps.who.int/gho/data/node.main.A1039?lang=en>

イ アルコールの輸入量

アルコールの輸入量も、一人当たり消費量の増加に伴って増加傾向にある。2014 年の輸入量はスピリッツ 2.1 百万リットル、ワイン 1.6 百万リットルに増加し、ビールは 32.3 百万ℓに劇的に急増した。この急増については、政府機関も理由が判明できていないと説明している。ただし、2015 年にはスピリッツとワインの輸入量はそれぞれ 1.5 百万リットル、0.6 百万リットルに落ちている。なお、2016 年 7 月に特定商品における物品税率の閣僚会議(sub-decree) 審査が行われ、アルコール商品 43 品目に対する物品税が 20 パーセントから 25 パーセントへ引き上げられた。ワインとスピリッツの輸入量の減少も、上記同様の特定商品への物品税率の閣僚会議審査と関連している可能性が高いと言われている。

(単位：万リットル)

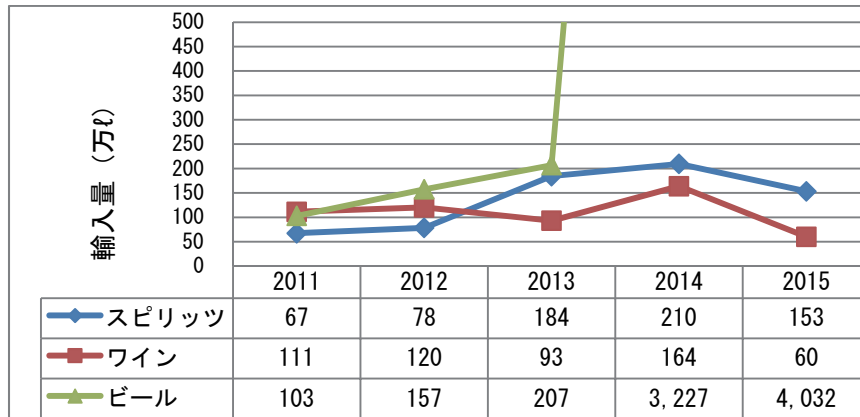


図 21 カンボジアへのアルコール輸入量

出典：The Alcohol Industry in Cambodia(June 2016)を基に JICA 調査団により作成

ウ アルコールの輸出量

アルコールの輸出量は全体的に増加傾向にある。ビールの輸出は 2013 年に劇的な増加を示し、それ以降も毎年着実に増えている。ワインは、2012 年までのゼロから 2015 年には 12.6 万リットルまで増加した。スピリッツは 2011 年から着実に増加し 2013 年以降は減少傾向にある。なお、スピリッツの減少要因は明らかになっていない。

(単位：万リットル)

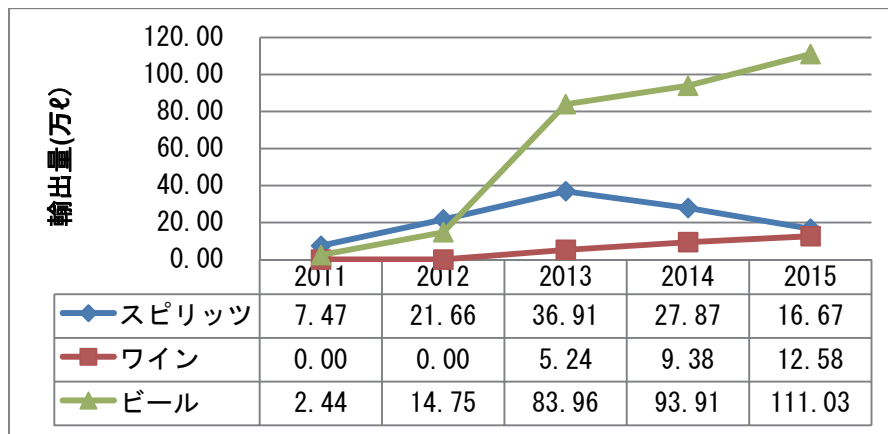


図 22 カンボジアからのアルコール輸出量

出典：The Alcohol Industry in Cambodia(June 2016)を基に JICA 調査団により作成

エ カンボジア産飲料用アルコールの価格帯

表 21 カンボジア産飲料用アルコールの価格帯に示した通り、マーケットで販売されているカンボジア産スピリッツの価格帯（1 リットルあたりアルコール度数 100 度に換算）は概ね 50 ドルから 200 ドルの間で、品数としては 100 ドル強の製品が占めている。

4-2-2 競合分析

本調査の結果、ホテアオイを原料としたバイオエタノール製造事業者は存在しないが、キャッサバを原料とする 3 事業者が存在することが明らかとなった。しかし、内 2 社は本調査期間中に撤退しており、現在は MH BIO ENERGY 社の 1 社のみとなっている。同社のエタノールは全て輸出しており、カンボジア国内には流通していない。

(1) MH BIO ENERGY

2006 年に会社設立、2008 年に工場稼働開始。100%韓国資本（80%Seowon 社、20%は MH 社（焼酎メーカー））のバイオエタノール製造事業者である。

事業概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ キャッサバチップを原料に年間 4 万 5 千キロリットルのエタノールを製造し、全量輸出している。カンボジア国内でバイオ燃料に関する国内制度が策定されると聞き、12 年前の 2005 年にカンボジアに進出を決めたが、10 年以上経過した今も国内制度が整備できておらず、またエタノールを利用する他産業も無いため、結局は全量輸出する結果となっている。 ・ 主に韓国（親会社）とヨーロッパに輸出しているが、一部は三井物産に販売しているため日本に入っている可能性もある。 ・ バイオ燃料用のエタノールと、高純度・高品質の酒・医療・化粧品用エタノールの 2 種類を製造している。
原料	<ul style="list-style-type: none"> ・ 酵素は全て世界大手の Novozyme 社から輸入している。 ・ 酵母は wet yeast の状態で親会社の MH 社が提供している。
カンボジア国内の競合について	<ul style="list-style-type: none"> ・ 当社の他に「SKD 社（カンボジア会社）」が細々と製造していたが現在はほぼ閉鎖。日本の企業もバタンバンでキャッサバを原料としてエタノール製造を計画している（2017 年段階）、中国企業もエタノール工場を建設中との話もある。 ・ 近隣国のエタノール市場はタイが大きい。ベトナムも一時は盛んだったか今は半分以上が廃業している様子。

4-3 バリューチェーン

4-3-1 製品・サービス

本事業のサービスは、提案製品の販売ではなく、提案製品を活用してエタノールを製造、販売する事である。エタノールの製造過程を経て、以下 3 種類の商材が生産される。

- ④ 濃度 99.5%以上に蒸留した E3 ガソリン用エタノール
- ⑤ 濃度 95%未満の飲料用アルコール（スピリッツ）
- ⑥ エタノール製造後のホテアオイ残渣

(1) 濃度 99.5%以上に蒸留した E3 ガソリン用エタノール

濃度 99.5%以上に蒸留したエタノールは E3 ガソリンの原料として活用可能である。しかし、これまで述べてきた通り、カンボジア国内で E3 ガソリンが普及する時期は不透明な状況である。一方、表 10 各国のエタノール混合ガソリンに示した通り、隣国のタイでは再生可能エネルギー開発計画に基づき E10 や E20 などのバイオガソリンの導入が進んでおり、ベトナムでも 2018 年からレギュラーガソリンをバイオ E5 に切り替える事

を打ち出している事から、これらの国への輸出を検討する。なお、販売価格は国内外の流通価格以下（約 70 円前後/リットル）にできなければ取引される可能性は極めて低いと思料する。

(2) 濃度 95%未満の飲料用アルコール（スピリッツ）

泡盛、ウィスキー、ウォッカ、焼酎などに類する蒸留酒の製造が可能であるため、ホテアオイを原料に甲類、乙類のスピリッツを製造する。スピリッツは燃料用よりも付加価値が高く、市場を獲得できれば収益性は高まる。

甲類の製造工程の特徴は、連続式蒸留機によって何度も蒸留を繰り返すことにより、酒類原料用及び穀類原料のアルコールが限りなくクリアになる製法である。乙類の製造工程は、単式蒸留機で蒸留するため、アルコール以外の香味成分、原料独特の風味や味わいを出す製法である。原料の風味が楽しめる米、麦、さつまいも、そば、紫蘇、黒糖などバリエーションも豊富である。表 21 カンボジア産飲料用アルコールの価格帯を参考にした場合、想定するスピリッツの販売価格（案）は以下とする。

- ・ 甲類の販売価格：4000 円/アルコール濃度 100 度換算（円/リットル）
例：アルコール濃度 15 度 180 円/300 リットル
- ・ 乙類の販売価格：8000 円/アルコール濃度 100 度換算（円/リットル）
例：アルコール濃度 30 度 1680 円/700 リットル

(3) エタノール製造後のホテアオイ残渣

エタノール製造に伴い、ホテアオイの残渣が排出される。この残渣を堆肥の原料として有効活用する。自社で堆肥を製造するかは検討中であるが、堆肥の原料として販売する場合の想定価格は 1 円/1kg とする。

4-3-2 バリューチェーン

サンウエスパの独資による現地法人（仮称：SUNWASPA CAMBODIA）を設立する計画である。SUNWASPA CAMBODIA はコンポンチュナン州のトンレサップ川沿いを拠点として、バイオエタノール製造事業を展開する。原料となるホテアオイの収穫は漁民や水上生活者に委託し、SUNWASPA CAMBODIA が買取る。製造したエタノールの販売方法は主に 2 通りを想定している。1 つ目は現地商社を介し、燃料用エタノールを販売する。当初想定していたカンボジア国内における E3 ガソリン原料や消毒用薬用エタノールの販売可能性に関しては、法規制の未整備により市場が開かれておらず、また廉価版消毒用エタノールが流通している事から、現時点ではカンボジア国内での販路開拓は難しい状況であると判断した。ただし前述の通り、隣国向けのバイオエタノール輸出は視野に入れて、商社を介した販売ルートの開拓に努める。2 つ目はバイオエタノール製造事業と併せて別途設立する日本酒 BAR 向けに飲料用アルコール（スピリッツ）を販売する。ホテアオイ産のスピリッツは世界初の試みであり、認知度も低く、信用も得られていない新商品である。このような新商品を飲食店や量販店に

