

# 関東の農業気象

第24号

日本農業気象学会 関東支部会誌

平成10年11月(1998)

---

---

## <研究トピックス>

ポスト・スーパーエルニーニョに伴う台風異変とアジアの豪雨災害	山川 修治	1
果樹の凍結障害機序について	黒田 治之	7

## <施設紹介>

東京都農業試験場八丈島園芸技術センター	横山 仁	10
---------------------	------	----

## <お知らせ>

関東支部1998年度例会のご案内	12
関東支部1998年度例会プログラム	13

## <関東支部1998年度例会>

一般研究発表・シンポジウム講演要旨	14
-------------------	----

## <支部報告>

1997年度事業報告	61
1998年度事業計画案	61
1997年度決算報告	62
1997年度会計監査報告	62
1997年度剰余金処分	62
1998年度予算案	63
賛助会友	64
編集投稿規定	65

---

日本農業気象学会 関東支部事務局  
〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646  
電力中央研究所 我孫子研究所 応用生物部  
振替口座番号 東京 00100-7-57945

# 日本農業気象学会関東支部規約

昭和28年6月6日 制定  
昭和33年2月14日 一部改正  
昭和43年2月 一部改正  
昭和46年5月 一部改正  
昭和47年5月26日 一部改正  
昭和48年9月28日 一部改正  
昭和50年1月30日 一部改正  
昭和52年1月30日 一部改正  
昭和57年1月29日 一部改正  
昭和62年1月21日 一部改正  
平成2年1月26日 一部改正  
平成6年11月25日 一部改正

## 第1条 名称

本支部は日本農業気象学会関東支部と称する。

## 第2条 事務所

本支部の事務所は支部長の指定するところにおく。

## 第3条 目的

本支部は日本農業気象学会の目的達成に必要な地域的活動を行う。

## 第4条 事業

本支部は前条の目的を達成するために次の事業を行う。

事業年度は4月～3月までとする。

1. 支部総会は年1回開催する。
2. 支部例会は年1回以上行うことを原則とする。
3. 研究部会活動を行う。
4. その他目的達成に必要と認める事業を行う。

## 第5条 支部会員及び会友

1. 日本農業気象学会の会員のうち下記の区域内に居住し、又は勤務するものを支部会員とする。

東京、神奈川、千葉、埼玉、茨城、栃木、群馬、山梨、長野

2. 前項の他、支部の趣旨に賛同するものは本人の申出により普通会友（個人）ないし、賛助会友にすることができる。

## 第6条 支部会費

支部を維持運営するために、会友が納入すべき会費は年額それぞれ次のとおりとする。

1. 会友1人1,000円
2. 賛助会友1口5,000円、1口以上

## 第7条 支部役員

1. 支部に次の役員をおく。支部長1名、理事10名以内、評議員若干名、会計監査2名
2. 支部長および理事は会員の全体の選挙によって選出する。
3. 評議員、会計監査は理事会の議をへて支部長が委嘱する。
4. 役員任期は2年とする。但し、支部長ならびに理事は原則として連続2期を越えないことにする。また、支部役員に事故が生じた時は理事会の承認を得て、その役員代行者をおくことができる。

## 第8条 本規約の改定は総会決議による。

研究トピックス

ポスト・スーパーエルニーニョに伴う台風異変とアジアの豪雨災害

農業環境技術研究所 地球環境研究チーム

山川 修治

1. はじめに

近年、異常気象・気象災害による農業への悪影響が際立っている。「激甚災害」の指定を受けたもののなかで農業関係に限ってみても、平成に入ってから28件に上る(日本農業新聞:1998年9月30日)。1998年もまた記録にも記憶にも残る災害の夏になってしまった。この激動の季節について天候異変のメカニズムに主眼を置いて概観することは、今後の推移を考える上でも大切なこととなろう。

2. スーパーエルニーニョの終息と記録的に遅れた台風発生

1998年6月初め、冷水塊は熱帯太平洋中東部の110~160°Wに出現し、1年余り継続したスーパーエルニーニョはついに終息した。アメリカ大陸西岸にその冷水塊が湧昇していたならば、熱帯太平洋の海面水温(SST)偏差が西高東低の典型的ラニーニャ・パターンに急展開するところだった。しかし、今世紀最大規模の「スーパーエルニーニョ」(ドイツの著名な気候学者 Floneの命名;根本,1998)の暖水は、簡単には冷水の進入を許さず、むしろそれより数千km西方の熱帯太平洋中東部に冷水塊が発現した。気象庁のエルニーニョ監視領域(4°N~4°S, 100°W~160°W)の東半分には暖水が居残り、同領域西半分からその西方にかけて登場した冷水と勢力がほぼ拮抗し、大勢としてはほぼ停滞気味という状態が6~9月には見られた。

一般に、エルニーニョが卓越し始めると、通常より低SSTのフィリピン近海では対流活動が弱くなり、その北東方の小笠原高気圧(以下、高気圧をHで記す)も弱める。すると、東アジアでは典型的な夏型の気圧配置になりにくく、梅雨前線の日本付近での停滞を招く(Kurihara, 1989; 山川, 1996)。そのパターンは1997年(フィリピン沖に暖水、チベットHの発達;山川, 1998a)ではなく、1998年に現れた。エルニーニョの中緯度気候への影響は、タイムラグをもって現れたともいえよう。

1998年の台風の発生は極端に抑えられ、前年(6~7月に3つ日本上陸)とは全く裏腹の最遅記録をマークした(第1号は7月9日)。その要因はどのようなものだったのだろうか。

①1997年8月以降、フィリピン近海のSSTが平年より約1℃低い状態(エルニーニョ発生時特有の現象)が1997年6月頃まで継続していた。

②1998年7月にフィリピン諸島近海でSSTは平年を上回り、台風の発生しやすい27℃以上の海域も平年より西偏してはいたが発現していた。しかし、熱帯太平洋中東部に出現し、エルニーニョに止めをさした冷水塊(上述)の中心部分は、6~8月にいくぶん西進し、フィリピン東方4000~5000km、太平洋中西部に残存していた冷水域と8月にドッキングしたため、従来の台風発生域の東半分に相当するフィリピン東方において、冷水域はむしろ拡大した。そのため、同海域は台風の発生しにくいH圏となり、熱帯収束帯(ITCZ)を西太平洋に寄せ付けず、北インド~東南アジアに留まらせた(図1)。

③その冷水塊上の大気は、水蒸気量が少なく、台風発生に不可欠な水蒸気量の供給を弱めた。

④同冷水塊から平年より高温の海水が存在する南シナ海やインド洋北部へ向かう東風が強まった。この下層風が中層風に比べて強く、鉛直シア（風向・風速の上下差異）の増大があったため、積雲はあまり鉛直方向に発達せず、組織化されることなく南シナ海や華南方面へ運ばれた。積乱雲が組織的に渦巻いて初めて台風となるのだが、そのような条件が整わなかった。

⑤冷水塊に伴うH性循環の強化（②）は、南半球の寒冷前線の低緯度への北上を阻止した。〔南半球からインドネシア付近へ北上する寒冷前線〕→〔同地域の積雲活動の活発化〕→〔小笠原Hの発達〕→〔梅雨前線の押し上げ〕→〔梅雨明け〕の連鎖反応を引き起こすことがある（山川，1996）が、1998年にはそのメカニズムが抑制された。

以上のような諸条件・プロセスのため、平年以上（SST：27～31℃）に達していたフィリピン近海でさえも、台風が極端に発生しにくい状態が続き、ひいては北陸地方・東北地方で梅雨明けなしの状況の遠因ともなったわけである。

一方、インド洋北部や南シナ海では高SSTの影響を受け、インド洋から南アジア・東南アジアへ流れ込む南西モンスーン（西南西の暖湿気流）は平年以上に強く、上述④の東

風と合流して、積乱雲を発達させ、バングラデシュや長江の上・中流域に大量の雨をもたらした。言い換えれば、梅雨前線（中国ではメイユ前線）の西部の華南では、南アジアから東南アジアに伸びるITCZの対流活動域と重なり、活発な積乱雲群が停滞したともいえる。長江上流部では数日のうちに数100mmの豪雨が断続して降り、未曾有の（1954年の大水害を越える）大洪水となった。

エルニーニョ2年目、またはラニーニャ傾向へ転ずる年の夏季には、中国東北部（図2-a）や北海道（b）で多雨、台湾付近（c）や南西諸島（d）で異常乾燥が現われやすい。すなわち、エルニーニョ2年目には、暖水域が南シナ海またはインド洋北東部に出現する傾向があるため、ハードレイ循環の活発域も西偏し、北太平洋で亜熱帯Hのコアとなる小笠原Hも通常的位置より西偏し、そのH圏内に台湾や南西諸島が入りやすく、その北側の前線活動が強まり、前者の多雨傾向が現れるものと解釈される。それが1998年8月に顕在化した。

しかし、E/N年に多雨傾向が現れるとはいえ、1998年の長江大洪水は異例のことであったといえよう。その要因としては、上記④の南シナ海～北インド洋（ベンガル湾を含む）の暖水域が顕著で、ITCZを同海域とその近傍に留め、収束域を引き寄せたことに加え、春のシベリアにおける残雪量が多かった（成層圏循環も関するが、これについては、気候影響・利用研究会，1999を参照されたい）ため、熱源としての役割を弱めたことが大きく作用したとみられる。

ユーラシア東部でトラフが卓越したのに対し、ユーラシア西部ではロシア西部を中心として、リッジが卓越し、モスクワや中東で暑夏・干ばつとなった。ロシアでは1957年以来41年ぶりの不作となった。これは①シベリア残雪量が多かったのとは対照的に、北欧では残雪が平年並みであったこと（気象庁，1998：5月号，p. 43）と、②チベットHの東欧方面への張り出しが効いたためとみられる。

### 8月の太平洋高気圧の位置の比較

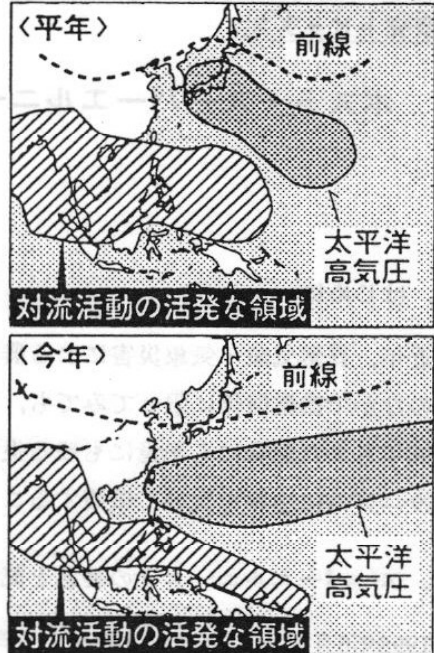
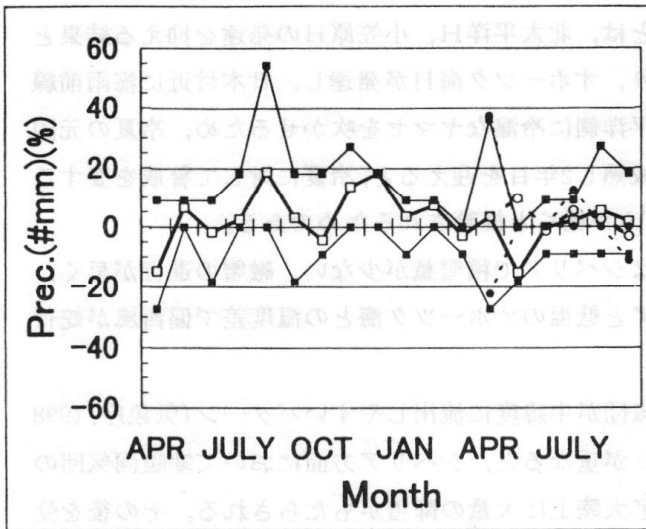
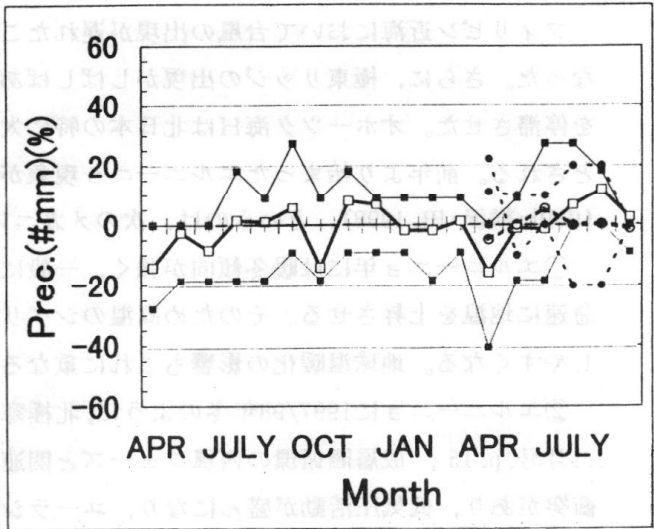


図1 1998年8月における東アジア・西太平洋領域の気候システム  
（全国農業新聞：1998年9月18日）

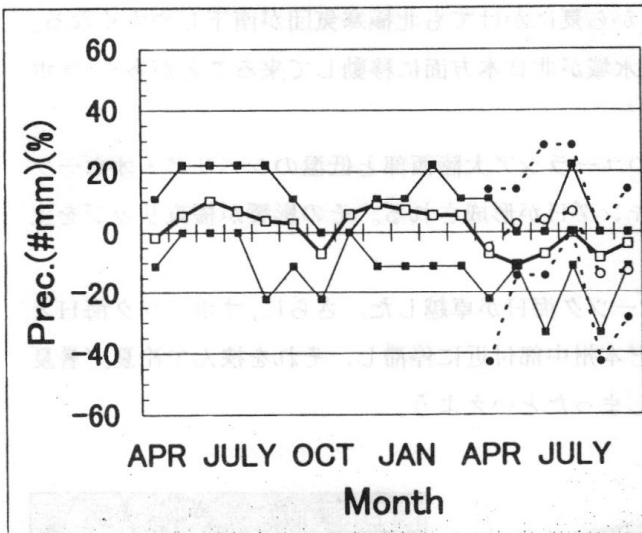
(a) ハルビン (HARBIN)



(b) 根室



(c) 台北 (TAIPEI)



(d) 那覇

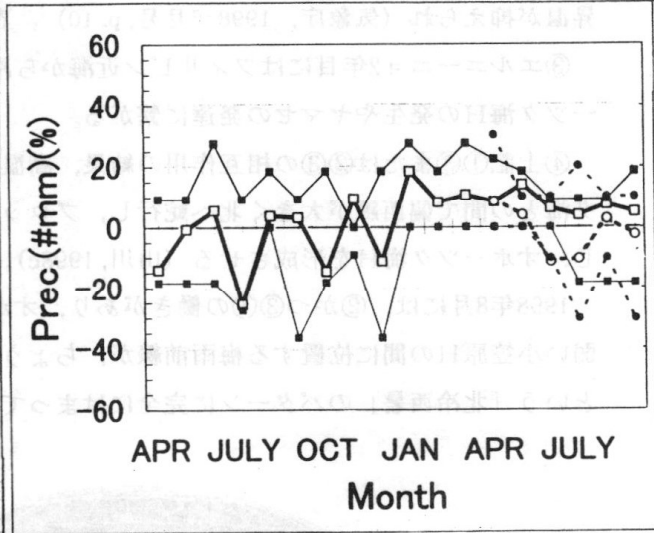


図2 日本におけるエルニーニョ年とE/L年の月別降水特性

(a) ハルビン (HARBIN), (b) 根室, (c) 台北 (TAIPEI), (d) 那覇

2年越しエルニーニョ年を1951年以降から抽出した。SOIを基準とし、春季に-1以下に低下し、1年～1年半その傾向が継続した11例(1951/52, 53/54, 57/58, 63/64, 65/66, 69/70, 72/73, 77/78, 82/83, 86/87, 87/88)を対象とし、1年目4月～2年目9月の月別降水特性を実線で示した。また、エルニーニョからラニーニャへ急展開した年(E/L年)としては、4～6月にSOI(南方振動指数)が-1以下(エルニーニョ的フェーズ)から+1以上(ラニーニャ的フェーズ)へ転換し、その傾向が2か月以上継続した10例(1952, 55, 68, 70, 73, 78, 81, 86, 88, 90)を抽出し、同様に4～9月の降水特性を破線で示した。月降水量の正規化のため、常用対数変換を施した。平年値(M;1951～1980年)からのエルニーニョ年やE/L年の平均値からの偏差を求め、正・負偏差を多雨・少雨の基準とした(100倍して太線で図示)。さらに、標準偏差 $\sigma$ を用い、 $M+\sigma$ 以上を異常多雨、 $M-\sigma$ 以下を異常少雨と定義し、それらの出現頻度を%で示した(異常多雨はプラス側、異常少雨はマイナス側に図示)。

### 3. 居残り梅雨前線がもたらした中国東北部と新潟の豪雨

フィリピン近海において台風の出現が遅れたことは、北太平洋H、小笠原Hの発達を抑える結果となった。さらに、極東リッジの出現がしばしばあり、オホーツク海Hが発達し、日本付近に梅雨前線を停滞させた。オホーツク海Hは北日本の特に太平洋側に冷湿なヤマセを吹かせるため、冷夏の元凶とされる。前年より始まったエルニーニョ現象が成熟し2年目を迎えると、冷夏に対して警戒を要する(山川・横沢・田, 1998)。というのは、次のメカニズムが働くと推論されるためである。

①エルニーニョ年には暖冬傾向が強くなり、一般にはシベリアで積雪量が少なくなる。融雪の進行が早く、急速に地温を上昇させる。そのため高温のシベリアと低温のオホーツク海との温度差で偏西風が蛇行しやすくなる。地球温暖化の影響もこれに重なる。

②エルニーニョに1997/98年冬のように、北極寒気団が中緯度に流出しやすいパターン(気象庁, 1998:1月号, p. 15; 成層圏循環の西風フェーズと関連)が重なると、シベリア方面において寒暖両気団の衝突があり、低気圧活動が盛んになり、ユーラシア大陸上に大量の降雪がもたらされる。その後を受け、春にはその残雪が例年より多く、融雪の進行が遅くなるため、急速な地温の上昇を抑える。そのためチベット・ヒマラヤ山塊とともに夏のモンスーンの熱源となるシベリアでの地表面とその付近の昇温が抑えられ(気象庁, 1998:5月号, p. 10), 春から夏にかけても北極寒気団が南下しやすくなる。

③エルニーニョ2年目にはフィリピン近海から冷水域が北日本方面に移動して来ることが多く、オホーツク海Hの発生やヤマセの発達に繋がる。

④上記①③または②③の相互作用の結果、高温のユーラシア大陸西部と低温のシベリア・オホーツク海との間で偏西風が大きく北へ蛇行し、ブロッキングHが形成される。その影響が極東リッジを生じ、オホーツク海Hを形成させる(山川, 1998c)。

1998年8月には、②かつ③④の働きがあり、オホーツク海Hが卓越した。さらに、オホーツク海Hと弱い小笠原Hの間に位置する梅雨前線が、ちょうど本州中部付近に停滞し、それを挟んで冷夏/暑夏という「北冷暑」のパターンに完全にはまってしまったといえよう。

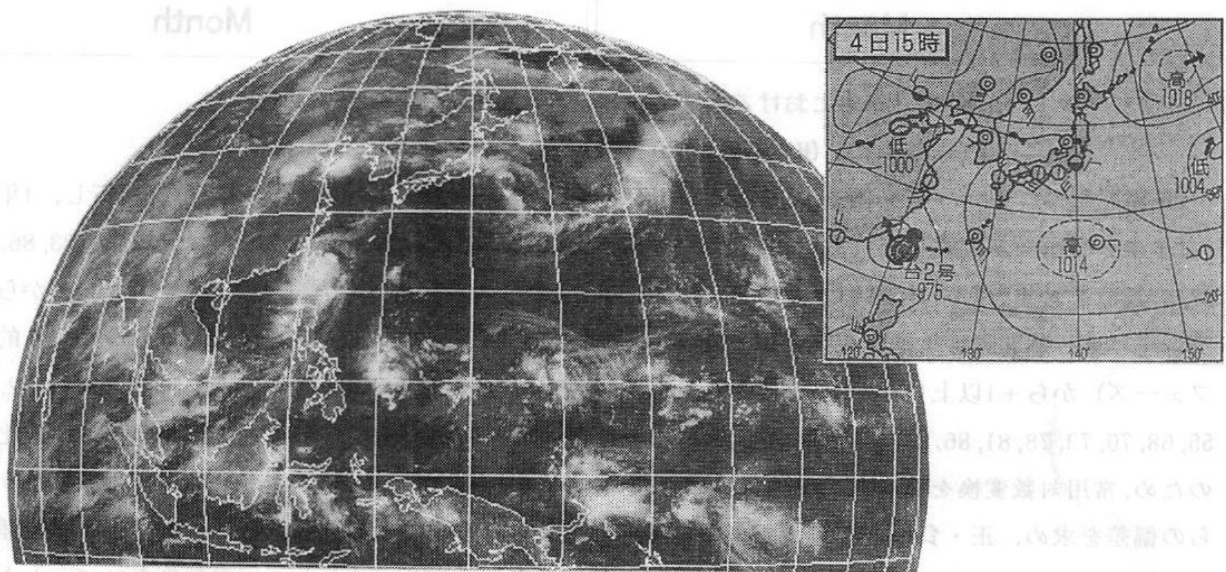


図3 1998年8月4日の新潟豪雨をもたらした梅雨前線とモンスーンと繋がるバンド状積乱雲

(画像: GMS-VIS-IR合成, 12JST, 高知大学インターネット情報; 天気図: 朝日新聞)

東アジアの前線活動は中国南西部からさらに東北区にも及んだ。ちょうどこの一帯は北太平洋H西縁部を北上する湿舌の流入コースであった。湿舌は日本にも達し、北陸・東北地方の日本海側を中心に集中豪雨を引き起こした(図1)。

前回のスーパーエルニーニョは1982~83年に発生したが、1982年には長崎豪雨、翌83年には山陰豪雨に襲われたうえ、北海道は大冷夏に見舞われ、同地の水稲作況指数は74であった。今回も梅雨前線の活発化、梅雨末期を中心とした集中豪雨の恐れがあった。1997年には鹿児島県出水が集中豪雨と土石流に襲われ、翌1998年の天候推移も憂慮されていた(山川・横沢・田, 1998)が、やはり新潟県北部で集中豪雨が降った(図3)。日本海から北陸地方へ東進する積乱雲が特徴で、その形状が鋭く西に尖っていることから、気流が激しく収束したことを示唆している。新潟県中北部の局地的現象ではあるが、米どころの稲が大打撃を受けた。

#### 4. 南北走向の前線に台風4号の暖湿気団

天候異変は新潟豪雨に留まらなかった。8月下旬の後半に入り、秋雨前線は東日本を串刺しするように停滞し、南西方から暖湿気流が入った。そこへ、台風4号(最強時には955hPa)の北上があり、台風の北方外側を吹く東南東の暖湿気流が東日本に流入、それらの気流が合流して、前線の積乱雲をさらに発達させた(図4)。前線と台風4号の相互作用の結果、東日本(特に栃木県北部・福島県南部)や北日本に集中豪雨があった。特に、栃木県那須でわずか4日間(8月27~30日)で1200mmを越える集中豪雨が降り、余笹川・那珂川などが氾濫した。これらの局地的・ゲリラ的な豪雨によって、酪農・稲作地帯に大きな被害が及んだ。

一方、南西諸島では、梅雨が早く明けたため、長期にわたり亜熱帯H圏内に入ったうえ、異常に不活発な台風活動が響いて、厳しい干ばつ状態となった。西日本全般に猛暑で高温障害も現れ、瀬戸内海周辺域などで水不足の状況となった(9月中下旬に台風6, 7, 8, 9号と秋雨前線による降雨で解消)。

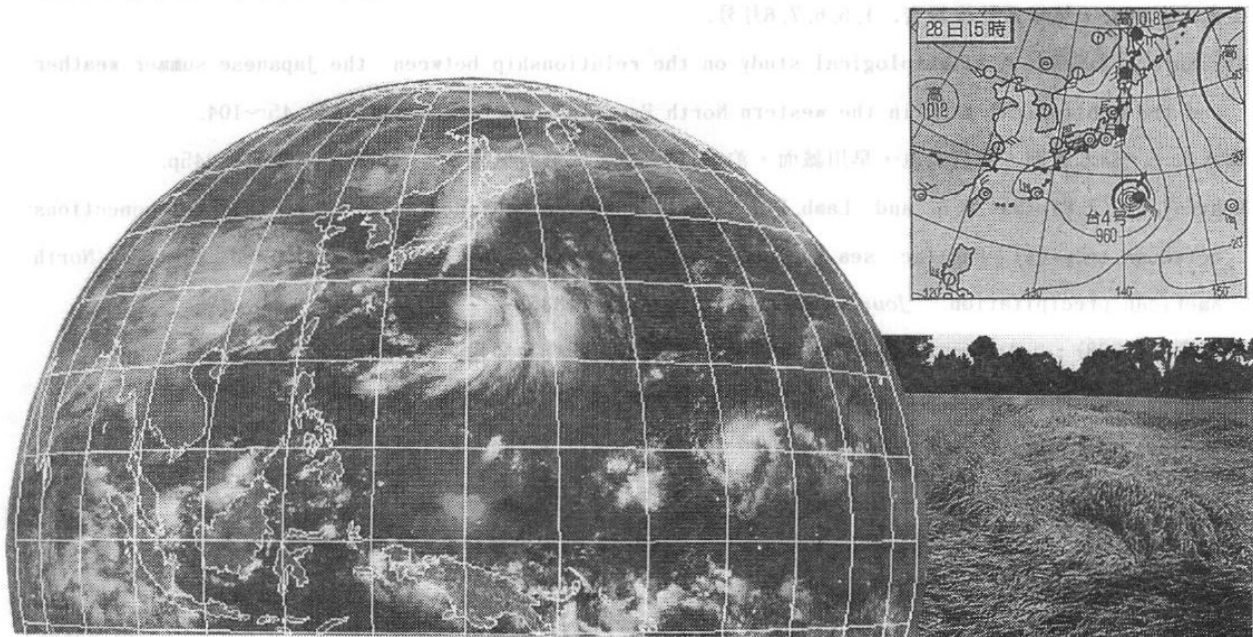


図4 栃木北部・福島南部に大水害を引き起こした1998年8月28日の前線に伴うニンジン状積乱雲と台風4号、ならびに水稲の局所的な倒伏被害状況(画像:GMS-VIS・IR合成, 12JST, 高知大学インターネット情報; 天気図:朝日新聞; 写真:1998. 8. 30, つくば市松代にて筆者撮影)

## 5. エルニーニョの変則的終息でアメリカ干ばつ回避

エルニーニョ現象が開始して2年目には、アメリカ中部で熱波・干ばつが発生しやすいことも特筆される。1983年にその例があるほか、1987年のエルニーニョからラニーニャへ急速に移行した1988年は、厳しい干ばつに見舞われた。エルニーニョ特有の暖水塊が中米沖を離岸し西進して、熱帯太平洋中部に達すると、夏に北米を覆うブロッキングHが発達し、南東部を中心に干ばつとなりやすい(Montry, et. al, 1998)。農産物の38.5%(1996年)、飼料のトウモロコシの100%をアメリカに頼っている日本では、アメリカ合衆国が大干ばつに襲われるかどうかは、重大な問題である。その意味で1998年の夏も注目されたが、海水温の推移が変則的で、熱帯太平洋中東部に冷水塊が出現し、南北アメリカ西岸には暖水が残留するという特異なパターンとなったため、フロリダ半島の熱波や中西部で前半干ばつ傾向が現われたものの、それを打ち破るかなりの降水がもたらされ、大事には至らなかった。

## 6. むすび

以上、この夏大被害を招いた天候異変について簡単に述べた。農業の観点から気象災害を未然に防ぐことは極めて大きな課題である(真木・鈴木・鴨田・早川・泊, 1991; 山口・山川・大浦, 1998: 第IX章)。今年の気象情報など見聞きしていると、どうも後手後手に回っている印象をもつ。相次ぐ台風の通過によるリンゴ果実の大量落下は、1991年19号台風による青森リンゴ大量落果の教訓が生かされていない現状を露呈したと受けとめられる。台風の襲来に先立ち、少なくとも2~3日前から警戒を強め、収穫を促すなどの処置を取っていれば、端正込めて育てた農作物を無駄にしなくてすんだことであろう。農業気象災害に関し改善の余地は多いし、研究課題も尽きない。

## 参 考 文 献

気象庁(1998): 気候系監視報告. 1, 5, 6, 7, 8月号.

Kurihara, K. (1989): A climatological study on the relationship between the Japanese summer weather and the subtropical high in the western North Pacific. 気象庁欧文彙報, 43, 45~104.

真木太一・鈴木義則・鴨田福也・早川誠而・泊 功(1991): 『農業気象災害と対策』養賢堂, 345p.

Montroy, D. L., Richman, M. B. and Lamb, P. J. (1998): Observed nonlinearities of monthly teleconnections between tropical Pacific sea surface temperature anomalies and central and eastern North American precipitation. *Jour. Climate*, 11(7), 1812~1835.

根本順吉(1998): エルニーニョ現象か. 気候影響・影響利用研究会会報, 14, 65~67.

山口武則・山川修治・大浦典子(1998): 『環境アグロ情報ハンドブック』古今書院, 258p.

山川修治(1996): 雲系から探る気候システムの謎. 地理, 41(2), 64~72.

— (1998a): 大規模エルニーニョは日本農行へどのような影響を及ぼすか? フレインテカニュース, 66, 1~4.

— (1998b): 気候変動と異常気象. 農環研シリーズ①『21世紀の食料確保と農業環境』養賢堂, 68~89.

— (1998c): ヤマセ予測指数(YPI). 農環研年報, 15 (印刷中)

— (1999): 1997/98年エルニーニョと気候システム変動. 気候・影響利用研究会編『エルニーニョと地球環境』成山堂(編集)

山川修治・横沢正幸・田 少奮(1998): ENSOと成層圏循環からみた東アジアの夏季天候特性. '98 農気・生環・施設合同大会講演要旨, 304~305.



