

山形県における最近の気象変動と 主要果樹の生態および果実品質の動向ならびに 果樹生産者の意識と対応

木村直道*・平智**・松本大生**

*山形大学大学院農学研究科

**山形大学農学部食料生命環境学科安全農産物生産学コース

(平成26年11月17日受理)

Trends in Climate, Life Cycle, and Fruit Quality of Apple, Sweet Cherry, and Pear in a Recent Decade in Yamagata Prefecture, and Growers' Awareness and Reactions to Climate Changes

Naomichi KIMURA *, Satoshi TAIRA ** and
Daiki MATSUMOTO **

* Graduate School of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka 997-8555, Japan

** Course of Safe and Reliable Agricultural Production, Department of Food, Life, and Environmental Sciences,
Faculty of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka 997-8555, Japan

(Received November 17, 2014)

Summary

We analyzed the trends in climate change and changes in the life cycle and fruit quality of apple, sweet cherry, and pear in a recent decade in Yamagata Prefecture. We also surveyed growers' awareness and reactions to changes in climate by using a questionnaire. The annual average temperature significantly increased only in Sakata City. Analysis of the life cycle of apple, sweet cherry, and pear indicated that bud break and full bloom in the three species occurs significantly earlier in the year, whereas fruit harvest significantly delayed in all the studied trees, except the 'Tsugaru' apple in Sagae City. Bud break in sweet cherry and pear occurred significantly earlier in the year, whereas delayed harvesting was noted in Sakata City. The concentration of soluble solids in the fresh juice of 'Fuji' apple, sweet cherry, and pear increased significantly in Sagae City, and the longitudinal diameter of sweet cherry and pear fruit increased significantly in Sakata City. Next, we surveyed growers of apple, sweet cherry, and pear tree. More than 80% of growers of each species recognized the large fluctuations in climate in the recent years. More than 50% of growers recognized that the changes in the life cycle of studied species fluctuate more than before, but were not aware of the earlier occurrence of bud break and full bloom. Most of the apple and sweet cherry growers pointed out a reduction in the beautiful coloration of these fruits. Only 40% of growers recognized the changes in harvesting time. Less than 40% of growers were aware of the changes in flesh firmness, soluble solids, and titratable acid concentration of fresh juice, and they were not aware of the increasing annual fluctuations of the same. By using this information, we discussed the climate change in Yamagata Prefecture and the effect of growers' management practices on the same.

Key words : climate change, fruit quality, growers' awareness, life cycle of fruit trees, management practices

キーワード：果実品質、果樹の樹体生育、気象変動、農家の意識、栽培管理

本研究の概要は、園芸学会平成26年度春期大会（筑波大学、2014年3月29、30日）ならびに人間・植物関係学会平成26年大会（宇都宮大学、2014年6月21、22日）において発表した。

緒 言

近年、温暖化をはじめかなり大きな気象変動が世界規模で観察されている。気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change, 略称IPCC）が発表した第4次評価報告書（IPCC, 2007）によれば、1906年から2005年の100年間に世界の平均気温は0.74℃上昇しているという。これは、同パネルの第3次評価報告書で示された1901年から2000年の100年間の平均気温の上昇割合である0.6℃よりもさらに大きいことから、世界的に温暖化傾向にあるといえる。一方、日本でも同じような気象変動が観察されている。気象庁の報告によれば、平均気温は1898年以降の100年間でおよそ1.1℃上昇し、かつ記録的な高温になった日は1990年以降に集中している（気象庁, 2010）。

このような気象変動は世界各地で植物の生育および農産物の品質などに影響を及ぼしており、果樹生産においてもその影響が顕在化してきている。たとえば、ドイツでは春季の気温上昇によりリンゴおよび甘果オウトウの開花期が1960～2000年の40年間で10年あたり2日程度早くなっているという（Chmielewskiら, 2004）。日本でも、藤沢・小林（2007）が青森県および福島県のリンゴ‘ふじ’を対象として調査をしており、1977～2004年までの間に萌芽日が1年あたり0.23日、開花期が1年あたり0.24～0.27日早くなっているという。果実品質については、Sugiuraら（2013）が、青森県および長野県のリンゴについて分析した結果、両地点とも生育期間中の気温上昇によって収穫果の果汁の可溶性固形物含量が上昇し、有機酸含量が減少する傾向を報告している。また、カキやウンシュウミカン、リンゴなどのように果実の生育期間が長い樹種では、着色不良や果肉の軟化などの影響が顕在化してきている（杉浦ら, 2007）。

以上のように、農業生産はその安定性の面で環境の変化に対して脆弱な側面を持っていることから（Adgerら, 2007）、近年の気象変動は生産者にとって非常に悩ましい問題になっている。これまでにも多くの研究者が気象変動が果樹栽培に及ぼす影響を分析し、生産者レベルでの対策の必要性を指摘しているが、生産現場における生産者の意識の実情や気象変動に対応して生産者が実際に行っている具体的な対策について言及している研究はまだほとんど見当たらない。したがって、今後も続く予測される気象変動に適応していくうえで、生産者の意識

と実際に実施している対応策の内容を把握することは重要である。

山形県でも同じような気象変動が確認されている。山形県の年平均気温は1891年以降の100年で1.2℃の割合で上昇しており（仙台管区気象台・山形地方気象台, 2009）、果樹栽培への影響が心配される。しかし、果実の着色不良や品質低下といった気象変動による果樹栽培への影響は予測されてはいるが（山形県農林水産部, 2011）、実際にどのような影響が出ているのか、また、生産者の意識の実情や気象変動に対応する具体的な栽培管理がどのようになされているのかについてはあまり明らかになっていない。

そこで、本研究では山形県における最近の気象変動と同県の主要な果樹であるリンゴ、オウトウおよびセイヨウナシの生態ならびに果実品質の動向を分析するとともに、県内の果樹生産者に対してアンケート調査を行い、温暖化あるいは気象変動に対する認識の有無と実際の栽培管理に及ぼす気象変動の影響について考察した。

