

関東の農業気象 *E-Journal*

第 8 号

日本農業気象学会 関東支部会誌 電子媒体版

平成 23 年 12 月 (2011)

日本農業気象学会関東支部 (2011 年度例会)

講演要旨集

2011 年 12 月 9 日 文部科学省研究交流センター

(茨城県つくば市竹園 2-20-5)

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8号 (2011) 目次

一般研究発表

熱帯雨林帯における林分構造と気温・湿度の関係

酒井正治・Thiti Visaratana 1

緑化壁面の熱収支

鳥羽響子・岡野達彦・廣田陸・本條毅・梅木清・三浦竜一・
山本耕平・並河康一・眞家道博・塩原孝英・今野英山 2

TERRA/ASTER 夜間熱赤外面像により捉えられた関東平野西部の山地斜面における斜面温暖帯

紺野祥平・泉岳樹・高橋日出男 3

自然教育園における冷氣のにじみだし現象の観測結果

清水昭吾・菅原広史・成田健一・三上岳彦・萩原信介・高橋日出男 4

カイコの運動能力に及ぼすオゾンと過酸化物の複合影響

布和・武政史郎・宮崎泰雄・堀江勝年・青木正敏 5

オゾンと過酸化物の複合暴露に伴う野菜のクロロフィルおよび無機養分含量の変化

戈振睿・丸島亮太・Cattleya Chutteang・Prathomrak Na-Ngern・
馬場俊平・田中淳・堀江勝年・青木正敏 6

神奈川県丹沢山のブナ林衰退におけるオゾン・過酸化物関与の可能性

丸島亮太・武田麻由子・カ シンエイ・ブホ・堀江勝年・青木正敏 7

数値シミュレーションによる放射物質の積算沈着量の評価

杜明遠・米村正一郎・牛山朋来 8

旱魃と旱魃害の違いについて

福岡義隆・丸本美紀・長谷川直子 9

真瀬水田における GPP の年々変動とその要因

滝本貴弘・間野正美・小野圭介・宮田明 10

半乾燥地における植物地上部バイオマスの広域推定

中野智子・Ganbat Bavuudorj・篠田雅人 11

シンポジウム

福島県浜通り北部の津波による塩害の実態

江上宗信・渡邊仁司・常盤秀夫・朽木靖之・佐々木園子・宗村洋一 12

茨城県稲敷市における液状化を起因とする塩害の報告

瑞慶村知佳・北川巖・若杉晃介・原口暢朗 14

福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質拡散の公開データに基づく解釈

松島大 17

福島第一原発事故による関東地方の放射性物質の大気拡散・沈着

堅田元喜 23

熱帯季節林における林分構造と気温・湿度との関係

○酒井正治（森林総合研究所）、Thiti Visaratana（タイ王室森林局）

はじめに

熱帯季節林地帯である東北タイにおいて、早生樹人工林を樹下植栽法により郷土樹種への転換を試みている。本報告では、苗木植栽に先立って行う間伐が気温・湿度に与える影響について述べる。

試験地の概要

バンコクから東北へ約 250km のサケラート試験地（北緯 14° 28′ 06.1″、東経 101° 54′ 15.0″）において、21 年生の *Acacia mangium* 人工林内に、手を加えない林（人工林区、略称 PLN）、間伐を行った林（間伐区、略称 THN）およびそれらに隣接した裸地（ギャップ区、略称 GAP）プロットを設定した。年平均気温は 23℃、年間降水量は 1,100mm で、11 月から翌年 4 月までの約 6 ヶ月間、乾季がある。

方法

2007 年 10 月、各プロットの百葉箱に気温・湿度ロガー（U23-001, オンセツ社）をセットし、1 時間ごとに各データを記録した。なお、一日の平均値、最大値、最小値から、月のそれぞれの平均を算出した。

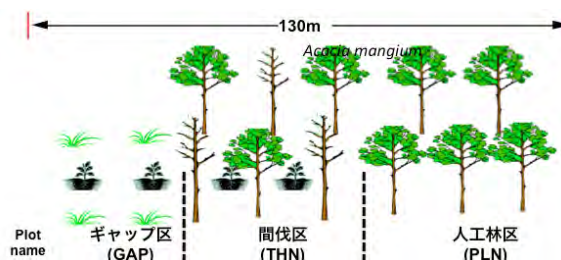


図-1 試験地の概要

結果

表-1 に、2008 年 1 月～12 月までの月平均値、月平均最大値、月平均最小値および月平均日較差を示した。気温（℃）については、平均値、平均最大値、平均最小値は 4 月に最も高く、12 月に最も低くなる季節変化を示した。一方、日較差は乾季（11 月～翌年 4 月）に比べて雨季（5 月～10 月）に小さくなった。相対湿度（%）については、平均値、平均最大値、平均最小値は雨季に高い季節変化を示した。

PLN プロットは GAP プロットに比べ、気温の平均値、平均最大値が低く、平均最小値が高くなる傾向を示した。THN プロットは PLN と GAP プロットの間であった。一方、相対湿度は、PLN プロットで平均値、平均最小値が高くなった。つまり、森林は気温の最大値を抑制し、相対湿度の最小値を高めるため、その結果、日較差が裸地に比べて小さくなった。

表-1 2008 年における気温および相対湿度の月平均値（日基準）

		Plot	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan.-Dec.
Air temperature	Average	GAP	21.5	21.4	24.8	25.4	24.1	24.2	24.0	23.6	23.1	23.1	20.4	18.7	22.9
		THN	21.6	21.3	24.7	25.3	24.1	24.2	24.0	23.7	23.2	23.2	20.7	19.1	22.9
		PLN	21.2	21.1	24.5	25.2	23.9	24.0	23.8	23.5	22.9	22.9	20.4	18.6	22.7
	Mean Max.	GAP	28.3	27.6	32.0	31.7	28.9	29.0	29.0	28.2	27.5	27.2	24.6	24.5	28.2
		THN	27.2	26.4	30.7	30.8	28.4	28.4	28.3	27.6	26.6	26.5	23.9	23.4	27.3
		PLN	25.9	25.9	30.7	30.9	28.0	27.9	27.7	27.2	26.1	25.7	22.8	21.9	26.7
	mean Min.	GAP	17.1	17.0	20.2	21.7	21.7	21.5	21.4	21.0	20.8	21.0	17.9	15.2	19.7
		THN	17.5	17.2	20.4	21.9	21.9	21.9	21.8	21.5	21.3	21.5	18.5	15.9	20.1
		PLN	17.5	17.3	20.4	21.8	21.8	21.8	21.6	21.4	21.1	21.4	18.4	15.9	20.0
	Diff. (Max-Min)	GAP	11.2	10.6	11.8	10.0	7.3	7.5	7.6	7.2	6.7	6.2	6.8	9.3	8.5
		THN	9.7	9.2	10.3	8.9	6.5	6.5	6.1	5.3	5.0	5.4	7.5	7.2	7.2
		PLN	8.4	8.6	10.3	9.1	6.2	6.2	6.1	5.8	5.0	4.3	4.4	6.0	6.7
Humidity	Average	GAP	70.8	72.9	69.2	80.8	90.9	90.6	88.8	91.9	92.7	94.4	91.1	84.3	84.9
		THN	70.3	72.9	69.5	80.5	90.7	91.0	89.9	92.5	94.2	95.3	91.7	85.5	85.3
		PLN	71.8	73.5	69.5	80.3	91.1	91.8	90.7	93.2	94.5	96.2	92.7	87.0	86.0
	Mean Max.	GAP	87.7	89.8	87.2	94.1	97.9	97.7	96.5	98.1	98.0	98.9	97.0	94.9	94.8
		THN	86.2	88.9	86.6	93.4	97.5	97.4	96.7	98.2	98.2	99.2	97.0	94.6	94.5
		PLN	85.9	88.2	85.9	92.9	97.3	97.4	96.6	98.1	98.2	99.2	96.9	94.6	94.3
	mean Min.	GAP	46.8	51.4	43.3	56.8	73.8	74.5	71.8	77.5	79.9	83.2	79.3	65.5	67.0
		THN	49.2	54.2	45.8	58.2	74.4	76.2	74.9	79.5	83.5	85.3	81.9	70.7	69.5
		PLN	53.0	56.0	45.7	57.5	75.7	78.7	77.8	81.1	85.3	88.1	85.5	76.6	71.8
	Diff. (Max-Min)	GAP	40.9	38.5	43.9	37.3	24.1	23.2	24.8	20.7	18.2	15.6	17.7	29.4	27.9
		THN	37.0	34.7	40.7	35.3	23.1	21.2	21.8	18.7	14.7	13.9	15.1	23.9	25.0
		PLN	33.0	32.2	40.2	35.3	21.6	18.7	18.8	17.0	12.8	11.1	11.4	18.0	22.5

緑化壁面の熱収支

○鳥羽 響子¹, 岡野 達彦², 廣田 陸², 本條 毅¹, 梅木 清¹, 三浦 竜一³,
山本 耕平³, 並河 康一⁴, 眞家 道博⁴, 塩原 孝英⁵, 今野 英山⁶
(¹千葉大学大学院園芸学研究科, ²千葉大学園芸学部, ³㈱ノザワ, ⁴㈱杉孝, ⁵森ビル㈱, ⁶モリユ)

1. はじめに

近年, 都市部のヒートアイランド現象への対策の一つとして壁面緑化があげられている。本研究では, セメント板と緑化基盤が一体となった試験体を用い, その熱的特性を明らかにした。

2. 材料および方法

本研究の実験は, 押出成形セメント板（製品名：アスロック，ノザワ製）を用いて埼玉県深谷市にて行った。図1に示すように壁面緑化とセメント板を比較した。壁面は南西向きを表（緑化面）とした。測定項目は葉温（葉裏温度）・表面温度・パネル表面温度・熱流量（パネル裏面で測定）・垂直面日射量である。温度には熱電対，熱流量は熱流板，垂直面日射量は日射計を用いて2011年7月末から測定し，データロガーに記録した。灌水は毎日午前7時～8時の1時間行った。

3. 結果

図2に快晴日（2011年8月10日）の温度比較を示した。日没後から夜間にかけて壁面緑化とセメント板には大きな温度差はないが，日の出後セメント板の温度が大きく上がり，一方，壁面緑化の温度は緩やかに上昇し，表裏ともに壁面緑化のほうが日中の温度が低いことが確かめられた。セメント板は表面温度が裏面より高い値であったが，逆に壁面緑化の表面は裏面より低い値となった。葉温と気温は，ほぼ同じ値であった。図3に快晴日の熱流量比較を示した。正の値が表面（緑化部分）から裏面（日の当たらない面）の流れを示す。垂直面日射量は，壁面が南西方向を向いているので15時ごろ最大値を記録した。壁面緑化とセメント板は垂直面日射量から最大値の記録時刻に遅れがあった。壁面緑化は日中常に負の値であり，最低値は12時頃に記録した。

測定期間中の日積算熱流量は，壁面緑化は常に負の値を示し，特に晴天日はその傾向が顕著であった。本実験により，壁面緑化による壁面温度の冷却効果が確かめられた。

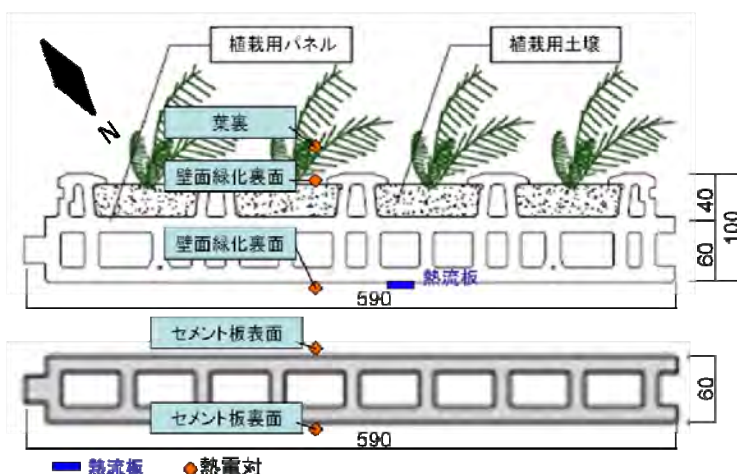


図1.試験体断面図

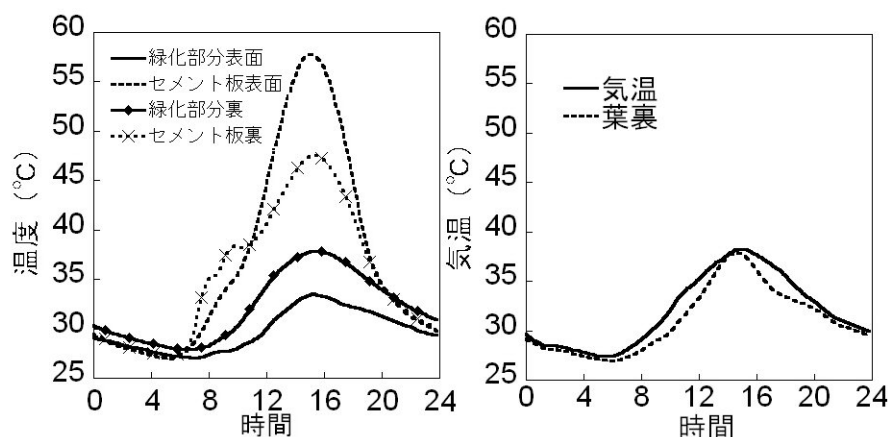


図2.快晴日（8月10日）の温度比較

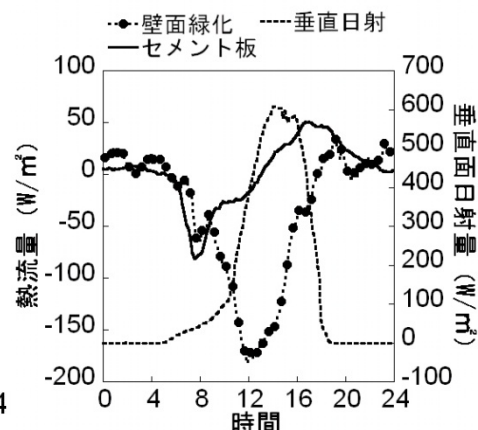


図3.快晴日（8月10日）の熱流量比較

TERRA/ASTER 夜間熱赤外面像により捉えられた 関東平野西部の山地斜面における斜面温暖帯

○紺野祥平, 泉 岳樹, 高橋日出男 (首都大院都市環境)

