

# 長野県野辺山高原の冬季果樹園における気温及び地温の日変動

佐藤 幸雄

Diurnal Fluctuations of the air and soil temperatures observed  
in the winter orchard of Nobeyama highland in Nagano prefecture  
Yukio SATO

## 緒 論

野辺山高原（標高1350m、年平均気温6.8℃）は、八ヶ岳の東麓に位置し、かつては不毛の土地と称され、農作物の栽培はほとんど不能とされてきた（野辺山開拓農業協同組合、1968）。しかしながら、終戦直後の1945年以来、海外からの引揚者、復員軍人、戦災者などから成る開拓団の血のにじむような努力によって、わが国有数の高原野菜の一大産地（夏野菜の供給基地）へと発展し、1964年にはその功績により朝日農業賞を受賞するにいたった。

ところが一方においては、永年にわたる少品目野菜の連作により、土壤病害を主体とする種々の障害、すなわち連作障害が大きな問題としてクローズアップされるようになった。この障害を除去する最良の方策は、連作を中止して輪作体系を確立することであるが、そのためには新しい作物の導入が要求される。

以上のような観点から、筆者は永年性作物である果樹の導入を試み、とくに耐寒性小果類の高冷地適応性について検討を重ねてきた（佐藤、1990；佐藤、1994a；佐藤、1994b）が、冬期間の低温による寒害及びそれが原因と考えられる種々の病害が発生し、これを回避することの困難さを痛感した。今回は、野辺山高原の気象特性、とくに寒害をもたらす低温に関する基礎的な資料を得ることを目的として、冬期間の果樹園における気温及び地温の日変動を断続的に調査した。

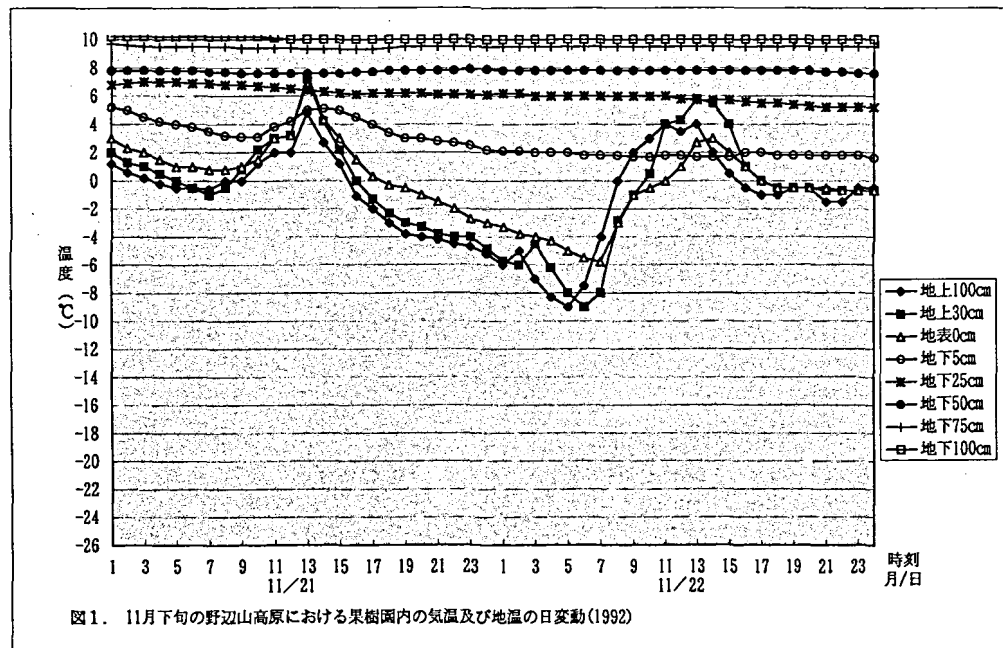
## 材料及び方法

気温及び地温の測定は、1992年11月下旬から翌1993年3月下旬までの期間に行った。測定園はリンゴ、ナシ、ウメ、アンズ、オウトウ、スモモ及びブルーンの混植園で、樹齢はいずれも7年生であった。測定か所は地表面（0cm）と地上30及び100cm、地下5、25、50、75、及び100cmの計8か所とし、それぞれ所定の位置に測温センサーを取付け、これを電子式記録計（CHINO、EH200-12、測定範囲50～-50℃）に接続して測定を行った。なお、測定園は長野県地方気象台野辺山観測所の露場から約25mの距離であったため、積雪深は同観測所の測定値をそのまま利用した。また、本調査の目的が地上の高さ

