

# 災害廃棄物の発熱及び出火危険性に関する検証

水田 亮\*, 望月 真\*, 海和 晋史\*, 鳥谷 淳\*

## 概要

東日本大震災では、大量に堆積された災害廃棄物から自然発火による火災が発生した。首都直下地震ではさらに膨大な量の災害廃棄物が予想され、同様な火災の危険性が懸念される。そこで本検証では、火災予防対策に活用するため、災害廃棄物の熱特性を把握することを目的とした。モデル試料として木材（針葉樹及び広葉樹）と畳（イグサ、ワラ及びボード）を使用し、分析装置等により熱特性及び出火危険性を検証した。

その結果、出火危険性は針葉樹及び畳の方が広葉樹よりも高く、その中でもイグサが最も高かった。そして、微少熱量計（一定温度での微少発熱量測定）の測定温度を 50℃から 70℃に上昇させると試料の発熱量は増加した。また、塗料等を混合すると発熱量が増加し、出火危険性が高まることが確認された。

## 1 はじめに

東日本大震災では大量の災害廃棄物が発生し、仮置場等で混合状態のまま一時的に堆積され、数か月後に火災が発生した。堆積された災害廃棄物が一度火災になると、鎮火するまで長時間の消防活動を要し、再燃防止の警戒活動は数日以上に及ぶ。首都直下地震ではさらに膨大な量の災害廃棄物が予想されており、狭隘な東京では仮置場を確保するのは困難なため、災害廃棄物は大量に堆積されて同様な火災の危険性が懸念される。このような火災を予防し、また再燃の危険性を抑制するためには災害廃棄物の熱特性について明らかにしておく必要がある。

そこで本検証では、災害廃棄物の熱特性について新たな知見を得て火災予防対策に活用することを目的とし、各種分析装置等を用いてモデル試料を測定した。

## 2 災害廃棄物について

堆積された災害廃棄物の主な火災事例として、木くず（廃材、家具類等）や畳の木質系廃棄物、そして家電や金属くずが挙げられる<sup>1)</sup>。この中で、木くず及び畳による火災は特に長期的な消防活動を要すると考えられる。

東日本大震災の災害廃棄物は、可燃物が全体の約 20%（阪神淡路大震災と同程度）で、木くずは其中で 35%（全体の 7%）も発生している。また、首都直下地震の一つと予想される都心南部直下地震による被害想定では、発生する災害廃棄物は東日本大震災の約 3.5 倍<sup>2)</sup>とされており、木造住宅密集地が多く存在する東京では木くずの発生量がさらに大きくなることが予想される。

そこで本検証では、消防活動の長期化による困難性と

発生量を考慮して、災害廃棄物のうち木質系廃棄物である木くずと畳に着目した。さらに、仮置場での災害廃棄物には塗料等が混合する場合があるので、混合物の影響についても検証した。

## 3 自然発火について<sup>3)</sup>

木くずや畳の災害廃棄物の火災は、長期にわたる微少な発熱が蓄熱し発生していると考えられる。蓄熱による自然発火は、微生物の活動に起因する発酵熱と、油脂類の酸化に起因する発熱に分けられる。例えば、木材チップ等の有機物の自然発火では、初めに微生物による発酵（腐敗）が始まり発酵熱が発生する。発酵熱は常温から発生し、約 50℃で最も大きくなり約 60℃まで発生するが、微生物は約 60℃以上で生物活動が抑制され大部分が死滅するとされている。

一方、油脂類は 50～60℃から発熱を開始することが知られており、60℃より上の温度では、木材チップ中に存在する油脂類の酸化発熱へ移行するといわれている。微生物は約 60℃以上で生物活動が抑制されることから、60℃より上の温度では酸化発熱が発熱の大きな要因を占めるとされている。

## 4 検証内容

### (1) 試料

災害廃棄物の木くずとして、倒壊した住宅等の建築用木材（以下「建材」という）や家具類を想定した。建材は、主に柱、梁や桁等の構造材と、床、壁や天井等の造作材とに大きく分類できる。構造材は主に針葉樹が使用

\*危険物質検証課

され、造作材は主に広葉樹が使用されている。広葉樹は、材質が硬いので建具や家具材等にも用いられる。

一方、畳は、畳表、畳縁、畳床より構成されている。畳表は、畳の表面に張られているイグサで織られたゴザのことである。畳縁は、畳を縁取りしている布のことである。畳床は、畳の中身のことで、稲ワラ畳床（全て稲ワラ）、ポリスチレンフォームサンドイッチ稲ワラ畳床（ポリスチレンフォームを稲ワラで挟んだもの）、脱ワラ畳床（ポリスチレンフォームをボードで挟んだもの）の3種類に分類される（図1参照）。稲ワラ畳床は古いタイプで、脱ワラ畳床は現在の主流タイプである。



稲ワラ畳床    ポリスチレンフォーム  
サンドイッチ稲ワラ畳床    脱ワラ畳床

図1 畳の各畳床

これらのモデル試料として、木材は、建材や家具類等として使用されている針葉樹（スギ、マツ（アカマツ）、ヒノキ）と広葉樹（ナラ、ブナ、ケヤキ）とし、防腐剤や防蟻剤等の処理をしていないものを使用した。また、畳は、構成物であるイグサ、ワラ、ボード（粉砕した木材チップを固めたもの）を使用した。いずれも、試料の形状は5～10mm程のチップ状とした。

