

要旨

農業は、自然的要因（天候不順や水災害など）の影響を受けやすく、地球温暖化による悪影響が特に心配される分野である。この影響を調べる上で、地球温暖化と都市熱（ヒートアイランド）により 3℃ 近くの気温上昇を経験してきた「江戸東京野菜」は有用な研究材料である（堅田、2021a、2021b）。そこで、「江戸東京野菜」の一つである練馬ダイコンの栽培を江戸時代から 200 年以上続けている農家に聞き取りしたところ、秋冬の霜の消失が気温上昇の便益であったという。気象データでも、都市熱による気温上昇は秋冬にかけて特に大きく、東京の初霜日（その年の秋から冬にかけて最初に霜の降りた日）は過去 100 年間で 1 ヶ月ほど遅くなったことが確認できる。農家はこれに合わせてより短期間で同じ重さのダイコンを作りつつ、ダイコン収穫の前に別の作物を新たに栽培できるようになった。冬野菜の栽培については、将来、地球温暖化が進行することによってその好影響に適応するシナリオを描くことができるかもしれない。

目次

1 気温上昇は冬の作物にとって悪影響？	2
2 霜発生の遅れで容易になった練馬ダイコン栽培	3
3 過去 100 年間の生育環境の変化	5
4 温暖化影響の解明に役立つ江戸東京野菜	9
文献	10

1 気温上昇は冬の作物にとって悪影響？

2005年に実施された都道府県の農業関係公立試験研究機関へのアンケート調査によると、野菜栽培には温暖化による影響が各地みられているという（表1）。例えば、温暖化が原因で収穫期が変動し計画的な出荷や作型・作期の見直しを迫られている。また、露路栽培の生育障害や夏季の生育停滞による生産性低下が起こっている。また、生育期間が短縮することで生産性が低下しているとした都道府県もある。一方で、作期の拡大、作目の拡大、冬期無加温栽培に好都合、降雪減少で施設の利用率向上、厳冬期の収穫作業の現象など、温暖化のメリットも指摘されている。それでも、将来人間活動によって現在のCO₂濃度（約400ppm）が増加すると2～4.5℃の気温上昇が起こるという全球気候モデルの予測結果を考えれば（IPCC, 2022）、悪影響を緩和させるための何らかの対策（適応策）を行う必要があるとされている（例えば、農研機構、2020）。

しかしながら、現在得られている地球温暖化の影響に関する知見には不確実な部分も多い。例えば、表1のような調査結果には報告者による主観的な判断が入らざるを得ない。温暖化の研究の歴史が浅い上に、各現象が温暖化の影響かどうかを現場で判定することが困難である場合が多く、また統計資料なども多くは存在しないからである（杉浦ほか、2006）。影響評価の最重要である地上気温ですら、日本の平均気温の上昇率（過去100年間で0.77℃；堅田、2020による解説）に用いられている限られた有人の気象官署を除くと、気象庁アメダスが整備された1974年以前のデータは電子化されていない。

統計データが限られている現状を鑑みれば、農家への聞き取り調査は影響評価の起点として有用と思われるが、調査対象の選定が重要である。例えば、農作物の栽培技術（品種改良など）が高まれば気候変動への適応能力も自然と高まるはずである（堅田、2021c）。同一品種の栽培期間が十年であれば、それ以下の短周期の気候変動しか経験していない（堅田、2021d）。過去100年間の地球温暖化の影響を調べるならば、同一地域で同一の野菜（品種）を可能な限り長く生産している農家に聞き取りを行うことが最適と思われる。

表 1 2005 年の都道府県の農業関係公立試験研究機関への「農業生産に対する気候温暖化の影響に関する調査」(アンケート調査) にみられた野菜栽培において温暖化が原因で発生・増加していると考えられる現象 (杉浦ほか、2006)。

