

関東の農業気象

E-Journal

第 6 号

日本農業気象学会 関東支部会誌 電子媒体版

平成 21 年 12 月 (2009)

日本農業気象学会関東支部(2009 年度例会)

講演要旨集

2009 年 12 月 5 日 千葉大学園芸学部

(千葉県松戸市松戸 648)

日本農業気象学会関東支部事務局
〒305-8604 茨城県つくば市観音台 3-1-3
農業環境技術研究所 大気環境研究領域

関東の農業気象 E-Journal 第6 (2009) 目次

一般研究発表

高解像度都心表面温度の解析

本條毅・柄澤孝和・永谷結・亀野勝彦・梅木清 1

九十九里海岸クロマツ林の植生変化

本條毅・柄澤孝和・永谷結・亀野勝彦・梅木清 2

人工衛星を用いた水田における耕作放棄地のマッピング

瑞慶村知佳・奈佐原顕郎・本岡毅 3

小型ドップラーレーダ雨量計に対する降雨特性の影響

中屋耕・豊田康嗣 4

カイコの幼虫呼吸速度に及ぼす大気中超微量過酸化物の影響

武政史朗・水野詩乃・布和・堀江勝年・横山岳・青木正敏 5

ラッカセイおよびハツカダイコンに及ぼす超微量過酸化物とオゾンの複合影響

トブシンバヤル、戈振睿、水野詩乃、堀江勝年、青木正敏 6

二品種のコマツナに及ぼすオゾンと過酸化物の複合影響

戈振睿・トブシンバヤル・水野詩乃・堀江勝年・青木正敏 7

奈良県飛鳥川流域における古水文気候環境と水田稲作について

福岡義隆・丸本美紀 8

特別講演

農業の微気象から道路気象まで

高田吉治 9

太陽光利用型および人工光型植物工場の将来展望

後藤英司 17

高解像度都心表面温度の解析

本條毅[○], 柄澤孝和, 永谷結, 亀野勝彦, 梅木清 (千葉大学大学院)

都市ヒートアイランドの詳細な把握のため、ヘリコプターに搭載した熱画像センサーにより、詳細な熱画像を観測した。測定箇所は、東京駅付近の都心部であり、測定は、夏季の昼夜1回ずつおこない、差温などの分布も測定した。

測定は、2007年8月7日に行い、昼の測定は、12:11-12:24の間、夜の測定は、21:07-21:22の間に行った。飛行コースは、図1に示すようなコースである。飛行高度は約610mで、取得できた熱画像の解像度は約2mであり、ランドサットのような衛星画像に比較し、かなり細かい熱画像の取得が可能であった。1度に取得できり熱画像1つは320x240ピクセルであり、全体的な熱画像を作成するために、これらを重ね合わせて、幾何補正を行い1枚の画像を作成した。

全体の熱画像を図2に示す。昼と夜の熱画像であるが、どちらも、皇居のお堀や公園が低温を示している。また、建物の高温を示しているが、道路が建物よりも高温を示し、特に夜間にはその傾向が顕著であった。

建物の場合、屋上の表面温度を取得していることになるが、冷却塔がある場合や、屋上の材質が輻射率の低い材質の場合、非常に低い温度を示す場合がある。屋上緑化との区別がつきにくく、識別手法を考える必要がある。

図3に昼の温度から夜の温度を差し引いた差温(Temp. Difference)と、建物や樹木の高さ(DSM-DEM)、建物や樹木の高さを立体的にモデル化したものに、昼夜の差温の画像を貼り付け、左上から右下方向を見た三次元画像を(3D Image)示す。皇居のお堀の水面や、皇居、日比谷公園の樹木の差温は小さいが、建物については表面温度は多様であることがわかる。道路の差温は、建物ほどは多様でなく一様に高い。今後は、これらのデータを使用して都市の立体構造と、熱収支との関連を明らかにすることが課題である。



図1 測定地域と飛行コース

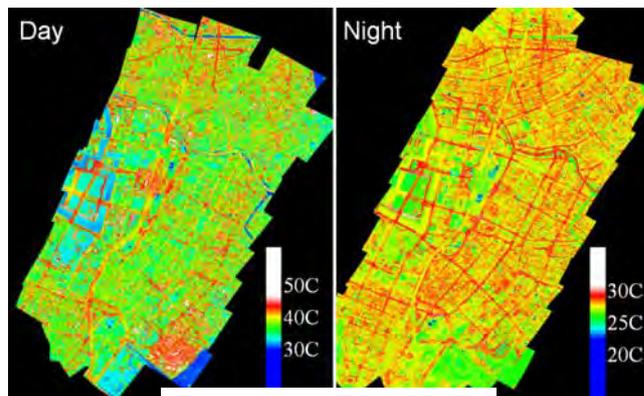


図2 昼夜の表面温度分布

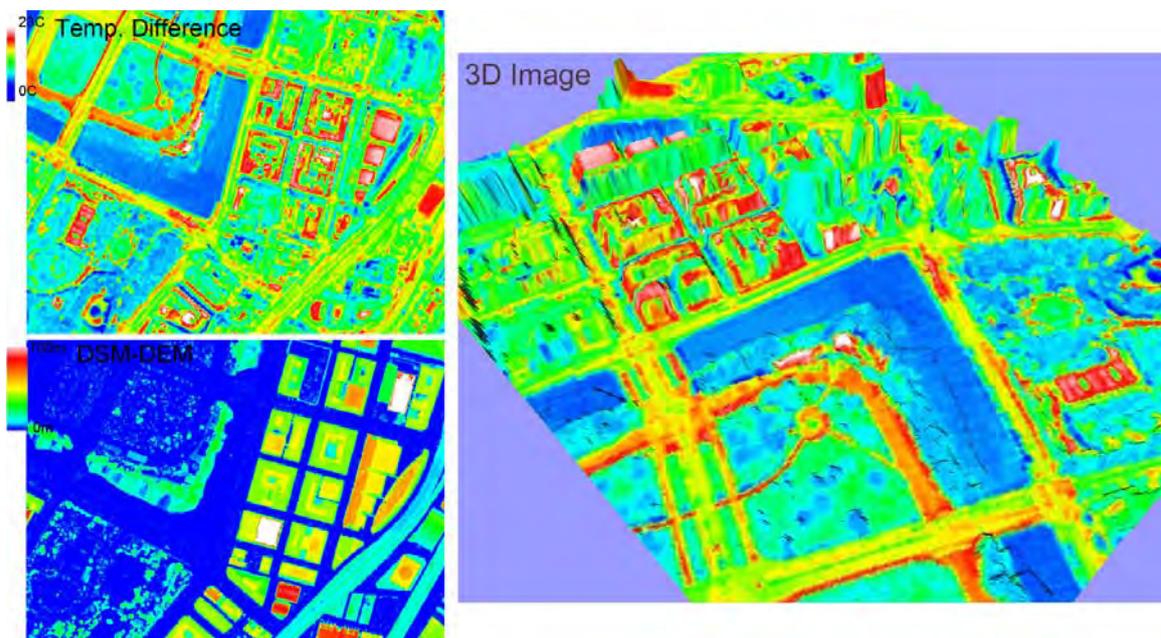


図3 DSM-DEM を標高として Temp. Difference 画像をテクスチャマッピングした三次元画像 (3D Image)

九十九里海岸クロマツ林の植生変化

本條毅[○]，柄澤孝和，永谷結，亀野勝彦，梅木清（千葉大学大学院）

はじめに

千葉県九十九里浜近年クロマツ林が減少し、代わりにニセアカシアやコナラなどの落葉広葉樹が侵入している。クロマツ林を保全する上で、このような現状を過去の状況と比較し把握することが重要な課題といえる。本研究では航空写真を用いて、九十九里海岸クロマツ林の植生の時系列的な変化を解析した。

研究方法

本研究では九十九里浜の南部の千葉県白子町から千葉県一宮町までの約 13km の松林を研究対象地とした（図 1）。クロマツ林の分布を抽出するために、1974 年 12 月～1975 年 3 月，1990 年 3 月，2006 年 1 月の 3 時期に撮影された航空写真を使用した。これらの写真は ESRI 社の GIS ソフトウェア ArcGIS を用いて、正射投影画像(オルソ画像)への変換を行った。その際、解像度を 50cm に揃えて処理をした。植生の分類は航空写真の RGB 3 バンドの数値を元に、最尤法を用いて行った。



図 1 研究対象地

結果

3 時期の航空写真を元に植生分類を行い、クロマツ林部分を抜き出した。そして、その面積の絶対量と年代間の増減を、対象地北端からの距離毎に比較した。南北 20m の間に存在する各時期毎のクロマツの絶対量を図 2 に示す。全体的な傾向として、クロマツ林は、1974 年～1990 年は大きな変化は無く、1990 年～2006 年で減少している部分が多い。