1. はじめに

本研究では、関東平野西部の丘陵地帯における冬季夜間の地上気温低下と気温逆転層の特徴を把握する目的で、埼玉県内の比企地域を対象とした気温の定点観測を継続して行ってきた (図 1)。今回、対象地域内の温度分布を面的に捉えるために、広範囲の温度情報を高分解能で得ることができる TERRA/ASTER の夜間熱赤外面像を用いた解析を行ったところ、晴天静穏な夜間における画像により、山地斜面中腹に明瞭な斜面温暖帯 (夜間、接地逆転層の発達や斜面冷気流によって斜面中腹に帯状に現れる相対的な高温域) が確認された。

2. 方法

使用した画像データは TERRA/ASTER の夜間熱赤外面像 (2B03 プロダクト, 分解能 90m) で、シーン取得日時は 2010 年 12 月 27 日 21 時 54 分である。2B03 プロダクトは幾何補正・放射量補正・大気補正・温度変換の処理が施された画像データである。本研究では、この画像データに精密幾何補正を施すことにより、画像データを観測点位置と重ね合わせた (図 2)。

3. 結果

熱赤外面像 (図 2) より、山地斜面の中腹 (およそ 500m の等高線以下) に斜面温暖帯が連続している様子が確認できる。この画像の撮影時刻とほぼ同時刻 (21 時 50 分) における気温の高度分布 (図 3) をみると、100m~400m の地点の気温が相対的に高く、熱赤外面像にみられた斜面温暖帯の高度とおおよそ一致した。

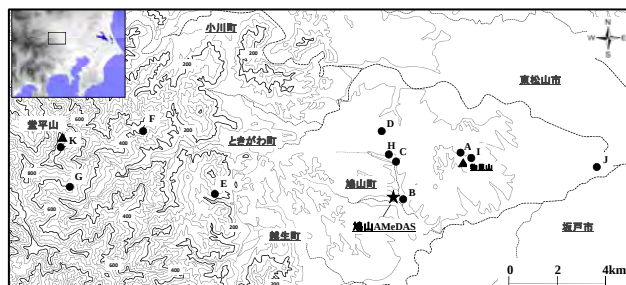


図 1 観測対象地域と観測点位置

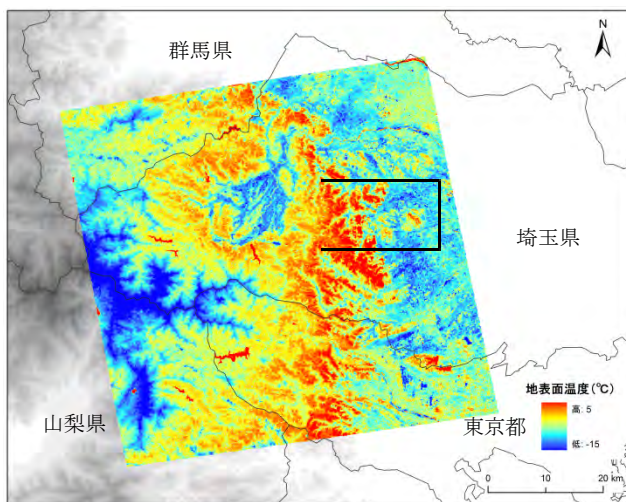


図 2 TERRA/ASTER の夜間熱赤外面像
図中の枠は観測対象地域の範囲を、
陰影は標高 (TDM25000) を示す

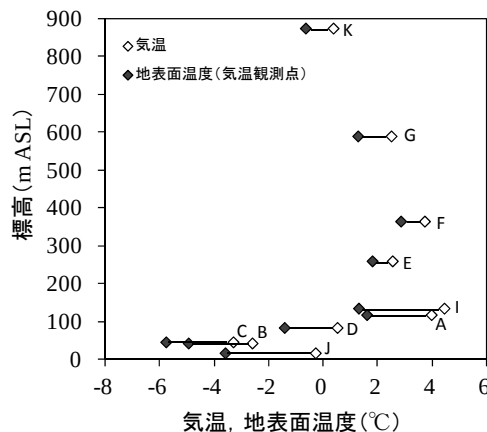


図 3 気温と地表面温度の高度分布

自然教育園における冷気のにじみ出し現象の観測結果

○清水昭吾（首都大），菅原広史（防大），成田健一（日工大）

三上岳彦（帝京大），萩原信介（国立科学博物館），高橋日出男（首都大）

1. はじめに

都市内に存在する緑地には，都市のヒートアイランド緩和効果が期待されている．静穏な夜間に緑地内の冷気が重力流の作用により周囲へと流出する「にじみ出し現象」に関しては，新宿御苑での一連の観測（例えば成田ほか，2004）などによって実測例があるものの，にじみ出し現象の詳細を明確にとらえた事例報告は多くない（成田・菅原，2011）．そこで本研究では，自然教育園（東京都港区白金台）において気象観測を実施することで，都市内緑地における冷気のにじみ出し現象の特徴を明らかにすることを目的とした．

2. 観測概要

自然教育園（面積約 20ha）と周辺市街地で観測を行った．自然通風型放射シェルターをつけた温度ロガーを樹木や街路灯の地上約 2.5m に取り付け，1 分間隔で気温を測定した．気温観測点は，園内から北側市街地にかけて南北に測線が取れるような配置とし，緑地からの冷気の到達範囲を検討した．また，園の東西南北の境界付近 4 か所で超音波風速計を用いた風向・風速の測定を行い，にじみ出し発生時の気流の変化をとらえた．さらに冷気の厚さや冷却面をみるための気温鉛直分布やタワー上での熱収支の観測を実施した．観測は夏季を中心に 2009 年から行っており，現在も継続中である．

3. 観測結果

にじみ出し現象が明瞭に現れた夜間には，超音波風速計によって緑地内から市街地へと向かう微風が全ての地点で測定され，緑地内の冷気が全方位へと流出していることが確認された（図 2）．にじみ出し現象の発生した日の気温断面分布（図 3）は，緑地に近い場所ほど気温が低くなっていた．また市街地各点の気温変化（図 4）から，観測点 U10 まで緑地からの影響を受けたと思われる気温低下が現れており，少なくとも緑地境界からおおよそ 250m までは冷気が到達したものと考えられる．これは新宿御苑における先行研究の 80～90m よりも長いが，この場所が北側に向かって傾斜した地形であることがその要因として挙げられる．にじみ出し現象によって流出した緑地内からの冷気は，地形効果によってより遠くまで及ぶ可能性があることが明らかとなった．



図 1 観測地点（2010 年夏季）

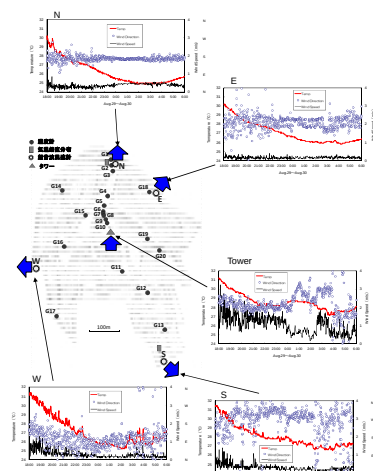


図 2 にじみ出し現象発生夜の風向風速と気温の変化

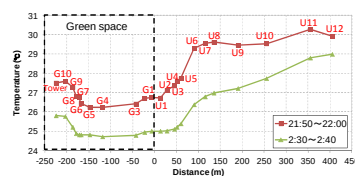


図 3 気温断面分布

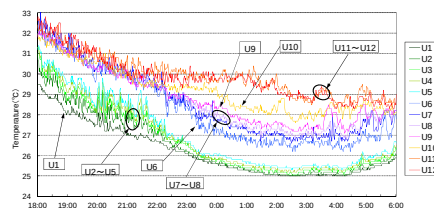


図 4 市街地の気温変化（図 2～4：2010 年 8 月 29 日～30 日の事例）

カイコの運動能力に及ぼすオゾンと過酸化物の複合影響

○布和 (ブホ)、武政 史郎、宮崎 泰雄、堀江 勝年、青木 正敏
(東京農工大学 大学院 大気環境学研究室)

緒 言

植物に対して毒性が強いオゾンの濃度は次第に増加している。また過酸化物は大気中のオゾンとの反応によって微量生成され、常にオゾンと共存している。この濃度も近年増加していることが報告されている。しかし、オゾンと過酸化物の昆虫に及ぼす影響に関する研究は全くと言ってよいほどない。当研究室の先行研究では、オゾンと過酸化物が複合するとカイコの死亡率が増加することが明らかにされている。本研究はカイコの運動能力に及ぼすオゾンと過酸化物の単独および複合暴露の影響を明らかにすることを目的とした。

研究方法

1. **実験場所**：暴露実験は東京農工大学農学部自然光型ファイトトロン 4 基を用いて行った。ファイトトロンの気温を 18℃ (夜) ~ 25℃ (昼)、相対湿度を 70% に設定した。
2. **実験処理**：処理区は①対照区 (C 区)、②オゾン約 50ppb 単独区 (O 区)、③オゾン約 50ppb と過酸化物 2~3 ppb 単独区 (OP1 区)、④オゾン約 50ppb と過酸化物 4~6ppb 複合区 (OP2 区) を設定した。
3. **実験材料**：カイコの供試品種は大造、od の 2 品種であり、処理区ごとに 30 固体のカイコを用いた。暴露中のえさは 3 時間ごとに 1 回給餌した。暴露はカイコのふ化直後から 4 脱皮齢まで行った。
4. **測定項目**：合計 4 回の実験を行い、測定項目としてはカイコの運動能力、死亡率、脱皮状況である。本研究での運動能力というのはカイコの幼虫の前へ進む能力であり、1cm の距離を進むにかかる時間を秒単位で計り、1 分間に何 cm 進むかを運動能力と定義した。暴露中、毎日処理区ごとに 10 匹のカイコの運動能力を測った。

結果および考察

どの実験の場合でも、運動能力が成長につれて増大する傾向を示した。2011 年 7 月の実験のように (図 1)、4 日目と 8 日目の脱皮前の運動能力の減少が起こり、脱皮が完了すると成長が (図 1 および図 2 参照) 急増し、それとともに運動能力も著しく増大することが分かった。このような繰り返しによって、運動能力は次第に大きくなることもわかった。運動能力は対照区と比べて OP2 区が最も悪く (6 日目で 15% 減、9 日目で 21% 減)、ついで O 区の順に減少することがわかった。2011 年 11 月の実験データでは、7 月の夏と比べて成長が遅く、運動能力の上昇が大きい、7 月と同様な傾向を示した (図 2)。運動能力は対照区と比べて OP2 区の著しい能力低下が認められた。

結 論

本研究ではカイコの運動能力に及ぼす影響はオゾン 50ppb の単独の場合よりオゾン 50ppb と数 ppb の過酸化物の複合処理のほうが大きいことが明らかになった。死亡率や直接的な生長抑制だけでなく、運動能力にも影響し、これが摂食行動などにも影響し、これがひいては間接的に生長にも影響するのではないかと推察される。

