

マレーシア等 ASEAN 地域における電子産業生産プロセスを含めた トータルリサイクルシステムの構築事業

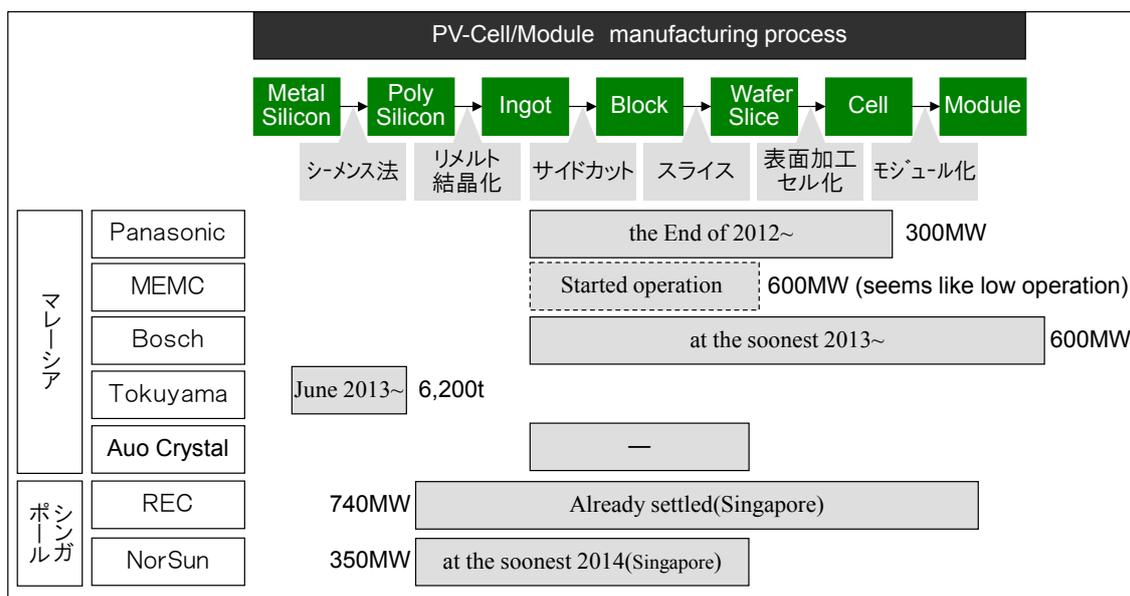
株式会社新菱、北九州市、株式会社日本総合研究所

1. 事業の目的・概要

(i) 事業の目的・概要

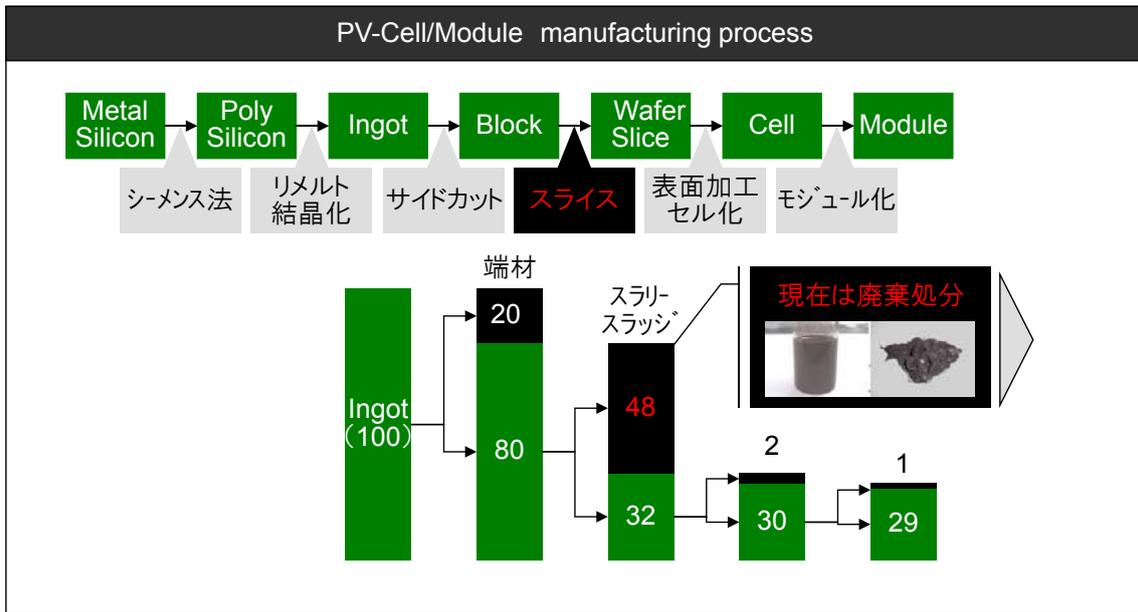
近年、マレーシア、シンガポール等への PV 関連企業の進出が相次いでいる。下図は、同地域における進出済／計画中の PV 関連企業の状況である。

図表 太陽光パネル製造工程ごとの各社の進出状況



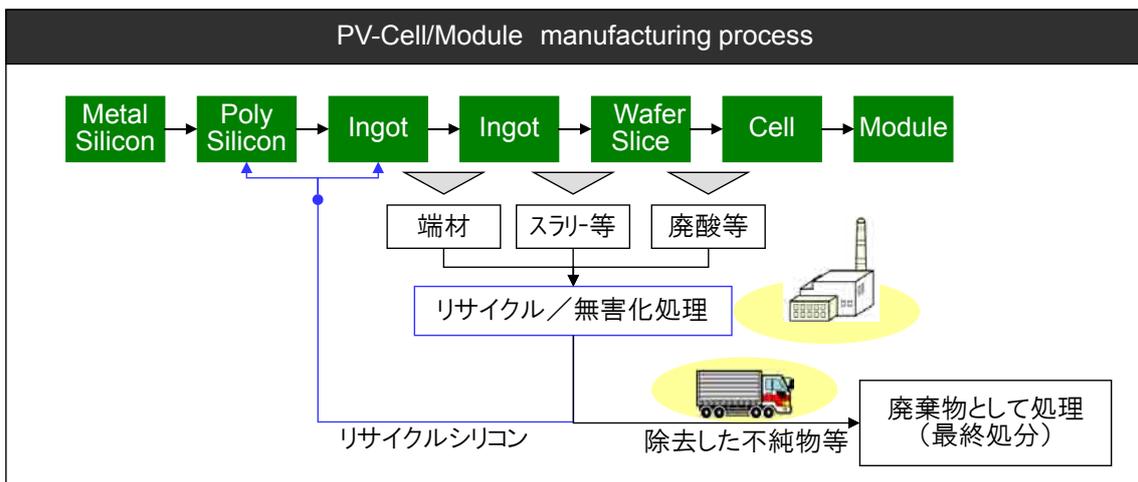
太陽電池の製造工程では、シリコンの多大なロスと廃棄物が発生する。特に、スライス工程におけるロスが大きいが、現在は廃棄処分されている。PV 関連企業の集積、廃棄物の増加により廃棄物処理コスト増、CO2 排出量増、消費電力量増が課題となると考えられる。下図は、シリコン製造工程におけるロス発生状況である。

図表 リサイクル対象物の発生状況



最もロスのかいシリコンスラリーのリサイクル技術を活用した、シリコンリサイクル事業の構築を目指す。下図は、事業モデルイメージ。

図表 事業モデル

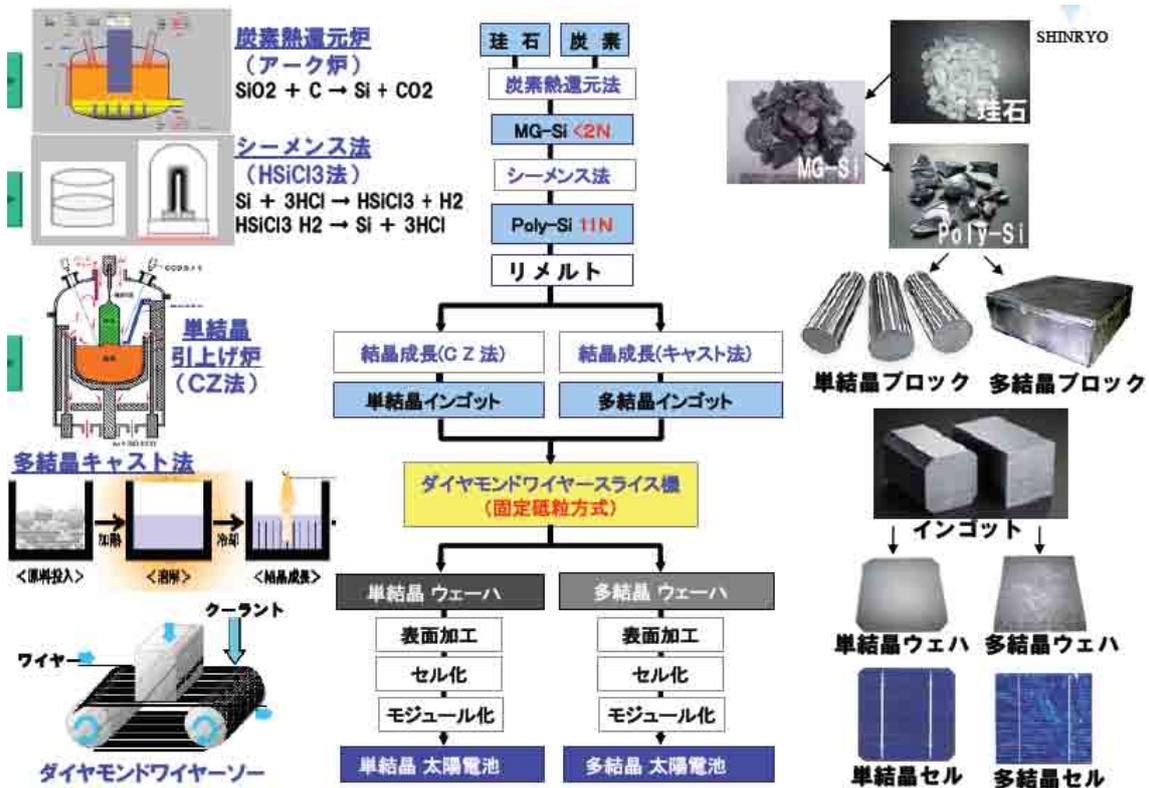


(ii) 当該技術の紹介

当該技術は、ウェハ製造のために行われるインゴットスライスの際に廃棄されるシリコンスラリーまたはスラッジをリサイクルし、ポリシリコンまたはポリシリコンの原料へ戻す技術である。

ウェハは、切削液（クーラント）をかけながらのこぎり状のワイヤーが何本も並んだワイヤー・ソーでスライスされることにより作られる。スライスする際に、Si 粉とクーラントが混合した切削廃液が排出される。一般的にこの切削廃液は産業廃棄物（またはマレーシアでは指定廃棄物）として廃棄されている。

図表 一般的な太陽電池製造工程



出典；新菱作成

今回は、インゴットスライス時に発生する廃液から Si を取り出し、ポリシリコンまたはポリシリコンの原料として再利用するために、ケミカル処理技術によって太陽電池の要求水準に合わせたコストエフェクティブな再製造を実現させる。

2. 処理対象廃棄物の市場動向調査

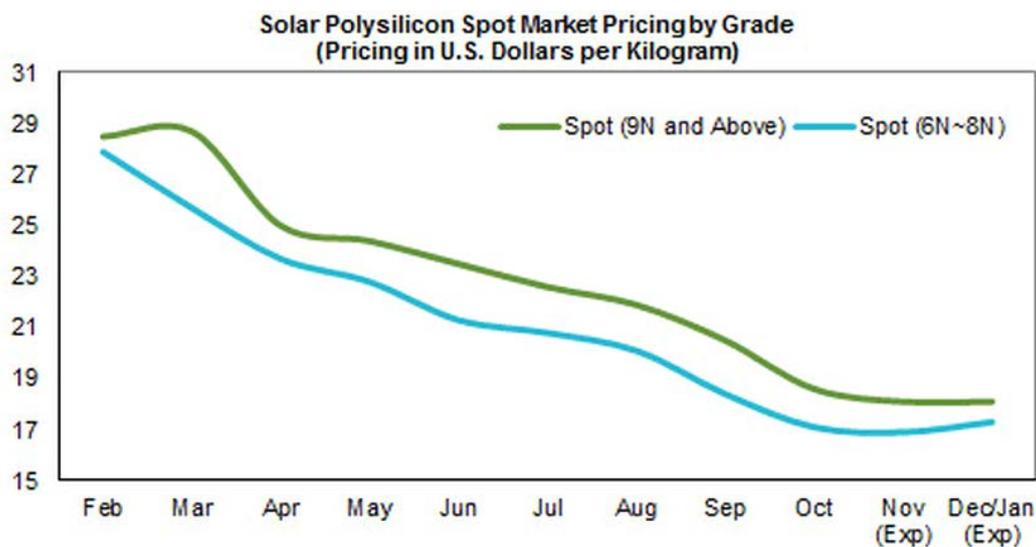
(i) ポリシリコン価格動向

2012年の間に太陽電池用ポリシリコンの価格は大きく下落し、\$20/kgを切るまでの水準に来ている。要因としては、サプライチェーン上でポリシリコンより川下に位置するウェハや太陽電池などの需要が伸び悩む一方、ポリシリコンが供給過剰であることによるものであるとの見方が強く、今後、価格の下げ止まりの明確な要因も見えない中で各社は今後の動き方を模索している。

【ポリシリコン市況に対する各社のコメント（ヒアリングによる）】

- MEMCは現在スポット市場にて\$14.5/kgで太陽電池用ポリシリコンを購入。今後、\$20/kgを超える事はないとみている。
- RECはポリシリコンを\$16~18/kgで購入しており、今後、\$23/kgまで価格が戻ると見込んでいる。なぜならば、現在のような需要と供給の不均衡がいずれ解消されるとみているため。

図表 2012年のポリシリコン価格動向



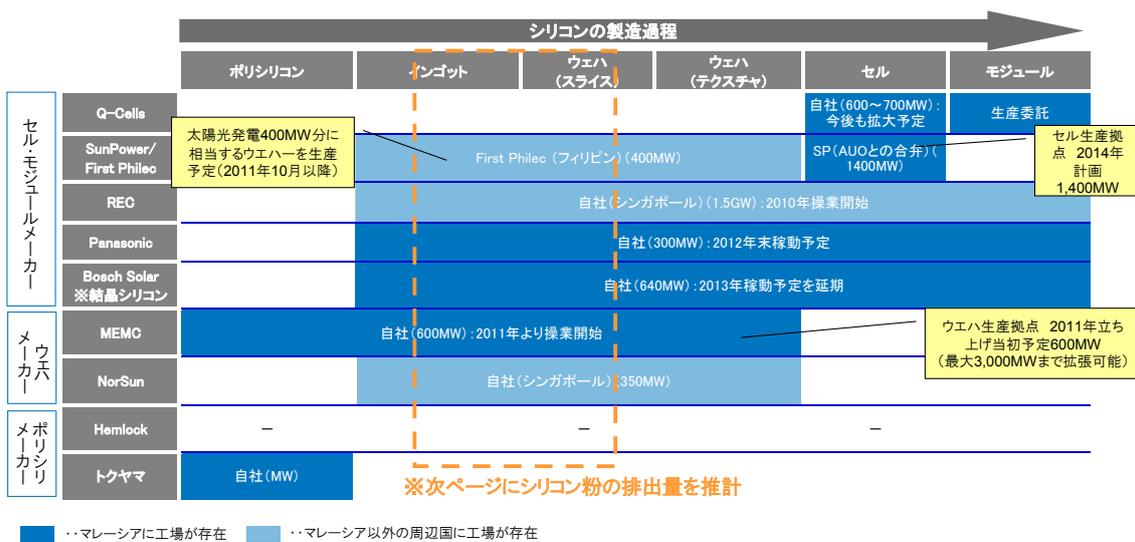
Source: IHS iSuppli Research, November 2012

(ii) 太陽電池関連企業の進出状況

当初、関連企業の動向調査によりマレーシアを含む周辺国への進出状況は下記図表に示したものを想定していた。海外からマレーシアへの外国企業進出を支援しているマレーシア投資開発庁（MIDA）へのヒアリングの結果、実際には、太陽電池メーカーの進出動向が次頁の図表に示される状況であることが分かった。