調査方法

1. 気象変動と主要果樹の生態および果実品質の動向に関する調査

果樹の生態および果実品質に関するデータの収集は、山形県農業総合研究センター園芸試験場（寒河江市）および山形県庄内総合支庁産業経済部農業技術普及課産地研究室（酒田市）の2地点で行った。分析対象は、同試験場発行の『果樹栽培研究成績書』（1993～2012年）に記載されているリンゴ‘つがる’および‘ふじ’、オウトウ‘佐藤錦’ならびにセイヨウナシ‘ラ・フランス’のデータと同産地研究室発行の『果樹研究成績書』（1993～2012年）に記載されているオウトウ‘佐藤錦’およびセイヨウナシ‘ラ・フランス’のデータとした。

収集したデータは、樹体の生育に関する3樹種の萌芽日、展葉日、開花期間（開花開始日、満開日および落花日）および収穫期間（収穫始期、収穫盛期および収穫終期）、果実品質に関する果重、果実の縦径および横径、着色（果面全体を100としたときの着色割合）、地色（果実のがくあ部の着色程度）、果肉硬度、果汁の可溶性固形物含量ならびに滴定酸含量である。なお、リンゴ‘ふじ’については蜜入り指数、セイヨウナシ‘ラ・フランス’についてはヨード反応指数も加えた。

気象データは、上記2地点に最も近い気象観測所のデータを用いた。すなわち、寒河江市については『果樹栽培研究成績書』に記載されている山形県立森林研究研修センター（寒河江市）のデータ、酒田市については山形県立砂丘地農業試験場（現山形県庄内総合支庁産業経済部農業技術普及課産地研究室、酒田市）のデータを用いた。収集した項目は、平均気温、平均最低気温、平均最高気温ならびに降水量である。

なお、収集した各データについて線形回帰分析を行い、回帰式を求めた。また、生態および気象データについては、20年分のデータから10年の移動平均（1992～2011年のデータを1992～2001年、1993～2002年、1994～2003年、1995～2004年、1996～2005年、1997～2006年、1998～2007年、1999～2008年、2000～2009年、2001～2010年および2002～2011年に分けて、各期間のデータを平均した値）も算出した。そのうえで線形回帰分析を行い、それぞれの事項について回帰式を求めた。

2. アンケート調査

アンケート調査は、山形県内のリンゴ、オウトウおよびセイヨウナシ生産者を対象にして行った。調査地点は、農水省発行の平成18年度農林水産関係市町村別データ（農林水産省、2007）に基づき、樹種ごとに生産量の多い3地点を選出した。すなわち、リンゴは東根市、天童市および朝日町、オウトウは東根市、天童市および寒河江市、セイヨウナシは天童市、東根市および上山市とした。アンケート用紙は樹種別に作成し、樹種ごとに30人ずつ、合計90人の生産者に対して行った。なお、アンケートの対象とした生産者は各地域の県やJAの農業指導者から推薦を受けた人とした。

調査方法は配布郵送調査法（回答者を直接訪問して調査用紙の配布と説明を行い、後日回答者自身に回答を記入してもらった後に指定した期日までに切手を貼った返信用封筒を用いて調査用紙を返送してもらう方法）とした。調査期間は、配布と回収の期間を含めて2014年3月11日から同年4月25日までであった。

調査項目は、生産者の属性、気象変動に対する認識、樹体生育および果実品質の変化の認識、気象変動に対応した栽培管理の内容の4項目とした。各調査項目の質問内容については、気象データと主要果樹の生態および果実品質に関するデータ分析の結果に基づいて決定した。

