

冬季の気象条件によるクリの凍害発生危険度判定

神尾真司^{1*}・水田泰徳²

¹岐阜県中山間農業研究所中津川支所 509-9131 中津川市千旦林

²兵庫県立農林水産技術総合センター 679-0198 加西市別府町

Prediction of the freezing injury on Japanese chestnut by a climatic condition of winter

Shinji Kamio^{1*} and Yasunori Mizuta²

¹*Gifu prefectural Research Institute for Agricultural Technology in Hilly and Mountainous Areas,
Nakatugawa Branch, Sendanbayashi, Nakatugawa, Gifu 509-9131*

²*Hyogo prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries
Befucho Kasai, Hyogo 679-0198*

摘 要

近年、岐阜県内のクリ産地において新改植の広がりに伴い増加している幼木を中心とした凍害の発生に対し、被害軽減を目的に、過去の気象条件と凍害発生の関係を解析し、その年の気象条件から凍害発生の危険度を予測する方法を検討した。降水量と凍害発生の関係では、1月から3月の月別、旬別積算降水量と正の相関が認められ、降水量が多いほど凍害の発生が多い傾向であった。凍害の危険度を判定する時期を考慮し、12月中旬から2月上旬の降水量との関係を解析した結果、この期間の積算降水量が平年より多かった年は凍害の発生が多かった。また、凍害発生程度が中、多の年は、旬別積算降水量が30mm以上の回数が2～3回であったのに対し、凍害発生程度が少の年は1回以下であった。降水量の平年比、旬別積算降水量が30mm以上の回数を指標として過去11年間の凍害発生程度との適合性を確認したところ、両指標では5年間、旬別積算降水量では9年間で適合し、12月中旬から2月上旬の降水量を指標とすることで、凍害発生の危険度を判定でき、凍害発生抑制に活用できると考えられた。降水量のデータは、簡易雨量計による計測でも可能であると考えられた。

キーワード：クリ、凍害、降水量、気温

緒 言

農林水産省の農林水産統計データによれば、国内のクリの出荷量は1979年の55,100tをピークに減少に転じ、2011年では13,800tとなっている。岐阜県においても、1979年の1,700tから2011年には683tまで大幅に減少している。この背景には、中国、韓国からの安価な剥きクリや焼き栗の輸入増加で単価が低迷したことが影響していると考えられる。

一方で、和菓子など加工原料としての国産クリの需要は根強いものがあり、近年の市場単価はやや高く推移している。岐阜県のクリの主用途は、県内菓子業者の製造する和菓子であり、中でも「栗きんとん」は人気が高く、それに伴い原料である生クリの需要が高まっている。これを受けて、当県クリ主産

地の東濃地域ではクリの生産量増加をめざし、関係機関が連携してプロジェクトチームを立ち上げ、栽培面積拡大を進めている。加えて、2007年に独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所（以下、果樹研究所；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）において渋皮剥皮性に優れる新品種「ぼろたん」が育成され、新改植の面積が増加している。

しかし、クリは幼木を中心に凍害を受けやすく、土壌やその年の気象条件によって植栽樹の30%以上が枯死する事例もある。以前のように生産量が減少していた頃は、補植が中心でまとまった新改植が少なく凍害による被害は顕在化していなかったが、前述のように新改植が増加してきたことに加え、近年の気候温暖化の影響もあいまって、再び各地で幼木の凍害が多発し大きな問題となっている。凍害により樹が枯死すると、それまでに樹の育成に要した費用、年月が無駄になるだけでなく、生産意欲の減

* Corresponding author. E-mail: kamio-shinji@pref.gifu.lg.jp

° 現在：岐阜県農政課

退を招き、生産振興に及ぼす影響は非常に大きい。

クリの凍害対策については、昭和40年代に勢力的に研究が行われており（猪崎, 1978）、高接ぎ苗等で発生軽減効果が報告されているが、近年の凍害に対しては十分な効果が得られておらず、凍害の発生を効果的に抑える技術の開発が強く求められている。

