

# 遭遇温度がモモ樹の耐凍性に及ぼす影響

宮本善秋<sup>1\*</sup>・神尾真司<sup>2a</sup>・杉浦俊彦<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 岐阜県中山間農業研究所 509-4244 飛騨市古川町是重

<sup>2</sup> 岐阜県中山間農業研究所中津川支所 509-9131 中津川市千旦林鍛冶屋平

<sup>3</sup> 農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所 305-8605 つくば市藤本

## Effect of Encounter Temperature on the Freezing Resistance in Peach Trees

Yoshiaki Miyamoto<sup>1\*</sup>, Shinji Kamio<sup>2a</sup> and Toshihiko Sugiura<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Gifu prefectural Research Institute for Agricultural Technology in Hilly and Mountainous Areas, Furukawa, Hida, Gifu 509 - 4244*

<sup>2</sup>*Gifu prefectural Research Institute for Agricultural Technology in Hilly and Mountainous Areas, Nakatugawa Branch, Sendanbayashi, Nakatugawa, Gifu 509-9131*

<sup>3</sup>*National institute of Fruit Tree Science, NARO Fujimoto, Tsukuba, Ibaraki 305-8605*

### 摘 要

ハードニング期の耐凍性は、3~5℃以下の低温遭遇時間と相関が高いが、調査前 10 日間の日最低気温の平均値との相関が最も高く、回帰式  $y = 0.6816x - 10.956$  を用いることで、耐凍性の推定が可能であった。デハードニング期の耐凍性は、0℃以下の遭遇時間と相関が高く、13℃以上の遭遇時間も加えることで相関が高まったが、調査前 10 日間の日平均気温を指標とした回帰式  $y = 0.5808x - 13.816$  を用いることで、同程度の精度で耐凍性の推定が可能と考えられた。2 つの推定式に基づきアメダス観測値から耐凍性を推定し、その年の最低気温の推移および凍害の発生状況から式を検証した結果、過去 11 年間のうち 10 年で凍害の発生状況と適合し、予測式の適用性は高いと考えられた。また、ハードニング期、デハードニング期共通で使用可能な推定式でも、過去の凍害発生状況と適合する耐凍性の推定が可能であった。デハードニング期の気温上昇に伴う耐凍性の低下は、「ひだ国府紅しだれ」が「おはつもも」より遅れる傾向が認められ、春先の凍害回避に有効な台木であることが裏付けられた。

**キーワード** : モモ、遭遇温度、耐凍性、凍害、台木

### 緒 言

岐阜県飛騨地域では、1980 年代後半よりモモ幼木の枯死が多発し始め大きな問題となっていたことから、著者らは、その発生実態を調査し原因が凍害であることを究明した(宮本ら. 1999a, b)。また、凍害の発生防止に有効な台木の検索と選抜を行った結果、岐阜県高山市国

本研究は、農林水産省プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発 (A-8 農林業に係る気候変動の影響評価)」により実施した。

\*Corresponding author. E-mail:miyamoto-yoshiaki@pref.gifu.lg.jp

<sup>a</sup> 現在 : 岐阜県農政部農政課

府町上広瀬地区に在来する観賞用ハナモモが最も有効な台木であることが判明し(神尾ら. 2006a)、地元生産者と共同で台木品種として育成し、2008 年に「ひだ国府紅しだれ」として品種登録された(宮本ら. 2011)。

凍害の発生は、樹体を持つ耐凍性を超えて冷却された時に発生する。秋から冬の気温低下により耐凍性は向上(以下;ハードニング)し、冬から春の気温上昇により耐凍性は低下(以下;デハードニング)する(黒田. 1988)。しかし、秋季が高温で推移するとハードニングが遅延し、その後の寒気で凍害を受けやすい。また、モモは 1 月に自発休眠を完了し、他発休眠へと移行するが、高温が続くと花芽や枝が動き出し耐凍性が急激に低下するため、その後の寒気により凍害を受けやすい。これらのことから、凍害に伴うモモの枯死樹が全国的にも増加

している要因として、近年の気候変動の影響があると推察されている(杉浦ら、2004、岡沢、2013)。このため、今後の温暖化進展に伴って気象変動がより大きくなることで、被害の拡大が懸念される。しかし、果樹では一度苗木を定植すると数十年間は栽培が続き、園地の移動は容易でないことから、温暖化に伴う凍害発生を長期的に予測することは極めて重要である。

このため本研究では、モモ「白鳳」の2年生樹を供試し、秋季から春季にかけて異なる気象条件下で管理し、遭遇した気温および時間が樹体の耐凍性に及ぼす影響について調査し、遭遇した気温と耐凍性の関係を説明する耐凍性推定式を算出するとともに、過去11年間の凍害発生状況と照合することでこの式の適合性を検証した。さらに台木品種に「ひだ国府紅しだれ」および「おはつもも」を使用した「白鳳」の2年生樹を供試し、気温変動に伴う耐凍性の変化に及ぼす台木の影響について調査した。

### 材料および方法

岐阜県中山間農業研究所(飛騨市；以下当研究所)で「おはつもも」実生台木に「白鳳」を芽接ぎした2年生鉢植え樹(鉢容量：25L)を毎年養成し供試樹とした。また、一部「ひだ国府紅しだれ」実生台木を使用し、耐凍性の変化に及ぼす台木の影響について調査した。