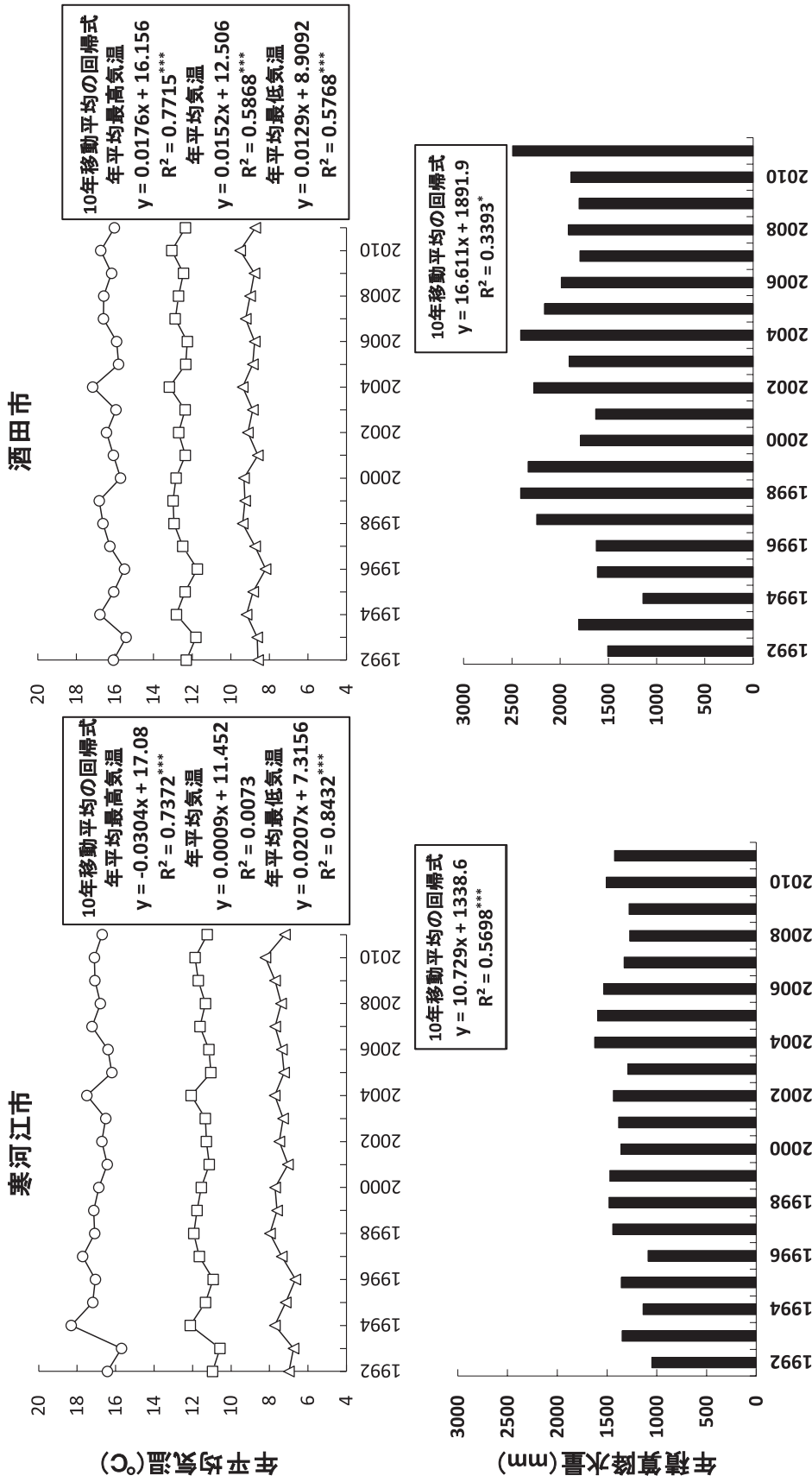
調査結果

1. 気象変動と主要果樹の生態および果実品質の動向

両地点の最近20年間における平均気温および降水量について回帰分析を行った結果、寒河江市の降水量（ $y=11.79x+1247.5$, $P=0.047$ ）を除き、いずれも有意な傾向は認められなかった（ $P>0.05$ ）。これは両地点の平均気温および降水量の年次変動がともに非常に大きかったため、極端な年次のデータに影響された可能性が考えられた。そこで、20年分の気象データから10年間の移動平均（時系列データにおける不規則な変動を平滑化し、長期的な傾向をみることのできる手法）をそれぞれ算出し、再度回帰分析を行った。その結果、2001～2011年までの11年間における酒田市の年平均気温、年平均最高気温および年平均最低気温には有意な上昇傾向が認められた（第1図）。これに対して、寒河江市では、年平均最低気温には有意に高くなる傾向が認められたが、年平均最高気温は逆に有意に低くなる傾向が認められ、年平均気温についてはほとんど変化が認められなかった。降水量については、両地点とも変動しながらも有意に増加する傾向が認められた。

果樹の生態について、最近20年間の各項目について回帰分析を行ったところ、両地点ともセイヨウナシの収穫日が有意に遅くなる傾向が認められたが（寒河江市： $y=0.2962x+41558$, $P=0.026$ ；酒田市： $y=0.8147x+41553$, $P=0.009$ ）、いずれも年次変動が大きく一定の傾向は認められなかった（ $P>0.1$ ）。そこで、果樹の生態に関する項目についても10年間の移動平均を算出し回帰分析を行ったところ、寒河江市では萌芽日および満開日がいずれの樹種においても2001～2011年までの11年間で早くなる傾向が認められた。また、リンゴの‘つがる’を除いて、収穫盛期は有意に遅くなる傾向が認められた（第2図）。さらに、酒田市でもオウトウおよびセイヨウナシの萌芽日が早くなる傾向が認められ、収穫盛期は遅くなる傾向が認められた。

果実品質に関する項目についてはデータの反復数が少なかつたため移動平均を算出できなかったが、年次別データでみると、寒河江市ではリンゴ‘ふじ’、オウトウおよびセイヨウナシの果汁の可溶性固形物含量が有意に高くなる傾向が認められた（第1表）。一方、酒田市ではオウトウおよびセイヨウナシ果実の縦径には有意に大きくなる傾向が認められたが、それ以外の項目は一定の傾