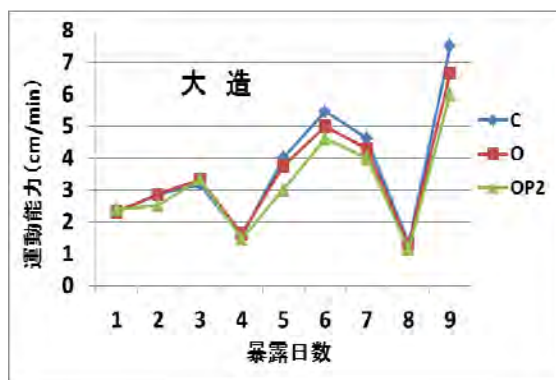


図 1 2011 年 7 月に測定した大造の運動能力

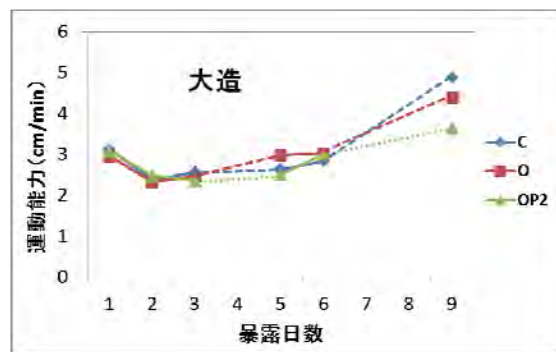


図 2 2011 年 11 月に測定した大造の運動能力

オゾンと過酸化物の複合暴露に伴う野菜のクロロフィルおよび無機養分含量の変化

○戈 振睿 (カ シンエイ)、丸島亮太、Cattleya Chutteang、Prathomrak

Na-Ngern、馬場俊平、田中淳、堀江勝年、青木 正敏

(東京農工大学 大学院 大気環境学研究室)

「背景」 地球温暖化などに伴ってますますオゾン濃度が高まることが予測されているが、オゾンが増大すると、数 ppb 以下と超微量である H_2O_2 および MHP (メチルヒドロペルオキシド) などの過酸化物の濃度がさらに高くなることが考えられる。この超微量な過酸化物がオゾンと共存すると、植物に著しい被害を与えることが明らかになっている。そこで、本研究では、野外条件に近い数 ppb の過酸化物とオゾンを 2 品種のコマツナとサントウサイに暴露し、葉のクロロフィルおよび無機栄養分含量に対するオゾンと過酸化物の影響を明らかにすることを目的とした。

「方法」 対照区 (C 区)、50ppb オゾン区 (O 区)、50ppb オゾンと 2-4ppb 過酸化物の複合区 (OP 区)、の 3 処理区を設定した。自然光型ファイトトロンで 2011 年 6 月から 2011 年 10 月にかけて、2 回の暴露実験を行った。供試作物は 2 品種のコマツナ (品種: 安藤早生およびみすぎ) とサントウサイ (丸葉) を用い、各処理区とも 20 個体を暴露した。サンプリングについては、各葉の葉脈を A とし、葉脈間を B として、2 ヲ所の葉のサンプリングを行った。SPAD 計 (SPAD502 計、MINOLYA 製による) によって各植物の 1 葉目、3 葉目、5 葉目の葉脈と葉脈間を 4 日に一回ずつ SPAD 値を測定した。SPAD 値と葉内クロロフィル含量の関係からクロロフィル含量を求めた。各元素については、4 日に一回サンプリングして、ICP-AES を用いて分析した。

「結果と考察」 図 1 にコマツナ安藤早生の C 区、O 区、OP 区の 1 葉目の葉脈と葉脈間のクロロフィル含量の 2 回の平均値の変化を示す。図 1 に示すように、オゾンと過酸化物の複合区では、同じ暴露日数でも、オゾンの単独区よりクロロフィル含量が著しく減少し、この場合葉脈より葉脈間のクロロフィル含量が先に減少していること、特に OP 区においてその減少が著しいことがわかった。図 2 にコマツナ安藤早生の暴露開始日の C 区、O 区、OP 区の 1 葉目 Mg の含量を 100% として、4 日後、8 日後、12 日後の Mg の相対値の変化を示す。なお、この値は 2 回の平均値である。図 2 のように、O 区および OP 区において、特に OP 区において Mg の量が C 区より増加している傾向がみられる。クロロフィル含量については、特に OP 区において、葉脈よりも葉脈間で減少が著しいが、Mg 含量については葉脈と葉脈間の差異がはっきりしないことがわかった。以上のことから、オゾンと過酸化物の複合の場合、可視被害が著しく、クロロフィル含量の減少も著しいが、クロロフィルの構成元素である Mg については逆に複合区において増加し、クロロフィルの場合と違い葉脈と葉脈間の差異が少ないことが明らかになった。

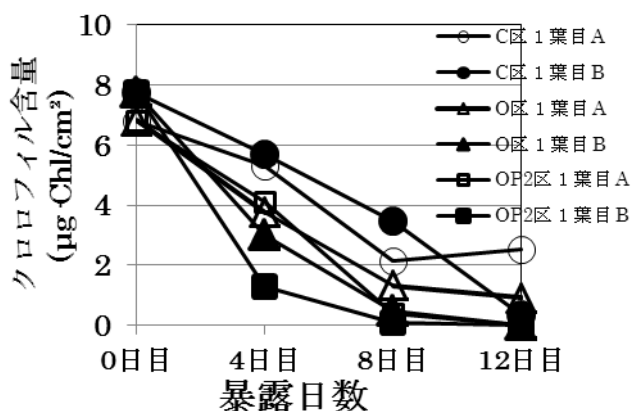


図 1 コマツナ安藤早生における C 区、O 区、OP 区の 1 葉目のクロロフィル含量の変化 (2 回の平均値)

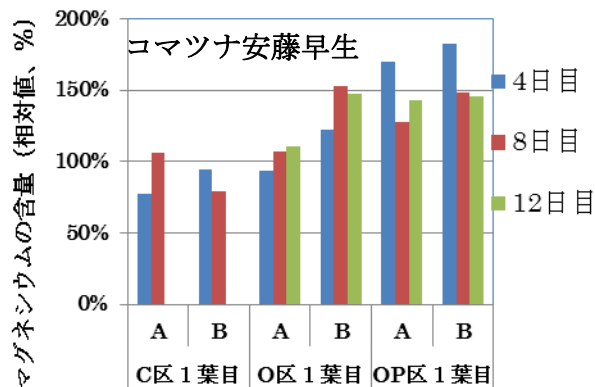


図 2 Mg 含量の変化
暴露開始日の C 区、O 区、OP 区の 1 葉目の Mg の含量を 100% として、4 日後、8 日後、12 日後の Mg の相対値を示す。(2 回の平均値)

神奈川県丹沢山のブナ林衰退におけるオゾン・過酸化物質関与の可能性

—ブナ苗の可視被害・生長に及ぼすオゾンと過酸化物質の影響評価—

○丸島 亮太¹ 武田 麻由子² カ シンエイ¹ ブホ¹ 堀江 勝年¹ 青木 正敏¹

(1:東京農工大学 大学院 大気環境学研究室 2:神奈川県環境科学センター)

【緒言】今後、大気中の O_3 および過酸化物質濃度は、地球温暖化などの諸要因により増加すると考えられている。世界では、様々な地域で森林衰退が見られている。多くの要因が考えられているが、 O_3 はその有力候補として挙げられている。日本においても、神奈川県丹沢山では長年にわたりブナ林の衰退が問題視されている。この衰退に関しても、これまでは O_3 による影響と考えられてきたが、近年ではそれだけでは説明できないほどの広範囲かつ甚大に被害が広がっている。日光の白根山でも衰退が広がっており、ここでは過酸化物質の影響が報告されている(畠山, 2003)。そこで、本研究は、①丹沢山における O_3 および過酸化物質濃度の測定と、②大学構内でのブナ苗への暴露実験を行うことによって、丹沢山のブナ林衰退への O_3 と過酸化物質の複合影響の関与の可能性を明らかにすることを目的とした。

【実験方法】大気中過酸化物質の測定は丹沢山犬越路での2地点(犬越路局舎と尾根)と農工大府中キャンパス内の計3地点で、ミストチャンバーにより捕集・測定を実施した。暴露実験は、農工大府中キャンパス内の自然光型ファイトトロンを4基使用した。対照(C)区、 O_3 50ppb(O)区、 O_3 50ppb+過酸化物質2.7ppb(OP1)区、 O_3 50ppb+過酸化物質5.2ppb(OP2)区の4処理区を設置した。供試植物には丹沢産ブナを用い、各処理区に15株ずつ配置して、年間80~100日間を3年間にわたり暴露を行った。測定項目は、葉の光合成速度およびクロロフィル含有量、可視被害度、幹直径・樹高、新芽体積などである。可視被害度は被害状況に応じて6段階に分類した(0:被害なし、1:葉面積1~50%が可視被害、2:葉面積50~100%が可視被害、3:葉面積1~50%が壊死、4:葉面積50~100%が壊死、5:完全枯死)。

【結果および考察】図1に、一例として2009年7月30日の丹沢山での大気汚染濃度を示す。この日の O_3 最大濃度は41ppbであり、過酸化物質(P)濃度は尾根・局舎ともに O_3 の増減に沿うように変化し、局舎では2.2ppb、尾根では2.4ppbの最大値を示した。2009~2010年の測定における過酸化物質濃度は、局舎では計23回の最大は2.9ppbで、平均は0.5ppb、尾根では、計19回の最大は2.8ppbで、平均は1.7ppbであり、衰退が著しい尾根の方で平均が3倍高い傾向であることが分かった。農工大府中キャンパスでは計83回の最大は5.1ppb、平均は1.3ppbであった。農工大での値は、当研究室で2004年に行った同じ時期の測定値(平均0.3ppb)より明らかに高くなっていることが分かった。

図2に、2年目の暴露終了後の11月下旬に測定した新芽の太さ、長さおよび1株の新芽総体積(=新芽の長さ×太さ²)を示す。今年の生長分にあたる新芽に関してもOP2区ではC区の約7割となり、O区に比べても大きく減少していることが分かった。加えて、幹直径や樹高に関してもOP2区ではC区の9割にとどまり、総じて生長の低下が著しいことが分かった。葉のクロロフィル含有量もC区に比べてOP2区で約6割に低下し、葉の光合成速度は暴露5週目のOP2区でC区の7割に低下しており個体生長の低下と関連していることがうかがえた。以上のことから、丹沢山においてもオゾンに微量の過酸化物質が複合することで、ブナ樹木への被害が増大しているものと推察できる。従って、大気汚染の樹木への影響を評価する際にはオゾンだけでなく過酸化物質を加味して考える必要がある。

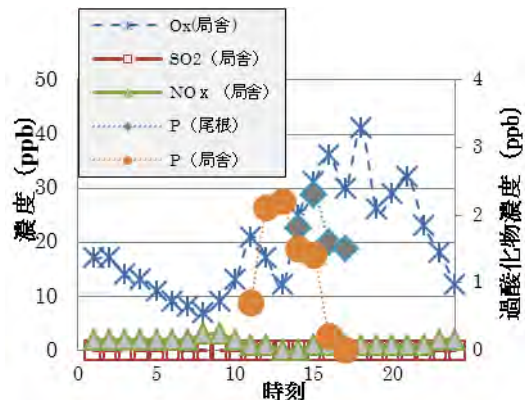


図1 丹沢山2地点 汚染ガス濃度(2009年7月30日)

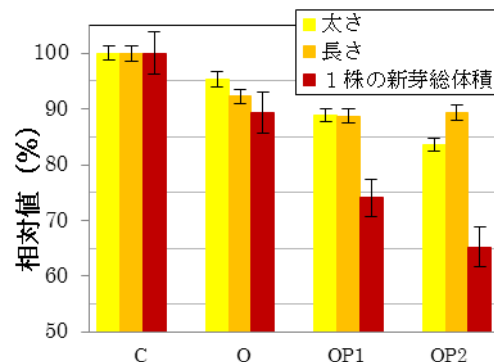


図2 対照区を100%とするブナ苗の新芽の長さ、太さ、体積の相対値(2年間暴露後; 2010年11月27日)

数値 シミュレーションによる放射物質の積算沈着量の評価

○杜明遠・米村正一郎（農業環境技術研究所）・牛山朋来（土木研究所）

3月11日の東日本大震災とその後の津波によって引き起こされた事故により、東京電力福島第一原子力発電所から、放射性物質が大気中に放出した。そして、放射性物質は東日本全域に拡散し、広範囲に土壌を汚染した。この放射性物質の放出と拡散の様子、そして農地への汚染量の空間分布を把握するため、YSA社の大気乱流拡散モデルA2Cを用いて数値シミュレーションを実施した。

