

試験研究成果普及情報

部門	野菜	対象	普及
課題名：加工・業務用キャベツの結球内部障害発生リスクを考慮した定植適地・収穫適期判定法			
<p>[要約] 加工・業務用キャベツの内部黒変症発生リスクは氷点下遭遇日数と結球重により評価でき、各因子の増加によって発生リスクは高まる。積算気温で地域を区分することで、結球内部障害発生リスクを考慮した定植適地・収穫適期を示すことができる。「夢舞妓」は12月中旬の結球重320g以上を確保することで4月中旬まで抽苔を抑えられる。</p>			
キーワード：加工・業務用キャベツ、結球内部障害、抽苔、気象データ			
実施機関名	主 査	農林総合研究センター 水稻・畑地園芸研究所 東総野菜研究室	
	協力機関	千葉大学、全国農業協同組合連合会千葉県本部、君津市農業協同組合、ちばみどり農業協同組合、海匠農業事務所、君津農業事務所	
実施期間	2019年度～2023年度		

[目的及び背景]

加工・業務用キャベツでは定時・定量・定品質が求められるため、地域の気候に適した作付け計画が重要である。結球内部障害は外見では判別できないため、定品質なキャベツの出荷には結球内部障害の発生時期を予測する必要がある。結球内部障害には、1～2月に発生する内部黒変症（以下黒変症）や4月に発生する抽苔がある。黒変症は低温による凍害が原因とされ、内部に黒い斑点が発生する（写真1）。抽苔は4月収穫の作型で問題となる。そこで、黒変症の発生リスクの可視化及び4月どり作型における県内主要品種「夢舞妓」（タキイ種苗（株））の抽苔リスク判断を行う。そして、地域ごとの気象条件や年次による差を考慮した収穫可能時期を提示する。

[成果内容]

- 1 黒変症発生度は、結球表面温度で -3.5°C 以下の遭遇日数に依存する（表1）。結球表面温度 -3.5°C 以下遭遇日は、気象観測による日最低気温が氷点下となるときのほぼ同様である（図1）。
- 2 結球緊度が高まるほど黒変症発生度は高い（表2）。結球緊度は結球重との相関が高いため、簡易な指標として結球重を用いることができる。
- 3 黒変症発生リスクは、氷点下遭遇日数と結球重により評価できる（表3）。結球重は、有効積算温度（生育下限温度は、「夢いぶき」、「夢ごろも」、「夢舞妓」（以上タキイ種苗（株））で 3°C 、「YR冬勝利」（中原採種場（株））で 2°C ）から予測できる（図2）。

- 4 12月～翌年2月の低温遭遇日数増加に伴い、黒変症発生リスクは高まる（図3）。氷点下遭遇日数は年次間差があるため、黒変症発生リスクは年次によって異なる（図4）。
- 5 結球重が重いほど黒変症発生リスクは高い（図5）。
- 6 黒変症発生率には品種間差がある（図6）。
- 7 「夢舞妓」は12月中旬頃に花芽が分化し、結球葉の増加が止まる（データ略）。この時期の結球重を測定することで、結球葉数を推定できる（図7）。「夢舞妓」は12月中旬の結球重320g以上（結球葉数60枚）を確保することで抽苔が抑えられ、4月中旬まで安定的に収穫できる（表4）。
- 8 県内を定植盛期の9月10日から12月末までの積算気温で3地域に区分することで（図8）、結球内部障害発生リスクを考慮した収穫可能時期及び「夢舞妓」の定植晩限を示すことができる（図9）。

[留意事項]

- 1 本情報は128穴セルトレイを用いて試験を行った結果で、育苗方法によって生育が異なる可能性がある。
- 2 栽植密度や土壌条件によって生育が異なる可能性がある。
- 3 抽苔はその年の春季の気象条件にも影響を受けるため、年次によって出荷晩限が異なる可能性がある。

[普及対象地域]

県内全域

[行政上の措置]

[普及状況]

[成果の概要]



写真1 内部黒変症

表1 結球表面-3.5℃以下遭遇日数の違いによるキャベツ内部黒変症の発生

調査日	試験区	結球表面 -3.5℃以下 遭遇日数 (日)	彩音		夢いぶき		夢舞妓	
			結球重 (kg)	黒変症 発生度	結球重 (kg)	黒変症 発生度	結球重 (kg)	黒変症 発生度
12月14日	-	-	1.75	0	2.07	1	1.49	0
2月29日	少遭遇区	0	2.84	4	2.89	4	2.37	3
	中遭遇区	5	2.92	18	2.82	17	2.44	7
	自然遭遇区	20	2.75	22	2.81	36	2.14	15

