

# 「果樹用防霜資材に関する試験」 試験成績書

(平成13年度 即時対応試験成績書)

平成14年3月  
福島県農林水産技術会議  
福島県果樹試験場

## 目次

- I 従来の防霜資材に代わる資材の燃焼試験
    - 1 目的
    - 2 方法
    - 3 結果の概要
    - 4 今後の問題点と次年度以降の計画
  - II リンゴ園における防霜資材の燃焼試験
    - 1 目的
    - 2 方法
    - 3 結果の概要
    - 4 今後の問題点と次年度以降の計画
  - III ナシ園における防霜資材の燃焼試験
    - 1 目的
    - 2 方法
    - 3 結果の概要
    - 4 今後の問題点と次年度以降の計画
  - IV 剪定チップを利用した防霜資材の燃焼試験
    - 1 目的
    - 2 方法
    - 3 結果の概要
    - 4 今後の問題点と次年度以降の計画
  - V 新防霜資材（霜よけくん）と剪定チップを利用した防霜資材の燃焼試験
    - 1 目的
    - 2 方法
    - 3 結果の概要
    - 4 今後の問題点と次年度以降の計画
  - VI 圃場における新防霜資材（霜よけくん）と剪定枝チップを利用した防霜資材の燃焼試験
- 平成13年度即時対応試験研究で得られた成果
- I 実施研究課題名と実施した試験
  - II 防霜資材の理想な条件と目標
  - III 得られた成果
  - IV 今後の問題点

## 試験担当者

果樹試験場	栽培部	主任研究員	草野	等
〃	〃	〃	増子	俊明
〃	〃	〃	志村	浩雄
〃	〃	〃	斎藤	義雄
〃	〃	副主任研究員	遠藤	敦史
〃	〃	研究員	渡邊	栄子

## I 従来の防霜資材に代わる資材の燃焼試験

### 1. 目的

凍霜害防止対策の資材としての重油は、環境汚染資材のため燃焼禁止（2001年4月）となりその製品も販売中止となっている。このため、緊急に代替防霜資材の防霜燃焼試験を実施し、対策を確立する。試験は各種燃焼容器と各燃料について、その燃焼特徴を調査する。

### 2. 方法

- (1) 試験場所： 福島県果樹試験場 場内
- (2) 試験時期： 2001年4月5日、4月10日
- (3) 試験区： 第一回は各種燃焼容器の比較でリターンスタック(空気口3穴)区、リターンスタック(空気口無)区、リターンスタック缶区、一斗半切缶区、ミルク缶区、ミルク缶+剪定枝リンゴチップ区、燃焼資材： 灯油第二回は一斗半切缶とミルク缶を使用、灯油と重油および樹種別剪定枝チップを混合区を設けた。
- (4) 調査項目： 炎の高さ、燃焼時間、煙量（基準は +：非常に少ない黒煙、2+：少ない黒煙、3+：普通の黒煙、4+：やや激しい黒煙、5+：激しい黒煙）

### 3. 結果の概要

- (1) 表1の容器の違いによる燃焼は、容器の形体により燃焼時間や燃焼状況に大きく差が見られた。リターンスタックのように容器に排煙器具（煙突）や空気調節（空気口）が付いている器具では、灯油1ℓで43分燃焼するが、空気口が無いと4分の1、広口のリターンスタック缶単体で3分の1と燃焼時間が短くなった。燃料の燃焼方法は空気口の広い程、油面と空気層が近い程、空気の対流が起こり燃焼時間が短くなる。このことから、燃焼時間の長い容器は、一斗缶区、ミルク缶区、一斗半切缶区、リターンスタック缶区の順であった。
- (2) 表2の燃料の違いによる燃焼時間では、重油区より灯油区が短かった。また、炎の高さの比較では重油区より灯油区が高く、燃焼資材を混合区すると低くなった。黒煙量は重油区より灯油区の方がやや少ない傾向であった。
- (3) 灯油や重油の単品区の点火は、油面が気化するまで時間を要し難しかった。燃焼資材を混合すると1～2秒で着火できた。
- (4) 樹種別剪定枝チップの違いによる燃焼時間では、投入資材が細かいほど空気層が少なく長時間燃焼した。また剪定枝チップ量の違いによっても燃焼時間が異なった。燃焼時間の長い資材はオガクズ区、モモチップ区、リンゴチップ区の順で資材による時間差は2倍以上であった。
- (5) 燃料と燃焼資材を混合すると火力がやや劣り、2～3時間後にさらに炎が低く火力が劣るようになった。
- (6) 以上のことから、灯油区は重油区より黒煙の排出が少なく、炎の高さが勝ることから防霜資材の代替として使用可能である。また、灯油に剪定枝チップを混合すると、単品より2～3倍の燃焼時間となり安価な防霜資材として有望である。

#### 4. 今後の問題点と次年度の以降の計画

重油は燃焼禁止となっていることから今後は灯油を主体に検討。

剪定枝の混合は燃焼時間を長く保ち、黒煙の排出を抑制するため更に検討。

表1 従来型各種燃焼器の利用による灯油の燃焼時間と特徴

試験区 容器(燃焼名)	燃焼量	炎の高さ	煙量	燃焼時間	(指数)
①リターンスタック(空気口3穴)(灯油)	1L	10~15cm	3+	43分	-100
②リターンスタック(空気口なし)(灯油)	1	50~80	4+	10	-24
③リターンスタック缶(灯油)	1	50~80	5+	14	-33
④一斗半切缶(灯油)	1	10~20	2+	76	-177
⑤ミルク缶(灯油)	1	20~30	1+	112	-100
⑤ミルク缶(灯油+リンゴチップ)	1	10~20	1+	247	-221

注) 実施月日と天候状況:2001年4月5日、天候は晴、風力は微風(1~3m/秒)

表2 代替燃料の灯油と樹種別剪定枝を組み合わせた燃焼時間と特徴

試験区 容器(燃焼名)	燃焼量	炎の高さ	煙量	燃焼時間	(指数)
①一斗半切缶(重油)	4L	40~60cm	5+	82分	-100
②一斗半切缶(灯油)	4	50~60	4+	60	-73
③一斗半切缶(灯油+オガクズ1.5kg)満杯	4	10~20	2+	446	-544
④一斗半切缶(灯油+リンゴチップ1kg)満杯	4	30~50	2+	210	-256
⑥ミルク缶(灯油)	2	25~35	3+	196	-100
⑦ミルク缶(灯油+リンゴチップ200g)半量	2	20~30	2+	234	-119
⑧ミルク缶(灯油+リンゴチップ400g)満杯	2	15~25	2+	533	-272
⑨ミルク缶(灯油+モモチップ350g)半量	2	20~25	2+	262	-134
⑩ミルク缶(灯油+モモチップ700g)満杯	2	15~20	2+	555	-283
⑪ミルク缶(灯油+オガクズ300g)半量	2	20~25	2+	295	-151
⑫ミルク缶(灯油+オガクズ600g)満杯	2	10~20	2+	645	-329
⑭ミルク缶(重油)缶	2	20~30	4+	227	-100
⑮ミルク缶(重油+リンゴチップ200g)半量	2	15~25	3+	357	-157
⑯ミルク缶(重油+リンゴチップ400g)満杯	2	10~20	3+	640	-282
⑰ミルク缶(重油+モモチップ350g)半量	2	15~20	3+	407	-179
⑱ミルク缶(重油+モモチップ700g)満杯	2	10~20	3+	675	-297
⑲ミルク缶(重油+オガクズ300g)半量	2	15~20	3+	412	-182
⑳ミルク缶(重油+オガクズ600g)満杯	2	10~20	3+	697	-307

