関 東 の 農 業 気 象

E-Journal

第 ４ 号

日本農業気象学会　関東支部会誌　電子媒体版

平成１９年１１月（２００７）

日本農業気象学会関東支部 2007 年度例会

講演要旨集

2007 年 12 月 7 日　東京都環境科学研究所（東京都江東区新砂 1-7-5）

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

関東の農業気象　E-Journal　第４号（2007）　目次

一般研究発表

熊谷の暑さを緑地が体感的に緩和できるか？

福岡義隆・播磨佳世・丸本美紀　1

乾燥模擬葉温を用いたダイズ個体蒸散量の算定

今　久・松岡延浩　2

緑被率の大きさによってヒートアイランド強度はどの程度弱まるか？

横堀拓也、木村愛、太田俊二　3

ヒートアイランド現象への緩和機能が高いのは茶畑と雑木林のどちらか？

木村愛、横堀拓也、太田俊二　4

冬期晴天日における東京都区部の局地気圧系の日変化

仁科淳司・三上岳彦　5

コマツナのガス交換と成長に及ぼす大気中のガス状過酸化物とオゾンの複合影響

黒畑孝拓・水野詩乃・青木正敏・畠山史郎・堀江勝年　6

シンポジウム『ヒートアイランド現象と農業』

関東地域におけるヒートアイランドの実態

木村富士男　7

農地の気候緩和効果

井上君夫　10

都市がもたらす激しい気象現象－東京都心における積乱雲の発生過程－

小林文明　14

農業が求めるこれからの気象情報－農業気象情報の現状と課題－

平松信昭　18

都市気候が農業に及ぼす影響とその対策―果樹を例として―

杉浦裕義　23

熊谷の暑さを緑地が体感的に緩和できるか？

福岡義隆○(立正大学)・播磨佳世(立正大学-院)・丸本美紀(立正大学-非)

１． はじめに

都市気温に加え昨今の地球温暖化も反映して、夏季の猛暑が年毎に増強され、その結果、熱中症や光化学スモッグなどが激増するなどの影響が危惧されている。2007 年の８月には 1933 年以来 74 年ぶりで気温の最高記録が更新された。その１つである熊谷市は毎年のように日本一暑い日を経験し、何故かくも暑いのかについて気候学・気象学の分野でいろいろと研究調査されてきている。わが国における都市気候の草分け的な総合研究として故福井栄一郎理博らによって熊谷市の都市気候が半世紀前（20 世紀半ば）に実施されてきた。当時は温暖化による暑熱災害対策などの目的ではなく純粋の学問研究として取り組まれ、熊谷市のヒートアイランドの実態と形成メカニズムがかなりの程度まで明らかにされてきた。20 世紀末ころから地球温暖化や熱中症などが社会問題化されて、幾つかの大学の気候学者が熊谷市のヒートアイランド調査を再開しつつあるが、方法やメカニズム解析については半世紀前の研究結果の域を出てない。

「なぜ熊谷市は暑いのか？」が気象庁や他の大学などでも関心を示し始め、その原因について従来から言われている一般論を組み合わせた憶測で報道されているが、信憑性に乏しい諸説を現地観測もなしに論じられているのが現状である。本研究では現段階での原因をまとめ、この暑熱環境を緩和するための屋上緑化の効果について問題提起してみたい。

２.研究方法と経過

原因としては①熊谷市の立地条件（内陸性気候）②熊谷市の都市構造（構成物質とその配列によるラフネスパラメーターなど）③熊谷市内における人工排熱量④周辺地域からの熱の移流⑤メソ気候的条件（山谷風や海陸風、フェーン現象などのγーメソスケール局地気候）⑥首都圏の急激な都市化に伴う関東平野部の土地被覆環境の改変、などが考えられる。①②はある程度明らかにされているが③～⑥は目下、研究途上にある。

暑熱緩和については⑥の環境修復の一環として「屋上・壁面緑化」「特殊舗装面の開発」などがあり、本会でもこれまでに一部の成果について発表してきたが、本稿では屋上緑化の体感・心理的効果について考察してみた。体感的効果については WBGT の測定を行い、心理的効果についてはアンケート調査を試みている。

3. 研究結果

屋上緑化には規模と機能の面からフォーレストタイプ・ガーデンタイプ・スポットタイプの 3 つがあると考えられる。2007 年夏季、各タイプについて微気象観測、WBGT 測定および熱画像撮影を行った結果、コントロール観測としてのコンクリート面などと比べると、緑化による緩和効果は気温・表面温度・WBGT ともにフォーレスト・ガーデン・スポットの順に大きかった。

フォーレストタイプとしての「けやき広場」（さいたま新都心）についてアンケート調査を試みた（204 名対象、2006 年)。その結果、「屋上緑化のメリット」については熱中症緩和も含めヒートアイランド緩和効果ありが 67.4%、「涼しいと感じるか」については「やや涼しい」も含め 67.8%、などの解答を得た。

福岡義隆：都市温暖化対策にとって緑化は緩和策や適応策となり得るか？、日本生気象学会誌、43―5、2006.

乾燥模擬葉温を用いたダイズ個体蒸散量の算定

○今　久，松岡延浩（千葉大園芸）

はじめに

個葉表面温度は蒸散量と直接関係しており，乾燥葉温との違いから蒸散量を求めることができる（今・松岡，関東の農業気象E－Journal vol. 1，2004）。代表的な個葉蒸散量と個体全体からの蒸散量の間には一定の関係があると考えられる。ポット植えトウモロコシについて，代表的な実葉温と模擬乾燥葉温から求められる個葉蒸散量を全葉面積に当てはめて求めた計算個体蒸散量に対する実測個体蒸散量の比は0.54±0.02になることが示された（今・松岡，2006）。今回は，ダイズについて，その比がどの程度になるか，トウモロコシに関する実験と同様の実験を行ったので紹介する。

方法

ポット植えダイズ個体からの実測個体蒸散量は,ポットの土壌面からの蒸発を抑えるために,ビニールで被覆し，ロードセルで重量変化を測定することにより求めた。葉温は，上部にある日当たりの良い水平に近い葉で測定した。模擬葉は，厚さ0.1ｍｍ，直径5ｃｍのアルミ板で，表面をつや消し黒で塗ったものである。実葉温と模擬葉温は0.1mm熱電対を葉面に接着して測定した。放射と気温は，長短波放射計と通風乾湿計を近くに設置し測定した。表1に実験の概要と結果を示した。初期重量とは十分灌水した後の重量,観測時重量とは当日観測前の重量である。

結果

表1の数値から水ストレスがないP3からP8までの6ポットの平均蒸散比（実測個体蒸散量/計算個体蒸散量）は0.42±0.05であった。トウモロコシより値が小さいが，ダイズ個体の葉の重なりが大きく，日射の相互遮蔽も要因にあると思われる。水ストレスが強くなると蒸散比は小さくなるという傾向はトウモロコシと同様であった。

表1.実験区と結果のまとめ

月日	実験区*	解析時間	平均日射量	平均気温	積算蒸散量		蒸散比	葉面積	初期重量	観測時重量	ストレス指標**
					計算	実測					
			(Wm^{-2})	(℃)	(g/個体)	(g/個体)		(cm^2)	(g/pot)	(g/pot)	
7月25日	P1							1830	3235		
	P2							1830	3086		
7月26日	P3	9:15-14:00	627	30.3	541	234	0.43	1786	3415	同左	0
	P4				452	225	0.50	1501	3472	同左	0
7月27日	P5	9:30-15:00	617	31.4	699	279	0.40	2172	3240	同左	0
	P2S2				504	141	0.28	1830	3086	2711	0.12
7月28日	P6	9:20-16:00	748	31.2	938	347	0.37	2042	3576	同左	0
	P3S2				561	96.9	0.17	1786	3415	2657	0.22
7月31日	P7	9:45-17:00	465	25.8	577	216	0.37	2074	3596	同左	0
	P2S6				253	28	0.11	1830	3086	2401	0.22
8月1日	P8	8:30-12:50	661	28.5	456	206	0.45	1941	3578	同左	0
	P7S1				453	153	0.34	2074	3596	3312	0.08

＊　P数字:ポット番号, S数字:ストレス日数

＊＊ ストレス指標＝(初期重量－観測時重量)/初期重量

緑被率の大きさによってヒートアイランド強度はどの程度弱まるか？

○ 横堀拓也、木村愛、太田俊二（早大人間科学）

はじめに

都市域と郊外の気温差で表現されるヒートアイランド強度は土地被覆と密接な関係にあることが広く知られている。これまでの観測でヒートアイランド現象は日没後の数時間で最も強く発達することが報告され、理論的にも説明されてきている。定点観測法による気温の観測では複数の地点で連続観測を比較的容易に行なうことが可能であるが、ヒートアイランド強度を発達させる主要因の一つである多様な土地被覆を含む地域を対象とした地点の観測を行うことは難しい。一方、移動観測法による観測は複数の土地被覆がある地域における気温差を観測することは可能であるが、過去の研究では特定の季節、時間帯を対象としている場合が多く、連続的、長期的な観測が行われている例は少ない。本研究では、複数の土地被覆を含む地域を対象としてヒートアイランド強度の日変化、季節変化を把握できる連続的、長期的な測定を移動観測法によって行った。この観測結果から最もヒートアイランド強度が発達する条件を明らかにし、さらに、緑被率とヒートアイランド強度の関係を調べることを目的とした。

方法

本研究は東京中心部から約 30km 離れた埼玉県所沢市西部に位置する私鉄の駅周辺の住宅地、雑木林などの土地被覆のある地域（直線距離で 5.3km）を対象とした。この対象地域に 40 の観測地点を設定し、バイクによる気温の移動観測を行った。1 回の観測はすべての観測地点を順に移動しながら行なった。観測地点を通過する際、通風を保つためにバイクの移動速度は 20–30 km/h で一定となるように走行した。この 1 回の観測を午前 10:00 から翌日の午前 8:00 にかけて 2 時間毎に行い、24 時間の連続のデータを 1 セットとし、2006 年 10 月から 2007 年 10 月にかけて合計 18 セットの観測データを得た。温度センサーの解像度は 0.1℃、携帯データロガーは T&D 社の TR-52 を使用した。観測地点での温度をより精確に測るために、温度センサーは放射よけを被せ、地上から 1.3m の高さに設置した。

結果と考察

(1) 観測地域での比較的狭い範囲の移動距離であるにもかかわらず、市街地と雑木林という土地被覆の違いによってはっきりとしたヒートアイランド現象が観測された。数百メートル離れているだけで気温が 4℃以上違うこともあった。

(2) ヒートアイランド強度の日変化は年間を通じて観測され、特徴的な傾向はこれまでの報告と一致する部分も多かった。

(3) しかしながら、一日のうちで最もヒートアイランド強度が強くなる時間帯については、これまでの報告と異なる観測結果が得られた。過去の報告では、ヒートアイランド強度の強くなる時間帯は季節に関わらず日没後であると言われてきたが、今回の観測では、ヒートアイランド強度が大きくなる時間帯は季節によって一定ではなかった（**図**）。

(4) ヒートアイランド強度の強さは緑被率が大きくなるほど小さくなった。また、この傾向は時間帯や天候の影響を強く受ける可能性が認められた。今回の報告ではこの点を中心に報告する。

