

<報 文>

山形県気候変動適応センターの取り組みについて*

新藤 道人**

キーワード ①気候変動 ②山形県 ③サクラ開花日 ④生物季節観測

要 旨

山形県では、気候変動適応法の施行に伴って、2021年3月に山形県気候変動適応計画を盛り込んだ第4次山形県環境計画を策定し、同年4月に山形県気候変動適応センターを開所した。山形県気候変動適応センターの取り組みとして、サクラ開花日の情報収集とその地域差についての解析、自然観察会の実施、普及啓発セミナーの開催などを行っている。サクラ開花日の解析では、山形県内19地点の開花日について、地域別の変化を解析したところ、元々開花日が早かった地域と遅かった地域の開花日の差が広がってきていることがわかった。

1. はじめに

世界の平均気温は、これまでに経験したことのない速度で上昇しており、100年あたり0.76℃高くなっている。また、2023年の世界の平均気温は、1891年の統計開始以降最も高い値を記録し、最近の10年間の平均気温が上位10年全てを占めるなど、近年地球温暖化の影響が顕著になっている。さらに、日本では1時間降水量50mm以上の大雨の回数が、1976～1985年の10年間と2014～2023年の10年間とを比較すると約1.5倍に増えており、極端な大雨の発生回数の増加などの、気象現象の極端化も進行している^{1) 2) 3)}。

このように地球規模で気候変動の影響が見られるが、その影響への適応は、それぞれの地域特性を考慮し、地域ごとに対応する必要がある。このような状況を受けて、2018年12月に気候変動適応法が施行され、その中で地域での適応を推進するため、都道府県及び市町村は、地域気候変動適応計画を策定することや、地域気候変動適応センターを設置することが努力義務として定められた。そこで、山形県では、2021年3月に山形県気候変動適応計画を盛り込んだ第4次山形県環境計画を策定し、同年4月に山形県気候変動適応センター（以下、適応センター）を開所している。

本報では、山形県における気候変動の状況や、適応センターとして実施してきたこれまでの取り組みについて紹介する。

2. 山形県

2.1 山形県の概要

山形県は、東北地方南部の日本海側に位置し、東京から北に約300km、山形新幹線で約3時間の距離にある。山岳地帯が多く、東部には奥羽山脈が南北に走り、それと並行して県の中央に出羽丘陵、朝日山地、南部に飯豊山地などが連なっており、鳥海山、月山、蔵王山などの山々に囲まれている。また、南から米沢盆地、山形盆地、新庄盆地が連なっており、単一の都府県を流域とする河川では最長である最上川が各盆地と庄内平野を流れる、自然の豊かな地域である。

山形県は村山、最上、置賜、庄内の4地域に分けられ、それぞれの地域が盆地、山間部、沿岸部など地形的に異なっており、気象や気候の特徴も異なっている。

庄内平野を中心とする庄内地域は海岸性気候の特徴を持ち、多雨多湿で冬季には北西の季節風が強い。冬はふぶく日が多く海が荒れるが降雪量は少なく、春から秋は温暖な穀倉地帯である。村山・最上・置賜の3地域は内陸部の盆地気候で、昼夜の温度差が大き。夏季はフェーン現象の影響で非常に高温になることがあり、1933年に山形市で40.8℃を記録しており、2007年に埼玉県熊谷市で40.9℃を観測するまで、日本一の最高気温の記録を持っていた。地域別にみると、最上地域は積雪が多く、夏季には大雨となることも多くなっている。村山地域は一般的に雨、雪ともに少ないが、月山や朝日山系の山間

*About the efforts of the Yamagata Prefecture Climate Change Adaptation Center

**Michito SHINDO (山形県環境科学研究センター) Environmental Science Research Center of Yamagata

部は多雨・豪雪地帯となっている。置賜地域も同様であり、吾妻山山系の山間部は豪雪地帯となっている⁴⁾。

2.2 山形県における気候変動影響

全国的に気温の上昇が見られるが、山形県も同様であり、1890年～2023年までの山形の年平均気温は、100年あたり約1.4℃上昇している⁵⁾。また、県内20地点の1977年～2023年のアメダスの年平均気温から、40年あたりの気温上昇を比較した(表1)。なお、観測期間は、観測開始時期の遅い地点に合わせて、解析を行った。

