

冬どりハクサイの遅まき新作型開発

高田敦之

Development of a New Winter Cropping System for Chinese Cabbage

Atsushi TAKADA

摘 要

ハクサイは直売品目として不可欠であり、県内の漬物業者向けとしても重要な品目である。神奈川県では、品種や作期の組み合わせにより10月中旬から3月上旬までの連続収穫体系があり、播種限界は9月5日とされてきた。近年、さらに遅まきが可能とされる新品种が民間種苗会社により育成され、新作型による作業の分散化や品質向上、台風被災後のまき直しなどの利用法が期待できる。そこで、本県における9月5日以降の遅まき作型の開発を目的に、作期移動試験、適品種および作型成立の気象条件について検討を行った。その結果、黄芯系ハクサイの早生品種‘ほまれの極み’および中早生品種‘菜時黄’は、低温結球性、耐寒性および晩抽性を有し、9月5日以降にも播種可能であることが明らかになった。‘ほまれの極み’の場合、9月15日播種で12月下旬から1月下旬どり、9月25日播種で1月下旬から2月下旬どりができ、寒害の少ない重さ3~4kgでの収穫が可能であった。また、この遅まき作型が成立する気象条件の目安は、播種から12月末日までの有効積算温度（基準温度：7℃）が‘ほまれの極み’では約650℃日以上、‘菜時黄’では約850℃日以上であった。

キーワード：耐寒性、晩抽性、低温結球性、有効積算温度

Summary

Japanese varieties of Chinese cabbage need to be developed for direct sale and use by pickles manufacturers. In Kanagawa region, continuous harvesting is possible from mid-October to early March using a combination of varieties and cropping seasons, and the latest date for sowing is September 5. In recent years, new varieties for late sowing have been created by a seeds company. We investigated different sowing dates, varieties, and meteorological conditions for a new cropping system entailing sowing after September 5. The expected effects of this new cropping system are wider distribution of work, quality improvement and late-season sowing. The results showed that the early season variety ‘Homare-no-kiwami’ and mid-early season variety ‘Saijiki’ were able to be sown after September 5. These varieties are capable of head formation at low temperatures and have cold resistance and delayed bolting. In the case of ‘Homare-no-kiwami’, crops sown on September 15 reached their harvest time by late December to late January, whereas those sown on September 25 reached their harvest time by late January to late February. These Chinese cabbages reached 3–4 kg in size with little cold injury. We evaluated the meteorological conditions for the establishment of this new cropping system. In the case of ‘Homare-no-kiwami’, the effective cumulative temperature was evaluated as 650°C or more (reference temperature: 7°C) from sowing date to the end of December. In the case of ‘Saijiki’, the effective cumulative temperature was evaluated as 850°C or more (reference temperature: 7°C) from sowing date to the end of December.

Key words: cold resistance, late bolting, low temperature heading, effective cumulative temperature

緒言

神奈川県におけるハクサイ (*Brassica rapa* L. *Pekinensis*) の作付面積は、統計データのある 2013 年産で 156 ha、収穫量は 4,270 t で全国 34 位である (農林水産省 2013)。2003 年産の 182 ha, 7,840 t (全国 27 位) と比較すると、減少傾向が明らかである。しかしながら、直売向けや県内にある大手漬物業者向けの契約作物として重要な品目であり、高品質なハクサイの安定供給が求められている。本県における主要作型は秋栽培および冬栽培である。冬栽培には、収穫まで圃場に貯蔵する冬どり栽培と圃場から持ち出して貯蔵する囲い栽培とがあり、冬どり栽培には暖地型と寒地型がある (渡辺 1996)。寒地型は年内に 80~90% 結球させる方法で、耐寒性が強く晩抽性の品種がよいが、一方の暖地型は遅まきして冬期も生育させる方法であるため、低温伸長性が第一の選択基準となり、晩抽ほどよいとされている (渡辺 1996)。当所では 2000~2008 年度にかけて、作期と品種の検討を行ってきた。その結果、秋栽培では早生、中生および晩生品種を 8 月上旬に播種して 10 月中旬から年内に収穫し、冬栽培 (冬どり栽培・寒地型) では中晩生および晩生品種を 8 月下旬から 9 月 5 日 (限界播種期) に播種し、年内にある程度肥大させ、圃場で貯蔵させて 12 月下旬から 3 月上旬にかけて収穫することが可能とされている (北 2002)。近年、さらに遅まきが可能な黄芯系の早生品種 ‘ほまれの極み’ が育成された (千葉 2016, 井手 2019)。若いステージで越冬し、低温期にも結球が進む暖地型に適した品種であり、従来の寒地型で用いられる 90 日タイプの中晩生品種では抽苔や寒害のリスクがある 2 月下旬から 3 月上旬の収穫をねらった品種である (千葉 2016, 井手 2019)。遅まき栽培の利点として、作業の分散化、寒害や芯の伸長が少ないといった品質面の改善、台風被災時のまき直し対策などが考えられる。遅まき栽培に求められる品種特性は、低温結球性、耐寒性、晩抽性などである。本研究では、これらの特性を有する品種選定、本県に合った遅まき作型の開発および作型が成立する気象条件の解明を目的に検討を行い、いくつかの