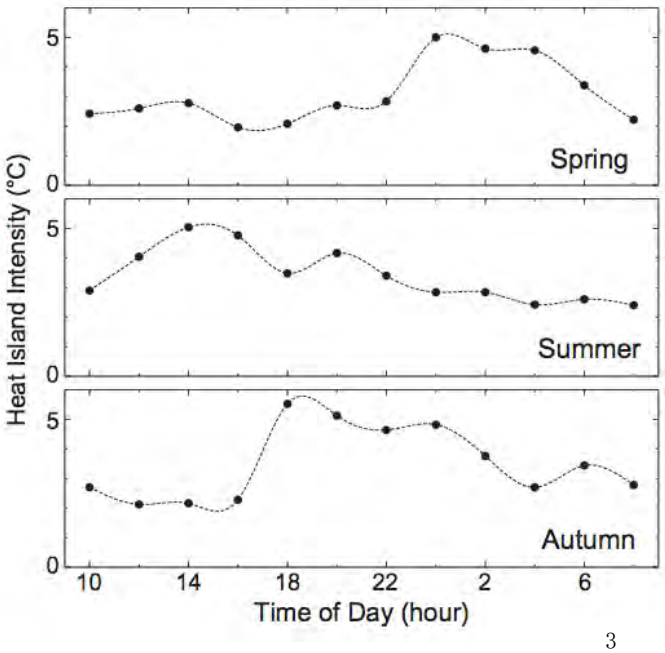


図. 春季、夏季、秋季でのヒートアイランド強度が最も大きくなる時間帯

ヒートアイランド強度は同一の観測時間帯ごとの 40 地点の観測地点の中で最も高い気温と低い気温の差である。ヒートアイランド強度の季節的な特徴が観測された日変化を示した。2007 年 4 月 28-29 日に観測された値を春季、同様に 2007 日 7 月 28-29 日を夏季、2006 年 10 月 19-20 日を秋季としている。今回の観測では、春季は深夜の時間帯に、夏季は南中時に、秋季は日没後の数時間に、それぞれヒートアイランド強度が大きくなる傾向が認められた。また冬季の観測は不十分であるが、春季の夜間と同様の傾向が認められた。

ヒートアイランド現象への緩和機能が高いのは茶畑と雑木林のどちらか？

○木村愛、横堀拓也、太田俊二（早大人間科学）

目的と方法

これまでの観測で新宿御苑などの都市域の森林や雑木林にはヒートアイランド現象の緩和機能があることが明らかにされている。その理由として、土地被覆の違いが挙げられ、近年、農耕地の気候緩和機能に関心が高まっている。農耕地として、特に水田の気候緩和機能の観測例は多く報告されているが、他の農耕地での観測例は多くない。水田は耕作期間に水が張られているため、大きな潜熱輸送が夏季の気候緩和に作用すると考えられる。一方、茶畑は水田に比べて年間を通じて農耕地の状態として大きな変化はなく、常に耕地にお茶の低木が存在している。本研究では茶畑がヒートアイランド現象にどのような作用をするのか、その特徴を雑木林と比較しながら明らかにすることを目的とした。そのため、茶畑、雑木林、市街地、住宅地を含む地域での気温の移動観測を行い、市街地や住宅地など比較的高い気温が観測される地域と比較して、気温の日変化、季節変化を調べ、雑木林と茶畑のそれぞれでのヒートアイランド現象への緩和機能が高い時間帯、季節、天候を明らかにすることを試みた。本報告の観測地域や観測方法は前の報告と同様である。

結果と考察

(1) 観測した地点において、年間を通じて茶畑と雑木林は市街地や住宅地と比較して常に低い気温が観測された。観測地点の中で最も低い気温は雑木林で観測されることが多かったが、時間帯によっては茶畑において雑木林よりも低い気温が観測される場合があった。このため、茶畑と雑木林の両方の土地被覆にはヒートアイランド現象の緩和機能があることが示された。

(2) 茶畑と雑木林の気温の日較差は春や夏では同程度であったが秋には茶畑の日較差が雑木林の日較差よりも大きくなる傾向が認められた。これは昼間に茶畑の気温が雑木林での気温よりも高くなった後、夜間から朝方にかけて茶畑の気温が雑木林よりも低くなったためである。

(3) ヒートアイランド現象への緩和強度は茶畑と雑木林の両方で年間を通じて認められ、その大きさに季節変化は認められなかった。

(4) ヒートアイランド現象への緩和機能の日変化は雑木林では日中に最も大きくなり、茶畑では夜間から朝方にかけて緩和機能が最も大きくなる傾向がみられた（**図**）。茶畑では年間を通じて日中よりも夜間に緩和機能が大きくなり、この傾向は異なる天候条件であっても同様に認められた。

(5) 雑木林と茶畑から近くの高温域へのそれぞれの気温変化を確認したところ、雑木林から住宅地にかけての気温と茶畑から市街地にかけての気温は、季節に関わらず変化していることが観測された。

まとめ

以上の結果から、茶畑は雑木林よりも都市気候に強く影響する場合もあるが、その時間帯は日中ではないため、茶畑には一般に言われる夏季の日中のヒートアイランド現象の著しい緩和機能は望めないことがわかった。むしろ、茶畑が市街地や住宅地の高温の影響を受けて、日中に気温が上がり、翌朝に強い放射冷却で極端に気温が下がり、お茶の栽培に負の影響を及ぼすのではないかと考えられる。

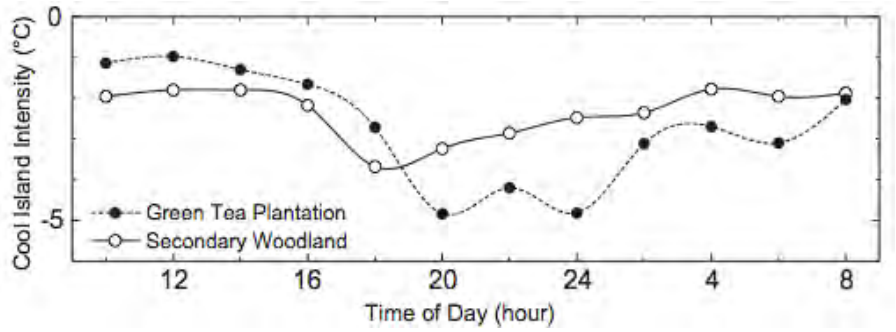


図. 茶畑と雑木林の気候緩和機能強度の日変化の観測例

茶畑と雑木林の気候緩和機能の一例として 2006 年 10 月 19-20 日の観測結果を図に示した。気候緩和強度は観測された最も高い気温から、茶畑と雑木林のぞれぞれの観測された最も低い気温との差分で求められている。雑木林では日中の気候緩和強度が大きく、茶畑では夜間から朝方の気候緩和強度が大きくなっている。

冬季晴天日における東京都区部の局地気圧系の日変化

°仁科　淳司(明治学院大教職課程･非)・三上　岳彦(首都大東京)

東京都と(旧)東京都立大学によって整備されたＭＥＴＲＯＳにより得られる都区内(一部周辺を含む)の 20 地点の気圧データを用いて，2005 年度例会では夏季における東京都区部の気圧の日変化を論じた。今回は，冬季(12 月および 1 月)において，6 時～翌日 9 時まで継続して雲量が 4 以下の晴天日を対象に，東京都区部の局地気圧系の日変化を論じる。対象としたのは，2002 年 12 月 11 日，同 26 日，2003 年 1 月 25 日，同 30 日，2003 年 12 月 21 日，同 22 日，同 23 日，2005 年 1 月 10 日，同 21 日の計 9 日である。9 日間の平均値をもとに,当日 6 時～翌日 12 時までの 1 時間ごとの地上･海面更正気圧の分布を検討した。ただし，特定の地点で常に気圧が低い傾向にあることなどは器差補正が不十分であることに起因する可能性を考え，議論は地上気圧の変化量の分布図を中心に行った。図には，大手町(気象庁)を加えた海面更正気圧の空間分布からの偏差のうち午前 9 時のものを左端に示し，その他に 1 時間前からの地上気圧の変化量の分布のうち主要なものを示す。

午前 9 時の海面更正気圧の分布に見られるような，東西(a-b-c)に伸びる高圧部や，北端部(d)･南部(e)の低圧部は，ほぼ 1 日を通して見られる。この後は，①10 時から 11 時までの地上気圧低下量に示されるように，まず都心部で，次いで郊外で気圧が低下し，南北に伸びる低圧部が明瞭になる。次に②まず郊外で，次いで 19 時から 20 時までの地上気圧低下量に示されるように都心で気圧が上昇し，21 時ごろには 9 時と同様の気圧分布に戻る。この後，③大気潮汐により気圧は低下傾向になり，翌日 2 時から 3 時までの地上気圧低下量に示されるような郊外で低下量が大きい状態と，都心で大きい状態が交互に出現し，南北に伸びる低圧部は再び明瞭になる。この後，④まず郊外で，次いで都心で気圧が上昇し，前日午前 9 時と同様の海面更正気圧に戻る。以上より，昼間の 12 時間と夜間の 12 時間では似たような気圧変化を示すことや，海面更正気圧の低下する時間帯に南北に伸びる低圧部が明瞭になることなどが示された。

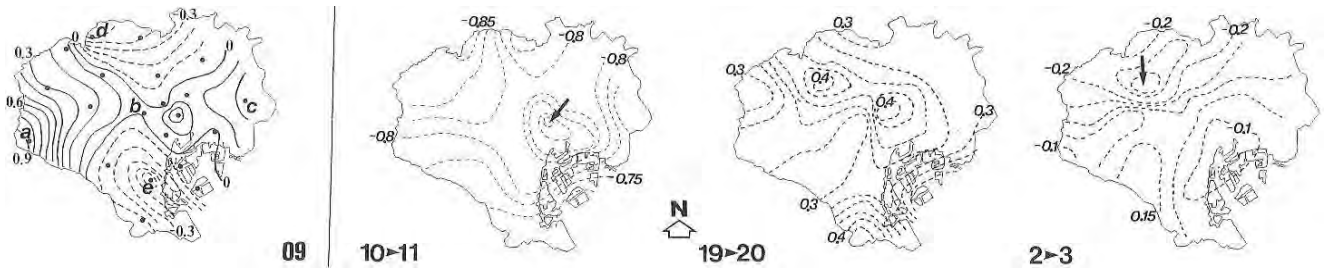


図　午前 9 時における 9 日間平均した海面更正気圧の空間平均からの偏差(左)，および 11 時，20 時，翌日 3 時における 1 時間前からの地上気圧の変化
黒丸は観測点の位置。海面更正気圧の偏差の等値線は 0.1hPa ごとに描き,＋は実線で,－は破線で示した。地上気圧の等値線の変化は 0.025hPa ごとに描いた。

