

ソーラーハウスの太陽電池利用システム

Solar Photovoltaic Systems of Solar House

外村 俊 弥*
Toshiya Tonomura

1 ま え が き

一般生活に使用されているエネルギーは、電気、ガス及び灯油である。そのうち熱エネルギーとして使用されているガス及び灯油は、そのかなりの部分に太陽熱利用システムが活用されている。特に太陽熱利用給湯システムは経済性もよいため急速に普及しつつある。又太陽熱利用暖冷房システムは市場がまだ小さいが次第に拡大するものと期待されている。しかし電気エネルギーによる照明やTV、電気洗濯機などの家庭電気製品への太陽電池利用はまだ研究段階で実用化には至っていない。一般生活用として利用されていないのは高価格のためであるが、技術革新による大巾なコストダウンが期待されるだけに現在の技術水準でこれを評価することには問題がある。

ソーラハウスに太陽電池を併用し、家庭用代替エネルギーの活用分野を拡大するためにその先端技術の一つとして検討することは有意義なことと考える。

我々は昭和38年から太陽電池を量産し、遠隔地や離島及び宇宙衛星用などに実用化し、又昭和54年には太陽電池併用のソーラ実験ハウスを完成しているので、これらの実績を踏まえて、太陽電池システムのソーラハウスへの活用について以下に述べる。

2 太陽電池の概要

太陽電池の材料には、無機半導体、有機半導体、電解質のものなどがあり、そのうち実用化されている材料は無機半導体で、一般に使用されているのはシリコンである。

シリコン太陽電池素子の構造は、P型シリコンの上にN型層を生成し、表面及び裏面に電極を付け、表面を反射防止膜で被覆したもので図-1に示す通りである。

太陽電池はPN接合付近で、太陽光を吸収するとそ

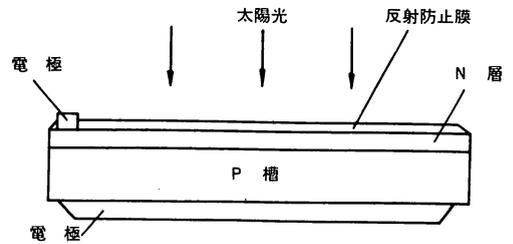


図-1

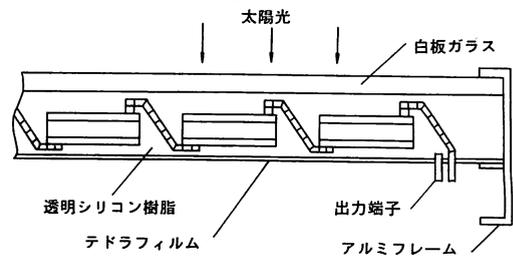
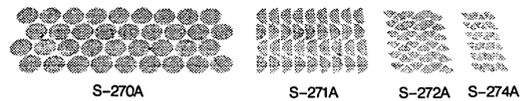


図-2



写1 太陽電池モジュール

それぞれの電子結合がはずれP型はプラスに、N型はマイナスに帯電し、これに負荷を接続すると電流が流れるしくみになっている。

又この太陽電池素子複数個を接続してパッケージに収納したものを太陽電池モジュールと呼んでいる。図-2はその構造を示し、写1はその外観の一例である。

3 シリコン太陽電池の電流電圧特性

太陽電池の等価回路は図-3のように示される。又、その端子電流 I は式(1)に示す。

$$\begin{aligned}
 I &= I_1 - (I_d + I_{rsh}) \\
 &= I_1 - I_0 \left[\exp \left\{ \frac{q}{nKT} (V + IR_s) \right\} - 1 \right] \\
 &\quad - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

*シャープ(株)ソーラー機器事業本部エネルギー変換研究所副所長
〒639-21 奈良県北葛城郡新庄町壺282-1

但し, I_l : 光励起されたキャリアによる光電流

I_0 : ダイオード飽和電流

q : 電子の電荷

n : 定数

K : ボルツマン定数

T : 絶対温度

R_s : 内部直列抵抗

R_{sh} : P層, N層間のリーク電流による抵抗

又, 図-4にその電流電圧特性を示す。なお短絡電流 I_{sc} は入射光エネルギーに比例し, 開放電圧 V_{oc} はその対数に比例する。

直列抵抗 R_s 及び並列抵抗 R_{sh} の影響は図-5, 図-6に示す通りで R_s の特性に及ぼす影響は大きい。さらに太陽電池モジュールによるその出力特性をシャープ太陽電池モジュール S-270A について示すと図-7, 図-8のようになる。

