

農業生産への気候変動の影響はどの程度か？どう対応するか？

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター
渡邊 朋也

1. はじめに

IPCC 第 4 次評価報告書（以下 IPCC, 2007）では、世界の平均地上気温は過去 100 年で 0.74°C 上昇し、今世紀末にはさらに $1.8\sim 4.0^{\circ}\text{C}$ （予測幅は $1.1\sim 6.4^{\circ}\text{C}$ ）上昇すると予測されている。また世界の平均気温が現在から $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 上昇した場合、中高緯度地域においてはいくつかの穀物の生産性が増加するが、 3°C 以上の上昇ではいくつかの地域で生産性が低下するとしている。また、気温上昇は北半球の高緯度でより大きいとされており、気候変動が農業生産へ与える影響を評価するには、当該地域における過去から現在への変化や将来動向を把握しておく必要がある。

日本の年平均気温は 100 年あたり 1.15°C の割合で上昇しており（統計期間 1891～2011 年：気象庁, 2012）、とくに 1990 年代以降の高温傾向は顕著である（図 1）。2010 年夏（6～8 月）の平均気温の平年差は $+1.64^{\circ}\text{C}$ と 1898 年以降もっとも高い値となった。この高温により米の品質低下、カンキツ・リンゴの日焼け果、家畜の暑熱被害などの増加が報告されている（農林水産省, 2011）。また、北海道でも夏の気温が平年より 2°C 以上高く、開拓以来はじめて夏季高温により多くの畑作物が不作となった（北海道農政部, 2011; 広田ら, 2011）。これらの現状は、農業生産場面において気候変動の影響がすでに顕在化しており、IPCC が予測する今世紀末の平均気温上昇レベルに対応した適応技術開発が必要なことを示している。ここでは農林水産省の気候変動対策プロジェクト研究のひとつ「地球温暖化が農業分野に与える影響評価と適応技術の開発（以下、農業適応）」における研究と技術開発の現状を中心に紹介する。

