

有効積算温度を用いたエダマメ品種の収穫適期予測法

*岡 正明・**大山優美子・***小川 貴史

Estimation of harvest time of some green soybean varieties
by a effective cumulative temperature method.

OKA Masaaki, OHYAMA Yumiko and OGAWA Takashi

Abstract

エダマメは、小中学校における栽培学習の教材として多く用いられているが、収穫適期が夏休み中になり、生徒に収穫を体験させられないという失敗が多い。本実験では、エダマメ 6 品種を用いた 2 年間 12 回の栽培実験を行い、播種日から収穫適期までの日数と、その期間の気温との関係を解析した。その結果、早生・中生品種について、気温データのみを用いる有効積算温度法により収穫適期の予測が可能であることが示された。また、平年並み気温の年であれば、年度を越えて適用できる計算法の可能性が示唆された。エダマメをマルチビニール無しの畝に直播きする圃場において、収穫適期を夏休み期間から外すためには、宮城県では 6 月中旬播種・夏休み後収穫の栽培時期が望ましいと考えられた。

Key words: エダマメ

ダイズ

収穫適期

積算温度

予測法

1. はじめに

宮城県で古くから食されている食品に、“ずんだ”がある。エダマメをすりつぶし、塩・砂糖などで味付けして食べるものである（「日本の食生活全集 宮城」編集委員会，1990）。ずんだを餅にからめた“ずんだ餅”は宮城県の名産品であり、最近ではずんだ饅頭・ずんだアイスなども販売されている。エダマメ（植物としてはダイズ）は古くから宮城県内陸地域で多く栽培されており、今でもたくさんの在来品種が残っている（飯沼ら，1991）。また、現在でも、宮城県の代表的なダイズ品種“ミヤギシロメ”をはじめとする多くの

品種が栽培されている（農家虎の巻刊行会，1995，P.204）。

エダマメは、栽培が比較的容易であり、また、多くの生徒が好む食味を有しており、栽培学習の教材として適した作物である。特に、宮城県では、地元の食文化と結びついた作物であることから、地域学習の教材としても利用できる。実際、宮城県内外の多くの小学校・中学校で、ダイズを栽培してエダマメを収穫し、ずんだなどを作って食べる教育実践が行われている（例えば、石橋，1997）。

教材としてエダマメを栽培する際、現場の教師が最も困っているのは、エダマメの収穫が夏期休業中に

* 教育学部技術教育講座

** 元学生・教育学部技術教育専攻

*** 元大学院生・教育学部生活系教育専修

なってしまう、生徒に収穫を体験させることができないことだと聞く。エダマメは、収穫適期の期間が短く、また収穫後の食味低下も早いので、夏休み中に収穫適期となった場合は、教師が収穫し、茹でて冷凍保存しておかざるを得ないとのことである。エダマメの収穫時期を夏休み前、あるいは夏休み後に設定できれば、生徒にエダマメの収穫・調理を体験させることができる。関東以南では、極早生のエダマメ品種を4月に播種すれば夏休み前に収穫可能であるとの報告(川城, 2002)もあるが、東北地方では同じ時期の栽培は難しいと思われる。

本研究では、気温データを用いて、エダマメの播種から収穫適期までの日数を予測する手法の開発を試みた。種子をどの時期に播けば収穫適期はいつになるという、品種毎の生育予測ができれば、前述のような収穫時期に関する失敗はなくなるとされる。早生から晩生までのエダマメ数品種を用い、4月から夏休み前の7月まで計6回の播種を行って、播種日から収穫適期までの日数とその期間の気温との関係を調査した。

作物の生育予測法としては、気温のみを要因とする方法と、気温と日長を要因とする方法がある。前者の代表的な方法としては、毎日の気温を単純に積算した値から開花日や収穫日を予想する積算温度法と、生育下限温度を設定しそれ以上の有効温度を積算した値から生育を予測する有効積算温度法がある。例えば、川崎ら(1999)はイネの刈取適期の予測に積算温度法を用いており、江幡(1990a, 1990b)は有効積算温度法によりイネの栄養生長・生殖生長期間を解析している。また、気温と日長の2要因から生育予測を行う方法としてはDVI法が開発されており(堀江・中川, 1990)、イネ(山本ら, 1996)やダイズ(高橋・作山, 1998a, 1998b)などの生育予測に適用されている。エダマメ(ダイズ)は短日植物であり、日長が開花時期を制御する主要因となる品種もあるが、後者のDVI法で生育予測式を作るためには多量の基礎データが必要であるので、本実験では温度要因のみから計算可能である積算温度法・有効積算温度法のみを試みることにした。