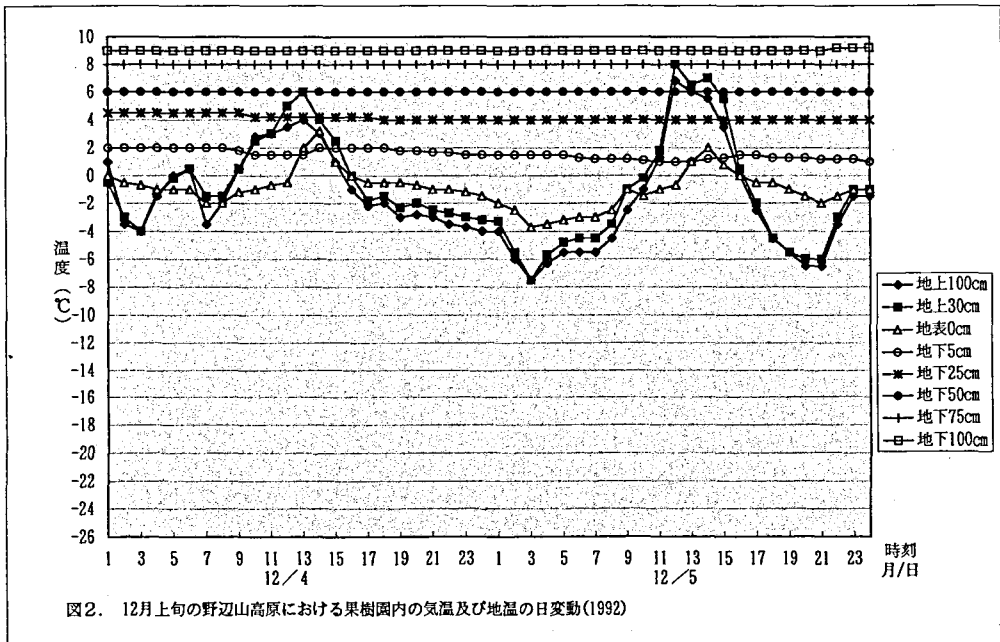
及び地下の深さ別の低温の程度と日変動の速度及び幅を知ることにあつたため、変動幅の小さい曇雨天及び降雪日の測定値は除外した。

## 結果及び考察

高標高の野辺山地域では、すでに初冬ともいえる11月下旬における果樹園内の気温及び地温の変動は、図1に示したとおりであった。すなわち、測定日の11月21日は、大陸から高気圧が張り出して冬型の気圧配置となり、天気は午後から快晴に向い、この天気は翌22日もそのまま持続した（日本気象協会長野センター、1992）。調査園内の気温はこの天気を反映して、21日の正午過ぎに一時的に上昇したが、その後はしだいに低下し、22日の早朝には放射冷却のため、気温は $-9^{\circ}\text{C}$ まで低下した。しかしその後は日の出とともに急速に上昇し、地上30cmでは約 $6^{\circ}\text{C}$ に達し、わずか7時間余りの間に約 $15^{\circ}\text{C}$ の気温変動がみられた。最高気温は、地上30cmが100cmに比べて約 $2^{\circ}\text{C}$ 高かった。地表面温度は気温とほぼ同様の変動を示したが、これは無積雪であったため、太陽放射の影響を直接受けたためと思われる。一方、地温については、地下100cmの深さが約 $10^{\circ}\text{C}$ で最も高く、75、50、25、5cmと浅くなるにつれて低下し、その変動幅は地下5cmで約 $3^{\circ}\text{C}$ 、地下25cmで約 $2^{\circ}\text{C}$ 、地下50cm以下ではほとんど日変動がみられなかった。このように、11月下旬にすでに気温は最低 $-9^{\circ}\text{C}$ まで低下したが、地温は地下25cmで $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 、地下50cmで約 $8^{\circ}\text{C}$ 、さらに地下75 $\sim$ 100cmでは約 $10^{\circ}\text{C}$ と比較的高温に保たれていた。筆者は以前に野辺山高原においてブドウの土中埋没栽培を試みたところ、たとえ数cmの厚さでも土で覆われた新梢はまったく寒害を受けないことを観察した。



