

温暖化が植物に及ぼす影響

自然環境担当 米倉哲志

1 はじめに

本年度（H30年度）は非常に暑い夏でした。皆さんも記憶に新しいと思いますが、7月23日に熊谷気象台において気温が41.1℃を記録し、日本の最高気温が更新されました。この暑さに地球温暖化がどの程度関与しているかは分かりませんが、我が国においても高温化が進行していることは紛れもない事実です。この温暖化の進行には温室効果ガス濃度の増加が大きく関与していることは皆さんご存知かと思いますが。人にとっての温暖化に対する懸念は、熱中症の増加といった高温化による影響に関するものが多いかと思われまます。一方、植物にとっては少し異なっています。例えば主要な温室効果ガスである「二酸化炭素」の増加は少なからず植物に影響を与えます。さらに、最近では短寿命気候汚染物質（Short-Lived Climate Pollutants: SLCPs）と呼ばれ、大気中での化学的な寿命が数日から数十年程度と比較的短く、気候を温暖化する特性を強く持っている物質も注目されています。その対象物質である「地表付近のオゾン」も植物へ様々な影響を及ぼします。すなわち、温暖化の植物影響を考える際には、単に高温化の影響だけでなく温室効果ガスの影響も検討する必要があります。

本発表では、埼玉県における温暖化（高温化や温室効果ガスの高濃度化）の現状と、植物の中でも主に本県に關係の深い農作物に対する影響について、私達の研究を含め色々な知見を取りまとめましたので紹介いたします。

2 埼玉県における気温や温室効果ガス濃度の現状

初めに、埼玉県における気温や温室効果ガス濃度の現在の状況を紹介いたします。図1は、熊谷気象台における年平均気温の推移を示したもので、気温の上昇が進行していることがわかります¹⁾。1990年代からの傾向としては、10年間に約0.21℃の割合で気温が上昇しつづけています。このような気温上昇は温暖化だけの影響とは考えられません。本県は都市化が進んでおり、ヒートアイランド現象も顕在化していますので、両要因が気温上昇に関係していると考えられます。なお、日本の21世紀末の年平均気温は、何も対策を取らないと最大で5℃程度上昇すると予測されています²⁾。

図2は、本県の二酸化炭素濃度の推移を示しています。現在、環境科学国際センター（CESS）のある加須市と東秩父村の堂平山の2箇所で観測を行っており、以前観測を行っていたさいたま市の結

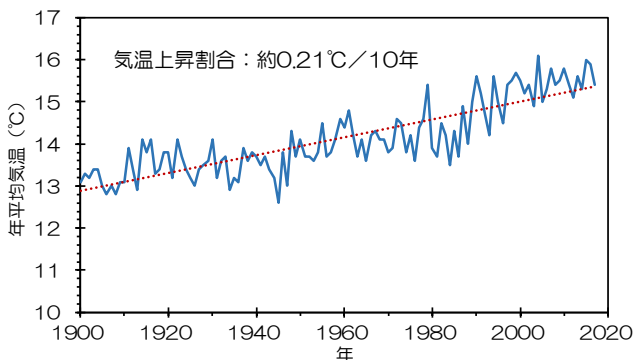


図1 熊谷気象台における年平均気温の推移

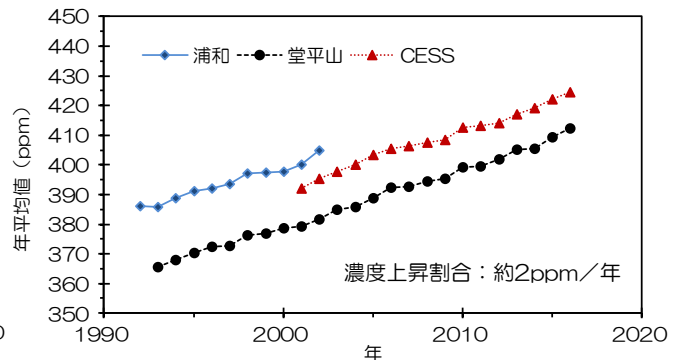


図2 埼玉県における二酸化炭素濃度の推移

果も含めて図に示しています³⁾。地点に関係なく濃度上昇傾向が続いており、1年間に約2 ppmの割合で上昇しています。また、堂平山に比べて環境科学国際センター（CESS）において二酸化炭素濃度が高くなっているのは、比較的都市地域であり二酸化炭素の発生源が多いためだと考えられます。

