

BULLETIN  
OF THE  
WAKAYAMA PREFECTURAL EXPERIMENT STATIONS  
OF  
AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHERIES

NO. 6 March 2018

---

---

和歌山県農林水産試験研究機関  
研究報告

第6号

平成30年3月

---

---

和歌山県農林水産部

Wakayama Prefectural  
Agriculture, Forestry and Fisheries Department

## 目 次

### 【農業試験場】

- イチゴにおける2種カブリダニ放飼によるハダニ類の防除 ..... 1~14  
井口雅裕・浅井良裕・小泉奈美

### 【農業試験場暖地園芸センター】

- スプレーギクにおける挿し穂の冷蔵処理が冬季開花作型での生育および開花に及ぼす影響 ..... 15~25  
宮前治加・小野寺真穂・濱中大輝

### 【果樹試験場うめ研究所】

- 黒星病抵抗性ウメ‘星高’の育成と減農薬栽培への可能性の評価 ..... 27~35  
北村祐人・武田知明・沼口孝司・土田靖久・根来圭一・林 恭平  
・岩本和也・菱池政志・中 一晃・島津 康
- ウメ‘露茜’果実の大量追熟法およびそれに適した収穫時期簡易判定法の開発 ..... 37~50  
北村祐人・大江孝明・下 博圭・竹中正好・城村徳明・佐原重広  
・植田栄仁・川村 実
- ウメの連作障害に関する研究（第1報）ウメ連作土壌および根含有成分の生育阻害作用の評価 51~59  
大江孝明・城村徳明・岡室美絵子・西原英治
- ウメ‘翠香’果実の収穫時期および追熟条件が果実、梅酒および梅シロップの品質に及ぼす影響 61~71  
大江孝明・土田靖久・岡室美絵子・行森 啓
- FTA®カードを用いた簡便なウメ DNA 固定および長期保存 ..... 73~78  
沼口孝司・北村祐人
- ウメ‘橙高’果肉のβ-カロテン含量が高まる要因と加工品への適用 ..... 79~85  
土田靖久・根来圭一・赤木知裕・岡崎一誠・行森 啓・大江孝明

### 【畜産試験場養鶏研究所】

- 粉碎ウメ種子混合敷料がブロイラーの飼育環境と生産性に及ぼす影響 ..... 87~96  
鳩谷珠希・松井 望

### 【林業試験場】

- 和歌山県におけるスギノアカネトラカミキリによるヒノキの加害実態調査 ..... 97~103  
法眼利幸・大谷栄徳・竹内隆介
- イタジイ材の太陽熱利用木材乾燥 ..... 105~112  
濱口隆章・清水 賢・井戸聖富・山口秋生

【水産試験場】

春季に紀伊水道東部海域で漁獲されるイワシ類シラス種組成の年変動 .....	113~119
御所豊穂・武田保幸・安江尚孝・堀木暢人	
紀伊水道北東部におけるクマエビの生態に関する基礎的知見 .....	121~129
小林慧一・土居内龍・堀木暢人	
クロマグロ住血吸虫の検出に用いる LAMP 法の開発 .....	131~137
堅田昌英	

【学会誌掲載論文抄録】

Blooming Date Predictions Based on Japanese Apricot ‘Nanko’ Flower Bud Responses to Temperatures during Dormancy .....	139
Yuto Kitamura, Hisayo Yamane, Akira Yukimori, Hiroyoshi Shimo, Koji Numaguchi and Ryutaro Tao	
Effect of High Temperature and Drought Stress on Carbohydrate Translocation in Japanese Apricot ‘Nanko’ Trees .....	140
Yasuhisa Tsuchida and Hiroshi Yakushiji	
Effect of dietary kapok oil supplementation on growth performance, carcass traits, meat quality and sensory traits of pork in finishing-pigs .....	141
Keisuke MAEDA, Kimiko KOHIRA, Hiroki KUBOTA, Kousuke YAMANAKA, Kaoru SAITO, Masakazu IRIE	
高タンパク質飼料への砂糖またはチョコレート添加が豚の発育と肉質に及ぼす影響 .....	142
前田恵助・山中浩輔・入江正和	
粘液孢子虫性やせ病原因虫の検出に用いる LAMP 法の開発 .....	143
堅田昌英・奥山芳生	

# イチゴにおける2種カブリダニ放飼によるハダニ類の防除

井口雅裕・浅井良裕<sup>1</sup>・小泉奈美<sup>1</sup>

和歌山県農業試験場

<sup>1</sup>那賀振興局農林水産振興部農業水産振興課

## Control of Spider Mites on Strawberry by Releasing Predator Mites

Masahiro Iguchi, Yoshihiro Asai<sup>1</sup> and Nami Koizumi<sup>1</sup>

*Wakayama Agricultural Experiment Station*

### 緒言

ナミハダニとカンザワハダニはイチゴ栽培における重要害虫である（高田・柏尾，2004）。そして、ナミハダニを始めとするハダニ類は、その高い増殖力と共に、著しい薬剤抵抗性の発達のために世界的な難防除害虫となっている（刑部・上杉，2009）。近年、栃木県、福岡県、三重県、愛知県、奈良県など全国各地のイチゴ栽培ほ場において、現在の主要な殺ダニ剤であるミルベメクチン水和剤、シフルメトフェンフロアブル、シエノピラフェンフロアブル、ビフェナゼートフロアブルに対する感受性が低下したナミハダニ個体群が見つかっている（春山・松本，2013；柳田ら，2013；大仲・西野，2013；石川・江口，2014；今村・國本，2016）。本県のイチゴ生産現場においても、主要殺ダニ剤の防除効果が得られない事例が多く認められ、感受性低下が疑われている。

このような状況の中、イチゴ栽培において薬剤抵抗性のハダニ類を防除するため、天敵カブリダニ類の利用が全国的に進められている（國本ら，2016；柴尾・井奥，2016）。チリカブリダニ剤、ミヤコカブリダニ剤は天敵製剤として野菜類（施設栽培）のハダニ類に対して農薬登録され（日本植物防疫協会，2016）、それぞれの単剤利用、または両剤混合あるいは両剤リレー利用によりイチゴのナミハダニやカンザワハダニに対して高い密度抑制効果が認められている（高田・柏尾，2004；小野ら，2008；高橋・桑原，2013；伊藤ら，2014；國本ら，2016；柴尾・井奥，2016）。しかし、本県ではカブリダニ類の利用は先進的な極少数の生産者に限られ、さらに、試験的に導入しても効果を実感できずに単年で中止してしまった生産者が多い。本県でカブリダニ類利用の普及が進んでいない要因の一つは、生産現場での成功事例が少ないことにあると考えられる。そこで、本県の促成栽培イチゴにおいてカブリダニ類利用によるハダニ類の防除を推進するため、多様な現地生産者ほ場および農業試験場内ほ場においてチリカブリダニ剤とミヤコカブリダニ剤を両剤混合利用した防除試験を実施してハダニ類の防除効果を実証した。また、イチゴ生産者からハダニ類に対する有効薬剤について聞き取り調査し、それらの結果からカブリダニ類利用の有用性を考察した。



## 材料および方法

### 1. 現地生産者ほ場における防除試験

カブリダニ類利用による防除試験は2015～2016年に岩出市、紀の川市の5生産者の9ほ場（ビニルハウスまたは農P0ハウス）で実施した。各ほ場の概要を第1表に示す。各ほ場の管理は各生産者により行われ、第3表に示した農薬が使用された。各ほ場において、開花始期（10月または11月）にチリカブリダニとミヤコカブリダニをほ場全面のイチゴ葉上に放飼した。A-1ほ場～D-2ほ場は翌年2月上旬頃にチリカブリダニ（またはチリカブリダニとミヤコカブリダニ）を追加放飼した。なお、放飼したカブリダニ類はいずれもアリストライフサイエンス社製の天敵製剤であった。

調査は、2015年10月14日～2016年5月13日の期間、2週間隔で13～15回実施した。各ほ場の全体から50～193株を選び、各株の中位1複葉に生息するハダニ類（雌成虫）とカブリダニ類の個体数をヘッドルーペを用いて種別に調べた。伊藤ら（2014）に倣って、各ほ場で調査日毎に天敵比率（カブリダニ類の密度／ハダニ類の密度）を求めた。

また、対照として、化学農薬のみで防除している慣行防除ほ場におけるハダニ類の発生状況を調査した。調査は岩出市、紀の川市の6生産者の6ほ場（ビニルハウス）で実施した。各ほ場の概要を第2表に示す。各ほ場の管理は各生産者により行われた。3月14日にK、L、Mの3ほ場についてほ場全体から71～79株を選び、また4月14日にK～Pの6ほ場についてほ場全体から22～86株を選び、各株の中位1複葉に生息するハダニ類（雌成虫）の個体数をヘッドルーペを用いて種別に調べた。このハダニ類の発生密度を、同時期に調査したカブリダニ類放飼ほ場のハダニ類発生密度と比較した。

第1表 試験ほ場の栽培概要と天敵カブリダニの放飼日・放飼量(現地)

所在地	ほ場	イチゴ栽培概要				カブリダニの放飼日(月/日)と放飼量(頭)					
		面積	栽培形態	品種	定植日(年/月/日)	放飼日	チリ	ミヤコ	放飼日	チリ	ミヤコ
岩出市中島	A-1	6.0a	高設	まりひめ	2015/8/12, 9/8	10/14	2,000	5,000	2/2	2,000	5,000
	A-2	8.0a	高設	まりひめ	2015/9/18, 20	10/28	2,000	5,000	2/2	2,000	5,000
岩出市安上	B-1	5.5a	高設	まりひめ	2015/9/10	10/30	1,350	3,500	1/29	4,000	—
	B-2	2.5a	高設	さちのか	2015/9/20	10/30	650	1,500	2/5	2,000	—
紀の川市北中	C-1	8.0a	土耕	まりひめ他	2015/9/15～20	10/31	2,000	5,000	1/29	5,000	—
	C-2	10.0a	土耕	まりひめ	2015/9/21～25	11/6	4,000	5,000	1/29	7,000	—
紀の川市竹房	D-1	4.5a	土耕	さちのか	2015/9/12, 15	10/30	900	2,250	2/10	2,700	—
	D-2	5.5a	土耕	さちのか	2015/8/30,31, 9/12	10/30	1,100	2,750	2/10	3,300	—
紀の川市打田	E	11.0a	土耕	まりひめ	2015/9/25,26	11/11	4,000	5,000	—	—	—

チリ:チリカブリダニ, ミヤコ:ミヤコカブリダニ, —:放飼なし

第2表 慣行防除ほ場の概要

所在地	ほ場	栽培形態
岩出市中島	K	高設
紀の川市広野	L	土耕
紀の川市竹房	M	土耕
紀の川市竹房	N	土耕
紀の川市竹房	O	土耕
紀の川市竹房	P	土耕

第3表 試験ほ場の薬剤散布履歴(現地, 調査期間中のみ, 2015-2016年)

A-1ほ場		A-2ほ場	
9月19日	東半分 シフルメトフェンE、エマメクチン安息香酸塩E 西半分 クロラントラニプロールF		
9月25日	東半分 スピネトラムSC、シエノピラフェンE		
10月7日	東半分 シフルメトフェンE	10月2日	クロラントラニプロールF、ルフェヌロンE
10月13日	ビフェナゼートF、ピリダリルF、ルフェヌロンE	10月14日	スピネトラムSC、ルフェヌロンE、ビフェナゼートF
10月27日	フロニカミドDF、ルフェヌロンE	10月28日	シエノピラフェンE、ルフェヌロンE、ピリダリルF
11月10日	アセタミプリドSP		
11月12日	ビフェナゼートF	12月26日	アセタミプリドSP
1月31日	殺菌剤	1月31日	シフルメトフェンE、殺菌剤
2月29日	西半分 殺菌剤		
3月8日	殺菌剤	3月8日	殺菌剤
3月26日	スピノサドW、ソルビタン脂肪酸エステルE、殺菌剤		
4月9日	殺菌剤	4月9日	殺菌剤
その他	硫黄くん煙剤は不使用	その他	硫黄くん煙剤は不使用
B-1ほ場		B-2ほ場	
10月2日	エマメクチン安息香酸塩E、ピフルブミド・フェンピロキシメートF	10月2日	エマメクチン安息香酸塩E、ピフルブミド・フェンピロキシメートF
10月16日	ミルベメクチンW	10月16日	ミルベメクチンW
10月29日	フロニカミドDF、ルフェヌロンE、殺菌剤	10月29日	フロニカミドDF、ルフェヌロンE、殺菌剤
11月13日	シエノピラフェンE、殺菌剤		
11月27日	シフルメトフェンE	1月21日	殺菌剤
3月15日	フロニカミドDF、殺菌剤	3月15日	シフルメトフェンE、フロニカミドDF
		4月7日	ビフェナゼートF
その他	硫黄くん煙剤 毎晩3時間処理	その他	硫黄くん煙剤 毎晩3時間処理
C-1ほ場		C-2ほ場	
9月30日	クロルフェナビルE、アザジラクチンを含有するとされる資材	9月30日	クロルフェナビルE、アザジラクチンを含有するとされる資材
10月28日	ミルベメクチンW、殺菌剤	10月28日	ミルベメクチンW、殺菌剤
2月20日	ピリフルキナゾンW	2月20日	ピリフルキナゾンW
3月29日	アザジラクチンを含有するとされる資材	3月29日	アザジラクチンを含有するとされる資材
5月7日	エマメクチン安息香酸塩E、殺菌剤	5月7日	エマメクチン安息香酸塩E、殺菌剤
5月12日	トルフェンピラドF、殺菌剤	5月12日	トルフェンピラドF、殺菌剤
その他	硫黄くん煙剤 毎晩3時間処理(10月~5月)	その他	硫黄くん煙剤 毎晩3時間処理(10月~5月)
D-1ほ場		D-2ほ場	
10月16日	ソルビタン脂肪酸エステルE	10月16日	ソルビタン脂肪酸エステルE
10月26日	ビフェナゼートF	10月26日	ビフェナゼートF
		11月14日	シエノピラフェンE、殺菌剤
2月1日	殺菌剤	11月29日	ビフェナゼートF、ソルビタン脂肪酸エステルE
2月8日	アセタミプリドSP、クロラントラニプロールF	2月1日	殺菌剤
3月11日	アセタミプリドSP、ソルビタン脂肪酸エステルE	2月8日	アセタミプリドSP、クロラントラニプロールF
3月18日	スピロテトラマトE、殺菌剤	3月11日	アセタミプリドSP、ソルビタン脂肪酸エステルE
3月25日	スピノサドW	3月18日	スピロテトラマトE、殺菌剤
4月29日	シアントラニプロールOD	3月25日	スピノサドW
		4月29日	シアントラニプロールOD
その他	硫黄くん煙剤は不使用	その他	硫黄くん煙剤は不使用
Eほ場			
10月12日	ソルビタン脂肪酸エステルE、チオジカルブF		
10月24日	クロルフェナビルE、フルベンジアミドW、殺菌剤		
11月3日	ソルビタン脂肪酸エステルE、殺菌剤		
12月26日	ソルビタン脂肪酸エステルE、シフルメトフェンE、殺菌剤2剤		
1月9日	ソルビタン脂肪酸エステルE、フロニカミドDF、殺菌剤3剤		
1月23日	ピフルブミド・フェンピロキシメートF、殺菌剤2剤		
3月12日	ソルビタン脂肪酸エステルE、ルフェヌロンE、殺菌剤2剤		
その他	4月以降に硫黄くん煙剤を処理		

農薬名のEは乳剤、Wは水和剤、SPは水溶剤、F・SCIはフロアブル、DFはドライフロアブル、ODは油性懸濁剤を示す。なお、殺菌剤は農薬名を省略した。また、ハダニ類に適用がある農薬に下線を付した。

## 2. 農業試験場内ほ場における防除試験

試験は2016～2017年に農業試験場内の4ほ場（ビニルハウス、農P0ハウスまたはフッ素樹脂フィルムハウス）で実施した。各ほ場の概要を第4表に示す。各ほ場の管理は慣行に準じ、第5表に示した農薬を使用した。開花始期（11月8日）にチリカブリダニとミヤコカブリダニをほ場全面のイチゴ葉上に放飼した。翌年2月8日にチリカブリダニを追加放飼した。なお、放飼したカブリダニ類は11月はアリストライフサイエンス社製、2月はアグリセクト社製の天敵製剤であった。

調査は、2016年10月19日～2017年4月27日の期間、概ね2週間隔で12～15回調査した。各ほ場の全体から任意に15～50株を選び、現地生産者ほ場における試験と同様の方法でハダニ類とカブリダニ類の個体数を調べた。161号ほ場と162号ほ場に温度データロガー「おんどとり Jr.」RTR-502（ティアンドデイ社）をハウス中央の地上高130cmに設置し（放射除けなし）、2016年9月22日～2017年3月31日の期間、毎正時に1時間間隔でハウス内気温を観測した。なお、161号ほ場と162号ほ場では、うどんこ病防除試験のため11月14日～2月17日の期間、毎日0時～3時に一部でUV-Bを照射した。

第4表 試験ほ場の栽培概要と天敵カブリダニの放飼日・放飼量（農業試験場内）

ほ場	イチゴ栽培概要					カブリダニの放飼日(月/日)と放飼量(頭)					
	面積	栽培形態	品種	定植日(年/月/日)	温度管理	放飼日	チリ	ミヤコ	放飼日	チリ	ミヤコ
55号	1.5a	高設	まりひめ 他	2016/9/20	加温*	11/8	600	1,500	2/8	900	—
56号	1.5a	土耕	紀の香 他	2016/9/6	加温*	11/8	600	1,500	2/8	1,100	—
161号	0.61a	土耕	まりひめ	2016/9/20	無加温	11/8	400	1,000	2/8	900	—
162号	0.61a	土耕	まりひめ	2016/9/20	無加温	11/8	400	1,000	2/8	600	—

\* 暖房機の設定温度は8℃

チリ:チリカブリダニ, ミヤコ:ミヤコカブリダニ, —:放飼なし

第5表 試験ほ場の薬剤散布履歴（農業試験場内, 2016-2017年）

55号ほ場, 56号ほ場	
9月23日	ビフェナゼートE、クロラントラニプロールF、トリフルミゾールW
10月20日	チアクロプリドW、ルフェスロンE
11月2日	スピノサドW、炭酸水素ナトリウム・銅W
11月29日	メパニピリムF
12月15日	イミノクタジンアルベシル酸塩W
2月3日	ペンチオピラドF 56号ほ場のみミルベメクテンWを混用
2月28日	フロニカミドDF、ジフェノコナゾールW
3月23日	クレソキシムメチルF
その他	硫黄くん煙剤は不使用
161号ほ場, 162号ほ場	
9月23日	ビフェナゼートE、クロラントラニプロールF、トリフルミゾールW
10月12日	フロニカミドDF、フルベンジアミドW、アゾキシストロピンF
12月12日	シエノピラフェンF
1月12日	シエノピラフェンF
2月7日	トリフルミゾールW
3月23日	一部にスピノサドWまたはシクラニプロールL
その他	硫黄くん煙剤は不使用

農薬名のFはフロアブル、Wは水和剤、Lは液剤を示す。Eは乳剤を示す。ハダニ類に適用がある農薬に下線を付した。

### 3. 化学殺ダニ剤に関するイチゴ生産者の意識調査

2016年8月4日と8月26日に開催されたイチゴ生産者の研修会において、受講したイチゴ生産者を対象に聞き取り調査を行った。調査内容は第6表のとおりである。筆者らがカブリダニ類を利用したハダニ類の防除対策等について講演した後、口頭で質問し、挙手で回答してもらう方法で行った。

第6表 化学殺ダニ剤に関するイチゴ生産者への聞き取り調査の概要

	調査1	調査2
調査日	2016年8月4日	2016年8月26日
調査場所	JA紀の里ふるさとセンター	農業試験場会議室
研修会名	那賀地方いちご生産組合連合会研修会	和歌山県いちご生産組合連合会研修会
調査対象	生産者 19人	生産者 47人
質問事項	(1) よく効いている殺ダニ剤は何ですか (複数回答可)	(1) よく効いている殺ダニ剤は何ですか (複数回答可) (2) (1)で挙手した回数は何回ですか

## 結 果

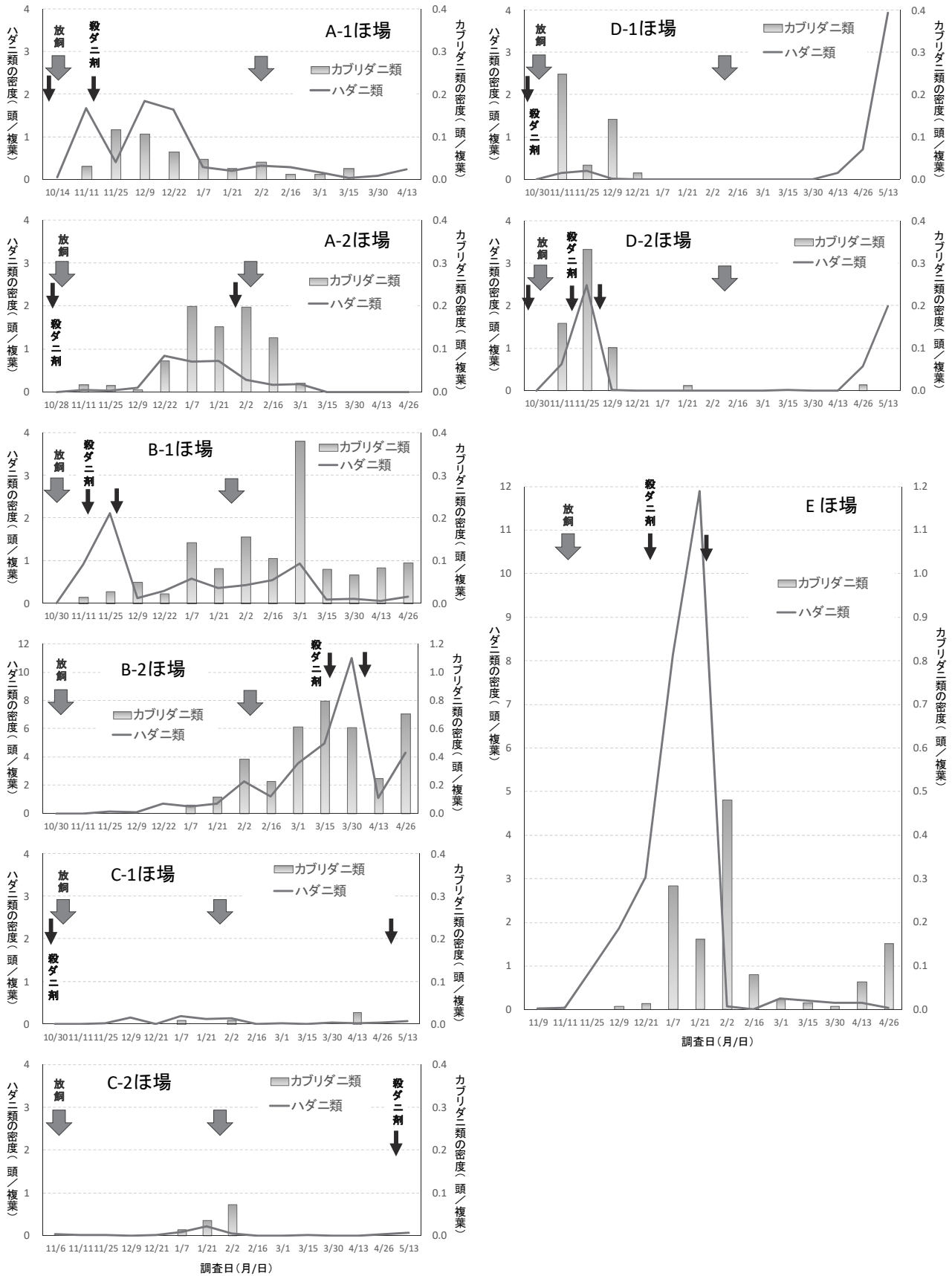
### 1. 現地生産者ほ場における防除試験

調査期間中のハダニ類とカブリダニ類の発生密度の推移を第1図に示した。

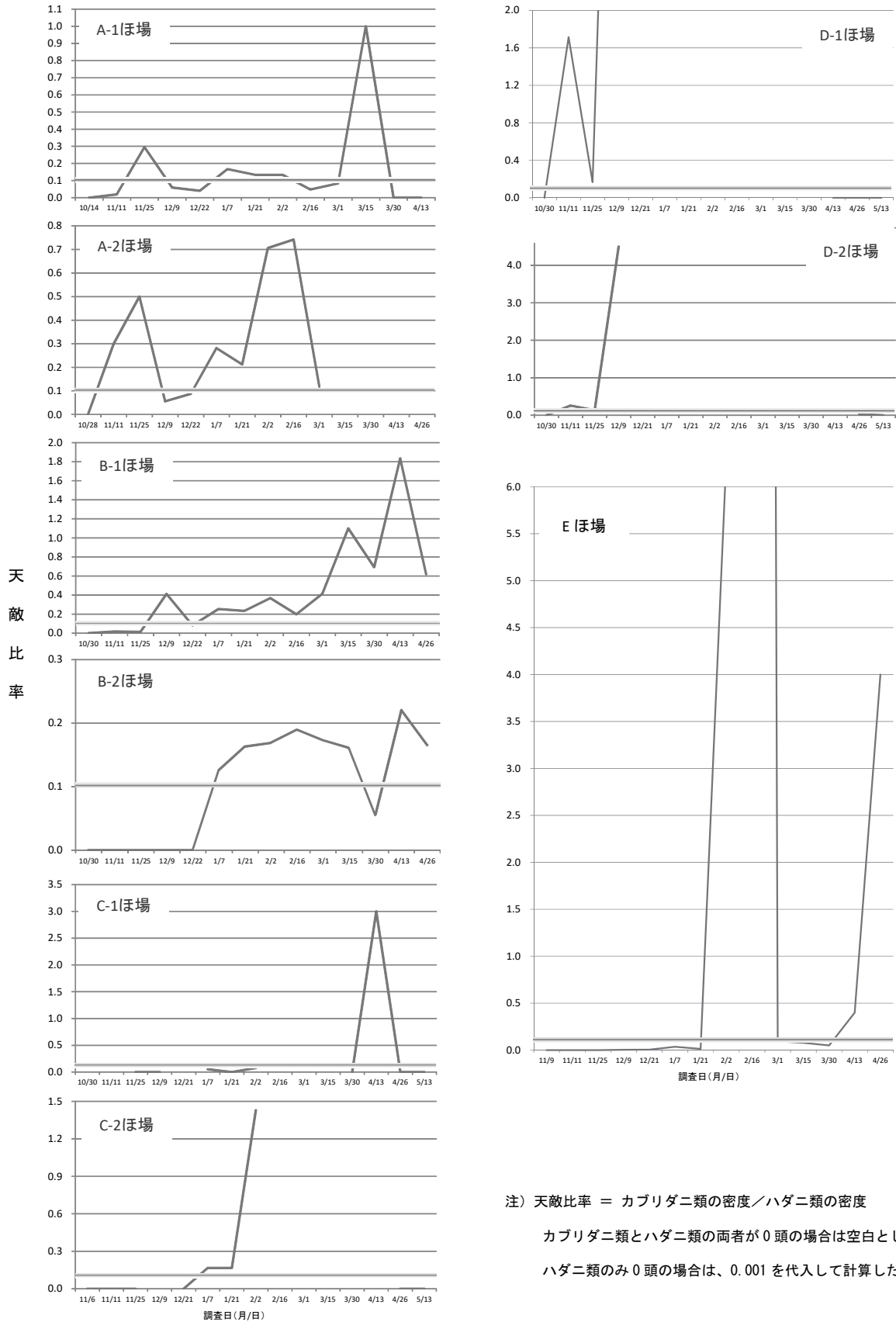
ハダニ類の発生推移は、以下の①～⑥の型に類別される。すなわち、①11月に増えたが1～2回の選択性殺ダニ剤散布により減少し、その後は調査終了時まで概ね低密度で推移した(A-1, B-1, D-2ほ場)、②12～1月に多発生となったが殺ダニ剤散布により減少し、その後は調査終了時まで低密度で推移した(Eほ場)、③12月下旬にやや増えたが、それ以上増えることなく漸減した(A-2ほ場)、④2～3月に漸増し、4月上旬の選択性殺ダニ剤散布により抑えられた(B-2ほ場)、⑤3月まで少なかったが、4月に急増した(D-1ほ場)、⑥初めから調査終了時まで少ないままであった(C-1, C-2ほ場)。一方、カブリダニ類の発生推移は、調査期間の前半に多い型、中盤に多い型、後半に多い型、ほぼ全期間を通して多い型、ほとんど増えなかった型があった。

各ほ場の天敵比率(カブリダニ類の密度/ハダニ類の密度)の推移を第2図に示した。A-1ほ場では1月7日以降、A-2ほ場では11月11日以降、B-1ほ場では12月9日以降、B-2ほ場では1月7日以降、Eほ場では2月2日以降に、変動はあるものの概ね0.1以上で推移した。C-1, C-2, D-1, D-2ほ場はハダニ類、カブリダニ類の発生が認められなかった調査日が多いため、天敵比率の推移は判然としなかった。

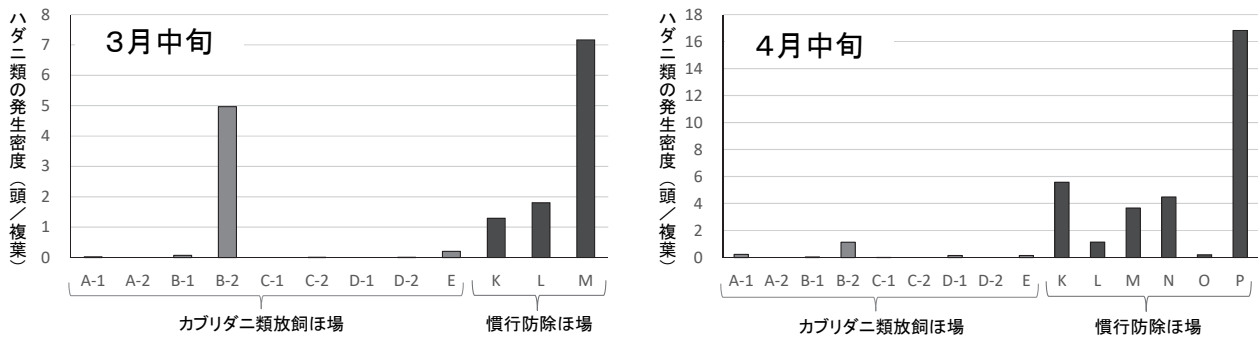
カブリダニ類放飼ほ場と慣行防除ほ場のハダニ類発生密度を比較した結果を第3図に示した。3月中旬のハダニ類の発生密度は、慣行防除ほ場では1複葉あたり1.3～7.2頭であった。カブリダニ類放飼ほ場では、B-2ほ場は1複葉あたり5.0頭と多かったが、他の8ほ場は1複葉あたり0.2頭以下であった。4月中旬のハダニ類の発生密度は、慣行防除ほ場では6ほ場中5ほ場が1複葉あたり1.1頭以上であり、最高は1複葉あたり16.8頭であった。カブリダニ類放飼ほ場では9ほ場とも1複葉あたり1.1頭以下であり、うち5ほ場は1複葉あたり0.0頭であった。



第1図 現地生産者ほ場におけるハダニ類とカブリダニ類の発生密度の推移(2015-2016年)



第2図 現地生産者ほ場における天敵比率の推移



第3図 カブリダニ類放飼ほ場と慣行防除ほ場のハダニ類発生密度の比較

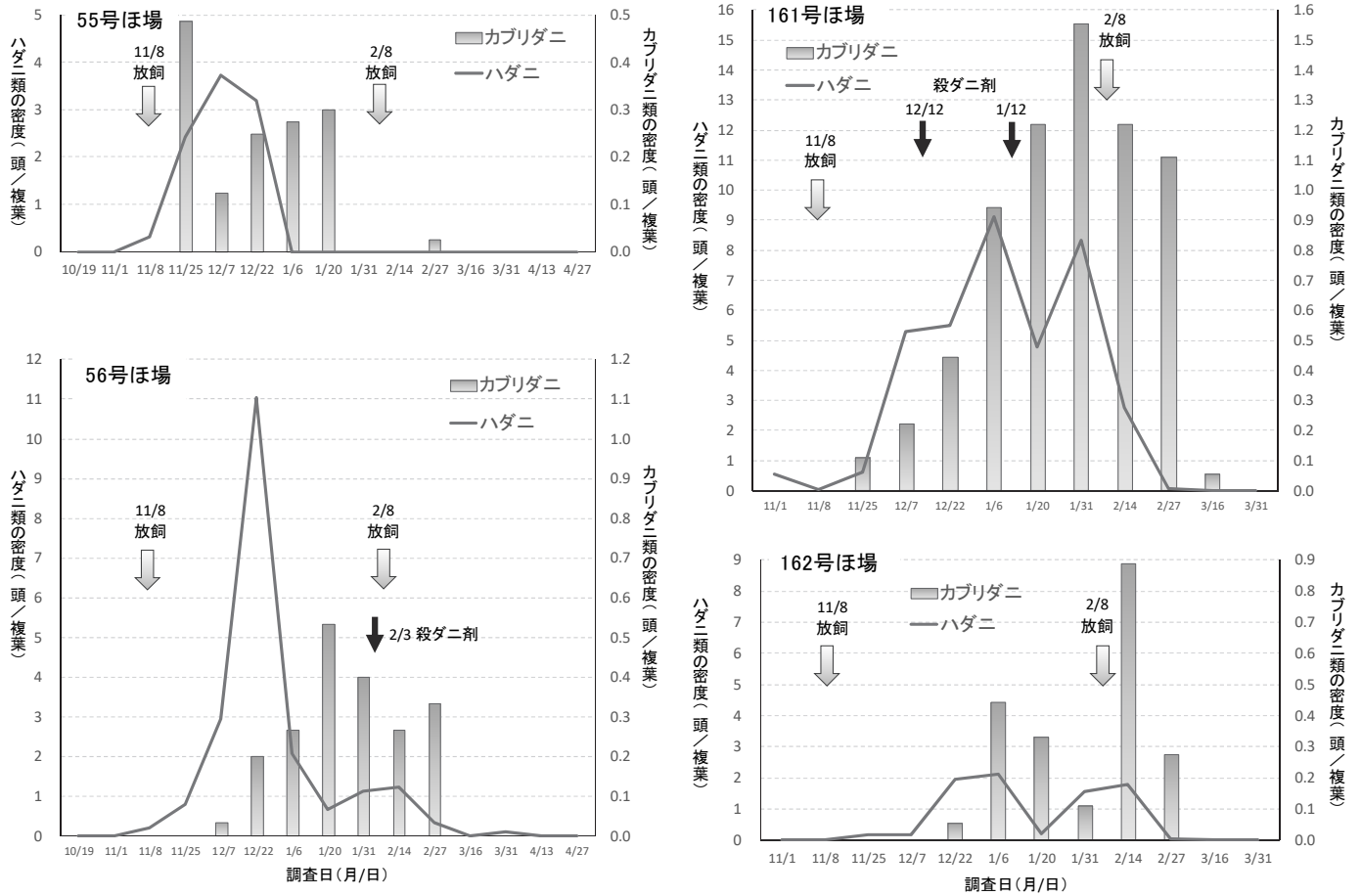
## 2. 農業試験場内ほ場における防除試験

調査期間中のハダニ類とカブリダニ類の発生密度の推移を第4図に示した。

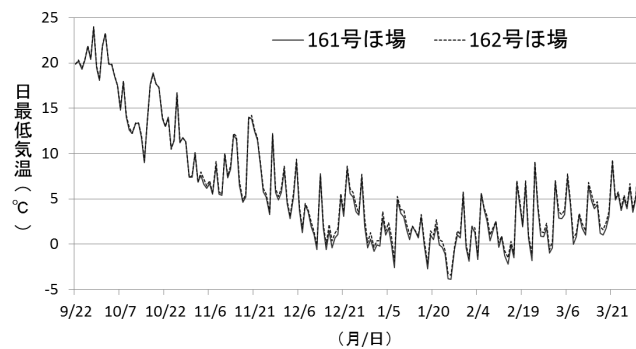
加温栽培の55号ほ場と56号ほ場では、ハダニ類は11月上旬から増え始め12月に1複葉あたり3.73頭、11.03頭に達した。その後ハダニ類は減少し、55号ほ場では1月上旬から4月下旬まで発生が認められず、56号ほ場では2月下旬から4月下旬まで1複葉あたり0.33頭以下の低密度で推移した。55号ほ場ではカブリダニ類は放飼後に速やかに定着し、11月25日に1複葉あたり0.49頭に増殖した。56号ほ場ではカブリダニ類は放飼1か月後の12月上旬から増え始め、1月20日に1複葉あたり0.53頭まで増殖した。

無加温栽培の161号ほ場ではハダニ類は12月上旬から急増し、1月6日に1複葉あたり9.11頭に達した。チャノホコリダニが発生したため、12月と1月に2回、選択性殺ダニ剤シエノピラフェンフロアブルを散布したがハダニ類は減少しなかった。カブリダニ類は放飼後速やかに定着して大量に増殖し、1月31日に1複葉あたり1.56頭の高密度になった。ハダニ類は2月中旬以降に減少し、2月下旬以降は1複葉あたり0.06頭以下の低密度で推移した。162号ほ場ではハダニ類は12月下旬から増え始め、1月6日に1複葉あたり2.11頭に達した。カブリダニ類は12月下旬から認められ、1月6日に1複葉あたり0.44頭、2月14日に0.89頭まで増殖した。ハダニ類は2月下旬以降は1複葉あたり0.06頭以下の低密度で推移した。161号ほ場と162号ほ場のハウス内の日最低気温は、11月は3.3～14.2℃、12月は-0.8～9.4℃、1月は-3.9～5.8℃、2月は-2.2～9.1℃の間で推移した(第5図)。





第4図 農業試験場内ほ場におけるハダニ類とカブリダニ類の発生密度の推移(2016-2017年)



第5図 試験ほ場の日最低気温の推移(2016-2017年)

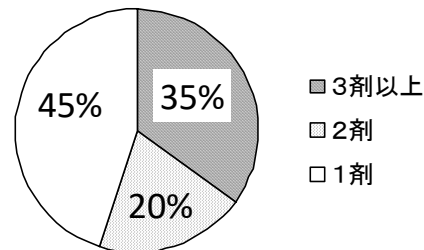


### 3. 化学殺ダニ剤に関するイチゴ生産者の意識調査

調査1および調査2の質問(1)に対する回答結果,すなわち殺ダニ剤の種類ごとによく効いていると回答したイチゴ生産者の人数を第7表に示した.

第7表 イチゴ生産者がよく効いていると回答した殺ダニ剤

殺ダニ剤の種類	よく効いていると回答した人数	
	調査1	調査2
ピフルブミド・フェンピロキシメート水和剤	8	10
シフルメトフェンフロアブル	6	1
ビフェナゼートフロアブル	4	4
ミルベメクチン水和剤	3	8
シエノピラフェンフロアブル	1	16
その他	1	0



第6図 イチゴ生産者が効果が高いと実感している殺ダニ剤の数

調査2の質問(2)では,質問(1)で挙手した回数を尋ねた. 挙手した回数はすなわち,イチゴ生産者が自己のほ場において防除効果が高いと実感している殺ダニ剤の種類数である. その結果,効果が高いと実感している殺ダニ剤は3剤以上が7人(35%),2剤が4人(20%),1剤が9人(45%)であった(第6図).

### 考 察

近年,ハダニ類は多くの薬剤に対して感受性低下が報告されており,生産現場では薬剤のみに依存した防除が困難になっている(柴尾・井奥,2016).そこで,現地生産者ほ場および農業試験場内ほ場において2種カブリダニ剤を利用したハダニ類の防除実証試験を実施した.現地生産者ほ場では,ハダニ類の発生推移,カブリダニ類の発生推移に多様な型があったものの,3月中旬と4月中旬のハダニ類の発生は,慣行防除ほ場より概ね少なかった.カブリダニ類放飼は選択性殺ダニ剤との併用でハダニ類の発生を低密度に抑えたと言える.

伊藤ら(2014)は,ミヤコカブリダニを単独放飼した場合のハダニ類の密度抑制効果を天敵比率0.1を目安として考察した.すなわち,ハダニ類が多発した場合に天敵比率が0.1より低ければカブリダニのみでのハダニ類の防除は困難であり,選択性殺ダニ剤を散布してハダニ類の密度が低下すると天敵比率が上昇し,以後は概ね0.1以上で推移した.國本ら(2016)は,ミヤコカブリダニとチリカブリダニを混合放飼した現地生産者ほ場における放飼後の天敵比率が,ハダニ類の防除効果が高かったほ場は0.1以上で,低かったほ場は0.1未満であったことから,天敵比率0.1が選択性殺ダニ剤による補完防除の必要性を判断する目安になると述べている.そこで,本研究でも防除効果と天敵比率について,天敵比率0.1を基準として考察したい.本試験では,A-1ほ場では1月7日以降,A-2ほ場では11月11日以降,B-1ほ場では12月9日以降,Eほ場では2月2日以降に天敵比率が概ね0.1以上になり(第2図),この期間のハダニ類は1複葉あたり1頭未満の低密度で安定的に推移した(第1図).D-1ほ場では10月30日以降,D-2ほ場では12月9日以降ハダニ類が極めて低密度で推移し,カブリダニ類も12月21日以降は極めて低密度で推移した.その後,4月13日以降にハダニ類が急増したが,この時の天敵比率は0.1以上ではなかった.これらの結果から,天敵比率0.1は,カブリダニ類放飼ほ場におけるハダニ類密度抑制効果の安定性を確認するた

めの目安として役立つと思われた。ただし、B-2 ほ場では、1月7日以降に天敵比率が0.1より高かったにもかかわらず2~3月にハダニ類が多発生した。この原因は不明であるが、天敵比率のみで補完防除の要否を判断することは危険である。今後、補完防除の必要性の判断基準を策定することが望まれる。

C-1 ほ場、C-2 ほ場ではハダニ類、カブリダニ類とも低密度で推移した。ハダニ類が低密度であったため、カブリダニ類が増殖しなかったと考えられる。伊藤ら(2014)は、ミヤコカブリダニは花粉などでも増殖可能なことから、ハダニ類が低密度の場合は花が重要な生息場所となりミヤコカブリダニ個体群が維持されることで、ハダニ類の持続的な密度抑制に効果があったと報告している。しかし、カブリダニ類が極少発生の状態が長く続くと、前述のD-1 ほ場やD-2 ほ場のように春先にハダニ類の急増を招くこともあるので注意が必要である。

農業試験場内ほ場における試験では、55号ほ場と56号ほ場でカブリダニ類の増殖時期が異なった。この違いはカブリダニ類の放飼直後の定着状況の違いであり、ハダニ類の発生状況に起因すると考えられる。すなわち、ハダニ類の1複葉あたりの発生密度は、55号ほ場では放飼日の11月8日に0.32頭、11月25日に2.41頭であったが、56号ほ場では0.20頭、0.80頭であった。161号ほ場と162号ほ場は無加温栽培であり、日最低気温は最低-3.9°Cまで低下したが、カブリダニ類はよく増え、2月下旬以降はハダニ類の発生を抑制した。無加温栽培の低温条件でもカブリダニ類が利用できることが明らかになった。

次に、化学殺ダニ剤に関するイチゴ生産者の意識調査結果と、本県のイチゴ生産者の現状からカブリダニ類利用の有用性について考察する。イチゴ生産者は、主に5つの殺ダニ剤に対して効果が高いと回答した。この回答はあくまで生産者の感想であり、実際のハダニ類の薬剤感受性と異なるかもしれない。しかし、現場での殺ダニ剤に対する認識という点では貴重である。さて、効果が高いと感じている殺ダニ剤の数が2剤と回答した生産者は全体の20%、1剤と回答した生産者は全体の45%であった。本県のイチゴ栽培は一般的に9月に定植し、翌年5月まで収穫が続く(和歌山県農林水産部, 2013)。栽培期間は育苗期を含めると10か月以上に及び、ハダニ類はその全期間で発生する。慣行薬剤防除ではハダニ類防除のために本圃だけでも8~10回程度、殺ダニ剤または気門封鎖剤を散布している。回答を得た殺ダニ剤は使用回数が1回または2回以内であることから、効果の高い殺ダニ剤が1~2剤では、殺ダニ剤だけでハダニ類の発生を抑えることは極めて難しい。しかも、同じ作用機構の薬剤を連続散布せざるを得ない状況では、さらなる感受性の低下が懸念される(今村・國本, 2016)。また、効果が高いと感じている殺ダニ剤の数が2剤または1剤と回答した生産者は、合わせて全体の65%を占めたにもかかわらず、その薬剤の種類は特定の薬剤に集中することはなかった。今村・國本(2016)は、同じ地域内でもほ場によって効果のある薬剤が異なることを指摘している。本県においてもそのような状況にあることが推察され、その場合、どの薬剤がよく効くかは実際に散布してみないと分からない。

ハダニ類の薬剤防除は、密度が高まってからでは効果が劣るため、発生初期に実施することが大切である(高田・柏尾, 2004; 柳田ら, 2013)。しかし、ハダニ類は体長が約0.5mmと小さく葉裏に生息することが多いため、生産者にとっては極めて発見が困難である(井上, 1990; 柳田ら, 2013)。とくに、50歳代以降になるとハダニ識別能力は急激に低下し、60歳代以降は低密度時のハダニ類の発見が不可能となる(井上, 1990)。高齢者はハダニ類が多発生して加害部位が黄変したり株が萎縮することなどによって初めてハダニ類の発生に気付くが(井上, 1990)、そのタイミングで薬剤防除を実施しても手遅れである。かといって、数少ない有効な殺ダニ剤を予防的に散布することは、

使用回数が限られていること、そして、抵抗性発達を助長させないことから避けなければならない。本県の2016年の農業就業人口の平均年齢は65.1歳（農林水産省，2017）である。イチゴ生産者は70歳代が多い（東，私信）。高齢の生産者がハダニ類を防除するためには慣行薬剤防除より、スケジューリング的に使用して安定した効果が得られるカブリダニ類の体系利用（農林水産省農林水産技術会議事務局，2008）が有利と考える。また、薬剤散布は、作業者の散布技量や使用ノズルの違いなどにより葉裏への薬液付着程度に差が生じ、その付着ムラが害虫の防除効果に大きく影響する（國本・井上，1996；谷川・國本，2000，佐藤ら，2016）。一方、カブリダニ類の放飼は、プラスチックボトルに入ったカブリダニを1m間隔でイチゴ葉上に振りかけるだけである（農林水産省農林水産技術会議事務局，2008）。このため、作業者の技量の差は小さく、誰が放飼してもほぼ同じ効果が得られるであろう。

ハダニ類は3月以降に急増し、4～5月に多発する（小山田，2007）。この時期は収穫盛期であり（和歌山県農林水産部，2013）、労働力が不足するため、防除作業に費やす時間は惜しまれる。生産者の仕事は品質のよいイチゴを作り、収穫し、出荷することであり、決して害虫や病気を管理することではない（島，2017）。カブリダニ類放飼ほ場では、ハダニ類とカブリダニ類の発生密度のバランスがとれていれば3月以降もハダニ類が急増することはなく、ハダニ類の防除に費やす労力・時間が削減できる。

本研究では、高設栽培と土耕栽培のいずれでも、品種は「まりひめ」、「さちのか」、「紀の香」でも、加温栽培でも無加温栽培の低温条件でも、チリカブリダニとミヤコカブリダニの2種カブリダニを混合放飼すると、選択性殺ダニ剤との併用でハダニ類の発生を低密度に抑えた。これらのことから、本県における2種カブリダニ放飼によるハダニ類の防除効果は高く、利用拡大が期待される。福岡県では、促成栽培イチゴにおけるナミハダニ防除を目的としたカブリダニ類の利用は2014年に県全体の3割に達している（福岡県，2015）。静岡県では、近年のカブリダニ類利用の普及率は約8割だと言う（土井，私信）。本県でも、カブリダニ類利用の普及をさらに推進すべきである。

## 摘 要

本県の促成栽培イチゴにおいてカブリダニ類利用によるハダニ類の防除を推進するため、現地生産者ほ場および農業試験場内ほ場においてチリカブリダニ剤とミヤコカブリダニ剤を両剤混合利用した防除試験を実施した。

1. 高設栽培と土耕栽培のいずれでも、品種は「まりひめ」、「さちのか」、「紀の香」でも、加温栽培でも無加温栽培の低温条件でも、チリカブリダニとミヤコカブリダニの2種カブリダニを混合放飼すると、選択性殺ダニ剤との併用でハダニ類の発生を低密度に抑えた。
2. 天敵比率（カブリダニ類の密度／ハダニ類の密度）はカブリダニ類放飼ほ場におけるハダニ類密度抑制効果の安定性を確認するための目安として役立つと思われた。ただし、天敵比率のみで補完防除の必要性を判断することは危険である。
3. ハダニ類が低密度でカブリダニ類が極少発生の状態が長く続くと、春先にハダニ類の急増を招くこともあるので注意が必要である。
4. イチゴ生産者のうち、効果が高いと感じている殺ダニ剤の数が2剤と回答した生産者は全体の20%、1剤と回答した生産者は全体の45%であった。殺ダニ剤だけでハダニ類の発生を抑えることは極めて難しい状況である。

5. 高齢の生産者はハダニ類の発生に気づくことが困難なため、ハダニ類を防除するためには慣行薬剤防除より、スケジュール的に使用して安定した効果が得られるカブリダニ類の体系利用が有利と考えられた。

## 引用文献

- 福岡県. 2015. 技術資料, イチゴの I P Mマニュアル. URL : [http://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/life/203227\\_51694564\\_misc.pdf](http://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/life/203227_51694564_misc.pdf) (2017年12月アクセス)
- 春山直人・松本華苗. 2013. 栃木県の園芸作物に発生したナミハダニに対する各種薬剤の殺虫効果. 関東東山病虫研報. 60 : 99-101.
- 今村剛士・國本佳範. 2016. 奈良県内のイチゴに寄生するナミハダニ黄緑型の薬剤感受性. 奈良農研セ研報. 47 : 34-36.
- 井上雅央. 1990. 栽培従事者の高齢化によるハダニ観察能力の低下. 応動昆. 34 : 254-257.
- 石川博司・江口敏弥. 2014. 愛知県内のイチゴほ場で採取したナミハダニに対する主要殺ダニ剤の殺虫効果. 関西病虫研報. 56 : 139-143.
- 伊藤勇弥・森 光太郎・平野耕治. 2014. 施設栽培イチゴにおけるミヤコカブリダニと選択性化学農薬の併用によるハダニ密度抑制効果とハダニ低密度時の生息場所としての花の役割. 応動昆. 58 : 39- 45.
- 國本佳範・井上雅央. 1996. 動力噴霧機による作業者の液剤散布技量の評価. 農作業研究. 31:175-180.
- 國本佳範・竹中 勲・今村剛士・小嶋巳奈・吉村あみ・西村憲三・堀川大輔. 2016. 奈良県での促成栽培イチゴのナミハダニ黄緑型に対するカブリダニ製剤の防除効果. 奈良農研セ研報. 47 : 37-42.
- 日本植物防疫協会. 2016. 農薬ハンドブック 2016年版. 1089pp. 日本植物防疫協会. 東京.
- 農林水産省. 2017. 統計情報. URL : <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukou/index.html> (2017年12月アクセス)
- 農林水産省農林水産技術会議事務局・独立行政法人農業食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター. 2008. 施設栽培イチゴにおけるカブリダニを利用したハダニ類の IPM マニュアル. PP. 18.
- 大仲桂太・西野 実. 2013. 三重県におけるイチゴのナミハダニの薬剤感受性. 関西病虫研報. 55 : 113-115.
- 小野元治・大久保裕行・岡崎真一郎・石松敏樹・宇留嶋美奈・吉松英明・加藤徳弘. 2008. イチゴ本圃における総合防除体系. 大分県農林水研究セ研報. 農業編. 2 : 11-39.
- 刑部正博・上杉龍士. 2009. ハダニの薬剤抵抗性. 日本農薬学会誌. 34 : 207- 214.
- 小山田浩一. 2007. イチゴ害虫. ハダニ類. P. 25-30. 農業総覧病害虫診断防除編. 第2-2巻. 追録第37号. 農山漁村文化協会. 東京.
- 佐藤麻耶子・米山一海・横山朋也・鹿島哲郎. 2016. イチゴのハダニ類防除における効果的な薬剤散布方法の検討. 植物防疫. 70. 490-495.
- 柴尾 学・井奥由子. 2016. ミヤコカブリダニとチリカブリダニのリレー利用による施設イチゴのナミハダニ黄緑型の防除. 関西病虫研報. 58 : 73-76.
- 島 克弥. 2017. 世代間ローテーションを基礎とした新たな殺虫剤抵抗性管理戦略と IRAC の活動.

植物防疫. 71 : 675-687.

高田裕司・柏尾具俊. 2004. カンザワハダニを餌とした場合のミヤコカブリダニの生物特性とイチゴでの放飼効果. 九病虫研報. 50 : 49-54.

高橋まさみ・桑原克也. 2013. ミヤコカブリダニ放飼条件下におけるイチゴの土耕栽培および高設栽培でのナミハダニの発消長. 群馬県農技セ研報. 10 : 13-16.

谷川元一・國本佳範. 2000. ナスへの農薬散布におけるノズルの動きによる散布むら. 日本農薬学会誌. 25 : 223-227.

和歌山県農林水産部. 2013. 農業経営モデル指標. 350pp. 和歌山県.

柳田裕紹・森田茂樹・國丸謙二. 2013. 福岡県内の促成栽培イチゴで発生するナミハダニ黄緑型に対する数種薬剤の殺虫効果. 福岡農総試研報. 32 : 33-36.