- 注1) 令和5年8月10日播種-9月8日定植、畝間60cm、株間35cm
 2) ポリエステル製スパンボンド不織布底面吸水マット(フリーウェイ21002BVG、ユニチカ)を60cm幅に裁断して、おおむね16時から9時までべたがけした。少遭遇区は令和5年12月1日~2月15日、中遭遇区は12月28日~2月15日に夜間被覆処理し、自然遭遇区は無被覆とした
 3) 内部黒変症の発生度を以下の式から求めた

$$\text{発生度} = \frac{\sum (\text{発生程度} \times \text{指数別株数})}{(4 \times \text{調査株数})} \times 100$$
 ただし、内部黒変症の発生程度は目視により5段階評価(0:発生なし、1:わずかに発生、2:容易に除去できる程度、3:販売先によってはクレーム対象、4:明らかに販売不能)した

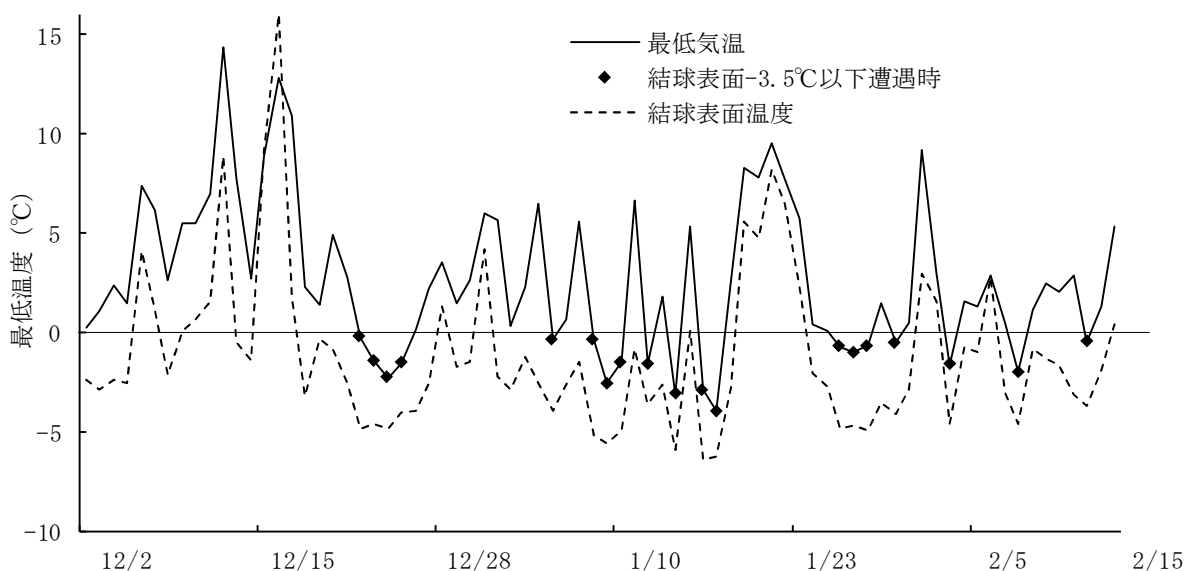


図1 結球部表面の日最低温度及び日最低気温(令和5年度)

- 注1) 結球温度は、結球頭頂部表面にTPE樹脂被覆サーミスタを針金で固定して測定した
 2) 気温は、ステンレス被覆サーミスタを放射シールドで覆って測定した

表2 結球重及び結球緊度による黒変症発生度(令和5年度)

播種日	定植日	結球重 (kg)	結球緊度 (g/cm ³)	黒変症 発生度
8月5日	8月30日	2.5	0.66	16
8月10日	9月5日	1.9	0.62	6
8月15日	9月11日	1.9	0.63	7