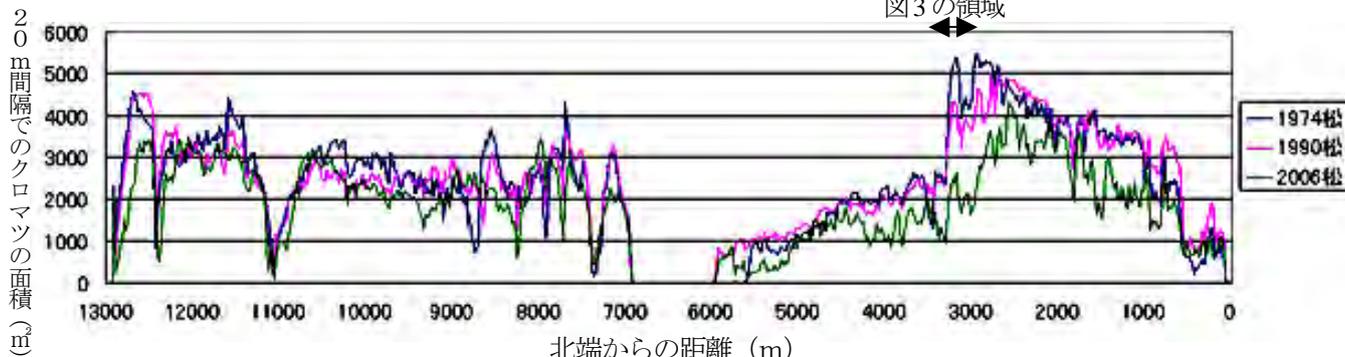


図 2 年代毎のクロマツ林の面積



1974 年～2006 年にかけてクロマツ林が減少した北端から約 3km 付近の航空写真を図 3 に示す。

図 3 1974 年～2006 年にかけてクロマツ林が減少した地域の航空写真

人工衛星を用いた水田地帯における耕作放棄地のマッピング

○瑞慶村知佳, 奈佐原顕郎 (筑波大学生物資源学類)

本岡毅 (筑波大学生命環境科学研究科, 日本学術振興会特別研究員)

はじめに

日本には 38.6 万 ha の耕作放棄地があり (農林業センサス, 2005), 近年その増加が問題となっている. 2006 年に, 過去最低となった食料自給率を向上させるため, 農林水産省は耕作放棄地を活用しようとしている. それにはまず, 実態調査が必要である. 2007 年, 農林水産省が各自治体に対し耕作放棄地実態調査を依頼し, 人海戦術によってはじめて全国の耕作放棄地の分布が把握された. しかし, 今後継続的に実施するには, 多大なコストがかかると考えられる.

低コストで定期的かつ空間的に耕作放棄地を把握するには, 人工衛星が有用である. 加藤ら (2003)は, 水田と耕作放棄地の季節変化の違いに着目し, とくに春の人工衛星データを用いて耕作放棄地の判別を行った. しかし地域によっては, 春は曇りの日が多く, 人工衛星が地上の様子を観測できない場合も多い. 収穫後の秋は, 春と同様に, 水田と耕作放棄地の様子に差が現れる. また, 太平洋側地域の秋は, 晴れの日が多く, 人工衛星が観測しやすい. そこで本研究では, まず地上観測によって水田と耕作放棄地の季節変化の違いを明らかにし, それをもとに, 秋の人工衛星データを用いた耕作放棄地のマッピングの有用性について検討する.

研究方法

研究対象地は, 茨城県つくば市真瀬 (小貝川流域)の耕作放棄地が含まれる水田地帯である. 対象地には (独)農業環境技術研究所が運営する水田観測サイト (真瀬サイト, 北緯 36.05 度, 東経 140.03 度)があり, Phenological Eyes Network (PEN)プロジェクトのカメラや分光放射計も設置されている (土田ら, 2005).

本研究では, 水田と耕作放棄地の季節変化を表すのに, 正規化差分植生指標 (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI)を用いた. NDVI とは, 植生の量や活性を反映する指標のひとつで, 一般的に値が大きいほど植生が多いことを示す. NDVI は赤色光と近赤外光の反射率から計算される.

真瀬サイトから約 500m 北東に位置する耕作放棄地で, 携帯型分光放射計によって分光放射照度を測定した. 水田については, 真瀬サイトの観測データを用いた (Motohka *et al.*, 2009). また, 人工衛星 Terra に搭載された MODIS センサーの MOD02L1B プロダクトのデータを用いて, 真瀬サイトおよび地上観測を行った耕作放棄地のピクセルを抜き出し, それぞれの NDVI を計算し, 季節変化としてまとめた.

結果および考察

地上観測および MOD02L1B データより, 水田と耕作放棄地の NDVI の季節変化が示された. 春は, 水田の NDVI が田植え後 (5 月)に急激に増加するのに対し, 耕作放棄地の NDVI は田植えの時点ですでに高い値をもつ. 一方秋は, 水田の NDVI が 9 月の収穫後に急激に減少するのに対し, 耕作放棄地は 11 月上旬になっても NDVI 0.5 以上を保っている. 以上より, 9 月下旬から 10 月下旬において, しきい値 (NDVI 0.5)を設定し, しきい値以上を耕作放棄地とし, 人工衛星 ALOS に搭載された高分解能センサー・AVNIR-2 の 2007 年 10 月 17 日のデータでマッピングを行った. 常緑樹・畑・草地・河川敷などが耕作放棄地として誤判別された. つくば市の耕作放棄地実態調査図 (つくば市農業委員会)と比較すると, 水田との誤判別はほとんどなかった.

耕作放棄地のマッピングをするには, 秋の人工衛星データも有用であることがわかった. 春か秋どちらか一方の人工衛星データを得られれば, その年の耕作放棄地のマッピングができると考えられる. 耕作放棄地実態調査では耕作放棄地として判断されず, 人工衛星を用いたマッピングで耕作放棄地として判断された区画があった. しかしこれは, 耕作放棄地の定義が, 行政上の調査においてと人工衛星を用いたマッピングにおいてで異なったためと考えられる.

小型ドップラーレーダ雨量計に対する降雨特性の影響

○中屋 耕、豊田 康嗣(電中研)

1. はじめに

地上での雨量観測に用いられる転倒ます式雨量計は、構造が単純で、メンテナンス性もよいため、降雨モニタリングに広く用いられている。一方、農業気象分野においては、転倒ます式雨量計では感知できない微細な雨滴や、雨や雪といった降雨形態なども重要な情報である。近年発売された小型ドップラーレーダ雨量計(R2S, Lufft, FRG)は、分解能の高い雨量計測と降雨形態判定を同時に行うことから、運輸部門での気象モニタリングを始め、農業気象分野への活用も期待されている。そこで筆者らは、R2S の測定値に及ぼす降雨条件の影響や誤差要因を確かめるために、異なる原理による雨量計の同時計測を実施した。

2. ドップラーレーダ雨量計の測定原理

ドップラーレーダ雨量計は上空に電波を放射して、雨滴から反射してくる電波のドップラー速度分布を測定する。鉛直下向きのドップラー速度が雨滴の落下速度に一致すると仮定できれば、雨滴の直径(D:mm)と落下速度(V:m s⁻¹)の間に 1:1 の関係があることを利用して、ドップラー速度のスペクトル分布から雨滴粒径分布(DSD)が推定でき、DSDから導いた雨滴水量とVから降雨強度(R:mm s⁻¹)が得られる(Atlas et al., 1973 など)。R2Sは、ドップラー速度の平均値から推定した雨滴落下速度および経験的DSDモデルからRを推定している。ドップラー速度は、降雨形態の判定にも用いられる。ドップラーレーダ方式において想定される測定誤差の要因は、(1)DSDがモデルと乖離する、(2)大気圧による落下速度の変化、(3)鉛直風による落下速度の変化、である。

3. 異なる雨量計による同時計測

電中研我孫子地区空き地に、レーザー雨滴径分布計(LPM, Thies Clima, FRG)およびR2Sを2009年6~7月の間設置した。転倒ます式雨量計は構内にあるAMeDAS雨量を参照した。また、同年8月から、R2Sを軽井沢の山地(標高1400m)に設置し、転倒ます式雨量計(Rain-Collector, Davis, US)と比較した。R2Sは雨量計と同様の接点出力および降雨形態コードを周波数出力し、上空数mの範囲の雨滴を検出する。

平地では、転倒ますおよびLPMとR2Sの間では、10mm以下の降雨では±50%程度の差違が見られた。降水量が小さい場合、雨滴分布の仮定を満たす十分な雨滴数が得られないことが原因と考えられた。また、大粒の雨滴がDSDモデル(Marshall and Palmer 1948 など)より極端に多いイベントでは、R2Sは他の雨量計に比べて20%程度小さい出力であった。経験的に定められたDSDモデルと実際の雨滴分布が異なる場合、誤差が生じる可能性に留意する必要がある。次に山地に設置したR2Sの結果は、転倒ます式雨量計の結果の4倍にも過大となった。雨滴の落下速度は標準大気密度(ρ_0 kgm⁻³)と大気密度の比(ρ_0/ρ)^{0.4}に比例するため、気圧の低い山地ではVが想定より大きくなる結果Rが過大評価される。R2Sは鉛直風の補正も同時に行っている(メーカーによる説明)ため、相乗的に過大な結果となった可能性がある。高標高地で雨量測定を行う場合、R2Sは転倒ます式雨量計などを用いた検定を要する。一方で、降雨開始や微細な雨滴をよく検出するレーダ方式の特性も確認された。

