

平成30年度省エネ大賞経済産業大臣賞（ビジネスモデル分野）受賞 エアロジェル「増し保温[®]」工法による保温材熱ロス削減

基幹産業事業本部 工事事業部 エアロジェル技術サービス室 黒坂和弥

エアロジェル断熱材をプラントなどの既設保温材へ施工する「増し保温[®]」工法については、これまでもニチアス技術時報にてご紹介してまいりました。このたび一般財団法人省エネルギーセンター主催（経済産業省後援）の平成30年度省エネ大賞経済産業大臣賞を受賞いたしましたので、再度ご紹介いたします。

なお本稿は、配管技術（2019年10月号／日本工業出版株式会社版）に掲載された記事を一部加筆修正したものです。

1. はじめに

平成30年度省エネ大賞経済産業大臣賞（ビジネスモデル分野）“エアロジェル「増し保温[®]」工法による保温材熱ロス削減”のシステムは、プラントの保温材からの熱ロスを発見し、熱損失を調査、提案、改善、検証するビジネスモデルである（図1）。

エアロジェル保温材とは、従来の保温材と比較して低熱伝導性、はっ水性および水蒸気透過性に優れた高性能保温材である。エアロジェル「増し保温[®]」工法については以下、「増し保温[®]」工法と記す。

熱ロス削減のフローを1～3に示す。

1. 潜在熱ロス調査

経年老朽化が進んでいるプラント蒸気配管などの保温材に、サーモグラフィを用いて非破壊による熱ロスの実態調査を行う。

2. 保温強化による改善

エアロジェル保温材パイロジェル[™]を使用して「増し保温[®]」工法で施工し、機器を停止することなく既設保温材の機能回復と、保温性能の維持を図る。

3. 熱ロスの改善

省エネ効果を検証・証明する。

保温業界では今までに無かった一連のビジネス



図1 「増し保温」工法のビジネスモデル

モデルを確立したことが、このたびの省エネ大賞の受賞につながった。

2. 保温材の劣化と問題点

2014年9月・10月「省エネルギー」に産業分野に使用されている保温材ストック量1500万m²が10%程度の水分混入で年間の熱損失量は、660PJと推測されるとある。

プラント蒸気配管などの保温材の劣化は含水によるところが大きく、保温材の含水と熱伝導率の関係を検証すると以下の結果が得られた。

試験は、けい酸カルシウム保温材試験片(200×200×25mm)を105℃の雰囲気中で絶乾状態にする。絶乾状態のけい酸カルシウム保温材を2週間水槽で浸漬し、その後自然乾燥しそれぞれ20℃における含水率と熱伝導率の関係をプロットした(図2)。

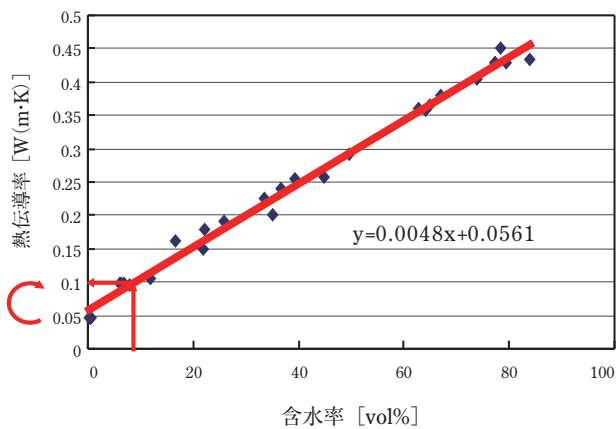


図2 けい酸カルシウム保温材の含水率と熱伝導率の関係 (20℃)

けい酸カルシウム保温材の絶乾状態での熱伝導率は0.05W/(m·K)であった。10 vol%含水すると0.1W/(m·K)となり、絶乾状態と比較して2倍の熱伝導率となった。保温材の劣化の原因は、含水により熱伝導率が高くなり、省エネの大きな阻害要因となると考えられる。

