

燃料油中にカビが繁殖する話

運輸安全委員会事務局地方事務所による分析（那覇事務所）

1. はじめに

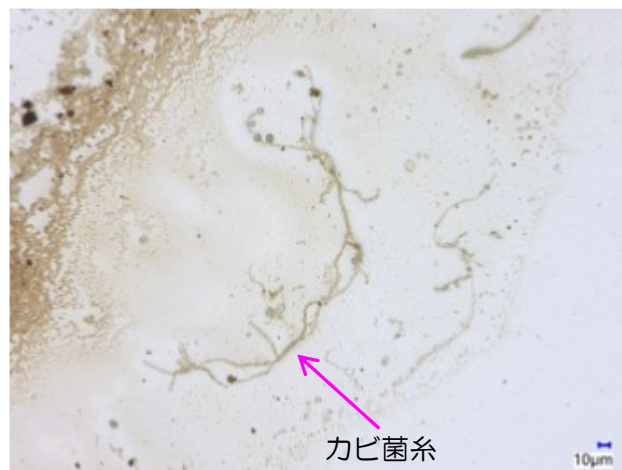
沖縄地方は、全域が亜熱帯地域にあって高温多湿な気候です。生活で気を付けていることの一つにカビの繁殖防止があり、油断して風通しの悪い部屋内に食品を置いたままにしていたり、また、ハンガーに衣服を吊るしたままにしていたりすると、食品にも衣類にも青黒い斑点や白色のほこりのようなカビが繁殖してしまいます。

船舶が使用するA重油や軽油にもカビが繁殖することがあります。

本分析集では、船舶の燃料油にカビ菌糸が繁殖する条件及び繁殖した状態に着目して分析し、燃料油に関するトラブル防止のポイントをお知らせします。



採取した軟粘性のスラッジ



スラッジ中で発見されたカビ菌糸

図1 スラッジとカビ菌糸

2. 過去に燃料油配管系統が閉塞した事例

那覇事務所が平成23年～令和5年に調査対象とした事故等のうち、燃料油配管系統のストレーナ（こし器）等が閉塞し、主機が停止又は運転ができなくなり、運航不能等となった事例は8件ありました。（表1参照）

表1の原因欄を見ると、燃料油タンクからのスラッジ、ごみ等によってストレーナや燃料油配管が閉塞していたことがわかります。

表1 燃料油配管系統が閉塞した事例（那覇事務所）

発生日	船種	事故等名	発生場所	トン数	機関種類 使用燃料 出力kW	原因
① 1/1	漁船	運航不能 (燃料供給不能)	沖縄県粟国村粟 国島南東方沖	2.2	ディーゼル ※ 95.60	燃料油ストレーナがス ラッジで閉塞
② 2/1 事例2	プレジャー ボート	運航不能 (燃料供給不足)	沖縄県渡嘉敷村 神山島北東方沖	5未満	ディーゼル 軽油 95.62	燃料油配管系統がカビ 菌糸に起因するスラッ ジで閉塞
③ 3/25	漁船	運航不能 (燃料供給不能)	鹿児島県龍郷町 秋名漁港北方沖	1.9	ディーゼル 軽油 54.40	燃料油配管系統がスラ ッジで閉塞
④ 4/7	漁船	運航不能 (燃料油供給障害)	沖縄県与那国町 与那国島東方沖	4.9	※	主機の燃料油ストレー ナが水分を含んだスラ ッジで閉塞
⑤ 4/30	漁船	運航不能 (機関損傷)	沖縄県糸満市 糸満漁港西方沖	4.8	※	燃料油フィルタが目詰 まり
⑥ 6/10	漁船	運航阻害	沖縄県国頭村 辺戸岬東方沖	4.9	ディーゼル ※ 漁船法馬力 数90	燃料油ストレーナがス ラッジ等で閉塞
⑦ 6/12	プレジャー ボート	運航不能 (燃料供給不能)	沖縄県那覇港新 港ふ頭地区	5未満	ディーゼル 軽油 110.33	燃料油系統のストレー ナがごみ等で閉塞
⑧ 11/29 事例1	漁船	乗揚	沖縄県久米島町 烏島漁港南方沖	0.6	ディーゼル A重油 25,70	燃料油ストレーナ入口 継手がカビ菌糸に起因 するスラッジで閉塞

