



フリーシステムズ社製赤外線カメラによる

現代の土木・建築業界にとって、セメントは欠かせない原料です。セメントはモルタルやコンクリートなどの重要な原料として世界的に最も需要と実用性の高い鉱産物です。セメントは複雑な製造工程を経て製造されます。セメント製造工場では、セメントの主原料である石灰石とほかの成分を混ぜ合わせ、キルンと呼ばれる炉に投入し、最高1,500°Cという高温で内容物を熱します。この加熱工程で過熱が生じると、キルンの外壁が深刻な損傷を受けることがあります。こうしたデリケートな工程をモニタリングし、キルンの損傷を予防するための24時間365日体制の温度測定に、FLIRの赤外線カメラが使われています。

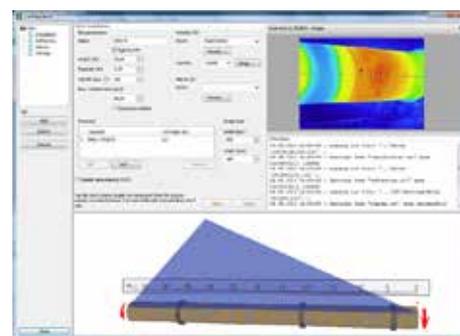
イタリアと米国の2つの会社が、セメント製造工程でのキルンのモニタリングとデータ収集、加工、追跡が可能なコンピュータシステム「IRTキルンモニター®」を開発しました。2社のうち1社は、工業用安全ハイテク装置を扱うINPROTEC IRT社(本社はイタリア、ミラノ)、もう1社は、多種多様な赤外線サーマルイメージングシステムやソフトウェアの設計、製造、販売を行うGrayess社(米国、フロリダ州プレーデントン)です。

IRTキルンモニター®システムには、赤

外線カメラFLIR Aシリーズが搭載されており、リアルタイムでキルンの温度を監視します。さらに、キルン表示モジュール(2D/3D)と熱画像解析モジュールが組み込まれています。INPROTEC IRTの販売部長Roberto Ricca氏はフリーシステムズの赤外線カメラの性能に非常に満足していると言います。「このシステムはFLIR A315とA615のカメラを組み込めるように設計されています。産業炉の監視用途に必要な詳細な温度データを提供してくれる製品です。」



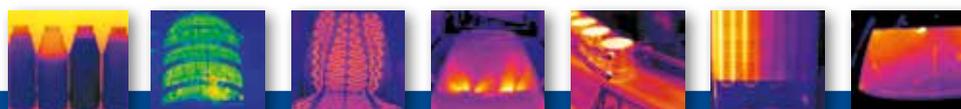
赤外線カメラFLIR Aシリーズは危険なホットスポットを鮮明に映し出す。

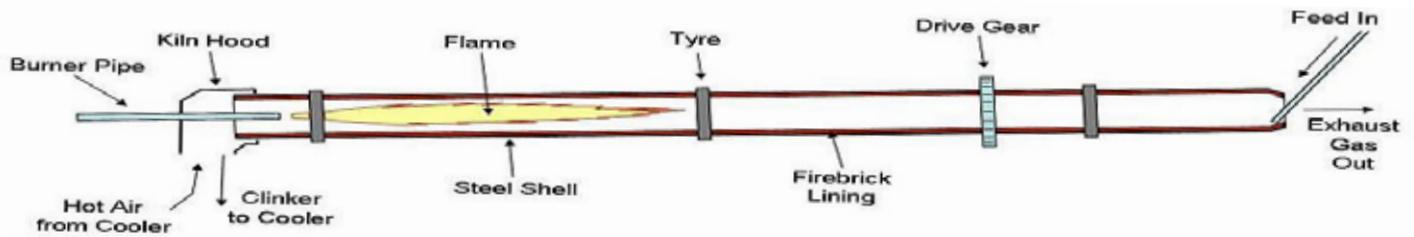


IRTキルンモニター® の設定画面

セメント製造

赤外線カメラの使用方法を介绍する前に、セメント製造過程において回転キル





回転キルンの略図

ンがどれだけ重要であるかを理解していただくためセメントの製造方法を説明します。

セメント工場の多くは、市場又は原材料の採取場所の近傍に位置します。セメントの主原料(石灰石と粘土)は採石場で切り出されます。セメントの製造工程には大きく分けると2つの工程があります。第1工程で原材料からクリンカーを製造し、第2工程でクリンカーからセメントを製造します。