変化内容(対策)	都道府県数
秋冬野菜等の作型拡大	4
雑草の早期化・長期化・新規化	4
イチゴの花芽分化の遅れによる収穫遅延、収穫終期の前進	3
鳥獣害の増加(対策:電気牧柵の設置)	3
冬季栽培の可能な地域が北に拡大し、競合産地が増加	2
夏季の生産者の身体的負担の増大	2
施設やトンネル栽培の品質不安定	2
促成アスパラの休眠覚醒遅延、早期伏せ込みの妨げ、黄化遅れ	2
品目の拡大	1
冬季無加温栽培に好都合	1
降雪減少で施設の利用率向上	1
厳冬の収穫作業が少なくなった	1
夏秋季の冷涼な気象を生かした生産が不安定に	1
霜害増加	1
葉菜の標高利用の作期幅が減少	1
加工用干しダイコンの乾燥・低温の季節風が減少し、品質が低下	1
品種と作型のミスマッチの機会が増大	1
周年栽培体系の計画的な出荷に障害	1

大都市東京の近郊農業として江戸時代から現在に至るまで栽培されている「江戸東京野菜」(大竹、2009a) は、都市熱によって将来起こりうる地球温暖化の影響を先取りしている(堅田、2021b)。本稿では、江戸東京野菜の一つである「練馬ダイコン」を同じ農地で代々栽培を続けている農家に聞き取りを行うとともに、過去 100 年間の練馬周辺の気象データを電子化し、気温上昇が及ぼす練馬ダイコンの栽培への影響を検討した。

2 霜発生の遅れで容易になった練馬ダイコン栽培

練馬ダイコンは、江戸時代から細々と栽培が続けられている東京都練馬区の特産品である。自家採種により栽培する固定種であり、市場に出回っている青首ダイコンのような交配種(F1 品種)よりも生育期間が長く、品質が不安定であるとともに、病気が出やすくな

るなどの特徴がある（堅田、2021e）。練馬区一帯は関東ローム層（火山灰が堆積した赤土の粘土質）が地表を覆う武蔵野台地に位置し、水利が悪く水田には適さなかった（佐瀬、2011）。一方で、練馬ダイコンにとって火山灰土壌は根を伸ばす上で最適の環境であった（大竹、2009b）。そして、江戸・東京という巨大な消費地が間近にあったことにより、昭和初期まで近郊農業の主要生産物となった（堅田、2021a）。

昭和期における練馬ダイコンの伝統的な栽培工程は、整地、播種（種まき）、間引き・土盛り、追肥、中耕、そして収穫・洗い・乾燥である（図 1a, b）。播種は8月中旬、収穫は11月中旬であり、100～120日を要する（練馬区、2010）。

(a) 収穫(1980年頃)



(b) 日干し(2002年頃)



(c) 2010年の風景



図 1(a)東京都練馬区における練馬ダイコンの収穫・(b)日干しならびに都市化進行後建物に囲まれた栽培風景（練馬わがまち資料館ホームページ、<https://www.nerima-archives.jp/opendata/>）

東京・練馬で70年近く農業を営んでいる渡戸章氏（農業と園芸 online カルチベ、2021）は、現在もこの伝統的な方法で練馬ダイコンの栽培を続けている。渡戸氏は、260年以上練馬ダイコン（練馬尻細大根）を栽培し続けてきた農家の6代目である。1950年代の練馬は一面畑であったが、現在では都市化が進み農地の周囲が建物に囲まれている（図 1c）。

その渡戸氏に対して、著者が「練馬区では、地球温暖化とヒートアイランドで100年前よりも年平均最低気温が3℃近く上昇した。それによる影響は思い当たるか？」と質問し

たところ、「好影響として、霜がほとんど発生しなくなりダイコン栽培が楽になった。悪影響は特にない」という回答を得た。

渡戸氏の経験では、1950年代は毎年8月15日頃に播種を行い、100日で生育させ、11月3日に収穫して日干し作業を開始していたという。収穫・日干しの時期に霜が発生すると、ダイコンは霜害（低温被害）を受ける。この被害を避けるために、霜がつかないように3000本近くのダイコンを毎日上げ下ろしするという重労働をこなしていたとのことであった。

