

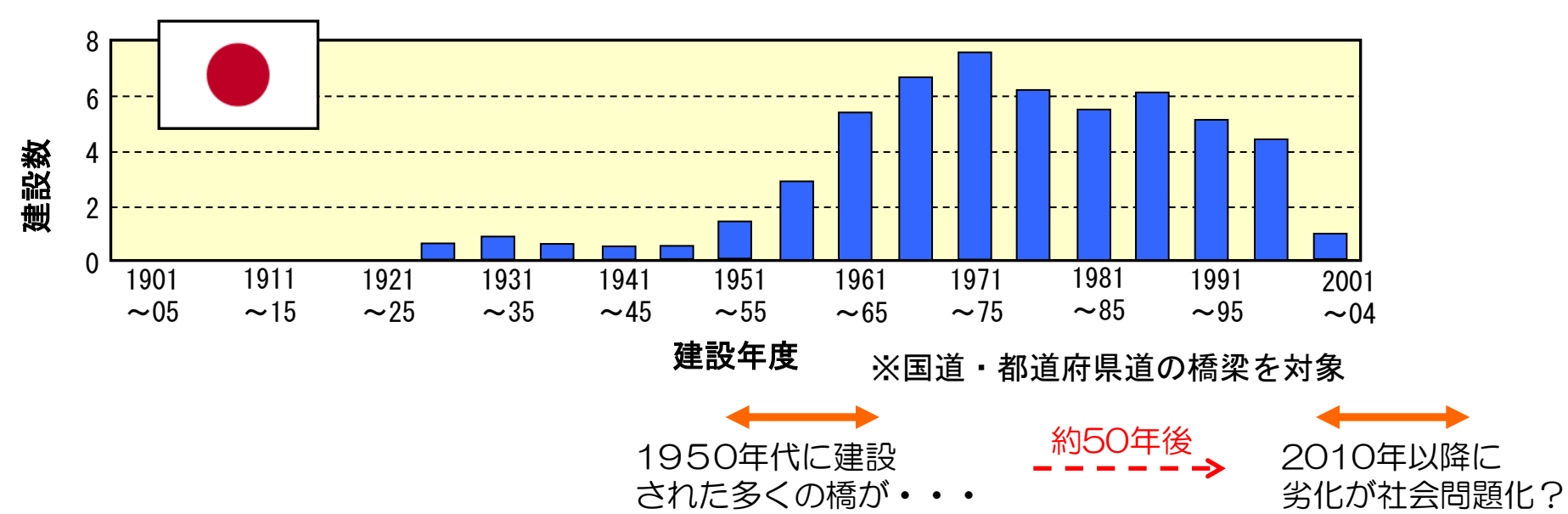
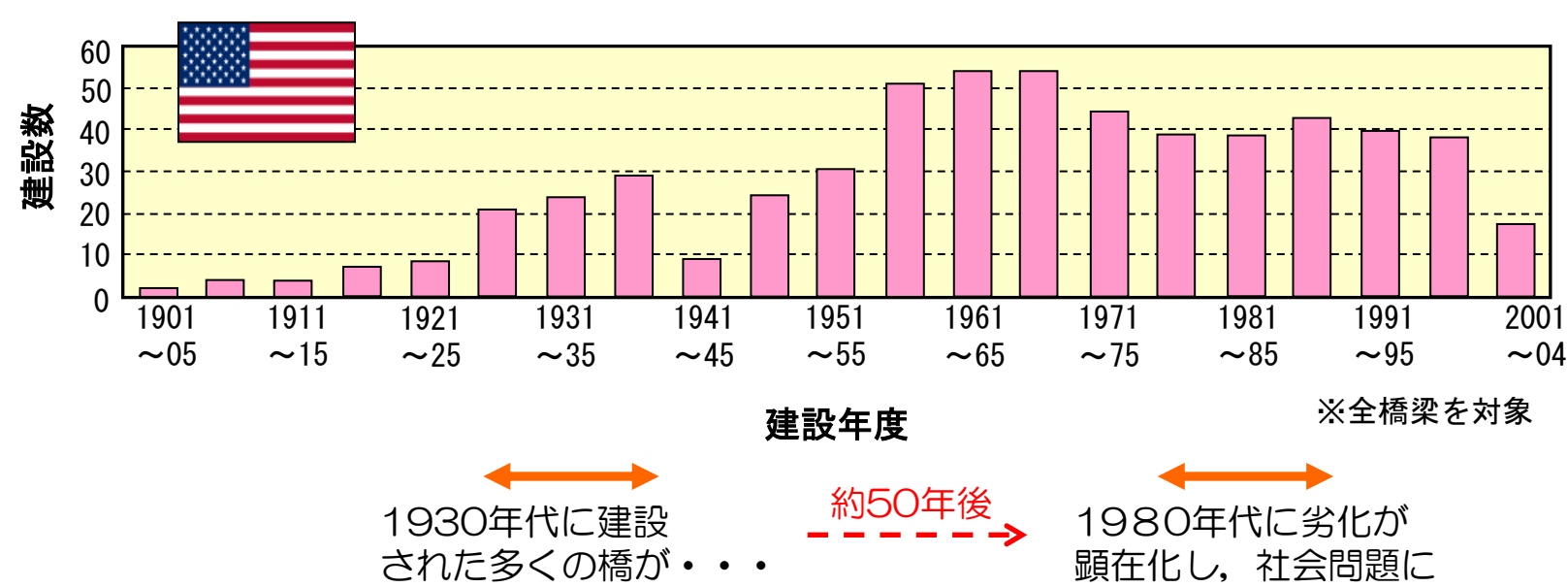
赤外線サーモグラフィによる コンクリート構造物の欠陥検出技術

大同大学 工学部 土木・環境専攻 建設材料研究室

「つくる」から「まもる」時代へ

橋や道路などの**社会基盤構造物の老朽化**が社会問題となり始めています

アメリカと日本の橋の建設数の推移



アメリカでは、1930年代に建設された多くの構造物の劣化が、その**約50年後の1980年代**に社会問題になりました。

アメリカよりも約30年遅れて社会基盤の整備が始まった日本では、**2010年以降に構造物の老朽化問題が顕在化**することが確実です。

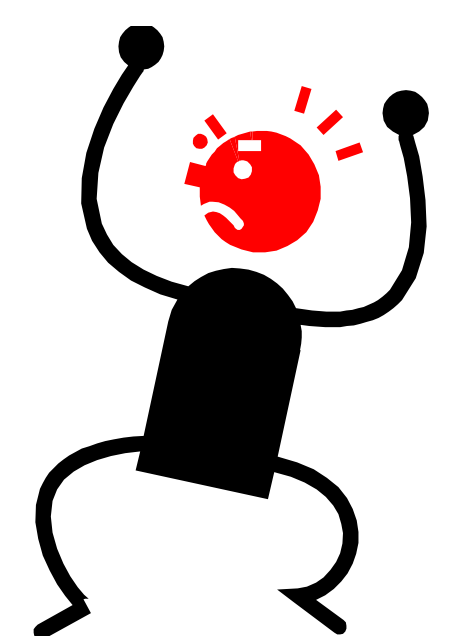
日本はこれから大変な時代を迎える！
私たちが何とかしなければ！！



道路の陥没や橋の崩壊の例 (1980年代のアメリカ)



愛知・三重県境にある木曾川大橋の部材の破断事例 (2007年)



構造物の維持管理（点検）における問題点

構造物の健全度を評価するためには、まず**点検**をしなければなりません。
点検は、詳細に実施すればするほど多くの情報を得ることはできますが、橋や道路などの**社会基盤構造物は非常に大きい**ため、**莫大な費用と時間がかかって**しまいます。