表1 アメダス各地点の1977年～2023年までの年平均気温から算出した40年あたりの気温上昇率(℃/40年)

地点名	上昇率	地点名	上昇率	地点名	上昇率
山形	1.53	鼠ヶ関	2.48	高峰	1.33
左沢	0.93	飛鳥	0.94	新庄	1.48
大井沢	0.99	狩川	1.20	金山	1.33
尾花沢	1.37	米沢	1.07	向町	1.31
楯岡	0.81	長井	1.18	肘折	1.12
酒田	1.53	高島	1.55	差首鍋	1.22
鶴岡	1.67	小国	0.63		

表1を見ると、地点によって平均気温の上昇率に違いはあるが、全ての地点で上昇しており、特に庄内地域と内陸の都市部の上昇率がやや高くなっている。日本では100年あたりの気温上昇率が1.35℃であるが¹⁾、多くの地点で近い値となっており、山形県は気温上昇が平均的な進行状況であると考えられる。加えて、気温上昇に伴って猛暑日も増加しており、猛暑日が100年で5日増加している。

また、サクラ(ソメイヨシノ)の開花日が早まっているという影響が見られる。これについては詳細な解析を行ったため、具体的な内容は後述する。

その他に、雪解け期の早まりが影響として見られている。県内でも有数の豪雪地帯である肘折及び大井沢のアメダスのデータをもとに、年ごとに積雪深が0cmになった日を図1及び図2に示す。その結果、肘折では40年で12日と雪解けの早まりが見られたが、大井沢では40年で1.5日と雪解けの日に変化が見られなかった。また、今回はデータを用いていないが、2024年は特に雪解けが早く、両地点ともに過去2番目に雪解けが早かった。雪解けの早まりによって、これまでの雪解け時期(4,5月)の豊富な河川水が少なくなり、稲作に必要な時期に水が不足するなど、農業への影響もいずれみられると考えら

れる。

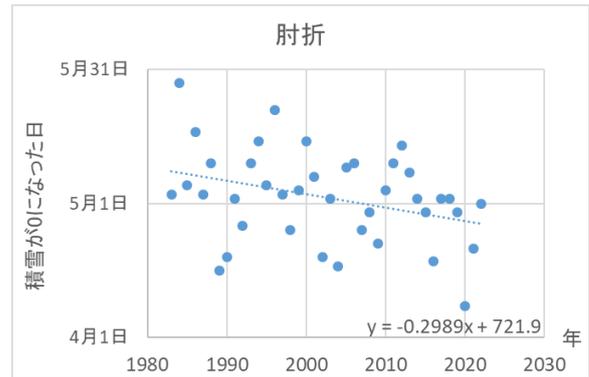


図1 肘折における積雪0cmとなった日

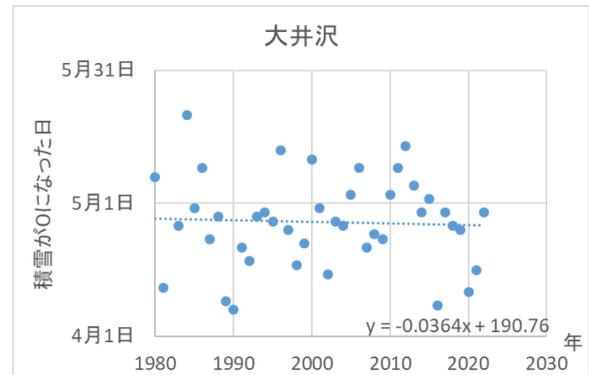


図2 大井沢における積雪0cmとなった日

2.3 山形県気候変動適応センターの設置

山形県では、2021年3月に、種々の環境に関する計画を包括的に盛り込んだ「第4次山形県環境計画」を策定した。その中で、気候変動適応法第12条に規定する地域気候変動適応計画や、同法第13条に規定する地域気候変動適応センターの設置について記述しており、2021年4月1日に適応センターが山形県環境科学研究センター(以下、環研センター)内に設置された。組織体制としては、センター長1名、副センター長2名、職員4名を置き、環研センター環境企画部員が適応センターの運営業務を兼ねている。