- 注1) 「夢いぶき」を用いて、令和6年2月15日(氷点下遭遇11回)に調査した
 2) 黒変症発生度の算出方法は表1注3)と同じ

表3 各モデルにおけるパラメータのp値

品種	モデル	氷点下遭遇日数	結球重	氷点下遭遇日数×結球重	モデル式
夢ごろも	i	0.0350	0.0387	0.8205	
	ii	<0.0001	<0.0001	-	$1/(1+e^{-0.098x1-1.058x2+5.803})$
	iii	-			
夢いぶき	i	0.8178	0.3031	0.7333	
	ii	0.0738	0.0028	-	$1/(1+e^{-0.063x1-1.346x2+7.779})$
	iii	-			
YR冬勝利	i	0.0527	0.1113	0.1107	
	ii	0.0004	0.7270		
	iii	0.0002			$1/(1+e^{-0.265x1+7.562})$

- 注1) 「夢ごろも」は令和2～5年の9作分909株、「夢いぶき」は令和2～5年の9作分945株、「YR冬勝利」は令和4～5年の4作分378株のデータを基に解析した
 2) 出荷可を0、出荷不可を1として2値変数に対するロジスティック回帰式について、3つのモデルについて検討した(モデルi:氷点下遭遇日数×結球重、モデルii:氷点下遭遇日数+結球重、モデルiii:氷点下遭遇日数)
 3) 採用したモデルを太字で示した
 4) モデル式のx1は氷点下遭遇日数を、x2は結球重を、それぞれ示す

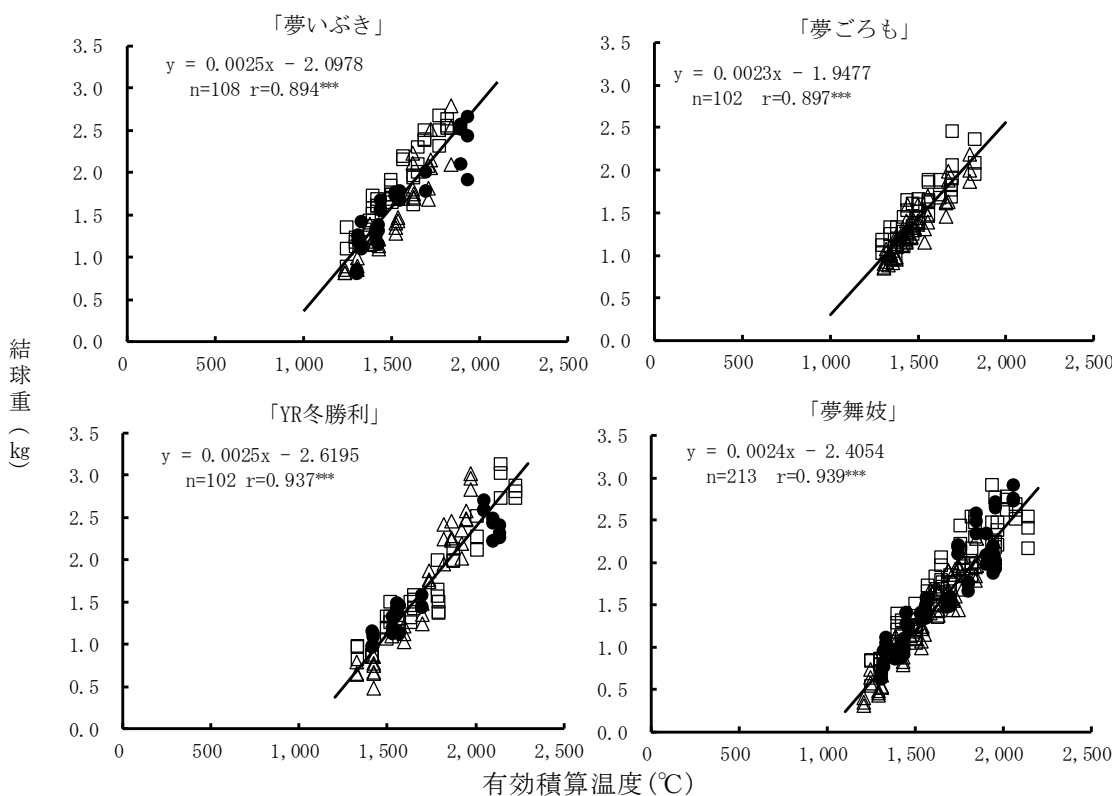
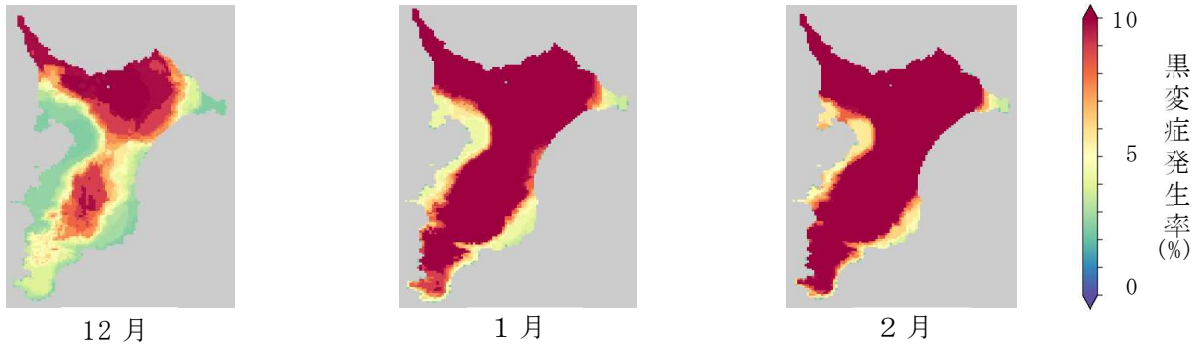