まず、4種の酸化物(酸化カルシウム65%、酸化ケイ素20%、酸化アルミナ10%、酸化鉄5%)を正確な比率で調合し

ます。この混合物を微粉碎して成分の均一化をはかったうえで回転キルンに投入します。キルンは全長60~90m、直径最大5mの巨大な回転パイプです。

この材料を均質に混ぜ合わせた微粉混合原料を1,450℃で焼成すると「クリンカー」と呼ばれる焼塊が得られます。材料がゆっくりと反対側に移動するようにキルンはわずかに傾斜した状態で設置されています。原料は突き当たったところで100~200℃にまで急冷されます。こうしてできあがったクリンカーは巨大なサイロで保管されます。

第2工程であるセメント製粉は、クリンカー工場とは違う設備で行われることもあります。クリンカーに石膏や他の添加物を加えて、微粉碎すると均質な粉末「セメント」が出来上がります。

回転キルン

回転キルンの内層には、鉄製外壁をキルン内部の高温や原料による腐食から守るため、耐火レンガや鑄造耐火コンクリートなどが使われています。こうした材料は劣化があれば交換しなければなりません。耐火材の表面にセメント材のコーティングができると、耐火材の寿命を伸ばすことができます。内層の厚さは通常は80~300 mmで、1000℃以上の急激な温度変化に耐えます。外壁の温度は350℃以下に維持する必要があります。ここに赤外線カメラが使用されています。赤外線カメラを使うことで、キルン外壁を常時監視ができるため、耐火材の不良を示す「ホットスポット」を早期に発見できます。

キルン外壁を守る

外壁はキルンの性能を左右する重要な構造です。赤外線カメラは外壁の2つの問題を確実に検出します。

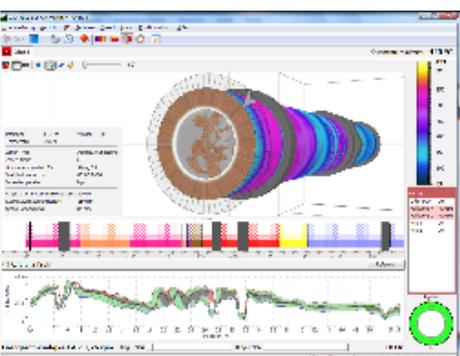
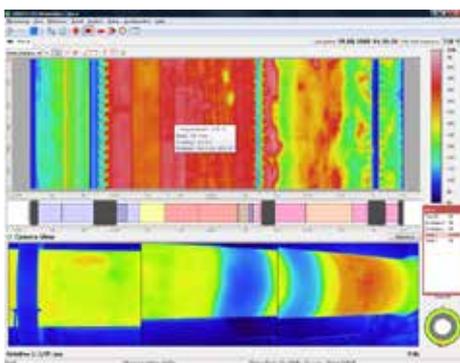
第1の問題は、焼成中に耐火レンガ表面に蓄積するセメントコーティングの輪です。これは外壁の温度を下げ、熱損失を減らし、耐火材を守るという点では有益ですが、コーティングの厚みが増すと、パイプ内が狭くなり、炎の効率が低下することになります。赤外線カメラでキルン外壁の低温部が見つければ、この問題が生じていることを把握できます。

第2の問題は、セメントコーティングの突然の剥離により、耐熱煉瓦が脱落してしまうという問題です。断熱層が損傷し、厚みが減ると、外壁にホットスポットが生じて、エネルギー損失とキルン性能低下につながります。鉄製外壁の損傷を回避するには、外壁を350℃より低い温度に維持しなければなりません。そのために赤外線カメラで炉体外壁温度の監視を行うのです。