リーマンショック、欧州危機に伴う PV 需要の減少、供給過多、ポリシリコン価格の下落により、Bosch, NorSun は計画を延期・凍結しており、また、パナソニックは生産能力拡大計画の見直し、トクヤマは第 2 期プラントの営業運転開始時期を未定とするなど、各社計画の見直しと投資リスクの最小化に動き始めていることを把握した。また、マレーシア資本の企業として、Concrete Gold 社の存在を確認した。

図表 PV 関連企業の進出状況（当初想定）



出典：資源総合システム,太陽光発電企業世界ファイル 2011 に基づき作成

図表 マレーシアに進出する PV 関連企業の状況

企業名	事業範囲 :  購入材 : 	生産能力 (基準年)
TOKUYAMA		サラワク州ビンツル サマラジュ工業団地 6,200ton (2013年6月)
Panasonic		ケダ州 クリム ハイテクパーク 工業団地 300MW (2012年12月)
MEMC		サラワク州 サマジャヤフリー工業団地 600MW (工場建設済) 1.6GW (検討中)
Concrete Gold		セランゴール州 クレストヒル工業団地 2MW 100MW ((2015年))
Auo Crystal		マラッカ州 アロアガジャ マラッカワールド ソーラーバレイ 540MW (工場建設済)
REC (SiPro)		シンガポール 740MW (工場建設済)

出典：MIDA へのヒアリングより日本総研作成

(iii) 処理対象廃棄物関連政策

太陽電池メーカーのマレーシアへの進出に関連する政策として、マレーシアにおける産業誘致政策、経済変革プログラム、再生可能エネルギー政策について記載する。

(ア) 産業誘致政策

マレーシアでは、外国資本による製造業分野での投資促進を目的として、主に税控除による優遇措置である、パイオニア・ステータスと投資税額控除の2つを設けられていることが MIDA へのヒアリングより分かった。パイオニア・ステータスと投資税額控除の認可基準は、投資促進法（1986年制定）に基づいており、付加価値のレベル、使用される技術の高さ、産業間連携強化への寄与など特定の優先事項で判断される。対象となる事業と製品は、「奨励事業」または「奨励製品」とい

われ、「太陽電池」も対象製品である。対象事業者は、具体的な優遇措置として、パイオニア・ステータス、もしくは投資税額控除の何れかを選択することができる。

図表 パイオニア・ステータスと投資税控除について

① パイオニア・ステータス

パイオニア・ステータスを認められた企業は、法人税納付の一部免除を5年間受けることができる。この場合、生産日（生産レベルが生産能力の30%に達した日と定義）から始まる免税期間中、法定所得の30%に対してのみ課税される。

パイオニア・ステータス期間内に発生する未控除の資本控除と累積損失は、繰り越して、パイオニア・ステータス期間後の企業の収益から差し引くことができる。

奨励地域への投資を促進するため、サバ州、サラワク州、ペルリス州、半島マレーシアの指定された「東海岸投資奨励地域」（クランタン州、トレンガヌ州、パハン州、およびジョホール州のメルシン地区）に投資する企業は、5年間の法定所得の100%が免税となった。（ただし、この優遇措置は、2010年12月31日までに受理される申請に適用される。）

パイオニア・ステータスの申請書は、マレーシア工業開発庁（MIDA）に提出。パイオニア・ステータスを認められた企業は、法人税納付の一部免除を5年間受けることができる。具体的には、免税期間中は、法定所得の30%に対してのみ課税が発生。また、期間中の累積損失等は繰り越すことができ、期間終了後の収益から差し引くことができる。

② 投資税額控除（ITA）

5年間に発生する工場、プラント、機械、設備等への投資額の60%に相当する金額を、法定所得から控除することができる。

※最大、法定所得の70%まで控除することができる

未利用の控除は、全額が利用されるまで繰り越すことができる。

出典；MIDA, マレーシア製造業投資より

（イ）経済変革プログラム

マレーシアは、2020年までに中所得国から高所得国に移行することを目指しており、先に発表された経済変革プログラムにおいて、高所得を生み出す可能性の高い12の主要経済分野※（National Key Economic Area=NKEA）を選定している。

また、12の主要経済分野において、経済変革を推進するための131の出発点プロジェクト（Entry Points Projects=EPP）を設定している。

太陽電池産業は、「電機・電子」分野の中のEPPのひとつとして位置づけられており、そのさらに具体的な取り組みとして、先述のConcrete Gold社が位置づけられている。

【Concrete Gold社の概要】

- ・マレーシア企業による太陽電池事業製造事業のパイロット事業推進役として設立。EPP（Entry Points Projects）の具体施策の一つであり、政府及び民間企業の共同出資会社。
- ・生産能力は、現在2MWであるが、2年間の試験期間を経て、100MW（2015年）にする計画。インゴット→モジュールまでの一貫生産を行う予定。
- ・本事業は、パイロットプロジェクトであるため、マレーシア資本の他の企業が当社の製造工程をコピーし、PV市場に参入していくことを目標としている。実際に、現時点でも2社関心を示しているが、具体企業名は明らかにできない。

出典；Concrete Gold社へのヒアリングより

(参考)【MIDA (マレーシア工業開発庁)】

- MIDA は、マレーシアの工業発展の促進と調整を担う、国際通商産業省 (MITI) 傘下の政府機関である。
- MIDA の役割は、製造業や関連サービス部門への事業進出に関心のある企業をサポートし、プロジェクトの実施と運営を円滑にすること。
- MIDA の主な業務内容は以下。
 - 製造業およびサービス産業への外国投資と国内投資の促進。
 - マレーシアにおける工業開発に関する計画立案。
 - 国際通商産業大臣に対して、工業促進や工業開発に関する政策や戦略の提言。
 - 製造ライセンス申請の審査； 外国人駐在員ポスト申請の審査； 製造業、観光業、研究開発事業、職業訓練機関、ソフトウェア開発事業に対する税制上の優遇措置申請の審査； 原材料、コンポーネント、機械に対する輸入税の免除申請の審査。
 - 事業の実施や運営において、関連する連邦政府機関および地方政府機関と直接協議し協力して企業を支援。
 - 工業開発に携わる各機関との情報交換および調整の促進。

出典；マレーシア製造業投資より

図表 12 の主要経済分野と EPP について

主要経済分野	EPP
石油ガスおよびエネルギー分野	石油二次回収(EOR)、国内探査、原子力発電、戦略的パートナーシップや合併による技術、調達、設備能力の開発
パームオイルおよび関連製品	植え替えの促進、生鮮果房(FBBs)収穫量の改善、油抽出率(OER)の改善、工場におけるバイオガス設備の開発、オレオ油誘導体増加の促進
情報通信テクノロジー	プラットフォーム、アプリケーション、コンテンツの刷新、境界の撤廃(業界の高度化)、インフラの高度化(次世代インフラ)
電機・電子	半導体、太陽光利用、LED、産業用エレクトロニクス
農業	園芸、ハーブ、稲・米、家畜、水産養殖、バイオテクノロジー
クアラルンプール/クランバレー首都圏	世界トップ100の多国籍企業と高技能人材の誘致、高速鉄道によるシンガポールへの接続、大量輸送鉄道(MRT)の建設、統合的都市鉄道システム、生活河川としての活性化、土壌汚染の管理
金融サービス	株式市場の活性化、債券市場の促進、開発金融機関(DFIs)の改革、統合的支払い、エコシステムとグローバル・イスラム金融センターの創設
卸・小売業	近代化:自動車修理工場の近代化、グローバル化:ワン・マレーシア・モール、ウェブ・モール、外国ブランド取得、革新化:ウェルネス・リゾート、デューティ・フリー・マレーシア、クアラルンプール国際空港での小売センター
観光	手の届く贅沢品(ショッピング)、家族向け娯楽、イベント、エンターテインメント、スパ、スポーツ、ビジネス観光、自然冒険
教育サービス	オンライン大学、高品質の早期保育教育(ECCE)、インターナショナル・スクールの設立、民間教師研修、学問分野別クラスター(ヘルスケア・サービスおよびイスラム金融教育)
ビジネス・サービス	マレーシア航空エンジニアリングが主導する航空機メンテナンス・修理サービス(MRO)の育成、活気ある環境関連産業、グローバル競争力のあるアウトソーシング産業の構築
民間ヘルスケア	外国人労働者向け民間保険の査定、臨床研究発展のための支援的エコシステムの創出、将来的な国際的アウトソーシングに向けた遠隔医療におけるスケールを実現する診断ネクサスの創出

出典 ; MIDAのHPより作成

(ウ) 太陽光を含む再生可能エネルギーに対する優遇策

①環境関連の法制度・政策の概要

第10次マレーシア計画では、環境技術産業のビジネスチャンスを拡大することが示され、2009年に策定されたNational Green Technology Policyでは、持続可能な発展を達成するために、各部門における環境技術の導入に向けたロードマップを構築することが示された。同Policyにより、環境技術、環境建築、環境イノベーションへの投資を促進するファンドとしてGreen Technology Financing Scheme (GTFS)が創設された。このファンドの資金規模は15億リンギットである。

またEnergy Efficiency Master planでは、セクタ-横断的な省エネ施策を実施する包括的なロードマップとして機能するもので、2015年までに4,000キロトンのエネルギー消費量削減を目指している。マレーシア政府はこうした計画を通じ、再生可能エネルギー施設の整備を始めとし、産業用・商業用の建築物への省エネルギー装置の導入などを促し、経済の活性化につなげることを意図している。

②マレーシアのフィードインタリフ (FIT) の動向

発電における再生可能エネルギーの導入を拡大する方策として、マレーシア政府は、電力会社に対して企業・個人が発電した再生可能エネルギーを一定期間、一定価格で買い取ることを義務付ける固定買い取り制度（フィードインタリフ）を2011年12月に導入した。政府が主要な再生可能エネルギーの種類として想定しているのはバイオマス、バイオガス、小規模水力、太陽光、固形廃棄物の5つだが、それ以外の発電技術も排除されていない。

買い取り量を見ると、2015年ごろまではバイオマスと小規模水力が中心を占める見通しであるが、2015年以降の中長期では太陽光発電が急拡大し、同国の再生可能エネルギー発電においてバイオマスと並ぶ主力電源となることが計画されている。

図表 再生可能エネルギー固定買い取り制度の概要

<p>目的</p>	<p>電力会社に対して企業・個人が発電した再生可能エネルギーを一定期間、一定価格で買い取ることを義務付け、全発電量に占める再生可能エネルギーの割合を拡大する。</p>
<p>制度の概要</p>	<p>【買い取り価格】 1 kWh 当たり、▽太陽光 0.85-1.23RM (約 22.9-33.1 円) ▽バイオガス 0.28-0.32RM (約 7.5-8.6 円) ▽バイオマス 0.27-0.31 RM (約 7.3-8.3 円) ▽小規模水力 0.230.24 RM (約 6.2-6.5 円)</p> <p>【設備容量の上限】 2011・2012年 27.2 万 kW</p> <p>【所管政府機関】 SEDA (再生エネルギー開発機構) が、再生可能エネルギーの売買管理を行う。買い取り作業は SEDA 参加の RE ファンドが担当。</p>
<p>進捗状況</p>	<p>2010年9月：法案策定 2010年10月：国会提出 2011年4月：法案可決 2011年12月：法案施行予定</p>

出典； Renewable Energy Bill

(iv) インフラ整備状況

マレーシアは、周辺の東南アジア諸国の中でも安定的に公共インフラサービスが提供されていること、インフラ料金が周辺国並びに日本と比べて安価であることから、外資企業の工場立地が進んでおり、今後もその傾向が続くと想定される。特に、サバ・サラワク州ではマレーシア本島と比べ電気代が4割ほど安価である。しかし、ガス燃料費の高騰等に伴い、電気料金の値上げが検討されている。

(参考) Tenaga 社の工業用電力料金表

タリフD(低電圧、1000ボルト以内の供給)			
一ヶ月あたり0-200kWhの消費量			
	全てのユニット	34.5	sen/kWh
	一ヶ月あたりの最低料金はRM7.2		
一ヶ月あたり200kWh以上の消費量			
	全てのユニット(1kWh以上)	37.7	sen/kWh
	一ヶ月あたりの最低料金はRM7.2		
タリフDs(特殊工業資格取得業者のみ)			
	全てのユニット	35.9	sen/kWh
	一ヶ月あたりの最低料金はRM7.2		
タリフE1(通常時の中電圧、6.6kV-66kVの供給)			
	一ヶ月あたりの最大需要量の1kw毎	25.3	RM/kW
	全てのユニット	28.8	sen/kWh
	一ヶ月あたりの最低料金はRM600		
タリフE1s(特殊工業資格取得業者のみ)			
	一ヶ月あたりの最大需要量の1kw毎	19.9	RM/kW
	全てのユニット	28.3	sen/kWh
	一ヶ月あたりの最低料金はRM600		
タリフE2(ピーク/オフピーク時の中電圧、6.6kV-66kVの供給)			
	ピーク時における1ヶ月あたりの最大需要量の1kw毎	31.7	RM/kW
	ピーク時(8:00-22:00)	30.4	sen/kWh
	オフピーク時(22:00-8:00)	30.4	sen/kWh
	一ヶ月あたりの最低料金はRM600		
タリフE2s(特殊工業資格取得業者のみ)			
	ピーク時における1ヶ月あたりの最大需要量の1kw毎	27.7	RM/kW
	ピーク時(8:00-22:00)	28.3	sen/kWh
	オフピーク時(22:00-8:00)	16.1	sen/kWh
	一ヶ月あたりの最低料金はRM600		
タリフE3(ピーク/オフピーク時の高電圧、132kV以上の供給)			
	ピーク時における1ヶ月あたりの最大需要量の1kw毎	30.4	RM/kW
	ピーク時(8:00-22:00)	28.8	sen/kWh
	オフピーク時(22:00-8:00)	17.3	sen/kWh
	一ヶ月あたりの最低料金はRM600		
タリフE3s(特殊工業資格取得業者のみ)			
	ピーク時における1ヶ月あたりの最大需要量の1kw毎	24.4	RM/kW
	ピーク時(8:00-22:00)	26.7	sen/kWh
	オフピーク時(22:00-8:00)	14.7	sen/kWh
	一ヶ月あたりの最低料金はRM600		

出典：Tenaga 社の HP に基づき作成

(参考) マレーシアの州別工業用水道料金表

Water Rates (Industry) 2009			
States / Areas	Year	Average Water Tariff (RM/m³)	Ranking
SABAH	1982	0.9	1
LABUAN	1982	0.9	1
PULAU PINANG	2001	0.94	2
SARAWAK ²	1992	1.06	3
TERENGGANU	1997	1.15	4
SARAWAK ¹	1984	1.19	5
KEDAH	1993	1.2	6
BINTULU	1995	1.21	7
KELANTAN	2001	1.25	8
PERLIS	1996	1.3	9
PAHANG	1983	1.45	10
MELAKA	2005	1.47	11
NEGERI SEMBILAN	2002	1.59	12
PERAK	2006	1.6	13
SELANGOR	2006	2.27	14
JOHOR	2003	2.93	15
NATIONAL AVERAGE		1.32	

出典：Kettha, Water tariff より

3. 産業廃棄物処理・リサイクルの政策調査

(i) 産業廃棄物の種類ごとの政策

(ア) 関連政府機関

マレーシアの産業廃棄物は、有毒性の高い指定廃棄物とそれ以外の固形廃棄物に大きく区分される。マレーシアでは有害廃棄物という定義はなく、「指定廃棄物 (Scheduled Waste) に関する環境規則」(89年制定, 2005年改訂)に基づき、特別な管理が必要となる廃棄物を指定廃棄物として定めている。固形・指定廃棄物の各々、以下の機関が廃棄物・リサイクル行政を担っている。マレーシア国内では、マレーシア全体のリサイクル率を 22%、ごみの減量化率を 40%にする目標を”Greater KL”に示し、地方自治体が行ってきた廃棄物管理を国によって一元管理するために 2007年に廃棄物管理公社(以下 PPSPPA)を設立した。

PPSPPA 設立から 2011年8月までは、地方自治体(PJC)から PPSPPA への廃棄物処理業務の移行が進められた。2011年9月より PPSPPA は、西マレーシアを北部、中部、南部の3地域に分け、西マレーシア中部を AlamFlora 社に、長期(22年間)にわたる廃棄物管理業務の委託を開始している。Putrajaya は中部に位置しており、AlamFlora 社によって廃棄物管理業務が行われている。