図-8からわかるように, この太陽電池モジュールの最適動作電圧は16.6ボルト, 最適動作電流は2.11アンペア, 最大出力は35ワットである。

4 太陽電池電源システム

太陽電池電源システムは一般に図-9に示すように, 電源と蓄電池及び制御装置で構成されている。電源には前項で述べた太陽電池モジュールの特性にもとづいて,

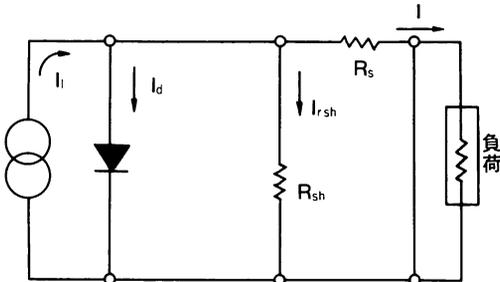


図-3 太陽電池の等価回路

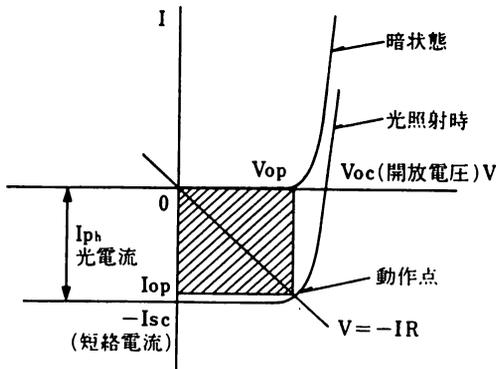


図-4 電流電圧特性

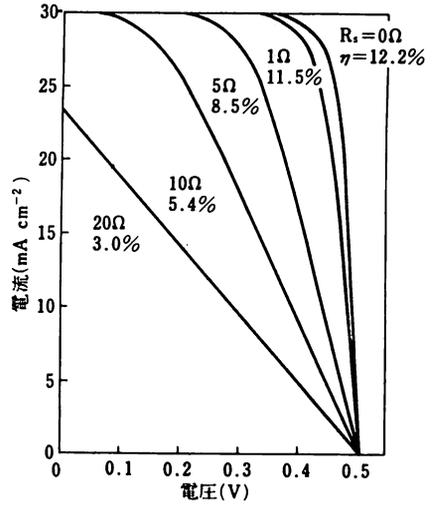


図-5 直列抵抗 R_s と電流—電圧特性および変換効率 η

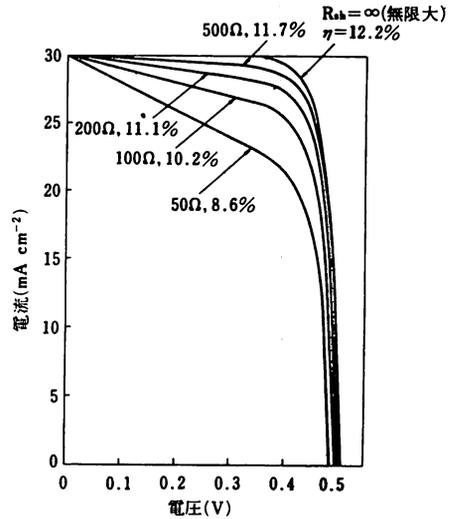


図-6 並列抵抗 R_{sh} と電流—電圧特性および変換効率 η

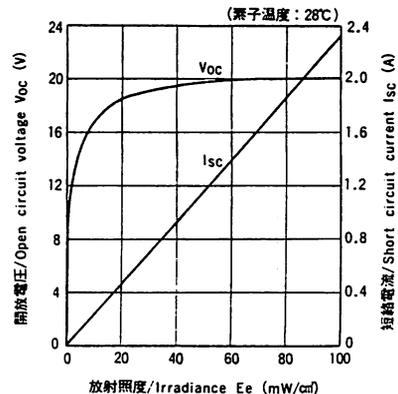


図-7 S-270 A の開放電圧, 短絡電流—放射照度特性

負荷に応じてこれを直並列に接続したものを用いる。これを太陽電池アレイと称している。

太陽電池アレイに必要なモジュールの直列枚数 N_s は、式(2)に示す出力電圧 V より求める。

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \dots\dots\dots(2)$$

- V_1 : 蓄電池の浮動充電電圧
- V_2 : 太陽電池アレイの温度上昇による降下電圧
- V_3 : 逆流防止ダイオードの順方向降下電圧
- V_4 : 結線による降下電圧
- $N_s = V / V_m$