# 果樹の凍結障害機序について

果樹試験場 黒田治之

リンゴ樹など寒冷地で栽培されている果樹は、秋の気配が漂い出すと、日長が短くなることや夜間の冷え込みなどの環境変化から冬の到来を感知し、生長を止めて冬の支度を始める。植物の冬支度は、果樹が冬の厳しい寒さに耐えて越冬するために非常に大切なことである。水は生命にとって不可欠であるが、越冬にとっては制限因子として作用する。植物細胞は、生長している時期には全重量の約80%の水を含んでいるが、冬でも50%程度の水分を含んでいる。気温が氷点下になると当然細胞内の水分は凍結するが、その凍結様式はコップ内の水が凍結する様子とは全く異なる。

気温が-2~-3℃になると、まず細胞の外から凍結し始める。この場合、細胞内は凍結せずに過冷却状態を保つ。気温がさらに低下すると、細胞内の水は細胞外に脱水されて氷となる。このような凍結様式を細胞外凍結という。実際のリンゴ樹では、冬の間、細胞外凍結と融解を繰り返し、水が細胞内を出たり入ったりの状態ですごしている。しかし、凍結の程度が強いと細胞は障害を受けることになる。

凍結によって細胞が害される機構については、温度ショック、機械的破壊、塩害、脱水、SS結合の形成、生体高分子をとりまく水の構造の変化など数多くの仮説が提起されてきたが、少なくとも細胞外凍結による害については、どの細胞の場合にも当てはまるような説はまだ知られていない。しかし、凍害の原因としていくつかの要素が考えられる以上、いろいろな種類の細胞で凍害の原因が同一である必要はないかも知れない。ここでは、最近明らかにされた凍結障害および耐凍性に関する酸化ストレス説について述べてみたい。

## 酸化ストレスとは

酸素分子は基底状態では3重項であり、安定に大気中に存在するが、一方、短寿命ながら反応性に富み、様々な生体内酸化反応に関与する酸素種があり、これらを総称して活性酸

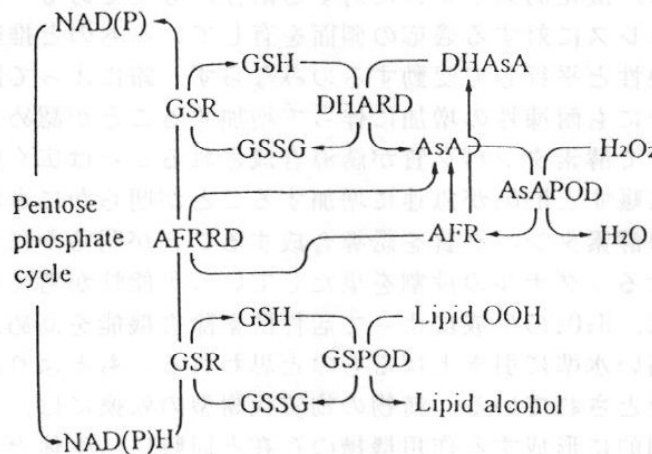


図. 1 越冬中の果樹で機能している活性酸素除去機能  
 NADPH, 還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド; NADPH, 酸化型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド; GSR, グルタチオン還元酵素; DHARD, デヒドロアスコルビン酸還元酵素; AFRRD, アスコルビン酸フリーラジカル還元酵素; AsAPOD, アスコルビン酸ペルオキシダーゼ; GSPOD, グルタチオンペルオキシダーゼ; GSH, 還元型グルタチオン; GSSG, 酸化型グルタチオン; AsA, アスコルビン酸; AFR, アスコルビン酸フリーラジカル; DHAsA, デヒドロアスコルビン酸; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 過酸化水素; Lipid OOH, 過酸化脂質

素と呼んでいる。その主なものは、スーパーオキシド( $O_2^-$ )、過酸化水素( $H_2O_2$ )、ヒドロキシルラジカル( $HO\cdot$ )、一重項酸素( $^1O_2$ )、過酸化脂質(LOOH)などである。植物において、これらの分子種はクロロプラスト、ミトコンドリア、ミクロソームの電子伝達系において形成される。活性酸素は毒性が極めて高いために、植物細胞内にはそれを除去するための機能(五炭糖リン酸回路に共役した活性酸素除去機能)が備わっている(図-1)。しかし、植物は環境ストレスを受けると活性酸素の生成増加によって酸化反応が進むことにより、障害を受けるようになる。このような活性酸素による障害を酸化ストレスという。

#### 凍結障害は酸化ストレスが関係している

植物組織が凍害を受けると、やがて褐変化してくるが、これは活性酸素による酸化ストレスが進行した結果である。

凍死温度まで凍結したリンゴ花芽では、五炭糖リン酸回路のグルコース-6-リン酸脱水素酵素(G6PDH)、解糖系のグリセルアルデヒド-3-リン酸脱水素酵素(GA3PDH)、DHARD、AsAPOD等が失活し、またグルコース-6-リン酸とGSHが消失して、図-1の活性酸素除去機能が崩壊することが明らかにされている。G6PDH、GA3PDH、DHARDおよびAsAPODが $H_2O_2$ 感受性酵素であることから、 $H_2O_2$ が活性酸素除去機能の能力を超えて生成した結果であることが推察される。事実、致死温度まで凍結したリンゴ花芽において、融解直後に $H_2O_2$ が蓄積することが認められている。

$H_2O_2$ は金属イオンの存在下で $HO\cdot$ を生成する。 $HO\cdot$ は細胞内のタンパク質、脂質、DNAなど多くの分子を破壊し、細胞死に至る重大な障害を引き起こす。活性酸素除去機能は、このような酸素障害を防御する機構の一つとして、生成した活性酸素を除去し、標的分子の酸化を防いでいる。従って、活性酸素除去機能が崩壊し、 $H_2O_2$ が蓄積するような状態になると、細胞は不可逆的な障害を受けるようになると考えられる。

#### 耐凍性は酸化ストレスに対する順応である

上述のように、凍害が酸化ストレスによって起こるのであれば、越冬性の植物が寒さに耐えるためには、酸化ストレスに対する耐性が必要である。このように考えると、耐凍性は酸化ストレスに対する適応の側面を有しているものと推察される。事実、活性酸素除去機能は耐凍性と平行して変動するのみならず、霜によって誘導され、また人為的に低温処理した場合にも耐凍性の増加に伴って増加することが認められている。

低温順化に伴って酵素タンパク質が誘導合成されることは広く知られているが、近年、植物細胞を低温に曝すと $H_2O_2$ が急速に増加することが明らかにされている。さらに $H_2O_2$ が活性酸素除去系の酵素タンパク質を誘導合成することが明らかにされ、 $H_2O_2$ が活性酸素除去機能を誘導させるシグナルの役割を果たしている可能性が考えられている。障害を伴わない適度の寒冷は、 $H_2O_2$ の生成によって活性酸素除去機能を高め、結果として耐凍性をもとの状態よりも高い水準に引き上げるものと思われる。もとより、耐凍性増大には物質代謝型の転換が必要とされている。植物の物質代謝型の転換には、生活環のある時点で必要とする機能を周期的に形成する作用機構の存在と同時に、生体としての恒常性を保つ反応機構の存在を必要とする。耐凍性は、このような反応および作用機構の連鎖反応的物質代謝の結果として増加、減少するものと思われる。活性酸素除去機能は細胞内の恒常性を保つ反応機構として、耐凍性変動に関係していることが推察される。

#### 耐凍性と凍結障害に関する酸化ストレス説

以上のようなことから、筆者は図-2に示すような耐凍性と凍結障害に関する酸化ストレス説を提案した。すなわち、穏やかな寒さに曝された場合には、生成する $H_2O_2$ がシグナ

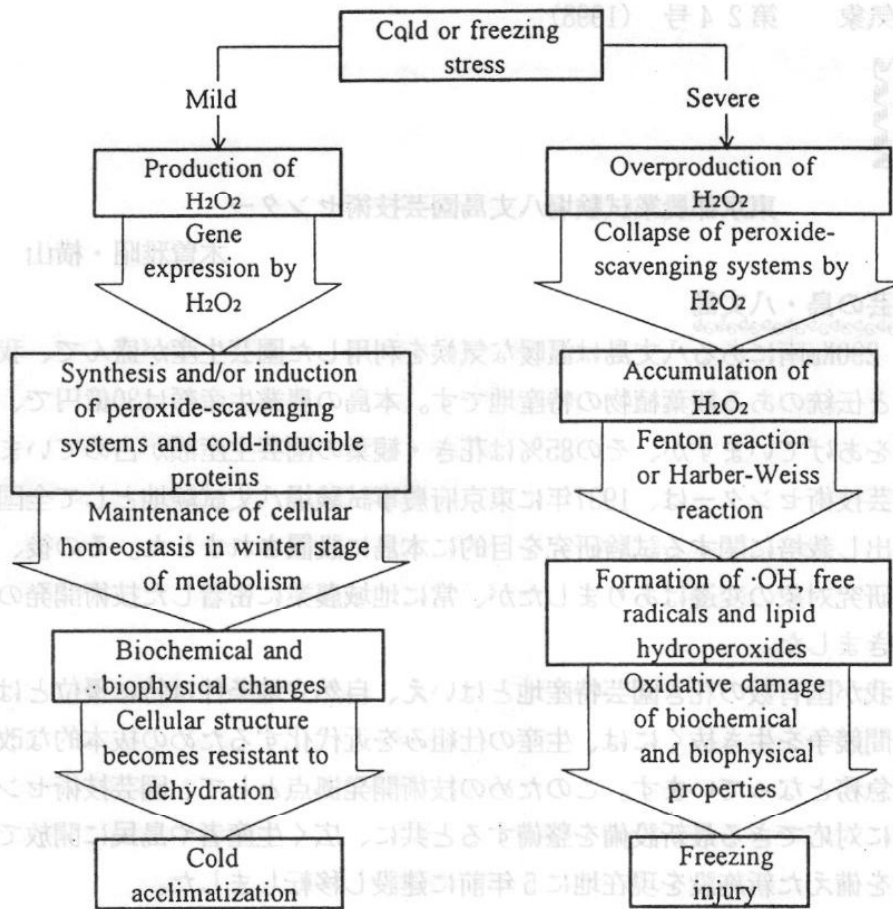


図. 2 果樹の耐凍性と凍結障害に関する酸化ストレス説

ルとなって活性酸素除去機能を誘導し、それに伴って細胞内の酸化還元電位が定常化されて、代謝転換が起こり、低温順化に至る。一方、厳しい寒気に曝された場合には、多量の $H_2O_2$ が生成し、それに伴って活性酸素除去機能の崩壊が起こり、酸化ストレスに基づく障害が発生するものと考えられる。

しかし、寒冷ストレスによる活性酸素生成の開始機構については明らかでない。ましてや、寒冷シグナルの伝達機構、活性酸素除去機能の誘導および調節機構についてはまったく不明である。また、秋から冬にかけての物質代謝の転換、細胞の構造や成分の作り替えは、 $0^{\circ}C$ 近い低温下で進められているが、その理由についても明らかでない。将来、このようなことが解明されれば、耐凍性や休眠現象を含む温帯果樹の生活環が理解され、また活性酸素除去機能を遺伝子工学的手法で制御することにより、耐凍性の高い果樹育種が可能になり、凍結を伴う気象災害の予防法の展望が開かれるものと考えられる。



### 東京都農業試験場八丈島園芸技術センター

木曾雅昭・横山 仁

#### 花と緑と園芸の島・八丈島

東京から290km南にある八丈島は温暖な気候を利用した園芸生産が盛んで、我が国でも長い歴史と伝統のある観葉植物の特産地です。本島の農業生産額は30億円で、都内第2位の生産額をあげていますが、その85%は花き・観葉の園芸生産額が占めています。

八丈島園芸技術センターは、1937年に東京府農事試験場八丈試験地として全国に先がけた野菜の早出し栽培に関する試験研究を目的に本島に設置されました。その後、組織・名称の変更や研究対象の変遷はありましたが、常に地域農業に密着した技術開発の拠点として機能してきました。

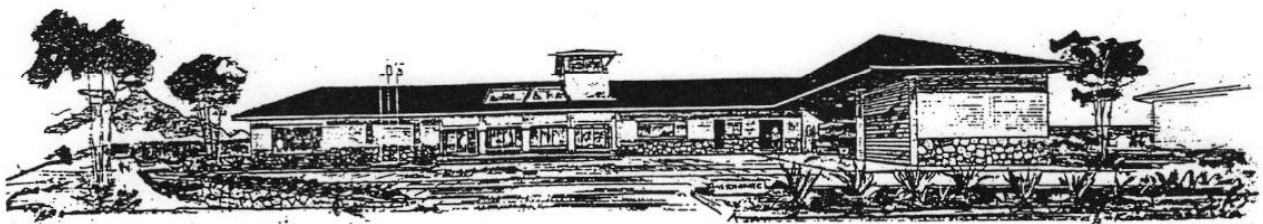
八丈島は我が国有数の花き園芸特産地とはいえ、自然立地条件は特に優位とは言えず、最近の産地間競争を生き抜くには、生産の仕組みを近代化するための抜本的な改革に取り組むことが急務となっています。このための技術開発拠点として、園芸技術センターは技術革新時代に対応できる最新設備を整備すると共に、広く生産者や島民に開放できる情報・啓発施設を備えた新施設を現在地に5年前に建設し移転しました。

#### 施設の概要

八丈島園芸技術センターは、本島の園芸振興のための先進技術開発の研究拠点としてだけでなく、豊富な植物資源を展示する観光拠点や農業者、島民に開放された研修室、営農相談室などの機能を併せ持つ総合園芸センターとして位置づけられています。

また、庁舎の屋根に降った雨水を貯水して温室の灌水に使用したり、ソーラー発電で展示植栽ゾーンの流水の動力をまかなったりと、環境資源の有効利用をはかっています。

本館：八丈島園芸技術センター、中央農業改良普及センター八丈支所、家畜保健衛生所八丈支所の東京都の農業関係3場所を設置する合同庁舎 計 519㎡  
附属施設：複合環境制御温室、実証展示温室、馴化検定室、人工気象室 計11棟2472㎡  
敷地面積： 計 40,551㎡



八丈島園芸技術センター本館

## 主な研究課題

### 【アシタバの生産安定化に関する試験】

八丈島をはじめ伊豆諸島で栽培されているアシタバは健康野菜として島の特産品となっています。アシタバに含まれる主要な機能性成分はポリフェノールに属するカルコン誘導体で、抗菌作用などさまざまな生理活性があることが明らかになりつつあります。そこでカルコンの生理特性とアシタバの省力・安定生産技術を研究しています。

### 【八丈島の気候特性の解明と気候資源の

効率的農業利用】 八丈島は温暖多雨

な気候的特性を活かした花き観葉植物の栽培がさかんです。また地形的特徴から他島に比べて島内の気象分布が著しく異なることが知られていますが、それらは科学的に立証されていません。そこで本島の地域ごとの気候特性を明らかにするとともに、気候を資源としてとらえ、農業に効率よく活用する手法を検討しています。

### 【地熱発電交換温湯利用の園芸作物に関する試験】

東京電力は本島南部の中之郷地区に地熱発電所（出力3,300Kw）を建設しています。これに合わせて八丈町は地熱発電交換温湯を利用した大規模な園芸温室団地の建設を進めています。園芸センターでは導入が予想される作目の選定と栽培特性の検討を行っています。

### 【レザーファンまだら黄化症に関する試験】

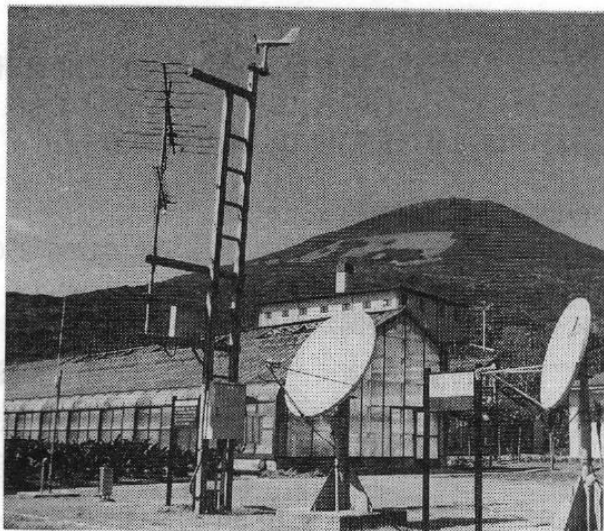
フェニックス・ロベレニーとともに、八丈島で生産の盛んなシダ類のレザーファン。最近、この葉の一部が白色に脱色する生理障害が発生し問題となっています。これまでの研究の結果からビニールハウス内の温度、湿度、土壤水分などが原因と考えられており、施設内環境要因の解析と対策を研究しています。

### 【未利用有機質の資源化に関する試験】

八丈島は、堆肥の原料を確保しにくい、島外からの購入堆肥は価格が高いなどの理由から畑への有機質の施用量は多くありません。一方、本島の土壤は火山性の未熟な砂礫土壤で地力に乏しいのが実態です。そこで島内の未利用有機質（ロベレニー幹など）を堆肥化して土壤に還元する技術を検討し、有用資源を活用した島内の循環型農業を推進します。

### 【輸出用フェニックス・ロベレニーの生産安定化に関する試験】

八丈島の特産であるロベレニーは、切葉・鉢物として全国に出荷され、数年前からはヨーロッパにも輸出されています。長い輸送期間中の品質低下を防止するため、輸送環境と障害発生の関係や、長期輸送に耐える鉢物生産技術の試験を進めています。



八丈富士と園芸技術センター施設



フェニックス・ロベレニー(ヤシ科)

日本農業気象学会関東支部 1998 年度例会のご案内

1. 日時：1998 年 11 月 19 日（木）～20 日（金）

2. 会場：八丈島国際観光ホテル

八丈島八丈町大賀郷 7979, TEL:04996-2-0671

3. スケジュール（時間が変更になっております。ご注意ください）

11 月 19 日（木）	11:30～12:30	評議委員会、理事会
	12:30～15:05	一般研究発表
	15:20～15:40	総会
	15:40～18:00	シンポジウム
	18:00～20:00	懇親会

11 月 20 日（金） 8:30～14:00 見学会（有料）

園芸技術センター→風力発電システム(富士牧場)→黄八丈織り元

→東電地熱発電所建設現場→昼食→名護の展望台→地元農家→八丈島空港（解散）

4. 参加費など

支部例会参加費：関東支部会員 1,500 円（学生 1,000 円）

非支部会員 2,000 円（学生 1,500 円）（講演要旨集代[支部会誌に掲載]含む）

講演要旨集代[支部会誌に掲載]：500 円

懇親会費：4,000 円（ホテルの宿泊予約をされた方は宿泊費込みで 11,000 円）

エクスカージョン費：4,500 円（昼食代含む）

参加費、懇親会費、ホテル宿泊費、エクスカージョン費等は、当日受付でお支払い下さい。なお、ホテルの支払いは事務局で一括して行いますが、個人で利用された分につきましてはチェックアウト時に清算してください。

5. 交通：八丈島 空港から タクシー/車で 5 分

※参考：航空ダイヤ

会社・便名	東京発	八丈島着	会社・便名	八丈島発	東京着
ANK821	745	→ 830	ANK822	905	→ 950
ANK825	1030	→ 1115	ANK826	1150	→ 1235
ANK827	1200	→ 1305	ANK828	1330	→ 1415
ANK829	1330	→ 1415	ANK830	1450	→ 1535
ANK831	1610	→ 1655	ANK832	1730	→ 1815

東海汽船

東京（竹芝）発	八丈島着	八丈島発	東京（竹芝）発
2230	→ 910	1010	→ 2030

6. 支部例会の問い合わせ：

事務局：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646

電力中央研究所応用生物部 担当 寺添 斉

TEL 0471-82-1181 FAX 0471-83-5061

E-mail [terazoe@criepi.denken.or.jp](mailto:terazoe@criepi.denken.or.jp)

日本農業気象学会関東支部 1998 年度例会プログラム

11月19日(木)

11:30~12:30 評議員会, 理事会

12:30~15:05 一般研究発表(発表12分, 質疑応答3分, "〇"発表者)

- ① 気候条件から見た主要穀物栽培適地の分布と環境応答予測  
〇横沢正幸・岡本勝男・鳥谷均・川島博之(農業環境技術研究所)
- ② 1998年夏季の天候予測結果と水稻作況指数  
〇真木太一(農業環境技術研究所)
- ③ ニホンナシ園における実蒸発散量の測定とその気象的推定法の検討  
〇伊藤大雄・杉浦俊彦・黒田治之(果樹試)
- ④ 1998年産麦の不稔粒発生について  
〇高橋行継(群馬県農業試験場東部支場)
- ⑤ 高CO<sub>2</sub>条件下での水田の微気象特性  
〇吉本真由美・小林和彦(農業環境技術研究所)
- ⑥ テラスによる風速変化の数値シミュレーション  
〇杜明遠・伍培明・真木太一・川島茂人(農業環境技術研究所)
- ⑦ 環境ストレスに対する植物葉の生理的反応(1)  
〇于貴瑞・中山敬一・莊傑・正木亮志(千葉大園芸学部)
- ⑧ A physical model of soil water retention  
〇莊傑・中山敬一・于貴瑞(千葉大園芸学部)
- ⑨ 花粉飛散の日変化と分布に及ぼす気象の影響  
〇福岡義隆(立正大・地球環境科学部)・陶山理香(広島大・院)
- ⑩ 直達B領域紫外線の波長別積算値の予測式について  
〇今久・松岡延浩・青島史子(千葉大園芸学部)

15:05~15:20 休憩

15:20~15:40 総会

15:40~18:00 シンポジウム(1件30分, 総合討論20分)

「八丈島農業の現状と未来—農業気象とクリーンエネルギー—」

1. 八丈島における気象の特徴や気象災害

[気象庁八丈島測候所 中村敏夫]

2. 八丈島における農業気象災害の実態と気候資源の効率的農業利用

[東京都農業試験場八丈島園芸技術センター 横山 仁]

3. 農業における風の功罪—風の防ぎ方・生かし方—

[農林水産省農業環境技術研究所 真木太一]

4. クリーンエネルギーアイランドをめざす八丈島農業の取り組み

[東京都八丈支庁 近藤 豊]

18:00~20:00 懇親会(国際観光ホテル内)

11月20日(金)

8:30~14:00 エクスカーション(八丈島内農家, 風力発電施設など)

## 気候条件から見た主要穀物栽培適地の分布と環境応答予測

横沢正幸・岡本勝男・鳥谷 均・川島博之（農業環境技術研究所）

### 1. 緒言

農業生産は気候、土壌および水分などの利用可能な自然資源の分布に強く規定されている。FAO(1979)は世界各地域で栽培されている作物について、作物種ごとに自然条件とその栽培適地との関係をAEZ (Agro-Ecological Zone)という指標を用いて評価している。

本研究では、アジア地域を対象とし、主要穀物（コメ、コムギ、ダイズ）について、このAEZに基づいて、とくに気候条件から見た主要穀物の栽培適地分布を作成し、かつ将来予想されている気候変化にともなう応答を解析した。

### 2. 方法

対象地域は北緯50度から南緯12度、東経66度から150度の領域である。この領域は南アジア、東南アジアおよび東アジアの主要国を含む。

各穀物の主要栽培地域における平年気候データ (Cramer,1996)から月平均気温が0度以上の期間での積算デグリーデー (SDD)および降水量と可能蒸発散量との差 (PPT-PET)を計算した。ただしここでは、灌漑に用いられる水はその地域の降水に依存すると仮定し、流出などの影響は小さいとした。本研究では AEZはこの二つの指数によって分類されるとする。この分類の定義はBachelet and Kropff (1995)と同じである。

空間分解能は緯度・経度ともに 0.5度とした。また、可能蒸発散量の推定には Priestley-Taylorのモデルを用いた。

将来の気候条件は二つの大気大循環モデル、GFDL-GCMおよびMRI-GCM、に基づく二酸化炭素倍増時での気候変化シナリオを利用した。さらにそれぞれの気候変化シナリオを距離の重み付け平均法によって0.5度の分解能まで内挿した。

### 3. 結果と考察

現在、実際に栽培されている主要穀物の生産地域での AEZを図1に示した。図の各セル内の数字はAEZの分類番号を表す。コメのAEZはゾーン2, 3, 4, 6, 7, 10, 11に分布し、コムギのAEZはゾーン2, 6, 10に主に分布していた。コメのゾーン6, 7, 10, 11には二期作地帯が含まれている。

最近、USGSはNOAA/AVHRRのデータを総合して土地利用分布データを作成している(1997)。この分布と現在の気候条件でのAEZゾーンの分布とを比較したところ、対象地域における農耕地の分布はゾーン2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12に対応していることが分かった。中国の農耕地分布はゾーン7, 10, 11に分類される。これに対してインドは大部分がゾーン2に属している。また、全領域の35%がゾーン14に属するが、このゾーンは中国北西部から中央アジアにかけての乾燥地域に対応している。

二酸化炭素倍増時における気候変化シナリオに基づいた AEZゾーンの分布予測をまとめたのが図2である。その結果、主要穀物の栽培適地に関するゾーンのうち6, 7, 10, 11, 12には目立った変化が二つのシナリオ間で見られないが、ゾーン2, 3, 4ではシナリオ間のバラツキがあらわれた。特にゾーン4の変化予測に大きい違いが見られた。この違いはインドで顕著に現れている。GFDL-GCMによるシナリオでは、インドの大部分がゾーン2から4に変わると予測され、MRI-GCMでは現在とほとんど変化しないと予測された。また中国のAEZ分布では、両シナリオとも10,11のゾーンが減って7,8のゾーンに変わると予測された。この相違はインド周辺での降水量予測の違い、および中国内陸部における温暖化と降水量の増加に起因するものである。



参考文献

- Bachelet, D. and M.J. Kropff. 1995. The impact of climatic change on agroclimatic zones in Asia. In: Matthews, R.B., M.J. Kropff, D. Bachelet and H.H. van Laar (eds.) Modeling the Impact of Climate Change on Rice Production in Asia. CAB International, Wallingford. 85-94.
- Cramer, W.P. 1996. CLIMATE database version 2.1. Potsdam. personal communication.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1979. Report on the Agro-Ecological Zones Project. Vol. 1. Methodology and Results for Africa. FAO. Rome.
- United States Geological Survey (USGS). 1998. Global Land Cover Characterization. EOS Data Center, USGS, San Diego

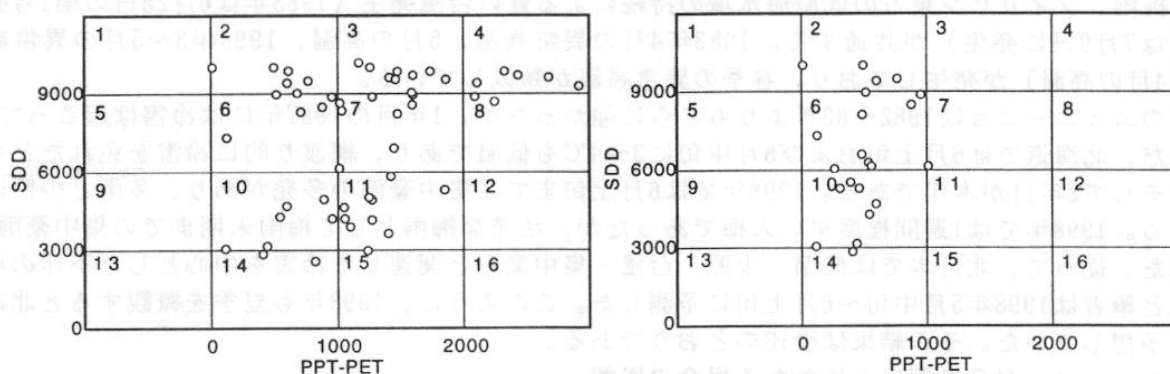


図1. コメ (左) とコムギ (右) の主要生産地ごとのAEZ  
各セル中の数字はAEZの分類を表すゾーン番号を示す

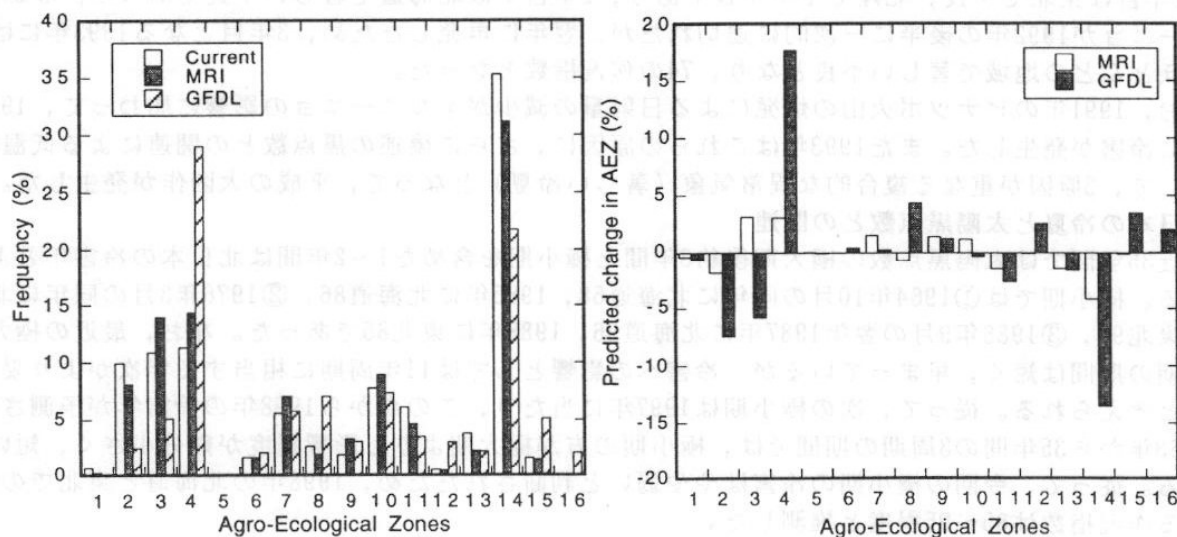


図2. 対象地域におけるAEZゾーンの頻度 (左) と気候変化シナリオに基づいたその頻度の変化  
Currentは現在の気候における値, MRIおよびGFDLはそれぞれMRI-GCMとGFDL-GCMによる気候変化シナリオによる値を示す

# 1998年夏季の気候予測結果と水稲の作況指数

農業環境技術研究所 気象管理科 真木 太一

## 1. はじめに

1998年は冷夏・冷害の危険性が高いと予測されたので、その状況を説明するとともに水稲の作況指数を示す。ここでは、日本の冷害年の天候パターン・冷夏タイプの区分、冷害年と低温・多雨・日射不足・台風・海水温などの特徴、冷害年とエルニーニョ・ラニーニャとの関連、冷害と太陽黒点数との関係、冷害と火山噴火との関係から冷夏の予測を行った。

## 2. 典型的なエルニーニョ年の比較

最近35年間(1963~1997年)の冷害年とエルニーニョ・ラニーニャとの関係を表1に示す。エルニーニョの顕著な年である1982~83年と今回の1997~98年の気象を比較すると、どちらも、暖冬、活発な菜種梅雨、フィリピン東方の低温海水域の持続による遅い台風発生(1983年は6月25日の第1号発生、1998年は7月9日に発生)が共通する。1983年4月の異常高温、5月の高温、1998年3~5月の異常高温(特に4月の高温)が発生しており、春季の異常高温が類似している。

今回のエルニーニョは1982~83年よりもさらに強かったが、1年目の1997年には冷害は起こっていない。ただ、北海道では6月上旬および8月中旬に3~4℃も低温であり、綱渡り的に冷害を免れたとも言える。そして2年目が本年である。1998年では6月上旬までに集中豪雨の多発があり、多雨と少照になっている。1998年では1週間程度早い入梅であったが、活発な梅雨として梅雨末期までの集中豪雨が予測された。従って、北日本では低温・少照・台風・集中豪雨と関連した冷害を中心とした不作の可能性が大と筆者は1998年5月中旬~6月上旬に予測した。このように、1998年も夏季を概観すると北冷西暑型を予想していた。その結果は後述のとおりである。

## 3. エルニーニョが2年間以上にわたる場合の影響

エルニーニョが2年間以上にわたる事例をみると、1982~83年は1年目には冷温と台風により、東北でやや不良、関東で著しい不良、北海道では道東・道南は不良であったが、道央が良のためやや良であった。2年目は北海道は著しい不良、東北・北陸はやや不良、関東は不良であった。また1991~92年には1年目は東北で不良、北陸でやや不良であり、2年目では北海道で著しい不良であった。なお、エルニーニョが1992年の後半に一次的に途切れたが、翌年に再発したため、3年目となる1993年には全国的にほとんどの地域で著しい不良となり、74の作況指数となった。

なお、1991年のピナツボ火山の爆発による日射量の減少がエルニーニョの影響に加わって、1991、92年に冷害が発生した。また1993年はこれらの原因に、さらに後述の黒点数との関連による低温化も影響して、3原因が重なる複合的な異常気象(著しい冷夏)となって、平成の大凶作が発生した。

## 4. 日本の冷夏と太陽黒点数との関連

最近35年間では太陽黒点数の極大期後約3年間と極小期を含めた1~2年間は北日本の冷害年とよく一致する。極小期では①1964年10月の同年に北海道68、1965年に北海道86、②1976年3月の同年に北海道80、東北90、③1986年9月の翌年1987年に北海道96、1988年に東北85であった。なお、最近の極大期・極小期の期間は短く、早まっているが、冷害への影響としては11年周期に相当する年次がより妥当であると考えられる。従って、次の極小期は1997年に当たり、この点から1998年の冷害年が予測された。

1963年から35年間の3周期の間では、極小期の方が極大期よりも影響程度が幾分小さく、短い傾向がある。従って、今回の極小期の冷害はやや弱いと判断されたため、1998年の北海道と東北での冷害による作況指数は85~95程度と推測した。

## 5. 1998年の北日本の低温・多雨・少照の予測

6月10日の気象庁発表のエルニーニョ監視速報ではエルニーニョは終息に向かうとしたため、1998年はエルニーニョ2年目またはポスト・エルニーニョに当たる。最盛期は昨年11月に過ぎ、規模、程度は小さくなったが、しかし1年以上続き、本年はほぼ半年の6月まで続いた結果であり、その名残がポスト・エルニーニョとして日本の冷夏へ影響することが十分考えられる。そのような事例が1954、1964、1966、1980(+弱いエルニーニョ)、1988(+強いラニーニャ)の各年にあり、今回もそれらから冷夏の予測が成り立つと判断された。北日本の太平洋側近海では海水温が低い状態が継続しており、短期間では回復しないと予測された。また、赤道地域上空(対流圏の最上層)に西風が残ると予測されたことも判断資料となった。

## 6. 地球温暖化条件下の冷夏と北・西日本の天候パターン

地球温暖化下での気候であり、基本には気温上昇があるが、地域間の変動が大きい。日本の冷夏への影響としては、温暖化によって北太平洋海域が相対的に低下する事実がある。従って、北海道の東方海域でのオホーツク海高気圧の発達によって、海霧を伴った寒冷・多湿な北東気流、ヤマセによる北日本太平洋側への侵入頻度が高くなることが予想され、水稻では遅延型冷害およびその他の農作物への冷害が危惧された。稲にとって最も重要な時期である7月下旬、8月上・中旬に異常気象下での突発的な強い低温に当たれば、障害型冷害の発生も考慮しなければならない。低温以外には台風と関連した大雨、少照も心配された。

降水では時期・場所は特定できないが、当然のごとく西日本・東日本で集中豪雨が発生する恐れがあり、7~8月に高温の日がかなり多く発生する。すなわち、北冷西暑型冷害が予測された。

## 7. 冷害予測結果との比較

1998年9月15日現在の水稻の作況指数と10a当たり収量は表2のとおりである。北冷西暑型による冷害および作況指数の予測が比較的よく一致したと思っている。今後さらに予測に近づくと考えられる。

