

# サツマイモ基腐病に対する蒸熱 処理による種イモ消毒技術 標準作業手順書

HP 公開版





# 目次

<b>はじめに</b>	<b>1</b>
本SOPの構成	2
<b>免責事項</b>	<b>4</b>
<b>I. サツマイモ基腐病および蒸熱処理技術について</b>	<b>5</b>
1. サツマイモ基腐病について	5
2. 蒸熱処理技術について	7
(1) 蒸熱処理とは	7
(2) 種イモ・基腐病菌の耐熱性	8
<b>II. 種イモの蒸熱処理の実際</b>	<b>15</b>
1. 種イモの収穫・選別	15
(1) 種イモ収穫の準備	15
(2) 種イモの粗選別	17
2. 蒸熱処理	17
(1) 装置の調整、使用後の保守管理	17
(2) 蒸熱処理の処理プログラム	21
(3) 蒸熱処理装置の操作手順	23
(4) 失敗事例	24
3. 種イモの貯蔵	26
4. 種イモの選別・伏せこみ	27
5. 苗床の観察と罹病株発生の際の対処	28
<b>用語解説</b>	<b>30</b>
<b>参考資料</b>	<b>31</b>

<b>その他の情報</b>	<b>32</b>
<b>担当窓口、連絡先</b>	<b>33</b>

## 「はじめに」

かんしょは青果用、焼酎用、でん粉や菓子加工用など用途が幅広く、日本全国で栽培されています。サツマイモ基腐病は2018年11月に沖縄県で初めて国内での発生が報告され、12月に鹿児島県、翌2019年1月には宮崎県で相次いで報告されました。本病の原因となるサツマイモ基腐病菌（以下、基腐病菌）に感染したかんしょは最初に茎の地際部が褐変します。その後、病徴部位が地上部および地下部へと拡大し、ひどい場合には枯死して収穫が皆無となります。上記3県では、本病の蔓延により地域産業に大きな打撃を受けています。これら地域以外では多発例はありませんが、2023年3月末現在31都道府県で本病の発生が報告されており、地域によらず一層の注意が必要と言えます。

かんしょは前年収穫した種イモを苗床に伏せこんで萌芽した苗をとり、これを本ほに植えて栽培します。基腐病菌に感染したイモを種イモに用いると、そこから育った苗が感染し、感染した苗を植え付けることで本ほで発病します。発病したかんしょからは基腐病菌の胞子が雨水を介して周辺の健全なかんしょに感染を拡げるだけでなく、罹病残渣とともに土中に残った菌が翌年の感染源となります。従って、本病を本ほに「持ち込まない」対策として健全な種イモの確保が第一に重要です。見かけ上健全な種イモでもすでに基腐病菌に感染している場合があるため、慣行では化学合成農薬を用いて種イモの消毒を行いますが、薬液浸漬後の種イモ乾燥や廃薬液の処理が負担となることから、化学的防除に替わる新たな防除技術の開発が課題となっていました。今回、イモ組織に内在する基腐病菌に対して安定した効果が得られる防除対策として蒸熱処理による種イモの消毒技術を開発し、生産現場での活用を推進するために標準作業手順書（SOP）を作成しました。

本 SOP が、基腐病菌を本ほに「持ち込まない対策」としての種イモの蒸熱処理の普及のため、農業指導者および生産者の皆様の理解を深める有効な手引きになることを期待します。

本 SOP は以下の構成になっています。

## 本 SOP の構成

### I. サツマイモ基腐病および蒸熱処理技術について

#### 1. サツマイモ基腐病について

病徴、感染経路等本病の特徴について基本的な事項を整理



サツマイモ基腐病の病徴（茎）

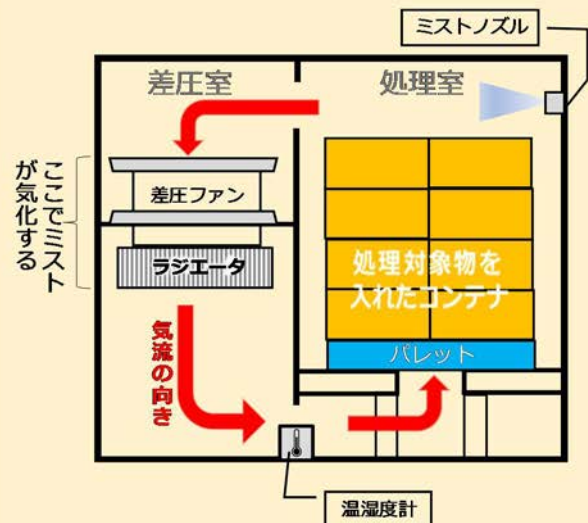


サツマイモ基腐病の病徴（塊根）

生研支援センターイノベーション創出強化研究推進事業（01020C）および戦略的スマート農業技術等の開発・改良（SA2-102N）令和4年度版マニュアル「サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策」より

#### 2. 蒸熱処理技術について

蒸熱処理技術の原理、適用事例種イモと基腐病菌の耐熱性等について基本的な事項を整理



蒸熱処理装置の模式図



## 本SOPの構成（続き）

### II. 種イモの蒸熱処理の実際

種イモ収穫から蒸熱処理、伏せこみまでの一連の作業の中の重要管理点を提示



**収穫**  
優しく扱う



**蒸熱処理**  
貯蔵前推奨



**貯蔵**  
低温は×



**選別**  
伏せこみ直前



**伏せこみ**

種イモに萌芽不良、腐敗等の温度障害をもたらす温度帯と基腐病菌の消毒に必要な温度帯とが近いため、蒸熱処理には厳密な温度管理が必要です。蒸熱処理および処理前後の種イモの取り扱いに不備があった場合には、そのロットの種イモが腐るなどの大きな影響が出ます（本SOPの9、26ページを参照。）。本SOPの技術を実施する際には十分に注意してください。

## 免責事項

- 農研機構は、利用者が本 SOP に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 本 SOP に記載された処理方法や消毒の効果は、鹿児島県と宮崎県のほ場から収穫された種イモを用いた例であり、地域、品種、収穫時期、処理時期、種イモの状態等により変動することにご留意下さい。
- 蒸熱処理は、サツマイモ基腐病に対する種イモ消毒技術として実施しますが、病徴が明らかで感染が進行した種イモに対する効果を認めるものではありません。
- 本 SOP の一部（図表および写真を含む）は、生研支援センターイノベーション創出強化研究推進事業（課題番号 01020C）および戦略的スマート農業技術等の開発・改良（課題番号 SA2-102N）の成果を取りまとめた「サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策 技術者向け（令和 4 年度版）」から、両課題のコンソーシアム事務局（農研機構九州沖縄農業研究センターおよび植物防疫研究部門）より使用許諾を受け、抜粋・加筆修正したものです。他の図表や画像の著作権は農研機構に帰属します。



