

平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業
（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費
「案件化調査」

ファイナル・レポート

カンボジア国
籾殻くん炭普及のためのODA案件化調査

平成26年3月
（2014年）

関西産業株式会社・株式会社日本開発政策研究所
共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、関西産業株式会社・株式会社日本開発政策研究所共同企業体が実施した平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費（案件化調査）の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

目次

目次	i
巻頭写真	vi
略語表	viii
要旨	xi
はじめに	1
第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認	3
1-1. 対象国の政治・経済の概況	3
1-1-1. 政治の概況	3
1-1-2. 経済の概況	3
1-2. 対象国の対象分野における開発課題の現状	5
1-2-1. 輸入肥料の農家への負担	5
1-2-2. 土壌改良技術の未普及	8
1-2-3. 籾殻資源の未利用	15
1-3. 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度	20
1-4. 対象国の対象分野のODA事業の事例分析および他ドナーの分析	22
1-4-1. 籾殻利用に関する支援	22
1-4-2. 土壌改良に関する支援	23
第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し	26
2-1. 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み	26
2-1-1. 業界分析、提案企業の業界における位置付け	26
2-1-2. 提案企業の製品の概要	26
2-1-3. カンボジアにおける類似製品、技術の概況	29
2-2. 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ	33
2-2-1. 提案企業の事業展開方針	33
2-2-2. 当該国等を選定した根拠	33
2-3. 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献	33
2-4. 想定する事業の仕組み	35
2-4-1. くん炭の普及戦略	35
2-4-2. 炭化装置の普及戦略	37
2-4-3. 市場規模および需要	38
2-5. 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール	40
2-5-1. 事業実施体制	40
2-5-2. 事業化のスケジュール	41
2-6. リスクへの対応	42
2-6-1. 想定していたリスクへの対応結果	42
2-6-2. 新たに顕在化したリスク及びその対応方法等	43
第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）	44

3-1. 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動の概要	44
3-1-1. 試験栽培の概要	44
3-1-2. 試験栽培の詳細.....	45
3-2. 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動の結果	56
3-2-1. 栽培試験結果.....	56
3-2-2. 試験の考察.....	60
3-2-3. 現地政府の反応・意見.....	63
3-3. 採算性の検討.....	64
第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果 ...	66
4-1. 提案製品・技術と開発課題の整合性	66
4-1-1. くん炭と化学肥料.....	66
4-1-2. くん炭と痩せた土壌の改善.....	67
4-1-3. くん炭と未利用の籾殻資源（農協における精米事業）	68
4-2. ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果	71
4-3. ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果.....	74
第5章 ODA 案件化の具体的提案.....	75
5-1. ODA 案件概要.....	75
5-2. 具体的な協力内容及び開発効果.....	77
5-3. 他 ODA 案件との連携可能性.....	82
現地調査資料	83
資料-1. くん炭マニュアル	83
資料-2. 面談記録.....	88
資料-3. Biochar Technical Working Group の設立文書.....	101
英文要約	

表

表 1-1-1 : カンボジアの主要な経済指標	4
表 1-2-1 : 作物別の化学肥料投入量の推定 (2012 年)	5
表 1-2-2 : 作物別の化学肥料の利用状況	6
表 1-2-3 : カンボジアの有機肥料メーカーの例	9
表 1-2-4 : MAFF のコンポスト小屋普及計画 (2013 年)	10
表 1-2-5 : バイオダイジェスターの導入数	11
表 1-2-6 : コンポスト、畜糞、バイオスラリーの肥料成分	12
表 1-2-7 : 日本でのくん炭の利用メリット	13
表 1-2-8 : 主要な籾生産および余剰籾が確保できる地域 (2012-13)	16
表 1-2-9 : 籾生産量、余剰籾量、精米輸出量 (2008-2013 年) (単位 100 万トン)	17
表 1-2-10 : 精米所の籾殻利用方法.....	17
表 1-2-11 : 精米所における籾殻利用の実態.....	18
表 2-1-1 : カンボジアで普及しているガス化炉のメーカー別製品情報	30
表 2-1-2 : カンボジアで普及している乾燥機用燃焼器のメーカー別製品情報	31
表 2-1-3 : 籾殻くん炭 1kg 当たりの成分比較	32
表 2-4-1 : 地域別の籾殻価格.....	38
表 2-4-2 : 規模別の精米所数 (2013 年推定)	38
表 2-4-3 : 炭化装置および乾燥機接続型炭化装置の販売計画 (累積)	40
表 3-1-1 : タケオ州の土壌の分析結果.....	46
表 3-1-2 : カンダル州の土壌の分析結果	48
表 3-1-3 : バッタバン州の土壌の分析結果	50
表 3-1-4 : 政府推奨 1 品種.....	51
表 3-1-5 : データの種類と測定方法.....	55
表 3-2-1 : 本田各ブロックにおける稲の生育状況 (2013 年 12 月 6 日時点)	57
表 3-2-2 : ポット試験の各ブロックにおける稲の生育状況 (2013 年 12 月 6 日時点)	57
表 3-2-3 : 各ブロックにおけるトウモロコシの身長 (2014 年 1 月 7 日時点)	58
表 3-2-4 : 各ブロックにおける大豆の身長 (2014 年 1 月 7 日時点)	58
表 3-2-5 : 各ブロックにおける野菜の収量	59
表 3-2-6 : 各ブロックにおけるキャッサバの身長 (2013 年 12 月 18 日時点)	59
表 3-2-7 : 稲の圃場試験の有意性検定 (T2-T3-T5)	60
表 3-2-8 : 稲の圃場試験の増収効果 (T2-T4-T6)	60
表 3-2-9 : ポット試験の結果の比較 (T2-T3-T5)	60
表 3-2-10 : トウモロコシの圃場試験結果の比較 (T2-T3-T5)	61
表 3-2-11 : トウモロコシの圃場試験の増収効果 (T2-T4-T6)	61
表 3-2-12 : 大豆の圃場試験の結果の比較 (T2-T3-T5)	61
表 3-2-13 : 大豆の圃場試験の増収効果 (T2-T4-T6)	61
表 3-2-14 : 野菜の圃場試験の結果の比較 (T2-T3-T5)	62
表 3-2-15 : 野菜の圃場試験の増収効果 (T2-T4-T6)	62

表 3-2-16 : キャッサバの圃場試験の結果の比較 (T2-T3-T5)	62
表 3-2-17 : キャッサバの圃場試験の増収効果 (T2-T4-T6)	62
表 3-2-18 : セミナーの内容.....	63
表 3-3-1 : コスト削減方法.....	64
表 3-3-2 : 炭化装置を導入した場合の採算性	65
表 4-1-1 : 作物別の化学肥料の消費量 (kg/ha)	66
表 4-1-2 : カンボジアの農地と耕作地.....	67
表 4-1-3 : 農協および農民グループにおける精米事業の概要	69
表 4-1-4 : 農協における精米規模別のくん炭製造量	71
表 4-1-5 : 1.5ton/hr 精米機と 300kg/hr プラント式炭化装置の規模の整合性	71
表 4-2-1 : くん炭利用による化学肥料費の削減イメージ	72
表 4-2-2 : 東京農工大のベトナムの炭事業の概要	73
表 4-3-1 : 籾殻くん炭装置の販売計画.....	74
表 5-1-1 : 提案する「ODA 案件」の概要.....	76
表 5-2-2 : 各関係者の役割分担.....	80
表 5-2-3 : 実施スケジュールおよび活動内容の概要	81

図

図 1-1-1 : カンボジアの国内外直接投資流入額	4
図 1-2-1 : カンボジアにおける化学肥料の輸入量	6
図 1-2-2 : カンボジアにおける農家の生産費内訳	7
図 1-2-3 : カンボジア土壌図.....	8
図 1-2-4 : カンボジアの主要稲作地帯の土壌図	8
図 1-2-5 : カンボジアの籾生産量の推移	16
図 1-2-6 : 他の産業での籾殻利用の状況	19
図 1-3-1 : カンボジアの農業政策の基本構造	20
図 2-1-1 : プラント式炭化装置の図面.....	28
図 2-4-1 : くん炭の普及戦略.....	35
図 2-5-1 : 実施体制（業務提携）	40
図 2-5-2 : 実施体制（合弁事業）	41
図 2-5-3 : 事業化のスケジュール.....	41
図 3-1-1 : 試験栽培の実施場所.....	44
図 3-1-2 : 試験圃場.....	53
図 3-1-3 : コーンと大豆の圃場.....	53
図 3-1-4 : 葉物の圃場.....	54
図 3-1-5 : キャッサバの圃場.....	54
図 4-1-1 : カンボジアの化学肥料の小売価格（カンダル州）（単位：米ドル/トン）	67
図 4-1-2 : 炭化装置のタイプとくん炭の市場化戦略	68
図 5-2-1 : 「ODA 案件」の実施体制.....	79
図 5-2-2 : 実施スケジュール.....	81

巻頭写真



プレイベン州の精米所から発生する籾殻



関西産業製バッチ式炭化装置



関西産業製プラント式炭化装置



くん炭プロモーション活動の様子



くん炭セミナー実施の様子



稲の作付け (タケオ州)



稲の生育状況 (タケオ州)



トウモロコシの生育状況 (カンダル州)



大豆の生育状況 (カンダル州)



葉物野菜の生育状況 (カンダル州)



キャッサバの生育状況 (バタンバン州)

略語表

AC	Agriculture Cooperative	農協
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AFD	Agence Française de Développement	フランス開発庁
AFTA	ASEAN Free Trade Area	ASEAN自由貿易協定
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations	東南アジア諸国連合
ARPEC	Alliance of Rice Producers & Exporters of Cambodia	コメ生産者輸出者連盟
AusAID	Australian Agency for International Development	オーストラリア国際開発庁
BTWG	Biochar Technical Working Group	くん炭テクニカルワーキンググループ
CARDI	Cambodian Agricultural Research and Development Institute	カンボジア農業研究開発研究所
CAVAC	Cambodia Agricultural Value Chain Program	カンボジア農業バリューチェーンプログラム
CDC	The Council for the Development of Cambodia	カンボジア開発評議会
CEDAC	Centre d'Etude et de Développement Agricole Cambodgien	カンボジア農業研究開発センター
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement	フランス国際農業開発センター
CORAA	Cambodia Organic Agriculture Association	カンボジアオーガニック農業協会
COMPED	Cambodian Education and Waste Management Organization	カンボジア教育廃棄物処理組織
CSARO	Community Sanitation and Recycling Organization	カンボジア衛生リサイクル組織
DAE*	Dept of Agriculture Extension	農業普及局
DAEng*	Dept of Agriculture Engineering	農業機械局
DALRM*	Dept of Agriculture Land Resource Management	農地資源管理局
DAHP*	Dept of Animal Health and Production	動物衛生生産局
DAP	Diammonium phosphate	二リン酸アンモニウム
DIC*	Dept of Industrial Crop	換金作物局
EU	European Union	ヨーロッパ連合
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	国連食糧農業機関
FCRMA	Federation of Cambodian Rice Millers Association	精米業者協会
FDI	Foreign Direct Investment	海外直接投資
GDA*	General Directorate of Agriculture	農業総局
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産

GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
GMP	Good Manufacturing Practice	適正製造基準
IDE	International Development Enterprise	国際開発エンタープライズ(NGO)
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社
ISC	Institute of Standards of Cambodia	カンボジア標準協会
IVY	International Volunteers of Yamagata	アイビー
JBA	Japan Biochar Association	日本くん炭協会
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
JFP	Japan Farm Products	(株)ジャパンファームプロダクツ
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
*MAFF	Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries	農林水産省
*MEF	Ministry of Economy and Finance	経済財務省
*MIME	Ministry of Industry Mine and Energy	鉱工業エネルギー省
*MLMUPC	Ministry of Land Management, Urban Planning and Construction	土地管理都市開発建設省
*MOWRAM	Ministry of Water Resource and Metheology	水資源気象省
NBP	National Biodigester Program	国家バイオダイジェスタープログラム
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	新エネルギー・産業技術総合開発機構
NGO	Non Governmental Organization	非政府組織
NPK	NPK	各種複合肥料（三要素：窒素N、リンP、カリウムK）
NSDP	National Strategic Development Plan	国家戦略開発計画
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PADAC	Project for the development of Agriculture in Cambodia	カンボジア農業開発プロジェクト
*PDA	Provincial Dept. of Agriculture	州農業局
PPP	Public Private Parnership	官民連携
PPTA	Project Preparatory Technical Assistance	案件準備技術協力
SLMP	Sustainable Land Management Project	持続的土地管理プロジェクト
SNV	Stichting Nederlandse Vrijwilligers	オランダ非営利組織
SRI	System of Rice Intensification	稲集約栽培法
UNCCD	UN Convention to Combat Desertification	国連砂漠化防止条約
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
WTO	World Trade Organization	世界貿易機構

*印が付してあるところはカンボジアの省庁・機関・部局

要旨

くん炭とは籾殻を蒸し焼きにした土壌改良材。本報告書でくん炭と記すものは基本的に籾殻くん炭を指す。

1. 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

(1) 対象国の対象分野における開発課題の現状

輸入肥料の農家への負担

カンボジアでは国内で使用する化学肥料の大部分を輸入に依存しており、主に流通している化学肥料は尿素（Urea）、二リン酸アンモニウム（DAP）、各種複合肥料（NPK15-15-15等）で、小売価格は20-30米ドル/50kg袋である。作物別の化学肥料投入量は以下の通りであり、近年の価格上昇が農家の生産コスト増に拍車をかけている。

表1：作物別の化学肥料の利用状況

化学肥料投入量	稲 (年2回作)	キュウリ (年3作)	レタス (年6作)	キャッサバ (年1作)
使用する種類	Urea、DAP	NPK (15-15-15) Urea	NPK (15-15-15)	NPK (20-20-15)
投入量 (kg/ha/作)	200-500	700-1,000	700	0-300
費用 (US\$/ha/作)	100-250	350-500	350	0-150
費用 (US\$/ha/年)	200-500	1,050-1,500	2,100	0-150

(出典：調査団)

土壌改良技術の未普及

メコン川沿い近くの土壌は肥沃であるが、内陸は粘土質が多く乾季に土が硬くなり特にリンが不足がちである。土壌改善はカンボジア農業において主要な課題であるが、土壌改良技術についてはまだ普及していないのが現状である。

現在、有機肥料が市場に出回っているが、タイ製の8米ドル/50kg袋から化学肥料並みの20米ドル/50kg袋のものもある。他方、堆肥は、民間レベルではNGOが小規模に生産しているのみである。政府レベルでは、コンポスト小屋の普及（毎年700箇所）やバイオスラリー（液体状の堆肥）が副産物となるバイオダイジェスターの普及（合計2万箇所）が行われており、土壌改良技術の普及と言う点で一定の成果を上げていると言える。

くん炭については、まだ認知度が低く市場形成が出来ていないのが現状である。近年、関西産業のバッチ式炭化装置が5-10台ほど政府、民間、NGOに導入されており、少量であるが利用されている。他方、従来よりカンボジアに導入されている籾殻ガス化発電装置からの灰（GA）が園芸店にてトン当たり約60米ドルで販売されていた。GAは形状が細かく、くん炭と比べて容積が半分になるため、くん炭は実質的には重量ベースで倍のトン当たり120米ドルで売れることになる。このように、くん炭市場形成の萌芽は確認できたと言える。

未利用の籾殻資源

現在のカンボジアの籾生産量は、約900万トンであることから籾殻の賦存量は約180万トンと推計できる。現在は籾の半分が流出しているが将来的には自国精米能力が強化される傾向にあることから籾殻資源も増加傾向にあると言える。籾殻利用の状況は、精米所での乾燥機の熱源およびガス化発電装置の燃料として利用されている以外は、廃棄もしくは他工場に販売されている。

未利用の籾殻量は、ミクロ的に捉えれば、乾燥機とガス化発電装置の両方に籾殻を利用して精米所でも、場内利用は最大で50%程度である。ただし、マクロ的に精米業界全体で見れば、籾殻利用装置は、ごく一部に導入されているに過ぎないため、未利用の籾殻は相当分存在すると言える。

表2：精米所における籾殻利用の実態


セグメント	規模	自家利用方法	自家消費量
1) 大規模	10トン/時以上	乾燥機	10-30%
2) 中堅	4~8トン/時	乾燥機（ガス化炉）	20-50%
3) 中小規模	1~2トン/時	（乾燥機）ガス化炉	10-40%
4) 零細	1トン/時以下	焼酎製造、他	—


（出典：調査団）

2. 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

(1) 関西産業の製品・技術の有効性

関西産業の製品情報と特長は以下の通り。

<p>プラント式炭化装置</p> 	<p><u>装置の特徴</u></p> <ol style="list-style-type: none">1) 連続炭化方式：炉の中に籾殻を自動的に投入2) 無公害：黒煙、タール、煙臭がない3) 耐用年数が長い：実際は20年（故障も少ない）4) 燃料が不要：着火時にバーナーで約1~4ℓ使用するのみ5) 作業員が1人以下：自動で数時間分のバイオ炭がタンク貯留6) 良質で均一な炭：関西産業独自の炭化方式 <p><u>装置の能力</u></p> <ol style="list-style-type: none">1) 投入量：籾殻300kg/時（くん炭生産量：75kg/時）2) 炭化時間：5分（所要電力：10kW）
--	---

<p>バッチ式炭化装置</p> 	<p><u>装置の特徴</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 簡単操作：着火のみ。自動消火。電気は使わない。 2) 燃料が不要：稼働前の着火時に200cc使用するのみ 3) 他原料の炭化：そば殻、麦殻、おが屑、剪定枝チップ等 4) 長持ち（5年）、安全：煙突部分はステンレス使用。火災の心配無用。 5) 籾酢、木酢取り装置あり。 <p><u>装置の能力</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 籾殻投入量：500ℓ=50kg（くん炭量：約350ℓ=35kg） 2) 炭化時間：3時間（消火時間：12時間、（自然通風））
---	---

(2) 想定する事業の仕組み

くん炭の普及戦略

プラント式炭化装置の販売促進には、製品である籾殻くん炭の普及が必須である。普及ルートは、①市場化・商品化ルートと②農民レベルでの普及を目指す地産地消ルートが考えられる。①は、高付加価値の作物や苗を栽培する民間企業に対してニーズを開拓するルートで、②は、カンボジア政府が既にコンポスト普及活動を進めている地域を対象として堆肥の知識を持つ篤農家と連携することが土づくりを理解しているという意味で効果的であると考えられる。まず、くん炭の供給拠点を整備し、初めは無償で配布して効果を確認してもらった後に販売テストをすることでくん炭市場の形成を促進する。

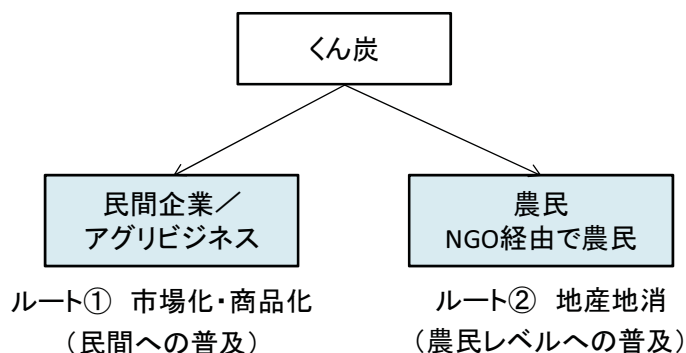


図1：くん炭の普及戦略

(出典：調査団)

炭化装置の普及

既に現地での事業を開始している進出日系精米機メーカーと、チーム日本による精米加工と籾殻利用のコラボ商品としての普及も視野に入れている。また、日本で初期の炭化装置普及に大きく寄与したくん炭の買取り方式を導入することも検討中である。なお、原料の籾殻確保の観点では籾殻の販売価格も影響すると考えられる。北部地域では余剰籾殻量が多く無料であるのに対し、中央・南東部は燃料としての籾殻需要が大きく価格が上昇しているため、北部地域が有効と考えられる。

市場規模・需要

精米所の実態としては、中小規模の精米所は、老朽化した精米施設の更新を第一優先する傾向にあり、追加的に籾殻くん炭装置を購入する資金的な余裕がないというのが現状である。他方、中堅から大規模精米所については、既に近代的な施設への更新や増設が盛んに行われており、炭化装置への追加投資のための資金確保も容易である。そのため、プラント式炭化装置の販売先は、中堅以上の精米所を想定している。

(3) 事業モデル

第1段階 (2011～17) くん炭の市場形成を促進し、プラント式炭化装置販売の下地をつくる。

第2段階 (2017～) 下図のように、現地パートナーと合弁会社を設立し現地生産を開始する。

コア部品は日本から、その他は近隣諸国から調達する。

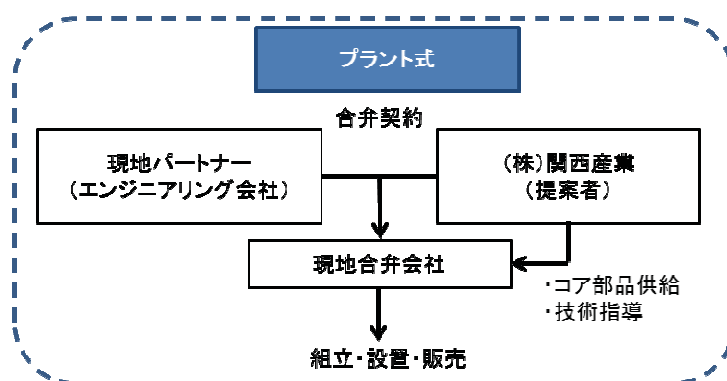


図2：事業モデル

(出典：調査団)

3. 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動

(1) 試験栽培

本調査では、くん炭を利用した栽培試験を実施し、1) くん炭の作物生育への増収効果と化学肥料の投入量削減効果を実証すること、2) くん炭の使用マニュアルを作成することを目的とした。栽培試験は、タケオ州（米）、カンダル州（トウモロコシ・大豆・葉物野菜）、バッタンバン州（キャッサバ）で実施した。栽培試験の設計としては、6パターンくん炭と肥料の投入量組み合わせを以下の様に設け、圃場を整備した。一つの組み合わせが一つの圃場プロットに対応する。

T1: くん炭(無)、肥料(少)	T3: くん炭(基本量)、肥料(小)	T5: くん炭(多)、肥料(少)
T2: くん炭(無)、肥料(多)	T4: くん炭(基本量)、肥料(多)	T6: くん炭(多)、肥料(多)

(2) 結果の考察

くん炭の効果は、作物の成長性（例：地上部の高さ）ないし収量性（例：ha当たりの収量）で評価した。また、くん炭の効果を確認するために次の2つのアプローチで評価した。1) くん炭適用により化学肥料の投入量を半減しても収量が維持できることの確認（例：T2とT3の比較）と、2) くん炭の増収効果の確認（例：T2とT4の比較）。その評価の結果は以下の通り。すべて

の作物において、化学肥料を半減しても収量が維持された（むしろ改善した）。また、大豆の1つのケース（くん炭投入量が4トンのケース）を例外として、すべての作物において、くん炭の増収効果（0.4～30%）が確認された。

表3：試験栽培の結果

作物別	稲（圃場）	トウモロコシ	大豆	葉物野菜	キャッサバ
1) 化学肥料を半減しても収量が維持ないし改善	○ (改善)	○ (改善)	○ (改善)	○ (改善)	○ (改善)
2) くん炭投与に伴う増収効果	○ (4～30%)	○ (12～13%)	△* (-3～3%)	○ (9～21%)	○ (0.4～6%)

注) 大豆は、くん炭4トン/ha投入では成長性がわずかに低下、10トン/haで改善した。

(出典：調査団)

(3) 採算性の検討

将来の販売を念頭に、乾燥機に接続したプラント式炭化装置を導入する場合の精米所におけるくん炭製造及び乾燥事業を併せた採算性を検討する。収益としての経済価値については、炭化装置からのくん炭生産量と乾燥機への熱供給量から算出する。年間くん炭生産量200トン（1日8時間、年間250日稼働）とした場合、精米規模で考えると、年間粗ベースで4,000トン程度となり、導入後5.5年目で投資回収できる計算となる。

4. ODA案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

(1) 提案製品・技術と開発課題の整合性

化学肥料削減

2005年時の化学肥料の価格と比べ、近年は倍近くの価格に上がっており、農家の生産費の増大に拍車をかけている。くん炭は土壌の「肥持ち」特性を改善するため、くん炭の普及は化学肥料の投入量を削減し、農業の生産コストを抑制することにつながる。

未利用の籾殻資源

炭化装置を使って、未利用の籾殻から実際にくん炭を作る「主体」は、①大型の近代的精米所と②村レベルの旧式の零細規模の精米所の2つが考えられる。

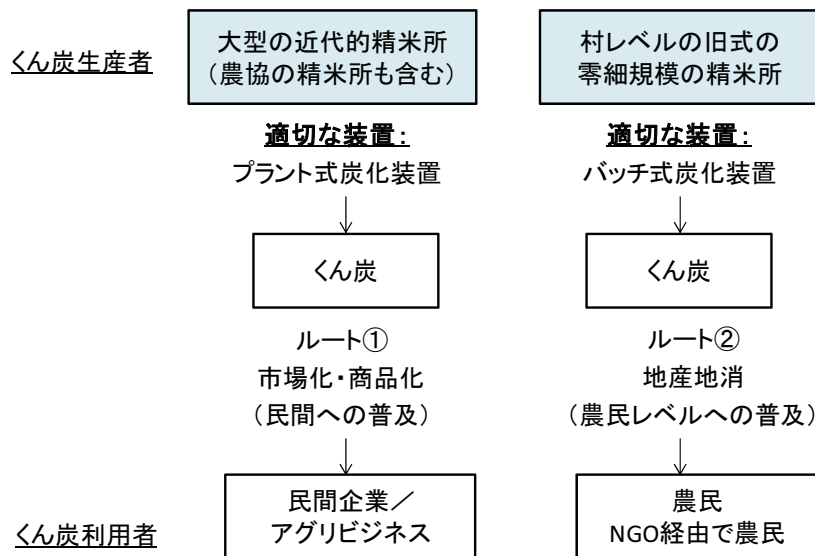


図3：炭化装置のタイプとくん炭の市場化戦略
(出典：調査団)

近代的精米施設を持つ農協が炭化装置を保有・運営すれば、普及の中心問題である「市場形成」を推し進めると同時に、グラスルートレベルの普及も同時に行うことが可能になる。したがって、本ODA案件化では、農協の機能・役割を重視した事業を想定する。

(2) ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果

土壌改良材であるくん炭利用により、単収が増加し、化学肥料の投入量を削減し、生産コストの低減することで、農業所得を増大させることができる。栽培試験結果より、くん炭の投与による化学肥料の投入量が半減できると想定すると、農家にとっての開発効果は下表のように示すことができる。

表4：くん炭利用による化学肥料費の削減イメージ

想定	稲	キュウリ	レタス	キャッサバ
	(年2作)	(年3作)	(年6作)	(年1作)
肥料投入量 (kg/ha/作)	350	850	700	300
肥料費用 (US\$/ha/作)	210	510	420	180
肥料費用 (US\$/ha/3年)	1,260	4,590	7,560	540
くん炭投入量 (kg/ha/3年)	4	10	10	4
くん炭費用 (US\$/ha/3年)	200	500	500	200
肥料費用の削減効果 (US\$/ha/3年)	430	1,795	3,280	70

注) 化学肥料価格を30米ドル/50kg、くん炭価格を50米ドル/トン、くん炭の効果持続期間を3年間と想定 (3年に1度くん炭を投入すると想定)。(出典：調査団)

(3) ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

炭化装置の販売にはくん炭の普及が前提であり、くん炭に関する知識の乏しいカンボジアで

は、一企業の自助努力のみでは時間がかかる。このため、ODA案件としてくん炭の普及を行うことができれば、炭化装置の販売事業の展開スピードに大きなインパクトを持つことが予想される。

表 5：籾殻くん炭装置の販売計画

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ODA 案件化が実施された場合の台数			(1)		5	10
ODA 案件化なしでの商業ベースの台数						1

注：括弧内の数字は ODA 関連の販売、括弧なしの数字は商業ベースの販売。

(出典：調査団)

5. ODA 案件化の具体的提案

ODA案件化の提案としては、1) くん炭およびその適用技術をカンボジアの主要農業地域に広く知らしめる活動を行う。2) 一方で、異なる土壌や作物での効果の確認および現在進められているコンポスト・バイオスラリーとの組み合わせによる栽培試験を行うと共に農民への普及活動を行う。最終的には農業政策の一環として土壌改良策が推進され、カンボジアの農業全般に普及していくことが望まれる。以下は提案内容の概要である。

表 6：提案 ODA 案件の概要

タイトル	籾殻くん炭利用技術の普及・実証事業
目的	籾殻くん炭の土壌改良・肥料削減効果を知らしめ、広くくん炭の利用促進を図ると共に、野菜を中心とした作物別のくん炭利用技術を開発・普及する。
成果目標・活動内容	1. くん炭利用による土壌改良技術の普及 2. 作物別のくん炭利用技術の開発 3. 野菜農家を中心とするくん炭の普及および商品化
スキーム	民間提案型普及・実証事業
実施主体	関西産業、日本開発政策研究所
先方機関	管轄機関：MAFF/DGA (Bio-char Technical Working Group) 実施機関：MAFF /DAEng., コンポントム州 PDA
場所	コンポントム州
投入	1) くん炭生産技術専門家 2) くん炭利用技術専門家 3) プロジェクトの準備、管理、モニタリング 4) バッチ式炭化装置：10 台 5) プラント式炭化装置：1 式
期間	3 年間 (2014 年 8 月～2017 年 7 月頃)
予算	1 億円

案件化調査 カンボジア国籾殻くん炭普及のためのODA案件化調査

企業・サイト概要

- 提案企業：関西産業株式会社
- 提案企業所在地：滋賀県彦根市
- サイト・C/P機関：カンボジア・農林水産省(MAFF)

カンボジア国の開発課題

- 高額な輸入化学肥料への依存により農業生産費が高く、農民の農業所得が低い。
- 肥持ちの悪い土壌により肥料の使用が非効率であるが、土壌改良技術が普及していない。
- 国内で発生する籾殻の一部が燃料として利用されているが、大部分は有効に活用されていない。

中小企業の技術・製品

- 炭化装置：良質なくん炭を生産する環境配慮型の装置。装置の規模は、籾殻投入量でプラント式300kg/時、バッチ式50kg/日。
- 籾殻くん炭：土壌の「肥持ち」特性を改善し、化学肥料の投入量を抑制することで、農業生産費を削減することが可能。

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

- 農協に炭化装置を導入し、農協メンバーおよび関心のあるNGOや民間企業にくん炭の利用技術を普及することで、広範にくん炭の効果が認知され、土壌改良・化学肥料の削減に貢献する。
- 作物別のくん炭利用技術の開発・実証を行い、カンボジア国の農業政策に土壌改良策に盛り込むためのデータを整備するとともに、農民に対する普及活動も実施する。

日本の中小企業のビジネス展開

- 籾殻くん炭の利用技術および効果についての認知が高まることで、短期間でくん炭需要が拡大し、炭化装置の普及促進に繋がる。



はじめに

(1) 本調査の背景

カンボジア王国（以下、カンボジア）では農業投入材、特に化学肥料の価格が高いため農業生産費が高くなり、農民の農業所得が低い。カンボジアでは一般に化学肥料は農業生産費のうち2-4割を占める主要な費目である。

特に、カンボジアを含む熱帯アジアでは土壌が粘土質の赤色ポドゾルで弱酸性土壌が一般的で、土壌が貧栄養な場合が多い。こうした土壌に化学肥料を投入しても、場合によっては投入した量の半分は土壌から地下や雨水によって流出し無駄になっている。JICAはカンボジアで2009~12年に「農業資材（化学肥料および農薬）品質管理能力向上計画」を実施している通り、化学肥料などの適切かつ効果的な使用は喫緊の課題である。

カンボジア農林水産省（MAFF）農業総局（GDA）は、Biochar Technical Working Group（BTWG）を立ち上げ、その中核的な役割を担う農業機械局（DAEng）は過去2年間日本や欧米をはじめとした海外からくん炭の利用技術の習得に努めてきた¹。DAEngは過去に試験栽培の結果、くん炭が作物の単収と生産費に大きな効果を持つことを実証しており、今後普及を一気に推し進めたいと考えているが、様々な土壌・気候条件のもとで具体的にどのよう（量・時期・頻度・適正作物など）くん炭を土壌に与えればよいのか、ガイドライン/マニュアルが確立していないため、自信をもって農民に指導・普及をできない状況にある。

これらの背景から、現段階において、先方政府のくん炭普及に関するニーズを踏まえ、まずは試験栽培の結果を踏まえたガイドラインの作成が必要であるという要請があった。栽培試験の対象作物および栽培試験サイトに関して先方政府との協議のもと、タケオ州、カンダル州、バタンバン州の3カ所で協力が得られ、コメ、野菜、キャッサバについての試験栽培を実施し、その結果を踏まえたガイドラインを作成することになった。

(2) 本調査の目的

本調査では、カンボジア政府が推進しようとしているくん炭およびくん炭技術の普及を支援するため、MAFF・GDAの試験場でのくん炭利用試験栽培を行い、くん炭利用のガイドライン/マニュアルを確立する。また、民間での炭化装置の販売・設置事業の実現可能性を調査すると共に、市場ニーズの確認と市場で受け入れられるくん炭の価格の見通しを立て、くん炭の普及見通しを検討する。更に、現地政府の普及活動をサポートするODA事業の計画立案を行う。

¹ 出典 Biochar Activities in Cambodia by MAFF Department of Agriculture Engineering。

(3) 調査団の構成

本調査の調査団は以下の8名で構成されている。

担当分野	氏名	所属先
総括/事業計画	梅澤 美明	関西産業(株)
土壌改良試験管理	児島 輝明	関西産業(株)
技術的検討	物部 宏之	関西産業(株)OB
試験栽培設計	久馬 一剛	京都大学名誉教授
土壌改良効果分析	小川 真	大阪工業大学
業務主任者/ODA 案件化	畠山 道子	(株)日本開発政策研究所
課題・ニーズ・開発効果	廿日出 津海雄	(株)日本開発政策研究所
関連市場調査・リスク分析	服部 智子	(株)日本開発政策研究所

(4) 調査日程

本調査日程は、栽培試験を中心とした第1現地調査（9月18日～11月5日）、ODA 案件化の最終化を目的とした第2次現地調査（12月5日～12月28日）、セミナー実施およびプロモーション活動を行った第3次現地調査（1月20日～1月28日）である。

人員配置				2013年度						
No	担当	氏名	所属	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1	総括/事業計画	梅澤 美明	関西産業	■	■	■	■	■		
2	土壌改良試験管理	児島 輝明	関西産業	■	■	■	■	■		
3	技術的検討	物部 宏之	関西産業 (補強)					■		
4	土壌改良効果分析	小川 真	関西産業 (補強)					■		
5	試験栽培設計	久馬 一剛	関西産業 (補強)	■						
6	業務主任者/ODA事業 計画	畠山 道子	JDI	■			■	■		
7	課題・ニーズ・開発効 果	廿日出 津海雄	JDI	■	■		■	■		
8	関連市場調査・リスク 分析	服部 智子	JDI	■			■	■		
報告書等提出時期 (△と報告書名により表示)								△		△
								DFR		FR

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

1-1. 対象国の政治・経済の概況

1-1-1. 政治の概況

カンボジア国は、1998年に人民党与党の新政権が成立して以降、フン・セン首相を首班とするカンボジア政府は政治的安定を維持してきた。2008年の第4回目の総選挙では、与党が123議席中90議席を確保し、圧倒的な権力を誇示していた。