表1. 全国と北日本の水稻作況指数と天候型・低温時期、冷夏タイプ、エルニーニョ・ラニーニャ、太陽黒点数、火山との関係

年次(昭・平)	全国	北海道	東北	天候型 低温時期	冷夏 タイプ	エルニーニョ ラニーニャ	太陽黒点数	大規模な 火山爆発
1963(昭38)	101	102	97			(エルニーニョ)		
1964(昭39)	99	68	99	北冷西暑	2	ポスト・エル	極小期	
1965(昭40)	97	86	102	北冷西暑	2	エルニーニョ	極小期1年	
1966(昭41)	99	73	99	北冷西暑	2+1	ポスト・エル	極小期2年	
1967(昭42)	112	116	114					
1968(昭43)	109	122	110					
1969(昭44)	102	86	103	北冷西暑	1+2	エルニーニョ	極大期1年	
1970(昭45)	103	109	110					
1971(昭46)	93	66	94	北冷西暑	2+1	ラニーニャ	極大期3年	
1972(昭47)	103	121	101					
1973(昭48)	106	113	103					
1974(昭49)	102	117	100					
1975(昭50)	107	100	108					
1976(昭51)	94	80	90	全国低温	2+1	エルニーニョ	極小期	
1977(昭52)	105	112	103					
1978(昭53)	108	118	109					
1979(昭54)	103	107	103					
1980(昭55)	87	81	78	全国低温	1	弱エルニーニョ	極大期	セントヘレンズ
1981(昭56)	96	87	85	全国低温	1→2	弱ポスト・エル	極大期1年	翌年
1982(昭57)	96	105	96	7下8上低	1	エルニーニョ	極大期2年	エルチジョン
1983(昭58)	96	74	98	北冷西暑	1+2	エルニーニョ	極大期3年	翌年
1984(昭59)	108	114	108					
1985(昭60)	104	103	108					
1986(昭61)	105	108	104					
1987(昭62)	102	96	104	8上中低	2	エルニーニョ	極小期1年	
1988(昭63)	97	104	85	7中下低	1	ポ・エ、強ラニ	極小期2年	
1989(平1)	101	107	98					
1990(平2)	103	109	104					
1991(平3)	95	100	91	8上低台風	1	エルニーニョ	極大期1年	ピナツボ
1992(平4)	101	89	100	8上・9上低	1	エルニーニョ	極大期2年	翌年
1993(平5)	74	40	56	全国低温	1+2	エルニーニョ	極大期3年	翌々年
1994(平6)	109	108	107					
1995(平7)	102	103	96	6月低温	1	弱エルニーニョ		
1996(平8)	105	101	103					
1997(平9)	102	102	103			(エルニーニョ)		
1998(平10)	?	?	?			エルニーニョ	極小期1年	

表2. 水稻の作況指数と収量 (kg/10a) (1998年9月15日現在)

府 県	作況指数 (対平年比)	10a当たり 収 量
全 国	98	499
北海道	102	518
青 森	96	553
岩 手	95	485
宮 城	95	483
秋 田	98	557
山 形	100	577
福 島	95	487
茨 城	94	451
栃 木	95	472
群 馬	97	460
埼 玉	96	453
千 葉	97	488
東 京	98	366
神 奈 川	100	452
新 潟	97	511
富 山	97	499
石 川	97	487
福 井	96	488
山 梨	101	511
長 野	100	589
岐 阜	98	452
静 岡	100	497
愛 知	102	488
重 慶	98	463
滋 賀	102	511
京 都	101	488
大 阪	104	464
兵 庫	102	480
奈 良	102	488
和 歌 山	104	486
鳥 取	102	510
島 根	100	482
岡 山	103	508
広 島	101	501
山 口	102	489
徳 島	100	454
香 川	101	485
愛 媛	102	489
高 知	92	400
福 岡	101	491
佐 賀	101	520
長 崎	102	452
熊 本	102	503
大 分	104	496
宮 崎	95	440
鹿 児 島	106	486
沖 縄	91	308

注) ポスト・エル、ポ・エ: ポスト・エルニーニョ, ラニ: ラニーニャ

低温時期(例) 8上中低: 8月上旬中旬低温, 台風: 台風19号

冷夏タイプ(例) 1+2 (1種に2種が加算): 1種(海洋性寒気, ヤマセ型), 2種(大陸性寒気)

1963年以降の北海道または東北の作況指数が96以下を主として取り上げ解析した。

黒点の極大・極小期は11.1年周期を基準にして調整したため、実際の発生年とは少しずれる場合がある。

## ニホンナシ園における実蒸発散量の測定とその気象的推定法の検討

○伊藤大雄・杉浦俊彦・黒田治之（果樹試験場）

### 1. はじめに

果樹は比較的干ばつに強く、栽培者の灌漑への関心は余り高くないが、園地土壤の水分状態は果実の収量ばかりでなく品質にも大きく影響する。今後は、高品質果実を安定生産するためにきめ細かな水管理が求められよう。そこで演者らは、ナシ園土壤の水分状態を気象要素から日々予測するシステムを構築するため、ナシ園における蒸発散速度の実態を解明すると共に、その日蒸発散量を気象的に推定する方法について検討した。

### 2. 供試圃場と実験方法

果樹試験場内の平棚仕立てニホンナシ園（東西80m×南北50m、1976年植付、約300個体/ha）を供試し、1997年4月中旬から10月下旬まで、蒸発散速度を次の2つの方法で求めた。

熱収支法・・・園地の北東隅において純放射量、日射量並びに地中熱流量を、北東隅と北西隅において2高度（群落直上とその上方0.8m）における気温と露点温度を計測した。風向が適切（南風）な場合は、計測データをもとに蒸発散速度を20分毎に計算した。

土壤水分減少法・・・深さ10～110cmにかけてテンシオメーターを20cm毎に4本ずつ埋設し、毎日17時にpF値を計測した。園地が圃場容水量を下回る場合は、土壤水分-pF曲線（図省略）を用いて各深度のpF値から深さ0～120cm間の土壤水分量を計算し、土壤水分量の前日からの減少量に降水量を加えて日蒸発散量を求めた。

供試圃場の深さ50cmでのpF値と、葉面積指数（1994年計測）は第1図のように推移した。なお、pF計測地点を含む圃場の約10%に対して、7～9月に4回の灌水（15～50mm）が行われており、図中に併記した無灌漑部分のpFは推定値である。

### 3. 結果と考察

日蒸発散量は、熱収支法では月に5～15日、土壤水分減少法では月に9～27日算出することが出来た。日蒸発散量の月別平均値は熱収支法で2.0～4.2mm、土壤水分減少法で2.0～3.2mmとなり、後者で低い傾向であった（第1表）。いずれの測定法においても、実蒸発散量はペンマン蒸発散位との間に高い比例関係が認められた（第2図）。実蒸発散量のペンマン蒸発散位に対する割合（相対蒸発散量）は、第2表に示したように、土壤水分減少法の値が全ての月で熱収支法を下回り、灌水が行われた7～9月を除くと熱収支法の78%であった。その理由として、土壤水分減少法ではナシ根の120cm以深からの吸水が評価されない事が考えられ、蒸発散の22%相当の水が120cm以深から吸収されたことが示唆される。一方、熱収支法で得られた相対蒸発散量は0.62～0.82の範囲にあった。すなわち、気象要素からペンマン蒸発散位を計算し、これに0.62～0.82を乗ずるとナシ園の蒸発散量が推定できることになる。相対蒸発散量が7～9月に低い理由としては水ストレスが、4月に低い理由としては葉面積不足等が考えられる。

水ストレスの蒸発散への影響を検討するため、熱収支法で求めた7月21日（pF=2.65）の蒸発散速度を、日射量が同程度でpF値が低い8月9日と比較した（第3図）。7月21日の蒸発散速度は午前10時台に最大値を示した後減少し、午後になると8月9日の2分の1以下で推移した。7月21日の相対蒸発散量は0.50で、8月9日（0.73）に比較して32%抑制された。

以上の結果、ナシ園の蒸発散量はペンマン蒸発散位をベースにして推定出来ることが明らかになったが、より正確な推定を行うには水ストレスや葉面積指数を考慮する必要性が認められた。

第1表 実測された日蒸発散量の月別平均値

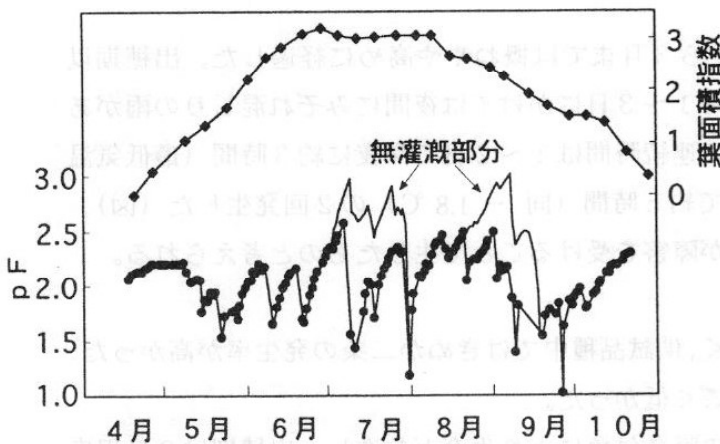
月	熱収支法	土壌水分減少法
4	2.0 (5) <sup>1)</sup>	2.0 (9)
5	3.1 (15)	2.1 (20)
6	4.2 (6)	2.8 (21)
7	3.1 (13)	3.2 (19)
8	3.6 (6)	2.9 (27)
9	2.2 (6)	2.7 (14)
10	2.3 (6)	2.0 (22)

第2表 相対蒸発散量<sup>1)</sup>の月別平均値

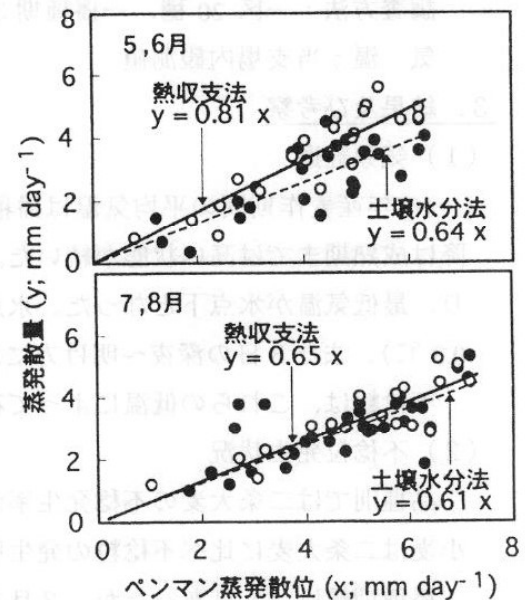
月	熱収支法 (a)	土壌水分減少法 (b)	比 (b/a)
4	0.67	0.47	0.70
5	0.81	0.61	0.75
6	0.81	0.66	0.81
7	0.62	(0.58) <sup>2)</sup>	—
8	0.70	(0.64)	—
9	0.66	(0.65)	—
10	0.82	0.70	0.85
平均			0.78

1) 有効測定日数。熱収支法では一日中南風が卓越すること、土壌水分減少法では水分の地下流去が無いことが必要条件。

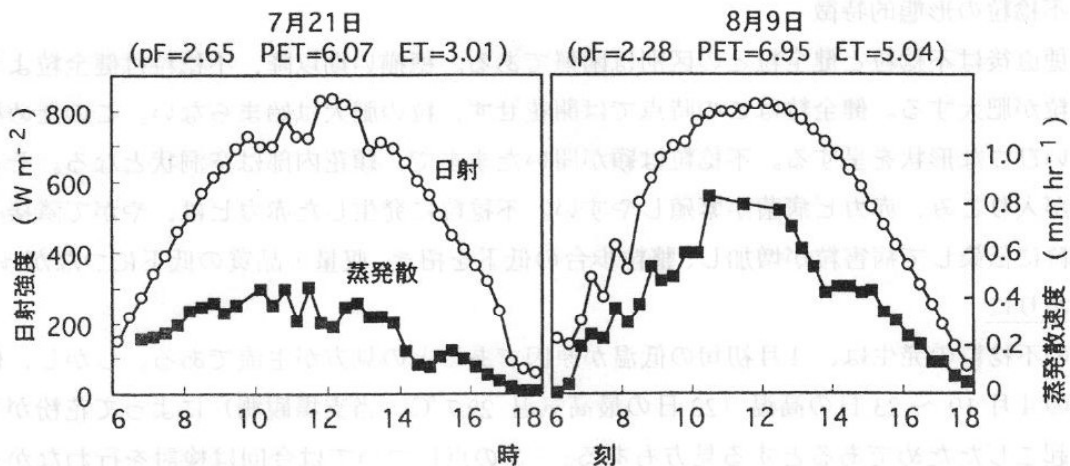
1) 相対蒸発散量=実蒸発散量/ペンマン蒸発散位。  
2) 灌水が行われた。



第1図 深さ50cmでのpF値及び葉面積指数の季節変化 (葉面積指数は1994年に計測)



第2図 実蒸発散量とペンマン蒸発散位の関係  
○: 熱収支法 ●: 土壌水分減少法



第3図 pF値の異なる日における蒸発散速度の比較 (PET: ペンマン蒸発散位 ET: 実蒸発散量)

高橋行継（群馬県農業試験場東部支場）

1. はじめに

10年産の麦類はこれまでにない不作であった。特に大麦は収量、品質共にきわめて不良であった（表1）。これは、4月初旬に最低気温が氷点下に達する低温によって、不稔粒が多発し、それに赤カビが蔓延したことに起因すると考えられている。当地域ではあまり例をみない不稔粒発生状況、及び気象経過について調査を行ったので報告する。

2. 耕種概要及び調査方法

調査圃場：場内水田圃場

供試品種：二条大麦 きぬか二条、タカホゴールド、あまぎ二条（標準）

小麦 群馬W2号、農林61号（標準）

播種期：1997年11月6日、14日、19日（標準品種は11月14日のみ）

調査方法：一区20穂、一播種期3反復合計60穂（標準は1反復20穂）の不稔粒を調査

気温：当支場内観測値

3. 結果及び考察

(1) 気象経過

10年産麦作期間の平均気温は播種期から3月までは概ねやや高めに経過した。出穂期以降は成熟期までは高い状態が続いた。4月1～3日にかけては夜間のみぞれ混じりの雨があり、最低気温が氷点下となった。氷点下の連続時間は1～2日の深夜に約3時間（最低気温0.3℃）、また3日の深夜～明け方にかけて約5時間（同 -1.8℃）の2回発生した（図）。

不稔粒は、これらの低温によって花粉が障害を受けることで生じたものと考えられる。

(2) 不稔粒発生状況

品種別では二条大麦の不稔発生率が高く、供試品種中ではきぬか二条の発生率が高かった。小麦は二条大麦に比べ不稔粒の発生率はごく低かった。

播種期幅は13日あったが、3月までの暖冬気象により生育が前進し、出穂期は3日程度の差であった。このため4月初旬の低温発生時の生育ステージには、播種期毎の大きな差はなかったものと考えられる。播種期による被害発生状況には大きな差はなかった（表2）。

(3) 不稔粒の形態的特徴

出穂直後は不稔粒と健全粒との区別は困難である。穂揃い期以降、不稔粒は健全粒よりも早く粒が肥大する。健全粒はこの時点では開花せず、粒の肥大は始まらない。このため穂全体がいびつな形状を呈する。不稔粒は穎が開いたままで、穎花内部は空洞状となる。そこに雨水が入りこみ、赤カビ病菌が繁殖しやすい。不稔粒に発生した赤カビは、やがて隣接した健全粒に伝染して病害粒が増加し、整粒歩合の低下を招き、収量・品質の低下につながった。

4. おわりに

今回の不稔粒の発生は、4月初旬の低温が原因であるとの見方が主流である。しかし、他方出穂後の4月19～23日の高温（22日の最高気温29.7℃、当支場観測）によって花粉が不稔障害を起こしたためであるとする見方もある。この点については今回は検討を行わなかったが、また改めて検討したい。

表1 平成10年群馬県産麦類の作況（群馬統計情報事務所）

区分	作付面積 (ha)	収量 (kg/10a)	作況指数	平年収量 (kg/10a)	対前年比 (%)
4 麦 計	11,200	—	—	—	—
小 麦	8,420	387	8.8	441	88
二条大麦	2,440	337	7.4	454	77
六条大麦	287	253	5.5	463	55

表2 不稔粒発生状況

品種	播種期 (月日)	出穂期 (月日)	調査全粒数 (粒)	不稔粒 (粒)	不稔率 (%)	一穂粒数 (粒)	同不稔粒数 (粒)	被害穂率 (%)
きぬか二条	11. 6	4. 13	1,623	323	19.9	27.1	5.4	100
	11.14	4. 14	1,559	341	21.9	26.0	5.7	100
	11.19	4. 15	1,563	338	21.6	26.1	5.6	100
合計			4,745	1,002	21.1	26.3	5.6	100
カボク・ルネン	11. 6	4. 13	1,578	190	12.0	26.3	3.2	90
	11.14	4. 14	1,547	249	16.1	25.8	4.2	100
	11.19	4. 15	1,471	231	15.7	24.5	3.9	100
合計			4,596	670	14.6	25.5	3.7	96.6
あまぎ二条	11.14	4. 15	1,026	16	1.6	25.7	0.4	32.5
群馬W2号	11. 6	4. 16	3,332	58	1.7	55.5	1.0	50
	11.14	4. 18	3,359	62	1.9	56.0	1.0	40
	11.19	4. 19	3,407	18	0.5	56.8	0.3	21.7
合計			10,098	138	1.4	56.1	0.8	37.2
農林61号	11.14	4. 20	3,313	11	0.4	55.2	0.2	11.7

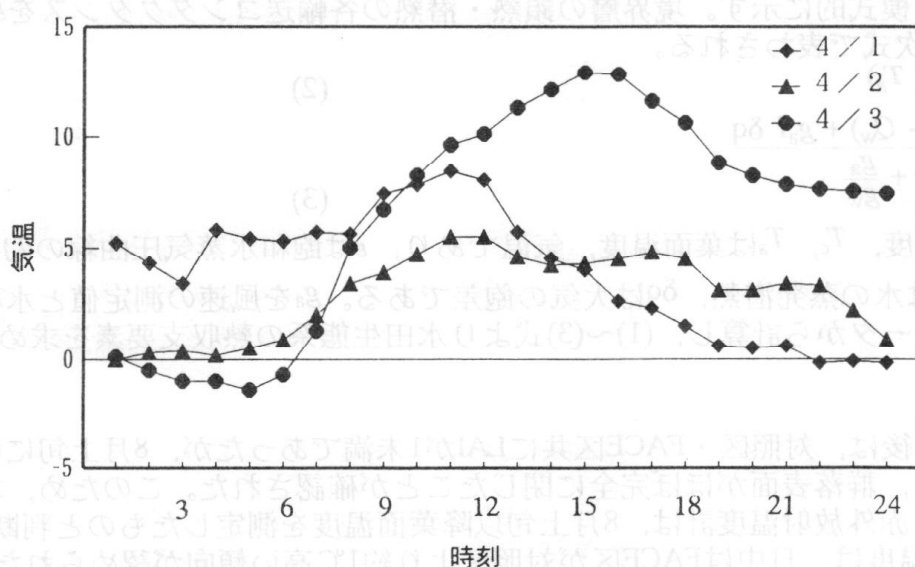


図 1998年4月1～3日の気温経過（毎正時、℃）

○吉本真由美・小林和彦（農業環境技術研究所）

## 1. はじめに

来世紀半ばに予想される500~600ppmの大気CO<sub>2</sub>濃度が、水稻生育と水田生態系に及ぼす影響を解明するために、岩手県雫石町の水田において、開放系大気CO<sub>2</sub>増加（FACE, Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment）実験が開始された。FACE実験では、温度・風速や土壌などのCO<sub>2</sub>以外の環境条件を自然状態と同じとすることができ、チャンパー等では把握が困難な、高CO<sub>2</sub>が生態系全体の微気象やエネルギー収支に及ぼす影響の解明が可能である。私たちは、対照区とFACE区の水田において微気象観測を行い、高CO<sub>2</sub>が水田生態系の蒸発散量や熱収支構造に及ぼす影響について知見を得たので報告する。

## 2. 方法

## 2.1 観測方法

1998年のFACE実験では対照区・FACE区各4反復とし、生育期間を通じてFACE区のCO<sub>2</sub>濃度を対照区のそれより200ppm高く制御した。これらの実験区のうち1対の対照区とFACE区において、水稻移植後41日目の7月1日から収穫前の9月25日まで微気象観測を行った。両区に高さ2.5mの観測用ポールを設置し、正味放射量、地表面での地中熱流量、群落上2高度の気温・湿度、群落表面温度、水温、地温を測定した。温湿度の測定には温湿度センサ（HMP45D, Vaisala）と白金抵抗測温体を用い、群落表面温度は赤外放射温度計（505, MINOLTA）を群落上約1.5mに設置して測定した。これらの測定値の記録にはデータロガー（CR10X, Campbell）を用い、10秒毎にサンプリングし10分平均値を記録した。温湿度センサや赤外放射温度計は観測の前後に東北農業試験場において検定を行い、器差を補正した。また、風速については、FACE区内で制御用に5秒毎に測定された風速データの10分平均値を使用した。また、生育期間を通じて約2週間毎に、キャノピーアナライザ（LAI-2000, LiCor）によりLAIを測定した。

## 2.2 解析方法

水田生態系における熱収支は次式で表わされる。

$$R_n - G - Q_w = H + IE \quad (1)$$

$R_n$ は正味放射量、 $G$ は地表面での地中熱流量、 $Q_w$ は水体への貯熱量、 $H$ と $IE$ は顕熱・潜熱フラックスである。 $H$ と $IE$ はPenman-Monteithの式より求めた。図1にコンダクタンスとフラックスとの関係を模式的に示す。境界層の顕熱・潜熱の各輸送コンダクタンスを $g_a$ 、 $g_w$ とすると、 $H$ と $IE$ は次式で表わされる。

$$H = g_a \rho_a (T_c - T_a) \quad (2)$$

$$IE = \frac{\varepsilon (R_n - G - Q_w) + g_a l \delta q}{\varepsilon + \frac{g_a}{g_w}} \quad (3)$$

ただし、 $\rho_a$ は空気密度、 $T_c$ 、 $T_a$ は葉面温度、気温であり、 $\varepsilon$ は飽和水蒸気圧曲線の勾配と乾湿計定数の比、 $l$ は水の蒸発潜熱、 $\delta q$ は大気の飽差である。 $g_a$ を風速の測定値と水稻群落の空気力学パラメータから計算し、(1)~(3)式より水田生態系の熱収支要素を求めた。

## 3. 結果

微気象観測開始直後は、対照区・FACE区共にLAIが1未満であったが、8月上旬には両区共にLAIが3を超え、群落表面がほぼ完全に閉じたことが確認された。このため、群落上1.5mに設置された赤外放射温度計は、8月上旬以降葉面温度を測定したものと判断した。8月上旬以降、葉面温度は、日中はFACE区が対照区より約1℃高い傾向が認められたが、夜間は両区の葉面温度差は0.5℃以下であった。

図2に、出穂後13日目（対照区）と15日目（FACE区）に相当する8月23日における、熱収支要素の日変化の解析例を示す。対照区（図2(a））・FACE区（図2(b））共に、大気安定



度は日中も中立に近く、正味放射量 $R_n$ のほとんどが潜熱フラックス $IE$ として分配された。正味放射量に対する潜熱フラックスの割合 ( $IE/R_n$ ) は、日中、FACE区の方が対照区よりやや小さく、正午~14時の平均でみると、対照区では $IE/R_n=0.84$ であったのに対し、FACE区では0.74であった。これが高 $CO_2$ に対して植物が気孔を閉じた結果であるとの作業仮説のもと、この蒸発散量の差を生じさせるのに必要な気孔開度の差を求めた。

8月上旬以降は群落表面がほぼ完全に閉じたことから、蒸発散量に占める田面からの蒸発量の割合が小さいと仮定すると、同8月23日正午~14時における葉面からの平均蒸散量は、単位土地面積当たり $547\text{ g/(m}^2\text{h)}$  (対照区)、 $497\text{ g/(m}^2\text{h)}$  (FACE区)であった。一方、この頃のLAIは、対照区で3.76、FACE区で3.92と、ややFACE区の方が大きい傾向が認められた。これらより単位葉面積からの蒸散量は、対照区で $146\text{ g/(m}^2\text{leaf h)}$ 、FACE区で $126\text{ g/(m}^2\text{leaf h)}$ となり、FACE区の水稲の気孔開度は対照区の87%程度であったと見積もられた。

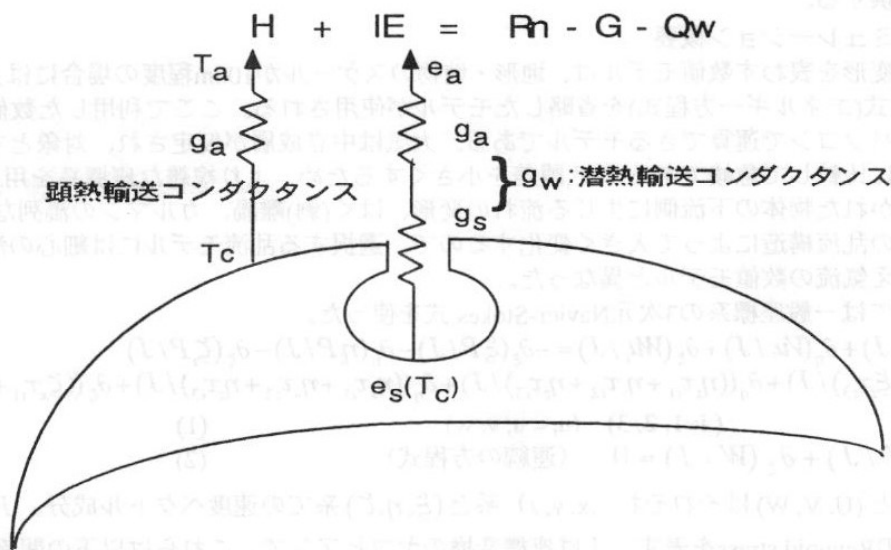


図1 葉面境界層におけるフラックスとコンダクタンスとの関係 ( $g_s$  は気孔コンダクタンス,  $e_a$  は大気の水蒸気圧,  $e_s(T_c)$  は葉温  $T_c$  における飽和水蒸気圧)

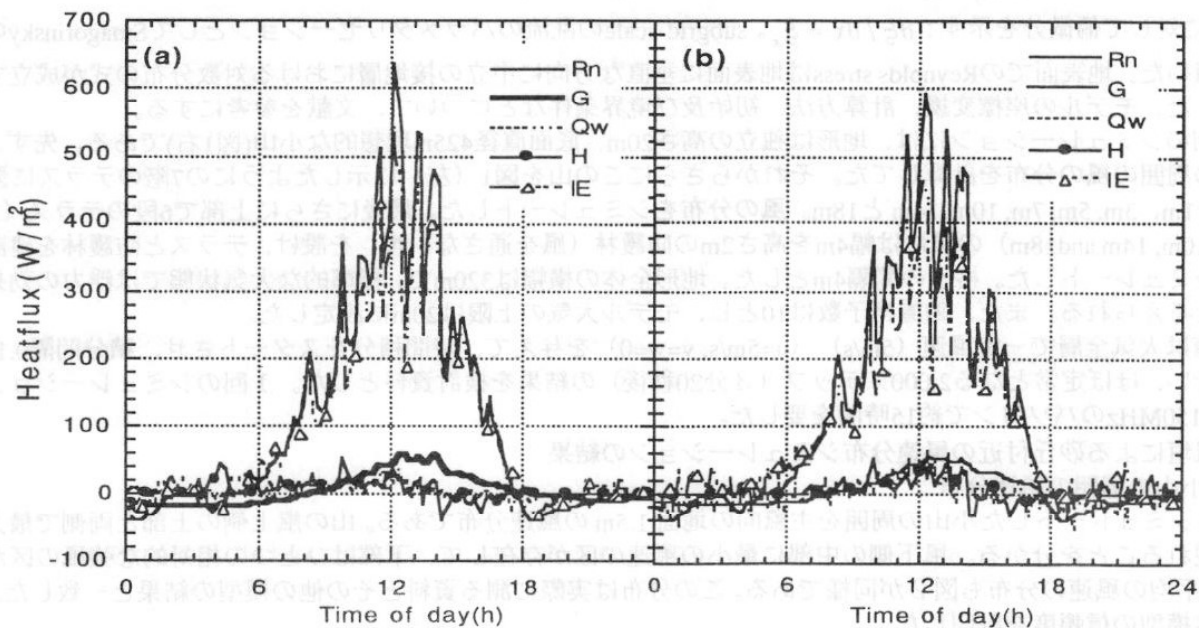


図2 8月23日 ((a)対照区：出穂後13日目, (b)FACE区：出穂後15日目に相当)における水田生態系の熱収支要素の日変化

# テラスによる風速分布変化の数値シミュレーション

○杜 明遠 (農環研) ・ 伍 培明 (宇宙開発事業団) 真木 太一・川島茂人 (農環研)

## 1. はじめに

日本では、棚田は水田の面積の8%を占めている。テラス畑は中国に悠久の歴史があり、特に黄土の高原で、農業生産と土壌浸食を防止するには不可欠の手段である。例えば、陝西省北部にテラス畑は耕地の32%を示す。傾斜耕地は55%であるが、テラス畑の平均単位面積の生産量は傾斜耕地の1-2倍である。しかし、テラスによる風の分布変化から、風食防止などについて、また不明瞭である。本文は3次元複雑な地形における防風効果評価の数値モデルを利用して、理想的な小山にテラスを建設した後の風分布の変化をシミュレートし、更にテラスの縁に防風垣を設置し、風の分布をシミュレートした。テラス及び防風垣の効果を調べ、テラスと防護林の建設のために理論根拠を提供する。

## 2. 数値モデルとシミュレーション概要

地形による気流の変形を表わす数値モデルは、地形・地物のスケールが100m程度の場合には大気成層の影響が小さくなり、温度方程式(エネルギー方程式)を省略したモデルが使用される。ここで利用した数値モデルは温度方程式を省略し、またパソコンで演算できるモデルである。大気は中立成層が仮定され、対象とする地形が大きいスケールで扱うものに比較して急峻であるので、誤差を小さくするため、より複雑な座標系を用いた。また、ウェーク(流れの中に置かれた物体の下流側に生じる流れの変形、はく(剥)離渦、カルマンの渦列などをいう)などの流れが地表面付近の乱流構造によって大きく変化するので、選択する乱流モデルには細心の注意を払ったことなどが一般的な山越え気流の数値モデルと異なった。

基礎方程式系としては一般座標系の3次元Navier-Stokes式を使った。

$$\begin{aligned} \partial_t(u_i/J) + \partial_\xi(Uu_i/J) + \partial_\eta(Vu_i/J) + \partial_\zeta(Wu_i/J) &= -\partial_\xi(\xi_i P/J) - \partial_\eta(\eta_i P/J) - \partial_\zeta(\zeta_i P/J) \\ &+ \partial_\xi((\xi_x \tau_{i1} + \xi_y \tau_{i2} + \xi_z \tau_{i3})/J) + \partial_\eta((\eta_x \tau_{i1} + \eta_y \tau_{i2} + \eta_z \tau_{i3})/J) + \partial_\zeta((\zeta_x \tau_{i1} + \zeta_y \tau_{i2} + \zeta_z \tau_{i3})/J) \end{aligned} \quad (1)$$

(i=1, 2, 3) (u<sub>i</sub>=u, v, w)

$$\partial_\xi(U/J) + \partial_\eta(V/J) + \partial_\zeta(W/J) = 0 \quad (\text{連続の方程式}) \quad (2)$$

ここで、(u<sub>i</sub>=u, v, w)と(U, V, W)はそれぞれ(x, y, z)系と(ξ, η, ζ)系での速度ベクトル成分。P = p/ρ<sub>0</sub>は気圧。τ<sub>ij</sub>は(x, y, z)系でのReynold stressを表す。Jは座標変換のヤコビアンで、これらは以下の関係式で結ばれる。

$$J = \begin{vmatrix} \xi_x & \xi_y & \xi_z \\ \eta_x & \eta_y & \eta_z \\ \zeta_x & \zeta_y & \zeta_z \end{vmatrix}, \quad \begin{aligned} U &= \xi_x \cdot u + \xi_y \cdot v + \xi_z \cdot w \\ V &= \eta_x \cdot u + \eta_y \cdot v + \eta_z \cdot w \\ W &= \zeta_x \cdot u + \zeta_y \cdot v + \zeta_z \cdot w \end{aligned} \quad (3)$$

ξ<sub>x</sub>はxに対して偏微分を示す: ∂ξ/∂x = ξ<sub>x</sub>。subgrid-scaleの乱流のパラメタリゼーションとしてSmagorinskyのモデルを用いた。地表面でのReynolds stressは地表面に垂直な方向に中立の接地層における対数分布の式が成立すると仮定した。モデルの座標変換、計算方法、初始及び境界条件などについて、文献を参考にする。

今回のシミュレーションには、地形は独立の高さ20m、底面直径425m理想的な小山(図1右)である。先ず、この小山の周囲の風の分布を計算した。それからさらにこの山を図1(左)に示したようにの7階のテラスに変える: 高さ1m, 3m, 5m, 7m, 10m, 14mと18m。風の分布をシミュレートした。最後にさらに上部で6段のテラス(3m, 5m, 7m, 10m, 14m and 18m)の縁には幅4mを高さ2mの防護林(風を通さない垣)を設け、テラスと防護林を建設後の風をシミュレートした。格子の間隔4mとした。地形全体の横幅は320mで、標準的な大気状態では浮力の効果は小さいと考えられる。また、鉛直格子数は10とし、モデル大気の上限は20mに設定した。