図2 有効積算温度による結球重の予測(令和2～4年)

- 注1) 0～6℃の基準温度を設定し、 Σ (日平均気温-基準温度)と結球重の R^2 が最も高い温度から生育下限温度を決定し、「夢いぶき」、「夢ごろも」、「夢舞妓」は3℃、「YR冬勝利」は2℃であった
 2) 調査は1区6株3反復とし、反復ごとの平均をプロットした
 3) 凡例 ●:令和2年定植、△:令和3年定植、□:令和4年定植
 4) ***は $p < 0.001$ を示す



12月

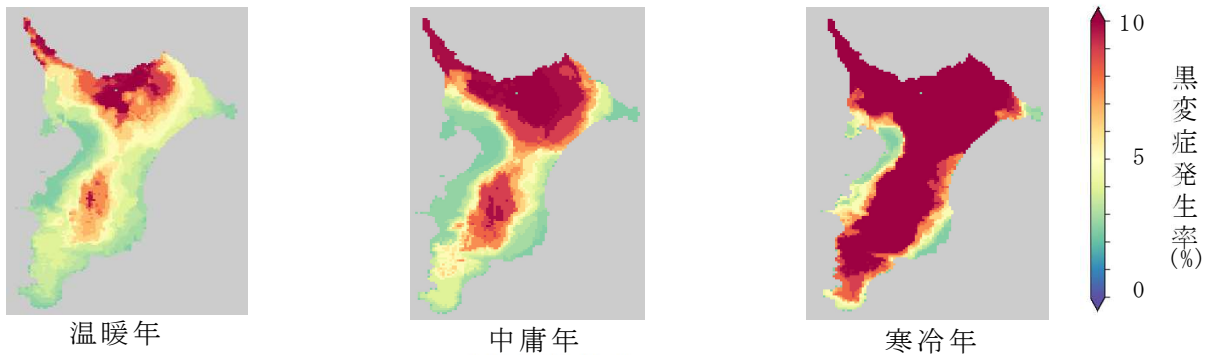
1月

2月

図3 収穫月によるキャベツ内部黒変症発生リスク

注1) 令和4年度作、月末日における結球重2.0kgの「夢ごろも」を想定した

2) $1/(1+e^{-0.098 \times \text{氷点下遭遇日数} + 3.688}) \times 100$ よりメッシュ農業気象データ (NARO) を用いて描画した



