

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

NO. 5 Jun 2017

和歌山県農林水産試験研究機関
研究報告

第 5 号

平成 29 年 6 月

和歌山県農林水産部

Wakayama Prefectural
Agriculture, Forestry and Fisheries Department

目 次

【農業試験場】

- イチゴ新品種‘紀の香’の育成経過と特性 1～8
東 卓弥・田中寿弥・衛藤夏葉・菱池政志・堺 勇人
- バラの施設密閉高温処理によるミカンキイロアザミウマの防除 9～22
井口雅裕
- 和歌山県における大規模稲作農家の経営実態と課題 23～29
濱中大輝・小野寺真穂・辻 和良・川村和史
- 和歌山県の水田における異なる有機物の施用が温室効果ガス発生に及ぼす影響 31～38
林 恭平・松下修門・橋本真穂・林 恭弘
- ‘湯浅なす’の整枝方法と台木の種類が収量・品質に及ぼす影響 39～45
矢部泰弘・千賀泰斗・堺 勇人・東 卓弥

【果樹試験場】

- カンキツ黒点病に対する各種薬剤の防除効果 47～60
井沼 崇
- 和歌山県有田地域におけるニホンジカの給餌による嗜好性調査 61～71
法眼利幸・植田栄仁・山本浩之

【果樹試験場かき・もも研究所】

- モモ果実の水浸状果肉褐変症に関する研究（第1報） 73～79
有田 慎・堀田宗幹・和中学
- カキ‘刀根早生’枝変わり3品種の特性の比較 81～89
熊本昌平・木村 学

【果樹試験場うめ研究所】

- 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 91～98
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
- ウメ‘露茜’の安定生産のためのせん定法の確立 99～105
下 博圭・竹中正好・北村祐人・佐原重広・川村 実

【林業試験場】

- ウバメガシにおけるトリホリン乳剤の樹幹注入によるナラ枯れの予防 107～113
大谷栄徳・山下由美子・栗生 剛・衣浦晴生・長谷川絵里
- 和歌山県スギ・ヒノキ人工林の地位指数曲線と林分収穫表の改訂および
システム収穫表の作成 115～132
山下由美子・近藤洋史

【学会誌掲載論文抄録】

- Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* によるダイコンの根部発病に関する 2, 3 の知見 133
大谷洋子
- Simultaneous down-regulation of *DORMANCY-ASSOCIATED MADS-box6* and *SOCI* during dormancy release in Japanese apricot (*Prunus mume*) flower buds 134
Yuto Kitamura, Takanori Takeuchi, Hisayo Yamane, Ryutaro Tao
- 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果実成分含量に及ぼす影響 136
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
- スギノアカネトラカミキリ穿孔被害を受けたスギ・ヒノキ材の曲げ強度評価 137
濱口隆章・城戸杉生・森川陽平・長尾博文・原田真樹・加藤英雄・井道裕史・小木曾純子・高田裕市

イチゴ新品種 ‘紀の香’ の育成経過と特性

東 卓弥・田中寿弥¹・衛藤夏葉²・菱池政志・堺 勇人³

和歌山県農業試験場

The Breeding Process and Characteristics of New Strawberry Variety ‘Kinoka’

Takaya Azuma, Toshihiro Tanaka¹, Kayou Eto², Masashi Hishiike and Hayato Sakai³

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県のイチゴ産地では、1990年代後半に‘さちのか’、2000年代前半に‘紅ほっぺ’、2010年に‘まりひめ’が導入され栽培されてきた。中でも本県が初めて育成した大玉、良食味、多収品種の‘まりひめ’（西森ら、2010）は、それまでの主要品種であった‘さちのか’（森下ら、1997）に変わる品種として産地に導入されたが、2015年現在でも県内イチゴ生産面積の30%の13.6haに留まっている。その主な要因として、炭疽病に弱く、育苗期および定植後の枯死株の発生が多いこと、第1次腋果房の分化が遅く、中休みが発生することが考えられる。これらのことから、現地農家を含めた関係者から、炭疽病に強く、高い果実品質と連続的に収穫できる新品種開発への要望が高まっていた。

そこで、農業試験場では、①‘まりひめ’並の果実品質、②‘とよのか’並の炭疽病耐病性、③果房の連続性の高いことを育種目標とし、新品種育成に取り組んだ。今回、‘かおり野’（北村ら、2015）と‘こいのか’の交配組み合わせの中から優良な系統「I21」を選抜し、2016年3月16日に‘紀の香’と命名して品種登録出願を行った。本報では‘紀の香’の育成経過と特性について報告する。

材料及び方法

1. 育成経過

2012年4月に、炭疽病に強い‘かおり野’を片親に、早生で果実品質の高い‘こいのか’、果実が硬く良食味の‘さちのか’、大果で多収、良食味の‘まりひめ’の3品種をそれぞれ子房親、花粉親とする6組み合わせで交配した。同年6月に採種と播種を行い実生9654個体を得た。9cmポリポットで育苗し、10月初旬に農業試験場の温室内に定植した。この中から果形、果実色、食味等の形質を中心に462個体を選抜した。

2013年8月には、選抜した462個体を増殖し、各系統5株に炭疽病菌を接種した。菌密度 6×10^3 個/ml炭疽病菌分生子懸濁液をハンドスプレーで頭上散布し、その後72時間温室処理を行い、各個

¹現在：和歌山県農業試験場暖地園芸センター

²現在：和歌山県果樹試験場

³現在：和歌山県農林水産部農業生産局果樹園芸課農業環境・鳥獣害対策室

張りビニールは常時被覆，マルチング：10月8日（黒マルチ），電照なし，加温：夜間最低8℃，摘果なし，収穫打ち切り：2015年4月30日．

「炭疽病耐病性検定」

供試株：1区当り9cmポット苗を5株/系統×3反復．炭疽病菌の履歴：2009年8月に和歌山県内のイチゴ炭疽病罹病株から分離，接種方法：供試株を雨よけハウス内に配置し，2014年8月8日に 6×10^3 個/mlの炭疽病菌分生子懸濁液を肩掛式噴霧器により13.5ml/株散布，処理後は18時間温室条件に保持（片山ら，2008）．

調査：接種後12日後（8月20日），19日後（8月27日），27日後（9月4日），34日後（9月11日），41日後（9月18日）に，炭疽病の発病を以下の基準で程度別に調査し，発病度および枯死株率を算出．

発病程度：0：発病なし，1：葉柄に赤色小斑点が3個以下，2：葉柄に赤色小斑点が4個以上もしくは赤色小斑点が融合，3：病斑が葉柄を一周して葉が枯死，4：株が枯死

発病度 = $\langle \sum (\text{程度別発病株数} \times \text{指数}) / (\text{調査株数} \times 4) \rangle \times 100$

[2015年度：特性調査]

採苗：2015年6月3日～6月15日に9cm径黒ポリポットに苗受け．ランナー切り離し：7月3日で，施肥：ランナー切り離し当日にIBS1 2粒/ポット，7/29にIBS1 1粒/ポットを置き肥．かん水：頭上から1日1～2回実施．定植：‘紀の香’，‘かおり野’：9/8，‘こいのか’，‘まりひめ’：9/17，‘さちのか’：9/18

栽植方法：畝幅130cm，株間20cm，2条千鳥植え，施肥：基肥：エコロング140日タイプ37kg/10a（N5.2kg/10a），紀の里1号83kg/10a（N5.0kg/10a） 合計N10.2kg/10a，追肥：11月16日～3月4日に，2週間に1回液肥（N0.5kg/10a/回）施用，ハウス外張りビニールは常時被覆，マルチング：10月13日（黒マルチ），電照なし，加温：夜間最低8℃，摘果なし，収穫打ち切り：2016年4月30日．

結 果

1. 生育特性

‘紀の香’の草姿はやや立性で‘まりひめ’に似ていた（第2図）．小葉の葉柄長や葉長，葉幅は‘かおり野’より小さく‘さちのか’より大きく，‘こいのか’，‘まりひめ’とほぼ同程度であった．収穫開始時期の草丈は35cm前後で‘さちのか’や‘こいのか’より大きく，‘かおり野’より小さく，‘まりひめ’と同程度であった（第1表）．しかし，2月中旬以降に新葉の展開遅延による葉数の減少，草丈の低下や小葉の矮小化により草勢の低下する傾向がみられた．3月以降の気温上昇，日射量の増加に伴い，草勢の回復がみられた．また，育苗時の‘紀の香’の根系は，‘まりひめ’や‘さちのか’に比べて一次根が細く，根量も少ない傾向がみられた（データ省略）．

ランナーの発生について，親株から直接発生する一次ランナーは‘さちのか’と同等で，‘まりひめ’よりやや多く発生した（第2表）．



第2図 ‘紀の香’の収穫期の写真

撮影日 2015年12月18日

撮影場所 和歌山県農業試験場

第1表 収穫期における草姿の品種間差異

品種	草丈 (mm)	葉柄長 (mm)	葉長 (mm)	葉幅 (mm)	葉色 SPAD値	葉幅/葉長
紀の香	376	257	119	90	45	0.75
かおり野	409	284	125	102	41	0.81
こいのか	338	224	113	92	44	0.81
まりひめ	365	259	106	81	44	0.77
さちのか	278	188	89	74	46	0.83

定植日: '紀の香'、'かおり野': 9月8日、'こいのか'、'まりひめ': 9月16日、'さちのか': 9月17日。草丈、葉柄長は新生第3葉を、葉長、葉幅、葉色は新生第3葉の中心小葉を測定。
調査日: 2015年12月28日、調査株数: 10株

第2表 一次ランナー発生数の品種間差異

品種	7月30日
紀の香	12.7
まりひめ	11.1
さちのか	12.9

親株は2015年3月12日に容量9Lのプランターに3株定植し、無加温施設内で栽培した。一次ランナー数は親株1株当たり平均値。調査株数: 15株

2. 開花・成熟特性

'紀の香'の花芽分化時期は'こいのか'、'かおり野'より早く、ポット育苗では'まりひめ'より10日以上早い9月上旬と思われた。(第3表)。

2015年試験における'紀の香'の頂花房の平均開花日は10月中旬、収穫始期は11月中旬で、'かおり野'と同時期かやや早く、'まりひめ'より2週間以上早かった(第4表)。

第3表 花芽分化時期の品種間差異

調査年	調査日	品種	花芽分化指数
2015年	9月7日	紀の香	6.0, 5.0, 6.0, 5.0
		かおり野	2.0, 3.0, 3.0, 2.0
	9月16日	こいのか	2.0, 2.5, 1.0, 2.0
		まりひめ	2.0, 1.5, 1.0, 1.5
		さちのか	2.5, 1.0, 1.5, 1.5

調査株数: 3もしくは4株、採苗時期: 6月下旬~7月上旬、育苗: 9cmポット、施肥: ランナー切り離し当日にIBS1 2粒/ポットを置床、花芽分化指数: 0: 未分化、1: 肥厚中期、2: 分化期(2分割期)、3: ガク片形成期、4: 雄ずい形成期、5: 雌ずい形成期、6: 花

第4表 頂花房頂花の平均開花日および収穫始期の品種間差異

品種	2014年		2015年	
	平均開花日	収穫始期	平均開花日	収穫始期
紀の香	10月27日	11月28日	10月16日	11月14日
かおり野	10月31日	12月6日	10月19日	11月16日
こいのか	11月3日	-	10月31日	12月5日
まりひめ	11月5日	12月14日	11月2日	12月6日
さちのか	11月10日	1月2日	11月8日	12月17日

2014年は9月18日に一斉定植した('さちのか'のみ9月22日定植)。2015年は花芽分化確認後に定植。

3. 収量

2015年度の時期別収量をみると‘紀の香’は‘まりひめ’や‘さちのか’で収穫の無い11月から収穫でき、12月までの年内収量が144gで‘まりひめ’より多くなった(第5表)。12月収量は他品種より少なくなったが、第一次腋花房以降も連続的に出蕾し、1月以降も連続的に収穫ができた。4月までの総収量は2カ年とも‘かおり野’、‘まりひめ’と同等であり‘さちのか’‘こいのか’より40%以上多くなった。上物率は80%以上で、‘かおり野’、‘こいのか’、‘さちのか’より高く‘まりひめ’よりやや低かった。平均果実重は17g程度で、‘さちのか’‘こいのか’より大きく、‘まりひめ’と同等であったが、‘まりひめ’で見られるような40g以上の極大果は少なかった。

第5表 時期別収量の品種間差異

年度	品種	収量(g/株)						総収量	上物率 (重量%)	平均果実重 (g/個)
		11月	12月	1月	2月	3月	4月			
2014	紀の香	21	77	71	29	87	209	494	83.9	17.2
	かおり野	0	90	110	118	118	72	507	57.4	15.6
	こいのか	0	58	74	5	61	150	347	80.9	13.8
	まりひめ	0	59	139	78	36	188	499	87.4	17.5
	さちのか	0	9	91	62	42	121	325	82.8	14.6
2015	紀の香	66	78	84	87	178	195	688	81.4	16.6
	かおり野	30	113	159	64	72	234	673	62.0	14.1
	こいのか	17	108	7	16	202	136	485	76.9	12.1
	まりひめ	0	135	129	28	183	213	687	87.8	16.1
	さちのか	0	56	92	33	109	198	487	75.8	12.8

定植:2014年:9月18日(まりひめ、さちのか:9月22日)、2015年:紀の香、かおり野:9月8日、こいのか、まりひめ:9月16日、さちのか:9月17日、上物率:正形果(8g以上)の重量割合、平均果実重:総収量から算出

4. 果実特性

‘紀の香’の果形は第3図に示すとおり、肩部が丸みを帯びた円錐形で、果皮色は橙赤色で果肉は外部から内部にかけて淡桃色に着色する。低温期でも着色は良く、先端部から着色が始まりガク周辺部まで良く着色する。また、‘さちのか’にみられるような4~5月の高温期に暗赤色の果実の発生は無い。

‘紀の香’の糖度は収穫期間を通じて‘まりひめ’、‘さちのか’と同等かやや高く、平均糖度も‘まりひめ’、‘さちのか’、‘かおり野’と同等以上で、‘こいのか’よりやや低くなった。また、2015年の糖度の時期別推移をみると‘まりひめ’、‘さちのか’では春先に糖度の低い時期がみられたが、‘紀の香’は12月から4月までBrix9%以上で推移した。

2015年度の酸含量の時期別推移から、‘紀の香’の酸度は、収穫期間を通じて‘まりひめ’より高く推移した。‘さちのか’と比べると収穫前半は高いが、後半はやや低く、平均酸度は同等であった。‘紀の香’の糖酸比は14.5で‘まりひめ’より低く、‘さちのか’と同程度であった(第6表)。



第3図 果実の外観と切断面
撮影日 2016年1月15日
撮影場所 和歌山県農業試験場
品種名 121(「紀の香」)

第6表 時期別の果実糖度および酸度の品種間差異

年度	品種	糖度(Brix%)							滴定酸(%)							糖/酸 (平均)
		11月	12月	1月	2月	3月	4月	平均	11月	12月	1月	2月	3月	4月	平均	
2014	紀の香	—	11.4	11.5	10.0	8.9	8.6	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—
	かおり野	—	9.7	10.4	9.3	9.5	7.8	9.4	—	—	—	—	—	—	—	—
	こいのか	—	10.3	12.0	—	9.6	9.9	10.4	—	—	—	—	—	—	—	—
	まりひめ	—	9.6	10.1	9.8	9.3	9.1	9.6	—	—	—	—	—	—	—	—
	さちのか	—	11.3	10.4	9.2	8.9	8.8	9.7	—	—	—	—	—	—	—	—
2015	紀の香	8.6	9.5	10.5	11.0	9.0	9.1	9.6	—	0.80	0.66	0.66	0.60	0.59	0.66	14.5
	かおり野	—	9.2	10.7	11.0	8.7	9.0	9.7	—	—	—	—	—	0.47	—	—
	こいのか	—	10.2	10.6	—	10.1	11.7	10.7	—	—	—	0.66	0.73	0.78	—	—
	まりひめ	—	8.7	10.2	11.0	8.3	8.2	9.3	—	0.55	0.50	0.52	0.54	0.55	0.53	17.4
	さちのか	—	9.8	10.3	10.5	8.7	8.2	9.5	—	0.67	0.64	0.60	0.65	0.65	0.64	14.8

糖度: Brix値、滴定酸: クエン酸換算値(%), 調査は8g以上の正形果を調査、調査果実数: 5果、調査回数: 各月2回、—は未調査

5. 炭疽病耐病性

‘紀の香’の炭疽病菌接種後の発病度は‘まりひめ’より低く, ‘とよのか’, ‘さちのか’, ‘こいのか’と同等で推移した。枯死株率は‘まりひめ’より低く, ‘さちのか’, ‘こいのか’と同等, ‘とよのか’よりやや高く推移した。なお, ‘かおり野’は, 発病度が供試品種の中で最も低く, 枯死株の発生は無かった。

第7表 炭疽病接種試験における時期別の発病度と枯死株率の品種間差異

品種	発病度					枯死株率(%)				
	調査日					調査日				
	8月20日	8月27日	9月4日	9月11日	9月18日	8月20日	8月27日	9月4日	9月11日	9月18日
紀の香	60.0	60.0	73.3	76.7	90.0	0.0	0.0	30.0	40.0	70.0
とよのか	56.7	64.4	68.9	80.0	86.7	0.0	0.0	6.7	40.0	60.0
かおり野	22.2	27.8	30.0	34.4	36.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
こいのか	61.1	61.1	75.6	80.0	86.7	0.0	0.0	33.3	40.0	60.0
まりひめ	64.4	68.9	93.3	100.0	100.0	0.0	6.7	80.0	100.0	100.0
さちのか	51.1	57.8	68.9	73.3	93.3	0.0	0.0	26.7	40.0	80.0

供試株: 1区当り9cmポット苗を5株/系統×3反復供試。炭疽病菌の履歴: 2009年8月に和歌山県内のイチゴ炭疽病罹病株から分離、接種方法: 供試株を雨よけハウス内に配置し、2014年8月8日に 6×10^3 個/mlの炭疽病菌分生子懸濁液を肩掛式噴霧器により13.5ml/株散布、処理後は18時間湿室条件に保持。

発病程度: 0: 発病なし、1: 葉柄に赤色小斑点が3個以下、2: 葉柄に赤色小斑点が4個以上もしくは赤色小斑点が融合、3: 病斑が葉柄を一周して葉が枯死、4: 株が枯死

発病度 = $\frac{\sum (\text{程度別発病根茎数} \times \text{指数})}{(\text{調査株数} \times 4)} \times 100$

考 察

本県では2008年に果実品質、収量性に優れ、12月上旬から収穫できる‘まりひめ’を、2009年に食味が良く、果実が大きい‘和C19’を育成している(田中ら、2010)。その中で‘まりひめ’は, ‘さちのか’と並び本県の主要品種として栽培されている。しかし, ‘まりひめ’は, その特性として炭疽病に弱く, 同じ罹病性の‘さちのか’よりも育苗時の発病や定植後の枯死が多く, 炭疽病への対応が大きな課題となっていた。今回の試験結果においても炭疽病に対して, ‘まりひめ’は‘さちのか’よりも弱いことが明らかになっており, 生産現場において被害が拡大した要因として‘さちのか’と同等の対応では防ぎ切れなかったことが考えられる。

現地農家を含めた関係者からは炭疽病に強い新品種の育成に対する要望が大きかったことから, 今回の育種では, 果実品質が高く, 早生, 果房の連続性, 高収量であることに加えて, 炭疽病に強いことを育種目標とした。片親に炭疽病に強く, 早生性, 収量性に優れる‘かおり野’を用いるこ

ととしたが、果実品質に課題がみられたことから、もう片親には果実品質の高い‘こいのか’，‘さちのか’，‘まりひめ’を用いることとした。その結果、食味、早生性、収量性等に優れ、炭疽病に対する強さが‘さちのか’と同等の‘紀の香’を育成することができた。しかし、厳寒期の草勢管理や‘まりひめ’より酸度が高いことなど課題もみられることから、今後、栽培管理面からこれらの課題解決に向けた検討が必要と思われた。

‘紀の香’は花芽分化が9月上旬で、国内で流通している品種では、‘かおり野’や‘さがほのか’に並ぶ極早生品種で、普通育苗で11月中旬から収穫できる。‘さちのか’や‘まりひめ’をこの時期に収穫するには夜冷短日処理が必要で、高額な夜冷設備が必要となることから、‘紀の香’は低コストで早期収穫できる品種といえる。しかし、早期収穫のみを目的に栽培すると12月に収穫が少なく単価の高い時期に減収する危険もある。2015年度の4月までの総収量は688gで、供試品種中で最多であり、第一次腋花房以降は連続的に出蕾することから、‘まりひめ’のように長期の中休みの危険性が低く連続収穫できる多収品種といえる。

‘紀の香’は、育苗後半に不時出蕾や芯止まり株の発生がみられる。野田ら(2013)は‘こいのか’の育苗期の窒素施肥量の調整により花芽分化時期をコントロールできるとしている。‘紀の香’においても花芽分化を安定化させる育苗技術の開発や、定植時期と頂果房、第一次腋果房の収穫時期の関係などを明らかにすることが必要である。

‘紀の香’の生育特性について、秋期は草勢が強く‘まりひめ’に似るが、促成栽培での2月中旬以降に草勢が低下する傾向がみられる。吉田(2015)は成り疲れの原因として第一次腋果房以降の着果量の増加に伴う光合成産物不足や日射量の不足、根群の減少を挙げている。‘紀の香’においても、‘まりひめ’や‘さちのか’に比べ根量が少ないこと、連続的に花芽分化し着果負担が大きいこと、冬期の低温寡日照による同化養分不足の影響による成り疲れが発生すると考えられた。また吉田(2015)は、成り疲れ対策として、摘果、炭酸ガス施用、加温などを挙げており、‘紀の香’の栽培においても同様の対策が必要と考えられる。

果実品質について、‘紀の香’の外観は‘まりひめ’より丸みがあり、‘さちのか’より円錐形に近い形状である。大果は少ないが‘まりひめ’と同等の平均果実重で‘さちのか’よりも大きく、秀品率も高いことから、パック詰めも比較的容易で出荷調整の省力化が図れる品種といえる。また、‘紀の香’は、‘まりひめ’とは異なる酸味のある食味で糖度が安定して高く、果実の硬さに加え、イチゴらしい甘い香りが強いことから、ケーキなど製菓向けにも適していると考えられ、11月から連続収穫できる強みを活かした新たな需要開拓も期待できる。しかし一方では、現地試験栽培において、酸味の強い食味が甘さを重視する消費志向に合わないとの指摘もある。飯野ら(1982)は、イチゴの食味の変動要因として最も影響のあるのは熟度で、食味の上からは完熟が最も望ましいとしている。‘紀の香’の果実は‘さちのか’に近い硬さと、高温期にも果実色が安定していることから、完熟に近い状態で収穫することで良食味果実の生産が期待できる。そのため、適正な摘果による着果負担の軽減や適正な肥培管理、草勢管理による糖度の安定化と食味の向上が重要と考える。

炭疽病に対しては、罹病性ではあるが‘まりひめ’より強く、‘さちのか’と同等であることから、栽培現場においては、これまでと同様の防除対策により安定した栽培ができると考えられる。

摘 要

1. ‘紀の香’は‘かおり野’×‘こいのか’の組み合わせから育成された促成栽培用品種で、2016年3月に品種登録出願を行った。

2. 草姿はやや立性で、草勢が強く、‘まりひめ’に似る。小葉の大きさは‘かおり野’より小さく、‘さちのか’より大きく、‘こいのか’、‘まりひめ’と同等である。
3. ‘紀の香’の花芽分化時期は、9月上旬で、‘かおり野’、‘こいのか’よりやや早く‘まりひめ’、‘さちのか’より10日以上早い。9月中旬に同時定植した場合、頂果房の収穫開始時期は11月中旬であり、‘かおり野’と同時期かやや早く、‘まりひめ’より約2週間早い。
4. 年内収量は‘まりひめ’より多く、4月までの総収量は‘さちのか’よりも多く‘まりひめ’と同等である。また、第一次腋花房以降も出蕾が良く、中休みが少ない。
5. 上物率は‘まりひめ’より劣るが‘さちのか’より高く、80%以上である。総果実の平均果実重は17g程度で、‘さちのか’より大きく、‘まりひめ’と同等である。ただし‘まりひめ’で見られるような極大果は少ない。
6. 果実糖度は、‘まりひめ’、‘さちのか’と同等かやや高く、酸度は‘まりひめ’より高く‘さちのか’と同等である。
7. イチゴ炭疽病に対しては罹病性であるが、‘まりひめ’より強く‘さちのか’と同等である。

引用文献

- 飯野久栄・大和田隆夫・小沢百合子・山下市二. 1982. 果菜類の糖および酸含量と嗜好に関する研究(4) イチゴ・トマトについて. 食品総合研究所研究報告 40 : 71-77
- 片山貴雄・末信真二・三井寿一・ほか1名. 2008. 噴霧接種法を用いたイチゴ炭疽病抵抗性の評価方法. 福岡県農業総合試験場研究報告 27 : 39-43
- 北村八祥・森利樹・小堀純奈・山田信二・清水秀巳. 2015. 極早生性を有するイチゴ炭疽病抵抗性品種‘かおり野’の育成と普及. 園芸学研究 14 卷 1 : 89-95
- 森下昌三・望月龍也・野口裕司・曾根一純・山川理. 1997. 促成栽培用イチゴ新品種‘さちのか’の育成経過とその特性. 野菜・茶業試験場研究報告 12 : 91-115
- 西森裕夫・田中寿弥・東卓弥. 2010. いちご新品種‘まりひめ’の育成経過と特性. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告 11 : 1-8
- 野田和也・前田衡・藤田晃久. 2013. イチゴ品種「こいのか」の頂花房花芽分化を制御する育苗期施肥方法と安定生産のための本圃施肥方法. 長崎県農林技術開発センター研究報告 4 : . 37-50
- 田中寿弥・西森裕夫・東卓弥. 2010. イチゴ新品種‘C19’の育成経過と特性. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告 11 : 9-15
- 吉田裕一. 2015. イチゴの生理と中休み・成り疲れの発生. イチゴ大事典. 農文協 : 121-131

バラの施設密閉高温処理によるミカンキイロアザミウマの防除

井口雅裕

和歌山県農業試験場

**Control of Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande)
with High Temperature by Solar Heating in Plastic House of Rose**

Masahiro Iguchi

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

ミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis* (Pergande) はアメリカ合衆国西部の原産で、主として花き類の移動に伴って1970年代頃より世界的に分布を拡大した(木村・岡田, 2003)。日本では1990年に千葉県, 埼玉県ではじめて発生が確認され(早瀬・福田, 1991), その後急速に全国的に分布を拡大した(佐伯, 1998)。和歌山県では, 1994年に有田郡吉備町(現在, 有田川町)の施設栽培バラで初発生を確認した(和歌山県農作物病害虫防除所, 1994)。広食性であるため野菜・花き・果樹の多くの作物で発生し, その加害による品質低下が著しく(増井, 1998; 片山, 1998), 農業生産に大きな損害を与えている。

本種によるバラの被害は, 花卉の褐変や奇形などにより商品価値が著しく低下することである(井出ら, 1996)。バラは鑑賞価値が求められることから, 軽微な被害でも価格的に大きな問題となることが多く, 他の作物に比べてミカンキイロアザミウマの密度を低く維持することが必要となる(川嶋, 2001)。このため, 生産現場では薬剤の予防的な散布が頻繁に行われている(川嶋, 2001)。しかし, ミカンキイロアザミウマは各種の薬剤に対する感受性が低いため(羽室・柴尾, 2000; Morishita, 2001; 片山, 2006; 西本ら, 2006; 岡崎ら, 2007), 有効な防除薬剤が少ない。そのうえ, バラは花卉や新葉に薬害を生じやすい品種があるため, 薬剤を使用しない防除法が求められている(井出ら, 1996)。

施設密閉高温処理は, 栽培期間中の害虫防除を目的とし, 夏季の快晴日の日中にハウスを密閉してハウス内の温度を上昇させ, 地上高150cmの温度が46~50℃に達した時点で直ちに換気して常温に戻す方法である(東ら, 1990)。東ら(1990)は, 施設栽培ナスにおいて50℃の施設密閉高温処理がミナミキイロアザミウマ, モモアカアブラムシ, オンシツコナジラミ成虫, チャノホコリダニに対して高い密度抑制効果があることを報告している。

そこで, バラにおけるミカンキイロアザミウマの薬剤を使用しない防除法として, 施設密閉高温処理による防除について検討した。本研究ではまず, 45℃または48℃におけるミカンキイロアザミウマ雌成虫と2齢幼虫の死亡率を室内で調査した。そして, バラ栽培ビニールハウスにおいて施設密閉高温処理を実施し, ミカンキイロアザミウマに対する密度抑制効果を考察した。

材料および方法

1. 室内試験

試験は、農業試験場内実験室で行った。供試虫は、1996年5月に和歌山県那賀郡桃山町元（現在、紀の川市桃山町元）の施設栽培バラから採集し、農業試験場内で村井(1998)の方法に準じて24℃、16L8Dで累代飼育している系統を用いた。なお、餌として成虫にはマツ花粉を、幼虫にはダイズ催芽種子を与えた。

外径30mm、厚さ2mm、長さ35mmのガラス管の一方の口をシーロンフィルム（富士写真フィルム株式会社）で封じてから供試虫8～56頭を放し、他方の口をプランクトンネット（目開き：80μm）で封じた。45℃または48℃の人工気象器内に所定時間入れた後、供試虫を取り出して生死を判定した。試験の設定は第1表のとおり。雌成虫の45℃の試験は1997年5～7月に、その他は1998年3月に実施した。

なお、生死の判定は、歩行可能なものを生存、歩行できないが刺激を与えると肢や触角が動くものを苦悶、動かないものを死亡とした。苦悶虫は1～2時間後に再確認し、歩行可能なものを生存とし、歩行できないものを死亡に含めた。

第1表 高温の人工気象器内に入れたミカンキイロアザミウマの死亡率調査の試験設定

供試虫	温度	処理時間	1回の供試虫数	備考
雌成虫	45℃	5～10分	8～31頭	
雌成虫	48℃	4～6分	16～25頭	
2齢幼虫	45℃	5～11分	12～56頭	
2齢幼虫	48℃	3～7分	11～30頭	
2齢幼虫	48℃	6～15分	14～33頭	インゲン葉を付与 ^z

z: ガラス管にインゲン葉のリーフディスク(直径27mm)1枚を入れた上に2齢幼虫を放虫した。

2. 圃場試験

施設密閉高温処理の方法は東ら(1990)に従った。すなわち、夏季の日中10～14時の時間帯の晴天時にハウスの入口と側窓を閉めてハウスを密閉し、ハウス内の地上高150cmの温度が目標に達した時点で直ちに換気扇運転とハウスの入口、側窓を開放して常温に戻した。

1) 小型ハウスにおける試験

試験は、農業試験場内（和歌山県那賀郡貴志川町。現在、紀の川市貴志川町）の隣接するバラ栽培ビニールハウス（面積54㎡、間口5.4m×奥行10.0m、高さ3.0m）2棟を用い、一方を処理区、他方を無処理区とした。バラの品種は‘サファイア’で、土耕、周年栽培であった。

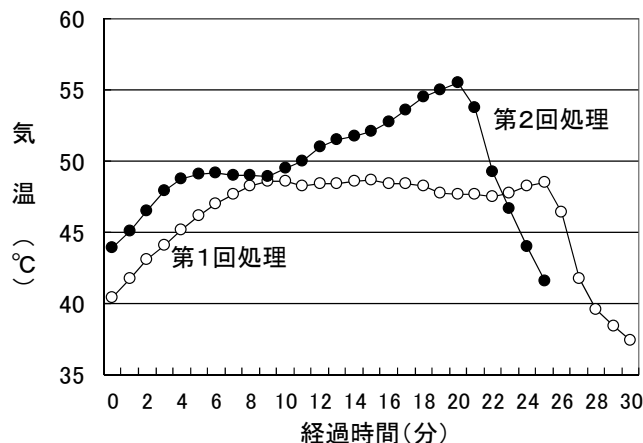
(1) 試験1

1997年8月に施設密閉高温処理を2回行った。第1回処理は8月4日に行った。処理区ハウスを密閉してハウス内温度を上昇させた。8分後に48℃に到達したがそれ以上はほとんど上昇せず（最高48.7℃）、25分後に処理を中断して換気し、常温に戻した（第1図）。処理区において、処理直前

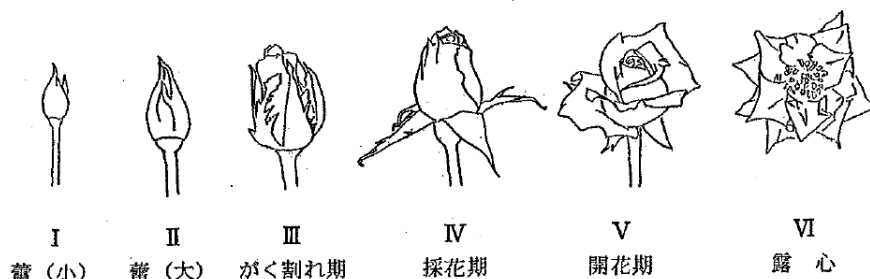
と処理直後，処理1日後の3回，ステージⅢとステージⅤの花（花のステージは第2図に示す）を15花ずつ採取し，実験室内で花卉を分解してアザミウマ類の生存虫数と死亡虫数を成虫，幼虫別に調査した．成虫はミカンキイロアザミウマと他種アザミウマ類に分けた．

第2回処理は8月18日に行った．処理区ハウスを密閉してハウス内温度を上昇させた．19分後に55°Cに到達したので直ちに換気して常温に戻した（最高温度は55.5°C）（第1図）．処理区において，処理直前と処理直後，処理3日後の3回，ステージⅣの花を10花ずつ採取し，アザミウマ類を第1回処理時と同様に調査した．

第1回処理，第2回処理を含む6～9月の期間，処理区ハウス内および無処理区ハウス内のバラ草冠上1か所に青色粘着トラップ（ITシート：10×10cm，両面）を設置し，7日間隔で交換して成虫誘殺数を調査した．バラに対する高温処理の影響を適宜，肉眼で観察した．なお，ハウス内の温度は，隔測デジタル温度計（鶴賀電機製作所）を用いて地上高150cmの温度を1分間隔で測定し記録した．



第1図 施設密閉高温処理時のハウス内温度の推移

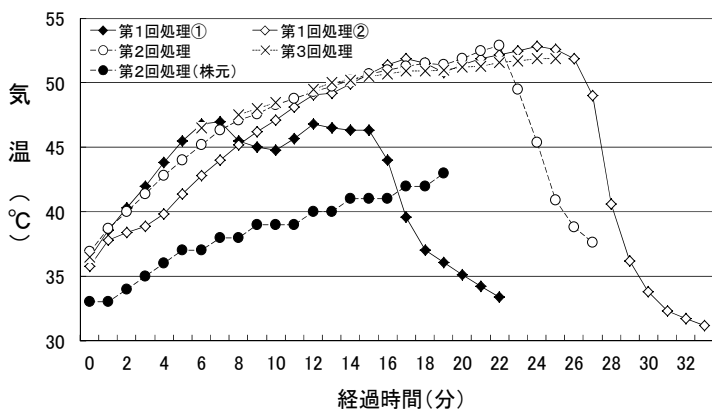


第2図 バラの花のステージ

(2) 試験 2

1998年7～8月に施設密閉高温処理を3回行った．第1回処理は7月29日に行った．①処理区ハウスを密閉してハウス内温度を上昇させた．7分後に47°Cに到達したがそれ以上は上昇せず，密閉15分後に換気して一旦温度を降下させた（第3図）．②その25分後に再度密閉したところ，24分後に52.8°Cに達し，26分後に換気して常温に戻した．第2回処理は8月3日に行った．処理区ハウスを密閉してハウス内温度を上昇させ，22分後に52.9°Cに到達したので直ちに換気して常温に戻した（第3図）．第3回処理は8月17日に行った．処理区ハウスを密閉してハウス内温度を上昇させた．24分後に51.9°Cに到達し，25分後に換気して常温に戻した（第3図）．

処理区および無処理区において，各処理前，第3回処理21日後，同39日後に，ステージⅤの花を5～10花採取し，実験室内で花卉を分解してアザミウマ類の生息虫数を成虫，幼虫別に調査した．成虫はミカンキイロアザミウマと他種アザミウマ類に分けた．また，第1回処理1日前，第3回処理3，21，39日後にステージⅣ～Ⅵの花について，ステージ毎に9～42花を選び，アザミウマ類による花卉の被害を調査した．第1～3回処理を含む7～9月の期間，処理区ハウス内および無処理区



第3図 高温処理時のハウス内温度の推移

ハウス内のバラ草冠上1か所に青色粘着トラップ(ホリバー:10×23cm, 片面)を設置し, 7日間隔で交換して成虫誘殺数を調査した。

高温処理中の成虫の行動を明らかにするため, 第2回, 第3回処理時に同トラップ(両面)を株上(地上高210cm)と株元(地上高60cm)に設置し, 処理直後に回収して高温処理中に誘殺されたミカンキイロアザミウマ成虫数を調査した。

高温処理が卵のふ化率に及ぼす影響を明らかにするため, 第2回処理, 第3回処理の各処理の直前と直後にステージVの花を5花ずつ採取し, がく片を切り取って1花分(がく片5枚)ずつガラスシャーレに入れ, シーロンフィルムで封じて24°Cで保持した。5日後に, ふ化したアザミウマ幼虫数を実体顕微鏡下で計数した。

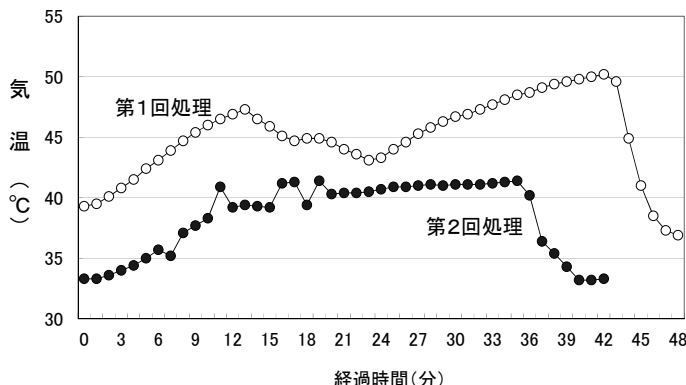
ハウス内の温度は, 隔測デジタル温度計(鶴賀電機製作所)を用いて地上高150cmの温度を1分間隔で測定し記録した。また, 第2回, 第3回処理時に株元(地上高60cm)の温度を水銀棒状温度計で1分間隔で測定し記録した。さらに, 第2回処理時に, スポットタイプ・デジタル放射温度計(温度計505S, ミノルタ株式会社)でステージIV~VIの花弁の表面温度を測定した。

バラに対する高温処理の影響を適宜, 肉眼で観察した。なお, 調査期間中のバラの花の位置は, 地上高140~160cmであった。

2) 大型ハウスにおける試験

試験は, 和歌山県那賀郡桃山町元(現在, 紀の川市桃山町元)の隣接した2棟のバラ栽培ビニールハウスを用い, 一方を処理区, 他方を無処理区とした。両ハウスとも土耕で, 周年栽培であった。処理区ハウスは面積576 m²(間口12m×奥行48m), 栽培品種は‘デリーラ’, 無処理区ハウスは面積1,008 m²(間口21m×奥行48m), 栽培品種は‘デュカット’と‘シャネル’であった。1998年8月に施設密閉高温処理を2回行った。第1回処理は8月4日に行った。処理区ハウスを密閉してハウス内温度を上昇させ, 42分後に50.2°Cに到達したので直ちに換気して常温に戻した(第4図)。第2回処理は8月21日に行った。処理区ハウスを密閉してハウス内温度を上昇させ, 35分後に41.4°Cに到達したところで換気して常温に戻した(第4図)。なお, 処理時の天候は, 第1回処理は晴天, 第2回処理は薄曇りであった。

第1回処理前, 第2回処理前, 第2回処理18日後に, ステージVの花を5~10花採取し, 実験室内で花卉を分解してアザミウマ類の生息虫数を成虫, 幼虫別に調査した。成虫はミカンキイロアザミウマと他種



第4図 高温処理時のハウス内温度の推移

アザミウマ類に分けた。また、7～9月の期間、処理区ハウス内および無処理区ハウス内のバラ草冠上1か所（高さ210cm）に青色粘着トラップ（ホリバー：10×23cm，片面）を設置し、7日間隔で交換して成虫誘殺数を調査した。

バラに対する高温処理の影響を適宜、肉眼で観察した。ハウス内の温度は、隔測デジタル温度計（鶴賀電機製作所）を用いて地上高150cmの温度を1分間隔で測定し記録した。なお、調査期間中のバラの花の位置は、地上高130～190cmであった。薬剤防除歴は以下のとおり。

処理区：7月17日，8月18日アセタミプリド剤

無処理区：7月2日クロルフェナピル剤，7月17日，8月18日アセタミプリド剤

結 果

1. 室内試験

45℃における雌成虫の死亡率は、処理時間が5分間では0%，6分間では41%，7分間では90%，8分間以上では100%であった（第2表）。48℃における雌成虫の死亡率は、処理時間が4分間では0%，5分間では26%，6分間では100%であった（第3表）。45℃における2齢幼虫の死亡率は、処理時間が5分間では4%，6分間では8%，7分間では18%，8分間では75%，9分間では93%，10分間以上では100%であった（第4表）。48℃における2齢幼虫の死亡率は、処理時間が3分間では0%，5分間では33%，6分間では96%，7分間では100%であった（第5表）。

ガラス管にインゲン葉のリーフディスク1枚を入れた場合の48℃における2齢幼虫の死亡率は、処理時間が6分間では4%，7分間では29%，8分間では45%，10分間では89%，15分間では96%であった（第6表）。

第2表 45℃におけるミカンキイロアザミウマ雌成虫の死亡率

処理時間	反復	供試虫数(頭) 平均	死亡虫数(頭) 平均	死亡率
5分	4回	16.8	0.0	0 %
6分	12回	19.6	8.0	40.9 %
7分	8回	17.0	15.3	89.7 %
8分	7回	20.4	20.4	100 %
10分	2回	14.0	14.0	100 %

第3表 48℃におけるミカンキイロアザミウマ雌成虫の死亡率

処理時間	反復	供試虫数(頭) 平均	死亡虫数(頭) 平均	死亡率
4分	3回	19.3	0.0	0 %
5分	13回	21.7	5.6	25.9 %
6分	4回	21.5	21.5	100 %

第4表 45℃におけるミカンキイロアザミウマ2齢幼虫の死亡率

処理時間	反復	供試虫数(頭) 平均	死亡虫数(頭) 平均	死亡率
5分	2回	27.0	1.0	3.7 %
6分	5回	30.6	2.4	7.8 %
7分	5回	29.6	5.4	18.2 %
8分	5回	22.6	17.0	75.2 %
9分	5回	24.2	22.4	92.6 %
10分	4回	27.5	27.5	100 %
11分	1回	27.0	27.0	100 %

第5表 48℃におけるミカンキイロアザミウマ2齢幼虫の死亡率 1

処理時間	反復	供試虫数(頭) 平均	死亡虫数(頭) 平均	死亡率
3分	2回	17.0	0.0	0 %
5分	2回	21.0	7.0	33.3 %
6分	3回	18.7	18.0	96.4 %
7分	2回	20.5	20.5	100 %

第6表 48°Cにおけるミカンキイロアザミウマ2齢幼虫の死亡率 2
(ガラス管にインゲン葉のリーフディスクを入れた場合)

処理時間	反復	供試虫数(頭)		死亡率
		平均	平均	
6分	2回	23.5	1.0	4.3 %
7分	2回	26.0	7.5	28.8 %
8分	2回	29.0	13.0	44.8 %
10分	2回	18.5	16.5	89.2 %
15分	2回	25.5	24.5	96.1 %

2. 圃場試験

1) 小型ハウスにおける試験

(1) 試験 1

第1回処理では、ミカンキイロアザミウマ成虫は、処理直後に生存虫数が処理前の1/10程度に減少した(第7表)。死亡虫数は増加しなかった。処理1日後には生存虫数が処理直後より増加し、とくにステージⅤの花では処理前比77%まで密度が回復した。アザミウマ類の幼虫は、ステージⅢの花では処理後も生存虫数はほぼ同じであったが、ステージⅤの花では生存虫数の減少と死亡虫数の増加が認められた。なお、作物に対する高温処理の影響は認められなかった。

第2回処理では、ミカンキイロアザミウマ成虫は、処理直後は生存虫が認められなかった(第8表)。死亡虫数は増加しなかった。処理3日後には生存虫数が増加し、処理前比84%まで密度が回復した。アザミウマ類の幼虫は、処理直後、処理3日後とも生存虫が認められなかった。なお、作物に対する高温処理の影響は認められなかった。

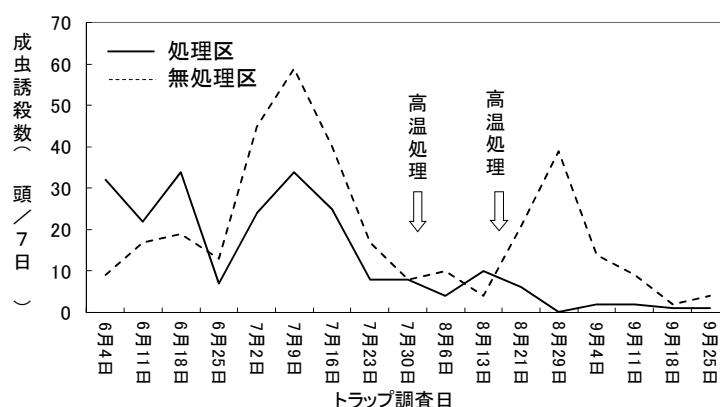
ハウス内に設置した青色粘着トラップによる成虫誘殺数は、第1回処理前までは処理区は無処理区とほぼ同様の推移を示していたが、第2回処理以降は処理区は無処理区より少なくなった(第5図)。

第7表 施設密閉高温処理によるミカンキイロアザミウマの密度抑制効果(第1回処理)
15花あたり虫数(頭)

採取した花のステージ			処 理 前		処 理 直 後		処 理 1 日 後	
			生存	死亡	生存	死亡	生存	死亡
ステージⅢ	成虫	ミカンキイロ ♂	26	4	6	3	7	2
		アザミウマ ♀	131	11	11	4	27	2
		計	157	15	17	7	34	4
	他種アザミウマ類		7	1	4	1	3	2
アザミウマ類幼虫		35	8	38	6	34	6	
ステージⅤ	成虫	ミカンキイロ ♂	116	17	17	10	65	23
		アザミウマ ♀	118	14	6	19	115	23
		計	234	31	23	29	180	46
	他種アザミウマ類		27	3	7	6	33	1
アザミウマ類幼虫		108	12	82	35	63	7	

第 8 表 施設密閉高温処理によるミカンキイロアザミウマの密度抑制効果（第 2 回処理）
10 花あたり虫数（頭）

採取した花のステージ			処 理 前		処理直後		処理 3 日後	
			生存	死亡	生存	死亡	生存	死亡
ステージⅣ	成 虫	ミカンキイロ ♂	49	12	0	1	27	5
		アザミウマ ♀	28	8	0	0	38	3
	計	77	20	0	1	65	8	
	他種アザミウマ類	10	7	0	4	19	0	
	アザミウマ類幼虫	15	1	0	7	0	1	



第 5 図 青色粘着トラップによるミカンキイロアザミウマ成虫の誘殺数の推移

(2) 試験 2

青色粘着トラップによる成虫誘殺数は、処理区は第 1 回処理以降に増加が抑えられ、無処理区と比較して少なくなった（第 6 図）。

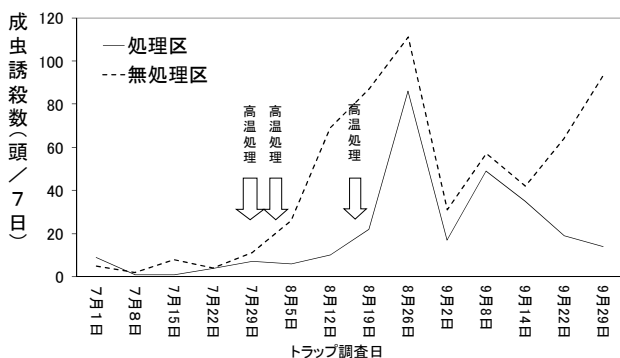
花に生息するミカンキイロアザミウマ成虫は、処理区は処理後、無処理区と比較してわずかに少なくなった（第 7 図）。ミカンキイロアザミウマ以外のアザミウマ類成虫は、処理区、無処理区とも第 3 回処理 21 日後まで生息密度が低かった（第 8 図）。アザミウマ類幼虫の生息密度は、第 1 回処理以降、処理区は無処理区と比較して概ね低かった（第 9 図）。

高温処理中に設置した青色粘着トラップによる成虫誘殺数は、処理区、無処理区とも株上で少なく、株元で多かった（第 10 図）。第 2 回処理時、第 3 回処理時とも、株元での処理区の誘殺数は無処理区の約 2 倍であった。地上高 150cm の温度が 45～50℃の時、株元（地上高 60cm）の温度は地上高 150cm の温度と比べて、第 2 回処理時は 8.2～9.8℃低く（第 3 図）、第 3 回処理時は 4.5～8.5℃低かった（データ省略）。

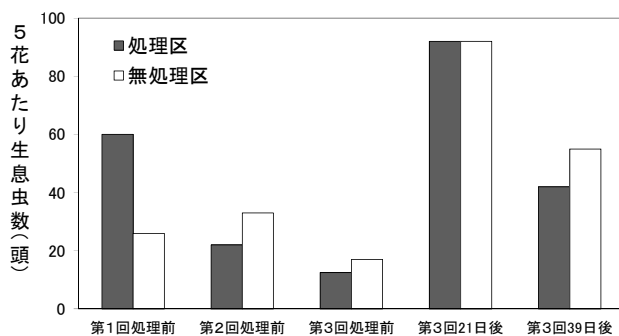
アザミウマ類による花卉の被害は、第 1 回処理前から既に被害花率 100%と多く、処理区、無処理区とも調査期間中の被害花率はすべて 100%であった（第 9 表）。

処理直前に採集したがく片からは 1 花あたり 1.2～8.4 頭の幼虫がふ化したが、処理直後に採集したがく片からはふ化しなかった（第 10 表）。高温処理中の花卉の表面温度は、ステージⅣ～Ⅵの花で最高 52.2～54℃に達した（第 11 図）。

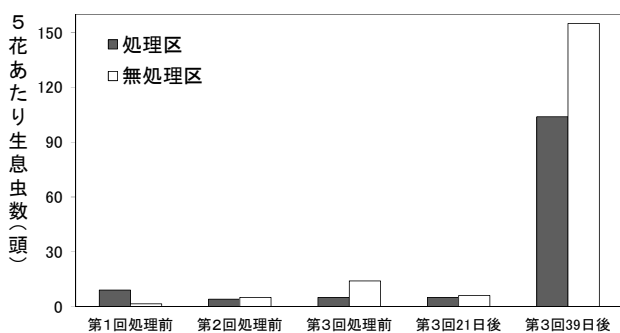
なお、第 3 回処理 2 日後に、処理区の一部で軽度の葉焼け症状が認められた。



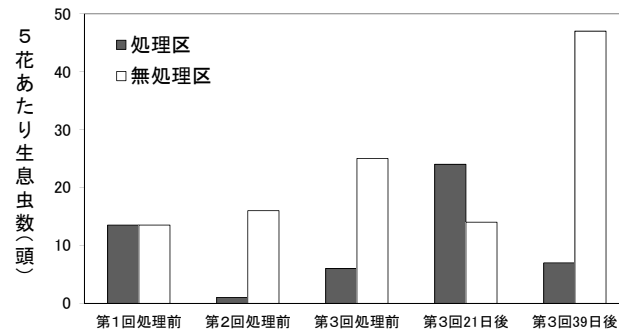
第6図 青色粘着トラップによるミカンキイロアザミウマ成虫誘殺数の推移



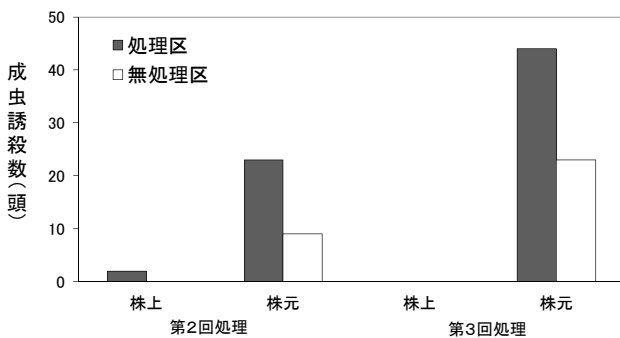
第7図 ミカンキイロアザミウマ成虫の花における生息密度



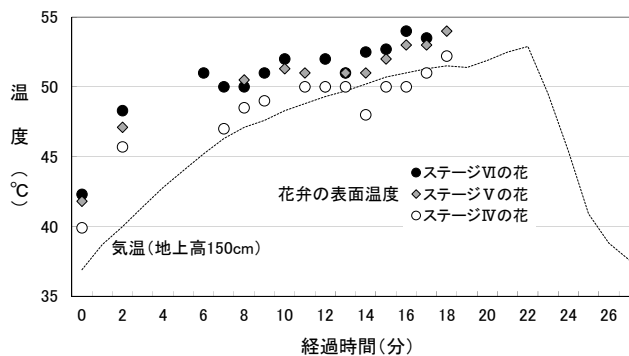
第8図 他種アザミウマ類成虫の花における生息密度



第9図 アザミウマ類幼虫の花における生息密度



第10図 青色粘着トラップによる高温処理中のミカンキイロアザミウマ成虫誘殺数



第11図 第2回処理時の気温と花卉表面温度の推移

第9表 アザミウマ類による被害花率 (ステージIV~VIの花弁の被害)

	第1回1日前	第3回3日後	第3回21日後	第3回39日後
処理区	100 %	100 %	100 %	100 %
無処理区	100 %	100 %	100 %	100 %

第 10 表 バラのステージVの花のがく片からふ化したアザミウマ類幼虫数（1花あたり）

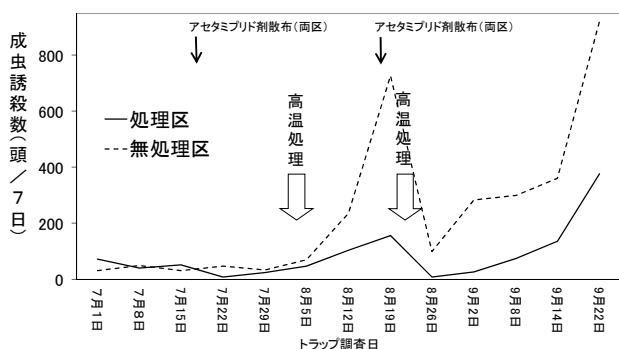
	第2回処理		第3回処理	
	処理直前	処理直後	処理直前	処理直後
処理区	8.4頭	0頭	1.2頭	0頭
無処理区	18.8頭	—	9.2頭	—

2) 大型ハウスにおける試験

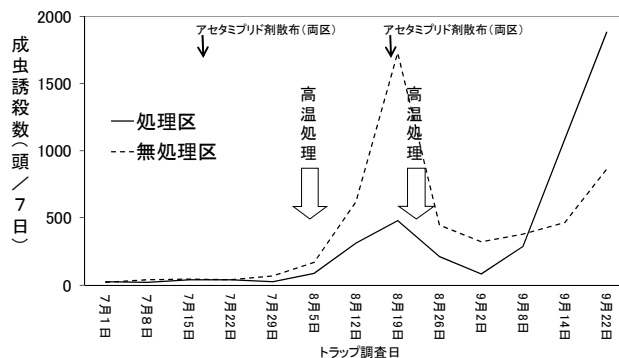
青色粘着トラップによるミカンキイロアザミウマ成虫誘殺数は、処理区は第1回処理以降に増加が抑えられ、無処理区と比較して少なくなった（第12図）。また、ミカンキイロアザミウマ以外のアザミウマ類の成虫誘殺数も、処理区は9月上旬まで無処理区より少なかった（第13図）。

花に生息するミカンキイロアザミウマ成虫は、第2回処理前は第1回処理前と比べて、無処理区で増えたのに対して処理区は減少した（第14図）。しかし、第2回処理18日後には著しく増加した。ミカンキイロアザミウマ以外のアザミウマ類成虫は、第2回処理前は処理区、無処理区とも減少し、第2回処理18日後には処理区のみ著しく増加した（第15図）。アザミウマ類幼虫は、処理区では第1回処理前から第2回処理18日後まで認められなかった（第16図）。

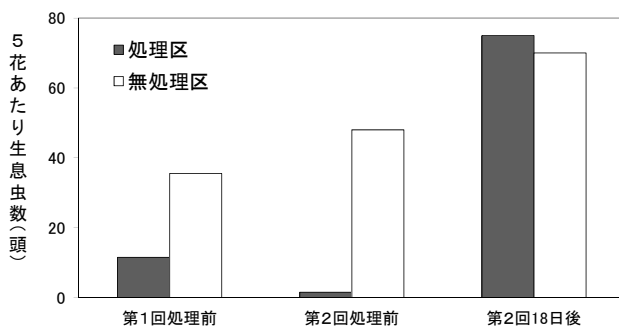
作物に対する高温処理の影響は認められなかった。



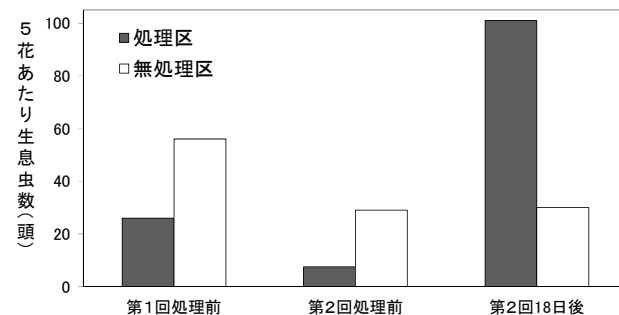
第 12 図 青色粘着トラップによるミカンキイロアザミウマ成虫誘殺数の推移



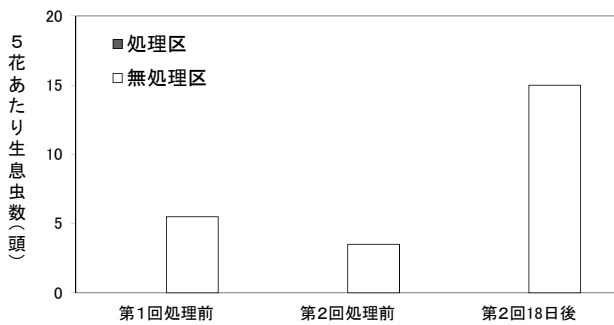
第 13 図 青色粘着トラップによる他種アザミウマ類の成虫誘殺数の推移



第 14 図 ミカンキイロアザミウマ成虫の花における生息密度



第 15 図 他種アザミウマ類成虫の花における生息密度



第16図 アザミウマ類幼虫の花における生息密度

考 察

ミカンキイロアザミウマを45℃または48℃の人工気象器内に入れて雌成虫、2齢幼虫の死亡率を調査した。雌成虫は、45℃では5分間で死亡せず、8分以上ですべて死亡した。48℃では4分間で死亡せず、6分間ですべて死亡した。2齢幼虫は、45℃では5分間ではほとんど死亡せず、10分以上ですべて死亡した。48℃では3分間で死亡せず、7分間ですべて死亡した。幼虫と一緒にインゲン葉のリーフディスクを入れると死亡率が低下し、48℃で7分間処理しても死亡率は29%であり、15分間でも生存虫が認められた。雌成虫と2齢幼虫を比較すると、45℃では雌成虫のほうが早く死亡する傾向があり、48℃ではほぼ同じであった。北村ら(1999)は、ナス葉片を与えた条件で、ミカンキイロアザミウマ雌成虫は45℃以上で30分以内にすべて死亡することを報告している。本試験は植物葉片を与えない条件で実施し、前述のとおり、雌成虫は45℃8分間ですべて死亡した。45℃で高温処理する場合、ミカンキイロアザミウマ雌成虫が植物体上に居残っている場合は死滅するまで30分間程度必要で、植物体から離脱する場合は8分間で死滅すると考えられる。また、北村ら(1999)は、1齢幼虫は雌成虫より高温条件下での生存時間が長いことを報告している。本試験では2齢幼虫は雌成虫より45℃での生存時間が長い傾向があった。幼虫は雌成虫より高温耐性があると思われる。