ところが、2022年時点で渡戸氏の播種の時期は9月10日、収穫は11月20日頃にまで遅くなっている。また、練馬ダイコンの生育に要する期間も100日から90日に短縮された。このような作期の移動と生育期間の短縮によって、8月に収穫時期を迎えるエダマメなどの新たな作物を栽培できるようになったという。戦後には、寒冷紗の開発などの栽培技術の進展も見られたが、本人の経験によれば霜そのものが発生しにくくなったことが大きな変化だったということであった。

ところで、渡戸氏によると温暖化の影響とは別に都市化による「風の乱れ」という予想外の悪影響もたらされたという。図3aのように一面畑であった1950年代には、季節に応じた風が一定の方角から吹くために風が読みやすく、防風林などの対策も立てやすかった。しかし、図3cのように建物ができたことでその周囲に逆風や剥離流（吹き降ろし流）などが生じて気流の乱れが生じた（例えば、木梨、2005）。その結果、風向が定まらず防風林の効果が弱まって強風被害が増えるとともに、風が弱まって日干しの効率が落ちてしまったようである。

3 過去100年間の生育環境の変化

さて、前節の聞き取り調査から過去100年間に生育環境が変わったことが予想される。まず、気温の変化を調べるために、練馬（アメダスと区内観測所）と東京大手町（気

象官署)における年平均最高気温と年平均最低気温のデータを可視化した(図2)。練馬については、1976年以降のアメダスとそれ以前の区内観測所(気象庁がアメダス設置以前に観測業務を委託していた気象観測所)である武蔵高等学校での観測値を示した。練馬の最高気温は東京大手町と近く、後者は100年間で1.8°Cの上昇速度である(図2a)。これに対して、日最低気温は練馬と東京大手町の違いがあり、東京大手町の上昇率は100年間で3°Cである。年最低気温の上昇率が年最高気温よりも大きい理由は、寒候期(11月~4月の寒い季節)に都市熱の影響が見えやすいためと考えられる(堅田、2022)。ただし、アメダスのデータでは2002年までは1時間値、2003年以降は10分値を用いて日最高・日最低気温の計算がなされているため、気候変動を扱う場合には厳密にはこの違いを補正する必要がある。

