

### 堆積廃棄物の内部温度計測手法に関する考察

奥村組	正会員	○榎本	雅春
岩手大学	非会員	長田	洋
奥村組	正会員	大塚	義一

#### 1. はじめに

2011年3月の東日本大震災での津波の発生により、被災三県の沿岸域では甚大な被害が発生した。津波被害により生じた大量の廃棄物は仮置場に集積されたが、廃棄物には様々な物質が混入されており、適切な管理を施さなければ発火する危険性があった。廃棄物が堆積された直後には実際に発火した現場も存在し、発火メカニズム・内部温度計測手法・その変化予測等を解明することは今後の廃棄物管理において重要である。本研究は、岩手県での堆積廃棄物についてサーモカメラを用いた表面温度分布と熱電対を用いた内部温度計測結果を示し、また、非線形解析による堆積廃棄物の内部温度変化の予測に関して考察したものである。

#### 2. 堆積廃棄物の温度計測

岩手県沿岸の山田町の廃棄物処理場（仮置場）にて、堆積廃棄物の各種温度計測を行った。

##### 2.1 サーマカメラによる温度分布計測

サーモカメラ（TVS-610, AVIO）を用いて、表層及び内部の温度分布を計測した。図1および2は、堆積物表層および高温表層（35℃部分）下部約1mの温度分布をそれぞれ示す。なお、外気温は20℃程度であった。

図1より、表層温度の75%程度は25℃（黒～濃い灰色部分）以下であったが、30℃以上の部分（画像中央部の薄い灰色部分）も1%程度確認できた。また、図2より、表層温度が35℃と高温であった部分の下部約1mの温度分布（計測範囲約0.9m×0.7m）では、ほとんどが30℃以上（薄い灰色～白）であり、なかでも60℃以上（画像中央および下部の白色部分）の面積が約3%確認できた。

今回の調査により、表層1m下部の温度は、表層より少なくとも10℃程度温度上昇しており、高いところでは30℃程度上昇している部分もあることがわかった。堆積物内部の温度は75～80℃であれば危険性が著しく上がるとの指針に基づけば、危険な状態と言える。

##### 2.2 熱電対による内部温度時系列計測

温度センサ（T型熱電対）を堆積物表面および内部に設置し、垂直方向温度の時系列計測を行った。10m程度離れた2地点に対して、表層（S0m, N0m）、表層下1m（S1m, N1m）、および表層下2m（S2m, N2m）に、測量用ポールをガイドとして、センサを設置し、データロガー（GL450, GRAPHTEC）にて、1秒間隔で記録した。

図3は、堆積廃棄物内部の温度時系列を示す。同図のN点に関してみると、表層付近（N0m）では約3℃～

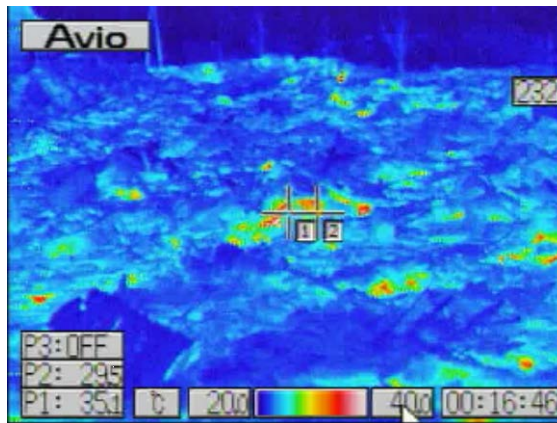


図1 堆積物表層の温度分布

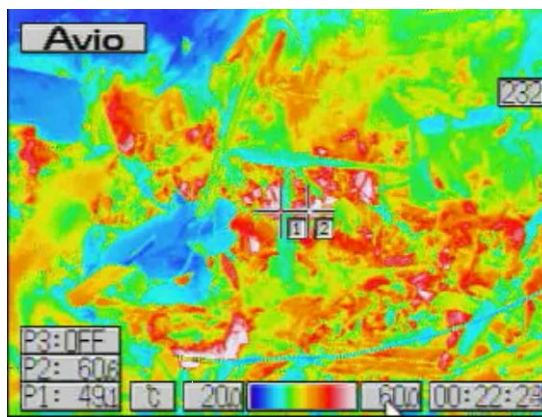


図2 高温表層下部約1mの温度分布

キーワード 堆積廃棄物, 温度計測, 非線形解析, カオス解析, 温度変化予測

連絡先 〒981-8525 宮城県仙台市青葉区堤通雨宮町2-25 (株)奥村組 東北支店 TEL : 022-273-9855

18°Cまで15°C程度の振幅で周期的に変化しているが、深さ1m以上(N1m, N2m)ではその振幅は1°C程度と非常に小さく、また、その温度は深度に比例して上昇していることがわかる。これは深さに比例して放熱速度が低下していくためと思われる。堆積物表面において熱伝導率を計測したところ、0.201 W/mK ( $\sigma : 0.104$ )程度であった。これは乾燥木材と同等程度であり、効率的な放熱は期待できないことが予想される。