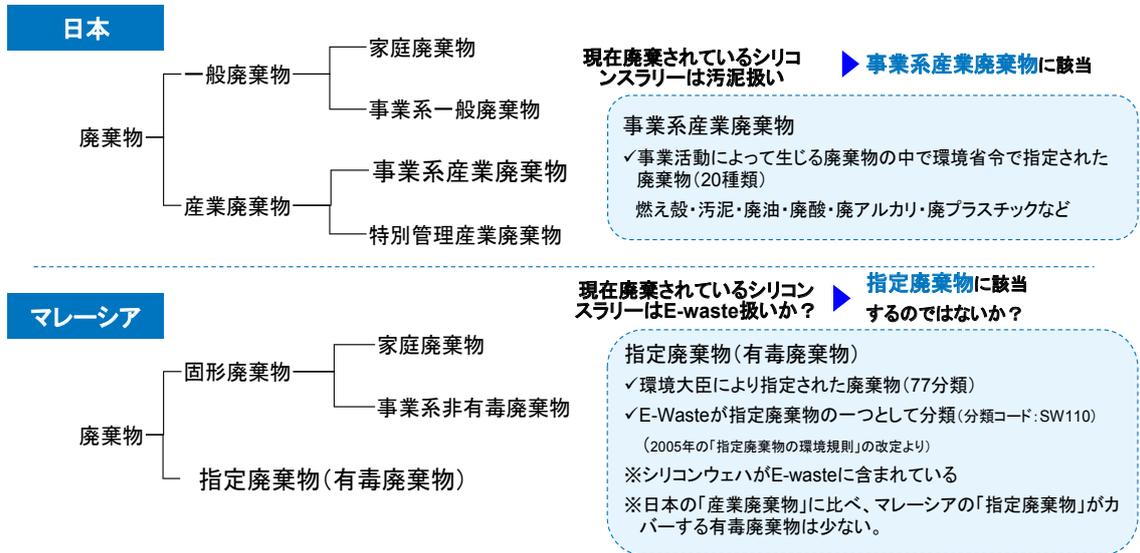
西マレーシアでは 2012年9月からは、リサイクル物を含めて全ての廃棄物処理業務が PPSPPA から各事業者へ委託される予定である。委託後は、「2プラス1」と呼ばれる収集システムで、生ごみ等は週2回、リサイクル物については週1回、収集が行われる予定である。

廃棄物管理業務を地方自治体から PPSPPA に移行する背景には、廃棄物管理を国が行うことによって全国標準化し、廃棄物の適正処理、減量、リサイクルを進めていく狙いがある。本事業では、指定廃棄物について DoE、固形廃棄物について JPSPN 及び PPSPPA にヒアリングを実施した。

なお、シリコンスラリー(スラッジ)の廃棄物の区分については、個別企業からの排出物の成分分析を DoE に提出して判断を仰ぐ必要があるが、成分に油分が含まれる場合(=オイルベースのクーラントを使用している場合)は指定廃棄物、油分が含まれない場合(=水ベースのクーラントを使用している場合)は固形廃棄物

に区分されると推測される。

図表 廃棄物区分



出典；各国の廃棄物区分に基づき作成

図表 廃棄物関連の政府機関

		省	庁・局	補助機関
指定廃棄物	機関名	NRE Natural Resources and Environment (天然資源環境省環境局)	DoE (局) Department of Environment(環境局)	—
	役割	指定廃棄物にかかる政策や制度の立案	指定廃棄物の管理 ✓ 指定廃棄物リストの作成 ✓ マニフェストの管理 ✓ 環境規制の策定	—
固形廃棄物	機関名	KPKT Housing and Local Government (住宅・地方政府省)	JPSPN (庁) National Solid Waste Management Department (国家固形廃棄物管理庁)	PPSPPA (公社) 廃棄物処理を一元管理するために設立(2011年)
	役割	固形廃棄物にかかる政策や制度の立案	固形廃棄物管理に関する政策や制度の具体化 ✓ ガイドライン作成	固形廃棄物管理の執行

出典；関連機関の HP およびヒアリングより作成

また、マレーシアにおけるリサイクル産業の状況としては、リサイクル事業者としてライセンスの供与を受けた件数が、指定廃棄物が述べ418件、固形廃棄物が述べ161件存在していることより、既に一定程度の産業規模を形成していると考えられる。

また、①日本資本による進出事例も見受けられる点、②DoE、JPSPNともにリサイクルの推進を目指しているとの言質が得られている点、③先述の産業誘致政策において、リサイクル事業も対象となっている点より、リサイクル事業者としての参入に際して社会的、もしくは規制面での制約は小さいと考えられる。同時に、DoE、JPSPNともに、現状のリサイクル関連行政に関して大きな方向転換は検討していないことを確認している。

(イ) 処理方法や関連技術基準に関する規制

本件のリサイクル対象物である、シリコンスラリーが固形廃棄物か指定廃棄物のどちらに該当するかの判断は、含有成分によって決まること、特に、シリコン切削工程で使用するクーラントの油分混入率がカギになる可能性が高いことが、DOEへのヒアリングによりわかった。含有成分のデータ結果をDOEに提出し、DOEからの判断を仰ぐ際、データの分析手法は、米国公衆衛生協会（APHA（American Public Health Association））で適用されている手法に準拠している。マレーシアの試験機関としては、“ALS technichem”、“SIRIM”、“Permulab”などがある。なお、分析データについては、日本ではなくマレーシアで分析されたものが必要となる。

また、マレーシアの環境保護の基本法である1974年に制定された（2007年最新版、それまでに4回の改訂）環境基準法（Environmental Quality Act）に基づき、指定廃棄物の処理・処分施設・運搬・ライセンス、大気汚染、環境影響評価、輸出入等について規則や規定、指令が制定されている。

図表 マレーシアの廃棄物関連規制

	分類	細則
環境基準法 Environment Quality Act	環境基準規則 (Rule)	●環境基準規則
	環境基準規定 (Regulation)	●工業排水 ●クリーンエア ●指定廃棄物 ●ディーゼルエンジン排出ガス ●汚水 等
	環境基準指令 (Order)	●指定廃棄物管理と処理施設の前提条件 ●海洋汚染管理の権限委譲 ●環境影響評価の所定活動 ●ハロン管理の権限委譲 等

出典 ; DoE の HP に基づき作成

特に環境基準法では、事業活動を行うにあたって必要な環境関連の手続きや要件（環境影響評価、プロジェクト立地評価(project siting evaluation)、汚染管理評価(pollution control assessment)、モニタリングおよび自力執行(self-enforcement))について、DoE のディレクターから以下の承認を得る必要があることが制定されている。

- ① 特定の産業活動における環境影響評価 (Environmental Impact Assessment, EIA)
- ② 立地適正評価 (Site Suitability Evaluation)
- ③ 書面による建設の通知(notification)または許可(permission)
- ④ 焼却炉、燃料燃焼装置(fuel burning equipment)、煙突の設置に対する書面による許可
- ⑤ 特定の土地建物、輸送手段の占有、運営に対するライセンス

なお、2012年10月に改正された環境基準法（改訂版）が2013年1月2日に発行されることに伴い、開発プロジェクトの環境管理への監視と環境影響評価（EIA）の実施メカニズムがより厳しくなる。EIAの認可を得ずにプロジェクトを実施し、規則に反する行為を行った場合の罰金が、これまでの10万リンギから50万リンギに引き上げられる。また、DoE（環境省）の事務局長にはこうした違法プロジェクトの停止を命じる権限が与えられる。これまでは大臣にのみ権限が与えられていた。加えて、未認可の開発プロジェクトに関する内部告発などの情報提供にはインセンティブが提供される。また、情報提供者の身分は保護される。

この改定により、開発プロジェクトの環境面での規制が強化されることとなる。

ダグラス・ウガー天然資源環境相によると、環境基準法の改定により、環境問題へのより適切な法的取り組みが可能となる。EIAの実施を予定しているコンサルタントは環境局への登録が必要となる。調査にかかる時間の短縮と報告の質向上が期待できるという。

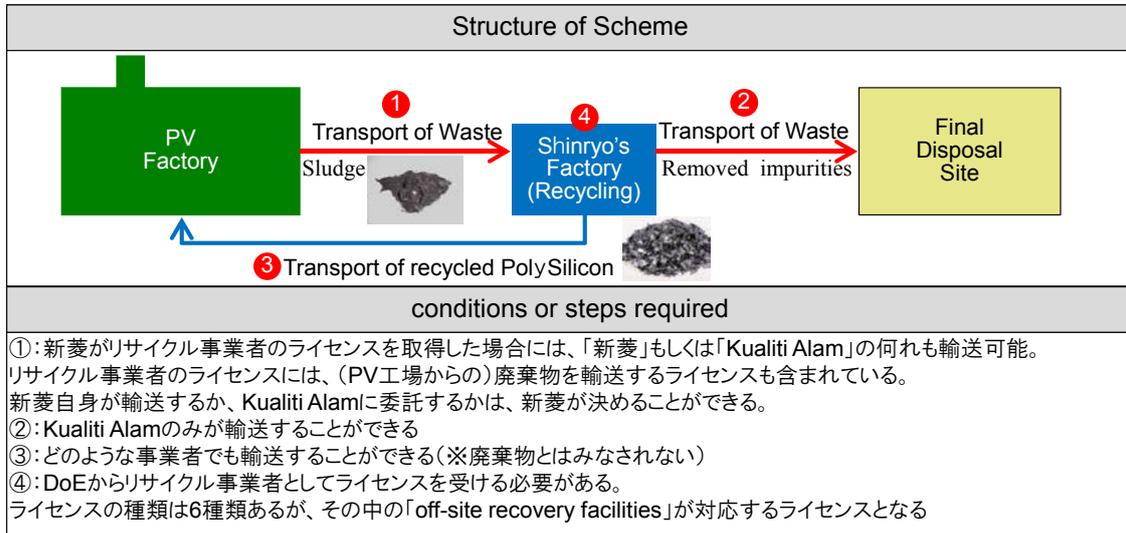
出典；現地ヒアリングより

（ウ）処理・運搬業に関する規制

①シリコンスラリーが指定廃棄物に分類される場合

マレーシアにおける指定廃棄物の輸送、中間処理、最終処分は、指定事業者の独占事業となっており、指定が切れる2015年までは他の企業が参入することはできない。指定事業者は、マレー半島側では **Kualiti Alam** 社、ボルネオ島側では **Trienekens** 社となっている。しかしながら、指定廃棄物のリサイクルを実施する場合には、他社の参入が可能である。その事業スキームは下表の通り。

図表 事業スキーム



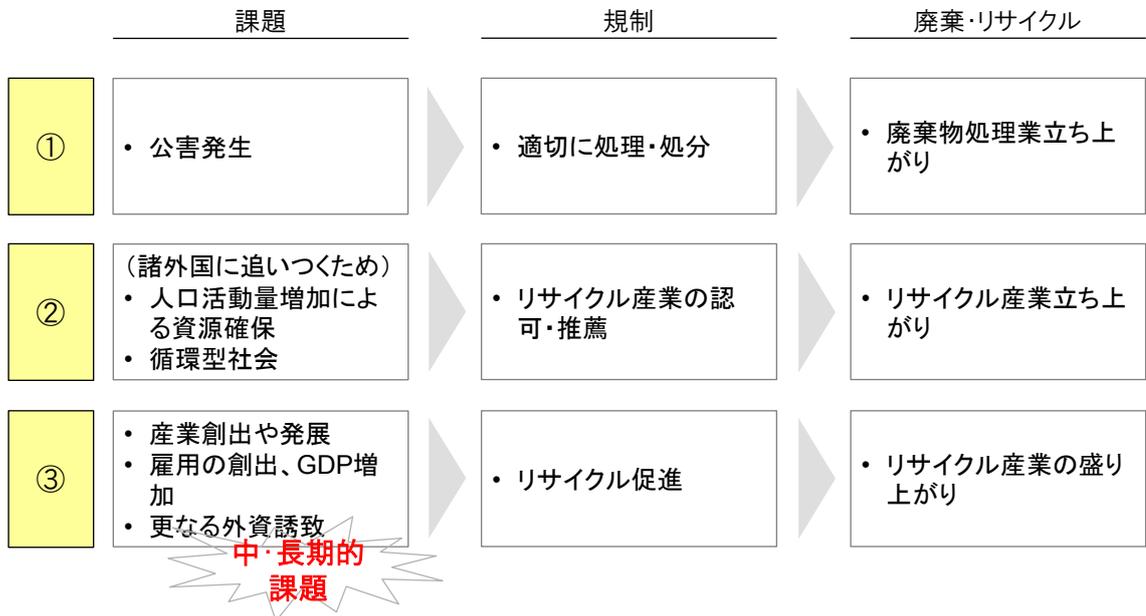
②シリコンスラリーが固形廃棄物に分類される場合

マレーシアにおける固形廃棄物の輸送、中間処理、最終処分業務を実施するためには、各々のライセンスをすることが求められている。リサイクル事業に参入する際のスキームは、基本的には指定廃棄物と同様であると考えられる。

(ii) 政策立案の背景となる課題の類型化(産業発展という視点を加えて)

廃棄物処理産業の立ち上がり、リサイクル産業の立ち上り、リサイクル産業の発展へといった流れの中で、各段階で背景となる課題が発生し、課題解決のための規制が設定されてきたと考えられる。まず公害発生により、排出する廃棄物の処理・処分における規制を設定、適切処理を行う廃棄物処理産業が立ち上がってきた。経済発展に伴う生産量の増加により、資源確保の観点からリサイクル産業の立ちあがり推進する政策によりリサイクル産業が立ち上がり、更なるリサイクル産業の発展や雇用創出に向けて、外資企業の積極的な誘致を促進する補助する政策が必要となってくるだろう。まとめたものが次頁図表である。

図表 政策立案の背景となる課題



(iii) 中長期的な将来見通し

マレーシアでは上記の図表中の②の段階に到達している。今後マレーシアがさらに産業発展を続ける中で、③の課題が顕在化してくることを想定し、処理対象廃棄物を取り巻く実態把握と、将来のリサイクル産業のポテンシャルについての示唆を得るべく調査を行った。

4. 処理対象廃棄物の業界構造分析

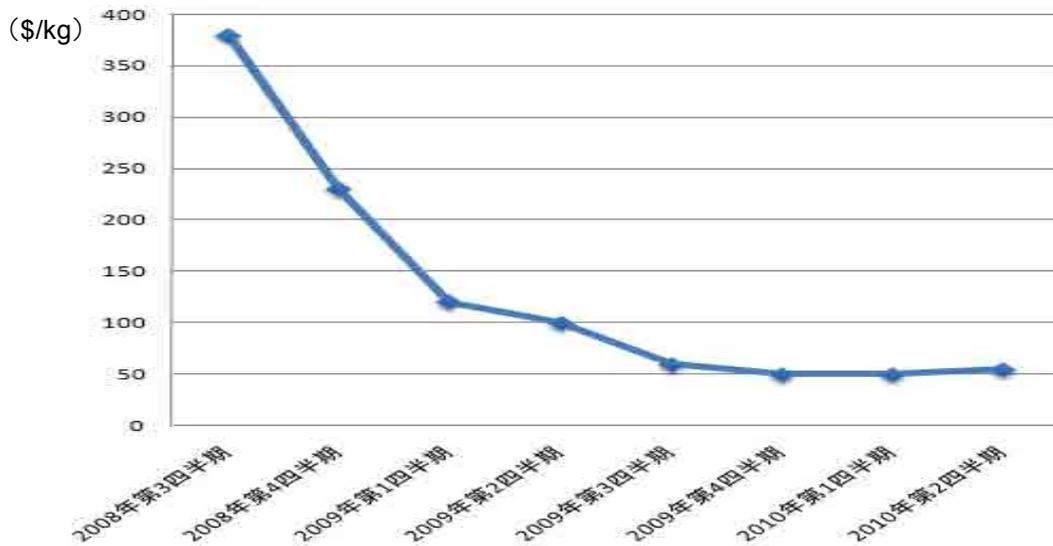
(i) ポリシリコン業界概況

国の再生可能エネルギー政策に大きく影響を受けやすい太陽エネルギーの需給バランスの変動に伴い、ポリシリコン業界は2008年を境に大きく変化したとみることができる。

2008年以前は、2004年から再生可能エネルギー導入先進国である欧州を中心に太陽エネルギー需要が高まり、供給不足の関係から、半導体向けに製造された純度の高いポリシリコンを太陽光向けに使用するようになった。ポリシリコン不足を回避したいポリシリコン購入企業は、安定供給を望んで長期契約を結ぶようになり、その契約価格は\$60～80/kgと高額で取引された。増加し続ける太陽エネルギー需要に対応するため、太陽光向けポリシリコン製造に特化した技術の開発を各社が始めるようになった。