さらに、混合物として、塗料（木材専用オイルフィニッシュ、ワトコ社）及び植物油（ナタネ油、オリーブ油、和光純薬工業株式会社）を使用した。塗料は、災害廃棄物中に一斗缶等の比較的大きな容器で見つかることも多く、油脂類と同様に一般火災で自然発火の原因の1つとして挙げられる。

## (2) 分析装置等

ア ガスクロマトグラフ質量分析装置（以下「GC-MS」という）

試料の成分分析を行うために、GC-MS（7890A GC

表1 GC-MSの測定条件

測定条件			
カラム	HP-1（長さ30m、内径0.25mm、膜厚0.25μm）		
オープン温度範囲	40℃～300℃	検出器温度（イオン源）	230℃
昇温速度	5℃/分	検出器温度（四重極）	150℃
注入口温度	280℃		
スプリット比	20：1	キャリアーガス	ヘリウム
検出器	MS（質量分析器）	注入量	2μL

System・5975C inert XL MSD、アジレント・テクノロジー社）を使用した。GC-MSの測定条件を表1に示す。

イ 示差熱熱重量同時測定装置（以下「TG-DTA」という）

一定の昇温速度で加熱した場合の試料の発熱開始温度等を測定するために、TG-DTA（Thermo plus EVO TG-DTA-TG8120、株式会社リガク）を使用した。

ウ 微量熱量計（以下「TAM」という）

一定の温度での試料の微量発熱量を測定するためにTAM（Thermal Activity Monitor、ティール・エイ・インストルメント・ジャパン株式会社）を使用した。TG-DTA及びTAMの測定条件を表2に示す。

表2 TG-DTA及びTAMの測定条件

TG-DTA		TAM	
雰囲気	空気	雰囲気	空気
測定温度	室温～500℃	測定温度	50℃、70℃
昇温速度	10℃/分		
基準試料	アルミナ		
試料容器	アルミニウム製	試料容器	ステンレス製、4mL
試料量	約5mg	試料量	約500mg

エ デュワー瓶及び恒温槽

デュワー瓶はBAM蓄熱貯蔵試験用（株式会社蔵持科学器械製作所）を用いて、断熱条件下、恒温槽内を一定温度としてK熱電対により試料の温度変化を測定した。デュワー瓶は、円筒型のPXガラス製、容量は500mL、試料量は400cm<sup>3</sup>、蓋はガラス製で上部はテフロン板、径2mmの通気孔があり、3つのばねで固定する（図2参照）。恒温槽は、STPH-201（エスペック株式会社）を使用し、測定時間は約24時間とした。



K熱電対設定時    蓋開放時    恒温槽内設定時

図2 デュワー瓶及び恒温槽外観

## 5 検証結果及び考察

(1) 水分量測定

乾燥炉を用いて、105℃で7日間加熱して乾燥させた後と乾燥させる前との重量差により水分量（乾量含水率）を測定した。各試料の水分量を表3に示す。

針葉樹の平均水分量は14.6%、広葉樹の平均水分量は10.4%、畳の平均水分量は11.9%である。各水分量は、針葉樹が広葉樹と畳よりも多く、畳は広葉樹よりも若干少なくなった。参考として東日本大震災の災害廃棄物中の木

表3 各試料の水分量

針葉樹	スギ	マツ	ヒノキ
水分量	15.4%	13.9%	14.6%
広葉樹	ナラ	ブナ	ケヤキ
水分量	10.9%	9.7%	10.6%
畳	イグサ	ワラ	ボード
水分量	13.4%	12.0%	10.4%

くずの水分量は、角材が7.1~11.0%、合板が7.6~18.7%であり、各試料の水分量と同程度である<sup>4)</sup>。

(2) GC-MSによる試料中の不飽和脂肪酸の確認

マツ 10g をヘキサン溶媒 100mL に入れ、120℃に保温したスターラーで攪拌しながら約8時間、抽出を行った。その後、この抽出液をGC-MSで測定し、その測定結果を図3に示す。図3より、測定開始後36分付近に不飽和脂肪酸のオクタデカジエン酸（リノール酸等）が確認できた。このことから、マツ等の木材には不飽和脂肪酸が含まれていることが確認できた。

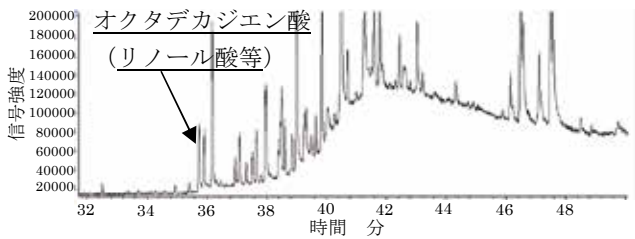


図3 マツのヘキサン抽出液のGC-MS測定結果

(3) TG-DTAによる測定

ア 熱特性

各試料の測定結果を図4から図6に、発熱開始温度を表4に示す。

図4及び図5より、木材の熱特性は、100℃付近までは水分の蒸発による約10%の減量が起こっている。200℃付近から400℃付近までは有機成分の分解による減量及び、酸化や分解ガスの燃焼による発熱、400℃付近から480℃付近までは炭化物の燃焼による減量と発熱の3段階の熱特性が分かる。また、畳の熱特性は木材と同様な傾向を示したが、表4よりイグサの第2発熱開始温度が他よりも高くなっている。