注) 実施月日と天候状況:2001年4月10日、天候は晴、風力はやや風(1~6m/秒)

## II リンゴ園における防霜資材の燃焼試験

### 1. 目的

重油を原料とした防霜資材の製造中止や環境汚染資材の燃焼禁止に伴う、代替燃料の燃焼時間と温度上昇効果について燃焼試験を実施する。試験はリンゴ園における実証試験を検討する。

### 2. 方法

- (1) 試験場所: 福島県果樹試験場 リンゴ園
- (2) 試験時期: 2001年4月21日(霜注意報発令日)、点火AM2:00
- (3) 試験区: 無処理区、一斗半切缶に重油(6L)区、一斗半切缶に灯油(6L)区、一斗半切缶に灯油(6L)+オガク(1.5kg)区、設置数は50個/10aとした。
- (4) 調査方法: 試験区の中心位置に自動温度記録計を設置し高さ1.5mと3mを測定、さらに中心から2.24m位置4カ所に燃焼物を置き、熱源から外側に1、2、3、4mまでを

棒状温度計で測定した。

- (5) 調査項目：炎の高さ、燃焼時間、煙量（基準は +：非常に少ない黒煙、2+：少ない黒煙、3+：普通の黒煙、4+：やや激しい黒煙、5+：激しい黒煙）

### 3. 結果の概要

- (1) 気象経過は午前2時点火時3.0℃、3時47分～4時14分と4時41分～4時45分まで零下となり、最低気温は4時4分に-1.6℃を記録した。また、百葉箱の2～6時の湿度は51～64%、風向が西、風力が平均0.8m/sの状況であった。
- (2) リンゴの生育状況は満開期であった。
- (3) 燃焼物の違いにより、炎の高さや黒煙量および燃焼時間が異なっていた。灯油区は重油区より炎が高く、黒煙はやや少ない反面、燃焼時間は短かった（表1）。
- (4) 灯油にオガクズを混合した区は、単品より炎の高さが低く燃焼時間が長くなった。温度上昇は燃焼位置から1mの地点で、点火時と攪拌時に一時的に5～10℃上昇したが、2～3分後には無処理と大差なく、期待できなかった。
- (5) 灯油区と重油区の温度は、無処理区に比べ燃焼位置から1mの地点で灯油区が最高15.4℃、重油区で11.7℃まで上昇した。2mの地点で灯油区で7℃前後、重油区で5℃前後、3mの地点で灯油区で3℃前後、重油区で2℃前後であった（表2）。
- (6) 燃焼場所からの時間経過ごとの温度変化は図1、2のとおりであった。
- (7) 燃焼中心部高さ1.5mの温度は、無処理区に比べ灯油区で9℃、重油区で6℃、灯油にオガクズ混合区が1～2℃高かった。また、高さ3mの温度では、灯油区と重油区で4～5℃前後高かったがオガクズを混合した場合は、無処理区より僅かに高い状態であった（図3、4）。
- (8) 以上のことから、
- ①立木園の場合は、炎の高さから判断すると一斗半切缶区が適当と思われる。
  - ②灯油区は重油区に比べ燃焼時間が僅かに短いが、炎の高さが高く高温で熱カロリーが高いことから代替品として使用可能である。
  - ③灯油区は重油区に比べ引火性が高いため、給油はしない。予備容器を準備する。
  - ④灯油にオガクズを混合区したは、途中で攪拌し温度の上昇を図る手段が必要になる。
  - ⑤灯油区の温度上昇効果は、燃焼位置から約3mであり、10a当りの一斗半切缶設置数は36個必要と判断された。
  - ⑥霜害の被害は認められなかったが、重油区と灯油区は花と葉に対し煤が激しく付着した。

### 4. 今後の問題点と次年度以降の計画

灯油にオガクズを混合した場合は燃焼時間は長い、温度上昇が低いことから、効率の良い混合資材を検討する。

表1 リンゴ園による燃焼試験

試験区 (燃料と器材)	燃焼量 (L)	炎の高さ(cm)		煙量	燃焼時間
		点火時	1時間後		
①無処理	—	—	—	—	—
②重油+一斗半切缶	6	70~80	50~60	3+	72分
③灯油+一斗半切缶	6	100~120	70~80	2+	65
④灯油+一斗半切缶+オガクズ	6	50~60	30~40	1+	240分以上

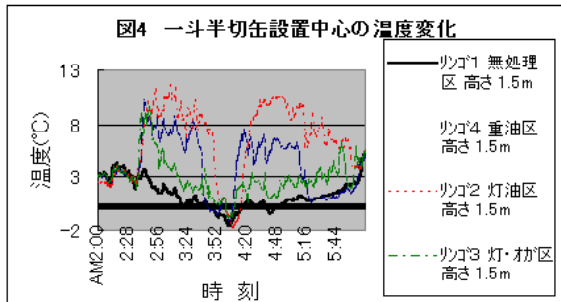
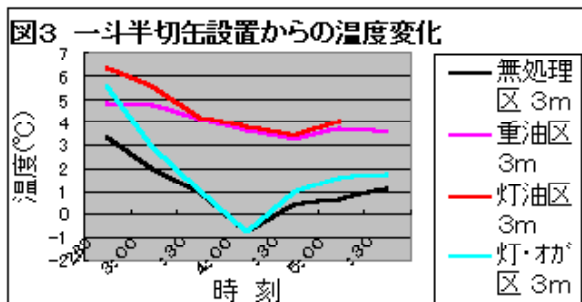
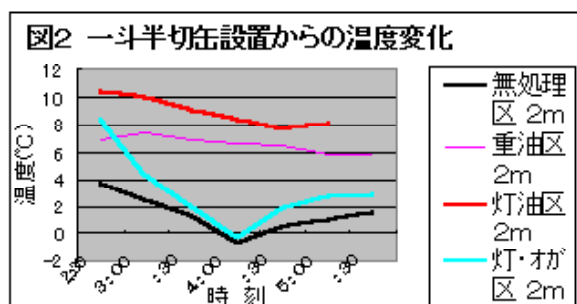
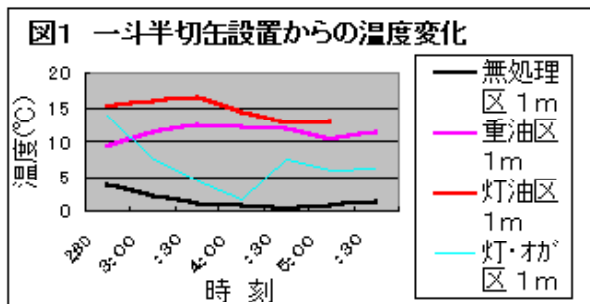
注) 実施月日と天候状況:2001年4月5日、天候は晴、風力は微風(1~3m/秒)