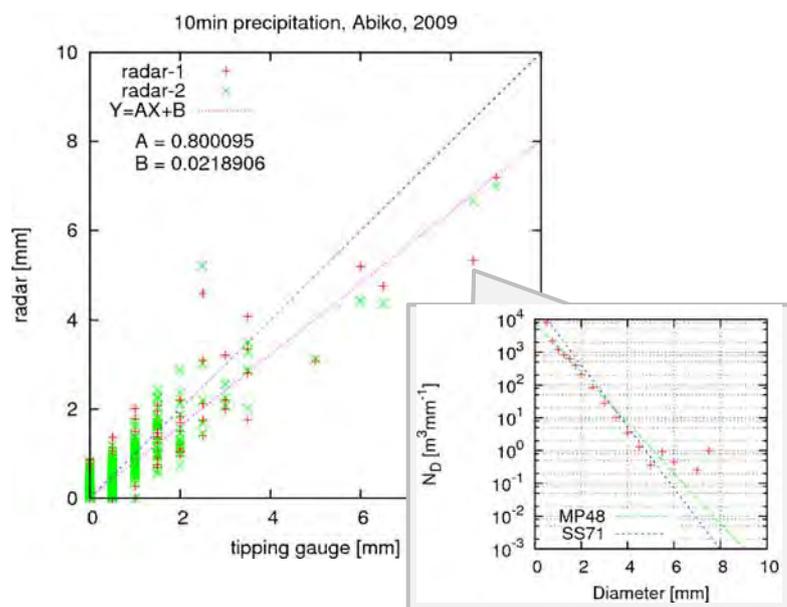


図 直径の大きな雨滴数NDがモデルより多い場合、R2Sは過小評価する

カイコの幼虫呼吸速度に及ぼす大気中超微量過酸化物の影響

○武政史朗・水野詩乃・布和・堀江勝年・横山岳・青木正敏（東京農工大学・農学府）

【背景】 都市大気中には最大数 ppb の超微量過酸化物がオゾンと共存していることが知られており、当大気環境学研究室の研究によると、オゾン 50ppb の中に大気濃度レベル 2~3ppb の超微量過酸化物が混合することにより、昆虫の死亡率が非常に高くなり、生長も著しく阻害を受けることが明らかになっている。そこで、この原因を明らかにするため、幼虫期を持つ鱗翅目昆虫の呼吸速度にどのような過酸化物とオゾンの影響があるかを調べることを目的とした。

【方法】 実験はファイトトロンを4基用い、対照(C)区、オゾン 50ppb(O)区、過酸化物約 2-4ppb (P)区、オゾン 50ppb と過酸化物 2-4ppb の複合区(OP)の計4処理区を設けて行った。カイコ(品種 Cambodge)は1齢から3齢の間、約2週間暴露させた。各処理区は昼間 25℃、夜間 18℃に設定した。ファイトトロン内の相対湿度はカイコの生長に最も適した 70%に設定した。実験は一区画、一品種当たり6匹ずつ入れたシャーレを5個設置した。毎日の暴露終了後、カイコの生き残った数を数えた。また、孵化・脱皮後3日経過した時にカイコの体重を測定した。実験は8月7日~8月20日(第1回目実験)、10月8日~10月20日(第2回目)、10月29日~11月15日(第3回目)の3回行った。

【結果と考察】 図1に示すように、脱皮直前は活動が鈍くなるため呼吸活動が低下し、脱皮直後から急に成長するので、脱皮後呼吸量が増大する傾向が認められた。図2に1回目の実験の暴露後5日間の1個体当たりの呼吸速度を示す。1個体当たりの呼吸速度は3回の実験とも、対照区>オゾン区>過酸化物区>オゾン過酸化物複合区の順であった。図3に示すように、体重当たりの呼吸速度は3回の実験ともにオゾン区>対照区>過酸化物区>オゾン過酸化物複合区であった。3回の実験のC区に対する体重当り呼吸速度相対値の平均値はO区が105%、P区が78%、OP区は61%であった。このように、オゾン 50ppb に数 ppb の超微量な過酸化物(H₂O₂)が加わると、極めてカイコ幼虫の呼吸速度が低下することが明らかになった。

【まとめ】 オゾン単独ではカイコの呼吸におよぼす悪影響はほとんどないが、超微量過酸化物がオゾンと共存することによって、オゾン単独の場合よりもカイコの呼吸を阻害する影響が大きいことが分かった。この理由として考えられることは、オゾンは水に溶解しにくい、過酸化物の毒性が強く且つ水に溶解しやすいため、カイコの皮膚に侵入し、皮膚に障害を及ぼすことが考えられる。この呼吸速度の低下がカイコの死亡率増大や生長低下の原因の1つになっていると推察される。

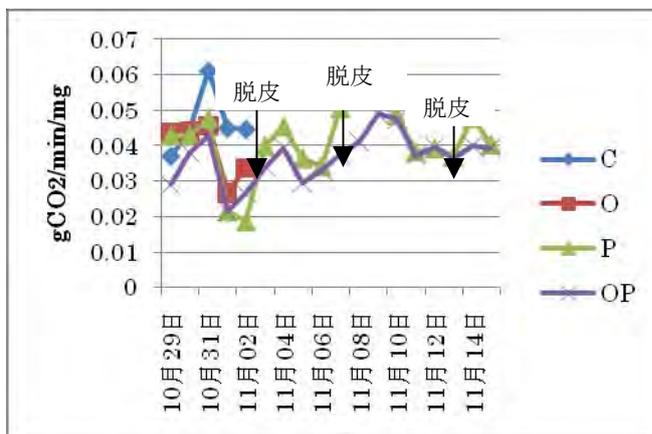


図1 体重当たりの呼吸速度の推移 (3回目実験)

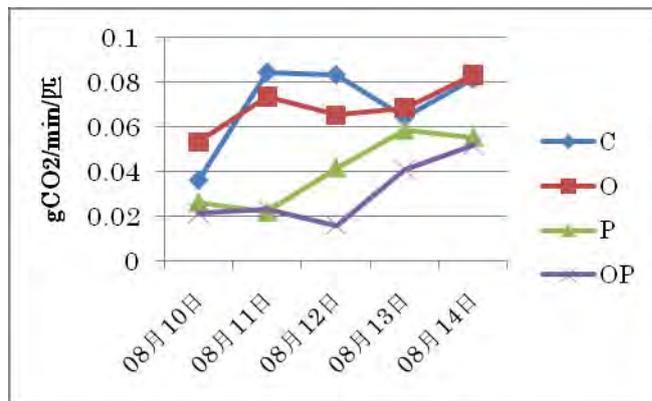


図2 1個体あたりの呼吸速度の推移 (1回目実験)

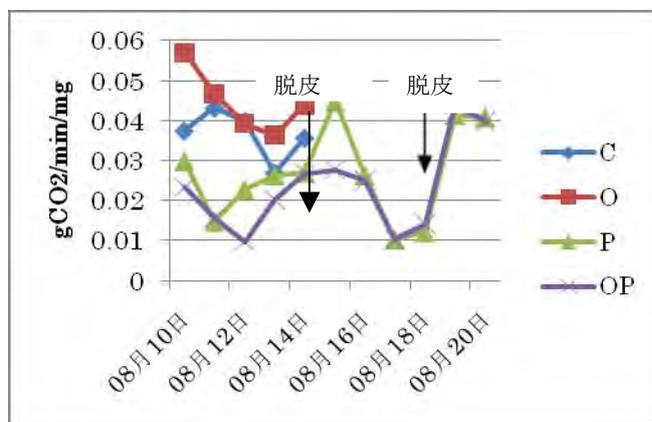


図3 1個体当たりの呼吸速度の推移 (1回目実験)

ラッカセイおよびハツカダイコンに及ぼす超微量過酸化物和オゾンの複合影響

○トブシンバヤル、戈振睿、水野詩乃、堀江勝年、青木正敏
(東京農工大学大学院農学府)

【はじめに】 オゾン、窒素酸化物 (NO_x) と炭化水素の光化学反応により生成される。さらに、このオゾンと揮発性有機化合物 (VOC) の光化学反応により H₂O₂ を主体とする過酸化物が生成される。大気中において H₂O₂ は数ppb の超微量で存在し、オゾンと常に共存している。この H₂O₂ はオゾンよりさらに毒性が高く、その植物影響が危惧される。そこで、本研究では、野外条件に近い数ppb の H₂O₂ が作物にどの程度の悪影響を及ぼすのかを明らかにすることを目的とした。

【実験方法】 自然光型ファイトトロンで対照区 (C区)、50ppb オゾン単独区 (O区)、2~4ppb H₂O₂ 区 (P区)、50ppb オゾンと 2~4ppb H₂O₂ の複合区 (OP区) の 4 処理区を設定した。暴露時間を 1 日 8 時間 (09 時から 17 時まで) に設定し、2009 年 10 月 8 日から 11 月 27 日の間、ラッカセイとハツカダイコンの暴露実験を行った。暴露中、2 種類の植物の可視被害と SPAD 値 (SPAD502 計、MINOLYA 製による) を 2 日に一回測定した。ラッカセイについては、播種後、浄化空气中で 1 カ月生育させた後、各処理区で 4 個体を約 6 週間曝露した。可視被害度の評価は、各葉位毎に行い、全葉面積に対する可視被害の度合いや壊死に応じて 5 段階で評価した (0: 被害なし 1: 葉面積の 1~50% に可視被害 2: 葉面積の 50~100% に可視被害 3: 葉面積の 1~50% が壊死 4: 葉面積の 50~100% が壊死)。各処理区とも、ラッカセイは 4 個体の合計 16 葉位、ハツカダイコンは 8 個体の 1 から 4 葉位について可視被害度を評価し、平均値を求めた。各 4 個体の主幹葉の 4 枚の複葉を選び、実験終了時まで同一の葉を対象として、合計 16 部位の SPAD 値を測定し続け、その平均値の経過を調べた。ハツカダイコンについては、播種後、3 週間浄化空气中で生育させ、本葉が 4 枚目まで展開した個体を選び、各処理区で 8 個体を約 3 週間曝露した。各処理区の 8 個体の本葉第一葉位の葉について、合計 32 部位の SPAD 値を測定し、それぞれの葉位の平均値を求めた。

