

東北地方におけるダイズ収量の年次・地域間変動と気象要因との関係

山根正博・国分牧衛
(東北大学大学院農学研究科)

要旨：東北地方における 1993 年から 2008 年までの 16 年間のダイズ収量の年次変動と地域変動の特徴，ならびにこれらの変動と気象要因との関係を県単位および市町村単位で解析した．気象要因は降水量，日平均気温，日最高気温，日最低気温および日照時間とし，生育期間（6～10 月）における月平均値を解析に用いた．解析の対象地域としてダイズ作付面積が 100 ha を超える市町村 41 点を選んだ．県平均収量の年次変動を解析した結果，収量水準は日本海側が太平洋側を上回り，日本海側では南部ほど，太平洋側では北部ほど高い傾向を示した．県平均収量は青森，岩手，秋田および山形の 4 つの県間にはすべて相関が認められたのに対し，宮城と福島は南北に位置する隣県とのみ相関が認められた．16 年間に於ける県平均収量とその年次間変動係数との間には正の相関が認められた．41 市町村における 16 年間の収量変動と気象要因との関係を解析した結果，いずれの気象要因も 7 月の数値が収量と有意な相関を示す市町村が多く認められた．さらに市町村単位に収量と気象要因との関係を重回帰分析したところ，降水量，気温および日照時間の 3 つの説明変数で市町村の収量変動を説明できる場合が多く認められたが，これらの気象要因の相対的な寄与度と影響を与える時期は市町村により異なった．

キーワード：気温，気象要因，降水量，ダイズ収量，地域変動，東北地方，日照時間，年次変動．

わが国のダイズの収量は，主要作物のイネに比べて年増加率が低い（内島 1988）．ダイズ収量は 100 年前に比べると確実に増加しているが，世界の平均収量（2013 年産）247 kg/10a に対し，日本の平均収量は 155 kg/10a（2013 年収穫）であり世界的に見て低水準にとどまっている（FAO 2015）．また，日本のダイズ作付面積が増加しない要因として，収益が少ないことその他，イネよりも収量変動が大きいことが障壁とされている（内島・石黒 1974，羽鹿 2011，梅本 2013）．ダイズ産地として地位を確立するためには，需要に応じた安定的な生産量を確保し，不足の場合はダイズ産地としての信用が失墜することから，安定的に収量を確保できる栽培技術の確立が必須である．

東北地方のダイズ作は，作付面積では全国の約 25% を占め有数のダイズ産地となっているが，東北地方には全国平均を上回る平均年収量をあげている県はなく，年次間の変動も極めて大きい（持田 2009）．東北地方のダイズ収量が停滞あるいは地域によっては減少傾向にあることは生産現場でも認識されており，その要因は複合的である（高橋ら 2014）．一方，ダイズ収量の年次変動は気象要因が主因であることが既往の研究から指摘されている．松波ら（2013）は，夏季異常高温が東北地方のダイズ生育収量に影響を及ぼしたことを指摘している．高橋ら（1990）は，東北地方の気象要素を用いた主成分分析から 6 つに地帯区分を行い，それぞれの地域のダイズ収量と変動の程度は気象要素によって説明できることを示している．持田（2009）は，平均気温，降水量および日照時間によってダイズの平均収量が大きく左右されることを指摘している．田村ら（1993）は，気象条件によってダイズの開花期前後の生育パターン

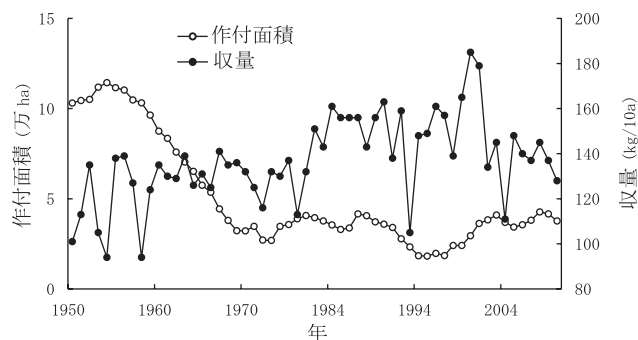
が変動し，それに伴って収量が変動するとしている．

このように，気象要因がダイズ収量に与える影響は大きい，既存の研究は東北全体あるいは各県単位に解析を加えたものであり，市町村単位においてどの気象要因が相対的に重要であるかを報告した事例はない．また，日照時間，降水量，日平均気温を取り上げて解析したものが多いが，日最高気温，日最低気温を加えて解析をしたものはほとんどない．さらに，地域間の収量変動を比較した研究は岩切（1976）の報告から 30 年以上報告事例がなく，近年の収量変動と気象要因との関係性を明らかにする必要性は大きい．