【補足事項】

使用燃料欄に※印がある事例は、使用燃料の記録がないものの、船舶の大きさから燃料油の加熱装置を搭載することが難しいため、使用燃料が軽油又はA重油であったと考えられます。

表1に記した事例には、類似する点がいくつかあり、その特徴を把握することが重要です。

そこで、表1の事例のうち、カビ菌糸の存在を明らかにできた2件（⑧（事例1）及び②（事例2））について、事故等調査報告書に記載された船の状態とスラッジ分析結果に基づいて、同種事故等の再発防止策を紹介します。

3. 事例紹介

事例1 乗揚 11月29日 沖縄県久米島町鳥島漁港南方沖

燃料油配管系統がスラッジで閉塞して燃料油の供給が途絶え、主機が停止して漂流し、浅瀬に乗り揚げた。

(1) 事故発生の背景

漁船A船（以下「A船」という。）は、本事故当日まで1年以上、燃料油タンクの状態の点検及び同タンク底部からの水抜き作業が行われておらず、かつ、約7か月間航行の用途に使用されていませんでした。

(2) 事故の発生

A船は、久米島西方沖等で漁を行った後、船体が風及び波を受けて動揺する状況において、久米島南西方沖の浅瀬から約50m離れた海域を約15km/hの速力で東南東進していたとき、船長が、主機から燃料の供給が途絶えて回転数が低下するような機関音を聞きました。

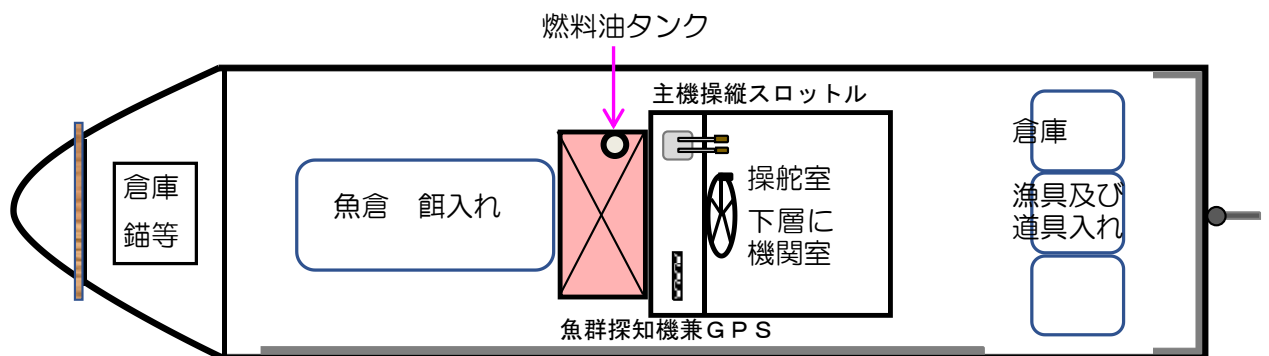
A船は、主機が停止して漂流し、浅瀬に寄せられ、南寄りの風及び波高約1.5mの波を右舷側から受け、北東方に圧流されて浅瀬に乗り揚げました。

(3) A船の配置と燃料油の状態

A船は、船体の中央部に操舵室が、その下層に機関室が、操舵室の前に燃料油タンクが、それぞれ配置されていました。

本事故後、燃料油の流出を防止する目的で、燃料油が燃料油タンクから20ℓのポリ容器5個に抜き出されました。回収された燃料油は、ほとんどが薄い褐色透明のものでしたが、ポリ容器1個に黒色の汚損した油がありました。

(図2 参照)



