

4. セミナー資料

Introductory Seminar Grid-Interconnected Photovoltaic Power Systems in Maldives Japan International Cooperation Agency (JICA)

Common Interests for Maldives and Japan:

Both countries are island countries with no viable fossil fuel resources, and committed the protection of Global Environment.

Japanese Past Experience of Energy Crises and Technical Development:

During 1960s and 1970s, Japanese economy developed rapidly, which was phrased as “Japanese Economic Miracle” after the devastation of World War II. However, Japanese economy was vulnerable to the Oil Crises, because Japanese economy was heavily dependent on imported oil. The impact of Oil Crises was immense. Japanese private industries together with Japanese Government started technical development for energy conservation and further utilization of domestic energy resources, new and renewable energy. One of the important domestic energy resources is photovoltaic. Japanese Government has exerted strong efforts to assist private companies for developing PV technologies as well as the popular usage of PV systems. As a consequence, interconnected PV systems are installed in many places throughout Japan.

Efforts by Maldives Government:

Maldives Government has started its efforts to utilize PV energy for power supply and requested Japanese Government to extend the technical cooperation. However, the experience of interconnected PV systems is minimal in Maldives. Because the issues of introducing interconnected PV systems are not related not only technical aspects, but also policy and institutional aspects, it is important for Maldives Government to understand the features of interconnected PV systems in various aspects.

The purpose of Introductory Seminar:

The purpose of the seminar is to inform the key government officers of the technical, and policy and institutional features of PV systems based on the past Japanese experience, so that this coming JICA technical cooperation in this field would be carried out effectively and efficiently.

Presentations in the Seminar:

(a) Technical Features of PV Systems and Potential Usage in Maldives

By Mr. Masahiro Kaimoto, JICA consultant, Senior Consultant, ICONS INTERNATIONAL COOPERATION Inc.

(b) Policy and Institutional Features of PV Systems and Possibility of CDM (Clean Development Mechanism)

By Noboru Yumoto, JICA consultant, Executive Director, Energy & Environment Institute, Inc.

* Ninety minutes for the presentation, and questions and answers for each session.

Expected Participants:

Senior government officers and other officers in charge of energy related policy and projects, such as Ministry of Environment, Energy and Water (MEEW), Ministry of Construction and Public Infrastructure(MCPI), Ministry of Tourism and Civil Aviation, Male’ Municipality, STELCO.

Senior officers and other officers in charge of energy related business and city planning, such as HDC, STO, Maldives Gas.

AGENDA
Introductory Seminar
Grid-Connected Photovoltaic Power Systems in Maldives

28th August 2008, From 9:00 to 12:30

STELCO 5th Floor Training Room

1. Welcome remarks by Ministry of Environment, Energy and Water

2. Introduction by JICA Preparatory Study Mission Leader

3. Presentation 1

Photovoltaic Power Generation Technology

by Mr. Masahiro Kaimoto, JICA consultant (Senior Consultant, ICONS International Cooperation Inc.)

Presentation for 45 minutes. Q & A for 45 minutes.

Tea Break (20 minutes)

4. Presentation 2

Japanese Experience on PV Development and Dissemination

By Noboru Yumoto, JICA consultant (Executive Director, Energy & Environment Institute Inc.)

Presentation for 45 minutes. Q & A for 45 minutes.

**Feasibility Study for
Application of Photovoltaics Power
In Male' and Hulhumale' Island**

**In
Maldives**

**Photovoltaic
Power Generation Technology**

Masahiro Kaimoto



**1. Basic Knowledge of
Photovoltaic Power Generation**

**Solar Radiation
Photovoltaic Cell (PV Cell)
Type of PV System**



Solar Radiation

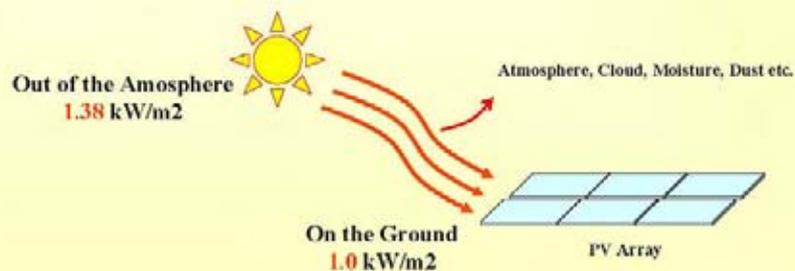
Energy Source of PV System

Global Irradiance (Ground surface) :

approx. 1.0 kW/m²

Solar Constant (Outside of the atmosphere) :

1.38 kW/m²



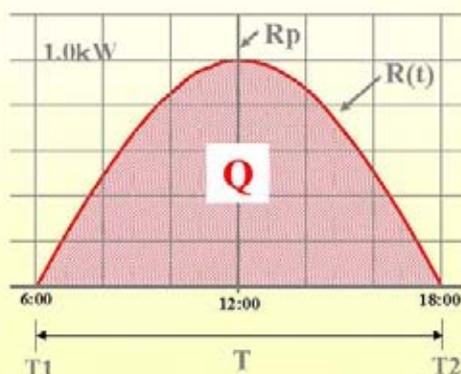
JICA

Typical Irradiance Model

<Calculation model>

$$R(t) = R_p \cdot \sin \left\{ \frac{\pi}{T} \cdot (t - 12) + \frac{\pi}{2} \right\}$$

$$Q = \int R(t) dt$$



<Typical condition>

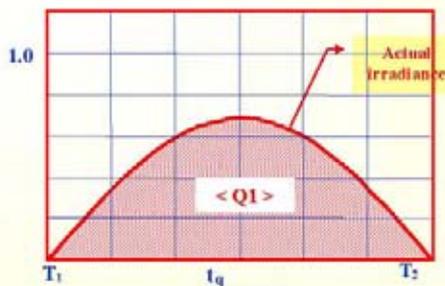
$T = 12$, ($T1 = 6:00$, $T2 = 18:00$)

$R_p = 1.0 \text{ kW/m}^2$

$$Q = 7.64 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$$

★ Actual irradiation on the ground is less than 7.64 kWh/m²!

JICA



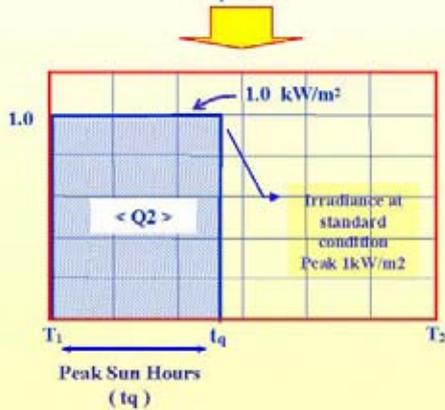
<Peak sun hours >

Original solar radiation for a day : **Q1**

$$Q1 = Q2 = 1.0 \text{ (kW/m}^2\text{)} * t_q \text{ (hours)}$$

Peak sun hours (t_q) = | **Q1** | at 1 kW/m²

★ Peak sun hours is same value as irradiation H_h .



Ex) Average irradiation in Male'

$$\text{Irradiation } Q1 = 5.85 \text{ kWh/(m}^2\text{*day)}$$

$$\text{Irradiation } Q2 = 1.0 \text{ kW/m}^2 * 5.85 \text{ h}$$

$$\text{Peak sun hours } t_q = 5.85 \text{ h} \\ \text{(5 h 51 min)}$$



Solar Radiation in Male' and in Tokyo

Male' Maldives



Male'

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average
5.73	6.52	6.88	6.38	5.83	6.14	5.52	6.31	5.98	6.22	5.63	5.4	5.85

Tokyo

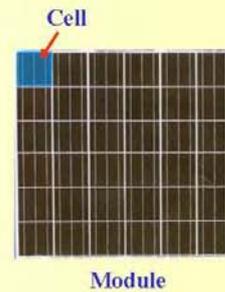
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average
2.43	3.04	3.43	4.27	4.45	3.90	4.13	4.15	3.05	2.62	2.25	2.13	3.32



Photovoltaic Cell

Type of PV Cell

Amorphous silicon PV cell	η_{cell} (Low)
Single-crystal silicon PV cell	η_{cell} (High)
Poly-crystal silicon PV cell	η_{cell} (High)



Characteristics of PV Cell (PV module)

Characteristics of a PV module is defined in the standard test condition.

Standard test condition:

Cell temperature = 25 °C, Spectrum = solar spectrum,
Irradiance = 1.0 kW/m²

IV Curve : Shows the characteristics of the module.

Output Power of PV Cell: Depend on the cell temperature and irradiance



Performance of PV module



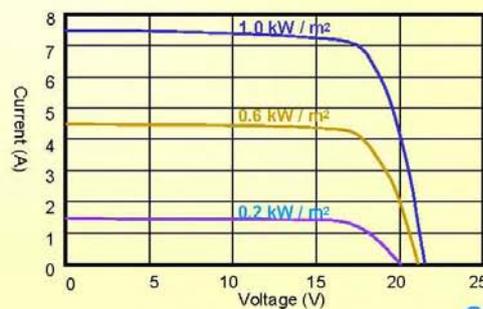
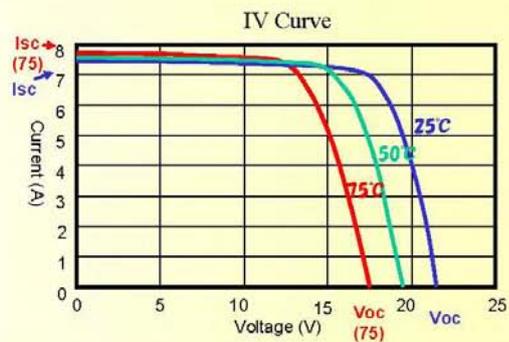
Rated capacity of PV module :

Output power (W) when irradiance on the module surface is 1 kW/m² and the cell temperature is 25 °C.

<Standard Test Condition>

PV output power depend on the irradiance and the cell temperature.

