

第 3 章 経済・財務的フィージビリティ調査

3.1 連携PVシステム導入のための経済・財務分析手法

本調査では連系 PV システムの普及拡大に必要な制度的措置を確認することが目的の 1 つであるため、経済財務分析においては所与の制度的措置（余剰金買取制度、補助金、基金等）による条件を変化させた場合の感度分析を経て、経済・財務的に実現可能性の高い設定条件を検証する。

3.2 前提条件の設定

3.2.1 システム、運営および維持管理に関する条件

分析に使用するシステム、運営および維持管理に関する前提条件は以下のとおりである。これらの条件は各タイプに共通して適用する。使用する価格は 2009 年 5 月時点のものである

PV システム

PV モジュール費用	: US\$ 20,380/kW（建築工事費、据付工事費、設計監理費等含む）
輸入関税	: 資機材価格に対して 25%

運転および維持管理

ディーゼル燃料価格	: US\$ 0.56/l
潤滑油価格	: US\$ 2.28/l
燃油価格上昇率	: 年率 2%
1kWh の発電に要するディーゼル燃料	: マレ 0.26l/kWh、フルマレ 0.28l/kWh
1kWh の発電に要する潤滑油	: 0.001l/kWh（マレ・フルマレ共通）
ディーゼル発電の維持管理費	: US\$ 0.034/kWh（マレ・フルマレ共通）
PV システムの維持管理費	: US\$ 0.0045/kWh（マレ・フルマレ共通）
PV システム主要部分の耐用年数	: PV パネル 30 年、その他 15 年

電力消費

総発電量に対する消費量	: 94%
マレ島およびフルマレ島での電力消費の割合	: 75%
マレ島およびフルマレ島での消費家別電力消費の割合	
一般家庭	: 45%
商業	: 35%
政府・学校	: 20%
一般管理費	: US\$ 0.039/kWh
為替レート	: US\$ 1.00 = ¥95.69 = MRf 12.8（2009 年 5 月末）

「モ」国における連系 PV システムの普及に関しては、STELCO による目標容量の導入が主体となることが考えられるが、STELCO が今後民営化されることを考慮すると、STELCO は赤字補填を目的とする政府からの補助金を利用することができなくなる。したがって、初期投資に対する負担を軽減させる支援策が必要となる。また、導入促進には民間セクターの活用も考えられることから、STELCO 単独により目標容量を導入するケース、STELCO および民間によって目標容量を導入するケースそれぞれについて分析する。なお、STELCO および民間により導入するケースについては、2010 年から 2014 年までの最初の 5 年間は STELCO によって導入を進め、2015 年

以降は各年次の目標容量の3分の1について民間による導入も進められることを想定する。それぞれのケースでの導入容量および発電量は表3.2.1-1のとおりである。

表 3.2.1- 1 実施主体別導入量・発電量 (2009 - 2020)

a. STELCO 単独での導入

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
導入量 (kW)	各年	1,340	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350
	累計	1,340	2,690	4,040	5,390	6,740	8,090	9,440	10,790	12,140	13,490
発電量 (kWh)		1,628,648	3,294,727	4,960,806	6,626,885	8,292,964	9,959,043	11,625,122	13,291,201	14,957,280	16,623,359

b. STELCO および民間での導入

(1) STELCOによる導入分											
導入量 (kW)	各年	1,340	1,350	1,350	1,350	900	900	900	900	900	900
	累計	1,340	2,690	4,040	5,390	6,290	7,190	8,090	8,990	9,890	10,790
発電量 (kWh)		1,628,648	3,294,727	4,960,806	6,626,885	5,528,643	6,639,362	7,750,081	8,860,801	9,971,520	11,082,239
(2) 民間による導入分											
導入量 (kW)	各年	0	0	0	0	450	450	450	450	450	450
	累計	0	0	0	0	450	900	1,350	1,800	2,250	2,700
発電量 (kWh)		0	0	0	0	2,764,321	3,319,681	3,875,041	4,430,401	4,985,760	5,541,120

出所：調査団作成

3.2.2 連系PVシステムの価格予測

連系 PV システムのこれまでの世界的な価格変動に関しては、国際エネルギー機関 (IEA) が、日本や欧州、北米などを含む 11 カ国における連系 PV システムの費用とパフォーマンスに関する調査「Cost and Performance Trends in Grid-Connected Photovoltaic Systems and Case Studies」を実施している。この調査結果によると、各年次の連系 PV システムの費用の中央値は必ずしも線形のトレンドを示しているわけではないが、1992 年には US\$16/W だったものが、2006 年には US\$8/W になっており、全体的には低下傾向にある。

一方、今後の PV システムの価格変動に関する見通しについては、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「2030 年に向けた太陽光発電ロードマップ (PV2030+)」において示されている。これによると、2010 年での発電コストは 23 円/kWh と想定されており、これが 2020 年には 14 円/kWh まで低下することが予想されている。また、同ロードマップでは、モジュール製造コストについても開発目標を 2010 年で 100 円/kWh、2020 年で 75 円/kWh、2030 年で 50 円以下/kWh と設定している。このロードマップの予想シナリオにもとづけば、2010 年から 2020 年までの年平均発電コスト低下率は約 3.9%、モジュール製造コストの年平均低下率は 2.5%となる。したがって、本調査においても PV システム価格の低減率を年平均 2.5%として、プロジェクト期間にわたる PV システムの設置費用を算出する。

3.3 財務分析

3.3.1 前提条件

(1) 事業年数

事業年数は2010年から2034年までの25年間とする。

(2) 費用

連系 PV システムの導入の財務費用は、投資費用、入れ替え費用、運転・維持管理費用、輸入関税である。費用算出のための前提条件は3.2項に示したとおりであり、システム費はNEDOのロードマップでの PV システムの経済性改善のシナリオに沿って、毎年低減していくものと仮定する。

(3) 収入

連系 PV システムの導入による財務便益は、消費者からの料金収入およびディーゼル発電によって同量の電力を発電するのに要する燃料費節減分である。料金収入に関しては、マレ島およびフルマレ島における現行の平均料金である US\$ 0.22 (MRf 2.87) を 1kWh 当たりの単価と設定する。また、連系 PV システムの導入によって削減される燃料等の単価については、ディーゼル燃料は2009年7月末時点の STO 価格、潤滑油は直近3カ年の 1kWh 当たりの平均価格を単価として適用する。

(4) 実施可能性の評価

実施可能性の評価には財務的内部収益率 (FIRR) を使用する。割引率は12%とする。

3.3.2 分析結果

表 3.3.2-1 は STELCO が独自財源で連系 PV システムを導入すると仮定した場合のキャッシュフローを示したものである。2019年のシステム設置完了以降は便益が費用を上回っているが、システム設置時は PV システムによる発電から得られる便益に対して投資コストが非常に大きいため、純現在価値は-165 百万 US ドルとなる。

現行の料金体系が変わらないという条件下で FIRR12%を満たすには、コスト面においては2010年から2019年の初期投資段階において合計で約267 百万 US ドルに対して軽減策が適用される必要がある。

導入促進のための制度的措置別の金額は第3次調査時に検討を行うため、それら条件を変化させた場合の分析についても第3次調査時に実施する。

表 3.3.2-1 連系PVシステム導入のキャッシュフローー

	費用			便益			損益
	連系PVシステム導入		合計	料金収入	燃料削減	合計	
	事業費	入替					
2010	27,308,677		6,489	4,674,977	31,983,654	0	-31,983,654
2011	27,041,486		13,127	4,592,119	31,640,094	631,225	-31,008,869
2012	26,570,500		19,766	4,474,372	31,057,999	1,277,084	-29,780,915
2013	26,099,513		26,404	4,356,625	30,475,904	1,922,943	-28,552,961
2014	25,628,527		33,042	4,238,879	29,893,809	2,568,803	-27,325,006
2015	25,157,540		39,681	4,121,132	29,311,714	3,214,662	-26,097,052
2016	24,686,554		46,319	4,003,385	28,729,620	3,860,521	-24,869,098
2017	24,215,567		52,957	3,885,639	28,147,525	4,506,381	-23,641,143
2018	23,744,580		59,595	3,767,892	27,565,430	5,152,240	-22,413,189
2019	23,273,594		66,234	4,003,385	27,336,575	5,798,100	-21,538,474
2020			66,234		66,234	6,443,959	6,377,726
2021			66,234		66,234	6,443,959	6,377,726
2022			66,234		66,234	6,443,959	6,377,726
2023			66,234		66,234	6,443,959	6,377,726
2024			66,234		66,234	6,443,959	6,377,726
2025		4,092,472	66,234	1,022,651	5,181,357	6,443,959	1,262,602
2026		3,958,154	66,234	989,072	5,013,460	6,443,959	1,430,500
2027		3,793,309	66,234	947,860	4,807,403	6,443,959	1,636,557
2028		3,628,464	66,234	906,649	4,601,346	6,443,959	1,842,613
2029		3,463,618	66,234	865,438	4,395,290	6,443,959	2,048,670
2030		3,298,773	66,234	824,227	4,189,233	6,443,959	2,254,726
2031		3,298,773	66,234	824,227	4,189,233	6,443,959	2,254,726
2032		3,298,773	66,234	824,227	4,189,233	6,443,959	2,254,726
2033		3,298,773	66,234	824,227	4,189,233	6,443,959	2,254,726
2034		3,298,773	66,234	824,227	4,189,233	6,443,959	2,254,726
Total	253,726,537	35,429,882	1,290,886	50,971,208	341,418,513	125,591,352	-215,827,161
						NPV	-165,607,193

出所：調査団作成

3.4 経済分析

3.4.1 前提条件

(1) 費用

連系 PV システムの導入の経済費用は、投資費用、入れ替え費用、運転・維持管理費用である。貿易財の経済費用算出には変換係数 0.9 を使用する。

(2) 便益

連系 PV システムの導入による経済便益は、消費者からの料金収入、需要家による自家発電導入時の 1kWh 当たりのコストと STELCO の電気料金との比較による消費者余剰、およびディーゼル発電によって同量の電力を発電するのに要する燃料費節減分である。燃料費に関しては、現在「モ」国では State Trading Organization (STO) が国内のディーゼル燃料取引を一元管理しており、STELCO も発電のためのディーゼル燃料を STO から購入しなければならない。しかし、STO による石油製品の取り扱いが独占状態にあり、正しく市場価格を反映していないことから、国際価格の指標としてシンガポール市場のディーゼル価格を基準に燃料費節減分の経済的便益を算定する。

(3) 実現可能性の評価

実現可能性の評価には経済的内部収益率 (EIRR) を使用する。割引率は 12% とする。

3.4.2 分析結果

需要家による自家発電導入時の 1kWh 当たりのコストと STELCO の電気料金との比較による消費者余剰については、第 3 次現地調査においてデータ収集および算出を行うため、経済分析についても第 3 次現地調査時に実施する。

3.5 CDM事業化による投資収益性への影響評価

連系PVシステム導入に対する投資収益性の改善手法の 1 つとして、ディーゼル発電による発電量削減によるCO₂排出量削減をCDM事業として登録し、その事業化によって取引可能となるCERを売却することが考えられる。しかし、CDM事業化にはプロジェクト設計書 (PDD) の作成や、有効化審査、登録・認証までの一連の手続きが必要であり、これらに要する費用をCER売却収入が上回る場合、CDM事業化による投資収益性の改善が有効策となる。したがって、CDM事業化による投資収益性の改善の検証には、CER取引価格の動向や事業化登録に要する費用の把握が必要となる。

3.5.1 CER取引価格の動向

排出権価格に大きな影響力を持っているヨーロッパ市場の取引所の 1 つであるヨーロッパ天候取引所 (ECX: European Climate Exchange) におけるCER先物取引量および価格の推移は、2008 年 7 月をピークに 2009 年 2 月まではCER先物価格は低下傾向にあったが、2009 年 3 月より再び上昇傾向を示している。今後のCER価格に関しては、EU-ETS の遵守期限に対応した調達が落ち着け

ば再び下落傾向に転換することも考えられるが、CER価格の見通しを予測することは非常に困難である。したがって、本調査では、もっとも低下した2009年2月時点の価格とそれ以降でもっとも上昇した2009年5月時点の価格の間で今度も推移するものと想定し、この期間での平均値である€1.25（約US\$ 15.86）を本調査でのCER価格と仮定する。連系PVシステム導入によるCO₂削減量は2020年までの累計で63,062トンであることから、2020年までのCER取引累計額は約100万USドルとなる。

3.5.2 事業化のコスト

CDM事業化にはプロジェクトの計画、計画書作成、有効化審査、プロジェクト登録が必要であり、その後の実施・モニタリングを経て検証・認証を受け、CERの発行が認められた場合にCERを入手することができる。これらの一連の手続きには費用が必要であり、UNDPのガイド「The Clean Development Mechanism: A User's Guide」によると、CDMプロジェクトの取引費用は実施前に要する費用と実施段階で要する費用に大別することができる。途上国においては国内の専門家が限られていることから、海外のコンサルタントを活用した場合の概算費用として表3.5.2-1のような数値が示されている。

表 3.5.2-1 CDM事業化に要する取引費用

費用項目	概算費用 (US\$)
1. 実施前段階	
(1) 実施可能性評価	5,000-20,000
(2) プロジェクト計画書 (PDD) 作成	25,000-40,000
(3) 有効化審査	10,000-15,000
(4) 登録	10,000*/年
(5) 法務事務	20,000-25,000
2. 実施段階	
(1) CER売却の成功報酬	CER額の5-10%
(2) リスク対策	CER額の1-3%
(3) モニタリング・検証	年間3,000-15,000

出所：UNDP、「The Clean Development Mechanism: A User's Guide」第5章

注：CO₂削減量が年間10,000～15,000トンの場合

本調査にて検討している連系PVシステム導入の設備容量は15MW以下であることから、小規模CDMでの事業化になることが想定される。したがって、事業化に要する取引費用は、実施前段階においてはUNDPのガイドに示されている概算費用の範囲の最低額とし、実施段階ではCER売却の成功報酬およびリスク対策については最も低い料率を使用する。ただし、モニタリング・検証に関しては、海外のコンサルタントを活用した場合に年間US\$3,000は非現実的であるため、US\$10,000と仮定する。実施前段階および実施段階での各項目の取引費用は表3.5.2-2のとおりとなる。

表 3.5.2- 2 小規模 CDM での事業化に要する取引費用

費用項目	概算費用 (US\$)
1. 実施前段階	
(1) 実施可能性評価	5,000
(2) プロジェクト計画書 (PDD) 作成	25,000
(3) 有効化審査	10,000
(4) 登録	10,000/年
(5) 法務事務	20,000
2. 実施段階	
(1) CER 売却の成功報酬	CER 額の 5%
(2) リスク対策	CER 額の 1%
(3) モニタリング・検証	年間 10,000