キルンモニタリングシステム

INPROTEC IRT社とGrayess社が共同開発した IRTキルンモニター®には、長さ60mの回転キルンを3分の1ずつ監視するためにA315カメラ3台が設置されています。撮影された熱映像は中央管制室の表示システム

に転送され、管制官が24時間365日体制でキルンの運転状況と性能をリアルタイムで監視します。キルンは約30秒で1回転するため、IRTキルンモニター



IRTキルンモニター®はキルンの24時間365日体制のリアルタイム監視を行う。

⑧は回転時間と同期して熱画像を構築します。

キルンの外壁温度が規定の範囲外に達すると、専用ソフトウェアから管制室にアラームが送信されるため、管制官が適切な措置を講じます。たとえば、熱画像上に炎によるホットスポットが映し出された場合、耐火レンガが内層から脱落し、キルンの断熱層が薄くなったことがわかります。この場合、深刻な損傷による莫大なコストを回避するため、バーナーの温度を下げる、もしくはシステムを停止しなければなりません。

正確な熱画像

IRTキルンモニター⑧では、管制官が状況を確実に認識できるように、FLIR赤外線カメラからの情報を表示するモードが選択できるようになっています。

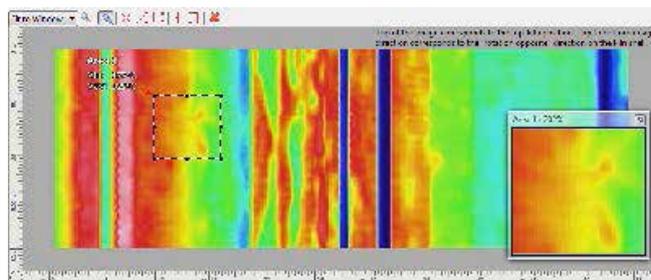
赤外線カメラ VS スキャナー

INPROTEC IRT社のRoberto Ricc氏は、赤外線カメラFLIR A315の素晴らしい点は画質だけではないと言います。キルン外壁温度の監視によく使用される赤外線スキャナーと比較すると、赤外線カメラのコストパフォーマンスの高さが一目瞭然だと語ります。

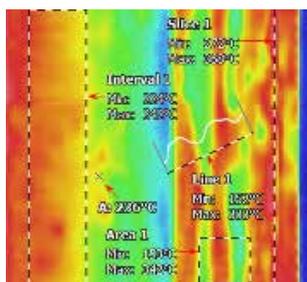
「スキャナーは、理論的には、1台で長さ60mの回転キルンを監視できます。しかし、スキャナーは回転キルンが完全に視野に入る距離に設置しなければならず、これが実質的に難しいのです。スキャナーは巨大で、設置場所に柔軟に対応できません。回転キルンは、多くの場合、専用の製造施設内に設置されています。

赤外線スキャナーの最大視角が120°であるとして、スキャナーを回転キルンを見渡せる距離で、視野を遮る障害物のない場所に設置することは不可能であることが少なくありません。例えば、回転キルンには熱風を回収してエネルギーとして使用するための副次的な通風管がついています。この管が視野を遮る障害物となることが多いのです。」

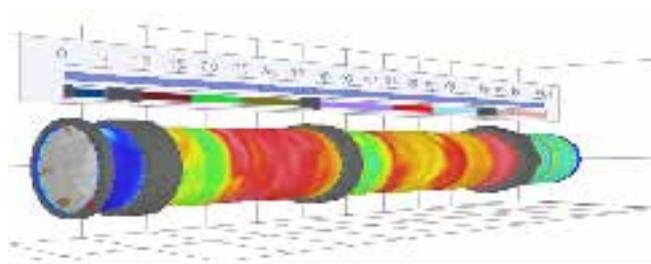
二次元赤外線熱画像(2D温度マップ)



IRTキルンモニター⑧では、管制官がカラーパレットや計測温度範囲を指定できます。指定スポットで温度情報を読み込んだり、スポットの位置、レンガの厚さ、コーティングの厚さなどを計測できます。専用ソフトウェアで別枠内の指定エリアをズームすることもできます。