そこで、兵庫県、果樹研究所、近畿中国四国農業研究センター（現国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構西日本農業研究センター）と共同で農林水産省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（平成23～24年度）」、「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（平成25年度）」を活用し、凍害による枯死樹率を5%以下に抑えることを目指して、凍害の危険度を予め判定する指標、ならびにそれに応じた効果の高い凍害発生抑制技術の開発に取り組んだ。

本報では、過去の気象条件と凍害発生の関係を解析し、その年の気象条件から凍害発生の危険度を予測する方法について検討した。

材料および方法

試験1 気象条件と凍害発生の関係解析

岐阜県中津川市内のクリ生産者から2004～2011年の過去8年間について凍害発生状況を聞き取りし、枯死樹率を算出した。枯死樹率から3水準の凍害発生程度に区分した（枯死樹率10%以上：多、5%以上10%未満：中、5%未満：少）。凍害発生程度の多、中、少をそれぞれ3、2、1と指数化し、アメダス恵那の気象データを用いて、凍害発生程度と前年11月～当年3月までの降水量、気温との関係を解析した。

試験2 凍害発生条件の指標化

試験1で得られた結果をもとに、2011年11月～2012年3月、2012年11月～2013年3月の気象データ（アメダス恵那）から2012年、2013年の凍害発生の危険度（凍害発生程度で評価）を予測した。凍害の調査は、それぞれ5月に岐阜県中山間農業研究所中津川支所（中津川市、以下中津川支所）のクリ若木園2園地における凍害被害程度ならびに凍害発生程度を調査し、予測と結果の適合性を検討した。凍害の被害程度は、被害指数0：被害なし、1：1年枝が枯死、2：主枝、垂主枝の一部が枯死、3：地上部の半分以上が枯死、4：枯死とし、被害程度＝ Σ 被害指数 \times n（被害樹数）／調査樹数で算出し、0～1未満を軽、1～2未満を中、2以上を甚とした。

試験3 現地での簡易な雨量計測方法の検討

降水量を現場で測定することを目的に、自作でき

る簡易雨量計（牛山・松山, 1995）の実用性について検討した。2011年12月～2012年4月に、中津川支所内に第1図のような簡易雨量計（ロートの口径：12cm、ボトル容量：1リットルポリ瓶、あらかじめロート径から換算した降水量の目盛りを5mm単位で付す）を設置し、降雨日の翌日に目盛から読みとった値を降水量として記録した。測定データは、中津川支所内に設置した転倒ます型雨量計測値（受水器口径：20cm、1回転倒雨量：0.5mm、竹田計器工業株式会社）と比較検討した。

第1図 簡易雨量計の仕様

1Lの透明ポリ瓶に口径12cmのロートを孔をあけたシリコン栓で取り付ける。

ポリ瓶には、ロート径から降水量(mm/m²)を算出し目盛りを付しておく。

30mmの場合、ロート上部の面積(6cm \times 6cm \times 円周率) \times 30000ml/10000cm²=339mlの水をポリ瓶に入れ、目盛る。



試験4 危険度判定指標の策定

試験2で得られた結果から、気象条件を利用した危険度判定マニュアルを策定した。

結果

試験1 気象条件と凍害発生の関係解析

過去8年間の凍害発生程度は、多であった年が2010年、中であった年が2006、2007、2008年であった。2004、2005、2009、2011年の4か年は少であった（第1表）。

第1表 現地における過去の凍害発生程度

年度	枯死樹率(%)	凍害発生程度
2004	3.4	少
2005	2.7	少
2006	5.2	中
2007	6.3	中
2008	5.0	中
2009	2.9	少
2010	13.5	多
2011	4.3	少