調査は、ハードニング期が2010年～2015年の5シーズン、デハードニング期が2011年～2015年の5シーズン実施した。一部の供試樹は、表1・5に示したように気象条件の異なる岐阜市(農業技術センター)、中津川市(当研究所中津川支所)に移動し、一定期間管理することで異なる気温に遭遇させた。供試樹が遭遇した気温

表1 ハードニング期におけるモモ1年枝の耐凍性

採取年月日	耐凍性(°C)	管理場所	管理期間(日数)
2010年 12月20日	-9	岐阜市	11月4日～12月20日(46日)
	-12	中津川市	11月4日～12月20日(46日)
	-12	飛騨市	全期間飛騨市
2011年 12月7日	-6	岐阜市	11月2日～12月7日(36日)
	-9	中津川市	11月2日～12月7日(36日)
	-9	飛騨市	全期間飛騨市
2012年 12月5日	-9	岐阜市	11月1日～12月5日(35日)
	-12	中津川市	11月1日～12月5日(35日)
	-12	飛騨市	全期間飛騨市
2013年 12月2日	-9	岐阜市	11月1日～12月2日(32日)
	-12	中津川市	11月1日～12月2日(32日)
	-12	飛騨市	2月10日～3月17日の36日
12月23日	-12	飛騨市	全期間飛騨市
2014年 10月18日	-5	飛騨市	全期間飛騨市
	-7	飛騨市	"
	-9	飛騨市	"
2015年 1月6日	-13	飛騨市	全期間飛騨市
	-15	飛騨市	"

は、おんどとり TR-71S (T&D 社製) を使用して、地上約 1.5m の高さで直射日光が当たらないようセンサーを設置し、60 分間隔で測定した。

耐凍性調査のため、各供試樹から 1 年枝を採取し、水道水で濡らしポリ袋に入れて密閉後、直ちにプログラム低温恒温水槽(東京理化 NCB-3300、冷媒 60%エタノール)で人工的に凍結処理した。処理は 5°C から開始し、毎時 5°C の勾配で温度を降下させ、段階的に各設定温度に 12 時間遭遇させ凍結処理した。設定温度はハードニング期が、-9~-18°C (2010 年、2012 年)、-6~-15°C (2011 年、2013 年 12 月 2)、-12~-21°C (2013 年 12 月 23 日) の 3°C ごと、-3~-9°C (2014 年 10 月 18 日)、-5~-11°C (2014 年 11 月 1 日)、-7~-13°C (2014 年 11 月 22 日)、-13~-19°C (2015 年 1 月 6 日)、-11~-17°C (2015 年 1 月 26 日) の 2°C ごととした。デハードニング期は、-9~-18°C (2011 年、2013 年 3 月 11 日、2014 年 3 月 17 日、3 月 24 日)、-12~-21°C (2012 年、2013 年 2 月 25 日)、-6~-15°C (2013 年 3 月 25 日、2014 年 3 月 10 日) の 3°C ごと、-11~-17°C (2015 年 2 月 1 日)、-13~-19°C (2015 年 2 月 16 日) の 2°C ごととした。各温度に所定時間遭遇させた後は、5°C のインキュベーターへ移し、半日かけて徐々に解凍させ、室温で 10~14 日間水挿し後に、枝の組織褐変程度から耐凍性を判定した。なお、耐凍性は組織褐変が認められなかった凍結処理時の設定温度とした。

岐阜県飛騨地方における平均気温は、平年 1 月下旬に最低となる年が多いことから、本研究においては 10 月~1 月をハードニング期、2 月~4 月をデハードニング期とし、それぞれ遭遇した気温および時間と、凍結処理により得られた耐凍性との関連について解析し耐凍性を推定する式を算出した。

この推定式の適合性を検証するため、2004 年 10 月~2015 年 4 月のアメダス岐阜県高山の気温データを耐凍性推定式に適用した。各年次の推定された耐凍性と日最低気温の推移および現地における凍害発生の多少との関係について比較した。現地における凍害発生状況は、久々野町果実出荷組合の 2004 年~2015 年の過去 11 年間の調査結果に基づき判断した。

### 結果および考察

#### 1. ハードニング期における耐凍性の推定

10 月~1 月の各採取日における耐凍性調査結果を表 1 に示した。これらの耐凍性と各調査日前に供試樹が遭遇した温度別の遭遇時間との二次相関係数を表 2 に示した。耐凍性との相関は、-1°C 以下および-3°C 以下に比較し、3°C 以下および 5°C 以下の遭遇時間で高かった。遭遇時間算出日数が調査前 7 日および 10 日では 3°C 以下と相関が

高く、14日、20日および30日では5℃以下との相関が高かった。最も耐凍性と相関が高かったのは、調査前20日間の5℃以下遭遇時間で、この温度指標を使用することで耐凍性の推定が可能と考えられた(図1)。

このように耐凍性の向上には、3～5℃の低温遭遇時間が大きく影響すると考えられた。しかし、酒井(1982年)は、スギ鉢植え苗の耐凍性について調査し、13℃以上の高温にある時間以上さらされると耐凍性が低下することを報告していることから、低温と高温双方の影響を考慮