3. 取り組み

3.1 生物季節観測

適応センターが設置された2021年から、気候変動適応東北広域協議会の事業として、生物季節観測を実施している。2021年からカエデ及びイチョウが紅葉した日の観測を、2022年からはサクラの開花した日の観測を行っている。カエデ及びサクラは敷地内に植樹されているものを、標本木として設定した。イチョウについては敷地内になかったため、当所から南に約500mの地点にあるイチ

ヨウを標本木とした。

目視で標本木を観測し、図3、4のように写真で記録しており、これまでの結果は表2のとおりである。まだ始めたばかりで傾向は不明だが、今後も継続することで、気候変動の影響が見えることが期待される。



図3 サクラの開花状況



図4 (左) カエデの紅葉状況 (右) イチヨウの黄葉状況

表2 生物季節観測の結果

	2021年	2022年	2023年
サクラ開花日	-	4月12日	4月4日
カエデ紅葉日	11月15日	11月14日	11月20日
イチヨウ黄葉日	11月15日	11月14日	11月9日

3.2 サクラの開花日

地球温暖化に伴いサクラ（ソメイヨシノ）の開花日が年々早まっており、観光への影響などが懸念されている。一方で、その早まりの程度は地域によって異なっていることも考えられ、対策を考えるうえで地域の特性を把握することが重要であることから、適応センターでは、県内のこれまでのサクラ（ソメイヨシノ）の開花状況を調査し、その傾向を解析した。

調査に用いたデータは、山形地方気象台で公開している山形市における開花情報⁶⁾及び山形新聞「花だより」⁷⁾に掲載された県内18カ所の開花情報であり、観測地点や観測期間についての詳細は表3及び図5のとおりである。

まず、山形地方気象台が山形市において一定基準に基づいて実施してきた生物季節モニタリングである山形1のデータと、山形新聞「花だより」に掲載された山形2のデータの比較を行い、その相関により「花だより」のデータの信頼性を確認した。山形地方気象台の観測地点は気象台構内（山形市緑町）、「花だより」の観測地点は霞城公園（山形市霞城町）となっており、約1.7km離れた地点である。両地点とも山形盆地にあり、距離も近く、気象的には同様であると考えられる。

表3 サクラの開花状況調査に用いたデータ

観測元	観測地点	観測期間（年）
山形地方気象台	山形1	1968～2023
山形新聞	鶴岡，遊佐，庄内，山形2，天童，寒河江，上山，東根，村山，新庄，南陽，米沢，長井	1968～2023
	酒田	1969～2023
	尾花沢	1972～2023
	八幡	1979～2023
	松山，小国	1982～2023



図5 山形県を4地域に分けた地図と山形地方気象台及び山形新聞「花だより」のサクラの観測地点

山形1と山形2の開花日を、3月31日を0、4月1日を1、と順番に値付けし、同じ年の2地点の開花日を比較したグラフを図6に、山形1に対する山形2の開花日の差を図7に示した。その結果、相関係数は0.988で強い正の相関が見られ、また、1日以内のずれが合計で91%であった。このことから、山形新聞「花だより」の結果は、山形地方気象台における生物季節モニタリングと同等の信頼性であることが確認できた。