実験は、2002年と2003年の2年間、行った。2002年には5品種、2003年には6品種を用いて、栽培時期をずらす段播き栽培を行い、それぞれの区における播種日・収穫適期と、その期間の気温を計測した。なお、ずんだは伝統的に青大豆を原料とするとされるが、本

実験では教育現場で入手しやすいエダマメ用普及品種を用いた。

2. 材料及び方法

【実験1】2002年の実験

日長感应性の小さい夏ダイズである早生品種として“夏到来”(サカタのタネ)・“富貴”(タキイ種苗)、中生品種として“三河島”(サカタのタネ)、日長感应性の大きい秋ダイズとして“獅子王”(タキイ種苗)・“ミヤギシロメ”(宮城県在来品種/岩沼在来種の系統分離で育成)の5品種を用いた。

播種時期としては新学期開始から夏休み前を想定し、2002年4月12日から7月18日まで約20日おきに6回(ミヤギシロメのみ4回)、宮城教育大学の実験圃場にて播種を行った。5品種の種子を30cm×60cmの間隔に直播きし(各品種12~20株程度、3~5粒/株)、本葉展開後、1株2個体に間引きした。畝にはマルチビニールを掛けなかった。以降、慣行法に従って栽培を行い、最初の花芽が確認できた日、開花盛期、収穫適期などを調査した。生育期間中、圃場に設置した百葉箱に収納した気温データロガー“おんどり Jr.”(T&D)を用いて、1時間毎の気温データを記録した。期間終了後、1日分24個の気温データを平均し、日平均気温を算出した。

【実験2】2003年の実験

2002年の5品種に、晩生の青ダイズ“青ばた”(渡辺採種場)を加えた6品種を供試した。2003年4月16日から7月23日まで6回の播種を行い、2002年と同様の栽培管理と調査を行った。

3. 結果

【実験1】2002年の実験

図1に、仙台気象台の過去20年間の平均気温と、2002年・2003年に実験圃場で実測した気温の推移を示す。2002年は6月に低温期間があったものの、ほぼ平年並みの気温で推移した。

エダマメ各品種の播種は、表1に示す日程で6回行った。播種から収穫適期まで、生育の重要な段階毎に日付を記録した。それぞれの品種について、各栽培

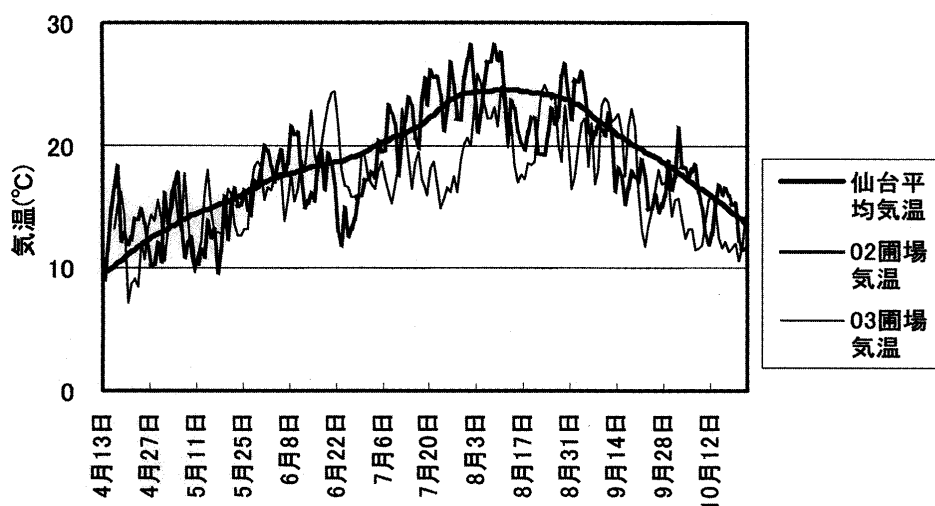


図1 2002年と2003年の栽培期間における気温の推移
(仙台平均気温は過去20年間の仙台市平均気温)