数値モデル

A2Cモデルversion9.1を用い、格子間隔は8km、2km、0.5kmの3重ネスティングとした。範囲は北緯34度～40度、東経137度～143度とした。初期値・境界条件は気象庁MSM-GPVを用いた。降水、雲物理は計算せず、降水量はレーダーアメダスのデータを使った。シミュレーション期間および放出設定：積算期間は3月12日4時から3月31日9時までである。想定した放射性物質はセシウムだけで、放出について、詳細な情報がないが、Chinoら（2011）のセシウム放出率を利用した。さらに、Chinoらの放出総量と同じで、放出率は3月15日に最高値にし、3月31日ほぼ放出率ゼロに近いピーク型の放出率関数も設定した。乾性沈着は沈着速度0.005m/sに設定した。湿性沈着はNelsonら（2002）の方法を使った。土壌への沈着量を評価するため、海に沈着したものは無視した。

結果および考察

図1に示すように、シミュレートした沈着量（乾性沈着+湿性沈着）の分布はこれまでの文科省の観測結果等と整合的である。沈着量が原発周辺及び原発の北東方向に最も多く、福島中通り、霞ヶ浦の南側、栃木県北部と群馬県の北部及び西部に相対的多いことは、ほぼシミュレーションで表現できた。図2に示すように、この沈着量の分布はかなりの部分は乾性沈着の寄与が大きいが、雨による湿性沈着によるものが地域的なばらつきに大きく効いているものと考えられる。また、沈着過程を見ると、この分布は主に3月12日～13日の原発周辺および原発の北東方向への乾性沈着、3月15日～16日の計算地域への広範囲な乾性沈着と福島北部の湿性沈着、3月21日～23日の計算地域への広範囲な湿性沈着によるものと示された。

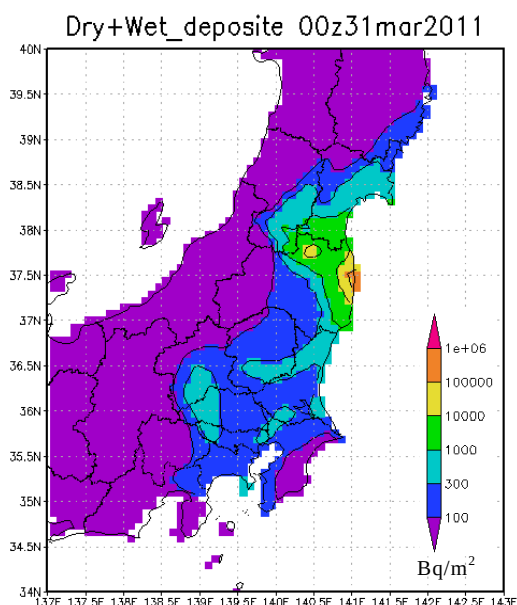


図1 シミュレーションによって得られた3月12日4時から31日9時までの積算沈着量（乾性と湿性の合計）の分布。

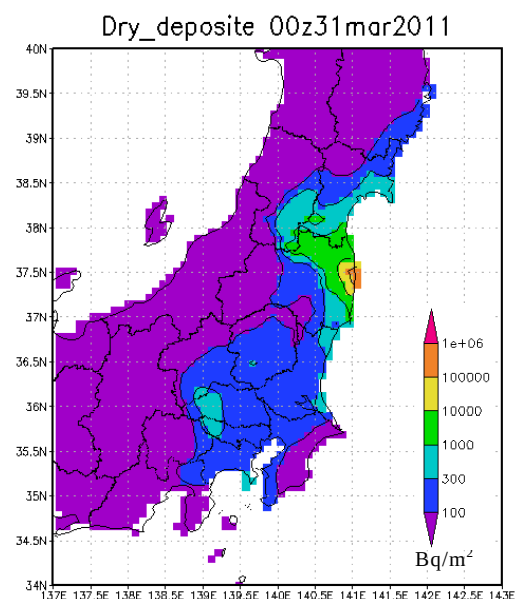


図2 シミュレーションによって得られた3月12日4時から31日9時までの乾性沈着量の分布。

早魃と早魃害の違いについて

福岡義隆[○]（立正大学名誉教授）・丸本美紀（お茶の水女子大学・院）
・長谷川直子（お茶の水女子大学）

1. はじめに

瀬戸内気候の一部とも考えられる奈良盆地（丸本、2011 年）には平城京の時代から早魃害が多く、そのための灌漑施設の一つとして溜池が多数築造されたとも解釈されている（檜原考古学研究所、1994）。奈良県南部には日本有数の多雨地帯があるので、はたして奈良盆地は早魃常習地域と言えるのだろうか。古文書などの文献の早魃と昨今の農業気象学的にいう早魃と同種のものであろうか。そこで、本研究では、早害の歴史（大後美保、1943、青木滋一、1956）を紐解きつつ近現代の農業気象資料によって早魃と早魃害の違いを再確認することを目的とした。

2. 早魃および早魃害（干害）とはなにか

2-1 早魃の定義と分類

2-2 古代奈良時代の早魃は早魃害 図1 参照

2-3 明治後期から昭和初期にかけての早魃と早魃害の現れ方 図2 参照

3. 水文気候学的にみた奈良盆地の気候特性

3-1 インドと瀬戸内の年輪生長変化に見る早魃 （福岡、1982、1993）

3-2 水文気候学的指数でみる奈良盆地の乾燥気候 図3 参照

4. 問題点と今後の展望

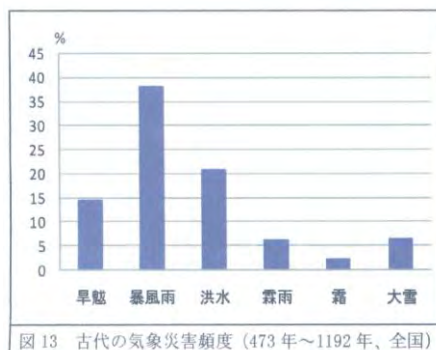


図13 古代の気象災害頻度 (473年～1192年、全国)

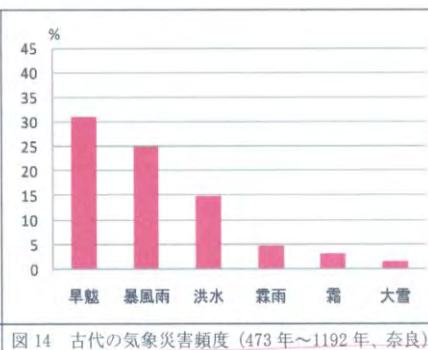


図14 古代の気象災害頻度 (473年～1192年、奈良)

図1 古代の気象災害

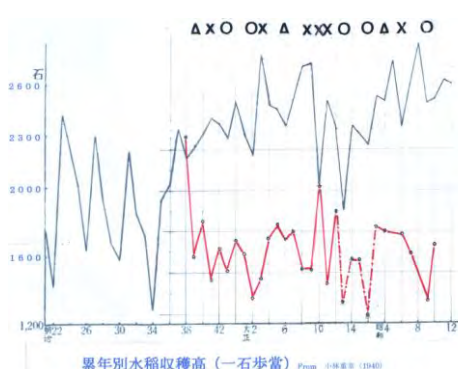


図2 乾燥年と凶作年の一致 (○)

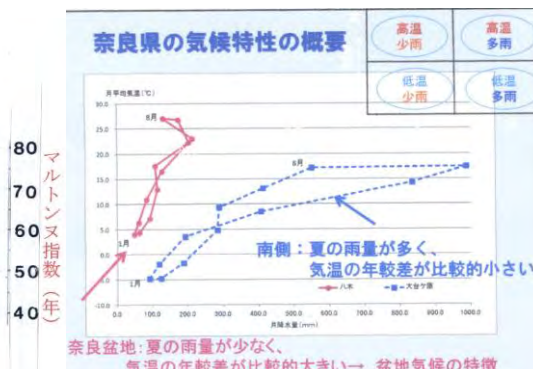


図3 奈良盆地は乾燥気候 (Hythergraph)

文献：大後美保(1943)『早害の研究』(地人書館)林静夫(1989)：干ばつの現象、定義と災害に関する経緯、農土論集 144
MARUMOTO,M.HASEGAWA,N&FUKUOKA,Y.(2011): DROUGHT CLIMATE IN WESTERN JAPAN(1ST REPORT),5TH KJC
JOINT CONF. ON MET. 福岡義隆(1982);南インドの早魃と灌漑農業の気候、社会科学研究4号。

真瀬水田におけるGPPの年々変動とその要因

○滝本貴弘(農環研), 間野正美(農環研), 小野圭介(農環研), 宮田明(農環研)

1. はじめに 渦相関法を用いた大気-植生間の CO_2 交換量(NEE)の連続観測に基づいて、森林生態系では NEE や総光合成量(GPP)と環境要因(たとえば気温, 攪乱, 成長)との関係が調べられている。一方, 農耕地ではこのような研究例が少ない現状にある。本研究では, 国内の水田における GPP の年々変動を評価するとともに, その要因を解析した結果を報告する。

2. 方法 解析には, 茨城県つくば市の真瀬水田で渦相関法によって観測された 2002~2010 年の水稻耕作期間のデータを用いた。観測圃場は単作水田で, 5 月上旬に水稻(品種: コシヒカリ)が移植され, 9 月上旬から中旬にかけて収穫が行われる。解析期間を通して渦相関システムの測定高さは 3~3.4m で, 渦相関センサーの組み合わせは超音波風速温度計(DA-600, Kaijo)と $\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分析計(LI-7500, Li-Cor)であった。平均化時間を 30 分, 座標回転に風向ごとの Planar fit 法, 密度変動補正等の各種補正を適用してフラックスを計算した後, これに CO_2 貯留項を加えて NEE を算出した。品質検査として, Vickers and Mahrt(1996)による生データに対するテストを実施し, 降雨時, 閾値($-50 \sim +20 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)外のデータを除外した。GPP の推定には Lasslop et al.(2010)を適用した。

3. 結果と考察 耕作期間を通して積算した各年次の GPP は $845 \sim 960 \text{gC m}^{-2}$ の範囲で変動し, 9 年間の平均値と標準偏差は $867 \pm 34 \text{gC m}^{-2}$ であった。なかでも, 2004 年の GPP は 960gC m^{-2} で, 9 年平均値と比較して 105gC m^{-2} の差があった。そこで, 2004 年の GPP が大きかった要因を検討した。まず, 耕地管理(施肥量や灌漑水管理)は年ごとに違いがあるものの, 2004 年は年々変動の範囲内にあった。次に, GPP と日射量(R_g)の関係に光・光合成曲線をあてはめ, 1 日ごとに GPP の飽和値(P_{max})を求めた。しかし, 日射量が $1,000 \text{W m}^{-2}$ 時に得られる GPP の計算値に年次間差は見られなかった。そこで, R_g の多寡と GPP の大小関係を調べるために, 年次別に移植後日数(DAT)30 日ごとの GPP と R_g の平均値を求めた(図)。その結果, GPP および R_g の年々変動が最大の期間は DAT60~89(7 月に相当)であることがわかった。2004 年に注目すると, この期間は他の年次と比較して R_g と GPP がともに最大であったことから, 真瀬水田における 2004 年耕作期間の大きな GPP は主に 7 月の多照に起因していたと考えられた。

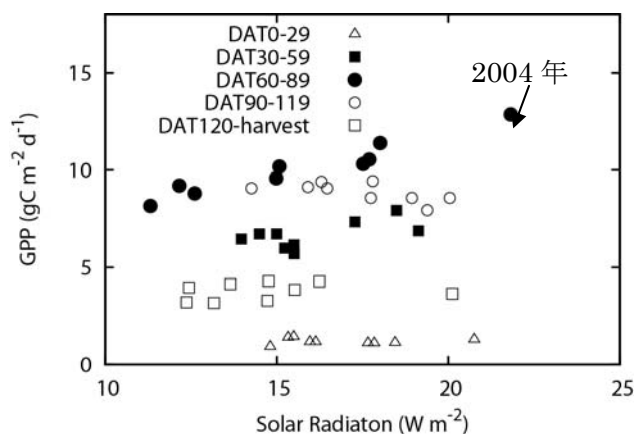


図 移植後日数(DAT)30 日ごとの日平均 GPP と日射量(R_g)の関係。

半乾燥地における植物地上部バイオマスの広域推定

○中野智子（中央大経済）・Ganbat B.（モンゴル水文気象研）・
篠田雅人（鳥大乾地研）

1. はじめに

モンゴル国の半乾燥地には、イネ科草本が優先する草原生態系が成立し、基幹産業である遊牧を支えている。草原生態系は光合成によって大気中の CO_2 を吸収する一方、呼吸によって CO_2 を大気へと放出している。こうした大気－生態系間の CO_2 交換は、様々な環境変動の影響を受けることが知られているが、重要な制御要因の一つとして植物の地上部バイオマス（Aboveground Biomass: AGB）が挙げられる。従って半乾燥草原における CO_2 収支の変動を推定するためには、AGB の時空間変動を把握することが必要となる。数百 km スケールの広域的な地表面動態を評価するためには、衛星リモートセンシングデータが有効であるが、本研究ではこれまでに提案されてきた種々の植生指数と現地観測による AGB の実測値との関係について検討した。