売り込むのは現実的ではないため、自ら日本酒 BAR を直営し、ホテイアオイ酒のアンテナショップを運営する。なお堆肥に関しては後述する肥料メーカーとの連携等を模索する予定である。

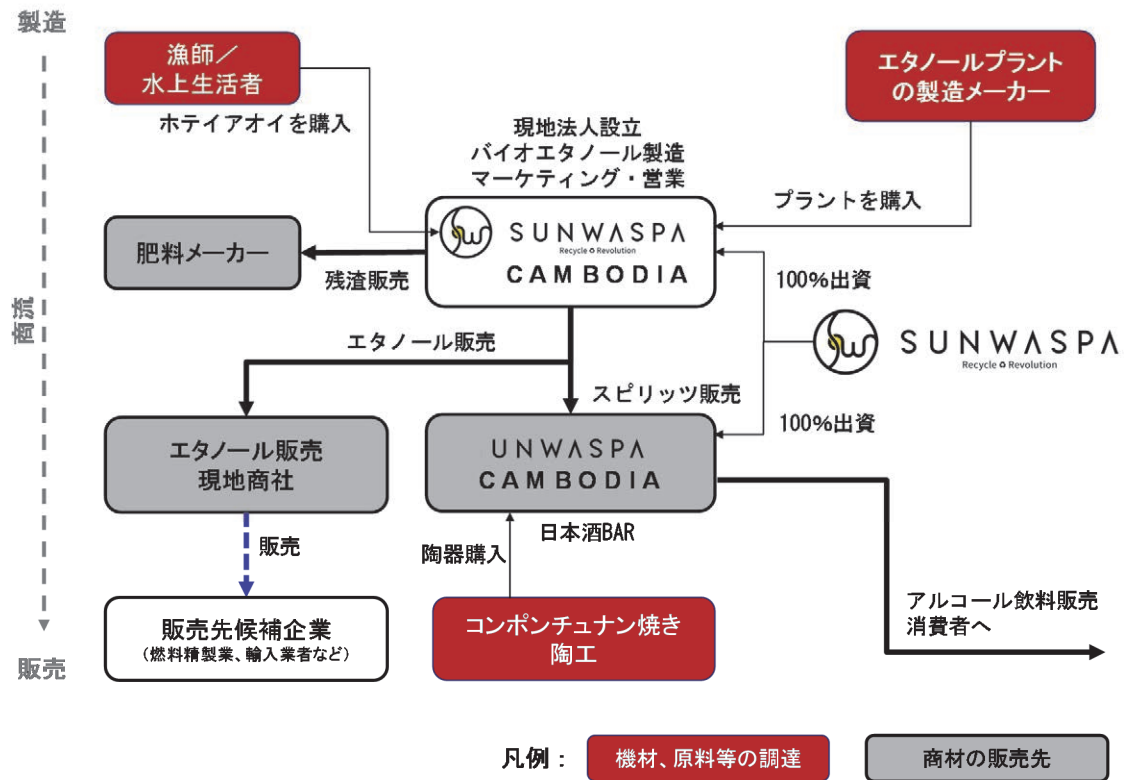


図 23 事業の全体像

出典：JICA 調査団により作成

4-4 進出形態とパートナー候補

4-4-1 進出形態

サンウエスパの独資による現地法人を設立する計画とし、バイオエタノール製造工場の建設予定地は、普及・実証・ビジネス化事業の実施州と同じコンポンチュナン州を想定している。コンポンチュナン州には SEZ は無く、またホテイアオイの収集しやすい河川沿いの立地が望ましい事から SEZ 外の立地に進出する。進出方法は優遇措置適格プロジェクトへの申請を想定している。

(1) 優遇措置適格プロジェクト

本事業で必要となる主要機材の殆どは輸入する必要がある。またホテイアオイ以外の原材料である酵素や酵母も現地調達が困難ゆえ輸入する可能性が高い。したがって、税制面での恩典を受けられる、適格投資プロジェクト (Qualified Investment Project: 以下、QIP) の認可申請をすることを想定している。QIP の認可を受ける際、非適格プロジェクトに該当しないかどうか検討する必要がある、ポイントは投下資本金額と業種である。投資ライセン

スを受領したプロジェクトはQIPと呼ばれ、投資ライセンス（投資許可）は、投資家または投資企業に対して発行されるのではなく、投資プロジェクトを対象として発行される。

なお、カンボジア政府がQIPとして奨励しているプロジェクトは

- 輸出加工型QIP：製品を輸出して外貨を獲得するプロジェクト
- 国内指向型QIP：今まで輸入していた製品を自国で生産するプロジェクト

とされており、基本的に商社・金融・建設・運輸やレストランなどのサービス業はQIPとして認可されない。

いずれのQIP型とSEZ内外によって輸入免税の条件が異なる。なお本事業の候補地であるコンポチュナン州にはSEZが無いため、SEZ外企業の免税措置申請を想定している。

表 32 設立条件による免税範囲

項目	SEZ内企業		SEZ外企業(縫製・製靴以外)		SEZ外企業(縫製・製靴)	
	輸出加工型	国内市場型	輸出加工型	国内市場型	輸出加工型	国内市場型
輸入建設資材	免税	免税	輸入時課税 輸出時還付*	課税	免税	免税
輸入生産設備	免税	免税	輸入時課税 輸出時還付*	課税	免税	免税
輸入原材料	免税	課税	輸入時課税 輸出時還付*	課税	免税	課税
SEZ内裾野企業からの国内調達(同一SEZ内)	免税	課税	—	—	—	—
SEZ内裾野企業からの国内調達(別SEZ内)	免税	課税	免税	課税	免税	課税
SEZ外裾野企業からの国内調達	免税	課税	免税	課税	免税	課税

4-4-2 パートナー候補

(1) 漁民／水上生活者

ホテイアオイの調達に欠かせないパートナーであるが、現時点では特定の漁師や水上生活者とパートナー契約を結んでいる状況ではない。コンポチュナン州の協力を得ながらホテイアオイ管理組合として組織化し、連帯責任体制のもとでホテイアオイの収集委託を行う。

(2) エタノール販売商社

本調査期間中はエタノールの国内販売、国外輸出を取り扱う商社に面会できていない。引き続き商工会議所などを通じて開拓を進める。

(3) 堆肥メーカー：Bayon Co., Ltd

Bayon Co., Ltdは日本企業と技術提携して、肥料の輸入販売を行っている企業である。現在は自国産の肥料は扱っていないが、今後は自国原料を利用した肥料、堆肥の開発を行う意向がある。現在、試験的にバガス（サトウキビ搾汁後の残渣）を調達しており、その価格は1円/kgであった。ただし、ホテイアオイ残渣の含有成分によって値段は変わる可能性があるため、残渣の含有成分を分析し交渉に務める。

(4) コンポンチュナン焼陶工

コンポンチュナン州から強い要望を受けているビジネスは、コンポンチュナン焼とのコラボレーションである。コンポンチュナン焼にホテイアオイ酒を入れ、特産品として販売して欲しいとの意向がある。コンポンチュナン焼には素焼きと釉薬処理があるが、素焼きは液体を長期保存できないため、釉薬処理している陶工との連携が必須となる。釉薬処理を施している陶工は日本財団の支援を受けた陶工のみであったため、同陶工とのパートナーシップを結ぶこととなる。

- 月間最大生産量：同一商品で他の注文を受けない場合は最大 500 個/月製造可能
- 発注形態：直接取引可能で、形状や色もオーダーメイド対応可能である。



図 24 コンポンチュナン焼き 釉薬処理を施す陶工

出典：JICA 調査団により作成

4-5 収支計画

4-5-1 収支計画

収支計画は 10 か年計画とし、初年度から 5 年目までを前期、6 年目から 10 年目を後期とする。前期は E3 ガソリン市場が開かれていない状態であると仮定し、飲料用アルコール（スピリッツ）の製造と堆肥原料の残渣販売の 2 本を収益事業として展開する。後期は E3 ガソリン市場が開かれたと想定し、燃料用エタノールの販売も着手する。なお、本事業の特徴は 1 リットルあたりの付加価値が高い飲料用アルコール（スピリッツ）の製造販売を先行し、収益を確保しながら、付加価値は低くとも社会的価値の高い燃料用エタノールを製造、販売し、収益バランスを維持する事業モデルである。

試算上ではエタノール収率を 50%、スピリッツ用エタノール原料単価を 2000 円/リットルとした場合、損益分岐点を僅かに上回る見通しである。甲類スピリッツとして販売する場合、この原料単価に加え、加水工程、ブレンド、瓶詰工程等が加わり、この製造コストで 1000 円/リットルの費用が加わっても 3000 円/リットルとなる。表 21 カンボジア産飲料用アルコールの価格帯で示した他のカンボジア産スピリッツと同等か以下の価格設定に出来ると考えている。

以下の収支計画では、エタノール収率 50%、スピリッツ用エタノールの販売価格は 1500 円／リットル、燃料用エタノールの販売価格を 60 円／リットル、初年度から 5 年目まではプラント稼働率を 20%～70%に仮定した。稼働率を抑えている理由として、サンウエスパの初の海外進出であり日本とは異なる環境である事、人材育成、組織化に時間を要する事、技術面の課題克服に時間を要する事、労務サボタージュや予期せぬトラブル等が生じる事など、様々な要因が考えられるため、稼働率を厳しめに設定している。