# I. サツマイモ基腐病および蒸熱処理技術について

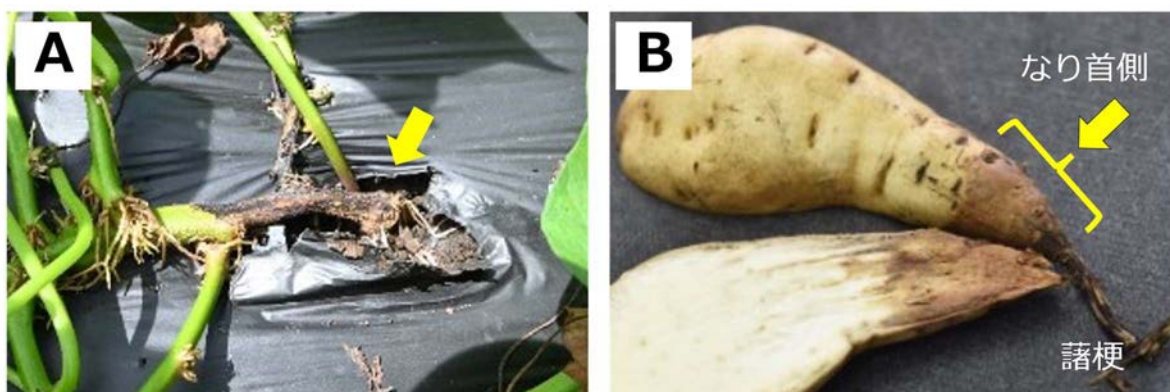
## 1. サツマイモ基腐病について

サツマイモ基腐病（以下基腐病）は、基腐病菌（*Diaporthe destruens*）によって引き起こされる深刻な土壌伝染性病害です。ほ場に苗を定植してから1～2か月程度経つと、地際部の茎基部に暗褐色の病徴を生じます（**図 I - 1 A**）。生育するにつれて病徴部は植物体の上下に進展してゆき、地上部では葉が黄化して枯れ上がるとともに、地下部では病徴が諸梗（しよこう、茎とイモをつなぐ部分）を伝って広がり、イモのなり首側から褐変して腐敗します（**図 I - 1 B**）。感染部位上には黒色の柄子殻を形成します（**図 I - 2 A**）。柄子殻の中で形成された大量の孢子（**図 I - 2 B**）が雨水によって周辺の株へと移動し、感染が拡大します。

基腐病は、連作するにつれて土壌中の基腐病菌密度が高まってゆくため、適切に防除できなければ、年々被害が拡大していきます。また、汚染土壌だけでなく**罹病した種イモや苗が感染源となる**ことから、本ぼでの栽培時における発症ばかりでなく、苗床での育苗時の萎凋や枯死、貯蔵中のイモの腐敗も問題となっており、生産・流通の各過程で総合的な対策が求められています。以降で説明する蒸熱処理は、種イモを通じた感染に対して一定の抑制効果がありますが、**種イモ生産時から対策を講じ、健全な種イモを確保**することが何より重要です。

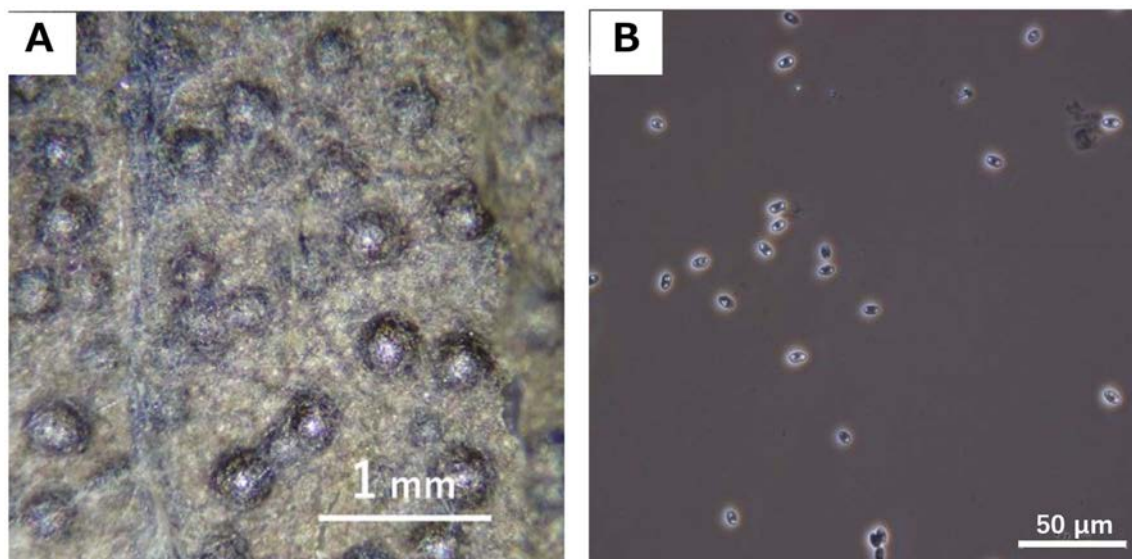
農研機構ではこれまでに他機関と連携してプロジェクト研究に取り組み、「サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策標準作業手順書（参考資料 1）」、「サツマイモ基腐病を防除する苗床の土壌還元消毒技術標準作業手順書（参考資料 2）」や技術マニュアル（参考資料 3）および対策のポイントを解説した動画を YouTube®で公開しています（参考資料 4）。健全種イモの確保を含む総合的な基腐病対策に、これらも併せ

てご利用下さい。



**図 I - 1 サツマイモ基腐病の病徴 A:茎 B:イモ**

生研支援センターイノベーション創出強化研究推進事業（01020C）および戦略的スマート農業技術等の開発・改良（SA2-102N）令和4年度版マニュアル「サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策」より



**図 I - 2 基腐病菌の形態 A:感染組織上の柄子殻 B:孢子**

写真提供：野見山孝司

## 2. 蒸熱処理技術について

### (1) 蒸熱処理とは

蒸熱処理は、生果実に寄生するミバエの卵や幼虫を飽和水蒸気（相対湿度が100%に近い気流）の熱で殺虫する方法として、1910年代にアメリカで研究が始められました。現在、主に東南アジアから日本、中国、韓国、オーストラリア、ニュージーランド、EUがマンゴーやパパイヤ、ドラゴンフルーツ等の生果実を条件付きで輸入する際の輸出国における植物検疫処理法として利用されています。また、かんしょの難防除害虫が発生している沖縄などからかんしょ生塊根を本土などに持ち出す際にも蒸熱処理が利用されています。さらにイチゴ苗に寄生するアブラムシやダニ類などの害虫だけでなく、うどんこ病菌の防除にも蒸熱処理が利用されています。