保温材は、成型体内に約90%の空隙率を有した構造をしている。

プラントの多くに屋外の機器、配管などに保温

材が使用されており、経年とともに保温材外装板の隙間、破損等の劣化から、雨水が浸入し保温材の空隙部に浸透する。保温材の空隙部に水が浸透すると、水は空気と比較して約30倍熱を伝えやすい性質を持ち、空隙が水に置換されると保温性能は著しく低下する。特にけい酸カルシウム保温材は保水性が高く、一度保水すると乾燥しにくい性質を有している。保温材は一般的に、保温性能を示す熱伝導率が0.065W/(m·K)以下を保温材と定義されている。この熱伝導率の数値を超えると保温性能が無いと言われる。含水し劣化した保温材の放置は、熱ロスにつながり、省エネの観点から大きな問題となる。

3. エアロジェル「増し保温[®]」工法

「増し保温[®]」工法に使用されるエアロジェル保温材を紹介する。

エアロジェルは、シリカゲルをゾルゲル法(高温・高圧超臨界乾燥)により生成したもので、微細な気泡を包み込んだナノ粒子集合体の総称である。

代表的なエアロジェル保温材として米国Aspen Aerogels社製のパイロジェル[™] XTがある。

パイロジェルXTが有する性能が、“はっ水性”と“水蒸気透過性”である。この性能を利用し内部温度の高い配管等の省エネ対策工法を紹介する。

プラント蒸気配管等の健全性を知る上で、保温材の劣化状態を把握することが必要であり、その調査方法としてサーモグラフィによる熱画像解析の方法がある。サーモグラフィは、赤外線で非接触により表面温度を計測し、熱画像から放散熱量を算出し保温材の劣化状態、熱ロスを推測することが可能である。

この熱ロスの問題を解決する新工法として、劣化した既設けい酸カルシウム保温材と既設外装材の外周面に、エアロジェル保温材パイロジェルXTを巻き付ける「増し保温[®]」工法がある(図3)。

パイロジェルXT施工時の注意事項として、長手方向、周方向をラップさせ番線などで緊縛する。新規外装材を取り付けた後に、外装材1枚につき1箇所を目安に外装材下部に約φ20の水抜き穴を

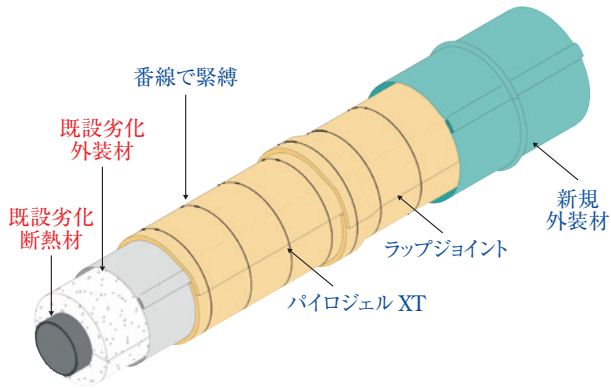


図3 エアロジェル「増し保温」工法概要図



図4 保温材散水乾燥実験

え設ける。既設保温材に含浸された水が熱で乾燥する際に、水蒸気透過性を有するパイロジェルXTを通過し、露点の低い新規外装材の内側で結露し、水抜き穴から排出させる。パイロジェルXTは、はっ水性を有しているため結露水が既設保温材に再び含水することはない。

4. エアロジェル「増し保温[®]」工法の乾燥実験

「増し保温[®]」工法の乾燥の原理は、図4の保温材散水乾燥実験にて、実機の蒸気配管を用いてけい酸カルシウム保温材+外装材の「従来工法」と既設保温材+既設外装材+パイロジェルXT+新規

外装材の「増し保温[®]」工法の保温構造で検証した。

降雨時を想定し、各保温構造において経年とともに外装材の劣化を想定し、外装材の継ぎ目に隙間を開け、定量に散水し濡れた保温材を乾燥させるのに要したエネルギーの蒸気消費量をドレン量として測定し比較した。