表2 ハードニング期における温度域別遭遇時間とモモ樹の耐凍性との二次相関係数

温度域	遭遇時間の算出日数(日)				
	7日	10日	14日	20日	30日
10℃以下	0.8688	0.8807	0.8911	0.9120	0.9186
5℃以下	0.8992	0.9167	<u>0.9216</u>	<u>0.9271</u>	<u>0.9270</u>
3℃以下	<u>0.9175</u> <sup>z</sup>	<u>0.9188</u>	0.9108	0.9127	0.9071
0℃以下	0.9139	0.8987	0.8821	0.8754	0.8469
-1℃以下	0.8272	0.8437	0.8223	0.8055	0.7877
-3℃以下	0.7780	0.7697	0.7378	0.7395	0.6785

<sup>z</sup> アンダーラインは算出日数別に相関が最も高い温度域を示す

表3 ハードニング期における温度遭遇時間<sup>z</sup>とモモ樹の耐凍性との二次相関係数

13℃以上遭遇時間算出日数	0℃以下遭遇時間の算出日数(日)				
	7日	10日	14日	20日	30日
7日	<u>0.9361</u> <sup>y</sup>	<u>0.9388</u>	<u>0.9379</u>	0.9441	0.9287
10日	0.9328	0.9321	0.9351	<u>0.9473</u>	<u>0.9410</u>
14日	0.9257	0.9181	0.9183	0.9318	0.9335
20日	0.9347	0.9246	0.9220	0.9304	0.9359
30日	0.9310	0.9277	0.9269	0.9333	0.9340

<sup>z</sup> 温度遭遇時間=(0℃以下遭遇時間)-(13℃以上遭遇時間)

<sup>y</sup> アンダーラインは算出日数別に相関が最も高い日数を示す

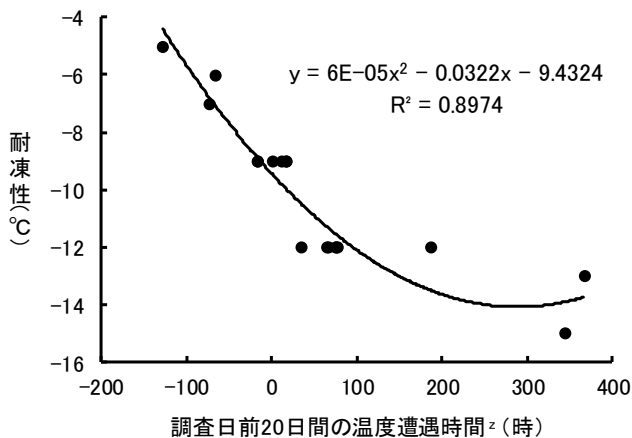


図2 モモ樹のハードニング期における温度遭遇時間と耐凍性との関係

<sup>z</sup> 温度遭遇時間=(0℃以下遭遇時間)-(13℃以上遭遇時間)

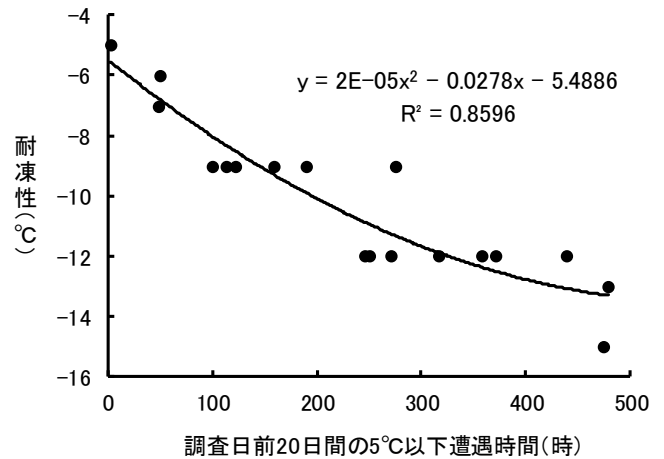


図1 モモ樹のハードニング期における低温遭遇時間と耐凍性との関係

表4 ハードニング期における耐凍性調査前の数日間の気温の日値の平均値と耐凍性との一次相関係数

調査前日数(日)	日最低	日平均	日最高
1	0.7842	0.7987	0.6535
2	0.8759	0.8449	0.6779
3	0.9010	0.8835	0.7378
4	0.9267	0.9192	0.7889
5	0.9552	0.9366	0.8241
6	0.9635	0.9371	0.8344
7	0.9644	0.9277	0.8224
8	0.9654	0.9261	0.8346
9	0.9655	0.9245	0.8347
10	<u>0.9697</u>	0.9221	0.8329
11	0.9662	0.9220	0.8367
12	0.9640	0.9236	0.8435
13	0.9641	0.9219	0.8379
14	0.9623	0.9218	0.8389
15	0.9579	0.9183	0.8326
16	0.9550	0.9163	0.8309
17	0.9537	0.9152	0.8285
18	0.9556	0.9187	0.8349
19	0.9649	0.9234	0.8369
20	0.9645	0.9263	0.8374
21	0.9632	0.9313	0.8460
22	0.9616	0.9332	0.8542
23	0.9604	0.9313	0.8550
24	0.9620	0.9309	0.8550
25	0.9649	0.9304	0.8556
26	0.9660	0.9301	0.8559
27	0.9676	0.9284	0.8527
28	0.9665	0.9263	0.8492
29	0.9651	0.9233	0.8501
30	0.9626	0.9196	0.8459