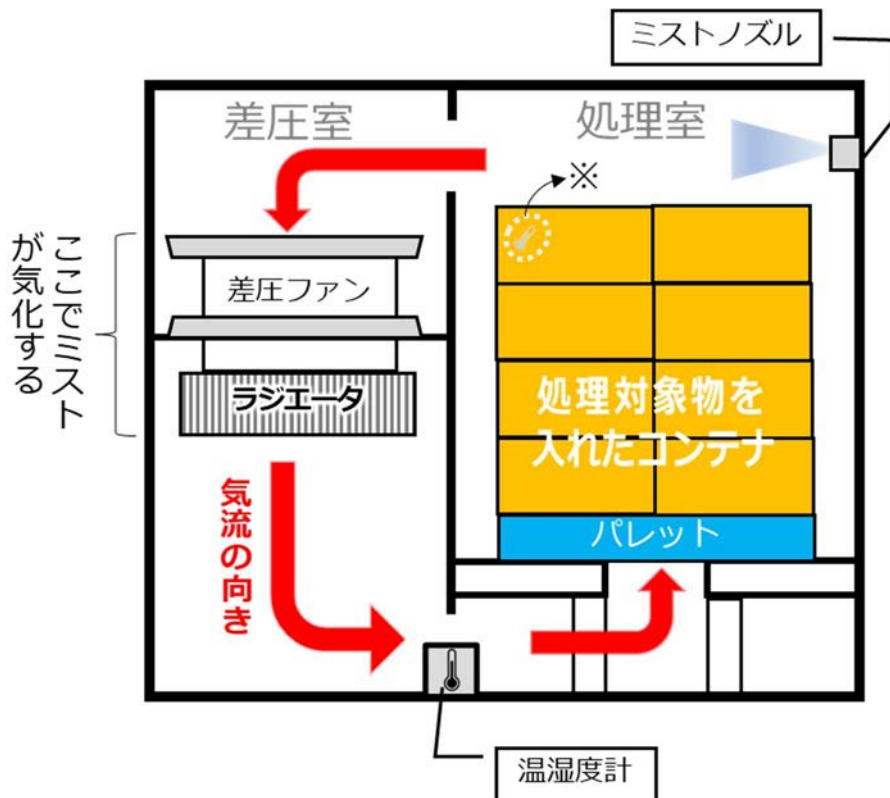


図 I -3 蒸熱処理装置の模式図

※処理対象物中心温度を測定する温度計はコンテナ最上段に設置

蒸熱処理では、飽和水蒸気の気流が処理対象物に当たって結露する際に凝縮熱（➡[用語解説](#)）を与え、対象物の温度を上げてゆきます。蒸熱処理では温度が精密に制御されることと、時間的・空間的な温度ムラが最小限に抑えられることが求められます。そこで蒸熱処理装置は図 I -3 のように、差圧室（左）と処理室（右）の2室に分かれた構造になっており、差圧ファンを利用して空気を強制的に循環することで、気流がむらなく種イモの間隙を通過し、一様に加熱することができます。ミストノズルから噴霧されたミストは、ラジエータにより加熱され水蒸気となり室内を加湿します。処理対象物の表面で水蒸気が結露する際に処理対象物は凝縮熱を受け取り、その温度は露点温度（➡[用語解説](#)）に近づきます。この間、各種センサとコンピュータ制御によって温湿度の精密制御がなされます。蒸熱処理によって処理対象物の表面は濡れた状態になりますが、装置から搬出することで表面の濡れは速やかに解消されます。このとき、気化熱によって処理対象物の温度が下がります。

## （２） 種イモ・基腐病菌の耐熱性

種イモの蒸熱処理では種イモに萌芽不良、腐敗等の温度障害をもたらす温度と基腐病菌の殺菌に必要な温度帯とが近いため、種イモに悪影響を及ぼさず、かつ消毒効果が得られる蒸熱処理条件を慎重に検討しました。すなわち、種イモの蒸熱処理を行う前に、31℃から41℃まで3時間30分かけて徐々に設定温度を上げる順化处理（➡[用語説明](#)）を行った上で、種イモの蒸熱処理の条件を探っていました。

### 種イモの耐熱性

50℃前後の温度はかんしょの生育環境の温度からかけ離れているため、その温度に長時間さらされると萌芽不良、腐敗等の温度障害を引き起こす恐れがあります。種イモ

の耐熱性を品種「ベにはるか」、種イモの適正サイズとされる 200～300 g のイモを用いて検討しました。種イモの順化处理を行った後、48 °Cないし 49 °Cで所定の時間、蒸熱処理を行いました。その結果、49 °Cの温度に 70 分以上さらされると、萌芽せず腐敗するイモが増加しました。一方、48 °Cの温度であれば 120 分間さらされても処理しない場合と比べて萌芽数は変わらず、萌芽への影響は小さいことが分かりました（表 I-1）。

**表 I-1 蒸熱処理の時間の長短が種イモの腐敗率並びに萌芽数に及ぼす影響**

48 °C	無処理	30分	60分	90分	120分
腐敗率 (%)	0	0	5	10	10
萌芽数 (本/個)	2.8	3.2	5.1	4.0	3.5

49 °C	無処理	30分	70分	110分	150分
腐敗率 (%)	0	5	<b>75</b>	<b>60</b>	<b>70</b>
萌芽数 (本/個)	4.9	9.1	3.4	2.6	0.8

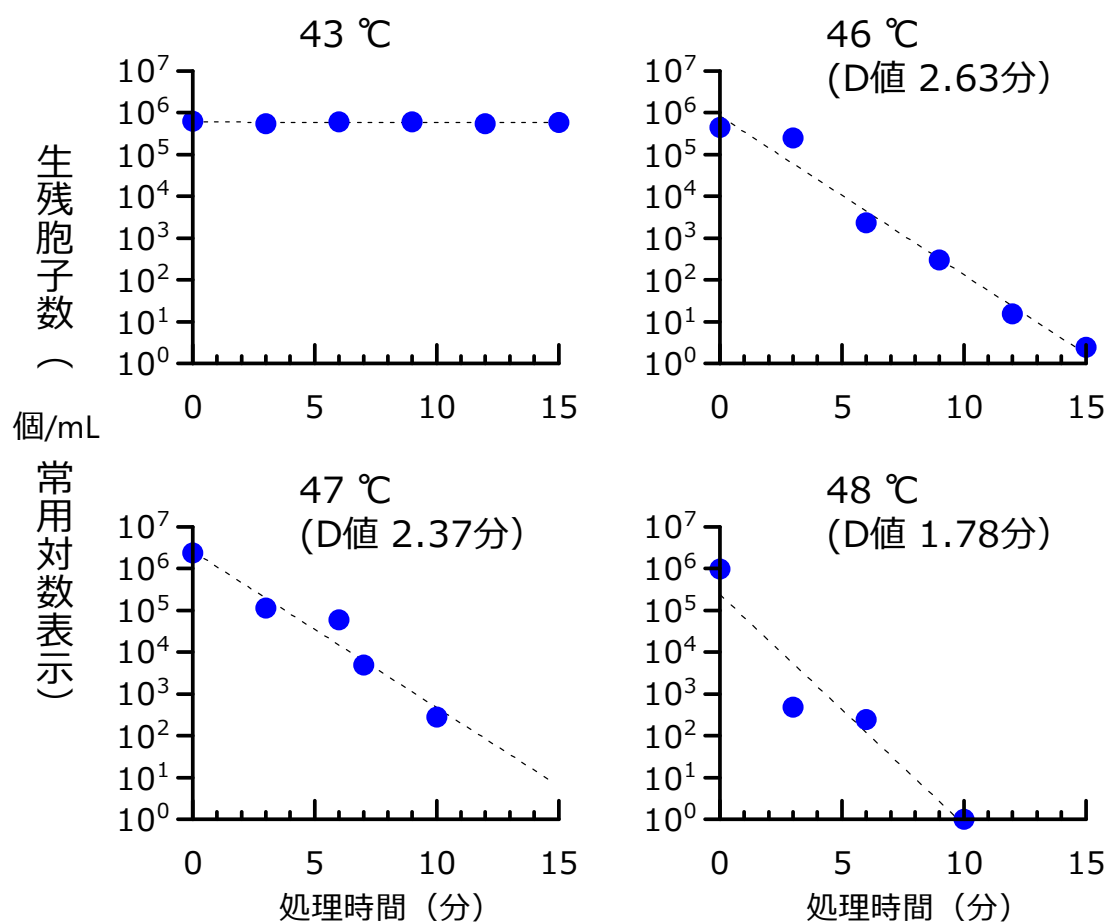
品種「ベにはるか」塊根を無処理区は12個体、処理区は各20個体供試しました。設定温度・時間を変えて蒸熱処理し、1週間保管後にイモ伏せし、およそ4週後に腐敗イモ数と萌芽数を測定し、供試したイモ数で除して、腐敗率と萌芽数を求めました

