

## 氷温制御による節水型防霜法の開発と現地実証及び普及

誌名	茶業研究報告
ISSN	03666190
巻/号	117
掲載ページ	p. 41-45
発行年月	2014年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



〈平成25年度日本茶業技術協会・茶業技術賞第52号研究内容の紹介〉

## 氷温制御による節水型防霜法の開発と現地実証及び普及

鹿児島県曾於畑かん水防霜技術チーム

田中敏弘\* (代表)・富濱 毅\*\*・堀口大輔\*\*\*

堀口 俊\*\*\*・堀口泰久\*\*\*・加藤正明\*\*\*\*

\*鹿児島県農業開発総合センター茶業部大隅分場,

\*\*元鹿児島県曾於畑地かんがい農業推進センター (現在:鹿児島県農業開発総合センター生産環境部),

\*\*\*鹿児島堀口製茶有限会社,

\*\*\*\*株式会社日本計器鹿児島製作所

(平成26年4月7日受理)

### 1 節水防霜に取り組んだ背景

茶園における気象災害の中で最も被害が大きいものは凍霜害であり、チャの新芽に凍霜害が発生する温度は、萌芽期が $-2.5^{\circ}\text{C}$ 程度、1~2葉期が $-2^{\circ}\text{C}$ 程度とされている<sup>1)</sup>。

現在、実用化されている防霜法の中では、散水氷結法は最も効果が高いとされている<sup>2)</sup>が、同法による防霜は多量の水を必要としているため、いずれの防霜実施地域でも水源確保に苦慮している。

大規模な畑地かんがい施設の整備が進んでいる鹿児島県曾於地域の志布志市有明町では、防霜に要する水量が連続散水方式より半分程度で済む均等周期の交互間断散水方式(1つのほ場を2区画に分け、100秒間隔で出水と止水を交互に繰り返す)を採用しているが、茶園面積の急速な拡大に伴い、さらに使用水量を削減できる技術開発が熱望されていた。

### 2 節水技術のための新しい知見

我々は、節水を目的に散水量を制御する防

霜法<sup>3,4)</sup>について検討してきた中で、図1に示すように、防霜のために散水を開始した後も、葉温は下降を続け $-2^{\circ}\text{C}$ 付近まで低下した後に、急速に上昇して $0^{\circ}\text{C}$ 付近で安定するといった事例を数多く確認していた。これまで、この散水初期の葉温低下は、散水量の不足や散水の不均一性のために起きていると考えられてきたが、防霜中に茶園の樹冠面上