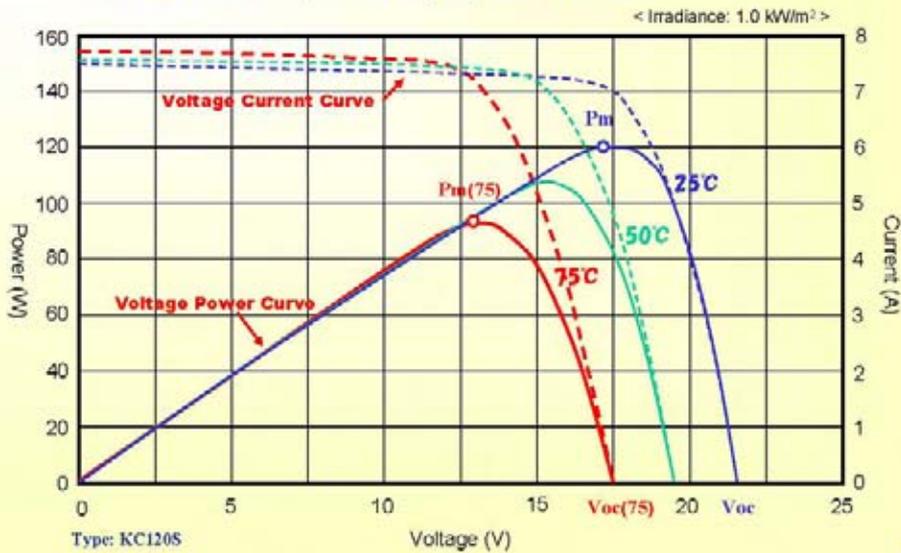
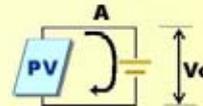
Ex) 125W module generates 125W dc power when irradiance on it is 1kW/m² and it's temperature is 25 °C.



Output Power of PV Module

Power Maximum Control: (Grid Connected PV System)

Power Conditioner always tracks the peak point of PV Power



Reliability test and Certification

For reliable PV system, use certified PV module!

No.	Item	No.	Item
1	Thermal cycle test	7	Hail impact test
2	Humidity freeze test	8	Twist test
3	Damp heat test	9	Mechanical load test
4	Heat test	10	Static load test
5	Light exposure test	11	Robustness of terminations test
6	Salt spray test	12	Impulse voltage test



Type of PV System

Stand alone PV System (Storage Battery)

Charge control: (Array partially off when the battery is full)

- Solar Home System (SHS) ---DC output Rural Electrification

- Centralized PV System -----AC Output Village, Resort Isl.

Normal Type: PV

Hybrid Type: PV-DG, PV-MH, PV-WTG etc.

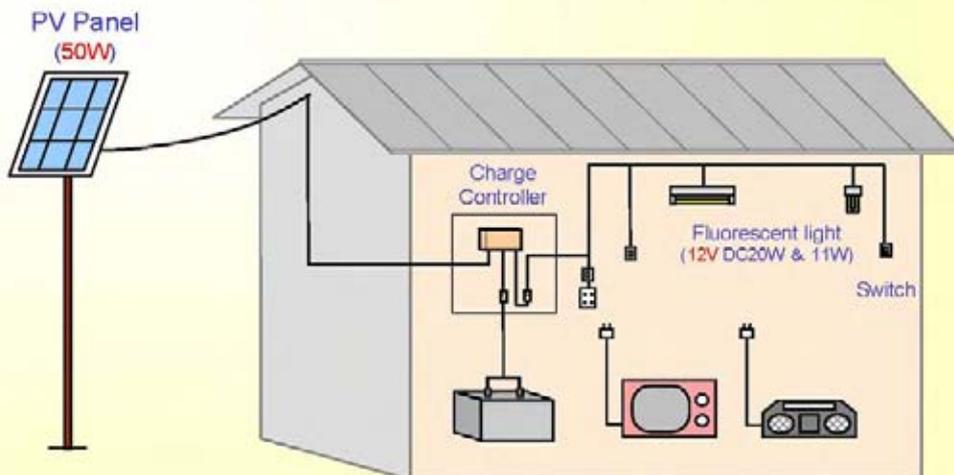
Grid connected PV System (Existing Electric Power Grid)

Power maximum control: (All Array always on)

Protection for Interlink: Low voltage, Over voltage, Low frequency, Over frequency, Islanding detection



SHS (Solar Home System)



Main Components:

PV Module

Charge Controller

Storage Battery

DC Load

Battery
(100Ah)

B/W TV
(12V DC 15W)

Radio/Cassette player
(12V DC 5W)

< 100 ~ 120 Wh/day >



SHS for Rural Electrification



PV Panel



Charge Controller



Storage Battery

DC Load



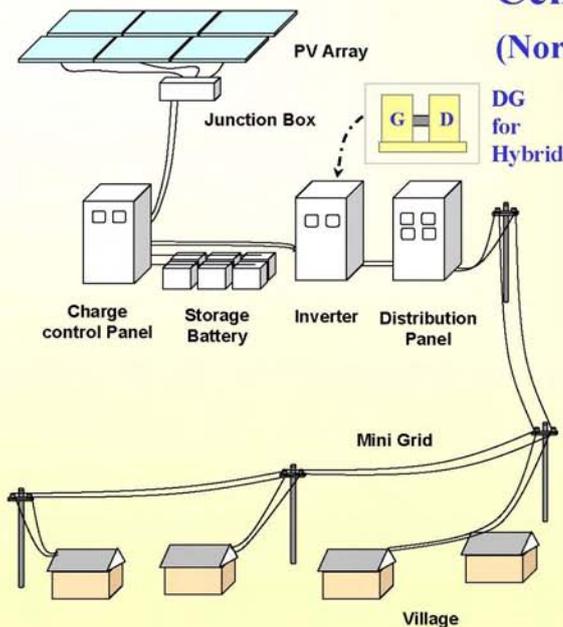
Fluorescent Lamp



Television



Centralized PV System (Normal Type & Hybrid Type)



Main Components:

PV Array

Storage Battery

Generator (for Hybrid)

Charge Controller

Inverter

Data Acquisition System

Distribution Panel

Mini Grid

Capacity : PV >> Inverter

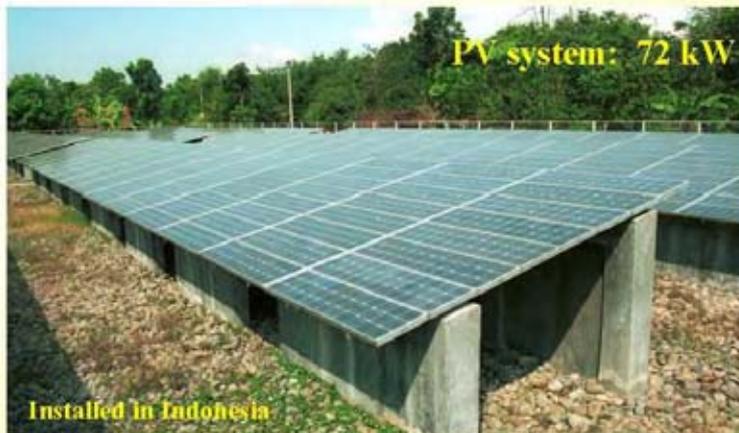


Centralized PV System

Pangan an Island (Philippines), 45 kW Solar Power Plant (Normal Type)



PV-DG Hybrid System for Village Electrification



Mini Grid



DG: 12.5 kVA



Battery: 600 kWh



Inverter: 37.5 kVA



Centralized PV System

Pleiku Vietnam, 100kW PV & 25kW MH Hybrid System



<Marshall Islands>

PV System for Freezer

PV array: 2.7kW ^ 2
 Inverter: 3 kVA ^ 2,
 Battery: 38.4kWh ^ 2
 (96V/400Ah ^ 2)
 Chest Freezer: 3

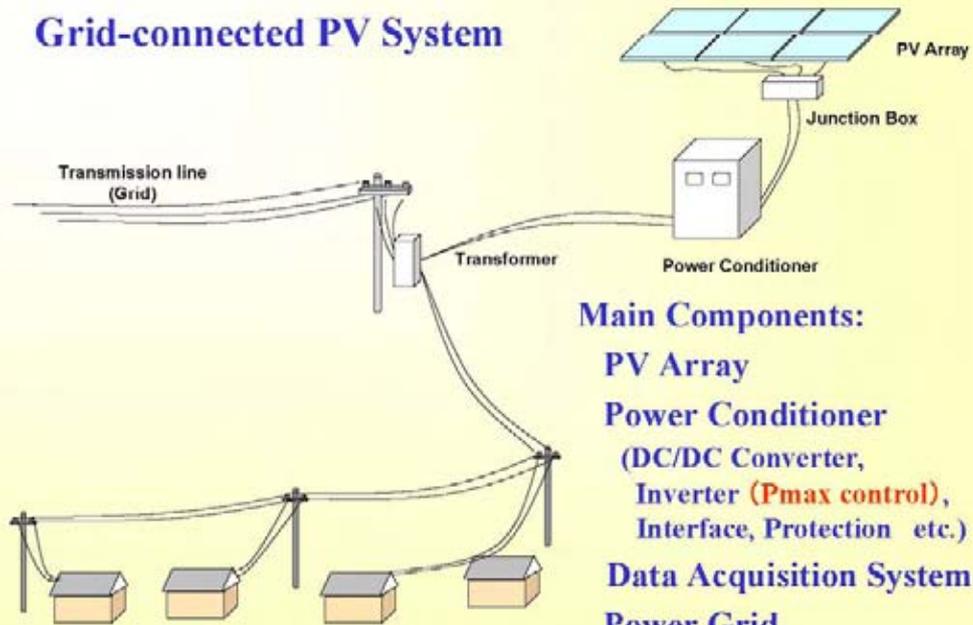
Usage:
Power supply for Fish Base



Introduction of PV system



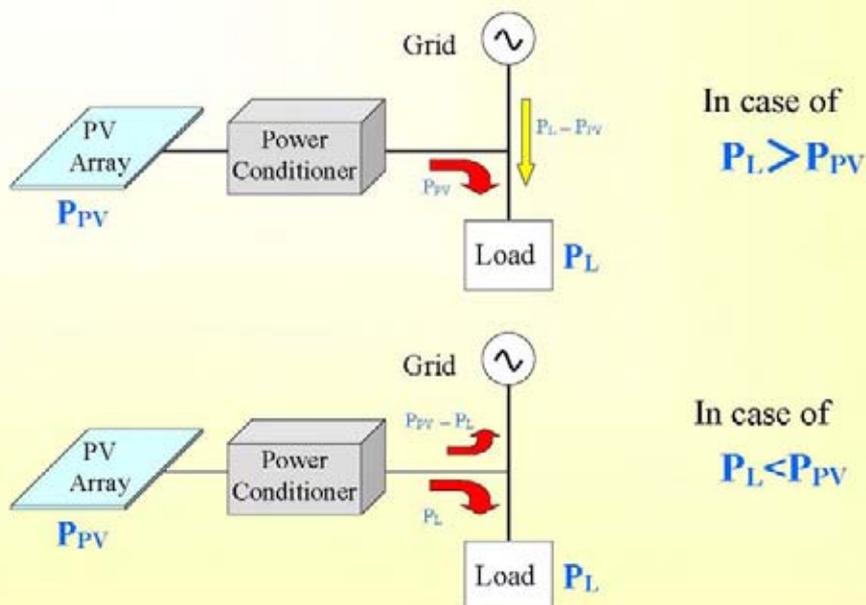
Grid-connected PV System



Capacity : PV = Inverter



Power Flow of Grid-connected PV System



Grid connected PV system

Cagayan de Oro 1MW Solar Power Plant (Philippines)
1,082 kW (120 kW*9) PV array, Array tilt angle : 10 °

