

プラント設備の省エネルギー対策と保全に貢献する

「e'-AIM®工法」

エコ・エイム

基幹産業事業本部 工事事業部 工事技術部

1. はじめに

現在、国内の多くのプラントで設備の高経年化が進み、設備表面に施工された保温材の含水を原因とした熱ロスの増加やCUI（Corrosion Under Insulation：保温材下外面腐食）の発生が問題となっています。

「e'-AIM®工法」は、これらの不具合対策の一つとして弊社が提案するもので、無機多孔質保温材（けい酸カルシウム保温材、パーライト保温材など）や繊維系保温材（ロックウール保温材、グラスウール保温材）などの従来型保温材の表面に断熱性、水蒸気透過性、はっ水性を有する高性能保温材「パイロジェル™XT」を施工する工法です。稼働中の設備の熱を利用して従来型保温材を乾燥させ、かつ乾燥状態を保つ効果があり、熱ロス低減による省エネルギー対策と保全にお役立ていただけます。

本稿ではその概要についてご紹介します。

2. 保温材の含水劣化とその弊害

プラントには蒸気や流体を輸送する数多くの配管設備があり、輸送時の熱ロスを防ぐため保温材が施工されています。屋外に設置された配管設備には雨水が保温材に浸入するのを防止するために金属製の外装材が施工されています。しかし経年による外装材の目地開きや外力、腐食による孔が生じた場合、内部に雨水が浸入します。また、環境湿度と外装材内外の温度差に

よっては内部に結露が生じる場合があります（内部結露）。

雨水、結露などの水分が保温材に浸入して生じる不具合を含水劣化と呼び、以下の弊害が生じるため、放置せず対策を行う必要があります。

①熱ロスの増加

図1に雨水等の含水による熱ロス増加のイメージを示します。大半の保温材は、熱を伝えにくい空気を気泡や繊維で閉じ込めたものです。保温材が含水した場合、断熱性を付与している保温材内の空気が水に入れ替わります。水は空気の約20～30倍熱が伝わりやすいため、保温性能が大きく低下し熱ロスが増加します。

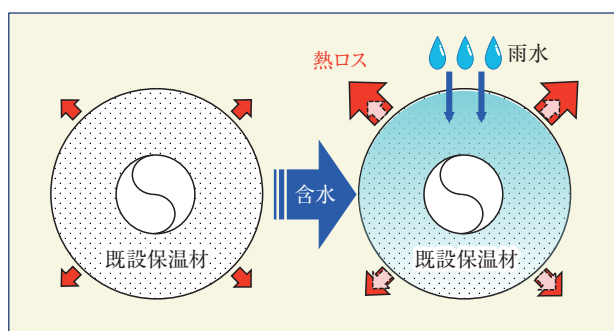


図1 雨水等の含水による熱ロス増加

②CUIの発生

CUIとは、保温材が施工された配管の表面に、何らかの原因で水膜が形成され配管が腐食する現象です。外観からは腐食の状況が分かりづらいため重大事故の原因となります（図2）。

例えば雨水や結露などが原因で保温材が含水

すると、外装材内部が湿潤環境に保たれるためCUI発生リスクが高まります。含水しにくいのは水性保温材を用いても、外装材の破損などで雨水が保温材と配管の界面に侵入しCUIが発生する場合があります(図3)。