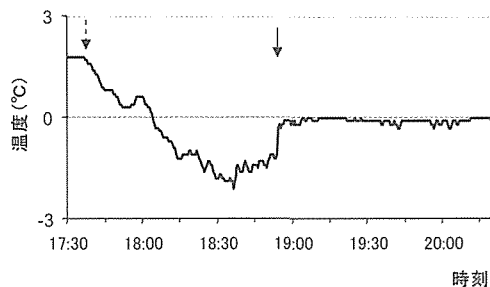


図1 散水による防霜開始直後の葉温変化

2010年3月10日、鹿児島県志布志市有明町での間断散水(実線)条件下における葉温の推移を示す。

実線矢印は、散水開始後、葉温が急激に氷点まで上昇したことを、点線矢印は散水開始を示す。

\* 〒899-7402 鹿児島県志布志市有明町野井倉946

\*\* 〒899-8102 鹿児島県曾於市大隈町岩川5677

\*\*\* 〒899-7503 鹿児島県志布志市有明町蓬原758

\*\*\*\* 〒899-0302 鹿児島県南九州市知覧町郡5159-1

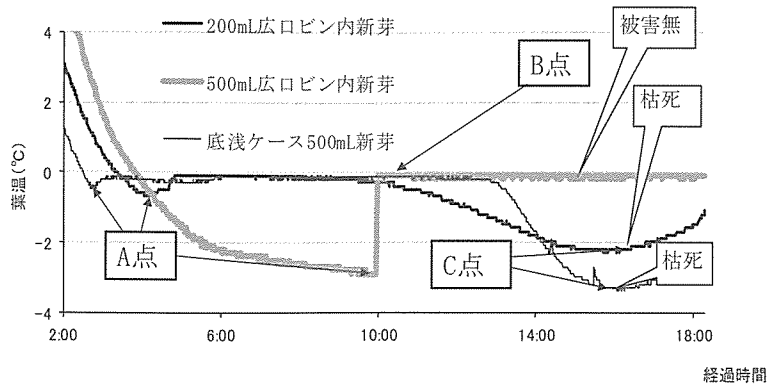


図2 水中の新芽の葉温変化とその後の被害

2008年9月2日，異なる容器と任意の量の水道水を供試し，水中にチャ芽全体が完全に沈むように調整して低温処理を実施した。

A点は氷核形成点，B点は氷点，C点が氷結後最低温度。

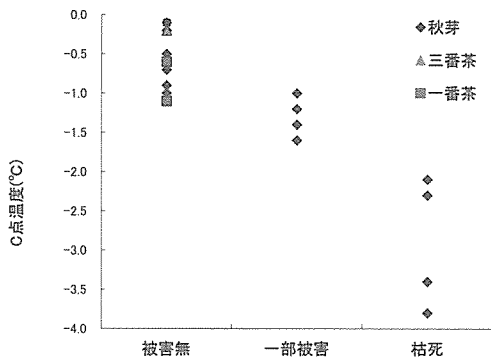


図3 葉温のC点温度（氷結後最低温度）とチャ芽の被害程度

においたシャーレ内で，一時的であるが散水された水が0℃以下の温度でも氷結していない過冷却の状態であることを確認した。

また，水中でチャ芽に被害が発生する温度が明確でなかったため，低温庫内で耐寒性を十分に獲得していないと考えられる三番茶や秋芽を含めたチャ芽を水中に沈めて被害が発生する温度を確認した。低温処理中において，水に沈めたチャ芽の葉温は多くの場合，図2に示した温度推移をたどり，いずれの場合でも氷核形成点（A点），氷点（B点）までに低

温処理が終われば被害発生はなく，水が氷結した後の最低温度（C点）の高低で被害の有無が決まるのではないかと推定された。そこで，C点の温度と被害の有無を確認したところ，図3のように水が氷結後に葉温が-1℃程度より低下しなければ，チャ芽の被害は発生しなかった。

### 3 現地実証試験

#### 3.1 連続散水方式対応型

水が氷結後に新芽に凍害が発生しない温度が明らかになったので，散水を連続で実施する茶園で氷結後に-1℃より高い温度で水温を維持することを目的に，乾電池で稼働する温度対応型の自動散水制御装置NKTYA-2401（株式会社日本計器鹿児島製作所）を改良し，防霜および節水効果を検討した。試験を繰り返すなかで，連続散水対応型の本制御機は，最終的に制御センサーの感温反応を高め，制御センサーの感知温度が-0.3℃以上の温度帯を3分間継続する場合に散水を停止し，-0.4℃以下となった場合に散水を速やかに再開するように設定した。

本制御による現地茶園での実証結果では，

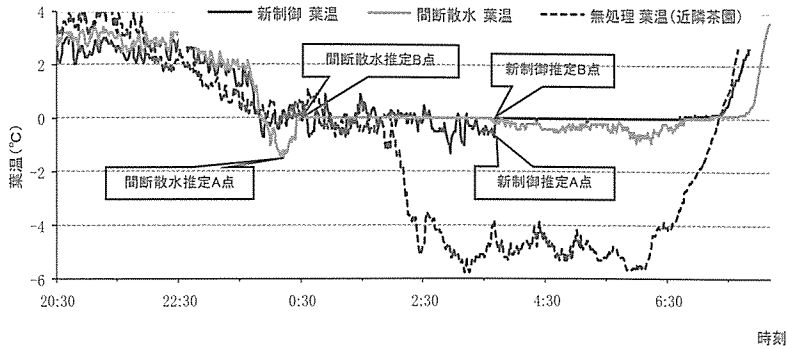


図4 新制御による散水中の葉温変化 (2011年3月25~26日: 志布志市有明町現地試験)

新制御とは、連続散水方式対応型で、散水開始後にセンサーの感知温度が $-0.3^{\circ}\text{C}$ 以上を3分間継続すれば散水を停止し、 $-0.4^{\circ}\text{C}$ 以下になれば速やかに散水を再開する制御方式。