温暖年

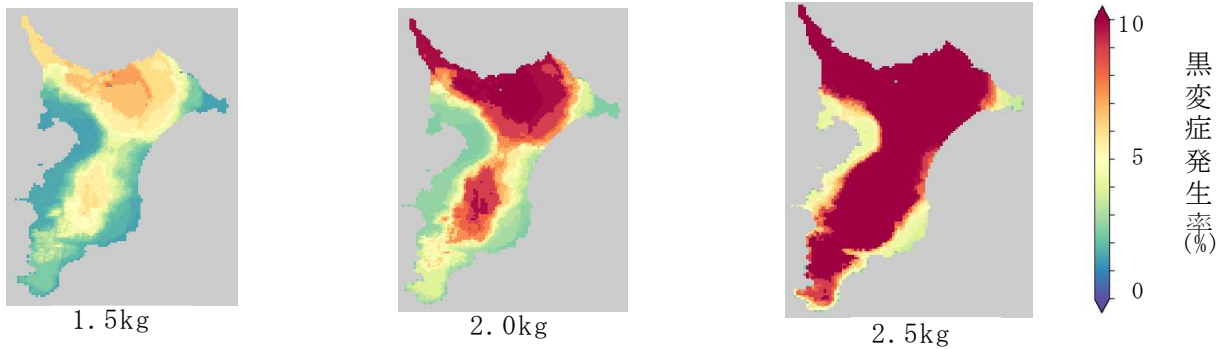
中庸年

寒冷年

図4 年次によるキャベツ内部黒変症発生リスク

注1) 温暖年は平成30年度作、中庸年は令和4年度作、寒冷年は平成29年度作として、12月31日における結球重2.0kgの「夢ごろも」を想定した

2) 描画方法は図3注2)と同じ



1.5kg

2.0kg

2.5kg

図5 結球重によるキャベツ内部黒変症発生リスク

注1) 令和4年12月31日の「夢ごろも」を想定した

2) $1/(1+e^{-0.09786 \times \text{氷点下遭遇日数} - 1.05766 \times \text{結球重} + 5.80332}) \times 100$ よりメッシュ農業気象データ (NARO) を用いて描画した

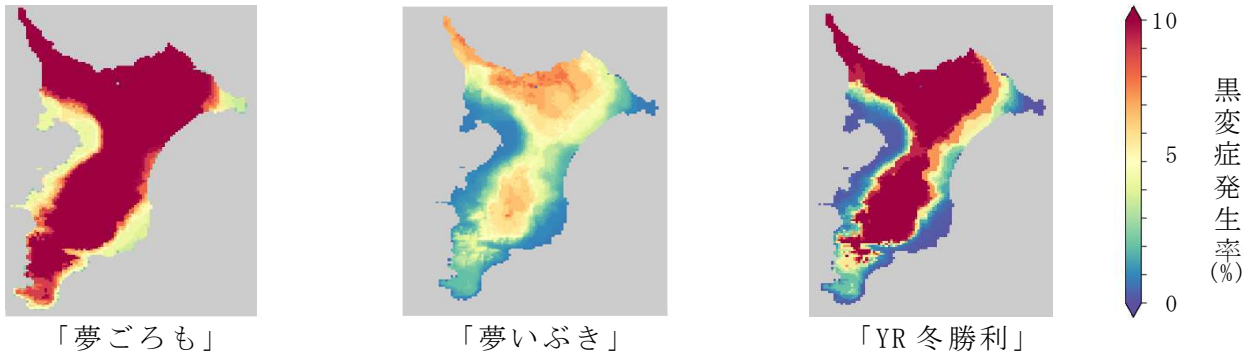


図6 品種によるキャベツ内部黒変症発生リスク

注1) 令和5年1月31日、結球重2.0kgを想定した

2) 「夢ごろも」: $1/(1+e^{-0.09786 \times \text{氷点下遭遇日数} - 1.05766 \times \text{結球重} + 5.80332}) \times 100$ 、

「夢いぶき」: $1/(1+e^{-0.06261 \times \text{氷点下遭遇日数} - 1.34578 \times \text{結球重} + 7.77898}) \times 100$ 、

「YR 冬勝利」: $1/(1+e^{-0.26472 \times \text{氷点下遭遇日数} + 7.56157}) \times 100$ よりメッシュ農業気象データ (NARO) を用いて描画した