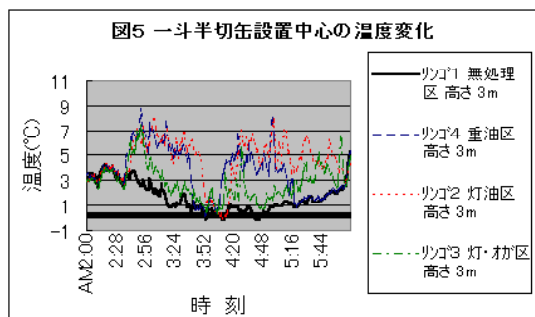
表2 燃焼位置からの温度差

表2 燃焼位置からの温度差

調査時刻	1区 無処理区				2区 重油+半切缶				3区 灯油+半切缶				4区 灯油+半切缶+オガクズ			
	1m ℃	2m ℃	3m ℃	4m ℃	1m ℃	2m ℃	3m ℃	4m ℃	1m ℃	2m ℃	3m ℃	4m ℃	1m ℃	2m ℃	3m ℃	4m ℃
0:00点火後	3.55	3.70	3.33	3.53	5.78	3.28	1.53	1.28	11.50	6.78	3.05	-0.20	10.10	4.68	2.20	1.35
0:30	2.28	2.53	2.03	2.48	9.25	4.90	2.70	0.95	13.50	7.60	3.53	1.13	5.15	1.90	0.88	-0.05
1:00	0.95	1.20	1.00	1.05	11.50	5.70	3.13	1.00	15.40	7.00	3.20	1.05	0.10	0.00	0.05	0.60
1:30	0.78	-0.60	-0.78	-0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	0.78	0.33	0.00	-0.40
2:00	0.33	0.58	0.43	0.63	11.68	6.00	2.83	1.08	12.40	7.18	2.05	0.85	7.00	1.33	0.58	0.05
2:30	0.73	1.08	0.70	0.98	9.45	4.83	3.05	1.60	12.20	7.08	3.33	1.05	5.03	1.60	0.90	0.20
3:00	1.10	1.50	1.13	1.35	10.25	4.35	2.45	1.25	-	-	-	-	4.98	1.50	0.68	0.08

注) — は給油のため欠調





注1) 灯油と重油の給油時間と再点火

灯油AM3:04、4:03 重油AM3:12、4:12

注2) 灯油にオガズ混合区の攪拌時間

AM2:30、3:00、3:30 4:00

### Ⅲ ナシ園における防霜資材の燃焼試験

#### 1. 目的

重油を原料とした防霜資材の製造中止や環境汚染資材の燃焼禁止に伴う、代替燃料の燃焼時間と温度上昇効果について燃焼試験を実施する。試験はナシ園における実証試験を検討する。

#### 2. 方法

(1) 試験場所：福島県果樹試験場 ナシ園

(2) 試験時期：平成13年4月21日（注意報発令日）、点火AM2:00

(3) 試験区：無処理区、ミルク缶(高さ175mm×内径150mm)に重油(2ℓ)区、ミルク缶に灯油(2ℓ)区、ミルク缶に灯油(2ℓ+オガズ(0.6kg))区、設置数はミルク缶80個/10a

調査方法：試験区を中心位置に自動温度記録計を設置し高さ1.5mと3mを測定、さらに中心から1.76m位置4カ所に燃焼物を置き、熱源から外側に1、2、3、4mまで棒状温度計で測定した。

調査項目：炎の高さ、燃焼時間、温度上昇効果、煙量（基準は +：少ない黒煙、2+：普通の黒煙、3+：激しい黒煙）

#### 3. 結果の概要

(1) 気象経過は午前2時点火時3.5°C、3時36分～4時28分の間は零下となり、最低気温は3時55分に-1.2°Cを記録した。また、百葉箱の2～6時の湿度は51～64%、風向が西、風力が平均0.8m/sの状況であった。

(2) ナシの生育状況は満開期であった。

(3) 燃焼物の違いにより、炎の高さや黒煙量および燃焼時間が異なっていた。灯油区は重油区より炎が高く、黒煙はやや少ない反面、燃焼時間は短かった(表1)。

(4) 灯油にオガズを混合した区は、単品より炎の高さが低く燃焼時間が長くなったが、温度上昇効果は無処理と大差なく期待できなかった。

(5) 灯油区と重油区の温度は、無処理区に比べ燃焼位置から1mの地点で1～1.8°C、2mの地点で0.5°C前後であった(表2)。

(6) 燃焼場所からの時間経過ごと温度変化は図1、2のとおりであった。

(7) 燃焼中心部高さ1.5mの温度は、灯油区と重油区で無処理区に比べ4.5～5°C、オガ

クズ混合区が1~2℃高かった。また、高さ3mの温度では、灯油区と重油区で1℃前後高かったがオガクズを混合区は、無処理区より僅かに高い状態であった(図3、4)。

(8) 以上のことから、

- ①平棚園の場合は炎の高さから判断するとミルク缶が適当と思われる。
- ②灯油区は重油区に比べ熱カロリーが高いことから代替品として使用可能である。
- ③灯油区は重油区に比べ引火性が高いため、給油はしない。予備容器を準備する。
- ④灯油にオガクズを混合区は、途中で攪拌し温度の上昇を図る補助手段が必要になる。
- ⑤灯油区の温度上昇効果は、燃烧位置から約2mであり、10a当りのミルク缶設置数は80個が必要と判断された。
- ⑥霜害の被害は認められなかったが、重油区と灯油区は花と葉に対し煤が激しく付着した。

#### 4. 今後の問題点と次年度の以降の計画

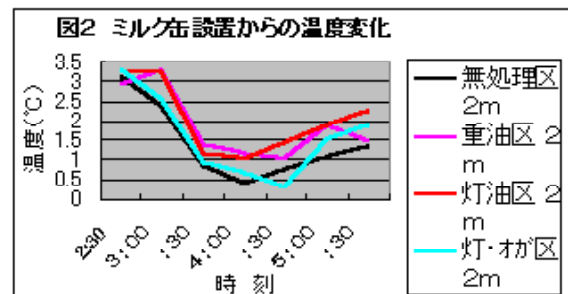
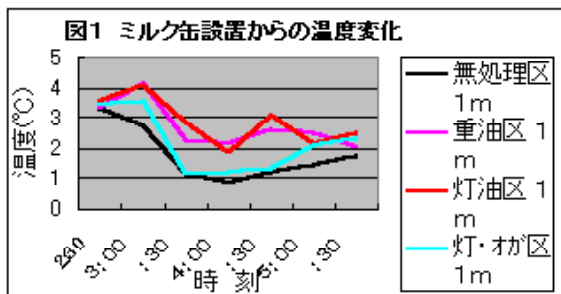
灯油にオガクズを混合した場合は燃烧時間は長いが温度上昇が低いことから、効率の良い混合資材を検討する。

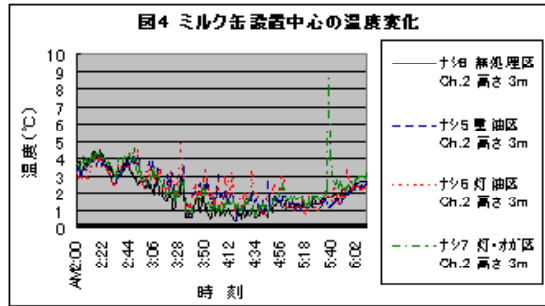
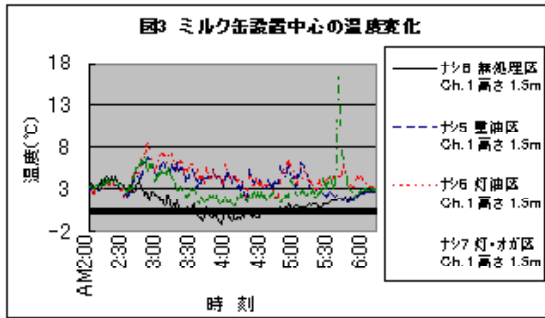
表1 ナシ園による燃烧試験

試験区 (燃料と器材)	燃焼量	炎の高さ(cm)		煙量	燃焼時間
		点火時	2時間後		
①無処理	— L	—	—	—	—
②重油+ミルク缶	2	40~50	30~40	3+	173分
③灯油+ミルク缶	2	60~70	40~50	2+	135
④灯油+ミルク缶+オガクズ	2	50~60	20~30	1+	240分以上