イ 発熱開始温度

蓄熱による自然発火を考える場合、最初の発熱がその後の蓄熱に大きく影響するので、第1発熱開始温度（以下「発熱開始温度」という）を評価の対象とした。

表4より、木材の発熱開始温度は約290℃から320℃であるが、イグサとワラは250℃前後で木材及びボードより低い温度であった。各試料の発熱開始温度を比較したものを表5に示す。針葉樹では、発熱開始温度はスギが一番低く、マツやヒノキよりも約30℃低くなった。広葉樹では、ケヤキが一番低く、ナラよりも約10℃低く

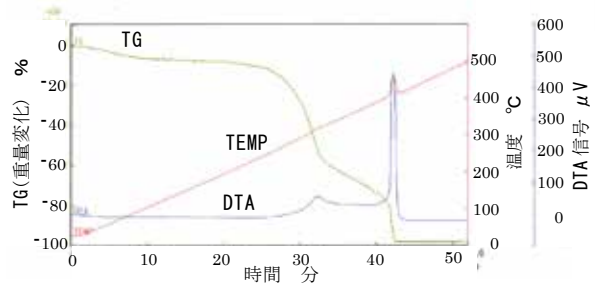


図4 スギのTG-DTA測定結果

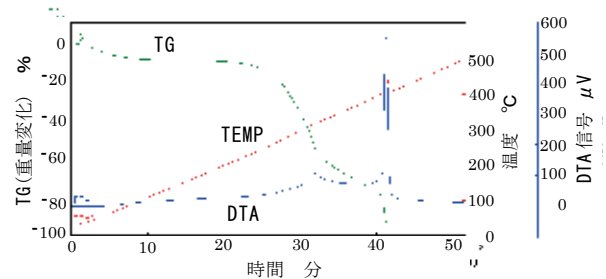


図5 ケヤキのTG-DTA測定結果

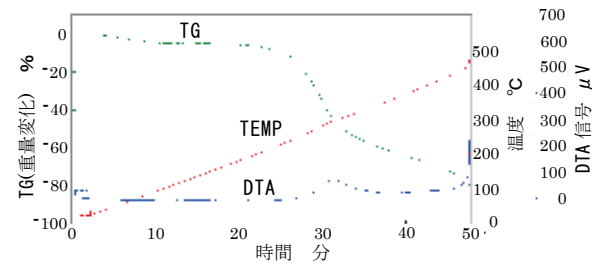


図6 イグサのTG-DTA測定結果

表4 各試料の発熱開始温度 (TG-DTA)

試料名		発熱開始温度 (°C)	
		第1	第2
針葉樹	スギ	291.8	412.1
	マツ	321.4	439.4
	ヒノキ	319.6	435.1
広葉樹	ナラ	307.2	437.5
	ブナ	302.3	411.3
	ケヤキ	296.1	406.6
畳	イグサ	258.7	454.8
	ワラ	245.1	408.4
	ボード	313.8	411.4

表5 各試料の発熱開始温度の比較

対象試料	低 ← 発熱開始温度 → 高
	(高 ← 発熱の起こりやすさ → 低)
全試料	ワラ < イグサ < スギ < ケヤキ < ブナ < ナラ < ボード < ヒノキ < マツ
針葉樹	スギ < ヒノキ < マツ
広葉樹	ケヤキ < ブナ < ナラ
畳	ワラ < イグサ < ボード

なった。一方、量の発熱開始温度は、ワラが一番低く、ボードよりも約 60℃以上低くなった。そして、ワラは木材で一番低いスギよりも約 45℃、イグサは約 30℃以上低くなった。

以上のことから、木材は樹種により発熱開始温度に違いがみられることが分かった。また、イグサ及びワラは木材よりも発熱開始温度が低いため、より発熱が起りやすくなり、熱的危険性は木材よりも高いと考えられる。

#### ウ 塗料や油脂を添加した場合の発熱開始温度

スギに混合物として塗料や油脂を添加した場合の発熱開始温度を表 6 に示す。

表 6 より、スギに塗料を 5%及び 10%添加した場合には発熱開始温度の変動はあまりみられなかったが、塗料を 20%添加すると若干 (6℃) 減少した。油脂を添加した場合の発熱開始温度は、ナタネ油 20%添加で約 13℃、オリーブ油 20%添加で約 22℃減少した。このことから、塗料 20%添加による若干の減少は、塗料中の油脂や酸化促進剤が影響していると考えられる。よって、木材に塗料や油脂が混合することで、熱的危険性が高まる傾向があった。しかし、塗料 5%又は 10%添加では発熱開始温度に変動がみられず、低い添加率でのより詳細な熱特性を評価するためには TAM による高感度な発熱量の測定が必要である。

表 6 混合物を添加したスギの発熱開始温度 (TG-DTA)

試料名	発熱開始温度 (°C)
スギ	291.8
スギ+塗料 5%	293.7
スギ+塗料 10%	290.8
スギ+塗料 20%	285.8
スギ+ナタネ油 20%	278.7
スギ+オリーブ油 20%	270.2

#### (4) TAM による測定

測定温度は、50℃及び 70℃とした。

微生物による発酵熱の影響を考慮するため、微生物の活動が最も盛んであるとされる 50℃で測定を行った<sup>5)</sup>。

また、微生物は約 60℃以上で大部分が死滅すると考えられている。一方、油脂類が酸化発熱するのは 50~60℃以上とされている<sup>6)</sup>ことから、試料中に含まれる油脂類の酸化の影響については 70℃で測定を行った。