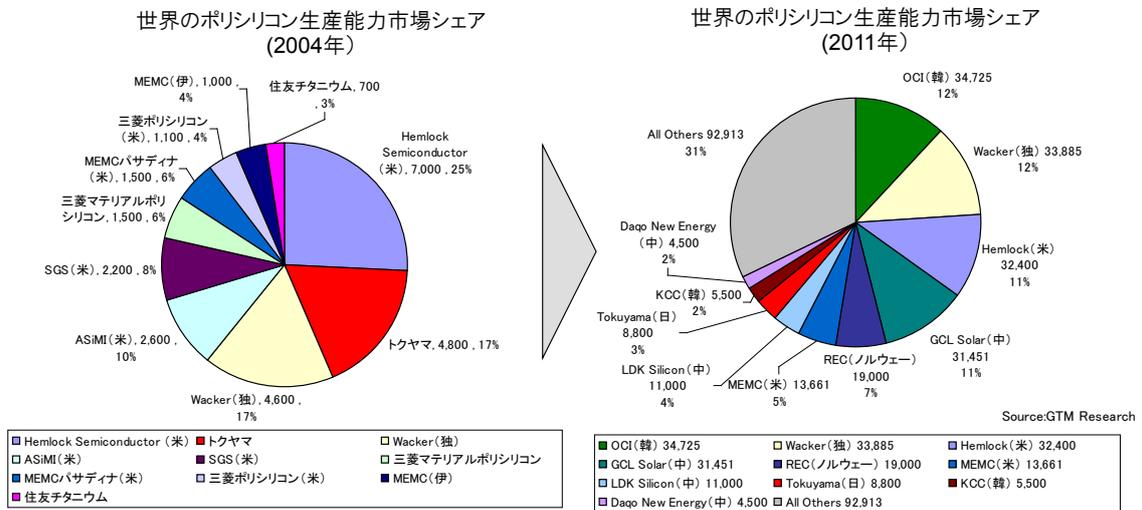
しかし2008年以降、リーマンショックにより太陽エネ需要が減少。ポリシリコン供給過剰となり、ポリシリコン平均価格は約\$27.2/kg(2012)まで下がって来ている。このようなポリシリコンの価格暴落により、ウェハメーカーによるポリシリコン購入契約先の見直しや、長期契約による価格リスクを避けるため、スポット市場による購入が増加しつつある。また、中国・韓国などの新興国企業が高度技術を必要としない太陽エネルギー向けポリシリコン業界に参入したこともポリシリコンの急速な価格低下を及ぼしている。2008年以前のポリシリコン業界のプレーヤーは、米・独・日の企業5社で全体の8割を占めるほどだったが、2008年以降、安価を競争力とする中国や韓国企業が台頭し、上位プレーヤーの顔が変化している。

図表 ポリシリコンのスポット価格の推移



出典；日経 BP クリーンテック研究所,多結晶シリコンのスポット価格の推移

図表 ポリシリコン業界のプレーヤーの変化



出典；GTM Reserch

今後は急速に進む低価格化に対応できるだけの体力的な寡占化が始まると見られている。2010年ごろから多少回復を見せたものの、最近の欧州のFIT見直しに

より再度一時的な需要減少が予想される。

図表 ポリシリコン業界概況

		2008年以前	2008～現在
外部環境		2004年より欧州を中心に、太陽エネ需要が増加。	不況により一時は太陽エネ需要が減少。2010年ごろから回復しつつあるが、最近の欧州のFIT見直しで再度一時的な需要減少が予想される。
		太陽エネルギー需要 ↑	太陽エネルギー需要 ↓
内部環境	ポリシリコン需給バランス	ポリシリコン不足 (これまで半導体向けが主であったポリシリコンを、太陽光向けにも使うように。)	ポリシリコン供給過剰
	ポリシリコン価格	契約価格:\$60~80/kg スポット価格は一時\$200/kgまで上昇することも(2007年)	平均価格(ASP)は\$27.2/kg(2012年初)
	ポリシリコン購入形態	ポリシリコン安定供給を望み、多くの企業が 長期契約 を結ぶように。	ポリシリコン価格の暴落により、ウエハメーカーによる 契約先の見直し や、長期契約による価格リスクを避けるため、 スポット市場 による購入が増加しつつある。
	ポリシリコン企業	ポリシリコン需給ギャップを埋めるため、 太陽電池向けポリシリコン生産に特化した技術 を各社が開発。	中国・韓国などの新興国企業が参入 するも、今後は低価格化への 価格変動に対応できる体力を持つ企業の寡占化 が始まると見られている。
	ステークホルダーの動向	ポリシリコンの安定調達のために、ポリシリコン内製化を図る企業も出てくる。(例:BOSCH、)	セル・モジュールメーカーの弱体化 米国・中国市場の拡大

市況の悪化に苦しむポリシリコン業界だが、世界最大手のポリシリコンメーカーは工場を建設、総生産能力を一気に高めており、量産化による低価格化を狙っていると想定される。世界最大手のポリシリコンメーカーは工場を建設、総生産能力を一気に高めており、量産化による低価格化を狙っていると想定される。

図表 世界最大手ポリシリコンメーカーの生産能力・生産コスト

企業名	総生産能力	工場立地場所	ポリシリコン生産コスト	ポリシリコン販売価格
トクヤマ(日)	3万1000トン (マレーシアで2万トン) -2013/06:6,200t -2014/04:20,000t	日本 マレーシア	\$19/kg(注)(2012年) (但しVLD法で年間5000トン以上 生産した場合)	\$40/kg (2011年時点)償却前利益率 50%以上)
Hemlock(米)	6万トン以上 (2012年)	アメリカ	—	—
Wacker(独)	3万5500トン (2012年)	ドイツ アメリカ	—	\$55.75/kg (2011年時点)売上高:1,447.7 € mn, 販売量:32,000トン)
OCI(韓)	4万2000トン(2012年) (2015年までに8万トンへの能力 拡大を目指す)		約 \$28/kg	\$40.2/kg (2011年時点)売上高:1,914bn ウォン, 生産容量:42,000トン)
GCL(中)	6万5000トン(2012年)	中国	\$20.8/kg(2012年)	—

注)1500円/kgを現在(2012年8月)のレート(\$1=79円)で換算

出典：
エコノミスト,2009年9月
アジアマーケットレビュー,2012年2月/2012年5月
各社 IR 資料
PHOTON's Solar Terawatt-hours Conference Series 2011 Europe

(ii) 処理実態

(ア) 適用技術と処理価格状況

現状のシリコンスラリーやスラッジの処理状況について、産業廃棄物処理業者である Kualiti Alam と既に操業を開始している PV 関連企業 MEMC 社及び AUO Crystal 社それぞれから聴取した。結果、処理事業者のスイッチングコストはほとんど無く、価格面、品質面でメリットを訴求できれば、十分に受容性があることが確認できた。

Kualiti Alam にシリコンスラリーの処理方法をヒアリングしたところ、シリコンスラリーは指定廃棄物として取扱っており、焼却による処理、焼却スラグは埋立処分をしていることがわかった。また、PV 関連企業に廃棄方法や処理対応についてヒアリングしたところ、シリコンスラリー・スラッジは指定廃棄物として廃棄物処理業者に処理委託し、処理委託費は 12~24 円程度であることがヒアリングからわかった。(指定廃棄物の処理費用は DoE が決めているものではなく、価格規制もな

い。)

また、現在操業準備段階であるパナソニック社、及びコンクリートゴールド社については、価格面、品質面に加え、環境負荷を低減しようという観点から興味を示しており、受容性を確認することができた。

【MEMC 社の処理状況（当社へのヒアリングによる）】

- ・スラッジは、指定廃棄物として処理を Trienekens 社に委託している。
- ・産廃処理費は 0.15\$/kg（約 12 円/kg）。クーラントをオイルベースから水ベースに変更したため、現在一般廃棄物として変えてもらうよう DoE に働きかけ中で、認められれば、0.01~0.02\$/kg（約 0.8~1.6 円/kg）となる見込み。
- ・廃棄処理費は安価で問題視していない。
- ・但し、現状購入しているポリシリコンと比較して、品質・価格面で優位性があるならば、リサイクルシリコンの購入には興味がある。
- ・スラッジ以外に、生産工程で出るシリコンの端材についても、リサイクルの可能性はある。

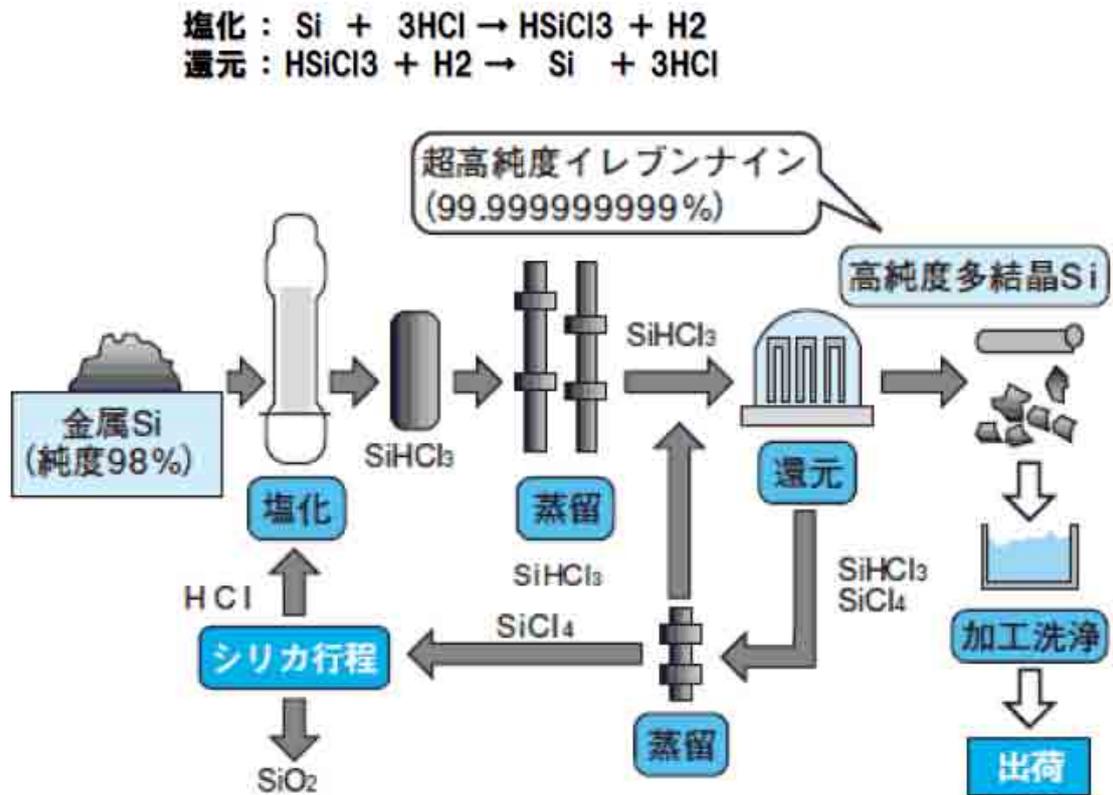
【AUO Crystal 社の処理状況（当社へのヒアリングによる）】

- ・業者猪委託して廃棄処理をしている。事業者名等の詳細は不明。
- ・処理費はスラリー：0.9RM/kg（約 24 円/kg）、スラッジ：30RM/kg（約 81 円/kg）。スラリーを固液分離し、スラッジにすると処理費が上がる。
- ・処理費が安くなればありがたい。

（イ）当該技術課題

従来の主要なポリシリコン製造技術と本技術を比較する。シーメンス法では、メタルシリコンを原料としガス場のシランやポリクロロシランを製造し、これを CDV 法にて析出させ棒状の高純度ポリシリコンを得る方法である。

図表 (参考) シーメンス法



出典 ; 新菱作成

シーメンス法は11N等の高純度精のシリコンを精製する方法であり、太陽電池用ではそれほどの純度を要求する必要性がない。高純度にすればするほど、製造過程でのCO₂排出量は増加する。また当然、本リサイクル技術を適用した場合と比べ、廃液による廃棄物量、最終埋め立て処分場への影響が考えられる。

(ii) 処理委託先事業者

(ア) 産業廃棄物処理の業界構造

マレーシアには、指定廃棄物の適正処理を進めるために国と独占的契約を結び、指定廃棄物処理ライセンスを持つ産業廃棄物処理業者の Kualiti Alam 社 (対象エリアは本島) と、同じくボルネオ島を対象エリアとして処理ライセンスを付与され

ている Trienekens 社が存在する。Trienekens 社は Kualiti Alam のように政府と独占契約を結んでいるわけではないため、ボルネオ島には他に指定廃棄物処理ライセンスを保有する企業がいる可能性はあるが、確認はできていない。また、マレーシアのリサイクル事業者の状況について述べる。

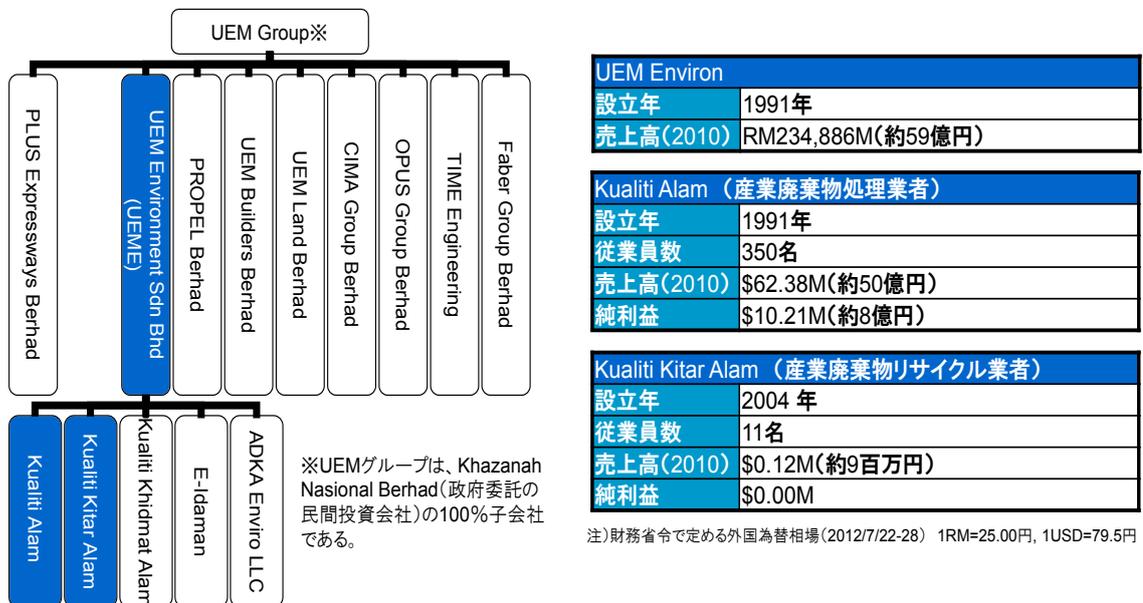
●廃棄物処理業者；Kualiti Alam

同社は、空港から車で 40 分程度のパームヤシ畑に囲まれた場所に所在する。

Kualiti Alam、Kualiti Kitar Alam 社を含む 6 社を保有しておりリサイクル、焼却、中和処理、自動車リサイクル、タンククリーニング、埋立、環境マネジメント、収集運搬等広範囲の環境関連事業を展開している大規模な処理、リサイクル会社である。マレーシア半島の中で唯一の産業廃棄物処理事業者である Kualiti Alam は、マレーシア政府との間で 1995 年に 15 年間の独占事業契約を結んでいる。親会社の UEM 社は一部の高速道路の建設、運営も手掛けておりマレーシア国内ではインフラ整備も含めて確固たる基盤を持っている。

※ボルネオ島の主な産業廃棄物処理業者は、Trienekens 社。

図表 UEM グループ組織構造と会社概要



出典；UEM Group の HP に基づき作成

●リサイクル業者（主要な企業（調べた企業）のみリストアップ）

第2章の産業廃棄物処理・リサイクルの政策調査でも述べたように、マレーシアにはリサイクル事業者としてライセンスの供与を受けた件数が、指定廃棄物が述べ418件、固形廃棄物が述べ161件存在している。固形廃棄物だけでは事業性が見込みづらいこともあり、固形廃棄物リサイクルを扱う企業の多くは、指定廃棄物のライセンスも保有している。登録件数であるため、事業者数は確認できなかったが、一定程度の産業規模が既に形成されていると考えられる。