しかし、2013年7月28日に行われた第5回目の国民議会選挙では、与党人民党が68議席へ大幅に後退し、野党救国党が前回の29議席から55議席と大躍進する結果となった。投票は即日開票されたが、中央選挙管理委員会による公式結果はすぐに発表されず、与党の人民党が、非公式集計としながら勝利を発表した。一方で野党側は、有権者名簿の不正による投票拒否や架空の有権者および名前重複など選挙に不正があったと批判し、これに伴い、複数回に渡りデモが実施された。中央選管は9月8日には与党の勝利を公式発表し、投開票直後に与党が発表した同じ内容を最終公式結果とした。

カンボジア下院は、野党のボイコットによる不在のため与党議員のみで行われたが、9月24日にフン・セン首相を再任し、新内閣を承認した。新内閣はサル・ケン副首相兼内相、ソク・アン副首相兼首相府相、ティア・バン副首相兼国防相、ホー・ナムホン副首相兼外相ら主要閣僚が留任。新任は財務経済相ら6人で、小幅の入れ替えに留まった。

今回の選挙により、これまで15年間政権を維持してきた人民党と、第2首相時代を含めると28年間にわたり首相を務めているフン・セン首相が、さらに5年間任期を得たことになる。他方、長期政権に起因する利権構造や急速な経済成長の過程で顕在化した貧富の格差に対する国民の不満は顕著となり、国内のみならず国外からも注目を集める結果となった。

1-1-2. 経済の概況

カンボジア国は、1970～80年代の長期にわたる内戦および政情不安により、経済的発展は、近隣諸国に大きな後れをとってきた。しかしながら、1999年の東南アジア諸国連合（ASEAN）加盟、2004年の世界貿易機構（WTO）加盟を経て、投資関連の法整備を推進し、近年は急速な成長を遂げている。2005～07年までは二桁台の国内総生産（GDP）成長率を記録しており、リーマンショックの影響から回復した2010年以降は、5～7%程度の高成長を維持している。

表 1-1-1:カンボジアの主要な経済指標

項目	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
実質 GDP 成長率 (%)	13.3	10.8	10.2	6.7	0.1	5.0	6.0	7.3
一人当たり名目 GDP (米ドル)	455	514	603	711	703	753	853	971
インフレーション率	6.4	6.1	7.7	25.0	-0.7	4.0	5.5	2.9
直投受入額 (100 万米ドル)	375	475	866	795	514	599	676	

(出典：2011 年以前—日本貿易振興機構 (JETRO) 基礎的経済指標、2012 年—JETRO 世界貿易投資報告 2013 年版)

経済成長を牽引しているのは、外国人観光客の増加による観光業と輸出の8割を担う縫製業である。近年では特に縫製業を中心とする製造業分野への対内直接投資の増加が大きく寄与している。投資流入額は、1994～2005年の年間平均額が約6.45億米ドルであるのに対し、2006～2012年までの6年間の平均額は約8.6倍の55.9億米ドルとなっている。中国やベトナムでの労働市場の逼迫やタイでの洪水被害の影響により、ASEAN諸国の中で人件費が安価なカンボジアへの生産拠点のシフトが活発化しているのが現状である。

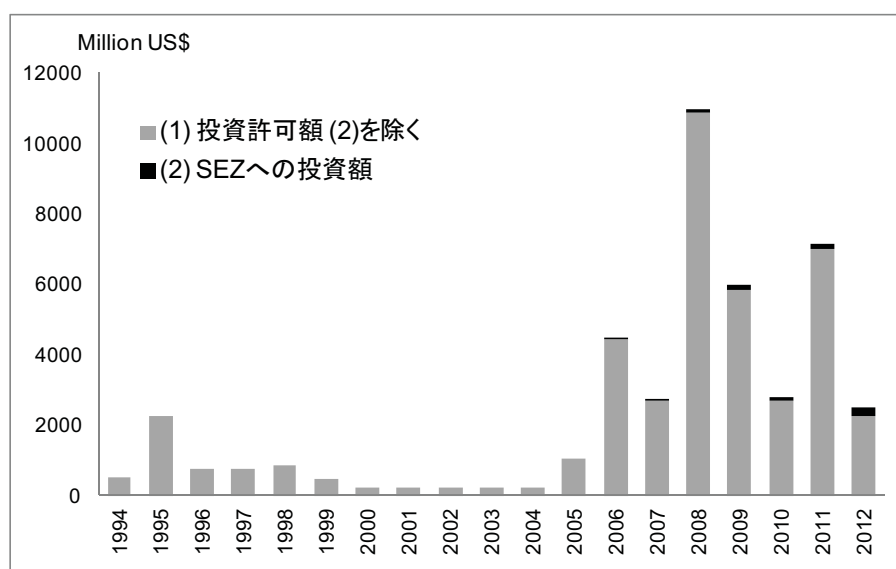


図 1-1-1: カンボジアの国内外直接投資流入額

(出典：JETRO 2013 カンボジアの経済、貿易、投資環境と進出日系企業について)

さらに、2015年からは、ASEAN自由貿易協定 (AFTA) により、多くの物品について加盟国間のゼロ関税が適用となる。ASEAN間の関税障壁が取り除かれることによって、域内への投資および域内での輸出入の量が増加し、地域経済がより活発化すると考えられる。

一方、カンボジアの主要産業は、依然として労働人口の8割を占める農業であり、農産業がGDPの約30%を占める。主要な農産物は、コメ、キャッサバ、とうもろこし、天然ゴム等であるが、その内、稲作が主作物生産量の60%、栽培面積では80%を占める。政府は、2015年までにコメ輸出大国になることを政策提言しており、国民経済への寄与の高いコメ生産

を産業化し輸出拡大することで外貨獲得産業として成長させる方針である。

1-2. 対象国の対象分野における開発課題の現状

1-2-1. 輸入肥料の農家への負担

(1) 化学肥料

2012年のカンボジア農業の化学肥料の投入量は約62万トンである（下表）。その内約半分は稲作における投入である。

表 1-2-1：作物別の化学肥料投入量の推定（2012年）

作物	耕作面積 (ha)	肥料の投入量 (ton)
雨季米	2,500,000	200,000
乾季米	500,000	100,000
キャッサバ	332,740	317,000
トウモロコシ	182,004	
イエローコーン	160,672	
大豆	69,189	
緑豆	49,961	
サトウキビ	43,190	
野菜	36,506	
ゴマ	35,201	
落花生	15,718	
その他	5,282	
合計	3,930,463	

(出典：<http://cnv.org.kh/en/?p=3432>, MAFF Annual report 2012/13)

しかしカンボジアでは国内で使用する化学肥料の大部分を輸入に依存しており、その量が近年急速に増大している（下図）。FAOStatの肥料輸入統計に基づいてカンボジアの平均的な輸入価格を推計すると425米ドル/トンであり、また世界銀行によると2013年末の化学肥料の国際市場価格（FOB）は300-350米ドル/トンで推移しているため、化学肥料の平均輸入価格を仮に300米ドル/トンとすると、約1.5億米ドルの輸入額になる。

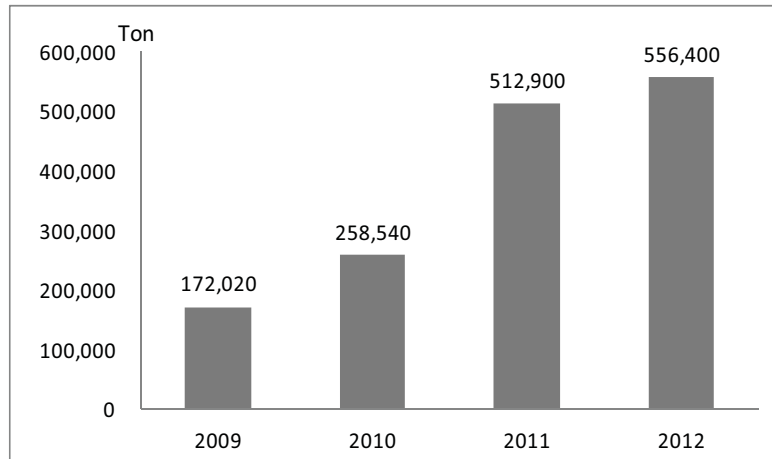


図 1-2-1：カンボジアにおける化学肥料の輸入量

(出典：Cambodia New Vision, 2012: <http://cnv.org.kh/en/?p=3432>)

化学肥料の国内生産は、これまで皆無であった。ベトナム系のFive Star International Fertilizers (Cambodia) Co., Ltdが2012年12月よりカンダル州で生産を開始しているが、これが唯一の国内生産である。主に流通している化学肥料は尿素、二リン酸アンモニウム (DAP)、各種複合肥料 (NPK15-15-15など) で、小売価格は20～30米ドル/50kg袋である。現地の農家へのヒアリングによると、化学肥料の使用量としては以下の通りであり、化学肥料費は農家の生産費のうち重要な部分を占めている。特に野菜栽培 (マメ科除く) においてより多く使われている。

表 1-2-2：作物別の化学肥料の利用状況

化学肥料投入量	稲 (年2回作)	キュウリ (年3作)	レタス (年6作)	キャッサバ (年1作)
使用する種類	Urea、DAP	NPK (15-15-15)、Urea	NPK (15-15-15)	NPK (20-20-15)
投入量 (kg/ha/作)	200-500	700-1,000	700	0-300
費用 (US\$/ha/作)	100-250	350-500	350	0-150
費用 (US\$/ha/年)	200-500	1,050-1,500	2,100	0-150

(出典：調査団)



稲作農場 (タケオ州)



キュウリ栽培農場 (カンダル州)



レタス栽培農場（カンダル州）



キャッサバ農場（バタンバン州）

<http://www.tapiocathai.org>

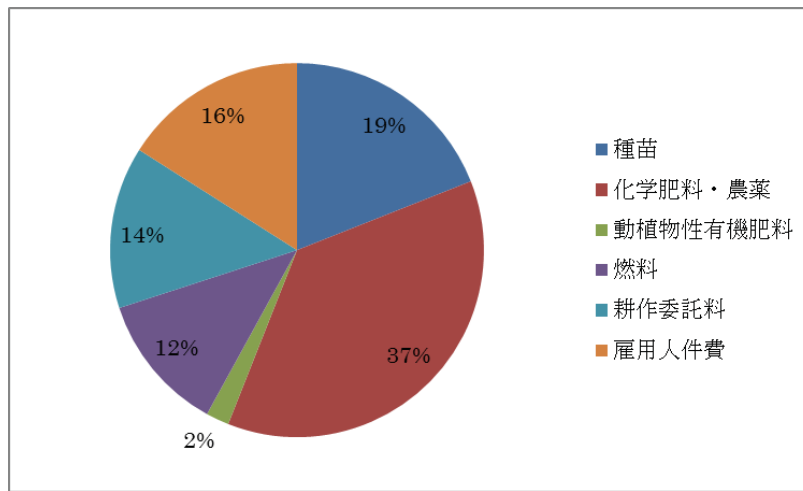


図 1-2-2：カンボジアにおける農家の生産費内訳
（出典：Cambodia Socio-Economic Survey 2012）

1-2-2. 土壌改良技術の未普及

(1) カンボジア土壌資源とその課題

下の土壌地図と稲作分布地図が示すように、トンレサップ湖やメコン川周辺は沖積土であり、土壌は肥沃で、水稻が発達している。

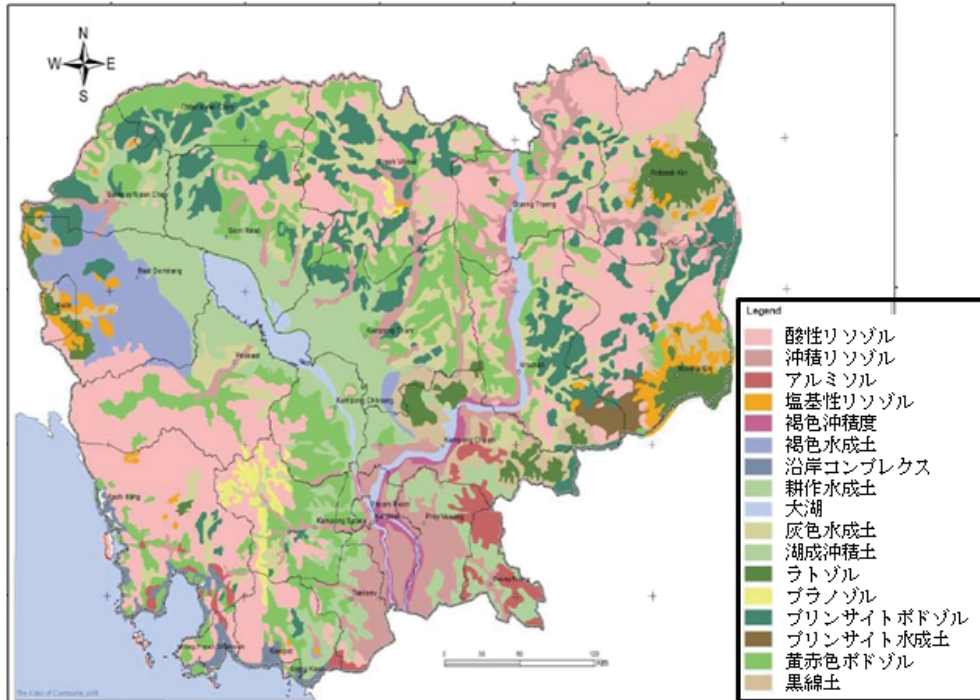


図 1-2-3 : カンボジア土壌図

(出典 : Crocker, 1963)

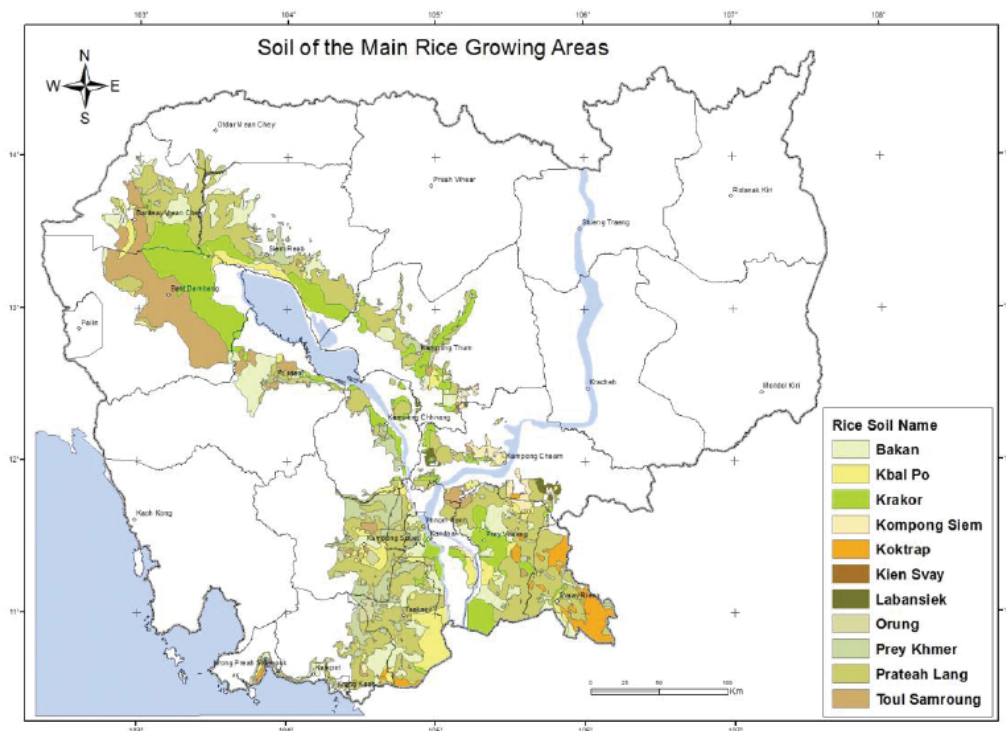


図 1-2-4 : カンボジアの主要稲作地帯の土壌図

(出典 : White et al, 1997)

メコン川の自然の堤防と言われる川の近くの土壌には粒子の大きい砂質が多く堆積する傾向にあり、この地域は肥沃で野菜を作っていることが多い。内陸にいくほど粒子の細かい粘土質が増えていく。内陸のこうした台地は、土壌が痩せていて、粘土質が多く、乾季に土が硬くなり、特にリンが不足がちである。上記のCrockerの土壌図の分類でいえばRed Yellow Podzol (FAO分類ではacrisols) とGrey hydromorphicsに該当する地域である。台地の土のほとんどは、表層は砂質だがその下層にはしばしば粘土質の材料が堆積していて水の浸透を妨げる。ただし砂質の表土が侵食で失われて下層の粘土質が地表に見える場合も少なくないと思われる。こうした粘土質の土壌の改善がカンボジア土壌改善の主要な課題である。

(2) 有機肥料

有機肥料 (Organic Fertilizer) と称される袋詰め肥料が近年カンボジアの市場に出回っているため、ここでは、動植物由来の有機物を含有する肥料として扱うことにする。有機肥料の生産量に関する統計は存在しないと推定される。国内生産する企業は複数存在するが、タイなどから輸入されるものもある。カンボジア製のものは、農業省において登録がされているものもある。また、価格は安いもので8米ドル/50kg袋 (タイ製) から、20米ドル/50kg袋と化学肥料並みの価格で販売しているものもある。

表 1-2-3 : カンボジアの有機肥料メーカーの例

有機肥料メーカー	
1	Sav Phouen (カンボジア産)
2	Angkor Fertilizer (カンボジア産)
3	Watthana pich (ベルギー合弁:カンボジア産)
4	BOF (カンボジア産)
5.	SORLA (カンボジア産)

(出典：調査団)



タイから輸入された有機肥料 (例1)



タイから輸入された有機肥料 (例2)



カンボジア製の有機肥料（例1）



カンボジア製の有機肥料（例2）

(3) 堆肥（コンポスト）

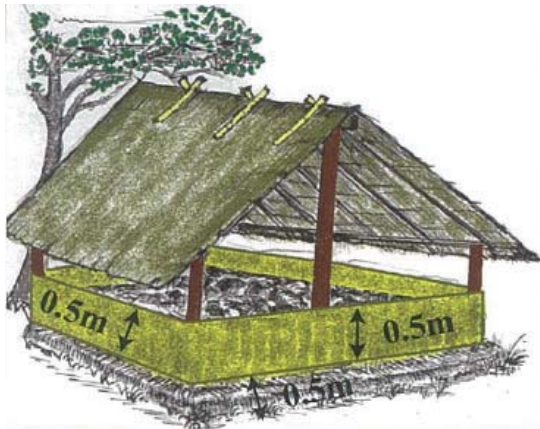
他方、堆肥については民間企業はほぼ存在しない。プノンペン市やバタンバン市の都市の廃棄物（イチバから出る野菜残渣など）を分別して、堆肥化して販売しているNGO（COMPEDとCSARO）が存在することとどまる。COMPEDは、以前は年間200トンの堆肥をプノンペン市で製造していたが、現在はバタンバン州に製造拠点を移し、規模は大幅に縮小している。価格は25～100米ドルトンである。

政府としては、MAFFの農地資源管理局（DALRM）が政府予算で毎年700カ所にコンポスト小屋を導入している。本プロジェクトは、同局に年間20,000～25,000米ドル程度の予算がついて細々と続けている。MAFF・DALRMへのヒアリングによると、2012年の実績は700カ所に導入。2013年も700カ所に導入する計画である。プロジェクトの概要は、州レベル及び郡レベルの普及員、またはGDAの普及員に相談して、農家を選定。1) コンポストとは何か、2) 地元の材料でどのように作るかを指導する。なお、DALRMとしては、ウェアハウスを現物出資で支援する場合もある。地域はコメ栽培州で、1つの州で40～50の農家を対象としている。一つのコンポスト小屋で年間2～3トンのコンポストができる。コンポストの利用は、最大15～20トン/haであり、多くの農家が1ha未満のため、コンポスト小屋1つで十分な量を確保できる。全国の需要という意味では、コメの耕作地が180万～200万haあるため、まだまだ足りない状況である。

表 1-2-4 : MAFF のコンポスト小屋普及計画（2013年）

No.	州および研究所	数	No.	州および研究所	数
1	タケオ	100	8	コンボンチャム	50
2	スパイリエン	70	9	プレアビヒア	40
3	コンポントム	60	10	バタンバン	40
4	シェムリアップ	60	11	カンポット	40
5	プルサット	50	12	カンダル	40
6	プレイベン	70	13	モンドルキリ	30
7	コンボンスプー	50		合計	700

（出典：DALRM/MAFF）



コンポスト小屋の例 1



コンポスト小屋の例 2

このように民間ベースでも、官ベースでも普及がようやく始まったという段階である。

(4) バイオスラリー（液体状の堆肥）

MAFFの畜産衛生局がEUなどの支援を受けて進めているNational Biodigester Program (NBP) では、約2万箇所バイオダイジェスターを導入しており（下表参照）、2013年も4,000～5,000か所程度が設置される見込みである。

表 1-2-5：バイオダイジェスターの導入数

州名	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	合計
コンポンチャム	113	250	400	497	484	450	395	2,589
カンダル	87	81	100	133	281	222	152	1,056
スバイリエン	61	136	332	525	522	552	684	2,812
タケオ	31	450	686	405	619	640	686	3,517
コンボンズプー	4	232	289	235	362	434	420	1,976
コンポンチュナン			155	198	168	238	187	946
カンポット		1	357	377	696	1,034	794	3,259
プレイベン			21	246	438	653	421	1,779
シェムリアップ					67	107	112	286
プルサット					74	116	107	297
バッターバン					22	56	36	114
コンポントム					11	261	207	479
ケップ						62		62
シハヌークビル						1		1
合計	296	1,150	2,340	2,616	3,744	4,826	4,201	19,173

(出典：Annual report for agriculture, forestry and fisheries 2012-13 MAFF)



バイオダイジェスターの基本構造



農家での設置イメージ

廃棄物として残るバイオスラリーは液肥として利用が可能である。基本的にバイオスラリーとコンポストは同じ性質のものである（完全発酵した有機物）。NBPによると、違う点は前者が液体であること、微生物が多いこと、野菜によいことが可能であることなどが挙げられる。普及タイプのバイオダイジェスターは4-6m³のもの。バイオダイジェスターには、豚糞でも牛糞でも鶏糞でもよく、水と1対1の割合で混ぜてから投入する。

表 1-2-6：コンポスト、畜糞、バイオスラリーの肥料成分

肥料 単位	コンポスト		畜糞		バイオスラリー	
	数値 (%)	平均値 (%)	数値 (%)	平均値 (%)	数値 (%)	平均値 (%)
窒素	0.50-1.50	1.00	0.50-1.00	0.80	1.40-1.80	1.60
リン	0.40-0.80	0.60	0.50-0.80	0.70	1.10-2.00	1.55
カリウム	0.50-1.90	1.20	0.50-0.80	0.70	0.80-1.20	1.00

(出典：NBP)

NBPはバイオスラリーの技術普及員を特別に任命し、マニュアルを作成し、農民に利用するように技術普及活動を行ってきた。これまで211のモデルファーマーを選び、フィールドテストを実施した。その内訳はコンボンチャム州17名、スバイリエン州130名、コンボンスーパー州37名、コンボンチェナン州15名、プルサット州15名で、これまでのデータ収集・分析の結果では、例えば稲作にバイオスラリーをつかうと収量が600kg/haほど増加することが知られている。バイオスラリーの生産量の推計は、40リットル/日×20,000台となる。

以上のように、バイオダイジェスターの普及に伴うバイオスラリーの利用促進は、堆肥利用・土壌改良技術の普及という観点で一定の成果を上げていると言える。

(4) くん炭 (Bio-char)

籾殻くん炭(英訳: Rice Husk Charcoal, Biochar)は、籾殻を炭化装置により低温(450-650℃)で蒸し焼きにしたもので、下の写真のように籾殻の形状が残った粒状の炭化物である。その半長円形の形と炭の表面に多く存在する微細な孔の効果で、優れた土壌改良効果を発揮する。日本では地力増進法による政令指定の土壌改良資材である。



籾殻くん炭

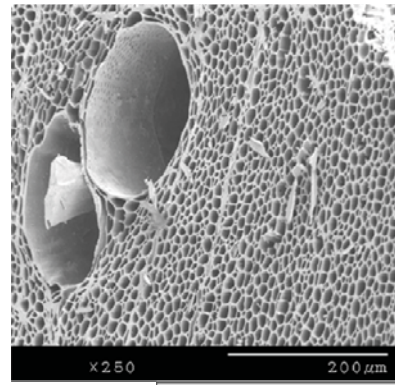


Photo by Yamato, M.

土壌に混ぜることによって、保水性・透水性・通気性・肥持ちを高め、ケイ酸分の補給になるほか、微生物の住処を提供することで土壌微生物の活動を活発化し、植物の育成に適さない砂地や粘土質の土でも作物の育成改善が期待できる。くん炭の利用は、作物の収量増加に繋がると同時に、肥料成分の流亡を防ぎ、化学肥料の使用量の削減に貢献する。さらに連作障害を防ぐ。関西産業の過去の経験から、日本では以下のような対象作物で利用メリットが確認できている。

表 1-2-7：日本でのくん炭の利用メリット

使用形態	作物	利用メリット
育苗利用	水稲 野菜 果樹	① 育苗箱が軽くなる(作業性の軽減) ② 保水性の向上(抱肥力向上) ③ 透水性の向上(べとつかない) ④ 保温効果
	圃場還元	水稲
	果樹 野菜	① 土の団粒化(間隙性を持たせる) ② 土壌の通気性改善 ③ 土壌微生物の増殖 ④ 地温の保温効果 ⑤ 土壌のPH調整(酸性雨対策) ⑥ 連作障害の軽減 ⑦ 有機肥料との併用による上記①～④の相乗効果

(出典：関西産業(株))

カンボジアでは、これまで関西産業のバッチ式炭化装置が5～10台ほど、現地の農業省 (DAEng)、大学 (RUA)、民間企業 (Soma, JFPなど)、NGO (CEDAC) などに導入されており、プラント型炭化装置がタケオ州にNEDO案件で導入されている。バッチ式炭化装置は個々のくん炭の生産量は大きくなく、タケオ州のプラント式炭化装置は、2013年12月に稼

働し始めたばかりである。そのため、実質的な供給量はまだ限定的である。他方、MAFFのDAEngが中心となって、Biochar Technical Working Groupを立ち上げ、過去2-3年にわたり試用、試験栽培・研究、国際学会への参加などを行ってきた。ポジティブな効果があることは確認できているが、MAFFとして組織的に普及・プロモーションをしていくためのデータ、マニュアルなど技術的な情報バックグラウンドがない状況にある。

Box：タケオ州のNEDO案件概要

- 1) 案件名：カンボジア王国農村地域における籾殻などバイオマスを利用したエネルギー・環境技術実証事業
 - 2) 目的：地域振興とエネルギー需要に資するために、籾殻を利用したトリベネフィット事業の可能性について技術性と事業性の観点から検討する。
 - 3) 設置時期：2012年
 - 4) 場所：タケオ州、Traimkok District、Leaybo Commune、Trorpaingkou villageの民間精米所
 - 5) 関西産業の関与：外注先として炭化装置を納品した。
- 事業の委託先はヤンマーグリーンシステム株式会社と株式会社環境総合テクノス。



NEDOで導入したプラント式炭化装置（タケオ州）

他方、カンボジアではインドのAnkur社の技術に基づく籾殻ガス化発電装置が、模倣品も含めて150台ほど導入されており、その灰（本報告書ではGasifier ash：GAと称す）は炭素の含有量がくん炭より低く外見は白っぽい、土壌改良効果が見込めるとして英国エジンバラ大学などが研究を進めている。

籾殻ガス化発電装置を導入している精米所へのヒアリングでは、GAは多くの場合、値段はつかず廃棄ないし無償で農家などに提供しているという。ただし、プノンペン市の園芸店では、GAが販売されており、40リットル程度（推定8kg）で2,000リエル（約0.5米ドル）の値段が付いている。これは換算するとトン当たり約60米ドルになる。ただし、GAは形状が細かいため、くん炭と比べて容積が半分になる。そのため、同じ袋（ボリュウム）でくん炭を同じ価格（2,000リエル）で売れるとすれば、実質的には重量ベースで倍の価格4,000リエル（約1米ドル）、トン当たり120米ドルで売れることになる。



プノンペンの園芸店



植木鉢で利用されている GA



園芸店で販売されている GA



販売用の GA

1-2-3. 籾殻資源の未利用

(1) 籾殻の賦存量

カンボジアの籾生産量は、2000年には自国消費量を確保し、2005年以降は急速な成長を遂げている。2013年現在の国内籾生産量は900万トンを超え、約500万トンの余剰籾米を確保している。籾殻は精米の籾摺り工程で発生するのが、籾に対する比率は約20%である。そのため、現在の籾生産量は約900万トンであることから、籾殻の賦存量は約180万トンと推計できる。他方、実際には国内籾生産量の約半分はタイ及びベトナムに籾のまま流出しているのが現状であるため、それを考慮すると、現在カンボジアに存在している籾殻の量は約90万トンとなる。

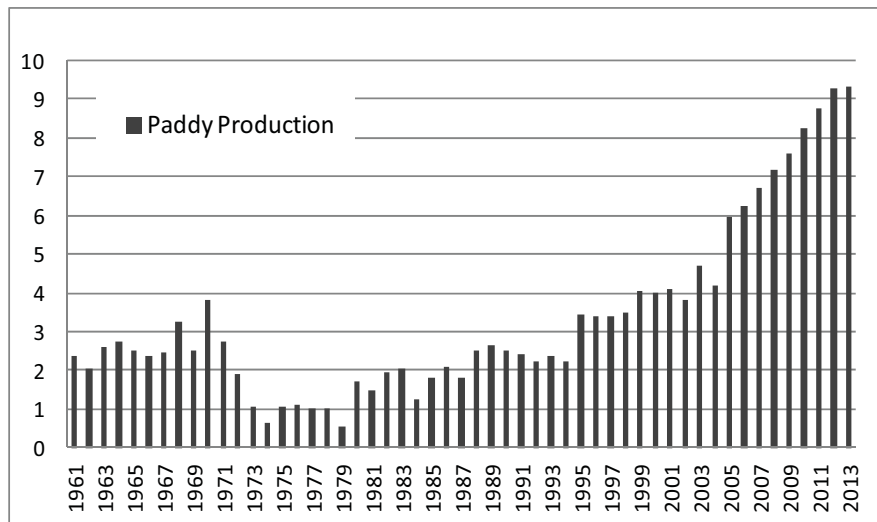


図 1-2-5 : カンボジアの籾生産量の推移

(出典 : 1961-2010 国連食糧農業機関 (FAO)、2011-13 FAO/GIEWS Country Briefs)

主要な籾殻発生地域を見ると、籾生産量が多いのは、メコン川流域南東部のプレイベン、タケオおよびトンレサップ湖周辺のバタンバン、コンポンチャム、コンポントム、バンテイミンチェイである。また、籾消費量に関しても同地域が上位である。加えて、余剰量を精米する輸出規格の精米所が集積するのも、バタンバンを中心としたトンレサップ湖北西部である。

表 1-2-8 : 主要な籾生産および余剰籾が確保できる地域 (2012-13)

No	州名	籾生産量	籾国内消費量	籾余剰量
1	プレイベン	1,194,432	219,236	819,919
2	タケオ	1,147,194	196,883	801,175
3	バタンバン	881,773	261,589	505,554
4	コンポンチャム	781,717	389,805	290,289
5	コンポントム	688,400	151,344	447,565
6	バンテイミンチェイ	608,412	173,398	355,920
7	シェムリアップ	559,231	234,225	252,306
8	スパイリエ	522,331	112,033	342,395
9	コンポンチュナン	503,187	117,973	319,800
10	プルサット	416,011	101,414	260,516
	24州合計	9,290,940	3,347,153	4,735,964

注) 籾消費量は、精米ベースでの消費量を精米歩留まり率 64%として籾ベースで算出している。また、籾余剰量は、籾生産量から収穫後のロス 13%を差引いて算出している。

(出典 : Agricultural Statistics 2012-2013)

今後は、引き続き籾殻生産量は増加することが確実であり、また、カンボジア政府の掲げる国内生産籾の精米輸出強化政策の後押しを受け、カンボジア国内の精米能力は増強さ

れていくと考えられる。現に、下表のように、近年は国内消費量に加えて輸出用精米量も拡大していることから、精米量国内での籾殻発生量が増加していることが分かる。

表 1-2-9：籾生産量、余剰籾量、精米輸出量（2008-2013年）（単位100万トン）

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	直前年度増加率
籾生産量*1	7.18	7.59	8.25	8.78	9.29	-	5.84%
余剰籾量*1	3.16	3.51	3.93	4.34	4.74	-	9.04%
精米輸出量*2	-	0.01	0.11	0.20	0.21	0.38	45.70%

(*1 出典：Annual Report for Agriculture Forestry and Fisheries、*2 出典：ARPEC、原典：Secretariat One Window Service (SOWS-REF) for rice export)

将来的に、現在流出している約500万トンの籾が自国で精米されると、籾殻供給量は、約180万トンを超えると想定できる。なお、今後籾生産量も拡大する傾向にあることから、籾殻の国内供給量は確実に増加すると言える。

(2) 籾殻の利用状況

カンボジアにおける籾殻利用は、精米所における設備稼働のための発電及び乾燥機燃料および他の産業での燃料として、主に利用されている。まず、精米所での自家消費としては、籾を乾燥するための乾燥機の熱源として利用されており、またガス化発電装置のための燃料としても利用されている。なお、自家消費を除く余剰分は廃棄もしくは他工場に販売されている。

本調査では、自家消費量、他利用者への販売量、廃棄の量に分けて精米所における籾殻利用の状況を確認した。内容は以下の通り。

表 1-2-10：精米所の籾殻利用方法

場所	精米規模	自家消費% (利用方法)	販売% (US\$/トン)	廃棄% (処理方法)
バタンバン	30 トン/時	30% (乾燥機)	—	65% 5% (農民配布)
バタンバン	7 トン/時	10-15% (乾燥機) 7-8% (ガス化炉)	—	77-83% (廃棄のため トラックを手配)
バンテイミンチェイ	1.5 トン/時	40% (乾燥機)	—	60%
バンテイミンチェイ	4 トン/時	20% (乾燥機)	—	80% (無料でレンガ 工場へ)
プルサット	2 トン/時	10% (乾燥機)	—	90% (無料でレンガ 工場へ)
コンポントム	30 トン/時	10% (乾燥機)	10% (\$7-7.5)	80%
コンポンチャム	15 トン/時	5% (乾燥機)	95% (\$16-18)	—
プノンペン	25 トン/時	30% (乾燥機)	70% (\$15)	—

カンダル	10 トン/時	10% (乾燥機)	90% (\$22)	—
カンダル	3-4 トン/時	20% (乾燥機) 30% (ガス化炉)	50% (\$22)	—
プレイベン	10 トン/時	30% (乾燥機)	70% (\$15)	—
プレイベン	2 トン/時	—	100% (\$20)	—
タケオ	2 トン/時	—	100% (\$25)	—
スパイリエン	10 トン/時	(乾燥機)	(\$7)	—

(出典：調査団)

これらの精米所における籾殻の自家消費量に関しては、精米業者のオペレーションの状況により各々異なるが、下表の様にまとめることができ、乾燥機に利用する籾殻は、発生量の10-30%程度である。なお、2012年にIFCが実施した調査結果²からは、精米施設を稼働させるために必要な電力を賄うために利用する籾殻は、発生量の25%程度であると言及されている。そのため、ガス化炉と乾燥機の両方を使用している精米所でも、場内での籾殻の利用量は、最大でも50%程度であると考えることができる。