表 33 収支計画（前期、後期）

事業計画書	単価	単位	稼働率 20%		30%		40%		50%		70%	
			第1期	第2期	第3期	第4期	第5期					
売上(単位千円)												
内訳												
スピリッツ用エタノール売上高	1,500	円/リットル	4,895	7,342,650	7,343	11,013,975	9,790	14,685,300	12,238	18,356,625	17,133	25,699,275
堆肥残渣売上高	1	円/Kg	43,290	43,290	64,935	64,935	86,580	86,580	108,225	108,225	151,515	151,515
売上原価	116	円/リットル	4,895	-569,597	7,343	-854,395	9,790	-1,139,193	12,238	-1,423,992	17,133	-1,993,588
売上総利益				6,816,343	0	10,224,515	0	13,632,687	0	17,040,859	0	23,857,202
費用												
プラント工場 減価償却	4,690,000	円/年		4,690,000		4,690,000		4,690,000		4,690,000		4,690,000
人件費 工場長	700,000	円/年	1人	700,000	1人	700,000	1人	700,000	1人	700,000	1人	700,000
人件費 作業員	250,000	円/年	3人	750,000	3人	750,000	3人	825,000	3人	825,000	3人	825,000
人件費 事務	400,000	円/年	1人	400,000	1人	400,000	1人	440,000	1人	440,000	1人	440,000
交通費	50,000	円/月	12ヶ月	600,000	12ヶ月	600,000	12ヶ月	660,000	12ヶ月	660,000	12ヶ月	660,000
通信費	10,000	円/月	12ヶ月	120,000	12ヶ月	120,000	12ヶ月	132,000	12ヶ月	132,000	12ヶ月	132,000
備品など	10,000	円/月	12ヶ月	120,000	12ヶ月	120,000	12ヶ月	132,000	12ヶ月	132,000	12ヶ月	132,000
土地賃借料	77,000	円/月	12ヶ月	924,000	12ヶ月	924,000	12ヶ月	1,201,200	12ヶ月	1,201,200	12ヶ月	1,201,200
メンテナンスコスト	500,000	円/年	1回	500,000	1回	500,000	1回	500,000	1回	500,000	1回	500,000
その他営業活動、広告宣伝費	50,000	円/月	12ヶ月	600,000	12ヶ月	600,000	12ヶ月	660,000	12ヶ月	660,000	12ヶ月	660,000
費用小計	0	0	0	9,404,000	0	9,404,000	0	10,010,200	0	10,010,200	0	10,010,200
営業利益	0	0	0	-2,587,657	0	820,515	0	3,622,487	0	7,030,659	0	13,847,002
営業外収益	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
営業外費用	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
税引き前経常利益	0	0	0	-2,587,657	0	820,515	0	3,622,487	0	7,030,659	0	13,847,002
累積赤字・黒字	0	0	0	-2,587,657	0	-1,767,142	0	1,855,345	0	8,886,004	0	22,733,006

プラント操業の安定、事業の定着化、E3 ガソリン市場が開放される後期からは燃料用エタノールの販売に着手する。プラント稼働率は 100%とし、エタノール総生産量の上限值に対し、スピリッツ用のエタノール販売と燃料用エタノールの生産比率を変動し、1年目は7対3、2年目は6対4、3年目以降は5対5と設定した。なお、燃料用エタノールが隣国のタイやベトナムで販売可能な見通しとなった場合は、製造時期を前倒しする事も検討する。

事業計画書	単価	単位	稼働率 100%		100%		100%		100%		100%	
			第6期	第7期	第8期	第9期	第10期					
売上(単位千円)												
内訳												
スピリッツ用エタノール	1,500	円/リットル	17,133	25,699,275	17,133	25,699,275	12,238	18,356,625	12,238	18,356,625	12,238	18,356,625
燃料用エタノール	60	円/リットル	7,343	440,559	9,790	587,412	12,238	734,265	12,238	734,265	12,238	734,265
堆肥残渣売上高	1	円/Kg	151,515	151,515	151,515	151,515	151,515	151,515	108,225	108,225	151,515	151,515
売上原価	116	円/リットル	17,133	-1,993,588	17,133	-1,993,588	17,133	-1,993,588	12,238	-1,423,992	17,133	-1,993,588
売上総利益				24,297,761		24,444,614		17,248,817		17,775,124		17,248,817
費用												
プラント工場 減価償却	4,690,000	円/年		4,690,000		4,690,000		4,690,000		4,690,000		4,690,000
人件費 工場長	700,000	円/年	1人	700,000	1人	700,000	1人	700,000	1人	700,000	1人	700,000
人件費 作業員	250,000	円/年	3人	825,000	3人	825,000	3人	825,000	3人	825,000	3人	825,000
人件費 事務	400,000	円/年	1人	440,000	1人	440,000	1人	440,000	1人	440,000	1人	440,000
人件費 営業(燃料用)	500,000	円/月	1人	500,000	1人	500,000	1人	500,000	1人	500,000	1人	500,000
交通費	50,000	円/月	12ヶ月	600,000	12ヶ月	660,000	12ヶ月	660,000	12ヶ月	660,000	12ヶ月	660,000
通信費	10,000	円/月	12ヶ月	132,000	12ヶ月	132,000	12ヶ月	132,000	12ヶ月	132,000	12ヶ月	132,000
備品など	10,000	円/月	12ヶ月	132,000	12ヶ月	132,000	12ヶ月	132,000	12ヶ月	132,000	12ヶ月	132,000
土地賃借料	77,000	円/月	12ヶ月	1,201,200	12ヶ月	1,201,200	12ヶ月	1,201,200	12ヶ月	1,201,200	12ヶ月	1,201,200
メンテナンスコスト	500,000	円/年	1ヶ月	500,000	1ヶ月	500,000	1ヶ月	500,000	1ヶ月	500,000	1ヶ月	500,000
その他営業活動、広告宣伝費	50,000	円/月	12ヶ月	660,000	12ヶ月	660,000	12ヶ月	660,000	12ヶ月	660,000	12ヶ月	660,000
費用小計				10,510,200		10,510,200		10,510,200		10,510,200		10,510,200
営業利益				13,787,561		13,934,414		6,738,617		7,264,924		6,738,617
営業外収益				0		0		0		0		0
営業外費用				0		0		0		0		0
税引き前経常利益				13,787,561		820,515		3,622,487		7,030,659		13,847,002
累積赤字・黒字				36,520,567		37,341,082		40,963,569		47,994,227		61,841,229

減価償却費

償却項目	購入価格	償却期(年)	償却費
エタノールプラント	45,000,000 円	10 年	4,500,000 円/年
建物	3,800,000 円	20 年	190,000 円/年

<収支計画の支出条件>

項目	前提
製造原価	エタノール1リットル当たりの原価は81円を想定する。 (製造原価構成/リットル=ホテアオイ調達費:14.29円、電力費:7.66円、 酵素:42.86円、酵母:5.71円、水代:0.2円、試薬10.74円)
人件費	工場長1名:月5.8万円、作業員3名:月額2.0万円、経理事務:月額3.3万円 (物価上昇率を踏まえ、3年目以降は10%UPしている)
交通費	月額5万円(物価上昇率を踏まえ、3年目以降は10%UPしている)
通信費	月額1万円(物価上昇率を踏まえ、3年目以降は10%UPしている)
土地借地	月額77千円(物価上昇と地価上昇を踏まえ、3年目以降は30%UPしている)

出典: JICA 調査団により作成

4-6 想定される課題・リスクと対応策

本事業の実施時における想定される課題とリスク、そして対応策を記す。

4-6-1 課題・リスクと対応策(法制度面)

表 34 法制度面における課題・リスクと対応策

	リスク要因	対応策
税制	アルコール商品には10パーセントの付加価値税を掛けられると共に、2016年には輸入アルコールに関税35%、特別税35%に増税している。将来的には付加価値税の増加によるアルコール消費の落ち込みや関税、特別税の減税により輸入品が増加し競合製品が増える可能性がある。	増税、減税に関する情報に注視し、適宜対応する。製造量によっては国内販売と輸出販売の比率を変更するなど、柔軟に対応する。
法律	カンボジアのアルコールに関する法規制の制定に向けて審査が進んでいる。同規制はアルコール商品を管理する事項に焦点が置かれていると言われているが、内容は明らかになっていない。	アルコールに関連する法規制について、継続的に動向を確認し、事業に影響を及ぼす際には法規制に則り適切に対応する。

出典: JICA 調査団により作成

4-6-2 課題・リスクと対応策（ビジネス面）

表 35 ビジネス面における課題・リスクと対応策

	リスク要因	対応策
原材料	ホテアオイの採取労力、最低賃金の上昇、漁獲量増に伴う収入増などにより、ホテアオイの値上げを要求される可能性がある。また、作業怠慢、採取遅延等によりホテアオイが安定的に提供されない事も考えられる。	時代の流れに沿い、納得できる場合は値上げも検討する。過剰な要求に対しては、コンポントナン州の産業開発を担う事業としてコンポントナン州にも協力を得る体制を構築する。
販売	カンボジアにおける一人当たりのスピリッツ消費量は横ばいである。限定的な消費市場の中で、多種多様なスピリッツと競合する可能性が高い。	カンボジア人の趣向に合わせた工夫を行うと共に、原料であるホテアオイの特性を活かしたブランディングを行い、商品の差別化をはかる。
原料調達	ホテアオイは川に浮遊し、流れによって移動するため季節によって事業対象地の近くに定着していない場合がある。そのため、漁民の採取労力が多くなり必要量が確保できない場合も想定される。	養殖は想定していないため、近隣にある小さな池沼のホテアオイの生息分布も把握しておく、状況に応じて補完採取できるよう対策を講じておく。
地価高騰	コンポントナン州は経済特区が無く、また外国企業は土地の所有が出来ないため、借地での操業となる。近年の安定した経済成長に伴い地価が高騰し、コンポントナン州の市街地でもこの直近3~4年で2倍近くに上昇している（場所による）。	長期借地契約とし、地価上昇の影響を緩和できるよう契約時に十分交渉する。

出典：JICA 調査団により作成

4-6-3 課題・リスクと対応策（政治・経済面）

表 36 政治・経済面における課題・リスクと対応策

	リスク要因	対応策
経済	近年、人件費が急上昇している。最低賃金は、2012年には月間60ドル/月という破格の安さであったが、その後、毎年上昇して、2018年には170ドル/月となった。これは、隣国ベトナムの地方部における最低賃金よりも高くなっている。	製造原価等、調達コストに影響するが、他方で所得増によるアルコール消費人口の拡大の可能性もある。他のコスト減に務める。
	カンボジアの建設や観光といったセクターでは中国マネーへの依存度がかなり高いため、中国の景気が大きく悪化した場合には、カンボジア経済も打撃を受ける可能性が高い。	カンボジアの経済状況のみならず中国の経済状況も注視しておく。

