W261004

地熱エネルギー利用において有効となりうる標準化安川 香澄^{*1}**Possible standardization in geothermal energy utilization**Kasumi YASUKAWA^{*1}^{*1} National Institute of Industrial Science and Technology
AIST Tsukuba Central 7, Higashi 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 350-8567 Japan

On geothermal energy utilization, standardization on subsurface system technology would be difficult because of regional characteristics, although most of the technical difficulty in geothermal utilization lies on subsurface systems. However for power generation by small-scale and low enthalpy resources, standardization on surface system would be effective because a small thermal loss would largely influence onto the performance of the power generation system. Also for geothermal heat pump system, standardization on a whole system, not only for a machine, would be useful. Both power generation and heat pump systems need more actual data for any standardization.

Key Words : Geothermal energy, standardization, geothermal power generation, geothermal heat pump

1. 緒 言

地熱エネルギー利用は一般的に、機器の標準化とは結び付きにくい分野といえそうである。地下の熱源部分は地域依存性が高く、利用できる地熱流体の温度・圧力・化学成分は地域によってさまざまであり、それに適した地上設備をオーダーメイドで設計する必要があるからである。しかも日本の多くの地熱地帯は火山地帯の山並みの中に位置しているため、敷地の確保が困難であり、配管や建物などの地上設備は全て、地形に即した配置を行う必要がある。また地下の計測技術については、高精度化、耐熱性などの改良が常に行われており、こちらも標準化に結び付きにくい。

しかし、最近の世界的な地熱開発の情勢をみると、より低温・少規模な地熱資源の開発が進み、小型の発電設備の需要が増えている。このことを受け、小型地上設備のユニット化によるビジネスが既に存在している。国内でも通称「温泉発電」と呼ばれる低温バイナリー地熱発電がブームとなりつつあり、地熱用小型発電機が相次いで販売されている。このあたりに性能の標準化の可能性がある。また、地熱エネルギー利用には、発電のほかに熱の直接利用があり、その中でも地中熱ヒートポンプは、近年日本でも導入数が増えている。地中熱ヒートポンプも、施工や性能についての標準化が可能な分野と考えられるので、それを紹介する。

2. 地熱発電に関する標準化**2・1 地熱発電に係る技術**

地熱利用に関わる技術を、開発から利用までの時系列順に並べると、①地熱資源の調査・探査技術、②地熱井の掘削技術、③地熱井の検層技術、④地熱井の生産・注水試、⑤地上設備の設計、⑥数値シミュレーション技術、⑦各種モニタリング技術、⑧地熱井の耐腐食・スケール対策技術、などが挙げられる。このうち、⑤と⑥以外は全てその地域の地下特性に直接依存するものであり、既存のいくつかの方法を地域特性に合わせて組み合わせたり、新たな方法を試みたりしている。⑤と⑥は地下特性および利用方法に応じてインプットは異なるものの、同様の技術があてはめられる。従って、機器等の標準化の可能性があるのは、地上発電設備ということになる。

^{*1} 独立行政法人 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門（〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1）
E-mail: Kasumi-yasukawa@aist.go.jp

2・2 地上発電設備の標準化

今後、標準化の必要性が生じる可能性があるのは、小規模地熱発電システムの効率に関することと予想される。これは、個人や自治体などが事業主体となって地熱利用を行う場合に、この主体者を保護する立場からである。従来の地熱開発ビジネスは、地熱開発事業者による場合がほとんどであったので、当該企業のエンジニアがシステムの最適化を図ることができたが、専門家を有しない事業主体者が温泉発電などを行う場合、施工業者が専門の知識を持たない場合には、配管での熱損失および不適切な熱交換器やタービンの使用により、熱水がもつ熱エネルギーを機械エネルギーとして十分に引き出せない（変換効率が悪い）可能性がある。特に、従来の地熱開発は 200℃を超える高温の資源が多かったため、地表での多少の熱損失はさほど影響がなかったが、100℃前後の資源の場合には、1K の損失が発電量に大きく影響する。従って、地熱井（または温泉井）から生産される流体の温度、流量、圧力、地熱井から発電設備までの距離、気温、などの条件に対して、最低限どの程度の発電量が期待できるか、という標準曲線を作成することが望ましい。

3. 地中熱ヒートポンプ利用技術の標準化

3・1 地中熱ヒートポンプについて

外気温は季節により変化するが、5～10m 以深の地中温度は気温の季節変動の影響を受けず、一年中安定しているため、夏は地表より涼しく、冬は地表より暖かい。これを利用して効率よく冷暖房や給湯、道路の無散水融雪等を行うのが、地中熱ヒートポンプ利用システムである。いわゆる地熱地帯や温泉地ではない、ごく普通の地下温度条件の場所における地熱利用であり、冷房も行う場合は、むしろ地下温度が高すぎないほうが良い。

地中熱ヒートポンプは、欧米等では家庭や公共施設の冷暖房に既に広く利用されている。日本でも東京スカイツリーの建物部分に導入され、知名度が高まった。普及が進んだ場合には、1) 高い成績係数（COP）によって冷暖房時の電力消費を抑制、2) 冷房時の排熱を地下に押し込むことでヒートアイランド現象を緩和、3) 化石燃料消費を減らして CO₂ 発生量を削減、等の環境面への効果が期待される。

このシステムの地下部分における熱交換方法としては、①地中に埋め込んだ管内に流体を循環させるクローズド方式と、②地下水を揚水して熱を取り出すオープン方式の 2 種類がある。

オープン方式は、1) 帯水層の存在が必須、2) 汲み上げ井と還元井の最低二孔井が必要なため、小型システムの場合は掘削費が割高、3) 揚水規制のある地域では利用不可、などの制約があるが、地下水の熱を直接利用するためクローズド方式と比べ高効率で運転コストが低く、制約さえクリアすれば大規模な開発に向いている。

一方、クローズド方式は、場所によっては熱交換効率の差異があるが、基本的にどこでも利用可能である。日本でもクローズド方式を中心に普及がすすんでいる。また掘削費の高い日本では、新たな孔井を掘らずにすむ方法として、建物の基礎鋼管杭の中に熱交換パイプを挿入する方法もある。

3・2 地中熱ヒートポンプに関する標準化

クローズド方式のシステム導入の際は、地下の熱交換率を推定する目的で、3 日程度のサーマルレスポンス・テストを行う。施工の品質管理のためには、この測定方法（期間を含める）を標準化することが考えられるが、一方でいかにテスト期間を短縮して精度を上げるかという研究も行われており、標準を作った場合には適宜更新していく必要がある。また、ヒートポンプだけでなく、システム全体としての COP についても、温度などの条件別に標準となる値が得られることが望ましい。そのためには各地域での実績を積み上げ、気温および設定温度に対する COP の実測値を積み上げていく必要がある。

7. 結 語

地熱発電については、とくに小型システムの場合に、地熱井から発電設備までを含めた地表設備全体としての発電効率に関する標準化が行われることが望ましい。また地中熱ヒートポンプ（クローズド方式）については、熱交換井での熱交換率測定方法に関する標準化、またヒートポンプだけでなく配管を含めた年間の実質 COP の標準化が行われることが望ましいが、そのためには実用上の測定値を積み上げる必要がある。いずれも、利用者を守る立場からは、機械 1 台ではなく、システムとしての効率の標準化が望ましく、そのためには基礎データを積み上げて適正値を決めていく必要がある。