知見が得られたので報告する。なお、本報告の一部は、園芸学会平成 30 年度秋季大会で発表した。

材料および方法

試験は、2016~2018 年度、神奈川県農業技術センター内の黒ボク土の圃場 (神奈川県平塚市、年平均気温 15.6°C, 年平均降水量 1,710 mm) で実施した。

1. 供試品種および栽培概況

供試品種、播種日および定植日は、表 1 のとおりとした。10 a 当たり牛ふん堆肥 1 t, 石灰質肥料 100 kg (CaO34%), 苦土肥料 40 kg (MgO25%) を施用し、基肥として成分量 N:P₂O₅:K₂O=20:20:20 kg, 結球始期に追肥として成分量 N:P₂O₅:K₂O=5:0:5 kg, 合計 N:P₂O₅:K₂O=25:20:25 kg を施用した。栽植密度は、畝間 60 cm, 株間 50 cm (3,333 株/10 a) とし、無加温ガラス温室内で育苗したセル成型苗 (128 穴) を本葉 3~4 枚時に 1 条植えた。病虫害防除は、神奈川県発行の「病虫害雑草防除指導指針」に準じて、適宜行った。

2. 作期移動試験

播種期と収穫期の関係を調べるため、表 1 に示した各作期について、収穫適期および圃場で貯蔵できる期間 (1~3 月) に調査を行った。1 年目の 2016 年度は、冬どり栽培の限界播種期を把握するため、9 月 5 日から 10 月 17 日まで 7 回播種し、各作期で品種当たり 5~8 株について不結球株および抽苔株の発生率を調べた。さらに、各年の 9 月 5 日, 15 日, 23~28 日および 10 月 5 日に播種し、各作期で各品種を収穫日当たり 4

表1 作期および供試品種

年度	播種日	定植日	育苗日数	供試品種
2016	9月5日	9月30日	25	ほまれの極み(早生), 菜時黄(中早生), 冬月90(晩生), 勝黄(晩生)
	9月15日	10月14日	29	
	9月23日	10月19日	26	
	9月30日	10月21日	22	
	10月5日	10月27日	22	
	10月11日	11月8日	28	
2017	9月5日	9月22日	17	ほまれの極み, 菜時黄, 黄望峰90(晩生)
	9月15日	10月2日	17	
	9月25日	10月11日	16	
	10月5日	10月27日	22	
2018	9月5日	9月20日	15	ほまれの極み, 菜時黄, 黄望峰90
	9月15日	10月1日	16	
	9月28日	10月10日	12	
	10月5日	10月26日	21	

～6株の2反復について地上部をサンプリングし、結球重や外観品質、球内品質等を調査した。外観品質は寒害や不結球、裂球等を調べた。寒害は、出荷状態の結球部における葉の寒害程度をなし(0)～甚(4)の5段階で評価し、4を出荷不能とした。不結球は、達観による結球部のしまり具合から判断するとともに、結球重が1kg未満の株も不結球に含めた。球内品質は、結球部を1/2に縦断し、芯長、内部障害、抽苔等を調べた。心腐れ症やゴマ症などの内部障害は、発生程度をなし(0)～甚(4)の5段階で評価し、3または4を出荷不能とした。また、抽苔は、芯長が10cm以上とした。可販株率は調査株に対する出荷不能株を除いた結球株の割合から求めた。なお、冬どり栽培では、寒さによる腐敗対策として外葉を球頭部で結束する方法があるが(丸川1972)、県内での栽培が少ないことから行わなかった。