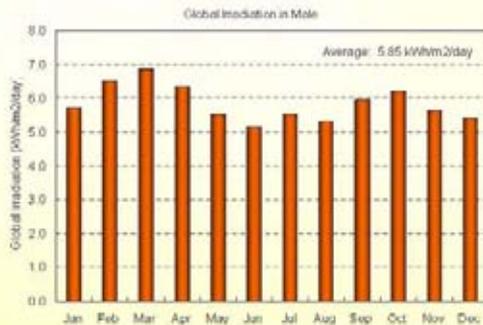


2. Estimation of Available Power

- a. Solar radiation
- b. How to estimate output power of grid connected PV system
- c. How to estimate output power of centralized PV system
- d. Power estimation of 1 MW system in Male'
- e. Power generation of grid-connected and centralized PV system
- f. Monitoring

Solar Radiation in Male' and in Tokyo

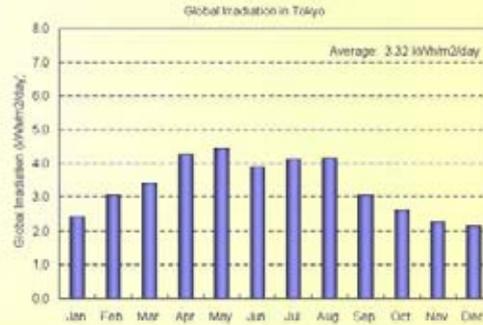
Male' Maldives



Male'

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average
5.73	6.52	6.86	6.36	5.53	5.14	5.52	5.31	5.96	6.22	5.63	5.4	5.85

Tokyo Japan

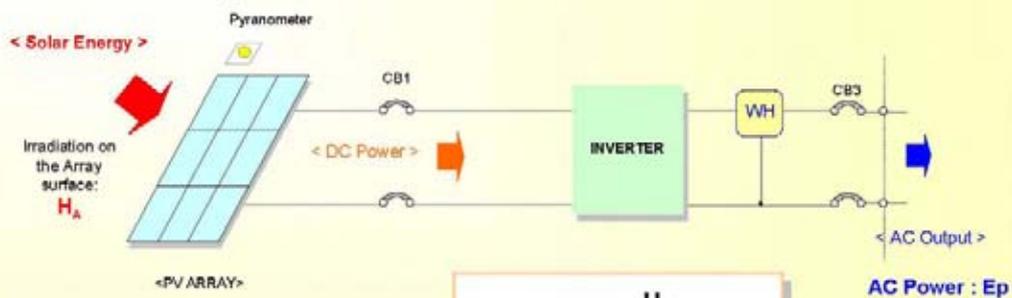


Tokyo

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average
2.43	3.04	3.43	4.27	4.45	3.90	4.13	4.15	3.05	2.62	2.25	2.13	3.32



Grid Connected PV System



$$E_p = P_s \cdot \frac{H_A}{G_s} \cdot K$$

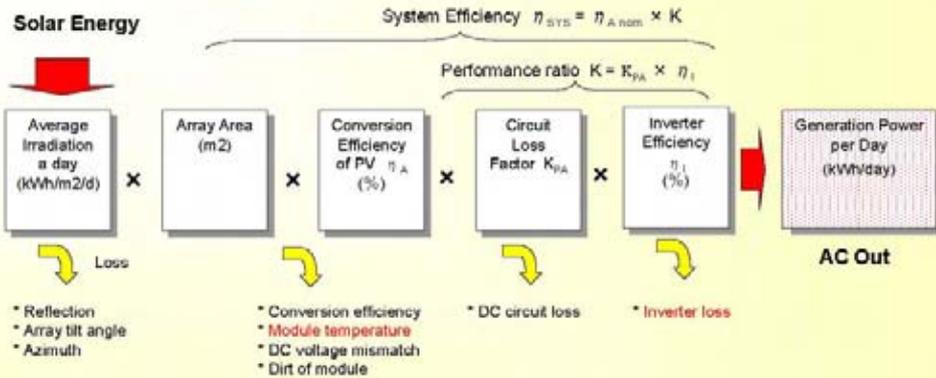
$$G_s = 1 \text{ kW/m}^2$$

$$K = 0.7 \sim 0.8$$

Estimation of available power



Power Generation of Grid Connected PV System



< Power Estimation >

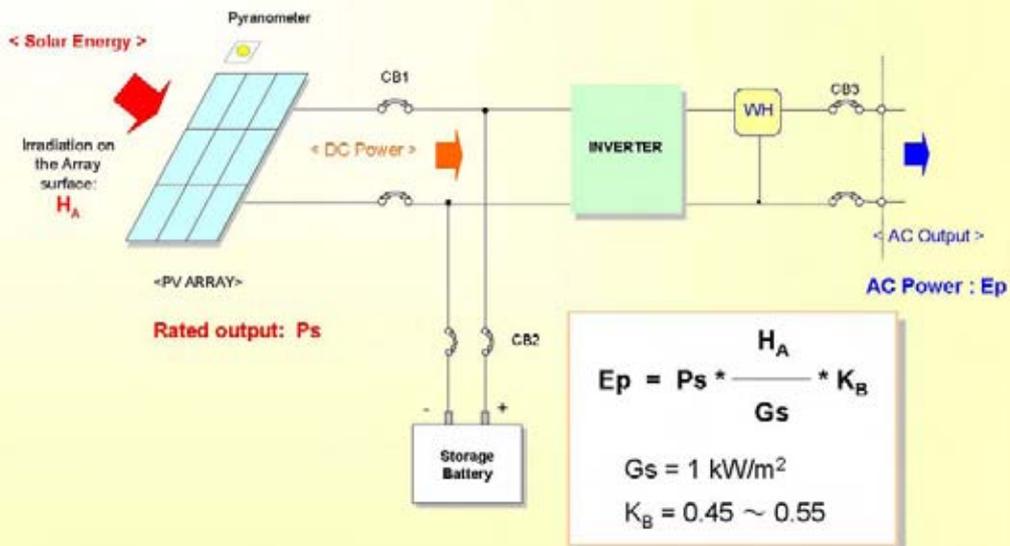
$$E_p = P_s \cdot \frac{H_A}{G_s} \cdot K$$

K: Performance ratio (0.7 – 0.8)
 E_p : Generated AC power a day (kWh/day)
 P_s : Rated output power of PV array (kW)
 H_A : Irradiation on the array surface (kWh/day)
 G_s : Irradiance at standard condition 1 (kWh/m²)

Estimation of available power



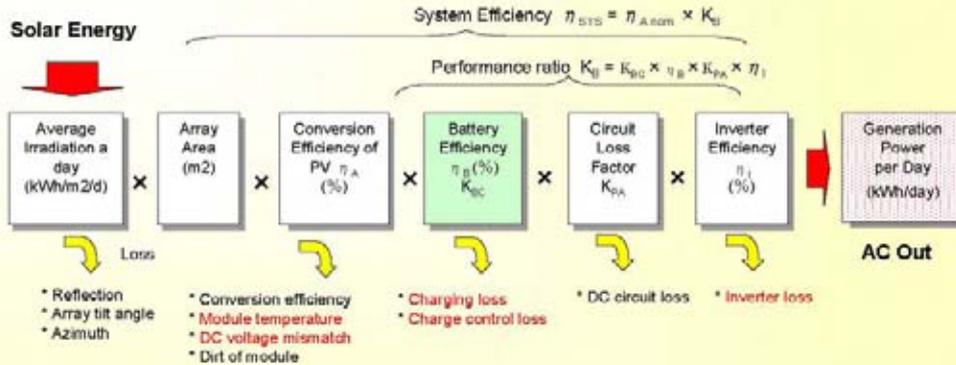
Centralized PV System



Estimation of available power



Power Generation of Centralized PV System



< Power Estimation >

$$E_p = P_s \cdot \frac{H_A}{G_s} \cdot K_{eff}$$

K_{eff} : Performance ratio (for PV system with battery)
(0.45 - 0.55)

E_p : Generated AC power a day (kWh/day)

P_s : Rated output power of PV array (kW)

H_A : Irradiance on the array surface (kWh/day)

G_s : Irradiance at standard condition 1 (kWh/m²)

Estimation of available power



Estimated Power Generation a day in Male'

PV System: 1,000 kW

< Grid connected system >

Month	E_p	H_A	K
Jan	4.01	5.73	0.70
Feb	4.56	6.52	0.70
Mar	4.80	6.86	0.70
Apr	4.45	6.36	0.70
May	3.87	5.53	0.70
Jun	3.60	5.14	0.70
Jul	3.86	5.52	0.70
Aug	3.72	5.31	0.70
Sep	4.17	5.96	0.70
Oct	4.35	6.22	0.70
Nov	3.94	5.63	0.70
Dec	3.78	5.4	0.70
Average	4.09	5.85	
Max	4.80	6.86	
Min	3.60	5.14	

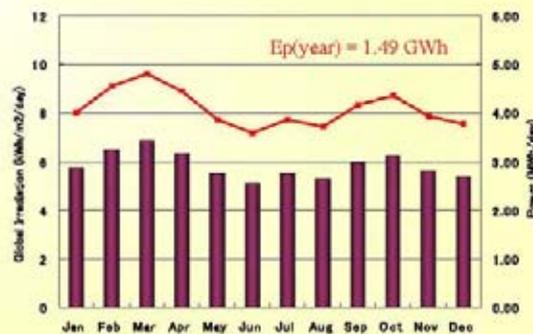
★ Irradiation data: Male

Available power can calculate with following equation

$$E_p = P_s \cdot H_A / G_s \cdot K$$

$G_s = 1, K = 0.7 (0.7 \sim 0.8)$

H_A : irradiation on the array surface

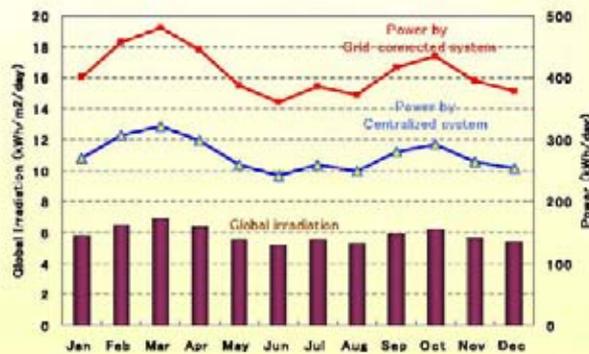


★ Power generation changes seasonally!