表1 生育調査表の例 (三河島, 2002年)

播種日	出芽日	本葉展開	蕾確認	開花始め	開花盛期	収穫適期
4月12日	4月24日	—	—	7月4日	7月8日	8月10日
5月2日	5月18日	—	7月6日	7月9日	7月19日	8月16日
5月22日	5月31日	6月3日	7月14日	7月17日	7月23日	8月21日
6月12日	6月18日	6月25日	7月23日	7月29日	8月1日	9月4日
7月2日	7月9日	7月14日	8月3日	8月5日	8月8日	9月19日
7月18日	7月21日	7月27日	8月14日	8月18日	8月20日	9月30日

時期の播種日から収穫適期までの日数を図2に示す。品種毎の日数は、気温の低い早期播種ほど長く、後期播種ほど短くなる傾向にあった。品種間には、早生品種の夏到来・富貴は比較の日数が短く、中生品種の三

河島がそれらよりやや長く、晩生品種は収穫適期までに多くの日数を要した。

播種日から収穫適期までの期間の日平均気温を積算した積算温度を、表2に示す。期間の積算温度は、早

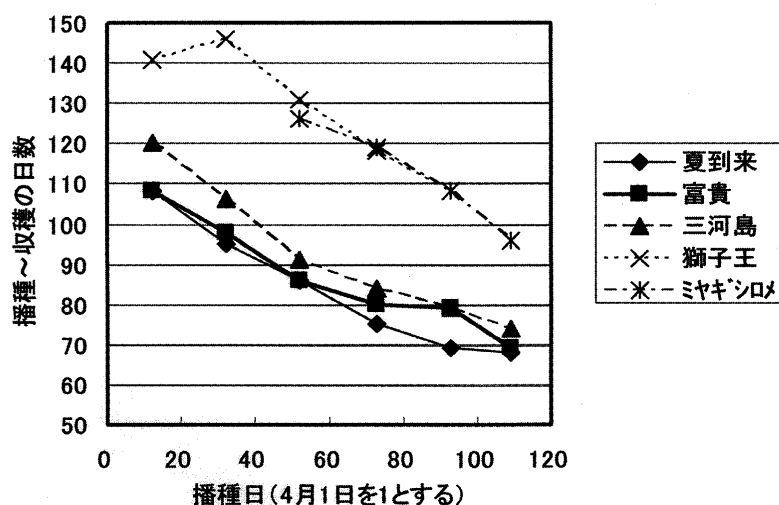


図2 各品種の播種から収穫適期までの日数 (2002年)

表2 各品種の播種から収穫適期までの積算温度(2002年)

播種日	積算温度(°C・日)				
	夏到来	富貴	三河島	獅子王	ミヤギシロメ
4月12日	1816	1816	2127	2588	
5月2日	1731	1812	2000	2816	
5月22日	1739	1739	1843	2635	2555
6月12日	1575	1696	1797	2409	2424
7月2日	1583	1765	1766	2237	2237
7月18日	1508	1524	1604	1947	1947

生品種の夏到来・富貴は小さく、晩生品種の獅子王・ミヤギシロメは大きな値であった。三河島は、早生品種よりもやや大きな値を示した。播種日から収穫適期の期間の積算温度が、それぞれの品種において、播種日が変わっても変化しないということであれば、積算温度から生育予測が可能ということになる。しかしながら、どの品種でも、気温が低い早期播種では値が大きくなり、後期播種ほど小さくなった。これは、図2で示したこの期間の日数の多少と同様の傾向である。このことから、単純に日平均気温を積算する積算温度法では、エダマメ各品種の収穫適期予測はできないと考えられた。

作物の生育解析では、単なる日平均気温よりも、日平均気温から作物の生育下限温度を引いた有効温度の方が、精度よく作物生育を説明できる場合が多い(後藤ら, 1973, P.140)。本実験でも、次に有効積算温度法を試みた。図3に、有効積算温度法に必要な生育下限温度の算出法を示す。まず、表2の値を用いて、播種日から収穫適期までの日数をX軸、その期間の積算温度をY軸とする散布図を描く。各品種6回播種の実

