

LSC（蛍光形太陽光集光体）を用いた太陽エネルギーの波長別有効利用システムに関する研究（その2）

—溶液型 LSC を用いた太陽電池の高効率化に関する研究—

羽 根 義
(技術研究所)

§ 1. はじめに

地球に注がれている太陽エネルギーは、電力に換算すると 1.77×10^{14} kW 程度であり、全世界の平均電力を大きく上回るものである。また、太陽エネルギーは無尽蔵であり、かつクリーンなエネルギーである。さらに、エネルギー自体のコストを考える必要がないことを考えれば、太陽エネルギーを有効利用することは重要なことであるとともに必要なことでもあるといえる。しかし、太陽光発電においては、地表に降り注ぐ太陽エネルギーは非常に希薄なために、大容量の発電を行なうためには一般に大面積が必要となる問題がある。したがって、より太陽光発電の効率を高めるために、本研究では第2報として溶液型蛍光太陽光集光体（Luminescent Solar Concentrator: LSC と略す）を用いて太陽光を受光させ、太陽電池の発電効率の向上を目的とした実験を行なった。本実験では、溶液型 LSC の最適濃度を端面光と透過光の特性を濃度別で調べると同時に、実際の太陽電池を用いた染料濃度別の発電試験を行ない、さらに溶液型 LSC の染料の混合による発電試験、溶液型 LSC と固体型 LSC との多層化による発電試験を行なった結果について述べる。

§ 2. 染料濃度別による溶液型 LSC の透過率、端面光特性の測定

2.1 溶液型 LSC の光特性

溶液型 LSC では、染料濃度が高すぎると染料によって放射された光が他の染料に吸収されてしまう2次吸収や、放射した光を再度同じ染料が吸収してしまう自己吸収の比率が高くなり、端面光の光強度は低下する。また、染料濃度が低すぎると入射光を吸収する比率が小さいために、端面光の光強度は低下する。したがって、染料濃度と端面光にとっての最適値を評価する必要がある。実

験室内の疑似太陽として Xe ランプに AM フィルタを取り付けたものを使用し、溶液型 LSC の透過光特性と端面光特性を測定した。耐候性の問題から、使用した染料はローダミン6Gとクマリン6である。また、溶媒にはエチルアルコールを使用した。

2.2 溶液型 LSC の透過率測定

図-1に、Xe ランプの分光特性を示す。また、測定装置図を図-2に示す。Xe ランプの光は AM 1.5 フィルタを通り、レンズにより平行光線になった後 LSC に入射する。LSC を透過した光は、プラスチックファイバにより分光器へと導かれ分光された後、ある波長の光のみがフォトマルへと進む。ローダミン6Gについては

