

新消火剤の現地適応試験

1. 試験担当者

防災部防災科長：井上桂

防災第2研究室：佐藤正，本木茂，

高橋亀久松：筆沼たつ。

2. 試験目的

現在の林野火災による国家的損失は増加の傾向にある。しかも林野火災の消火は、漸減してゆく山火消防團に依存し、かつ消防團の施設、技術、資材は旧態然としている。そこで、この不備を補い、消火の効率化・延焼の軽減防止を目的として新消火剤を開発し、現地における適応性について検討する。

3. 試験の経過とえられた成果

試験は室内実験で、ササの葉、マツ葉や紙を使って、各消火剤の効力、持効力の比較試験を行つて、野外試験で使用する薬剤の目安をつけた。

野外試験は、地況、気象条件の變つたときに、どの消火剤が有効であるか、またその量、濃度などを検討した。

以下試験結果をとりまとめ報告する。

1. 消火剤利用による林野火災消火の現況

林野火災消火の近代化の進んでいる国はアメリカ、カナダ、ソ連でヨーロッパはあまり行われていない。そこで実験に使用した薬剤は国内で家屋火災その他の火災に使われているものと諸外国主として米、カナダ、ソ連で林野火災に使われている地上散布に効力のすぐれている入手出来るものを使つた。

1) 林野火災用の薬剤の分類

(1) 性能上の分類(N.F.P.A. 国際火災防止協会)

a. 速効性薬剤

ぬれ水

粘水

C M C (Sodium Carboxyl Methyl Cellulose)

Bentonite clay その他

b. 残効性薬剤

(勿論速効性もあるが、水分がなくなつた後も消火効力は持続する)

Borato (ファイヤー ブレーキ)

CMC - DAP (第二磷酸アムモニウム) その他の防炎剤

(2) 形態上の分類

a. 固体

b. 粉状 (重曹, MAP その他)

c. ガス状 (N. CB)

d. 泡末 (機械泡・化学泡)

e. 水溶剤 (MAP その他防炎剤)

f. 粘剤 (e の水溶剤に CMC か Algin などの接着剤を加えたもの)

(3) 使用上の分類

a. 直接消火

速効性消火剤 (粉剤, ガス状, 水など)

b. 間接消火

残効性消火剤

c. 残火処理

ぬれ水 (滲透性のもの)

2) 消火理論

水は最も効果的を消火剤として人間が最初に開発してきて、水さえあればどんな林野火災でも止められる。普通の強さの雨が降ればひどい火災も直ちに消える。しかし水は重たい液体なので林内で多量に使うのは困難である。水を消火に使うために次の努力が払われてきた。即ち量の確保と出来るだけ水の消火効率をあげることである。可燃物があつてそれが発火温度まで昇温されこれに酸素が供給されると燃焼が始まる。ここで可燃物・温度・酸素の三つを北米では燃焼の三角形といい、この内の一つでも断たれると燃焼は中断する。従つて消火するにはこの三要素の内、少なくとも一つを断てばよいと云はれている。またソ連では燃焼は一種の融化現象であるから化学反応のしや断も消火の一方法であるという考え方で次の消火の七原則をあげている。

① 再燃出来ない温度まで冷却する。不徹底の冷却は完全消火できない。

② 可燃物の周囲にガス層を造つて酸素から可燃物を隔離する。

③ 可燃物の周囲を固体か液体でかこんで可燃物を隔離する。

④ 酸素の接近を防ぐため可燃物上に安定した化合物を作る。

⑤ 可燃物のガス相化 (燃焼過程の 1 部) を防ぐ。

⑥ 酸素の接近を防ぐため炭化物上に色々の物質を化学的に吸着する。

⑦ 可燃物上に多量の消火剤をかけるこれで火に強いショックを与へる。

などの説もあるが水は上記の燃焼の三条件の全部を破壊するのにかなりものである。即ち冷却作用と窒息作用と遮断作用をもつといふ。

(1) 水の冷却作用

水は火を冷却するのに最も効果がある。水を加熱するには他のものより単位容積当たりで多くのエネルギーを必要とする。熱の吸収は可燃物の表面で行われる。水は水滴が細かい程早く熱を吸収し、その結果可燃物の温度を下げる。急速に可燃物にかけると単位体積の水ではその 500 倍の木材を発火点以下にする。これは理論的最大値で実際はもつと小さい。野外では 50 倍位の値が得られる。水滴は細かい程効果があるが余り細かくなると可燃物上に全部落ちないで多くが大気中に飛散するため効果が減少する。

(2) 水の窒息作用

霧のように細かい水滴は酸素の供給を減退させて火災を窒息する効果がある。空気中の酸素の含有量の 21% を 12~15% 以下に減ると燃焼は著しく減退する。この効果は風がないとか地中火では大きい。

(3) 水の遮断作用

湿つた可燃物に火熱が前進してくると、この熱は可燃物中の水分の蒸発に使われるので、仲々発火温度に昇らない。即ち水は可燃物を不燃性にするのに使われる。以上のように水は林野火災の消火剤としては土とともに有効なものとして使われてきたが重量が重いなどその効力にも自ら限度がある。その他水が消火剤としてこの能力の不十分な所は一つには表面張力が大きいために地上の落葉や腐植中への水の滲透をさまたげている。またもう一つは粘性が不十分なことである。ために燃えている可燃物にかけても急速に流れてムダが多い。水は滲透性と付着性が不十分である。また水の消火効果は特効性が小さい欠点がある。大火災の起り易い天候は晴天で気温高く湿度が小さく風速が大きい蒸発の大きいときであるからまた水はすぐ蒸発するのでこれらの性質改善が消火剤の一つのねらいである。消火剤としては水のいらないものが出来れば最も望ましいがカナダでは ABC 粉末がよいと言うが、実験の結果日本では今日まだえられていない。水の消火作用については冷

却作用か熱遮断作用か学者間の論議が多く、論争は 1937 から現在まで続いている。

3) 消火剤の必要条件

消火剤の必要条件は消火方法で異なる。

(1) 直接消火、間接消火両方に共通の条件

- a. 多量に使うものであるから価格が安く効が大きいこと。
- b. 水に溶解性がよく、現場で使い易いこと。
- c. 動植物に無害で、溶液を取扱つている最中にも無害で土壤を不毛にしないこと。
- d. 針、広葉樹種の樹皮、葉、茎、草などの可燃物に付着性が大きいこと。
- e. 再燃防止の効果が大きいこと。
- f. ゲル状、濁水状の溶液を作るときに少量の薬量で足りること。これは薬価、運搬費に關係する。
- g. まぜ易く、安定した浮遊状態となり、完全な溶液になり易いこと。
- h. 貯蔵タンクや火災準備中の温度変化に耐えられること、また夜間の低温、日中の高温にも粘度や性質に変化をおこさないこと。
- i. 金属に対する腐蝕性、浸食性がなく、攪拌中に金属をおかさないこと。
- j. 倉庫に貯蔵中に固つたり、変色したりしないこと。
- k. 水の pH、や温度、含有鉱物量に過敏でないこと。
- l. バクテリヤ、菌、酵素におかされないこと。
- m. 汚染されたとき取扱う人間が気分が悪くならないこと。
- n. 攪拌は短時間ですむこと。
- o. 攪拌取扱に訓練を要しないこと。
- p. ホースやノズルを通るときの摩耗がないこと。
- q. こぼれた薬剤をふくんだとき滑り易くないこと。

(2) 直接消火の条件

- a. ホースでまくとき直射、噴射の何れもできるものであること。
- b. 敷設直後に有効をこと。

(3) 間接消火剤の条件

- a. 日中少くとも数時間は水を保持させること。
- b. 乾燥後も効果があり、燃焼をさえぎること。
- c. 乾燥後でも可燃物によく粘着すること。

a. 乾燥したり、熱にさらされたとき、ヒビ割れしたり、ボロボロになつたり、粉になつても効果が残ること。

4) 消化剤の各論

(1) 固 体

室内実験でドライアイスの粉末を着火した木積みにかけると消火するが、直接かからない所は消えないで多量を必要とする。特に野外実験ではよくない。(北米の例)