バラ栽培ビニールハウスにおいて施設密閉高温処理を実施し、ミカンキイロアザミウマの密度抑制効果を検討した。成虫は、小型ハウスにおける試験1では、第1回処理(25分間密閉、最高48.7℃)、第2回処理(19分間密閉、最高55.5℃)とも処理直後に生存虫数が減少したが死亡虫数が増加していないことから、高温に遭遇することにより花から逃避したと思われる。そして、第1回処理は処理1日後、第2回処理は処理3日後に生存虫数がほぼ回復している。試験2で高温処理中に設置した青色粘着トラップによる成虫誘殺数は、処理区、無処理区とも株上で少なく、株元で多かった(第10図)。第2回処理時、第3回処理時とも、バラ草冠上に設置しているトラップでは処理区のほうが誘殺数が少なかったが(第6図)、株元での処理区の誘殺数は無処理区の約2倍であった。このことから、高温処理中の成虫は株元付近を活発に飛翔していると推察される。地上高150cmの温度が45~50℃の時、株元(地上高60cm)の温度は花の位置(地上高150cm)の温度と比べて4.5~9.8℃低かった(第3図)。東ら(1990)によると、施設栽培ナスを高温処理した場合、地上高が低くなるほど温度が低くなり、地上高150cmの温度が45~50℃の時、地上高50cmでは1.2~3.0℃低くなった。ナスと比べてバラのほうが温度差が大きいのは、バラでは株元が同化専用枝の日陰になるためと考えられる。以上のことから、成虫は高温になると比較的温度の低い株元に一時的に避難

し、処理終了後に花に再飛来するため、バラでの施設密閉高温処理は成虫に対する効果が低いと考えられた。なお、ミカンキイロアザミウマは地表や地中で蛹化するため（小澤ら、1996）、高温処理後も蛹は生き残り、羽化した新成虫が花に飛来することも考えられるが、その実態は不明である。

アザミウマ類の幼虫に対して、小型ハウスにおける試験1において、第1回処理（25分間密閉、最高48.7℃）ではステージVの花で生存虫数の減少と死亡虫数の増加が認められた（第7表）。第2回処理（19分間密閉、最高55.5℃）では処理直後、処理3日後とも生存虫が認められなかった（第8表）。これらのことから、施設密閉高温処理はバラの花に生息する幼虫に対して殺虫効果があると思われる。第2回処理の殺虫効果が第1回処理より優ったのは、高温処理の最高到達温度が高かったためと考えられる。なお、花におけるアザミウマ類の成虫はミカンキイロアザミウマ以外にも生息していたが、ミカンキイロアザミウマが高率で優占していたことから、幼虫もほとんどがミカンキイロアザミウマであったと考えられる。

ミカンキイロアザミウマは植物組織内に産卵する（村井、1998）。バラでは、産卵部位として花部、とくにごく片を好み、花のステージIV～Vのがく片でふ化幼虫数が特に多い（井口、未発表）。そこで、小型ハウスにおける試験2において、高温処理の前後にステージVの花のがく片からのふ化幼虫数を調べることで、高温処理による殺卵効果を検討した。調査時のアザミウマ類成虫のうちミカンキイロアザミウマが占める割合は、青色粘着トラップ誘殺数では50～79%、花での生息虫数では55～87%であった。したがって、今回の調査におけるふ化幼虫は主にミカンキイロアザミウマであったと仮定して考察する。処理直前に採集したステージVの花のがく片からは1花あたり1.2～8.4頭の幼虫がふ化したが、処理直後に採集したごく片からはふ化しなかった（第10表）。北村ら（1999）は、ミカンキイロアザミウマの卵を40℃あるいはそれ以上の温度に設定した恒温器に20分間入れるとふ化しなかったと報告している。高温処理中のがく片の温度は測定していないが、花弁の表面温度はステージVの花で最高54℃に達した（第11図）。ごく片もこれに近い温度まで上昇していたと思われる。また、東ら（1990）はナスでの試験結果から、施設密閉高温処理はミナミキイロアザミウマ卵に対する殺卵効果があることを推測している。これらのことから、施設密閉高温処理は、処理前にバラのがく片に産み付けられていたミカンキイロアザミウマの卵に対して殺卵効果が高いと考えられる。

各圃場試験において処理区ハウス内のバラ草冠上に設置した青色粘着トラップによるミカンキイロアザミウマ成虫誘殺数の推移を無処理区と比較する。小型ハウスにおける試験1では、第2回処理以降、処理区の成虫誘殺数は無処理区より少なくなった（第5図）。試験2では、処理区の成虫誘殺数は第1回処理以降に増加が抑えられ、無処理区と比較して少なくなった（第6図）。大型ハウスにおける試験では、処理区の成虫誘殺数は第1回処理以降に増加が抑えられ、無処理区と比較して少なくなった（第12図）。また、小型ハウスにおける試験2の処理区の花に生息するアザミウマ類幼虫の密度は、第1回処理後に無処理区と比較して概ね低くなった（第9図）。第1回処理（最高52.8℃）、第2回処理（最高52.9℃）、第3回処理（最高51.9℃）によりミカンキイロアザミウマの発生を抑えたと考えられる。大型ハウスにおける試験では、花に生息するミカンキイロアザミウマ成虫は、第2回処理前は第1回処理前と比べて、無処理区で増えたのに対して処理区は減少した（第14図）。第1回処理（42分間密閉、最高50.2℃）による殺卵効果や殺幼虫効果の影響が現れたと考えられる。これらのことから、施設密閉高温処理はミカンキイロアザミウマに対する密度抑制効果があると考えられる。なお、大型ハウスにおける試験では、花に生息するミカンキイロアザミウマ成虫は第2回処理18日後に著しく増加した。第2回処理は薄曇りの天候で実施し処理温度が

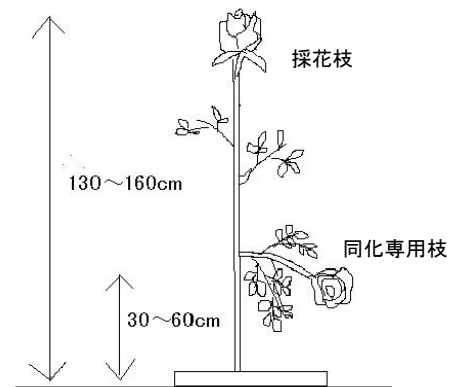
低かったため（35分間密閉，最高41.4℃），ミカンキイロアザミウマの発生を抑制できなかったと考えられる。

小型ハウスの試験2では，アザミウマ類による花卉の被害は，第1回処理前から既に被害花率100%と多く，処理区，無処理区とも調査期間中の被害花率は最後まで100%のままであった（第9表）．施設密閉高温処理によってミカンキイロアザミウマの発生を抑える効果は認められたが，被害を抑制するには至らなかった．これは，多発生時に処理を開始したためと考えられる．発生量に応じて薬剤防除など他の防除方法との組み合わせが必要である．

ミカンキイロアザミウマは花への嗜好性が高く（早瀬・福田，1991；片山，1997），花を摂食すると増殖能力が上昇する（片山，1998）．また，満開期を過ぎた花は格好の増殖場所となり，薬剤散布を頻繁に行っても，すぐに密度が回復してしまう（片山，1998）．バラ栽培では枝を人為的に折り曲げて同化専用枝とする仕立て方法が普及している．そして，バラでは，成虫，幼虫とも同化専用枝に咲く花（第17図）に多数生息し，発生源となっている（井口，2000）．同化専用枝に咲く花は概ね地上高100cm以下に位置し（第18図），高温処理時も温度は比較的低いと思われる．同化専用枝に咲く花に生息する成虫，幼虫の死亡率が低ければ，密度回復が早い要因の1つになるであろう．同化専用枝に咲く花を日常的に除去することはミカンキイロアザミウマの耕種防除として重要であるが（井口，2000），施設密閉高温処理の実施前にはさらに徹底することが望まれる．



第17図 バラの同化専用枝に咲く花



第18図 バラの開花位置の一例

小型ハウスの試験2における第3回処理2日後に，処理区の一部で軽度の葉焼け症状が認められた．本研究では合計7回の高温処理を実施したが，他の処理では葉焼け症状は認められていない．小型ハウスの試験2第3回処理は密閉24分後に51.9℃に到達し，25分後に換気した．処理条件は他の処理と差がないため，原因は明らかでない．また，東ら（1990）は，ナスへの高温処理の影響は，結実している果実や，処理5日後以内に開花する蕾には見られなかったが，長径5mm以下の蕾の欠落や花芽分化への影響が若干見られたと報告している．本研究では，花や葉，新芽における日焼けや萎れの有無など直接的な影響を肉眼で観察したのみであった．施設密閉高温処理を現場に導入するためには，花芽分化への影響も含め，高温障害について詳細な検討が必要である．ただし，バラ栽培は盛夏期は収穫を休止することが多いことから（和歌山県農林水産部，2013），高温障害の内容・程度によっては許容範囲として受け入れられるかもしれない．

施設密閉高温処理は、ナスでは 50℃の処理でミナミキイロアザミウマに対して防除効果が高い（東ら，1990）。処理 1 日後にはほぼ 0 頭になり，処理 3 日後まで成虫，幼虫ともほとんど密度回復しない。一方，バラのミカンキイロアザミウマでは，幼虫に対して効果があり，卵に対して効果が高いが，成虫は処理 1～3 日後に生存虫数が回復することから，成虫に対する直接的な効果は低いと考えられる。この理由として，バラでは同化専用枝の下が高温処理時の成虫の一時避難場所となることが推察された。また，同化専用枝に咲く花が密度回復のための増殖源となることから，バラでの施設密閉高温処理は，1 回の処理では十分な防除効果が期待できない。しかし，連続して複数回実施すればハウス内全体の発生密度を低下させることは可能と考えられる。

摘 要

バラにおけるミカンキイロアザミウマの防除法として，施設密閉高温処理について検討した。

1. ミカンキイロアザミウマを 45℃または 48℃の人工気象器内に入れて雌成虫，2 齢幼虫の死亡率を調査した。雌成虫は 45℃で 8 分間以上，48℃で 6 分間ですべて死亡した。2 齢幼虫は 45℃で 10 分間以上，48℃で 7 分間ですべて死亡した。幼虫と一緒にインゲン葉のリーフディスクを入れると 48℃15 分間でも生存虫が認められた。幼虫は雌成虫より高温耐性があると考えられた。
2. バラ栽培ビニールハウスにおいて施設密閉高温処理を実施し，ミカンキイロアザミウマの密度抑制効果を検討した。夏季の日中の晴天時にビニールハウスを密閉し，ハウス内の地上高 150cm の温度が 48～55℃に達した時点で直ちに換気して常温に戻した。密閉時間は 19～42 分間であった。
 - 1) 成虫は高温時に株元などハウス内の比較的温度の低い場所へ一時的に避難し，処理終了後に花に再飛来すると考えられた。成虫に対する効果は低いと考えられる。
 - 2) バラの花に生息する幼虫に対して殺虫効果はあると思われる。
 - 3) バラのがく片に産み付けられている卵に対して殺卵効果は高いと考えられる。
 - 4) バラでは，同化専用枝の下が高温処理時の成虫の一時避難場所となり，また同化専用枝に咲く花が密度回復のための増殖源となるため，施設密閉高温処理は 1 回の処理では十分な防除効果が期待できない。
 - 5) バラでは，施設密閉高温処理を連続して複数回実施すれば，ハウス内全体のミカンキイロアザミウマの発生密度を低下させることは可能と考えられる。
3. 施設密閉高温処理により，バラに軽度の葉焼け症状が認められる事例があった。高温障害については詳細な検討が必要である。

引用文献

- 東勝千代・森下正彦・矢野貞彦．1990．施設栽培ナスにおけるハウスの密閉高温処理によるミナミキイロアザミウマの防除．和歌山県農試研報．14：35-44．
- 羽室弘治・柴尾学．2000．各種薬剤によるヒラズハナアザミウマ成虫及びミカンキイロアザミウマ成虫の殺虫効果．関西病虫研報．42：43-44．
- 早瀬猛・福田寛．1991．ミカンキイロアザミウマの発生と見分け方．植物防疫．45：59-61．
- 井手洋一・村岡実・大塚省吾．1996．出荷不適花の除去による施設栽培バラでのミカンキイロアザ

- ミウマの防除. 九病虫研究会報. 42 : 119-121.
- 井口雅裕. 2000. IVミカンキイロアザミウマ. 第6回農作物病害虫防除フォーラム講演要旨. 23-34. 農林水産省農産園芸局植物防疫課・植物防疫全国協議会.
- 片山晴喜. 1997. ミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE)の発育と産卵に対する温度の影響. 応動昆. 41 : 225-231.
- 片山晴喜. 1998. ミカンキイロアザミウマ[3]野菜と花き類における発生実態と防除対策. 植物防疫. 52 : 176-179.
- 片山晴喜. 2006. ミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis* (Pergande)の発生生態と防除に関する研究. 静岡県農業試験場特別報告. 27 : 1-63.
- 川嶋浩三. 2001. バラの花蕾におけるミカンキイロアザミウマの加害生態. 北日本病虫研報. 52 : 207-209.
- 木村裕・岡田利承. 2003. キク. ミカンキイロアザミウマ. P. 730. 梅谷献二・岡田利承編. 日本農業害虫大事典. 全国農村教育教会. 東京.
- 北村登史雄・柏尾具俊・松井正春. 1999. ミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE)の生存への温度の影響. 九病虫研究会報. 45 : 113-115.
- 増井伸一. 1998. ミカンキイロアザミウマ[2]果樹における発生実態と防除対策. 植物防疫. 52 : 172-175.
- Morishita, M. 2001. Toxicity of some insecticides to larvae of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) evaluated by the petri dish-spraying tower method. Appl. Entomol. Zool. 36 : 137-141.
- 村井保. 1998. ミカンキイロアザミウマの飼育法. 植物防疫. 52 : 186-188.
- 西本周代・柿元一樹・井上栄明・柏尾具俊. 2006. 鹿児島県内の花きは場で発生する主要アザミウマ類3類に対する各種薬剤の殺虫効果. 九病虫研究会報. 52 : 49-53.
- 岡崎真一郎・奥田充・櫻井民人. 2007. 大分県で採集したミカンキイロアザミウマ個体群のエマメクチン安息香酸塩乳剤およびクロルフェナピル水和剤に対する感受性低下. 九病虫研究会報. 53 : 66-70.
- 小澤朗人・片山晴喜・西東 力・池田二三高. 1996. ハウス蒸し込み処理によるマメハモグリバエとミカンキイロアザミウマの同時根絶. 関東東山病虫研報. 43 : 231-233.
- 佐伯勇. 1998. ミカンキイロアザミウマ[1]わが国における発生の経緯と発生分布. 植物防疫. 52 : 170-171.
- 和歌山県農林水産部. 2013. 農業経営モデル指標. 350pp. 和歌山県.
- 和歌山県農作物病害虫防除所. 1994. 平成6年度病害虫発生予察特殊報第1号.

和歌山県における大規模稲作農家の経営実態と課題

濱中大輝 ・ 小野寺真穂¹ ・ 辻 和良² ・ 川村和史³

和歌山県農業試験場

The Management Status and The Challenges of Farmers Cultivating Rice on a Large Scale in Wakayama Prefecture

Daiki Hamanaka, Maho Onodera¹, Kazuyoshi Tsuji², Kazufumi Kawamura³

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

農業・農村の所得向上を目標に掲げ、農地中間管理機構の本格稼働，集落営農の法人化等による担い手への農地集積，規模拡大を推進する政策が進められるなか，経営規模を拡大する経営体は年々増加し，国内の稲作地帯では 100ha を超える大規模経営もみられるようになった。

和歌山県においても同様に規模拡大の傾向がみられる。経営者の高齢化や後継者不在などで水田への作付を制限する経営体が増加する一方で，近年はそのような経営体から農地を借り受けたり，田植・収穫などの作業受託を行うことで経営規模を拡大する経営体が増えている。

しかしながら，和歌山県の 1 経営体あたりの水稲栽培面積は約 0.49ha であり，全国のそれと比較するときわめて小規模である（第 1 表）。また，30a 程度以上区画整備済の水田の割合はわずか 3.8% であり，水田の整備がほとんど進んでいない（第 2 表）。このように，和歌山県における水稲作は，圃場条件の悪い小規模な水田で行われていることが多く，その経営はきわめて零細である。したがって，和歌山県の大規模経営体は，このような基盤が整備されていない小規模な水田を多数耕作していることがうかがわれ，大区画の水田に大型機械を導入して規模拡大を図る基盤整備の進んだ地域のそれとは特徴が異なっている。

今後，水田を維持していくためにはこの大規模稲作経営体のような農地の受け手の育成が不可欠である。生産基盤が整備された地域における大規模稲作経営については，これまでに経営的評価（山

第 1 表 1 経営体あたりの水稲栽培面積の推移

		a	b	a/b
		稲を作った田 (ha)	経営体数 (経営体)	1経営体あたりの 水稲栽培面積 (ha)
2005	和歌山県	5,905	14,311	0.413
	全国	1,534,715	1,663,424	0.923
2010	和歌山県	5,523	12,421	0.445
	全国	1,500,487	1,347,428	1.114
2015	和歌山県	4,935	10,168	0.485
	全国	1,517,658	1,082,152	1.402

出所：農林水産省『世界農林業センサス』

第 2 表 水田の整備状況

	水田面積 (ha)	30a程度以上 区画整備済面積 (ha)	割合 (%)
和歌山県	10,300	392	3.8
全国	2,469,000	1,559,676	63.2

出所：農林水産省『平成24年度農業基盤情報基礎調査報告書』

¹現在：和歌山県伊都振興局農林水産振興部農業水産振興課

²現在：和歌山大学食農総合研究所

³現在：和歌山県農林大学校就農支援センター

本ら、2003) や、生産費の検討(秋山、2006)をはじめ、不耕起V溝直播栽培(濱田ら、2007)等の新たな栽培技術の開発など、多くの既往研究がなされているが、このような生産基盤がほとんど整備されていない地域における大規模稲作経営体についての研究報告は少ない。

そこで本稿では、和歌山県における代表的な稲作大規模経営農家を対象に行った調査の結果をもとに、その経営の実態や特徴、課題等について報告する。

材料および方法

2014年4月から2015年11月にかけて、県内各地域の合計15戸の大規模稲作農家を対象とし、経営概要や、施設・機械の装備状況、規模拡大の過程や方法等について調査した。調査は聞き取りによって行った。

結果および考察

1. 大規模経営農家の分類

大規模稲作経営を行う農家は、その経営内容から、①水稲専作で、作業受託面積よりも借地面積の方が比較的大きく、稲作粗収益が大きい「借地重点型」、②水稲専作で、借地面積よりも作業受託面積の方が比較的大きく、作業受託収入額が大きい「作業受託重点型」、③野菜や果樹を複合品目に導入しており、水稲部門では、作業受託面積よりも借地面積が比較的大きく、稲作粗収益が大きい「複合+借地型」、④野菜や果樹を複合品目に導入しており、水稲部門では、借地面積よりも作業受託面積が比較的大きく、作業受託収入額が大きい「複合+作業受託型」の4つのタイプに分類することができた(第3表)。

経営規模を拡大するにあたっては、「借地」または「作業受託」のどちらかの方法が選択されていることがわかる。

第3表 調査農家の経営概況

農家No.	借地重点				作業受託重点			複合+借地						複合+作業受託	
	2	5	7	10	4	12	13	1	6	9	11	14	15	3	8
家族	-	2	1	4	1	5	4	4	2	3	2	2	3	4	5
常時雇用	2	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
臨時雇用	4	1	0	5	10	1	2	1	2	0	2	0	0	1	1
所有地	0	0	0.40	1.00	0.60	1.00	1.50	0.70	0.70	0.10	0.70	0.50	0.60	1.00	1.20
借地	6.20	17.50	4.50	4.80	13.00	7.00	1.50	8.00	0.35	2.60	13.00	3.10	2.90	0.60	1.80
合計	6.20	17.50	4.90	5.80	13.60	8.00	3.00	8.70	1.05	2.70	13.70	3.60	3.50	1.60	3.00
耕起	0.50	1.70	0.25	0	4.00	0	15.00	3.00	0	0	0	0	0.40	5.00	4.60
育苗	2.50	2.50	0	0	20.00	1.50	50.00	0.50	0	0	0	0	0	10.00	10.00
代掻	0.50	1.50	0.25	0	5.00	1.50	15.00	3.00	0	0	0	0	0	5.00	4.90
田植	0.60	1.80	0	1.00	7.00	1.50	15.00	3.00	0.37	0	0	0	0	5.00	11.00
防除	0.50	2.00	0	0	3.00	0	0	0.50	0	0	0	0	0	0	0
収穫	0.90	2.30	0.25	1.00	30.00	25.00	15.00	3.25	0.97	0	0.40	0	0.25	10.00	11.65
乾燥	0.90	3.00	0.25	1.00	30.00	25.00	15.00	3.00	0.37	0	0.40	0	0	10.00	11.48
調整	0.90	3.00	0.25	1.00	30.00	25.00	15.00	3.50	0.37	0	0.40	0	0	10.00	13.60
合計	7.30	17.80	1.25	4.00	129.00	79.50	140.00	19.75	2.08	0	1.20	0	0.65	55.00	67.23
総作業面積	56.90	157.80	40.45	50.40	237.80	143.50	164.00	89.35	10.48	21.60	110.80	28.8	28.65	67.80	91.23
単収(kg/10a)	540	420	420	480	540	420	480	540	540	540	480	450	450	480	390
稲作粗収益(千円)	8,300	12,500	5,400	6,000	12,000	12,600	2,000	9,146	1,600	3,400	8,000	3,400	3,000	2,000	6,035
作業受託収入(千円)	1,050	1,500	200	400	13,000	13,200	30,000	2,838	400	0	159	0	78	7,600	10,000

注 1) 聞き取り調査(2014年4月~2015年11月)をもとに作成した。

2) 「総作業面積」は、自作地面積(合計)×8(耕起・育苗・代掻・田植・防除・収穫・乾燥・調整の作業の面積) + 作業受託面積(合計)により算出した。

2. 規模拡大の経緯と方法、およびその長所と短所

経営規模を拡大した経緯を各タイプの農家に調査したところ、主に借地によって規模を拡大している「借地重点型」、「複合+借地型」の農家（以下、「借地タイプ」という）では、もっぱら高齢化や後継者の不在等により、耕作を継続するのが困難になった農家からの依頼を受けて拡大したケースが多かった。一方、主に作業受託によって規模を拡大してきた「作業受託重点型」や「複合+作業受託型」の農家（以下、「作業受託タイプ」という。）では、それに加えて、特定の機械を所有していない農家や、兼業農家からの依頼で規模拡大したケースもみられた。近年の米価の低下によって農業所得が減少するなか、トラクタやコンバインなどの高額な農業機械を所有していなかったり、故障した際には、新たに購入したり修繕をせず、当該機械に係る作業を、請負農家へ委託する農家が増加している。

また、それぞれの方法で規模拡大することについての長所と短所について聞き取ったところ、借地タイプの農家では、作業計画や経営計画の立てやすい点や、販売方法や省力技術の導入など、自らの裁量で収益の向上を目指せる点が長所として多くあげられた。また、短所としては畦畔・法面の管理作業や水管理が困難な点、収穫した多量の米の有利な販売先を確保することが難しい点があげられた。

一方、作業受託タイプの農家では、所有している機械・施設を最大限有効に活用できる点が長所としてあげられた。また、複数の地域で受託するため、作業計画を立てるのが困難である点や、受託作業を優先するため、自作地での作付品種や作業日が、限定される点が短所としてあげられた（第4表）。

3. 借地と作業受託による規模拡大の仕組み

規模拡大方法に係る聞き取り調査を進めるなかで、ほとんどの農家が、借地または作業受託を行う条件として、「条件の悪い水田は引き受けない」と答えていた。大規模に経営を行うためには、できるかぎり効率的に作業することが重要であることから、機械の侵入や水源の確保が困難な「条件の悪い」水田は、請負農家から敬遠されがちである。

また、借地または作業受託を選ぶ理由として、借地タイプでは「付き合い上、依頼を断れない」という意見が多かった一方で、作業受託タイプでは「借地にすると、畦畔の除草や水管理等の負担が大きくて引き受けられない」、「借地にすると、生産した米の有利な販売先がない」という理由が多くあげられた（第5表）。

さらに、調査した農家のなかには、昔は作業受託が大半だったが、徐々にそれが借地へと変化し、近年では借地で引き受けることがほとんどであるという農家もみられた。次にこうした作業受託タイプから借地タイプへと変化した事例を調査農家のなかからみることにしたい。

「借地+複合」タイプの大規模経営農家であるA氏（第3表の農家No.1）は現在、水稻とタケノコによる複合経営を行っており、水稻作では約40年前にコンバインを導入している。当時は、周辺地域でコンバインを所有している農家が大変少なかったため、A氏は周辺農家から収穫作業を受託することが多く、借地よりも作業受託を主とした経営を行っていた。しかし、その後作業を受託していた農家から借地で依頼されることが徐々に多くなり、近年は作業受託よりも借地を中心とした経営に変わっている。その原因は、高齢化により経営を続けるのが困難になったこと、機械の故障等により作業ができなくなったことなどである。現在は、A氏が経営可能な規模を超える規模の借地の依頼があるため、農地を借地で引き受ける際には、借地料を無償、水利費を地主の負担とする

ことを原則としている。また、機械が侵入できない等の条件の悪い水田の依頼を断ったり、条件の良い水田を引き受ける一方でこれまで耕作していた条件の悪い水田を地主に返却するなど、効率的な経営を行うことができる農地を優先的に選択して借りている。地域の農業を維持するため、借地や作業受託の依頼は可能なかぎり引き受けるようにしているが、労働力に限りがあるため、条件の悪い農地は引き受けることができないという。

これらのことを踏まえると、借地または作業受託による規模拡大については、主に①引き受ける水田の条件、②畦畔管理や水管理等の作業を誰が担うか、③生産物の販売を誰が担うかによってその方法が変化する一方で、ここで作業受託することとなった農地についても、時間の経過とともにいずれ借地へと変化していくプロセスが考えられる。また、いずれかの段階において、借地または作業受託のいずれの方法によっても引き受けられることのなかった農地は、休耕田や耕作放棄地になると推測される（第1図）。

第4表 借地・作業受託の方法および経営上の長所と短所

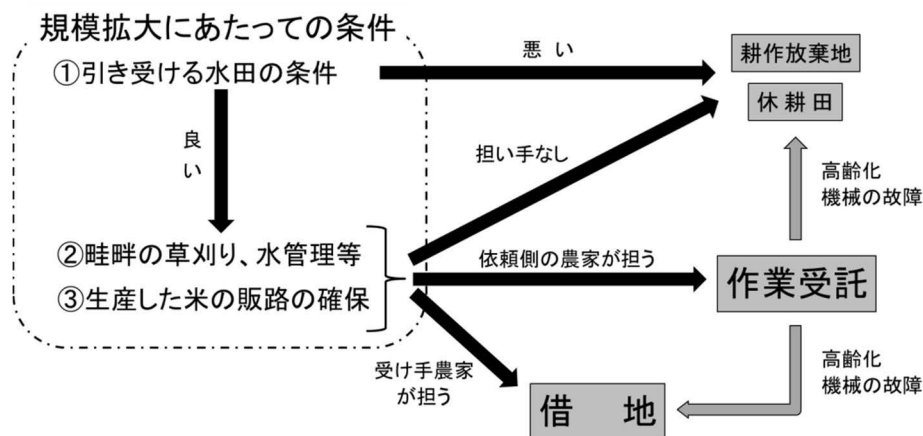
	借地タイプ (借地重点型、複合+借地型)	作業受託タイプ (作業受託重点型、複合+作業受託型)
借地・作業受託の方法	<ul style="list-style-type: none"> ・高齢等により、農業を継続できなくなった農家からの依頼 	<ul style="list-style-type: none"> ・高齢等により、一部の作業を続けるのが困難になった農家からの依頼 ・兼業農家からの依頼 ・特定の機械を所有・更新しない農家からの依頼
経営上の長所	<ul style="list-style-type: none"> ・作業計画、経営計画が立てやすい ・自らの裁量で、収益の向上を目指す(販売、省力技術など) 	<ul style="list-style-type: none"> ・効率的に機械・施設を活用できる
経営上の短所	<ul style="list-style-type: none"> ・畦畔の除草や水管理等の負担が大きい ・有利な販売先の確保 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業計画を立てるのに手間がかかる ・自作地での作付品種や作業日が限定される

注) 聞き取り調査(2014年4月～2015年11月)をもとに作成した。

第5表 大規模農家の規模拡大方法の特徴

	借地タイプ (借地重点型、複合+借地型)	作業受託タイプ (作業受託重点型、複合+作業受託型)
規模拡大にあたっての条件	<ul style="list-style-type: none"> ・条件の悪い水田は引き受けない ・機械が侵入できない ・水田の形状が歪 ・水源の確保が困難 ・コンクリート畦畔の水田であること ・借地料、水利費等の経費がかからないこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・条件の悪い水田は引き受けない ・機械が侵入できない ・水田の形状が歪 ・水源の確保が困難
借地または作業受託を選ぶ理由	<ul style="list-style-type: none"> ・自らの裁量で、農業経営を行うことができる ・付き合いが深い農家からの、借地の依頼は断れない 	<ul style="list-style-type: none"> ・収益性が高い ・借地にすると、畦畔の除草や水管理等の負担が大きい ・借地にすると、生産した米の有利な販売先がない

注) 聞き取り調査(2014年4月～2015年11月)をもとに作成した。



第1図 借地と作業受託の関係性

4. 大規模農家における機械の作業面積と減価償却費の関係

各農家の水稲作に係る機械の所有状況は第6表のとおりであった。

総作業面積が大きくなるにつれ、中・小型機械の導入台数が増加する傾向が特徴的である。これは、和歌山県において水田の基盤整備が進んでおらず、大型機械の侵入できる水田が少ないため、面積の小さい水田でもより効率的に作業できるよう、中・小型機械の導入台数を増やすことで対応している実態を示している。

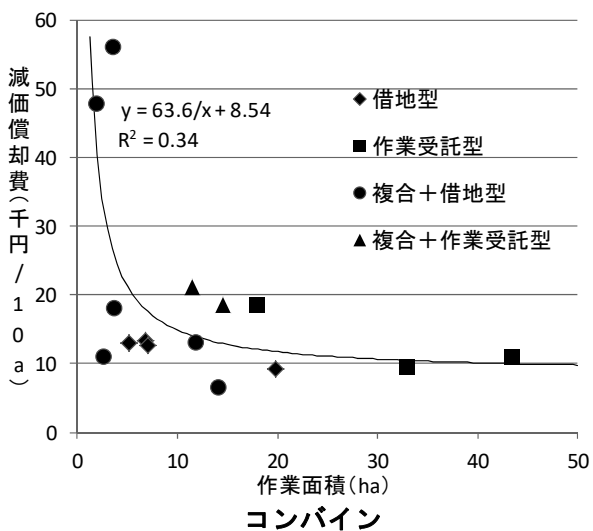
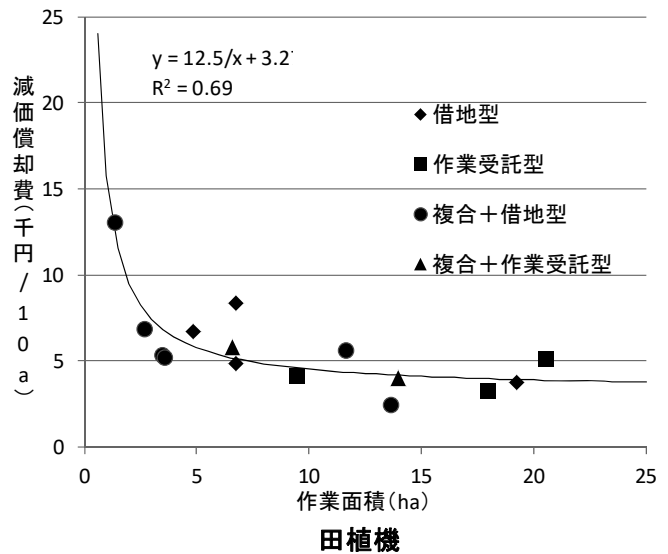
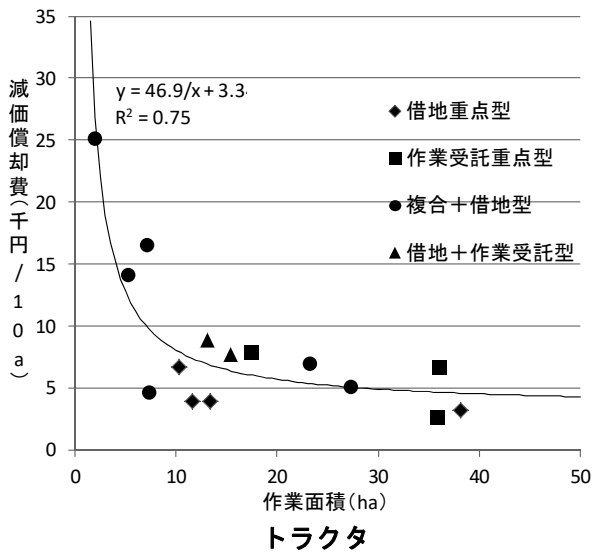
また、トラクタ・田植機・コンバインの作業面積10aあたり減価償却費を算出したところ、いずれの機械についても、作業面積が大きくなるにつれて作業面積10aあたり減価償却費は低下する傾向がみられたが、作業面積がある一定の面積に達するとほぼ横這いとなった。その面積は、トラクタとコンバインでは約20ha、田植機では約10haだった(第2図)。

このことは、単に規模を拡大するだけでは機械のコスト低減に限界があることを示している。

第6表 調査農家の稲作用農業機械保有状況

農家No.	借地重点				作業受託重点			複合+借地						複合+作業受託	
	2	5	7	10	4	12	13	1	6	9	11	14	15	3	8
水稲作 総作業面積 (ha)	56.9	157.8	40.45	50.4	237.8	143.5	164	89.35	10.48	21.6	110.8	28.8	28.65	67.8	91.23
トラクタ (ps)	30	41 22	32	26	50 30 25 20 15	25 26 28	28	33 41	30	18 26	37 31	25 22 26	21	25 34	25 25 24
田植機 (条)	6 4	6 5	5	5	5 5 6	6 5 4	6	5 5	4	4 4	5	4 4	4	6	4 4 4 2
コンバイン (条)	4	4 4	3	4	5 5 4 3	3 4 5	4	5	3 2	2	4	3 3	3	4 5	4 4 4

注)「水稲作総作業面積」は、自作および作業受託における、耕起・代播・育苗・田植・防除・収穫・乾燥・調製の各作業面積の合計を指す。



- 注 1) トラクタの「作業面積」は、自作地および作業受託における、耕起、代掻の各作業面積の合計を指す。
- 注 2) 田植機の「作業面積」は、自作地および作業受託における、田植の作業面積の合計を指す。
- 注 3) コンバインの「作業面積」は、自作地および作業受託における、収穫の作業面積の合計を指す。
- 注 4) 「減価償却費」は、「2015/2016 農業機械・施設便覧」の機械価格を用いて試算した。

第2図 稲作用農業機械の作業面積10aあたり減価償却費

まとめ

中山間地域での水稻作は平地地帯に比べて、一筆の水田面積は小さく法面面積が大きいため、畦畔や水の管理が大変な重労働となる。それゆえ、この畦畔や水の管理に係る作業は、中山間地域で規模を拡大するに当たってのネックとなる（鬼頭ら，2011）ため、これらの作業を誰が担うのかが大変重要となる。「借地」で農地を貸し出した地主は、水稻作に係る作業のみならず畦畔管理を含めた全ての水田管理を受け手農家に委託したい希望がある一方、「作業委託」を希望する農家は、トラクタや田植機、コンバイン等の農業機械に係る作業のみを委託するケースが多い。したがって、受け手農家が規模拡大を図るにあたっては、畦畔・水管理を伴わない「作業受託」によって拡大する方が効率的である。しかし、地域における付き合いや、担い手として地域の農業を守らなければならないという自らの使命感などから、借地による規模拡大を選択せざるを得ないケースもみられ、畦畔・水管理を委託したい出し手農家と、それを受託したくない受け手農家との関係性、さらには

その地域の農業の状況等によって、規模拡大の方法が変化している現状が確認できた。

また、部分的に「作業委託」に出している農家が、高齢化等により委託している作業以外の作業を行うことができなくなることによって、受け手農家が作業を受託している農地は、時間の経過とともにいずれ「借地」へと変遷していくものと考えられた。

受け手農家が機械コスト、労働コストおよび資材コストの削減や、販売収入の向上に積極的に取り組むことが大変重要となるが、その際、機械コストは一定の作業面積で低減の限界に達する。したがって、中山間地域においてより大規模な経営を行うには、機械コスト以外におけるコストの削減、たとえば作業の省力化・効率化等による労働コストの削減や、種もみの自家採種や疎植栽培の導入等による資材コストの低減、さらには実需者や消費者への直接販売等による販売単価の向上などに努めることが重要となる。

また、今回の聞き取り調査のなかで、調査した大規模農家のほとんどは、後継者がいないと答えていた。中山間地域の農地を借地や作業受託によって耕作する大規模経営体は、当該地域の農業の担い手となっているだけでなく、農地や農村が荒廃するのを防ぐ役目を担っているが、このような大規模経営体が高齢化等により経営の存続ができなくなった際には、広大な面積の耕作放棄地が発生し、農地・農村の荒廃が急速に進むおそれがある。長期にわたって農地や農村を維持していくため、地域の担い手であるこのような大規模経営体をいかにして支援し、またその後継者をどのようにして継続的に生み出していくか、これらの問題にどう取り組んでいけば良いのかは今後の課題としたい。

摘 要

和歌山県における稲作大規模経営について、経営の特徴や課題等を明らかにした。

主な結果は以下のとおりである。

1. 大規模稲作経営を行う農家は、その経営内容から、「借地重点型」、「作業受託重点型」、「複合+借地型」、「複合+作業受託型」の4つのタイプに分類することができた。
2. いずれのタイプの農家も「借地」または「作業受託」によって経営規模を拡大していた。
3. 「借地タイプ」では、もっぱら耕作を継続するのが困難になった農家からの依頼により拡大したケースが多かったが、「作業受託タイプ」では、それに加えて、特定の機械を所有していない農家や、兼業農家からの依頼で規模拡大したケースもみられた。
4. 「借地タイプ」の農家では、作業計画や経営計画を立てやすい点や、販売方法や省力技術の導入など、自らの裁量で収益の向上を目指せる点が長所として、また、畦畔・法面の管理作業や水管理が困難な点、収穫した多量の米の有利な販売先を確保することが難しい点が短所としてあげられた。
5. 作業受託タイプの農家では、所有している機械・施設を最大限有効に活用できる点が長所として、また、作業計画を立てるのが困難である点や、自作地での作付け品種や作業日が限定される点が短所としてあげられた。
6. 規模拡大にあたっては、①引き受ける水田の条件、②畦畔管理や水管理等の作業を誰が担うか、③生産物の販売を誰が担うかによって、その方法が変化する一方で、ここで「作業受託」することとなった農地についても、時間の経過とともにいずれ「借地」へと変化していくプロセスが考えられた。

7. 各農家の機械の所有状況は、総作業面積が大きくなるにつれて、中・小型機械の導入台数が増加する傾向がみられた。また、作業面積が大きくなるにつれて作業面積あたりの減価償却費は低下する傾向がみられたが、作業面積がある一定の面積に達するとほぼ横這いとなった。規模拡大だけでは機械コストの低減に限界があることを示した。

引用文献

- 秋山満. 大規模経営における米生産費の検討－栃木県における大規模農家の実態を中心に－. 2006. 農業経営研究. 44 : 47-52
- 鬼頭功・淡路和則・三浦聡. 2011. 大規模水田作経営における中山間地域の畦畔管理への対応. 農業経営研究. 49 : 67-72
- 濱田千裕・中嶋泰則・林元樹・釋一郎. 2007. 水稻における不耕起V溝直播栽培の開発－「冬季代かき」による栽培の安定化－. 日本作物学会紀事. 76 : 508-518
- 山本晃郎・赤沢昌弘・石井俊雄・坂本定禧・河本恭一. 2003. 超大区画圃場における高生産性稲作の経営的評価. 岡山県農業総合センター農業試験場報告. 21 : 49-56

和歌山県の水田における異なる有機物の施用が温室効果ガス発生に及ぼす影響

林 恭平¹・松下修門²・橋本真穂・林 恭弘

和歌山県農業試験場

Influence of Added Different Organic Matter on Greenhouse Gas Emissions from Paddy Fields in Wakayama Prefecture.

Kyohei Hayashi¹, Nobuto Matsushita², Maho Hashimoto and Yasuhiro Hayashi

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

農耕地に堆肥や緑肥といった有機物をすき込むことは、地力を高め生産力を向上させるだけでなく、土壌への炭素貯留効果が期待できる(白戸ら, 2016)。しかし、水田において新鮮な有機物の施用は、湛水による嫌気条件により温室効果ガスであるメタンの発生を増加させる(八木, 1995)。このように、水田での有機物施用は、炭素貯留効果が認められる一方で、温室効果ガスの排出が懸念される。そこで、温暖な和歌山県の気候や黄色土壌において、有機物施用に伴うメタン及び一酸化二窒素の発生について検討したので報告する。なお、本研究は農林水産省の「農地土壌温室効果ガス排出量算定基礎調査事業」(2013~2015年)で実施した。

材料および方法

1. 試験圃場

試験は、県北部紀ノ川中流の支流である貴志川下流沿岸の台地水田地帯に位置している和歌山県農業試験場の水田圃場で行った(2014年1月~2015年10月)。水田圃場は、階段上の棚田を造成後に表土処理しており、土壌は細粒質台地黄色土・強粘質に分類され、減水深は小さく排水が悪い。試験圃場では過去40年以上水稻を作付けしている。

2. 試験区

水稻作付け前に施用する有機物の違いにより次の4つの試験区を設定した。①搬出区(稲わらを持ち出し、堆肥を施用しない)、②稲わら区(稲わらをすき込み、堆肥を施用しない)、③牛堆肥区(稲わらを持ち出し、堆肥をすき込み)、④稲+牛堆肥区(稲わらと堆肥をすき込み)である。試験区は各区45 m² (4.5 m × 10 m)、反復3とした。稲わらのすき込みは刈り取った稲わらを水田から一旦持ち出し、カッターで10 cm程度にカットし、10 aあたり450 kg散布した。堆肥は牛ふんオガクズ堆肥を10 aあたり1 t施用した。稲わらと堆肥をすき込んだ時期は第1表に示した。

¹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

²現在：和歌山県農林大学校

第1表 水田の耕種概要

栽培年	有機物施用	耕起	基肥施用	入水・代掻き	移植	中干し期間	出穂	落水	収穫
2014	1/29	5/9	6/10	6/16	6/18	7/23-7/30	8/20	9/22	10/2
2015	12/9(2014年)	5/1, 5/27	6/18	6/18	6/22	7/19-8/4	8/23	9/24	10/5

3. 栽培概要と収量調査

試験期間中の作付けは水稲単作で、品種は「きぬむすめ」を供試し、栽植密度は18.5株/m²とした。施肥は基肥全量施肥とし、セラコートRワン(N:8.0kg/10a, P₂O₅:8.0kg/10a, K₂O:8.0kg/10a)を施用した。主な耕種概要は第1表に示した。収量は、成熟期に平均的な48株を抜き取り、全重、わら重、精粳重、精玄米重、及び千粒重を調査した。

4. メタン(CH₄)および一酸化二窒素(N₂O)発生量の測定

水田から大気へのメタンおよび一酸化二窒素のガスフラックス(1時間あたり1m²に発生するガス量)はクロードチャンバー法(八木, 1991)で測定した。測定期間は2014年2月19日から2015年10月28日までとした。調査は原則として午前9時から12時に行った。測定頻度は基本的に週1回で、中干し期間中は3日に1回で調査した。ただし、水稲非作付時で気温が低い12月~3月は2週間に1回の頻度とした。ガスの採取はアクリル製のチャンバー(長さ60cm×幅30cm×高さ50cm)で各試験区中央の水稲4株を覆い、チャンバー設置直後の0分、10分、20分にチャンバー内の気体で25mlのシリンジを共洗い後、チャンバー内の気体を15ml採取し、この15mlを真空にしておいた15mlバイアル瓶に注入した。なお、チャンバー内部には空気攪拌用ファンと圧力調整用のテドラーパックを設置した。チャンバーの高さは水稲の生育に合わせて変更し、草丈が50cmを超える頃に中間台座(高さ50cm)を追加して1mとした。採取した気体は、(独)北海道農業研究センターに送り、ガスクロマトグラフィーでガス濃度を測定した。

5. 圃場における土壌Ehの測定

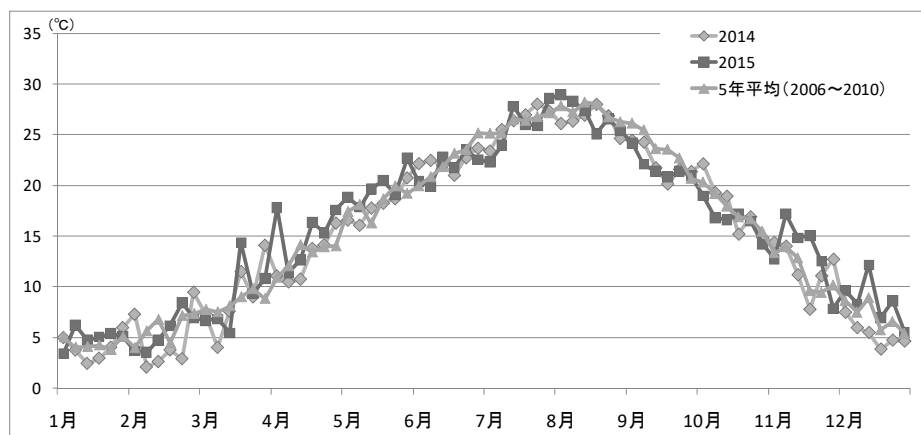
土壌Ehは、ポータブル土壌Eh計(PRN-41, 藤原製作所製)を水田圃場深さ5cmに設置した白金電極に接続し、ガス採取時に測定した。白金電極は各試験区中央の3か所に設置し、反復3とした。測定は水稲作付け期間中に行い、頻度は基本的に週1回であるが、中干期間中は3日に1回測定を行った。

結 果

1. 気象

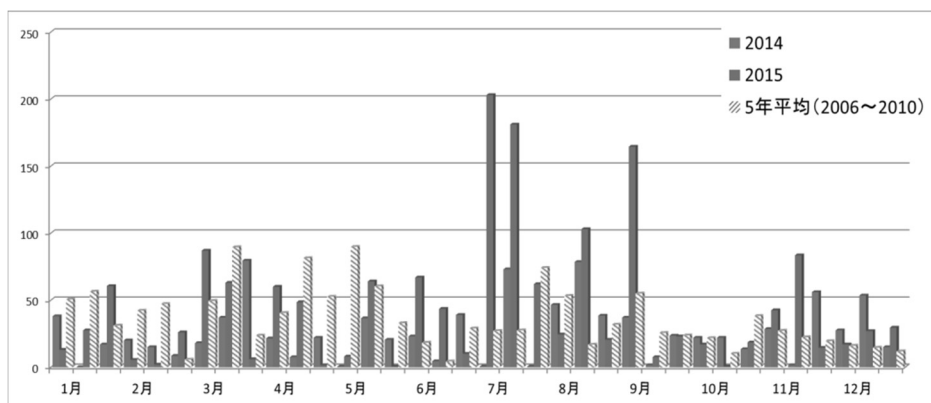
調査を行った2014年の平均気温は15.1℃、2015年は15.8℃で、5年平均15.5℃と差はなかった。また、水稲栽培期間中(6~10月)の平均気温は、2014年が23.0℃、2015年が23.8℃で、5年平均23.5℃と同様に推移した(第1図)。

年間降水量は、2014年が947mmと5年平均より少なく(5年平均比約70%)、2015年が1633mmと5年平均よりも多かった。特に2015年は7月から9月の降水量が多かった(第2図)。



第1図 気温の推移（於：和歌山県農業試験場）

年間平均気温，2014年：15.1℃，2015年：15.8℃，5年平均：15.5℃
農業試験場内の気象観測装置で測定



第2図 降水量の推移（於：和歌山県農業試験場）

年間降水量 2014年：947mm，2015年：1633mm，5年平均：1322mm
農業試験場内の気象観測装置で測定

2. メタンフラックスと排出量

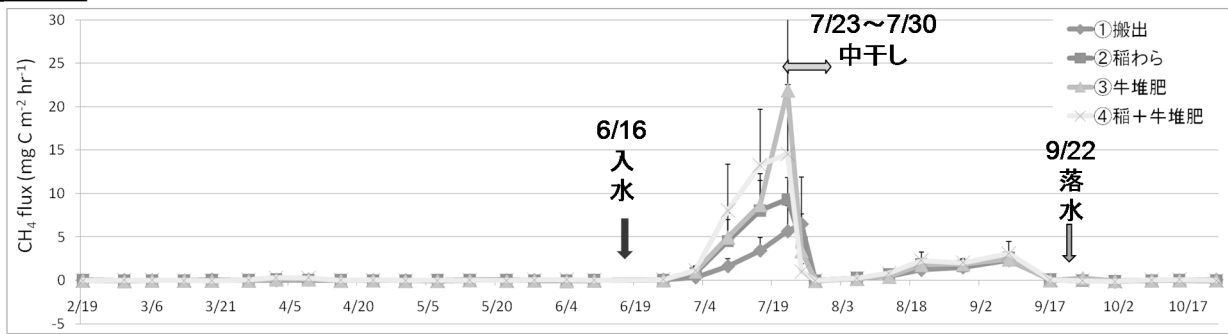
作付け期間における2014年のメタンフラックスは、移植後から増加し、中干し直前に最大のピークとなり、中干し時の落水により0付近まで急激に低下し、中干し後の入水以降は低く推移した。一方、2015年のメタンフラックスは、移植後から増加し、中干し期間中に最大のピークとなり、中干し終了時に0付近まで低下した後、中干し後も増加した。また、非作付け期では、2015年に3月末から4月にかけて増加が認められた（第3図）。

メタンの排出量は作付け期のほうが非作付け期より多く、2014年は④稲＋牛堆肥区 $6.7(\text{gCH}_4/\text{m}^2)$ と最も多かったが、各試験区において有意な差はなかった。2015年は②稲わら区が $17.4(\text{gCH}_4/\text{m}^2)$ で最も大きくなった。各試験区の値は、2014年より2015年で高く、稲わらをすき込んだ②稲わら区と④稲＋牛堆肥区の差は、他の区に比べてより高くなった（第2表）。

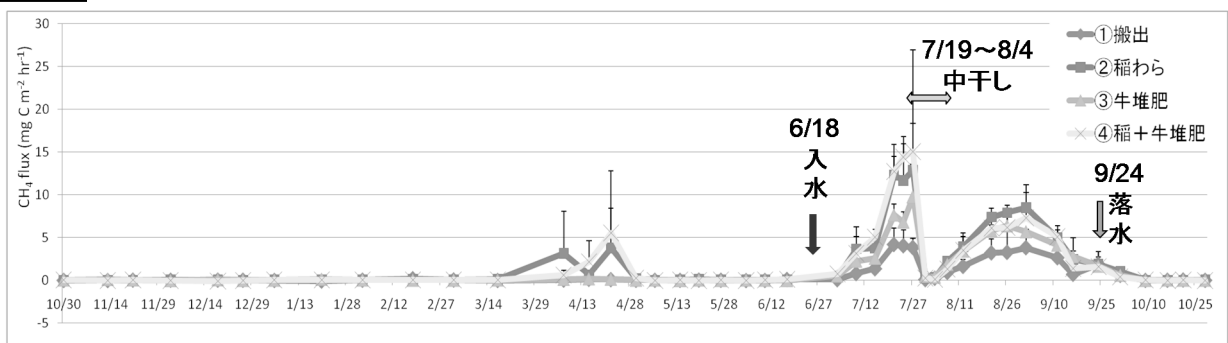
3. 一酸化二窒素フラックスと排出量

一酸化二窒素フラックスは、非作付け期間には耕耘後にピークがみられ、作付け期では中干し終了時にピークがみられた（第4図）。一酸化二窒素の排出量は、作付け期に比べて非作付け期のほうが値は高く、①搬出区が他の区よりも高い傾向であった（第2表）。

2014年

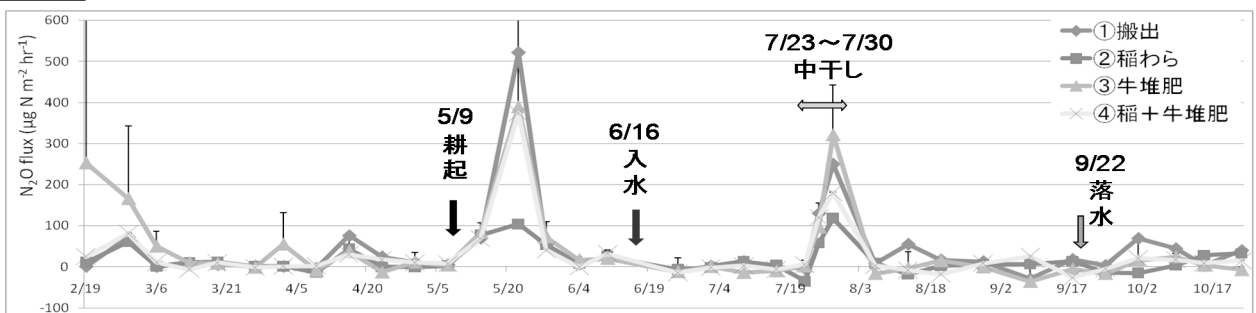


2015年

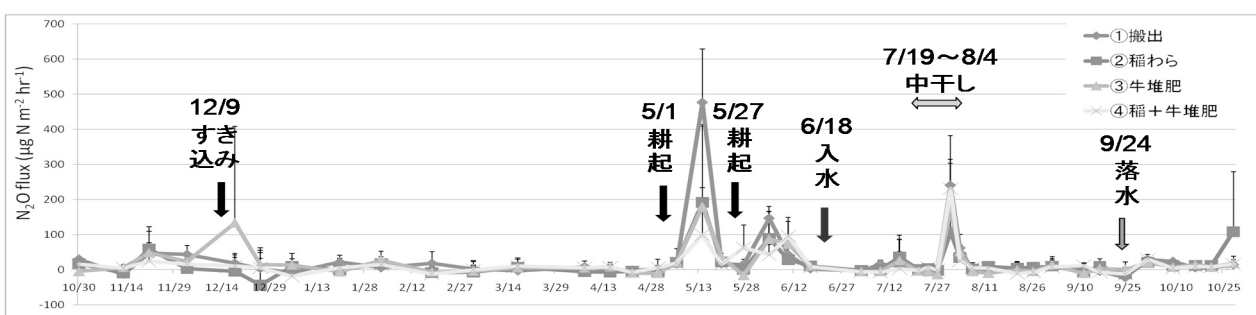


第3図 異なる有機物の施用がメタン (CH₄) フラックスに及ぼす影響
誤差範囲は標準偏差の正值を示す (n=3)

2014年



2015年



第4図 異なる有機物の施用が一酸化二窒素 (N₂O) フラックスに及ぼす影響
誤差範囲は標準偏差の正值を示す (n=3)

第2表 異なる有機物の施用がCH₄とN₂Oの排出量に及ぼす影響

2014年

試験区	CH ₄ 発生量 (g CH ₄ /m ²)			N ₂ O発生量 (g N ₂ O-N / m ²)		
	年間	作付け期	非作付け期	年間	作付け期	非作付け期
①搬出	4.3 ns	4.2 ns	0.0 ns	0.24 ns	0.07 ns	0.17 ns
②稲わら	6.7 ns	6.6 ns	0.0 ns	0.10 ns	0.02 ns	0.08 ns
③牛堆肥	8.7 ns	8.6 ns	0.0 ns	0.22 ns	0.04 ns	0.19 ns
④稲+牛堆肥	9.6 ns	9.4 ns	0.2 ns	0.16 ns	0.04 ns	0.13 ns

年間：2014年2月19日～2014年10月30日（うち作付け期：6月18日～10月2日）

2015年

試験区	CH ₄ 発生量 (g CH ₄ /m ²)			N ₂ O発生量 (g N ₂ O-N / m ²)		
	年間	作付け期	非作付け期	年間	作付け期	非作付け期
①搬出	6.0 b*	6.1 ns	0.1 ns	0.21 ns	0.03 ns	0.18 ns
②稲わら	17.4 a	14.7 ns	2.7 ns	0.11 ns	0.03 ns	0.08 ns
③牛堆肥	11.3 ab	11.0 ns	0.3 ns	0.17 ns	0.02 ns	0.14 ns
④稲+牛堆肥	16.1 a	14.0 ns	2.1 ns	0.11 ns	0.03 ns	0.08 ns

年間：2014年10月30日～2015年10月28日（うち作付け期：6月22日～10月5日）

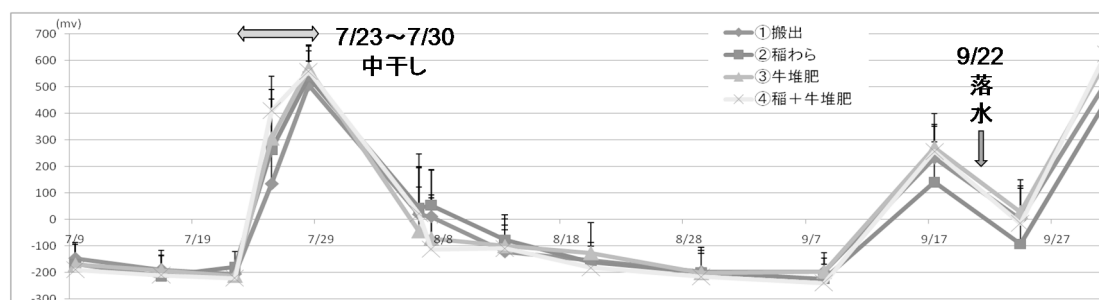
*数値の後に記されているアルファベットはTukey法において5%水準で異符号間に有意差有り，

nsは有意差なし（n=3）。

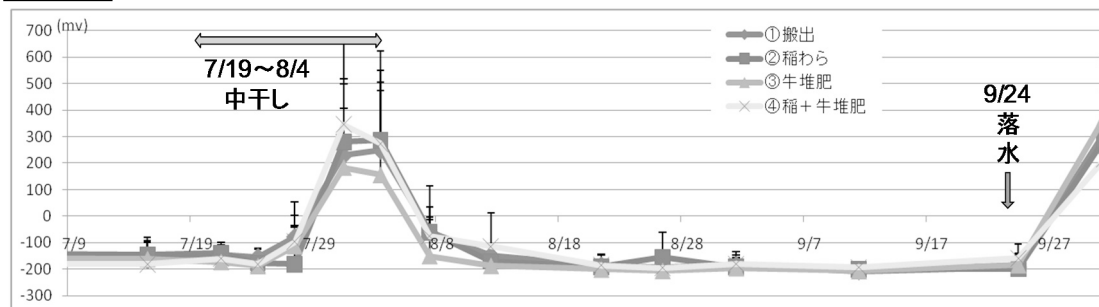
4. 土壌Eh

土壌Ehは入水から中干しまでマイナスの値で推移し、中干し後の落水によりプラスの値となり、中干し終了時に最も高い値となった。中干し時の2014年ピーク値は500mv以上となり、2015年は400以下と、2014年がより高い値となった。中干し後の入水で再びマイナスの値となったが、2014年は9月中旬にプラスの値となった。全体的に、2014年は2015年よりも高い値で推移した（第5図）。

2014年



2015年



第5図 異なる有機物の施用がEh（土壌還元電位）に及ぼす影響

誤差範囲は標準偏差の正值を示す（n=3）

5. 収量調査

精玄米重量は、2014年は②稲わら区が588 kg/10aと最も多く、続いて①搬出区、④稲+牛堆肥区、③牛堆肥区の順であったが、2015年は③牛堆肥区が509 kg/10aと最も多く、続いて④稲+牛堆肥区、②稲わら区、①搬出区の順となったが、各試験区で有意な差はなかった。全ての試験区で、2015年より2014年で収量は多かった（第3表）。

第3表 異なる有機物の施用が水稻の収量に及ぼす影響

2014年

	全重 (kg/10a)	わら重 (kg/10a)	精粳重 (kg/10a)	精玄米 (kg/10a)	千粒重 (g)
①搬出	1377 ns	642 ns	721 ns	588 ns	22.3 ns
②稲わら	1469 ns	698 ns	755 ns	612 ns	22.4 ns
③牛堆肥	1357 ns	656 ns	686 ns	555 ns	22.4 ns
④稲+牛堆肥	1436 ns	707 ns	711 ns	585 ns	22.5 ns

2015年

	全重 (kg/10a)	わら重 (kg/10a)	精粳重 (kg/10a)	精玄米 (kg/10a)	千粒重 (g)
①搬出	1282 ns	689 ns	553 ns	441 ns	23.5 ns
②稲わら	1359 ns	712 ns	599 ns	481 ns	23.4 ns
③牛堆肥	1432 ns	754 ns	637 ns	509 ns	23.3 ns
④稲+牛堆肥	1452 ns	778 ns	629 ns	507 ns	23.6 ns

nsは有意差なし (n=3)

考 察

本調査では、水田から発生する温室効果ガスとしてメタン及び一酸化二窒素を調査した。これらは大気中に含まれる量は微量であるが温室効果への影響は高く、二酸化炭素（CO₂）を1とした場合、メタンはその25倍、一酸化二窒素は298倍にも相当する（IPCC, 2007）。水田では、圃場に水を湛えるため土壌が還元状態となり、絶対嫌気性菌であるメタン生成菌の活動が活発化し、メタンが大量に生成される。メタンと一酸化二窒素の発生量を比較しても、メタンのほうが圧倒的に多く（第2表）、水田から発生する温室効果ガスはメタンが重要視されている（須藤, 2011）。

2014年は降水量が少なく、2015年は降水量が多い年（2014年の1.7倍量）であり、メタンの発生には降水量の影響があったと考えられる。そのため、2015年は湛水していない非作付け期間の3月末から4月にかけてもメタンフラックスの増加が認められた。この時期は降雨で溜まった水が圃場から抜けず土壌が還元状態であったと考えられる。また、通常、中干し落水をすれば、土壌が乾燥しすぐにメタンフラックスは0付近まで急激に低下するが、2015年は7月後半に243mmの降水量があり、中干し落水後も降雨によって水が抜けなかったことから、土壌Ehはすぐには上がらず、メタンフラックスは中干し期間中に最大のピークとなり低下が遅くなった。その一方で、2014年は7月後半の降水量が4mmと少なく、中干し落水後メタンフラックスは速やかに低下した。更に、2014年の中干しは、地表面を固くし圃場内を沈むことなく歩きまわれる程、土壌を乾燥させた。中干し

期間における土壌 Eh の最高値も 2014 年は高く、中干しで土壌がより乾燥したと言える。須藤(2011)は、中干しの延長はメタンの発生抑制に効果的であることを報告しており、土壌の乾燥が進むことで、その後のメタン発生が抑制される。このことから、2014 年は中干し以降にメタン発生が抑制されるほど中干し時に土壌が乾燥したと推察できる。

一酸化二窒素の発生量は、メタンとは対照的に 2014 年に多い傾向であった。一酸化二窒素の発生は主に施肥窒素の硝化や脱窒過程で起こるとされ、施肥直後や降雨などにより土壌水分が高まった際にみられる(楊ら, 1991)。本調査では、作付け期では中干し時に、非作付け期間は圃場を耕起した後に一酸化二窒素フラックスの増加が認められた。一酸化二窒素の発生メカニズムは複雑で、モデル化が今後の研究課題であると言われている(白戸ら, 2016)が、湛水状態の水田よりも畑地で発生が多く(塩野ら, 2014)、土壌の好気的な変化が一酸化二窒素発生を促進していると考えられた。

本調査では、有機物の施用はメタンの発生量を増加させたが、収量については試験区で有意な差として表れなかった。しかし、2015 年には有機物を施用した試験区で収量は多い傾向にあり、これまでの有機物施用に関する研究(浅井ら, 2016)からみても、生産性の面ではやはり有機物を施用するほうが好ましいと考えられる。八木(1995)は、水田において有機物の施用によりメタン発生量は大きく変動し、堆肥は稲わらの施用に比べ、年間のメタン発生量増大効果が極めて小さくなるとしている。本調査において、異なる有機物の施用によるメタンの発生は、2014 年には有意な差として表れなかったが、連年施用した 2015 年には稲わらを施用した区で多かった。一方で、稲わらはケイ酸や加里等の含有率が高く、稲わらの全量還元は無機養分の供給効果があり(林ら, 2002)水稲栽培において全国的にも勧められている。水田への有機物施用を稲わらから堆肥に換えることで温室効果ガスの削減は期待できるが、現状では水田への稲わら施用を前提とした温室効果ガス削減技術が求められる。このことから、温室効果ガスの削減を目的とした水稲栽培を行う場合、中干しで土壌の乾燥を進める水管理が望ましいと考えられた。

摘 要

温暖な和歌山県の気候や黄色土壌において、有機物施用に伴うメタンおよび一酸化二窒素の発生について検討した。

- 1 一年を通して降水量が多かった 2015 年は、非作付け期間にもメタンフラックスの増加が認められた。降水量が少なかった 2014 年は、中干しで土壌の乾燥が進み、中干し以降のメタン発生が抑制された。メタンの発生には、降水量の影響が考えられた。
- 2 一酸化二窒素の発生は、作付け期では中干し時に、非作付け期間は圃場を耕起した後に一酸化二窒素フラックスの増加が認められた。
- 3 本調査では、異なる有機物の施用によるメタンの発生は、2014 年には有意な差として表れなかったが、2015 年には稲わらを施用した区で多かった。

謝 辞

本調査の実施にあたり、遠方より和歌山県農業試験場まで足を運び、調査のご指導・ご助言を頂

いた、北海道農業研究センターの永田修氏、農業環境技術研究所の大浦典子氏及び佐野智人氏、大阪府立環境農林水産総合研究所の佐野修司氏に深く感謝の意を表します。メタンおよび一酸化二窒素発生量の測定では、ガス濃度を測定して頂いた北海道農業研究センターの伊藤由美氏に厚くお礼申し上げます。最後に、水田の圃場管理から調査環境を整え、多大なる協力を頂いた川口博史氏、南泰行氏、北橋秀紀氏、調査をお手伝いいただいた北橋恵美子氏、中西静香氏、西川明日香氏、森谷育世氏に心からお礼申し上げます。

引用文献

- 浅井辰夫, 飛奈宏幸, 前田節子, 西川浩二. 2016. 15年間継続栽培した水稻有機栽培の生育, 収量および食味値. 日作紀. 85, 274-281.
- 塩野宏之, 齋藤寛, 中川文彦, 西村誠一, 熊谷勝巳. 2014. 積雪寒冷地の稲わら春すき込み水田における田畑輪換がメタン・一酸化二窒素発生に及ぼす影響. 土肥誌, 85, 420-430.
- 白戸康人, 麓多門, 片柳薫子, 岸本文紅, 三島慎一郎. 2016. 日本の農地における土壌の炭素貯留と温室効果ガスの緩和策. 農林水産技術 4(2): 4-9.
- 須藤重人. 2011. 環境にやさしい農業—農業と地球の温暖化—. 圃場と土壌, 10&11, 33-37.
- 林恭弘, 森下年起. 2002. 黄色水田における稲わら, ケイカルと熔リンの連用が土壌と水稻の生育に及ぼす影響. 和歌山農林水産技セ研報 2. 99-114.
- 八木一行. 1991. 温室効果ガス発生・九州, 土壌環境分析法編集委員会編土壌環境分析法, p.129-138 博友社, 東京
- 八木一行. 1995. 水田からのメタン発生とその支配要因, p. 93-98. 環境保全型農業大辞典 1 農文協編,
- 楊宗興, 陽捷行. 1991. 土壌生態系のガス代謝と地球環境 3 土壌からの亜酸化窒素発生. 土肥誌, 62, 654-661.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2007, Climate Change 2007: Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry, Cambridge Univ. Press, New York.