3. 遅まき作型が成立する気象条件

冬どりの新しい遅まき作型が成立する条件として、気象条件と結球株率との関係について検討した。対象とするデータは、2016～2018年度の15作期分とした(表1)。気象データは、所内に設置されている神奈川県農林水産情報センターの値を用い、育苗期間中は温室内日平均温度、定植後は代表地点における日平均温度を用いた。播種から11月末日および12月末日までの有効積算温度の基準温度を0, 4, 7および10°Cとして、各々の有効積算温度と結球株率の近似式を求め、その推定値と実測値との二乗平均平方根誤差(RMSE: root mean square error)および決定係数(R²)を求めた。その結果、推定誤差が最も小さい基準温度における有効積算温度と結球株率との関係を調べ、結球株率が100%となる有効積算温度を求めた。

結 果

1. 作期移動試験

2016年度は、11月の平均気温が平年より低かったが、11月を除く9～2月は平年より高かった(表2)。作期移動試験による不結球株率と抽苔株率を表3に示した。晩生品種の‘冬月90’および‘勝黄’では、9月5日および9月15日播種の不結球株率は0%であったが、9月23日播種の‘冬月90’で50%、9月30日播種以降は両品種とも100%であった。これに対し、早生品種の‘ほまれの極み’では、9月5日～30日播種までの不結球株率が0%、10月5日播種が17%、10月11日播種が57%、10月17日播種が100%であった。中早生品種の‘菜時黄’では、9月5日～9月30日播種までの不結球株率が0%、10月5日播種が17%、10月11日播種が25%、10月17日播種が100%であった。抽苔株率は総じて少なく、9月30日播種の‘菜時黄’、‘冬月90’および‘勝黄’が100%、10月11日播種の‘冬月90’が86%、‘勝黄’が63%であった。収穫物特性は、表4に示した。結球重はいずれの作期においても‘冬月90’および‘勝黄’より‘ほまれの極み’および‘菜時黄’が重い傾向で、9月23日播種では、‘冬月90’が1,219g、‘勝黄’が1,875gであったのに対し、‘ほまれの極み’が2,530g、‘菜時黄’が2,230gであった。寒害、内部障害および裂球の発生はなかった。

2017年度は、9～2月の各月平均気温がすべて平年以下で、特に10月および11月は平年の-1.0°C、12月は平年の-1.3°Cと低かった(表2)。晩生品種の‘黄望峰90’の不結球株率は、9月5日播種が0%、9月15日播種が75%であった。一方、‘ほまれの極み’の不結球株率は、9月5日播種および9月15日播種では0%、

表2 各試験年の月平均気温(°C)

年度	9月	10月	11月	12月	1月	2月
2016	24.2 (+1.0)	18.6 (+0.5)	11.3 (-1.7)	8.7 (+1.4)	5.5 (+1.1)	6.1 (+0.7)
2017	22.6 (-0.6)	17.1 (-1.0)	12.0 (-1.0)	6.0 (-1.3)	4.2 (-0.2)	5.2 (-0.2)
2018	22.0 (-1.2)	17.7 (-0.4)	13.6 (+0.6)	8.0 (+0.7)	4.9 (+0.5)	7.3 (+1.9)
平年 ²	23.2	18.1	13.0	7.3	4.4	5.4

²平年は、神奈川県農林水産情報センター代表地点における10年間平均(2006-2015)を使用した。
()内は平年との差。

表3 作期移動試験における不結球株率および抽苔株率

播種日	調査日	品種	不結球株率(%)	抽苔株率(%)
9月5日	1月18日	ほまれの極み	0	0
		菜時黄	0	0
		冬月90	0	0
		勝黄	0	0
9月15日	1月10日	ほまれの極み	0	0
		菜時黄	0	0
		冬月90	0	0
		勝黄	0	0
9月23日	1月26日	ほまれの極み	0	0
		菜時黄	0	0
		冬月90	50	0
		勝黄	0	0
9月30日	3月17日	ほまれの極み	0	0
		菜時黄	0	100
		冬月90	100	100
		勝黄	100	100
10月5日	2月14日	ほまれの極み	17	0
		菜時黄	17	0
		冬月90	100	0
		勝黄	100	0
10月11日	3月17日	ほまれの極み	57	0
		菜時黄	25	0
		冬月90	100	86
		勝黄	100	63
10月17日	3月17日	ほまれの極み	100	0
		菜時黄	100	0
		冬月90	100	0
		勝黄	100	0