Available Power of Grid Connected System & Centralized System

- 1) System capacity: 100 kW
 2) Irradiation: Data in Male'
 3) Performance ratio:
 $K = 0.70$ (grid-connected PV system)
 $K_B = 0.47$ (centralized PV system)



Month	Ep Grid	Ep Cent.	H _A
Jan	401	269	5.73
Feb	456	306	6.52
Mar	480	322	6.86
Apr	445	299	6.36
May	387	260	5.53
Jun	360	242	5.14
Jul	386	259	5.52
Aug	372	250	5.31
Sep	417	280	5.96
Oct	435	292	6.22
Nov	394	265	5.63
Dec	378	254	5.4
Average	409	275	5.85
Max	480	322	6.86
Min	360	242	5.14

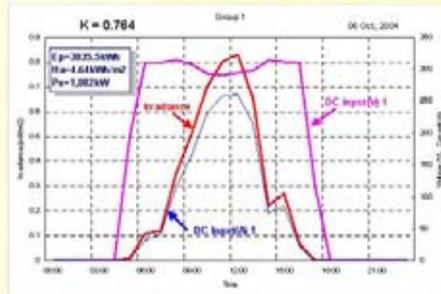


Data Sample of Grid Connected PV System in Cagayan de Oro

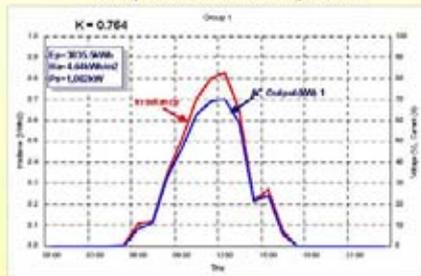
Performance of Grid Connected PV System

Date	K	P _s	H _A	Ep
2004/10/2	0.756	1,082	3.81	3,117
2004/10/3	0.777	1,082	3.91	3,287
2004/10/4	0.778	1,082	3.60	3,029
2004/10/5	0.797	1,082	3.23	2,786
2004/10/6	0.764	1,082	4.64	3,835
2004/10/7	0.771	1,082	5.16	4,303
Average	0.774	1,082	4.06	3,393

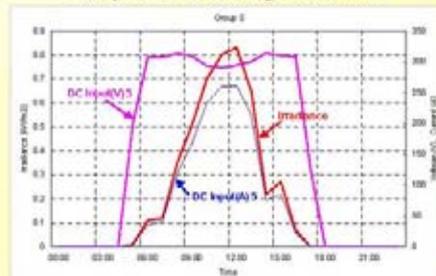
<Group 1> Irradiance, DC Voltage and DC Current



<Group 1> Irradiance and AC Output Power



<Group 5> Irradiance, DC Voltage and DC Current



★ Actual operation data collected with data logger at Cagayan de Oro PV Site in Philippines

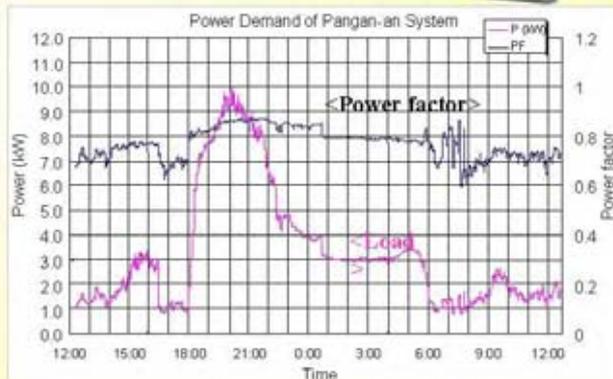


Operation Data in Pangan an Solar Power Plant

Feb 22 - Feb 23 2005

Pangan-an PV Power Plant Operation Data
< 2/22-2/23 >

TIME	V (V)	I (A)	P (W)	Q (Var)	PF (PU)	F (Hz)
1800	237.9	10	1880	1470	0.784	60.02
1801	238	10.1	1890	1490	0.785	60.03
1802	237.9	11.1	2080	1610	0.793	60.03
1803	237.8	12.4	2380	1730	0.809	60.03
1804	237.8	12.5	2400	1760	0.805	60.02
1805	237.8	14.1	2720	1950	0.812	60.02
1806	237.7	15.7	3050	2140	0.819	60.03
1807	237.6	16.8	3230	2290	0.805	60.03
1808	237.6	17.5	3300	2530	0.794	60.03
1809	237.5	18.4	3460	2630	0.799	60.03
1810	237.5	20.6	3910	2940	0.799	60.02
1811	237.3	21.8	4140	3040	0.805	60.02
1812	237.3	21.8	4080	3100	0.796	60.03
1813	237.2	23.5	4410	3390	0.793	60.03
1814	237	25.8	4870	3690	0.797	60.03
1815	236.8	27.4	5160	3920	0.796	60.02
1816	236.8	28.6	5400	4070	0.796	60.03
1817	236.7	29.7	5610	4220	0.799	60.03
1818	236.7	30.6	5580	4320	0.805	60.03
1819	236.7	30.4	5550	4270	0.805	60.02
1820	236.6	30.9	5300	4300	0.805	60.03
1821	236.5	33.1	4960	4570	0.812	60.03
1822	236.5	33.4	4830	4590	0.813	60.02
1823	236.5	33.5	4640	4500	0.813	60.02
1824	236.5	33.3	4520	4630	0.816	60.03
1825	236.4	34.3	4800	4700	0.815	60.03
1826	236.4	34.7	4740	4650	0.821	60.03
1827	236.4	34.4	4680	4550	0.818	60.02
1828	236.4	35.7	4930	4600	0.822	60.03
1829	236.3	35.9	5010	4600	0.825	60.02
1830	236.3	36.3	5080	4630	0.827	60.03



Power consumption a day: **79.2 kWh/day**

★ Measured with "Clamp power meter Type CW 128"
This clamp meter collects AC side data, voltage,
current, power, power factor and frequency.



3. Installation of PV System

Condition of Installation Site

- Place where gets a lot of sunshine through a year (Less shadow)
- Place which has enough strength against a mass of PV array.
- Existing power grid interlinked with PV system.

Area & Mass of PV Array

PV Module Size & Mass (200W module): 1.5m × 1m, 18.5 kg

PV Array Size & Mass per 10kW: **75 m²**, 925 kg + Array Support

* Maintenance space is required

Components

- PV Modules, Array Support, Junction Box
- Power Conditioner
- Interface & Protection Devices
- Data Acquisition System
- Transformer for Interlink



Installation of Grid Connected PV System



PV Array 10kW



Amorphous PV

PV Array

Power Conditioner
10kW

For Large System



Power Conditioner
5 kW

For Individual Household



Various Types of PV Installation



Roof of Carport



Gable Roof



Corrugated Metal Roof



Flat Roof



Various Types of PV Installation



Corrugated Metal Roof



Canopy of Gas-station



Roof-top of a School



Little Space for PV Installation in Male' Island



Potential Site for Grid-connected PV Systems in Male'



Potential Site for Grid-connected PV Systems in Male'



Potential Site for Grid-connected PV Systems in Hulhumale'



Potential Site for Grid-connected PV Systems in Hulhumale'







Japanese experience on PV development & dissemination

August 2008

Noboru Yumoto

Energy & Environment Institute Inc.

Contents

1. Japanese challenges to improve energy security after the oil crisis
2. PV technology development & dissemination policy in Japan
3. Demand side management (DSM)
4. Carbon finance:
Clean Development Mechanism (CDM)

Japanese challenges to improve energy security after the oil crisis in 1973

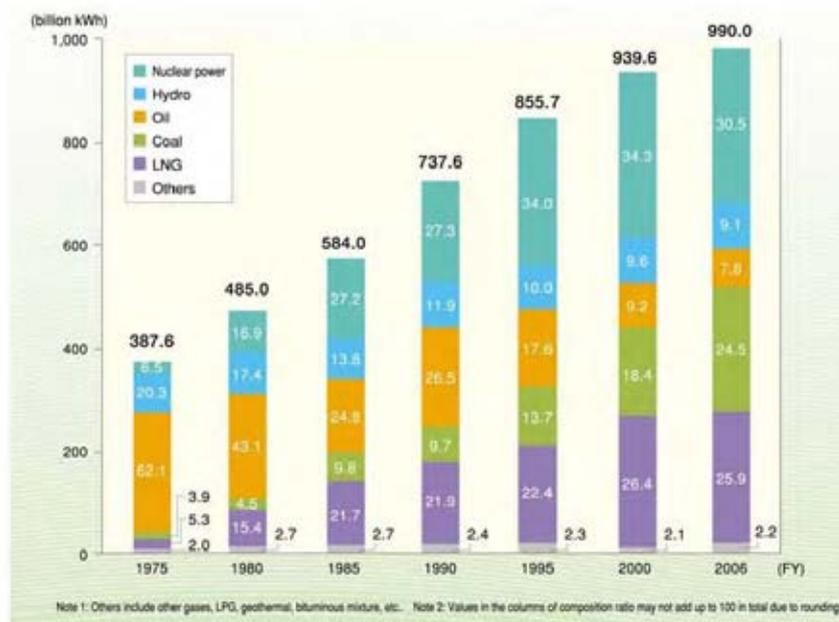
● Supply side

- R&D to develop alternative energies technologies including PV
- Financial assistance and incentive schemes to develop alternative energies
- Establishment of legal & institutional frameworks to promote alternative energy development such as enactment of the New Energy Promotion Law and establishment of the New Energy Develop Organization (NEDO) etc.

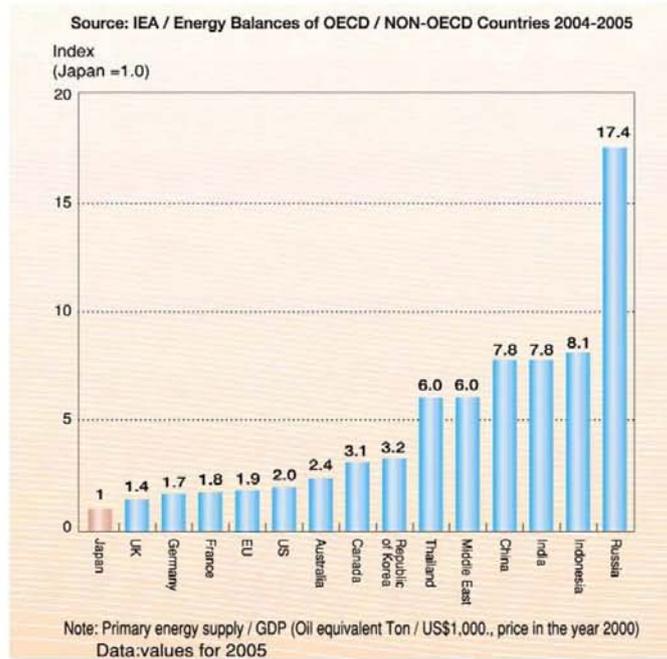
● Demand side

- R&D to develop energy efficiency technologies
- Financial assistance and incentive schemes to utilize energy efficient technologies and appliances
- Establishment of legal & institutional frameworks to improve energy efficiency such as the Energy Conservation Law etc.