‘湯浅なす’の整枝方法と台木の種類が収量・品質に及ぼす影響

矢部泰弘・千賀泰斗¹・堺 勇人²・東 卓弥

和歌山県農業試験場

Effect of Pruning Method and Rootstock on Yield, Fruit Quality of Eggplant, ‘Yuasanasu’

Yasuhiro Yabe, Taito Senga¹, Hayato Sakai², Takaya Azuma

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県有田郡湯浅町近隣地域では、地域特産品である金山寺味噌（第1図）の具材の一つとして、古くから地域在来種である‘湯浅なす’が栽培されてきた。しかし、近年は‘湯浅なす’を具材に用いた金山寺味噌の生産が減少し、それに伴い‘湯浅なす’の生産も減少している。2009年には‘湯浅なす’の生産農家が1~2軒まで激減し、金山寺味噌の原料確保が問題となってきた。そこで、2011年には‘湯浅なす’の復興を目的に、和歌山県湯浅なす推進研究会（蒸しっ子クラブ。構成員は湯浅町、湯浅町商工会、湯味会、湯浅なす勉強会、蒸しっ子湯浅なす生産グループ、イオンリテール）が設立された。現在、‘湯浅なす’の栽培推進や消費拡大に加え、金山寺味噌の食文化の継承に関係機関の協力を得ながら、農商連携した組織的な取組みが行われている。

従来、‘湯浅なす’は金山寺味噌の加工原料としての利用が中心であったが、現在は消費拡大の一環として、青果販売の取組みが行われている。しかし、‘湯浅なす’は青果販売を行うには果実の秀品率が低いという問題がある。ナスの一般的な栽培では、作業性の改善や連続収穫、品質の向上などを目的に、整枝、誘引、摘葉作業が行われている（宮本；2000）。‘湯浅なす’の茎は開張性であり、葉はやや大きく、果実の形状は丸形、果実の収穫サイズは250~320g（プレミアム規格の場合は400~450g）と大きい（第2図、第3図）。現在、ナスの整枝法には様々な技術が存在するが、新品種や地方品種の特性にあった整枝等の管理を行うことにより、安定生産や品質向上につながる事が報告されている（橋本ら、2011；西田ら、2009）。そこで、‘湯浅なす’の青果販売果実の生産に適した整枝・誘引・摘葉方法および台木品種について検討した。



第1図 金山寺味噌



第2図 湯浅なす



第3図 千両2号

¹ 現在：和歌山県農林水産部農業生産局果樹園芸課

² 現在：和歌山県農林水産部農業生産局果樹園芸課農業環境・鳥獣害対策室

材料および方法

試験1. 誘引方法と果実の収量・品質

2013年2月8日に台木‘トナシム’(タキイ種苗), 3月5日に穂木‘湯浅なす’(丸新本家提供)を播種し, 4月12日に割り接ぎ法で接ぎ木を行った. 5月13日に, 和歌山県農業試験場内露地圃場に畝幅180cm, 株間150cm, 1条植えて定植した. 基肥には, 有機配合肥料(6-4-5)20kg/a, 有機石灰肥料10kg/aを施用した. 追肥には, NK化成肥料(14-0-18)4kg/aを, 7月18日および8月15日の2回にわけて施用した.

試験区として, 誘引方法を①ひも誘引(畝の両側, 高さ約1.5mに張った鉄管からひもで吊り下げ, 主枝4本仕立てにする), ②4本支柱(株元に4本の支柱を斜めに差し込み, 枝を支柱に這わせて主枝4本仕立てにする), ③1本支柱(株元に支柱を立て, 支柱の頂点からひもを使って, 主枝4本を吊り下げる)の3つとした(第4図). 収量調査は, 6月27日から10月21日にかけて週2回行い, 青果出荷規格(果重250g~320g)に適した果実を青果用(無傷で虫害がなく, 果形が丸い果実), 加工用(乱形果, 着色不良果), クズ果(つや無し果, 裂果, 虫害等)にわけて果実の個数と重量を測定した(第5図).



①「ひも誘引区」

吊り下げひも誘引により主枝4本仕立て



②「4本支柱区」

枝を4本の支柱に這わせて主枝4本仕立て



③「1本支柱区」

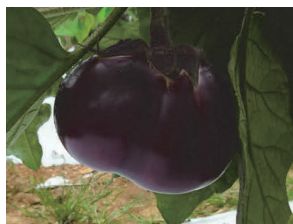
1本の支柱の頂点からひもで主枝を吊り下げ

第4図 誘引方法



①青果用果実

無傷で虫害がなく, 果形が丸く, 着色が良く, つやのあるもの



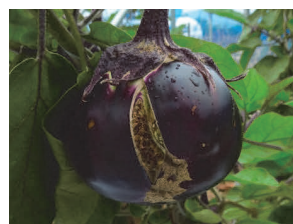
②乱形果



③着色不良果



④つや無し果



⑤裂果



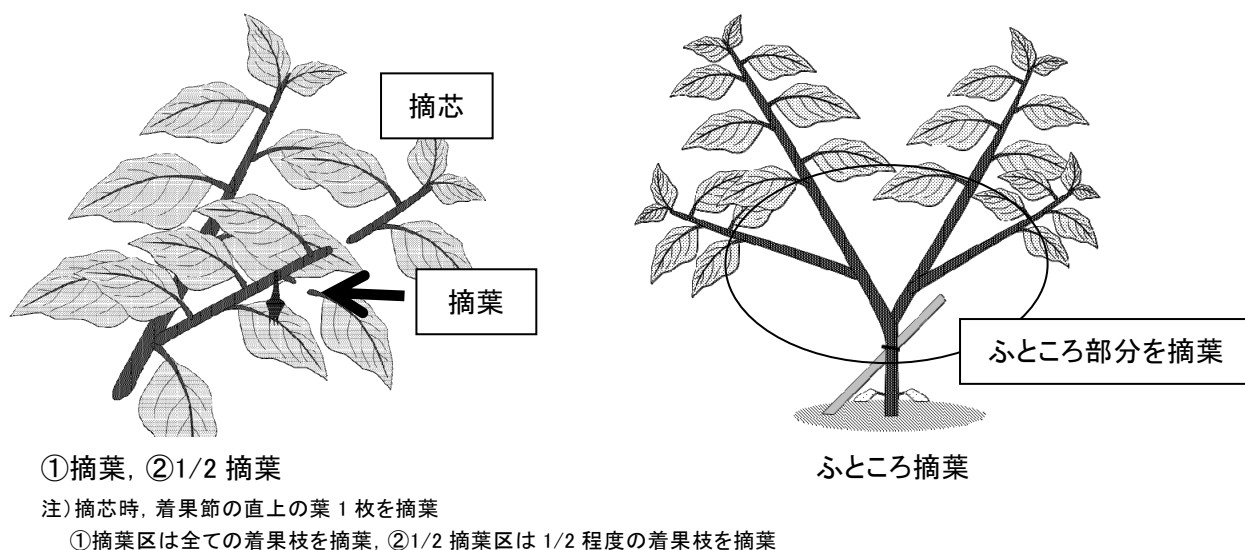
⑥虫害果

第5図 調査方法(果実の分類)

試験2. 摘葉程度と果実の収量・品質

2015年1月14日に台木‘トナシム’（タキイ種苗）、2月10日に穂木‘湯浅なす’（当场採種系統）を播種し、3月25日に割り接ぎ法で接ぎ木を行った。4月28日に畝幅200cm，株間150cm，1条植えで本圃に定植した。基肥には、有機配合肥料（6-4-5）20kg/a，有機石灰肥料5kg/aを施用した。追肥には、有機配合肥料（6-4-5）8kg/aを6月25日，化成肥料（14-17-13）8kg/aを，7月24日および8月18日の3回にわけて施用した。

試験区として、摘葉方法を①摘葉区（整枝，切り戻し，着果節の直上の葉1枚を摘葉），②1/2摘葉区（整枝，切り戻し，2果につき1枚摘葉），③ふところ摘葉区（整枝，切り戻し，主枝の分枝部から上50cmを摘葉），④無処理区（整枝，切り戻し無し，摘葉無し）の4つとした（第6図）。収量調査は6月22日から10月19日にかけて週2回行い，調査方法は試験1と同じとし，加工用果実に傷のある果実（障害果）を含めた。



第6図 摘葉方法

試験3. 接ぎ木栽培用の台木品種の選定

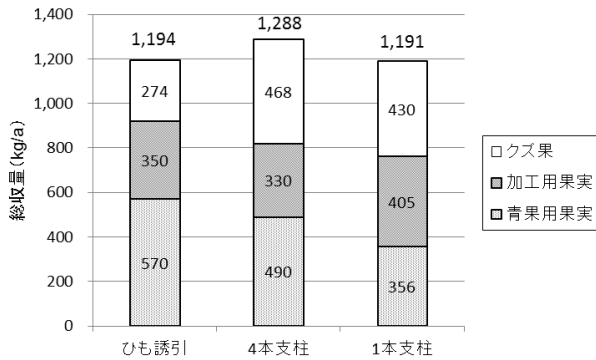
栽培管理は試験1と同じとし，整枝は吊り下げひも誘引，主枝4本仕立てとした。

試験区として，①トナシム区（‘トナシム’（タキイ種苗）を台木に用いて栽培），②トルバム区（‘トルバム・ビガー’（タキイ種苗）を台木に用いて栽培），③自根区（接ぎ木を行わない）の3つを設けた。調査方法は試験1と同じとした。

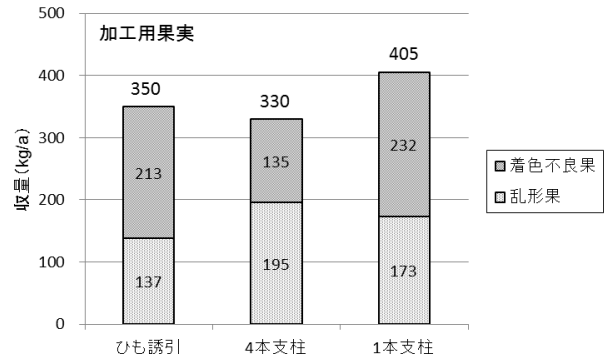
結果

試験1. 誘引方法と果実の収量・品質

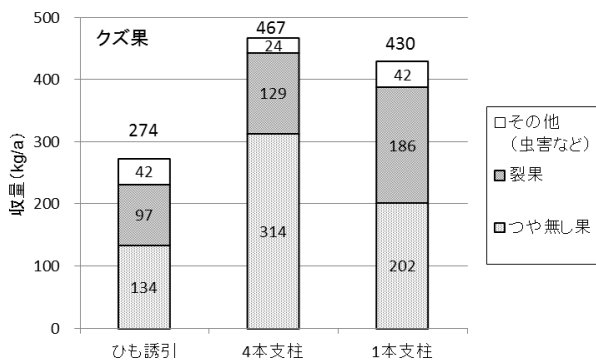
総収量は4本支柱区が最も多く，ひも誘引区，1本支柱区は同程度であり，青果用果実の収量は，ひも誘引区，4本支柱区，1本支柱区の順に多くなった（第7図）。ひも誘引区と1本支柱区では，果実への日射が少ないため，加工用果実のうち着色不良果が4本支柱区よりも多くなった（第8図）。4本支柱区では，クズ果のうちつや無し果が他の2区よりも多くなった（第9図）。



第7図 整枝方法が収量・品質に及ぼす影響



第8図 加工用果実の種類別割合

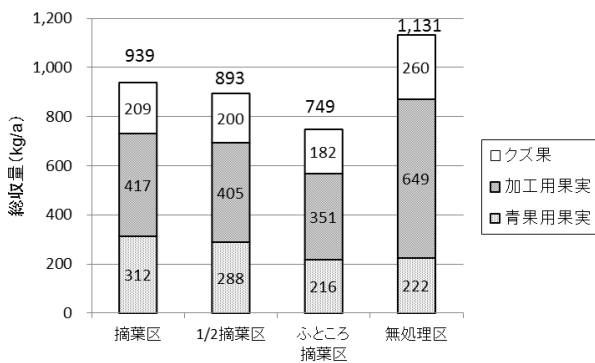


第9図 クズ果の種類別割合

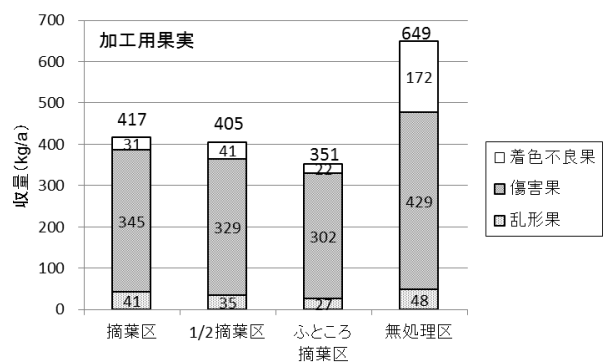
試験2. 摘葉程度と果実の収量・品質

総収量は無処理区が最も多く、摘葉区と1/2摘葉区が同等程度、ふところ摘葉区は最も少なかった。青果用果実の収量は、摘葉区と1/2摘葉区が同等程度で最も多く、次いでふところ摘葉区、無処理区の順であった(第10図)。

加工用果実の収量は無処理区が最も多く、摘葉区と1/2摘葉区が同等程度、ふところ摘葉区は最も少なかった。加工用果実の内訳では、いずれの処理区においても傷害果が最も多かった。傷害果の収量は、無処理区が最も多く、摘葉区と1/2摘葉区が同等程度、ふところ摘葉区はやや少なかった。着色不良果の収量は、無処理区が最も多く、摘葉区、1/2摘葉区、ふところ摘葉区の収量に明らかな差は見られなかった。乱形果の収量は、いずれの処理区においても明らかな差は見られなかった(第11図)。



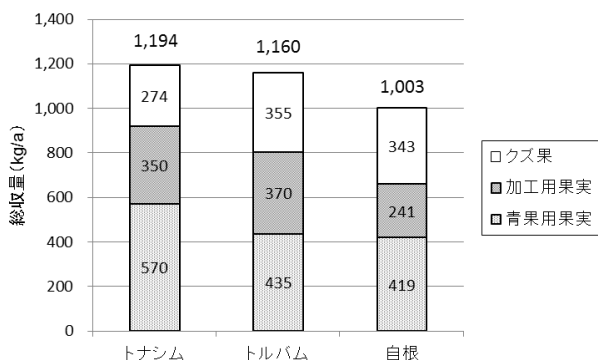
第10図 摘葉処理が収量・品質に及ぼす影響



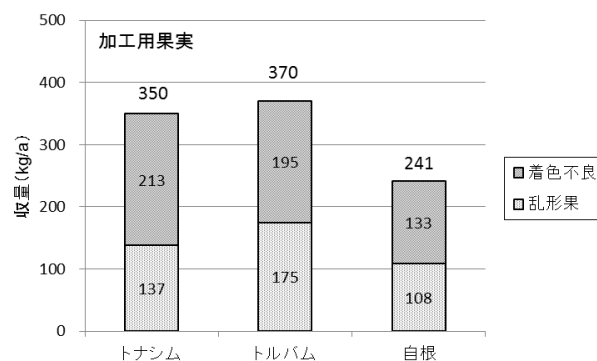
第11図 加工用果実の種類別割合

試験3. 接ぎ木栽培用の台木品種の選定

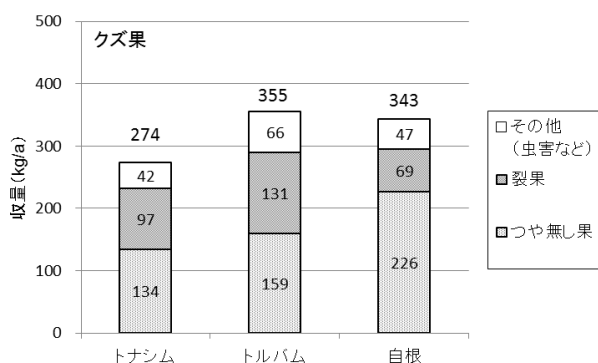
‘トナシム’，‘トルバム・ビガー’の両台木とも，接ぎ木の活着率は100%であった（データ省略）．青果用果実の収量はトナシム区で他の2区に比べて多くなった（第12図）．トナシム区，トルバム区では，加工用果実の要因のうち着色不良果が自根区よりも多くなった（第13図）．トナシム区，トルバム区ではクズ果のうち裂果が自根区よりも多く，つや無し果が少なくなった（第14図）．



第12図 台木の種類が収量・品質に及ぼす影響



第13図 加工用果実の種類別割合



第14図 クズ果の種類別割合

考 察

試験1において，‘湯浅なす’の青果販売用果実の生産に適した誘引方法を検討した結果，ひも誘引区が最も青果用果実の収量が多かった．4本支柱区では主枝の位置が低いため，草勢が低下しやすく，1本支柱区では茎葉が混みあうために受光条件が悪化したため着色不良果が，草勢の低下によるつや無し果が多く発生したと推察される．宮本（2000）は，露地栽培（夏秋ナス）の長期生産では，草勢の維持増進と作業性が大きな課題となり，その基本となるのが仕立て方であるとしている．湯浅なすの茎葉は一般のナスよりもやや大きく，果実も大きいことから，主枝の配置を適正に行い，草勢の維持とあわせて，収穫や防除作業など作業性の向上が見込まれる，ひも誘引が適していたと考えられる．

しかしながら，いずれの処理区においても着色不良果が多くみられた．‘湯浅なす’の特性としては，葉が大きいだけでなく，主枝や結果枝は横に展開し，果実が重いため茎葉は果実の上に重なりやすい．一般のナス栽培においても摘葉処理が行われているが，‘湯浅なす’の場合は，さらに果実への日照を増やすための摘葉処理が必要と考えられた．

長屋ら(2005)はナス‘とげなし紺美’で、冬期はうね内側に垂れた大葉を中心に摘葉し、春期は主枝あたりの摘葉枚数を1枚と弱めに摘葉することにより、寡日照下の日照を確保しながら、草性を維持し、収量の向上を図ることができるとしている。松野ら(2005)は露地夏秋栽培において、ナス‘千両2号’では摘葉の程度による可販化収量の差はなく、強い摘葉を行った処理(側枝切り戻し時に主枝葉を摘葉する強摘葉区)と、老化葉を2週間間隔で摘葉した区の収量は同程度であったとしている。これらのことから、ナスでは品種や栽培時期、栽培方法等の違いにより、摘葉程度を変える必要があると考えられた。試験2では、通常の栽培管理における整枝、誘引、摘葉を行ったうえで、全ての着果枝の果実に対して摘葉を行う摘葉区と、半分の着果枝の果実に対して摘葉を行う1/2摘葉区では、着色不良果実の減少により、青果用果実の収量が増加した。多くの葉を除去するふところ摘葉区では収量が低下した。これらのことから、‘湯浅なす’の摘葉程度は、幼果1果に対し0.5~1枚の除去が望ましいと考えられた。

湯浅町現地では‘湯浅なす’の連作が行われており、青枯病や半枯病、半身萎凋病等の土壌伝染性病害に抵抗性を持つ台木への接ぎ木が必要とされている。また、栽培期間が5~10月までと長いため、草性維持のためにも台木品種への接ぎ木が必要である。試験3における青果用果実の収量は、‘トナシム’および‘トルバム・ビガー’とも自根区より多くなり、青果用果実の収量は‘トナシム’で多くなった。‘トナシム’ではつや無し果の発生が少ないことから、長期にわたり草性を維持したと考えられる。‘トナシム’および‘トルバム・ビガー’は、いずれも青枯病、半枯病、半身萎凋病、サツマイモネコブ線虫に複合耐病虫性の台木である。‘トナシム’は茎や葉にトゲがないので、接ぎ木作業や台芽とりなどの栽培管理が容易であり、接ぎ木栽培時の草勢は‘トルバム・ビガー’の場合よりややおとなしく管理しやすいとされている(加屋, 2000)。これらのことから、‘湯浅なす’に用いる台木は、‘トナシム’が適していると考えられる。

また、これらの試験結果と生産者の意見をもとに、‘湯浅なす’の青果販売用果実生産に適した整枝・誘引マニュアルを作成した(和歌山県, 2016)。整枝・誘引マニュアルを活用することにより、効率的に青果販売用果実の生産が行えると考える。

戦後は野菜生産が全国的に画一化、大規模化の傾向であり、海外からの輸入や生産者の高齢化も影響して、地域特産野菜の生産が著しく減少している。和歌山県の伝統野菜の一つである‘湯浅なす’も同様に、一時は絶滅の手前まで減少した。現在、関係者の努力により、‘湯浅なす’は従来の金山寺味噌への利用だけでなく、大型量販店等において青果販売の取り組みが行われている。また、アイスクリームやジャムなどの新しい加工品も開発されている。2016年時点において、‘湯浅なす’の栽培に取り組む生産者は8名、面積は21aまで回復してきた。まだまだ予断を許さない状況ではあるが、このような伝統野菜は重要な地域の遺伝資源であると同時に、地方文化の継承である。現在、消費者の野菜に対するブランド志向の高まりから、地方特産野菜の消費が増加しつつある。現在の産地振興の一方向としては、地域の特色や伝統を生かした個性ある野菜生産が必要になってきている。今後も‘湯浅なす’のような、各地域に点在する地方在来品種や栽培技術を継承し、活用することが益々重要と考えられる。

摘 要

‘湯浅なす’の青果販売用果実の生産に適した整枝・誘引・摘葉方法および台木品種について検討した。

1. 高さ約1.5mに張った鉄管からひもで主枝を吊り下げ、主枝4本仕立てにすることにより、青

果用果実の収量が増加した。

2. 着果枝に着果した幼果1果あたり、0.5~1枚の摘葉処理を行うことにより、青果用果実の収量が増加し、着色不良果が減少した。
3. 台木品種‘トナシム’を用いることにより、青果用果実の収量が増加した。

本研究を実施するにあたり、‘湯浅なす’種子（湯浅地域在来系統）をご提供いただいた丸新本家株式会社の皆様、‘湯浅なす’の栽培方法についてご指導いただいた、三橋忠男氏をはじめとする生産者の皆様、有田振興局大山氏、‘湯浅なす’に関連する様々な情報をご提供いただいた湯浅なす推進研究会、湯浅町、湯浅町商工会、湯味会、湯浅なす勉強会、蒸っ子湯浅なす生産グループ、古由青果、イオンリテール株式会社の関係各位に厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 橋本和泉・小松秀雄・岡田昌久. 2011. 「高知ナス」新品種‘土佐鷹’の促成栽培(2) 主枝の摘葉方法および側枝の整枝法が収量・品質に及ぼす影響. 高知県農業技術センター研究報告. 20. 43-51.
- 加屋隆士. 2000. 台木と利用法. P. 基 215. 農業技術体系. 野菜編 5 (ナス・ピーマン・シシトウ・トウガラシ・カボチャ). 農文協. 東京
- 長屋浩治・恒川靖弘・矢部和則. 2005. 台木品種, マルチの種類及び摘葉方法が‘とげなし紺美’の促成栽培における収量と品質に及ぼす影響. 愛知県農業総合試験場研究報告. 37. 49-54.
- 西田 美沙子・重藤 祐司・内藤 雅浩. 2009. 山口県伝統野菜「田屋ナス」の大果安定生産技術. 山口県農業試験場研究報告. 57. 67-74.
- 松野篤・千野浩二・赤池一彦・五味亜矢子・加藤成二. 2005. 夏秋ナスの光合成産物の動態調査および仕立て・整枝法の改良. 山梨県総合農業試験場研究報告. 17. 1-8.
- 宮本重信. 2000. 仕立て方・整枝と生育. P. 基 261. 農業技術体系. 野菜編 5 (ナス・ピーマン・シシトウ・トウガラシ・カボチャ). 農文協. 東京
- 和歌山県. 2016. 湯浅なすの青果販売用果実生産に適した整枝・誘引マニュアル. <http://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070109/gaiyou/001/shikenkenkyuseika.html>. 和歌山県農業試験場

カンキツ黒点病に対する各種薬剤の防除効果

井沼 崇¹

和歌山県果樹試験場

Control Effect of Several Pesticides for Citrus Melanose

Takashi Inuma¹

Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒言

カンキツ黒点病は、ウンシュウミカン等カンキツの栽培で被害が問題となる重要病害である。発病すると果面に黒褐色の小斑点や、泥塊状の病斑が生じ、商品価値を損なう。病原菌は *Diaporthe citri* である。本菌は樹上の枯れた枝に柄子殻または子のう殻を形成し、有性または無性のいずれの胞子も発病に関与する（牛山, 1973）。有効な防除対策としては、伝染源である枯枝の除去と殺菌剤の散布が挙げられる。薬剤散布に際しては、感染・発病が始まる幼果期から収穫時期近くまで効果が持続するように行うことが必要であり、使用する薬剤の効果、特に残効性を把握しておくことが重要である。現在のところ、薬剤はマンゼブ水和剤またはマンネブ水和剤が使用され、5月下旬頃の1回目散布後は、1か月または積算降水量 200~250mm で次回散布を行うよう指導が行われている（和歌山県農林水産部, 2015）。しかし、マンゼブ水和剤は4回、マンネブ水和剤は2回と登録上の基準により使用回数に限られていることから、集中豪雨等により積算降水量が多くなった年次には散布回数が不十分となることも考えられる。このため、前記以外の薬剤についても防除対策に活用することができれば有用であるが、一定の効果が認められた上で登録された薬剤においても、耐雨性や複数種類の薬剤を組み合わせた防除体系における実用性についての知見は少ない。そこで、黒点病に対する各種薬剤による防除効果を比較検討したので報告する。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「豪雨条件下における温州ミカン黒点病の発生要因解明と防除対策」（平成 26~28 年度）による成果の一部である。

材料および方法

試験 1: 人工降雨処理による各種薬剤の耐雨性検討

1) ジチアノン水和剤, マンゼブ水和剤, マンネブ水和剤の処理

2015 年に、ジチアノン水和剤の 1000 倍, 1500 倍, マンゼブ水和剤の 400 倍, 600 倍, 800 倍, マンネブ水和剤の 600 倍について検討した（試験 1-1）。果実は施設内の‘宮川早生’（5 年生）から着色時期に

¹ 現在：和歌山県農林水産部農業生産局果樹園芸課農業環境・鳥獣害対策室

採取し、各薬液に浸漬して風乾後、人工降雨処理に供試した。同じ試験を3回行い、反復1は9月7日、反復2は10月5日、反復3は11月2日に採取した果実を用いた。ジチアノン水和剤に関しては、散布間隔が積算降水量300mmを超えた場合でも実用的な防除効果を示した事例があるなど（井沼，2014）、比較的長期間の残効が期待できることから、人工降雨の降水量は、0、100、200、300、400mmとした。

2) クレソキシムメチル水和剤、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤、ピリベンカルブ水和剤の処理

2015年に、クレソキシムメチル水和剤の2000倍、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤の2000倍、ピリベンカルブ水和剤の2000倍について検討した（試験1-2）。果実は施設内の‘宮川早生’（5年生）から着色時期に採取し、各薬液に浸漬して風乾後、人工降雨処理に供試した。同じ試験を2回行い、反復1は11月13日、反復2は11月16日に採取した果実を用いた。降水量は、0、40、80、120、160、200mmとした。

3) 人工降雨処理

地面から高さ165cmの位置にノズルを上向きに装着し（木本ら，2003）、塩ビパイプVP13で水道水を供給して降雨処理を行った。ノズルはスプレーイングシステムス製のフルコーンスプレーノズルFullJet B1/4HH-PVC14.5SQ（オリフィス呼び径3.9mm）を使用した。水圧を一定（0.05MPa）に保って高さ200cm前後まで水滴が吹き上がるようにして落下させ、降水強度が20mm/h程度になるようにした。降水量は雨量計を設置して把握した。

4) 病原菌接種

約 10^6 個/mlの孢子懸濁液100 μ lをしみ込ませた1cm \times 1cmの綿布を果実上に載せることにより接種を行った。供試した柄胞子は、オートクレーブ後のウンシュウミカン緑枝に菌を接種し、Mondal et al. (2007)の方法で形成させた。各処理あたり果実を3~5個用い、1果あたり4箇所に対して接種を行った。果実は5万倍クリスタルバイオレット添加1.5%素寒天を入れたプラスチックバットに果梗部を下にして並べ、全体をビニールで覆って28 $^{\circ}$ Cの恒温器に入れた。接種7~9日後に発病箇所の調査を行った。

試験2: ほ場における各種薬剤散布後の残効性検討

1) ジチアノン水和剤、マンゼブ水和剤の散布

2015年に検討を行った（試験2-1）。‘興津早生’（20年生）を用いて試験2-1-1、‘せとか’（6年生）を用いて試験2-1-2、‘林温州’（14年生）を用いて試験2-1-3を実施した。いずれも、ジチアノン水和剤（1000倍、1500倍）、マンゼブ水和剤（400倍、600倍）、無散布の5区とした。試験2-1-1は1区1樹4反復で、5月27日に薬剤を散布し、6月22日（24日後）、7月8日（40日後）、同21日（54日後）に1樹あたり50果（満たない場合は全果）の発病を調査して、発病度を算出した。試験2-1-2は1区1樹3反復で、5月27日に薬剤を散布し、6月22日（24日後）、7月8日（40日後）、同21日（54日後）に1樹あたり30果（満たない場合は全果）の発病を調査して、発病度を算出した。ただし、2016年12月時点では、中晩柑の‘せとか’に対してマンゼブ水和剤は400倍の登録はない。試験2-1-3は1区1樹3反復で、6月15日に薬剤を散布し、7月8日（23日後）、同21日（36日後）、8月24日（70日後）に1樹あたり50果（満たない場合は全果）の発病を調査して、発病度を算出した。なお、試験2-1-3では、そうか病の防除対策として、1回目散布の45日前の4月30日に、無散布区を含む全樹に対してジチアノン水和剤（1000倍）を散布した。

降水量は、場内設置の雨量計によって0.5mm単位で調査した（以下の試験においても同様）。

2) クレソキシムメチル水和剤, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤, ピリベンカルブ水和剤の散布

2016年に検討を行った(試験2-2)。「日南1号」(24年生)を用いて試験2-2-1、「林温州」(15年生)を用いて試験2-2-2を実施した。いずれも、クレソキシムメチル水和剤(2000倍)、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤(2000倍)、ピリベンカルブ水和剤(2000倍)、無散布の4区とした。試験2-2-1は1区1樹4反復で、5月20日に薬剤を散布し、同27日(7日後)、6月6日(17日後)、同14日(25日後)、同21日(32日後)、7月5日(46日後)に1樹あたり100果の発病を調査して、発病度を算出した。試験2-2-2は1区1樹3反復で、5月20日に薬剤を散布し、同27日(7日後)、6月8日(19日後)、同23日(34日後)、7月5日(46日後)に1樹あたり100果の発病を調査して(7月5日のみ50果)、発病度を算出した。

3) 調査基準

発病調査時の程度別の指数は、0:病斑がないもの、1:病斑が散見されるもの、3:病斑が果面の1/4以下に分布するもの、5:病斑が果面の1/4~1/2に分布するもの(涙斑の軽いものを含む)、7:病斑が果面の1/2以上に分布するもの(涙斑、泥塊を含む)とした。発病度は、式: $\Sigma(\text{程度別発病数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$ を用いて算出した。

試験3:展着剤加用の効果の検討

2014年に、「日南1号」(22年生)を用いて試験を実施した。1区1樹3反復とした。マンゼブ水和剤(600倍)に毎回パラフィン展着剤(1000倍)を加用して4回散布、マンゼブ水和剤(600倍)の4回散布の内、最終散布を除く3回についてパラフィン展着剤(1000倍)を加用して散布、マンゼブ水和剤(600倍)のみの4回散布、無散布の4区とした。散布は6月2日、同25日、7月28日、8月25日に行い、3回加用区では、8月25日以外の散布時に展着剤を加用した。10月14日に1樹あたり50果の発病を試験2と同じ基準で調査した。防除価は、式: $100 - \text{処理区の発病度} = \text{無処理区の発病度} \times 100$ で算出した。商品価値を損なう被害に相当する発病果の発生状況を示すため、指数3以上の発病果率も算出した(吉田ら, 2011)。

試験4:秋季における散布薬剤の効果の検討

2014年に、「興津早生」(19年生)を用いて試験を実施した。1区1樹3反復とした。クレソキシムメチル水和剤(2000倍)、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤(2000倍)、ピリベンカルブ水和剤(2000倍)、マンゼブ水和剤(400倍、600倍)、パラフィン展着剤(1000倍)を加用したマンゼブ水和剤(400倍、600倍)、無散布の8区とし、9月22日に散布を行った。無散布区を含む全樹に対し、8月までは殺菌剤および殺虫剤の散布を行った。すなわち、6月2日にマンゼブ水和剤(600倍)、アセタミプリド水溶剤(3000倍)、同23日にマンゼブ水和剤(600倍)、マシン油乳剤(200倍)、DMTP乳剤(1500倍)、7月18日と8月13日にマンゼブ水和剤(600倍)とした。

散布時の調査は9月25日に行った。感染と発病には適温の25℃前後でも2~3日程度要することから(本間・山田, 1970)、9月25日の時点での発病には同22日の散布の影響はほとんどないとみなし、調査結果は散布前の発病の程度を示しているものとした。効果判定のための調査は、10月30日に行った。いずれの調査も、1樹あたり50果について試験2と同じ基準で行った。また、発病果率、指数3以上の発病果率、発病度を算出した。

試験 5: ほ場における防除体系の実証

2016年に、‘興津早生’（21年生）を用いて試験を実施した。ジチアノン水和剤（1000倍）1回散布の後マンゼブ水和剤（600倍）を9月まで複数回散布（以下、①区）、ジチアノン水和剤（1500倍）1回散布の後マンゼブ水和剤（600倍）を9月まで複数回散布（②区）、マンゼブ水和剤（600倍）を複数回散布の後クレソキシムメチル水和剤（2000倍）1回散布（③区）、マンゼブ水和剤（600倍）のみを複数回散布（慣行、④区）、無散布の5区とした。③区のみ1区1樹2反復、その他の区は1区1樹3反復とした。①～④区では、1回目の散布を5月20日に行った後、1か月または積算降水量200～250mmで次回散布（和歌山県農林水産部、2015）を行うとともに、各薬剤の登録上の使用回数に従って散布を行った。その結果、2回目以降の散布日は4回散布の場合は6月27日、7月25日、8月26日、5回散布の場合は6月27日、7月25日、8月26日、9月16日となった。発病の調査は、7月21日、8月12日、9月18日、10月6日、11月7日に1樹あたり50果（満たない場合は全果）について、試験2と同じ基準で行った。また、発病果率、指数3以上の発病果率、発病度を算出した。

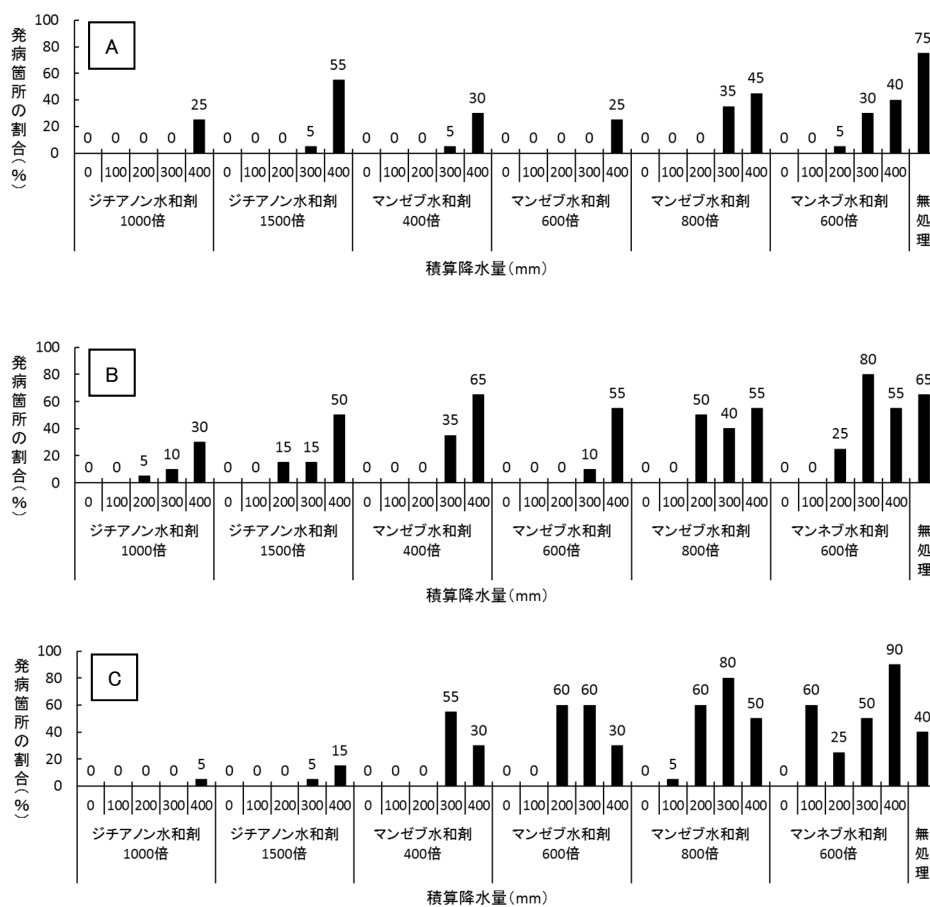
結果

試験 1: 人工降雨処理による各種薬剤の耐雨性検討

1) ジチアノン水和剤, マンゼブ水和剤, マンネブ水和剤について

試験 1-1 の反復 1 において（第 1 図 A），ジチアノン水和剤の 1000 倍は積算降水量 400mm 以上，1500 倍は 300mm 以上，マンゼブ水和剤の 400 倍と 800 倍は 300mm 以上，600 倍は 400mm 以上，マンネブ水和剤の 600 倍は 200mm 以上で発病がみられた。反復 2 では（第 1 図 B），ジチアノン水和剤の 1000 倍と 1500 倍は 200mm 以上，マンゼブ水和剤の 400 倍と 600 倍は 300mm 以上，800 倍は 200mm 以上，マンネブ水和剤の 600 倍は 200mm 以上で発病がみられた。反復 3 では（第 1 図 C），ジチアノン水和剤の 1000 倍は 400mm 以上，1500 倍は 300mm 以上，マンゼブ水和剤の 400 倍は 300mm 以上，600 倍は 200mm 以上，800 倍は 100mm 以上，マンネブ水和剤の 600 倍は 100mm 以上で発病がみられた。無処理の発病箇所割合は、反復 1 が 75.0%，反復 2 が 65.0%，反復 3 が 40.0%であった（第 1 図）。

ジチアノン水和剤についての結果は、いずれの希釈倍数においても3回の反復間で異なった。また、マンゼブ水和剤の600倍の結果を挙げると、発病した降水量が、反復1は400mm以上、反復2は300mm以上、反復3は200mm以上となった。一方、マンゼブ水和剤の400倍は、反復1～3のいずれにおいても300mm以上での発病となった。発病の有無について反復間で結果が異なったことから、ジチアノン水和剤散布後の追加散布時期として最適な降水量の数値を確定することは困難であったが、1000倍と1500倍のいずれも、慣行剤と同等か上回る降水量まで発病がなかった。



第1図 ジチアノン, マンゼブ, マンネブの各水和剤の耐雨性(試験1-1, 2015年)

A: 反復1(9月7日採取果実を供試)

B: 反復2(10月5日採取果実を供試)

C: 反復3(11月2日採取果実を供試)

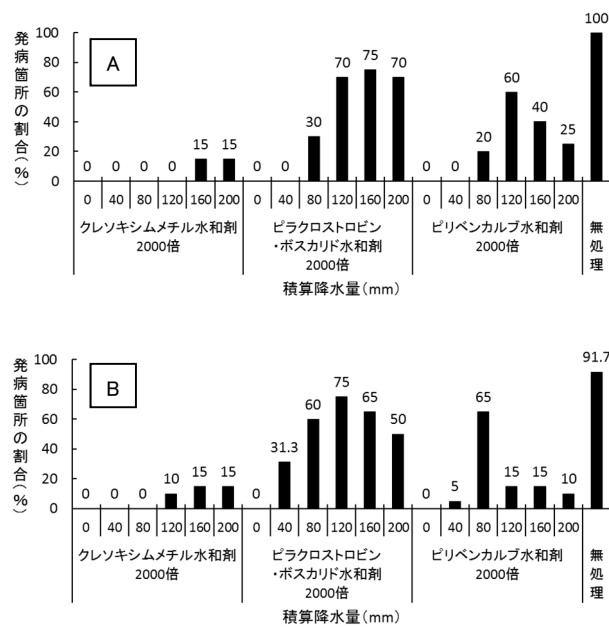
・薬剤を処理したカンキツ果実に対し人工降雨処理を実施

・所定の降水量毎に黒点病菌を接種(各処理4~5果, 4箇所/果)

2) クレソキシムメチル水和剤, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤, ピリベンカルブ水和剤について

試験1-2の反復1において(第2図A), クレソキシムメチル水和剤は積算降水量160mm以上, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤とピリベンカルブ水和剤は80mm以上で発病がみられた. 反復2では(第2図B), クレソキシムメチル水和剤は120mm以上, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤とピリベンカルブ水和剤は40mm以上で発病がみられた. 無処理の発病箇所の割合は, 反復1が100%, 反復2が91.7%であった(第2図).

いずれの薬剤においても, 発病した降水量が2回の反復間で異なったが, ピラクロストロビン・ボスカリドおよびピリベンカルブの両水和剤は, 両反復においてクレソキシムメチル水和剤より少ない降水量で発病した. 本結果により, これらの薬剤散布後の追加散布時期として降水量の数値を確定することは困難であったが, クレソキシムメチル水和剤の耐雨性が最も高いと思われた. また, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤とピリベンカルブ水和剤の差は小さかった.



第2図 クレソキシメチル、ピラクロストロピン・ボスカリド、ピリベンカルブの各水和剤の耐雨性(試験1-2, 2015年)

A: 反復1(11月13日採取果実を供試)

B: 反復2(11月16日採取果実を供試)

・薬剤を処理したカンキツ果実に対し人工降雨処理を実施

・所定の降水量毎に黒点病菌を接種(各処理4~5果, 4箇所/果, 反復2の無処理のみ3果)

試験2: ほ場における各種薬剤散布後の残効性検討

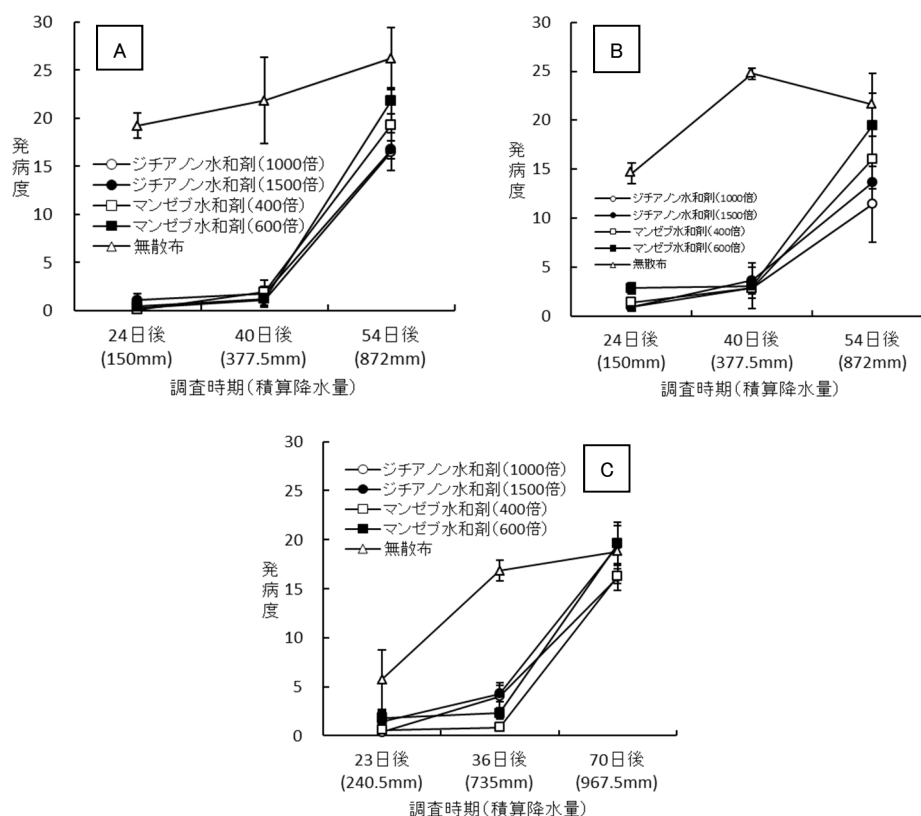
1) ジチアノン水和剤, マンゼブ水和剤について

試験2-1-1によると(第3図A), いずれの散布区においても, 24日後(150mm), 40日後(377.5mm)の発病は少なかった. 54日後(872mm)には発病が増加しており, 発病度が高い方から, マンゼブ水和剤(600倍), マンゼブ水和剤(400倍), ジチアノン水和剤(1000倍, 1500倍)の順であった. ジチアノン水和剤は希釈倍数による差がほとんどみられなかった. いずれの散布区においても, 40日後まで効果が持続していたと思われた.

試験2-1-2によると(第3図B), いずれの散布区においても, 24日後(150mm), 40日後(377.5mm)の発病は少なかった. 54日後(872mm)には発病が増加しており, 発病度が高い方から, マンゼブ水和剤(600倍), マンゼブ水和剤(400倍), ジチアノン水和剤(1500倍), ジチアノン水和剤(1000倍)の順であった. いずれの散布区においても, 40日後まで効果が持続していたと思われた.

試験2-1-3の散布区の発病は, 23日後(240.5mm)は少なく, 36日後(735mm)も少なかったが, 散布区間で差がみられ, 発病度が高い方から, ジチアノン水和剤(1000倍, 1500倍), マンゼブ水和剤(600倍), マンゼブ水和剤(400倍)の順であった(第3図C). ジチアノン水和剤は希釈倍数による差がほとんどみられなかった. 70日後(967.5mm)には無散布区と同程度の発病となり, 発病度が高い方から, マンゼブ水和剤(600倍), ジチアノン水和剤(1500倍), マンゼブ水和剤(400倍), ジチアノン水和剤(1000倍)の順であった. いずれの散布区においても, 36日後まで効果が持続していたと思われた.

無散布区の発病は, 試験2-1-1および2-1-2では, 24日後の時点で多かった(第3図A, B). 試験2-1-3では, 23日後の時点でやや多く, さらに36日後から増加した(第3図C). 以上より, ジチアノン水和剤は1000倍, 1500倍のいずれにおいても, 36~40日後まで効果が持続していたと考えられた.



第3図 ジチアノン、マンゼブの各水和剤散布後のカンキツ樹上果実における黒点病発病の推移(試験2-1, 2015年)

A: 試験2-1-1(20年生の'興津早生'を各処理4樹供試, 5月27日に散布, 6月22日, 7月8, 21日に調査)

B: 試験2-1-2(6年生の'せとか'を各処理3樹供試, 5月27日に散布, 6月22日, 7月8, 21日に調査)

C: 試験2-1-3(14年生の'林温州'を各処理3樹供試, 6月15日に散布, 7月8, 21日, 8月24日に調査)

・図中には調査時期として散布後の経過日数と積算降水量を表示

・1樹あたり50果(満たない場合は全果)または30果(満たない場合は全果)を調査

・程度別の指数は, 0: 病斑がないもの, 1: 病斑が散見されるもの, 3: 病斑が果面の1/4以下に分布するもの,

5: 病斑が果面の1/4~1/2に分布するもの(涙斑の軽いものを含む),

7: 病斑が果面の1/2以上に分布するもの(涙斑, 泥塊を含む), とした

・発病度は式: $\sum(\text{程度別発病果数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$ で算出

・エラーバーは標準誤差

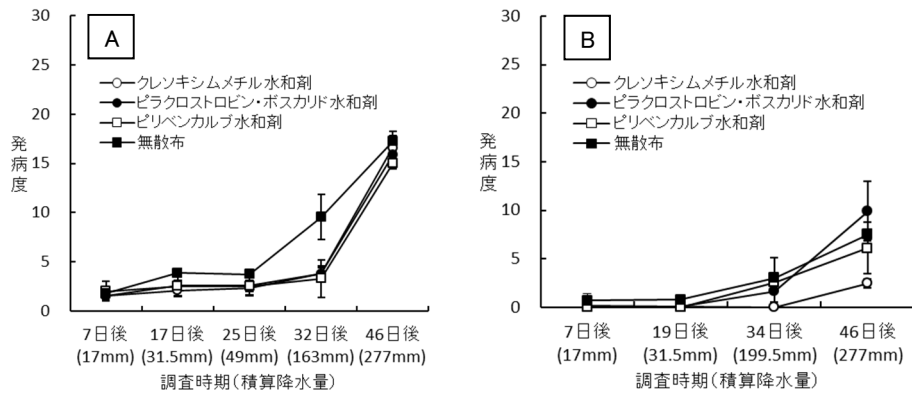
2) クレソキシムメチル水和剤, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤, ピリベンカルブ水和剤について

試験2-2-1の散布区の発病度は, 32日後(163mm)までは低く, 46日後(277mm)には15.0~16.6と高くなった(第4図A). いずれの散布区においても, 32日後まで効果が持続していたと思われる。

試験2-2-2の散布区の発病度は, 34日後(49mm)まで低かった。クレソキシムメチル水和剤のみ34日後も0であった。46日後(277mm)には, 2.5であったクレソキシムメチル水和剤を除き, 6.1~9.9と高くなった(第4図B). いずれの散布区においても, 34日後までおおむね効果が持続していたと思われる。

試験2-2-1の無散布区の発病は25日後までは比較的少なく推移し, 32日後から増加した(第4図A).

試験2-2-2の無散布区の発病は19日後まで少なく推移し, 34日後から増加傾向となったが, 46日後においても発病度は7.5と, 発病は少なかった(第4図B).



第4図 クレソキシムメチル、ピラクロストロビン・ボスカリド、ピリベンカルブの各水和剤散布後のカンキツ樹上果実における黒点病発病の推移(試験2-2, 2016年)

- A: 試験2-2-1(24年生の‘日南1号’を各処理4樹供試, 5月20日に散布, 5月27日, 6月6, 14, 21日, 7月5日に調査)
- B: 試験2-2-2(15年生の‘林温州’を各処理3樹供試, 5月20日に散布, 5月27日, 6月8, 23日, 7月5日に調査)
- ・図中には調査時期として散布後の経過日数と積算降水量を表示
- ・1樹あたり100果を調査(試験2-2-1の7月5日のみ50果)
- ・程度別の指数は, 0:病斑がないもの, 1:病斑が散見されるもの, 3:病斑が果面の1/4以下に分布するもの, 5:病斑が果面の1/4~1/2に分布するもの(涙斑の軽いものを含む), 7:病斑が果面の1/2以上に分布するもの(涙斑, 泥塊を含む), とした
- ・発病度は式: $\sum(\text{程度別発病果数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$ で算出
- ・エラーバーは標準誤差

試験3:展着剤加用の効果の検討

マンゼブ水和剤4回散布にパラフィン展着剤を4回とも加用した区の発病果率は96.0%, 指数3以上の発病果率は2.7%, 発病度は14.5(防除価81.6), 3回目まで加用した区は98.7%, 4.7%, 15.4(80.4), マンゼブ水和剤単用区は98.0%, 6.7%, 16.3(79.3), 無散布区は100%, 100%, 78.9であった(第1表). 4回加用区の発病の程度が無散布区と比較してやや軽微な傾向であったが, 散布区間の差は小さかった.