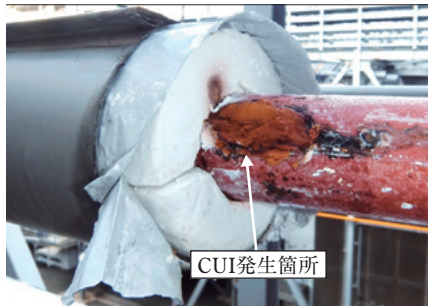


図2 CUI発生事例

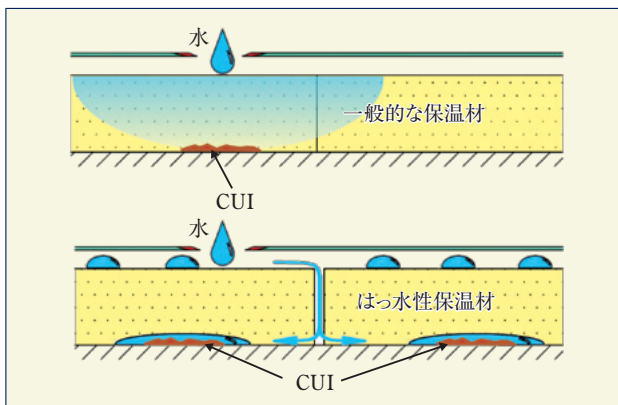


図3 CUI発生機構

③その他の弊害

保温材の含水は、上述の弊害のほかにも保温材の種類や環境によりさまざまな不具合が生じます。繊維系保温材では自重増加によるへたり、無機多孔質系保温材は強度低下に伴う割れや泥化、寒冷地では凍結融解による粉化が生じることがあります(図4)。

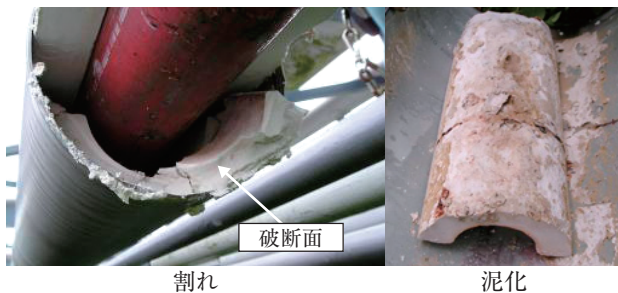


図4 含水により劣化した保温材

3. 「e'-AIM®工法」による含水劣化対策

3.1 「e'-AIM®工法」とその効果

「e'-AIM®工法」とは、従来型保温材の上に高性能保温材「パイロジェル™XT」を上巻きする工法のことです。図5に示すように従来型保温材表面に断熱性能を有する透湿性防水層を形成して雨水の浸入を抑えるとともに、内部の保温材を乾燥状態に保つことで熱ロスとCUI発生リスクの低減が期待できます。

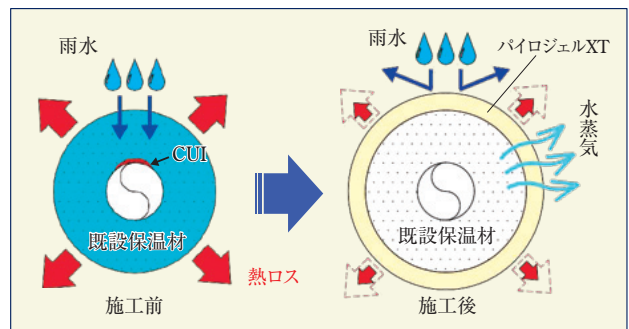


図5 「e'-AIM®工法」の効果

3.2 高性能保温材「パイロジェル™XT」

「e'-AIM®工法」で使用する「パイロジェル™XT」は、優れた断熱性能を持つシリカエアロジェルをグラスファイバー不織布に含浸させたシート状の保温材です。「パイロジェル™XT」の外観と仕様を図6に示します。



厚さ [mm]	5	10
幅×長さ [m]	1.45×14.4	1.45×7.2
使用温度 ^{注1} [°C]	-40～650	
色調	ベージュ	
密度 ^{注2} [kg/m ³]	200	
はっ水性 ^{注3}	有	

図6 「パイロジェル™XT」の外観と仕様
(注記事項の詳細は本稿末に記載)