そこで本研究では，これまでの研究で欠落していた気象要素（日最高気温，日最低気温）にも着目し，県・市町村単位に東北地方のダイズ収量の年次変動と地域変動を気象要因との関係から解析した．また，各地域のどの時期の気象要因が収量を規定しているかを明らかにしようとし，東北地方における各地域の気象特徴に対応したダイズの安定多収化の方策に資する基礎知見を得ようとした．

材料と方法

農林水産省（2010）がホームページに開示している e-STAT より東北地方の県・市町村毎のダイズ平均収量データを入手した．平均収量データは入手可能な 1993 年から 2008 年までの 16 年間分を使用した．解析対象地域は東北地方の 6 県とした．各県からダイズ作付面積が 100 ha を越す市町村を 7 箇所ずつ選択し，市町村単位の解析を行った．合併前の旧市町村についてはデータを再集計し合併後の 10 a 当たりの平均収量とした．福島はダイズ作付面積 100



第1図 東北地域におけるダイズの作付面積と収量の推移。
農林水産省(2010)のデータから作図。

ha以上の市町村が6箇所しかなかったため6点とし、東北全体では計41の市町村を解析対象とした。16年間にわたる収量の年次間・地域間変動係数を県および41市町村単位で求めた。さらに、県ごとの平均収量と年次間変動係数との関係を解析した。

ダイズ収量に影響が大きい気象要因を抽出するため、気象庁がホームページで開示している各市町村に所在する気象観測所の気象庁アメダスデータを使用して解析した。各市町村単位に1993年～2008年(16年分)の6月～10月における降水量(mm)、日平均気温(℃)、日最高気温(℃)、日最低気温(℃)および日照時間(h)の月平均値を集計した。各気象要因の収量に対する影響を検討するため、県あるいは市町村ごとに平均収量を目的変数とし、6～10月の各月の気象要因を説明変数として重回帰分析を行った。これらの解析には統計解析ソフト(JMP version 7.0.1, SAS Institute Japan)を用いた。

結 果

1. 東北地方におけるダイズ収量の年次間変動と地域間変動

1993年～2008年の16年間に於いて、東北全体の平均収量が最も低い年は1993年の115.7 kg/10a、最も高い年は2000年の177.8 kg/10aであり、両者の差は62.1 kg/10aであった(第1図)。第1表には、東北各県の16年間通算の平均収量、各県における市町村単位収量の地域間差と変動係数を示した。通算平均収量の高い県(秋田、山形)では県内の市町村間の収量差がきわめて大きい特徴が認められた。一方、県内市町村別収量の年次間変動係数は、宮城が最も大きく、他の5県の差異は小さかった。16年間通算の平均収量は高い順に山形、秋田、青森、岩手、福島、宮城であった。平均収量で最も高い山形の166.8 kg/10aと最も低い宮城の132.5 kg/10aとでは34.3 kg/10aの差が認められ、太平洋側(宮城、福島)よりも日本海側(山形、秋田)の方が約20%高かった。

県平均収量は青森、岩手、秋田および山形の4つの県間にはすべて相関が認められたのに対し、宮城と福島は南北

第1表 16年間(1993～2008年)における県平均収量、市町村別平均収量差および市町村別収量の年次間変動係数。

	県平均収量 ¹⁾ (kg/10a)	市町村別 平均収量差 ²⁾ (kg/10a)	市町村別収量の 変動係数平均 ³⁾ (%)
青森	146.8	76.0	15.7
秋田	160.7	125.9	15.0
岩手	143.6	84.9	16.2
山形	166.8	135.0	13.0
宮城	132.5	70.1	21.7
福島	132.8	53.5	13.6