温室効果をもつ大気汚染物質（SLCPs）の一つである地表付近のオゾンは、実は光化学オキシダントの大部分を占める成分です。図3は、埼玉県内の光化学オキシダント（オゾン）濃度の推移を示しています⁴⁾。本県は光化学スモッグの原因物質であるオゾンによる大気汚染が日本で最も甚大な地域です。このオゾン濃度は1990年代以降、増加傾向にあります。また、温暖化によってオゾンの生成が促進され、オゾン濃度が10 ppb程度上昇するとの予測もあり⁵⁾、温暖化の影響だけでも、今後、1970年代に匹敵する高濃度の出現が危惧されます。

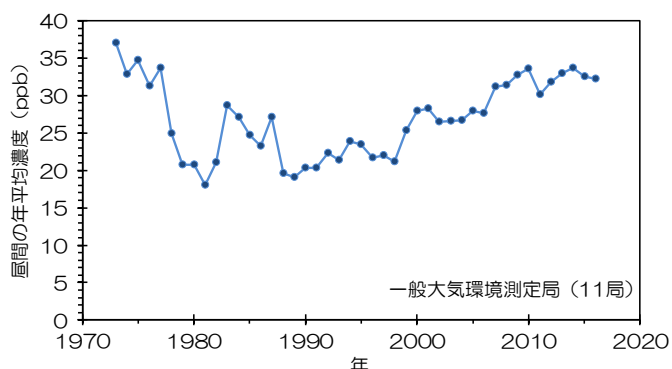


図3 埼玉県における光化学オキシダント（オゾン）濃度の推移

3 埼玉県の植物に及ぼす高温化の影響

埼玉県に関わりの深い農作物などに対する高温化の影響について示します。

3.1 水稲（イネ）

埼玉県の水稲生産量は156,100tで全国19位ですが、県東部地域では「コシヒカリ」や「彩のかがやき」などの品種が、県北部地域では「彩のきずな」や「キヌヒカリ」などの品種が多く作られています。水稲の育成において、高温の影響が大きいのは出穂開花期以降の温度環境です、出穂開花期に高温になると受精障害により不稔籾（もみ）が多発します（図4）。また、出穂時期の昼の温度が35℃、平均気温が27℃を超えるとイネに高温障害が発生する恐れがあります。高温は、イネの呼吸作用を増加させるため、日中に光合成によって作られたデンプンが呼吸で消費されてしまい穂や根に送りこむ量が少なくなり、登熟歩合（全籾数に対する成熟した籾の割合）の低下や、乳白米（白未熟粒）発生の原因となります（図5）。この様な夏季の高温による米粒が白く濁ることによる品質の低下が起きにくい品種として、埼玉県農業技術研究センターで近年育種されたのが「彩のきずな」です。最近ではH29年産米の食味ランキングで、最高ランクである「特A」評価を獲得するなど味も評価されています。全国でも様々な高温耐性品種の開発が進められています。

さらに高温によって、イネの害虫であるニカメイガやツマグロヨコバイ、カメムシなどが増えます。ニカ

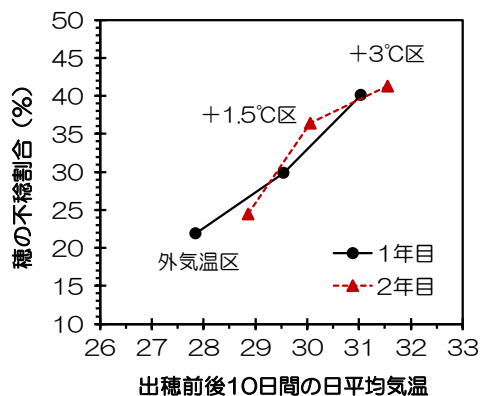


図4 コシヒカリの気温と不稔割合の関係



図5 高温によるコシヒカリの品質低下

メイガは成長への悪影響を、ツマグロヨコバイは病気を媒介します。またカメムシは米に黒い斑点を付け品質を低下させるため、今まで以上に様々な害虫の防除対策が求められることとなります。