操舵室と燃料油タンク（船首から撮影）



黒色の汚損した油（下中央）

回収された燃料油

図2 船体概略及び回収された燃料油

(4) 主機燃料油配管系統等の状態

主機燃料油配管系統は、図3のような構成機器及び配管となっていました。

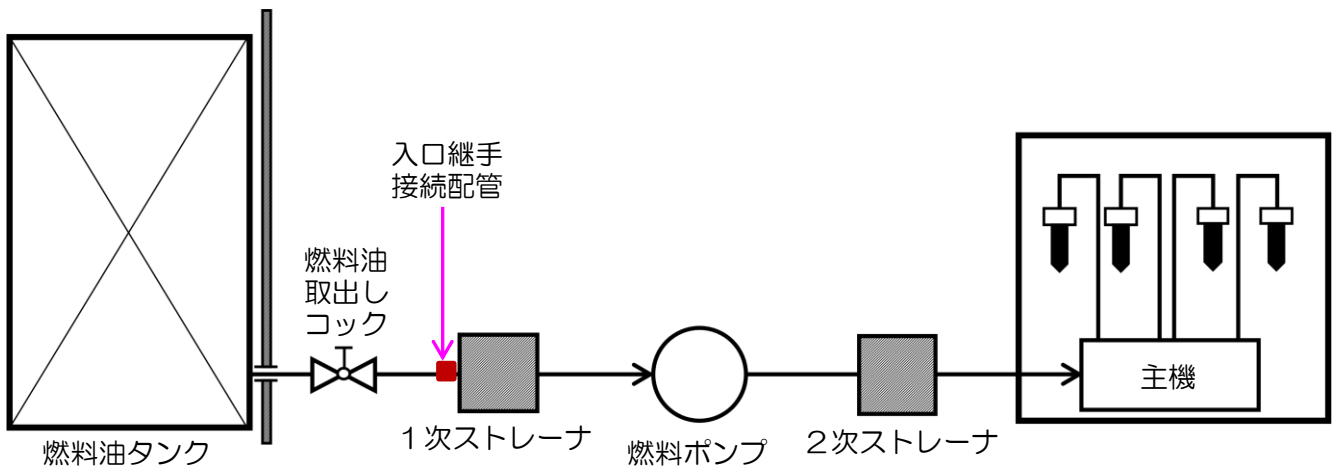


図3 主機燃料油配管系統

本事故後、主機燃料油配管系統を確認したところ、その状態は次のとおりでした。

- ① 燃料油タンクの燃料油取出しコックと1次ストレーナの間にある燃料油配管を取り外したところ、1次ストレーナ入口継手及び同継手を固定する穴あきボルト（内部に油が流れる穴があるボルト）の内部が軟粘性のスラッジ（以下「本件スラッジ」という。）によって閉塞していました。

本件スラッジは、黒色で海苔の佃煮状となっていました。

- ② 約120ℓの容量である燃料油タンク底部から採取した^{ざんきぶつ}残渣物には、本件スラッジのようなスラッジが堆積しており、水分も局在していました。

（図4 参照）

- ③ 燃料油及びスラッジの状態

燃料油を補給するための搭載管は燃料油タンクの右舷船尾側に設置されていますが、本事故当時、その場所は蓋で閉鎖されていたため、海水が燃料油タンクに浸入することはなかったものと考えられます。

ただし、燃料油タンクは、ふだんの運航中、燃料油の消費による油面の低下、燃料油タンクの蓋の開放等によって、外気及び湿気が入り込む環境下にありました。



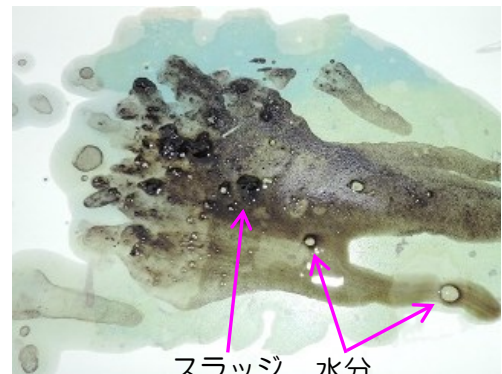
1次ストレーナ



1次ストレーナ入口継手及び本件スラッジ



ストレーナ内のA重油



スラッジ 水分
燃料油タンクの残渣物

図4 燃料油及びスラッジの状態

(5) 主機が停止した要因

A船は、本事故当時、船体が大きく動揺した際、燃料油タンク底部に発生していた本件スラッジが浮遊して主機燃料油配管系統に流れ出し、燃料油の1次ストレーナ入口継手を閉塞させて主機への燃料の供給が途絶え、主機が停止したものと推定されました。