(2) 粉 体

薬品粉末による木材の消火実験によると、(消研の例) 32種類が使用され、効果のよいものをあげると表1の通りである。

表1 粉末消火剤の効果 (I)

消研実験による

薬の種類	平均粒径	供給率	消炎時間	再発時間	備考
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (MAP)	6.0 μ	183	87 sec	80 sec	○ 5/5
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (DAP)	6.6	295	5.7	~	○ 5/5
$\text{NH}_4\text{SO}_3\text{NH}_2$	8.6	511	10.9	~	× 1/5, ○ 4/5
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 硫酸アンモニウム	7.8	483	30以上	~	× 4/5, ○ 1/5
NaHCO_3 重曹	5.6	208	47	41	△ 1/5
H_3BO_3 鎔酸	5.2	626	8.8	60以上	× 1/5, ○ 2/5

但し × 30分以内に発炎しなかつたもの。

○ 消炎後 "おき" も消え去つたもの。

△ 消炎後も "おき" がわずかに残り、これが段々おこつてくるもの。

これらの大部分は炎を消す能力をもつが、"おき" を残すため、粉末の供給を中止するすぐ発炎する。

これら薬剤はアンモニア塩類、又はアミドで、閉鎖は例外であつた。

また須賀氏らは粉剤の37種類(現在農業肥料として使用されているもの、8種を含む)について、木材を使って実験した。

これらをA、B、Cの三群に分類した。

A とは、"おき"を含めて完全消火するもの、B は、60 分以内には再発炎しなかつたが、"おき"が残るもの。

C は、"おき"が残り、60 秒以内に再発炎したもの。

A B C に入るものとして、次の結果を得た。

重曹は消炎効果だけしかなく、MAP, DAP などは、A 群に入っている。

表2. 粉末消火剤の効果 (II)
(須賀氏による)

粉末資料	供給速度	消火時間	使用量	完全消火	消炎	消火不能
A 群	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (MAP)	mg/360	sec	gr		
		205	16.9	3.46	5	
	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (DAP)	232	15.4	3.57	5	
	NH_4Cl	413	39.2	16.19	4	1
	H_3BO_3	173	25.5	4.41	3	2
	リン安肥料 12-52	103	10.0	1.03	5	
B 群	森林肥料 1 号	225	20.0	4.50	5	
	$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 黄血塩	150	1.0	0.15	5	
	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 赤血塩	187	2.5	0.43	5	
	KHCO_3 重炭酸カリ	255	4.6	1.09	5	
	NaHCO_3 重曹	272	30.3	8.24	2	3
C 群	リン硝安カリ 9604	190	16.4	3.12	5	
	NaCl	440	30 以上	13.20 以上		5
	KI	511	30 以上	15.53 以上		5

この結果 "おき" を含めた消火効果のあつた A 群は、試料木材の炭化した表面に薄い皮膜とか、熔融物質の形成が観察され、これらが "おき" の消化に効果があつたと推定した。そして、アンモニウム塩に消炎、消炎作用が大きかつた。これはアンモニウム塩は加熱に

より発生する NH_3 ガスの消炎作用と、ガス状熔融物の表面被覆作用が相乗的に働くためである。

MAP, DAP や硝酸塩を含まない肥料が消火効力があるとしている。

要するに粉状消化剤は実際火炎に使用するには、風のある日が多いので、室内散布はもとより、地上散布でも目標に適確に散布するのに困難が多いと思われる。

(3) ガス状

ソ連では燃焼反応は一種の化学反応であるから、この反応を途中で遮断することがおこなわれていて、単位空気中水分子なら 2 %、塩化鈉は 2 % が必要だという。これは空気中の酸素量を根本的に変化させず、また燃焼面の冷却も行わず、勿論可燃物も減らさないで消火できる。しかし林野火災は野外で風もあるのでガスによる窒息効果はあまり期待できそうもない。

(4) 泡末

これは油火災にかくべからざるものであるが、ただの水よりも液化し易いため泡末は林野火災にも有望である。

a. 泡による被覆特性

高い粘着性をもつたため可燃物をよく被覆する。タンク内の原液をホースで散水するときに水とまぜて放水できる。泡立つて体積が増す泡は可燃物表面の昇温を防止し水で潤おし、隔離する。泡の膨張率はノズル圧と泡の型の変化で異なるが低い膨張は水 1 ガロン当たり、8.5~11.5 ガロンのエヤーホームとなり高膨張では 1.6~1.8 ガロンのエヤーホームとなる。ノズル圧は 100 ポンドを確保する。泡溶液は 9.4 ガロンの水に 9 ガロンの溶液を混ぜる。

b. 泡による隔離特性

泡のつく特性は持続時間で 1 時間以上丸太や高さ 1.0 m 位までの枯損木を熱から隔離できる。泡は酸素を遮断し、窒素消火を可能とするので間接消火に適するが直接消火には不向きである。

(5) 防炎剤の水溶液

防炎剤とは木材その他の可燃物質の可燃性をなくし又は減少さす薬剤である。これらの薬は繊維や紙などの防炎剤として使われている。粉剤の項で示したものは発炎防止物質を含みその水溶液が消火に使われてきた。これは直接消火用として又は不燃性の防火線として間接消火にも使える。ボレートは 1931 年北米で始めて試験され、1955 年に効果

のある消火剤として消火に新分野を開いた。これはカリフオルニヤでとれる鉱物の粉末である。溶解度は低いが水と混ぜると強固な混濁液となる。湿つてゐる間は勿論乾いてからも火災に対し抵抗性をもつ。風では落ちないが雨には容易に流される。わずかに有毒性であるが草、灌木火災へのききめは水より大きい。再燃はおこらず、密度の高い可燃物に散布して水より効果は大きいのでこれはまいて防火線用として使う。

a. ボレートの利用法

イ、迎火用の防火線を作るとき。

ロ、風横、風上側延焼阻止、火先の冷却作用に役立つ。持効性が水より大きいので野外実験でもまる一日持続した。

ハ、火災時に防火線を伐る代りにボレートをまいて代用できる。

ニ、防火線内の末焼の危険な可燃物にまくと飛火の根源を減少させることができる。

ホ、建物その他重要物の周囲にまいてこれらを林野火災から守れる。

などからボレートの防火効果は高く空中の消火に使われているが、動、植物に害があり、金属を磨耗させたり混合、貯蔵、取扱中やポンプでまくといふつか問題がある。目下この改良がなされている。

b. MAP その他防炎剤

北米では1930年に炭酸カリ K_2CO_3 が1936年頃から林野火災への利用がMAP、燃酸、硫酸アルミニウムなど40種の薬で2,000回試験された。そしてMAPはその後1960年、北米の南西林業試験場で南ロードンシャで高速で燃えている火を抑えるにすぐれたボレートより効果を表したと発表された。MAPの水溶液は12%のNと61%の P_2O_5 を含む肥料で植物に無害で、他の防炎剤より比較的重量も軽い。18%溶液でガロン当たり9.2ポンドである。MAPはアルミニウムを少し腐蝕するがこれも防止できる添加薬が見出されている。

c. DAP

DAPもMAPと同様最も普通の農業用の化学肥料の一つである。この防火効果は可燃物上にかかる磷酸塩の量に關係する。DAPが火で燃えられると、アンモニヤと磷酸を解放する。アンモニヤは可燃物の表面で酸素におきかわるため燃焼をクスバラせる。また磷酸はセルローズの分解を促進させカーボンとか水のような不燃物質を分離する。15%のDAPを10m幅100mにまくと延焼が防止できた。カリフオルニ

ヤでの別の実験では1.5~1.8%が使われた。草や細かい可燃物に1.8%水溶液としてまくと効果がある。太い丸太には適当でない。ソ連でも研究が行われていて、大体西側諸国と同様であるが異つたものではチオシアン酸アンモニ・チオシアン酸カリ・沸化アンモニなど、基礎試験が行われていて薬剤間の効果係数が理論と実際の経験から數的に示されている。