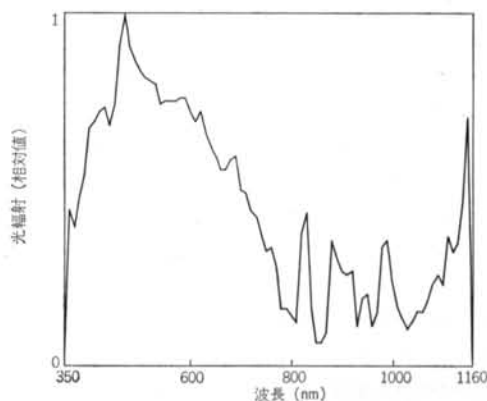


図-1 Xe ランプの分光特性

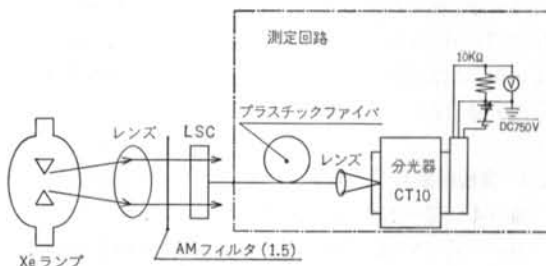


図-2 透過率測定図

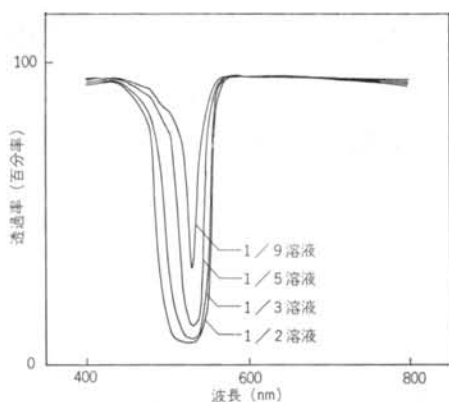


図-3 ロードミン6G溶液の透過率特性

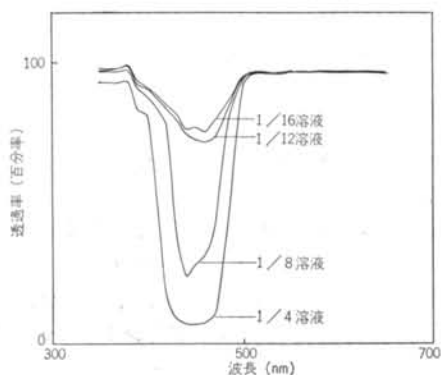


図-4 クマリン6溶液の透過率特性

400~800 nm の範囲で、クマリン6については 350~650 nm の範囲で、それぞれ 10 nm ステップごとにフォトマルの出力電圧を測定した。測定値は、溶液型 LSC がない場合とのフォトマルの出力電圧の比として透過率を百分率で表わした。測定結果は、ロードミン6Gの透過率を図-3に、クマリン6の透過率を図-4に示す。

2.3 溶液型 LSC の端面光特性

測定図を図-5に示す。ロードミン6Gについては 500~800 nm の範囲で、クマリン6については 450~750 nm の範囲で、それぞれ 10 nm ステップごとにフォトマルの出力電圧を測定した。測定値は、ロードミン6Gの1/3溶液の端面光の出力強度を1として校正し、ロードミン6Gの端面光特性を図-6に、クマリン6の端面光特性を図-7に示す。

2.4 実験結果および考察

図-4~図-7より、次のことが分かる。

(1)ロードミン6Gは最大収集波長が約520nmであり、発光波長のピークは約580nmにある。

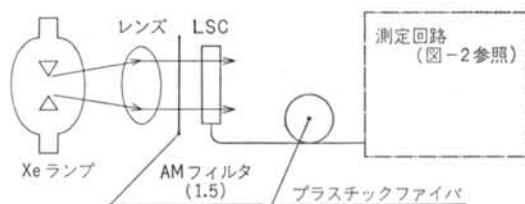


図-5 端面光スペクトル強度測定図

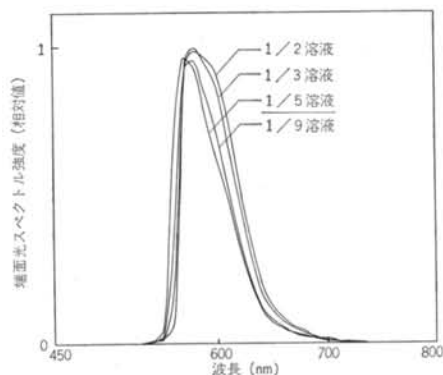


図-6 ロードミン6G溶液の端面光特性

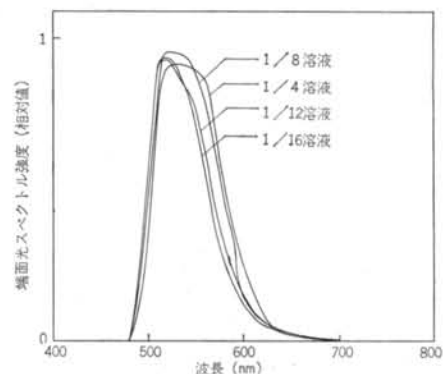


図-7 クマリン6溶液の端面光特性

(2)クマリン6は最大収集波長が約445nmであり、発光波長のピークは約525nmである。

(3)透過率は、ロードミン6G、クマリン6ともに染料濃度を上げていくに従って低下した。

(4)ロードミン6Gの端面光スペクトル強度は、1/9溶液、1/5溶液、1/2溶液、1/3溶液の順に上がった。

(5)クマリン6の端面光スペクトル強度は、1/4溶液、1/12溶液、1/16溶液、1/8溶液の順で上がった。

以上の結果、ロードミン6Gについては飽和溶液から1/3溶液程度の濃度が最適であることが分かった。今回4種類の濃度では端面光強度に極端な差は生じないが、1/20溶液では相対値で0.6以下となってしまう、この値が妥当なものだと考えられる。また、クマリン6については飽和溶液から1/8溶液程度の濃度が最適であること