第1表 パラフィン展着剤加用マンゼブ水和剤散布^{z)}によるカンキツ黒点病の防除効果(試験3)^{y)}

試験区	調査果数	程度別発病果数 ^{x)}					発病果率(%)	指数3 ^{y)} 以上の発病果率(%)	発病度 ^{w)}	防除価 ^{v)}
		0	1	3	5	7				
マンゼブ水和剤(600倍)4回 +パラフィン展着剤(1000倍)4回	50	4	45	1	0	0	92.0	2.0	13.7	
	50	2	46	2	0	0	96.0	4.0	14.9	
	50	0	49	1	0	0	100	2.0	14.9	
	150	6	140	4	0	0	96.0	2.7	14.5	81.6
マンゼブ水和剤(600倍)4回 +パラフィン展着剤(1000倍)3回 ^{u)}	50	0	48	2	0	0	100	4.0	15.4	
	50	2	45	3	0	0	96.0	6.0	15.4	
	50	0	48	2	0	0	100	4.0	15.4	
	150	2	141	7	0	0	98.7	4.7	15.4	80.4
マンゼブ水和剤(600倍)4回	50	3	44	2	1	0	94.0	6.0	15.7	
	50	0	47	3	0	0	100	6.0	16.0	
	50	0	46	3	1	0	100	8.0	17.1	
	150	3	137	8	2	0	98.0	6.7	16.3	79.3
無散布	50	0	0	13	17	20	100	100	75.4	
	50	0	0	10	22	18	100	100	76.0	
	50	0	0	4	18	28	100	100	85.1	
	150	0	0	27	57	66	100	100	78.9	

z) 散布日: 2014年6月2日, 6月25日, 7月28日, 8月25日

y) 調査日: 10月14日

試験期間中の降水量: 1154.5mm(6月2日~10月14日)

x) 指数0: 病斑がないもの, 1: 病斑が散見されるもの, 3: 病斑が果面の1/4以下に分布するもの,

5: 病斑が果面の1/4~1/2に分布するもの(涙斑の軽いものを含む), 7: 病斑が果面の1/2以上に分布するもの(涙斑, 泥塊を含む)

w) 発病度 = $\sum(\text{程度別発病果数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$

v) 防除価 = $100 - \text{処理区の発病度} / \text{無処理区の発病度} \times 100$

u) 8月25日以外の散布の際に加用

試験4: 秋季における散布薬剤の効果の検討

散布時調査を行った9月25日の全区において、発病果率は0~8.0%、指数3以上の発病果率は0%、発病度は0~1.1と、わずかな発病であった(第2表)。無散布区ではその後に発病が著しく増加し、10月30日の調査では、発病果率は78.0%、指数3以上の発病果率は20.7%、発病度は18.0であった。本試験における黒点病の発生条件は、発病度から「中」と判断された(農林水産省生産局植物防疫課, 2001)。

10月30日の各散布区の発病度は、クレソキシムメチル水和剤は7.5、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤は4.0、ピリベンカルブ水和剤は3.7、マンゼブ水和剤(400倍)は5.5、マンゼブ水和剤(600倍)は10.9、パラフィン展着剤加用マンゼブ水和剤(400倍)は5.9、パラフィン展着剤加用マンゼブ水和剤(600倍)は7.0と、いずれの処理も効果が高かった。600倍のマンゼブ水和剤を散布した場合の発病が他の薬剤と比較してやや多い結果となったが、これは、散布前の時点で一部の供試樹において既に発病が多い傾向であったことが影響したと考えられた。指数3以上の発病果率で評価を行うと、いずれの散布区においても、出荷できない果実は無散布区と比較して著しく少なかった。

パラフィン展着剤について加用区と単用区で比較した場合は、発病の差が小さかった。

第2表 秋季²⁾に散布した各種薬剤によるカンキツ黒点病の防除効果(試験4)^{y)}

試験区	9月25日(散布時)				10月30日			
	調査果数	発病果率(%)	指数3 ³⁾ 以上の発病果率(%)	発病度 ^{w)}	調査果数	発病果率(%)	指数3 ³⁾ 以上の発病果率(%)	発病度 ^{w)}
クレソキシムメチル水和剤(2000倍)	50	0	0	0	50	42.0	4.0	7.1
	50	0	0	0	50	84.0	0	12.0
	50	0	0	0	50	24.0	0	3.4
	150	0	0	0	150	50.0	1.3	7.5
ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤(2000倍)	50	0	0	0	50	34.0	2.0	5.4
	50	2.0	0	0.3	50	14.0	0	2.0
	50	0	0	0	50	28.0	2.0	4.6
	150	0.7	0	0.1	150	25.3	1.3	4.0
ピリベンカルブ水和剤(2000倍)	50	6.0	0	0.9	50	32.0	2.0	5.1
	50	0	0	0	50	24.0	2.0	4.0
	50	0	0	0	50	14.0	0	2.0
	150	2.0	0	0.3	150	23.3	1.3	3.7
マンゼブ水和剤(400倍)	50	0	0	0	50	42.0	0	6.0
	50	2.0	0	0.3	50	40.0	2.0	6.3
	50	0	0	0	50	30.0	0	4.3
	150	0.7	0	0.1	150	37.3	0.7	5.5
マンゼブ水和剤(600倍)	50	2.0	0	0.3	50	70.0	6.0	11.7
	50	8.0	0	1.1	50	40.0	6.0	7.4
	50	14.0	0	2.0	50	74.0	10.0	13.4
	150	8.0	0	1.1	150	61.3	7.3	10.9
マンゼブ水和剤(400倍) +パラフィン展着剤(1000倍)	50	2.0	0	0.3	50	24.0	0	3.4
	50	0	0	0	50	68.0	6.0	11.4
	50	4.0	0	0.6	50	20.0	0	2.9
	150	2.0	0	0.3	150	37.3	2.0	5.9
マンゼブ水和剤(600倍) +パラフィン展着剤(1000倍)	50	4.0	0	0.6	50	32.0	0	4.6
	50	4.0	0	0.6	50	40.0	8.0	8.0
	50	2.0	0	0.3	50	50.0	4.0	8.3
	150	3.3	0	0.5	150	40.7	4.0	7.0
無散布 ※8月までは散布 ²⁾	50	2.0	0	0.3	50	66.0	10.0	12.9
	50	8.0	0	1.1	50	90.0	30.0	23.1
	50	12.0	0	1.7	50	78.0	22.0	18.0
	150	7.3	0	1.0	150	78.0	20.7	18.0

2) 散布日: 2014年9月22日

8月までの散布体系: マンゼブ水和剤(600倍)+アセタミプリド水溶剤(3000倍) 6月2日
マンゼブ水和剤(600倍)+マシン油乳剤(200倍)+DMTP乳剤(1500倍) 6月23日
マンゼブ水和剤(600倍) 7月18日
マンゼブ水和剤(600倍) 8月13日

y) 調査日: 9月25日, 10月30日

試験期間中の降水量: 784.5mm(6月2日~8月12日), 192.0mm(8月13日~9月21日), 200.5mm(9月22日~10月30日)

x) 指数0: 病斑がないもの, 1: 病斑が散見されるもの, 3: 病斑が果面の1/4以下に分布するもの,

5: 病斑が果面の1/4~1/2に分布するもの(涙斑の軽いものを含む), 7: 病斑が果面の1/2以上に分布するもの(涙斑, 泥塊を含む)

w) 発病度 = $\sum(\text{程度別発病果数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$

試験5: ほ場における防除体系の実証

2016年の7～8月の降水量は平年と比べて少ない傾向で推移し、7月25日から8月26日までの間の降水量は7.5mm（降雨日数3日）と少なかった。一方、9月16日から10月6日の間は267.5mmと多く（第3表）、特に9月16～20日の降水量は188.0mmであった。マンゼブ水和剤の散布回数は4回となり、①～③区は計5回、④区は計4回の散布となった（第3表）。

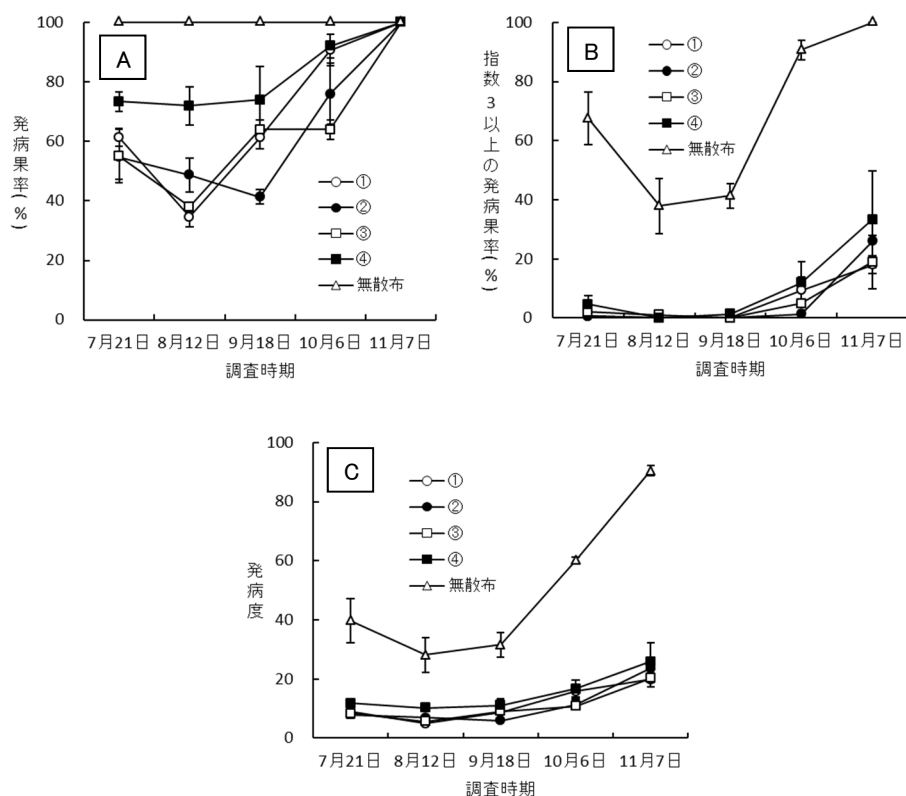
第3表 カンキツ黒点病の体系防除試験における薬剤散布月日、調査月日および期間中の降水量（試験5、2016年）

試験区	薬剤散布月日、調査月日 ²⁾ および降水量(mm)						
	5月20日	6月27日	7月25日	8月26日	9月16日	10月6日	11月7日
① ジチアノン水和剤(1000倍)1回 マンゼブ水和剤(600倍)4回 (計5回)	ジチアノン 213.0	マンゼブ 128.5	マンゼブ 128.5	マンゼブ 7.5	マンゼブ 161.0	マンゼブ 267.5	121.0
② ジチアノン水和剤(1500倍)1回 マンゼブ水和剤(600倍)4回 (計5回)	ジチアノン 213.0	マンゼブ 128.5	マンゼブ 128.5	マンゼブ 7.5	マンゼブ 161.0	マンゼブ 267.5	121.0
③ マンゼブ水和剤(600倍)4回 クレソキシムメチル水和剤(2000倍)1回 (計5回)	マンゼブ 213.0	マンゼブ 128.5	マンゼブ 128.5	マンゼブ 7.5	マンゼブ 161.0	クレソキシムメチル 267.5	調査 121.0
④ マンゼブ水和剤(600倍)4回 (計4回)	マンゼブ 213.0	マンゼブ 128.5	マンゼブ 128.5	マンゼブ 7.5	マンゼブ 428.5		121.0
無散布				77.5			121.0

2) この他、7月21日、8月12日、9月18日にも調査を行った

無散布区の発病果率は、7月21日の時点で100%であった（第5図A）。指数3以上の発病果率は、7月21日に67.5%、8月12日に37.9%、9月18日に41.3%、10月6日に90.7%、11月7日に100%であった（第5図B）。発病度は、7月21日に39.8、8月12日に28.2、9月18日に31.6、10月6日に60.2、11月7日に90.5であり（第5図C）、本試験における黒点病の発生条件は「甚」と判断された（農林水産省生産局植物防疫課、2001）。

7月21日から9月18日までの発病果率は④区が最も高く、各区における樹間のばらつきもあったが、①～④のいずれの散布区も9月18日まで増加傾向はなかった。9月18日から10月6日の間に、9月にクレソキシムメチル水和剤を散布した③区を除いて発病果率が高まった。11月17日には、①～④の全散布区で100%となった（第5図A）。①～④区における最終散布日である9月16日から11月7日までの降水量が388.5mmであり、薬剤の効果が低下したところに感染が拡大した可能性があった。指数3以上の発病果率で比較すると、9月16日から11月7日の間にいずれの散布区でも高まる中、①、④区の増加が比較的緩やかであった（第5図B）。発病度では、①～④区間の差は小さかった（第5図C）。



第5図 ジチアノン水和剤、クレソキシムメチル水和剤を組み入れた体系防除試験におけるカンキツ黒点病発病の推移(試験5, 2016年)

A: 発病果率, B: 指数3以上の発病果率, C: 発病度

- ①: ジチアノン水和剤(1000倍)1回, マンゼブ水和剤(600倍)4回, ②: ジチアノン水和剤(1500倍)1回, マンゼブ水和剤(600倍)4回,
- ③: マンゼブ水和剤(600倍)4回, クレソキシムメチル水和剤(2000倍)1回, ④: マンゼブ水和剤(600倍)4回
- 各処理3樹(③区のみ2樹), 1樹あたり50果(満たない場合は全果)を調査
- 薬剤散布時期および期間中の降水量は第3表として掲載
- 程度別の指数は, 0: 病斑がないもの, 1: 病斑が散見されるもの, 3: 病斑が果面の1/4以下に分布するもの,
- 5: 病斑が果面の1/4~1/2に分布するもの(涙斑の軽いものを含む),
- 7: 病斑が果面の1/2以上に分布するもの(涙斑, 泥塊を含む), とした
- 発病度は式: $\sum(\text{程度別発病果数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$ で算出
- エラーバーは標準誤差

考察

カンキツ黒点病の防除対策において薬剤散布は重要な位置を占めているが, その効果を十分に発揮させるためには, 使用する薬剤の特性を把握しておく必要がある. 現在のところ主に使用されているのはマンゼブ水和剤またはマンネブ水和剤であり, これらの薬剤の効果に関しては多数の知見が蓄積されていることから(井上・芹沢, 1987; 田代ら, 2003; 山本, 1991), 和歌山県では追加散布時期の目安を示している(和歌山県農林水産部, 2015). マンゼブ水和剤に関しては, 成分中のマンガンを指標として果実上の付着量を簡易に推定する技術も開発されている(庄司・田代, 2014). しかしながら, これら以外の薬剤についての知見は非常に少ないため, 本研究で実用性の検討を実施した.

試験1では, マンゼブ水和剤, マンネブ水和剤以外の薬剤として, 黒点病に登録のあるジチアノン水和剤, クレソキシムメチル水和剤, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤, ピリベンカルブ水和剤の耐雨性を人工降雨処理後の病原菌接種により検討した. 試験1-1の結果から, 耐雨性はマンゼブ水和剤

の400倍がやや高く、続いてジチアノン水和剤の1000倍、マンゼブ水和剤の600倍、ジチアノン水和剤の1500倍の順で、これらと比較してマンゼブ水和剤の800倍とマンネブ水和剤の600倍はやや低いという傾向はみられたが、反復間でばらつきが大きく、特に上位4処理の間の差は評価が困難であった。このため、ジチアノン水和剤散布後の追加散布時期の降水量を示すことはできなかった。しかし、ジチアノン水和剤は1000倍と1500倍のいずれも、慣行剤と同等か上回る降水量まで発病がなかったことから、慣行基準の積算降水量200~250mmが適用できる可能性が示唆された。

クレソキシムメチル、ピラクロストロビン・ボスカリド、ピリベンカルブの各水和剤については、40mm刻みで200mmまで検討した。いずれの薬剤においても、発病した降水量が2回の反復で異なったが、クレソキシムメチル水和剤はピラクロストロビン・ボスカリド、ピリベンカルブの両水和剤と比較して耐雨性が高い可能性が示唆された。

以上の試験でみられた効果の差について、ほ場での再現性も検証する必要があったことから、試験2を実施した。すなわち、幼果期に各薬剤を1回散布し、その後の発病状況を定期的に観察して、発病が抑制された状態で推移する期間を検討した。ジチアノン水和剤の場合、1000倍、1500倍ともに40日後でも防除効果が維持され、1か月間の残効は期待できると考えられた。また、40日後の時点での積算降水量は250mmより100mm以上多かった。ジチアノン水和剤はマンゼブ水和剤やマンネブ水和剤と同じく保護殺菌剤に分類されるが、このような薬剤は散布されて葉に付着した分も降雨時に流出しながら効果を示す(山田ら, 1966)。このことを考慮すると、実際のほ場では、人工降雨試験の結果を超える降水量まで残効が維持されることが多いと考えられた。また、病原菌の感染には一定の濡れ時間が必要となるが(本間・山田, 1970; 倉本・山田, 1975)、感染に好適な状態がほ場の樹冠内で常に維持されるわけではなく、高濃度の菌液を人工的に接種するような試験時よりも、果実に付着する菌量が少ない条件となることも想定されるので、発病が少なくなり得る。これらの知見も踏まえると、ジチアノン水和剤散布後の次の薬剤散布時期は、1000倍、1500倍のいずれにおいても、慣行と同じく前回散布後1か月または積算降水量200~250mmと設定して問題がないと思われた。

黒点病は、条件によっては11月上旬まで発病する可能性も指摘されている(佐々木, 1965; 山本, 1991)。一方、マンゼブ水和剤やマンネブ水和剤は登録上、収穫前日数が比較的長く設定されていることから、収穫時期近くの追加散布は困難であり、秋季に多雨条件となった年には対応に苦慮することがある。この場合に使用可能な薬剤の候補として、クレソキシムメチル、ピラクロストロビン・ボスカリド、ピリベンカルブの各水和剤が挙げられる。試験2-2の結果によると、クレソキシムメチル水和剤の効果がピラクロストロビン・ボスカリド水和剤およびピリベンカルブ水和剤と比較して高い傾向であったが、いずれの薬剤でも約30日後まで発病が増加せず、実用上問題となるような効果の差は認められなかった。これらの薬剤は保護殺菌剤ではないが、前述のように、ほ場試験では接種条件下よりも発病が少ない条件となった可能性が考えられた。このため、収穫予定まで残り1か月に満たないような時期に追加的に使用する場合には実用的な防除効果が期待できると思われた。

固着剤に分類されるパラフィン展着剤を殺菌剤の銅水和剤および有機銅水和剤に加用すると果樹病害の防除効果が向上するとの報告(田代, 2009)や、マンゼブ水和剤にパラフィン展着剤を加用すると付着薬液重量が単用と比較して多くなるとの報告(田代, 2009)があった。本研究では、試験3において、マンゼブ水和剤の4回散布に毎回パラフィン展着剤を加用すると単用と比較して発病の程度がやや軽くなる傾向があったものの、マンゼブ水和剤単用でも十分な防除効果を示したことから、実用上の明確な

差は認められなかった。

試験4では、収穫時期近くの秋季に散布を行った場合の各種薬剤の防除効果を検討した。クレソキシムメチル、ピラクロストロビン・ボスカリド、ピリベンカルブの各水和剤を散布した場合は、いずれもマンゼブ水和剤（400倍）を散布した場合とおおむね同程度の発病であった。また、これら3剤の間に明確な差はなかった。これらの結果と前述の試験2-2の結果を考慮すると、いずれも秋季の散布薬剤として有効であると思われた。さらに、マンゼブ水和剤にパラフィン展着剤を加用した場合の効果も検討したが、単用とほぼ同等の発病程度で、秋季の散布時の加用による効果向上は認められなかった。

試験5では、マンゼブ水和剤に加えてジチアノン水和剤またはクレソキシムメチル水和剤を組み入れた防除体系の実用性を検討した。まず、1回目の散布にジチアノン水和剤を使用し、以後は1か月または積算降水量200～250mmで散布という基準で試験を実施した。ジチアノン水和剤はそうか病の防除対策として4～6月頃に使用することがある一方、夏季高温時の散布やマシン油乳剤との近接散布で果皮への薬害発生の可能性が指摘されている（田代・増井，2014）。このような実情を考慮し、1回目の散布に使用することとした。1回目にジチアノン水和剤を使用したことにより、マンゼブ水和剤の4回と併せて計5回の散布をすることができた。また、クレソキシムメチル水和剤はマンゼブ水和剤の4回散布後に散布した。2016年は9月に雨が多く（344.5mm、2006～2015年の平均212.6mm）、甚発生条件下の試験となったが、マンゼブ水和剤のみの4回散布でもおおむね十分な防除効果が示された。このため、4回散布と5回散布の発病の差は明確ではなかったが、秋季の発病の増加が緩やかとなり、商品価値を失う程度の被害（指数3以上の発病）が減少する事例もあった。また、計4回散布後の9月の時点で比較すると、ジチアノン水和剤1回とマンゼブ水和剤3回の4回散布の場合、ジチアノン水和剤の希釈倍数に関わらず、マンゼブ水和剤のみ4回散布の発病とほぼ同等であり、1000倍または1500倍のいずれにおいてもマンゼブ水和剤やマンネブ水和剤の場合と同じ慣行基準で使用できることが裏付けられた。

試験場内における近年の5～10月の降水量をみると、2011年の1418.5mmや2015年の1486.0mmのような1400mmを超える年もあった（2006～2015年の平均1034.8mm）。このような多雨傾向の年には7回以上の散布が必要となり得る。ジチアノン水和剤を1回散布しておくことで、マンゼブ水和剤の4回、マンネブ水和剤の2回と併せて計7回の散布が可能になり、収穫時期近くの場合にはクレソキシムメチル水和剤等を散布することにより、被害を抑えるための対応が可能であると考えられた。

摘 要

1. ジチアノン水和剤は1000倍、1500倍のいずれについても、黒点病防除における薬剤散布時期の慣行基準である「前回散布後から1か月または積算降水量200～250mmに達した時点で追加散布」が適用できる可能性が示された。
2. クレソキシムメチル水和剤は、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤およびピリベンカルブ水和剤と比較して効果が高いことが示唆されたが、補助的に使用する場合にはいずれの薬剤も実用的な効果が期待できると思われ、秋季の防除に使用する場合にはいずれも有効であると思われた。
3. マンゼブ水和剤にパラフィン展着剤を加用すると防除効果が向上する傾向もみられたが、マンゼブ水和剤単用の効果も高かったこともあり、その差は小さかった。
4. マンゼブ水和剤に加えてジチアノン水和剤またはクレソキシムメチル水和剤を組み入れた体系防除

試験を2016年に実施したところ、甚発生条件下でいずれの散布区もおおむね十分な効果を示した。

本研究の実施期間中に試験の補助をして下さった小澤まり子さんにお礼申し上げます。

引用文献

- 本間保男・山田峻一. 1970. カンキツ黒点病の感染ならびに発病に関する要因. 園試報. B9: 85-64.
- 井上一男・芹沢拙夫. 1987. カンキツ黒点病に関する研究 第9報 薬剤の残効. 静岡柑試研報. 23: 7-14.
- 井沼 崇. 2014. ウンシュウミカンにおけるジチアノン水和剤の使用による黒点病の防除回数削減. 関西病虫研報. 56: 85-87.
- 木本秋津・内田太郎・水山高久・小杉賢一朗・堤 大三. 2003. 田上産地の裸地斜面における表面流の発生と土砂移動に関する原位置人工降雨実験. 砂防学会誌. 55(6): 52-58.
- 倉本 猛・山田峻一. 1975. カンキツ黒点病の感染におよぼす環境条件の影響—とくにぬれの時間について—. 果試報. B2: 75-86.
- Mondal, S. N., Vicent, A., Reis, R. F. and Timmer, L. W. 2007. Saprophytic colonization of citrus twigs by *Diaporthe citri* and factors affecting pycnidial production and conidial survival. Plant disease. 91(4): 387-392.
- 農林水産省生産局植物防疫課. 2001. 病虫害発生予察事業の実施について～発生予察事業の調査実施基準～. P. 137-158.
- 佐々木篤. 1965. 温州ミカン果実における黒点病の後期感染. 日植病報. 30(5): 246-252.
- 庄司和之・田代暢也. 2014. マンガンを指標としたマンゼブ簡易分析法の実用性評価—短期間の人工降雨条件下における付着量の推移—. 農薬学要旨. 39: 101.
- 田代暢也. 2009. 果樹における展着剤の活用. 植物防疫. 63(4): 212-217.
- 田代暢也・井手洋一・衛藤友紀・井下美加乃・古賀孝明. 2003. マシン油乳剤のアジュバントとしての利用による温州ミカン病害に対する防除効果の向上と薬剤散布回数の低減並びにミカンハダニ密度の抑制. 佐賀果試研報. 15: 22-46.
- 田代暢也・増井伸一. 2014. 防除ハンドブック カンキツの病虫害. P. 37. 全農協. 東京.
- 牛山欽司. 1973. 温州ミカンの黒点病に関する研究 (第3報) 胞子の飛散と付着生存について. 神奈川園研報. 21: 39-46.
- 和歌山県農林水産部. 2015. 平成27年度農作物病虫害及び雑草防除指針. P. 90.
- 山田峻一・田中寛康・小泉銘冊・山本省二. 1966. カンキツ病害に対する殺菌剤散布方法の合理化ならびに省力化に関する研究 I 殺菌剤有効成分の redistribution とその病害防除効果. 園試報. B5: 75-86.
- 山本省二. 1991. カンキツ黒点病およびそばかす病の生態と防除に関する研究. 和歌山果園試特研報. 1. P. 3-41.
- 吉田麻里子・山田一字・森山美穂・杉浦直幸・榎 英雄. 2011. ウンシュウミカンにおける枯れ枝せん除および透湿性反射シートの樹冠下マルチによる果実への黒点病被害の発生軽減. 熊本農研セ研報. 18: 73-79.

和歌山県有田地域におけるニホンジカの給餌による嗜好性調査

法眼利幸¹・植田栄仁²・山本浩之²

和歌山県果樹試験場

Survey on Palatability by Feeding of Sika Deer (*Cervus nippon* Temminck) in Arida Area, Wakayama Prefecture

Toshiyuki Hougen¹, Yoshihito Ueda², Hiroyuki Yamamoto²

Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒言

和歌山県では中部～南部の山林を中心にニホンジカが分布しているが、近年、生息密度が高まり、分布域の拡大とともに農林業被害が顕著になってきている。県ではニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画(和歌山県, 2015)を策定して個体数の削減を進めるとともに、被害発生地域では防護柵の設置などの被害対策を実施しているが、被害額は減少傾向にない(和歌山県, 2016)。ニホンジカ個体数を抑え、農林業被害を減らすためには、新たな捕獲従事者の参入を促すと同時に捕獲効率を上げる必要がある。本報では、それらの基礎資料とするため、カンキツ類の栽培が盛んな有田地域において、野生のニホンジカに対する給餌により嗜好性や出現状況について調査を行い、誘引エサなど効率の良い捕獲方法について考察した。

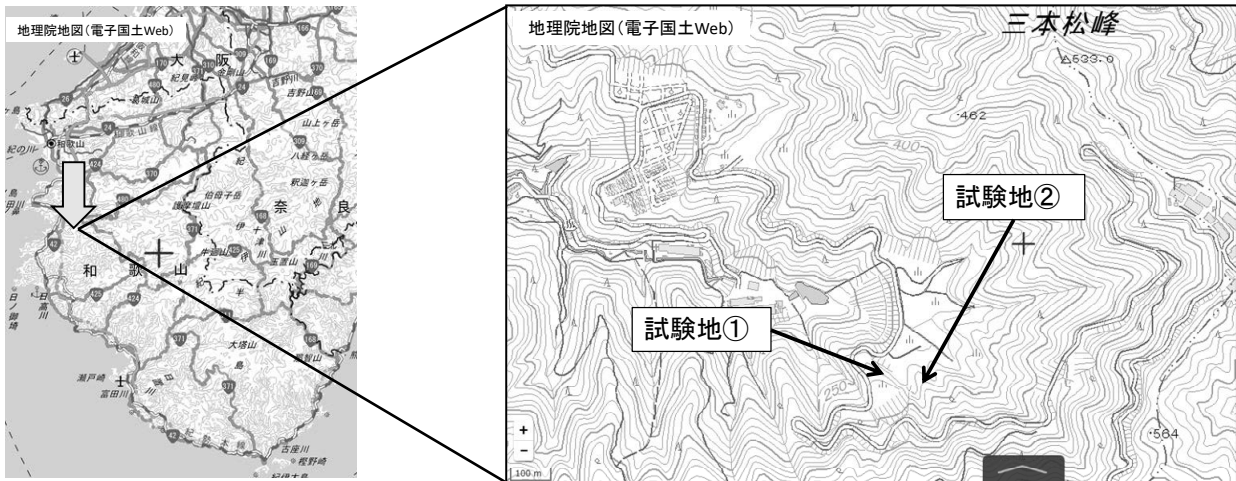
材料および方法

給餌試験は、ライトセンサス(法眼ら, 2016)においてニホンジカ(*Cervus nippon* Temminck 以下シカ)の目撃および足跡や糞など痕跡の多かった、有田郡湯浅町と有田川町の境界に位置する三本松峰(標高 533.0m, 海岸線より約 6 km)の湯浅町側(山田地区)の中腹にある未利用大規模造成地で実施した(第 1, 2 図)。造成地中央付近に試験地①、造成地の林縁部に試験地②を設け、繁茂するススキやナルトサワギク等草本植物を刈り払って調査機材を設置した(第 3 図)。調査機材の赤外線センサーカメラ(以下カメラ)は、メインカメラ 1 台と、サブカメラ 1 台の計 2 台を地面に打ち込んだ 10 cm 角の木材に取り付け、メインカメラの正面約 5m に各種エサを対時的に設置し、サブカメラは別角度から撮影した(第 3 図)。カメラは、出没した動物等にセンサーが反応した場合に静止画を 1 枚撮影したのち動画(明所 30 秒、暗所 5 秒)を撮影するよう設定し、その動作のインターバルは 15 秒間隔とした。

撮影された映像を解析する際は、各種エサ別に摂食した個体、それ以外の行動をとった個体の“のべ頭数”をカウントした。試験 1, 2, 5 については、角の有る個体を「オス」、無い個体を「メス」(幼獣オスも含む)、頭部を確認できない個体を「不明」として分類した。

¹現在：和歌山県林業試験場

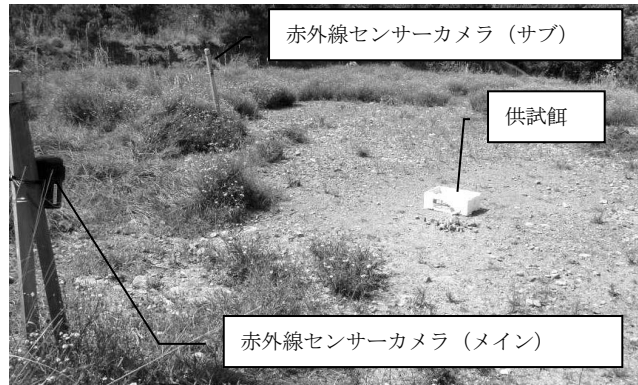
²現在：和歌山県日高振興局農林水産振興部農業水産振興課



第1図 給餌試験地の位置（有田郡湯浅町山田地区）



第2図 ニホンジカの出没の多い未利用
大規模造成地



第3図 給餌試験地の概況（試験地①）

試験1 「ヘイキューブ」と「米ぬか」の給餌試験

和歌山県ではシカの誘引に一般的に米ぬかを用いられる事が多いため、ここでは米ぬかとヘイキューブ（第4図）について摂食状況を比較した。ヘイキューブとはウシ等家畜用の飼料として用いられる、アルファルファなどの牧草を一边3cm程度の直方体に圧縮した成形乾草の一種で、30kgで3,000円程度である。シカに対して高い誘引力がみられるとの報告事例が多い（静岡県，2013）。

試験は2012年10月20日に試験地①へ調査機材を設置した後、シカを馴化するために同年11月15日まで毎週1回ヘイキューブや米ぬかを付近に撒いた。毎日シカが夜間に出没することが確認できたため、試験を開始し、1回目：同年11月20～21日、2回目：11月27～28日、3回目：11月30日～12月1日、4回目：12月3～4日、5回目：12月7～8日と5回繰り返した。1回の試験期間は、エサ設置日の17時（エサ設置は15～17時）から翌日の朝6時までとした。1回あたり、ヘイキューブ約2.5kg（5liter）、米ぬか約1.5kg（5liter）を給餌した。

試験2 「ヘイキューブ」と「トウモロコシ」の給餌試験

試験1で用いたヘイキューブと、イノシシ等多くの獣類の嗜好性が高いとされるトウモロコシ（江口ら，2002；山本ら，2011）について摂食状況を比較した。トウモロコシは家畜用飼料の圧片トウモロコ

シ（第5図）を使用した。圧片トウモロコシとは、家畜の消化吸収を良くするためトウモロコシを加熱し押しつぶしたもので、20kgで2,000円程度である。

前回の給餌試験から約3ヶ月期間が空いていたが、カメラでシカがほぼ毎日出没していることを確認できたため、馴化期間は設けずに試験を開始した。試験は試験地①と②の2ヶ所において1回目：2013年7月2～4日、2回目：7月9～12日とそれぞれ2回繰り返した。1回あたり、ヘイキューブ約2.5kg、圧片トウモロコシ約3kg（5liter）を給餌した。

試験3 「ヘイキューブ」と「ウンシュウミカン枝葉」と「水稻苗」の給餌試験

全国的に中山間地域を中心にシカによる水稻の食害が発生し（江口ら，2002；農林水産省，2006）、有田地域でも同様の被害がみられる。さらに有田地域では、栽培の盛んなカンキツ類の葉・枝・樹皮の食害が問題となっている。ここでは有田地域で多く栽培されているウンシュウミカン（以下ミカン）の枝葉と、水稻苗およびヘイキューブについて摂食状況を比較した。

試験は2012年12月21～22日に試験地①と②で実施した。ヘイキューブは約2.5kgを給餌した。ミカン枝葉は果樹試験場で慣行栽培されている樹から葉の多く着いている枝（50～100cm）を設置当日に3本採取し、カメラ画角内から移動しないように杭を打ち地面に固定した。水稻苗は播種育成したものを発泡スチロール容器（以下、容器）に移植して設置した（第6図）。容器は約内寸45cm×25cm×10cmで、シカに動かされないよう底に石を敷き詰め、播種育成した水稻苗は水田土壌を入れた上に隙間無く移植し、設置後に容器上縁まで水を注いだ。

試験4 「ヘイキューブ」と「ウンシュウミカン枝葉」と「水」の給餌試験

シカを含めた獣類が近隣の“ぬた場”に貯まった雨水を飲んでいるのが観察されたため、水が誘引物として使用可能か検討した。ヘイキューブとミカン枝葉および水を設置し、摂食および飲水状況を観察した。

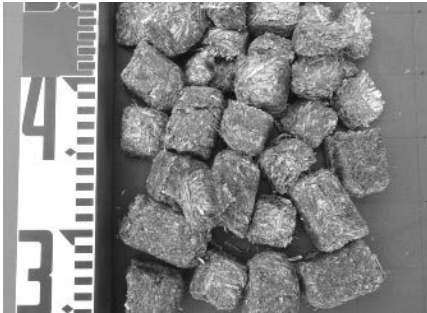
試験は2012年12月25～26日に試験地①と②の2ヶ所において、ヘイキューブ約2.5kg、ミカン枝葉は試験3と同条件、水は試験3で使用した容器に雨水が溜まったものを使用した。なお、試験地の付近には住民グループが流水を堰き止めて作成したビオトープがあり、足跡からシカを含めた獣類はその水を日常的に利用していると考えられる。

試験5 「ウンシュウミカン枝葉」と「アオキ枝葉」（と「ヘイキューブ」）の給餌試験

一般的に木本植物のアオキに対するシカの嗜好性は高く、シカの増加に伴いアオキは食べられて減少していくことが知られている（橋本・藤木，2014；蒲谷，1988；静岡県，2013）。2012～2013年にかけて三本松峰周辺のスギ林内を中心に林床の植生を調査したがアオキは全く確認できなかったため、有田地域においてアオキがシカの誘引物として使用可能か検討した。

試験地②において、2013年1月17～18日にヘイキューブ、ミカン枝葉およびアオキ枝葉の摂食状況を観察した。ヘイキューブ約2.5kg、ミカン枝葉は試験3と同条件、アオキ枝葉はシカ生息密度の低い有田川北岸（海南市・有田川町）の林床において、葉が多く着いている枝（50～100cm）を3本採取し、ミカンと同様に地面に固定した（第7図）。

次に、試験地①、②において、ミカン枝葉とアオキ枝葉の摂食状況の比較するため、1回目：2013年1月23～24日、2回目：1月29～30日、3回目：2月21～22日と3回繰り返した。



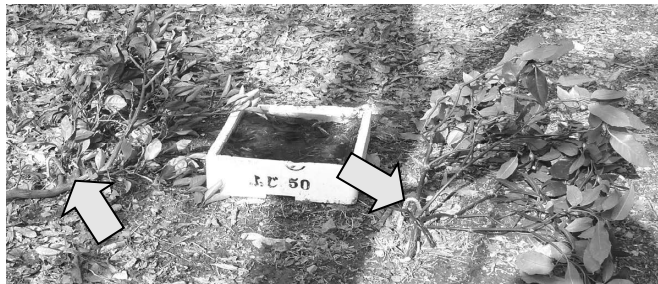
第4図 ヘイキューブ



第5図 圧片トウモロコシ



第6図 水稻苗の供試状況



第7図 ウンシュウミカンの枝（左）とアオキの枝（右）の給餌状況

※ 矢印部分で地面に打ち込んだJ型異形鉄筋にビニール紐で固定

結果と考察

試験1 「ヘイキューブ」と「米ぬか」の給餌試験

出没したシカはヘイキューブを積極的に食べたのに対して、米ぬかはほとんど食べなかった（第8図、第9図）。シカは米ぬかを食べたとしてもごく少量で、すぐにヘイキューブのほうに移動した。ヘイキューブはまず固まり状のもの食べ、それが無くなると崩れて繊維状になったものを食べた。シカの固まり状のヘイキューブの食べ方をみると、堅いため素早く食べ尽くすことはできず、長時間咀嚼し続け、口からは欠片がこぼれ落ちるのが度々確認された。シカはヘイキューブを食べ尽くした後も、米ぬかを食べることは希であった。この傾向は試験を繰り返しても変化することはなかったため、ヘイキューブの嗜好性は高く、米ぬかの嗜好性はかなり低いと考えられた。残った米ぬかは、夜間にタヌキ、昼間にカラスが大量に集まり摂食し、最終的には無くなった。シカの出没時刻は試験を繰り返すと早くなる傾向がみられ、馴れが生じたと考えられた。

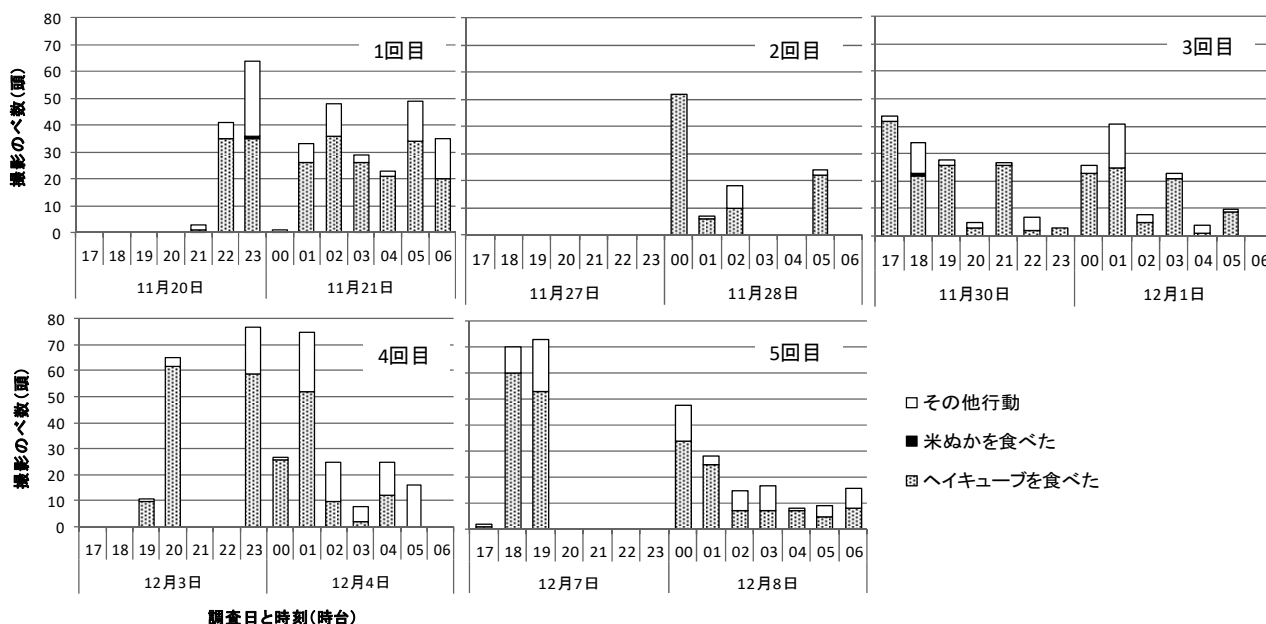
試験中にシカは871件撮影され、撮影のべ頭数は1,291頭で、オス29頭（2.2%）、メス1,262頭（97.8%）。同時に撮影された頭数の頻度は、1頭が541件（62.1%）、2頭が245件（28.1%）、3頭が71件（8.2%）、4頭が11件（1.3%）、5頭が3件（0.3%）であった。



第8図 ヘイキューブを集中して摂食するニホンジカ

（2012年12月7日）

※ 矢印は設置された米ぬか

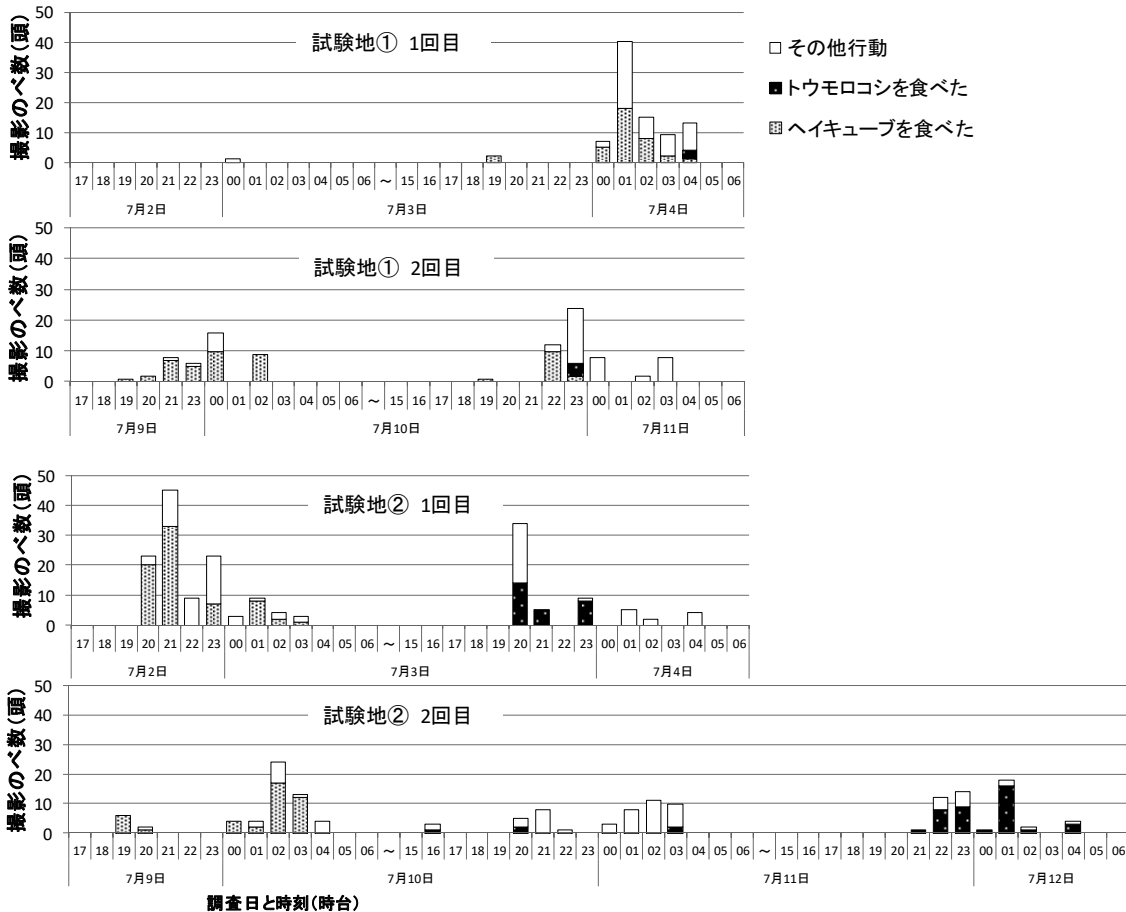


第9図 ニホンジカに対する「ヘイキューブ」と「米ぬか」の給餌試験における時刻別の撮影状況

試験2 「ヘイキューブ」と「トウモロコシ」の給餌試験

試験地①において1回目は設置直後にシカはほとんど撮影されなかったが、2晩目0時台から急激に撮影のべ頭数が増加しヘイキューブの摂食が始まった(第10図)。ヘイキューブを食べ尽くすと圧片トウモロコシを僅かに摂食した。2回目は設置直後からヘイキューブが摂食され始め、2晩目の22時台にヘイキューブを食べ尽くすと、圧片トウモロコシを僅かに摂食した。1回目、2回目とも残った圧片トウモロコシは、昼間にカラスが大量に集まり摂食し尽くした。試験地②において1回目は設置当晚から撮影のべ頭数は多く、ヘイキューブを盛んに摂食し3時台に食べ尽くした。2晩目の20時台から圧片トウモロコシを摂食し始め、食べ尽くしてしまった。2回目は設置当晚の3時台にヘイキューブが食べ尽くされた。2晩目は圧片トウモロコシを僅かに摂食し、3晩目の21時台から盛んに摂食した。なお、2晩後の昼間にイノシシの群れが出没し圧片トウモロコシの大半を摂食したため、3晩目には圧片トウモロコシが少量しか残存していなかった。以上から、ヘイキューブに比べてトウモロコシの嗜好性は低いと考えられた。

試験中に試験地①と②においてシカは423件撮影され、撮影のべ頭数は564頭で、オス365頭(64.7%)、メス182頭(32.3%)、不明17頭(3.0%)。同時に撮影された頭数の頻度は、1頭が305件(72.1%)、2頭が99件(23.4%)、3頭が14件(3.3%)、4頭が5件(1.2%)であった。

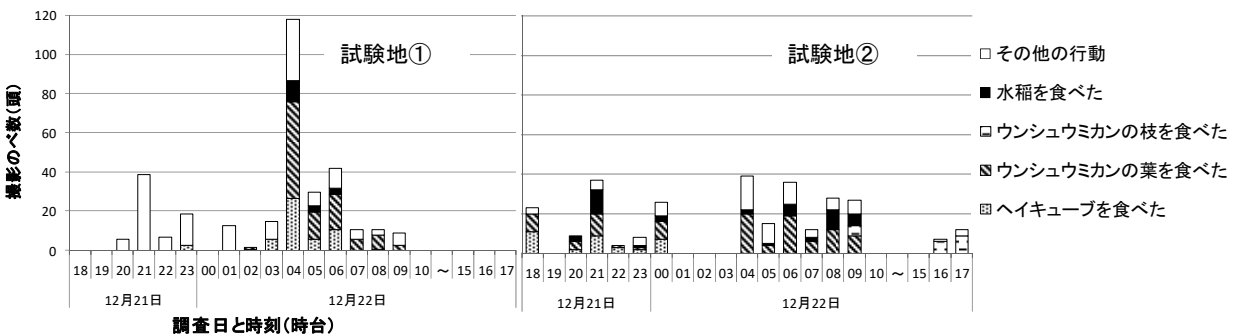


第10図 ニホンジカに対する「ヘイキューブ」と「トウモロコシ」の給餌試験における時刻別の撮影状況

試験3 「ヘイキューブ」と「ウンシュウミカン枝葉」と「水稻苗」の給餌試験

シカはヘイキューブと同程度ミカンの葉を摂食した(第11図)。ミカンの葉を食べ尽くすと枝先や樹皮を剥がして摂食した。水稻苗もミカンとほぼ同程度摂食した(第12図)。試験数は少ないが、ヘイキューブとミカンの葉および水稻苗の嗜好性は同程度と考えられた。

試験地①と②においてシカは273件撮影され、同時に撮影された頭数の頻度の割合は、1頭が104件(37.3%)、2頭が77件(27.6%)、3頭が47件(16.8%)、4頭が35件(12.5%)、5頭が12件(4.3%)、6頭が1件(0.4%)であった。



第11図 ニホンジカに対する「ヘイキューブ」と「ウンシュウミカン枝葉」と「水稻苗」の給餌試験における時刻別の撮影状況



第12図 ニホンジカの水稲苗の摂食状況

(2012年12月17日 21:30 試験地②)



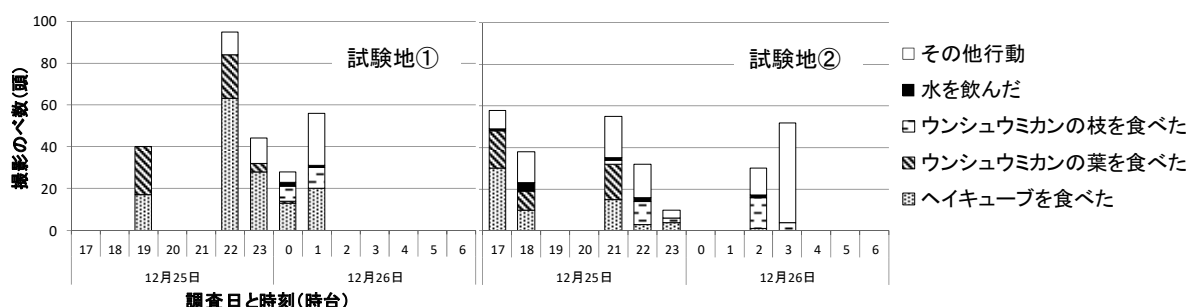
第13図 容器から水を飲むニホンジカ

(2012年12月25日 18:01 試験地②)

試験4 「ヘイクューブ」と「ウンシュウミカン枝葉」と「水」の給餌試験

シカはヘイクューブとほぼ同程度にミカンの葉を好んで摂食した(第14図)。ミカンの葉が無くなると枝やその樹皮を剥がして摂食した。撮影数は少なかったが、時々発泡スチロールの容器から飲水した(第13図)。試験3の結果と併せると、ヘイクューブとミカンの葉の嗜好性は同程度であると考えられた。水は適宜飲むため、嗜好性は明確に分からなかった。今回、ミカンの枝および樹皮の嗜好性はそれほど高くなかったが、有田地域においてミカンの樹皮剥ぎ被害は夏季に多発することから季節変化する可能性が残る。

試験地①と②においてシカは289件撮影され、一度に撮影された頭数の頻度の割合は、1頭が104件(36.0%)、2頭が141件(48.8%)、3頭が29件(10.0%)、4頭が10件(3.5%)、5頭が5件(1.7%)、6頭が1件(0.4%)であった。



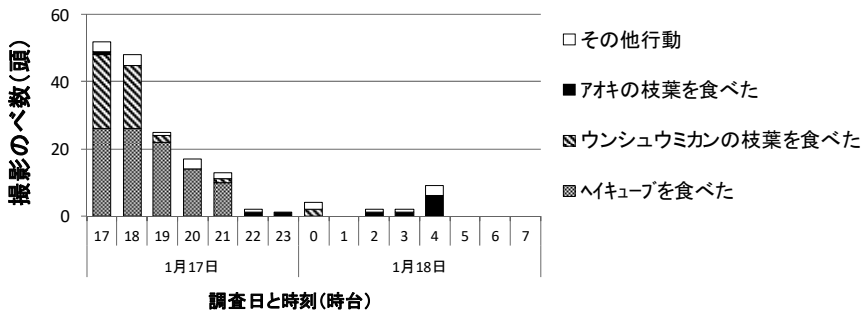
第14図 ニホンジカに対する「ヘイクューブ」と「ウンシュウミカン」と「水」の給餌試験における時刻別の撮影状況

試験5 「ウンシュウミカン枝葉」と「アオキ枝葉」(と「ヘイクューブ」)の給餌試験

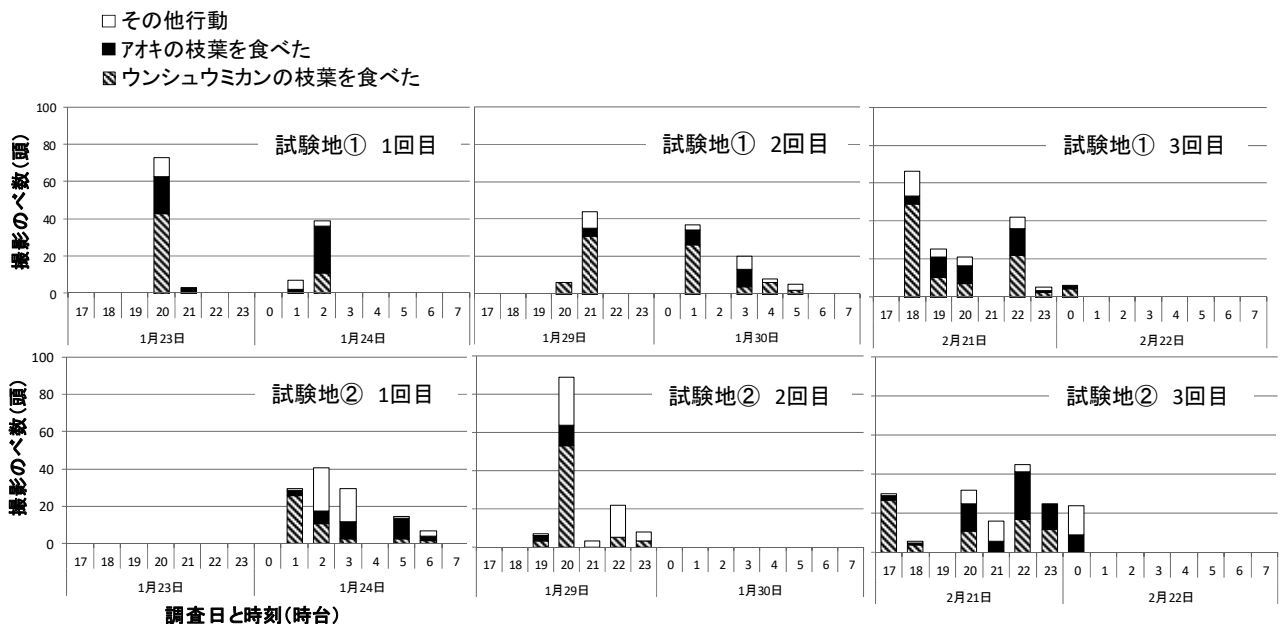
シカはヘイクューブとほぼ同程度にミカンの葉を好んで摂食したが、アオキはヘイクューブとミカンの葉が無くなった後に少し摂食した(第15図, 第17図)。試験を繰り返すとアオキを摂食するようになったが(第16図)、やはりミカンの葉を好むため、ミカン葉が食べ尽くされた後もアオキの葉は食べ尽くされずに残存する傾向がみられた。以上から、アオキの葉はミカンの葉より嗜好性は低いと考えられた。

試験地①と②において598件の動画が撮影され、撮影のべ頭数は990頭で、オス49頭(4.9%)、メス941頭(95.1%)。一度に撮影された頭数の頻度の割合は、1頭が283件(47.3%)、2頭が240件(40.1%)、3頭が59件(9.9%)、4頭が13件(2.2%)、5頭が3件(0.5%)であった。

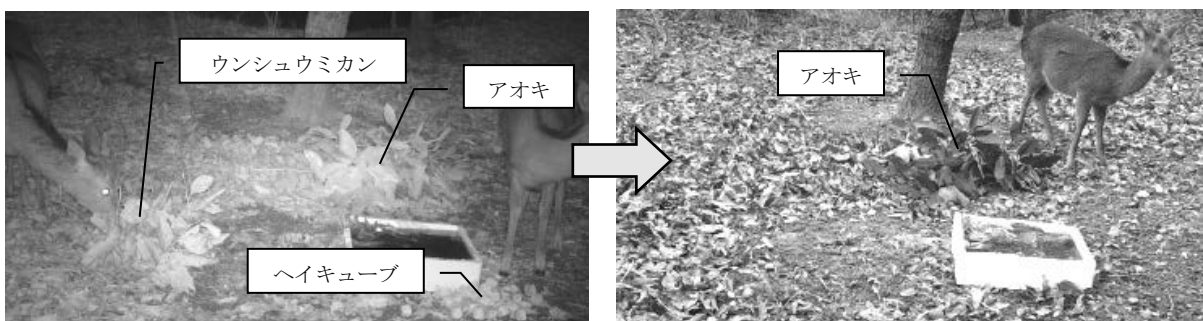
なお、2013年4月3日に試験地①へ乾燥して硬化し褐変した古いミカンの剪定枝を設置したところ、シカは新鮮な枝と同様に葉を全て摂食した。



第15図 ニホンジカに対する「ヘイキューブ」と「ウンシュウミカン枝葉」と「アオキ枝葉」の給餌試験における時刻別の撮影状況



第16図 ニホンジカに対する「ウンシュウミカン枝葉」と「アオキ枝葉」の給餌試験における時刻別の撮影状況



第17図 ニホンジカのヘイキューブとウンシュウミカン枝葉とアオキ枝葉の摂食状況

(左: 2013年1月17日 17:39, 右: 同年1月18日 6:53)

※ウンシュウミカンの枝はニホンジカに固定する紐を千切れ画角から消失した

試験1~5の結果, 本地域でシカの誘引エサとして使用できる嗜好性を有しているのは, ヘイキューブとウンシュウミカンの葉と水稻苗であると考えられた. ただし水稻苗は準備や取り扱いが難しいことか

ら実用的ではないと考えられた。トウモロコシと米ぬかは嗜好性で劣っていたうえイノシシ等他獣類を誘引する可能性があるため、シカ捕獲に用いる誘引エサとしてヘイキューブとウンシュウミカンの葉が適していると考えられた。水は補助的にシカを誘引できる可能性があり、場合によっては発泡スチロール容器のような雨水が溜まる容器を置いておくのもよいであろう。

シカ以外で、ヘイキューブを摂食もしくは啜って立ち去ったのが確認されたのは、タヌキ、ノウサギ、キツネであった。米ぬかを摂食したのは、タヌキ、イノシシ、カラス、アナグマ、イヌ（猟犬）であった。トウモロコシを摂食したのはイノシシ、カラス、タヌキであった。ミカンの葉や枝を摂食したのはノウサギであった。なお、タヌキとカラスは米ぬかとトウモロコシ、ノウサギはミカンの葉や枝を積極的に摂食し、それらの嗜好性は高いと考えられた。

出沒した動物には強さの順位があり、エサを摂食する際に動物は自分より強いものが出沒すると弱い動物は逃避行動をとるのが観察された。撮影件数の多い獣種別の優先順位をみると、シカ、タヌキ、ノウサギの順に強さが決まっていた。またシカ同士でも順位があり、おおよそ、大きな角を持つ高齢オス、群れの中心となっているメス、枝分かれしていない角を持つ若齢オスの順となっていた。ただし幼獣は順位が明確でなく、成獣は幼獣に対して比較的寛容であった。シカの追い払い行動は、自分より弱い個体に対し後ろ足で立ち上がっての威嚇・攻撃であった（第19図）。これはメスで多く観察され、弱い個体のみならずタヌキを執拗に追い回すなどの行動も度々みられた。ただし、メス特有の行動かどうかは、オスの撮影数が少ないため比較できなかった。

今回2カ所の試験地でシカが撮影されたのはほぼ夜間であり、昼間はほとんどみられなかった。7月はシカの出沒時刻が遅く、11～2月は早い傾向がみられ、日没時間の違いによると考えられた。

試験地①と②においてシカは2,457件撮影され、同時に撮影された頭数は、1頭が1,337件（54.4%）、2頭が802件（32.6%）、3頭が220件（9.0%）、4頭が74件（3.0%）、5頭が23件（0.9%）、6頭が1件（0.04%）であった（第21図）。1～3頭以内の撮影件数は96.0%を占めており、本地域における群の規模は小さいと考えられた。

オスの割合は、試験1において3.4%、試験2において64.7%、試験5において4.9%と試験ごとに大きく異なった。試験1,5は2012年冬季、試験2は2013年夏季に実施していることから、季節によって行動が異なる可能性がある。

撮影されたオスは非常にカメラを警戒しており、特に高齢オスはそれが顕著でカメラの赤外線LEDに反応し、警戒行動や逃避行動を取り続け短時間で去るケースが多かった。それに対して、メスはカメラの前で座り込み食餌や睡眠をとるなど警戒心は薄いと思われ、さらに幼獣はカメラに鼻を接触させるなどさらに警戒心が薄いように思われた。

なお、和歌山県西牟婁地域においてシカのヘイキューブに対する嗜好性は高かったが、米ぬかに対する嗜好性も高く（法眼ら、2015）、米ぬかを巡ってシカとイノシシが対峙する様子も観察されるなど、有田地域とは異なっていた（第20図）。西牟婁地域において2012年11月～2013年4月に実施した各種エサによる誘引調査では、田辺市中辺路町水上2ヶ所、同町石船、上富田町生馬の4ヶ所で、撮影873件、一度に撮影された頭数の頻度は1頭が376件（43.1%）、2頭が273件（31.3%）、3頭が126件（14.4%）、4頭が70件（8.0%）、5頭が19件（2.2%）、6頭が5件（0.6%）、7頭が2件（0.2%）、8頭が2件（0.2%）であった（栗生・中森、2012）。1～3頭以内の撮影件数は88.8%を占めており、西牟婁地域における群の規模も有田地域と同程度と考えられた。

有田地域と西牟婁地域ではシカの嗜好性が異なっているなど、同じ和歌山県内でも地域性がみられた。有田地域内でも地点によって嗜好性が異なる可能性があるため、箱ワナや囲いワナ等による捕獲を実施

する際は、嗜好性を確かめてから誘引エサを選定することが望ましい。また、群の規模から一度に数十頭も捕獲できる機材はオーバースペックであり、効率優先であれば同時に3頭まで捕獲できるもの、ワナに掛かりにくい警戒心の強いシカを生み出さないことを優先するなら、6頭まで捕獲できる機材が必要と考えられた。

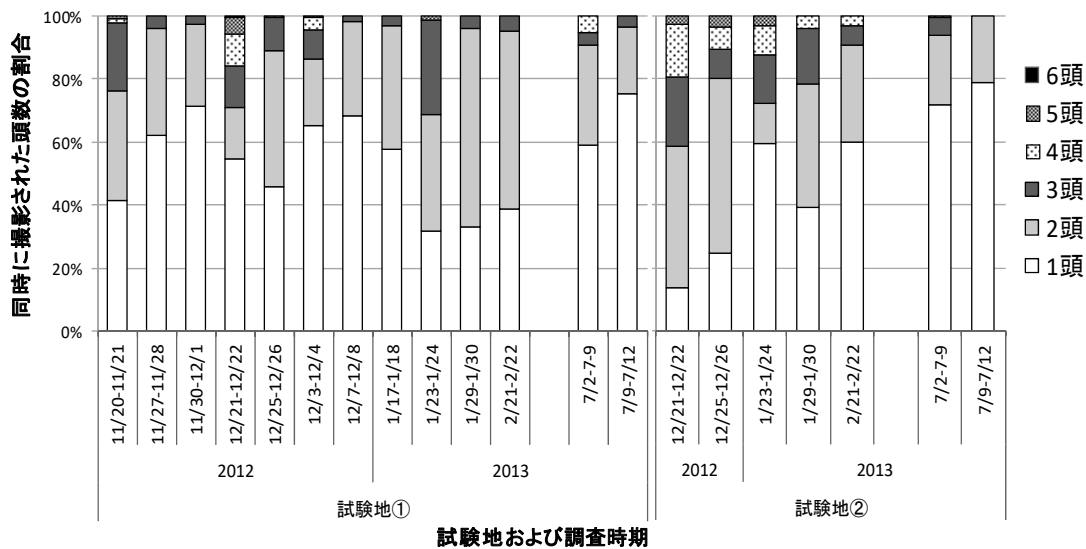
なお、被害対策の面で地域からシカの餌付けとなるものを減らすことが重要で、今回の調査結果からカンキツ園を防護柵で厳重に守ること、放任カンキツ園の樹を処分することが必要と考えられる。さらにカンキツ類の剪定枝や改植時に堀取った樹を山林へ堆積する事例がみられるが、シカの餌となってしまう恐れがあるため注意が必要である。



第19図 後ろ足で立ち上がり攻撃するニホンジカのメス



第20図 米ぬかを巡りニホンジカとイノシシが対峙
(2013年3月11日 田辺市中辺路町水上)



第21図 各試験地における試験時期別の同時に撮影されたニホンジカのべ頭数の割合

摘要

和歌山県におけるシカの効率的捕獲のための基礎データを得るため、有田地域において給餌による嗜好性調査を実施した。

1. 有田地域のシカのヘイキューブに対する嗜好性は高く、ウンシュウミカンの葉も同程度の嗜好性が

- みられた。圧片トウモロコシはそれらよりも嗜好性が低く、米ぬかはさらに嗜好性が低い。
2. 有田地域ではヘイキューブとウンシュウミカンの葉が誘引エサとして適している。
 3. 有田地域のシカはウンシュウミカンの枝葉を好むことから、地域で栽培される農作物等が嗜好性に影響すると考えられる。
 4. 有田地域と西牟婁地域においてシカの嗜好性に地域性がみられたため、シカの捕獲効率を上げるためには、地域毎に嗜好性を把握して誘引エサを選定することが必要と思われる。
 5. 有田地域に出没する群は小さいため、同時に3頭まで捕獲できる機材が効率的であり、もれなく捕獲するためには6頭捕獲できる機材が必要である。

引用文献

- 江口祐輔・三浦慎悟・藤岡正博. 2002. 鳥獣害対策の手引. 社団法人 日本植物防疫協会. 東京.
- 蒲谷 肇. 1988. 東京大学千葉演習林荒檜沢における常緑広葉樹林の下層植生の変化とニホンジカの食害による影響. 東京大学農学部演習林報告. 78: 67-82. 東京.
- 栗生 剛・中森由美子. 2012. 難防御獣類の安全で効率的な捕獲手法の開発 (第1報). 和歌山県林試業報. 70: 10-12. 和歌山.
- 橋本佳延. 藤木大介. 2014. 日本におけるニホンジカの採食植物・不嗜好性植物リスト. 人と自然 Humans and Nature. 25: 133-160. 兵庫.
- 法眼利幸・植田栄仁・大谷栄徳. 2015. 和歌山県におけるニホンジカの生態調査に基づいた囲いワナによる捕獲. 「野生生物と社会」学会沖縄大会 大会プログラム・講演要旨集. 21: 118.
- 法眼利幸・植田栄仁・山本浩之. 栗生 剛. 2016. 和歌山県の有田地域と西牟婁地域で実施したニホンジカのライトセンサス. 和歌山県農林水研報. 4: 101-114.
- 農林水産省. 2006. 野生鳥獣被害防止マニュアル ー生態と被害防止対策 (基礎編) ー. 東京.
- 静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター. 2013. ニホンジカ低密度化のための管理技術の開発. 16-17. 34-35. 静岡.
- 山本浩之・法眼利幸・井沼崇・貴志学・井口豊・森口幸宣. 2011. 果樹試験場周辺に生息する野生獣類の嗜好性調査 (I). 平成23年度果樹試験研究成績. 141-142. 和歌山.
- 和歌山県. 2015. 和歌山県ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画. 和歌山.
- 和歌山県. 2016. H27 主要鳥獣による農作物被害金額について. 和歌山.