*緩く結球している場合でも、結球重1kg未満は不結球株とした。*芯長が10cm以上を抽苔株とした。

9月25日播種で25%、10月5日播種で100%であった。
 ‘菜時黄’は、9月5日播種は0%であったが、9月15日播種が13%、9月25日および10月5日播種は100%であった。寒害株率は播種期が早いほど多い傾向があり、1月31日収穫では、9月5日播種の‘ほまれの極み’が38%であったのに対し、9月15日播種では13%であった。同様に‘菜時黄’についても9月5日播種が25%であったのに対し、9月15日播種は0%であった。結球重と寒害株率の関係を‘ほまれの極み’について比較すると、9月5日播種では2月22日収穫の結球重が3,322 g、寒害株率100%であったのに対し、9月25日播種では結球重が1,725 g、寒害株率が0%であった。内部障害、裂球および抽苔の発生はなかった。また、9月5日播種における1月31日収穫および2月22日収穫の寒害株率は、‘ほまれの極み’や‘菜時黄’に比べて‘黄望峰90’が低かった。

2018年度は、9~10月の平均気温が平年より低かつ

たが、11~2月までは平年より高めに推移した(表2)。

‘黄望峰90’の不結球株率は、9月5日播種および9月15日播種いずれも0%で、12月18日~2月14日収穫まで寒害や裂球の発生がなかった。これに対し、‘ほまれの極み’の不結球株率は、9月5日~10月5日播種までいずれも0%であったが、9月5日播種では、12月18日収穫で裂球株率13%、2月14日収穫で寒害株率100%であった。さらに9月15日播種では、2月14日収穫で裂球株率50%、寒害株率25%であったが、9月28日播種および10月5日播種については、抽苔、裂球、寒害いずれも発生はみられなかった。‘菜時黄’の不結球株率は、10月5日播種の2月14日収穫が50%であった他はすべて0%で、寒害や裂球の発生もなかった。一方で、9月28日播種および10月5日播種で抽苔の発生がみられた。また、主に心腐れ症を示す内部障害株が‘菜時黄’でのみ発生が認められ、9月5日播種の1月17日収穫で63%、9月15日播種の2月14日収穫で25%、9月28日播種の2月26日収穫で25%であった。

2. 遅まき作型が成立する気象条件

播種から11月末日および12月末日までの有効積算温度と結球株率の関係について、0、4、7および10°Cの各基準温度における二乗平均平方根誤差(RMSE)および決定係数(R²)を表5に示した。結球株率と有効積算温度との関係は、11月末日までより12月末日まででRMSEが小さく、R²が大きい傾向がみられた。さらに、12月末日までの基準温度を7°Cとした場合、‘ほまれの極み’ではRMSEが7.5で最小となり、R²が0.954と最大であった。同様に‘菜時黄’についても、基準温度7°CにおいてRMSEが24.8で最小となり、R²が0.592で最大であった。そこで、基準温度を7°Cとして、播種から12月末日までの有効積算温度と結球株率との関係を図1に示した。‘ほまれの極み’については、有効積算温度が500°C日未満では全く結球せず、500~600°C日未満での結球株率が40%~80%程度、650°C日以上では結球株率100%であった(図1-A)。‘菜時黄’については、500°C日未満では結球しなかったが、500~750°C日では結球株と不結球株が混在し、850°C日以上では結球株率100%であった(図1-B)。

