

廃材燃焼で発生した煤煙による農作物被害例

島袋 定・佐久川春範・大見謝辰男・大山峰吉

The Injuries to Vegetation by Smoke and Soot from Open Burning of Oily Timbers.

Sadamu SHIMABUKURO, Harunori SAKUGAWA,
Tatsuo OMIJYA and Minekichi OYAMA

I はじめに

昭和57年5月14日午前9時頃より、宜野湾市大山の約50ヘクタールの田芋^{*}畑に隣接する埋め立て地で、K建設会社作業員が、油性廃材45～50本（那覇商港棧橋改修のため1975年に岸壁より取り外したものを。終戦後、米軍が建設したものと思われる。）を焼却した。田芋生産者によると、その際発生した黒煙は、午前中は海に向かって流れていたが、午後から風向きが変わり、数十メートルの幅で田芋畑へ流れ込んだ。そして翌15日より、田芋の葉が変色しはじめ、17日には、約2ヘクタールの枯葉被害群が顕著にわかるようになった由。

同17日、県公害対策課を通して、宜野湾市役所より、当所へ調査依頼があった。当所は17、18両日にわたり現地調査を行ない、被害葉・焼却現場跡に残った防舷廃材・廃材に付着しているタール状油をサンプリングし、併せて被害範囲等の調査を行なった。これらの現地調査及びサンプルの分析結果より若干の知見を得たので報告する。

II 調査及び分析経緯

1. 現地調査

5月18日の田芋被害葉発生状況の結果を図1に示す。この被害の特徴は、次のとおりであった。

- (1)被害群は田芋畑50ヘクタールのうちの一部(約2ヘクタール)に限定されて起こっている。
- (2)東側の被害域と無被害域との境界線が顕著であり、それは廃材焼却場所方向へ向かっている。
- (3)廃材焼却場所に近づくにつれ、被害が漸増し

ている。

(4)被害葉は葉肉が壊死(図1)、または黄化(図2)しており、若葉には被害等は見受けられず、成熟葉、老化葉になるにつれ被害が大きく、葉の位置の高低による被害差異は認められない。また、被害箇所は葉に限定されている。

(5)被害は短時日のうちに現われ、その後、新しい症状は現われることがなかった。

(6)当該地域には汚染源となる工場等が見当たらない。

2. 気象条件

廃材燃焼時の気象条件（宜野湾市消防本部より入手）は表1のとおり。

3. 検鏡

被害葉上に付着していた褐色の粒状物質の検鏡写真は(図3)のとおり。粒状物質と葉の接触部分の損傷形跡は認められなかった。

4. 廃材付着油の分析

実験方法

(1) フロロジルカラムクロマトグラフィー (FCC)

試料0.2gを次の条件で、各成分群に分画回収した。なお各分画の溶剤は加温(約80°C)して除去した。各分画の回収率を表2に示す。

(FCC条件)

クロマト管：内径1cm、長さ35cmのガラス製。
充てん剤：フロリジル(60～80mesh、フロリジン社製)10g、クロマト管に充てん後、
n-ヘキサン(特級)約15mlを注入し、

* 熱帯アジアに広く分布するテンナンショウ科の里芋 (*Colocasia esculenta* SCHOTT)で水田に栽培される。

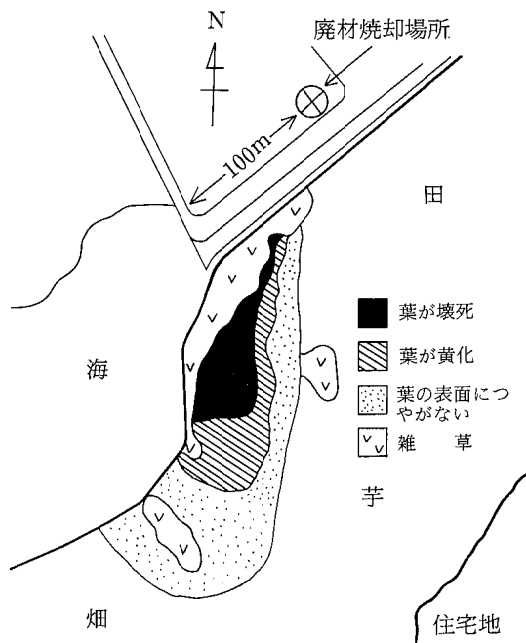


図1 田芋被害葉状況 (5月18日)