¹⁾ 16年間通算の県別平均収量。

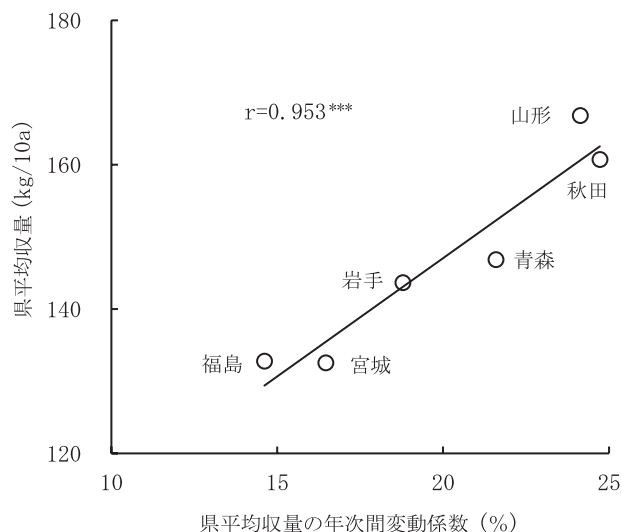
²⁾ 16年間通算の市町村別平均収量の県内における最大値と最小値の差。

³⁾ 市町村別に16年間の年次間変動係数を求め、県ごとにその平均値を求めた。

第2表 16年間(1993～2008年)における県別収量の相関係数。

	青森	秋田	岩手	山形	宮城
秋田	0.70***	—	—	—	—
岩手	0.93***	0.71***	—	—	—
山形	0.69**	0.78***	0.63**	—	—
宮城	0.45	0.20	0.57*	0.34	—
福島	-0.09	-0.11	0.05	0.14	0.68**

*, **, ***: 5%, 1%, 0.1%水準で有意。



第2図 16年間(1993～2008年)通算の県平均収量とその年次間変動との関係。

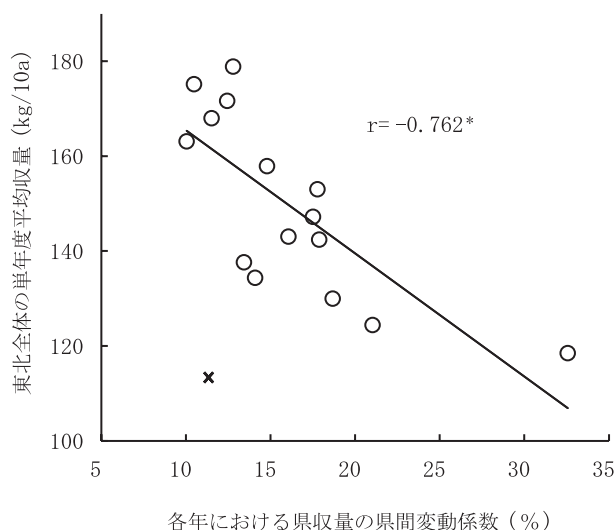
***: 0.1%水準で有意。

に位置する隣県とのみ相関が認められた(第2表)。各県の平均収量とその年次間変動係数には高い正の相関関係が認められ、収量が高い県は高位不安定であり、収量が低い県は低位安定であった(第2図)。一方、県間変動係数の最も大きい年(2004年)の東北全体の平均収量は119.1 kg/10aで16年間のうちでは2番目に低収であったのに対

し、最も変動の小さい年(1997年)の平均収量は162.5 kg/10aとなり5番目に多収であった。このように、東北全体の平均収量と県間変動係数との間には負の相関関係が認められ、東北全体の平均収量が低い年は県間変動係数が高く、平均収量が高い年は県間変動係数が小さくなる傾向が認められた(第3図)。

2. 東北地方におけるダイズ収量と気象要因との関係

41市町村ごとに16年間にわたる収量と気象要因(降水量, 平均気温, 日最高気温, 日最低気温, 日照時間)との相関関係を調べ、有意な相関が認められた市町村数を算出して第4図に示した。いずれの気象要因においても7月に有意(5%水準)な相関を示す地点が最も多くみられた。



