

## 発酵剤によるたん白泡消火薬剤の処理に関する研究 (第1報)

Study on the Decomposition of Fire Extinguishing Protein Foam Agent  
with a Fermentation Agent as a Decomposer (Series 1)

鶴見 文雄\*

篠塚 孝夫\*

## 概 要

前掲の研究報告「発酵剤による天ぷら廃油処理に関する研究」で、常温で発酵剤（微生物群）を用いた天ぷら廃油処理が可能であると結論された。そこで今回は、使用期限後のたん白泡消火薬剤を分解処理し、自然界に肥料または土壌改良資材として還元できる可能性があるか試みたものである。

この実験で得た主な結果については、次のとおりである。

- 1 たん白泡消火薬剤を発酵剤で処理した土壌を用いて、植害試験を実施した結果、こまつなの発芽を確認した。
- 2 上記土壌の化学的酸素要求量（COD）を測定した結果、CODは約1/2に減少し、たん白泡消火薬剤の環境への影響を軽減する可能性があることを確認した。

We had already found the capability of a fermentation agent to decompose used cooking oil at a normal temperature.

And then, we carried out another experiment to see if decomposed, out-of-validity protein foam for fire extinguishing could be used as fertilizer, or for the improvement of soil.

The following results were obtained.

- 1 Brassica campestris was germinated in a plant growth test conducted with the soil consisted of a fermented protein foam agent for fire extinguishing.
- 2 After the measurement of the Chemical Oxygen Demand (COD) of the filtrate of the above-mentioned soil, it was found that the COD was nearly half of non-fermented soil, and that a fire extinguishing protein foam agent can be environmentally benign.

## 1 はじめに

現在、各署に配布しているたん白泡消火薬剤で使用期限の過ぎたものは、業者が引き取っているのが現状である。廃棄物の自前処理を前提として考えた場合、たん白泡消火薬剤の無害で有効な処理方法が将来は求められる。

そこで、このたん白泡消火薬剤を発酵剤で処理し、自然界に肥料または土壌改良資材という付加価値の高い形で還元できれば環境に有益である。

このような観点から、発酵剤によるたん白泡消火薬剤の発酵分解処理を試みたものである。

また、現在東京都では循環型社会づくりを推進しているところであるが、当研究室においても廃棄物はゴミでなく、有効な資源であるという観点から廃棄物の無害化再資源化をねらいとして、発酵剤を用いた使用期限後のたん白泡消火薬剤の処理に関する研究を実施した。

## 2 たん白泡消火薬剤について

実験に使用した、たん白泡消火薬剤は耐寒用3%型であり、その成分を表1に示す。

また、たん白泡消火薬剤の外観を写真1-1及び1-2に示す。

## 3 実験方法と結果

## (1) 発酵方法

40×40×40cmのコンポスト容器を用いて、土壌5ℓにたん白泡消火薬剤2ℓをしみ込ませ、発酵剤300gさらに炭素源の栄養剤（栄養剤として、炭素源・窒素源・無機塩類等が主要なものである）として天ぷら新油200mlを添加して室温で放置して置く。（写真2）

また、発酵剤を添加しないものを対照試験とした。

\*第二研究室

表1 成分表

成分名	成分 (%)
たん白質加水分解物 (牛・馬の蹄)	32.5
鉄塩 (鉄及び塩化第二鉄)	1.2
グリコール類	8.4
有機溶剤 (グリコールエーテル類)	7.0
防腐剤	0.1
水	50.8

(2) 蛍光X線分析

たん白泡消火薬剤にヒ素・カドミウム・水銀等の重金属が含まれていると、土壤に返すことができないのでこれらの金属の測定を蛍光X線分析で行った。すなわち、蒸発皿でたん白泡消火薬剤を加熱し、水分を蒸発させたものが写真3である。これを電気炉で灰化させ、蛍光X線で金属成分を測定した。その結果を図1に示す。この実験で重金属は含有されていないことがわかったので、以下の発酵実験を行った。

(3) 発酵熱の測定

実験開始から8ヵ月後の土壤の温度が上昇しているため熱電対(K線)で温度を測定した。温度上昇曲線を図2-1に示す。

また、発酵時の土壤を写真4に示す。さらに発酵前、発酵から3日後、1週間後の土壤の変化を写真5に示す。

また、土壤の多少による発熱量を比較するため、土壤2ℓにたん白泡消火薬剤0.8ℓをしみ込ませ、発酵剤200gを添加したものの発酵熱も同時に測定した。(図2-2に示す)