つぎに、12月上旬における測定結果を前回同様に示したのが図2である。測定日の12月4及び5日は、大陸からの高気圧の張出しによって晴または快晴の日が2日間続き、初冬の穏やかな日であった（日本気象協会長野センター、1992）。園内の気温の最高は4日が6℃、5日が8℃でいずれも地上30cmの位置で認められた。また最低気温は4日が-4℃、5日が-8℃で、変動幅は4日が10℃、5日が16℃であった。地温については地下5cmが1～2℃、地下25cmが4℃、地下50cmが6℃、地下75cmが8℃、地下100cmが9℃で、前回より1～2℃低下したが、日変動はほとんど認められなかった。また地表面温度は、無積雪のため太陽放射の影響を直接受け、4日は約6℃、5日は約5℃の日変動を示した。



12月下旬における測定結果は、図3に示すとおりであった。すなわち、測定日の12月24日は、冬型の気圧配置が強まり、曇天で真冬日となり、翌25日は冬型が少しゆるんで快晴となった（日本気象協会長野センター、1992）。園内の最高気温は2日間とも氷点下で、日中の気温は地上30cmの高さが同100cmに比べて若干高かった。最低気温については、24日は曇天でさほど低下しなく、また変動も少なかったが、翌25日は放射冷却のため、-20℃まで低下した。したがって、25日の地上30cmの高さの気温の変動幅は約20℃、地上100cmでは約17℃で、しかもそれが午前7時から午後1時までのわずか6時間にみられた。筆者は以前にブルーベリーに対する各種防寒資材の保温効果について検討し、冬季の日の出または日没にともなう温度の上昇または下降が急速で、しかも保温性の優れる資材は、むしろ寒害を助長することを認めた（佐藤、1990）。したがって、このような短時間に起る極端な気温変動を軽減するような方策が寒害の発生防止に有効と考えられる。また地温については、設定したいずれの深さにおいても日変動はほとんど認められなかった。しかし地表面温度は無積雪のために太陽放射を直接受け、約8℃の変動幅を示したが、地下5cmではほぼ0℃を保ち、地表では凍結が認められた。なお、地表温度は24日から25日の夜間にかけて約3℃の上昇が認められたが、これは地上の気温が比較的緩慢に低下している点からみて、恐らく一時的に雲が発生したために地表からの放射が妨げられた結果と思われる。

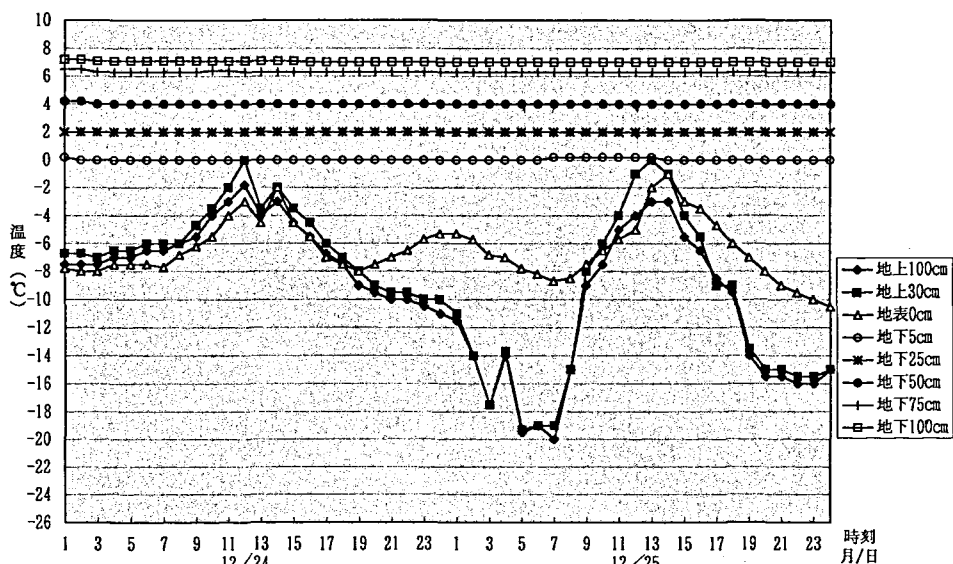


図3. 12月下旬の野辺山高原における果樹園内の気温及び地温の日変動(1992)