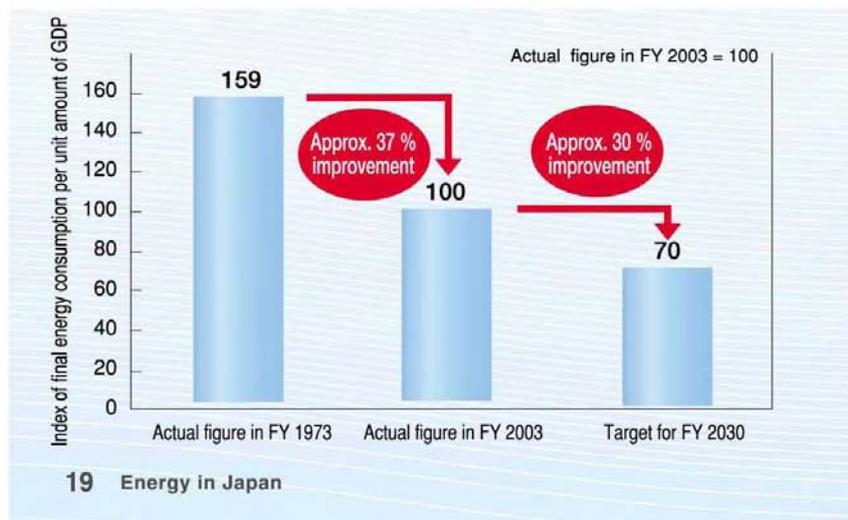
Our achievement in last 30 years - Power generation portfolio -



Our achievement - energy efficiency -



New energy efficiency goal in 2030



PV technology development & dissemination policy in Japan

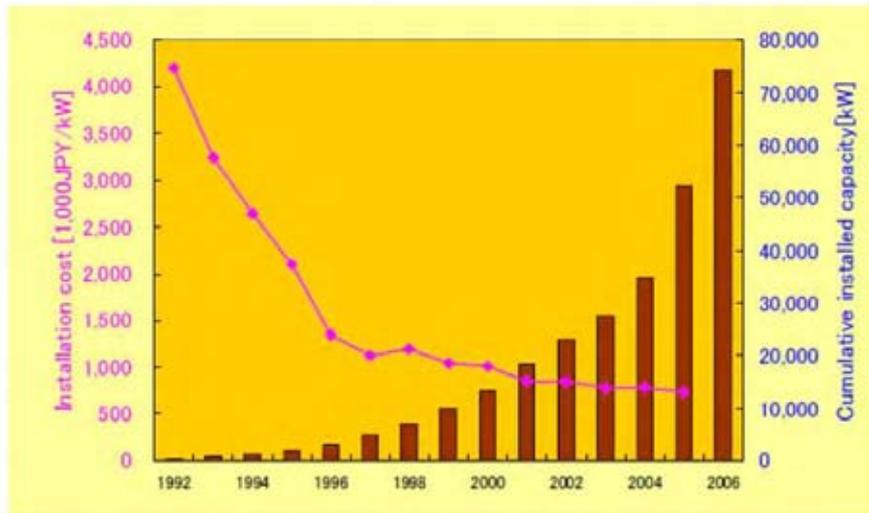
1. PV technology development:
Japanese government started a long term R&D programme on PV, just after the first oil crisis in 1973. (Sunshine Project & New Sunshine Project)
2. Establishment of the Technical Guideline of Grid connections of Distributed Power Systems (1993)
3. Government Subsidiary to roof top PV of households (1994~2005)

Utility companies introduced net metering scheme. (Utility companies buy excess electricity at the same price of selling electricity)

Picture of roof top PV in Japan

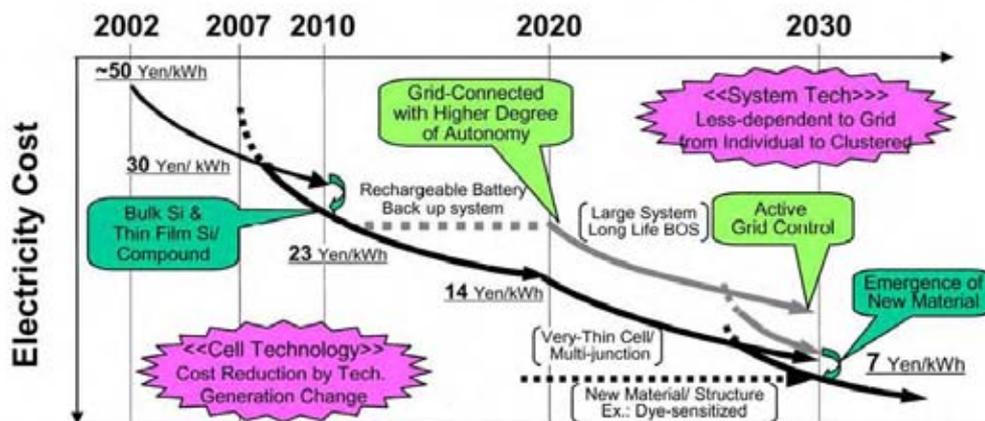


Cumulative installed capacity and Installation cost reduction in Japan



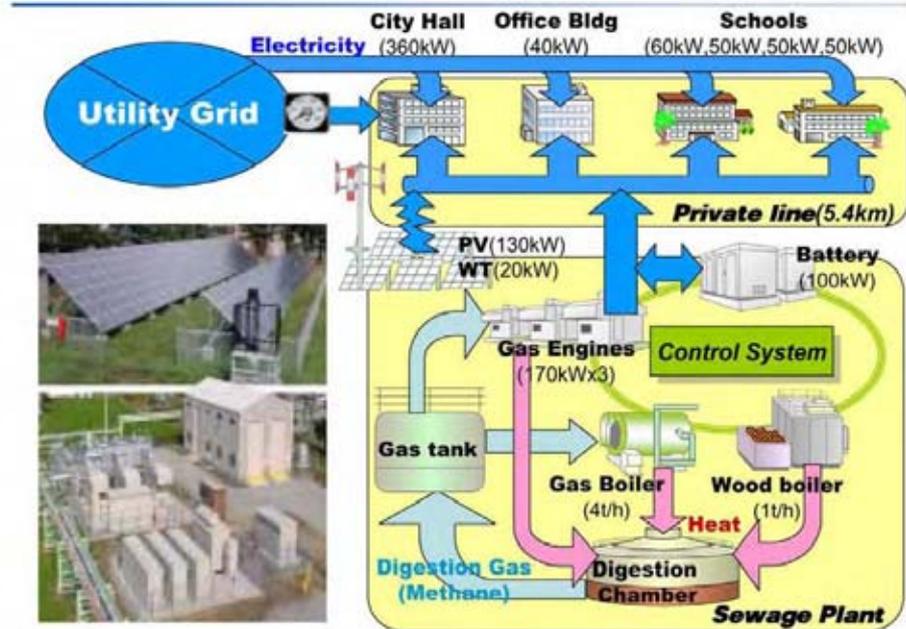
Koji Matsbara, NEDO, Status PV R&D in Japan

PV cost reduction scenario — PV Roadmap Toward 2030 —



NEDO: Overview of "PV Roadmap Toward 2030"

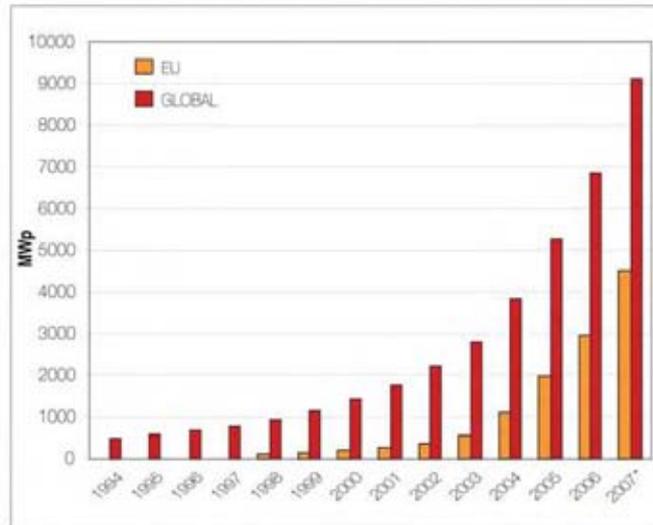
Future image of power system - micro grid -



New trend of PV dissemination policy

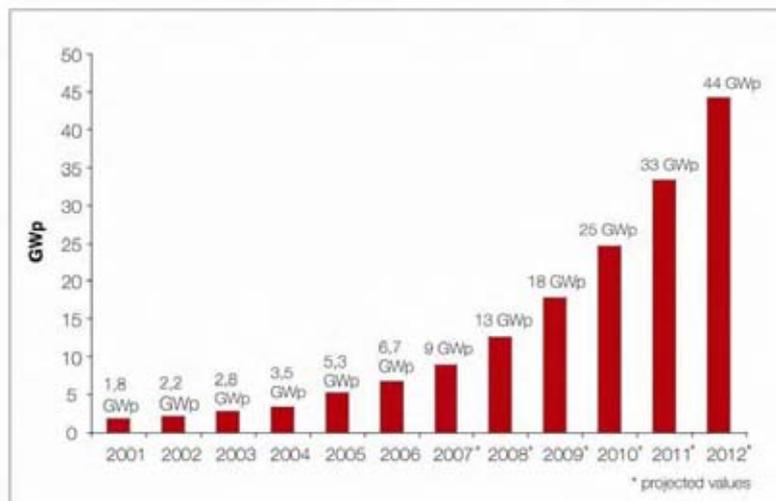
- Feed in Tariff: Government guarantees higher purchasing price for PV power plants than commercial power transaction price.
- Private companies can invest PV power plant development projects, because the return from their investment are guaranteed by government.