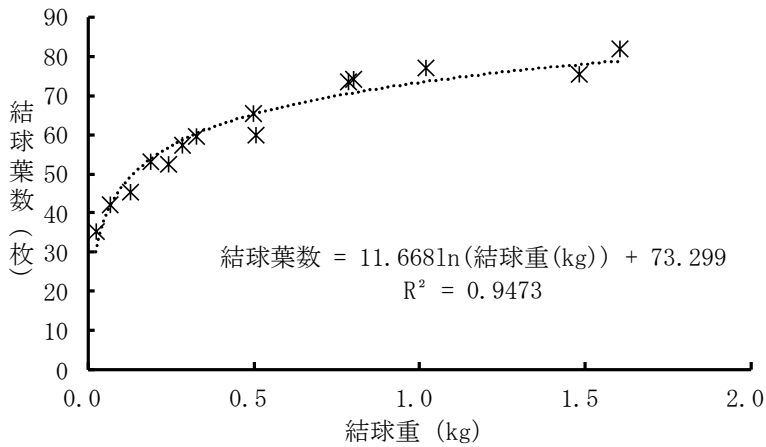


図7 結球重から結球葉数を推定する回帰式

注1) 令和5年8月5日から9月4日まで5日おきに128穴セルトレイに播種し、播種25日後を目安に定植した

2) 各播種-定植日ごとに12月5日及び14日調査の結果の平均を算出し、プロットした

表 4 年次及び播種・定植時期による花芽分化程度（温暖地域、旭市）

試験年	播種日	定植日	12月中旬の 結球葉数 (枚)	収穫時期							
				3月下旬		4月上旬		4月中旬		4月下旬	
				結球重 (kg)	抽苔 程度	結球重 (kg)	抽苔 程度	結球重 (kg)	抽苔 程度	結球重 (kg)	抽苔 程度
令和3年度	8月10日	9月8日	59.3	1.79	2.1			1.86	2.9	2.14	3.7
	8月15日	9月13日	55.7	1.58	2.2			1.78	3.2	2.07	4.1
	8月20日	9月17日	52.3	1.29	1.8			1.61	3.9	1.86	4.3
	8月25日	9月21日	51.4	1.22	1.7			1.56	4.1	1.82	4.7
令和4年度	8月10日	9月6日	69.8	2.34	-			2.36	2.4	-	-
	8月15日	9月10日	65.3	2.42	-			2.70	2.6	-	-
	8月20日	9月16日	63.3	2.25	-			2.54	2.6	2.59	3.7
	8月25日	9月21日	53.0	1.93	-			2.14	2.9	2.39	4.6
令和5年度	8月10日	9月5日	77.0	2.55	1.3	2.92	2.0	2.97	1.9	2.90	2.3
	8月15日	9月11日	73.3	2.20	1.5	3.02	2.1	2.89	2.0	3.00	2.4
	8月20日	9月15日	60.0	2.27	1.4	2.71	2.1	3.15	2.1	3.30	3.4
	8月25日	9月20日	57.3	2.07	1.4	2.61	2.1	2.87	2.7	3.30	3.5
	8月30日	9月26日	52.3	1.96	1.6	2.43	2.4	2.64	3.7	3.00	4.7
	9月4日	10月2日	45.3	1.53	1.3	2.01	2.9	2.46	4.6	-	-

注1) 収穫日は次のとおり

令和3年作 3月下旬：3月31日 4月中旬：4月12日 4月下旬：4月21日
 令和4年作 3月下旬：3月30日 4月中旬：4月14日 4月下旬：4月25日
 令和5年作 3月下旬：3月27日 4月上旬：4月4日 4月中旬：4月15日
 4月下旬：4月25日

2) 抽苔程度は、0：正常、1：わずかに腋芽伸長、2：腋芽伸長、3：腋芽伸長大、4：腋芽伸長甚、5：腋芽伸長甚・花蕾発達とした

3) 12月中旬の結球葉数は、令和3年度は1区6株無反復、令和4年度は1区6株2反復、令和5年度は1区3株無反復の平均を、結球重及び抽苔程度は、令和3、4年度作は1区6株3反復の平均を、令和5年度作は1区9株3反復の平均をそれぞれ示した