表 1-2-11：精米所における籾殻利用の実態

セグメント	規模	自家利用方法	自家消費量
1) 大規模	10トン/時以上	乾燥機	10-30%
2) 中堅	4-8トン/時	乾燥機 (ガス化炉)	20-50%
3) 中小規模	1-2トン/時	(乾燥機) ガス化炉	10-40%
4) 零細	1トン/時以下	ワイン製造、他	—

注) 中堅精米所では、乾燥機を利用している精米所の方が割合としては多い。反対に中小規模精米所では、ガス化炉発電を利用している精米所の割合の方が大きい。

(出典：調査団)



屋外に積み上げられている籾殻



屋内に保管されている籾殻

² IFC がガス化炉を導入している 27 カ所の精米所における籾殻利用を調査した結果。(出典：IFC, 2012, “Cambodia Biomass Gasification Technology Survey”, Cambodia Agribusiness Series No.3)

一方で、他の産業での籾殻利用の状況は、地域的な特徴もあるが、主に、農家レベルでの利用、アルコール製造、セメントやレンガなどの工場であり、彼らの利用用途の大半が燃料利用である。農村では、農業用及び家畜の餌としても利用されている。

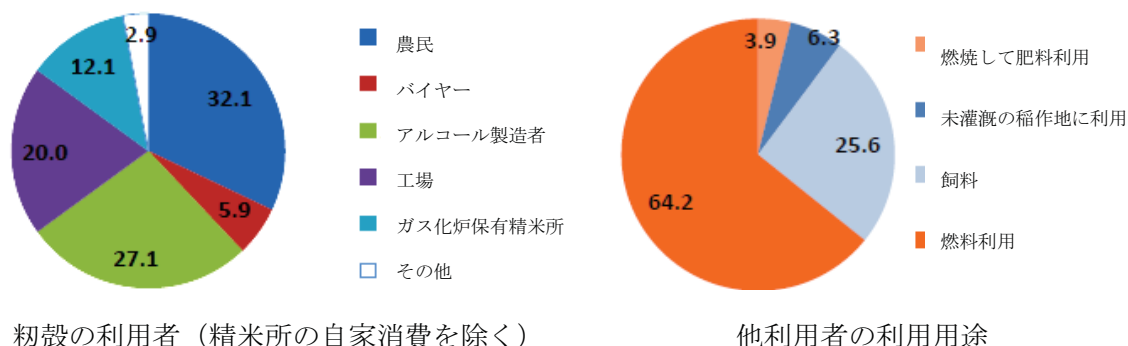


図 1-2-6：他の産業での籾殻利用の状況
(出典：SNV 2013³)

(3) くん炭製造に利用できる籾殻量

現時点で、籾殻が実際にどの産業でどれだけ利用されているかを正確に把握することは困難である。ミクロ的に捉えれば、既に場内で籾殻を利用している精米所に追加的に籾殻炭化装置を導入することを考えると、籾殻発生量の半分以上が利用可能であると考えることが出来る。ただし、マクロ的に捉えれば、現在導入されている乾燥機が約100台、ガス化炉が約150台であることから、精米業界全体で見れば、まだごく一部に導入されているに過ぎない。そのため、籾殻の場内利用はまだ限定的であると言える。

また、便宜的に、価格がついていない籾殻が利用可能な籾殻と考えると、精米所からの廃棄もしくは無料で配布している分と捉えることが出来る。本調査での精米所における籾殻利用の調査から、トンレサップ湖周辺の北部に余剰量が確保できるという結果が得られたため、本調査で無料と確認できた3州（バットアンバン、バンテイミンチェイ、プルサット）の籾生産量から籾殻発生量を算出すると約50万トンであり、その75%が余剰量であると考えると、約37万トンとなる。これによると籾殻供給量の約30%が未利用資源であると考えられることができる。日本では籾殻総量の約10%がくん炭に加工されているが、コメ生産国であり農業国であるカンボジアでは、籾殻総量の2～3割をくん炭にすることが可能ではないかと考えている。

なお、後述するが、関西産業の商業的な本事業モデルでは、炭化装置で発生する熱を乾燥機に利用できる装置も商品ライナップとして検討している。この場合には、くん炭原料の籾殻をより有効に使うことが可能になる。今後、国内での精米量が増えるに従って籾殻

³ SNV が、対象 8 州（Siem Reap, Banteay Meanchey, Battambang, Kampong Thom, Kampong Cham, Kandal, Kampong Speu, Prey Veng）の 30 か所のガス化炉装置を保有しない精米所（精米規模問わず）をランダムサンプリングした調査結果。（出典：SNV, 2013, "Service for an Emission Reduction Project Baseline, Feasibility and Environmental Study", EuropeAid/130830/C/ACT/CAI）

の生産量も増加していくことからくん炭製造のための初殻は将来的にも確保出来ると結論付けられる。

1-3. 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度

(1) 農業開発計画

2010年6月にフン・セン首相は国家戦略開発計画改定2009-2013（NSDP Update 2009-2013）を発表し、第二次四辺形戦略（Rectangular Strategy Phase II）の強化を指示している。その中で、農業・農村開発に関しては、農業及び水管理、食料安全保障を中心に、農地管理の向上、高収量品種の導入、輸出米生産の増加、灌漑向上を長期目標と定め、具体的方向性を示している。農産物の増産と生産の安定は、輸出戦略の一つとして重要であり、効率的な技術の普及、小農への利便性のある灌漑整備等、インフラ整備による農業生産性の向上、生産費を抑制できる生産体制の確立等に力を入れている。

また、農家の所得を向上させ、貧困層の栄養状態を改善する為の具体的な国家戦略として、1) 農業経営者の能力強化、2) 作物の多様化、3) 農民の組織化を挙げている。それらを通じて、農家間の連携を容易にし、効果的な行政サービスを農家に提供することを目指している。また、2010年には、「コメ生産及び輸出振興に関する政策文書」を発表し、コメの生産、流通、加工、販売、輸出の全ての段階における課題に対し、省庁横断的に取組む姿勢を示している。

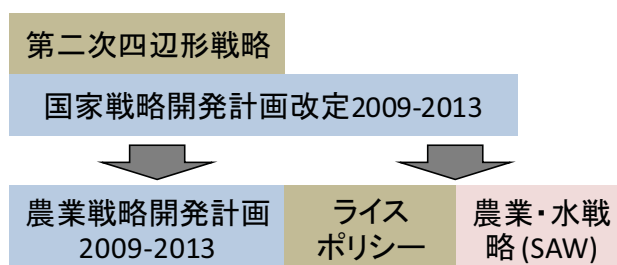


図 1-3-1：カンボジアの農業政策の基本構造

(出典：Department of Planning and Statistics, MAFF)

(2) Law of Agricultural Land（農地法）

2011年ごろからFAOの支援でLaw of Agricultural Landを作成中である。70ページ程度のドラフトが出来ており、その後海外の専門家など関係者のコメントを受けて、少しずつ最終化の作業が行われている。月に2～3回のペースで会議を開いているが、非常に時間がかかっている。このように農地の基本法がまだできていないのが現状である。今後、日本の地力増進法のような関連法規が徐々に制定されていくことが期待されるが、その中で土壌改良材としてくん炭が認知されることが重要になる。

(3) National Action Programme to combat land degradation（土壌劣化対策国家行動計画）

GEF/UNDPの支援により、Sustainable Land Management Project 2008-2011（SLMP）において”National Action Programme to combat land degradation（2011-2020）”が作成された。これにより、2020年までのカンボジアにおける土壌劣化対策・土壌保全の基本方針が定められている。さらに、カンボジアにとっての”Best practices in SLM”が文書化されている。国連砂漠

化防止条約（UNCCD）の定義では、「バリデーション・プロセスを通じて事前に定められた評価基準により、最良の成果又は最大のインパクトをもたらす対策、方法、或いは活動」とされている。

(4) Biochar Technical Working Group

MAFF・GDAにおいてくん炭の研究・促進のためBiochar Technical Working Groupが2012年3月に設立された（No.332GDA）。グループ長はDAEngで、メンバーはDept of Rice crop、Dept of Agroindustry、Dept of Horticulture。DAEngのDr. Chan Saruth局長が中心となり、すでに過去2年間、独自で試験栽培、国際学会への出席、専門家との交流などいろいろな取り組みを行ってきた。これまで、関西産業の梅澤氏、JBA（Japan Biochar Association）、NEDO案件などはじめADBや英国エジンバラ大学からサポート・指導を受けきた。プノンペン、DAEng敷地内でも小さなグリーンハウスでくん炭の試験栽培を行っている。

表 1-3-1：これまで DAEng が参加した国際学会・セミナー

日付/場所	DAEng が参加した国際学会、セミナーなどの名称
2013年3月3-8日 シェムリアップ、カンボジア	くん炭の製造と利用によるバイオマスの効率活用のためのワークショップとスタディツアー
2012年9月17-19日 北京、中国	第4回くん炭国際会議～食糧の増強と安全な環境の実現に向けて～
2012年3月9日 バンコク、タイ	タイ土壌・肥料学会～タイにおける土壌炭素隔離とくん炭利用の可能性
2011年9月15-17日 京都、日本	第2回アジア太平洋くん炭会議

（出典：DAEng/MAFF）

(5) Law on management of Pesticide and Agricultural Fertilizer（殺虫剤と肥料の管理法）

カンボジアでは2012年1月に農薬と肥料を管理するための Law on management of Pesticide and Agricultural Fertilizer を交付された。同法は以下の目的を持つ。

- ・効果的かつ安全に農薬と肥料を管理すること
- ・農薬と肥料の関わる全ての活動に関して公衆の意識を高めること
- ・農民や民衆のために農薬や肥料の利用に関わるリスクを低減し、食料保障、食品安全性、公衆衛生、環境の持続性を確保すること

同法の下で、MAFF の Department of Legislation（DAL）が農薬や肥料の登録を管理している。有機肥料も DAL において許認可を得る必要がある。下の写真は、ある有機肥料のパッケージに記載された DAL の登録番号である。くん炭や堆肥についても商品として流通させる場合は、DAL での登録が必要である。



有機肥料の登録番号の例

1-4. 対象国の対象分野のODA事業の事例分析および他ドナーの分析

本調査では、籾殻を利用する機材の導入および土壌改良や堆肥利用等に関するODAプロジェクトを調査した。

1-4-1. 籾殻利用に関する支援

籾殻利用機材としては、主に精米業界の競争力強化のために、ガス化炉装置の導入（オランダ）および乾燥機の導入（ADB）が実施されている。

(1) オランダ開発組織（Stichting Nederlandse Vrijwilligers : SNV）

名称	Programme of Waste to Energy for the Rice Milling Sector in Cambodia
内容	<p>目的：コメセクターにおけるコスト（電気料金）の削減を目的として、精米所にガス化炉を導入し経済的効率化を図る。</p> <p>内容：1) 精米所に対してカリキュラムを作成し、技術指導を行う。2) ガス化炉を導入した際の事業計画の作成などビジネスサービスを提供する。3) 銀行（Canadia, ACLEDA）と協力し、精米所がガス化炉を導入しやすくする。プロジェクト期間中に、新規 120 台導入し、既存の 30 台を更新する合計 150 台の導入を目標としている。普及を検討するガス化炉の規模は、500kW 以上を想定。なお、ガス化炉は、廃棄物処理が問題となっており、現時点でカンボジアには環境規制がないことから、廃棄物に関する規制を作ることも計画している。</p> <p>対象地域：全地域の精米所（小規模を除く）</p>
期間	2012 年 1 月～2015 年 12 月
実施主体	<p>管轄機関：鉱工業エネルギー省（MIME）</p> <p>実施機関：精米業者協会（FCRMA）、カンボジア標準協会（ISC）、SME Renewable Energy 社が主体で、SNV は調整役。</p>
参考情報	<p>関係者の調整に時間がかかり、プロジェクトのスタートが遅れている。本プロジェクトは、トレーニングやガス化炉普及のためのファシリテーションが中心であるが、2013 年 12 月現在、ワークショップのための機材として、ガス化炉をプノンペンに設置予定。現在 SME とともに、コントラクターのテンドーを行っている。</p>

(2) アジア開発銀行（Asian Development Bank : ADB）

名称	Climate Resilient Rice Commercialization Sector Development Program
内容	<p>目的：コメセクターの商業化のために、大規模な籾殻乾燥設備の運営モデルを作る。</p> <p>内容：商業的な倉庫と乾燥施設（規模 500 トン／日を 4 台分で 2000 トン／日）を 5 カ所に設置するプロジェクト。施設は 500 百万米ドル程度。施設の運営主体は</p>

	大型精米所を想定しており、既に FS 調査を行っており今後公開入札によって選定する予定。本件は、官設民営（リース）の PPP 事業を計画している。 対象地域：Battambang、Prey Veng、Kampong Thom の米の生産性が高い 3 州。
期間	2013 年 7 月～2019 年
実施主体	管轄機関：経済財務省（MEF）。 実施機関：MAFF、土地管理都市開発建設省（MLMUPC）、水資源気象省（MOWRAM）、対象地域の州知事という構成である。

1-4-2. 土壌改良に関する支援

土壌改良の観点からは、ADBがMAFFと協力してくん炭利用のプロジェクト実施している。また、堆肥を利用した農業促進に関しては、オランダ、オーストラリア、ドイツ、フランス、アメリカ等が支援している。

(1) アジア開発銀行（ADB）

名称	Capacity Building for Efficient Utilization of Biomass for Bioenergy and Food Security in the GMS
内容	目的：カンボジア、ラオス、ベトナムにおけるくん炭製造、利用および効果に関するキャパビル。その中で、くん炭の土壌改良材としての効果を確認し、商業的な普及を目指すもの。 内容：主に Biochar を利用した 1) 商品開発と 2) 栽培試験の実施。1) の方は、Biochar とコンポストやバイオスラリーなどを混ぜて、ペレット化する。Bidding を通じて CARDI、IDE、Oxfam、Mekong Carbon などに研究の下請けをさせて、選ばれた団体はコンポストメーカーの COMPED や Green Mountain などと協力して進める。なお、商品開発に成功すれば、民間企業が生産するようになることを想定しており、将来はローンプロジェクトなどに繋がる可能性もある。 対象地域：Takeo、Kampong Chhnang、Battambang
期間	2011 年 12 月～2014 年 6 月（キャパビル）、2014 年 1 月～12 月（くん炭の商品開発）
実施主体	実施機関：MAFF、DAEng 支援機関：ADB（資金）、イギリス大学（技術協力）
参考情報	くん炭の普及活動では、2013 年にシェムリアップにてセミナーが実施された。なお、2014 年 2 月現在の進捗としては、くん炭の商品開発については、Mekong Carbon（現地コンサル会社）が選定され、また、栽培試験は Celagrid（現地 NGO）が中心となり、タケオ州の 10 コミューンで実施されることになった。

(2) オランダ開発組織（Stichting Nederlandse Vrijwilligers : SNV）

名称	National Biodigester Programme
内容	目的：政府の実施する NBP に対する技術協力プロジェクト。 内容：NBP は、家庭規模のバイオダイジェスターの普及による地方でのエネルギー源の確保を目指すもの。また、民間主導の商業的な普及を目的とし、設備建設のスペックや業者選定もプロジェクト内の活動に含めた。また、バイオダイジェ

	<p>スター設備は、補助金（100 米ドル）と農家の自己負担によって設置された。なお、バイオダイジェスターの導入と並行して、バイオスラリーの普及活動を実施。農民レベルでの普及活動については、州レベルで PDA および CEDAC（Centre d'Etude et de Développement Agricole Cambodgien）が実務部隊となり、農民に対してバイオスラリーの適切な管理方法と利用方法を指導し普及させる体制をとっている。</p> <p>実績：全国 2 万カ所にバイオダイジェスターを導入。</p> <p>対象地域：Kampong Cham、Svay Rieng、Prey Veng、Kandal、Takeo、Kampong Speu</p>
期間	2005～2013 年（フェーズ 1）2013～2016 年（フェーズ 2：商業ベースの普及を目指す）
実施主体	<p>実施機関：MAFF、動物衛生生産局（DAHP）</p> <p>支援機関：SNV（技術協力）、CEDAC（ローカル指導）、IFAD（資金）等その他多数</p>
参考情報	<p>これまで安価なプラスチック製のバイオダイジェスターの導入が行われたが、設備の耐久性に課題があることから普及に繋がらなかった。また、中国支援により、設置型のバイオダイジェスター導入も実施されたが、地元の技術者育成が不十分のため普及が進まなかった経緯がある。そのため、本プログラムでは、製品およびサービスの質、建設前の情報、建設、トレーニングと普及活動サービスの提供はプログラムの成功のための重要なコンポーネントとした。</p>

(3) オーストラリア国際開発庁（Australian Agency for International Development: AusAID）

名称	Cambodia Agricultural Value Chain Program (CAVAC)
内容	<p>目的：コメ、果実、野菜のバリューチェーンに対する支援を通じた農民の収入向上。</p> <p>内容：支援の中心は、農民が種子、殺虫剤、肥料などにアクセスでき、かつ購入の際に選択肢を持てるように、農業資材のサプライヤーの能力強化を図ること。これまで 7 つの肥料会社と協力し、精米所、農業資材サプライヤー、メディア等のサービスプロバイダーに対して適切な肥料の利用方法を指導している。まずは、企業が技術的な指導、CAVAC がビジネス面の指導を実施。次第に CAVAC は側面支援の立場をとった。</p> <p>実績：これまで約 100 人のサービスプロバイダーに対してトレーニングを実施し、実際に情報提供された農民の約 70%が新しい肥料を適用した。今後は、除草剤や殺虫剤に関するプロジェクトを実施予定。</p> <p>対象地域：Kampot、Takeo、Kampong Thom</p>
期間	2009～2014 年（2015 年まで延長）
実施主体	<p>実施機関：MAFF、MOWRAM</p> <p>支援機関：AusAID（技術協力）、現地肥料会社</p>

(4) ドイツ国際協力公社（Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit: GIZ）

名称	Regional Economic Development: Green Belt
内容	目的：農村における経済活動を支援することを目的に、貯蓄グループや農民グループ

	<p>プの組織化およびキャパビルからマーケティング指導を含む支援を行っている。</p> <p>内容：ローカル NGO である CEDAC と Cambodia Organic Agriculture Association (COrAA) と協力し、自足自給の農民に対するオーガニック米の栽培支援を行っている。また、農民が適切な価格で精米業者に売れるような市場開拓の支援として、村でのワークショップを行い、生産、交渉、品質、価格等を指導している。</p> <p>実績：2009 年に仲買人および精米業者との契約が実現し、保証された価格で農民は籾を販売できるようになっている。</p> <p>対象地域：Siem Reap</p>
期間	2007～2015 年
実施主体	<p>実施機関：Office of the Council of Ministers</p> <p>支援機関：GIZ（技術協力）、CEDAC、COrAA（ローカル指導）</p>

(5) フランス開発庁（Agence Française de Développement: AFD）

名称	Project for the development of Agriculture in Cambodia : PADAC
内容	<p>目的：カンボジアにおける保全型農業（直播腐葉土ベースの作付体系）の普及により、気候変動への対応と緩和、土壌改良による農業生産性と小作農の収入改善を目的としている。</p> <p>内容：本件は、90 年代から継続されてきた小規模ゴム林栽培農家の支援の延長プロジェクト。今回は野菜や穀物を対象にしている。まずはパイロットステージで農民に対して、マメ科植物を被覆作物として利用する技術指導およびパイロット栽培等を実施している。次の段階で規模を拡大し、1-2 州をカバーするような地域的な開発モデルを想定している。最終的には、国家計画である 500 万 ha の Upland での保全型農業を目標としている。</p> <p>対象地域：Kampong Cham、Battambang</p>
期間	2008-2013 年
実施主体	<p>実施機関：GDA, MAFF</p> <p>支援機関：AFD（資金）フランス国際農業開発センター：CIRAD（技術協力）、USAID SANREM initiative（支援資金）</p>

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

2-1. 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

2-1-1. 業界分析、提案企業の業界における位置付け

日本国内では、昭和40年代には、大手農業機械メーカーをはじめとする他社も炭化装置の製造に参入してきたが、多くは2年程度で撤退した。これらの企業は、主に焼却炉と同じ発想で設計しており、籾殻を高温で燃やし、適当に消火するという考え方であった。これに対し、関西産業の炭化装置は比較的低温で燃焼を行い、また、耐火レンガを使用しているため、25年以上の使用実績がある。現在、プラント型籾殻炭化装置を販売している企業は関西産業を除いて1社のみである。連続型の籾殻炭化装置に関しては、関西産業が国内市場シェアの9割を持っている。

炭化装置関連では、これまでに20件を超える特許と実用新案を取得している。なお、関西産業は、全農が指定する唯一の籾殻利用機器メーカーとして、技術のみならずくん炭の物流やその利用方法などに関する情報収集・交換を行いながら、開発の方向性を確認・検証し、全農・農協の協力のもと装置の能力設定などを行ってきた。全農は機械・装置を農協へ販売する際に、その性能について厳格な検査・評価を行い、メンテナンス体制を確認した上でメーカーを指定するが、関西産業は長年指定メーカーとして認定されている。

その成果もあり、昭和42年のプラント式炭化装置の製造・販売開始以降、これまでに全国で400台以上のプラント式炭化装置を納入している。日本全国には約500箇所のカントリーエレベーターと2,000箇所を越えるライスセンターがあるが、関西産業の製品はそれらの約30%の施設で使用されている。農協の米麦施設は年間の稼働期間が短いことから強力なコストダウンが必要である。関西産業はこれらの技術的ノウハウを蓄積している点でも、他メーカーにない優位性がある。

2-1-2. 提案企業の製品の概要

(1) プラント式炭化装置

関西産業の主力製品である自動籾殻炭化装置（以降、プラント式炭化装置）は、籾殻を炉の中に自動的に投入し、約5分で良質のくん炭を多量生産する装置である。同製品は、着火方法や連続炭化、耐久性などの面で、大きな特長を持っている。

籾殻は着火しにくい一方、一度火が着くと消火しにくいという特性があるが、関西産業は、こうした籾殻の特性を徹底的に研究し、ほとんど燃料を使用しない着火方法を開発した。稼働前の着火時にバーナーで1-40の灯油を使用して種火とする以外、燃料は一切不要である。消火に際しても、間接冷却のために比較的少量の水を使用するのみで、火の着いた籾殻を鉄板の上に蒔くと



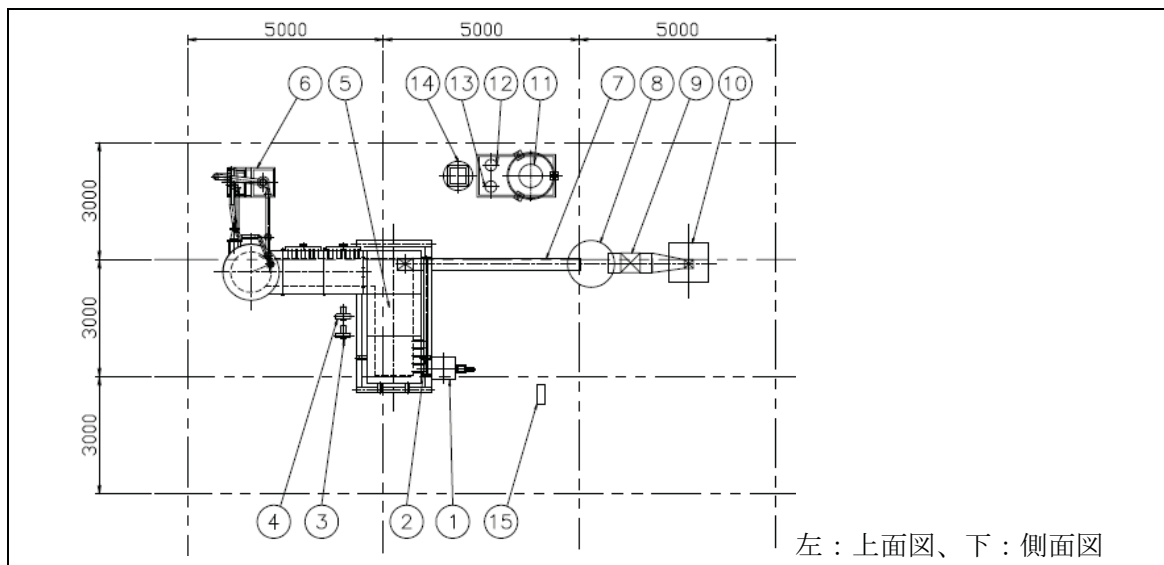
火が消える仕組みとなっている。また、登り窯の構造を応用しており、倉庫にストックされた籾殻を自動的に炉の中に投入し、連続して炭化する方式は、関西産業のみが採用している。

主な特徴は以下の通り。

- 1) 連続炭化方式：炉の中に籾殻を自動的に投入
- 2) 無公害：野焼きやバッチ式のような黒煙、タール、煙臭がない
- 3) 耐用年数が長い：法定年数は7年、実際は20年
- 4) 部品交換が簡単：故障も少ない
- 5) 燃料が不要：稼働前の着火時にバーナーで1-40使用するのみ
- 6) 作業員が1人以下：自動で数時間分のバイオ炭をタンク内に貯留
- 7) 良質で均一な炭：関西産業独自の炭化方式で、良質で均一炭を生産

カンボジア事業で主力となるプラント式炭化装置のスペックは以下の通り。

- 1) 投入量：籾殻300kg/時
- 2) くん炭生産量：75kg/時
- 3) 所要電力：10 kW
- 4) 炭化時間：5分



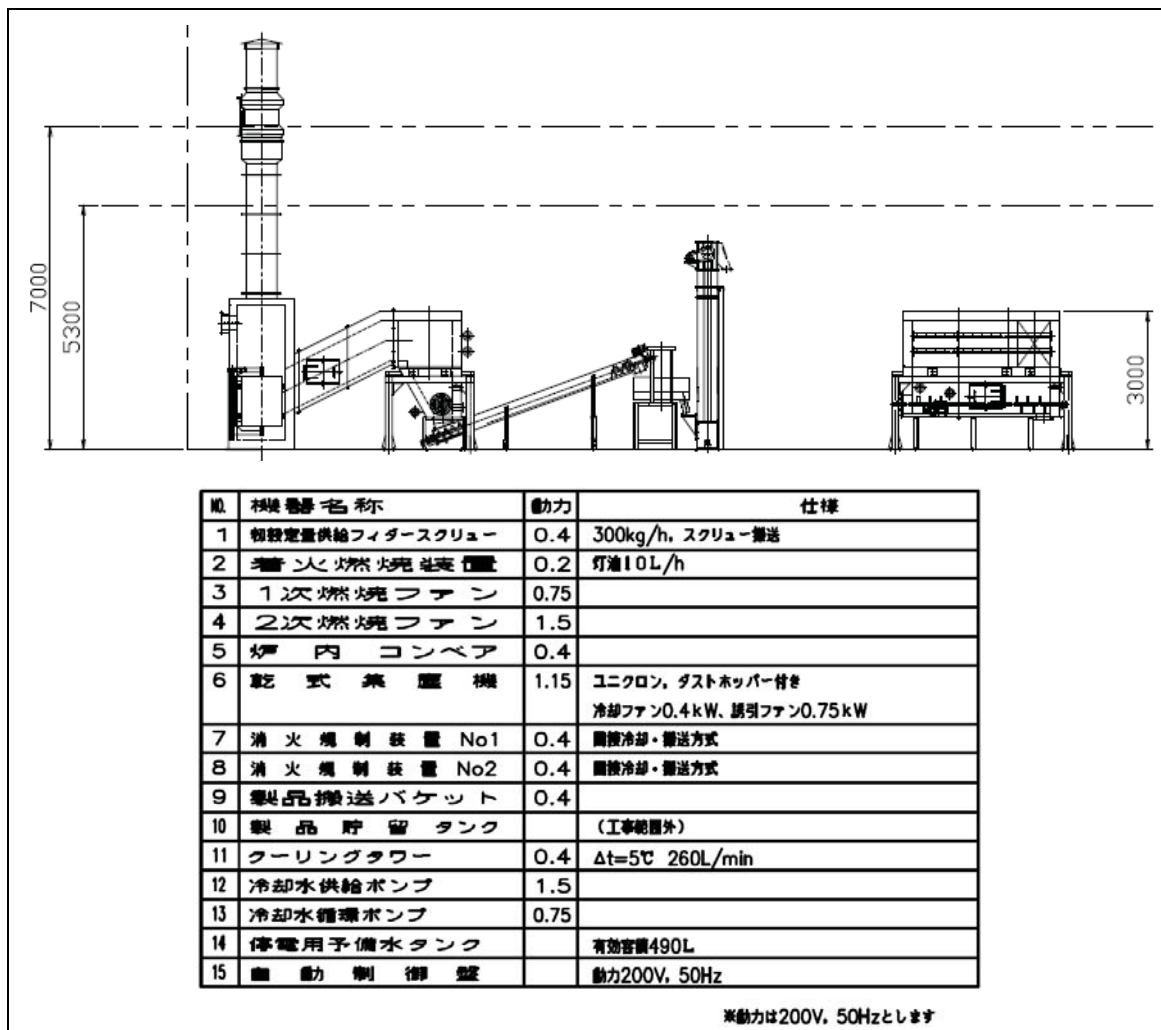


図 2-1-1：プラント式炭化装置の図面
(出典：関西産業(株))

(2) バッチ式炭化装置

原料の形状にこだわらない小型のバッチ式の炭化炉。小規模な精米所（日本では農家）が主な需要家。ローテクで廉価。カンボジアの現地パートナーに委託生産の経験あり。カンボジア企業でも類似品の製造は可能。くん炭の大量生産には向かないが、多数のユーザーにくん炭を知ってもらい使ってもらうことにより草の根レベルでの普及には適している。



特徴は以下の通り。

- 1) 簡単操作：着火するだけ。自動消火。電気は使わない。
- 2) 燃料が不要：稼働前の着火時に200cc使用するのみ
- 3) 他原料の炭化：そば殻、麦殻、おが屑、剪定枝チップ等
- 4) 長持ち（5年）、安全：煙突部分にはステンレス使用。火災の心配無用。
- 5) 粉砕、木酢取り装置あり。

バッチ式炭化装置のスペックは以下の通り。

- 1) 本体サイズ：745mm x 1275mm（重量100kg）
- 2) 静置（消火）時間：12時間
- 3) 出来上がりくん炭量：約350ℓ=35kg
- 4) 炭化時間：3時間
- 5) 籾殻投入量：500ℓ=50kg
- 6) 送風ファン：なし（自然通風）

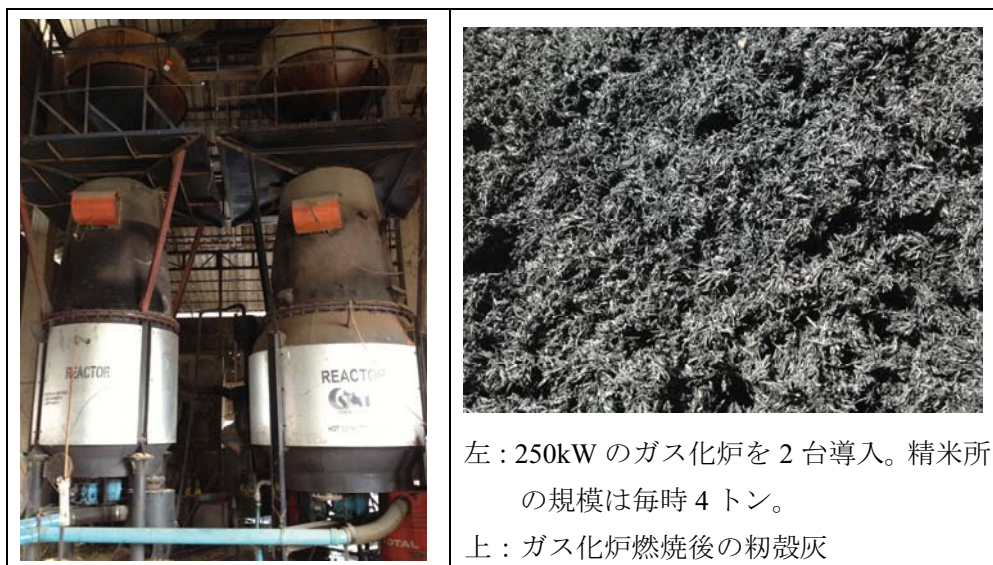
2-1-3. カンボジアにおける類似製品、技術の概況

カンボジアには炭化装置というものは国内外製のいずれも存在していない。しかし、籾殻を原料として籾殻灰が発生するという観点から、精米所における籾殻利用装置ということで（1）ガス発電のためのガス化炉装置と（2）乾燥機付属の燃焼器を以下に紹介する。ただし、ガス化炉装置は精米施設の電力供給を目的として導入されており、乾燥機付属の燃焼器は乾燥機に熱源を供給するためのものであることから、それぞれ利用目的は異なる。

（1）ガス化炉装置

精米所に導入されているガス化炉は、籾殻を利用して発電し、電力を得る目的で導入されている。同装置は、籾殻を900～1100℃程度の高温で燃焼してガス化し、ガス冷却、除塵、タール除去等のプロセスを経て発電機に送り込まれることで精米施設を稼働させている。ガス化発電装置を導入してディーゼル利用量を削減するという利用方法が一般的であるため、送電線が整備されていない地域およびディーゼルを燃料に発電を行っている精米所に導入されている場合が多い。

ガス化炉燃焼の場合、高温（900～1100℃）で燃されるために燃焼後の籾殻灰は、灰の含有量が多い。炭化装置で炭化（600℃）された籾殻くん炭と成分を比較すると、炭素の量が劣るが類似製品として捉えることが出来ると認識した。



左：250kW のガス化炉を 2 台導入。精米所の規模は毎時 4 トン。

上：ガス化炉燃焼後の籾殻灰

カンボジアで利用されているガス化炉の規模は、100～700kW程度であるが、現時点で設置されているものは200kW程度の小型のものが一般的である。またメーカーは、インド製の輸入品を扱うSME Renewable Energy社が提供する装置と、それを模倣したカンボジア製に大きく分けられ、価格に大きな差異がある。カンボジア製とインド製では、規模に応じてそれぞれ15,000～45,000米ドルと64,000～140,000米ドルの範囲である。一方で、カンボジア製のガス化炉は、安価ではあるが効率性と耐久性に問題があるとの報告がある。

表 2-1-1：カンボジアで普及しているガス化炉のメーカー別製品情報

メーカー	場所	規模 (kW)	価格 (US\$)	保証期間／サービス
Local A	バンテイミンチェイ	100-300	18,000-45,000	12ヶ月／部品・サービス
Local B	カンポンチャム	300-600	15,000-27,000	1-3ヶ月／サービス・ダイヤモ
Local C	カンダル	300	25,000-30,000	36ヶ月／サービス
Local D	カンポンチャム	250-300	40,000	6ヶ月／サービス
Local E	プノンペン	100-300	27,000-45,000	3ヶ月／サービス
SME	プノンペン	150-700	64,000-140,000	12ヶ月／部品・サービス

(出典：IFC/EU, 2012, Cambodia Biomass Gasification Technology Survey)

また、現在、ガス化炉装置の利用において大きな問題となっているのは、ガス化で発生するタール処理である。ガス化炉装置には、タール除去装置が整備してあるが、除去されたタールはため池を利用して水で希釈し放流されている状態であり、環境に負荷がかかっているのが現状である。



(2) 乾燥機用燃焼器

現在、カンボジアで導入が進められている乾燥機は、縦型乾燥機であり籾殻燃焼器が付属されているものである。この場合、籾殻を熱源として熱風で籾を乾燥する構造になっている。自動で乾燥度合の調整が可能であり、通常の場合、乾燥保存をするには籾の水分量を18%、輸出用精米の場合は14%まで落とすように調整している。