コンクリートの主な点検方法

安全を守るためにはしっかり点検しなくちゃダメだけど、お金と時間がかかりすぎるのはちょっと困る・・・



打音

コンクリートに欠陥が生じていないかどうかを調べます



鉄筋探査

コンクリート内部に鉄筋がきちんと配置されているかどうかを調べます



コア抜き

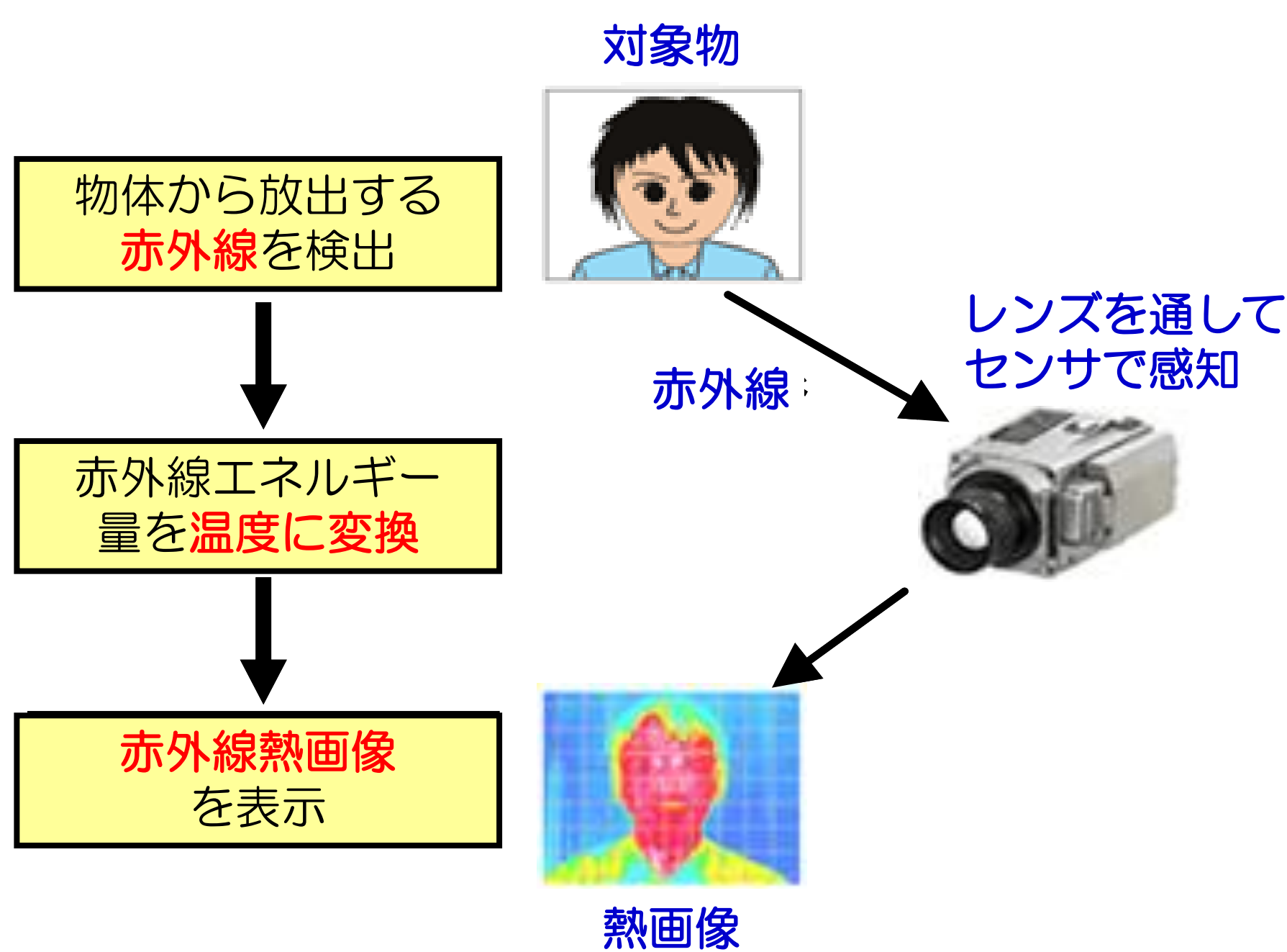
コンクリートの強度や中性化の進行状態などを調べます

赤外線サーモグラフィーによる コンクリート構造物の欠陥検出技術

大同大学 工学部 土木・環境専攻 建設材料研究室

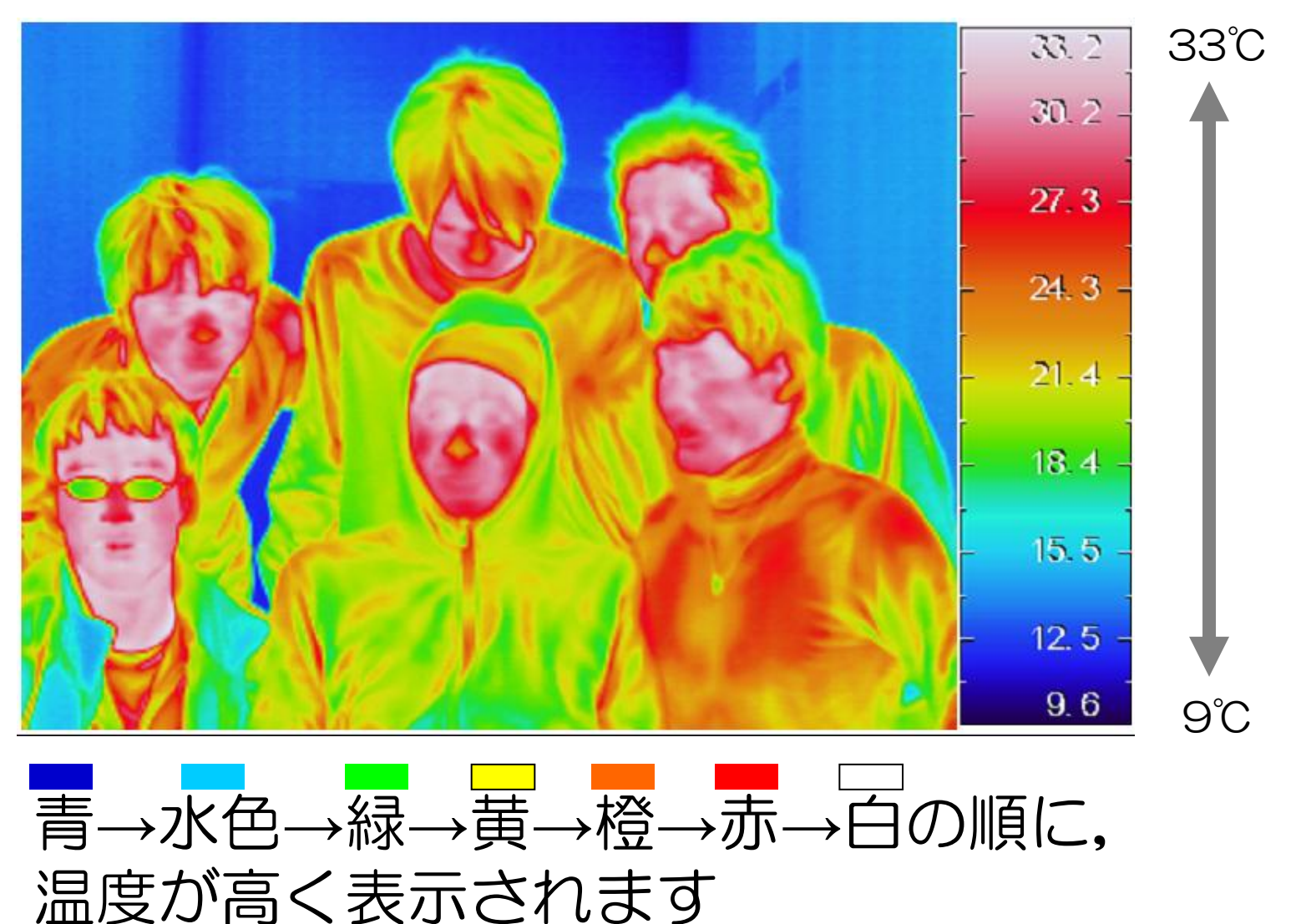
赤外線サーモグラフィーとは？

赤外線サーモグラフィーは、物体の**表面温度**を測定することができる装置です



赤外線サーモグラフィーで撮影すると・・・

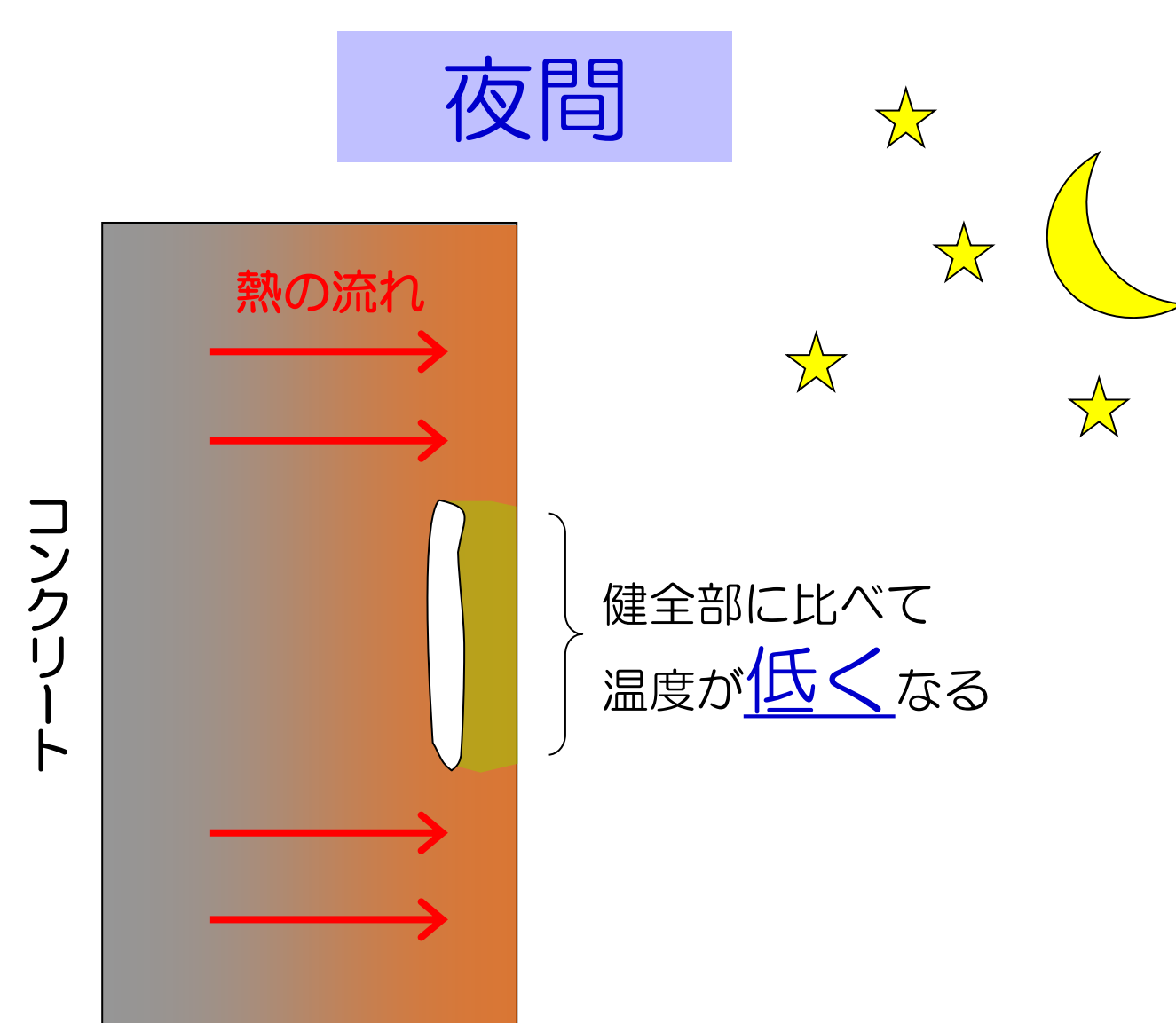