出典：JICA 調査団により作成

4-6-4 その他課題・リスクと対応策

表 37 その他課題・リスクと対応策

	リスク要因	対応策
債権	商慣習の違い等を背景として、販売先として想定する現地企業から債権回収が困難になるケースも想定される。	現地企業の与信情報・商慣習を把握している現地人材の採用も検討する。
人材確保	事業黎明期は知見・技術に精通したサンウエスパの社員が中心となるものの、継続的に事業を推進・拡大していく上では現地人材がこれらのノウハウを承継し、数年後には中心的に事業を進められる体制となる必要がある。研究開発には化学の基礎知識を有する人材や財務関連、工場マネジメント等、あらゆる分野の人材が必要となる。	研究開発人材に関しては、カンボジア工科大学、財務関連や工場マネジメントに関しては人材会社や進出済み日系企業からの紹介等を得て、体制を整える。

出典：JICA 調査団により作成

4-7 期待される開発効果

4-7-1 開発効果

本事業における主要課題は、ホテアオイの繁茂による交通・運輸障害であり、ホテアオイを取り除き、適切に処理する事によって交通・運輸障害の是正に繋がると考えている。本事業が実施される事により、年間合計 54,000m² 相当 (50m x 4000m) のホテアオイが原料として採取される事になり、埋め尽くされている航路を開通させる事が可能となる。ただし、ホテアオイの繁殖力は早いため、採取量に応じた航路開放にはならない事に留意が必要である。なお、ホテアオイが原因で障害となった統計データは存在せず、交通・運輸に関わる定量的な効果は測り難い。

表 38 エタノール製造量に応じたホテアオイの採取面積、重量

ホテアオイ1個体あたりデータ	株数	Wet重量(kg)	含水率	Dry重量(kg)	水上面積(m ²)		
	1	5	90%	0.5	0.25		
ホテアオイ投入データ	株数	Wet重量(kg)	含水率	Dry重量(kg)	水上面積(m ²)	処理日数	バッチ数
1バッチあたり	1,800	9,000	90%	900	450	3	1
1ヵ月あたり	18,000	90,000	90%	9,000	4,500	-	9.25
1年あたり	216,000	1,080,000	90%	108,000	54,000	-	111

出典：JICA 調査団により作成

また、ホテアオイは枯死、腐敗する事により水質悪化の原因となっているとも言われており、適切なタイミングで採取する事で水質悪化の是正に繋がる事も考えられる。なお、間接的な効果として、ホテアオイの採取を委託する漁民や水上生活者の所得向上が挙げられる。本事業では、乾燥、破碎済み処理済みホテアオイ 1kg (乾燥重量) を 5 円で購入すると仮定すると、年間の買取重量は最大で 108,000kg (乾燥重量) を想定して

いるため、最高で約 540,000 円支払う事になる。常時 6 名程度の稼働を想定すると 1 人あたり 90,000 円/年の副収入機会の創出が可能となる。

4-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

4-8-1 サンウエスパ自体への裨益

海外業務サポート人員の強化により国内における雇用を創出するとともに、現地人材の本邦受け入れ研修制度を積極的に実施することで、人材交流促進による地域活性化が期待される。

4-8-2 関連企業・産業への貢献

産業廃棄物処理・リサイクル業は、多くの設備・機材を使用する。ODA 案件及びその後のビジネス展開により、バイオエタノール製造プラントをはじめとしたサンウエスパが運用する各種廃棄物処理システムの設備を製造、販売している国内企業への裨益が見込まれる。

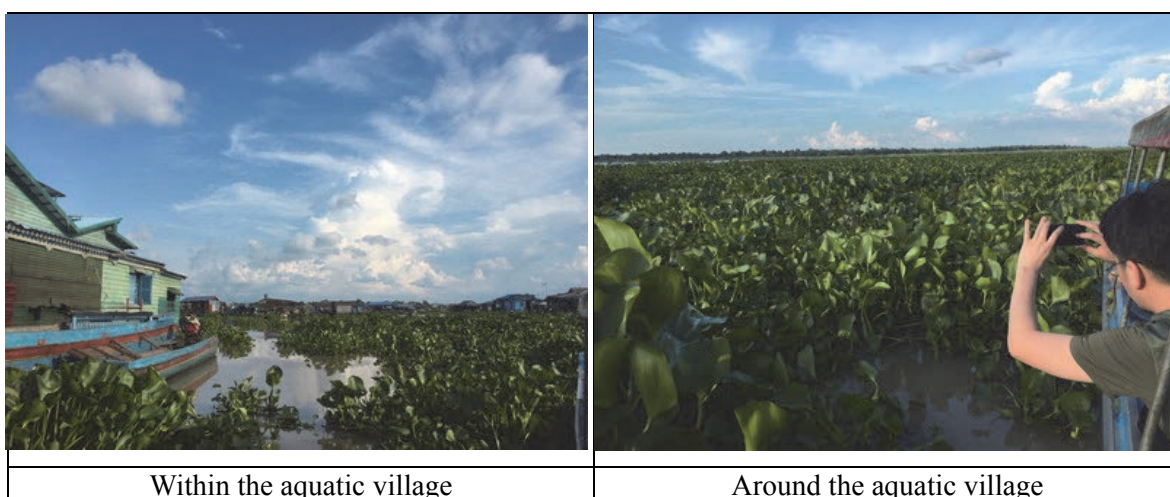
4-8-3 その他関連機関への貢献

これまで、関西大学や岐阜大学のバイオエタノール製造の権威ある教授よりバイオエタノール事業に関してアドバイザーを得ていた。また関西大学とは「低コストな糖化条件の検討」をテーマに共同研究を行ってきており、本事業化は研究内容が実用化に貢献している事を説明できる。

Summary

Chapter I: Concerned Development Issues in the Target Country

At Lake Tonle Sap located in the central area of Cambodia, there is a large inflow of agricultural and industrial wastewater that contains phosphorus and nitrogen, and this can lead to abnormal growth of aquatic plants as they absorb nutrients through the waste water. In particular, water hyacinth has an extremely high reproduction rate and it is reported that without restrictions on its growth the plant can increase to 2 million times its original mass over a period of 7 months. Due to this nature, water hyacinth can completely cover lakes and river surfaces, causing various problems such as obstructions to marine transportation as well as mass death of fish and reduced catch from fishing caused by reduction in dissolved oxygen levels. In addition, fishing and passenger boats can get tangled in the plant roots resulting in damage to boat screws and engines.



Water Hyacinth entirely covering the water surface (Kampong Chhnang Province)

Kampong Chhnang Province, the survey site, is located in the South of Lake Tonle Sap, and is an area prone to accumulation of water hyacinth. Since there is a seasonal outflow of water from Lake Tonle Sap into the Tonle Sap River in the dry season and an opposite inflow from the river into the lake in the rainy season, the particularly narrow area around the branch from the lake to the river sees high accumulation of water hyacinth. Main issues that arise include obstruction in boat transportation resulting in a 15minute boat ride under normal circumstances taking 1 hour, disruption and prevention of fishing activities, delays in shipping of goods, and in the worst cases deaths caused by delays in transporting seriously ill patients or expectant mothers.

The water hyacinth is aquatic plant native to South America and grows up to 15~60 cm. Since it has an extremely high reproduction rate, it can cover waterways, reservoirs and lakes entirely and hence is called the “World’s worst aquatic plant” or “blue devil”. It is included in the Japanese Ministry of Environment’s published list of pernicious invasive plants, aimed at

preventing damage to Japan’s native ecosystem. Also, according to International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, the water hyacinth is registered as one of the world’s 100 worst invasive alien species and one of the world’s 10 worst weeds.

General countermeasures against such harmful infestation of aquatic plants include the use of heavy machinery to cut up and remove the plants, incineration, as well as consumption through manufacturing furniture and other commercial goods from the stems. In Cambodia, folk crafts such as bags and floor mats are made from the dried stem of water hyacinth. However, this has not proved to be a fundamental solution due to the high costs and negative environmental impact of utilizing heavy machinery, as well as the sheer volume and growth rate of the plants overwhelming the consumption capacity of the laborious and time-consuming craft manufacturing process.

Chapter II: Overview of the Proposing Company, Products and Technologies

The proposing company, Sunwaspa Co., Ltd. operates a recycling facility that extracts bio-ethanol from wastepaper (shredder dust). Bio-ethanol is extracted through a saccharifying and fermenting process applied to the cellulose included in the pulp fiber of wastepaper, followed by a distilling process to refine the ethanol. Unlike other bio-ethanol production methods that use food material, the method proposed by Sunwaspa does not conflict with the use of material as food resources, and hence possesses decent potential to comprehensively provide a solution to environmental issues such as waste, energy, and food.



raw material of ethanol



saccharifying and fermenting process



distilling process to refine the ethanol

Process of Producing Bio-ethanol

Since the technology can be applied not only to wastepaper but also to any plant material that contains cell walls from which ethanol can be extracted, this survey aims to adapt this technology with a view to establishing an enterprise to produce ethanol from water hyacinth. Initially, the assumptions for this survey was that the ethanol would be sold as A) for use in E3 gasoline (distilled to 99.5% or higher), B) for use as medical alcohol, and C) for use in alcoholic drinks (spirits).

Based on the results of this survey, it was confirmed that the concerned development issue of abnormal growth of water hyacinth is causing real issues for local residents such as: A) negative

impact on boat transportation due to obstruction of water routes, B) damage to boat screws and engines, and C) mass death and reduced catches of fish due to reduced dissolved oxygen levels and increased water evaporation. Given these issues over the water hyacinth, it was confirmed that there is a strong need for the control and removal of water hyacinth. Although relevant government and administrative institutions recognize this issue, they have only been able to engage volunteers to manually remove the water hyacinth due to limitations in budget and resources. Therefore, it became clear that a sustainable enterprise to cover the costs of removal is in need. The candidate counterpart, Kampong Chhnang Province, has high expectations for a sustainable enterprise to be established that can produce E3 gasoline, produce alcoholic spirits, and utilize residual waste from processing water hyacinth.