乾燥機に利用する場合も、籾殻は完全燃焼するため、燃焼後の籾殻灰は灰の含有量が多く、土壌改良材としての効力がないため活用はされていない。そのため、炭化装置とは競合しない製品であるということが確認できた。



カンボジアで導入されている乾燥機の規模は30～60トン/日程度である。通常、乾燥機と籾殻燃焼器はセットで導入されているケースが多く、ある程度品質のよい精米を行っている中規模以上の精米所で導入が進められている。精米規模の大きい精米所では、複数台導入されている場合もあり、籾の量や品質に応じて使い分けられている。主要なメーカーは、台湾、韓国、中国製である。価格で見ると、中国製が最も安価であるが耐久性およびサービス体制の面で課題がある。他方、台湾製は高額ではあるが温度の安定性や耐久性等が評価され普及が進んでいる。

表 2-1-2：カンボジアで普及している乾燥機用燃焼器のメーカー別製品情報

メーカー	規模 (t/d)	乾燥機の価格 (US\$)	燃焼器の価格 (US\$)	乾燥速度 (%/h)
台湾 A	30-40t/d	\$90,000-160,000	\$18,000-	0.5-1.0
韓国 A	30-40t/d	\$60,000-\$80,000	\$15,000-	0.7-1.0

注) 乾燥機を持つ精米所に対するヒアリングにより作成

(出典：調査団)

(3) 炭化装置の優位性

i) くん炭の成分比較

炭化装置を導入する優位性としては、まず籾殻を品質の高いくん炭に加工して、付加価値を高めることにより、事業の収益性が向上する点が挙げられる。炭化装置およびガス化炉から製造されるくん炭の成分を比較する。くん炭の効果については、籾殻の形状を維持

することが重要であり、そのためには炭素量が多く含まれていることが重要である。炭化装置からのくん炭の炭素量は40%強であるのに対し、ガス化炉からのGAの炭素量は30%弱と差異が確認できる。なお、乾燥機からの灰に関しては、炭素量は極めて低く約90%が珪素であるため、多孔質の穴が崩れておりくん炭の効果が無いと言える。

表 2-1-3：籾殻くん炭 1kg 当たりの成分比較

成分	科学記号	単位	炭化装置 (関西産業) *1	ガス化炉 (SME) *2
二酸化珪素	SiO ₂	%	50.36	44.5
炭素	C	%	40.49	28.7
水素	H	%	1.04	0.17
窒素	N	%	0.42	<0.03
カリウム	K	mg	11,000	595
カルシウム	Ca	mg	5,700	609
ナトリウム	Na	mg	1,700	76.1
マンガン	Mn	mg	790	162
鉄	Fe	mg	190	65.6 mg
亜鉛	Zn	mg	110	11.7 mg
銅	Cu	mg	微量	8.15 mg
カドミウム	Cd	mg	なし	<0.36 mg

(出典：*1：関西産業㈱、*2：Agronomy 2013⁴)

ii) 精米所の導入目的

ある程度の炭素を含む燃焼灰を製造する、ガス化炉との比較優位性を考えると、精米所によって導入目的が異なる機材であることを整理する必要がある。

ガス化炉は、電力を得るための機材であるため、安価な電力を必要とする精米所であればガス化炉を導入して電力料金を削減したいというニーズがある。一方でガス化炉導入のマイナス面としては、籾殻投入の労働力が必要であり、故障の際には修理の手間がかかる。また、タールが混ざった排水の処理が問題になる。このような理由で、ガス化炉から送電線の電力利用に切り替える精米所も多い。そのため、送電線に接続した立地であり、比較的安定的な電力が利用できている精米所では、籾殻をより高付加価値化できるくん炭装置の導入を選択すると考える。については、電力面で問題を抱えていない精米所にとっては、炭化装置が優位性を持つと言える。

⁴ Agronomy 2013, “The Impact of Biochar Application on Soil Properties and Plant Growth of Pot Grown Lettuce (*Lactuca sativa*) and Cabbage (*Brassica chinensis*)”

2-2. 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

2-2-1. 提案企業の事業展開方針

(1) 海外進出の動機

東南アジアの米作や野菜などの農業は、土壌改良や播種、収穫などにおいて日本の集約型農業と比較的類似した方法で営まれており、関西産業がこれまでに40年以上にわたり日本国内で培ってきた籾殻活用技術を普及できるのではないかと考えた。また、日本の国内市場は飽和状態に近く、今後の業務拡大の余地が小さいことが挙げられる。

(2) 自社の経営戦略における海外事業の位置付け

平成24年度の関西産業の売り上げに占める海外事業の売り上げは、20%程度であるが、5年後を目標に50%にまで引き上げたいと考えている。今後は、カンボジアを皮切りに東南アジア各国において事業推進のためのパートナーを選定し、初期の段階では業務提携による共同実施を進める。

2-2-2. 当該国等を選定した根拠

(1) 現地政府の高い意欲・協力体制

関西産業は前述のNEDO事業としてタケオ州に炭化装置を導入した経緯があり、その期間に現地政府にくん炭の紹介を行い、普及に向けた協力を要請したところ、DAEngは非常に強い関心を持ち、関西産業の支援のもと、過去2年間普及に向けた研究・研修に取り組んできた。DAEngとの協力関係が深まり、基本情報の収集や人的ネットワークの形成が進み、本格的な事業展開が可能となった。

(2) 市場の成長性と未成熟な市場

2006年ごろまではカンボジアのコメ生産量は約400万トン（籾ベース）程度で国内需要をようやく満たす水準であったが、以降急速に生産量を伸ばし2013年は約900万トンを超える量となっている。急速に成長したコメ関連の市場は、まだ諸外国メーカーの進出は少なく、新規進出の機会が豊富である。

(3) 未利用資源活用による農業収入拡大の可能性

近年急速に伸びているカンボジア国内での精米事業により、籾殻の発生量も増大し、まだ十分に利用されていない状況にある。この未利用資源を活用し、土壌改良剤として利用することができれば、化学肥料や農薬の投入量を削減することが可能になり、貧困層の多いカンボジア農民の所得向上を図ることができると考えられる。カンボジアでは未だくん炭の効用が知られていないが、これを普及することによって大きなインパクトを与えることができると考えた。

2-3. 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献

(1) 所在地域の地域産業政策との整合性

関西産業が本社を置く滋賀県では、「滋賀県産業振興新指針」を2003年に策定し、環境、健康福祉、観光、バイオ、ITの“3KBI”といった新産業の創造などを重点分野として取組を

進めてきた。その結果、環境産業クラスターの形成が促進されるとともに、バイオ産業の振興を図る環境が整備されてきた。関西産業の農産廃棄物の炭化装置をはじめとした製品・技術は環境・バイオ産業そのものであり、とりわけ彦根市の代表的企業の一つとしてその一角を占め、部品メーカーなど関連産業との連関、雇用創出などでも地元経済に貢献してきた。

現在、30人の直接雇用があるが、海外展開により、今後海外事業部を設置し当初は2-3人を配置し徐々に増加させるとともに、製品・部品の輸出が増えることにより、製造部の人員も増加させることになる。それとともに部品の供給を受ける多数の部品企業にも間接的に販売増大・雇用増大の効果が波及することが期待できる。

(2) 製品・技術を通じた具体的な地域貢献

i) バイオ系廃棄物利用による農業生産性向上・経費削減

関西産業は、籾殻をはじめとした農業廃棄物用の独自の炭化装置を開発し、同装置によって生産されるくん炭を滋賀県にとどまらず日本全国で過去40年以上をかけて土壌改良材として普及させてきた。滋賀県、そして日本において土壌改良を通じて農業生産性向上に貢献してきた。日本のくん炭の利用を切り開いたパイオニアである。

くん炭は土壌改良効果を通じて、単収を維持しつつ高価な化学肥料の投入を節約（最大50%減）することを可能にしてきた。現在、日本全国で生産されるコメ約1,000万トン（籾ベース）から発生する籾殻のうち、約10%（約20万トン）は関西産業が製造・販売した炭化装置で炭化されている。関西産業の炭化装置で生産されるくん炭は日本全国で7万トン程度（籾殻重量の1/3）で、年間約70億円（くん炭価格：1,000円/10kg）の経済価値を生み出している。

ii) 化学肥料投入低減および地中炭素固定による温暖化防止

化学肥料はその生産過程および原料として化石燃料を利用するため、くん炭の普及は化石燃料の消費を抑え、地球温暖化の抑制に貢献する。さらに、籾殻くん炭は、畑に投入後4-5年で構造的な特性（籾殻の形状）は失われるため、4-5年に一度再びくん炭を投入する必要があるが、炭素自体は地中で容易に分解されず残り続けるので地中に炭素を固定し、温暖化抑制に貢献できる。単純計算では、くん炭の重量の約40%が炭素であるため、日本では年間約3万トン（=7万トン×40%）が地中に固定されていると推定できる。

(3) 地域産業振興政策と海外展開の関連

2011年3月に策定の「滋賀県基本構想」の“2030年頃の姿”において、20年後の滋賀県の産業の姿として「グローバルな展開の核となる研究開発が活発に行われ、（一部省略）、環境、健康福祉、観光、バイオ、ITなどの分野で中核企業を中心にクラスターが形成されており、また、活発な知的財産の創造が行われている」としており、まさに関西産業が行っているように、地元で知的財産の創造（技術開発）を行いつつグローバルなビジネス展開（例：カンボジアへの事業展開）を構想している。

滋賀県は県内中小企業の海外展開支援のための職員派遣および相談・支援体制も拡充してきており、本事業はこの政策にも沿うものである。また、本件は大阪工業大学、京都大学、東京農工大学などのくん炭の研究者との協力も進み、産学連携の海外展開にもなる。

2-4. 想定する事業の仕組み

2-4-1. くん炭の普及戦略

(1) 普及ルート

プラント式炭化装置の販売拡大には、製品である籾殻くん炭の普及が必須である。まずは、くん炭の普及戦略として以下の2つのルートがあると考えられる。ルート①は民間企業への普及を目的とした市場・商品化ルートであり、ルート②は農民レベルへの普及を目的とした地産地消ルートである。

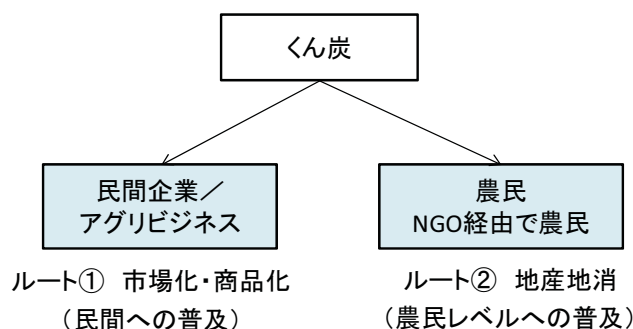


図 2-4-1：くん炭の普及戦略

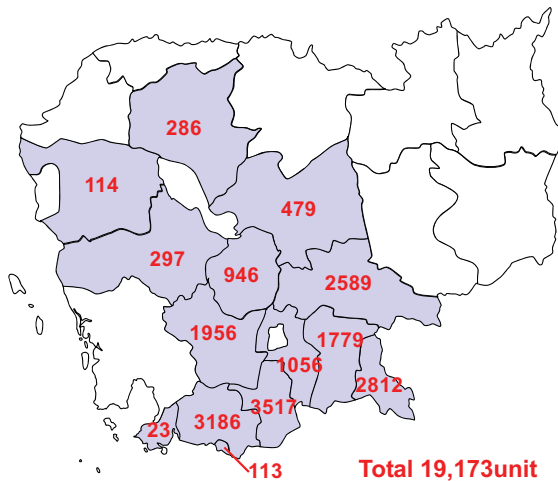
(出典：調査団)

i) ルート①：民間企業への普及を目的とした市場・商品化ルート

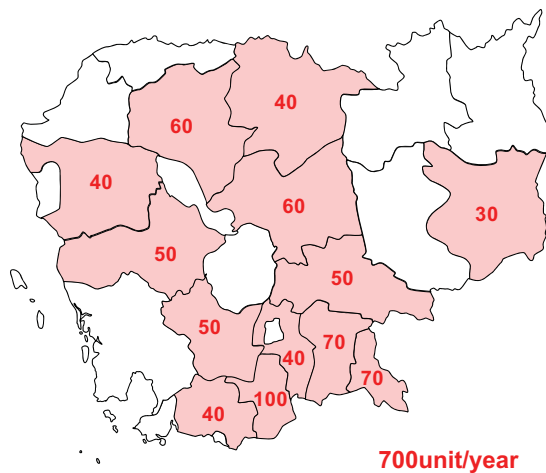
既にくん炭利用に関心を持つSOMA GroupやJFPなどの民間企業に対して、くん炭を販売していくルートが商業的な普及ルートになると考えられる。これらの企業は、高付加価値の作物を販売する販路を確保しており、くん炭を利用することにより化学肥料の少ない安全な作物栽培に関心を寄せている。このような商業的な企業に販売することで、くん炭の市場形成が出来ていくと考えられる。また、有名な企業がくん炭を利用することで、その評判も広がり易く普及効果が大きいと考えられる。

ii) ルート②：農民レベルへの普及を目的とした地産地消ルート

普及対象となる農民に対しては、まず堆肥の知識を持つNGOおよび篤農家（パイロット農家）との連携による、コンポストと組み合わせた普及方法が有効であると考えられる。現在カンボジア政府主導で、バイオスラリー（液体状の堆肥）やコンポストの普及が進められている。これまでNBPのバイオダイジェスターを導入した農村世帯は約2万戸あり、そのうち211世帯はコンポストハットを持ち、バイオスラリーの効果の試験に協力した経験がある。これらの農家に対して「くん炭は堆肥と同様の効果を持つ」と説明すれば、理解が早く、普及がしやすいと考えられる。同様にDALRM/MAFFのコンポスト小屋の導入農家にも同様の役割が期待できる。



バイオダイジェスター (2006-12 実績)



コンポスト小屋 (2013 年計画)

(2) 具体的な普及の方策

i) くん炭の供給拠点の整備

提案ODA案件 (第5章参照) において、くん炭普及拠点を2つの州に1カ所ずつ整備し、上述の2つのルートにくん炭を供給できる体制を整える。なお、これらの拠点以外の州には、MAFFとの協力のうえ、バッチ式炭化装置を販売や寄贈を通じて自助努力で広めていく。これまでの関西産業やMAFFなどによる販売・寄贈の活動により、2013年時点では10-20台程度の炭化装置がカンボジアでは導入されていると推定されるが、これをさらに推し進める。

ii) くん炭市場の形成促進

まず無償で多数のユーザー (民間企業および農家) に使ってもらい、効果を確認してもらったのちに、販売テスト (市場化テスト) を実施する。まず拠点の2州でくん炭に価格が付くようにし、その後他の州にも広げていく。当初は10-50米ドル/トンぐらいの価格を想定し、徐々に50-100米ドル程度を目指す。



くん炭のパッケージの例 (MAFF)



パッケージの成分標記の例

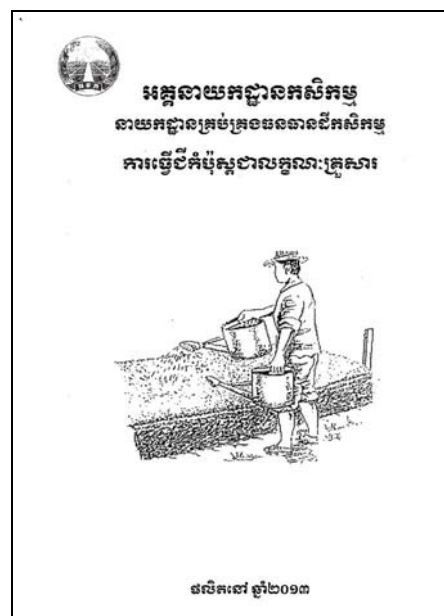
iii) くん炭のマニュアル作成

本件の試験栽培の結果と、関西産業の日本での40年以上の経験に基づいて簡易版の使用

マニュアルを作成し、プロモーションで利用できるようにする。指導者向けと農家向けの両方をクメール語で整備する。下に示すようにMAFFのバイオスラリーとコンポストについてはすでにマニュアルが整備されている。くん炭についても簡易版のマニュアルとは別に、より本格的なものを、バイオスラリーやコンポストとの連携を想定して、整備して行く必要がある。



カンボジア用のくん炭マニュアル（案）



MAFF のコンポストマニュアル

2-4-2. 炭化装置の普及戦略

(1) 販売対象

日本国内における米の流通は、全農を頂点とした農協による籾の集荷、乾燥、籾摺りまでの加工と民間の食品会社による玄米からの精米加工が分離しており、関西産業の籾殻炭化設備は、全農の指定商品として前者の農協が運営する米穀共同乾燥調整施設に導入されている。一方、カンボジアにおいては、民間の精米所が籾摺りから精米までを一貫して加工するのが一般的であり、籾殻炭化装置についても購入・設置ユーザーの多くは、その精米所であると考えている。そこで、現在は比較的大きな精米所や農業法人を対象に普及の可能性調査を進めている。

(2) 進出日系メーカーとのコラボによる販促

既に現地での事業を開始している進出日系メーカーとも情報を共有しながら、チーム日本による精米加工と籾殻利用のコラボ商品としての普及も視野に入れている。この場合、既に現地で工場を持つタイワ精機が、将来的には日本の乾燥機メーカーとの技術提携による現地製造を検討していることから、そのメーカーと提携し、プラント式炭化装置の現地製造と乾燥機とのセット販売ができる体制も将来的な事業展開として有効であると考えている。

(3) くん炭買取り方式による販促

関西産業は、日本国内においてはプラント式炭化装置を導入したユーザーから製品である籾殻くん炭を流通可能な価格で買い取り、園芸資材店や個別の野菜農家などに転売する事業形態を構築しており、初期の炭化装置普及に大きく寄与した実績がある。カンボジア国内においても日本と同じような買取り方式を実現するために、販路・ユーザーを確保する。

(4) 地域的な特徴

プラント式炭化装置の普及戦略を考える上で、籾殻の価格競争も影響すると考えられる。他産業での利用状況は、地域的にも特徴がある。現在の籾殻の価格をみると、以下のような傾向が見られる。北西地域は、籾殻発生量が多く籾殻を利用する産業が少ないことから、余剰籾殻は廃棄されているもしくは無料で取引されている場合が多い。一方で、中央および南東部は、カンポット州に位置するカンボジア最大のセメント工場をはじめ、燃料としての籾殻需要が多いため籾殻に高い価格がついている。よって、原料確保という観点からは、北部地域を対象とするのが有効と考えられる。

表 2-4-1：地域別の籾殻価格

州名	価格	州名	価格
バンテイミンチェイ	無料	プノンペン	US\$15
バットアンバン	無料	カンダル	US \$22
プルサット	無料	タケオ	US \$15-25
カンポントム	US \$7	プレイベン	US \$15-20
カンポンチャム	US \$16-18	スバイリエン	US \$7

(出典：調査団)

2-4-3. 市場規模および需要

(1) 市場規模

カンボジアにおける炭化装置の導入先となる精米所の現状把握は以下の通りである。カンボジアの精米所の統計に関しては、管轄する鉱工業エネルギー省（MIME）に登録制度があるものの、実際には登録していない精米所や、既に稼働を停止している精米所などもあり、実態の把握が困難である。よって、これまでの関連調査資料⁵および事前調査での現地関係者からのヒアリング等から、現在稼働している精米所数を以下のように推定する。

表 2-4-2：規模別の精米所数（2013年推定）

セグメント	規模	精米レベル	精米所数
1) 大規模	10トン/時以上	直接輸出	10 程度
2) 中堅	4-8トン/時	輸出企業の下請け	40 程度
3) 中小規模	1-2トン/時	国内市場向け	200-300 程度
4) 零細	1トン/時以下	地元の消費者向け	1,000-1,500 程度

(出典：調査団)

⁵ JICA、2012年「カンボジア国における戦略的食品加工の創出と本邦食品関連ビジネスの進出促進のための情報収集・確認調査」

将来的な精米所数を、追加的な精米処理量と精米処理能力から算出することとする。追加的な精米処理量は、現在、籾のままで流出している500万トンを目安で精米すると想定する。また、精米処理能力という点では、長期的には、小規模精米所は淘汰されていき、精米所は大型化され集約されていく傾向にある。また、近年の中小精米所の規模拡大や中堅および大型精米所の増設傾向から、追加精米量をすべて中堅以上の精米所が処理することと仮定する。同規模の精米所の年間精米量が2万トン程度とすると、250か所の増設が見込めることになる。

(2) 需要

精米所の実態としては、中小規模の精米所は、老朽化した精米施設の更新を第一優先する傾向にあり、追加的に籾殻くん炭装置を購入する資金的な余裕がないというのが現状である。他方、中堅から大規模精米所については、既に近代的な施設への更新や増設が盛んに行われており、追加投資のための資金確保も容易である。炭化装置の主要な想定顧客としては、中堅以上の精米所を想定している。

なお、中堅および大規模精米所においては、これまでの天日干し乾燥から機械乾燥への転換が進められており、乾燥機の導入が進められている。今後もその傾向は顕著に進むと考えられる。そのため、今後、乾燥機の購入を検討している精米所に対して、炭化装置を利用したくん炭製造とともに乾燥機に熱風を利用出来る、乾燥機接続型炭化装置の導入が効果的であると考えている。また、既に乾燥機を導入している精米所に対しても、副産物となる籾殻灰が籾殻くん炭になることによる収益の向上を考えると、既存の乾燥機付属の燃焼器を交換する形での需要もターゲットにできると考えられる。

(3) 販売計画と売上規模

これまでの調査結果から、現時点での中堅大規模精米所の増設ラインは、2012年および2013年で年間15台程度⁶であることから、当面の間は、10台のペースで増強が進むと考えられる。そのため、本事業の販売計画では、潜在顧客となる比較的大型の精米所が約100ヵ所あるとしてそれらの精米所に約10年かけて販売していくと計画し、初年度は年間5台、2年目に10台販売する計画とし、3年目以降も10台程度の販売を目指す。なお、カンボジア国内での販売に合わせて隣国への輸出販売も視野に入れることとする。

売上規模は、下表により、2018年以降は毎年10台程度の売上を炭化装置の導入として計画しており、1台あたりの販売価格を2,000万円とした場合、売上規模は2億円程度を見込んでいる。輸出先としては、JICA草の根技協案件として東京農工大がくん炭の利用技術の普及を行ったベトナムを有力候補として考えている。ベトナムでは東京農工大の2008年から2013年の取り組みでくん炭の認知度は上がっており、さらに今後関西産業が自助努力で普及の取り組みをしていくことで、カンボジアの次に目指すべき市場になると考えている。

⁶ 2011、2012年世界銀行の大規模精米所増設予定調査から、中堅以上の精米所数は、2011年:22件、2012年:37件となっている。また、調査団収集資料では、2013年:50件である。

表 2-4-3：炭化装置および乾燥機接続型炭化装置の販売計画（累積）

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
カンボジアの潜在顧客数（精米所）*	50	60	70	80	90	100
カンボジアでの販売数（台）			(1)		5	10
隣国への輸出販売数（台）						5

注）括弧内の数字は ODA 関連の販売、括弧なしの数字は商業ベースの販売。

（出典：調査団）

2-5. 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

2-5-1. 事業実施体制

(1) 基本の事業モデル

プラント式の炭化装置を中・大規模の精米所に販売することが基本的な事業モデルである。まずくん炭の市場形成を進め、プラント式炭化装置販売の下地をつくる。バッチ式では実質的な利益は期待できないが、草の根レベルでの普及のため廉価で販売していく。

くん炭に市場価格がつくようになった地域から、商業ベースでのプラント式炭化装置の販売を開始する。この段階では、現地工場にて現地生産を開始する。事業としては、現地パートナーとの合弁事業とし、プラント式炭化装置の組立・設置事業を行う。コア部品は日本から輸入し、カンボジアで部材調達網を構築し、タイ・ベトナムからも一部調達する。

(2) 実施体制

i) 第1段階：業務提携

プラント式炭化装置では関西産業は技術指導、コア部材の供給を行い、現地パートナー（ICM Co., Ltd）は設置、営業・販売を行う。

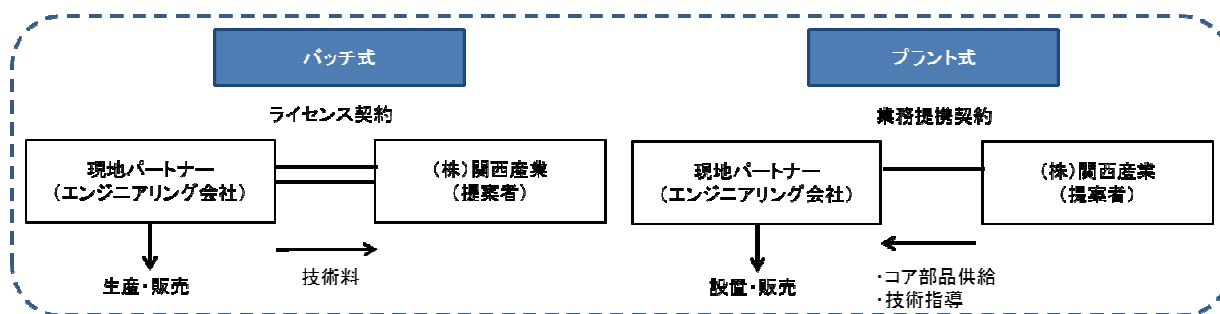


図 2-5-1：実施体制（業務提携）

（出典：調査団）

2) 第2段階：合弁事業

商業ベースでの販売の目処が立った時点で、右図の通り、合弁会社を設立する。製造拠点は、現地パートナーの土地に増築する。投資額は3,000万円、うち運転資金は1,000万円を想定している。

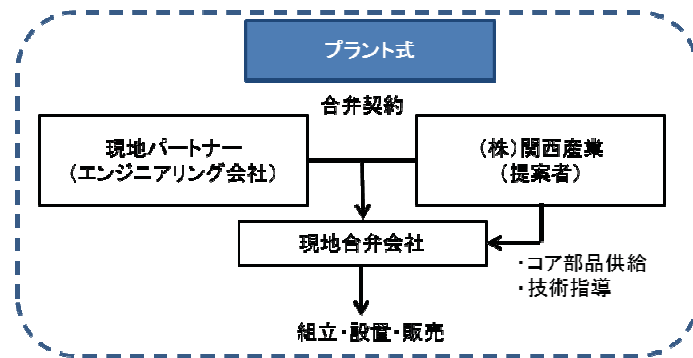


図 2-5-2：実施体制（合併事業）
（出典：調査団）

プラント式炭化装置の現地製造については、プラントのカバーや台など加工が容易な部材はカンボジアで現地調達し、より高度な部材はベトナム、タイから調達し、コスト削減を図る。本件調査のコンサルティング会社はタイ、ベトナムでの部品企業・裾野産業の調査経験が豊富にあるため、確保の目途は概ねついている。人材については、大量生産型の商品ではないため確保は困難でなく、当面は現地パートナーの既存の人材を 5-10 人増やせば十分である。

2-5-2. 事業化のスケジュール

事業化のスケジュールを下図に示す。

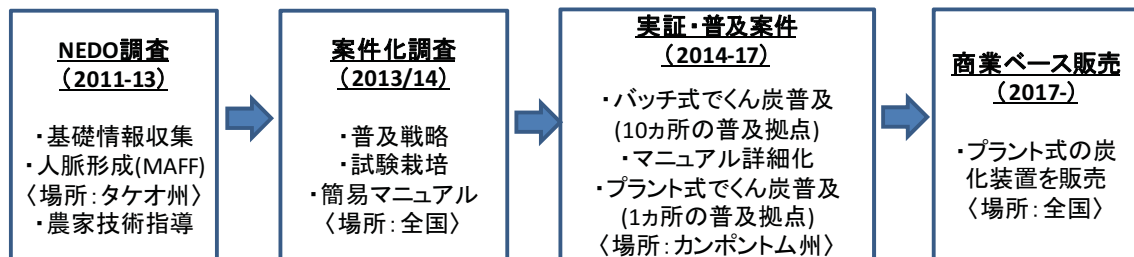


図 2-5-3：事業化のスケジュール
（出典：調査団）

第1段階：NEDO事業は、基礎情報を収集し人脈形成を行い、今後の事業展開の基礎となった。エネルギー的側面を検証したこの事業の中では、タケオ州にプラント式炭化装置を導入した。同プロジェクトは既に終了しており、同プラントは現地の民間企業の所有となっているため今後の普及実証事業などでは直接活用はできないが、今後のくん炭普及の上での一助にはなりうる。

第2段階：本案件化調査では、今後のくん炭の普及戦略および事業展開の見通しを立てるとともに、試験栽培に基づく簡易版のくん炭利用マニュアルを作成した。このマニュアルは将来のODA案件化の際やMAFFの通常の業務において現地農民に配布するマニュアルの基礎となるものである。試験栽培の結果は、MAFFと共有し、今後政策的にくん炭をプロモーションしていくための根拠・データとする。

第3段階：くん炭の全国的な普及には、バッチ式だけでなくプラント式で大量生産の体制を整える必要があり、プラント式炭化装置の販売・普及のためには、まずくん炭の市場と価格が形成され、くん炭メーカーが自由に販売できる状況を整える必要がある。本案件化調査で提案する実証・普及事業では、この市場化テストを普及活動の一環として行う。すでに萌芽のあるくん炭市場をこれにより強化・発展させる。また、本調査の簡易マニュアルを作物別に詳細化していき、より詳細なマニュアルを作成する。また、くん炭が政策的に土壌改良材として指定されるように、MAFFへの働きかけも継続する。

以上の3段階で、民間事業として展開するための外堀がすべて埋まると言える。この3段階を2017年までにスピーディーに完了させ、2017年以降にプラント式炭化装置を民間ベースで販売していく計画である。

2-6. リスクへの対応

2-6-1. 想定していたリスクへの対応結果

(1) くん炭の認知

本事業は、籾殻炭化装置から生産されるくん炭にどれほどの価格がつくかが重要なポイントとなる。本調査の栽培試験の結果から、化学肥料を半分にしてもくん炭を施すと同様の生産性が確保できることが確認できたことから、理論的には削減される化学肥料と同等の価値があると考えられる。ただし、くん炭の効果が認知されユーザーに受け入れられるには時間がかかることが想定される。

そのため、初期段階においてNGO等を通じて農民に対する普及活動を行い、加えて将来的な大口ユーザーとなる民間企業への普及活動も並行して実施する。既にくん炭利用に関心を持つ民間企業からは、提案するODA事業において協力が得られることを確認している。さらに、カウンターパートであるMAFFや関係省庁と協力して、セミナー等を開催することにより、政府レベルでの認知度を高めることも重要な普及戦略であると考えている。

(2) 籾殻原料の調達

プラント式炭化装置の原料となる籾殻の価格高騰は、原料調達コストがかかるという面でリスクになると考えられる。調達コストを考えると、輸送料をかけて籾殻を集めるのは現実的ではない。そのため、装置の導入先としては、十分な籾殻が発生する精米所に導入し、精米過程で発生した籾殻を利用することで原料を確保することが重要となる。記述の通り、籾殻の価格も地域的な特徴があることから、当面は籾殻の価格が比較的安価な地域を対象として事業を進めることも戦略の一つであるということが出来る。

(3) 法務・知財

現地パートナーとは知財など技術流出や技術料の支払いなどで争いになるリスクが考えられる。こうしたリスクを避けるために、各種の契約を締結する際には弁護士や現地事情に詳しいコンサルティング会社に相談し、必要に応じて現地で特許申請すると共に、コア

部品・技術は日本からの供給にして対応する。

2-6-2. 新たに顕在化したリスク及びその対応方法等

(1) 将来的な類似製品との競合

これまで欧米系のドナーは、ガス化発電装置の副産物としての籾殻灰を炭素固定のために利用し CO₂ の削減を目的に活動してきた。現在は、次第に土壌改良材としての利用も研究が始められている。成分比較では炭素量に差異がみられ、作物への効果も異なると考えられる。

将来的に、ガス化炉からの籾殻灰が籾殻くん炭として利用されるようになった場合は、籾殻灰と籾殻くん炭の製品に、適切な炭素表示を付ける等で差別化を行うとともに、普及する際に適切な利用方法について指導することが重要である。この点については、いずれもカウンターパートが DAEng で同一なため、今後も理解を得、協力する方向で関係性を築いている。なお、現地での市場を見極めつつ、ガス化炉装置の普及が進むようであれば、炭素比率の高い籾殻くん炭が製造できるような燃焼炉を開発し、技術提携するということも検討する。

第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）

3-1. 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動の概要

3-1-1. 試験栽培の概要

(1) 試験場所と対象作物

- 1) タケオ州：農林水産省（MAFF）農業エンジニアリング局（DAEng）試験場および周辺
- 2) カンダール州：MAFF 試験場および周辺
- 3) バットンバン州：MAFF・DAEng 試験場および周辺



図 3-1-1：試験栽培の実施場所

（出典：調査団）

(2) 試験内容と結果

くん炭をつかった試験栽培を各作物および各試験地で実施し、収量や植物の身長など生産性に関連するデータを収集し、くん炭の効果を検証した。試験は、くん炭の投入量がゼロ、中量（4 トン/ha）、多量（10 トン/ha）および科学肥料が少量と大量という条件を組み合わせ、6通りの栽培条件下で栽培した。

ほとんどの作物の試験結果から、「化学肥料を半分に減らして、くん炭を入れれば収量が維持できる」ことが示唆された。また、同一の化学肥料投入条件においてくん炭投入量を増やした場合、増収効果が多くの作物で示された。特に野菜に置いて効果が強いことが示された。

3-1-2. 試験栽培の詳細

(1) 目的

1) 籾殻炭（くん炭）の作物生育への効果を明らかにする。作業仮説は「くん炭を適用することにより化学肥料の投入量を減らしても収量が維持されうること」であり、これを実証する。

2) 試験結果と日本でのこれまでの経験をもとに、くん炭の使用マニュアルを作成する。農家で使用してもらうものと、指導者用のものを作成する。

(2) 対象作物

1) 米：

稲作はカンボジア農業の中心であるため選択した。

2) トウモロコシ・大豆

日本の経験では大豆においてよくくん炭の効果が確認されているため、選択した。トウモロコシはカンボジアの主要作物の一つであるため、選択した。

3) 野菜（葉物）

日本の経験では野菜などの園芸作物において最もよくくん炭が利用されているため選択した。

4) キャッサバ

MAFF/DAEng によると、キャッサバが栽培されている畑作地域は土壌管理が上手くできていないため、是非試験をしたいとの要望があったため、選択した。

(3) 試験の場所

1) 米：タケオ州 MAFF/DAEng 試験場

タケオ州は稲作の主要産地の一つであり、本件のカウンターパートである MAFF/DAEng の Kbal Phor 試験場があり、圃場の提供や栽培管理の協力を受けることができるため、選択した。

当試験場は、下図の通りタケオ州の州都から西方に 110 号線で 10km ほどの距離に位置する。



タケオ州の試験場の場所

タケオ州の試験場

この試験場の土壌をサンプリングし、MAFF/National Agricultural Laboratory で分析を依頼した。その結果を下表に示す。タケオ州の土壌は、比較的砂質で、比較的新しい沖積地でありながら非常に貧栄養な土壌である。pH (H₂O) 4.3 で交換性 Al が 1.5me/100g というのは酸性障害が出るほどの強酸性である。水田で湛水してもあまり pH が上がらず、酸性矯正が必要と考えられる。全リン酸が乏しいのに有効態リン酸が比較的多いのは施肥の結果ではないかと考えられる。この土壌は基本的な肥沃度の改善が必要で、くん炭だけで改善できる場所は限られる。