【結果】 (1)ラッカセイ C区と比較して、O区では、6日からSPAD値の低下が始まった(図1)。P区では、SPAD値がC区より低下したが、O区より低下が少なかった。OP区では、SPAD値が実験後半からO区より著しく低下した。

(2)ハツカダイコン(本葉第1葉位について) C区と比較して、O区では、暴露3日目から可視被害が表れ、3週間後に壊死に至った(図2-A)。P区では、可視被害が全く発現しなかった。OP区では、暴露2日目から可視被害が表れ、SPAD値も著しく低下し(図2-B)、暴露約2週間後に壊死した。

【まとめ】 2種類の作物に対して、オゾン単独区よりオゾンに超微量の過酸化物が加わると可視被害が著しくなることが明らかになった。しかし、2~4ppb H₂O₂ 単独の場合、可視被害は発現せず、SPAD値の低下は50ppb オゾン区よりも少ないことが分かった。

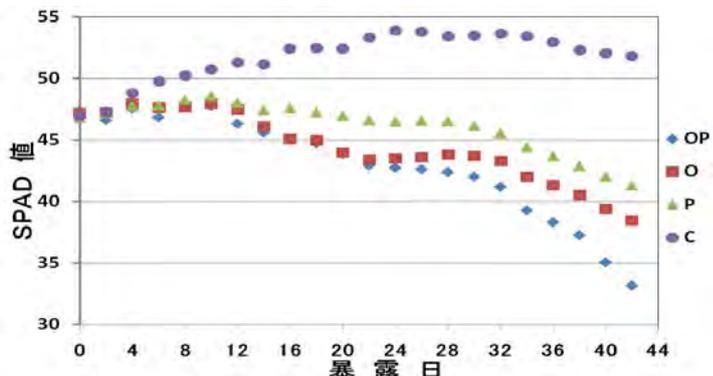


図1 ラッカセイの葉の SPAD 値推移

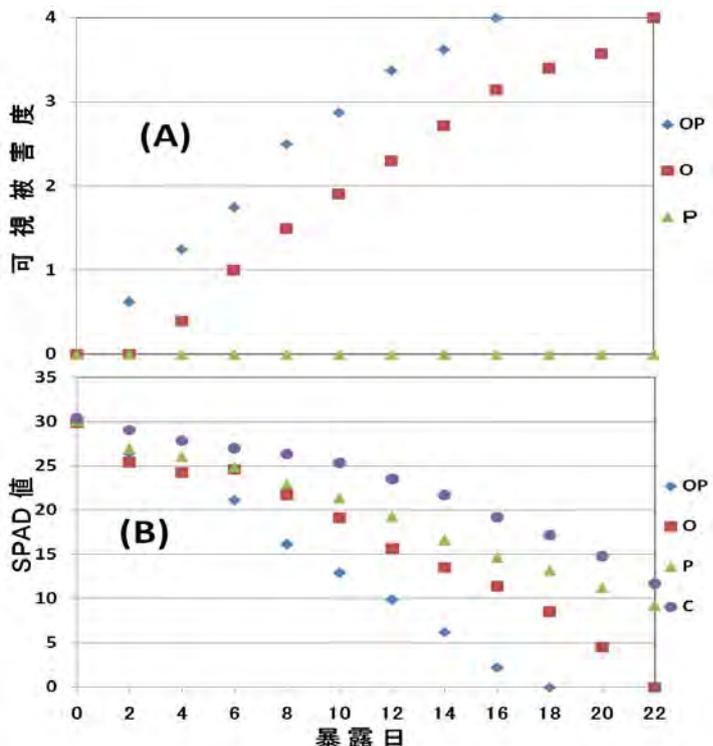


図2 ハツカダイコン本葉第1葉位の可視被害(A)と SPAD 値の推移

2 品種のコマツナに及ぼすオゾンと過酸化物の複合影響

○戈振睿・トブシンバヤル・水野詩乃・堀江勝年・青木正敏

(東京農工大学大学院農学府)

「背景」 地球温暖化によってますますオゾンの大気汚染が激しくなることが予測されているが、オゾンが増大すると、数 ppb 以下と超微量である H_2O_2 などの過酸化物さらには濃度が高くなることが考えられる。この超微量な過酸化物がオゾンと共存すると、植物に著しい被害を与えることが予想される。そこで、本研究では、野外条件に近い数 ppb H_2O_2 とオゾンを作物に暴露し、可視被害および SPAD 値を測定し、作物にどの程度の悪影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。

「材料、方法」 自然光型ファイトトロンで対照区 (C区)、50ppb オゾン区 (O区)、2~4ppb H_2O_2 区 (P区)、50ppb オゾンと 2~4ppb H_2O_2 の複合区 (OP区) の 4 処理区を設定し、2009 年 11 月 7 日から 2009 年 11 月 23 日の間、播種後 16 日間浄化空气中で生育させた 2 品種のコマツナ (品種：“安藤早生” および“みすぎ”) を各処理区で 16 日間 (1 日 8 時間、9:00~17:00)、8 個体を暴露した。暴露中、2 品種のコマツナの可視被害を毎日測定し、SPAD 値 (SPAD502 計、MINOLYA 製による) を 2 日に一回測定した。植物の可視被害程度の測定は目視によって行い、被害状況に応じて次の 5 段階に可視被害度を数値化した (0:被害なし 1:葉面積 1~50%が可視被害 2:葉面積 50~100%が可視被害 3:葉面積 1~50%が壊死 4:葉面積 50~100%が壊死)。暴露終了後、SPAD 値とクロロフィル含量の関係を測定した。

「結果および考察」 図 1 に 2 品種の第 2 葉位の可視被害度を示す。図 1-A のように、安藤早生は OP 区で 4 日目から可視被害が始め、13 日目に壊死に至った。O 区では 6 日目から可視被害が始め、14 日目に壊死した。図 1-B のようにみすぎは OP 区では 5 日目から可視被害が始め、13 日目に壊死に至った。O 区では 9 日目から可視被害が始め、16 日目に壊死に至った。2 品種とも、P 区は可視被害が発見しなかった。安藤早生とみすぎの品種間差異を比べると、OP 区については感受性の差異がなかったが、O 区については安藤早生の感受性が高いことがわかった。

図 2 に 2 品種の SPAD 値の変化を示す。SPAD 値の変化から見ると、P 区の SPAD 値は C 区と比べて、低下の程度が少なかった。しかし、OP 区の SPAD 値は C 区より著しく低下することがわかった。安藤早生については、暴露 8 日目に、OP 区の SPAD 値が C 区より半分以下に低下し、10 日目にゼロに至った (図 2-A)。みすぎについては、暴露 9 日目に、OP 区の SPAD 値は O 区の半分以下に低下し、13 日目にゼロに至った (図 2-B)。

「まとめ」 オゾン 50ppb に超微量の H_2O_2 が数 ppb 加わると、著しく可視被害が出るということがわかった。P 区では、可視被害が全く発現しなかったが、SPAD 値については C 区より低下することがわかった。O 区では、みすぎより安藤早生の感受性が高いが、OP 区では、2 品種の差異が見られないことがわかった。