試験条件は、配管径25A、蒸気圧0.7MPa、内部温度165℃、完全に乾燥したけい酸カルシウム保温材を使用し各保温構造で試験を実施した。

散水条件は、1時間当たり50mmの降雨が4時間続いた状態を想定、1日1回外装材の継ぎ目に600mlを3回散水し蒸気消費量の変化を測定した。

各保温構造における散水時の蒸気消費量の試験結果を図5に示す。

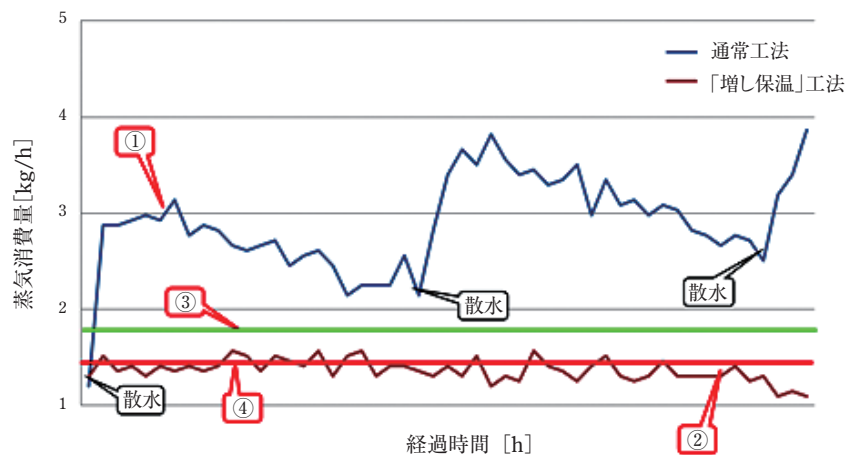


図5 散水時の蒸気消費量

②の実線は、「増し保温[®]」工法の保温構造であるが、散水しても蒸気消費量の変化は、④の「増し保温[®]」工法が正常と仮定した設計値と比較しても誤差範囲内である。

しかし、①の実線の従来工法は、③の従来工法が正常で有ると仮定した設計値から散水時に蒸気消費量が多くなり、保温材乾燥にエネルギーを多用しているのが分る。

降雨時は、このグラフのように従来工法の保温構造では、蒸気の消費量が増大する。

25Aの配管で従来工法と「増し保温[®]」工法の蒸

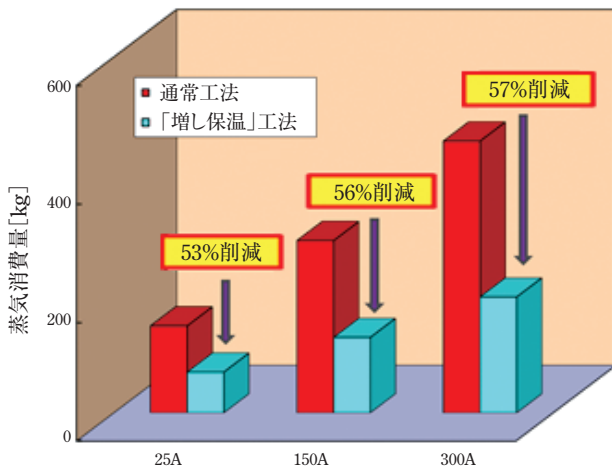


図6 蒸気消費量比較 (50h)

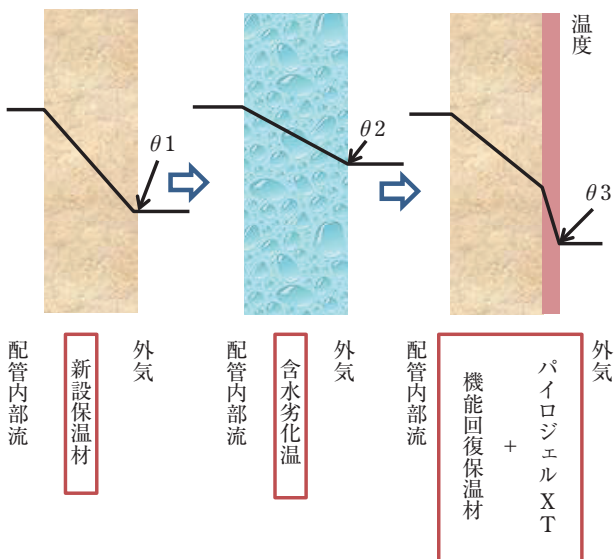


図7 「増し保温」の乾燥原理のイメージ

気消費量を比較すると、「増し保温[®]」工法が53%削減された結果であった。これを300Aの配管で推測すると「増し保温[®]」工法が従来工法より蒸気消費量が57%削減できると推測できる (図6)。