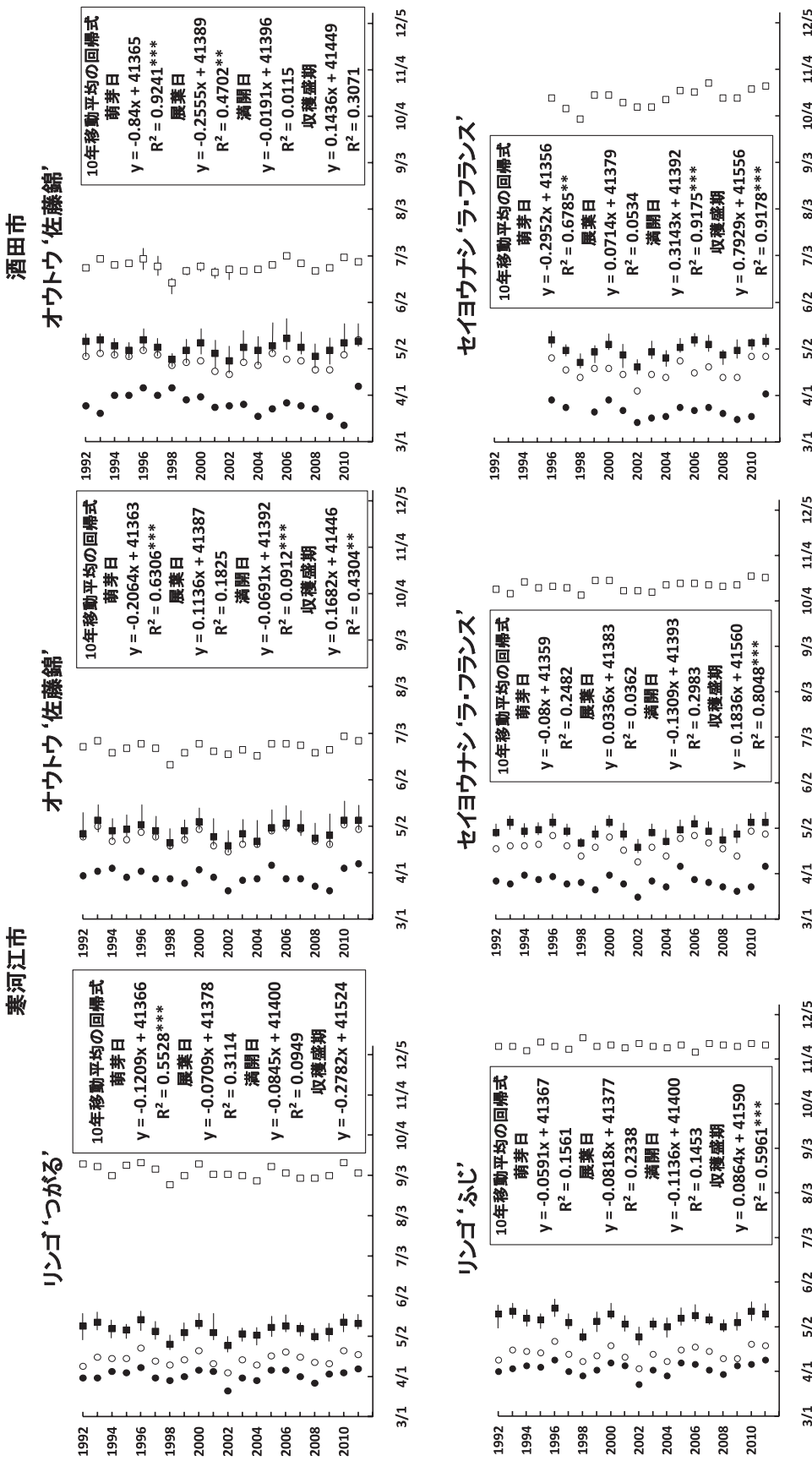
第1図 山形県内の2地点における最近の年平均気温および年積算降水量の変動

寒河江市は『果樹栽培研究成績書』（山形県農業総合研究センター園芸試験場）、酒田市は『果樹研究成績書』（山形県庄内総合支庁産業経済部農業技術普及課産地研究室）に基づく。

年平均気温の図中の○は年平均最高気温、□は年平均気温、△は年平均最低気温を示す。

図中の枠内の式はそれぞれ、1992年から2011年までの20年分の気象データから算出した10年間ごとの移動平均（2001～2011年までの11年間）の近似曲線の回帰式を示す。

***は1%レベルで、**は5%レベルで、*は10%レベルでそれぞれ有意であることを示す。



第2図 山形県内の2地点における最近のリンゴ、オウトウおよびセイヨウナシの萌芽、展葉、開花ならびに収穫時期の変動

寒河江市は『果樹栽培研究成績書』（山形県農業総合研究センター園芸試験場）、酒田市は『果樹研究成績書』（山形県庄内総合支庁産業経済部農業技術普及課産地研究室）に基づく。

酒田市のセイヨウナシの1992年から1995年までのデータおよび1998年の萌芽日のデータは欠損している。

●は萌芽日、○は展葉日、■は満開日、□は収穫盛期、一は期間を示す。

図中の枠内の式はそれぞれ、1992年から2011年までの20年分の生態データから算出した10年間ごとの移動平均（2001～2011年までの11年間）の近似曲線の回帰式を示す。

***は1%レベルで、**は5%レベルでそれぞれ有意であることを示す。

第1表 山形県内の2地点における最近のリンゴ、オウトウおよびセイヨウナシの果実品質の変動

項目	樹種	品種	地点	平均±SE	r	P	1年あたりの変化量	n	
果重 (g)	リンゴ	つがる	寒河江市	321.4±6.31	-0.009	0.970	-0.043	20	
		ふじ	寒河江市	330.3±5.53	-0.220	0.352	-1.754	20	
	オウトウ	佐藤錦	寒河江市	7.5±0.16	0.001	0.996	0.000	20	
		佐藤錦	酒田市	7.1±0.15	0.269	0.252	0.030	20	
	セイヨウナシ	ラ・フランス	寒河江市	349.1±16.63	0.798**	0.000	10.037	20	
		ラ・フランス	酒田市	310.8±14.02	0.450	0.080	5.310	16	
縦径 (mm)	リンゴ	つがる	寒河江市	84.0±0.77	-0.260	0.266	-0.152	20	
		ふじ	寒河江市	86.4±0.95	0.280	0.232	0.146	20	
	オウトウ	佐藤錦	寒河江市	21.4±0.20	-0.137	0.564	-0.021	20	
		佐藤錦	酒田市	20.5±0.19	0.530*	0.035	0.084	20	
	セイヨウナシ	ラ・フランス	寒河江市	90.9±1.39	0.719**	0.000	0.755	20	
		ラ・フランス	酒田市	81.6±1.04	0.618*	0.011	0.541	16	
横径 (mm)	リンゴ	つがる	寒河江市	91.9±0.50	-0.052	0.827	-0.020	20	
		ふじ	寒河江市	91.2±0.84	0.443	0.050	0.166	20	
	オウトウ	佐藤錦	寒河江市	24.2±0.21	-0.222	0.348	-0.036	20	
		佐藤錦	酒田市	23.2±0.25	0.325	0.220	0.067	16	
	セイヨウナシ	ラ・フランス	寒河江市	88.0±1.40	0.821**	0.000	0.867	20	
		ラ・フランス	酒田市	84.5±1.42	0.329	0.213	0.339	16	
着色割合 ^y (%)	リンゴ	つがる	寒河江市	48.5±4.02	-0.287	0.220	-0.872	20	
		ふじ	寒河江市	77.4±1.76	0.048	0.842	0.518	20	
	オウトウ	佐藤錦	寒河江市	74.3±3.02	-0.394	0.260	-0.382	10	
		佐藤錦	酒田市	ND	ND	ND	ND	ND	
	セイヨウナシ	ラ・フランス	寒河江市	ND	ND	ND	ND	ND	
		ラ・フランス	酒田市	ND	ND	ND	ND	ND	
地色 ^z (カラーチャート値)	リンゴ	つがる	寒河江市	4.2±0.10	0.094	0.694	0.007	20	
		ふじ	寒河江市	5.1±0.11	0.673**	0.001	0.075	20	
	セイヨウナシ	ラ・フランス	寒河江市	3.3±0.08	0.320	0.169	0.019	20	
		ラ・フランス	酒田市	2.76±0.07	-0.466	0.080	-0.028	15	
	果肉硬度 (lb)	リンゴ	つがる	寒河江市	13.3±0.27	0.383	0.096	0.078	20
			ふじ	寒河江市	14.1±0.14	0.150	0.527	0.004	20
セイヨウナシ		ラ・フランス	寒河江市	10.3±0.13	-0.437	0.054	-0.042	16	
		ラ・フランス	酒田市	10.5±0.68	0.239	0.373	0.137	16	
可溶性固形物含量 (*Brix)		リンゴ	つがる	寒河江市	12.8±0.13	-0.214	0.365	-0.020	20
			ふじ	寒河江市	14.6±0.15	0.517*	0.020	0.056	20
	オウトウ	佐藤錦	寒河江市	20.3±0.53	0.532*	0.016	0.211	20	
		佐藤錦	酒田市	19.0±0.54	0.150	0.529	0.060	20	
	セイヨウナシ	ラ・フランス	寒河江市	13.6±0.16	0.499*	0.025	0.058	20	
		ラ・フランス	酒田市	13.9±0.16	0.427	0.099	0.056	16	
滴定酸含量 (%)	リンゴ	つがる	寒河江市	0.26±0.00	0.132	0.580	0.000	20	
		ふじ	寒河江市	0.38±0.01	-0.214	0.366	-0.001	20	
	オウトウ	佐藤錦	寒河江市	0.76±0.03	0.648**	0.002	0.015	20	
		佐藤錦	酒田市	0.74±0.03	0.046	0.852	0.001	19	
	セイヨウナシ	ラ・フランス	寒河江市	0.27±0.01	0.055	0.818	0.000	20	
		ラ・フランス	酒田市	0.29±0.03	-0.395	0.182	-0.010	13	
蜜入り指数	リンゴ	ふじ	寒河江市	2.9±0.11	0.242	0.304	0.005	20	
ヨード反応指数	セイヨウナシ	ラ・フランス	寒河江市	2.6±0.11	0.280	0.232	0.023	20	
		ラ・フランス	酒田市	2.1±0.13	0.114	0.675	0.013	16	