が分かった。しかし、端面光強度に極端な差は生じなかったにもかかわらず、透過率ではローダミン6Gの1/3溶液と1/9溶液では25%程度の差が生じているため、LSCを用いた4端子型光電変換デバイスを考えるとき、単に端面に対する最適濃度ばかりではなく、LSCの特徴の一つである曇天時の散乱光も端面光に受光でき、効率よく太陽光発電を行なえることを考慮しつつ染料の濃度を考える必要がある。

§ 3. 太陽電池を用いた4端子タンデム型光電変換システムの染料濃度別による発電試験

3.1 太陽電池を用いた溶液型 LSC の染料濃度別発電試験

ここでは、実際に溶液型 LSC と太陽電池を用いて染料濃度別の発電実験を行なった。蛍光染料はローダミン6G、クマリン6を使用し、また溶媒にはエチルアルコールを使用した。太陽電池には、アモルファスシリコン太陽電池、多結晶太陽電池、CdS 太陽電池の3種類を使用し、§ 2. で調べた溶液型 LSC の染料濃度別の光特性と、実際の太陽電池の発電効率の比較を行なった。

3.2 実験方法

測定回路を図-8に示す。溶液型 LSC の大きさは $80 \times 80 \times 100$ mm である。溶液型 LSC の全面に Xe ランプの光を照射し、溶液型 LSC の透過面と端面に太陽電池を取り付けることで発電実験を行なった。使用した染料の溶液濃度はローダミン6Gでは飽和溶液 (0.008 mol/l) を 1/1 溶液とし、1/2, 1/3, 1/5, 1/9 の4種類であり、クマリン6では飽和溶液 (0.0006 mol/l) を 1/1 溶液とし、1/4, 1/8, 1/12, 1/16 の4種類である。

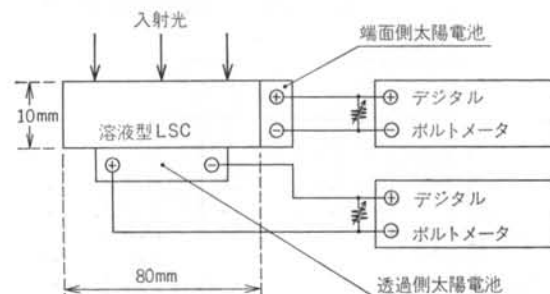


図-8 溶液型 LSC の発電試験の回路図

3.3 実験結果および考察

発電試験の結果を表-1～表-9に示す。また、4端子型 LSC の発電効率を表-10, 表-11に示した。Xe ランプの出力である LSC の入射エネルギーは、 21.8 mW/cm^2 (LSC の表面が 64 cm^2 であるから LSC の全入射エネルギーは 1396 mW) である。透過面のエネルギーは $80 \times 80 \text{ mm}$ に換算してある。また、端面のエネルギーは $80 \times 10 \times 4 \text{ mm}$ に換算してある。

表-1～表-11から、ローダミンについては染料濃度別変換効率をみると、透過面については染料濃度が下がるに従って効率は上がっている。端面については、a-Si 太陽電池では 1/2 溶液, 1/9 溶液, 1/5 溶液, 1/3 溶液の順で、多結晶 Si では 1/9 溶液, 1/5 溶液, 1/2 溶液, 1/3 溶液の順で、そして CdS/CdTe 太陽電池では 1/16 溶液, 1/8 溶液, 1/12 溶液, 1/4 溶液の順で変換効率は上がった。

4端子型 LSC の発電効率をみると、ローダミン6Gについて透過面、端面ともに CdS 太陽電池を用いたときのみ 1/9 溶液, 1/5 溶液, 1/3 溶液で太陽電池単体よりも効率が向上した。また、クマリン6については太陽電池単体よりも効率の向上した組み合わせはなかった。