「パイロジェル™XT」は、下記①～⑥および図7に示すようなユニークな特長を持っています。

①優れた断熱性能

従来型の保温材に対して2～4倍の断熱性能を持ちます。

②はっ水性

表面だけでなく断面もはっ水性を持ちます。

③水蒸気透過性

水は通さず水蒸気は透過させます。

④加工が容易

加工に特殊な工具は必要とせず、ハサミやカッターでさまざまな形状に加工が可能です。

⑤シート状でフレキシブル

施工対象に巻きつけるように施工し、従来型保温材と同様にほとんどの全ての設備に施工できます。既設の保温材への上巻きも可能です。

⑥丈夫

割れたり、潰れたりせず、機械的破壊による断熱性能の低下が起きにくい保温材です。

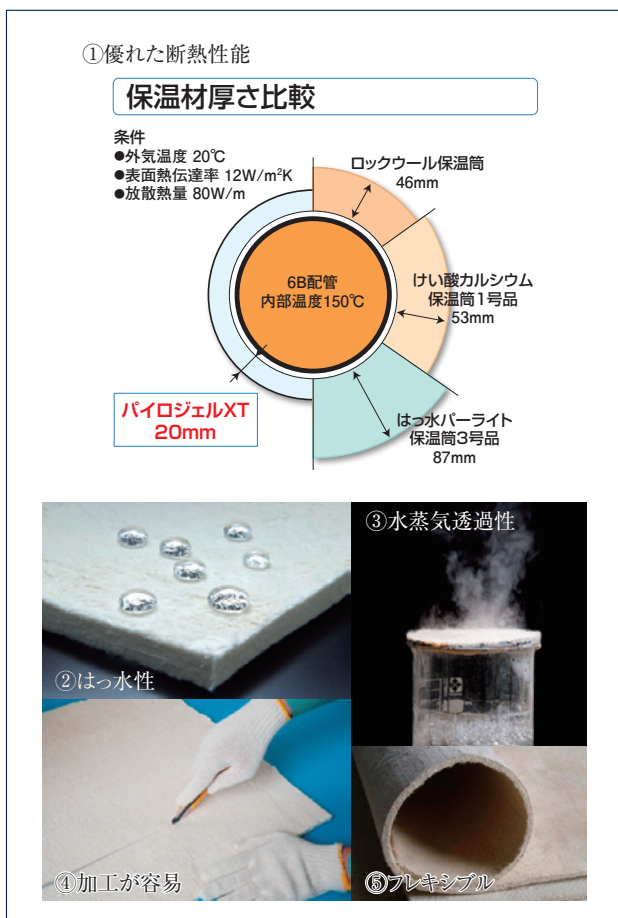


図7 「パイロジェル™XT」の特徴

3.3 「e'-AIM®工法」の施工構造と適用温度

「e'-AIM®工法」は、目的に応じて二つの施工方法を提案しております。

①熱ロス低減を目的とする場合：既設外装材の

上から「パイロジェル™XT」を上巻き

蒸気配管など運転温度が150℃を超える既設の設備に対しては、熱ロス対策として、既設外装材の上にそのまま「パイロジェル™XT」を上巻きし、新規の外装材を巻いて仕上げます(図8, 9)。特に既設の保温材が含水して断熱性能が低下している場合、配管の熱によって水分が蒸発し、その際水蒸気を外部へ放出することで断熱性能を回復させます。放出された水分は「パイロジェル™XT」のはっ水性によって再び既設保温材へ戻ることなく、また外部からの雨水再浸入を防ぐことで断熱性能の低下を防ぎます。

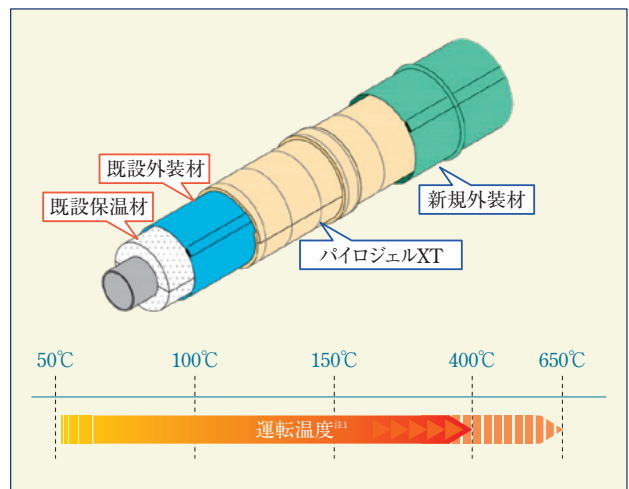


図8 熱ロス対策時の「e'-AIM®工法」施工構造

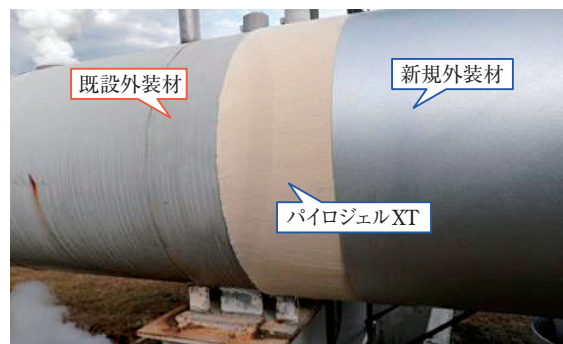


図9 熱ロス対策時の「e'-AIM®工法」施工実施例

②CUI対策を目的とする場合：新規保温材の上から「パイロジェル™XT」を上巻き

CUIの発生が多いとされる運転温度が150℃以下の設備に対しては、新設時やメンテナンスなどで新しい保温材を取り付けの際、「パイロジェル™XT」を上巻きし、新規の外装材で仕上げます(図10)。