初期値は大気全層で一定風速(5m/s) (u=5m/s, v=w=0)を与えて、時間積分をスタートさせ、積分間隔0.1sで積分を行い、ほぼ定常となる2,000ステップ(3分20秒後)の結果を検討資料とした。1回のシミュレーションはPentium-150MHzのパソコンで約15時間を要した。

## 3. 防風垣による砂丘付近の風速分布シミュレーションの結果

### 3.1 独立小山の周囲の風速分布

図2はシミュレートした小山の周囲を主風向の地面1.5mの風速分布である。山の風上側の上部と両側で最大風速区が現れることを分かる。風下側の中部に最小の風速の区が存在して、下部はひとつの相対的な強風の区が存在する。平均の風速の分布も図2が同様である。この分布は実際に測る資料とその他の模型の結果と一致した。これは、本模型の信頼度を証明した。

### 3.2 テラス建設後風分布の変化

テラス建設後、近地面の元からある強風区と弱風区は消えていって、テラス上の帯状分布(図3)が現れて、X方向の風速は大部分の地帯で明らかにを弱める。特に風上側、風速は40%以上を減らした。Y方向の風速は(図は

省略)を増加するところがある、特に山の側面の下部テラス上で、平均の風速は増大するところがある。しかし、大部分地域の平均風速とX方向の風速の分布は似ていて、40%を減少したことを見られる。

### 3.3 テラスの縁に防風垣は設けた後に風の変化

図4に示したように、テラスの縁には2mの高い防風垣を設けた後、X方向の風速は大部分の地帯でいっそう明らかに弱めた。特に風上側、風速はまた20%ぐらいを減らした。しかし、山の側面の中下部で、平均の風速は20%以上を増加した。テラス上の近地面風速の分布は、防風垣の風下側は小さく、風上側は大きく、防風垣の作用を出ていることをはっきり示した。

テラスは風の影響に対して、地表面の風速の上で表現するだけではなく、風速の垂直分布の影響もある。テラスの建設、特に防風垣の建設、近地面の風速を減らしただけではなくて、特に、風下側の弱い風速域は山の更に高い高度に達成することができる(図5)。

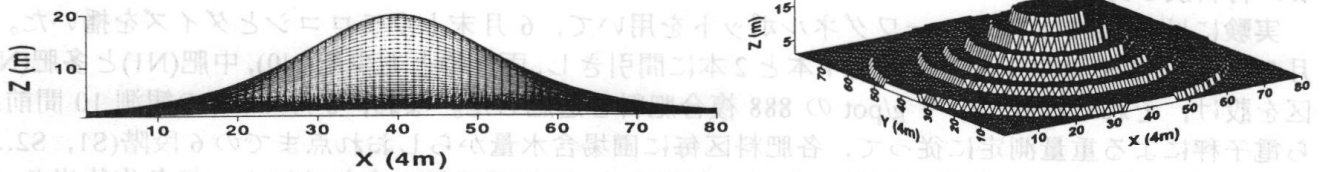


図1 独立の高さ20m、底面直径425mの理想的な小山(右)と7階のテラス(左):1m、3m、5m、7m、10m、14mと18m

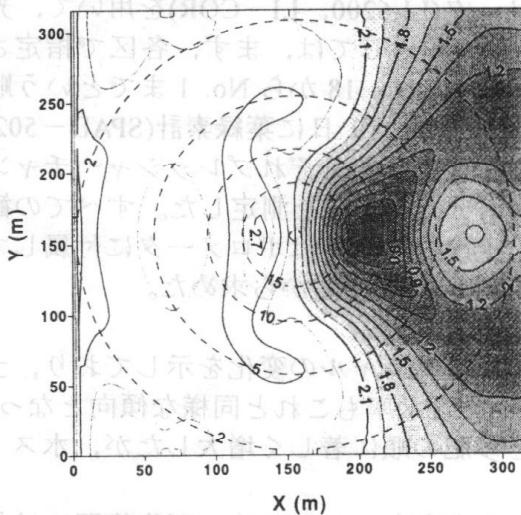


図2 理想的な小山上地表面1.5m高度のX方向の風速分布

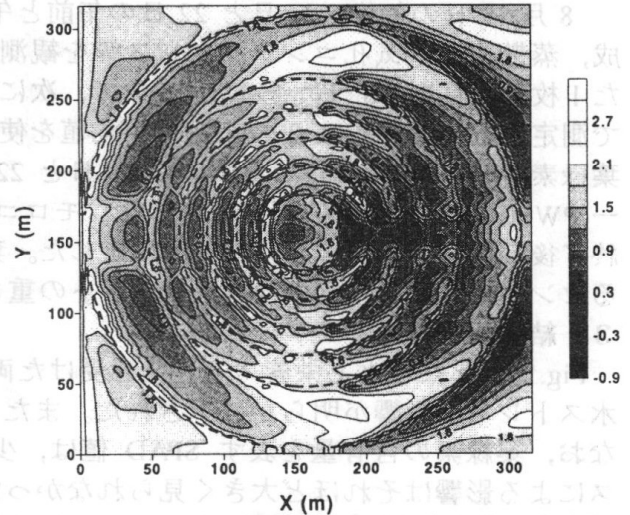


図3 テラス建設後の風速分布(図2と同じ)

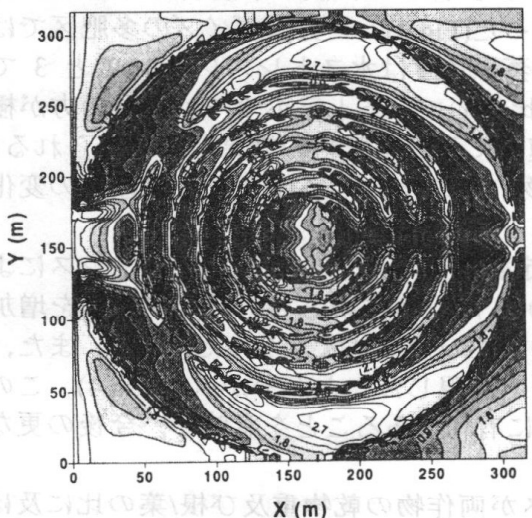


図4 テラスの縁に防風垣を設けた後の風速分布(図2と同じ)

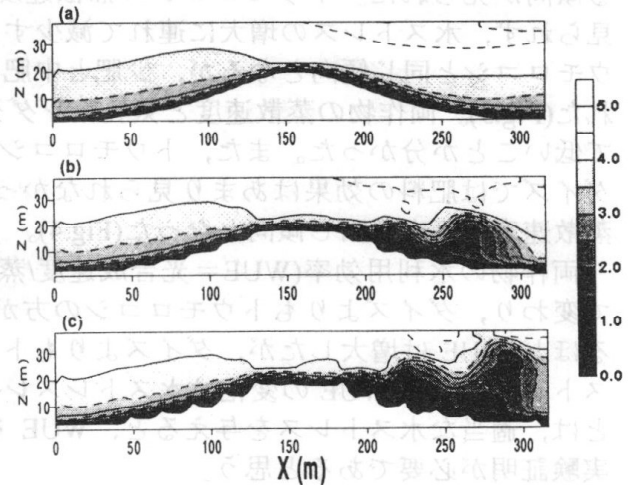


図5 理想的な小山上(a)、テラス建設後(b)とテラスの縁に防風垣を設けた後(c)の風速鉛直分布

## 環境ストレスに対する植物葉の生理的反応(I)

○于 貴瑞・中山敬一・荘 傑・正木亮志 (千葉大学園芸学部)

### 1. はじめに

自然界の植物は様々の環境ストレスを受けている。その中でもっとも良く発生しているのは水と栄養ストレスである。これらの環境ストレスに対する植物葉の生理的反応については多くの研究がなされているが、不明なところも多く残されている。本研究では、水と栄養ストレスを受けたダイズとトウモロコシ葉の生理的反応特性を報告する。

### 2. 材料及び方法

実験には 1/5000 a のニューワグネルポットを用いて、6 月末トウモロコシとダイズを播いた。7 月 24 日にトウモロコシとダイズを 1 本と 2 本に間引きし、両作物とも少肥(N0), 中肥(N1)と多肥(N2) 区を設け、それぞれ 0, 3, 9 g/pot の 888 複合肥料を追肥した。なお、8 月 11 日の観測 10 間前から電子秤による重量測定に従って、各肥料区毎に圃場含水量からしおれ点までの 6 段階(S1, S2..., S6)の土壤水分ストレス状態に調整した。この様な水・肥処理の組み合わせによって各作物当り 18 のポット(区)を用意し、実験を行なった。

8 月 19 日の午後、21 日と 22 日の午前と午後、ポロメータ(LI-6200, LI-COR)を用いて、光合成、蒸散速度、気孔コンダクタンス等を観測した。測定の手順としては、まず、各区で指定された 1 枚目の葉を No. 1 から No. 18 まで、次に 2 枚目の葉を逆に No. 18 から No. 1 までという順番で測定した。解析には 2 枚の葉の平均値を使用した。なお、8 月 19 日に葉緑素計(SPAD-502)で葉緑素(SPAD 値)を測定した。8 月 21 日と 22 日の午前と午後、それぞれプレッシャーチャンバー(PWSC-3005, SMEC)でダイズとトウモロコシの葉の水ポテンシャルを測定した。すべての観測終了後、作物の各器官の乾物重を測定した。葉温と気温、飽差、PPFD はポロメータに付属しているセンサで測定し、土壤含水比はポットの重さとポットに入れた乾土重から求めた。

### 3. 結果及び考察

Fig.1 は異なる水と栄養ストレスを受けた両作物葉の水ポテンシャルの変化を示しており、土壤水ストレスの影響が明らかに示された。また、葉の含水比や含水率もこれと同様な傾向となった。なお、葉緑素の含有量を表す SPAD 値は、少肥、中肥と多肥の順に著しく増大したが、水ストレスによる影響はそれほど大きく見られなかった(Fig.2)。

測定期間の平均蒸散速度、気孔コンダクタンス及び光合成速度については、両作物間には異なる傾向が見られた。トウモロコシの蒸散速度と気孔コンダクタンスに及ぼす肥料の影響は大きく見られず、水ストレスの増大に連れて減少する傾向となった(Fig.3)。一方、ダイズの多肥区ではトウモロコシと同じ傾向となるが、少肥と中肥区では高い蒸散速度は水ストレスレベル 2 と 3 で現れた(Fig.3)。両作物の蒸散速度と気孔コンダクタンスを比較してみると、トウモロコシの方が極めて低いことが分かった。また、トウモロコシの光合成速度に及ぼす肥料の効果がよく見られるが、ダイズでは肥料の効果はあまり見られなかった。両作物の水ストレスに伴う光合成速度の変化は蒸散速度の反応と同じ傾向となった(Fig.4)。

両作物の水利用効率(WUE=光合成速度/蒸散速度)は定数とはならず、肥料と水ストレスによって変わり、ダイズよりもトウモロコシの方が著しく高かった。両作物とも肥料の使用量を増加するほど WUE は増大したが、ダイズよりもトウモロコシでその効果は大きかった(Fig.4)。また、水ストレスによる WUE の変化は水ストレスレベル 3 と 4 で出現したことが分かった(Fig.4)。このことは、適当な水ストレスを与えると、WUE を高めるのに有利であることを意味し、今後の更なる実験証明が必要であると思う。

以上の様々の生理的变化によって、水と栄養ストレスが両作物の乾物重及び根/葉の比に及ぼす影響が現れた(Fig.5)。栄養ストレスの影響については、ダイズよりも、トウモロコシの方が大きいことが分かった。土壤の水ストレスをかけるほど、両作物の乾物重が減少し、根/葉の比が増大する傾向となるが、トウモロコシの中と多肥区における根/葉の比の変化は逆の傾向となった(Fig.5)。

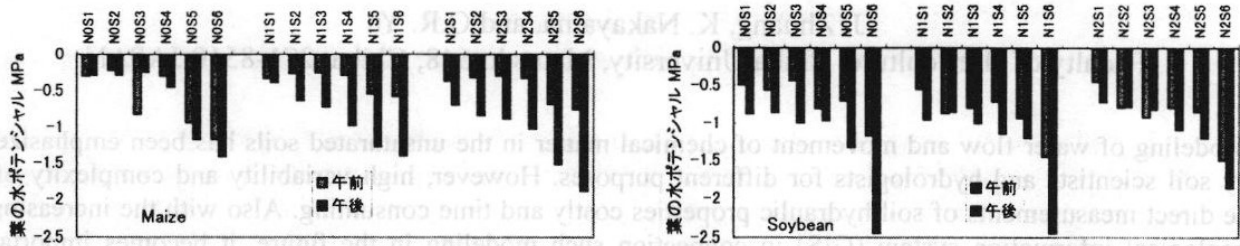


Fig.1 水と栄養ストレスを与えた両作物の葉水ポテンシャルの変化

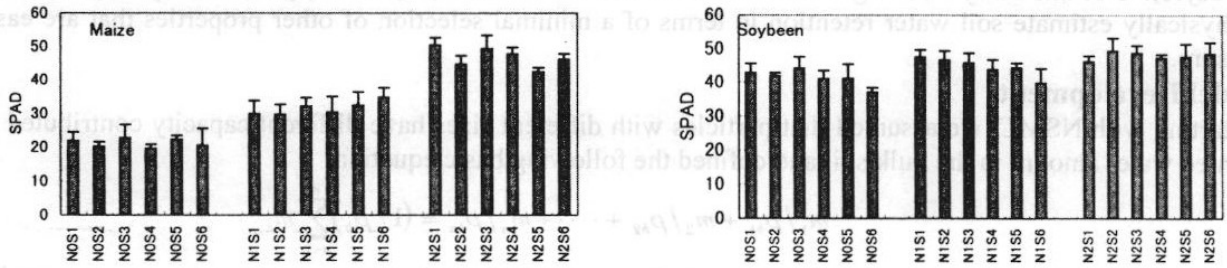


Fig.2 水と栄養ストレスを与えた両作物の葉緑素(SAPD)の変化

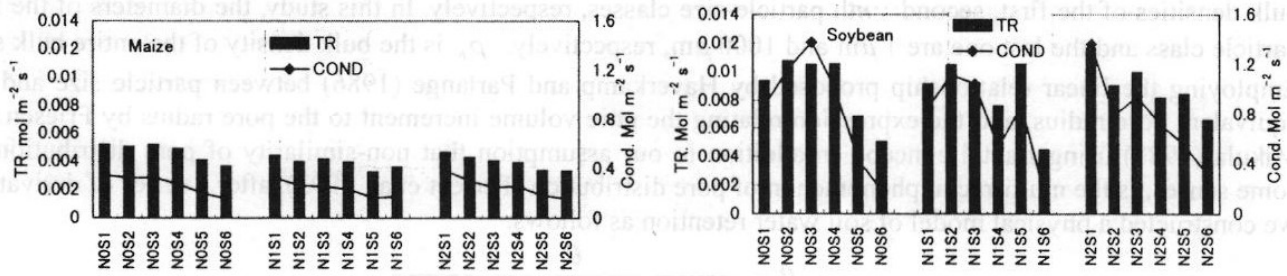


Fig.3 水と栄養ストレスを与えた両作物の蒸散速度(TR)と気孔コンダクタンスの変化

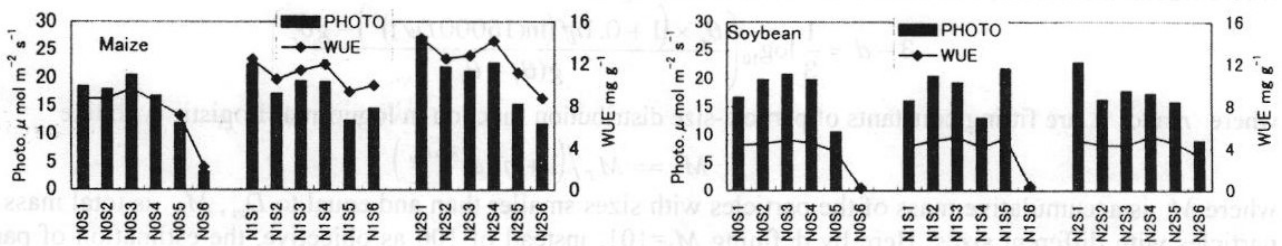


Fig.4 水と栄養ストレスを与えた両作物の光合成速度と水利用効率(WUE)の変化

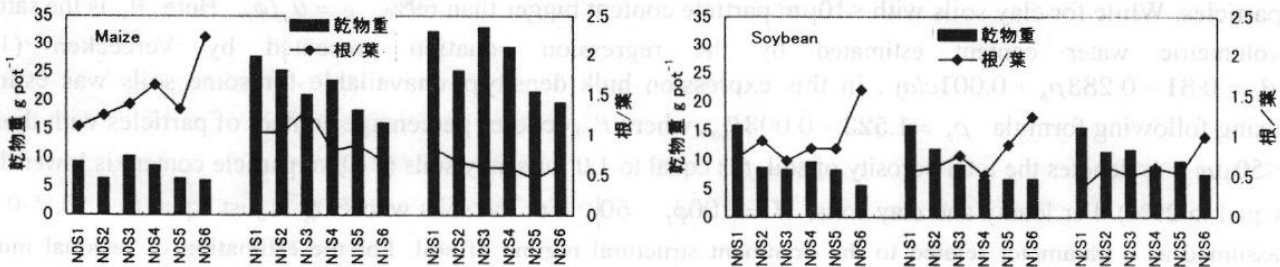


Fig.5 水と栄養ストレスを与えた両作物の乾物重及び根/葉の比の変化

## A physical model of soil water retention under non-similar media concept

J. Zhuang, K. Nakayama, and G.R. Yu

Faculty of Horticulture, Chiba University, Matusdo 648, Chiba, 271-8510 JAPAN

Modeling of water flow and movement of chemical matter in the unsaturated soils has been emphasized by many soil scientists and hydrologists for different purposes. However, high variability and complexity of soil make direct measurements of soil hydraulic properties costly and time consuming. Also with the increasing use of geological information system (GIS) in connection such modeling in the future, it becomes important to utilize other available information, such as soil texture and structure, to estimate the soil hydraulic properties. The objective of this study is, using fascinate non-similar media concept (NSMC) presented by Miyazaki (1996), to physically estimate soil water retention in terms of a minimal selection of other properties that are easier to measure.

### Model Development

Starting with NSMC, we assumed that particles with different sizes have different capacity contributed to the retented water amount in the bulk soil and defined the following basic equation

$$m_1/\rho_{b1} + m_2/\rho_{b2} + \dots + m_n/\rho_{bn} = (1/\rho_b) \sum_{i=1}^n m_i \quad (1)$$

where  $m_i$  is the solid mass per unit sample mass in the  $i$ th particle-size range,  $\rho_{b1}, \rho_{b2}, \dots, \rho_{bn}$  are equivalent bulk densities of the first, second... $n$ th particle-size classes, respectively. In this study, the diameters of the first particle class and the last one are  $1 \mu\text{m}$  and  $1000 \mu\text{m}$ , respectively.  $\rho_b$  is the bulk density of the entire bulk soil. Employing the linear relationship proposed by Haverkamp and Parlange (1986) between particle size and the equivalent pore radius, and the expression relating the pore volume increment to the pore radius by Friesen and Mikula (1987) using fractal concept, in addition to our assumption that non-similarity of pore distribution, in some senses, is the multifractal phenomenon of pore distribution (Perfect et al, 1993), after a series of derivation, we constructed a physical model of soil water retention as follows:

$$\theta = \frac{\theta_s}{1 + ((\theta_s - \theta_r)/\theta_r)(15000/\psi)^{3-d}} \quad (2)$$

where fractal increment,  $3-d$ , can be obtained according to

$$3-d = \frac{1}{3} \log_{10} \left( \frac{\theta_r \times (1 + 0.17\eta f (\ln(15000/\psi))^\lambda) - g\theta_r}{g(\theta_s - \theta_r)} \right) \quad (3)$$

where  $\eta$  and  $\lambda$  are fitting constants of particle-size distribution function in lognormal Logistic type like

$$M_i = M_T / (1 + \eta \cdot e^{-\lambda \ln D_{gi}}) \quad (4)$$

where  $M_i$  is accumulative mass of the particles with sizes smaller than and equal to  $D_{gi}$ ,  $M_T$  is total mass of all particles with different sizes. Here by defining  $M_T=101$ , instead of 100 as objective, the estimation of particle-size distribution are more consistent to the practical data.  $g$  is equal to 1.2 for sandy soils whose content of particles with diameter  $< 10\mu\text{m}$  is below or equal to 29%, and 1.0 for loamy soils with 30-69% of  $<10\mu\text{m}$  particles. While for clay soils with  $<10\mu\text{m}$  particle content bigger than 69%,  $g = \theta_s/\phi_r$ . Here  $\theta_s$  is the saturated volumetric water content estimated by the regression equation presented by Vereecken (1992),  $\theta_s = 0.81 - 0.283\rho_b + 0.001\text{clay}$ . In this expression bulk density  $\rho_b$  unavailable for some soils was estimated using following formula  $\rho_b = 1.523 - 0.003P_{50}$ , where  $P_{50}$  denotes percentage content of particles with diameter  $<50\mu\text{m}$ .  $\phi_r$  denotes the total porosity of soil.  $f$  is equal to 1.0 for sandy soils ( $<10\mu\text{m}$  particle content is lower than or equal to 29%). For loamy and clay soils,  $f = |100\phi_r - 50|$ . For the soils whose  $\phi_r$  is just equal to 0.50,  $f=0.5$ .  $f$  is assumed as a parameter related to the dominant structural regime of soil. For the estimation of residual moisture content, regression equation developed by Vereecken (1992) was used  $\theta_r = 0.015 + 0.005\text{clay} + 0.014\text{OM}$ , where  $\text{clay}$  is the percentage of clay fraction (in this study the magnitude of  $\leq 1\mu\text{m}$  was used for  $\text{clay}$ ), and  $\text{OM}$  denotes percentage content of organic matter. For soils whose contents of  $\leq 1\mu\text{m}$  particles are higher than 30%, the equation for  $\theta_r$  was modified as  $\theta_r = 0.015 + 0.003\text{clay} + 0.014\text{OM}$ .

## Model Test and Discussion

To evaluate the applicability of the proposed procedure, measured retention data for 40 soils, ranging in texture from sandy loam to clayey soil, were used. The particle density was assumed as  $2.65 \text{ g cm}^{-3}$ . Particle-size classes ( $D_{pi}$ ) were chosen as the mean diameter between successive sieve sizes. The bulk density of soil is in the range of  $1.20\text{-}1.35 \text{ g cm}^{-3}$ . Comparison in Figure 1 to fits of the standard Arya-Paris model (1981) and fractal model of Tyler and Wheatcraft (1989) indicates new procedure is in better agreement with the measured data, not only for sandy soils but also for clay soils in range of pressure head until 15000 cm. In the comparison,  $\alpha$  in Arya-Paris model was taken as 1.35, the minimum value for  $\alpha$  which is fitted by Arya-Paris to be 1.35-1.39 (Arya-Paris, 1981), because when  $\alpha$  is bigger than 1.35 the deviation between predicted and measured data increased. Moreover, from the Figure, it is easily found that the predictive quality for sandy or loamy soils is superior to that for clay soils. After empirical parameter '1 -  $\alpha$ ' in Arya-Paris model was replaced by our '1 -  $\alpha$ ', (Equation is omitted), the predicted retention curve by this modified Arya-Paris model was greatly improved over the standard Arya-Paris model (1981).

Taking limitation of data points of particle-size distribution in the traditional soil survey into account, estimation of water retention curve from two points of particle-size distribution, such as particle-size of  $<10 \mu\text{m}$  and  $<1 \mu\text{m}$ , had been tried by using the new physical model. The results showed that the two-point approach mentioned above can be used to develop a satisfactory retention characteristic curve. The parameters  $\eta$  and  $\lambda$  in Eq.(4) in this case were computed by

$$\lambda = -(1/\ln 10) \ln \left( \frac{M_{1.0}(101 - M_{10.0})}{M_{10.0}(101 - M_{1.0})} \right), \quad \eta = 10^\lambda (101 - M_{10.0}) / M_{10.0} \quad (5)$$

where  $M_{1.0}$  and  $M_{10.0}$  represent percentage content of particles with diameters smaller than or equal to  $1.0 \mu\text{m}$  and  $10.0 \mu\text{m}$ , respectively.

A statistical comparison of the results, using determination coefficient ( $R^2$ ) and root mean square errors (RMSE), was carried out to find out the accuracy of the new physical model. The results show that the mean value of RMSE for the new physical model is 0.0347 while that for the curve fitting by using the Campbell (1974) model is 0.0204. This result could be accepted because the curve fitting method uses the measured data directly. The higher values of  $R^2$  resulted also supported the applicability of the new physical model, especially in the case that there are only two-point data of particle-size distribution.

In our model, although the purely empirical parameters are avoided,  $\theta_r$  and  $\theta_s$  remain main influences on the predicted precision.  $\theta_r$  mainly makes influence on the part of retention curve below 3000 cm or so in pressure head, in contrast to  $\theta_s$ , on the part of the curve above 3000 cm or so in pressure head. With regard to different textural soils, this kind of influences was increased as the percentage content of  $<10 \mu\text{m}$  particle increases. In our model,  $\theta_r$  was arbitrarily assumed to be volumetric water content of soil when capillary pressure is 15000 cm.

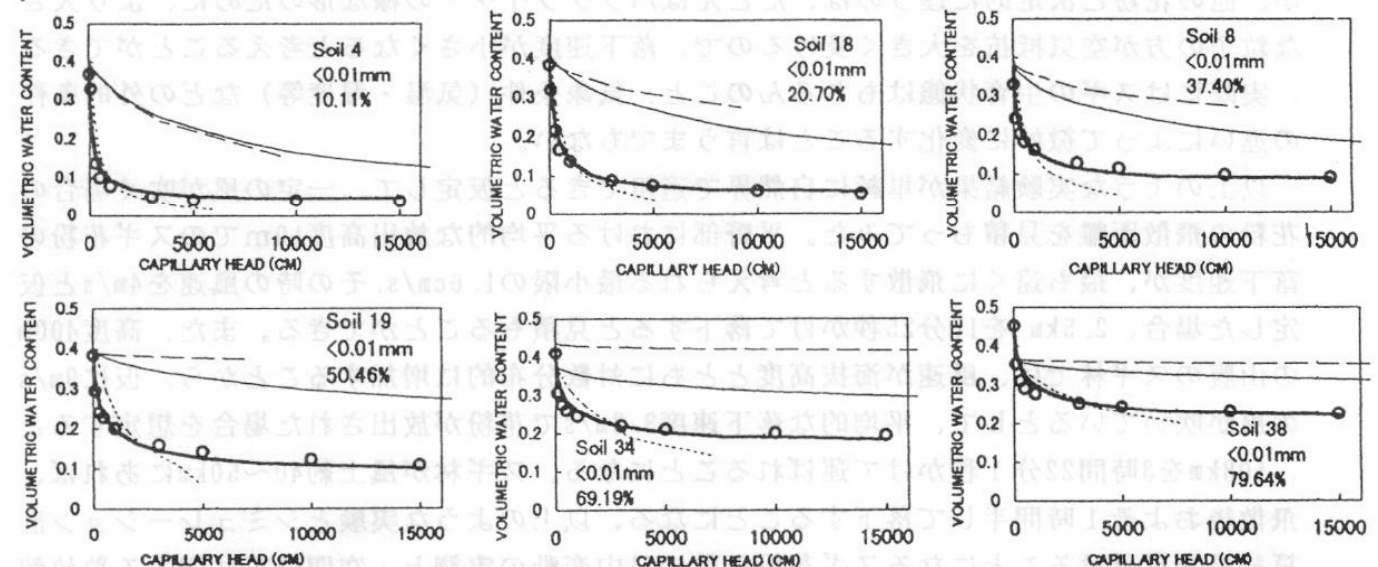


Figure 1 Measured (circles) and predicted soil water retention curves from Arya-Paris model (thin solid line), improved Arya-Paris model (short dash line), Tyler and wheatcraft model (long dash line), and new physical model (thick solid line)

# 花粉飛散の日変化と分布に及ぼす気象の影響

福岡義隆（立正大学地球環境科学部）・陶山理香（NTT関東）

## 1. はじめに

スギ花粉を飛散させやすい条件は気温や湿度によるところが多いが、花粉を運ぶのは風、特に局地的な気流とその循環系であるが、その日変化と分布などについて、広島での実態調査に基づき述べる。また、それらの結果を理論的に確認づけるために花粉の落下実験や飛散の数値シミュレーション解析を試みたので、あわせてそれらの概要を紹介する。

## 2. 西条盆地（東広島市）地域における花粉飛散の日内変動について

ここでは、まず、広島県内の山間地で採集したスギ花粉を使って、実験室内の無風状態において落下速度を測定し、大気中での花粉の飛散距離を見積もってみた。

落下速度の測定装置は、市倉・岩波（1981）らの方法に則り陶山ら自身による手製のものを用いた。内径12.4cm、長さ2mの亚克力樹脂の円筒を垂直に立てて固定し、円筒の最下部に幅7.5cmの溝を開け、そこにあらかじめワセリンを塗布したスライドガラスを等間隔に固定した板を通せるようにしたものである。円筒ではなく、やや口径の大きい筒にすると、どのように違うか。装置を別のタイプに作り替えた実験も試みた。

その結果わかったことは、スギ花粉の落下速度は、1.6cm/s～10cm/sの範囲にあり、落下花粉数のピークにおける速度は3.6cm/s～5cm/sであった。落下花粉数のヒストグラムは2山型を呈している。その2つのピークには、花粉の粒径の大きさの違いが反映していると思われる。落下速度の早い第1ピークの花粉の粒径はおおよそ30～35ミクロンで、第2のピークの方は40ミクロンというやや粒径の大きいスギ花粉であった。すなわち、粒径が大きいものの方が落下速度が小さい傾向が見られた。

花粉囊から放出される際のスギ花粉は、乾燥のために収縮しており、その形はまるでパラグライダーのようだとされている。このように、花粉は各個体毎に違った形に変形するため、厳密に落下時の状態がどの程度に落下速度を左右するかは確かな予測はできないが、他の花粉と決定的に違うのは、たとえばパラグライダーの様な形のために、より大きな粒子の方が空気抵抗を大きく受けるので、落下速度が小さくなると考えることができる。実際にはスギの生育状態はもちろんのこと、気象条件（気温・湿度等）などの外的条件の違いによって微妙に変化することは言うまでもない。

以上のような実験結果が単純に自然界で適用できると仮定して、一定の風が吹く場合の花粉の飛散距離を見積もってみた。平野部における平均的な放出高度10mでのスギ花粉の落下速度が、最も遠くに飛散すると考えられる最小限の1.6cm/s、その時の風速を4m/sと仮定した場合、2.5kmを10分25秒かけて落下すると見積もることができる。また、高度400mの山腹のスギ林では、風速が海拔高度とともに対数分布的に増加することから、仮に9m/sの風が吹いているとして、平均的な落下速度3.3m/sで花粉が放出された場合を想定すると、108kmを3時間22分1秒かけて運ばれることになる。スギ林が風上約40～50kmにあれば、飛散後およそ1時間半して落下することになる。以上のような実験とシミュレーション計算結果を裏付けることになるスギ花粉飛散の日内変動の実測と、空間分布に関する数値解析について紹介する。



### 3. スギ花粉の飛散に関するシミュレーションと実測値との比較

西条盆地（東広島市）を対象地域として、1996・1997両年の春季にスギ飛散数の毎時測定を行なった。1996年の飛散数は例年に比べ少なく、3月4日の飛散データしか解析に使用できなかった。この日の10時から23時までの総飛散数は148個で、17時から19時にかけて飛散のピークが見られた。この日の天気図をみると、冬型が次第に緩み、大陸からの高気圧が張り出してきている。1997年春のデータは、花粉症患者にとってつらいとされる花粉飛散数が多かった全15日分の解析をすることができた。1997年のスギ花粉飛散数は平年並であった。飛散ピークが13時～14時の場合と19時～20時の場合、そのどちらにもピークのある2山型の場合に分けられる。これらの日の天気図を見ると、気圧の谷が通過する前後か、移動性高気圧が通り過ぎていくようなパターンのとき、飛散数が多くなる傾向があることがわかった。すなわち、気圧が低下しつつあるときということになる。

ここでは、具体例として1996年3月4日（第5図）と1997年2月28日（図略）の例について、花粉飛散数の日内変動と天気図、風向風速・気温・湿度・気圧の経時変化との対応関係をみてみよう。前者のケースでは、気圧の谷の通過後、西よりの風となり、それが午前から午後にかけて強くなるにつれて飛散数がピークを示している。調査地点の東広島市から北西～西方向に直線距離で約40km地帯にスギ林面積割合の高い地域が存在していて、西寄りの季節風によりこの一帯のスギ花粉が運ばれて来ることは十分予想できる。1997年2月28日の場合は、南西風で比較的強い風速になって飛散数が増え、午後2～3時ころにピークに達している。

シミュレーション解析では、西寄りの風でスギ群落から放出した花粉は、その高濃度軸がやや南東方向に向かい、西条盆地の南から南南西あたりに飛散数が多くなり、その辺りからは局地的な南西の風に乗って調査地（盆地）内に落下すると思われる。あるいは、風下の呉市周辺にわずかに散在するスギからの飛散も、量的に少ないがあるかも知れない。