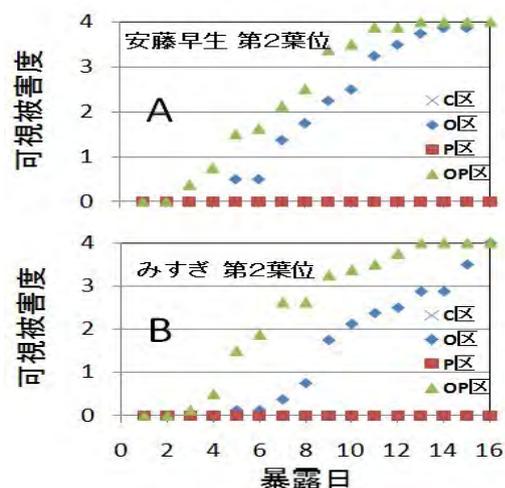


図 1 可視被害の推移

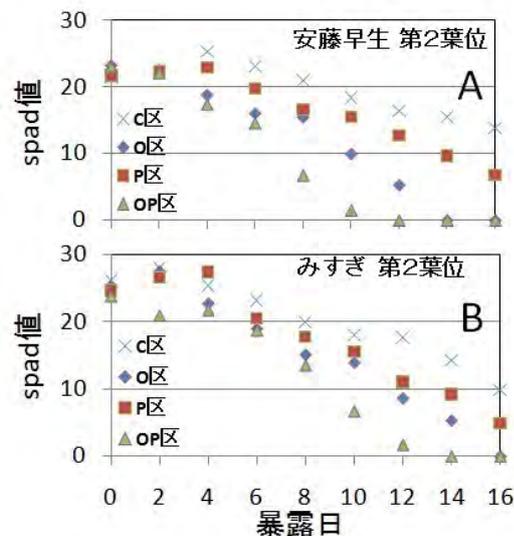


図 2 SPAD 値の推移

奈良県飛鳥川流域における古水文気候環境と水田稲作について

福岡義隆^o・丸本美紀（立正大学地球環境科学部）

1. はじめに ～ 奈良県に多い雨乞い神事と溜池

水資源の問題は古代から国家的な課題であったとされる。『日本書紀』にも水不足で水田耕作ができない状態であるとの条項がある。水不足であったことを証拠づける「雨乞い」祈願の記事が大化元年（645年）から延暦10年（791年）の147年間に70例もあると記録にある（『日本書紀』・『続日本紀』）。古代だけでなく中世にいたっても水不足で、水田の灌漑用水必要量は河川の用水供給量を超えていたという。そのためにも奈良盆地では数千という溜池のみならず坪池という小さい溜池を含め1万もの溜池を造る必要性があった(気候学的水収支図1を参照)。稲作が盛んになると人口が増え文化も栄えたのである(図2参照)。

2. 水文地名にみられる稲作のための水利施設と雨乞い

上記のことを裏付けるような地名などが飛鳥川流域を始め奈良県下に多いのが注目される。耕地が増えるとともに造られた「井手」（上居領、細川筋の「ミノダ井手」「ナカイ井手」「ササカ井手」「木の葉井手」などの井堰）とか、雨乞い祈願のために、水を掌る竜を守る「竜佛寺」「竜蓋寺」「竜神」などのほかに「竜蓋池」などがその例である。導水のための土樋や木樋からなる「保」なども新田開発時に造られたもので、「保田」「保津」のような地名も飛鳥川岸にある。

武光誠(2004)によると、田のつく地名は稲作地に多く収穫の多い様をさす「多」の意味もあるという。奈良県には大和朝廷以来、田地のそばに住むという「田中」地名がおおいとされる。

3. 水文気候災害を暗示する植物地名などの分布

奈良盆地の飛鳥川流域は干ばつが多かったが洪水も少なくなかったようである。したがって水文地名とみなされるものが多いようにも思われる、たとえば河合、保田、梅戸、三河、黒田、保津、満田、土橋、豊田など。植物地名の一部も洪水という水文現象に関わりがあるという説もある、たとえば飛鳥川と寺川の間にある「梅戸」の梅は「埋める」、葛城川との間の「杉の木」の杉は「剥き（すき）、剥げ落ちる」、飛鳥川左岸の「西竹田」の竹は「タゲ＝崖」を意味する（小川豊『災害と植物地名』）。そもそも、飛鳥・明日香の「あす」には「崖崩れ」の意味があり、奈良は土地を均す（ならす）の意味があるとも言われている。

4. おわりに ～ 古気候学は自然への適応力を知るための研究

稲作は縄文に始まり、飛鳥時代により高い技術が中国から伝わり、奈良・平安からは耕地面積も増えてきた。それは古代人の自然との共生の賜物である。古代人の農耕は災害と闘い環境に優しいものだった。

【註】 旧国号地名は「地名の動き」を示す～ここで注目したいのは、田や河に関わりのある地名として豊田や三河を飛鳥川左岸から単純に拾えない場合がある。なぜなら、「地名は移動する」（栢木喜一「飛鳥地名考」）ものだからである。奈良県内には旧国号地名が多く、明日香村周辺だけでも越、大隅、飛騨、土佐、薩摩、兵庫、吉備、豊前、出雲、吉備、長門、武蔵、石見、但馬、上総、備前、因幡など多い。全県で56の旧国号地名がある(全国の83%)。

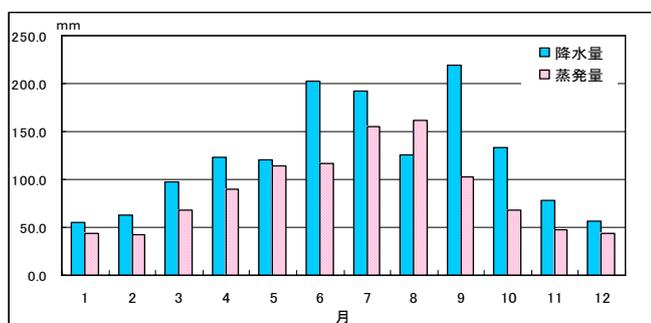


図1 明治大正ころの奈良県の水収支（降水－蒸発）

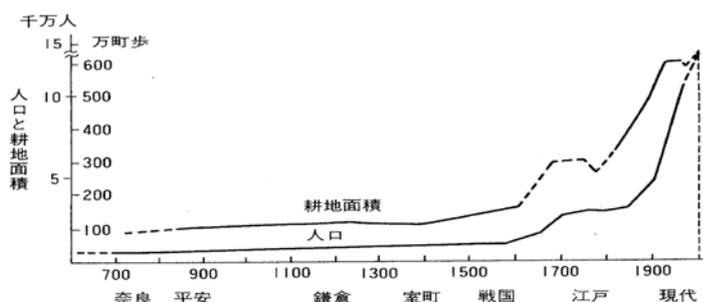


図2 耕地面積の歴史的推移（国土庁、1978）

文献：飛鳥民俗調査会編(2003)：『明日香の風土』飛鳥保存財団 本間俊明(2002)『日本人はお米をどれくらい食べていたか』山海堂 小川 豊(1987)：『災害と植物地名』山海堂 福岡・丸本(2007)『荒川流域の自然地名に関する研究』地球環境研究9号

農業の微気象から道路気象まで

高田 吉治 (株式会社 応用気象エンジニアリング)

1. 気象学の応用分野

昭和 20 年代前半の日本は、都市は焼け野が原の残骸が点在し、食料難の時代が続いていた。田舎に行くと、山も川も生物も含め自然が綺麗であった。

九州大学農学部気象学統計学教室へ入ったのは、昭和 26 年 4 月からである。がっちりした木造の農学部 1 号館 1 階には、寺田教授室の他には、坂上先生の部屋、広い研究室、オッシログラフ等も備えた大きい写真暗室があった。隣は園芸学教室、2 階は農業機械学教室、農業経済学教室があった。また農学部 1 号館の横には、農学部正門横にかけて、気象観測露場があった。気圧、気温、湿度、地表温度、地中温度 -1、-5、-10、-20、-30、-50 cm 及び -1.0、-3.0m の地中温度、降水量、蒸発散量などの観測機器が設置されていた。

ダインス風圧計、風向風速計や日照計、日射計などは、少し離れた農学部図書館の 5 階屋上にあり、雲を含めた大気現象の観測を含めた気象観測は、毎日教職員、学生が交代で行なっていた。

当時の、気象学統計学教室における基礎研究や、応用気象研究は、懐かしい記憶の風景である。

農業の微気象の観測から始まった研究は、寺田先生が人工降雨、雲物理、電力気象、水気象など、種々の気象の応用分野の研究を持ち込んでこられたため、研究遂行のため、大変な活況を呈した。

それ以来、我々は、気象、海象とエンジニアリングの境界領域をつなぐ研究、技術に取り組み、各分野で活用してきた。

気象学の応用分野は、非常に広範にわたる。その中の多くの事例について研究、開発を行ってきた。各種の気象障害に関する対策を検討し、策定してきたが、微気象が基礎にあったため、大変役に立った。

気象学とエンジニアリングの関連性について列記すると次のようになる。

- 建築— 気象、安全対策、気候、景観 (植樹、植生、水等) 作業計画、防災
- 電力— 電線着雪、鉄塔着雪、塩風害、強風障害、ダムコントロール、流出量予測
- 農業— 農業気象学 (調査、観測、解析)、微気象解析、農業気象防災、施設農業
- 航空— 航空気象学 (飛行場、滑走路気象、航空路気象、全球世界気象予報)、次世代航空保安システムの構築、雷対策

- 河川— 強風、強雨、流量、水位、水害、増水、洪水、浸水、土石流、崩壊、雪崩
- 環境— 大気汚染、水汚染、都市気候、ヒートアイランド、健康
- 防災— 地震、火山噴火、大雨、大雪、強風
- 海洋— 船舶運航計画、海上作業計画、波浪予報、潮流解析、漁場管理、工事予報
- 海運— 海運路の気象、船舶運航計画、波浪・強風予報、
- 運輸— 輸送計画、輸送先気象予報
- 道路— 道路建設 (路線選定、積雪寒冷地区分)、道路管理 (雪氷対策)、道路気象情報
- 新エネルギー— 風力発電 (風向風速、気温、雪、雷対策) 太陽光発電、マイクロ水力発電等の開発導入
- 林業— 風害、雪害、塩害、気候適合樹種選定、
- 通信— ゴースト、雪氷、通信障害、雷害
- 観光・レジャー産業、安全対策、冷害・干害・強風害対策、施設運用、天候、気象予報
- 石油、ガス— パイプライン保守工事、パイプライン建設工事— 波浪、強風
- 保険— 天候リスクヘッジ