出所：UNDP、「The Clean Development Mechanism: A User's Guide」第 5 章をもとに調査団作成

3.5.3 CDM 事業化による収益

表 3.5.3-1 は STELCO 単独での連系 PV システム導入の CDM 事業化を実施した場合の収益性を示したものである。初年度は事業化および登録手続きに要する費用が発生し、2 年目以降からは登録、モニタリング・検証、成功報酬・リスク対策などのその他費が発生する。CER 売却は設置した PV システムによる発電が開始される 2 年目から発生する。単年度で見た場合、3 年目から収益が費用を上回っているが、累積額で見ると 2014 年までは費用が収益を超過しており、2015 年以降収益が費用を上回る。

表 3.5.3- 1 CDM 事業化による収益

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	合計
収益												
CER売却額 (US\$)		17,842	36,103	54,364	72,625	90,886	109,147	127,407	145,668	163,929	182,190	1,000,161
費用												
事業化	60,000											60,000
登録	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	110,000
モニタリング・検証		10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	100,000
その他		1,070	2,166	3,262	4,357	5,453	6,548	7,644	8,740	9,835	10,932	60,007
小計	70,000	21,070	22,166	23,262	24,357	25,453	26,548	27,644	28,740	29,835	30,932	330,007
収益(損失)	-70,000	-3,228	13,937	31,102	48,268	65,433	82,599	99,763	116,928	134,094	151,258	670,154

出所：調査団作成

3.6 投資資金計画の策定

前述のとおり、STELCO は民営化の準備段階であることから、赤字補填を目的とする政府からの補助金を受け取ることができなくなる。また、連系 PV システムに対する初期投資負担を軽減する施策がない状態で、金融市場から資金調達を行なうことは非現実的であると思われる。したがって、主に利用可能な財源としては、初期投資負担に対する政府からの補助金、「モ」国独自もしくはドナーからの支援による基金等を活用した低利の融資などが考えられる。これらは「モ」国における再生可能エネルギーの普及促進政策とも関連することから、第 3 次現地調査において詳細を検討する。

第 4 章 パイロット・プロジェクトの詳細設計

4.1 パイロット・プロジェクトサイトの検討及び選定手法

第 2 章 2.4 項で選定した 14 箇所のポテンシャルサイトに関して、巻頭の“マレ島、フルマレ島ポテンシャルサイト評価表”に記載されている項目に沿って比較評価し、優先順位をつけた。その中から以下の選定クライテリアを用いて優先度が高い 6 サイトをパイロット・プロジェクトサイトとして選定した。パイロット・プロジェクトサイトの選定理由ならびにサイト位置図は表 4.1-2 および図 4.1-1 にそれぞれ示すとおりである。

表 4.1-1 パイロット・プロジェクトサイト選定クライテリア

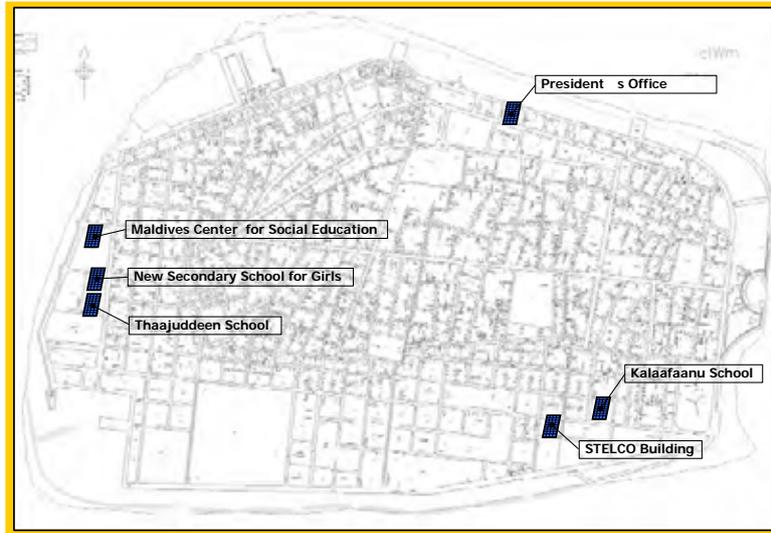
①	PV システム容量が比較的大きなものであること。
②	他のポテンシャルサイト導入時のモデルケースになること。
③	PV システムの維持管理が適切に実施できる人材が確保できること。
④	配電線供給信頼度が極端に低いこと。
⑤	PR 効果が高く、設備見学が容易であること。

出所：調査団作成

表 4.1-2 パイロット・プロジェクトサイト

No	サイト名	出力容量(kWp)	選 定 理 由
1	STELCO Building	45 kWp	選定クライテリアの②,③,④,⑤の条件を満たし、日射障害も無く、特に同社職員による維持管理体制の確立が容易である。
2	Kalaafaanu School	85 kWp	選定クライテリアの①,②,③,⑤の条件を満たし、STELCO の近傍にあることから、維持管理体制の確立が容易である。また、日本の無償資金協力により建設された学校であり、竣工図書も常備され、改修、補強計画が容易であり、また、躯体強度の信頼性も高いと判断できる。
3	Maldives Center for Social Education	100 kWp	選定クライテリアの全ての条件を満たしている。特にスポーツ競技などが開催されている施設であることから、PR 効果は高い。また、日本の無償資金協力により建設された施設であり、竣工図書も常備され、改修、補強計画が容易であり、また、躯体強度の信頼性も高いと判断できる。
4	Thaajuddeen School	130 kWp	選定クライテリアの①,②,④,⑤の条件を満たし、6 サイト内では最大の PV 出力である。また、日本の無償資金協力により建設された学校であり、竣工図書も常備され、改修、補強計画が容易であり、また、躯体強度の信頼性も高いと判断できる。
5	New Secondary School for Girls	100 kWp	選定クライテリアの①,②,④,⑤の条件を満たし、サイト No.3 の隣に位置していることから、PR 効果が高い。また、日本の無償資金協力により建設された学校であり、竣工図書も常備され、改修、補強計画が容易であり、また、躯体強度の信頼性も高いと判断できる。
6	President's Office	20 kWp	選定クライテリアの②,③,④,⑤の条件を満たし、施設内に維持管理のスタッフがいるため、維持管理体制の確立が容易である。また、大統領府に PV システムを設置することによる PR 効果は高い。

出所：調査団作成

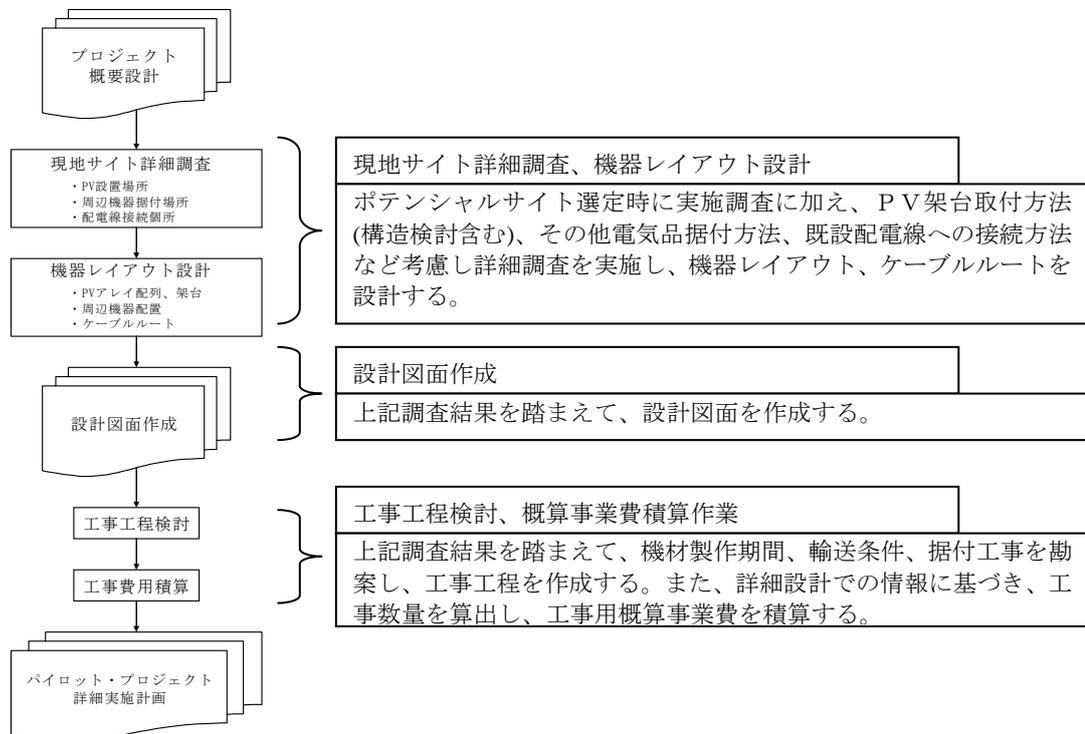


出所：調査団作成

図 4.1- 1 パイロット・プロジェクトサイト位置図

4.2 パイロット・プロジェクトサイトの詳細設計手順

パイロット・プロジェクトサイトでの詳細設計にあたっては、現地サイトの詳細調査、機器詳細仕様検討、機器レイアウト設計、設計図面作成等について、以下の手順で実施する。



出所：調査団作成

図 4.2- 1 パイロット・プロジェクト詳細設計の手順

4.3 構造物補強のための詳細設計

第1次、第2次現地調査で確認されたポテンシャルサイトにつき、現地サイト調査を踏まえ、設計図書にて既存構造物の構造形式、部材断面が明確である構造物を、日本の建築設計規準に基づき、屋根または屋階床上に太陽光パネルを設置した場合、どのような影響があるのかを照査し、必要に応じ補強詳細設計を行った。

積載される太陽光パネル重量は、ベースチャンネルを含めて 0.35kN/m^2 と仮定する。構造物の主要部材の仕様は、コンクリート $F_c=21\text{N/mm}^2$ 、鉄筋SD345、鉄骨SS400 と仮定する。

詳細設計に係る作業フローを下記に示す。

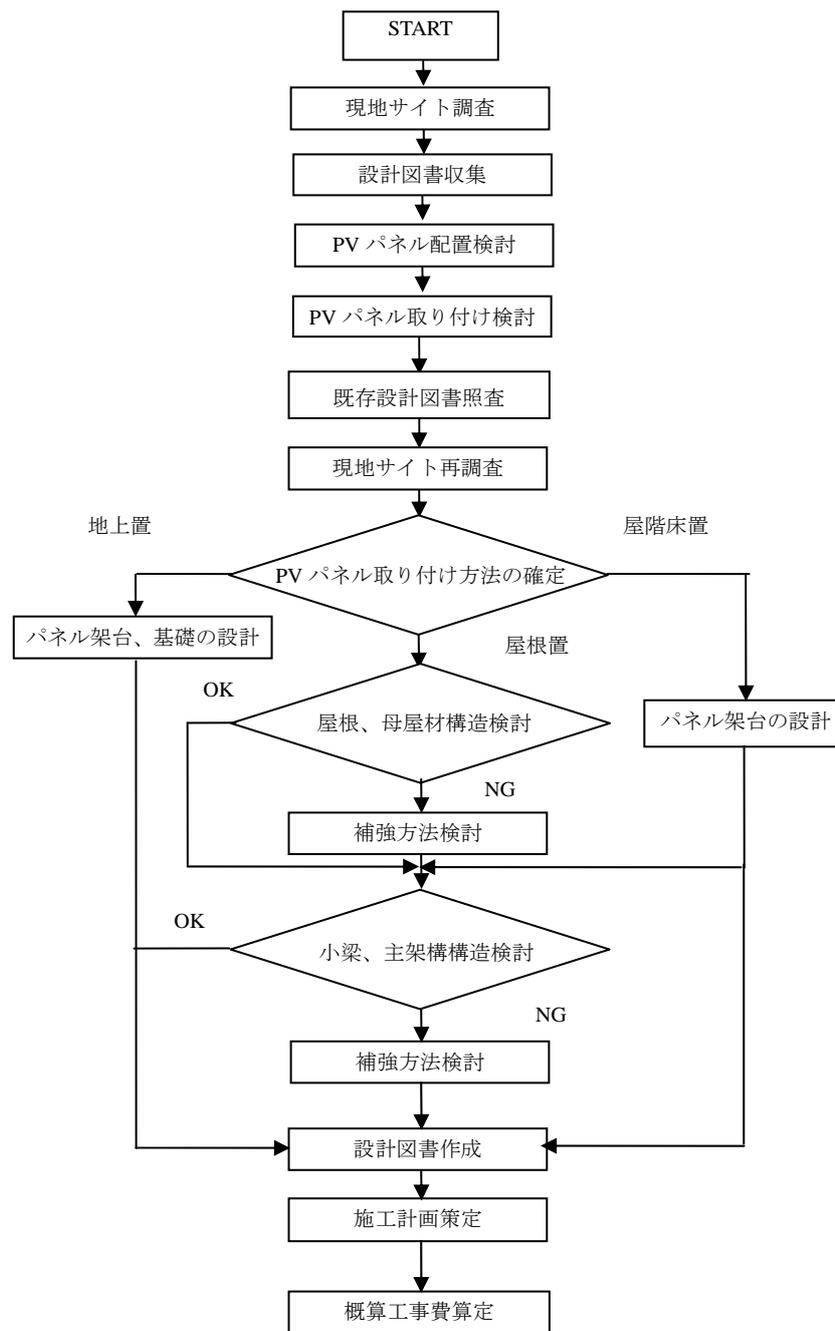


図 4.3-1 構造物に係る詳細設計の手順

表 4.3-1 パイロット・プロジェクトサイトにおける建築詳細検討結果一覧

サイト名	竣工図書、 竣工年	取り付け方法	設置面状況	補修、補強内容	建物主架構検 討結果
STELCO Build	有 2000年	床置き	部分的なタイ ル剥離あり	フルーム式の架台設 置、基礎工、防 水工有	問題無し
Kalaafaanu School	有 1989年	屋根置き	屋根材の痛み が激しい	屋根材の撤去、 張替え	問題無し
Maldives Center for Social Education	有 1992年	屋根置き	表面上の不都 合はないが、経 年劣化あり	屋根材の撤去張 替え	問題無し
Thaajuddeen School	有 2004年	屋根置き	問題無し	屋根材の経年劣 化を考慮し塗装 補修	問題無し
New Secondary School for Girls	有 2009年	屋根置き	問題無し	特に無し	問題無し
President's office	有 2002年	屋根置き	問題無し	屋根材の経年劣 化を考慮し塗装 補修	問題無し