一方、気温や湿度との関係については、どのケースについても比較的同じような傾向にある。花粉嚢は、気温が高く湿度の低い条件の時に開葯が起こると考えられており、気温・湿度の経時変化と花粉の飛散数の増減をみると、確かに気温が高く（10℃以上の時）、湿度の低い（60%以下）ときに、飛散数のピークが現われていることが分かる。

スギ花粉の発生源と落下地点（調査地）との空間的・時間的な関係についての正確な実態把握は、局地風や複雑地形などの条件から比較的難しいものになっている。そこで、大気汚染の濃度分布を予測したりするのに使われる拡散モデル（パフモデル）を用いて、スギ花粉の分布と飛散数の日内変動をシミュレーションした結果を簡単に紹介する。花粉を拡散モデルに乗せる前に、複雑地形上での気流モデルによって、地表面に沿う気流の流れを表現し、風の変化は地形を最小限の変化で迂回するような気流を描かせる。計算システムは、まず、気流モデルにより気流の立体分布を描き、その気流に乗ってスギ花粉が流されるものとして流跡線を出し、花粉の濃度（相対値）分布を求めるというものである。濃度分布の計算結果、広島市北西部のスギ群落を放出した花粉は、標高のやや高い地域を避けるようにしながら南東方向に流れ、高濃度軸は北西から南東に延びることが示された。

このシミュレーションによって求められた西条盆地内の広島大学における落下花粉の相対濃度の経時変化を示すと、実測による経時変化とほぼ同じパターンを呈している（1996年3月4日の例）。地上風と最寄りの高層風のデータを与えてやれば、花粉飛散量（落下濃度）がかなりの精度で予測できることが実証されたわけである。

## 直達B領域紫外線の波長別積算値の予測式について

久・青島史子・松岡延浩（千葉大園芸）

1.はじめに オゾン層の破壊に伴う、紫外線量の増加が予想され、その影響を評価する必要がある。その際、簡単な計算式が有れば便利であると考えられる。ここでは、直達 B領域紫外線量を波長別にではなく、B領域全体量を一つの式で求めることを考えた。

2.方法 B領域(280-315nm)全体の紫外線量 $I(Wm^{-2})$ は次式で表されるものと仮定する。

$$I=I_0 \cdot \cos(\theta) \cdot \exp\{[f-g \cdot n-h \cdot a]/\cos(\theta)]\} \quad (1)$$

ここで、 $I_0$ は B領域全体の大気外紫外線量( $Wm^{-2}$ )、 $\theta$ は太陽天頂角、 $n$ はオゾン全量( $m \text{ atm-cm}$ )、 $a$ は混濁係数である。 $f, g, h$ は、それぞれ、標高、オゾン、エアロゾルによる平均的な消散を表す係数で、波長に依存しないものとする。この式で求められた量を以下ではハルク値と呼ぶことにする。一方、波長毎に計算して B領域で積算した波長別 B領域紫外線量を波長別積算値と呼ぶ。まず、関数 $g$ を求めるために、標高  $z=0$ 、混濁係数 $a=0$ の場合について、オゾン全量を0.2、0.3、0.4  $m \text{ atm-cm}$ に変えて、ハルク値が波長別積算値と一致するように係数  $g$ を決めた。得られた $g$ を用いて、次に、係数 $f$ を $z=0, 1.5, 3.0km$ の場合について求め、係数 $h$ は、 $a=0, 0.1, 0.2$ について求めた。終日快晴の日に、千葉大学園芸学部圃場（標高約20m）、乗鞍岳大黒岳山頂（標高2770m）とその麓（1300m）で紫外線計（英弘精機、MS-330B、測定波長 280-315nm）により観測された値を用いてハルク値と積算値を比較した。直達・散乱紫外線量は直径10cm程度の日除けを使ってセンサーを陰にすることによって得た。

3.結果 上記の方法によって得られた係数はいずれも $\cos(\theta)$ の関数とするのが良く、結果的に、ハルク値は以下の式で求められる。

$$I=I_0 \cdot \cos(\theta) \exp[(-1.77+0.095 \cdot z-2.52 \cdot n-3.25 \cdot a)/\{\cos(\theta)\}^{0.74}] \quad (2)$$

標高 $z=0km$ 、混濁係数 $a=0$ として、オゾン全量を変えた場合の波長別積算値と上式で求めたハルク値の比較を図1に示した。太陽天頂角、オゾン量によらず十分な精度で一致するといえる。同様に、標高を変えた場合、混濁係数を変えた場合について、図2と図3に示した。いずれの場合も、良い一致を示していることが分かる。標高0km、オゾン全量0.3  $m \text{ atm-cm}$ 、混濁係数0.2の場合の、ハルク値と波長別積算値の差を図4に示した。その差は最も大きくて0.012  $Wm^{-2}$ 程度である。図5、図6に実際の観測例について示した。波長別積算値が観測値と合うように混濁係数を決めているので観測値と波長別積算値の一致は良いが、ハルク値が波長別積算値と良く一致することに注目してほしい。

以上の結果から、B領域紫外線量は波長別に計算しなくとも上式で求めることができるといえる。

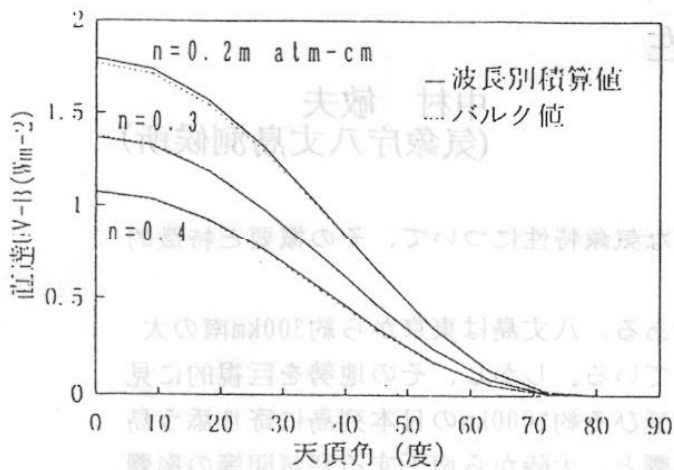


図1 標高 $z=0\text{km}$ 、混濁係数 $a=0$ 、オゾン全量、 $n=0.2, 0.3, 0.4\text{ m atm-cm}$ とした場合のB領域紫外線量の波長別積算紫外線量とバルク値(2式による)との比較。横軸は太陽天頂角。

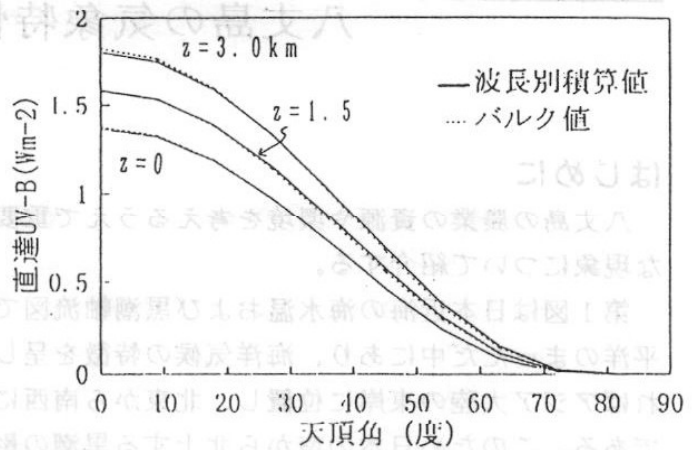


図2 オゾン全量 $n=0.3\text{ m atm-cm}$ 、混濁係数 $a=0$ 、標高 $z=0, 1.5, 3.0\text{ km}$ とした計算例。その他は図1と同じ。

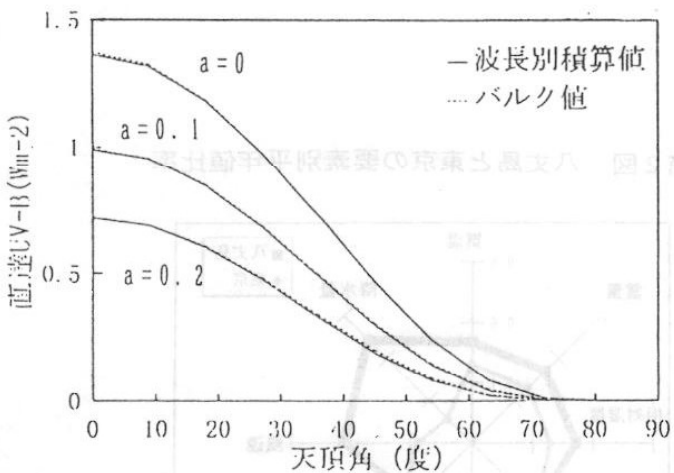


図3 標高 $z=0\text{ km}$ 、オゾン全量 $0.3\text{ m atm-cm}$ で混濁係数 $a=0, 0.1, 0.2$ とした計算例。その他は図1と同じ。

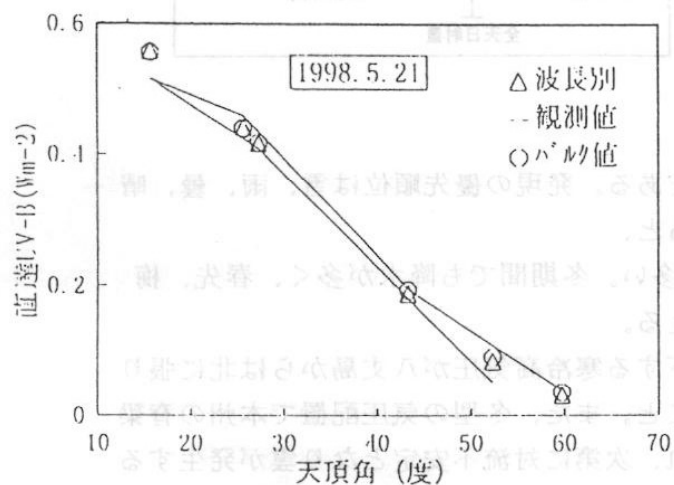


図5 千葉大学園芸学部圃場で観測された例について、直達B領域紫外線量の波長別積算値とバルク値の比較。

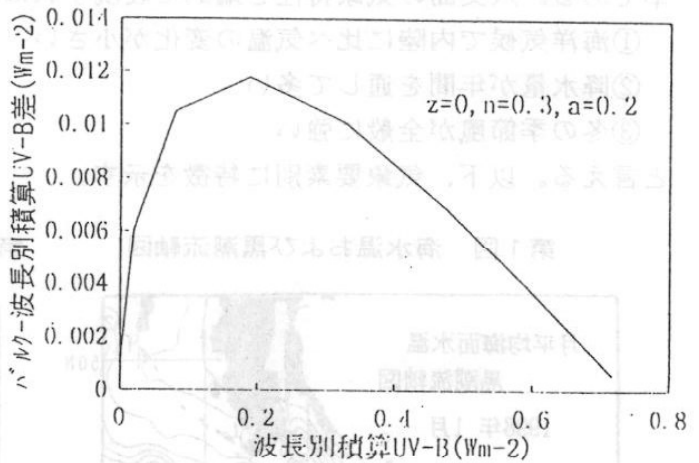


図4 標高 $z=0\text{ km}$ 、オゾン全量 $n=0.3\text{ m atm-cm}$ 、混濁係数 $a=0.2$ の場合について、直達B領域紫外線量の波長別積算値に対するバルク値と波長別積算値の差。

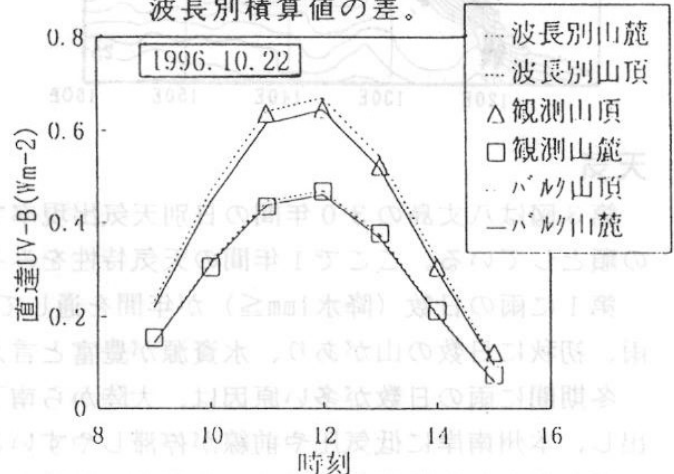


図6 大黒岳山頂(2770m)とその山麓(1300m)で観測された例について、直達B領域紫外線量の波長別積算値とバルク値の比較。

## 八丈島の気象特性

中村 敏夫  
(気象庁八丈島測候所)

## はじめに

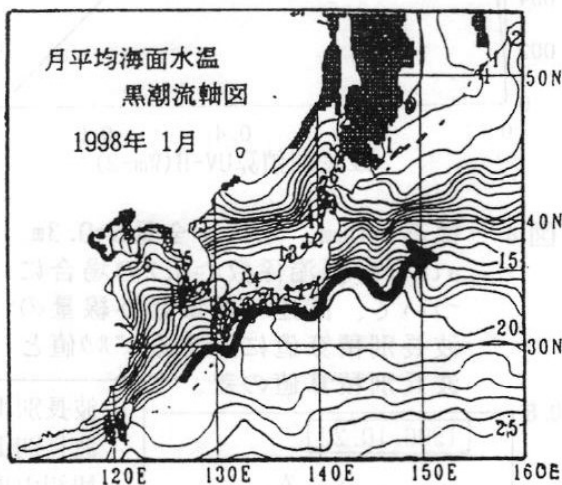
八丈島の農業の資源や環境を考えるうえで重要な気象特性について、その概要と特徴的な現象について紹介する。

第1図は日本近海の海水温および黒潮軸流図である。八丈島は東京から約300km南の大平洋のまっただ中にあり、海洋気候の特徴を呈している。しかし、その地勢を巨視的に見ればアジア大陸の東岸に位置し、北東から南西に延びる約2000kmの日本列島に寄り添う島である。このため日本の南から北上する黒潮の影響と、大陸から南下する寒気団等の影響を色濃く受けた大陸東岸の気候特性を持ち、同時に日々の気象変化は日本列島の地形の影響を大きく受け独特な特性をもっている。第2図は八丈島と東京の気象要素別平年値の比率である。八丈島の気象特性を端的に表現すれば、

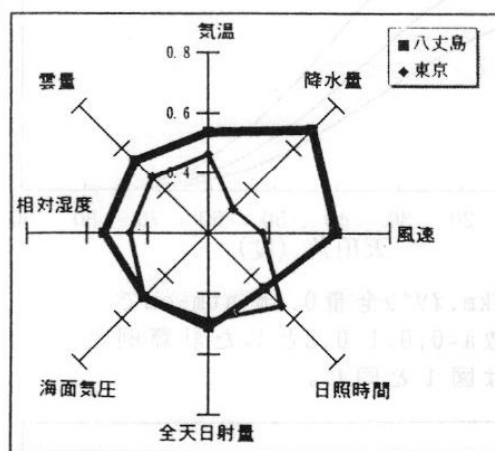
- ①海洋気候で内陸に比べ気温の変化が小さい
- ②降水量が年間を通して多い
- ③冬の季節風が全般に強い

と言える。以下、気象要素別に特徴を示す。

第1図 海水温および黒潮流軸図



第2図 八丈島と東京の要素別平年値比率



## 天気

第3図は八丈島の30年間の日別天気出現率である。発現の優先順位は雪、雨、曇、晴の順としている。ここで1年間の天気特性をみると、

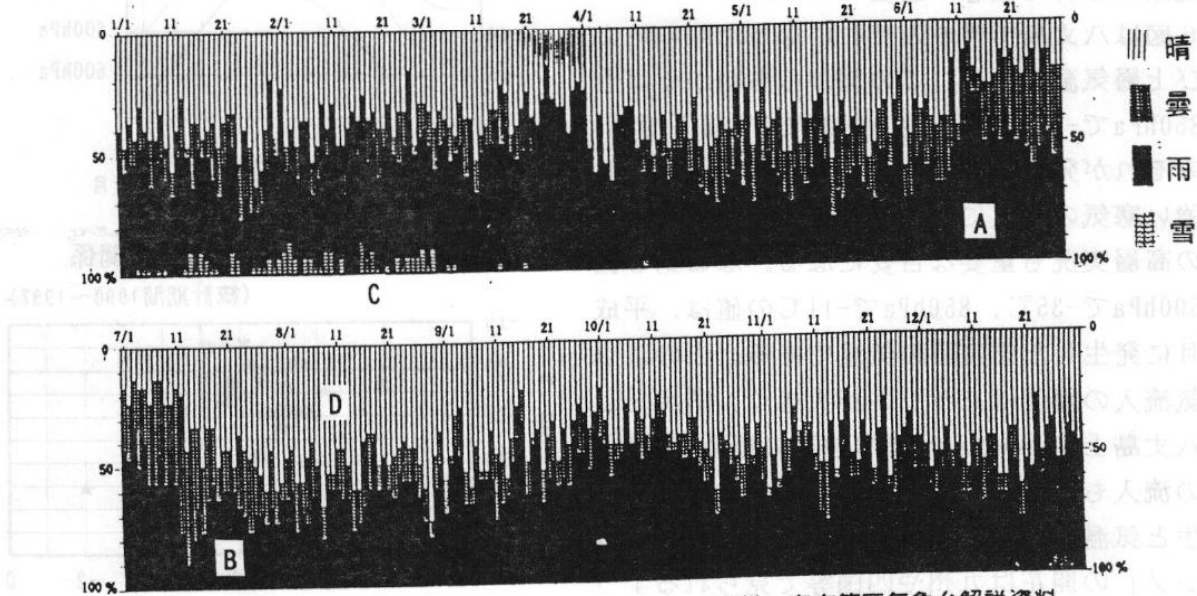
第1に雨の日数(降水 $1\text{mm}\leq$ )が年間を通して多い。冬期間でも降水が多く、春先、梅雨、初秋に日数の山があり、水資源が豊富と言える。

冬期間に雨の日数が多い原因は、大陸から南下する寒冷高気圧が八丈島からは北に張り出し、本州南岸に低気圧や前線が停滞しやすいこと。また、冬型の気圧配置で本州の脊梁山脈を越えた乾燥空気が洋上で水蒸気を供給され、次第に対流不安定となり雲が発生することにある。春先は南岸低気圧の影響で周期変化が特徴である。梅雨は明瞭活発で、関東甲信の梅雨入り(6月上旬後半)梅雨明け(7月中旬後半)より数日から10日程度早く

現れる（図中A）。秋の長雨は梅雨ほど曇雨天の明瞭さはないが、降水量は10月が最も多くなっている。

第2に、曇りは梅雨期とその前後に明瞭に現れる（図中B）。梅雨明け頃の持続する曇りは「島ぐもり」と呼ばれ島しょ独特の気象現象である。南高北低の気圧配置で発生し、太平洋高気圧の縁辺で南から湿った気流が下層に流入し易いときに発現する。関東では「梅雨明け10日」は安定した晴天を言いますが、八丈島では夏本番前に曇りの日が続く特徴がある。

第3図 八丈島の日別天気出現率（統計期間1967～1996年）



資料：東京管区気象台解説資料

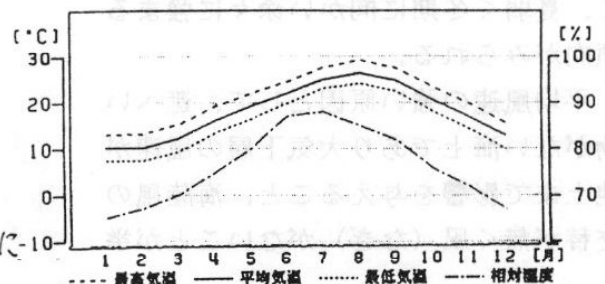
第3に、暖かい八丈島でも1月から3月頃にかけては強い寒気が入り雪が降ることがある（図中C）。寒侯期の雪日数は平均で3日程度、積雪は希だが植生に影響が大きく注意が必要である。

第4に、晴天は夏期の梅雨明けから9月上旬にかけて最も多く安定している（図中D）。しかし水蒸気量が多いため雲が発生し易く、快晴日数は年平均8日間と少ないのが特徴といえる。

## 気温

第4図は八丈島の気温および湿度の月平年値の変化図である。海洋気候の一般的特徴は温和な気候である。八丈島は最高・最低気温の日較差は1月が5.4℃、8月は5.0℃、平均で5.3℃と年間を通して気温差が小さく、また、年較差では1月と8月の平均気温差が16.3℃で、東京の21.9℃に比べても小さいといえる。このため真夏日や真冬日の出現日数が少ない。第5図は八丈島の月平均海水温と地上・上層の月平均気温である。地上気温は海水温の影響を大きく受けていることがわかる。特に寒侯期は大気下層と海水温の差が大きく、1月の850hPaの気温と海水温との差は18℃に

第4図 八丈島の気温および湿度の年変化



もなる。このため大気下層で対流が活発となり、雲の発達にともなう降水、時にはあられや雪、雷といっためまぐるしい気象変化をもたらす。

(冷害について)

近年農業環境の変化もあり、温和な気候の中であつても雪害や冷害等の被害が発生している。発生頻度が少なくても植生に直接的な影響の大きい気象現象には特に注意が必要である。

第6図は八丈島で雪やみぞれになった時の地上および上層気温である。この図からもわかるように、850hPaで-5℃以下、地上気温で7℃以下では雪やみぞれが発現する。また、500hPaで-20℃前後の強い寒気の流入には注意が必要で、予想では輪島の高層実況も重要な目安になる。なお第6図中の500hPaで-35℃、850hPaで-11℃の値は、平成9年1月に発生した雪害時の気温である。このように寒気流入の程度はバラツキが大きく、防災としては八丈島上空500hPaで-35℃以下の極めて強い寒気の流入もあることを考慮すべきである。

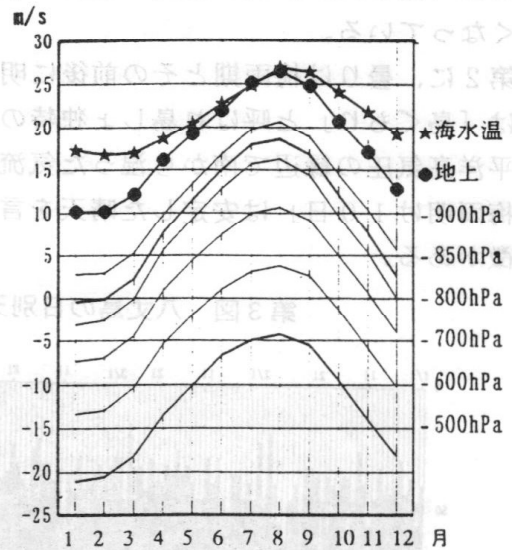
植生と気温の関係では、桜を例にとると「ソメイヨシノ」の開花は九州や四国等で見られるような、秋から冬の気温低下不足からの「休眠打破不十分による開化の遅れ」という現象がある。このため伊豆諸島における桜前線は、暖冬年で南下、寒冬年で北上する傾向がある。また、紅葉では晩秋の最低気温の平均が10~15℃と高いため、黄紅葉する気温条件が不十分で葉が緑のまま落ちるといった現象がみられる。

## 風

第7図は八丈島の日最大風速の月別階級別日数と風向別頻度。第8図は地上から500hPaまでの月平均風速図である。島しょでは地上風速が全体的に強く、夏弱く冬期に向かい徐々に強まる傾向がみられる。

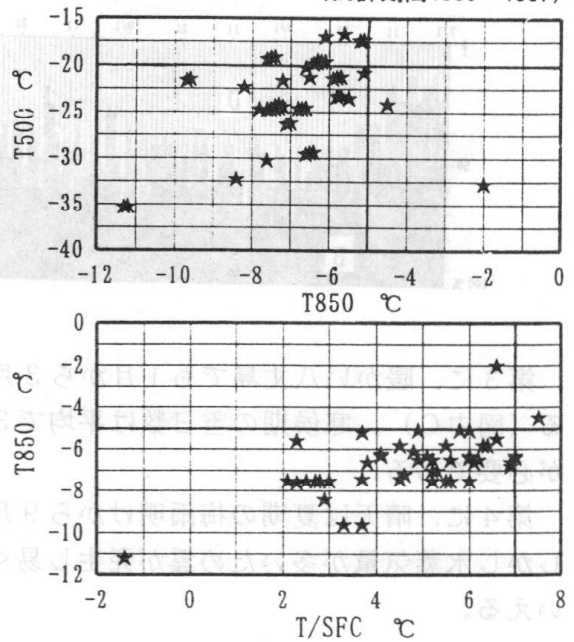
平均風速の強い原因として、遮へい物がない海上であり大気下層の風速が地上まで影響を与えること、海陸風の交替が無く風(なぎ)がないことが挙

第5図 八丈島の地上及び上層の月平均気温

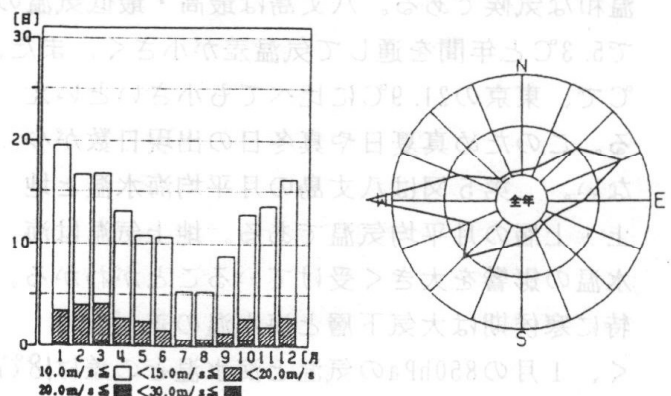


第6図. 雪・みぞれと気温の関係

(統計期間1990~1997)



第7図 日最大風速の階級別日数および風向別頻度



げられる。平均風速10m/s以上と気圧配置との関係では（図略）、低気圧や前線の影響によるものが約7割、その他では季節風という割合で発現している。また、第8図に見られるように夏から秋にかけて850hPa以下の下層風より地上風が強い。このように地上の気圧の傾きが最大の要因といえる。

日最大風速10m/s≤の日数は年間149日と多く、15m/s≤の強風日数は28日、冬期間月に3~4日は西寄りの強風が吹く。冬期間は前述した寒気移流による対流雲の成長・通過も強風の要因の1つと言える。

（台風について）

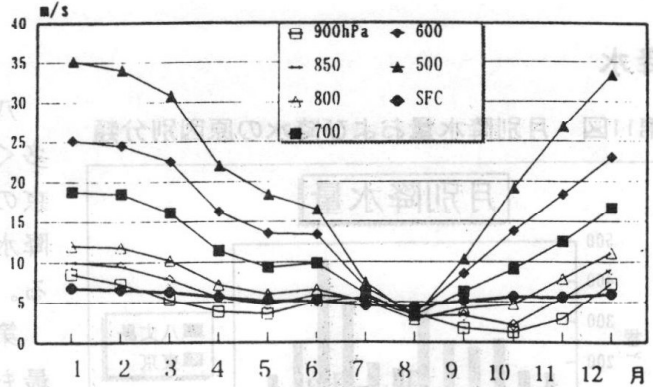
八丈島の気象災害で最も被害数、被害規模の大きい現象は台風です。第9図は八丈島に接近した台風の中心気圧および中心までの距離と最大風速の分布です。台風による強風はその台風の性質と通過するコース、接近する距離に大きく左右される。

第10図は八丈島の西側と東側を通過した台風の代表例で気圧変化と最大風速との関係を表したものである。

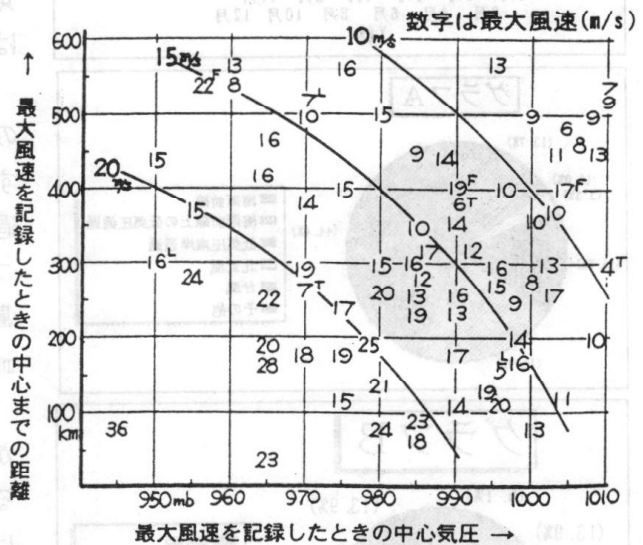
この図に見られるように、気圧の傾きと風速の立ち上がりおよび風速の弱まりが良く対応している。また、最大風速の起時は気圧の低極と一致する。

しかし、第9図に見られるように八丈島測候所の過去の記録では、台風が接近しても風速が弱い事例も多く、その原因として八丈富士と三原山の影響で南東風と北風が吹きにくく、南東風場では風向の乱れがある。このように風向による地形特性を考慮する必要があり、部分的に風が弱くても島全体を見ると暴風域に入り危険な状況や状態の急変があるので注意が必要である。なお、最大風速に対する最大瞬間風速の突風率は約1.9~2.0となっているが、

第8図 八丈島の地上および上層の月別平均風速



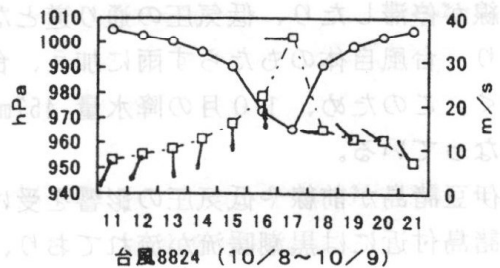
第9図 台風の中心気圧・距離と最大風速



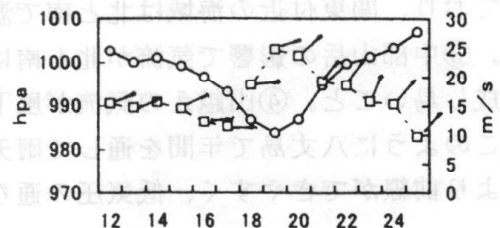
（右肩のT, L, Fは他の台風・低気圧・前線の影響で、風速が弱められた又は強化されたと考えられる事例、）

第10図 気圧と最大風速の変化図

台風7513 (10/5)  
西側コース ○—気圧 □—風速



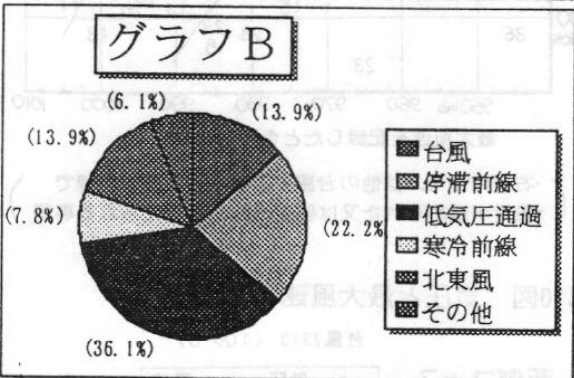
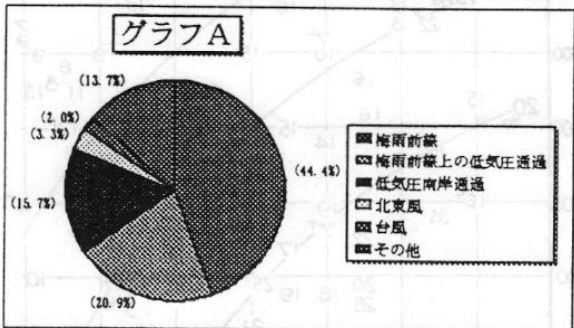
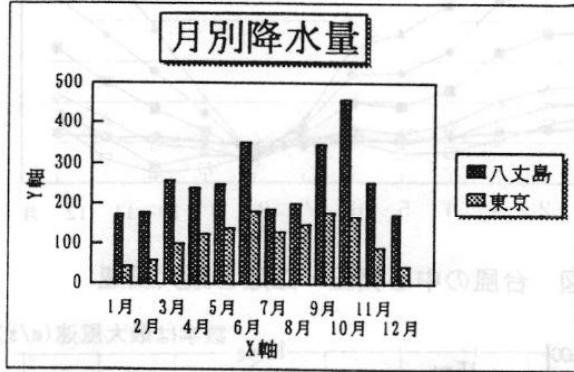
東側コース ○—気圧 □—風速



突風率は風向や風速によりかなり異なるので注意が必要である。

## 降水

第11図 月別降水量および降水の原因別分類



八丈島の年間降水量は 3,073mm と極めて多く、気象官署の中でも上位に位置し、東京の2倍以上となっている。また1mm以上の降水日数も173日と1年の約半分をしめている。

第11図の月別降水量をみると10月が最も多く、続いて6月となっている。一般的に降水量は、東京にみられるように梅雨期の6～7月が最も多くなるが、八丈島では9～10月が最も多くなっている。