V_m : モジュールの最適動作電圧

各種の蓄電池に対するモジュール直列枚数の例を表1に示す。

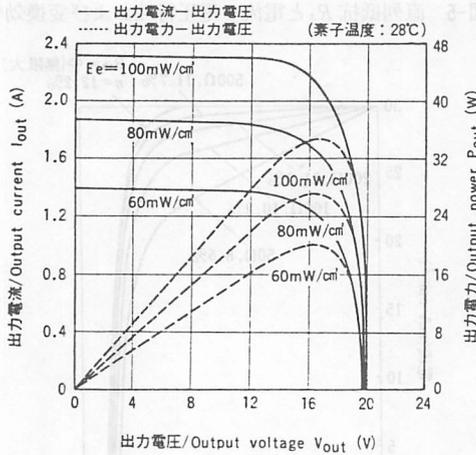


図-8 S-270 A 出力電流，出力電圧—出力電圧

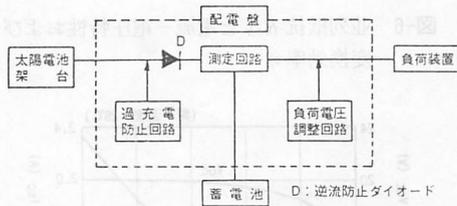


図-9 太陽電池電源装置

表1 蓄電池電圧とモジュール直列数の関係

定格電圧	Ni-Cd アルカリ蓄電池			鉛(CS)蓄電池			鉛低放電型蓄電池		
	セル数	V_1	N_s	セル数	V_1	N_s	セル数	V_1	N_s
12V	10	14.0	1	6	13.5	1	6	14.1	1
24V	20	28.0	2	12	27.0	2	12	28.2	2
48V	40	56.0	4	24	54.0	4	24	56.4	4

V_1 : 蓄電池の浮動充電電圧 N_s : モジュール直列数

次にモジュールの並列接続数 N_p は、式(3)により求める。

$$N_p = \frac{Q_L}{Q_{1N}} \times \eta_c \times F_c \dots\dots\dots(3)$$

- Q_L : 負荷の毎時平均消費電量 (AH)
- Q_{1N} : モジュールの年平均毎時の発電量 (AH)
- η_c : 蓄電池の充放電補正係数
- F_c : アレイ設置角度などの補正係数

太陽電池の年間発電量は日照時間及び日照条件により異なる。その一例として月間日照時間と、月間充電量の関係をシャープ太陽電池モジュール S-270 A について示すと図-10のようになり、 Q_{1N} を求めることができる。

N_s, N_p が求められれば、太陽電アレーを決めることができる。

5 太陽電池利用のソーラハウス

写2に示すソーラハウスは、我が国ではじめて太陽電池による電源と、太陽熱利用装置を併用した実験ソーラハウスである。なおこのソーラハウスは現在まだ各国で研究段階にある回転式潜熱交換器を用いたデシカント式太陽熱利用空調システム (本誌 vol. 1, No

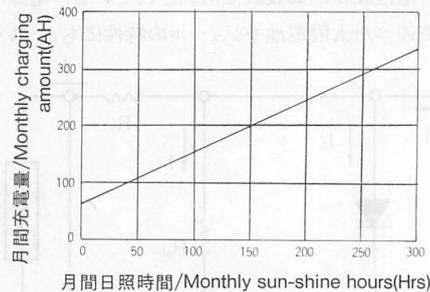
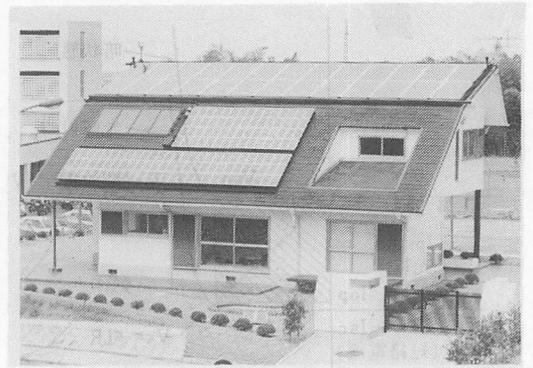