図4は翌年の1月17及び18日の測定結果を示したものである。両日も冬型の気圧配置となり、降雪がみられ、積雪深は17日が23cm、18日が17cmであった(日本気象協会長野センター、1993)。したがって、地表面温度は積雪の影響を受けて $-1 \sim -2^{\circ}\text{C}$ とほぼ一定に保たれ、地温もまた各深さともほとんど変動しなかった。しかしながら、地上の気温には大きな変動がみられ、とくに17日の地上30cmの高さでは、13時から22時までの7時間に約 $21^{\circ}\text{C}$ の低下が認められた。しかし翌18日は快晴のために気温が急上昇し、地上30cmの高さで約 $18^{\circ}\text{C}$ の変動を示した。

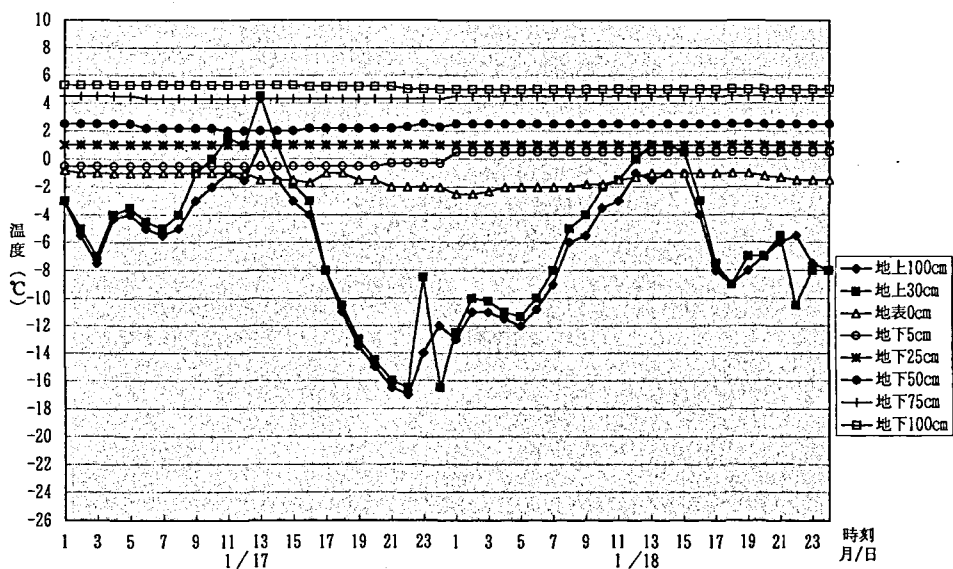


図4. 1月中旬の野辺山高原における果樹園内の気温及び地温の日変動(1993)

2月の1、2及び3日の測定結果は、第5図に示すとおりであった。1日から2日は上空に強い寒気が入りこみ、冬型の気圧配置となり、山間地では降雪がみられた。また3日は東シナ海の高気圧に覆われ、全般に晴れたが、朝の冷えこみは厳しかった。測定期間の積雪深は、1日が49cm、2日が39cm、3日が36cmであった（日本気象協会長野センター、1993）。このような天候条件の下で、1日及び2日の気温変動幅は、地上30cmで約9℃、地上100cmで約12℃と比較的小さかったが、3日は快晴となり、放射冷却のため気温の下降が激しく、また太陽放射による気温の上昇もきわめて急速であった。とくに日変動幅が大きかったのは、地上100cmの高さの気温で、2日の夕方から3日の朝にかけて急速に冷えこみ、約20℃の較差がみられた。しかし3日の朝から正午過ぎにかけては逆に急激な上昇がみられ、わずか6時間ほどの間に約28℃の気温変動が認められた。このような短時間における冷却及び加温速度が植物の生存に及ぼす影響については、すでにSakai・Yoshida（1967）の冬季のクワの皮層柔組織を用いた実験で明らかである。