(6) カビ菌系の確認

A船の主機燃料油配管系統から採取したスラッジを、化学製品製造会社に委託して分析したところ、次のとおりでした。

① 試料

- a 試料1 燃料油の1次ストレーナ入口継手から採取した本件スラッジ
- b 試料2 燃料油タンク底部から採取したスラッジ

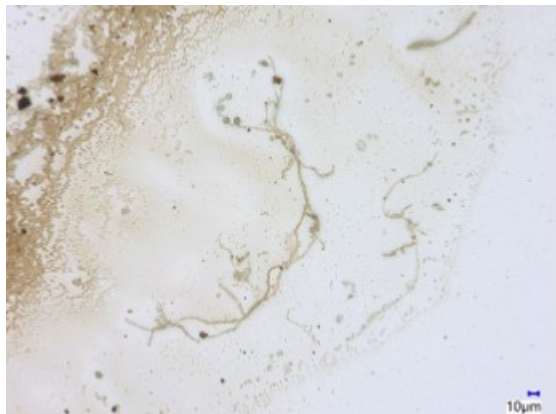
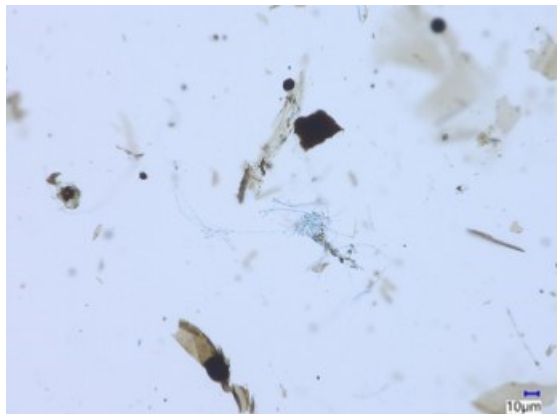
② 分析方法

試料1及び試料2のスラッジをトルエンで洗浄して油分を除き、顕微鏡を用いてカビの有無を確認しました。

③ 分析の結果

試料1及び試料2のスラッジについて、顕微鏡によるカビの有無を確認したところ、表2のとおり、それぞれのスラッジでカビ菌系の存在が確認されたので、A船の使用燃料油にカビ由来のスラッジが発生していることが分かりました。

表2 スラッジ分析の結果

試料1中のカビ菌系	試料2中のカビ菌系
採取場所：燃料油の1次ストレーナ入口継手	採取場所：燃料油タンク底部
	

事例2 運航不能

2月1日 沖縄県渡嘉敷村神山島北東方沖

燃料油配管系統がスラッジで閉塞して燃料油の供給が不足し、主機が運転できなくなり、漂流した。

(1) インシデント発生の背景

プレジャーボートB船（以下「B船」という。）は、約2年前から燃料油配管内に黒いゴミや黒色で軟粘性のスラッジが確認され、配管やストレーナが詰まるようになりました。

B船は、その後も航行中に波が高くなって船体が動揺したとき、主機が時々停止することが続き、燃料油配管内には黒色のスラッジが確認されましたが、船長や同乗者はスラッジが発生する要因が分かりませんでした。

(2) インシデントの発生

B船は、渡嘉敷村ナガン又島北方沖等での釣りを終え、那覇港に向けて約18ノットの速力で東南東方に帰航を始めました。

B船は、帰航中、高い波を受けるようになって船体が大きく動揺するようになり、急に主機が停止したので、船長が錨を投下して、主機燃料油配管系統の油水分離器／フィルタ等の掃除及び空気抜きを行いました。

B船は、その後、主機を再始動して航行を再開したものの、約5分後に主機が再び停止し、船長は、主機が運転できないと判断して錨を投下し、118番通報を行うとともに友人に連絡を取り、救助に来た友人のプレジャーボートにえい航されて那覇港に帰港しました。