ここでは、気象利用の一環として、これまで行ってきた農業の微気象研究から、新しく取り組んできた道路気象の研究や、新エネルギーの開発研究までの流れについて、概要を述べる。

2. 気象学とエンジニアリングを結ぶ研究

九州大学農学部気象学教室に勤務していた時代には、農業気象 (微気象の研究) はもとより、電力気象、水気象の研究、初期の人工降雨の実験、研究を手がけていた。また、研究室には、多くの海外機種気象観測機器があり、それらを修理、調整しながら、新測器も含めて、多くの気象測器を駆使して、各種の野外実験を行っていた。

このときに、気象と工学を結ぶ必要性を痛切に感じたのがエンジニアリングへの気象利用の始まりである。

まず、気象学の産業面への応用を図ることを、寺田先生や武田先生、坂上先生の下でいろいろと経験してきた。

当時の電力は、水主火従の発電で水力が主体であり、如何に水資源を確保するかの研究が大事な時代

であった。ダム貯水量を少しでも増やすための一つの方法として、人工降雨の研究、実験を全国に先駆けて行なってきた。また、ダムの水を減らさないようにするため、蒸発散の抑制研究も行なってきた。

一方、温室栽培のはしりの時代であり、温室の環境条件、ボタ山のような気象環境が悪い条件下で、土も様な樹木が植わるのか、ボタ山の気象などを含めた微気象の研究を続けてきた。

これらの微気象の実証研究や熱収支は、後で道路気象を世界で始めて取り組むようになった時、大変役に立った。

また、電力気象の研究の中で、発送配電の仕組みをよく調べていたために、この技術を応用した基本設計を行い、素晴らしい大阪府の府営水道システムの基本設計を行う事が出来た思い出がある。

山岳降水量の研究は、九重山系の一つで、孤立峰である涌蓋山（標高 1,500m）の東西南北斜面に、高度別に多数の雨量計を設置して、昭和 30 年から 7 年間に亘り、観測、データ処理、解析を行なった。



新エネルギー開発は早くから取り組んだ。現在の太陽エネルギー学会の発足当時から参画した。

太陽光発電については、初期の太陽電池応用の開発者の 1 人であり、昭和 39 年には“太陽電池電源装置の設計と応用”という技術資料を日本で最初に作成し配布した。当時は、電池と組み合わせたオンサイト電源としての利用であった。環境に優しい電源として現在になって、太陽光発電システムとして、世界規模で大量導入が始まっている。

また、平成 5 年には“風力発電導入ガイドブック”や“風況精査マニュアル”を NEDO と共に作成してきた。これらの資料は、今も 2 年毎に見直しされながら、多くの人に利用されてきている。

これからは、日本でも風力発電の導入展開は急ピッチで進んで行き、さらに洋上発電が展開されて行

くようになる方向にある。

風力発電は多目的事業に利用されると共に、売電事業にも利用されるようになってきている。

一方、宇宙開発事業団：NASDA（現在は宇宙航空研究開発機構：JAXA）の種子島宇宙センターにおける人工衛星打ち上げに伴う地上、高層の気象観測や気象予報は、33 年前から行なってきたが、年を経るごとに高度な技術や情報が要請されるようになって来ている。現在では 2 波長ドップラーレーダーや、電界強度計なども含めて、雷の予測と、雷対策についてのさらなる検討を進めている。

すなわち、高度別の強風予測はもとより、雷雲の電荷分離（雷放電）の予測まで行なうようになってきている。最近では、落雷エネルギーが負極性雷より 10~100 倍も落雷エネルギー量が大きい正極性雷（冬季雷）の対策検討を行っている。

3. 雪氷とのつながり

人工降雨の研究は、雲物理から始まる。雲の中の過冷却水滴を氷晶核で氷晶にする必要がある。

沃化銀やドライアイス、液体炭酸など擬似氷晶核を用いて、適正な量の氷晶を過冷却雲の中にするための研究を行なったのが、雪氷との出会いである。

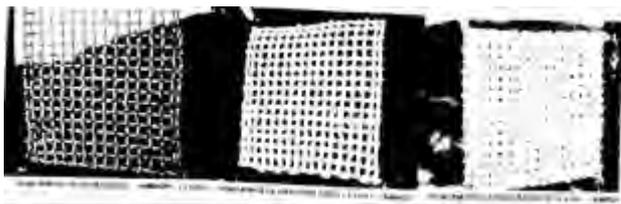
九州は、雪氷とはあまり縁が無いので、北大の孫野教授をはじめ、多くの先生から雪氷に関連する基礎的なことを教わったこともある。

九州の雲仙岳の仁田峠で人工霧氷の実験を昭和 28 年 1 月から 2 月にかけて行い、気温が -5°C から -10°C の過冷却雲の中で沃化銀煙を散布し、風下側の 200m 先まで 25 箇所を設置した金網に付着した霧氷の量を測定した。そして、霧氷の生成量と散布量との関係、人工霧氷の生成しやすい気象条件の調査を 2 ヶ月間行なってきた事がある。

これが九州における雪氷の野外実験の始まりである。元田さんと共にキャンプを張って観測した。



雲仙岳仁田峠における人工霧氷の実験状況



沃化銀の影響がない地点と有る地点の霧氷生成状況

4. 人工降雨

その後、第1次的人工降雨の実験は、地上発煙法、気球法、飛行機法など種々の方法で、熊本県八代、田浦、人吉、鹿児島県鹿屋、宮崎市などを基地として、昭和27年から35年まで8年間に亘り、数多く積み重ねてきた。

このとき、雲水量の測定や、雲粒子の形状、性質などの観測、雲の凝結核の電子顕微鏡測定、自然の氷晶核の観測等も行なってきた。

また、レーウインゾンデによる高層気象観測、レーダーによる降雨強度の観測なども、無線局免許も取得して行ってきたが、機器の取り扱いに慣れるまでは大変苦労した。

当時は、地上天気図も高層天気図でも、高層観測データも無線で受けて、手書き作業で作成していたものである。

このような観測結果を元にして、各種の解析、検討、効果の判定なども行ってきた。



気球法（沃化銀やドライアイス）人工降雨実験風景



沃化銀地上発煙法と、飛行機法で用いたP2V機
沃化銀の地上発煙法では、上昇気流が生じやすい地形の場所を選ぶと共に、気象条件の予測、大気中の拡散に関する研究も、武田先生、坂上先生のもとで行なってきた。

第2次的人工降雨実験は、昭和36年から42年にかけて、主として飛行機法で行なわれた。レーダーも新しく改良された機種となり、観測精度も向上してきた。この頃には、各大学や気象研究所の方々との共同研究も増え、交流が深まってきた。

5. 山岳降水量の研究

九重山系に涌蓋山という標高1,500mのおわんを伏せたような孤立峰がある。この山に自記雨量計を山頂をはじめ、東西南北斜面の43地点に設置し、毎月データを収集し、整理、解析した。

観測機器は、積算自記雨量計41台、同（アルター型助炭付き）5台、長期巻自記雨量計4台、日巻自記雨量計2台、長期巻自記風向風速計1式、日巻風向風速計1式である。

なお、ベクトル雨量計4台を1,450mの東西南北斜面、自記温度湿度計2台をふもとに設置した。

昭和30年から36年の間に山頂まで登ったのは130回を超えている。このため足腰が丈夫になった。

山岳の降水分布は、気象条件によっても異なるが、風下側の乱流域に多くなることが判った。



5. 海洋観測塔

昭和38年に気象研究所海洋研究部に出向し、沿岸海洋気象の研究を始めた。まず、伊東湾の沖合い1kmの水深20m地点に、日本で最初の浮力式海洋気象観測塔を建て、この中に全自動の気象海洋観測システムを開発、設置し、観測を行なった。

トランジスタやダイオードが出始めの頃であり、省電力化が出来たためにシステム構築が可能となった。

海洋観測データは、それまで海洋観測船による観測データしかなく、年間を通じての連続観測データなどは、無かった時代であり、貴重な海洋気象「データがいろいろと取得出来るようになった。

観測データは、全て1ヶ月間継続取得できる大型の蓄電池を用い、毎月1回漁船で観測塔に出かけ、ジーゼル発電機で充電して観測していた。

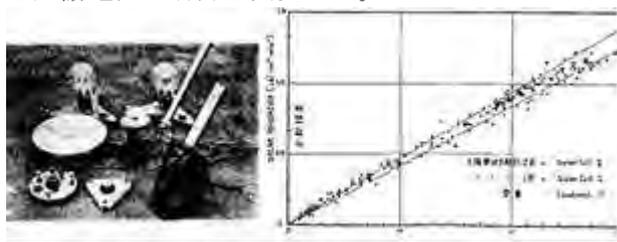
障害標識灯の電源としては、昭和39年に20Wの太陽電池電源装置を設置した。「太陽電池電源装置の設計と応用」という冊子を日本で始めて書いたのも、このときであった。以来、太陽電池電源の導入、展開についても調査、研究、開発を行ってきた。



静岡県伊東湾内に設置した海洋観測塔と太陽電池

シリコン太陽電池素子を用いて、日射計（直達日射計、水平面日射計、茎間日射計など）を開発したのもこの時からである。道路の熱収支の観測には、簡易で精度の良い日射計は不可欠であるため、当時、計測誤差が大きかったロビッチ日射計の代わりにな