「増し保温[®]」工法の乾燥の原理は、図7に示すとおり、正常な新規保温の温度勾配は $\theta 1$ で表せる。保温材が含水すると、熱伝導率が高くなり含水劣化した保温材の表面温度が $\theta 2$ のように高くなる。高性能パイロジェルXTを既設保温材の外側に施工すると、含水した保温材表面が蓄熱され、既設保温材が乾燥し機能が回復する。機能が回復した保温材とパイロジェルXT保温材の界面温度を比較すると、 $\theta 1 < \theta 3$ のように上昇し、乾燥状態が維持され安定した保温性能が担保される。

5. エアロジェル「増し保温[®]」工法の省エネ効果

某化学工場の蒸気配管に「増し保温[®]」工法を施工した例を紹介する。

配管長：約650m、配管径：80A～200Aにけい酸カルシウム保温材75mmが対施工されていた配管を対象に「増し保温[®]」工法を施工した実施例である。

対象蒸気配管の設計時の正常な保温材が施工された状態の放散熱量は、約40万kWh/年と推測される。施工前のサーモグラフィにより保温材の現状を把握した結果の放散熱量は、設計時の約3倍の112万kWh/年に増加していた。パイロジェルXT厚さ10mm 1層を巻き付けた「増し保温[®]」工法の施工約1ヵ月後の測定結果は、放散熱量44万kWh/年と低減され68万kWh/年の熱ロス回収となり省エネ効果の高さが証明された。これは、パイロジェルXT厚さ10mm 1層の性能でこの結果になったと考えるよりも、「増し保温[®]」工法により既設保温材の機能が回復され、さらにパイロジェルXTの保温性能が加味されての結果と考えられる。

さらに5年、10年経過しての追跡調査を加え図8に熱診断による熱ロス削減効果の結果を示す。

5年後の追跡調査の結果放散熱量は、約39万

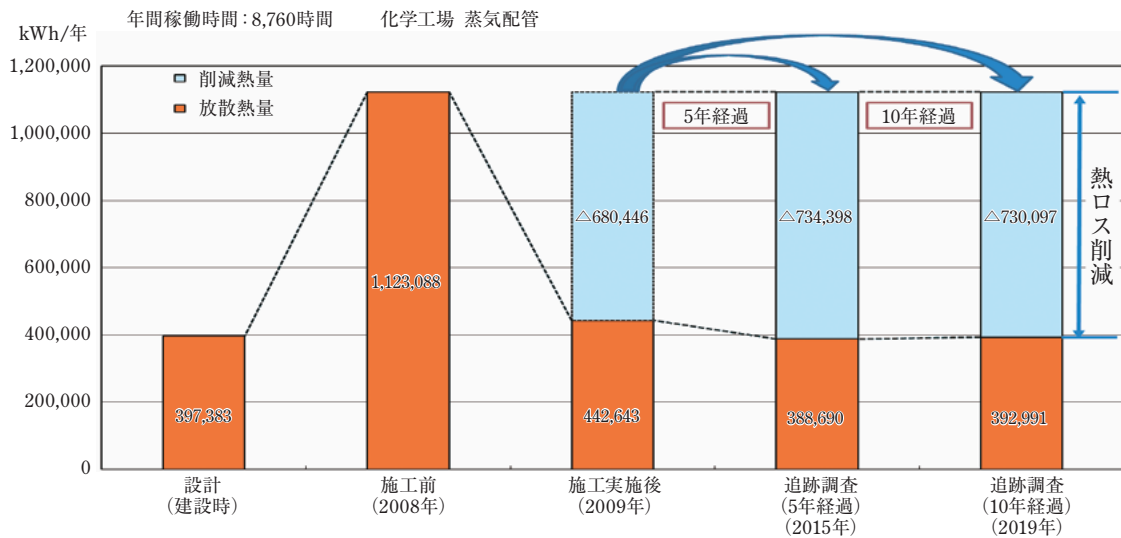


図8 某化学工場における「増し保温」工法の効果

kWh/年と改善された効果を維持し、10年経過した後も保温性能は39万kWh/年と維持され継続的に安定した省エネ効果が確認された。

6. 新素材エアロジェル保温材

新製品のパイロジェル™ XTEについて紹介する。次世代の保温材として期待されるパイロジェル XTEと従来製品パイロジェル XTとの相違を図9に示す。



パイロジェル XTと XTEの相違は、約5%無機

添加剤の二酸化チタンと酸化鉄(Ⅲ)のみで、エアロジェルの含有量、ブランケット材料は同じである。

パイロジェル XT, XTEとロックウール保温材、けい酸カルシウム保温材の熱伝導率の比較を図10に示す。従来保温材のロックウール保温材、けい酸カルシウム保温材と同じ温度で比較するとその熱伝導率は約1/2となり、保温材厚みが1/2で同等の性能を有することになる。