間断散水とは、防霜中は出水と止水の時間が100秒間である均等周期の間断散水方式。

同一茶園(品種: さえみどり)を2つに分け片方に新制御、別の片方に間断散水を配置した。

無処理とは、両散水方式実施茶園の近隣で、防霜を実施していない茶園(同: やぶきた)。

2011年春期の連続して降霜が見られた条件下でも、推定のB点(氷点)以降、葉温を $-1^{\circ}\text{C}$ 以上で保つことができ(図4)、一番茶新芽を凍霜害から守ることができた。また、センサー感知温度が $-0.4^{\circ}\text{C}$ 以下とならない場合、散水量は非常に少なく、2011年の春期を通じた本制御の使用水量は鹿児島県曾於畑地域で普及している100秒均等間断散水方式より23%削減された。樹冠面が氷結している状況では、慣行の制御機は日の出後においても樹冠面の氷が融解するまで散水を続けるが、本制御では慣行に比べ2時間程前に散水を停止したことから、結氷した日の早朝には節水効果が高いことが実証された。

### 3. 2 均等周期交互間断散水方式対応型

100秒間隔の均等間断散水を採用している鹿児島県曾於畑地域の現地茶園で、交互散水方式に応用した制御(以下、 $0^{\circ}\text{C}$ 制御)についても防霜と節水効果について実証試験を行った。 $0^{\circ}\text{C}$ 制御は、茶株面での感知温度が設定温度( $-0.3^{\circ}\text{C}$ )以上にある場合散水を停止し、 $-0.4^{\circ}\text{C}$ 以下では100秒間隔で出水と止水を交互に2サイクル実施(400秒交互散水)

する。この設定温度は、散水された水が氷結後に凍霜害が発生する上限温度の $-1^{\circ}\text{C}$ 以上を維持することを念頭に置いたものである。

実証を行った2011年3月は気温が低く推移し、气象台より霜注意報が18回発令された。降霜日が連続したことから、連日のように散水が実施された。その結果、ファームpond容量が著しく低下し、防霜用水の確保が困難な状況が続いた。

実証期間中の2011年3月26日の早朝は、無散水茶園で葉温が $-6^{\circ}\text{C}$ まで低下するような強い降霜があった(図5)。実証茶園('ゆたかみどり'、萌芽~1葉期)での $0^{\circ}\text{C}$ 制御による葉温の推移をみると、葉温は、まず水の過冷却と考えられる $-2.4^{\circ}\text{C}$ まで低下した後、結氷により $0^{\circ}\text{C}$ まで上昇し、その後は $-1^{\circ}\text{C}$ まで低下することはなかった(図5)。センサー温度も氷結までの時間は長かったものの、ほぼ葉温と同じ推移を示した(図5)。その他の降霜日(センサーの感度を向上させた3月19日以降)においても、 $0^{\circ}\text{C}$ 制御における氷結後の葉温が $-1^{\circ}\text{C}$ より低下することはなかった。

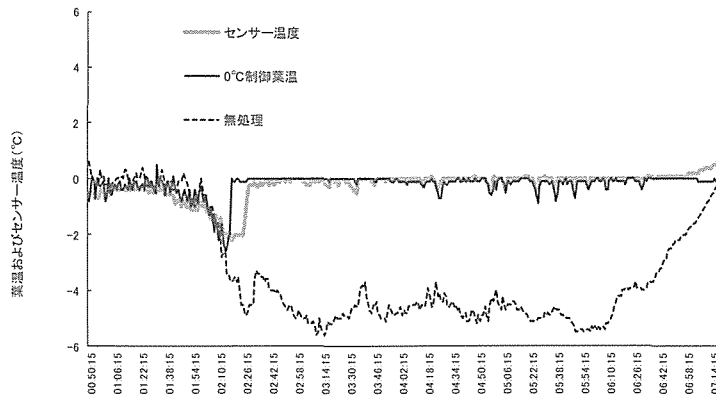


図5 0°C制御による散水中の温度推移（2011年3月25～26日：志布志市有明町現地試験）

0°C制御とは、100秒周期の交互間断散水方式対応型で、散水開始後にセンサーの感知温度が $-0.3^{\circ}\text{C}$ 以上を400秒間継続すれば散水を停止し、 $-0.4^{\circ}\text{C}$ 以下になれば速やかに100秒出水、100秒止水の散水周期を2サイクル実施する制御方式。