表4 各作期における収穫時期および収穫物特性

年度	播種日	収穫日	品種	結球重 ^z (g)	芯長 (cm)	規格外発生率(%)					可販株率 (%)
						寒害 ^y	内部障害 ^x	不結球 ^w	裂球	抽苔 ^v	
2016	9月5日	12月12日	ほまれの極み	3,124	3.3	0	0	0	0	0	100
			菜時黄	2,628	3.7	0	0	0	0	0	100
			冬月90	2,053	2.7	0	0	0	0	0	100
			勝黄	2,448	3.2	0	0	0	0	0	100
	1月18日	ほまれの極み	3,810	4.1	0	0	0	0	0	100	
		菜時黄	3,738	6.2	0	0	0	0	0	100	
		冬月90	3,136	5.8	0	0	0	0	0	100	
		勝黄	3,851	5.6	0	0	0	0	0	100	
	9月15日	1月10日	ほまれの極み	3,171	3.5	0	0	0	0	0	100
			菜時黄	3,214	5.2	0	0	0	0	0	100
			冬月90	2,240	4.8	0	0	0	0	0	100
			勝黄	2,875	4.8	0	0	0	0	0	100
	9月23日	1月26日	ほまれの極み	2,530	3.3	0	0	0	0	0	100
			菜時黄	2,230	4.7	0	0	0	0	0	100
			冬月90	1,219	3.3	0	0	50	0	0	50
			勝黄	1,875	4.4	0	0	0	0	0	100
	10月5日	2月14日	ほまれの極み	1,920	2.6	0	0	17	0	0	83
			菜時黄	1,526	4.0	0	0	17	0	0	83
			冬月90	—	7.4	0	0	100	0	0	0
			勝黄	—	6.7	0	0	100	0	0	0
	2017	1月10日	ほまれの極み	3,260	3.6	0	0	0	0	0	100
			菜時黄	2,888	4.3	0	0	0	0	0	100
			黄望峰90	3,229	4.8	0	0	0	0	0	100
		9月5日	1月31日	ほまれの極み	3,182	3.0	38	0	0	0	0
菜時黄				2,880	4.2	25	0	0	0	0	75
黄望峰90				3,566	5.8	0	0	0	0	0	100
2月22日		ほまれの極み	3,322	4.0	100	0	0	0	0	0	
		菜時黄	2,994	5.6	100	0	0	0	0	0	
		黄望峰90	3,676	7.0	38	0	0	0	0	63	
9月15日		1月31日	ほまれの極み	2,333	3.0	13	0	0	0	0	88
			菜時黄	1,880	3.8	0	0	13	0	0	88
			黄望峰90	1,377	4.9	0	0	75	0	0	25
9月25日	2月22日	ほまれの極み	1,725	2.2	0	0	25	0	0	75	
		菜時黄	—	—	—	—	100	0	0	0	
10月5日	—	ほまれの極み	—	—	—	—	100	0	0	0	
		菜時黄	—	—	—	—	100	0	0	0	
2018	12月18日	ほまれの極み	5,168	3.4	0	0	0	13	0	88	
		菜時黄	3,963	4.6	0	0	0	13	0	88	
		黄望峰90	5,449	5.7	0	0	0	0	0	100	
	9月5日	1月17日	ほまれの極み	5,326	3.0	0	0	0	38	0	63
			菜時黄	4,206	5.1	0	63	0	0	0	38
			黄望峰90	5,616	6.8	0	0	0	0	0	100
	2月14日	ほまれの極み	4,814	4.3	100	0	0	88	0	0	
		菜時黄	4,365	7.0	100	50	0	25	0	0	
		黄望峰90	5,800	8.3	0	0	0	0	0	100	
	12月18日	ほまれの極み	3,114	2.8	0	0	0	0	0	100	
		菜時黄	3,436	4.0	0	0	0	0	0	100	
		黄望峰90	3,174	4.6	0	0	0	0	0	100	
	9月15日	1月17日	ほまれの極み	3,070	3.3	0	0	0	0	0	100
			菜時黄	3,601	4.9	0	0	0	0	0	100
			黄望峰90	4,216	6.1	0	0	0	0	0	100
	2月14日	ほまれの極み	3,166	4.1	25	0	0	50	0	38	
		菜時黄	3,906	6.8	0	25	0	0	0	75	
		黄望峰90	4,648	8.4	0	0	0	0	0	100	
1月28日	ほまれの極み	2,831	3.2	0	0	0	0	0	100		
	菜時黄	2,935	4.9	0	0	0	0	0	100		
2月26日	ほまれの極み	4,058	5.4	0	0	0	0	0	100		
	菜時黄	4,206	8.4	0	25	0	0	13	63		
2月14日	ほまれの極み	1,395	2.6	0	0	0	0	0	100		
	菜時黄	1,120	3.3	0	0	50	0	0	50		
10月5日	2月26日	ほまれの極み	2,329	4.7	0	0	0	0	0	100	
		菜時黄	1,530	7.8	0	0	0	0	0	100	
		ほまれの極み	2,864	6.0	0	0	0	0	0	100	
3月5日	菜時黄	2,054	13.3	0	0	0	0	100	0		

^z結球重は、不結球株を含まない。^y出荷状態の結球部における葉の寒害程度をなし(0)～甚(4)の5段階で評価し、出荷不能とする4の発生株率。

^x縦断面の観察により、心腐れ症、ゴマ症などの内部障害程度をなし(0)～甚(4)の5段階で評価し、出荷不能とする3または4の発生株率。^w緩く結球している場合でも、結球重1kg未満は不結球株とした。^v芯長が10cm以上を抽苔株とした。

表5 播種後有効積算温度と結球株率の関係

品種	推定誤差 ²	播種～11月末日				播種～12月末日			
		0°C	4°C	7°C	10°C	0°C	4°C	7°C	10°C
ほまれの極み	RMSE	18.7	19.6	24.7	16.0	12.7	12.0	7.5	8.7
	R ²	0.712	0.684	0.496	0.790	0.867	0.881	0.954	0.937
菜時黄	RMSE	30.3	31.0	29.5	29.1	26.3	26.4	24.8	26.1
	R ²	0.392	0.363	0.424	0.440	0.541	0.540	0.592	0.549