第3図 16年間(1993~2008年)にわたる東北全体の単年度平均収量と各年における収量の県間変動との関係。

*: 5%水準で有意。

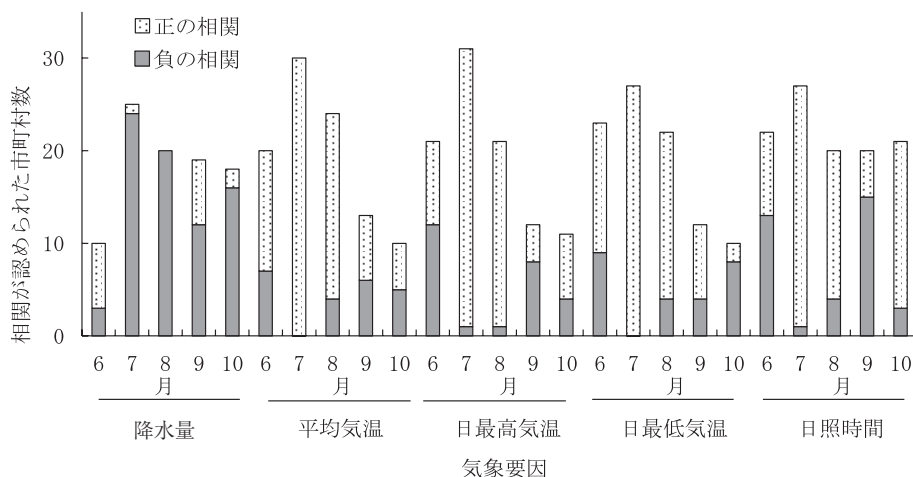
×は1993年の値で冷害による異常年のため算入しなかった。

気温に関わる要因では8月以降は季節が遅れるほど相関を示す地点数は少なくなったが、降水量と日照時間に関しては8~10月の長期にわたり収量と相関を示す地点が比較的多く認められた。平均気温, 日最高気温, 日最低気温および日照時間については正の相関を示す地点が多く認められたのに対し、降水量では負の相関がみられる地点が多く、特に7月と8月において顕著であった。また、6月, 7月, 8月は平均気温と相関が認められない場合でも日最高気温あるいは日最低気温とは相関が認められる市町村があった。

収量と気象要因との関係をより詳細に市町村単位に把握するため、収量との単相関が有意となった気象要因を説明変数として選び、収量を目的変数として重回帰分析を行った(第3表)。偏回帰係数の大きい説明変数(気象要因)は地点によって多様であったが、県単位に大まかな傾向が窺えた。すなわち、気温に関する要因はいずれの県でも係数が大きかったが東西に位置する県でその影響は異なり、青森, 岩手および宮城では7, 8月の気温に関する要因がプラスの影響を示す地点が多かったのに対し、山形と福島では気温に関する要因はマイナスの影響を示す地点がいくつか認められた。秋田では気温よりも日照時間が主要な要因である地点が多くみられ、月や地点によってその影響はプラスとマイナスに分かれた。降水量はいずれの県・月においてもプラスよりマイナスの影響を示す地点が多かった。

考 察

各市町村において収量水準および収量の年次間変動・地域間変動が異なった。平均収量は太平洋側(岩手, 宮城, 福島)と日本海側(秋田, 山形)とに大別され、さらに太平洋側では北部ほど収量水準が高くなるのに対し、日本海側は北部ほど収量水準が低い傾向が認められた(第1表)。



第4図 市町村単位の収量と気象要因との関係。

41市町村ごとに、16年間における収量と月別気象要因との相関係数を求め、有意(5%水準)な相関を示した市町村数を気象要因ごとに示した。

第3表 各市町村における収量変動をもたらす月別気象要因.