【凍害発生程度】多：枯死樹率10%以上、中：5%以上10%未満、少：5%未満

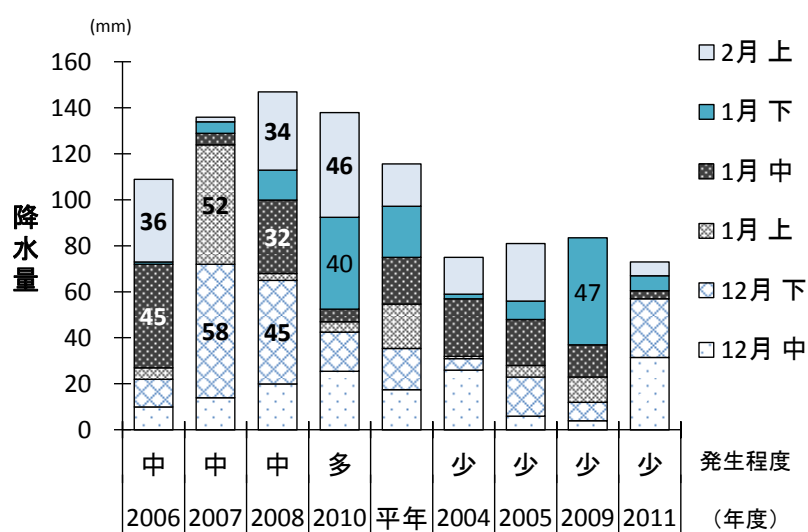
第2表 時期別の積算降水量と凍害発生程度の単相関係数

要因	11月	12月	1月	2月	3月	11月+ 12月	12月+ 1月	1月+ 2月	2月+ 3月
降水量	0.117	0.198	0.391	0.527	0.763**	0.042	0.100	0.657*	0.732**

要因	12月中	12月下	1月上	1月中	1月下	2月上	2月中	2月下	3月上	3月中	3月下
降水量	0.177	0.326	0.201	0.010	0.246	0.674*	0.255	0.462	0.732**	0.270	0.305

要因	12月中 +下	12月下+ 1月上	1月上+ 中	1月中+ 下	1月下+ 2上	2月上+ 中	2月中+ 下	2月下+ 3月上	3月上+ 中	3月中+ 下
降水量	0.358	0.290	0.183	0.231	0.635*	0.299	0.291	0.631*	0.662*	0.489

注)n=8(2004～2011年) *：有意水準 1%、**：有意水準 5%



第2図 12月中旬～2月上旬の旬別積算降水量と凍害発生程度
(降水量：アメダス恵那観測値、平年値は1981～2010年の平均)

第3表 降り始めから10日間の降水量が30mm以上の日数

発生程度	年度	11月			12月			1月			2月			3月		
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
中	2006							1	1	1	1	1	1			
中	2007		1		1			1	1		1			1	1	1
中	2008							1	1		1			1	1	
多	2010	1	1		1					1	1	1	1	1	1	1
少	2004	1	1	1										1		1
少	2005		1	1							1		1	1	1	1
少	2009				1				1			1	1	1	1	1
少	2011		1	1				1			1		1	1	1	1

観測地点 アメダス恵那

時期別の降水量と凍害発生程度との関係について解析したところ、月別積算降水量では3月、1月+2月、2月+3月との間で正の相関が認められた。また、旬別積算降水量では、2月上旬、3月上旬、1

月下旬+2月上旬、2月下旬+3月上旬、3月上旬+3月中旬との間で正の相関が認められ、それぞれの時期の降水量が多いほど凍害発生程度が高い傾向であった（第2表）。危険度を判定し対策を実施す

るためには、なるべく早い時期での判定が必要であることから、12月中旬～2月上旬の降水量で関係を解析した。その結果、凍害発生程度が中、多であった年は、期間中の積算降水量が平年値より多く、発生程度が少であった年は少なかった。また、旬別積算降水量で比較すると、発生程度が中、多の年は、旬別積算降水量が30mm以上の回数が2～3回あったのに対し、少の年は1回以下であった（第2図）。

この旬別積算降水量30mm以上に着目し、12月中旬～2月上旬の期間で降り始めから10日間の積算降水量が30mm以上であった回数で比較すると、中、多の年は2～3回あったのに対し少の年は0～2回であった（第3表）。

月別気温と凍害発生程度との関係については、3月の最低気温と正の相関が認められた（第4表）。

また、旬別気温と凍害発生程度との関係では、3月上旬の最低気温、最高気温、平均気温と正の相関が認められ、気温が高いほど凍害の発生が多い傾向であった（第5表）。相関の高かった最低気温について、旬別最低気温の極値の推移を比較したところ、発生程度が少の年はいずれも最低気温の平年値より低く、ほぼ同様な推移をしていたのに対し、中、多の年は、年次により推移が異なり、また平年値の+3～-6℃と変動が大きかった（第3図）。