図表 マレーシアのリサイクル業登録件数状況

指定廃棄物			固形廃棄物			
対象廃棄物	登録件数 (延べ数)	割合	エリア		登録件数 (延べ数)	割合
E-waste (回収と破砕のみ)	132	31.6%	North	Penang	32	20.0%
くず、灰、スラグ、触媒	49	11.7%		Perak	6	3.7%
油、無機物汚泥、使用済みの冷却水	42	10.0%		Kedah	2	1.2%
使用済みコンテナ、汚染廃棄物、インク、ペンキ、漆	42	10.0%	Middle	Kuala Lumpur	26	16.2%
重金属スラッジ、ゴム	30	7.2%		Selangor	58	36.0%
酸、アルカリ	30	7.2%		Kelantan	5	3.1%
溶媒・溶剤	24	5.7%		Pahang	1	0.6%
E-waste	20	4.8%		Terengganu	2	1.2%
写真関連製品	10	2.4%	South	Johor	12	7.5%
セメント材料としての使用済み指定廃棄物	9	2.2%		Negeri Sembilan	6	3.7%
石膏	9	2.2%		Melaka	2	1.2%
フェノール、接着剤、樹脂	9	2.2%	Malaysia	Sabah	2	1.2%
バッテリー	7	1.7%	East	Sarawak	7	4.4%
安全な埋立地	4	1.0%	合計		161	100.0%
水銀、蛍光灯	1	0.2%				
合計	418	100.0%				

出典；DoE,JPSPN の HP に基づき作成

現状、シリコンスラリー・スラッジは指定廃棄物として廃棄する PV 関連企業がほとんどであるため（詳細は後述）、指定廃棄物リサイクル業者の中で、シリコンスラリー・スラッジリサイクルを行う業者、Oil / Mineral Sludge / Spent Coolant を対象とするリサイクル業者として登録されている企業は見つからなかった。

(イ) ステークホルダー構造

上記にあるように、ペニンシュラ島とボルネオ島それぞれに政府との契約下での

独占的な指定廃棄物処理業者である Kualiti Alam と Trienekens 社が存在、リサイクル業者は DOE、JPSPN 下で登録・管理されており、マレーシアでは国が主導で適正な廃棄物処理やリサイクル市場の活性化を行ってきているといえる。

5. 太陽電池製造工場におけるニーズと技術シーズのマッチング分析

(i) 新たなシーズ開発

新菱の提案するリサイクルシリコンの価格がバージンポリシリコンより高く、ポリシリコン市場のニーズに見合わないことを受け、新たにナゲット状の中間-Si を商材の候補とした。中間-Si はこれまで提案してきたリサイクルシリコンを精製する過程の中間材であるため、太陽電池用リサイクルシリコンに比べ、質・価格が共に低い。詳細については下表を参照。

図表 本事業で提案した生成物



(ii) 太陽電池製造工場におけるニーズと技術シーズのマッチング調査

リサイクルポリシリコンおよび本技術への PV 関連企業のニーズがあることは確認できたものの、ポリシリコンの市況の悪化により、価格面でのハードルが大きいようであった。新たに品質・価格共に低いリサイクル中間-Si を提示したところ、マテリアルリサイクルに興味を持ついくつかの企業が興味を示した。彼らの興味は原材料（ポリシリコン）のコスト削減であり、いかにバージン材を減らしかつコストの低いリサイクル材を利用するか、であることが分かった。（上表を参照）。

現在、本事業で訪問したうちの 2 社において、中間-Si がまずは品質面で各社のニーズを満たしているかどうか、テクニカルな確認を行っているところである。しかしながら、ディスカッションにおいて示唆を受けた要望価格のレベル感を踏まえると、品質面でニーズを満たしている場合においても、価格面で要望に応えることは難しいと考えている。

図表 ニーズとシーズのマッチング

工程	シリコンスラッジ・スラリー	ポリシリコン		メタルシリコン
ニーズ	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 廃棄物処理コストが安くなることは望ましい。→スイッチングコストはほぼない。 廃棄処理費は安価という認識(MEMC) 遊離砥粒によるシリコンスラリーの参拝処理費が高い(AUO)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 各社ごとの品質要求がある。 ➢ コスト要求が強い。 最大手Wackerがバージンポリシリコンを\$14.5/kgで売っており、\$20/kgは高い(MEMC)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 材料構成でのリサイクル材利用率を高めたい。 ➢ コスト要求が強い。 興味はある。PV変換効率を満たせるかを確認したい(MEMC)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 品質要求が高い。 リサイクルというアイデアは面白い。ただ、酸素・炭素の含有率が高く、価格も高いため厳しい(トクヤマ)
シーズ	— (回収のみ)	SOG-Si \$18~/kg	中間-Si \$8/kg	Si-Powder \$3/kg
評価	○	× →生成物の見直しへ	△	×

出典；各社ヒアリングより作成

図表 (参考) 生成物に対する各社コメント

企業名	【リサイクルシリコン】 各社コメント	【リサイクルシリコン】 循環モデル	【中間-Si】 各社コメント
TOKUYAMA	原料としての購入可能性あり 品質、形状、価格要件を満たす必要あり	パナソニック・トクヤマの 循環モデル	品質面において酸素、炭素の濃度が高すぎる。
Panasonic	大いに興味あり DW、クーラントは水ベース 生産革新本部との調整要(9/18の週に馬国で打ち合わせ予定)		—
MEMC	DW、クーラントは水ベース ポリシリ購入価格は、正規品\$20、 バルク品\$12~15 スラッジサンプル受領済	1社循環モデル	興味あり 品質を確認後、採用可能性があればサンプル欲しい。原材料のうち何%組み込むかを検討。
Concrete Gold	IDWの使用もありうる 馬国資本の他者に技術供与の可能性あり ポリシリ購入価格は約\$50	1社循環モデル	—
Auo Crystal	DWへ移行予定(2014年、50%) 10月にDWテスト予定 スラッジサンプル受領予定	戻し先を要探索	—
REC (SiPro)	DWへの移行検討中 スラッジ受領→リサイクルシリコンのサンプル提示済	1社循環モデル	品質を確認後、採用可能性があればサンプル欲しい。原材料のうち何%組み込むかを検討。

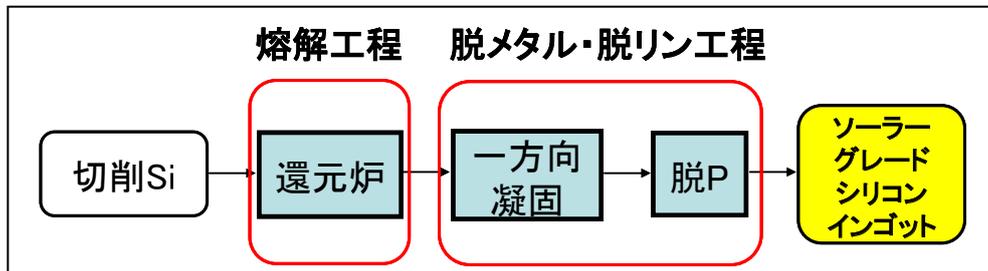
出典；各社ヒアリングより作成

iii) 要素技術の提供価値分析

(ア) 技術概要

シリコンスラリー・スラッジからポリシリコン生成までの熔解工程と脱メタル・脱リン工程の概要は以下の通りである。

①全体工程

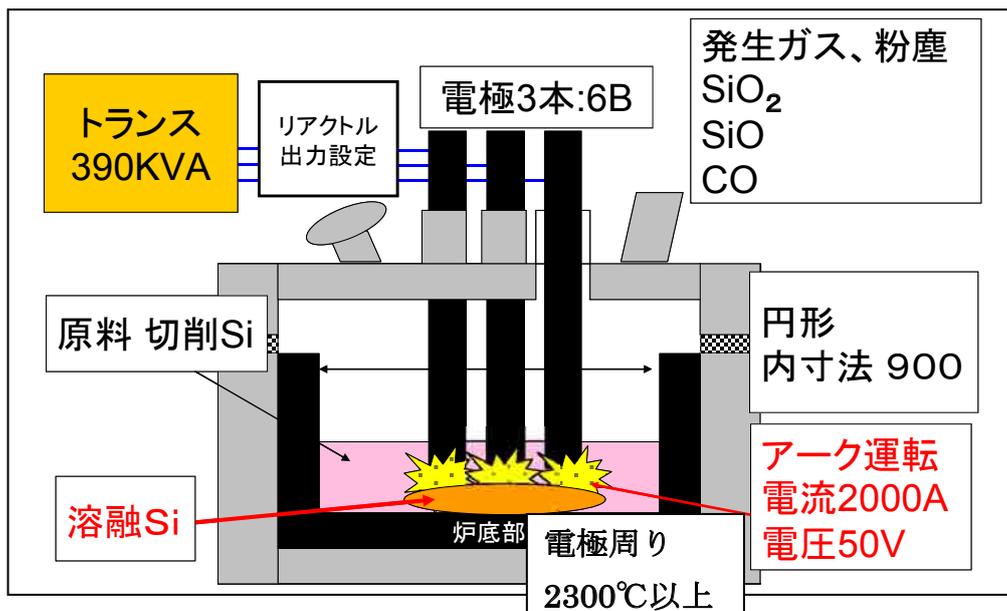


②熔解工程概要

シリコンウエハー製造過程のスライス工程で使用されるワイヤー・ソーは遊離砥粒から固定砥粒に更新されつつある。遊離砥粒に比べ固定砥粒のワイヤー・ソーで発生する切り粉（切削シリコン）は不純物が少ない。この不純物の少ない切削シリコンを乾燥後、原料として用い、アーク還元炉の高熱（2300℃以上）により切削シリコンを熔解させる工程である。

シリコンウエハー用シリコンの切り粉であるため非常に高純度であり、熔解後の生成シリコンも非常に高純度なものとなる。下記に還元炉概要を示す。

図表 還元炉概要

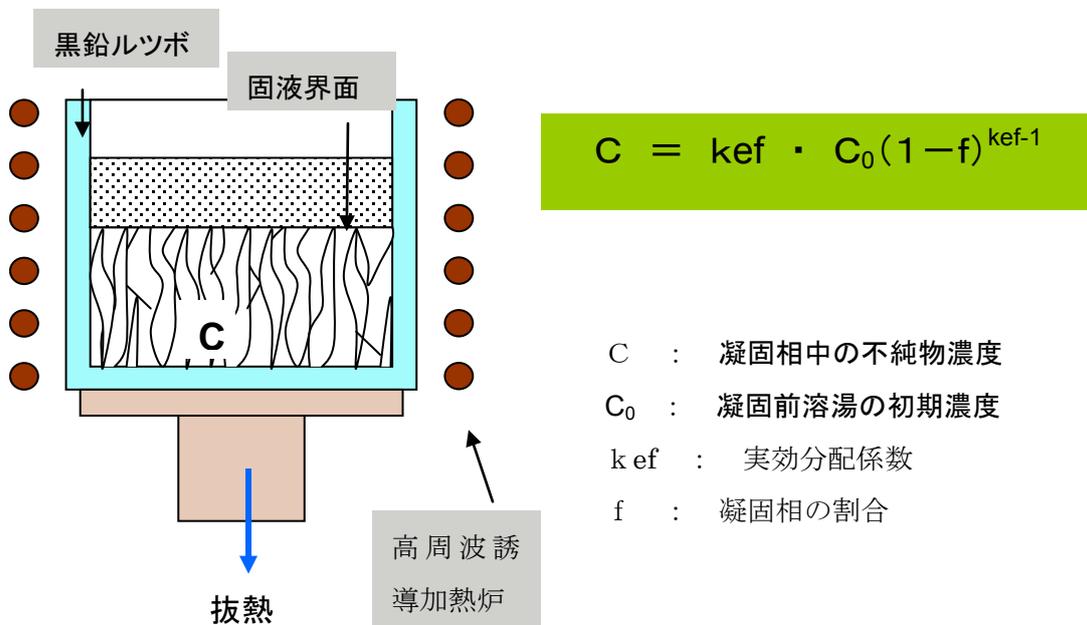


③脱メタル工程概要

シリコン中の不純物金属元素である主に鉄、アルミニウムの除去には一方向凝固法（偏析凝固法）を利用した。

装置としては下図に示す様にシリコンを黒鉛ルツボ中で高周波誘導加熱により溶解した後、ルツボを徐々に引き下げ加熱ゾーンから外すことで下部より抜熱し底面から上部方向に一方向凝固を行った。

純化の割合は以下に示した式に代表され、各元素の持つシリコン中での分配係数や凝固速度、液相中での拡散厚みや拡散係数に依存する。



$$k_{ef} = k_{eq} / \{k_{eq} + (1 - k_{eq}) \cdot \exp(-R \delta / D)\}$$

- k_{eq} : 平衡分配係数
 R : 凝固速度 (m/S)
 δ : 液相拡散厚み (m)
 D : 液相中の拡散係数

＜平衡分配係数＞

Fe : 8×10^{-6}

Al : 4×10^{-4}

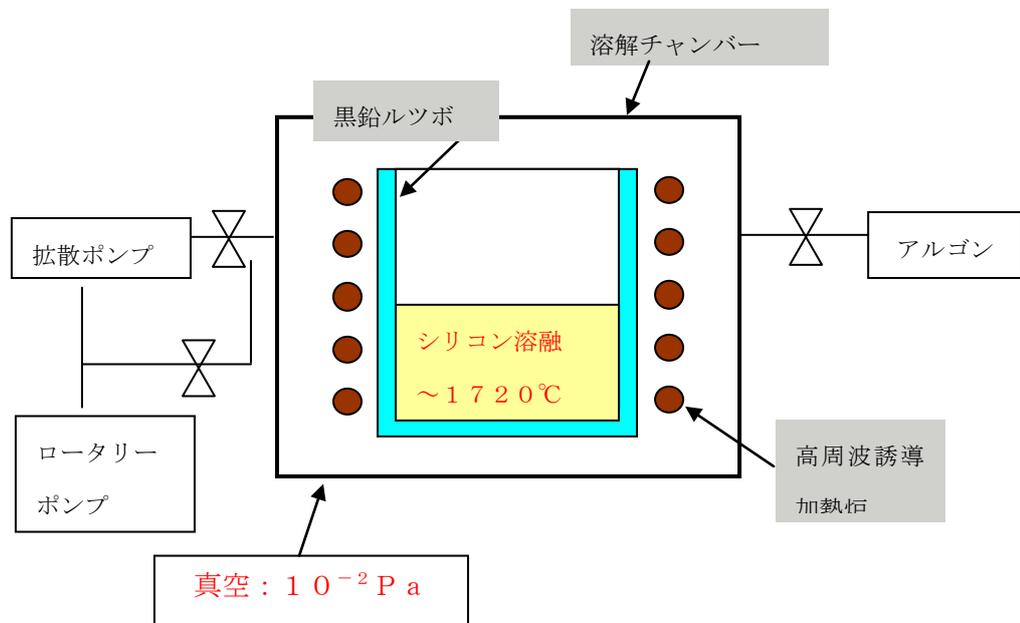
④脱リン工程概要

シリコン中のリンの除去には真空溶解法を利用した。装置を下図に示す。

真空溶解法はリンの蒸気圧がシリコンに比べかなり大きい点を利用し、シリコンの蒸発を抑えながらリンを蒸発することが出来る手法である。一般的に蒸発速度は次式で示されるが、液面面積、液体積に加え液温度、真空度に依存する。

ここでは下記の条件にて行った。

- ・シリコン熔融温度：1650～1720℃
- ・真空度： 10^{-1} ～Pa 10^{-2} Pa



$$k_p = -1/t(V/A) \ln C/C_i$$

k_p : 総括りん除去速度係数

t : 時間

V : 液体積

A : 液面面積

C : 時間

C_i : C 時間のりん濃度

(イ) 各技術がもたらす実現価値

技術；熔解工程

価値；純度の高いシリコンを得る

技術；脱メタル・リン工程

価値；金属元素と除去が難しいとされるリンの除去により、より太陽電池用途シリコンに求められる純度を満たす

iv) 競合技術に対する優位性分析

メタルシリコンを原料としてポリシリコンを生成するシーメンス法と比べ、原料調達段階、製造段階、廃棄段階それぞれにおいて言及する。

原料調達段階においては、調達コスト並びに CO2 排出量の低減、原料調達先の分散化によるリスク低減（現在メタルシリコンの調達先のほとんどが中国に偏っている）等が優位となる。