し、0℃以下の低温遭遇時間から13℃以上の高温遭遇時間を差し引いた時間と耐凍性との関係について解析した。その結果、耐凍性との相関は、低温遭遇時間のみの場合より全体的に高くなり、最も相関が高かったのは、調査前20日間の0℃以下遭遇時間から調査日前10日間の13℃以上遭遇時間を差し引いた遭遇時間で相関係数は0.947であった(表3)。

このことからハードニング期におけるモモ樹の耐凍性は、0～5℃以下の低温遭遇の影響を強く受けるが、高温の影響も受けていることが推察され、最も相関の高かった20日前の0℃以下遭遇時間から10日前の13℃以上遭遇時間を差し引いた遭遇時間を指標とすることで耐凍性が推定可能と考えられた(図2)。

しかし、この推定式を用いるには毎時の気温を測定する必要があり、広域的な耐凍性の推定を行うには実用的ではない。このため、全国のアメダスデータやメッシュ気候値からデータの収集が可能な気温の日値との関係について解析した。日最低気温について、耐凍性調査前の数日間の平均値と耐凍性との関係は高い相関があり、最

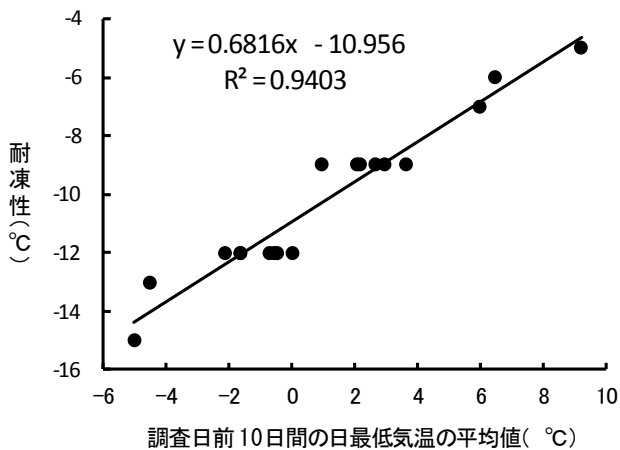


図3 モモ樹のハードニング期における遭遇温度と耐凍性との関係

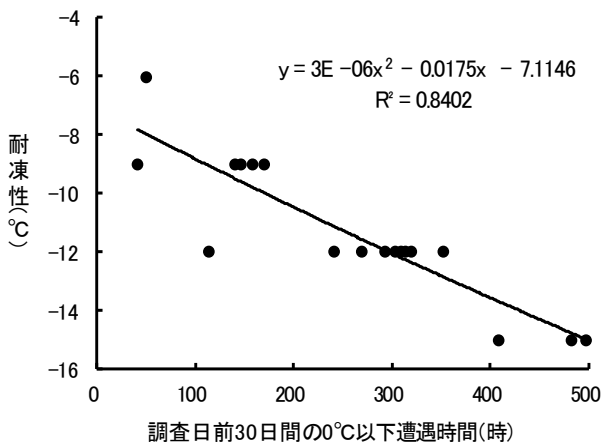


図4 モモ樹のデハードニング期における低温遭遇時間と耐凍性との関係

も耐凍性と相関が高かったのは、調査前10日間の日最低気温の平均値で相関係数は0.970であった(表4、図3)。次に日平均気温との相関が高く、これらの相関係数は低温遭遇時間から推定した場合の相関係数と差はなかった。したがって、毎時の気温を用いなくても気温の日値からも精度よく耐凍性を推定可能と考えられた。

## 2. デハードニング期における耐凍性の推定

2月～3月の各採取日における耐凍性調査結果を表5に示した。これらの耐凍性と各調査日前に供試樹が遭遇した温度別の遭遇時間との二次相関係数を表6に示した。耐凍性との相関は、いずれの算出日数でも0℃以下遭遇時間で高かった。最も耐凍性と相関が高かったのは、調査前30日間の0℃以下遭遇時間で相関係数は0.917であ

表5 デハードニング期におけるモモ1年枝の耐凍性

採取年月日	耐凍性(℃)	管理場所	管理期間(日数)
2011年 3月14日	-9	岐阜市	2月21日～3月14日(22日)
	-12	飛騨市	全期間飛騨市
2012年 3月13日	-9	岐阜市	2月21日～3月13日(22日)
	-12	飛騨市	全期間飛騨市
2012年 3月26日	-9	岐阜市	2月21日～3月26日(35日)
	-12	飛騨市	全期間飛騨市
2013年 2月25日	-12	岐阜市	2月13日～25日(13日)
	-15	中津川市	2月13日～25日(13日)
2013年 3月11日	-12	岐阜市	2月13日～3月11日(27日)
	-15	飛騨市	全期間飛騨市
2013年 3月25日	-6	岐阜市	2月13日～3月25日(41日)
	-9	中津川市	2月13日～3月25日(41日)
2014年 3月10日	-12	飛騨市	全期間飛騨市
	-12	岐阜市	2月12日～3月10日(27日)
2014年 3月17日	-12	中津川市	2月10日～3月17日(36日)
	-12	飛騨市	全期間飛騨市
2015年 2月 1日	-15	飛騨市	全期間飛騨市
	-15	飛騨市	全期間飛騨市