市町村	説明変数						決定係数 R^2	P 値
青森	弘前	平均気温 7 月 (0.51)	日照時間 7 月 (0.30)	降水量 7 月 (-0.01)			0.49	0.040 *
	八戸	最低気温 7 月 (0.60)	降水量 7 月 (-0.03)				0.37	0.050 *
	五所川原	最高気温 8 月 (0.39)	日照時間 8 月 (0.22)	降水量 8 月 (-0.21)			0.48	0.042 *
	十和田	最低気温 7 月 (0.41)	最低気温 8 月 (0.35)				0.39	0.040 *
	鯹ヶ沢	日照時間 7 月 (0.56)	降水量 8 月 (-0.47)	最低気温 9 月 (0.05)			0.72	0.001 **
	深浦	降水量 8 月 (-0.42)	最低気温 7 月 (0.38)	降水量 9 月 (0.36)			0.51	0.031 *
	三戸	最高気温 7 月 (0.33)	最低気温 8 月 (0.33)				0.28	0.110
秋田	秋田	日照時間 8 月 (0.47)	日照時間 10 月 (0.30)	降水量 8 月 (-0.06)			0.43	0.070
	能代	降水量 8 月 (-0.56)	最低気温 8 月 (0.46)	日照時間 8 月 (-0.25)			0.39	0.103
	横手	日照時間 6 月 (-0.55)	降水量 8 月 (-0.33)				0.47	0.014 *
	大館	日照時間 9 月 (-0.42)	日照時間 8 月 (0.30)	最低気温 7 月 (0.28)			0.40	0.094
	男鹿	降水量 9 月 (-0.51)	日照時間 8 月 (0.40)				0.45	0.021 *
	鹿角	日照時間 9 月 (-0.58)	日照時間 10 月 (0.37)	降水量 8 月 (-0.36)			0.75	< 0.001 ***
	五城目	日照時間 8 月 (0.37)	降水量 8 月 (-0.15)				0.25	0.159
岩手	盛岡	最低気温 7 月 (0.66)	日照時間 10 月 (0.45)	降水量 7 月 (-0.18)			0.64	0.006 **
	北上	最低気温 7 月 (0.68)	日照時間 10 月 (0.36)	降水量 10 月 (-0.26)			0.69	0.002 **
	遠野	最低気温 7 月 (0.71)	日照時間 9 月 (-0.26)	降水量 10 月 (-0.17)			0.67	0.003 **
	一関	降水量 8 月 (-0.55)	降水量 7 月 (-0.30)	最高気温 8 月 (0.26)			0.64	0.006 **
	江刺	最高気温 6 月 (-0.47)	日照時間 7 月 (0.36)	降水量 7 月 (-0.27)			0.53	0.025 *
	雫石	最低気温 8 月 (0.56)	最低気温 7 月 (0.40)	平均気温 8 月 (-0.14)			0.44	0.063
	紫波	降水量 9 月 (-0.68)	最低気温 7 月 (0.43)	日照時間 7 月 (0.11)			0.78	< 0.001 ***
山形	山形	最低気温 6 月 (0.99)	平均気温 6 月 (-0.45)	日照時間 7 月 (0.40)			0.50	0.035 *
	米沢	最低気温 6 月 (0.40)	降水量 10 月 (-0.39)	降水量 7 月 (-0.14)			0.45	0.057
	鶴岡	降水量 6 月 (-0.69)	降水量 9 月 (-0.46)	最高気温 6 月 (-0.09)			0.73	0.001 **
	酒田	降水量 7 月 (-0.53)	日照時間 6 月 (-0.31)	最高気温 6 月 (-0.27)			0.63	0.006 **
	新庄	日照時間 6 月 (-0.55)	降水量 7 月 (-0.54)	降水量 9 月 (-0.22)			0.74	< 0.001 ***
	長井	降水量 10 月 (-0.60)	日照時間 9 月 (-0.47)	日照時間 6 月 (-0.01)			0.65	0.004 **
	高畠	日照時間 7 月 (0.42)	降水量 10 月 (-0.32)	日照時間 10 月 (0.27)			0.45	0.059
宮城	仙台	最低気温 6 月 (0.47)	降水量 9 月 (-0.42)				0.39	0.040 *
	石巻	最高気温 7 月 (0.52)	日照時間 6 月 (-0.45)	降水量 10 月 (-0.38)			0.61	0.008 **
	古川	平均気温 7 月 (0.44)	日照時間 7 月 (0.05)				0.23	0.186
	気仙沼	最高気温 7 月 (0.61)	降水量 8 月 (-0.33)	日照時間 7 月 (0.20)			0.83	< 0.001 ***
	白石	日照時間 7 月 (0.46)	降水量 9 月 (-0.43)	最高気温 7 月 (0.22)			0.66	0.004 **
	丸森	降水量 9 月 (-0.52)	日照時間 7 月 (0.32)	最高気温 7 月 (0.31)			0.63	0.006 **
	亶理	最低気温 6 月 (0.56)	降水量 9 月 (-0.53)	日照時間 7 月 (0.43)			0.68	0.003 **
福島	福島	日照時間 7 月 (0.69)	降水量 7 月 (-0.34)	最高気温 7 月 (-0.15)			0.54	0.021 *
	会津若松	最高気温 10 月 (-0.42)	最高気温 6 月 (0.28)	平均気温 6 月 (0.15)			0.40	0.095
	郡山	降水量 9 月 (-0.50)	平均気温 7 月 (-0.48)	日照時間 7 月 (0.21)			0.61	0.007 **
	喜多方	最高気温 10 月 (-0.43)	降水量 7 月 (-0.42)				0.38	0.047 *
	相馬	降水量 7 月 (-0.38)	最低気温 9 月 (-0.28)	平均気温 9 月 (-0.11)			0.39	0.106
	二本松	日照時間 7 月 (0.59)	降水量 10 月 (-0.48)	降水量 7 月 (-0.25)			0.81	< 0.001 ***