製造段階においては、シーメンス法では太陽電池に求められる純度以上のインゴットが生成されていたが、リサイクルシリコンを用いた本技術では、太陽電池に適当な純度のインゴットを生成することが可能となり、製造に必要なエネルギー量の削減による CO2 排出量の低減に繋がる。

廃棄段階においては、これまでシリコンスラリー・スラッジは指定廃棄物として廃棄されていたが、リサイクル技術により廃棄物量並びに廃棄コストの削減に繋がる。

6. ビジネスモデル案の策定

(i) 処理対象廃棄物と適用技術

2章の(iii)で述べた化学処理での要素技術で行う。

(ii) 立地場所

循環方法によって、廃棄物関連規制（廃棄物輸送等）や輸送費削減、インフラ信頼度を考慮して立地場所が決まってくる。本事業では循環パターンは、①パナソニック社からシリコンスラリー・スラッジを取得し、トクヤマ社に販売する、②取得先と販売先が同一企業である（クローズドループ）、③取得先と販売先が異なる、の3つを想定する。

上記3つの循環方法に対して考えられる最適な立地場所は、①パナソニック社の近く（工場敷地内）、②取得先（販売先）の近く（工場敷地内）、③取得先企業の工場の近く、となる。

(iii) 収入構造；廃棄物引き取りコスト、処理コスト、再生品の販売価格について

本事業での収支構造は、収入には廃棄物（シリコンスラリー・スラッジ）引き取り収入とリサイクルシリコン販売収入、支出には生産コストと輸送コスト（廃棄物引取り時と販売時）となる。しかし、各社ヒアリングより廃棄物処理コストが小さいこと、ポリシリコン輸送にかかる費用が小さいことより、今回は収入・コストそれぞれで比率の高い、リサイクルシリコン販売収入と生産コストのみの検討とする。

(iv) イニシャル投資、ランニングコスト

7章の事業採算性評価で詳細を述べる。

(v) 施設に適用される各種制約条件

3章で既に述べたように、事業活動を行うにあたって必要な環境関連の手続きや要件

(環境影響評価、プロジェクト立地評価(project siting evaluation)、汚染管理評価(pollution control assessment)、モニタリングおよび自力執行(self-enforcement)) について、DoE のディレクターから以下の承認を得る必要があることが制定されている。

(再掲)

- ① 特定の産業活動における環境影響評価 (Environmental Impact Assessment, EIA)
- ② 立地適正評価 (Site Suitability Evaluation)
- ③ 書面による建設の通知(notification)または許可(permission)
- ④ 焼却炉、燃料燃焼装置(fuel burning equipment)、煙突の設置に対する書面による許可
- ⑤ 特定の土地建物、輸送手段の占有、運営に対するライセンス

7. 実現可能性評価

(i) 事業採算性の評価

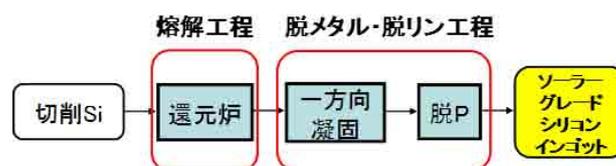
リサイクルシリコンに求められる価格・品質を満たしうる処理工程（=技術の組み合わせ）、処理容量（=設備容量）について検討を行い、P/L レベルでの事業採算性の検証を行った。

【試算の前提】※基本パターン

- ・生産能力 1,000T/年
- ・スラッジは無償で受領。組成は以下（受領サンプルより）

試料No.	金属不純物(固形分中)単位:ppm				
	B	P	Fe	Al	Ni
原料A	<2.0	<2.0	<1,000	<250	<10,000

- ・生産するリサイクル Si の品質は 6N 相当（PV 原料となりうるレベル）。
- 組成は右記（B：<0.2、P：<0.1、メタル：<0.1ppm）
- ・上記のスラッジ、リサイクル Si の品質を前提として、必要な処理工程を構築



- ・上記の処理工程をベースに、生産コストを導出
- 原料、製品の運賃は含まず
- 初期投資は 5 年（定率）で償却

【試算結果】

- ・初期投資額：約 41 億円
- ・生産コスト：2,320 円/kg (\$29/kg)

現状の課題としては、シリコン価格の下落が著しく、また短期的な市況回復も見込みづらい状況であるため、当初想定よりも生産コストの低減が求められている点が挙げられる。

課題解決策として、基本パターンであるパターン①に対し、パターン②対象とする排出スラッジの品質管理（絞り込み）による生産工程の削減、パターン③建屋のコスト見直し、パターン④PV メーカーが現在購入している純度の高いポリシリコンとの配合物として使用頂くことを目的に、目標純度を下げることによる工程削減、パターン⑤はポリシリコンに限定せず、メタルシリコン用途品の生成によるコスト低減、といった 5 つの方法について検討を行った（下表参照）。

図表 事業採算性の検証結果（5 パターン）

パターン	想定用途	コスト低減の考え方	生産能力 (トン/年)	生成物の純度	初期投資額 (億円)	生産コスト (\$/kg)
① (基本パターン)	PVメーカーが現在購入している純度の高いポリシリコンの代替品として使用頂く	-	1000	6N	41	29
②	基本パターンと同様	対象とする排出スラッジの品質管理(絞り込み)による工程削減	1000	6N	22	20
③	基本パターンと同様	建屋見直し	1000	6N	18	18
④	PVメーカーが現在購入している純度の高いポリシリコンとの配合物として使用頂く	目標純度を下げることによる工程削減	1000	2N	10	6
⑤	ポリシリコンメーカーの原料(メタルシリコン)の代替品として使用頂く	目標純度を大幅に下げることによる工程削減	1000	90%	2	3

しかしながら、②及び③については、受領サンプルのうち最も望ましい品質のものを前提とし工程を及び建屋を見直した場合、大きなコスト削減にはつながるが、ポリシリコン市場価格までの低減が難しいこと、また、④及び⑤については、メタルシリコン価格レベルまで処理コストを低減させることが難しいとの結論が得られている。

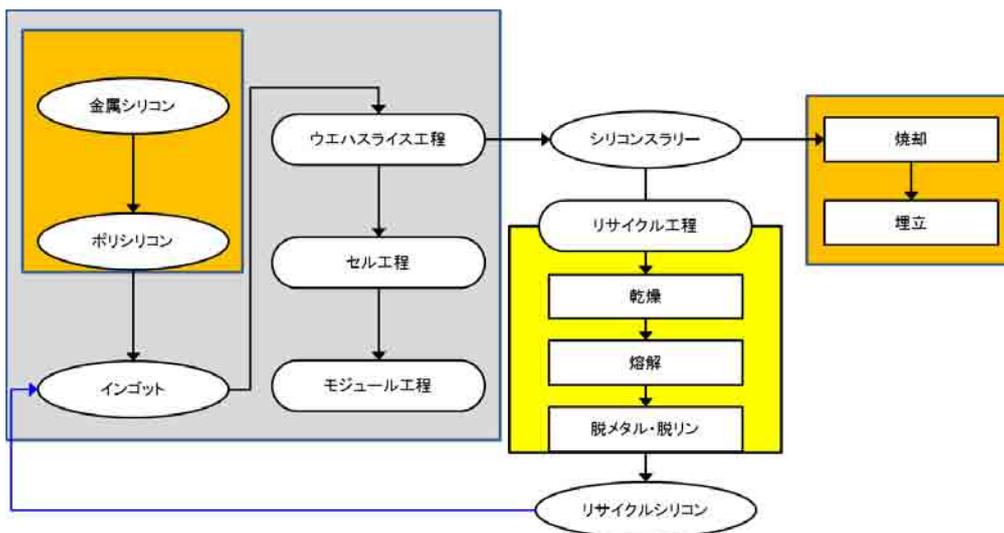
(ii) 環境負荷削減効果の評価

(ア) リサイクルポリシリコンの LCA 結果

LCA (Life Cycle Assessment) の手法を用いる。これに際して、北九州市立大学国際環境工学部環境生命工学科の松本教授をアドバイザーとして評価を行った。

300MW の生産能力を持つ排出事業者近隣でリサイクル事業を実施する場合（よって収集・運搬にかかる CO₂ 排出量は全て無視）を想定して、LCA を行った。下記の図の通り、グレーの枠が製造工程、黄色の枠がリサイクル工程であり、今回の評価範囲は黄色の枠とする。比較対象は、ポリシリコンの製造工程と、シリコンスラリーを廃棄する工程のオレンジ色の枠とする。

図表 製造工程と今回の LCA 評価範囲



各工程の単位当たりの CO₂ 排出量で比較すると、熔解工程と脱メタル・脱リン工程で消費される電気による排出が大きいことがわかる。年間 CO₂ 発生量で比較すると、脱メタル・脱リン工程の電気、熔解工程の電気、熔解工程の再冷水、といった順で大きいことが分かった。リサイクルポリシリコン製造工程での年間 CO₂ 排出量は 2,968 t-CO₂/年となった。下の表は、乾燥工程、溶解工程、脱メタル・脱リン工程それぞれにおける CO₂ 排出量を整理したものである。

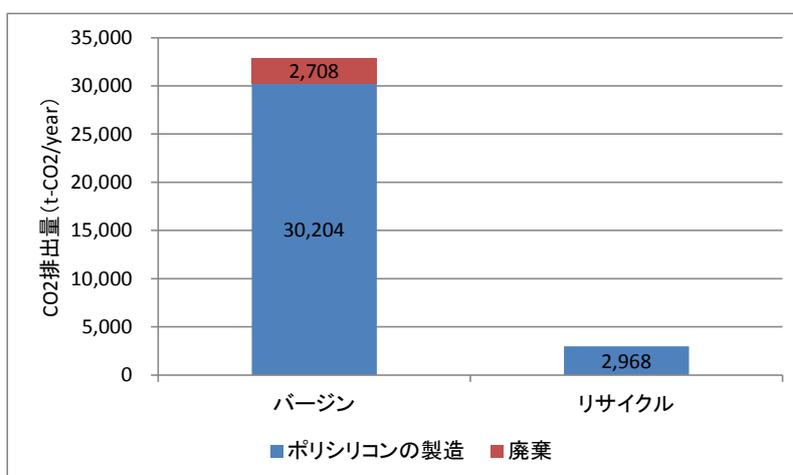
図表 各工程のポリシリコンの単位製造量当たり製造原単位及びCO2排出量

		年間数量 (300MW試算)	製造			
			製造原単位	CO2原単位	CO2量 kg-CO2/kg	
原料	Siスラッジ	1,000 t/year	-	-	-	
乾燥工程	原料	脱水Si	1,000 t/year	-	-	
	UTT	電気	250,167 kwh/year	0.834 kWh/kg	0.4633 kg-CO2/kWh	0.386
		蒸気	462 t/year	1.539 kg/kg	0.2369 kg-CO2/kg	0.365
		窒素	641 Nm3/year	0.0021 Nm3/kg	0.1762 kg-CO2/Nm3	0.000
	廃棄物	廃水処理	525 t/year	1.750 kg/kg	1.9440 kg-CO2/m3	0.003
	小計	-	-	-	0.755	
溶解工程	原料	乾燥Si	475 t/year	-	-	
	UTT	電気	2,157,592 kwh/year	7.192 kWh/kg	0.4633 kg-CO2/kWh	3.332
		再冷水	91,714 t/year	305.71 kg/kg	1.9360 kg-CO2/m3	0.592
		工水	3,184 t/year	10.61 kg/kg	0.3359 kg-CO2/m3	0.004
		圧縮空気	314 kNm3/year	1.045 Nm3/kg	0.0394 kg-CO2/Nm3	0.041
		窒素	29 kNm3/year	0.095 Nm3/kg	0.1762 kg-CO2/Nm3	0.017
	廃棄物	ヒューム(埋立)	119 t/year	0.397 kg/kg	0.0037 kg-CO2/kg	0.001
	小計	-	-	-	3.987	
脱メタル・脱リン工程	原料	溶解Si	356 t/year	-	-	
	UTT	電気	3,310,160 kwh/year	11.034 kWh/kg	0.4633 kg-CO2/kWh	5.112
		Arガス	9,355 t/year	31.18 kg/kg	1.2210 kg-CO2/Nm3	0.038
		工業用水	1,261 Nm3/year	4.205 Nm3/kg	0.3359 kg-CO2/m3	0.001
	廃棄物	残渣(埋立)	56 t/year	0.187 kg/kg	0.0037 kg-CO2/kg	0.001
	小計	-	-	-	5.152	
製品	ポリシリコン	300 t/year	-	-	9.894	

出典：MiLCA（社団法人産業環境管理協会）より新菱作成

バージン材のLCA結果より、廃棄工程に対して約1.1倍ものCO2が製造工程から排出されていたことがわかる。リサイクル材を使用することで、廃棄工程からの排出量を0にし、製造工程では約9.1%の削減、トータルでは約9.2%まで削減できることが分かった。

図表 LCA結果（バージン材とリサイクル材の比較）



(イ) 最終処分量の削減効果

また、シリコンスラッジをリサイクルすることにより、従来は最終処分されていたシリコンスラッジの60～70%がポリシリコンとしてリサイクルされ、その分、最終処分量が削減される。

マレーシア国内において2015年時点で設置予定のPVメーカーの工場が100%稼働かつDWの導入を想定した場合、製造工程で廃棄物として排出されるシリコンスラッジは約10,000tと見込まれている。全量をポリシリコンリサイクルの原料として活用した場合、マレーシアにおける最終処分量は6000～7,000t削減されることが見込まれる。

(iii) 社会的受容性の評価

以下の点より、社会的受容性については問題にはならないと考えている。

- ・ DoE、JPSPN とともにリサイクルの推進を企図しており、法整備も整っている点
- ・ リサイクル事業者がすでに一定程度存在している点
- ・ 産業誘致政策の対象事業に、リサイクル事業が含まれている点
- ・ 排出者のスイッチングコストが低い点

また、昨年12月に、馬国の代表的な廃棄物処理事業者であるクオリティアラム社及び親会社の UEM エンバイロメント社と面談を行った結果、コンフリクトが懸念される現地廃棄物処理事業者としても、政府と歩調を合わせる形でリサイクル、ないしは中間処理の高度化・効率化を進めたいとの意向を持っており、これらの会社と共働する形で進出することにより、社会的受容性は担保されるものと考えている。

更に、本年1月17日に実施したワークショップにおいても、政府関係者、PVメーカー、クオリティアラム社及び UEM エンバイロメント社等から、本事業の推進に対して前向きな意見、要望が出された。この点を踏まえても、社会的受容性に何ら問題はないものとする。

(iv) 現地政府・企業との連携等の実施体制の構築

マレーシア政府として3Rを進めるコンセンサスはできており、例えば固形廃棄物を管轄するJPSPNでは、長期スパンでの目標リサイクル率の設定、住民に対するリサイクル活動の啓蒙等、リサイクル活動を積極的に国が主導して行っている。

また、マレーシアに進出する企業へのヒアリングより、CSRの観点でリサイクル活動に対して積極的であること、リサイクル品を取り入れることでコスト削減を図ろうとしていること（既に製造時に廃棄屑を原料に混ぜてリサイクルしている企業もいた）がわかった。

以下のような実施体制の構築に向け、各者とのコンタクトを実施。本事業終了後も、各者の検討度合に応じて、協議の具体化を図りたいと考えている。

<コンクリートゴールド社／所管政府機関>

・2年間のパイロット期間において、シリコンリサイクル技術等を継続的に提案し、当社バリューチェーンへの組み込みを狙う。また、EPPの実施主体である政府機関（首相府を想定）へのアプローチを通じて、シリコン循環モデルを構築することの環境面・経済面での意義を提案し、マレーシアにおけるPV産業のモデルとして採用してもらうことを狙う。

<クオリティアラム社／UEMエンバイロメント社>

・指定廃棄物処理の独占企業として、多くの企業との接点を有する当該企業に対して、日本のリサイクル・中間処理技術の活用によるリサイクル推進・中間処理の高度化／効率化を訴求。マレーシアにおける事業拡大の起点として、当社との連携可能性を模索する。

<他の政府機関（DoE、JPSPN、MIDA）>

・リサイクル事業の立ち上げ・運営、及びマレーシアへの事業進出に際しての所管官庁であり、今後も継続的に意思疎通を図ることにより、スムーズな事業推進を狙う。

(v) 実現可能性の検討

既述の通り、環境負荷低減効果、及び社会的受容性の観点からは、大きな課題は無いものと認識しているが、採算性の確保が最大の課題であり、ポリシリコン市況の回復に大きく依拠する。よって、ポリシリコンリサイクル事業については、事業実施会社であ