「パイロジェル™XT」のはっ水性により、外装材内部に雨水が侵入した場合でも、新規保温材が含水して劣化するのを防ぎます。特に内部温度が100℃以下の設備に対しては、本構造を強く推奨いたします。

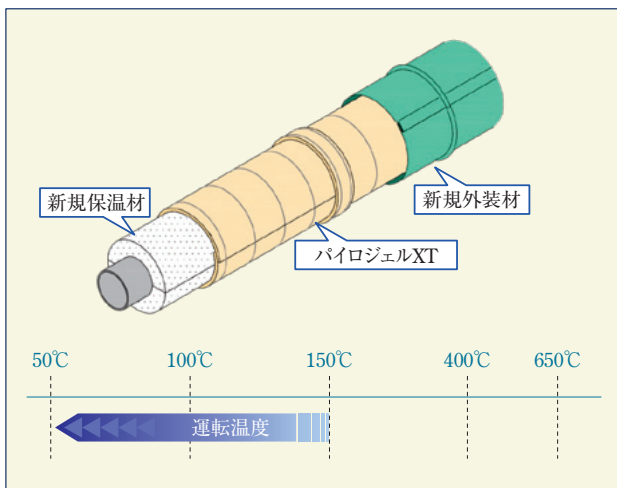


図10 CUI対策時の「e-AIM®工法」施工構造

3.4 「e-AIM®工法」の効果確認

「e-AIM®工法」のさまざまな効果は、各種試験や実際に施工された現場で確認されております。ここでは乾燥試験、擬似雨水滴下試験の結果と、実際に施工した現場での効果確認事例を紹介します。

①乾燥試験

「e-AIM®工法」は、前述のとおり「パイロジェル™XT」の水蒸気透過性により、含水劣化した保温材中の水を内部に閉じ込めることなく、外部へ放出します。この効果を確認するため、電気加熱配管に含水させた保温材を取り付け、従来工法と「e-AIM®工法」に関して、乾燥挙動の比較試験を行いました。

試験は、熱ロス対策の構造で行い、配管温度を一般的な蒸気配管温度である165℃に設定しました。図11に以下の試験条件での試験結果を示します。

試験の結果、「e-AIM®工法」のほうが保温材が早く乾燥することが確認されました。

〈試験条件〉

・試験体

a) 従来工法

けい酸カルシウム保温材厚さ50mm + 外装材

b) 「e-AIM®工法」

従来工法 + 「パイロジェル™XT」10mm + 外装材

(両試験体のけい酸カルシウム保温材は試験開始時20vol%含水)

・試験配管：1B

・配管温度：165℃

・重量測定：ロードセル

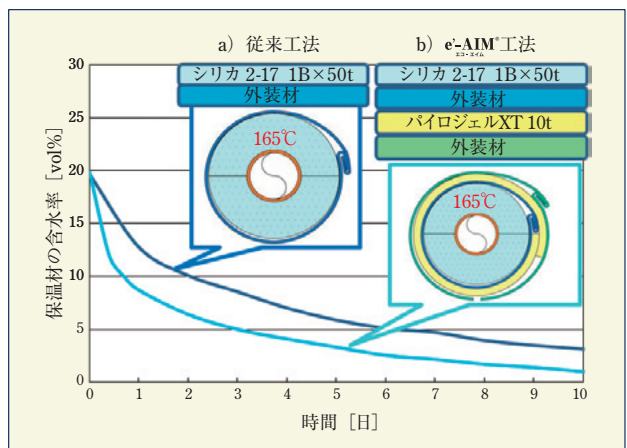


図11 熱ロス対策時の「e-AIM®工法」乾燥試験結果

②擬似雨水滴下試験

「e-AIM®工法」は、「パイロジェル™XT」が持つ、はっ水性により一般保温材の含水劣化を防ぐ効果があります。「e-AIM®工法」の効果を確認するため、図12に示す擬似雨水滴下試験装置を用い、乾燥させたけい酸カルシウム保温材と、その上に「パイロジェル™XT」を上巻きした試料に対して水を連続滴下し、それぞれの重量変化を計測し