²基準温度を0°C, 4°C, 7°Cおよび10°Cとしたときの各期間における有効積算温度と結球株率との近似式を求め、二乗平均平方根誤差(RMSE: root mean square error) および決定係数(R²)を算出した。

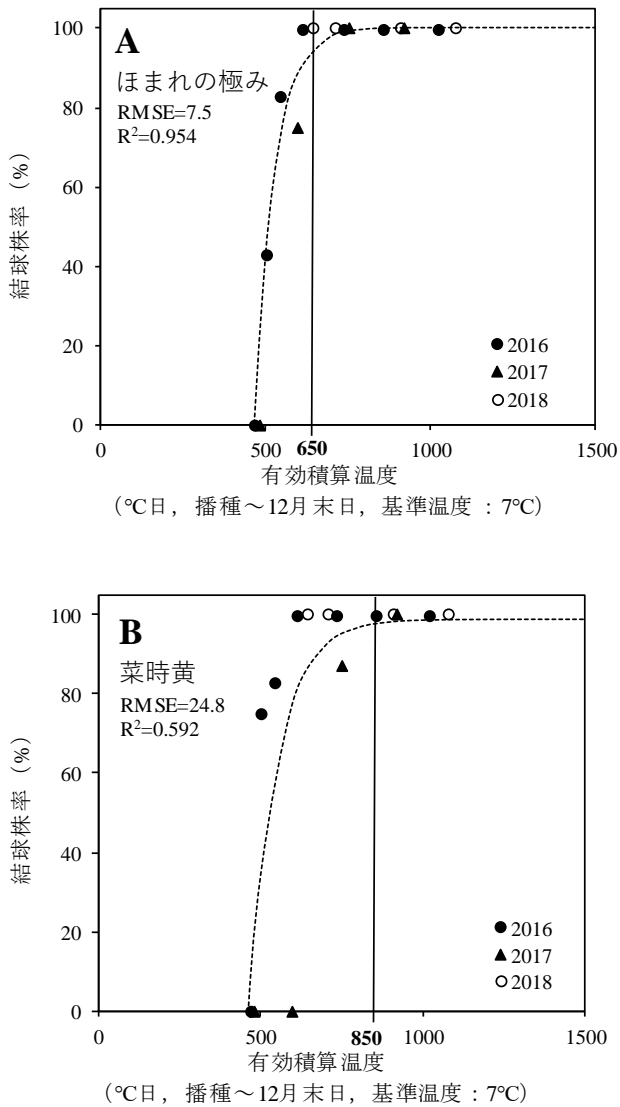


図1 播種から12月末日の有効積算温度と結球株率
 Aの近似式: $y=53.2 \times (1 - \exp(-0.016447 \times (x-506.4)) + 0.879)$
 Bの近似式: $y=53.0 \times (1 - \exp(-0.011409 \times (x-516.7)) + 0.866)$

考察

1. 新たな遅まき作型と適品種

本県におけるハクサイの播種限界は9月5日とされ、

圃場での貯蔵性が高く、抽苔が遅い晩生品種が適品種とされている(北2002)。本研究では、この9月5日を基準として、さらなる遅まきに適した作期および品種について検討した。ハクサイの冬どり栽培には寒地型と暖地型があり、9月5日は寒地型の播種限界といえることができる。これまでに本県では暖地型の栽培が実証された例はなく、新たに育成された品種を用いることによって、暖地型の新作物が成立することが明らかとなった。新しい遅まき作型の播種適期は、2016年度に行った作期移動試験における不結球株の発生状況から判断すると、およそ9月上旬から10月上旬と考えられた。これは、「ほまれの極み」の育成会社が発表している中間地における播種適期が8月下旬から9月下旬であることと概ね同じであった(千葉2016)。この結果を受けて2017年度は、9月上旬から10月上旬まで4回の作期移動試験を行った。2017年度は9～2月の各月平均気温がすべて平年以下となり、特に10月および11月は平年の-1.0°C、12月は-1.3°Cと低く、異常気象ともいえる条件であった。そのため、9月25日に播種した「ほまれの極み」では不結球株率が25%となり、「菜時黄」では100%不結球株となった。「ほまれの極み」の栽培適地の条件は、1～2月の平均気温が4°C以上とされている(千葉2016)。当所の平年値は、1月が4.4°C、2月が5.4°Cで、2017年度においても1月4.2°C、2月5.2°Cであったことから、栽培適地と考えてよい。しかしながら、2017年度のような播種から結球開始までの生育期間が極端な低温条件下では十分に結球しないことがあるため、遅まき作型が成立するためには、年内の気象条件についても目安が必要と考えられた。遅まき作型の再現性を確認するため、2018年度も2017年度と同様に4回の作期移動試験を行った。2018年度は、9～10月の平均気温が平年より