八丈島の6月における日降水量10mm以上の日(1978～1997)について原因別に分類すると、梅雨前線と梅雨前線上の低気圧通過によるものが、約65%となっている(グラフA)。また、梅雨前線上の低気圧が八丈島付近を通過した時は、ほとんどの場合70mm以上の大雨となっている(図略)。

八丈島(伊豆諸島)付近はもともと前線がでやすく、梅雨前線が顕著なものとなるため、八丈島の梅雨時期の雨は関東よりはるかに激しく、かつ湿潤である。八丈島の10月における日降水量10mm以上の日(1978～1997)について原因別に大きく分類すると低気圧の通過によるものが最も多く、続いて秋雨前線、台風の順となる(グラフB)。

10月は八丈島では北高型となりやすく、前線が停滞したり、低気圧の通り道となることが多い。また、台風が接近することも多くなり、台風自体のもたらす雨に加え、台風が遠くにある頃から秋雨前線が刺激され長雨が続く。このため、10月の降水量457mm(平年値)は気象官署の観測値としては全国最多となっている。

伊豆諸島が前線や低気圧の影響を受けやすい原因として、次のことが挙げられる。①伊豆諸島付近には黒潮暖流が流れており、暖流上で空気が下層から暖められ、かつ水蒸気を補給されて成層不安定となり、対流が起きやすくなること。②三陸沖へは親潮寒流が南下しており、関東付近の海域は北と南で温度差が大きく気圧の谷や前線が形成されやすいこと。③中部山岳の影響で気流が北と南に分流・迂回して、風下側で合流しシアラインを形成し易いこと。④山越えの気流が風下側に谷を形成させ易いこと、などが挙げられる。

このように八丈島で年間を通して雨天や降水量が多い原因は、これら海流・地形の効果により前線がでやすく、低気圧の通り路となりやすいためと言える。



## 日照

八丈島の日照率は8月が高く寒候期と梅雨の時期に低くなる。冬期の八丈島における日照率は関東に比べ半分程度で、この傾向は三宅島付近から南に顕著に現れる。この原因として冬型の気圧配置が強まり寒気が南下すると、日本海と同様に太平洋側においても筋状雲が発生し、この影響を受けるためである。

第12図は1月の全国の平均日照率の分布図である。日本海側で10～30%と極めて低く、太平洋側で30～60%と高くなり、太平洋の島々（特に沖縄付近、八丈島）で20～30%と再び低くなる。

第12図 日照率分布（1月）

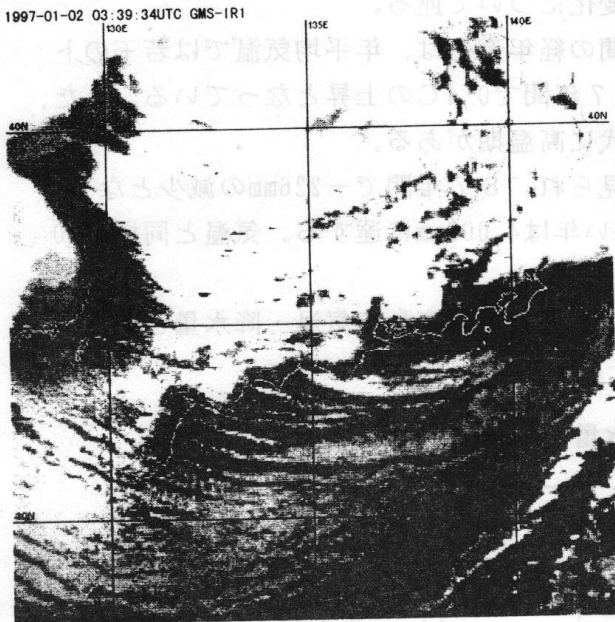
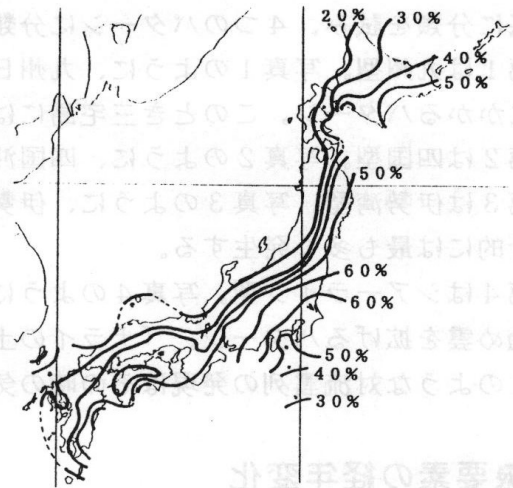


写真1

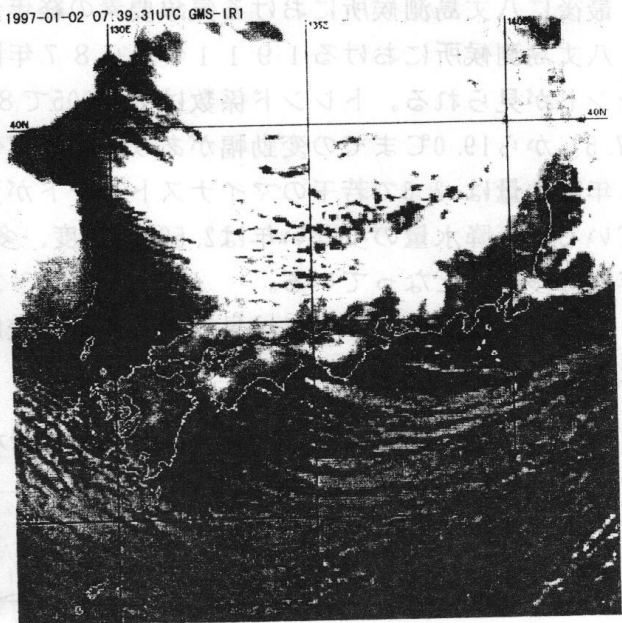


写真2

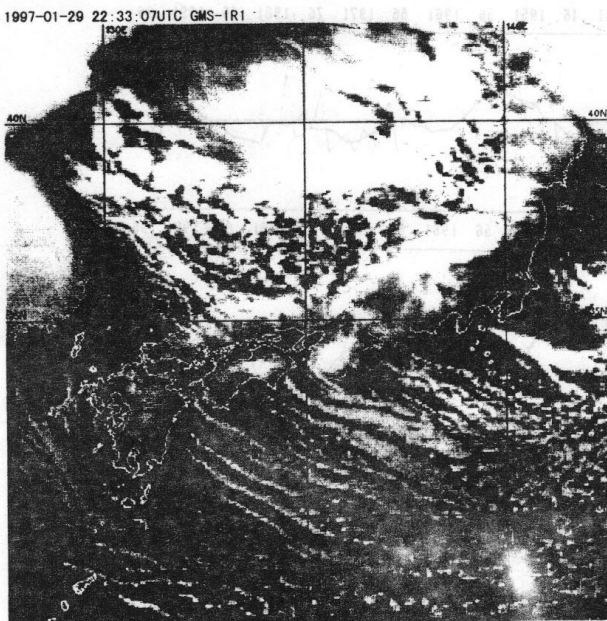


写真3

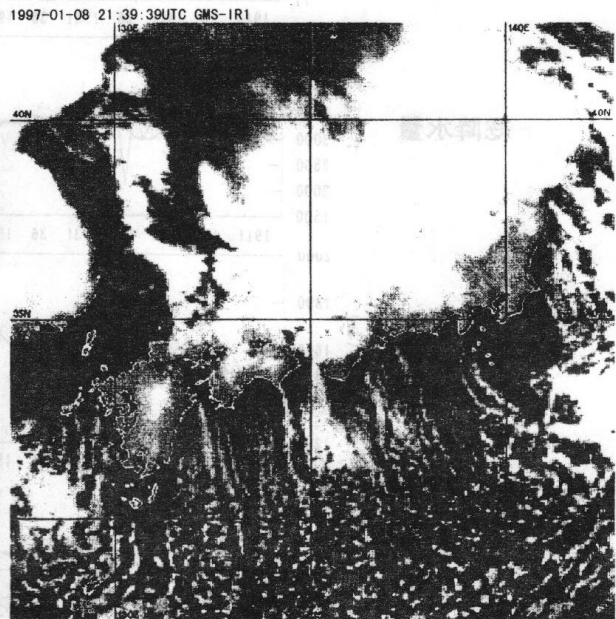


写真4

冬型気圧配置の時の八丈島にかかる筋状雲について、12月～2月の過去5年間の資料を基に分類を試み、4つのパターンに分類した。

第1は九州型。写真1のように、九州日向灘付近から東→東北東走行した筋状雲が八丈島にかかるパターン。このとき三宅島には四国沖からの筋状雲がかかっている。

第2は四国型。写真2のように、四国沖から東走行した筋状雲がかかるパターン。

第3は伊勢湾型。写真3のように、伊勢湾から南東走行した筋状雲がかかるパターンで、統計的には最も多く発生する。

第4はシアーライン型。写真4のように、冬型気圧配置の終息期に八丈島に北東風が入り始め雲を抜げるパターン。「ナライの土手」と言われているものである。

このような対流雲列の発現はその時の気圧配置と寒気の強さによって変化する。

## 気象要素の経年変化

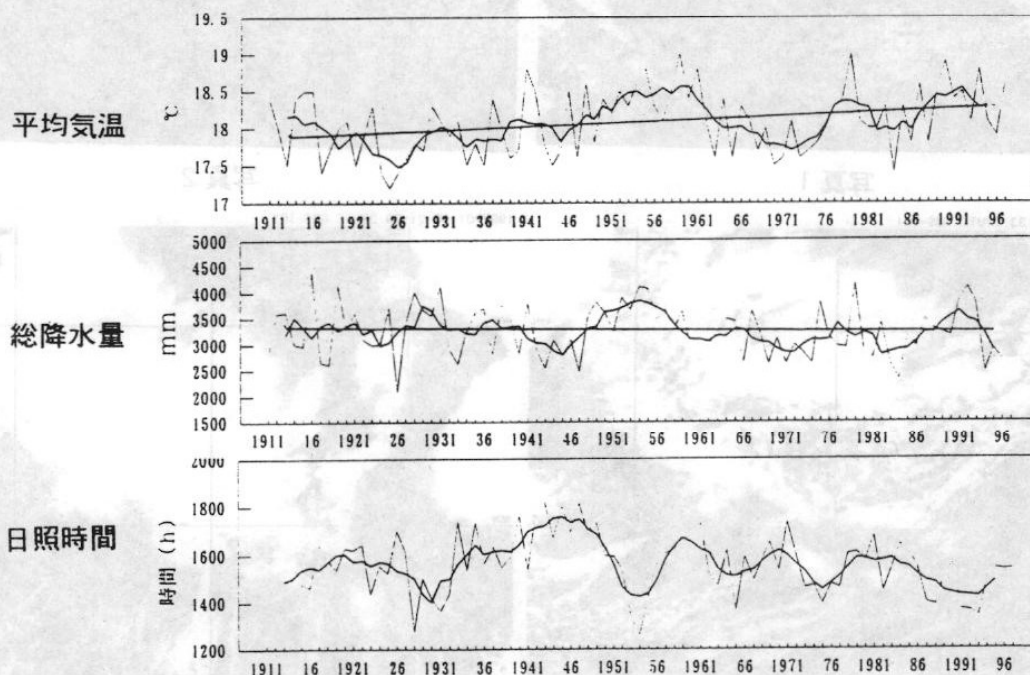
最後に八丈島測候所における気象要素の経年変化について述べる。

八丈島測候所における1911年から87年間の経年変化は、年平均気温では若干のトレンドが見られる。トレンド係数は+0.005で87年間で0.4℃の上昇となっている。また、17.5℃から19.0℃までの変動幅があり、1950年代に高温期がある。

年降水量は-2.6で若干のマイナストrendが見られ、87年間で-226mmの減少となっている。年降水量の少ない年は2,500mm程度、多い年は4,000mmに達する。気温と同様1950年代に多雨期となっている。

日照時間は特にトレンドは見られない。比較的長期の周期変動で気温・降水量と逆相関となっている。

第13図 平均気温・降水量・日照時間の経年変化



(まとめ)

八丈島の気象特性についてその概要を示すにとどまった。気象災害については「八丈島の気象災害史」、「気象庁異常気象報告」等を参照願いたい。

# 八丈島における最近の農業気象災害

横山 仁

(東京都農業試験場八丈島園芸技術センター)

## 1. はじめに

八丈島では、黒潮暖流の影響を受けた温暖な(年平均気温18.1℃)海洋性気候を利用し、花き観葉植物栽培が盛んに行なわれている。しかし一方で、台風をはじめとした様々な気象災害も多く、古くから地元農家は多くの負担を強いられてきた。

ここでは、最近発生した農業気象災害について、八丈富士(854m)と三原山(701m)という2つの山岳が存在する八丈島特有の地形がもたらす、局地的気象現象を中心に述べたい。

## 2. 八丈島における最近の主な農業気象災害

### 2.1 寒害(1997年1月)

#### 2.1.1 気象状況

1997年1月21～22日にかけて、八丈島(33°N, 139°E)では、記録的な低温と積雪に見舞われた。図1に、1997年1月22日午前9時(JST)における地上天気図を、図2に、同日午前6時の静止気象衛星「ひまわり」の雲画像(赤外)を示す。低気圧は発達しながら三陸沖に抜け、その後、冬型の気圧配置が強まった。雲画像には、強い北西風にとまなうすじ状の積雲群が八丈島を含む太平洋側の広い範囲に見られた。気象庁八丈島測候所(以下、「測候所」)の観測によれば、21日および22日の日平均気温は平年より7℃も低く、日最低気温-1.8℃及び積雪2cmは観測史上1位の記録となった。

#### 2.1.2 園芸作物の被害状況

寒波は、島の基幹作物であるヤシ科の観葉植物フェニックス・ロベレニーの生産に大打撃を与え、被害金額は、年間出荷額の約1/3にあたる5億9千万円に上った。また、被害には地域差がみられ、特に“坂上”といわれる島南部の檜立・中之郷・末吉地区のうち、標高の高い三原山南側斜面に集中した。同地域では、フェニックス・ロベレニーの作付面積の60～70%が被害を受けた。一方、三根・大賀郷といった低地平野部、三原山北側斜面等の被害面積は作付面積の15～20%にとどまった。

#### 2.1.3 標高と被害程度との関係

被害後、島南部の檜立地区にある高地の被害激甚地点(海拔高度約200m、図3のA地点)と低地の被害軽微地点(同約100m、同B地点)のフェニックス・ロベレニー畑において、気温(地上1.8m)・地温(地中0.05m)・日射量・風向・風速を調べた。被害調査の結果では、両地点の被害度〔 $[\sum(\text{程度別被害葉数} \times \text{被害程度}) / (4 \times \text{調査本数})] \times 100$ 〕は、81.3および23.3であった(表1)。気象調査中の11日間平均と比較すると(表2)、日平均気温は、A地点で8.8℃、B地点で10.2℃で、A地点がB地点よりも1.4℃低くなっていた。また、日最高気温で0.5℃、日最低気温では1.5℃、A地点のほうが低くなっていた。さらに、日較差では、A地点のほうが1.1℃大きいことがわかった。以上の傾向は、地温においても同様であった。ところで、B地点と測候所における最低気温を2月13日から約2ヵ月の間、他の気象要素とともに比較したところ、静穏・快晴時を除き両者の値は極めて類似していることがわかった。そこで、寒害当日に近い気象条件となった2月21日～22日の状況から、当日のA、B両地点の最低気温を推定すると、それぞれ、-3.4℃、-1.8℃となった。同様に、気温が0℃以下であった時間帯は、Aで午前4時～10時、Bで午前5時～8時となり、AではBの2倍の時間にわたって0℃以下となっていたことが推察された。ところで、被害当時の現地調査結果では、以下のことが明らかとなっている。

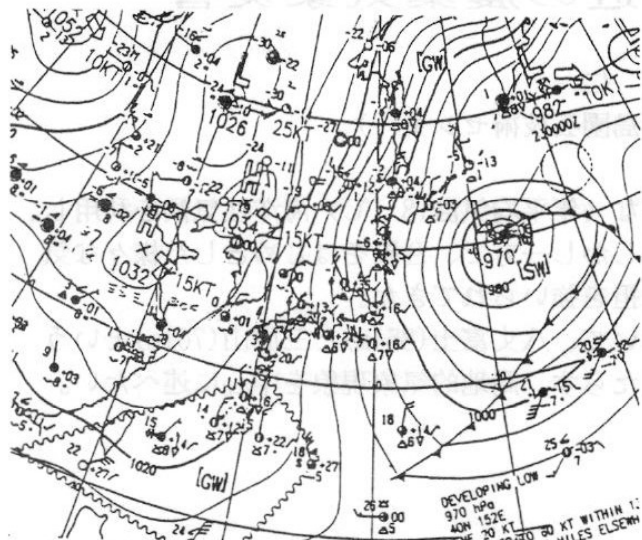


図1. 1997年1月22日, 9:00時における地上天気図

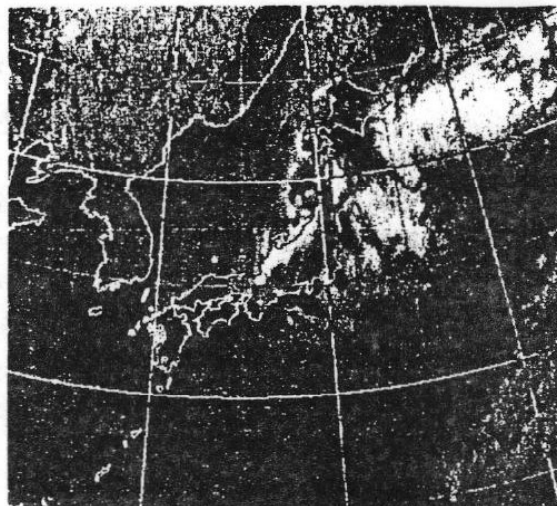


図2. 1997年1月22日, 6:00時における「ひまわり」の雲画像



図3 東京都八丈島の地形の概要

表1 A地点、B地点における被害状況

	被害程度*					被害度**
	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	
A地点	42	41	17	0	0	81.3
B地点	2	2	15	49	32	23.3

\* 5: 枯死, 4: 葉身の2/3以上に赤褐色斑, 3: 同2/3~1/3に赤褐色斑, 2: 同1/3以下に赤褐色斑, 1: 症状無し

\*\* [Σ (程度別被害葉数 × 被害程度) / (4 × 調査本数)] × 100

(横山ら, 1997)

表2 A、B地点における気温、地温の比較

	A気温(°C)	B気温(°C)	A地温(°C)	B地温(°C)
日平均	8.8	10.2	8.1	9.1
日最高	12.7	13.2	10.0	10.5
日最低	4.5	6.0	6.6	7.8
日較差	8.2	7.1	3.4	2.7

(2月18日~28日における平均値)

(横山ら, 1997)

表3 A地点における無被覆1、青衾および黒衾の被害状況 (横山ら, 1997)

品番	目合(mm)	遮光率(%)	遮光率(%)		被害程度*					被害度**
			計測値	実測値	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	
無被覆	—	—	—	—	42	41	17	0	0	81.3
青色衾	TN-30	3.0×5.0	35.8	44.0	25	36	26	13	0	68.3
黒色衾	TN-78	1.5×1.5	74.0	79.7	0	3	7	45	45	17.0

\* 5: 枯死, 4: 葉身の2/3以上に赤褐色斑, 3: 同2/3~1/3に赤褐色斑, 2: 同1/3以下に赤褐色斑, 1: 症状無し

\*\* [Σ (程度別被害葉数 × 被害程度) / (4 × 調査本数)] × 100

①被害は、標高が高くなるにつれて激しく、平地では被害が少ない。②風当たりの強い場所で激しく、深い凹地や防風林で囲まれていたところでは被害が少ない。③道路沿いで被害が激しく、特に当時の卓越風向に平行な道路沿いでは特に激しい。

風速の調査結果では、寒害当時はA、B両地点ともに、平均風速6～8m/sの強い風が吹いていたとする結果が得られている。したがって、今回の被害は、極端な低温だけが原因ではなく、強風がともなったために発生した寒風害であったと考えられた。

#### 2.1.4 被害の軽減事例

被害の激しかったA地点においても、防風ネットで被覆されたパイプハウス（フィルム無し）内では、露地（無被覆）に比べ、被害が小さくなっていた（表3）。被害度で比較した場合、露地81.3に対して、青色ネット（目合い3.0×5.0）で被覆されたパイプハウス内が68.3、黒色ネット（同1.5×1.5）内は17.0となっており、それぞれ、露地に対して、16%および79%の軽減効果があることがわかった。そこで、パイプハウス内外における日射量・気温・地温を測定し比較したところ、露地に対する各ネット内の日射量の割合は、青色ネット内で56.0%、黒色ネット内では20.3%となっていた。また、2月22日の最低気温は、露地が1.3℃であったのに対して、青色ネット内1.9℃、黒色ネット内1.6℃、地温においても、露地4.6℃に対して、青色ネット内5.5℃、黒色ネット内5.0℃といずれも露地よりも高くなっていた。しかし、気温・地温ともに、黒色ネットより青色ネットの方が高く、被害の軽減を気温・地温だけで説明することはできない。

したがって、被覆による被害の軽減効果は、気温や地温の上昇効果よりも、減風効果による枝葉の機械的損傷や強制蒸散が軽減されたこと、さらには、低温を受けた翌日の日射量が低減されたこと等が主な要因であると考えられた。

### 2.2 潮風害（1997年6～7月）

#### 2.2.1 気象状況

台風9708号が日本に上陸し、近畿→中部→関東と縦断した際に、八丈島では次第に風が強まり、八丈島園芸技術センターの観測では、6月28から29日にかけて最大風速26m/s、平均風速15m/sで、風速10m/s以上の時間は合計19時間にも及んだ。また、降水量は、台風の影響を受けていた6月29日に0.0mmが観測された後、7月1日に0.0mmが観測されたほかは、調査日の7月10、11日まで全く雨が降らなかった。さらに、29日および30日の日射量が26.1MJ/m<sup>2</sup>、23.9MJ/m<sup>2</sup>となり、最高気温が29日が26.4℃、30日は27.1℃となるなど、調査日までの間、平年を上回る気温の高い日が続いた。

#### 2.2.2 被害の調査方法

台風通過後の7月10、11日に、潮風害について現地調査を行った。調査対象として、フェニックス・ロベレニーのほか、ササ、タマシダ、キイチゴ、ハンノキ、サカキ等の植物を選定した。被害程度は、0=被害なし、1=葉面積の1/4未満の被害、2=同1/4以上～2/4未満、3=同2/4以上～3/4未満、4=同3/4以上とし、それぞれの被害度〔 $[\sum(\text{程度別被害葉数} \times \text{被害程度}) / (4 \times \text{調査本数})] \times 100$ 〕を求め、その平均値から地域毎の平均被害度を算定した。また、被害度100の地点において、無作為に2株のロベを選定し、葉位ごとに葉基部で切断後、葉面積計により被害面積と葉面積全体を測定し被害率〔 $(\text{被害面積} / \text{全葉面積}) \times 100$ 〕%〕を求めた。

#### 2.2.3 潮風害の地理的分布

潮風害の推定事例として、イネの減収率と海岸からの距離との関係を1次式で示した例があるが（真木，1987）、八丈島における今回の潮風害は、2つの山岳に挟まれた鞍部において、卓越風向（南西）沿いに対数的に広がっていた（図4、5）。これは、2つの山岳



図4 八丈島における潮風害の地理的分布状況 (横山ら, 1997)

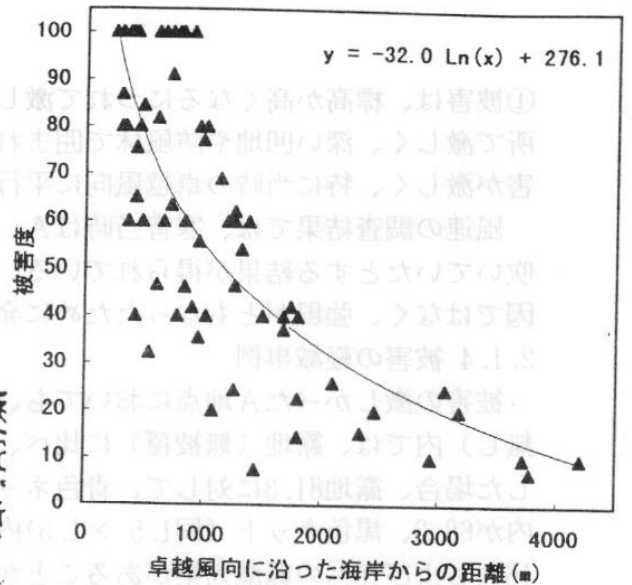


図5 潮風害と海岸からの距離との関係

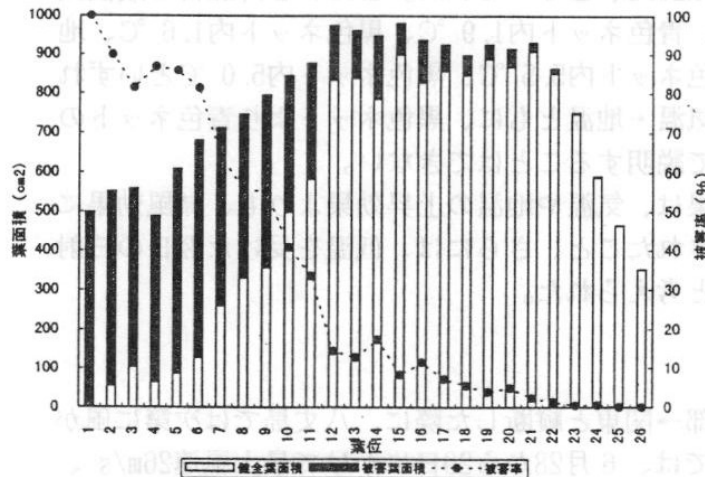


図6 フェニックス・ロベニーの葉位別潮風害 (横山ら, 1997)



図7 低気圧の通過にともなう被害の主な発生地域 (図中斜線部分) (図中の矢印は、小野ら(1993)の報告をもとに、風の流れを描いたもの)



パイプハウスの被害

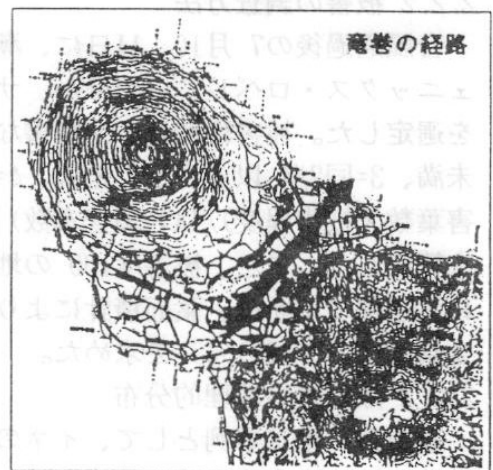


図8 竜巻による被害状況 (左写真) と竜巻の進行経路 (右図)

には含まれた鞍部において、風が収斂されたためより遠くまで潮風が及んだ結果によるものと思われた。沿岸からの距離を被害度別にみると、100 を越えた地域は、沿岸付近から1000m の広範囲にまで及び、フェニックス・ロベレニーやササ、タマシダ、ハンノキ等多くの植物に潮風害特有の葉縁より葉脈間から全体に及ぶ赤褐色化がみられ、葉が脱落しているものもあった。また、一般に潮風害を受けにくいとされるトベラ・ハマスゲ・ツバキ等にも1～2程度の被害が確認された。さらに、局地的には幹線道路や空港等の風が吹き抜けやすい構造の地形では、より遠方まで被害が広がる傾向がみられた。一方、八丈富士周辺における被害は、南西～北西斜面沿いにみられたが、沿岸からの距離は短く、海拔150m付近以上の高度にはほとんど被害はみられなかった。

#### 2.2.4 フェニックス・ロベレニーの葉位別被害程度

下位葉より潮風害の被害程度をみると(図6)、1位より9～10葉位までが約50%以上の被害を受けていた。また、17葉位付近からは10%以下となり、23葉位以上ではほとんど被害は認められなかった。これらの傾向は、未熟な若葉において特に被害を受けやすいとするミカンやチャの状況(小笠原, 1971、青野ら, 1974)とは異なる。この主な理由として、着葉形態の相違による海塩粒子の付着程度の違いや、付着後の日射照射程度の相違、さらには、外葉ほど風による振動を受けやすいなど、いわゆるヤシ科植物特有の葉の着生状態に主に起因すると考えられるが、詳細は今後の検討課題である。

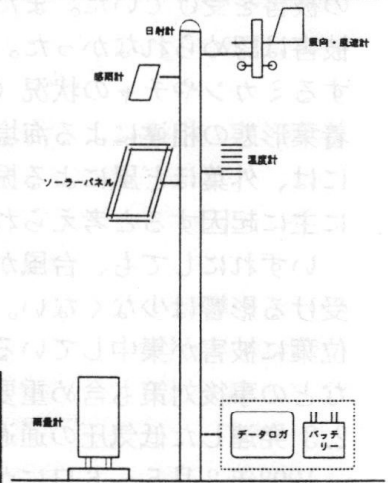
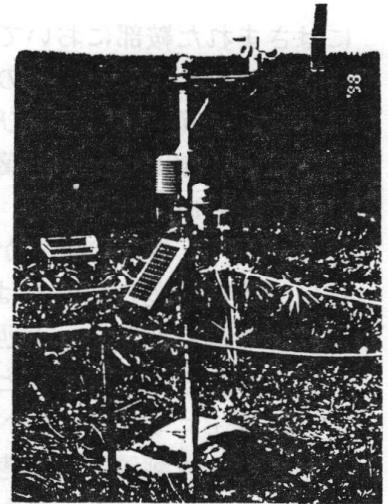
いずれにしても、台風が本島に上陸・接近しない場合であっても、潮風害として農業が受ける影響は少なくない。特に、フェニックス・ロベレニーの主な収穫対象となる中～下位葉に被害が集中している点で、農家の受ける損害は大きい。今後、防風林の対策や散水などの事後対策も含め重要な台風災害の一つとして、さらに検討を進めていきたい。

#### 2.3 発達した低気圧の通過にともなう強風害(1998年3月)

1998年3月5～6日にかけて八丈島付近を通過した低気圧は、最低海面気圧979.8hpaにまで発達し、最大風速26.6m/s(NE)、最大瞬間風速50.9m/s(北北東)を記録した(測候所観測値)。この低気圧の通過にともない、パイプハウスの全壊7棟、半壊10棟など1,600万円を越える農業被害となった。八丈島(測候所)における北北東風の頻度は、5%以下と低いが、地元農家では「ならいの風」として過去から恐れられている風向である。

今回の被害の特徴として、被害を受けた地域が島の鞍部の西部海岸部と中央部(八丈島空港付近)に集中した点にある(図7)。ところで、三原山山頂(701m)には、東京都防災行政無線システム中継所(以下、「三原山山頂」)があり、気象観測を行なっている。被害当時、測候所において最大瞬間風速50.9m/s(北北東)を記録した23時39分付近の三原山山頂における風は、最大瞬間風速44.5m/sで風向は北北西であり、測候所の風速よりも小さく、風向も異なっている。三原山山頂における観測データが、八丈島におけるほぼ一般風であると仮定した場合、一般風向は北北西であったことになる。小野ら(1993)によれば、一般風向が北北西の場合、八丈島における風系は図7のような流線となり、鞍部では北東～東北東の風が収斂され強化されることを報告している。また、被害の激しかった鞍部の西部海岸部と中央部(八丈島空港付近)は、それぞれ八丈富士の東側と西側、神止山の東側と西側を回ってきた風のぶつかり合う収束域にあたり、水平方向の強風だけでなく、垂直方向の風の乱れが起きていたとも推測される。これらの場所は、北よりの風のとくに激しい上昇下降気流が起きやすいとして、航空機の離着陸に対し注意を喚起している矢部(1971)の報告ともほぼ一致している。今後も、メソスケール現象の解析とともに、防風林や近傍の地物などのマイクロスケールでの調査・解析を進めていく予定である。

#### 2.4 竜巻(1997年11月)



凡例  
 ■「地域農業気象(気温・日射量・風向・風速・雨量)観測システム」設置地点  
 □気温・日射量観測地点  
 ▲他機関の気象観測地点

図9 八丈島における気象観測点の配置(左図)および「地域農業気象観測システム」の観測状況写真(右上)、模式図(右下)

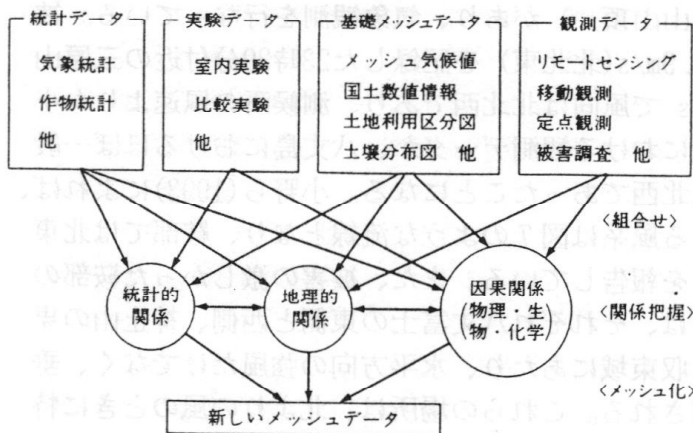


図10 種々の資料やデータから新しいメッシュデータを作成する場合の基本的処理と組合せ(原蘭, 1990)