(3) B船の燃料油配管系統と燃料油の状態

① B船は、図5のとおり、主機が機関室に、燃料油タンクが機関室船首側の操舵室下方の区画に設置され、燃料油タンクから燃料油取出し元弁及び‘90°エルボ継手に接続した燃料油配管’（以下「本件配管」）が、仕切り壁を貫通する場所にあるストレートの接続金物（以下「本件接続金物」という。）に接続されていました。

本件接続金物から船尾側に延びた燃料油配管は、油水分離器等を介して主機に接続されていました。

② 燃料油タンクの燃料油取出し元弁及びドレン弁は、操舵室の床板の下にあり操作が困難な構造となっていました。

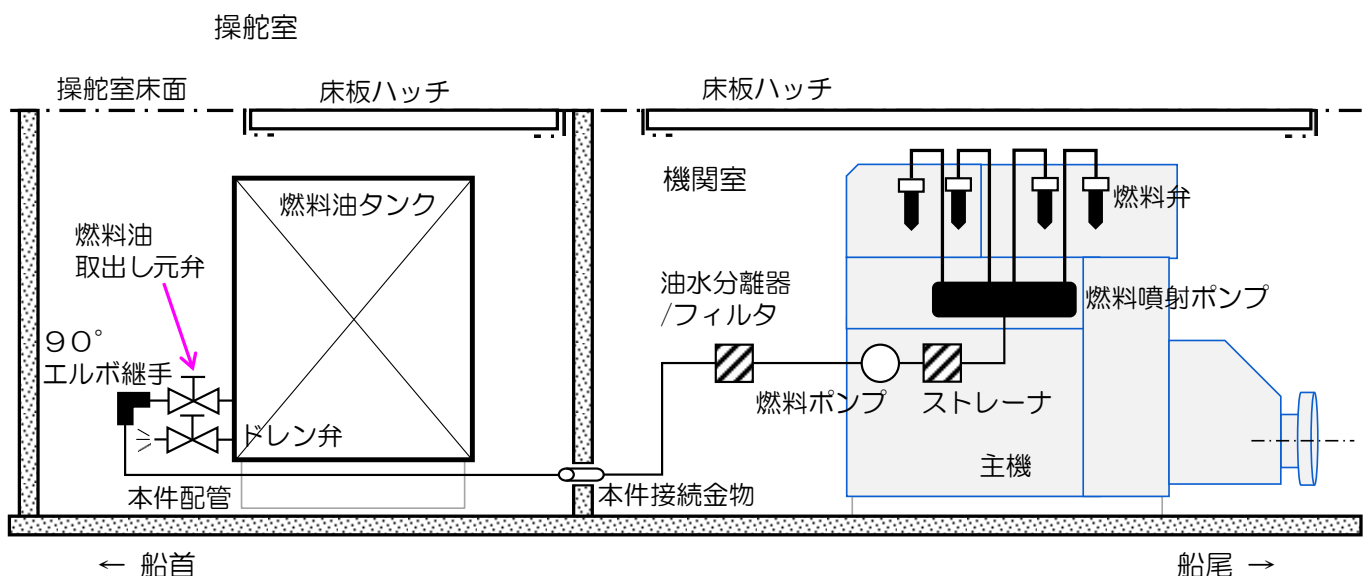


図5 主機燃料油配管系統

③ 燃料油及びスラッジの状態（図6 参照）

- a 燃料油タンクから抜き出した軽油は、若干黒みを帯びており、油中に黒色で軟粘性、海苔の佃煮状のスラッジが点在していました。また、本件配管及び燃料油タンクから採取したスラッジは、いずれも同様の特徴がありました。
- b 燃料油タンクの内壁には、黒色で軟粘性のスラッジが付着していました。

スラッジ



燃料油タンクから抜き出した軽油

燃料油タンクから採取したスラッジ

燃料油タンク内壁の状態

図6 採取したスラッジ等の状態

(4) 主機が停止した要因

B船は、本インシデント当時、船体が高い波を受けて大きく動揺した際、燃料油タンクの底部に堆積していたスラッジが浮遊して燃料油配管系統に流れ出し、本件配管を閉塞させ、燃料油の供給が途絶え、主機が停止したのと考えられます。