コマツナのガス交換と成長に及ぼす大気中のガス状過酸化物とオゾンの複合影響

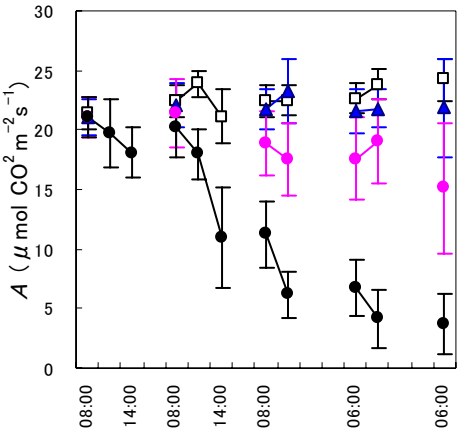
○黒畑孝拓・水野詩乃・青木正敏・畠山史郎・堀江勝年
（東京農工大学農学府）

将来，世界のオゾン濃度は増加するのではないかと予測されている(Dentener, 2005; Derwemt ,2006)。最近，当研究室で行われている野外観測の結果，過酸化物の濃度はオゾン濃度と正の相関が見られることがわかり（大石，2005; 陳，2006)，オゾン濃度の上昇により過酸化物濃度も増加すると予測される。ガス状過酸化物の酸化力の危惧から，植物の光合成に及ぼす影響について研究が行われているが(Maguhn, 1991; Maguhn, 1994)，大気濃度レベルの曝露試験はほとんどなく，過酸化物とオゾンの複合影響についても十分わかっていない(陳，2006)。従って，過酸化物・オゾンの単独，オゾンと過酸化物の複合処理が光合成に及ぼす生理学的パラメータの経時的影響や成長影響を調べることにより，過酸化物が植物の生育に及ぼす影響の寄与の程度を明らかにすることを目的とした。

【方法】種蒔後，ファイトトロンで 15 日間生育させたコマツナ(安藤早生)を対照(C)区，50ppbO_3(O)区，2ppb過酸化物(P)区，50ppbO_3と 2ppb過酸化物の複合(OP)区に分け，4 日間曝露し，光合成速度(*A*)，気孔コンダクタンス(Gs)，葉内CO_2濃度(Ci)，乾重量(DW)，含水率(WC)，葉面積(LA)を測定した。*A*, Gs, CiはPPFDが 1500 μmol $m^{-2}s^{-1}$で朝と昼に 1 日 2-3 回LI-6400 (Li-Cor Inc.)で測定した。DW, WC は 80℃で 7 日間乾燥したものを測定した。LAは曝露の前後に測定した。

【結果】O 区は 4 日目ごろから Gs が低下し，*A* は 4 日間横ばいであった。P 区は 3 日目以降に Gs と Ci が高くなり，*A* は低下した。4 日間可視被害は見られなかった。OP 区の Gs は P 区とは反対に低く推移し，*A* の著しい低下がかなり早い段階から起こり，可視被害は 1 日目の曝露後に見られた。DW, WC, LA が最も低下したのは OP 区であり，次いで P 区，O 区，C 区であった。

【考察】P区のGsが高いと同時にCi濃度も高くなることから，気孔が開口状態になると推定され，植物内に進入しやすくなった過酸化物がCO_2吸収系を阻害して*A*が低下したと考えられる。OP区は，P区と同様の気孔やCO_2吸収系の阻害が起こった後，葉内に進入しやすくなったオゾンと過酸化物が内部で解毒しきれず，細胞破壊が起こり，可視障害と*A*の低下が生じたと考えられる。従って気孔が常に開口状態となり，オゾンと過酸化物の両者の強い酸化力により急性障害が起こったものと推察される。以上のことから，過酸化物とオゾンでは植物の異なる場所に影響を与え，過酸化物により植物が急性障害を受ける状態に陥ることが示唆された。



オゾンと過酸化物のコマツナの葉の光合成速度(*A*)の径日変化に及ぼす影響

関東地域におけるヒートアイランドの実態

木村富士男（筑波大学生命環境科学研究科）

1. はじめに

ヒートアイランドは都市が郊外に比べて高温になる現象である．一般に都市が高温になる要因として，建築物の高密度化，道路の舗装化，自動車交通量や人間活動による排熱の増大が挙げられる．一方でヒートアイランドの緩和効果が期待できるとして都市内に点在する緑地が注目されている．都市内緑地は，植物の蒸発散に伴う潜熱放出が大きいため，気温上昇を抑制する効果があると考えられている．なかでも都市に隣接あるいは都市内に散在する農地の面積は大きく，都市環境の保全に寄与しているとみられる．

都市内の公園緑地の役割については浜田（1994）や成田（2004）による観測ががあり，緑地からの「にじみだし現象」により市街部の気温低下に寄与していると報告されている．郊外緑地と隣接する都市の観測も榊原（1994）や田宮（1979），本條（1998）などにより実施されているが，緑地の冷却効果の大きさ，影響範囲については不明な点が残っている．

この研究では，農地の中でも緩和効果が大きいとみられる水田に隣接する住宅地を選び，気象観測装置を集中的に配置し，継続的な観測を実施する．これにより，水田からの大気が住宅地を冷却している範囲を特定する．これらのデータをもとに数値モデルを構築し緩和機能を定量的に把握することを目指す．

観測対象地域埼玉県吉川市(図 1a)の保・木売地区である．図 1b に示す航空写真に示されているように南側（夏期典型日の風上側）にまとまった農地，北側に比較的一様性の高い住宅地がある．また農地と住宅地の境界は明確に分かれている．2006 年 7 月 1 日から同年 10 月 7 日までの 99 日間にわたり，赤枠内での気温の定点観測とボーエン比観測からなる連続観測に加えて，気温の移動観測，アスマン強制通風式温度計による気温観測を実施した．

2. 観測とその結果

2 図は，期間中の全南風晴天日 12 日の平均の影響強度（水田からの気温偏差）と風向風速の日変化を示す．影響強度は，境界から北へそれぞれ 0m～50，50m～200m，200m～350m，350m～600m の 4 つのブロックごとの観測点

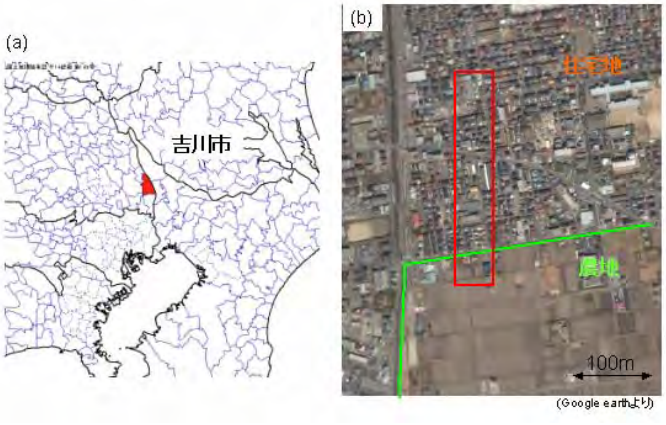


図2: 吉川市の位置(a)と調査地域の衛星写真(b)

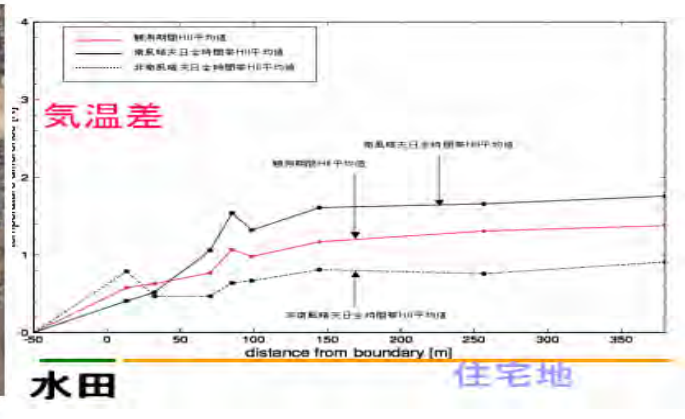


図 2:期間中:の全南風晴天日 12 日の平均の影響強度（水田からの気温偏差）(a)と風向風速の日変化(b)

の平均として示されている．寒色系ほど農地に近く，暖色系ほど農地から遠い．

すべての風下距離でほぼ正の値を示しており，住宅地では常に農地よりも高温であることが分かる．また，影響強度は 14 時ごろに最大となっており，350m～618m 平均では約 2.5℃となっている．風向風速は 13 時～22 時まで 2m/s 以上の南よりの風が卓越しており，風速は 16 時～18 時にかけて最も強く，最大 3.2m/s となっている．

風下距離と影響強度の関係について見てみると，ほぼ全時間帯において農地からの距離に応じた気温勾配が見られ，特に南風が卓越する時間帯でその傾向が顕著に現れている．水田からの冷気移流によるヒートアイランド緩和効果の影響距離は最大で 500m程度まであることが分かる．南風が最も卓越する 16 時～18 時には，農地に一番近い 0m～50m 平均の影響強度がほぼ 0℃となっており，農地との気温差はほとんどない．

3. 線形熱拡散都市気象モデル

水田からの風が住宅地のヒートアイランド緩和効果を定量的に評価するには，観測により検証された数値モデルが必要である．都市気象の数値モデルは高解像度化が進んでいるので，10m より小さい格子間隔のシミュレーションは可能となってきている．しかしながら，格子間隔が混合層内に発達するサーマルの大きさに近づくと，流れのカオス性が高まることがある．意味のある情報を得るためにはアンサンブル計算などが必要になり，さらにヒートアイランド対策の効果を評価するためには長期的なシミュレーションを実施しすることも加わって，現在の計算機の能力では手に余ることになってしまう．

ここで提案する線形熱拡散ネスティングでは，50m 格子などの細密格子では風速と放射および降水量は予報せず，上位の格子で計算された値を毎時間ステップごとに内挿する．細密格子では，気温や水蒸気量，乱流拡散係数などのスカラー物理量と地表面関連物理量をそれぞれの支配方程式に従って予報する．熱力学と運動方程式が分離され，フィードバックは断ち切られるためカオス性は低下する．線形化すると高速の重力波が生じないため，積分時間間隔を数倍から十倍程度長くとることができるので予報物理量の減少とあわせて，計算時間は大幅に短縮される．

線形熱拡散ネスティングにより，海陸風や大規模なヒートアイランド循環は内挿により再現されるが，小規模なヒートアイランド循環や風系の詳細地域分布は切り捨てられる．

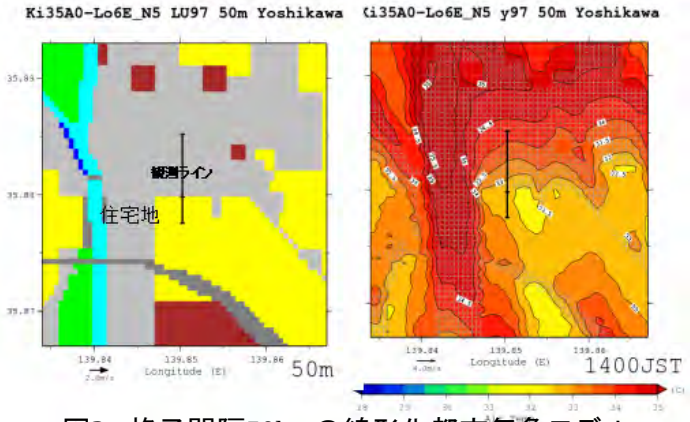


図3: 格子間隔50kmの線形化都市気象モデルによる吉川市(a)と気温分布（b）

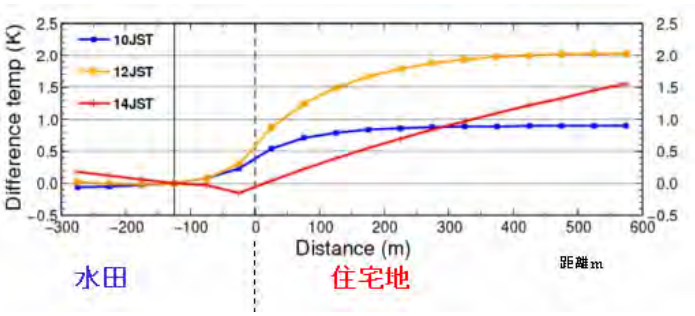


図4：線形都市モデルによる風下距離と気温差

数値モデルは 15km, 3km, 1km, 250m および 50m の 5 段ネスティングの格子点系からなる. 15km 格子には境界条件として客観解析による日々の気象が与えられている. 1km 以下の格子点系には線形拡散ネスティングを適用した. 図 3a は最終段の 50m 格子の土地利用を示す. 黄色の地域は水田. 灰色が市街地. 青は河川を示す. 図中の線分は観測ラインを示す. 図 3b は 2006 年 8 月 4 日 14 時の地上気温の水平分布であり. 農地との境界から住宅地よりで気温の南北傾度が大きくなっている. 図 4 は線分上の気温を示す. 2 図と同様に水田の気温からの偏差が示されている. 10 時では水田と住宅地では約 2 度の気温差があり, 水田と住宅地の境界から 400m くらいまで, 水田の冷却効果が及んでいる. 14 時になると, 水田の効果は 600m 以上にまで及ぶが, これは観測とはよく合っていない. 風速が実況に比べて強くなりすぎることが原因と思われる.