験であるので、6点がプロットされる。有効積算温度法が適用可能である場合は、プロットされた点が直線的に並ぶので、この6点の回帰直線の式を求める。算出した回帰直線のXの係数が、生育下限温度となる(図3では7.16°C)。日平均気温からこの生育下限温度を引いた値を、播種日から収穫適期までの期間について積算したものが有効積算温度である。供試した5品種について、算出した生育下限温度と各播種日の有効積算温度、および有効積算温度の平均を表3に示す。

品種間には有効積算温度の大小はあるが、品種毎に見てみると、播種日が違っても有効積算温度には大きな差異はない。つまり、栽培期間の気温が異なっても一定の有効積算温度になれば収穫適期に達すると見なすことができ、有効積算温度法がエダマメの収穫適期予測に適用できると考えられた。しかしながら、生育下限温度から判断すると、適用が難しいと考えられる品種もあった。一般にエダマメの生育下限温度は10°C程度とされる(星川, 1980, P.432)。夏到来・富貴・三河島の3品種の生育下限温度はこの値に近かった。これら3品種について算出した6回の有効積算温

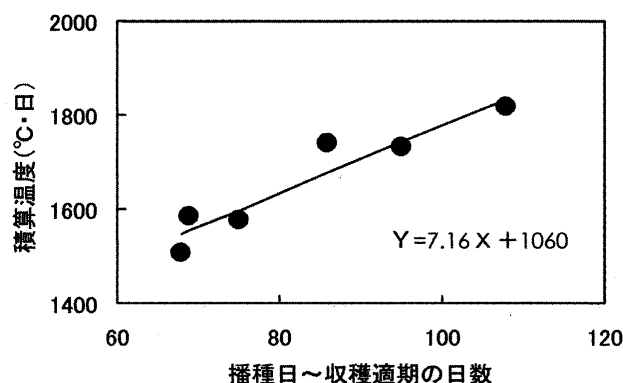


図3 夏到来の播種から収穫適期までの日数と積算温度の関係(2002年)

表3 各品種の播種から収穫適期までの有効積算温度（2002年）

播種日	有効積算温度(°C・日)				
	夏到来	富貴	三河島	獅子王	ミヤギシロメ
(下限温度)	(7.2)	(6.4)	(10.3)	(15.5)	(20.0)
4月12日	1043	1129	895	403	
5月2日	1050	1189	912	553	
5月22日	1123	1192	909	605	34
6月12日	1038	1187	935	580	42
7月2日	1089	1263	955	563	76
7月18日	1021	1085	845	459	26
平均	1061	1174	909	527	45
標準偏差	37.8	60.9	37.6	78.6	21.9

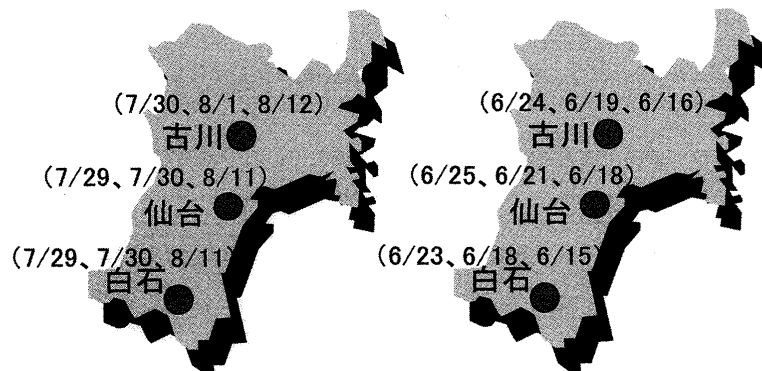


図4 各品種の収穫適期・播種日の予測（2002年）

左：4月10日を播種日とした3品種の収穫適期予測日
 右：9月1日を収穫適期とした3品種の播種予測日
 （夏到来、富貴、三河島）

度には大きな差がなく、夏到来が平均1061 (°C・日)、富貴が平均1174 (°C・日)、三河島は平均909 (°C・日)であった。一方、晩生品種の獅子王・ミヤギシロメについては、生育下限温度がそれぞれ15.5°C、20.0°Cと、作物生理学的には考えにくい値となった。以上から、花芽形成に関する日長感受性が比較的小さい早生・中生の3品種については、有効積算温度法が収穫適期予測に適用できるが、日長感受性の大きな晩生品種には適応できないと考えられた。晩生品種の獅子王・ミヤギシロメの生育予測を行う場合は、日長条件も加味したDVI法などの適用が必要と思われる。