モモ果実の水浸状果肉褐変症に関する研究（第1報）

有田 慎・堀田宗幹¹・和中学

和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

Study of Water-soaked Brown Fresh Disorder in Peach Fruit (1)

Shin Arita, Muneki Hotta¹ and Manabu Wanaka

Laboratory of Persimmon and Peach, Wakayama Prefecture Fruit Tree Experiment Station

緒言

近年、和歌山県では、モモ‘川中島白桃’等の品種で成熟果実の果肉が水浸状となり、重度になると褐変を生じる症状が多発している。本障害の発生等により、本県における2015年の‘川中島白桃’の出荷量は前年の約40%に低下しており、その被害は大きい。本障害はみつ症（山西, 1998）、水浸状果肉褐変症（高田ら, 2005）と呼称される障害と症状が一致することから、本報では水浸状果肉褐変症と記載する。

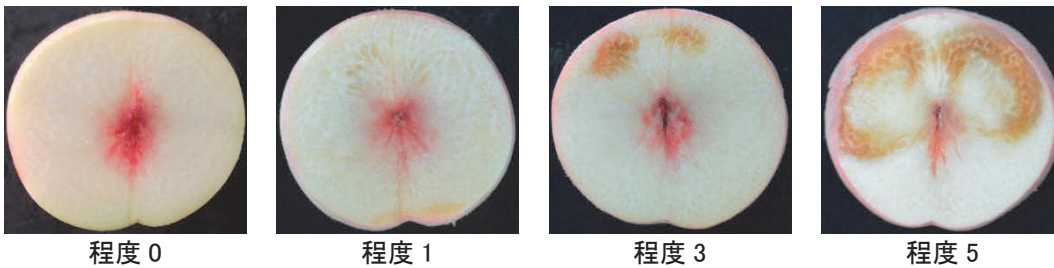
水浸状果肉褐変症の発生は、大玉で糖度の高い果実で多いこと、熟度の進んだ果実で多いことが報告されている（岩谷ら, 2009）。また、幼果期の高温による生育の前進および、成熟期の高温・乾燥により果汁糖度が高まる条件下で多発生することも報告されている（安川ら, 2006）。筆者らは、水浸状果肉褐変症発生軽減技術を開発するため、早期着果制限、基部着果、カルシウム剤の散布が本障害の発生に及ぼす影響について検討し、いくつかの知見を得たので報告する。なお、本研究は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「西日本のモモ生産安定のための果肉障害対策技術の開発」（研究期間：2013~2015年）の一環として行った。

材料および方法

水浸状果肉褐変症の調査基準

モモ果実の水浸状果肉褐変症発生程度は、試験1, 3, 4では全果について、試験2では各区30果について適期収穫を行い、収穫日に、種子の果頂部側直上で果実を水平に切断し、観察により調査した。発生程度は、育成系統適応性検定試験・特性検定試験調査方法（（独）農業・食品総合研究機構果樹研究所, 2007）のモモ調査方法に準じて4段階に分類し、水浸症状がみられない果実を程度0、水浸症状のみがみられる果実を程度1、水浸症状に断面の30%以下の褐変症状を伴う果実を程度3、水浸症状に断面の30%を超える褐変症状を伴う果実を程度5とした（第1図）。また、程度0の果実を健全果、程度1以上の果実を障害果、程度3以上の果実を重症果とした。

¹現在：和歌山県伊都振興局農林水産振興部農業水産振興課



第1図 水浸状果肉褐変症程度

果実重及び果実品質調査

モモ果実は、試験1, 3, 4では全果について、試験2では各区30果について適期収穫を行い、収穫日に果実重、果肉硬度の測定を行った。果肉硬度は先端が円錐形のハンディ硬度計（三商製SF-5050）を用い、赤道部を縫合線を挟んで左右2箇所、果皮上から計測した。また、全試験において収穫盛期に各区10果について糖度の測定を行った。糖度は果実の赤道部を縫合線を挟んで左右2箇所約1cmの深さで採集し、糖度計（ATAGO製PR-101α）を用いて測定した。

葉の褐変症状

試験3, 4では、カルシウム剤の影響による葉の褐変症状（葉やけ）の発生を目視により調査した（第2図）。褐変がみられるものを葉やけ+、みられないものを葉やけ-とした。



第2図 カルシウム剤の影響による葉の褐変症状(2014)

試験1 早期着果制限が水浸状果肉褐変症の発生に及ぼす影響

紀の川市現地圃場において2013年に7年生の‘川中島白桃’6樹、2014年に8年生の‘川中島白桃’3樹および8年生の‘なつっこ’3樹、2015年に9年生の‘川中島白桃’3樹を用いて試験を行った。試験区の構成は第1表に記載した。1区1主枝または亜主枝とし、2013年は各区6反復、2014年は両品種ともに各区3反復、2015年は各区3反復設置した。‘川中島白桃’の収穫は2013年は7月26日から8月13日、2014年は7月28日から8月8日、2015年は7月27日から8月2日、‘なつっこ’の2014年の収穫は7月17日から22日に行い、水浸状果肉褐変症程度、果実重、果実品質を調査した。

第1表 試験1における試験区の構成

品種名	処理区	2013年			2014年			2015年		
		摘蕾	一次摘果	二次摘果	摘蕾	一次摘果	二次摘果	摘蕾	一次摘果	二次摘果
川中島白桃	摘蕾+早期摘果	処理日			3月31日	4月30日	-	3月27日	5月1日	-
		累積摘果(蕾)率			約60%	約95%	-	約60%	約95%	-
	早期摘果	処理日	-	5月2日	-	-	4月30日	-	-	5月1日
		累積摘果(蕾)率	-	約95%	-	-	約95%	-	-	約95%
慣行	処理日	-	5月2日	6月3日	-	4月30日	6月4日	-	5月1日	5月25日
	累積摘果(蕾)率	-	約87%	約95%	-	約87%	約95%	-	約87%	約95%
なつっこ	強摘蕾+早期摘果	処理日			3月31日	4月28日	-			
		累積摘果(蕾)率			約85%	約95%	-			
	慣行	処理日			3月31日	4月28日	5月23日			
		累積摘果(蕾)率			約70%	約90%	約95%			

注)斜線部分は試験の実施なし

試験2 着果部位が水浸状果肉褐変症発生に及ぼす影響

紀の川市現地圃場において、2015年に6年生の‘川中島白桃’4樹を用いて、摘果時に15cm程度の長さの結果枝の中央より基部に果実を残す区（基部着果区）と同様の長さの結果枝の中央より先端に果実を残す区（先端着果区）を設けた。1区1主枝または亜主枝とし、無摘蕾で、一次摘果を5月7日、二次摘果を5月29日に実施し、4反復設置した。また、各樹5本の同様の長さの結果枝について中央より基部と先端に分けて満開日を調査した。収穫は7月28日から8月2日に行い、水浸状果肉褐変症程度、果実重、果実品質を調査した。

試験3 カルシウム剤の散布が水浸状果肉褐変症発生に及ぼす影響

紀の川市現地圃場において、2013年に12年生の‘川中島白桃’3樹と‘嶺鳳’3樹を用いて塩化カルシウムを有効成分とする特殊肥料（以下カルシウム剤と略す、商品名 カルクロン）の散布を、2014年に5年生の‘川中島白桃’4樹を用いてカルシウム剤と農薬の混用散布を行った。試験区の構成は第2表に記載した。1区1主枝または亜主枝とし、2013年の‘川中島白桃’と‘嶺鳳’は3反復、2014年は4反復とした。両年ともカルシウム剤が直接果実にかかるように、散布終了後に袋かけを行った。2013年は‘川中島白桃’は無摘蕾、‘嶺鳳’は4月1日に摘蕾し、両品種とも5月2日に一次摘果、6月3日に二次摘果を行った。2014年は無摘蕾で、5月1日に一次摘果、5月27日に二次摘果を行った。収穫は2013年の‘川中島白桃’は7月30日から8月9日、‘嶺鳳’は7月14日から21日、2014年は7月29日から8月9日に行い、水浸状果肉褐変症程度、果実重、果実品質、葉やけの有無を調査した。

第2表 試験3における試験区の構成

品種名	処理区	散布回数	散布日	混用薬剤	
2013年 川中島白桃 嶺鳳	Ca剤散布	8回	4月10日	—	
			4月16日		
			4月23日		
			5月2日		
			5月9日		
			5月15日		
			5月23日		
			5月28日		
	無処理	0回	—	—	
	2014年 川中島白桃	Ca剤混用散布	6回	4月8日 ナリアWDG	モスピラン水溶剤
4月22日 マイコシールド				トリフミン水和剤	ダーズバンDF
5月2日 バリダシン液剤5				ベルコート水和剤	モスピラン水溶剤
5月16日 マイコシールド				ジマンダイセン水和剤	アルバリン顆粒水溶剤
5月23日 サムコルフロアブル10					
5月27日 マイコシールド				ジマンダイセン水和剤	アルバリン顆粒水溶剤
無処理		0回	—	—	

試験4 早期着果制限とカルシウム剤の散布が水浸状果肉褐変症の発生に及ぼす影響

2014年に紀の川市現地圃場の5年生の‘川中島白桃’4樹を用いて、2015年に紀の川市現地圃場の9年生の‘川中島白桃’3樹を用いて摘蕾と早期摘果による早期着果制限及びカルシウム剤散布の併用処理を行った。試験区の構成は第3表に示した。1区1主枝または亜主枝とし、2014年は4反復、2015年は3反復設置した。収穫は2014年は7月29日から8月9日、2015年は7月24日から8月5日に行い、水浸状果肉褐変症程度、果実重、果実品質、葉やけの有無を調査した。

第3表 試験4における試験区の構成

処理区	2014年			2015年		
	摘蓄	一次摘果	二次摘果	摘蓄	一次摘果	二次摘果
早期着果制限+Ca剤散布	摘果(蕾)日	3月27日	5月1日	-	4月1日	5月7日
	累積摘果(蕾)率	約30%	約95%	-	約60%	約95%
	Ca剤散布日	4月9日, 16日, 23日, 30日, 5月7日, 16日, 22日, 29日			4月16日, 22日, 30日, 5月7日, 14日, 22日, 29日, 6月2日	
早期着果制限	摘果(蕾)日	-			4月1日	5月7日
	累積摘果(蕾)率	-			約60%	約95%
Ca剤散布	摘果(蕾)日	-			-	5月7日
	累積摘果(蕾)率	-			-	約87%
	Ca剤散布日	-			4月16日, 22日, 30日, 5月7日, 14日, 22日, 29日, 6月2日	
無処理	摘果(蕾)日	-	5月1日	5月27日	-	5月7日
	累積摘果(蕾)率	-	約87%	約95%	-	約87%

注)斜線部分は試験の実施なし

結果

試験1. 早期着果制限が水浸状果肉褐変症の発生に及ぼす影響

‘川中島白桃’では、2013年には早期摘果区で慣行区に比べて水浸状果肉褐変症の障害果率が低下した。しかし、2014年、2015年には区間に有意な差がなかった(第4表)。果実重は、2013年には区間に有意な差がなく、2014年は摘蓄と早期摘果の併用区および早期摘果区で、2015年には摘蓄と早期摘果の併用区で大きかった(第5表)。その他の項目には、いずれの年度でも区間に有意な差はなかった。

‘なつっこ’では水浸状果肉褐変症、果実重、果肉硬度、糖度のいずれも区間に有意な差がなかった(第6表)。

第4表 早期着果制限が‘川中島白桃’の水浸状果肉褐変症発生率に与える影響

処理区	2013年			2014年			2015年		
	健全果率(%)	障害果率(%)	重症果率(%)	健全果率(%)	障害果率(%)	重症果率(%)	健全果率(%)	障害果率(%)	重症果率(%)
摘蓄+早期摘果	-	-	-	60.4ns	39.6ns	29.9ns	57.1ns	42.9ns	38.9ns
早期摘果	86.9** ^z	13.1**	3.8ns	65.6ns	34.4ns	30.1ns	65.6ns	42.9ns	33.3ns
慣行	77.5	22.5	6.2	65.0	35.0	24.8	65.0	44.4	26.8

z:2013年についてはt検定で慣行と比較して1%レベルで有意差があるものを**, 有意差がないものをnsとした。2014年と2015年についてはDunnetの方法で慣行と比較し有意差がないものをnsとした。アークサイン変換後有意差検定を行った。

第5表 早期着果制限が‘川中島白桃’の果実重および果実品質に与える影響

処理区	2013年			2014年			2015年		
	果実重(g)	果肉硬度(kg)	糖度(Brix)	果実重(g)	果肉硬度(kg)	糖度(Brix)	果実重(g)	果肉硬度(kg)	糖度(Brix)
摘蓄+早期摘果	-	-	-	387*	2.4ns	15.6ns	419*	2.3ns	13.8ns
早期摘果	355ns ^z	2.5ns	14.1ns	374*	2.4ns	15.8ns	389ns	2.4ns	14.1ns
慣行	339	2.4	14.5	348	2.5	15.6	386	2.5	14.2

z:2013年についてはt検定で慣行と比較して5%レベルで有意差があるものを*, 有意差がないものをnsとした。2014年と2015年についてはDunnetの方法で慣行と比較して5%レベルで有意差があるものを*, 有意差がないものをnsとした。

第6表 早期着果制限が‘なつっこ’の水浸状果肉褐変症発生率、果実重および果実品質に与える影響(2014)

処理区	健全果率(%)	障害果率(%)	重症果率(%)	果実重(g)	果肉硬度(kg)	糖度(Brix)
強摘蓄+早期摘果	84.7ns ^z	15.3ns	3.7ns	385ns	2.6ns	12.4ns
慣行	81.4	18.6	5.5	370	2.5	12.5

z:t検定で慣行と比較して有意差がないものをnsとした。障害果率と重症果率はアークサイン変換後有意差検定を行った。

試験2 着果部位が水浸状果肉褐変症発生に及ぼす影響

‘川中島白桃’の基部着果区では先端着果区と比較して満開日が約2日遅く、水浸状果肉褐変症の障害果率および重症果率は低く、果実重が小さかった（第7表）。果肉硬度と糖度は区間に有意な差がなかった。

第7表 基部着果が‘川中島白桃’の満開日、水浸状果肉褐変症発生率、果実重および果実品質に与える影響(2015)

処理区	満開日	健全果率 (%)	障害果率 (%)	重症果率 (%)	果実重 (g)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)
基部着果	4月4日* ^z	55.0**	45.0**	13.3**	353*	2.6ns	13.0ns
先端着果	4月2日	40.8	59.2	33.3	389	2.6	12.6

z:t検定で慣行と比較して1%レベルで有意差があるものを**、5%レベルで有意差があるものを*、有意差がないものをnsとした。障害果率と重症果率はアークサイン変換後有意差検定を行った。

試験3 カルシウム剤の散布が水浸状果肉褐変症発生に及ぼす影響

‘川中島白桃’および‘嶺鳳’で2013年に8回のカルシウム剤散布を行ったところ、水浸状果肉褐変症の発生は無処理に比べて少ない傾向にあったが、有意な差はなかった（第8表）。また、果実重、果実品質に有意な差は認められなかった。両品種ともカルシウム剤散布による葉やけの発生はみられなかった。

‘川中島白桃’で2014年に6回の農薬との混用散布を行ったところ、水浸状果肉褐変症の発生、果実重、果実品質、カルシウム含量には無処理との間に有意な差がなかった（第9表）。また、カルシウム剤と農薬を混用散布した区で葉やけが確認された。

第8表 カルシウム剤散布が水浸状果肉褐変症発生率、果実重、果実品質および葉やけの発生に与える影響(2013)

処理区	健全果率 (%)	障害果率 (%)	重症果率 (%)	果実重 (g)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)	葉やけ
Ca剤混用散布	85.4ns ^z	14.6ns	9.1ns	371ns	2.7ns	13.3ns	+
無処理	83.5	16.5	9.5	361	2.7	13.3	-

z:t検定で無処理と比較して有意差がないものをnsとした。障害果率と重症果率はアークサイン変換後有意差検定を行った。

第9表 カルシウム剤の農薬との混用散布が‘川中島白桃’の水浸状果肉褐変症発生率、果実重、果実品質および葉やけの発生に与える影響(2014)

処理区	健全果率 (%)	障害果率 (%)	重症果率 (%)	果実重 (g)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)	葉やけ
Ca剤混用散布	85.4ns ^z	14.6ns	9.1ns	371ns	2.7ns	13.3ns	+
無処理	83.5	16.5	9.5	361	2.7	13.3	-

z:t検定で無処理と比較して有意差がないものをnsとした。障害果率と重症果率はアークサイン変換後有意差検定を行った。

試験4 早期着果制限とカルシウム剤の散布が水浸状果肉褐変症の発生に及ぼす影響

‘川中島白桃’で摘蕾と早期摘果による早期着果制限およびカルシウム剤散布の併用処理を行ったところ、2014年には水浸状果肉褐変症の発生、果実重、果実品質ともに慣行との有意な差はなかった（第10表）。

2015年には摘蕾と早期摘果による早期着果制限およびカルシウム剤散布の併用処理区、カルシウム剤散布区で他の区に比べて水浸状果肉褐変症の重傷果発生率が低く、他の調査項目に有意な差はなかった（第11表）。両年ともカルシウム剤を散布した区では葉やけが発生した。

第10表 早期着果制限処理とカルシウム剤散布の組み合わせが‘川中島白桃’の水浸状果肉褐変症発生率, 果実重, 果実品質および葉やけの発生に与える影響(2014)

処理区	健全果率 (%)	障害果率 (%)	重症果率 (%)	果実重 (g)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)	葉やけ
早期着果制限+Ca剤散布	78.9ns ^z	21.1ns	14.4ns	386ns	2.7ns	13.0ns	+
無処理	75.7	24.3	16.1	363	2.7	13.4	-

z:t検定で無処理と比較して有意差がないものをnsとした。障害果率と重症果率はアークサイン変換後有意差検定を行った。

第11表 早期着果制限処理とカルシウム剤散布の組み合わせが‘川中島白桃’の水浸状果肉褐変症発生率, 果実重, 果実品質および葉やけの発生に与える影響(2015)

処理区	健全果率 (%)	障害果率 (%)	重症果率 (%)	果実重 (g)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)	葉やけ
早期着果制限+Ca剤散布	56.7ns ^z	43.3ns	14.5*	381ns	2.2ns	13.0ns	+
早期着果制限	50.8ns	49.2ns	31.3ns	386ns	2.3ns	13.7ns	-
Ca剤散布	55.0ns	45.0ns	18.8*	348ns	2.4ns	12.2ns	+
無処理	49.9	50.1	32.9	370	2.3	13.1	-

z:Dunnettの方法で無処理と比較して5%レベルで有意差があるものを*, 有意差がないものをnsとした。障害果率と重症果率はアークサイン変換後有意差検定を行った。

考 察

モモ果実の水浸状果肉褐変症に関与する果実内成分としてカルシウムがあり, 蒸散を抑制してカルシウム含量を低下させると発生が多くなることが報告されている(山根ら, 2013)。本研究では, 果実間でのカルシウムの競合を回避する手段として早期着果制限に着目し, 通常より1ヶ月程度早く最終着果数に調整することによる水浸状果肉褐変症軽減効果を2013年から2015年の3年間検討した。その結果, 2013年に‘川中島白桃’を用いて行った試験を除く3事例では効果が認められず, この方法による水浸状果肉褐変症の軽減は期待できないものと思われた。

また, 開花日が水浸状果肉褐変症の発生に影響し, 開花の遅かった果実で発生が少ないと報告されている(福田ら, 2014)。モモでは結果枝の基部に近いほど開花が遅くなるということが良く観察されているため, 結果枝の基部と先端部の花の満開日を調査するとともに, 着果させた果実の水浸状果肉褐変症の発生を比較した。その結果, 基部の花の満開日は先端に比べて2日遅く, 着果果実における発生は軽減され, 基部に着果させる摘果法は, 水浸状果肉褐変症対策として有効である可能性が示された。また, 基部に着果させた果実の重量は先端に比べて小さく, 本症が大玉の果実ほど発生しやすい(岩谷ら, 2009)とする報告と一致した。

次に, 果肉のカルシウム含量を増加させる方法として, カルシウム剤の生育期複数回散布試験を2013年から2015年に行ったところ, 2013年には水浸状果肉褐変症の発生が軽減される傾向にあり, 2015年には有意に軽減された。2015年には, 早期着果制限の併用, 単独処理区も設けたが, 後者では発生が軽減されなかった。これらのことから, カルシウム剤の散布が水浸状果肉褐変症の軽減に有効であることが示唆された。しかし, 散布により葉に褐変を生じ, 多くの散布労力や費用を要することから, 実用化は困難と考えられる。

以上, 本研究では, 樹体制御による水浸状果肉褐変症軽減について検討を行い, 基部に着果させる摘果法およびカルシウム剤の複数回散布が期待できることを明らかにした。しかし, 単独では効果のふれや, 労力面等で問題があり, 実用化にはさらなる課題解決が必要である。樹体制御に関連する要因以外に, 土壌の水分量や気温等の環境要因も水浸状果肉褐変症の発生に影響することが報告されて

いる（手塚ら，2011；森永ら，2014；大浦ら，2011）．今後は環境要因の制御も含めて，より効果の高い軽減技術を模索し，複数の技術を組み合わせた総合的な対策の開発に取り組みたい．

摘 要

モモの早期着果制限，基部着果，カルシウム剤散布による水浸状果肉褐変症の発生軽減効果を検討した．

1. 早期着果制限による水浸状果肉褐変症軽減効果を検討したところ，1事例を除き3事例で効果がみられなかった．
2. 基部着果処理により，開花の遅い花を残すことができ，水浸状果肉褐変症の発生軽減が確認された．
3. カルシウム剤の8回散布により，水浸状果肉褐変症を軽減できる事例があった．また，葉の褐変症状がみられる場合があった．

引用文献

- 岩谷章生・岡田眞治・藤丸治． 2009． 晩生モモの果肉異常発生要因の解明と回避技術の開発． 熊本県農業研究センター研究報告． 17
- 大浦明子・福田文夫・藤井雄一郎・久保田尚浩． 2011． 果実発育第3期の高温がモモ‘清水白桃’の収穫期の遅延および果肉障害の発生に及ぼす影響． 園学研． 10別2:387
- 高田大輔・内倉康幸・今井里央・福田文夫・笹邊幸夫・藤井雄一郎・大塚雅子・久保田尚浩． 2005． モモ果実における“水浸状果肉褐変症”の特徴． 園学研． 4(4):429-433
- 手塚誉裕・萩原栄揮・富田晃・加藤治・三宅正則・古屋栄・山下(土橋)路子． 2012． 土壌水分量の変動がモモ果肉障害の発生に及ぼす影響． 園学研． 11別2:354
- 福田文夫・相島行人・森永邦久． 2014． モモの果肉障害発生に及ぼす開花日の影響． 園学研． 13別2:366
- 森永邦久・小池悠太・国峰慎平・藤井雄一郎・福田文夫． モモのかん水制御下における水分の動態と非破壊簡易把握法ならびに果肉障害発生． 園学研． 13別1:282
- 安川博之・久木崎孝弘． 2006． モモ果肉障害の発生要因の解明と耕種的軽減対策． 近畿中国四国農研． 8:103-107
- 山西寿． 1998． モモの果実品質に及ぼす気象の影響． 果実日本． 53(5):42-45
- 山根崇嘉・羽山裕子・井上博道・草場新之助． 2013． モモ果実へのポリ袋による蒸散抑制処理が果肉障害の発生およびカルシウムの蓄積に及ぼす影響． 園学研． 12別1:74

カキ ‘刀根早生’ 枝変わり 3 品種の特性の比較

熊本昌平・木村 学¹

和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

Comparison of Characteristics among 3 Varieties Obtained from Bud Mutations of ‘Tonewase’ Japanese Persimmon

Shohei Kumamoto and Manabu Kimura¹

Laboratory of Persimmon and Peach, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

カキの早生枝変わりは、発見が比較的容易で、高単価が期待できることから生産者の注目度は高く、和歌山県内でも近年多数発見されている。そのなかから、早生品種の‘刀根早生’よりもさらに早く成熟する極早生種として‘中谷早生’が2003年に品種登録された(小松, 2009)。「中谷早生」は、高単価を背景に2015年に161.6 haまで増加した。その後も県内で‘刀根早生’の極早生枝変わりが発見、品種登録され、2013年には‘中谷早生’を含めて5品種となった。現在、これらのうち‘中谷早生’と‘阪口早生’が産地で栽培されており、‘堀内早生’(熊本, 2016)が産地の一部で導入されつつある。これらの品種は、各々の特性の一部については明らかにされているものの、特性を同時に比較した事例はこれまでなかった。そこで本報告では、‘中谷早生’、‘阪口早生’、‘堀内早生’の3品種(以下、「枝変わり3品種」と略す)および‘刀根早生’の特性について比較した。

材料および方法

1. 形態的特性

和歌山県果樹試験場かき・もも研究所内植栽の‘中谷早生’11年生、‘阪口早生’11年生、‘堀内早生’高接ぎ4年生、‘刀根早生’17年生を供試して、2016年に農林水産省品種登録出願審査基準(かきのき属)に基づき調査した。

休眠枝は、2016年11月29日に長さが中庸な2年生枝の先端の1年生枝を10本採取し、第1表に示した形態的特性を計測した。

葉は、2016年7月28日に結果母枝先端の新梢に着生した発育が中庸な成葉を10枚採取し、第2表に示した形態的特性について観察および計測し、葉面積は、葉面積計(林電工株式会社, AAM-8型)で計測した。

果実は、供試した樹の果実の果頂部果皮色がカラーチャート(‘平核無’用, 農林水産省果樹試験場作成)値でおおむね4に達した時点で果皮色の中庸な果実をそれぞれ10果採取し、観察および計測した。調査日は‘中谷早生’と‘堀内早生’は2016年9月7日、‘阪口早生’は9月15日、‘刀

¹現在：和歌山県伊都振興局農林水産振興部農業水産振興課

2. 着花特性

研究所内植栽の‘中谷早生’11年生，‘阪口早生’9年生，‘刀根早生’14年生，和歌山県紀の川市現地圃場植栽の‘堀内早生’高接ぎ7年生を供試した。着花数は2013年4月中旬～下旬に長さ5～40cmの結果母枝当たりに着生したすべての花の数を調査した。結果母枝の長さ5cmごとに集計し，各区分3～39反復とした。

3. 果実肥大特性

研究所内植栽の‘中谷早生’11年生，‘阪口早生’9年生，‘刀根早生’14年生，和歌山県紀の川市現地圃場植栽の‘堀内早生’高接ぎ7年生を各1樹供試した。大きさが中庸な果実20果にラベルを付け，2013年7月3日から7～15日間隔で果実の横径（2方向のうち長径）を調査した。平均日肥大量は，調査日間の横径の差を調査日間の日数で除して算出した。

4. 成熟期における果実品質の推移

研究所内植栽の‘中谷早生’11年生，‘阪口早生’11年生，‘堀内早生’高接ぎ4年生，‘刀根早生’17年生を各2樹供試した。2016年8月31日から第4表に示す期間まで6～8日間隔で，果頂部果皮色が中庸な果実を各品種7果採取し，果実重，果実の横径（2方向のうち長径），果実の縦径，果皮色（果頂部，赤道部，果底部の3ヶ所，カラーチャート値（‘平核無’用，農林水産省果樹試験場作成），果肉硬度（果実赤道部，KM-5，藤原製作所），糖度（果実赤道部，PR-101α，アタゴ）を調査した。

5. 栽培管理

上記調査の栽培管理は，4月下旬に1結果枝に1個の蕾を残して摘蕾，6月中旬に葉果比15程度に摘果を行い，その他は地域の慣行的な方法により行った。

結 果

1. 形態的特性

各品種の1年生枝を比較したところ，枝の長さおよび節間長は，‘中谷早生’と‘阪口早生’が‘堀内早生’と‘刀根早生’に比べて有意に短かった（第1表，第1図）。枝の太さは，‘堀内早生’が他の3品種に比べて有意に小さかった。

各品種の成葉を比較したところ，‘中谷早生’，‘阪口早生’，‘刀根早生’の3品種は，葉の形が「卵形」，葉身の基部の形が「丸」，葉身の先端の形が「鈍」であったが，‘堀内早生’は，葉の形が「楕円形」，葉身の基部の形が「広鋭」，葉身の先端の形が「鋭」であった（第2表，第2図）。葉身の幅および葉面積は，‘堀内早生’が他の3品種に比べて有意に小さかった。

第1表 各品種の1年生枝の形態的特性

形質	中谷早生	阪口早生	堀内早生	刀根早生
枝の長さ (cm)	29.0 b ^z	31.8 b	38.0 a	40.2 a
枝の太さ (mm)	8.7 a	9.2 a	7.4 b	8.9 a
節間長 (mm)	17.4 b	17.1 b	25.0 a	25.1 a

^z各形質の品種間の比較で，異なる英小文字間にはTukeyの多重比較により5%水準で有意差あり



第1図 各品種の1年生枝

第2表 各品種の成葉の形態的特性

形質	中谷早生	阪口早生	堀内早生	刀根早生
葉の形 ^z	卵形	卵形	楕円形	卵形
葉身の基部の形 ^y	丸	丸	広鋭	丸
葉身の先端の形 ^x	鈍	鈍	鋭	鈍
葉身の長さ (cm)	14.9 b ^w	16.3 ab	14.9 b	17.4 a
葉身の幅 (cm)	10.8 a	11.0 a	8.5 b	10.7 a
葉面積 (cm ²)	117.8 a	129.7 a	85.1 b	128.0 a

^z階級(楕円形, 卵形, 倒卵形)

^y階級(狭鋭, 広鋭, 鈍, 丸)

^x階級(鋭尖, 鋭, 鈍)

^w各形質の品種間の比較で, 異なる英小文字間にはTukeyの多重比較により5%水準で有意差あり



第2図 各品種の成葉

各品種の果実を比較したところ、果実の大きさは、‘刀根早生’が枝変わり3品種に比べて有意に大きく、枝変わり3品種は同等であった(第3表)。果実の横径でも同様の傾向がみられた。果実の縦径は‘刀根早生’が枝変わり3品種に比べて有意に大きく、枝変わり3品種では‘堀内早生’が‘中谷早生’と‘阪口早生’に比べて有意に大きかった。

果実の形状では、果実の縦断面の形が‘堀内早生’で「扁円形」、他の3品種は「横広楕円形」であった(第3表、第3図)。果実の横断面の形、果頂部の形、果頂の溝の明瞭度、果頂の裂果性、ていあの側面の形は4品種とも同じで、それぞれ「角形」、「切形」、「強」、「無又は弱」、「強く下る」であった。

へた片の幅は‘刀根早生’が枝変わり3品種に比べて有意に大きく、枝変わり3品種は同等であった。へたすき性、へたの果実に対する大きさ、へたの姿勢は4品種とも同じで、それぞれ「無又は弱」、「中」、「斜上」であった。

果柄の長さは‘堀内早生’が最も長い傾向がみられ、果柄の太さは‘刀根早生’が枝変わり3品種に比べて有意に大きく、枝変わり3品種は同等であった。

果皮の色、果肉の色は4品種とも同じで、それぞれ「橙」、「橙黄」であった。

第3表 各品種の果実の形態的特性

形質		中谷早生	阪口早生	堀内早生	刀根早生
果実の大きさ ^z	(g)	190.4 b ^o	188.1 b	195.3 b	280.0 a
果実横径 ^y	(mm)	77.9 b	77.7 b	77.3 b	91.3 a
果実縦径	(mm)	51.6 c	50.0 c	54.9 b	57.6 a
果実の縦断面の形 ^x		横広楕円形	横広楕円形	扁円形	横広楕円形
果実の横断面の形 ^w		角形	角形	角形	角形
果頂部の形 ^v		切形	切形	切形	切形
果頂の溝の明瞭度 ^u		強	強	強	強
果頂の裂果性 ^t		無又は弱	無又は弱	無又は弱	無又は弱
ていあの側面の形 ^t		強く下る	強く下る	強く下る	強く下る
へたすき性 ^u		無又は弱	無又は弱	無又は弱	無又は弱
果実に対するへたの大きさ ^s		中	中	中	中
へたの姿勢 ^r		斜上	斜上	斜上	斜上
へた片の幅	(mm)	22.1 b	22.0 b	21.7 b	26.2 a
果柄の長さ	(mm)	9.9 b	10.4 ab	11.7 a	10.3 ab
果柄の太さ	(mm)	5.3 b	5.3 b	5.0 b	6.0 a
果皮の色 ^q		橙	橙	橙	橙
果肉の色 ^p		橙黄	橙黄	橙黄	橙黄

^z ‘中谷早生’と‘堀内早生’は9月7日、‘阪口早生’は9月15日、‘刀根早生’は10月5日に調査

^y 2方向のうち長径

^x 階級(長楕円形、楕円形、円形、扁円形、横広楕円形、卵形、広卵形、極広卵形)

^w 階級(円形、不正円形、角形)

^v 階級(鋭角、鈍角、丸形、切形、凹形)

^u 階級(無又は弱、中、強)

^t 階級(水平、やや下る、強く下る)

^s 階級(小、中、大)

^r 階級(立、斜上、水平)

^q 階級(黄橙、橙、赤橙)

^p 階級(黄、橙黄、橙、赤橙、褐)

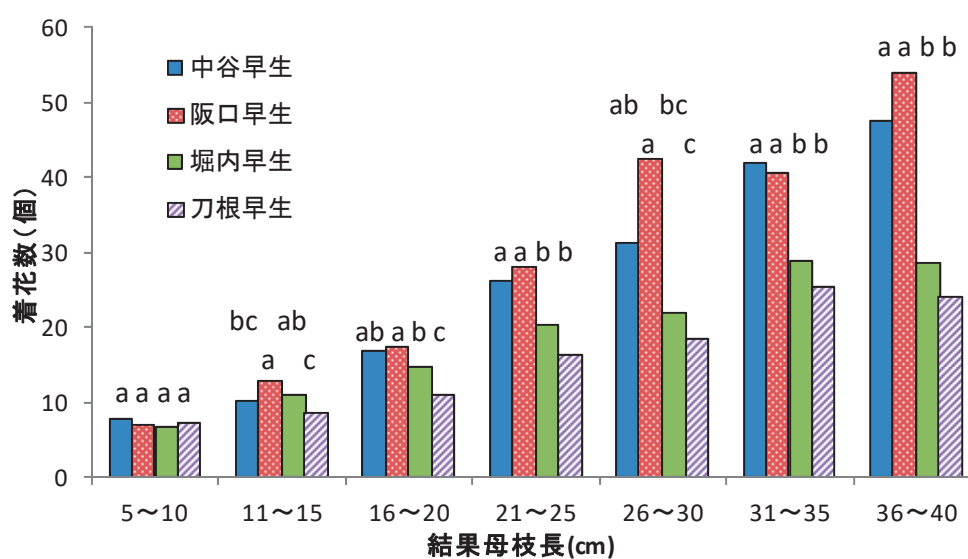
^o 各形質の品種間の比較で、異なる英小文字間にはTukeyの多重比較により5%水準で有意差あり



第3図 各品種の果実の形状

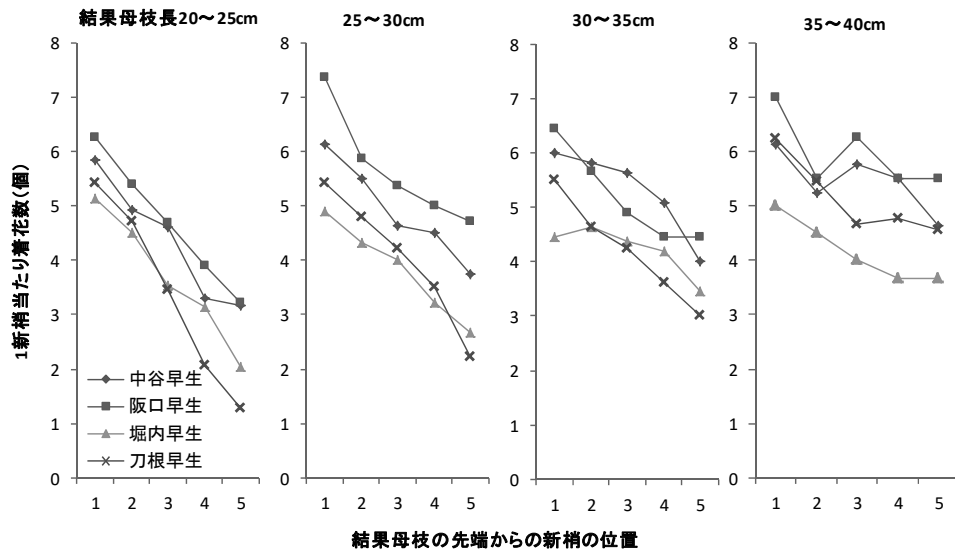
2. 着花特性

結果母枝当たりの着花数は、4品種とも結果母枝が長いほど多かった(第4図)。「阪口早生」と「中谷早生」は、結果母枝が長くなると着花数が顕著に多くなる傾向がみられ、長さ20cm以上の結果母枝では「堀内早生」と「刀根早生」に比べて有意に多かった。また、20cm以上の長さの結果母枝先端から5新梢について1新梢当たりの着花数を比較すると、「阪口早生」と「中谷早生」は「堀内早生」と「刀根早生」に比べて多い傾向がみられた(第5図)。



第4図 各品種の結果母枝当たりの着花数の比較

異なる英小文字間にはTukeyの多重比較により5%水準で有意差あり

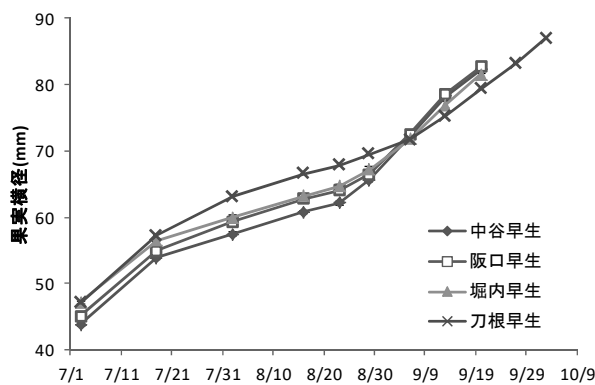


第5図 結果母枝の先端から5新梢における1新梢当たりの着花数の比較

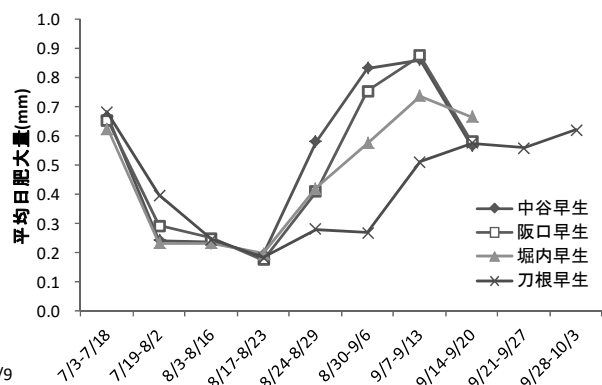
3. 果実肥大特性

7月以降の果実の横径の推移は、枝変わり3品種で同じような二重S字曲線を示したが、‘刀根早生’に比べて8月下旬までの横径は小さく、それ以降に急激に大きくなり、‘刀根早生’を上回った(第6図)。

平均日肥大量は、枝変わり3品種で7月19日~8月2日間に大幅に小さくなり、その後同程度で推移したが、8月24日以降急激に大きくなり、9月7日~9月13日間に最大となった(第7図)。
 ‘刀根早生’は、8月3日~8月16日間で平均日肥大量が大幅に小さくなり、9月6日まで同程度で推移した後、9月7日~9月13日間で大きくなったが、その後枝変わり3品種の最大値に達することなく、同程度で推移した。



第6図 各品種の果実肥大の推移



第7図 各品種の平均日肥大量の推移

4. 成熟期における果実品質の推移

果実重は、枝変わり3品種で8月31日以降に大きく増加したが、‘刀根早生’は9月7日以降に大きく増加した(第4表)。

果皮色は、枝変わり3品種で8月31日以降に着色が大きく進んだが、‘刀根早生’は9月7日以降緩やかに進んだ。

果肉硬度は、4品種とも果実の成熟に伴って低下しており、果頂部果皮色が4.0を超えた時期とそのときの果肉硬度は、‘中谷早生’が9月7日で1.9kg, ‘阪口早生’が9月15日で1.8kg, ‘堀内早生’が9月7日で2.0kg, ‘刀根早生’が10月4日で1.6kgであった。

糖度は、4品種とも果実の成熟に伴って上昇しており、果頂部果皮色が4.0を超えた時期とそのときの糖度は、‘中谷早生’が9月7日で15.2%, ‘阪口早生’が9月15日で14.5%, ‘堀内早生’が9月7日で13.8%, ‘刀根早生’が10月4日で13.1%であった。

第4表 各品種の成熟期における果実品質の推移

品種名	調査日	果実重 (g)	果実径(mm)		果皮色(カラーチャート値)			果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)
			横	縦	果頂	赤道	果底		
中谷早生	8月31日	147.3	70.9	47.2	2.8	1.3	0.0	2.2	13.7
	9月7日	182.9	76.9	50.6	4.3	2.6	1.1	1.9	15.2
	9月15日	221.6	81.7	53.4	7.1	4.6	2.6	1.5	15.8
阪口早生	8月31日	127.6	67.7	44.8	2.1	0.9	0.0	2.5	12.5
	9月7日	151.9	72.3	47.3	3.0	1.8	0.2	2.1	13.8
	9月15日	187.1	77.7	50.3	4.4	2.6	1.3	1.8	14.5
	9月21日	219.4	81.9	53.1	6.5	5.0	2.9	1.5	15.4
堀内早生	8月31日	153.6	70.8	51.0	2.7	1.8	0.2	2.6	12.8
	9月7日	193.8	77.3	54.5	4.0	2.9	1.3	2.0	13.8
	9月15日	239.4	83.4	58.4	6.3	3.7	2.3	1.6	14.7
	9月21日	275.9	86.0	61.4	7.6	6.5	4.6	1.5	14.8
刀根早生	8月31日	156.9	73.3	47.5	1.0	0.3	0.0	2.7	11.1
	9月7日	161.9	73.8	47.7	1.3	0.4	0.0	2.5	12.0
	9月15日	197.9	79.5	51.6	2.1	1.0	0.0	2.4	12.5
	9月21日	215.4	82.4	52.7	2.9	2.0	0.5	2.0	12.9
	9月28日	254.0	88.1	56.3	3.4	2.4	1.3	2.0	13.0
	10月4日	280.9	91.4	57.9	4.3	3.3	2.3	1.6	13.1
	10月12日	314.2	95.3	60.0	5.6	4.3	3.3	1.5	14.5

考 察

本研究では、‘中谷早生’、‘阪口早生’、‘堀内早生’の枝変わり3品種および‘刀根早生’の形態的特性、着花特性、果実肥大特性、成熟期における果実品質の推移について比較した。

まず、枝、成葉、果実の形態的特性を比較した。‘中谷早生’と‘阪口早生’は1年生枝の長さ、節間長が短い点に‘刀根早生’との違いがみられた。しかし、両品種は今回調査した形質に関してほぼ同一であり、これらの判別は困難であった。一方、‘堀内早生’は‘刀根早生’、‘中谷早生’、‘阪口早生’と葉、果実の一部の形質で違いがみられ、判別が容易であった。

着花特性の比較では、‘中谷早生’と‘阪口早生’は、‘堀内早生’と‘刀根早生’に比べて結果母枝当たりの着花数が多く、その要因として、1新梢当たりの着花数が多いことがあげられた。このことから、‘中谷早生’と‘阪口早生’は、‘堀内早生’と‘刀根早生’に比べて花芽を形成しやすい品種であると考えられた。

果実肥大特性の比較では、枝変わり3品種は、同じような二重S字曲線を示したが、その軌跡は‘刀根早生’と異なった。枝変わり3品種の果実の横径は、‘刀根早生’に比べて生長第I期で小さ

いものの、第Ⅲ期の平均日肥大量が大きく‘刀根早生’を上回った。しかし、成熟期の果実品質の推移の調査における同程度の果頂部果皮色を示す果実の横径は、枝変わり3品種で‘刀根早生’に比べて小さかった。これは、枝変わり3品種が‘刀根早生’に比べて生育期間が短いためであると考えられた。ところで、一般に、果実が二重S字曲線を示すモモやブドウなどは、早生品種ほど生長が緩慢となる第Ⅱ期が短いとされている(中川, 1978)。カキでも‘平核無’とその早生枝変わり3品種で果実の成長曲線を比較し、早生品種ほど第Ⅱ期の長さが短く、同時に第Ⅱ期に入る時期が早いと報告されている(平ら, 1993)。そこで、本研究でも枝変わり3品種と‘刀根早生’で第Ⅱ期の比較を試みた。鄭ら(1990)の報告に基づいて、果実の平均日肥大量が0.3mm以下となる期間を第Ⅱ期と定義すると、今回の調査で枝変わり3品種は7月19日～8月23日、‘刀根早生’は8月2日～9月6日がそれぞれ第Ⅱ期に相当すると考えられ、枝変わり3品種は‘刀根早生’に比べて第Ⅱ期の長さに明確な差はみられないが、第Ⅱ期の始めが早いという点で上記の報告と一致した。

成熟期の果実品質の推移をみると、枝変わり3品種は、果実肥大特性から調査開始日の8月31日にはすでに第Ⅲ期に入っていたと考えられ、それ以降も果実の急激な肥大に伴い、果皮色、糖度が上昇、果肉硬度が低下し、成熟が進んだ。一方、‘刀根早生’は、果実の横径の推移から9月7日以降に第Ⅲ期に入ったと考えられ、それ以降成熟が進んだが、果実肥大特性と同様に枝変わり3品種に比べて緩やかに推移した。調査日間の果皮色の上昇を一定と仮定し、果頂部の果皮色が4.0に達した日を収穫期と推定すると、‘中谷早生’が9月6日、‘阪口早生’が9月13日、‘堀内早生’が9月7日、‘刀根早生’が10月2日であった。この結果をもとにした果実の収穫期の早晩は、早い順から‘中谷早生’ \geq ‘堀内早生’ $>$ ‘阪口早生’ $>$ ‘刀根早生’となる。‘中谷早生’は‘阪口早生’に比べて収穫期が7日程度早く、果実重と糖度の上昇および果肉硬度の低下にも同様の傾向がみられたことから、両品種の成熟期が異なることは明らかである。

以上のことから、枝変わり3品種は、‘刀根早生’に比べて早熟性以外にも枝、葉、果実の形態的特性、着花特性、果実肥大特性、成熟期の果実品質の推移で様々な違いがみられた。枝変わり3品種についてみると、‘中谷早生’と‘阪口早生’の形態的特性は同じであったが、前者の方が果実の成熟が早いことで両品種を判別できた。また、‘堀内早生’は‘中谷早生’と‘阪口早生’に比べて、枝、葉、果実の一部の形態的特性が異なるため判別が容易であった。しかし、枝変わり3品種の果実肥大特性や成熟期の果実品質の推移は比較的類似していることが明らかとなった。

かつて‘刀根早生’は、‘平核無’の早生枝変わりとして奈良県で発見され(西野, 2013)、同じ‘平核無’早生枝変わりの‘杉田早生’などと比較、検討を経て、産地に普及した経緯がある。今後、産地で極早生品種の位置付けを検討するうえで、本報告がその一助となれば幸いである。

摘 要

本研究では、‘刀根早生’とその枝変わり品種である‘中谷早生’、‘阪口早生’、‘堀内早生’について、形態的特性、着花特性、果実肥大特性、成熟期の果実品質の推移を比較した。

1. 形態的特性のうち、1年生枝では、‘中谷早生’、‘阪口早生’は‘刀根早生’に比べて、枝の長さおよび節間長が短かった。成葉では、‘堀内早生’は、葉の形が他の3品種の「卵形」と異なり「楕円形」を示し、葉面積が小さかった。果実の比較では、枝変わり3品種は果実の大きさが‘刀根早生’より小さかった。また、‘堀内早生’の果実の縦断面の形が「扁円形」であるのに対して、他の3品種は「横広楕円形」で異なっていた。

2. 「中谷早生」と「阪口早生」の結果母枝当たりの着花数は、「堀内早生」と「刀根早生」に比べて多く、その傾向は結果母枝が長くなるほど顕著であった。
3. 果実肥大特性を比べたところ、枝変わり3品種は同じような二重S字曲線を示し、「刀根早生」に比べて第Ⅱ期、第Ⅲ期に入る時期が早く、第Ⅲ期の平均日肥大量が大きかった。
4. 成熟期の果実品質を比べたところ、枝変わり3品種は「刀根早生」に比べて8月31日以降に果実重、果皮色、糖度とも急激な上昇がみられ、果肉硬度は急激に低下した。果実の収穫期の早晩は、早い順から「中谷早生」 \geq 「堀内早生」 $>$ 「阪口早生」 $>$ 「刀根早生」であった。「中谷早生」は「阪口早生」に比べて収穫期が7日程度早く、成熟期が異なった。

本研究を実施するにあたり、カキ園地の貸与ならびに果実を提供いただいた堀内義弘氏に謝意を表す。

引用文献

- 小松英雄. 2009. カキ「中谷早生」. 果実日本. 64(6) : 72-75.
- 熊本昌平. 2014. カキ枝変わり品種「堀内早生」. 園学研 13. 別 1 : 287.
- 中川昌一. 1978. 果樹園芸原論. 236-249. 養賢堂. 東京.
- 西野精二. 2013. カキ「刀根早生」. 果実日本. 68(3) : 23-25
- 平 智・阿部健二・渡部俊三. 1993. カキ「平核無」とその枝変わり早生3品種の果実の発育ならびに脱渋特性の比較. 山形大学紀要. 11(4) : 691-698.
- 鄭 国華・平 智・米森敬三・杉浦 明. 1990. 温度条件の異なる地域におけるカキ果実の発育および成熟様相の相違. 園学雑. 59 : 471-477.