41 の市町村別に、16 年間 (1993～2008 年) における収量と月別気象要因との単相関を求め、収量と有意な相関を示した月別気象要因を説明変数として選択し、重回帰分析を行った。月別気象要因の後の () 内数値は標準化偏回帰係数。*, **, ***: 5%, 1%, 0.1%水準で有意。

1954～1973 年の収量推移を解析した過去の研究結果では、県平均収量が太平洋側では 110 kg/10a、日本海側では 130 kg/10a であり、その差は 20 kg/10a であった (岩切 1976)。1993 年～2008 年のデータを解析した本研究においても、太平洋側 140 kg/10a に対し日本海側 160 kg/10a でその差

は 20 kg/10a であった。過去 30 年間、平均収量は太平洋側と日本海側のいずれにおいても約 20 kg/10a 向上したが、太平洋側と日本海側の約 20 kg/10a の収量差は過去の解析例と同程度であった。因みに東北地方の水稲収量についても同様の傾向が認められ、太平洋側各県・地域 (青森の南

部・下北地方、岩手、宮城および福島(の浜・中通り)と日本海側(青森の青森・津軽地方、秋田、山形および福島の会津地方)とでは10%以上の収量差が認められる(農林水産省 2015)。また、日本全国の県別にイネとダイズの収量を比較した解析結果においては、両者には密接な相関関係が認められている(国分 2010)。このことから、イネとダイズの地域間収量差には生育期間における共通の気象要因の関与が示唆される。宮城県では近年、収量が日本海側を上回り気象条件以外の要因も視野に入れる必要がある。

県平均収量は、青森、岩手、秋田および山形の4つの県間においてはすべて相関が認められたのに対し、宮城と福島は南北に位置する隣県においてのみ相関が認められた(第2表)。このことから、宮城と福島に関しては東北地方を東西に分断する奥羽山脈を隔てて、太平洋側と日本海側それぞれに共通の収量変動要因の存在が示唆された。一方、県ごとの平均収量とその年次間変動係数とには高い正の相関が認められた(第2図)。平年収量の高い秋田、山形は多収年では平均収量が高いものの、低収年では減収度合が大きくなり、年次間の変動係数が大きくなると考えられる。岩手、宮城、福島の太平洋側は平年収量が低く、低位安定なために変動係数が小さくなると考えられる。

市町村別収量の年次間変動係数についても収量水準同様に値が地域ごとに異なった(第1表)。ダイズの栽培指針や奨励品種は県単位で策定されるが、具体的な栽培指導については市町村単位で行っている。そのため、その地域の特徴に対応したきめ細かな栽培対策が必要と考えられる。例えば、高温によって減収や品質低下が問題となっている地域では品種の選定や晩播栽培によってある程度回避が可能であり、降雨が多い地域では明渠や暗渠などによる排水対策や耕うん同時畝立て播種法などの導入が有効である(松波ら 2013)。一方、水田転換畑では灌漑用水の入手が可能であり、乾燥が続く条件ではその利点を活用した灌漑実施が有効であろう(高橋 2002)。

年度ごとの東北全体の平均収量と県収量の県間変動係数との関係を16年間にわたってみると、両者には負の相関関係が認められた(第3図)。平均収量が高い年ほどの地域でも多収傾向であった。たとえば、多収年の2005年の平均単収は、盛岡市では154 kg/10aに対し北上市では140 kg/10aであり地域間変動は小さかった。一方、低収年の2004年の平均単収は盛岡市の145 kg/10aに対し北上市は91 kg/10aであり地域間変動が大きかった。

41市町村ごとに16年間にわたる収量と気象要因(降水量、平均気温、日最高気温、日最低気温、日照時間)との相関関係の解析結果から、月別の気象要因がダイズの生育に及ぼす影響が推定できた(第4図)。これには1993年の冷害年の異常値によって相関が高くなったことが考えられる。6月は播種から初期生育にあたる時期であるが、日照時間が長いと収量が低下する市町村が41地点中13地点みられた。播種後、晴天が続くことによって土壌水分が不足