上記一覧に示した通り、全サイトにおいて、建物主架構については何等補強の必要はなかった。
ただし、それぞれの建物により、竣工年が違っており、屋根材の劣化が激しいものがあったので、PV パネル取り付け時はもとより取り付け後のことも考慮して、Kalaafaanu School、Maldives Center for Social Education の PV パネル取り付け屋根は既存屋根材を撤去のうえ張替えを行い、Thaajuddeen School および President's Office については PV パネル取り付け屋根を全面塗装改修とする。

4.4 詳細設計手法の技術移転

4.4.1 詳細設計技術移転のコンセプト

詳細設計技術移転の目的は、4.2 項に記載した詳細設計の手順を MHTE、STELCO 職員らが理解することであることから、各担当者の技術レベルに応じて業務分担し、実務作業・現地調査を共同で実施する中で技術移転を行うこととした。

4.4.2 詳細設計技術移転の内容

本調査団は、詳細設計を通して以下の現地調査項目、結果分析方法などの技術移転を実施した。

- (1) 情報収集(基礎データ入手)
(既存設計図書、既設配電系統図、日射データなど)
- (2) 現地調査の方法
(取付部分の把握、日射障害検討、既設電気室等の確認、ケーブルルート検討など)
- (3) 現地調査結果の分析
(パネル配置、PV 出力、機器配置、ケーブルルート等の検討)
- (4) 調査結果のまとめ
(技術仕様書の策定)

4.4.3 詳細設計技術移転報告

(1) 情報収集について

本調査団は、連系 PV システムの現地調査、詳細設計を進める上で求められる最低限の基礎情報収集の手法についてカウンターパートへ指導し、共同で情報収集の作業を実施した。以下は、Hulhule 島における日射量データを収集するためのデータロガー取付の様子である。



(2) 現地調査の方法

本調査団は、MHTE、STELCO 職員とワーキンググループを組織し、STELCO 社屋に計画されている 45kWp の連系 PV システムの詳細調査、設計を共同で実施した。この社屋にて計画されている概略システム図と類似のデータを使用して、現地調査手法（機器配置、ケーブルルー

トなど) を行い詳細設計に必要なデータ収集した。



STELCO 社屋での講義及び現地調査状況

(3) 現地調査結果の分析

上記調査によって得られた結果の分析を行い、PV 配置図及び構造図をカウンターパートが作成し、その図面から工事数量の算出まで調査団が支援し共同で作業を完了した。



CAD ソフトを利用した PV パネル配置図の作成指導状況

更に、本調査団は計画、設計に関する内容に加えて、連系 PV システムに関する運用、維持管理に関する知識を深めるために、ラーム環礁の連系 PV システムやマンドー島の PV とディーゼル発電設備のハイブリッド・システムを利用した運営・維持管理技術の指導についても実施した。

4.5 連系PVシステム導入による裨益効果

4.5.1 想定される発電電力量

設置面の月平均日射量は簡単化のため水平面日射量を用い、2.3 項で検討した日射障害の影響を考慮した。日陰の影響については本来 PV モジュールの直列接続を考慮して検討すべきではあるが、簡単化のため屋根に部分的な日射障害がある場合はその屋根全体に影響があるものとして保守的な数値を算出した。

表 4.5.1-1 パイロット・プロジェクトサイト年間発電電力量

島	サイト名	PV容量 [kWp]	年間発電電力量 [kWh/年]
マレ	STELCO Building	45	45,739
	Kalaafaanu School	85	117,069
	Maldives Center for Education	100	120,945
	Thaajuddeen School	130	157,228
	New Secondary School for Girls	100	90,778
	President's Office	20	24,189
	合計	480	555,948

出所：調査団作成

2011年にマレ島へのパイロット・プロジェクトサイトへの連系PVシステム設置が完了すると
して、2020年までの累計発電電力量は、

$$\begin{aligned}
 \text{2020年までの累計発電電力量} &= \text{パイロット・プロジェクトサイト合計年間発電電力量} \times 10 \text{年} \\
 &= 555,948 \text{ kWh} \times 10 \\
 &= 5,559,480 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

となる。

4.5.2 ディーゼル燃料消費量の節減

2.11.2と同様の手法により、ディーゼル燃料消費量の節減効果を算定した。マレ島のkWh当り
燃料消費係数0.26[liter/kWh]を用いて、年間当りのディーゼル燃料節減量は、

$$\begin{aligned}
 \text{年間ディーゼル燃料節減量} &= \text{パイロット・プロジェクトサイト年間発電電力量} \times 0.26 \\
 &= 555,948 \text{ kWh} \times 0.26 \text{ liter/kWh} \\
 &= 144,546 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

となる。したがって2020年までの10年間のディーゼル燃料節減量は1,445,460 literである。

4.5.3 CO₂排出削減量

4.5.2で算出したディーゼル燃料節減量を元に以下の係数を用いてCO₂排出削減量を計算する。

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2 \text{削減量 [kg]} &= \text{軽油CO}_2 \text{排出係数} * \text{ディーゼル燃料節減量} \\
 &= 2.62 \text{ [kg-CO}_2 \text{/liter]} * \text{ディーゼル燃料節減量 [liter]}
 \end{aligned}$$

* 排出係数については環境庁「総排出量算定方法ガイドライン」に基づいた

この結果、パイロット・プロジェクトサイトの年間当りCO₂排出削減量は、379 ton、2020までの
10年で3,790 tonのCO₂削減が可能であると試算できる。

第 5 章 連系PVシステムの普及促進に向けた提言

5.1 「モ」国の新エネルギー普及に係る法制度

「モ」国の法制度としては最上位の憲法 (Constitution)、法律 (Law or Act)、施行規則 (Regulation) の階層毎に各種政策・制度が規定されている。その内、現状では、新エネルギーに係る法制度は存在せず、現在住宅・交通・環境省 (MHTE) や、規制機関であるモルディブエネルギー庁では、太陽光発電を含む再生可能エネルギー導入のための Act を準備中である。その Act は、日本の新エネ法 (新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法) が該当すると想定される。参考までに表 5.1-1 に日本における新エネルギーに係る法律を抽出するとともに、「モ」国適用時に必要と考えられる新エネ法の項目について表 5.1-2 にまとめた。

表 5.1- 1 日本における新エネルギーに係る法律

新エネルギー
<ul style="list-style-type: none"> ・ 石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律 (代エネ法) ・ 新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法 (新エネ法) ・ 電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法 (RPS 法)

表 5.1- 2 日本の「新エネ法」における「モ」国適用時の必要項目

条 項	概 要
第 1 条 目的	新エネ法の目的について (目的: 経済的社会的環境に応じたエネルギーの安定的かつ適切な供給の確保に資するため、新エネルギー利用等についての国民の努力を促すと共に、新エネルギー利用等を円滑に進めるために必要な措置を講ずる。)
第 2 条 定義	新エネルギーの定義と法律の適用範囲について (適用範囲: 経済性の面における制約から普及が十分でないもので、その促進を図ることが石油代替エネルギーの導入を図るために必要なもの)
第 3 条 基本方針	基本方針の決定方法について (決定方法: 基本方針は、経済産業大臣が提案し、閣議決定を受け、定められ、エネルギー需給の長期見通し、新エネルギー利用等の特性、技術水準、環境への影響等を勘案しなければならない。)
第 4 条 エネルギー使用者等の努力	エネルギー使用者等の努力について (努力: エネルギー使用者は、基本方針に留意し、新エネルギー利用等に努めなければならない。)
第 5 条 新エネルギー利用指針	新エネルギー利用指針の決定方法について (決定方法: 新エネルギー利用指針は、エネルギー需給の長期見通し、新エネルギー利用等の特性・技術水準・環境への影響等を勘案し、経済産業大臣が定める。)
第 6 条 指導及び助言	指導及び助言について (指導及び助言: 主務大臣は、新エネルギー利用指針に定める事項について指導及び助言を行える。)
第 8 条 利用計画の認定	利用計画の認定について (認定: 事業活動において新エネルギー利用等を行おうとする者は、当該新エネルギー利用等に関する計画を作成し、主務大臣に提出し、認定を受けなければならない。)
第 9 条 利用計画の変更等	第 8 条で定める利用計画変更について (変更: 認定を受けた者が、当該認定に係る利用計画を変更する場合は、主務大臣の認定を受けなければならない。)
第 14 条 報告の徴収	認定事業者に対する実施状況の報告について (報告: 主務大臣は、認定事業者に対し、認定利用計画の実施状況について報告を求めることができる。)
第 15 条 主務大臣	主務大臣の定義について (定義: 経済産業大臣及びエネルギー使用者の行う事業の所轄大臣とする。)

第16条 罰則	上記取り決めに関する罰則について (罰則：第14条の規定による報告をせず、又は虚偽を報告したものへの二十万円以下の罰金に処する。)
------------	--

出所：日本の「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」から調査団により作成

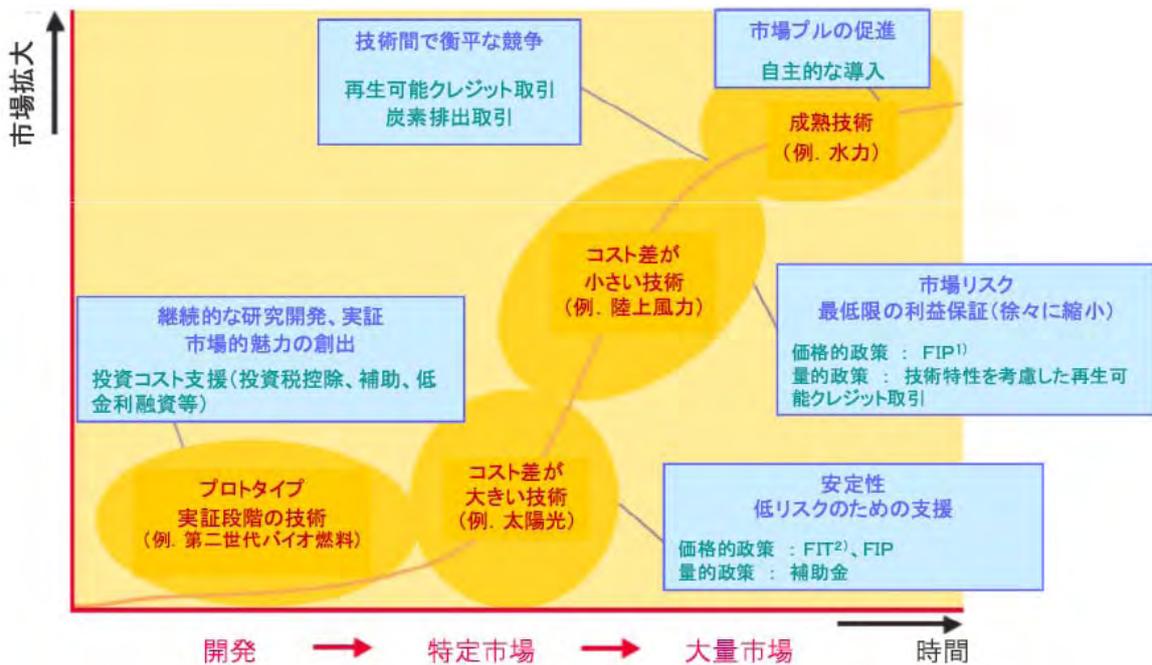
5.2 普及促進政策・制度（インセンティブ措置）

ここでは、世界各国で実施されている再生可能エネルギー、特に太陽光発電の導入普及に向けた制度およびそれらの運用状況を基に、「モ」国への適した系統連系 PV システムの普及促進政策・制度の検討を行った。

5.2.1 普及促進政策の概要

IEA（国際エネルギー機関）の「Deploying Renewable 2008」やEC委員会「The Support of electricity from renewable energy sources」では、RPS制度と固定価格買取制度（FIT制度）を中心に、各国における再生可能エネルギー普及のための政策を調査・分析している。本稿ではこれら海外の既存文献、並びに日本の経済産業省¹、環境省²における検討過程を参考に、太陽光発電を含む再生可能エネルギーの普及促進政策として考えられる、一般的なオプションの特徴と課題を整理する。

IEAによると、経済理論上、理想的な条件下では導入量を固定する政策（RPS 制度）も、価格固定政策（FIT 制度）も同じ効率であることが示されている。いずれの制度についても、成功のためには正確な制度設計と制度の微調整が重要な要素であり、技術レベル（開発段階、実証段階、実用化段階等）、市場導入（導入初期、普及期、成熟期等）の状況に応じて、以下に詳述する普及促進策を組み合わせる適用することが重要とされている。



(注) 1) FIP (Feed-in Premium) : 市場価格の電気料金に固定プレミアム (ボーナス) を上乗せした価格で買取り

2) FIT (Feed-in Tariff) : 発電電力を固定価格で買取り

出所 : "Deploying Renewables 2008" IEA

図 5.2.1-1 再生可能エネルギー普及のための政策手段の組み合わせ

¹ 「主要国における再生可能エネルギーの導入促進施策等について」(平成21年2月13日)

² 「低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策について(提言)」(平成21年2月)

以下に、我が国の経験や欧米諸国での先行事例を参考とした、代表的な普及促進政策の特徴を示す。

(1) RPS制度

RPS 制度とは、「Renewable Portfolio Standard」制度の略で、政府が電気事業者に対して一定量の電力を再生可能エネルギーにより供給することを義務付ける制度である。導入価格については、市場を活用して再生可能エネルギー間のコスト競争を促すことで、費用対効果の高い導入拡大を実現することができる。他方、技術水準やコスト水準に格差がある各種の再生可能エネルギーが同一の競争環境にさらされることから、太陽光発電のように他の再生可能エネルギーに比べて相対的に導入コストが高い再生可能エネルギーの導入が進まないという特徴がある。また、買取価格を将来に亘って予測することができないことから、投資回収年数が定まらない事が課題となっている。

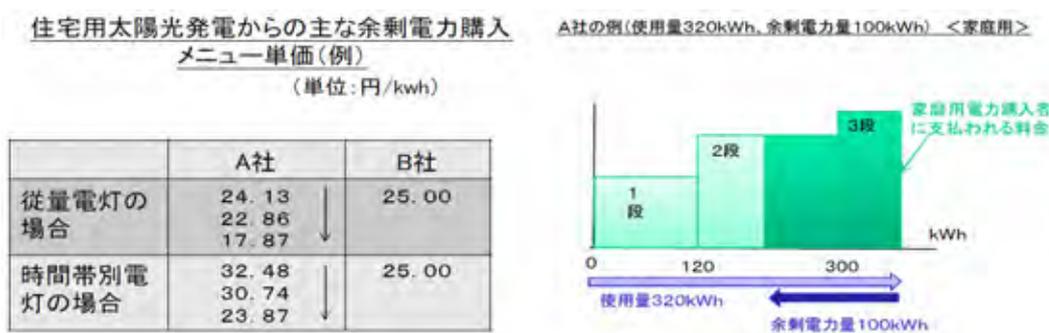
(2) 固定価格買取制度 (FIT制度)