寒河江市は『果樹栽培研究成績書』（山形県農業総合研究センター園芸試験場）、酒田市は『果樹研究成績書』（山形県庄内総合支庁産業経済部農業技術普及課産地研究室）に基づく。

^yリンゴおよびオウトウ果実の着色割合は果面全体を100としたときの着色面積割合。

^zセイヨウナシ果実の地色のカラーチャート値はニホンナシ用の地色カラーチャート値。

**は1%レベルで、*は5%レベルでそれぞれ有意であることを示す。

NDはデータなし。

向は認められなかった。

2. アンケート調査

アンケートの回収率は、リンゴ生産者が77%、オウトウ生産者が47%、セイヨウナシ生産者が53%であった。回答者の属性は3樹種ともに、年代は50歳以上、就農歴は20～39年の割合が高かった（第2表および第3表）。

まず、気象に対する認識に関して、いずれの樹種でも80%以上の生産者が近年の気象変動が大きいことを実感していると答えた（第4表）。そのうち、年平均気温の上昇を実感している人はいずれの樹種においても50%以上であり、寒暖の差が年々激しくなっていると感じている人も約40%いた。一方、降水量については、年々増加していると感じると答えた割合はいずれの樹種においても30%未満と低かったが、雨の降り方が極端になったと答えた割合は70%以上と高かった。

樹体の生態に関しては、いずれの樹種においても約50%の生産者が変化を実感していると答えた（第4表）。そのうち、萌芽日および満開日が年々早まっていると答えた生産者は、いずれの樹種においても20%未満であった。一方、萌芽日や満開日が極端に早い年と遅い年が増加していると感じた生産者はいずれの樹種でも50%程度いた。

果実の着色に関しては、第1表に示したとおり、リン

ゴ‘ふじ’では着色程度が年々良くなる傾向が、オウトウでは着色程度が年々悪くなる傾向が、セイヨウナシでは地色（カラーチャート値）が年々低くなる傾向が認められた。このようなデータを参考にして生産者に、リンゴは着色が年々良くなってきていると感じているかと質問したところ、「いいえ」と答えた生産者が60%以上に登った（第4表）。オウトウでは着色が年々悪くなってきているかという質問に60%以上の生産者が「いいえ」と答え、セイヨウナシでは地色の着色程度が年々低くなってきていると感じるかという質問に「いいえ」と答えた生産者が40%以上いた。これらのことから、生産者の多くが最近20年間の着色の変化をデータ分析の結果から得られた傾向とは逆、ないしはほとんど変化していないと感じている可能性が高いと考えられた。ただし、果実の着色程度が収穫時期の目安、あるいは市場評価の基準として重視されることが多いリンゴおよびオウトウについては、果実着色の不良傾向を指摘する生産者が少なからず認められた。また、両樹種の生産者の中には気象変動への対策をかねた収穫前果実の着色管理を実際に行っている人が50%程度存在するとともに、一般的な着色管理のほかに長期的な気象変動に対応するため着色優良系統をすでに導入した、もしくは近い将来に導入を考えているという回答も複数認められた（第5表および第6表）。なお、果実の収穫時期について、中・長期的な変化の傾向

第2表 アンケート調査回答者の年齢分布

樹種	年 齢						平均年齢
	30歳未満	30～39歳	40～49歳	50～59歳	60～69歳	70歳以上	
リンゴ	1 (4.3)	4 (17.4)	2 (8.7)	9 (39.1)	7 (30.4)	0 (0)	51.9
オウトウ	0 (0)	1 (7.1)	1 (7.1)	1 (7.1)	5 (35.7)	6 (42.9)	64.6
セイヨウナシ	1 (6.3)	2 (12.5)	0 (0)	9 (56.3)	2 (12.5)	2 (12.5)	53.8

全回答数は、リンゴが23件、オウトウが14件、セイヨウナシが16件。

()内の数字は全体に占める割合を示す。

第3表 アンケート調査回答者の就農年数の分布

樹種	就農年数						平均年数
	10年未満	10～19年	20～29年	30～39年	40～49年	50年以上	
リンゴ	4 (17.4)	4 (17.4)	2 (8.7)	8 (34.8)	5 (21.7)	0 (0)	24.9
オウトウ	0 (0)	1 (7.1)	3 (21.4)	4 (28.6)	2 (14.3)	4 (28.6)	37.6
セイヨウナシ	1 (6.3)	1 (6.3)	11 (68.8)	2 (12.5)	0 (0)	1 (6.3)	22.9