Chapter III: ODA Project Overview

Upon completion of this survey, it is planned that Sunwaspa will pursue the implementation of a “Verification Survey for Producing Bio-ethanol from Water Hyacinth in Lake Tonle Sap” under the JICA scheme “VERIFICATION SURVEY WITH THE PRIVATE SECTOR FOR DISSEMINATING JAPANESE TECHNOLOGIES”. The project will aim to mitigate obstruction to boat transportation and damage to the natural environment in the lake caused by the abnormal growth of water hyacinth. To achieve this objective, it is necessary not only to remove the water hyacinth continuously and sustainably, but also to generate revenue to cover the costs of the removal as well. The project will verify the sustainability of such an enterprise through the production, sales, and monetization of bio-ethanol produced from the removed water hyacinth. The project will proceed with the following four goals in order to verify the sustainability of the project.

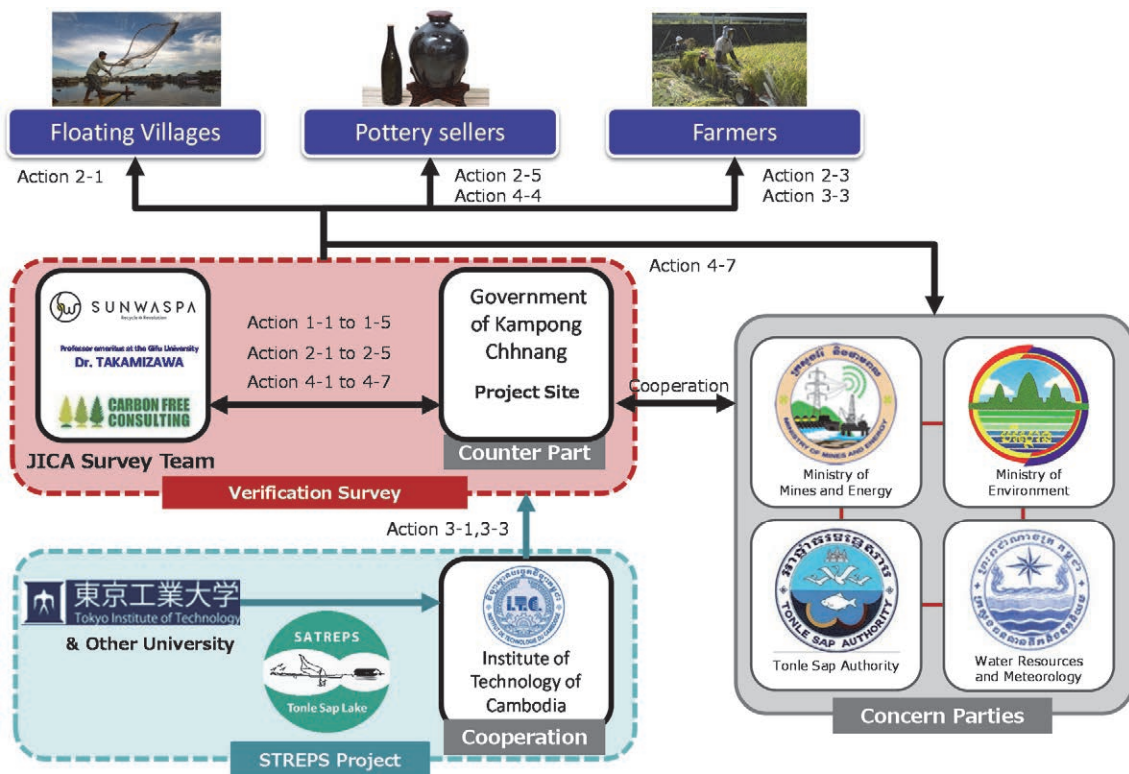
- 【Goal 1】 Achieve stable operation of the bio-ethanol production plant as planned
- 【Goal 2】 Produce E3 gasoline, drinking alcohol, and material for fertilizer
- 【Goal 3】 Clarify the impact on water quality, on the environment, and on the awareness of stakeholders
- 【Goal 4】 Develop a business plan for Sunwaspa to continue production

The envisaged counterpart organization is Kampong Chhnang Province government, and the envisaged project site is within the grounds of the office of the provincial department of the ministry of local development. The equipment for the production plant will be leased to JICA from Sunwaspa, and at the conclusion of the project the equipment will not be donated to the counterpart but continue to be used by Sunwaspa for their commercialized operations.

The envisaged period of this project is 3 years in total. The first year will be a preparation period, during which the following activities will be conducted: fabrication of the plant equipment, foundation construction at the project site, construction of the building to house the plant, installation of electricity/water infrastructure, and organization/coaching of local community members who will be engaged in collecting, drying, and grinding the water hyacinth. During this period, additional information for commencing operations will be collected, project activity plans will be prepared, and activities to enhance cooperation with the counterpart will be conducted.

From the 2nd year, the production of bio-ethanol will commence, and 11 different types of production conditions will be tested throughout the year. It has already been technically verified that bio-ethanol can be produced from water hyacinth, but since the environment of the project site is different from that in Japan, the most suitable conditions will be ascertained through testing of various parameters such as using lake water vs. tap water, using dried vs. undried water hyacinth, and producing under ambient temperature, etc. Also, monitoring of the water quality of the area where the water hyacinth is collected will be conducted in order to ascertain the positive and negative impact to the water environment. From the end of the 2nd year to the 3rd year, verification activities on the practical use of E3 gasoline produced from bio-ethanol, production of alcoholic drinks, detailed market research, and development of a distribution chain will be pursued. Also, fertilizer will be produced from the residual waste and verification activities on its commercial value will be conducted through actual field testing supported by cooperating farmers. Prior to concluding the project, workshops on the overall project activities and results of the project will be held to disseminate and promote the effectiveness of the project, and the ongoing business plan for Sunwaspa in Cambodia will be formulated.

Since this project requires close collaboration with local fishermen, water village residents, craftsmen and farmers as well as their actual participation, it is essential that the project is implemented in partnership with the Kampong Chhnang Provincial government.



Project Implementation Structure

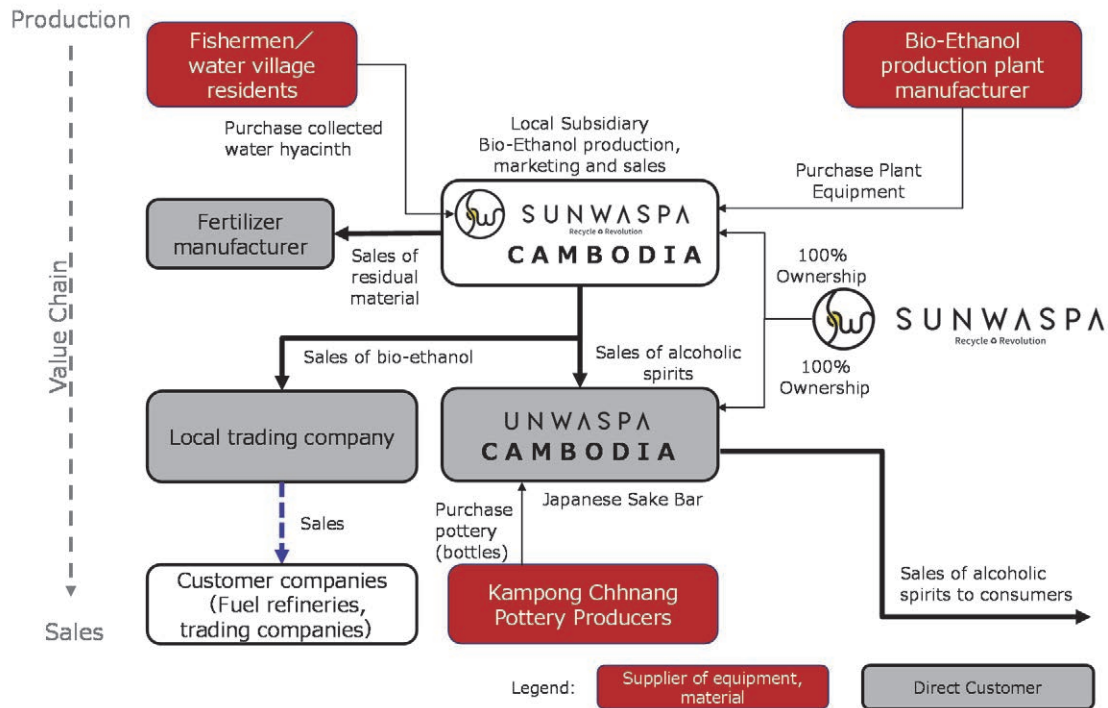
The expected development impacts through this project are described in the table below.

	Project Stage	Qualitative Development Impacts	Quantitative Development Impacts
(1)	Collection of water hyacinth	Obstruction to boat transportation as well as damage to boats, the marine environment, and the wellbeing of local residents will be mitigated. The impact on water quality and marine environment will be assessed.	Although the quantitative impact will be limited due to the verification period being only one year, 126 tons of water hyacinth (6300m ² on the water surface) will be removed.
(2)	Purchase of water hyacinth	Income of fishermen collecting water hyacinth will increase, and their awareness towards controlling and managing water hyacinth will improve.	Although the dollar amount paid for the collection of water hyacinth will be limited due to the verification period being only one year, this will amount to around USD580 total. It is said that the monthly income of fishermen in the water village is around USD100.
(3)	Development of Bio-E3 gasoline	E3 gasoline will be developed and produced in Kampong Chhnang Province, and its practical effectiveness will be verified.	A maximum of 6,271 liters of bio-ethanol is expected to be produced during the one-year verification period. Also, it is expected that 5 local people will gain expertise in the production process.
(4)	Development of drinking alcohol	Alcoholic spirits will be produced from water hyacinth and will be marketed as a local specialty product of Kampong Chhnang Province	
(5)	Utilization of water hyacinth residual waste	Material for fertilizer will be produced from the residual waste. Organic fertilizer will be developed from this material, which will lead to positive impact on local agriculture.	14,700kg of material for fertilizer is expected to be produced during the one-year verification period.