たのち含水率を算出しました。図13に以下の試験条件での試験結果を示します。

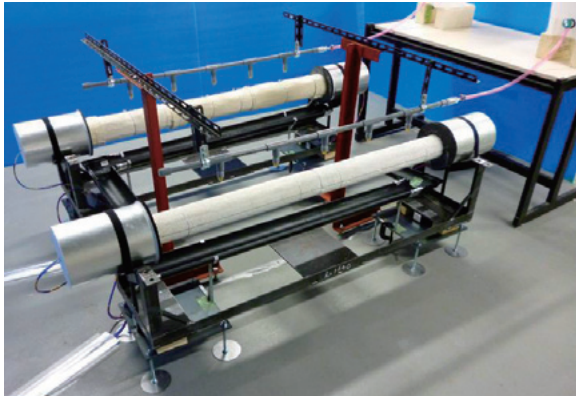


図12 擬似雨水滴下試験装置

〈試験条件〉

・試験体

a) 従来工法

けい酸カルシウム保温材厚さ 30mm

b) 「e'-AIM®工法」

従来工法 + 「パイロジェル™XT」 5mm

・試験配管：1B

・配管温度：80℃

・水滴下量：580cc/(day・m)

・重量測定：ロードセル

試験の結果、けい酸カルシウム保温材のみでは試験開始直後から保温材が滴下した水を吸収し始め、飽和状態近くまで含水率が上昇しました。一方「e'-AIM®工法」は含水率の増加が見られませんでした。これは「パイロジェル™XT」のはっ水性により外表面で水滴が退けられ、けい酸カルシウム保温材に水が到達することを防いでいるためです。よって耐水効果を有していることが確認されました。

③熱ロス対策効果の確認

実施工での「e'-AIM®工法」の効果確認は、弊社が実施しておりますサーモグラフィを用いた熱診断にて確認しております。図14に施工後20年が経過したけい酸カルシウム保温材の配管に熱ロス対策の構造で「e'-AIM®工法」を施工し、熱ロスを施工前後で比較した事例を示します。

〈配管仕様〉

・保温材

a) 施工前

けい酸カルシウム保温材厚さ 65mm + 外装材

b) 施工後

けい酸カルシウム保温材厚さ 65mm + 外装材 +

「パイロジェル™XT」 10mm + 外装材

(けい酸カルシウム保温材は約20年前に施工)

・配管：6B

・配管温度：180℃

施工前のサーモグラフィの画像には、部分的に60℃以上の高温の部分が見られます。これは断熱材の割れや、目地開きなどの劣化により熱ロスが生じている部分で、画像解析の結果、配管部分の平均温度は40.4℃、放散熱量が352W/mとなりました。

同じ箇所に対して「e'-AIM®工法」を施工した結果、施工前に比べ全体に表面温度が均一化していることがわかります。優れた断熱性能により、施工前と比べて表面温度が12.5℃低下、放散熱量が198W/m削減されていることが確認できました。