全回答数は、リンゴが23件、オウトウが14件、セイヨウナシが16件。

()内の数字は全体に占める割合を示す。

第4表 山形県におけるリンゴ、オウトウおよびセイヨウナシ生産者の気象、樹体生育ならびに果実品質の変化に対する認識

項目	設 問	樹 種					
		リンゴ		オウトウ		セイヨウナシ	
		はい	いいえ または無回答	はい	いいえ または無回答	はい	いいえ または無回答
気象全体							
・あなたが果樹栽培を始めてから気象の変化を感じていますか							
気温		82.6	4.3	13.0	0	14.3	6.3
・気温が年々上がってきていると感じていますか							
・寒暖の差が激しくなってきたと感じていますか							
降水量							
・降水量が年々増えてきていますか							
・集中豪雨や雨の日が増えたと感じていますか							
・降り方が降るときと降らないときで極端に変わったと感じていますか							
樹体生育全体							
・あなたが果樹栽培を始めてから樹体生育の変化を感じていますか							
萌芽							
・萌芽が年々早くなってきていると感じていますか							
・萌芽が極端に早い年と遅い年が増えていますか							
開花							
・開花始期が年々早くなってきていると感じていますか							
・開花始期が極端に早い年と遅い年が増えていますか							
・満開が年々早くなってきていると感じていますか							
・満開が極端に早い年と遅い年が増えていますか							
収穫時期							
・収穫の開始時期が年々遅くなってきていると感じていますか							
・収穫の開始時期が極端に早い年と遅い年が増えていますか							
・(リンゴでは)着色が年々良くなってきていると感じていますか (オウトウでは)着色が年々悪くなってきていると感じていますか (セイヨウナシでは)地色が年々悪くなってきていると感じていますか							
・着色が極端に良い年と悪い年が増えていますか							
・(セイヨウナシでは)地色が極端に良い年と悪い年が増えていますか							
・(セイヨウナシでは)地色の抜ける時期が年々早くなってきていると感じていますか							
・着色の開始時期が極端に早い年と遅い年が増えていますか							
・(セイヨウナシでは)地色の抜ける時期が極端に早い年と遅い年が増えていますか							
果実硬度							
・果実が年々軟らかくなってきていると感じていますか							
・果実が極端に硬い年と軟らかい年が増えていますか							
糖度(可溶性固形物含量)							
・糖度が年々高くなってきていると感じていますか							
・糖度が極端に高い年と低い年が増えていますか							
酸度(滴定酸含量)							
・酸度が年々低くなってきていると感じていますか (オウトウでは)酸度が年々高くなってきていると感じていますか							
・酸度が極端に高い年と低い年が増えていますか							

数字は全回答数(リンゴ23件、オウトウ14件、セイヨウナシ16件)中に占める割合を示す。セイヨウナシの()内の数字は追熟後の果実についてのもの。オウトウ果実の果肉硬度については調査を行っていない。

第5表 山形県におけるリンゴ、オウトウおよびセイヨウナシ生産者の収穫前果実の着色ならびに品質管理と気象変動に対する認識

項目	設 問	樹 種														
		リンゴ					オウトウ					セイヨウナシ				
		はい	いいえ	わからない または無回答	はい	いいえ	わからない または無回答	はい	いいえ	わからない または無回答	はい	いいえ	わからない または無回答			
収穫前果実の着色管理	・果実の着色を向上させるため何か工夫を行っていますか	95.7	4.3	0	92.9	7.1	0	—	—	—	—	—	—			
栽培管理	・果実の着色を向上させるための工夫は気象変動への対策 もかねていますか	52.2	21.7	26.1	71.4	14.3	14.3	—	—	—	—	—	—			
収穫前果実の品質管理	・果実の品質を向上させるため何か工夫を行っていますか	91.3	8.7	0	85.7	7.1	7.1	62.5	37.5	0	0	0	0			
	・果実の品質を向上させるための工夫は気象変動への対策 もかねていますか	39.1	17.4	43.5	64.3	14.3	21.4	25.0	31.3	43.8	43.8	43.8	43.8			

数字は全回答数（リンゴ23件、オウトウ14件、セイヨウナシ16件）中に占める割合を示す。セイヨウナシ果実の着色管理については調査を行っていない。

を実感していると答えた人の割合はいずれの樹種でも40%未満にとどまった。また、年次変動の大きさを実感していると答えた人の割合も40%未満であった。

果実品質について、最近20年間の果肉硬度、果汁の糖度（可溶性固形物含量）および酸度（滴定酸含量）の変化の傾向を認識していると答えた人の割合はいずれも40%未満であった（第4表）。また、これら項目の年次差がしだいに大きくなってきていると答えた人の割合も40%未満にとどまり、果実の着色に関する項目に比べて具体的な変化を感じている人の割合は少なかった。気象変動への対策をかねて積極的な収穫前果実の品質管理を行っている生産者は、オウトウを除いていずれも40%未満であった（第5表）。なお、気象変動を意識している人としていない人の間で具体的な対応策の内容には顕著な差異は認められなかった（第6表）。ただし、収穫前果実の着色管理および品質管理に関する対応策の実施延べ回数は気象変動を意識している生産者の方が多い傾向が認められ、この傾向はとくに果実の着色管理に関して顕著であった。

考 察

本報告でまず、山形県の果樹産地に近い観測地点の気象データについて最近20年間の回帰分析を行ったところ、年平均気温および降水量とも年次変動が大きく、寒河江市の年積算降水量を除き、いずれも有意な変化傾向は認められなかった。そこで、両地点の20年分の気象データから10年移動平均を算出し2001～2011年までの11年間に対して回帰分析を行ったところ、年積算降水量はいずれの地点でも年々有意に増加する傾向が認められたものの、年平均気温の有意な上昇傾向は酒田市のみでしか認められなかった。以上のことから、山形県においては少なくとも最近20年間にはそれほど顕著な気候の温暖化は認められないことが明らかになった。しかし、アンケート調査の結果は、県内の果樹生産者の多くが最近の気象変動の大きさを認識し、そのうち約50%の生産者が年平均気温が上昇傾向にあり、かつ年次変動が激しくなっていると感じていることを示した。一方、年積算降水量については、増加している傾向を感じると回答した生産者の割合は約30%と少なかった。ただし、降水量の多寡が極端になってきていると回答した生産者の割合はいずれの樹種の生産者においても70%以上と高