これらの結果から、染料濃度別発電試験ではローダミンに6Gについてはすべての太陽電池で端面の効率は 1/3 溶液のときに最も良かった。この結果は、前章で求めた端面光の光強度の結果と一致している。クマリン6については、太陽電池により発電効率にばらつきがある。これは、クマリン6の量子効率がローダミン6Gに比べて小さいため、溶液の温度などによりこの値が不安定になってしまうためと思われる。透過面の発電効率に関しては、どちらの染料についても染料濃度が下がるに従って効率は上がっている。

染料と太陽電池のマッチングでは、ローダミン6G、クマリン6ともに端面には CdS 太陽電池が他の2つの太陽電池に比べて単体との効率の比が高くなっている。これは、CdS 太陽電池の分光感度域は約 $500 \sim 900 \text{ nm}$ であり、他の2つの太陽電池に比べて狭く、かつこの感度域では高い変換効率を持っている。そして、染料により再放射された光である端面光が、この分光感度域に一致したことが理由であると考えられる。透過側太陽電池には、多結晶シリコン太陽電池が高い値を示している。多結晶シリコン太陽電池は約 $300 \sim 1200 \text{ nm}$ という広い分光感度域を持つ太陽電池であり、透過光は染料に吸収されなかったすべての光であるためと考えられる。

	エネルギー (mW)	変換効率 (%)
a-Si	75.6	5.4
多結晶Si	164.8	11.8
CdS	79.8	5.7

表-1 各種太陽電池のエネルギーと変換効率

	透過面		端面	
	エネルギー (mW)	変換効率 (%)	エネルギー (mW)	変換効率 (%)
a-Si	55.5	4.0	2.59	0.2
多結晶Si	146.8	10.5	12.8	0.9
CdS	69.9	5.0	7.6	0.5

表-2 ローダミン 6G 1/2 溶液の透過面、端面のエネルギーと変換効率

	透過面		端面	
	エネルギー (mW)	変換効率 (%)	エネルギー (mW)	変換効率 (%)
a-Si	57.8	4.1	3.4	0.2
多結晶Si	149.0	10.7	13.1	0.9
CdS	72.1	5.2	7.86	0.6

表-3 ローダミン 6G 1/3 溶液の透過面、端面のエネルギーと変換効率

	透過面		端面	
	エネルギー (mW)	変換効率 (%)	エネルギー (mW)	変換効率 (%)
a-Si	59.8	4.3	2.9	0.2
多結晶Si	151.3	10.8	10.7	0.8
CdS	72.6	5.2	7.79	0.6

表-4 ローダミン 6G 1/5 溶液の透過面、端面のエネルギーと変換効率

	透過面		端面	
	エネルギー (mW)	変換効率 (%)	エネルギー (mW)	変換効率 (%)
a-Si	60.1	4.3	2.6	0.2
多結晶Si	152.4	10.9	10.2	0.7
CdS	73.3	5.3	6.58	0.5

表-5 ローダミン 6G 1/9 溶液の透過面、端面のエネルギーと変換効率

	透過面		端面	
	エネルギー (mW)	変換効率 (%)	エネルギー (mW)	変換効率 (%)
a-Si	47.7	3.4	2.6	0.2
多結晶Si	136.1	9.7	10.5	0.8
CdS	61.7	4.4	5.2	0.4

表-6 クマリン 6 1/4 溶液の透過面、端面のエネルギーと変換効率

	透過面		端面	
	エネルギー (mW)	変換効率 (%)	エネルギー (mW)	変換効率 (%)
a-Si	55.5	4.0	2.35	0.2
多結晶Si	139.7	10.0	13.02	0.9
CdS	62.4	4.5	5.17	0.4

表-7 クマリン 6 1/8 溶液の透過面、端面のエネルギーと変換効率

	透過面		端面	
	エネルギー (mW)	変換効率 (%)	エネルギー (mW)	変換効率 (%)
a-Si	62.5	4.5	2.48	0.2
多結晶Si	142.3	10.2	12.75	0.9
CdS	63.7	4.6	5.19	0.4