表6 デハードニング期における温度域別遭遇時間とモモ樹の耐凍性との二次相関係数

温度域	遭遇時間の算出日数(日)				
	7日	10日	14日	20日	30日
13℃以上	0.7224	0.8103	0.8036	0.8519	0.8528
10℃以上	0.8382	0.8820	0.8557	0.8781	0.8840
10℃以下	0.8271	0.8563	0.8481	0.8719	0.8772
5℃以下	0.8690	0.8757	0.8680	0.8786	0.8695
3℃以下	0.8642	0.8788	0.8717	0.8787	0.8831
0℃以下	<u>0.8842</u>	<u>0.8955</u>	<u>0.8896</u>	<u>0.9135</u>	<u>0.9166</u> <sup>2</sup>
-1℃以下	0.8706	0.8868	0.8788	0.9087	0.9166
-3℃以下	0.8590	0.8763	0.8711	0.8931	0.8999

<sup>2</sup>アンダーラインは算出日数別に相関が最も高い温度域を示す

った(図4)。

このようにデハードニング期の耐凍性には、0℃以下の遭遇時間が大きく影響すると考えられた。しかし、デハードニング中の13℃以上の高温遭遇は、耐凍性の低下を促すことが推察されるため、前述したハードニング期同様に低温遭遇時間から高温遭遇時間を差し引いた時間と耐凍性との関係について解析した。その結果、耐凍性と

表7 デハードニング期における温度遭遇時間<sup>2</sup>とモモ樹の耐凍性との二次相関係数

13℃以上遭遇時間算出期間	0℃以下遭遇時間の算出日数(日)				
	7日	10日	14日	20日	30日
7日	0.9062	0.9254	0.9194	0.9318	0.9267
10日	<u>0.9199</u>	<u>0.9414</u>	0.9408	0.9507	0.9406
14日	0.9101	0.9321	0.9327	0.9474	0.9409
20日	0.9172	0.9382	0.9413	0.9527	0.9474
30日	0.9174	0.9384	<u>0.9414</u>	<u>0.9528</u>	0.9475

<sup>2</sup> 温度遭遇時間=(0℃以下遭遇時間)-(13℃以上遭遇時間)

<sup>3</sup> アンダーラインは算出日数別に相関が最も高い日数を示す

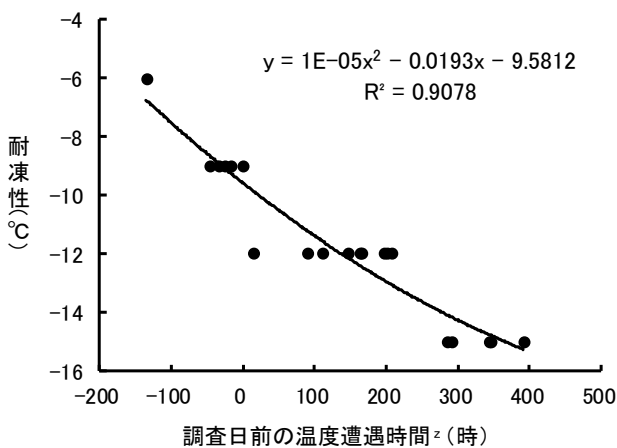


図5 モモ樹のデハードニング期における温度遭遇時間と耐凍性との関係

<sup>2</sup> 温度遭遇時間=(0℃以下遭遇時間)-(13℃以上遭遇時間)

0℃以下遭遇時間は調査日前20日間

13℃以上遭遇時間は調査日前30日間

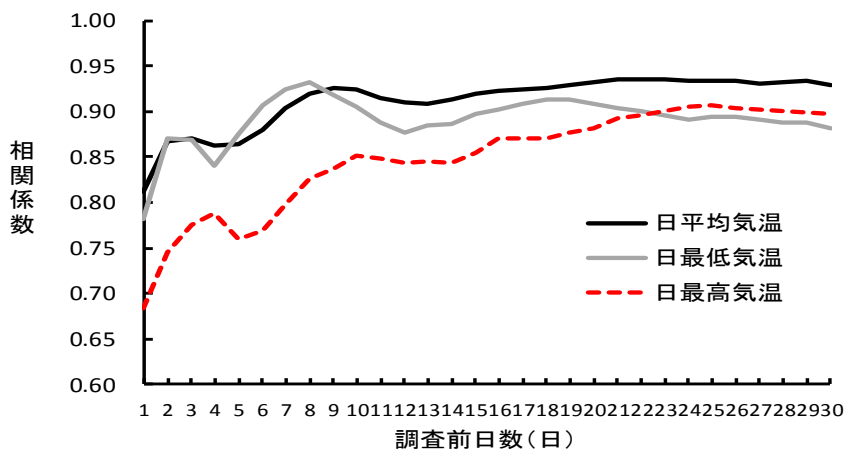


図6 デハードニング期における耐凍性調査前数日間の気温の日値の平均値と耐凍性との一次相関係数

の相関は、低温遭遇時間の場合より全体的に高くなり、最も相関が高かったのは、調査前20日間の0℃以下遭遇時間から調査日前30日間の13℃以上遭遇時間を差し引いた遭遇時間で相関係数は0.953であった(表7)。