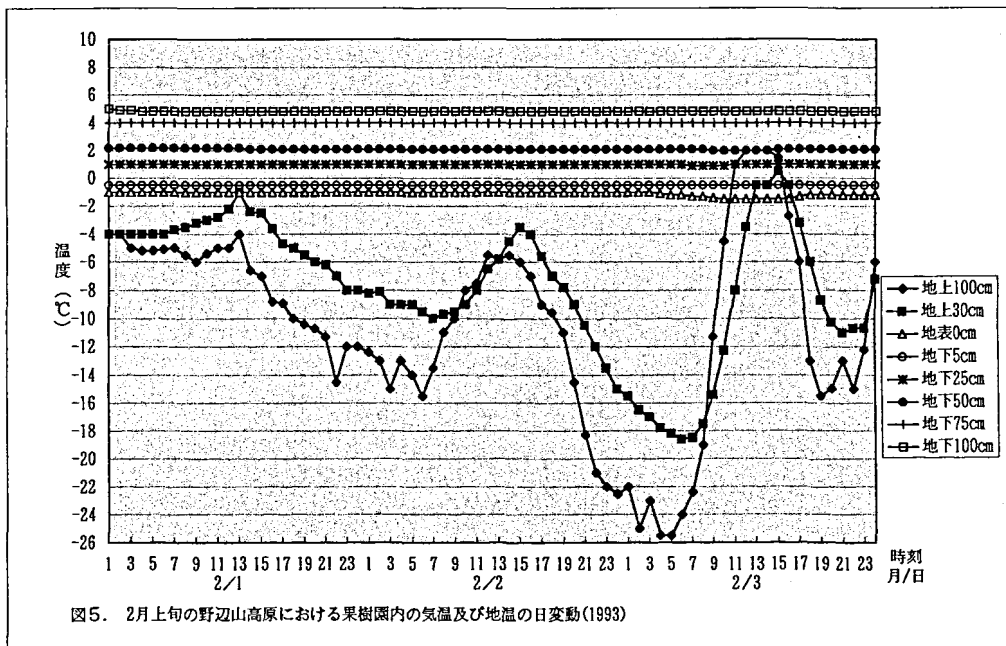


図5. 2月上旬の野辺山高原における果樹園内の気温及び地温の日変動(1993)

図6は本調査園で実験開始前年に発生した凍裂（frost crack）（酒井、1982）による樹幹の被害状況を示したものである。凍害に対する抵抗性は樹幹の地際部が最も弱く、しかもこの部分が夜間に最も冷却されやすいため、凍害は幼齡樹の地際部近くに選択的に起きやすいとされている（中川、1987；酒井、1967）。またリンゴの腐らん病は、凍害の被害部から病原菌が浸入して被害を助長し、枝を枯死させる場合が多いといわれる（中川、1978；田中、1986）。本調査園及び周辺のリンゴ園においても夏季の枝梢に本病害の発生が多く認められた（図7）。また、凍害が原因と考えられる胴枯性病害は、同園内のリンゴ、スモモ、モモ、ナシ、オウトウなどでも認められた。