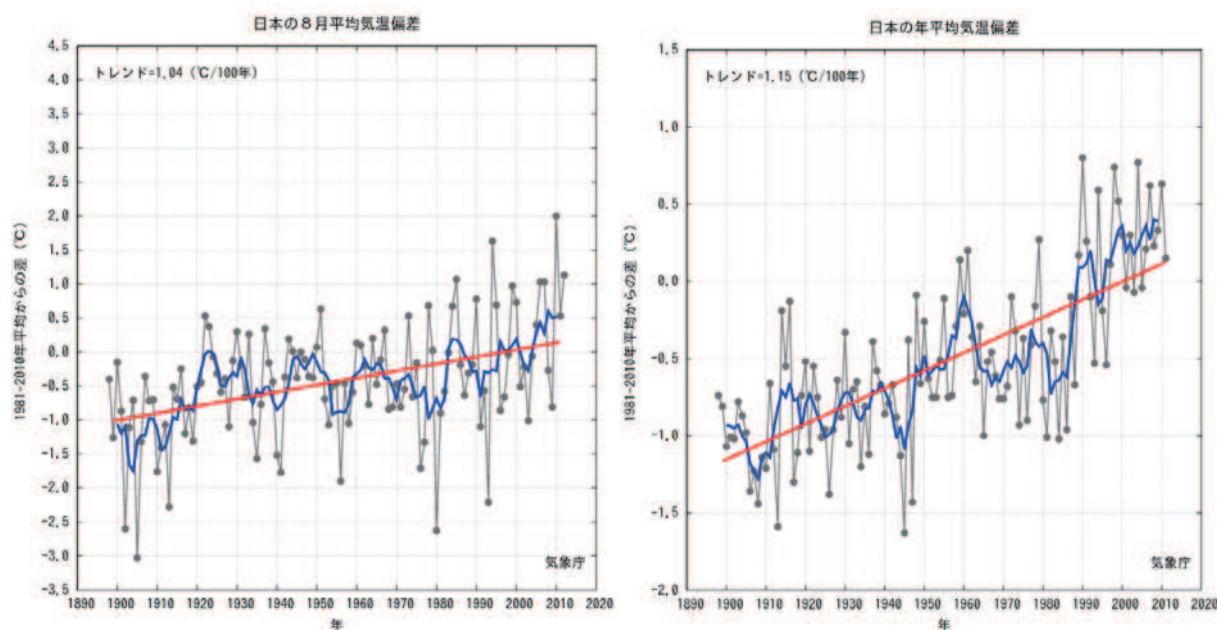


図 1 日本における 8 月ならびに年平均気温偏差の変遷。気象庁 web より, 2012

2. 農業生産への影響：将来

1) 農耕地における気温変化傾向を知る

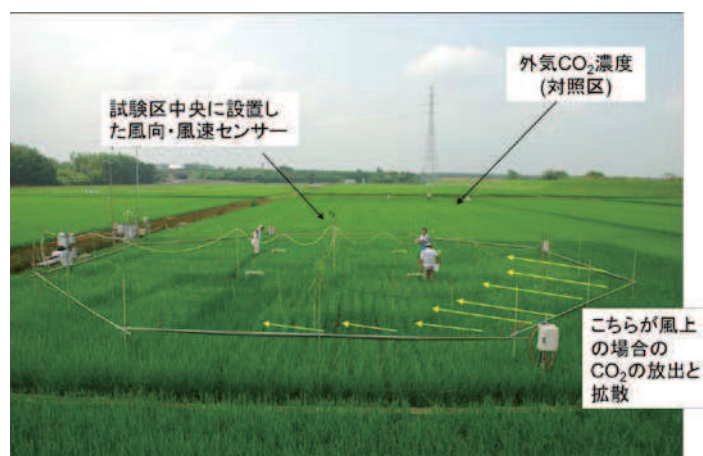
気温上昇の農作物への影響を評価する最初のステップとして、まず農耕地における気温変化傾向を過去から将来にわたって概観してみる（西森ら、2009 年より）。1980 年以降の気温上昇は、全国的には 2 月、また東日本では 7 月が顕著であった。また 1998 年以降それまでと比べて「高温または低日照」の傾向が増加しており、これまでの「冷夏低日照あるいは高温高日照」という状況が変化してきている（西森、2010）。

全球気候モデルを用いた 2031～2050 年平均の各月の気温上昇にも季節性がみられ、冬季のかつ北日本における上昇が顕著であった（西森ら、2012）。2010 年北海道の秋まき小麦では平年比 65% という大幅な減収であったが、この要因として春季の低温による穂数や穂長など（シンク）の増加と夏季の高温による登熟期間の短縮があげられている（西尾ら、2011）。将来の気温変化の農業への影響を予測するには、平均値だけでなく、季節性や地域性を十分考慮する必要がある。菅野・渡部（2011）は全球気候モデル MIROC5 を用いて、将来においてもヤマセ型の低温が出現し、冷害発生リスクは残ると推測している。気温の年次変動の大きさも、農業への気象災害リスクを考察する際には重要である。

2) 二酸化炭素と気温の上昇の影響を野外で再現する

大気中の二酸化炭素（以下 CO_2 ）の濃度は、人間活動によって産業革命以降顕著に増加し現在では約 390ppm に達しており、今世紀半ばには 470～570ppm、今世紀の終わりには 540～970ppm に到達すると予測されている（IPCC2007）。 CO_2 濃度の上昇は、温暖化や水資源循環といった地球規模での環境変動の原因になるだけでなく、それ自体が植物の光合成や蒸散などに影響して、生育、収量、水利用などに影響を与える。高 CO_2 濃度が作物に与える影響をできるだけ野外条件で調べるため、屋外の囲いのない条件で CO_2 濃度を高める「開放系大気 CO_2 増加」（Free air CO_2 enrichment、FACE）実験が、世界各地で行われている。日本では現在、茨城県つくばみらい市において水田環境で CO_2 濃度を自然条件より約 200ppm 高く制御した水稻 FACE 実験が行われている（図 2 長谷川、2012）。

CO_2 増加は、イネ収量を平均で 17% 増加させるが、品種によって 3～36% と大きく変動した。また、夏季高温となった 2010 年では、白未熟粒の割合を著しく増加させ、整粒率



を低下させることなどが明らかとなった（図 3）。今後は高温耐性品種の FACE 環境下での生育、収量、品質への影響などを解析することにより、将来環境へ適応する品種や栽培技術開発につながると期待される。