試験2 凍害発生条件の指標化

試験1の結果から、12月中旬～2月上旬の降水量を指標とし、積算降水量とアメダス恵那の平年値との比較（凍害発生程度 少：少ない、中～多：多い）、

第4表 月別気温と凍害発生程度の単相関係数

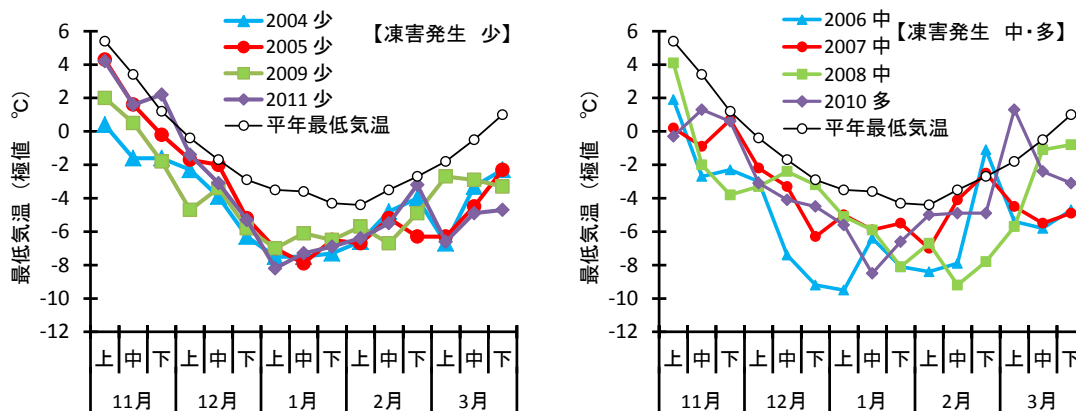
要因	11月	12月	1月	2月	3月
平均気温	0.239	0.289	0.292	0.190	0.510
最高気温	0.241	0.407	0.137	0.159	0.309
最低気温	0.267	0.109	0.467	0.268	0.686*

注)n=8(2004～2011年) *：有意水準 1%、**：有意水準 5%

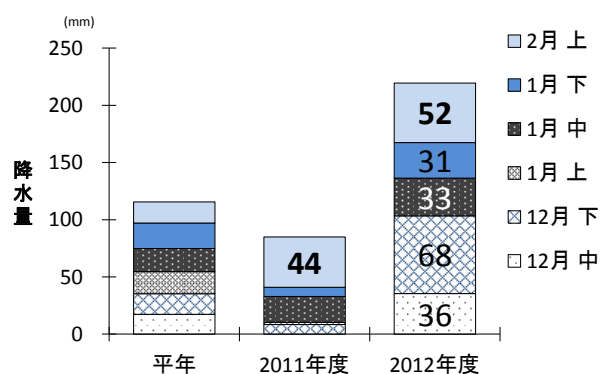
第5表 旬別気温と凍害発生程度の単相関係数

月	最低気温			最高気温			平均気温		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
11月	0.371	0.431	0.266	0.051	0.536	0.091	0.294	0.253	0.075
12月	0.333	0.031	0.153	0.384	0.526	0.006	0.303	0.380	0.062
1月	0.396	0.125	0.364	0.320	0.414	0.191	0.030	0.324	0.304
2月	0.450	0.221	0.249	0.446	0.353	0.570	0.312	0.350	0.419
3月	0.681*	0.134	0.250	0.624*	0.062	0.040	0.723**	0.070	0.032

注)n=8(2004～2011年) *：有意水準 1%、**：有意水準 5%



第3図 12月～翌年3月の旬別最低気温（極値）の推移と年次別凍害発生程度
平年最低気温：アメダス恵那における平年値（1981～2010年）



第6表 2012年度、2013年度の12月中旬～2月上旬の降り始めから10日間の降水量が30mm以上の回数

年度	12月			1月			2月
	上	中	下	上	中	下	上
2011年	0	0	0	0	1	0	1
2012年	0	1	1	0	1	1	1
平年	0	0	0	0	0	0	0