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 収穫指標

大江孝明・竹中正好¹・北村祐人・根来圭一²・岡室美絵子³・土田靖久

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Harvest index of Japanese apricot ‘Tsuyukane’ fruit available for force-ripening to increase anthocyanin content

Takaaki Oe, Masayoshi Takenaka¹ Yuto Kitamura, Keiichi Negoro², Mieko Okamuro³ and Yasuhisa Tsuchida

Japanese Apricot Laboratory, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

ウメ‘露茜’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、2009年に品種登録されたスモモとウメとの種間雑種で（山口ら、2008）、果皮、果肉ともに赤色に着色する特性があり、梅酒や梅シロップなどに加工すると鮮やかな赤色の製品ができることから、その商品性が注目されている。和歌山県においても産地化の取り組みが行われているが、地域によっては外観上の果実の赤色着色に年次変動がみられ、着色程度の低い果実を加工した製品は十分に赤い色調が得られず、商品価値が低くなる。また、従来のウメ品種と比べて酸含量が少ないことなどから、果実が色づく収穫期直前に野生動物による食害を受けやすい。その対策のために防御柵や防鳥網などの設置を行う場合は、多大なコストと労力がかかる。

これらのことから、既報（大江ら、2016）では、適熟期の前に収穫して追熟により着色を促す技術を検討し、アントシアニン含量を効率よく高めるためには、果実全体が色づく適熟期よりも早く果実を収穫して、エチレンを添加し、20℃で4日程度追熟させるのが適当であることを見いだした。この追熟技術を用いれば、野生動物に食害を受ける前に果実を収穫できるため鳥獣害対策にも有効であり、加えて樹上で完熟した果実よりアントシアニン含量が多くなることから、産地化の促進や高品質の加工品開発に有効と考えられる。しかし、生産拡大を図るうえで追熟に適した果実の収穫基準の設定や効率的なエチレン処理方法の確立が必要である。

そこで本試験では、追熟に適した果実の収穫適期の客観的な指標づくりと追熟に必要なエチレン濃度を検討した。

材料および方法

1. 果実の収穫熟度に基づく指標（試験1）

2011~2013年にうめ研究所植栽の‘露茜’（2011年時点で12年生）を3樹供試し、果実の成熟

¹現在：和歌山県西牟婁振興局農林水産振興部農林水産振興課

²現在：和歌山県農林水産部農業生産局経営支援課

³現在：和歌山県果樹試験場

時期別に果実を採取した。すなわち、樹冠外側（外層）より、果皮が赤く色づき始める頃から果実表面の8割程度が赤色着色するまでの期間に果実を採取した（2011年は6月19日～7月11日、2012年は6月20日～7月5日、2013年は6月14日～7月2日）。熟度指標として、各樹10果の果実重、果径指数（縦径/横径）、果実硬度（レオメーター値：定深度測定、直径5 mm円柱、侵入1 mm）および果皮の着色指数を調査した。着色指数は、既報（大江ら、2013）と同様、過去の報告（Whale・Singh, 2007）を参考に、目視で着色の濃さを0（無着色）～5（濃く着色）、着色0～5の果皮面積が果実の総表面積に占める割合を5%刻みでa～f%として評価し、 $(0 \times a + 1 \times b + 2 \times c + 3 \times d + 4 \times e + 5 \times f) / 5$ の式で算出した。

残りの果実は、羽山ら（2009）が供試したのと同じ、少量のガス交換が可能な機能性段ボール箱（容量約21 L）に入れ、1袋当たり20 mlのエチレンを発生させるエチレン発生剤（熟れごろ、日園連）2袋とともに、20°Cの恒温室で4日追熟した後、不完全着色果（追熟後に緑色部分が残る果実）の割合を調査するとともに、果実（果皮を含む果肉）のアントシアニン含量を測定した。なお、エチレン発生剤は毎日新しいものと交換した。2011年は樹に関係なく合わせて完全着色果（全体的に着色した果実）を10果を取り出して果実ごとに、2012年および2013年は樹ごとに完全着色果を10果取り出し、樹ごとに混合し分析試料とした。アントシアニン含量は既報（Oeら、2012；大江ら、2013）と同様の方法で測定した。すなわち、5%ギ酸中で果肉をマルチディスペルサー（PB95、(株)エスエムテ）を用いて15000 rpmで1分間ホモジナイズした後、4°Cで24時間抽出し、卓上型遠心分離器（4000、(株)久保田商事）を用いて2300×gで10分間遠心分離した。上澄みを0.45 μmメンブランフィルターでろ過し、ODSカラム（Shim-pack VP-ODS、(株)島津製作所）を用いてHPLC（LC-10Avp、(株)島津製作所）で測定した。なお、‘露茜’果実のアントシアニンは‘南高’と同様に、主にシアニジン-3-グルコシド（以下C3G）とシアニジン-3-ルチノシド（以下C3R）であると報告されていることから（赤木ら、2011）、これらの含量を測定し、合計値をアントシアニン含量とした。

2. 果実階級、光沢程度に基づく指標（試験2）

2012年および2013年にうめ研究所およびみなべ町現地植栽の‘露茜’を供試した。2012年は果皮が赤く色づき始める直前の6月20日に果実を採取した。それぞれ、選果機によりM、L、2L、3Lおよび4L（平均重量17 g、20 g、29 g、37 gおよび41 g）の階級に分けた後、エチレン発生剤3袋とともに機能性段ボール箱に入れ、4日間追熟した。2013年は赤く着色し始めた時期の7月4日に果実を採取した。収穫コンテナに入れてビニル被覆し、‘南高’から発生するエチレンを利用して4日間追熟し、追熟後S～4Lに分けた（Sの平均果重13 g）。

階級ごとに、2012年は不完全着色果の割合を、2013年は極度不完全着色果（追熟後に緑色部分が大きく残り出荷不可能な果実）の割合を調査した。また2012年のM、Lおよび2Lについては、不完全着色果と完全着色果をそれぞれ5果を取り出し、試験1と同様に分析用試料を調製してアントシアニン含量を測定した。

また、生育に伴い果実表面の光沢（ツヤ）が小さくなっていくことから、同一日に採取した果実の光沢程度の違いと追熟後の着色との関係を調査した。すなわち、2013年6月25日にうめ研究所植栽の‘露茜’から果実を採取し、達観により、光沢大、光沢小、光沢無の3区に分け、エチレン存在下で4日追熟した後、着色程度別の割合を調査するとともに、それぞれ完全着色果を10果を取り出し、アントシアニン含量を測定した。

3. 追熟に有効なエチレン濃度（試験3）

2011年6月29日、2012年6月27日および2013年6月20日にうめ研究所植栽の‘露茜’（2011年時点で12年生）3樹の樹冠外層から果実を採取し、混合した後、機能性段ボール箱に、2~3 kg ずつ入れた。2011年は24, 96 および 480 ppm, 2012年は192, 288, 384, 480, 720 および 960 ppm, 2013年は336, 480 および 960 ppmのエチレン濃度で4日間追熟した後、2011年は着色程度に関係なく各区10果取り出しアントシアニン含量を、2012および2013年は着色程度別の割合を調査した。

結 果

1. 果実の収穫熟度に基づく指標（試験1）

果皮の果実重、着色指数は成熟とともに増加傾向を示した（第1表）。果径指数（縦径／横径）

第1表 果実の採取時期と追熟前の果実形質および追熟後の果実中アントシアニン含量との関係^z

	果実 採取日	追熟前				追熟後	
		果実重 (g)	果径指数 (縦径/横径)	果実硬度 (kg)	着色指数	不完全着色 果実割合(%)	アントシアニン (mg・100g ⁻¹ FW) ^y
2011年	6/19	22.6	1.12	2.54	3	-	-
	6/24	26.6	1.12	1.80	10	-	18
	6/28	30.7	1.10	1.48	15	-	42
	7/2	32.6	1.08	1.20	43	-	34
	7/7	35.1	1.09	0.95	66	-	-
	7/11	37.7	1.06	0.52	62	-	23
2012年	6/20	31.1	1.09	2.01	0	16	27
	6/23	32.4	1.08	1.35	15	11	36
	6/26	35.8	1.08	1.25	40	0	29
	6/29	40.0	1.06	0.93	64	0	28
	7/2	43.4	1.05	0.75	72	0	23
	7/5	45.5	1.05	0.75	66	2	17
2013年	6/14	-	-	1.27	2	17	34
	6/17	-	-	1.06	9	12	36
	6/20	-	-	1.30	14	3	32
	6/23	-	-	0.88	25	2	30
	6/26	-	-	0.67	42	1	29
	6/29	-	-	0.47	44	1	27
	7/2	-	-	0.68	50	0	20

^z追熟はエチレン存在下の20°Cで4日間

^yアントシアニンはシアニジン-3-グルコシドとシアニジン-3-ルチノシドの総和
完全着色果のみで比較

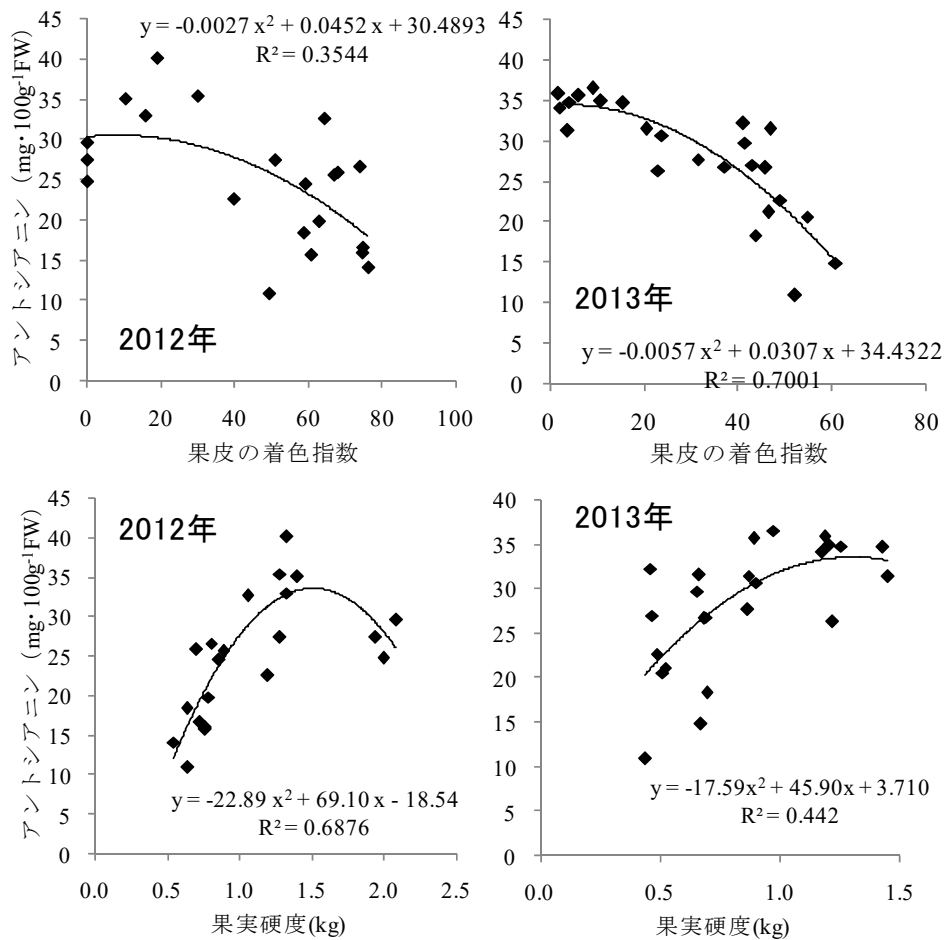
および果実硬度は果実の成熟とともに減少傾向を示した。2011年は追熟後の不完全着色果が、6月28日採取果実が多かったが、7月2日採取果実ではほとんどなかった（2011年は数値データなし）。2012年は6月23日採取果実まで、2013年は6月17日採取果実まで不完全着色果割合が10%以上と高く、それ以後は3%以下であった。完全着色果のみでアントシアニン含量を比較す

ると、2011年は6月28日採取果実で、2012年は6月23日採取果実で、2013年は6月17日採取果実で最大となった。

不完全着色果の割合が大きく減少する時期と果実形質との関係をみると、着色指数が10以上かつ果実硬度が1.30 kg以下となる時期であった(第2表)。また、アントシアニン含量と果実形質との関係をみると、着色指数が10程度、果実硬度が1.50 kg程度で最大となった(第2表、第1図)。

第2表 不完全着色果割合が減少した時およびアントシアニン含量が最大となる時の着色指数および果実硬度

	不完全着色果割合の減少時		アントシアニン含量の最大時	
	着色指数	果実硬度	着色指数	果実硬度
2011年	43	1.20	15	1.48
2012年	40	1.25	15	1.35
2013年	14	1.30	9	1.06



第1図 果皮の着色指数および果実硬度と追熟後のアントシアニン含量の関係(注) 追熟日数は4日

2. 果実階級，光沢程度に基づく指標（試験 2）

同一採取日の果実の階級別にみると，2012 年は各階級とも不完全着色果がみられ，4L および 3L では不完全着色果の割合は 10% 以下であったが，それより小さい果実では 21% 以上で，階級が小さくなるにつれて割合が高くなる傾向であった（第 3 表）．2013 年の極度不完全着色果は，L 以下でみられ，特に S で多かった．不完全着色果は完全着色果に比べて，調査した階級すべてにおいてアントシアニン含量が C3G，C3R およびそれらの総和とともに少なかった（第 4 表）．

同一採取日の果実の光沢程度別にみると，光沢が大きいほど追熟後の不完全着色果実の割合が高かった（第 5 表）．追熟後の完全着色果のみでアントシアニン含量を比較すると，光沢程度の違いによる差がなかった．

第3表 階級の違いと追熟後の着色程度との関係

	2012年	2013年
	不完全着色果割合(%) ^z	極度不完全果割合(%) ^y
4L	10	0
3L	8	0
2L	21	0
L	31	1
M	52	2
S	75	39

^z不完全着色果は，部分的に緑色が残る果実

^y極度不完全着色果は，緑色部分が大きく残り出荷不可能な果実

第4表 追熟後の着色程度とアントシアニン含量との関係

	アントシアニン (mg・100g ⁻¹ FW) ^z								
	C3G			C3R			総量		
	2L	L	M	2L	L	M	2L	L	M
完全着色	26.4	25.5	22.4	5.7	5.9	5.5	32.1	31.4	27.9
不完全着色	11.4	6.1	11.3	3.0	2.0	3.2	14.4	8.2	14.5
有意性 ^w	***	***	***	***	***	**	***	***	***

^zC3Gはシアニジン-3-グルコシド，C3Rはシアニジン-3-ルチノシドを示し，総量はこれらの総和を示す

***, **はそれぞれ検定によって0.1%，1%水準で有意差あることを示す (n = 5)

第5表 果実の光沢程度と追熟後の着色程度およびアントシアニン含量^z

	割合 (%)			アントシアニン
	完全着色	ほぼ着色	不完全着色	(mg・100g ⁻¹ FW) ^y
光沢大	70	20	11	31.8
光沢小	90	5	5	31.6
光沢無	96	1	3	31.7
有意性 ^x	—	—	—	NS

^z2012年6月25日に採取した果実を4日追熟して調査

^yアントシアニンはシアニジン-3-グルコシドとシアニジン-3-ルチノシドの総和完全着色した果実で比較

^xNSはTukeyの多重比較によって，有意差がないことを示す (n = 10)

3. 追熟に有効なエチレン濃度（試験 3）

2011 年の試験において，エチレン濃度 480 ppm 区は 24 ppm 区および 96 ppm 区と比べて追熟後のアントシアニン含量が多い傾向がみられた（第 6 表）．2012 年の試験において，エチレン濃

度 480 ppm 以上の区は 384 ppm 以下の区と比べて、完全着色した果実の割合が高かった(第7表)。また、384 ppm 以下の区では完全着色した果実においても果皮の赤色の濃さが薄いものがみられた(データ省略)。2013年の試験において、エチレン濃度 480 および 336 ppm 区は 192 ppm 区に比べて完全着色果実の割合が高かった。

第6表 追熟時のエチレン濃度と追熟後の果実のアントシアニン含量(2011年)^z

エチレン濃度 ppm	C3G	C3R	総量
	(mg・100g ⁻¹ FW) ^y	(mg・100g ⁻¹ FW) ^y	(mg・100g ⁻¹ FW) ^y
24	17.7 b ^x	6.1 a	23.8 b
96	10.4 c	4.5 b	14.9 c
480	32.1 a	6.6 a	38.8 a

^z2012年6月25日に採取した果実を20℃で4日追熟して調査

^yC3Gはシアニジン-3-グルコシド, C3Rはシアニジン-3-ルチノシドを示し, 総量はこれらの総和を示す

^xTukeyの多重比較によって異符号間に有意差あり (n = 10)

第7表 追熟時のエチレン処理濃度と追熟後の着色程度別割合^z

エチレン濃度 ppm	割合(%)					
	2012年			2013年		
	完全着色	ほぼ着色	不完全着色	完全着色	ほぼ着色	不完全着色
192	44	42	14	2	8	90
288	71	21	8	—	—	—
336	—	—	—	85	11	3
384	18	22	61	—	—	—
480	87	7	7	82	11	7
720	87	5	8	—	—	—
960	83	10	8	83	10	8

^z2012年6月27日および2013年6月20日に採取した果実を4日追熟して調査

考 察

‘露茜’は赤色色素が豊富なウメの新品種として近年注目されているが、年によりアントシアニンの蓄積に差がみられる。そのため、既報(大江ら, 2016)では安定してアントシアニンを蓄積させる技術の開発を目的に、追熟処理が果実のアントシアニンの蓄積に及ぼす影響について調査し、果実全体が色づく適熟期よりも早く収穫し、20℃で果実にエチレンを添加し4日以上追熟することで、安定的に赤く着色させられることを明らかにした。しかし、生産拡大のためには収穫基準や効率的なエチレン処理方法を確立する必要があることからこれらを検討した。

本試験で、完全着色果での比較でアントシアニン含量が最大となる時期と果実形質との関係を見ると、着色指数が10程度、果実硬度が1.50 kg程度で最大となった。しかし、不完全着色果が多く発生したことから、不完全着色果の割合が大きく減少する時期と果実形質との関係を見ると、着色指数が10以上かつ果実硬度が1.30 kg以下となる時期であった。よって、果実硬度や着色程度が収穫基準として利用できると判断された。なお、これらの時期の差は3日程度であった。

一方、同一樹でも着果位置などで熟度の進みが異なるため（大江ら，2013），樹冠拡大すると一斉収穫できないことも予想される．そこで，複数回に分けて収穫する場合の収穫の目安として，大きさや光沢の程度が利用できるかを次に検討した．その結果，階級が小さいほど追熟後の不完全着色果が多い傾向であり，不完全着色果は完全着色果に比べてアントシアニン含量が少なかった．また，同一採取日でも光沢が大きいほど追熟後の不完全着色果実の割合が高かった．よって，複数回に分けて収穫する場合は，小さい果実や光沢の大きい果実を残して収穫するのがよいと判断された．

これらのことから，20℃で4日追熟後の‘露茜’果実のアントシアニン含量や不完全着色果発生に基づく収穫適期指標として，一斉収穫を行う場合は，不完全着色果が少なくなる，着色指数が10以上かつ果実硬度が1.30 kg以下となる時期が最適と考えられた．また，アントシアニン含量がより多い状態で収穫したい場合には，着色指数が10程度，果実硬度が1.50 kg程度の時期に果実の大きさや光沢を目安に1回目の収穫を行い，3日程度後に残りの果実を収穫するのが良いと考えられた．ただし，‘露茜’の着色は光条件等によっても左右されるため（大江ら，2013），今後，栽培条件が異なる園地も調査したうえで熟度指標を確立する必要がある．また，簡便に収穫適期を判断するため，カラーチャートの開発等も必要である．

最後にエチレン濃度について，既報（大江ら，2016）で着色始期の果実を追熟する場合，エチレンを除去あるいは無処理で追熟すると，果実のアントシアニンの量は増加せずに赤く色づかなかったことから，‘露茜’果実の収穫後の着色には外生エチレンが重要な役割を果たすことを明らかにした．よって次に，エチレン濃度による着色効果の違いを調査し，最適濃度を見いだそうとした．その結果，追熟に用いる着色始期前後の果実を用いた場合，エチレン処理濃度が480 ppm以上あれば，「露茜」果実を十分に赤く着色させることが可能と判断された．今後は現地で大量に処理する方法の検討が必要である．

摘 要

本試験では，追熟に適した果実の収穫適期の客観的な指標づくりと追熟に必要なエチレン濃度を検討した．

1. 20℃で4日追熟後の‘露茜’果実のアントシアニン含量や不完全着色果発生に基づく収穫適期指標として，一斉収穫を行う場合は，不完全着色果が少なくなる，着色指数が10以上かつ果実硬度が1.30 kg以下となる時期が最適と考えられた．
2. アントシアニン含量がより多い状態で収穫したい場合には，着色指数が10程度，果実硬度が1.50 kg程度の時期に果実の大きさや光沢を目安に1回目の収穫を行い，3日程度後に残りの果実を収穫するのが良いと考えられた．
3. エチレン処理濃度は480 ppmが適当と考えられた．

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・樫村芳記. 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.

Oe, T., N. Sakurai, K. Negoro, A. Kuwabara, M. Okamuro T. Mitani and M. Hosohira. 2012.

Relationships between surface blushing and qualitative components of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) 'Nanko' fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 81: 11-18.

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.

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.

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.

ウメ ‘露茜’ の安定生産のためのせん定法の確立

下 博圭^{1,3}・竹中正好^{1,4}・北村祐人¹・佐原重広^{2,5}・川村 実^{2,6}

¹和歌山県果樹試験場うめ研究所・²和歌山県日高振興局地域振興部農業振興課

Development of Pruning Method for Stable Yield in Japanese Apricot ‘Tsuyuakane’

Hiroyoshi Shimo^{1,3}, Masayoshi Takenaka^{1,4}, Yuto Kitamura¹, Shigehiro Sahara^{2,5} and Minoru Kawamura^{2,6}

¹Laboratory of Japanese Apricot, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture,

²Hidaka Promotions Bureau, Wakayama Prefecture

緒言

ウメ ‘露茜’ は現・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、2009年に品種登録されたニホンスモモとウメの種間雑種で、果皮及び果肉が赤色に着色する特性を持つ（山口ら、2008）。その果実を梅酒や梅シロップなどに加工すると鮮やかな赤色の製品ができることから、商品性が注目され原料果実の安定供給が望まれており、和歌山県においても苗木の定植や既存のウメ樹への高接ぎによる栽培面積の拡大および生産量の増加に向けた取り組みが行われている。しかし、八重垣ら（2011）が栽培上の留意点として挙げているように、樹勢がやや弱く結果枝が下垂するため、1年枝の切り返しを行い枝梢の発生を促すことや、結果部位となる短果枝の維持が難しいため、翌年度以降の結果枝候補となる予備枝の設定が必要であることなど、和歌山県の主要品種である‘南高’とは異なる栽培特性を有している。竹中ら（2014）は‘露茜’は高接ぎ法により品種更新した樹では強めの発育枝が発生すると報告しているが、早期の着果安定のためのせん定法や予備枝を設定するためのせん定法は明らかになっていないことから、生産者からは早期多収ならびに着果安定を実現するためのせん定法の確立が求められている。

そこで本研究では、‘露茜’果実の早期多収・着果安定のための枝梢管理技術の確立を目的として、発育枝へのせん定強度および枝の発生角度が着果に及ぼす影響を調査し、さらに連年安定結実のための予備枝の発生を目的としたせん定法の検討を行った。

材料および方法

試験 1. せん定強度の違いが収量に及ぼす影響

和歌山県日高郡みなべ町現地ほ場植栽の‘露茜’（‘南高’への高接ぎ樹、2013年；6年生、2014年；7年生）3樹を供試し、2012年11月に発育枝（基部直径7mm以上、長さ1m以上）の枝先を1/3せん除した区（弱せん定区）、1/2せん除した区（中せん定区）、2/3せん除した区（強せん定区）およびせん除を行わない無せん定区の4処理区を設定し（各区10反復）、着果数および収量を調査した。翌年に処理枝から発生した10cm以上の新梢は、2013年11月に前年と同じ切り返し程度で

³現在：和歌山県総務部財政課

⁴現在：和歌山県西牟婁振興局農林水産振興部農林水産振興課

⁵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

⁶現在：和歌山県農林水産部農業生産局経営支援課

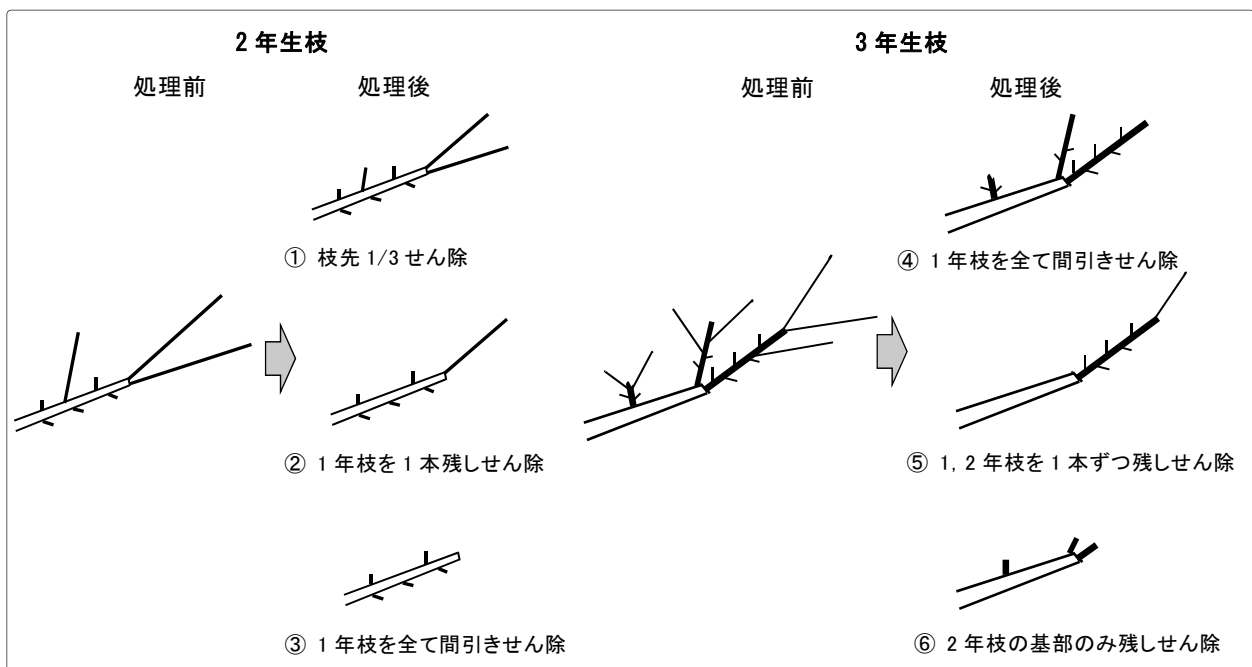
せん除処理を行い、収量および果実階級を調査し、2ヵ年間の一枝あたりの収量を調査した。

試験2. 枝の発角度の違いが着果に及ぼす影響

うめ研究所植栽の‘露茜’（‘古城’への高接ぎ樹、2013年；6年生、2014年；7年生）3樹を供試し、2012年11月に1年生発育枝および結果枝となる花束状短果枝が着生した2年生枝について、枝の発角度を45度以上の上向きの枝、ほぼ水平に発生した枝、45度程度の下向きの枝の3種類に分類し、それぞれ斜立区、水平区、下垂区とした。花束状短果枝が着生した2年生枝については各区10反復を設定し、1年生発育枝については各区とも枝を1/2切り返す処理区と切り返しを行わない無処理区を10反復設定し、各枝梢タイプにおける2ヵ年の着果量を調査した。なお、1年生発育枝から発生した10cm以上の新梢については、2013年11月に枝先を1/2せん除処理した。

試験3. 予備枝の発生を目的としたせん除法の検討

和歌山県日高郡みなべ町現地ほ場植栽の‘露茜’（‘南高’への高接ぎ樹；7年生）2年生枝および3年生枝を供試し、2014年11月にせん除処理を行った。2年生枝では発生した全ての1年枝の枝先を1/3せん除した区(①)、2年生枝先端の1年枝を1本のみ残して枝先を1/3せん除した区(②)、1年枝を全て間引きせん除した区(③)の3処理区を設定した。3年生枝では、1年枝を全て間引きせん除した区(④)、1年枝と2年枝を1本ずつ残して枝先は1/3せん除した区(⑤)、2年枝の基部のみ残して全てせん除した区(⑥)の3処理区を設定した(第1図)。なお、2年枝に着生した花束状短果枝は全ての処理区でせん除処理は行わなかった。せん除処理時に高接ぎ枝の接ぎ木部位近くの直径を記録し、2015年9月に処理枝から発生した新梢長及び新梢発生本数を調査した。

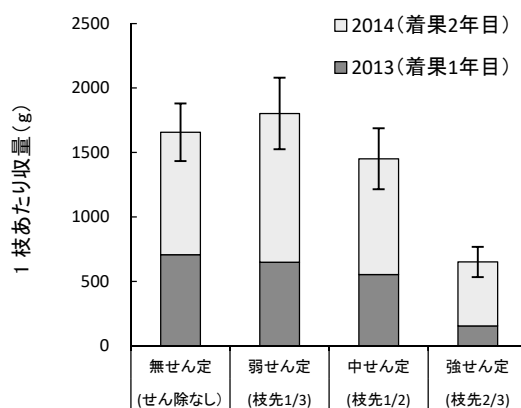


第1図 2年生枝および3年生枝へのせん除処理略図

結果

試験 1. せん定強度の違いが収量に及ぼす影響

せん除処理後の 2013 年の発育枝における 1m あたり着果数は、中せん定区 (1/2 せん除) が最も多く、次いで弱せん定区 (1/3 せん除) となり他の 2 処理区と比較して有意に多かった (第 1 表)。一枝あたり収量は無せん定区で最も多く、次いで弱せん定区であったが、無せん定区では枝折れが発生した処理枝がみられた。2013 年の収量に 2014 年の収量を加えた一枝あたり 2 カ年合計収量は、弱せん定区で最も多く、次いで無せん定区で多かった (第 2 図)。



第2図 せん定強度の違いと2カ年の1枝あたり合計収量
注) 縦線は標準誤差 (n=10)

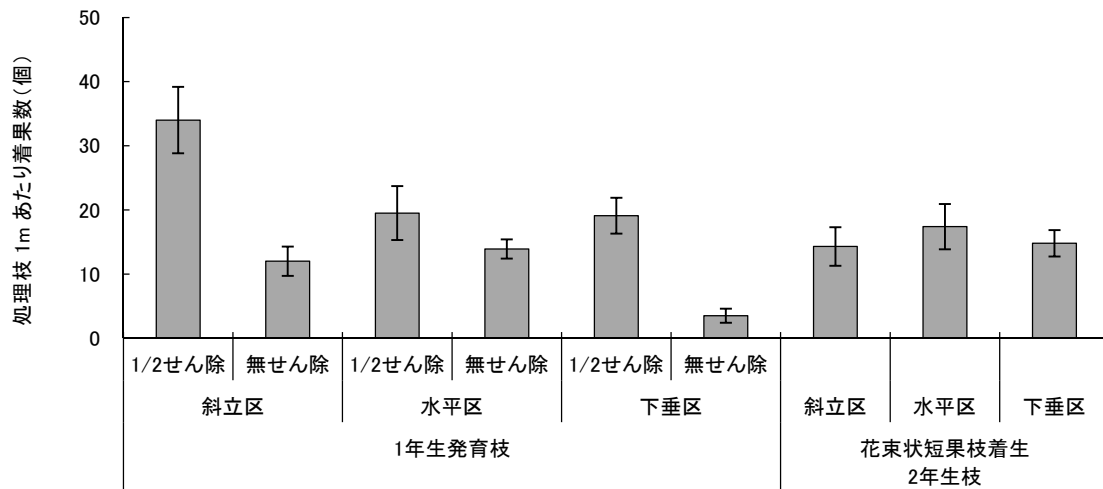
第1表 せん定強度の違いと処理1年目の果実重および収量

処理区	せん除処理後の枝長 (cm)	1果重 (g)	処理枝1mあたり		1枝あたり収量 (g)
			着果数 (個)	収量 (g)	
無せん定	139	21.7	23.4 ab	507 b	705 a
弱せん定	101	23.4	27.1 a	633 ab	639 a
中せん定	66	28.1	30.1 a	846 ab	558 a
強せん定	44	26.4	13.1 b	346 c	152 b
有意性 ^z	ns	ns	*	*	**

^z Tukey法により異なる文字間に**は1%水準, *は5%水準で有意差あり, nsは有意差なし (n=10)

試験 2. 枝の発生角度の違いが着果に及ぼす影響

1年生発育枝ではいずれの枝の発生角度においても無せん除区と比べて切り返しを行った処理区が着果性に優れた (第 3 図)。特に、斜立枝に 1/2 せん除を行った処理区に着果が最も多かった。しかし、花束状短果枝の着生した 2 年生枝では枝の発生角度の違いによる着果性への影響はみられなかった。



第3図 1年生発育枝および2年生枝の発生角度と処理枝1mあたり着果数

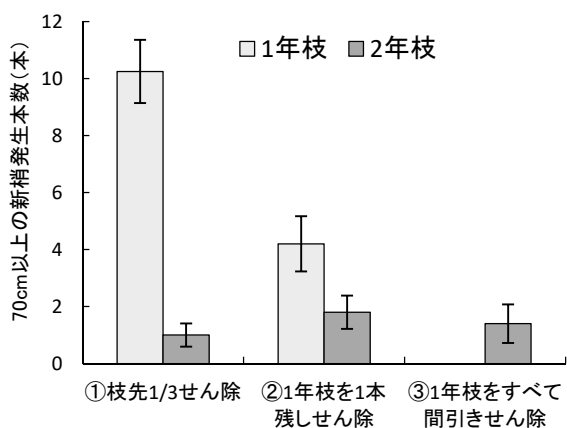
注) 縦線は標準誤差(n=10)

試験3. 予備枝の発生を目的としたせん定法の検討

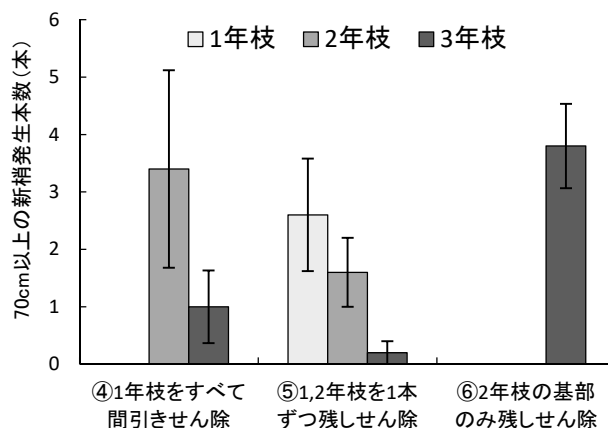
予備枝候補となる70cm以上の新梢発生本数は、2年生枝の処理区(①~③)では全ての1年枝の枝先を1/3せん除した区(①)が最も多くなり(第4図)、3年生枝の処理区(④~⑥)では70cm以上の新梢発生本数には各処理区の間には大きな差はみられなかった(第5図)。各処理区の1~3年枝から発生した70cm以上の新梢発生本数は、2年生枝の処理区では全ての1年枝の枝先を1/3せん除した区(①)及び1年枝を1本のみ残して枝先を1/3せん除した区(②)において多く発生した(第4図)。

3年生枝においても、1年枝を全て間引きせん除した区(④)では2年枝部位からの新梢発生が多く、1年枝と2年枝を1本ずつ残して枝先を1/3せん除した区(⑤)では残した1年枝部位からの新梢発生が多く、以下2年枝、3年枝の順で新梢発生本数が多くなる傾向がみられた(第5図)。

70cm以上の新梢発生本数とせん除処理前の高接ぎ枝の直径との関係については、2年生枝の処理区では1年枝を1本のみ残して枝先を1/3せん除した区(②)、3年生枝の処理区では1年枝を全て間引きせん除した区(④)および2年枝の基部のみ残して全てせん除した区(⑥)において強い正の相関がみられ、せん除処理時の高接ぎ枝の直径が大きいほど70cm以上の新梢発生本数が多くなる傾向がみられた(第6図)。

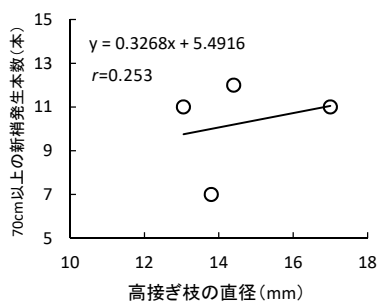


第4図 2年生枝における各処理区の1, 2年枝からそれぞれ発生した70cm以上の新梢本数
注) 縦線は標準誤差(n=4~5)

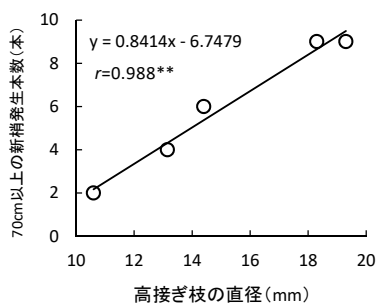


第5図 3年生枝における各処理区の1, 2, 3年枝からそれぞれ発生した70cm以上の新梢本数
注) 縦線は標準誤差(n=4~5)

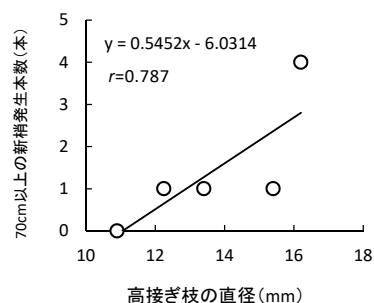
2年生枝



① 枝先 1/3 せん除

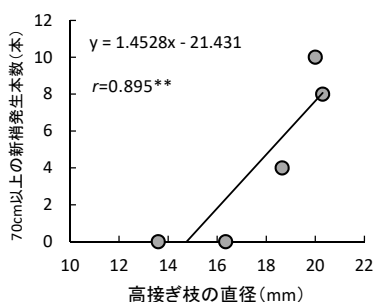


② 1年枝を1本のみ残しせん除

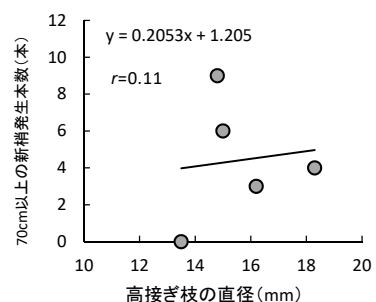


③ 1年枝をすべて間引きせん除

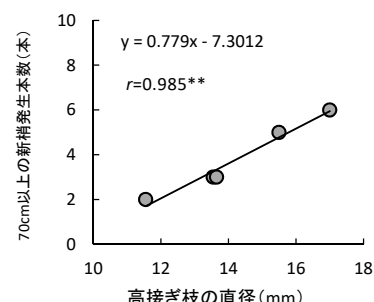
3年生枝



④ 1年枝をすべて間引きせん除



⑤ 1, 2年枝を1本残してせん除



⑥ 2年枝の基部のみ残してせん除

第6図 接ぎ木部分の枝の直径と70cm以上の新梢発生本数の関係

注)関数は回帰直線, rは相関係数を示す. **は1%水準で有意

考 察

本研究では、栽培技術が確立されていない‘露茜’の早期多収・連年安定結実を目的とした枝梢管理技術を確立させるため、試験を実施した。

せん定強度の違いによる収量性については、‘露茜’高接ぎ樹における1枝あたり収量は、無せん定区、弱せん定区および中せん除区で多くなったが、これは強せん定区と比べて枝の長さの総和が大きくなることにより、着果部位が多くなったためであると考えられた。そのため、着果数および収量を処理枝1mあたりで比べると、弱せん定区および中せん定区において着果数、収量ともに多くなった。無せん定区では収量が多かったが、小玉果が多く、枝折れが発生した。よって、‘露茜’の着果が良好となる枝のせん定強度は弱せん定（枝先1/3せん除）もしくは中せん定（枝先1/2せん除）程度の切り返しが適当であると考えられた。

枝の発角度の違いと着果性の関係については、発育枝（1年枝）では枝の発角度に関係なく、切り返し処理した枝が着果性に優れたが、特に斜立枝における着果数が多かった。一方で、花束状短花枝が着生した2年枝では、枝の発角度による着果性に差はみられなかった。

‘露茜’は高接ぎをすると、樹勢が強くなり、発育枝の発生も多くなる（竹中ら、2014）。本研究からは、‘露茜’高接ぎ樹において、着果率の向上、大玉果生産および枝折れ防止のためには水平枝とともに着果が良好となる斜立枝を活用し、枝先の1/3程度を切り返しせん除することが適当であると考えられた。また、下垂した1年枝についても着果率向上のために切り返しせん除を行い、翌年のせん定は処理枝から発生した10cm以上の新梢を1/3～1/2程度切り返しせん除することが適当であると考えられた。

‘露茜’の着果特性として2年枝に多く着生するスモモ様の花束状短果枝に群状に着果するが、着果した花束状短果枝は収穫後に枯れ込むという特性を有する（下ら、2016）。そのため、年数の経過とともに着果性が徐々に悪化していく可能性があり、連年安定結実のためには予備枝の設定による枝の更新が必要となる。

2年生枝の処理区では全ての1年枝の枝先を1/3せん除した区で予備枝候補となる70cm以上の新梢発生本数の合計が最も多かった。すべての処理区で70cm以上の新梢発生本数が、2年枝より1年枝で多い傾向がみられた。

3年生枝の処理区では予備枝の発生本数に各処理区間に大きな差はみられず、2年枝の基部のみを残して強い切り戻しを行った処理区（⑥）でも1、2年枝を残した処理区（④、⑤）と同等の本数の予備枝候補が発生することが明らかとなった。また、1、2年枝を残した処理区（④、⑤）では2年生枝の処理区と同様に1年枝、2年枝の順で予備枝の発生本数が多かった。

これらの結果と、‘露茜’は着果後、ふところ部分から枯れ込みやすく、また、枝が下垂すると着果がやや不良となる着果特性を考慮すると、予備枝の発生を目的としたせん定処理は、2年生枝には全ての枝先を1/3せん除、3年生枝には2年枝の基部のみ残してせん除することで、安定着果および予備枝の設定による効率的な枝の更新が可能であると考えられた。さらに、せん除処理時の幹の直径が太いほど長めの新梢発生本数が増える傾向がみられたことから、予備枝の発生を目的としたせん定を行う場合は太めの枝を選んで処理することが適当であると考えられた。

摘要

本研究では‘露茜’の早期多収および連年安定結実を目的とした枝梢管理技術の確立に向けて、‘露茜’のせん定法と着果特性の関係解明および予備枝の発生を目的としたせん定法について検討した。

1. ‘露茜’高接ぎ樹において、着果が良好となる枝のせん定強度は枝先 1/3～1/2 せん除であった。
2. ‘露茜’高接ぎ樹において、枝の発生角度による着果程度について、1 年枝では水平から斜立枝で着果良好であり、花束状短果枝が着生する 2 年枝では枝の発生角度による大きな差はなかった。また、下垂した枝については着果率向上のために切り返しを行い、翌年のせん定は処理枝から発生した 10cm 以上の新梢を 1/3～1/2 程度切り返しせん除することが適当であると考えられた。
3. 予備枝の発生を目的としたせん定を行う場合、処理は太めの枝を選び、2 年生枝には全ての 1 年枝の枝先 1/3 せん除、3 年生枝には 2 年枝の基部のみを残して全てせん除処理を行うことが適当であると考えられた。

本研究を実施するにあたり、現地試験において‘露茜’園地を貸与頂き、調査にも快くご協力いただいた山本茂氏、現地試験における調査に快くご協力いただいた紀州農業協同組合の山ノ内利浩氏、廣澤健仁氏、みなべ町うめ課の平喜之氏に厚くお礼を申し上げます。

なお、本研究は農林水産省「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（課題番号 25097c）」により実施した。

引用文献

- 下 博圭・竹中正好・北村祐人・佐原重広・川村実. 2016. ウメ‘露茜’の予備枝の発生を目的としたせん定法. 園学研. 15 (別 2) : 111.
- 竹中正好・佐原重広・北村祐人・下 博圭. 2014. ウメ‘露茜’のせん定強度および枝の発生角度が着果に及ぼす影響. 園学研. 13 (別 2) : 112.
- 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.

ウバメガシにおけるトリホリン乳剤の樹幹注入による ナラ枯れの予防

大谷栄徳^{1,3}・山下由美子¹・栗生剛^{1,4}・衣浦晴生²・長谷川絵里²

¹ 和歌山県林業試験場

² 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所関西支所

Prevention of Japanese Oak Wilt by Trunk Injection of Triforine Emulsion of *Quercus Phylliraeoides* A.Gray

Eitoku Ootani^{1,3}, Yumiko Yamashita¹, Tsuyoshi Kuriu^{1,4}, Haruo Kinuura², Eri Hasegawa²

¹Wakayama Prefecture Forestry Experiment Station

²Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

緒 言

和歌山県では、1999年に新宮市（旧熊野川町）において、カシノナガキクイムシ（*Platypus quercivorus* Murayama 以下、カシナガ）によるコナラやウバメガシなどブナ科樹木の集団的な枯死が発生した（法眼 2008）。この集団枯損（ブナ科樹木萎凋病、以下ナラ枯れ）は、カシナガが、コナラやカシ類等の幹に穿孔して、病原菌（*Raffaelea quercivora* Kubono & Shin. Ito 以下ナラ菌）を樹体内に持ち込むことで発生する（伊藤ら 1998, Kinuura and Kobayashi 2006）。ナラ枯れ被害区域は、新宮市（旧熊野川町）での発生以来、太平洋沿岸を西進し、現在は、有田郡広川町まで拡大し、さらに和歌山市においても局地的ではあるが被害が発生している。この被害は、紀州備長炭の原木であるウバメガシ林にも広がり、枯損もしくは穿孔被害を受けることで、原木資源の減少等による地域の木炭産業への影響といった経済的な問題が発生するおそれがあるため、被害軽減に向けた実用的な防除法が望まれている。

ナラ枯れ被害対策の中で、殺菌剤の樹幹注入による枯死予防法は、すでにナラ類及びスダジイでは農薬登録され、実用化されている。

そこで本報では、ウバメガシに対して、ナラ類及びスダジイで農薬登録されているナラ枯れ予防用樹幹注入剤（トリホリン乳剤）の施用による枯死防止効果について調査した。また、同時に殺菌剤の樹幹注入によるナラ菌の樹体内における変色抑制効果の検証と、その薬害発生の有無についても調査した。

なお、本研究は農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「広葉樹資源の有効利用を目指したナラ枯れ低コスト防除技術の開発（課題番号 24030, 平成 24~26 年度）」において実施した。

³ 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研究推進室

⁴ 現在：和歌山県農林水産部森林・林業局森林整備課

材料および方法

1 殺菌剤樹幹注入によるウバメガシ枯死防止効果試験

試験地は、西牟婁郡すさみ町見老津地内にあるウバメガシ林とし、供試薬剤は、「ナラ類」及び「スダジイ」で農薬登録のあるトリホリン 15.0%乳剤（商品名：微量注入用ウッドキング DASH, サンケイ化学株式会社製, 以下 DASH）とトリホリン 0.036%乳剤（商品名：ウッドキング SP, サンケイ化学株式会社製, 以下 SP）の2種類とした。試験は薬剤の注入時期の違いによる枯死防止効果を見るため、春期と冬期に分けて行うこととし、供試木はウバメガシをそれぞれ30本とした。処理区は、注入孔1孔当たりの注入量が、DASHの登録標準量である0.5mlを注入する区（以下「DASH区」）、SPの登録標準量である200mlを注入する区（以下「SP区」）、薬剤を注入しない対照区の3区とし、供試木は各10本とした。

薬剤の注入方法は、供試木の地上高80cmの位置に斜め下方30～45度の角度で、DASH区では直径5mm、SP区では直径7mmの注入孔を樹幹中心に向けて深さ50mmの孔を電動ドリルで4孔あけ、薬剤をDASH区は容量設定付きピペットで、SP区はノズルを付けた容器により注入した。対照区については、斜め30～45度の角度、直径7mm、深さ50mmの孔を4孔あけてそのまま放置した。薬剤の注入は、春期は2013年5月7日、冬期は2014年1月7日、1月20日に行った。

「ナラ」で農薬登録されているベミノル水和剤（有効成分：ベノミル 50%, 住化グリーン株式会社製）500倍液を使用した樹幹注入試験では、注入成功率が低いと、成分が樹体内に十分に分散されず、枯死予防効果が低くなる（斉藤ら2014）とされている。そこで、供試木への注入の成否を見るため、DASH区では注入当日に目視による確認を行い、注入孔に薬剤が見えなくなった段階を注入完了とし、注入成功率を算出した。SP区では注入から約1週間後に容器内を目視により確認し、注入孔に挿入した容器が空になったものを注入完了とし、注入成功率を算出した。SP区の調査は、春期は2013年5月15日、冬期は2014年1月14日と1月31日に行った。

薬剤注入による薬害の有無を明らかにするため、注入から約2週間後と約4週間後に供試木の樹冠を目視により、正常、一部枯れ、半分枯れ、枯死の4段階に判定した。調査は、春期は2013年5月23日と6月4日、冬期は2014年1月20日、1月31日、2月18日に行った。

薬剤の注入による枯死防止効果を検証するため、カシナガによる加害が終了する10月以降に、供試木の外観から生存と枯死を判定した。また、地上高2mまでのカシナガ穿孔数を「無」、「穿孔少（49孔以下）」、「穿孔多（50孔以上）」の3段階に区分した。調査は、春期は2013年12月10日、冬期は2014年10月10日に行った。

2 殺菌剤樹幹注入による樹体内のナラ菌変色抑制効果試験

殺菌剤の樹幹注入による樹体内のナラ菌変色抑制効果を、接種したナラ菌による材の変色部位の拡大状況から検証した。

試験地は、田辺市上秋津地内（田辺A）、同市秋津川地内（田辺B）、日高郡みなべ町地内（みなべ）のウバメガシ林とし、それぞれ12本、17本、20本のウバメガシを供試木とした。使用する薬剤は、試験1同様DASHとSPの2種類とし、試験は薬剤の注入時期の違いによる効果を見るため、春期と冬期に分けて行うこととした。処理区は注入孔1孔当たりDASHの登録標準量である0.5mlを注入する区（以下「DASH標準区」）、2倍量の1.0mlを注入する区（以下「DASH2倍区」）、SPの登録標準量である200mlを注入する区（以下「SP区」）、薬剤を注入しない対照区の4区に分けた。

薬剤の注入方法は、供試木の地上高 80cm の位置に斜め下方 30~45 度の角度で、DASH 標準区では直径 5mm、DASH 2 倍区及び SP 区では直径 7mm の注入孔を樹幹中心に向けて深さ 50mm の孔を電動ドリルでそれぞれ 4 孔あけ、薬剤を DASH 標準区及び DASH 2 倍区は容量設定付きピペットで、SP 区はノズルを付けた容器により注入した。対照区については、斜め下方 30~45 度の角度、直径 7mm、深さ 50mm の孔を 4 孔あけてそのまま放置した。薬剤の注入は、田辺 A、田辺 B、みなべの順に 2013 年 5 月 7 日、2014 年 5 月 16 日、2013 年 12 月 17 日に行った。

薬剤の注入成功率を算出するため、試験 1 と同様の方法で成否を判定し、SP 区の調査は、田辺 A、田辺 B、みなべの順に 2013 年 5 月 15 日、2014 年 5 月 26 日、2013 年 12 月 25 日に行った。

薬剤注入による葉害の有無についても試験 1 と同様の方法で判定し、調査は田辺 A、田辺 B、みなべの順に 2013 年 5 月 23 日と 6 月 4 日、2014 年 6 月 4 日と 6 月 16 日、2014 年 1 月 8 日と 1 月 16 日に行った。

供試木への接種に用いたナラ菌は、森林総合研究所所蔵の菌株をオガ粉培地で培養したものである。ナラ菌の接種は、全ての供試木の薬剤注入孔の上下 50cm の位置（地上高 130cm、地上高 30cm）に直径 8mm、深さ 50mm の接種孔を樹幹中心に向けて電動ドリルで 4 孔あけて、ナラ菌が十分繁殖したオガ粉培地を詰め込むようにして接種した。接種部を保護するため、接種孔をパラフィルムで被覆し、その上下を布テープで固定した。ナラ菌接種は田辺 A、田辺 B、みなべの順に 2013 年 6 月 11 日、2014 年 6 月 20 日、2014 年 6 月 19 日に行った。

接種から約 8 週間後に、全ての供試木を伐採し、ナラ菌接種部位の地上高 30cm、130cm の位置から接種部位を挟むようにして厚さ 3cm（誤差+1.0~2.0cm）の円盤を採取した。供試木の伐採は、田辺 A、田辺 B、みなべの順に 2013 年 7 月 29 日、2014 年 8 月 26 日、2014 年 8 月 25 日に行った。

採取した円板は、その表裏面をスキャニングし、パソコン上で樹幹断面積、接種部位から広がった変色面積、接種部位面積を測定した。樹幹断面積から接種部位面積を除外した値を全体面積とし、接種部位から広がった変色面積から接種部位面積を除外した値をナラ菌による変色面積とした。採取した地上高 130cm 及び 30cm 部位の円板の表裏面それぞれ全体面積に対する変色面積の割合を算出し、その平均値を平均変色面積割合とした。この平均変色面積割合を薬剤を注入した各処理区と対照区の比較により、薬剤注入による樹体内のナラ菌変色抑制効果をみた。

材の変色がナラ菌によるものであることを確認するため、ナラ菌の再分離を行った。地上高 130cm の位置から採取した円板の、4 箇所のナラ菌接種部位付近の変色部位とそこに隣接する無変色部位から約 5mm 四方の材片を各 2 個、1 箇所につき合計 4 個を切り出し、表面をエタノール 70% で 30 秒間、次亜塩素酸ナトリウム 1% で 30 秒間滅菌した後、滅菌水により 2 回各 10 秒洗浄し、滅菌濾紙上に乗せ、余剰水分を吸い取った後、硫酸ストレプトマイシン 100ppm を添加した PDA 培地に乗せて、暗条件にてインキュベーター内（20℃）で 2~3 日間静置し、発菌した菌類を単離培養して、ナラ菌の同定を行った。ナラ菌の検出率は、変色部位と無変色部位の材片から発菌したナラ菌の割合を試験区毎に算出した。

結果と考察

1 殺菌剤樹幹注入によるウバメガシ枯死防止効果試験

薬剤の注入成功率は、春期、冬期の注入時期に関わらず、DASH 及び SP とも 100%であった（第 1 表）。また、薬剤の注入による葉の褐変や枯死などの葉害は認められず、注入 4 週間後まで全ての供

試木が正常であった。

各処理区における供試木のカシナガ穿孔数及び枯損状況をみると、100 孔以上穿孔された供試木を確認できたが、それらを含むすべての試験区において供試木は枯死しなかった。ミズナラまたはコナラを対象にした斉藤（2013）と岡田ら（2014）による樹幹注入試験では、対照区における枯死率が10～40%、50%であり、穿孔少（49 孔以下）でも供試木が枯死していることが報告されている。しかし、ウバメガシを対象とした本試験では、対照区において、カシナガに100 孔以上穿孔されても枯死しなかったことから、ウバメガシは、ミズナラやコナラに比べて、カシナガの穿孔を受けても枯死しにくいと考えられた。このことから、薬剤の樹幹注入によるウバメガシの枯死防止効果を明らかにすることはできなかった。

第1表 殺菌剤樹幹注入によるウバメガシの注入状況・薬害有無・枯損状況

試験地 処理時期	処理区	供試木 本数	胸高直径 平均±SD (cm)	平均 注入成功率 (%)	薬害の有無			枯損状況とカシノナガキクイムシ穿孔状況				
					樹冠の 状態	2週間 後	4週間 後	生死 区分	穿孔無 (0孔)	穿孔少 (49孔 以下)	穿孔多 (50孔 以上)	最大 穿孔数
すさみ 春期	DASH区	10	15.0 ±2.3	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	10	10	正常 枯死	5	3	2	130
	SPI区	10	15.3 ±2.4	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	10	10	正常 枯死	6	2	2	184
	対照区	10	14.4 ±2.0	—	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	—	—	正常 枯死	5	2	3	227
すさみ 冬期	DASH区	10	13.5 ±1.0	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	10	10	正常 枯死	10			0
	SPI区	10	13.8 ±1.0	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	10	10	正常 枯死	8	1	1	117
	対照区	10	13.3 ±1.6	—	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	—	—	正常 枯死	3	3	4	109

2 殺菌剤樹幹注入による樹体内のナラ菌変色抑制効果試験

薬剤の注入成功率は、田辺BのSP区を除くすべての試験区において100%であった。なお、田辺BのSP区においては、供試木2本の容器が大型獣類により破壊されたため、100%の注入を行うことができなかった。また、薬剤の注入による葉の褐変や枯死などの薬害は認められず、注入4週後まで全ての供試木が正常であった（第2表）。

各処理区におけるナラ菌による樹体内の変色状況は第2表のとおりで、これを基にした変色面積比率を第1図に示す。DASH標準区では、春期に注入した場合の平均変色面積割合が対照区の50.0%、60.4%に抑制でき、約4～5割の抑制効果があると考えられた。冬期に注入した場合の平均変色面積割合は対照区の90.5%と差は見られなかった。これは、供試木を円板にした際、接種したナラ菌に

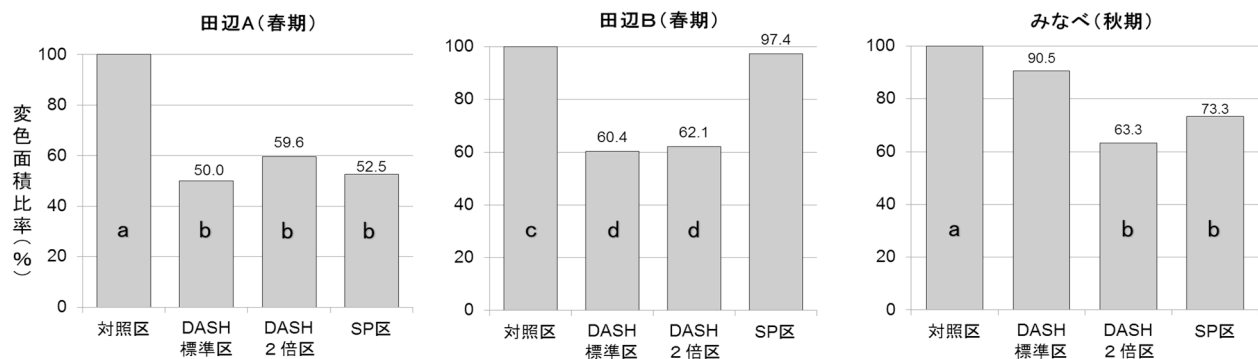
よる変色が入り皮に向かって広がっているものが確認できたことから（第2図）、入り皮が原因で薬剤が適切に分散されなかった可能性がある。このため、冬期の注入における変色抑制効果を判断することができなかった。

DASH 2倍区では、春期に薬剤注入した場合の平均変色面積割合は対照区の59.6%、62.1%、冬期に薬剤注入した場合の平均変色面積割合は対照区の63.3%となり、注入時期が異なっても、約4割の変色抑制効果があると考えられた。

SP区では、春期に注入した場合の平均変色面積割合は対照区の52.5%、97.4%とばらつきが見られた。このばらつきは、斉藤ら（2014）が報告している薬剤の注入成功率が枯死予防効果に及ぼす影響によるものと考えられた。このことから、春期にSPを注入した場合でも、薬剤の注入成功率が100%であれば、変色抑制効果は約5割あると考えられた。冬期に注入した場合の平均変色面積割合は対照区の73.3%と変色抑制効果は3割弱となったが、冬期に注入したDASH標準区同様、入り皮などが原因で薬剤を適切に分散されなかった可能性があるため、冬期の変色抑制効果を改めて検証する必要がある（第1図）。

採取した円板のナラ菌の再分離を行った結果、すべての試験区において、無変色部位より変色部位でナラ菌の検出率が高かったことから（第3表）、樹体内の変色はナラ菌によるものであることが確認できた。

春期の試験では、薬剤注入が100%行えたDASH標準区及びDASH2倍区、SP区において、ナラ菌による変色面積比率を対照区の50.0~62.1%に抑制することができた。冬期の試験では、DASH2倍区において63.3%に抑制することができた。このことから、春期注入の方が変色抑制効果は高いと考えられた。しかし、ウバメガシにおける薬剤の分散には秋期から冬期の注入が適している（衣浦ら、2014）とされることから、冬期の注入によるナラ菌の変色抑制効果について、薬剤が適切に分散されなくなると思われる入り皮などの要因を除いた上で、その効果を改めて検証する必要がある。



第1図 各試験地におけるウバメガシ樹幹断面の対照区に対する変色面積比率

※変色面積比率=対照区以外の試験区の平均変色面積割合/対照区の変色面積割合

※Steel-Dwass testにより、ab間に1%水準、cd間に5%水準で有意差あり

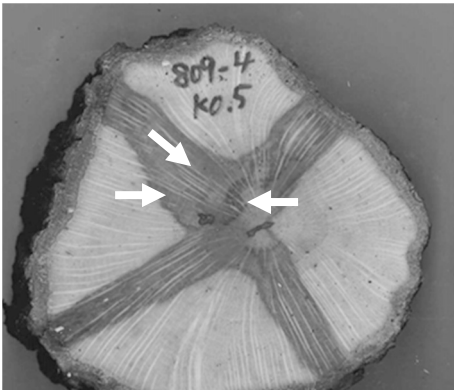
第2表 殺菌剤樹幹注入によるウバメガシの注入成功率・薬害有無・平均変色面積割合

区分	試験地 処理時期	処理区	供試木 本数	平均胸高 直径 ±SD (cm)	平均 注入成功率 (%)	薬害の有無			樹幹断面		平均 変色面積 割合 ^x (%)
						樹冠の 状態	2週間後	4週間後	平均 全体面積 ^z ±SD (cm ²)	平均 変色面積 ^y ±SD (cm ²)	
試験地①	田辺A 春期	DASH 標準区	3	11.8 ±1.7	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	3	3	89.5 ±21.6	8.9 ±1.4	12.0
		DASH 2倍区	3	11.0 ±0.9	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	3	3	78.9 ±14.1	9.1 ±2.0	14.3
		SP区	3	12.5 ±2.1	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	3	3	112.4 ±34.3	12.3 ±5.9	12.6
		対照区	3	10.7 ±0.7	—	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	—	—	73.5 ±14.9	14.7 ±4.6	24.0
試験地②	田辺B 春期	DASH 標準区	4	11.8 ±1.0	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	4	4	103.3 ±26.6	11.6 ±3.7	13.7
		DASH 2倍区	5	12.1 ±1.5	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	5	5	104.7 ±29.1	11.7 ±3.4	14.1
		SP区	4	12.0 ±1.7	75	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	4	4	99.0 ±40.8	20.3 ±12.9	22.1
		対照区	4	11.9 ±1.4	—	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	—	—	111.5 ±41.9	19.8 ±4.5	22.7
試験地③	みなべ 冬期	DASH 標準区	5	11.7 ±1.2	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	5	5	93.2 ±31.8	14.6 ±3.7	19.0
		DASH 2倍区	5	11.8 ±0.8	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	5	5	98.0 ±21.8	10.7 ±1.9	13.3
		SP区	5	12.0 ±1.5	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	5	5	96.2 ±28.2	12.4 ±2.4	15.4
		対照区	5	11.4 ±1.0	—	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	—	—	87.4 ±20.8	15.5 ±3.9	21.0

z: ナラ菌を接種した地上高130cm及び30cmそれぞれの表裏面の樹幹断面積から接種孔面積を除外した面積の平均値

y: ナラ菌を接種した地上高130cm及び30cmそれぞれの表裏面の全体変色面積から接種孔面積を除外した面積の平均値

x: ナラ菌を接種した地上高130cm及び30cmそれぞれの表裏面の全体面積に対する変色面積の割合の平均値



第2図 入り皮に向かって広がるナラ菌

第3表 ナラ菌の検出率

試験地	処理区	無変色部位	変色部位
田辺A	DASH標準区	25%	100%
	DASH2倍区	10%	100%
	SP区	25%	100%
	対照区	33%	100%
田辺B	DASH標準区	5%	75%
	DASH2倍区	3%	45%
	SP区	10%	73%
	対照区	13%	80%
みなべ	DASH標準区	28%	94%
	DASH2倍区	25%	100%
	SP区	9%	94%
	対照区	6%	100%

摘要

ナラ類及びスダジイで農薬登録されている DASH 及び SP（殺菌剤）を注入したウバメガシに対するナラ菌接種による樹体内の変色抑制効果試験では、両薬剤を春期に確実に注入することで、樹体内におけるナラ菌の変色を約 50～60%に抑制できた。冬期に DASH を 1 孔あたり 1.0ml 注入することで、約 60%に抑制できた。ウバメガシにおいて DASH 及び SP を樹幹注入することでナラ菌による樹体内の変色を抑制できると考えられた。

DASH 及び SP の樹幹注入によるウバメガシの枯死防止効果について検証したが、ウバメガシがカシナガに 100 孔以上穿孔されても枯死しなかったことから、その効果の有無について判断することができなかった。

薬剤注入によるウバメガシの薬害についてはすべての処理区において見られなかった。

以上のことから、ウバメガシにおける DASH 及び SP の樹幹注入は、春期注入によるナラ菌の変色抑制効果が明らかとなり、冬期注入による効果も一部で認められることから、改めて変色抑制効果を検証する必要がある。

引用文献

- 法眼利幸. 2008. 和歌山県におけるカシノナガキクイムシ被害と調査. 林業と薬剤. 183 : 1-7.
- 伊藤進一郎・窪野高德・佐橋憲生・山田利博. 1998. ナラ類集団枯損被害に関連する菌類. 日本林学会. 80 : 170-175
- Kinuura H&Kobayashi M. 2006. Death of *Quercus crispula* by inoculation with adult *Platypus quercivorus*(Coleoptera Platypodidae). Applied Entomology and Zoology. 41(1):123-128
- 衣浦晴生・所雅彦・後藤秀章・栗生剛. 2014. ブナ科樹木萎凋病に対するスダジイでの殺菌剤注入技術とその他常緑樹への展開. 森林防疫. 63 : 238-241
- 岡田充弘・斉藤正一・猪野正明・吉濱健・所雅彦. 2014. 少量樹幹注入処理によるナラ枯れ枯損予防方法の開発. 森林防疫. 63 : 232-237
- 斉藤正一 2013. 萎凋病防除薬剤試験（ナラ枯れ予防剤に関する試験）（樹幹注入）. 平成 24 年度林業薬剤等試験成績報告集 : 63-78

和歌山県スギ・ヒノキ人工林の地位指数曲線と林分収穫表の改訂 およびシステム収穫表の作成

山下由美子¹・近藤洋史²

¹ 和歌山県林業試験場

² 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所九州支所

Estimation of Site Index Curve and Yield Tables and Construction of a Software of Local Yield Tables for Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc.) Plantations in Wakayama Prefecture.