パイロジェル XTと XTEの熱伝導率、はっ水性および水蒸気透過性は同等の性能を有する。

図9 パイロジェル XT, XTE保温材

	従来製品	新製品
製品名	パイロジェル™ XT	パイロジェル™ XTE
添加物	二酸化チタン	酸化鉄(Ⅲ)
外観	 ベージュ	 あずき色

7. おわりに

本稿では、平成30年省エネ大賞経済産業大臣賞(ビジネスモデル分野)を受賞した「エアロジェル「増し保温®」工法による保温材熱ロス削減」についてご紹介した。

プラントは、保温された機器、配管の多くが屋外に建設され、天候の影響等により保温性能の劣化が進行する条件に曝されている。保温材の含水劣化により、熱ロスとともに多くのお金を失っている。

本稿で紹介した事例において「増し保温®」工

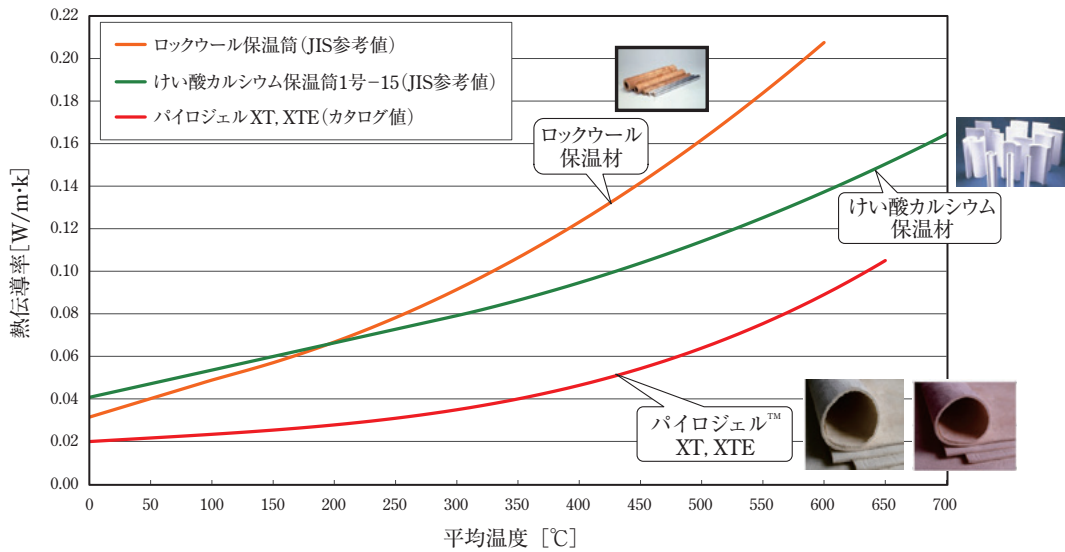


図10 熱伝導率比較表

法で10年間保温性能の維持が確認できたことで、熱ロス改善は省エネ効果だけではなく、設備投資回収後の収益改善にも効果的であると考えます。

今後は、LCC (Life Cycle Cost) において、熱ロス回収が利益に変化することを周知していきたい。

世の中にはまだ多くの熱ロスが存在している。それを見逃さずさらなる省エネ対策に邁進し、「2030年度に原油換算5,030万klの省エネを目指す」政府の目標達成に貢献したいと考える。

本稿に関するお問い合わせは基幹産業事業本部 工事業部までお願いいたします。

参考文献

- ※(一社)日本保温保冷工業会『保温』.
- ※(一財)省エネルギーセンター 月刊『省エネルギー』2014年9月・10月.
- ※平成30年度省エネ大賞 製品・ビジネスモデル部門 受賞概要集.

- *「増し保温」は、ニチアス株の登録商標です。
- *「パイロジェル」は、Aspen Aerogels社の商標です。

筆者紹介



黒坂 和弥

基幹産業事業本部 工事業部
エアロジェル技術サービス室長