低かったが、11～2月までは平年より高めに推移し、3か年で最も生育が進んだ。9月5日播種でみると、‘ほまれの極み’および‘菜時黄’は晩生品種に比べて結球肥大性が高く、裂球しやすいことがわかった。特に‘ほまれの極み’は低温結球性が高いため、2月14日収穫でも裂球することから、1～2月の低温期であっても収穫遅れに注意が必要と考えられた。‘菜時黄’も‘ほまれの極み’ほどではないが低温結球性を有することから、同様に注意する必要がある。また、2017年度や2018年度の結果に示したように、1～2月収穫では、‘ほまれの極み’や‘菜時黄’を9月5日に播種すると晩生品種より寒害が発生しやすく、遅まきするほど寒害の発生が少ない。五十嵐・大林（1985）がキャベツで試験したところ、結球度と凍害に相関があり、生育が進んだものほど凍害を受けやすいこと、また、キャベツ苗を用いた実験では、10℃以下で耐凍性が増加し低温順化すること（五十嵐 1994）などの報告がある。ハクサイにおいても、厳冬期の最低気温が高く推移し、結球の充実度が進みすぎたときに耐凍性が低下して、凍害を受けやすかったとの報告がある（木村ら 2004）。したがって、9月5日播種に‘ほまれの極み’や‘菜時黄’を用いると、生育が進みすぎて寒害を受けやすくなると推察され、この作期向けには、比較的生育が遅く、耐寒性の強い晩生品種が適していると考えられる。一方、‘ほまれの極み’や‘菜時黄’による1～2月収穫では、9月中下旬播種が寒害軽減の点で適していると考えられる。また、‘菜時黄’は2018年度の一部で主に心腐れ症を示す内部障害株の発生がみられた。心腐れ症はカルシウム欠乏による生理障害であるが、ハクサイでは、結球開始前の土壌含水率低下で発生が多くなるとの報告がある（久山・赤井 2003）。9月下旬から10月上旬に定植した場合は、結球開始までの10月、11月の降雨量が影響すると考えられる。各年の降水量は、2016年10月が79 mm、11月が156 mm、2017年10月が427 mm、11月が47 mm、2018年10月が41 mm、11月が36 mmで、2018年の降水量は明らかに少なかったことから、結球開始前の乾燥条件が心腐れ症発生の一要因となったと考えられる。

以上から、神奈川県において推奨される従来よりも遅まきの新作型について検討し、図3に示した。9月5

日播種には、強い耐寒性を有した晩生品種が適しており、年内に結球させた状態で在圃し、順次1～2月中旬にかけて収穫することが可能と考えられた。一方、遅まき新作型のうち9月15日播種には、低温結球性、晩抽性を有した‘ほまれの極み’および‘菜時黄’が適しており、12月下旬から1月下旬収穫が可能であることが示された（図2）。また、9月25日播種には、特に低温結球性が強い‘ほまれの極み’が適しており、1月下旬から2月下旬に収穫することが可能と考えられた。なお、木村ら（2004）は、晩生品種の9月上旬播種、1～2月収穫の栽培試験で、播種期および定植期を3～5日早めることで生育が促進され、結球の充実期間が長くなることで結球が固くなったとしている。山本・月時（1996）は、ハクサイの育苗日数と苗質について、セル数や育苗時期により異なるとしたうえで、育苗日数10～15日では根鉢形成や草丈、葉数が不十分、20～25日は根鉢、地上部生育ともに適度であり、30日ではやや老化しているとしている。遅まき新作型においても、育苗期間が収穫期や結球重に影響することが示唆されており（データ省略）、引き続き、作期ごとの最適な育苗日数について詳細な検討が必要と考えている。