Yumiko Yamashita¹, Hiroshi Kondoh²

¹Wakayama Prefecture Forestry Experiment Station

²Kyusyu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

緒 言

和歌山県におけるスギ、ヒノキの民有人工林約 207 千 ha の年齢構成は 10~12 年齢級(46~60 年生)にピークをもち、これらの林分が約 50%を占めている(和歌山県農林水産部, 2016)。これまで施業計画を立てるためには、1983 年に作成された収穫予想表(和歌山県農林部, 1983)を基準に収穫予測が行われてきた。これらの収穫予想表は林齢 80 年生までを対象に作成されたものであり、80 年生以上の林分に適用できる収穫予想表は存在しない。すでに 10 年齢級(46~50 年生)以上のスギ、ヒノキ人工林面積は 75%、15 年齢級(71~75 年生)以上は 13%を占めているため、高齢人工林に適用できる地位曲線および林分収穫表の改訂が急務である。しかし、本県における高齢人工林に関する資料はほとんどなく、管理技術も体系化されていない。一方、従来の収穫表は標準的な森林施業が実施される林分で利用可能であるものの、独自の施業形態をとる私有林の収穫を予測することはむずかしいことから、パソコンと対話形式で作業を進めることによって林分の成長を予測するシステム収穫表が各地で開発されるようになった(田中, 1996; 白石, 2005)。システム収穫表を利用すると、間伐後の成長や収穫量をシミュレーションすることが可能で、様々な状態にある林分について、経営目標や育林目標に応じた間伐計画を作成することができる(田中, 2001)。ただ課題は、システム収穫表を開発するには地位指数曲線などのパラメータを地域別に推定する必要があるため、本県で利用できるシステム収穫表はまだ調製されていない現状にあることである。従って本報では、これらの問題に対応するため、高齢人工林の林分構造に関するデータを収集して、高齢人工林に適用できるよう地位指数曲線、地位級曲線、林分収穫表を改訂することを目的とした。さらにパソコン上で林分の収穫量を予測できるシステム収穫表の作成にも取り組んだ。

材料および方法

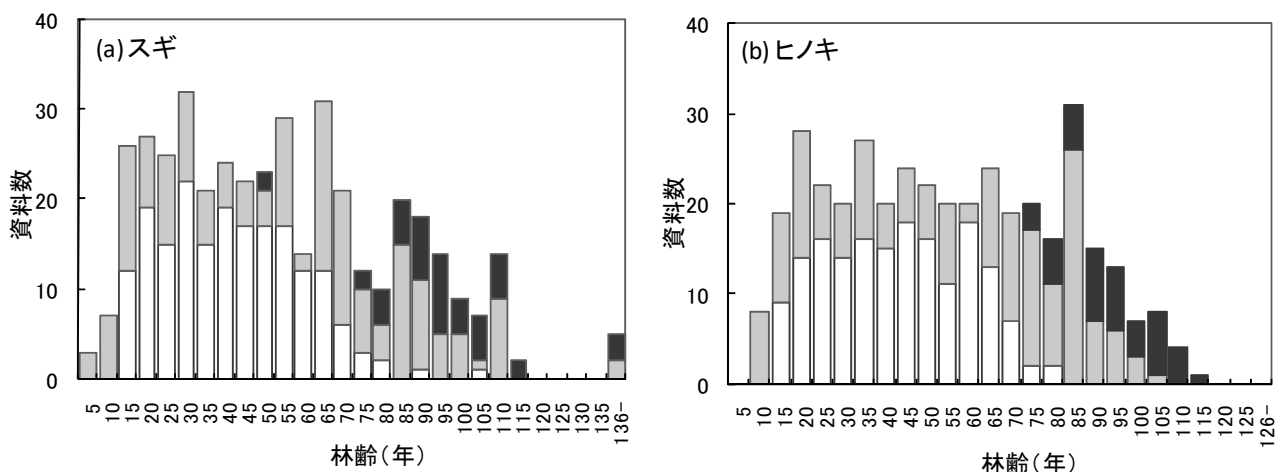
1. 高齢人工林調査

本報では、林齢70年生以上を高齢人工林とした。本調査地は県内の民有林からスギ人工林46林分（林齢71～213年生）、ヒノキ人工林44林分（林齢71～111年生）を選定した。2010年7月から2013年12月にかけて、林縁部を除き、林分を代表するような地形条件かつ疎開面のない場所に0.019ha～0.327haの調査区を設定し、立木の胸高直径（地上高1.2m）と樹高を測定した。測定木については、上層木（樹冠が他個体の樹冠に覆われていない木）、下層木（被圧木）を記録した。調査により得られたデータから各林分の上層木平均樹高(m)、全木平均樹高(m)、全木平均胸高直径(cm)、立木本数(本/ha)を算出した。幹材積合計(m³/ha)は、各個体の樹高と胸高直径から立木幹材積表西日本編（林野庁、1970）に記載された材積式から単木材積を算出し、幹材積合計（以後、林分材積）を求めた。なお、他樹種と混交している林分の場合は、上層木平均樹高、全木平均樹高、全木平均胸高直径は優占種のデータを、立木本数/ha、胸高断面積(m²/ha)、林分材積は全樹種のデータを含んでいる。

2. 収集した資料と異常データの棄却

本報で使用したデータは、「森林資源モニタリング調査・高齢人工林調査（平成22～25年度）」のスギ48林分[林齢70年生以上46林分（前述の高齢人工林）、70年生未満2林分]、ヒノキ44林分（前述の高齢人工林）、「密度管理図および林分収穫予想表（昭和54～56年度）」のスギ190林分、ヒノキ171林分、「森林吸収源データ緊急整備事業（平成15～17年度）」のスギ178林分、ヒノキ173林分である（第1表）。林齢ごとの資料数を第1図に示した。

これらスギ416林分（林齢11～213年生）、ヒノキ388林分（林齢11～111年生）のデータの吟味を行い、長濱（2006）の方法により異常データの棄却を行った。さらに、他樹種との混交率10%以上の林分のデータも棄却した。



第1図 解析に用いた人工林資料の林齢分布

□密度管理図および林分収穫予想表(昭和54～56年度)、■森林吸収源データ緊急整備事業(平成15～17年度)、■森林資源モニタリング調査・高齢人工林調査(平成22～25年度)

第1表 収集した資料と異常データの棄却による解析数

資料名 (事業年度)	スギ人工林			ヒノキ人工林		
	収集数	棄却数	解析数	収集数	棄却数	解析数
密度管理図および林分収穫予想表 (昭和54~56年度)	190	50	140	171	39	132
森林吸収源データ緊急整備事業 (平成15~17年度)	178	60	118	173	42	131
森林資源モニタリング調査・高齢人工林調査 (平成22~25年度)	48	13	35	44	7	37
計	416	123	293	388	88	300

3. 地位曲線の作成

得られたデータの林齢と上層木平均樹高の関係について、汎用的であるミッチャーリッヒ式、ロジスティック式、ゴンペルツ式、リチャーズ式の成長関数を用いて、それぞれのあてはまりを比較した。

$$\cdot H_t = a \cdot (1 - b \cdot \exp(-c \cdot t)) \quad \text{ミッチャーリッヒ式} \quad (\text{式 1})$$

$$\cdot H_t = a / (1 + b \cdot \exp(-c \cdot t)) \quad \text{ロジスティック式} \quad (\text{式 2})$$

$$\cdot H_t = a \cdot b \cdot \exp(-c \cdot t) \quad \text{ゴンペルツ式} \quad (\text{式 3})$$

$$\cdot H_t = a \cdot (1 - \exp(-b \cdot t)) \cdot c \quad \text{リチャーズ式} \quad (\text{式 4})$$

ここで、 t は林齢、 H_t は林齢 t における上層木平均樹高、 a 、 b および c は林齢と上層木平均樹高の実測値から推定するパラメータ、 \exp は指数関数、 \wedge は累乗を示す。式 4 のリチャーズ関数は、林齢 0 で原点 0 を通り、その他の関数は限定しない。解析には非線形回帰分析を用いた。残差平方和、赤池情報量基準 (Akaike's Information Criterion, 以下 AIC) は滝谷 (2014) の方法により算出した。式 1~4 において、AIC が最小となる関数を最もあてはまりのよい樹高成長曲線とし、これを分布の中心線 (以下、ガイドカーブ) として地位区分を行った。成長関数のあてはめと作図には、フリーの統計解析ソフトウェア R version 3.2.0 (R Development Core Team) を使用した。

ガイドカーブを基礎に分布の上限線、下限線を以下のように求めた (山田・村松, 1963; 和口ら, 2013)。まず、式 5 によって平均偏差率 δ' を求めた。

$$\delta' = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{\hat{y}} \right| \quad (\text{式 5})$$

ここで N はデータ数 (スギ=293, ヒノキ=300)、 y は上層木平均樹高の実測値、 \hat{y} はガイドカーブを使って求めた上層木平均樹高の推定値である。

次に、式 6 によって上限線と下限線を決定した。

$$H_t = a(1 + n \delta') (1 - \exp(-b \cdot t)) \cdot c \quad (\text{式 6})$$

ここで、 a 、 b および c はガイドカーブのそれらと同じ値、 n は平均偏差率の倍数である。 n が 2.5 の時に分布の 95.5% が含まれることから (山田・村松, 1963)、分布の上限線の n を +2.50000、下限線の n を -2.50000 とした。

地位区分は 5 区分とし、上限線と下限線の間を 5 等分した時の各区分の中心を通る曲線式を式 6 によって決定した。すなわち、地位 I、地位 II、地位 III、地位 IV、地位 V における地位級曲線は n の値を +2.00000, +1.00000, 0.00000, -1.00000, -2.00000 として求めた。

ガイドカーブ上の基準林齢を 40 年とし、基準林齢における上層木平均樹高を地位指数とした。地位指数曲線は選択された成長関数 (式 1~4) のパラメータ a の値を地位指数ごとに求めて作成した。地位指数ごとのパラメータ a の値は t に基準林齢を、 H_t に地位指数を、パラメータ b 、 c にガイド

カーブのそれらと同じ値をそれぞれ代入して算出した。

4. 林分収穫表の調整

林分収穫表は、地域ごとに標準的な成長経過を一枚の表に示したものであり、樹種別、地位別に作成されている（田中，2001）。林分収穫表には、5年間隔で林分現況の推移が記され、その期間中に発生する主林木（間伐に際し残される立木）、副林木の標準的な本数（間伐される立木）、材積が明らかにされているため、間伐や将来の林分推移の推定に用いられる。林分収穫表は、長濱（2006）の方法により、改訂した地位級曲線式とスギ、ヒノキ人工林林分密度管理図説明書（林野庁，1980；1981）に示された諸式を対応させて作成した。概要を以下に述べる。

上層木平均樹高は地位級曲線式から、林齢別に算出した。任意の主林木平均樹高に対する収量比数（ R_y ）ごとの本数は次式で示される。ここで H22～H25 年度に調査したスギ、ヒノキ高齢人工林の収量比数（ R_y ）の平均はスギ 0.69、ヒノキ 0.89 であった。ゆえに本県の標準的な林分としてスギ $R_y=0.7$ 、ヒノキ $R_y=0.8$ を想定し、各林齢に対する主副林木合計本数を算出した。

$$\text{スギ} \quad N=10^{4.9131 \cdot Ht^{-1.5118}} \quad (\text{式 7})$$

$$\text{ヒノキ} \quad N=10^{5.5186 \cdot Ht^{-2.017716}} \quad (\text{式 8})$$

N: 立木本数/ha, Ht: 上層木平均樹高

主副林木合計幹材積（あるいは主林木幹材積）は、密度管理図説明書（林野庁，1980；1981）の式を用いて、上層木平均樹高、主副林木合計本数（あるいは主林木本数）をもとに算出した。主副林木合計平均胸高直径（あるいは主林木平均胸高直径）は、上層木平均樹高、断面積平均直径を用いて算出した。副林木本数は、当年の主副林木合計本数から5年後の主副林木合計本数を引いた値である。主林木本数は、主副林木合計本数から副林木本数を引いた値である。副林木幹材積は、主副林木合計幹材積から主林木幹材積を引いた値である。副林木幹材積累計は、5年前の副林木幹材積累計に当年の副林木幹材積を足した値である。

主副林木合計の連年成長量は、当年の主副林木合計幹材積から5年前の主林木幹材積を引いた値、平均成長量は主副林木合計幹材積を林齢で割った値、総収穫量は主林木幹材積に副林木の幹材積累計を足した値である。ここで、成長率はプレスラー式によって算出した（田中，2001）。

$$P_v = \frac{V_a - V_{a-n}}{V_a + V_{a-n}} \times \frac{200}{n} \quad (\text{式 9})$$

P_v : 成長率, V_a : 主副林木合計幹材積, V_{a-n} : n年前の主林木幹材積

5. システム収穫表の作成

システム収穫表は、前田（2012a；2012b）、檜崎ら（2015）が共同開発したシステムを基に、南近畿・四国地方スギ・ヒノキ林分密度管理図の諸式と本報で改訂した樹高成長曲線式（式 10, 11）から得られた地位指数曲線式により作成した。このシステムは Windows 版の Microsoft Excel（マイクロソフト社）で作動するものとした。林分の現況データである林齢、上層木平均樹高、haあたりの立木密度を入力すると、地位指数を算出し、林齢ごとの立木本数、上層木平均樹高、自然枯死を加味した本数、収量比数、林分材積、平均胸高直径が自動計算される。さらに、間伐林齢や本数間伐率などの間伐計画を入力すると、間伐前後の林分状況（立木本数、上層木平均樹高、林分材積、平均胸高直径、収量比数）が自動計算される。最後に主伐時の林齢を入力すると、施業面積あたりの主伐時収穫材積、総間伐材積（これまでの間伐材積の合計）、総収穫材積（収穫材積と総間伐材積

を足したもの)を表示する。すなわち、このシステムでは、施業対象林分の林齢、haあたりの立木本数、上層木平均樹高を入力し、任意の間伐林齢、本数間伐率、主伐の林齢を入力することで間伐、主伐による収穫量を予測できるよう調整した。

結果および考察

1. 解析した資料

異常データを棄却した結果、スギ 123 林分、ヒノキ 88 林分が棄却され、残ったスギ 293 林分、ヒノキ 300 林分で解析を行った (第 1 表)。

2. 成長関数のあてはめと地位曲線の作成

林齢と上層木平均樹高の実測値に 4 つの樹高成長曲線をあてはめたのが第 2 図である。樹高成長曲線はスギ、ヒノキとも実測データの平均的な値を示していた。曲線のあてはまりは、90 年生頃までそれぞれの成長曲線で差はないものの、90 年生以上になると曲線間で差が生じていた。スギ、ヒノキとも 120 年を超える高齢人工林のデータ数が少ないことから、今後高齢人工林のデータを追加することで 120 年生以上の成長曲線の推定精度が向上するものと思われる。スギ、ヒノキ別に 4 つの成長関数をあてはめて比較した結果を第 2 表に示す。スギはリチャーズ関数、ヒノキはミッチャーリッヒ関数が最小 AIC 値をとり、もっともあてはまりがよかった。これらの樹高成長曲線を地位曲線のガイドカーブとした。算出式は以下のとおりである。

$$\text{スギ} \quad Ht = 46.08495 \cdot (1 - \exp(-0.00647 \cdot t))^{0.63106} \quad (\text{式 10})$$

$$\text{ヒノキ} \quad Ht = 24.83873 \cdot (1 - 0.95726 \cdot \exp(-0.02259 \cdot t)) \quad (\text{式 11})$$

スギ、ヒノキのガイドカーブと上限線、下限線を併せたものを第 3 図に示す。この上限線と下限線の内側に解析したデータの 95.5%がおさまっている。地位級 I～V の地位級曲線を第 4 図に示した。これは上限線と下限線の間を 5 等分したもので、ガイドカーブと地位 III が同じ曲線を描いている (第 3 表)。地位級曲線は個々の林分の地位判定や樹高成長量の予測に使用することができる (西沢・真下, 1966)。例えば、林齢 50 年生時の上層木平均樹高が 20m であるスギ林分の地位は III、林齢 90 年生時の上層木平均樹高が 33m であるスギ林分の地位は I と判定できる。また、林齢 60 年生時の上層木平均樹高 25.1m のスギ林分 (地位 II) における 30 年後の樹高は 30.6m になると予測できる。

次に、スギ、ヒノキの地位指数曲線 (スギ地位指数 13～23、ヒノキ地位指数 10～20) を第 5 図に、それぞれの地位指数曲線を基に、林齢 2 年毎の上層木平均樹高を計算した結果を付表 1、付表 2 に示した。地位指数曲線も地位級曲線と同様に使うことができる。例えば、林齢 40 年生時の上層木平均樹高が 18m (地位指数 18) のスギ人工林の 40 年後 (林齢 80 年生) の樹高は 25.8m になると予測できる (付表 1)。

新旧のガイドカーブを比較すると、スギ、ヒノキとも林齢 60 年生からガイドカーブの差が開き始めており、60 年生以降の樹高成長が上方修正された (第 6 図)。高齢人工林の樹高成長は従来の地位指数曲線を上回るというのは近隣の三重県、奈良県を含めた多くの県で報告されており (石塚, 2006; 島田, 2013; 和口ら, 2013)、今回の結果と似通っていた。新ガイドカーブは全データの平均的な値を示しており、高齢人工林に対応した新しい樹高成長曲線として利用できると考えられる。

第2表 成長関数のあてはめ結果

樹種	成長関数	赤池情報量基準 (AIC) *	決定係数	データ数
スギ	ミッチャーリッヒ	1405.9	0.855	293
	ロジスティック	1440.8	0.837	293
	ゴンペルツ	1425.1	0.846	293
	リチャーズ	1395.8	0.860	293
ヒノキ	ミッチャーリッヒ	1414.7	0.776	300
	ロジスティック	1427.7	0.767	300
	ゴンペルツ	1420.9	0.772	300
	リチャーズ	1415.5	0.776	300

* AICが最小となる関数（太字）を最もあてはまりのよい関数とする

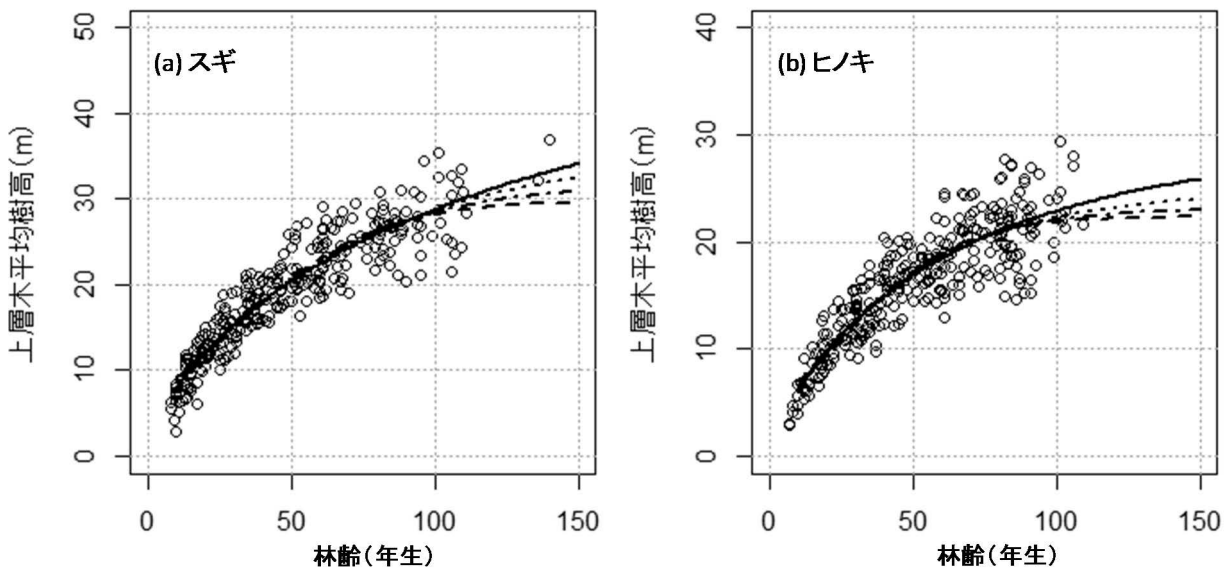
第3表 地位級曲線式におけるパラメータの値

内容	スギ			ヒノキ		
	a	b	c	a	b	c
上限	59.08144	0.00647	0.63106	32.61404	0.95726	0.02259
ガイドカーブ	46.08495	0.00647	0.63106	24.83873	0.95726	0.02259
下限	33.08845	0.00647	0.63106	17.06341	0.95726	0.02259
I	56.48214	0.00647	0.63106	31.05898	0.95726	0.02259
境界	53.88284	0.00647	0.63106	29.50392	0.95726	0.02259
II	51.28354	0.00647	0.63106	27.94885	0.95726	0.02259
境界	48.68424	0.00647	0.63106	26.39379	0.95726	0.02259
III	46.08495	0.00647	0.63106	24.83873	0.95726	0.02259
境界	43.48565	0.00647	0.63106	23.28367	0.95726	0.02259
IV	40.88635	0.00647	0.63106	21.72860	0.95726	0.02259
境界	38.28705	0.00647	0.63106	20.17354	0.95726	0.02259
V	35.68775	0.00647	0.63106	18.61848	0.95726	0.02259

※スギ $H_t = a \cdot (1 - \exp(-b \cdot t))^c$

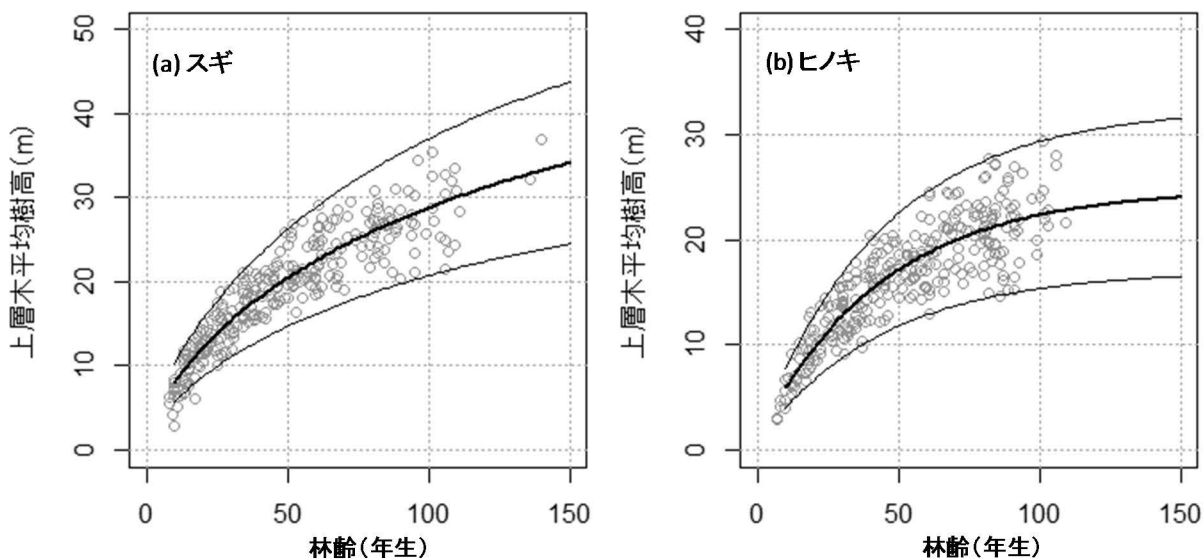
ヒノキ $H_t = a \cdot (1 - \exp(-c \cdot t))$

Htは林齢tにおける上層木平均樹高

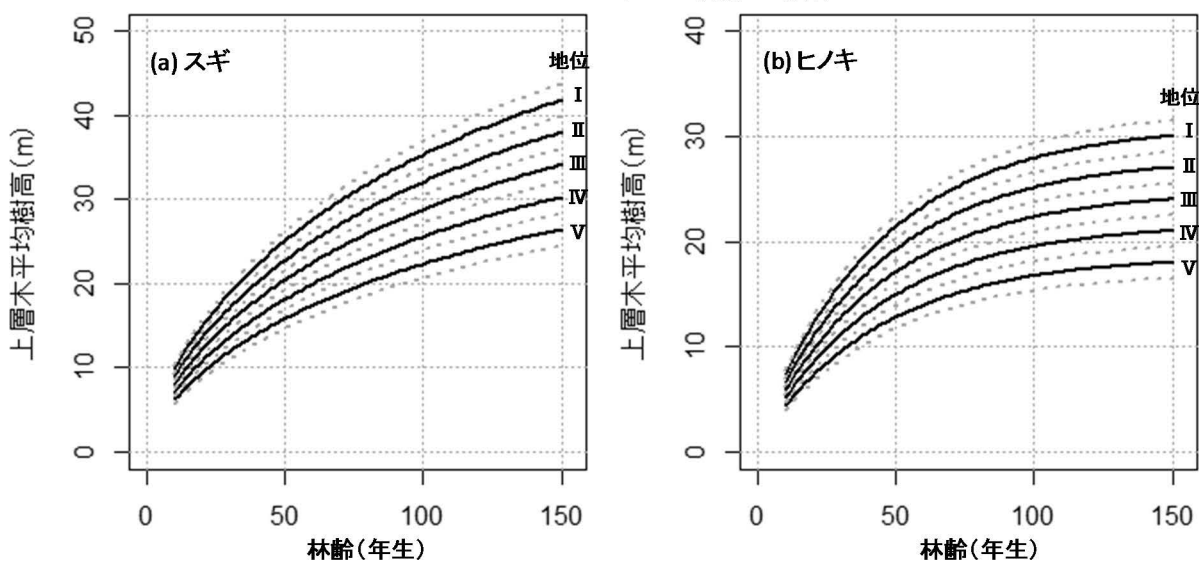


第2図 各関数による林齢と上層木平均樹高の関係の推定結果

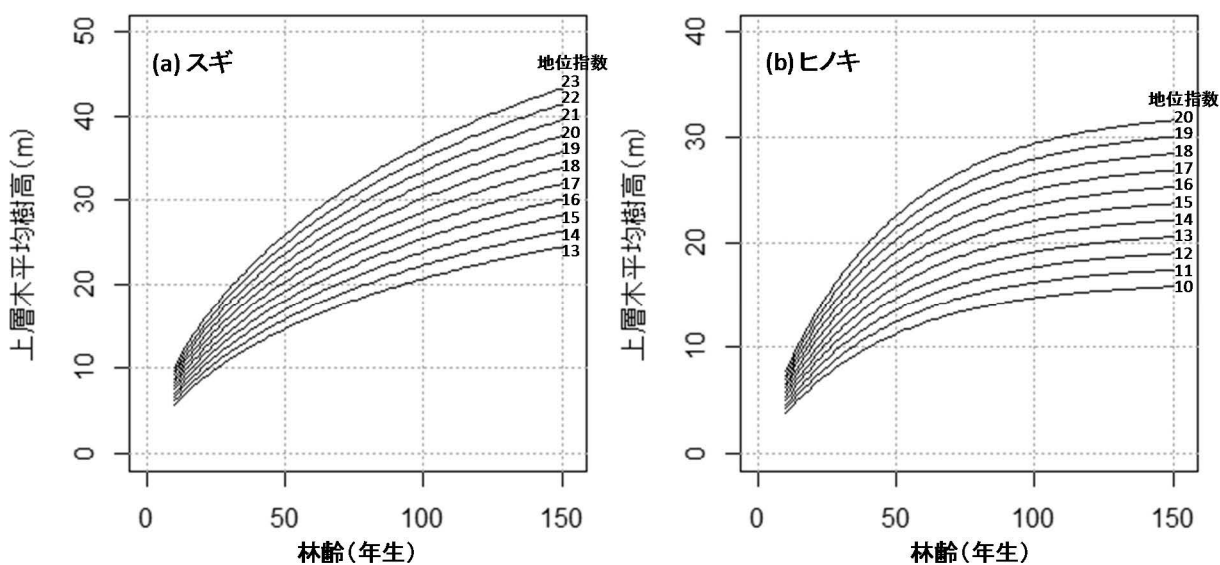
—リチャーズ関数、.....ミッチャーリッヒ関数、- - -ゴンペルツ関数、- · - · -ロジスティック関数



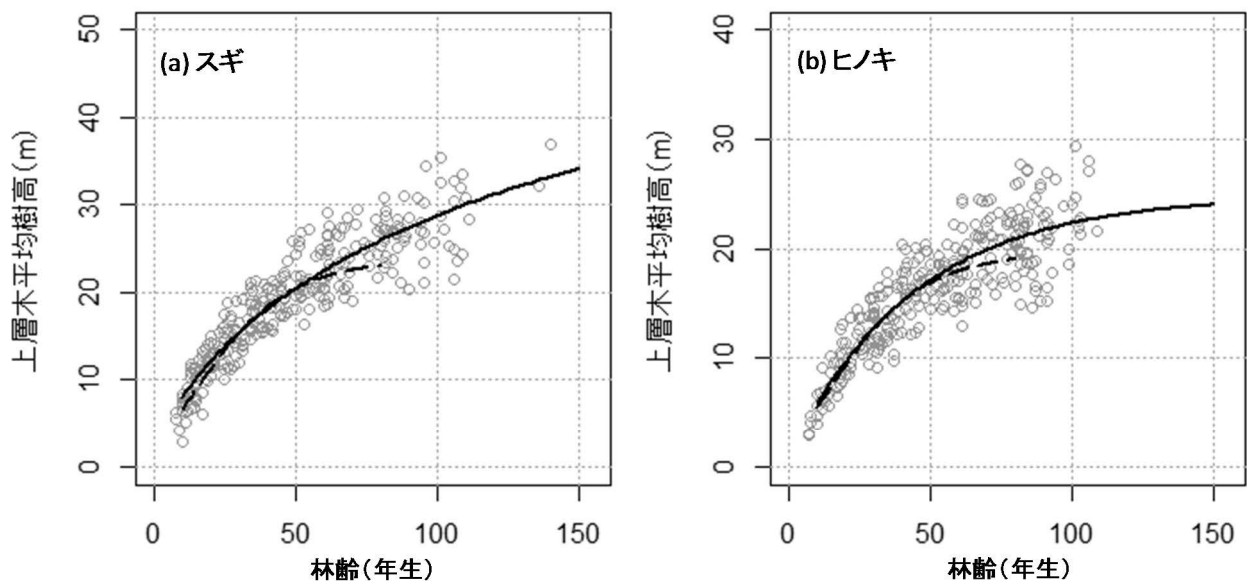
第3図 林齢と上層木平均樹高の関係から推定したガイドカーブ、上限線と下限線
—ガイドカーブ、-上限線・下限線



第4図 地位を5階級に区分した地位級曲線



第5図 地位指数曲線(スギの地位指数13~23、ヒノキの地位指数10~20)



第6図 新旧ガイドカーブの比較
—新ガイドカーブ、---旧ガイドカーブ

3. 林分収穫表の調整

付表 3-1～付表 3-5 に和歌山県スギ人工林林分収穫表, 付表 4-1～付表 4-5 にヒノキ人工林林分収穫表として地位級 (地位Ⅰ～Ⅴ) ごとに示した. 地位指数を用いる場合, スギ林分では地位指数 22 が地位区分Ⅰ, 地位指数 20 が地位区分Ⅱ, 地位指数 18 が地位区分Ⅲ, 地位指数 16 が地位区分Ⅳ, 地位指数 14 が地位区分Ⅴに相当する. ヒノキ林分では地位指数 19 が地位区分Ⅰ, 地位指数 17 が地位区分Ⅱ, 地位指数 15 が地位区分Ⅲ, 地位指数 13 が地位区分Ⅳ, 地位指数 11 が地位区分Ⅴに相当する. 今回作成した収穫表については, 本県民有林の人工林データで調製していることから適用範囲は本県民有林である. 付表 3-2 (スギ人工林林分収穫表, 地位区分Ⅱ) から, スギ林分を収量比数 0.7 で間伐管理した場合, 150 年時の主林木において上層木平均樹高 38m, 平均胸高直径 51cm, ha あたり幹材積 1,138m³に成長すると予測できた. これまでの林分収穫表 (和歌山県, 1983) は林齢 80 年生までで構成されていたが, 今回の調整により 150 年生までの林分収穫表を示すことができた. すなわち, 地位級Ⅰ～Ⅴの林分において, スギ人工林は収量比数 0.7 で, ヒノキ人工林は収量比数 0.8 で管理した場合, 主林木平均直径, 主副林木合計幹材積は 80 年を超えても増加すると推定された.

4. システム収穫表の作成

間伐シミュレーションできる和歌山県版のシステム収穫表である「和歌山県スギ・ヒノキ人工林収穫予測システム」を作成した. このシステムを用いて 38 年生のスギ人工林の収穫を予測した例を第 4 表に示す. ここでは施業面積 1.25ha, 密度 2,200 本/ha, 上層木平均樹高 18m, 地位指数 18.5 の過密状態のスギ人工林 (収量比数 0.92) を仮定し, この林分を定期的の間伐して, 林齢 120 年で主伐する場合の収穫予測を示した. 間伐・主伐計画は 40 年時に本数間伐率 30%の間伐を実施し (収量比数 0.83), 以後 10 年おきに 20%の間伐を 100 年生まで行い (収量比数 0.64), 120 年時で主伐するというもので, 収穫予測表から間伐前後の本数, 樹高, 林分材積, 胸高直径, 収量比数を把握す

ることができる。シミュレーション結果から、主伐時には本数404本/ha、樹高31.9m、胸高直径43.4cmに成長し、収穫材積は867m³/haになることが分かる。同時に林分1.25haあたりの収穫材積は1,084m³、これまでにを行った間伐の総間伐材積555m³、総収穫材積1,640m³である。

一方、計画的な間伐を行わずに80年生で主伐する場合の収穫予測を第5表に示した。40年生時に本数間伐率40%の間伐を実施し（収量比数0.79）、以後間伐を行わない場合、80年生の主伐時に本数1,320本/ha、樹高26.5m、胸高直径26.2cmに成長し、収穫材積は933m³/haであることが分かる。本事例の1.25haの林分の収穫材積は1,167m³、総間伐材積108m³、総収穫材積1,275m³である。これまでの収穫表は、「標準的」と考えられていた施業体系でのみ収穫予測が可能であったが、収穫予測システムの使用により、個々の林分の状況に応じた間伐シミュレーションや収穫予測をパソコン上で容易に行えるようになった。

第4表 和歌山県スギ人工林収穫予測の事例1（計画的に間伐を実施する場合）

間伐回数	林齢	本数間伐率 (%)	間伐前					間伐後					間伐本数 (本)	間伐材積 (m ³ /ha)		
			本数 (本/ha)	上層木樹高 (m)	材積 (m ³ /ha)	胸高直径 (cm)	収量比数	本数 (本/ha)	上層木樹高 (m)	材積 (m ³ /ha)	胸高直径 (cm)	収量比数				
現況	38		2,200	18.0	535	17.8	0.92									
1回目	40	30	2,200	18.5	562	18.0	0.93	1,540	18.5	503	20.7	0.83	660	825	59	74
2回目	50	20	1,540	20.9	633	22.0	0.89	1,232	20.9	588	23.9	0.82	308	385	45	57
3回目	60	20	1,232	23.0	705	25.1	0.86	986	23.0	652	27.2	0.80	246	308	53	66
4回目	70	20	986	24.9	760	28.4	0.84	788	24.9	699	30.6	0.77	197	246	61	76
5回目	80	20	788	26.5	791	31.7	0.80	631	26.5	723	34.1	0.73	158	197	68	86
6回目	90	20	631	28.1	814	35.2	0.76	505	28.1	738	37.7	0.69	126	158	76	95
7回目	100	20	505	29.4	811	38.7	0.71	404	29.4	729	41.3	0.64	101	126	82	102
主伐	120		404	31.9	867	43.4	0.75									
主伐時収穫材積			867	m ³ /ha		林分1.25haあたり		1,084	m ³		総間伐材積		555	総収穫材積		1,640

※ 和歌山県内の38年生民有スギ人工林（面積1.25ha、立木密度2,200本/ha、上層木平均樹高18m）を仮定した。40年時に本数割合で3割の間伐を行い、以後10年おきに2割の間伐を行い、120年時に主伐する場合の収穫予測

第5表 和歌山県スギ人工林収穫予測の事例2（計画的に間伐を実施しない場合）

間伐回数	林齢	本数間伐率 (%)	間伐前					間伐後					間伐本数 (本)	間伐材積 (m ³ /ha)		
			本数 (本/ha)	上層木樹高 (m)	材積 (m ³ /ha)	胸高直径 (cm)	収量比数	本数 (本/ha)	上層木樹高 (m)	材積 (m ³ /ha)	胸高直径 (cm)	収量比数				
現況	38		2,200	18.0	535	17.8	0.92									
1回目	40	40	2,200	18.5	562	18.0	0.93	1,320	18.5	475	21.9	0.79	880	1,100	87	108
主伐	80		1,320	26.5	933	26.2										
主伐時収穫材積			933	m ³ /ha		林分1.25haあたり		1,167	m ³		総間伐材積		108	総収穫材積		1,275

※ 和歌山県内の38年生民有スギ人工林（面積1.25ha、立木密度2,200本/ha、上層木平均樹高18m）を仮定した。40年時に本数割合で4割の間伐を行い、80年時に主伐する場合の収穫予測

5. 今後の課題

本報で示した林分収穫表は（付表3、付表4）、収量比数を一定に推移させた場合の林分材積等の変化を示したものであり、収穫予測システムの計算結果（第4表、第5表）は高齢までの林分管理の一例を示したものである。実際の森林経営においては、森林所有者がその時々々の経済・社会的状況を考慮して、所有森林に適切な施業方針を立案する。そのため、林況は施業の様態により様々な経過をたどると考えられる（舟木・原，2012）。また高齢までの長期にわたる森林管理では、初期の

予測に合わない事態も生じうる。林分の現状を随時モニタリングし、収穫予測の再検討と育林目標の見直しを定期的に行うことも必要になる。

今回、胸高直径や立木密度の推移には密度管理図説明書（林野庁，1980；1981）の数式を利用した。これは既存資料を利用して調整されているため、標準的な伐期齢を超える林分への適応の問題を指摘する報告（長濱・近藤，2006）もあることから、今後はスギ・ヒノキ120年生以上のデータを追加するとともに高齢人工林に対応した密度管理図の改訂も含めた収穫予測精度の向上に取り組むことが課題である。また、密度管理図は樹冠の閉鎖を前提としているため、下層間伐の予測のみに利用できる。上層間伐や定量間伐である列状間伐に対応した収穫予測を行うことも課題である。

摘 要

高齢人工林にも対応したスギ、ヒノキ人工林の収穫予測を行うために必要な新たな地位級曲線と地位指数曲線、林分収穫表、和歌山県版のシステム収穫表を作成した。

1. 県下593林分（スギ293林分、ヒノキ300林分）のデータを用い、ミッチャーリッヒ関数、ロジスティック関数、ゴンペルツ関数およびリチャーズ関数に対して非線形回帰分析を行ったところ、スギではリチャーズ関数、ヒノキではミッチャーリッヒ関数が最もあてはまりがよかった。
2. この樹高成長曲線を地位曲線のガイドカーブとし、地位級Ⅰ～Ⅴの地位級曲線と、スギ地位指数13～23、ヒノキ地位指数10～20の地位指数曲線を作成した。新旧のガイドカーブを比較すると、スギ、ヒノキとも林齢60年生からガイドカーブの差が開き始めており、60年生以降の樹高成長が上方修正された。
3. 2016年における本県の標準的な林分密度であるスギ収量比数0.7、ヒノキ収量比数0.8の林分を想定した時のスギ・ヒノキ人工林林分収穫表を作成した。地位級Ⅰ～Ⅴの林分において、スギ、ヒノキ人工林とも、主林木平均直径、主副林木合計幹材積は80年生を超えても増加すると推定された。
4. 間伐、主伐による収穫予測などシミュレーションできる収穫予測システムを作成した。従来は、固定された施業体系でのみ収穫予測可能であったが、このシステムによりコンピュータ上で個々の林分に対応した収穫予測が可能になった。
5. 本研究により得られた地位別林齢別上層木平均樹高表、簡易林分材積表、成長率表は2017年3月に公表され、2017年4月に和歌山県森林GISに反映された。

高齢人工林の調査にあたり森林所有者の皆様には調査の快諾をいただいた。各振興局林務課には調査林分の選定や現地調査に協力をいただいた。農林水産部林業振興課丸本一樹主査（現在：西牟婁振興局農林水産振興部）、林美晴技師には旧林分収穫表の資料の収集から本報の作成まで多くの支援をいただいた。北海道立総合研究機構森林研究本部滝谷美香氏には統計解析に関して有益な助言をいただいた。長崎県県央振興局農林部（開発当時：農林技術開発センター森林研究部門）の前田一氏、福岡県農林業総合試験場資源活用研究センターの檜崎康二氏にはシステムの使用を快諾いただいた。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 舟木徹・原勇治. 2012. 高齢林に対応した島根県スギ・ヒノキ人工林林分収穫予想表の作成. 島根中山間セ研報 8:123-128.
- 石塚森吉. 2006. 国補大型プロジェクトを総括する. P. 58-67. (社) 全国林業改良普及協会編著. 長伐期林を解き明かす. (社) 全国林業改良普及協会. 東京.
- 前田一. 2012a. 長伐期施業に対応した長崎県ヒノキ人工林管理基準の作成. 長崎農林技セ研報 3:53-65.
- 前田一. 2012b. 長伐期施業に対応したヒノキ人工林管理技術の開発. 公立林業試験研究機関 研究成果選集 9:41-42.
- 長濱孝行. 2006. 長伐期施業に対応した鹿児島県ヒノキ人工林管理基準. 鹿児島県林試研報. 9:7-25.
- 長濱孝行・近藤洋史. 2006. 長伐期施業に対応した鹿児島県スギ人工林収穫予測. 日林誌. 88:71-78.
- 檜崎康二・前田一・佐々木重行. 2015. 福岡県版システム収穫表作成のためのスギ林分密度管理図および地位指数曲線の調整. 福岡県農林試研報. 1:38-43.
- 西沢正久・真下育久. 1966. 地位指数による林地生産力の測り方. わかりやすい林業研究解説シリーズ 15. P. 1-53. 林業科学技術振興所. 東京.
- 島田博匡. 2010. 三重県のスギ・ヒノキ人工林における長伐期施業に対応した林分収穫表の作成. 三重県林業研報. 2:1-28.
- 白石則彦. 2005. 収穫予測システムの過去・現在・未来. 森林技術 764:9-12.
- 滝谷美香. 2014. トドマツ人工林の地位指数曲線の改訂. 北海道林試研報. 51:7-11.
- 田中和博. 1996. 森林計画学入門. P. 1-192. 森林計画学会出版局. 東京.
- 田中和博. 2001. 間伐計画, 収穫表, 主林木, 成長予測システム. P. 1-1234. 日本林業技術協会編. 森林・林業百科事典. 丸善. 東京.
- 林野庁. 1970. 立木幹材積表西日本編. P. 1-319. 日本林業調査会. 東京.
- 林野庁. 1980. スギ人工林林分密度管理図説明書 北近畿・中国地方 南近畿・四国地方 九州地方. P. 1-58. 東京.
- 林野庁. 1981. ヒノキ人工林林分密度管理図説明書 南近畿・四国地方. P. 1-58. 東京.
- 和歌山県農林部. 1983. 人工林林分収穫予想表, 地位別林齢別上層樹高表, 人工林林分材積表, 人工林林分密度管理図. P. 1-139pp.
- 和歌山県農林水産部. 2016. 平成 28 年度森林・林業及び山村の概況. P. 1-94.
- 和口美明・今治安弥・迫田和也. 2013. 長伐期化に対応した奈良県スギ人工林地位曲線の作成. 奈良県森技セ研報. 42:5-9.
- 山田茂夫・村松保男. 1963. 例解測樹の実務. P. 1-249. 地球出版株式会社. 東京.

付表1 スギ林分における地位指数13~23の林齢別推定上層木平均樹高

林齢	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
10	5.8	6.2	6.6	7.1	7.5	8.0	8.4	8.9	9.3	9.7	10.2
12	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.4	9.9	10.4	10.9	11.4
14	7.1	7.6	8.1	8.7	9.2	9.8	10.3	10.9	11.4	11.9	12.5
16	7.6	8.2	8.8	9.4	10.0	10.6	11.2	11.8	12.4	12.9	13.5
18	8.2	8.8	9.5	10.1	10.7	11.4	12.0	12.6	13.3	13.9	14.5
20	8.7	9.4	10.1	10.7	11.4	12.1	12.8	13.4	14.1	14.8	15.4
22	9.2	9.9	10.7	11.4	12.1	12.8	13.5	14.2	14.9	15.6	16.3
24	9.7	10.5	11.2	12.0	12.7	13.5	14.2	15.0	15.7	16.4	17.2
26	10.2	11.0	11.7	12.5	13.3	14.1	14.9	15.7	16.4	17.2	18.0
28	10.6	11.4	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5	16.4	17.2	18.0	18.8
30	11.1	11.9	12.8	13.6	14.5	15.3	16.2	17.0	17.9	18.7	19.6
32	11.5	12.4	13.2	14.1	15.0	15.9	16.8	17.6	18.5	19.4	20.3
34	11.9	12.8	13.7	14.6	15.5	16.4	17.4	18.3	19.2	20.1	21.0
36	12.3	13.2	14.1	15.1	16.0	17.0	17.9	18.9	19.8	20.7	21.7
38	12.6	13.6	14.6	15.6	16.5	17.5	18.5	19.4	20.4	21.4	22.4
40	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0
42	13.4	14.4	15.4	16.4	17.5	18.5	19.5	20.5	21.6	22.6	23.6
44	13.7	14.8	15.8	16.9	17.9	19.0	20.0	21.1	22.1	23.2	24.2
46	14.0	15.1	16.2	17.3	18.4	19.4	20.5	21.6	22.7	23.7	24.8
48	14.4	15.5	16.6	17.7	18.8	19.9	21.0	22.1	23.2	24.3	25.4
50	14.7	15.8	16.9	18.1	19.2	20.3	21.5	22.6	23.7	24.8	26.0
52	15.0	16.1	17.3	18.4	19.6	20.8	21.9	23.1	24.2	25.4	26.5
54	15.3	16.5	17.6	18.8	20.0	21.2	22.3	23.5	24.7	25.9	27.1
56	15.6	16.8	18.0	19.2	20.4	21.6	22.8	24.0	25.2	26.4	27.6
58	15.9	17.1	18.3	19.5	20.8	22.0	23.2	24.4	25.6	26.9	28.1
60	16.2	17.4	18.6	19.9	21.1	22.4	23.6	24.9	26.1	27.3	28.6
62	16.4	17.7	19.0	20.2	21.5	22.7	24.0	25.3	26.5	27.8	29.1
64	16.7	18.0	19.3	20.6	21.8	23.1	24.4	25.7	27.0	28.3	29.5
66	17.0	18.3	19.6	20.9	22.2	23.5	24.8	26.1	27.4	28.7	30.0
68	17.2	18.5	19.9	21.2	22.5	23.8	25.2	26.5	27.8	29.1	30.5
70	17.5	18.8	20.2	21.5	22.8	24.2	25.5	26.9	28.2	29.6	30.9
72	17.7	19.1	20.4	21.8	23.2	24.5	25.9	27.3	28.6	30.0	31.3
74	18.0	19.3	20.7	22.1	23.5	24.9	26.2	27.6	29.0	30.4	31.8
76	18.2	19.6	21.0	22.4	23.8	25.2	26.6	28.0	29.4	30.8	32.2
78	18.4	19.8	21.3	22.7	24.1	25.5	26.9	28.3	29.8	31.2	32.6
80	18.7	20.1	21.5	23.0	24.4	25.8	27.3	28.7	30.1	31.6	33.0
82	18.9	20.3	21.8	23.2	24.7	26.1	27.6	29.0	30.5	31.9	33.4
84	19.1	20.6	22.0	23.5	25.0	26.4	27.9	29.4	30.8	32.3	33.8
86	19.3	20.8	22.3	23.8	25.2	26.7	28.2	29.7	31.2	32.7	34.2
88	19.5	21.0	22.5	24.0	25.5	27.0	28.5	30.0	31.5	33.0	34.5
90	19.7	21.2	22.8	24.3	25.8	27.3	28.8	30.3	31.9	33.4	34.9
92	19.9	21.5	23.0	24.5	26.1	27.6	29.1	30.7	32.2	33.7	35.2
94	20.1	21.7	23.2	24.8	26.3	27.9	29.4	31.0	32.5	34.1	35.6
96	20.3	21.9	23.4	25.0	26.6	28.1	29.7	31.3	32.8	34.4	35.9
98	20.5	22.1	23.7	25.2	26.8	28.4	30.0	31.5	33.1	34.7	36.3
100	20.7	22.3	23.9	25.5	27.1	28.7	30.2	31.8	33.4	35.0	36.6
102	20.9	22.5	24.1	25.7	27.3	28.9	30.5	32.1	33.7	35.3	36.9
104	21.1	22.7	24.3	25.9	27.5	29.2	30.8	32.4	34.0	35.6	37.3
106	21.2	22.9	24.5	26.1	27.8	29.4	31.0	32.7	34.3	35.9	37.6
108	21.4	23.1	24.7	26.4	28.0	29.6	31.3	32.9	34.6	36.2	37.9
110	21.6	23.2	24.9	26.6	28.2	29.9	31.5	33.2	34.9	36.5	38.2
112	21.8	23.4	25.1	26.8	28.4	30.1	31.8	33.5	35.1	36.8	38.5
114	21.9	23.6	25.3	27.0	28.7	30.3	32.0	33.7	35.4	37.1	38.8
116	22.1	23.8	25.5	27.2	28.9	30.6	32.3	34.0	35.7	37.4	39.1
118	22.2	23.9	25.7	27.4	29.1	30.8	32.5	34.2	35.9	37.6	39.3
120	22.4	24.1	25.8	27.6	29.3	31.0	32.7	34.5	36.2	37.9	39.6
122	22.6	24.3	26.0	27.8	29.5	31.2	33.0	34.7	36.4	38.2	39.9
124	22.7	24.4	26.2	27.9	29.7	31.4	33.2	34.9	36.7	38.4	40.2
126	22.9	24.6	26.4	28.1	29.9	31.6	33.4	35.2	36.9	38.7	40.4
128	23.0	24.8	26.5	28.3	30.1	31.8	33.6	35.4	37.2	38.9	40.7
130	23.1	24.9	26.7	28.5	30.3	32.0	33.8	35.6	37.4	39.2	40.9
132	23.3	25.1	26.9	28.7	30.4	32.2	34.0	35.8	37.6	39.4	41.2
134	23.4	25.2	27.0	28.8	30.6	32.4	34.2	36.0	37.8	39.6	41.4
136	23.6	25.4	27.2	29.0	30.8	32.6	34.4	36.2	38.1	39.9	41.7
138	23.7	25.5	27.3	29.2	31.0	32.8	34.6	36.5	38.3	40.1	41.9
140	23.8	25.7	27.5	29.3	31.2	33.0	34.8	36.7	38.5	40.3	42.2
142	24.0	25.8	27.6	29.5	31.3	33.2	35.0	36.9	38.7	40.6	42.4
144	24.1	25.9	27.8	29.6	31.5	33.4	35.2	37.1	38.9	40.8	42.6
146	24.2	26.1	27.9	29.8	31.7	33.5	35.4	37.3	39.1	41.0	42.8
148	24.3	26.2	28.1	30.0	31.8	33.7	35.6	37.4	39.3	41.2	43.1
150	24.5	26.3	28.2	30.1	32.0	33.9	35.8	37.6	39.5	41.4	43.3