2. 研究方法

植物の地上部バイオマスの現地測定は、モンゴル国中央部の草原（ $46^\circ\sim 48^\circ\text{N}$ 、 $105^\circ\sim 110^\circ\text{E}$ ）の 11 地点において、2009 年～2011 年の夏季に実施した。各地点において、 $1\text{m}\times 1\text{m}$ のコドラートを 4～10 ヶ所設置し、コドラート内から刈り取った植物を 80°C の恒温器で 48 時間乾燥させた後に重量を測定し、各地点の平均値を算出した。

NDVI（Normalized Difference Vegetation Index）や EVI（Enhanced VI）などの植生指数は、MODIS（Moderate Resolution Imaging Spectral radiometer）の分光反射率データ（空間分解能 500m、8 日間コンポジット）を用いて算出した。AGB の測定日を含む期間のデータセットから、測定地点の緯度経度に最も近いグリッドの値を抽出し、AGB の実測値との相関分析を行った。

3. 結果

一般的によく用いられている植生指数について、AGB の実測値との散布図を作成した（図 1）。図示した NDVI、EVI に加えて、SAVI（Soil Adjusted VI）や SR（Simple Ratio）などについても検討した。いずれの植生指数も AGB に対して有意な正の相関を示したが、特に NDVI との相関が高くなっていた。NDVI は密な植生に対しては飽和してしまうなどの問題点が指摘されているが、植生の密度が低い半乾燥草原においては、AGB の推定において有効であることが示された。

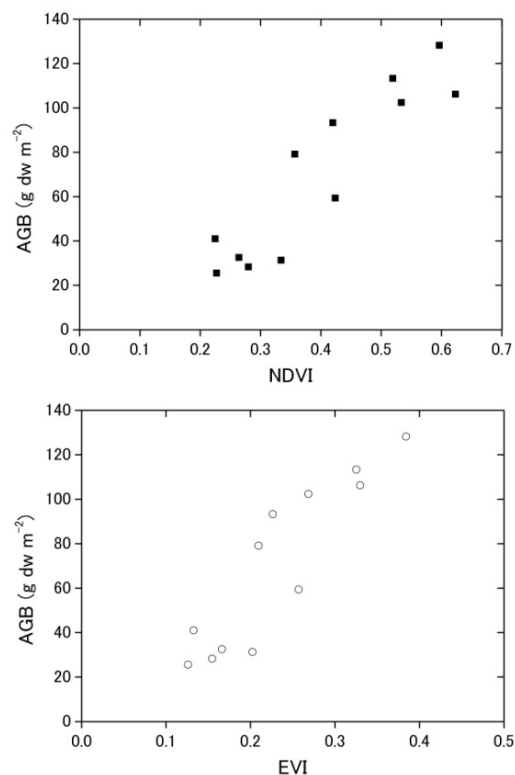


図 1 植生指数と AGB の実測値との関係

福島県浜通り北部の津波による塩害の実態

第1報 被害から3ヵ月後の土壌塩分の状況

江上宗信・渡邊仁司・常盤秀夫・朽木靖之・佐々木園子・宗村洋一*

(福島県農業総合センター浜地域研究所・福島県農林水産部環境保全農業課)

1 はじめに

2011 年 3 月 11 日に起きた東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、東北地方及び関東沿岸の農地は大きな被害を受けた。福島県における推定被害面積は、水田 5588ha、畑 335ha とされている。今後被害農地での農作物への塩害が懸念されるため、水田への土砂流入の実態調査や土壌 pH、EC の測定を行ってきたので、その現状を報告する。

2 試験方法

(1) 調査水田

福島県浜通り北部に位置する新地町で 1 地域、相馬市で 3 地域、南相馬市鹿島区で 1 地域の計 5 地域を選出した。この各地域から、被害の無かった水田 1 箇所、被害のあった水田を海から遠い順に 2 ～ 3 箇所選び調査水田とした。

(2) 土壌調査

土壌採取は 4 月上旬、4 月下旬、5 月下旬に行った。土壌は堆積土砂を取り除いた作土を、表層から 15cm まで採取し 5cm 毎に切り分け、乾燥後、層別に EC 及び pH-H₂O を測定した。土砂流入水田では、土砂の厚さを測定して採取後土性の達観調査と、乾燥後 EC 及び pH-H₂O を測定した。乾土当たり土壌塩分濃度は、EC から $(EC-0.434)/17.755 \times 6$ で算出した。

3 試験結果及び考察

(1) 流入土砂

被害水田の土砂の厚さは海に近い程厚い傾向だった。また、土性はシルト堆積型のものと、シルト・砂堆積型の 2 種類に分けることができた(表 1)。

(2) 土壌 EC の変化

被害後初期の土壌の EC は、いずれも塩分濃度が 0.2%以上と、水稻栽培において減収が生じる程度で(表 2)堆積土砂が特に高い数値であった。その中で砂を含むものはシルトに比べ低い値であった。また作土では深くなるにつれ低下していた。

5 月下旬までの EC の推移は、浸水の水田の作土、シルト堆積型の水田の土砂、作土共に低下傾向が見られ、他の地域でも同様の傾向であった。一方でシルト・砂堆積型では土砂、作土共に上昇傾向が見られた(図 1、2)。

また一般的に塩害農地での EC 低下は降水の影響も大きいと言われている。4 月上旬採取から 5 月下旬採取までの期間の総降水量は 81.5mm であった(図 3)。平成 18 年 10 月の南相馬市北海老地区の高潮被害の後、土壌塩分濃度の低下が見られた 2 ヶ月間の総降水量 308mm と比べると少ないが、シルト堆積型における EC 低下の一因と考えられた。

(3) 土壌 pH の変化

pH の推移は、被害程度や土砂の種類に関係無く、低下傾向を示していた(図 4)。しかし海水により上昇

した pH が元に戻っているのか、海水や土砂に含まれる硫化物の酸化により低下しているのか判然としないため、今後の継続調査により検討する必要がある。

4 ま と め

被害を受けた水田では、作土 15cm までの土壌塩分濃度が 0.2%を超えており、除塩作業が必要であった。EC の変化はシルト堆積水田では低下傾向、シルト・砂堆積水田では上昇傾向だった。pH は低下傾向を示したが、塩類溶脱によるものか、硫化物の酸化によるものか判然としなかった。

今後も定期調査により動態を明らかにする。

引 用 文 献

- 1) 木田義信,佐藤正一,佐藤紀男.2007.福島県南相馬市北海老地区の高潮流入による塩害の実態.第1報 高潮流入直後の土壌塩分の推移.東北農業研究 60:33.

表1 堆積土砂の状態

地区	調査水田	海岸からの およその距離 (km)	詳細	土砂の厚さ (cm)	土砂の土性
新地町谷地小屋	2	1.83	国道西側	3~7	シルト
	3	1.40	国道東側	8	表層1cmシルト、以下砂
相馬市大曲	2	1.68	浸水のみ	5	シルト
	3	1.30		10	シルト
	4	0.55		8	シルト
相馬市日下石	2	2.38	2より低い 3より低い	7	シルト
	3	2.38		8	シルト
	4	2.38		8	シルト
相馬市柚木	2	3.80	4.5~5.5	5.5~6.5	表層3~4.5cmシルト、以下砂
	3	0.93		4.5~5.5	表層3~4.5cmシルト、以下砂
	4	0.90		18	表層2.5cmシルト、以下砂
南相馬市鹿島	2	2.80	3	3	シルト
	3	2.60		10	シルト

注1)津波被害を受けなかったほ場を1とした。表では省略した。

表2 4月上旬の土壌 pH、EC 及び塩分濃度

採取層 (cm)	シルト堆積ほ場			シルト・砂堆積ほ場		
	EC (mS/cm)	pH	塩分濃度 (%)	EC (mS/cm)	pH	塩分濃度 (%)
注)シルト堆積水田は大曲4、シルト・砂堆積水田は谷地小屋3を代表水田として結果を示した。	7.49	18.28	6.16	6.56	2.02	0.66
作土 0-5	6.90	2.31	0.77	6.13	1.91	0.63
5-10	6.66	1.56	0.51	6.45	0.72	0.23

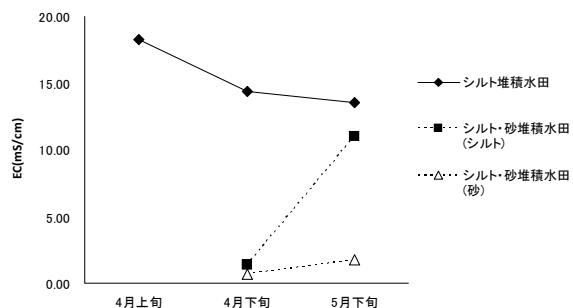
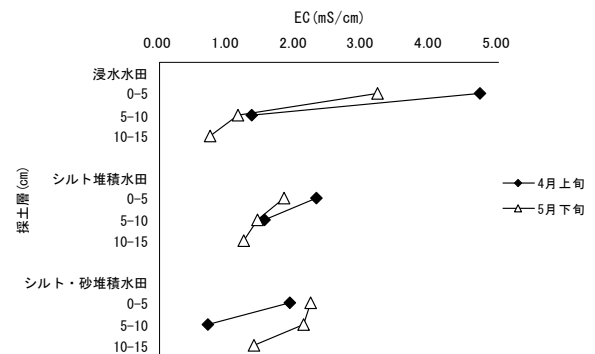
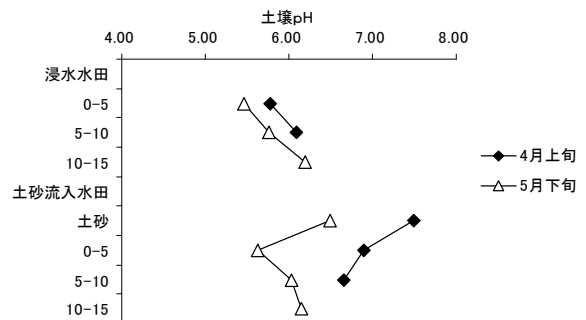


図1 堆積土砂の EC の推移



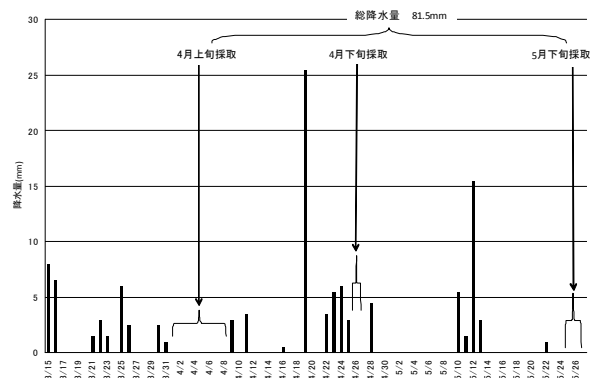
注)シルト堆積水田は大曲4、シルト・砂堆積水田は谷地小屋3を代表水田として結果を示した。

図2 作土の土壌 EC の推移



注)浸水水田は大曲2、シルト堆積水田は大曲4、シルト・砂堆積水田は谷地小屋3を代表水田として結果を示した。

図3 震災以後の降水量の推移



注)浸水水田は大曲2、土砂流入水田は大曲4を代表水田として結果を示した。

図4 土壌 pH の推移

茨城県稲敷市における液状化を起因とする塩害の報告

○瑞慶村知佳, 北川巖, 若杉晃介, 原口暢朗
(農村工学研究所)

1. はじめに 東日本大震災は多くの農地に甚大な被害をもたらした. 茨城県では県内の農地の約 1 %にあたる 1040 ha が被災し, そのうち 540 ha の被害は茨城県南部の稲敷市に集中している. 茨城県稲敷市は利根川を挟んだ千葉県との県境に位置しており (Fig. 1), 津波による被害ではなく, 液状化による農地での噴砂や地盤沈下, 揚排水機場やパイプラインの破損が問題となっている (Fig. 2).