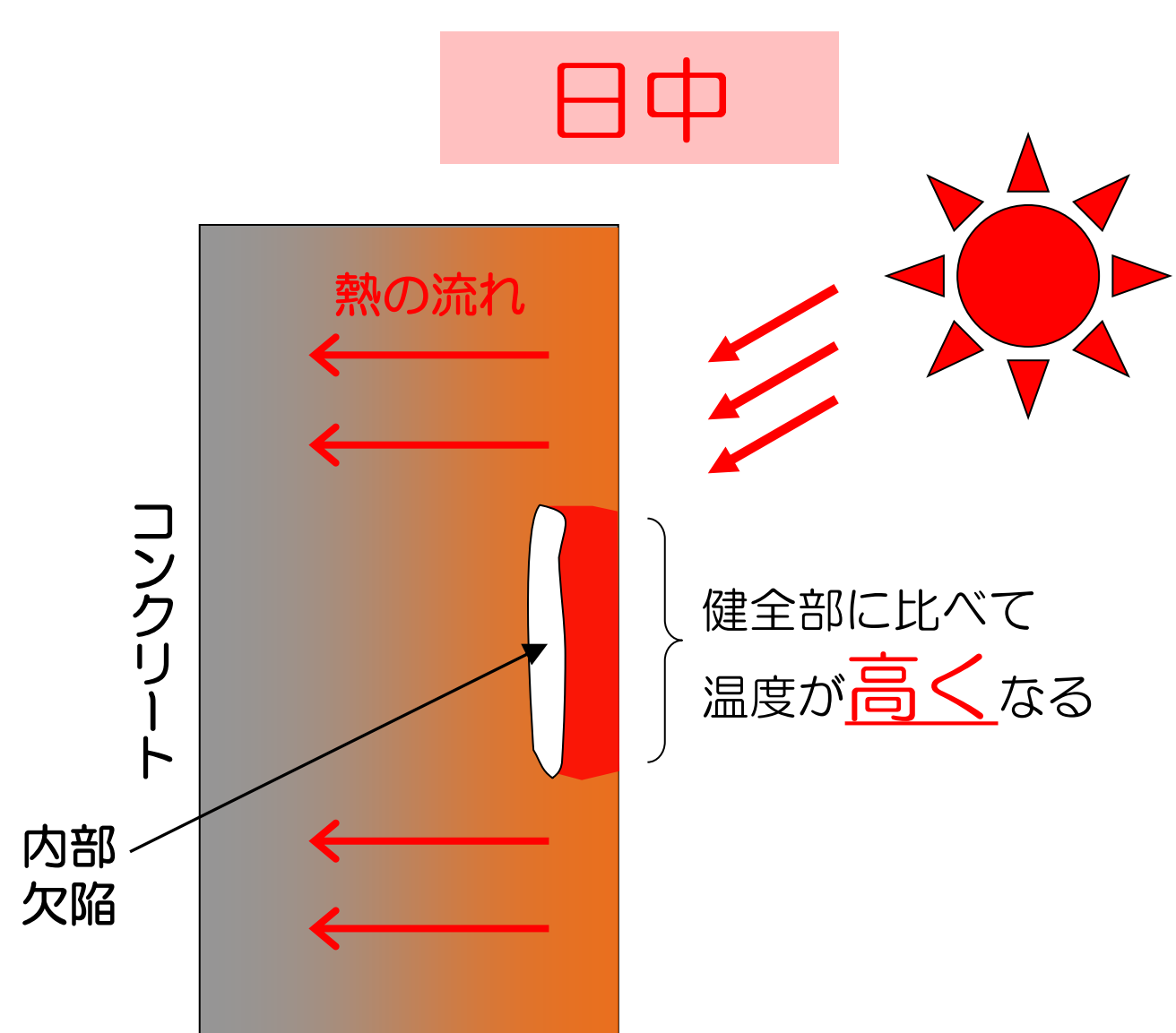
こんな感じに写る！！



赤外線サーモグラフィーの外観

絶対温度 (-273.15°C) 以上の温度状態にある物体は、表面から**赤外線**を放出しています。この赤外線を検出し、温度に換算して画像として表示するのが、**赤外線サーモグラフィー**です。

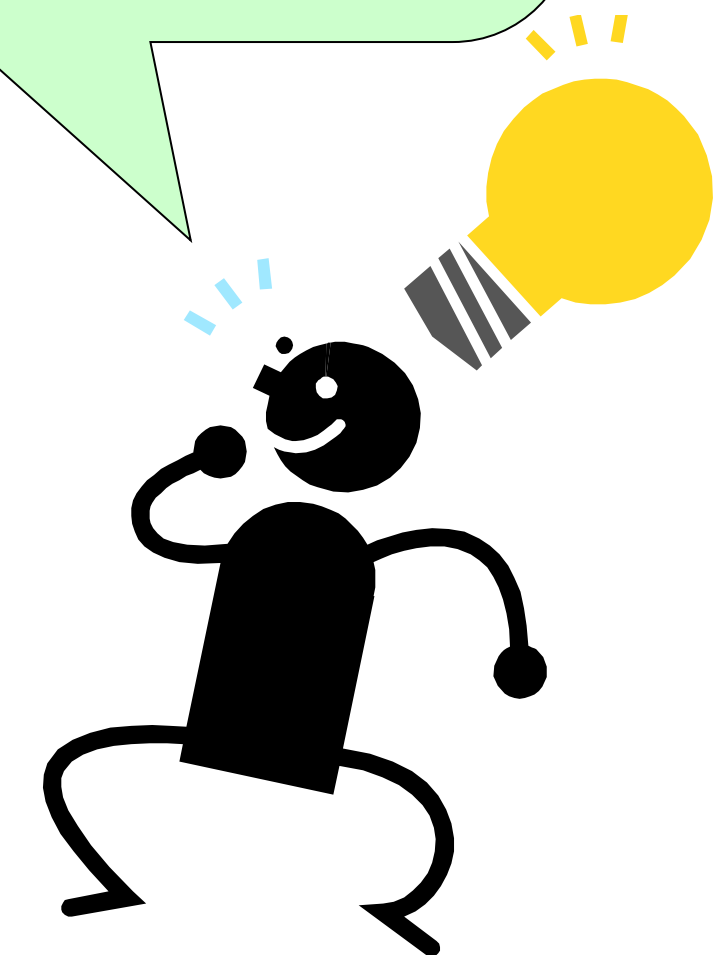
熱画像測定によるコンクリートの欠陥検出の原理



なるほど！
昼と夜の表面温度の差を求めたら、
コンクリートの劣化場所を特定
することができるのか！

コンクリートの内部欠陥は、**断熱材**のような役割をはたします。健全部に比べ、欠陥部はコンクリートの表面からの厚みが少ないため、日射による熱エネルギーの密度が高くなります。そのため、**日中は表面温度が高くなります。**