4. ぬれ水

湿剤とは水の物理性を変るため加えられる界面活性剤で水に加えられると表面張力を減少し滲透と拡張を増加させる。湿剤を加えた水をぬれ水という。水の表面張力はcm当たり7.5ダイヤン(アルコールは2.2ダイヤン)で消火にはこれを3.0~3.5ダイヤンに減ずるよう濃縮するよう添加が要求される。湿剤には粉と液体とがある。ぬれ水の特性は

1、木材表面上の水の拡りが普通の水の2~8倍大きい。

ロ、木材中への滲透は約8倍大きい。

ハ、木炭中への滲透は炭化しない木材より約 $\frac{2}{3}$ 大きい。

ニ、ぬれ水は容易に泡になる。

London (1950)の報告によると消火効果は次のようである。

① 理論的効果はぬれ水は水の容積の2.5倍となり、残火処理時間で1.5倍節約となる。

② 残火処理で再燃は水に比し3.0倍減少す。

③ ぬれ水が残火処理によいのは抱水することで、水の流下を防ぐためである。

④ ぬれ水は炎を水より早く消すため炎に接近して消火ができる。

⑤ これを可燃物にまくと水より5.0倍長時間しめり気をもたせる。

このような特性があるので松の針葉の火災に有効である。残火処理に水量が節約でき効果が特に大きい。泡が立つことは水が可燃物にしみこむまで余分の水を泡が保持してくれるで残火処理上でかなり好ましい性質である。ぬれ水は背負いポンプや小型ポンプでまかれる。

5. 粘水

防火線用にまくためには効力の長いものでなければならぬので水が蒸発した後でも延焼を効果的に防ぐ薬を含む。このため前記の防炎剤の水溶液に添着剤を加える。粘剤を加えて粘性が強められた水を粘水という。

これが水より消火にすぐれた点は次である。

- ① 可燃物に容易にくつつき易い。
- ② パキなど照葉樹の葉でもすべての可燃物の表面を常に被覆する。
- ③ 水の3倍の厚さに付着する。
- ④ 3倍以上の熱量を吸収する。
- ⑤ ストレート放射ノズルでより遠方に高く放水する。

粘水の欠点としては水より渗透性が悪い。地上にまくと滑つて危険である。混合液を貯蔵すると粘度が低下するし、バクテリヤで要質するなどがある。粘水を作る粘剤には有機高分子のCMC (Sodium Carboxyl Methyl Cellulose) は普通食品、製菓、化粧品工業に使われる。100メッシュの白色の粉状の粉が使われる。100ガロンの水に4~6ポンドを溶かす。普通のCMCは溶けにくいので少量ずつを量に攪拌し乍ら加える。最近溶解性のすぐれたものが消火用が開発されている。CMCの水溶液は垂直の表面にもよく付着し、セロファン状のフィルムを作る。食品なので無害であるが水溶液はバクテリヤにおかされるので貯蔵は困難である。

同様の効果があるものにベンナイトがある。ベンナイトは多くの場所で掘り出される粘土である。消火剤として使われるものは油田や其の他のボーリングで使われる高ナトリウム粘土である。水に適量を混ぜると混濁液はゲル状となり、よく森林可燃物に付着する。落葉の中にもよくしみこむ。この利点は無害で腐朽性がないがこぼれると滑る。

2. 室内実験

基礎試験として、室内実験を行い各種消火剤について、効力比較試験を行い効果的な消火剤の開発を行なつた。特に野外で実際に使用出来る薬剤の種類・濃度・容量を決める事に重点を置き実験を進めた。

実験は消火薬剤の使用区分にしたがつて、(1)直接消火用消火剤、(2)間接消火用消火剤、(3)残火処理用消火剤に分けて、各々の粉剤・水溶剤・水溶剤+粘着剤別に消火時間、付着量、持続時間などの比較実験を行なつた。使用した消火剤は表3の通りである。

表5 実験使用薬剤

直接消火剤		間接消火剤		残火消火剤
粉剤	水溶剤	粉剤	水溶剤	水溶剤
重曹	水	M A P	M A P	水
M A P	M A P	D A P	D A P	M A P
(第1構成アンモニーム)	D A P	S T P	S T P	S T P
D A P	S T P		C M C	ぬれ水
(第2構成アンモニーム)			MAP+CMC	王洗N
S T P			D A P+CMC	王洗A
(トリプロ構成)			S T P+CMC	トライトン
硝酸			MAP+ぬれ水	
			D A P+ぬれ水	
			S T P+ぬれ水	

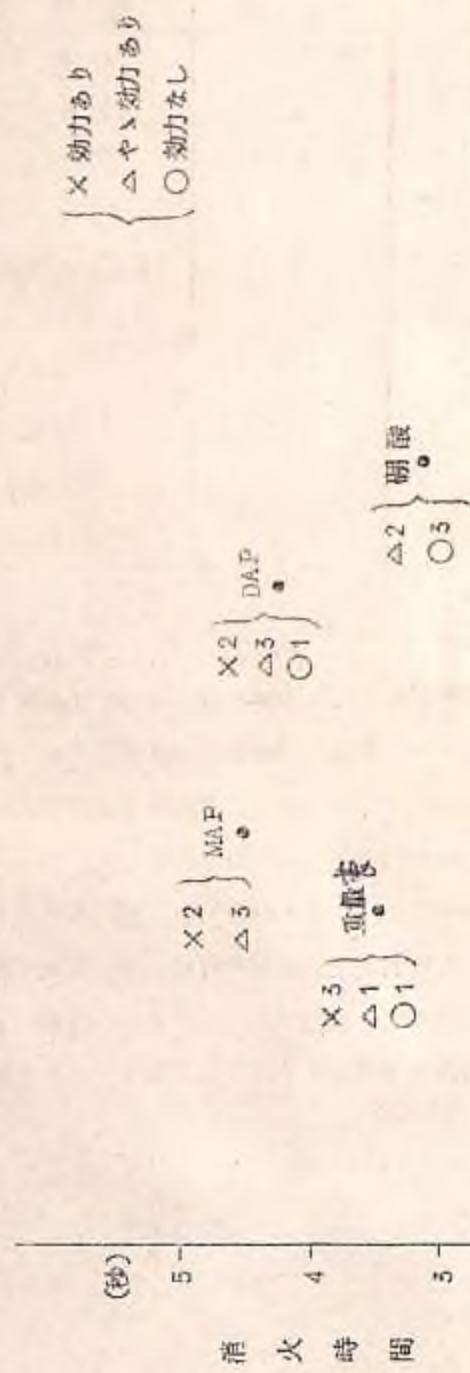
1) 直接消火用消火剤について

実験材料はアカマツの気乾葉20gを全網を敷いた横30cm縦40cmの燃焼床の上に直径15cmの円形に一塊にならべた。堆積の厚さは約4mmほどである。着火は試料の中央下部から都市ガスのバーナーで加熱点火し、可燃物に着火後最盛燃焼状態になつたとき(着火後40~60秒後)燃焼床上60cmの高さから消火剤を投下した。

即ち、粉剤の場合は消火剤50gを1.6mmのフルイに入れフルイを左右に動かせて一様に薬剤を投下し、投下開始より消火までの時間を測定した。水溶剤は小型噴霧器を用いて、5秒間に1400の噴霧器で溶剤を均一に射出し、消火までの時間を測つて効力の比較をした。