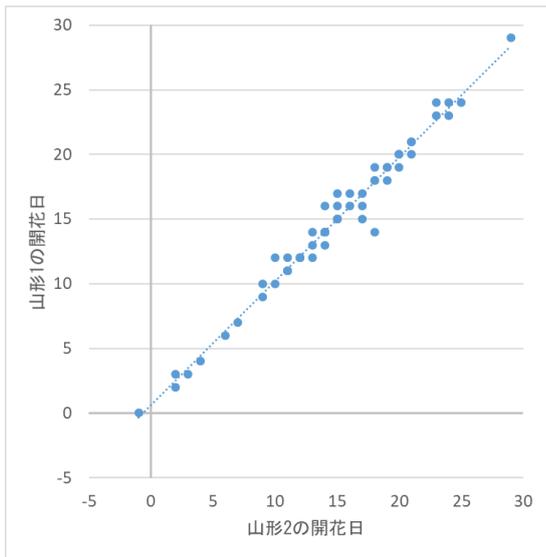


図6 山形1と山形2の開花日の比較

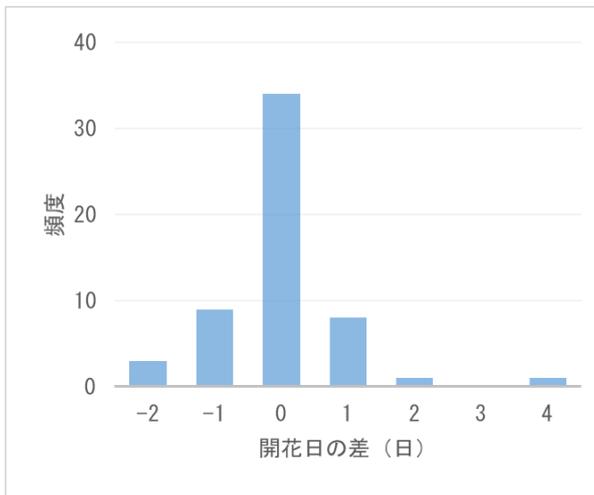


図7 山形1に対する山形2の開花日の差

次に、山形新聞「花だより」の山形以外17カ所の1968年からの開花日について、同様に4月1日を1として値付けを行った。その後、山形地方気象台及び山形新聞「花だより」の計19地点の開花日について、変化傾向の解析を行うにあたって、ノンパラメトリックな検定方法である「Mann-Kendall検定」及び「Sen's Slope」を用いて解析を行った^{8) 9) 10)}。Mann-Kendall検定では、有意水準

5% ($\alpha=1.96$) で変化傾向の有無を判定し、有意水準1% ($\alpha=2.58$) で有意な場合は傾向に※を記載し、統計量Zが小さい順に並べた。また、変化傾向を示した場合には、「Sen's Slope」を求め、その傾きから各地点の開花日の50年間の変化率を推定した。Mann-Kendall検定及びSen's Slopeの解析結果を表4に示す。

表4 各地点における開花日の解析結果

地域	観測地点	統計量Z	傾向	Sen's Slope	50年変化率(日)
庄内	鶴岡	-4.46	早まる傾向※	-0.21	-10.6
庄内	酒田	-4.34	早まる傾向※	-0.22	-11.1
村山	山形2	-4.31	早まる傾向※	-0.20	-10.1
置賜	長井	-4.19	早まる傾向※	-0.19	-9.6
村山	上山	-4.16	早まる傾向※	-0.18	-8.8
村山	山形1	-4.15	早まる傾向※	-0.19	-9.4
置賜	南陽	-4.03	早まる傾向※	-0.20	-10.0
西村山	寒河江	-3.92	早まる傾向※	-0.17	-8.3
庄内	遊佐	-3.81	早まる傾向※	-0.16	-8.0
置賜	米沢	-3.76	早まる傾向※	-0.18	-9.1
北村山	東根	-3.60	早まる傾向※	-0.16	-8.2
村山	天童	-3.57	早まる傾向※	-0.16	-7.9
北村山	村山	-3.16	早まる傾向※	-0.17	-8.3
最上	新庄	-2.69	早まる傾向※	-0.14	-6.9
庄内	八幡	-2.39	早まる傾向	-0.17	-8.3
庄内	松山	-2.09	早まる傾向	-0.14	-7.1
庄内	庄内	-1.97	早まる傾向	-0.13	-6.3
置賜	小国	-1.74	有意差なし	-	-
北村山	尾花沢	-1.71	有意差なし	-	-