このことからデハードニング期の耐凍性は、0℃以下の低温遭遇の影響を強く受けるが、同時に高温の影響も強く受けていることが推察され、最も相関の高かった20日前の0℃以下遭遇時間から30日前の13℃以上遭遇時間を差し引いた遭遇時間を指標とすることで耐凍性を推定可能と考えられた(図5)。

しかし、前述したようにこの推定式を用いるには毎時の気温を測定する必要があり、広域的な耐凍性の推定を行うには実用的ではないことから、気温の日値との関係について解析した。その結果、耐凍性は日最高気温に比べ日平均気温および日最低気温との相関が高かった。日最低気温との相関は、調査前8日で最も高かったが、その後は日数が増えるほど低下した。日平均気温との相関は、調査前10日前後で高く、その後やや低下し再び徐

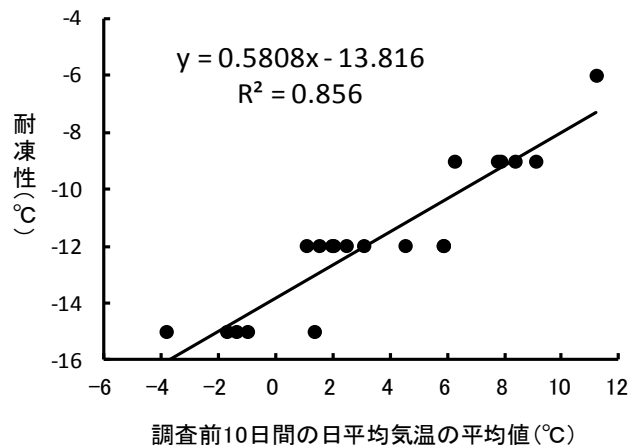


図7 モモ樹のデハードニング期における遭遇温度と耐凍性との関係

表8 現地における凍害発生状況<sup>2</sup>

年次	発生程度
2004年～2005年	少
2005年～2006年	多
2006年～2007年	少
2007年～2008年	少
2008年～2009年	少
2009年～2010年	少
2010年～2011年	少
2011年～2012年	多
2012年～2013年	多
2013年～2014年	中
2014年～2015年	少

<sup>2</sup> 久々野町果実出荷組合総会資料より

々に高まり、調査前23日で相関係数が最高となったが、その差はわずかであった。このため、耐凍性推定の温度指標には、調査前10日間の日平均気温の平均値を用いるのがよいと考えられ、この場合の相関係数は0.925であった(図6、7)。

### 3. 耐凍性予測式の検証

2004年秋～2015年春までの現地における凍害の発生状況を表8に示した。発生程度が多または中だった年は、

2005年～2006年、2011年～2012年、2012年～2013年、2013年～2014年の4シーズンであった。一方、ハードニング期は、調査前10日間の日最低気温を指標とした回帰式  $y=0.6816x-10.956$ 、デハードニング期は調査前10日間の日平均気温を指標とした回帰式  $y=0.5808x-13.816$  を予測式として、アメダスデータから耐凍性を算出し、その年の最低気温の推移と比較した。凍害多発年の2005年～2006年は、1月上旬と2月上旬に耐凍性推定値付近まで最低気温が低下した日が認めら

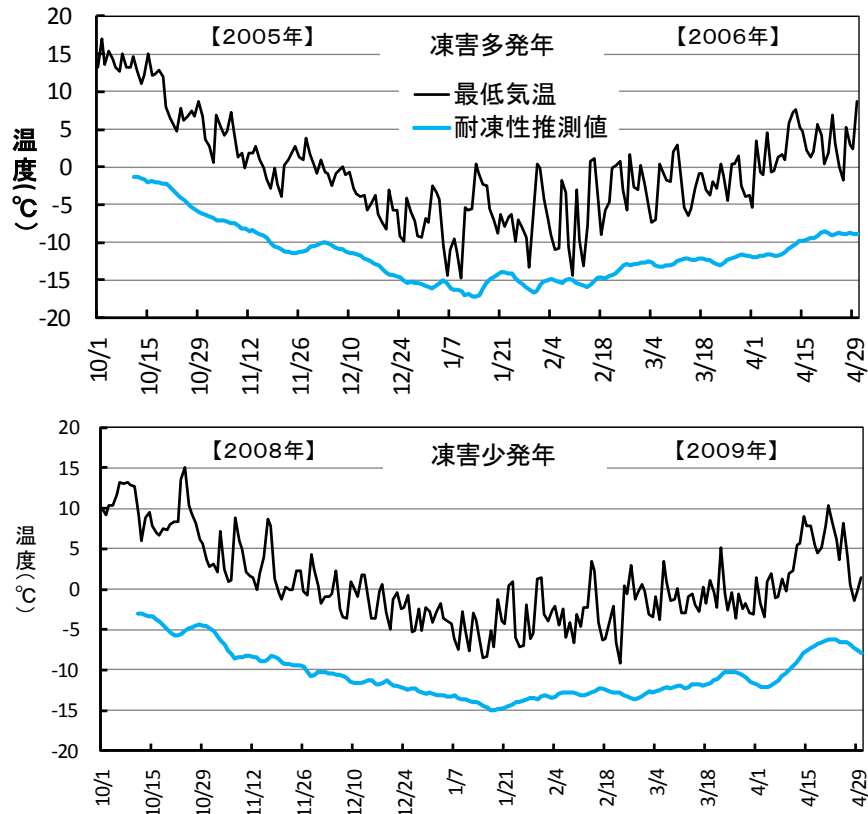


図8 凍害多発年と少発年における耐凍性推定値<sup>z</sup>と最低気温の推移

<sup>z</sup> 10～1月の耐凍性予測式:  $y=0.6816x-10.956$   $x$ =調査前10日間の日最低気温の平均値  
 2～3月の耐凍性予測式:  $y=0.5808x-13.816$   $x$ =調査前10日間の日平均気温の平均値  
 日最低気温、日平均気温はアメダス岐阜県高山の観測値を使用