表2 燃烧位置からの温度差

調査時刻	1区 無処理区				2区 重油+ミルク缶				3区 灯油+ミルク缶				4区 灯油+ミルク缶+オガクズ			
	1m °C	2m °C	3m °C	4m °C	1m °C	2m °C	3m °C	4m °C	1m °C	2m °C	3m °C	4m °C	1m °C	2m °C	3m °C	4m °C
0:00 点火前	3.35	3.08	3.1	3.15	0	-0.1	-0.2	-0.2	0.2	0.18	0.18	-0.3	0.1	0.23	0.2	0.03
0:30	2.75	2.35	2.3	2.28	1.4	0.95	0.55	0.13	1.35	0.93	0.75	-0.1	0.78	0.23	0.03	-0.05
1:00	1.15	0.85	0.68	0.65	1.1	0.53	0.53	0.13	1.73	0.28	0.1	-0.1	-0	0.1	-0.2	-0.35
1:30	0.85	0.43	0.43	0.15	1.325	0.7	0.1	0.15	1.05	0.58	0.18	-0.2	0.4	0.23	-0.2	0.18
2:00	1.2	0.78	0.9	0.85	1.425	0.23	-0.1	-0.1	1.85	0.65	0.08	0.43	0.13	-0.5	-0.5	-0.48
2:30	1.47	1.05	1.25	1.08	1	0.83	0.5	0.3	0.68	0.83	0.35	-0.2	0.63	0.45	0.2	0.18
3:00	1.7	1.33	1.4	1.2	0.325	0.15	0.13	0.15	0.85	0.93	0.53	-0.2	0.6	0.55	0.35	0.33





#### IV 剪定チップを利用した防霜資材の燃焼試験

##### 1. 目的

剪定枝チップに灯油を混合すると、燃焼時間が長く排煙を抑制する傾向が見られた。このことから、樹種別剪定枝チップ量と灯油量の組み合わせによる燃焼時間を検討する。

##### 2. 方法

- (1) 試験場所：福島県果樹試験場 場内
- (2) 試験時期：平成13年11月14・15日
- (3) 剪定枝チップの作り方：剪定枝をチョッパーで破碎し、風乾した。
- (4) 試験区：容器はミルク缶(高さ175mm×内径150mm)、燃焼資材は灯油と剪定枝チップを混合する。平成13年11月14日の試験は、灯油量を0.5ℓ、1ℓ、2ℓの単体区、灯油と樹種別剪定枝チップ量は灯油2ℓにリンゴ、モモ、ナシ、オガクズ量各々300gの混合区を設けた。

平成13年11月15日の試験は、灯油量を1ℓ、1.5ℓ、2ℓにリンゴ剪定枝チップ量を200gと300gの混合区を設けた。

調査項目：炎の高さ、燃焼時間、排煙量（基準は +：非常に少ない黒煙、2+：少ない黒煙、3+：普通に黒煙、4+：やや激しい黒煙、5+：激しい黒煙）

##### 3. 結果の概要

- (1) 灯油燃焼時の排煙量は4+のやや激しい黒煙が排出されるのに対して、剪定枝チップを混合すると2+の少ない黒煙で、樹種別による差も認められなかった。剪定枝チップで排煙量が少ない現象は、チップが荒いため隙間から空気が入り込み完全燃焼に近い状態となるためと推察された。
- (2) 点火してからの経過時間による炎の高さでは、灯油量や樹種の違いにより差が見られた。灯油をミルク缶に0.5ℓ入れると容器に占める割合は16%、1ℓが33%、2ℓで65%となり、空気と接する油面の位置が高いほど炎の高さも高く燃焼力が上がった。また、樹種別の炎の高さではナシ区がやや高く、次いでモモ区、リンゴ区の順であった。また、チップが細かいより粗い程炎が高い傾向であった。
- (3) 燃焼時間は灯油単体の場合、0.5ℓ区で52分に対し、1ℓ区で1時間25分、2ℓ区で2時間45分と、灯油量の倍または4倍になると燃焼時間が倍数より短くなった。また、剪定枝チップの場合は、樹種によりあるいはチップの形態により燃焼時間が異



なった。チップの形態が粗いナシ区やモモ区は燃焼時間が短く、リンゴ区の細かいチップは長くなった。さらに、チップが細かいオガクズ区は酸素不足になり途中で消えることもあった。灯油2㍓にナシ、モモ、リンゴの剪定枝チップを混合すると燃焼時間は、灯油単体の2㍓区より2.8~3.3倍長く8~9時間まで燃焼した。

- (4) 実際に防霜時間を想定した灯油と剪定枝チップの割合では、条件を防霜時間4時間とすると、灯油量1.5㍓にリンゴ剪定枝チップ300gまたは2㍓に200gか300g混合すると、有効炎の高さ15cmを保ち想定防霜時間を確保できる。
- (5) 以上のことから、果樹園に大量にある剪定枝をチップ化することにより、防霜資材として有効に活用できる。その効果は灯油に剪定枝チップを混合すると燃焼時間は約3倍長くなり、安価な防霜資材となる。従来のタイヤや重油燃焼より黒煙の排出が少なく、環境汚染も少なくなる。

#### 4. 今後の問題点と次年度の以降の計画

実証試験の検討。

表1 灯油量と樹種別剪定枝チップを混合した燃焼試験

No	試験区			排煙	経過時間と炎の高さ(cm)						燃焼時間 時間:分	(指数)
	灯油量	樹種	樹種量		0.5hr	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr		
①灯油	0.5L	—	—g	4+	25cm	—cm	—cm	—cm	—cm	—cm	52	(100)
②灯油	1	—	—	4+	35	25	—	—	—	—	1:25	(163)
③灯油	2	—	—	4+	40	35	25	—	—	—	2:45	(317)
④灯油	2	オガクズ	300	2+	20	15	7	5	3	酸欠消	4:10	(152)
⑤灯油	2	ナシ	300	2+	35	35	30	25	25	15	7:42	(280)
⑥灯油	2	モモ	300	2+	30	30	25	20	20	15	8:34	(312)
⑦灯油	2	モモ(細)	300	2+	25	25	20	20	20	15	9以上	(327)
⑧灯油	2	リンゴ	300	2+	30	30	25	20	20	15	9以上	(327)

注) 実施月日と気象条件:平成13年11月14日、天候は曇り、風力はやや風

表2 灯油量と剪定枝チップ量を混合した燃焼試験

No	試験区			排煙	経過時間と炎の高さ(cm)						燃焼時間 時間:分	(指数)
	灯油量	樹種	樹種量		0.5hr	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr		
①灯油	1L	リンゴ	200	2+	20	20	20	10	—	—	3:33	(100)
②灯油	1	リンゴ	300	2+	20	20	20	15	10	—	4:41	(132)
③灯油	1.5	リンゴ	200	2+	30	30	25	20	10	—	4:20	(100)
④灯油	1.5	リンゴ	300	2+	30	30	25	20	10	10	6:02	(143)
⑤灯油	2	リンゴ	200	2+	35	35	30	25	20	15	5:38	(100)
⑥灯油	2	リンゴ	300	2+	30	30	25	25	20	15	8:12	(146)

