

熱電発電モジュールの性能評価技術

(独)産業技術総合研究所

小原 春彦 Haruhiko OBARA 高澤 弘幸 Hiroyuki TAKAZAWA

Key Words: 熱電モジュール, 効率, 熱測定, 発電

効率って何?

“この太陽電池の効率は何%です”,といった表現は何気なく使われていますが、その値がどのようにして決められているか、そしてどの程度信頼のおける値なのか、あまり考える機会はないかと思われます。実際、太陽電池の効率は、ユーザーにとっては製品を選ぶ際の重要な仕様ですし、メーカーにとっても自社製品の性能をアピールする重要な値です。

太陽電池の場合

太陽電池のように工業製品として広く普及しているものに関しては、効率などの重要な性能値は、工業標準として規格化されています。すなわち、測定法などが細かく規定され、基本的にメーカーは、それらの規格に則って、自社製品の性能を測定します。さらに、公的機関が標準となる評価技術、装置を維持し、メーカーの測定装置との比較校正が可能な体制をとっています。

大切な標準化

製品の性能を示す効率は、標準化された評価法によって測定されて信頼性のおけるものとなり、違うメーカーの製品の性能比較や、用途に適した製品の選択ができることとなります。太陽電池のようなエネルギーデバイスの場合、デバイス単体の性能がシステム全体の性能を決める要素となりますので、システム設計の上でも正確な性能値は不可欠です。

熱電変換の場合は?

熱電(発電)モジュールに関しては、効率などの性能評価はどのように行われているでしょうか? 熱電変換の技術は、長い歴史を持っており、特に冷却に使われているペルチェモジュールに関しては、かなり実用化が進んでいます。ペルチェモジュールを生産している国内のメーカーは高い技術力を持ち、性能評価についても独自の技術を開発しています。また、ユーザーに対しては、信頼性の高い性能値の提示が可能となっています。一方、発電モジュールに関しては、研究開発段階にあり、未だに標準的な性能評価技術が存在しないのが現状です。

望まれる標準的な評価

本プロジェクトは、技術的にトップレベルにある国内の熱電モジュールメーカーが参画しています。各メーカーは、自社のモジュールを評価するため、それぞれすでに熱電モジュールの性能評価技術を持

っています。しかし、評価方法に関し、統一的な基準は出来ていません。

本プロジェクト終了後には、熱電発電モジュールの実用化が期待されています。そこで、来るべき熱電発電モジュールの普及を前に、熱電発電モジュールの性能評価についても、標準的な評価法の確立が望まれます。

本プロジェクトが目指す性能評価技術 (競争と協調による開発)

性能評価技術は、モジュールメーカーにとっては重要な開発要素の一つで、高い性能評価技術は結果的に高い性能のモジュール開発技術に直結します。本プロジェクトでは、各モジュールメーカーは競争関係にありますが、性能評価技術の標準化のように、業界の共通のニーズに対する技術開発に関しては、協調して対応することが必要です。各社は、独自に開発した性能評価技術を本プロジェクトの中で開示し、本プロジェクト全体として、信頼性の高い評価技術の開発を目指しています。

(高度化・高精度化)

本プロジェクトの管理法人である、(財)エンジニアリング振興協会(エン振協)は、中立的な立場から各社に性能評価技術に関する情報開示を促すと同時に、秘密保持契約に留意した情報のやりとりを行っています。公的研究機関である独立行政法人産業技術総合研究所(産総研)は、評価装置のプロトタイプを産総研のつくばセンターに設置し、技術と装置の高度化、計測の高精度化を進めています。