表9 予測式から求めた耐凍性と最低気温との差が接近した日数

温度差 <sup>z</sup>	区分	2004～	2005～	2006～	2007～	2008～	2009～	2010～	2011～	2012～	2013～	2014～
		2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
0°C未満	10-12月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1-2月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-4月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1°C未満	10-12月	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	1-2月	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-4月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2°C未満	10-12月	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	1-2月	0	3	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	3-4月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<sup>z</sup> 温度差=(日最低気温)-(予測式から求めた耐凍性温度)

日最低気温、日平均気温はアメダス岐阜県高山の観測値を使用

10～1月の耐凍性予測式:  $y=0.6816x-10.956$   $x$ =調査前10日間の日最低気温の平均値

2～3月の耐凍性予測式:  $y=0.5808x-13.816$   $x$ =調査前10日間の日平均気温の平均値

れた。これに対し凍害の少発年の2008年～2009年では、全期間を通じて耐凍性推定値近くまで最低気温が低下した日が認められなかった(図8)。

同様に2004年10月から2015年4月までの11年分について予測式から算出した耐凍性推定値とその日の最低気温との差が接近した日数について解析し、その結果を表9に示した。解析した11年間では、耐凍性推定値を超えた低温に遭遇した日は認められなかったが、推定値と最低気温との温度差が1℃未満の日は、2005年～2006年、2012年～2013年に1日ずつ認められた。また、温度差が2℃未満の日は、2005年～2006年が3日、2012年～2013年が2日、2013年～2014年が1日で、これらの年はいずれも凍害発生程度が多または中の年であった。2011年～2012年は、凍害多発年であったが、耐凍性と最低気温との温度差が2℃まで接近した日は認められなかった。

なお、実際にはハードニング期とデハードニング期の区別は明確ではなく、また、年次によって一定でもない。したがって、どの期間の耐凍性をどちらの式で推定すればよいのかは明かではない。そこで、ハードニング期と

デハードニング期ともに高い相関係数が得られた、調査前10日間の日平均気温と耐凍性の関係から、ハードニング期とデハードニング期の区別をせずに、耐凍性推定式を算出した(図9)。この全期間共通の回帰式  $y = 0.5797x - 13.527$  を使用したところ、表9とほぼ同一の結果が得られた。したがってこの式を用いれば、ハードニング期とデハードニング期の区別が難しい場合でも耐凍性の推定は可能と考えられた。

以上のように2011年～2012年を除いた凍害多～中発年では、推定式から算出した耐凍性と最低気温との温度差が1～2℃未満まで接近した日が認められた。凍害発生が少なかった7年間では、耐凍性と最低気温との差が接近した日が全く認められず、過去11年間のうち10年分で凍害発生の多少と適合したことから今回使用した耐凍性推定式の適用性は高いと考えられた。しかし、過去の凍害発生状況と一致しない年もあったことから、気温以外の日射や積雪などの環境条件についても今後検討する必要がある。また、凍害多発年においても耐凍性を超えた低温に遭遇した日が認められなかったのは、本解析にはアメダス観測値を使用したため、実際の圃場気温と異なったためと考えられた。モモ樹の凍害は、地際付近に集中して発生するが、これは地際付近が放射冷却の影響で強く冷却されるためであり(黒田, 1988)、今後、気候変動による耐凍性への影響評価や地域間での耐凍性比較などを行う場合には、観測値よりモモ樹は1～2℃低い気温に遭遇していることを考慮する必要があると考えられた。

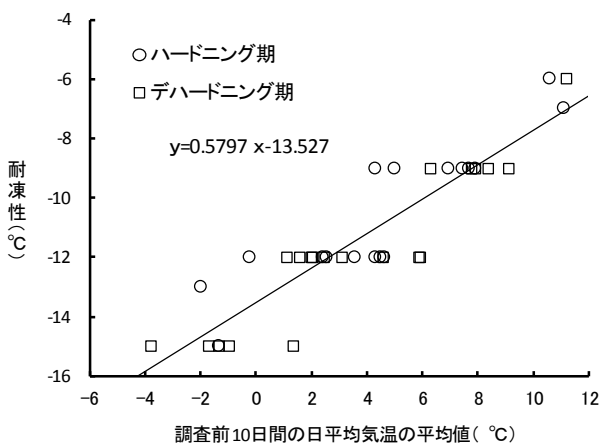


図9 調査前10日間の平均気温と耐凍性との関係とハードニング期およびデハードニング期共通の回帰線

#### 4. 台木品種と耐凍性

台木品種に「ひだ国府紅しだれ」および「おはつもも」を使用した「白鳳」の2年生樹を供試し、台木の違いが耐凍性に及ぼす影響について調査した結果、10月～1月のハードニング期では、耐凍性に及ぼす台木品種の影響は認められなかった(図10)。2月～3月のデハードニング期については、耐凍性と最も相関の高かった調査前