付表2 ヒノキ林分における地位指数10~20の林齢別推定上層木平均樹高

林齢	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	3.9	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8	6.2	6.6	6.9	7.3	7.7
12	4.4	4.9	5.3	5.7	6.2	6.6	7.1	7.5	7.9	8.4	8.8
14	4.9	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.4	9.9
16	5.4	6.0	6.5	7.1	7.6	8.2	8.7	9.2	9.8	10.3	10.9
18	5.9	6.5	7.1	7.7	8.3	8.9	9.5	10.1	10.7	11.3	11.8
20	6.4	7.0	7.7	8.3	8.9	9.6	10.2	10.8	11.5	12.1	12.8
22	6.8	7.5	8.2	8.9	9.6	10.2	10.9	11.6	12.3	13.0	13.6
24	7.2	8.0	8.7	9.4	10.1	10.9	11.6	12.3	13.0	13.8	14.5
26	7.6	8.4	9.2	9.9	10.7	11.5	12.2	13.0	13.8	14.5	15.3
28	8.0	8.8	9.6	10.4	11.2	12.0	12.8	13.6	14.4	15.3	16.1
30	8.4	9.2	10.1	10.9	11.8	12.6	13.4	14.3	15.1	15.9	16.8
32	8.7	9.6	10.5	11.4	12.2	13.1	14.0	14.9	15.7	16.6	17.5
34	9.1	10.0	10.9	11.8	12.7	13.6	14.5	15.4	16.3	17.3	18.2
36	9.4	10.3	11.3	12.2	13.2	14.1	15.0	16.0	16.9	17.9	18.8
38	9.7	10.7	11.6	12.6	13.6	14.6	15.5	16.5	17.5	18.4	19.4
40	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0
42	10.3	11.3	12.3	13.4	14.4	15.4	16.4	17.5	18.5	19.5	20.6
44	10.5	11.6	12.7	13.7	14.8	15.8	16.9	17.9	19.0	20.0	21.1
46	10.8	11.9	13.0	14.0	15.1	16.2	17.3	18.4	19.4	20.5	21.6
48	11.0	12.2	13.3	14.4	15.5	16.6	17.7	18.8	19.9	21.0	22.1
50	11.3	12.4	13.5	14.7	15.8	16.9	18.0	19.2	20.3	21.4	22.6
52	11.5	12.7	13.8	15.0	16.1	17.3	18.4	19.6	20.7	21.9	23.0
54	11.7	12.9	14.1	15.2	16.4	17.6	18.7	19.9	21.1	22.3	23.4
56	11.9	13.1	14.3	15.5	16.7	17.9	19.1	20.3	21.5	22.7	23.8
58	12.1	13.3	14.5	15.8	17.0	18.2	19.4	20.6	21.8	23.0	24.2
60	12.3	13.5	14.8	16.0	17.2	18.5	19.7	20.9	22.1	23.4	24.6
62	12.5	13.7	15.0	16.2	17.5	18.7	20.0	21.2	22.5	23.7	25.0
64	12.7	13.9	15.2	16.4	17.7	19.0	20.2	21.5	22.8	24.0	25.3
66	12.8	14.1	15.4	16.7	17.9	19.2	20.5	21.8	23.1	24.3	25.6
68	13.0	14.3	15.6	16.9	18.2	19.5	20.8	22.0	23.3	24.6	25.9
70	13.1	14.4	15.7	17.1	18.4	19.7	21.0	22.3	23.6	24.9	26.2
72	13.3	14.6	15.9	17.2	18.6	19.9	21.2	22.5	23.9	25.2	26.5
74	13.4	14.7	16.1	17.4	18.8	20.1	21.4	22.8	24.1	25.5	26.8
76	13.5	14.9	16.2	17.6	18.9	20.3	21.6	23.0	24.3	25.7	27.1
78	13.6	15.0	16.4	17.7	19.1	20.5	21.8	23.2	24.6	25.9	27.3
80	13.8	15.1	16.5	17.9	19.3	20.7	22.0	23.4	24.8	26.2	27.5
82	13.9	15.3	16.7	18.0	19.4	20.8	22.2	23.6	25.0	26.4	27.8
84	14.0	15.4	16.8	18.2	19.6	21.0	22.4	23.8	25.2	26.6	28.0
86	14.1	15.5	16.9	18.3	19.7	21.1	22.5	24.0	25.4	26.8	28.2
88	14.2	15.6	17.0	18.5	19.9	21.3	22.7	24.1	25.5	27.0	28.4
90	14.3	15.7	17.1	18.6	20.0	21.4	22.9	24.3	25.7	27.1	28.6
92	14.4	15.8	17.3	18.7	20.1	21.6	23.0	24.4	25.9	27.3	28.8
94	14.5	15.9	17.4	18.8	20.2	21.7	23.1	24.6	26.0	27.5	28.9
96	14.5	16.0	17.5	18.9	20.4	21.8	23.3	24.7	26.2	27.6	29.1
98	14.6	16.1	17.6	19.0	20.5	21.9	23.4	24.9	26.3	27.8	29.3
100	14.7	16.2	17.6	19.1	20.6	22.1	23.5	25.0	26.5	27.9	29.4
102	14.8	16.3	17.7	19.2	20.7	22.2	23.6	25.1	26.6	28.1	29.5
104	14.8	16.3	17.8	19.3	20.8	22.3	23.7	25.2	26.7	28.2	29.7
106	14.9	16.4	17.9	19.4	20.9	22.4	23.9	25.3	26.8	28.3	29.8
108	15.0	16.5	18.0	19.5	21.0	22.5	24.0	25.5	26.9	28.4	29.9
110	15.0	16.5	18.0	19.5	21.0	22.5	24.1	25.6	27.1	28.6	30.1
112	15.1	16.6	18.1	19.6	21.1	22.6	24.1	25.7	27.2	28.7	30.2
114	15.1	16.7	18.2	19.7	21.2	22.7	24.2	25.7	27.3	28.8	30.3
116	15.2	16.7	18.2	19.8	21.3	22.8	24.3	25.8	27.4	28.9	30.4
118	15.2	16.8	18.3	19.8	21.3	22.9	24.4	25.9	27.4	29.0	30.5
120	15.3	16.8	18.4	19.9	21.4	22.9	24.5	26.0	27.5	29.1	30.6
122	15.3	16.9	18.4	19.9	21.5	23.0	24.5	26.1	27.6	29.1	30.7
124	15.4	16.9	18.5	20.0	21.5	23.1	24.6	26.2	27.7	29.2	30.8
126	15.4	17.0	18.5	20.1	21.6	23.1	24.7	26.2	27.8	29.3	30.9
128	15.5	17.0	18.6	20.1	21.7	23.2	24.7	26.3	27.8	29.4	30.9
130	15.5	17.1	18.6	20.2	21.7	23.3	24.8	26.4	27.9	29.5	31.0
132	15.5	17.1	18.7	20.2	21.8	23.3	24.9	26.4	28.0	29.5	31.1
134	15.6	17.1	18.7	20.3	21.8	23.4	24.9	26.5	28.0	29.6	31.2
136	15.6	17.2	18.7	20.3	21.9	23.4	25.0	26.5	28.1	29.7	31.2
138	15.6	17.2	18.8	20.3	21.9	23.5	25.0	26.6	28.2	29.7	31.3
140	15.7	17.2	18.8	20.4	21.9	23.5	25.1	26.6	28.2	29.8	31.3
142	15.7	17.3	18.8	20.4	22.0	23.6	25.1	26.7	28.3	29.8	31.4
144	15.7	17.3	18.9	20.4	22.0	23.6	25.2	26.7	28.3	29.9	31.5
146	15.8	17.3	18.9	20.5	22.1	23.6	25.2	26.8	28.4	29.9	31.5
148	15.8	17.4	18.9	20.5	22.1	23.7	25.3	26.8	28.4	30.0	31.6
150	15.8	17.4	19.0	20.5	22.1	23.7	25.3	26.9	28.5	30.0	31.6

付表3-1 和歌山県スギ人工林分収穫表（地位区分Ⅰ）

林齢	上層樹高	主林木									副林木									主副林木合計								
		平均胸高直径			本数	幹材積	連年成長量	平均成長量	平均胸高直径			本数	幹材積	幹材積累計	平均胸高直径			本数	胸高断面積	幹材積	連年成長量	平均成長量	総収穫量	成長率				
		年	m	cm					/ha	m ³ /ha	m ³ /ha				m ³ /ha	/ha	m ³ /ha								m ³ /ha	cm	/ha	m ² /ha
10	9.8	13.3	1776	144	-	14.4	821	30	30	11.9	2598	31.3	175	-	17.5	175	-	17.5	175	-	17.5	175	-					
15	12.6	17.0	1379	219	14.9	14.6	398	29	59	15.8	1776	37.2	248	20.6	16.5	278	10.54	16.5	278	10.54	16.5	278	10.54					
20	14.9	20.1	1130	284	13.0	14.2	249	28	87	19.0	1379	41.5	312	18.7	15.6	371	7.04	15.6	371	7.04	15.6	371	7.04					
25	17.0	22.9	962	348	12.8	13.9	167	27	115	21.9	1130	45.1	375	18.2	15.0	463	5.54	15.0	463	5.54	15.0	463	5.54					
30	18.9	25.5	845	409	12.2	13.6	117	26	141	24.5	962	48.1	435	17.4	14.5	550	4.44	14.5	550	4.44	14.5	550	4.44					
35	20.6	27.8	755	465	11.2	13.3	90	25	166	26.9	845	50.6	490	16.2	14.0	631	3.61	14.0	631	3.61	14.0	631	3.61					
40	22.2	29.9	684	519	10.9	13.0	71	24	190	29.1	755	52.8	543	15.8	13.6	709	3.13	13.6	709	3.13	13.6	709	3.13					
45	23.7	32.0	627	572	10.5	12.7	57	24	214	31.2	684	54.8	595	15.2	13.2	786	2.73	13.2	786	2.73	13.2	786	2.73					
50	25.1	33.8	581	622	10.1	12.4	46	22	236	33.1	627	56.6	645	14.6	12.9	858	2.40	12.9	858	2.40	12.9	858	2.40					
55	26.4	35.6	543	670	9.6	12.2	38	21	258	34.9	581	58.2	691	13.8	12.6	928	2.11	12.6	928	2.11	12.6	928	2.11					
60	27.6	37.2	509	714	8.7	11.9	34	22	279	36.5	543	59.7	735	13.0	12.3	993	1.85	12.3	993	1.85	12.3	993	1.85					
65	28.8	38.8	481	760	9.2	11.7	28	20	299	38.2	509	61.1	780	13.3	12.0	1059	1.78	12.0	1059	1.78	12.0	1059	1.78					
70	29.9	40.3	458	803	8.6	11.5	23	19	318	39.7	481	62.3	822	12.4	11.7	1121	1.56	11.7	1121	1.56	11.7	1121	1.56					
75	30.9	41.6	436	841	7.6	11.2	22	19	337	41.0	458	63.4	860	11.4	11.5	1178	1.37	11.4	1178	1.37	11.4	1178	1.37					
80	31.9	42.9	418	882	8.1	11.0	18	17	354	42.4	436	64.5	899	11.5	11.2	1236	1.33	11.2	1236	1.33	11.2	1236	1.33					
85	32.8	44.2	401	917	7.0	10.8	17	17	371	43.6	418	65.5	934	10.5	11.0	1288	1.16	11.0	1288	1.16	11.0	1288	1.16					
90	33.7	45.4	386	953	7.1	10.6	16	18	389	44.9	401	66.4	970	10.6	10.8	1342	1.13	10.6	1342	1.13	10.6	1342	1.13					
95	34.6	46.6	373	991	7.6	10.4	13	16	405	46.1	386	67.3	1006	10.8	10.6	1395	1.10	10.6	1395	1.10	10.6	1395	1.10					
100	35.4	47.6	360	1023	6.5	10.2	12	16	421	47.2	373	68.1	1039	9.7	10.4	1444	0.95	10.4	1444	0.95	10.4	1444	0.95					
105	36.2	48.7	350	1058	6.9	10.1	10	14	435	48.3	360	68.9	1072	9.7	10.2	1492	0.93	10.2	1492	0.93	10.2	1492	0.93					
110	36.9	49.6	340	1086	5.8	9.9	10	14	449	49.2	350	69.6	1101	8.6	10.0	1535	0.80	10.0	1535	0.80	10.0	1535	0.80					
115	37.6	50.6	331	1115	5.8	9.7	9	14	463	50.2	340	70.3	1130	8.7	9.8	1579	0.78	9.8	1579	0.78	9.8	1579	0.78					
120	38.3	51.5	323	1147	6.2	9.6	8	12	476	51.1	331	71.0	1159	8.7	9.7	1622	0.77	9.7	1622	0.77	9.7	1622	0.77					
125	38.9	52.4	315	1170	4.6	9.4	9	15	490	51.9	323	71.5	1184	7.5	9.5	1660	0.65	9.5	1660	0.65	9.5	1660	0.65					
130	39.6	53.2	307	1201	6.3	9.2	7	13	503	52.9	315	72.2	1214	8.8	9.3	1704	0.74	9.3	1704	0.74	9.3	1704	0.74					
135	40.2	54.0	302	1229	5.5	9.1	6	11	513	53.7	307	72.7	1240	7.6	9.2	1742	0.63	9.2	1742	0.63	9.2	1742	0.63					
140	40.7	54.7	295	1248	3.9	8.9	7	13	526	54.4	302	73.2	1261	6.4	9.0	1774	0.51	9.0	1774	0.51	9.0	1774	0.51					
145	41.3	55.5	290	1276	5.6	8.8	5	11	537	55.2	295	73.7	1287	7.7	8.9	1813	0.61	8.9	1813	0.61	8.9	1813	0.61					
150	41.8	56.2	285	1298	4.3	8.7	5	11	547	55.9	290	74.2	1309	6.5	8.7	1845	0.50	8.7	1845	0.50	8.7	1845	0.50					

付表3-2 和歌山県スギ人工林分収穫表（地位区分Ⅱ）

林齢	上層樹高	主林木									副林木									主副林木合計								
		平均胸高直径			本数	幹材積	連年成長量	平均成長量	平均胸高直径			本数	幹材積	幹材積累計	平均胸高直径			本数	胸高断面積	幹材積	連年成長量	平均成長量	総収穫量	成長率				
		年	m	cm					/ha	m ³ /ha	m ³ /ha				m ³ /ha	/ha	m ³ /ha								m ³ /ha	cm	/ha	m ² /ha
10	8.9	11.9	2067	127	-	12.7	938	26	26	10.7	3005	29.2	153	-	15.3	153	-	15.3	153	-	15.3	153	-					
15	11.4	15.3	1583	189	12.5	12.6	484	26	52	14.1	2067	34.8	215	17.8	14.4	242	10.38	14.4	242	10.38	14.4	242	10.38					
20	13.6	18.2	1299	250	12.2	12.5	284	25	77	17.2	1583	39.1	275	17.2	13.8	328	7.41	13.8	328	7.41	13.8	328	7.41					
25	15.5	20.8	1110	306	11.2	12.3	189	24	101	19.8	1299	42.6	330	15.9	13.2	407	5.49	13.2	407	5.49	13.2	407	5.49					
30	17.2	23.0	978	359	10.6	12.0	132	22	123	22.2	1110	45.4	381	15.0	12.7	482	4.36	12.7	482	4.36	12.7	482	4.36					
35	18.7	25.1	870	406	9.2	11.6	108	23	146	24.2	978	47.8	428	13.8	12.2	551	3.50	12.2	551	3.50	12.2	551	3.50					
40	20.2	27.1	792	456	10.1	11.4	78	20	166	26.3	870	50.0	477	14.2	11.9	622	3.23	11.9	622	3.23	11.9	622	3.23					
45	21.5	28.9	725	499	8.5	11.1	67	21	187	28.1	792	51.8	520	12.7	11.6	686	2.61	11.6	686	2.61	11.6	686	2.61					
50	22.8	30.6	671	544	9.1	10.9	54	20	207	29.9	725	53.6	564	13.0	11.3	751	2.45	11.3	751	2.45	11.3	751	2.45					
55	24.0	32.2	627	587	8.6	10.7	44	19	226	31.6	671	55.2	606	12.3	11.0	813	2.14	11.0	813	2.14	11.0	813	2.14					
60	25.1	33.7	591	627	8.0	10.5	36	17	243	33.1	627	56.6	645	11.5	10.7	870	1.87	10.7	870	1.87	10.7	870	1.87					
65	26.1	35.0	558	663	7.1	10.2	33	18	261	34.5	591	57.9	680	10.7	10.5	924	1.63	10.5	924	1.63	10.5	924	1.63					
70	27.1	36.4	528	699	7.2	10.0	30	18	279	35.8	558	59.1	717	10.8	10.2	978	1.57	10.2	978	1.57	10.2	978	1.57					
75	28.1	37.7	504	738	7.7	9.8	25	16	295	37.2	528	60.3	754	11.0	10.1	1033	1.51	10.1	1033	1.51	10.1	1033	1.51					
80	29.0	38.9	483	773	7.1	9.7	20	15	310	38.4	504	61.3	788	10.0	9.8	1083	1.31	9.8	1083	1.31	9.8	1083	1.31					
85	29.8	40.0	465	803	6.0	9.4	19	15	325	39.5	483	62.2	818	9.0	9.6	1128	1.13	9.6	1128	1.13	9.6	1128	1.13					
90	30.6	41.1	447	834	6.1	9.3	18	15	340	40.6	465	63.1	849	9.1	9.4	1173	1.10	9.4	1173	1.10	9.4	1173	1.10					
95	31.4	42.1	432	866	6.5	9.1	15	13	353	41.7	447	64.0	880	9.2	9.3	1219	1.07	9.3	1219	1.07	9.3	1219	1.07					
100	32.1	43.1	418	893	5.4	8.9	14	13	367	42.7	432	64.7	907	8.1	9.1	1260	0.92	9.1	1260	0.92	9.1	1260	0.92					
105	32.8	44.0	405	921	5.5	8.8	13	14	380	43.6	418	65.5	934	8.2	8.9	1301	0.90	8.9	1301	0.90	8.9	1301	0.90					
110	33.5	44.9	394	951	5.9	8.6	11	12	392	44.6	405	66.2	962	8.3	8.7	1342	0.88	8.7	1342	0.88	8.7	1342	0.88					
115	34.1	45.8	382	973	4.4	8.5	12	14	406	45.4	394	66.8	986	7.2	8.6	1378	0.74	8.6	1378	0.74	8.6	1378	0.74					
120	34.8	46.7	373	1003	6.0	8.4	10	12	418	46.4	382	67.5	1015	8.4	8.5	1420	0.85	8.5	1420	0.85	8.5	1420	0.85					
125	35.4	47.5	365	1029	5.3	8.2	8	10	428	47.2	373	68.1	1039	7.3	8.3	1456	0.71	8.3	1456	0.71	8.3	1456	0.71					
130	35.9	48.2	356	1047	3.7	8.1	9	12	440	47.9	365	68.6	1059	6.1	8.1	1487												

付表3-3 和歌山県スギ人工林林分収穫表（地位区分Ⅲ）

林齢	上層樹高	主林木									副林木									主副林木合計					
		平均胸高直径		本数	幹材積	連年成長量	平均成長量	本数	幹材積	幹材積累計	平均胸高直径		本数	胸高断面積	幹材積	連年成長量	平均成長量	総収穫量	成長率						
		m	cm								/ha	m ³ /ha								m ³ /ha	m ³ /ha	/ha	m ³ /ha	m ³ /ha	cm
10	8.0	10.6	2409	109	-	10.9	1121	23	23	9.4	3530	27.0	132	-	13.2	132	-								
15	10.3	13.6	1865	165	11.3	11.0	544	22	45	12.6	2409	32.4	187	15.7	12.5	210	10.59								
20	12.2	16.2	1531	215	10.0	10.8	334	21	66	15.2	1865	36.4	237	14.3	11.8	282	7.11								
25	13.9	18.4	1312	264	9.7	10.5	220	20	86	17.6	1531	39.7	284	13.7	11.3	350	5.48								
30	15.4	20.5	1150	307	8.8	10.2	162	20	106	19.7	1312	42.4	327	12.7	10.9	413	4.30								
35	16.8	22.3	1027	350	8.5	10.0	123	19	125	21.6	1150	44.7	369	12.3	10.5	475	3.64								
40	18.1	24.1	932	391	8.2	9.8	95	18	143	23.4	1027	46.8	409	11.8	10.2	534	3.12								
45	19.3	25.8	851	429	7.5	9.5	81	19	162	25.1	932	48.7	447	11.3	9.9	590	2.68								
50	20.5	27.3	792	471	8.3	9.4	59	16	178	26.7	851	50.4	487	11.5	9.7	648	2.52								
55	21.5	28.7	739	504	6.6	9.2	53	16	194	28.1	792	51.8	520	9.8	9.5	697	1.99								
60	22.5	30.1	692	537	6.7	9.0	47	17	210	29.5	739	53.2	554	10.0	9.2	748	1.90								
65	23.5	31.4	654	573	7.2	8.8	38	15	226	30.9	692	54.6	588	10.2	9.0	799	1.81								
70	24.4	32.6	623	606	6.6	8.7	31	14	239	32.1	654	55.7	620	9.3	8.9	845	1.57								
75	25.2	33.7	594	634	5.6	8.5	29	14	253	33.2	623	56.8	648	8.4	8.6	887	1.34								
80	26.0	34.8	568	663	5.7	8.3	27	14	267	34.3	594	57.7	677	8.5	8.5	930	1.30								
85	26.8	35.8	546	693	6.1	8.2	22	13	280	35.4	568	58.7	706	8.6	8.3	973	1.26								
90	27.5	36.8	526	719	5.1	8.0	20	13	293	36.4	546	59.6	732	7.6	8.1	1012	1.07								
95	28.2	37.7	506	745	5.2	7.8	19	13	305	37.3	526	60.4	758	7.7	8.0	1050	1.05								
100	28.9	38.7	491	773	5.6	7.7	15	11	316	38.3	506	61.2	784	7.8	7.8	1089	1.02								
105	29.5	39.5	476	795	4.5	7.6	15	11	328	39.1	491	61.9	807	6.8	7.7	1123	0.86								
110	30.1	40.3	462	818	4.6	7.4	14	11	339	39.9	476	62.6	829	6.8	7.5	1157	0.84								
115	30.7	41.1	451	843	5.0	7.3	11	9	348	40.8	462	63.2	852	6.9	7.4	1191	0.82								
120	31.2	41.8	438	860	3.5	7.2	13	11	360	41.5	451	63.8	872	5.8	7.3	1220	0.67								
125	31.8	42.6	428	886	5.0	7.1	10	10	369	42.3	438	64.4	895	7.0	7.2	1255	0.79								
130	32.3	43.2	418	905	3.9	7.0	10	10	379	43.0	428	64.9	915	5.8	7.0	1284	0.65								
135	32.8	43.9	411	927	4.3	6.9	8	8	387	43.6	418	65.5	934	5.9	6.9	1313	0.64								
140	33.2	44.5	401	941	2.8	6.7	9	10	397	44.2	411	65.9	950	4.7	6.8	1337	0.50								
145	33.7	45.1	394	962	4.4	6.6	7	8	404	44.9	401	66.4	970	5.9	6.7	1367	0.62								
150	34.1	45.6	387	978	3.2	6.5	7	8	412	45.4	394	66.8	986	4.8	6.6	1391	0.49								

付表3-4 和歌山県スギ人工林林分収穫表（地位区分Ⅳ）

林齢	上層樹高	主林木									副林木									主副林木合計					
		平均胸高直径		本数	幹材積	連年成長量	平均成長量	本数	幹材積	幹材積累計	平均胸高直径		本数	胸高断面積	幹材積	連年成長量	平均成長量	総収穫量	成長率						
		m	cm								/ha	m ³ /ha								m ³ /ha	m ³ /ha	/ha	m ³ /ha	m ³ /ha	cm
10	7.1	9.2	2906	92	-	9.2	1323	19	19	8.2	4228	24.6	112	-	11.2	112	-								
15	9.1	11.8	2243	139	9.3	9.3	663	19	38	10.9	2906	29.7	158	13.0	10.5	177	10.41								
20	10.8	14.1	1842	182	8.6	9.1	400	18	56	13.3	2243	33.5	200	12.2	10.0	238	7.20								
25	12.3	16.1	1565	222	7.9	8.9	277	18	74	15.4	1842	36.6	239	11.5	9.6	295	5.46								
30	13.7	18.0	1379	262	8.1	8.7	187	16	90	17.3	1565	39.3	278	11.3	9.3	352	4.52								
35	14.9	19.7	1226	296	6.8	8.4	152	17	106	19.0	1379	41.5	312	10.1	8.9	402	3.52								
40	16.1	21.3	1110	332	7.3	8.3	117	16	122	20.6	1226	43.6	348	10.4	8.7	454	3.24								
45	17.2	22.7	1019	366	6.9	8.1	91	15	137	22.2	1110	45.4	381	9.9	8.5	504	2.76								
50	18.2	24.1	947	399	6.5	8.0	72	14	151	23.6	1019	47.0	412	9.2	8.2	549	2.36								
55	19.1	25.3	883	427	5.7	7.8	64	14	165	24.8	947	48.4	441	8.5	8.0	592	2.01								
60	20.0	26.5	833	457	6.1	7.6	51	13	177	26.0	883	49.7	470	8.6	7.8	635	1.92								
65	20.8	27.6	786	484	5.2	7.4	46	13	190	27.1	833	50.9	496	7.8	7.6	674	1.64								
70	21.6	28.7	744	510	5.3	7.3	42	13	203	28.3	786	52.0	523	7.9	7.5	714	1.57								
75	22.4	29.8	711	539	5.7	7.2	34	12	215	29.4	744	53.1	550	8.0	7.3	754	1.52								
80	23.1	30.7	679	563	4.8	7.0	31	12	227	30.3	711	54.0	574	7.1	7.2	789	1.28								
85	23.8	31.6	654	588	5.2	6.9	25	10	237	31.3	679	55.0	599	7.2	7.0	825	1.24								
90	24.4	32.5	631	609	4.2	6.8	24	10	247	32.1	654	55.7	620	6.3	6.9	857	1.04								
95	25.0	33.3	608	630	4.2	6.6	22	10	258	32.9	631	56.5	641	6.3	6.7	888	1.01								
100	25.6	34.1	587	652	4.3	6.5	21	11	268	33.8	608	57.3	662	6.4	6.6	920	0.99								
105	26.2	34.9	571	675	4.7	6.4	17	9	277	34.6	587	58.0	684	6.4	6.5	953	0.96								
110	26.7	35.6	555	693	3.6	6.3	16	9	286	35.3	571	58.6	702	5.4	6.4	980	0.79								
115	27.2	36.3	540	712	3.7	6.2	15	9	295	36.0	555	59.2	721	5.5	6.3	1007	0.77								
120	27.7	36.9	526	730	3.7	6.1	14	9	304	36.7	540	59.8	739	5.5	6.2	1034	0.76								
125	28.2	37.6	514	750	4.1	6.0	11	7	312	37.3	526	60.4	758	5.5	6.1	1062	0.74								
130	28.6	38.2	501	763	2.6	5.9	13	9	321	37.9	514	60.8	773	4.5	5.9	1084	0.59								
135	29.1	38.8	491	784	4.1	5.8	10	7	328	38.6	501	61.4	791	5.6	5.9	1112	0.72								
140	29.5	39.4	481	799	3.0	5.7	10	7	336	39.1	491	61.9	807	4.5	5.8	1135	0.57								
145	29.9	39.9	471	814	3.0	5.6	10	8	343	39.7	481	62.3	822	4.5	5.7	1158	0.56								
150	30.3	40.4	465	831	3.4	5.5	7	6	349	40.2	471	62.8	837	4.6	5.6	1180	0.55								

付表3-5 和歌山県スギ人工林分収穫表（地位区分V）

林齢	上層樹高	主林木									副林木									主副林木合計								
		平均胸高直径			本数	幹材積	連年成長量	平均成長量	平均胸高直径			本数	胸高断面積	幹材積	連年成長量	平均成長量	総収穫量	成長率										
		年	m	cm					m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha								/ha	m ³ /ha	m ³ /ha	cm	/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha
10	6.2	7.8	3598	77	-	7.7	1592	15	15	7.0	5190	22.1	92	-	9.2	92	-											
15	7.9	10.1	2766	114	7.4	7.6	832	16	31	9.3	3598	26.7	129	10.5	8.6	145	10.16											
20	9.4	12.1	2243	149	7.0	7.5	524	16	47	11.4	2766	30.4	165	10.2	8.2	196	7.30											
25	10.8	13.9	1937	186	7.5	7.5	306	13	60	13.3	2243	33.5	200	10.2	8.0	247	5.83											
30	11.9	15.4	1694	215	5.6	7.2	242	14	74	14.8	1937	35.8	229	8.4	7.6	289	4.06											
35	13.0	16.9	1515	245	6.1	7.0	180	13	87	16.3	1694	38.0	259	8.8	7.4	333	3.70											
40	14.0	18.3	1365	273	5.5	6.8	150	14	101	17.7	1515	39.9	287	8.2	7.2	374	3.10											
45	15.0	19.6	1250	303	6.0	6.7	115	13	114	19.1	1365	41.7	315	8.5	7.0	416	2.89											
50	15.9	20.8	1160	330	5.5	6.6	89	12	125	20.4	1250	43.2	342	7.8	6.8	456	2.43											
55	16.7	21.9	1081	354	4.8	6.4	79	12	137	21.5	1160	44.6	366	7.1	6.7	491	2.05											
60	17.5	23.0	1019	380	5.2	6.3	62	11	148	22.6	1081	45.9	391	7.3	6.5	528	1.95											
65	18.2	24.0	962	402	4.3	6.2	57	11	158	23.6	1019	47.0	412	6.5	6.3	560	1.64											
70	18.9	24.9	918	425	4.7	6.1	44	9	168	24.5	962	48.1	435	6.6	6.2	593	1.57											
75	19.5	25.7	877	444	3.8	5.9	41	9	177	25.4	918	49.0	454	5.7	6.1	622	1.30											
80	20.1	26.5	839	464	3.9	5.8	38	10	187	26.2	877	49.8	473	5.8	5.9	651	1.26											
85	20.7	27.4	803	483	3.9	5.7	35	10	196	27.0	839	50.7	493	5.9	5.8	680	1.23											
90	21.3	28.1	776	505	4.3	5.6	28	8	205	27.8	803	51.6	513	5.9	5.7	709	1.19											
95	21.8	28.9	744	520	3.0	5.5	31	10	214	28.5	776	52.3	530	5.0	5.6	734	0.97											
100	22.4	29.6	725	544	4.7	5.4	20	7	221	29.4	744	53.1	550	6.1	5.5	765	1.13											
105	22.8	30.2	701	556	2.4	5.3	23	8	230	29.9	725	53.6	564	4.1	5.4	785	0.74											
110	23.3	30.9	679	573	3.4	5.2	22	8	238	30.6	701	54.3	581	5.1	5.3	811	0.90											
115	23.8	31.5	662	592	3.8	5.1	17	7	245	31.3	679	55.0	599	5.2	5.2	837	0.88											
120	24.2	32.1	646	606	2.8	5.0	16	7	252	31.8	662	55.5	613	4.2	5.1	858	0.69											
125	24.6	32.6	631	620	2.8	5.0	16	7	259	32.4	646	56.0	627	4.2	5.0	879	0.68											
130	25.0	33.2	616	634	2.8	4.9	15	7	266	32.9	631	56.5	641	4.2	4.9	900	0.67											
135	25.4	33.7	605	650	3.2	4.8	11	5	271	33.5	616	57.0	655	4.3	4.9	921	0.66											
140	25.7	34.1	591	659	1.8	4.7	14	7	278	33.9	605	57.4	666	3.2	4.8	937	0.49											
145	26.1	34.6	581	675	3.2	4.7	10	5	283	34.5	591	57.9	680	4.3	4.7	959	0.64											
150	26.4	35.1	568	684	1.8	4.6	13	7	291	34.9	581	58.2	691	3.2	4.6	975	0.48											

付表4-1 和歌山県ヒノキ人工林分収穫表（地位区分I）

林齢	上層樹高	主林木									副林木									主副林木合計								
		平均胸高直径			本数	幹材積	連年成長量	平均成長量	平均胸高直径			本数	胸高断面積	幹材積	連年成長量	平均成長量	総収穫量	成長率										
		年	m	cm					m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha								/ha	m ³ /ha	m ³ /ha	cm	/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha
10	7.3	9.8	3234	109	-	10.9	2746	28	28	7.8	5979	31.2	136	-	13.6	136	-											
15	9.9	13.4	2157	170	12.3	11.3	1077	26	53	11.5	3234	35.5	196	17.4	13.0	223	11.44											
20	12.1	16.5	1562	223	10.5	11.1	595	26	79	14.7	2157	38.3	248	15.6	12.4	301	7.46											
25	14.2	19.5	1228	277	10.9	11.1	334	23	102	17.8	1562	40.6	300	15.5	12.0	379	5.92											
30	16.0	22.0	1013	325	9.5	10.8	215	21	122	20.5	1228	42.2	345	13.6	11.5	447	4.38											
35	17.6	24.3	868	368	8.7	10.5	145	19	141	23.0	1013	43.6	387	12.4	11.0	509	3.49											
40	19.0	26.4	759	406	7.5	10.1	108	17	158	25.2	868	44.6	423	11.0	10.6	564	2.79											
45	20.3	28.3	683	443	7.4	9.8	77	15	173	27.2	759	45.5	458	10.4	10.2	616	2.41											
50	21.4	30.0	617	472	5.9	9.4	66	15	188	28.9	683	46.3	487	8.9	9.7	661	1.91											
55	22.5	31.6	570	505	6.5	9.2	47	13	201	30.7	617	46.9	517	9.0	9.4	706	1.82											
60	23.4	32.9	533	531	5.2	8.8	37	11	212	32.1	570	47.5	542	7.4	9.0	743	1.42											
65	24.2	34.1	503	554	4.7	8.5	30	10	222	33.4	533	47.9	564	6.6	8.7	776	1.21											
70	24.9	35.2	476	573	3.9	8.2	27	10	232	34.5	503	48.3	583	5.8	8.3	805	1.03											
75	25.6	36.2	454	594	4.2	7.9	22	9	241	35.6	476	48.7	603	5.9	8.0	835	1.00											
80	26.2	37.1	437	612	3.6	7.7	17	7	248	36.6	454	49.0	619	5.1	7.7	860	0.83											
85	26.7	37.9	421	626	2.8	7.4	16	7	255	37.4	437	49.3	633	4.2	7.5	881	0.68											
90	27.2	38.6	409	642	3.1	7.1	12	6	261	38.2	421	49.5	647	4.3	7.2	902	0.67											
95	27.6	39.2	397	653	2.3	6.9	12	6	266	38.8	409	49.7	659	3.4	6.9	919	0.52											
100	28.0	39.8	388	666	2.5	6.7	8	4	271	39.5	397	49.9	670	3.4	6.7	936	0.52											
105	28.3	40.3	380	674	1.7	6.4	8	4	275	40.0	388	50.1	678	2.6	6.5	949	0.38											
110	28.6	40.7	375	684	2.0	6.2	5	3	278	40.5	380	50.2	687	2.6	6.2	962	0.38											
115	28.8	41.1	367	688	0.8	6.0	8	4	282	40.8	375	50.3	693	1.7	6.0	971	0.25											
120	29.1	41.5	362	698	2.0	5.8	5	3	285	41.3	367	50.4	701	2.6	5.8	984	0.37											
125	29.3	41.8	357	704	1.1	5.6	5	3	288	41.6	362	50.5	707	1.7	5.7	992	0.25											
130	29.5	42.1	352	710	1.1	5.5	5	3	291	41.9	357	50.6	713	1.7	5.5	1001	0.24											
135	29.7	42.4	350	717	1.4	5.3	2	1	293	42.3	352	50.7	718	1.7	5.3	1010	0.24											
140	29.8	42.5	348	720	0.6	5.1	2	1	294	42.4	350	50.8	721	0.9	5.2	1014	0.12											
145	29.9	42.8	343	721	0.3	5.0	5	3	297	42.6	348	50.8	724	0.9	5.0	1018	0.12											
150	30.1	43.0	341	728	1.4	4.9	2	1	299	42.9	343	50.9	730	1.7	4.9	1027	0.24											

付表4-2 和歌山県ヒノキ人工林林分収穫表（地位区分Ⅱ）

林齢 上層樹高	主林木									副林木									主副林木合計								
	平均胸高直径			本数	幹材積	連年成長量	平均成長量	平均胸高直径			本数	幹材積	幹材積累計	平均胸高直径	本数	胸高断面積	幹材積	連年成長量	平均成長量	総収穫量	成長率						
	年	m	cm					/ha	m ³ /ha	m ³ /ha												m ³ /ha	/ha	m ³ /ha	m ³ /ha	cm	/ha
10	6.6	9.7	2719	80	-	8.0	2251	26	26	8.0	4970	27.0	106	-	10.6	106	-										
15	8.9	13.3	1806	126	9.2	8.4	913	25	51	11.7	2719	30.7	151	14.2	10.1	177	12.25										
20	10.9	16.5	1327	168	8.4	8.4	479	24	74	14.9	1806	33.1	192	13.1	9.6	242	8.26										
25	12.7	19.4	1030	207	7.7	8.3	297	23	97	17.9	1327	34.9	230	12.3	9.2	304	6.19										
30	14.4	22.1	854	247	8.1	8.2	176	20	117	20.8	1030	36.4	267	12.0	8.9	364	5.07										
35	15.8	24.5	728	279	6.4	8.0	126	19	136	23.2	854	37.5	298	10.1	8.5	415	3.72										
40	17.1	26.6	635	309	6.1	7.7	93	18	153	25.5	728	38.4	327	9.6	8.2	463	3.17										
45	18.3	28.6	570	339	6.0	7.5	65	15	168	27.6	635	39.2	354	9.0	7.9	508	2.71										
50	19.3	30.2	520	364	4.9	7.3	50	14	182	29.4	570	39.9	377	7.6	7.5	546	2.12										
55	20.2	31.9	476	385	4.2	7.0	44	14	196	31.0	520	40.4	398	6.9	7.2	580	1.81										
60	21.1	33.3	446	409	4.8	6.8	30	11	207	32.6	476	40.9	419	7.0	7.0	615	1.73										
65	21.8	34.4	422	427	3.6	6.6	24	9	216	33.8	446	41.3	436	5.5	6.7	642	1.29										
70	22.4	35.5	400	441	2.8	6.3	22	9	225	34.9	422	41.6	450	4.7	6.4	666	1.08										
75	23.0	36.6	380	455	2.9	6.1	20	9	235	36.0	400	41.9	464	4.7	6.2	690	1.05										
80	23.6	37.5	367	473	3.5	5.9	13	6	241	37.1	380	42.2	479	4.8	6.0	714	1.02										
85	24.0	38.2	355	482	1.9	5.7	12	6	247	37.8	367	42.4	488	3.2	5.7	729	0.66										
90	24.4	38.9	344	492	1.9	5.5	11	6	254	38.5	355	42.6	498	3.2	5.5	745	0.65										
95	24.8	39.7	333	501	1.9	5.3	11	6	260	39.3	344	42.8	508	3.2	5.3	762	0.64										
100	25.2	40.3	325	513	2.3	5.1	8	5	265	40.0	333	43.0	517	3.2	5.2	778	0.63										
105	25.5	40.7	320	522	1.8	5.0	5	3	268	40.5	325	43.1	525	2.4	5.0	790	0.47										
110	25.7	41.2	313	525	0.7	4.8	7	5	273	40.9	320	43.2	530	1.6	4.8	798	0.31										
115	26.0	41.7	308	534	1.8	4.6	5	3	276	41.5	313	43.3	537	2.4	4.7	810	0.46										
120	26.2	42.0	303	539	1.0	4.5	5	3	279	41.8	308	43.4	542	1.6	4.5	818	0.30										
125	26.4	42.3	301	545	1.3	4.4	2	2	281	42.2	303	43.5	547	1.6	4.4	826	0.30										
130	26.5	42.6	296	546	0.2	4.2	5	3	284	42.4	301	43.5	549	0.8	4.2	830	0.15										
135	26.7	42.8	294	553	1.3	4.1	2	2	286	42.7	296	43.6	554	1.6	4.1	838	0.30										
140	26.8	43.0	292	555	0.5	4.0	2	2	288	42.9	294	43.7	557	0.8	4.0	843	0.15										
145	26.9	43.2	290	557	0.5	3.8	2	2	289	43.1	292	43.7	559	0.8	3.9	847	0.15										
150	27.0	43.4	288	560	0.5	3.7	2	2	291	43.3	290	43.8	562	0.8	3.7	851	0.15										

付表4-3 和歌山県ヒノキ人工林林分収穫表（地位区分Ⅲ）

林齢 上層樹高	主林木									副林木									主副林木合計								
	平均胸高直径			本数	幹材積	連年成長量	平均成長量	平均胸高直径			本数	幹材積	幹材積累計	平均胸高直径	本数	胸高断面積	幹材積	連年成長量	平均成長量	総収穫量	成長率						
	年	m	cm					/ha	m ³ /ha	m ³ /ha												m ³ /ha	/ha	m ³ /ha	m ³ /ha	cm	/ha
10	5.9	8.4	3458	71	-	7.1	2774	22	22	6.9	6232	25.7	93	-	9.3	93	-										
15	7.9	11.5	2285	109	7.7	7.3	1173	22	44	10.1	3458	29.2	131	12.1	8.7	153	11.96										
20	9.7	14.3	1680	147	7.5	7.3	606	21	64	12.9	2285	31.7	167	11.6	8.4	211	8.37										
25	11.3	16.9	1306	180	6.7	7.2	373	20	84	15.6	1680	33.5	200	10.7	8.0	265	6.19										
30	12.8	19.3	1074	214	6.8	7.1	232	18	102	18.1	1306	35.0	232	10.4	7.7	316	5.03										
35	14.1	21.3	923	245	6.1	7.0	151	16	118	20.3	1074	36.2	260	9.2	7.4	363	3.89										
40	15.2	23.1	812	270	5.1	6.8	111	14	132	22.2	923	37.1	284	8.0	7.1	402	3.01										
45	16.2	24.9	720	292	4.4	6.5	92	15	147	23.9	812	37.8	307	7.3	6.8	439	2.54										
50	17.2	26.4	656	317	5.1	6.3	63	12	159	25.7	720	38.5	329	7.4	6.6	476	2.39										
55	18.0	27.8	608	337	3.9	6.1	49	10	169	27.1	656	39.0	347	6.0	6.3	506	1.81										
60	18.7	29.0	564	353	3.2	5.9	43	11	180	28.3	608	39.5	364	5.3	6.1	533	1.51										
65	19.4	30.0	536	372	3.8	5.7	28	8	187	29.5	564	39.9	380	5.3	5.8	559	1.46										
70	19.9	31.0	505	382	2.0	5.5	31	9	197	30.4	536	40.2	391	3.8	5.6	579	1.01										
75	20.5	31.9	486	399	3.4	5.3	19	6	203	31.5	505	40.6	405	4.6	5.4	602	1.18										
80	20.9	32.7	463	407	1.6	5.1	23	8	210	32.2	486	40.8	415	3.1	5.2	617	0.76										
85	21.4	33.4	450	422	3.0	5.0	13	5	215	33.1	463	41.1	426	3.9	5.0	637	0.94										
90	21.7	34.1	434	427	1.1	4.7	16	6	221	33.7	450	41.2	434	2.4	4.8	649	0.55										
95	22.1	34.7	422	438	2.2	4.6	12	5	226	34.4	434	41.4	443	3.1	4.7	664	0.72										
100	22.4	35.1	415	447	1.7	4.5	8	3	229	34.9	422	41.6	450	2.4	4.5	676	0.53										
105	22.6	35.6	404	450	0.6	4.3	11	5	234	35.3	415	41.7	455	1.6	4.3	684	0.35										
110	22.9	36.0	397	459	1.7	4.2	7	3	237	35.8	404	41.9	462	2.4	4.2	696	0.52										
115	23.1	36.4	390	464	1.0	4.0	7	3	240	36.2	397	42.0	467	1.6	4.1	704	0.34										
120	23.3	36.6	387	470	1.3	3.9	3	2	242	36.5	390	42.1	472	1.6	3.9	712	0.34										
125	23.4	36.9	380	471	0.2	3.8	7	3	245	36.7	387	42.1	474	0.8	3.8	716	0.17										
130	23.6	37.2	377	477	1.3	3.7	3	2	247	37.1	380	42.2	479	1.6	3.7	724	0.34										
135	23.7	37.4	374	480	0.5	3.6	3	2	248	37.3	377	42.2	481	0.8	3.6	728	0.17										
140	23.8	37.5	370	482	0.5	3.4	3	2	250	37.4	374	42.3	484	0.8	3.5	732	0.17										
145	23.9	37.7	367	484	0.5	3.3	3	2	251	37.6	370	42.3	486	0.8	3.4	736	0.17										
150	24.0	37.9	364	487	0.5	3.2	3	2	253	37.8	367	42.4	488	0.8	3.3	740	0.16										

付表4-4 和歌山県ヒノキ人工林分収穫表（地位区分Ⅳ）

林齢 上層樹高	主林木									副林木									主副林木合計					
	平均胸高直径			本数	幹材積	連年成長量	平均成長量	平均胸高直径			本数	胸高断面積	幹材積	連年成長量	平均成長量	総収穫量	成長率							
	年	m	cm					m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha								年	m	cm				
10	5.1	7.0	4544	59	-	5.9	3818	19	19	5.7	8362	23.9	78	-	7.8	78	-							
15	6.9	9.7	2983	93	6.8	6.2	1561	19	38	8.5	4544	27.6	112	10.6	7.4	131	12.39							
20	8.5	12.2	2193	125	6.5	6.3	790	18	56	11.0	2983	30.1	143	10.0	7.1	181	8.51							
25	9.9	14.4	1710	154	5.8	6.2	483	17	73	13.3	2193	31.9	171	9.2	6.8	227	6.18							
30	11.2	16.4	1415	183	5.8	6.1	295	15	87	15.4	1710	33.4	198	8.8	6.6	271	4.98							
35	12.3	18.2	1209	208	4.9	5.9	207	14	101	17.3	1415	34.5	221	7.6	6.3	309	3.76							
40	13.3	19.8	1059	230	4.5	5.8	150	13	114	18.9	1209	35.5	243	7.0	6.1	344	3.13							
45	14.2	21.2	948	251	4.2	5.6	111	11	125	20.5	1059	36.3	262	6.4	5.8	376	2.61							
50	15.0	22.5	865	270	3.8	5.4	83	10	135	21.9	948	36.9	280	5.8	5.6	405	2.18							
55	15.7	23.7	792	285	3.1	5.2	73	10	146	23.1	865	37.4	296	5.1	5.4	431	1.81							
60	16.4	24.8	746	304	3.7	5.1	47	7	153	24.3	792	38.0	311	5.2	5.2	457	1.73							
65	16.9	25.6	703	315	2.2	4.8	43	7	160	25.1	746	38.3	322	3.7	5.0	475	1.19							
70	17.4	26.5	664	326	2.3	4.7	39	7	168	26.0	703	38.6	334	3.7	4.8	494	1.16							
75	17.9	27.3	635	339	2.6	4.5	29	6	174	26.9	664	39.0	345	3.8	4.6	513	1.12							
80	18.3	28.0	608	348	1.8	4.4	27	6	180	27.6	635	39.2	354	3.0	4.4	528	0.87							
85	18.7	28.6	589	359	2.1	4.2	19	5	184	28.3	608	39.5	364	3.0	4.3	543	0.86							
90	19.0	29.1	570	366	1.4	4.1	18	5	189	28.8	589	39.7	370	2.3	4.1	555	0.63							
95	19.3	29.7	553	373	1.4	3.9	17	5	193	29.4	570	39.9	377	2.3	4.0	566	0.62							
100	19.6	30.1	542	381	1.7	3.8	11	3	197	29.9	553	40.0	384	2.3	3.8	578	0.61							
105	19.8	30.5	531	386	0.9	3.7	11	3	200	30.3	542	40.2	389	1.5	3.7	586	0.40							
110	20.0	30.8	520	391	0.9	3.6	11	3	203	30.6	531	40.3	394	1.5	3.6	593	0.40							
115	20.2	31.1	515	397	1.2	3.5	5	2	204	31.0	520	40.4	398	1.5	3.5	601	0.39							
120	20.3	31.3	505	398	0.2	3.3	10	3	207	31.1	515	40.4	401	0.8	3.3	605	0.19							
125	20.5	31.6	500	404	1.2	3.2	5	2	209	31.5	505	40.6	405	1.6	3.2	613	0.39							
130	20.6	31.8	495	406	0.5	3.1	5	2	210	31.7	500	40.6	408	0.8	3.1	617	0.19							
135	20.7	32.0	490	408	0.5	3.0	5	2	212	31.9	495	40.7	410	0.8	3.0	620	0.19							
140	20.8	32.1	486	411	0.5	2.9	5	2	214	32.0	490	40.7	412	0.8	2.9	624	0.19							
145	20.9	32.3	481	413	0.5	2.8	5	2	215	32.2	486	40.8	415	0.8	2.9	628	0.19							
150	21.0	32.5	476	415	0.5	2.8	5	2	217	32.4	481	40.8	417	0.8	2.8	632	0.19							

付表4-5 和歌山県ヒノキ人工林分収穫表（地位区分Ⅴ）

林齢 上層樹高	主林木									副林木									主副林木合計					
	平均胸高直径			本数	幹材積	連年成長量	平均成長量	平均胸高直径			本数	胸高断面積	幹材積	連年成長量	平均成長量	総収穫量	成長率							
	年	m	cm					m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha								年	m	cm				
10	4.4	5.8	6232	50	-	5.0	5032	16	16	4.7	11264	22.1	66	-	6.6	66	-							
15	5.9	8.0	4056	77	5.4	5.1	2177	16	32	6.9	6232	25.7	93	8.6	6.2	108	12.02							
20	7.3	10.1	2983	105	5.6	5.2	1072	15	46	9.1	4056	28.3	119	8.5	6.0	151	8.69							
25	8.5	11.9	2334	129	4.8	5.2	650	14	60	11.0	2983	30.1	143	7.6	5.7	189	6.17							
30	9.6	13.6	1948	153	4.9	5.1	386	12	72	12.8	2334	31.6	165	7.2	5.5	225	4.91							
35	10.5	15.1	1650	172	3.7	4.9	298	12	84	14.3	1948	32.6	184	6.1	5.2	256	3.60							
40	11.4	16.5	1439	191	4.0	4.8	211	11	95	15.7	1650	33.6	202	6.2	5.1	286	3.29							
45	12.2	17.7	1286	210	3.6	4.7	153	10	105	17.1	1439	34.4	219	5.6	4.9	314	2.71							
50	12.9	18.8	1173	226	3.2	4.5	113	8	113	18.3	1286	35.1	234	4.9	4.7	339	2.22							
55	13.5	19.8	1090	240	2.9	4.4	83	7	120	19.3	1173	35.7	247	4.3	4.5	360	1.81							
60	14.0	20.6	1016	251	2.2	4.2	75	7	127	20.1	1090	36.1	258	3.6	4.3	378	1.44							
65	14.5	21.5	948	262	2.2	4.0	67	7	135	21.0	1016	36.5	269	3.6	4.1	396	1.39							
70	15.0	22.1	911	276	2.8	3.9	37	4	139	21.9	948	36.9	280	3.6	4.0	415	1.34							
75	15.3	22.8	865	281	1.0	3.7	46	6	145	22.4	911	37.1	287	2.2	3.8	426	0.78							
80	15.7	23.4	833	291	2.1	3.6	32	4	149	23.1	865	37.4	296	2.9	3.7	440	1.02							
85	16.0	23.9	802	298	1.3	3.5	31	4	154	23.6	833	37.7	302	2.2	3.6	451	0.75							
90	16.3	24.3	782	306	1.6	3.4	19	3	157	24.1	802	37.9	309	2.2	3.4	463	0.73							
95	16.5	24.7	755	309	0.6	3.3	28	4	161	24.4	782	38.0	313	1.5	3.3	470	0.48							
100	16.8	25.2	737	317	1.6	3.2	18	3	164	25.0	755	38.2	320	2.2	3.2	481	0.71							
105	17.0	25.4	728	323	1.2	3.1	9	1	165	25.3	737	38.4	325	1.5	3.1	489	0.47							
110	17.1	25.7	711	324	0.2	2.9	17	3	168	25.5	728	38.4	327	0.8	3.0	492	0.23							
115	17.3	25.9	703	330	1.2	2.9	8	1	170	25.8	711	38.6	332	1.5	2.9	500	0.46							
120	17.4	26.2	687	331	0.2	2.8	16	3	173	26.0	703	38.6	334	0.8	2.8	504	0.23							
125	17.6	26.5	679	337	1.2	2.7	8	2	174	26.4	687	38.8	338	1.5	2.7	511	0.45							
130	17.7	26.6	671	339	0.5	2.6	8	2	176	26.5	679	38.8	341	0.8	2.6	515	0.22							
135	17.8	26.8	664	341	0.5	2.5	8	2	177	26.7	671	38.9	343	0.8	2.5	519	0.22							
140	17.9	26.9	664	345	0.8	2.5	0	0	177	26.9	664	39.0	345	0.8	2.5	523	0.22							
145	17.9	27.0	656	344	-0.3	2.4	7	2	179	26.9	664	39.0	345	0.0	2.4	523	0.00							
150	18.0	27.2	649	346	0.5	2.3	7	2	180	27.1	656	39.0	347	0.8	2.3	526	0.22							

学会誌掲載論文抄録

Pseudomonas syringae pv. *maculicola* によるダイコンの根部発病に関する
2, 3の知見

大谷洋子

和歌山県農業試験場

Notes on the development of root rot and blackening symptoms on Japanese radish infected with
Pseudomonas syringae pv. *maculicola*.

Yoko Otani

Wakayama Agricultural Experiment Station

Summary

The rot and blackening symptoms of the root on Japanese radish infected with *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* is occurred by entering pathogens into the interior of the root from the petiole base. When injury is present in the petiole base of the radish, infection of the pathogen is promoted. Infection of the pathogen that causes the root symptoms, there is always a chance in the growth period of radish. The varieties of radish that is likely to develop the root symptoms is 'Hatsuhomare'. On the other hand, the varieties of radish that are less likely to develop the root symptoms are 'Shunsai', 'Tokuhomare', 'Hukuhomare', 'Huyumisaki', 'Natsutsukasa', 'YR Kurama', 'Taibyousubutori'.

摘要

P. s. pv. *maculicola* によるダイコン黒斑細菌病の根部発病は、病原細菌が葉柄基部の傷口から侵入することで起こると考えられた。時期を変えて病原細菌を接種したところ、根部発病はすべての接種時期で認められ、ダイコン生育期間の長期に渡って感染の恐れがあることが明らかになった。根部発病には明瞭な品種間差異が認められ、「初誉」で多く、「俊才」、「徳誉」、「福誉」、「冬岬」、「夏つかさ」、「YR くらま」、「耐病総太り」で少なかった。

Simultaneous down-regulation of *DORMANCY-ASSOCIATED MADS-box6* and *SOC1* during dormancy release in Japanese apricot (*Prunus mume*) flower buds

Yuto Kitamura^{a,b}, Takanori Takeuchi^a, Hisayo Yamane^a and Ryutaro Tao^a

^aGraduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, Japan

^bJapanese Apricot Laboratory, Fruits Experimental Station, Wakayama, Japan

ABSTRACT

In temperate deciduous fruit crops such as *Prunus* spp., bud endodormancy is an important physiological phase affecting the timing of blooming and subsequent fruit development. Japanese apricot (*Prunus mume*) bears unmixed flower buds, separate from vegetative buds, that bloom slightly more than a month before vegetative bud burst. Seasonal expression of *Prunus mume* *DORMANCY ASSOCIATED MADS-box* genes (*PmDAMs*) has previously been analyzed only in vegetative buds, with an association between these genes and flower bud endodormancy release not yet confirmed. In this study, we performed a seasonal expression analysis of *PmDAM1–6* genes in flower buds of two Japanese apricot genotypes – namely, high-chill and low-chill cultivars. The analysis revealed that *PmDAM3*, *PmDAM5*, and *PmDAM6* expressions are closely associated with dormancy release in both flower and vegetative buds. In addition, a yeast two-hybrid screening demonstrated that *PmDAM6* can interact in yeast with the homolog of *Arabidopsis* *SOC1* (*PmSOC1*). Synchronized expression patterns were detected in *PmDAM6* and *PmSOC1* during dormancy release in flower buds of the two genotypes. Taken together, these results suggest that the dimer of *PmDAM6* and *PmSOC1* may play a role in the regulation of dormancy transition and blooming time in Japanese apricot flower buds.

休眠覚醒期のウメ花芽における *DORMANCY-ASSOCIATED MADS-box6* および *SOC1* 遺伝子の同調的発現低下

サクラ属果樹などの温帯落葉果樹において、芽の自発休眠は開花およびその後の果実発育にも影響をおよぼす重要な生理的段階である。ウメ (*Prunus mume*) 樹は葉芽とは独立した純正花芽を着生し、萌芽よりも1か月以上早く開花が起こる。葉芽における *Prunus mume* *DORMANCY-ASSOCIATED MADS-box* 遺伝子 (*PmDAMs*) の季節的発現変動はこれまでの研究で調査されているが、これらの遺伝子発現と花芽の自発休眠覚醒との関連はまだ確認さ

れていない。本研究では、多低温要求性と少低温要求性の 2 つのウメ遺伝子型を用いて、花芽における *PmDAM1-6* 遺伝子の季節的発現解析を行った。その結果、*PmDAM3*, *PmDAM5* および *PmDAM6* の発現量が花芽および葉芽双方の休眠覚醒と密接に関連していることが明らかになった。さらに、酵母ツーハイブリッド法によるスクリーニングの結果、*PmDAM6* タンパク質はシロイヌナズナにおける *SOC1* 遺伝子のホモログ (*PmSOC1*) と相互作用することが示された。また、休眠覚醒中の 2 つの遺伝子型の花芽において、*PmDAM6* と *PmSOC1* は同調的な発現パターンを示した。以上のことから、*PmDAM6* と *PmSOC1* の二量体がウメ花芽の休眠覚醒および開花期を制御する役割を果たしていることが示唆された。

ウメ ‘露茜’ 果実の追熟条件がアントシアニンの蓄積と その他果実成分含量に及ぼす影響

大江孝明¹・竹中正好^{1,a}・根来圭一^{1,b}・北村祐人¹・松川哲也²・三谷隆彦^{2,c}・赤木知裕³・
古屋挙幸^{1,d}・岡室美絵子^{1,e}・土田靖久¹

¹和歌山県果樹試験場うめ研究所 645-0021 和歌山県日高郡みなべ町東本庄

²近畿大学生物理工学部 649-6493 和歌山県紀の川市西三谷

³和歌山県工業技術センター 649-6261 和歌山県和歌山市小倉

Influence of Force-Ripening Condition on Anthocyanin Accumulation and Content of Components
of 'Tsuyuakane' (*Prunus salicina* × *Prunus mume*) Fruit

Takaaki Oe¹, Masayoshi Takenaka^{1,a}, Keiichi Negoro^{1,b}, Yuto Kitamura¹, Tetsuya Matsukawa², Takahiko Mitani²,
Tomohiro Akagi³, Takayuki Furuya^{1,d}, Micko Okamuro^{1,e} and Yasuhisa Tsuchida¹

¹Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station, Higashihonjo,
Minabe, Hidaka, Wakayama 645-0021

²Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, Kinki University, Nishimitani, Kinokawa,
Wakayama 649-6493

³Industrial Technology Center of Wakayama Prefecture, Ogura, Wakayama 649-6261

摘要

果実の追熟条件の違いが、ウメ ‘露茜’ 果実のアントシアニンの蓄積や果実成分含量に及ぼす影響について調査した。エチレンを添加して20°Cで追熟した場合、果皮を含む果肉のアントシアニン含量は、追熟後4日頃より急増した。エチレンを添加して同じ期間追熟した場合、アントシアニン含量は20および25°Cが15および30°Cに比べて高かった。エチレンを添加すると追熟中にアントシアニン組成が変化した。赤く色づき始める前に収穫された果実では追熟後の赤色着色が不十分であり、適熟で収穫した果実ではそれより前に収穫した果実に比べて、追熟後のアントシアニン含量が低かった。追熟により果実全体が着色した果実では、大きさの違いはアントシアニン含量に影響しなかった。アントシアニン以外の果実成分については、リンゴ酸が追熟前後ともに、採取日が遅くなるほど高くなった。また、ポリフェノール含量は、追熟により高くなった。結論として、‘露茜’ 果実の収穫時期や追熟温度により追熟後のアントシアニン含量が大きく変わることが確認された。アントシアニン含量を効率よく高めるためには、果実全体が色づく適熟期よりもやや未熟な、果実表面の3~5割着色した果実を収穫して、エチレンを添加し、20°Cで4日程度追熟させるのが適当と考えられた。

^a現在：和歌山県西牟婁振興局農林水産振興部農林水産振興課

^b現在：和歌山県農林水産部農業生産局経営支援課

^c現在：和歌山大学食農総合研究所

^d現在：和歌山県農業試験場暖地園芸センター

^e現在：和歌山県果樹試験場

スギノアカネトラカミキリ穿孔被害を受けたスギ・ヒノキ材の曲げ強度評価

濱口隆章^{*1}, 城戸杉生^{*1}, 森川陽平^{*1}, 長尾博文^{*2}, 原田真樹^{*2}, 加藤英雄^{*2}, 井道裕史^{*2},
小木曾純子^{*2}, 高田裕市^{*3}

Evaluation of Bending Strength of Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) Lumber Damaged by the Wood Boring Insect (*Anaglyptus subfasciatus*)

Takaaki HAMAGUCHI^{*1}, Sugio JODO^{*1}, Yohei MORIKAWA^{*1}, Hirofumi NAGAO^{*2},
Masaki HARADA^{*2}, Hideo KATO^{*2}, Hirofumi IDO^{*2}, Junko OGISO^{*2}, Yuichi TAKADA^{*3}

^{*1} Wakayama Prefectural Forestry Experiment Station

^{*2} Forestry and Forest Products Research Institute

^{*3} Urban Design Institute.Co.,Ltd.

In order to formulate the acceptable quality criteria of commercial lumber damaged by the wood boring insect, we investigated the effect of the damage degree by worm holes on bending strength (MOR) of sugi and hinoki lumber (flat scantling and squares) for each visual grading and mechanical grading specified by the Japanese Agricultural Standard for Lumber (JAS). Relationship between the ratio of sum of worm hole widths to lumber width (WHW-S) or the ratio of total width of grouped worm holes to lumber width (WHW-G) and MOR, there were no significant negative correlations in all grades and dimension types of hinoki lumber. On the other hand, in some grades of sugi lumber, significant negative correlations were observed. As a result of the above, in the practical quality management, it is desirable to set the value for acceptable quality criteria based on WHW-S.

スギノアカネトラカミキリ穿孔被害材（虫害材）の品質基準の策定を目的に、虫孔による被害程度が、スギ・ヒノキ製材（正角・平割）の曲げ強度（MOR）に及ぼす影響について、製材の日本農林規格（JAS）の目視等級および機械等級ごとに検討した。集中（WHW-S）または群（WHW-G）の虫孔の最大幅比と曲げ強度の関係では、ヒノキではすべての強度等級・材種で有意な負の相関が認められなかったが、スギでは、いくつかの強度等級で有意な負の相関が認められた。虫害材の品質管理の実務に際しては、集中の虫孔の最大幅比（WHW-S）に基づく品質基準値の設定が望ましいと考えられる。

*1 和歌山県林業試験場

*2 国立研究開発法人 森林総合研究所

*3 株都市環境研究所

和歌山県農林水産試験研究機関研究報告
第5号

発行 平成29年6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