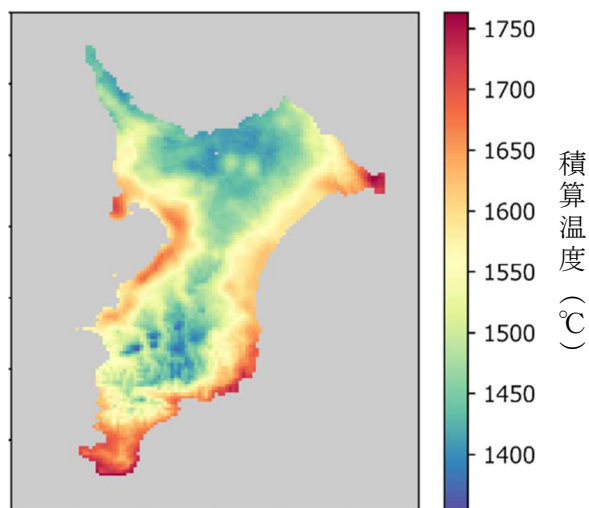


図 8 積算温度による県内の地域区分

注) メッシュ農業気象データから9月10日～12月31日の日平均気温（平年値）を取得し、描画した

地域	気象条件	品種	定植時期	11月	12月	1月	2月	3月	4月
橙 (温暖)	中庸年	夢ごろも	8月第5半旬～9月第1半旬		■				
		夢いぶき	8月第5半旬～9月第3半旬		■				
		YR冬勝利	8月第5半旬～9月第3半旬		■				
		夢舞妓	9月第2半旬～9月第4半旬					■	
	寒冷年	夢ごろも	8月第5半旬～9月第1半旬		■				
		夢いぶき	8月第5半旬～9月第2半旬		■				
		YR冬勝利	8月第5半旬～9月第3半旬		■				
		夢舞妓	9月第2半旬～9月第3半旬					■	
	温暖年	夢ごろも	8月第5半旬～9月第2半旬		■				
		夢いぶき	8月第5半旬～9月第4半旬		■				
		YR冬勝利	8月第5半旬～9月第3半旬		■				
		夢舞妓	9月第2半旬～9月第4半旬					■	
黄 (やや温暖)	中庸年	夢ごろも	8月第5半旬～8月第6半旬		■				
		夢いぶき	8月第5半旬～9月第2半旬		■				
		YR冬勝利	8月第5半旬～9月第2半旬		■				
		夢舞妓	9月第2半旬～9月第3半旬					■	
	寒冷年	夢ごろも	8月第5半旬～8月第6半旬		■				
		夢いぶき	8月第5半旬～9月第1半旬		■				
		YR冬勝利	8月第5半旬～9月第1半旬		■				
		夢舞妓	9月第2半旬～9月第2半旬					■	
	温暖年	夢ごろも	8月第5半旬～9月第2半旬		■				
		夢いぶき	8月第5半旬～9月第2半旬		■				
		YR冬勝利	8月第5半旬～9月第2半旬		■				
		夢舞妓	9月第2半旬～9月第4半旬					■	
緑 (基準)	中庸年	夢ごろも	8月第5半旬～8月第6半旬		■				
		夢いぶき	8月第5半旬～9月第1半旬		■				
		YR冬勝利	8月第5半旬～9月第1半旬		■				
		夢舞妓	9月第2半旬～9月第3半旬					■	
	寒冷年	夢ごろも	8月第5半旬～8月第5半旬		■				
		夢いぶき	8月第5半旬～8月第6半旬		■				
		YR冬勝利	8月第5半旬～8月第6半旬		■				
		夢舞妓	9月第2半旬～9月第2半旬					■	
	温暖年	夢ごろも	8月第5半旬～8月第6半旬		■				
		夢いぶき	8月第5半旬～9月第2半旬		■				
		YR冬勝利	8月第5半旬～9月第2半旬		■				
		夢舞妓	9月第2半旬～9月第3半旬					■	

図9 地域・品種別の定植晩限期及び出荷可能時期

- 注1) 地域は、図8のマップ参照。本図では、最も温暖な赤地域は除外した
- 2) 橙(温暖)は東総野菜研究室(北緯35.7271°、東経140.7201°)、黄色(やや温暖)は農林総合研究センター本場(北緯35.54428°、東経140.18694°)、緑(基準)は畑地利用研究室(北緯35.85953°、東経140.50200°)の条件で検索し、メッシュ農業気象データより過去10年間のデータを入手して平成26年作及び平成29年作を低温年、平成30年作及び令和元年作を高温年、それ以外を中位年として、それぞれで平均気温を求めたのちに結球重1.5kgになる時期を収穫始期とした
- 3) 128穴セルトレイで育苗し、収穫始期は「夢ごろも」及び「夢いぶき」は8月25日に最も早い定植を、「夢舞妓」は9月5日に最も早い定植を想定した
- 4) 色が薄いところは、黒変症発生及び抽苔により出荷ができなくなる可能性があることを示す

[発表及び関連文献]

- 1 令和6年度試験研究成果発表会(野菜部門)
- 2 令和4年度試験研究成果普及情報「加工・業務用キャベツの端境期出荷に対応した

貯蔵技術の確立」

- 3 鈴木ら、有効積算温度を用いた千葉県における加工業務用キャベツの収穫時期の予測、園芸学研究、第 22 巻別冊 1、2023 年
- 4 鈴木ら、キャベツ寒玉系品種における内部黒変症の発生条件、園芸学研究、第 23 巻別冊 2、2024 年

[その他]

本課題は、県単プロジェクト「次世代環境・生育センシング技術と ICT を活用した栽培支援技術の開発及び利用技術の確立（スマート農業プロ）」の一環として行った。