Chapter IV: Business Development Plan

A local subsidiary (“SUNWASPA CAMBODIA”) fully owned by Sunwaspa Co. is expected to be established. SUNWASPA CAMBODIA will produce bio-ethanol in the area located along the Tonle Sap River in Kampong Chhnang Province. The collection of water hyacinth will be entrusted to local fishermen and residents in the water village, and SUNWASPA CAMBODIA will purchase the collected material. The bio-ethanol is expected to be sold in two ways. One is for use as fuel and sold via a local trading company. In terms of the initial assumption of selling bio-ethanol for use in production of E3 gasoline or as medical ethanol within Cambodia, it became clear that it will be difficult to establish and develop a domestic market under current circumstances due to an undeveloped legal system and circulation of cheap, low quality medical ethanol. However, it is considered feasible to establish a sales route via local trading companies to export the bio-ethanol to neighboring countries. The second way is to develop and sell alcoholic drinks (spirits) made from water hyacinth for the Japanese Sake bar that Sunwaspa plans to establish in Cambodia in conjunction with the bio-ethanol production business. Spirits made from water hyacinth will be a world first and it is not practical to market such a new product to existing

retailers and restaurants/bars before it can gain some exposure and trust from the market. Therefore, Sunwaspa will establish its own Japanese Sake bar and utilize the bar as a pioneer shop for the branding and marketing of the water hyacinth spirits. Also, as for the fertilizer material, it is expected that a partnership with a local fertilizer manufacturer will be pursued to establish a sales channel.



Business Development Structure

In the envisaged sales plan, it is assumed that the domestic market for E3 gasoline will not exist during the first year to the 5th year, so revenue will be generated from the production and sales of alcoholic spirits and raw material for fertilizer. After the 6th year, it is assumed that the domestic market for E3 gasoline will be established, and the production and sales of ethanol for fuel will commence. The underlying principle will to achieve a business model whereby economic sustainability is achieved through pursuit of the alcoholic spirits business that can achieve a high profit margin, balanced with the fuel ethanol business that may have limited profitability but can deliver significant social value.

Feasibility Survey for Utilizing Water Hyacinth as Ethanol in Kingdom of Cambodia

Proposing Company and Counterpart Organization

- Name of Company: Sunwaspa Co.
- Location of Company: Gifu, Japan
- Survey Site / Counterpart Organization: Kampong Chhnang Province / Provincial Government



Concerned Development Issues

- There is an abundant growth of Water Hyacinth throughout Lake Tonle Sap. The roots of the plant get caught in the screws of local fishing boats causing damage to the screw mechanisms and engines, negatively affecting the livelihood of local fishermen.
- The Water Hyacinth is considered to be one of the worlds most invasive plants and is negatively affecting bio-diversity in the local ecosystem, causing reduction in water oxygen levels leading to diminished aquatic wildlife, accumulation of dead and decomposed plants, and deterioration in water quality.

Products and Technologies of Company

- Technology to produce bio-ethanol through saccharification, fermentation and distillation utilizing the cellulose content of Water Hyacinth.
- The use of corn or cassava for producing bio-ethanol results in conflict as a food source, but the use of Water Hyacinth means no conflict regarding alternative uses.

Proposed ODA Projects and Expected Impact

The proposed ODA project is “Verification Survey for Producing Bio-ethanol from Water Hyacinth in Lake Tonle Sap” under JICA’s scheme “VERIFICATION SURVEY WITH THE PRIVATE SECTOR FOR DISSEMINATING JAPANESE TECHNOLOGIES”. The project aims to mitigate obstruction to local water transportation caused by the Water Hyacinth as well to help conserve the natural environment. In order to achieve these positive impacts, it is necessary to establish a system of periodically removing the Water Hyacinth in a continuous and sustainable manner, which in turn requires operational and financial burden. Therefore, verification of a sustainable business model whereby the Water Hyacinth is used as a resource to produce bio-ethanol and generate sales revenue to finance the operations will be pursued.

別添資料

環境チェックリスト

合意文章

掲載新聞

環境チェックリスト

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
1 許認可・説明	(1)EIA および環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書 (EIA レポート)等は作成済みか。 (b) EIA レポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIA レポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a)N (b)N (c)N (d)N	(a)本事業に関しては、対象州が環境省と Environment Protective Contract (以下、EPC) を締結する事によって実施可能である。 (b)上記のため該当しない (c)上記のため該当しない (d)取得に向けた手続きを検討中
	(2)現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a)Y (b)Y	(a)州政府に対し事業の説明済み。 (b)ホテアオイの収集方法などについて協議、反映済み。
	(3)代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は (検討の際、環境・社会に係る項目も含めて) 検討されているか。	(a)Y	(a)ビジネスモデルの検討過程において、許認可などの環境・社会に係る事項を含めて検討中。
2 汚染対策	(1)大気質	(a) 船舶・車輛・付帯施設(ドック等) から排出される硫黄酸化物 (SOx)、窒素酸化物 (NOx)、煤じん等の大気汚染物質は、当該国の排出基準、環境基準等と整合するか。大気質に対する対策は取られるか。	(a)Y	(a)本プロジェクトには該当しない。
	(2)水質	(a) 対象となる作業場、施設並びに付帯設備等から排出される排水(BOD、COD、SS、油脂、pH、その他有害物質)は当該国の排水基準等と整合するか。また、排水により当該国の環境基準等と整合しない地域が生じるか。 (b) 原材料、化学物質、廃棄物等の貯蔵場所から流出水が表流水、地下水、土壌を汚染しない対策がなされているか。	(a)Y (b)N	(a)排水は排出されない計画である。仮に排水が生じる場合は、「水質汚濁の管理に関する政令第5条に合致した対応を行う。 (b)原料は乾燥状態で仕入れ、排水は生じない計画ゆえ、地下水、土壌汚染にはつながらない。
	(3)廃棄物	(a) 対象となる作業場、施設並びに付帯設備等から発生する廃棄物は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。 (b) 廃棄物保管場所または処分場からの浸出水によって土壌・地下水を汚染しない対策がなされるか。	(a)Y (b)Y	(a)法令等に遵守して対応する。 なお、製造工程にて残渣が排出されるが、堆肥原料として農民が引き取る計画である。 (b)
	(4)騒音・振動	(a) 騒音、振動は当該国の基準等と整合するか。	(a)Y	(a)機材の稼働音は「大気汚染および騒音の防止に関する政令(2000)」に定められた基準値以下である。
	(5)地盤沈下	(a) 大量の地下水の汲み上げを行う場合、地盤沈下が生じる恐れがあるか。	(a)N	(a)本プロジェクトには該当しない。
	(6)悪臭	(a) 悪臭源はあるか。悪臭防止の対策はとられるか。	(a)N	(a)本プロジェクトには該当しない。
(1)保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a)N	(a)本プロジェクトには該当しない。	

	(2)生態系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地（珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等）を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) プロジェクトによる水利用（地表水、地下水）が、河川等の水域環境に影響を及ぼすか。水生生物等への影響を減らす対策はなされるか。	(a)N (b)N (c)Y (d)N	(a)当該区域による事業は想定していない。 (b)当該区域による事業は想定していない。 (c)プロジェクトによる影響は軽微と考えるが、実施状況に応じて対策を行う。 (d)プロジェクトによる影響は軽微と考えるが、実施状況に応じて対策を行う。
3 自然環境	(3)地形・地質	(a) 盛土、切土等の地山の改変は地山の安定を考慮して計画されているか。(b) 盛土部、切土部、土捨て場、土砂採取場からの土砂流出は生じるか。土砂流出を防ぐための適切な対策がなされるか。(c) 海域に計画されている場合は、自然海浜の侵食を助長する恐れがあるか。	(a)N (b)N (c)N	(a)本プロジェクトには該当しない。(b)本プロジェクトには該当しない。(c)本プロジェクトには該当しない。
4 社会環境	(1)住民移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。 (b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。 (d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。 (e) 補償方針は文書で策定されているか。 (f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民族等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。 (g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。 (h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。 (i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。 (j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。	(a)N (b)N (c)N (d)N (e)N (f)N (g)N (h)N (i)N (j)N	(a)本プロジェクトによる住民移転は生じない (b)本プロジェクト業による住民移転は生じない (c)本プロジェクトによる住民移転は生じない (d)本プロジェクトによる住民移転は生じない (e)本プロジェクトによる住民移転は生じない (f)本プロジェクトによる住民移転は生じない (g)本プロジェクトによる住民移転は生じない (h)本プロジェクトによる住民移転は生じない (i)本プロジェクトによる住民移転は生じない (j)本プロジェクトによる住民移転は生じない
	(2)生活・生計	(a) プロジェクトによる住民の生活への悪影響が生じるか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。 (b) プロジェクトの実施により必要となる社会基盤の整備は十分か（病院・学校、道路等）。不十分な場合、整備計画はあるか。 (c) プロジェクトに伴う大型車両等の運行によって周辺の道路交通に影響はあるか。必要に応じて交通への影響を緩和する配慮が行われるか。 (d) 他の地域からの人口流入により病気の発生（HIV等の感染症を含む）の危険があるか。必要に応じて適切な公衆衛生への配慮が行われるか。	(a)N (b)Y (c)N (d)N	(a)プロジェクト実施により住民が所得向上する影響はある。悪影響を及ぼす事態が明らかとなった際は、速やかに緩和策を講じる。 (b)本プロジェクトに該当しない (c)本プロジェクトに該当しない (d)本プロジェクトに該当しない

