

太陽電池モジュールの等価熱回路の基礎検討
-熱抵抗と熱容量の算出-

Basic Study of Equivalent Thermal Circuit of PV Module
-Calculation of Thermal Resistance and Thermal Capacity-

○横澤康汰¹, 西川省吾²

*Kouta Yokosawa¹, Shogo Nishikawa²

Abstract: Since the output characteristics of PV module vary depending on solar cell temperature, it is necessary to accurately estimate the temperature inside the module. Therefore, the purpose of this research is to develop an equivalent thermal circuit that can be applied in various situations and modules. This paper shows the experimental result of thermal resistance and thermal capacity of PV module.

1. はじめに

太陽電池モジュールの出力特性は電池温度によって変わるため、モジュール内部の温度を正確に推定する必要がある。しかし、モジュール内部の温度は日射強度や風速の影響により頻繁に変化するため、正確な温度推定が困難である。本研究では、様々な状況やモジュールでも適用可能な等価熱回路を作成することを目的とする。今回は等価熱回路を作成するために必要な熱抵抗と熱容量について実験より求めたので報告する。

2. 試験方法

今回の試験では多結晶シリコン太陽電池を使用した。モジュールの主な仕様は、公称開放電圧 12.4[V], 公称短絡電流 8.59[A]である。Figure 1 に試験回路を示す。

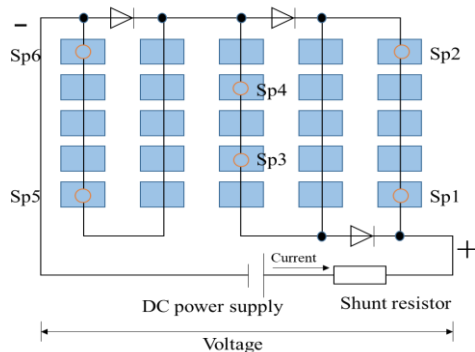


Figure 1. Test Circuit

Sp1~Sp6 は温度の計測点で、裏面の計測点を r1~r6, 表面の計測点を f1~f6 とする。まず、太陽電池モジュールに一定電流を流し、温度上昇が定常状態になったら流すのを止め、これらの温度変化を熱電対により測定した。この温度変化より熱抵抗と熱容量を算出した。定常状態の条件としては5分間で0.5度以上の温度上

昇が見られなくなったときとした。

3. 試験結果

< 3. 1 > 短絡電流の 1.0 倍の温度変化

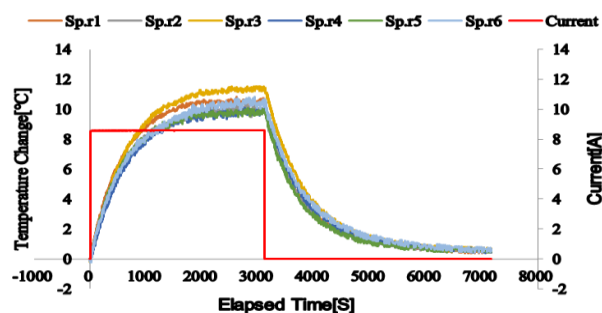


Figure 2. Rear surface temperature change (Isc×1.0)

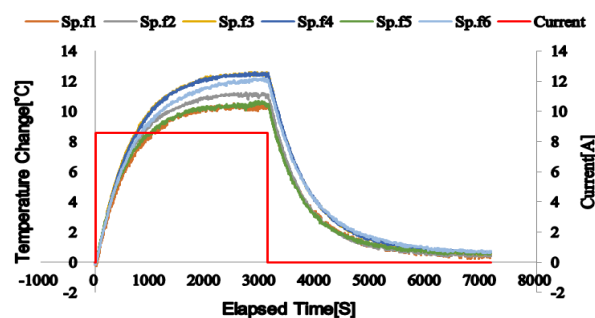


Figure 3. Front surface temperature change (Isc×1.0)

Figure2,3 に短絡電流の 1.0 倍の電流を流したときの温度変化を示す。各 Sp によって多少の違いがあるものの、おおよそ同じような波形になった。また、裏面に比べて表面の方が温度変化にばらつきがあった。これは表面がガラス、裏面がポリエチレン樹脂となっており、素材が違うため、その影響がでていいると考えられる。

1 : 日大理工・学部・電気 2 : 日大理工・教員・電気

< 3. 2 > 短絡電流の 0.5 倍の温度変化

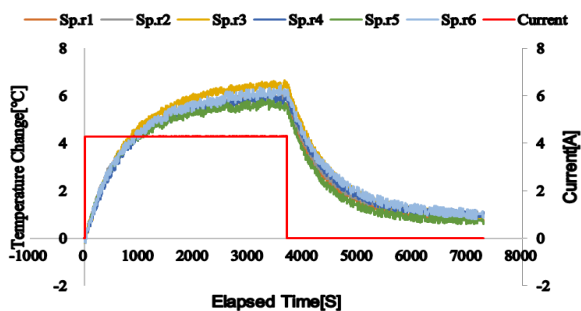


Figure 4. Rear surface temperature change (Isc×0.5)