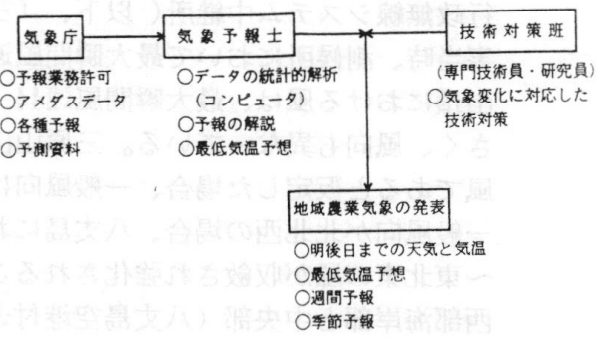


図11 地域農業気象予報における予報手順例(広島農技セ, 1997)



#### 2.4.1 竜巻の概要

竜巻は、八重根港沖で8時30分頃に発生し、八丈島の鞍部を南西から北東に直線的に通じた(図8右)。測候所の観測・調査によれば、竜巻は直径30m、吹走距離約3.5km、進行速度30~40km/hで、測候所に最も接近したときに最大瞬間風速36.9m/s(南西)を記録した。電柱の傾倒、ブロック塀の倒壊、自動車の横転、立木のねじ切れ、屋根のはぎとり等の被害状況(図8左)から、竜巻の規模はF1(風速32.7~50.3m/s)と推定された。

11月17日午前9時に低気圧の中心は、紀伊半島の南にあり、温暖前線が八丈島の北を通り東約300kmへ延びていた。竜巻発生当時、八丈島は温暖前線付近の暖域内であった。

#### 2.4.2 被害の状況

(1)農業被害→①パイプハウス全壊4棟、半壊8棟、②鉄骨ハウス全壊2棟、半壊1棟、  
③農業用倉庫1棟、④農作物他 (総被害金額11,190千円)

(2)農業以外の被害→人的被害(重傷1名、軽傷5名)、建物(69棟)、電気・ガス等

#### 3. 農業気象災害対策と農業気候資源の効率的活用を目的とした地域別気候特性の解明

前述のように、八丈島は度重なる農業気象災害を被っており、また、被害の地域差が大きいなど、早急なる被害予測や回避軽減対策が必要となっている。そこで、当センターでは、これらの課題解決のために、今年度より島内の地域ごとの気候特性の解明を目的として、6カ所において、気温・日射量・風向・風速・雨量の自動観測(「地域農業気象観測システム」と、5カ所における気温・日射量の観測を行なっている(図9)。このほか、八丈島測候所等3組織6地点の気象観測データの提供等の協力を受け、調査・解析を行なっている。これにより、気象災害対策とともに、地域ごとの農業気候資源の評価を図り、より効率的な農業の推進を支援していきたいと考えている。具体的には、農業環境技術研究所の協力により、メッシュ統計値(気候値)等の基礎メッシュデータや、「地域農業気象観測システム」等の観測データを用いて、八丈島独自の農業気候(気象)メッシュデータの作成を図る(図10)。さらに、リアルタイムメッシュ情報の作成など、広島県において既に実施されている農業気象予報(図11)を参考に、農作業計画や施設の温度管理等の日常の栽培管理場面だけでなく、台風等非常時の気象災害対策としても有効な付加価値の高い農業情報の提供を目指したいと考えている。

#### 〔引用文献〕

- 青野英也・築瀬好充・杉井四郎, 1974: 茶園の潮風害発生機構、農業気象, 30(3), 131-140  
小笠原佐代市, 1971: カンキツの潮風害とその対策に関する研究、山口県農業試験場特別研究報告, 25, 143  
小野晃路・三上岳彦, 1993: 八丈島における高層一般風と地上風系との関係、東京都立大学理学部地理学科卒業論文, 81  
原菌芳信, 1990: 農業環境研究におけるメッシュデータと気象情報の利用〔1〕1. 局地気象情報の把握と利用、農業および園芸, 65(7), 819-827  
広島県立農業技術センター, 1997: 「天・地・人メッシュ」利用ガイド—広島県農業環境情報—  
真木太一, 1987: 「風害と防風施設」、文永堂出版, 301  
矢部了, 1971: 八丈島測候所と同空港出張所における風向の相違について、研究時報, 23, 169-177  
横山仁・久保田まや・益永利久・木曾雅昭, 1997: 八丈島におけるフェニックス・ロベレニーの異常低温被害(2)、(3)、東京都農業試験場研究速報, 207-210  
横山仁・木曾雅昭, 1997: 八丈島のフェニックス・ロベレニーに発生した潮風害(2)、東京都農業試験場研究速報, 213-214

# 農業における風の功罪－風の防ぎ方・生かし方－

農業環境技術研究所 気象管理科 真木 太一

## 1. はじめに

農業における風の功罪として、風の防ぎ方・生かし方について述べる。これは「風を読む 農業と暮らしのなかの風」（毎日新聞社富民協会，1990）として出版された拙書の中に、それらの項目がある。従って、その一部を取り上げるとともに、新しい情報も幾つか入れて、簡単に紹介する。

## 2. 風の功罪

### (1) 農業にとって風はプラスかマイナスか

風が全くなければ、作物収量は減少するだろう。一方、強過ぎれば当然風害となる。特に、高・低温、湿度（乾燥・湿潤）、塩分、砂などが関与すれば、作物の被害が加算的に増加するようになる。

### (2) 風害ゼロでこれだけのプラス

台風害がなければ、毎年作物の収量はかなり増加することになる。風水害としての統計ではあるが、水稻では平均2.7%増加する。莫大な量である。その他の気象災害の冷害、干害でもやませ風、乾熱風など影響するため、風害が関与したとも考えられる。従って、5%近く増加することになる。

### (3) もし風がなければマイナス

二酸化炭素の拡散・輸送減少で作物の光合成の低下、作物の高温害と低温害、風媒花（稲）の受精障害、作物の徒長、病害虫の多発、蒸し暑さで作業能率の低下などが発生する。

## 3. 風の防ぎ方

### (1) 水稻の冷風害、やませ風の防ぎ方

冷害は冷風害で、風害の一種である。東北地方ではやませ（風）、北海道では偏東風が元凶である。

#### ① 東北地方のやませ風

東北地方の冷害は、図1に冷害年の水稻の作況指数、図2に気温、図3に温位と風向・風速の分布を示すとおり、主として太平洋側で発生している。本州では梅雨前線が東西に横切って停滞する6～7月に、オホーツク海高気圧から吹き出す気流は、太平洋上で水蒸気を吸収し海霧を伴って青森・岩手県などの太平洋岸から内陸に侵入する。この風は親潮（千島海流）の上を通るため低温である。

やませ風の風向（図3）は北東～南東であり、また風速は平均的には5m/s以下で、10m/sを越えることはほとんどない。また内陸部では1～3m/sのところが多い。従って、この風が内陸に侵入すると、雲や霧のために日射がさえぎられて、気温が上がらず、作物の生育が遅れる。この風は内陸に入るにつれて、山、森林などによって霧が少なくなるが、強い時には奥羽山脈にまで達する。

やませ風は層流に近く、大気安定度で表現すると安定気流であり、高さは平均1,000mと低く、高い場合でも1,500m程度であるから、北上山地の1,000m以下の低いところはなんとか越えられるが、1,500m程度の奥羽山脈はなかなか越せない。ただし、強い場合には谷の低地にある八甲田山と八幡平間の花輪線や田沢湖線、北上線などの峠付近を通して秋田・山形県側に侵入する。

また、蔵王山（1841m）の南（金山峠）を回って山形盆地になだれ込む状態を蔵王から確認したが、蔵王や山形盆地は晴れているのに、太平洋側は典型的なやませ風で、霧または小雨が降っていた。

#### ② 北海道の偏東風

偏東風をやませ風と読ませることもあるが、これは北海道の太平洋側で吹く局地風を指す。北海道東岸の根室・釧路付近でも、やはりオホーツク海から海霧を伴った風が吹く。海霧をまともに受けるこれらの地方では、水稻栽培は非常に難しいため、比較的冷害に強い作物を作付けするが、それでも牧草まで冷害を被ることがある。この風も内陸に入るにつれて、防霧林などの森林によって霧が少なくなる。この状況は海岸からの距離との関係で差が明らかである。

石狩平野では、太平洋からの距離が長いので霧や曇天は少なく、晴れることが多い（晴れやませ）。ただ東風ではなく常風が南風になる。この冷風害防止には防風林・ネットの効果が高い。

#### ③ 防風林・ネットによる冷風害防止

やませ風は春・夏季に東北地方から北海道の太平洋側で吹く東風の海霧を伴った湿った低温の風である。この風を防ぐには防風林が有効である。海霧の霧水量は防風林によって、その風下3H（高倍距離）で21%、20Hでも85%に減少され、効果が顕著である。また防風ネットでも、減風すると気象改良効果として気温、水温が1～2℃上昇する（図4）。従って、水稻の草丈は10～20cmも高くなり、茎数も4～5本増加して、また生育が数日促進され、品質が1等級程度よくなり、収量が5～30%増加する。なお、東北の北上地域での1993年冷害時における水稻の防風林による被害軽減事例を図5に示す。

### (2) ミカンの潮風害の防ぎ方

潮風害は7~10月に多く、主として海岸より5km以内で、時には50~100kmでも発生する。潮風によって付着した塩分が水分の蒸発によって濃縮されて、葉内に入り生理障害を発生させる。ミカンでは0.4~1.5g/m<sup>2</sup>の塩分量で被害が出始め、濃度の増加とともに急激に落葉が増加する。特にモモ、ウメ、ナシなどの落葉果樹が弱く、温州ミカンの方が強いが、ハッサクでは弱い。

潮風害は単なる強風害と異なり、風の塩分の有無で大きく被害の様相が変わる。強風だけでは10m/s程度でも柑橘などは被害が出ないが、強風に塩が加算されると潮風害が発生しやすくなる。最大風速23m/sでは10H程度までは強風に潮風が加算されても、10~20%程度であまり大きな差異はないが、それ以上では落葉率が50~60%も増加するようになる(図6)。防風林などの減風によって塩分付着量を減少させ、また作物葉の傷の発生を減少させることで被害軽減できる。ただし、防風林自体が塩に強くなければならず、暖地、八丈島などではクロマツ、イヌマキ、トベラ、マサキ、ツバキ、イスノキ、ダンチクなど、特に沖縄ではモクマオウ、アダン、フクギ、テリハボクなどが有効である。

### (3)ミカンの寒風害の防ぎ方

柑橘では7m/sから落葉が増加するが、防風林・垣によって減風させ、その風速以下にすると、低温の乾燥風による強制蒸発散を減少させる効果があり、また落葉率を低下させる。一方、弱風時には減風すると逆に気流が停滞して凍霜害を助長する場合がある。傾斜地の下端では注意が必要である。

### (4)フェーン風害の防ぎ方

防風林には高温・乾燥風、フェーン風を緩和することができる。作物の強制蒸発散を減少させ、乾燥を弱め、また気温を低下させて被害を軽減する効果があるが、完全に防げるという訳ではない。

### (5)作物・土壌の風食害の防ぎ方

冬・春季の関東地方や春季の北海道の十勝地方では強風で飛土・飛砂が発生する。特に、乾燥・強風時、関東ローム地域の畑地では黄塵万丈となることがある。また、海岸などの砂地でも風食が発生し、砂丘を形成することもある。これには防風林・垣が有効である。風食・飛砂防止には1列の高く大きい防風林よりも1m程度の背の低い防風垣・ネットを多列に設定することがより効果的である。激しい場合には草方格と防風林・ネットを組み合わせると有効である。

## 4. 風の生かし方

### (1)冷気流の特性とその活かし方

傾斜地では寒候期、晴天、弱風時には逆転層が発達し、斜面上では冷気流が発生する。この風は周辺の空気より高温で乾燥しているため、特に斜面低地、麓の作物に対しては暖風である。従って、冬季では霜が少なく、作物の生長、品質がよく、病害虫も少なく、また作物は露・霜が少ないため収穫作業・調整が楽であるなどの利点が多い。愛媛県西条市でのハウレンソウ産地での冷気流(アラセ)が、風の気候資源として顕著な事例である。また、斜面温暖帯での温度資源の利用も可能である。

#### ①ハウレンソウの作型、品質・収量の特徴

西条市のハウレンソウの作型は、10~11月、12月下旬、2月下旬ころに播種し、11~5月に、品質のそろったものを3~4回、間引収穫する方法である。品種はリード、パレード、オーライ、グローバルで、深耕した高畦(25cm)の広幅畦(130cm)に全面にばら播く栽培方法であり、播種量は2.5~3.0kg/10aで、収穫量は4t/10aである。水稻と夏野菜などとの輪作体系がとられている。

この産地内での品質、収量は均一ではなく、品質良の地域では収穫回数3~4回、中の地域では2回、不良の地域では1回程度のように大きな格差がある。販売金額にして10倍以上もの差が出る主因は、まさに局地風アラセである。また低平地では地下水が高く、肥沃度の差は格差を広げることに関与するが、この風よりは影響程度が小さい。

#### ②局地風アラセの特徴

産地周辺の冬季、夜間の風速、風向、気温、湿度(霜)の分布図によると、山麓域では気温は高く、風速は強く、南~南西風向で湿度は低い。一方、北部の低平地では気温は低く、風速は弱く、湿度は高い。従って、降霜、凍霜害は山麓域では少なく、低平地では多い。また全般に気温がやや高い場合には、山麓域では露、霜とも降りなく、中間地で露、低平地で霜という分布になる。

わずか1km程度の距離における顕著な気候差の原因は、まさしく局地風アラセである。この風は秋・冬季に石鎚山脈の中腹(1,000~1,500m)付近から吹き下ろす気流で、典型的なものは、高さ1mの気温は5℃で温暖であり(暖風)、湿度は50%で乾燥しており、高さ5mの風速は5m/sで、強風ではない。従って作物にとっては、生育がよく、凍霜害が発生しないことになる。

昼間の気象については低平地では気温はわずかに高く、湿度も少し高い。風速はやや強いが、これは北寄りの海風、または北西の季節風の影響による。作物に対しては、霜があるか、ないかの気温が効いて、昼間の気象の差異よりも夜間の方が大きく影響する。なお、夜間の気温分布から、図7のよ

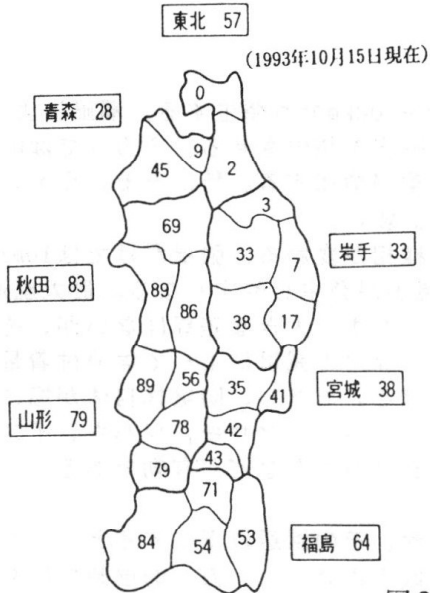


図1. 東北地方の水稻の作況指数 (東北農試, 1995)

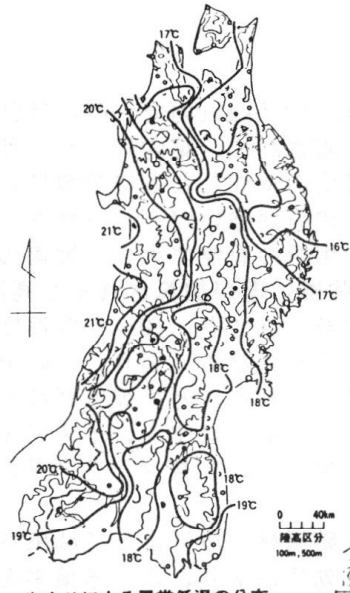


図2. やませによる異常低温の分布  
平成5年、最大の低温となった8月上旬の平均気温の分布で、これは作況指数(右)とよく対応している。(東北農試, 1995)

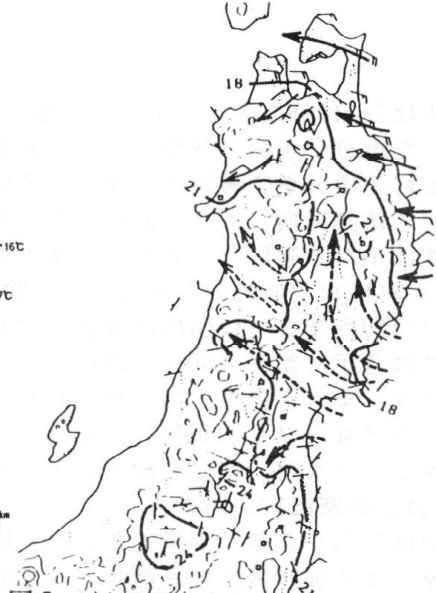


図3. 1993年7月15日~8月10日まで平均した日平均温位と風向風速(東北農試, 1995)

注. 温位は気球を標高0mまで降ろしたときの温度。長い矢羽は風速2m/sを、短い矢羽は1m/sを、□は0.5m/s未満を、矢印は平均的な風の流れを、矢印の実線と破線は異なった性質の風であることを示す。

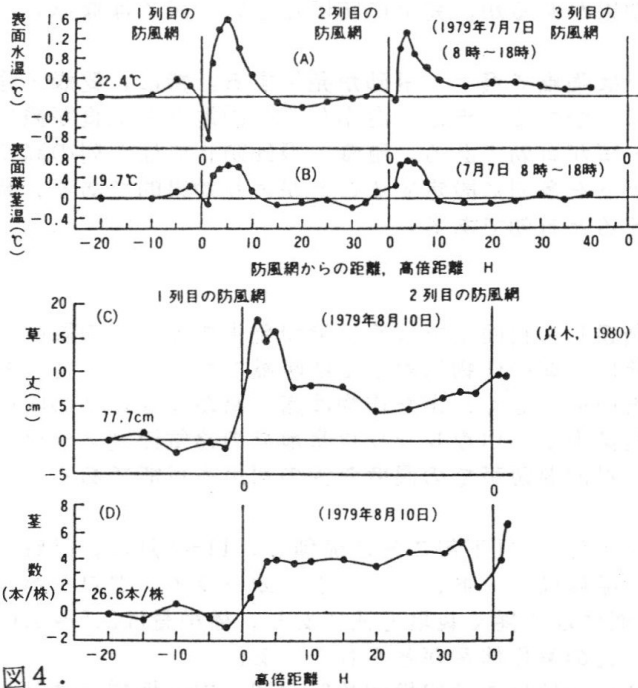


図4. 防風網による水田の表面水温、表面葉茎温、イネの草丈、茎数への効果  
防風網：寒冷紗110番、密閉度50%、網高(H)2m、長さ150m、水稻品種インカリ、北海道長沼町

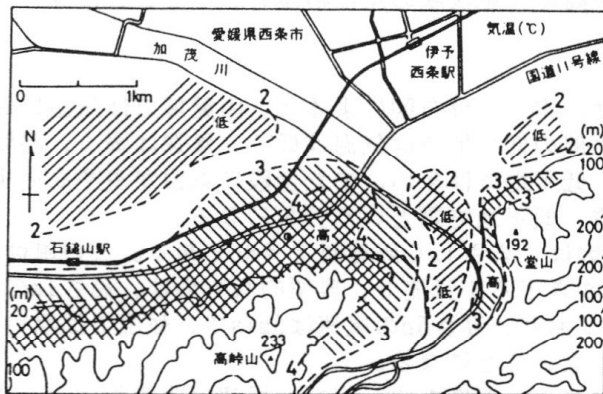


図7. ホウレンソウの適地判定区分(真木・黒瀬, 1988c)  
①4℃以上: 最適地(最多収, 最高品質地域)  
②3~4℃: 適地(多収, 高品質地域)  
③2~3℃: 中間地(栽培管理を十分行えば、かなりの高品質, 多収化が可能な地域、被覆法導入地域)  
④2℃以下: 不適地(被覆法導入, 他作物導入, 他用途地域)

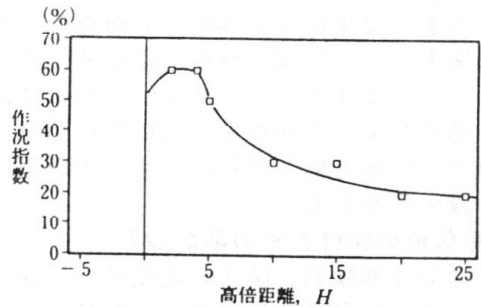


図5. 防風林による水稻の作況指数の変化(原図)  
防風林: 雑木林、高さ10m  
(岩手県北上市)

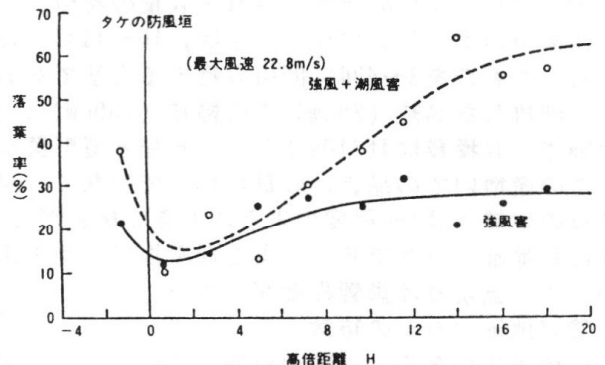


図6. 強風だけと強風+潮風によるカキの落葉率の差異(早野ら, 1962)

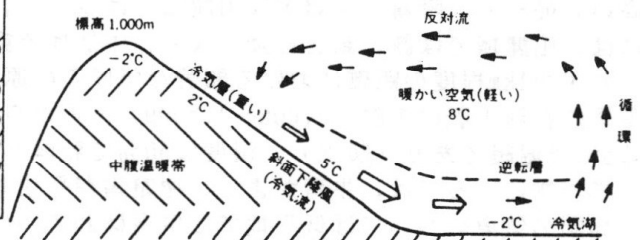


図8. 斜面下降風(冷氣流)のモデル

うな適地区分ができる。品質・収量とよく対応して、その妥当性を示している。

### ③局地風アラセの発生メカニズム

局地風の発生機構を述べる。図8に示すような傾斜地で、夜間、山の中腹に逆転層が形成される。山の中腹は温度が高いが、その上層の山頂付近は気温が低い。山の斜面でも地表面では放射冷却があるため、地面の温度が低くなる。従って、そこに接する空気の温度も低くなり、次第に低温の空気が溜まるようになる。ただし、そこは傾斜地であるため、やがて低温で密度が高く重い空気は、重力によって斜面に沿って低地に向かって流れ始める。その風が、いわゆる斜面下降風または冷気流と呼ばれ、ここでいう局地風アラセである。

この風は、夜中に常に吹くというよりも、強くなったり弱くなったり、間欠的に吹くことが多い特徴がある。山麓直下では強いが、低平地に出ると次第に弱まり、ついには止ってしまう。止ったところでは、暖風からの熱の供給がないため気温が低下し、霜が降りて作物の生育は遅れることになる。

低平地では下層を吹く風は止むが、その上空では図8のとおり、山の方に向かって弱い風が吹き、山から吹き下ろす風の空気量を補い、気流は循環するようになる。もちろん、山麓域が最も強く、その他は弱い。この風は前述のように、冷気流であるが、作物に対しては暖風である。一見不思議に感じられるが、その理由は次のとおりである。

冷気流とは斜面で吹き始める時の呼び名であって、斜面の上空(10~100m)では気温が高く、斜面の直上(高さ1m以下)では気温が低い冷風である。その相対的な気温差によって付けられた名称である。従って、その風が低平地、特に盆地などに流れて来る場合には、山麓や低平地の方がはるかに低温であるため、山麓から低平地での気流温は相対的に高く、暖風であって、作物の表面や地表面に熱を与えることになる。よって、この風が吹く地域では冬季の作物栽培に有利となる。

### (2)風力エネルギーの利用

自然風としての風力エネルギーは太陽エネルギーの0.3%であり、それを利用することは有効である。風力エネルギーは電気や熱エネルギーに変換して利用するが、資源としては、①風の変動性・不安定性、②回転型の発電機では風速の3乗に比例する風力エネルギーを利用するため、経費との関係から一般に3~10m/sの範囲の風しか利用できない、③強風時の風車の安全性の問題などがある。

島しょ、半島、海岸、山岳では風が強く(図9)、風力エネルギーの賦存量が多く、定常的に吹くため有効である。国内でも100箇所近くで大型の風力発電ファンが設定され、発電が行われている(図10)。八丈島でも風力、場所など条件的には整っており、設置が期待される。

現在は石油エネルギーと比較して高価であるが、カリフォルニアでは投資減税のためウインドファームで1万6千機以上の風車が稼働し、一般家庭にまで配電している。しかし、日本では経済的に成り立つのは離島や高山であるが、クリーンなエネルギーとしての価値が高い。また、防風を行う目的で風力発電機を多数、列状に設置する考えもある。今後、風力資源をより多く利用する必要がある。

### (3)防霜ファンの人工の風で茶・果樹を守る

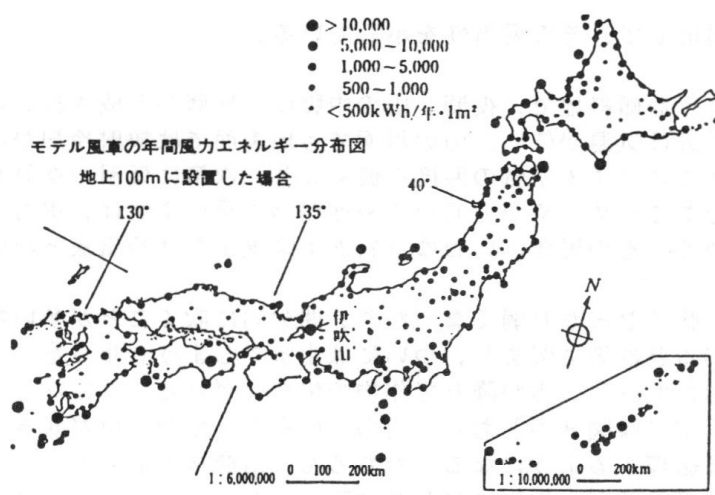
寒候期、晴天、夜間、弱風時には、接地面の気温が低く、上層で高い、いわゆる気温の逆転が発達する。人工の風の利用である防霜ファン(ウインドマシン)によって凍霜害を防止する。防霜ファンはミカン、チャなどでよく使われる。大型(100馬力)は米国などの広大な果樹園で使用される一方、日本の場合は一枚の農地が狭く、また地形が複雑なため小型(1~2馬力)が適している。

寒候期、晴天で乾燥・弱風状態の日には、地表面からの熱が上空に逃げていくため冷える。雲があると雲からの熱の反射があり、風があると風上から熱が移動して来て、あまり冷えない。防霜ファンが効果を発揮するのは、弱風時で逆転層が形成され、地上数mの高さの気温が地表面や作物体温よりもかなり高い場合である。上空の暖かい空気を作物体に吹き付けて、熱を与え冷却を防ぐ方法で、一般には6m程度の高さのファンから吹き下ろす。

図11に昇温事例を示したように、この程度の効果が認められる。小型防霜ファンは10a当たり3~4基が適当である。また、特に効果を発揮するのは、傾斜地の斜面の上空から下方に向けて吹き下ろす場合であって、多数の防霜ファンで、傾斜地の上層から谷の方向に全体的に下降気流を発生させる。

図12のモデルの下層のように盆地や凹地に冷気湖ができて、盆地全体が低温化している場合には効果が低い。ただし、風を吹かせて効果が全くない訳ではない。それは作物体が風によって振動するため、その周辺の気温と同じ温度になり、葉面が低温化しないためである。この理由は、風を当てないで放置しておくとも気温よりも葉温や地表面温度が、概して低くなることを意味している。また、防霜ファンを作動させて温度が上がっても、止めると、すぐ元の低温にもどるため、気温、特に葉温が低くなれば、ただちに作動させるようにする。

最も効果がないのは強風時であって、2~3m/sの風を吹かせても、自然の風が数m/s以上であれば作



1㎡当り風エネルギー分布。統計期間、気象官署：1941～70、灯台：1961～70、その他の観測所1976年または1977年

図9. 年間の風力エネルギーの賦存量の分布

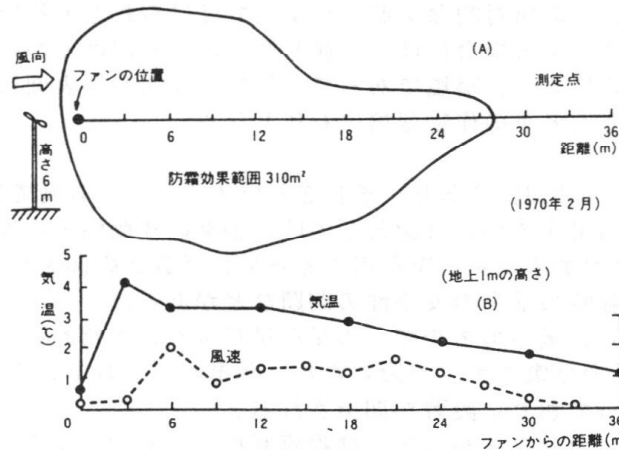
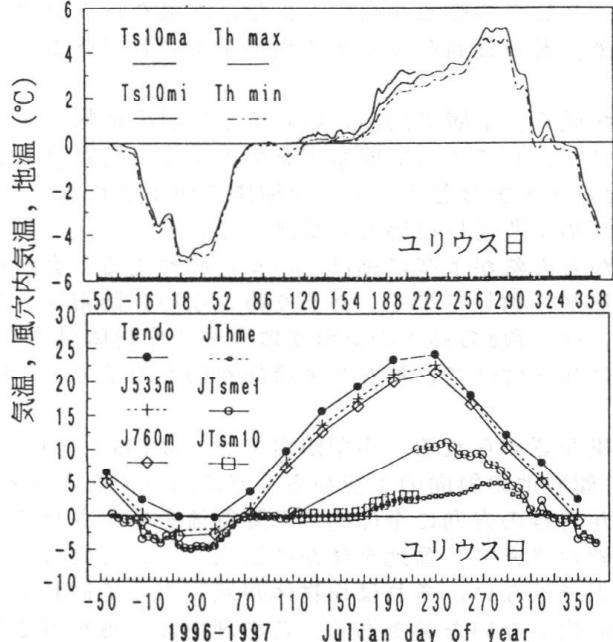


図11. 小型防霧ファンの効果 (山本; 黒柳, 1975)  
(A) 防霧範囲, (B) 風速と気温の変化



1996-1997 Julian day of year  
Ts10ma, Ts10mi: 10cmの最高地温と最低地温  
Th max, Th min: 風穴内最高気温と最低気温  
Tendo, J535m, J760m: 天童市, 535m, 760mの気温  
JThme: 風穴内気温の5日間移動平均  
JTsm1, JTsm10: 1cmと10cm深の地温

図13. ジャガラムカガ風穴内の気温の年変化

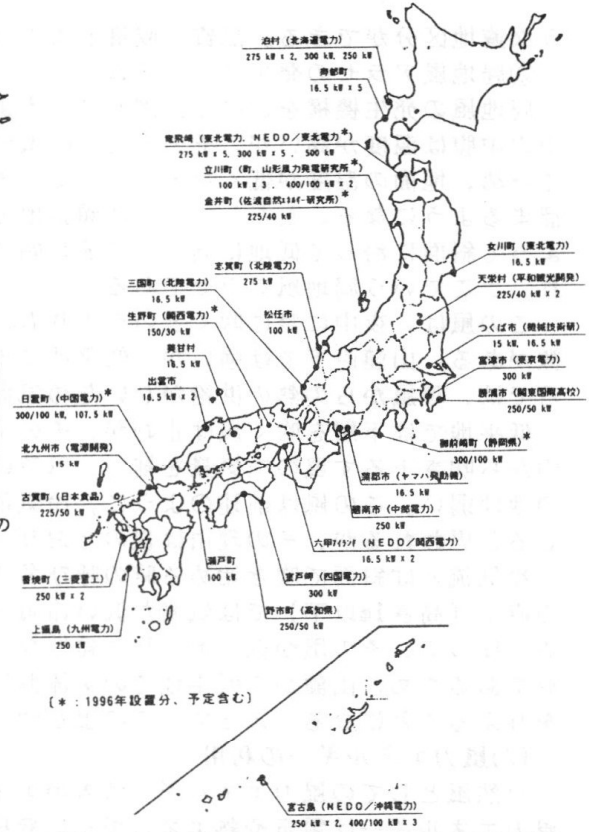


図10. 日本の主要な風力発電所の設置状況

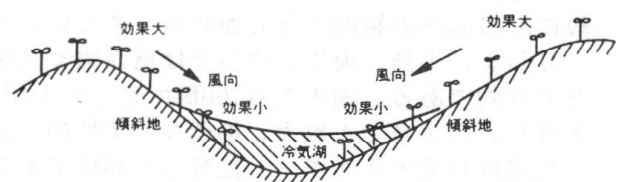


図12. 傾斜地上の防霧ファンの設置状況  
冷氣湖内では防霧ファンの効果は小さく、一般にはミカン、チャなどの栽培は不適である

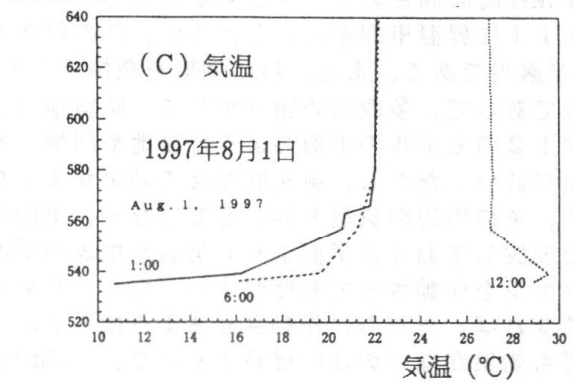
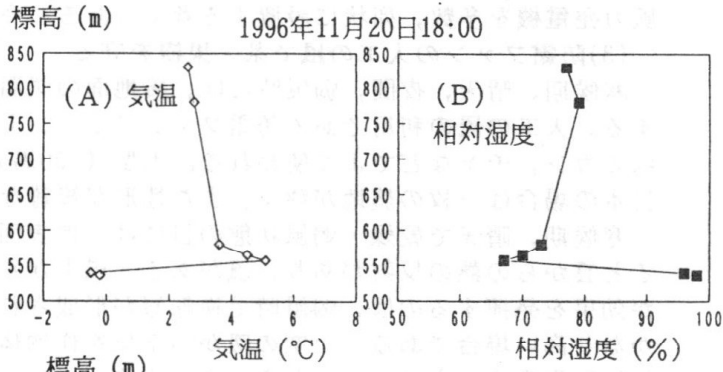