再生可能エネルギーによる発電電力を、電力会社がある一定期間に亘り、固定価格で買い取る制度である。各々の再生可能エネルギーの技術水準、コスト水準などを考慮しつつ、適切な買取価格が設定された場合には、投資回収年数が予測できることから、再生可能エネルギーへの投資を加速させる。また、電気料金への上乗せ等の費用負担についても透明性を高めることで、長期的、安定的な制度運用が可能となる。

他方、固定価格買取制度の重要な制度設計要素は買取価格の設定にあり、水準が低すぎる場合は導入促進効果が低く、高すぎる場合には高価格での買取を電気料金として需要家に転嫁するために、電気料金の恒常的な値上げにつながるといった問題点が指摘されている。また、技術開発によるコスト低減や普及ペースに応じ、買取価格を定期的に見直すことが必要である。

(3) 余剰電力買取制度

需要家構内で自家消費できなかった余剰電力を電気事業者が個別の契約に基づき、自主的な取り組みとして買取る制度である。同制度は、一見 FIT 制度と類似しているが、FIT 制度では発電電力が全量固定価格で買取られるため、投資家は事業計画を立てやすく投資リスクを軽減できるのに対し、余剰電力買取制度の場合には、自家消費できなかった余剰電力分のみ売電できるため、収支が見通しにくい点が大きな相違点である。また、電気事業者による余剰電力の購入単価は、売電用単価と同等に設定されているところが多く、投資回収年数が非常に長くなる (25~30 年程度) ことと、あくまでも電気事業者の自主的な取り組みであるため、長期的な買取保証制度ではないことから、大量導入に結びつくインセンティブとはなっていない。



出所: ”主要国における再生可能エネルギーの導入促進施策等について” 資源エネルギー庁

図 5.2.1-2 我が国の余剰電力買取制度の概要

(4) 導入補助金制度

政府が再生可能エネルギーの導入コストの一部を補助する制度であり、初期の導入コストが割高な段階において、その価格差を直接的に補填するものとして有効であるが、年度毎に拠出可能な補助金総額には上限がある。また、基本的に単年度主義となっている予算制度においては、制度がいつまで継続されるかが不明であり、長期間に亘る投資計画を立てにくいというデメリットがある。更に、補助金制度の運用には行政コストがかさみやすいことや、年度内のある時期に行政事務が集中することによる運用上の課題などが指摘されている。

5.2.2 「モ」国における普及促進政策(案)

ナシード大統領は、2009年3月15日、再生可能エネルギーへの転換によって今後10年以内に世界初のカーボンニュートラル国家になるという計画を発表しており、法制度はこの構想と歩調を合わせ、制定するべきである。現地調査開始前の段階では、「モ」国側で連系PVシステムを導入するに当たり、それぞれの導入形態に応じた普及方策(RPS制度、導入補助金制度、優遇税制度、余剰電力買取制度、Feed-in Tariff制度)が必要であると想定していた(施策A)。しかし、現地調査を進めていく中で、技術的フィージビリティ・スタディ調査の検討結果より、連系PVシステムの導入可能量がマレ島で12.6MW、フルマレ島で0.89MWに限定されることが判明し、また連系PVシステム導入後の電力品質維持の観点からは、導入当初はSTELCOが主体となり、「モ」国政府と協力し、計画的にPVを導入することが理想的と判断した。そのため、パイロット・プロジェクトを含めて今後10年間(2011年~2020年)で13.49MW(マレ島、フルマレ島)をSTELCO主体で計画的に導入する施策(施策B)を構想し、「モ」国側と協議を進め、STELCOの最高経営責任者(CEO)から協力の旨を確認することができた。だが一方で、「モ」国政府では、電力セクター全体で財務状況改善のための、外資を含む民間資本の呼び込みを目的とした、STELCOの民営化を順次推し進めている。財務省高官との面談により、民営化の暁には、2005年からSTELCOが政府より受け取っている赤字補填の補助金の打ち切りまたは段階的な削減を計画していることも判明している。赤字補填の補助金の打ち切りまたは削除を実施すれば、民営化後STELCOは電気料金的大幅な引き上げを余儀なくされると考えられる。また、民営化後は、赤字補填の補助金の打ち切りまたは段階的な削除だけでなく、「モ」国の財政面よりPV導入における政府からの支援において、初期投資への補助金をも望めない状況である。そのため、「モ」国の財政への影響が

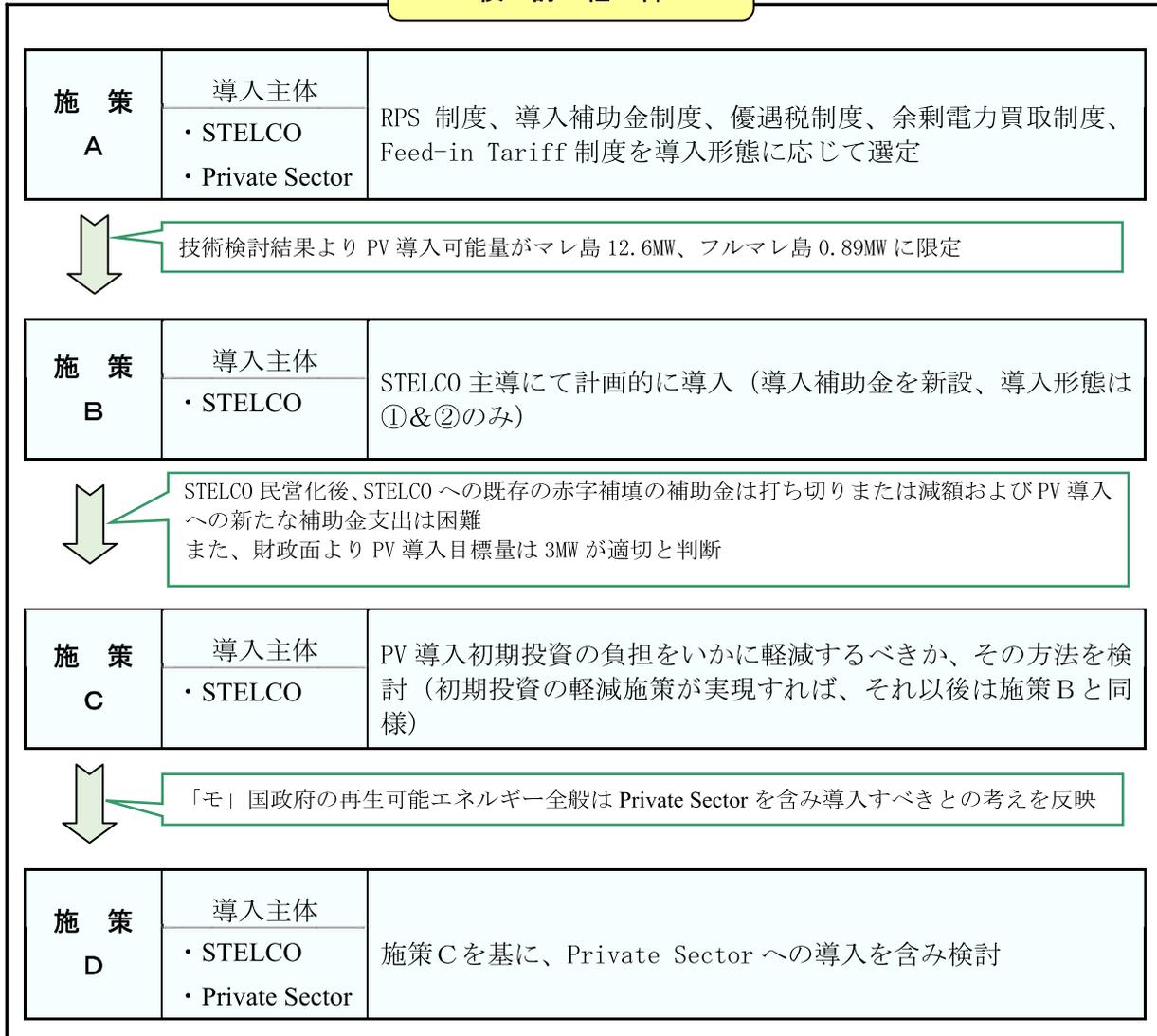
一番少ない PV 導入可能量 3MW が現実的であると判断し、STELCO 主体のシナリオを提案するとしても、補助金なしでいかに導入普及させるか、その方法について検討した（施策 C）。また、「モ」国政府は数十年先を見据え、再生可能エネルギー全般について制度構築を考えており、PV 導入普及に当たっては、STELCO に任せることが現実的だと理解しているものの、STELCO 以外にも門戸を開くべきだとの考えもあることから、施策 C を基に、民間セクターへの導入も考慮し検討を行った（施策 D）。施策 C においては、PV 導入における最大の障害である、初期投資を軽減させるための以下の導入支援策を「モ」国側財務省、MHTE、MEA、STELCO 等関係機関へ提案し、共同で検討を行っている。

- (a) PV 設備への優遇税制の適用
- (b) グリーン税の活用
- (c) 開発支出の活用
- (d) 炭素税の導入
- (e) 電気料金の改訂

これらの方法について、財務省高官と協議した結果、必要性については、大筋合意を得られている。そのため、PV 導入に係る初期投資の軽減方法および「モ」国政府の意向、双方を考慮し構築した施策 D を最終提案とする。ただ、STELCO 民営化後、経営層の大幅な交代により方向転換せざるを得なくなる可能性もあるため、STELCO 民営化の動向も注視する必要がある。

次頁以降は、図 5.2.2-1 に示す検討経緯を説明する。

検 討 経 緯



出所：調査団作成

図 5.2.2- 1 連系 PV システム導入のための支援方策検討経緯

以下には、最終提言である施策 D について検討結果を示す。

施策 D の検討結果

①PV 導入初期投資に係る軽減施策

施策 D では、施策 C での PV の結果を基に、導入主体に STELCO だけでなく民間セクターを含み、民間セクターへの導入を 2015 年より開始するものと仮定し、検討を行った。施策 C では、PV 導入初期投資に係る軽減策としては、以下の(a)~(e)について検討している。これらの軽減策については「モ」国の財政事情より 2015 年以降についても STELCO だけへ適用するものとして施策 D の検討を行っている ((a)については、民間セクターへも適用)。また、民間セクターの連系 PV システム導入量は、2015 年から 2020 年の間で毎年 100kW 導入されるものと仮定している。

PV 導入初期投資に係る軽減施策

- (a) PV 設備への優遇税制の適用
- (b) グリーン税の活用
- (c) 開発支出の活用
- (d) 炭素税の導入
- (e) 電気料金の改訂

(a) PV 設備への優遇税制の適用

ここでは、「輸入関税免除」を考えている。「モ」国における輸入税は、機材価格に対して 25% 課税される仕組みとなっている。PV システム機材の輸入関税免除の可能性について、財務省高官と協議した結果、適用可能との意見を得ている。また、適用された場合に、免税となる額は、3MW の場合の輸入関税の総額が約 US\$11million のところ、STELCO 導入量 2.4MW の輸入関税は約 US\$9.2million となる。

(b) グリーン税の活用

ここでの「グリーン税」とは、観光客 1 泊あたり US\$3 を徴収する計画であり、試算では、年間の観光客数が 700,000 人、平均滞在日数は 3 日で、年間およそ 630 万 US\$ (80.6 百万 MRf) の税収増を見越している。連系 PV システムによる発電は CO₂ 排出削減に貢献することから、同システム導入への税収の使用はグリーン税の目的に合致していると考えられる。また、これから課せられる税であり、まだ使用用途が明確になっていないため、比較的使用しやすい財源として適用優先度は 1 番として考える。

(c) 開発支出の活用

ここでの「開発支出」とは、インフラ整備や設備投資を目的とした資金源として資本支出に含まれる開発支出であり、STELCO による連系 PV システム導入の初期投資費用軽減のための金融支援の財源として活用が期待できる。ディーゼル燃料の削減策として、連系 PV システムを導入することは、「モ」国政府が発表したカーボンニュートラル政策に合致したものであることから、開発支出は財源の 1 つに成りうると考えられる。ただ、既設財源であり、「モ」国の財源が逼迫しているところ、既に計画されている他の開発を変更する必要があることから、適用優先度は 2 番として考える。

(d) 炭素税の導入

「炭素税」とは、一般的に化石燃料に対する価格を税により引き上げることで、その需要を抑制し、かつその税収を環境対策に利用する税制度のことを言う。「モ」国で適用する場合、ガソリンやディーゼル燃料といった化石燃料に数%の税をかけ、幅広い範囲より広く浅く徴収することを提案する。「モ」国、特にマレ島においては、狭い土地にもかかわらず、バイクおよび車両が密集しているため、交通環境および公衆衛生は劣悪となっており、環境対策の側面を併せ持つ「炭素税」の導入は合理的である。ただ、「炭素税」を適用した際、その齎せは生活必需品や電気料金に反映され末端消費者におよぶと考えられる。しかし、若干の上昇であれば、

現状の生活水準より一般市民も受け入れる素地が十分にあると判断でき、かつ値上げ効果により一般市民の環境負荷に対する認識を高くすることが併せて可能となり、「モ」国に適した税と判断する。ただ、11月1日に電気料金が値上がりし、将来的に炭素税を課すことになれば、更なる電気料金の値上がりを誘発する可能性があるため、適用するとしても出来る限り小額となるよう配慮することが必要である。

(e) 電気料金の改定

ここの「電気料金の改定」とは、(a)～(d)の軽減施策にて不十分な場合、その差額を補うため、電気料金を値上げすることを最終施策として提案する。最終施策として考える理由は、STELCO 管轄域においては、11月1日付けにて電気料金の値上がりが決定しているところ、短い期間で再度電気料金を変更することは非現実的であるためである。

表 5.2.2- 1 施策 D における輸入関税免除後のグリーン税・開発支出・炭素税の適用額

STELCO および民間での導入の場合の STELCO 実施分 (2.4MW)	グリーン税からの拠出比率			
	61%	50%	30%	0%
支援必要額 (US\$)		3,886,424		
支援可能額 (US\$)	3,886,424	3,150,000	1,890,000	0
不足額 (US\$)	0	736,424	1,996,424	3,886,424
不足額の開発支出に対する比率	-	0.5%	1.2%	2.4%
電力消費 1kWh 当たりの金額 (MRf/kWh)	-	0.003	0.007	0.014