各試料の各温度での TAM 測定結果を図 7 から図 15 に、発熱量を表 7 に示す。また、参考として木質系の自然発火による火災事例として堆肥と米ぬかも挙げた。

#### ア 各試料の TAM 測定結果

##### (ア) 50℃での発熱量

各試料の熱特性は測定開始直後に発熱し、時間の経過とともに発熱は終息状態となる。この測定開始直後の発熱は、酸化に伴う発熱と考えられる。

今回用いた試料の発熱量は、実際に火災が発生した堆

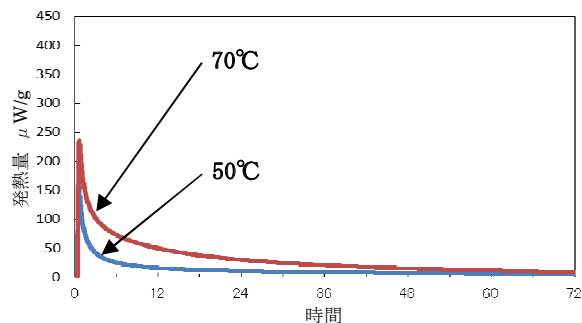


図 7 スギの TAM 測定結果

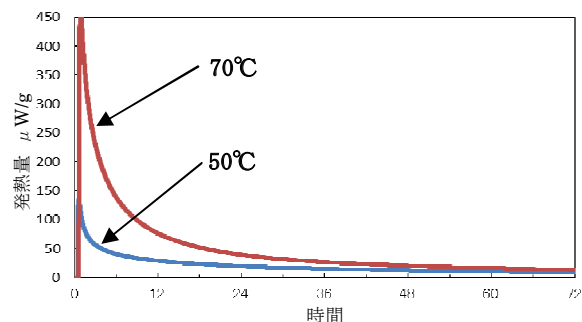


図 8 アカマツの TAM 測定結果

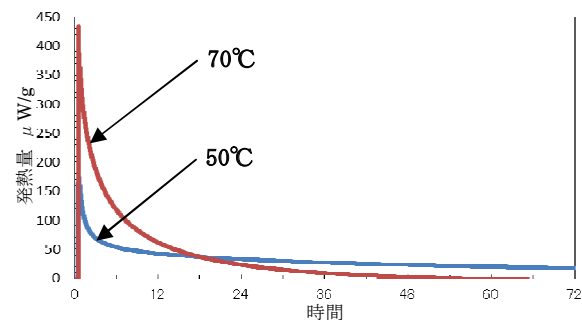


図 9 ヒノキの TAM 測定結果

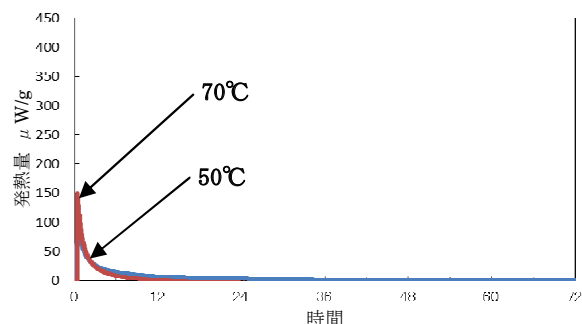


図 10 ナラの TAM 測定結果

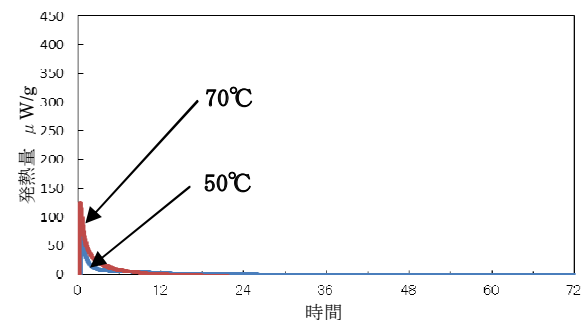


図 11 ブナの TAM 測定結果

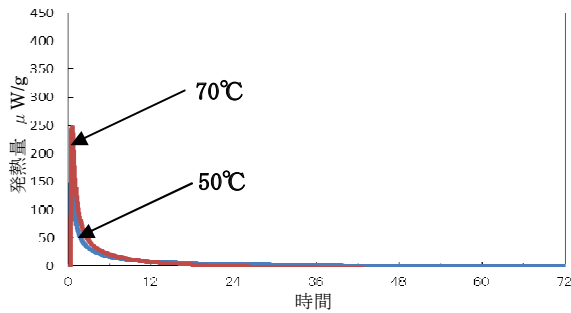


図 12 ケヤキの TAM 測定結果

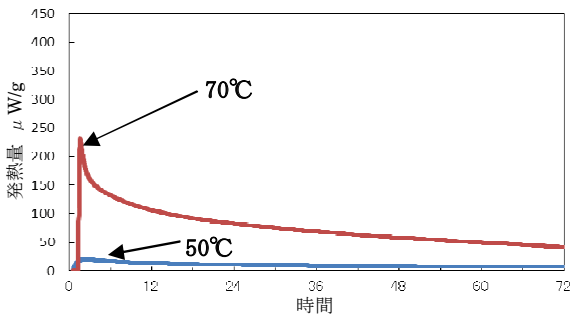


図 13 イグサの TAM 測定結果

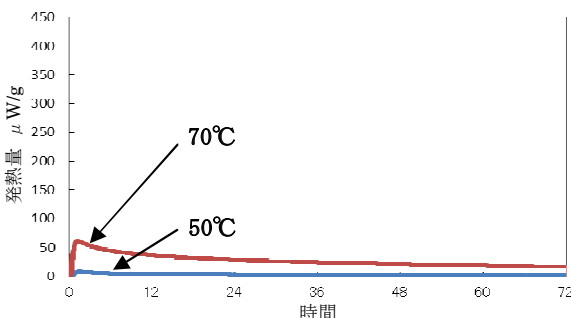


図 14 ワラの TAM 測定結果

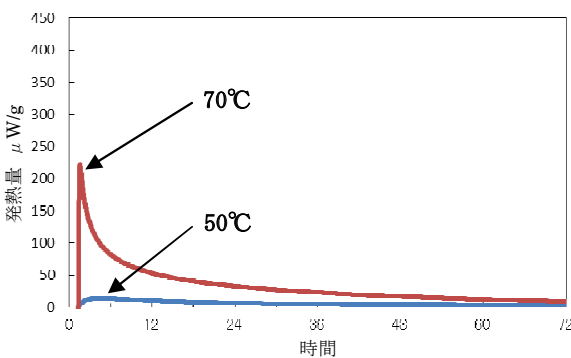


図 15 ボードの TAM 測定結果

肥の発熱量 (25.63J/g) や、火災現場の木材チップに水分を 20%添加したもの (発酵熱が盛んな状態) の発熱量 (14.16 J/g)<sup>7)</sup> よりも大幅に低く、エチレンオキサイドガス処理して微生物を死滅させた火災現場の木材チップの発熱量 (3.26 J/g)<sup>7)</sup> とほぼ同様であった。ゆえに、各試料の発酵熱による影響は低いと考えられ、発酵菌は非常に少ない状況と推測される。

各試料の発熱量は、針葉樹ではヒノキが最も大きく、次にマツ、スギの順である。ヒノキの発熱量はスギの約

表 7 各試料の発熱量 (TAM)

試料名	発熱量(J/g) 0~72時間	
	50℃	70℃
スギ	3.30	8.11
マツ	5.17	13.01
ヒノキ	8.41	8.69
ナラ	1.35	0.78
ブナ	0.47	0.73
ケヤキ	1.64	1.74