Historical development of cumulative installed capacity



EPIA; Global Market Outlook for PV until 2012

Global cumulative PV capacity (Policy Driven Scenario)



EPIA; Global Market Outlook for PV until 2012

Pictures of large scale PV systems



IEA: PVPS Annual Report 2007

New trend: Building Integrated PV



Roof of a gymnasium
(inside the red line is 10 kW PV modules)



Roof of a station
(140 kW see-through type PV modules)



Roof of a parking (30 kW)

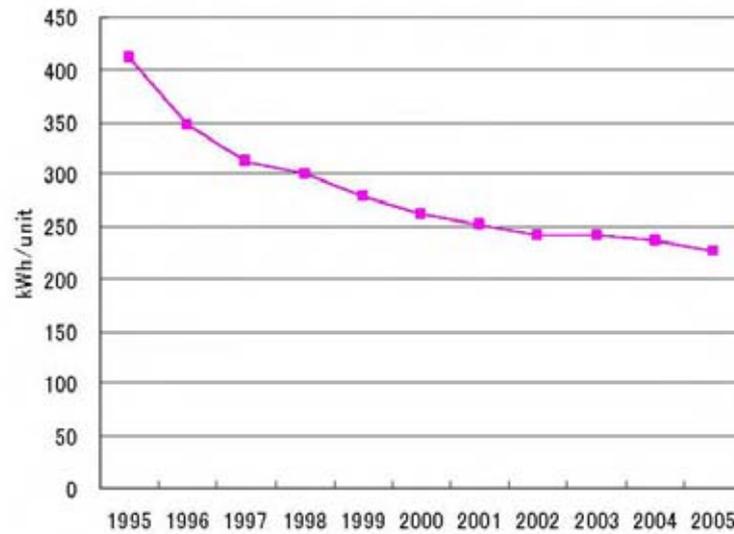
Demand side management (DSM)

- PV can replace diesel fuel. (Energy supply)
- Electricity output of PV is depended on solar radiation (weather). Therefore the PV can not replace the capacity of diesel generators. (Peak demand)
- To maximize benefit of PV additions to diesel generators, DSM is necessary to reduce peak demand and to improve overall energy efficiency.

Typical approach to develop DSM measures

- Step 1 : Analyze electricity demand and daily load profile to identify potential demands to be able to reduce electricity demand in kW and kWh.
- Step 2 : Develop most effective measures for identified electricity demand such as lighting and AC etc., taking into account of both benefits of DSM for the Government and STELCO and incentives for customers.
- Step 3 : Implement DSM measures with awareness raising campaign. Awareness raising is an important part of DSM.

Examples of potential demand reductions:
- Improvement of AC energy efficiency in Japan -



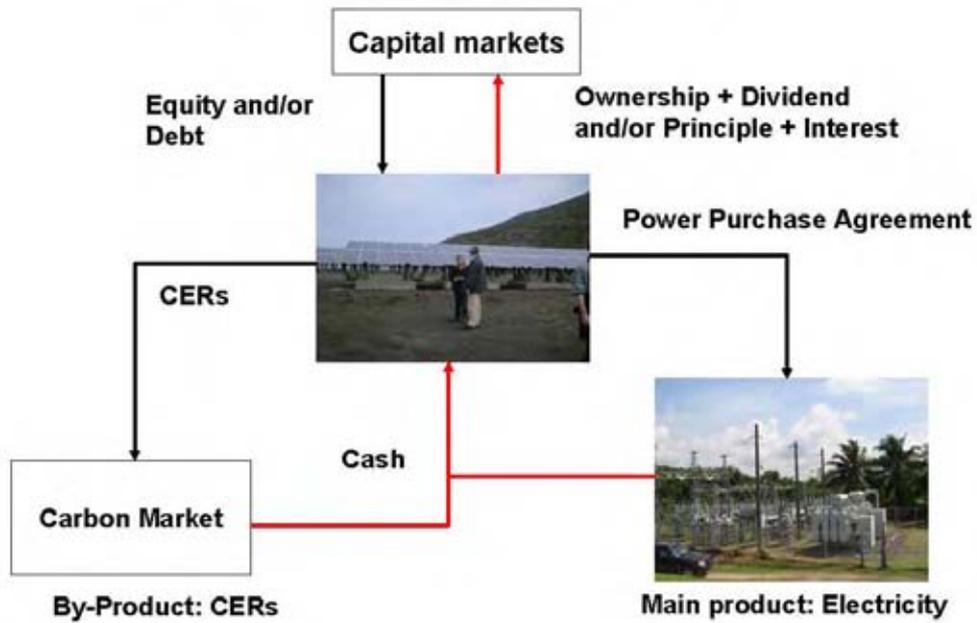
Rated capacity : 2.8 kW AC, Electricity consumption for cooling in Japan

Solar water heater in Male
- Solar water heater can replace electric heater -

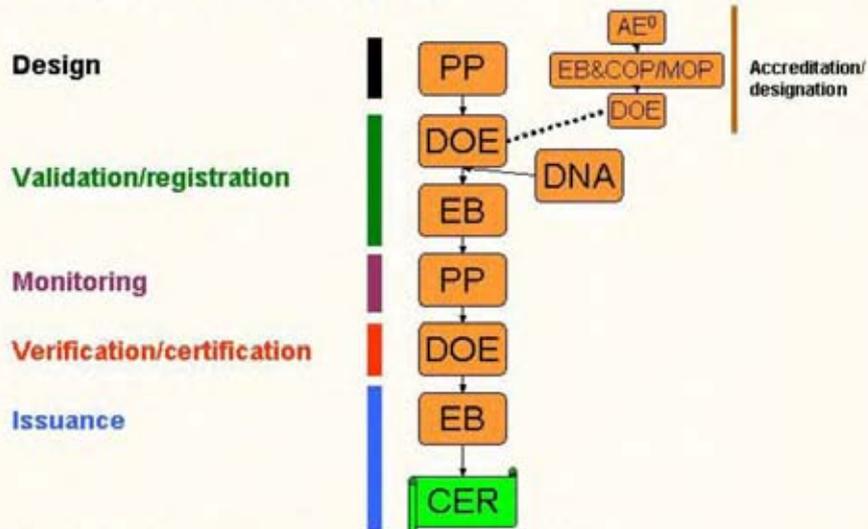


Solar water heater

Mechanism of CDM financing



CDM project activity cycle



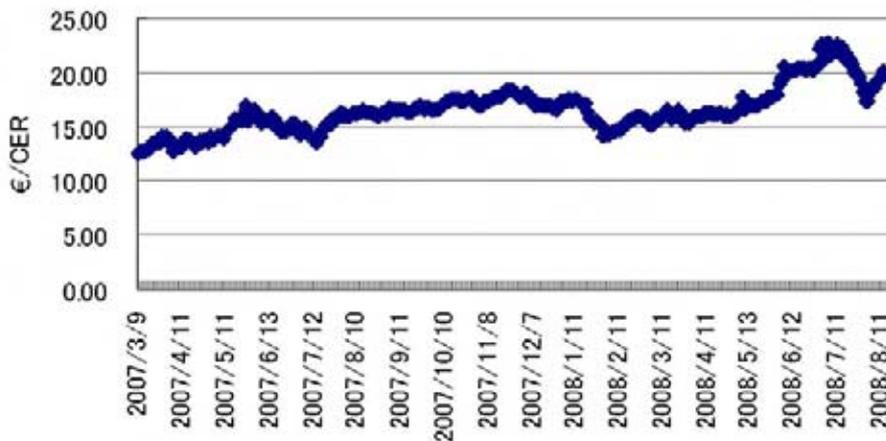
PP: Project participant, DOE: Designated operational entity,

EB: CDM Executive Board, DNA: Designated National Authority



UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE

Trend of secondary CER price (€/CER)



Premium Carbon Credit - Example: Gold Standard -

- The Gold Standard (GS) is a Swiss-based non-profit foundation.
- GS are supported by a group of 51 NGOs/charitable organizations.
- GS provide a best practice methodology.
- GS provide a **high quality carbon credit** label.
- GS are **committed to sustainable development**.



Price of the GS CER is at least € 2~3/CER higher than CERs from non-GS CDM projects. PV in small island countries is the preferred technology for premium credits.

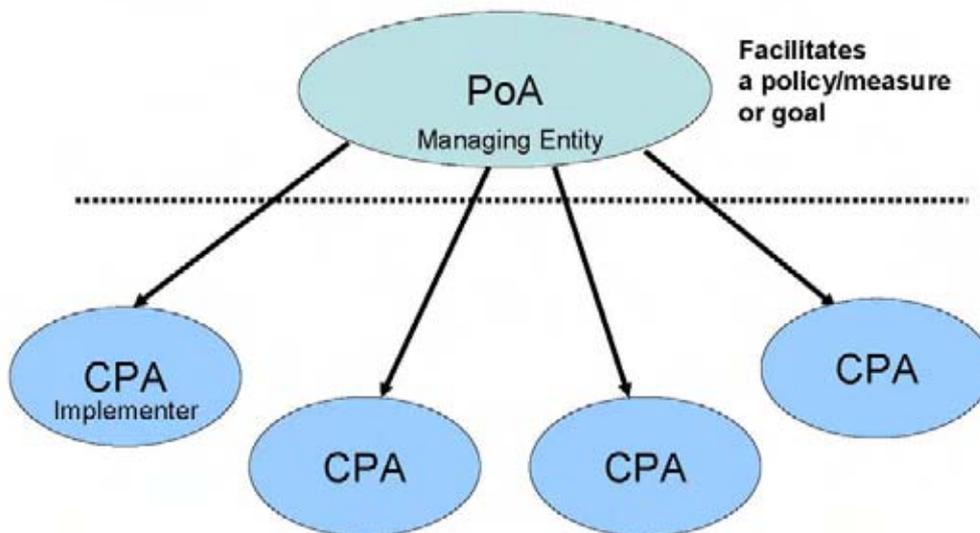
Example of impact of CDM

- 1 MW PV Power Plant can generate 1,600 MWh/year in Maldives.
- CO₂ emission factor of diesel generator is 0.8 kg-CO_{2e}/kWh (default emission factor for small scale CDM)
- 1 MW PV power plant can reduce 1,300 tons CO₂/year = 1,300 CER
- 1 MW PV power plant can generate roughly €30,000 (Additional revenue to electricity sales)
(Assumption: Secondary GS CER price: €22)
- Net annual CER revenue needs to consider transaction cost such as verification/certification fee etc.
- CER sales may contribute to increase total revenue of 1 MW PV power plant about 8 %.
(Assumption: STELCO electricity price: 3.5 Rf/kWh)

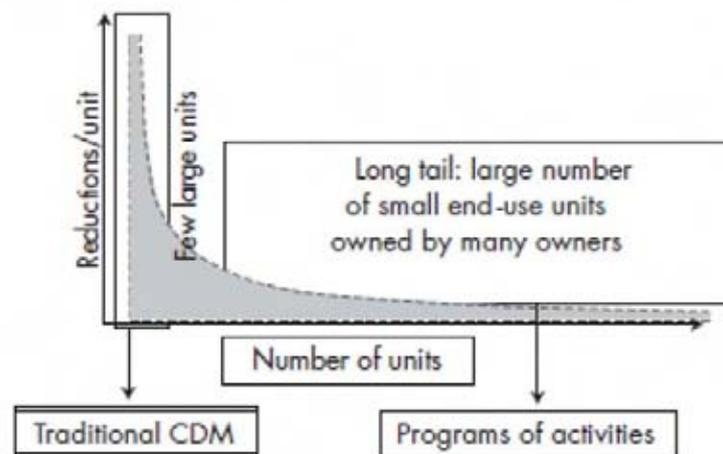
Programme CDM

- May 2007: CDM EB adopted the guidance of programme CDM
- Advantage of programme CDM:
 - To be able to aggregate small projects with different crediting periods
 - Duration of programme CDM is up to 28 years
 - Transaction cost is low