Mann-Kendall検定の結果を見ると、小国と尾花沢を除き5%水準で有意に開花日が早くなっており、ほとんどの地点で開花が早まる傾向が見られた。また、開花が早まる傾向が見られた中では、庄内地域の内陸側を除き、1%水準で有意であった。次にSen's Slopeの結果を見ると、50年で6.3~11.1日ほど開花日が早まっていることが推測された。開花日の変化は場所によって差が見られ、温暖化の影響に地域差があることが考えられた。

このような地域差が出た原因について考察する。まずMann-Kendall検定において、5%水準で有意であったが、1%水準で有意でなかった「八幡・松山・庄内」について考察すると、「八幡」と「松山」は開花日の観測が始まった時期が10年以上遅く、変化傾向の検出力が弱かったことが考えられるが、この2地点に比較的環境に近い「庄内」においては他の地点と同じ時期から観測を始めている。このことから、観測開始時期の違いだけではなく、地域的な影響もあると考えられる。庄内地域の他の観測地点（鶴岡・酒田・遊佐）は庄内平野にある地点であることに對し、これらの3地点は庄内平野の東端、山麓にあるという共通点がある。日本近海の海面温度は上

昇傾向にあり、特に山形県沖を含む日本海中部は100年で1.94度上昇しており、気温の上昇率より大きくなっている¹⁾。庄内平野の3地点は海水温の上昇の影響を受けやすい一方、山麓の3地点はその影響が小さく、その結果開花日の早まりが緩やかであったことが考えられる。

次に、「小国」や「尾花沢」では早まる傾向があるとは言えなかった（早まる傾向が小さい）ことについて考察する。この2地点は県内でも有数の豪雪地帯であり、他の地点と比べて年平均気温が低い。また、開花日の平均値（表5）を見ても、開花日の早い地点と比べると1週間から10日ほど開花が遅い。このように、山間部など元々気温が低く、開花が遅い地域では早まる傾向が小さく、都市部など元々の気温が高い地点では早まる傾向が大きく、県内の開花日の差が大きくなっていることが考えられる。

表5 開花日の平均値

地点	平均 開花日	地点	平均 開花日	地点	平均 開花日
鶴岡	13.5	上山	17.0	米沢	19.4
酒田	14.0	天童	17.2	村山	20.1
山形2	14.7	寒河江	17.6	新庄	21.6
山形1	14.7	南陽	18.1	小国	21.6
松山	15.8	庄内	18.6	尾花沢	23.2
遊佐	16.3	長井	18.6		
八幡	16.8	東根	18.8		

そこで、図8に開花が最も早い地点と最も遅い地点の開花日の差を年ごとに示した。これら開花日の差についてMann-Kendall検定で解析したところ、統計量Zが4.39と、1%水準で有意に増加する傾向が見られた。このことから、ほとんどの地点で開花日が早くなっているが、元々開花日が早かった地点の方が、遅かった地点に比べてより早まる傾向にあり、開花日の差が広がっているということが示唆された。

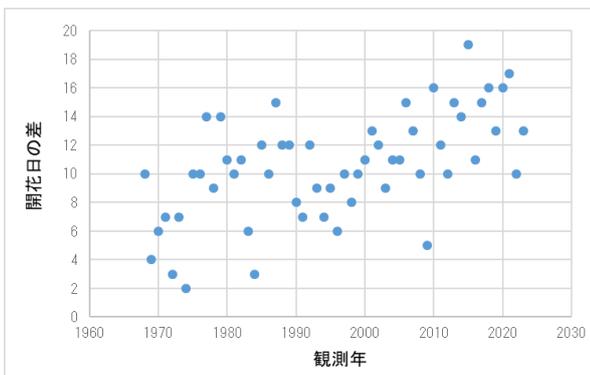


図8 開花が最も早い地点と最も遅い地点の開花日の差

さらに解析を進めるために、アメダスのデータを用いることなどが考えられるが、開花日の観測地点周辺にアメダスの地点がない場合も多く、詳細な解析を進めるには至っていない。今後はアメダスの気温データの解析や開花日観測地点にどのアメダス地点を対応させるかなど検討することで、地域による開花日の違いをより詳細に明らかにし、最終的には桜まつりイベント主催者への開花予想の提供など、観光業への活用などを期待している。