図14. 盆地内外の気温と相対湿度の垂直分布

物体には当たらなくなり、無意味である。このため、氷点下の風が作物体に強く吹きつけるような時には効果が少なく、寒風害が発生する。

防霜では、1℃程度のわずかの温度差でも非常に大きい効果の差が出ることがある。特に霜が降りるか、降りないかの、ぎりぎりの時にはなおさらであり、特に茶摘み直前では決定的な差となる。

#### (4)シイタケほだ木の伏せ込み場での風の利用

シイタケの生長に適する湿度は75~90%とされている。90%以上では過湿であり、50%以下では過乾である。「きのこ」であるため湿った場所がよいように思われがちだが、そうではなく、新鮮な空気を当てる必要がある。そのため通風のよい、一般には山の斜面の中腹から尾根が適する。特にほだ木のある直近の風速が0.2m/sなど無風に近い状態が長く続く場所では、雑菌が繁殖して好ましくない。また、直射日光が長時間当たることは不適である。風の利用する意味で風通しが重要である。

#### (5)畜舎、乾燥・貯蔵庫、ハウスでの風の利用

畜舎、鶏舎でも通風が重要である。特に梅雨期や夏季の高温期には冷房装置がない場合には注意が必要である。また、乾燥庫ではもちろん貯蔵庫でも、通風が重要な役割を果たす。往々にして、このことを忘れがちである。さらには、ハウスでも高温時の換気は重要であり、その換気に自然の風を利用することが省エネになる。その地域の風向・風速を考慮して、効率的に利用する必要がある。

#### (6)風土産業と風の利用

風土産業として、昔から切り干し大根、干しイモ、海苔、素麺など、自然の乾燥した風を利用して来た。最近では利用程度が低くなっているが、それでも海岸での海産物の昆布、しらす干し、イリコ、干しアジなどで、またタマネギの球根やタマネギの種子、サツマイモ、コンニャクなどでも利用されている。近年の化石燃料の過剰使用による地球温暖化の時代では、農産物の乾燥などでも以前に多く利用していたように、自然エネルギー、特に乾燥した風のエネルギーを利用したいものである。

#### (7)風穴の冷気の利用

日本には風穴が150箇所程度ある。これらは多くは夏季に低温、冬季に相対的に高温の、年間を通してあまり変化のない温度環境を提供している。特に冷風穴と呼ばれる風穴では夏季に5℃以下のことが多く、利用価値はある。しかし富士風穴のように観光資源としての利用価値が高いかも知れない。

##### ①山形県天童市のジャガラモガラ風穴の特徴

ジャガラモガラ盆地では低部の石礫間から夏季に冷気が吹き出す。このため、風穴冷気の特徴(図13)、盆地の冷気流・冷気湖・気温逆転の特徴、植生分布の逆転状況などが極めて特徴的である。その理由としては、盆地であるため気温の逆転が発達しやすく低温になることに加えて、盆地の下層部にある風穴から冷気が吹き出すことによる。

このジャガラモガラ風穴内の気温は夏季に2~3℃、年最高で5.3℃、年最低で-7.6℃であった。冷風穴出口の風速は1m/sであり、相対湿度は100%が多い。また、冷気流の風速は1.5~2.5m/sが多かった。図14に気温と相対湿度の垂直分布を示すように気温逆転が顕著である。

このように、年間を通じて逆転層の発達頻度が高いため、植生の高度分布が逆転し、亜高山植物、乾性植物の矮化した植物が多く、かつ種類が多い特徴を示している。

##### ②風穴の種類とその利用の見直し

風穴は洞窟(洞穴)風穴と累石風穴に分けられる。前者は人が入れる洞窟状の風穴であるが、後者は碎石が積み重なった累石状の風穴であり、石間に空気が通過できる細かい間隙を持つ。前者には富士山溶岩流の抜け跡の富岳風穴、鳴沢氷穴などがあり、貯蔵庫に利用されたり、最近では観光資源となっている。後者にはジャガラモガラ風穴や秋田県大館市の長走風穴、宮城県白石市の渡瀬風穴などがあり、半地下の建物に冷気を導入し、蚕、スギの種子を貯蔵した農業気象的利用例があるが、最近では冷蔵庫の普及で使われていない。

しかし、化石燃料の消費による炭酸ガス増加に起因した地球温暖化の問題から考えて、今後は風穴の冷気風や暖気風のような無公害の自然エネルギーの再利用を見直す必要がある。

## 5. あとがき

風には両面があり、ある場合には効果となるが、ある場合には逆効果となる。これを「風の功罪」として幾つかの事例を示した。また防風については、多くのものがあるが、ここではあまり多くは示さなかった。さらに利活用について、幾つかの事項を示した。現在は、地球温暖化の中で、二酸化炭素の削減が重要となっている。このために気候資源としての風、自然エネルギーの風に注目して解説した。夏・秋季の台風、冬・春季の季節風については、強風・悪影響を軽減する必要があるが、過剰に施設・対策などを投資したのでは採算が合わないため、経済性を十分検討する必要がある。

### 引用文献(省略)

# クリーンアイランドをめざす八丈島

近藤 豊

(東京都八丈支庁産業課長)

## 1 八丈島の概要

八丈島は、東京の南約290 km海上に浮かぶ面積70km<sup>2</sup>のひょうたん型の島。南東部を占める三原山（標高700 m）と北東部を占める八丈富士（標高854 m）から成り立っている。この会場は、八丈富士の南西斜面に位置し、八丈富士の南側斜面と三原山の北側斜面を見ることができる。

年平均気温は18℃、年間の降水量は3,073 mmと温暖湿潤な気候である。また日照時間が少なく、風の強い日が多いことが特徴である。

主な気象	八丈島	東京	父島	備考
年平均気温	18.1℃	15.6℃	22.9℃	
年降水量	3,073 mm	1,405 mm	1,261 mm	
年日照時間	1,540 h	1,811 h	2,087 h	
年平均湿度	76 %	64 %	78 %	
年強風日数	28 日	1 日	3 日	15m/s 以上
年快晴日数	8 日	46 日	15 日	

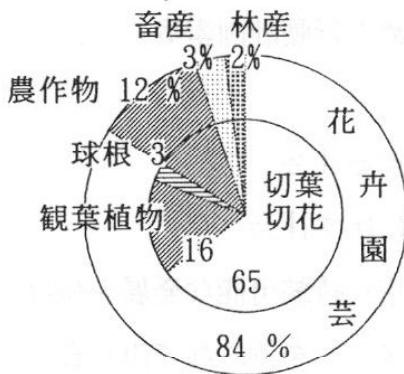
本土との交通は、東京竹芝桟橋から東海汽船のすとれちあ丸（3,700ト）が毎日運行するとともに、東京国際（羽田）空港からエアーニッポンのボーイング737及びYS11が毎日合わせて5便運行されている。また、八丈島を起点として、東邦航空愛ランドシャトルが青ヶ島、御蔵島、三宅島、利島、大島の間を毎日運行している。

産業は温暖湿潤な気候を活かしたフェニックス・ロベニー、レザーファンなどの切葉をはじめ、観葉植物、フリージアなどの球根類といった花卉園芸が盛んで、年間で30億近くの生産がある。台風接近時の塩害、冬場の凍害等から

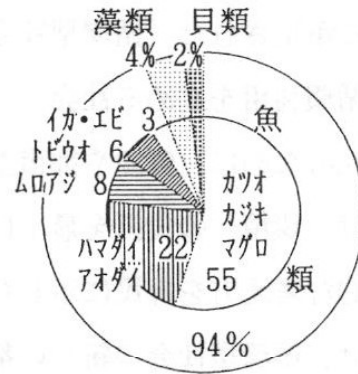


いかに作物を守っていくかが今後の課題である。また、カツオ、マグロなどの回遊魚、アオダイ、ハマダイなどの底魚、トコブシ、ギンタカハマといった貝類を対象とした漁業の生産が12億円ある。かつては、トビウオ漁が盛んで、農業生産以上の水揚げを誇っていたが、年々漁獲高が減少している。水産資源の維持・増進が課題。

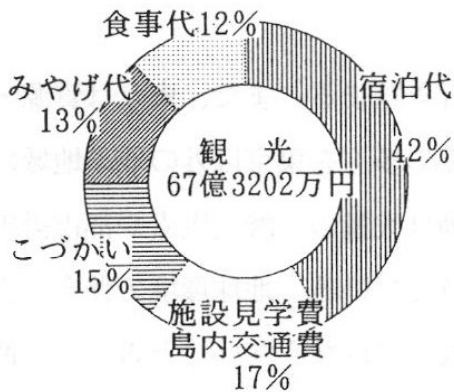
農林業生産額（8年）  
29億5401万円



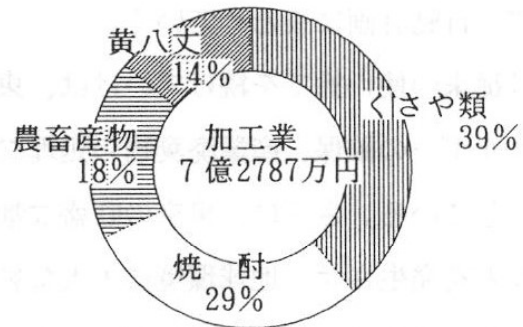
漁業生産額（8年）  
12億 109万円



観光客消費額推計（8年）



商工業（8年）



観光客は年間13万8千人と推定され、その宿泊代や食事代、みやげ代等は年間67億円にも及んでいる。不況及び観光客の嗜好の変化で、観光客数の落ち込みがある。特産品である焼酎、くさや、黄八丈、あしたば製品の生産高は、年間7億円である（いずれも平成8年の数字）。

今後の観光振興を図るには、農林水産業の体験機会の提供や奥深い両山を巡

るハイキングコースの整備及びガイドシステムの導入が必要。循環型社会づくりの視点から、環境に与える負荷も考慮した観光誘致も念頭に置くべき。

## 2 東京都の循環型社会づくり

この6月に環境庁が発表した環境白書の副題は「21世紀に向けた循環型社会の構築のために」。大量生産、大量消費、大量廃棄からの脱却としての「循環」と「共生」の経済社会システムへの転換をうたっている。都では、これに先立ち10年2月に策定された「循環型社会づくりのための行動計画素案」で、

- ・資源の循環利用を進める社会
- ・将来世代のために、資源や都市空間を大切に作る社会
- ・排出物は、環境への負担を最小にして、自然に戻す社会

という基本的な考え方を都民に示した。また、東京が持続可能な発展を続けていくためには、循環型社会の新しい都市生活のイメージをみんなで出し合い、できることからライフスタイルとして定着させていくことが必要であるとの認識から、10年秋までに都民、事業者、NPO、区市町村等からの意見を取り入れて、行動計画にまとめていく。

「従来の使い捨てを続けていけば、東京は行き詰まる。また、東京は資源・エネルギーの確保、産業廃棄物の処理など、その多くを東京以外の他の地域に依存している。さらに、東京の旺盛な都市活動は大量の二酸化炭素や都市排出熱などを発生させ、地球環境に多大な影響を与えている。地球環境の保全に責務を果たすため、この課題に取り組んでいかななくてはならない」と訴える「循環の青島知事」の言葉に、その取組姿勢が現れている。

## 2 八丈町のクリーンアイランド構想の意義

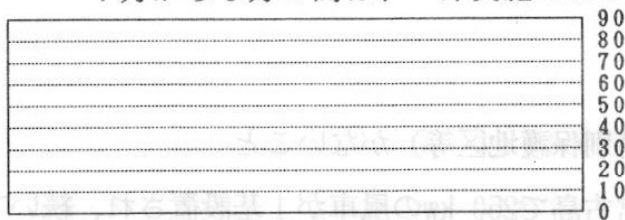
### (1) デポジット制度導入

この9月から、八丈町ではアルミ缶、スチール缶、ペットボトルを対象としたデポジット制度を開始している。これは、販売時に10円上乗せして販売し店

舗にこれらを返却すると10円が戻るもので、回収率を向上することで街中での空き缶等のポイ捨てを減らそうというものである。すべての小売店が参加している訳ではないので、参加店ではシールを貼ることになり、作業が多くなるなどの問題点もあるが、制度開始前と比較して、空き缶やペットボトルの回収本数は〇割増加している。

#### デポジット実施による回収本数の変化

■■■ 実施前（6月）    ■■■■ 実施後（9月）  
 7月から8月の間は、一部実施のため除外



アルミ缶    スチール缶    ペットボトル

こうした制度は、すでに大分県の姫島で昭和59年から行われていて、決して新たな取り組みではない。しかし、八丈での経験を踏まえて、東京都全体あるいは日本全体にまで制度を広げること、メーカーをも巻き込むことで循環型社会づくりの発信基地となることをめざしていることが従来の取り組みと異なる点である。

#### (2) クリーンエネルギーのモデル島をめざして

クリーンなのは、街の景観だけではない。先程、「東京は資源・エネルギーの確保、産業廃棄物の処理など、その多くを東京以外の他の地域に依存している」ことを紹介したが、この島も同様である。人口9,500人の島に8,100台の自動車があるが、その燃料は火力発電用の燃料とともに東京からタンカーで運ばれたもの。また、かつては島の照葉樹林を中心に炭焼きが行われており、島内需要はもちろん、炭の生産地として東京にも出荷されていたが、今日家庭で使われるのは、東京から運ばれたプロパンガスである。

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による地熱開発促進調査（平成元～3年）を機会に、燃料の燃焼で生じるCO<sub>2</sub>の減少や、輸送にかかる

コスト減・CO<sub>2</sub>の減少を目的として、クリーンエネルギー活用 of 取組みを開始した。

### (3) 風力発電

年暴風日数が28日にあることからわかるように、八丈島では年間平均して秒速7mの風が吹いている。風力発電施設の建設が可能な条件を『省エネルギー総覧 97年度版』でみると、次のようになっている。

- ・平均風速5 m/秒以上
- ・標高500 m以上
- ・傾斜5°以下
- ・土地利用上の制約（自然公園特別保護地区等）がないこと

全国的にみると、平成3年に宮古島で250 kwの風車が1基設置され、続いて7年には同じく宮古島で400 kwの風車が3基増設されている。8年には佐渡島で220 kwの風車が1基設置され、40kwの電力を東北電力に売却している例がある。現在北海道から沖縄まで、20箇所以上で試験運用が始まっている。

八丈島では、火力発電所からの電力供給が見込めない、町のふれあい牧場の電源に風力発電を導入することした（平成8年度）。

最大出力5 kwの風力発電機4基を設置することで、風速12~13mで合計20kwを供給する。発電された電力は、牛の管理、冷凍精子の保存のほか施設の照明自動販売機の運転に使われる。余剰電力は蓄電池に蓄えられ無風時に備えられる。蓄電池だけで発電が足りない場合、従来使用してきたディーゼル発電機でバックアップする。

風力発電の導入により、年間〇ℓの軽油が節約できた。ふれあい牧場を訪れる観光客にも、シンボルとして親しまれている。その一方で、プロペラの回転や風向の急速な変化が風車、特に尾翼部分に強い負荷を与え、取付け部分の破損事故が相次いだ。発電機が高さ10mを越える高所にあること、製造が外国のメーカーであることなどから、修理が容易に行えない欠点もある。

今後はこうした課題の改善に取り組むとともに、農地や作業小屋などで使用

可能な小規模な風車の導入を検討すべきと考える。

#### (4) 農業用省エネルギーハウス

平成8年度には、地下700 mからくみ上げられた温泉を活用した農業用省エネルギーモデルハウスを整備。温泉が熱交換機に送られて、循環している水を温め、これが各ハウスに送られる。温水管の一部は地中を流れて地面を直接温め、残りは温風機を稼働させる。いずれも、水は再度熱交換機に戻るしくみである。ハウス内の温度・湿度はセンサーによって、自動制御されることになっている。

八丈島農業振興青年研究会の4人がこの施設を利用して、鉢物熱帯果樹や花などを生産している。このハウスで得られたノウハウは、(5)で述べる地熱を利用した温室団地で活かされることになっている。

供用を開始して1年半がたつが、今までのところ大きな故障はない。ただ、高温多湿状態が維持されるため、病虫害の発生には注意が必要である。

#### (5) 地熱発電所

離島で初めて、東京電力でも初めてという地熱発電所が、平成11年3月に稼働する。地熱発電は出力の調整が困難なため、3,300kw分の発電を行い、電力需要に応じて既存のディーゼル発電機を追加運転させる。

発電所の周囲には熱水の供給を受けて、農業用省エネルギーハウスの団地が形成され、花卉園芸を中心とした島の農業の振興に寄与するものと期待されている。また、発電所内に併設されるPR館は、火山の構造や地熱発電をわかりやすく説明する施設であるが、八丈島の産業を紹介する場としても活用されるなど、発電所を中心とした、中之郷地区の観光拠点となる可能性を秘めている。

### 3 八丈から始まる循環型社会づくり

時代劇で御存知の通り、八丈島は流人の島である。関が原の合戦で破れた宇喜多秀家を初めとして、多くの僧侶、武士、公家、学者等が流されてきた。江戸から離れた絶海の孤島でありながら、高度な教養を持った人々が入ってきた

おかげで、好奇心旺盛な気質やチャレンジ精神が生まれてきた。

デポジット制度やクリーンエネルギーの活用は、決して他の地域に先駆けてのことではない。しかし、「21世紀のクリーンエネルギーのモデル島をめざして」というキーワードが示すように、新たな取組みを八丈島での成功に終わらせることなく、その成果を東京都全体あるいは日本全体にまで広げていき、メーカーをも巻き込んでいく構想は、八丈島が最初であると考える。

本日は、クリーンアイランドをめざす八丈島について、八丈島に住む東京都職員の見点から話させていただいた。農業気象学会の皆さんの専門的立場からのご指導を今後ともお願いする。

(表) 電千両平 賛助会友 東関会半農成業農本日

(188,0001~1,8001) 加入順 [ ]は加入口数

借の入出

株式会社牧野応用測器研究所 [2]

〒165-0025 東京都中野区沼袋 3-19-4 TEL.03-3387-6241 FAX.03-3319-9996

光電式微風速計、小型・軽量のロガー（新製品 MX-C11 シリーズ）により簡便に長期の計測が可能になりました。電話回線による伝送システム。

横河ウェザック株式会社 [2]

〒104-0033 東京都中央区新川 1-5-13 伊成ビル 6F TEL.03-3552-6231

風向、風速、温湿度、気圧、雨量、日射、日照、水位、流速、流量、傾斜、地盤沈下等の観測機器の設計及び製造販売。総合気象水文観測システムの設計及び製造販売。

英弘精機株式会社 [2]

〒151-0073 東京都渋谷区笹塚 2-1-6 笹塚センタービル TEL.03-5352-2911

各種日射計、放射計の製作販売を行い、気象観測、農業、工業、土木、建築方面に広く使用されております。

トピーグリーン株式会社 [1]

〒136-0076 東京都江東区南砂 2-36-10 光陽ビル TEL.03-3646-3111

温室トップライト並びに付帯設備の設計、製作、施工及び販売。環境制御機器の設計、製作、施工及び販売。緑化造園工事の設計、施工及び管理。

太陽計測株式会社 [1]

〒143-0023 東京都大田区山王 1-2-6 TEL.03-3771-8171 (代)

横河電機・日本ヒューレットパカード・横河ウェザック製品販売サービス、計測・制御・情報処理・ハード/ソフトの開発・設計・製造・施工。

日本農園芸資材研究会 [2]

〒111-0053 東京都台東区浅草橋 4-2-2 浅草橋西口ビル 3F TEL.03-3866-0675

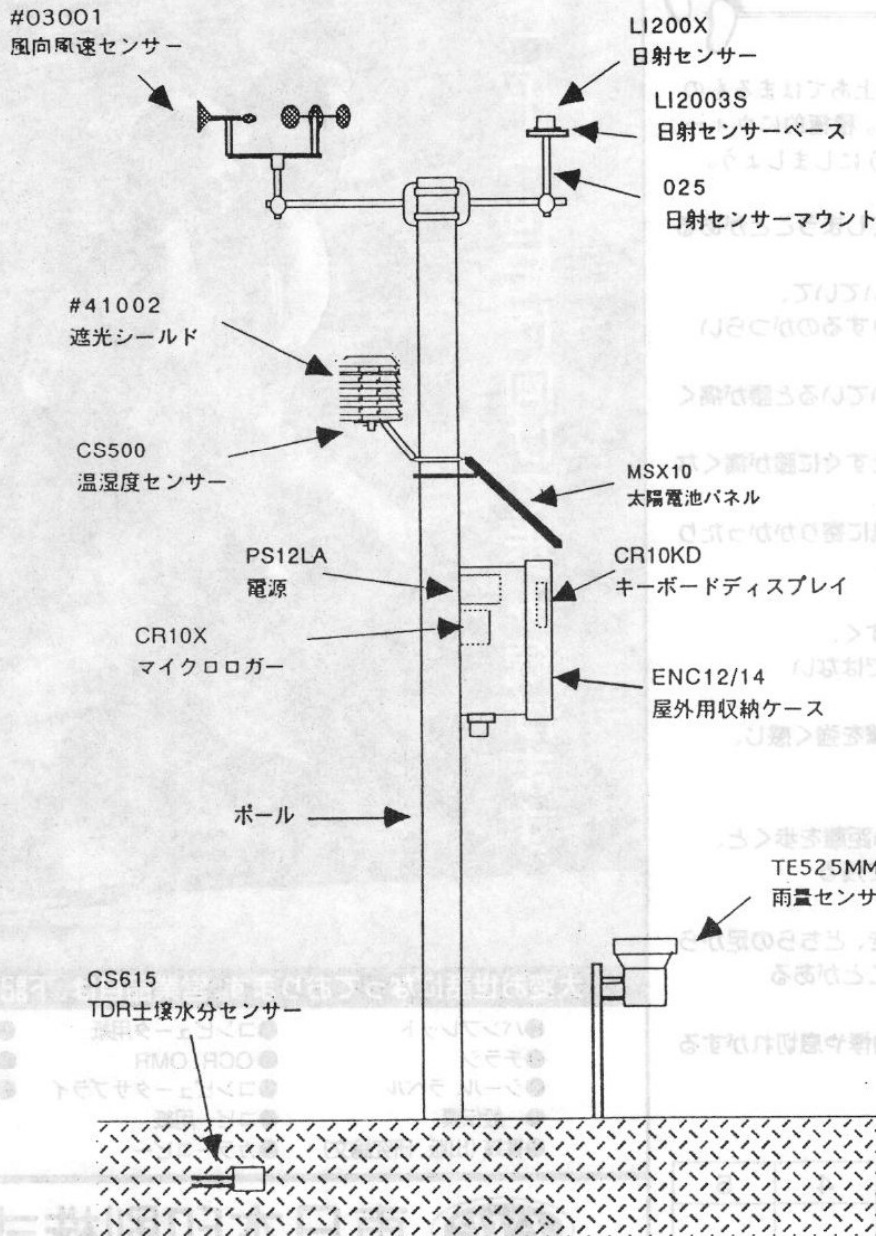
農業関連資材、施設の改良に関する調査、試験研究、研究成果の普及。資材、機材の利用法と技術に関する調査、試験研究。

東日本印刷株式会社 [2]

〒305-0023 茨城県つくば市上ノ室 283-1 TEL.0298-57-4141

フォーム・オフセット・PTO・他一般印刷、コンピュータサプライ用品・PPC用紙・事務機器。

# Weather Station from Campbell Scientific Inc.



キャンベル社のウェサーステーションは通常の気象観測データと共に、必要に応じオプションのセンサーを追加することにより、土壌水分・地温・土壌熱流・飽和蒸気圧・蒸気圧・水位・水中PH・水中EC等を記録することができます。

各種増設入出力ユニットにより拡張性も高く、データ収集の柔軟性・高い測定精度・過酷な環境下での測定・遠隔測定等その優れた性能は世界中で広く使用されています。

データ収録インターバル及び測定データの加工も自由に設定できます。

また計測と同時に多チャンネルの制御をすることも可能です。

太陽計器株式会社 四谷分室  
 〒160 東京都新宿区四谷1-2-6  
 アーバンビル サカス5 3-B  
 電話/FAX (03) 3226-6682  
 e-mail: umetani@ppp.bekkoame.or.jp  
 担当: 梅谷 昭





しっかり歩いていますか？

歩行不足度チェック

次の10項目のうち、4つ以上あてはまるもの  
があれば、かなりの運動不足。積極的にウォー  
キングやスポーツをするようにしましょう。

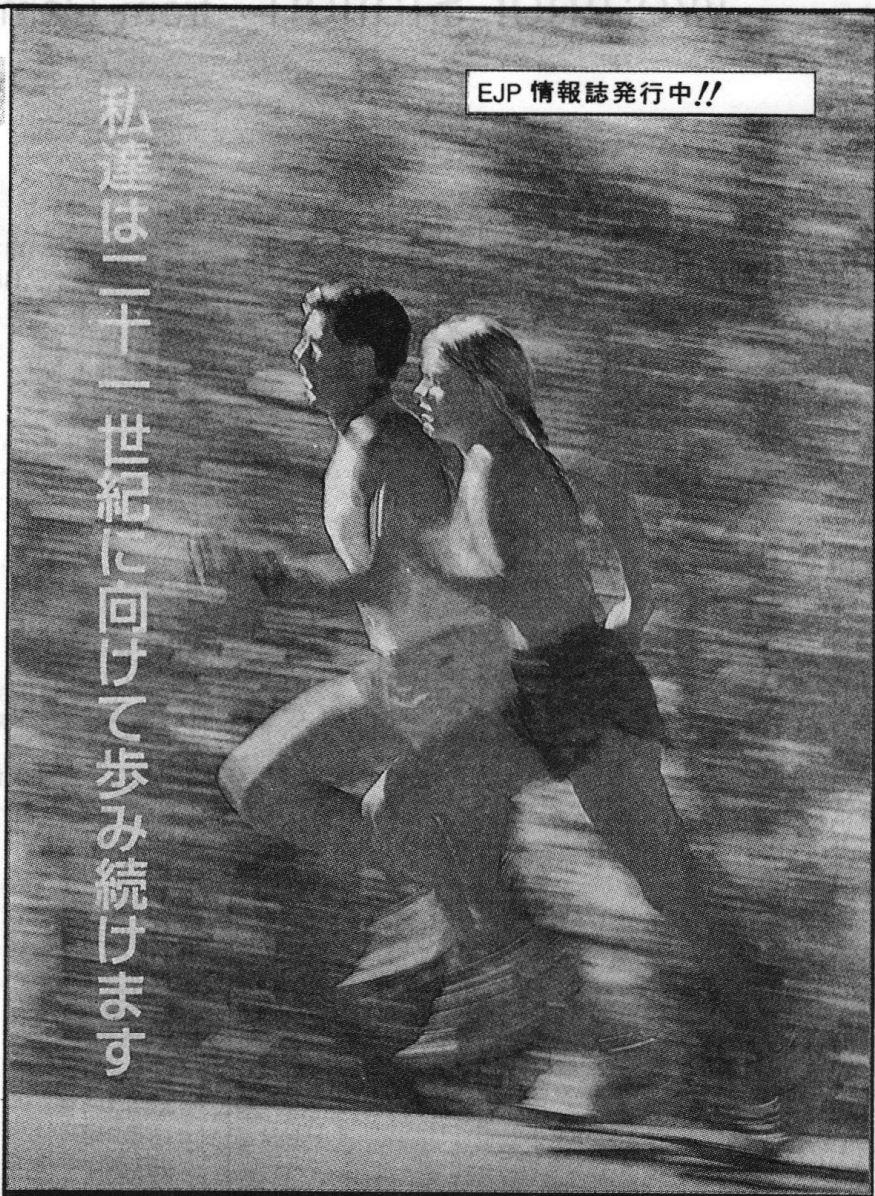
- ①歩いている、人より遅れてしまうことがある
- ②おなかの回りに脂肪がついていて、  
起き上がったり、立ったりするのがつらい
- ③長時間立っていたり、歩いていると腰が痛く  
なる
- ④歩幅が狭く、急いで歩くとすぐに膝が痛くな  
る
- ⑤すわっていても、すぐに机に寄りかかったり  
横になったりしたくなる。
- ⑥足にタコやマメができやすく、  
靴をはいて歩くのが好きではない
- ⑦歩くたびに地面からの衝撃を強く感じ、  
足が痛くなる
- ⑧ふだんよりも、すこし長い距離を歩くと、  
足の痛みや疲れがあとまで残る
- ⑨エスカレーターに乗るとき、どちらの足から  
踏み出そうかと一瞬迷うことがある
- ⑩階段や坂道を上がると、動悸や息切れがする

【チェックボックス】

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10

私達は二十一世紀に向けて歩み続けます

EJP 情報誌発行中!!



大変お世話になっております。営業品目は、下記の通りです。

- パンフレット
- チラシ
- シール、ラベル
- 一般伝票
- 書籍(出版、研究論文)
- コンピュータ用紙
- OCR、OMR
- コンピュータサブライ
- コピー用紙
- カラーコピー
- カレンダー
- 事務用品
- 事務機器



東日本印刷株式会社

本社 / 〒305-0023 茨城県つくば市上ノ室283-1 (筑波研究学園都市)  
TEL.0298-57-4141 (代) FAX.0298-57-3906

東京営業所 / 〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留1-6-3/パレドール日本橋604号  
TEL.03-3664-1717 (代) FAX.03-3664-1722

水戸営業所 / 〒310-0064 茨城県水戸市栄町2-3-46  
TEL.029-231-7871 (代) FAX.029-231-6460

筑波研究学園都市を中心に学会等の機関紙及び論文集の印刷・製本を行っております。  
お気軽にご相談下さい。 TEL 0298-57-4141 (直通) 担当 飯島

# 1997年度農業気象学会関東支部支部長、理事連絡先

## 支部長

真木太一 農環研 〒305-8604つくば市観音台3-1-1 TEL0298-38-8204  
FAX0298-38-8199  
maki@niaes.affrc.go.jp

## 理事

(庶務・事務局)

寺添 斉 電中研 〒270-1194我孫子市我孫子1646 TEL0471-82-1181  
FAX0471-83-5061  
terazoe@criepl.denken.or.jp

(庶務・例会)

岡野通明 森林総研 〒305-8687稲敷郡茎崎町松の里1 TEL0298-73-3211内373  
FAX0298-73-1542  
okanom@ffpri.affrc.go.jp

高垣美智子 千葉大園芸学部 〒270-8510柏市柏の葉6-2-1 TEL047-363-1221内4250  
FAX047-363-1497  
mygaki@midori.h.chiba-u.ac.jp

(庶務・永年功労会員推薦)

寺添 斉 (兼務)

(会計)

荊木康臣 東大農学生命科学研究科 〒113-8657東京都文京区弥生1-1-1  
TEL03-3812-2111内5356  
FAX03-3813-2437  
albert@hongo.ecc.u-tokyo.ac.jp

池口厚男 畜産試験場 〒305-0901稲敷郡茎崎町池の台2 TEL0298-38-8678  
FAX0298-38-8700  
ikeguchi@niai.affrc.go.jp

(編集)

米村正一郎 農環研 〒305-8604つくば市観音台3-1-1 TEL0298-38-8205  
FAX0298-38-8199  
yone@niaes.affrc.go.jp

横沢正幸 農環研 〒305-8604つくば市観音台3-1-1 TEL0298-38-8356  
FAX0298-38-8272  
myokoz@niaes.affrc.go.jp

(発送)

戸部和夫 国立環境研 〒305-0053つくば市小野川16-2 TEL0298-50-2486  
FAX0298-50-2586  
tobe@nies.go.jp

伊藤大雄 果樹試験場 〒305-0852つくば市藤本2-1 TEL0298-38-6506  
FAX0298-38-6437  
daiyu@fruit.affrc.go.jp