注) 観測地点 アメダス恵那

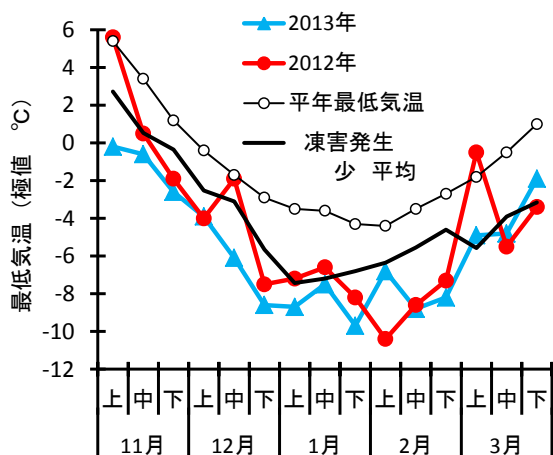
第4図 2011年度と2012年度の12月中旬～2月上旬までの旬別降水量
(観測地点：アメダス恵那)

第7表 中津川支所クリ若木園地における2012年の凍害被害程度および枯死樹率

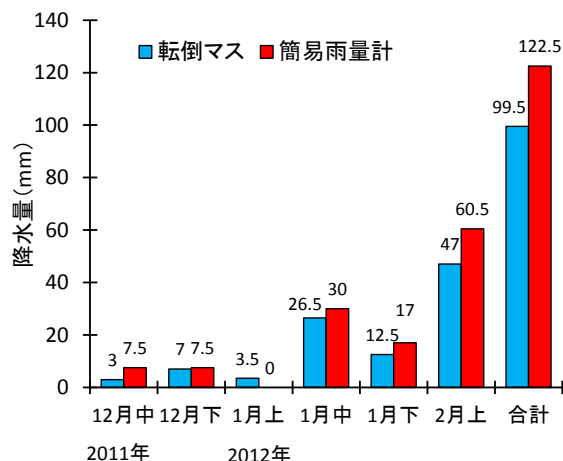
場所	品種	樹齢	樹数	被害指数					被害程度	枯死樹率(%)
				0	1	2	3	4		
園地1	ぼろたん	5年生	91	89	0	0	1	1	0.1	1.1
	美玖里	4年生	13	12	0	0	1	0	0.2	0
	利平ぐり	5年生	10	5	1	0	1	3	1.6	30.0
	合計		114	106	1	0	3	4	0.2	3.5
園地2	ぼろたん	5年生	45	39	0	0	3	3	0.5	6.7
		4年生	8	8	0	0	0	0	0	0
		3年生	11	9	0	0	2	0	0.5	0
	美玖里	4年生	4	3	0	0	0	1	1.0	25.0
	利平ぐり	5年生	7	3	0	0	0	4	2.3	57.1
	秋峰	5年生	11	8	2	0	0	1	0.5	9.1
	合計		86	70	2	0	5	9	0.6	10.5

第8表 中津川支所クリ若木園地における2013年の凍害被害程度および枯死樹率

場所	品種	樹齢	樹数	被害指数					被害程度	枯死樹率(%)
				0	1	2	3	4		
園地1	ぼろたん	6年生	98	98	0	0	0	0	0.0	0
	美玖里	5年生	13	13	0	0	0	0	0.0	0
	利平ぐり	6年生	7	7	0	0	0	0	0.0	0
	合計		118	118	0	0	0	0	0.0	0
園地2	ぼろたん	6年生	43	39	0	0	0	2	0.2	4.9
		5年生	8	8	0	0	0	0	0.0	0
		4年生	14	14	0	0	0	0	0.0	0
	美玖里	5年生	4	4	0	0	0	0	0.0	0
		4年生	4	4	0	0	0	0	0.0	0
	利平ぐり	6年生	4	4	0	0	0	0	0.0	0
	秋峰	6年生	10	10	0	0	0	0	0.0	0
	合計		87	83	0	0	0	2	0.1	2.4



第5図 12月～翌年3月の旬別最低気温（極値）の推移（観測場所：アメダス恵那）



第6図 簡易雨量計と転倒マス雨量計の計測値の比較

ならびに期間中の旬別積算降水量、降り始めから10日間の積算降水量が30mm以上であった回数（凍害発生程度 少：0～1回、中～多：2回以上）を暫定指標として、凍害発生程度を予測した。