# スプレーギクにおける挿し穂の冷蔵処理が冬季開花作型での生育および開花に及ぼす影響

宮前治加<sup>1</sup>・小野寺真穂<sup>2</sup>・濱中大輝

和歌山県農業試験場

## Effects of Cold Storage to Cutting on Growth and Flowering of Spray-type Chrysanthemum in Winter Flowering Crop Type

Haruka Miyamae, Maho Onodera, and Daiki Hamanaka

*Wakayama Agricultural Experiment Station*

### 緒言

和歌山県では日長制御による開花調節と冬季の加温によってスプレーギクの周年生産が行われており、西日本市場では周年供給産地としてその地位を確立している。スプレーギクは生育、開花に比較的高い温度を必要とするため、冬季には夜温を15~18℃で暖房して栽培する必要がある、愛知県経営指標では年間3.5作を作付けする場合、10a当たり8kLの重油を消費するとされる(石川, 2011)。このため重油価格が上昇すると、経営費が大幅に増加する。2006年からの重油価格高騰以降、生産現場では燃料の消費量を抑えるために加温温度を低く設定した管理が行われることがあり、開花遅延やスプレーフォーメーションの乱れ、一部の品種では高所ロゼットの発生などの問題が顕在化した。

夏の高温に遭遇したキクは秋冬季の低温(涼温)、短日、低日照条件下では、節間伸長が抑制され、ロゼット化し、開花に至らなくなる。しかし、高温に遭遇した場合であっても、ロゼットを形成していない挿し穂や挿し芽苗を冷蔵処理すると、低温、短日、低日照の不良環境下でもロゼットせず正常に生育、開花することが報告されている(小西, 1975, 1980)。この知見をもとに、低温でロゼットや開花遅延が生じやすい輪ギク‘秀芳の力’を中心に挿し穂や苗冷蔵処理技術の検討が進められ(前田・住友, 1982; 船越, 1989; 大石ら, 1984, 1985)、輪ギクでは挿し穂の冷蔵処理は12月~3月開花作型で一般的な技術として定着した(福田, 1989)。また、住友ら(2008)は、輪ギク‘神馬’における低温期の開花遅延は、高温に遭遇した親株から得た挿し穂を用いた場合にも生じることを指摘している。本県での冬季のスプレーギク生産でも、自家育苗する場合、夏季高温下で栽培した親株から採取した挿し穂を用いており、このような挿し穂において、上述した開花遅延やスプレーフォーメーションの乱れ等が発生していることが想定される。この対策として、輪ギクと同様にスプレーギクにおいても挿し穂への冷蔵処理が有効な手段として考えられる。しかしながら、スプレーギクでは挿し穂の冷蔵処理の効果は小さい(川田, 1989)とする見解や、和歌山県紀の川市の生産現場で、冷蔵貯蔵した挿し穂を用いると採穂して間もない挿し穂よりも開花が早まったという事例もあり、スプレーギクでの挿し穂の冷蔵処理による生育・開花促進効果は明らか

<sup>1</sup>現在：農業試験場暖地園芸センター

<sup>2</sup>現在：和歌山県伊都振興局農林水産振興局農業水産振興課

にされていない。

本実験では、スプレーギクにおいても既存の輪ギクの報告にあるような挿し穂の冷蔵処理が草丈伸長や開花促進に効果があるかについて検証した。また、挿し芽苗に冷蔵処理を行うと開花可能な温度域が低くなる（小西，1975）とされることから、冷蔵処理を行った挿し穂では慣行よりも低い温度管理下やこれまでに川西ら（2012）や今給（2006）によって開発されたような省エネ型温度管理下においても伸長性、開花性に優れるかについて検証した。

## 材料および方法

### 1. 育苗，栽培管理方法

#### 1) 親株管理

親株は深夜4～5時間の暗期中断を行い、最低夜温15℃以上で管理したビニールハウス内で栽培した。供試した挿し穂は、2～3回摘心した親株から生育の揃った挿し穂を採取して使用した。

#### 2) 挿し穂の冷蔵処理

採取した挿し穂を室内で半日程度乾燥させた後、穂長を5～6cmに調製して100本ずつをポリ袋に入れ、その袋の口を軽く折り曲げて段ボール箱に詰め5℃、暗黒下で冷蔵した。

#### 3) 挿し芽

冷蔵庫から取り出した挿し穂を水道水で水揚げした後、オキシベロン液剤（100倍液）と殺菌剤の混合液に浸漬して、パーライトとピートモスを混合した用土を充填した育苗トレイに挿した。挿し芽から定植まで深夜4時間の暗期中断を実施した。

#### 4) ほ場での栽培管理

スプレーギクは、生育ステージごとに異なる夜温管理が行われており、生産現場では、長日処理期間を栄養成長期、暗期中断打ち切り後から発蕾までの約1か月間を花芽分化期、以降開花までを花芽発達期としている。本実験では同一ハウス内で生育ステージが異なる複数の試験を実施する必要があったため、各生育ステージに併せた温度管理ができるように硬質フィルムを展帳した温室内に幅90cm、長さ6m、高さ180cmのミニハウスを設置し、このハウス内で栽培した。植栽方法は15cm目・6目のフラワーネットを用いて1目あたり2株植え、無摘芯とした。基肥はN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oをそれぞれ8kg/10aとし、追肥は暗期中断打ち切り時にN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oをそれぞれ6kg/10aおよび生育に応じて適宜液肥（OKF-1およびOKF-3）を施用した。加温は温室内の灯油炊きの暖房機（KA205、ネポン株式会社）とミニハウス内に電気温風機（SF1008A、総和工業）を設置し、これらを併用して行った。日長管理は定植から約1か月間は深夜4時間の暗期中断を行い、暗期中断打ち切り後は自然日長とした。

### 2. 挿し穂の冷蔵期間が生育・開花に及ぼす影響（実験1）

‘レミダス’および‘レーガンエリートピンク’を供試し、挿し穂の冷蔵処理期間を0、17、31、46日の4区を設けた。挿し穂は、冷蔵期間17日区は2013年10月4日、31日区は9月20日、46日区は9月5日にそれぞれ採取した。10月21日に冷蔵庫から挿し穂を取り出し挿し芽を行った。なお、0日区は10月21日に採取し調製後に挿し芽を行った。11月5日に発根苗を定植し、12月6日に暗期中断を打ち切った。栽培施設内の温度管理は、栽培全期間の日中（7:00～17:00）はなりゆき温度とし、夜間（17:00～7:00）は最低15℃で管理したが、暗期中断打ち切り後から1月5日ま

では 18℃を維持した。調査は 1 区 24 株 2 反復とし、暗期中断打ち切り時の生育、発蕾日および開花日、切り花品質を調査した。発蕾は肉眼で蕾が確認できた日、開花日は頂花と 1~2 輪が開花した日とした。切り花品質の調査は開花日に採花して行った。

### 3. 挿し穂の冷蔵処理による草丈伸長・開花促進効果の品種間差異 (実験 2)

‘セイプリンス’、‘ミケール’、‘マナドゥー’、‘レミダス’、‘ダークピンキー’、‘レーガンエリートピンク’、‘レーガンエリートトミーピンク’、‘シルビア’の 8 品種を供試し、挿し穂を冷蔵する区と無冷蔵区の 2 処理区を設けた。冷蔵区は 2014 年 9 月 22 日に挿し穂を採取し、25 日間冷蔵処理を行った。無冷蔵区は 10 月 16 日に採取後、挿し芽まで冷蔵区と同様の条件で保持した。両区とも 10 月 17 日に挿し芽を行い、その発根苗を 11 月 5 日に定植し、12 月 8 日に暗期中断を打ち切った。施設内の温度管理は、夜間の最低夜温は 15℃としたが、暗期中断打ち切り後から 1 月 9 日までは 18℃を維持した。日中は最低気温を 10℃で管理した。区制、調査は実験 1 と同様とした。

### 4. 挿し穂の冷蔵処理が低夜温栽培下での生育・開花に及ぼす影響 (実験 3)

‘レミダス’、‘レーガンエリートピンク’、‘セイプリンス’の 3 品種を供試した。2015 年 9 月 19 日に採取し、34 日間冷蔵処理した挿し穂および挿し芽当日に採取した無冷蔵の挿し穂を 10 月 23 日に挿し芽し、その発根苗を 11 月 6 日に定植した。定植後の生育ステージについて、活着後の 11 月 10 日~12 月 6 日を栄養成長期、12 月 7 日~1 月 7 日を花芽分化期、1 月 8 日から開花までを花芽発達期と分け、17:00 から翌日の 7:00 までの夜温管理について、各生育ステージの設定温度を 13-16-13℃とする低夜温区、15-18-15℃とする慣行区の 2 区を設けた。なお、日中は最低気温 5℃を下回らないように加温した。各試験区の株数は 36 株とし実験 1 と同様の調査を行った。

### 5. 挿し穂の低温処理が変温管理下での生育・開花に及ぼす影響 (実験 4)

実験 3 と同様の 3 品種を供試した。2015 年 9 月 30 日に採穂し、35 日間冷蔵処理した挿し穂および挿し芽当日に採取した無冷蔵の挿し穂を 11 月 4 日に挿し芽し、その発根苗を 11 月 19 日に定植した。試験区は、省エネ温度管理として有効と考えられた日中加温と夜間変温管理を組み合わせた区および慣行の温度管理をする区の 2 区とした。実験 4 の各生育ステージにおける時間帯別の設定温度を第 1 表に示した。区制は実験 3 と同様とした。

第1表 試験区の各生育ステージにおける温度管理

試験区	栄養成長期	花芽分化期	花芽発達期
	(11月24日~12月20日)	(12月21日~1月26日)	(1月27日~開花)
日中加温+夜間変温	6時~14時:5℃	7時~14時:5℃	7時~17時:5℃
	14時~20時:18℃	14時~0時:18℃	17時~20時30分:18℃
	20時~6時:13℃	0時~7時:16℃	20時30分~7時:12℃
慣行	7時~17時:5℃	7時~17時:5℃	7時~17時:5℃
	17時~7時:15℃	17時~7時:17℃	17時~7時:15℃



## 結 果

### 1. 挿し穂の低温処理期間が生育・開花に及ぼす影響（実験1）

冷蔵処理終了時の挿し穂には、すべての区において腐敗は認められなかった。暗期中断打ち切り時の草丈は、‘レミダス’、‘レーガンエリートピンク’ともに冷蔵期間31日区で最も高く、他の区では冷蔵期間による明らかな差異は認められなかった（第2表）。発蕾日数は‘レミダス’では0日区の35.5日に対して、31日区が31.8日と最も早く、次いで17日区日の32.9日となり、48日区と0日区では有意な差は認められなかった（第3表）。到花日数も同様の傾向が認められ、31日区では0日区より3.5日、17日区では2.1日開花が早まった。‘レーガンエリートピンク’の発蕾は、どの処理区においても‘レミダス’よりも大幅に遅れたが、0日区の54.8日に対して、31日区が46.4日と最も早く発蕾し、次いで48日区、17日区の順に早く、挿し穂を冷蔵することで発蕾が早まった。また、‘レミダス’では48日間冷蔵すると開花促進効果は認められなかったが、‘レーガンエリートピンク’では促進された。開花は発蕾が遅れたことにより著しく遅延し、特に発蕾が遅かった0日区および17日区では、調査を打ち切った消灯後91日目までにそれぞれ29%、6%の個体が開花に到らなかった。しかし、31日区および48日区では、全ての個体が開花し、なかでも発蕾の早かった31日区が最も早く開花した。切り花品質については、切り花長が処理区によりややばらつくものの、切り花重、花序数、茎径、調整重には冷蔵処理の期間による有意な差は認められなかった（第3表）。

第2表 挿し穂の冷蔵期間が暗期中断終了時の生育に及ぼす影響

品種	冷蔵期間 (日)	草丈 (cm)	節数 (節)
レミダス	0	22.6 a	14.0 a
	17	23.2 a	15.0 b
	31	25.4 b	15.6 b
	48	21.8 a	17.4 c
レーガン エリートピンク	0	20.2 a	11.8 a
	17	19.9 a	12.6 b
	31	23.7 b	14.2 c
	48	20.9 a	14.7 c

注)2013年11月5日定植、定植から12月5日まで深夜4時間の暗期中断を実施

7:00-17:00は無加温、17:00-7:00は15°Cで管理

同一品種内異なるアルファベット間にTukey-Kramer法により5%レベルで有意差あり

第3表 挿し穂の冷蔵期間が開花と切り花品質に及ぼす影響

品種	冷蔵期間 (日)	発蕾日数 <sup>2</sup> (日)	到花日数 <sup>3</sup> (日)	開花株率 <sup>4</sup> (%)	切り花長 <sup>5</sup> (cm)	茎長 <sup>6</sup> (cm)	節数 <sup>7</sup> (節)	切り花重 <sup>8</sup> (g)	花序数 <sup>9</sup> (個)	茎径 <sup>10</sup> (mm)	調整重 <sup>11</sup> (g)
レミダス	0	35.5 b	66.0 c	100	97.6 ab	88.8 ab	38.3 bc	62.7 a	8.3 a	5.8 a	43.4 a
	17	32.9 a	63.9 ab	100	95.9 a	86.9 a	36.8 a	58.0 a	7.9 a	5.7 a	41.8 a
	31	31.8 a	62.5 a	100	100.6 b	92.1 b	37.1 ab	60.2 a	8.7 a	5.6 a	42.6 a
	48	35.1 b	65.5 bc	100	98.5 ab	90.0 ab	39.6 c	59.7 a	8.5 a	5.7 a	43.5 a
レーガン エリートピンク	0	54.8 c	85.7 <sup>t</sup>	71	111.7 b	94.8 a	38.4 a	70.8 a	8.3 a	6.8 a	43.6 a
	17	51.7 bc	83.9 <sup>t</sup>	94	107.0 ab	94.7 a	37.1 a	61.2 a	8.5 a	6.4 a	40.6 a
	31	46.4 a	78.7 a	100	107.2 ab	94.8 a	39.0 a	65.8 a	9.7 a	6.6 a	42.2 a
	48	50.9 b	82.5 b	100	104.5 a	91.6 a	39.3 a	59.9 a	8.6 a	6.3 a	39.7 a

注)2013年11月5日定植、定植から12月5日まで深夜4時間の暗期中断を実施、2014年3月7日で調査を終了

7:00-17:00は無加温(なりゆき温度)、17:00-7:00は11月6日~12月5日は15°C、12月6日~1月6日は18°C、1月7日~3月7日は15°Cで加温

<sup>2</sup>暗期中断打ち切りから発蕾までに要した日数、<sup>3</sup>暗期中断打ち切りから開花までに要した日数、<sup>4</sup>調査個体のうち2014年3月7日までに開花した個体の割合

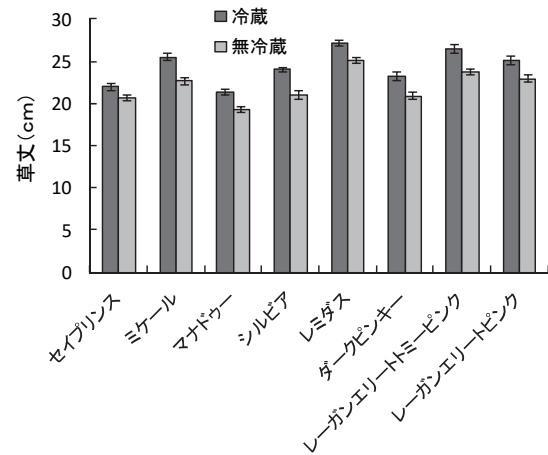
<sup>5</sup>舌状花に着色が認められた花序の数、<sup>6</sup>切り花長の中央付近の茎径、<sup>7</sup>切り花長80cm、<sup>8</sup>下葉20cmを除去して調製した切り花の重さ、<sup>9</sup>統計処理なし

<sup>10</sup>‘レーガンエリートピンク’の冷蔵期間0日、17日区は2014年3月7日までに開花した個体の平均値

同一品種内異なるアルファベット間にTukey-Kramer法により5%レベルで有意差あり

## 2. 挿し穂の低温処理による草丈伸長・開花促進効果の品種間差異 (実験 2)

消灯時の草丈は、すべての品種で冷蔵区の方が無冷蔵区よりもやや高くなる傾向が認められた(第1図)。発蕾および開花は‘レミダス’、‘ダークピンキー’、‘レーガンエリートトミーピンク’および‘レーガンエリートピンク’の4品種では、冷蔵区が無冷蔵区よりも早まった(第4表)。特に‘レーガンエリートピンク’および‘レーガンエリートトミーピンク’は、無冷蔵区では消灯後80日目までの開花率はそれぞれ65.6%、91.3%と開花に到らない個体が認められたが、冷蔵区ではすべての個体が開花し、冷蔵処理による開花促進効果が高かった。‘セイプリンス’、‘ミケール’、‘マナドゥー’、‘シルビア’の4品種は、冷蔵処理による開花促進は認められなかった。切り花品質(切り花長、切り花重、茎径、花序数)は、各品種ともに冷蔵区と無冷蔵区で明らかな差異は認められなかった。



第1図 挿し穂の冷蔵処理がスプレーギク品種の暗期中断終了時の草丈に及ぼす影響  
注) 図中のバーは標準誤差 (n=41~48)

第4表 挿し穂の冷蔵処理がスプレーギク品種の開花と切り花品質に及ぼす影響

品種	試験区	発蕾日 (月・日)	発蕾日数 <sup>2</sup> (日)	開花日 <sup>3</sup> (月・日)	到花日数 <sup>4</sup> (日)	開花率 <sup>5</sup> (%)	切り花長 <sup>6</sup> (cm)	節数 <sup>7</sup> (節)	切り花重 <sup>8</sup> (g)	花序数 <sup>9</sup> (個)	茎径 <sup>10</sup> (mm)
セイプリンス	冷蔵	1月4日	27.2	2月5日	59.2	100	65.5	35.6	36.3	8.8	4.3
	無冷蔵	1月4日	27.9	2月6日	60.0	100	62.7	34.7	36.2	8.4	4.2
ミケール	冷蔵	12月29日	21.2	1月31日	54.4	100	69.6	38.9	48.3	10.4	5.3
	無冷蔵	12月29日	21.4	2月1日	55.3	100	66.2	37.5	43.5	8.6	5.1
マナドゥー	冷蔵	1月4日	27.1	2月9日	63.7	100	61.8	38.1	50.6	10.3	5.9
	無冷蔵	1月4日	27.9	2月10日	64.3	100	61.7	36.0	44.0	8.6	5.4
シルビア	冷蔵	1月3日	26.3	2月6日	60.5	100	74.3	30.9	42.8	5.5	4.6
	無冷蔵	1月3日	26.8	2月7日	61.0	100	72.5	30.1	43.1	5.0	4.6
レミダス	冷蔵	1月5日	28.8	2月6日	60.1	100	88.6	35.1	56.8	9.6	5.7
	無冷蔵	1月8日	31.7	2月8日	62.8	100	87.3	35.3	55.5	8.3	5.5
ダークピンキー	冷蔵	1月3日	27.0	2月8日	63.0	100	73.7	37.2	44.3	9.3	4.7
	無冷蔵	1月6日	29.4	2月11日	66.0	100	71.9	36.5	43.5	8.6	4.7
レーガンエリート トミーピンク	冷蔵	1月8日	31.1	2月8日	63.0	100	84.2	34.1	50.2	9.4	5.9
	無冷蔵	1月12日	35.1	2月13日	67.1	91.3	84.7	33.6	45.9	7.8	5.4
レーガン エリートピンク	冷蔵	1月9日	32.1	2月13日	67.4	100	81.3	33.2	46.9	8.4	5.4
	無冷蔵	1月14日	37.5	2月18日	72.6	65.6	85.6	34.3	52.3	7.8	5.7

注) 2014年11月5日定植、定植から12月4日まで深夜4時間の暗期中断を実施、2015年2月23日で調査を終了

<sup>2</sup> 暗期中断打ち切りから発蕾までに要した日数、<sup>3</sup> 暗期中断打ち切りから開花までに要した日数

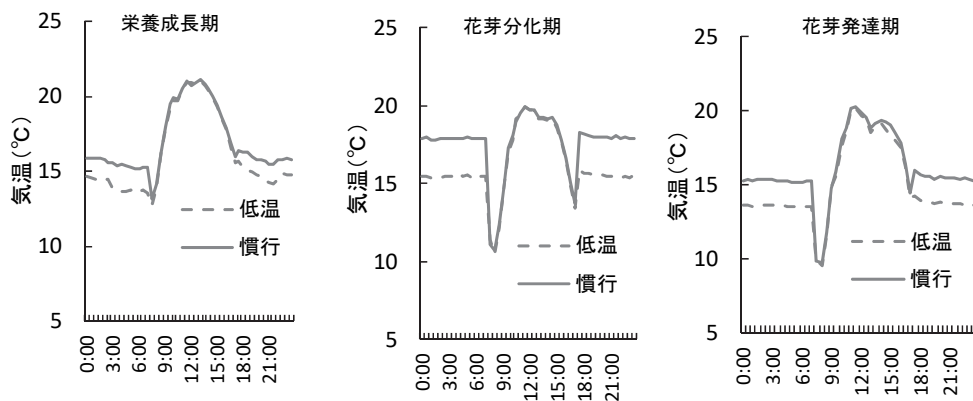
<sup>4</sup> 調査個体のうち2015年2月23日までに開花した個体の割合、<sup>5</sup> 舌状花に着色が認められた花序の数、<sup>6</sup> 切り花長の中央付近の茎径

<sup>7</sup> nsはt検定において同一品種間で有意差なし、\*は5%水準で有意差あり <sup>10</sup> 2015年2月23日までに開花した個体の平均値

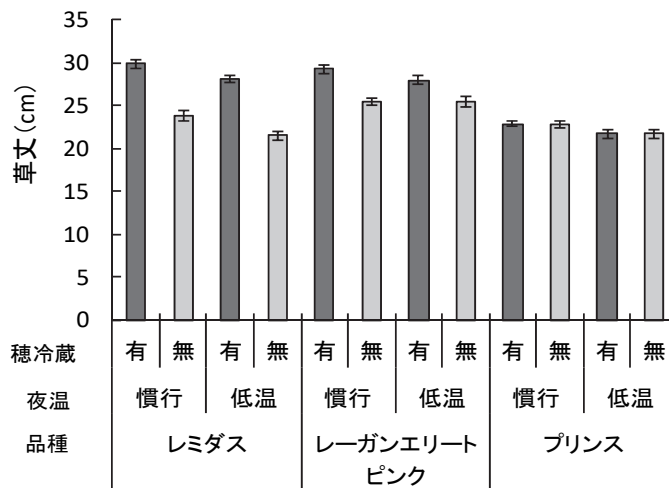
## 3. 挿し穂の冷蔵処理が低夜温栽培下での生育・開花に及ぼす影響 (実験 3)

施設内の平均夜温は、慣行温度管理区が栄養成長期で15.7℃、花芽分化期で17.8℃、花芽発達期で15.3℃と栄養成長期で設定温度よりもやや高く推移した。低温管理区ではそれぞれの生育ステージで、14.4、15.4、13.7℃と栄養成長期で1.4℃、花芽発達期で0.7℃高く推移した(第2図)。消灯時の草丈は、‘レミダス’および‘レーガンエリートピンク’では、いずれの夜温管理区においても、冷蔵区で無処理区よりも高くなった(第3図)。特に‘レミダス’では、低温管理では草丈の伸長が劣ったが、冷蔵を行うことで伸長性が高まった。一方、‘セイプリンス’では、夜温管理

や冷蔵処理の有無による顕著な差異は認められなかった。発蕾および開花は、‘レミダス’および‘レーガンエリートピンク’ではいずれの温度管理においても冷蔵区で無冷蔵区よりも早くなった（第5表）。また、低温管理下において、無冷蔵区では慣行温度管理の無冷蔵区よりも開花が5.3～7.4日遅れたが、冷蔵区ではほぼ同様に開花に到った。‘セイプリンス’では、穂冷蔵処理および夜温管理による顕著な差異は認められなかった。切り花長は、‘レミダス’ではいずれの温度管理においても冷蔵区で無冷蔵区よりも長くなった（第5表）。‘レーガンエリートピンク’では、慣行温度管理において冷蔵区で長くなったが、低温管理では無冷蔵区の方が長くなった。一方、‘セイプリンス’では穂冷蔵処理および夜温管理による顕著な差異は認められなかった。切り花重および茎径は、‘レミダス’および‘レーガンエリートピンク’では低温管理で慣行温度管理よりも大きくなる傾向が認められた。



第2図 各生育ステージにおける低温区および慣行区の施設内温度の推移  
注) 各時刻の平均値



第3図 夜温管理および挿し穂の冷蔵処理と暗期中断終了時の草丈  
注) 図中のバーは標準誤差 (n=35~36)

第5表 栽培温度および挿し穂の冷蔵処理が開花および切り花品質に及ぼす影響

品種	夜温	挿し穂冷蔵処理	発蕾日数 <sup>2</sup> (日)	到花日数 <sup>3</sup> (日)	到花日数の差 <sup>4</sup> (日)	開花率 <sup>5</sup> (%)	切り花長 <sup>6</sup> (cm)	節数 <sup>7</sup> (節)	切り花重 <sup>8</sup> (g)	花序数 <sup>9</sup> (個)	茎径 <sup>10</sup> (mm)	調製重 <sup>11</sup> (g)
レミダス	慣行	有	26.6 a	58.2 a	-4.1	100.0	100.3 c	34.4 b	52.3 ab	8.4 b	5.0 a	36.8 a
		無	29.4 b	62.3 b		100.0	87.7 a	32.6 a	44.6 a	6.5 a	4.9 a	35.1 a
	低温	有	29.8 b	63.8 b	1.6	100.0	104.9 d	34.4 b	56.6 b	6.9 a	5.4 ab	38.1 a
		無	34.1 c	69.7 c	7.4	75.9	93.5 b	34.9 b	61.7 b	6.3 a	6.0 b	45.3 b
レーガン エリートピンク	慣行	有	28.8 a	62.9 a	-5.3	100.0	98.3 b	31.8 ab	45.8 a	7.7 c	5.1 a	33.5 ab
		無	32.5 b	68.2 c		100.0	94.1 a	30.8 a	42.7 a	6.6 ab	5.2 a	30.8 a
	低温	有	30.1 a	66.1 b	-2.1	100.0	99.7 b	32.3 b	52.3 b	7.4 bc	5.7 b	37.2 b
		無	36.5 c	73.5 d	5.3	77.4	102.7 c	32.5 b	53.2 b	6.5 a	5.8 b	35.3 ab
セイプリンス	慣行	有	31.6 a	65.8 a	0.2	100.0	84.7 a	38.4 b	45.5 a	7.9 a	4.4 a	-
		無	31.5 a	65.6 a		100.0	86.6 a	36.0 a	42.0 a	7.4 a	4.2 a	-
	低温	有	32.7 b	66.8 a	1.2	100.0	82.9 a	38.0 b	44.8 a	7.9 a	4.4 a	-
		無	31.9 ab	66.3 a	0.7	100.0	83.8 a	36.7 a	44.9 a	8.1 a	4.3 a	-

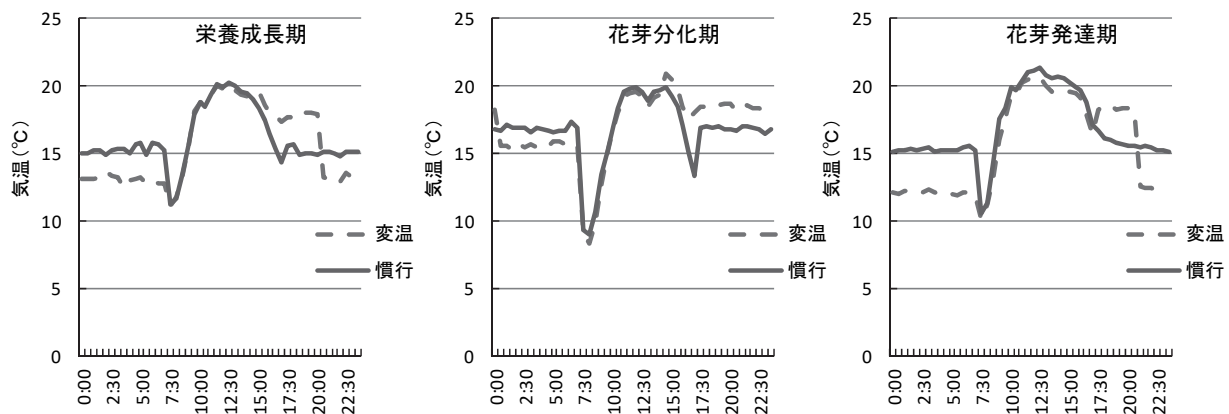
注) 2015年11月6日定植、定植から12月7日まで深夜4時間の暗期中断を実施、n=29~35

<sup>1</sup>暗期中断打ち切りから発蕾まで要した日数、<sup>2</sup>暗期中断打ち切りから開花までに要した日数、<sup>3</sup>慣行夜温、穂冷蔵無処理区の到花日数と各区の到花日数との差、<sup>4</sup>2016年2月23日までに開花した個体の割合、<sup>5</sup>舌状花に着色が認められた花序の数、<sup>6</sup>切り花長の中央付近の茎径、<sup>7</sup>切り花長80cm、下葉20cmを除去した切り花の重さ、<sup>8</sup>2016年2月23日までに開花した個体の平均同一品種内異なるアルファベット間にturkey-kramer法で5%レベルで有意差有り

#### 4. 挿し穂の低温処理が変温管理下での生育・開花に及ぼす影響 (実験 4)

各生育ステージにおける施設内温度の推移を第4図に示した。日中加温+夜間変温区では、日中加温を行った栄養成長期および花芽分化期に午後の気温低下が小さいまま日没を迎えたが、慣行管理では午後の気温低下後に日没を迎えた。

発蕾は、‘レミダス’および‘レーガンエリートピンク’ではいずれの温度管理においても、挿し穂冷蔵処理区で無冷蔵区よりも早まった(第6表)。また、‘レミダス’では温度管理の違いによる発蕾日の差はほとんどなかったが、‘レーガンエリートピンク’では、無冷蔵の場合には、変温管理区で慣行温度管理区よりもやや遅れた。‘セイプリンス’は各区における差はほとんど認められなかった。開花も同様に‘レミダス’および‘レーガンエリートピンク’ではいずれの温度管理においても冷蔵処理区で無冷蔵区よりも早かった。また、無冷蔵の場合は開花に到らない個体が認められたが、冷蔵処理をすると全ての個体が開花に到った。特に、‘レーガンエリートピンク’の変温区において開花率が高まった。切り花長は‘レミダス’、‘セイプリンス’では、いずれの温度管理においても穂冷蔵処理区で長くなる傾向が認められた。一方、‘レーガンエリートピンク’では発蕾が遅れたことにより節数が増加し、無冷蔵区で長くなった。切り花重は‘レミダス’では、いずれの温度管理においても穂冷蔵区でやや重くなったが、‘エリートピンク’では無冷蔵区で重くなった。‘セイプリンス’では各区の切り花重にほとんど差は認められなかった。花序数は穂冷蔵区でやや多くなる傾向が認められた。茎径は、‘レーガンエリートピンク’では、いずれの温度管理においても無冷蔵区で穂冷蔵区よりも太かったが、他の2品種は温度管理、穂冷蔵処理による顕著な差は認められなかった。



第4図 各生育ステージにおける慣行区および日中加温+夜間変温区の施設内温度の推移  
注) 各時刻の平均値

第6表 挿し穂の冷蔵処理および日中加温+夜間変温管理が開花と切り花品質に及ぼす影響

品種	温度管理	穂冷蔵 処理	発蕾日 (月・日)	発蕾日数 <sup>a</sup> (日)	開花日 <sup>b</sup> (月・日)	到花日数 <sup>c</sup> (日)	開花率 <sup>d</sup> (%)	切り花長 <sup>e</sup> (cm)	節数 <sup>ut</sup> (節)	切り花重 <sup>f</sup> (g)	花序数 <sup>vt</sup> (個)	茎径 <sup>vt</sup> (mm)	調製重 <sup>ut</sup> (g)
'レミダス'	慣行	有	1月19日	29.5	2月18日	59.9	100.0	102.6	34.4	57.0	8.0	5.1	38.8
		無	1月26日	36.2	2月28日	69.3	69.2	88.4	34.4	47.8	5.8	5.3	33.9
	日中加温+夜間変温	有	1月20日	30.5	2月22日	63.1	100.0	102.6	33.2	55.7	7.3	5.4	38.7
		無	1月27日	37.9	3月1日	71.1	70.0	88.4	35.6	50.3	6.2	5.5	39.0
'レーガンエリート ピンク'	慣行	有	1月20日	30.4	2月24日	65.2	100.0	100.8	31.9	53.6	7.6	5.5	37.1
		無	1月30日	40.7	3月4日	74.4	70.4	103.9	35.1	76.2	6.5	6.7	48.9
	日中加温+夜間変温	有	1月19日	29.9	2月24日	65.5	100.0	95.6	31.9	52.2	7.4	5.6	38.4
		無	2月2日	43.3	3月4日	74.4	36.4	100.1	36.4	87.9	6.4	7.3	60.0
'セイプリンス'	慣行	有	1月21日	31.1	2月22日	63.4	100.0	84.6	36.3	49.5	8.6	4.6	-
		無	1月21日	31.7	2月23日	64.6	100.0	74.2	34.9	43.4	7.8	4.5	-
	日中加温+夜間変温	有	1月19日	29.4	2月20日	61.8	100.0	79.3	36.0	45.6	8.2	4.6	-
		無	1月21日	31.3	2月23日	64.2	100.0	72.7	34.1	44.5	7.9	4.5	-

注)2015年11月19日定植、定植から12月20日まで深夜4時間の暗期中断を実施

<sup>a</sup>暗期中断打ち切りから発蕾までに要した日数、<sup>b</sup>暗期中断打ち切りから開花までに要した日数、<sup>c</sup>調査個体のうち2016年3月8日までに開花した個体の割合<sup>d</sup>舌状花に着色が認められた花序の数、<sup>e</sup>切り花長の中央付近の茎径、<sup>f</sup>切り花長80cm、下葉20cmを除去して調製した切り花の重さ、'セイプリンス'はデータなし<sup>ut</sup>2016年3月8日までに開花した個体の平均

## 考 察

輪ギクでは、夏季の高温に遭遇した株は、低温（涼温）、短日条件下ではロゼットし開花しないが、冷蔵処理した発根苗や挿し穂を用いると、ロゼットする不良環境下でも伸長、開花する（小西，1975，1980）。実験1ではスプレーギクでも同様な効果が得られるかについて、生産現場で開花遅延が生じやすい品種を供試し、17～48日間冷蔵処理した挿し穂と無冷蔵のものとの伸長、開花を比較した。高温遭遇した無冷蔵のキクでも、高夜温では伸長、開花する（小西，1975；豆塚ら，1983）とされるが、生産現場では栄養成長期と花芽発達期を15℃、花芽分化期を18℃とする慣行温度管理においても開花遅延がみられることから、本実験の夜温もその条件で行った。この結果、供試した両品種ともに31日間の冷蔵処理をすると、暗期中断打ち切り時の草丈が無冷蔵のものよりやや高くなり、17日間および48日間の処理では無冷蔵区と変わらなかった。冷蔵処理苗を用いた小西の実験（1975）では、栽培温度が5～10℃と低い場合は、冷蔵期間が長いほど伸長し、栽培温度が15℃では20日と40日では差はなくなり、20℃では無冷蔵でもよく伸長することが報告されている。本実験では夜温を15℃としたが、31日間の冷蔵処理のみ草丈伸長が促進されたことから、17日間の短期間や48日間の長期間の冷蔵よりも、冷蔵期間は30日程度で伸長促進効果が得られることが示唆された。開花については、'レミダス'では、17日および31日間の処理で促進され、48日間と長期間になると開花が早まらなかった。これに対して、'レーガンエリートピンク'では、31日間の処理で最も開花が早まり、48日間でも開花が早まったが、17日間では促進効果は小さかった。'レーガンエリートピンク'は、生産現場において特に開花遅延が生じやすく、十分な開花促進を得るためには、'レミダス'よりも長い冷蔵期間が必要と考えられた。住友ら（2008）は、輪ギク'神馬'において、夏季高温遭遇した親株から採取した挿し穂と高温に遭遇しない親株から採取した挿し穂を用い、低温管理下で栽培すると、高温遭遇した親株から得た挿し穂では、開花が抑制されることを報告している。本実験で用いた親株は、夏季をハウス内のなりゆき温度で栽培したため高温に遭遇したものである。高温に遭遇していないものとの比較はできていないが、スプレーギク'レミダス'や'レーガンエリートピンク'においても、高温によって伸長抑制や花成抑制が生じていることが観察されたが、挿し穂の冷蔵処理によりそれらが回復し、草丈伸長や開花促進されることが示唆された。なお、'レミダス'で48日間の冷蔵で開花の促進がみられなかったのは、'神馬'がいわゆる幼若性を獲得すること（石倉・藤田，2003）と同様な現象が生じたことも考えられるが、



詳細は不明である。一般に挿し穂の冷蔵は、呼吸による体内同化産物の消耗と穂の腐敗を防ぐために2~3℃で4週間までが良いとされる(大石, 1995)。本実験の冷蔵温度は使用した冷蔵庫の能力から5℃としたが穂の腐敗は認められなかった。しかし、冷蔵中の穂の腐敗防止を考慮すると、冷蔵温度は慣行の2~3℃とし、冷蔵期間は‘レミダス’、‘レーガンエリートピンク’ともに冷蔵による伸長、開花促進効果が認められた30日程度とするのが適当と考えられた。

輪ギクでは冷蔵処理の効果には、品種間差異が認められ、開花促進型、開花遅延型、無反応型が存在する(船越, 1989)。実験2ではスプレーギクにおいても品種間差異がみられるかを検討した。供試した8品種のうち4品種が挿し穂冷蔵によって開花が早まり、4品種は無冷蔵と差はなかった。このことから、スプレーギクにおいても、挿し穂冷蔵により開花促進されるものと、効果の確認できないものが存在することが明らかとなった。そして、その促進程度にも品種間差があり、‘レーガンエリートピンク’は、促進効果が大きいことが示された。また、茎伸長に関しては、輪ギクでは冷蔵処理はほとんどの品種で促進的に作用する(大石, 1995)とされるが、本実験においても暗期中断打ち切り時の草丈は全ての品種で冷蔵処理区の方が高く、スプレーギクにおいても冷蔵処理により伸長性が向上することが示唆された。

輪ギクの挿し穂冷蔵苗は、開花可能な温度域が広くなり低温管理でも開花する(小西, 1975; 前田・住友, 1982)ため、燃料消費量の削減につながる。実験3では、慣行温度管理よりも低温で管理した場合の挿し穂冷蔵処理の効果を検証した。‘レミダス’および‘レーガンエリートピンク’では、低温で管理した場合、無冷蔵では開花に到らない個体が認められたが、冷蔵処理した挿し穂を用いると、慣行の温度管理とほぼ同様に開花した。このことから、これらの品種では挿し穂の冷蔵処理は、低夜温管理下における生育・開花の促進に有効であると考えられた。また、慣行温度管理においても、冷蔵処理した挿し穂を用いると、無冷蔵のものよりも開花が促進されたことから、夜温を低く設定する冬季開化作型において、挿し穂冷蔵処理の有効性が示された。一方、‘セイプリンス’は、夜温管理、冷蔵の有無にかかわらず、すべての処理で同様に生育、開花したことから、冷蔵処理した挿し穂を用いても低夜温による生育、開花促進への影響は小さいと考えられた。

実験4では、燃料消費量の削減が見込まれる川西ら(2012)および今給(2006)の変温管理法を基本に、栄養成長期と花芽分化期は14時から18℃で加温する日中加温と夜間の変温管理を組み合わせた温度管理で冷蔵処理と無冷蔵の挿し穂を用いて生育・開花を比較した。筆者らは実験4と同じ温度管理を3月中旬開花の作型で実施し、燃料消費量が慣行管理に比べて30%削減される(未発表)ことを確認しており、この管理法は省エネ型の温度管理であるといえる。しかしながら、この管理法は、品種によっては、到花日数の増加やスプレーフォーメーションの乱れが生じることが指摘されている(川西ら, 2012)。慣行管理と日中加温+夜間変温管理間を比較すると、同一の挿し穂を用いた場合、‘レミダス’では生育、開花の差はほとんどなかったが、‘レーガンエリートピンク’では、無冷蔵の場合、日中加温+夜間変温管理では、慣行管理に比べて発蕾が遅れて開花率も低下した。生産現場では通常、複数の品種を同一ハウス内で栽培するため、‘レーガンエリートピンク’など開花遅延が生じやすい品種を導入した場合、省エネ型温度管理を行うと品質低下や栽培期間が長くなるため、生育・開花が確実な温度管理で栽培することが多く、暖房コストを増加させている。しかしながら、‘レーガンエリートピンク’においても、挿し穂の冷蔵処理を行うことにより、日中加温+夜間変温管理でも慣行の温度管理と同様に生育、開花したことから、冷蔵処理した挿し穂を用いると省エネ型温度管理でも適応できることが示唆された。また、挿し穂を冷蔵すると、両温度管理ともに無冷蔵のものよりも開花が促進され、実験3と同様の結果が得られたことか

ら、挿し穂の冷蔵処理による開花促進効果は比較的高い温度管理においても安定して得られると考えられた。一方、‘セイプリンス’では、切り花長が冷蔵処理で長くなったが、温度管理や冷蔵の有無による開花への影響は認められず、実験3と同様な結果が示された。

以上から、輪ギクと同様にスプレーギクにおいても冬季開花作型における挿し穂の冷蔵処理による伸長、開花促進効果が認められた。ただし、その効果には品種間差が存在した。また、‘レミダス’および‘レーガンエリートピンク’では、無冷蔵では開花遅延が生じる低夜温や省エネ型温度管理を実施した場合でも、冷蔵処理により慣行夜温管理と同様に生育・開花することが示された。なお、キクは高温や低温の温度履歴によって、生育、開花反応が変化すると考えられるため、実用面では、自家育苗など温度履歴が明らかな挿し穂を利用することに留意する必要があると思われる。

## 摘 要

スプレーギクの冬季開花作型において、挿し穂の冷蔵処理が、草丈伸長と開花に及ぼす影響を検討した。‘レミダス’、‘レーガンエリートピンク’の挿し穂を5℃で31日間冷蔵処理すると、無冷蔵に比べて開花が早まった。また、8品種を用いて挿し穂の冷蔵処理の適応性を調査したところ、供試した8品種とも冷蔵処理した区で無冷蔵よりも草丈伸長が、4品種で開花促進効果が認められ、開花反応には品種間差異が認められた。また、栽培温度管理を慣行温度管理よりも2℃低い低温管理、および省エネ型の温度管理である日中加温＋夜間変温管理（栄養成長期は14時～20時：18℃、20時～6時：13℃、花芽分化期は14時～0時：18℃、0時～7時16℃、花芽発達期は17時～20時30分：18℃、20時30分～7時12℃）で栽培した場合、‘レミダス’および‘レーガンエリートピンク’では、挿し穂を冷蔵処理することで、慣行管理と同様に生育、開花した。一方、‘セイプリンス’では、冷蔵処理と無冷蔵で生育、開花に明らかな差異は認められなかった。

## 引用文献

- 福田正夫．1989．作型別栽培技術，施設電照ギク．p52-91．改訂キク上巻．誠文堂新光社．東京．
- 船越桂市．1989．苗の冷蔵と挿し芽．p20-26．改訂キク上巻．誠文堂新光社．東京．
- 今給黎征郎．2006．スプレーギク，夜温の変温管理による暖房コスト低減．p518の2-518の7．農業技術体系花卉編6（キク）．農文協．東京．
- 石川高史．2011．キクの作型とコスト削減対策．p23-36．キクをつくりこなす．農文協．東京
- 石倉 聡・藤田暁子．2003．穂冷蔵処理と定植後の管理温度が秋ギク‘神馬’の生育と開花に及ぼす影響．園学中四支部研究発表要旨．42：50．
- 川西孝秀・島 浩二・林 寛子・道園美弦・久松 完．2012．日没の時間帯からの短時間昇温処理がスプレーギクの生育，開花および切り花品質に及ぼす影響．園学研．11(2)：241-249．
- 川田穰一．1989．作型別栽培技術．スプレーギク．p97-124．改訂キク上巻．誠文堂新光社．東京．
- 小西国義．1980．キクのロゼット化に関する諸問題．農業および園芸．55：57-62．
- 小西国義．1975．さし芽苗の低温処理によるキクのロゼット化防止．園学雑．44(3)：286-293．
- 前田浩典・住友昭利．1982．冷蔵加温電照ギクにおける昼夜温管理が燃料消費および生育開花に及ぼす影響．徳島農試研報．20：27-36．
- 豆塚茂実・松川時春・小林泰生．1983．キクの電照栽培における高所ロゼットに関する研究．福岡

農総試研報. B-2 : 55-61.

大石一史. 1995. 品質, 収量向上技術, 苗の低温処理. p159-161. 農業技術体系花き編 6 (キク). 農文協. 東京.

大石一史・大須賀源芳・米村浩次. 1984. 電照栽培秋ギクの夏期長期冷蔵による親株育成 (第 1 報). 夏期の親株育成温度と生育開花. 愛知農総試研報 16 : 162-172.

大石一史・米村浩次・大須賀源芳. 1985. 電照栽培秋ギクの夏期長期冷蔵による親株育成 (第 2 報). 生長活性低下に及ぼす高温の影響. 愛知農総試研 17 : 215-219.

住友克彦・道園美弦・久松 完・柴田道夫. 2008. 栽培ギク '神馬' において夏季の高温遭遇は低温条件下での開花遅延を引き起こす. 花き研報. 8 : 1-7.





# 黒星病抵抗性ウメ ‘星高’ の育成と減農薬栽培への可能性の評価

北村祐人<sup>1</sup>・武田知明<sup>1,3</sup>・沼口孝司<sup>1</sup>・土田靖久<sup>1</sup>・根来圭一<sup>1,4</sup>・林 恭平<sup>1,5</sup>・  
岩本和也<sup>2,6</sup>・菱池政志<sup>1,7</sup>・中 一晃<sup>1,3</sup>・島津 康<sup>1,8</sup>

<sup>1</sup>和歌山県果樹試験場うめ研究所  
<sup>2</sup>和歌山県農業試験場暖地園芸センター

## Breeding of Scab-resistant Japanese Apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) ‘Seiko’ and Evaluation of Possibility for Fungicide-saving Cultivation

Yuto Kitamura<sup>1</sup>, Tomoaki Takeda<sup>1,3</sup>, Koji Numaguchi<sup>1</sup>, Yasuhisa Tsuchida<sup>1</sup>, Keiichi Negoro<sup>1,4</sup>, Kyohei Hayashi<sup>1,5</sup>, Kazuya Iwamoto<sup>2,6</sup>, Masashi Hishiike<sup>1,7</sup>, Kazuaki Naka<sup>1,3</sup> and Ko Shimazu<sup>1,8</sup>

<sup>1</sup>Japanese Apricot Laboratory, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

<sup>2</sup>Horticultural Research Center, Agriculture Experiment Station, Wakayama Prefecture

### 緒 言

ウメ黒星病は糸状菌 *Cladosporium carpophilum* Thümen を病原とし、新梢には黄緑色～褐色、果実表面には緑黒色の斑点を生じる病害である（原，1916；島津・武田，2015）。果実での発病は商品価値を著しく損なうため、産地では徹底した防除対策が取られている。*C. carpophilum* は枝病斑内で越冬し、春季に枝病斑上に形成した分生子が雨媒伝染することで拡散する。‘南高’新梢では25℃前後で最も感染しやすく、感染時の濡れ時間が長いほど発病が促進されるため（武田ら，2013）、主感染時期である落弁後から果実肥大期にかけての高温多雨条件によって発病が助長される。また、気候変動に関する政府間パネルの高位参照シナリオに基づく2081～2100年の平均地表温度は1986～2005年より2.6～4.8℃上昇すると予測されており（IPCC，2013）、近い将来には感染時期が現在よりも高温条件となることにより、現状の防除体系であっても黒星病が多発することが懸念されている。

これまで黒星病に抵抗性をもつ品種の探索が行われ、その結果、‘織姫’や‘光陽’などの品種が比較的強い抵抗性を有していることが明らかとなった（土師ら，2001）。しかしながら、これらはいずれも果実重が5～10g程度の小梅品種であるため、果実サイズが比較的大きく、かつ黒星病にも抵抗性を有するウメ品種の育成が求められてきた。そこで和歌山県農業試験場暖地園芸センターおよび果樹試験場うめ研究所では産地の主力品種であり果実形質に優れる‘南高’を片親にした交雑による黒星病抵抗性品種の育成を進め、‘南高’×‘地藏梅’の交雑に由来する選抜系統の中から

<sup>3</sup>現在：和歌山県果樹試験場

<sup>4</sup>現在：和歌山県農林水産部農業生産局経営支援課

<sup>5</sup>現在：和歌山県農林水産部農林水産政策局農業農村整備課

<sup>6</sup>現在：和歌山県農林水産部農業生産局果樹園芸課

<sup>7</sup>現在：和歌山県農業試験場

<sup>8</sup>現在：和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

豊産性が期待される自家和合性を有し、黒星病抵抗性に優れる‘星高’（系統名：ウメ和歌山1号）を選抜した。ここでは、‘星高’の育成経過および特性について述べるとともに、本品種を用いた減農薬栽培の可能性についても評価する。なお、本研究の一部は農林水産省の農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「地球温暖化に対応したブドウおよびウメ新品種の育成と温暖化に伴う適地変化予測」により実施した。

## 材料および方法

### 1. ‘星高’の育成経過

1999年2月に、‘南高’に‘地藏梅’の花粉を授粉して交配を行った。この交配に由来する交雑種子から、翌年63個体からなる交雑実生集団を獲得した。自家和合性に関わるS遺伝子型を調査するため、各交雑実生の葉からDNeasy Plant Mini Kit (Qiagen)を用いてゲノムDNAを抽出し、Taoら(2000)の方法に従ってPCRを行うことで自家和合性と予測される23個体を選抜した。2003年に和歌山県果樹試験場うめ研究所内のほ場に定植して育成を続け、比較的黒星病自然発病の少ない1個体を選抜して系統名「ウメ和歌山1号」として育成・調査を行った。2010年より第3回ウメ系統適応性検定試験に供試して全国6場所において試験栽培を実施した。その結果、2014年2月の系統適応性検定試験成績検討会において、安定した黒星病抵抗性が認められる系統として最終選抜された。その後、2015年12月11日に品種名‘星高’として種苗法に基づき品種登録出願を行い、2016年6月23日に品種登録出願公表された。‘星高’の着果状況、果実外観および果実断面を第1図に示す。



第1図 ‘星高’の着果状況（左）および果実外観と断面（右）

注）右図中の白線は2cmを示す。

### 2. ‘星高’における黒星病抵抗性の評価

2011～2013年にかけて、黒星病菌の接種試験により‘星高’の黒星病抵抗性を評価した。接種にはうめ研究所保存の1菌株を供試した。PDA培地で前培養した供試菌を滅菌水で懸濁してオートミールアガーに流し込み、25℃、BLBライト照射下で約2週間培養して分生子を形成させた。接種する植物は2011年時点で12年生の‘星高’原木および対照品種として13年生‘南高’を供試した。2011年は4月25日、2012年は5月1日、2013年は4月25日に、蒸留水で $1.0 \times 10^5$ 個/mlに調製した黒星病菌分生子懸濁液を果実が数十果着果した側枝に噴霧してポリエチレン袋で覆い、48時間温室を保持した。2011年は5月25日、2012年は6月1日、2013年は6月6日に果実発病を調査し、

発病指数を 0：病斑なし，1：病斑 1～3 個，2：4～8 個，4：9～20 個，6：21 個以上とし，以下の数式で発病度を数値化した。

$$\text{発病度} = \frac{\sum(\text{発病指数} \times \text{程度別発病果数})}{\text{調査果数} \times 6} \times 100$$

### 3. ‘星高’における樹体および果実特性

2012～2013 年にかけて，群馬県農業技術センター（群馬県伊勢崎市），神奈川県農業技術センター（神奈川県平塚市），和歌山県果樹試験場うめ研究所（和歌山県日高郡みなべ町），徳島県立農林水産総合技術支援センター（徳島県板野郡上板町），愛媛県農林水産研究所果樹研究センター（愛媛県松山市）および鹿児島県農業開発総合センター北薩分場（鹿児島県薩摩川内市）の 6 県の公立試験研究機関において‘星高’の樹体特性および果実特性を調査した。和歌山県うめ研究所においては 2012 年時点で 13 年生の原木を，その他 5 機関においては 2012 年時点で 2 年生接ぎ木苗もしくは高接ぎ 3 年生の個体を供試した。対照品種には 2012 年時点で 4～21 年生の‘南高’を用いた。肥培管理は各県が定める基準に従って行い，系統適応性検定試験・特性検定試験調査方法に従って樹体および果実特性を調査した。開花盛期は樹全体の約 80%の花芽が開花した日，収穫盛期は樹上の青果収穫において収穫量が全体の半分以上を上回った日とした。果実特性は青果収穫盛期に無作為に選んだ 10 果を用いて調査し，ヤニ果率は収穫盛期の 50 果以上を観察して外ヤニおよび水浸状ヤニがみられた果実の合計の割合として算出した。酸度は果実 10 果から採取した果汁 1ml を 1N の水酸化カリウム水溶液で中和滴定し，クエン酸等量として算出した。

2013～2014 年に，和歌山県うめ研究所において‘星高’の着果性を調査した。2013 年時点で 14 年生の‘星高’原木および 15 年生‘南高’を用い，約 100 個の花芽が着生した枝を選定した。また，自家結実率の調査のため，開花前に約 100 個の花芽が着生した枝をネット（網目 4mm）で覆い，ミツバチなどの訪花昆虫による他家受粉を防止した。その後，受精に至らなかった花芽（子房）が脱落するとされる第一次生理落果終了後に着果数を計測した。

### 4. 減農薬防除体系における黒星病発病評価

2016 年に和歌山県うめ研究所植栽の‘星高’高接ぎ樹 5 樹および 15 年生‘南高’，2017 年に 5～7 年生‘星高’10 樹，6 年生‘南高’5 樹および 6 年生‘小粒南高’5 樹を供試した。黒星病防除薬剤として水和硫黄剤（500 倍）を用い，開花後から収穫期までに 2016 年は 0～3 回，2017 年は 0～4 回散布した。各年の散布回数と散布日を第 1 表に示す。2016 年は 5 月 31 日，2017 年は 6 月 2 日に果実発病を調査し，上記と同様の方法で発病度を算出した。

## 結果および考察

### 1. ‘星高’における黒星病抵抗性評価

接種試験による‘星高’果実における黒星病発病度は，2011 年は 38.9，2012 年は 46.4，2013 年は 50.0 であった（第 2 図）。それに対して‘南高’果実の発病度は，2011 年は 98.0，2012 年および 2013 年は 100 であり，調査年を通して，‘星高’の黒星病発病度は‘南高’の 40～50%であった。このことから，‘星高’は‘南高’よりも比較的強い抵抗性を有するものと考えられたが，全く発

第1表 水和硫黄剤散布回数および散布日

年度	品種	散布回数	散布日 <sup>2</sup>			
2016			-	4/19	4/29	5/13
	星高	3回	-	○	○	○
		2回	-	○	○	-
		1回	-	○	-	-
		無散布	-	-	-	-
南高	無散布	-	-	-	-	
2017			4/3	4/12	4/24	5/10
	星高, 南高,	4回	○	○	○	○
		3回	○	○	-	○
	小粒南高	2回	○	-	○	-
		1回	○	-	-	-
	無散布	-	-	-	-	

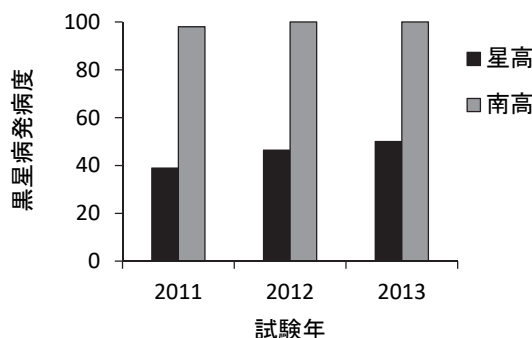
<sup>2</sup>各日において○は散布あり，－は散布なしを示す。

病しないということではなく、慣行栽培における‘南高’と同程度以下にまで発病の少ない高品質果実生産のためには適切な防除が必要であることも示された。これまでの研究によってウメ黒星病抵抗性の自然発病環境下での品種間差が調査されており、発病度が非常に小さい品種や中程度の品種、激しい発病が見られる品種が見出されているが（土師ら，2001）、複数の調査年を通して全く発病の見られない品種はいまだ発見されていない。‘星高’の花粉親である‘地蔵梅’についても、新梢への黒星病菌接種試験では‘南高’よりも発病度が小さくなるが、‘織姫’や‘光陽’といった品種よりは発病度が大きいことが報告されている（島津ら，2010）。しかしながら、新品種育成にあたっては病害抵抗性だけではなく、果実サイズや結実性などの商品性も重視する必要があるため、限られた遺伝資源の中では“やや強い”程度の抵抗性をもつ品種であっても、それらの交雑による実生集団から、比較的強い抵抗性かつ商品性も有する系統を選抜することが現状では妥当だと考えられる。

## 2. ‘星高’の樹体特性および果実特性

ウメ第3回系統適応性検定試験における6場所の調査結果を第2表に示す。‘星高’の樹姿は6場所中5場所で開帳と判定され、樹勢は中程度およびやや強勢と判定した場所が3場所ずつであった。果形は円～短楕円と判定した場所が多く、果皮色は4場所が緑と判定し、淡緑黄および淡緑と判定した場所が1場所ずつであった。果皮の紅色着色は4場所が中、2場所が少と判定した。‘南高’果皮においては、太陽光への暴露によってアントシアニン生合成が促進されて紅色着色が進むことが報告されており（Oeら，2012）、着色性の判定には栽培園地の光環境が大きく影響を及ぼすと考えられる。なお、果肉色は全ての場所で淡緑と判定された。

開花期、収穫期、果実形質に関する調査データについて、2012年および2013年の平均値を第3表に示す。‘星高’の開花盛期（約80%開花）は鹿児島県で最も早い2月28日、愛媛県で最も遅い3月22日であった。6場所の平均は3月10日で、‘南高’よりも2日遅かった。青果の収穫盛



第2図 接種試験による果実の黒星病発病度

第2表 ‘星高’の樹体および果実特性

試験地	品種	樹齢	樹姿	樹勢	果形	果皮色	果皮の紅色着色	
							果皮の紅色着色	果肉色
群馬	星高	3	中	中	円	淡緑黄	中	淡緑
	南高	17	中	中	楕円	淡緑黄	中	淡緑
神奈川	星高	3	開帳	中	卵	緑	中	淡緑
	南高	22	開帳	中	卵	淡緑	中	淡緑
和歌山	星高	14	開帳	中	短楕円	緑	中	淡緑
	南高	15	開帳	中	短楕円	緑	中	淡緑
徳島	星高	高接4	開帳	やや強勢	短楕円	緑	少	淡緑
	南高	11	開帳	強勢	卵	緑	中	緑
愛媛	星高	3	開帳	やや強勢	短楕円	緑	少	淡緑
	南高	5	やや開帳	やや強勢	短楕円	淡緑	中	淡緑
鹿児島	星高	高接4	開帳	やや強勢	円	淡緑	中	淡緑
	南高	17	開帳	中	円	淡緑	中	淡緑

期は鹿児島県で最も早い6月5日、神奈川県で最も遅い6月29日であった。6場所のデータを平均すると6月17日となり、‘南高’の平均値と等しくなった。しかし‘星高’の収穫期は群馬県でのみ‘南高’より大幅に早まっており、その他の場所では‘南高’と同日か‘南高’よりも遅く収穫期を迎えた。群馬県において‘星高’の収穫期が大幅に早まった原因は樹勢や気象条件等の環境要因が予想され、総合的には‘星高’の収穫期は‘南高’よりもやや遅れるものと考えられる。果実重は18.6～38.0gであり、調査したいずれの場所においても‘南高’（24.6～50.4g）より小さかった。核重率は6.4～12.3%の間で平均すると8.8%となり、‘南高’と同程度であった。果汁の酸度は4場所のみの調査であったが、5.2～6.2%となり、平均すると‘南高’と同程度であった。ヤニ果の発生は、3場所ではいずれの品種でも観察されなかった。神奈川県と徳島県では‘南高’においてのみ発生が確認され、‘星高’でヤニ果の発生が見られたのは和歌山県のみであったため、‘星高’は‘南高’に比べてヤニ果の発生しにくい品種であるといえる。



‘星高’の着果率は自然交配条件および自家結実条件のいずれにおいても40～50%程度であり、それに対して‘南高’では自然交配条件では25～37%、自家結実条件では0%であった(第4表)。このことから、‘星高’は‘南高’とは異なり自家結実性を有しており、受粉環境によらず安定して受粉が行われていることが示された。

以上の結果より、‘星高’は‘南高’に比べてやや開花期および収穫期が遅くなり、果実サイズが小さくなるものの、安定した着果性を有し、ヤニ果の少ない優良品種であることが確認された。

第3表 ‘星高’の開花期、収穫期および果実形質

試験場所	品種	開花盛期 <sup>z</sup>	収穫盛期 <sup>y</sup>	果実重 (g) <sup>x</sup>	核重率 (%) <sup>x</sup>	酸度 (%) <sup>w</sup>	ヤニ果率 (%) <sup>v</sup>
群馬	星高	(3/12) <sup>u</sup>	(6/17)	(22.7)	(8.0)	-	(0.0)
	南高	3/18	7/2	42.3	6.8	-	0.0
神奈川	星高	3/14	6/29	38.0	6.7	-	0.0
	南高	3/13	6/27	50.4	6.8	-	1.5
和歌山	星高	3/2	6/19	26.0	9.3	5.2	3.9
	南高	2/25	6/13	38.9	8.7	6.0	13
徳島	星高	(3/15)	(6/13)	(20.0)	(10.3)	(6.2)	(0.0)
	南高	3/9	6/13	37.0	12.8	(5.5)	4.0
愛媛	星高	3/22	6/19	18.6	12.3	5.6	0.0
	南高	3/18	6/19	24.6	13.1	5.5	0.0
鹿児島	星高	2/28	6/5	25.4	6.4	5.9	0.0
	南高	2/21	5/31	35.7	5.0	5.7	0.0
平均	星高	3/10	6/17	25.1	8.8	5.7	0.6
	南高	3/8	6/17	38.1	8.8	5.7	3.1

<sup>z</sup> 樹体全体の約80%の花芽が開花した日

<sup>y</sup> 青果収穫量が全体の半量を超えた日

<sup>x</sup> 10果の平均値

<sup>w</sup> クエン酸等量

<sup>v</sup> 水浸状ヤニおよび外ヤニの合計

<sup>u</sup> 括弧内の値は単年(2013年)の調査値

第4表 ‘星高’の着果特性

品種	着果率(%)			
	自然交配 <sup>z</sup>		自家結実 <sup>y</sup>	
	2013	2014	2013	2014
星高	41.0	39.4	46.6	50.0
南高	25.2	37.4	0.0	0.0

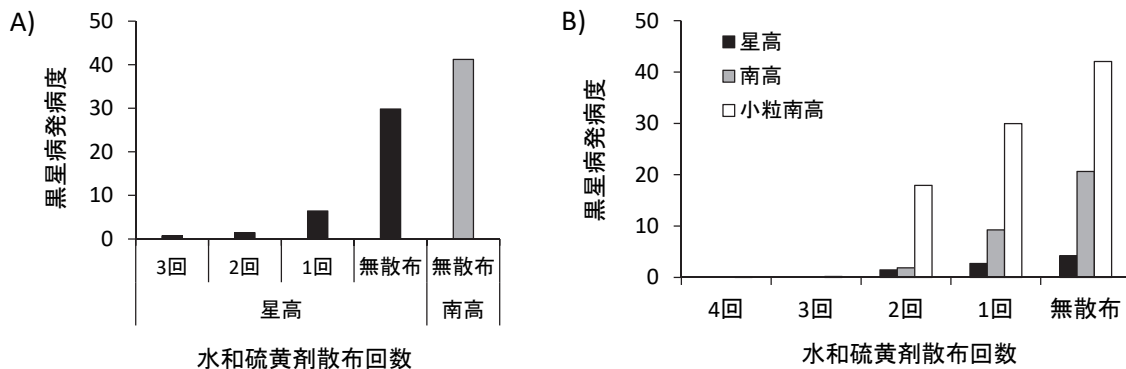
<sup>z</sup> 自然状態で第一次生理落果後に調査

<sup>y</sup> 花芽に袋がけをして第一次生理落果後に調査

### 3. ‘星高’を用いた減農薬栽培の可能性

2016年の調査では, ‘星高’への水和硫黄剤3回, 2回, 1回散布および無散布区において, 果実の黒星病発病度はそれぞれ0.7, 1.4, 6.4および29.8であった(第3図A). それに対して‘南高’の水和硫黄剤無散布区では果実発病度は41.2であった. このことから, 水和硫黄剤の散布回数が増加するにしたがって黒星病の発病度は小さくなることが示され, ‘星高’果実の黒星病自然発病は薬剤無散布であっても‘南高’果実よりは少なくなることを確認された.