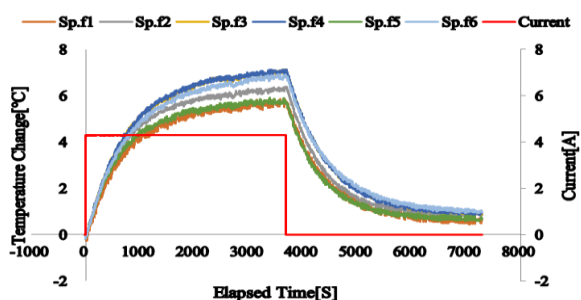


Figure 5. Front surface temperature change (Isc×0.5)

Figure4,5 に短絡電流の 0.5 倍の電流を流したときの温度変化について示す. 1.0 倍と同様各 Sp によって多少の違いがあるものの, おおよそ同じような波形になった. しかし, 温度上昇を見てみると 1.0 倍に比べて 0.5 倍のときの温度上昇は約 0.5 倍になっていることが分かる. また, 1.0 倍のときと同様, 裏面に比べて表面の方が温度変化にばらつきがあった.

4. 熱抵抗と熱容量の算出

< 4. 1 > 算出方法^[1]

温度が定常状態となる時, 消費電力分の熱量が放熱されていると考えられるので, 熱流量 Q は消費電力と同じになる. そのため以下に示す熱のオームの法則より, 熱流量を消費電力とし, 熱抵抗を算出する.

$$\text{最大温度変化 } \Delta T [^{\circ}\text{C}] = \text{熱抵抗 } R [^{\circ}\text{C/W}] \times \text{熱流量 } Q [\text{W}]$$

次に温度上昇の最大値の 63.2%にあたる温度まで上昇するのに要する時間が時定数 τ となるので, その値を測定結果より定め, $\tau = RC$ より熱容量 C [J/K] を算出する.

< 4. 2 > 算出結果 (短絡電流 1.0 倍)

短絡電流 1.0 倍 (消費電力: 6.01[W]) の算出結果を Table 1 に示す. 消費電力は測定より得られたモジュールの電圧と電流の積をセルの数で割った 1 つのセルの

消費電力である. 結果より, 熱抵抗と熱容量のどちらも Sp の位置や裏表によつての大きな違いは見られなかった.

Table 1. Calculation Results (Isc×1.0)

	Sp.r1	Sp.r2	Sp.r3	Sp.r4	Sp.r5	Sp.r6
Thermal Resistance R[$^{\circ}\text{C/W}$]	1.80	1.73	1.92	1.68	1.68	1.81
Heat Capacity C[J/K]	330.2	371.4	338.5	392.6	346.1	371.1
	Sp.f1	Sp.f2	Sp.f3	Sp.f4	Sp.f5	Sp.f6
Thermal Resistance R[$^{\circ}\text{C/W}$]	1.76	1.87	2.09	2.10	1.78	2.03
Heat Capacity C[J/K]	364.6	329.3	310.8	317.7	340.9	335.4

< 4. 3 > 算出結果 (短絡電流 0.5 倍)

短絡電流 0.5 倍 (消費電力: 2.76[W]) の算出結果を Table 2 に示す. 消費電力は 1.0 倍のときと同様の方法で求めた. 1.0 倍と同様に結果より, 熱抵抗と熱容量のどちらも Sp の位置や裏表によつての大きな違いは見られなかった. また, 短絡電流の 1.0 倍と 0.5 倍で比較してみると, 熱容量については大きな違いは見られなかったが, 熱抵抗については 1.0 倍に比べ 0.5 倍の方が値は大きかった. しかし, 熱抵抗は本来一定値である. 今回の試験では 1.0 倍と 0.5 倍の 2 通りでしか試験をしていないため, これが短絡電流の大きさによるものなのか明確ではないため, 今後データ量を増やして検討していく.

Table 2. Calculation Results (Isc×0.5)

	Sp.r1	Sp.r2	Sp.r3	Sp.r4	Sp.r5	Sp.r6
Thermal Resistance R[$^{\circ}\text{C/W}$]	2.21	2.23	2.41	2.21	2.14	2.33
Heat Capacity C[J/K]	323.1	329.4	333.3	343.1	332.0	348.4
	Sp.f1	Sp.f2	Sp.f3	Sp.f4	Sp.f5	Sp.f6
Thermal Resistance R[$^{\circ}\text{C/W}$]	2.12	2.31	2.59	2.59	2.14	2.51
Heat Capacity C[J/K]	361.9	324.0	310.0	305.0	332.9	341.4

5. まとめ

今回の試験では, 太陽電池モジュールの温度変化は短絡電流 1.0 倍と 0.5 倍のどちらも各 Sp でおおよそ同じような波形になることが分かった. また, 裏面に比べて表面の方が温度変化のばらつきがあるということが分かった. 熱抵抗と熱容量の値も短絡電流 1.0 倍と 0.5 倍のどちらも Sp の位置や裏表によつて大きな違いは見られないということが分かった. しかし, 熱抵抗については 1.0 倍に比べ 0.5 倍の方が値は大きいという結果が得られた. 今後は今回の試験で算出した熱抵抗と熱容量をもとに太陽電池モジュールの等価熱回路のモデル化を検討していく.

6. 参考文献

[1] 「熱設計と数値シミュレーション」 国峯尚樹 中村篤 オーム社 P13,14,34,35,207,208