表-8 クマリン 6 1/12 溶液の透過面、端面のエネルギーと変換効率

	透過面		端面	
	エネルギー (mW)	変換効率 (%)	エネルギー (mW)	変換効率 (%)
a-Si	66.2	4.7	2.0	0.1
多結晶Si	153.8	11.0	10.5	0.8
CdS	65.1	4.7	5.14	0.4

表-9 クマリン 6 1/16 溶液の透過面、端面のエネルギーと変換効率

透過面	端面	1/2 溶液 (%)	1/3 溶液 (%)	1/5 溶液 (%)	1/9 溶液 (%)
a-Si	a-Si	4.2	4.4	4.5	4.5
a-Si	多結晶	4.9	5.1	5.1	5.0
a-Si	CdS	4.5	4.7	4.8	4.8
多結晶	a-Si	10.7	10.9	11.1	11.1
多結晶	多結晶	11.4	11.6	11.6	11.7
多結晶	CdS	11.1	11.2	11.4	11.4
CdS	a-Si	5.2	5.4	5.4	5.4
CdS	多結晶	5.9	6.1	6.0	6.0
CdS	CdS	5.6	5.7	5.8	5.7

表-10 ローダミン 6G 溶液濃度別の 4 端子型溶液型 LSC の発電効率

透過面	端面	1/4 溶液 (%)	1/8 溶液 (%)	1/2 溶液 (%)	1/16 溶液 (%)
a-Si	a-Si	3.6	4.2	4.7	4.9
a-Si	多結晶	4.2	4.9	5.4	5.5
a-Si	CdS	3.8	4.4	4.9	5.1
多結晶	a-Si	9.9	10.2	10.4	11.2
多結晶	多結晶	10.5	10.9	11.1	11.8
多結晶	CdS	10.1	10.4	10.6	11.4
CdS	a-Si	4.6	4.7	4.7	4.8
CdS	多結晶	5.2	5.4	5.5	5.4
CdS	CdS	4.8	4.8	4.9	5.0

表-11 クマリン 6 溶液濃度別の 4 端子型溶液型 LSC の発電効率

§ 4. 染料の混合、固体型 LSC との多層化による発電試験

4.1 太陽電池を用いた溶液型 LSC の染料の混合による発電試験

ここでは、2種の染料を混合したときの溶液型 LSC の発電試験を行なった。使用した染料はローダミン 6 G とクマリン 6 である。ローダミン 6 G については飽和溶液 (0.008 mol/l) を 1/1 溶液としたときの 1/8 溶液であり、クマリン 6 については飽和溶液 (0.0006 mol/l) を 1/1 溶液としたときの 1/8 溶液である。さらに、ここでは 2つの溶液型 LSC による多層化の前実験として、溶液型 LSC と前報で示した固体型 LSC との多層化による太陽電池の発電試験も行なった。使用した太陽電池はどちらもアモルファスシリコン太陽電池、多結晶シリコン太陽電池、CdS/CdTe 太陽電池である。

また、蛍光によるストークスシフトの損失までを考慮に入れた、LSC を用いた太陽電池の発電効率のシミュレーションを行なった。

4.2 実験方法

染料の混合による太陽電池の発電試験の実験概略図を図-9 に示す。また、溶液型 LSC と固体型 LSC との多層化による発電試験の概略図を図-10 に示す。ここで