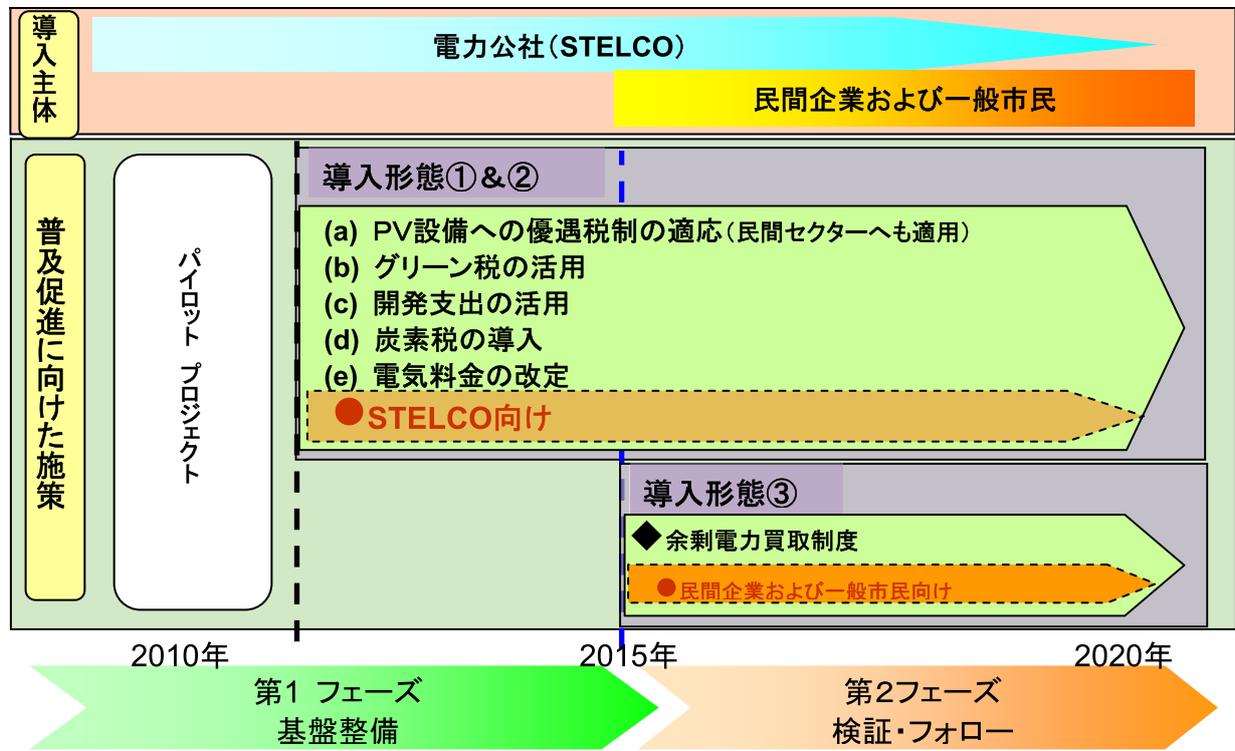
表 5.2.2-1 の結果および上記の検討結果より、グリーン税の拠出比率 50% および 30% が現実的だと判断する。その理由は、グリーン税を他の政策にも活用できるよう余力が残せていること、不足額を開発支出で負担した場合でも、0.5% および 1.2% と非常に小額であり拠出が現実的であること、および不足額を炭素税で負担した場合でも、非常に小額に抑えられているためである。

②民間セクターへの導入時の買取制度

また、民間セクターへの導入に当たっては、全量電力買取制度と余剰電力買取制度の 2 つが考えられるが、ここでは余剰電力買取制度を施行するものと仮定する。その理由は、「モ」国の電力需給状況が逼迫しているところ、また新規発電設備の用地確保が難しいところ、余剰電力買取制度により、副次的な電力需要の抑制効果が期待できるためである。

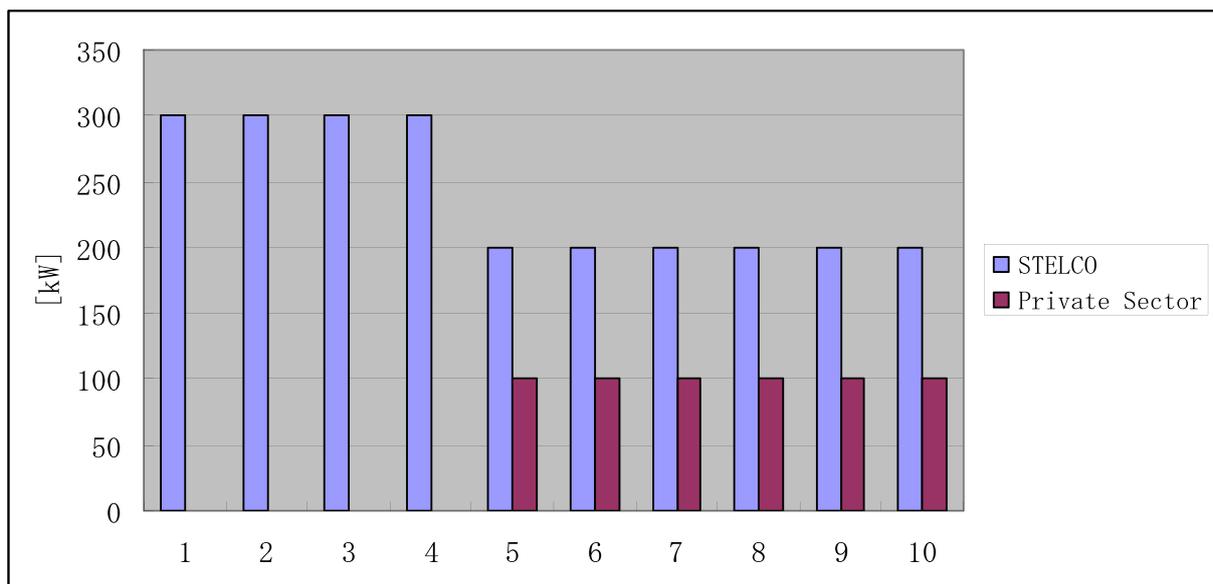
買取価格については、STELCO の発電原価と同額か、もしくはそれ以下に設定することが妥当であるとの結論に至っている。その理由は、マレ島・フルマレ島における建物の屋根の面積は非常に小さく、設置される PV 容量も小規模とならざるを得ないため、余剰電力は非常に少量となることから、買取価格を平均電気料金の数倍に設定しても投資回収には長期間かかり現実的ではないためである。また、買取価格を平均電気料金より高く設定すること自体、STELCO にとってメリットがないためでもある。たが一方で、民間セクターへのヒアリング調査の結果、PV システムを導入したとしても今回 (11月1日) の電気料金値上げにより自家消費電力分だけでも抑制できればメリットはあると考え、PV システムの導入を希望する事業者等が存在することが分かった。

そのため、買取価格を設定することは、そのような希望者へのいくばくかのインセンティブと成りえることから、および STELCO にとっても発電原価より安く電気を買取ればメリットがあることから前述の結論に至っている。



出所：調査団作成

図 5.2.2- 2 施策Dにおける普及施策・制度の導入イメージ



出所：調査団作成

図 5.2.2- 3 連系 PV システム導入量

表 5.2.2- 2 施策 D における連系 PV システムの想定導入形態と普及政策・制度

No.	導入形態	設置場所	PV 設備所有者	特徴、課題、要件等	普及政策・制度
①	STELCO が自社設備として自社の建物に PV 設備を設置	自社建物等	STELCO	<ul style="list-style-type: none"> ・ PV 設備、周辺設備共自社設備であるため、PV 設置に係る設計が容易である。 ・ PV 設置場所に自由度がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 電気料金の改訂 ● RE 基金の設立・運用 ● 〆イロットプロジェクトの電気料金による収入のプール ● PV 設置への優遇税制の適用
②	STELCO が他者の所有する建物の屋根等を借りて自社の PV 設備を設置	他者建物等	STELCO	<ul style="list-style-type: none"> ・ PV 設置場所の制約、賃借料等が予想される。 ・ 設備運用管理、保安面に係る協議が必要。 ・ PV 設備は自社設備であるため料金検討が不要。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 電気料金の改訂 ● RE 基金の設立・運用 ● 〆イロットプロジェクトの電気料金による収入のプール ● PV 設置への優遇税制の適用
③	建物の所有者が自己の電源として PV 設備を設置し、余剰電力を STELCO に売電	他者建物等	建物所有者等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時は自家用として利用するため、余剰電力の逆潮流は比較的少なく、配電線への影響も少ない。 ・ 系統連系にあたって保護装置等付備すべき装置に関する技術的要件をガイドライン等の公平な規格で定める必要あり。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 電気料金の改訂 ● RE 基金の設立・運用 ● 〆イロットプロジェクトの電気料金による収入のプール ● PV 設置への優遇税制の適用 ● 余剰電力買取制度

出所：調査団作成

5.2.3 連系 PV システムの普及促進政策・制度の今後の検討課題

PV 導入に係る初期投資の軽減方法および「モ」国政府の意向、双方を考慮し構築した施策 D を本調査における最終提案としたが、今後の検討課題を表 5.2.3-1 に取りまとめた。

表 5.2.3- 1 普及政策・制度における今後の検討課題

普及政策・制度	今後の検討課題
PV 設置への優遇税制の適用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 適用実現に向けての継続協議や手続きの整理が必要である。
グリーン税の活用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 適用額の見極めおよび実現に向けての継続協議が必要である。
開発支出の活用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 適用額の見極めおよび実現に向けての継続協議が必要である。
炭素税の導入	<ul style="list-style-type: none"> ・ 炭素税の対象の具体化、適用額の見極めおよび実現に向けての継続協議が必要である。
電気料金の改訂	<ul style="list-style-type: none"> ・ 11 月 1 日からの STELCO の電気料金の値上げが実施される場所、更に PV 導入のための値上げをどの程度許容可能か継続協議が必要である。
余剰電力買取制度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 買取価格の設定が必要である。 ・ 余剰電力計量用メーターの設置基準等を整備する必要がある。 ・ 民間セクターに連系 PV システムが散在した場合の需給バランスおよび電力品質の維持について技術支援が必要である。 ・ マレ島にて商業用需要家が自家発を導入した場合、STELCO による電力供給が停止されるため、自家発を運転しながら STELCO による電力供給を受けることが不可能となる既存制度を改訂する必要がある。 ・ 維持管理体制の検討が必要である。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 民間セクターに開放する際には、系統ガイドライン等の整備が必要である。
総合	<p>将来的な PV 導入普及のために必要な普及政策・制度について、骨子を抽出し、「モ」国側の合意も概ね取り付けられた。今後は STELCO の民営化の動向を注視しながら、上記検討課題に向け、より具体的に協議していくことが必要である。</p>

出所：調査団作成

5.3 連系PVシステム導入のための技術基準、ガイドライン等

現在「モ」国では自家用発電設備を電力系統に連系することは禁止されており、自家用発電設備を所有する企業や個人は STELCO からの受電はせず、単独での電力供給を行っている。連系を許可しない理由は、自家用発電機の同期制御機能や保護装置が十分でなく STELCO 系統への悪影響が懸念されるためとのことであるが、連系のための技術基準や要件が明白となっている訳ではない。

太陽光発電システムを系統に連系する場合、まずこの規制を改訂することと、連系に必要な要件を検討する必要がある。本調査では、日本の「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」（平成 16 年 10 月 1 日、資源エネルギー庁）をベースに「モ」国の実情と将来の普及段階での安定供給と電力品質確保、系統保護、保安、運用管理面から、今後「モ」国で検討が必要となる技術的要件を表 5.3-1 に示す通り整理した。