### 3. 時系列温度データの解析

計測した温度データから、堆積物の温度変化モデルの構築(系のダイナミクス推定)が可能であるかどうかを検討するため、計測データに対して、線形解析(周波数解析)と非線形解析(カオス時系列解析)を行った。

図4はS1mデータの解析結果を示す。FFT解析(a)では、グラフがなだらかな形をとっており、特徴的な周波数成分が含まれていないことがわかる。一方、3次元アトラクター解析結果(b)では、一定の向きを保つ複雑な軌道となった。系がカオスである場合、軌道が決して交わることはない複雑なアトラクターとなることから、この系はカオス関数的な要素を持つことが予想できる。そこで、カオス解析結果(c)を見てみると、予測ステップ(横軸)の増加に伴って相関係数(縦軸)が減少しており、温度データが非線形性を有していることがわかる。したがって、単純な温度予測は困難であるが、決定論的非線形予測手法を用いればある程度の予測ができることが期待できる。最後に、相関次元解析結果(d)より、S1mの系は比較的高次元であり、ダイナミクスが複雑であることが示唆された。しかし、明確な相関指数の飽和が観測されなかったため、系のダイナミクス推定までは行うことは現状では困難である。

### 4. まとめ

以上、堆積廃棄物の内部温度計測手法に関して、岩手県沿岸地域で調査したデータとその解析結果を報告した。調査データより、堆積廃棄物の表層とその下部では温度が大きく異なり、その差は40°Cに達することもあることが確認できた。発熱の原因は様々であるが、熱がこもる要因としては、堆積物の低い熱伝導率のために、外気から離れるほど放熱速度が遅くなるためと考えられる。なお、非線形解析により、堆積廃棄物内部の温度変化を予測できる可能性が示されたが、現時点では系のダイナミクス推定までは行えなかった。堆積物の内部温度は表面温度にある程度影響を与えていると思われるため、内部温度を予測する手法としては、現時点ではサーモカメラ等で表面温度分布を定期的に計測する方法が実用的であると考えられる。

### 参考文献

- ・清水芳忠, 内田剛史, 新井 充, 廃棄物の蓄熱発火危険性と危険性予測, 神奈川県産業技術センター研究報告 No. 16, 2010.
- ・Y. Ueda, Strange attractors and the origin of chaos, United Nations University Press, 1997.

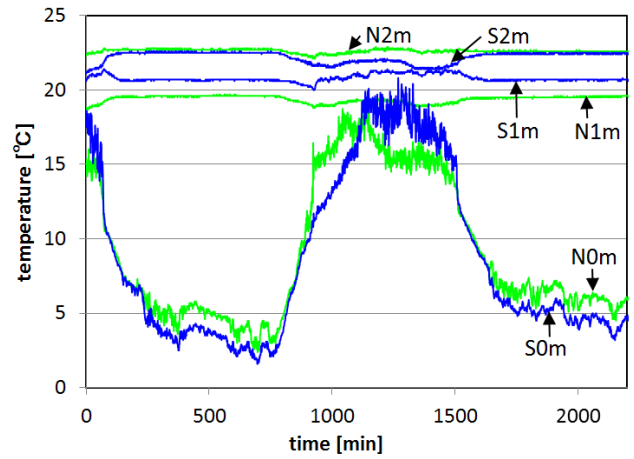
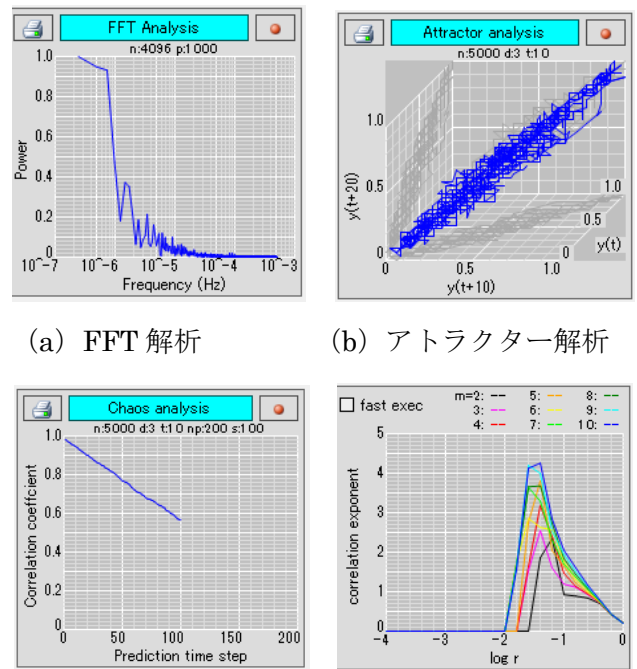


図3 堆積廃棄物内の温度変化



(a) FFT 解析

(b) アトラクター解析

(c) カオス解析

(d) 相関次元解析

図4 S1mの解析結果