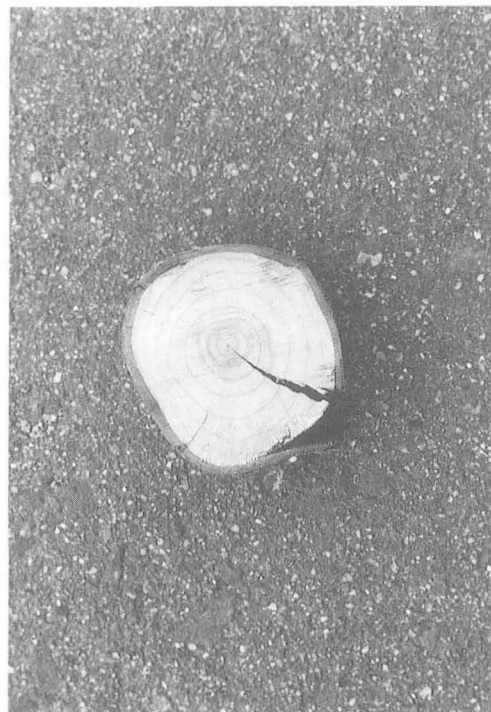
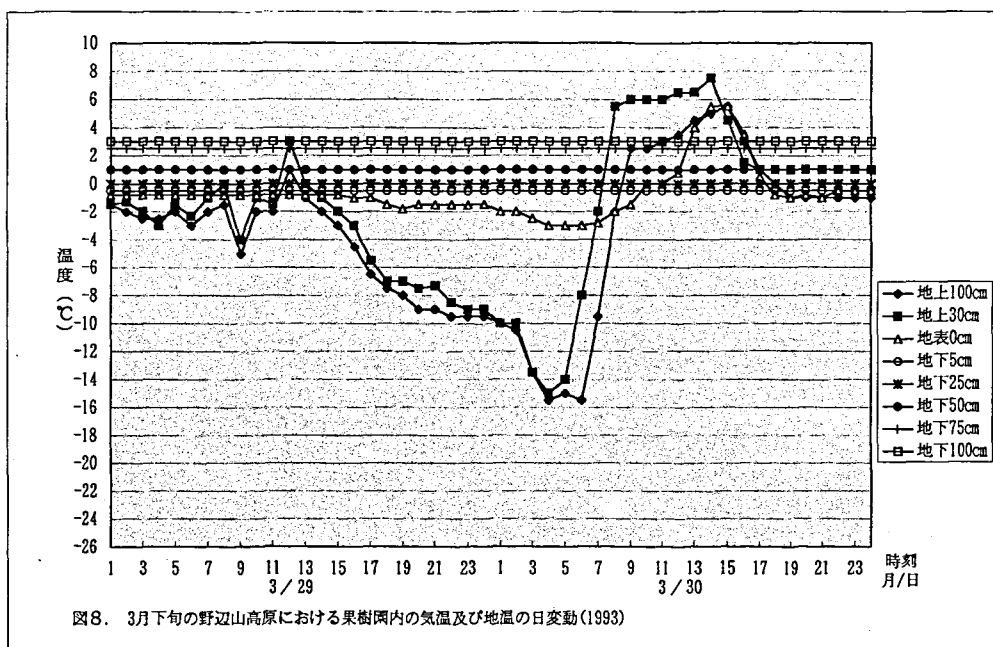


図6. 野辺山高原のスモモに発生した凍裂の被害状況（左は枯死樹。品種：ソルダム，中央は回復樹，品種：シュガーブルーン，右は枯死樹の主幹横断面）



図7. 野辺山高原のリンゴ園に発生した腐らん病による枝梢の被害状況

図8は野辺山地域ではまだ晩冬にあたる3月下旬の気温及び地温の変動を示したものである。3月29日は日本海に真冬並みの寒気が流入して、山間部では一部で降雪があったが、午後からは移動性の高気圧に覆われて晴天となり、そのまま翌30日も晴天であった（日本気象協会長野センター、1993 a）。したがって、29日の気温は最高と最低の幅が小さかったが、翌30日は夜半から $-15^{\circ}\text{C}$ まで下降し、早朝から急速に上昇を開始した。そのために地上30cmの高さでは $23^{\circ}\text{C}$ 、地上100cmでは約 $21^{\circ}\text{C}$ の変動幅を示した。しかしながら、午後は低気圧の接近で曇天となったため、気温の変動は小さかった。29日は数cmの降雪があり、地表面温度は $-1^{\circ}\text{C}$ 前後に保たれたが、30日は融雪により地面が太陽放射を直接受けたため、気温が急速に上昇した。このような気温の急激な下降と上昇は、春先の移動性高気圧によってもたらされるもので、野辺山地域の晩霜害の危険は、一般に5月下旬まで持続することになる。なお、春先の気温変動と晩霜害発生との関係については、あらためて検討する必要がある。



以上の結果は、一シーズンのみの調査であり、これをもって野辺山地域の冬期間の気温及び地温の変動を代表させることは早計と思われる。とくに調査年の1992～1993年は、いわゆる暖冬年であって（日本気象協会長野センター、1993b）、例年みられる深さ数10cmにわたる土壌の凍結は観察されなかった。

## 摘 要

1. 野辺山高原の冬季果樹園における気温及び地温の日変動を調査するため、地上及び地下100cmの間に8か所にわたって温度計を設置して測定を行った。

2. 11月22日の地上30cmの高さでは、早朝の気温が $-9^{\circ}\text{C}$ まで低下したが、正午すぎには約 $6^{\circ}\text{C}$ まで上昇し、およそ7時間で約 $15^{\circ}\text{C}$ の変動幅を示した。一方、地温については、浅くなるにつれて低下し、変動幅はきわめて小さかった。