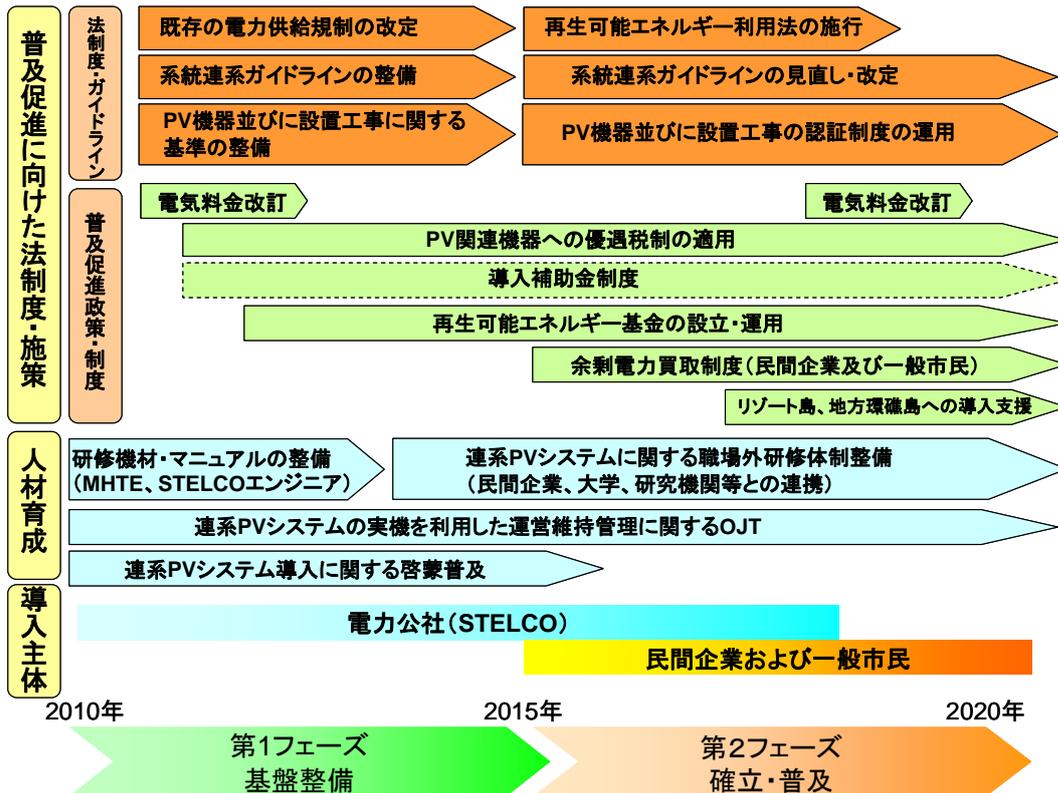
表 5.3-1 系統連系ガイドラインの技術要件と「モ」国への適用検討結果

		検討結果	
電力量	50kW未満	2,000kW未満 (35kV以下の配電線扱い、特別高圧電線路との連系で10,000kW未満も含む)	2,000kW以上
連系区分	低圧配電線 100/200V	高圧配電線 6,600V	特別高圧電線路 7kV以上
保護装置	過電圧(OVR) 不足電圧(UVR) 周波数上昇(OFR) 周波数低下(UFR)	同左	同左
単独運転 (検出方法)	能動、受動式	地絡過電圧継電器(OVGR)	可能 (但し、周波数継電器 or 転送遮断装置による品質保護必要) 禁止 (周波数継電器 or 逆電力継電器)
力率	原則として受電点力率が、系統側から見ると85%以上、かつ進み力率とならない。 ・電圧上昇を防止する上でやむを得ない場合は、力率を80%まで制御可能。 ・小出力のインバータを用いる場合は、一般住宅のように受電点力率が適正と想定される場合は、発電設備力率を無効電力で制御する時には、85%以上、制御しない時は95%以上。	禁止	逆潮流有 逆潮流無
自動負荷制限	発電設備力率が95%以上	原則として受電点力率が、系統側から見ると85%以上、かつ進み力率とならない。	逆電力継電器(RPR)
常時電圧変動対策	逆潮流により低圧需要家の適正値を逸脱するおそれがあるときは、進相無効電力制御機能又は出力制御機能を用いて電圧を調整する対策を行う。 (ただし、小出力インバータについては本機能省略可能) 上記により対応不可の時は、配電線増強等の対策を行う。	一般配電線との連系であって、発電設備の脱落等により低圧需要家の電圧が適正値を逸脱するおそれがあるときは、自動的に負荷を制限できないう場は配電線の増強又は専用線による連系 逆潮流により低圧需要家の適正値を逸脱するおそれがあるときは、進相無効電力制御機能又は出力制御機能を用いて電圧を調整する対策を行う。	逆潮流有 逆潮流無
瞬時電圧変動対策	瞬時電圧低下時間が規定時間以内は解列せず、運転継続または自動復帰できるシステムとする。	連系された系統以外の事故等の場合は解列されないようにする。 解列する場合は、逆電力継電器、不足電圧継電器等により短い時間かつ過渡的な電圧変動による当該発電設備等の不要な遮断(単独運転以外の遮断)を回避できる時間で行う。	原則として自動負荷制限対策は設けず、発電設備脱落時も過負荷とならない設備容量を確保する。 発電設備脱落時も電圧管理基準範囲(公称電圧±10%)を逸脱しない設備容量を確保する。 逆潮流により電圧管理基準範囲を逸脱するおそれがあるときは、進相無効電力制御機能又は出力制御機能を表備する。
不要解列の防止	瞬時電圧低下時間が規定時間以内は解列せず、運転継続または自動復帰できるシステムとする。	連系された系統以外の事故等の場合は解列されないようにする。 解列する場合は、逆電力継電器、不足電圧継電器等により短い時間かつ過渡的な電圧変動による当該発電設備等の不要な遮断(単独運転以外の遮断)を回避できる時間で行う。	保護継電器整定値(時限含む)は可変とする。 連系系統以外での事故で解列されないようSTELCO側で定めた整定値とする。
連絡体制	系統側電気事業者の営業所又は給電所又は携帯電話等)を設置。 一般加入電話又は携帯電話等)を設置。	系統側電気事業者の営業所又は給電所又は携帯電話等)を設置。 一般加入電話又は携帯電話等)を設置。	調査の結果、保安通信用電話設備等の通信設備は不要。 オンライン計測等に関しては、系統運用上のニーズに応じて個別検討。

出所：資源エネルギー庁資料を元に調査団作成

5.4 連系PVシステム導入のための中長期計画

連系 PV システムの導入と、中長期的な普及促進のためには、他のドナーを含めて関係する機関・組織が一つのロードマップ（図 5.4-1 参照）を定めて、それぞれの役割分担を明確にすることが先決である。本調査では 2020 年を目標年度とし、今後 10 年間で第 1 フェーズ（2010 年～2015 年）と第 2 フェーズ（2016 年～2020 年）に分け、それぞれのフェーズで必要となる、連系 PV システム普及促進のための中長期計画について、以下の通り提案する。なお、連系 PV システム導入に関連した組織・人材のキャパシティ・アセスメントを踏まえた、人材育成の方向性については、5.6 項で検討する。



出所：調査団による

図 5.4- 1 連系 PV システム普及に向けたロードマップ（案）

(1) 第 1 フェーズ：基盤整備（2010 年～2015 年）

本調査完了直後の第 1 フェーズでは、本調査にて計画・設計されたパイロット・プロジェクトの成果を利用して、できるだけ早い段階で国内に実機の連系 PV システムを導入し、運用を開始することで、普及促進に向けた施策や、人材育成・技術移転の成果を活用していくことが望まれる。また、パイロット・プロジェクトの実施により得られる実施設計・入札・施工監理時点のノウハウや、運用データを蓄積・評価することで、第 2 フェーズで想定される民間企業や一般家庭による連系 PV システムの導入に対し、適切に対応できるよう準備しておくことも重要である。この段階では、民間企業や一般家庭による連系 PV 導入は時期尚早であり、STELCO が導入主体となって、マレ島内の各省庁建物や学校・病院等の公共施設を中心に連系 PV システムの導入を進め、これにより PV システムの導入効果について国民各層に幅広く啓蒙普及を

図る。また、STELCO が連系 PV システム導入を進める過程で、将来の民間セクター主導による導入促進の中核となるべき事業者や、PV 機器の販売・設置工事業者の育成を行うことも踏まえた行動が必要である。

1) 法規制・ガイドライン整備

第 2 フェーズで想定される、民間企業及び一般家庭による連系 PV システム導入を促進するためには、電力供給信頼度・品質の確保や公衆保安、電気工事作業員の安全確保の観点から、第 1 フェーズ期間中に政府による規制・ガイドラインを以下の通り整備する必要がある。

① 既存の電力供給規制の改訂

「モ」国の電気事業を規制する法律は、「公共サービス法（96 年法律 4 号）“Law governing public services”」である。同法では、第 2 条において公共サービスの対象を、電力、電話、上下道、衛生処理（下水道）と規定している。公共サービスを実施する者（政府機関、国営企業、民間事業者）は同法第 3 条に基づき、政府の規制機関に登録するとともに、規制機関が定める規制に従わなければならない。電気事業に関する具体的な規制内容は、公共サービス法第 3 条に基づき、電気事業の規制機関であるモルディブエネルギー庁（MEA: Maldives Energy Authority）が定めた「マレ及びその他環礁地域における公共の電力供給に関する規則 “Regulations on public supply of electricity in Male’ and outer Atolls (1993)”」に定められている。同規則第 1 条によると、電気事業を行う者は、MEA に登録し、必要な承認を受けなければならない旨規定している。同規則では、電気事業者の発電設備、配電設備について遵守すべき基本的な技術的事項を規定しているが、発電設備については、ディーゼル発電所を前提とした内容となっている。このため、STELCO 以外の発電事業者が連系 PV システムを導入するケースも想定し、PV 機器の品質管理の観点から必要最低限の基準について規定する必要がある。

② 系統連系ガイドライン

第 2 フェーズ以降では、民間企業や一般需要家により連系 PV システムが導入されるため、系統連系に要する技術要件を定め、PV システムの設置者及び電気事業者である STELCO の間で、公平な技術協議ができるようにガイドラインを定める必要がある。日本における「系統連系技術要件ガイドライン」は、昭和 61 年に公表されて以来、技術開発動向や電気事業法改正などを踏まえ、数次にわたる改訂が行われており、平成 16 年には従来のガイドラインが「電気設備の技術基準の解釈」と「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」として整理された経緯がある。このため、「モ」国においてもガイドラインは導入当初からの環境変化等を踏まえて、第 2 フェーズ以降で改訂が必要となることが想定される。

③ PV 機器並びに設置工事に関する技術基準

太陽光発電機器に関する国際規格としては、IEC（国際電気標準会議）が広く適用されているが、我が国ではむしろ JIS 規格による設計が一般的であり、現在 IEC の Technical Committee (TC) 82（太陽光発電システム）が中心となって各国の適用規格を調査し、IEC 規格への整合化が図られている段階である。「モ」国では、システム導入可能容量が比較的限られていることから、国内で新規に規格を立ち上げることは現実的ではない。むしろ、IEC 等国際規格を適用し、竣工時などの製品検査体制を確立することで、国内市場に品質の低い製品が出回らないよう、PV 関連製品の品質管理を徹底することが重要である。PV 関連製品の検査を実

施する機関としては、既存のマレ島 STELCO ワークショップが最適であるが、予め適用規格を MEA でオーソライズし、製品検査のためのマニュアルを整備しておく必要がある。加えて、連系 PV システムを購入する場合には、PV モジュールやパワーコンディショナを単品で調達するのではなく、システム全体として調達・据付・試験調整まで一貫して担当できるメーカーを選定することで、新興国メーカーの粗悪品が国内市場に入らないように留意する。

2) 普及促進政策・制度整備

第 1 フェーズでは、STELCOがパイロットプロジェクトの経験を活用しながら、技術的フィージビリティ・スタディ調査にて提案された計画に従い、2015 年までのPV設置容量を達成することが目標となる。このため、MHTE（もしくはMEA）では、パイロットプロジェクトにより設置された連系PVシステムの発電電力量収益を活用した「プール制度」を設立し、連系PVシステム導入に必要な初期投資への補助金を提供することで、計画的な導入を図るものとする。初期投資を軽減するためのその他の財源としては、PV関連製品に対する優遇税制の適用、環境課税もしくは炭素税の導入、再生可能エネルギー基金の設立、電気料金体系の改訂などが想定される³。第 2 フェーズで導入が予定されている、民間企業や一般家庭による連系PVシステムの導入に際しては、余剰電力買取制度により導入促進を図る計画であるが、同制度の運用に必要な余剰電力買取単価の設定、計量・検針方法についての検討を開始する必要がある。

(2) 第 2 フェーズ：確立・普及（2016 年～2020 年）

1) 法規制・ガイドライン整備

第 1 フェーズにて整備された連系 PV システム導入のための法規制・ガイドラインを、第 2 フェーズでは実際の運用実績に基づき修正・改訂していくことで、より実態に則した規制体系を構築することが重要である。このため、定期的（半年に 1 回程度）に、MHTE、MEA、STELCO、連系 PV システムの設置者により意見交換会を開催し、現状の法規制・ガイドライン運用上の課題、将来の大規模な導入に際して想定される課題を検討し、必要な改善を図る。同検討は MEA が中心となって活動することが想定されるが、MEA の現状の組織・個人のキャパシティでは対応が困難であるため、我が国を含むドナーによる技術協力、外国人コンサルタントの活用なども検討する必要がある。

日本では、新エネルギー関連施策として「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法（新エネ法）」や「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS 法）」が施行されており、新エネルギー利用を総合的に推進するための政府としての基本方針を示している。アジア地域では、2008 年 12 月 16 日にフィリピンで「再生可能エネルギー法（Renewable Energy Act of 2008, R.A.9315）」が成立し、国家再生可能エネルギー局の設置と、免税措置の提供による再生可能エネルギーの導入拡大が国家政策として進められている。「モ」国では、左記のような法制度が存在せず、連系 PV システムを含む再生可能エネルギーを導入するための法的な数値目標、目標を達成できなかった場合の規定、関係組織の役割分担などが整備されていない状況である。また、将来の大規模な投資を呼び込むためには、所得税、間接税などの優遇税制につ

³ 普及促進政策に関する詳細については、「5.2 普及促進政策・制度（インセンティブ措置）」を参照のこと。

いても導入を検討する必要があり、この場合法律による手当てが不可欠となる。ただし、「モ」国では 2020 年までの連系 PV 導入可能容量がマレ島、フルマレ島で 13.49MW と限られているため、第 1 フェーズの普及速度を勘案しながら、再生可能エネルギー利用法に基づくより拘束力の強い普及促進制度の必要性について、再検討することが現実的である。

2) 普及促進政策・制度整備

5.2 で述べた通り、調査団では第 2 フェーズでは STELCO が主体となった計画的な導入と合わせて、民間企業並びに一般市民を想定した、連系 PV システム導入促進のための政策・制度として余剰電力買取制度を提案している。同制度の適用に際しては、一般需要家が実際に導入する PV システムの規模を定期的にモニタリングしながら、場合によっては余剰電力購入単価の調整が必要となる。本調査では、2020 年に導入可能量を達成すべく、各年次の PV 導入目標量を設定しているが、政府の最新の再生可能エネルギー政策と、実際の導入容量を踏まえ、これら導入目標年次、導入容量を更新することも必要である。合わせて、「モ」国では再生可能エネルギーを含むエネルギー供給のマスタープランが存在しないため、第 1 フェーズでの連系 PV システムのマレ首都圏での普及を踏まえ、中長期的には地方環礁島を含む、全国レベルでのマスタープラン策定について検討することが望ましい。また、観光・芸術・文化省、モルディブ観光業協会 (MATI: Maldives Association of Tourism Industry)、リゾート島の所有者等を含めて、太陽光発電システム並びに DSM を広く啓蒙普及していくことが将来的な課題となる。

5.5 連系PVシステム導入のための行動計画

本節では、連系 PV システム導入に関わる主体である住宅・交通・環境省 (Ministry of Housing, Transport and Environment : MHTE)、モルディブエネルギー庁 (MEA : Maldives Energy Authority)、モルディブ電力公社 (STELCO : State Electric Company Limited) が、5.4 項に示した中長期計画を実施するための行動計画を示す。「モ」国では、過去にもドナーの支援等により PV システムが導入されているが、現状では政策立案を担当すべき MHTE がシステムの維持管理状況のフォロー、トラブルシューティングなどを行っており、上記 3 主体の組織としての役割分担が不明確な状況である。このため、調査団では連系 PV システム普及のために各主体にて要求される行動計画を表 5.5-1 に示すとおり作成し、各組織と個別に協議の結果合意を得ている。

同表に示すとおり、エネルギー行政の監督官庁である MHTE は、連系 PV システム導入のための普及促進政策の立案・実施を担当し、同政策を受けて必要な規制、ガイドライン、技術基準等を MEA にて策定・運用する。電気事業者である STELCO は、将来的な連系 PV システムの導入を勘案した需給計画を策定し、システムの計画・設計、運営維持管理を担当することが望まれる。このように、連系 PV システム導入に際しては、各組織の役割分担を明確にし、上流側である計画主体 (MHTE) から中立的な監視主体 (MEA)、更に実施主体 (STELCO) へと一連の業務フローを確立する必要がある。