2017年は詳細な品種間差を調査するため, ‘星高’, ‘南高’および‘小粒南高’を用いて各品種につき0~4回の水和硫黄剤散布を行った. その結果, いずれの品種においても無散布および1~2回散布条件では黒星病の発病が見られたが, その発病度は‘星高’で最も小さく1.5~4.2, 次いで‘南高’では1.9~20.6, ‘小粒南高’で最も大きく17.9~42.0となった(第3図B). 散布3回以上では‘星高’および‘南高’果実における黒星病発病は観察されず, ‘小粒南高’においても発病度が0.2以下となった. 散布2~4回では‘星高’と‘南高’との間に発病度の明確な差異が認められず, 散布3回以上では‘小粒南高’とも差がなかったが, これは2017年5~6月の果実肥大期の降雨が少なく, 試験に用いた園地では黒星病の発病が全体的に少なかったことも一因として考えられる. 減農薬栽培の可能性評価のためには, 今後多発年も含めた反復試験や様々な散布日の組み合わせ試験が必要である. しかし, 本試験のいずれの処理区でも‘星高’果実の発病度は比較的小さかったことから, 減農薬栽培に向けた有望品種であると考えられる. 和歌山県における現在の慣行防除体系では黒星病防除のために開花後から収穫期までに4回の薬剤散布が行われており, その回数を減らすことで低コスト栽培および環境負荷低減が可能になると期待される.



第3図 水和硫黄剤散布回数と果実の黒星病発病度との関係

A) 2016年(5月31日調査), B) 2017年(6月2日調査)

### 4. 今後の黒星病抵抗性ウメ育種への展望

上記のように, ‘星高’は比較的強い黒星病抵抗性を有しており, 減農薬栽培向けの有望品種であるが, 無防除で発病を完全に抑えることは困難である. したがって, 今後はさらに強い抵抗性を持ち, 商品性にも優れる品種の育成も望まれる. しかしながら, 選抜項目の増加と選抜水準の高度化は育種規模拡大の必要性を招き, 長い幼若期間や個体サイズなどの果樹特有の特徴からも, 交雑実生集団の果実における発病評価には長い年月と広大な栽培面積を要する. ニホンナシ (*Pyrus pyrifolia* Nakai) の黒星病(病原: *Venturia nashicola*) 抵抗性は抵抗性の‘巾着’を用いた交雑集団の解析により, 単一の主働遺伝子 *Vnk* によって支配されていることが明らかになっており, *Vnk* は



ニホンナシの第1染色体上にマッピングされ、その近傍に設計された RAPD 由来の STS マーカーによって抵抗性／罹病性を判定することが可能となっている (Iketani ら, 2001 ; Terakami ら, 2006). ウメ黒星病菌 *C. carpophilum* はモモ (*Prunus persica*) やアズミ ( *P. armeniaca* ) など他のサクラ属果樹にも感染して病徴を発現する世界的にも重要な病原であるが (Hendrix, 1995), これに対する抵抗性の遺伝的要因に関してはいずれの樹種においてもいまだ報告がない. ただし, ‘星高’の自殖集団では黒星病抵抗性の評価値は連続的な分布をすることから, 同じ糸状菌病であってもナシ黒星病とは異なり, ウメ黒星病抵抗性は複数の遺伝子座が関与する量的形質であることが示唆されている (沼口ら, 2017). したがって, ウメ黒星病抵抗性の遺伝的要因特定や幼苗選抜のための多型マーカー開発には, 量的形質遺伝子座 (QTL) 解析やゲノムワイド関連解析等の手法が有効であろうと推察される. ウメの全ゲノム配列はすでに解読されており (Zhang ら, 2012), シーケンシング技術や解析プログラムの開発も急速に進んでいることから (藤井, 2016), ゲノムワイドな多型の検出や高密度な遺伝地図の構築は比較的容易になってきている. 今後はこれらの遺伝子型情報を活用し, 抵抗性形質データの蓄積も併せて実施することで, 抵抗性遺伝子座の特定および早期選抜マーカーの開発を進める予定である.

## 摘 要

本研究では, 黒星病に比較的強い抵抗性を示すウメ ‘星高’を育成し, その特性調査および減農薬栽培に向けた評価を行った.

1. 果実への接種試験による ‘星高’の黒星病発病度は, ‘南高’の 40~50%であった.
2. ‘星高’の樹姿, 樹勢等の樹体特性は ‘南高’と同程度であり, 開花期は ‘南高’に比べてやや遅くなる傾向にあった.
3. ‘星高’の青果収穫期は ‘南高’より数日遅くなり, 果実重は ‘南高’より小さいもののヤニ果の発生は少なく, その他の特性は ‘南高’とほぼ同程度であった.
4. ‘星高’は自家和合性を有しており, 安定した結実がみられた.
5. 薬剤散布回数を減らした条件でも ‘星高’の黒星病発病程度は比較的小さく, 減農薬栽培に向けた有望品種と考えられた.

‘星高’の特性調査にあたり, 系統適応性検定試験に協力いただいた全国の公設試験場関係諸氏に深く感謝の意を表す. また, 長年にわたり樹体やほ場の維持管理に尽力していただいた, 和歌山県農業試験場暖地園芸センターおよび和歌山県果樹試験場うめ研究所の歴代職員諸氏に心から感謝の意を表す.

## 引用文献

- 藤井 浩. 2016. 果樹研究のバイオインフォマティクス. 農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所. つくば.
- 土師 岳・足立嘉彦・八重垣英明・山口正己. 2001. ウメ黒星病の自然発病における品種間差異について. 園学雑. 70 (別2) : 240.
- 原 攝祐. 1916. 果樹病害論. P.392.

- Hendrix, F. F. Jr. 1995. Scab. Pages 11–12 in: Compendium of Stone Fruit Diseases. J. M. Ogawa, E. I. Zehr, G. W. Bird, D. F. Ritchie, K. Uriu and J. K. Uyemoto, eds. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Iketani, H., K. Abe, T. Yamamoto, K. Kotobuki, Y. Sato, T. Saito, O. Terai, N. Matsuta and T. Hayashi. 2001. Mapping of disease-related genes in Japanese pear using a molecular linkage map with RAPD markers. *Breed. Sci.* 51: 179–184.
- IPCC. 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1535 pp.
- 沼口孝司・北村祐人・石川 亮・石井尊生. 2017. ウメ黒星病抵抗性に関与する QTL の同定に向けた形質評価. *園学研.* 16 (別2) : 387.
- Oe, T., N. Sakurai, K. Negoro, A. Kuwabara, M. Okamuro, T. Mitani and M. Hosohira. 2012. Relationship between surface blushing and qualitative components of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) ‘Nanko’ fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 81: 11–18.
- 島津 康・武田知明. 2015. 黒星病. 原色果樹の病害虫診断事典. P.119. 農文協. 東京.
- 島津 康・土田靖久・林 恭平. 2010. ウメ実生幼苗に対する混合接種による黒星病, かいよう病抵抗性検定法. *近中四農研.* 16 : 15–20.
- 武田知明・北村祐人・中 一晃. 2013. ウメ黒星病菌分生子の新梢への感染に及ぼす温度と濡れ時間の影響. *日植病報.* 79 (1) : 48.
- Tao, R., T. Habu, H. Yamane, A. Sugiura and K. Iwamoto. 2000. Molecular markers for self-compatibility in Japanese apricot (*Prunus mume*). *HortScience* 35: 1121–1123.
- Terakami, S., M. Shoda, Y. Adachi, T. Gonai, M. Kasumi, Y. Sawamura, H. Iketani, K. Kotobuki, A. Patocchi, C. Gessler, T. Hayashi and T. Yamamoto. 2006. Genetic mapping of the pear scab resistance gene *Vnk* of Japanese pear cultivar Kinchaku. *Theor. Appl. Genet.* 113: 743–752.
- Zhang, Q., W. Chen, L. Sun, F. Zhao, B. Huang, W. Yang, Y. Tao, J. Wang, Z. Yuan, G. Fan, Z. Xing, C. Han, H. Pan, X. Zhong, W. Shi, X. Liang, D. Du, F. Sun, Z. Xu, R. Hao, T. Lv, Y. Lv, Z. Zheng, M. Sun, L. Luo, M. Cai, Y. Gao, J. Wang, Y. Yin, X. Xu, T. Cheng and J. Wang. 2012. The genome of *Prunus mume*. *Nature communications* 3: 1318.



# ウメ ‘露茜’ 果実の大量追熟法およびそれに適した収穫時期 簡易判定法の開発

北村祐人<sup>1</sup>・大江孝明<sup>1</sup>・下 博圭<sup>1,3</sup>・竹中正好<sup>1,4</sup>・城村徳明<sup>1</sup>・佐原重広<sup>2,5</sup>  
・植田栄仁<sup>2</sup>・川村 実<sup>2,6</sup>

<sup>1</sup>和歌山県果樹試験場うめ研究所

<sup>2</sup>和歌山県日高振興局農林水産振興部農業水産振興課

## Bulk Force-ripening Method for Japanese Apricot ‘Tsuyuakane’ Fruit and Simplified Determination Criteria of Optimum Harvesting Time

Yuto Kitamura<sup>1</sup>, Takaaki Oe<sup>1</sup>, Hiroyoshi Shimo<sup>1,3</sup>, Masayoshi Takenaka<sup>1,4</sup>, Noriaki Jomura<sup>1</sup>, Shigehiro Sahara<sup>2,5</sup>, Yoshihito Ueda<sup>2</sup> and Minoru Kawamura<sup>2,6</sup>

<sup>1</sup>Japanese Apricot Laboratory, Fruit Tree Experimental Station, Wakayama Prefecture

<sup>2</sup>Hidaka Promotions Bureau, Wakayama Prefecture

### 緒 言

和歌山県におけるウメ生産量は約 60,300 トンであり、全国生産量の約 65%を占める（農林水産省、2016）。その主力品種‘南高’は県内生産量の 80%を占めるトップブランドとなっており、大半が梅干しに加工されて流通・消費されている。しかし近年、食生活の西洋化や景気の低迷により、高級贈答品を中心とした梅干しの消費は減少を続け、購入額および購入量ともに 2015 年にはピーク時である 2002 年の約 70%まで落ち込んでいる（総務省、2016）。したがって、ウメ産地では梅干し以外の加工用途に適した品種開発が望まれている。独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下農研機構）果樹研究所（現：国立研究開発法人農研機構果樹茶業研究部門）でニホンズモモ（*Prunus salicina*）‘笠原巴旦杏’とウメ（*P. mume*）‘養青’との種間交雑により育成され、2009 年に品種登録された‘露茜’は、果皮および果肉が赤色に着色し、梅酒や梅シロップ等の加工品に適する品種として注目されている（八重垣ら、2012；山口ら、2008）。

‘露茜’は樹上で果実が完熟して赤く着色する品種であるが、筆者らはこの果実を完熟前に収穫して、エチレン発生剤に由来するエチレン処理によって 4 日間追熟することで、樹上完熟果実よりも果肉中のアントシアニン含量を大幅に高めることができることを明らかにしている（大江ら、2013、2016）。この技術は果実に付加価値をもたらすだけでなく、樹上完熟で問題となる鳥獣被害を回避できる手段としても有効である。近年、産地の拡大および収穫量の増加に伴い、追熟処理のスケールアップおよび効率化が求められている。さらに筆者らは、追熟に適した‘露茜’果実の収穫時期として、果皮の着色指数および果肉硬度に基づいて追熟後のアントシアニン含量が最も多くなる時期

<sup>3</sup>現在：和歌山県総務部財政課

<sup>4</sup>現在：和歌山県西牟婁振興局農林水産振興部農業水産振興課

<sup>5</sup>現在：和歌山県農林水産部農林水産政策局農林水産総務課

<sup>6</sup>現在：和歌山県農林水産部農業生産局経営支援課

の判別基準を報告している（大江ら，2017）．しかし，生産者一人一人が詳細な果皮色および果肉硬度基準を判断して収穫することは困難であるため，より簡易な収穫時期判定方法の提示も求められてきた．そこで本研究では，ウメ産地で用いられている収穫用コンテナをビニル資材で被覆することで大量の‘露茜’果実を一度に追熟する方法を考案し，その追熟環境の条件検討を行った．さらに，特殊な機器を用いることなく生産現場で収穫適期を判断できる果皮色に基準を限定し，果皮の着色程度と追熟後のアントシアニン含量との関係に基づいた簡易収穫適期判別法を開発した．なお，本研究は農林水産省の農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「高機能性ウメ品種「露茜」の需要拡大を目指した安定生産技術並びに加工技術の開発」により実施した．

## 材料および方法

### 1. ‘露茜’果実の大量追熟法の開発

本項目の試験において，供試した‘露茜’果実を採取した樹は以下の通りである．

- ・和歌山県果樹試験場うめ研究所植栽の‘古城’への高接ぎ樹（以下，うめ研究所植栽樹）
- ・和歌山県日高郡みなべ町気佐藤地区現地園植栽の6年生苗木（2013年時点，以下，気佐藤園植栽樹）
- ・和歌山県日高郡みなべ町清川地区現地園植栽の‘南高’への高接ぎ樹（以下，清川園植栽樹）

#### 1) ビニル被覆期間およびコンテナ資材の検討

2013年6月20日にうめ研究所植栽樹から，2014年7月11日に清川園植栽樹から‘露茜’果実を収穫した．20kgずつ収穫コンテナ（容量約55L）に入れ，1コンテナあたり5袋のエチレン発生剤（熟れごろ，日園連）を入れて農業用ポリ塩化ビニルシートで被覆し，ゴムバンドで固定・密封した．追熟は常温で4日間，うめ研究所の屋内で行い，うちビニル被覆期間を2013年は1～4日，2014年は1～3日とする試験区を設定した．また，2014年は底面が板状になっている通常のコンテナ（以下，通常コンテナ）に加えて，底面が網状になったコンテナ（以下，網コンテナ）を用い，同様にビニル被覆期間を1～3日として追熟を行った．処理開始から4日後，果実全体の重量減少率，果実に濃い緑色の残る不完全着色果実発生率，腐敗した果実の発生率および乾燥してしわの生じた果実の発生率（全て重量ベース）を調査した．

#### 2) 追熟に用いるエチレン発生資材およびその処理量の検討

##### (1) エチレン発生剤

2013年6月14日に気佐藤園植栽樹から，6月20日にうめ研究所植栽樹から，2014年7月1日に清川園植栽樹から，2015年6月8日に気佐藤園植栽樹から‘露茜’果実を収穫した．20kgずつ収穫コンテナに果実を入れ，2013年は上記と同様のエチレン発生剤を1コンテナあたり3もしくは5袋，2014および2015年は1コンテナあたり3，4もしくは5袋ずつ入れ，上記試験と同様の方法でビニル被覆期間を2日として追熟を行った．追熟終了後，果実重減少率，不完全着色果実発生率および腐敗果実発生率を調査した．

##### (2) ‘南高’完熟落下果実

2013年7月4日，2014年7月1日および2015年6月26日に清川園植栽樹から‘露茜’果実を収穫した．20kgずつ収穫コンテナに果実を入れ，‘露茜’果実に対して2013年は1/5，1/7および1/9量，2014年は1/10量，2015年は1/10，1/20および1/40量の‘南高’完熟落下果実（試験当日に落

下したものを)を入れたコンテナを同じビニル内に封入し、上記と同様にビニル被覆期間を2日として追熟を行い、果実重減少率、不完全着色果実発生率および腐敗果実発生率を調査した。

### (3) ポンベ式のエチレンガス

2016年6月9日および6月16日に気佐藤園植栽樹から‘露茜’果実を収穫し、10~17kgずつ収穫コンテナに入れてビニルで被覆した。その後ポンベ式のエチレンガス(ジエチレンサイエンス)を、濃度が480ppm, 720ppm および960ppmになるように注射器を用いて各コンテナに注入した。また、2016年6月23日に清川園植栽樹から採取した果実を用いて同様に被覆し、濃度が240ppm, 360ppm および480ppmになる量のエチレンを処理開始時および24時間後に2回注入し、同様に追熟して果実重減少率、不完全着色果実発生率および腐敗果実発生率を調査した。

### (4) 果実由来のエチレン量測定

2013年7月10日にうめ研究所植栽の‘露茜’から硬い(果実硬度0.5kg以上)、やや硬い(果実硬度0.3~0.4kg程度)および柔らかくて赤く着色した(果実硬度0.3kg以下)果実を5果ずつ、‘南高’からは果皮色が緑、黄緑、黄、橙黄および橙となった果実を3果ずつ採取した。各果実の重量を測定したのち、密封容器に入れて‘露茜’は1300~1600分後、‘南高’は100~200分後にシリンジで容器内の空気を吸い取り、ガスクロマトグラフィー(GC-14B, 島津製作所)によりエチレン含量を測定した。

## 2. 大量追熟に適した収穫期判定法の開発

### 1) 果実の収穫および品質調査

2014~2015年にかけて、和歌山県日高郡みなべ町気佐藤園(海岸から約1.3km)および清川園(海岸から約13.0km)において‘露茜’果実を収穫した。気佐藤園では2014年時点で7年生の苗木3樹を用い、清川園では‘南高’成木へ高接ぎした‘露茜’3樹を用いた。2015年の清川園では6年生の苗木3樹も用いた。2014年は気佐藤園では6月10日、清川園では2014年6月19日から樹上完熟期まで3日ごとに果実を1樹あたり10果採取した。2015年には気佐藤園では6月3日から、清川園では高接ぎ樹は接ぎ木部から先端までの中間点を境にして樹冠外層と内層に分け、苗木は6月15日から、高接ぎ樹の外層および内層はそれぞれ6月21日および6月27日から、前年と同様に3日ごとに果実を採取した。採取した果実は重量を計測し、レオメーター(COMPAC-100II, サン科学)を用いて果実硬度を測定した(60mm/m定深度測定, 直径5mm円柱, 侵入1mm)。また、大江ら(2013)の方法に従って果皮の着色指数を決定した。すなわち、果皮の紅色着色程度を6段階(0:着色なし, 1:薄紅色, 3:朱色, 5:濃赤色, 2および4はそれぞれ1と3および3と5の中間)に分類し、着色程度別の果皮面積割合を5%刻みで目視で評価し、以下の式を用いて着色指数を算出した。

$$\text{着色指数} = \frac{\sum(\text{着色程度} \times \text{面積割合})}{5}$$

### 2) 追熟果実におけるアントシアニン含量の測定

採取した果実は容量約21Lの機能性段ボール箱(羽山ら, 2009)に入れ、エチレン発生剤3袋とともに密封して20℃の恒温室で4日間追熟した。追熟後の果実は、果実の一部に緑色が残る不完全着色果実の数を計測し、核を除いて分析に用いるまで-20℃で保存した。果実中のアントシアニン含



量は大江ら（2013）の方法に従い測定した。すなわち、果皮および果肉を含む試料を5%ギ酸中、マルチディスペーサー（PB95、エスエムテ）を用いて15000rpmで1分間ホモジナイズし、4℃で24時間抽出した。2300gで10分間遠心分離したのち、上清を0.45 $\mu$ mのメンブレンフィルターでろ過し、octadecylsilyl（ODS）カラム（Shim-pack VP-ODS、島津製作所）を装着した高速液体クロマトグラフィー（LC-10Avp、島津製作所）を用いて測定した。標準物質として、‘露茜’果実の主なアントシアニン成分であるシアニジン-3-グルコシドおよびシアニジン-3-ルチノシドを用い（赤木ら、2011）、これらの合計値をアントシアニン含量とした。

### 3) 追熟前の果皮着色および追熟後の果肉色に基づく収穫期判定基準

2015年に採取した‘露茜’果実を用い、着色指数0~10、10~20、20~30、30~40、40~60、60~80および80以上の7段階に果実を分類した。それぞれの範囲に収まる代表的な果実を選定し、縫合線に対して垂直な方向から果実外観の写真を撮影した。また、それらの果実を上記と同様の条件で追熟し、追熟果実を縫合線に沿った面で切り、その断面の写真を撮影した。なお、着色指数0~10の果実については、追熟後の写真は不完全着色果実を選んで撮影した。

## 結果および考察

### 1. ‘露茜’果実の大量追熟法の開発

#### 1) ビニル被覆期間およびコンテナ資材の種類と追熟後の果実品質

これまでに筆者らは、外生エチレン処理を行い20℃で4日間追熟することで、‘露茜’果実のアントシアニン含量を増加させることができることを報告している（大江ら、2016）。本研究では、収穫コンテナに入った多量の果実に対しても追熟可能な環境条件を特性化することを目的とした。機能性段ボール箱を用いた場合は4日間箱を密封したままで追熟が可能であるが（大江ら、2016）、ポリ塩化ビニルシートの場合はガス透過性が異なる可能性があり、同様の条件で追熟が可能かどうかは不明である。そこで、まずは果実を密封してエチレン処理をする最適な期間を見いだすため、ビニル被覆期間ごとの追熟果実品質を調査した。

2013年および2014年ともに、被覆期間1日でも不完全着色果実の発生は少なく、追熟は可能であった（第1表）。ただし、被覆期間1日では乾燥果実の発生が見られたことと、果実重の減少率がやや多い傾向にあった。これは、外気に曝される時間が長くなることで呼吸や蒸散による果実からの水分放出量が多くなるためと考えられる。被覆期間が長くなるにしたがって、果実重減少率は少なくなる傾向にあったが、逆に3日以上被覆期間を設けると不完全着色果実や腐敗果実が増加する結果となった。これは長期間の密封状態による低酸素条件や結露の影響であると考えられ、本結果からはビニル被覆期間を2日間とし、その後開放してさらに2日間追熟させる方法が最適であると判断された。多くのクライマクテリック果実は内生エチレンによって成熟が促進されるが（Lelièvreら、1997）、キウイフルーツ（*Actinidia spp.*）など一部の果実は果実の追熟にエチレン処理が必要とされている（矢野・長谷川、1993）。そのエチレンの作用は二酸化炭素によって阻害されることも報告されており（Kuboら、1989）、本試験の‘露茜’果実においても、呼吸によって生じた二酸化炭素の蓄積により、被覆期間が長くなった場合に追熟に対して障害が発生した可能性がある。なお、コンテナ中の通気性確保や結露の抑制のため、底面が網状になった網コンテナを用いたところ、ビニル被覆期間3日でも腐敗果実の発生を抑制することができた。ただし、不完全着色果

実はやや多く発生したことに加え、追熟に伴い果実の軟化が進むため、コンテナ底面に接した果実に網目状の跡が残るもの観察された。‘露茜’果実は現在全て加工原料として出荷されていることから果実外観が問題視されることは少ないが、今後の用途の展開によっては商品性を損なう可能性もあり、網コンテナの使用には注意を払う必要がある。

第1表 ビニル被覆期間および収穫コンテナの種類と追熟後の‘露茜’果実品質

試験年度	コンテナ	被覆期間(日)	果実重減少率(%)	不完全着色果実発生率(%)	腐敗果実発生率(%)	乾燥果実発生率(%)
2013	通常	1	-	0.4	5.1	1.8
		2	-	1.3	2.0	0.0
		3	-	0.7	21.5	0.0
		4	-	8.7	4.8	0.0
2014	通常	1	3.8	1.1	0.2	0.0
		2	3.0	0.6	0.4	0.1
		3	2.6	1.9	4.3	0.1
	網コンテナ	1	3.6	1.1	0.0	0.1
		2	2.7	1.0	0.1	0.0
		3	2.5	6.0	0.4	0.1

## 2) エチレン発生資材の種類および処理量と追熟後の果実品質

エチレン発生剤を用いた追熟では、2013 および 2015 年の試験において 1 コンテナあたり 3 袋では不完全着色果実が比較的多く発生した(第2表)。年次による差はみられたものの、4 袋以上では不完全着色果実の発生率に差はなく、安定して追熟が可能であると考えられた。エチレン発生剤の数量によって果実重の減少率や腐敗果実の発生率に差はみられなかった。

一般にウメはクライマクテリック型の果実であり(久保, 2002)、自身でエチレンを生合成して熟度が進行する。そこでウメ‘南高’の果実から発生するエチレンを用いて‘露茜’果実の追熟を行うことを検討した。2013 年は‘露茜’果実に対して 1/5, 1/7 および 1/9 量の‘南高’完熟落下果実を用いて追熟を行ったところ、やや多くの不完全着色果実が発生したが、‘南高’果実量による差はみられなかった(第2表)。2014 年以降、徐々に‘南高’果実量を減らして追熟を行ったところ、‘露茜’果実の 1/20 量の‘南高’果実でも不完全着色果実の発生を少なく抑えることができた。

さらに省力的・低コストなエチレン供給源として、ガスボンベ式のエチレンガスを用いて追熟を行った。480ppm および 720ppm のエチレンガス処理では、960ppm 処理に比べて不完全着色果実の発生が多くなる傾向にあった(第2表)。また、上記処理区の半量のエチレンを 24 時間おきに 2 回に分けて処理したところ、いずれの処理区でも不完全着色果実の発生は少なく抑えられた。なお、いずれの処理区間においても、果実重減少率や腐敗果実発生率に顕著な差はなかった。不完全着色果実の発生は追熟中の温度による影響を受けるほか(大江ら, 2016)、後述するが果実の熟度や大きさにも左右される。年次間でみられる全体的な不完全着色果実発生程度の差は、このようなエチレン処理方法以外の要因によるものであると推測される。

第2表 エチレン発生源の種類および処理量と追熟後の‘露茜’果実品質

エチレン発生源	試験年度	数量 <sup>2</sup>	果実重減少率 (%)	不完全着色果実発生率 (%)	腐敗果実発生率 (%)	
発生剤	2013	3袋	-	7.6	-	
		5袋	-	2.4	-	
	2014	3袋	2.6	2.1	0.1	
		4袋	2.8	1.7	0.3	
		5袋	2.8	1.3	0.2	
	2015	3袋	3.0	6.2	0.1	
		4袋	3.6	5.2	0.4	
		5袋	2.8	5.1	0.1	
	‘南高’果実 <sup>3</sup>	2013	1/5	1.9	7.7	-
			1/7	1.8	9.8	-
			1/9	2.0	7.6	-
		2014	1/10	3.0	2.6	0.0
2015		1/10	4.2	1.6	2.2	
		1/20	4.4	2.7	0.5	
		1/40	4.0	10.9	0.2	
ガスボンベ	2016	480ppm	3.5	4.2	0.2	
		720ppm	3.5	5.1	0.4	
		960ppm	4.0	2.2	0.2	
		240ppm×2 <sup>4</sup>	3.9	1.4	1.4	
		360ppm×2 <sup>4</sup>	3.5	1.8	0.5	
		480ppm×2 <sup>4</sup>	4.1	1.9	2.0	

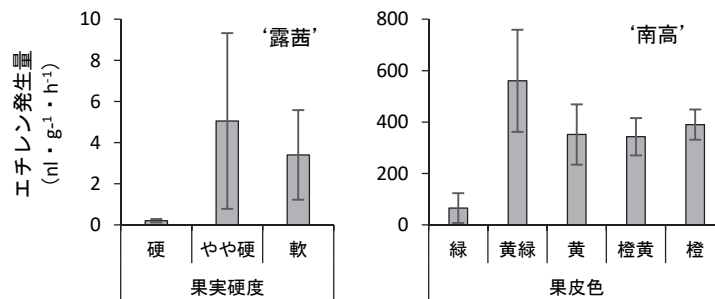
<sup>2</sup>収穫コンテナ1個あたりの数量

<sup>3</sup>処理当日に完熟落果した‘南高’果実

<sup>4</sup>処理開始時およびその24時間後に処理

ウメと同様、ニホンスモモもクライマクテリック型果実に分類されるが、果実からのエチレン発生量はウメよりも少ないとされている(久保, 2002)。それらの種間雑種である‘露茜’も自身では内生エチレンをほとんど産生しなかったが(第1図)、人為的なエチレン処理によって急速に追熟が進むことから、分類上はクライマクテリック型の果実である。すでに商業的にエチレン処理による追熟が実施されているキウイフルーツでは、500ppmのエチレンを20時間処理することで果実の自己触媒作用によるエチレン生成が誘導され、数日で追熟できることが示されているが(Whittakerら, 1997)、エチレン生成能力や感受性は植物種・品種によっても大きく異なる(立木, 2007)。本試験で用いたエチレン発生剤は、規格上は1袋あたり約20mlのエチレンを発生するとされている。これは収穫コンテナ中では約360ppmに相当する量であり、追熟効果が安定する4袋(約1440ppm)は、ガスボンベを用いた試験結果と比べてもかなり多い。しかし、この発生剤はエチレンを放出する状態(ピンで袋に穴を開ける)にしたのち、2時間程度で大部分が放出される仕様となっており(データなし)、コンテナをビニル被覆する作業中にも相当量が外気中に放出されていることが予想される。このことが、少ない発生剤量での追熟効果を不安定にしている要因と推測される。‘南高’

黄熟果実から発生するエチレン量は緑色の果実では少なく、やや黄色がかった果実で最も多かった(第1図)。完熟落果直後の果実に相当する黄色果実では2~3時間後における測定で約 $360\text{nl}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ であり、これを1kg、48時間あたりに換算すると約18mlとなる。‘露茜’果実に対して1/20量の‘南高’果実でも追熟が可能であったことは、‘露茜’果実20kgを充填した収穫コンテナ1個あたり1kgの‘南高’果実、すなわち18mlのエチレン(約330ppm)で追熟が可能であることを意味している。これはガスボンベを用いた試験結果よりも少ないが、試験開始時に一度だけエチレンを処理した場合と異なり、果実からは随時少量ずつのエチレンが発生するため、少ないエチレン総量であってもほぼ全ての‘露茜’果実が追熟可能であるものと推察される。このことは、エチレンガスを2回に分けて処理することで比較的少量のエチレンで追熟が可能であったという結果からも支持されるとともに、ビニル被覆中であってもエチレンはビニルを透過し、外気へ徐々に拡散されていることも示している。したがって、‘露茜’果実を追熟する際は、エチレン供給形態や被覆資材のエチレン透過性を勘案して行う必要がある。



第1図 ‘露茜’および‘南高’果実から発生するエチレン量  
注) 縦棒は標準誤差を示す(‘露茜’: n=5, ‘南高’: n=3)

## 2. 大量追熟に適した収穫期判定法の開発

### 1) 収穫時期と果実の着色程度および追熟後の果実品質の関係

2014年は、気佐藤園の‘露茜’苗木および清川園の高接ぎ樹について、経時的に採取した果実の果実重、果実硬度および着色指数を測定し、追熟後の不完全着色果実の発生率およびアントシアニン含量を調査した。いずれの園地においても、採取が遅くなるほど果実重および着色指数は大きく、果実硬度は小さくなった(第3表)。気佐藤園の苗木において、6月10日に採取した果実では追熟後に10%以上の不完全着色果実が発生したが、6月16日以降に採取した果実では発生は見られなかった。また、追熟果実中のアントシアニン含量は6月13日採取の果実で最も多くなった。清川園の高接ぎ樹においては、初回の6月19日に採取した果実では追熟後の不完全着色果実が27%程度発生し、その後7月1日採取果実まで7%程度の発生が見られた。アントシアニン含量は6月22日採取の果実で最大となった。清川園において果実成熟後期まで不完全着色果実の発生が比較的多く見られたことは、高接ぎ樹の樹冠面積が大きく、同一樹体内でも果実の成熟程度に大きなばらつきがあったためであると考えられる。また、追熟後のアントシアニン含量は全体的に気佐藤園より清川園の方が多かった。アントシアニン含量が最大となって以降、果実重の増大に伴ってアントシアニン含量は減少する傾向にあるが、気佐藤園ではアントシアニン含量が最大となった6月13日採取でも果実重は40gを超えており、清川園に比べて果実重が大きかったことがその一因と考えられる。



大江ら (2016) は 4L 階級までの‘露茜’果実では追熟後のアントシアニン含量に果実サイズによる顕著な差はないことを報告しているが、4L 果実の重量は平均 41g 程度であり、それ以上の果実重に関しては検討されていない。今回の結果は、ウメでは階級区分のないほどに肥大した果実では追熟後のアントシアニン含量は減少することを示唆している。

2014 年の結果を受けて、2015 年には清川園の高接ぎ樹を、果実成熟が比較的早く進むと考えられる樹冠の外層と、成熟が遅れる内層とに区別して調査を行った。前年と同様、いずれの園地・作型においても採取日が遅くなるほど果実重および着色指数は増加、果実硬度は減少した。追熟後の不完全着色果実の発生は、気佐藤園の苗木では 6 月 9 日、清川園の苗木では 6 月 21 日、高接ぎ樹の外層では 6 月 24 日、内層では 6 月 30 日に初めて 5% を下回った。また、追熟果実のアントシアニン含量が最大となったのは、気佐藤園では 6 月 6 日、清川園の苗木と高接ぎ樹外層では 6 月 21 日、高接ぎ樹内層では 6 月 27 日であった。高接ぎ樹を 2 つの層に分けたことで、不完全着色果実の発生は採取開始後比較的早期に減少した。このことは、樹冠の拡大した‘露茜’樹においては、少なくとも 2 度に収穫期を分散させる必要があることを意味している。‘露茜’の苗木は他のウメ品種ほど樹勢が強くなく、樹冠拡大は制限されると言われているが (八重垣ら, 2011)、高接ぎは早期の品種更新のために広く行われており、そのような園地においては収穫時の熟度のばらつきに注意する必要がある。

## 2) 追熟前の果実品質と追熟後の不完全着色果実発生との関係

2014 年および 2015 年ともに、果実重と着色指数の増加および果実硬度の減少に伴い、追熟後の不完全着色果実の発生は少なくなる傾向にあった (第 2 図)。果実重が 35~40g 程度にまで肥大した果実では、不完全着色果実の発生割合は極端に少なくなった。既報では、階級別に不完全着色果実の発生が調査されており、3L 以上の果実ではその発生割合が少なくなることが報告されている (大江ら, 2017)。35~40g というのは階級でいえば 3L~4L に相当し、本研究の結果は既報とほぼ一致しているといえる。不完全着色果実の発生が少なくなる時期の果実硬度には年次および園地によってやや幅があり、おおむね 1.5~2.0kg の時期であった。既報では果実硬度が 1.3kg 以下になると不完全着色果実の発生が減少することが報告されているが (大江ら, 2017)、本研究の結果を踏まえても、果実硬度と不完全着色果実との関係には年次によるばらつきが大きく、果実硬度は追熟に適した果実熟度の指標としてはやや信頼性に欠けると判断される。また既報では着色指数が 10 以上となる時期から不完全着色果実が減少することにも言及されており (大江ら, 2017)、本研究においても不完全着色果実が比較的多く発生したのは着色指数が 10 未満の果実においてであった。したがって、不完全着色果実の発生を低減するためには、果実サイズと着色に注目し、果実重は 35g 以上、着色指数が 10 以上となった果実を収穫することが有効であることは本研究からも確認された。

## 3) 追熟前の果実形質と追熟後のアントシアニン含量との関係

2014 年における追熟果実のアントシアニン含量は、果実重および着色指数が増加するほど、また果実硬度が減少するほど 2 次関数的に減少する傾向にあった (第 3 図)。2015 年においては、ややばらつきが大きかったものの、果実重は約 30g、果実硬度は約 2.3kg、着色指数は約 3 のときに最大値となる 2 次曲線で近似された。筆者らは、2011~2013 年の調査において、追熟後の‘露茜’果実のアントシアニン含量が最大となるのは、着色指数が約 10、果実硬度が約 1.5kg となった時期であることを報告している (大江ら, 2017)。本研究でも、着色指数が 10 程度のときはまだアントシア

ニン含量もピークに近い値を示すことで既報と整合性が取れているが、果実硬度が 1.5kg のときとなると、かなりピーク時と比べてアントシアニン含量が低い値を示す結果となっている。したがって、不完全着色果実発生の結果と同様、作型や年次によらない普遍的な追熟の適否を判断する熟度指標として果実硬度を用いることは困難であると、本結果からも考えられた。

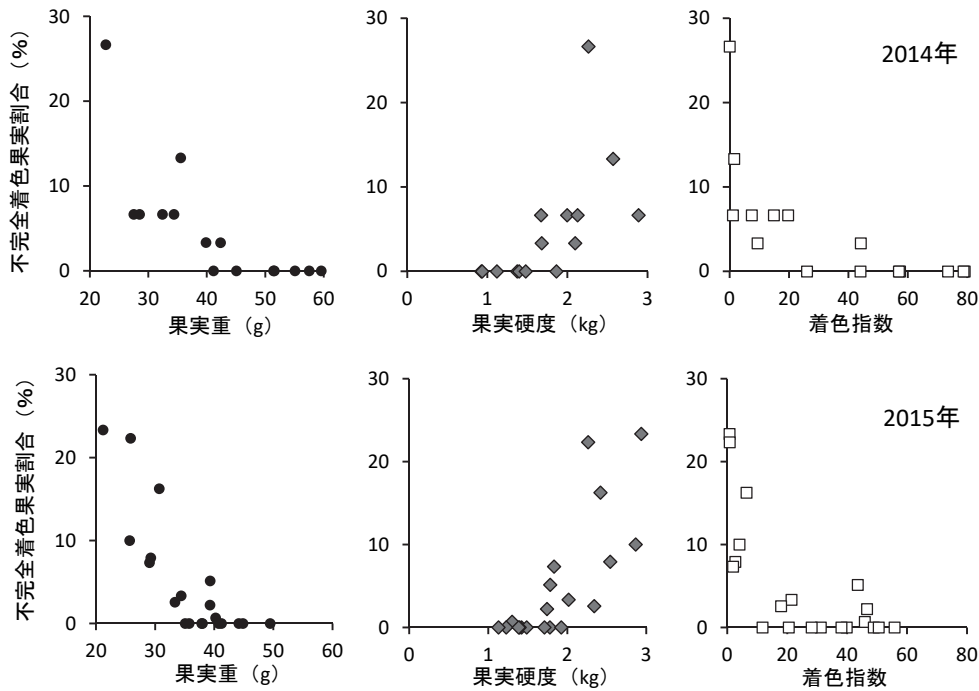
第3表 各園地における‘露茜’果実採取日と追熟前後の果実品質

年度	園地	苗木／ 高接ぎ	採取日	追熟前			追熟後 <sup>2</sup>	
				果実重 (g)	果実硬度 (kg)	着色 指数	不完全着色果実 発生率 (%)	アントシアニン含量 (mg・100g <sup>-1</sup> FW) <sup>3</sup>
2014	気佐藤	苗木	6/10	35.5	2.57	1.5	13.3	15.5
			6/13	42.3	2.10	9.4	3.3	22.0
			6/16	45.1	1.86	26.1	0.0	14.8
			6/19	51.6	1.37	57.3	0.0	11.0
			6/22	55.1	1.40	73.5	0.0	16.4
			6/25	59.6	0.93	79.1	0.0	7.9
			6/28	57.5	0.93	78.7	0.0	4.3
	清川	高接ぎ	6/19	22.7	2.26	0.0	26.7	18.2
			6/22	27.5	2.89	1.1	6.7	39.0
			6/25	28.5	2.00	7.4	6.7	20.2
			6/28	32.4	2.13	14.9	6.7	21.5
			7/1	34.4	1.67	19.7	6.7	21.6
			7/4	39.9	1.68	44.2	3.3	19.2
			7/7	41.1	1.48	44.0	0.0	21.2
2015	気佐藤	苗木	6/3	21.2	2.94	0.7	23.3	20.8
			6/6	25.7	2.87	4.0	10.0	35.3
			6/9	34.4	2.02	21.4	3.3	23.4
			6/12	37.9	1.78	39.9	0.0	17.3
			6/15	40.2	1.30	45.9	0.7	13.8
	清川	苗木	6/15	25.8	2.26	0.8	22.3	31.6
			6/18	30.7	2.42	6.4	16.3	32.6
			6/21	33.3	2.34	17.9	2.6	38.4
			6/24	39.3	1.78	43.5	5.1	35.9
			6/27	39.3	1.74	46.6	2.2	31.7
		高接ぎ (外層)	6/21	29.3	2.54	2.7	7.9	33.2
			6/24	38.0	1.92	11.7	0.0	29.7
			6/27	40.7	1.71	31.2	0.0	31.8
			6/30	44.2	1.42	48.9	0.0	22.8
高接ぎ (内層)	7/3	49.5	1.23	55.8	0.0	22.6		
	6/27	29.0	1.83	1.9	7.3	33.1		
	6/30	35.7	1.49	20.5	0.0	24.2		
	7/3	35.1	1.40	28.2	0.0	30.7		
	7/6	41.2	1.39	38.1	0.0	21.0		
7/9	44.8	1.13	50.5	0.0	19.5			

<sup>2</sup>追熟は 20°C で 4 日間

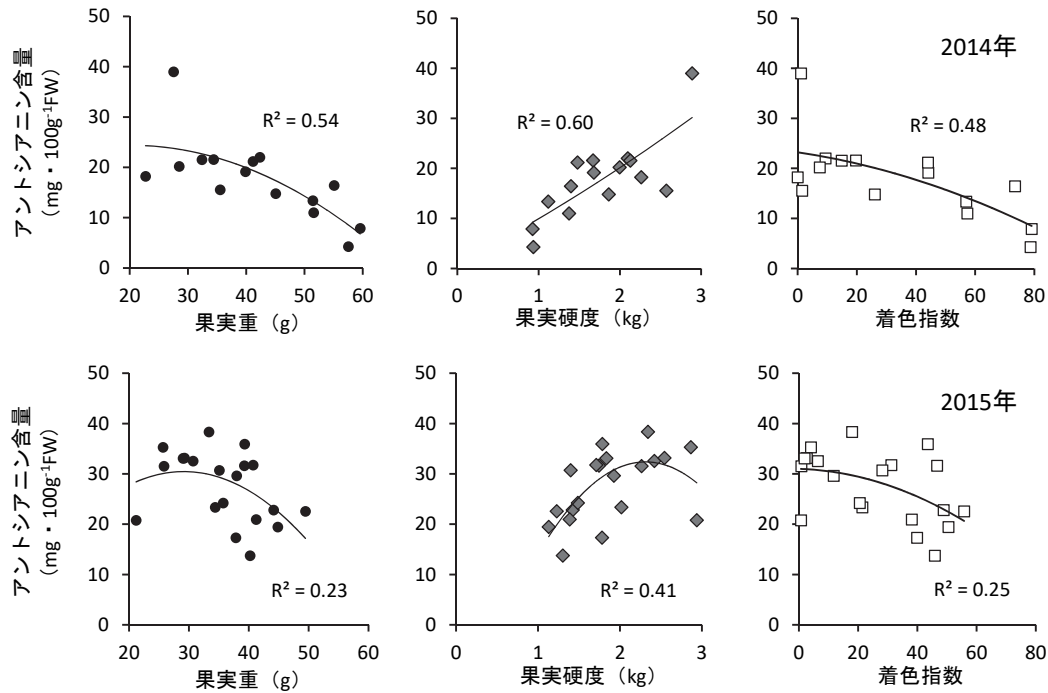
<sup>3</sup>アントシアニン含量はシアニジン-3-グルコシドとシアニジン-3-ルチノシドの総和





第2図 追熟前の果実重、果実硬度および着色指数と追熟後の不完全着色果実発生割合との関係

上記の結果から、追熟果実のアントシアニン含量には果実重および着色指数が大きく関与していると考えられた。そこで、これらの2成分をもとに追熟後のアントシアニン含量を予測するモデルを検討するため、アントシアニン含量 ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$ ) を目的変数 ( $A$ )、果実重 (g) および着色指数を説明変数 (それぞれ  $x$  および  $y$ ) にした重回帰分析を行った。その際、アントシアニン含量の変動は非線形であるため、次数を2とした回帰式  $A = a_1x^2 + a_2xy + a_3y^2 + a_4x + a_5y + a_6$  を用い、最小二乗法により係数の決定を行った。その偏回帰係数および、各項の寄与率となる標準偏回帰係数を第4表に示す。この結果からは、着色指数よりも果実重の方が寄与率は大きいことが読み取れるが、さらにそれよりも果実重と着色指数の交互作用が与える影響が大きいことを示している。この回帰式による予測値と実測値を比較したところ、決定係数 ( $R^2$ ) は 0.51 となった (第4図)。したがって、予測精度は決して高くはないものの、おおよそのアントシアニン含量の予測に耐えうる水準の回帰式であることは示された。なお、本回帰式を偏微分することによってアントシアニン含量が最大値となるときの各変数を求めると、果実重が 30.1g、着色指数が 1.42 のとき、アントシアニン含量が最大で  $31.1\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$  となる。ただし、各変数がこれらの値を示す時期は、まだ多くの不完全着色果実の発生が懸念される熟度であるため、実際にはもう少し果実サイズが大きく、着色の進んだ果実を収穫することが理想と考えられる。仮に果実重を 35g に固定すると、着色指数が 40 程度まで進んだとしても、 $20\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$  程度のアントシアニン含量は期待できることになる。このためには、収穫期において果実重が 35g 程度 (3L 級) となる果実を安定して生産する技術が必要となる。これまでに、‘露茜’の着果安定のための受粉対策技術や整枝せん定技術も講じられてきており (下ら, 2017; 竹中, 2016; 竹中ら, 2013), それらも含めた総合的な技術結集が安定供給には必要である。

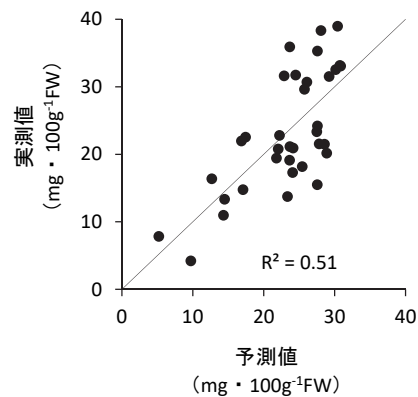


第3図 追熟前の果実重、果実硬度および着色指数と追熟後のアントシアニン含量との関係

第4表 重回帰分析における各項の係数<sup>2</sup>

	偏回帰係数	標準偏回帰係数
a <sub>1</sub>	-0.121	-10.716
a <sub>2</sub>	0.059	21.193
a <sub>3</sub>	-0.007	-1.405
a <sub>4</sub>	7.178	7.878
a <sub>5</sub>	-1.943	-1.303
a <sub>6</sub>	-75.383	-

<sup>2</sup> 目的変数をアントシアニン含量 (A), 説明変数を果実重 (x) および着色指数 (y) とし,  $A = a_1x^2 + a_2xy + a_3y^2 + a_4x + a_5y + a_6$  を用いて回帰分析

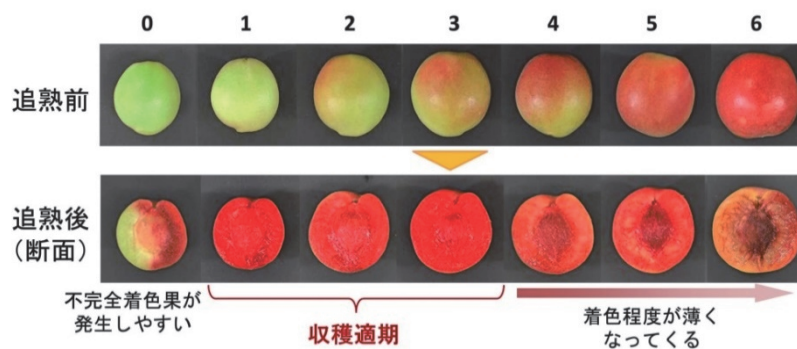


第4図 回帰式によるアントシアニン含量の予測値と実測値との関係

#### 4) 追熟前の果皮色に基づいた追熟用果実収穫期の判断基準

上記の結果より, 果実重と着色指数をもとにして追熟の効果を判断できることが示されたが, 着色指数は詳細な観察とやや複雑な算出方法によって導き出される値である. 収穫時にこの値を生産者が瞬時に評価することは困難であるため, より簡易な判断指標として, 着色指数に基づいて果実外観を7段階(0~6)に分類してカラー写真で示した収穫指標を作成した(第5図). 古くから果実の収穫期判断には果実の特定部位の色を単色で段階的に示したカラーチャートが用いられてきた(山崎・鈴木, 1980). ウメ‘南高’においても梅酒品質に影響する熟度を示したカラーチャートが開発されているほか(大江ら, 2014), ニホンスモモ‘サマーエンジェル’では果皮の赤色着色に基

づいたカラーチャートも実用化されている（富田ら，2013）．しかし，今回用いた‘露茜’の熟度は特定の部位の色ではなく，果実によっても着色部位の異なる赤色の変化を捉えたものであるため，単一の標準色ではなく果実外観全体の写真で示すこととした．同様の写真による熟度指標は，同じくニホンスモモとウメの種間雑種である‘紅の舞’でも開発されているが（平井ら，2013），追熟前後の対比を示したものは本報告が初めてである．本研究で開発した‘露茜’の指標区分でいえば，指標0（着色指数0～10）の果実では追熟しても不完全着色果実の発生が多くなることを示しており，指標1～3（着色指数10～40）の果実が追熟後に比較的多くのアントシアニンを確保できる範囲であることを示している．したがって，生産者に対しては本指標を参考に指標1～3での収穫を推奨することが適当と考えられる．本指標は当研究所発行の管理マニュアルにも掲載して配布し，広く普及を推進しているところである（和歌山県果樹試験場うめ研究所，2016）．今後はさらなる生産拡大に向けた追熟処理の効率化や，出荷時期調整のための収穫果実の貯蔵性評価試験なども実施する必要がある．



第5図 追熟前の果皮色および追熟後の果肉色を示した収穫指標

## 摘要

本研究では，収穫コンテナを用いた‘露茜’果実の大量追熟技術を開発するとともに，追熟に適した生産者向けの収穫期判断基準を提示するため，果皮色に基づいた簡易な熟度指標を作成した．

1. 収穫コンテナにエチレン発生剤を入れてビニル被覆することによって‘露茜’果実を追熟することができ，そのときのビニル被覆期間は2日が最適であることを明らかにした．
2. 収穫コンテナを用いた‘露茜’果実の追熟におけるエチレン発生資材は，エチレン発生剤では4袋以上，‘南高’落下果実では‘露茜’の1/20量以上，エチレンガスを注入する際は960ppm以上もしくはより少ない量を複数回に分けて処理することが適切であると判断された．
3. 果実重35～40g，着色指数10程度の果実を追熟すると，不完全着色果実の発生が少なく，アントシアニン含量も高まることが確認された．
4. 着色指数に基づくカラー写真の収穫指標を作成した．

本研究の実施にあたり，収穫作業および果実品質調査に協力いただいた紀州農業協同組合およびみなべ町役場の関係諸氏と，園地の使用を快諾していただいた株式会社池田土木および山本茂氏に深く感謝の意を表す．

## 引用文献

- 赤木知裕・大崎秀介・有田 慎・三宅英伸・根来圭一・末原慎也・佐藤尚也・仲 幸彦・松川哲也・三谷隆彦. 2011. 梅果実の紅色色素に関する研究. 農化講演集: 237.
- 羽山裕子・阪本大輔・中村ゆり・檜村芳記. 2009. 硬肉タイプのモモを軟化させるための簡便なエチレン処理方法. 日食保蔵誌. 35: 235-240.
- 平井一幸・吉岡正明・佐藤正義・北爪雅恵. 2013. ウメ品種「紅の舞」の人工受粉とカラーチャートを利用した効率的な収穫法. 群馬農技研報. 10: 57-63.
- 久保康隆. 2002. 収穫後の果実の取り扱い. P.195-217. 水谷房雄ら著. 最新果樹園芸学. 朝倉書店. 東京.
- Kubo, Y., A. Inaba and R. Nakamura. 1989. Effects of high CO<sub>2</sub> on respiration in various horticultural crops. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 58. 731-736.
- Lelièvre, J. M., A. Latchè, B. Jones, M. Bouzayen and J. C. Pech. 1997. Ethylene and fruit ripening. Physiol. Plant. 101: 727-239.
- 農林水産省. 2016. 作況調査 (果樹).
- 大江孝明・岡室美絵子・根来圭一・北村祐人・小西博文・原 大輔. 2014. ウメ‘南高’果実の収穫適期把握のためのカラーチャートの開発. 和歌山農林水研報. 2: 115-124.
- 大江孝明・竹中正好・北村祐人・根来圭一・岡室美絵子・土田靖久. 2017. アントシアニン増量のための追熟に適したウメ‘露茜’果実の収穫指標. 和歌山農林水研報. 5: 91-98.
- 大江孝明・竹中正好・根来圭一・北村祐人・松川哲也・三谷隆彦・赤木知裕・古屋挙幸・岡室美絵子・土田靖久. 2016. ウメ‘露茜’果実の追熟条件がアントシアニンの蓄積とその他機能性成分含量に及ぼす影響. 園学研. 15: 439-444.
- 大江孝明・竹中正好・櫻井直樹・根来圭一・古屋挙幸・岡室美絵子・土田靖久. 2013. ウメ‘露茜’果実の熟度と着果条件がアントシアニンの蓄積およびその他の機能性成分含量に及ぼす影響. 園学研. 12: 411-418.
- 下 博圭・竹中正好・北村祐人・佐原重広・川村 実. 2017. ウメ‘露茜’の安定生産のためのせん定法の確立. 和歌山農林水研報. 5: 99-105.
- 総務省. 2016. 家計調査.
- 竹中正好. 2016. ウメ「露茜」の早期多収生産および高品質果実の供給技術. P.61-65. 果実日本. 71. 日本園芸農業協同組合連合会. 東京.
- 竹中正好・佐原重広・大江孝明・北村祐人. 2013. ウメ‘露茜’に適した授粉品種の選定. 園学研. 12 (別2): 108.
- 立木美保. 2007. エチレンによる果実の成熟・老化制御機構. 果樹研報. 6: 11-22.
- 富田 晃・萩原栄揮・鈴木文晃・串田賢一. 2013. スモモ‘サマービュート’および‘サマーエンジェル’の収穫適期の把握と専用カラーチャートの開発. 山梨総合理工学研報. 8: 63-66.
- 和歌山県果樹試験場うめ研究所. 2016. ウメ「露茜」の早期多収生産及び高品質果実供給技術栽培管理マニュアル.
- Whittaker, D. J., G. S. Smith and R. C. Gardner. 1997. Expression of ethylene biosynthetic genes in *Actinidia chinensis* fruit. Plant Mol. Biol. 34: 45-55.

- 
- 八重垣英明・山口正己・土師 岳・末貞佑子・三宅正則・木原武士・鈴木勝征・内田 誠. 2012. ウメ新品種‘露茜’. 果樹研報. 13 : 1-6.
- 山口正己・八重垣英明・末貞佑子・土師 岳・三宅正則・内田 誠. 2008. ウメ新品種‘露茜’. 園学研. 7 (別1) : 299.
- 矢野昌充・長谷川美典. 1993. キウイフルーツの収穫後における自己触媒的なエチレン生成の特徴について. 園学雑. 62 : 625-632.