日射による熱供給がなくなる夜間には、コンクリートの表面温度は低下します。健全部は昼間に十分な熱をため込んでいますが、欠陥部はすぐに熱を放出してしまいます。そのため、健全部と欠陥部の温度差は、昼間のように生じなくなります（**欠陥部の方が温度が低くなります。**）。

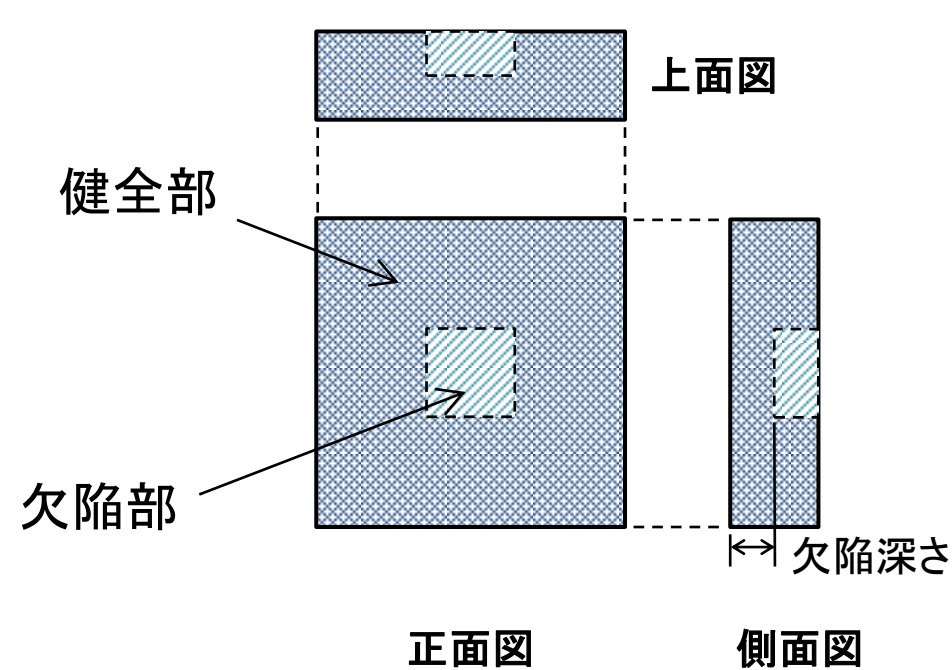
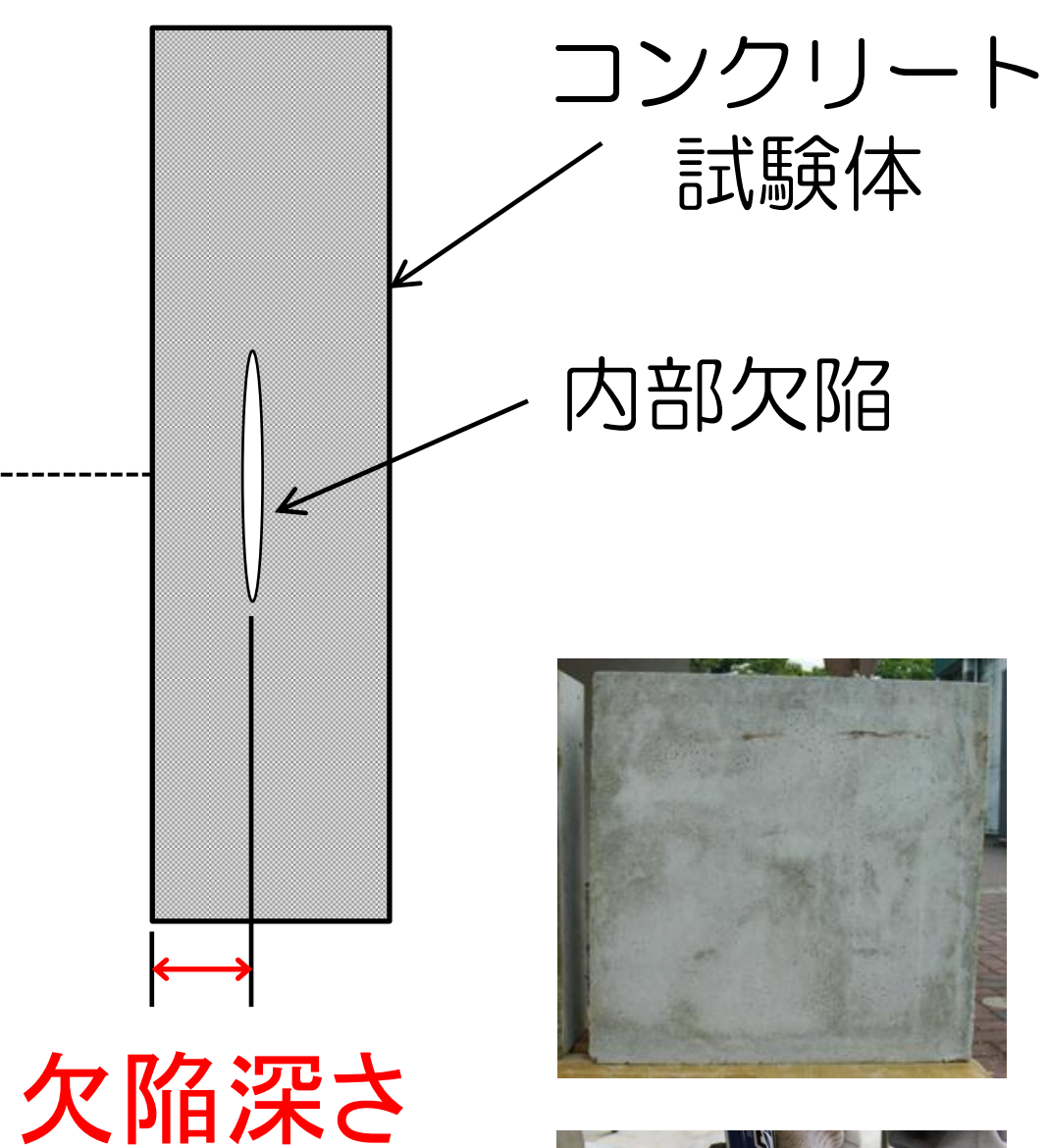