Fig. 1 茨城県

* 赤い部分が稲敷市

茨城県稲敷市の中でも液状化被害の集中している西代地区では, 液状化によって塩分を含んだ砂が噴出した. 液状化被害のある水田のうち農家自身で不陸等の復旧に対応できた水田で田植えが行われたが, 塩害が発生したことから, 液状化が営農にどう影響するのか評価するため定期的に調査を行った. 本シンポジウムでは, 西代地区での調査結果を報告する.

2. 液状化被害を受けた西代地区の現状 茨城県稲敷市西代地区は県内でも有数の早場米の産地であり例年 4 月 20 日前後に田植えがされているが, 今年度は例年より約 1 ヶ月遅れの 5 月中旬から下旬にかけて一部の水田で田植えが行われた.

西代地区の水田では塩分を含んだ砂が噴出し塩害が問題となっており, 排水路の水を採水し分析すると, 排水にも塩分が含まれていることが分かった. 西代地区では揚排水機場が復旧しておらず, 今年度は排水路の水をポンプアップしかんがいしているため水稻の生育状況は全体的によくなく, 加えて液状化によって噴砂が起こった範囲は顕著に生育が悪い (Fig. 3).



Fig. 2 液状化によって
砂が噴出した農地
(up) 噴砂口の断面の様子
(down) 噴砂口と
その周辺の様子

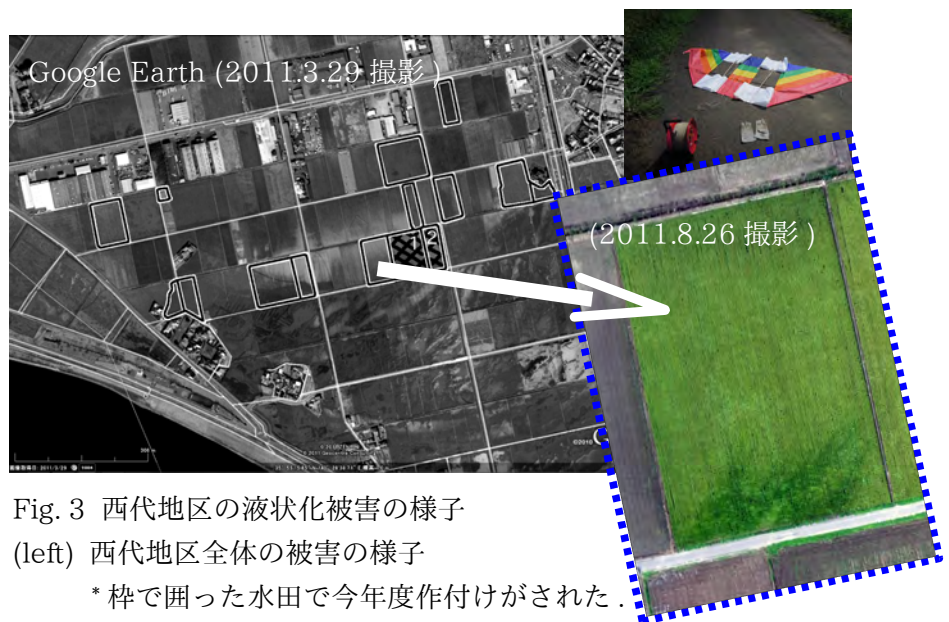


Fig. 3 西代地区の液状化被害の様子

(left) 西代地区全体の被害の様子

* 枠で囲った水田で今年度作付けがされた.

* 網掛けの範囲が精査したほ場.

(right) カイトフォトで上空から撮影 (協力: 筑波大学)

* 濃い緑の部分は液状化被害による出穂障害が確認された.

一般的に、塩害を受けた水稻は古い葉から次々と枯れていき、干ばつ等で新しい葉の生長が追いつかなくなると、一気に枯死してしまう (Fig. 4). また、津波による塩害を受けた地域は一筆ほ場全体・地区全体で被害があるのに対し、液状化による塩害を受けた地域は一筆ほ場内・地区内で被害に大きな差がある。津波による塩害を受けた水田はほ場全体で葉先が黄色くなっているが、液状化による塩害を受けた水田は、砂が噴出した周辺を境に出穂している部分と出穂していない部分があり、一筆ほ場内のバラツキが大きい (Fig. 5).

2011/7/26 茨城県稲敷市



Fig. 4 塩害の様子

同一農家による同一の管理がされていたが、右側の水田で液状化の影響 (塩害) が顕著に現れた。

2011/8/5 宮城県石巻市



2011/8/18 茨城県稲敷市



Fig. 5 起因の異なる塩害の様子の違い

(left) 津波による塩害を受けた水田
(right) 液状化による塩害を受けた水田

3. 調査の方法および結果 液状化被害の営農への影響を定量的に評価するため、携帯型分光放射計 (MS-720, 英弘精機製) を用いて、液状化被害の小さな水田と大きな水田の2地点において6月10日から9月12日まで1~2週間おきに分光放射照度を測定し (Fig.3), NDVI を計算した. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index; 正規化差分植生指標) とは、植生の活性を反映するとされる指標の一つで、一般的に値が大きいほど植生の活性が大きいとされる。

今回の NDVI の結果を通常的水稻作付田の NDVI と共に季節変化としてまとめた (Fig. 6). 小さい黒丸は通常的水稻作付田の NDVI の季節変化である (Motohka *et al*, 2009). 田植え後約1ヶ月半過ぎた頃 (DOY 190 頃; 7月10日頃) から、液状化被害の小さな水田と大きな水田で NDVI に顕著な差が現れた。夏 (DOY 230 頃; 8月15日頃) になると、液状化被害の大きな水田の水稻の草丈は液状化被害の小さな水田のそれと比べると明らかに低いが (Fig. 7), 地表面が緑で被われる程度に生長したため、両者の NDVI はほぼ同じになった。出穂時期 (DOY 240 頃; 8月25日頃) になると、液状化被害の小さな水田では出穂し黄色くなるため NDVI が下がり始めるが、液状化被害の大きな水田では出穂障害が現れ黄緑色になる程度であったため NDVI が下がらなかった。定点写真からも両者の違いは確認できた (Fig. 8).

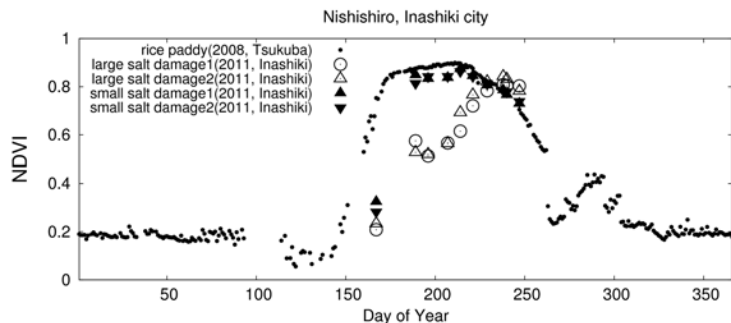


Fig. 6 NDVI の季節変化

- : 通常的水稻作付田の NDVI の季節変化。
- ▲▼: 液状化被害の小さな水田の NDVI.
- △: 液状化被害の大きな水田の NDVI.

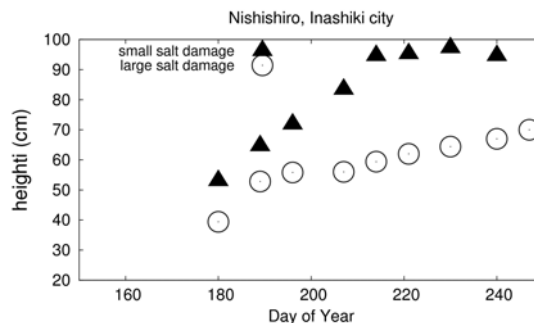


Fig. 7 草丈の季節変化 (cm)

- ▲: 液状化被害の小さな水田.
- : 液状化被害の大きな水田.

*Day of Year とは、1月1日からの積算日。

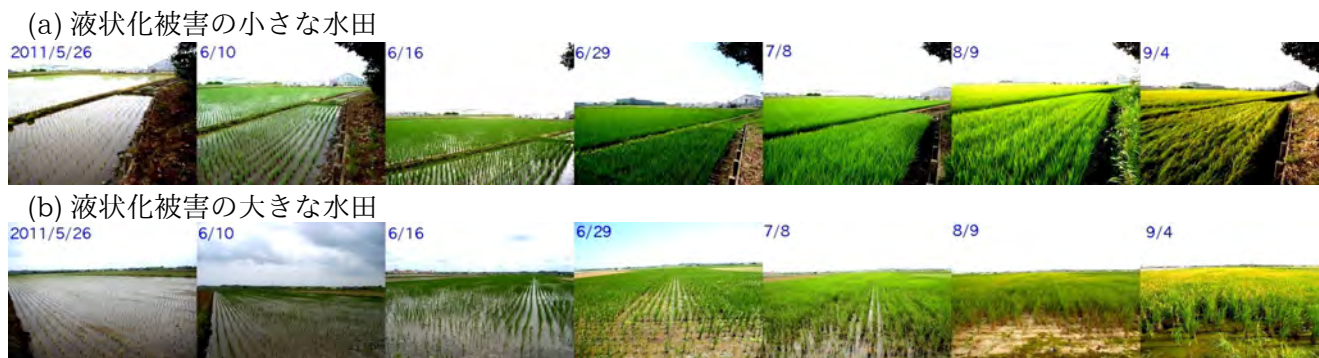


Fig. 8 定点写真

塩害の原因となる排水路の水と水田の土壌の EC (電気伝導度) を定期的に測定した. 排水路の水の EC は 7 月 20 日から 9 月 26 日まで 1 時間ごとに自動測定し, 水田の土壌の EC は定期的に土壌を採取・分析した (土壌の EC 測定法; 乾土: 水 = 1: 5 を使用). 得られたデータを西代地区からもっとも近いアメダスの時間降雨量データ (千葉県香取市) と比較した (Fig. 9).

降雨の直後は排水路の水の EC が下がった. 降雨量が多いと雨が止んでからしばらくは EC が低い, 少量の降雨あるいは降雨がないと水の EC が上昇していた. 一方, 水田の土壌の EC も降雨がつづくと下がるが, 8 月上旬に日照りが続いた時期は土の EC が大きく上昇した. 農家の聞き取り調査より 7 月中旬から 8 月中旬にかけて一切の灌漑をしなかったこと, この期間に降雨がほとんどなかったことから, 水田の土壌内の塩分濃度が濃縮されたと考えられる. なお, 塩害を受けているかどうかの判断に EC を用いる場合, 水と土では基準が異なるため注意が必要である (Table 1). 基準と比較すると, 降雨直後の EC は基準以下に下がったが, それ以外は水・土いずれの EC も基準よりも高かった.

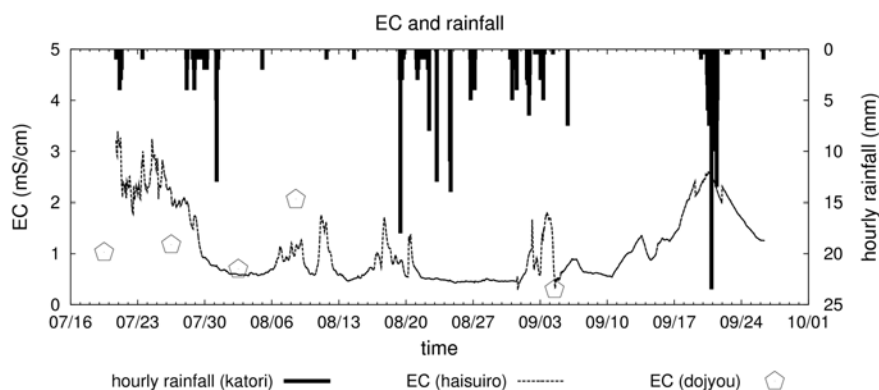


Fig. 9 EC と降雨量の関係

4. 考察および今後の課題

今回は塩害という症状で液状化の影響を追ったが, 農家からの聞き取りによると, 収量は液状化被害の小さな水田で例年の 5~6 割程度とのことであった. 塩分を含んだ水でかんがいたため, 全体的に収量が下がったと考えられる. 一方で, 一部の水稻で出穂障害が現れた. 出穂の直前まで葉が生長していたが, 穂そのものをつけなかったり, 不稔であったり, 枯死した水稻もあった. これらの水稻については, 塩害以外に液状化の影響による塩分以外の物質の欠乏あるいは過剰, 地盤沈下が影響していることが考えられるため, 今後も調査・分析を継続する予定である. また, 栄養分の少ない砂の噴出や地盤沈下等による営農への影響は今後も農地の復旧が進み作付けが再開されるにつれ現れると考えられるので, 液状化被害を受けた農地に関する知見を蓄積していく必要があるといえる.

Table 1 EC を指標とした場合の塩害の目安

対象	塩害の危険性の目安
水の EC	1 ~ 2 [mS/cm] 以上.
土の EC	0.3 ~ 0.6 [mS/cm] 以上.