表 3-1-1：タケオ州の土壌の分析結果

分析項目		値
陽イオン (m.e/100g Soil) (IM Ammonium Acetate pH=7)	Ca	2.45
	MG	1.54
	Na	0.22
	K	0.40
交換性塩基 (m.e/100g 土)		4.61
塩基飽和度 (%)		46
置換酸度 (m.e/100g 土)		1.50
置換性 Al (m.e/100g 土)		1.04
pH (H ₂ O 1:5 (土:水))		4.30
pH (KCL 1:5 (土:IN KCL))		4.00
粒子径	(<0.002mm) 粘土 (%)	7.30
	(0.002-0.02mm) 細粒シルト (%)	21.70
	(0.02-0.05mm) 粗粒シルト (%)	14.85

(ピペット法)	(0.05-0.2mm) 細粒砂 (%)	48.06
	(0.02-0.05mm) 粗粒砂 (%)	8.68
水分 % (水分% / 105°C)		1.00
電気伝導度 (1:5 土 : 水)		20.10
全炭素 C % (Black Method)		16.65
全窒素 N % (Kjeldal Sulfurimethod)		1.40
C/N 比		12.00
有機物 (OM) (%)		2.86
全リン (P ₂ O ₅ ppm)		0.54
陽イオン交換容量 (C.E.C) (m.e/100g Soil)		181.00
1M CaCL ₂ 2H ₂ Oat (pH=7)		10.00

(出典：調査団)

2) 野菜・トウモロコシ・大豆：カンダル州 MAFF/DIC 試験場

カンダル州は園芸作物の主要産地の一つである。本件のカウンターパートである MAFF/DAEng はカンダル州に試験場を持っていないため、おなじ MAFF の DIC の Banteay Daek 試験場で圃場の提供や栽培管理の協力を受けた。

当試験場は、下図の通りプノンペンから 1 号線で 30km ほどの場所であり、地区名としては Kien Svay District、Banteay Daek Commune である。



カンダル州の試験場の場所

カンダル州の試験場

この試験場の土壌をサンプリングし、MAFF/National Agricultural Laboratory で分析を依頼した。その結果を下表に示す。カンダル州はメコンの自然堤防上のいい土壌を持つと考えられる。シルト質で扱い易い土なのでクン炭の効果は比較的出にくいかもしれない。現状では酸性の問題もなく、リン酸についても全リン酸がそこそこであるのに有効態リン酸は

(施肥の効果があるのかもしれないが) 比較的高いと言える。この土はもう少し有機物を施用し、適切に施肥をすれば園芸作物を作るのに適した土壌となる。

表 3-1-2 : カンダル州の土壌の分析結果

分析項目		値
陽イオン (m.e/100g Soil) (1M Ammonium Acetate pH=7)	Ca	8.40
	Mg	2.60
	Na	0.28
	K	0.55
交換性塩基 (m.e/100g 土)		11.83
塩基飽和度 (%)		62
置換酸度 (m.e/100g 土)		0.55
置換性 Al (m.e/100g 土)		0.20
pH (H ₂ O 1:5 (土:水))		6.60
pH (KCL 1:5 (土:IN KCL))		6.00
粒子径	(<0.002mm) 粘土 (%)	12.60
	(0.002-0.02mm) 細粒シルト (%)	31.90
	(0.02-0.05mm) 粗粒シルト (%)	20.11
(ピペット法)	(0.05-0.2mm) 細粒砂 (%)	33.69
	(0.02-0.05mm) 粗粒砂 (%)	0.80
水分 % (水分% / 105°C)		3.50
電気伝導度 (1:5 土:水)		23.50
全炭素 C % (Black Method)		20.65
全窒素 N % (Kjeldal Sulfurimethod)		1.75
C/N 比		12.00
有機物 (OM) (%)		3.61
全リン (P ₂ O ₅ ppm)		0.74
陽イオン交換容量 (C.E.C) (m.e/100g Soil)		90.50
1M CaCl ₂ ·2H ₂ O (pH=7)		19.00

(出典：調査団)

3) 葉物野菜

野菜の試験栽培は当初計画ではカンダル州の MAFF 野菜試験場で計画していたが、長引く雨季の影響で試験場の予定地で冠水が続き、圃場準備ができなかったため、試験場のスタッフの個人農場の圃場を借りて実施した。場所はプノンペンから 20km ほどのところで、1 号線から 369 号線沿いに進んだ場所にある。地区名はカンダル州 Kien Svay District、Preaek Thmei Commune である。



4) キャッサバ：バタンバン州 MAFF/DAEng 試験場

バタンバン州はキャッサバの主要産地の一つである。本件のカウンターパートである MAFF/DAEng は同州の Toul Samroang 試験場に独自の施設・スタッフを持っており、試験圃場の提供や栽培管理の協力を受けられるため選択した。

当試験場は、下図の通り 5 号線でバタンバン州の州都から北に 30km ほどの場所である。



この試験場の土壌をサンプリングし、MAFF/National Agricultural Laboratory で分析を依頼した。その結果を下表に示す。バタンバンは台地的な地域であり、古い地形面上の堆積

物に由来する土壌としては東南アジア諸国でよく見られるものと考えられる。ただ中でも少し粘土含量が高いものである。ただし陽イオン交換容量 20、塩基飽和度 50%、pH (H₂O) 5、有機物 4.2%というのは少し酸性に偏っているが、日本にでもよくある土壌の一つである。農地として使うためには酸性矯正が必要である。全リン酸も 0.1%強というのは普通ですが、有効態リン酸が 70ppm は東南アジアの土壌としては比較的良い方である。こういう土で畑作をするような場合にクン炭は最も効果が出やすい。

表 3-1-3 : バタンバン州の土壌の分析結果

分析項目		値
陽イオン (m.e/100g Soil) (IM Ammonium Acetate pH=7)	Ca	6.50
	Mg	3.50
	Na	0.60
	K	2.00
交換性塩基 (m.e/100g 土)		9.60
塩基飽和度 (%)		43
置換酸度 (m.e/100g 土)		1.25
置換性 Al (m.e/100g 土)		0.87
pH (H ₂ O 1:5 (土:水))		5.00
pH (KCL 1:5 (土:IN KCL))		4.50
粒子径	(<0.002mm) 粘土 (%)	61.40
	(0.002-0.02mm) 細粒シルト (%)	24.05
	(0.02-0.05mm) 粗粒シルト (%)	6.21
(ピペット法)	(0.05-0.2mm) 細粒砂 (%)	5.23
	(0.02-0.05mm) 粗粒砂 (%)	3.10
水分 % (水分% / 105°C)		5.50
電気伝導度 (1:5 土:水)		34.50
全炭素 C % (Black Method)		24.62
全窒素 N % (Kjeldal Sulfurimethod)		2.10
C/N 比		12.00
有機物 (OM) (%)		4.23
全リン (P ₂ O ₅ ppm)		1.29
陽イオン交換容量 (C.E.C) (m.e/100g Soil)		70.00
1M CaCl ₂ ·2H ₂ O (pH=7)		21.00

(出典：調査団)

(4) 材料と栽培方法

1) 米

・試験のタイプ

まず苗床をつくり、育苗後に①圃場試験と②ポット試験に二つに分けて実施した。



本田



ポット試験

材料や方法は以下の通り。

- ・ 品種名：Chulasa

Chulasa はカンボジア政府の推奨 10 品種のうちの一つで、現地の通称で Neang Minh と呼ばれる早生の品種である。栽培管理で協力をしてくれたタケオ州 PDA の推薦により、選択した。

表 3-1-4：政府推奨 1 品種

流通精米品種	政府 10 品種	早晚性
Phka Malis	Phka Rumduol	中生
	Phka Rumdeng	中生
	Phka Romeat	中生
Phka Khney	Phka ChanSenSar	中生
Neang Khun	Riang Chey	晩生
Neang Minh	CAR4	晩生
	CAR6	晩生
	Chulsa	早生
	IR66	早生
Others	Sen Pidao	早生

(出典： JICA 農業振興調査 (2013 年 7 月))

- ・ 肥料：Urea、DAP

・ くん炭：前述のタケオ州の NEDO 案件の炭化装置で製造されたものから供与を受けて、利用した。代かきのタイミングで圃場に混ぜ込んだ。



くん炭の混入



くん炭の混入

- ・ 播種と植付の時期：播種 10 月 9 日、植付 10 月 23 日
- ・ 育苗：15 日間、苗床で育成の後、本田およびバケツに移植



育苗の様子

- ・ポットのサイズ：バケツ（直径 30cm、深さ 45cm）
- ・試験圃場：実験圃場は以下の通りに整備した。

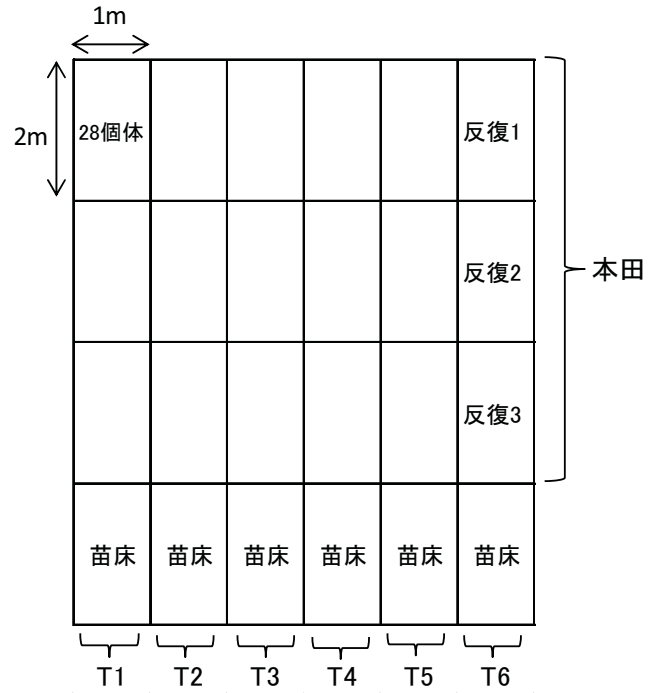


図 3-1-2：試験圃場

2) トウモロコシ・大豆

- ・トウモロコシ：播種 10 月 29 日
- ・大豆：播種 11 月 2 日
- ・圃場は両作物ともに以下の通りに準備した。

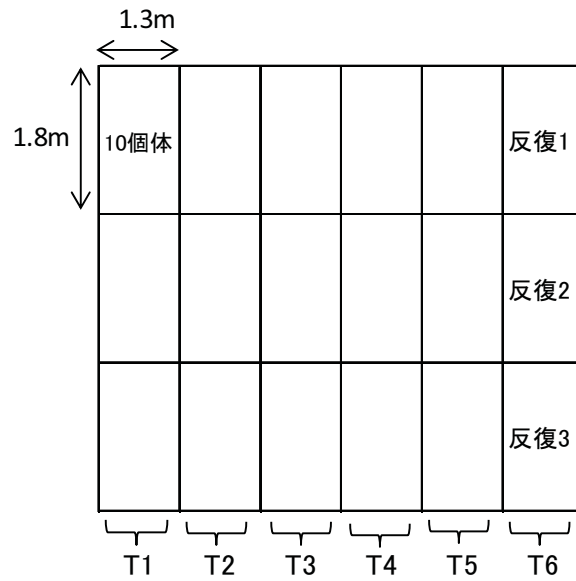


図 3-1-3：コーンと大豆の圃場

3) 野菜

・葉物野菜：播種 11月1日

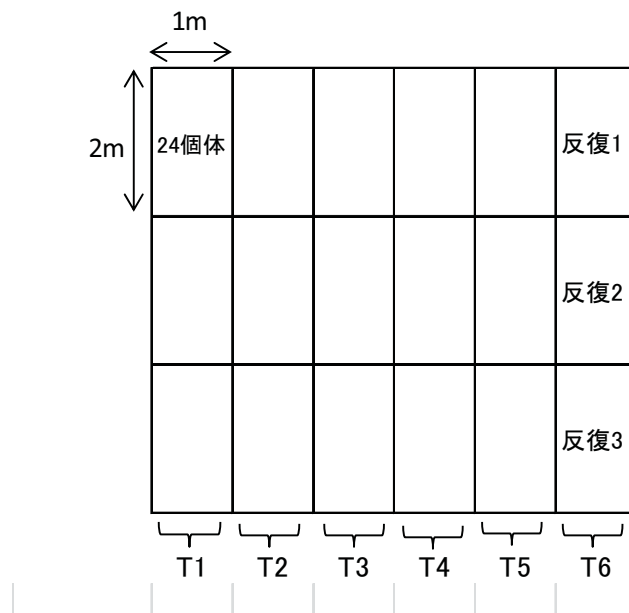


図 3-1-4：葉物の圃場

4) キャッサバ

キャッサバ：植付 10月31日

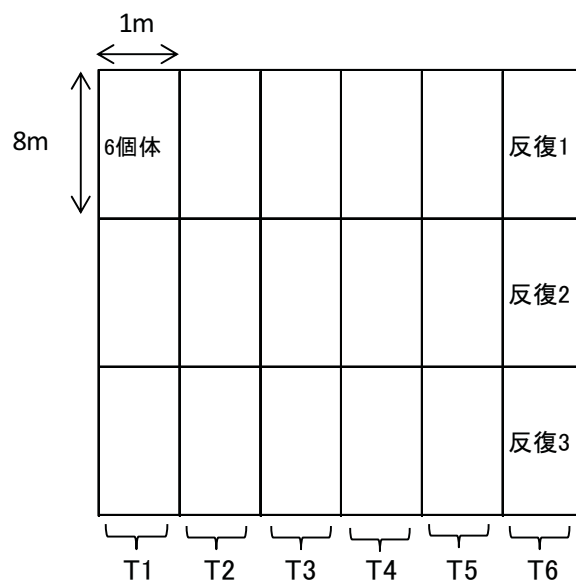


図 3-1-5：キャッサバの圃場

(5) 試験設計

試験の設計については、くん炭の投入量と肥料の投入量の組み合わせを 6 パターン (T1～T6) 設け、反復を 3 回とした。以下の通りとした。

1) 米

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
くん炭 (t/ha)	0	0	4	4	10	10
UREA (kg/ha)	75	150	75	150	75	150
DAP (kg/ha)	100	300	100	300	100	300

2) トウモロコシ・大豆

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
くん炭 (t/ha)	0	0	4	4	10	10
UREA (kg/ha)	30	60	30	60	30	60
DAP (kg/ha)	100	200	100	200	100	200

3) 野菜

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
くん炭 (t/ha)	0	0	4	4	10	10
UREA (kg/ha)	50	100	50	100	50	100
DAP (kg/ha)	100	200	100	200	100	200

4) キャッサバ

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
くん炭 (t/ha)	0	0	4	4	10	10
UREA (kg/ha)	10	10	30	30	10	10
DAP (kg/ha)	10	10	30	30	10	10

(6) 測定・分析方法

1) 測定方法

本試験栽培では、各作物について下のように測定しデータを収集した。

表 3-1-5 : データの種類と測定方法

作物	収集するデータ	収集方法
稲	①身長、②分けつ数 (報告書記載)	週に1回計測 (ランダムに10個体/ブロック)
	③収量 (2014年2月収穫予定)	収穫後に1回計測 (ランダムに10個体/ブロック)
大豆・ コーン	①身長	週に1回計測 (ランダムに10個体/ブロック)
	②収量 (2014年1月収穫予定)	収穫後に1回計測 (ランダムに10個体/ブロック)

野菜	①収量（2013年12月17日）	収穫後に1回計測 （ランダムに15個体/ブロック）
キャッサバ	①身長	週に1回計測 （ランダムに6個体/ブロック）
	②収量（報告書提出後）	収穫後に1回計測 （ランダムに6個体/ブロック）

（出典：調査団）

2) 分析方法

検討する作業仮説が「くん炭を適用することにより化学肥料の投入量を減らしても収量が維持されうること」であるので、肥料は多いがくん炭はゼロというケース（T2）と比較して、肥料が少ないがくん炭があるというケース（T3とT5）が同等の水準の成長性・修了生をみることで、栽培試験の結果を分析する。つまりT2とT3の比較およびT2とT5の比較が重要となる。この場合、T2が対照圃場（Control圃場）となる。これらの比較において統計的有意性があるかにつきてt検定を行う。

もう一つのアプローチとして、くん炭ゼロのT1とくん炭が入っているT3（ないしT5）の比較をすると、これらは施肥条件は同等なので、T3（ないしT5）の方が成長性・収量性が良好であれば、それは「くん炭の増収効果」を測定することを意味する。この観点からもくん炭の効果を検証する。

3-2. 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動の結果

3-2-1. 栽培試験結果

1) 米

本田およびポットにおける稲の生育状況を下に示す。



本田試験での生育状況



ポット試験での生育状況

表 3-2-1 : 本田各ブロックにおける稲の生育状況 (2013 年 12 月 6 日時点)

	地上部高さ (単位:cm)			平均値	分けつ数 (単位: 数)			平均値
	Block I	Block II	Block III		Block I	Block II	Block III	
T1	59	61	62	60	17	19	18	18
T2	61	59	62	61	19	17	18	18
T3	64	62	68	65	20	19	21	20
T4	63	64	63	63	21	20	20	20
T5	63	68	63	65	18	20	20	19
T6	70	73	70	71	19	24	28	23

(出典：調査団)

表 3-2-2 : ポット試験の各ブロックにおける稲の生育状況 (2013 年 12 月 6 日時点)

(単位:cm, 数)		バケツ 1	バケツ 2	バケツ 3	バケツ 4	平均値
T1	地上部高さ	85	72	81	82	80
	分けつ数	14	12	12	22	15
T2	地上部高さ	95	87	84	95	90.25
	分けつ数	18	21	17	18	18.5
T3	地上部高さ	102	91	78	87	89.5
	分けつ数	20	17	14	17	17
T4	地上部高さ	105	95	80	102	95.5
	分けつ数	24	27	31	23	26.25
T5	地上部高さ	92	97	88	93	92.5
	分けつ数	22	20	21	21	21
T6	地上部高さ	93	88	89	97	91.75
	分けつ数	22	30	25	26	25.75

(出典：調査団)

2) トウモロコシと大豆

トウモロコシの生育状況を下に示す。



表 3-2-3 : 各ブロックにおけるトウモロコシの身長 (2014 年 1 月 7 日時点)

	地上部高さ (単位:cm)			平均値
	Block I	Block II	Block III	
T1	181	169	164	171
T2	181	176	173	178
T3	201	187	187	192
T4	206	197	191	198
T5	206	208	193	202
T6	209	202	190	200

(出典：調査団)

大豆の生育状況を下に示す。



表 3-2-4 : 各ブロックにおける大豆の身長 (2014 年 1 月 7 日時点)

	地上部高さ (単位:cm)			平均値
	Block I	Block II	Block III	
T1	54	64	59	59
T2	55	69	60	61
T3	56	67	60	61
T4	55	64	58	59
T5	61	59	63	61
T6	63	57	68	63

(出典：調査団)

3) 葉物野菜

2013 年 12 月 17 日に収穫を行い、収量 (生重) を測定した。



表 3-2-5：各ブロックにおける野菜の収量

	1株当たりの重量 (単位: グラム)			平均値
	Block I	Block II	Block III	
T1	328	371	341	347
T2	366	415	386	389
T3	378	459	367	401
T4	367	485	417	423
T5	374	478	426	426
T6	450	476	482	469

(出典：調査団)

4) キャッサバ：

キャッサバの生育状況を下に示す。



表 3-2-6：各ブロックにおけるキャッサバの身長 (2013年12月18日時点)

	地上部の高さ (単位: cm)			平均値
	Block I	Block II	Block III	
T1	31	37	29	32
T2	44	38	34	39
T3	44	42	34	40
T4	41	34	47	41
T5	36	38	44	39
T6	43	39	34	39

(出典：調査団)

3-2-2. 試験の考察

1) 米

植物の身長：T2（肥料が多い＋くん炭なし）と比べて、T3（肥料少ない＋くん炭中量）と T5（肥料少ない＋くん炭多量）の方が高くなっている。

分けつ数：T2（肥料が多い＋くん炭なし）と比べて、T3（肥料少ない＋くん炭中量）と T5（肥料少ない＋くん炭多量）の方がやや多くなっている。このことは「肥料を少な目にしてもくん炭を入れれば分けつ数が増える維持ないし改善する」ことを示しており、分けつ数が増加は通常収量の増加をもたらすことが予想されるので、収量も維持ないし改善することが示唆される。

表 3-2-7：稲の圃場試験の有意性検定（T2-T3-T5）

サンプル数 (n=30)	T2 の平均値	T3 の平均値	T5 の平均値
身長 (cm)	60.8	64.5	64.6
分けつ数	17.9	19.8	19.3

(出典：調査団)

次に、T2、T4、T6 の比較によりくん炭の分けつ数への影響を見ると、対照となる T2 と比べて T4（4 トン/ha）は 13%、T6（10 トン/ha）では 30% の増加が有意に確認された。このため T4、T6 の双方で増収が予想され、より多くくん炭を入れた方がより増収効果が大きいことが示唆された。

表 3-2-8：稲の圃場試験の増収効果（T2-T4-T6）

サンプル数 (n=30)	T2 の平均値	T4 の平均値	T6 の平均値	T2 と T4 の有意性 (p)	T2 と T6 の有意性 (p)
身長(cm)	60.8	63.3 (4%)	70.9 (17%)	0.0028 (有意)	0.000 (有意)
分けつ数	17.9	20.3 (13%)	23.3 (30%)	0.0024 (有意)	0.000 (有意)

注) 表中の括弧内は T2 との比較における増加率を示す。

(出典：調査団)

ポット試験の結果では、身長は T2 と T3 に差はなく（T5 が高くなっているが）、圃場試験の結果と同様の結果となっている。しかし、分けつ数は T2 より T3 の方が少なく、逆に T5 は一番多くなっており、圃場試験の結果と同一の傾向には必ずしもなっていない。

表 3-2-9：ポット試験の結果の比較（T2-T3-T5）

サンプル数 (n=4)	T2 の平均値	T3 の平均値	T5 の平均値
身長(cm)	90	90	93
分けつ数	19	17	21

(出典：調査団)

2) トウモロコシと大豆

T2 と T3 (あるいは T5) の身長と比較では、トウモロコシでも稲と同様に T3 の方がむしろ高いという結果になっている。

表 3-2-10：トウモロコシの圃場試験結果の比較 (T2-T3-T5)

サンプル数 (n=10)	T2 の平均値	T3 の平均値	T5 の平均値
身長(cm)	178	192	202

(出典：調査団)

T2 との身長と比較においても、T4 では 12%、T6 では 13% の増大となり、稲と同様の結果となった。

表 3-2-11：トウモロコシの圃場試験の増収効果 (T2-T4-T6)

サンプル数 (n=10)	T2 の平均値	T4 の平均値	T6 の平均値	T2 と T4 の有意性 (p)	T2 と T6 の有意性 (p)
身長(cm)	178	198 (12%)	200 (13%)	0.00 (有意)	0.00 (有意)

(出典：調査団)

大豆の T2-T3-T5 の比較では、稲・コーンと同様に T3 と T5 でも T2 と同等の結果が得られたが、統計的有意性は認められなかった。

表 3-2-12：大豆の圃場試験の結果の比較 (T2-T3-T5)

サンプル数 (n=10)	T2 の平均値	T3 の平均値	T5 の平均値
身長(cm)	61	61	61

(出典：調査団)

大豆の T2-T4-T6 の比較では、稲・コーンの結果とは異なり、T4 は T2 よりわずかに低くなった (あるいは身長増大効果はほぼなかったと言える)。ただし T6 では 3% の増加が見られた。

表 3-2-13：大豆の圃場試験の増収効果 (T2-T4-T6)

サンプル数 (n=10)	T2 の平均値	T4 の平均値	T6 の平均値	T2 と T4 の有意性 (p)	T2 と T6 の有意性 (p)
身長(cm)	61	59 (-3%)	63 (3%)	0.47 (有意でない)	0.53 (有意でない)

(出典：調査団)

3) 葉物野菜

野菜の T2 と T3 (および T5) の比較では、稲・コーン・大豆と同様に T3 (および T5) の方がむしろ T2 より収量が高かった。

表 3-2-14：野菜の圃場試験の結果の比較 (T2-T3-T5)

サンプル数 (n=45)	T2 の平均値	T3 の平均値	T5 の平均値
収量(gram)	388.8	401.3	425.8

(出典：調査団)

T2-T4-T6 の比較では、T4 では9%、T6 では21%の増収効果が有意に確認できた。ha 当たりのくん炭量は4トンより10トンの方がより増収効果が高いことが野菜でも示された。

表 3-2-15：野菜の圃場試験の増収効果 (T2-T4-T6)

サンプル数 (n=45)	T2 の平均値	T4 の平均値	T6 の平均値	T2 と T4 の有意性 (p)	T2 と T6 の有意性 (p)
収量(gram)	388.8	422.7 (9%)	469.3 (21%)	0.008 (有意)	0.000 (有意)

注) 表中の括弧内は T2 との比較における増加率を示す。

(出典：調査団)

4) キャッサバ

T2 と T3 (あるいは T5) の比較においては、他の品目と同様に T3 と T5 で身長は維持ないし改善されている。

表 3-2-16：キャッサバの圃場試験の結果の比較 (T2-T3-T5)

サンプル数 (n=6)	T2 の平均値	T3 の平均値	T5 の平均値
身長(cm)	38.5	39.7	40.9

(出典：調査団)

T2-T4-T6 の比較では、ポジティブな効果が認められるが、特に T6 では大きな効果ではない。また、サンプル数が少ないため、有意性は確認できなかった。

表 3-2-17：キャッサバの圃場試験の増収効果 (T2-T4-T6)

サンプル数 (n=6)	T2 の平均値	T4 の平均値	T6 の平均値	T2 と T4 の有意性 (p)	T2 と T6 の有意性 (p)
身長(cm)	38.5	40.9 (6%)	38.7 (0.4%)	0.46 (有意でない)	0.96 (有意でない)

注) 表中の括弧内は T2 との比較における増加率を示す。

(出典：調査団)

3-2-3. 現地政府の反応・意見

関西産業は2014年1月27日にプノンペン市において本調査の結果を、MAFFをはじめ関係者を招いて発表を行った。セミナーの内容は下表の通り。セミナー参加者からは、化学肥料が半減しても収量が維持できる点が、高い評価を受け、「色々な異なる条件でも同様の結果ができるか？」などの質問もあり、さらになる調査・研究の期待が示された。サイトを訪問した参加者からは「目に見える効果を実感できた」などのコメントがあった。

表 3-2-18：セミナーの内容

時間	内容	発表者
9:00-9:15	歓迎の辞	Dr. Chan Saruth, Director of DAEng/MAFF
9:15-9:30	基調講演	関西産業・梅澤氏（専務）
9:30-9:45	開会の辞	H.E. So Khan Rithikun, Director of GDA/MAFF
9:45-10:45	日本におけるくん炭の取り組み（発表）	日本バイオ炭普及協会長・小川氏
11:00-11:30	カンボジアでの試験栽培の報告（発表）	関西産業・児島氏
11:30-12:00	関西産業のくん炭の精算・利用法（発表）	関西産業・梅澤氏（専務）
12:00-12:30	カンボジアにおけるくん炭の取組（発表）	Dr. Chan Saruth, Director of DAEng
14:00-17:00	試験栽培サイト訪問（カンダル州）	関西産業チーム

（出典：調査団）



セミナーの実施状況 1



セミナーの実施状況 2

また、2014年1月23日にタケオ州でMAFF（DAEng）と共同でくん炭のプロモーション活動を実施した。会場には120名の農家に集ってもらい、籾殻くん炭の使用方法について講義を行い、実技指導をした。また、NEDO案件で炭化装置を導入した民間の精米業者に協力を得て、同精米所に設置してある炭化装置を案内し、参加者に見学してもらった。会場にはTV局の取材がきており、参加者だけにとどまらないプロモーション効果があった。



プロモーション活動の実施状況 1



プロモーション活動の実施状況 2

3-3. 採算性の検討

(1) 現地製造モデルの炭化装置

カンボジアにおける事業では、乾燥機接続型の炭化装置を現地化しコストダウンしたモデルを普及する計画である。普及モデルとして検討している毎時300kgの炭化装置は、日本の販売価格で、約4,000万円である。現地製造によるコストダウンについては、段階的に進めていくことになると想定しているが、本調査の中で検討出来る範囲では、部材をベトナムから調達した場合の現地販売価格であり、現時点では約2,000万円と考えられる。項目別のコスト削減方法としては以下を想定している。ただし、今後、さらにコスト削減に努める方針であり、本格的な販売段階においては、類似製品と同様の価格帯まで販売価格を下げることを検討している。

表 3-3-1：コスト削減方法

項目	コスト削減方法
1. 籾殻搬送装置	製缶の現地化、駆動機も現地購入
2. 炉本体設備	製缶の現地化、耐火材の現地化
3. 燃焼設備	駆動機の現地購入
4. 集塵設備	製缶の現地化
5. くん炭消火設備	製缶の現地化、駆動機も現地購入
6. 制御設備	現地購入
7. 熱交換器	現地加工
8. 輸送、据付工事	部材の現地化

(出典：関西産業㈱)

(2) 採算性の検討

上記の栽培試験結果から、くん炭の肥料削減効果をくん炭の価格と想定して、プラント式炭化装置を導入した精米所のくん炭製造事業の採算性を検討する。

ここでは、プラント式炭化装置の導入価格として、本調査の中で確認できた現地販売価格2,000万円を利用して算出することとする。収益としての経済価値については、炭化装置

からのくん炭生産量と、乾燥機への熱供給量から算出する。下表の収益分析モデルの想定は、年間くん炭生産量200トン（1日8時間、年間250日稼働）とした場合のものであり、精米規模で考えると、年間籾ベースで4,000トン程度となる。なお、設備投資の資金調達については、カンボジアの場合は金利が高いため、通常は銀行借入れを行わず親族や知人から資金を工面するケースが多い。ただし、ここでは大手精米所が銀行借入で設備投資を行った際のケースを用いて、利子10%で5年返済と想定した。この場合、導入後5.5年目で投資回収できる計算となる。

表 3-3-2 : 炭化装置を導入した場合の採算性

	1	2	3	4	5	6	備考
1. 借入	200,000						
2. 収益（経済価値）	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250	
(1) くん炭による肥料削減効果*1	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	20ton×US\$500
(2) 熱供給*2	46,250	46,250	46,250	46,250	46,250	46,250	18.5L×8hr×250day
3. 運転費用	6,120	6,120	6,120	6,120	6,120	6,120	
(1) 人件費	1,920	1,920	1,920	1,920	1,920	1,920	1人(US\$160/人月)×12カ月
(2) 電力	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	10kW(US\$0.21/kWh)×8hr×250日
4. ローン返済	60,000	56,000	52,000	48,000	44,000	0	
残高	200,000	160,000	120,000	80,000	40,000	0	
(1) 元金	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	0	
(2) 利子(10%)	20,000	16,000	12,000	8,000	4,000	0	
5. 税引前当期純利益	-9,870	-5,870	-1,870	2,130	6,130	50,130	
6. 法人税(20%)				426	1226	10026	
7. 単年度利益	-9,870	-5,870	-1,870	1,704	4,904	40,104	
8. 累積利益	-9,870	-15,740	-17,610	-15,906	-11,002	29,102	
9. 追加投資の回収年数(年)						0.554807	

(出典：調査団)

*1：肥料削減効果の算出方法は、以下の通り。

$$\text{くん炭年間生産量 } 0.1 \times 8\text{hr} \times 250\text{hr} = 200\text{ton}$$

$$\text{くん炭施用面積 } 200\text{ton}/10\text{ton}=20\text{ha}$$

$$\text{肥料削減量 } 20\text{ha} \times 1\text{ton}=20\text{ton}$$

$$\text{肥料削減効果 } 20\text{ton} \times \text{US\$}500=10,000$$

*2：熱供給量の算出方法は以下の通り。

$$30\text{ton の籾を乾燥させるのに必要な熱量 } 30,000\text{kg} \times 7\% \times 600\text{kcal}=1,260,000\text{kcal}$$

$$1,260,000/8,500 \times 250\text{day} \times \text{US\$}1.25=46,250$$

第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

4-1. 提案製品・技術と開発課題の整合性

4-1-1. くん炭と化学肥料

提案製品・技術であるくん炭は土壌改良剤であり、肥料そのものではない。そのため、くん炭自体に肥料成分が含まれている訳ではないので、化学肥料の直接の代替品ではない。しかし、くん炭は土壌の物理性を改善する効果があり、特に土壌の「肥持ち」特性を改善する。このメカニズムとしては、くん炭が圃場に投入された肥料成分を一時的に吸収・保持し、徐々にリリースしていくことである。このため、くん炭の普及は化学肥料の投入量を抑制し、農業の生産費を抑制することにつながる。

第1章で見た通り、カンボジアでの化学肥料が近年急増しており、下表にも示されているように、カンボジアでも化学肥料の消費が稲作だけでなく、トウモロコシ、キャッサバ、野菜などの作物でも稲作並みに利用されるようになってきている。

表 4-1-1：作物別の化学肥料の消費量 (kg/ha)

	2007	2008	2009	2010	2011
乾季米	232.9	245.9	181.4	229.2	183.7
雨季米	108.8	79.1	156	115.5	118.1
トウモロコシ	138.7	132.2	75.5	107.4	133.8
換金作物	163.5	174.4	125.1	146.1	112.1
キャッサバ	48.2	73.5	77.1	151.5	92.8
野菜	330.2	212.0	247.9	277.5	192.8
その他の作物	222.4	107.7	192.4	187.6	145.6

(出典：IFPRI 2013)

さらに下図が示すように、2005～2006年時の化学肥料の価格と比べて、近年の倍近くに価格が高くなっており、農家の生産コスト増に拍車をかけている。

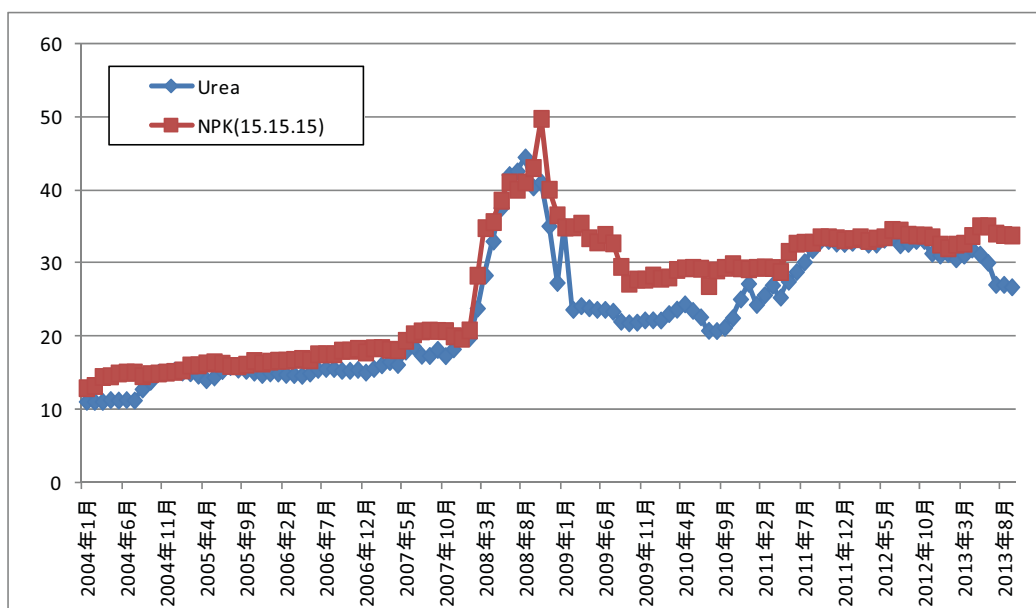


図 4-1-1：カンボジアの化学肥料の小売価格（カンダル州）（単位：米ドル/トン）
（出典：IFPRI）

4-1-2. くん炭と痩せた土壌の改善

トンレサップ湖・メコン川沿いの沖積土の地域からより内陸に入った台地の土のほとんどは東北タイの土壌に似ていて、表層は砂質であるが下層にはしばしば粘土質の材料が堆積していて水の浸透を妨げる。くん炭はこうした粘土質の土壌を畑作に使うような場合にもっとも改善効果を発揮する。ODA案件化によりくん炭が普及することで、こうした粘土質土壌の改善が期待できる。