3. 2 野菜

埼玉県の野菜生産は、農業産出額の約 4 割を占め、主な作物となっています。中でもホウレンソウの生産量は 25200t（平成 28 年）で全国 2 位です。ホウレンソウでは、高温によって抽だい（茎が伸張・分枝する現象）の増加することが分かっています。また高温影響が物質生産に直接関係し、気温が 3℃上昇すると成長量は 12～18%程度減少すると予測されています⁶⁾。今後、温暖化が進行すると生産量の減少が予想されるため、本県の野菜生産への悪影響が懸念されます。

その他の野菜では、なすやトマトの夏場の高温による着花・着果不良などの生育不良や着色不良などの発生や、いちごの花芽分化の遅れなどが懸念されています。また、レタスの結球不良なども指摘されています。

3. 3 果樹

埼玉県における果樹生産は、ナシが主力果樹であり生産量 8510 トンで全国第 9 位(H28 年)で、約 60%が「幸水」という品種を作っています。本県のナシ園の方に伺ったところ、昨年の猛暑においても開花等が早くなる傾向は認められましたが、今のところ温暖化による大きな影響は認められていないようです。しかしながら、鹿児島などの南九州の「幸水」の花が咲かない現象が温暖化によって増加しています。この原因は、秋冬季（10 月～2 月）の気温上昇により花芽の耐凍性が十分に高まらないために、冬の寒さによって凍害を受けて、花芽が枯死することによるものです⁷⁾。今後、温暖化が進行すれば当県のナシにおいても花芽が寒さに弱くなっていく恐れがあります。なお、この高温化適応策として、肥料の散布時期をこれまでの秋冬から春に変更することがナシの耐凍性を高めるため有効であることが分かっています⁷⁾。

また、ブドウは本県の観光農業の主力品目で、生産量は 1480 トン（H28 年）ですが、近年、生産量が増えつつあります。このブドウでは、高温によって果皮の着色が遅くなったり、阻害されたりすることが報告されており⁸⁾、温暖化の進行によって商品価値の低下などが引き起こされることが懸念されています。

果樹は、移動させることが困難で、数十年にわたり生産を続けなければなりません。しかしながら、温暖化の影響により栽培適地が変化することが予測されています。例えば、温州ミカンの栽培適地は、現在は西南暖地の沿岸地域ですが、温暖化が進行すると、2020 年代に山陰地方などの日本海沿岸が最適地域になり、2040 年以降には関東地方や北陸の一部も栽培最適地となると予想されています。よって、埼玉県は、現在は温州ミカンの栽培適地ではありませんが、温暖化が進行すると温州ミカンの生産適地となりうる可能性があります。

4 埼玉県の植物に及ぼす温室効果ガスの影響

4. 1 埼玉県の植物に及ぼす二酸化炭素の影響

植物は大気中の二酸化炭素（CO₂）を取り込み太陽光で有機物を作ります。そのため、一般的に CO₂ 増加は光合成量を増やし植物の成長や収量を促進させます。ただし、C4 植物と呼ばれるトウモロコシやサトウキビなどではほとんど促進さ

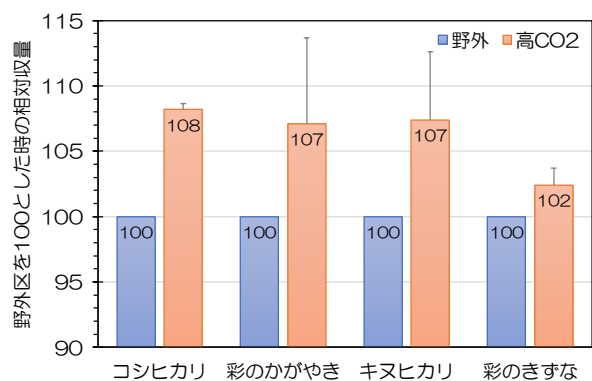


図 6 水稻 4 品種の収量に対する高濃度 CO₂ の影響

れません。200 ppm の CO₂ 濃度上昇により、大部分の植物を占める C3 植物の物質生産は約 20% 程度促進されますが、C4 植物では数%しか促進されないという報告もあります⁹⁾。埼玉県的主要水稲 4 品種の収量は CO₂ が 150 ppm 上昇した場合どのように変化するか調べたところ、水稲の収量は、品種によって若干異なってはいましたが、約 7%の増加が認められました(図 6)。このような効果を利用して、メロンやトマトなどの施設園芸では、CO₂ 濃度を高め生産性向上を目的とする「CO₂ 施肥」が取り入れられているところもあります。