## 基腐病菌の耐熱性

ある菌を所定の温度で加熱すると、その生残菌数の対数と処理時間の間には一般に直線関係が認められます。その直線関係から所定の温度で加熱した時に、生残菌数を 1/10 にするために必要な時間、“D 値 (分)”を、回帰直線の傾きの逆数を計算することにより求めることができます。



基腐病菌（F3-SP11 株）の孢子懸濁液を用いて温度処理を行い、耐熱性を調べました。F3-SP11 株は、46 °C以上の温度では短時間で生残孢子数が減少する一方、43 °Cでは非常に長時間温度処理しても生残することが示されました（**図 I-4**）。すなわち 43 °C以下の温度では菌の減少は緩やかなので短時間処理での殺菌に適さず、46 °C以上の温度で殺菌効果が期待されました。



**図 I-4 各温度における基腐病菌の生残孢子数の減少速度の比較**

基腐病菌（F3-SP11 株）の孢子懸濁液を用いて温度処理した後、サツマイモ煎汁寒天平板培地（SPA 培地）を用いた希釈平板法（[➡用語説明](#)）にて生残孢子数を計測した（ $n=3$ ）。生残孢子数の常用対数を処理時間に一次回帰させ、直線の傾きの逆数をとって、D値（生残孢子数が  $1/10$  となる時間）を求めた。

さらに菌株の種類を増やし、基腐病菌の孢子懸濁液に対する温度処理が孢子の発芽に与える影響を調べました（表 I-2）。いずれの菌株も、48 °Cでは 15 分、50 °Cでは 5 分以上、52 °Cでは 3 分以上の温度処理で発芽が認められなくなり、生残孢子が確認されなくなりました。

**表 I-2 基腐病菌の孢子懸濁液に対する温度処理が孢子の発芽に与える影響**

温度と処理時間(分) <sup>2)</sup>		菌株 <sup>1)</sup>			
		KM4	SSD01	KNY3-2	TNG04
25°C	20	+	+	+	+
	10	+	+	+	+
44°C	15	+	+	+	+
	20	+	+	+	+
46°C	10	+	+	+	+
	15	+	+	-	+
	20	+	+	-	-
48°C	5	+	+	+	+
	7	+	-	+	+
	10	+	-	+	-
	15	-	-	-	-
50°C	3	+	+	+	+
	5	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
52°C	3	-	-	-	-
	5	-	-	-	-

1) 各菌株の孢子懸濁液が入ったチューブを、所定の温度と時間加熱処理した。処理後、孢子懸濁液の一部をブドウ糖加用サツマイモ煎汁寒天平板培地（SPDA 培地）に塗布し 25 °C、暗所で 10 日間培養した。孢子発芽によりコロニー形成能の有無を確認した。試験は 3 反復行った。2) 表中の + はコロニー形成（孢子の発芽）あり、- はコロニー形成なしを示す。  
生研支援センターイノベーション創出強化研究推進事業（01020C）および戦略的スマート農業技術等の開発・改良（SA2-102N）令和 4 年度版マニュアル「サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策」より転載。



## 基腐病菌の種イモへの人工接種による生残の確認

以上の結果を踏まえて、種イモに基腐病菌を人工的に接種し、その生残を蒸熱処理の温度と時間を変えて検証しました（図 I-5）。まず、孢子懸濁液を種イモ（品種「ベにはるか」、各処理 20 個体）のなり首に接種し、20 °C で 2 日間貯蔵して、見かけ上健全な人工接種イモを準備しました。これらを 47 °C ないし 48 °C で 120 分まで時間を変えて蒸熱処理し、処理後は 20 °C で 12 日間貯蔵しました。



図 I-5 種イモに人工接種した基腐病菌の生残確認方法

一次判定では、12 日間の貯蔵後、目視により病徴である黒変の有無を確認しました。蒸熱処理を行わなかった無処理区の種イモでは、全ての種イモで黒変が認められたのに対し、蒸熱処理を行った種イモでは、処理時間が長くなるに従って黒変を認めない種イモ

が増え、48 °C、90 分以上ないし 47 °C、110 分以上の処理では、20 個体全ての種イモで黒変が認められませんでした。

なり首の黒変が見られる場合は菌が生残したと判断できますが、なり首の黒変が見られない場合においても菌が生残している可能性があります。そこで二次判定として、黒変していないイモのなり首の接種部位からイモ片を切り出し、平板培地上に置床して3週間培養し、菌の再分離を試みました。菌が再分離できなかった場合、菌は死滅したと評価できます。この結果、48 °C-90 分処理、47 °C-100 分処理で菌が再分離されたのに対し、48 °C、100 分以上の処理並びに 47 °C-110 分処理では、菌が再分離されませんでした（表 I-3）。

**表 I-3 蒸熱処理の温度と時間が基腐病菌の生残に及ぼす影響**

	30分	60分	90分	100分	110分	120分
47 °C	+	/	-	+	-	/
48 °C	+	+	+	-	-	-

\*各回20個供試 +：菌分離あり（菌生残） -：菌分離なし /：試験未実施

さらに、人工接種したイモの数を 210 個に増やして 48 °C-100 分処理を行ったところ、202 個体で菌が再分離されませんでした（標本比率 96.2 % ; 母比率の 95 % 信頼区間 93.2~98.1 %）。この結果から、仮に蒸熱処理 1 回処理分にあたる 24 コンテナの中に見かけ上健全な感染種イモが 15 個混じていたとしても、処理後に菌が生残する種イモは最大 1 個程度になると計算できます（ $15 \times (100 \% - 93.2 \%) = 1.02$ ）。

以上の検討から、種イモへの影響を最小限に抑えつつ、見かけ上健全な感染種イモに潜む基腐病菌を消毒する実用的な処理条件として、処理温度 48℃、相対湿度 95% 定温定湿で 100 分間の処理が妥当だと判断しました。

## II. 種イモの蒸熱処理の実際

### 1. 種イモの収穫・選別

基腐病は土壌中の罹病残渣中に生残する糸状菌が原因となる土壌病害です。基腐病菌を本ほに「持ち込まない」対策は本病の防除対策の要です。感染苗による基腐病菌の本ほへの持込を防ぐためには、（ア）種イモ収穫用の専用ほ場を設置して管理する、（イ）茎頂培養苗（バイオ苗）を定期的に導入して種苗を更新する、（ウ）苗床を消毒する、（エ）種苗の選別・消毒を行う—などして、無病健全苗を生産することが必要です。