図4には、早生・中生3品種について、2002年データから算出した生育下限温度・有効積算温度をもとに、宮城県内3カ所の生育予測を行った結果を示した。計算に必要な気温データは、各地の過去20年の平均気温を用いている。新学期が始まってすぐの4月10日に播

種した場合の夏到来・富貴・三河島の収穫適期は、7月末～8月上旬といずれも夏休み期間中となった（図4左）。また、夏休み直後の9月1日に収穫するための播種日の予測も行った。早生2品種では6月下旬に、中生品種では6月中旬に播種すれば夏休み直後に収穫できるとの結果となった（図4右）。

【実験2】2003年の実験

2003年の気温は全体的に低く推移し、特に7月と8月の気温は平年を大きく下回った（図1）。

2002年と同様に、2003年も6回の播種を行った（日程は表4参照）。供試6品種について、各栽培時期の播種から収穫適期までの日数を図5に示す。全体的な傾向は2002年（図2）と似通っており、早期播種ほど日数は長く、早生・中生品種よりも晩生品種の方が多くの日数を要した。ただし、2003年は2002年よりも若

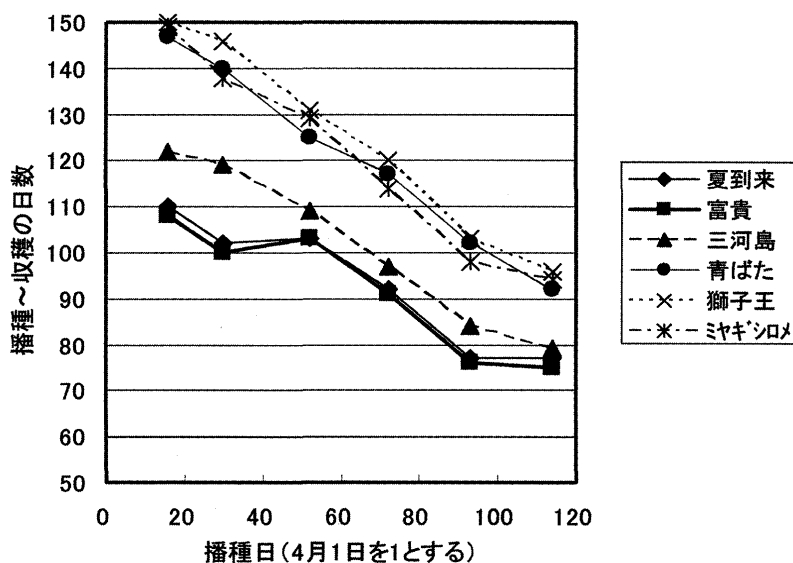


図5 各品種の播種から収穫適期までの日数（2003年）

表4 各品種の播種から収穫適期までの有効積算温度（2003年）

播種日	有効積算温度(°C・日)					
	夏到来	富貴	三河島	青ばた	獅子王	ミヤギシロメ
(下限温度)	(11.0)	(10.9)	(13.4)	(16.7)	(17.3)	(16.7)
4月16日	607	592	439	130	63	143
4月30日	662	650	545	226	142	221
5月22日	816	828	608	287	211	288
6月11日	811	810	630	288	205	300
7月2日	698	697	534	215	154	224
7月23日	646	654	461	147	67	135
平均	707	705	536	216	140	219
標準偏差	87.8	94.5	76.3	67.1	64.4	69.5

干日数が長くなる場合が多かった。

各品種について、播種日から収穫適期までの積算温度を計算した結果、2002年データと同様、播種日より大きな差異が認められたので、有効積算温度法により収穫適期予測を行うこととした。表4に、各品種の生育下限温度と各播種日の有効積算温度、および有効積算温度の平均を示す。2002年と比較し、生育下限温度は若干高く、有効積算温度は小さい傾向にあったが、品種毎に見ると、2002年と同様にどの播種日でも似通った値を示した。また、晩生3品種の生育下限温度は、作物生理学的に異常と思われる16℃以上と算出された。