	(3)文化遺産	(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。	(a)N	(a)本プロジェクトに該当しない
	(4)景観	(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。	(a)N	(a)本プロジェクトに該当しない
	(5)少数民族、先住民族	(a) 当該国の少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。 (b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。	(a)N (b)N	(a)本プロジェクトに該当しない (b)本プロジェクトに該当しない
4 社会環境	(6)労働環境	(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。(b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されるか。(c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育（交通安全や公衆衛生を含む）の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。(d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。	(a)Y (b)Y (c)Y (d)Y	(a)法令等に遵守して対応する(b)法令等に遵守して対応する(c)安全衛生計画策定や安全教育の実施を行う。(d)安全教育の研修を実施する。
5 その他	(1)工事 中の影響	(a) 工事中の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。	(a)Y (b)N	(a)工事前に周辺住民へ説明を実施する。 (b)州政府機関の敷地内であり、社会環境に悪影響を及ぼす事は想定していない。
	(2)事故 防止対策	(a) 有害物・危険物の貯蔵、排出、輸送等に十分な事故対策（防止設備の設置、防止管理体制の整備）が取られているか。	(a)Y	(a)法令等に遵守して対応する
	(3)モニ タリング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a)Y (b)N (c)N (d)N	(a)設立予定の現地法人によるモニタリングを実施する予定。 (b)設立予定の現地法人により計画、方法、頻度を策定する予定。 (c)設立予定の現地法人によって体制を整える予定。 (d)規定する予定。
6 留意点	他の環境 チェック リストの 参照	(a) 必要な場合は、道路および鉄道に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること。 (b) 工業団地インフラについては、道路、その他インフラを確認すること。	(a)Y (b)N	(a)道路および鉄道等は該当しないが必要に応じて適切に対応する。 (b)本プロジェクトに該当しない
	環境チェ ックリス ト使用上 の注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する（廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）。	(a)Y	(a)本プロジェクトに該当しない

合意文章

**MINUTES OF MEETING
BETWEEN
KAMPONG CHHNANG PROVINCE
AND
SUNWASPA CO.,LTD,
ON
VERIFICATION SURVEY FOR “UTILIZING WATER HYACINTH AS ETHANOL TO PRODUCE
E3 GASOLINE AND OVOP AT CHHNANG PROVINCE”**

SUNWASPA CO.,LTD exchanged views and had series of discussions with KAMPONG CHHNANG PROVINCE for the purpose of detailing the activities and measures to be taken by stakeholders regarding on the Verification Survey, which will be implement together with these parties.

As a result of the discussions, all parties confirmed to discuss and implement the Verification Survey based on the document attached hereto.

Date: _____

Mr. H.E. SUN SOVANNARITH
Representative of Kampong Chhnang Province
Deputy Governor of Provincial Government of
Kampong Chhnang

Tomotada HARA , CEO
Sunwaspa Co.,Ltd
3-429, Iwata-Nishi, Gifu City, Gifu

(sign)

(sign)

Seen and Approved by
Mr. H.E. Chhour Chandoeun
Governor of Kampong Chhnang Province
Provincial Government of Kampong Chhnang

(sign) _____

ATTACHED DOCUMENT

I. Background of the Survey

- I-1) Japanese enterprises possess technological resources in various fields that can assist in fulfilling society needs and have positive impact on the social welfare of a country. JICA, as the implementing agency of the Official Development Assistance from Japan, has introduced a survey program to utilize these technologies.
- I-2) Currently, SUNWASPA CO., LTD has been assigned as an official survey team by JICA for “Feasibility Survey with the Private Sector for Utilizing Japanese Technologies in ODA Projects for Utilizing Water Hyacinth as Ethanol in Kingdom of Cambodia”. This survey will examine and attempt to verify the feasibility of producing bio-ethanol from Water Hyacinth using Japanese Technology.
- I-3) This Feasibility Survey started in November, 2017 and planned to end in Dec 2018. SUNWASPA CO., LTD is planning to challenge the next phase, called “Verification Survey”, after finishing this Feasibility Survey.
- I-4) JICA survey scheme “Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies” aims to demonstrate that Japanese technologies are highly effective in improving specific development challenges.
- I-5) In preparation for the Survey, JICA invites proposals from Japanese enterprises. Successful proposals must indicate a workable plan to utilize proponent’s technologies in order to respond to the development challenges of the developing countries selected. The proponents who have submitted successful proposals will be engaged as members of the Survey team (hereinafter referred to as the “JICA Survey Team”).

II. Implementation of the Verification Survey

- II-1) The actual implementation of the Verification Survey will be implemented together in collaboration with KAMPONG CHHNANG PROVINCE (hereinafter referred to as the “Counterpart”) and SUNWASPA CO., LTD. entrusted by JICA. JICA will supervise the overall implementation.
- II-2) SUNWASPA CO.,LTD will own the Bio-ethanol Plant, analytical equipment, and their incidental facilities for the purpose of implementing the Survey and reserve its ownership throughout the implementation period.
- II-3) There is an upper limit for Verification Survey budget from JICA. In addition, there are also designated cost items that can be covered and cannot be covered by JICA budget. Counterparts will cover some costs that JICA budget could not cover, which mentions in attached file1.
- II-4) After adopting to Verification Survey, Counterpart and SUNWASPA CO., LTD promises to fulfill the roles and responsibilities indicated in the attached file.

III. Other Relevant issues

After the proposal of verification survey is accepted by JICA, counterpart and SUNWASPA CO., LTD must sign Minutes of Meeting (three party agreement) in order to officially start the verification survey. The proposal submission is scheduled in March, 2019, and the proposal result is expected to be officially announced around June, 2019.

IV. Mutual Consultations

Any major issues that may arise from or in connection with this Attached Document shall be resolved through mutual consultations by all parties concerned.

Attached file1 : Roles and Responsibility during Verification Survey			
No	Activities	SUNWASPA/JICA TEAM	Kampong Chhnang Province (Counterpart)
1-1	Producing the Bioethanol Plant, exporting, and install the plants in Project Site.	<ul style="list-style-type: none"> 1) Manufacturing Bio-ethanol Plant and E3 Gasoline Mixing Machine. 2) Shipping of the Proposed Product from Japan to Cambodia and delivered in the term of Delivered at Place (DAP) to the Project Site; including bearing the cost of international and domestic shipping 3) Built Bioethanol Plant Lab (including electricity and water facilities) in project site 4) Bear the cost for installation work of Proposed Product in to Bioethanol Plant Lab. 	<ul style="list-style-type: none"> 1) To be consignee for receiving Proposed Products 2) Land preparation (Cutting down trees, glassed, Land Grading, etc) in order to built Bioethanol Plant Lab. 3) Preparation for Access Road and Removing obstructive things. 4) Getting all the necessary approval for Land preparation, Constructing, Building, installing Bio-ethanol Plant to Project site, and getting approval for producing Bio ethanol and Drinkable ethanol. 5) All registration and Negotiation for Approval will be covered by Kampong Chhnang.
1-2	Transferring the skills of manipulating and maintaining the ethanol-production plants. Creating the manual for manipulating and maintaining the plants.	<ul style="list-style-type: none"> 1) Prepare Operation and Maintaining Manual 2) Hold training @ Project Site 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Skills to be transferred to cooperative person to whom interested assisting our project.
1-3	Transferring the skills of producing the bio-ethanol with the ethanol-production plants.	<ul style="list-style-type: none"> 1) Prepare Annual Producing Plan and Manual for Basic knowledge of Producing Bio-ethanol. 2) Hold training @ Project Site 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Skills to be transferred to cooperative person to whom interested assisting our project.
1-4	Transferring the skills of manipulating and maintaining the machinery producing E3 gasoline.	<ul style="list-style-type: none"> 1) Prepare Operation and Maintaining Manual 2) Hold training @ Project Site 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Skills to be transferred to cooperative person to whom interested assisting our project.
1-5	Replacing Bio ethanol Plant to other land after Project ends.	<ul style="list-style-type: none"> 1) Replacing Bio-ethanol Plant to another site after the project finishes 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Promise to settle the Bio-ethanol Plant at the Project site until the Verification Survey finishes
2-1	Entrusting floating villagers or fishermen with the work of collecting and Crashing Water hyacinth.	<ul style="list-style-type: none"> 1) Calculating a necessary volume of Water hyacinth and share the information of Volume to Kampong Chhnang Province. 2) Bearing Crusher 	<ul style="list-style-type: none"> 1) To organize fishermen and explain for cooperation to collect necessary amount of Water Hyacinth. 2) Crushing and drying Water Hyacinth to required size.
2-2	Clarifying the suitable producing patterns of making bio-ethanol from Water hyacinth. Grasping the implementability, the durability, and cost-effectiveness of this work.	<ul style="list-style-type: none"> 1) Bear the cost for <ul style="list-style-type: none"> *Crushed and dried Water hyacinth. *Bearing Water *Bearing Electricity * Additive substance such as enzyme, yeast, * Anaerobic Equipment reagent. 2) Produce Bio-ethanol and clarifying producing Patterns and analyse durability and cost effectiveness. 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Confirm Progress 2) Instruct fishermen to transport water hyacinth from crushing area to Bio-ethanol lab 2) One room for JICA-Team @ Project site (with electricity)
2-3	Composting the byproduct from the bio-ethanol production, and conducting the go-woing test in the neighbor farmers.	<ul style="list-style-type: none"> 1) Provide Compost from byproduct 2) Provide Feedstuff from byproduct 	<ul style="list-style-type: none"> 1) To explain and persuade Farmers to cooperate testing byproduct as compost. 2) To explain and persuade livestock farmers to cooperate testing byproduct as feedstuff . Required total number of subjects: 10 for each. (10 farmers, 10 livestock farmers) 3) To instruct stake holders to collect compost and Feedstuff from project site.
2-4	Producing the E3 mixed gasoline from the bio-ethanol, and verifying how practical the E3 gasoline is for people living on the water to use outboard motor or agricultural machinery.	<ul style="list-style-type: none"> 1) Produce E3 Gasoline 	<ul style="list-style-type: none"> 1) To explain and persuade fisherman and farmer organizations to cooperate testing E3 with their boat and machines . Required total number of subjects: 10 for each. (10 farmers, 10 Fishermen) 2) To instruct stake holders to E3 Gasoline to stake holder