#### （1）種イモ収穫の準備

基腐病はいずれの生育段階にあるかんしょにも感染・発病する病害です。基腐病が発生したほ場から収穫した種イモは見かけ上健全に見えても、すでに基腐病菌に感染している可能性があり、貯蔵中や翌年苗床に伏せ込んだ後、またはそこから採苗された苗が本ほに定植された後に発病するリスクがあります。また、炭腐病菌、白絹病菌、フザリウム属菌は後述の蒸熱処理の温度では死なないため、これら病原菌に感染しているイモは、蒸熱処理をしても発病を抑えることはできません。従って**種イモは基腐病等の病害が未発生**のほ場から**収穫することが原則です**。なお、種イモは収穫が遅れると貯蔵中に腐敗する割合が高くなります。適期（目安として植付 135 日前後）に収穫するようにしましょう。種イモの収穫はできれば雨天を避けて実施します。種イモが濡れて腐敗しやすくなる上、泥がついて、後述する目視による選別が困難になるためです（**図 II-1**）。

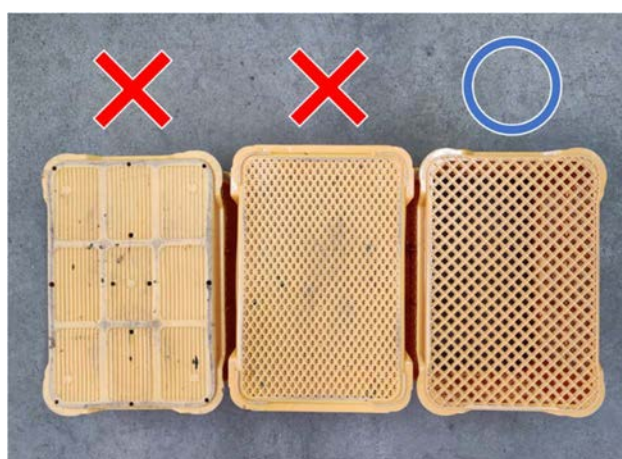
生産現場で使用されている収穫用のコンテナには、底面の構造が異なる数種類があります（**図 II-2**）。蒸熱処理に用いるコンテナは、**底面が全面網目構造である必要が**

**あります。**気流は通風抵抗が少ない箇所を流れる性質があるので、底面の開口率が小さいコンテナ（通風抵抗大きい）が混在するとそちらに入れた種イモには気流が流れにくくなり、消毒効果が不安定になります。

なお、最新の研究では、コンテナの基材であるポリプロピレン、ポリエチレン上で基腐病菌が4か月生残することが分かっています。**収穫に使うコンテナは、使用前に洗浄して土汚れを落とし、感染リスクを下げましょう。**



**図 II-1 泥のついた種イモ**



**図 II-2 収穫に使うコンテナ**

蒸熱処理に適した商品例（サンテナー玉コンB型 104804）



## (2) 種イモの粗選別

種イモには、品種固有の色と形状を備えた無病のものを選びます。よく観察し、**表皮の変色や萎縮、軟化が認められる種イモは除去**します（**図 II-3**）。種イモの大きさは200～300 g 程度のものを使用します。この範囲を大きく外れるイモは萌芽数が少なくなったり、芽の揃いが悪くなったりする傾向にあります。種イモの収穫・調整時の付傷は種イモの腐敗を招きます。**種イモを床に落とす、放り投げる等打撲の原因となる取扱いは厳禁です。**

**種イモ選別後はできるかぎり早期に蒸熱処理を行って下さい。**貯蔵中に病害が進むことを考慮して、貯蔵前に蒸熱処理を行うことをお勧めします。



**図 II-3 種イモの選別**

傷みやすい“イモの両端”を持って軽くひねって、軟化が無いか確認している

## 2. 蒸熱処理

### (1) 装置の調整、使用後の保守管理

種イモの蒸熱処理では基腐病菌の殺菌に必要な温度と種イモに萌芽不良、腐敗等

の温度障害をもたらす温度帯が近いこと、処理装置には**庫内温度を精密に制御すること**と、**時間的・空間的な温度ムラを最小限に抑える**ことが求められます。差圧ファンによる通風では、ファンの吹き出し側と吸い込み側を仕切り、種イモに吹き込む気流の方向を一方通行に制限し、空間的な温度ムラを最小限に抑えます。その効果を高めるためにコンテナ側面をカバーシートで巻いて覆います。コンテナの積み上げ方にデコボコがあったり（**図 II-4**）、種イモの入っていない空のコンテナがあったり、あるいはコンテナとパレットを覆うカバーシートに大きな隙間があったり（**図 II-5**）する場合、そこが気流の通り道（バイパス）となってしまう庫内の温度分布が不均一になる恐れがあります。



**図 II-4 種イモの入ったコンテナの積み上げ方**

1段6箱を4段に積みあげる。積み上げ方にデコボコが無いようにする。  
コンテナに入れるイモの量は片寄りが無いようにする





**図 II-5 コンテナ側面のカバーシート装着**

パレット部分も含めてコンテナ側面がカバーシートできちんと覆われていることを目視で確認する

### **乾湿計のメンテナンス（重要）**

種イモの蒸熱処理では、温度と湿度が正確に測定されていることが安定した処理の前提です。相対湿度の測定には、高湿度域でも正確な測定が可能な乾湿計を用いています。乾湿計は乾球温度計と湿球温度計から構成され、相対湿度は両温度計の温度差により算出されます。

湿球温度計の感温部には専用のガーゼが巻かれ、そのガーゼを湿らすための水を入れるポットが取り付けられています（**図 II-6**）。感温部に巻かれたガーゼの表面から水が蒸発するとき、その周囲の熱を奪いますが、これによって湿球の温度が下がり、乾球と温度差が生じます。空気が水蒸気で飽和していて水が蒸発できない状態のとき、両者の温

度差はゼロとなり、相対湿度は 100 %と算出されます。

従って乾湿計で湿度を正しく測定するには、次のような注意が必要です。ガーゼを湿らすためのポットの水が無くなりガーゼが乾いてしまうと湿度は正しく計算できません。**運転前にガーゼを湿らすためのポットの水が減っていないことを確かめて下さい。**また、ガーゼが汚れたり、固くなったりすると、水の飽和水蒸気圧が変わり、計算上の誤差が生じます。このようなガーゼは新しいものと交換して下さい。ガーゼと温度計の感温部との間に隙間がないようにガーゼを巻いて、**ガーゼがポットから吸水して濡れているのを必ず目視で確かめて下さい。**



図 II-6 乾湿計（右写真は乾湿球の感温部を拡大）

乾湿計のカバーを外して撮影。赤印の温度計が湿球、青印の温度計が乾球である

## 装置使用後の保守管理

蒸熱処理では装置室内に結露が生じます。装置室内は防水されていますが、わずかな隙間から水分が装置内部に入り込みます。処理室床面に泥がたまってしまった場合には都度流水で洗い流します。処理終了後の乾燥が不十分だとカビが発生する原因になるばかりでなく、装置の腐食の原因になりますので、十分に乾燥させて下さい。