# ウメの連作障害に関する研究 (第1報) ウメ連作土壌および根含有成分の生育阻害作用の評価

大江孝明<sup>1</sup>・城村徳明<sup>1</sup>・岡室美絵子<sup>1,3</sup>・西原英治<sup>2</sup>

<sup>1</sup>和歌山県果樹試験場うめ研究所

<sup>2</sup>鳥取大学農学部

## Studies on Replant Failure of Japanese Apricot Tree

### I. Evaluation of the Growth Inhibition Activity on Continuous Cropping Soil and Root Component in Japanese Apricot

Takaaki Oe<sup>1</sup>, Noriaki Jomura<sup>1</sup>, Mieko Okamuro<sup>1,3</sup> and Eiji Nishihara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Japanese Apricot, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Tottori University

## 緒言

和歌山県においてウメは産出額がミカンに次ぐ基幹品目であり、2016年の生産量は60,300 tで、全国生産量の65%を占める。ウメの経済樹齢は25年程度とされており、産地を維持するためには老木園の若返りを推進する必要があるが、その際、改植した苗木が生育抑制される連作障害が問題となる。連作障害の要因として土壌病害や土壌養分の過不足等が挙げられる(山口, 1991)。また、他の要因として連作障害の発生しやすいモモでは、前作の根や土壌中に残っている青酸配糖体やその分解物並びに縮合性タンニン様物質の関与が明らかにされている(Gur・Cohen, 1988; 平野, 1977; 水谷, 1979; Mizutaniら, 1988; Ohigashiら, 1982)。モモと同じ核果類のウメにおいて連作障害に関する報告はあまりみられないが、渡辺・高野(1986)はウメ連作園が初作園に比べて収量が少なく、養分吸収が抑制されることを確認している。水谷(1980)はウメ樹体にも青酸配糖体が含まれることを‘豊後’、‘白加賀’等で明らかにしていることから、ウメでもモモ同様、これらの物質による連作障害が起こりうると考えられる。既報では、ウメ‘南高’の樹体にもそれらの物質が含まれていることを確認するとともに、根域に他のウメ樹の根やその水抽出液が存在すると、夏季の葉中窒素含有率が低くなり、樹体生育が抑制されることを明らかにした(大江ら, 2003)。また、青酸配糖体の1種のアミグダリンやその分解物の安息香酸を根域に与えると、樹体成長が抑制されることを明らかにした(大江ら, 2003)。これらのことから、ウメにおいても根含有成分による連作障害が起こると推察されたが、実際の連作土壌の生育阻害性は明らかでなく、青酸配糖体や安息香酸以外の物質の関与については未検討である。

そこで本研究では、ウメ連作土壌の生育阻害性を検討するとともに、加熱や化学処理を行った根の水抽出液を検定植物やウメの実生に与えることによって、生育阻害要因をより詳しく検討した。

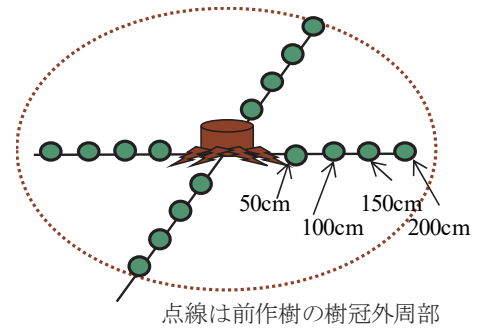
<sup>3</sup>現在：和歌山県果樹試験場



## 材料および方法

### 1. 前作樹から定植位置までの距離と幼木の生育（試験1）

2007年11月に和歌山県うめ研究所内の32年生ウメ‘南高’成木について、主幹の約40cmを残して伐採し、株は根を残してそのまま放置した。2008年12月17日にその伐採樹の主幹を中心として東西南北の4方向に‘南高’1年生苗木を50cm間隔で各方向につき4本定植し、主幹から同一距離の4本を50cm区、100cm区、150cm区および200cm区とした（第1図）。なお、200cm区は伐採前の樹冠外周部下付近に位置した。2009年5～6月に新梢伸長停止率（10cm以上の新梢を対象）を調査するとともに、同年9月24日に解体調査し、幹径、新梢長（1次伸長、2次伸長）および器官別乾物重を調査した。



第1図 試験区の模式図

### 2. 連作障害程度の異なる樹における根域土壌の生育阻害性（試験2）

2009年9月にうめ研究所内のライシメータに連作で植栽された5年生‘南高’3樹の根域土壌を採取した。3樹については、2004年12月に前作の4年生‘南高’を伐採、抜根し、前作と同位置に1年生で定植した樹である。それぞれ連作障害程度が異なり、樹勢の目安となる発育枝（50cm以上の基部が木化した枝）の発生本数を2009年12月に調査したところ、0本、28本および56本であった。以下、連作障害程度が強い（発育枝の発生本数が少ない）順に障害大、障害中および障害小とする。土壌は樹の主幹を中心とし、4方向にそれぞれ40cm間隔で3カ所（樹から40、80および120cm）より深さ0～20cmの層を採取した。主幹から同一距離の4本を40cm区、80cm区および120cm区とした。採取した土壌は風乾し1mmの篩にかけ、元木ら（2006a）の方法により生育阻害活性を測定した。すなわち、6穴マルチディッシュ（ヌンク社製）に供試土壌3gを入れ、オートクレーブをかけた0.75%（W/V）低温ゲル化寒天5mLで固定した後、その上に5mLの寒天を固化させた。さらにその上に検定植物としてレタス‘グレートレックス366’（タキイ）を1穴当たり5粒播種し、3日間20℃のインキュベーター内で生育させた後、100粒当たりの発芽数、根長および胚軸長を調査し、土壌無添加（寒天のみ）での生育に対する伸長阻害率を算出した。

### 3. ウメ根の水抽出液に対する加熱処理およびPVPP添加処理が生育阻害性および成分含量に及ぼす影響（試験3）

2009年11月にうめ研究所内の複数のウメ樹より、おおよそ直径が1.5cm以下の根を採取して1～3cm程度の長さに切断し、20倍重量の水道水に3日間浸漬した。このウメ根の水抽出液（以下、根抽出液と省略）をNo2ろ紙でろ過後に7種類の条件で加熱処理し、再度No2ろ紙でろ過して供試した。すなわち、35℃で60分、45℃で60分、60℃で60分、75℃で60分、90℃で60分、105℃で20分および120℃で20分加熱処理を行った区（以下、35℃60分区、45℃60分区、60℃60分区、75℃60分区、90℃60分区、105℃20分区および120℃20分区と省略）並びに加熱しない無処理区を設けた。生育阻害活性の測定は、試験2の元木ら（2006a）の方法を一部改変し、6穴マルチディッシュに試料1mLと低温ゲル化寒天9mLを添加し、攪拌、固定化させた後、検定植物としてレタス（5粒/穴）を播種して、3日間20℃のインキュベーター内で生育させた。播種3日後にレタスの根長お

よび胚軸長を調査し、根抽出液無添加（寒天のみ）での生育に対する伸長阻害率を算出した。また、加熱処理後および無処理の根抽出液を No2 ろ紙および 0.45 $\mu$ m のメンブレンフィルターでろ過後、フェノール性物質、青酸配糖体およびその分解物（プルナシン、ベンズアルデヒドおよび安息香酸）の含量を測定した。加えて、根抽出液にフェノール性物質吸着剤のポリビニルポリピロリドン（PVPP, シグマ）を 2.5%（W/V）添加、ろ過後の液についても同様に上記の成分含量を測定した。フェノール性物質の定量は既報（大江ら, 2006）の果実のポリフェノール分析と同様、鈴木ら（2002）の方法を参考に Folin-Ciocalteu 法で測定し、クロロゲン酸相当量として表した。すなわち、25 倍希釈した Folin-Ciocalteu 試薬 5mL に 0.2mL の試料溶液を加えて攪拌し、3 分後、1mL の 10%Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を加えて攪拌して 60 分間室温で放置した後、760nm の吸光度を分光光度計（V-550, JASCO）で測定した。青酸配糖体およびその分解物の定量は ODS カラムを接続した HPLC（LC10, 島津製作所）を用いて、プルナシンおよびベンズアルデヒドは寺田・山本（1992）の測定条件で、安息香酸はメタノール、アセトニトリル、5mM クエン酸（ナトリウム）緩衝溶液（pH4.0）を体積比 1:2:7 で混合した液を移動層とし、カラム温度 40 $^{\circ}$ C、流量 1mL/min、検出波長 230nm の条件で測定した。

#### 4. ウメ根の水抽出液への各種処理がウメ実生の生育に及ぼす影響（試験 4）

2010 年 5 月にうめ研究所内の複数のウメ樹より採取した根を用いて、試験 3 と同様に根抽出液を作成した。根抽出液は No2 ろ紙でろ過後、以下のとおり加熱またはフェノール性物質吸着剤の添加を行い、再度 No2 ろ紙でろ過して供試液とした。なお、フェノール性物質吸着剤は PPVP および Diaion HP-20（三菱ケミカル）の 2 種類を用いた。根抽出液に対し、60 $^{\circ}$ C 区は 60 $^{\circ}$ C で 20 時間加熱、105 $^{\circ}$ C 区は 105 $^{\circ}$ C で 20 時間加熱、120 $^{\circ}$ C 区は 120 $^{\circ}$ C で 5 時間加熱、120 $^{\circ}$ C+PVPP 区は 120 $^{\circ}$ C で 5 時間加熱した液に PVPP を 2.5%（W/V）添加、PVPP 区は PVPP を 2.5%（W/V）添加、HP-20 区は HP-20 を約 2.5%（W/V）添加し、無処理区は常温で 20 時間放置した。また、対照区は供試液の代わりに水道水を使用した。1L 当たり大塚ハウス肥料（大塚化学）の 1 号を 7.5g、2 号を 5g および 5 号を 0.125g 溶かした EC11.5 の液肥（N: 1310ppm, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 600ppm, K<sub>2</sub>O: 1812ppm, MgO: 375ppm, CaO: 115ppm, MnO: 10ppm, Fe: 21ppm, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 10ppm）を作成し、この液肥 500mL に各供試液または水道水 5L を混ぜ、さらに水道水で 50L に希釈した液を作成した。1L 容量のポリポットにパーライトを充填して定植した‘南高’2 年生実生を 15 ポットずつ一つのコンテナに入れ一つの区とし、前述の希釈後の各液を底面給水で与えた。なお、液は定期的に新しいものに交換した。うめ研究所内の温室で 2010 年 5 月 29 日より処理を始め、8 月 6 日に樹体を掘り上げてパーライトを落とし、地上部（葉を除いた主幹および新梢）と地下部に分けた。主幹伸長指数（解体時の主幹長/処理開始時の主幹長 $\times$ 100）を測定するとともに、80 $^{\circ}$ C で 3 日以上乾燥させて乾物重（地上部、地下部）を測定した。

## 結 果

### 1. 前作樹から定植位置までの距離と幼木の生育（試験 1）

新梢伸長停止率は 100cm 区が 5 月 15 日（以下、5/15 と省略）時点で既に 80% 以上であり、5/27 まで他区に比べて高く推移した（第 1 表）。幹径は定植時から解体時まで差がみられなかった（第 2 表）。新梢伸長について、150cm 区は 1 次伸長で 50 および 200cm 区よりも長く、総伸長で他区に比べて長い傾向であった（第 3 表）。解体時の器官別乾物重について、150cm 区は根幹および地下部計で 50 および 200cm 区よりも重く、細根で他区に比べて重かった（第 4 表）。地上部計では差

がなく、全体計では150cm区が他区に比べて重い傾向であった。

**第1表** 前作樹から定植位置までの距離と新梢伸長停止率の推移 (%) <sup>z</sup>

距離	5/15	5/21	5/27	6/2	6/8	6/14
50cm	55	61	73	98	98	98
100cm	87	87	88	90	98	98
150cm	63	63	74	93	98	98
200cm	65	68	71	98	100	100

<sup>z</sup>調査対象は10cm以上の新梢

**第3表** 前作樹から定植位置までの距離と新梢伸長 (cm)

距離	1次伸長	2次伸長	総伸長
50cm	337 b	292	629 ± 185 <sup>y</sup>
100cm	481 ab	189	669 ± 98
150cm	638 a	431	1069 ± 102
200cm	397 b	194	591 ± 124
有意性 <sup>z</sup>	*	ns	ns

<sup>z</sup>Tukeyの多重検定により、\*は5%水準で異符号間に有意差があること、nsは有意差がないことを示す

<sup>y</sup>平均値±標準誤差 (n=4)

**第4表** 前作樹から定植位置までの距離と解体時の器官別乾物重 (g)

距離	新梢	主幹	根幹	太根 <sup>z</sup>	細根 <sup>z</sup>	地上部計	地下部計	全体計
50cm	45.1	61.3	73.3 b	36.8	10.3 b	106	120 b	227 ± 37 <sup>y</sup>
100cm	51.7	65.4	88.9 ab	37.1	13.2 b	117	139 ab	256 ± 31
150cm	95.4	67.8	107.7 a	55.7	23.1 a	163	187 a	350 ± 25
200cm	42.2	61.4	69.4 b	40.7	13.3 b	104	123 b	227 ± 34
有意性 <sup>x</sup>	ns	ns	*	ns	*	ns	*	ns

<sup>z</sup>太根は0.2cm以上、細根は直径0.2cm以下

<sup>y</sup>平均値±標準誤差 (n=4)

<sup>x</sup>Tukeyの多重検定により\*は5%水準で異符号間に有意差があること、nsは有意差がないことを示す

**2. 連作障害程度の異なる樹における根域土壌の生育障害性 (試験2)**

100粒当たりのレタスの発芽数は、障害大の80cm区が38と障害大の40cm区(97)、障害中の40cm区(95)、障害小の40cm(99)および120cm区(100)に比べ低かった(第5表)。レタスの根伸長阻害はすべての区で見られ、障害大の80cmおよび120cm区、障害中120cm区では阻害率が50%以上と特に高かった。胚軸伸長阻害率は障害小の80cmおよび120cm区、障害大の80cm区でやや高く、20%以上の阻害率であった。

**第2表** 前作樹から定植位置までの距離と幹径肥大 (mm)

距離	2008年		2009年	
	12/17	5/15	9/24	
50cm	14.9	14.5	16.5	
100cm	14.9	14.6	17.3	
150cm	14.9	14.6	17.7	
200cm	15.0	14.9	16.4	
有意性 <sup>z</sup>	ns	ns	ns	

<sup>z</sup>Tukeyの多重検定によりnsは有意差がないことを示す (n=4)

**第5表** 連作障害程度の異なる樹における根域土壌がレタスの生育に及ぼす影響

	株からの距離	100粒当たりの発芽数	伸長阻害率 (%) <sup>z</sup>	
			根長	胚軸長
障害大	40cm	97 a	36	-19
	80cm	38 b	66	21
	120cm	79 ab	50	-4
障害中	40cm	95 a	34	-19
	80cm	80 ab	37	-22
	120cm	75 ab	58	10
障害小	40cm	99 a	38	18
	80cm	90 ab	37	38
	120cm	100 a	38	32
有意性 <sup>y</sup>		*	ns	ns

<sup>z</sup>土壌無添加(寒天のみ)に対する阻害率

<sup>y</sup>Tukeyの多重検定により、\*は5%水準で異符号間に有意差があること、nsは有意差がないことを示す (n=4)

3. ウメ根の水抽出液に対する加熱処理および PVPP 添加処理が生育阻害性および成分含量に及ぼす影響 (試験 3)

120°C20 分区は根および胚軸の伸長阻害率が他区に比べて低く、加熱温度 105°Cまでの各区分は根長の伸長阻害率が 60%以上を示し大差がなかった(第 6 表)。加熱処理後の根抽出液中のフェノール性物質含量は、35°C60 分は無処理区に比べてやや少ない値となったものの、他区では無処理と同等以上であった(第 7 表)。プルナシン含量は 35°C60 分区、105°C20 分区、120°C20 分区で 0.8~0.9mg/L と無処理区の 3.9mg/L に比べて少ない値であり、その分解物であるベンズアルデヒドは加熱温度 75°C以上の区で多い値であった。さらにその分解物である安息香酸は加熱温度 45°C以上の区で 8.5~9.7mg/L と無処理区の 15.6mg/L に比べて少ない値であった。PVPP 添加処理後の根抽出液中のフェノール性物質含量は 10%程度にまで減少し、プルナシンおよびベンズアルデヒドは検出されなかったが、安息香酸は処理前とほぼ同量含まれていた。

第 6 表 ウメ根水抽出液の加熱処理がレタスの生育に及ぼす影響

	伸長阻害率 (%) <sup>z</sup>	
	根長	胚軸長
35°C60分	73	23
45°C60分	73	8
60°C60分	75	12
75°C60分	67	-20
90°C60分	70	-3
105°C20分	62	3
120°C20分	30	-49

<sup>z</sup>抽出液無添加(寒天のみ)に対する阻害率

第 7 表 ウメ根水抽出液の加熱または PVPP 添加処理後の成分含量 (mg/L)

	フェノール性物質	プルナシン	ベンズアルデヒド	安息香酸
無処理	140	3.9	0.8	15.6
35°C60分	99	0.8	0.4	15.5
45°C60分	139	3.7	0.7	9.7
60°C60分	134	2.1	1.0	9.1
75°C60分	180	3.6	2.2	9.5
90°C60分	190	3.5	4.9	9.4
105°C20分	175	0.9	3.6	8.5
120°C20分	171	0.8	2.2	8.7
PVPP 添加	14	0	0	15.2

4. ウメ根の水抽出液への各種処理がウメ実生の生育に及ぼす影響 (試験 4)

主幹伸長指数は、無処理区に比べて HP-20 区および対照区が大きく、120°C区、120°C+PVPP 区、PVPP 区が大きい傾向であった(第 8 表)。解体時の乾物重について、地上部では無処理区に比べて HP-20 区および対照区が重く、地下部では 60°C区が重かった。全体では無処理区に比べ HP-20 区および対照区が重く、120°C+PVPP 区が重い傾向であった。

第 8 表 各種処理したウメ根水抽出液の根域への施用とウメ実生の生育

	主幹伸長指数 <sup>z</sup>	乾物重 (g)		
		地上部	地下部	全体
無処理	107 ± 2 <sup>y</sup> -	0.83 -	0.21 -	1.04 ± 0.08 -
60°C	110 ± 3 ns <sup>x</sup>	0.90 ns	0.32 *	1.22 ± 0.10 ns
105°C	109 ± 2 ns	0.87 ns	0.22 ns	1.09 ± 0.08 ns
120°C	119 ± 6 ns	0.87 ns	0.20 ns	1.07 ± 0.10 ns
120°C+PVPP	117 ± 5 ns	1.02 ns	0.26 ns	1.28 ± 0.11 ns
PVPP	116 ± 4 ns	0.79 ns	0.20 ns	1.00 ± 0.05 ns
HP-20	134 ± 10 *	1.07 *	0.27 ns	1.34 ± 0.11 *
対照(水)	136 ± 7 **	1.13 *	0.29 ns	1.42 ± 0.13 *

<sup>z</sup>処理開始時の主幹長を 100 とした指数

<sup>y</sup>平均値±標準誤差 (n=15)

<sup>x</sup>検定により無処理に対し、\*\*は 1%水準、\*は 5%水準で有意差があること、ns は有意差がないことを示す



## 考 察

同一の作物を連続して植えると生育障害や収量低下がおこる連作障害は多くの植物で見られる。元木ら（2006b）はアスパラガスにおいて、根圏土壌がアスパラガスおよびレタスに対して強い生育障害活性を示し、その活性は、根圏土壌の塩類の集積や pH の変動、無機養分の異常によるものではないとし、貯蔵根から滲出するアレロパシー物質が連作障害の一因であると推察している。果樹においても、戸谷ら（2012）はナシにおいて同様に、土壌の硬度や化学性、土壌病害虫の影響が小さいことを報告している。また、ビワでは水耕栽培によって収集した根分泌物や連作土壌に生育抑制作用が認められている（葛木・家壽多，2013）。ウメと同じ核果類に属するモモの連作障害には前作の根や土壌中に残っている青酸配糖体の分解物および縮合性タンニン様物質が関与していることが明らかにされており（Gur・Cohen，1988；平野，1977；水谷，1980；Mizutani ら，1988；Ohigashi，1982），ウメにおいても既報（大江ら，2003）で根含有成分による生育障害が起こることを示した。だが、実際の連作土壌の生育障害性は未確認であることから、ウメ連作土壌の生育障害性を明らかにするとともに、根の水抽出液に対し化学的処理を行い、生育障害要因を推定しようと試みた。

本試験で、前作樹を抜根せずに定植する場合、主幹周辺（主幹から 150cm まで）は株元に近いほど地下部の生育や新梢伸長が抑制されるなど、生育障害作用が強い傾向が確認された。ナシ‘あきづき’において前作樹の主幹からの距離が近いほど生育が抑制されること（戸谷ら，2012），モモ‘白鳳’において前作の樹間の土壌よりも株元の土壌でレタスに対する生育障害作用が強いことが報告されており（和中・堀田，2011），本試験の結果と一致する。ビワにおいても平野（1977）は前作樹に近いほど苗の生育が劣ることを示し、その要因は根が長期間存在していた幹の近くでは連作障害を起こす要因が多く蓄積していたためでないかと推察している。これらのことから、株元で生育が抑制される要因の一つは根が多いことであると考えられる。一方で、上記の樹種と異なり、前作の樹冠外周部付近（主幹から 200cm）でも強い生育障害作用がみられた。和中ら（2016）はモモ連作土で、太根のみ除去した場合よりも細根まで除去したほうが定植した苗木の生育が良いことを報告しており、細根が生育障害作用に大きく関与すると考えられる。ウメ成木の細根は健全樹では主幹から 2m 付近まで比較的多く分布しているが、弱樹勢樹では 1m 以内に集中していることが確認されている（未発表データ）。すなわち、樹勢低下に伴い、主幹から 2m 付近の細根は枯死、腐敗すると考えられる。今回供試した樹も含め、ウメの改植は樹勢低下してから行われることが多い。よって伐採時点で既に細根が枯死、腐敗し生育障害要因が蓄積していた樹冠外周部の土壌で強い生育障害作用が認められたものと推察される。これらのことや、連作障害により生育不良となったリンゴやモモ苗木をそれらの未栽培土へ移植すると、生育が改善するとの報告（平野・岩田，1968；岩谷・山田，1987）から判断すると、株を掘り起こせない場合、樹間の根の広がっていない所に定植するのが最良と考えられ、そのような所がない場合は前作樹の主幹と樹冠外周部との中間付近に定植するのが良いと判断された。

次に、抜根して定植した場合に苗木の樹勢と根域土壌の生育障害活性との関係について調査した。なお、橋本ら（2013）は水田転換園のウメ連作土壌において、表層から浅い地点ほど生育障害性が強い傾向があることを明らかにしていることから、調査には表層土壌を用いた。その結果、樹勢が弱い樹、すなわち連作障害程度が大きい樹の土壌は検定植物の根長伸長を阻害する作用が強い傾向がみられた。よって、検定植物を用いた生育障害活性と連作障害程度は関連するものと考えられた。

生育阻害要因について、イチジクで細見・内山(1998)は、いや地土壌を60℃で2時間湯煎することで生育阻害作用が大きく軽減することなどから、いや地の主因は病原微生物の可能性が高いとしている。そこで本試験でウメ根の水抽出液に35~120℃の熱処理を加えてレタス(検定植物)の根の伸長阻害作用を調べたところ、120℃で20分加熱することにより阻害作用はやや軽減したが、105℃以下の温度で20~60分加熱しても阻害作用を軽減しなかった。また、ウメ実生の生育に対しても120℃で5時間加熱することにより主幹伸長阻害を軽減する傾向がみられたが、105℃以下の温度で20時間加熱しても阻害作用を軽減しなかった。平野(1977)は多くの植物で生育阻害物質は熱に対してかなり安定的であるとしており、ウメの場合も105℃以下の熱に安定的な生育阻害物質が関与しているものと考えられた。一方、石井・門屋(1993)は、ヒノキ樹皮等の水抽出物で阻害作用がみられ、フェノール性物質吸着剤のポリビニルピロリドン(PVP)を加えた場合、阻害作用がほぼなくなったことから、水抽出液中の阻害物質がフェノール性物質であるとしている。そこで、本試験ではフェノール性物質を吸着する剤として、PVPを架橋結合させた水に不溶性のPVPPと梅酢からのポリフェノール精製に用いられるHP-20(Mitaniら, 2017)の2種類を用いてウメ根の水抽出液に処理した。その結果、ウメ根の水抽出液へHP-20を処理すると、ウメ根の水抽出液を与えなかった場合と同等にまでウメ実生の生育が改善し、PVPPを処理すると主幹伸長阻害を軽減する傾向がみられたことから、ウメ根に含まれる主要な生育阻害物質もフェノール性物質であることが示唆された。フェノール性物質がアレロパシーに関与している報告については、パセリ(*Petroselinum crispum* Nym.)でのアジピン酸(Asaoら, 2004)、ミツバ(*Cryptotaenia japonica* Hassk.)およびスイートピー(*Lathyrus odoratus* L.)での安息香酸(Asaoら, 2004, 2007)、キュウリ(*Cucumis sativus* L.)での2,4-dichlorobenzoic acid(浅尾ら1999)、エンドウ(*Pisum sativum*)でのピスチンおよびp-クマル酸(Kato-Noguchi, 2003; 土屋, 1990)、ナス属植物Mattei(*Solanum arundo*)でのアルドニン(Fukuharaら, 2004)、イネ(*Oryza sativa* L.)での2-フェニルプロピオン酸(田中, 2002)など多くみられ、相乗作用も報告されている(野口・白波瀬, 2014)。石井・門屋(1993)もヒノキ樹皮の水抽出物中のイネやカラタチの生長を抑制する物質として、安息香酸、没食子酸等のフェノール物質や縮合性タンニンを見だし、特に、縮合性タンニンによるカラタチの生育阻害効果が著しかったと報告している。安息香酸については核果類においてもモモの根の呼吸を阻害し、さらに根が呼吸阻害下におかれるとプルナシン分解に伴うシアンや安息香酸の発生が引き起こされることが報告されている(水谷, 1980)。筆者らも既報(大江ら, 2003)で青酸配糖体のプルナシンがウメ根に多く含まれることを明らかにした。青酸配糖体のアミグダリンまたはその分解物である安息香酸を50ppm含む養液に浸漬して栽培すると、含まないものに比べて新梢伸長停止が早く、新梢伸長や樹体成長、地上部の窒素含有量で劣ることを明らかにした。アミグダリンは分解が早いことから、安息香酸が生育阻害物質であると推察している。前述のとおり、120℃での5時間の加熱やPVPP添加によりウメ実生の主幹伸長阻害を軽減する傾向がみられたが、解体時の乾物重では軽減効果がみられなかった。PVPP添加によりウメ根の水抽出液中のフェノール性物質は大きく減少したが、安息香酸は加熱ではほとんど減少しなかった。また、120℃の加熱ではフェノール性物質はほとんど減少しなかった。また、安息香酸の減少も小さかった。よって、残存した安息香酸による生育阻害により乾物重では軽減効果がみられなかったものと判断された。ただし、120℃で加熱処理したうえでPVPPを処理した場合には乾物重でも生育が改善する傾向がみられており、HP-20の物質吸着能の確認も含め、今後詳細な検討が必要である。

以上のことから、実際のウメ連作土壌で強い生育阻害作用が確認され、特に前作の株元や樹冠外



周部で作用が強いことが明らかとなった。また、生育障害の要因として、熱に安定的なフェノール性物質の関与が示唆された。近年、生育障害物質除去による連作障害軽減に活性炭の土壌混和が有効であることが報告されていることから（西原・元木，2009），今後，このような資材を用いた連作障害改善方法について検討していく。

## 摘 要

本研究では、ウメ連作土壌の生育障害性を検討するとともに、根の水抽出液に対し化学的処理を行い、生育障害要因について検討した。

- 1) 実際のウメ連作土壌が強い生育障害作用を有し、特に前作の株元や樹冠外周部で作用が強いことが明らかとなった。
- 2) 連作障害程度が大きい樹で根域土壌の生育障害作用が強かった。
- 3) 生育障害作用の原因として、熱に安定的なフェノール性物質の関与が示唆された。

## 引用文献

- Asao, T., H. Kitazawa, T. Ban, M. H. R. Pramanik, Y. Matsui and T. Hosoki. 2004. Search of autotoxic substances in some leaf vegetables. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 73: 247-249.
- Asao, T., H. Kitazawa, K. Ushio, Y. Sueda, T. Ban and M. H. R. Pramanik. 2007. Autotoxic in some ornamentals with the means to overcome it. *HortScience* 42: 1346-1350.
- 浅尾俊樹・Md. H. R. Pramanik・富田浩平・大場友美子・太田勝巳・細木高志・松井佳久. 1999. 水耕キュウリの培養液から分離したフェノール物質が果実収量に及ぼす影響. *園学雑.* 68: 847-853.
- Fukuhara, K., K. Shimizu and I. Kubo. 2004. Arudonine, an allelopathic steroidal glycoalkaloid from the root bark of *Solanum arundo* Mrttei. *Phytochemistry* 65: 1283-1286.
- Gur, A. and Y. Cohen. 1988. Causes of soil sickness in replanted peaches: 1. The role of cyanogenesis in peach soil sickness. *Acta Hort.* 233: 25-31.
- 橋本千賀子・大江孝明・水口裕介・西原英治. 2013. 連作障害対策のためのウメ園地改植方法の検討ー各種木質系炭化物（バイオ炭）の評価ー. *木質炭化誌.* 9: 75-81.
- 平野 暁. 1977. 作物の連作障害. P.31-32, P.87-89, P.101-108. 農文協. 東京.
- 平野 暁・岩田正久. 1968. 桃の忌地に関する研究（第8報）忌地をおこす化合物の推定. *園学研発表要旨.* 50-51.
- 細見彰洋・内山知二. 1998. イチジクいや地ほ場における生育障害要因. *園学雑.* 67: 44-50.
- 石井孝昭・門屋一臣. 1993. カラタチおよびイネの生長に及ぼすスギならびにヒノキ材中の生育障害物質について. *園学雑.* 62: 285-294.
- 岩谷 斉・山田 隆. 1987. リンゴの改植障害 第2報 復帰性. *東北農業研究.* 40: 247-248.
- Kato-Noguchi, H. 2003. Isolation and identification of an allelopathic substance in *Pisum sativum*. *Phytochemistry* 62: 1441-1444.
- Mitani, T., H. Mimura, A. Horinishi, Y. Tanaka, M. Mori, N. Inaba, H. Yamanishi, T. Akagi, T. Oe, H. Koyama, Y. Hayashi and Y. Ozaki. 2017. Chemical features of phenolic extracts prepared on an

- industrial scale from a processing byproduct of the Japanese apricot, mume fruit (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.). 18: 147-152.
- 水谷房雄. 1979. モモのいや地に関する研究 (第2報) 根に含まれる生育抑制物質としての縮合性タンニンについて. 園学雑. 48: 279-287.
- 水谷房雄. 1980. モモのいや地及び耐水性に関する研究. 愛媛大学農学部紀要. 24(2). 5-47.
- Mizutani, F., R. Hirota and K. Kadoya. 1988. Growth inhibiting substances from peach roots and their possible involvement in peach replant problems. Acta Hort. 233: 37-43.
- 元木 悟・西原英治・平舘俊太郎・藤井義晴・篠原 温. 2006a. 新規に開発した手法を利用したアスパラガス根圏土壌のアレロパシー活性測定. 園学研. 5: 443-446.
- 元木 悟・西原英治・北澤裕明・平舘俊太郎・篠原 温. 2006b. 沖積土壌におけるアスパラガスの連作障害に対するアレロパシーの関与. 園学研. 5: 431-436.
- 西原英治・元木 悟. 2009. 活性炭の農業利用—土地浄化の新技術—. P.129-131. 農文協. 東京.
- 野口有里紗・白波瀬裕介. 2014. フェノール類の混合がレタスの幼根伸長に及ぼす影響. 園学研. 13 (別2) : 554.
- 大江孝明・岩尾和哉・細平正人・菅井晴雄. 2003. ウメ‘南高’幼木の成長に及ぼす根含有成分の影響. 和歌山県農林水技研報. 4: 23-32.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2006. ウメ‘南高’果実の開花時期, 採取時期と果実成分の関係およびそれらを原料として製造した梅酒品質への影響. 園学研. 5: 141-148.
- Ohigashi, H., S. Minami, H. Fukui, K. Koshimizu, F. Mizutani, A. Sugiura and T. Tomana. 1982. Flavanols, as plant growth inhibitors from roots of peach, *Prunus persica* Batsh. cv. 'Hakuto'. Agric. Biol. Chem. 46: 2555-2561.
- 大坪孝之・池田富喜夫. 1994. ウメ種子に含まれる青酸配糖体の消長. 園学雑. 62: 695-700.
- 鈴木 誠・渡辺敏郎・三浦麻子・原島恵美子・中川靖枝・辻 啓介. 2002. Folin-Denis 法による総ポリフェノール量測定のための抽出溶媒の検討. 食科工. 49: 507-511.
- 田中福代. 2002. 水田への麦わら施用に伴う芳香族カルボン酸の生成と水稻の生育抑制機構に関する研究. 九州沖縄農研セ報. 40: 33-78.
- 寺田久屋・山本勝彦. 1992. 高速液体クロマトグラフィーによる梅加工食品中のシアン配糖体, ベンズアルデヒド及び安息香酸の同時定量法の検討. 食衛誌. 33: 183-188.
- 戸谷智明・川瀬信三・北口美代子. 2012. ニホンナシにおけるいや地現象の発生と原因について. 千葉農林総研研報. 4: 57-62.
- 土屋一成. 1990. 野菜作におけるアレロパシーの諸問題. 農及園. 65: 9-16.
- 蔦木康徳・家壽多正樹. 2013. 水耕栽培のビワから収集した根分泌物が実生苗の生育に及ぼす影響. 園学研 12 (別1) . 41.
- 和中 学・堀田宗幹. 2011. 活性炭および土壌消毒処理によるモモの連作障害軽減効果. 和歌山県農林水技研報. 12: 33-44.
- 和中 学・堀田宗幹・有田 慎・藤本欣司. 2016. 低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒と活性炭の併用処理によるモモの連作障害低減効果. 和歌山県農林水研報. 4: 65-75.
- 渡辺 毅・高野隆志. 1986. 老朽ウメ園における樹体の生育・収量と土壌化学性. 福井園試報. 5: 25-34.
- 山口勝一. 1991. 改植障害. P.157-158. 佐藤公一ら編著. 果樹園芸大辞典. 養賢堂. 東京.



# ウメ‘翠香’果実の収穫時期および追熟条件が果実、梅酒および梅シロップの品質に及ぼす影響

大江孝明・土田靖久・岡室美絵子<sup>1</sup>・行森 啓<sup>2</sup>

和歌山県果樹試験場うめ研究所

## Effect of the Harvesting Time and Force Ripening Condition in Japanese Apricot (*Prunus mume* Sieb.et Zucc.) ‘Suiko’ on the Quality of Fruit and Processed Ume Liqueur and Syrup

Takaaki Oe, Yasuhisa Tsuchida, Mieko Okamuro<sup>1</sup> and Akira Yukimori<sup>2</sup>

Japanese Apricot Laboratory, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

### 緒 言

ウメは豊凶の差が大きく価格が不安定であり、豊作年が続くと価格が大きく低下する。よって、新たなウメ需要を掘り起こし経営安定を図るため、これまでにない色や香りでの特徴をもつウメ‘橙高’、‘露茜’、‘翠香’等が近年育成されている（根来ら，2007；八重垣ら，2012；八重垣ら，2014）。このうち‘翠香’は現在の国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門で育成され、2011年に品種登録された品種で、これまでのウメ品種よりも洋ナシ様の香りが強く、梅シロップ等の加工品の食味が優れる特徴があることからその商品性が注目されている。しかし、ヤニ果の発生が多く（八重垣ら，2014），現状の出荷基準で青果として出荷する場合は、多くが規格外品となり市場流通用果実としての栽培は難しい。このため、全国的にみても統計上、栽培面積はなく（農林水産省，2016），産地化のためには特徴を活かした加工品を開発し、加工メーカーとの直接取引ができる体制づくりが必要である。

ウメ果実や加工した梅シロップ（ウメ糖抽出液）および梅酒の外観品質、品質成分、香り等は、熟度や収穫後の追熟により大きく変わることが知られており、筆者らも‘南高’の梅酒において、これらは着果位置、収穫時期および追熟により影響を受けることを明らかにしている（大江ら，2012a, 2012b, 2012c）。よって、‘翠香’においても熟度管理や追熟により特徴を高めた加工品を作成することができる可能性があるが、‘翠香’の追熟特性や加工品品質に関する報告はほとんどない。

そこで、‘翠香’の特徴を活かした加工品を開発する一環として、着果位置、収穫時期および追熟条件の違いが果実、梅酒および梅シロップの品質や含有成分等に及ぼす影響を調査した。

### 材料および方法

#### 1. 果実の着果位置および採取時期と果実および加工品の品質（試験1）

2012 および 2013 年に和歌山県うめ研究所植栽の‘翠香’（2012年時点で13年生）を2012年は1樹、2013年は3樹供試し、果実の成熟時期別に果実を採取した。すなわち、既報（大江ら，2012a）

<sup>1</sup>現在：和歌山県果樹試験場

<sup>2</sup>現在：和歌山県日高振興局農林水産振興部

の‘南高’での試験と同様、樹冠外側（外層）および内側（内層）の高さ50~150cmより、2012年は6月12日（外層の青果収穫期）から6月24日（内層の完熟落果期）までの間、3日ごとに外層果実を4回、内層果実を5回採取した。2013年は6月11日（外層の青果収穫期）から6月27日（内層の完熟落果期）までの間、ほぼ3日ごとに外層果実を4回、内層果実を6回採取し、果実の熟度指標となる項目および品質成分並びに加工品品質を既報（大江ら、2006、2007）と同様に調査した。すなわち、各樹10果の果実重、果径指数（縦径/横径）、レオメータによる果実硬度（定深度測定、直径5mm円柱、侵入1mm）および果皮色（L\*値、b\*値、H\*値）の熟度指標を調査したうえで、果実は種子を除いた後、10果からほぼ均等に合計10gとなるよう切り取り、-28℃のフリーザー中に保存した。次に、試料10gを80%エタノールでマルチディスペーサ（PB95、SMT）を用いて磨砕抽出後、100mLに定容し、0.45μmのメンブレンフィルタでろ過したものを有機酸（クエン酸、リンゴ酸）含量はHPLC（LC10A、島津製作所）で、ポリフェノール含量はフォーリンチオカルト法で分析した。また別の7~8果を梅酒および梅シロップに加工した。梅酒は果実1kgに対し氷砂糖0.8kg、ホワイトリカー（35%果実酒用アルコール）1.8Lの割合で漬け込み、4ヵ月後に作出量を測定するとともに、0.45μmのメンブレンフィルタでろ過し、褐色度（450nm吸光度）、有機酸およびポリフェノール含量を測定した。梅シロップは-20℃で3日間冷凍した果実1kgに対し氷砂糖0.8kgの割合で漬け込み、1日1回振り混ぜた。氷砂糖の溶解をもって完成とし、作出量を測定するとともに、5倍希釈後、0.45μmのメンブレンフィルタでろ過し、有機酸およびポリフェノール含量を測定した。また2012年は、水道水で3.5倍に希釈して食味および洋ナシ香を関係研究員4名をパネラーとし評価した。

## 2. 果実の熟度および追熟条件の違いと加工品品質（試験2）

2012年にうめ研究所植栽の13年生‘翠香’1樹の樹冠外層より、青果、黄熟果、完熟落下果実（以下、完熟果）の3段階（採取日は6月15日、6月21日、6月20日）の熟度で果実を採取し、0~6日間追熟した。青果および完熟果は20℃で、黄熟果は追熟温度を20、30および35℃の3段階に設定し追熟した。なお、30℃では追熟4日で腐敗果が多く発生したため追熟3日まで、35℃では追熟3日で腐敗果が多く発生したため追熟2日までとした。追熟した果実は試験1と同様に梅酒に加工し、作出量、褐色度、有機酸およびポリフェノール含量を測定した。また、試験1と同様に梅シロップに加工し、作出量、有機酸およびポリフェノール含量を測定するとともに、食味を調査した。加えて、対照として6/22に‘鶯宿’黄熟果を採取し、20℃で0、2、4および6日追熟した果実を‘翠香’と同様に梅酒および梅シロップに加工した。

# 結 果

## 1. 果実の着果位置および採取時期と果実および加工品の品質（試験1）

果実重は採取日が遅いほど重い傾向を示し、内層果実は同日では外層果実よりも軽く、完熟落果期となっても外層果実ほど重くならなかった（第1表）。果径指数および果実硬度は採取日が遅いほど小さい傾向を示し、内層果実は同日では外層果実よりも大きい傾向であり、果径指数は完熟落果期となっても外層果実ほど小さくならなかった。果皮色L\*値およびb\*値は採取日が遅いほど高い傾向を示し、内層果実は同日では外層果実よりも低い傾向であり、完熟落果期となっても外層果

実ほど高くならなかった。果皮色 H\*値は採取日が遅いほど低い傾向を示し、内層果実は同日では外層果実よりも高く、完熟落果期となっても外層果実ほど低くならなかった。

第1表 ウメ‘翠香’における着果位置および採取時期の違いが果実品質に及ぼす影響

		2012年					2013年					
		6/12	6/15	6/18	6/21	6/24	6/11	6/14	6/17	6/20	6/23	6/27
果実重 (g)	外層果実 <sup>z</sup>	36.7	41.3	46.9	54.2	-	25.1	27.6	29.3	31.9	-	-
	内層果実	29.2	31.8	38.5	42.8	46.0	20.0	22.2	24.3	26.3	28.2	30.3
	有意性 <sup>y</sup>	***	***	***	***	-	***	**	**	**	-	-
果径指数 (縦径/横径)	外層果実	1.15	1.14	1.13	1.11	-	1.14	1.13	1.11	1.09	-	-
	内層果実	1.16	1.16	1.15	1.16	1.14	1.17	1.17	1.15	1.13	1.13	1.12
	有意性	ns	ns	ns	*	-	*	**	*	ns	-	-
果実硬度 (kg)	外層果実	2.43	1.82	1.62	1.01	-	2.49	1.66	1.27	1.34	-	-
	内層果実	2.95	2.29	2.15	2.08	1.59	2.65	2.10	1.89	2.22	1.60	1.21
	有意性	*	**	*	***	-	ns	***	**	**	-	-
果皮色L*値	外層果実	52.6	53.9	55.2	58.4	-	54.1	54.7	55.5	57.0	-	-
	内層果実	50.6	52.4	53.2	53.6	56.0	51.5	52.3	53.5	53.3	54.1	54.2
	有意性	ns	ns	ns	**	-	*	ns	ns	ns	-	-
果皮色b*値	外層果実	36.2	38.1	40.3	48.4	-	36.2	37.5	38.9	40.7	-	-
	内層果実	33.4	33.2	36.3	41.0	39.4	32.4	33.0	35.3	35.5	36.7	37.3
	有意性	**	***	**	**	-	*	*	ns	*	-	-
果皮色H*値	外層果実	107.5	106.5	106.9	101.6	-	108.1	107.6	105.8	105.6	-	-
	内層果実	109.1	109.1	108.8	107.1	106.8	109.7	109.6	108.1	108.9	107.4	107.0
	有意性	*	***	**	**	-	*	**	**	**	-	-

<sup>z</sup>外層果実とは樹冠中央より外側、内層果実とは樹冠中央より内側の高さ50~150cmに着生した果実

<sup>y</sup>t検定により\*\*\*は0.1%水準で、\*\*は1%水準で、\*は5%水準で有意差があること、nsは有意差がないことを示す (2012年はn=10, 2013年はn=3)

果肉の成分含量について、クエン酸含量は採取日が遅いほど増加する傾向であり、外層果実は同日では内層果実よりも多かった (第2表)。リンゴ酸含量は採取日との間に一定の傾向が認められ

第2表 ウメ‘翠香’における着果位置および採取時期の違いが果肉の品質成分含量に及ぼす影響

		2012年					2013年					
		6/12	6/15	6/18	6/21	6/24	6/11	6/14	6/17	6/20	6/23	6/27
クエン酸 (g・100gFW <sup>-1</sup> )	外層果実	1.76	2.97	2.08	3.51	-	3.14	3.59	3.86	4.12	-	-
	内層果実	1.50	2.55	1.80	3.02	3.53	2.55	2.92	3.35	3.88	3.65	4.30
	有意性	***	***	**	*	-	***	***	***	ns	-	-
リンゴ酸 (g・100gFW <sup>-1</sup> )	外層果実	2.05	2.13	1.60	1.42	-	2.19	1.82	1.70	2.37	-	-
	内層果実	2.01	1.99	1.45	1.44	2.14	1.98	1.66	1.45	2.32	1.58	2.12
	有意性	ns	ns	*	ns	-	*	ns	*	ns	-	-
有機酸総量 (g・100gFW <sup>-1</sup> )	外層果実	3.81	5.10	3.68	4.93	-	5.34	5.41	5.56	6.49	-	-
	内層果実	3.51	4.53	3.25	4.46	5.67	4.54	4.58	4.80	6.20	5.23	6.41
	有意性	*	**	**	*	-	***	**	**	ns	-	-
ポリフェノール (mgCE・100gFW <sup>-1</sup> ) <sup>y</sup>	外層果実	145	136	128	114	-	139	131	122	122	-	-
	内層果実	143	141	118	104	115	144	143	129	128	120	113
	有意性	ns	ns	ns	*	-	ns	ns	ns	ns	-	-

<sup>z</sup>t検定により\*\*\*は0.1%水準で、\*\*は1%水準で、\*は5%水準で有意差があること、nsは有意差がないことを示す (2012年はn=10, 2013年はn=3)

<sup>y</sup>CEはクロロゲン酸相当量を示す



なかったが、外層果実は同日では内層果実より多い傾向がみられた。有機酸総量（クエン酸とリンゴ酸の総和）は外層果実は同日では内層果実よりも多かった。ポリフェノール含量は年度にかかわらず採取日が遅くなるほど減少傾向を示し、外層果実と内層果実の間ではほぼ同等であった。

梅酒について、果実 1kg 当たりの作出量は、外層では 2012 年の 6 月 15 日以降および 2013 年の 6 月 17 日以降、内層では 2012 年の 6 月 21 日以降および 2013 年の 6 月 20 日以降のもので 2700mL 以上とそれより前のものより多い値であった（第 3 表）。褐色度は採取日が遅いものほど大きい傾向であったが、その変化は小さく、同日では外層のものが内層のものよりも大きい傾向であった。クエン酸含量は、外層では 2012 年の 6 月 12 日と 2013 年の 6 月 11 日のもので少ないが、その他の採取日にはほぼ同程度であった。内層では採取日が遅いものほど多い傾向であり、同一採取日には外層のものが内層のものよりも多い傾向であった。リンゴ酸含量は、外層、内層のものとも採取日が遅いものほど少ない傾向であり、同日では外層と内層のものに一定の傾向がみられなかった。有機酸総量は、外層では 2012 年の 6 月 15 日と 2013 年の 6 月 14 日のもので最も多く、内層のものでは各採取時期ともほぼ同程度であり、同日では外層のものが内層のものよりも多かった。ポリフェノール含量は、外層、内層のものともに採取日が遅いものほど少ない傾向であり、同日では外層と内層のものとの差はなかった。

第3表 ウメ‘翠香’における着果位置および採取時期の違いが梅酒品質に及ぼす影響

		2012年					2013年					
		6/12	6/15	6/18	6/21	6/24	6/11	6/14	6/17	6/20	6/23	6/27
果実1kg当たりの作出量 (mL)	外層果実	2604	2704	2736	2703	-	2617	2673	2716	2714	-	-
	内層果実	2691	2698	2636	2718	2710	2621	2668	2697	2767	2755	2742
	有意性 <sup>z</sup>	-	-	-	-	-	ns	ns	ns	*	-	-
褐色度 (450nm吸光度)	外層果実	0.07	0.11	0.11	0.10	-	0.10	0.13	0.13	0.14	-	-
	内層果実	0.07	0.05	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.11	0.11	0.11
	有意性	-	-	-	-	-	ns	**	*	**	-	-
クエン酸 (g・100mL <sup>-1</sup> )	外層果実	0.73	0.85	0.84	0.84	-	0.69	0.81	0.85	0.87	-	-
	内層果実	0.63	0.66	0.70	0.75	0.77	0.60	0.68	0.74	0.77	0.78	0.83
	有意性	-	-	-	-	-	*	**	ns	*	-	-
リンゴ酸 (g・100mL <sup>-1</sup> )	外層果実	0.43	0.39	0.30	0.25	-	0.41	0.36	0.31	0.25	-	-
	内層果実	0.39	0.36	0.29	0.24	0.26	0.38	0.33	0.30	0.26	0.24	0.15
	有意性	-	-	-	-	-	*	ns	ns	ns	-	-
有機酸総量 (g・100mL <sup>-1</sup> )	外層果実	1.16	1.24	1.14	1.09	-	1.10	1.17	1.16	1.11	-	-
	内層果実	1.02	1.02	0.99	0.99	1.03	0.98	1.01	1.03	1.03	1.02	0.97
	有意性	-	-	-	-	-	**	**	*	ns	-	-
ポリフェノール (mgCE・100mL <sup>-1</sup> ) <sup>y</sup>	外層果実	53.7	49.9	44.8	43.2	-	53.7	49.2	45.8	44.7	-	-
	内層果実	51.1	45.7	44.9	42.7	39.2	53.8	52.1	47.2	46.9	43.8	46.3
	有意性	-	-	-	-	-	ns	ns	ns	ns	-	-

<sup>z</sup>2013年はt検定により\*\*は1%水準で、\*は5%水準で有意差があること、nsは有意差がないことを示す (n=3)

<sup>y</sup>CEはクロロゲン酸相当量を示す

梅シロップについて、果実 1kg 当たりの作出量は、各採取日とも外層と内層のものではほぼ同等であり、採取日による差も小さかった（第 4 表）。クエン酸含量は同日では外層のものが内層のものよりも多い傾向であり、リンゴ酸含量および有機酸総量は同日での外層と内層のものとの差に一定の傾向がみられなかった。ポリフェノール含量は採取日による一定の傾向はみられず、同日では外層と内層でほぼ同等であった。食味評点は同日では外層と内層のものとの差はほとんどなく、とも

に6月15日採取のもので高かった。洋ナシ香評点は、内層の6月15日採取のものを除くと外層、内層ともに果実の採取時期が遅いものほど高い傾向を示し、同一採取日では外層と内層のものとの間に一定の傾向がみられなかった。

第4表 ウメ‘翠香’における着果位置および採取時期の違いが梅シロップの品質に及ぼす影響

		2012年					2013年					
		6/12	6/15	6/18	6/21	6/24	6/11	6/14	6/17	6/20	6/23	6/27
果実1kg当たりの 作出量 (mL)	外層果実	1084	1070	1141	1171	-	1126	1070	1136	1192	-	-
	内層果実	1116	1118	1172	1152	1102	1121	1097	1069	1020	1038	1163
	有意性 <sup>z</sup>	-	-	-	-	-	ns	ns	ns	*	-	-
クエン酸 (g・100mL <sup>-1</sup> )	外層果実	1.25	1.23	1.25	1.53	-	1.74	1.88	2.16	2.34	-	-
	内層果実	1.03	1.17	1.44	1.40	1.26	1.42	1.54	1.92	1.84	2.03	2.08
	有意性	-	-	-	-	-	*	**	ns	*	-	-
リンゴ酸 (g・100mL <sup>-1</sup> )	外層果実	0.85	0.74	0.61	0.51	-	1.12	0.97	0.90	0.80	-	-
	内層果実	0.77	0.97	0.67	0.44	0.53	1.01	0.82	0.85	0.59	0.66	0.63
	有意性	-	-	-	-	-	ns	*	ns	ns	-	-
有機酸総量 (g・100mL <sup>-1</sup> )	外層果実	2.10	1.97	1.86	2.04	-	2.86	2.85	3.06	3.14	-	-
	内層果実	1.80	2.14	2.11	1.84	1.79	2.44	2.36	2.78	2.43	2.70	2.70
	有意性	-	-	-	-	-	ns	***	ns	ns	-	-
ポリフェノール (mgCE・100mL <sup>-1</sup> ) <sup>y</sup>	外層果実	48.4	42.8	41.5	40.2	-	52.7	54.2	49.4	52.6	-	-
	内層果実	44.6	46.1	43.2	40.8	40.7	52.8	47.1	52.4	48.2	53.7	52.1
	有意性	-	-	-	-	-	ns	ns	ns	ns	-	-
食味評点 (1~5段階) <sup>x</sup>	外層果実	2.3	2.8	2.3	1.8	-	-	-	-	-	-	-
	内層果実	2.3	2.8	2.3	2.0	2.3	-	-	-	-	-	-
	有意性	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
洋ナシ香評点 (0~3段階) <sup>x</sup>	外層果実	0.5	0.8	0.8	1.5	-	-	-	-	-	-	-
	内層果実	0.8	1.3	0.8	1.0	1.3	-	-	-	-	-	-
	有意性	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>2013年はt検定により\*\*\*は0.1%水準で、\*\*は1%水準で、\*は5%水準で有意差があること、nsは有意差がないことを示す (n=3)

<sup>y</sup>CEはクロロゲン酸相当量を示す

<sup>x</sup>評価パネラーは関係研究員4名

## 2. 果実の熟度および追熟条件の違いと加工品品質 (試験2)

梅酒について、異なる熟度の果実を20℃で追熟した場合、果実1kg当たりの作出量は‘翠香’では黄熟果の追熟日数1~5日がほぼ2800mL以上と他に比べて多かった(第5表)．‘鶯宿’黄熟果も追熟日数2および4日において2800mL以上であった。褐色度は追熟によりやや高まる傾向がみられたがその差は小さかった。同一追熟日数で比較すると、‘翠香’は‘鶯宿’の半分以下の値であった。クエン酸含量は、‘翠香’の青果では5日、‘翠香’および‘鶯宿’の黄熟果では4日、‘翠香’の完熟果では2日のものまで追熟日数が長いものほど多く、それより長い追熟日数では長いものほど少なくなる傾向であった。リンゴ酸含量および有機酸総量は‘翠香’、‘鶯宿’ともに追熟日数が長いものほど少ない傾向であった。ポリフェノール含量は‘翠香’では1~3日追熟したもので最も多くなったが、その差は小さかった。‘鶯宿’では追熟によりやや少なくなったが、‘翠香’は‘鶯宿’に比べて追熟日数にかかわらず、ポリフェノール含量が3割程度少なかった。

黄熟果を異なる温度で追熟した場合、果実1kg当たりの作出量は同一追熟日数では追熟温度が高いほど少ない傾向であった(第6表)．褐色度は追熟温度および日数による差が小さかった。クエ

ン酸含量は追熟温度 20℃では 4 日追熟したもので最も多く、30℃および 35℃では追熟により多くなつたが、日数による差は小さかった。リンゴ酸含量は追熟温度によらず追熟日数が長いものほど少ない傾向であり、同一追熟日数では追熟温度が高いほど少なかった。有機酸総量は、追熟温度 20℃および 30℃では 1 日追熟したもので最も多くなり、35℃では追熟日数が長いものほど少ない傾向

**第5表** ウメ・翠香'および'鶯宿'における熟度および追熟日数の違いが梅酒品質に及ぼす影響

	追熟 日数 <sup>z</sup>	果実1kg当たり 作出量(mL)	褐色度 (450nm吸光度)	有機酸 (g・100mL <sup>-1</sup> )			ポリフェノール (mgCE・100mL <sup>-1</sup> ) <sup>y</sup>
				クエン酸	リンゴ酸	総量	
'翠香'青果 (6/15採取)	0日	2704	0.11	0.85	0.39	1.24	50
	1日	2663	0.11	0.86	0.34	1.20	51
	2日	2699	0.11	0.87	0.29	1.17	48
	3日	2649	0.14	0.94	0.20	1.15	52
	4日	2680	0.13	0.93	0.15	1.08	48
	5日	2631	0.13	0.95	0.12	1.07	49
'翠香'黄熟果 (6/21採取)	0日	2702	0.09	0.80	0.28	1.08	42
	1日	2853	0.12	0.87	0.25	1.12	48
	2日	2902	0.10	0.86	0.17	1.03	43
	3日	2851	0.12	0.91	0.14	1.05	46
	4日	2798	0.12	0.94	0.10	1.04	44
	5日	2826	0.12	0.91	0.07	0.98	41
'翠香'完熟果 (6/20採取)	0日	2736	0.12	0.90	0.23	1.12	49
	1日	2718	0.14	0.90	0.15	1.05	49
	2日	2700	0.14	0.94	0.14	1.07	50
	3日	2714	0.12	0.88	0.09	0.97	41
'鶯宿'黄熟果 (6/22採取)	0日	2787	0.26	0.96	0.32	1.28	78
	2日	2803	0.28	1.00	0.22	1.21	76
	4日	2804	0.29	1.02	0.16	1.17	71
	6日	2773	0.26	1.01	0.13	1.13	74

<sup>z</sup> 追熟温度20℃

<sup>y</sup> CEはクロロゲン酸相当量を示す

**第6表** ウメ・翠香'における追熟温度および日数の違いが梅酒品質に及ぼす影響

	追熟 日数 <sup>z</sup>	果実1kg当たり 作出量(mL)	褐色度 (450nm吸光度)	有機酸 (g・100mL <sup>-1</sup> )			ポリフェノール (mgCE・100mL <sup>-1</sup> ) <sup>y</sup>
				クエン酸	リンゴ酸	総量	
20℃	0日	2702	0.09	0.80	0.28	1.08	42
	1日	2853	0.12	0.87	0.25	1.12	48
	2日	2902	0.10	0.86	0.17	1.03	43
	3日	2851	0.12	0.91	0.14	1.05	46
	4日	2798	0.12	0.94	0.10	1.04	44
	5日	2826	0.12	0.91	0.07	0.98	41
30℃	0日	2736	0.12	0.90	0.23	1.12	49
	1日	2718	0.14	0.90	0.15	1.05	49
	2日	2700	0.14	0.94	0.14	1.07	50
	3日	2714	0.12	0.88	0.09	0.97	41
35℃	1日	2749	0.10	0.88	0.18	1.07	43
	2日	2729	0.11	0.88	0.11	0.99	39
	3日	2671	0.09	0.89	0.09	0.98	36

<sup>z</sup> 黄熟果 (6/21採取) を供試

<sup>y</sup> CEはクロロゲン酸相当量を示す

であった。同一追熟日数では追熟温度が高いものほど少なかった。ポリフェノール含量は各追熟温度とも1日追熟したもので最も多くなり、30℃および35℃ではそれより追熟日数が長いものほど少なくなった。同一追熟日数では追熟温度が高いものほど少なかった。

梅シロップについて、異なる熟度の果実を20℃で追熟した場合、果実1kg当たりの作出量、クエン酸含量および有機酸総量は熟度および追熟日数との間に一定の傾向がみられず、‘鶯宿’とも大差がなかった(第7表)。リンゴ酸含量は追熟日数が長いものほど少ない傾向であり、‘鶯宿’とも大差がなかった。ポリフェノール含量は‘翠香’および‘鶯宿’の黄熟果では追熟日数が長いものほど少ない傾向であり、同一追熟日数では‘鶯宿’のほうが多い値であった。食味評点は、各熟度とも2、3日の追熟で高まる傾向がみられ、青果では追熟5日、黄熟果では追熟3日、完熟果では追熟2日で最大となり3点以上であった。‘鶯宿’は追熟日数によらず3点未満であった。洋ナシ香評点は、追熟日数の増加とともに青果および黄熟果では追熟5日まで、完熟果では追熟2日まで高まり2点以上となった。‘鶯宿’は追熟日数にかかわらず2点未満であった。また、洋ナシ香評点が2点以上となった追熟日数は、食味評点が3点以上となった追熟日数よりも1~2日多かった。