* 農林公害ハンドブック (千葉県, 平成 2 年) 等をもとに作成.

福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質拡散の公開データに基づく解釈

松島 大 (千葉工業大学工学部)

1. はじめに

2011年3月11日発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0)によって引き起こされた大津波が東北地方から関東地方にかけての太平洋沿岸に達し、沿岸各地に重大な被害をもたらした。沿岸の各所に位置する原子力発電所にも被害は及び、中でも福島県大熊町と双葉町にまたがって位置する福島第一原子力発電所への被害によって、大量の放射性物質がその原子炉から排出され、それが広範囲の地域に拡散・沈着する結果となった。原子炉は未だ安定した状態を取り戻しておらず(2011年11月中旬現在)、放射性物質のさらなる排出・拡散が懸念される。現状では、原子炉が安定することとともに、既に排出された放射性物質がどのような拡散・沈着しているかをできるだけ詳細に把握し、地域住民への放射線被曝を軽減する等の施策に反映させることが重要と思われる。

本研究は、これまでに公開されてきた空間放射線量率等のデータ、及びアメダス等の気象データを活用し、関東地方において、これまでに生じた放射性物質の沈着と気象条件との関係を解釈し用途するものである。また、簡易な移動調査による空間線量率の測定について、公開データと比較検証する。

2. データと方法

本研究において用いたデータは以下に掲げる通りである。ウェブサイトは2011年11月15日現在アクセス可能なURLである。

(1) 放射線量・放射性物質データ

- ・都道府県別環境放射能水準調査結果(文部科学省)

<http://www.engineer.or.jp/dept/nucrad/open/index.html>

- ・環境放射能水準調査結果(定時降下物)(文部科学省)

<http://www.engineer.or.jp/dept/nucrad/open/index.html>

- ・放射線量率・放射性物質沈着量の空間分布—航空機モニタリング結果(文部科学省)

<http://www.engineer.or.jp/dept/nucrad/open/index.html>

- ・産総研つくばセンター放射線測定結果(産業技術総合研究所)

<http://www.engineer.or.jp/dept/nucrad/open/index.html>

- ・財団法人日本分析センター 放射線量率、放射能の測定結果について

http://www.jcac.or.jp/senryoritu_kekka.html

・

(2) 気象データ

- ・気象庁アメダス

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

(3) 対象地域

本研究の対象地域は関東平野とする。関東平野では航空機モニタリング調査結果等によ

り、放射性物質の沈着が多いことが分かっている

(4) 移動調査

主に千葉県内を対象に道路沿いの空間線量率の移動調査を行った。調査は自動車に簡易な空間線量率計と GPS 受信機を搭載し道路を走行することによって行った。調査期間は 2011 年 9 月 18 日から 10 月 1 日である。空間線量率計はガンマ線だけを計測するタイプ (Radi PA-1000, 堀場製作所) で、自動車の助手席 (路面からの地上高 0.75 m) に設置した。この機器は空間線量率の値の 60 秒移動平均値を 10 秒おきに表示するようになっている。自動車内ではガンマ線が遮蔽されるため、車内外の近接した場所で比較計測し、車内での測定値の 1.37 倍を車外の空間における値とした。一方、千葉県は既に 2011 年 7 月に同様の調査を行っており (<http://www.pref.chiba.lg.jp/taiki/press/2011/230905-houiken.html>)、この公開データと本研究の計測値を比較検証する。

3. 結果

(1) 3 月における放射性物質の沈着について

福島第一原子力発電所において、3 月 12 日と 14 日に二度にわたる水素爆発事故が生じ、原子炉建屋等が大きく損壊した。その後、大量の放射性物質が拡散したことがさまざまなデータから推定されている。

まず、地震発生後から 3 月 23 日までの放射性物質の沈着について、データから解釈されることをまとめる。この時期にまでに起きた顕著な事象は、[1] 3 月 15 日前後に地点によっては $1 \mu\text{Sv/h}$ を越える線量率を観測したことである。この濃度の継続は比較的短時間で、これはほとんどが放射性キセノンによるものである (財団法人日本分析センター資料による)。また、[2] 3 月 21 日から 23 日にかけての降雨に伴い対象地域において、空間線量率が顕著に増加した。降雨は南岸低気圧の東進によるもので、特に関東南部でまとまった降水量となった。空間線量率は、3 月 21 日の降り始めに急速に増加している地点が多く、このような現象は 3 月 15 日から 16 日にかけて一部地点であった降水 (降雪の場合もあった) の場合にも見られた。また、このときの降水に伴う湿性沈着は主に放射性ヨウ素・セシウムによるものであり (財団法人日本分析センター資料による)、特に半減期の長い放射性セシウムによって、現在に至る各地の放射線量率の分布がほぼ決定されているとみられる。

茨城県つくば市の例では (図 1)、3 月 21 日の降雨開始時に急速に空間線量率が増加し、一時 $0.5 \mu\text{Sv/h}$ を越えている。関東甲信及び東北南部に掛けて 20 日から 21 日にかけての雨の降り始めに同様の現象が起きているのが、各都道府県の公開データにより確認できる (図省略)。この降雨イベントは 2~3 日続き、その後、この地域において自然放射線より高いレベルの空間線量率が継続しているのは、この降雨イベントによる放射性セシウム等の半減期の長い放射性物質の湿性沈着によると考えられる。その後の降水による空間線量率の増加は一時的であった。定時降下物データによっても、3 月 24 日以降の湿性沈着による降下物の沈着量は、23 日以前に比べ、同程度の降水量について小さくなっている (図 2)。

3 月 21 日から 23 日にかけての降雨に伴う沈着量は地域によって偏りがあることが、多くの測定データによって示されている (例えば、航空機モニタリングデータなど)。関東地方においては、茨城県の福島県境に近い地域、及び茨城県南部から千葉県北部にかけて空

間線量率が高くなっており、特に茨城県の筑波周辺から千葉県東葛飾地域にかけて高く、空間線量率が $0.5 \mu\text{Sv/h}$ 近い値を示す地域も含まれている。本項では、この空間線量率が偏って高い地域がどのように形成されたかの解釈を地上気象データによって試みる。

図 3 は 3 月 21 日 9 時のアメダス観測点における風向・風速・時間雨量を図示したものである。この時刻は空間線量率が特に高い地域を含む関東各地で降雨が始まって数時間程度経過したタイミングである。この時刻における地上風の特徴は次の [1]～[3] のようにまとめられる。

- [1] 茨城県鹿島灘沿岸から千葉県南部にかけて北東風となっている。
- [2] その他の関東平野においては大部分で風が弱く、風向が一定していない。
- [3] 房総半島南部・三浦半島では南寄りの風が吹いている。

空間線量率が特に高くなっているのは [1] の地域である。この地域における風が鹿島灘上空より吹いていると考えられることから、この風によって輸送された放射性物質の沈着が高い空間線量率の原因と見込まれる。

この時刻以降、[1] の北東風の領域はだんだん南方及び西方に広がっていき、降雨も 22 日午前にかけて断続的に続くが、図 3 における [2] 及び [3] の地域では、[1] の地域ほど空間線量率は高くなっていない。これは、降雨開始時から短時間に空中に含んでいた放射性物質の多くが [1] の地域に沈着させられたためと考えられ、これについては、酸性降水等の沈着の場合と同様の現象と考えられる。

(2) 移動調査

図 4 は本研究と千葉県による調査で、同一地点を測定した空間線量率値 (21 地点) の比較を示している。本研究による調査の方がやや過大評価の傾向にあるが大きくは異なっておらず、誤差は 20 % 程度であり、簡易な調査としてはその有効性が確認されたと言える。誤差の原因は、主に測定機器の違いによるものと考えられる。つまり、本研究で用いた機器は 60 秒平均値を表示するものであるために、測定値の空間代表性が異なっていると考えられるためである。

移動調査全体の結果を図 5 に示す。本研究で用いた空間線量率計は 60 秒平均値を表示するため、自動車の走行速度にもよるが、測定値は数百 m ～1 km 程度の区間の平均値と解釈される。千葉県による同様の調査結果、及び文部科学省による航空機モニタリング調査結果 (いずれも図省略) と比較すると、千葉県北部、特に東葛飾地域において空間線量率が高くなっている傾向が一致している。特に我孫子市付近では $0.4 \mu\text{Sv/h}$ を上回っている地点も観測された。一方、房総丘陵 (北緯 35.2° 付近) より南側では、全体的に空間線量率が低い値であり、 $0.05 \mu\text{Sv/h}$ を下回っている地点もある。これは、この地域における自然放射線による空間線量率 (湊, 2006) と同じかやや高い程度であり、3 月 21～23 日における降雨の影響をあまり受けていないと考えられる。実際、図 3 のように、この地域では降雨開始時に南寄りの風が吹いていて、北から輸送されると考えられる放射性物質の影響を受けにくかったと考えられる。

4. まとめ

本研究では、関東地方を対象にして、福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の沈

着のプロセスを主に公開データによって解釈した。アメダスデータと空間放射線量率の分布を比較すると、茨城県南部から千葉県北部にかけての空間放射線量率の高い地域は、3月21日の降雨開始時における、鹿島灘方面から北東風によって輸送されてきた放射性セシウムの沈着に大きく影響されていると解釈された。これ以外の関東平野では、このような北東風の影響をあまり受けなかったと考えられる。また、自動車による簡易な移動調査を千葉県を中心に行った結果、同様の調査と概ね同程度の精度だった。この結果は航空機モニタリング調査等の結果とも整合しており、簡易な空間線量率分布の調査方法として有効であることが確認された。

参考文献

湊 進：日本における地表 γ 線の線量率分布，地学雑誌，115，87-95，2006.