水槽・加湿チューブ・タンクなどに水が残ったまま長期間放置すると内部の水が蒸発し、残った石灰分によってガーゼが汚れたり、スケール（水垢）によってノズルが詰まったり、故障の原因になります。処理シーズンが終わったら水が残らないよう十分排水して下さい。

### (2) 蒸熱処理の処理プログラム

本 SOP では、順化処理を含めた処理プログラム（**図 II-7**）として、

- (STEP No.0) デフォルト値として処理開始時の温度を入れる。（ここでは 20℃）
- (STEP No.1) 処理装置室内を 31℃まで暖める暖機運転（ここでは 10 分）
- (STEP No.2) 31℃から 41℃に 3 時間 30 分かけて昇温する順化運転
- (STEP No.3) 41℃から 48℃に 1 時間かけて昇温する移行運転
- (STEP No.4) 48℃定温で 1 時間 40 分運転する定温処理

を推奨します。STEP1～4 を通じて湿度設定は 95 %とします。イモの中心温度は STEP4 の開始時点で 44℃前後まで上昇し、STEP4 の開始から 60 分前後で 48℃に到達します（**図 II-8**）。

処理の開始から終了まで 6 時間 20 分、処理終了後約 60 分の冷却運転を含めておよそ 7 時間 20 分かかることになりましたが、順化運転の時間を短縮できないか研究を進めています。



図 II-7 プログラム設定

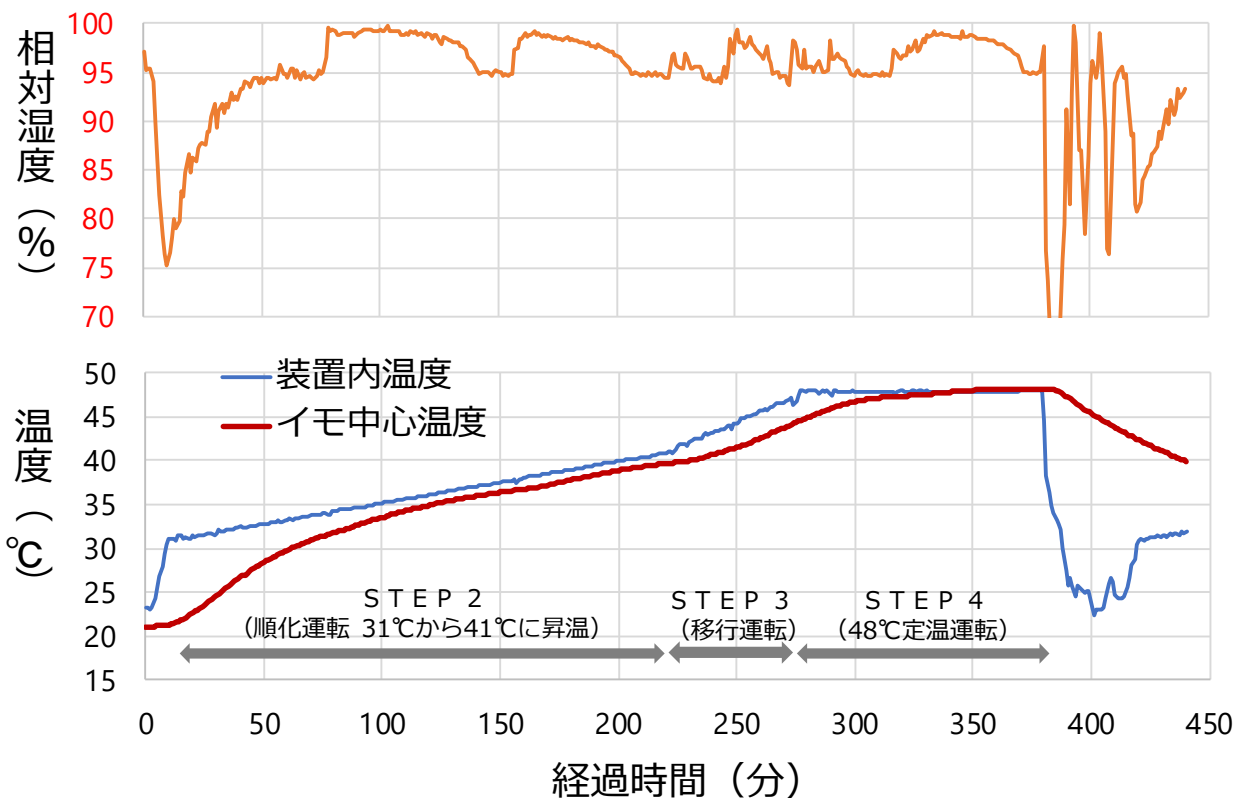


図 II-8 推奨する処理基準で運転した時の装置内温度とイモ中心温度の経過 (事例)

### (3) 蒸熱処理装置の操作手順

基腐病用蒸熱処理装置（三州産業株式会社製 V T -24 K）を例に操作手順を示します。

- ① パレット（三甲パレット D2-1111 か同型品）にコンテナを 1 段 6 箱、4 段に積み上げ、台車に載せます(図 II-4、5)。コンテナ周りをパレット部分も含めてカバーシートで覆います。
- ② ミスト供給水の水栓を開け、ドレインホースを排水口に差し入れます。
- ③ コンプレッサーのドレイン栓を閉め、蒸熱処理装置の電源を入れます。
- ④ 手動スイッチでミストを発生させ、ミストノズル 2 か所からミストが噴霧されていることを目視で確認します。
- ⑤ 処理室にコンテナを導入し、最上段の種イモ 1 個体の中心に装置付属の温度センサーを設置した後、処理室扉を閉じます（図 II-9）。
- ⑥ 処理プログラム（図 II-7）を呼びだして運転を開始します。  
※当初 31℃までの暖機運転では、装置が冷えている場合に装置室内空気の加熱に加湿が追い付かず相対湿度低下のエラー警告が出る場合があります。暖機運転中の本警告は無視して構いません。
- ⑦ 処理プログラム終了後は、自動的にダンパーが開放され外気が導入されます。処理終了後 30 分間はミスト噴霧しながら通風、さらに 30 分間はミストを止めて種イモが通風冷却されます。この工程は、種イモ表面に常温の気流をあてて、付着した結露水を蒸発させて乾燥させること、さらに、ミストの蒸発による気化熱を利用して種イモを急速に冷却することをねらいにしています。
- ⑧ 装置から種イモを取り出し、種イモを触ってまだ熱を持つ場合は、貯蔵庫に入れる前にしばらく放冷します。種イモの表面が乾いていることを確認し、貯蔵庫へ入庫し