注) 実施月日と気象条件:平成13年11月15日、天候は晴、風力は微風

## V 新防霜資材（霜よけくん）と剪定枝チップを利用した防霜資材の燃焼試験

### 1. 目的

凍霜害防止用資材としての重油は、環境汚染資材のため燃焼禁止（2001年4月）となりその資材も販売中止となっている。このため、新しい防霜資材の開発が望まれている。当場では緊急に代替防霜資材の燃焼試験を実施しており、剪定枝チップに灯油を混合した区やステアリン酸、オガクズを混合した試作固形燃料（霜よけくん）区等を設け、燃焼時間および温度上昇効果その他について検討する。

## 2. 方 法

- (1) 試験場所：福島県果樹試験場 場内グラウンド
- (2) 試験時期：平成13年11月16日 点火PM14:30
- (3) 剪定枝チップの作り方：剪定枝をチョッパーで破碎し、風乾した。
- (4) 試験区：無処理区、試作固形燃料区（霜よけくん、長さ286mm、直径100mm、重量2.0kg） 輸入固形燃料区（シダフレーム、重量2.27kg）、灯油区（2.5㍓）、剪定枝に灯油混合区（剪定枝リング200gに灯油1.5㍓）、灯油区の容器はミルク缶（高さ175mm×内径150mm）で、ミルク缶の設置数は10a当たり80個とした。

調査方法：試験区中心位置に自動温度記録計を設置し高さ1.5mと3mを測定、さらに中心から1.76m位置に燃焼物4カ所を置き、熱源から外側に1、2、3mまでの温度上昇を4方向に棒状温度計で測定した。

調査項目：炎の高さ、燃焼時間、温度上昇効果、煙量（基準は+：非常に少ない黒煙、2+：少ない黒煙、3+：普通の黒煙、4+：やや激しい黒煙、5+：激しい黒煙）

## 3. 結果の概要

- (1) 点火状況は灯油区が1～2秒で点火したが、試作固形燃料区で5～8秒、輸入固形燃料区が20～30秒かかった。また、輸入固形燃料区は1年前の古い資材であったせいか判然としなかったが途中で消えることが度々あった。（表1）
- (2) 排煙量の黒煙は灯油区が4+に対し試作固形燃料区が1+と非常に少なく、次いで剪定枝に灯油の混合した区と輸入固形燃料区の順であった。（表1）
- (3) 炎の高さは、灯油区と剪定枝に灯油を混合した区で3.5時間経過で15cmを保っていた。試作固形燃料区は全面に火が着くと炎が高いが、固形物が小さくなるにつれ炎の高さが低くなり、輸入固形燃料区はさらに炎が低かった。（表1）
- (4) 燃焼時間は輸入固形燃料区で約4時間に対し、試作固形燃料区が2時間21分と短かった。剪定枝に灯油を混合した区では、3時間40分～3時間56分と、防霜時に燃焼させる目標時間と有効炎の高さ15cmの範囲以内であった。（表1）
- (5) 燃焼位置からの温度上昇は、3m位置で無処理区との温度差が1℃以上を記録した区は、剪定枝に灯油を混合した区および試作固形燃料区であった。しかし、試作固形燃料区は点火30分後に最高温度を示したが、その後は上昇を認めなかった。（表2）
- (6) 以上のことから、実際に防霜を想定した燃焼試験では、剪定枝チップに灯油を混合した区と灯油区が有効と思われる。試作固形燃料区は燃焼時間が短く、輸入固形燃料区は温度上昇不足が懸念される。

## 4. 今後の問題点と次年度の以降の計画

実証試験の検討。

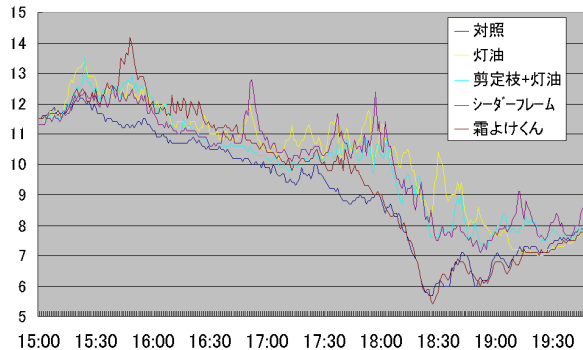
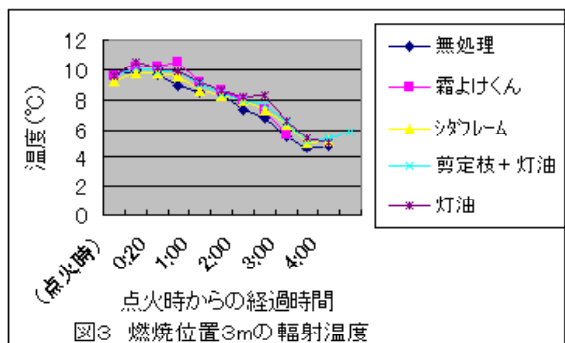
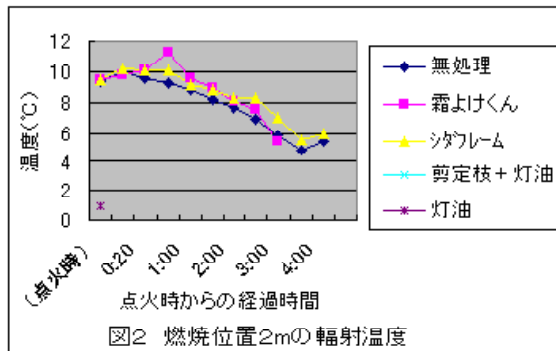
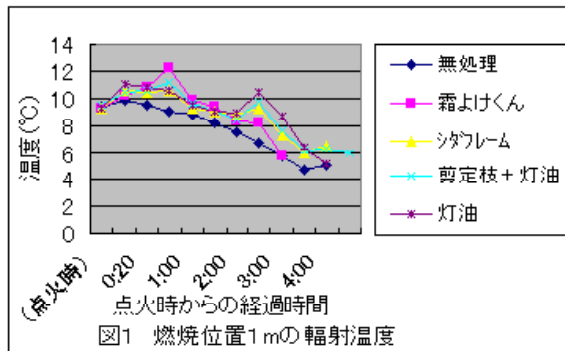
表1 樹種別剪定枝チップに灯油を混合した燃焼試験

試験区	点火	排煙	経過時間と炎の高さ(cm)								燃焼時間 時間:分
			0.5hr	1hr	1.5hr	2hr	2.5hr	3hr	3.5hr	4hr	
輸入固形燃料	悪い	2+	10	15	25	20	20	15	10	5	4:08
輸入固形燃料	普通	1+	50	35	20	15	15	—	—	—	2:21
灯油	良い	4+	40	40	40	40	40	5	20	15	3:40
剪定枝・灯油	良い	2+	35	35	35	30	30	25	20	15	3:56