(4) pH及び化学的酸素要求量(COD)の変化

8ヵ月間のpHの変化を図3に示す。pHの測定は、土壤10gを50mlの水で振とうしたろ過液とした。

発酵剤を添加したものと添加しないものろ過液の色相違を写真6-1と6-2に示す。発酵剤を添加したろ過液の色は、脱色されて赤褐色を呈した。

次に、発酵剤を添加した8ヵ月後の土壤(pH7.9)と実験開始直前の土壤10g(pH5.4)をそれぞれろ過し、ろ過後の土壤を3日間放置しておく、前者の土壤ではカビが発生しなかったが(写7-1)、後者の土壤で

はカビが発生した。(写真7-2)

また、ろ過液のCODの変化を図4に示す。CODは酸性法(過マンガン酸カリウムで有機物を酸化し、残存過マンガン酸カリウムを電量滴定法で定量する方法)で測定した。たん白泡消火薬剤の原液、3%たん白泡消火薬剤、実験開始直前の土壤及び8ヵ月後の土壤のpHとCODの測定した結果を表2に示す。

表2 pHとCODの測定値

	pH	COD(mg/ℓ)
たん白泡消火薬剤の原液	6.6	221,100
3%たん白泡消火薬剤	6.3	6,700
実験開始直前の土壤	5.4	15,300
8ヵ月後の土壤	7.9	7,500

(5) 植害試験

発酵剤を添加した8ヵ月後の土壤と発酵剤を添加しない土壤にこまつなを種し、3週間観察してみた。

発酵剤を添加し、発酵したものはわずかではあるが発芽が認められた(写真8-1)。しかし、発酵剤を添加しないものは、3週間経過しても発芽が認められなかった。(写真8-2)

4 考 察

(1) 表1より、たん白泡消火薬剤のたん白質は牛・馬の蹄からなるケラチンというたん白質である。

ケラチンは、水にほとんど不溶である。このたん白質は、シスチンというアミノ酸の含量が多く、ペプチド結合鎖がジスルフィド結合(S-S結合)で橋かけされているため水に不溶と考えられる。この橋かけを加水分解することにより、可溶性を高めていると思われる。

また、たん白質は変性(熱・酸性・アルカリ性で変性する)すると沈降するので長期間たん白泡消火薬剤を保存しておく、このたん白質が沈降することが考えられる。

泡の耐火性を高めるため鉄及び塩化第二鉄が使用され、薬剤の不凍剤としてエチレングリコールが使用されており、さらに泡の膨張と安定性向上のためグリコールエーテル類等の有機溶剤が含有されていると推



写真 1-1 たん白泡消火薬剤 (正面)



写真 1-2 たん白泡消火薬剤 (上面)



写真 2 コンポスト容器の外観



写真 3 たん白泡消火薬剤を固形化したもの



写真 4 発酵時の土壌



発酵前の土壌      発酵から3日後      発酵から1週間後

写真 5 発酵した土壌の変化

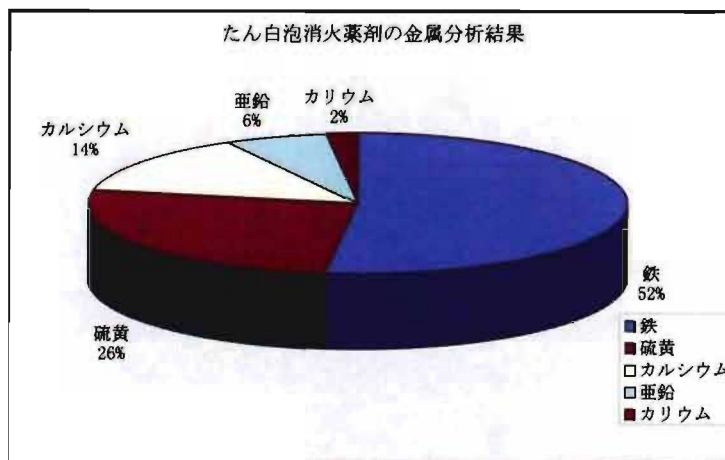


図 1 金属分析結果

定されるが、同定及び定量までには至っていない。

また、防腐剤として有機窒素硫黄系化合物が含まれていると推定されるが、これを同定及び定量することも困難であった。

- (2) 図1より、たん白泡消火薬剤の金属成分をみると鉄が52%と1番多い。次に硫黄が26%と続いている。

この実験結果は、1において述べた内容と矛盾がない。即ち鉄は鉄塩から由来するものであり、硫黄はシスチンというアミノ酸の含有からと考えられる。

また、図1の結果からヒ素・カドミウム・水銀等の重金属が含まれていないことがわかり、肥料や土壌改良資材として土壌に返しても問題はないと考えられる。この実験結果で重金属が含有されていることが確認されれば、たん白泡消火薬剤を発酵させても本研究の趣旨に沿わない。