ます。

- ⑨ 処理の経過を後から確認できるよう、装置付属のデータロガーにより記録された処理中の温湿度記録を保管するようにしましょう。

※装置の操作に関する詳細は、装置のマニュアルを参照するか、メーカーまでお問合せ下さい。 三州産業株式会社 営業部（担当者名 古垣）099-269-1821



種イモをつめたコンテナを台車に載せ、周囲をカバーシートで覆った後、処理室にコンテナを導入する

装置付属の温度センサをイモに差し込み、コンテナ最上段に設置する

## 図 II-9 蒸熱処理装置への種イモの導入と種イモへの温度センサ設置

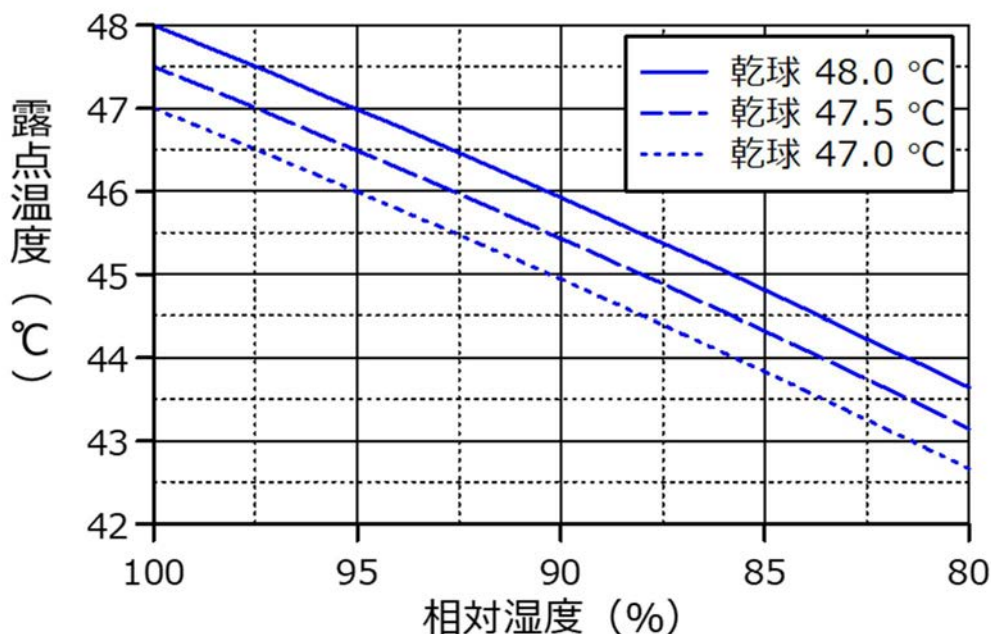
### (4) 失敗事例

#### 種イモの中心温度が上がらない。

蒸熱処理は、装置内を流れる気流の持つ熱と水蒸気の凝縮熱により種イモを加熱します。両者のうち凝縮熱の寄与が大きく、種イモの温度は次第に気流の露点温度に近づきます。気流の露点温度は、気流の湿度（水蒸気の割合）が高いほど、その値は大きくなります。つまり、気流の湿度が高いほど種イモ表面で結露する水滴の温度が高くなり、種イモへの加熱量も大きくなります。図 II-10 には乾球温度、相対湿度と露点温度の関係を示しました。相対湿度が下がるにつれて、露点温度が下がることが分かります。従って、装置運転中は加熱気流の相対湿度が高く維持される必要があります。なお、運転

中に極端に相対湿度が下がると、処理効果が不安定になるだけでなく、乾燥した加熱気流により種イモから水分を奪ってしまい、種イモに障害が発生する恐れがあります。

相対湿度が上がらない、また運転途中で上がらなくなる原因は主に2つあり、ミストノズルからミストが噴霧されていない場合と、運転中の装置周囲温度が低すぎる場合です。前者では、ミストノズルにつながる水栓が開いているかどうか、ミストノズルの噴出口（**図 II-11**）が異物（配管内部で発生したスケール等）の詰まりにより閉塞していないかどうか確認しましょう。後者については、寒冷期（南九州においては12月中旬以降）において装置筐体からの放熱の影響が無視できず、高い相対湿度の維持が難しいことが原因と考えられます。寒冷期（特に夜間・早朝）の運転は避けた方が良いでしょう。前述と重複しますが、湿球温度計の水分不足、ガーゼの取り付け不良が無いように注意願います。



**図 II-10 乾球温度、相対湿度と露点温度の関係**

水蒸気圧の算出には、Hyland-Wexlerの実験式、露点温度の算出には、Peppers (1988) の式を用いた



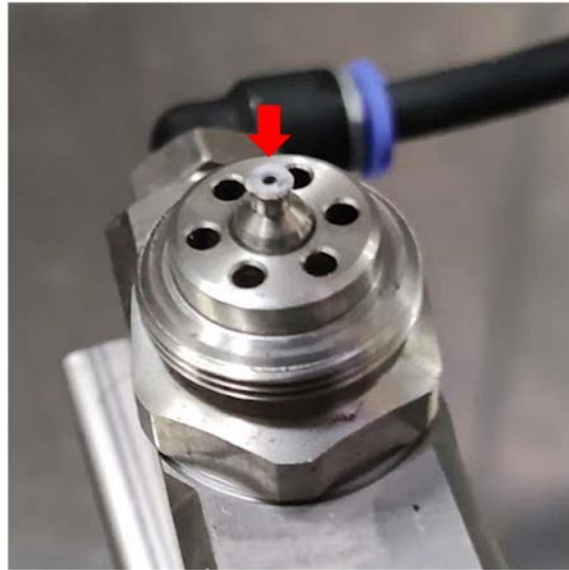


図 II-11 ミストノズル噴霧口の閉塞

写真では噴霧口にスケール（水垢）が析出し白くなっている

### 3. 種イモの貯蔵（重要）

かんしょの貯蔵条件は一般的に温度  $13 \pm 1$  °C、湿度 90～95 %が良いとされています。かんしょは熱帯に起源を持つ作物であるため元来寒さに弱く、低温下の貯蔵により障害が生じます。一般的に **10 °C以下で貯蔵すると低温によりダメージを受け、苗床に伏せこんだ後に腐敗しやすくなります**。一方、15 °C以上で貯蔵すると、萌芽や発根が起こります。また、二酸化炭素濃度にも敏感であるため 3 %以下に保つこと（換気）が必要です。**原料用品種の「コガネセンガン」は特に貯蔵性の悪い品種なので上記の温度条件をよく守って下さい。蒸熱処理直後の種イモは表皮が柔らかく、傷つきやすい**ので、輸送中の振動にも留意すべきです。種イモのトラックでの輸送中に荷崩れを起こしたことで（**図 II-12**）その後腐敗して多数廃棄となった事例もありました。