し、出芽不良が生じて低収に繋がったことが考えられる。7月以降は開花、結実、莢伸長・肥大に至る時期で、気象要素の影響を生理的に大きく受ける時期である(岩切 1976, 鈴木ら 1982)。ダイズの収量は開花期～子実肥大始期の物質生産量によって決定される(国分 1988)が、東北の標準播種期では7～8月がこの時期に相当する。本研究では、日平均気温、日最高気温、日最低気温が高く、日照時間が長いほど収量が多くなる地点が多くみられ、7月のこれらの気象要因は物質生産を促進することを通じて収量増加にプラスに影響していることが推察された。6～8月は平均気温と相関が認められない場合でも日最高気温あるいは日最低気温とは相関が認められる市町村があったが、その理由については不明であり、今後の解析が必要である。

本研究では、7、8月の降水量は収量と負の相関を示す地点が多くみられたことから、生育前・中期において湿害が生じている地点が多いと推察される。一方、降水量は成熟期に相当する10月においても負の相関を示す市町村が41地点中16地点みられた。東北地域においてもダイズ作付けの大規模化が進んでおり、収穫は大型コンバインで行うことが多い。高水分粒のコンバイン収穫ではしわ粒や潰れ粒が多発するおそれがあり、そのことを避けるため、降雨が続いた場合には刈遅れとなり低収に繋がりがやすい(内川・福島 2003, 山口ら 2003)。そのため、降水量については、生育前期に加えて成熟期においても収量と負の相関が認められ、対照的に日照時間は正の相関が認められたと推定される。

市町村別に気象要因を説明変数、収量を目的変数として重回帰分析を行った結果、収量を規定する気象要因とその影響程度は地点によって多様であったが、県単位に大まかな傾向が窺えた(第3表)。すなわち、青森、岩手および宮城では7、8月の気温に関する要因がプラスの影響を示す地点が多かったのに対し、山形と福島では気温に関する要因はマイナスの影響を示す地点がいくつか認められた。第4図の結果から示唆されるように、東北全体としては夏季の高温年において生育が促進されて多収をもたらすが、このことは東北北部と南部では事情が異なり、山形では夏季高温は負の影響を与えている可能性が示唆され、太平洋側中南部の福島県では平成26年現在49.1%が畑作大豆である(農林水産省 2015)。松波ら(2013)は東北地方においても夏季異常高温によって百粒重と莢数が減少することを報告している。夏季の高温害には、受精障害に起因する場合と、高温・少雨に伴う土壌水分低下による物質生産能の低下に起因する場合とが想定され、今後両者を峻別した解析が必要である(松波ら 2013)。秋田では気温よりも日照時間が主要な要因である地点が多くみられ、月や地点によってプラスとマイナスに影響が分かれており、これら要因とは異なる要因の影響が考えられた。降水量はいずれの県・月においても7月にプラスよりマイナスの影響を示す地点が多かったことから、これらの地点では生育前半に湿

害が起きていることを示唆する。

本研究では、県および市町村単位に収量水準と収量変動は異なった。また、市町村ごとに、収量に影響を与える気象要因を解析したが、収量の変動は気象要因だけではなく、品種特性や栽培条件など他の要因も関与していると推測される。例えば、田畑輪換土壌の継続により土壌の可給態窒素が減耗するが、稲わら施用によって可給態窒素の減耗を防ぐことができると指摘されている(住田ら 2005)。同様に、東北地方において継続的に多収を得ている生産者には、鶏糞施用により地力維持を図っている例が報告されている(山根・国分 2014)。このような栽培的対応の有無が収量水準・変動に影響を及ぼしていると推定される。