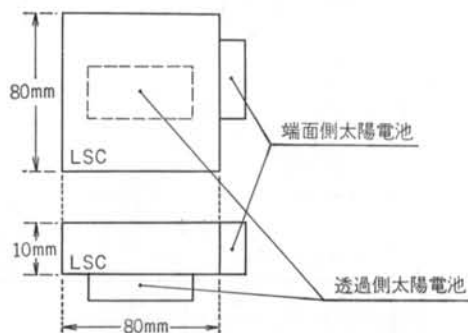


図-9 溶液型 LSC の発電試験のデバイス構成図

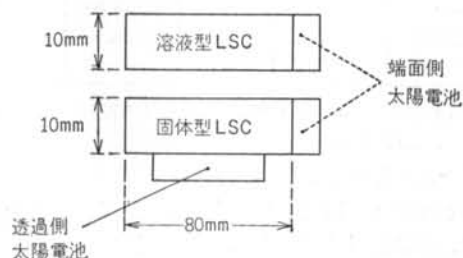


図-10 溶液型 LSC と固体型 LSC の多層化による発電試験のデバイス構成図

は、多層化 LSC の前面にクマリン 6 の 1/8 溶液を媒質とする溶液型 LSC を置き、その後に赤系の固体型 LSC を設置した。

4.3 4端子タンデム型光電変換デバイスのシミュレーション

ここでは、図-9 に示す最も基本的な 4 端子型波長分割形太陽電池の発電効率を求めた。組合わせに使用した太陽電池は、透過側太陽電池には変換効率 14% の多結晶シリコン太陽電池を、端面側太陽電池には変換効率 10% のアモルファスシリコン太陽電池を仮定した。ここで、色素による 2 次吸収、母材による吸収、散乱損失は無視した。

LSC に入射した光は、一部 LSC の表面で反射 (R) し、これ以外 ($1-R$) の光が LSC 内部に進む。LSC 内部では一部の光が染料に吸収され (η_{abs})、残りの光が下面に透過してくる。染料に吸収された光は、ストークスの法則によってより長波長の光となって再放射される。再放射された光は、内部反射によって端面へと集光される。ここで、ある波長 λ_x の光が蛍光に吸収され、波長 λ_y の光となって再放射されたとする。波長 λ_x の光子が持つエネルギー E_x は、 $E_x = h \cdot c / \lambda$ (h : プランク定数, c : 光速) となる。したがって、波長 λ_x の光子数 F_x は波長 λ_x の持つエネルギーを P_x とすると $F_x = P_x / E_x$ となる。波長 λ_y となって再放射された光も F_x の光子数を持つことになるため、波長 λ_y の光の持つエネルギー P_y は $P_y = E_y \cdot F_x = P_x \cdot \lambda_x / \lambda_y$ となる。

したがって、端面の太陽電池から得られる電力を T_e とすると、

$$T_e = (1-R)^2 \cdot \eta_{trap} \cdot \eta_{qua} \times \int \eta_{abs}(\lambda) \cdot \lambda / (\lambda + a) P(\lambda) \cdot \eta E_a(\lambda) d\lambda \quad \dots (1)$$

となる。一方、透過側太陽電池から得られる電力を T_t とすると、

$$T_t = (1-R)^2 \left\{ (1 - \eta_{abs}(\lambda) P(\lambda)) \cdot \eta E_p(\lambda) d\lambda + (1-R)^2 \cdot (1 - \eta_{trap}) \cdot \eta_{qua} \times \int \eta_{abs}(\lambda) \cdot \lambda / (\lambda + a) P(\lambda) \cdot \eta E_p(\lambda) d\lambda \times 1/2 \right\} \quad \dots (2)$$

となる。したがって、4 端子型光電変換デバイスとしての変換効率は、

$$\eta = (T_e + T_t) / \int P(\lambda) d\lambda$$

となる。ただし、

$P(\lambda)$: 波長 λ の光の持つエネルギー

$\eta E_a(\lambda)$: 端面側太陽電池のモノクロ光に対する光電変換効率

$\eta E_p(\lambda)$: 透過側太陽電池のモノクロ光に対する光電

変換効率

である。

これらの式を用いて、ローダミン6 G（吸収波長帯が440～560 nm であり、500～620 nm の光にシフトする）とクマリン6（吸収波長帯が300～500 nm であり、460～500 nm の光にシフトする）について変換効率を求めた。この結果、ローダミン6 Gについては約15.3%、クマリン6については約16%の変換効率を得られることになる。

4.4 実験結果

染料の混合による太陽電池の発電試験の結果を表一12に示す。混合 LSC の透過光特性を透過率で表わし、図一11に示す。また、端面の光特性を図一12に示す。これは、ローダミン6 G 1/3 溶液の端面光出力強度を1として校正したものである。

溶液型 LSC と固体型 LSC の多層化による太陽電池の発電試験の結果を表一13に示す。Xe ランプの出力である LSC への入射エネルギーは、発電試験の入射エネルギーである 21.8 mW/cm^2 に校正した値を用いた。