図-10 S-270 A 1モジュール当りの月間充電量



写2 太陽の熱と光を利用するニューソーラハウス

2, pp 80に概要を発表)を設置したもので通産省より研究開発補助金をうけて、昭和54年2月に完成しその実証実験を行っているものである。その仕様は表2に、間取りは図-11に示す。

5.1 実験ソーラハウスにおける太陽電池電源システム

太陽電池電源システムは、システム-1、とシステム-2、の2系列とした。

システム-1は商用電源と共用とし、太陽熱利用機器の循環ポンプには年間を通じて、又太陽熱利用空調システムには夏期及び冬期に、照明、TV、洗濯機には中間期に電力を供給し、将来の一般家庭への適用を目的に実験を行った。

システム-2は太陽電池電源のみによる独立電源と

表2 基本仕様

建築概要

構造	鉄骨系組立構造 2階建
建築面積	129.0㎡
床面積	1階 102.49㎡ 2階 67.15㎡ 延 169.64㎡
居住人員	5人(老人、夫婦、子ども2人)
断熱仕様	

区分	仕様
天井	グラスウール (厚さ100mm)
外壁	グラスウール (厚さ84+50mm)
床	グラスウール (厚さ100mm)
間仕切壁	グラスウール (厚さ50+50mm)
窓	複層ガラス

太陽熱利用システム
 集熱面積 44㎡ (屋根勾配19.3度)
 冷暖房 新方式熱駆動型空調システムによる
 2室冷暖房
 ファンコイルユニット温水床暖房パネルによる
 4室冷暖房
 給湯 5カ所

太陽光発電システム
 受光面積 25㎡ (屋根勾配36.8度)
 最大出力 1.15kW

し、寝室用の白黒TV、照明スタンド、ラジオの極く小容量の負荷に年間を通じて供給し、避地における適用を目的に実験を行った。

このシステム全体の系統図を図-12に、その設備概要を表3に、又太陽電池システムの仕様を表4に、それぞれの系統図を図-13、図-14に示す。又各機器の運転スケジュールは、NHK 国民生活時間調査と硝子繊維