注) 実施月日と気象条件:平成13年11月16日、天候は曇り、風向:北西～北北西  
平均風速:2.3～0.5m/s、湿度:52～76%

表2 燃焼位置からの温度差

調査時刻	無処理区			試作固形燃料			輸入固形燃料			剪定枝+灯油			灯油		
	1m	2m	3m	1m	2m	3m	1m	2m	3m	1m	2m	3m	1m	2m	3m
(点火時)	9.43	9.38	9.65	-0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.08	-0.5	0.1	0.18	-0.1	-0.1	0.25	-0.1
0:10	9.9	9.98	9.9	0.32	-0.2	0.3	0.78	0.2	-0.1	0.55	0.35	0.23	1.23	1.08	0.57
0:20	9.53	9.55	9.63	1.38	0.57	0.57	1.06	0.5	0.18	1.1	0.57	0.3	1.33	0.95	0.5
0:30	9.13	9.28	8.88	3.15	1.98	1.65	1.53	0.78	0.65	2.1	1.25	1	1.45	1.03	1.03
1:00	8.93	8.8	8.48	1	0.75	0.68	0.4	0.32	0.13	0.73	0.45	0.55	0.7	0.6	0.63
1:30	8.28	8.23	8.4	1.2	0.73	0.23	0.82	0.6	-0.1	0.82	0.48	0.03	0.82	0.7	0.2
2:00	7.58	7.6	7.28	0.87	0.48	0.73	1.25	0.73	0.65	0.98	0.58	0.7	1.38	0.88	0.88
2:30	6.83	6.85	6.8	1.43	0.73	0.53	2.48	1.4	0.55	2.98	1.48	0.85	3.63	2.1	1.48
3:00	5.78	5.83	5.55				1.55	1.15	0.83	1.9	1.1	0.9	3.03	1.55	1
3:30	4.63	4.78	4.73				1.33	0.75	0.4	1.58	0.98	0.53	1.78	1.13	0.7
4:00	5.05	5.38	4.93				1.48	0.58	0.28	1.28	0.35	0.45			



## VI 圃場における新防霜資材（霜よけくん）と剪定枝チップを利用した防霜資材の燃焼試験

### 1. 目的

今までに得られた結果から、リンゴ園とナシ園で防霜資材の実証試験を実施した。燃焼資材は、剪定枝チップに灯油を混合した区とステアリン酸、オガクズを混合した固形燃料（霜よけくん）区を主体に設け燃焼時間と温度上昇効果その他について検討する。

### 2. 方法

(1) 試験場所：福島県果樹試験場 場内

(2) 試験時期：平成14年3月26日（霜注意報発令日）、点火AM3:00

(3) 剪定枝チップの作り方：剪定枝をチョッパーで破碎し、風乾した。

(4) 試験区：リンゴ圃場は無処理区、固形燃料区（霜よけくん、長さ286mm、直径100mm、重量2.0kg）、固形アルコール区（ケイネン暖房用、容量5.5kg、一斗半切缶）、剪定枝と灯油区（剪定枝リンゴ1kgに灯油5%、一斗半切缶）で、設置数は点火時から1時間を7.1m×7.1mの10a当たり20個、その後5.7m×5.7mの10a当たり31個とした。ナシ圃場は無処理区、固形燃料区（霜よけくん）、輸入固形燃料区（シダフレーム、重量2.27kg）、剪定枝と灯油混合区（剪定枝リンゴ300gに灯油2%、ミルク缶）で、設置数は3.8m×3.8mの10a当たり70個とした。

調査項目：リンゴ圃場は試験区中心位置に自動温度記録計を設置し、高さ1.5mと3mを測定、ナシ圃場は高さ1.5mと2mに測定した。

調査方法：炎の高さ、燃焼時間、温度上昇効果、煙量（基準は－：無し、＋：非常に少ない黒煙、2＋：少ない黒煙、3＋：普通の黒煙、4＋：やや激しい黒煙、5＋：激しい黒煙）

### 3. 結果の概要

(1) 発育状況はリンゴが展葉期前、ナシが発芽期であった。

(2) 剪定枝に灯油を混合した区、霜よけくん区および輸入固形燃料区の燃焼状況は、「V新防霜資材（霜よけくん）と剪定枝チップを利用した防霜資材の燃焼試験」の結果とほぼ同様であった。なお、固形アルコール区の燃焼状況は、点火が良く、黒煙は全く認められないが燃焼時間が2.5時間であった。燃焼時間が概ね4時間を保った区は、剪定枝に灯油を混合した区と輸入固形燃料区であった（表1、2）。

(3) 燃焼から30分間ごとの平均温度は、無処理区の測定位置別ではリンゴ園で1.5mより3mの方が0.54～0.75℃、ナシ園で1.5mより2m方が0.32～0.41℃高かった。燃焼区ごとの温度経過をみるとリンゴ園では、1.5mと3mの位置で剪定枝に灯油を混合した区が高く、次いで霜よけくん区、固形アルコール区の順であった（表3）。ナシ園での経過温度が高い順は霜よけくん区、剪定枝に灯油を混合した区、輸入固形燃料区の順であった（表4）。

(4) リンゴ園の防霜資材の燃焼特徴は、4カ所で燃焼した場合の中心部温度が上昇するまでに要した時間は、剪定枝に灯油を混合した区が約20分、霜よけくん区が25分、固形アルコール区が1.5mで27分と3mで41分かかった。無処理区との最大温度差と時

間は、測定位置1.5mで剪定枝に灯油を混合した区が2.2℃の22分後に対し、霜よけくん区が4.4℃の108分後、固形アルコール区が3.4℃の174分であった。また、無処理区の最低温度はAM5時41分（日の出前）で-2.5℃、その時の温度差を比較すると剪定枝に灯油を混合した区で1.4℃高く、次いで霜よけくん区が1.1℃、固形アルコール区が0.4℃であった（表5）。

(5) ナシ園の防霜資材の燃焼特徴は、中心部温度が上昇するまでに要した時間は、剪定枝に灯油に混合した区が約10分、霜よけくん区が12分、固形アルコール区が14分であった。無処理区との最大温度差と時間は、測定位置1.5mで剪定枝に灯油を混合した区が2.7℃の72分後に対し、霜よけくん区が2.3℃の80分後、輸入固形燃料区が1.7℃の69分後の順であった。また、無処理区の最低温度はAM5時52分（日の出後）で-2.4℃、その時の温度差を比較すると輸入固形燃料区で3.8℃高く、次いで剪定枝に灯油を混合した区と霜よけくん区であった（表6）。

(6) 以上のことから、リンゴ園の最低温度が-2.5℃まで低下した条件下では、燃焼資材の設置基準数が10a当たり31個最小限必要と思われた。特に剪定枝チップに灯油を混合した区は燃焼性には問題ないが、霜よけくん区は点火から2時間後に3分の1位を補充すべきと思われた。ナシ園では最低温度が-2.4℃まで低下したが、剪定枝チップに灯油を混合した区、霜よけくん区、輸入固形燃料区とも設置基準数10a当たり70個で十分がと思われた。

#### 4. 今後の問題点と次年度以降の計画

##### 防霜資材の理想の条件

- ①燃焼時間が4時間以上
- ②燃焼性（点火し易い・炎ほ高さが20cm以上・カロリーが高い）が良い
- ③黒煙が出ない
- ④取り扱いが容易
- ⑤安全である
- ⑥価格が安い

##### 新製品の開発

霜よけくんの主成分であるステアリン酸成分と剪定枝を混合した固形燃料の検討。  
燃焼資材の設置数と温度上昇効果の検討を確認。

表1 リンゴ園の燃焼状況

試験区	点火	排煙 (黒煙)	経過時間と炎の高さ(cm)								燃焼時間	
			0.71hr	1hr	1.5hr	2hr	2.5hr	3hr	3.5hr	4hr	時間:分	(指数)
剪定枝・灯油	良い	3+	50	50	50	40	40	30	20	5	3:53	(100)
霜よけくん	普通	1+	30	40	35	20	15	5	—	—	3:02	(78)
固形アルコール	良い	—	40	50	50	40	30	15	—	—	2:51	(73)