イグサ	2.65	19.66
ワラ	0.68	6.99
ボード	1.54	8.54
堆肥	25.63	27.51
米ぬか	4.34	15.74

2.5 倍、マツの約 1.6 倍である。広葉樹ではケヤキが最も大きく、次にナラ、ブナの順である。ケヤキの発熱量はブナの約 3.5 倍、ナラの約 1.2 倍である。針葉樹と比較すると、ヒノキ (針葉樹最大) の発熱量はケヤキ (広葉樹最大) の約 5.1 倍である。量では、イグサが最も大きく、次にボード、ワラの順である。イグサの発熱量はワラの約 3.9 倍、ボードの約 1.7 倍である。木材と比較すると、ヒノキ (木材最大) の発熱量はイグサ (量最大) の約 3.2 倍である。

全試料を比較すると、ヒノキが最も大きく、ブナが最も小さくなった。針葉樹は、広葉樹及び量よりも発熱量が大きい傾向が確認された。廃棄される前の建材は 50℃でも一定の発熱量を有することが分かった。

#### (イ) 70℃での発熱量

各試料の熱特性は測定開始直後に発熱し、時間の経過とともに発熱が減少している。

各試料の発熱量は、針葉樹ではマツが最も大きく、次にヒノキ、スギの順であるが、ヒノキとスギはほとんど同程度になり、50℃での測定順位と異なる結果になった。マツの発熱量はスギの約 1.6 倍、ヒノキの約 1.5 倍である。広葉樹では、発熱は測定開始後 24 時間までにほとんど終息しており、ケヤキが最も大きく、次にナラとブナが同程度になった。ケヤキの発熱量はブナの約 2.4 倍、ナラの約 2.2 倍である。針葉樹と比較すると、マツ (針葉樹最大) の発熱量はケヤキ (広葉樹最大) の約 7.5 倍である。量では、イグサが最も大きく、次にボード、ワラの順である。イグサの発熱量はワラの約 2.8 倍、ボードの約 2.3 倍である。

全試料を比較すると、イグサが特に大きく、次にマツ、ヒノキ、ボード、スギが高く、ブナが最も小さくなった。イグサ (全試料最大) の発熱量がブナ (全試料最小) の約 26.9 倍、マツ (針葉樹最大) の約 1.5 倍、ヒノキの約 2.3 倍となり、他と比べて非常に大きくなった。ボードの発熱量はスギやヒノキと同程度になった。一方、広葉

樹の発熱量は、針葉樹及び畳よりも小さい傾向が確認された。堆積状態で自然発火した木材チップの発熱量は約 13 J/g<sup>8)</sup> と報告されており、イグサ (約 20 J/g) 及びマツ (約 13 J/g) の発熱量は 13 J/g 以上あることから、出火危険性が高いと考えられる。また、イグサ及びワラの熱特性は、発熱が木材よりも長時間持続する傾向がある。この持続する発熱が全体の発熱量に寄与していると推測される。