(5) カビ菌系の確認

事例1と同様の方法でB船から採取したスラッジを分析したところ、次のとおりでした。



① 試料

- a 試料3 燃料油タンクから本件接続金物までの本件配管から採取したスラッジ
- b 試料4 燃料油タンクから採取したスラッジ

② 分析の結果

試料3及び試料4のスラッジは、表3のとおり、それぞれのスラッジでカビ菌系の存在が確認され、使用燃料油にカビ由来のスラッジが発生していることが分かりました。

表3 スラッジ分析の結果

試料3中のカビ菌系	試料4中のカビ菌系
採取場所：本件配管（燃料油取出し管）	採取場所：燃料油タンク
	

4. 燃料油中におけるカビ菌糸の繁殖

(1) 船舶でのカビの発生要因

事例1の調査報告書では、船舶でのカビの発生要因及びカビ繁殖の予防について、次の情報を提供しています。

燃料油中でカビが繁殖するには次の3つの条件が必要です。

- ① 燃料油へのカビ孢子混入（カビ孢子は繁殖条件が整うと菌糸を伸ばし繁殖します）
- ② カビの繁殖に適した温度（20℃～40℃）
- ③ 水分

カビ菌糸の元となるカビ孢子は自然界の至る所に存在しています。空気中に浮遊しているカビ孢子がタンク内の燃料油に混入したり、カビ孢子が混入している燃料油を補給したりするなど、その混入経路は多岐に渡ります。そのため、燃料油にカビ孢子が混入することを防止するのは非常に困難です。

船舶では、A重油や軽油が加熱されずに使用されるため、船舶及び機関の種類にもよりますが、30～45℃の機関室温度は、カビが繁殖しやすい温度となっています。

タンク内には結露などによって必ず水分が混入してしまいます。燃料油中に混入した水分は時間経過とともに徐々にタンク底部へと沈降して油と水の層へ分離し、その境界面でカビが繁殖します。

また、燃料油の使用状況の観点から見ると、カビが繁殖するリスクは、タンク内に保管された燃料油の使用頻度が低く、保管期間が長くなるほど、高くなる傾向にあります。

(2) 南西諸島の気候とカビの繁殖

第3章でご紹介した事例は、いずれも気温が低い冬季に発生しています。

気象庁のホームページ^{*1}によれば、南西諸島に属する沖縄地方及び奄美地方の気候は次のとおりであり、冬場でも最高気温が20℃を超える日があり、湿気と合わさってほぼ1年間を通してカビが繁殖する要因が整っているといえるでしょう。

① 沖縄地方

北緯20°から30°の間の緯度帯（亜熱帯）に位置し、近海を黒潮が流れる暖かい海に囲まれて海洋の影響を強く受けるため、気候は高温で多湿であることが特徴です。このことから亜熱帯海洋性気候ともいわれています。1991～2020年の那覇の平均気温は、7月が最も高く29.1℃、1月が最も低く17.3℃です。2024年1月の那覇市は最高気温が20℃を超えた日が19日もありました。

② 奄美地方

気温は、盛夏となる7月から8月が年間のうちで最も高くなり、この間の平均気温はおよそ28℃になり、冬場の1月から2月にかけての平均気温は、年間で最も低くなり、およそ15℃です。

^{*1} https://www.data.jma.go.jp/cpd/j_climate/okinawa/main.html
https://www.data.jma.go.jp/cpd/j_climate/kyunan_amami/main_amami.html
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily_s1.php?prec_no=91&block_no=47936&year=2024&month=1&day=&view=

5. 燃料油中のカビ菌糸の繁殖に起因した事故等の再発防止策

事例を示した事故等調査報告書では、同種事故の再発防止のため、次のことを提言しています。

- 1 船長は、長期間にわたって使用されず停船したままの船舶を航行の用途に用いる際、燃料油配管系統にあるストレーナ等の付属装置及び燃料油タンク内部を点検し、燃料油の性状等に異状がないことを確認すること。
- 2 船長は、船体動揺が大きい場合、燃料油タンク内のスラッジが浮遊して、燃料油と共に送られ、燃料油配管系統にある細管やストレーナを閉塞させる場合があることを予見し、燃料油供給圧力及び機関回転数の変化に注意し、緊急時には投錨を想定しておくこと。
- 3 船長及び船舶所有者は、使用燃料にA重油を使用する場合、定期的に燃料油タンクの点検、タンク底部からの水抜き作業及び清掃を行うこと。
- 4 船長及び船舶所有者は、A重油及び軽油の燃料油タンクに防カビ添加剤を投入し、カビの生成を抑制すること。