4. まとめ

(1) 水田の冷気移流によって, 風下側の都市域のヒートアイランドは緩和される.

(2) 夏季の晴天日には, 水田からの冷気移流によるヒートアイランド緩和効果によって, 水田の近傍では日中で平均 2.4℃, 夕方で平均 1.2℃程度の気温の低下がみられる. 住宅地内に緩和効果が顕著に及ぶ風下距離は, 日中, 夕刻とも概ね 100m 程度である.

(3) 風下距離により定点観測をブロック平均して, 場所による変動を取り除くと, 緩和効果の及ぶ風下距離は 500m 程度まで伸びていることがわかる.

(4) 水田による都市気候緩和の社会的・経済的な効果を評価する上では, 数値として統計量が使われるので, ブロック平均による検出限界の 500m により重要な意味がある. ブロック平均により緩和効果の検出限界距離を把握できたことは, 観測点数を増やし移動観測を加えたことによる今回の観測の今までにない大きな成果である.

(5)線形熱拡散都市モデルは, 50m の高解像度による水田の都市気候緩和効果を比較的簡単に再現することができる. 観測との整合性を高めるには風向風速のさらなる精度向上が必要である.

参考文献

浜田崇, 三上岳彦, 1994:都市内緑地のクールアイランド現象―明治神宮・代々木公園を事例として―, **地理学評論**, 67, 518-529

本條毅, 水谷敦司, 高倉直, 1998:都市内緑地が周囲に及ぼす影響の微気象観測, **農業気象** 54(4), pp. 323-328

成田健一, 三上岳彦, 菅原広史, 本條毅, 木村圭司, 桑田直也, 2004:新宿御苑におけるクールアイランドと冷気のにじみ出し現象, **地理学評論**, 77, 403-420

榊原保志, 1994:越谷市に見られるヒートアイランド強度―郊外が水田の場合―, **天気**, 41, 515-523

榊原保志, 原芳生, 加藤俊洋, 1996:越谷市南東部における臨時定点観測によるヒートアイランド強度の特徴, **天気**, 43, 537-543

農地の気候緩和効果ーその評価手法についてー

井上君夫（中央農業総合研究センター）

はじめに

新たな「食料・農業・農村基本法」の制定および日本学術会議による多面的機能の議論を踏まえ、三菱総研（1990）は直接法による気候緩和機能の貨幣額を試算した。それによると、全国の水田の冷房効果は 87 億円／年で、この額は洪水防止機能の評価額約 3 兆 5 千億円と比べて微々たるものであった。同様に、吉田（1999）は埼玉県さいたま市見沼田圃における防災機能とアメニティ機能について、ヘドニック法により便益額を試算した。それによると、防災機能が年間約 91 億円であるのに対して、アメニティ機能が年間約 182 億円と試算された。後者が上回ったのは受益者数の違いによるもので、アメニティ機能は周辺住民のみならず、首都圏住民からも支持された結果であると分析している。

気候緩和機能（効果）も捉え方によって、その手法と評価は大きく違ってくる。すなわち、土地資源である農地の環境・食料・文化等への貢献度となると計り知れないものがある。しかし、小論では環境という視点から土地利用によって変わる物理学的な気候緩和効果の評価手法に限定して述べることとする。筆者は農水省の多面的機能への取組みを受け、2004 年に研究高度化事業「気候緩和機能増進技術の評価モデルの開発」の共同プロジェクトを立ち上げた。プロジェクトは筑波大学、みずほ情報総研、東北農研、中央農研の４者と関東農政局の協力の下に実施された。本日は、その成果についても報告する。

(1) 気候学的評価手法と数値実験的評価手法

筆者が街路樹の微気象緩和効果について発表したのは 1988 年であったが、これ以前から気候緩和効果という専門用語は使われていた。しかし、定義は明確ではなかったが、気候緩和効果とは裸地に植林するといった気象改良によって恒久的な改善を図る効果、との解釈があった。そこで、本項では広義の時・空間スケールを対象とする気候学的評価手法（ボーエン比法）と土地・気象の要因解析ができる数値実験的評価手法について概説する。

・ボーエン比法による気候学的評価

地表面の熱収支式にある顕熱伝達フラックスと潜熱伝達フラックスの各項の比をボーエン比という。ボーエン比が植生を含めた地表面の湿潤度と関連していることは既に明らかであるが、さらに水田等の昼間のボーエン比はほぼ一定と見なさせる、夜間については測定精度の点から算出は難しい、ボーエン比は地表面の気候学的特性を表す指標となり得る、といったことが分かっている。そこで、高感度センサを用いてボーエン比測定装置を試作し、同一機種で夏季完全晴天日における水稲、トウモロコシ、ダイズ、ネギ、サツマイモ、市街地、森林公園のボーエン比を数日間づつ測定した。8 時から 18 時の時間帯におけるボーエン比とその時の気温を平均化し、それらを昼間のボーエン比とその時の平均気温とした。

・気候緩和評価モデルによる数値実験的評価

気候緩和評価モデルのコアモデルは、Sato・Kimura(2003)らが提案した TERC-RAMS である。オリジナルの領域大気モデルは Colorado State University(Pielke et al.,1992)が開発した RAMS であるが、これに簡易都市サブモデルの導入と放射、降水、乱流の各サブモデルの改良を加えたのが TERC-RAMS である。今回、この TERC-RAMS に植生群落サブモデルと都市キャノピーモデルおよび熱拡散モデルを導入し、さらに GUI(Graphical User Interface)による簡単操作を実現したのが気候緩和評価モデルである。

(2) 結果と考察

・土地利用とボーエン比

図１は過去 3 年間にわたって埼玉県の春日部市、岩槻市、鴻巣市と茨城県のつくば市、谷和原村で測定されたボーエン比の日変化（6 事例）である。ボーエン比の日変化は朝夕

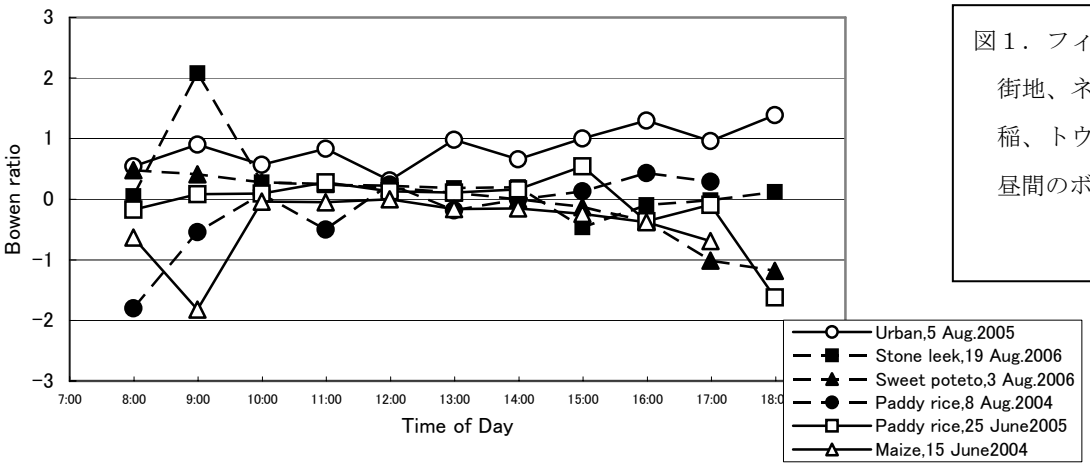


図１．フィールド測定された市街地、ネギ、サツマイモ、水稲、トウモロコシ畑における昼間のボーエン比の日変化。

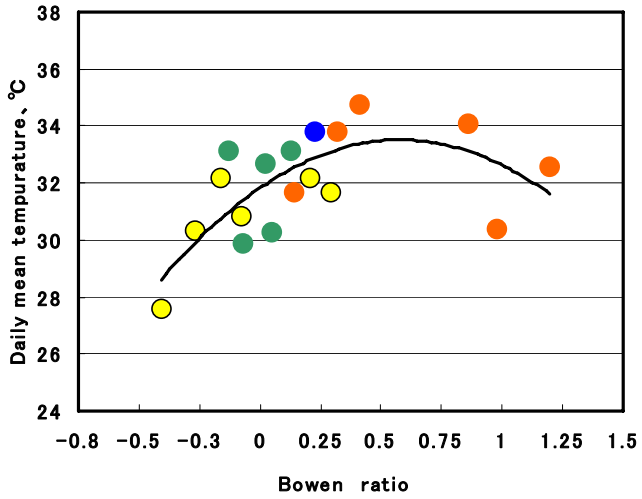


図２．過去３年間において、埼玉県と茨城県の様々な場所で測定された昼間のボーエンとその時の平均気温との関係。緑は水田、橙は市街地、黄は畑地、青は森林公園である。

に大きくなるものの、昼間はほぼ一定であり、その平均値は種々の土地利用の湿潤度特性をよく表している。18 事例の集計結果は市街地で 0.65、畑地で−0.03、水田で−0.06 であった。植被率の少ない畑地の場合、土壌の水分状態によって負のボーエン比となることは充分に考えられるが、今回の数値は既往結果よりも低いと判断された。

図２は 18 事例のボーエン比と平均気温との関係である。図中の実線は近似式であるが、ボーエン比が 0.98 と 1.2 の平均気温は 30.4℃、32.6℃の昇温に止まっている。これは夏季特有の大気不安定によると考えられ、それが時間値に現れている。すなわち、ボーエン比が 1 から 1.3 のとき、１時間の平均気温は 35℃から 36℃まで上昇している。これらの結果と既往成果を踏まえ、水田のボーエン比と平均気温は−0.03〜−0.06 で、約 31.6℃、市街地は 0.65〜0.8 で、約 34.6℃と推定された。この数値を用いて、市街地に対する水田の冷房電気料金の差額は 1 日 10 時間の運転時間で、日本学術会議の試算値 5.12 円/℃を単価とすると、