る太陽電池日射計を開発した。



シリコン太陽電池日射計

気象研究所時代には、日射の研究と霧の研究は、九大時代に引き続き行なってきた。

太陽電池電源の利用や、太陽熱利用は当時から始めた。太陽エネルギー協会1巻1号から幹事となる。



高速道路は、北陸道、東北道、北海道道、と、建設が全国に次々と展開されていき、それに伴って、道路上の気象現象も多岐に亘る様になって来た。雪氷対策の検討は、当時 JH 本社や、試験研究所の方々と進めて来た。“気象雪氷調査要領”“積雪寒冷地における道路構造・付帯施設設計要領”など各種の設計要領の中に、設計気象値を織り込んできた。

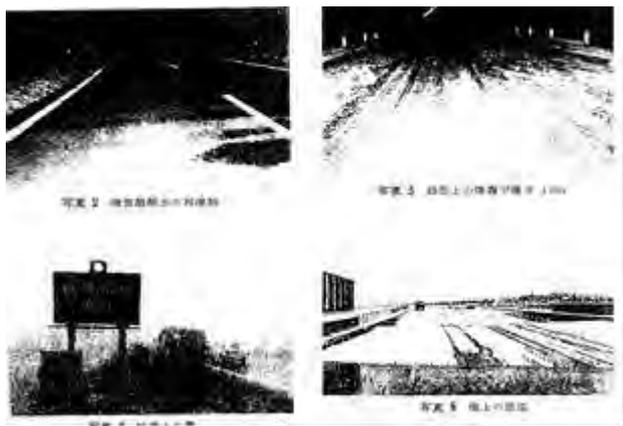
6. 道路の気象

昭和41年には、シャープ株式会社中央研究所に招聘され、そこからは道路気象の研究に取り組むことになる。道路への気象利用研究の始まりである。

最初は、国道1号線の鈴鹿峠付近の路面凍結及び段階的に建設が始まった名阪国道の路面凍結と濃霧を対象とした現地の道路気象観測調査から始めた。

このときは、路面上を境界条件とした熱収支の観測から始め、基礎的な解析を行なうと共に、並行して路面温度計、路面状態判別装置、透過率計（VI計）、BS型視程計、降雪強度計等についても、計測グループで実用化開発を進め完成させ利用してきた。

道路気象情報システムは、ポストンで行われた第1回道路気象国際会議に参加し、発表した。



路面上に生ずる凍結、霜、積雪、霧の状況

昭和41年から、名神高速道路の供用が始まり、彦根、関が原周辺の雪対策、路面凍結防止対策、除雪対策が必要になってきていた。

当時の道路公団本社交通技術課の井上元哉技師が道路気象の必要性を説かれ、高速道路調査会に「道路気象対策研究委員会」を立ち上げられた。ここで本格的に道路気象の研究開発が始まった。私どもはこのときから、道路の気象・雪氷の研究と、雪氷対策体制の総括的な支援を始め、現在も続けている。

委員会では、昭和41年度に道路気象（その1）、昭和42年度に道路気象（その2）、昭和43年度に（路面凍結予測手法の研究）から始まり、雪崩対策、地吹雪対策、濃霧による視程障害対策、強風対策等、現地調査を含めて、多くの調査報告書を纏めてきた。

昭和42年からは、高速道路沿線各キロポストの温度分布を求めるため、名神高速道路、国道4号線、東名高速道路、中央高速道路などで、路面凍結危険地点を求める目的で、赤外放射温度計を用いて移動観測（サーマルマッピング）を行ってきた。

そして、適切な道路気象観測地点を定めてきた。



道路気象観測設備と BS 型視程計、道路情報板

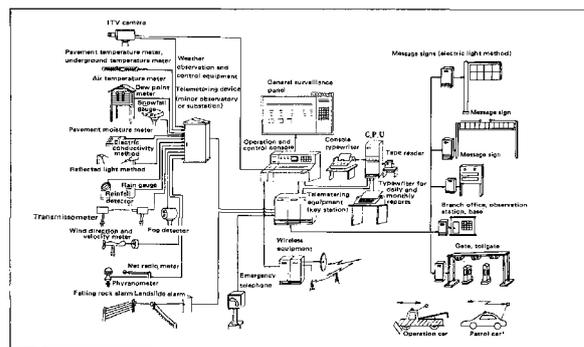
名神高速道路における道路気象の基礎的研究は、路面凍結の予測システム：雪氷第33巻第4号(昭和46年12月)に掲載したように進めてきた。

この頃は、高速道路建設の黎明期でもあり、新しい手法はいろいろと取り込まれていき、高規格道路建設の展開が楽しい時代であった。

高速道路は、北陸道、東北道、北海道道と、建設が全国に次々と展開されていき、それに伴って、道路上の気象現象も多岐に亘るようになって来た。

雪氷対策の検討は、当時 JH 本社や、試験研究所の方々と進めて来た。“気象雪氷調査要領”“積雪寒冷地における道路構造・付帯施設設計要領”など各種の設計要領の中に、設計気象値を織り込んできた。

(財) 高速道路調査会：道路気象対策研究委員会における道路気象の研究報告書は、40 を超えている。



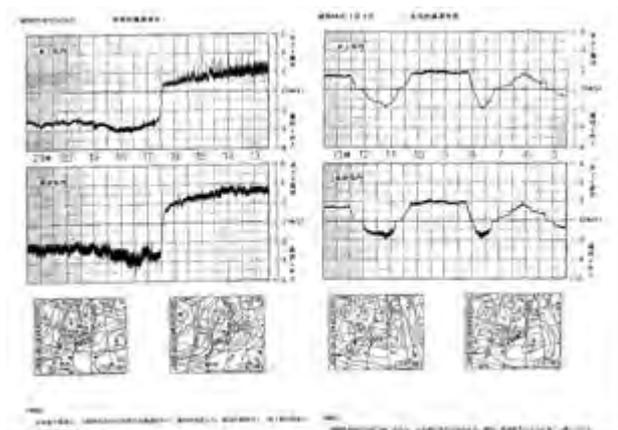
昭和45年に計画した道路気象情報システム

昭和57年からは、関越トンネルで、新しく縦流換気方式が導入されることとなり、トンネル内自然風の調査と予測を行なうこととなった。

トンネル内の気象現象を把握するため、工事中の8年間、換気運用委員会の中で調査検討を行い、トンネル気象を解明してきた。

トンネル内自然風は、11km 離れていても、水道の蛇口を開けると水道管内の水がどこでも同じように流れるように、両坑口の風は、トンネル内のチューブ抵抗に関係なく同時に動くことも分った。

トンネル内の霧や、凍結、結露、ツララ等に関する調査も行い、対策検討を行った。トンネル内の気象現象を解明したため、その後のトンネルで生じる気象現象による対策は、的確に出来るようになった。



関越トンネル内の両坑口内の風向・風速の変化

7. 応用気象の展開

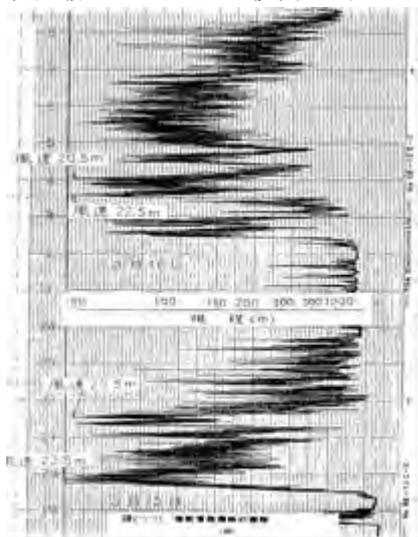
昭和 58 年からは、(株) 応用気象エンジニアリングにおいて、本格的に気象、雪氷、海洋、航空、自然エネルギーに関するコンサルタント業務を 20 数名の仲間と共に始めた。

道路では、昭和 62 年から、磐越道の猪苗代をはじめ、各地で地吹雪による視程障害がとくに問題になってきた。

高盛土の地吹雪対策を行なうため、適切な防雪柵の検討、カルバートボックス内の堆雪防止策、防雪林の吹雪防止効果などについて、現地調査を基にした対策工の選定、計算シミュレーションによる視程障害の評価などを行い、吹雪対策の基礎を作り上げてきた。

防雪柵や防雪林による視程障害緩和対策の検討は、今も続けている。

また、濃霧による視程障害対策は、本四架橋や、関越道、上信越道、大分道などで、路上照明、視線誘導灯、防霧ネットなどを検討し対応してきた。



地吹雪時の視程の変化

“視環境と物体の見え方について” は、この時に視程障害対策資料として纏めた。

8. 道路交通と気象

ここでは、道路気象の実態と、雪氷対策についてその一端を述べる。(パワーポイントで種々紹介)

道路上で発現する雨、雪、凍結、吹雪、霧、風、等の気象現象は、道路交通に対して、大なり小なりマイナスの影響を与える要素を持っている。

道路上に生じる気象現象は、ある条件を境にして、交通に大きな障害を与えるようになる。たとえば、降水が雨であるか、雪であるかの違いによっても、道路交通の機能上には大きな差異が生じる。