薬剤の種類、濃度別の消火までに要する時間と必要量を図1、図2に示した。

図1. 粉 剂 の 効 力

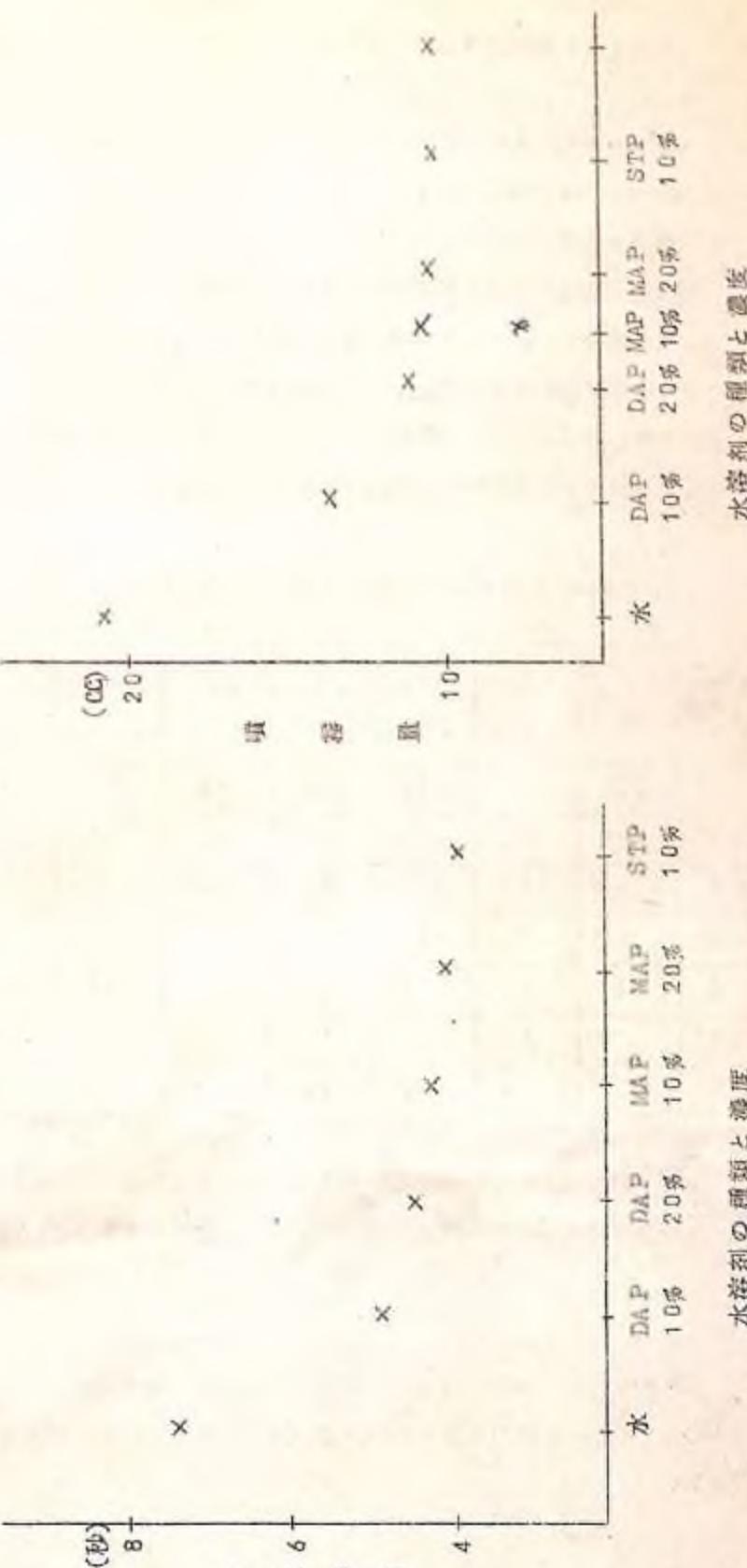


-74-

図2. 水 溶 剂 の 効 力



-75-



水溶剤の種類と濃度

これによると粉剤では亞硝が最もよく、ついでDAP, MAPで硫酸とSTPはよくなかつた。

水溶剤では水に比較して、MAP, DAP, STPの各薬剤は倍近い効力を示し、特に濃度が濃いものほど効果が大きい。

2) 間接消火用消火剤について

間接消火剤はその使用方法が直接消火剤と異なるため、消火効力は勿論薬剤の付着量、効力の持続時間などについての実験を行い効力の判定を行なつた。

付着量及び持続時間の実験は1×5cmの化学実験用ろ紙を試料として、これを各種薬剤の水溶液にしたして付着量を測定した。つづいて試料を室内に放置して、1時間~~まで~~から5時間後までの減量を秤量測定し持続時間量とした。結果を表4にまとめた。

表4. 薬剤の付着量の時間別減量 (g)

薬剤の種類 経過時間	水	CMC	CMC	MAP	MAP	MAP+CMC	MAP+CMC	MAP+CMC	MAP+CMC
		0.5%	1%	5%	15%	15% 0.5%	10% 0.5%	5% 0.5%	2.5% 1%
0	222	90	162	-8	14	82	12	18	102
0.5	178	76	116	0	12	52	0	10	50
1	158	54		38	46	58	-46	0	8

表中の数字は、水は経過時間毎の付着量をgで示す。

水以外は同時刻の水の付着量との差を示し、正は水より多く、負は水より少を示す。

これからCMCは含有量は1%以下で付着量は十分で、MAPの水溶剤にCMCを加えたものは、CMCだけのものより付着量が減るのはMAPを加えたために粘性が減少するためである。

持続効果については水の付着量は3時間ではほとんど減くなるが、CMCの水溶剤では持続時間が長くなることは、晴天の乾燥期の火災にもかなりの効果が期待されよう。

難燃性の実験では、付着性の実験に使用したと同じろ紙を用いて、これに各種薬剤で処理した試料を用いて、これに各種薬剤で処理した試料を500℃の恒温炉で燃焼させて着火時間を測定比較した。結果を表5表にまとめた。

表5. 各種薬剤の難燃性

薬剤	着火時間	着火時間(秒)	摘要
無処理	4~5		燃焼後の試料は灰分のみとなる。
水	9~10		"
MAP (5%)	12.5~13.0		燃焼後の試料は炭化し型を残す。
" (10%)	14.5~15.0		"
" (15%)	18.0~21.0		4ヶ着火せず "
" (25%)	着火せず		"
MAP (5%)+CMC (1%)	16.2~23.0		"
" (10%) + "	19.0~20.0		"
DAP (5%)	13.0~15.2		"
" (10%)	14.0~19.8		"
" (25%)	着火せず		"
STP (5%)	14.5~20.0		"
" (20%)	14.8~16.0		ボト炎を出しすぐ消える
STP (5%)+CMC (1%)	12.5~15.2		"
CMC (0.5%)	15.0~17.0		燃焼後の試料は灰分のみとなる。
" (1%)	16.0~18.0		"

試料は10個体とり着火時間は最短と最長時間を示した。

これによると水だけの場合完全に燃焼して灰化してしまうが、薬剤の付着しているものは着火時間も水の倍ぐらいたびと共に未灰化の部分が多く黒く炭化されて残つている。特

ICMAP, DAP の含有量の多いものは着火せず、着火しても僅かに炎をあげて焼えるだけで余り燃焼が進まない場合が多い。

次に、アカマツの気乾葉 50 g を各種の濃度別薬剤で処理した試料を、燃焼床 (30 × 40 cm) 上に 2.5 cm の大きさに一様に並べて、資料中央下部より都市ガスで着火した。