以上から、2002年と同様、2003年の実験結果からも、早生・中生品種の収穫適期予測には有効積算温度法が

有用であり、またこの手法では晩生品種についての予測は困難であることが認められた。2003年のデータから算出された生育下限温度と有効積算温度を用いて予測した収穫適期（4月10日播種）を、表6Bに示す。気温データは、仙台気象台の過去20年の平均気温を用いている。早生・中生3品種の予測収穫適期は、2002年とほぼ同様の日付であると算出された。

4. 考察

実験1・実験2から、有効積算温度法を用いることにより、エダマメ早生・中生品種の収穫適期予測が可能であることが認められた。これは、あくまでも単年度の実験結果あり、年次を越えて適用できる予測法に

表5 2年分のデータから算出した有効積算温度と生育下限温度

	夏到来	富貴	三河島	獅子王	ミヤギシロメ
有効積算温度(°C・日)	927	993	781	333	373
(下限温度)	(8.7)	(8.1)	(11.3)	(16.4)	(16.1)

表6 3種類のデータをもとにした予測収穫適期

用いたデータ	品種名	生育下限温度(°C)	有効積算温度(°C・日)	予測収穫適期*
A	夏到来	7.2	1061	7月29日
	富貴	6.4	1174	7月30日
	三河島	10.3	909	8月11日
B	夏到来	11.0	707	8月2日
	富貴	10.9	705	8月1日
	三河島	13.4	536	8月8日
C	夏到来	8.7	927	7月31日
	富貴	8.1	993	7月31日
	三河島	11.3	781	8月10日

A : 2002年データ B : 2003年データ

C : 2002年・2003年の2年分をあわせたデータ

予測収穫適期* : 4月10日播種の場合の予測収穫適期

については検討していない。次に、両年のデータを使って収穫適期の予測を行った。

表5に、2002年・2003年に実測した2年分/12回の実験における播種から収穫適期の日数およびその期間の気温から求めた、各品種の有効積算温度・生育下限温度を示す。また、これらをもとに算出した予測収穫適期(4月10日播種)を表6Cに示す。前述のように、両年の生育下限温度・有効積算温度には差異があるものの、各年度の収穫適期の予測結果(表6A、表6B)は、似通った日付となった。また、2年分のデータから算出した予測(表6C)も近い日付となった。この

結果は、年度を越えて適用できる収穫適期予測が可能であることを示唆していると考えられる。なお、この計算に用いた気温データは、A・B・Cとも仙台気象台の過去20年の平均気温であり、仙台市において平年並みに気温が推移したと仮定した場合の予測結果である。

さらに、年度を越えた有効積算温度法の精度を検討するため、2年分のデータから算出した生育下限温度と有効積算温度を用いた予測法が、各年度の気温と収穫適期との関係をどの程度説明できるかを検討した。

図6は、2002年(A)と2003年(B)それぞれの年度

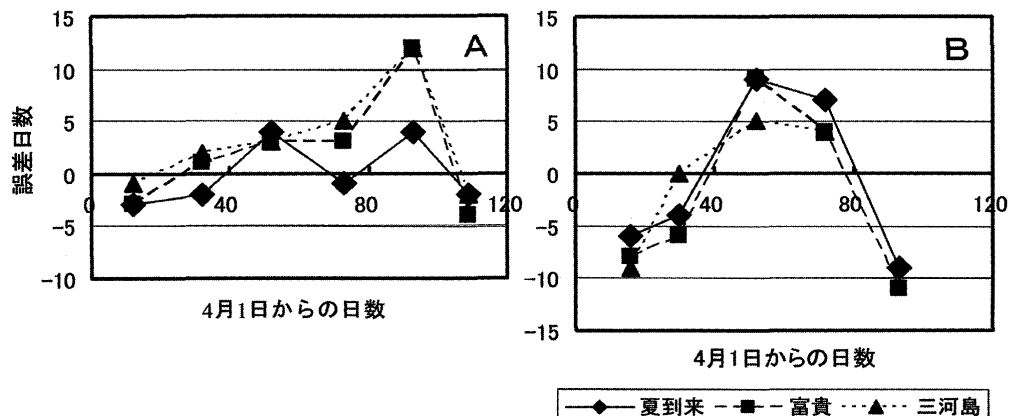


図6 2年分のデータから算出した予測収穫適期と実測値との日数差
A : 2002年 B : 2003年 横軸 : 各実験の播種日

の実測気温を当てはめて予想した収穫適期と、実際の収穫適期との差（各年度6回の実験）を示したものである。2002年については一部を除き5日以内の誤差であったが、低温年の2003年は誤差が大きくなり、7月下旬に播種した実験区では収穫日が計算できなかった。