赤外線サーモグラフィによる コンクリート構造物の欠陥検出技術

大同大学 工学部 土木・環境専攻 建設材料研究室

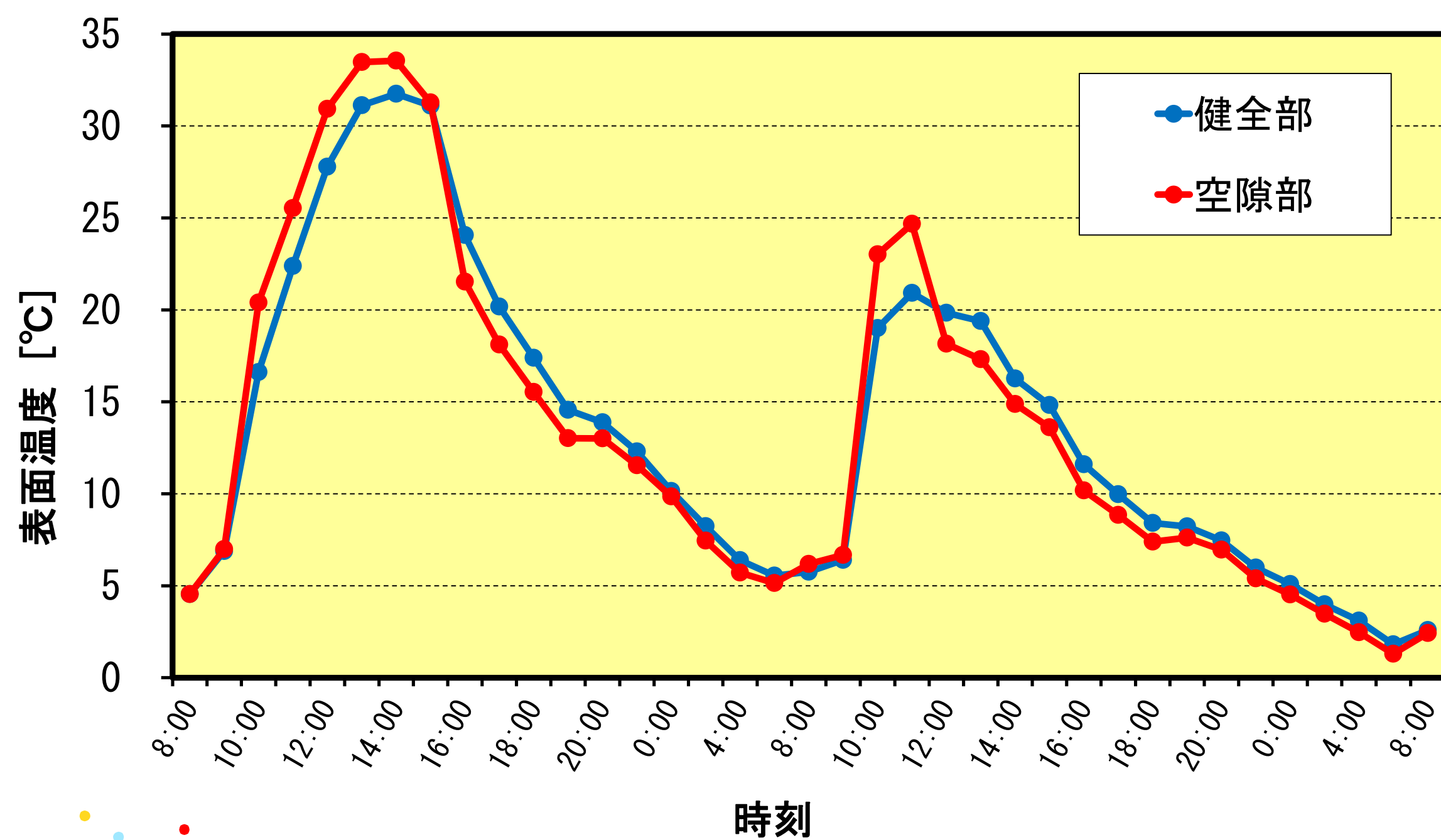
コンクリートの欠陥検出の検証

コンクリートブロックの中に欠陥をつくり、赤外線サーモグラフィで撮影した熱画像で表面から検出できるかどうかを検証しました。

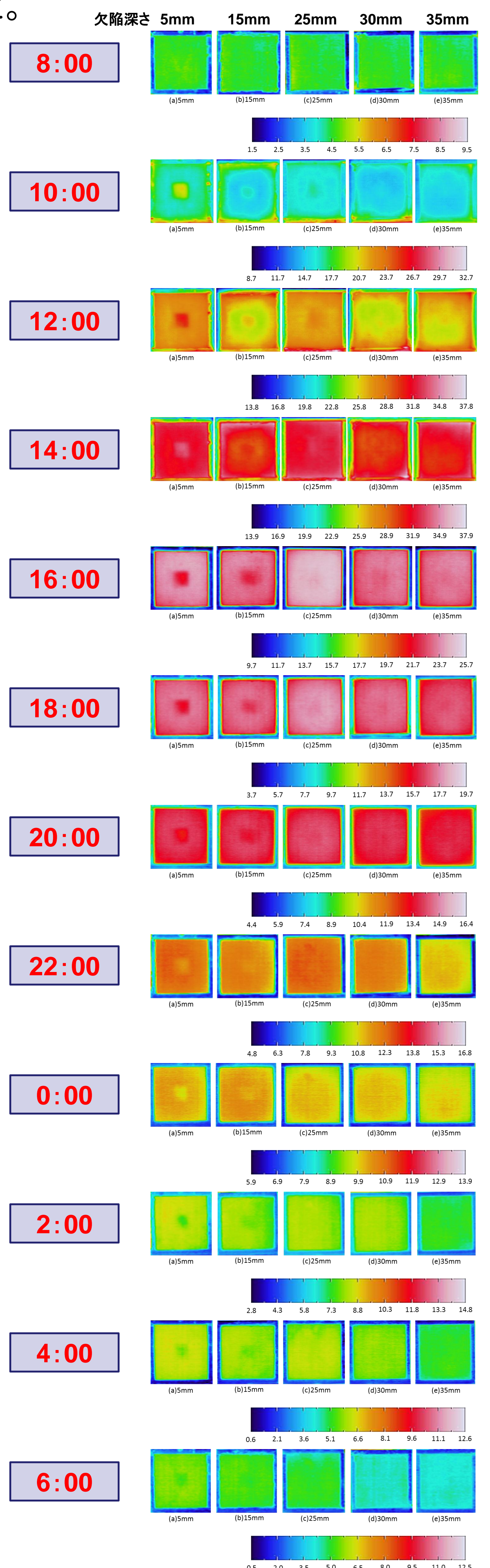


コンクリート試験体の背部に穴をあけ、シリコンでふさいで擬似的な内部欠陥をつくりました。
「欠陥深さ」は、5mm, 15mm, 25mm, 30mm, 35mmの5種類を設定しました。