2011年12月中旬～2012年2月上旬の降水量は、1月下旬まで平年より少なく、旬別積算降水量が30mm以上の回数は2月上旬の1回であった（第4図）。また、降り始めから10日間の積算降水量で30mm以上の回数は、1月中旬、2月上旬の2回観測された（第6表）。このことから、2012年の凍害発生程度は少～中と予測された。

一方、2012年12月中旬から2013年2月上旬の降水量は、平年より多く、すべての旬で積算降水量が30mm以上であった（第4図）。また、降り始めから10日間の積算降水量で30mm以上であった回数は5回観測された（第6表）。このことから、2013年の凍害発生程度は多と予測された。

中津川支所内クリ若木2園地における2012年の凍害被害程度は、0.2～0.6で軽、枯死樹率は3.5～10.5%で発生程度は少～中であった（第7表）。これは予測とおおむね一致した。

一方、2013年の凍害発生程度は、0～0.1で軽、枯死樹率は0～2.4%で発生程度は少であり（第8表）、予測とは一致しなかった。この理由としては、3月の最低気温が大きな変動なく推移し凍害を受けるような低温に遭遇しなかったためと考えられた（第5図）。

試験3 現地での簡易な雨量計測方法の検討

転倒マス型雨量計では0.5mm単位で計測できたのに対し、簡易雨量計では5mm以下の計測はできなかった。また、ボトル内に溜まった雨水が凍結した

時は計測が困難であった。

簡易雨量計による計測データを旬別の積算値で転倒マス型雨量計と比較すると、前者の方がやや多めに計測される傾向にあり、その差は最大で13.5mmであった。計測期間の合計では、前者の方が10%程度多く計測された（第6図）。

試験4 危険度判定指標の策定

試験2の結果から、12月中旬～2月上旬の積算降水量の平年比と旬別積算降水量が30mm以上であった回数の二つを指標とした。なお、積算降水量の平年比については、アメダス恵那の過去30年のデータを昇順に並べた時、当該年度のデータが10番目のデータ以下の場合を「少ない」、11～20番目の範囲内の場合を「並み」、21番目以上の場合を「多

第9表 気象条件の指標と凍害発生程度の関係

凍害発生程度	年度	降水量(12月中旬～2月上旬)	旬別積算降水量が30mm以上の回数
		平年比	12月中旬～2月上旬
多	2010	多い	2
	2006	並み	2
	2007	並み	2
	2008	並み	2
	2012	少ない	1
少	2004	少ない	0
	2005	少ない	0
	2009	少ない	1
	2011	少ない	0
	2013	多い	5
	2014	並み	1

下線黄色部分は指標と適合

い」として評価した。積算降水量の平年比の指標により、平年より「少ない」場合を凍害発生程度が少、「多い」場合を凍害発生程度が多と判定した。旬別積算降水量の指標により、0～1回の場合を少、2回以上の場合を多と判定した。

2004～2014年の11年間について、上記指標による判定結果と実際の凍害発生程度との適合性を確認したところ、積算降水量の平年比では5か年で適合していた。また、旬別積算降水量が30mm以上の回数では9か年で適合していた（第9表）。