引用文献

- FAO (Food and Agriculture Organization) 2015. <http://faostat.fao.org>. (2015/10/1 閲覧)。
- 羽鹿牧太 2011. ダイズ 日本と世界における栽培と利用の現状. 国分牧衛編, 作物栽培大系 5 豆類の栽培と利用. 朝倉書店, 東京. 1-13.
- 岩切敏 1976. ダイズ収量の地域性に関する農業気候学的研究. 農業気象 32: 5-10.
- 国分牧衛 1988. 大豆のIdeotype の設計と検証. 東北農試研報 77: 77-142.
- 国分牧衛 2010. ダイズの生産技術および生産環境の地域間比較. 喜多村啓介他編, 大豆のすべて. サイエンスフォーラム, 東京. 75-80.
- 松波寿典・井上一博・工藤忠之 2013. 2010 年の夏季異常高温が東北地域におけるダイズの生育, 収量, 品質に及ぼした影響. 日作紀 82: 386-396.
- 持田秀之 2009. 東北地方における気象要素による地帯区分と大豆生産の変遷. 日作東北支部報 52: 53-54.
- 農林水産省 2010. 農林水産統計データ. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/> (2010/6/1 閲覧)。
- 農林水産省 2015. 大豆関連データ集. http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_data/ (2015/4/1 閲覧)。
- 住田弘一・加藤直人・西田瑞彦 2005. 田畑輪換の繰り返しや長期畑転換に伴う転作大豆の生産力低下と土壌肥沃度の変化. 東北農研研報 103: 39-52.
- 鈴木一男・三輪晋・亀倉寿 1982. 極晩播大豆の子実収量と諸形質との関係及び気象要因の影響について. 千葉農試研報 23: 41-47.
- 高橋英博・持田秀之・執行盛之 1990. 東北地方における大豆生産の地帯区分. 東北農業研究 43: 133-134.
- 高橋幹 2002. 灌漑. 大豆自給率向上に向けた技術開発. 農林水産技術会議事務局, 東京. 285-291.
- 高橋智紀・持田秀之・榊原充隆・森本晶・小林浩幸・相場聡 2014. 寒冷地における生産現場でのダイズ低収要因の解析. 東北農研研報 116: 89-118.
- 田村有希博・上沢正志・高屋武彦・竹内誠 1993. ダイズ収量を最大とする乾物生産パターンの解析. 土肥誌 64: 281-288.
- 内島立郎・石黒忠之 1974. 北海道における農業気候指標の地理的分布に関する研究. (1) 作物収量年次変動の地域性と気温条件との関係. 農業気象 30: 123-129.
- 内島立郎 1988. 北日本における稲作気候資源の地理的分布と変動特性に関する研究. 農業気象 44: 135-138.
- 内川修・福島祐助 2003. 大豆「サチユタカ」の茎水分からみたコンバイン収穫適期. 日作九州支部報 69: 56-57.
- 梅本雅 2013. 大豆生産流通消費の現状と課題. 梅本雅・島田信二編著, 大豆生産振興の課題と方向. 農林統計出版, 東京. 1-23.
- 山口正篤・伊澤由行・池田二郎 2003. ダイズのシワ粒発生要因の解明: 第 1 報 刈取時期, 降水量, 乾燥条件の影響. 日作関東支部報 18: 30-31.
- 山根正博・国分牧衛 2014. 東北地方におけるダイズ多収農家の多収要因の解析. 日作東北支部報 57: 17-21.

Variation of Soybean Yield among Regions and Years in Tohoku District and Its Relation to Meteorological Factors : Masahiro YAMANE and Makie KOKUBUN (*Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Sendai 981-8555, Japan*)

Abstract : We investigated the variation in soybean yield with the year and region in the Tohoku district for 16 years from 1993 to 2008, and analyzed the relationship between the yield variation and meteorological factors in each region. For analysis, we employed five meteorological factors: precipitation, daily mean temperature, daily maximum temperature, daily minimum temperature and the duration of sunshine. We selected 41 municipalities where soybean acreage exceeded 100 ha per municipality. Investigation of yearly variation of soybean average yield in each prefecture revealed that the yield level was higher in prefectures facing the Sea of Japan than in those facing the Pacific Ocean, and that it was higher in southern regions in the former prefectures but in the northern regions in the latter prefectures. Yearly variation of the average yield per prefecture was positively correlated in Aomori, Iwate, Akita and Yamagata prefectures, while that in Miyagi and Fukushima was correlated only with the adjacent northern and southern prefectures. Analysis of the relationship between yearly yield variation and meteorological factors in individual municipalities indicated that meteorological factors in July significantly correlated with the yields in many cases, and that the relative contribution of the major meteorological factors (precipitation, temperature and the duration of sunshine) to the yield variation varied with the municipality.

Key words : Duration of sunshine, Meteorological factors, Precipitation, Regional variation, Soybean yield, Temperature, Tohoku district, Yearly variation.