これらの土壌は上述のようにCrockerの土壌図の分類で言えばGrey hydromorphicsとRed-yellow podzolsである。これらの土壌タイプの全面積に関する公式な数字は得られていないが、国土（1,810万ha）の少なくとも1割には相当すると見られる。カンボジアの全耕作地が約305万haなので、大まかに言って耕作地の約半分はくん炭を適用するに適した土地だと言えよう。

表 4-1-2：カンボジアの農地と耕作地

No	土地利用	土地面積 (ha)	農地の割合 (%)
1	稲作地	2,788,069	64
2	稲作地（浮稲、後退水田）	194,864	4
3	稲作地（村を含む）	373,345	9
4	畑作作物	260,145	6
5	ゴム	84,758	2
6	園芸作物	311,031	7
7	花卉	8,179	<1
8	その他	349,636	8
農業地 合計		4,370,027	24
耕作地 合計		3,053,697	70
未利用地 合計		1,316,330	30

（出典：DALRM/MAFF）

4-1-3. くん炭と未利用の籾殻資源（農協における精米事業）

第2章のくん炭の普及戦略において説明した通り、炭化装置の普及には、まず先だっべくん炭の普及が必要であり、特にくん炭に価格が付いてくん炭の市場が形成されることが前提条件となる。炭化装置を運営して、未利用の大量の籾殻から実際にくん炭を作る「主体」を考えると、下図の通り、①村レベルの旧式の零細規模の精米所と②大型の近代的精米所の2つが考えられる。このうち、くん炭の市場形成においてより重要な役割を果たすのはプラント型炭化装置を持って大量にくん炭を生産し、初期の重要な需要家であるアグリビジネス・民間農業会社（苗業者、プランテーション開発業者、大型野菜農家）などに供給を始める大型の近代的精米所であることが予想される。村レベルの精米所はバッチ式炭化装置の受け手にしかならず、市場形成においては副次的な役割を果たすのみと考えられる（グラスルートレベルでの普及においては重要であるが）。

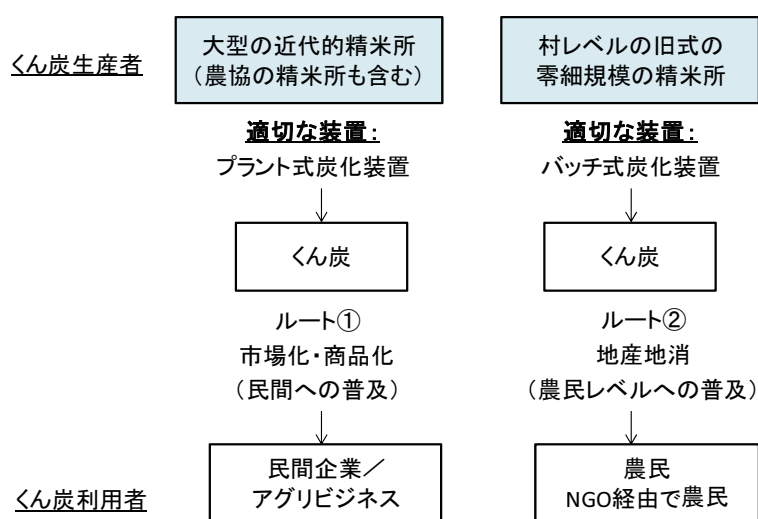


図 4-1-2：炭化装置のタイプとくん炭の市場化戦略

(出典：調査団)

ただし、農協が精米所を持ち炭化装置を持つ場合は、実質的に農民が炭化装置を持つことになり、農民は本来的に農地の改良に関心を持つので、くん炭の利用・普及にとってポジティブな要因となる。このため、近代的精米所を持つ農協が炭化装置を保有・運営すれば、普及の中心問題である「市場形成」を推し進めると同時に、グラスルートレベルの普及も同時に行い易い。

以上から、本ODA案件化では、農協の機能・役割を重視とした事業を想定する。ただし、カンボジアの農協の精米事業はまだまだ小規模なものが多く、民間の精米企業の大型の精米工場とは規模・設備の点で大きく様相を異にしている。そのため、MAFFの保有する農協リストに基づき、精米農協を電話調査し、その一部を直接訪問し、精米農協において発生している籾殻の状況を調べた。調査した農協における精米事業の概要は以下の通り。

表 4-1-3：農協および農民グループにおける精米事業の概要

	1. タケオ州	2. タケオ州	3. カンダル州	4. プレイベン州
AC 登録	未登録	2012	2012	2010
メンバー	40 人	47 人	115 人	76 人
事業	信用事業、精米事業、野菜販売（計画）	信用事業、肥料販売（終了）	信用事業、米粉トレード事業（計画）	信用事業、養豚、肥料販売
精米事業の主体/ 精米機の保有	農民グループ	農協メンバー	農協メンバー	農協メンバー
年間精米量	500 トン	10 トン	100 トン	300 トン
籾殻発生量	100 トン	2 トン	20 トン	60 トン
くん炭の量	25 トン	0.7 トン	5 トン	15 トン
備考	CEDAC 支援を受け有機農法に理解あり	採算が取れる事業であれば関心あり	プラント式炭化装置に関心あり	CEDAC 支援を受け有機農法に理解あり

（出典：調査団）

（1）事業主体

農協リストには、これまで政府やドナーの支援により精米機を付与されている農協が記載されている。しかしながら、現状としては、農協として精米機を保有して精米事業を行っている例はほとんどなく、農協メンバーの個人で精米事業を行っているというのが実態であった。一方で、限定的ではあるが、新規に精米設備を購入し精米事業を始める計画を持つものもある。本事業では、炭化装置の設置場所として、農協メンバーの所有する精米所も対象に含めることとする。

（2）精米機の種類

農村地域にある精米機は、いくつか種類がある。籾摺りから精米まで一体型となったワンパス式の精米機と、籾摺機と精米機が分離している分離型精米施設が主流である。その内、ワンパス式精米機から発生する籾殻は、籾殻の形状が壊れて粉々になってしまっている。この形状の籾殻を炭化しても、本来の籾殻くん炭の構造的優位性がないため、生産性に対する効果が期待できない。一方で分離型の精米機の場合は籾殻の形状が残っているため、くん炭効果が期待できることが確認できた。



(3) 規模の検討

i) くん炭の生産量

通常農村地域にある精米機は小型のものであり、精米事業としても周辺農民の消費を精米するのが主流であるため、年間精米量も数十トン程度と小規模となる。仮に年間100トン精米する場合でも、くん炭製造量は5トン程度であるため、ヘクタール当たりくん炭投入量が2-10トン必要であることを考えると、くん炭が利用できる耕作面積は数ヘクタール程度となる。そのため、こうした精米所にはバッチ式炭化装置を導入して、各農家が0.1ヘクタール程度の小規模な試用を進めていき、村レベルでのくん炭普及をしていくのが良いと考えられる。

他方、アグリビジネス/民間農業会社などを相手にくん炭の市場化を進めていく目的においては、ある程度の精米規模を持つ農協精米所を選定する必要がある。現在、JICAの別案件で精米施設を導入する予定の農協では、籾ベースで毎時1.5トンの精米施設を利用して、年間3,000トン程度の精米規模を計画している。発生する籾殻の3割を乾燥機に利用してもくん炭製造量は約100トン程度となり、面積としては約数十ヘクタール程度に利用できる。そのため、将来的な大口ユーザーとともに農協メンバーに対しても試験的に供給することが可能な規模となる。

表 4-1-4：農協における精米規模別のくん炭製造量

項目	数値	単位	数値	単位	備考
年間精米量	100	ton	3,000	ton	
籾殻発生量	20	ton	600	ton	籾：籾殻=100：20
利用可能な籾殻量	0	ton	420	ton*	*乾燥機利用3割
くん炭製造量	5	ton	100	ton	

(出典：調査団)

ii) プラント式炭化装置の規模

また、装置の規模の妥当性を考えると、毎時1.5トン規模の精米機を10時間稼働すると、籾殻発生量は1日約3トンとなり、乾燥機に30%利用するとしても、炭化装置に投入できる籾殻は2.1トンとなる。プラント式炭化装置の稼働時間を6時間とすると、籾殻投入量は毎時350kgと想定できるため、提案装置の規模（毎時300kg）は、農協精米事業の規模に合致するものと考えられる。

表 4-1-5：毎時 1.5 トンの精米機と毎時 300kg のプラント式炭化装置の規模の整合性

項目	数値	単位	備考
精米機	1.5	ton/時	
籾	15	ton/日	1日10時間稼働
籾殻発生量	3	ton/日	籾：籾殻=100：20
利用可能な籾殻量	2.1	ton/日	*乾燥機利用3割
籾殻投入量	0.35	kg/時	1日6時間稼働

(出典：調査団)

4-2. ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果

(1) 化学肥料費の抑制

第3章の試験栽培結果に示されたように、土壌改良材であるくん炭を利用することで、単収を増加させ、化学肥料の投入を抑制し、生産費を低減し、農業所得を増大させることができる。試験栽培の結果に沿って、くん炭の投与によって化学肥料の投入量が半減できると想定すると、農家にとっての開発効果は下表のように示すことができる。この試算は、第1章の表1-2-2に示した肥料の投入量（中間値）を用い、化学肥料価格を30米ドル/50kg、くん炭価格を50米ドル/トン、くん炭の効果持続期間を3年間と想定し、3年に1度くん炭を投入すると想定している。作物によって年間に収穫できる回数が異なり、稲作は年2作、キュウリは年3作、レタスは年6作、キャッサバは年1作と想定した。化学肥料の削減効果は、3年間で使用する化学肥料の肥料の50%とした。

表 4-2-1：くん炭利用による化学肥料費の削減イメージ

想定	稲	キュウリ	レタス	キャッサバ
	(年2作)	(年3作)	(年6作)	(年1作)
肥料投入量 (kg/ha/作)	350	850	700	300
肥料費用 (US\$/ha/作)	210	510	420	180
肥料費用 (US\$/ha/3年)	1,260	4,590	7,560	540
くん炭投入量 (kg/ha/3年)	4	10	10	4
くん炭費用 (US\$/ha/3年)	200	500	500	200
肥料費用の削減効果 (US\$/ha/3年)	430	1,795	3,280	70

*化学肥料価格を30米ドル/50kg、くん炭価格を50米ドル/トン、くん炭の効果持続期間を3年間と想定（3年に1度くん炭を投入すると想定）。（出典：調査団）

カンボジアの農業政策の中心はコメ政策であり、その政策文書の中で近代的技術による農業生産性の上昇を目指しているが、その具体的な手段として輸入に依存する化学肥料に関する効率化がうたわれているため、くん炭の利用技術普及は現地政府の政策と合致していると言える。ただし、稲作だけでなく、化学肥料投入が多い野菜において特に効果が期待できるので、普及は集約的な栽培を行う野菜や園芸作物（特に付加価値の高い野菜、果物、花卉など）から進んでいくものと考えられる。野菜農家にとって削減効果は非常に大きい。キャッサバは、カンボジアでは現在は一部の地域では肥料の低投入ないし無投入で栽培している場合があるが、それでは持続的な生産は不可能であることを農民は次第に学習していき、隣国のベトナムやタイのようにより高投入に移行していくと思われる。

(2) くん炭普及による粘度質土壌の改良

くん炭は欧米ではBiocharと呼ばれ、炭素の地中固定/温暖化抑制の観点で注目されているが、日本では伝統的にむしろ土壌改良材として研究開発・利用されてきた歴史があり、土壌改良は日本が優位性を持つ技術である。カンボジアにおいて、期待される効果は以下である。

- くん炭を土壌に混合することで、硬くなった土が柔らかくなり、通気性が良くなるので根に十分な酸素を送ることができる。
- 保水性を上げる効果があるので水分と肥料の効果が大きく改善することが大きな特徴である。
- くん炭の pH は、8～9 とアルカリ性なので、酸性土壌の pH 矯正に適している。また、pH がアルカリ性なのはくん炭の中に含まれる灰分の影響なので、灌水や水洗いすると簡単に中性になる。この灰分は植物の成長を助けるシリカ、カルシウム、カリウム、マグネシウムなどである。
- 多孔質であるため、土壌微生物の良い住処となり、共生微生物などの自然繁殖を助けます。共生微生物が増えることにより、植物の成長に必要な、窒素、リン、カリウムなどの吸収を助ける。

ただし日本など温帯地域でのくん炭の研究や文献は豊富に存在するが、熱帯地域での試験データ・文献は、現在はまだ非常に限られている。当社は本調査の中で、MAFF・GDA（DAEng）と共同で実施した試験栽培の結果に基づき、当面の普及活動に利用可能な簡易版のガイドラインないしマニュアルを作成した（Appendix参照）。ただし、今後はMAFF/GDAが政策的にくん炭普及を行っていくためには、より詳細なマニュアルや研究データが必要となる。

例えば、東京農工大学はJICA草の根技協案件としてベトナム中部で籾殻炭の多用途利用技術の普及事業を対象に行っており、3年間の事業結果に基づき、くん炭を使った野菜栽培技術のマニュアルを作成した。カンボジア向けの本格的なマニュアル作成において非常に参考になる。当グループとも連携・情報交換をして、今後数年間をかけてカンボジアに適したより良いマニュアルの作成が望まれる。

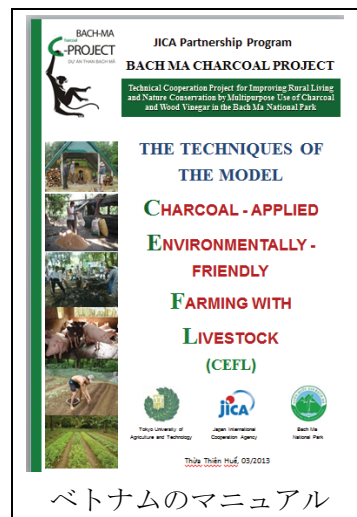


表 4-2-2：東京農工大のベトナムの炭事業の概要

事業名	農民参加型木炭多用途利用技術普及計画—ベトナム中部世界自然遺産候補特別保護区周辺地域の持続的開発と核心地域の環境保全実現のために—
事業の目的	バックマー国立公園緩衝地帯において、廃材炭の多用途利用による資源循環型開発を通じた住民生活の向上を図る。
対象地域	バックマー国立公園緩衝地帯（フーロック郡、ナムドン郡）
受益者層	プーロックおよびナムドン郡の農民
活動及び期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地元農家に対する支援体制および技術普及拠点が確立される。 2. 緩衝地帯内で農林産廃材炭と木酢が生産できる人材の育成と持続的生産体制を確立する。 3. 炭や木酢を添加した炭入り有機肥料が製造され、生産者に利用される。 4. 炭入り有機肥料を用いた安全・安心な野菜栽培技術が移転され、地域住民による自主的な生産が行われる。 5. 炭と木酢の施与により家畜の衛生状態が向上し健康な家畜が生産されるとともに、その糞で炭入り肥料が製造される。 6. 安全安心な農産物生産に対する生産者・消費者の意識が向上し、販売・啓発活動が生産者によって実施される。
実施期間	2008年7月～2011年6月（3年間）

（出典：東京農工大学）

なお、東南アジア諸国でのくん炭の利用・普及の状況については、以下の通りである。

1) フィリピン

2005年に関西産業は商業ベースで現地の精米所に籾殻炭化装置を3台納入した。しかし、くん炭は現地ではいまだ普及せず、現在はくん炭はオーストラリアに輸出されている。くん炭が普及しなかった理由としては、カンボジアでのMAFF・DAEngのSaruth局長のようなくん炭の良き理解者を見つけることができなかつたことが挙げられる。

2) タイ

関西産業は、数年前よりタイの土壌肥料協会との共催でくん炭普及セミナーを開催している。しかし、タイでは籾殻自体が比較的高価で取引されているため、普及に時間がかかっている。

3) ラオス

カンボジアのMAFF・DAEngのSaruth局長の友人がラオスの農業省で働いており、バッチ式くん炭を地元の部材を使ってつくりながら普及活動を進めている。関西産業にもセミナー開催の要望が来ている。

(3) 未利用籾殻資源の有効活用

くん炭を直接利用する農民の視点での効果は土壌改良や費用削減であった。他方、将来炭化装置を導入するであろうと考えられるのは主に精米所である。精米所の視点からすると、従来未利用であった資源からくん炭が生産できれば、追加的な所得やその他の便益が得られることとなる。余剰の籾殻が販売できればまだ良いが、バットンバン州などの地域では籾殻には価格すらついていない。例えば、精米所が籾殻を販売できたとしても、くん炭にして販売できればより多くの収入となることが期待できる。従来の乾燥機の籾殻燃焼機で籾殻を利用している限りは、籾殻はくん炭にはならず灰になるのみである。

4-3. ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

当社の日本の経験から、炭化装置の販売はまずくん炭の普及が前提であり、くん炭に関する知識の乏しいカンボジアにおけるくん炭の普及は、一企業の自助努力のみでは相当の時間がかかる。このため、くん炭の普及をODA案件化の中で行うことができれば、炭化装置の販売事業の展開スピードに大きなインパクトを持つことが予想される。下表はODA案件化をした場合としない場合の販売台数の予想であるが、案件化がない場合の販売は大きく遅れることが予想される。

表 4-3-1：籾殻くん炭装置の販売計画

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ODA 案件化が実施された場合の台数			(1)		5	10
ODA 案件化なしでの商業ベースの台数						1

注：括弧内の数字は ODA 関連の販売、括弧なしの数字は商業ベースの販売。

(出典：調査団)

第5章 ODA 案件化の具体的提案

5-1. ODA 案件概要

今後カンボジアでのくん炭利用を普及・拡大するためには、MAFFが中心となって、以下のように段階的に進めることが考えられる。

- 1) くん炭およびその適用技術をカンボジアの主要農業地域に広く知らせる活動を行う。そのためには効果の出やすい野菜等の畑作農家を中心に、実際にモノを見せ、作物への効果を見せることが欠かせない。これらのくん炭利用者にとっては、くん炭施用の栽培方法を習得することにより、農地の土壌改良効果および農業生産性の向上による所得向上効果が期待できる。その方法としては、先ずはくん炭の原料となる籾殻を容易に確保できる農村の精米所にバッチ式の炭化装置を導入し、くん炭の製造方法を指導すると共に、篤農家及び周辺農家に対してくん炭の利用技術を実演、指導する。そのためには、本調査の中で確認されたくん炭利用による土壌改良効果およびくん炭利用技術についての研修を行い、MAFF普及員およびPDA職員の習得を目指す。
- 2) 一方で、最適なくん炭の施用方法及びその効果は、土壌の性質や作物によって異なっている。本件調査の中で実施した栽培試験は限られた品種および条件の下で行われており、カンボジア各地の作物毎の試験データを充実させ、よりキメの細かなマニュアルを整備する必要がある。更に、現在進められているコンポスト及びバイオガスの副産物であるバイオスラリーとの組合せも検討し、栽培試験を実施することによって、堆肥・バイオスラリーとくん炭との混合資材の可能性も検討する。この分野は、農業栽培の試験・研究機関と共に研究開発を重ね、その後、現場での適用実証が求められる。それらの実証データを基に普及のための各種マニュアルが作成され、主に野菜農家に対して、くん炭の施用技術が伝えられることが期待される。また同時に、農業政策の一環として、土壌改良の必要性が政策的に採り入れられ、くん炭の利用が国の振興策によってカンボジアの農業全般に普及していくことが望まれる。
- 3) 都市近郊の野菜農家によるくん炭の利用を促進するためには、2) で述べたバッチ式の炭化装置だけでは不十分であり、商業的なくん炭を製造・販売する仕組みが必要で、一定規模の精米量を確保出来る精米所にプラント式の炭化装置を導入されることが期待される。市販されるくん炭の利用者としては、都市近郊の野菜農家だけでなく、民間企業の農園も候補となる。効果が広く認識されるようになれば、くん炭の市場ができ価格が形成されることになる。

これらのプロセスの中で核になる部分を、以下のODA案件として実施することを提案するものである。

表 5-1-1：提案する「ODA案件」の概要

タイトル	ODA 案件 1：籾殻くん炭の利用技術普及事業
目的	籾殻くん炭の土壌改良・肥料削減効果を知らしめ、広くくん炭の利用促進を図ると共に、野菜を中心とした作物別のくん炭利用技術を開発・普及する。
目標及び成果	<ol style="list-style-type: none"> 1. くん炭利用による土壌改良技術の普及（くん炭地産地消モデル） <ul style="list-style-type: none"> • MAFF 及び PDA 普及員が土壌改良のためのくん炭利用技術を習得し、実演・指導できるようになる。 • 精米農協メンバーの篤農家がかん炭の施用による土壌改良効果を確認する 2. 作物別のくん炭利用技術の開発 <ul style="list-style-type: none"> • 作物別のくん炭利用技術が開発される。 • 普及マニュアルが作成される。 3. 野菜農家を中心とするくん炭の普及および商品化（くん炭商業流通モデル） <ul style="list-style-type: none"> • プラント導入農協の篤農家メンバーが、くん炭の利用技術を実践し、効果を確認する。 • 低農薬農業を指導する NGO を通じて、支援を受ける野菜農家にくん炭利用が普及する。 民間農場、育苗家、園芸店等において、くん炭の利用及び商品化が進められる。
活動内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. くん炭利用による土壌改良技術の普及 <ol style="list-style-type: none"> 1-1 MAFF/GDA 及び PDA 普及員に対する「くん炭利用による土壌改良」の研修を行う。 1-2 バッチ式炭化装置を籾摺り分離型精米機を使用している精米農協に導入し、籾殻くん炭の製造を指導する。 1-3 農協メンバー及び篤農家を対象に、土壌改良の実演・指導を PDA 普及員と共に実施し、土壌改良の成果を確認する。 2. 作物別のくん炭利用技術の開発 <ol style="list-style-type: none"> 2-1 カンボジア農業研究機関との共同研究(試験栽培)により、堆肥やバイオスラリーとの混合による作物別の最適くん炭利用技術を開発する。 2-2 普及マニュアルを作成する。 2-3 MAFF/GDA 及び PDA 普及員への研修を実施する。 3. 野菜農家を中心とするくん炭の普及および商品化 <ol style="list-style-type: none"> 3-1 プラント式炭化装置を選定された精米農協（コンポントム州）に導入し、製造技術を指導する。 3-2 生産されたくん炭を利用し、農協メンバー及び篤農家を対象に、堆肥やバイオスラリーとの組合せによる作物別の最適くん炭利用技術を実演・指導する。篤農家の協力を得て、くん炭の施用効果についてモニタリングを行う。 3-3 低農薬農業を指導する NGO に技術を指導し、彼らを通じて支援を受ける野菜農家にくん炭利用を普及する。 3-4 民間農場や苗業者・園芸店に対して、くん炭利用の普及活動を行う（最初の段階では無償でくん炭を提供し、効果が確認された後には、価格を付けた試験販売を進める）。

スキーム	民間提案型普及・実証事業
実施主体	関西産業、日本開発政策研究所
先方機関	管轄機関： MAFF/DGA (Bio-char Technical Working Group) 実施機関： MAFF /DAEng., コンポントム州 PDA
場所	コンポントム州及び周辺地域。
投入	1) くん炭生産技術専門家、 2) くん炭利用技術専門家、 3) プロジェクトの準備、管理、モニタリング 4) バッチ式炭化装置：10台 5) プラント式炭化装置：1台
バッチ式 設置場所	コンポントム州における籾摺り分離型精米施設を有する精米農協 10か所
プラント 設置場所	JICA「農協／支援パートナーの連携によるミニライスセンター普及・実証事業」 で選定されたコンポントム州 Sankor AC 農協
期間	3年間（2014年8月～2017年7月頃）
予算	1億円

（出典：調査団）

5-2. 具体的な協力内容及び開発効果

MAFFではDAEngを中心に2010年よりくん炭の製造に取り組み始めたが、本調査に到るまでその効果に関する調査研究は行われてこなかった。本調査の中の試験栽培結果からも明らかのように、くん炭が土壌改良に役立ち、特に野菜の生産に良い効果を与えることが知られており、くん炭の普及のためには、先ずはくん炭の効果を知ってもらうと同時に、作物毎のくん炭施用効果を示すマニュアル作りが求められていることが確認されている。

くん炭利用技術をカンボジアの農業地域に広く知らしめるためには、次のようなルートが考えられる。

- 1) 農協を核とし、農協内の篤志家メンバーをモデル農家とし、モデル農家での実践を通じて、農協メンバーにくん炭の利用を普及する。
- 2) 有機農業や低農薬の野菜作りを指導しているNGOを通じた普及。くん炭を土壌改良材の一つとして紹介し、指導している農民グループへの普及を図る。
- 3) 有機作物や低農薬野菜等をスーパー等へ出荷することを目指すアグリビジネス、および育苗農家や園芸店での利用・販売を促進する。

これらのグループへの普及活動については、1) ではくん炭の原料である籾殻を容易に調達できる精米農協を核とすることが考えられる。しかしながら、精米農協の現状には注意が必要で、当初農協の所有であった設備が個人のものになっていることが往々にしてあるようである。しかしながら、導入するバッチ式炭化装置の使用を農協が管理することができるのであれば、設備の設置場所として、農協メンバーの所有する精米所も可能であると考えられる。また更に、籾摺り工程が分離されていないワンパス型の精米機の場合、出て

くる籾殻が破砕されていることから、くん炭に加工する際に送風が必要であったり、また出来上がったくん炭の構造的特性が不十分であることが分かっている。従って、籾殻炭化装置の設置場所としては、籾摺り工程が分離されている精米所を対象とする必要がある。

2)、3) については、くん炭を量産して配布する必要があることから、原料である籾殻を容易に手当てできる、ある程度の規模のある精米所にプラント式炭化装置を導入して、プロジェクト期間中は無料或いは実費のみの低価格でくん炭を供給してもらう必要がある。ODAで対応するには、民間企業である精米業者を対象とすることが難しいため、MAFFの管轄下にある精米農協をその対象として考えるが、実際に農協事業として年間1,000トン以上の商業的精米を行っているところは調査団が得た情報では皆無であることから、現在進行中で2014年5月までに精米設備が設置され操業を開始する予定のJICAによる「農協／支援パートナーの連携によるミニライスセンター普及・実証事業」で選定された2農協（コンポントム州、タケオ州）の一つにくん炭製造プラントを併せて導入し、くん炭の普及活動の拠点とすることが考えられる。この二つの州について、タケオ州ではNEDO及びADBによる関連事業が開始されることから、新規のODA案件としては、コンポントム州のSankor農協にプラント設備を導入して普及活動の拠点とすることを提案する。

上記2) については、カンボジアには有機農業や低農薬農業の普及を進めているNGOが幾つもあり、彼らは農民グループを通じた指導・普及活動を行っている。代表的な団体であるCEDACは、SRI農法による有機農業を進めており、既にくん炭利用トライアルを行っている。また、食の安全の立場から有機・低農薬農業を進めているCOorAA（カンボジア有機農業協会）には、34のNGOや民間団体が加盟しており、Kurata Pepperの倉田氏やNGOのIVYの代表も役員として参加している。COorAAのメンバーはコンポストを使っており、くん炭の利用にも積極的に取り組みたい意向を示している。これらの有機農業普及グループにくん炭を提供し指導することも、市場の形成に繋がる方法であると考えられる。

上記3) のアグリビジネスに関しては、大手Soma Groupの農場やイオン・スーパーマーケットに野菜等を納めようとしている日系企業のJFP等がくん炭利用に興味を示していること、また、園芸店や苗の業者の間では既に一部、品質が劣る籾殻灰が使われている事例が確認されている。これらのことから、このような民間業者や農場でのくん炭利用が進められれば、くん炭の市場の最初のターゲットになり、商品として精米所等が製造販売する可能性に繋がるものと考えられる。プラント導入初年度は、くん炭を無償で配布しその効果が認められれば、次年度から有料販売を進めて市場化を図る。販売によって得られた収益は、プロジェクト後のMAFFの普及活動のための活動費（バッチ式炭化装置の購入）に充てることとする。

プラントを設置する予定のコンポントム州の農協には、JICA「農協／支援パートナーの連携によるミニライスセンター普及・実証事業」によって毎時玄米1トンの精米能力を持つ精米施設が供与されることから、少なく見積もっても年間約1,000トンの籾米が加工され、約200トンの籾殻が発生することになる。これをくん炭の原料として使うと、年間約50トン

のくん炭が生産され、普及のために提供されることになる。

普及活動に使用するくん炭の配分は、次のように想定している。

表 5-2-1：普及活動に使用するくん炭の配分

対象グループ	くん炭の量
1) プラント設置農協の篤農家及びメンバー	20トン
2) 民間業者及び農場	10トン
3) 有機農業NGOを通じた農民グループ	20トン
合計	50トン

(出典：調査団)

提案する「ODA案件」の活動に係るC/P機関及びプロジェクト参加者との協力実施体制を示したのが、次の図である。想定している普及・実証事業では、協力プロジェクトで使われる機材はJICAが購入して、プロジェクトの期間中は実施機関に貸与され、プロジェクトの終了後は先方C/P機関に贈与されることになることから、炭化装置の機材が設置され実際にくん炭を製造することになる精米農協は、プロジェクトの実施期間中はくん炭の委託製造がおこない、プロジェクトの終了後は一定の条件の下でMAFFから所有権が移転されることが想定される。

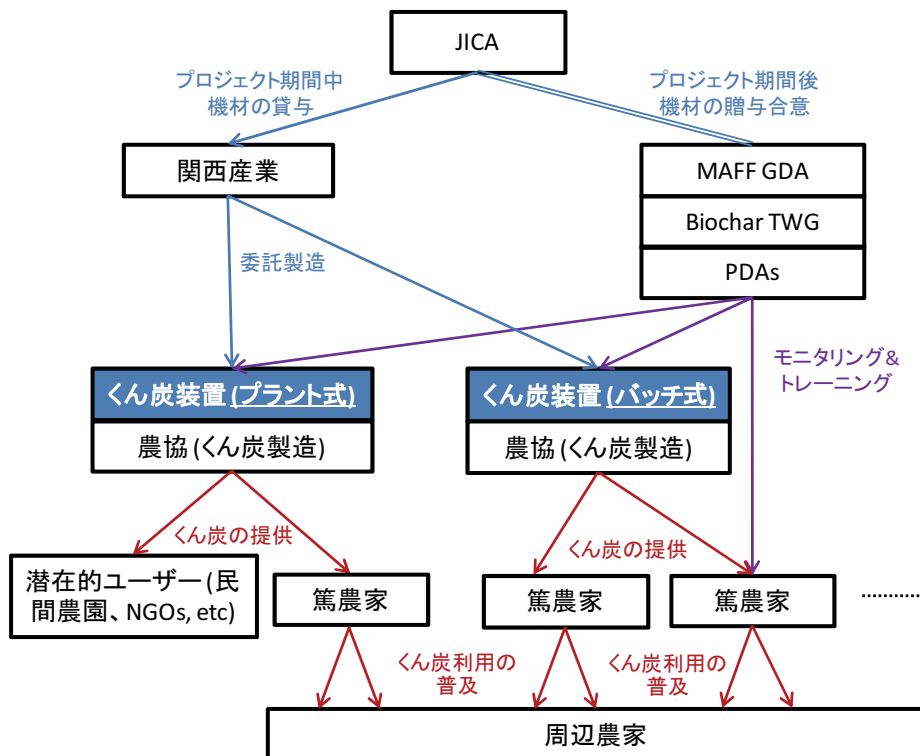


図 5-2-1：「ODA案件」の実施体制

(出典：調査団)

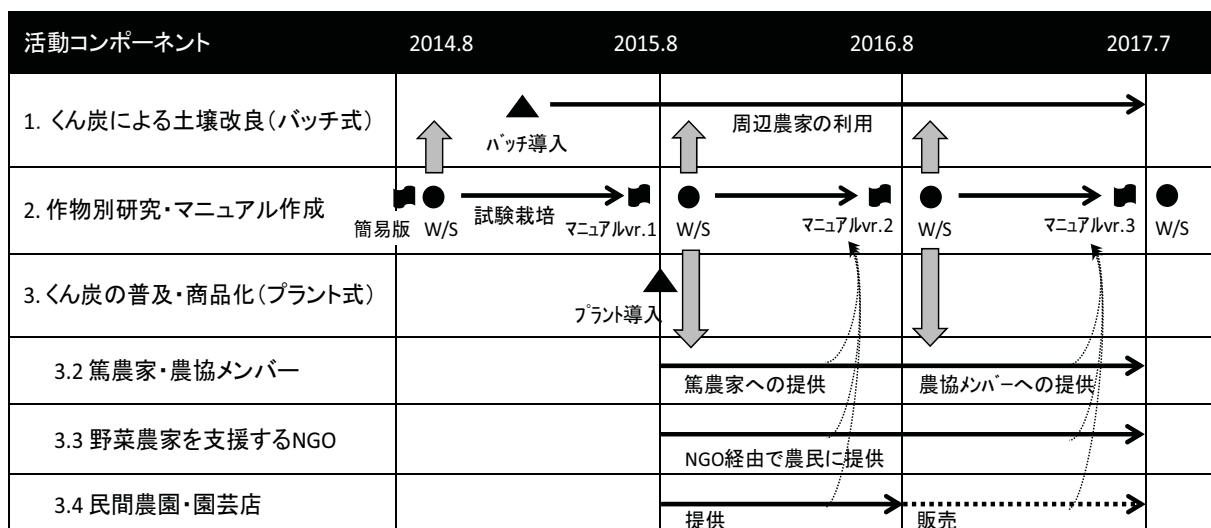
表 5-2-2：各関係者の役割分担

精米農協	<ul style="list-style-type: none"> • くん炭の生産 • くん炭の提供（バッチ式：1・2年目、プラント式：2年目） • くん炭の販売（バッチ式：3年目、プラント式：3年目） • 炭化装置の稼働実績を BTWG に報告（四半期毎）
関西産業	<ul style="list-style-type: none"> • バッチ式を導入する農協、想定される需要家、及び篤農家の特定 • MAFF 及び PDA 普及員へのくん炭施用技術の指導 • バッチ式炭化装置の提供、技術指導（1年目） • プラント式炭化装置の提供、据付時に技術指導を実施（2年目） • 作物別くん炭利用技術の開発及びマニュアルの作成支援 • MAFF 及び PDA 普及員への作物別利用技術に関する指導 • 想定される需要家と篤農家へのくん炭提供を支援 • 定期的なモニタリング（四半期毎）
DAEng	<ul style="list-style-type: none"> • ワークショップの開催（プロジェクト開始時、各年末）
DLRM	<ul style="list-style-type: none"> • ワークショップへの参加と助言（プロジェクト開始時、各年末）
研究機関 (MAFF 試験場/ RUA)	<ul style="list-style-type: none"> • 堆肥やバイオスラリーとの混合による作物別のくん炭利用技術の開発 • 普及マニュアルの作成 • MAFF 及び PDA 普及員への作物別利用技術に関する研修
PDA/Ext. officer	<ul style="list-style-type: none"> • 農協メンバー及び篤農家に対するくん炭利用技術の指導 • 関西産業と共に炭化装置を導入した農協（2カ所）を訪問し、くん炭の生産及び頒布実績のモニタリングを行う（四半期毎） • 関西産業と共にへの効果のモニタリングおよび BTWG への報告を行う（四半期毎）
想定される 需要家	<ul style="list-style-type: none"> • くん炭の利用 • 活動状況・結果を BTWG に報告（四半期毎）
篤農家 (農協メ ンバー)	<ul style="list-style-type: none"> • くん炭の利用 • 周辺農家に対してくん炭の効果を紹介 • 活動状況・結果についての PDA のモニタリング受入（四半期毎）