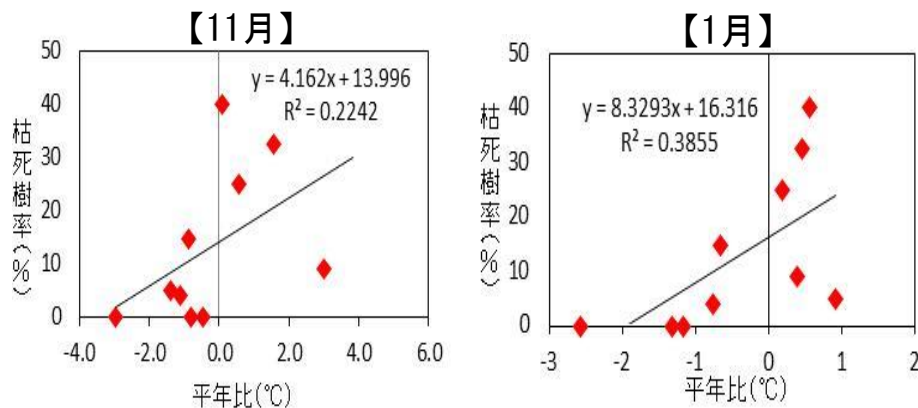
考 察

樹体の耐凍性は、秋の気温低下に伴って徐々に高まり、厳寒期に最高に達した後、春の気温上昇に伴って低下することが知られている（黒田, 1988）。いずれの時期においても、樹体の耐凍性を上回る低温に遭遇すれば凍害を受けるが、クリの凍害による被害が確認できるのは、葉、樹皮等の様子に変化が現れる展葉期を過ぎた頃であり、いつ凍害を受けたかは判断が難しい。凍害対策を講じるにあたっては、いつ凍害を受けているかを明らかにするとともに、樹体の耐凍性をリアルタイムに把握しながら気温の推移を予測し、早い時期に凍害の発生を予測できることが理想である。しかし、耐凍性のリアルタイムの測定や最低気温の予測は難しく、これまでの研究においても、耐凍性を評価した研究事例はあるものの（檜山ら, 1974; 堀本・荒木, 1997）、凍害の発生予測に関する研究はほとんど行われていない。このため、本報では過去の気象条件と実際の凍害発生程度との関係を解析することにより、凍害の危険度を判定する指標の策定を試みた。その結果、12月中旬から2月上旬の積算降水量の平年比、旬別積算降水量が30mm以上の回数を指標とすることで、過去11年間の凍害発生程度と両指標が適合したのは5

年間であったものの、旬別積算降水量のみの指標では9年間で適合した。適合しなかった2年間のうち2012年は、降り始めからの10日間で30mmを超えた回数が2回あり、この指標を加えると適合していた。このことから、降水量の指標で凍害の発生危険度を判定できると考えられた。ただし、積算降水量の指標30mmは中津川市、恵那市での凍害発生状況から策定した指標であるため、気象条件の異なる産地では、確認が必要である。また、降水量のデータは、近隣のアメダス観測値を使用した。降雨は局地的な場合があるので、自作できる簡易雨量計（牛山・松山, 1995）での測定の実用性を検討した。その結果、牛山らの報告と同様に実際よりやや多めに計測される傾向であったものの、10mm単位での計測であれば十分実用的であると考えられた。

一方、水田ら（2012）は兵庫県において同様な解析を行い、降水量には明確な関係は認められなかったものの、11月、1月の最低気温と相関が認められ、平年より高い年は枯死樹率が高い傾向が認められたと報告している（第7図）。本研究では、11月、1月の気温との相関は認められなかったが、11月の最低気温が高いと耐凍性の高まりが遅れ、その後の低温で凍害を受ける可能性が考えられる。そこで、本研究で策定した降水量の指標と水田らが策定した兵庫県における気象指標を組み合わせた場合の適合性を確認したところ、凍害発生程度が多、中の年は、11月、1月の最低気温が平年より高かった年が多く、凍害発生程度が少の年は平年より低かった年が多く概ね適合していたことから、危険度判定に利用できると考えられた（第10表）。

このことから、凍害危険度判定は第8図のような手順で行うとよいと考えられた。すなわち、第1段階として11月の最低気温（月平均）の平年比を調べ、平年並みか低ければ危険度は低い、平年より高ければ危険度が高いと判定し、危険度が高いと判定