3.3 自然観察会

環研センターでは、一般に公開して科学実験などを体験してもらう「親子で楽しむ環境科学体験デー」を毎年実施しており、その一環として、環研センター近くの山へ行き、動植物を観察する観察会を行っていた。適応センター設置後の2022年度から、この観察会を適応センターの事業として実施することとし、気候変動に関する座学をした後に、自然観察会を行っている。また、この自然観察会は、気候変動適応東北広域協議会で共催しており、環境省東北地方環境事務所と気候変動適応地域づくり推進事業東北地域業務の委託業者の協力を得ている。

自然観察会は毎年6月に実施しているが、2023年度はさらに10月に山形県独自事業として実施した。自然観察会の具体的な内容としては、気候変動に関する座学を30分程度行い、その後当所から車で10分弱にある楯山登山口に移動し、里山の散策を行っている。里山の散策では、外部講師として植物の専門家を招き、植物の紹介や解説などをしてもらい、参加者が自然・季節を感じられるようなイベントになっている。木の実を食べたり、植物の匂いを嗅いだり、触感を楽しんだり、昆虫を捕まえたり、五感を大いに活用して自然を体験してもらっている（図9）。このような体験を通して、植物と季節の変化や、生物季節観測、ひいては気候変動について考えるきっかけになることを期待している。



図9 自然観察会の様子

3.4 セミナー

年に1回、適応センターが主催となり、国立環境研究所などの協力を得ながら、一般市民や自治体職員向けのセミナーを開催している。これまでの実績を表6に示した。これまでの参加者は延べ57名で、主に自治体職員である。

実施日	内容
2021年 12月13日	山形県気候変動適応セミナー ～気候変動へのもう一つの対策、適応とは～
2022年 10月31日	自治体職員のための「適応」研修会
2023年 11月30日	地域気候変動適応計画策定研修会

表6 開催したセミナーの一覧

4. おわりに

これまで温暖化や気候変動適応に関する研究や情報収集を実施したことがなく、初めての経験となる中、限られた人員・予算の枠で、地域気候変動適応センターとしてどのようなことができるのか、どのようなことをやらなければならないかを考えながら、様々な事業を実施してきた。先進的な取り組みを行っている自治体、地域気候変動適応センターの事例を参考にしながら、少しずつ進めているが、先行きが不明な部分が多い。気候変動は今後も継続し、その影響が拡大していくことが危惧されている。今後も国立環境研究所や他の地域気候変動適応センターなどと協力しながら、気候変動の影響及び適応に関する情報を収集、分析し、情報発信を行い、地域気候変動適応計画・適応策を推進するために必要な役割を果たしていくことが必要と考えられる。

5. 引用文献

- 1) 気象庁：気候変動監視レポート2023, pp. 49-55
- 2) 環境省：IPCC第6次評価報告書の概要-第一作業部会（自然科学的根拠）
- 3) 文部科学省，気象庁：IPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書「気候変動2021自然科学的根拠」解説資料基礎編
- 4) 山形地方気象台：山形県の気候特性，
<https://www.data.jma.go.jp/yamagata/detail/climate.html> (2024. 7. 24アクセス)
- 5) A-PLAT 気候変動の観測・予測データ 予測データ
https://adaptation-platform.nies.go.jp/map/Yamagata/index_past.html (2024. 8. 8アクセス)
- 6) 気象庁：生物季節観測の情報，<https://www.data.jma.go.jp/sakura/data/index.html> (2024. 8. 5アクセス)
- 7) 山形新聞：花だより，1968-2023
- 8) 松田涼樹，小島徳久：愛知県気候変動適応センター2020年度の取組．愛知県環境調査センター所報，**49**，61-71，2021
- 9) 西岡昌秋，宝馨：Mann-Kendall検定による水文時系列の傾向変動．水文・水資源学会誌，**17**，343-353，2004
- 10) 村岡和満，朝位孝二：ベンガル地域の気象水文学の長期変化と地球規模現象との相関・因果関係の解明．土木学会論文集B1(水工学)，**76**，53-69，2020