153.6 円／日となる。

・ **数値計算による結果**

気候緩和評価モデルは自分のパソコンにインストールするだけで計算が開始できる。計算に必要な DB は準備されており、1982 年から 2004 年までの全国の地域気象（15km、3km、1km、250m 単位）の再現計算が 1976，1987、1991、1997 年の土地利用を用いて実行できる。ヒートアイランドの調査研究や土地改変に伴う影響評価研究に活用できると考えられる。モデルの開発過程において、計算精度等について充分な検討が行なわれてきたのでここでは省略し、図３には均一なキャノピーを想定した場合の潜熱伝導フラックスの日変化を示した。潜熱伝達フラックスは森林、水田、都市の順序であり、これらの熱収支特性の結果はほぼ妥当であると思われる。

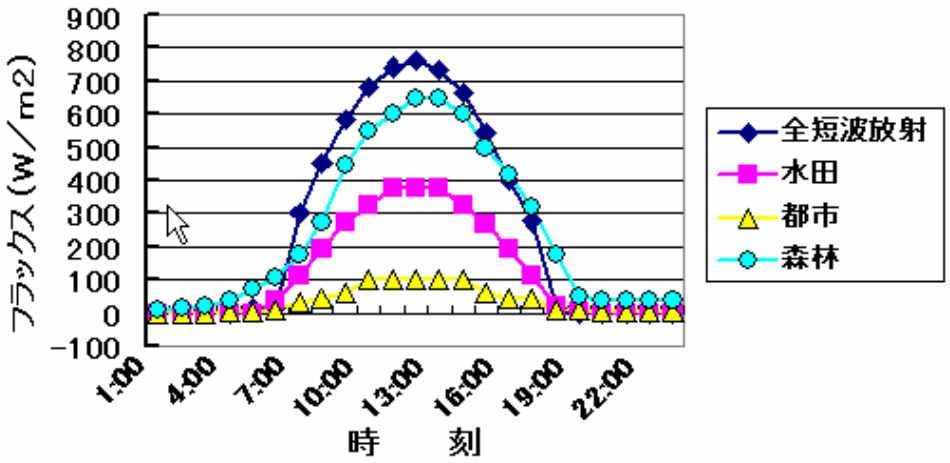


図３．夏季晴天日の気象条件（2001 年 7 月 4 日）下で、栃木県小山市周辺の約 40km 四方を水田、都市、森林の均一キャノピーと想定した場合の潜熱伝達フラック

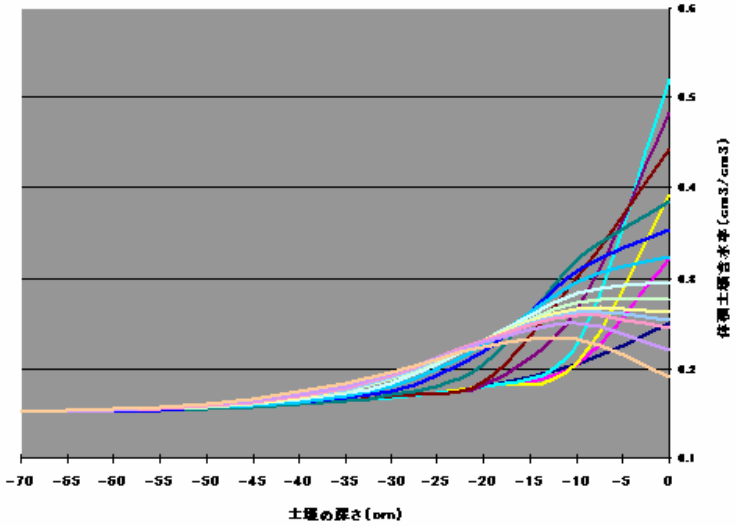


図４．気候緩和評価モデルに導入された土壌水分モデルによるシミュレーション計算。縦軸は体積土壌含水率、横軸は土壌の深度を表す。湿潤と乾燥のプロセスの違いが二次元分布から読み取れる。

農業にとって、降水よる水資源は重要な要因であり、その土壌水分状態がモデルから推定できる。畑地等の土壌水分モデルは J.R.Philip(1957)の不飽和土壌モデルと降水によるバケツモデルから構成されている。土壌は降水によって湿潤となり、体積土壌含水率が約 0.52 ㎥／㎥を超えると、降水は表面流出によって系外にでる。図４は蒸発散と降水による乾燥・湿潤過程が再現されたシミュレーション結果である。

図５はネスティング１段目と４段目の結果である。４段目は 250m メッシュの土地利用が強く反映した

気温分布を呈しており、この日の埼玉県大宮・浦和の都市部が 33℃を超える高温域、その郊外から岩槻の水田地帯は 32.5℃以下の低温域、最も気温が低いのは荒川河川敷で 32℃以下と予想された。これらの推定値はアメダス値と比較してもほぼ 1℃以内であった。

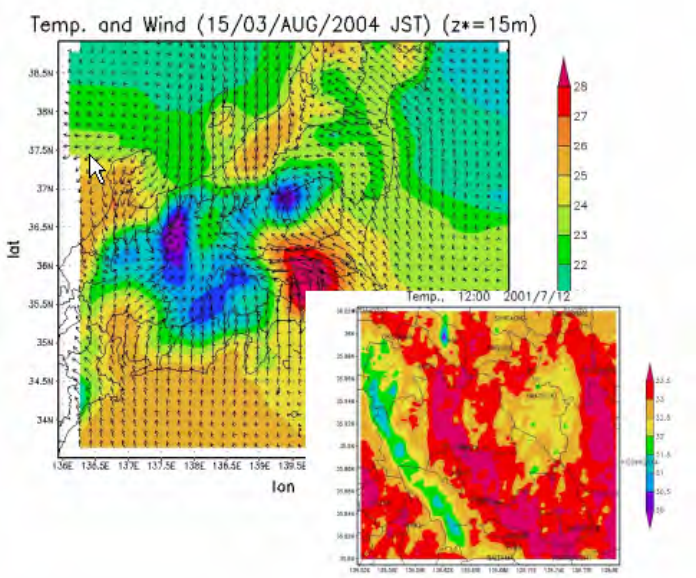


図５．両図は夏季晴天日ではあるが、気象条件は１段目が 2004 年 8 月 3 日 15 時、４断面が 2001 年 7 月 12 日 12 時の結果による合成図である。

図６は茨城県つくば研究学園都市周辺の詳細土地利用分布とその時の気温分布である。夏季晴天日の条件で計算すると、東京および周辺都市の高温化の影響が野田、取手、我孫子の各市に及ぶものの、つくば以北への影響は小さかった。さらに、研究学園都市一帯を森林域と仮定した場合、森林域とそれ以北の下流域で 1℃から 3℃低下すると予想された。このように土地利用の改変実験が容易にできるようになった。

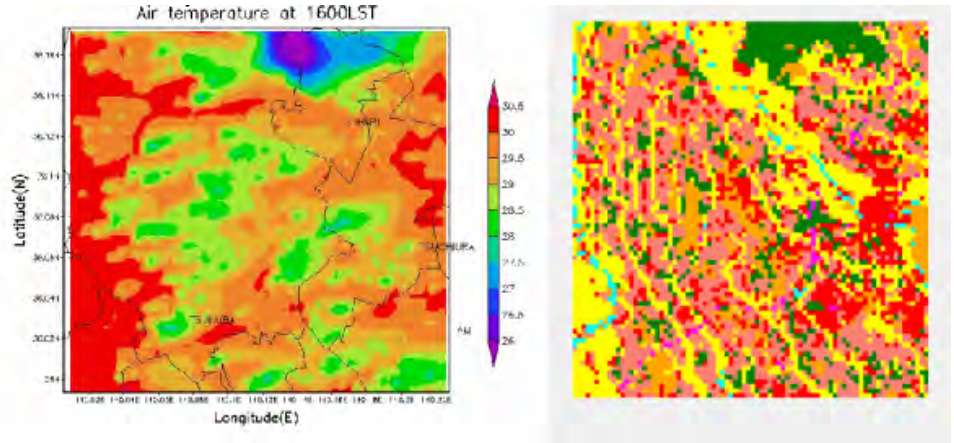


図６．つくば研究学園都市における夏季晴天日の詳細な気温分布（左）。右は詳細土地利用分布であり、図中央の上の緑が筑波山、右端の中央の茶色の部分が霞ヶ浦である。

結び：当日は、その他のモデル計算結果についても発表する。当センターでは、このモデルの試験配布を行っていますので、希望者は問い合わせ下さい。なお、引用文献は省略する。

都市がもたらす激しい気象現象
―東京都心における積乱雲の発生過程―

小林文明 (防衛大)

1. はじめに

夏季静穏時に関東平野、特に東京都心（23区）周辺で発生、発達する積乱雲（熱雷）はしばしば短時間強雨を伴い、防災面からもその発生、発達過程の解明は重要視されている。また気候学的にも大都市における降水量の変動、強雨の増加も議論されている。しかしながら、都市効果と降水の関係については、未だ課題が残されている。特に積雲対流の発生初期（convection initiation）過程や豪雨と都市効果の定量的な因果関係は、観測的にも、数値モデル上でも扱いが難しい。本研究は夏季都心周辺で発生、発達する積乱雲を、ドップラーレーダや地上気象観測システムを用いて観測し、その発生特性や環境場を明らかにするものである。

2. 観測の概要

観測は、横須賀・走水に位置する防衛大学校において、X バンド・ドップラーレーダ、ドップラーソーダ（音波レーダ)、ウェザーステーション（自動地上気象観測装置)、ビデオカメラ等を用いた連続観測を行った。各測器は校舎屋上（標高 100m）に設置されており、ドップラーレーダー（波長 3cm）は半径 64km のレンジ内を多仰角（0.5°～20.5°）の水平スキャン（PPI: Plan Position Indicator）と 180°の鉛直スキャン（RHI: Range Height Indicator）により 10 分間隔で連続観測を行った。モノスタティック型ドップラーソーダ（Kaijo AR410N）は、30 秒間隔でデータを取得した。ウェザーステーションは各気象要素を 5 秒間隔でサンプリングした。ビデオは固定カメラとハンディカメラを用い、固定カメラは 1 秒間隔のコマ取りを行った。都内における観測は、2004 年に複数のドップラーソーダとウェザーステーションを用いた観測を実施した（図 1)。ドップラーソーダは、海風の進入経路に対応するよう、新宿（新宿御苑)、練馬（区役所屋上)、朝霞（埼玉県）に設置し 7 月 23 日から 8 月 12 日までの間、観測を行った。またドップラーソーダを所有する、既存の 3 観測点で同期して観測を行った（江東区越中島、厚木、松戸)。ドップラーソーダはモノスタティック型とフェーズドアレイ型を用い、30 秒毎のデータ（瞬間値）または 1 分平均値として収録した。解析ではアメダスデータ（気象庁）以外に、東京都が独自に設置した地上観測データ（METROS）を使用した。

3. 東京都心周辺における積乱雲の発生特性

防大ドップラーレーダの探知範囲である、神奈川県、東京都、千葉県南部を含む領域で積乱雲の発生過程を調べた。本研究では、7 月と 8 月 2 ヶ月間を解析期間とし、地上天気図で夏型、都心（アメダス・大手町）において 12 時の気温が 30℃以上、平均風速が 5m/s 未満の日を解析日（「夏型の日」）と定義した。この夏型の日は 2004 年で 26 日、2005 年 22 日、2006 年 12 日であった。この中で、レーダーレンジ内で積乱雲エコーが発生した日を「解析日」として解析した。積乱雲のエコーに関して、積乱雲発生時のエコーを「ファーストレーダエコー（積乱雲の芽：以後、ファーストエコー)」と呼び、次のように定義した。すなわち、28 dBZ 以上のエコー強度を有する対流性エコーを「積乱雲エコー」とし、この積乱雲エコーをさかのぼり最初に