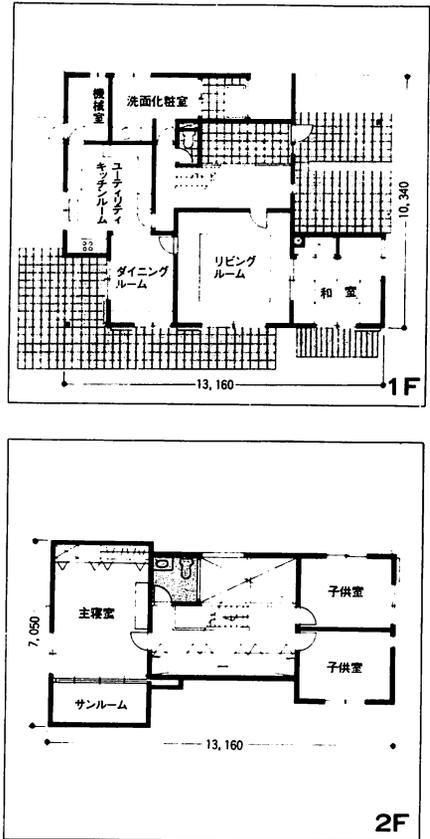


図-11

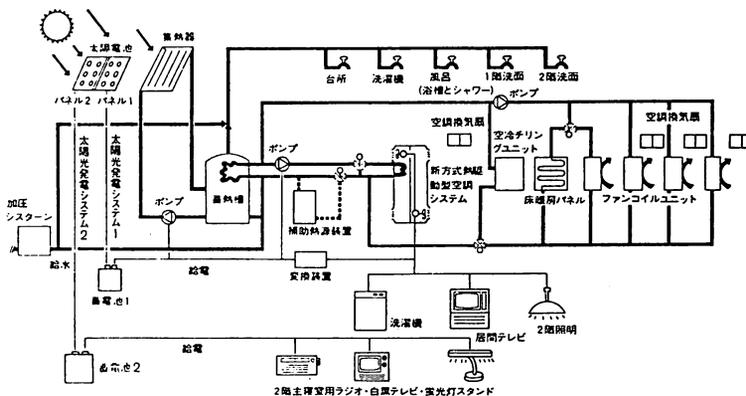


図-12

をうけてハイブリッドコレクターの試作研究を行ったので今後の課題の一つとしてその概要について述べる。

試験用のハイブリッドコレクターは集熱板の上に太陽電池素子を絶縁板を介して取付けた絶縁型と、直接、銀ペーストで取付けた直接型の2種類で図-17、に示す構造である。

コレクターの仕様は、表7に示すもので、その集熱特性は、図-18に、発電特性は、図-19に示す。

7.2 システムの問題点

太陽電池システムは、太陽熱利用システムと同じく、太陽エネルギーが希薄で且つ不安定である欠点を補うシステムとすることが必要である。

したがって、電源を太陽電池のみによる場合は、太陽電池容量及び蓄電池容量が大きくなり、その利用効率もわるく、不経済である。

経済的なシステムとするためには商用電源との併用が必要で、その方法には太陽電池発生電力が不足した時に商用電源に直ちに切替える方式と、太陽電池発生電力を適当な連系装置を経て既存の配電線に接続する並列運転方式がある。そのためには変動する負荷に対して適切なインバーターの選択と、周波数、位相、波形などの整合性の問題を安価なシステムで解決しなければならない。

以上述べたように太陽電池のソーラハウスへの利用には、まだ多くの課題が残されている。これらの問題解決のために各種の研究が進められているが、その研究の中心となるサンシャイン計画の概要を、参考とし

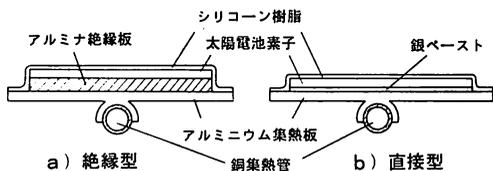


図-17 集熱部断面構造

表7

要素	絶 縁 型	直 接 型
素 子	シリコン単結晶, 7.6 cm 直径 総数 108 枚, 総面積 0.49 m ²	
ア レ イ (素子結線)	36 枚 直列 3 群 並列	6 枚 並列 18 群 直列
集熱板面積	1.107 m ²	1.083 m ²
箱 体 寸 法	1,128 × 1,107 × 95 mm	1,210 × 1,264 × 95 mm
表ガラス	普通強化	3mm厚

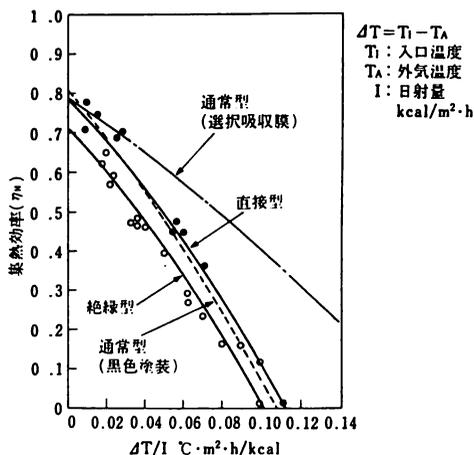


図-18 集熱効率と $\Delta T/I$ の関係

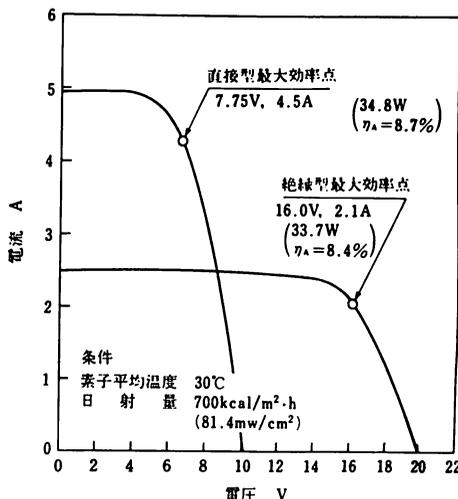


図-19 ハイブリッド・コレクタ(絶縁型, 直接型)太陽電池出力特性測定結果の一例

て以下に示す。

- ① シリコン原料製造技術: 太陽電池用シリコンの低コスト化
- ② セル製造技術: 低コスト大量製造プロセス技術
S 55 ~ S 60 リボン型, 薄膜型, 化合物, アモルファス
- ③ パネル製造技術: 太陽電池素子パッケージの連続
S 55 ~ S 60 自動化プロセス技術
- ④ 発電システム技術: 各種システム, 電力貯蔵方式,
S 55 ~ 及び周辺機器の小型化, 低コスト化
- ⑤ モデル事業: 各種の実証テスト
S 55 ~ 個人住宅用(3 kW), 集合住宅用(60

kW), 学校用 (200 kW), 工場用 (200 kW)