溶液を混合した場合、4 端子型 LSC の発電効率で単体の発電効率よりも上がったものは透過面側、端面側ともに CdS 太陽電池を用いた場合だけであった。また、溶液型 LSC と固体型 LSC の多層化による太陽電池の発電効率は、次の4つの太陽電池の組み合わせが考えられる。

(a)透過側に a-Si 太陽電池、端面側に a-Si 太陽電池の組み合わせ。

(b)透過側に a-Si 太陽電池、端面側に CdS 太陽電池の組み合わせ。

(c)透過側に CdS 太陽電池、端面側に a-Si 太陽電池の組み合わせ。

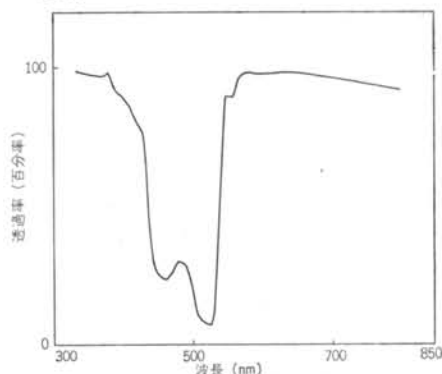
(d)透過側に CdS 太陽電池、端面側に a-Si 太陽電池の組み合わせ。

4.5 考察

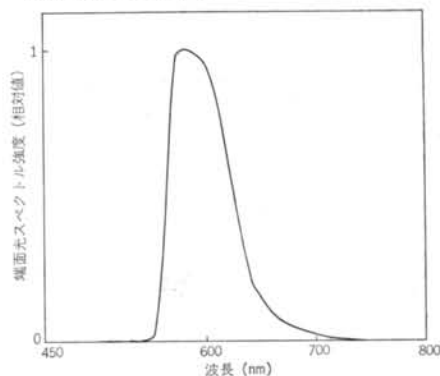
混合溶液による溶液型 LSC の発電試験では、太陽電池単体よりも効率が上がったのは透過側、端面側ともに CdS 太陽電池を用いたときのみであり、染料を単独で用いたときと同じ結果であった。しかし、染料を単独で用いたときよりも、ほぼすべての太陽電池の組み合わせで効率は上がっている。また、この場合における効率もクマリン6で比べると、すべての太陽電池で上がっていることが分かる。したがって、2種の染料を混合することでも溶液型 LSC を用いた太陽光発電で決定的な効率の向上にはつながらないものの、高効率化に向けての一つの

	透 過 面		端 面	
	エネルギー (mW)	変換効率 (%)	エネルギー (mW)	変換効率 (%)
a-Si	56.0	4.0	2.69	0.2
多結晶Si	150.5	10.8	13.6	1.0
CdS	72.3	5.2	7.84	0.6

表一12 染料の混合による溶液型 LSC を用いた太陽電池の発電効率



図一11 混合溶液の透過率特性



図一12 混合溶液の端面光特性

	透 過 面		端 面	
	エネルギー (mW)	変換効率 (%)	エネルギー (mW)	変換効率 (%)
a-Si	70.7	5.1	4.84	0.3
多結晶Si	124.3	8.9	38.5	2.6
CdS	69.5	5.0	11.5	0.8

表一13 溶液型 LSC と固体型 LSC の多層化による太陽電池の発電効率

手段となるといえることが分かった。

溶液型 LSC と固体型 LSC の多層化による発電試験では、多結晶 Si 太陽電池の端面の効率が高すぎるため、これを測定誤差としても2種類の太陽電池の組み合わせで太陽電池単体よりも効率の向上が得られたことになる。

ここで特に注目すべき点は、透過側に a-Si 太陽電池を用いた組合わせでも効率の向上が得られた点である。これは固体型 LSC の端面集光比自体が高かったことや、多層化の前面に置いた溶液型 LSC の吸収波長帯が約 360~500 nm であるのに対し、後部の固体型 LSC の吸収波長帯が約 500~600 nm であったため、固体型 LSC の端面に十分に集光されたためと思われる。今回の実験は、溶液型 LSC だけによる多層化、あるいは固体型 LSC だけによる多層化の前段階として溶液型 LSC と固体型 LSC の多層化による発電試験を試みたが、多層化の前面に溶液型 LSC を用いたため母材による光の吸収が少なく、比較的多くの光が後部の固体型 LSC に入射したために固体型 LSC の端面光の集光比も上がり、デバイス全体としての効率も向上したと思われる。