出現したエコーを「ファーストエコー」とした。図 2 は 2004 年から 2006 年まで 3 夏季間の解析日（13 日）の中で発生した約 100 個のファーストエコーの発生頻度を、10 km × 10km の領域における 1 日あたりの発生密度で表したものである。図から、丹沢山系でファーストエコーの発生頻度は高く、同時に都心周辺でも発生が認められた。特に、東京北西部で頻度の高い領域が存在し、その値は 0.1 個／日を越えた。ファーストエコーの発生時刻は、12:00 (JST)から 17:00 までの午後に集中した。夏季静穏時に限って、丹沢山系と東京におけるファーストの発生高度（地上高）と積乱雲エコーの最大発達高度を比較すると、平均発生高度は 1 km（丹沢）、3 km（都心）、平均到達高度 3 km（丹沢）、 7 km（都心）と両者で大きな違いが見られた（図 3)。これは、丹沢山系では斜面の強制上昇により対流雲が発生するため、発生高度は低く、多くの積乱雲が形成されるのに対して、都心で発生する積乱雲は相対的に発生高度が高く、一度発生すると発達しやすいことを意味している。

4. 夏季静穏時に東京都心で発生する積乱雲の環境場

2004 年 8 月 10 日、関東の平野部は快晴であったが東京都心だけで局地的な短時間強雨が観測された（図 4)。関東の山岳域では午前中から活発な対流活動がみられ対流性エコーが認められた。一方、関東平野部では積雲の発生は確認されたが、午前中はノーエコーであった。11:00 過ぎから 23 区北部で、積雲／積乱雲の発生が確認され、レーダーエコーは、12:00 に高度 3 km ～4 km で初めて観測された（ファーストエコー)。図 5 はこの積乱雲の発達過程を写真と高度 4 km のレーダ画像で示してある。孤立した 3 個の積乱雲エコーが北から、戸田（埼玉)、赤羽、練馬あたりで発生した。この積乱雲のうち南側のエコーは 12:00 以降、その東側でエコーが成長し、ほぼ同じ場所で発達を続けた。積乱雲は 12:40～12:50 に最盛期を迎え、エコー頂は 10 km を超えた。

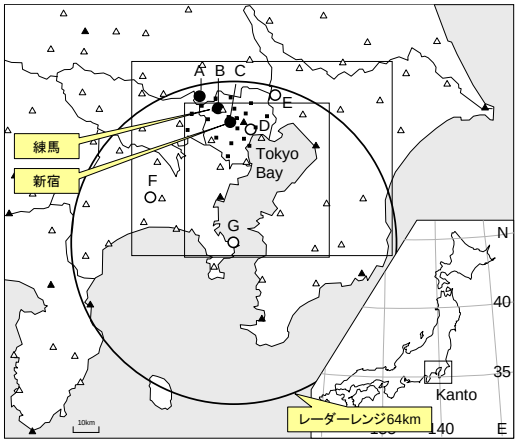


図 1　観測域と観測地点

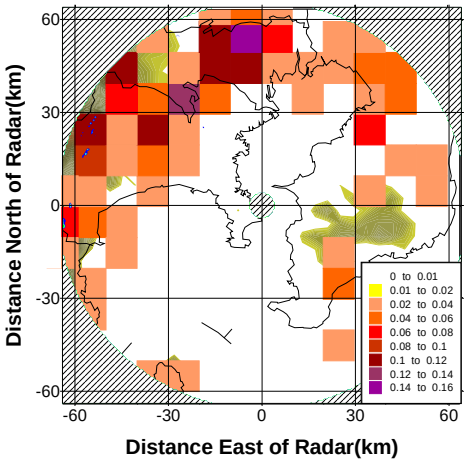


図 2　ファーストエコー発生密度分布

図 6 はアメダス及び METROS のデータを用いて解析した、積乱雲発生時である 12:00 の気圧場、温度場、風の場である。東京 23 区北部から埼玉県南部に 1007 hPa の低圧部が解析され、低気圧性の風系も確認される。この低圧部は 11:00 からの 1 時間で約 1 hPa の気圧降下を示し気温の上昇（1 ℃ / 1 hour）に対応して広がった。当日一般風は弱く日の出以降 3 m/s 未満の海風が東京湾沿岸部で観測された。東京では 09:00 以降海風の進入が認められ、3 m/s 以上の南東風を海風とみなすと、海風の先端（海風前線、図中の前線）は 09:00 には上野に達し、その後 12:00 には新宿から池袋にまで達していた。この日の地上風系をまとめると、東京湾から進入した海風の海風前線は北西方向に平均 3 km/h という遅い進行速度で移動し、11:00 以降はほとんど同じ場所で停滞した。これとは別に水平スケール 30 km 程度の低気部に伴う風のシアーラインが東京と埼玉の境に 11:30～12:00 の間に形成された。積乱雲のファーストエコーはこのシアーライン周辺で発生した。その後発達したエコーセルは停滞した海風前線に位置的に対応していた。すなわち、風のシアーラインが積乱雲発生のトリガーとなり、海風による水蒸気の供給が積乱雲の発達に寄与していたことが示唆される。

夏季静穏時における関東平野、特に都内における地上気象場の特徴を明らかにするために、アメダス、METROS 等地上稠密データを用いて解析した。2004 年の解析日 18 日間（降水日、無降水日を含む）の平均場をみると、東京北部に約 1 hPa 程度の低圧部が認められた。すなわち、練馬から成増付近の地上高温域に対応した低圧部は夏型の日には常に形成された。解析日のうち低圧部に伴い風のシアーラインが形成された日を抽出すると、シアーライン形成日は相対的に、高温で気圧が低く、かつ弱風であった。都心におけるファーストエコー発生とシアーライン形成は時間的によく対応した。

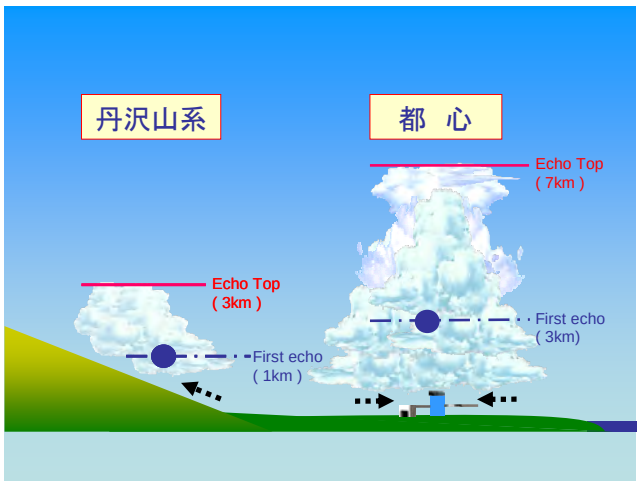


図 3　都心と丹沢における積乱雲の発生

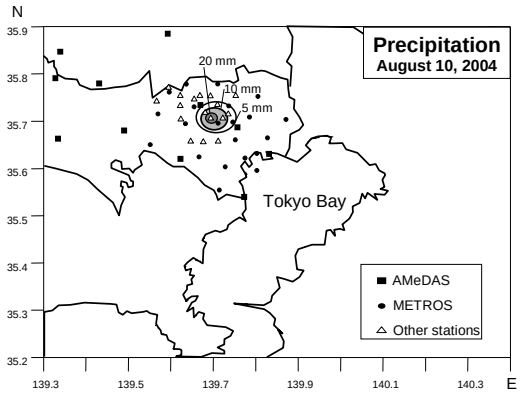


図 4　2004 年 8 月 10 日の降水分布

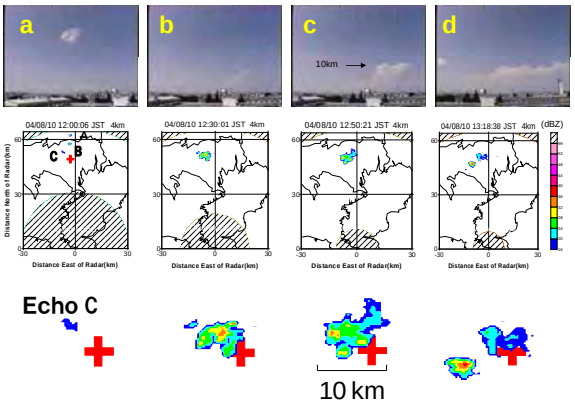


図 5　2004 年 8 月 10 日の積乱雲発生過程

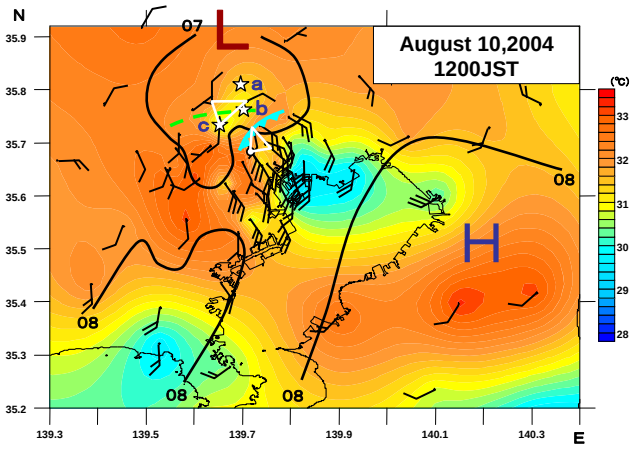


図 6　2004 年 8 月 10 日 12 時の環境場

5. まとめ

夏季静穏時、東京都心における積乱雲をレーダ等を用いて観測し、積乱雲の発生特性、積乱雲形成メカニズム、積乱雲発生時の下層環境場について以下の知見を得た。

1) 積乱雲ファーストエコーの発生頻度は、東京北西部に頻度の高い領域が存在し、その値は 0.1 個／日を越えた。山岳と都心におけるファーストの発生高度と積乱雲の最大発達高度は、両者とも都内のエコーが高く、発生メカニズムの相違が示唆された。

2) 都心で積乱雲が発生する場合、東京北部に形成された熱的な低圧部に伴う風のシアーラインがファーストエコーのトリガーとして寄与していた。

3) 地上稠密データを用いた解析から、夏季静穏時には常に東京北部で 1 hPa 程度の熱的な低圧部が形成され、条件により風のシアーラインが顕在化した。

参考文献

1) 藤部文昭，東京における降水の空間偏差と経年変化の実態―都市効果についての検討―，天気，45，pp.7-18，1998

2) 藤部文昭，ヒートアイランドが降水におよぼす影響―夏の対流性降水を中心にして―，天気，51，pp.109-115，2004

3) 藤部文昭，坂上公平，中鉢幸悦，山下浩史，東京 23 区における夏季高温日午後の短時間強雨に先立つ地上風系の特徴，天気，49，pp.395-405，2002

4) 小林文明，ヒートアイランドが降水におよぼす影響―積乱雲の発生特性―，天気，51，pp.115-117，2004

5) Kobayashi, F. and N. Inatomi : First radar echo formation of summer thunderclouds in southern Kanto, Japan, *J. Atmos. Electricity*, 23, pp.9-19, 2003