図 2 FACE 実験風景。水田内に正八角形状にチューブを設置し、風向きに応じて二酸化炭素を放出し、外気よりも約 200ppm 高い濃度に制御する。

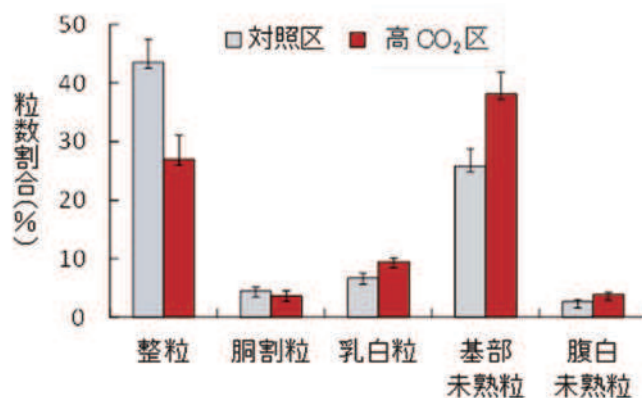


図3 FACE（高CO₂）区と対照区の米品質。

3. 農業生産への影響：現状と対応技術開発の例

1) 水稲

米の品質低下の原因のひとつである白未熟粒の発生は、稲の出穂後約20日間の平均気温が26-27℃以上で増加する。2010年の大幅な品質低下(図4)の要因として、多くの地域で登熟期間中の高温の影響があげられている（農林水産省，2011）。

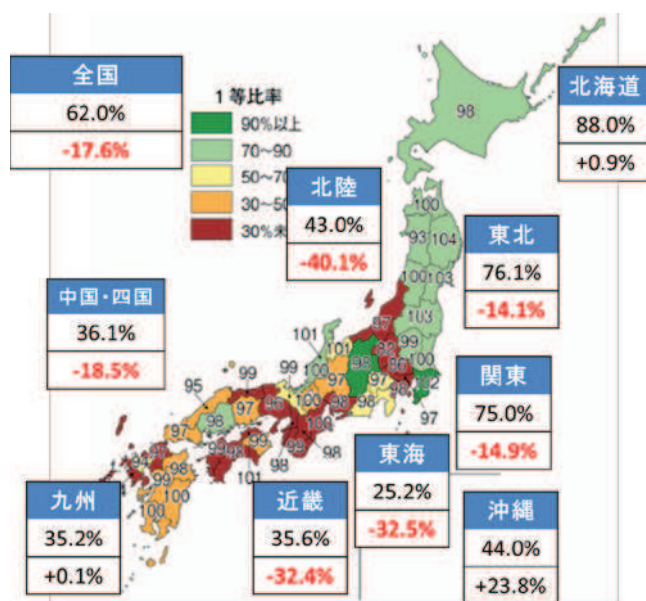


図4 2010 水稲の作況、品質の状況。日本地図は県別水稲作況指数（地図内の県別の数値）、一等米比率（県別の色）。各地域の枠内の数値は2010年の一等米比率（上）と過去5年間平均値からの偏差。農林水産省資料より作図。

品質（整粒歩合）低下には粳数の増加や、玄米窒素濃度の低下が影響している。また、近年各地で開発された高温耐性品種の作付けが増加していることから、「農業適応」では、現在の主要品種であるが高温耐性の弱い“コシヒカリ”、“ヒノヒカリ”とともに高温耐性品種である“にこまる”を対象に、施肥のタイミングや量の調節により、粒の充実を向上させて、収量を維持しつつ、品質の安定を図るための栽培管理マニュアル作りが進められている（ポスターP-6）。

2) 果樹

果樹では高温による果実被害として、ウンシュウミカンの浮皮、ブドウの着色不良、リンゴの日焼け果などの他に、秋冬季の低温不足等によるニホンナシの発芽・開花障害、リンゴ・モモ若木の凍害などが報告されている（図5）。

果樹の凍害は秋冬季のあるいは冬春季の高温による耐凍性の攪乱による。「農業適応」では果樹や茶において耐凍性の季節変化や凍害・晩霜害発生要因の解明、凍害の発生予測技術や被害防止技術の開発を行っている（図6）。