る新菱において、海外展開を見据えた新規事業パッケージとしてノウハウ等を整備しておき、市況回復時にスピーディに事業展開を実現できる準備、及び現地政府・企業とのネットワーク維持に努める。

例えばマレーシアには、Green Tech Malaysia が提供する、GTFS (Green Technology Financing Scheme) といった資金調達スキームが存在する。これは環境技術を取り入れたプロジェクトに対して、その環境技術に基づく製品やシステムの生産者に、融資期間は最長 15 年、一社当たり最大 RM50 百万 (約 1 億 5 千万円) までの融資を行うものである。しかし、対象分野が限定的であること、該当基準が基本的にマレーシア国営企業であること (少なくともマレーシア企業の出資比率が 51% 以上であること) といった外資企業にとっては厳しいものとなっている。

GTFS が、マレーシア企業だけでなく外資企業または JV に対しても適用される、また補助率がより高まることで、環境プロジェクトといったリスクの高い事業であっても金融機関から融資を得られやすくなり、より活発に、環境先進技術を持つ外資企業がマレーシア市場に参入するようになるだろう。

(vi) 今後の事業展開

「実現可能性の検討」に記載の通り、ポリシリコンリサイクル事業については、事業実施会社である新菱において、市況回復時にスピーディに事業展開を実現できる準備をしておくとともに、「現地政府・企業との連携等の実施体制の構築」に記載のとおり、コンクリートゴールド社等とのネットワーク維持を図る。

また、「クオリアティアラム社/UEM エンバイロメント社」に対しては、日本のリサイクル・中間処理技術の活用によるリサイクル推進・中間処理の高度化/効率化を訴求。マレーシアにおける事業拡大の起点として、当社との連携に向けた協議を具体化させていきたいと考えている。

8. ワークショップ等

1月17日、サイバージャヤにて、以下の通り実施した。

ワークショップでは、日馬双方の環境省、北九州市から各国・自治体における環境、リサイクルへの取り組みについてプレゼンテーションを行った後、JVを代表して株式会社新菱より、本FSの目的、内容、結果について説明を行った。

その上で、「馬国の電子産業においてリサイクルをより推進していくためには、どのような取り組みが求められるのか」をテーマとして設定し、参加者を交えたディスカッションを行った。

ディスカッションを通じて、PV関連企業より、CSRの観点も踏まえ本FSのようなリサイクル事業の本格展開を要望する声があがるなど、本事業に対する社会的受容性やニーズを改めて確認することができた。

一方で、リサイクル事業を後押しするための政府の支援施策について、日本環境省のプレゼンテーションにおいても紹介された「リサイクル等の環境配慮を先んじて推進することで、将来の対応コストを削減する」といった考え方を馬国に適応する際の課題等についても議論を行った。この議論を通じて、馬国においては、「将来の対応コストに対して先んじて投資（政府としての投資、という意味であり、具体的には補助金等を指す）を行う」といった考え方になじみがないことが分かった。また、例えば「最終処分量を減らすことが、政府・自治体にとってどの程度のコスト削減（将来の処分場増設を避けることができることによるコスト削減）につながるのか」、「そもそも、現在の処分場の開設・運営には、トータルで原単位あたりどの程度コストがかかっているのか」といった数値が把握されていないことが明らかとなった。今後、リサイクル事業の意義を多面的に訴求し、当該国政府の支援をより具体的に取り付けていくためには、このような基礎データの収集、整備も必要になるものと考えられる。

以下、ワークショップの概要を示す。

(i) プログラム概要

1)10:00-10:05 Opening Remarks

2)10:05-10:30 Presentation from Ministry of Environment of Japan

(Environment and Recycle policy in Japan)

(Project for Supporting the Incubation of Firms in the Field)

of Venous Industry and Promoting the Spread of Japanese
Waste Management and Recycling Technologies Overseas)

3)10:30-10:45 **Presentation from Kita-Kyu-Shu municipal government**

(Activity of the local government in recycling, Activity
of collaborative study in abroad)

4)10:45-11:00 **Presentation from Department of Environment of Malaysia**

(Environment and recycle policy in Malaysia)

<Tea Break 11:00-11:10>

5)11:15-11:35 **Joint presentation:**

Sinryo corporation, Kita-Kyu-Shu municipal government
And The Japan Research Institute

(Environmental load of electronic industry and desired
countermeasures, Introduction of cutting edge recycle
technology which contributes to business of electronic
industry)

6)11:40-12:30 **Discussion**

7)12:30 **Closing**

8)1300 **Lunch (Verandah Restaurant)**

(別添)

ワークショップ運営マニュアル

1. ワークショップの運営マニュアルの作成にあたって

ワークショップの開催にあたっては、獲得すべき成果を明確にした上で、相応しい参加者、プログラム内容等の設定を行い、参加者の満足と今後の事業展開に資する示唆が得られるよう設計を行う必要がある。また、新興国海外でのワークショップ開催は、事前準備、当日進行、フォローアップ等のロジスティックの面において、日本国内での常識が通用しないシーンが多くあり、現地に適切なパートナーを得て当地の常識やマナーに則した形での企画を行う必要がある。

上記の観点から、本マニュアルでは以下の項目について、今回のワークショップ開催により得られた知見を踏まえて整理を行っている。

- (1) 実現可能性等調査におけるワークショップの位置づけ
- (2) 海外現地における「ワークショップ」への認識
- (3) 目的や獲得すべき成果の設定
- (4) 参加者の選定
- (5) プログラムの検討
- (6) 事前準備事項
- (7) 会場選定、会議配置

2. ワークショップ運営マニュアル

(1) 実現可能性等調査におけるワークショップの位置づけ

本実現可能性等調査におけるワークショップは、参加者間でその時点までの調査結果の共有を図ると共に、開催を通じて以下の点を明らかにするという目的を有している。

- ① 産業廃棄物処理における関係者の特定
- ② マレーシアの産業廃棄物処理の現状、今後の方向性等についての情報共有
- ③ 本事業で提案する独自技術と、導入に伴うメリットに対する理解の獲得
- ④ 本事業の推進に必要なマレーシア側からの支援策の確認
- ⑤ 関係者からの本事業に対する意見の聴取

上記の目的に照らして、参加者が有するであろう問題意識の想定や、参加者の利便

性、本事業の推進に資する結論の導出という観点を踏まえた設計を行うことが必要である。

(2) 海外現地における「ワークショップ」への認識

本事業の対象となったマレーシアでは、ワークショップの開催は政策形成、プロジェクト検討の面において非常に有効かつ一般的な手法である。マレーシアの行政機関は、日常的にワークショップを開催することで関係者（ステークホルダー）の合意形成を図り、政策等の推進に有効に活用している。

このような当地の背景を踏まえた上で、以下の点に留意して、本事業のワークショップを開催した。

- ① 多様なステークホルダーが存在する環境政策の推進、環境ビジネス市場の開拓に際し、広く参加者を募り、それぞれの立場から意見を述べて頂くことで、本事業に対する当地の理解と今後の推進にあたっての支援を得られるようにすること。
- ② 一義的にカウンターパートとなる当地行政機関との対話のみでは明らかにできない事業実施上の課題や当地の特殊性（社会的受容性等）について、自由な発言が出来る雰囲気でのワークショップを開催し、参加者から幅広く意見を聴取すること。
- ③ マレーシアにおける「ワークショップ」の合意形成プロセス上の位置づけや、重要性について、外国人である日本人が積極的に理解する姿勢を有しており、「マレーシア流」に配慮した運営を行っていることへの理解の獲得。
- ④ 参加者同士が将来に渡って意義のあるリレーションを構築し、ワークショップがきっかけとなって本事業の推進に有益となる交流が生まれること。また、そのリレーションの上で、個別の対話や事業検討を進めていける潮流を生み出すこと。

(3) 目的や獲得すべき成果の設定

本事業では、ワークショップ開催時点における実現可能性等の検討が、以下のステータスにあった。

- ① マレーシアにおける廃棄物関係の政策・法制度、市場動向、主要なプレイヤーについて、文献等調査およびヒアリング調査が完了。
- ② 本事業を通じて導入を目指す独自技術について、技術検討、課題検討、当地の太

陽電池製造事業者のニーズ把握等に関する文献調査およびヒアリング調査が完了。

- ③ 上記までの文献およびヒアリング調査を踏まえ、ビジネスモデルの検討が完了。
- ④ 上記ビジネスモデルに対し、当地に存在する一般的な企業進出支援策や税制優遇策等について文献およびヒアリング調査が進捗。

したがって、本ワークショップでは、上記の内容について参加者に共有した上で、今後の事業立ち上げにおいて鍵となる以下の点について明らかにすることを獲得すべき成果と設定した。

- ① 日馬両国の環境政策や、これまでの取り組みを共有することで、互いに理解を深めること。また、マレーシア当地で不足している検討や政策的オプションを把握すること。
- ② 官民双方の参加者が出席する場であることを活かし、マレーシア当地の行政が目下優先度を高めて推進している関連政策や法制度について把握すること。
- ③ 同様に、民間企業がどのような課題認識に基づいて、行政に対する具体的な要望事項を有しているか把握すること。
- ④ 上記の点を踏まえて、今後、本事業の意義を訴求していくためには、どのような取り組みが必要となるか把握すること。

(4) 参加者の選定

上記(3)に示した目的や獲得すべき成果に照らして、今回のワークショップでは以下の主体を参加者として選定することとした。

図表 参加者選定の考え方

	属性	要件
日本側	官	<ul style="list-style-type: none">● 環境政策・法制度について知見を有する。● 環境分野における具体的取り組みについて知見を有する。
	民	<ul style="list-style-type: none">● マレーシアにおいて、本事業が提示する技術（太陽電池のリサイクル技術）を適用しうる事業の展開を進めている。または、進める予定がある。
マレーシア側	官	<ul style="list-style-type: none">● 環境政策・法制度について知見を有する。● 環境分野における具体的取り組みについて知見を有する。● 日本企業の進出に際しての支援策等について知見を有する。
	民	<ul style="list-style-type: none">● マレーシアにおいて、本事業が提示する技術（太陽電池のリサイクル技術）を適用しうる事業の展開を進めている。または、進める予定がある。

上記に基づき、ワークショップの開催までに構築したリレーションを基に以下の参加者を選定し、参加の案内を行った。(敬称略)

図表 招待者（招待状送付先）一覧

	属性	名称
日本側	官	<ul style="list-style-type: none"> 環境省 在マレーシア日本国大使館
	民	<ul style="list-style-type: none"> パナソニックエナジーマレーシア トクヤママレーシア
マレーシア側	官	<ul style="list-style-type: none"> NRE/DoE (Scheduled Waste を所管) JPSPN/PPSPPA (Solid Waste を所管) MIDA (マレーシアへの企業進出支援を担う経済官庁) KeTTHA (エネルギー・環境技術・水省) MGTC (KeTTHA 傘下の環境技術研究機関)
	民	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートゴールド(マレーシア内資の太陽電池製造ベンチャー。政府の支援を厚く受けている) Kualiti Alam (Scheduled Waste の最終処分を担う) UEM Environment (Kualiti Alam の親会社) MEMC (米系太陽電池メーカー。ボルネオ島クチンに工場を有する) AUO Crystal (台湾系太陽電池メーカー。マラッカ州に工場を有する)

<日本側 4 組織、マレーシア側 10 組織、計 14 組織>

各組織から最大 3 名程度の出席を見込み、参加者選定に際し 40 人規模のワークショップとすることを想定して会場選定等のロジスティックを進めた。

(5) プログラムの検討

前項までに示した目的設定、獲得目標設定等に基づき、ワークショップのプログラムを以下のとおり設定した。

- | | |
|-------------------------|--|
| 1) 10:00-10:05 | Opening Remarks |
| 2) 10:05-10:30 | Presentation from Ministry of Environment of Japan
A. Environment and Recycle policy in Japan
B. Project for Supporting the Incubation of Firms in the Field of Venous Industry and Promoting the Spread of Japanese Waste Management and Recycling Technologies Overseas |
| 3) 10:30-10:45 | Presentation from Kita-Kyu-Shu municipal government
Activity of the local government in recycling, Activity of collaborative study in abroad |
| 4) 10:45-11:00 | Presentation from Department of Environment of Malaysia
Environment and recycle policy in Malaysia |
| <Tea Break 11:00-11:10> | |
| 5) 11:15-11:35 | Joint presentation
(Sinryo corporation, Kita-Kyu-Shu municipal government and The Japan Research Institute)
Environmental load of electronic industry and desired countermeasures, Introduction of cutting edge recycle technology which contributes to business of electronic industry |
| 6) 11:40-12:30 | Discussion |
| 7) 12:30 | Closing |
| 8) 1300 | Lunch (Verandah Restaurant) |

以下に、各プログラムの目的／主旨等を示す。

図表 各プログラムの目的／主旨

	プログラム	目的／主旨等
1	開会あいさつ（新菱：住野社長）	<ul style="list-style-type: none"> • 本ワークショップの主催者（新菱、北九州市、日本総研）を代表して開会あいさつ • 本ワークショップは単にリサイクル技術の紹介にとどまるものではなく、両国の環境政策等について共に学び、環境分野での協働を進めていく機会となることを希望する旨を説明した。
2	日本国環境省からのプレゼンテーション	<ul style="list-style-type: none"> • 日本の環境政策および本件静脈メジャー産業の海外進出支援について説明。 • 日本が経験してきた公害の時代や、その解決の過程で得られた示唆、環境政策の思想について説明。また、外国政府との間での様々なプラットフォームを活用した関係構築について説明。 • マレーシア側出席者も含め、日本の政府レベルでの環境分野の取り組みを共有することが目的。
3	北九州市からのプレゼンテーション	<ul style="list-style-type: none"> • 北九州市がかつて深刻な環境汚染に直面し、その解決のために様々な取り組みをしてきたこと、現在では日本を代表する環境先進自治体となっていることを説明。 • アジア低炭素化センターを立ち上げ環境関連の技術やノウハウを有する北九州市の地域企業を支援していることを説明。 • マレーシア側出席者も含め、地方自治体としての環境分野の取り組みを共有することが目的。
4	マレーシア国環境局（Department of Environment）からのプレゼンテーション	<ul style="list-style-type: none"> • 主に電子産業分野で排出される廃棄物の管理に関し、関連する政策、法規制等について説明。 • 有害な物質を含む指定廃棄物（Scheduled Waste）については、品目個別に規制、処理制度を設けていることや、発生源から最終処分者（無害化処理、焼却

		<p>または埋め立て) への引き渡しまでのプロセス等について説明。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 本件が対象とするシリコンリサイクルが指定廃棄物となる場合に、排出源である太陽電池製造事業者や、リサイクルを行う事業者が遵守すべき手続き等について共有することが目的。
5	ジョイントプレゼンテーション (新菱・北九州市・日本総研)	<ul style="list-style-type: none"> • 本件調査で対象とした新菱のシリコンリサイクル技術についての概要、導入に伴うメリットや課題等について説明。 • 調査の過程で聴取した太陽電池製造事業者の意向や、それを踏まえたリサイクル製品のターゲット品質等について説明するとともに、一方で、足元のシリコン市況の悪化により現時点での導入には課題も伴うことを説明。 • リサイクル普及のために、日馬両国政府が実施する支援策や課題解決策についての提言を行った。
6	ディスカッション	<ul style="list-style-type: none"> • 上記1～5のプレゼンテーションで説明された内容を踏まえ、「マレーシアにおいて、リサイクルをより推進していくためには、どのような取り組みが求められるか」をテーマに、会場出席者からの自由な発言を頂くディスカッションを実施。 • 政策立案・法規制等の主体である官の側と、リサイクル市場の開拓とビジネスデベロップメントを担う民の側との認識ギャップを埋め、双方が取り組むべきことについて理解を深めることが目的。本件のようなリサイクルビジネスを進める上で事業者が認識している課題や、解決するために求められる具体的施策のあり方について、共有することを目的とした。 • (ディスカッション内容については、別途記載する議事内容を参照)

(6) 事前準備事項

ここでは、ワークショップの事前準備事項、その要点や留意点を記載する。

① 開催時期の設定

本事業が対象とする技術に関する調査が一定程度進捗し、結果についてプレゼンテーション、ディスカッションを行うことが必要であるため、開催時期については、2013年1月頃の開催をあらかじめ想定していた。