あらかじめ湿潤。

溶出溶剤：

- 第1分画(Frac-1)用：n-ヘキサン(特級) 18 ml
- 第2分画(Frac-2)用：n-ヘキサン (特級) 30 ml
+クロロホルム (1級) 15 ml
- 第3分画(Frac-3)用：n-ヘキサン (特級) 15 ml
+エチルエーテル (1級) 15 ml

(2) 昇温ガスクロマトグラフィー

(1)で得られた Frac-2 をアセトンで 2 ml に定容、
2 μ l を昇温ガスクロマトグラフに注入した。
その時のガスクロマトグラムを図2に示す。

(昇温ガスクロマトグラフィー条件)

機種：島津GC-7AG

カラム：3mm ϕ ×1.5mガラス製

SE-30(1.5%) Gaschrom Q

カラム温度：150°Cより 8°C/min の割合で300°Cま
で昇温

キャリアガス：N₂ 40 ml/min

検出器：FID(Air 0.5kg/cm² H₂ 0.5kg/cm²)

5. 対照油の分析

実験方法

市販のクレオソート油及び各原油数種類を4に

準じて分析した。各分画の回収率を表3に示す。
また、クレオソート油のガスクロマトグラムを図
3に示す。

6. 燃焼試験

タール状油及びクレオソート油をそれぞれ一部
採取して燃焼させた。両方とも燃焼に伴ない激し
く黒煙を発生した。

7. 硫黄分の分析

実験方法

タール状油及びクレオソート油について、燃焼
管式硫黄分試験法(空気法 JIS-K2541)により、
硫黄分の分析を行った。その結果を表4に示す。

8. 文献調査

坂井¹⁾によると二酸化硫黄による植物の急性被害
の特徴は以下のとおりである。

(1)葉脈が羽状になったものは、葉の周辺や葉脈
間の葉肉部に不定形の壊死が生じ、多くは黄白色
ないし茶褐色になる。

(2)被害の現われる葉は、その種類を問わず、もっ
とも生理的活性の旺盛な成熟葉で、若すぎる葉に
も老化した葉にも被害はでにくい。

(3)被害はほとんど葉に現われ、他の器官を侵す
ことは少ない。

III 考 察

1. 現地調査

田芋の被害状況は、大気汚染による急性可視
被害の一般的特徴に合致している。被害域と無被
害域との境界線が直線で廃材焼却場所へ向かって
おり、廃材焼却時に発生した有害ガスの影響の可
能性が十分に考えられる。

現地調査は県農業試験場も行ったが、土壤被
害、病理によるものとは考えられないとの事であっ
た。

2. 気象条件

14日の午後から風向きが変わり、北寄りの風が
主風向となっている。従って、汚染源の位置と汚
染時の風向が被害の方位と一致している。この事
は「当初海側へ流れていた風が14日午後より隣接
する田芋畑に向かい、廃材からの煙が流れ込んだ。」
と言う田芋生産者の話を裏付けるものである。

3. 検鏡

被害葉上に付着している褐色の粒状物質は検鏡

表1 廃材燃焼時の気象条件

| 日 | 時 | 風向 | 風速 | 気温 | 湿度 | 天候 |
|-----|-------|-----|------|------|-----|----|
| 14. | 9:00 | SW | 3m/s | 25°C | 84% | 曇 |
| 14. | 12:00 | W | 4 | 26 | 88 | 〃 |
| 14. | 15:00 | N | 4 | 26 | 76 | 〃 |
| 14. | 18:00 | NE | 3 | 25 | 80 | 〃 |
| 14. | 21:00 | NE | 2 | 23 | 89 | 〃 |
| 15. | 0:00 | NNE | 2 | 22 | 90 | 〃 |
| 15. | 3:00 | NE | 2 | 22 | 91 | 〃 |
| 15. | 6:00 | NE | 2 | 22 | 90 | 〃 |