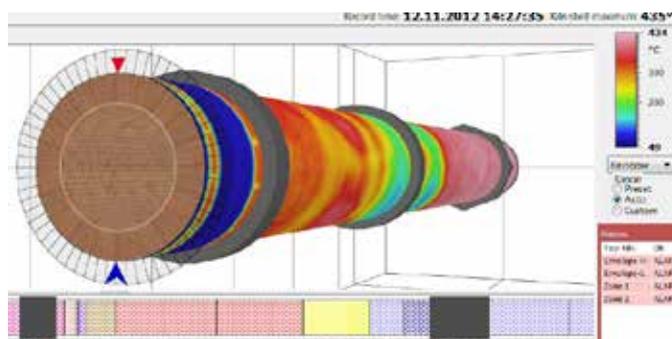


キルン全体の動きを映す3次元映像(3Dバーチャルキルン)



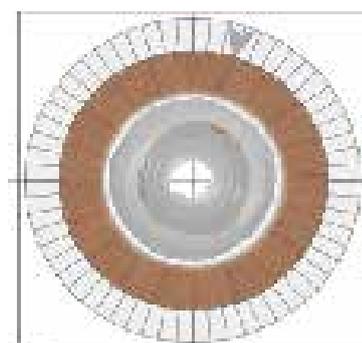
キルン表面の「パイプ」温度を熱画像として表示します。映像ではキルンが実際のスピードで回転します。

キルン内部の3次元映像(3Dキルンセクション)

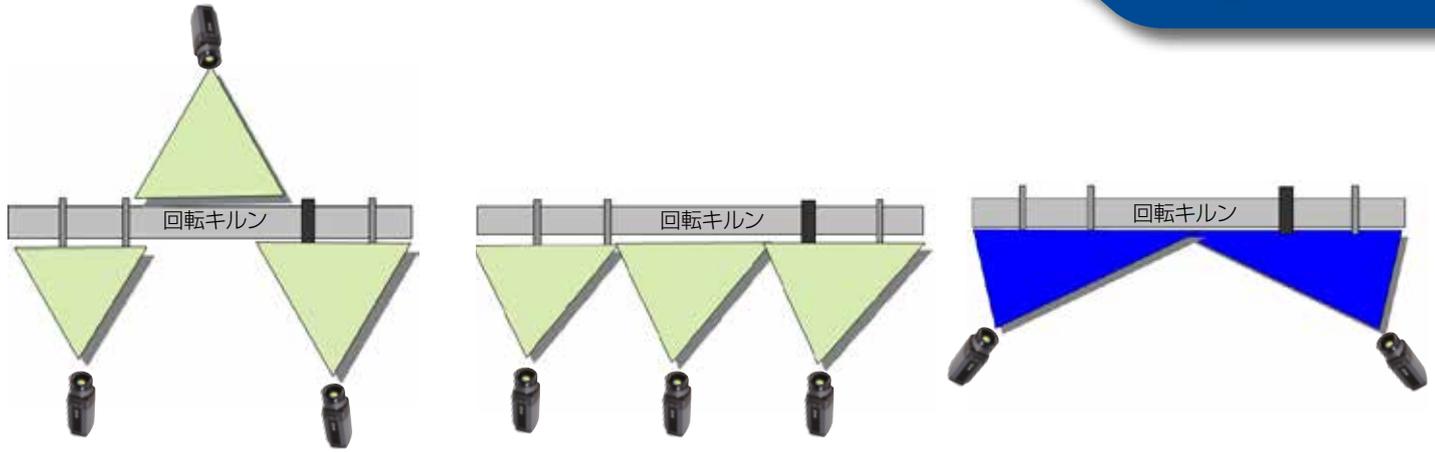


キルンの指定部分の断面を表示し、キルン内部(レンガとコーティング)を見ることができます。

キルン末端の3次元映像(キルン末端像)