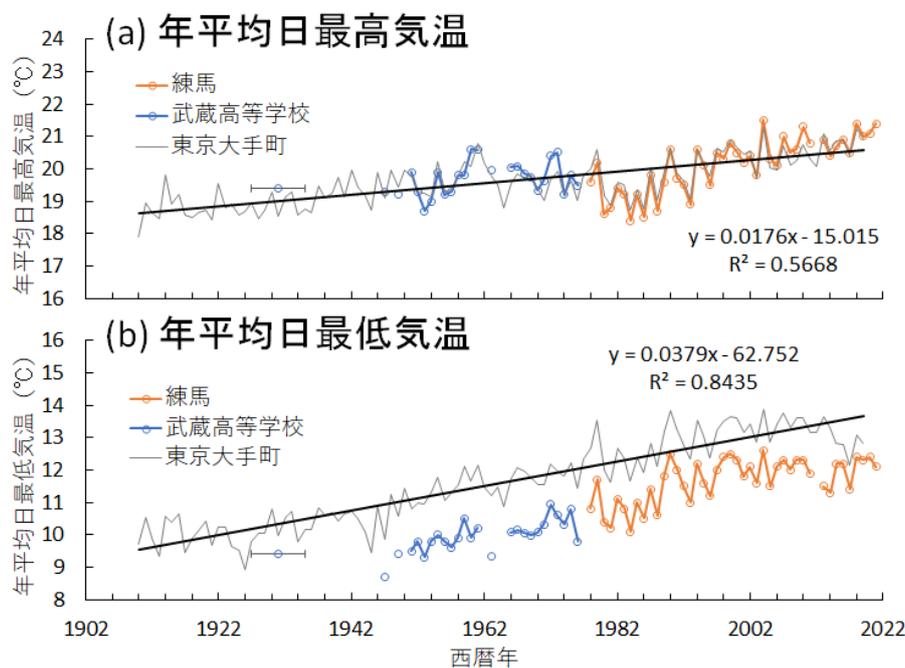


図2(a) 1910–2021年の東京(大手町)、練馬アメダスおよび武蔵高等学校(現 武蔵高等学校中学校; 練馬アメダス近傍の区内観測所)の地上気温の年平均値と年最高・年最低日平均値の長期変動。武蔵高等学校の気温は、気象庁・中央气象台発行の「気温報告」

(1965年までほぼ5年ごと)と「観測所気象年報」(1966年から毎年)の報告値を電子化した。回帰直線は東京大手町の気温データに対する回帰分析。

また、練馬では大手町よりも都市化の進行が遅く年平均日最低気温の増加が遅かったと考えられる。このように、地球温暖化と都市熱の両方によって、日中夜間ともに練馬では気温が上昇したことが確認された。なお、武蔵高等学校の値は区内観測資料の報告値をそのまま用いているが、厳密には日界(一日の始まりと終わりの境界)や場所の移動の影響を適切に補正する必要がある(藤部、1999; Fujibe, 2012)。

この気温上昇が練馬ダイコンの生育にどのように影響したかを調べるために、生育期間中の積算温度を計算した(図3a)。積算温度とは、農作物の生育に要する熱量を表す指標であり、通常は生育日数の各日の平均気温の積算値で計算する。本稿では、原簿から復元されていない日ごとの気温データではなく既に電子化されている月平均気温を用いて、前節の聞き取り調査を参考に播種から収穫までの3ヶ月(9月1日~11月31日)の月平均気温に日数を掛けることで3ヶ月積算温度を求めた。年~数年単位の気温変動を除去するために11年移動平均値を求めると(図3a:黒線)、1958年に1550°Cであった積算温度が2015年には1671°Cに増加した。これらの値を、練馬ダイコンの生育実験の結果(施山・高井、1982)に基づいてダイコンの根の重さ(根重)に換算すると、1.9 kg から 2.2 kg に増加したことになる。すなわち、気温上昇によってダイコンの生育は良くなり、同じ重量のダイコンを作る上では現在の方が有利になった可能性がある。そして、渡戸氏はこのような変化を感じ取り、生育期間を100日から90日に短縮するという判断に至ったのではないかと想像される。