降雨の場合でも、短時間降雨がある限度を超える量が降ると、車両前方の視認性を急に低下させるし、



水煙による視程障害も生じる。

また、降雪中の道路では、路面の状態が滑りやすくなり、路上の現象が、融雪中、路上積雪、シャーベット状、圧雪状態、凍結状態等で、車両別のタイヤのすべり摩擦抵抗に、大きな差異が出てくる。また、地形的な差異で、これらの現象は更に異なる。

風の場合でも、一般風の強弱では無く、横風強風や、地形的な突風、切土盛土境やトンネル出口による風速変化などが運転に障害を与える。

霧や地吹雪による視程障害の度合いは、霧水量や飛雪の移動量の違いで大きく変化する。場合によっては、走行不能となる。

このように道路上の気象現象は連続して変化しているにもかかわらず、路面のすべりや、見え方の変化は、非連続的に変化するため、危険を伴うようになる。

路面温度は連続的に変化していても、路面に水分がある場合には、凍結温度を境にして、水分が水から氷に変化するため、すべり摩擦抵抗が急変するこ

とになる。路面状態が非連続的に変化する所以である。



一方、気象現象が、車両の走行に障害をもたらすのは、気象現象の強弱のみではなく、車やタイヤの性能、車種、積荷の状況、運転者の技量、走行速度、道路の構造、施設設備の状況、その他多くの諸要因間の相互作用によって、障害となる度合いや、ウェイトが異なってくるものである。

また、道路上にいくつかの気象現象が重複して生じることも多く、その所為によっても交通障害が倍加する場合も多い。例えば、路面凍結時の強風、強雨時の強風、降雪時の圧雪、路上積雪と吹雪、濃霧時の路面湿潤などの複合的な気象現象は、良く生じるものである。

このように、気象現象の強弱と、交通流との関係は、一義的に定められるものでなく、気象現象ごとに複雑な形態を示すことが多い。

道路交通の実態を考慮に入れた道路作りをこれまで行ってきたのでその一部を紹介する。

8. 新しい航空気象

民間機や軍用機を問わず、航空管制は地上からの無線で行われてきた。地球は丸いため、地上からの電波は 210km 先では上層に抜けてしまう。海上などでは航空管制の空白域が生じる。

ICAO(国際民間航空機関)では、次世代航空保安システムとして、人工衛星 MTSAT 2機を用いた航空管制システムを構築、利用することになった。



この基本構想に沿い、新しい CNS / ATM (Communications, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management) システムが構築される。

すでに航空交通管制センター及び航空気象管制センターが福岡市東区奈多に設置され稼働している。

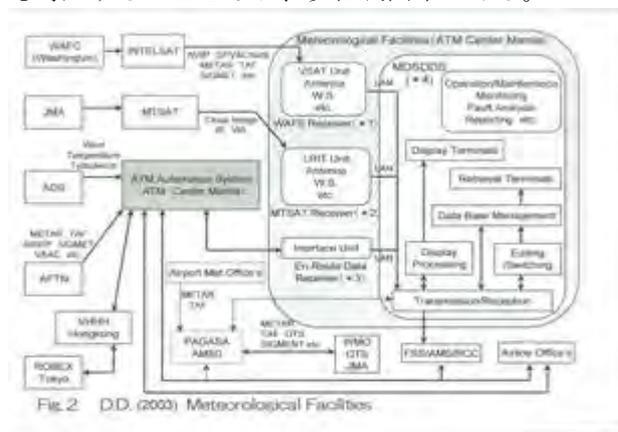
新しい CNS / ATM システムは、通信 (C)、航法 (N)、監視 (S) と、航空交通管理 (ATM) の4つの要素から構成される世界規模の航空保安システムであり、測位衛星と通信衛星及び最新の通信技術を利用して、航空交通の安全性向上、交通容量の拡大、そして経済性改善を図ることを目的としている。

この次世代航空保安システムの中に位置付けされる航空気象の主たる内容は、次のとおりである。

- ターミナル・ドップラー気象レーダー
- MTSAT 用気象受信システム
- 航空路気象データ収集システム
- 世界気象予報データ受信システム (WAFS)
- 気象データ蓄積・表示システム

これらの航空気象データを CNS / ATM システムの中へ有機的に取り込むことが重要になる。

この新しい技術業務は、東南アジア一円の諸国にも導入することとなり、現在展開中である。



次世代航空保安システムの内、航空気象の内容

9. 気象利用研究のさらなる展開

これまで、気象・雪氷に係わる研究、調査や、新エネルギーに関する開発、導入など数多くの開発、実用化研究を行ってきたが、野外における基礎的、応用的な観測や調査をいろいろな人々と一緒に行っていた時代が懐かしい思い出として残っている。

気象学の利用は、経験の学問が大事であるので、これからも、極力現場を見るようにしている。

新しい気象とエンジニアリングの境界領域におけるコンサルティングへの取り組みは、今後も行っていきたいと考えている。

10. 付録

永年、応用気象の開発研究を行ってこられたのも、健康であったから出来たと考えている。

10 年位前にオーストラリアへ技術調査に行った際に、偶然立ち寄った世界最大規模の生姜の農園と、加工する工場があった。(Ginger Factory)

10 数種類の多量の生姜と多岐にわたる加工品には、感心させられた。それ以後、生姜党になった。

生姜は漢方薬の70%に利用され、その効用は、免疫力を高め、殺菌力、脂質代謝を上げる。吐き気を抑える。抗酸化効果、癌・胃潰瘍の予防、咳を押さえ痛みを和らげる。体温調節など多くの効果がある。日本の産地は、高知、和歌山、千葉、茨城である。これから数年後には、生姜の使用量は2~3倍に増えると推定される。Ginger Factoryは如何。

太陽光利用型および人工光型植物工場の将来展望

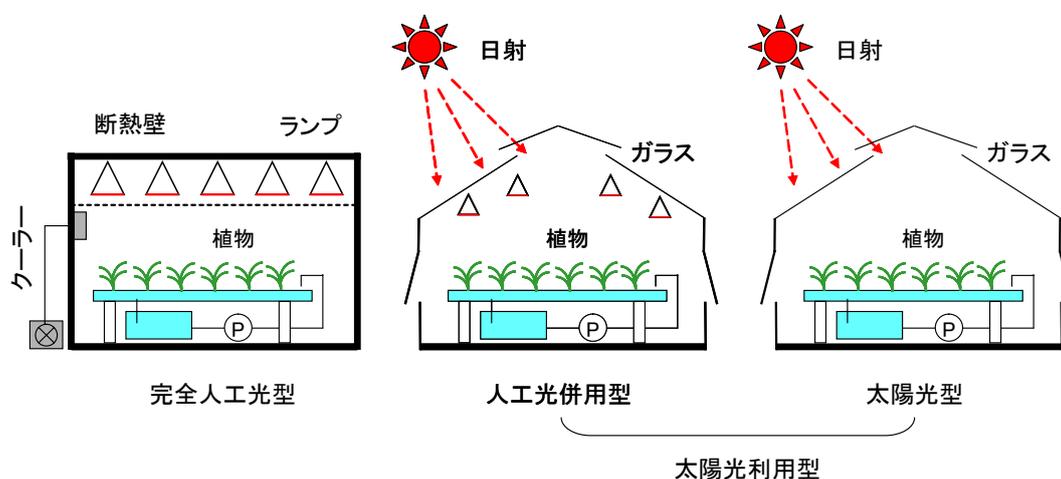
後藤 英司 (千葉大学大学院園芸学研究科)

植物工場は、気象の影響を受けずに周年的に野菜・花き等を計画生産するシステムである。太陽光利用型では果菜類、葉菜類および花き、人工光利用型では葉菜類で商業生産が行われている。経済産業省・農林水産省は、植物工場の普及を目指して、今年度から補助事業・支援事業を開始した。本講演では、太陽光利用型と人工光利用型の特徴をハードウェアとソフトウェアの面から紹介し、開発動向および将来展望について解説する。

現在、「植物工場」という用語は、社会で幅広く認知されているものの、農園芸産業に限定されている。しかしそれ以外の分野たとえば樹木苗の生産、薬用植物の生産、工業原料植物の生産、遺伝子組換え作物の生産などに「植物工場」を用いることが検討されている。また、最近、高機能で周年生産を目指す温室のことを太陽光型植物工場と呼ぶようになり、植物工場の分類はやや混乱している。

表 植物工場の種類

名称	内容
完全人工光型	外界と遮断した窓のない栽培施設。光源は人工光のみ。養液栽培を行う。最大限、栽培管理の自動化、機械化を行う施設
太陽光利用型 (1)人工光併用型	ガラス温室に人工光設備を備え、養液栽培を行う。出来る限り栽培管理の自動化、機械化を行う施設
太陽光利用型 (2)太陽光型	2000年代に入り農水省や学会等で使われ始めた表現。コンピュータ制御、冷房暖房、炭酸ガス施用などの機能を有して周年栽培を行う温室を指す。



講演では、各施設の構成要素と特徴、さらに技術的課題と将来展望について述べる。

- 完全人工光型植物工場の特徴
- 太陽光利用型植物工場の特徴
- 植物工場の課題と将来展望
 - 完全人工型植物工場
 - 太陽光利用型植物工場