効率 の定義

熱電変換モジュールの効率は、入力である熱量をどれだけ電気エネルギーに変換できるかを示すもので、一般には、熱入力(図1では Q_h に相当)と電気出力 P との比で定義されます。しかし、本プロジェクトでは熱電モジュールの低温側から出てくる熱量 Q_c を用いて、効率を次の式で定義しています。

$$\eta = \frac{P}{Q_c + P}$$

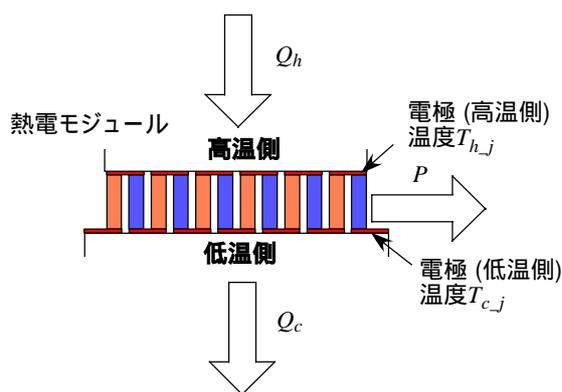


図1 熱電モジュールの効率測定原理

ここで、Pはモジュールの電気出力です。この定義によって決定される効率は、熱電モジュールを熱が通過する際に、輻射などにより熱が逃げていく影響が無視できるとすると、ほぼ Q_h とPの比で与えられる効率と一致します。実は、この定義を用いると、輻射などの影響によらず精度良く熱電モジュールの効率を測定することができます。また、特にモジュールの高温側が400℃以上となる高温モジュールでは低温側の熱量測定の方が精度の良い測定ができます。

温度差 T の定義

基本的には、熱電変換は与えられる温度差が大きいほど発電効率は高くなります。したがって、効率を示す際には、同時にモジュールの温度差を明示しないと意味がないことになります。

本プロジェクトでは、熱電モジュールの中の熱電材料の端部(電極部分)の温度差をもって、モジュールに与えられた温度差を定義しています。 $T_{h,j}$ および $T_{c,j}$ はそれぞれ高温側、低温側電極の温度です。

$$\Delta T = T_{h,j} - T_{c,j}$$

熱電モジュールは、電極が露出したもの(スケルトン型)や市販されているペルチェモジュールのように絶縁板ではさまれているものなどさまざまな形態があり、温度をどこで測定するかによって、モジュールの性能が変わってきてしまいます。モジュールの電極温度を正しく測定することは、容易ではありませんが、さまざまな構造のモジュールを公平に評価するには最も適した定義といえます。

熱電発電モジュール評価装置

以上の定義に基づき、真空中で熱電モジュールに温度差を加え、精密に電気出力と熱量を測定できる装置を開発しました。産総研に設置された装置は、最大で80mmの熱電モジュールを測定することが出来ます。さらに、本プロジェクトの目標の達成を検証するため、ヒーター温度は700℃にも達する、高温測定が可能です。このようなさまざまなサイズの発電モジュールを高温で測定できる装置は、世界的にも初めてのものです。

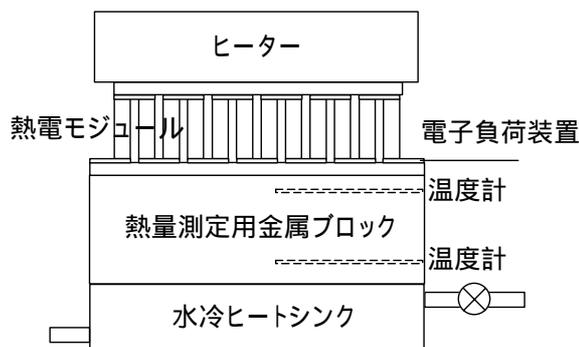


図2 熱電モジュール評価装置の概要と外観

ラウンドロビン測定と標準物質による校正

評価装置の測定精度を定量的に評価することは、熱測定、電気測定が関わるこのような評価技術では容易ではありませんが、本プロジェクトでは、共通モジュールを用いた持ち回り測定(ラウンドロビン測定)や、国際的にも通用する標準物質を用いた測定装置の校正などを行い、評価装置の測定精度の検証に成功しています。これらの結果は、国際会議でも発表し、国内外で高い評価を頂いています。

まとめ

- 1) 高い精度測定が出来る、モジュール性能評価装置を開発しました。
- 2) 本評価装置により、これまで各企業が独自に行ってきた熱電モジュールの性能評価を、統一的な基準のもと、同じ土俵で評価しました。
- 3) 本評価装置により測定された公正な測定値は、本プロジェクトの中間評価に使われました。
- 4) 熱電発電モジュールが普及した際には、本評価技術が、標準的な性能評価方法として、採用されることを目指しています。