黄熟果を異なる温度で追熟した場合、果実1kg当たりの作出量は同一追熟日数では追熟温度が高いほど少ない値であった(第8表)。有機酸およびポリフェノール含量は追熟温度との間に一定の傾向がみられなかった。食味評点は、20℃では追熟3日、30℃では追熟1日のもので3点と最大となり、35℃では20℃および30℃のもののように追熟で点数は高まらなかった。洋ナシ香評点は20℃では追熟4日および5日、30℃では追熟3日のもので2点以上と評価が高かったが、35℃では2点以上とならなかった。

第7表 ウメ‘翠香’および‘鶯宿’における熟度および追熟日数の違いが梅シロップの品質に及ぼす影響

	追熟 日数 <sup>z</sup>	果実1kg当たり 作出量(mL)	有機酸 (g・100mL <sup>-1</sup> )			ポリフェノール (mgCE・100mL <sup>-1</sup> ) <sup>y</sup>	食味評点 <sup>x</sup> (1-5段階)	洋ナシ香評点 <sup>x</sup> (0-3段階)
			クエン酸	リンゴ酸	総量			
‘翠香’青果 (6/15採取)	0日	1070	1.23	0.74	1.97	43	2.8	0.8
	1日	1152	1.67	0.77	2.44	49	2.0	0.3
	2日	1165	1.74	0.72	2.46	48	2.3	1.0
	3日	1145	1.83	0.51	2.34	47	3.0	1.0
	4日	1158	1.79	0.37	2.16	40	3.0	1.3
	5日	1145	1.93	0.30	2.23	40	3.5	2.0
‘翠香’黄熟果 (6/21採取)	0日	1157	1.84	0.66	2.50	51	2.3	0.5
	1日	1142	1.62	0.55	2.17	43	2.0	1.0
	2日	1117	1.49	0.35	1.84	41	2.8	1.0
	3日	1152	1.52	0.28	1.80	39	3.0	1.5
	4日	1084	1.49	0.20	1.69	36	2.5	2.0
	5日	1080	1.30	0.19	1.49	31	2.5	2.3
‘翠香’完熟果 (6/20採取)	0日	1103	1.72	0.49	2.21	45	3.0	1.5
	1日	1123	1.69	0.32	2.01	41	2.5	1.5
	2日	1115	1.81	0.32	2.13	42	3.5	2.0
	3日	1067	1.75	0.23	1.98	38	3.3	2.0
‘鶯宿’黄熟果 (6/22採取)	0日	1134	1.67	0.62	2.29	71	2.0	0.8
	2日	1112	1.70	0.49	2.19	55	2.5	1.3
	4日	1112	1.68	0.35	2.03	44	2.3	1.0
	6日	1137	1.80	0.36	2.16	44	2.8	1.8

<sup>z</sup>追熟温度20℃

<sup>y</sup>CEはクロロゲン酸相当量を示す

<sup>x</sup>評価パネラーは関係研究員4名

第8表 ウメ‘翠香’における追熟温度および日数の違いが梅シロップの品質に及ぼす影響

	追熟 日数 <sup>z</sup>	果実1kg当たり 作出量(mL)	有機酸 (g・100mL <sup>-1</sup> )			ポリフェノール (mgCE・100mL <sup>-1</sup> ) <sup>y</sup>	食味評点 <sup>x</sup> (1-5段階)	洋ナシ香評点 <sup>x</sup> (0-3段階)
			クエン酸	リンゴ酸	総量			
	0日	1157	1.84	0.66	2.50	51	2.3	0.5
20°C	1日	1142	1.62	0.55	2.17	43	2.0	1.0
	2日	1117	1.49	0.35	1.84	41	2.8	1.0
	3日	1152	1.52	0.28	1.80	39	3.0	1.5
	4日	1158	1.49	0.20	1.69	36	2.5	2.0
	5日	1145	1.30	0.19	1.49	31	2.5	2.3
	6日	1139	1.69	0.18	1.88	31	2.5	1.8
30°C	1日	1087	1.55	0.42	1.98	43	3.0	1.8
	2日	1080	1.40	0.24	1.64	39	2.0	1.5
	3日	1099	1.41	0.18	1.59	34	2.3	2.3
35°C	1日	1053	1.47	0.25	1.72	40	1.3	0.5
	2日	1077	1.46	0.23	1.69	38	2.3	1.8

<sup>z</sup>黄熟果（6/21採取）を供試

<sup>y</sup>CEはクロロゲン酸相当量を示す

<sup>x</sup>評価パネラーは関係研究員4名

## 考 察

本研究では、‘翠香’における収穫時期および追熟条件の違いが果実梅酒および梅シロップに加工後の含有成分や食味等に及ぼす影響を調査した。

既報（大江ら，2012a）で筆者らは‘南高’において、着果位置の違いが果実の成熟に影響を及ぼし、樹冠内層の果実は外層の果実と比べて果実肥大、軟化、着色進行の点から7日程度成熟が遅れ、品質成分ではクエン酸の蓄積が遅れる傾向であり、慣行どおり内層の果実の収穫時期を1週程度遅らせることは、外観品質や内容成分を樹冠外層の果実と同程度にまで高めることにつながると述べた。本試験の‘翠香’においても内層果実は外層果実と比べて果実肥大、軟化、着色進行およびクエン酸の蓄積が遅れる傾向であり、内層果実の収穫を遅らせることは外観品質や品質成分を樹冠外層の果実と同程度にまで高めることにつながると考えられた。一方、既報（大江ら，2013）で筆者らは‘露茜’において、内層の果実の収穫時期を3日程度遅らせるとクエン酸含量はやや改善したが、アントシアニン、リンゴ酸およびクエン酸含量は外層果実におけるこれら含量の最大値に内層果実は達しなかったことから、内層果実は外層果実よりもこれら機能性成分面で劣ると判断した。‘翠香’では内層、外層それぞれの完熟期の比較では同程度であり、‘露茜’とは異なった。

次に‘翠香’の梅酒について、外層、内層とも熟度が進んだもので作出量が多い傾向が見られ、熟度による差がなかった‘南高’での報告（大江ら，2012b）とは異なった。また、追熟した場合にも黄熟果で多い傾向であり、作出量の点では黄熟果が良いことが明らかとなった。着果位置との関係について、内層果実を用いた梅酒は外層のものとは比べて褐色度が小さく、クエン酸含量が少ない傾向であり、内層果実の収穫を遅らせることはこれらを樹冠外層のものと同程度にまで高めることにつながると考えられた。また、‘南高’での筆者ら（大江ら，2012b）の報告と同様、着果位置による果肉でのクエン酸含量の違いが梅酒にも反映されていた。追熟との関係について、‘南高’で青果収穫



盛期以後の果実を追熟させた場合の梅酒品質は、採取後の日数が経過したものほど褐色度が大きい。リンゴ酸および有機酸総量が少なく、その他の項目も採取時と同じか低いことから、収穫後速やかに加工する方がよいとした(大江ら, 2008)。本試験の‘翠香’果実において、追熟することでクエン酸含量は増加するものの、リンゴ酸および有機酸総量は減少し、褐色度やポリフェノール含量は大きな変化がないことが示されたことから、‘翠香’においても速やかに加工する方がよいと判断された。また、追熟温度が高いほど、作出量、リンゴ酸含量、有機酸総量およびポリフェノール含量が少ない傾向であり、梅酒原料とする場合、収穫後は果実温度が高くないようにする必要があると判断された。なお、今回‘翠香’で食味に関する調査は行っていないが、‘南高’では20°Cで4日程度追熟した果実を原料とすることで香りの評点や特徴的な芳香成分が高いことから、今後検討が必要である。

他品種との比較について、本試験で‘翠香’を用いた梅酒の褐色度は‘翠香’の親品種‘月世界’のさらに親品種である‘鶯宿’と比較すると、追熟の有無にかかわらず褐色度が小さく、ポリフェノール量が少なかった。同年に筆者らが調査した‘南高’外層の黄熟期果実を原料とした梅酒での値は、褐色度が0.22、ポリフェノール量が $58\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ であり(データ省略)、『南高』と比べても褐色度が低かった。褐色度は従来の梅酒らしさを示す琥珀色の目安、ポリフェノールは機能性成分の1つであり、これらの面で‘翠香’は‘鶯宿’と比べて劣り、褐色度で‘南高’と比べて劣ると判断される。一方で、ポリフェノールは苦味に関与する成分である。また、三宅ら(2010)はウメ9品種の香气成分組成によるクラスター分析を行い、『翠香』は‘南高’や‘白加賀’とは異なるクラスターに分類されることを報告しており、八重垣ら(2014)は‘翠香’を用いた梅酒は香りが強く、梅酒、梅ジュースとして特徴のある製品が生産できるとしている。これらのことから、『翠香』は香り、食味および色調において従来の梅酒とは異なる特徴に仕上がる可能性がある。‘翠香’を用いた梅酒の褐色度が小さい要因について、筆者ら(大江ら, 2006)は‘南高’の梅酒において、褐変化にはポリフェノールの酸化が大きく関係していると結論づけており、本試験の‘翠香’においても梅酒の褐色度が小さいことはポリフェノール量が少ないことによるものと思われる。また、ウメ果実内でポリフェノールは核に多く存在していること(三谷・矢野, 2006)、梅酒のポリフェノールの多くは種子に起因することから(赤木ら, 2002; 大江ら, 2006)、『翠香』の核のポリフェノール含量が少ないものと推察された。なお、梅シロップでは梅酒ほど‘鶯宿’と差がなかった要因は梅酒と比べて漬け込み期間が短く、種からのポリフェノールの溶出が少なかったためと推察される。

梅シロップについて、内層果実を用いた梅シロップは同日では外層のものとは比べてクエン酸含量が少ない傾向であり、内層果実の収穫を遅らせることはこれらを樹冠外層のものと同程度にまで高めることにつながると考えられた。一方、食味評点は同一採取日での外層果実と内層果実の差はあまりないことが明らかとなった。先述のとおり熟度指標には外層と内層の果実で差があることから、果実の成熟度と食味との関連は小さいと推察された。‘翠香’のシロップの食味に大きく関係すると思われる香り成分の差を今後確認する必要はあるが、追熟しない場合は内層と外層を区別せず青果熟度のものを一斉に収穫する方がよいと考えられた。次に‘翠香’の特徴である洋ナシ香について評価したところ、採取時期が遅いものほど高い傾向を示した。‘翠香’の完熟果には強い香りのインパクトを与える硫黄化合物が含まれ、『南高』や‘白加賀’等とは異なる香りであることが報告されており(花王株式会社, 2010)、本試験でも熟度が進むほど洋ナシ香を強く感じる傾向がみられ、洋ナシ香と硫黄化合物の関連が示唆される。一方、追熟との関係について、土田ら(2017)は芳香成分の総和は‘翠香’が‘南高’に比べて多く、これら成分は追熟により増加するため、高品質な‘翠香’の梅シ



ロップを調製するためには、追熟が有効であるとしている。本試験でも追熟により、食味や洋ナシ香の評点は高まる傾向がみられた。ただし、食味評点が高い追熟日数と洋ナシ香が高い追熟日数が異なった。よって、洋ナシ香以外の香り成分が食味に関係しているものと推察された。最近、片桐ら(2017)は‘翠香’果実での特徴香として、酢酸-3-ヘキセニル、酪酸エチル、ヘキサノ酸エチル、3-ヘキセン酸エチルおよび酢酸ヘキシルを明らかにしており、これら成分は青果で4日以上、黄熟果で2日以上追熟した果実を原料とした梅シロップで著しく多いことを報告している。よって、これら成分と食味や洋ナシ香との関連について今後調査する必要がある。追熟温度については梅酒と同様、温度が高いほど作出量が少ない傾向であり、35℃では食味および洋ナシ香評点が高まらないことから、梅シロップの原料とする場合も収穫後の果実温度は高くないようにする必要があると判断された。

以上のことから、‘南高’と同様、‘翠香’においても受光条件が悪い内層の果実は外層果実と比べて果実肥大、軟化、着色進行およびクエン酸の蓄積が遅れる傾向であり、内層果実の収穫を遅らせることは外観品質や品質成分を樹冠外層の果実と同程度にまで高めることにつながる事が明らかとなった。また、‘翠香’は香り、食味および色調において従来の梅酒とは異なる特徴に仕上がる可能性があると考えられた。さらに、‘翠香’の特徴である洋ナシ香が豊富な梅シロップを製造するには、20~30℃で数日追熟することが適切と判断された。

## 摘 要

本試験では、‘翠香’の特徴を活かした加工品を開発する一環として、着果位置、収穫時期および追熟条件の違いが果実、梅酒および梅シロップの品質や含有成分等に及ぼす影響を調査した。

1. ‘南高’と同様、‘翠香’においても受光条件が悪い内層の果実は外層果実と比べて果実肥大、軟化、着色進行およびクエン酸の蓄積が遅れる傾向であり、内層果実の収穫を遅らせることは外観品質や品質成分を樹冠外層の果実と同程度にまで高めることにつながる事が明らかとなった。
2. ‘翠香’は香り、食味および色調において従来の梅酒とは異なる特徴に仕上がる可能性があると考えられた。
3. ‘翠香’の特徴である洋ナシ香が豊富な梅シロップを製造するには、20~30℃で数日追熟することが適切と判断された。

食味評価にご協力いただいた和歌山県工業技術センターの根来圭一氏（現：和歌山県農林水産部経営支援課）、赤木知裕氏に深く感謝の意を表す。

## 引用文献

- 赤木知裕・長谷川豪宏・金銅俊二・尾崎嘉彦・中内道世・谷口久次. 2002. 梅酒における抗酸化性の評価. 食科工講演集. 49: 58.
- 花王株式会社. 2010. ニュースリリースウメの完熟果実について、香りと、遺伝系統との関係を確認(オンライン). <[http://www.kao.com/jp/corp\\_news/2010/20101125\\_001.html](http://www.kao.com/jp/corp_news/2010/20101125_001.html)>.
- 片桐実菜・根来圭一・赤木知裕・土田靖久. 2017. ウメ‘翠香’の果実および加工品の香气特性. 日食

科工講演集. 64: 80.

三谷隆彦・矢野史子. 2006. ウメとプラム. 近畿大先端技総研紀要. 11: 1-13.

三宅英伸・長谷川義博・野川一義・根来圭一・林 恭平・赤木知裕・有田 慎・三谷隆彦. 2010. 梅系統と果実香氣成分との関係. 園学研. 9 (別2) : 305.

根来圭一・林 恭平・岩本和也・大江孝明. 2007. ‘南高’と‘地蔵’の交雑による  $\beta$ -カロテン含量の高い自家和合性ウメ品種の育成. 園学研. 6 (別2) : 469.

農林水産省. 2016. 平成 26 年産特産果樹生産動態等調査.

大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2006. ウメ‘南高’果実の開花時期, 採取時期と果実成分の関係およびそれらを原料として製造した梅酒品質への影響. 園学研. 5: 141-148.

大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2007. ウメ‘南高’における梅酒用果実の熟度指標に関する研究. 園学研. 6: 77-83.

大江孝明・岡室美絵子・根来圭一・土田靖久・細平正人. 2008. 異なる熟度で収穫したウメ‘南高’果実の追熟期間が果実および梅酒の品質に及ぼす影響. 園学研. 7: 299-303.

大江孝明・櫻井直樹・岡室美絵子・根来圭一・土田靖久・中西 慶・細平正人. 2012a. 着果位置の違いがウメ‘南高’果実の熟度進行および品質成分に及ぼす影響. 園学研. 11: 235-240.

大江孝明・櫻井直樹・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・岡室美絵子・細平正人. 2012b. ウメ‘南高’果実の追熟条件が梅酒の香氣成分および苦み成分に及ぼす影響. 園学研. 11: 273-279.

大江孝明・櫻井直樹・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・岡室美絵子・中西 慶・土田靖久・細平正人. 2012c. ウメ‘南高’果実の着果位置の違いが梅酒加工品の品質に及ぼす影響. 園学研. 11: 371-378.

大江孝明・竹中正好・櫻井直樹・根来圭一・古屋挙幸・岡室美絵子・土田靖久. 2013. ウメ‘露茜’果実の熟度と着果条件がアントシアニンの蓄積およびその他の機能性成分含量に及ぼす影響. 園学研. 12: 411-418.

土田靖久・片桐実菜・根来圭一. 2017. ウメ‘翠香’果実の熟度および追熟日数が加工品中の品質成分含量に及ぼす影響. 園学研. 16 (別2) : 352.

八重垣英明・山口正己・土師 岳・末貞佑子・三宅正則・木原武士・鈴木勝征・内田 誠. 2012. ウメ新品種‘露茜’. 果樹研報. 13: 1-6.

八重垣英明・山口正己・土師 岳・末貞佑子・中村ゆり・京谷英壽・西村幸一・三宅正則・安達栄介・小園照雄・福田博之・木原武士・鈴木勝征・内田 誠. 2014. ウメ新品種‘翠香’. 果樹研報. 17: 1-11.



# FTA®カードを用いた簡便なウメ DNA 固定および長期保存

沼口孝司・北村祐人

和歌山県果樹試験場うめ研究所

**A Simple Method Using FTA® Card for Fixation and Long-term Storage of DNA in Japanese Apricot**

Koji Numaguchi and Yuto Kitamura

*Japanese Apricot Laboratory, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture*

## 緒 言

果樹では大きな個体サイズ、長い幼若期が育種上の大きな障壁となる。それゆえ着果を待たずして有用形質に関する選抜を可能にする DNA マーカー選抜の重要性は草本作物と比較してはるかに大きく (Luby・Show, 2001), 育種現場においても数多く利用されている。ウメ (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) でも *S* 遺伝子座において自家和合性に関与する *S<sup>f</sup>* 対立遺伝子 (Tao ら, 2000, 2002) を保有する交雑実生の選抜に DNA マーカーが用いられ, ‘橙高’, ‘NK14’ (根来ら, 2007, 2009) および ‘星高’ (北村ら, 2017) のような自家和合性の優良品種が育成された。このように高い利便性をもつ DNA マーカーであるが, 育種規模が拡大するにつれ, 植物体からの DNA 抽出にかかる労力および時間が無視できないものとなっており, これまでに多くの作物において簡易抽出法が開発されている。特に簡単なものでは TE バッファ中に葉の汁液を溶出させるのみの方法 (Ikeda ら, 2001; Ohta ら, 2013) があり, ウメでの適用例が報告されている (Habu ら, 2006 ; Ohta ら, 2013) 。しかし葉の採取後すぐに抽出操作ならびに PCR を行う必要がある点や, 保存性などの点で課題が残る。そこで本稿では, 種々の生物由来の核酸を迅速・簡便に固定することができ, 常温での長期保存性にも定評があるろ紙である FTA カード (Ishii ら, 2011 ; Maina ら, 2017 ; Orn ら, 2015) を用いたウメ DNA の固定, PCR による *S* 遺伝子型判別および長期保存について検討したので報告する。

## 材料および方法

### 1. 植物材料およびサンプリング

#### 1) FTA カードを用いた *S* 遺伝子座の PCR 条件およびカードの保存性の検討

FTA カードを用いた *S* 遺伝子座の PCR 条件の検討には, 2017 年 11 月 9 日にサンプリングしたうめ研究所内植栽の ‘南高’, ‘古城’, ‘改良内田’, ‘織姫’, ‘東地紅梅’, ‘前沢’, ‘信濃小梅’, ‘二青梅’, ‘露茜’, ‘鶯宿’, ‘八郎’, ‘竜峡小梅’, ‘白加賀’, ‘橙高’ および ‘剣先’ の 15 品種を用いた。FTA カードの保存性の検討には 2017 年 4 月 10 日にみなべ町内現地ほ場でサンプリングした ‘南高’ 5 個体を用いた。サンプリングした葉は直ちに FTA プラントセーバーカード (GE ヘルスケア) の一区画へ, ラップを被せた上から小型ハンマーで打ちつけ,

汁液を浸透させた（第1図）。カードは風乾させたのち、PCRに供するまで常温で保管した。なお、11月9日にサンプリングした葉の一部については対照として DNeasy plant mini kit（キアゲン）を用いた DNA 抽出も行った。すべてのサンプルについて、11月13日に PCR による *S* 遺伝子型判別に供試した。

## 2) FTA カードを用いた自家和合性交雑後代の選抜（利用例）

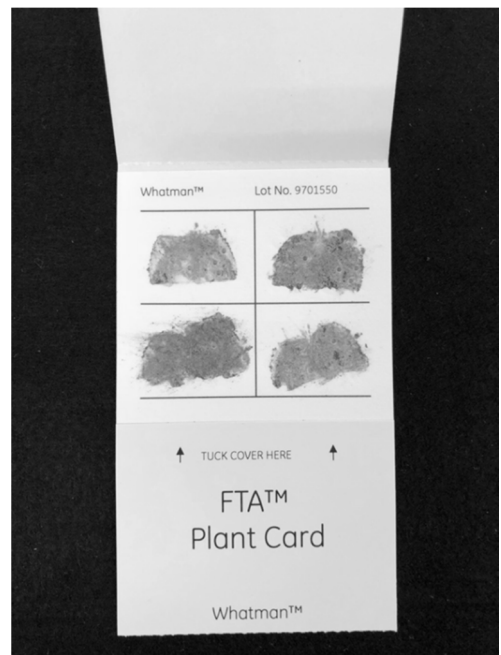
試験には EN80 集団（2年生）37 個体を用いた。なお EN80 集団は、‘二青梅’ × ‘南高’ の F<sub>1</sub> 「EN8」を種子親に、‘織姫’を交雑して得られた集団である。全個体について 2017 年 10 月 16 日に FTA カードへのサンプリングを行い、11 月 20 日に PCR による *S* 遺伝子型判別を行った。

## 2. FTA カードの前処理

PCR に先立ち、FTA カードはマニュアルの通り前処理に供した。すなわち、φ1.25 mm のパンチでカードの汁液が浸透した部分をくり抜いて PCR チューブに入れ、200 μl の FTA 精製試薬（GE ヘルスケア）で 5 分 × 2 回、続いて 200 μl の TE（10 mM Tris-HCl, 0.1 mM EDTA, pH 8.0）バッファで 5 分 × 2 回洗浄を行った。ディスクに葉緑素が残る場合はさらにイソプロパノール 200 μl による洗浄を行った。洗浄後のディスクは風乾により完全に水分を取り除いた。

## 3. PCR 反応条件

標準的な PCR キットである Quick Taq HS DyeMix（以降 Quick Taq）（東洋紡）および高効率キットである KOD-FX Neo（東洋紡）を用いて、各キットのマニュアルに記載の手順に従い、全量を 25 μl として PCR を行った。プライマー（終濃度 0.4 μM）にはウメの *S* 遺伝子座を増幅する既報の Pru-C2 および Pru-C5（Tao ら、2000）を使用した。反応条件は 95℃・2 分、（95℃・30 秒、50℃・30 秒、68℃・2 分）×40 回、68℃・7 分とした。PCR 産物は 1% アガロースゲル電気泳動およびエチジウムブロマイド染色により可視化した。

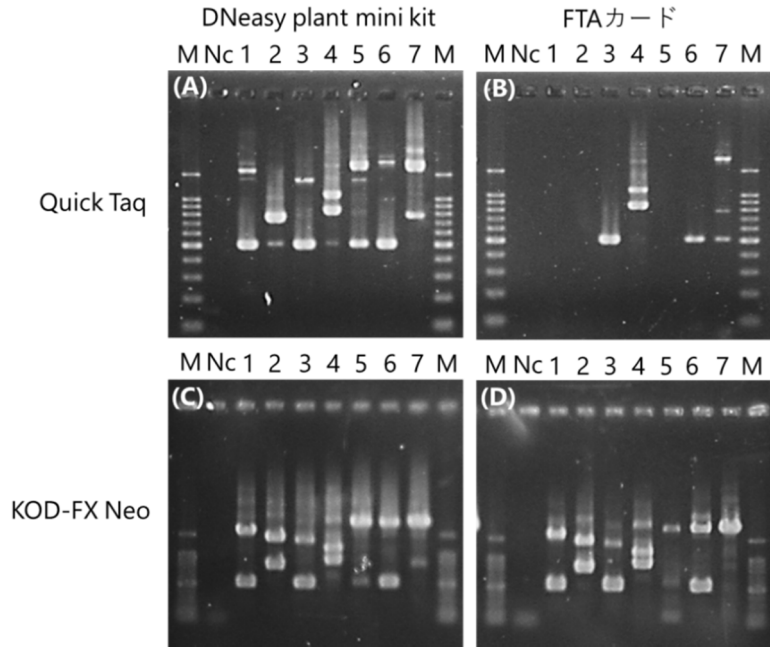


第1図 ウメ葉の汁液を浸透させた FTA カード

## 結果および考察

### FTA カードに適した PCR 条件

DNeasy plant mini kit を用いて抽出した DNA では、Quick Taq および KOD-FX Neo とともに良好な増幅を示した（第2図 A, C）。一方、FTA カードを用いて固定した DNA は、Quick Taq では増幅が安定しなかったものの、KOD-FX Neo では良好な結果が得られた（第2図 B, D）。さらに、FTA カードにサンプリングした 12 品種のウメについて、KOD-FX Neo を用いた *S* 遺伝子座の PCR 分析を行ったところ、供試したすべての品種について DNeasy plant mini kit を用いて抽出した DNA と同等の明瞭なバンドが得られた（第3図 A, B）。うち、自家和合性品種である‘織姫’、‘前沢’、

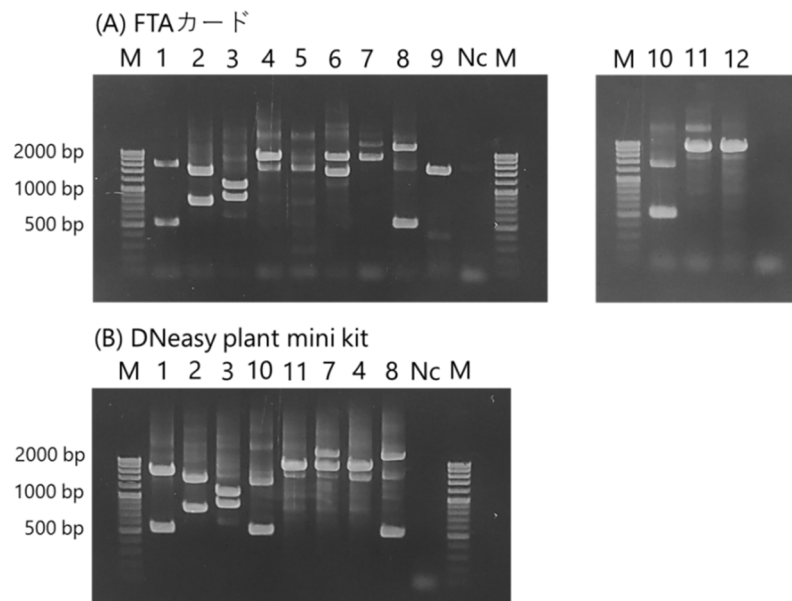


第 2 図 2 種類のキットによる FTA カードからの PCR 効率の違い

抽出（固定）法 (A), (C): DNeasy plant mini kit (対照), (B), (D): FTA カード

PCR キット (A), (B): Quick Taq HS DyeMix, (C), (D): KOD-FX Neo

M: 100 bp ladder, Nc: ネガティブコントロール, 1: ‘南高’, 2: ‘白加賀’, 3: ‘鶯宿’, 4: ‘改良内田’, 5: ‘竜峡小梅’, 6: ‘橙高’, 7: ‘剣先’



第 3 図 12 品種のウメにおける S 遺伝子座の PCR 分析

(A) FTA カード, (B) DNeasy plant mini kit (対照)

M: 100 bp ladder, Nc: ネガティブコントロール, 1: ‘南高’, 2: ‘古城’, 3: ‘改良内田’, 4: ‘織姫’, 5: ‘東地紅梅’, 6: ‘前沢’, 7: ‘信濃小梅’, 8: ‘二青梅’, 9: ‘露茜’, 10: ‘鶯宿’, 11: ‘八郎’, 12: ‘竜峡小梅’



‘信濃小梅’，‘八郎’および‘竜峡小梅’からは  $S^f$  対立遺伝子 (2000 bp 付近) が安定して検出された (第3図A)．これらのことから，KOD-FX Neo を用いることで，FTA カードによる方法でも PCR による  $S$  遺伝子型判別が十分可能であると考えられた．

なお FTA カードにおいて Quick Taq による増幅が安定しなかったのはウメ葉中に含まれる PCR 阻害物質の影響によるものと考えられる．一般に，木本作物の葉は草本作物と比較してポリフェノールや多糖類等の PCR 阻害物質を多く含む (Tibbits ら，2006) が，KOD-FX Neo ではそれら阻害物質の存在下でも安定した PCR が可能であることが示された．

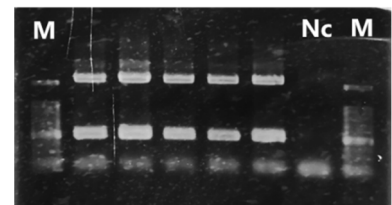
#### FTA カードに固定されたウメ葉由来 DNA の保存性

2017年4月10日に FTA カードに固定した‘南高’5個体の DNA サンプルについて，11月13日に KOD-FX Neo を用いた方法により PCR を行った結果，すべてのサンプルで良好な増幅結果が得られた (第4図)．このことから，FTA カードに固定したウメ葉由来の DNA は，少なくとも10か月間は常温で保存可能であることが示唆された．

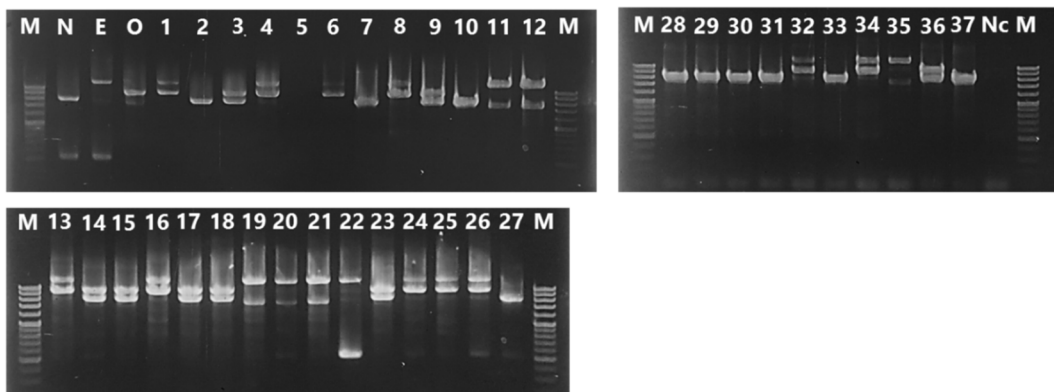
#### FTA カードの実用性

供試した EN80 集団 37 個体のうち，5 を除く 36 個体において良好な増幅結果が得られた (第5図)．うち 1, 3, 4, 6, 8, 9, 13~18, 23~26, 32, 34 および 36 の 19 個体が自家和合性を示す  $S^f$  対立遺伝子を保有していたため，これらを育種素材の候補として選抜した．なお，37 個体の葉の FTA カードによるサンプリングはわずか1時間程度で完了でき，その後のサンプル保管に冷凍庫を要しないため，極めて簡便であった．このように，FTA カードによるサンプリングと KOD-FX Neo による PCR を用いることで，ウメでもキットによる DNA 抽出を経ず，極めて省力的に交雑後代の選抜ができた．

FTA カードはその運搬性から，現地調査におけるサンプリングにも広く利用される (Ishii ら，2011；Orn ら，2015)．またサンプリング対象は植物体のみならず，感染している病原体にまで及び，固定する核酸の種類を問わない (Maina ら，2017)．そのため，ウメでも現地における病害診断技術やクローン識別法としての利用など，育種利用に留まらない実用性が期待できる．



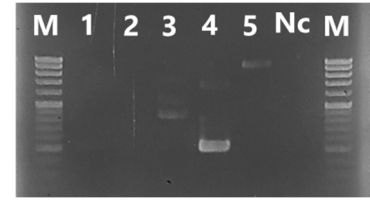
第4図 約10か月保存後の FTA カードを用いた PCR  
M: 100 bp ladder, Nc: ネガティブコントロール



第5図 FTA カードを用いた EN80 交雑実生集団からの自家和合性個体の選抜 (実施例)

M: 100 bp ladder, Nc: ネガティブコントロール, N: ‘南高’, E: ‘二青梅’, O: ‘織姫’, 1-37: EN80 集団

しかし利用には留意すべき点がある。例えば FTA カードへの過剰な汁液の採取は、かえって PCR 効率の低下につながる。特にカード上に残さが付着した状態では PCR が失敗しやすい傾向にあるため (第 6 図), サンプリングの際はカードに葉を打ちつける強度を、汁液が浸透する最小限度に留めるべきである。また、葉緑素も PCR 阻害物質として報告されている (Schrader ら, 2012) ため、FTA ディスクの洗浄は緑色が抜けるまで丁寧に行うことが重要である。さらに、パンチを用いたくり抜きの際、クロスコンタミネーションを防止するために、カードは十分乾燥させておく必要がある (藤井ら, 2011)。



第 6 図 汁液を過剰採取したカードを用いた PCR  
M: 100 bp ladder, Nc: ネガティブコントロール, 1: '南高', 2: '白加賀', 3: '改良内田', 4: '鶯宿', 5: '竜峡小梅'

## 摘 要

本稿では、ウメの DNA 分析の省力化のため、核酸を迅速・簡便に固定することができ、常温での長期保存が可能とされるろ紙、FTA カードの利用を検討した。

1. 高効率 PCR 酵素である KOD-FX Neo を用いることで、FTA カードに固定したウメ葉の DNA からの安定した PCR が可能であった。
2. FTA カードに固定したウメ葉由来の DNA は、少なくとも 10 か月間は常温で安定に保存することが可能であった。
3. FTA カードへのサンプリングの際は、葉を打ちつける強度をカードに汁液が浸透する最小限度に留め、残さを付着させないよう留意する必要がある。

## 引用文献

- 藤井宏治・北山哲史・中原弘明・水野なつ子・関口和正. 2011. STR 型検査のために FTA カードをパンチする際のクロスコンタミネーションの程度について. 法科学技術. 16: 67-72.
- Habu, T., F. Kishida, M. Morikita, A. Kitajima, T. Yamada and R. Tao. 2006. A simple and rapid procedure for the detection of self-compatible individuals in Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) using the loop-mediated isothermal amplification (LAMP) method. HortScience 41: 1156-1158.
- Ikeda, N., N. S. Bautista, T. Yamada, O. Kamijima and T. Ishii. 2001. Ultra-simple DNA extraction method for marker-assisted selection using microsatellite markers in rice. Plant Mol. Biol. Rep. 19: 27-32.
- Ishii, T., T. Hiraoka, T. Kanzaki, M. Akimoto, R. Shishido and R. Ishikawa. 2011. Evaluation of genetic variation among wild populations and local varieties of rice. Rice 4: 170-177.
- 北村祐人・武田知明・沼口孝司・土田靖久・根来圭一・林 恭平・岩本和也・菱池政志・中 一晃・島津 康. 2017. 黒星病抵抗性ウメ '星高' の育成および減農薬栽培の可能性の評価. 園学研. 16 (別 2) : 388.
- Luby, J. J. and D. V. Show. 2001. Does marker-assisted selection make dollars and sense in a fruit breeding program? HortScience 36: 872-879.
- Maina, S., B. A. Coutts, O. R. Edwards, L. de Almeida, M. A. Kehoe, A. Ximenes and R. A. C. Jones. 2017. Zucchini yellow mosaic virus populations from East Timorese and northern Australian cucurbit crops:

- molecular properties, genetic connectivity, and biosecurity implications. *Plant Dis.* 107: 1236-1245.
- 根来圭一・林 恭平・岩本和也・大江孝明. 2007. ‘南高’と‘地蔵’の交雑によるβ-カロテン含量の高い自家和合性ウメ品種の育成. *園学研.* 6 (別2) :469.
- 根来圭一・林 恭平・岩本和也. 2009. 自家和合性ウメ新品種‘NK14’の育成. *園学研.* 8 (別1) :311.
- Ohta, S., K. Yano, Y. Kurita, T. Shimizu and H. Nesumi. 2013. A sample preparation method for direct and non-direct PCR in woody plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 82: 14-21.
- Orn, C., R. Shishido, M. Akimoto, R. Ishikawa, T. M. Htun, K. Nonomura, Y. Koide, M. Sarom, S. Sophany, O. Makara and T. Ishii. 2015. Evaluation of genetic variation among wild rice populations in Cambodia. *Breed. Sci.* 65: 430-437.
- Schrader, C., A. Schielke, L. Ellerbroek and R. Johne. 2012. PCR inhibitors – occurrence, properties and removal. *J. Appl. Microbiol.* 113: 1014-1026.
- Tao, R., T. Habu, H. Yamane and A. Sugiura. 2000. Molecular markers for self-compatibility in Japanese apricot (*Prunus mume*). *HortScience* 35: 1121-1123.
- Tao, R., T. Habu, A. Namba, H. Yamane, F. Fuyuhiko, K. Iwamoto and A. Sugiura. 2002. Inheritance of *S*<sup>1</sup>-RNase in Japanese apricot (*Prunus mume*) and its relation to self-compatibility. *Theor. Appl. Genet.* 105: 222-228.
- Tibbits, J. F. G., L. J. McManus, A. V. Spokevicius and G. Bossinger. 2006. A rapid method for tissue collection and high-throughput isolation of genomic DNA from mature trees. *Plant Mol. Biol. Rep.* 24: 81-91.

## Summary

In this study, we tested the availability of FTA card to simplify the procedure of DNA analysis in Japanese apricot.

1. A highly efficient PCR kit, KOD-FX Neo showed good results of PCR from mume leaf DNA fixed on FTA cards.
2. Mume leaf DNA fixed on FTA card was shown to be stored for at least 10 months at room temperature.
3. When sampling, FTA cards should be minimally saturated with leaf extracts to prevent PCR inhibition by leaf residue.

## ウメ ‘橙高’ 果肉の $\beta$ -カロテン含量が高まる要因と 加工品への適用

土田靖久<sup>1</sup>, 根来圭一<sup>1,4</sup>, 赤木知裕<sup>2</sup>, 岡崎一誠<sup>3</sup>, 行森 啓<sup>1,5</sup>, 大江孝明<sup>1</sup>

<sup>1</sup>和歌山県果樹試験場うめ研究所

<sup>2</sup>和歌山県工業技術センター

<sup>3</sup>紀南農業協同組合

### Identification of the Factors Raising $\beta$ -carotene Content in Japanese Apricot ‘Toko’ Pulp and Application to the Processed Products

Yasuhisa Tsuchida<sup>1</sup>, Keiichi Negoro<sup>1,4</sup>, Tomohiro Akagi<sup>2</sup>, Kazunobu Okazaki<sup>3</sup>, Akira Yukimori<sup>1,5</sup> and  
Takaaki Oe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Japanese Apricot, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

<sup>2</sup>Industrial Technology Center of Wakayama Prefecture

<sup>3</sup>Japan Agricultural Cooperatives of Kinan

### 緒 言

和歌山県で育成されたウメ ‘橙高’ の果実は機能性成分であり、ビタミンAの前駆体である $\beta$ -カロテン（田中，2002；矢野ら，2002）が豊富で，完熟落下果実（以後完熟果）は果皮および果肉が鮮やかな橙色になる（根来ら，2007）．また根来・大江（2010）は完熟果を追熟することにより果肉中の $\beta$ -カロテンがさらに増加することを明らかにしている．本県の主要品種である ‘南高’ の完熟果は，そのほとんどが梅干しの原料として収穫後直ちに塩漬けされるため，腐敗などの影響を受けにくい．しかし ‘橙高’ は梅干し以外の加工品への適用も想定され，その場合は，加工処理までの時間経過により果実に腐敗が生じる恐れがある．そこで完熟果より若い樹上果実を収穫して追熟を行い， $\beta$ -カロテンが十分増加したタイミングで加工を開始すると，果実の損失が軽減されると考えられる．なお，上述の根来・大江（2010）の試験ではキズや軟化の進行の少ない完熟果を目視と手触りにより厳選したため，数日間をかけての追熟が可能であったが，大量の果実を扱うことは困難である．ここでは追熟に適した樹上果実の熟度を明らかにするため，熟度別に採取した果実について追熟を行い， $\beta$ -カロテン含量を調査した．また， $\beta$ -カロテン含量の多い果実を効率的に生産するために，果実の大きさおよび樹形の違いが果肉中の $\beta$ -カロテン含量に及ぼす影響について調査した．一方 ‘橙高’ の色や機能性を活かした加工品はこれまでにない特徴あるものとして市場に受け入れられることが期待される． $\beta$ -カロテンは脂溶性の黄色色素であることから，油を原料とし，黄色味を呈するマヨネーズが ‘橙高’ の特徴を活用できる加工品の一つとして挙げられる．油・酢と並んでマヨネーズの主原料である卵もカロテノイドを含有し，製品を黄色く着色する働きを持つ．同時にタンパク質や脂質を含有しているため，油と水分を均質化する乳化の役割を持つ。

<sup>4</sup>現在：和歌山県農林水産部経営支援課

<sup>5</sup>現在：和歌山県日高振興局農業水産振興課

つ(押田, 1975). 一般に果物にも乳化作用を持つ多糖類のペクチンが含有されている(Lerouxら, 2003). これらのことから, ‘橙高’に含まれる $\beta$ -カロテンとペクチンがマヨネーズにおける卵の役割を果たすと考えられる. さらに, 卵を含有していないことにより, 卵アレルギーを持つ消費者の需要が期待できる. そこで卵の代わりに‘橙高’のピューレを用いたマヨネーズ風ドレッシング(卵を含有しない場合は「ドレッシング」と呼称される)の製造に適切な配合割合を検討した. また, 官能による食味評価を行うことにより, 試作品の嗜好性を調査した.

## 材料および方法

### 1. 果実の採取時期および追熟が果肉中の $\beta$ -カロテン含量に及ぼす影響

2014年6月10日(青果収穫開始期)および6月15日(青果収穫後期)に高接ぎ7~8年目(台木は13年生‘南高’)の‘橙高’3樹より樹上果実を, 6月20日に樹上果実および完熟落下果実(以降完熟果)を採取した. 樹上果実については半数を収穫後直ちに核を除いて $-30^{\circ}\text{C}$ で保存し, 残りの半数を $30^{\circ}\text{C}$ で5日間追熟を行った後,  $-30^{\circ}\text{C}$ で冷凍保存した. 完熟果については収穫後直ちに核を除いて $-30^{\circ}\text{C}$ で保存した. これらの果実をそれぞれ5果取り出し, 大江ら(2006)の方法により $\beta$ -カロテン含量を求めた. すなわち, 1果ずつマルチディスペンサー(SMT, PB95)を用いてアセトン中で粉碎し, ガラスフィルターで吸引濾過しつつ残渣にアセトンを加えて, 色素が無くなるまで抽出した. 測定はShim-pack VP-ODSカラムを装着したHPLC(島津製作所, LC-20)により行った. 移動相は90%アセトニトリルと酢酸エチルのグラジエントとし, 吸光度450nmで検出をした. 5果の平均値を1樹あたりの値とし, 3樹の平均値を求めた.

### 2. 果実の大きさが果肉中の $\beta$ -カロテン含量に及ぼす影響

2014年6月10日および6月15日に高接ぎ7~8年目(台木は13年生‘南高’)の‘橙高’3樹より完熟果を収穫し‘南高’用の選果機を用いて, L, 2L, 3Lおよび4L級の完熟果を5果ずつ採取し, 試験1と同様の方法により果肉中の $\beta$ -カロテン含量を求めた.

### 3. 受光条件および樹形の違いが果肉中の $\beta$ -カロテン含量に及ぼす影響

2009年に10年生‘橙高’を供試し, 6月12日に側枝単位で直射日光区および遮光区を設けた. 区の設置については, 果実を覆う枝葉を除去し, この上からアルミ蒸着フィルムを被せて直射日光を遮断した. 直射日光区は果実を覆う枝葉の除去のみを行った. なお, 処理日から果実の完熟落下開始までの期間は20日であった. 完熟果10~12果を随時採取し, 1果ごとに試験1と同様の方法により $\beta$ -カロテン含量を測定した.

2014年6月19日に‘橙高’主幹形および開心自然形(6~7年生樹)各2樹について, 樹冠および樹高の中間位置に発生した側枝を3本選び, その直上で光量子計(LI-COR, LI-250A)により光量子束密度を測定した. 同時に樹冠外において直射日光の光量子束密度を測定し, これを100とした樹冠内の光量子束密度指数を求めた. また, 各樹体の光量子束密度を求めた位置の樹上果実および完熟果をそれぞれ5果ずつ採取し, 果肉中の $\beta$ -カロテン含量を求めた.

### 4. マヨネーズ風ドレッシング中の $\beta$ -カロテン含量と食味評価

2016年6月19日に高接ぎ9~10年目(台木は15年生‘南高’)の‘橙高’から採取した完熟果

について、パルパーフィニッシャー（サンフードマシナリ，HC-PF）で粉碎してピューレを作成した。ピューレの配合割合を 0，5 および 10% とし，油，増粘剤，香料等を配合してポリトロンホモジナイザー（セントラル科学，PT-3100）を用いて 23,000 回転/分で 1 分間混合処理を行い，マヨネーズ風ドレッシングを調製した。マヨネーズ風ドレッシングおよび市販マヨネーズを分光測色計（ユニカミノルタ，CM-600D）により L\* 値，a\* 値および b\* 値を測定した。また，ピューレ濃度 10% に調整したマヨネーズ風ドレッシング中のβ-カロテン含量を試験 1 と同様の方法により測定した。

さらに，‘橙高’のマヨネーズ風ドレッシングと卵の代わりに大豆を使用している市販のマヨネーズ風ドレッシングについて，和歌山県の農業系技術職員および JA の営農指導員の 13 人で 6 段階評価（0: 美味しくないと 5: 美味しい）による食味の比較を行った。

## 結 果

### 1. 果実の採取時期および追熟が果肉中のβ-カロテン含量に及ぼす影響

果肉中のβ-カロテン含量は熟度の進行とともに増加し，完熟果で最も多くなった（第 1 表）。また追熟により増加し，6 月 15 および 20 日採取の樹上果実はβ-カロテン含量が完熟果と同程度になった。

第 1 表 熟度と追熟が‘橙高’果肉中のβ-カロテン含量に及ぼす影響

採取日	β-カロテン含量 (mg·100 g <sup>-1</sup> FW)			
	6/10	6/15	6/20	6/20 (完熟果)
追熟なし	0.24±0.07c	0.49±0.02bc	0.78±0.06b	1.84±0.11a
追熟	1.09±0.16b	1.73±0.10a	1.83±0.15a	

平均値±標準誤差 (n=3)

追熟なし・追熟の採取日間での比較で異符号間に 5% 水準で有意差あり (Tukey の多重比較検定)

### 2. 果実の大きさが果肉中のβ-カロテン含量に及ぼす影響

果肉中のβ-カロテン含量は 2L 級で 3L および 4L 級に比べて多かった（第 2 表）。L 級でも 3L および 4L 級に比べて多い傾向が認められた。

第 2 表 果実階級が‘橙高’果肉中のβ-カロテン含量に及ぼす影響

階級	β-カロテン含量 (mg·100 g <sup>-1</sup> FW)			
	L	2L	3L	4L
	1.57±0.18ab	1.84±0.11a	1.08±0.05b	1.2±0.13b

平均値±標準誤差 (n=3)

異符号間に 5% 水準で有意差あり (Tukey の多重比較検定)

### 3. 受光条件および樹形の違いが果肉中のβ-カロテン含量に及ぼす影響

直射日光区の果肉中β-カロテン含量は，遮光区に比べて多かった（第 3 表）。主幹形の樹冠内の光量子束密度指数は，開心自然形に比べて高かった（第 1 図）。



果肉中のβ-カロテン含量は樹上果実および完熟果とも主幹形で開心自然形に比べて多かった(第4表)。

第3表 果実の受光条件がβ-カロテン含量に及ぼす影響

β-カロテン含量 (mg・100 g <sup>-1</sup> FW)	
直射日光	2.03±0.22*
遮光	1.10±0.16

平均値±標準誤差(n=10~12)

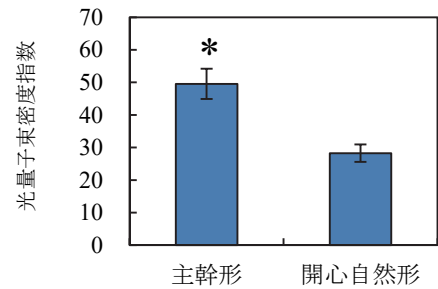
\*遮光と比べて5%水準で有意に多いことを示す(t検定)

第4表 樹形の違いが‘橙高’果肉中のβ-カロテン含量に及ぼす影響

β-カロテン含量(mg・100 g <sup>-1</sup> FW)		
樹形	主幹形	開心自然形
樹上果	1.83±0.15**	0.43±0.07
完熟果	1.63±0.09**	0.76±0.11

平均値±標準誤差(n=5)

\*\*開心自然形に比べて1%水準で有意に多いことを示す(t検定)



第1図 樹形の違いが‘橙高’樹冠内の光量に及ぼす影響

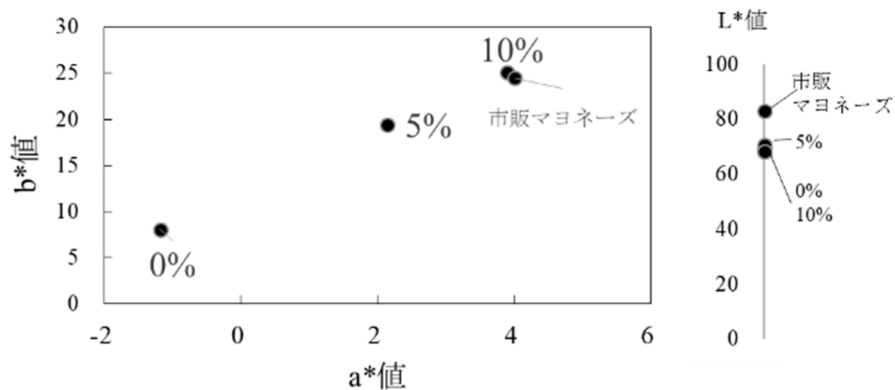
縦棒は標準誤差 (n=3)

\*5%水準で有意差あり (t検定)

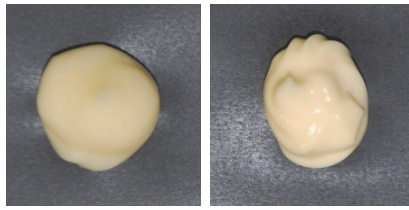
4. マヨネーズ風ドレッシング中のβ-カロテン含量と食味評価

マヨネーズ風ドレッシングは、ピューレの割合が高くなるほどb\*値が高くなり、黄色味が増加することが認められ、ピューレ配合率10%で市販マヨネーズと同等になった(第2, 3図)。赤味を示すa\*値はピューレの配合率が高くなると、わずかに高くなる傾向が認められ、明るさを示すL\*はほぼ同等であった(第2図)。なお、本試作品に水分と油の分離は観察されなかった。‘橙高’のピューレ配合率10%のマヨネーズ風ドレッシングに中のβ-カロテン含量は0.52mg・100g<sup>-1</sup>FWと(データ省略)、一般的なマヨネーズの5μg・100g<sup>-1</sup>FW(香川, 2008)と比べてβ-カロテン含量を多く含有していた。

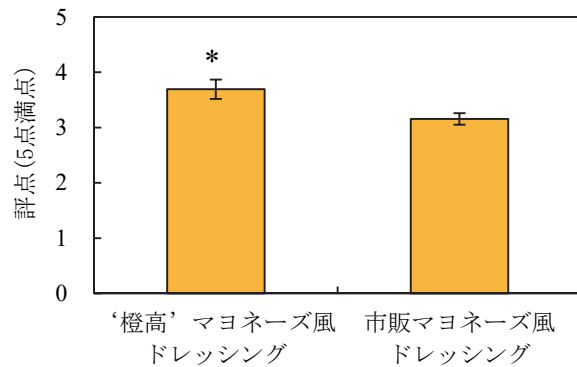
食味評価については、‘橙高’マヨネーズ風ドレッシングで3.7と、市販のマヨネーズ風ドレッシングの3.2に比べて高かった(第4図)。



第2図 ‘橙高’マヨネーズ風ドレッシングおよび市販マヨネーズの色調  
図中の%はピューレ配合率を示す



第3図 ‘橙高’マヨネーズ風ドレッシング(左:10%ピューレ含有)と市販マヨネーズ(右)



第4図 ‘橙高’マヨネーズ風ドレッシング(ピューレ10%含有)と市販のマヨネーズ風ドレッシングの食味評価

縦棒は標準誤差 (n=13)

\*5%水準で有意差あり (t 検定)

## 考 察

‘橙高’は‘南高’ (大江ら, 2006) と同様に熟度の進行とともにβ-カロテン含量が増加することが明らかとなった。また, 樹上果実のβ-カロテン含量を追熟により十分増加させることができるかを検証した結果, 青果収穫期の後半以降に採取した樹上果実を追熟すると, 完熟果並みのβ-カロテン含量まで増加することが明らかとなった (第1表)。このことから完熟果を直ちに加工処理できない場合は, 青果収穫期後半以降の果実を追熟して使用することが適当と考えられた。

果肉中のβ-カロテン含量を果実階級別に調査したところ, 大玉果より中玉以下の果実で多いことが明らかとなった (第2表)。「南高」では反対にβ-カロテン含量は大玉果が多い (大江ら, 2006) ことから, ‘橙高’と‘南高’ではβ-カロテンの蓄積機構が異なると考えられるが, その詳細についてはさらなる調査が必要である。

‘橙高’の果実周辺を遮光すると果肉中のβ-カロテン含量が減少することが認められた (第3表)。大江ら (2012) は‘南高’樹冠外層の果実は内層の果実に比べてβ-カロテン含量が多いことを明らかにし, その差は日照条件や温度の差によるものと推察している。また根来・大江 (2012) は, 遮光により‘橙高’果肉中のβ-カロテン含量が減少する原因は同化養分の果実への供給が少なくなるためと推測している。カンキツでも果皮組織中のカロテノイド含量は照度の高い状態のときに多くなることが認めており (渡部ら, 1986), ウメはカンキツ同様に果肉のカロテノイドの蓄積に日射量が大きく影響すると考えられる。

主幹形の樹冠中の光量子束密度指数は開心自然形に比べて高く (第1図), 果肉中のβ-カロテン含量も開心自然形に比べて多かった (第4表)。主幹形は垂直方向に伸びている主幹から, 長さ80cmまでの側枝が一定間隔で水平方向に配置されており, 樹冠内に枝梢が密に配置されている開心自然形に比べて果実周辺への受光態勢が良好であるため, 果肉中のβ-カロテン含量の増加につ

ながつたと考えられる。竹中ら（2015）は、ウメの主幹形の密植栽培により、開心自然形に比べて早期に収量確保が可能であることを報告している。これらのことから、‘橙高’を新植する際には、 $\beta$ -カロテン含量が多いという特徴が顕著に現れ、加えて早期に収量が確保できる主幹形を採用することが適当と考えられる。

‘橙高’のマヨネーズ風ドレッシングは果肉ピューレの配合割合を10%とすることで、市販マヨネーズと同等の黄色味となり（第2,3図）、一般的なマヨネーズと比べて $\beta$ -カロテン含量を多く含むものが作成できることが明らかとなり、食味評価が市販のマヨネーズ風ドレッシング（大豆使用）を上回った（第4図）。このことから、‘橙高’をマヨネーズ風ドレッシングの材料とする場合は、果肉ピューレの含有率を10%とすることが適当と考えられる。本試作品は健康食品としての認識が浸透しているウメを材料とし、また卵を含有していないので、健康志向の消費者や、卵アレルギーを持つ消費者などへの需要が期待できる。

## 摘 要

1. ‘橙高’の青果収穫後半以降の樹上果を30°Cで5日間追熟すると、完熟果と同等の $\beta$ -カロテン含量になった。
2. ‘橙高’果肉中の $\beta$ -カロテン含量は大玉果に比べて中玉果で多かった。
3. 主幹形と開心自然形に結実した‘橙高’果肉中の $\beta$ -カロテン含量を比較すると、主幹形で開心自然形に比べて多かった。この理由として、主幹形で樹冠内の受光状態が良好であることが考えられた。
4. マヨネーズ風ドレッシングの原料としての‘橙高’ピューレを使用する場合は、市販マヨネーズと同等の黄色味を持ち、良好な食味評価が得られた10%の配合割合が適当と考えられた。

## 引用文献

- Leroux, J., V. Langendorff, G. Schick, V. Vaishnav and J. Mazoyer. 2003. Emulsion stabilizing properties of pectin. *Food Hydrocolloids*. 17: 455-462.
- 根来圭一・林 恭平・岩本和也・大江孝明. 2007. ‘南高’と‘地藏’の交雑による $\beta$ -カロテン含量の高い自家和合性ウメ品種の育成. *園学研*. 6 (別2) : 469.
- 根来圭一・大江孝明. 2010. ウメ‘橙高’果実の成熟期の受光条件および完熟収穫果実の追熟温度と日数がカロテノイド含量に及ぼす影響. *園学研*. 9 (別2) : 586.
- 根来圭一・大江孝明. 2012. ウメ‘橙高’の遮光条件および摘葉処理が果実のカロテノイド含量に及ぼす影響. *園学研*. 11 (別1) : 285.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2006. ウメ‘南高’の開花時期、採取時期と果実成分の関係およびそれらを原料として製造した梅酒品質への影響. *園学研*. 5: 141-148.
- 大江孝明・櫻井直樹・岡室美絵子・根来圭一・土田靖久・中西 慶・細平正人. 2012. 着果位置の違いがウメ‘南高’果実の成熟および機能性成分含量に及ぼす影響. *園学研*. 11: 235-240.
- 押田一夫. 1975. マヨネーズの製造に関する基礎的研究（第2報）卵黄の乳化力に及ぼす食塩及び酢酸の影響について. *日食工*. 22: 164-169.

竹中正好・行森 啓・中西 慶. 2015. ウメの早期成園化技術の開発. 平成 27 年度和歌山県農林水産試験研究成果情報.