健全部と空隙部の表面温度の変化



空隙部のコンクリートの表面温度は、太陽の光と熱を浴びる昼間は高くなるんだ。熱画像を見ると、欠陥が存在している場所が明らかになるね！！



赤外線サーモグラフィーによる コンクリート構造物の欠陥検出技術

大同大学 工学部 土木・環境専攻 建設材料研究室

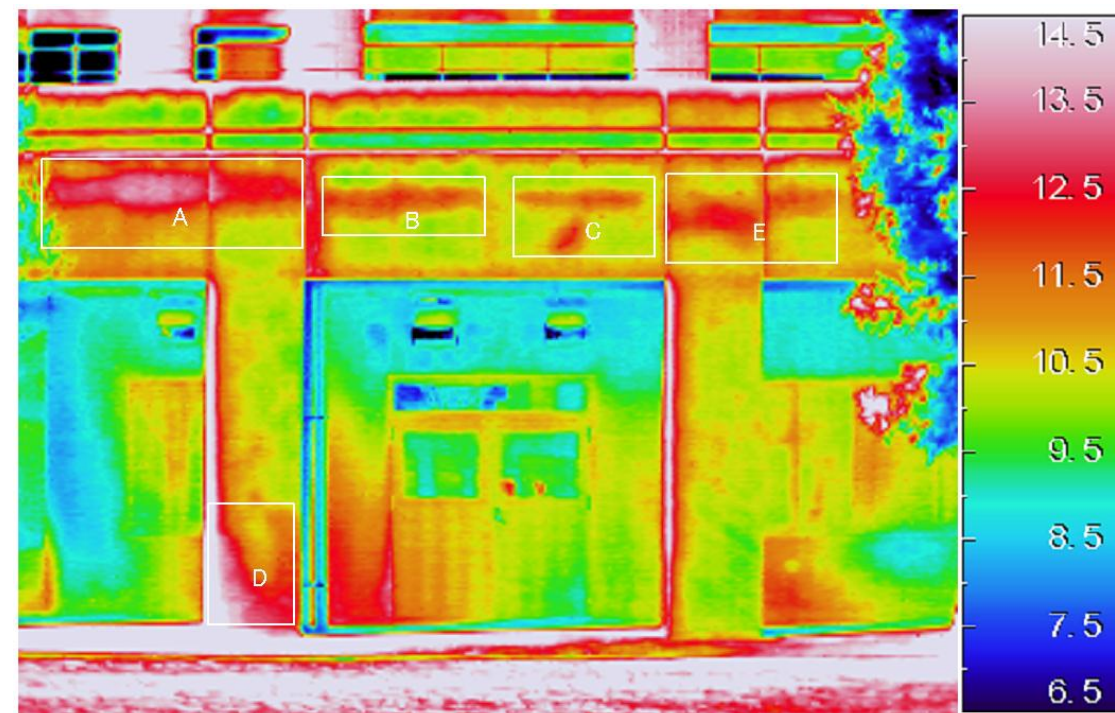
計測事例（その1）

大同大学・滝春キャンパスD棟のコンクリート柱・壁部の温度を24時間計測しました



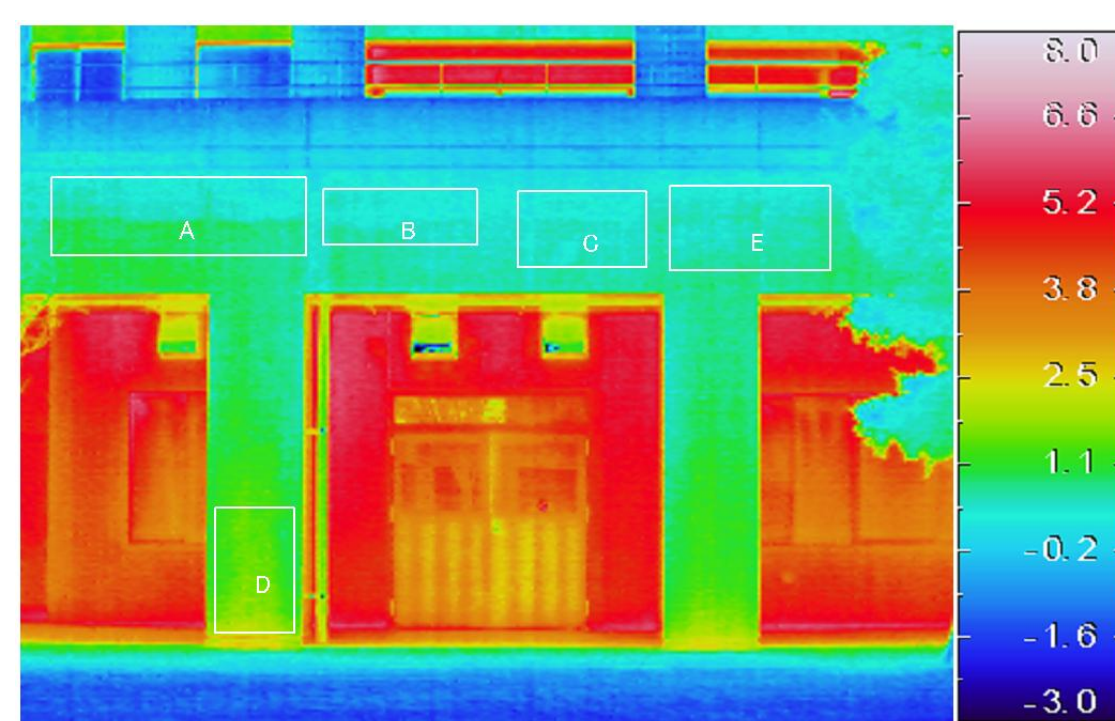
D棟の外観

左側の柱の根元と2階の壁部分にあるスジ状の模様は、コンクリートに発生したひび割れを補修した跡（つまり劣化や欠陥に相当する部分）です。



昼間（午前11時頃）

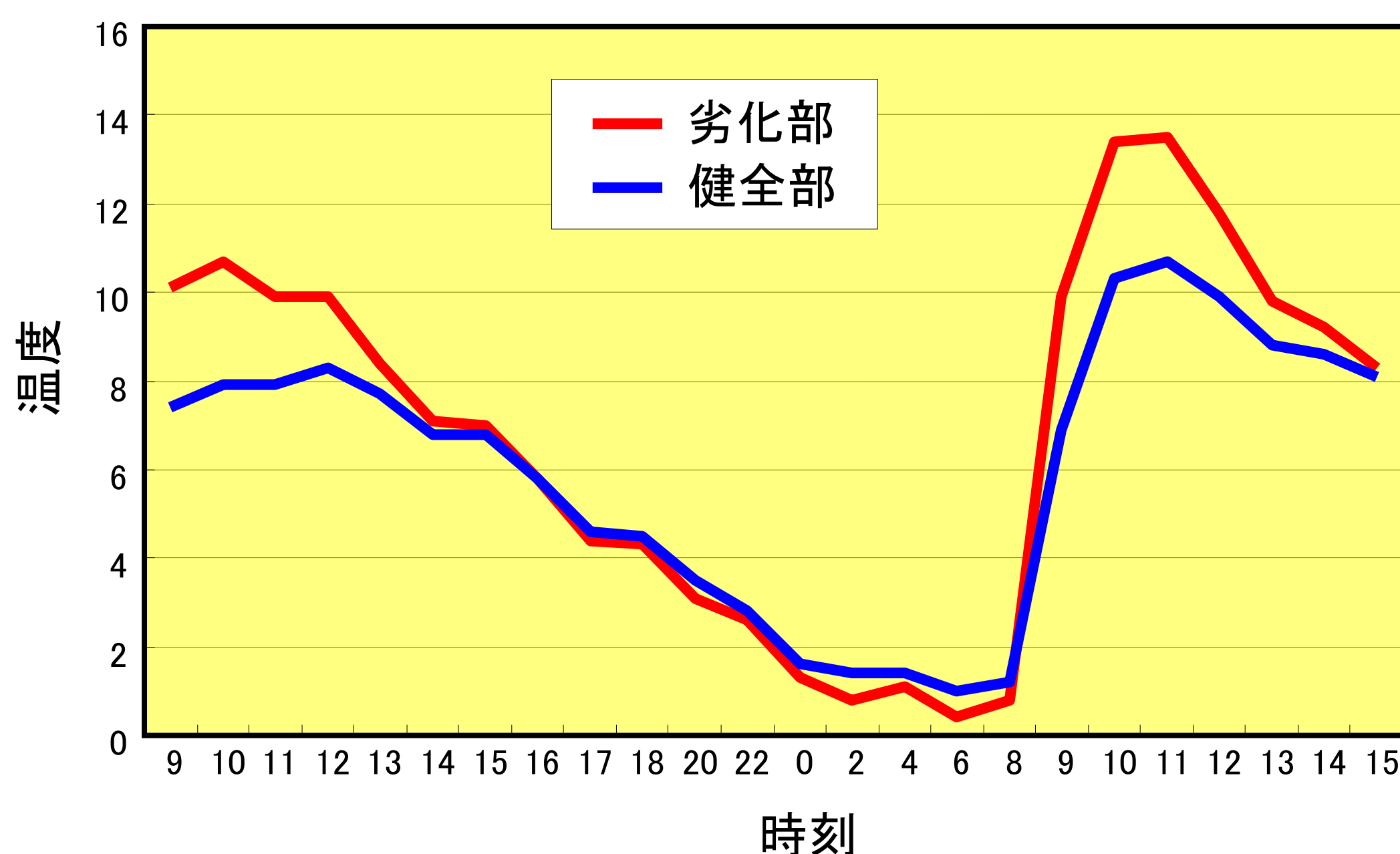
構造物に日が差している時間帯です。左側の柱の根元と2階の壁に、温度の高い部分が明確に出現しています。ここが、劣化が生じている可能性の高い箇所です。