キルン末端像は3Dキルンセクションの特別例です。



カメラの可能な設置位置

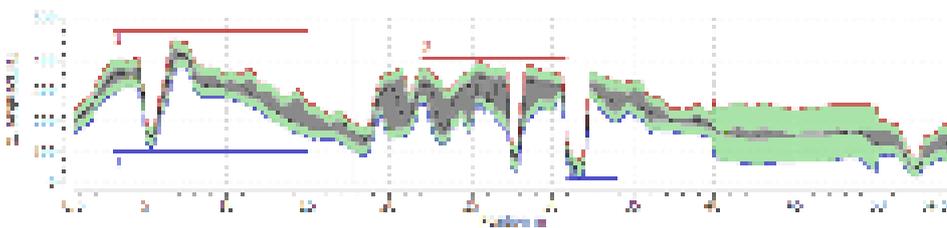
「対照的に、赤外線カメラはずっと小型軽量ですし、設置位置や場所に関して柔軟性が非常に高いのが特長です」と Roberto Ricca氏。「実際、設置スペースが限られている場合には赤外線カメラが選択されます。弊社のシステムデザインでは、視野角90°の FLIR A315を採用しました。この場合、長さ60mのパイプ全体を監視するのに赤外線カメラ3台が必要ですが、それでも赤外線スキャナー1台よりも低価格です。」

高解像度
FLIR A315とA615はコンパクトで低価格な赤外線カメラです。PCで完全に制御でき、温度分解能50 mK未満で、細密な温度差を検出できます。Roberto Ricca氏は「このシステムには、どうしても高解像度カメラが必要です」と付け加えます。「理想的な設置場所であれば、2台ないし3台のカメラだけでキルン全体の監視が可能となる90°カメラを選択します。ドイツのある

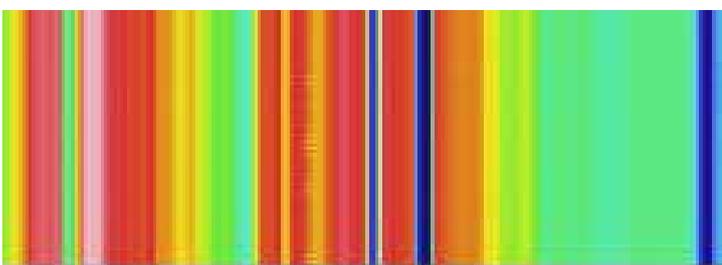
顧客の事例では、このシステムに90°レンズのFLIR A315を組み込んだ結果、極めて高画質で正確かつ詳細な情報が得られました。

「将来的には、IRTキルンモニター®システムにはFLIR A615を組み込みたいと考えています。このモデルはさらに高解像度です。FLIR A615の解像度は640×480ピクセルで、さらに高精度で細密な温度情報が遠距離から得られます。長さ60mの回転キルンであれば、1ピクセルで10cm分のパイプの画像が得られる計算になります。」

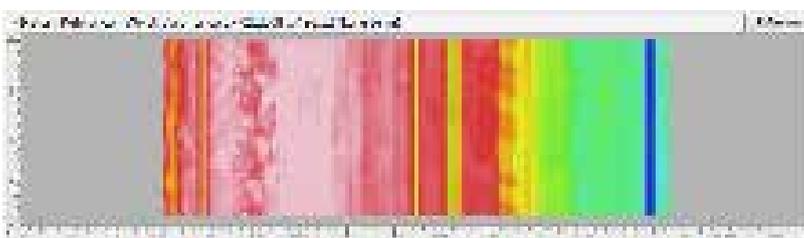
IRTキルンモニター®では、管制官は、回転キルンの性能評価用に、数種類の簡易レポートと過去温度記録を参照できる。



それぞれのキルンのゾーンの個別の閾値を定義するために必要な許容可能温度を示す包絡線図



上図はキルンの温度記録の履歴。それぞれのラインが1回の記録分を示す。



過去の温度記録から合成した「最悪事例」の熱画像。すべての点が指定時間以降の最高温度を示している。

赤外線カメラに関する情報は弊社までお気軽にお問い合わせください。

フリアーシステムズジャパン株式会社
〒141-0021
東京都品川区上大崎2-13-17
目黒東急ビル5F
電話:03-6721-6648
FAX:03-6721-7946
Eメール:info@flir.jp www.flir.com

掲載画像は実際のカメラの解像度と異なる場合があります。画像は説明目的で使用されています。