図5 高温による果実被害の例 右上：ブドウの着色障害 左：リンゴの日焼け果

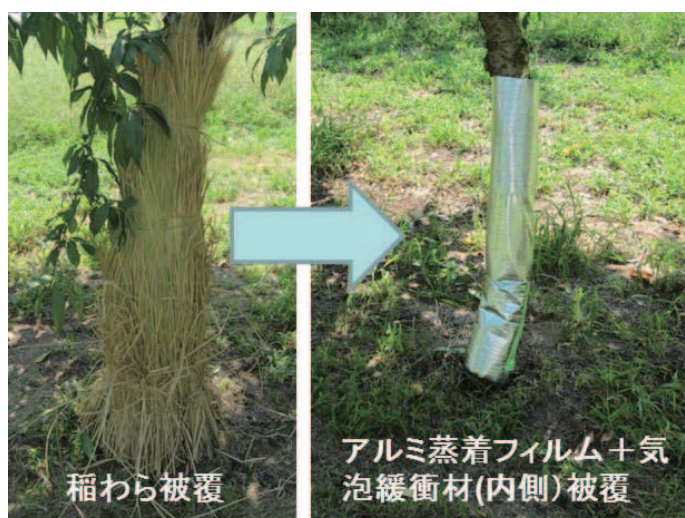


図6 簡便で低コストな凍害防止資材の開発例（モモ）

果樹・茶は成木になるまでに年数を要し、同一樹で30-40年生産を続ける必要がある。そのため新規あるいは改植時の樹種・品種選定においては、将来の果樹栽培好適地の予測手法の開発は「温暖化適応技術」でもある。ウンシュウミカンでは、将来的に不適地化する面積を試算したところ、2040年代には現在の栽培面積農地の約2割となった。今後、他の樹種においても適切な樹種・品種選択に資するため好適地予測マップを作成する予定である。

3) 畜産

畜産における暑熱の影響は家畜の体重増加、乳生産量、繁殖性などの面で認められている（図7）。暑熱環境下では酸化ストレスが亢進することから、「農業適応」では抗酸化物質（脂肪酸とビタミンCなど）を乳牛に給与し生産性向上の結び付きを取り組みを進めている。乳牛の生産ステージにおける暑熱対策を重点的に取り組むべき時期を明らかにするとともに、従来の送風、細霧システムに代わるヒートポンプによるスポット冷房システムを構築し、暑熱環境下での乳量増とともにコスト削減にも繋げる技術開発を進めている。（図8、ポスターP-11）。