(ウ) 50℃と70℃の発熱量の比較

50℃から70℃へ測定温度が変えた場合の発熱量の増加倍率を表8に示す。

表8より、発熱量の増加倍率は針葉樹ではマツが、広葉樹ではブナが、畳ではワラが高く、全試料ではワラが最も高くなった。特に、畳の増加倍率は木材よりも非常に高くなった。ナラは減少しているが、他の試料では発熱量が増加した。これらは、試料に含まれる油脂類が高温になることで酸化がより盛んになり、酸化発熱が増加したためと考えられる。

イグサは70℃での発熱量が最も大きく、その増加倍率は2番目に高いことから、全試料中で発熱の危険性が最も高いことが分かった。一方、広葉樹の発熱量は、針葉樹や70℃での畳よりも大幅に小さいことが確認された。

表8 発熱量の増加倍率

針葉樹	スギ	マツ	ヒノキ
増加倍率	2.46倍	2.52倍	1.03倍
広葉樹	ナラ	ブナ	ケヤキ
増加倍率	0.58倍	1.55倍	1.06倍
畳	イグサ	ワラ	ボード
増加倍率	7.42倍	10.28倍	5.55倍

イ エーテル抽出した場合の TAM 測定結果

木材は、水やアルコール、ヘキサン、アセトン等の溶媒により、細胞内含有成分の一部が抽出される。細胞内含有成分は木材中に2～5%含まれ、油脂、樹脂、精油、フェノール性化合物、糖類、含窒素化合物等の多種多様な化合物があるとされる<sup>9, 10)</sup>。

スギをジエチルエーテルに24時間浸漬させた後、取

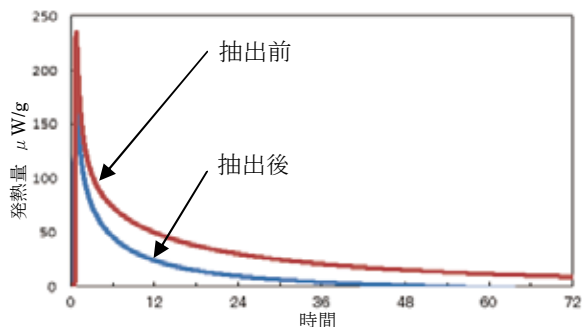


図16 スギ(エーテル抽出後)のTAM測定結果

表9 スギ(エーテル抽出後)の発熱量(TAM)

試料名	発熱量 (J/g) 0～72時間
スギ(エーテル抽出前)	8.11
スギ(エーテル抽出後)	3.40

り出して自然乾燥させた。そのスギの70℃におけるTAM測定結果を図16に、発熱量を表9に示す。

スギをエーテルで抽出した場合の発熱量は、抽出しない場合の0.42倍であった。これは、スギから抽出された細胞内含有成分の有していた発熱量の分が、減少したためと考えられる。このことから、スギに含まれる細胞内含有成分が発熱量に寄与することが確認された。

ウ 塗料を添加した場合の TAM 測定結果

スギに塗料を添加した場合の TAM 測定結果を図17及び図18に、発熱量を表10に示す。

表10より、50℃では、スギに塗料を5%添加させると発熱量は約9.4倍増加し、表7で示した火災事例の堆

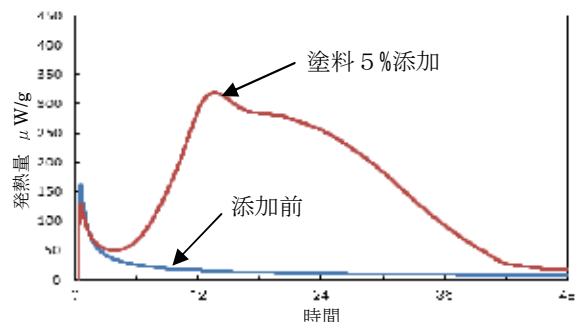


図17 50℃での塗料5%添加したスギのTAM測定結果

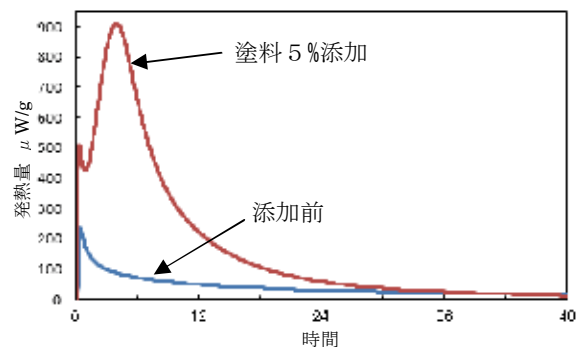


図18 70℃での塗料5%添加したスギのTAM測定結果

表10 塗料を添加したスギの発熱量(TAM)

温度	試料名	発熱量 (J/g) 0～48時間
50℃	スギ	2.83
	スギ+塗料 5%	26.68
70℃	スギ	7.06
	スギ+塗料 5%	30.22

肥よりも大きくなった。塗料のみでは蓄熱による発火は起こりにくく、布や紙等の有機物に添加した状態で堆積されると蓄熱して発火に至るとされている。今回、スギに塗料5%程の少量でも添加することで発熱量が大幅に増加することが確認された。これは、塗料に含まれる油脂の酸化等による発熱が影響して、発熱量が大きくなったと考えられる。

70℃では、スギに塗料を5%添加させた場合、50℃のときより発熱量は少し大きくなった。そして、発熱のピークは約2.8倍になり、50℃では13時間後であったのが、70℃では4時間後と大幅に早くなった。これらは、温度の上昇により含有油脂の酸化発熱が盛んになったことが影響したと考えられる。