- (3) 発酵熱の測定結果(図2-1)によると、土壌が5ℓの場合、発酵熱の最高は51°Cであった。(気温は15°C)発酵とは微生物が持つ酵素が、有機物を分解し代謝物を蓄積する現象をいうが、この時発酵熱が発生する。

この発酵熱は有機物の絶対量が多ければ多い程、発酵エネルギーは高い。これは、図2-2を見れば明らかである。土壌が2ℓの場合、発酵熱の最高は34°C(気温は15°C)であった。さらに、発酵に伴い土壌が乾燥してきたので発酵後68時間後に土壌に水分を200ml程加えようと再度温度が上昇することが観測された。

これは、微生物の活動を活性化させる4要素(栄養・温度・湿度・水素イオン濃度)のうち湿度を上昇させた原因と考えられる。

また、図2-1及び図2-2から最高温度に達するのは、発酵開始から約16時間後であることがわかった

- (4) pHの変化について

図3に示す通りpHは、5.4から7.9と酸性側からアルカリ性側に推移している。一般にカビ・酵母は酸性側(pH4~6)で良好に増殖し、細菌(枯草菌・乳酸菌・光合成細菌等)は中性ないし弱アルカリ性側(pH6~8)で良好に増殖する。このことは、写真7-1と写真7-2においてpH5.4の土壌ではカビが増殖したが、pH7.9の土壌ではカビが増殖しなかったことと実験結果が一致する。

また、たん白質を分解するプロテアーゼ活性の高い微生物は細菌と言われているが、この細菌が増殖するのは実験開始から3ヵ月~4ヵ月後であるとpHから推定できる。(実験開始から4ヵ月後のpHは6.2であった)

- (5) CODの変化について

表2よりCODの変化は、15300mg/ℓ(ppm)から8ヵ月後には7500ppmに減少している。これは有機物

(水溶性の有機物)の濃度が8ヵ月後に1/2に減少したことを意味している。厳密ではないが、この実験結果からたん白泡消火薬剤の濃度は約1/2に減少したと推定される。写真6-1と6-2を比較してみると発酵剤を添加したろ過液の色は、発酵剤を添加しなかつたろ過液の色より黒ずんではない。これは、たん白泡消火薬剤が分解され脱色されたと考えられる。

たん白泡消火薬剤のしみ込んだ土壌は、栄養価の高過ぎる土壌であるから植物の生育に影響を及ぼす。

この植害を無くすために、この発酵剤が利用できる可能性があると思う。

- (6) 植害試験

発酵剤を添加した8ヵ月後の土壌と発酵剤を添加していない土壌にこまつなをは種して、3週間観察してみた結果が写真8-1と8-2である。発酵剤を添加していない土壌は考察(5)で述べた様に栄養価の高過ぎる土壌であるため、植物の生育に影響を及ぼすから発芽しない。

一方、発酵した土壌は栄養価が約1/2に低下した結果、発芽したのと考えられる。

## 5 結 論

発酵したたん白泡消火薬剤の肥料及び土壌改良資材としての可能性について考えてみると、肥料には普通肥料と特殊肥料があるが、特殊肥料のなかの堆肥に相当すると思われる。

しかし、たん白泡消火薬剤には有機溶媒と防腐剤が含まれているので、これらの分解が確認されなければ堆肥として使用することは難しいと思われる。

防腐剤については、写真7-2からわかるように、発酵剤を添加していない土壌からカビが発生したように防腐剤の影響は少ないものと思われる事実があったことを付け加えておきたい。(水で希釈すれば、防腐剤としての効果が簡単になくなる)

また、たん白泡消火薬剤の土壌改良資材としての用途については、地力増進法(法律第34号)で現在すでに11種類が規定されており、この11種に該当していないが、土壌改良資材となり得る可能性を今後研究していきたい。

## 6 今後の課題

たん白泡消火薬剤が発酵剤により分解したという現象を今回は、ろ過液の色の脱色・CODの減少及び植害試験等の結果で判断したが、今後はケラチンというたん白質の分子量の減少で、分解したという事実を確認したい。即ち、発酵によりたん白質のペプチド結合が切れて、よ