表 5.5-1 連系PVシステム普及のための行動計画

	MHTE	MEA	STELCO
組織として 求められる役割(注)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ エネルギー・電力政策の策定と実施 ➤ 中長期開発計画と開発目標の設定 ➤ 多国籍機関、ドナーとの協調 ➤ 太陽光発電導入のための普及促進政策の立案と実施 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ (MHTE)が策定した政策を実施するため の)エネルギー・電力供給に係る規制の 策定と実施 ➤ 発電・小売電気事業者に対する許認可 連系PV設置申請に対する承認 ➤ エネルギー統計の集計・管理 ➤ 連系PVシステム導入のための必要な規 制・ガイドラインの策定・運用 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MEAが策定した電力供給規制に従う 電力供給 ➤ 連系PVシステムの導入を勘案した需給計 画の策定 ➤ MEAが策定した規制・ガイドラインに従い 連系PVシステムを設計 ➤ 連系PVシステムの運営維持管理
短期	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 与党(モルデイズ民主党)のマニフェスト を統合した、国家エネルギー政策の完成。 ➤ 将来の投資資金を貯蓄するプール制度を 設立し、パイロット・プロジェクトによる 発電電力量から算定される収益を積み立 てる。 ➤ 本調査の提言内容に従い、連系PVシステ ム導入促進のための支援策(補助金、余剰 電力買取制度)を立案・実施する。 ➤ パイロット・プロジェクトの実施による民 間企業や一般市民への啓蒙普及活動。 ➤ 本F/S内容を更新し、将来の連系PV導入 計画をアップデートする。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MHTEが策定した連系PVシステム導入 促進のための支援策を実施するための法 規制・ガイドラインの策定と運用。 ➤ PV関連機器の技術基準と設置基準の策 定。 ➤ 連系PVシステム導入にかかる初期投資 費用を補填するための電気料金改訂 ➤ パイロット・プロジェクトにより設置さ れた連系PVシステムの評価・モニタリ ング。 ➤ 民間企業や一般需要家からの連系申し込 みを想定した、申請・協議手続きや申請 書類の準備。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ パイロット・プロジェクトにより設置さ れた連系PVシステムの運用を通じた、運 営維持管理能力の向上。 ➤ 職場外研修制度に連系PVシステムの運 営維持管理に関する研修項目を追加す る。 ➤ 連系PVシステム導入を想定した、電力需 給計画の整備。 ➤ 余剰電力買取制度の導入を想定した、計 量、料金徴収方法の整備。 ➤ パイロット・プロジェクトの実施による 民間企業や一般市民への啓蒙普及活動。 ➤ 民間企業や一般需要家からの連系申し込 みに対する連系可否判断手法の整備。
中期	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 財務省による再生可能エネルギー基金(仮 称)設立支援。 ➤ 連系PVシステム、独立型PVシステムを 統合した、国家エネルギーマスタープラン の策定。 ➤ 地方環礁島を対象とした、連系PVシステ ム導入促進のための支援策を立案・実施す る。 ➤ 観光・芸術・文化省との協力により、リゾ ート島への太陽光発電、DSM導入促進を 図る。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 地方環礁島やリゾート島にPVシステム を導入するための法規制の準備。 ➤ PV関連機器や設置工事に関する認証制 度の設立。 ➤ 余剰電力買取価格制度のための料金体 系、計量、料金徴収システムの許認可の 実施。 ➤ 地方環礁島に設置されたPVシステムの モニタリング体制の整備(例、連絡事務 所、代理人等) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 民間企業や工事業者に対する連系PVシ ステムプロジェクトでの設計能力向上の ためのセミナー開催。 ➤ 余剰電力買取価格制度のための買取価格 設定、計量、料金徴収システムの実施。
行動 計画			

(注) 連系PVシステムの導入に際して必要となる役割を太字にて示した。

出所：調査団にて作成

5.6 人材育成計画

5.6.1 カウンターパート機関等のキャパシティ・アセスメント

(1) 個人レベルのキャパシティ

住宅・交通・環境省（MHTE）でエネルギー行政を担当しているエネルギー・持続可能開発課は10名の職員で構成されており、このうち2名が Engineer（Assistant Director の Ahmed Ali 氏（工学修士））である。他8名は普通科高校を卒業している。8名のうち2名については、マレの Technical Institute で1年間勉強し、電気電子工学の修了証を取得しているが、実務で必要となる技術的素養はない。このため、MHTE ではこれら職員を海外留学させ、エネルギー行政、エネルギー経済、エネルギーセキュリティ、再生可能エネルギー等の履修を図りたいとしている。しかしながら、人材育成のための計画、予算はエネルギー課にはなく、一般の政府職員に対して公募される海外留学プログラムに応募し、合格することが必要条件となる。

モルディブエネルギー庁（MEA）は4名の職員で構成されており、うち Engineer は1名のみである。同氏は College of Higher Education で電気・電子工学分野の講師を務めていた職員であり、Engineer としての実務経験は乏しい。

モルディブ電力公社（STELCO）は449名の職員で構成されるが、Professional Engineer として資格を有する電気技術者は20名のみであり、また PV について計画、運用経験のある技術者は2名に過ぎない。この2名のうち1名は UNDP の RETDAP プロジェクトに携わり、他1名は電話会社のディーラーゴ社で勤務していた経験を持つが、いずれも STELCO 社外のリソースを活用した技術の習得となっている。いずれの組織についても、カウンターパートによっては、金・土曜日や就業時間後にも調査団に協力を惜しまない姿勢が感じられ、調査への関心、参加意欲は高く、連系 PV システム導入の必要性は十分認識していると考えられる。しかしながら、幹部職員は日々の業務に追われ、中長期的な展望とインセンティブを持って仕事をするのが難しく、また過去からドナーの支援に依存してきたことから、一般的にプロジェクトに対するオーナーシップは低い。

(2) 組織レベルのキャパシティ

組織レベルのキャパシティとは、課題の解決に向け、組織に与えられた、もしくは組織自ら設定した目的を達成するために必要な、物的・人的・知的資源、オーナーシップ、組織管理体制、組織文化である⁴。人的資源について、「モ」国で連系PVシステムを導入するには、MHTE、MEA、STELCOが十分な職員を確保し、これら職員がインセンティブを持って職務を遂行し、組織内部にノウハウを蓄積していくことが重要である。しかしながら、現状では特にMHTE、MEAの職員が頻繁に異動（特に海外留学が多い）し、メーカーによる研修等に参加して得られたスキルも、個人のノウハウに留まっているのが現状である。知的資源管理の体制も不十分であり、書類や電子データの保管方法が個人に委ねられているため、担当者が不在、もしくは人事異動があれば対応できない体制となっている。

MHTE の省内には人事課（Human Resource Section）が存在するものの、人材育成に関する機能としては、各課からのトレーニング（留学）ニーズを集約し、人材・青年・スポーツ省（Ministry of Human Resource, Youth and Sports）に提出しているだけであり、計画的に人材育成を図るため

⁴ 「キャパシティ・ディベロップメント（CD）に関する事例分析 省エネルギー分野」

の体制整備が必要である。MEA についても、MHTE と同じく OJT と海外留学プログラムへの応募が人材育成の主体となっており、組織的な体制整備ができていない。

STELCO 社内の人材育成は、①社内・社外専門家による職場外研修（需要家サービス、コンピュータスキル、ケーブル接続、ディーゼル発電設備メンテナンス、総務、語学、財務など）、②シニアスタッフによる OJT、③プロジェクト引渡し時点のコンサルタントやメーカーによる研修、が主な内容である。以前は、海外留学制度により、毎年2～5人がオーストラリア、英国、マレーシア、シンガポール等欧米で学位を取得していたが、STELCO の財務状況が悪化し、2003年に海外留学制度は一時中止されている。STELCO の人事部（Human Resource Department）は6名の職員で構成され、社内各部署から年間の研修ニーズを把握し、研修計画を策定しているが、2009年はSTELCO の財務状況の悪化により、研修予算も削減されている。

(3) 社会・制度レベルのキャパシティ

社会・制度レベルのキャパシティでは、ステークホルダーとして、連系 PV システムの普及初期段階で導入が想定される公共施設（学校、スタジアム、病院等）を管轄する省庁のキャパシティを確認した。本調査に関連した上記省庁は、日本のごとく気候変動や地球環境問題に組織的に対応する体制とはなっていないが、これは人口30万人の「モ」国に求めるべきキャパシティではない。連系 PV システムの導入を進めるためには、まず上記省庁を巻き込んだ組織的な啓発活動が必要となる。

更に法制度や連系 PV システム導入メカニズムに関するキャパシティとして、太陽光発電を含む再生可能エネルギーの導入を促進するための法制度については、関連する Law もしくは Act（日本の新エネ法や RPS 法に対応）が不在の状況であり、MHTE では早急に法制化が必要と認識している。

5.6.2 人材育成の方向性

本節では、前節のキャパシティ・アセスメント結果を踏まえた、人材育成のための方向性を検討する。個人レベルについては、本調査期間中は連系 PV システム導入のための計画・設計能力を中心に能力向上を図っているが、今後はパイロット・プロジェクトの実施を通じて、STELCO 技術者を中心に、連系 PV システムの据付工事監理、運営維持管理手法を習得していくことが期待される。組織レベルのキャパシティとしては、STELCO の場合には、既存の職場外研修プログラムに、社外専門家（海外メーカー、電力会社）による連系 PV システムの計画・設計・運営維持管理についての研修プログラムを追加することで、一定の能力強化が可能である。MHTE 並びに MEA の場合には、従来型のエネルギー供給を含めて、組織としてのミッション・ステートメントと業務分掌を確立し、その上で再生可能エネルギーや、連系 PV システムを導入するための人材育成の方向性について検討する必要がある（5.4 項参照）。社会・制度レベルについては、本調査完了後に再生可能エネルギー法（仮称）、系統連系に関する規制・ガイドラインを導入するための準備を進めていく必要がある。

表 5.6.2- 1 人材育成の方向性（案）

	個人	組織	社会・制度
①キャパシティ・アセスメント			
現状の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・連系PVシステムを導入した実務経験がないため、新規導入に際してシステムの計画・設計ができない。 ・既設の連系PVシステムが故障した場合に対応すべき方法がわからない。 ・職員個人の責任感・使命感は高いが、日々の業務に追われ中長期的な展望がない。 ・過去からドナーの支援に依存しており、プロジェクトに対するオーナーシップが低い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・技術職員の研修制度が存在しない。 ・再生可能エネルギーやPVに関する知識を備えたEngineerクラスの職員が不足している。 ・海外留学や転職により職員が組織に定着しにくい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・再生可能エネルギー導入のためのActが存在しない。 ・現行のRegulationはディーゼルエンジン発電機のみを対象としており、PVに関するRegulationは存在しない。 ・日本の系統連系規程に類する基準が存在しない。
課題解決に必要なキャパシティ(短期)	<ul style="list-style-type: none"> ・連系PVシステムの計画・設計能力 ・連系PVシステムの保守・運用能力 	<ul style="list-style-type: none"> ・各組織の役割分担を見直し、現状の体制で実施できる職務分掌を認識する。 ・職員が組織で働き続けるインセンティブを付与し、組織内での知識・スキルの蓄積を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・分散型電源の系統連系に必要な技術的課題の解決
課題解決に必要なキャパシティ(中長期)	<ul style="list-style-type: none"> ・強いインセンティブ、オーナーシップを持って業務を遂行する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・技術職員の研修制度を設立する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・再生可能エネルギーActを導入する。 ・現行のRegulationを改正し、PVに関するRegulationを含める。
②開発調査による課題解決			
	<ul style="list-style-type: none"> ・F/S共同作業による連系PVシステムの計画能力、及び計画に対するオーナーシップの向上。 ・パイロットプロジェクトの設計を通じた詳細設計能力の向上 ・既存PVシステムを活用した、運営維持管理手法の移転。 	<ul style="list-style-type: none"> ・連系PVシステム導入のために必要な、各組織の役割分担・体制の提言。 ・カウンターパート研修を活用した、組織内での知識・スキルの展開。 	<ul style="list-style-type: none"> ・分散型電源の系統連系に必要な技術的課題への対応に係る提言。
③開発調査終了後の課題解決			
	<ul style="list-style-type: none"> ・パイロットプロジェクトの実施を通じた、連系PVシステムの据付工事監理、運営維持管理手法の習得。 ・組織内のOJT、自己啓発による連系PVシステム技術の習得。 ・自己啓発を促すためのインセンティブの付与（職場内登用、表彰など）や、必要な教材・図書等の情報提供。 	<ul style="list-style-type: none"> ・社内もしくはPV関連メーカーの講師による、技術職員の研修制度を設立する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・再生可能エネルギーActを導入する。 ・現行のRegulationを改正し、PVに関するRegulationを含める。

出所：調査団作成

5.6.3 人材育成計画

人材育成には3つの大きな柱がある。それは、①日常の業務を通じて習得する「OJT」、②研修機関などで集中的に学ぶ職場外研修（組織内部研修、外部研修、教育機関、海外研修）、つまり「Off-JT」、そして自ら学ぶ「自己啓発」である。3者は密接に相互関連するもので、人材育成にはこれら3者が組み合わせられることが望ましい。

「モ」国の場合には、現状では連系 PV システム導入に関する経験者は皆無に等しく、上記①の OJT による業務習得は困難である。他方、従来型の発電・配電設備の保守・運用技術については、大部分が OJT により職場内で伝達されていることから、連系 PV システムについても、本調査期間中に OJT を推進できる職場内の講師となりうる候補者を選定し、連系 PV 導入のための技術的 F/S 調査、詳細設計を共同作業にて行い、表 5.6.3-1 の通り技術移転を図っている。また、日本でのカウンターパート研修には、MHTE、MEA、STELCO の各組織から主要カウンターパートが参加し、日本の再生可能エネルギー政策、太陽光発電導入支援方策、連系 PV システムの計画・設計手法を技術移転しており、今後は各組織内で知識・スキルを水平展開することが可能である。

表 5.6.3- 1 本調査期間中に実施した技術移転の内容（カウンターパート研修を含む）

分類	内容	対象者
エネルギー・ 電気事業一般	日本の電気事業体制	MHTE、MEA
	日本、その他先進国の再生可能エネルギー導入 政策・制度	MHTE、MEA
	太陽光発電導入のための政策的措置・制度導入の考え 方	MHTE、MEA
	CDM 事業計画のための課題と対応策	MHTE、MEA
太陽光発電一般	太陽光発電システムの種類と特徴	MHTE、MEA、STELCO
	太陽光発電の関連法制度	MHTE、MEA
	太陽光発電導入による環境社会配慮	MHTE、MEA
	太陽光発電の経済性評価	MHTE、MEA
	太陽光発電システム特性測定	STELCO
	日射量データの測定・利用方法	MHTE、MEA、STELCO
	日射障害の測定手法	STELCO
	太陽光発電パネルの配置計画手法	STELCO
	太陽光発電技術の研究開発	MHTE、MEA、STELCO
系統連系型 太陽光発電	系統連系型太陽光発電システムの構成機器と役割	MHTE、MEA、STELCO
	系統連系の課題と技術検討事項	MHTE、MEA、STELCO
	系統連系点電源品質の測定方法	STELCO
	連系 PV システム導入のためのサイト選定手法	MHTE、MEA、STELCO
	連系 PV システム導入のための詳細設計手法	STELCO
	連系 PV システムの運営維持管理手法	STELCO