§ 5. まとめ

本研究では、溶液型 LSC を用いてその光特性と太陽電池を使った発電試験を行なったが、透過光の透過率、端面光強度の測定からは、次のことが分かった。

- ・染料濃度によって透過率、端面光の光強度に変化が生じる。

- ・端面光にとっての最適濃度が染料別に存在する。また、発電試験からは次のことが分かった。

- ・4端子型光電変換デバイスとして染料濃度を考えたとき、端面光にとっての最適濃度であっても太陽電池単体のよりも著しい効率の向上は望めない。

これは、現在の LSC の形態が透過光重視であるためによるものである。つまり、染料濃度が端面光にとって最適なものであってもその濃度を下げ、より太陽光を透過させなければならないことを示している。

次に、染料の場合、多層化による発電試験からは以下のことが分かった。

- ・染料の場合では、太陽電池単体と比較した効率の著しい向上には至らない。

- ・染料の場合では、染料を単独で使ったときと比較して端面光強度は上がっている。

- ・4端子デバイスとしての発電効率は、染料単独の場合と比較して同程度である。染料の混合では、端面に集光される光の強度は高くなるが、染料の吸収波長帯が広がってしまうため、透過率が低くなってしまったためと考えられる。

- ・LSC の多層化では、4種類の太陽電池の組合わせで単体よりも効率が向上し、光電変換デバイスとして有効である。LSC の配置については、母材による光の吸収の小さい溶液型 LSC を前面に、比較的母材による光の吸収の大きい固体型 LSC を後面に配置するのが、その逆よりも有効である。

- ・透過側に多結晶シリコン太陽電池を用いたときは、染料を単独で用いたときと比較して効率の向上は得られない。これは、多結晶シリコン太陽電池の分光感度特性が非常に広い範囲なため、透過光の減少分の影響が出たためと考えられる。

- ・ストークスシフトを考えに入れた4端子デバイスの発電効率のシミュレーションでも効率の向上が示され、LSC の有効性が分かった。

§ 6. 今後の課題

LSC の特徴である曇天時などの散乱光も端面に集光でき、効率よく太陽光発電を行なうことが可能であることを考えれば、透過率をあまり下げずに端面光強度を上げる工夫をすることが、LSC をより有効に利用する最も重要な課題である。

また、現在のところ既成の太陽電池を使用しているため、染料の発光波長域と太陽電池の分光感度域に多少のずれがある。染料の発光波長域と一致した分光感度域を持ち、かつ感度の高い太陽電池が開発されれば、LSC を用いた太陽光発電において飛躍的な効率の向上が期待されよう。

謝辞 本研究を行なうに当たり、ご指導、ご協力を頂いた東京農工大学堀米孝教授、国立博物館の前島正裕氏、本田拓君に深く感謝の意を表します。

＜参考文献＞

- 1) 羽根：「LSC を用いた太陽エネルギーの波長別有効利用システムに関する研究（その1）——LSC を用いた高効率光発電変換デバイスの基礎特性——」清水建設研究報告 第48号（1988年）
- 2) 浜川圭広編著：「最新太陽光発電技術——材料からシステムまで——」槇書店（1984年）

- 3) 高橋清, 他編: “太陽光発電” 森北出版 (1980年)
- 4) 桑野幸徳: “太陽電池とその応用” パワー社 (1985年)
- 5) 日本太陽エネルギー学会編: “太陽エネルギーの基礎と応用” オーム社 (1978年)
- 6) 浜川圭広: “太陽光発電入門” オーム社 (1981年)
- 7) 蛍光体同学会編: “蛍光体ハンドブック” オーム社 (1987年)
- 8) 田村善蔵, 他編: “LC-けい光分析” 講談社 (1978年)
- 9) 作田宏一: “けい光体による太陽光集光系” 電子技術総合研究所彙報 Vol.50, No.8 (1986年)
- 10) 前島正裕, 他: “LSC を用いたタンデム型光電変換デバイス” 電気学会論文誌 Vol. D108, No.2 (1989年)