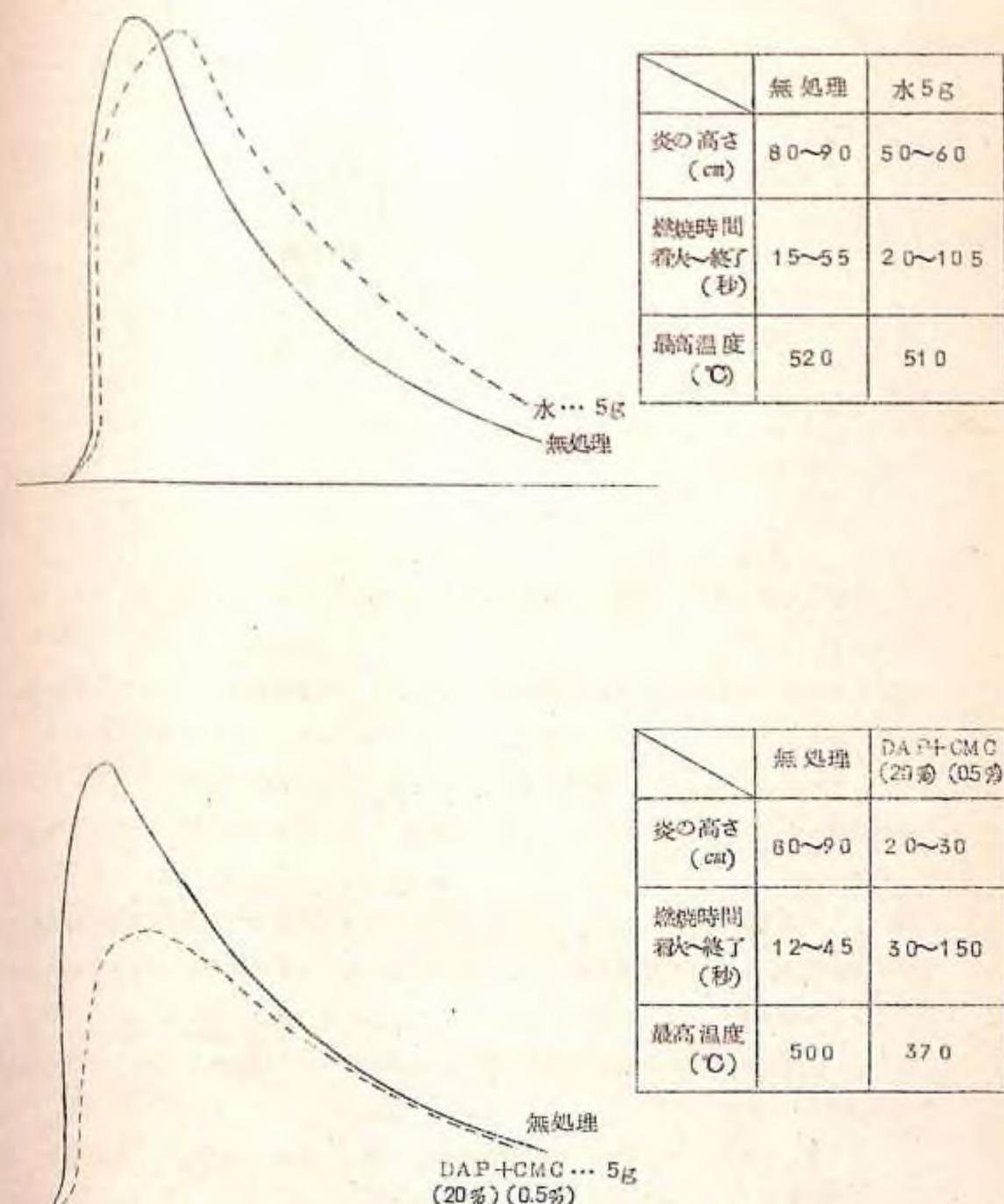
この時の着火の難易、燃焼持続時間、発熱温度、炎の高さ等を測定して、整理した数値を図 5 及び表 6 に示した。

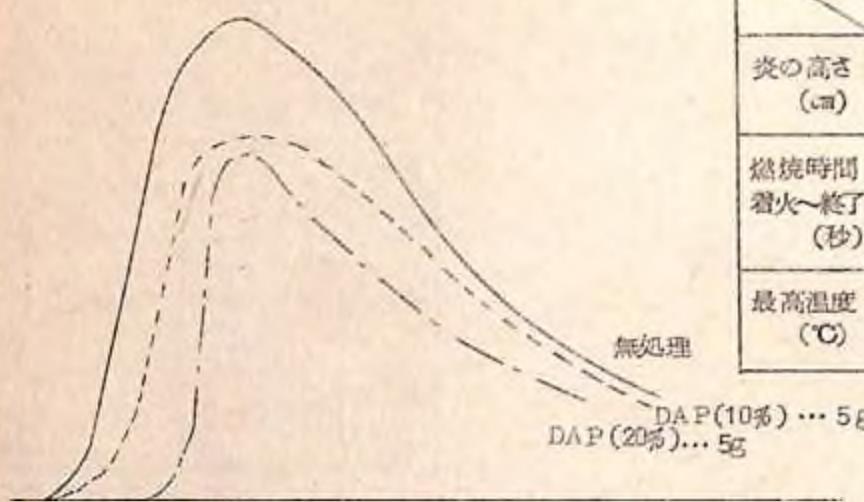
表 6. 薬剤の燃焼時間と炎の高さ

薬剤	燃焼時間 着火～終了(秒)	燃焼時間 着火～終了(秒)	炎の高さ (cm)	摘要
基準 (無処理)	18～50	80～90		
水 5g	25～150	40～70		
" 10g	3.5～180	40～70	途中消えるのあり	
MAP (10%) 5g	30～150	30～40		
" 8g	50～190	20～30	着火せず(2)	
MAP+CMC (10%) (0.5%) 5g	18～150	20～35		
" 10g	50～167	20～30	2ヶ途中で消える	
MAP+CMC (20%) (0.5%) 5g	30～143	10～20		
" 10g	120～×	10～20	X-2 他は途中で消える	
STP (15%) 5g	20～165	25～35		
" 10g	30～195	25～30	X-2 他は途中で消える	
STP+CMC (15%) (0.5%) 5g	25～150	30～40		
" 10g	53～145×	20～25		
STP+CMC (15%) (1%) 5g	35～250	30～40		
" 10g	55～254	20～25		
GMC (1%) 5g	25～150	40～70		
" 8g	35～170	20～40	着火しないのあり	

試料は 10 個体とり燃焼時間、炎の高さの値は平均したもの

図 5. 薬剤の燃焼時間と燃焼温度





	無処理	DAP (10%) 5g	DAP (20%) 5g
炎の高さ (cm)	80~90	50~65	25~35
燃焼時間 着火~終了 (秒)	24~52	35~150	50~215
最高温度 (°C)	510	400	390

この場合も紙を使用した場合と同じような結果であるが、無処理を基準値とするとこの試料は14~20秒の間に発火して45~100秒の間で完全に燃えつき灰化してしまうが、水及び各種薬剤で処理した場合は着火時間が延ばされて、水の場合でも25~35秒と処理量と共にかかっている。従つて燃焼時間も150~200秒と大きく延ばされる。

また、MAPの10~20%濃度の溶液を5g散布したものでは発火時間が24~60秒で燃焼時間も180~240秒までかかるので燃焼は徐々に進み試料も炭火された状態で残っている。

特に7g以上を散布した場合は、ほとんど着火せず燃えても途中で消えて燃焼が進まない。薬剤の濃度は濃いものほど結果がよいが、20%の濃いものでも散布量の少ないものは効果が小さく、散布量を10gとした場合はほとんど着火しなかつた。

STP、CMCとも同様な結果で濃度が濃くても量が少ないと発火し、10gの散布量があると燃焼しない。

MAP、STPと薬剤間の効力の差はあまりなく、共に、濃度10%以上で散布量5g以上で効果がみられた。

発熱温度も、無処理の場合とくらべ低く特にDAPの溶液は390~370°Cと無処理の

500~520°Cとくらべて低い。温度の効果と共に炎の高さも80~90cmの無処理に対し20~30cmと低く燃焼曲線を比べても薬剤の効果が大きいことを示している。

3) 残火処理用消火剤について

残火処理用薬剤は持続性や付着性よりも滲透性が要求されるため、次の実験を行なつた。

試験片はスギ材の経5mm、長さ5cmの切片を用いて各種薬剤溶液で処理時間をえた試料を秤量し滲透量を測定した。

使用薬剤と結果を表7に示した。

表7. 薬剤の滲透量と着火時間

薬剤 △ (時)	滲透量 (mg)				着火時間 (秒)			
	1	3	5	24	1	3	5	24
水	206	228	252	348	59	67	68	83
STP	226	248	278	348	62	67	69	81
MAP	200	232	264	314	(不)60	(不)61	(不)65	(不)75
王洗N	206	228	282	356	55	58	68	71
王洗A	212	224	276	310	55	62	68	77
ライトン	216	232	280	362	62	71	72	85