図 II-12 トラック輸送中の種イモの荷崩れ

#### 4. 種イモの選別・伏せこみ

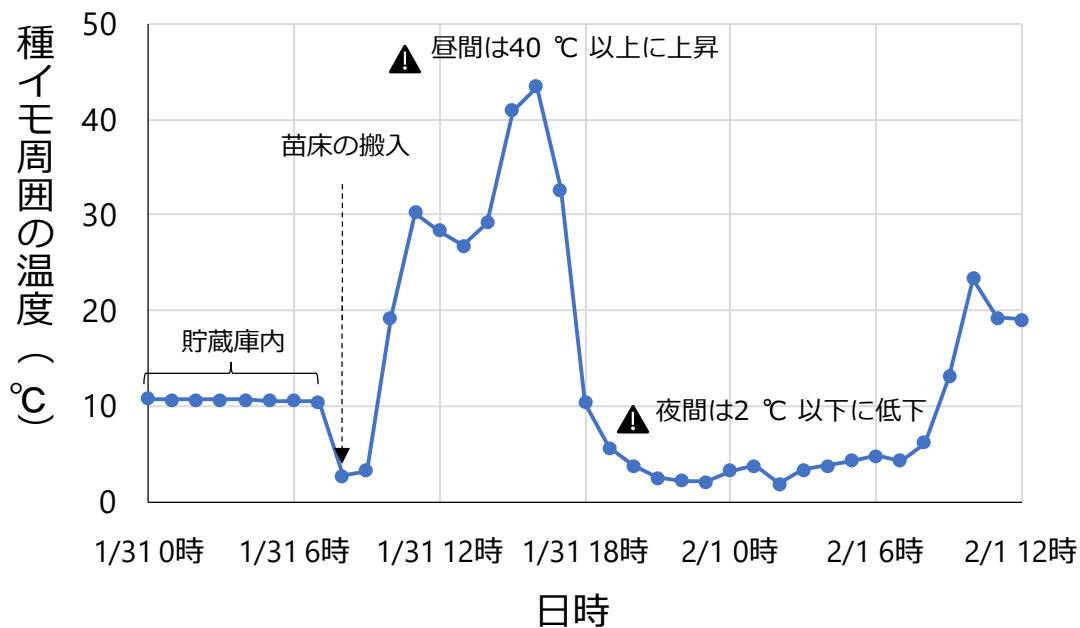
貯蔵庫から搬出した種イモは、再度、選別を行い、腐敗・変色した種イモ（図 II-13）や軟化や萎縮が生じた種イモ等、性状不良のイモを除きます。卓上ほうきを使って土を落とすと、特に赤い皮色の品種で変色した種イモの見分けが付きやすくなります（図 II-14）。伏せこみ前の薬剤浸漬は原則不要です。蒸熱処理した種イモは慣行と同様の間隔で伏せこみます。低温期のハウス苗床は、昼間は高温になりますが、夜間は外気温付近まで低下します（図 II-15）。上述のように、かんしょは寒さに弱い作物のため、伏せこみ作業が終わらず残った種イモはハウス内に放置せず、必ず貯蔵庫に持ち帰りましょう。



図 II-13 腐敗・変色した種イモ



図 II-14 種イモの選別



2023年1月31日から2月1日にかけてイモ伏せを実施（南九州市）

**図 II-15 種イモを苗床に搬入し一晩放置した時の種イモ周囲の温度の変化（事例）**

## 5. 苗床の観察と罹病株発生の際の対処

基腐病に罹病した株は苗床では、巻葉、葉の赤変や黄変、株元の茎の黒変、株の萎縮および種イモの腐敗などが見られます（図 II-16）。基腐病に罹病した株では、株元の茎が変色していない一見正常な萌芽苗でも基腐病菌を保菌しています。異常のある株を見つけたら株ごと速やかに抜取って苗床の外に持ち出し、地域のルールに従って適切に処分して下さい。発病株除去後は、**再発する可能性があるため補植はせず**、抜き取り後の株跡だけでなく周辺株まで薬剤（銅剤）を散布して消毒します。育苗終了後には茎葉や種イモなどの作物残渣を苗床の外へ持ち出し、苗床消毒を行って下さい（参考資料 2）。



巻葉、株の萎縮



葉が赤変、黄変



株元の茎が黒変

## 図 II-16 苗床で見られる異常

生研支援センターイノベーション創出強化研究推進事業（01020C）および  
戦略的スマート農業技術等の開発・改良（SA2-102N）令和4年度版マ  
ニュアル「サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策」より

## 用語解説

**凝縮熱**：凝縮熱とは、気体が液体に状態変化する際に放出される熱を言います。本 SOP においては、水蒸気が結露する際に放出される熱を指します。凝縮熱のエネルギーは 2,383 kJ/kg (約 567 cal/g; 50 °C) です。かんしょ塊根の比熱 (1 kg の塊根を 1 °C 上げるのに必要な熱量) は、約 3.7 kJ/kg/°C なので、熱の損失が無いと仮定すると 1 kg の水蒸気により 100 kg の塊根の温度を 6.4 °C 上げることができます。  
(2,383 ÷ (3.7 × 100) = 6.4) 。

**露点温度**：空気が含むことのできる水蒸気の限界値を飽和水蒸気量といい、温度が高いほど飽和水蒸気量は大きくなり、空気はより多くの水蒸気を含むことができます。一方、空気の温度が下がっていくとある温度でその空気の中に含まれる水蒸気が飽和に達し、凝縮して水滴になります。この時の温度が露点温度で、凝縮した水滴が空中を浮遊する場合には霧や湯気として認識され、物体の表面については結露として認識されます。

**順化处理**：蒸熱処理による高温環境に種イモが生理的に耐えるよう、徐々に温度をあげて順応させる処理を言います。島袋ら (1997、参考資料 5) は、処理庫内温度 31°C から 41 °C まで直線的に 240 分かけて昇温することで、蒸熱処理した塊根にカビが発生することや腐敗することを効果的に抑止できることを報告しています。

**希釈平板法**：希釈平板法とは、微生物の分離法の一つで、調査対象とする試料を無菌の希釈液に合わせて懸濁液を作り、これを適当な割合で希釈し、寒天平板培地に広げて培養するものです。この手法は、生きている菌の数を測定する手法であり、1 個のコロニーは 1 個の菌が増殖し形成したものであると考えます。



## 参考資料

1. サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策標準作業手順書（農研機構）  
[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/laboratory/naro/sop/152513.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/152513.html) 
2. サツマイモ基腐病を防除する苗床の土壌還元消毒技術標準作業手順書（農研機構）  
[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/laboratory/naro/sop/154035.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/154035.html) 
3. サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策（令和4年度版）（農研機構）  
[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/158250.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/158250.html) 
4. 「サツマイモ基腐病」の防除対策について（農研機構 NAROchannel）  
[https://www.naro.go.jp/laboratory/karc/contents/hatasaku\\_area/folder15976/index.html](https://www.naro.go.jp/laboratory/karc/contents/hatasaku_area/folder15976/index.html) 
5. 島袋ら（1997）さつまいもの蒸熱処理—アリモドキゾウムシ, イモゾウムシ, サツマイモノメイガの殺虫及びさつまいもの熱障害—. 植物防疫所調査研究報告. (33): 35-41.  
[https://www.maff.go.jp/pps/j/guidance/r\\_bulletin/pdf/rb033-007.pdf](https://www.maff.go.jp/pps/j/guidance/r_bulletin/pdf/rb033-007.pdf) 

## その他の情報

本 SOP の内容は、生物系特定産業技術研究支援センター「戦略的スマート農業技術等の開発・改良」(JPJ011397)「かんしょ輸出産地を支えるサツマイモ基腐病総合的防除体系の開発」において、九州沖縄農業研究センターおよび植物防疫研究部門による研究成果として得られたものです。

本 SOP で例示した基腐病用蒸熱処理装置 VT-24K は、三州産業(株)が実用新案登録第 3236140 号、意匠登録第 1720661 号、商標登録第 6570474 号の産業財産権を有しています。



## 担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 九州沖縄農業研究センター 研究推進部 研究推進室 広報チーム

q\_info@ml.affrc.go.jp、096-242-7530



「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。