8 むすび

太陽電池電源システムは航路標識, 道路管理, 航空標識, 河川観測, 灌漑, 無線中継所, 宇宙衛星など遠隔地, 離島に利用されてきたが, 太陽電池のコストダウンと, そのソフト技術の進展により, 一般民生用への適用も明るい見通しが得られるものと確信している。

米国のデラウェア大学では太陽熱と太陽光によるハイブリッドソーラハウスの実験が既に1973年に試みられており, 生活用のエネルギーとして, 熱と電力を太陽エネルギーで代替するハイブリッドソーラハウスは将来の理想的なものとして実用化されることを期待するものである。おわりに, ソーラ実験ハウス及びハイ

ブリッドコレクターの製作, 計測など協力をいただいた稲富晴孝君, 山本浩一君, 北村進君, 及び太陽光グループの辻高輝君, 鈴木皓夫君, に対し謝意を表す。

参考文献

- 1) J. A. Duffie, W. A. Beckman. : Solar Energy Thermal Processes, John Wiley-Sons, Inc. 1974, pp. 120 ~ 177
- 2) L. W. Florshuetz : Extension of The Hottel-Whiller Model to The Analysis of Combined Photovoltaic/Thermal Flat Plate Collectors, Solar Energy Vol. 22, 1979, pp. 361 ~ 366
- 3) Akio. Suzuki, Susumu. Kitamura : Combined Photovoltaic and Thermal Hybrid Collector Japanese Journal of Applied Physics, Vol 19-2 (1980) pp. 79~83
- 4) 高橋清, 浜川圭弘, 後川昭雄 : 太陽光発電, 森北出版社 (1980)
- 5) 都市トータルエネルギーシステム 第3巻 大阪科学技術センター p 63~99 (1981)

話の泉

AMBO 第1回シンポが開催 (其の3)

最終日, EMBO (欧州分子生物学研究機構) のジョン・トゥーズ事務局長が座長になって「AMBOの将来について」のテーマで参加者の討論が行われた。その要点は次のとおりである。

トゥーズ氏…AMBOはEMBOのようにはいかない。むずかしい。が, 放棄してはいけない。問題は①日本国内の支持者を増やすこと②他国に参加を要請すること③日本と他国の目的が合致すること④日本以外の国での民間資金の援助はムリであること⑤日本1国の資金でやると限界があること一を挙げる。

タイ国…発展途上国にとってAMBOは貴重な組織だ。

シンガポール…当国の分子生物学の学者は5指で足りる数だ。だからそうAMBOに貢献できない。だが, 設備を提供することで貢献できるだろう。

トゥーズ氏…貴国でAMBOの宣伝をする上で何が必要か。

シンガポール…分子生物学の学会をつくることだ。

韓国…できるだけの協力をしたい。

フィリピン…当国の学者は欧米にいたので国内にはない。この会議場より大きな会議場があるから, 開催国には前向きになれる。

台湾…AMBOに基本的には参加したい。AMBL (アジア分子生物学研究所) にも参加したい。

トゥーズ氏…EMBLの年間予算は430万ドル。AMBOは最初少なくとも年50万ドルが要る。日本

はよろこんで資金援助することを意思表示しているが, 他国は?

韓国…日韓の経済規模は10対1。だから私見だが韓国は10分の1を出すよう努力したい。

豪州…当国もアジアの一員だ。われわれはAMBOに全員賛成するし参加する。

中国 (王応映氏) …ワークショップは当国もできる。AMBLの設立は政府間交渉になる。

インド…もっと地についた形で進めなければならない。準備委に現実的な提案をお願いしたい。まず行動計画, そのために時間と事務的能力が必要だ。

閉会后, 記者会見が行われ, 赤堀博士, トゥーズEMBO事務局長, 渡辺格慶応義塾大学医学部教授ら首脳は次のように語った。

分子生物学は急速に発展している分野だからマゴマゴしておれない。仕事をやりながら体制を整える。だからトレーニングコースを来年は1つ増やして3つ, 植物関係を加えたいし, フェロシップで奨学金を出したい。大体1億円が必要だ。

AMBOをつくるため, 日本で国内組織を財団でつくるのが急務だ。1,2年中につくり, アジア諸国の声を聞いて具体的な提案をまとめた。アジア全体のものにならなければAMBOの意味がない。そのため“触媒役”になる2,3カ国の参加を進めたい。

AMBLは将来各国につくりたい。といっても現状では夢だ。だが希望を捨てていない。 (K)