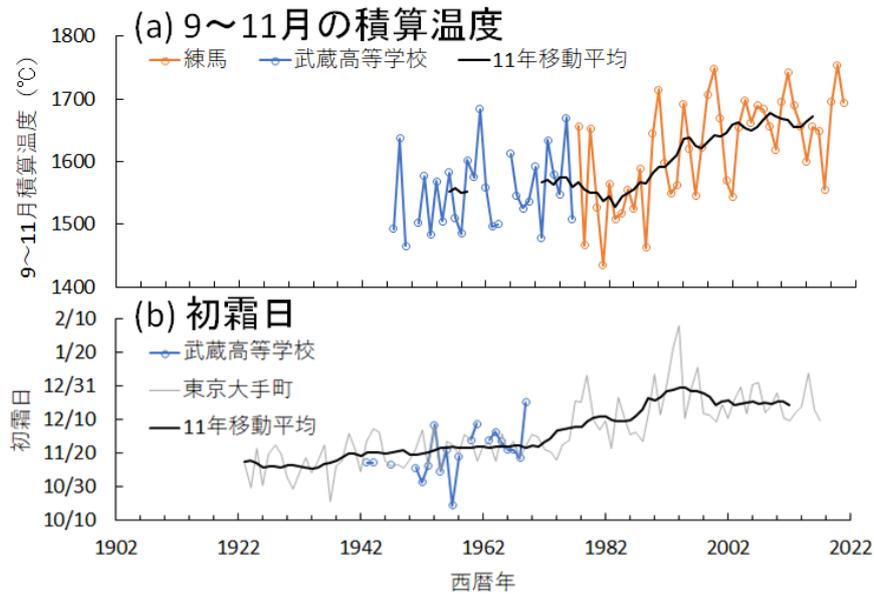


図 3(a) 1947–2021 年の練馬における 9～11 月の積算温度と(b) 1923–2021 年の練馬（武蔵高等学校）と東京大手町の初霜日の長期変動。武蔵高等学校の初霜日は、区内気象観測原簿（デジタル台風：地上気象観測原簿アーカイブホームページ、<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/genbo/>）から電子化した。

最後に、過去 100 年間かけて起こった日最低気温の上昇（図 1b）によって練馬の初霜日にどの程度遅れが生じたかを調べた（図 3b）。初霜日の観測は、露場もしくはその周辺において目視によって日ごとに行われてきたが、練馬ではアメダスに変わってからは無人観測となり 1976 年以降はデータが存在しない。このため、本稿では 100 年以上継続している東京大手町の初霜日を解析する。11 年移動平均値で見ると、1923 年には 11 月 14 日であった初霜日は 1970 年以降に遅れが明瞭となり、2012 年には 12 月 19 日となった。およそ 1 ヶ月の遅れである。年変動を見ると、初霜日が翌年 2 月まで遅れる暖冬年（1994 年）も見られた。この間、渡戸氏は 1950 年代には 11 月 3 日に行っていた収穫作業を 11 月 20 日頃まで遅らせており、これによって霜による被害を避けることが十分可能であったことがわかる。なお、練馬（武蔵高等学校）の初霜日はばらつきが大きく、手書きで示

された区内観測資料の記録の妥当性を検証する必要があるそうである。また、初霜日の遅れの主要因は、気温の上昇に伴う飽和水蒸気圧（大気中に含みうる最大の水蒸気量）の増加によって相対湿度が下がる効果によるが、季節や気候条件によっては市街化の拡大による緑地消失と蒸発抑制や混合層の発達による上空からの乾燥空気の取り込みなども影響する。

4 温暖化影響の解明に役立つ江戸東京野菜

本稿では、江戸東京野菜の一つである練馬ダイコンの栽培に注目して聞き取り調査と統計データの予備解析を行った。その結果、冬野菜にとって過去 100 年間におきた温暖化による悪影響自体はそれほど大きくないか、もしくは技術進展や農家の経験・知識の蓄積によって悪影響が抑えられ、好影響が上回っている可能性が示された。例えば、昭和初期のように 8 月から 11 月の間に練馬ダイコン栽培を行わなくなった（もしくは、行えなくなった）ことは、温暖化によるリスクと呼べるのかもしれない（農研機構、2020）。しかし、これ自体は渡戸氏にとって大きな問題ではなく、播種の時期を 1 ヶ月遅らせることで適応しているようであった。このことは、将来、地球温暖化で 3℃近く気温が上昇したとしても、過去の農家の技術や経験で十分対応（適応）できるということを意味するのかもしれない。

関東地方のような温暖地だけでなく、リスクが高いといわれている寒冷地での栽培や果樹・茶などへの影響の実態はどうだろうか？地球温暖化への適切な対策のあり方を見出すためにも、どのような場合に温暖化のベネフィットがリスクを上回るのか、江戸東京野菜のような歴史の長い作物に関するさらなる実態調査を進めなければならない。

謝辞

練馬ダイコン栽培に関する聞き取り調査には、東京都練馬区在住の渡戸章氏と江戸東京・伝統野菜研究会代表の大竹道茂氏に協力を得た。東京大手町および練馬アメダスの気温のデータは、気象庁ホームページから取得した。区内観測所（武蔵高等学校）の月平均日最高気温・日最低気温の電子データを東京都立大学の藤部文昭特任教授に提供頂くとともに、原稿執筆への助言を頂いた。

文献

IPCC (2021) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, (eds.) Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., and Zhou, B. Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA, 3-32.