注) 実施月日と気象条件：平成14年3月26日、風向：北北西  
平均風速：1~1.4m/s、湿度：57~84%、日の出：Am5:48

表2 ナシ園の燃焼状況

試験区	点火	排煙 (黒煙)	経過時間と炎の高さ(cm)								燃焼時間	
			0.71hr	1hr	1.5hr	2hr	2.5hr	3hr	3.5hr	4hr	時間:分	(指数)
剪定枝・灯油	良い	3+	40	40	40	30	30	30	20	10	4:23	(100)
霜よけくん	普通	1+	25	40	30	20	15	5	—	—	2:52	(65)
輸入固形燃料	劣る	2+	10	15	25	20	15	10	5	3	3:59	(91)

表3 リンゴ園の経過時間と温度(°C)

試験区	測定 位置	経過時間(30分間の平均温度(°C))						平均 温度
		AM3:00~	3:31~	4:00~	4:31~	5:00~	5:31~6:00	
		0.5hr	1hr	1.5hr	2hr	2.5hr	3hr	
無処理	150cm	-0.54	-0.82	-0.69	-1.05	-1.25	-1.63	-1
	300	0.02	-0.15	-0.13	-0.36	-0.5	-1.05	-0.36
	差(°C)	0.54	0.67	0.56	0.69	0.75	0.58	
剪定枝・灯油	150	-0.35	-0.01	0.68	0.22	-0.19	-0.74	-0.07
	300	0.22	0.53	0.55	0.37	0.06	-0.29	0.24
	差(°C)	0.57	0.54	-0.13	0.15	0.25	0.45	
霜よけくん	150	-0.65	-0.31	0.38	-0.08	-0.49	-1.04	-0.37
	300	0.03	0.31	0.09	-0.04	-0.04	-0.62	-0.04
	差(°C)	0.68	0.62	-0.27	0.04	0.45	0.42	
固形アルコール	150	-0.37	-0.45	-0.09	-0.3	-0.68	-1.42	-0.55
	300	-0.4	-0.34	-0.22	0.05	-0.39	-0.89	-0.37
	差(°C)	-0.03	0.11	-0.13	0.35	0.29	0.53	

表4 ナシ園の経過時間と温度(°C)

試験区	測定位置	経過時間(30分間の平均温度(°C))						平均温度
		AM3:00~	3:31~	4:00~	4:31~	5:00~	5:31~6:30	
		0.5hr	1hr	1.5hr	2hr	2.5hr	3hr	
無処理	150cm	-0.66	-0.69	-0.81	-0.83	-1.08	-1.6	-0.95
	200	-0.33	-0.35	-0.49	-0.49	-0.71	-1.19	-0.59
	差(°C)	0.33	0.34	0.32	0.34	0.37	0.41	
剪定枝・灯油	150	0.34	0.43	-0.05	0.25	-0.38	-0.81	-0.04
	200	0.53	0.61	0.19	0.45	-0.08	-0.36	0.22
	差(°C)	0.19	0.18	0.24	0.2	0.3	0.45	
霜よけくん	150	0.01	1.64	0.3	0.4	-0.13	-0.6	0.27
	200	0.18	1.41	0.21	0.16	-0.08	-0.48	0.23
	差(°C)	0.17	-0.23	-0.09	-0.24	0.05	0.12	
輸入固形燃料	150	0.03	0.7	0.34	0.68	-0.13	-0.13	0.24
	200	0.3	0.71	0.31	0.53	-0.03	-0.04	0.3
	差(°C)	0.27	0.01	-0.03	-0.15	0.1	0.09	

表5 リンゴ園の燃焼試験

試験区	測定位置(高さ)	温度上昇までに要した時間	無処理区との温度差が最大(点火後の時間)		無処理区が最低温度の時刻		
			温度	時刻	温度	時刻	温度差
無処理	150cm	—	—	—	-2.5°C	AM5:41	— °C
	300	—	—	—	-1.6	AM5:42	—
剪定枝・灯油	150	23分後	2.2°C	(22分後)	-1.1		1.4
	300	16	2	(23)	-0.6		1
霜よけくん	150	25	4.4	(108)	-1.4		1.1
	300	25	4.2	(48)	-0.7		0.9
輸入固形燃料	150	27	3.4	(174)	-2.1		0.4
	300	41	2.6	(179)	-1.3		0.3

表6 ナシ園の燃焼試験

試験区	測定位置(高さ)	温度上昇までに要した時間	無処理区との温度差が最大(点火後の時間)		無処理区が最低温度の時点		
			温度	時刻	温度	時刻	温度差
無処理	150cm	—	—	—	-2.4°C	AM5:52	— °C
	200	—	—	—	-2	AM5:52	—
剪定枝・灯油	150	10分後	2.7°C	(72分後)	0.9		3.3
	200	10	1.5	(68)	0.9		2.9
霜よけくん	150	12	2.3	(80)	0.8		3.2
	200	13	1.2	(32)	0.6		2.6
輸入固形燃料	150	14	1.7	(69)	1.4		3.8
	200	14	1.1	(89)	1.3		3.3

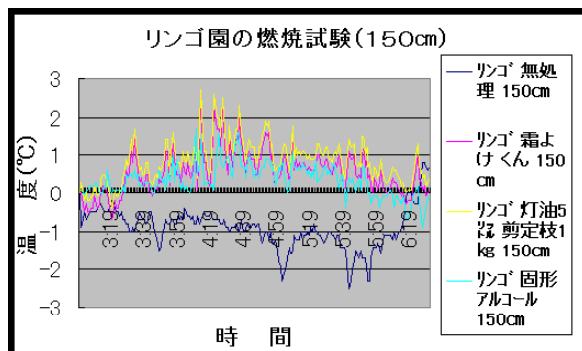


図1 リンゴ園の燃焼試験 (150cm)

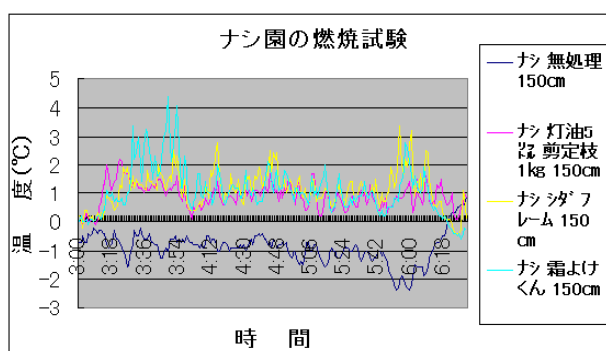


図2 ナシ園の燃焼試験

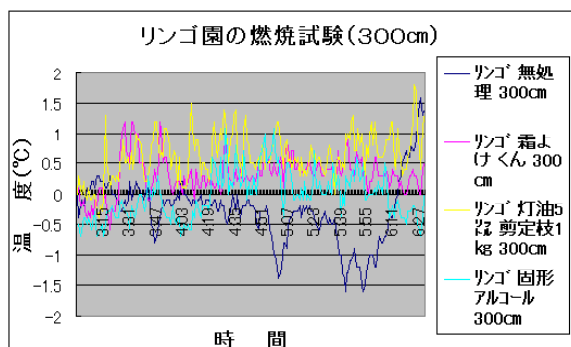


図3 リンゴ園の燃焼試験 (300cm)