<http://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070109/01jouhou/h27/27joho.html>

田中敬一. 2002. 貯蔵・出荷, 加工. 果実摂取の意義と健康機能性. 日本人の健康と落果実摂取の意義. 果物の成分と疾患予防. p. 143-148. 農業技術体系果樹編8 共通技術. 農文協. 東京.

渡部潤一郎・梅本陽一・小山一夫・井上荘三・沢田 清. 1986. カンキツ果実の着色増進に関する研究 (第3報) 数種の被覆材が果実の品質に及ぼす影響. 愛媛大学農学部農場報告. 7: 13-30.

矢野昌充・川崎あけみ・加藤雅也・生駒吉識・田中敬一・山田昌彦・松本 光・杉浦 実. 2002. カロテノイド供給源としての果実. 日本フードファクター学会講演要旨集. 7: 23.



# 粉碎ウメ種子混合敷料がブロイラーの飼育環境と生産性に及ぼす影響

鳩谷珠希・松井 望

和歌山県畜産試験場養鶏研究所

## Effect of Adding Seed Waste of Pickled Japanese Apricot to Litter on Farm Environment, Growth Performance of Broiler

Tamaki Hatoya and Nozomu Matsui

*Laboratory of Poultry, Livestock Experiment Station, Wakayama Prefecture*

### 緒 言

畜産経営に起因する苦情のうち、悪臭関連の苦情は長年にわたり過半を占めている。このうち養鶏では2016年の調査で60.1%が悪臭関連の苦情となっている（農林水産省, 2017）。特に鶏ふんは窒素含量が高く、適切に保管や堆肥化处理を行っても高濃度のアンモニアが発生する（村上と藤原, 2012; 坂井ら, 2004）。したがって、養鶏業の経営規模の拡大や周辺の都市化、養鶏業と一般住民との混住化にともない、鶏ふんの臭気への対応は重要となっている。

一方、全国一のウメの生産量を誇る和歌山県では、梅干しの製造工程で発生する副産物の有効利用が求められている。梅加工業者において梅肉利用時に排出されるウメ種子は、糖類や塩分、その他調味成分を含むことから再利用しづらく、有効利用が進んでいない。ウメ種子は、一部が飼料として利用されるものの、大部分が廃棄されており、和歌山県全体での廃棄量は年間1,500トンにのぼると見積もられる。

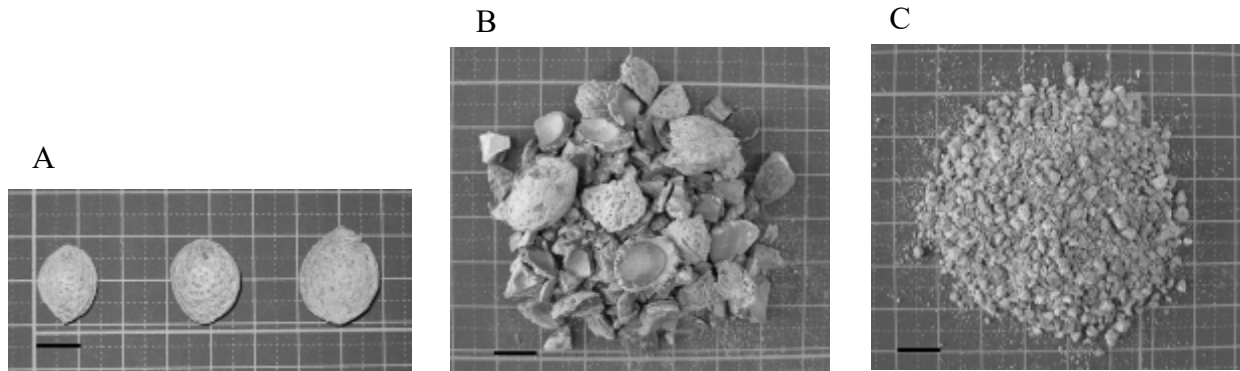
和歌山県では、梅干し製造工程における利用済みの梅調味液（以下；梅調味廃液と表示）が酸性であることに着目し、ブロイラー飼育後敷料に梅調味廃液を噴霧することで、鶏舎内作業環境中のアンモニア濃度を低減し、噴霧後の敷料も堆肥化可能であることを実証した（福島と藤原, 2013, 小松ら, 2016）。ウメ種子も梅調味廃液同様に酸性であることから、鶏ふんから発生するアンモニアの揮散を抑制し、環境中アンモニア濃度を低減できる可能性がある。また、利用後のウメ種子を鶏ふんと堆肥化できれば、梅産業と養鶏産業を含めた資源循環型社会の構築に役立つであろう。そこで、養鶏における環境中アンモニア濃度低減とウメ種子の有効活用を目的に、ブロイラー敷料へのウメ種子の混合がブロイラーの飼育環境と生産性に及ぼす影響を調べた。

### 材料および方法

ウメ種子は、梅干しの梅肉採取後に水に浸漬して洗浄し、天日乾燥させたものを用いた。ウメ種子のpHは堆肥等有機物分析法（五十嵐, 2010b）に準じて水抽出（1:10）により測定し、4.5であ



った。ウメ種子の水分含量は堆肥等有機物分析法（五十嵐，2010a）により測定し，11.4%であった。ウメ種子はそのままの「原型」，粗く砕いた「破碎」，細かく砕いた「粉碎」の3形状とした（第1図）。ウメ種子（原型）の長径は約18～24mm，短径は約14～19mm，厚さは約10～13mmで，1粒あたりの重量は約0.7～1.8gであった。ウメ種子の破碎は破碎機（タニナカ産業，ラージ10SW型）により行い，粒度は粉状から原型まで様々であるが，大部分は数ミリ～十数ミリの小片であった。ウメ種子の粉碎は粉碎機（Retsch，SM100）により行い，粒度はおおむね3mm未満であった。



第1図 ウメ種子：原型（A） 破碎（B） 粉碎（C） スケールバーは1cm

### 試験1 ウメ種子の形状がアンモニアガス吸着力に及ぼす影響

ウメ種子のアンモニアガス吸着力は脱臭基剤の簡易脱臭効果試験法（石井，2003）に準じて測定した。すなわち，容量6Lのデシケーター内で3.5%アンモニアエタノール溶液を200 $\mu$ l滴下し，直ちにウメ種子またはオガ粉を吸着資材として設置して蓋をし，1時間後のアンモニア濃度を北川式ガス検知管で測定した（第2図）。測定時は，同時に吸着資材を設置しないブランクも測定し，次式によりアンモニア減少率（%）を求め，アンモニア吸着力の目安とした。

$$\text{アンモニア減少率（\%）} = (A-B) / A \times 100$$

A；ブランクのアンモニア濃度

B；ウメ種子またはオガ粉のアンモニア濃度

なお，ウメ種子の形状は原型，破碎，粉碎の3形状とし，吸着資材の重量は，1g，2g，3gとした。



第2図 簡易脱臭装置

### 試験2 粉碎ウメ種子混合敷料がブロイラーの飼育環境と生産性に及ぼす影響

2016年10月から11月にかけて，敷料にオガ粉のみを用いた区（以下，対照区という），オガ粉量の20%容積を粉碎ウメ種子で代替した区（以下，ウメ種子区という）の2区で白色レグホン系ブロイラー（チャンキー，日本チャンキー，岡山市）を50日間飼育し，飼育環境中のアンモニア濃度，敷料のpHおよび水分含量を測定するとともに，生産性を調査した。

#### 1) 飼育条件

入雛日を1日齢とし，1日齢から21日齢までは各試験区において36羽（雌雄各18羽）を2.89 $\text{m}^2$ の区画で飼育し（給餌器と給水器を除いた面積は2.39 $\text{m}^2$ ），22日齢から50日齢までは各試験区において29羽を飼育した。

なお、飼育密度は1日齢から21日齢までは15.2羽/m<sup>2</sup>、22日齢から50日齢までは12.2羽/m<sup>2</sup>となった。

## 2) 敷料

敷料は高さが2.5cmとなるよう、各試験区に投入した。敷料に用いたオガ粉と粉碎ウメ種子の容積と重量は第1表のとおり。また、42日齢で対照区の敷料にオガ粉、ウメ種子区の敷料に粉碎ウメ種子をそれぞれ高さ0.5cmとなるよう、14.5L追加した。42日齢以降に敷料として用いたオガ粉と粉碎ウメ種子の容積と重量は第2表のとおり。

## 3) 飼育環境の測定

飼育環境中のアンモニア濃度は、北川式ガス検知管によりブロイラーの顔の高さで、1日齢から36日齢までは週2回、36日齢から50日齢までは毎日、飼育区画内の定めた2カ所で測定し、平均値を測定値とした。敷料は1週間ごとに数カ所から合計20g採材し、pHと水分含量を堆肥等有機物分析法(五十嵐, 2010a; 2010b)に準じて測定した。

## 4) 生産性

1日齢、22日齢、36日齢、50日齢の体重を測定し、育成率及び飼料要求率を算出した。1日齢の体重は各試験区36羽の合計体重を羽数で割った値とし、22日齢、36日齢、50日齢の体重は個体ごとに測定した。育成率は1日齢から21日齢までと、22日齢から50日齢までの期間について、期間の初日(1日齢、22日齢)における羽数と最終日(21日齢、50日齢)における生存羽数から算出した。飼料要求率は1日齢から50日齢までの飼料摂取量と50日齢体重から算出した。

第1表 試験開始時に敷料に用いたオガ粉と粉碎ウメ種子の容積と重量

		オガ粉	粉碎ウメ種子	合計
対照区	容積	72.3L		72.3L
	重量	15.9kg		15.9kg
ウメ種子区	容積	57.8L	14.5L	72.3L
	重量	12.7kg	8.2kg	20.9kg

第2表 42日齢以降に敷料に用いたオガ粉と粉碎ウメ種子の容積と重量

		オガ粉	粉碎ウメ種子	合計
対照区	容積	86.8L		86.8L
	重量	18.3kg		18.3kg
ウメ種子区	容積	57.8L	29.0L	86.8L
	重量	12.7kg	16.4kg	29.1kg

## 5) 統計処理

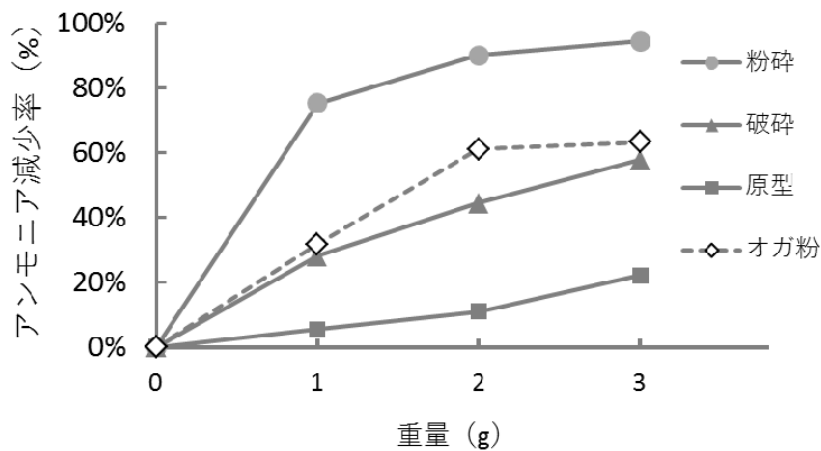
試験2の飼育環境中アンモニア濃度は、アンモニアが検出された23日齢以降の各測定点におけるアンモニア濃度について、対照区とウメ種子区の差を求め、0以下の数値を負としてカウントし、符号検定(市原, 1990)を行った。ブロイラーの育成率はX<sup>2</sup>検定により、ブロイラーの22日齢、36日齢、50日齢における体重は一元配置分散分析により、それぞれ対照区とウメ種子区をくらべ、危

険率 5%未満を有意差有とした。

## 結 果

### 試験1 ウメ種子の形状がアンモニアガス吸着力に及ぼす影響

結果を第3図に示した。ブランクのアンモニアガス濃度はいずれも 800ppm から 900ppm の範囲内であった。アンモニア減少率は 1g, 2g, 3g のいずれの重量においても粉碎, オガ粉, 破碎, 原型の順となり, 粒度が小さいほどアンモニア減少率が高くなった。粉碎ウメ種子のアンモニア減少率は 1g で 75.3%, 2g で 90.0%, 3g で 94.4% となり, 各重量では最も高く, オガ粉より高い減少率を認めた。



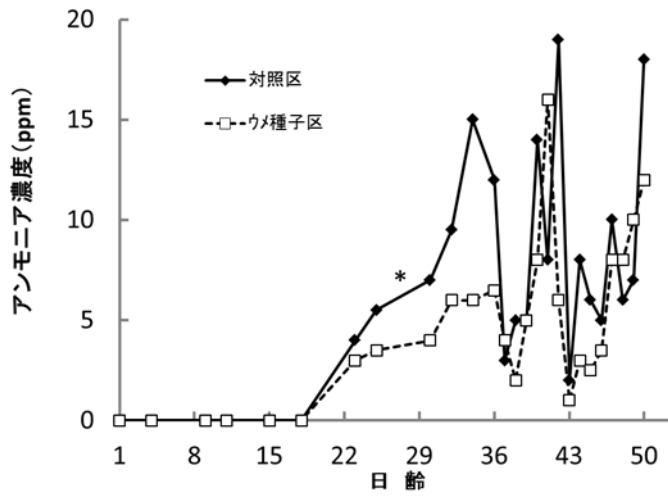
第3図 各形状のウメ種子とオガ粉のアンモニア減少率

### 試験2 粉碎ウメ種子混合敷料がブロイラーの飼養環境と生産性に及ぼす影響

飼育環境中のアンモニア濃度を第4図に示した。飼育環境中のアンモニアは両試験区とも 23 日齢から検出され始め, 36 日齢までウメ種子区の濃度が対照区より低かったが, その後, 一定の傾向は認められなかった。42 日齢で対照区にオガ粉, ウメ種子区に粉碎ウメ種子を敷料に同量追加したところ, 追加後 5 日間, ウメ種子区の飼育環境中のアンモニア濃度が対照区より低かった。飼育環境中のアンモニアが検出され始めた 23 日齢以降の各測定点における測定値は, 対照区に比べウメ種子区の方が低くなる回数が有意に多かった ( $P < 0.05$ )。

敷料の pH の推移を第3表に示した。敷料の pH は, 飼育開始から 4 週齢までウメ種子区の方が数値的に低く推移した。5 週齢, 6 週齢における敷料の pH は, 対照区に比べてウメ種子区の方がやや高く, 敷料追加後の 7 週齢では対照区よりウメ種子区の方が低かった。

敷料の水分含量の推移を第5図に示した。敷料の水分含量は, 3 週齢では対照区よりウメ種子区の方が多かったが, 4 週齢から 6 週齢では対照区よりウメ種子区の方が少なくなり, 7 週齢では両試験区でほぼ等しくなった。

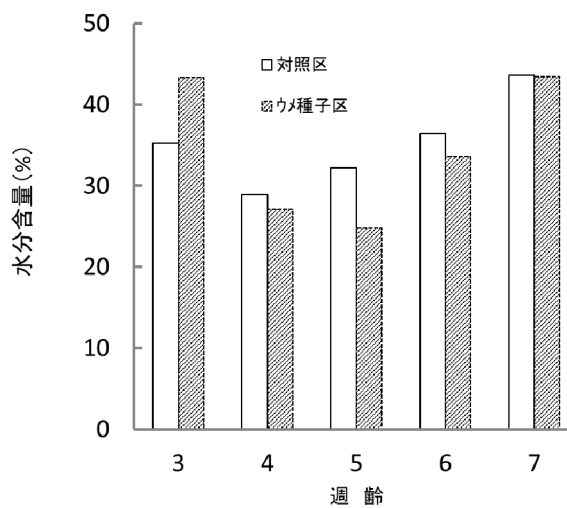


第 4 図 飼育環境中のアンモニア濃度の推移

注) \* 対照区との間に有意差あり ( $P < 0.05$ )

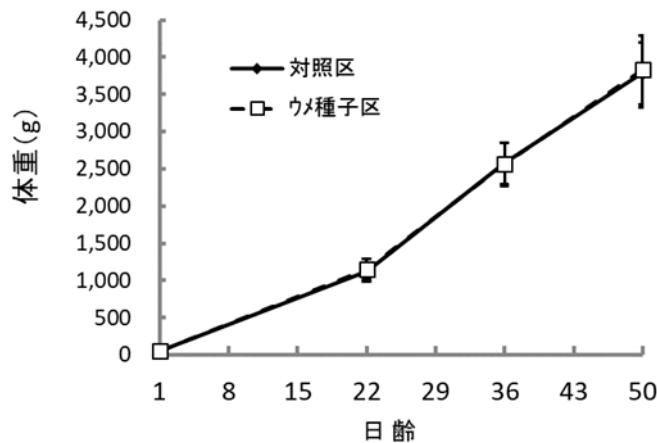
第3表 敷料のpHの推移

週 齢	0	1	2	3	4	5	6	7
対照区	5.71	6.34	6.19	7.80	8.67	8.70	8.79	8.32
ウメ種子区	5.21	5.75	5.97	7.41	8.65	8.79	8.87	7.52



第 5 図 敷料水分含量の推移

ブロイラーの体重の推移を第6図に、ブロイラーの育成率と飼料要求率を第4表に示した。ブロイラーの体重は1日齢, 22日齢, 36日齢, 50日齢において、対照区ではそれぞれ46.4g, 1128.9±108.6g, 2577.9±274.7g, 3793.1±402.9gとなり、ウメ種子区ではそれぞれ、45.3g, 1152.0±139.4g, 2564.1±290.5g, 3831.4±461.9gとなった。22日齢, 36日齢, 50日齢における体重は、対照区とウメ種子区の間には有意な差はなく ( $P>0.05$ )、同様に推移していた。1日齢から21日齢と22日齢から50日齢の育成率は対照区がともに100%となり、ウメ種子区の育成率を数値的にやや上回ったが、有意な差は認められなかった ( $P>0.05$ )。飼料要求率は対照区が1.8, ウメ種子区が1.7となり、対照区にくらべウメ種子区がやや優れた。



第6図 ブロイラーの体重の推移

第4表 ブロイラーの育成率と飼料要求率

	対照区	ウメ種子区
育成率 <sup>z</sup> , %	1日齢から21日齢まで	100.0
	22日齢から50日齢まで	100.0
飼料要求率	1.8	1.7

z; 1日齢から21日齢まで対照区n=36, ウメ種子区n=35.

22日齢から50日齢まで対照区n=29, ウメ種子区n=28.

y; nsは対照区との間に有意差なし ( $P>0.05$ )

## 考 察

本研究では養鶏環境におけるアンモニア対策資材として、ウメ種子の敷料利用性を調べた。

### 試験1 ウメ種子の形状がアンモニアガス吸着力に及ぼす影響

簡易脱臭装置を用いたアンモニア減少率から、原型、破碎、粉碎のいずれの形状のウメ種子およびオガ粉において、アンモニア濃度の減少が認められた。また、ウメ種子において、粉碎、破碎、



原型の順に、粒度が小さいほどアンモニア濃度の減少が認められ、アンモニア吸着力が大きいことがわかった。これは、ウメ種子の破碎や粉碎によって、単位重量あたりの表面積、すなわち比表面積が増加したことにより、アンモニアガスとの接触面積が増加したためと考えられる。吸着とは、液体や気体からある物質が固体表面において濃縮され、取り除かれる現象のことであり、木炭や活性炭、シリカゲルなどは、多孔質で比表面積が大きいことにより、古くから脱色剤、脱臭剤、水処理剤として使用されている（立本, 2000a）。さらに、木炭を脱臭剤として利用する場合、対象とする悪臭物質により吸着性能は大きく異なり、木炭を低温で炭化すれば酸性表面の多いものが得られ、アンモニアガスの吸着に有用である（立本, 2000b）。アンモニアは一般的に水分や pH の低い物質に吸着する性質を持っており、粉碎によるウメ種子の表面積の増加はアンモニアガスの吸着に有効であると考えられる。今回、試験に用いたウメ種子の pH は 4.5 であり、梅加工業者が実施した成分分析では、ウメ種子粉末のクエン酸含量は 0.92% であった。ウメに含まれる有機酸のうち、クエン酸がもっとも多いことから（伊藤, 2016）、ウメ種子は含有するクエン酸などの有機酸によりアンモニアガスを吸着しているものと考えられた。谷田貝と大谷(2007)はクエン酸処理布のアンモニアガス低減について報告している。また、杉浦ら（2008a; 2008b）はウメを含む果実のアンモニアガス低減について報告し、この理由として、果実に含まれるクエン酸やリンゴ酸などの有機酸による効果であると考察している。さらに、本試験において粉碎ウメ種子はオガ粉よりアンモニア減少率が高かったことから、ブロイラー飼育時の飼育環境中アンモニア濃度を低減できる可能性もあると考えられる。

## 試験 2 粉碎ウメ種子混合敷料がブロイラーの飼育環境と生産性に及ぼす影響

粉碎ウメ種子の敷料への混合がブロイラーの飼育環境中アンモニア濃度と生産性に及ぼす影響を調べた。本試験では、オガ粉量の 20% 容積を粉碎ウメ種子で代替した敷料でブロイラーの飼育を開始し、42 日齢で対照区の敷料にオガ粉を、ウメ種子区の敷料に粉碎ウメ種子を同量追加して、飼育環境中のアンモニア濃度への影響を調べた。その結果、飼育環境中のアンモニア濃度は、対照区にくらべ、ウメ種子区で低くなる回数が有意に多かった。このことは、各測定点のアンモニアの揮散がウメ種子の敷料への混合により、抑制されている可能性を示している。この要因として、ウメ種子区の敷料の pH が 5 週齢と 6 週齢を除いて、対照区より低かったことが影響していると考えられる。

アンモニアは排せつ物の微生物的分解により敷料の中で産生され、敷料からのアンモニア揮散は、敷料の pH や水分含量、温度に影響されることが知られている（Ritz ら, 2011; AL Homidan A ら, 2003）。海外では、敷料からのアンモニア揮散抑制のため、亜硫酸水素ナトリウムや硫酸アルミニウムなどの酸性物質が一般的に使用され、敷料に添加されている（Tasistro ら, 2007）。前田ら（2014）はウメ種子より pH の低い梅調味廃液を 5% の割合でブロイラーの飼育後敷料に添加することで、堆肥化時のアンモニア揮散量の低下を報告しており、福島と藤原（2013）も同様に梅調味廃液をブロイラーの飼育後敷料に噴霧することで、鶏舎内環境中のアンモニア濃度が低下したと報告している。

今回、飼育環境中のアンモニア濃度は、アンモニアが検出された 23 日齢から 36 日齢まで、ウメ種子区の方が対照区より数値的に低かった。これは、敷料への薬剤散布の効果を調べた河合ら（1994）の報告と一致している。河合らは、硫酸水素ナトリウムを主成分とする酸性物質を、敷料に用いたオガ粉 1 m<sup>3</sup> に対して 5kg から 20kg 添加し、5 週齢末までの飼育環境中アンモニア濃度が低減する傾向が認められたと報告している。この時、薬剤を添加した区における敷料の pH は、飼育開



始時では0.6から2.4であり、添加しない区と比べて低かったが、6週齢では8.35から8.45となり、添加しない区との間に差は認められなかったとしている。Mooreら(1996)は、敷料のpHはアンモニア：アンモニウム比を決定する重要な要因であり、pHが上昇するとアンモニアが増加して、ガスとして揮散するとしている。尿酸はニワトリの排せつ物中に最も多い窒素化合物で、ウレアーゼによって分解され、アンモニアとなる(村上と藤原, 2012)。アンモニアはpHが8以上でガスとして揮散しやすく(Ritzら, 2011)、pHが8.5付近では微生物の増殖が最適となり、尿酸からアンモニアへの転換も活発となる(Reeceら, 1979)。今回の試験でも、4週齢から6週齢における敷料のpHは、両試験区において、いずれも8.6以上であり、アンモニアが揮散しやすい状況であったと考えられる。敷料のpHの上昇は、ブロイラーの発育に伴って排せつ物量が増加し、敷料中のアンモニア態窒素含量が増加したためと考えられる。

しかし今回、両試験区において敷料のpHが同様に高かった4週齢から5週齢にかけて、飼育環境中のアンモニア濃度は対照区よりウメ種子区の方が低く推移しており、敷料のpH以外の要因が影響していると考えられる。4週齢と5週齢の敷料の水分含量はウメ種子区の方が対照区より低く、むしろウメ種子区の方がアンモニアが揮散しやすい状況と考えられる。敷料の温度については測定していないが、対照区とウメ種子区のブロイラーの飼育条件は同じであり、敷料の温度の影響は少ないと考えられる。一般に、敷料に添加して用いられる種々の化学物質は、微生物の増殖を阻止することで尿酸の分解を阻止(AL Homidan Aら, 2003)、あるいは敷料のpHを低下させることによりアンモニアをイオンの形で保持してアンモニア揮散を抑制する(福本, 2009)。ウメ種子については、敷料への混合により敷料のpHが低下するが、それ以外の詳細については明らかでなく、今後、微生物への影響なども併せて、調査する必要があると思われる。

42日齢に対照区にオガ粉、ウメ種子区に粉碎ウメ種子を敷料に追加したところ、ウメ種子区のアンモニア濃度が対照区より5日間、数値的に低くなった。しかし、飼育後期のブロイラーは排せつ物量が多いため、上述の理由と同様に、効果の持続が見られなくなるものと考えられた。

6週齢から9週齢のブロイラーでは、飼育環境中のアンモニアの増加などの環境性ストレスが誘引となり、呼吸器から大腸菌が感染して大腸菌症を発病し、国内の養鶏産業において大きな経済的損失となっている(中村, 2016; 橋本, 1982)。このため、飼育環境中のアンモニア濃度を低減することはブロイラーの生産性の向上につながると考えられる。今回、ブロイラーの生産性では、対照区とウメ種子区で有意な差は認められず、育成率は対照区に比べウメ種子区が数値的に低かったものの、7週齢の体重の平均値は対照区に比べウメ種子区の方が数値的に大きく、飼料要求率も対照区に比べウメ種子区の方が数値的に優れた。Terzichら(1998)は敷料処理剤の利用により、飼育環境中のアンモニア濃度を低減して生産性が向上したとし、この理由として、呼吸器の病変が少ないと考察している。また、Deatonら(1984)は、ヒナへのアンモニアの暴露により、飼料摂取量と増体が有意に低下したと報告している。これらのことから、飼育環境中のアンモニア濃度を低減し、ニワトリの生産性を向上させる一つの方法として、粉碎ウメ種子を敷料として利用できる可能性があると考えられる。飼育環境中のアンモニア濃度を低減することは、ブロイラーだけでなく、鶏舎内作業者にとっても望ましいことであり、周辺環境へのアンモニアの漏出の低減にもつながると考えられる。さらに、海外ではアンモニア揮散抑制のために、酸性の薬剤が敷料に添加されていることを考えると、ウメ種子をアンモニア対策資材として活用することは、コスト低減にもつながると考えられる。また今回、ブロイラー敷料へのウメ種子の利用を検討したが、平飼い採卵鶏の敷料にもウメ種子を利用できる可能性があると思われる。

今回の試験では、飼育羽数が実用規模の農場と比べて少ないため、ウメ種子の敷料への混合による飼育環境中のアンモニア濃度について、今後、より大きな鶏舎で実用レベルの実験を行う必要があると思われる。また、粉碎ウメ種子混合敷料の堆肥化試験を行い、堆肥としての利用を検討する必要がある。

ウメ種子は和歌山県で恒常的に発生している梅干しの製造副産物であり、養鶏におけるアンモニア対策資材としてウメ種子を有効活用できれば、ウメ種子の再利用だけでなく、養鶏業に貢献できるものと考えられる。

## 摘 要

鶏ふんから発生するアンモニア対策資材として、未利用資源であるウメ種子の活用の可能性を調べた。

- 1 粉碎ウメ種子をブロイラーの敷料として、オガ粉に 20%の割合で代替して混合することにより、5 週齢頃までの飼育環境中のアンモニア濃度を低減できる可能性が示された。
- 2 ブロイラーの飼育中に粉碎ウメ種子を敷料に添加することにより、数日間程度、飼育環境中のアンモニア濃度を低減できる可能性が示された。
- 3 粉碎ウメ種子をブロイラーの敷料として、オガ粉に 20%の割合で代替して混合することにより（最終的に 33.4%）、ブロイラーの生産性に対照区との間で有意な差は認められなかった。

本研究の実施にあたりウメ種子を提供していただいた株式会社紀州ほそ川に深謝いたします。

なお、本研究は、和歌山県農林水産業競争力アップ技術開発事業「ウメ種子活用による養鶏臭気対策」（2015 年度～2017 年度）で実施した。

## 引用文献

- AL Homidan A, Robertson J.F., Petchey A.M. 2003. Review of the effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. *World's Poultry Science Journal*. 59(3). 340-349.
- Deaton JW, Reece FN, Lott BD. 1984. Effect of atmospheric ammonia on pullets at point of lay. *Poultry Science*. 63(2). 384-385.
- 福本泰之. 2009. 家畜ふん堆肥化における窒素保持. *農業および園芸*. 84(1). 164-169.
- 福島学・藤原美華. 2013. 梅調味廃液を活用した出荷後ブロイラー敷料の臭気低減技術. 平成 24 年度和歌山農林水産成果情報
- 橋本和典. 1982. 大腸菌症. 堀内貞治編. 鶏病診断. 355-370. 家の光協会. 東京.
- 市原清志. 1990. バイオサイエンスの統計学. 42-45. 南江堂. 東京.
- 五十嵐孝典. 2010a. 主要成分分析法 水分. 堆肥等有機物分析法. 29. 日本土壌協会. 東京.
- 五十嵐孝典. 2010b. 主要成分分析法 pH. 堆肥等有機物分析法. 30. 日本土壌協会. 東京.
- 石井光代. 2003. 脱臭基剤の簡易脱臭効果試験法. 和歌山県工業技術センター技術情報誌テクノリッジ 257. 3.
- 伊藤三郎. 2016. 食物と健康の科学シリーズ・果実の機能と科学. 52. 朝倉書店. 東京.
- 河合恒祐・川島奈美・田口和夫. 1994. ブロイラー飼養管理試験 ウィンドウレスブロイラー用鶏舎

- における敷料処理剤「PLT」の散布効果. 岐阜県養鶏試験場研究報告. 41. 28-32.
- 小松希・福島学・松井望. 2016. 梅調味廃液・微生物資材を活用した養鶏環境改善技術の開発. 和歌山農林水研報 4. 97-100.
- 前田恵助・橋本真穂・林恭弘・豊吉正成. 2014. ブロイラー使用済み敷料への梅調味廃液添加が堆肥化時のアンモニア揮散量と堆肥成分に及ぼす影響. 日本家禽学会誌. 51. 33-42.
- Moore Jr PA, Daniel TC, Edwards DR, and Miller DM. 1996. Evaluation of Chemical Amendments to Reduce Ammonia Volatilization from Poultry Litter. Poultry Science. 75. 315-320.
- 村上圭一・藤原俊六郎. 2012. 鶏糞を使いこなす. 39-44. 農文協. 東京.
- 中村菊保. 2016. 大腸菌症. 鶏病研究会編, 家禽疾病学. 鶏病研究会. 106-109. 茨城.
- 農林水産省. 畜産経営に起因する苦情発生状況. 生産局畜産部畜産振興課環境計画班. 2017.  
[http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/kujou28\\_02.pdf](http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/kujou28_02.pdf)
- Reece FN, Bates BJ, Lott BD. 1979. NH<sub>3</sub> control in broiler houses. Poultry Science. 58. 754-755.
- Ritz CW, Tasistro AS, Kissel DE and Fairchild BD. 2011. Evaluation of surface-applied char on the reduction of ammonia volatilization from broiler litter. Journal of Applied Poultry Reserch. 20. 240-245.
- 坂井隆宏・脇屋裕一郎・岩永致悦. 2004. 畜種の違いが家畜ふん堆肥化過程の発酵, 臭気および堆肥成分に与える影響. 西日本畜産学会報 47. 47-53.
- 杉浦愛子・高柳紅美・浅海真弓・森俊夫・日下部信幸. 2008a. 天然素材のアンモニア消臭性と利用方法. - 果実および野草のアンモニア消臭性-. 繊維製品消費科学. 49. 349-354.
- 杉浦愛子・高柳紅美・浅海真弓・森俊夫・日下部信幸. 2008b. 天然素材のアンモニア消臭性と利用方法. - 布のアンモニア消臭性と綿布の消臭性向上の試み-. 繊維製品消費科学. 49. 355-360.
- Tasistro AS, Ritz CW, Kissel DE. 2007. Ammonia emissions from broiler litter: response to bedding materials and acidifiers. British Poultry Science. 48(4). 399-405.
- 立本栄機. 2000a. おもしろい炭のはなし. 53. 日刊工業新聞社. 東京.
- 立本栄機. 2000b. おもしろい炭のはなし. 123. 日刊工業新聞社. 東京.
- Terzich M, Quarles C, Goodwin MA, Brown J. 1998. Effect of Poultry Litter Treatment (PLT) on the development of respiratory tract lesions in broilers. Avian Pathology. 27. 566-569.
- 谷田貝麻美子・大谷恭子. 2007. クエン酸処理布のアンモニア消臭性能. 繊維製品消費科学. 48. 541-542.

# 和歌山県におけるスギノアカネトラカミキリによる ヒノキの加害実態調査

法眼利幸・大谷栄徳<sup>1</sup>・竹内隆介

和歌山県林業試験場

**Investigation of Damage by *Anaglyptus subfasciatus* PIC, on Japanese Cypress (*Chamaecyparis obtusa*)  
in Wakayama Prefecture**

Toshiyuki Hougen, Eitoku Otani<sup>1</sup> and Ryusuke Takeuchi

*Wakayama Forestry Experiment Station*

## 緒 言

スギノアカネトラカミキリ (*Anaglyptus subfasciatus* PIC) (第1図) は、スギ・ヒノキ生立木を加害することにより材価を著しく低下させる重大な森林害虫である。スギノアカネトラカミキリの幼虫は、生立木において枯枝を侵入経路として樹幹内へ侵入し材を食害する。幼虫が食害すると材に食痕だけでなく変色被害も発生し、それらは全国的には“トビクサレ”，本県では“アリクイ”などと呼ばれる。その被害は外観からは判別し難いため、製材して初めて露見するケースが多い(第2図)。本県では古くから大きな問題であり、1957年には当時の木材価格で年間2億円以上の被害と推算され(浜本ら, 1962)、南部地域を中心に激増する被害に対し防除の徹底を期すると記されている(和歌山県, 1962)。これまでの研究により、樹幹内への侵入経路となる枯枝を無くす適切な枝打ちが効果的な防除法と明らかにされている(楨原, 1994)が、高コストであるため木材価格の低迷により実施が難しい状況に陥っている。さらに近年の林業不況により、スギ・ヒノキ人工林が手入れされずに放置される傾向にあると同時に、長伐期化が進んできていることから、より枯枝が増加して被害も増加・蓄積してきている恐れがある。

そうした見えにくいスギノアカネトラカミキリの加害メカニズムを再検証し、被害抑止について検討するための材料を得るため、本県南部で植栽の多いヒノキの割材調査を実施した。今回、その調査データにより、本県ではこれまで把握されてこなかった被害蓄積の推移について明らかにした。

## 材料および方法

調査はスギノアカネトラカミキリ被害発生地域のヒノキ林3林分で行い、各林分内において標準的な形状のヒノキ生立木をランダムに6~10本選び採取した(第1表)。白浜町十九洲の調査林(以下:白浜)は2015年6~8月に伐採して割材、串本町里川の調査林(以下:串本A)は2016年1月に伐採して割材、串本町二色の調査林(以下:串本B)は2016年12月に伐採して2017年1月に割材した。夏季の調査では、ヒメスギカミキリなどの二次性穿孔性昆虫に材を食べられることで、スギノアカネトラカミキリによる食害痕が分かりにくくなる恐れがあるため、白浜は一度に1~2本ずつ伐採し割材した。

---

<sup>1</sup>現在：和歌山県農林水産総務課研究推進室



ヒノキ生立木はチェーンソーにより地際から伐倒し、生枝および枯枝を付け根付近で切除した樹幹を1.5mごとに切断し、搬出して持ち帰った。それら樹幹はチップソーで30cm毎に切断し、斧等を用いて縦に16等分し、被害部位は鋸等でさらに細かく分割した。分割後は被害部位毎に、樹幹表面に見られる侵入口となった枯枝断面の中心の地上高を計測し被害発生高とした。さらに樹幹材内の食痕上に形成された年輪数から被害発生年を推計した(第3図)。スギノアカネトラカミキリは基本的に2年一化であるため、当年～前年の孔道については可能な限り材内の虫体の確認を行なった。



第1図 スギノアカネトラカミキリ成虫  
体長：約10mm



第2図 スギノアカネトラカミキリ被害  
注) 矢印は幼虫による食害部分を示す



第3図 食痕上に形成された年輪  
注) 矢印部分の年輪数をカウント  
食痕の直上は偽年輪があるため避ける



第4図 1月に樹幹内の蛹室でみられたスギノアカネトラカミキリの成虫

第1表 スギノアカネトラカミキリ割材調査林分の状況

調査地	標高 (m)	斜面方位	斜面位置等	植栽年	調査本数	平均樹高 <sup>※</sup> (m)	平均胸高直径 <sup>※</sup> (cm)	平均最低生枝高 <sup>※</sup> (m)
白浜	310	北西	中腹 平坦部(緩傾斜)	1979	6	12.1±1.2	18.7±1.1	5.8±0.6
串本A	170	北東	中腹 中尾根平坦部	1991	10	13.2±0.7	15.1±1.7	8.8±0.8
串本B	80	北東	中腹 浅い谷部(緩傾斜)	1987	10	10.4±0.9	12.3±1.4	5.7±1.0

※平均±標準偏差

## 結 果

### (1) ヒノキ調査木の枝の状態および樹幹内におけるスギノアカネトラカミキリの状態

白浜の調査木は1997年(18年生時)に3本,2005年(26年生時)に3本が地上高約4mまで枝打ちされており,それ以下に生枝・枯枝はほぼみられなかった.串本Aの調査木は地上高約2mまで生枝・枯枝が全く無いため,若齢時に手の届く範囲で枝打ちされたと考えられた.串本Bの調査木は枝打ちが実施されておらず,地際付近まで枯枝が残るものもあった.

全調査林分において,スギノアカネトラカミキリが枯枝内ではなく樹幹内に蛹室を作っている事例がみられた.樹幹内の蛹室は,スギカミキリのように食害している部分から心材方向に深く潜って作るタイプと,食害している部分と同じ深さで作るタイプがみられ,前者のほうが多い傾向であった.そうした蛹室の入口には,通常押し固めた粉状のフラスとは異なる繊維状のフラスが詰められていた.串本Aと串本Bの調査木では,1月に樹幹内の蛹室内には老齢幼虫,蛹,成虫など様々な状態のスギノアカネトラカミキリが確認された(第4図).

### (2) スギノアカネトラカミキリ被害発生数の推移

白浜は平均23年生,串本Bは平均21年生から被害が発生し始めたのに対し,串本Aは平均11年生(早いものでは8年生)とかなり早い時期から被害が発生していた(第2表).被害数は被害発生から6~7年後に急増する傾向からみられ,串本Aと串本Bはその後増加が続く傾向がみられた(第5図).

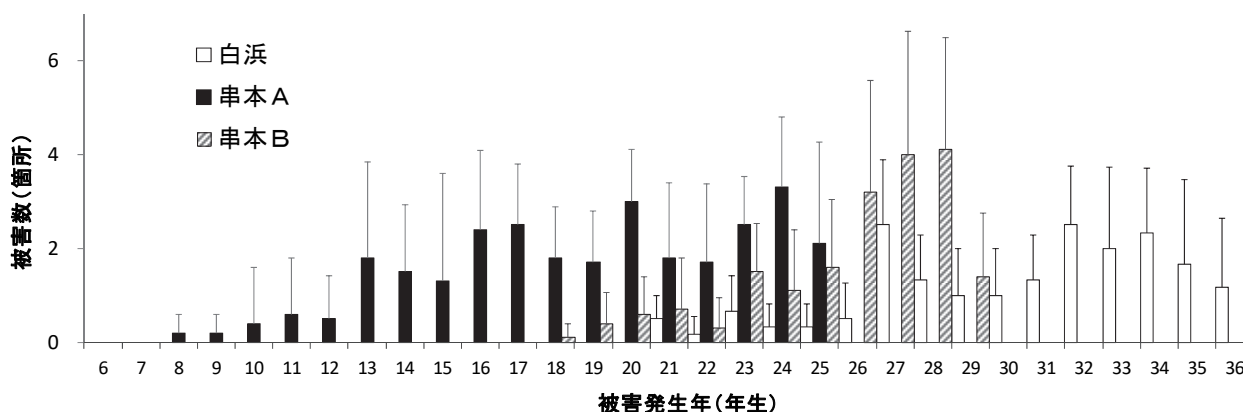
伐倒時,白浜は36年生で平均19.2箇所,串本Aは25年生で平均29.3箇所,串本Bは29年生で平均19.0箇所の被害がみられ,被害発生時期が早いほど,被害の蓄積が進む傾向がみられた(第6図).

第2表 スギノアカネトラカミキリ割材調査および結果の概況

調査地	調査時林齢 (年生)	調査時期 (月)	被害初発 <sup>※</sup> (年生)	被害数 <sup>※</sup> (箇所)	推定材内虫数 <sup>※</sup> (頭)
白浜	36	6~8	22.8±2.2	19.2±6.0	3.4±3.3
串本A	25	1	11.4±2.4	29.3±11.5	5.4±1.8
串本B	29	1	21.4±2.4	19.0±9.2	5.5±2.8

※平均±標準偏差

※推定材内頭数:2年一化と考え伐採年および前年被害の箇所数から推定

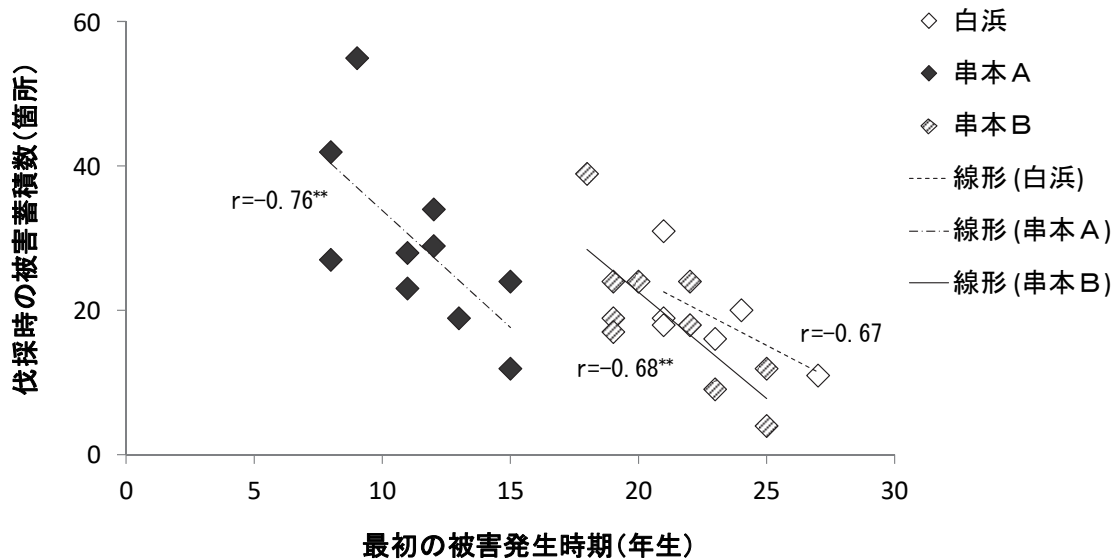


第5図 スギノアカネトラカミキリの平均被害発生数の推移

注) 図中の棒線は標準偏差を示す

白浜: 6本, 串本A: 10本, 串本B: 10本のヒノキを調査





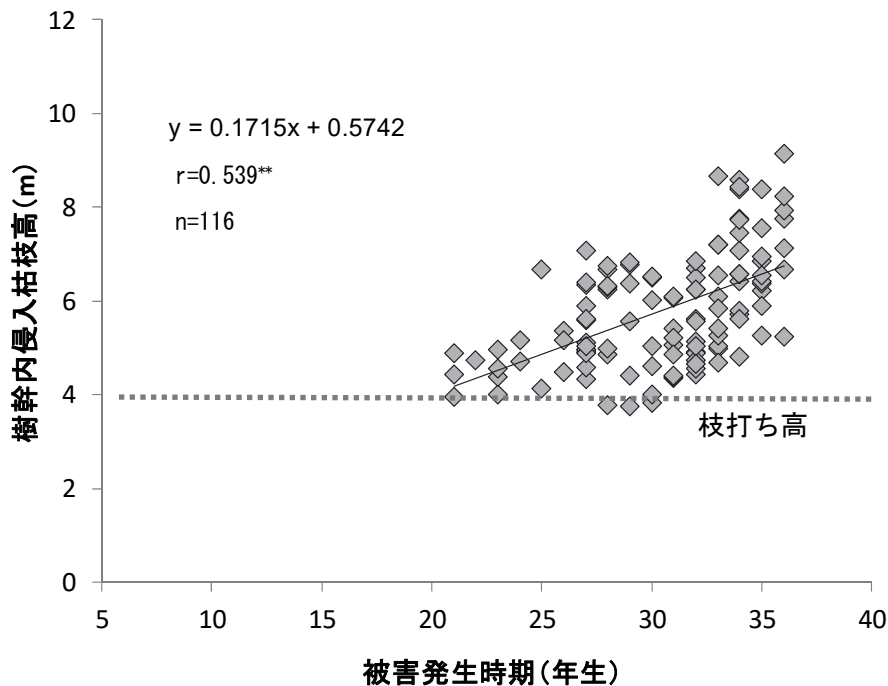
第6図 スギノアカネトラカミキリによる最初の被害発生時期と被害蓄積数

注) 白浜: 36年生, 串本A: 25年生, 串本B: 29年生ヒノキでの調査結果  
 \*\*は1%水準で有意性あり

(3) スギノアカネトラカミキリ被害発生時期と被害発生高

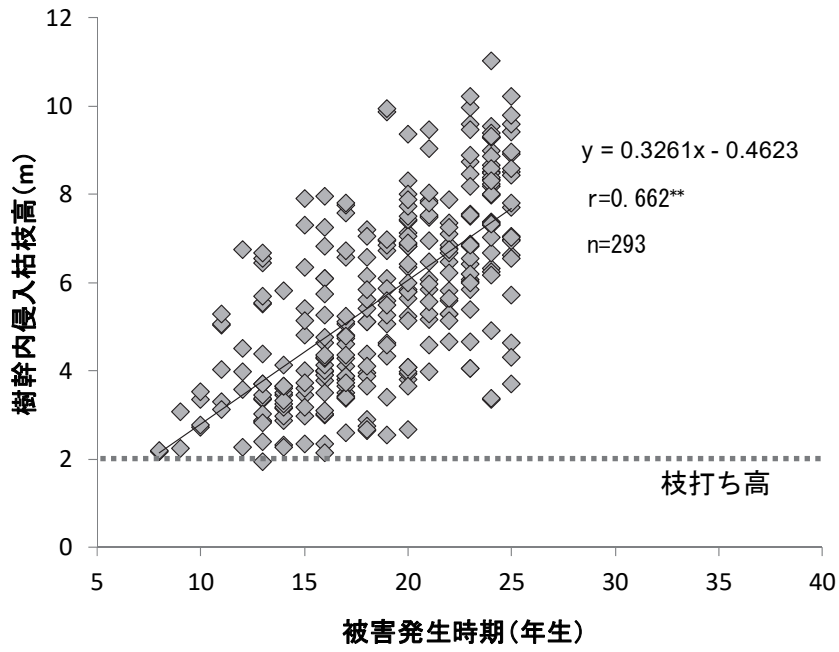
白浜の幼虫穿入位置の地上高をみると、4m以下の被害はほとんどみられなかった(第7図)。串本Aは2m以下の被害はほとんどみられなかった(第8図)。調査林分串本Bは低い位置までみられた(第9図)。

全ての調査林分で、被害はまず地上高の低い位置から発生し始め、垂直方向に幅を拡げながら上昇していく傾向がみられた。

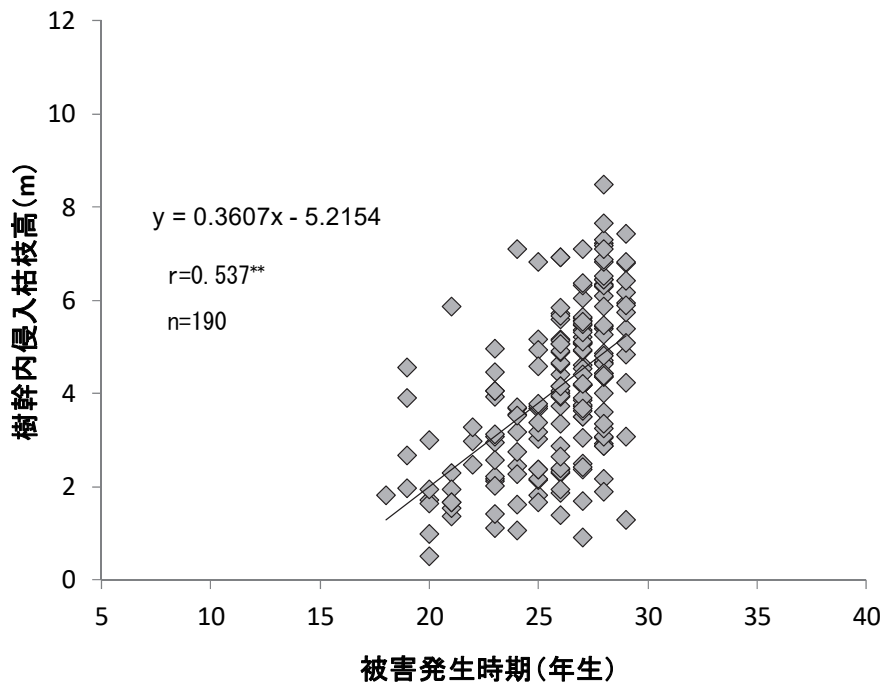


第7図 白浜におけるスギノアカネトラカミキリ被害発生時期と被害発生高

注) 36年生ヒノキ(6本) 枝打ち: 1997年(18年生時)に3本, 2005年(26年生時)に3本実施  
 \*\*は1%水準で有意性あり



第8図 串本Aにおけるスギノアカネトラカミキリ被害発生時期と被害発生高  
 注) 25年生ヒノキ(10本) 枝打ち:若齢時(実施時期不明)に実施された  
 \*\*は1%水準で有意性あり



第9図 串本Bにおけるスギノアカネトラカミキリ被害発生時期と被害発生高  
 注) 29年生ヒノキ(10本) 枝打ち:未実施  
 \*\*は1%水準で有意性あり

## 考 察

これまで、スギノアカネトラカミキリは一般的に樹幹部近くの枯枝内に蛹室を作り成虫越冬し（楨原, 2002）、枯枝の付け根付近に脱出孔を開けて飛び出すとされている（浜本ら, 1962）。静岡県において、2月に樹幹内で枯枝内より多くの成虫が確認され、壮～老齢幼虫は深い部位に食べ跡を広げているとされている（佐野ら, 1989）。おそらく今回みられた樹幹内の蛹室のことだと思われるが、そこまでは言及されていない。また、冬季に樹幹内の蛹室内において、老齢幼虫、蛹、成虫が確認されたため、本県のヒノキにおいては、必ずしも枯枝内に蛹室を作り成虫越冬するわけではないと考えられた。

全ての調査林分に共通して、スギノアカネトラカミキリの被害は地上高の低い位置から発生し始め、被害発生高は鉛直方向に幅を拡げながら上昇していく傾向がみられた。これは枯枝が樹幹の低い位置から発生し始め、産卵に適した状態の枯枝の位置が少しずつ上方へ移っていくことが影響していると考えられた。こうしたことから、被害対策として適切な枝打ちが有効であるとされている（楨原, 1994）が、改めて枝打ちには高い予防効果があることが確認された。その実施時期については、被害発生から6～7年で被害数が急増する傾向がみられたため、被害を予防する枝打ちはそれまでに実施するのが望ましいと考えられた。なお、白浜ではその後被害が減っており、26年生時に実施した間伐により林分内の枯枝の発生が減ったためと考えられた。

過去の調査において本県南部の被害は約15年生から発生するとされている（浜本ら, 1962）が、今回早いものでは8年生で発生しており、被害の発生時期が変化している可能性がある。地域の林業関係者から、近年流行した高密度植栽により枯枝および被害の発生時期が早くなったという意見も聞かれるため、古来の疎植粗放主義をとる熊野式造林法（和歌山県, 1935）が、スギノアカネトラカミキリ被害とどのような関係にあったのか、調査する必要があると思われた。

また、除間伐木材内に幼虫がいる場合は成虫となり脱出してくるため、発生の温床になることが指摘されている（楨原, 2002）。そのため、現在一般的に実施されている切り捨て間伐は、被害発生から6～7年までに実施することが望ましいが、実態としてそれ以降になる場合も多い。今回のデータから、25～36年生のヒノキ1本あたり3頭以上の幼虫が樹幹内に存在すると考えられ（第2表）、切り捨てた本数に乗じた頭数が脱出してくる可能性がある。間伐木の樹幹内の幼虫は、穿孔孔となった枯枝の高さにいると仮定した場合、樹幹の頂端から4～6m部分と枯枝の付け根に幼虫の55.6%、3～7m部分に84.1%が分布していると推定された（第3表）。本県において、20～40年生のヒノキを間伐する場合、スギノアカネトラカミキリの成虫が発生する3月まで（浜本ら, 1962）に、上記部分に枯枝を付け根から5cm程度残して搬出し処分することで効率良く駆除できると考えられる。スギノアカネトラカミキリの密度を少しでも低下させるためには、間伐木は可能な限り全木を搬出し、チップ等に利用することが最も望ましい。

**第3表 スギノアカネトラカミキリ幼虫のヒノキ生立木樹幹内における分布の推計**

樹幹頂端からの距離(m)	0～	1～	2～	3～	4～	5～	6～	7～	8～	9～	10～	合計
白浜 (n=6)	0	0	0	2	5	6	2	1	1	0	0	17
串本A (n=10)	0	0	1	7	18	11	8	3	1	2	3	54
串本B (n=10)	0	0	1	9	15	15	8	4	3	0	0	55
合計	0	0	2	18	38	32	18	8	5	2	3	126

※ 2年一化と考え前年および当年の樹幹侵入枯枝高を累計

## 摘 要

スギノアカネトラカミキリの加害状況について、時系列等の詳細を明らかにするため、被害の多い本県南部地域でヒノキの割材調査を実施した。

1. 樹幹内にも蛹室が作られており、1月時点で入口に木くずの詰まったその中に幼虫、蛹、成虫など様々な状態で確認され、必ずしも枯枝内で成虫越冬するわけではないことが明らかになった。
2. 被害は早いものでは8年生から発生し、被害発生時期が早いほど被害の蓄積が進む傾向がある。
3. 被害は地上高の低い位置から発生し始め、被害発生高は次第に鉛直方向に幅を拡げながら上昇していく。
4. 枝打ちによる高い被害予防効果が確認され、被害発生から5年以内実施することで大きな被害を回避できると考えられた。
5. 20～40年生のヒノキでは、樹幹頂端から3～7m部分に幼虫の多くが分布しており、さらに4～6m部分は最も幼虫の密度が高いと推測され、間伐時にそれらを搬出して利用することで、効率的に密度低下が図れると考えられた。

## 引用文献

- 榎原寛. 1994. スギノアカネトラカミキリ. 森林昆虫 (小林富士雄・竹谷昭彦編). 養賢堂. 188-192. 東京.
- 榎原寛. 2002. スギノアカネトラカミキリ —これまでに明らかになったことと今後の問題点—. 森林をまもる. 全国森林病虫害防除協会編・発行. 171-181. 東京.
- 佐野信幸・藤下章男・鳥井春巳. 1989. スギノアカネトラカミキリの被害と防除. 静岡県林業技術センター研究報告. 91-95. 静岡.
- 浜本和人. 玉置五三. 岡田武次. 井戸規雄. 1962. スギ・ヒノキの「とびくされ」に関する研究 (第1報). 和歌山県林業試験場研究報告第18号. 10-19. 和歌山.
- 和歌山県. 1935. 和歌山県の林業. 42-43. 和歌山.
- 和歌山県. 1962. 和歌山県林業の基本問題と基本対策. 75. 和歌山.



# イタジイ材の太陽熱利用木材乾燥

濱口隆章<sup>1</sup>・清水 賢<sup>2</sup>・井戸聖富<sup>1</sup>・山口秋生<sup>2</sup>

<sup>1</sup>和歌山県林業試験場・<sup>2</sup>越井木材工業株式会社

## Solar Drying of Itajii (*Castanopsis sieboldii*) Wood Using a Greenhouse

Takaaki Hamaguchi, Ken Shimizu, Masayoshi Ido and Akio Yamaguchi

<sup>1</sup>Forestry Experiment Station, Wakayama Prefecture, <sup>2</sup>KOSHII&CO.,LTD.