試料固体は10ヶで数字は平均値を示す。不は着火しない数である。

使用薬剤間には余り大きな差はないが、時間の経過と共にライトン、王洗A、王洗Hと滲透剤の効果が表されているが、一方発火時間の点ではMAPの効果が最大である。

従つて残火処理用として使用する場合はMAP+ライトンのように消火薬剤と滲透性の強い薬剤の併用が大きい効果を表わすと考えられる。

以上が実験の結果であるが現地適応試験の予備試験として行つたもので、実験装置、方法などに問題が多いが、効率的な消火薬剤の種類、濃度、容量の決定指針として貴重な基礎資料と考えられる。

MAP、DAP、STPなど消火薬剤間の効力差は余りなく、その使用方法の難易、価格

の問題などから使用薬剤の種類が決つてくるようである。

消火薬剤の濃度はMAP, DAPでは1.0~1.5%で充分で散布量も水にくらべ非常に効果が大きい。

持続性を増すために使用するCMC基剤は消火剤の効力を増大するに役立つが、粘度が増すので散布面での研究が必要である。

防炎剤の水溶剤は粉剤にくらべ効果が大きいが水の運搬は山地では困難が多いのでこの点の課題がある。

以上の結果から

粉剤の消炎効果からは、重曹, MAP, DAP, 脂酸の順である。

水溶剤に付着性をもたずには、CMCの0.5%がよく、防炎剤MAPにCMCを加えたものならばMAPの1.5%にCMCの1%がよい。

消火剤の含有量はMAP, DAPとも最小1.0%は必要で濃い程効力が大きい。

王洗その他の渗透剤は残火処理に水だけより渗透性もよく、消火効果も大きく、消火剤との併用によりより大きい効果がある。

3. 野外実験

昭和41年9月6~15日と、昭和42年9月3~12日とに、北海道標津郡標茶町の国有林バイコウトフォレスト内で行つた。位置を図4, 図5に示す。



図4. バイコウト位置図

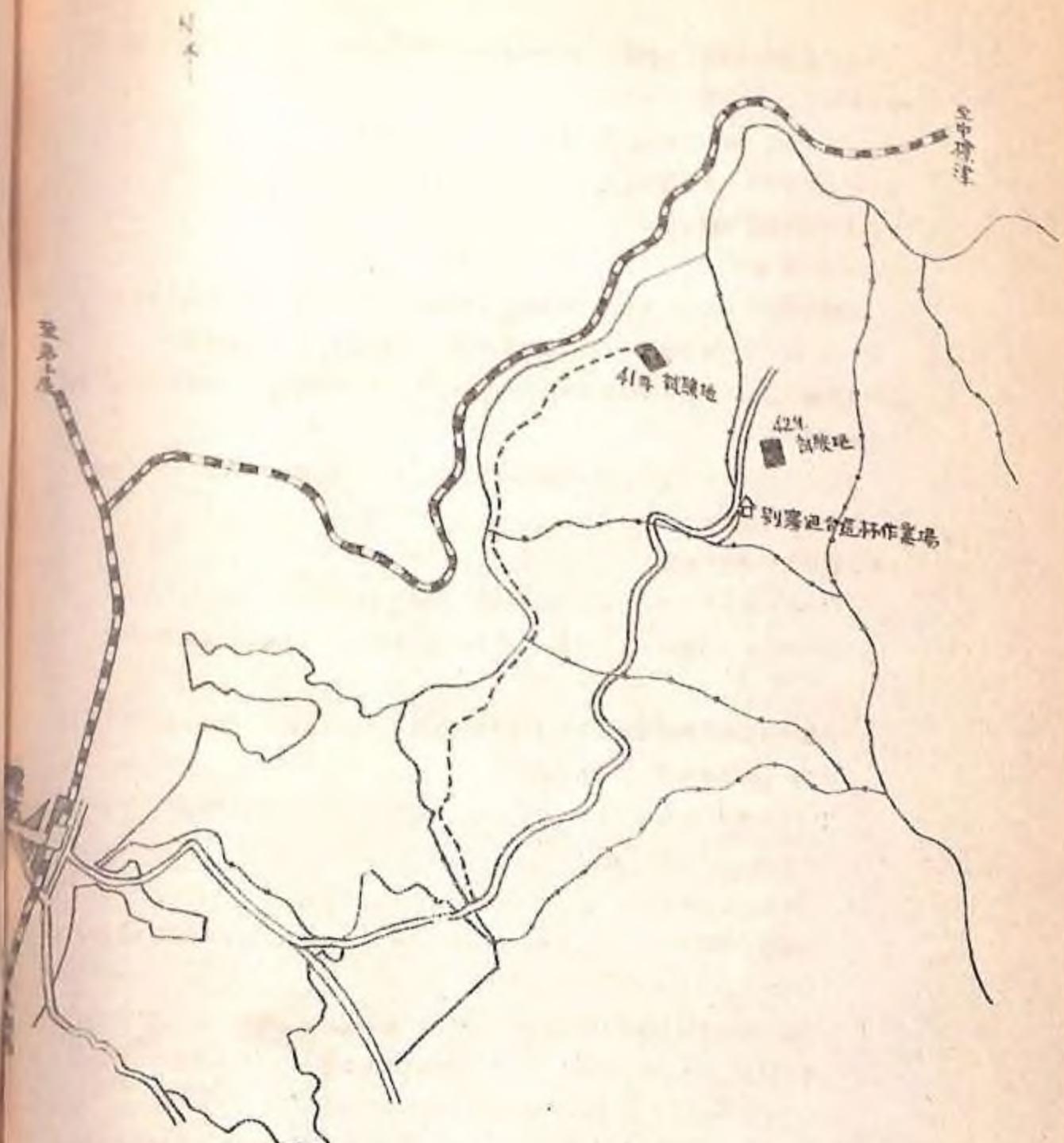


図5. 試験地位置図

現地は根室原野の西部で、標高、100～150m位、傾斜角は大体15度以下、ただ川沿いに30～40度の急斜地がみられる。

概して緩斜の波状地形である。「写真1」（52頁参照）

植生はミヤコザサの密生地で、クルミ、シラカバなどが、わざかに散生している。

1) 消火剤現地適応試験

(1) 試験準備

試験地内のササは火力を十分にするため、実験前、少なくとも10日前には全刈して風乾した。従つて火勢は強風のときに激しかつた。「写真2」（52頁参照）

また燃焼試験区の大きさは50×50mとし、それぞれ試験区間は1m幅の搔き起し防火線を設けた

試験区の数は初年度は27個、2年目は12個、夫々の総面積は、7haと4haである。

(2) 実験中の気象条件

a、初年度（昭和41年）

春から8月上旬まで、いわゆる冷害型の天候続きであつたが、8月中旬から回復した。したがつて、可燃物もよく乾燥し、火勢も激しかつた。試験もよい条件下で行なわれた。

実験中の気象条件は燃焼の都度、燃焼実験区近くで風向、風速、気温、湿度などが測定され、基地でも各気象要素を測つた。

そして実験中の気温は13.5～26.6°C、相対湿度57～90%、風速0.5～7.5m/sであつた。

b、二年度（昭和42年）

北海道、東北地方にかけて夏には異常に高温の好天が続いたため米の収穫は史上最高であつた。

実験中は北方からの移動性高気圧の範囲内に入つたため、温度も低く、好天で燃焼状態は最高であつた。しかしこの高気圧の通過後の寒冷前線の通過時には強風がおこり、雷雨を伴つて、実験を中止せざるをえなかつた。