カビの繁殖を抑えるためには、定期的にドレン切り（タンク底部からの水の排出）を行って、タンク内の水分を除去することが重要です。

漁船やプレジャーボートの燃料油は、港にある貯蔵用燃料油タンクから供給されます。漁船等で使用する燃料油の性状等に異状がないかを確認することが望ましいのは、陸上に設置した貯蔵用燃料油タンク内にある燃料油にも言えることです。図7は貯蔵用燃料油タンクの設置例です。



置きタンク方式



地下タンク方式

図7 貯蔵用燃料油タンクの設置事例

地上に設置された置きタンクであって、ドレン弁が取り付けられていれば、タンクの水抜き作業が容易に行えますが、タンクにドレン弁の設置がなかったり、地下にタンクあったりする場合には、水抜き作業が容易には行えません。

地下にある燃料油タンクでは、防カビ添加剤の使用がカビの繁殖防止に有効であると考えられます。防カビ添加剤の製造会社では、防カビ添加剤は、カビの生成を抑制し、また、既に発生しているカビには菌糸の発育を阻止し、死滅へと向かわせるとの情報を提供しています。カビが発生した燃料油とその燃料油に防カビ添加剤を添加したものを長期間保管して比較したところ、後者はその効果によってカビ菌糸がバラバラになり、死滅していることが確認されました。

6. おわりに

今回の分析集では、燃料油、特に、A重油と軽油の中でカビ菌糸が繁殖してスラッジとなる事象及びそのスラッジが燃料油配管系統にあるストレーナや細管を閉塞させる事例をご紹介しました。本事故等の調査報告書は当委員会ホームページで公表しています。

- ・事例1 令和5年3月30日公表

http://www.mlit.go.jp/jtsb/ship/rep-acci/2023/MA2023-3-49_2022nh0047.pdf

- ・事例2 令和5年6月29日公表

http://www.mlit.go.jp/jtsb/ship/rep-inci/2023/MI2023-6-1_2023nh0004.pdf

南西諸島に属する沖縄地方及び奄美地方の気候は、全域において高温で多湿であることが特徴です。気温が低い冬季でも日中に20℃に達することがあるので、年間を通して燃料油中にカビ菌糸の繁殖に注意を要します。

一方で、船舶が使用するA重油及び軽油にカビが繁殖する実例は多くあるものの、小型船舶の運航関係者の間で意外と知られていないことが事故等調査を通じて分かりました。また、第4章に示した燃料油中にカビが繁殖する3つの条件が揃えば、南西諸島に限らず、全国どこでも同種事故等が発生する可能性があるため、船舶の運航にあっては要注意事項と考えます。

本事故等の事象を知っておくと、燃料油配管系統にあるストレーナの開放や配管を外したとき、黒色で軟粘性、海苔の佃煮状のスラッジが僅かでも見付かると、燃料油中にカビ菌糸が繁殖していることを疑い、適切な措置をとることができるようになります。

船舶の航行中、船体が風や波を受けて動揺したとき、主機への燃料油が供給不能となって、主機が急に停止することがないように、日頃から燃料油の状態や性状をご確認ください。

燃料油タンクにあるA重油・軽油の状態に注意しましょう。



 **運輸安全委員会事務局那覇事務所**

〒900-0001 沖縄県那覇市港町 2-11-1
那覇港湾合同庁舎 8 階

Tel: 098-868-9335

URL <https://www.mlit.go.jp/jtsb/>

運輸安全委員会インターネットサービス

船舶事故ハザードマップ

検索

<https://jtsb.mlit.go.jp/hazardmap/>

小型船舶機関故障検索システム

検索

https://jtsb.mlit.go.jp/hazardmap/s_etss/