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf

大竹道茂（2009a）江戸東京野菜 図鑑篇，農山漁村文化協会，160pp.

大竹道茂（2009b）江戸東京野菜 物語篇，農山漁村文化協会，208pp.

小元敬男，鱧谷憲，巖香姫（1994）わが国の都市の近年の湿度変化，水文・水資源学会誌，7，106-113.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjshwr1988/7/2/7_2_106/article/-char/ja/

堅田元喜（2020）日本の気温は、地球温暖化で何度上昇したのか？

<https://ieei.or.jp/2020/10/expl201019/>

堅田元喜（2021a）江戸東京野菜の考察（1）イノベーションの進行と法則，CIGS 研究ノ

- ート, 18pp. https://cigs.canon/article/20211126_6395.html
- 堅田元喜 (2021b) 江戸東京野菜の考察 (2) 気候への適応の形, CIGS 研究ノート, 14pp. https://cigs.canon/article/20211214_6439.html
- 堅田元喜 (2021c) 気候変動のリスクを超える都市農業の適応能力
<https://ieei.or.jp/2021/03/expl210308/>
- 堅田元喜 (2021d) 災害は温暖化そのものではなく寒暖の繰り返しで起こる
<https://ieei.or.jp/2021/09/expl210915/>
- 堅田元喜 (2021e) 品種改良と普及プロセスを考慮した適応研究の必要性, CIGS 研究ノート, 7pp. https://cigs.canon/article/20210308_5658.html
- 堅田元喜 (2022) 地球温暖化とヒートアイランドの見分け方
<https://ieei.or.jp/2022/07/expl220722/>
- 木梨智子, 小野佳之, 片岡浩人, 川口彰久 (2005) 市街地風環境の予測・評価技術, 大林組技術研究所報, 69, 1-8.
https://www.obayashi.co.jp/technology/shoho/069/2005_069_11.pdf
- 佐瀬和義 (2011) 練馬大根をテーマに地学通信:「練高地学散歩」の発行, 地学教育と学運動, 66, 59-65.
- 杉浦俊彦, 住田弘一, 横山繁樹 (2006) 農業に対する温暖化の影響の現状に関する調査, 農業・食品産業技術総合研究機構, 研究調査室小論集第7号, 69pp.
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/018641.html
- 施山紀男, 高井隆次 (1982) ダイコン,ハクサイの生育・収量に及ぼす気象要因の影響, 農林省野菜試験場盛岡支場 B 盛岡, 4, 27-46.
<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2030260961.pdf>
- 練馬区 (2010) 練馬大根の伝統的栽培法, 練馬区ホームページ.

<https://www.city.nerima.tokyo.jp/kankomoyoshi/annai/fukei/daikon/daikonto/ha/saibai.html>

農業と園芸 online カルチベ (2021) 東京の伝統野菜・練馬大根 江戸時代から伝わる栽培現場を見に行く <https://karuchibe.jp/read/12536/>

農研機構・農業・食品産業技術総合研究機構 (2020) 地球温暖化と日本の農業—気温上昇によって私たちの食べ物が変わる!?, 成山堂書店, 204pp.

藤部文昭 (1999) 日最低・最高気温の統計値における日界変更の影響, 天気, 46, 19-30.

Fujibe, F. (2012) Evaluation of background and urban warming trends based on centennial temperature data in Japan, Papers in Meteorology and Geophysics, 63, 43-56. https://www.jstage.jst.go.jp/article/mripapers/63/0/63_43/article/-char/ja/