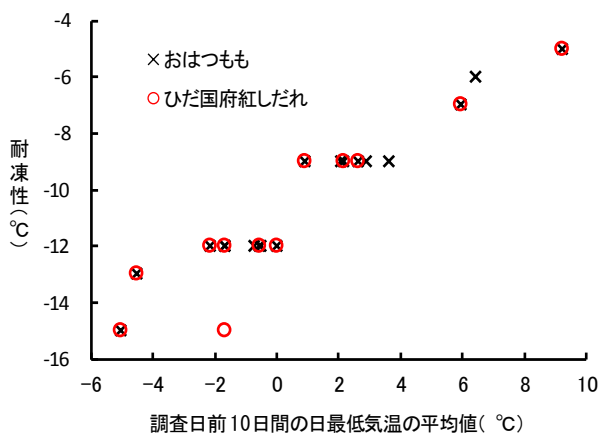


図10 ハードニング期における台木品種の違いがモモ樹の耐凍性に及ぼす影響

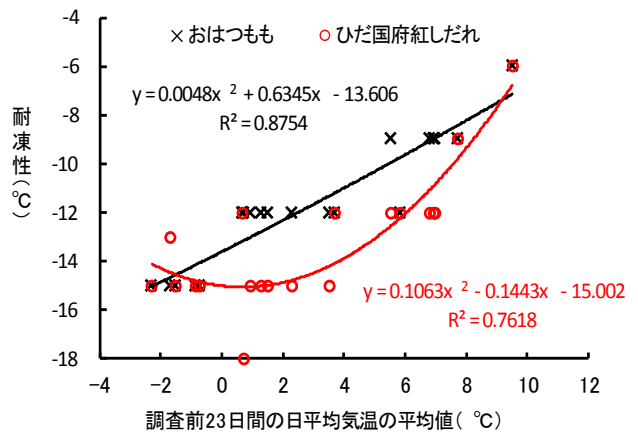


図11 デハードニング期における台木品種の違いがモモ樹の耐凍性に及ぼす影響

23 日間の日平均気温を温度指標とした回帰曲線を図 11 に示した。慣行台木の「おはつもも」は平均気温の上昇に伴い直線的に耐凍性が低下したのに対し、「ひだ国府紅しだれ」では平均気温 $-2^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ では耐凍性の変化が小さく、 $4^{\circ}\text{C}$ 以上で急速に低下し、台木品種により約  $2^{\circ}\text{C}$  の差が認められた。

神尾ら (2003、2006) は、台木品種の休眠特性について調査し、「おはつもも」は、浅根性で他発休眠期の高温に対して敏感で水あげが早いのにに対し、「ひだ国府紅しだれ」は、深根性で他発休眠期の高温に鈍感なため、根の活動開始期が遅く水あげが遅れることから、耐凍性が高く維持されるため、凍害を受けにくいことを推察している。本研究においてもデハードニング期の気温上昇に伴う耐凍性の低下は、「おはつもも」に比較し「ひだ国府紅しだれ」で遅れる傾向が示された。これらのことから、慣行台木の「おはつもも」に比べ「ひだ国府紅しだれ」は、春先の凍害回避に有効な台木であることが確認された。

#### 引用文献

- 神尾真司・宮本善秋・川部満紀・浅野雄二. 2006. モモ幼木の凍害による主幹部障害と枯死樹発生に及ぼす台木品種の影響. 園学研. 5: 447- 452.
- 神尾真司・杉浦俊彦・浅野雄二・宮本善秋. 2003. 岐阜県飛騨地域におけるモモ障害樹発生要因の解析 1.各種台木品種の自発休眠覚醒時期. 園学雑. 72 (別 2) :342.
- 神尾真司・宮本善秋. 2006. 岐阜県飛騨地域におけるモモ障害樹発生要因の解析 4.台木品種の根の形態と耐水性差異. 園学雑. 75 (別 2) :138.
- 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.
- 宮本善秋・梅丸宗男・若井麻里子・福井博一. 1999a. 岐阜県飛騨地方におけるモモの胴枯れ様障害の発生状況. 園学雑. 68 (別 1) :184.
- 宮本善秋・福井博一・若井麻里子・成瀬桃江・梅丸宗男.1999b. 耐凍性と関連したモモ樹体内の水分・デンプン及び糖含量の季節的变化. 園学雑. 68 (別 2) :180.
- 宮本善秋・神尾真司・川部満紀. 2011. モモ台木品種「ひだ国府紅しだれ」の育成とその特性. 園学研. 10: 115 - 120.
- 岡沢克彦. 2013. モモ若木の樹体凍害の考えられる原因と被覆資材を活用した樹体凍害軽減技術の開発. 果実日本. Vol.68 (6) :52-57.
- 酒井 昭. 1982. 植物の耐凍性と寒冷適応. P.104-107. 学会出版センター. 東京.
- 杉浦俊彦・黒田治之・吉岡博人・杉浦裕義・高辻豊二. 2004. 温暖化がわが国の果樹生育に及ぼしている影響の現状について. 園学雑. 73(別 2): 309