農協メンバーの中の篤農家の選定については、MAFF、PDA、また各農協の推薦によって決められるが、農協の中でのリーダー的な役割を果たし、モニタリング等に協力的な人物を選ぶこととする。また、バイオダイジェスターやコンポスト小屋を持つ農家があれば、くん炭と併せて使用する可能性も含め、その点も考慮することとする。

また、最終のワークショップでは、商業ベースでの販売想定先となる精米業者も参加者に含め、プロモーションを行う計画である。くん炭利用者の需要や炭化装置の操作方法などの情報を共有することで、将来的な精米業者への販促に繋がると考えている。

「ODA案件」についての実施スケジュールは、次のように纏められる。



● ワークショップ ● マニュアル ▲ 機材 → 研修/指導 → くん炭を無償で提供 → くん炭に価格を付けて販売 ↻ フィードバック

図 5-2-2：実施スケジュール

(出典：調査団)

表 5-2-3：実施スケジュールおよび活動内容の概要

スケジュール	活動内容
2014年8月～10月	プロジェクト実施準備活動（研究開発準備、W/S開催準備、バッチ式炭化装置を導入する農協の確定、篤農家の選定、等）
2014年10月～2017年7月	作物別くん炭利用技術の開発
2014年10月	簡易版マニュアルによる「くん炭利用による土壌改良」W/S
2014年10月～12月	精米農協へのバッチ式炭化装置の導入及び技術指導
2015年6月	作物別マニュアル第1版の作成
2015年8月	W/Sの開催
2015年9月～10月	プラントの納入・据付け、運転指導、普及活動準備（対象者、Pilot farmersの選定）
2015年11月～2017年6月	くん炭利用技術の普及活動（プラント設置農協のメンバー、NGOを通じた野菜農家、民間農園、等）
2015年1月～2017年6月	四半期毎のモニタリング、及び、成果の研究開発へのフィードバック
2016年6月	作物別マニュアル第2版の作成
2016年8月	W/Sの開催
2016年11月～2017年6月	くん炭の試験販売
2017年6月	作物別マニュアル第3版の作成
2017年8月	プロジェクト最終W/Sの開催

(出典：調査団)

5-3. 他 ODA 案件との連携可能性

提案する「ODA案件」において使用するプラント型籾殻炭化装置は、JICA「農協／支援パートナーとの連携によるミニライスセンター普及・実証事業」で選定された農協（カンポントム州Sankor AC）に設置することを想定しており、提案案件が実施される場合には、JICA「農協／支援パートナーとの連携によるミニライスセンター普及・実証事業」との密接な連携が不可欠である。新たな精米ビジネスの副産物を利用してくん炭を製造し、将来的に商品価値が生じることを想定し、ライスセンターの事業の一つとして「精米事業+くん炭製造」を一体化したビジネスモデルを確立することができれば、両案件の相乗効果を期待することができるであろう。

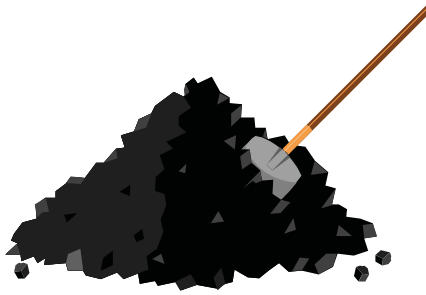
更に、JICAは現在、カンボジア農協の組織強化の技術協力案件を進めており、その中で農協のビジネスモデルの確立支援も進めていることから、本件は現在JICAが進めている農協関連の活動との相乗効果が期待できる。

現地調査資料

資料-1. くん炭マニュアル

提案 ODA 案件化（案）および MAFF の今後の普及活動での利用を想定しているくん炭マニュアルは以下の通り。

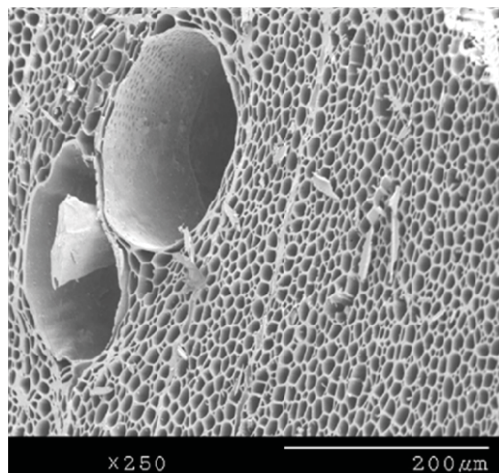
Kuntan Manual



1. くん炭とは何か

「籾殻」を蒸し焼きにしたもので、籾殻の形状が残った粒状の炭化物である。その半長円形の形と炭の表面に多く存在する微細な孔の効果で、優れた土壤改良効果を発揮する。

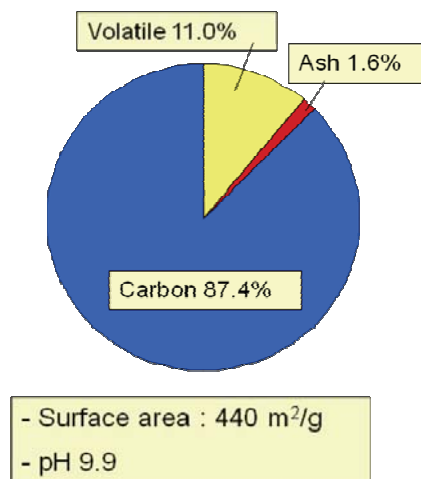
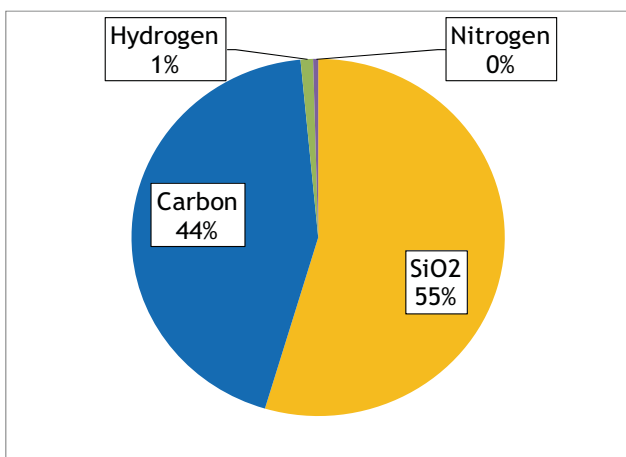
日本では、くん炭は400年以上前から土壤改良資材として利用されてきた。1987年に農林水産省は、炭を「地力増進法」における政令指定の土壤改良資材とし、くん炭を使用することを政府の方針として助成している。



- to provide a habitat for Symbiotic microbe,
- to amend physically,
- to reduce pH-value,
- to enlarge water holding capacity, etc.

Photo by Yamato.M.

- くん炭を土壤に混合することで、硬くなった土が柔らかくなり、通気性が良くなるので根に十分な酸素を送ることができる。
- 保水性を上げる効果があるので水分と肥料の効果が大きく改善することが大きな特徴である。
- くん炭のpHは、8~9とアルカリ性なので、酸性土壤のpH矯正に適している。また、pHがアルカリ性なのはくん炭の中に含まれる灰分の影響なので、灌水や水洗いすると簡単に中性になる。この灰分は植物の成長を助けるシリカ、カルシウム、カリウム、マグネシウムなどである。



多孔質であるため、土壤微生物の良い住処となり、共生微生物などの自然繁殖を助ける。共生微生物が増えることにより、植物の成長に必要な、窒素、リン、カリウムなどの吸収を助ける。

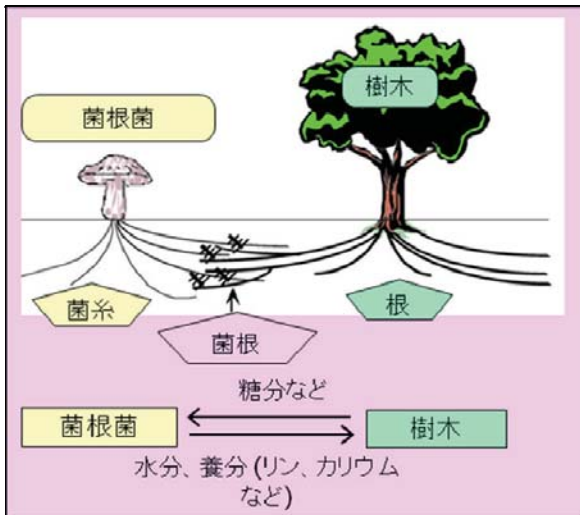


Photo by Soda, R. (Sumitomo Forestry)

2. くん炭利用法

2.1 農業での利用

田土、山土、粒状培土や市販培土等に使用でき、単体使用よりもくん炭混入の方がメリットがある。くん炭は高温で焼かれているので無菌状態で且つケイ酸含有量が50%であり、良質な床土になる。

(1) 稲の育苗

日本の稲作は、籾を発芽させて苗を育成し、苗を機械で植えるのが一般的である。

その苗床の培土にくん炭を混入すると、苗の毛根が非常に多く発生し根張りも良くなる。田植え後の稲苗の根の成育が良いので苗の活着、成育も優れ、少々早魃では影響を受けにくくなる。

保水性が高いため、灌水回数が従来の培土に比して約半分となり、灌水の手間が削減できる。且つ収穫時には増収となる。

くん炭の比重は軽く、床土充填後の育苗箱が軽くなり運搬作業の軽減、作業能率が上がる。また、くん炭の培土としての価格は、市販の培土と比べ大変安価なので育苗経費が大幅にコストダウン出来る。



(2) 果樹、野菜

くん炭は比重が軽い為、耕地に散布し耕作すると土と土の間に間隙を作り土の団粒化が促進される。それにより土壌の通気性改善、土壌微生物の増殖の効果が得られ、果樹、野菜の収量増が期待できる。また、連作障害防止にもなる。

2.2 畜産での利用

(1) 配合飼料にくん炭を混合して給餌

○ 肉牛や乳牛の配合飼料にくん炭を混合して給餌すると、第一胃内を安定させ胃内原虫が増加し、飼料の消化吸收を良くし、飼料効率が改善され飼育日数が短縮される効果がある。

○ 粗飼料、濃厚飼料の吸収がよくなり乳量、乳質が向上する。

○ 下痢、ウイルス性下痢のいずれにも有効である。

○ アンモニアを中心とする悪臭物質がくん炭の微細の孔に吸着され、又一部は分解されるので排出糞尿臭は減少する。

鶏の場合も同様に軟便、下痢便に有効である。また毛食防止、尻つき防止に特効をあらわした例もある。

(2) 敷きわら

家畜の養生舎では、ふん尿を吸収させるために藁を敷いている。畜舎は通常、そのふん尿の臭いでくさいものである。その敷き藁に炭を混ぜるとふん尿を吸着し脱臭効果があるため、畜舎は驚くほどふん尿の臭いがしなくなる。



(3) コンポスト

○ くん炭をコンポストに混入することで発酵期間が短縮でき、切り返しの回数が少なくなる。くん炭は糞尿中の水分吸収力に優れ発酵適正水分への到達が早くなる。又、堆肥発酵は好気性発酵であり空気が必要となるが、くん炭は多孔質で多くの空気を保有している為、好気性菌の増殖と活動が活発になり、急速に発酵温度が上昇し従来の発酵過程より高温となり高温期間も長く切り返し回数が少なく発酵期間が短縮できる。



○ 発酵開始と温度上昇が早いと共に、くん炭が臭いの分子を吸着するので有機物に由来する悪臭は無くなる。また、有機物の分解が早い為、ハエが卵を産みつけにくく、且つ高温のため蛆虫も死んでしまう。

有用微生物が非常に多く、特に植物にとって難敵である病原菌に対し非常に有効な放線菌群が大量に発生し、従来の薬剤防除から生体防除、即ち減農薬方式に切り替えることのできる有効資材となる。

2.3 水産での利用

- 炭の特徴である多孔質と木酢液に含まれる有効成分を活用し、水産業での養魚の健康維持を目的とした混合飼料としても利用されている。お腹の腸内細菌のバランスを整え、腸内の異常状態を改善し、生産性の向上となる。
- 養殖池内水質改善、養殖池内排泄物減少の効果もある。

3. くん炭の農地での使い方

3.1 米作育苗

- ・くん炭苗代

種籾を植える場所の土を、幅 1m 位の短冊状に盛り上げ、土を軽く耕し、その上に種籾をまく。くん炭を 1 m²あたりに 10ℓ 程度床土に混ぜたものを薄くかぶせ、軽く抑える。苗代のうね上が丁度浸かる程度に水を張り、発芽させる。

3.2 野菜の栽培

- ・大豆、とうもろこしの生産

くん炭を 1 m²あたりに 10ℓ 程度床土に混ぜる。種まきして根が伸びだす頃にはくん炭が微生物のすみ家になっている条件が必要なため、種まきまたは植付け 1 週間くらい前に株元に使用する。葉物野菜の場合はくん炭を均一に土壤に混和する。



3.3 果樹への利用

- ・梅、梨などへの利用

樹から 1.5m の周囲に幅 50 cm、深さ 30 cm の穴を掘り、太い根を断根して、掘起した土にくん炭を樹 1 本あたり 50~100ℓ の割合で混ぜ込む。これにより早魃被害防止と安定収量が期待できる。

資料-2. 面談記録

(1) 省庁関連

省庁 1	MAFF Department of Agriculture Engineering
年月日	2013 年 12 月 20 日
先方	Mr. Chan Saruth
内容	<p>(1) ODA 案件へのコメント</p> <p>1) プラント式によるビジネスとしての普及モデル</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 生産されたくん炭を一旦 DAEng に保管し民間企業や NGO に配布するという事は可能。既にくんたんを利用したいと考えているユーザーを対象にするのであれば、1、2年目は DAEng を通じて提供するのはあり。SomaGroup も関心を持っており、プロジェクト後は商業ベースで普及することも期待できる。 <p>2) バッチ式による農民への普及モデル</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 篤農家へのモニタリング頻度は、関西産業が同行するモニタリングは、四半期で問題ないが、PDA の Extension officer は、2 週間に 1 度はモニタリングした方がよい。農民に実際に利用してもらうためには頻繁にフォローアップが必要。 ● なお、1 年ごとのセミナーに関しては、開催場所を対象州の中の 3 州で順番に回し、別の州から篤農家や農民が参加できるようにした方がよい。別の州の農民がどのようにくんたんを利用して効果があったか意見交換ができた方がよい。これに対して、農民は他州の結果には関心がないと思われることから、合同ではなく各州で実施した方が良く、と言ったところ、Saruth 氏も同意した。 <p>(2) 各ステークホルダーの役割について</p> <ul style="list-style-type: none"> ● DAE の役割については注意が必要。PDA の監督機関は Provincial Governor であり、DAE ではない。Central level の DAE はキャパシティが弱いため、篤農家のモニタリングに関しては、DALRM の担当者と PDA の Extension officer が直接連絡を取り合う体制にした方がよい。DALRM の担当者から DAE を通じて PDA の Extension officer が担当するというようにすると、時間もコストもかかってしまう。 ● 実施前に各ステークホルダー（特に DAEng, DALRM, DAE）と直接役割分担については話し合う必要がある。 ● PDA のモニタリングに関しては、AC に対してくんたん製造量、篤農家に対してくんたん利用量、利用してみたの感想を聞くにとどめ、定量的な測定等は行わないのであれば任せられるか。

省庁2	MAFF Department of Agriculture Extension
年月日	2013年12月20日
先方	Mr. Mak Soeun
内容	<p>(1) ODA 案件化①の DAE の役割について</p> <ul style="list-style-type: none"> ● DAE/PDA/Extension Officer は、主に農家へのトレーニングを担当する。 ● DALRM との役割分担は、DALRM は、土壌改良の専門家として参加するが、現地で農民を指導するのは、DAE/PDA/Extension Officer が行う。 <p>(2) 提案トレーニングパッケージ</p> <ul style="list-style-type: none"> ● トレーニングパッケージとしては、大きく分けて3段階。これらがパッケージで実施されなければ、農民へのトレーニングを行ったとは言えない。 <p>1) PDA Extension officer に対する TOT トレーニング（期間：1週間程度）</p> <ul style="list-style-type: none"> ● PDA Extension officer に対して、くんたんの説明から栽培方法、効果、農民への指導の仕方や、モニタリング方法など、一通りトレーニングを行う。 ● トレーニングワークショップには、DAEng、DALRM、Horticulture など関連分野の専門家を呼んでトレーニングを行う。 <p>2) Extension officer と篤農家との計画（期間：1日）</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 栽培品種、栽培時期、栽培方法について、篤農家と一緒に計画を立てる。 <p>3) 篤農家に対するトレーニング（期間：1週間に半日程度）</p> <ul style="list-style-type: none"> ● トレーニングセッション（栽培準備、発芽、移植、管理など、栽培の段階に合わせてトレーニング） ● フィールドデモンストレーション（実際にオンファームでのトレーニング） ● フィールドデイ（最終的な結果発表ワークショップを行う。その際には、ビジネスネットワークづくりを目的とし、農協、篤農家、周辺農家、肥料会社、など関係者を招いて行う。） <p>(3) 野菜栽培プロジェクト</p> <ul style="list-style-type: none"> ● DAE と PDA が主体となり、Green Belt Framework のプロジェクトを実施している。テーマは、Organic、Green product（安全性）、hydroponic（水耕栽培）、GAP の4つとしているが、現実的には安全性と GAP 規制に合った栽培でよい。 ● 対象地はカンダル、カンポンスプー、シェムリアップの3州をパイロットとして、現在はほかの州にも普及する段階。カンダルは PDA が主体。カンポンスプーでは、AC がスーパーに販路を確保している。シェムリアップは GIZ がテクニカル支援をし、オランダ民間企業?と協力している。East west という種子会社も動いている。

省庁3	MAFF Department of Agricultural Land Resource Management
年月日	2013年12月19日
先方	Dr. Pheav Sobuthy (Director)、Dr. Koyra (Deputy Director)
内容	<p>(1) DALRM の概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ● スタッフ数は29人。局内に課 (Office) が5つある。 ● これまで JICA のプロジェクトの経験はない。 ● 2011年ごろから FAO の支援で Law of Agricultural Land を作成中。70Page ぐらいのドラフトが出来たが、その後海外の専門家など関係者のコメントを受けて、少しずつ最終化の作業をしている。月に2-3回のペースで会議を開いているが、非常に時間がかかっている。 ● その他、目立った ODA 案件はまだない。USAID、AFD などの Conservation Agriculture の案件のセミナーなどに招待されたりしている。 <p>(2) Biochar 普及実証事業についてコメント</p> <ul style="list-style-type: none"> ● リサーチのコンポーネントも入れた方が良い (JDI : 別案件で RUA と進めることを考えている)。特にコンポストをまぜた場合にどうなるか。 ● RUA は土壌研究の研究能力はあまり強くなく、DALRM がしばしば支援している。CARDI や特に DALRM が C/P になってもよいとの示唆有り。 ● これまで対象の13-14州に30-50か所州ぐらいの Compost Pit をつくる計画で進めてきているが、予算が少ないので、進捗は遅い。受け手の選定は、PDA や DDA (District 事務所) に任せている。これらの農家をつうじて Biochar を普及させるというのは良い考えであり、協力したい。1か所の設置費用は25米ドルぐらいで、その30%ぐらいを補助している。これまでの実績については、確認中。 ● DALRM : 関西・JDI の実証案件でコンポストもコンポーネントにに入れて、コンポストへの支援も含めてほしい。 <p>(3) 本調査についてのコメント</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 1月のセミナーでは、RUA、CARDI、GDA の関係者も呼ぶとよい。 <p>(4) NBP (National Biodigester Program)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● コンポスト事業は、公式には NBP と連携しているわけではないが、現場レベルでは協力している。Slurry をコンポストの栄養添加・水添加として利用するなど。Biochar とコンポストと Biodigester を一緒に進めていくことで共通理解。

省庁 4	MAFF Department of Animal Production and Health
年月日	2013 年 12 月 19 日
先方	Dr. Sar Chetra (Deputy Director)
内容	<p>(1) NBP について</p> <ul style="list-style-type: none"> ● NBP は本 Department の下にある組織であるが、Chetra 氏自身は NBP の直接の担当者ではないので、詳細は NBP の専門スタッフにきくべし。NBP は MAFF と SNV が共同でつくった組織。 ● これまで約 2 万か所に設置。 ● 例年は年間 4 千か所ぐらいだが、今年も同様かそれ以上の設置が見込まれている。今年のデータはまだ集計されていない。(おそらく累計で 2 万 5 千ぐらい) ● 現在のスポンサーは SNV、IFAD、PIN (チェコ) のほか、HIVOS (オランダ) という団体がカーボンクレジットを購入してくれていて、収入となっている。なおカーボンクレジットの申請は MAFF が行っている。 ● 資金的な支援は 2014 年までとなっている。その後も MAFF としては続けていきたいので、スポンサーを探している。見つかるまではカーボンクレジットの売却益で続けていく。 <p>(2) Biochar について</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Biochar については、ADB の Capacity building for biomass efficiency? というプロジェクトに参加しているので知っている。Chan Saruth は Biochar の担当者として参加、DAPH も他の担当として参加している。 ● 詳しい話は ADB に聞くべし。MAFF の担当者は Ms. Rathana (012-815-327)。 <p>(3) JICA への支援要請</p> <ul style="list-style-type: none"> ● JICA は DAPH に支援はしていない。現在は EU の 6 億円の総合的なプロジェクトが目玉プロジェクトになっている。 ● 最近、Livestock Research Institute が出来たが、スタッフのキャパビルが必要。Animal breed と Feed の Laboratory の強化が必要。これについて JICA の支援が受けられればありがたい。

(2) NGO 関連

NGO1	IVY
年月日	2013年9月25日
先方	松浦氏 (Project manager)
内容	<p>(1) IVY の活動</p> <ul style="list-style-type: none">● 現在は3年のプロジェクトの1年目。それ以前から長い取り組みがある。2002年：Svay Rieng 州の村に残された女性を中心に家庭菜園レベルの指導。● 2007年：野菜を市場に出すようになる。自転車など使って地元。● 2009年：同州バベット市のホテルに販売するようになる。(現在週2回販売)● 2010年：SAC という農協を設立。2010年から毎年20村ずつ拡大。● 2012年：PP に販売開始、週4回配達。● 農協は、全体で一つのみ (SAC) で、そこには4郡、60村、300世帯の農家が参加。常に販売するのは100世帯ぐらい。4つの出荷ゾーンに分けている。● トラックは、JICA 草の根技協で購入し配送につかっていたが、同州のPDA に供与された後、PDA、IVY、農協の3者で合意し、農協に所有権を移した。現在はIVY の職員 (給料IVY 負担) が運転してあげている。● 商品は、1) バベットは有機や普通野菜など、2) PP は農薬少ない野菜で、CORAA から Chemical free の認証を受けているものもある。3年以上続けているので、今後は有機認証ももらえるそうである。品目としては、キュウリ、空芯菜、葉物野菜、ニガウリ、冬瓜、トマト (これまで失敗してきたが、現在はタイから自家採取できるチェリートマトをもってきて試している)● 販売は、イオンと農協が直接交渉中。条件は非常に厳しい。価格交渉はまだ。● Biochar について、バッチくんたん機を以前 Japamax から買おうかと迷ったが結局やめた。でも実際はほしい。現在は、National bio digester (NBP) の設備 (\$400。PDA が\$150 ぐらい負担してくれる) が普及しており、そこからの堆肥 (液肥) がある。これがあるので、もうくん炭はいらないのか、一緒に使うとさらによいのかはよく分からないとのこと。NBP のバイオガスをいれている農家は、300世帯のうち80世帯。クンタンを無償でもらえるなら是非協力したい。● 試験圃場をもつ組合員がして試験栽培をしている。● 農協は、現在は理事が中心になって事務作業をしているが、来年の4月から常雇のスタッフを雇う予定。● IVY はフィリピン人のファームマネジャーを雇っている。● 同州のPDA の中に農協の直販店を設けており、資材も売っている。Biochar をここでうることもできるかも。試験農場でも販促や販売もできるかも。● 「ODA 案件1」のドラム缶の受け手としても可能性ありとのこと。

NGO2	CEDAC
年月日	2013年9月26日
先方	Dr. Koma
内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 5年前に\$700でJAPAMAXからバッチ式のくんたん装置を購入した。現在利用している2台は、バタンバンとカンポンチェナンにあり、バタンバンでは毎日利用しているが、カンポンチェナンのAC（トゥックルンAC?要確認）ではもう使われていないかもしれない。 ● 農協や農民に普及したいと考えたが価格が高いため、難しく、ベトナム製の小型のもの（投入量1-2kg）を\$25で購入。こちらはBiocharとCooking用の熱が利用できる。 ● すでに2-3年ほど堆肥とBiocharで栽培試験を行っており、農民もその効果は理解できている。今後は、堆肥とBiocharの配合についてもっと試験する必要があると考えている。 ● 現在は、籾殻を購入してくん炭を作っている。籾殻の購入価格は把握していない。将来的には、農協精米所に導入し、農協ビジネスとしてBiocharを販売できるようなモデルを考えている。プラントタイプに関心がある。 ● 農民がBiocharを購入するとするといくら価格がつくかと尋ねたところ、R500/kg（根拠がある数字ではない）とのこと。 ● ODA案件でのくん炭普及にはもちろん協力できる。CEDACが栽培指導を行い、プロモーションを行う。

NGO3	Srer Khmer
年月日	2013年9月26日
先方	Pou Sovann, Chairman of COrAA and Executive Director of Srer Khmer Victor Onions, Senior Advisor of Srer Khmer Winfried Scheewe, Technical Advisor to COrAA, from GIZ
内容	<p>(1) COrAA の概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 2006年設立。メンバーは34団体で、NGO、民間農場、農民グループ等から成る。Board of Directors は7名で、倉田氏が副会長、IVYの松浦氏も理事である。設立当初はMAFFとMOCが関わっていたが、調整がつかず現在はコンタクトがない。GIZが技術支援を行っている。以前はDANIDAの支援もあった。 ● 活動内容:COrAAはカンボジア独自の有機及びケミカルフリーの基準。“Standards for Organic Crop Production”, “Standards for Chemical-Free Crop Production”を策定。また、Inspectionの規定も定めており、Inspectorが申請農場を検査した上で、合格した所に認定証書を与えている。有効期限は1年間。 ● カンボジアでの問題は、認証を受けても市場でのプレミアムがつかないこと。メンバーの中には、市場ではなく独自の販売店を持つものもある。 ● COrAAの収入源は認定手数料であり、NGOからは年100米ドル、個別農場は20～30米ドルとなっている。2013年8月現在で、19のメンバー農場が有機又はケミカルフリーの認証を受けている。従って、財政的には厳しい状況にある。 <p>(2) Srer Khmer について</p> <ul style="list-style-type: none"> ● “Field of Cambodia”と言うローカルNGOで、Livelihood Improvementを目的に有機およびケミカルフリー農業を農民に指導。SRIやコンポストの利用等。 ● 農民は平均して2年以下の教育しか受けておらず、基本的に自分のサインはできるが、読み書きはできない。しかしながら、頭は良くて、自分たちが気に入れば着実に実践するし、それを農民仲間に伝えることができる。 ● Srer Khmerは、ノルウェー、米国、UN、UNDP、カソリック団体などのドナー資金を得て活動を実施。個々のプロジェクト予算は5万米ドル～20万米ドル程度。 ● 対象地：9州（K. Thom, Pursat, K.Cham, K. Speu, Svay Rieng, Battambang, Prey Veng, Siem Reap 等）。3つの事務所と40～50人の指導員で約千人の農民に指導。 <p>(3) くん炭への関心</p> <ul style="list-style-type: none"> ● くん炭の普及には大いに関心がある。コンポストと混ぜて使用するのが良い。JICAの普及実証プロジェクトでくん炭が提供されれば、喜んで協力したい。

(3) ドナー関連

援助1	SNV (オランダ NGO)
年月日	2013年12月23日
先方	Ms. Ira Larasaty (Programme Leader)
内容	<p>(1) Waste to Energy プロジェクトの概要</p> <ul style="list-style-type: none">● 資金源：EU, SNV, EC。予算は 4-5million Euro。● 期間：2012年1月～2015年12月の3年間。● 関係者：精米業者協会 (FCRMA)、Institute of Standards of Cambodia (ISC)、SME Renewable Energy がメインとなり、SNV がコーディネーションする。関係者の調整に時間がかかり、プロジェクトのスタートが遅れた。 <p>(2) プロジェクト内容</p> <ul style="list-style-type: none">● 目的：コメセクターにおいて、オペレーショナルコストを削減する。そのためにガス化炉を導入し経済的効率化を図る。<ol style="list-style-type: none">1) 精米所に対してカリキュラムを作成し、技術指導を行う。2) ガス化炉を導入した際の事業計画の作成などビジネスサービスを提供する。3) 銀行 (Canadia, Acleda) と協力し、精米所がガス化炉を導入しやすくする。● 目標：ガス化炉を新規に 120 台導入し、30 台を更新 (Ankur のコピーを) する合計 150 台の導入を目標としている。● 対象：ガス化炉の規模は 500kW 以上を想定。対象は当初小規模精米所としていたが、市場の変化と金融機関からのローンの受けやすさから大きい精米所としている。● 本プロジェクトは機材供与ではなく、技術指導やガス化炉普及のファシリテーションが中心であるが、現在ワークショップのための機材として、ガス化炉をプノンペンに設置予定。現在 SME とともに、実施者のテンダーを行っている。 <p>(3) 将来的な需要の見通し</p> <ul style="list-style-type: none">・現在のガス化炉は全体で 100 台程度か。そのうち SME のガス化炉は 45 台。・小規模精米所は、今後は IPP とまとめて契約しそこから電力を供給してもらうようなシステムが効率的。また、大規模精米所には、大型のガス化炉が導入されていくと考えている。いずれにしても大きいサイズのガス化炉の需要は増えると想定。 <p>(4) 廃棄物処理の課題とくんたんへの関心</p> <ul style="list-style-type: none">● 現在のガス化炉は廃棄物処理が問題。現在、廃棄物専門家と協議している。● くん炭には大変関心あり。籾殻灰が活用できるのであれば、協力してプロモーションすることに興味あり。

援助2	ADB
年月日	2013年12月20日
先方	Dr. Simon Shackley(Consultant of ADB, Lecturer of University of Edinburg)
内容	<p>(1) ADB の Biochar プロジェクト</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 2014年12月まで続く。予算は\$75,000。 ● コンサルタントチームには、Dr. Shackley の他、Steven Joseph 博士などがいる。 ● TOR は2つ。1) Product Development and Testing、2) Demonstration。 ● 1) の方は、Biochar とコンポスト、バイオスラリーなどを混ぜて、ペレット化する商品の開発を想定している。Bidding を通じて CARDI、IDE、Oxfam、Mekong Carbon などに研究の下請けをさせて、選ばれた団体はコンポストメーカーの COMPED や Green Mountain と協力して進めていく。 ● 2) は栽培試験で、タケオ、Kampong Chhnang、Battambang。政治的事情も考慮。Comped は Battambang に拠点。Battambang には精米所やガス化発電装置も多数。 ● 商品開発に成功すれば、民間企業が生産するようになることを想定しており、そのために将来はローンプロジェクトなどにつながっていく可能性もある。 ● 公表前の情報共有などについては、ADBI の Dr. Sany に連絡して相談すべし。 <p>(2) これまでのカンボジアでの研究の結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 推奨するくん炭の投入量：20 トン程度（土壌の1%程度）。ただし、多ければ多いほどよい。 ● ターゲット品目は、コメや野菜などいろいろ。 ● 理論的な Biochar の価格は10米ドル/トン。500R/25 kg。 ● 1.8 kg/m² の増収効果があり、経済的には3600R/m² の効果。 <p>(3) ペレット化について</p> <ul style="list-style-type: none"> ● これまでの研究ではペレット化していなかった。ペレット化によって養分がより適切に土壌に入り植物に到達すると仮説をもっている。 ● 中国では Hunan 省ではワラと Biochar のペレットで Sanli という会社がかかなり実績を上げている。 ● これについての論文も公表されており、驚くほどの増収効果などが記載されているが、やや疑わしいので、解釈に注意が必要。 ● ADB の案件では、精米所にペレットマシンを置くべきと考えている。というのは、ガス化発電装置があり、そこで精米機に使う電気以上の電気ができるので、それでペレットマシンが稼働できる。ミックスするコンポストの調達については、養豚場などから取得する。

援助3	CAVAC
年月日	2013年10月16日
先方	CAVAC Pieter Ypma, Sector Manager
内容	<p>(1) CAVAC プログラム</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 農民に対する適切な情報提供という視点で活動している。肥料プロジェクトでは、直接農民でなくサービスプロバイダーに対して適切な肥料の利用方法を指導している。サービスプロバイダーは、精米所、農業資材サプライヤー、メディア等がある。メディアは情報ツールとして肥料会社が活用するという意味。 ● 肥料の利用と生産性の関係を調査したプログラムがある。 ● 7つの肥料会社が CAVAC と協力して、Retailer トレーニングを実施。ステージ1としては、Retailer に対して、企業が技術的な指導、CAVAC がビジネス面での指導を行った。ステージ2では、企業が技術的な指導とビジネス面での指導の両方を行い、CAVAC は問題があれば支援するという Backstop の機能を果たした。これまで合計で 100 人近くの Retailer に対してトレーニングを実施した。 ● 実際に農民が新しい肥料を利用するかという Evaluation では、適切に情報が伝わっても、そのまま適切に利用されるわけではなく、自分の利用しやすいように modify している。これらを含めた約 70%の農民が新しい肥料を適用したという結果になった。 ● 全体のプロジェクトは 2015 年までだが、肥料プロジェクトはとりあえず終了。今後のプロジェクトとしては、weed control や pesticide に関するもの。農民が現場の状況を企業側に伝えアドバイスをもらうためのコミュニケーションができるソフトウェアを企業宛てに提供するというもの。 <p>(2) 新農業資材（くんたん）の普及方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 農民の中に、資材を販売しているもしくは栽培等についてアドバイスしている農民がいるため、彼らをデモファーマーとして実際に使ってもらいながらプロモーションする方法がよいのでは。効果があり、労働力がかからないような商品であれば、普及スピードは早まるのではないかと。 ● 農協がサプライヤー機能を持つことに関しては否定的。個人的な意見として、そもそも農協は市場を崩すと考えている。援助で農協設立をしてこれまでのトレーダーやサプライヤーとの関係を切ってしまうと、農協がうまく機能しなくなった時に農民がどこにもアクセスできなくなるため。