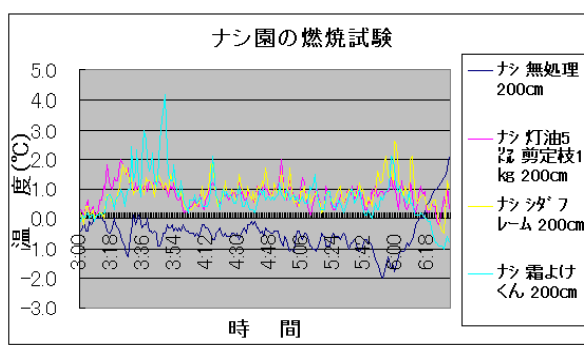


図4 ナシ園の燃焼試験

## 平成13年度即時対応試験研究で得られた成果

### I、実施研究課題名と実施した試験

「果樹園用防霜資材に関する試験」

- 1 従来の防霜資材に代わる資材の燃焼試験
- 2 リンゴ園における防霜資材の燃焼試験（リンゴ園場での試験）
- 3 ナシ園における防霜資材の燃焼試験（ナシ園場での試験）
- 4 剪定枝チップを利用した防霜資材の燃焼試験
- 5 新防霜資材（霜よけくん）と剪定枝チップを利用した防霜資材の燃焼試験
- 6 園場における新防霜資材（霜よけくん）と剪定枝チップを利用した防霜資材の燃焼試験（リンゴとナシ園場での試験）

### II、防霜資材の理想的な条件と目標

- 1、燃焼時間が4時間以上
- 2、燃焼性（点火し易い・炎の高さが20cm以上）が良い
- 3、黒煙が出ない
- 4、取り扱いが容易
- 5、安全である
- 6、価格が安い

### III、得られた成果

#### 1、容器

##### ①リターンスタック

燃焼性能としては高性能な容器であるが、大型で取り扱いが不便なうえ保管場所にも広い施設が必要となる。また、価格が高額である。現在市販されていない。



## ②一斗半切缶（0.5ガロン缶）

本体は市販もされているが、廃棄されるものもあり入手が容易である。また、廃棄物の一斗缶を加工して再利用も可能である。ただし、保管場所が必要となる。

燃焼性（高さ）から立木園に適する。

## ③ミルク缶や営業用缶詰缶（1号缶）

本体は市販もされているが、廃棄されるものもあり入手が容易である。また、廃棄物の缶の再利用も可能である。保管場所にも施設が必要となる。

燃焼性（高さ）から平棚園に適する。

## 2、燃焼資材の特徴

液体系の燃焼資材は、燃焼性（火の勢い）が一定となる特徴がある。しかし、単体での燃焼時間は極めて短くなる。

固体系の燃焼資材は表面積で燃焼し、時間の経過と共に固体が小さくなり燃焼性が劣る特徴がある。なお、製品は取り扱いおよび保管が容易である。

### （1）重油

燃焼の火力があり炎の高さは高く良い。排煙の煤の発生が激しく環境に悪影響を与えることから公害問題となっている。

### （2）灯油

重油より燃焼性では優る。黒煙の発生は重油より少ないものの、かなり排出される。当面は重油の代替燃料として使用する。

### （3）剪定枝チップ

剪定枝チップは灯油に混合すると、燃焼時間が約3倍になる。

剪定枝の混合効果は、酸素の供給と燃焼性のコントロールを行う役目があると推察される。

剪定枝は果樹園の副産物として大量にあり、有効に利用すべきである。

剪定枝チップの作り方は、市販されている破砕処理機（チョッパー5PS程度）で剪定枝を砕き、3～30cmの繊維状になったチップを風乾して使用する。

①リンゴ チップの形態は繊維状で整形しやすい。

②モモ チップの形態は太い枝はリンゴより繊維が細かく、細い枝は枝のまま排出されるが整形はしやすい。燃焼性はリンゴよりやや優る。

③ナシ チップの形態は繊維状にならないで枝のまま折れる状態になる。燃焼性は良い。

### （4）剪定枝チップと灯油の混合

#### ①樹種別剪定枝チップ（リンゴ、モモ、ナシ）と灯油の混合

燃焼時間は灯油単体と比較して、ナシが2.8倍、モモが3.1倍、リンゴが3.3倍であった。また、剪定枝チップの形態と燃焼時間の比較では、細かいほど燃焼時間が長くなるが、燃焼性の特に火力が劣った。

#### ②剪定枝チップと灯油の混合

剪定枝チップと灯油の混合割合は、燃焼性と燃焼時間を左右する。剪定枝チップ量が多いと長時間燃焼し、少ないと短時間の燃焼となる。

以上のことから、最適割合を以下のように決定した。

ア、一斗半切缶（立木園）

剪定枝チップ1kgに灯油5ℓ 10a当たり必要量40カ所 × 5ℓ × 38円 = 38,000円

イ、ミルク缶（平棚園）

剪定枝チップ0.3kgに灯油2ℓ 10a当たり必要量70カ所 × 2ℓ × 38円 = 5,320円

(5) 固形燃料

①輸入燃焼資材〔シダフレーム〕

着火が悪いのが大きな欠点である。火力が弱いため立木園には不適當である。しかし、炎の高さが低く、長時間燃焼するので平棚園には適する。

価格は1本当たり700円と高い。

10a当たり必要量 70本 × 700円 = 49,000円

②新製品固形燃料〔霜よけくん〕

手軽に取り扱え、着火は普通で燃焼性は良いが、燃焼時間が2.5時間以上経過すると固形物が小さくなり燃焼力不足となる。価格は1本当たり650円と高い。

ア、立木園 10a当たり必要量 50カ所 × 650円 = 32,500円

イ、平棚園 10a当たり必要量 70カ所 × 650円 = 45,500円

③固形アルコール〔ケイネン暖房用〕

着火と燃焼性は極めて良いが、熱カロリーが低く温度上昇は見込めない。

3、圃場試験からの温度と設置数

(1) リンゴ圃場試験

①平成13年4月21日（霜注意報発令日）の試験

・条件

設置数は50個/10a、生育状況は満開期、最低気温は4時4分に-1.6℃を記録した。また、百葉箱の2～6時の湿度は51～64%であった。点火AM2:00、被害はなし。

・結果と考察

零下1.6℃の場合、灯油単体の設置基準数は10a当り40個位で十分と思われた。

②平成14年3月26日（霜注意報発令日）の試験

・条件

設置数は31個/10a、生育状況は展葉期前、最低気温は5時41分に-2.5℃を記録した。また、百葉箱の3～6時の湿度は57～84%であった。点火AM3:00、被害はなし。

・結果と考察

零下2.5℃の場合、設置基準数を10a当り31個では最小限と思われる。剪定枝チップに灯油の混合は問題がないが、霜よけくんは点火から2時間後の燃焼性が悪くなり、3分の1位を補充すべきと思われた。

(2) ナシ圃場試験

①平成13年4月21日（霜注意報発令日）の試験

・条件

設置数は80個/10a、生育状況は満開期、最低気温は3時55分に-1.2℃を記録した。点火AM2:00、被害はなし。

- ・結果と考察

零下1.2℃の場合、灯油単体の設置基準数を10a当り60個位で十分と思われた。

- ②平成14年3月26日（霜注意報発令日）の試験

- ・条件

設置数は70個/10a、生育状況は発芽期、最低気温は5時52分に - 2.4℃を記録した。点火AM3:00、被害はなし。

- ・結果と考察

零下2.4℃の場合、3資材とも10a当りの設置基準数は70個で余裕があると思われた。

#### IV、今後の問題点

##### 1、新製品の開発

霜よけくんの主成分であるステアリン酸成分と剪定枝チップを混合した固形燃料の検討。

##### 2、燃焼資材の設置数と温度上昇効果を確認

今回の試験は燃焼資材を4カ所で燃焼させ温度の上昇効果を調査した。しかし、実際に数十カ所で燃焼させた場合の温度上昇効果の確認はされていないことから、今後は燃焼カ所数と温度上昇効果の試験を検討する必要がある。また、本年の霜害による被害地では、-4℃まで低下したとの報告もあり、-4℃程度の対応試験も検討すべきと考える。