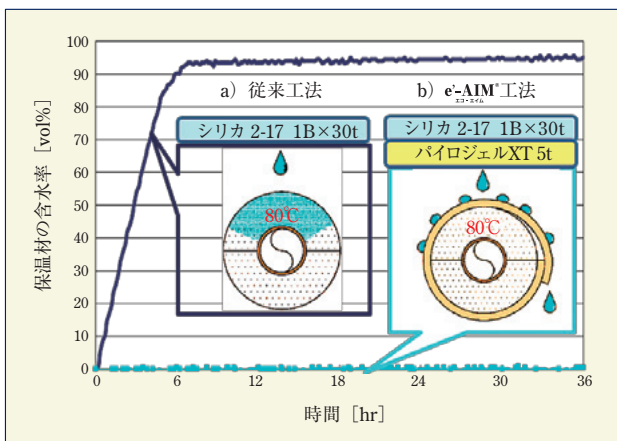


図13 擬似雨水滴下試験結果

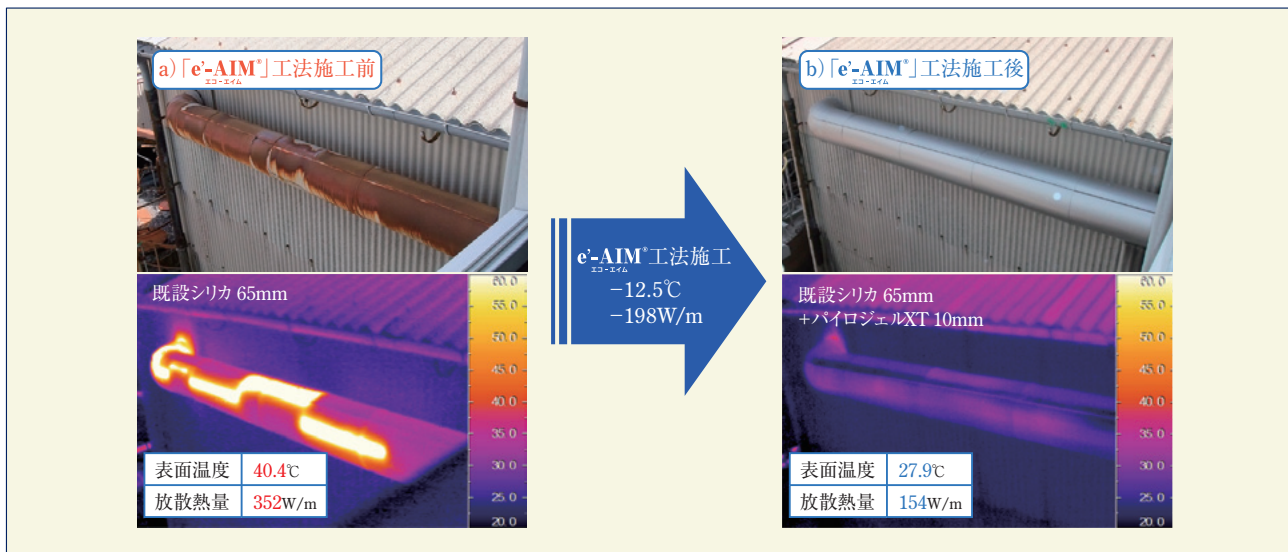


図14 「e-AIM®工法」施工前後での熱ロスの比較

4. おわりに

現在わが国は省エネルギー化政策を強く推し進めております。

高経年化が進んだプラント設備ではCUI対策が急務である一方、今後保温材を含めた設備の維持管理がますます重要視されてくると考えられます。

弊社では、多くの案件で熱診断などによる事前調査、およびその結果を基にした施工箇所の提案、「e-AIM®工法」などの施工、事後の調査による効果の確認と、お客さまの安心安全に寄与するよう一貫して対応をさせて頂いております。

省エネルギーおよびCUI対策として、「e-AIM®工法」が各プラント設備でのメンテナンス業務における一助となれば幸いです。

注：図6「パイロジェル™XT」注記事項

注1：本製品には有機分が微量含まれており、施工後、初期加熱時に有機分が分解、酸化することにより保温材の内部温度が上昇する場合があります。使用できる最高温度は650℃ですが、内部流体温度400℃未満でのご使用を推奨します。なお、この内部発熱現象は、昇温時開始後一時的に発生するものです。施工対象が既に高温となっている状態で施工する場合は急激に発熱する可能性があります。既存断熱材への増し保温施工時は局所的な高温部が無いことを確認の上、施工してください。（内部温度400℃以上で施工される場合は弊社へご相談ください）

注2：密度は代表値です。

注3：230℃以上での使用時には、内面側（配管側）のはっ水剤が高温のため熱分解されますが、外面側は外気に接しており高温にならないため、はっ水性は維持されます。なお、はっ水剤（シラン化合物）が熱分解される際に、多少の分解ガスが発生します。

- *「e-AIM®」はニチアス(株)の登録商標です。
- *「パイロジェル」はaspen aerogels,inc.の商標です。
- *「パイロジェル™XT」は、aspen aerogels,inc.が製造する製品であり、(株)エアロジェル・ジャパンが国内販売代理店です。
- *本稿の測定値は参考値であり保証値ではありません。