表2 廃材付着油のFCCの各分画回収率 (重量%)

| | |
|--------|------|
| Frac-1 | 4.6 |
| Frac-2 | 61.6 |
| Frac-3 | 33.8 |

表3 クレオソート油及び各原油のFCCの各分画回収率 (重量%)

| 油名 フラクション | クレオソート油 | ミオス油 | 大慶原油 | イランアンヘビ |
|--------------|---------|------|------|---------|
| Frac - 1 | 29.3 | 68.1 | 64.7 | 49.4 |
| Frac - 2 | 60.9 | 21.7 | 22.5 | 34.2 |
| Frac - 3 | 9.7 | 10.2 | 12.8 | 16.4 |

注：クレオソート油は株式会社二和田商店(大阪比花区)製

表4 硫黄分の分析 (%)

| 項目 | 廃材付着油 | | クレオソート油 |
|----|------------|-------|---------|
| | 粗タール | 精製タール | |
| 平均 | 1.06(1.60) | 1.07 | 0.5 |

注：()は残渣補正值

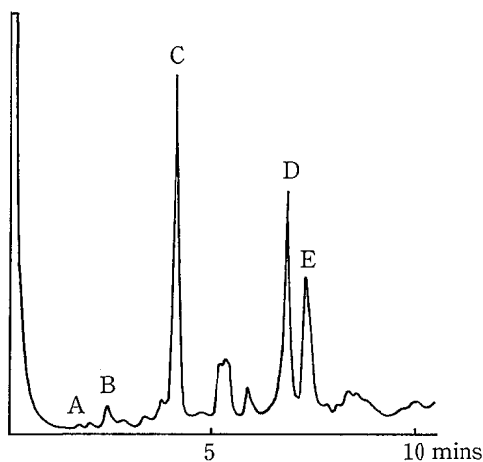


図2 廃材付着油のFrac-2のガスクロマトグラム

(注) A：アセナフテン B：フルオレン C：アントラセン D：フルオランテン E：ピレン

昇温GC条件

装置：島津GC-7 AG

カラム：充てん剤 SE-30(1.5%)Gaschrom Q

温度 150°Cより8°C/minの割合で300°Cまで昇温

長さ 1.5m

キャリアガス：N₂ 40 ml/min

検出器：島津FID(Air 0.5kg/cm² H₂ 0.5kg/cm²)

チャートスピード：2 cm/min

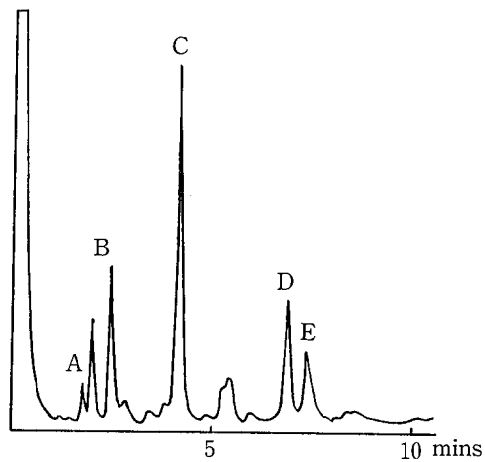


図3 クレオソート油のFrac-2のガスクロマトグラム

の結果、無害と考えられた。この粒状物質は、被害の激しい地域ほど付着が多く、廃材燃焼の際発生した、油ミストだと考えられる。

4. タール状油の分析

油の精製を目的とした FCC による各分画群の主成分は次のとおり。

Frac.1；飽和炭化水素

Frac.2；芳香族炭化水素

Frac.3；油脂の中性グリセライド

従って、分析の結果より、このタール状油は芳香族炭化水素を主体としていることがわかった。次に行った昇温 GC による Frac. 2 の分析は、タール系油の異同識別に利用し得るものである。分析の結果、そのクロマトグラムより、アセナフテン、フルオレン、アントラセン、フルオランテン、ピレン等の多環芳香族炭化水素類の確認をみた。従って、このような油を塗布した廃材を燃焼した場合、多量の黒煙を発生することは間違いなく、本事例の黒煙発生の裏付けができた。(燃焼試験にて実証) さらに Frac. 2 のクロマトグラムの形状の文献比較により、このタール状油はクレオソート油と推測された²⁾。硫黄分の分析結果は約 1% であり、B 重油並の含量である。従って、このような油の塗られた廃材を弱風下でオープンバーニングした場合、比較的濃度の高い硫黄酸化物が発生すると考えられる。