(4) 現地ヒアリング先

現地 1	野菜農家
年月日	2013年12月21日
内容	<p>野菜農家 1 (Kandal 州キュウリ農家 : 8 号線に入る中国橋から数km南東)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 本農家は Lowland で水田 0.5Ha (1 作/年) と、Upland で水田 (1 作) + キュウリ 0.1Ha (25m x 40m = 0.1Ha で 2 作/年) を栽培。訪問時はキュウリは植えてからまだ 2 週間。 ● キュウリは一つの畝に植付間隔は 30-40cm、畝の幅は 1.2m ぐらい。 ● 栽培期間は、35 日間育成し、25 日間収穫をする。1 日で 100-150 kg/日。 ● 販売価格は聞き忘れ。当日の小売り価格は、1600-2000R/kg (Kandal と K. Cham : MAFF の携帯情報サービスによる)。農家軒先価格を例えば 1000R とすると、1 作で 781 \$、2 作で 1562 \$ の売上 (推定)。 ● 1 シーズン 60 日。その後 1 ヶ月休める。9 月から 10 月が第 1 作。12 から 1 月が第 2 作。 ● 種子は PP のオールセイ市場で購入。 ● 散水灌漑している。Yokohama というブランドの小型ポンプで揚水。 ● 牛糞を使用。量は不明。隣人から無償で集める。水にまぜてスプレーする。 ● 肥料は 15-15-15 で、20 kg を 10 回。Ha 当たり直すと 200 kg x 10 で 2000 kg ? ● キュウリを栽培する理由は、コメより儲かるから。すべてキュウリにしない理由は、Lowland でキュウリに向かないから。 ● コンポストも Biochar も知らない。籾殻 Ash は使わないが、試してみてもよい。 <p>野菜農家 2 (Kandal 州リーフレタス農家 : 8 号線に入る中国橋から数km南西)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 野菜の専門農家。小作。 ● 9 割はレタス。そのほかは小ネギ、青梗菜? 的な葉野菜など。 ● 土地はレンタル。1 年で 400\$。面積は 35m x 40-50m (1400~1650m²)。 ● レタスの価格は 1000R/kg。 ● 1 列が 1m x 12.5m。収量は 28 kg/列。 ● 売上 (推定) は 2 ヶ月で 784\$。784\$ x 6 回 = 4704 \$ /年 ● 2 ヶ月で 1 作。1 年中栽培可能。 ● スプリンクラー灌漑。畑の真ん中に小さいため池。 ● 種子は近くの店で購入。どの国産が不明。 ● 15-15-15 の肥料を全体で 100 kg。尿素を 10kg (Ha 当たり 700kg?) ● 牛糞を手押し車 2-3 台分。1 台分で 35,000R。 ● 自分で売りにいく場合もあれば、業者が買いにくる場合もある。 ● コンポスト・Biochar は知らない。

現地 2	精米所
年月日	2013 年 9 月 25 日
内容	<p>精米所 1 (カンダル州 Preak Ho, Tak Mau)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 立地：国道 2 号線に面しており、3 層の電線が通っている。 ● 精米設備：能力 8-12/時 (4-6 トン/時×2 ライン) ● 年間精米量：1200-1500 トン/年 ● もみ殻発生量：24-30 トン/日 ● もみ殻利用：10%乾燥機、90%カンボットのセメント工場に販売 (販売価格：\$22/トンで年間を通じてあまり変わらない) バイヤーが買い取りに来る。 ● 乾燥機：台湾 Suncue 乾燥機+燃焼器 (30 トン/日：\$86,500) を 3 年前に購入。追加で韓国 Sungsan 乾燥機+燃焼器 (40 トン/日：\$72,800) を半年前に購入。Sungsan は乾燥機\$57,800、燃焼器\$15,000。 ● ガシファイヤー：Ankur (200kW：\$75,000) 2008 年に導入。SME Renewable Energy から購入。4 年間稼働したが、電氣量が足りなくなったため、1 年前にトランスフォーマー (500kW：\$50,000) を導入し、電氣を利用することにした。ガシファイヤーは、\$30,000 で売る予定。 <p>精米所 2 (カンダル州 Pre Ho, Tak Mau)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 立地：国道 2 号線に面しており、3 層の電線が通っている。 ● 精米設備：能力 3-4 トン/時 ● 精米量：10-15 トン/日 ● もみ殻発生量：4 トン/日 (20kg×200bag) ● もみ殻利用：乾燥機 20%、ガシファイヤー30%、50%は、ワイン、塩製造工場 (販売価格：\$22/トン) に販売。バイヤーが買い取りに来る。 ● 乾燥機：台湾 Suncue 乾燥機+燃焼器 (30 トン/日：\$92,000) を 1 年前に購入。燃焼器のみだと\$18,000 程度か。1 バッチ 1.5 トン投入可。 ● ガシファイヤー：Ankur (200kW：\$75,000) を 2008 年に導入。250kW は中古で \$50,000 で追加購入した。稼働は 8 時間/日程度。燃料削減は、50%程度 (これまでディーゼルを 1 時間 30 リットル使用していたが、15 リットルに節約できる。) タールを含む汚水は 3 つほどの貯水槽を経て川に流している。 ● ガシファイヤーからの灰は、中国企業が買い取りに来る。販売価格は\$5-7/トン (R1,000/bag：一袋 20-30kg)。Kien Svay に工場があり防虫剤の製造に使っている。 ● 今後精米規模を増やすことを考えると電氣に切り替える。ガシファイヤーを利用するのは、あと 2 年くらいと考えている。

現地3	農協
年月日	2013年12月22日
内容	<p>農協1 (プレイベン州 Chhoung Phnom, Ba Phnom)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● AC 設立：2010年。 ● メンバー数：76人。うち30人が精米機を持っている。 ● 精米機の規模：1トン/日 (3-4h/day) (組合長所有) ● 稼働率：年間約300日。ただし、Low Season では週に3-4日のみ。 ● 籾殻の処分：70%焼酎屋へ、30%水田に戻す ● 稲作が4ha。野菜は裏作でつくっている。なす、キュウリ、String Bean、Green Mustardなどを0.5ha。野菜は自家消費の他、ワラは家畜に与える。 ● 有機農法：CEDAC 経由で2008年にNBPのバイオダイジェスターを建設保有。総工費600米ドルのうち、150米ドルを負担。1-2日に一回牛糞を投入する。1回にバケツ2杯分投入。豚糞は肥料にする。牛糞バケツ1杯：水1杯で投入。投入する度に、バイオスラリーが発生しこれを畑に戻す。ガスは料理など。 <p>農協2 (タケオ州 Prasat Sras Keo)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● AC 設立：まだ農協登録していない。 ● メンバー数：40名 ● 主要事業：クレジット、精米・販売事業、野菜の共同販売 (これから)。野菜の種類は、サラダ、キャベツ、パパイヤ、スイカ等いろいろ。 ● 精米機の規模：1t/h (3t/day)。籾摺りと精米が分かれているタイプ。 ● 稼働率：12-3月はほぼ毎日稼働、4-11月は15-20日稼働 ● 籾殻の処分：ワイン製造とひよこを温める用途に利用。雨季は全量販売。乾季は70%が余剰。 ● 有機農法：メンバーは、CEDAC 支援で有機農法を行っている。また養豚やコンポスト製造もおこなっている。年間200トンコンポストを製造している。原料は、籾殻灰、バイオダイジェスターからのバイオスラリー、牛糞、鶏糞、食品残渣を利用している。NBPの看板があったため、支援を受けていると考えられる。

資料-3. Biochar Technical Working Group の設立文書



ព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា
ជាតិ សាសនា ព្រះមហាក្សត្រ

ក្រសួងកសិកម្ម រុក្ខាប្រមាញ់ និងនេសាទ
អគ្គនាយកដ្ឋានកសិកម្ម

លេខ.....៣៣១២.....អ.ន.ក

រាជធានីភ្នំពេញ, ថ្ងៃទី ១៧ ខែ ៥ ឆ្នាំ ២០១២

សេចក្តីសម្រេច

ស្តីពីការបង្កើតក្រុមការងារសម្រាប់សាកលិសោធន៍
ឧបករណ៍ផលិតជីវចម្បងគុនតាន់ និងការប្រើប្រាស់ជីវចម្បងគុនតាន់លើដំណាំកសិកម្ម

ប្រតិភូរាជរដ្ឋាភិបាលទទួលបន្ទុកជាអគ្គនាយកនៃអគ្គនាយកដ្ឋានកសិកម្ម

- បានឃើញអនុក្រឹត្យលេខ១៧ អនក្រ.បក ចុះថ្ងៃទី០៧ ខែមេសា ឆ្នាំ២០០០ ស្តីពីការរៀបចំនិងប្រព្រឹត្តទៅរបស់ក្រសួងកសិកម្ម រុក្ខាប្រមាញ់ និងនេសាទ
- បានឃើញអនុក្រឹត្យលេខ១៨៨ អនក្រ.បក ចុះថ្ងៃទី១៤ ខែវិច្ឆិកា ឆ្នាំ២០០៨ ស្តីពីការកែសម្រួលអគ្គនាយកដ្ឋាននៃក្រសួង ទៅជាអគ្គលេខាធិការដ្ឋាន ការដំឡើងរដ្ឋបាលព្រៃឈើ រដ្ឋបាលផលិតផល ឲ្យមានថ្នាក់ស្មើអគ្គនាយកដ្ឋាន ការដំឡើងនាយកដ្ឋានក្សេត្រសាស្ត្រ និងកែលំអរដឹកនាំកសិកម្ម ឲ្យទៅជាអគ្គនាយកដ្ឋានកសិកម្ម និងកែសម្រួលអគ្គនាយកដ្ឋានចំការកៅស៊ូ ទៅជាអគ្គនាយកដ្ឋានកៅស៊ូស្ថិតក្រោមការគ្រប់គ្រងរបស់ក្រសួងកសិកម្ម រុក្ខាប្រមាញ់ និងនេសាទ
- បានឃើញប្រកាសលេខ៨៧២ ឧបច.បច.ប្រក ចុះថ្ងៃទី២២ ខែកញ្ញា ឆ្នាំ២០១១ ស្តីពីការបង្កើតក្រុមការងារសហប្រតិបត្តិការអភិវឌ្ឍន៍ប្រព័ន្ធថាមពលអគ្គិសនីដោយអង្កាម របស់ក្រសួងឧស្សាហកម្ម រ៉ែ និងថាមពល
- យោងតាមការចាំបាច់របស់អគ្គនាយកដ្ឋានកសិកម្ម

សម្រេច

ប្រការ១: បង្កើតក្រុមការងារសម្រាប់សាកលិសោធន៍ឧបករណ៍ផលិតជីវចម្បងគុនតាន់ និងការប្រើប្រាស់ជីវចម្បងគុនតាន់លើដំណាំកសិកម្ម ដែលមានសមាសភាពដូចខាងក្រោម:

- | | | |
|-------------------------|---|-----------|
| ១- លោក ទូច យុន | អនុប្រធាននាយកដ្ឋានគ្រឿងយន្តកសិកម្ម | ប្រធាន |
| ២- លោក សេង សារ៉ាត់ | ប្រធានការិ.បណ្តុះបណ្តាល និងអភិវឌ្ឍន៍សហគមន៍ ន.គ្រឿងយន្តកសិកម្ម | អនុប្រធាន |
| ៣- លោកស្រី ត្រី សុផាតិ | អនុប្រធានការិ.រដ្ឋបាល និងបុគ្គលិក ន.គ្រឿងយន្តកសិកម្ម | សមាជិក |
| ៤- លោក ពេជ្យ ផល្លី | មន្ត្រីនាយកដ្ឋានដំណាំស្រូវ | សមាជិក |
| ៥- លោក ជី ណារ៉ុ | មន្ត្រីនាយកដ្ឋានដំណាំឧស្សាហកម្ម | សមាជិក |
| ៦- លោកស្រី ម៉ាន់ សុផារី | មន្ត្រីនាយកដ្ឋានសាកល្បងកម្ម និងដំណាំរួមផ្សំ | សមាជិក |
| ៧- លោកស្រី ចាន់ សុមារតី | មន្ត្រីនាយកដ្ឋានគ្រឿងយន្តកសិកម្ម | សមាជិក |

អាសយដ្ឋានលេខ: ៥៥៧/៤៩អេច ផ្លូវលេខ ៣៩៥-៦៥៦ សង្កាត់ទឹកល្អក់៣ ខ័ណ្ឌទួលគោក រាជធានីភ្នំពេញ ទូរស័ព្ទលេខ: (០២៣) ៨៨៣ ៤២៧. ទូរសារលេខ: (០២៣) ៨៨៣ ៤២៧
Address # 54B/49F, Street 395-656, Sangkat Toeuk Laak 3, Khan Tuol Kok, Phnom Penh, Cambodia, Phone: (023) 883 427, Fax: (023) 883 427

ប្រការ២: ក្រុមការងារនេះមានភារកិច្ចសហការជាមួយគម្រោងរបស់អង្គការអភិវឌ្ឍន៍បច្ចេកវិទ្យាឧស្សាហកម្មនិងថ.មណ្ឌល ថ្មីនៃប្រទេសជប៉ុន ដើម្បីសាកពិសោធន៍លើប្រសិទ្ធភាពឧបករណ៍ផលិតជីវធាតុគុនតាន់ និងការប្រើប្រាស់ជីវ ធាតុគុនតាន់សម្រាប់សាកពិសោធន៍លើដំណាំកសិកម្ម និងវាយការណ៍ពីលទ្ធផលនៃការសាកពិសោធន៍ជូន អគ្គនាយកដ្ឋានកសិកម្ម។

ប្រការ៣: ប្រធាននាយកដ្ឋានរដ្ឋបាលផែនការគណនេយ្យនិងសហប្រតិបត្តិការអន្តរជាតិ ប្រធាននាយកដ្ឋានគ្រឿងយន្ត កសិកម្ម ប្រធាននាយកដ្ឋានដំណាំស្រូវ ប្រធាននាយកដ្ឋានដំណាំឧស្សាហកម្ម ប្រធាននាយកដ្ឋានសាកវប្បកម្ម និងដំណាំ ម្រេចផ្សំ និងសាមីជនត្រូវអនុវត្តសេចក្តីសម្រេចនេះតាមភារកិច្ចរៀងៗខ្លួនចាប់ពីថ្ងៃចុះហត្ថលេខាតទៅ។

រាជធានីភ្នំពេញ, ថ្ងៃទី ១២ ខែ ធ្នូ ២០១២

អគ្គនាយក 

ស៊ុំ ឧទ្ទិសុណ

- កន្លែងទទួល:**
- ឯកឧត្តមរដ្ឋលេខាធិការទទួលបន្ទុក
 - ឯកឧត្តមអនុរដ្ឋលេខាធិការទទួលបន្ទុក
 - សូមគោរពជូនដោយ
 - ដូចក្នុងប្រការ ៣
 - ដើម្បីអនុវត្ត
 - ឯកសារ កាលប្បវត្តិ

(英訳)

Kingdom of Cambodia
Nation Religion King

Ministry of Agriculture, Forestry and fisheries

General Directorate of Agriculture.

No. 332 GDA

Phnom Penh, 16th March 2012.

Decision on

**The establishment of working group for testing KUNTAN drum and Its utilization of
Bio-char on crops.**

-----*****-----

The delegation of the Royal Government and Director of Directorate of Agriculture

- Seen sub-decree no. 17 R.NO.Kra; Dated 07th April 2000 on Establishment of MAFF.
- Seen sub-decree no. 188 R.NO.Kra; Dated 14th November 2008 on the changed of the General Directorate of MAFF to General Secretariat, and promoted Forestry Administration and Fisheries Administration equal to General Directorate and promoted Department of Agronomy and Agricultural Land Improvement to GDA , and General Directorate of Rubber Plantation is under Supervised by MAFF.
- Seen PRAKAS No.872 ou.ro.thor.Pro.Kor, Dated 22th September 2011 on the Establishment of Working group of development cooperation on Utilization of Bio-char for Electricity energy of MIME.
- With necessary needed of GDA.

Decided on

-Article1:

Form of working group for KUNTAN drum testing and its bio-char utilization on crops, with the following members

S.L	Names	Position	In-charge
1	Mr. Touch Khun	Deputy Director of Agricultural engineering/GDA	Chief
2	Mr. Seng Savath	Chief Office of Training and Community Development, of Agricultural Engineering Department/GDA	Deputy Chief
3	Ms. Vit Socheat	Deputy Chief office of Administration, and personnel of Agricultural Engineering Department/GDA	Member

4	Mr. Pich Phal Lin	Staff of Rice Department/GDA	Member
5	Mr. Chinorom	Staff of Industrial crops Department/GDA	Member
6	Ms. Man Sotheavy	Staff of Horticulture and subsidiary crops Department/GDA	Member
7	Ms. Chan Soma Tei	Staff of Agricultural Engineering Department/GDA	Member

-Article2:

This Working Group has duty and their responsibility works cooperate with Organizational Development Technology of Industrial and Energy of Japan in order to Testing the effectiveness of drum KUNTAN and its utilization of Bio-char for crops experiment and reporting the fact finding results to GDA.

-Article3:

Director Department of Administration Planning Accounting and International Cooperation, Director Department of Agricultural Engineering, Director Department of Rice, Director Department of Industrial Crops, Director Department of Horticulture and subsidiary crops; And individual in this working group must comply to this decision accordance with own duty and responsibility since the date of signature.

Phnom Penh, 16 March, 2012

Director General

Signed and stamped

Sokhan Rithy khun

Received:

- H.E of Secretary State in-charged
- H.E of Under Secretary in-charged
FYI
- In Article 3
For Action

Documents

**"Project Formulation Survey" under the
Governmental Commission on the Projects for
ODA Overseas Economic Cooperation
in FY2013**

Summary Report

**Survey on ODA Project Formulation for
Disseminating Rice Husk Biochar (Kuntan) to
Improve Agricultural Production and Rural
Livelihood in Cambodia**

March 2014

**Kansai Corporation /
Japan Development Institute**

The content of this report is a summary of the project formulation survey, which was commissioned by the Ministry of Foreign Affairs of Japan in the FY 2013 and is carried out by the consortium (Kansai Corporation and Japan Development Institute). It does not represent the official view of the Ministry of Foreign Affairs.

I. Description of the current situation and development needs of the concerned development issues Cambodia

(1) Current status of development issues of Agriculture in Cambodia

Burdens on farmers by imported fertilizers

Chemical fertilizers used in Cambodia are mostly imported from abroad. The major chemical fertilizers in the market are Urea, Diammonium phosphate (DAP) and various compound fertilizers (NPK15-15-15, etc.), the retail prices of which are US\$20-30/50kg. The amount of chemical fertilizers used by crop are shown in the table below. Recent rise of the fertilizer prices is increasing the production costs to farmers.

Table 1: The Current Use of Chemical Fertilizers by Crops

	Paddy (2crops/year)	Cucumber (3crops/year)	Lettus (6crops/year)	Cassava (1crop/year)
Type of fertilizer	Urea, DAP	NPK(15-15-15), Urea	NPK(15-15-15)	NPK(20-20-15)
Input amount (kg/ha/crop)	200-500	700-1,000	700	0-300
Cost (US\$/ha/crop)	100-250	350-500	350	0-150
Cost (US\$/ha/yr)	200-500	1,050-1,500	2,100	0-150

Undeveloped soil amendment technology

The soil along the Mekong River is fertile while the inland soil is mainly clay and lacks phosphate. Soil amendment is one of the major issues in Cambodian agriculture, but its technology is not yet developed nor practiced.

Currently, organic fertilizers are on the market. The price varies from US\$8/50kg of the Thai made to US\$20-30/50kg same as those of chemical fertilizers. Composts, on the other hand, are produced by NGOs in the private sector but with only small amount. By the government efforts, dissemination activities are ongoing nation-wide with the installation of compost sheds (700 units/year) and biodigesters (total of 20,000 units), the latter of which produce bioslurry as their byproduct.

In Cambodia the Kuntan (Rice Husk Biochar) is not known well, and the market is not yet formed. In recent years, the proponent provided with around 10 small biochar furnaces of their own to the government, the private sector and NGOs, so that the Kuntan is used in a small scale in Cambodia. On the other hand, rice husk ash (RHA) from the gasification for power generation is being sold at US\$60/ton at a nursery in Phnom Penh. Considering the fact that the volume of RHA and Kuntan of the same weight is 1:2, potential price of Kuntan could be US\$120/ton. This shows that the market of Kuntan is sprouting in Cambodia.

Ineffective use of rice husks

Available rice husks in Cambodia is 1 million ton estimated from the annual paddy production of

10 million ton and a half of which is taken out of the country. As a prospect, rice husk resource will increase in the future assuming the recent trends and efforts to strengthen the milling capacity.



Rice husks are used by rice millers for dryers and for gasification to generate electricity. The rest is abandoned or sold to other factories as fuel. For those who utilize rice husks for both dryer and gasification, the maximum use of rice husk is 50% of their availability as shown in the table below. However, rice milling industry as a whole, considering that the dryers and gasifiers are introduced in a small portion of the industry, unused rice husk resources will be large amounts and available in Cambodia.

Table 2: Rice Husk Use by Rice Millers for their Own Consumption

Segment	Milling Machine Capacity	Rice Husk Use	Own use (%)	No.of Mills
1) Large scale	Over 10 ton/hr	Dryer	10-30%	10
2) Mid level	4-8 ton/hr	Dryer (Gasifier)	20-50%	40
3) Small-medium	1-2 ton/hr	(Dryer) Gasifier	10-40%	200-300
4) Village level	Less than 1 ton/hr	Rice wine production, etc.	—	1,000-15,00

II. Possible applicability of the Kansai Corporation’s technologies, and prospects for future business development

(1) Strengths of the Products and Technologies to be utilized in the proposed ODA Project.

<p style="text-align: center;">Plant-Type</p> 	<p><u>Features</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Continuous carbonization: Rice husk is put into the furnace automatically 2) Eco-friendly: No black smoke, tar nor smoke odor 3) Long lifetime: 20years (with less breakdowns) 4) Low fuel requirement: only 1~4ℓ for ignition 5) Less worker requirement: Biochar is automatically stored in the tank 6) Quality and uniform Biochar: Original carbonization method <p><u>Capacity</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Input: Rice husk 300kg/hr (Kuntan production: 75kg/hr) 2) Carbonizing time: 5minutes 3) Power requirement: 10 kW
<p style="text-align: center;">Batch-Type</p> 	<p><u>Features</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Easy handling: only ignition, extinguishes automatically, no electricity 2) Low fuel requirement: only 0.2 ℓ for ignition 3) Other feedstock: wheat husk, sawdust, chip of pruned branches, etc. 4) Long lifetime and Safety: Stainless steel is used for chimney, No fire accidents 5) Equipped with Rice husk vinegar and Wood vinegar receivers <p><u>Capacity</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Input: 500ℓ=50kg (Kuntan production: 350ℓ=35kg) 2) Carbonizing time: 3hours (Extinguishing time: 12hours with natural draft)

(2) Assumed Business Model

Kuntan Dissemination Strategy

The dissemination of Kuntan is indispensable for marketing plant-type carbonizer equipments. There are two dissemination routes; 1) commercialization in the market, and 2) grassroots farmers' level dissemination. Route 1 aims to tap into the needs of private farms producing high value crops and seedlings. Route 2 shall target the area of compost dissemination activities by NGOs and shall cooperate with pilot farmers who already understand the effectiveness of soil amendment. In the first stage, the production and supply center of Kuntan shall be set up, and the product will be provided for trial use. If the users acknowledge the effectiveness, then the Kuntan shall be sold at test prices to form the market.

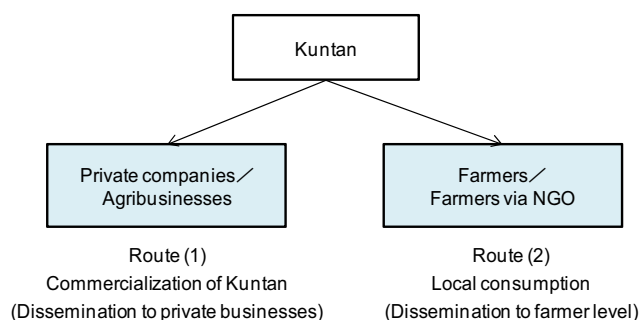


Figure1: Kuntan Dissemination Strategy

Carbonizer Promotion

Kansai Corporation is going to collaborate in the promotional activities with a Japanese rice mill maker who has already started its operation in Cambodia. At the same time, Kansai Corporation could buy out Kuntan produced by their customers in the initial stage, which in the past contributed significantly to the promotion of carbonizer equipments in Japan. As for the target region, the price of rice husk will be an important factor for the Kuntan business in terms of securing raw materials. In the Northern region of Cambodia, rice husk tends to be abandoned due to its excessive surplus whereas in Central and Southern regions there are fuel demand which is increasing the price of rice husk. Therefore the target area should be better in the northern region.

Market Volume and Demand

The current condition of rice mills of small and medium scale is that their first priority is to upgrade existing rice milling facilities so that no extra fund is available to invest in carbonizer equipment. On the other hand, larger scale rice mills have already updated their facilities and relatively easy to secure funds for additional investment in the carbonizers. Therefore, considering the volume of rice husk availability (i.e. milled rice production), the targeted market of plant type carbonizer will be larger rice mills.

(3) Business Model (Plant-type)

Kansai Corporation is planning the following business model:

Stage I (2011-17) Create market for Kuntan to pave the way to promote plant type biochar machine.

Stage II (2017-) Establish JV company with a local partner and start local production. The core parts shall be imported from Japan and others will be procured from neighboring countries and Cambodia.

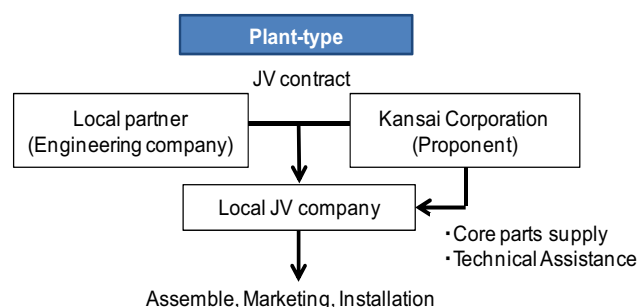


Figure 2: Business Model (Stage II)

III. Introduction and Trial of the Kansai Corporation's products and technologies to Cambodia (Demonstration and pilot survey)

(1) Cultivation experiment

The purpose of cultivation experiments of Kuntan is twofold. 1) To demonstrate increased yields and the effect of reduced input of chemical fertilizers, and 2) to prepare Kuntan application manual. The sites of cultivation experiments were; in Takeo (Paddy), Kandal (Corn, Soybean, Leafy green), and Battambang (Cassava). The cultivation experiment was designed for 6 patterns with different combinations of Kuntan and chemical fertilizer inputs.

T1: Kuntan (None), Fertilizer (Less)	T4: Kuntan (Basic), Fertilizer (More)
T2: Kuntan (None), Fertilizer (More)	T5: Kuntan (More), Fertilizer (Less)
T3: Kuntan (Basic), Fertilizer (Less)	T6: Kuntan (More), Fertilizer (More)

(2) Evaluation of results

The effectiveness of Kuntan was evaluated by growth of plants (eg. Height from the ground level) or yield performance (eg. Yield per ha). The approaches used are 1) whether the yield will be improved or maintained with application of Kuntan and reduced chemical fertilizers (eg. comparison of T2 and T3), and 2) yield improvement by Kuntan use (eg. comparison of T2 and T4). The results show that yield was maintained or rather improved for all the crops tested. Except for the one case of Soybean (Kuntan 4ton/ha), all the crops experienced the yield increase by 0.4-30% with Kuntan use.

Table 3: Result of cultivation experiment

	Paddy	Corn	Soybean	Leafy green	Cassava
1) Yield improvement with half reduced chemical fertilizer	○ (improved)	○ (improved)	○ (improved)	○ (improved)	○ (improved)
2) Yield improvement associated with higher Kuntan input	○ (4-30%)	○ (12-13%)	Δ* (-3-+3%)	○ (9-21%)	○ (0.4-6%)

Note) In the cases of Soybean, growth decreased with 4 ton/ha of Kuntan input but improved with 10 ton/ha.

(3) Feasibility Analysis

Kansai Corporation's main product will be the plant type carbonizer equipment connected to the paddy dryer. The economic value generated from the equipment is considered as the combination of Kuntan produced and the amount of heat supplied to the dryer. Assuming the annual milling capacity be 4,000 ton (8 hours and 250 days operation) that is Kuntan production of 200 ton, the payback period will be around four years.

IV. Expected development impacts in Cambodia and effects on Kansai Corporation's business development by proposed ODA project

(1) Consistency between proposed product/technology and development issues

Reduction of chemical fertilizer input

In recent years, the prices of chemical fertilizers have been almost doubled compared to those in 2005, which increased burden on farmers' income. By improving the nutrient holding capacity of soil, Kuntan can reduce the use of chemical fertilizers and the production costs to farmers.

Effective use of rice husk

It is assumed that candidate producers of Kuntan can be classified in two types of rice millers:

(1) Large-scale rice millers and (2) village-level old fashioned rice millers.

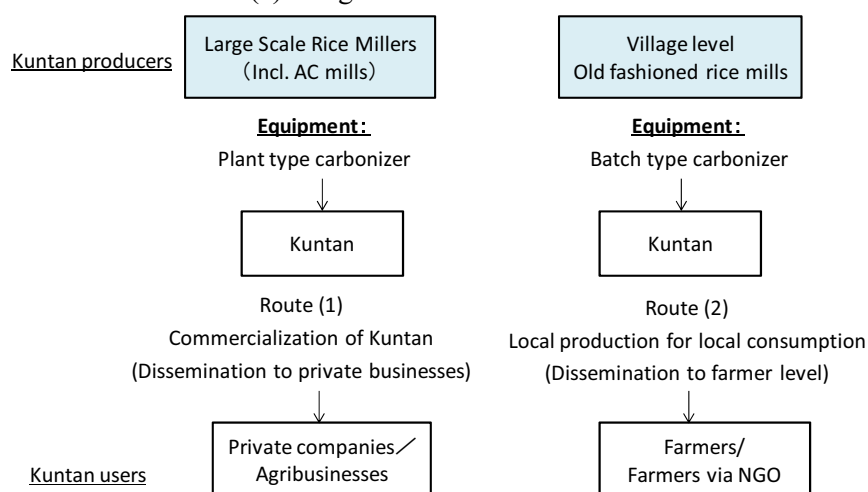


Figure 3: Types of Carbonizer and Dissemination strategy of Kuntan

If Agricultural Cooperatives own and manage modern rice mills together with Kuntan carbonizers, it is possible to promote the market formation of Kuntan and to the dissemination of Kuntan technologies at grassroots level. Therefore, it is important to place emphasis on functions and roles of ACs

(2) Development impacts of proposed product/technologies by ODA project

Farmers' income can be increased by utilizing Kuntan as a soil amendment, with the results in higher yield and reduction of chemical fertilizer use/cost. Based on the cultivation experiment, possible impacts can be shown as below, assuming the fertilizer input can be reduced by 50%.

Table 4: Possible Cost Reduction of Chemical Fertilizer by Using Kuntan

	Paddy (2crops/year)	Cucumber (3 crops/year)	Lettus (6crops/year)	Cassava (1crop/year)
Fertilizer input (kg/ha/crop)	350	850	700	300
Fertilizer cost (US\$/ha/crop)	210	510	420	180
Fertilizer cost (US\$/ha/3yr)	1,260	4,590	7,560	540
Kuntan input (kg/ha/3yr)	4	10	10	4
Kuntan cost (US\$/ha/3yr)	200	500	500	200
Reduction of fertilizer cost (US\$/ha/3yr)	430	1,795	3,280	70

Note: Chemical fertilizer cost: US\$30/50 kg, Kuntan cost US\$50/ton, Assume the effectiveness of Kuntan lasts 3 years (input Kuntan once in 3 years)

(3) Impact of the proposed ODA project-on Kansai Corporation's business development

Dissemination of Kuntan is a prerequisite of marketing of rice husk carbonizers. Given the present situation of Cambodia that most farmers do not know about Kuntan, it is hard for one private SME to bear all the cost for disseminating this knowledge/technology. If ODA project can facilitate the dissemination, it will be a big impact on the business development of Kansai Corporation.

Table 5: Sales plan of Plant type Biochar Machine (Unit: No. of sales)

Case	2013	2014	2015	2016	2017	2018
With ODA projects			(1)		5	10
Without ODA projects (purely business base)					1	1

Note: Number in brackets is sales for ODA projects, Number without brackets are sales on commercial base.

V. Proposed ODA project

The proposed ODA project consists of three components: (1) Dissemination of Village Level Kuntan Utilization. (2) Development of Kuntan Utilization Technology by Different Crops (3) Dissemination and Commercialization of Kuntan to Farmers. Eventually it is desirable for MAFF to promote Kuntan and take policy measures as a part of the national agricultural policy. The table below is a summary of the proposed project.

Table 6: Proposed ODA project

Title	Project for Dissemination of Kuntan utilization technologies
Expected Outcome	<p>1. Dissemination of Village Level Kuntan Utilization</p> <ul style="list-style-type: none"> MAFF and PDA extension officers will be able to demonstrate and train farmers the proper use of Kuntan for soil amendment. AC members and pilot farmers will be able to recognize the effectiveness of Kuntan use to improve soil conditions as well as income generation of agriculture products. <p>2. Development of Kuntan Utilization Technology by Crops</p> <ul style="list-style-type: none"> Kuntan Utilization technology by different crops will be developed. Dissemination manuals will be prepared.

	<p>3. Dissemination and Commercialization of Kuntan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pilot farmers in ACs will be able to disseminate Kuntan use to other AC members and neighboring farmers. • Kuntan will be disseminated to farmers through NGOs who promote organic and low fertilizer use agriculture production • Agriculture firms, seedling and nursery shops will start to buy Kuntan once its effectiveness is recognized.
Scheme	Pilot project for disseminating SME's technologies to Developing Countries
Implementor	Kansai Sangyo, JDI
C/P	Supervising organization: MAFF/DGA (Bio-char Technical Working Group) Implementing organization: MAFF /DAEng, PDA in Kampong Thom
Place	Kampong Thom Province
Inputs	<ol style="list-style-type: none"> 1) Kuntan experts for production technique 2) Kuntan experts for utilization technique 3) Project preparation, management, monitoring 4) Batch type carbonizer: 10 units 5) Plant type carbonizer: 1 set
Period	3 years (Aug 2014 to Jul 2017)
Budget	JP¥ 100 million

Attachment : Outline of the survey

Project Formulation Survey
Kingdom of Cambodia, Survey on ODA Project Formulation for Disseminating Rice Husk Biochar (Kuntan) to Improve Agricultural Production and Rural Livelihood in Cambodia

SMEs and Counterpart Organization

- Name of SME : Kansai Sangyo Corporation
- Location of SME : Shiga Pref., Japan
- Survey Site • Counterpart Organization : Cambodia • Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF)

Concerned Development Issues

- The use of expensive imported chemical fertilizers is increasing farmers' agriculture production cost.
- The use of fertilizers are inefficient due to poor soil conditions. However, soil amendment technology is not yet practiced.
- Rice husks in Cambodia are partially used as fuel. But the majority is not used effectively.

Products and Technologies of SMEs

- Biochar carbonizers (Batch & Plant type): The carbonizers produce high quality Kuntan in a eco-friendly manner. The capacity is 50kg/day (Batch) and 300kg/h (Plant) respectively, in rice husk input base.
- Kuntan: Improve physical condition of soil to retain water, fertilizer, etc., which can reduce the amount of chemical inputs and so the agriculture production cost.

Proposed ODA Projects and Expected Impact

- To provide agriculture cooperatives (ACs) with biochar carbonizers and transfer Kuntan production and application technologies to AC members, interested NGOs and private farms in order to diffuse the Kuntan application technologies, which contributes to the reduction of production cost and improvement of soil conditions.
- To develop and test Kuntan application technologies by different crops, and make manuals of the Use of Kuntan, which could be incorporated into the agriculture policy of Cambodia and utilized in the promotional activities for farmers.

Future Business Development of SMEs

- Enhanced perception about the application technology and the effectiveness of Kuntan can boost the demand in a short period of time, which contributes to promote the biochar plant business in Cambodia.