6) Kobayashi, F., H. Sugawara, Y. Ogawa, M. Kanda and K. Ishii, Cumulonimbus Generation in Tokyo Metropolitan Area during Mid-summer days, *J. Atmos. Electricity*, 27, pp.41-52, 2007

7) 小林文明，上野洋介，稲富成子，紫村孝嗣，1999 年 7 月 21 日東京都心周辺に豪雨をもたらした積乱雲，天気，48，pp.3-4，2001

農業が求めるこれからの気象情報　－農業気象情報の現状と課題－

財団法人日本気象協会　平松信昭

１．はじめに

農業にとって気象情報を利活用する場合の目標として，１）農家の収益向上，２）安定供給，３）高品質・安全性の高く環境に優しい生産　が挙げられる．

太古の時代から農業生産を左右する最大のリスク要因は気象災害や気候の変動であり，その回避手段として，近代になって気象観測や天気予報が実施された理由の１つにもなっている．

表１は，農業生産の各段階での気象情報の利用可能性をまとめたものである．

表１　農業生産の様々な局面における気象情報の利用目標

項　目	内　　容
1 新規作物導入計画	気象資料、気象統計資料による適地判定
2 栽培管理計画	気温、日射量、日照時間の積算値などを利用した作物育成管理、開花予想、収穫計画
3 灌水管理･水管理	短期～長期予報の活用による水管理の実施
4 農作業計画	数日間の局地気象予報による効率的な農作業計画
5 災害推定	風水害、降雹など気象による災害推定と被害対応に活用
6 ハウス管理計画	観測値や予測値からハウスの風害の防止や日射の遮断
7 生育診断･予察	生育状況を気象から予測、作物の肥培管理、農作業などの最適化を図る
8 収穫予想	気象の推移から収穫量を推定
9 糖度推定	果実などの糖度を気象の推移から判定
10 病虫害防除	発生要因解析から適切な時期の病虫害対策を実施する
11 出荷調整	生育状況、他の産地の気象状況から出荷時期を調整する

気象は，農作物の栽培計画から収穫，さらに流通，販売に至る全ての段階で影響する．適切な気象情報の活用は，農家個人の収益向上だけなく，社会全体に大きな利益をもたらす．

２．農業気象情報の活用の現状

日本気象協会（JWA）では，平成6年から農業構造改善事業などにより，71ヶ所の農協や自治体に農業気象情報システムを収めてきた．

これらのシステムは，

・独自の気象観測網による気象観測（マメダス[1]）

・農業気象予測（短期，週間の予測情報）

・FAXやWebなどによる情報提供システム（MICOS[2]）

の3本柱で成りたっている．

システム導入後、ユーザーからは，

・たくさんメニューがありすぎて，どう使っていけばいいのかわからない

・いつも農業気象予測を見ているが，今日明日の予報以外はあまり利用していない

という声が寄せられた．

その一方で，情報提供者である我々が，

[1] 日本気象協会が設置した農業向け気象観測網のこと．気温，湿度，風，降水量，日射量，日照時間を観測し，観測値はオンラインで収集，提供されている．

[2] 日本気象協会が提供するオンライン気象サービスのこと．気象庁の気象情報の他，独自の観測データや予報をオンラインで提供している．

・ 農業従事者がどのような場面で気象情報をどう活用しているのか分からない
・ 各地域の農作物（特産物）の特性を十分に把握していない

といった現実を反省し，

・農業と気象をつなぐ共通のコミュニケーションツールの整備
・農業に密着した気象情報の2次活用（生育予測など）

を実現する営農支援システムを開発に着手してきた．

農業試験研究機関は「地域営農特性に即した生育予測・病害虫予察計算ロジックを開発」，JWA は「研究機関が開発したロジックを組み込んだ農業気象情報の高度化・営農支援システム構築・運用」，行政・JA は「JWA が構築したシステムを活用して管内農家への営農指導を行い営農現場の実況を JWA，研究機関にフィードバック」という 3 機関提携モデルである．

従前の農業気象システムに比べて，地域営農特性に特化した構築であることから，利用価値の向上が期待された．また，気象予報士，行政営農指導者，農家が連携しあうことで，システムを通じた産地でのコミュニケーションが生まれていることも大きな特徴である．

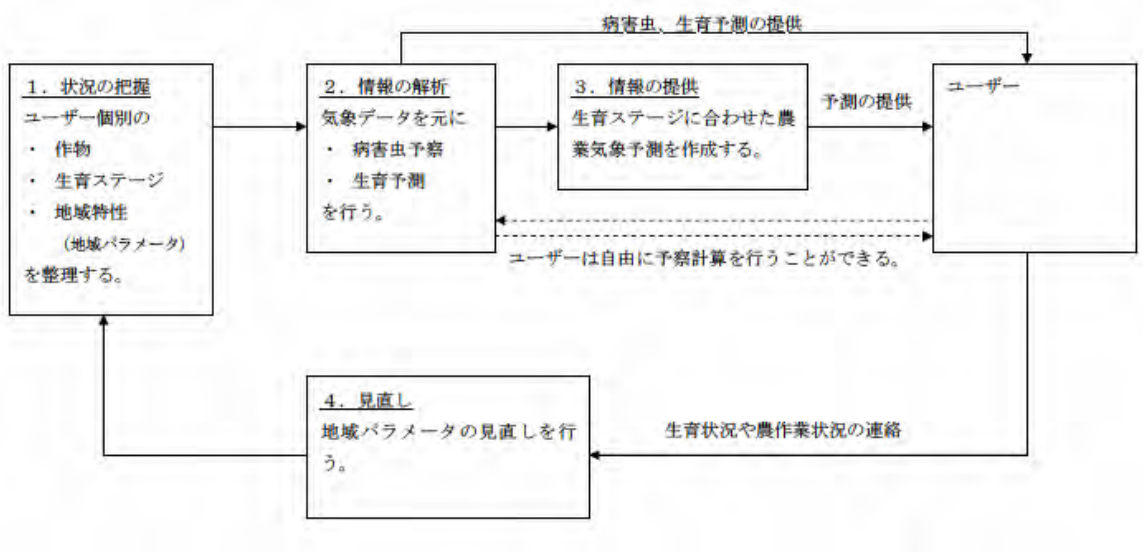


図１　PDCA サイクルによる営農支援システムの運用イメージ

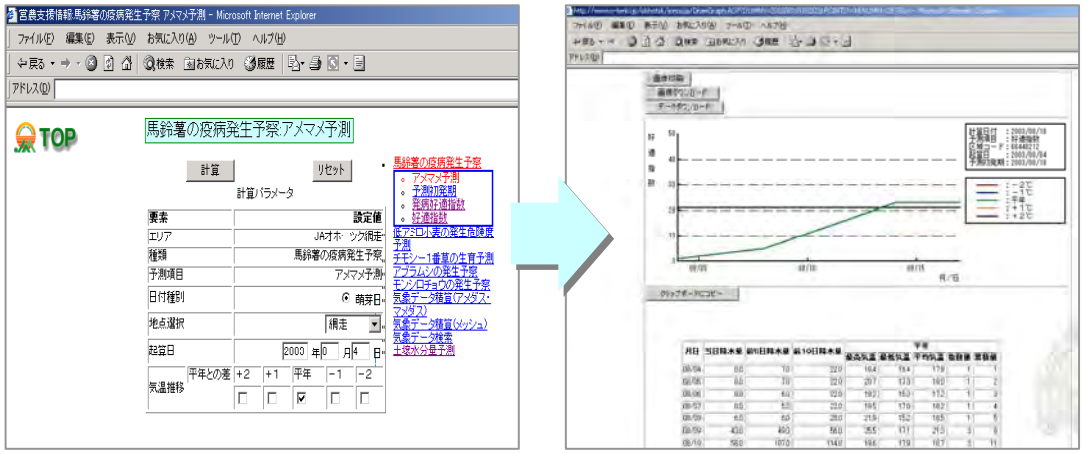


図２　営農支援情報（グラフ）表示例（JA オホーツク網走殿導入事例）

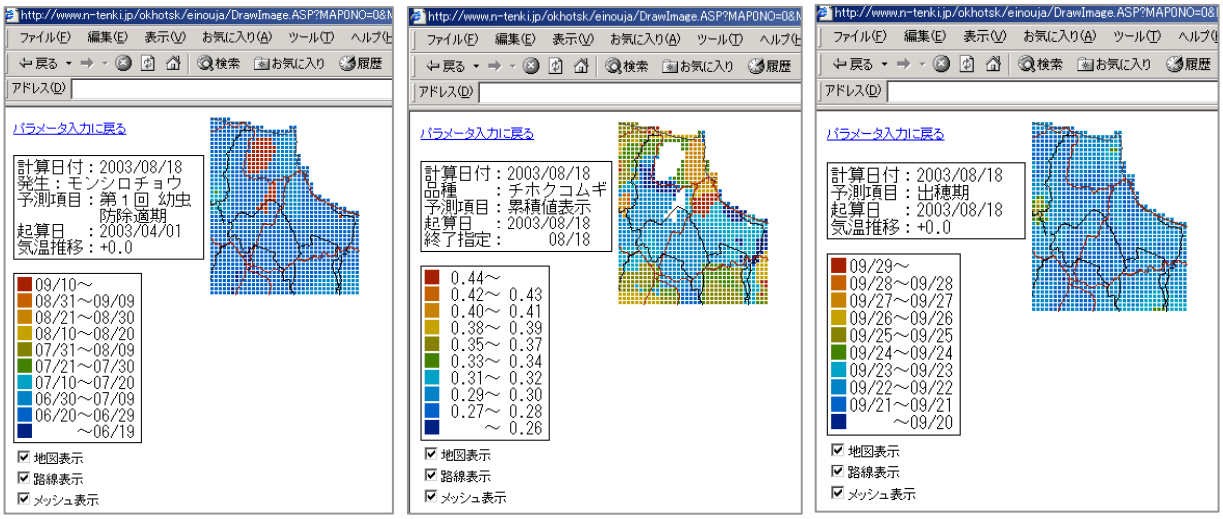


図３　営農支援情報（1km メッシュ）表示例（JA オホーツク網走殿導入事例）

さらに、最近では“一般気象情報”，“営農支援情報”のほか，農業経営を総合的に支援するための“市況情報”，“競合産地情報”を組み合わせてシステム構築されるようになっている．