5. 対照油の分析

クレオソート油の FCC の結果は、タール状油と同様 Frac. 2 を主体としており、Frac. 2 の比率もほぼ同じである。また、各原油は Frac. 1 が主体であった。さらにクレオソート油の Frac. 2 のガスクロマトグラムが、廃材付着油のものと酷似していることより、廃材に付着しているタール状油はクレオソート油と判断した。なお、対照用のクレオソート油に比較して、廃材付着油のアセナフテン、フルオレンのピーク（アントラセンとの比高値）が小さいが、これは廃材燃焼時の熱によるものと考えられる。クレオソート油の用途は木材の防腐剤として汎用されている。那覇市港湾建設課によると、防舷材にタール等を塗ると環境汚染につながるため現在は使用していないとのことであり、戦後、米軍が棧橋建設した際に使用していたと考えられる。なお、クレオソート油の硫黄分も

重油並の含量であった。

6. その他

今回の被害葉状況は、二酸化硫黄による症状と酷似している。しかし、老化葉にも被害が及んでいる点で、それ以外の有害ガスも複合的に作用したのではないかと考えられる。

IV 結 語

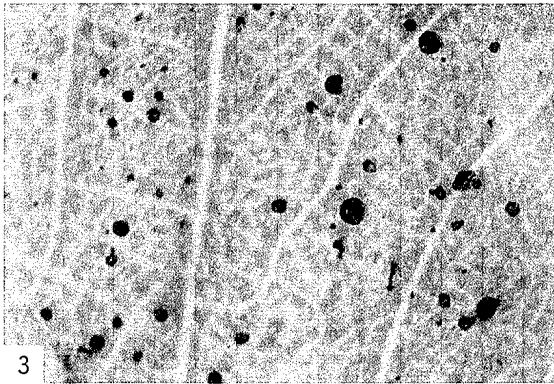
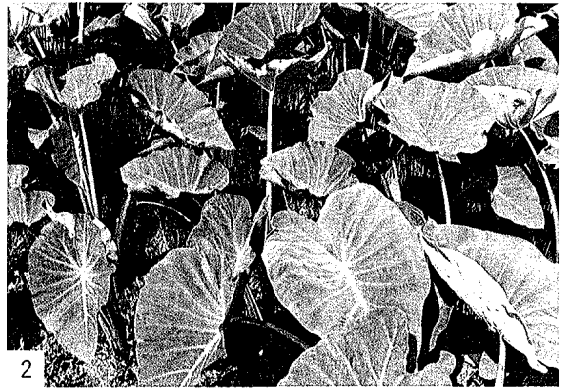
以上の状況から判断して、宜野湾市大山で起こった田芋の枯葉被害の原因は、防舷廃材焼却に伴ない発生した煤煙（二酸化硫黄を主体とした有害ガス）の影響によるものと考えられる。なお、今回の場合、廃材燃焼時の風速が 2～4 m/s という弱風のため煙の拡散が抑えられ、さらに高湿度という気象条件ともあいまって、植物被害を生む可能性をより高くしたものと考えられる。本事例に鑑み、今後有害ガス発生の可能性のある廃棄物の農耕地周辺での焼却は絶対に避けるべきであろう。

なお、当所の報告をもとに K 建設会社は田芋生産者へ損害補償を行なったことを付記する。

本調査に御協力頂いた宜野湾市役所、その他関係各機関に厚く感謝致します。

V 参考文献

- 1) 坂井弘, “農業公害ハンドブック”, 東京, 地人書館, 1974. p.22-24.
- 2) 阿部博, “フロリジルカラムフラクションのガスクロマトグラフィーによる重質油の鑑別”, 科学警察研究所報告, 1972. p.55-71.



- 写真1 ばい煙による田芋の葉肉の壊死
- 写真2 ばい煙による田芋の葉肉の黄化
- 写真3 粒状物質の顕微鏡写真(粒径 $30\sim 170\mu$)
- 写真4 塩素ガスによるヨウサイの被害
- 写真5 塩素ガスによるアウキセンダングサの壊死
- 写真6 塩素ガスによるアウキセンダングサの黄白化
- 写真7 塩素ガスによるサツマイモの被害