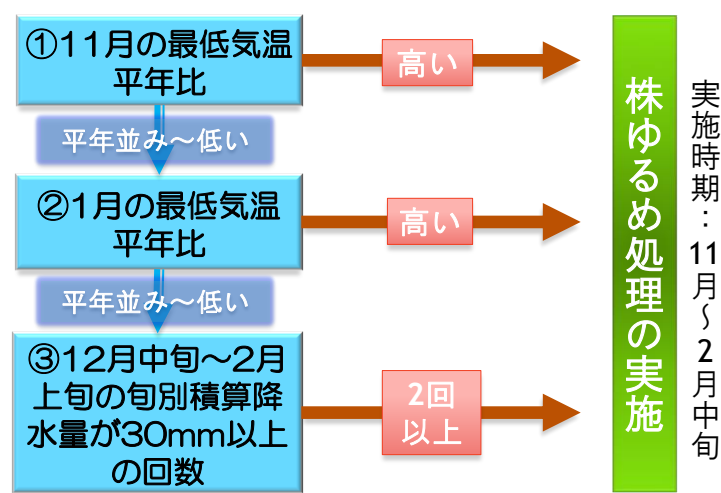


第7図 兵庫県における11月、1月の最低気温平年比とクリ幼木の枯死樹率の関係（水田ら, 2012）

第10表 11月、1月の最低気温と12月中旬～2月上旬の降水量の指標と過去の凍害発生の関係

凍害発生程度	年度	最低気温(平年比)		降水量(12月中旬～2月上旬)	旬別積算降水量が30mm以上の回数
		11月	1月	平年比	12月中旬～2月上旬
多	2010	高い	並み	多い	2
中	2006	低い	低い	並み	2
	2007	高い	高い	並み	2
	2008	並み	高い	並み	2
	2012	高い	並み	少ない	1
少	2004	高い	低い	少ない	0
	2005	高い	並み	少ない	0
	2009	並み	並み	少ない	1
	2011	低い	低い	少ない	0
	2013	低い	低い	多い	5
	2014	低い	低い	並み	1

下線部分は指標と適合



第8図 気象条件によるクリ幼木の凍害危険度判定の手順

された場合に対策を実施する。次に、第2段階として1月の最低気温（月平均）を調べ、平年より高ければ危険度が高いと判定し対策を実施する。そして第3段階として、12月中旬から2月上旬の旬別積算降水量が30mm以上であった回数を調べ、2回以上であった場合には危険度が高いと判定し、直ちに対策を実施する。なお、判定後に実施できる対策技術は、専用のアタッチメントを装着したバックホーなどを用い、軽い断根と土壌孔隙をつくることで樹体の水上げを遅らせる株ゆるめ技術を想定している。この技術を開発した水田ら（2013）の研究によれば、2月上旬までに実施すると、それ以後の耐凍性の低下が抑えられることが確認されており、本判定指標で2月上旬までに危険度を判定できれば、対策を実施することが可能である。

判定にあたって、凍害の直接的な要因は気温であり、降水量は間接的であることから、2013年のように降水量では危険と判定されてもその後の気温推移により凍害の発生が少ない場合もある。この場合は、結果的経営への影響は小さいと考えられるが、逆に危険度が低いと判定され対策を実施しなかった場合に凍害を受けると影響が非常に大きい。過去11年間においてそのパターンは確認されていないが、近年は温暖化で冬季の気温変動が大きいため、危険度が低いと判定する際にはその後の気温経過に十分留意する必要がある。

以上のことから、気象条件を指標にした凍害発生危険度の判定は可能であると考えられ、この指標を活用することで、凍害による被害が少しでも抑えられ、生産量の増加につながっていくことを期待する。

謝 辞

本研究の推進にあたり、ご協力頂きました東美濃栗振興協議会、岐阜県恵那農林事務所農業普及課の皆様にご感謝申し上げます。

引用文献

檜山博也・土井 憲・星野正和（1974）クリの凍害防止に関する研究（第2報）．休眠期および萌芽期の耐凍性．茨城園試研報．5：1-10.
堀本宗清・荒木 斉（1997）クリの樹齢別枝水分と耐凍性の時期別変化，並びに吸水抑制処理による凍害防止．園学雑．66（別）1：158-159)

猪崎政敏編．1978．クリ栽培の理論と実際．509-533．博友社．東京
黒田治之（1988）寒冷地果樹の寒害．北海道農試研究資料．37：1-101.
水田泰徳・織邊 太・田中宏明・中元陽一（2013）断根処理の時期および方法がクリ幼木の凍害発生に及ぼす影響．園学研．12（別）1：310.
水田泰徳・松浦克彦・吉田晋弥（2012）クリの凍害発生と気象状況の関係．園学研．11（別）1：296.
牛山素行・松山 洋（1995）簡易雨量計の試作と比較観測．水文・水資源学会誌．8（5）：492-498.