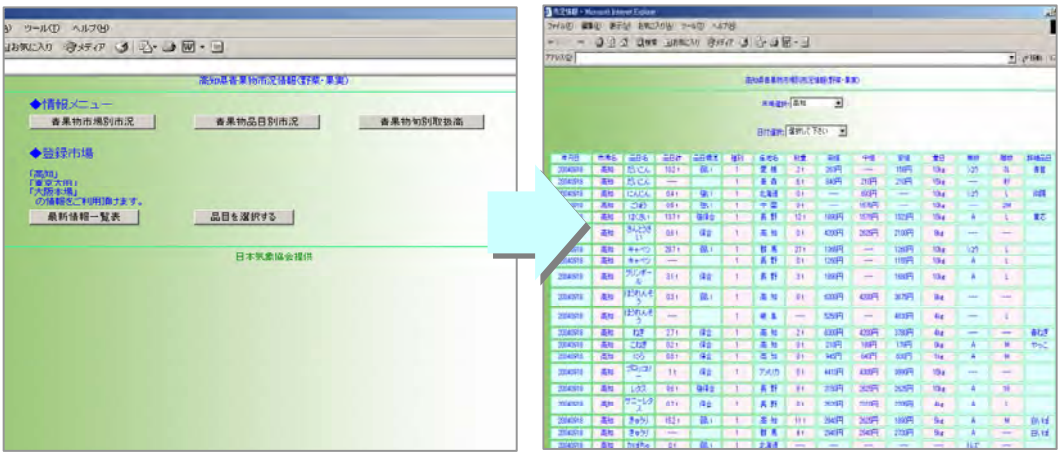


図４　市況情報表示例（高知県殿導入事例）

また，モバイル端末への情報提供も進んでいる．

携帯メールによって，地域指定による気象警報・注意報，指定地点のピンポイント気象予測，一定閾値を超過した際のアラートメール（例：時間降水量 10mm 以上，気温 0° 以下，など）を提供することで，屋外作業の多い農業従事者にユビキダス社会を実現している．

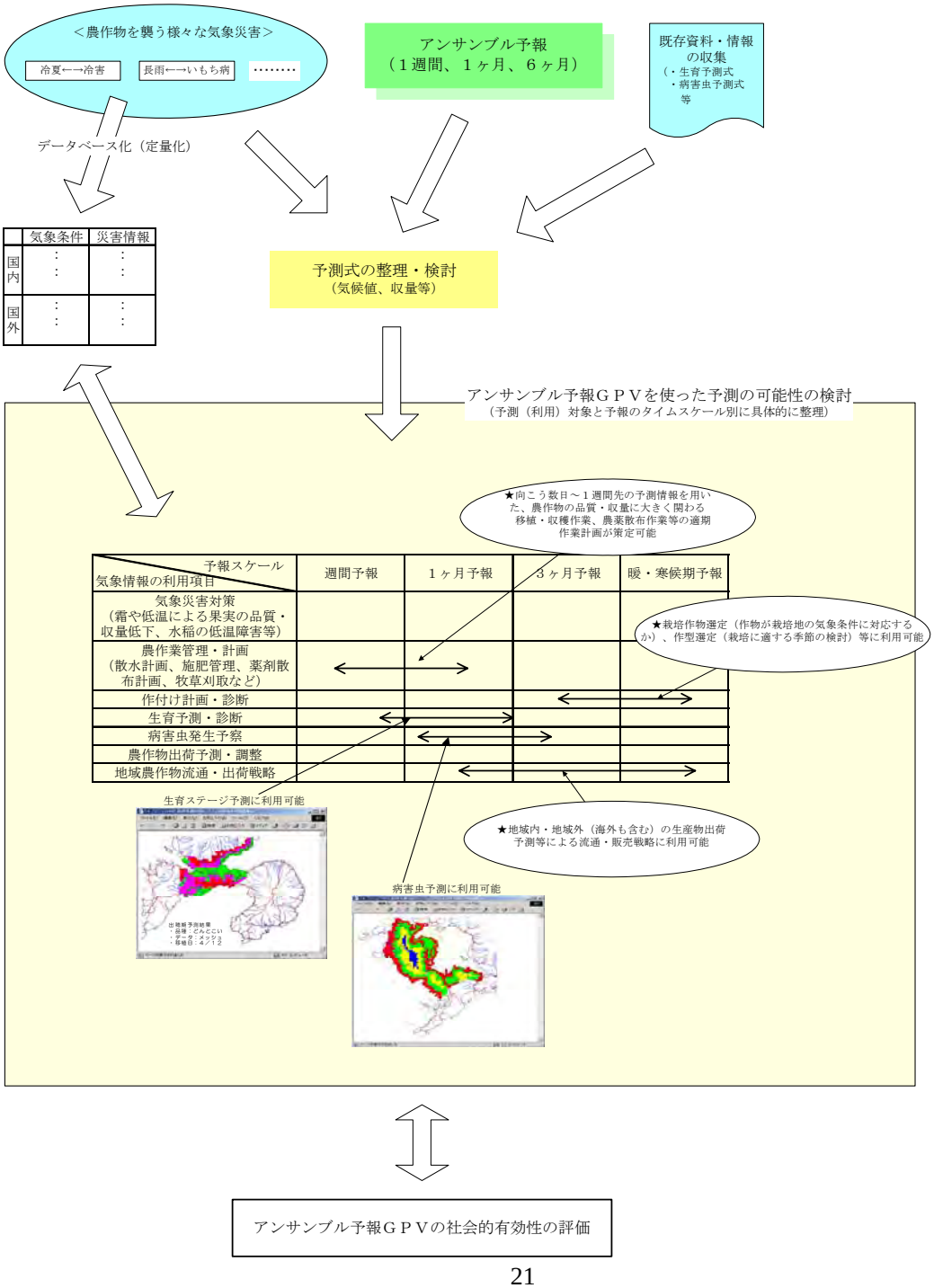
図５　最低気温予測の提供例（長野県殿導入事例）

３．課題と将来にむけて

農業生産者にとって，毎日の天気予報は農作業を行う上，非常に重要な情報であるため，情報化が進み，ケーブルＴＶなどを通じて，多くの農家で気象情報が利用されている．

一方，渇水や長雨のように，長期間に偏って異常な天候がもたらす農業災害は，農家の生産に大きな打撃を与えるものの，そのリスク管理を含め，気象情報が利用されているとは言い難い．

農業を行う上での中長期の気候情報は，過去数日から数ヶ月の気候の経過を踏まえた上，今後の予想を立てることが重要であるが，少しでも早期に対策を取るためには，アンサンブル予報の利用が有効であると思われる．気象庁から配信される１～３か月および６か月アンサンブル予報が提供されており，これらを使って，農業に被害を与える気象（気候）の予知の研究を行い，より積極的に農業災害の防止・軽減に役立てていく必要があろう．



都市気候が農業に及ぼす影響とその対策―果樹を例として―

杉浦裕義（農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所）

１．はじめに

関東地方では春から夏にかけて、寒冷前線の通過時などに発達した積乱雲により、ときにはピンポン玉大の降雹や風速 50m/s 以上の突風が生じることがある。降雹や突風は、集約的に栽培される園芸作物に短時間で甚大な被害を与え、永年作物である果樹では被害の影響を翌年以降も受けることがある。一方都市部では、土地利用が変化し地表面付近が暖められ易くなったため、強い上昇気流が生じ、今後気象災害を及ぼすような積乱雲の発達がし易くなっていると考えられる。発達した積乱雲が降雹と強風をもたらす可能性があるため、果樹について被害（強風害は台風によるものを代用）と対策事例を紹介する。

２．降雹と対策

雹害とは

降雹により農作物や農業関連施設が損傷する災害を雹害という。降雹は突発的であり、災害の時間的、空間的規模は小さいが、降雹のあった地域の農作物に甚大な被害を与える。果樹の雹害は、果実や枝葉の損傷のほか、たとえ小さな傷でも果実の肥大とともに大きくなり商品価値が著しく低下するため、収量、品質に大きな被害を及ぼす。（写真１）

写真1　降雹によるナシ幼果の被害
（2000 年　ひょう害の事後対策の手引きから）

雹害の対策

対策は雹害を防止する恒久的な事前対策と被害軽減のため事後対策に別けられる。

[事前対策]

防雹資材の設置：雹害防止ため寒冷紗や防雹網を設置する（写真２）。網目 1.25mm の寒冷紗は、果実や枝葉などの雹害を完全に防止できる。網目 9mm の網では、果実に多少かすり傷程度の被害がでるが、葉や枝の被害はない（表１）。現在は、防雹のほか防鳥、防虫を兼用した多目的防災網の設置が最も普及している防雹技術だが、開花後から収穫期まで長期間にわたって被覆しておくので、強風により網が飛ばされ破れる場合がある。また、網の耐久性、棚の架設方法、網を被覆した場合の葉の同化作用に及ぼす影響など技術的な点で検討の余地が残されている。

写真2　ナシ園における防雹網の設置
（2000 年　ひょう害の事後対策の手引きから）

表１　被覆資材による防雹効果（1977）

網の種類	果実の被害程度別割合（%）				葉の被害			枝の被害	
	甚	中	軽	無	落葉率%	裂葉率%	裂葉程度	発育枝の傷の程度	太枝の傷の程度
寒冷紗F-3000	0	0	0	100	0	0	無	無	無
ラッセルネット9mm	0	0	16.8	83.2	0	0	〃	〃	〃
無処理園	55.4	37.8	6.7	0.1	15	95	中	中	軽

（松浦ら,1978）

[事後対策]

病虫害防除:降雹による物理的な損傷を受けた部位に各種病原菌が進入するので、早急に殺菌剤を散布する。また落葉が多い場合は病虫害が蔓延する恐れがあるので、葉を埋没させるか園外に持ち出して処分する。

傷果の摘果:傷害のひどい果実は途中で落果あるいは奇形果となるため、次年の生産力確保のため早く摘果する。また、葉の損害による同化作用の低下を見込んだ結果調節、障害果の見極めなど、入念な摘果を行い、樹勢の回復と品質、収量の確保に努める。

損傷枝の整理:折れた新梢は、折れた部分まで切り戻す。徒長枝が多発する場合は、誘引や芽かきを行うなどし、次年度へ影響を極力残さないようにする。

３．強風とその対策

（強）風害とは

強風は果樹の倒伏、枝の折損、落葉、落果、果樹棚の倒壊などの風害をもたらす。特に果実の肥大した収穫期直前の強風は、一瞬にして落果や傷害果を発生させ甚大な被害をもたらす（写真３）。また強風による枝葉の損傷は、その年の果実の品質を低下させるばかりでなく、貯蔵養分不足による翌年の着花や生育に悪影響をもたらす。

写真３　強風によるナシの落果

（2003 年熊本県農業研究センター岡田眞治氏撮影）

風害の対策

風害対策は防風を考慮した方法と耐風を考慮した方法がある。対策をするに当り地形、地物で風向、風速などは変化するので、これらを考慮に入れて実施する必要がある。事後対策は雹害と共通するところが多いので割愛する。

[防風対策]

防風施設の整備：防風林や防風網などを設置する。

[耐風対策]

立木栽培管理：樹の倒伏や主枝、亜主枝の損傷防止のため、支柱を立てて補強する。また、高接ぎ樹では接ぎ部位が弱いため支柱などに結束して補強する。強風に抗する平棚栽培や低樹高栽培に変更する（写真４）。

写真４　モモの平棚栽培

（2003 年熊本県農業研究センター岡田眞治氏撮影）

棚栽培管理:強風による棚の波打ち現象を軽減するため、支柱・アンカーの補強、棚線の締め直しをする。枝の誘引をしっかりして、枝折れを防止する。

４．むすび

都市気候が農業に直接及ぼす影響は現在のところ不明瞭だが、どのような影響でも事前対策をしっかりと行い、災害が発生したときは被害を最小限に食い止められるよう迅速に対策ができるよう普段から準備を整えておく必要がある。

参考文献

果樹研究所,2001：ひょう害の事後対策の手引き（オンライン）

果樹研究所,2005：平成 16 年台風による果樹被害の調査報告書 pp90

神奈川県環境農政部,2001：農業防災の技術マニュア,54-55

栃木県農業試験場果樹部,1978：ナシ園における防ひょう試験の結果について,業績報告書,15,51-55.