出所：調査団作成

本調査完了後には、上記技術移転内容を踏まえ、表 5.6.3-2 に示す項目の技術移転が必要である。しかしながら、MHTE、MEA、STELCO では、上記の内容について技術移転可能な講師（トレーナー）の候補となる人材が不足しており、まずは人材育成の核となる講師の育成、つまりトレーナーズ・トレーニングが必要である。具体的な方法としては、Off-JT による職場外研修が効果的であり、海外の省庁担当者、電力会社、太陽光発電メーカーなどから外部講師を定期的に招いて、実機を利用しながら技術移転することが現実的である。Off-JT と併せて、自己啓発を促すための職員へのインセンティブの付与（職場内登用、表彰など）や、必要な教材・マニュアル等の情報提供についても、将来的に検討していく必要がある。なお、調査団では、連系 PV システム設計のためのマニュアルを作成し、主要カウンターパートに対して説明会を開催している。今後、「モ」国側ではこれら資料を参考とし、各組織の技術水準・実情を踏まえ、独自の教材・マニュアルを開発していくことが望ましい。

表 5.6.3- 2 今後必要とされる技術移転の内容

分類	内容	対象者
太陽光発電システム基礎知識	太陽光発電システムの種類と特徴	MHTE、MEA、STELCO
	太陽光発電システム構成機器の役割、動作原理	MHTE、MEA、STELCO
	太陽光発電パネルの特性（日射・温度特性、I-V 特性）	MHTE、MEA、STELCO
	日射量データの測定・利用方法	MHTE、MEA、STELCO
	太陽光発電システムの経済性	MHTE、MEA、STELCO
系統連系型太陽光発電システム設計	システム設置場所の調査手法	MHTE、MEA、STELCO
	太陽光発電モジュールの選定、配列検討方法	MHTE、MEA、STELCO
	設置容量計算、仕様検討方法	MHTE、MEA、STELCO
	架台設計手法	MHTE、MEA、STELCO
	可能発電電力量推定手法	MHTE、MEA、STELCO
	設計ソフト(HOMER, RETScreen 等の利用方法)	MHTE、MEA、STELCO
系統連系型太陽光発電システム運用保守	システムの機能と運用方法	STELCO
	システムの日常点検・定期点検	STELCO
	システムメンテナンス	STELCO
	トラブルシューティング	STELCO
太陽光発電関連法制度	太陽光発電導入のための法規制	MHTE、MEA
	太陽光発電普及のための法制度	MHTE、MEA
	系統連系ガイドラインの要件	MHTE、MEA、STELCO
	太陽光発電の経済性検討手法	MHTE、MEA、STELCO
	太陽光発電機器標準規格	MHTE、MEA、STELCO
DSM/省エネ	DSM 促進施策	MHTE、MEA、STELCO
	省エネ促進施策	MHTE、MEA、STELCO
	SSM の考え方	MHTE、MEA、STELCO

出所：調査団作成

5.6.4 教育機関との連携

連系 PV システムの計画・設計・維持管理に関する人材育成のオプションとして、「モ」国では Off-JT による教育機関との連携が有望である。中でも、マレ市の工業技術専門学校（Faculty of Engineering Technology : FET）は、約 400 名の学生（うち電気・電子系で約 80 名）を擁し、教員はパートタイムを含めると約 50 名が勤務しており、講義のみならず実験・実習に必要な機材もある程度整備されている。



図 5.6.4- 1 工業技術専門学校（FET）の実習機材

FET では、UNDP の支援による「再生可能エネルギー技術開発及び応用プロジェクト (Renewable Energy Technology Development and Application Project : RETDAP)」の一環として、太陽光発電を含む再生可能エネルギーの計画・設計・運用に関する教育講座「再生可能エネルギーシステムと維持管理 (Renewable Energy Systems and Maintenance)」の開講を準備している。RETDAP による事業者へのローンスキームへの申し込み状況が芳しくないことから、UNDP では啓蒙普及活動の一環として、FET の施設・人材を活用した講座の開催を計画している。同講座概要 (案) は表 5.6.4-1 の通りであり、講義と実習により構成され、15 週間 (1 学期) の出席で単位が習得できる。

表 5.6.4- 1 「再生可能エネルギーシステムと維持管理」 講座の概要 (案)

講座内容	時 間
1. 電気エネルギー	
1.1 電気エネルギーの理論	3
1.1.1 エネルギーとは	
1.1.2 エネルギーの形態	
1.1.3 エネルギー保存則	
1.1.4 エネルギー効率	
1.1.5 エネルギー資源	
1.2 非再生可能エネルギー	3
1.2.1 石油	
1.2.2 天然ガス	
1.2.3 石炭	
1.2.4 ウラン	
1.3 再生可能エネルギー	3
1.3.1 太陽光	
1.3.2 風力	
1.3.3 地熱	
1.3.4 バイオマス	
1.3.5 水力	
2. 太陽光発電システムの設計・工事	
2.1 基礎的理論	3
2.1.1 電圧、電流、電力	
2.1.2 光電効果	
2.1.3 PV モジュール	
2.1.4 エネルギー貯蔵	
2.1.5 電力制御・変換	
2.1.6 独立型太陽光発電システムの運用	
2.2 適用性	3
2.2.1 エネルギー需要	
2.2.2 その他発電資源	
2.2.3 太陽エネルギー資源	
2.3 システム・コンポーネント	
2.3.1 PV モジュール	
2.3.2 バッテリー	
2.3.3 チャージ・コントローラー	
2.3.4 インバータ	
2.4 設計	3
2.4.1 設計工程	
2.4.2 事前想定	
2.4.3 現場調査	
2.4.4 システム容量の決定	
2.4.5 システム・コンポーネントの選定	
2.4.6 ケーブル工事	
2.5 据付工事と運転	3
2.5.1 安全	
2.5.2 太陽光発電アレイ	
2.5.3 バッテリー	
2.5.4 制御機器	
2.5.5 運転開始	
2.6 運営維持管理	
フィールド実習 (ファーフ環礁、ヌーヌ環礁)	3
3. 風力発電システム	
3.1 風力エネルギーの導入	3

3.1.1 風力エネルギーの歴史 3.1.2 現状と将来展望 3.2 風力発電機 3.2.1 タワー 3.2.2 回転子 3.2.3 変速装置 3.2.4 電力制御 3.2.5 安全ブレーキ 3.2.6 誘導発電機 3.2.7 同期発電機 3.2.8 固定・可変速運転 3.2.9 系統連系	3
4. インバータと周辺装置 4.1 チャージ・コントローラーとバッテリー 4.2 インバータ 4.3 ハイブリッド・システムと系統連系システム 4.4 ネット・メータリング	3
5. 保護と安全 5.1 雷とサージ保護	3

出所：工業技術専門学校（Faculty of Engineering Technology : FET）

FET では、上記講座を開講するため、学内のみならず学外からも広く指導者を受け入れる予定である。更に講座の内容をより実践的な内容とするためには、一部の講義を MHTE、MEA もしくは STELCO の担当者が受け持つことが重要である。副次的な効果として、FET では卒業生が MHTE や STELCO にも就職しており、同講座を履修することにより、就職前に再生可能エネルギーについての基礎的知識を習得することが可能となる。同講座に加えて、将来的には MHTE、MEA や STELCO 職員のみを対象としたより実務的な訓練コース（2 週間程度）を開講することができれば、本調査カウンターパートの継続的な Off-JT のための重要な拠点となる。更には、スリランカ国やインド国など、近隣第三国の工科大学、専門学校との連携による、再生可能エネルギー関連講座の提供可能性についても、検討の余地があろう。

添付資料

添付資料 1 調査団員氏名、所属

氏 名	担 当 業 務	現 職
小 川 忠 之	総括／太陽光発電普及政策／ CDM／環境社会配慮	八千代エンジニアリング株式会社
土 居 史 和	系統連系太陽光発電システム	四国電力株式会社
藤 澤 慶 哲	系統連系法制度／DSM	四国電力株式会社
車 田 輝 雄	建築設計・積算	八千代エンジニアリング株式会社
下 村 明 弘	経済財務分析	八千代エンジニアリング株式会社
近 藤 智 則	機材計画／詳細設計	八千代エンジニアリング株式会社
橋 宣 明	業務調整 1 (第 1 次現地調査)	八千代エンジニアリング株式会社
関 な つ き	業務調整 2 (第 3 次現地調査)	八千代エンジニアリング株式会社
阿 部 真	業務調整 3／配電計画 (第 2 次現地調査)	八千代エンジニアリング株式会社

添付資料 2 相手国関係者リスト

大統領府

President Office

Mr. Ahmed Nasheed	Utility Development Advisor
Mr. Ibrahim Haleem	Assistant Director
Mr. Ahmed Mausoom	Finance Secretary

財務省

Ministry of Finance and Treasury

Mr. Ali Hashim	Minister
Mr. Ahmed As-Ad	Minister of State
Mr. Hamdhy Ageel	Executive Director
Mr. Ismail Shafeeq	Permanent Secretary
Ms. Aminath Nashia	Director, External Resources Management Division
Ms. Fathimath Rasha	Assistant Programme Officer
Mr. Mohamed Ifah	Officer, External Resources Management Division
Mr. Ahmed Mush-hid Rasheed	Desk Officer, External Resources Management Division

外務省

Ministry of Foreign Affairs

Dr. Hussain Niyaz	Executive Director
Ms. Farzana Zahir	Director
Mr. Mohamad Shujao	Desk Officer, Economic & Development Dept.

住宅・交通・環境省

Ministry of Housing, Transportation and Environment

Mr. Mohamed Aslam	Minister
Dr. Mohamed Shareef	Deputy Minister
Mr. Akaram Kamaludeen	Deputy Minister
Mr. Ahmed Saleem	Permanent Secretary
Mr. Ahmed Rasheed	Executive Director, Acting Permanent Secretary
Mr. Amjad Abdulla	Director General
Mr. Ahmed Ali	Assistant Director
Mr. Amir Hassan	Assistant Director
Mr. Khalid Sulaiman	Project Manager
Mr. Shifaz Ali	Senior Engineer
Mr. Mohamed Fazeeh	Electrician
Mr. Ibrahim Naufal	Engineer
Mr. Mohamed Inaz Rasheed	Assistant Project Officer
Mr. Zammath Khaleel	Environment Analyst
Ms. Fathimath Raufa Moosa	Assistant Engineer

国家計画局

Department of National Planning

Mr. Mohamed Imad

Asst. Executive Director

教育省

Ministry of Education

Mr. Ahmed Shafeeu

Director General

Mr. Mohamed Yoosuf

Director

観光・芸術・文化省

Ministry of Tourism, Arts & Culture

Mr. Ahmed Salih

Permanent Secretary

人的資源・青少年・スポーツ省

Ministry of Human Resources, Youth and Sports

Mr. Ali Zaki Ahmed

Deputy Director General

民間航空・通信省

Ministry of Civil Aviation & Communication

Mr. Mahmood Razee

Minister

Mr. Aminath Solih

Director General

モルディブエネルギー庁

Maldives Energy Authority

Mr. Abdulla Wahid

Director General

Mr. Muawiyath Shareef

Director

環境保護局

Environmental Protection Agency

Mr. Mohamed Zahair

Director General

気象庁

Maldives Energy Authority

Mr. Abdul Muhusin Ramiz

Director

Ms. Aishafu Shimana

マレ市

Male municipality

Mr. Adam Manik

Chairman

Mr. Ismail Zahir

Director General

Mr. Ahmed Haleem

Deputy Director

Mr. Ishaq Ahmed

Director

Mr. Adam Shakim

Deputy Director General

モルディブ電力公社

State Electric Company Limited

Mr. Mohamed Rasheed	Chief Executive Officer
Dr. Zaid Mohamed	Managing Director
Mr. Ali Azwar	Deputy Managing Director
Mr. Mohamed Latheef	Director
Mr. Ahmed Niyaz	Director
Mr. Ali Niyaz	Senior Supervisor
Mr. Ahmed Shafeeu	Senior Engineer
Mr. Amjad Mohamed	Administration Supervision
Mr. Aboobakuru Mohamed	Deputy Director
Mr. Azzam Ibrahim	Senior Engineer
Mr. Ibrahim Athif	Senior Engineer
Mr. Ibrahim Nizam	Electrical Engineer
Mr. Mohamed Shahid	Asst. Engineer
Mr. Ibrahim Nashid	Assistant Engineer
Mr. Ahmed Marsoom	Assistant Engineer
Ms. Emas Ahmed	Finance & Accounting Dept.

フルマレ開発公社**Huluhumale Development Corporation**

Mr. Mahjoob Shujau	Managing Director
Mr. Ahmed Azleem Ibrahim	Planning Engineer

モルディブ大学教育学部**Faculty of Education Maldives College of Higher Education**

Mr. Fathimath Mohamed	Director
-----------------------	----------

タージディーン校**Thaajidheen School**

Mr. Thoha Saleem	Principal
Mr. Mohamed Shereef	Cash

モルディブ社会教育センター**Maldives Center for Social Education**

Ms. Fathimath Ismail	Director
Mr. Ali Saleem	Deputy Principal

カラファーンヌ校**Kalaafaanu School**

Mr. Naazleem Wafir	Assistant Principal
--------------------	---------------------

ヒリヤ校**Hiriya School(New Secondary School for Girls)**

Mr. Ali Nazim	Principal
ディラーグ社 Dhiraagu	
Mr. Moosa Ahmed Manik	Manager Power & Infrastructure
Mr. Mohamed Shafiu	Engineering Power Generation
マレ上下水道株式会社 Male' Water & Sewerage Company Pvt. Ltd.	
Mr. Ahmed Mujthaba	Manager
C D E 株式会社 CDE Pvt. Ltd	
Dr. Simad Saeed	Managing Director
ジェダー・アーキテクチャー株式会社 Gedor Architecture Pvt. Ltd	
Mr. Thoriq Ibrahim	Director
MITTS エンタープライズ株式会社 MITTS Enterprises Pvt. Ltd	
Mr. Ali Shareef	Manager
インディラガンジーメモリアル病院 Indira Gandhi Memorial Hospital (IGMS)	
Mr. Mohamed Saeed	Deputy Director
在スリランカ日本国大使館 Embassy of Japan, Sri Lanka	
林 活歩 氏	二等書記官 経済協力班
JICA/JOCV モルディブ支所 JICA/JOCV Maldives Office	
野々部 誠 氏	支所長
岩重 仁子 氏	調整員
JICA スリランカ事務所 JICA Sri Lanka Office	
志村 哲 氏	所長
西野 恭子 氏	次長
井上 琴比 氏	職員
三橋 慶樹 氏	職員
Mr. Cabral Indika	Project Specialist