#### エ 腐敗させた各試料の TAM 測定結果

スギ及びイグサの各試料を腐葉土と水を用いて強制的に腐敗させた。プラスチック製の容器に腐葉土を敷いてその上に試料を置き、腐葉土が浸るぐらいに水を加えて、室内に保管した。約1か月後、試料の変色及び黒カビ等の付着により腐敗状況を確認し、試料を容器から取り出して室内で半月ほど自然乾燥させた。腐敗した試料の発熱量を表11に示す。

表11より、腐敗した試料の発熱量は、スギでは0.59倍、イグサでは0.78倍に減少した。腐敗試料は、腐敗による微生物の増加が考えられ、微生物による発酵熱の影響で発熱量は増加すると推定されるが、70℃での測定では減少した。このことから、70℃では微生物の活動は抑制され、発酵熱の影響は小さいと考えられる。

表 11 70℃での腐敗試料の発熱量 (TAM)

試料名	発熱量 (J/g) 0～48時間
スギ (腐敗前)	7.06
スギ (腐敗後)	4.14
イグサ (腐敗前)	15.51
イグサ (腐敗後)	12.07

#### (5) デュワー瓶による測定

試料はスギ及びイグサ (各60g、約400cm<sup>3</sup>)、添加物は塗料を用いた。測定温度は、50℃と68℃～71℃ (以下「70℃」という) とした。デュワー瓶内の試料の内部温度が一定になったときに、室温の塗料を試料の中央部分 (底部から6cm上部) に添加した。K熱電対の位置は、塗料の試料への浸透と温度上昇が高かった位置を考慮して、底部から3cm上部とした。各試料の各温度でのデュワー瓶による実験結果を図19から図23に、温度変化を表12に示す。

スギとイグサに塗料を添加した場合、各条件で温度上昇が確認された。

50℃と70℃で比較すると、スギに塗料10g添加した場

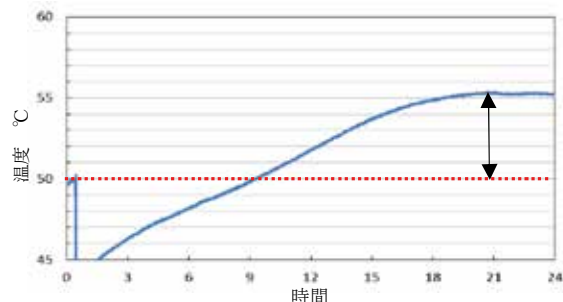


図 19 50℃・スギ+塗料10gのデュワー瓶実験結果

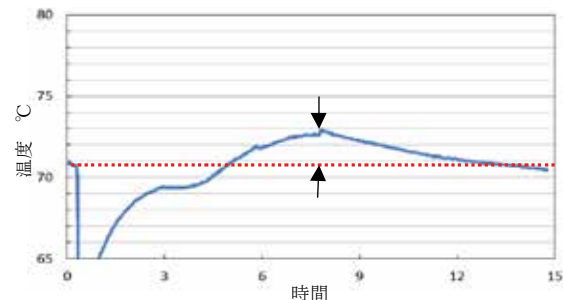


図 20 70℃・スギ+塗料5gのデュワー瓶実験結果

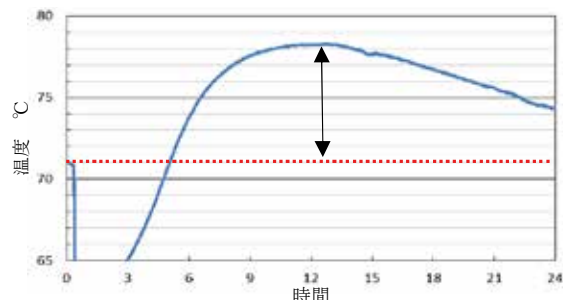


図 21 70℃・スギ+塗料10gのデュワー瓶実験結果

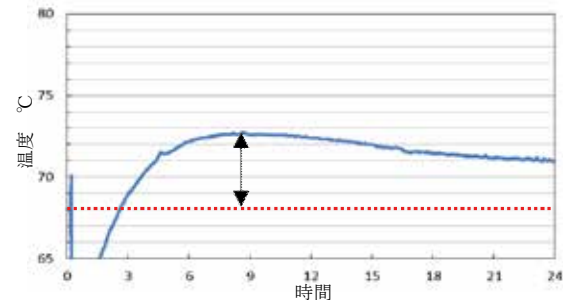


図 22 70℃・イグサ+塗料5gのデュワー瓶実験結果

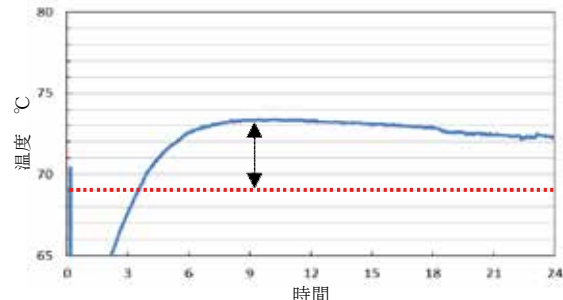


図 23 70℃・イグサ+塗料10gのデュワー瓶実験結果

表 12 デュワー瓶による実験結果

温度	試料名	上昇温度 (°C)
50°C	スギ +塗料 10g	5.0
70°C	スギ +塗料 5g	2.0
	スギ +塗料 10g	7.3
	イグサ+塗料 5g	4.7
	イグサ+塗料 10g	4.4