2. 遅まき作型が成立する気象条件

2016～2018年度の気象条件が大きく違ったことで各作期や品種によって不結球株率にも違いがみられた。特に、年内の気温の影響が強いと考えられたことから、播種後積算温度と結球株率との関係を検討した。その結果、播種から12月末日までの有効積算温度（基準温度7℃）が指標になると考えられた。‘ほまれの極み’では、500～600℃日にかけて有効積算温度が高くなるにつれ結球株率が高くなり、650℃日以上で100%結球した。一方、‘菜時黄’ではRMSEが大きく、 R^2 が低くなり、同程度の温度であっても極端に結球株率に差が生じることがあった。積算温度以外の日射量、降雨量、台風の影響など様々な要因が影響したためと考えられるが、‘ほまれの極み’に比べて誤差が大きい理由は不明であった。本研究で示した有効積算温度による結球の評価指標は、当該地域の気象条件から限界播種期を決定することができると期待している。この遅まき新作型では、作業の分散化や品質向上、台風被災後の

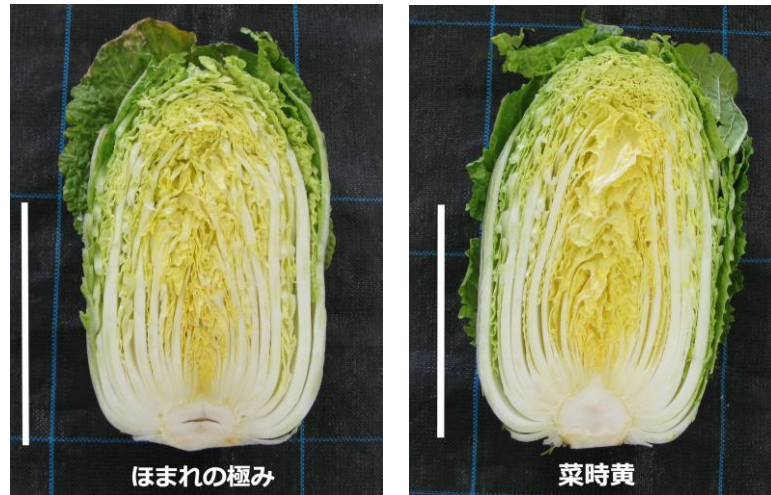


図2 遅まき新作型における適品種の縦断面
(2017年9月15日播種, 2018年1月31日収穫, 白いバーは20cmを示す.)

播種日	品種	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	備考
9月5日	黄望峰90	● ×							慣行作型 (播種限界)
9月15日	ほまれの極み 菜時黄	● ×							収穫が遅れると裂球 する
9月25日	ほまれの極み	● ×							寒冬年は不結球のお それ

図3 ハクサイの冬どり栽培における遅まき新作型

まき直し, アブラムシ類, 軟腐病等の病害虫被害を軽減できるといった点が期待される(千葉 2016, 丸川 1972). 本研究では未調査であるが, 食味や食感などの品質面について, 在圃貯蔵したハクサイとの比較検討も今後の課題と考えている. 野菜の作型は品種育成とともに発展しており, 今後も新たな品種が育成されることで, 様々な課題が解決され, 気象変動にも適応力のある高品質安定生産の栽培体系ができることを期待している.

引用文献

- 千葉潤一. 2016. ハクサイ「ほまれの極み」. 園芸新知識タキイ最前線 2016 秋種特集号: 9-10.
- 久山弘巳・赤井直彦. 2003. 土壌水分がハクサイ心腐れ症の発生に及ぼす影響. 岡山県農試研報: 27-31.
- 井手一夫. 2019. 蔬菜の新品種. 20. 伊東正監修, 公益財団法人園芸植物育種研究所編. P.90. 誠文堂新光社. 東京.
- 五十嵐大造. 1994. キャベツ凍害防止に関する研究. 神奈川県園試研報 44: 101-148.
- 五十嵐大造・大林延夫. 1985. 夏まき冬どりキャベツの凍害と腐敗病の関係について. 神奈川県園試研報 32: 35-41.
- 木村仁・宮城慎・鈴木雅人. 2004. 1~2月収穫ハクサイの頭部簡易結束栽培における定植時期とマルチングの効果. 茨城県農総セ園研報 12: 8-16.
- 北宜裕. 2002. ハクサイの連続収穫のための品種とは種期組合せ実証試験. 神奈川県農技セ試験研究成績書: 96-97.
- 農林水産省. 2003. 平成15年産野菜生産出荷統計.
- 農林水産省. 2013. 平成25年産野菜生産出荷統計.
- 丸川慎三. 1972. ハクサイの平地秋冬どり栽培. 農業技術体系野菜編第7巻: 73-87.
- 山本幸彦・月時和隆. 1996. ハクサイのセル成型苗移植栽培. 農業技術体系野菜編第7巻: 132の2-13.
- 渡辺顕悦. 1996. ハクサイの作型と品種選択. 農業技術体系野菜編第7巻: 55-58.