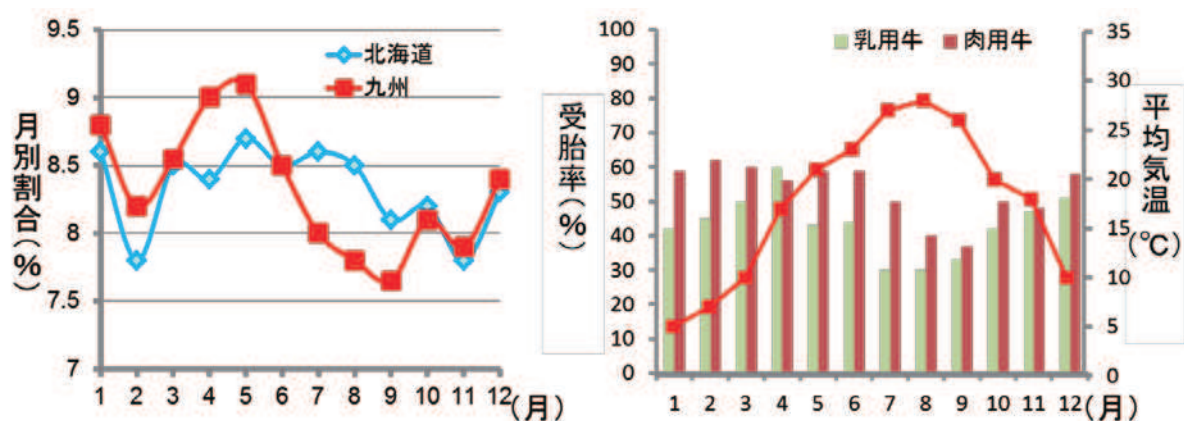


図7 左：牛乳生産量の月別割合（％）の推移（牛乳乳製品統計より作成）

右：季節によるウシの人工授精による受胎率の変化

（九州地区、家畜改良事業団調査報告）

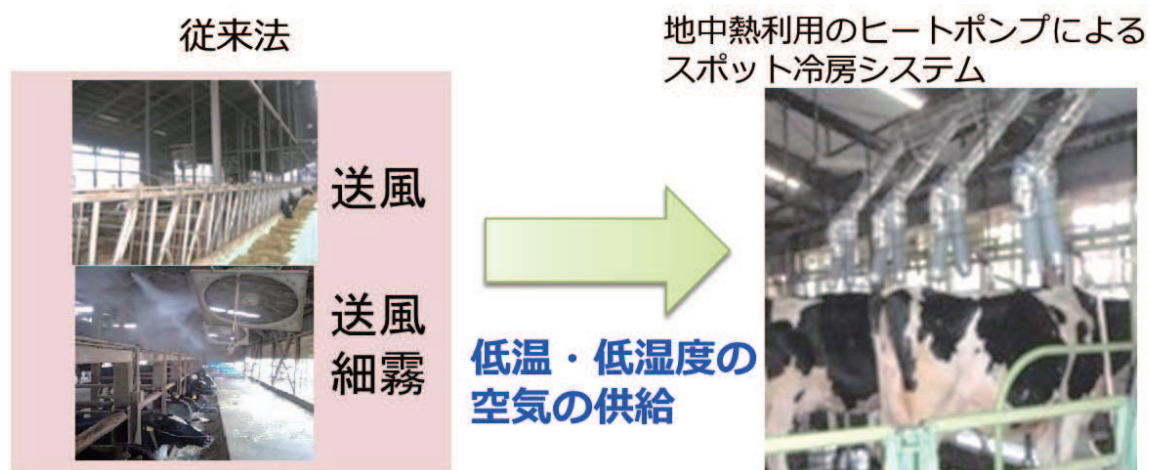


図8 畜舎内の暑熱対策として送風機や細霧が利用されているが、湿度が高いわが国では畜舎内が高湿度になる。冷風を使うことで送風や送風細霧よりも効果的な暑熱対策が可能。

4. おわりに

将来の気候変化予測は、未だ大きな不確実性を持っているが、すでに農業生産現場では気候変動に伴う様々な障害が生じており、対策技術の早急な開発が必要である。「農業適応」プロジェクトでは、ここで紹介した他にも、ダイズ、コムギ、露地野菜、飼料作物、病害虫雑草発生などへの温暖化影響評価と対応技術開発、農業水資源の長期的変動の影響評価や適切な水資源管理技術開発などが進められている（web サイト 地球温暖化と農林水産業参照 <http://gpro.dc.affrc.go.jp/>）。プロジェクトで得られた成果は、学術論文とともに技術マニュアル等の形で広く公表していく予定である。

引用文献

長谷川利弘(2012) つくばみらい FACE(Free-Air CO₂ Enrichment)実験施設.

<http://www.niaes.affrc.go.jp/outline/face/index.html>

広田知良・古賀伸久・岩田幸良・井上 聡・根本 学・濱寄孝弘(2011) I 北海道における 2010 年の気象の特徴と農作物への影響要因：「北海道における 2009 年多雨・寡照に
る農作物の被害解析」報告書，北海道農業研究センター研究資料，69，1-13.

北海道農政部（2011）平成 22 年異常高温・多雨等が農畜産物に与えた影響と今後の対策.
(<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/gjf/H22IJYOUKOUON.htm>)

IPCC (2007) IPCC Fourth Assessment Report (AR4): Climate Change 2007, Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch/>

西森基貴・桑形恒男・石郷岡康史・村上雅則（2009）都市化の影響を考慮した近年の日本における気温変化傾向とその地域的・季節的な特性について．農業気象，65，221-227.

西森基貴・長谷川利弘・桑形恒男・石郷岡康史（2010）2009 年夏の低日照が特に西日本の水稲作況低下に影響したことを農環研データベース MeteoCrop で解明．農業環境技術研究所研究成果情報，26，

http://www.niaes.affrc.go.jp/sinfo/result/result26/result26_44.html

西森基貴(2012)水稲栽培ごよみからみた季節変化と水稲作期移動による温暖化適応．地球環境，17(1), 69-74.

西尾善太，伊藤美環子，田引 正，長澤幸一，山内宏昭（2011）：Ⅲ コムギー平成 21 年 7 月の低温・長雨による北海道の秋まき小麦における穂発芽被害の解析：「北海道における 2009 年多雨・寡照にる農作物の被害解析」報告書．北海道農業研究センター研究資料，68，17-23.

農林水産省(2011) 高温適応技術レポート 88p.