合では増加温度は70°Cの方が2.3°C大きくなった。測定温度の上昇により、塗料含有油脂の酸化発熱が盛んになったことが影響していると考えられる。

また、70°Cでは、スギに塗料 10g 添加した方が 5g の場合よりも増加温度は大きくなった。イグサは、塗料添加 5g と 10g とでは、増加温度はほとんど同程度であった。

今回用いたデュワー瓶は小さい通気孔のある蓋をしており、容器内部の酸素量が開放空間よりも不十分な状況である。そのような状況下でも、温度上昇を確認できたことから、実際の堆積状態の蓄熱条件下では塗料等の混合で、より高い温度上昇の危険性が示唆される。

## 6 おわりに

災害廃棄物は多種多様であり、全てを網羅することは非常に困難である。そこで、本検証では火災事例が確認されているものとして、木材と畳に着目した。得られた検証結果について以下にまとめる。

- (1) TG-DTA による発熱開始温度は、イグサとワラは 250°C前後で木材及びボード (約 290°C~320°C) より低かった。TAM による発熱量から、出火危険性は針葉樹 (建材類の構造材) 及び畳の方が広葉樹 (建材の造作材及び家具類) よりも高く、用いた試料中ではイグサが最も高くなった。マツ及びイグサの発熱量は、火災事例の木材チップ以上になった。
- (2) 強制的に腐敗させたスギとイグサでは、TAM による 70°Cでの発熱量は増加しなかった。よって、70°Cでは微生物の活動が抑制され、発酵熱の影響は小さいと考えられる。
- (3) エーテルで抽出したスギでは、TAM による 70°Cでの発熱量は抽出前よりも小さくなった。このことから、スギに含まれる細胞内含有成分 (油脂等) が発熱量に影響していると考えられる。
- (4) 測定温度が 50°Cから 70°Cに 20°C上昇するだけで、木材や畳の TAM による発熱量は増加した (最大約 10 倍) ことから、含有油脂の酸化発熱が影響していると考えられる。よって、堆積時の発熱を抑制するためには、温度の上昇と含有油脂の発熱を抑制することが重要であることが分かった。
- (5) 塗料等の混合物が木材や畳に混合されると 5%添加でも発熱量が大幅に増加し、デュワー瓶による実験での蓄熱条件下では、出火危険性が高まることが

確認された。

- (6) 畳のポリスチレンフォームは断熱材であり、畳が層状に堆積されると蓄熱の危険性が考えられる。今後は、廃棄物の初期の堆積時において、建材と家具類や、畳の堆積の仕方等の参考資料として本検証を活用する。

### [参考文献]

- 1) 環境省廃棄物・リサイクル対策部、東日本大震災における災害廃棄物処理について (避難区域を除く)、2014
- 2) 首都直下地震の被害想定と対策について (最終報告)、中央防災会議首都直下地震対策検討ワーキンググループ、2013
- 3) 岩田雄策、蓄熱発火の危険性評価方法、検定協会だより、25年8月、2013
- 4) 鈴木隆、災害廃&震災産物の今後の処理の見通し、NPO 法人全国木材資源リサイクル協会連合会、2011
- 5) 古積博、岩田雄策、桃田道彦、李新蕊、木材チップ等の大量貯蔵に伴う火災とその危険性評価試験、消防研究所報告、第 103 号、pp. 36-41、2007
- 6) 岩田雄策、再生資源燃料の熱的危険性とその評価方法、セイフティエンジニアリング、Vol 39(1)、pp. 21-25、2012
- 7) 村沢直治、古積博、岩田雄策、佐伯孝夫、坂本尚史、発酵による発熱を原因とした瓦礫類の火災危険性について、Bulletin of Japan Association for Fire Science and Engineering、Vol. 62 No. 2・3、pp. 17-25、2013
- 8) X. R. Li, H. Koseki, M. Momota, Evaluation of danger from fermentation-induced spontaneous ignition of wood chips, Journal of Hazardous Materials, 135(1-3)、pp. 15-20、2006
- 9) 北尾弘一郎、木材中における成分分布、材料、第 12 巻、第 121 号、pp. 51-57、1963
- 10) 佐藤星、木材抽出成分のガスクロマトグラフィー、油化学、第 17 巻、第 11 号、pp. 599-605、1968



# Study on Disaster Waste Pyrogenicity and the Risks of Combustion

Ryo MIZUTA\*, Makoto MOCHIZUKI\*, Shinji KAIWA\*, Sunao TORIYA\*

## Abstract

After the Great East Japan Earthquake, fires started in massive piles of disaster waste due to spontaneous combustion. An earthquake that directly strikes the Tokyo area is expected to produce even greater amounts of disaster waste, so there is a concern that the same fire risk would be caused. This study was conducted with the goal of understanding the thermal properties of disaster waste for future fire prevention measures. Wood (both softwood and hardwood) and *tatami* mats (rush, straw and board) were used as model samples, and both thermal properties and combustion risks were analyzed with specialized devices.

As a result of these experiments, it was determined that the risk of combustion is higher for both softwood and *tatami* mats than it is for hardwood, with rush presenting the highest risk. In addition, increasing the measurement temperature of a microcalorimeter (for the measurement of microscale heat generation at a certain temperature) from 50°C to 70°C raised the amount of the heat the sample generated. The experiments also confirmed that both the amount of heat generation and the risk of combustion increase when materials such as paint are included in the mix.

---

\*Hazardous Materials Identification Section