第6表 山形県におけるリンゴ、オウトウおよびセイヨウナシ生産者の気象変動に対する意識の有無と収穫前果実の着色管理ならびに品質管理との関係

項目	リンゴ			オウトウ			セイヨウナシ		
	意識している人	意識していない人	意識している人	意識していない人	意識している人	意識していない人	意識している人	意識していない人	
9	葉摘み								
7			葉摘み、反射資材の被覆						
5	葉面散布、玉回し	剪定	葉面散布						
4	反射資材の被覆	葉摘み							
3	剪定、着色優良系統の導入	反射資材の被覆、栽培管理の徹底	剪定	葉摘み					
2	施肥・土壌改良	施肥・土壌改良、摘果	施肥・土壌改良	摘果					
1			着色優良系統の導入、摘果、着色促進剤の散布、水管理、施設の改善	反射資材の被覆、葉面散布					
合計	31	15	29	7					
7		摘花・摘果							
6	施肥・土壌改良	剪定							
5	摘花・摘果	施肥・土壌改良							
4		栽培管理の徹底	剪定、摘芽・摘果	摘芽・摘果	施肥・土壌改良				
3	剪定								
2	葉摘み、葉面散布		葉摘み、反射資材の被覆、葉面散布	施肥・土壌改良	摘花・摘果	剪定、施肥・土壌改良			
1	受粉、着色優良系統の導入	収穫時期の調整、収量制限、水管理	水管理	着色促進剤の散布、水管理、収穫時期の調整、葉摘み	新梢管理	摘花・摘果、収穫時期の調整			
合計	20	25	15	10	6	6		6	

自由回答で複数回答可。セイヨウナシ果実の着色管理については調査を行っていない。

かった。このように、実際の気象変動と生産者の認識にはかなりのずれがあるものと推察された。

Howe・Leiserowitz (2013) はアメリカ人を対象に行った温暖化に関する意識調査において、気象状況や変化に対する認識は、地球の温暖化に偏向した意識や個人の主観的な気象変動の経験に依存しやすいことを指摘している。また、Esham・Garforth (2013) は、農業従事者の気象変動の認識の有無が彼らが実際に講じる適応策に有意な影響を及ぼすと述べている。これらのことから、今日のように多様なマスメディアから供給される地球温暖化に関する情報が、生産者の気象変動に対する認識の程度や内容、さらには彼らの栽培管理に対して少なからぬ影響を及ぼしていることが推察できる。本研究のアンケート調査の対象とした果樹生産者もその例外ではないと考えられた。

最近20年間の両地点の果樹の生態に関するデータについて回帰分析を行ったところ、両地点のセイヨウナシの収穫日が有意に遅くなっていたものの、他の項目については年次変動が大きく一定の傾向は認められなかった。また、生態データについても10年間の移動平均を算出し2001～2011年までの11年間に対して回帰分析を行ったところ、萌芽日および満開日については、ほとんどの樹種で年々早くなる傾向が認められた。この点について、3樹種の生産者の約半数が生態の変化を感じていると答えたものの、実際には萌芽日や満開日の前進傾向をほとんど実感しておらず、むしろ年次変動が年ごとに大きくなっていると感じている傾向が強かった。このことから、生産者は各樹種の長期的な生態変化の傾向よりも前年あるいは最近2、3年間の生育状況の違いをより強く認識しやすいものと推察された。

果実の着色割合は、有意ではなかったが、寒河江市でリンゴ‘ふじ’を除いたいずれの樹種でも年々低下する傾向が認められた。また、地色（カラーチャート値）については酒田市のセイヨウナシを除いていずれも高くなる傾向が認められた。これらことに関連して、リンゴ生産者とオウトウ生産者から果実の着色不良傾向を指摘する回答がとくに多く認められた。なお、気象変動を意識したうえで、着色促進のための管理を行っている生産者は両樹種とも50%以上に上った。

一方、果実品質に関するほとんどの調査項目にはその変動に一定の傾向が認められなかった。この点に関して、約40%の生産者が最近20年間における収穫果の品質の

変化や年次変動が大きくなっていることを認識していないながら、気象変動を意識して収穫前果実の品質管理を行っていると答えた生産者の割合は40%に満たなかった。ただし、オウトウに関しては、生産者の60%以上が気象変動を意識した栽培管理を行っていると答え、リンゴやセイヨウナシに比べてその割合が高かった。これは、オウトウが他の樹種に比べて果実の生育期間が短く、かつ収穫期が6月から7月であるため、梅雨期の降雨や夏季の高湿による果実の裂果やうみ果の発生などの生理障害が生じやすいこととも関連していると思われた。これらのことはオウトウ生産においてしばしば大きな問題になることから、生産者は気象変動を意識したうえで栽培管理を行う傾向が強いものと推察された。

一般に青果物市場では果実の成分的品質に加えてそれらの外観も重要視される。すなわち、着色の良好な果実ほど高価格で取引される。農林水産省の平成18年青果物・花き集出荷機構調査報告（農林水産省、2010）によれば、山形県におけるリンゴおよびオウトウ果実の主な出荷先は青果物卸売市場であるので、生産者は果実の成分的品質はもとより、それらの外観や着色程度を強く意識した栽培管理を行うのが一般的である。Fujisawa・Kobayashi (2011) は、長野県のリンゴ生産者を対象にして気象変動に対する適応行動について調査した結果、直売を主とする生産者よりも果実を主に市場に出荷している生産者の方が着色の不良傾向を強く認識しており、葉摘みの実施や反射資材による被覆といった着色改善のための管理作業をより積極的に行う傾向があることを報告している。このことから市場を主な販売チャネルとする生産者は果実の着色程度や外観を重視した栽培管理をより積極的に行う傾向があることがわかる。