無処理とは、図4と同一で、防霜を実施していない近隣茶園。

また、2011年3月～4月にかけて降霜日が連続したが、0°C制御により一番茶摘採時期まで新芽の霜害は認められなかった。なお、実証茶園での一番茶摘採日は4月24日で収量は $513\text{kg}/10\text{a}$ であり、実証茶園と同じ有明町内にある大隅分場での防霜ファンによる防霜実施茶園‘ゆたかみどり’園では、ファンから遠い場所で霜害を受け、4月19日の摘採で収量は $401\text{kg}/10\text{a}$ であった。

0°C制御実証期間中（3月22日から28日）の使用水量は、慣行の交互散水制御の43.0%と非常に少なかった。

以上、本研究では、水が過冷却の状態であれば、氷点以下の低温になっても新芽に凍害は発生しないことが明らかにされた。また、水が氷結後に凍霜害が発生しない温度域で葉温を制御する新しい節水型防霜法は、実用性が高いことが確認された。

#### 4 0°C制御の現地への普及と使用時の指導

2011年9月16日、曾於南部土地改良区と有明町茶業振興会は、茶農家に現在の水利用状況と見込みを説明する合同研修会を開催し

た。また、曾於畑地かんがい農業推進センターは、0°C制御の利点や留意点について現地ほ場での実演会や水利用組合班長会で茶農家に周知を図った。

有明町茶業振興会では、節水に関しては全茶農家で取り組む必要があるとの認識から、受益茶農家全体で0°C制御の導入を進めることを決定した。2012年3月時点で、有明町内に845台（茶園面積約300ha）の散水制御機に0°C制御が導入された。

0°C制御は平坦茶園では防霜効果があり節水効果が高いが、傾斜地などで茶園内に温度較差がある場合、一番茶新芽が凍霜害を受ける可能性が考えられた。散水制御機NKTYA-2542-S（株式会社日本計器鹿児島製作所）はスイッチで0°C制御と交互散水制御を切り替えることができる。そこで、チャ芽の生育ステージ、耐凍性、畑かん用水を供給するダムからの期別最大取水量および茶園の立地を考慮し、0°C制御と交互間断散水制御の使用方法を茶農家に提案した。この使用方法に従い、2011年11月の秋冬期防霜から0°C制御の使用が開始され、2012年の春期はフ

ームポンドの水不足は発生せず，0℃制御による霜害の発生はなかった。

### 5 0℃制御普及への協力体制

0℃制御の開発から普及には，研究機関，普及機関，民間企業，実証農家および地域の関係者が参加し，それぞれの役割を分担しつつ有機的に連携し，約2年という短期間での技術の普及が図られた。これは，2011年3月2日から12日及び3月22日から31日にそれぞれ10日間以上降霜危険日（散水日）が連続したという気象的な背景に加え，茶農家からの節水に対する大きな要望に対応できるタイムリーな技術開発があったことが大きな要因と思われる。

茶農家は0℃制御の導入にあたり，制御機1台当たり16,000円の改造費を支出している。茶農家は多大なコストを節水のために費やした。このような多大な出費が可能であったのは，研修会や実演会等を通じて，節水は地域全体で取り組む必要があるとの共通認識が生まれたことが重要であったと考える。

### 6 引用および関連文献

- 1) 岩浅潔編(1994)：茶の栽培と利用加工. 養賢堂, pp.245-247.
- 2) 岩浅潔編(1994)：茶の栽培と利用加工. 養賢堂, p.250.
- 3) 田中敏弘・折田高晃・上園 浩・菅野正道・加藤正明(2008)：チャ樹冠面温度により散水間隔を変える節水型の散水氷結防霜法の検討. 茶研報, No.106, 1-14.
- 4) 田中敏弘・富濱 毅・堀口大輔・堀口 俊・徳田明彦・勝田雅人・美座芳江・加藤正明(2012)：水が氷結後にチャ芽に凍霜害が発生しない温度域で葉温を制御する節水型防霜法の実証. 茶研報, No.113, 11-26.
- 5) 富濱 毅・田中敏弘・堀口大輔・堀口 俊・堀口泰久・加藤正明(2012)：鹿児島県曾於地域における新節水型散水氷結防霜制御「0℃制御」の現地実証と普及. 茶研報, No.114, 45-56.