### 緒 言

自然エネルギーを利用した低コスト木材乾燥法として、太陽熱利用木材乾燥の研究は古くから行われており、その中で、簡易集熱器を設置したもの（野呂田ら，1983）や、除湿器を設置したもの（小林，1980），農業用ビニールハウスを用いた簡易なもの（吉田・伊東，2010）など様々なタイプが検討されてきた。このうちビニールハウスを用いた方式は、他の方式と比べ低コストで導入が可能であり、設置・撤収が容易であることから、乾燥材生産が小規模な場合や、一時的な現場ニーズに対応するための仮設生産施設としての利用が期待される。ビニールハウス方式では、これまでにカラマツ・スギ等の針葉樹材で検討が行われ、天然乾燥に比べ、乾燥期間が短縮されたことが報告されている（吉田・伊東，2010；岸本・山裾，2010）が、広葉樹材での具体的検討事例は報告されていない。広葉樹材は一般的に比重・収縮率が高く、乾燥割れを生じやすいため、乾燥に際しては針葉樹材以上に湿度と温度管理が重要となる。この技術的課題に対応するため、本研究では、ビニールハウス内にミストノズルを設置し、簡易かつ低コストな方法で湿度調整を行うことで、乾燥割れや狂いが少ない木材乾燥が可能か検証することを目的に、イタジイ（スダジイ）材を用いた乾燥試験を実施したので、その結果について報告する。

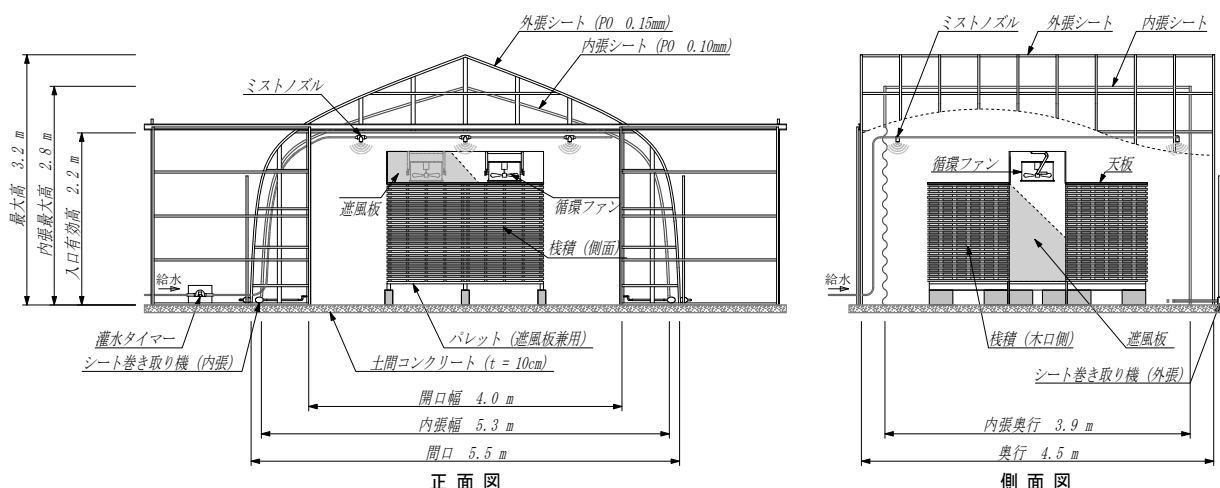
### 材料および方法

#### 1. 試験体の作製および試験区の設定

供試材料として、奄美大島産イタジイを用いた。製材木取りは、たいこ挽きで芯持ち部分（75mm角）を除いた。試験体は、幅 135mm、厚さ 28mm の板目板で、節・あてなどの欠点をあらかじめ除去したため、材長は 50, 100, 150, 200cm の 4 種類となった（計 171 本）。

試験区として、ビニールハウス試験区（以下、ハウス区）と天然乾燥試験区（以下、天乾区）の 2 つの試験区を設定した。各試験区の試験体数は、ハウス区で計 146 本（50, 100, 150, 200cm）、天乾区で計 25 本（50, 150cm）としたが、ハウス区の試験体のうち 74 本は、試験終了後の乾燥割れ・狂いの評価のみに用いた。





第1図 本試験に用いたビニールハウスの概要図

## 2. 本試験に用いたビニールハウスの概要

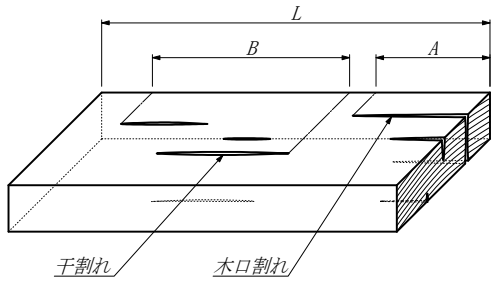
本試験に用いたビニールハウス（和歌山県林業試験場構内）の概要図を第1図に示す．一般的な農業用ビニールハウスを基本構造としているが，保温を目的に内張による2重構造とし，作業性の確保と地面からの湿度流入を抑制するため土間コンクリートを打設している．湿度調整のためのミストノズル（水量 230ml/min, 0.4MPa 時）を6個，循環扇（最大風量 88m<sup>3</sup>/min）を天井に2台設置し，ダウンフローで棧積間に送風した．効率的に風を送るため棧積間の側面・底面に遮風板を設置した．材間風速（棧木厚 25mm）は 0.8～1.5m/s 確保した．

## 3. 乾燥試験の概要

試験は平成 28 年 7 月 14 日から同年 12 月 2 日までの計 141 日間実施した．ビニールハウス内の 7～8 月の日中最高気温は 50℃以上に達し，既往の文献のシノキ材乾燥スケジュール（寺澤，2004）と比較して，繊維飽和点以上の乾燥温度条件として厳しいと判断した．そのため，ハウス区においては，試験体の平均含水率が 30%程度になるまで，和歌山県林業試験場構内の屋根付き資材置き場で天然乾燥を実施し，8月7日にハウス内に設置した．ハウス内の湿度調整は 7:30～17:00 までの間，散水タイマーを用いて間欠的に行った（雨天・曇天時を除く）．試験体含水率の最大値が 30%に達するまでは概ね 70%RH，含水率の最大値が 15%に達するまでは概ね 60%RH の湿度を維持した．9月15日以降は散水と循環扇の運転を中止し成り行きとした．試験期間中はビニールハウスの換気は特に行わなかった．評価を行わない材料を含め，ハウス内に約 4m<sup>3</sup> の材料（すべてイタジイ）を設置した．天乾区の試験は，上記の屋根付き資材置き場で実施した．

## 4. 測定項目

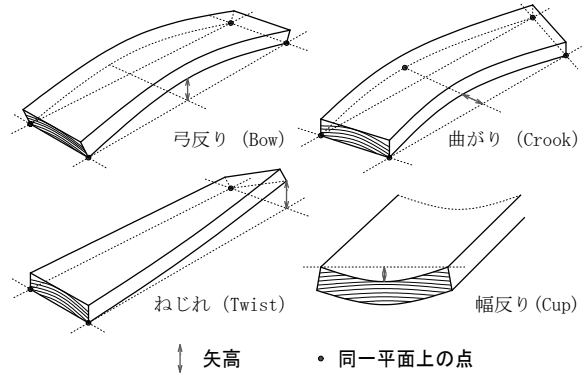
含水率（全乾法）・収縮率・狂い・割れを測定した．収縮率の測定は以下の手順で行った．まず，試験開始前に試験体中央部に測定基準線を設け，幅（接線方向）と厚さ（半径方向）の寸法を測定した．試験終了後，試験体から測定基準線を含む小サンプルを採取し，気乾時と全乾時の幅・厚さの寸法と重量を測定した．なお，試験開始時点で繊維飽和点を下回る試験体が多く見られたため，全乾時の測定後に小サンプルを減圧加圧処理で飽水状態にし，さらに1週間程度水中で放置した後に寸法測定を行い，このときの値を生材寸法とした．この際，試験開始前に測定した幅・厚さの寸法を下回らないことを確認した．収縮率は JIS Z2101 の式に基づき算出した．



総割れ長さ (cm) = A + B

※同一区間 (木表・木裏両側) に複数の割れがある場合は、その区間の割れの始点から終点までの水平距離で1つの割れ長さとする

第2図 乾燥割れの測定方法



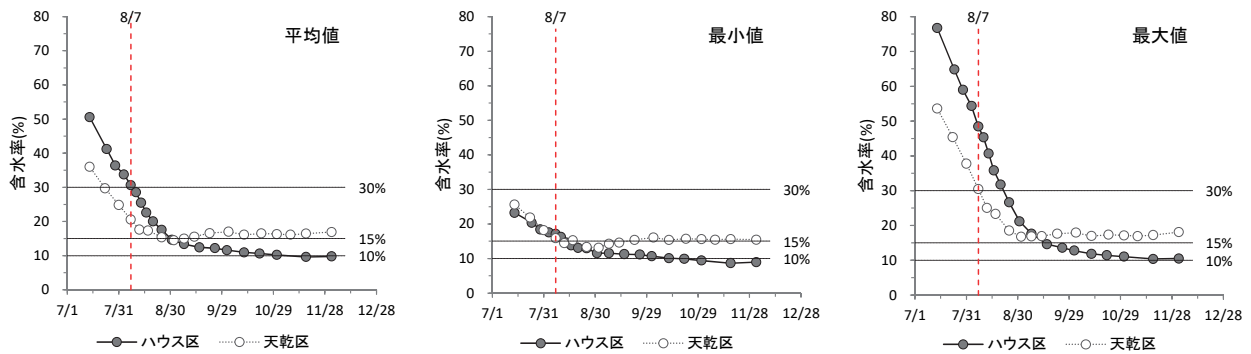
第3図 狂いの測定方法

乾燥割れは第2図に示す方法で、総割れ長さで評価した。狂いは第3図に示す方法で、基準線(面)と材面の間が生じる矢高で評価した。なお、広い面の縦方向の反りを弓反り (Bow) , 狭い面の縦方向の反りを曲がり (Crook) とした。

### 結果および考察

#### 1. 含水率推移

試験体の密度・平均年輪幅・含水率を第1表に示す。製材から試験開始まで1ヶ月程度時間が開いたため、初期含水率はハウス区で 50.5±13.5 (平均値±標準偏差, 以下同じ)%, 天乾区で 36.0±7.6%と、やや乾燥が進んでいた。試験期間中の含水率推移を第4図に示す。なお、材長の違いに



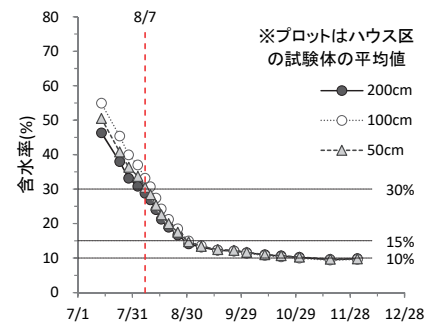
第4図 含水率の推移 (平均値・最小値・最大値)

第1表 試験体の密度・平均年輪幅・含水率

試験区		容積密度 (kg/m <sup>3</sup> )	気乾密度※ (kg/m <sup>3</sup> )	全乾密度 (kg/m <sup>3</sup> )	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)		
						初期	8/7	12/2
ハウス区 (n=72)	平均値	560	690	634	5.8	50.5	30.6	9.8
	最小値	454	565	518	2.9	23.2	17.1	8.9
	最大値	650	798	731	9.0	76.8	48.4	10.5
	CV (%)	8.1	8.1	8.0	26.3	26.7	25.8	4.1
天乾区 (n=25)	平均値	552	671	616	4.4	36.0	20.6	16.9
	最小値	509	617	558	2.7	27.5	15.8	15.5
	最大値	620	767	700	8.3	53.4	30.5	18.1
	CV (%)	6.3	6.5	6.5	31.0	18.1	18.0	4.7

<記号>n: 試験体数 CV: 変動係数

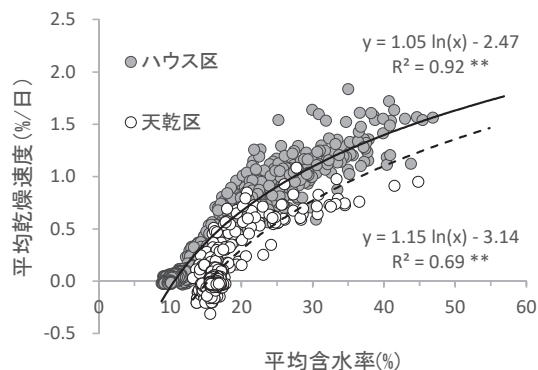
※気乾密度は含水率15%換算で補正した



第5図 材長による乾燥推移の比較

第2表 乾燥所要日数と平均乾燥速度

含水率変化		ハウス区	天乾区
30→20%	所要日数	12	17
	(期間)	(8/8-8/20)	(7/22-8/8)
	平均乾燥速度(%/日)	0.83	0.59
20→15%	所要日数	10	21
	(期間)	(8/20-8/30)	(8/8-8/29)
	平均乾燥速度(%/日)	0.50	0.24
15→12.5%	所要日数	16	到達せず
	(期間)	(8/30-9/15)	—
	平均乾燥速度(%/日)	0.16	—
12.5→10%	所要日数	52	到達せず
	(期間)	(9/15-11/6)	—
	平均乾燥速度(%/日)	0.048	—



第6図 平均含水率と平均乾燥速度の関係  
\*\* 1%水準で有意

よる乾燥推移に顕著な差が認められなかった（第5図）ため、今回の検討では材長の区別は行わず全体値として取り扱った。全般的な傾向として、ハウス区・天乾区とも含水率 20%付近までは直線的に含水率が低下し、その後乾燥速度を減少させながら推移した。平均含水率 30%から 10%に到達するまでの所要日数を算出した結果を第2表に示す。このうち、30%から 15%までの所要日数はハウス区で 22 日、天乾区で 38 日となり、ハウス区で約 42%の期間短縮効果が認められた。天乾区の含水率は 9 月 1 日に 14.5±1.0%に達したが、それ以降はやや値を戻し 16~17%の変動範囲で平衡状態になった。一方ハウス区では 15%に達した後も緩やかに乾燥が推移し、11 月 17 日に 9.6±0.4%に達した後に平衡状態となった。ハウス区の平均含水率 30%から 10%に到達するまでの所要日数は 90 日であったが、このうち最終の 2.5%(12.5→10%)の含水率低下に 52 日を要した。各測定日の前後の含水率変化から、この間の平均含水率と平均乾燥速度を求め、両者の関係をハウス区・天乾区で比較した（第6図）。気温・湿度が変動する条件下となるが、平均含水率と平均乾燥速度の間に、概ね対数関数的な関係が認められ、平均含水率が高いほど平均乾燥速度が大きくなり、乾燥速度比（ハウス区/天乾区）は小さくなった。

平成 21 年の同時期（7 月~10 月）に実施した幅 135mm、厚さ 35mm のスギ板材のビニールハウス乾燥試験では、含水率 30%から 15%までの所要日数は 14 日であった（岸本・山裾, 2010）。この結果と比較すると、今回の試験では約 1.6 倍の期間を要した。樹種や木取りによるばらつきを考慮する必要があるが、繊維飽和点以下における乾燥速度は比重の 1.5 乗程度、材厚の 1.7 乗程度に反比例する（寺沢・筒本, 1986；木材工業ハンドブック, 2004）とされる。本試験のイタジイ材の全乾密度はスギの約 1.7 倍だったことから、乾燥所要日数の増加は、この関係による計算値に、概ね近い結果となった。

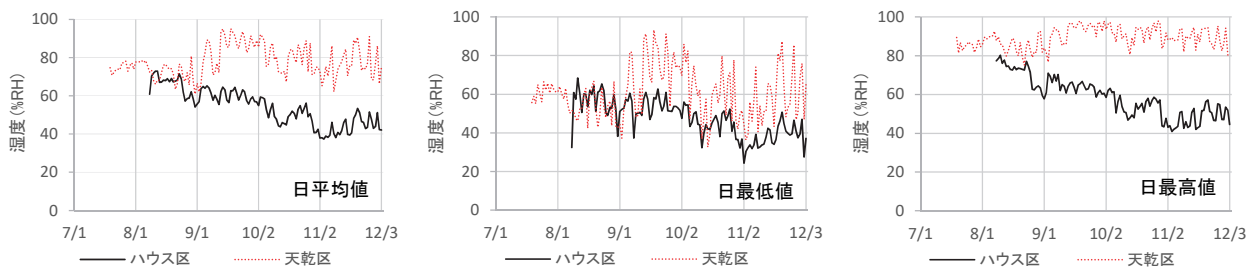
2. 気温・湿度の推移

試験期間の気温・湿度の推移を第7, 8図, 月別の気温・湿度ならびに気候値平衡含水率のデータを第3表に示す。試験期間中の気温を比較したところ、平均気温で平均 9.3℃, 日中平均気温で平均 10.2℃, 夜間平均気温で平均 7.9℃, ハウス区が天乾区を上回った。試験期間中の湿度は、ハウス区では 8 月 7 日から 9 月 15 日まで湿度調整を行ったため日平均値で 60~70%RH の範囲に保たれたが、材料の乾燥が十分に進んだ 10 月以降は、概ね 50%RH 以下となった。ハウス区と天乾区の湿度差は、試験期間平均で 23.8%となり、ハウス区で全般的に湿度が低く保たれた。日中と夜間の湿度差は天乾区で平均 10.1%, ハウス区で平均 2.8%となり、ハウス区では夜間の湿度上昇も抑制された。

気候値平衡含水率については、ミストによる湿度調整を行わなかった 10, 11 月に限定すると、ハウス区で平均 8.5%, 天乾区で平均 15.2%となり、ハウス区で 6.7%下回った。



第7図 各試験区の気温の推移 (日平均値・日最低値・日最高値)



第8図 各試験区の湿度の推移 (日平均値・日最低値・日最高値)

第3表 月別の気温・湿度ならびに気候値平衡含水率

気温(°C)	平均値		最低値		最高値		日中平均値 <sup>※4</sup>		夜間平均値 <sup>※4</sup>		気候値平衡含水率 <sup>※5</sup>		
	ハウス区	天乾区	ハウス区	天乾区	ハウス区	天乾区	ハウス区	天乾区	ハウス区	天乾区	ハウス区	天乾区	
7月	※1	—	29.2	—	24.0	—	34.5	—	30.1	—	—	27.4	
8月	※2	39.5	29.0	26.5	19.9	53.1	39.8	43.0	30.8	36.2	27.1	27.1	
9月		34.8	25.9	25.8	20.1	51.0	36.9	37.3	27.1	32.4	24.6	24.6	
10月		30.5	21.2	18.3	10.0	46.7	32.9	33.0	22.8	27.9	19.5	19.5	
11月		22.9	14.0	11.6	6.0	39.6	22.3	25.6	15.6	20.1	12.4	12.4	
8~11月平均	※3	31.5	22.2	25.4	18.9	40.5	26.7	34.3	24.1	28.8	20.9	20.9	
湿度(%RH)	平均値		最低値		最高値		日中平均値 <sup>※4</sup>		夜間平均値 <sup>※4</sup>		気候値平衡含水率 <sup>※5</sup>		
	ハウス区	天乾区	ハウス区	天乾区	ハウス区	天乾区	ハウス区	天乾区	ハウス区	天乾区	ハウス区	天乾区	
7月	※1	—	74.7	—	55.2	—	89.4	—	71.9	—	80.5	—	13.4
8月	※2	65.8	72.4	32.5	42.4	80.2	92.7	63.1	66.5	68.2	78.3	10.9	12.8
9月		60.5	84.0	37.4	37.4	71.0	97.9	59.4	80.3	61.6	87.9	10.2	16.7
10月		50.5	80.4	32.2	32.6	63.1	98.0	49.6	74.6	51.2	86.0	8.9	15.6
11月		43.4	76.4	24.4	36.4	57.1	95.4	42.0	71.6	44.8	81.2	8.0	14.7
8~11月平均	※3	54.5	78.3	47.8	60.6	58.9	89.7	53.0	73.2	55.8	83.3	9.5	14.8

※1 7月の天乾区の数値は7/14~7/31のデータを用いた

※2 8月のハウス区の数値は8/7~8/31のデータを用いた

※3 8~11月平均は8/7から11/30までの日平均値・日最小値・日最大値・日中平均値・日夜間平均値の平均値

※4 日中平均値は7:00~18:00, 夜間平均値は19:00~6:00のデータを用いた

※5 平衡含水率は、齋藤・信田の近似式(2016)により月平均気温・月平均湿度から算出した

### 3. 収縮率

乾燥後の収縮率の測定結果を第4表に示す。ハウス区と天乾区の収縮率(含水率15%換算値)を比較したところ、ハウス区では、接線方向で約1.2倍、半径方向で約1.3倍高い値を示した。イタジイ材の人工乾燥試験において、松田(1973)は、初期乾球温度40°C、最終乾球温度67°C、乾湿球差2~17°Cの乾燥条件における含水率10%到達時の収縮率として、半径方向5.0%、接線方向8.0%の値を報告している。また、山之内ら(1990)は初期乾球温度40~50°C、最終乾球温度60~70°Cの4条件の人工乾燥試験における含水率10%到達時の収縮率として、厚さ方向で9.7~14.4%、幅方向で5.4~6.9%の値を報告している。ハウス区の収縮率は、天乾区に比べると若干大きいものの、これらの人工乾燥スケジュールと比べると、その値は小さかった。

第4表 収縮率の比較

試験区	含水率(%) 終了時	収縮率(終了時)		収縮率(15%換算値)		全収縮率(%)		平均収縮率(%)		
		幅(T)	厚さ(R)	幅(T)	厚さ(R)	幅(T)	厚さ(R)	幅(T)	厚さ(R)	
ハウス区 (n=72)	平均値	9.8	5.3	3.0	4.4	2.4	7.4	4.4	0.23	0.14
	最小値	8.9	4.3	2.1	3.5	1.3	6.2	3.1	0.17	0.10
	最大値	10.5	7.5	4.9	6.6	4.3	9.7	6.8	0.28	0.22
	変動係数(%)	4.0	12.6	30.3	15.1	37.3	9.7	23.8	11.15	19.61
天乾区 (n=25)	平均値	16.9	3.3	1.7	3.6	1.9	6.6	3.7	0.21	0.13
	最小値	15.5	2.3	1.1	2.5	1.2	5.4	2.8	0.15	0.10
	最大値	18.1	5.5	2.7	5.7	2.8	8.6	5.6	0.24	0.19
	変動係数(%)	4.7	21.8	32.4	19.6	30.1	11.5	20.1	10.12	20.14

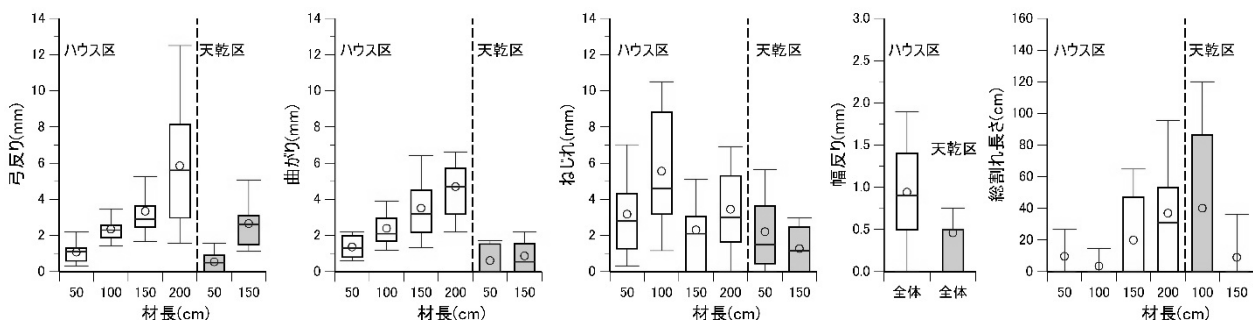
<記号>n:試験体数 T:接線方向 R:半径方向

4. 狂い・乾燥割れ

狂い・乾燥割れの測定結果を第5表、第9図に示す。ハウス区の狂いの測定結果では、弓反り・曲がりの平均値は、材長にほぼ比例して増加し、変動係数は32~64%となった。一方、ねじれの平均値は材長により増減し、100cm材で最も大きくなり、150cm材で最も小さくなった。また変動係数は67~103%で、ばらつきが大きかった。ねじれが材長により増減する原因として、ねじれの回転方向が材長の途中で変化している可能性が考えられたが、この現象の確認のため150cm材を100cmに切断してねじれを測定したところ、ねじれの平均値は低下した。このことから、ねじれの増減に関しては、製材した原木の状態や木取り方法の影響の方が大きいと考えられた。

第5表 狂いと割れの発生量

試験区	材長(cm)	弓反り(mm)				曲がり(mm)				ねじれ(mm)				幅反り(mm)	総割れ長さ(mm)			
		50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200		50	100	150	200
ハウス区	試験体数	61	23	33	29	61	23	33	29	61	23	33	29	146	61	23	33	29
	平均値	1.1	2.3	3.3	5.8	1.4	2.4	3.5	4.7	3.2	5.5	2.3	3.4	0.9	9.6	3.4	19.9	36.9
	最小値	0.0	1.1	0.8	1.0	0.0	0.9	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0
	最大値	2.5	4.2	10.7	13.5	3.8	4.7	7.6	10.9	11.8	13.5	10.9	9.8	3.3	210	47	135	125
	25%分位点	0.6	2.0	2.5	3.0	0.8	1.7	2.2	3.3	1.3	3.3	0.0	1.7	0.5	0	0	0	0
	中央値	1.1	2.3	2.9	5.6	1.3	2.1	3.2	4.7	2.8	4.6	2.1	3.0	0.9	0	0	0	31
	75%分位点	1.3	2.6	3.6	8.1	2.0	2.9	4.5	5.7	4.3	8.8	3.0	5.2	1.4	0	0	45	52
	変動係数(%)	59.7	32.4	57.4	64.0	52.8	44.3	52.7	47.0	80.7	66.7	103	72.9	74.6	320	308	168	97
天乾区	試験体数	13	-	12	-	13	-	12	-	13	-	12	-	25	13	-	12	-
	平均値	0.5	-	2.7	-	0.6	-	0.9	-	2.2	-	1.3	-	0.4	40.0	-	8.9	-
	最小値	0.0	-	1.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	0	-	0	-
	最大値	1.8	-	5.4	-	2.2	-	2.7	-	6.6	-	3.1	-	3.0	160	-	97	-
	25%分位点	0.0	-	1.6	-	0.0	-	0.0	-	0.6	-	0.0	-	0.0	0	-	0	-
	中央値	0.5	-	2.6	-	0.0	-	0.6	-	1.5	-	1.2	-	0.5	0	-	0	-
	75%分位点	0.8	-	3.1	-	1.5	-	1.5	-	3.5	-	2.3	-	0.5	80	-	0	-
	変動係数(%)	117	-	52.4	-	134	-	110	-	99.2	-	101	-	141	138	-	313	-



箱の上端・下端はそれぞれ75%分位点、25%分位点、ヒゲの上端・下端はそれぞれ90%分位点、10%分位点、箱の中央の線は中央値、丸プロットは平均値を表す。

第9図 材長ごとの狂いと割れの発生量の比較



いずれの狂いも、天乾区に比べてハウス区で大きくなったが、狂い測定時の含水率の差が平均値で約 7%あり、その影響も大きいと考えられた。山之内ら(1990)は、人工乾燥したイタジイ材(幅 120mm, 厚さ 25mm, 長さ 1,000mm)の含水率 10%到達時の狂い(曲がりとねじれ)の平均値として 7.7~10.4mm の値を報告している。断面寸法や集計方法に違いがあるので単純比較はできないが、ハウス区の 100cm 材の曲がりとねじれの平均値は、それぞれ 2.4, 5.5mm であり、この報告値より小さかった。

総割れ長さに関して、ハウス区では 150, 200cm 材で平均値が高くなったが、50, 100cm 材では割れの発生が少なく、割れの発生がみられた試験体の本数率は 20%以下だった。一方、天乾区の 50cm 材では、総割れ長さの平均値 40mm, 割れ発生本数率 46%に達した。試験時の状況から、総割れ長さが大きい試験体は、木口面に直射日光が当たっていた場所で明らかに多かったため、栈積の設置方法の影響が大きいと考えられた。本試験で確認された乾燥割れのタイプは、第 2 図に示す木口割れがほとんどで、干割れは見られなかった。また、ハウス区の乾燥割れは天然乾燥期間中に発生しており、ビニールハウス設置後に新たな乾燥割れは観察されなかった。製材の日本農林規格(JAS)の広葉樹製材の品質基準に基づき、材長に対する木口割れの比率を算出したところ、ハウス区では全ての材長区分で平均 2%未満となり、乾燥割れによる歩留り低下は小さいと考えられた。

## 5. 総括

繊維飽和点付近まで天然乾燥を実施し、含水率 15%付近まで湿度維持を行うことで、著しい乾燥割れや狂いを生じることなくイタジイ材を乾燥させることができた。今回の結果から、ビニールハウスを用いた太陽熱利用乾燥技術を広葉樹材に応用することは十分可能と考えられるが、現場への普及に向けては、年間を通じたデータの蓄積が今後必要と思われる。

本方式による到達可能含水率は、今回の試験結果や既往の知見(吉田・伊東, 2010; 岸本・山裾, 2010)から、板材で概ね 10%程度と考えられるが、目標含水率を 10%に設定した場合、最終 2~3%の含水率低下にかなりの日数を要することや、比重や材料厚さが大きくなる場合、乾燥時間がさらに増大することに留意する必要がある。その上で、本方式の現場導入に際しては、これらの乾燥特性に応じた生産計画や材料選択を行うことが重要と考えられる。

## 摘 要

ビニールハウスを用いた太陽熱利用乾燥において、ミストノズルによる簡易な湿度制御を行うことで、乾燥割れや狂いの少ない木材乾燥が可能か検証することを目的に、イタジイ材を用いて試験を実施した。その結果、繊維飽和点付近まで天然乾燥を実施し、その後含水率 15%付近までハウス内の湿度を 60%RH 以上に保つことで、著しい乾燥割れや狂いが少ない乾燥材の生産が可能であった。含水率 30%から 15%に到達するまでの所要日数はハウス区で 22 日となり、天乾区に比べ約 42%の期間短縮効果があった。到達含水率(平衡含水率)の最小値はハウス区で 9.6%, 天乾区で 14.5%だった。ハウス区では、含水率 30%から 10%に到達するまでの所要日数は 90 日であったが、そのうち最終 2.5%の含水率低下に 52 日要した。本方式の現場導入に際しては、これらの乾燥特性に応じた生産計画や材料選択を行うことが重要と考えられる。



## 引用文献

- 岸本勇樹・山裾伸浩. 2010. 自然エネルギーを生かした木材乾燥技術の開発（第2報）農業用ビニールハウスを活用したスギ板材乾燥試験. 和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場業務報告 No. 67 : 15-16
- 小林好紀. 1988. 太陽熱を利用した除湿乾燥装置. 木材工業 43(6) : 262-267
- 松田健一. 1973. 乾燥中に生じる木材の乾燥応力等の特性について. 鹿児島大学教育学部研究紀要 自然科学編第24巻 : 69-78
- 野呂田隆史・千葉宗昭・大山幸夫. 1980. 木材乾燥における太陽熱の利用（第1報）. 北海道林産試験場月報第345号 : 6-12
- 齋藤周逸・信田聡. 2016. 日本の気候値平衡含水率. 木材学会誌 62(5) : 182-189
- 森林総合研究所編. 2004. 改訂4版木材工業ハンドブック. P273-274. 丸善. 東京.
- 寺沢真・筒本卓造. 1986. 木材の人工乾燥改訂版 : P36-37. 日本木材加工技術協会. 東京
- 寺澤眞. 2004. 木材乾燥のすべて [改訂増補版] : P234. 海青社. 大津市
- 山之内清竜・遠矢良太郎・山角達也. 1990. 奄美大島産イタジイの乾燥性. 第40回日本木材学会大会研究発表要旨集 : 95
- 吉田孝久・伊東嘉文. 2010. 高温セット処理を行った柱・桁材の太陽熱乾燥—農業用ビニールハウスの利用—. 長野県林業総合センター研究報告 24 : 171-184

# 春季に紀伊水道東部海域で漁獲される イワシ類シラスの種組成の年変動

御所豊穂・武田保幸・安江尚孝<sup>1</sup>・堀木暢人<sup>2</sup>

和歌山県水産試験場

## Yearly Changes in the Species Composition of Clupeoid Larvae Caught in the Eastern Side of the Kii Channel in Spring

Toyoho Gosho, Yasuyuki Takeda, Naotaka Yasue<sup>1</sup> and Nobuhito Horiki<sup>2</sup>

*Wakayama Prefectural Fishery Experiment Station*

### 緒 言

紀伊水道東部海域において、イワシ類しらすを漁獲対象とする船びき網漁業は、和歌山県の主要漁業の一つであり、漁獲量、漁獲金額とも県下の約 10%を占めている（和歌山県農林水産部水産局 2016）。また、水揚港の周辺地域には、多くのしらす加工場が立地するなど、しらす関連産業は、地域の重要な地場産業となっている。

紀伊水道の船びき網漁業では、3~5月春季の漁獲量と漁獲金額が年間の半分以上を占めることから、特に春シラス漁は漁業関係者の関心が高く、漁況予測について水産試験場への問い合わせも多い。シラスの種組成は、マシラス（マイワシ）、カタクチシラス（カタクチイワシ）、ウルメシラス（ウルメイワシ）の3種が主であり、年間を通してカタクチシラスが量的に多く、冬季から春季にはこれにマシラスとウルメシラスが混じる。

和歌山県水産試験場では、シラス漁況をモニタリングするため、1970年代から主要港（市場；以下、市場と表記）でシラス漁獲量と混獲率調査を継続している（堀木・吉村 1987 など）。さらに、漁業関係者の要望を受け、平成 11 年度から春季に漁業調査船「きのくに」で漁期前調査を行い、「紀伊水道春シラス漁場調査速報」を作成し、情報提供している。

本研究では、1981~2017年の春シラスの漁獲量変動と潮岬沖の黒潮離接岸との関係について検討した。マシラスとカタクチシラスについては、既往知見をふまえて優占種の交代について考察し、旬ごとの魚種別漁獲量から経年的な漁獲開始時期と漁況の特徴を明らかにした。また、春シラスの補給源である太平洋南区の親魚漁獲量とシラス漁獲量との関係を種ごとに整理し検討した。

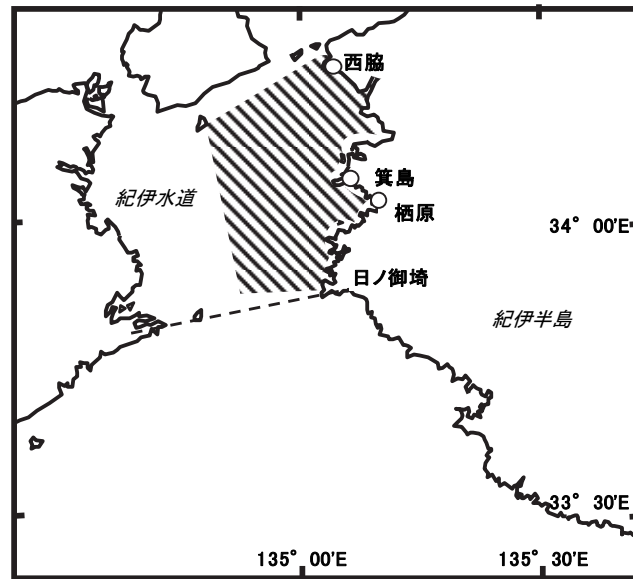
### 材料および方法

本研究では、本県の船びき網漁業のうち、紀伊水道東部海域（和歌山県側）の日ノ御崎と蒲生田崎を結ぶ線の北側の海域（第 1 図）を漁場としている「瀬戸内海機船船びき網漁業（通称：船びき網）」を対象とした。当海域の船びき網は周年操業しており、対象種は、マイワシ、カタクチイワシ

<sup>1</sup>現在：和歌山県日高振興局農林水産振興部農業水産振興課

<sup>2</sup>現在：和歌山県農林水産部水産局資源管理課

シ、ウルメイワシ、イカナゴである。イワシ類シラス漁獲量は、1981～2017年の紀伊水道内主要3市場（西脇、箕島、柘原）の合計を使用した。



第1図 瀬戸内海機船船びき網漁業の操業区域（斜線内、ただし、共同漁業権区域等沿岸域の一部を除く）と西脇、箕島、柘原市場の位置

3～5月の潮岬からの黒潮流軸の平均離岸距離は、海上保安庁海洋情報部発行の「海洋速報」（<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/index.html>）を用いた。

シラスのサンプルは、西脇、箕島、柘原市場で、水揚時に約100g採集し、10%ホルマリンで固定した。これを種別に分けた後、湿重量を計測し、全量との比率を各種の混獲率とした。旬別のシラス混獲率は、日別の混獲率の平均値とした。シラスの種類別旬別漁獲量の推定は、武田・吉村（1992）に従い、旬別混獲率を旬別漁獲量に乘じ、魚種別に集計した。なお、旬別の混獲率データがない場合は、その旬に最も近い日の値を代用した。種類別月別漁獲量は、シラス種類別旬別漁獲量の和とした。シラスの優占種については、堀木・吉村（1987）に従い、混獲率が60%を超えた魚種とした。

マイワシ、カタクチイワシ、ウルメイワシの太平洋南区における漁獲量データは、平成28年度魚種別系群別資源評価による系群別の資源評価（由上ほか2017、上村ほか2017、高須賀ほか2017）のデータセット値を用いた。

なお、箕島市場については、2007年5月、2008～2010年の3～5月が、操業していた18統のうち3統分の漁獲量しか入手できなかったため、日別の漁獲量について18統分（18/3倍）に引き伸ばすことにより、他の年と同じ水準となるように補正した。

## 結果および考察

### 1. 春シラス漁獲量の経年変化と潮岬沖の黒潮離接岸

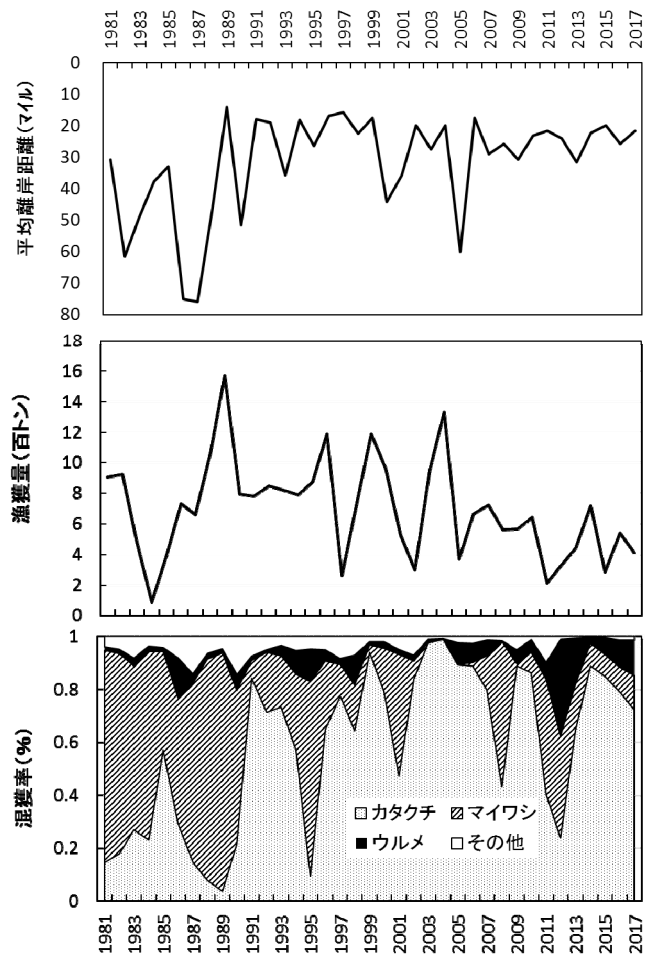
1981～2017年3～5月春季の3市場の合計シラス漁獲量およびシラス混獲率の経年変化、潮岬沖の黒潮平均離岸距離を第2図に示した。

春シラス漁は、1981～2017年にかけて好不漁を繰り返している。また、漁獲量が1,000トン以上を好漁年、400トン以下を不漁年とすると、好漁年は1988・1989年と1996・1999・2004年で、不漁年は1984年と1997・2002・2005・2011・2012・2015年であった。2005～2017年には好漁年がみられなかった。このように、紀伊水道の春シラス漁は、漁獲量の変動幅が大きい。その要因としては、潮岬沖の黒潮離接岸を始め海況との関係が指摘されている(堀木・吉村1987, 武田・吉村1992, 武田1995)。1989年の好漁は潮岬沖での黒潮接岸、一方、2005年の不漁は、離岸の影響と考えられる。しかし、黒潮の離接岸と好不漁が一致しないケースもあり、2002・2011・2015年は、黒潮が接岸であるにもかかわらず不漁、2000年は、黒潮がやや離岸しているものの1,000トン近い漁獲量であった。これらのことから、春シラスが好不漁となる条件としては、潮岬沖における黒潮の離岸距離以外に、黒潮の上流域における親魚量や外海で発生したシラスが黒潮系暖水によって紀伊水道内までの入り込み(高尾1990, 武田1994)に関係していると考えられる。その暖水流入について、近年、人工衛星による表面水温の分布情報を得ることができるようになり、様々なパターンがあることが分ってきた。代表的なパターンは、黒潮北縁の小冷水渦の通過による一時的な離接岸に伴う暖水流入である。

なお、極端な不漁となった1984年については、冬季～春季の異常低水温により和歌山県下の各漁業で大不漁になったことが報告されている(阪本1984)。

1970年代～1980年代におけるカタクチシラスからマシラス、マシラスからカタクチシラスへの優占種の交代については、堀木・吉村(1987)、武田・吉村(1992)、武田(1995)で述べられており、マシラス優占期は1976年から始まっていることから、マシラス優占期が1976～1990年の15年間続いたと考えられる。本研究の対象期間(1981～2017年)では、マシラス優占期(1981～1990年)とカタクチイワシ優占期(1991～2017年; 1995, 2012年を除く)に大きく分けることができる。

1991年以降は、カタクチシラス優占期と考えられ、1990年代～2000年代はカタクチシラス主体の好漁年が出現している。2010年代は、カタクチシラス優占期と考えられるが、カタクチシラスは漁期が遅くなり漁獲量も少なくなっている。このことと、マイワシ太平洋系群とカタクチイワシ太



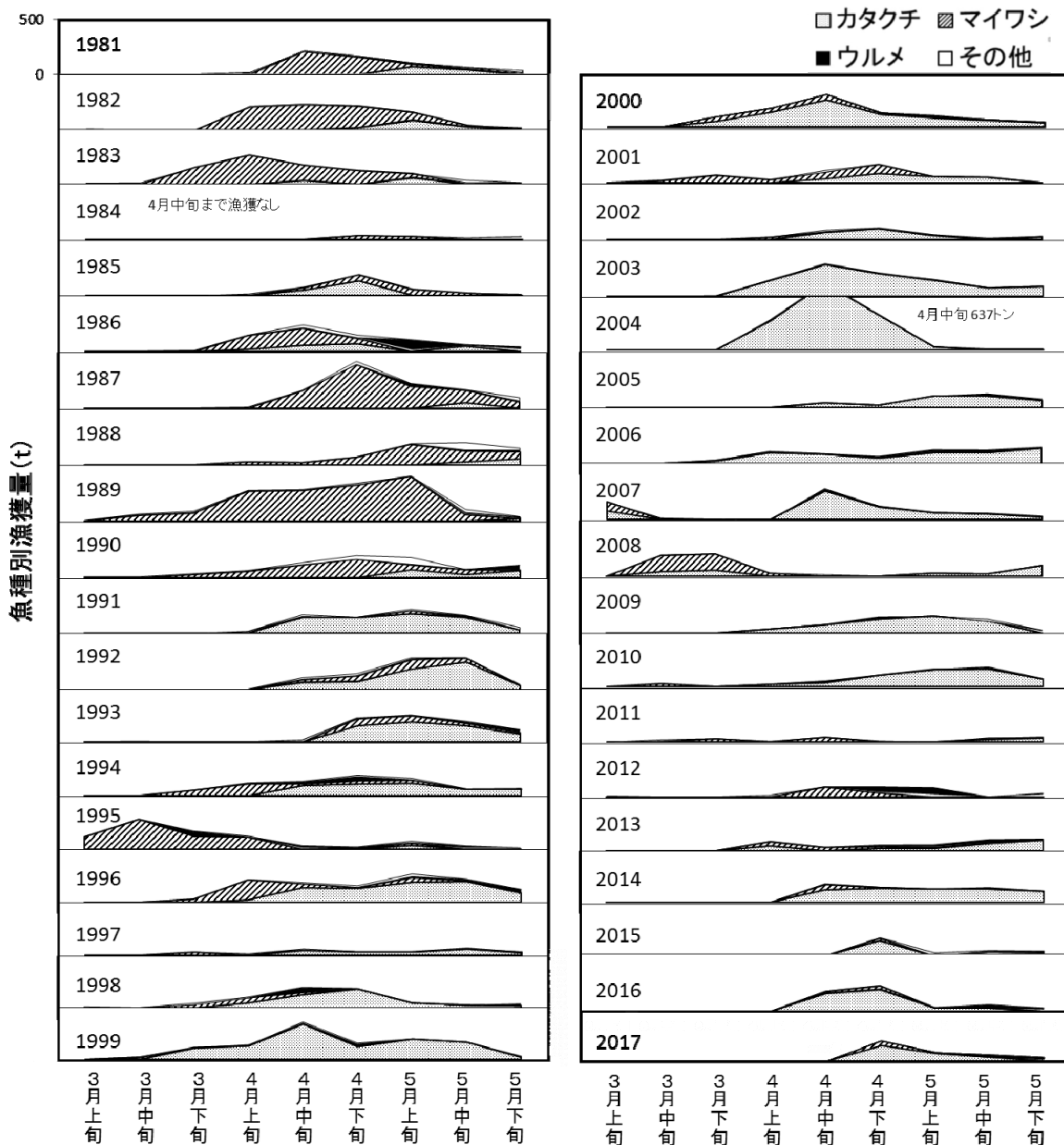
第2図 1981～2017年3～5月における、潮岬沖の黒潮平均離岸距離(上段) 3市場の合計シラス漁獲量(中段)、シラス混獲率(下段)

平洋系群の資源水準・動向（由上ほか 2017, 上村ほか 2017）から、現在はカタクチイワシからマシラスに交代する時期に差し掛かっていると考えられる。

なお、ウルメイワシはカタクチイワシ、マイワシと比較して資源量の水準が低いため、ウルメシラスが優占種になることはないが、カタクチシラス、マシラスの不漁年には混獲率が上がる傾向がみられた。

### 2. 旬別シラス漁獲量の経年変化

1981～2017年のシラス魚種別漁獲量の旬別変化を第3図に示した。



第3図 1981年から2017年のシラス魚種別漁獲量の旬別変化（各年の軸の最大値は500t）



マシラスは、3月から漁獲が始まり、4月中に漁獲が集中し、5月には低調となる。マシラス優占期で好漁となった1988・1999年は5月下旬までマシラスの漁獲が続いた。1995・2007・2008は、カタクチシラス優占期の中で、特異的にマシラスが3月に多く出現したため、漁期開始が早かった。

カタクチシラスは、4月から漁獲が始まる。しかし、カタクチシラスが好漁であった1999・2000年は、漁獲開始が3月からと、他の年よりも早かった。カタクチシラスが極めて好漁であった2004年は、4月上旬～下旬に漁獲が集中した。2005～2017年は、カタクチシラスの主漁期が4月下旬以降の年が多くなり、2004年以前と比較すると、漁期が短く、全ての期間で低調であった。

ウルメシラスは、漁獲が多い2012年を見ると、4月下旬、5月上旬に、カタクチシラス、マシラスの漁獲がほとんどなかったことにより、混獲率が相対的に高くなっていった。

### 3. 親魚量とシラス魚種別漁獲量の経年変化

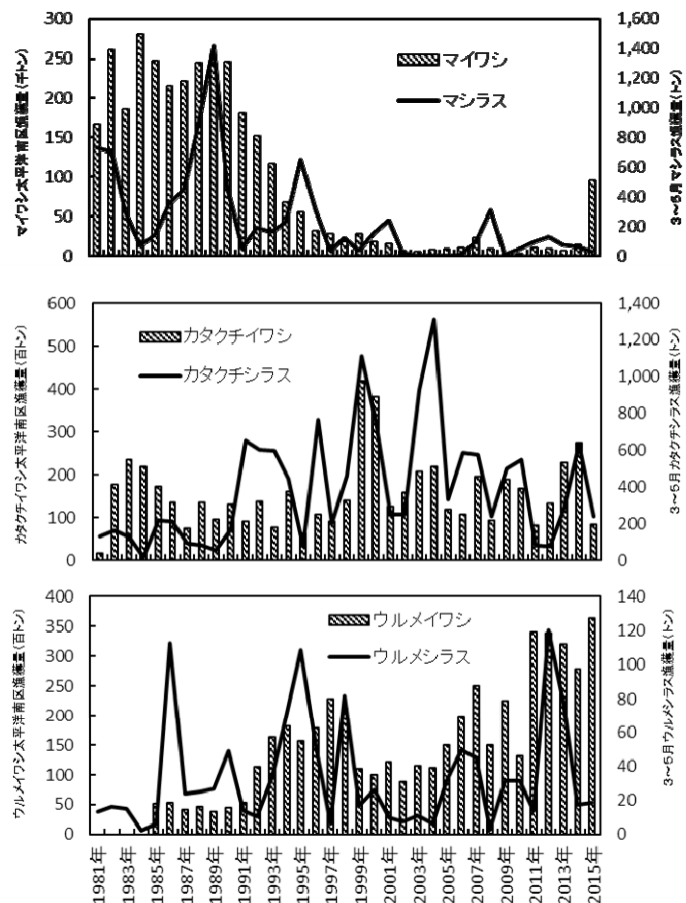
平成28年度魚種別系群別資源評価による統計値(由上ほか2017, 上村ほか2017, 高須賀ほか2017)を用いて、マイワシ、カタクチイワシ、ウルメイワシの太平洋南区漁獲量と春季魚種別シラス漁獲量の経年変化を第4図に示した。

マイワシは、1980年代～1990年代初めの漁獲水準が高く、同時期のマシラスは、好漁年の漁獲量が極めて多かった。マイワシの漁獲が減少し始めた1990年代前半以降は、マシラスの漁獲水準も低下した。2015年にはマイワシ漁獲量が95千トンと急増したが、マシラス漁獲量の増加は見られなかった。

カタクチイワシ漁獲量が多い時には、カタクチシラスが好漁となる年(1999年, 2000年)や、増減が同調している期間も見られたが、全体としての関係性は薄かった。

ウルメイワシ漁獲量(データは1985年から)は1993～1998年と2005～2015年に水準が高く、ウルメシラスも概ねその時期に好漁年になっていた。

太平洋南区における親魚は、紀伊水道の春季シラスの補給源と考えられており(高尾1990), 本研究でもマイワシとウルメイワシでは、両者の増減が一致する期間が比較的多かったが、カタクチイワシでは乖離している年も多かった。この理由の一つとして、太平洋南区では、カタクチイワシは価値が低く、マイワシやウルメイワシは



第4図 太平洋南区におけるイワシ類漁獲量と3～5月のシラス漁獲量の年変動(上段:マイワシ、中段:カタクチイワシ、下段:ウルメイワシ)



どに漁獲努力が向かず、親魚量が漁獲量に反映されないことが考えられる。

前述のとおり、現在はカタクチイワシからマイワシへの魚種交代の兆しがあり、今後も各魚種の親魚漁獲量、シラスの漁獲量、混獲率のモニタリングを継続し、魚種交代の様相を把握する必要がある。また、海況による好不漁については、シラスが紀伊水道内へ来遊する微細な海況条件を予測する必要がある、これについては、近年、進歩が著しい海洋環境の再解析データを用いた予測システムの利用が有効と考える。

## 摘 要

1981年～2017年の春季シラスの種組成の年変動について整理した。混獲率が高いのはマシラスとカタクチシラスの2種であり、1991年に、マシラスからカタクチシラスへと優占種が交代した。春季シラスの好不漁は、潮岬沖の黒潮離岸距離、黒潮から紀伊水道内への暖水流入の有無、太平洋南区の親魚の漁獲量の多寡によることが示唆された。旬別漁獲量の年変化を見ると、マシラス優占期は3月上旬から4月上旬に漁獲が始まり、好漁年は5月下旬まで漁獲が続いた。カタクチシラス優占期は、4月中に漁獲が始まり、好漁年は漁獲開始が3月からと早く、不漁年は、漁獲開始時期が4月下旬以降と遅かった。

調査を進めるにあたり、西脇漁業協同組合、湯浅湾漁業協同組合、有田箕島漁業協同組合の市場関係者には、漁獲量情報のとりまとめと標本の採集をしていただいた。また、船びき網標本船の漁業者各位からは、日々の漁獲量と漁場位置について詳細な情報をいただいた。ここに感謝申し上げます。

## 引用文献

- 上村泰洋・由上龍嗣・渡邊千夏子・古市生・亘真吾・岸田達. 2017. 平成28(2016)年度カタクチイワシ太平洋系群の資源評価. 平成28年度我が国周辺水域の漁業資源評価. P. 779-810.
- 堀木信男・吉村晃一. 1987. 紀伊水道で漁獲されるシラスの「魚種交代現象」について. 和歌山県水産試験場事業報告. 昭和60年度 P. 140-156.
- 阪本俊雄. 1984. 1984年冬春季の紀伊水道における魚介類浮標斃死と異常漁況. 水産海洋研究, 46. P. 115-125.
- 社団法人日本水産学会. 1989. 水産学用語辞典. P. 316. 恒星社厚生閣. 東京
- 高須賀明典・梨田一也・入江光雄・亘真吾. 2017. 平成28(2016)年度ウルメイワシ太平洋系群の資源評価. 平成27年度我が国周辺水域の漁業資源評価. P. 728-751.
- 高尾亀次. 1990. 瀬戸内海におけるカタクチイワシの回遊・産卵. 水産技術と経営. 3:9-17.
- 武田保幸. 1994. 紀伊水道における春シラスの漁場形成機構(要旨). 第26回南西海ブロック内海漁業研究会報告. P. 73-74.
- 武田保幸. 1995. 近年の薩南～紀伊水道におけるマシラスの漁獲動向. 南西外海の資源・海洋研究. 11:7-15.

- 
- 武田保幸・吉村晃一. 1992. 紀伊水道外域におけるしらすの種組成と魚種別の豊度について. 南西外海の資源・海洋研究. 8:39-52.
- 由上龍嗣・渡邊千夏子・上村泰洋・古市生・赤嶺達郎・岸田達. 2017. 平成 28 (2016) 年度マイワシ太平洋系群の資源評価. 平成 28 年度我が国周辺水域の漁業資源評価. P. 15-52.
- 和歌山県農林水産部水産局. 2016. 和歌山の水産. 平成 28 年. P. 37.