一般に果樹生産では、良品質果実の安定生産のために、気象条件や土壌条件に適応した栽培管理を行う。そのため、自然条件下に生息する野生植物の場合とは異なり、樹体あるいは果実生育の気象変動に対する反応性は生産者の栽培管理方法の違いによって異なってくる。Esham・Garforth (2013) は、スリランカの自作農農家を対象にして調査した結果、気象変動やそのリスクの認識の有無がそれらに対する適応策を講じる回数に有意な影響を及ぼすことを述べている。本研究の調査結果からも、気象変動に対して意識の高い生産者の方がより積極的に栽培管理を講じる傾向が認められた。これらの生産者の努力によって、果樹に対する気象変動の影響が打

ち消される、あるいは軽減されている可能性があると考えられる。また、県内の地点間においても気象や樹体生育、果実の品質の変化傾向が異なっていたことから、各園地の微気象がそれらに少なからず影響している可能性もある。これらのことを含めて考えると、気象変動が果樹の生態や果実の品質に及ぼす影響をよりの確に把握するためには、複数の地点の気象に関するデータの分析と並行して、気象観測地点に近いところで農業を行っているできるだけ多くの生産者の意識と実際に生産者が講じている対策について調査を行い、それらをより総合的に考察する必要があると考えられる。

摘 要

山形県における最近の気象変動と果樹の生育ならびに果実品質の変動を分析するとともに、アンケート調査によって、近年の気象変動に対する果樹生産者の意識とそれに対応する栽培管理について調査した。

年平均気温の上昇傾向は酒田市のみ有意で、寒河江市では有意な変化は認められなかった。リンゴ、オウトウおよびセイヨウナシの生態については、寒河江市ではいずれの樹種でも萌芽日および満開日が早くなる傾向が認められるとともに、リンゴ‘つがる’を除いて収穫盛期が有意に遅くなる傾向が認められた。酒田市でもオウトウおよびセイヨウナシの萌芽日が有意に早くなる傾向が認められ、収穫盛期は遅くなる傾向が認められた。さらに、寒河江市ではリンゴ‘ふじ’、オウトウおよびセイヨウナシの果汁の可溶性固形物含量が有意に高くなる傾向が、酒田市ではオウトウおよびセイヨウナシの果実縦径が有意に大きくなる傾向が認められた。果実の着色に関して、リンゴ‘ふじ’では着色程度が年々良くなる傾向が、オウトウでは着色程度が年々悪くなる傾向が、セイヨウナシでは地色（カラーチャート値）の着色程度が年々低くなる傾向が認められた。

アンケート調査の結果、いずれの樹種の実産者も回答者の80%以上が最近の気象変動が激しいと実感していると答えた。そのうちの50%以上は平均気温の上昇傾向を認識していたが、年積算降水量の増加傾向を認識している人は30%未満と少なかった。萌芽日や満開日の前進傾向についてはほとんどの生産者が実感しておらず、むしろ年次変動がしだいに大きくなっていると実感している人の割合が高かった。また、生産者の多くが最近20年

間の着色の変化をデータ分析の結果とは逆の傾向、ないしはほとんど変化していないと認識していた。ただし、リンゴおよびオウトウ生産者の多くは着色の不良傾向を感じていた。果実の収穫時期の変化を実感している生産者の割合は40%以下で、収穫果の果肉硬度、果汁の可溶性固形物含量および滴定酸含量の変化の傾向を認識している人の割合は40%未満であった。

以上の調査結果から、山形県では少なくとも最近20年間には顕著な温暖化傾向は認められなかった。また、多くの生産者は、樹体の生育や果実の着色状況の変化を実感しているが、収穫時期の変化や果実品質の変動を実感している人の割合はそれより少ないことがわかった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、貴重なデータを提供していただいた山形県農業総合研究センター園芸試験場ならびに山形県庄内総合支庁産業経済部農業技術普及課産地研究室の関係者各位に心より御礼申し上げます。また、データの収集ならびにアンケートの実施に際して多大なご支援いただいた同試験場果樹部の原田芳郎研究員に厚く御礼申し上げます。さらに、アンケート調査の実施にあたってご配慮いただいたJA さくらんぼひがしねの関係者各位ならびにアンケート調査にご協力いただいた果樹生産者の方々に感謝の意を表します。

引用文献

- Adger, W. N. , S. Agrawala and M. M. Q. Mirza. 2007. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. p.717-743.
- Chmielewski, F. M. , A. Müller and E. Bruns. 2004. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. *Agricultural and Forest Meteorology*. 121: 69-78.
- Esham, M. and C. Garforth. 2013. Agricultural adaptation to climate change: insights from a farming community in Sri Lanka. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change*. 18: 535-549.
- 藤沢茉莉子・小林和彦. 2007. 日本におけるリンゴの発育早期化にみられる温暖化の影響. *農業気象*. 63(4) : 185-191.

- Fujisawa, M and K. Kobayashi. 2011. Climate change adaptation practices of apple growers in Nagano, Japan. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change.* 16: 865-877.
- Howe, P., D. and A. Leiserowitz. 2013. Who remembers a hot summer or a cold winter? The asymmetric effect of beliefs about global warming on perceptions of local climate conditions in the U. S. *Global Environmental Change.* 23(6): 1488-1500.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html.
- 気象庁. 2010. 地球温暖化に関する知識. p.8.
- 農林水産省. 2007. 農林水産関係市町村別データ.
- 農林水産省. 2010. 平成18年青果物・花き集出荷機構調査報告.
- 仙台管区気象台・山形地方気象台. 2009. 地球温暖化による東北地方・山形県の気候への影響. p.12-13.
- 杉浦俊彦・黒田治之・杉浦裕義. 2007. 温暖化がわが国の果樹成育に及ぼしている影響の現状. *園学研.* 6 (2) : 257-263.
- Sugiura, T., H. Ogawa., N. Fukuda and T. Moriguchi . 2013. Change in the taste and textural attributes of apples in response to climate change. *SCIENTIFIC REPORTS.* doi: 10. 1038. <http://www.nature.com/srep/2013/130815/srep02418/full/srep02418.html?message-global=remove>, (accessed 2014-10-10).
- 山形県農林水産部. 2011. 地球温暖化に対応した農林水産研究開発ビジョン. p.8-16.