4. 2 埼玉県の植物に及ぼす光化学オキシダント（オゾン）の影響

光化学オキシダントの大部分を占めるオゾンは、非常に酸化性の高い物質です。酸化力が強い化学的性質によって、人間の健康被害だけでなく、植物に対しても様々な悪影響を及ぼします。農作物などの植物が比較的高い濃度のオゾンに曝されると、葉に可視的な障害が発現することがあります。また、植物の生理機能、成長、収量などを低下させることが明らかになっています¹⁰⁾。埼玉県は、コマツナやホウレンソウなどの葉物野菜の生産量が多い県ですが、このオゾンによって可視被害が発生

すると商品価値が下がることとなります。また、図 7 は、水稲（コシヒカリ）の収量に及ぼすオゾン影響を調べたものですが、オゾン濃度の上昇によって、収量の減少が引き起こされています。このように、植物はすでに現状レベルのオゾンでも悪影響を受けています。

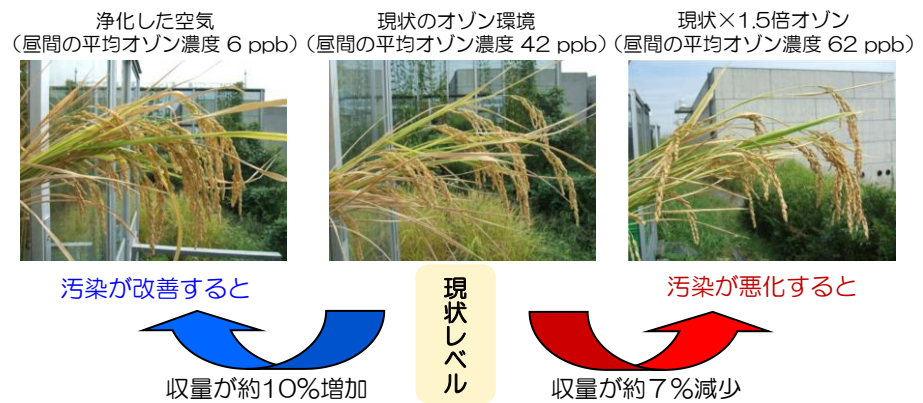


図 7 3 段階のオゾン環境下で育成したコシヒカリ

5 まとめ

本発表の主な趣旨は、温暖化の植物影響には、高温化の影響だけでなく、温室効果ガスそのものの影響もあるということを知っていただきたいという点にありました。また、温室効果ガスの中でも二酸化炭素のように植物に比較的プラスに働く物質もあれば、オゾンの様にマイナスにしか働かない物質もあります。実際には、それぞれが単独ではなく、一斉に複合的に影響を及ぼしますので、将来どのように温暖化影響が発現するかについて未知な点が数多くあります。これからも将来起こりうるリスクを地道に検討し、微力ながら皆さんの転ばぬ先の杖となれるよう邁進したいと考えています。

参考文献

- 1) 熊谷地方気象台 HP：気象観測データ。2) 環境省ら、気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート 2018 -日本の気候変動とその影響- (2018)。3) 埼玉県 HP：埼玉県における二酸化炭素濃度の観測結果について。4) 埼玉県 HP：埼玉県の大気状況。5) 田村ら、地球温暖化と大気汚染：光化学オキシダント濃度への影響と超過死亡リスク。地球環境 Vol.14 No.2 271- 277 (2009)。6) 農林水産省、地球温暖化が農林水産業に与える影響の評価および対策技術の開発。研究成果 442 (2008)。7) 農研機構、施肥時期の変更を中心とした二ホンナシ発芽不良対策マニュアル (2017)。8) 農林水産省農林水産技術会議、地球温暖化が農林水産業に与える影響と対策。農林水産研究開発レポート No.23 (2007)。9) 彦坂・寺島、植物と二酸化炭素。化学と生物 Vol.51 No.4 250-256 (2013)。10) 米倉、農作物に対する光化学オキシダント（オゾン）の影響。大気環境学会誌 51:A57-A66 (2016)