朝方（午前6時頃）

一日のうちで最も気温が低い夜明け前の時間帯です。昼間は高い数値を示していた部分の表面温度が、その他の部分とほとんど変わらなくなっていることがわかります。

健全部と劣化部の温度変化



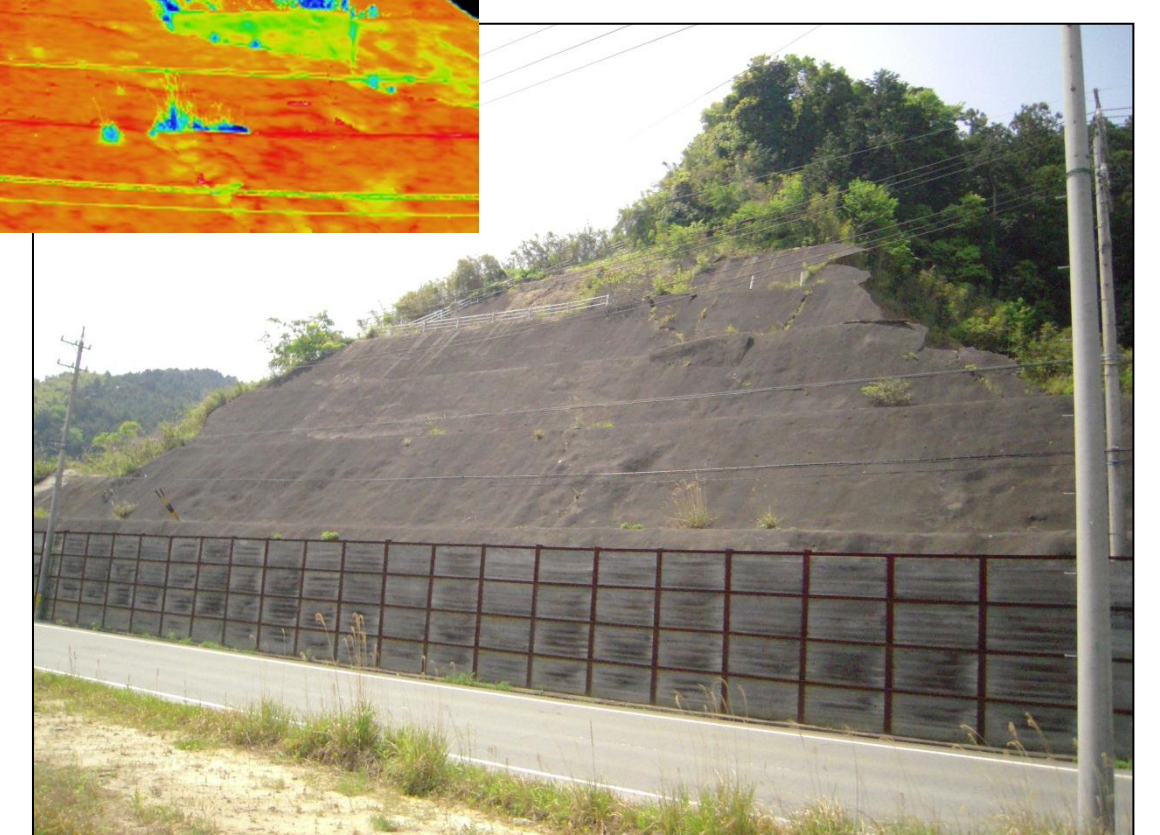
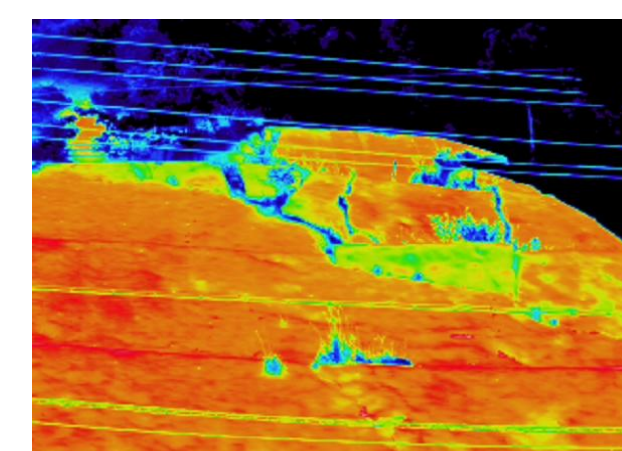
日射のある昼間の時刻は、健全部よりも劣化部の方が高い表面温度を示します。それに対して、陽が落ちて気温が下がる深夜から早朝には、健全部の方が高い表面温度を示し、温度の逆転現象が起きています。このように、一日の温度変化を計測することによって、コンクリートの劣化部分を特定することができます。

難しい技術は必要ないし、この方法ならスピーディに点検を進めることができるね！



実務への適用について

赤外線サーモグラフィーを使った点検は、詳細な点検手法に比べれば精度は劣ります。しかし、**構造物の状態を迅速かつ広範囲に計測できる**ことは大きな利点です。赤外線サーモグラフィーは、特に**橋梁**や**斜面の吹付けコンクリート**など、**長い距離や区間に設置された構造物の点検に適しています。**



斜面の吹付けコンクリートの例

赤外線サーモグラフィーによる コンクリート構造物の欠陥検出技術

大同大学 工学部 土木・環境専攻 建設材料研究室

計測事例（その2）

吹付けコンクリートのり面（斜面）の表面温度を計測しました。

吹付けコンクリートとは？

のり面（斜面）が崩壊しないように地山の表面を保護するためのコンクリートを、**吹付けコンクリート**と
いいます。低コストで工事をおこなうことができる吹付けコンクリートは、全国各地で施工されています。
吹付けコンクリートは高い耐久性を有していますが、経年劣化により崩壊する事例が全国各地で発生しています。
吹付けコンクリートは道路に沿って施工されるので施工距離が非常に長いため、点検作業に膨大な時間がかかって
しまうという問題があります。そこで注目されているのが、**赤外線サーモグラフィーを使った点検技術**
なのです。