なお実験中の気温は、12.2～13.1°C、相対湿度24～100%、風速1.5～13.0m/sであつた。

(3) 実験方法

間接消火では着火は、1辺50mの試験区の風上一線に行つた。また着火側が地形の下

側で、しかも風上となるように試験区を選んだ。したがつて火線は風上側の低所から一線に燃え上つた。

各種消火剤は、実験斜面の中間に一線にあらかじめ散布し、低所からの火がこの線で停止するか否かを調べた。

実験中の延速度はそれぞれ風速、乾燥度、斜面の傾斜角で区々であつたが、大体初年度が2～8m/min、二年目が、最高20m/minであつた。二年目が異常に早かつたのは、傾斜が50度以上もあつたのと、風速が強かつたためである。

炎の高さは初年度は下り火で1.5m、上り火で5m、二年度は高さ2mで300°Cを記録したので、炎高は5m以上相当高かつたと推定される。

このときの可燃物の積み高は20～30cm（初年度）、約30～50cm（二年度）であつた。

可燃物の重量は5.6kg/m²（初年度）、3.5～4.8kg/m²（二年度）であつた。

直接消火では、間接消火と同様の大きさの試験区を使い、風上の傾斜下側、又は中央の一点に着火し、燃え上らせた。そして風上側から各種消火剤を直接火炎上に散布して、消火できるかどうかを調べた。

結果

表3. 直接消火の実験に使用した薬の種類と使用機械の効果を示す。

薬剤の種類 使用機械	粉 剂		水 溶 液		水	ぬれ水
	重 背	S T P	M A P (20%)	S T P (10%)		
ドライバカル消火器 (全重量 17kg 薬量 8kg 放射距離 8m 放射時間15-20秒)	消火長28m (ササ量0.5kg/m ²) 炎は消えるがすぐ再燃する。 実用に不適 緊急用適					

背負式噴霧器 (苗畑消毒用)	重曹過量のため放火不能	噴霧量少なく消火せず			
背負式シエントシューター (容量 18ℓ 直射距離 10m 噴霧距離 3m)		噴霧量少なく消火力は風下延焼速度に及ばない	噴霧量少なく消火力は風下、延焼速度に及ばない	消火力は延焼速度に及ばない	消火力は延焼速度に及ばない
四馬力高圧ポンプ (1.5吋ホース)				消火力は延焼速度に及ばない	
スーパーモレキユレーター 容量 700ℓ (液体) 0.2m ² (粉) 散布能力 40ℓ/分液体 70kg/分粉	薬量 150kg (散布時間 2分半)炎 は消えるが すぐ再燃す る。消火効 率悪く実用 に不適	薬量 300ℓ (散布時間 7分)散布 量 10.4ℓ/ m ² 消火長約 10m, 消 火効率悪く 実用に適さ ず			

(4) 直接消火

粉剤は重曹をスーパーモレキユレーターをウニモクに150kgを積んで、着火線から上方30mに斜面傾斜に平行にまいて、下方から着火したが、炎は消えるがすぐ再燃した。完全鎮火はできなかつた。

ドライケミカルの薬量8kgの入つた市販の消火器では、重量も重く、消炎するだけで、"おき"が残るので消えてもすぐ再燃するので、火勢を弱める以外に使えない。消毒用の貨負式噴霧器では重曹粉は散布できなかつた。

水の直接消火能力は言うまでもないが、火線10mを消すのに、棒状水(普通ポンプで

散布するときの状態)では2.6ℓ必要なのが、噴霧状で使用するときは1.2~1.7ℓで足りる。

また、水に"ぬれ水"を加えるときは渗透性を増し、効果が大きい。

(5) 間接消火

強風下の風下側を間接消火することは、生命の危険が伴うので、消火作業中の難事である。従つてこの場合は直接消火はできないから、火災のかなり前方に防火線を伐り開いて防火する方法が従来とられた。また必要なときはこの防火線から迎火も行われる。この防火線の伐開、取片づけや地被物の焼き払いには非常な時間がかかり、延焼速度の早い火災では余程前方に防火線を作らないと間に合わない。

そこで短時間に消火剤をまいて、火を防ごうとするのが、間接消火剤の目的である。初年度55回、二年度19回の実験の結果の結論は次の通りである。

可燃物の条件

可燃物量 1.5~5kg/m²

乾燥状態 風乾

地況 傾斜角 15度以下

風速 4m/s 以下のとき

まき量 1ℓ/m 以下では防火できず。

まき幅 2m 以下では防火できず。

まき量 1.5ℓ/m² 以上で防火可。

まき幅 3m で防火可。

追風、昇り斜面の途中で防火するには、図6 追風 4m/s 傾斜角50度で
まき幅 5m で防火否

迎風、昇り斜面の途中で防火するには、図7 逆風 10m/s 以下、傾斜角45度以下で。

まき幅 3m で防火可。

前の二例のまき量はどれも 1.5ℓ/m² 以上が必要。

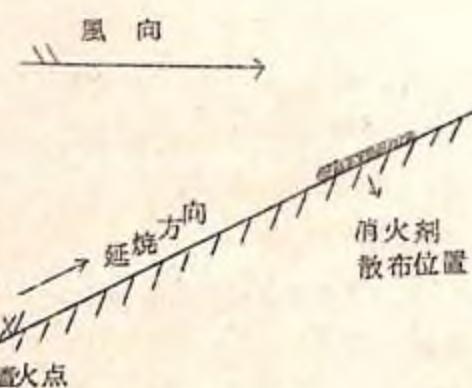
薬剤はMAPとDAPとの差は認められない。

外国の例はDAPが多く使われている。トリブロ磷酸は高価で不適である。

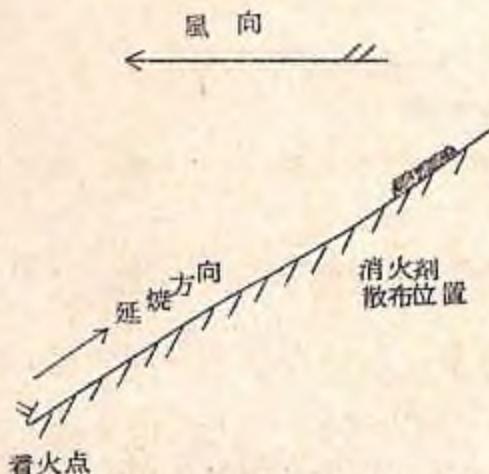
CMAを約1%以下加えれば持効力は20時間延長できる。

要するに薬剤のまき量、まき幅は火勢によつても、散布する位置でも、また可燃物の種

図6 (追風延焼)



(迎風延焼)



類、堆積の厚さによつても加減しなければならない。

実験に行つた昇り火を斜面の途中で止めるには、まき幅を十二分に広くことが必要で実際的でなく、最もきびしい状態のものである。

ドドマツの生葉のついた枝25トンを幅3m、長さ30mにならべたものでは、DAPとCMCの混合液を5ℓ/m² まいて延焼を防止できた。

このときの風速は、最小1.5～最大5m/sで、平均3.5m/s、傾斜角約20度であった。

風速が3.8～5.7m/s、傾斜角45度では、MAP20%、CMC1%を5ℓ/m² まいても止らない。

写真3(33頁参照)は防炎剤の水溶液にCMCの1%液を加えた防火線で延焼が停止したことを示す。

写真4(33頁参照)は薬剤防火線まで来た火が葉でクスブリ、やがて消火する寸前の状態を示す。

写真5(34頁参照)はタンク車5,000ℓでポンプを積み、薬剤を散布する。

以上の結果から、燃焼のエネルギーに打勝つ量の消火剤で燃えている可燃物を被覆すれば火災は鎮火できるわけで、間接消火や残火処理上への薬の効果は大きい。

しかし、目下は水のいらない薬はなく水は必要で、これを平素から要所に貯蔵しておくことが大切である。

山地でできることは火災期前に、沢に簡易な水止めを作ることや、林道の側に穴を掘つてビニール布を張つて貯水することが、火災危険地の国有林、社有林の一部で実行されている。