2-5	Producing the drinkable bio-ethanol, and developing the special products rooted in Kampong Chhnang Province.	1) Produce drinkable ethanol	1) To Explain and persuade pottery to cooperate bottling drinkable alcohol and produce special products.	
3-1	Monitoring the change of water quality in the lake of Tonlé Sap caused by collecting Water hyacinth, and planning the solutions for preventing the exploitation of Water hyacinth.	1) Designing research plan and specification and out puts. 2) Outsourcing research activities to ITC or another institute. 3) Request for detail quotation for this research to ITC and another capable institute.	1) Prepare appropriate area for researching 2) Announcing and getting a consensus for conducting research to surrounding residence.	1) Submitting Quotation 2) Conduct research and analytical activities 3) Reporting
3-2	Monitoring the usage of E3 gasoline, and verifying the effectiveness of Greenhouse gas reduction by them.	1) Conduct interview to the cooperating Farmers and Fishermen 2) Calculate volumes of Greenhouse gas reduction	1) To support interview to cooperatee farmers and fishermen. Required total number of subjects are 10 from each. (10 farmers, 10 Fishermen)	
3-3	Verifying the yield or quality of agricultural production grown with the compost.	1) Outsourcing this activities to ITC or another capable institute.	1) To support interview to cooperatee farmers and fishermen. 2) Cooperate collecting agricultural product for analysis.	1) Submitting Quotation 2) Conduct research and analytical activities 3) Reporting
4-1	Making sure the regulation/law forward producing, stocking, and selling industrial and brewing alcohol.	1) Conduct necessary regulation survey for producing and selling alcohol.	1) Support contacting appropriate ministry or agency for collecting informations.	
4-2	Conducting the market research of Compost and Feedstock.	1) Collecting information of regulatory approval of producing and selling Compost and Feedstock 2) Conduct market research of Compost and Feedstock.	1) To support collecting information of regulatory approval of selling compost and Feedstock 2) Support to introduce compost and Feedstock to Farmers. 3)	
4-3	Conducting the market research of the E3 gasoline in order to understand the market scale and find out potential market.	1) Conduct market research of E3 Gasoline 2) Collecting information of regulatory approval of producing and selling E3 in Cambodia	1) Support to introduce E3 Gasoline to Fishermen and Farmers who uses boats and farm machinery. 2) To support collecting information of regulatory approval of E3	
4-4	Developing the One Village One Product by collaborating with the pottery bottling an alcohol made from Water hyacinth, and produce special products of Kampong Chhnang Province.	1) Conduct market research of bottled alcohol made from water hyacinth 2) Bearing cost for bottle (including transportation cost) 3) Conduct test marketing to souvenir shop, drinking bar, etc.	1) Introduce who makes pottery in Kampong Chhnang 2) Explain our project to pottery to cooperate with this project. 3) Getting approval for concerned Ministry or Agency to conduct test marketing.	
4-5	Analysing the earning performance for making sure the project durability, and setting the price of ethanol. Showing the selling price of ethanol or criteria of supplying, and conduct market research.	1) Conduct research to Ethanol consumer inside of Cambodia and Other countries. 2) Actual cost estimation for producing bio-ethanol from water hyacinth 3) Calculating balance sheet (Cost and Benefit) for sustainable business.		
4-6	Making the Business plan of bio-ethanol production.	Developing a business plan based on the information obtained by Verification Survey		
4-7	Inviting the candidate customers (companies) of the ethanol, Ministry of Environment, and the Ministry of agriculture, and then introducing the result of this project in order to letting more people to know the bio-ethanol made from Water hyacinth.	1) Co-host and conduct the workshops with Kampong Chhnang Province 2) Prepare Presentation Documents	1) Co-host the workshop with the JICA Survey Team and cooperate to conduct workshop for public/government institutions 2) To bear necessary cost (Refreshment, Cost related to invitation, printing, presentation material for workshop, Venue cost) for conducting the workshop	1) Prepare presentation material regarding on researching result. 2) Join the workshop as a presenter.

環境ビジネスの海外展開



第20回

第4部 海外進出の現状と展望Ⅱ⑤

サンウエスバ カンボジア未利用水生植物のバイオエタノール化事業

サンウエスバは岐阜市に拠点を置き、古紙などの再生資源卸売業を主業務としてきた。来年で創立50周年を迎えるが、古紙業では比較的後発組ということもあり、常に新たな環境ビジネスなどを模索している。その中で、キーワードに掲げているのが、「エネルギー」と「グローバル化」だ。そうした方針のもと、カンボジアのトンレサップ湖で水生植物のホテイアオイが大量発生し近隣住民の生活に影響を与えていることに着目。未利用水生植物のバイオエタノール化の事業化に向け、国際協力機構（JICA）の採択を受け、昨年11月から案件化調査に乗り出した。ホテイアオイは昔県に分布しており、カンボジアでの事業化が実現した後は、他地域での展開も期待される。（黒岩修）

同社の原有匡社長は「はないか」という考えをサイクルのグローバル展開を目指すことについて、グローバル展開を模索する上でカンボジアなどというところから必要なら途上国の視察を重ね、どこへ流れるかという一般廃棄物や資源の有効利用などを最優先に検討してきた。一方、エネルギーを最適に構築するべく、ルギービジネスへの先進国から途上国へのリサイクルというものがこれからは必要だとの思いに至った」と話す。また、エネルギーに着目したのには、「ごみからエネルギーが作れるというのは最も高見澤一裕教授の協力を得ている。国内で

ホテイアオイでエネルギーの地産地消目指す

先進国から途上国へのリサイクル推進



原有匡社長

エタノール製造の実証を進める中でカンボジアのホテイアオイの問題に至り、「グローバル」と「エネルギー」の2つのキーワードに合致した取り組みとして事業化を目指すことを決め、昨年3月にJICAの中小企業海外展開支援事業（案件化調査）に申請。6月に採択を受けて、11月から調査事業がスタートした。



大量発生し住民の生活に悪影響を及ぼすホテイアオイ活用し、エネルギー地産地消など目指す

が破損するなどの問題も起きています。南アメリカでは外来種であり、7カ月で2倍に増えると言われるほどの強い繁殖力を持っています。今回の事業では、こうした地元住民が処理に苦慮している未利用水生植物を活用してバイオエタノールを製造し、繁茂による自然環境および近隣住民の生活被害の解消やヒ素吸着効果による水質改善を目的としています。この改善効果を維持するために必要な活動資金を収集するため、提案技術を得たカウンスターパートナーが、ホテイアオイから抽出したバイオエタノールを医療用消毒剤やエネルギーとして販売・供給する事業の実現を目指す。バイオエタノール製造には、セルロースに酵素と酵母を用いて糖化発酵し、さらに蒸留させることでバイオ由来のエタノールを抽出する技術を用いる。ホテイアオイを回収してエタノールを精製する事業の意義について、原社長は、「現地で歓迎されていないホテイアオイをエタノールに変えることで、住民たちの移動手段であるモーターボート等の燃料に使え、エネルギーの地産地消が実現する。また、医療用品も不足しており医療用エタノールとしての活用も考えられる」とする。ホテイアオイの回収作業を現地の住民に委託することで、雇用につながる可能性もある。また、「エタノールを製造するプラントを船上に設置す

る構想もある」という。「生活の拠点がほぼほ水の上にあるので、プラントも水の上にあるのが適当ではないかと考えている。そうすればホテイアオイを水の上に浮かべて回ってあげれば、繁殖時期等に応じて移動も可能で、製造したものを水上交通を利用して輸送することもできる」ということだ。ホテイアオイからエタノールを製造する実験は、すでに自社で進めている。「技術的な問題はほとんどない。あとはコスト面や使用する酵素を確保するなどの課題をどうクリアするか」が課題だとする。今年11月まで1年かけて案件化調査を行う計画で、昨年11月と先月の2回すでに現地調査を実施。関連官庁や業者、大学等への訪問、水上生活者への聞き取り調査などを行った。「現地の意欲、期待は非常に感じている。前進するのはないかという感触は得ている」ということだ。今後は3回予定されている現地調査さらに詳細な調査・検討を重ね、次の段階である普及・実証事業に進むことを目指す。

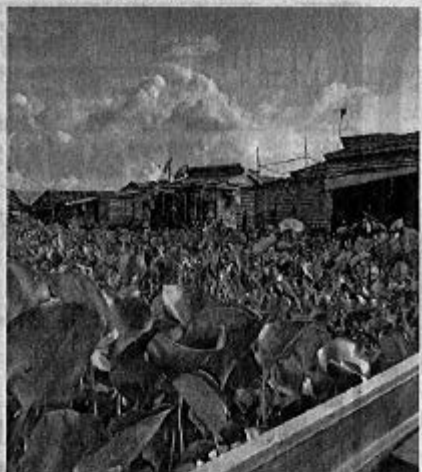
（第4部終わり）

カンボジアの湖で繁殖する水草をバイオエタノールに……。資源リサイクルを手がけるサンウエスパ（岐阜市）はカンボジアで水草を資源化する実証実験に乗り出した。同国の湖では水草が増えすぎ、漁船のスクリューに巻き付いて故障させる「厄介者」になっている。古紙を溶かし、エタノールに変える同社の技術で水草に応用する。

水草をエタノールに

サンウエスパ、カンボジアで実験

に変わる技術を応用し、まず水草の細胞壁を溶かしてケルコースに変えて糖化しエタノールをつくり出す。これまでに500㏩のホテアオイからエタノールを約260㏩つくる試験に成功した。トンレサップ湖では近年、ホテアオイが繁殖しすぎていることが問題



カンボジアのトンレサップ湖では水草「ホテアオイ」が繁殖し、問題視されている

視されており、同社の取り組みに対するカンボジアでの関心も高い。同国コンボンチュナン州の副知事らが技術開発状況や事業の進捗を聞くために今夏、同社の本社を視察に訪れた。同社はエタノールを漁船の燃料向けとして販売し、現地で資源循環を狙う。エタノール

漁船の燃料用 現地で販売視野

ルの製造段階で発生する残さを肥料にすることも検討している。資源を有効利用する取り組みとしてJICAに採択されれば22年にも事業化できるとみている。

同社はリサイクル業の一環として中古農機の買い取りも進めている。燃料にエタノールを使えるため将来、カンボジアに中古農機を輸出することも視野に入れている。少子高齢化を背景に日本国内での古紙などの資源回収量は減るとみっており、再資源化技術を生かし、海外でのビジネス拡大を目指す。

（岐阜支局長 小山隆司）