吹付けコンクリートの例

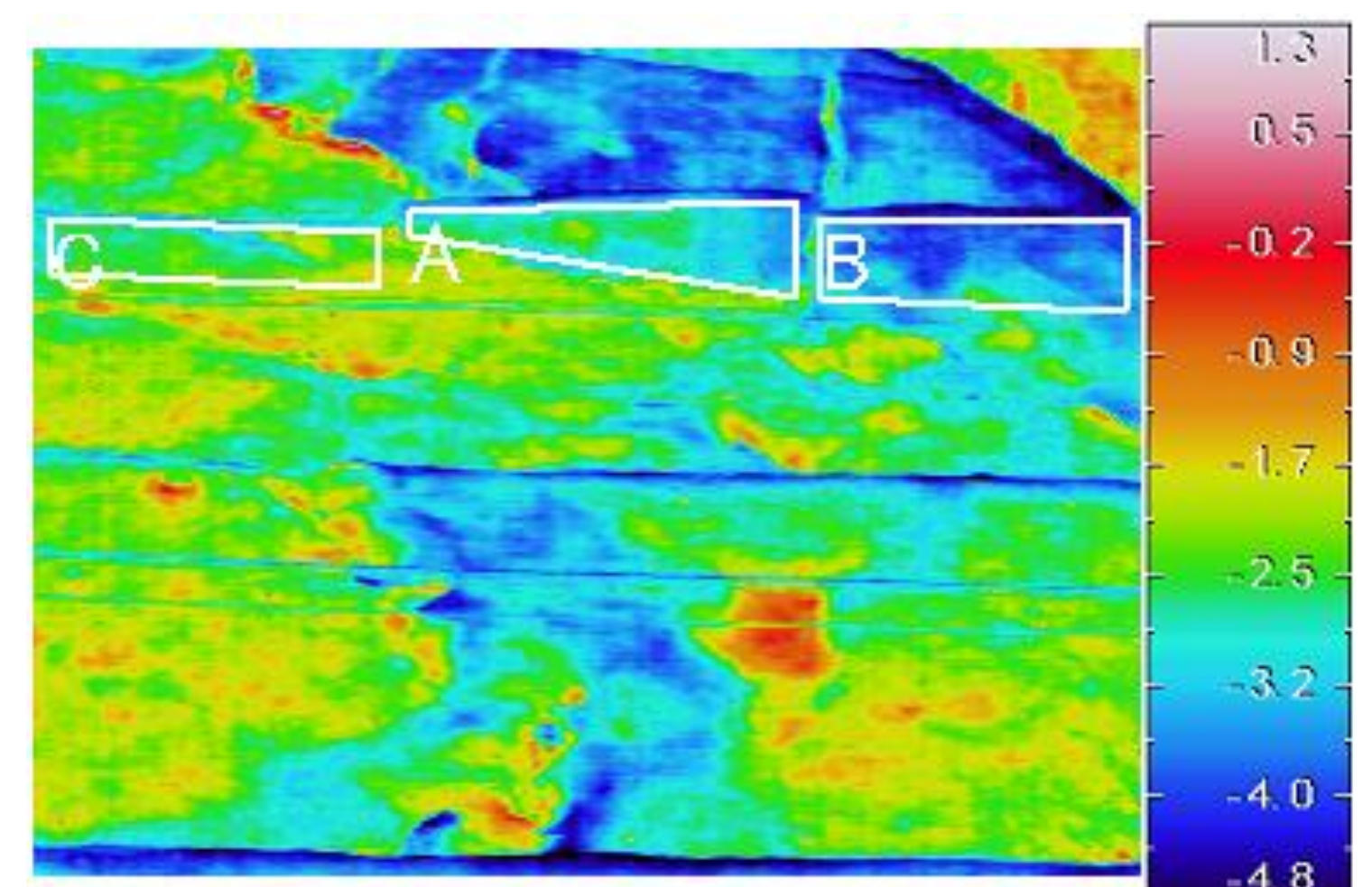


吹付けコンクリートのり面崩壊の事例



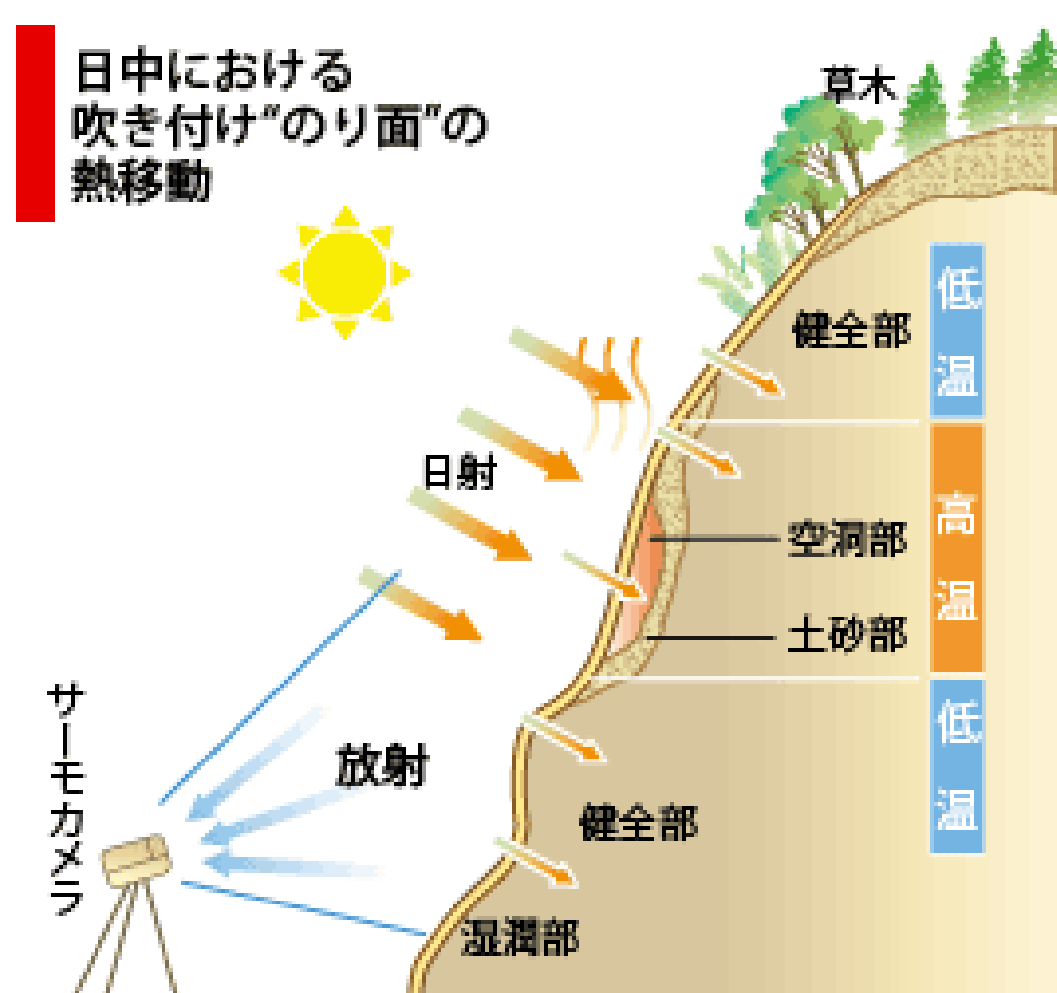
今回計測した吹付けコンクリートのり面の状況

吹付けコンクリートの一部が剥がれ、内部に空洞が生じています。

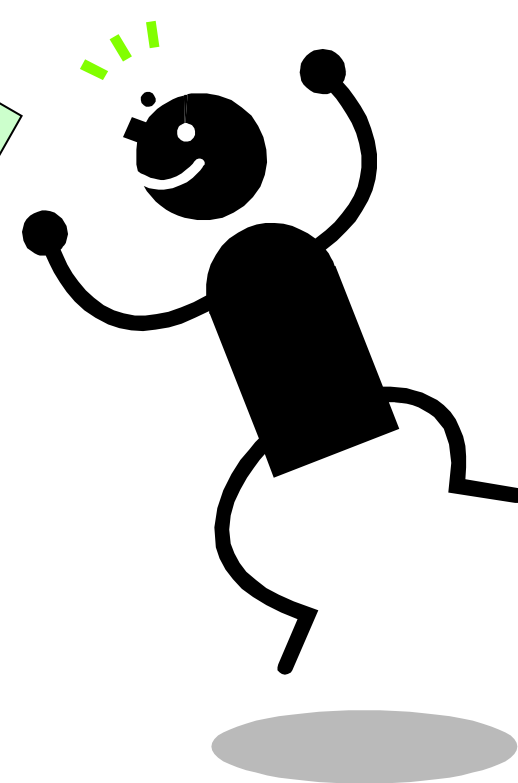


朝（6:00）の熱画像

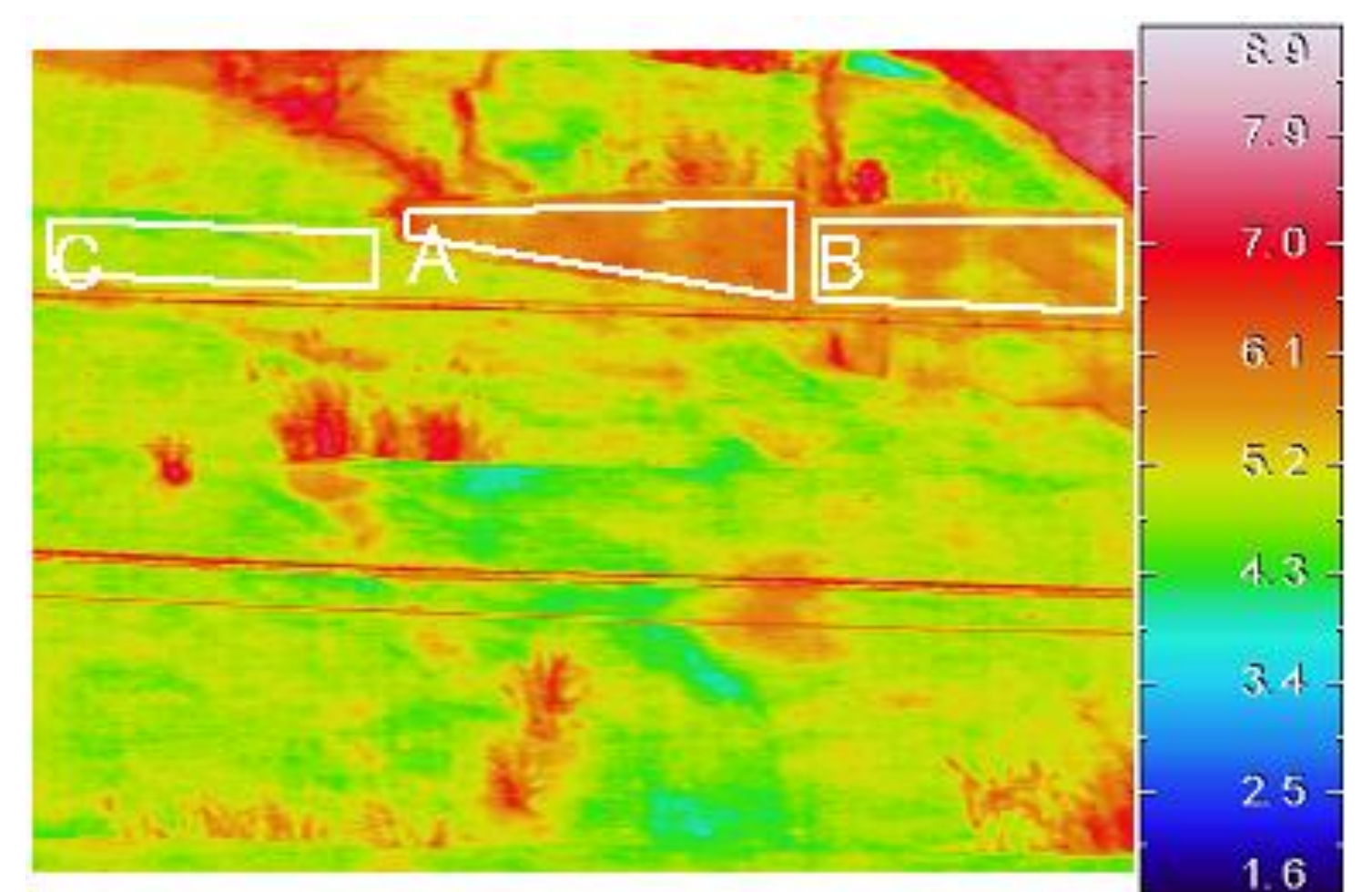
劣化した部分の表面温度が、周辺部（健全部）の温度よりも低くなっているのがわかります。



この方法なら、
高所での危険な
作業をすること
なく、安全・
迅速に点検作業
を進めることが
できるね！



健全部と劣化部（空洞部）に
温度差が発生する原理



昼間（15:00）の熱画像

劣化した部分の表面温度が、周辺部（健全部）の温度よりも高くなっているのがわかります。