3. 12月上旬の気温は11月下旬とほぼ同様の変動を示し、12月24日から翌25日にかけては、地上30cmで $0^{\circ}\text{C}$ から約 $-20^{\circ}\text{C}$ まで低下した。しかしその後は急速に上昇し、わずか6時間後に地上30cmで約 $20^{\circ}\text{C}$ の変動幅を示した。地温は地下5cmの深さで $0^{\circ}\text{C}$ まで低下したが、日変動は示さなかった。

4. 1月中旬は積雪の影響を受け、地表面温度は $-1^{\circ}\text{C}$ ～ $-2^{\circ}\text{C}$ とほぼ一定に保たれ、地温の日変動はきわめて小さかった。しかし気温には大きな変動がみられ、とくに17日の地上30cmでは約 $-17^{\circ}\text{C}$ まで低下し、9時間で約 $22^{\circ}\text{C}$ の変動幅を示した。また翌18日は逆に気温が急上昇し、同じ高さで13時間後に約 $18^{\circ}\text{C}$ の変動幅を示した。

5. 2月上旬は積雪のため、1月中旬と同様に地表面温度は $-1^{\circ}\text{C}$ ～ $-2^{\circ}\text{C}$ とほぼ一定で、地温の変動



も見られなかった。気温については、2月2日の夕方から3日の朝にかけて急速に低下し、地上30cmで約 $-19^{\circ}\text{C}$ 、また地上100cmでは約 $-26^{\circ}\text{C}$ を記録した。変動幅は地上30cmで約 $16^{\circ}\text{C}$ 、地上100cmでは約 $21^{\circ}\text{C}$ であった。

6. 3月29日の正午すぎから翌30日の早朝にかけて、地上30及び100cmとも約 $-15^{\circ}\text{C}$ まで低下し、変動幅はそれぞれ $18$ 及び $17^{\circ}\text{C}$ であった。また30日の早朝から正午すぎにかけて急速な温度上昇がみられ、変動幅は地上30及び100cmでそれぞれ約 $22^{\circ}\text{C}$ 及び $21^{\circ}\text{C}$ であった。

7. 実験園ではスモモに凍裂、リンゴに腐らん病、その他の果樹にも寒害が原因と考えられる胴枯性病害の発生が認められた。

## 引用文献

- 中 川 行 夫. 1978. 霜害と寒害 (羽生寿郎ほか共著) 農業気象学. 141-158. 文永堂
- 日本気象協会長野センター. 1992. 長野県気象月報. 42. 11、12号.
- 日本気象協会長野センター. 1993a. 長野県気象月報. 43. 1、2、3号.
- 日本気象協会長野センター. 1993b. 長野県気象年報. 1993年版.
- 野辺山開拓農業協同組合. 1968. 野辺山開拓二十年史. 1-152.
- Sakai, A. and S. Yoshida. 1967. Survival of plant tissue at super-low temperature. VI. Effects of cooling and rewarming rates on survival. Plant Physiol. 42. 1695-1701.
- 酒 井 昭. 1967. 果樹幼齡木の地際の凍害. 農業及園芸. 42 (11). 1117-1121.
- 酒 井 昭. 1982. 植物の耐凍性と寒冷適応. 269-276. 学会出版センター.
- 佐 藤 幸 雄. 1990. 各種防寒資材の被覆がブルーベリーの寒害発生及び収量に及ぼす影響. 信州大学農学部農場報告. 5. 31-36.
- 佐 藤 幸 雄. 1994a. 長野県の野辺山高原におけるスグリ及びフサスグリの生育相、初期収穫量及び樹体生長の品種間差異. 信州大学農学部農場報告. 7. 51-58.
- 佐 藤 幸 雄. 1994b. 長野県の野辺山高原におけるハイブッシュ・ブルーベリーの栽培適性. 信州大学農学部紀要. 31 (1). 55-62.
- 田 中 弥 平. 1986. 腐らん病 (山口 昭・大竹昭郎 編) 果樹の病害虫・診断と防除. 192-195. 全国農村教育協会.