Concept of Programme CDM 1



Concept of Programme CDM 2



5. 収集資料リスト

No.	資料の名称	資料の形態	発行機関 入手機関
1	Maldives National Building Code Handbook, MCPI, August, 2008	冊子	MCPI
2	MEEW 組織図	ソフトコピー	MEEW
3	MEEW エネルギーセクション組織図	ソフトコピー	MEEW
4	MEA 組織図	ソフトコピー	MEA
5	MEA 組織別業務内容図	ソフトコピー	MEA
6	MEA 関係者図	ソフトコピー	MEA
7	フルマレ島土地利用計画図	ソフトコピー	HDC
8	フルマレ島開発状況の推移 (上空からの写真映像)	ソフトコピー	HDC
9	STELCO部門別電力需要の推移 (マレ島及びフルマレ島)	ソフトコピー	STELCO
10	STELCO 発電機一覧 (マレ島及びフルマレ島)	ソフトコピー	STELCO
11	フルマレ島配電系統図	ソフトコピー	STELCO
12	フルマレ島配電システム図	ソフトコピー	STELCO

6. 訪問議事録

日時 : 2008年8月22日

訪問先 : 在スリランカ日本大使館

参加者 : 林二等書記官、飯田所員

訪問者 : 林団長、湯元団員、皆元団員、篠田 (記)

概要 : 冒頭、双方から挨拶、及び調査団から調査の概要説明をしたのち、協議を行った。主な協議概要は以下のとおり。

・マレにおける電源として発電船も可能性があるのではないか。(林書記官)

→導入は可能であろうが、ディーゼル燃料代の節約にはならない。(林団長)

・太陽光発電 (PV) の導入が燃料代節約の方策というのは理解できるが、PV をモルディブの主電源とするのは難しいように思うが如何。(林書記官)

→メインの電源にはならない。PV 導入の主目的は燃料代を節約することである。また PV を導入することでサプライサイドマネジメントとなる。あわせて省エネなどのデマンドサイドマネジメントを考えるよい機会となると思料。モルディブが国の方策としてエネルギーセキュリティの観点から電力政策を検討することが重要である。(林団長)

・フルマレ島は現在開発中であり、現段階で例えば無償資金協力で PV 設置を想定するのは難しいものと思料。(林書記官)

→PV は分割可能な技術であり、資金目処や設置場所が確定したもののから段階的に設置が可能である。フルマレ島については、現在すでに建設されている建物の屋根に PV を導入することを想定し、フィージビリティ・スタディ (F/S) 調査を行う。(林団長)

→現段階においては、今後フルマレ島に PV 設置が促進するように、フルマレ開発公社 (HDC) の開発計画に PV を設置するよう働きかけることが重要であると思料。(篠田)

・省エネ啓蒙活動とは具体的に如何。(林書記官)

→本格調査内で、エネルギーセキュリティ上、省エネが必要であることを関係省庁にセミナーを行い、理解を促進させることを想定している。同時に、モルディブの一般国民向けにセミナーを実施し、PV 及び省エネの啓蒙を促進させることを考えている。(林団長)

→PV による売電が省エネのインセンティブになるかとは思いますが、電気料金を値上げすることが省エネ促進に最も効果的であると思われる。(林書記官)

→政治的に電気料金を値上げすることは難しい。一方でメンテナンス等費用まで回収できない電気料金設定であり、昨今の原油高もありモルディブ電力公社 (STELCO) の財政状況は悪化している。この状況において、PV 設置の意義やその技術を STELCO は十分理解し、またエネルギーセキュリティ上、再生可能エネルギーの促進、すなわち PV の導入を国家の方針として策定し推進することが必要である。(林団長)

・事業化の資金については優先度等を勘案し、引き続き検討する必要があるものと思われる。事業規模はどのくらいになることが想定されるか。(林書記官)

- 現在 PV パネル価格が高騰していることや具体的にどのくらいの容量を設置できるかによるので、金額を想定することは難しい。本格調査内で詳細に検討することを考えている。(篠田)
- パネルについていえば、参考として NEDO 価格で 76 万円/Kw 程度で、日本では 32.6 円/Kwh である。一方でマレの日射量は日本の 1.6 倍であることから、より廉価な発電コストとなる。また購入するパネルのユニット数などに応じて価格が下がるものと思われる。(湯本団員)
- 無償資金協力の要請の取り付け時期としては、調査終了が来年度であることから、再来年度に取り付けることを考えるが、その場合、実施が 2011 年となる。2011 年モルディブが無償卒業国であることから、来年度から要請を取り付けることを検討したい。(飯田所員)
- ・モルディブでの調査終了後に再度大使館に調査内容について報告願いたい。9 月 2 日、多賀参事官が対応する。(林書記官)
- 了解した。(篠田)

以上

日時 : 2008 年 8 月 22 日

訪問先 : JICA スリランカ事務所

参加者 : 鈴木所長、西野次長、飯田所員

訪問者 : 林団長、湯本団員、皆元団員、篠田 (記)

概要 : 冒頭、双方から挨拶、及び調査団から調査の概要説明をしたのち、協議を行った。主な協議概要は以下のとおり。

- ・本格調査の団員人数は如何。(鈴木所長)
→5~6名程度になるものと思われる。団長/総括、配電、PV 発電、建築、財務分析、クリーン開発メカニズム (CDM) /省エネ団員が想定される。(篠田)
- ・財務分析上、PV 導入はフィージブルといえるのか。(西野次長)
→本格調査内で詳細に検討し、判断することになる。一方で、国家開発計画のなかで再生可能エネルギーを 10%活用するとの方針が出されており、また、エネルギーセキュリティ上、政治的に PV 導入を検討すべきである。確かに PV 導入は費用がかかるが、どのような条件であればフィージブルかを本格調査内で検討したい。(林団長)
- ・参考情報として 10 月 10 日までに大統領選挙がある予定である。モルディブはガユーム大統領が長期政権を樹立しているが、今回は初めて野党が対立候補を出すことを認めている。野党にとり、ODA を含む海外からの援助は現政権を擁護する手段として批判的にとらえている可能性があり、政権が変わる場合、影響を及ぼす可能性があるのご留意願いたい。(鈴木所長)
- ・マレ島、フルマレ島の系統をつなげることはできないか。(鈴木所長)
→マレ首都圏の系統をつなげる構想はあるが、実現は難しいものと思われる。よって PV の導入もマレ島、フルマレ島別個に検討する必要がある。(篠田)
- ・本案件の事業化について環境プログラム無償のスキームは適応可能か。(鈴木所長)
→可能であると思われる。また無償資金協力の見返り資金がモルディブは約 6 億円積み立てがあると聞いている。もし見返り資金の一部を活用可能であればパイロット・プロジェクトを実施することが可能であり、系統連系 PV システムの導入には非常によい機会となるであろう。(篠田)
→今次 JBIC と統合になることもあり、事業化については JICA 内で検討することが必要である。(鈴木所長)
- ・案件名の変更について、実施機関での名称変更ではなく、国際約束上の名前を変更した方が混乱をきたさないものと思われる。大使館を通じて手続きを行うことは可能であると思われる。(西野次長)
→当方で案件名の変更について何例か手続きの実績があるため、手続きを確認したい。(篠田)

以上

日時 : 2008年8月24日

訪問先 : 外務省外部資源局 (DER)

参加者 : Dr. Hussain Niyaz, Ms. Aishath Azeema

訪問者 : 林団長、湯本団員、皆元団員、篠田 (記)、野々部モルディブ駐在員事務所長

概要 : 冒頭、双方から挨拶、及び調査団から M/M 及び S/W 案を説明をしたのち、協議を行った。
主な協議概要は以下のとおり。

- ・本件事業化の資金目処については如何。(林団長)
→具体的な検討は調査結果が出そろってから検討したいが、無償資金協力については海岸保全プロジェクトが第一優先プロジェクトである。PV はセカンドプライオリティである。なお、資金スキームとしてはクールアーススキームも検討したい。また、他ドナーとして国連開発計画 (UNDP) や風力の導入を図っている STO が考え得る。(Dr. Hussain Niyaz)
- ・資金スキームとしては無償資金協力の見返り資金も考え得ると思われるため検討いただきたい。
(篠田)
→検討したい。(Dr. Hussain Niyaz)
- ・社会的指標 (Social Indicator) を図る上で重要な基礎教育分野に対して、日本の無償資金協力がこれまで協力してきていることに感謝したい。(Dr. Hussain Niyaz)
- ・環境・エネルギー・水省 (MEEW) 及び STELCO から本開発調査に係る C/P 研修実施の要望が出された。C/P 研修実施のためには別途要請が必要となるため、早期に外務省外部資源局 (DER) から要請を出せるよう準備いただきたい。(篠田)
→了解した。(Dr. Hussain Niyaz)
- ・本開発調査の案件名を変更することですでに合意しているが、今後、国際約束上の名称変更手続きが必要となる。在スリランカ日本大使館から手続きがなされるものと思われるが、DER にも必要な手続きをお願いしたい。(篠田)
→了解した。(Dr. Hussain Niyaz)

以上

日時 : 2008 年 8 月 24 日

訪問先 : 環境・エネルギー・水省 (MEEW)

参加者 : Mr. Razaak Idris, Mr. Ahamed Ali, Mr Wahid, Mr. Ghaam

訪問者 : 林団長、湯本団員、皆元団員、篠田 (記)、野々部モルディブ駐在員事務所長

概要 : 冒頭、双方から挨拶、及び調査団から調査の概要説明をしたのち、協議を行った。主な協議概要は以下のとおり。

- ・調査対象に、民間企業や個人が PV を設置した場合に必要な法律・規制の検討を含めてほしい。(Mr. Razaak Idris)
- 住民は PV システム設置に興味をもつであろうか。(林団長)
- 興味をもつであろう。住民にとり、電気代を節約することは重大な関心事項である。マレの電力量のピークは昼間で、主にクーラーである。(Mr. Razaak Idris)
- 本格調査でセミナーを開催し、住民に対して PV のみならず、省エネについても啓蒙を行うことを考えている。(林団長)

- ・モルディブ人は新しいことをし始めると、皆がほしがらるものである。PV 設置もそうなるであろう。個人宅が導入を始めた際に、STELCO が必要な規制やガイドラインを準備できなかったら間に合わない。そこで、調査で日本経験を共有していただき、基本的な規制やガイドラインの検討をしていただきたい。(Mr. Razaak Idris)
- PV システムの導入にあたって、STELCO 自身が PV システムや運用方法を理解することが重要である。(湯本団員)
- 規制やガイドラインの作成についてスコープに入れるよう検討したい。(林団長)