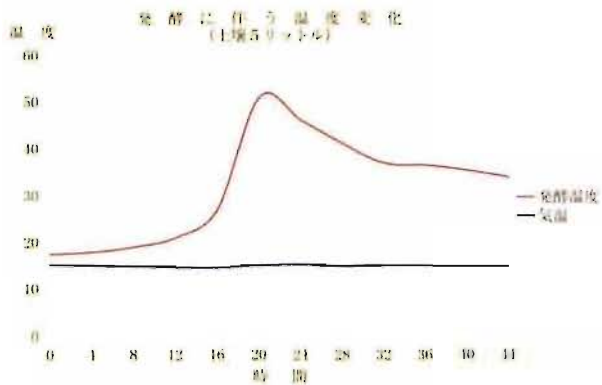


図 2 - 1 発酵温度曲線 (土壌 5 ℓ)

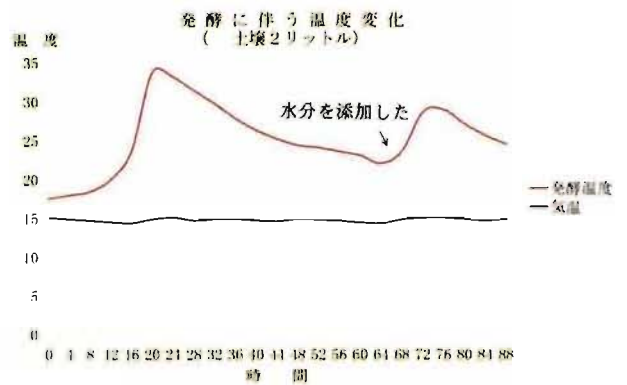


図 2 - 2 発酵温度曲線 (土壌 2 ℓ)

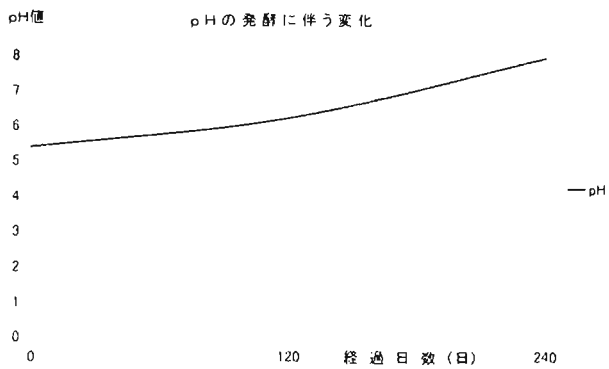


図 3 pHの変化

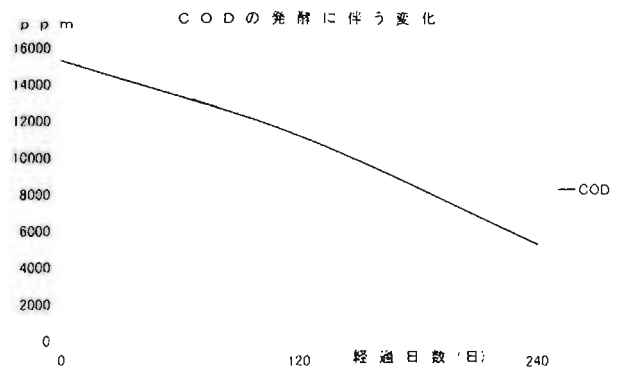


図 4 CODの変化



写真 6 - 1 ろ過液の色の違い



写真 6 - 2 ろ過液の色の違い



写真 7 - 1 ろ過後の発酵した土壌 (pH7.9)



写真 7 - 2 ろ過後の発酵していない土壌 (pH5.4)



写真 8 - 1 発酵剤を添加した土壌



写真 8 - 2 発酵剤を添加しない土壌

り小さい分子量のポリペプチド(10から100個のアミノ酸からなるもの)が幾つか生成されているものと考えられる。これを高速液体クロマトグラフィーのゲルろ過法で確認していきたい。

また、微生物が持つ酵素反応は、有機合成反応にはない選択的反応(例えば構造異性体を生成しない反応ができる)が長所であるが、化学反応に比べて反応速度が遅い欠点がある。従って、使用期限後のたん白泡消火薬剤をより短時間で分解処理できるような条件を今後研究していきたい。今回は、冬場の実験を開始したため低温環境下であり、最適温度条件ではなかった。

今後は発酵剤の最適温度条件・湿度・栄養等の最適発酵条件を検討していく必要がある。

また、使用期限後のたん白泡消火薬剤を化学的処理と発酵処理を組み合わせた方法も検討していきたい。

## 7 参考文献

- 1 農林水産省 農蚕園芸局長 通達 第1943号(昭和59年4月18日)
- 2 ポケット肥料要覧(財団法人 農林統計協会)
- 3 土壌微生物とどうつきあうか(農山漁村文化協会)
- 4 実験廃棄物の処理(廣川書店)