2) 運搬機械

次に問題はこれらの水を如何に火災現地に運搬するかである。

林道が十分に発達していればよいわけだが、車で運搬できる所はむしろ少ない。

日本の山では沢ぶちが急傾斜な所が多い。そして峯に上れば予想外に平坦で作業車は走れる。この急斜地に利用できるものはスカイラインである。

スマツクキャレージはマツカラのエンジン、マツカラーブラツシユカツターの動力3馬力、MAC35A型エンジン「写真6」(34頁参照)を使う。自走の小型運搬機で水や薬剤を迅速に運ぶに適する。

最大傾斜度は60度、最大積載量は65kg、上昇時速6～7km、下降時速7～9kmで

ある。

この標準索張りに必要な器具は次である。

スカイライン	6mm×200m	1本
台付けワイヤー	8mm×5m	2本
シャックル(1/2")		2個
クリップ(6mm)		3個
ナイロンロープ	8mm×50m	1本
台付けワイヤー	6mm×20m	1本
ステンチブロック(一車)		2個
二車ブロック		1個
三車ブロック		1個
チルホール	2.5t	1個

部品を写真7(34頁参照)に示す。

燃料、普通オクタン価のガソリン1.6ℓとSAE30番の良質モーター油1ℓの割合の混合燃料を使用する。

燃料容積 0.75ℓ

このスマックキャリージの現地試験の結果

(例1)

傾斜50度、斜距離150m、

架線張り要する人数 6人(内基地 4人、先方 2人)

荷重の持上げ所要時間

荷 重	昇 り	荷 重	降 り
1.5kg	1分10秒	ナシ	5.4秒
2.0t	1" 7"	"	5.25"
2.5t	1" 11"		
3.5t	1" 12"	35kg	5.25"

(例2.)

傾斜25度、斜距離165m

架線張り所要時間 15分(6人で)

荷重の持上げ、持下げ所要時間

荷 重	昇 り	荷 重	降 り
0kg	1分12秒	0kg	5.5秒
5t	1" 8"	5t	4.7"
5t	1" 5"	5t	5.0"

架線撤収所要時間 9分

これを張る要領はまずスカイラインの両端に使う立木を選定することが、第一であつて、その二点間は凹地形で、架線上に立木や岩石などの障害物のない地形を選ぶことが大切である。

2~3回の練習で習得でき、非常に便利な機械である。

台上林地での運搬器械

沢沿いの急斜地を上れば台上は平坦地が多いので、林道があればシーブ等で器材の輸送はできる。また道路がなくても、立木、岩石が少ない波状地形であれば林業作業車のウニモクや山地消防車のハフリングガ-が使えよう。

ウニモク411は1トン積で、高速度で不整地を容易に走行する。人員、資材の運搬のほか、下刈、溝掘、ワインチ、薬剤散布などの林業用車として、国有林で使用されている。

最大時速 9.5km、で走行性もすぐれる。

ハフリングガ-

あらゆる悪路を走破できる四輪駆動万能軽自動車で、登坂力 最大勾配 35度、最高時速 64km、総重量 約600kgである。

消防用として作られたもので、勿論運搬車にも使える。

3) 散 布 器

ボレートのように金属を腐蝕する傾向は、消防剤には程度の差はあれ、持つ性質である。

また粘着剤を含むものは粘度が高ないので、普通のポンプではまけない。従つて特別の散布器が必要である。

4. 消防活動に薬剤を利用するための考察

日本では林野火災の消火は多くの人間で火災を取かこみ、火を叩いたり、水や土をかけたり、防火線を伐り開き、ときに迎火で防ぐ。使用される器材も火叩、シャベル、クワ、カマや最近はブッシュクリーナー、チーンソーと使われる種類も作業も多種である。

消火剤は以上の極めて多種にわたる作業の内のある一部分に利用できるので、決して消火剤だけで消火は完了できるものではない。

場所によつては水や薬を運ぶよりも、土をかけたり、叩いた方がよい所もある。

一年の内に日本中に起る数千回の林野火災のうちで100ha以上の大火は全体の2%にすぎず、500ha以上は0.4%と極めて少ない。

このような大火には強風がつきもので、風下側に極めて急速に延焼するために、こんな大火となるのである。

風下側の延焼を消火するには防火線を作り、ときに迎火するが、この作業を消火剤で置きかえて、焼失面積を最小にしようとするのが、薬剤利用の第一のねらいである。

直接消火で火勢をくじいたり、残火処理の効力を倍増することも、次のねらいである。

林野火災の多発地帯は毎年定つた地域の傾向があるので、これらを考えて必要量の消火剤を貯蔵しておくといい。

消火剤は林業肥料であるので、若し不要であれば別の用途に利用でき、粉剤で備蓄しておけば少なくとも1ヶ年は効力減少はおこらないだろう。

4. こんごの問題点

1. 消火薬剤について

消火剤の各国の研究は日進月歩である。この試験の終了のときにも、既に次のものが、開発された。

ボレートの欠点を補つた。ボレートXP-113は、薬量も少なく、搅拌性もすぐれ、毒性がない。

粘着剤として、アルジンやゲルガードが開発された。

その他アルジネット・ゲルに塩化カルシウムを加えたもの、

防炎剤としてビロ(11-37-0)(燃酸アンモニウムとオルソ燃酸、トリポリ燃酸の混合物)がとくに効果があるといわれる。

これらより効果のある消火剤の試験も必要である。

2. CMCなど添着剤を含む消火剤の地上散布機(搅拌器を含む)の開発

45年度で発注の予定

3. 消火剤の備蓄、運搬方法

消火剤はどうしてこれを現地に迅速に現場まで運搬するかに問題がある。

4. またどのような地形の所にまかば最も効果的か、気象、林況条件との関連でしらべる必要がある。

5. 交通の不便な山地での運搬、散布なので、将来は空中散布を考えねばならない。

なお野外実験の詳細は日本火災学会誌、第17巻1号(昭和42年2月5日)に発表した。



野外試驗地全貌



燃燒狀況

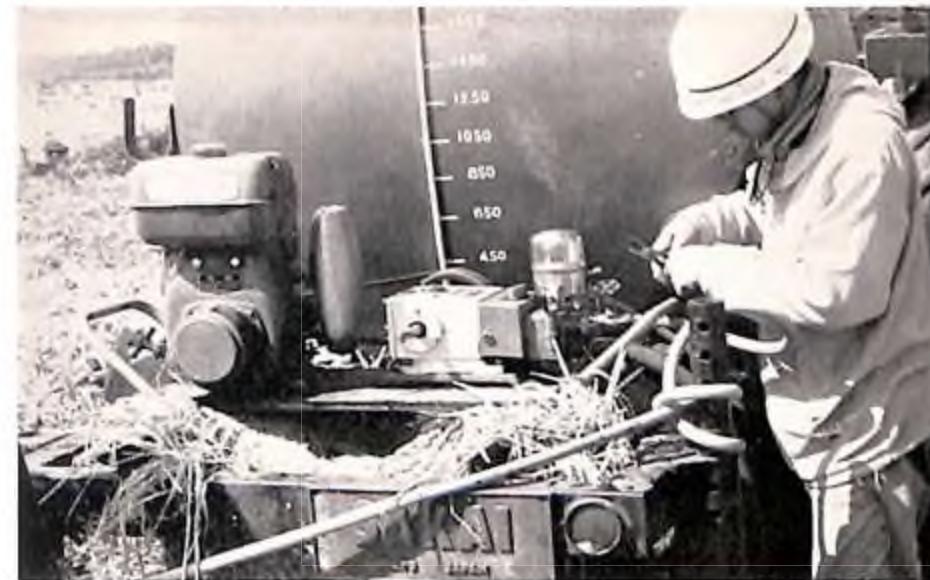


黒い処は焼路



左から燃え進んだ火先が柵の線で火勢が弱っている処

タンク車に取付けられたポンプ



MC 35 A型エンジン



スマックキャレジ部品





セット完了出発用意



始動