その後、主要参加想定者のスケジュール、調査の進捗状況を勘案して2013年1月17日（木）に実施することとした。

② 会議参加者情報の取りまとめ方及び連絡調整

参加者情報の取りまとめにあたっては、出席者の機関名、部署名、氏名、連絡先等を取りまとめ、出欠連絡に応じて随時更新を行った。とりまとめのイメージについては下図のとおりである。なお、本マニュアル上では、個人情報に該当する情報を割愛している。

図表 出席者とりまとめリスト（イメージ）

	所属	役職	氏名	参加(○×)	連絡先
日本側	日本大使館	●●	個人情報につきマニュアル上では省略	○	個人情報につきマニュアル上では省略
				○	
	環境省	●●		○	
				○	
	Tokuyama Malaysia	●●		○	
	PECMY	Assistant Manager		○	
Nagase	General Manager	○			
馬国側	DoE			○	
	JPSPN/PPSPPA			調整中	
	MIDA			未返答	
	KeTTHA			調整中	
	MGTC			調整中	
	Concrete Gold		未返答		
	AUO		○		
	MEMC		未返答		
	Kualiti Alam		調整中		
事務局	北九州市		1名		
	日本総研		3名		
	新菱		4名		

ワークショップ内容通知・招待状発送については、以下のフローで行った。

図表 ワークショップ内容通知・招待状送付のフロー



内容通知・招待状で留意した点としては以下が挙げられる。

- 調査中のヒアリング等で往訪した際に、本ワークショップの概要についてあらかじめ口頭で通知し、基本的な参加意向を把握した。
- 作成・送付時点で決定しているプログラムや時間割については、出来るだけ詳細に記載を行い、出席者が理解しやすいように努めた。
- 昼食の有無、費用負担の有無について明示した。
- 相手方の事情に合わせて、返答を得やすい体裁、送付形態をとった。
- 当日まで出席者が決まらないことも多く、人数についての一定の幅が生じることが多いため最大何名の出席となるかを確認した。
- 会場への通知については、上記を説明した上で前日まで若干名の調整が可能となるようにした。

今回、民間企業出席者については、Eメールでの通知・案内、Eメールでの返答を希望する意見が多かったため、そのように案内を行った。

一方で、マレーシア側の一部官庁については、レターでの案内状送付を希望された組織もあった。このケースでは、英文レターの体裁で案内状を作成し、先方指定の宛先へ送付した。（例：マレーシア国 DoE より、DoE 局長オフィス（Director General Office）に招待状を送付して欲しい旨依頼があった。）

以下に、案内状日本語版と、マレーシア側出席者に宛てた案内状英語版を参考として示す。案内状中に記載した個人情報には本マニュアルからは削除した。

(参考) 招待状・案内文 (日本語版)

日本・マレーシア協働ワークショップ

「マレーシアの電子産業分野におけるリサイクルビジネス展望」のご案内

平成 24 年 12 月 吉日

株式会社新菱

北九州市／アジア低炭素化センター

株式会社日本総合研究所

拝啓

皆様におかれましては、ますますご清栄のことと心よりお慶び申し上げます。

株式会社新菱、北九州市／アジア低炭素化センター、株式会社日本総合研究所では、環境省「日系静脈産業メジャーの育成・海外展開促進事業『平成 24 年度 静脈産業の海外展開促進のための実現可能性調査等支援事業』」によりまず支援を受けまして、平成 25 年 3 月末までの期間に渡り、マレーシアにおける電子産業分野のリサイクルビジネスについての実現可能性調査を実施しております。

平成 24 年 5 月の調査開始以降、マレーシアのリサイクル政策動向、当地においてリサイクルの取り組みを進める日系・外資系企業の動向把握に取り組むとともに、株式会社新菱が有する高度な精製等の技術や再資源化の技術を活かしたトータルリサイクルシステムの実現可能性について、マレーシア政府機関、日系・外資系企業とのディスカッションを通じて検討を進めて参りました。

このたび、これまでの調査の成果とトータルリサイクルシステムの有用性を広くアピールすることを目的として、次頁に記載の要領にて現地政府機関や関連する事業者様を対象としたワークショップを開催致しますのでご案内を申し上げます。

ぜひとも万障お繰り合わせの上、ご参加下さいますようお願い申し上げます。

敬具

記

日 時：平成 25 年 1 月 17 日（木） 10 時開始 12 時 30 分終了

（プログラム終了後、13 時より会場内での昼食会を開催します。（参加費無料））

場 所：マレーシア国 サイバージャヤ ホテル「Cyberview Lodge Resort & SPA」

出席者：日本国環境省、マレーシア国環境局、関係する公的機関

マレーシアにおいてリサイクル分野の取り組みを進める日系・外資系の事業者

（30 名規模のワークショップとして開催）

プログラム：

- 1) 10 時 開会挨拶
 - 2) 10 時 5 分～10 時 30 分 日本国環境省発表
（日本の環境政策、静脈メジャー海外展開支援について）
 - 3) 10 時 30 分～10 時 45 分 北九州市／アジア低炭素化センター発表
（日本の地方自治体の環境への取り組み、アジア低炭素化センターの海外展開）
 - 4) 10 時 45 分～11 時 00 分 マレーシア国環境局発表
（マレーシアの環境政策、リサイクルの現状と今後の方向性）
- ～休憩（10 分）～
- 5) 11 時 15 分～11 時 35 分 株式会社新菱、北九州市／アジア低炭素化センター、
株式会社日本総研合同発表
（本実現可能性調査での取り組み内容、導入技術およびメリットの紹介等）
 - 6) 11 時 40 分～12 時 30 分 ディスカッション
 - 7) 13 時～ ランチ

ワークショップ会場の住所：

Persiaran Multimedia 63000 Cyberjaya Selangor, Malaysia

Tel: (603) 8312-7000 Fax: (603) 8312-7001

http://www.cyberview-lodge.com/contact/cyberview_LocationMap.pdf



Persiaran Multimedia
 63000 Cyberjaya, Selangor
 Tel: (603) 8512-7000
 Fax: (603) 8512-7001
 Website: www.cyberview-lodge.com
 E-mail: hotline@cyberview-lodge.com.my

お問い合わせ先：

株式会社日本総合研究所 (担当部署・氏名)

TEL (電話番号) (E メールアドレス)

株式会社新菱 (担当部署・氏名)

TEL (電話番号) (E メールアドレス)

以上

(参考) 招待状・案内文 (英語版)

Dear Sir/Madam,

Invitation for the workshop "Recycle business in electric industry"

Sinryo corporation, Kita-Kyu-Shu municipal government of Japan and The Japan Research Institute are pleased to inform you that we will have a workshop on the 17th January 2013 in Cyberjaya, Malaysia, regarding "Recycle Business in Electronic Industry" .

Inviting both Malaysian and Japanese stakeholders from public and private sector, we will have half day session to discuss following agendas.

- 1) Environment & Recycle policy in Malaysia and Japan
- 2) Cutting edge green technology which contributes environmental care and recycling in electronic industry,
- 3) Stakeholders discussion

Please check the program details shown below and we look forward to seeing you at the workshop.

Thank you very much for your cooperation.

Yours sincerely;

***** Details of the workshop *****

Date: 17th January 2013

Time: Opening 9:30am, Program begins at 10:00am

End at 12:30pm (After the session, we prepare free lunch in the hotel)

Location: Cyberview Lodge Resort & SPA (in Cyberjaya)

Persiaran Multimedia

63000 Cyberjaya

Selangor, Malaysia

Tel: (603) 8312-7000

(Map: <http://www.cyberview-lodge.com/contact/map.html>)

Expected Participants:

- [Malaysian Stakeholders] DoE and relevant public authorities,
Private companies from electronic industry
- [Japanese stakeholders] Ministry of Environment of Japan,
Embassy of Japan in Malaysia,
Private companies from electronic industry

Program of the workshop:

- 1)10:00-10:05 Opening Remarks
- 2)10:05-10:30 Presentation from Ministry of Environment of Japan
(Environment and Recycle policy in Japan)
- 3)10:30-10:45 Presentation from Kita-Kyu-Shu municipal government
(Activity of the local government in recycling, Activity of collaborative study in abroad)
- 4)10:45-11:00 Presentation from Department of Environment of Malaysia
(Environment and recycle policy in Malaysi)
- <Tea Break 11:00-11:10>
- 5)11:15-11:35 Joint presentation:
Sinryo corporation, Kita-Kyu-Shu municipal government
and The Japan Research Institute
(Environmental load of electronic industry and desired countermeasures,
Introduction of cutting edge recycle technology which contributes to business of electronic industry)
- 6)11:40-12:30 Discussion

8)1300- Lunch (Free)

Contact:

(担当者連絡先)

③ 逐次通訳者の手配

通訳者については、事業実施者である日本総合研究所の研究員が担当した。

日本総合研究所は過去にマレーシアにおいて環境分野のワークショップをマレーシア政府機関と共同で開催した経験があり、また、担当者は過去に長期間マレーシアに滞在した経験を有している。本調査が対象とするリサイクル分野の専門用語についても理解していることから、円滑なワークショップの実施という観点からも、要求される水準を満たしているものと判断した。

④ 発表用資料の受領、翻訳手配

発表用資料は事前に受領し必要な翻訳を行うことを想定していたが、マレーシア側プレゼンター(DoE)より多忙を理由に当日の持参としたい旨連絡があったため、そのように対応した。

また、日本側発表資料(事業実施者が行うジョイントプレゼンテーション)については、日本語版を作成して事業実施者間で内容検討を行った上で、英語翻訳をおこなった。

⑤ コーヒー・ミネラルウォーターの準備

出席者分の軽食、コーヒー・ミネラルウォーターが含まれたワークショップパッケージ(会場提供メニュー)を選択した。ミネラルウォーターについてはあらかじめ席上に、コーヒーについてはプログラム中の **Tea Break** の際に提供された。

⑥ 昼食の準備

ワークショップの全プログラム終了後、同じ会場内のレストランで昼食会を行った。ビュッフェ形式で、出席者の参加費は無料とした。会場内の配席は、懇親が深められるよう自由席とした。

⑦ IDカードの作成

出席者の識別を目的としてIDカード（名刺フォルダー）を作成、配布し、出席者に着用して頂いた。

⑧ 会議記録の作成

ワークショップの記録は、事業実施者である株式会社新菱と株式会社日本総合研究所が共同で作成した。内容については、報告書内の該当箇所に要旨を掲載し、巻末の議事録一覧に全体議事を収納した。

⑨ 会議写真の撮影

会議写真の撮影は、事業実施者である株式会社新菱と株式会社日本総合研究所が共同で行った。データについては、別途、環境省担当官殿に提出する。

⑩ ワークショップ前日からの作業計画・実施内容

今回、事業実施者の担当は前日に会場入りし、会場準備とワークショップの運営を行った。下図表に、前日からの作業計画・実施内容を時系列でとりまとめた。

図表 ワークショップ前日からの作業計画・実施内容

日時	作業実施項目等	備考／留意事項
2013年1月16日 17時	会場到着	• クアラルンプール国際空港からの所要時間を確認（約35分）
18時	会場ホテル内見学	• ワークショップ会場、Tea Break場所、トイレの位置などを確認 • 別プログラム実施中につき会場内の確認は出来ず
2013年1月17日 8時	会場内確認、設営	• テーブル配席状況、司会席、マイク箇所などを確認。問題なし。 • プロジェクタ投影用のパソコン接続、投影動作確認。問題なし。

		<ul style="list-style-type: none"> ミネラルウォーター等準備状況確認。問題なし。 資料セットを席上に配布。
9時	受付手順確認	<ul style="list-style-type: none"> あらかじめ定めた受付担当（2名）、会場内案内担当（3名）の業務手順を確認。 IDカード（名刺フォルダ）の用意。受付記名メモの用意。
9時30分	受付開始	
10時	ワークショップ開会	
ワークショップの 実施		
12時30分	ワークショップ閉会	<ul style="list-style-type: none"> 昼食会場への案内 会場内忘れ物の確認 会場内片付け
13時	会場撤収	

(7) 会場選定、会議配置

本ワークショップの会場は、Cyberjaya 市内にある「Cyberview Resort & SPA」を選定した。

当会場は、クアラルンプール国際空港から車で30分強の位置にある Cyberjaya の中心部に位置し、過去に APEC の会場としても選定されたことのあるホテルおよび会議場である。以下に、会場選定のポイントとなった点をまとめた。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> APECをはじめ、様々な国際会議、ワークショップの開催場所となった実績がある。 マレーシア国内では有名なワークショップ会場であるため、招待者のアクセスが容易である。 会場スタッフがワークショップに慣れており、アドバイスを得やすい。 過去に利用した際に、日程調整や会場説明準備、人数調整などのやりとりにお |
|--|

いてレスポンスが迅速であり、柔軟な調整が出来た。

- コーヒー・ミネラルウォーターなどを含むワークショップパッケージを提供しており、コストの観点からも効率的であった。
- 昼食も評判が良く、コストも効率的である。

(会場住所)

Persiaran Multimedia 63000 Cyberjaya Selangor, Malaysia

Tel: (603) 8312-7000 Fax: (603) 8312-7001

<http://www.cyberview-lodge.com/>

(参考：会場 Web サイト)

CYBERVIEW
RESORT & SPA
Cyberjaya, Malaysia

RESORT LOBBY

1 2 3 4 5 6

ROOMS DINING MEETINGS & BANQUETS WEDDINGS SPA ACTIVITIES FACILITIES FOR RENT RESERVATIONS RATES & PROMO

▶ Contact Us ▶ About Us ▶ Sitemap

Book Now!

ROOM RATES FROM
RM 310+

BOOK NOW
with instant confirmation

* complimentary Shopping Shuttle to Suria KLCC

**Let's go
for a Holiday!**

F&B Promotions

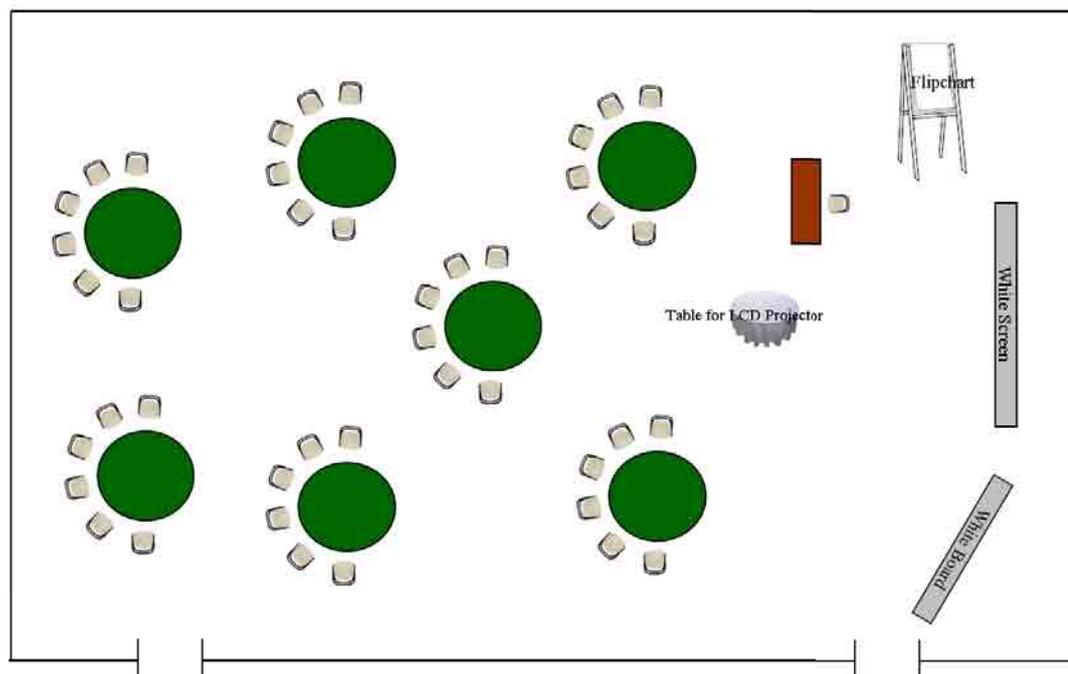
F&B Promotions

会議配置については、自由なディスカッション、発言を引き出す参加型のワークショップとするため、円卓を複数配置する形態とした。

(参考：会場配置・配席図)

CYBERVIEW RESORT & SPA

Songket Room



(参考：円卓イメージ)



以上が、マレーシアでのワークショップ実施に際しての考え方、事前準備事項、ロジスティック等を取りまとめたものである。

なお、実際の参加者情報、ワークショップ議事については、報告書本編の該当箇所に取りまとめた。