# 紀伊水道東部におけるクマエビの生態に関する基礎的知見

小林慧一・土居内龍<sup>1</sup>・堀木暢人<sup>2</sup>

和歌山県水産試験場

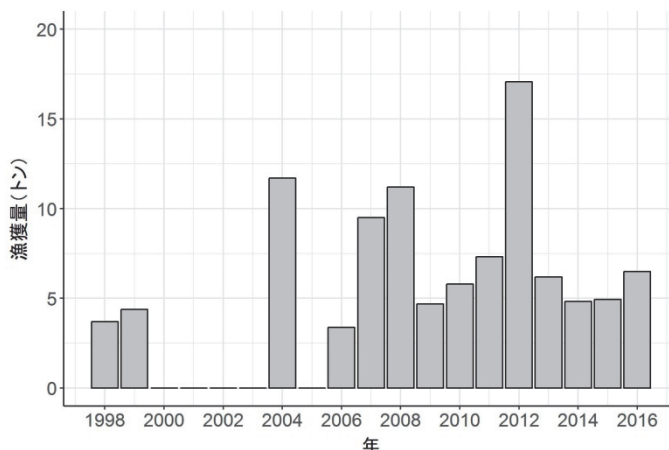
## Fundamental Knowledges on Ecology of the Green Tiger Prawn, *Penaeus semisulcatus* in the Eastern Part of Kii Channel

Keiichi Kobayashi, Ryu Doiuchi<sup>1</sup> and Nobuhito Horiki<sup>2</sup>

Wakayama Prefectural Fishery Experiment Station

### 緒言

クマエビ *Penaeus semisulcatus* は、インド洋から西太平洋に広く分布し、日本国内においても日本海側では石川県以南、太平洋側では千葉県以南と広く分布しているクルマエビ科の大型エビ類である(林, 1992)。本種は、付属肢が鮮やかな赤色であることから、和歌山県においては「足赤えび」の地方名で広く知られている。本種は、主に和歌浦湾周辺海域から湯浅湾周辺海域を中心とした紀伊水道東部において、小型底びき網漁業により漁獲されている。中でも、和歌山市、海南市においては「紀州足赤えび」としてブランド化されており、商業的価値が高い。さらに、本種の漁獲量は2006年以降増加傾向となり、2013年以降は5トン前後で安定的に推移している(第1図)。これらのことから、本種は、本県の小型底びき網漁業にとって重要な漁獲対象種となっている。



第1図 有田箕島漁協における小型底びき網によるクマエビ漁獲量の経年変化

クマエビは、徳島県でも重要な漁獲対象種とされており、上田(2013)により紀伊水道西部における本種の産卵生態や生活史が報告されている。一方、本県では、小型底びき網漁業の漁獲対象種に関する報告において、わずかに本種の記載があるものの(鈴木・田野岡, 1959, 阪本・林, 1977)、本種に着目した調査研究は実施されてこなかった。しかし、近年、紀伊水道における本種の漁獲量増加により、本種に対する関心が高まっていることを受けて、2011年より、紀伊水道東部における水深別分布状況調査や収集した標本の精密測定などの本種の生態に関する基礎研究を開始した。これらの調査研究により、本種の生態に関する基礎的なデータが集積されてきている。これらの知見は、今後、資源量推定や資源状態の把握、資源を持続的に利用するための資源管理、漁況予測など

<sup>1</sup>現在：和歌山県西牟婁振興局農林水産振興部農業水産振興課

<sup>2</sup>現在：和歌山県農林水産部水産局資源管理課

を実施していく上で必要不可欠である。

そこで、本研究では、2011年以降収集してきたクマエビの生態に関するデータを整理し、紀伊水道東部における本種の生態、中でも産卵、分布、成長、漁獲加入に関する基礎的知見についてとりまとめた。

## 材料および方法

### 水深別分布状況調査

紀伊水道東部におけるクマエビの分布について検討するため、2011年12月～2017年11月において、水深別分布状況調査（以下、「分布調査」とする）を実施した。同調査は、2011～2016年度においては、主漁期である冬季（12～3月）に小型底びき網漁業（マンガ漁業、網目：9節）により実施し、2016年度の1回を除いて各年度3回ずつ実施した。調査水深については、2011～2013年度が30m、40m、50m、60m（北）、2014～2016年度が40m、60m（北）、60m（南）、70mとした。また、2017年度においては、夏～秋季（6、8、9、11月）に小型底びき網漁業（板びき網漁業、網目：11節）により4回実施した。調査水深は、6月のみ20m、30m、50m、70mとし、その他の月は20m、30m、40m、50mとした（第2図）。

分布調査で漁獲されたクマエビは、すべて水産試験場へ持ち帰り、水深別に漁獲尾数を計数した後、雌雄別に精密測定（体長(mm)、頭胸甲長(mm)、体重(g)の測定)を行い、雌については生殖腺重量(g)も測定した。

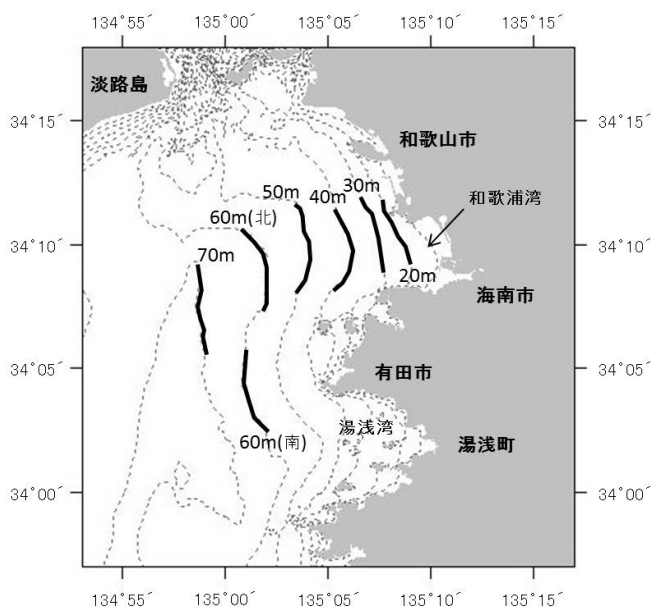
得られた水深別の漁獲尾数および曳網時間から、水深ごとにCPUE（曳網1時間当たりの漁獲尾数、尾/h）を算出し、これを比較することで紀伊水道東部におけるクマエビの分布について考察した。

### 生殖腺重量指数の算出

紀伊水道東部におけるクマエビの成熟度の指標として、分布調査で漁獲された標本の精密測定結果に加え、2012年4月～2017年8月に戸坂漁協（海南市）および湯浅湾漁協（湯浅町）から購入したマンガ漁業および板びき網漁業により漁獲された標本の精密測定結果から、雌の生殖腺重量（GW）と体重（BW）を用いて次式により生殖腺重量指数（GSI）を算出した。

$$GSI = 100 \times GW / BW$$

GSIは月別および旬別に算出し、各GSIの推移から、本海域における本種の産卵期について考察した。



第2図 クマエビの分布状況調査海域

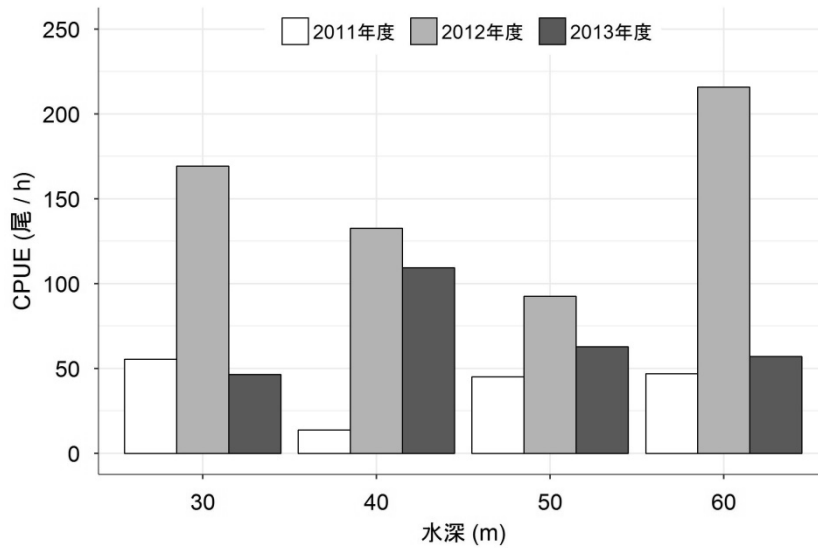
### 頭胸甲長データの整理

紀伊水道東部におけるクマエビの成長について検討するため、分布調査および購入により収集した標本の精密測定結果から、体サイズの指標として、測定誤差の小さい頭胸甲長を用い、雌雄別かつ月別に頭胸甲長組成を求めた。雌雄それぞれの同組成から得られる月別の頭胸甲長モードの推移より、本海域における本種の成長について考察した。

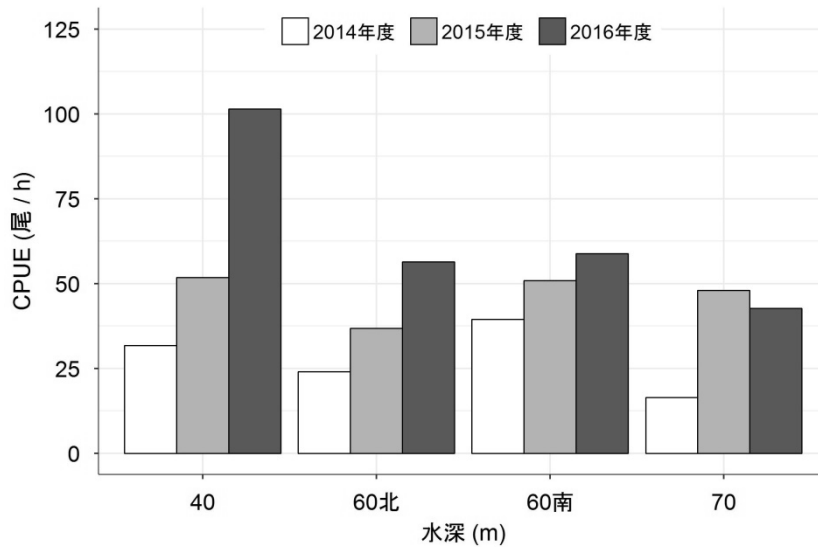
## 結 果

### 水深別分布状況

2011～2016 年度の冬季に実施した分布調査の結果、いずれの調査日とも、すべての調査水深でクマエビが漁獲された。また、いずれの調査年度とも、調査日によって各水深の CPUE は異なっていた



第 3 図 2011～2013 年度におけるクマエビの水深別 CPUE

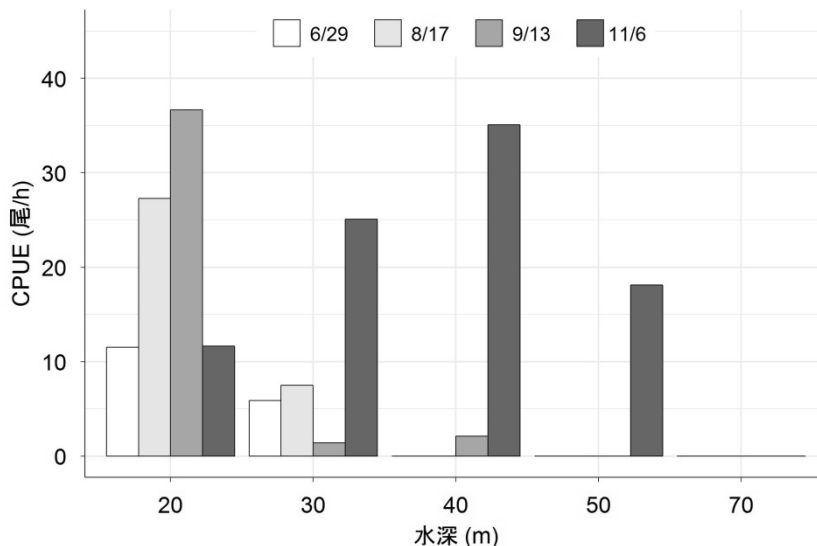


第 4 図 2014～2016 年度におけるクマエビの水深別 CPUE



が、すべての調査日で共通して CPUE の多い (少ない) 水深はなかった。このため、年度ごとにすべての調査日をまとめて CPUE を算出したところ、調査年度によっても各水深の CPUE は異なっており、すべての調査年度で共通して CPUE の多い (少ない) 水深はなかった (第3図, 第4図)。

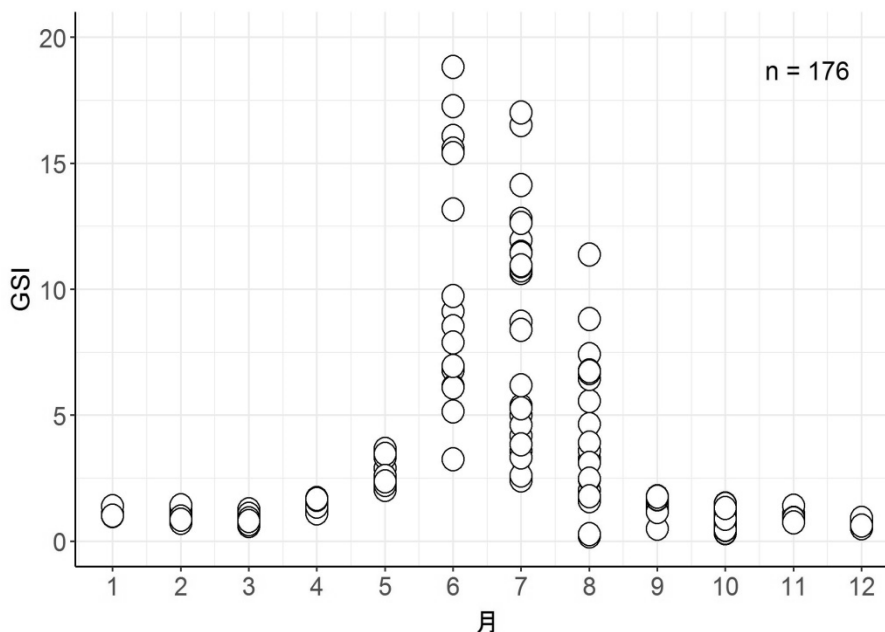
2017 年度の夏～秋季に実施した分布調査の結果、6月および8月においては 30m 以浅、9月においては 40m 以浅でのみクマエビが漁獲され、いずれの調査日とも水深が浅いほど CPUE が多かった。また、11月においては、すべての調査水深で漁獲され、CPUE は水深 40m で最も多く、水深 20m で最も少なかった (第5図)。



第5図 2017年度におけるクマエビの水深別 CPUE

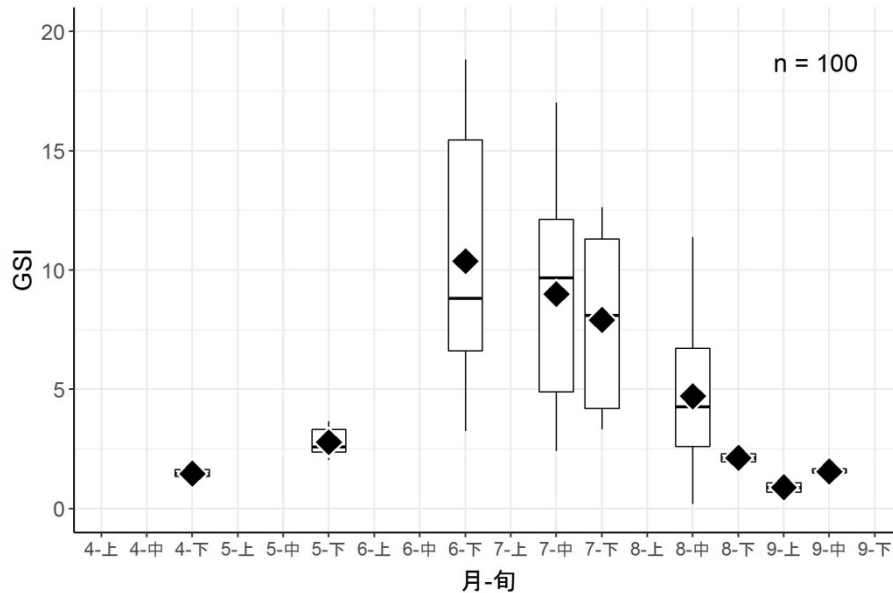
各月・各旬の生殖腺重量指数の推移

紀伊水道東部におけるクマエビの各月の生殖腺重量指数 (GSI) の推移を第6図に示す。各月の



第6図 各月のクマエビの GSI の推移

GSI は、1~4月が0.6~1.7と低いものの、5月には2.0~3.7とやや上昇し、6月が3.3~18.8、7月が2.4~17.7と、6~7月が最も高かった。8月のGSIは0.2~6.7と比較的高い値を示したが、6~7月と比べるとやや低下しており、9~12月のGSIは0.3~1.8と低い値で推移していた。さらに、旬別にGSIの推移をみると、GSIの旬平均値は、4月下旬が1.5、5月下旬が2.8、6月下旬が10.4、7月中旬が9.0、7月下旬が7.9、8月中旬が3.2、8月下旬が2.1、9月上旬が0.9、9月中旬が1.6であった(第7図)。



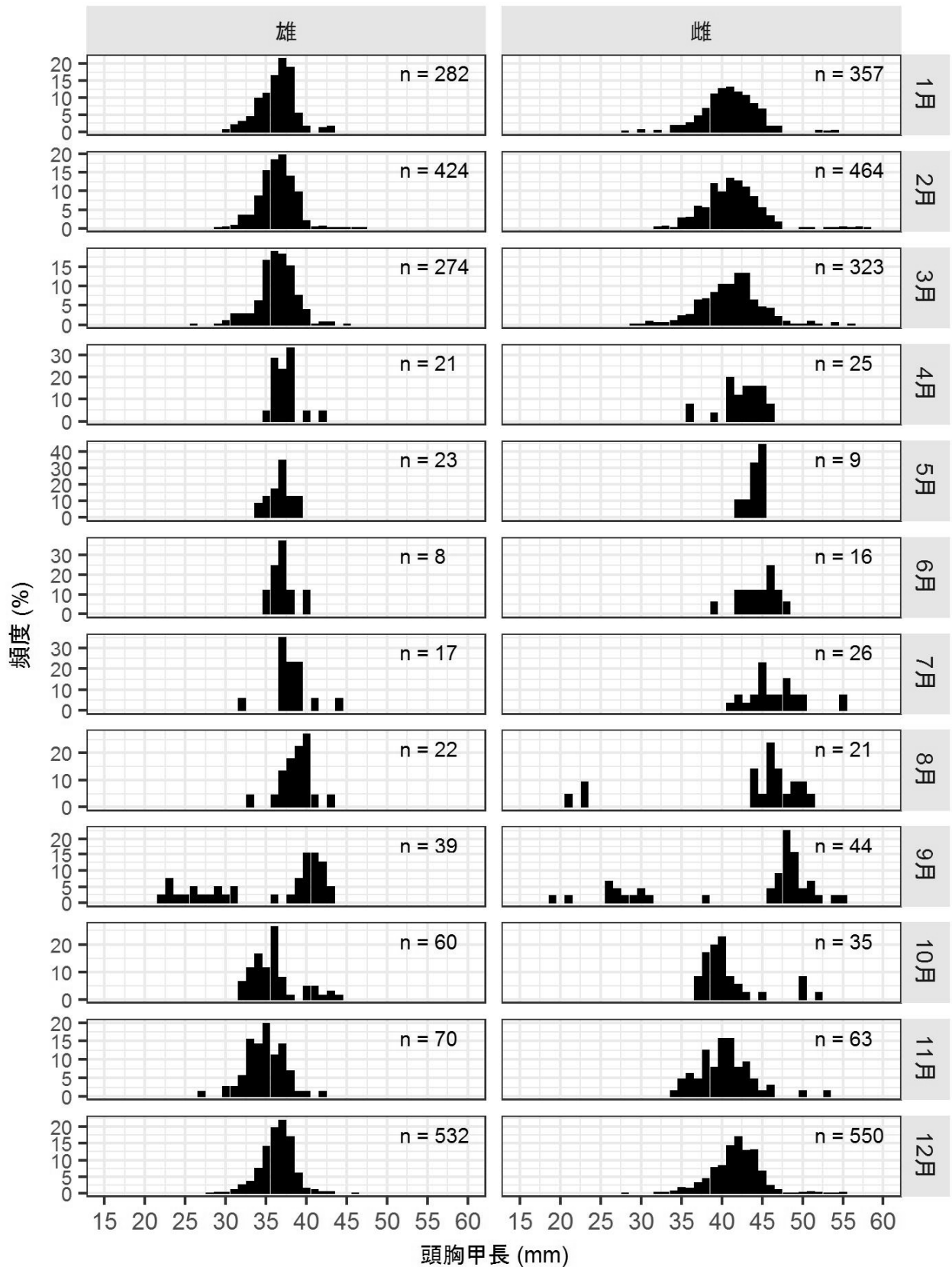
第7図 旬月のクマエビのGSIの推移

◆は旬平均値

このように、紀伊水道東部におけるクマエビのGSIは、6~8月が比較的高かった。中でも6月下旬が最も高く、7月下旬までは比較的高い値で推移したが、8月下旬には大きく低下していた。

#### 各月の頭胸甲長モードの推移

紀伊水道東部におけるクマエビの各月の頭胸甲長組成を第8図に示す。精密測定の結果、全測定個体の頭胸甲長の範囲は、雄が23.7~46.4mm、雌が20.9~57.2mmであった。各月の頭胸甲長モードは、1月が雄で37~38mm、雌で40~41mm、2月が雄で36~37mm、雌で39~42mm、3月が雄で36~37mm、雌で42~43mmであり、1~3月の頭胸甲長組成は雌雄とも非常によく似ていたが、雌の頭胸甲長は1~2月と比べ3月がやや大きかった。また、4月の同モードは、雄で36, 38mm、雌で41, 43~45mm、5月は雄で37mm、雌で45mm、6月は雄で37mm、雌で46mm、7月は雄で37mm、雌で45, 48mm、8月は雄で40mm、雌で46mm、9月は雄で40~41mm、雌で48mmであり、4~9月は、雌雄ともに月が進むにつれて頭胸甲長が少しずつ大きくなっていった。さらに、雄では9月、雌では8~9月において、少数ながら頭胸甲長18~31mmの非常に小さな個体も確認された。10月以降の同モードは、9月以前と比べて小さくなり、10月が雄で36mm、雌で40mm、11月が雄で35mm、雌で40~41mm、12月が雄で37mm、雌で42mmであった。また、12月の同モードは雌雄ともに1~3月のモードと非常によく似ていた。なお、10~12月は、雄で40mm台、雌で50mm台の比較的大きな個体も少数ながら確



第8図 雌雄別月別のクマエビの頭胸甲長組成

認された。

以上をまとめると、8~9月は雌雄ともに20mm台(体長7~12cm)の小型個体が出現し、これらは12月にかけて雄で30mm台後半、雌で40mm台前半になり、12~3月は頭胸甲長モードに変化がみられないものの、4~9月は月が進むにつれて頭胸甲長モードが大きくなり、9月には雄で40mm台前半、雌で40mm台後半になっていた。また、頭胸甲長は、1年間を通して雄よりも雌の方が大きかった。

## 考 察

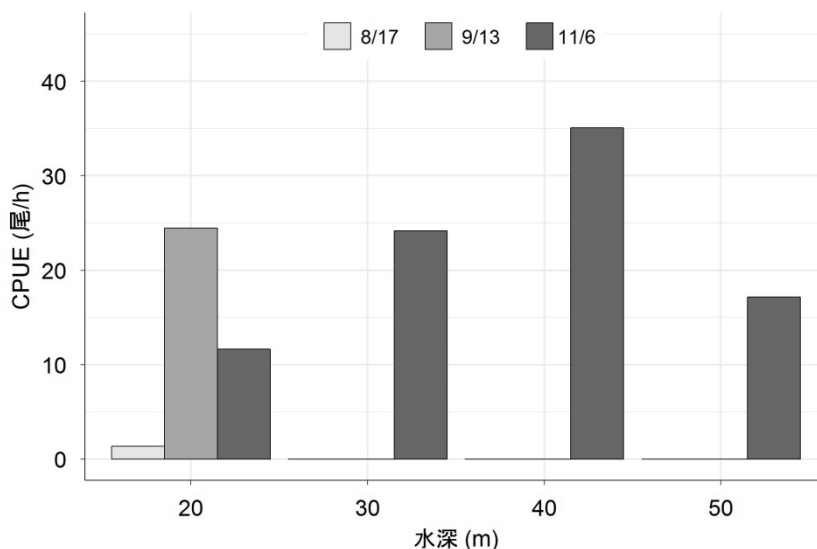
紀伊水道東部におけるクマエビの分布状況を調査した結果、冬季(12~3月)においては、すべての調査年度で共通してCPUEの最も多い(少ない)水深はなく、水深30mから紀伊水道の最深部にあたる水深70mまでのすべての調査水深で漁獲された。また、2017年11月に実施した同調査においても、水深20mから50mまでのすべての調査水深でクマエビが漁獲された。さらに、これらの調査では、漁獲尾数の極端に少ない水深はなかった。これらのことから、本種は11~3月において紀伊水道東部に広く分布していると考えられる。一方で、6、8月の分布調査では、本種が水深30m以下のみでしか漁獲されず、最も浅い調査水深である水深20mで最もCPUEが多かった。以上のことから、本種は、冬季から夏季までの間に和歌浦湾などの湾口部または湾内といった浅い海域へ接岸移動していると考えられる。

紀伊水道東部におけるクマエビのGSIは、6~8月に比較的高かったことから、産卵期は6~8月であると推定された。ただし、旬平均値は、6月下旬に10.4と最も高く、8月下旬には2.1まで大きく低下していたこと、紀伊水道西部における本種の産卵期は6月下旬から8月上旬と推定されていることから(上田, 2013)、本海域においても、8月下旬には産卵を終えている可能性が高いと考えられる。また、夏季に向けた接岸移動は、産卵に伴うものであると考えられた。

紀伊水道東部におけるクマエビの各月の頭胸甲長モードの推移をみると、8~9月において雌雄ともに18~31mmの小型個体が出現し、これらの個体は10月以降に主群となり、12月にかけて雄で30mm台後半、雌で40mm台前半まで成長していた。しかし、雌雄ともに、12~3月の頭胸甲長組成は、ほとんど変化していなかったことから、冬季は成長が停滞すると考えられる。4~9月は、月が進むにつれて頭胸甲長モードが再び大きくなることから、本種は春~秋季にかけて成長しており、産卵期には雄で37~40mm、雌で45~46mm、9月には雄で40mm台前半、雌で40mm台後半にまで成長することが明らかとなった。また、8~9月における小型個体は、漁獲加入して間もない個体と考えられるが、8月には1尾しか漁獲されなかったことに対し、9月には漁獲尾数の約6割にあたる23尾とまとめて漁獲されたことから、漁獲加入時期は主に9月であると考えられる。さらに、上田(2013)によると、過去の種苗生産試験や中間育成でみられた稚エビの成長から、紀伊水道西部で9月に漁獲加入する体長10~15cmの小型個体は当歳と考えられている。本海域における漁獲加入時の体長も7~12cmであることから、本海域においても当歳で漁獲加入すると考えられる。

このような成長および漁獲加入を考慮すると、9月における頭胸甲長モードが雄で40mm台前半、雌で40mm台後半の個体の年齢は1歳であると考えられる。また、同モードは10月以降消滅していることから、多くの個体が9月以降に生後1年で死滅すると考えられる。ただし、少数ながら10月以降も頭胸甲長の比較的大きな個体がみられており、一部の個体は翌年まで生残すると考えられる。こうした生活史は、紀伊水道西部における本種の寿命が1年で、一部の個体のみ2年とされていることと一致する(上田, 2013)。

漁獲加入海域について検討するため、8, 9, 11月の分布調査結果から、漁獲加入して間もないと考えられる小型個体のみを抜粋し、同個体のみ水深別 CPUE を算出した。その結果、小型個体は8, 9月において、和歌浦湾口部付近の水深 20m でのみ漁獲されていた（第9図）。このことから、漁獲



第9図 2017年の漁獲加入直後のクマエビ小型個体の水深別 CPUE

加入海域は湾口部などの非常に浅い海域であると考えられる。また、11月には、すべての調査水深で漁獲されたが、CPUEは水深 20m で最も少なく、水深 40m で最も多かったことから、漁獲加入後は冬季にかけて、より深い海域へ移動していくと考えられる。

このように、産卵期には親エビが湾口部付近まで移動し、9月には頭胸甲長 20mm 台の小型個体が湾口部付近で漁獲加入していたことから、和歌浦湾内には産卵場や稚エビの成育場が存在する可能性が高いと考えられる。紀伊水道西部における稚エビの成育場は、アマモ場および干潟と考えられている（棚田・上田, 2015, 小竹・田原, 1958）が、紀伊水道東部においては、アマモ場の分布が限定的であることから、今後は湾奥の干潟を中心に稚エビの着底海域や成育場に関する調査を実施し、孵化から稚エビの着底、漁獲加入までの初期生活史に関する知見も収集していくことが重要である。

## 摘 要

本研究では、紀伊水道東部におけるクマエビの生態に関する基礎的知見についてとりまとめた。

1. 冬季には本海域に広く分布しているが、夏季には水深 20m に最も多く分布しており、冬季から夏季にかけて接岸移動をしていると考えられた。
2. 産卵期は 6~8 月と推定され、夏季に向けた接岸移動は産卵に伴うものと考えられた。
3. 漁獲加入時期は 9 月、漁獲加入サイズは雌雄ともに頭胸甲長 20~30mm 程度であり、これらの個体は当歳であると考えられた。
4. 漁獲加入後は、12 月にかけて雄で頭胸甲長 30mm 台後半、雌で 40mm 台前半まで成長し、12~3 月には成長停滞するものの、春~秋季に再び成長し、産卵期には雄で 37~40mm、雌で 45~46mm、9 月には雄で 40mm 台前半、雌で 40mm 台後半になった。

クマエビの分布調査や標本採集などのデータ収集にご協力いただきました関係漁協の底びき網漁業者および職員の方々に心より感謝申し上げます。

## 引用文献

- 林健一. 1992. 日本産エビ類の分類と生態 I. 根鰓亜目 (クルマエビ上科・サクラエビ上科). P. 133. 生物研究社. 東京.
- 小竹子之助・田原恒男. 1958. エビ資源の減少について. 徳島県水産試験場事業報告. 昭和 29~32 年度. 77-88.
- 阪本俊雄・林健一. 1977. 紀伊水道における小型底曳網漁業のエビ類. 日本水産学会誌. 43:1259-1268.
- 鈴木猛・田野岡四郎. 1959. 紀伊水道に於ける小型底曳網の漁獲物について. 和歌山県水産試験場調査研究報告. 1: 1-15.
- 棚田教生・上田幸男. 2015. 阿南市大潟湾に復活したアマモ場とその効果～アマモ場に戻ってきたアシアカの稚エビ～. 徳島水研だより. 92: 1-5.
- 上田幸男. 2013. 紀伊水道産クマエビの産卵生態と成長, 寿命. 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課研究報告. 9: 13-19.





# クロマグロ住血吸虫の検出に用いる LAMP 法の開発

堅田昌英

和歌山県水産試験場

## Development of Loop-Mediated Isothermal Amplification Methods for Detection of the Blood Flukes in Pacific Bluefin Tuna *Thunnus orientalis* (Temminck and Schlegel)

Masahide Katata

Wakayama Prefectural Fishery Experiment Station

### 緒 言

クロマグロ *Thunnus orientalis* (Temminck and Schlegel) の住血吸虫症は、2000 年以降から大きな問題となっており、大量死を引き起こすことから、クロマグロ養殖において警戒すべき重要な疾病となっている (白樫・小川 2016)。

クロマグロに寄生する住血吸虫は、これまでに *Cardicola forsteri* Cribb, Daintith and Munday, *C. opisthorchis* Ogawa, Ishimaru, Shirakashi, Takami and Grabner および *C. orientalis* Ogawa, Tanaka, Sugihara and Takami の 3 種が確認されている (Ogawa *et al.* 2010, 2011, Shirakashi *et al.* 2016)。本疾病に罹患すると、鰓弁内に多数の虫卵が蓄積し、毛細血管が閉塞されるため、血行障害を起こして酸欠になり、死亡する (白樫・小川 2016)。

本疾病の診断は、虫体観察が困難であるため、鰓弁内の虫卵を検鏡観察して行う (白樫・小川 2016)。種同定には遺伝子解析を用いるが、*C. opisthorchis* および *C. orientalis* に対しては PCR 法が開発されており、虫卵や虫体が確認される前の早期診断が可能である (Sugihara *et al.* 2015)。しかし、検査結果が出るまでに 6 時間程度必要であり、サンプリングした当日に養殖業者へ診断結果を伝えられないのが現状である。

LAMP (Loop-mediated Isothermal Amplification) 法は、PCR 法と同じく、特異的な DNA 領域を増幅する高感度な手法であるが、増幅効率が高く、短時間で増幅可能であることから (Notomi *et al.* 2000)、PCR 法よりも早く結果が出るため、魚病の迅速診断に応用可能である。

そこで、本研究では、既に PCR 法による検出法が開発されている *C. opisthorchis* および *C. orientalis* について、より迅速で簡便かつ高感度な検出系を確立することを目的に、LAMP 法による検出系の反応条件等について検討を行った。

### 材料および方法

**供試サンプル** Sugihara *et al.* (2015) の PCR 法によって *C. opisthorchis* および *C. orientalis* に感染していることを確認したクロマグロ 0 歳魚 1 尾 (和歌山県内の養殖漁場からサンプリング) の鰓か

ら, QIAamp DNA Stool Mini Kit (株式会社キアゲン) を用いて, 添付されている説明書に従って DNA 抽出を行い, LAMP 法に供した. また, *C. opisthorchis* および *C. orientalis* に感染していないクロマグロ 0 歳魚 1 尾 (和歌山県内の養殖漁場からサンプリング) の鰓からも同様に DNA 抽出を行い, 陰性コントロールとした. また, LAMP 法の反応特異性の検討には, 第 4 表に示す各種病原体等の抽出 DNA を用いた. なお, これらも上述した同様の方法で DNA 抽出を行った.

**LAMP 法プライマーの設計** LAMP 法のプライマーは, PCR 法 (Sugihara *et al.* 2015) により増幅される領域 (リボゾーマル DNA (rDNA) の internal transcribed spacer 2 (ITS2) 領域 *C. opisthorchis*: GenBank アクセションナンバーHQ324228 増幅サイズ: 285bp, *C. orientalis*: GenBank アクセションナンバーHQ324226 増幅サイズ: 290bp) を標的配列として設計した. また, *C. opisthorchis* および *C. orientalis* それぞれの ITS2 領域の塩基配列について, ClustalW Version 2.1 (<http://clustalw.ddbj.nig.ac.jp>) を用いてアライメント解析を行い, 標的とした配列が種特異的であることを確認した上で設計した. 更に, クロマグロ同一個体に上記 2 種の原因虫とともにしばしば混合寄生する (Shirakashi *et al.* 2016) *C. forsteri* の ITS2 領域の塩基配列とも同様にアライメント解析による比較を行い, 標的配列が種特異的であることを確認した. LAMP 法による増幅反応を円滑に行うために, LAMP 法プライマー設計支援ソフトウェア PrimerExplorer V5 (<https://primerexplorer.jp/lampv5/index.html>) を用いて, 各原因虫につき 4 種類ずつのプライマーを設計した (第 1 表).

第 1 表 クロマグロ住血吸虫検出のための LAMP 法プライマー塩基配列

原因虫	プライマー名	塩基配列
<i>C. opisthorchis</i>	OP-F3	TGCATAATATGGAAGTAGTCAAG
	OP-B3	CGACAAACCACATGGAGTA
	OP-FIP	TACACAATTGCAACATGATTGCGACCAGTGTTAATTAATAATGTGGCTC
	OP-BIP	GTGCTCAGGTCGTGGCTTAGAATTGCAGTCGCAACTTG
<i>C. orientalis</i>	OR-F3	TTGTGTATGTGTGTTTTGCA
	OR-B3	AGCATTTAAACCGAATTACAGTA
	OR-FIP	GGTCACATTAGGAAAGAGCCACACGTAGCATGGAATTAGTTGA
	OR-BIP	GAGTGAATTGTGGTAGCGGACCTCAGGCATGATCAAC

**LAMP 法の実施** Loopamp® DNA 増幅試薬キット (栄研化学株式会社) に添付されている説明書に従って, 2×Reaction Mix (RM), 今回設計したプライマー, 鎖置換型 DNA 合成酵素 (*Bst* DNA ポリメラーゼ), Loopamp® 蛍光・目視検出試薬 (栄研化学株式会社) およびキット添付の蒸留水を混合し, マスターミックスを作製した. 0.2 ml の Loopamp® 反応チューブ (栄研化学株式会社) を用い, 23  $\mu$ l のマスターミックスと抽出 DNA 溶液 2  $\mu$ l を入れ, 1 サンプルあたりの最終液量を 25  $\mu$ l とした. LAMP 反応は, ブロックインキュベーター BI-516H (株式会社アステック) で行い, 所定時間

経過後、ウォーターバス BM400（ヤマト科学株式会社）で 95℃・2 分間のインキュベートをすることで酵素を失活させ、反応を停止させた。反応終了後、ハンディー紫外線ランプ LUV-6（アズワン株式会社）を用いて、反応チューブ底面より紫外線（波長 365 nm）を照射し、反応チューブ側面より目視で観察して、蛍光の有無を確認した。緑色の蛍光を発すれば陽性、陰性コントロールと同様に蛍光を発しなければ陰性と判定した。

**反応条件等の検討** LAMP 法の最適な反応条件を把握するため、反応温度は 56℃から 68℃まで 2℃ずつ変えて検証した。また、反応時間は 10 分から 60 分間まで 10 分間ずつ変えて検討した。

LAMP 法の最適な反応温度および反応時間を把握した後、反応特異性を検証するため、第 4 表に示す各種病原体等の抽出 DNA を LAMP 法に供して、増幅の有無を調べた。また、*C. opisthorchis* および *C. orientalis* について、それぞれ同一の抽出 DNA 溶液を 10<sup>-6</sup> まで 10 倍段階希釈して LAMP 法と PCR 法（Sugihara *et al.* 2015）に供し、検出感度を比較した。

### 結果および考察

**LAMP 法の反応温度および反応時間** LAMP 法の反応温度の検討結果を第 2 表に、反応時間の検討結果を第 3 表に示す。最適な反応温度を検討するために、反応時間を 60 分間に固定して検証した結果、*C. opisthorchis* では 60～66℃、*C. orientalis* では 60～64℃において陽性反応が認められた。反応温度が高過ぎても、低過ぎても陰性であったことから、各原因虫とも、陽性反応が認められた温度帯の中間域に相当する 62℃が反応温度として最適であると考えられた。

次に、最適な反応時間を検討するために、反応温度を 62℃に固定して実験した結果、*C. opisthorchis* および *C. orientalis* とともに 50～60 分間の反応で陽性を示した。50 分間の反応でも陽性であったが、反応時間が短くなると陰性になり、50 分間は陽性の下限時間であることから、より正確を期すために、60 分間の反応時間が最適であると考えられた。

以上の結果から、*C. opisthorchis* および *C. orientalis* とともに、62℃で 60 分間の反応を行えば LAMP 法で確実に検出できることが示された。

第 2 表 LAMP 法の反応温度の検討  
(反応時間：60 分間)

反応温度	<i>C. opisthorchis</i>	<i>C. orientalis</i>
56℃	—	—
58℃	—	—
60℃	+	+
62℃	+	+
64℃	+	+
66℃	+	—
68℃	—	—

第 3 表 LAMP 法の反応時間の検討  
(反応温度：62℃)

反応時間	<i>C. opisthorchis</i>	<i>C. orientalis</i>
10 分	—	—
20 分	—	—
30 分	—	—
40 分	—	—
50 分	+	+
60 分	+	+

**LAMP法の反応特異性** LAMP法の反応特異性の検討結果を第4表に示す。上述した結果を受けて、検討は62℃・60分間の反応条件で行った。*C. opisthorchis* および *C. orientalis* とともに、他の病原体等のDNAに対して交差反応を示さなかった。また、*C. opisthorchis*, *C. orientalis* および *C. forsteri* の間でも交差反応は認められなかった。つまり、本研究で構築したLAMP法は、対象とする原因虫以外のDNAでは陽性反応は見られず、反応特異性が高いことが示された。

第4表 LAMP法の反応特異性の検討(62℃・60分間)

病原体等	<i>C. opisthorchis</i>	<i>C. orientalis</i>
<i>Cardicola opisthorchis</i>	+	-
<i>Cardicola orientalis</i>	-	+
<i>Cardicola forsteri</i>	-	-
<i>Enteromyxum leei</i>	-	-
<i>Enteromyxum fugu</i>	-	-
<i>Sphaerospora fugu</i>	-	-
<i>Kudoa septempunctata</i>	-	-
<i>Kudoa thyrsites</i>	-	-
<i>Kudoa lateolabracis</i>	-	-
<i>Xenohaliotis californiensis</i>	-	-
<i>Edwardsiella tarda</i>	-	-
<i>Vibrio anguillarum</i>	-	-
RSIV	-	-
KHV	-	-

**LAMP法とPCR法の検出感度比較** LAMP法とPCR法(Sugihara *et al.* 2015)の検出感度比較の結果を第5表および第6表に示す。反応特異性の検討と同様に、LAMP法の反応条件は62℃・60分間とした。*C. opisthorchis* および *C. orientalis* とともにLAMP法の方がPCR法よりも検出感度が高く、両種ともにPCR法の100倍の検出感度を示した。粘液胞子虫性やせ病原因虫を検出するためのLAMP法では、検出感度がPCR法の100~1,000倍であったことが報告されているが(堅田・奥山 2017)、本研究においても、LAMP法がPCR法よりも高感度な検出系であることが示された。

以上の結果から、本研究で確立した*C. opisthorchis* および *C. orientalis* のLAMP法による検出系は、反応特異性および検出感度ともに問題なく、本疾病の迅速な検出・診断法として実用可能であると考えられた。

第 5 表 LAMP 法 (62°C・60 分間) と PCR 法の感度比較 : *C. opisthorchis* 検出

希釈倍率	LAMP 法	PCR 法
10 <sup>0</sup>	+	+
10 <sup>-1</sup>	+	+
10 <sup>-2</sup>	+	+
10 <sup>-3</sup>	+	+
10 <sup>-4</sup>	+	-
10 <sup>-5</sup>	+	-
10 <sup>-6</sup>	-	-

第 6 表 LAMP 法 (62°C・60 分間) と PCR 法の感度比較 : *C. orientalis* 検出

希釈倍率	LAMP 法	PCR 法
10 <sup>0</sup>	+	+
10 <sup>-1</sup>	+	+
10 <sup>-2</sup>	+	+
10 <sup>-3</sup>	+	-
10 <sup>-4</sup>	+	-
10 <sup>-5</sup>	-	-
10 <sup>-6</sup>	-	-

LAMP 法は, PCR 法よりも増幅反応を阻害する夾雑物の影響を受けにくいことが分かっている (吉野ら 2006). また, コイヘルペスウイルスを検出するための LAMP 法では, 簡易抽出法で得られた粗精製 DNA 溶液や, コイ *Cyprinus carpio* Linnaeus 組織から抽出した夾雑物を多く含む粗精製 DNA 溶液を鋳型としても問題なく増幅反応が確認されたことが報告されている (吉野ら 2006). 本研究では, DNA 抽出キットを用いて精製された DNA 溶液を反応に供したが, DNA の簡易抽出法を取り入れることで, サンプルの DNA 抽出から結果判定に至るまでの時間をより短縮することができると考えられる.

本疾病の対策として, 現在, 日本のクロマグロ養殖漁場では, 寄生が多い 0~1 歳魚にプラジクアンテル製剤を経口投与することが行われており, 死亡被害が大幅に減少している (白樫・小川 2016). 本薬は既に *C. opisthorchis* に対する水産用医薬品 (駆虫薬) として承認されている (農林水産省 2017). しかし, 本薬は魚体内で速やかに代謝されるため, 寄生を予防する効果は低く, 寄生が起きている時期には定期的な投薬が必要となる (白樫・小川 2016). クロマグロ稚魚の試験では, 駆虫後 4 週間目に新たな虫体が見られ始めたことが報告されている (Shirakashi *et al.* 2012). 本疾病の最も効果的な対処法は, 成虫が産卵を始める前, もしくは鰓弁に虫卵が蓄積する以前のわずかに虫卵が認められた時点で即, 駆虫することである (白樫・小川 2016). そのためには寄生を早期に発見し, 迅速に対応することが求められるが, 鰓弁内の虫卵を検鏡観察する従来からの検査方法だけでは微量の虫卵を見逃してしまう恐れがあり, 早期発見という観点からは自ずと限界が出てくる. そこで, 高感度な分子生物学的検査手法が重要性を帯びてくるが, 本研究で確立した LAMP 法は, PCR 法よりも迅速かつ簡便で, 高感度な検出を可能とすることから, 本疾病を早期に発見し, 速やかに駆虫するという現場での対応において, 有力な検査ツールになり得ると考えられる.

本研究で構築した LAMP 法をはじめ, 高感度な検出系は, 微量な病原体を検出することができるため, 養殖漁場への種苗導入前の健康診断には適切な手法である. しかし, 魚病検査 (魚病診断) の場合, 検出された病原体が, 検査対象としている魚介類の主たる死因となっているかどうかを十分に検証しなければならない. そのためには定量解析が必要になってくるが, 伝染性皮下造血器壊死症ウイルス (IHNV) の LAMP 法による検出系において, リアルタイム濁度測定装置を用いて LAMP



反応をモニタリングすることによって、定量解析が可能であることが報告されている (Sudhakaran *et al.* 2008). 本研究で確立した LAMP 法は定性的なものであるが、今後は魚病診断への応用を視野に入れて、本疾病の原因虫が定量的に検出できる LAMP 法の検出系を確立していくことが課題である。

## 摘 要

本研究では、クロマグロ住血吸虫 *C. opisthorchis* および *C. orientalis* を検出するための LAMP 法を開発した。LAMP 法のプライマーは、既に確立されている PCR 法と同様に、リボゾーマル DNA (rDNA) の internal transcribed spacer 2 (ITS2) 領域を標的として設計した。LAMP 法の最適な反応時間および反応温度を検討した結果、各原因虫ともに 62°C で 60 分間の反応を行うことで、確実に検出できることが示された。また、他の病原体等から抽出した DNA との交差反応は見られず、反応特異性が認められた。更に、当該 LAMP 法は、上述した PCR 法の 100 倍の検出感度を示した。本研究で確立した *C. opisthorchis* および *C. orientalis* の LAMP 法による検出系は、反応特異性および検出感度ともに問題なく、本疾病の検出・早期診断法として実用可能であると考えられた。

本研究を進めるにあたり、サンプリングにご協力いただきました養殖現場の方々に感謝申し上げます。

## 引用文献

- 堅田昌英・奥山芳生. 2017. 粘液胞子虫性やせ病原因虫の検出に用いる LAMP 法の開発. 魚病研究. 52:104-107.
- Notomi, T., H. Okayama, H. Masubuchi, T. Yonekawa, K. Watanabe, N. Amino and T. Hase. 2000. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Res.* 28:e63.
- 農林水産省. 2017. 水産用医薬品の使用について. 30:11.
- Ogawa, K., K. Ishimaru, S. Shirakashi, I. Takami and D. Grabner. 2011. *Cardicola opisthorchis* n. sp. (Trematoda: Aporocotylidae) from the Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* (Temminck & Schlegel, 1844), cultured in Japan. *Parasitol. Int.* 60:307-312.
- Ogawa, K., S. Tanaka, Y. Sugihara and I. Takami. 2010. A new blood fluke of the genus *Cardicola* (Trematoda: Sanguinicolidae) from Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temminck & Schlegel, 1844) cultured in Japan. *Parasitol. Int.* 59:44-48.
- Shirakashi, S., M. Andrews, Y. Kishimoto, K. Ishimaru, T. Okada, Y. Sawada and K. Ogawa. 2012. Oral treatment of praziquantel as an effective control measure against blood fluke infection in Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*). *Aquaculture.* 326:15-19.
- 白樫 正・小川和夫. 2016. 海産養殖魚の住血吸虫症. 魚病研究. 51:92-98.
- Shirakashi, S., K. Tani, K. Ishimaru, S.P. Shin, T. Honryo, H. Uchida and K. Ogawa. 2016. Discovery of intermediate hosts for two species of blood flukes *Cardicola orientalis* and *Cardicola forsteri* (Trematoda: Aporocotylidae) infecting Pacific bluefin tuna in Japan. *Parasitol. Int.* 65:128-136.
- Sudhakaran, R., T. Mekata, T. Kono, K. Supamattaya, N. T. H. Linh, M. Sakai and T. Itami. 2008. Rapid detection and quantification of infectious hypodermal and hematopoietic

necrosis virus in whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* using real-time loop-mediated isothermal amplification. *Fish Pathol.* 43:170-173.

Sugihara, Y., T. Yamada, K. Ogawa, F. Yokoyama, K. Matsukura and K. Kanai. 2015. Occurrence of the bluefin tuna blood fluke *Cardicola opisthorchis* in the intermediate host *Terebella* sp. *Fish Pathol.* 50:105-111.

吉野 学・渡 一・小島 禎・池戸正成. 2006. LAMP (Loop-Mediated Isothermal Amplification) 法によるコイヘルペスウイルスの高感度迅速検出. 魚病研究. 41:19-27.



# 学会誌掲載論文抄録

## Blooming Date Predictions Based on Japanese Apricot ‘Nanko’ Flower Bud Responses to Temperatures during Dormancy

Yuto Kitamura<sup>1,2</sup>, Hisayo Yamane<sup>2</sup>, Akira Yukimori<sup>1,4</sup>, Hiroyoshi Shimo<sup>1</sup>, Koji Numaguchi<sup>1,3</sup> and Ryutaro Tao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Experimental Station

<sup>2</sup>Graduate School of Agriculture, Kyoto University

<sup>3</sup>Graduate School of Agricultural Science, Kobe University

<sup>4</sup>Current address: Agriculture, Forestry and Fishery Promotions Department, Hidaka Promotions Bureau, Wakayama

Abstract. Flower bud development and the timing of blooming are mainly affected by genotype-dependent chilling requirements (CRs) during endodormancy and subsequent heat requirements (HRs) during ecodormancy. However, little information is available regarding the responses of flower buds to temperatures during endodormancy and ecodormancy in Japanese apricot. We exposed Japanese apricot ‘Nanko’ trees to various temperatures to estimate the CRs and HRs using development index (DVI) models specific for the endodormant (DVI<sub>endo</sub>) and ecodormant (DVI<sub>eco</sub>) stages. These models were based on the experimentally determined development rate (DVR). The DVR<sub>endo</sub> value was calculated as the reciprocal of the chilling time required to break endodormancy. The relationship between the DVR<sub>endo</sub> value and temperature was estimated using a three-dimensional curve. Our results indicated that 5–6 °C was the most effective temperature for breaking endodormancy in ‘Nanko’ flower buds. Additionally, exposure to -3 °C negatively affected endodormancy release, whereas 15 °C had no effect. We also determined that the DVR<sub>eco</sub> values for temperatures between 5 and 20 °C were the reciprocal values of the time required for blooming after endodormancy release. The values outside this range were estimated using linear functions. The DVI was defined as the sum of the DVR values ranging from 0 to 1. Models for predicting the blooming date were constructed using the functions of sequentially combined DVI<sub>endo</sub> and DVI<sub>eco</sub> models. The accuracy of each model was assessed by comparing the predicted and actual blooming dates. The prediction of the model in which DVI<sub>eco</sub> = 1 corresponded to a 40% blooming level and DVI<sub>eco</sub> = 0 was set to DVI<sub>endo</sub> = 0.5 had the lowest root mean square error (RMSE) value (i.e., 3.11) for trees in commercial orchards exposed to different climates. Our results suggest that the developed model may have practical applications.

### ウメ ‘南高’ 花芽における休眠期の温度反応性に基づく開花日予測

花芽発達および開花期は主に品種依存的な自発休眠期の低温要求量 (CR) およびその後の他発休眠期の高温要求量 (HR) の影響を受ける。しかし、ウメにおける花芽の自発休眠期および他発休眠期の温度反応性に関してはまだ知見が少ない。そこで本研究では、ウメ ‘南高’ 樹を様々な温度条件で生育させ、自発休眠期および他発休眠期特異的な発育指数 (DVI<sub>endo</sub> および DVI<sub>eco</sub>) モデルを用いて CR および HR を推定した。これらのモデルは、実験的に決定される発育速度 (DVR) に基づくものである。DVR<sub>endo</sub> 値は自発休眠が覚醒するために必要な低温時間の逆数で計算し、DVR<sub>endo</sub> 値と温度との関係は三次曲線で近似した。この結果からは、5~6°Cが最も ‘南高’ 花芽の自発休眠覚醒に効果的であることが示された。さらに、-3°Cは自発休眠覚醒に対して負の効果を持ち、15°Cでは覚醒効果はなかった。また、5~20°Cにおける DVR<sub>eco</sub> 値についても自発休眠覚醒後、開花までに必要な時間の逆数として決定し、この温度以外の値は線形関数で推定した。DVI は DVR 値を 0~1 の範囲で積算する値として定義し、開花日予測モデルは DVI<sub>endo</sub> と DVI<sub>eco</sub> モデルを連続的に計算する関数として構築した。モデルの精度を予測開花日と実測開花日との比較で評価したところ、開花率が 40% となるときを DVI<sub>eco</sub>=1 と定義し、DVI<sub>endo</sub>=0.5 の時点をも DVI<sub>eco</sub>=0 と設定したとき、異なる気候条件の生産園地における予測値を用いた二乗平均平方根誤差 (RMSE) は最も小さくなった (3.11)。この結果からは、開発したモデルは実用的に応用が可能なものであると考えられる。

## Effect of High Temperature and Drought Stress on Carbohydrate Translocation in Japanese Apricot ‘Nanko’ Trees

Yasuhisa Tsuchida<sup>1</sup> and Hiroshi Yakushiji<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Japanese Apricot laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station, Hidaka 645-0021, Japan

<sup>2</sup>Division of Grape and Persimmon Research, NARO Institute of Fruit Tree and Tea Science, Higashi-Hiroshima 739-2494, Japan

### Abstract

With the continuing trend of global warming, the adverse impact of high temperature and the inevitably accompanying drought stress on the growth of Japanese apricot trees (*Prunus mume* Siebold et Zucc.) are of concern. Therefore, the effects of these factors on photosynthesis and carbohydrate translocation were analyzed. An investigation was conducted at average daytime temperatures of 24°C, 30°C, and 34°C under both irrigated and drought conditions. The 34°C temperature was higher than the open air temperature by 5°C. Stable isotope <sup>13</sup>C was administered to trees to determine carbohydrate positioning. Under the drought stress condition, the photosynthetic rate declined accompanied by temperature elevation, and at the highest temperature of 34°C, <sup>13</sup>C concentrations in the twigs and roots were lower than those in the irrigated trees at 24°C. Two-way analysis of variance revealed a trend of <sup>13</sup>C translocation to the young organs above ground, and old organs, while roots were affected by water status, temperature, and their combination, respectively. In the irrigated trees, the photosynthetic rate reduction was not detected, even at higher temperatures. However, translocation incompetence reflecting a decline in <sup>13</sup>C concentration in the roots was observed at 34°C. These results indicate that the permissible diurnal average temperature during summer for the growth of Japanese apricot trees is approximately up to 30°C, and in the temperature range around this irrigation is helpful to facilitate regular functioning of carbohydrate translocation under drought stress conditions.

### 高温と乾燥ストレスがウメ ‘南高’ 樹体中の炭水化物転流におよぼす影響

地球温暖化が進行する中、高温およびそれに伴う乾燥ストレスがウメ樹体の生育に悪影響を与えることが懸念されている。そのため、これらがウメ樹の光合成や炭水化物転流に及ぼす影響を調査した。試験は灌水および乾燥条件下で、昼間の平均気温を 24°C、30°C および 34°C に設定して行った。なお、34°C は大気平均気温に比べて 5°C 高い温度である。炭水化物の動態を調べるため、安定同位体 <sup>13</sup>C を樹体に供試した。乾燥ストレス条件では、光合成速度が気温の上昇にともない低下し、最も高温の 34°C では新梢中および根中 <sup>13</sup>C 含量が 24°C・灌水条件に比べて少なくなった。二元分散分析を行った結果、地上部の若い器官への <sup>13</sup>C 転流は水分条件に、地上部の古い器官への転流は温度に、根へ転流は水分条件と温度の両方に影響を受ける傾向が認められた。灌水条件の樹体では、高温でも光合成の低下が認められなかったが、34°C では根中の <sup>13</sup>C 含量が少なく、転流阻害が起こっていることが示唆された。これらの結果はウメの夏季の日中の適温は 30°C までと考えられる。この範囲では乾燥条件下でも灌水により同化炭水化物の正常な転流が行われると考えられる。



## **Effect of dietary kapok oil supplementation on growth performance, carcass traits, meat quality and sensory traits of pork in finishing-pigs**

Keisuke MAEDA<sup>2</sup>, Kimiko KOHIRA<sup>3</sup>, Hiroki KUBOTA<sup>4</sup>, Kousuke YAMANAKA<sup>5</sup>, Kaoru SAITO<sup>3</sup>, Masakazu IRIE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Biology-Oriented Science Technology, Kindai University, Wakayama, Japan; and*

<sup>2</sup>*Livestock Experiment Station of Wakayama Prefecture, Wakayama, <sup>3</sup>National Livestock Breeding Center, Fukushima and <sup>4</sup>Faculty of Agriculture, and <sup>5</sup>Graduate School of Agriculture, University of Miyazaki, Miyazaki, Japan*

### **ABSTRACT**

Kapok seed and oil from the tropical zone are widely used as pig feed to harden porcine fat in Japan. This study evaluated the effect of dietary kapok oil supplementation on pork quality and sensory traits. Five Duroc pigs each were assigned to an experimental group supplemented with kapok oil and a control group. Dietary kapok oil supplementation had no effect on growth performance and intramuscular fat content in the Longissimus dorsi muscle (LM). Supplemental kapok oil increased saturated fatty acid contents in subcutaneous and intramuscular fat and decreased monounsaturated fatty acid levels ( $P < 0.05$ ). Off-flavor detection by a trained panel was higher in the experimental than the control group ( $P < 0.05$ ), but tenderness, juiciness, texture and flavor intensity of LM chops were similar in both groups. The overall palatability of pork as judged by a consumer panel decreased with kapok oil supplementation ( $P < 0.01$ ). These results indicate that while growth performance, intramuscular fat contents and carcass characteristics were unchanged, while dietary kapok oil supplementation makes firm fat to prevent inferior soft fat in pork, it can lower the palatability of pork due to a decrease in monounsaturated fatty acids.

**Key words:** *dietary kapok, fatty acids, intramuscular fat, pig, sensory traits.*

## 高タンパク質飼料への砂糖またはチョコレート添加が豚の発育と肉質に及ぼす影響

前田恵助<sup>1</sup>・山中浩輔<sup>2</sup>・入江正和<sup>3</sup><sup>1</sup>和歌山県畜産試験場, 和歌山県西牟婁郡すさみ町, 649-3141<sup>2</sup>宮崎大学農工連携大学院生物生産学専攻, 宮崎県宮崎市, 889-2192<sup>3</sup>近畿大学生物理工学部, 和歌山県紀の川市, 649-6493

Effect of Increasing Digestible Energy with Sugar or Chocolate Supplementation on Pig Growth Performance and Pork Quality under High Crude Protein Conditions

Keisuke MAEDA,<sup>1</sup> Kousuke YAMANAKA<sup>2</sup> and Masakazu IRIE<sup>3</sup><sup>1</sup>Livestock Experiment Station of Wakayama Prefecture, Susami, Nishimurogun, Wakayama 649-3141, Japan<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, University of Miyazaki, Miyazaki, Miyazaki 889-2192, Japan<sup>3</sup>Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University, Kinokawa, Wakayama 649-6493, Japan

## 要約

高タンパク質の飼料条件下において、エコフィードとして利用される砂糖またはチョコレート添加によるカロリーアップが、豚の生産性と肉質にどのような影響を及ぼすのかを調べた。リジン含量 0.74%、粗タンパク質含量 16.3%の同一飼料条件下で、可消化エネルギー(DE)が 4.2 Mcal/kg の対照区、砂糖添加により DE を 4.6 Mcal/kg とした区、チョコレート添加により DE を 4.6 Mcal/kg とした区の 3 区を設けた。デュロック種 18 頭 (平均体重 68.8kg) を各区 6 頭 (雌 3, 去勢 3) ずつ割り当て、体重約 118kg まで飼養した。DE 増加による日増体量に有意な影響はなかった。枝肉重量は、対照区に比べ、両試験区で重い傾向にあり、枝肉歩留は DE 上昇によって高まった。肉質では、砂糖添加区で胸最長筋の L\*値が、チョコレート添加区で b\*値がやや高くなった。すべての区で筋肉内脂肪含量の平均値は 7%以上と高かったが、カロリーアップの有意な効果はみられなかった。皮下内層脂肪、腎臓周囲脂肪において両添加区で、一価不飽和脂肪酸含量が増加し、多価不飽和脂肪酸含量が減少するか、減少する傾向にあった。以上の結果より、高タンパク質飼料条件下においても高い筋肉内脂肪の豚肉は生産でき、砂糖やチョコレート添加によるカロリーアップ法の筋肉内脂肪に対する増加効果は必ずしも期待できないが、脂肪質改善の可能性が示された。

## 粘液胞子虫性やせ病原因虫の検出に用いる LAMP 法の開発

堅田昌英・奥山芳生

和歌山県水産試験場

Development of Loop-Mediated Isothermal Amplification Methods for Detection of the Enteric Myxosporeans Causing Myxosporean Emaciation Disease

Masahide Katata, Yoshio Okuyama

*Wakayama Prefectural Fishery Experiment Station*

### 要 約

本研究では、粘液胞子虫性やせ病原因虫 *Enteromyxum leei* および *Sphaerospora figu* を検出するための LAMP 法を開発した。LAMP 法のプライマーは、small subunit ribosomal RNA 遺伝子領域を標的として設計した。LAMP 法の最適な反応時間および反応温度を検討した結果、各原因虫ともに 62°C で 60 分間の反応を行うことで検出できることが示された。また、他の粘液胞子虫から抽出した DNA との交差反応は見られず、反応特異性が認められた。さらに、当該 LAMP 法は、同じ遺伝子を標的とした PCR 法よりも 100~1,000 倍の検出感度を示した。本研究で開発した *E. leei* および *S. figu* の LAMP 法による検出系は、本疾病の検出・診断法として実用可能である。

キーワード: LAMP 法, 粘液胞子虫性やせ病, *Enteromyxum leei*, *Sphaerospora figu*

---

和歌山県農林水産試験研究機関研究報告  
第6号

---

発行 平成30年3月  
発行所 和歌山県農林水産部  
〒640-8585  
和歌山県和歌山市小松原通1-1  
TEL 073-441-2997  
FAX 073-433-3024  
印刷所 株式会社おかだプリント

---