以上から、有効積算温度を用いた収穫適期予測法は、過去の平均に近い気温であれば年度を越えて適用できる可能性があることが示された。なお、本実験で利用した実測データは2年分のみであったが、今後も継続してデータを収集することにより、予測の精度はさらに向上すると思われる。

宮城県でエダマメを用いた栽培学習を行う場合、本実験の結果から、生徒に収穫作業を体験させるためには、早生・中生品種を6月中下旬に播種し、夏休み直後に収穫するスケジュールが望ましいと考えられた。ただし、本実験は、マルチビニールの無い畝に直播きする条件で行った実験であり、マルチビニールにより地温を上げて生育を促進させる、あるいは予め育苗をしておいた苗を圃場に植え付けるなどの手法（三河島などの一部の品種は移植が難しい点に注意）を行えば、夏休み前に収穫する栽培スケジュールが可能であるかもしれない。また、早生・中生品種の播種を遅らせる場合、あまり遅い播種であると十分な栄養生長期間が確保できず、収量が減少する点にも留意すべきである。

本実験では、有効積算温度によるエダマメ収穫適期予測法を作成した。教師が学校現場でエダマメを栽培学習の教材として用いる場合、本予測法を用いることで、栽培時期による問題、特に収穫時期が夏休み期間中になってしまう失敗を減らすことが可能である。

5. 謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究（C）（平成13年～15年、課題番号13680278、研究代表者：秋田大学・寺井謙次）の一部として行ったものです。

6. 文献

- 江幡守衛 1990a 有効積算温度とイネの生長 第1報
有効下限温度の実験的算出法とイネの栄養生長への応用 日本作物学会紀事 59:225-232.
- 江幡守衛 1990b 有効積算温度とイネの生長 第2報
イネの出穂・開花および登熟における有効積算温度 日本作物学会紀事 59:233-238.
- 後藤寛治・川原治之助・玖村敦彦・丹下宗俊・佐藤庚 1973
作物学. 朝倉書店. 東京.
- 堀江 武・中川博視 1990 イネ発達過程のモデル化と予測に関する研究 第1報 モデルの基本構造とパラメータの推定法および出穂予測への適用 日本作物学会紀事 59:687-695.
- 星川清親 1980 食用作物学. 養賢堂. 東京.
- 飯沼千史・大内千賀子・加藤清一 1991 青大豆在来品種の特性 宮城県農業センター研究報告 57:98-106.
- 石橋拓次 1997 栽培領域研究のあゆみ 第37回東北地区中学校技術・家庭科教育研究大会要録 :78-83.
- 川崎聡明・大江栄悦・菊池英一・今田孝弘・中山芳明 1999 穂揃い期間を考慮した水稻刈取適期予測法 日本作物学会東北支部会報 42:31-32.
- 川城英男 2002 夏休み前に食べられるエダマメ・ピーマン 食農教育2002年5月号 :106-107.
- 「日本の食生活全集 宮城」編集委員会 1990 聞き書 宮城の食事. 農文協. 東京.
- 「農家虎の巻」刊行会 1995 宮城の営農百科 農家虎の巻. 農家虎の巻刊行会. 宮城.
- 高橋智宏・作山一夫 1998a 岩手県における大豆の生育予測と作期策定 1. 大豆の生育予測 日本作物学会東北支部会報 41:41-42.
- 高橋智宏・作山一夫 1998b 岩手県における大豆の生育予測と作期策定 2. 大豆の作期策定 日本作物学会東北支部会報 41:43-46.
- 山本良孝・川口祐男・高橋 渉 1996 顕花数水準が異なる水稻コシヒカリにおける発達指数対応の生長指標 日本作物学会紀事 65:425-429.

（平成17年9月30日受理）