以上

日時 : 2008年8月24日

訪問先 : モルディブ電力公社 (STELCO)

参加者 : Mr. Mohamed Latheef、Mr. Ibrahim Afhif、Mr. Ahemd Niyaz、Mr. Azzam Ibrahim

訪問者 : 林団長、湯本団員、皆元団員、篠田 (記)、野々部モルディブ駐在員事務所長

概要 : 冒頭、双方から挨拶、及び調査団から調査の概要説明をしたのち、協議を行った。主な協議概要は以下のとおり。

・28日木曜日に開催予定のセミナー会場を手配いただきたい。(林団長)

→了解した。50～60名参加可能なセミナールームを手配する。(Mr. Mohamed Latheef)

・本格調査で STELCO 側から経費を支出する必要がある場合は言っていただきたい。現在、来年度の予算を要求する時期である。(Mr. Ibrahim Afhif)

・本調査の成果は F/S レポートであり、事業化することが重要である。事業化するための資金については如何。(林団長)

→現在、離島の PV 及び風力発電導入のために、財務省に銀行から融資を得られるように要望を出している。逆に資金のアイデアはないであろうか。(Mr. Mohamed Latheef)

→日本のスキームとして考えうるのは円借款と無償資金である。JICA と JBIC は今年 10 月で統合し、JICA が円借款を担うことになるが、モルディブについては津波復興の円借款案件の進捗が遅れているため、新規案件は難しいものと思われる。(林団長)

→ヨーロッパの銀行からの貸付は実績もあるため検討に値するかもしれない。(Mr. Ahemd Niyaz)

・マレにおける PV 設置サイトの検討をお願いしたい。今回の訪問でスタジアムを視察したいがアレンジ可能か。(林団長)

→ポテンシャルサイトのリストアップについて了解した。またスタジアムのアレンジは可能である。(Mr. Mohamed Latheef)

→設置面積に対しての設置容量はどれくらいか。(Mr. Ahemd Niyaz)

→通常 10m²で 1kW 程度である。(湯本団員)

以上

建設・公共インフラ省 (MCPI)

日時：2008年8月25日10:00～11:00

場所：MCPI 会議室

面談者：Mr. Abdulla Naushad, Permanent Secretary

調査団：林団長、篠田団員、皆元団員、湯本（記）、野々部モルディブ駐在員事務所長

面談内容：

- ・ビルディングコードは、最近、正式に発行されたが、あくまでもガイドラインであり強制力はない。現在の法律ではビルディングコードの内容をすべて義務づけることができないため、新たに建築法 (Building Act) を来年 (2009年) 半ばに制定すべく準備中である。(新憲法が8月に施行された。新憲法では憲法で禁止していない行為は原則自由としている。このため、強制的な規制を行うためには、すべての分野で今後1年以内に法律を整備する必要がある。新憲法は環境保全のため、すべての開発行為について環境への影響を調査・評価することを義務づけている。) (Mr. Abdulla Naushad)
- ・今回制定したビルディングコードは、性能基準を示すものであり (performance based code)、性能の達成方法は建築主に任せるしくみにしている。性能の達成方法については適切な手法を列記したガイドラインを作成している。今回のビルディングコードは、ニュージーランド、英国のコードを参考として作成している。(Mr. Abdulla Naushad)
- ・今回のグリッドPVのF/S調査には、調査結果をビルディングコードに反映させるためにMCPIは是非参加したい。MCPIから、PVの専門知識はないが1人のエンジニアを参加させる意向である。最近策定したビルディングコードは、省エネルギーを考慮した内容であるが、本調査においてその内容が十分かどうか評価を行い、good practiceを反映させた内容に修正提案してほしい。(Mr. Abdulla Naushad)
- 本格調査では調査の円滑な実施のために関係機関を含めたコーディネーション・コミッティー (CC) を設置予定である。MCPIからぜひ参加いただきたい。(林団長)
- ・省エネについては現在マレ島のみに適応させているが、今後は他の離島についても適応できるようにしていきたい。なお、人口が多い島については島の拡張を行うことを計画省がすでに決定している。(Mr. Abdulla Naushad)
- ・フルマレ島の開発に対してPV設置や省エネガイドラインの適応をすることは可能であろうか。(林団長)
- フルマレ開発公社 (HDC) も提言しかできないため、現段階においてガイドラインの導入は難しいものと思われる。(Mr. Abdulla Naushad)

以上

日時 : 2008 年 8 月 25 日

訪問先 : 環境・エネルギー・水省 (MEEW)

参加者 : Mr. Razaak Idris, Mr. Ahmed Saleem, Mr. Ahamed Ali, Mr Wahid, Mr. Ghaam

訪問者 : 林団長、湯本団員、皆元団員、篠田 (記)、野々部モルディブ駐在員事務所長

概要 : 冒頭、調査団から本格調査の調査概要 (S/W) 説明をしたのち、協議を行った。またポテンシャルサイトである MEEW の屋上の視察を行った。主な協議概要は以下のとおり。

- ・実施細則 (S/W) 案について、コメント、修正等あればお願いしたい。(林団長)
→成果品としては、是非“Action Plan”という形にしていきたい。また省庁の人材育成が必要であるために“Technical Capacity Building”を含めてほしい。(Mr. Ahmed Saleem)
→了解した。(林団長)

- ・円滑な調査の実施のために、調査開始までに STELCO に PV 設置が可能なポテンシャルサイトを探そう MEEW として指示いただきたい。(林団長)
→了解した。STELCO に指示したい。(Mr. Ahmed Saleem)

以上

日時 : 2008 年 8 月 26 日

訪問先 : フルマレ開発公社 (HDC)

参加者 : Mr. Mahjoob Shujau, Managing Director

訪問者 : 林団長、湯本団員、皆元団員、篠田 (記)、野々部モルディブ駐在員事務所長

概要 : 冒頭、双方から挨拶、及び調査団から調査の概要説明をしたのち、協議を行った。主な協議概要は以下のとおり。

- ・フルマレ島の東部にはサンゴ礁があるので PV を設置することが可能かもしれない。産業地区の建物は大きな屋根があるのでポテンシャルサイトになりうる。また、住宅地区の屋根や島の南側の政府が所有する土地は設置のポテンシャルサイトといえるだろう。なおフルマレ島は建物の高さ制限を行っている。(Mr. Mahjoob Shujau)
- ・PV パネルの費用を誰がまかなうかが問題であると思料。投資家が導入するというのは考えるひとつの方法であろう。(Mr. Mahjoob Shujau)
- ・マレ島の発電容量は足りていないが、マレ首都圏は系統を連系していないので、他の島が電力を供給することはできない。系統連系されていないため、それぞれの島が発電しなければならないのは問題である。(Mr. Mahjoob Shujau)
→マレ島とフルレ島の間は海底が深いため、系統連係には費用がかかるものと思料。(林団長)
→1986 年の JICA が実施した護岸調査によると海底は 40m ほどでそれほど深くはない。(Mr. Mahjoob Shujau)
- ・マレ島の建物は PV パネル設置に耐えうる構造か如何。(林団長)
→耐えうるだろうが、小さなコンクリートビルでは屋根をつくらずに、テラスにする傾向があるため、PV 導入に対して問題となるかもしれない。(Mr. Mahjoob Shujau)
- ・本格調査内で設置するコーディネーションコミッティーに是非参加してほしい。(林団長)
→政府の要請があれば協力に参加したいと考える。(Mr. Mahjoob Shujau)
- ・電気料金に政府の補助金が導入されていることや、ディーゼル燃料に代る代替エネルギーの導入という発想はモルディブ人にはないため、本調査で意識の啓発を行うことは効果的であると思われる。(Mr. Mahjoob Shujau)
- ・参考までに、最近マレで再生可能エネルギー導入のための会社が立ち上がった。家庭レベルでの PV 設置等を行っているとのことである。(Mr. Mahjoob Shujau)
- ・STO は CSR の一環として、北部の離島で小規模の風力発電のパイロット・プロジェクトを実施している。(Mr. Mahjoob Shujau)

以上

日時 : 2008 年 9 月 2 日

訪問先 : JICA スリランカ事務所

参加者 : 鈴木所長、西野次長、飯田所員

訪問者 : 林団長、湯本団員、皆元団員、篠田 (記)

概要 : 冒頭、調査団から調査結果の概要説明をしたのち、協議を行った。主な協議概要は以下のとおり。

- ・ PV の導入について、マレ島・フルマレ島での調査をきっかけにモルディブ全土に民間企業を巻き込んで普及できたらよいものと思われる。(鈴木所長)
- ・ モルディブのリゾートには、先進国から省エネや地球環境に対して意識の高い人が来ているので、時流にのって、モルディブ政府が省エネやエコリゾートを政策として導入していくことがよいものと思われる。(鈴木所長)
- ・ 本件に係る事業化、とくに無償資金協力についてモルディブ政府の政策的優先順位の第 1 位は空港島の海岸保全であり、PV 導入はセカンドプライオリティである。よって本件を第一優先とするべく大使館と検討を考えたい。(飯田所員)

以上

日時 : 2008年9月3日

訪問先 : 日本大使館

参加者 : 多賀参事官

訪問者 : 林団長、湯本団員、皆元団員、篠田(記)、飯田所員

概要 : 冒頭、調査団から調査結果の概要説明をしたのち、協議を行った。主な協議概要は以下のとおり。

- ・ 早期に具体的な PV 導入に結びつけることが重要であるが、マレ島・フルマレ島での設置については、政府の補助金等を導入するべきか。(多賀参事官)
→ リゾート島は事業主の判断で設置すればよいものと思われる。一方で STELCO が設置する PV については、STELCO 自身が資金源を探していく必要がある。なお、DER は無償資金協力を想定しているようであった。ただし、PV 導入はセカンドプライオリティであり、空港の海岸保全が第一優先のようであった。(林団長)
- 国家計画で 10~15%再生可能エネルギーを導入していく方針を掲げている。よって、太陽光の最大導入容量規模は目標の割合程度となる。マレ島・フルマレ島における最初の導入については無償資金協力で支援することが考えられる。(飯田所員)
- ・ 今まで PV 導入経験のないモルディブにとって、PV 導入を STELCO 自身が行うのか、フィードインタリフ制度により民間投資を呼び込んで導入を行うかによって、本件への日本の協力の方法も変わってくる。この点は本格調査の初期の段階において、コンサルタントと先方関係機関がよく協議して方針を決める必要がある。(湯本)
→ STELCO 自身が PV 導入することに対しての方向性を決めていくことが重要である。(林団長)
- ・ 無償資金協力を想定した場合、モルディブの案件は環境プログラム無償になるものと思われる。なお、環境プログラム無償は必ずしもノンプロジェクト型になるとは限らないものと理解している。(多賀参事官)

以上