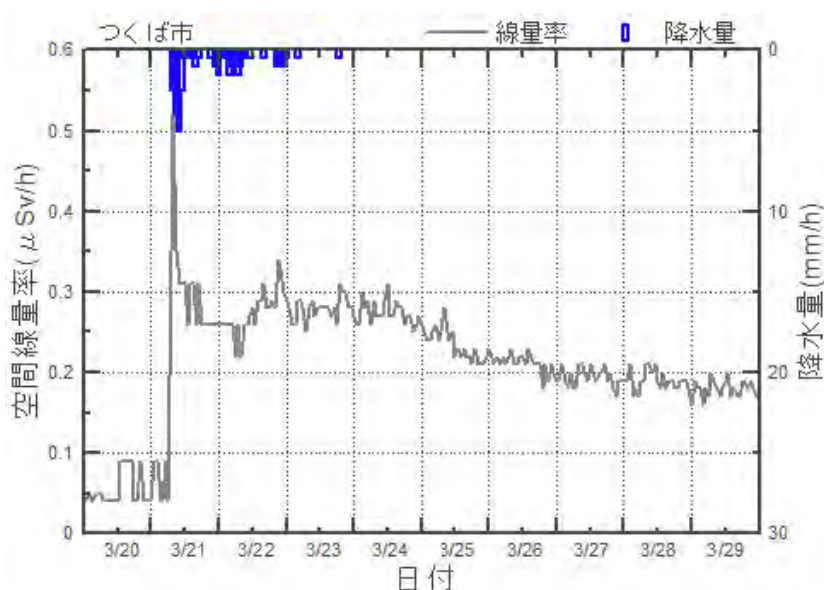


図1 つくば市(産業技術総合研究所敷地「3階ベランダ」)における空間線量率とアメダスつくばにおいて観測された降水量。

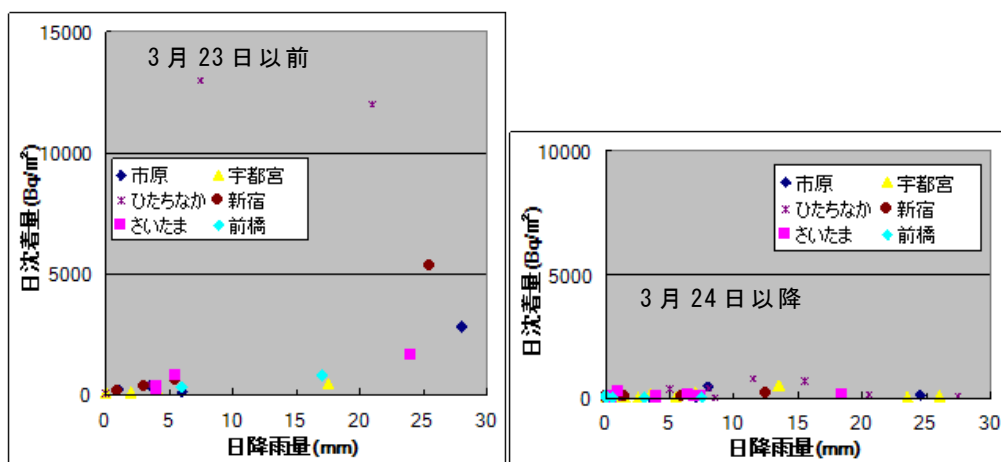


図2 日降雨量と放射性セシウム 137 の日積算沈着量と比較。左図は3月18～23日、右図は3月24日～4月30日までのデータに対応する。

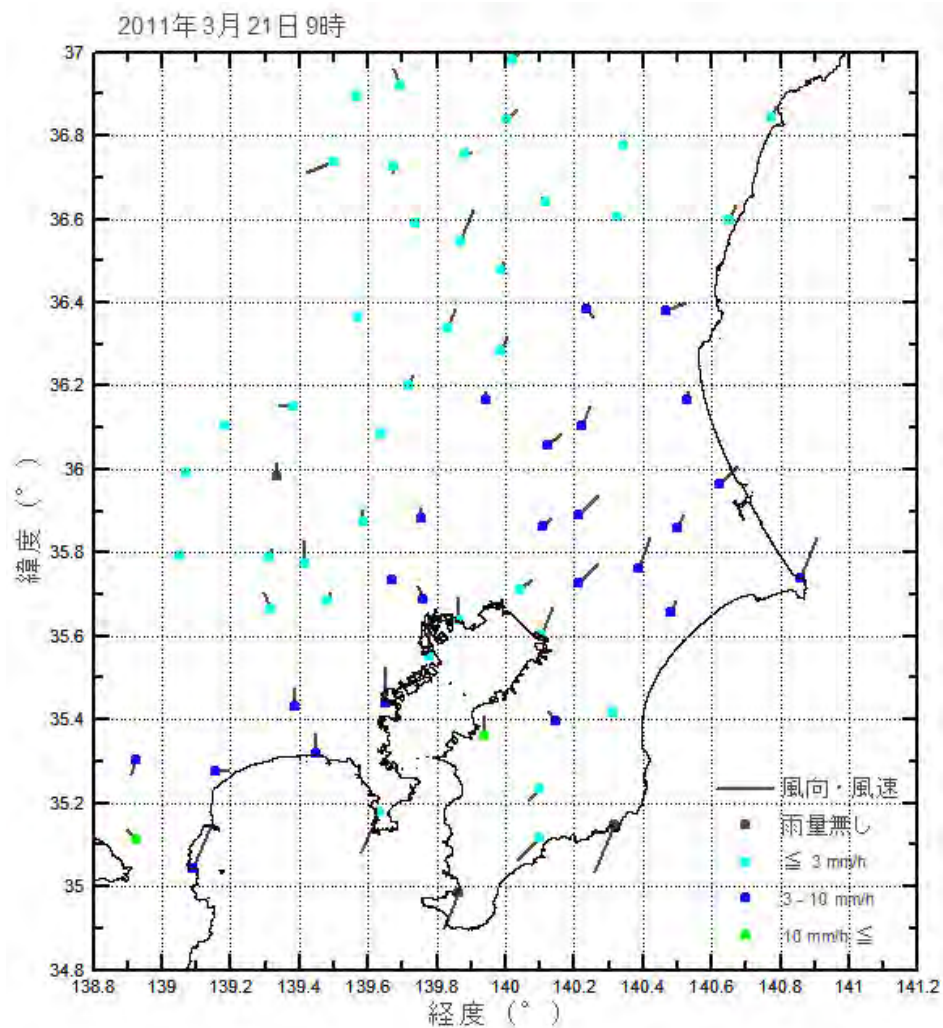


図3 アメダスデータによる 2011 年 3 月 21 日 9 時における風向・風速・降水量の分布図。風速値は線の長さに比例しており、凡例の長さは約 10 m/s である。

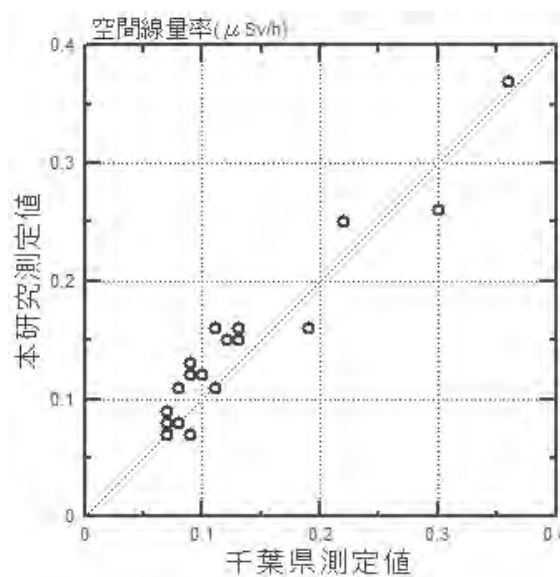


図4 同一測定地点(21 地点)における千葉県と本研究の移動調査による空間線量率値の比較。

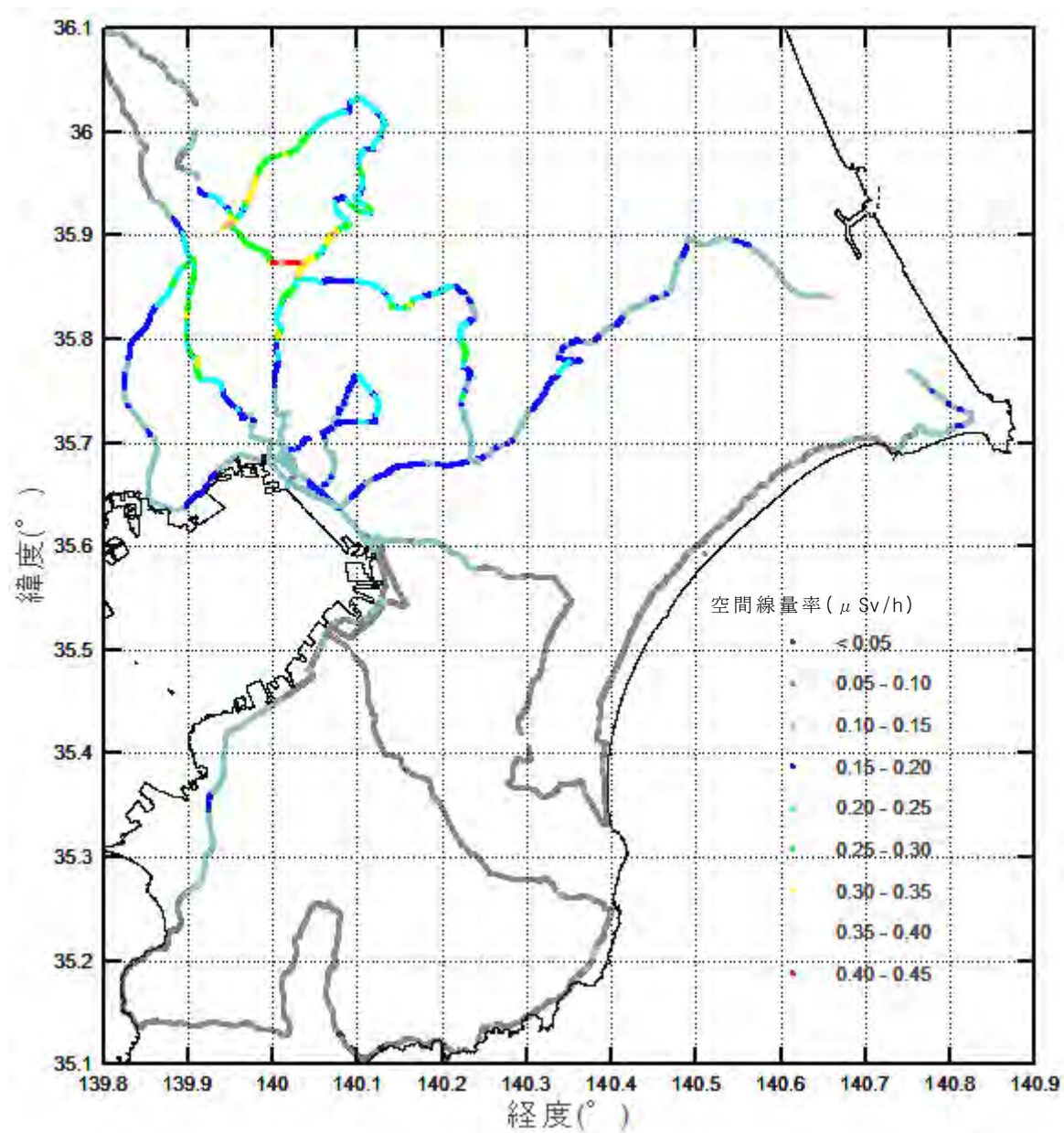


図5 移動調査による空間線量率値の分布。

福島第一原発事故による関東地方の放射性物質の大気拡散・沈着

堅田 元喜（日本原子力研究開発機構）

1. はじめに

2011 年 3 月に起きた福島第一原子力発電所事故（以下、福島第一原発事故）によって、大量の放射性物質が大気中へと放出された。放出された放射性プルームは、風とともに大気中を拡散し、大気中の渦（乱流）や降雨によって地面へと落下（沈着）し、線量を増加させる。大気中を拡散する放射性物質は、乱流によって直接地表面へと沈着するか（乾性沈着）、もしくは雨や霧・雪などに取り込まれて地表面に沈着する（湿性沈着）。この沈着物質からの線量は、プルームが通過した後も沈着核種からの線量（ground-shine）によって外部被ばくをもたらすだけでなく、農作物へも取り込まれて食物摂取による内部被ばくを引き起こす可能性がある。関東地方においても、他の地域に比べて比較的高い空間線量率が観測されており、これらが形成されたときの大気拡散や沈着の状況を明らかにすることは重要である。

日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）では、これまで開発を進めてきた緊急時環境線量情報予測システム世界版 WSPEEDI-II（寺田ら、2008）を用いて、大気への放出量の推定や大気中への拡散・沈着過程の解析を進めている。本稿では、研究成果の一部である茨城県を中心とした関東地方の 3 月中における放射性物質の大気拡散と地表沈着の状況を紹介する。

2. 緊急時環境線量情報予測システム世界版

WSPEEDI-II は、世界の任意地点での原子力事故に対応可能なシステムとして開発された（寺田ら、2008）。このシステムは、大気力学モデルと大気拡散モデルを基盤とした大気拡散予測機能、放出源推定機能などを有している。WSPEEDI-II の予測性能は、チェルノブイル事故（Terada et al. 2004, 2005）や、欧州での人工トレーサガスの拡散実験（Furuno et al. 2004）などで検証されている。本稿では、このシステムの大気拡散予測機能を利用し、福島第一原発事故時に放出された放射性物質の大気拡散の解析を実施した。

WSPEEDI-II の大気拡散予測に用いる基本モデルと計算の流れを図 1 に示す。大気状態を予測する気象モデルには、ペンシルバニア州立大学(PSU)および米国大気研究センター(NCAR)で開発された大気力学モデル MM5 を採用している。このモデルを用いて計算された気象場を用いて、放射性物質の大気中濃度、地表沈着量、被ばく線量を、原子力機構が開発した GEARN によって計算する。モデルと性能検証の詳細については、上記文献に示されている。

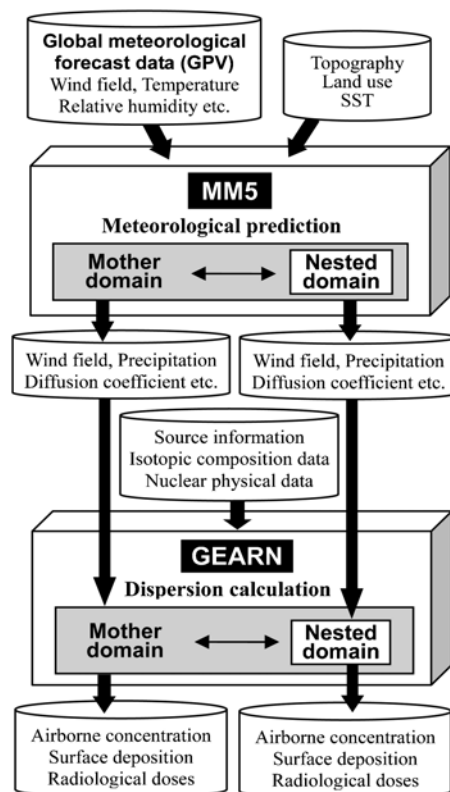


図 1 WSPEEDI-II の大気拡散機能に含まれる数値モデルとシミュレーションの流れ。

3. 計算条件と放射性物質の放出率の設定

計算範囲は、関東地方を含む東西 690 km、南北 960 km とし、分解能を 3 km とした。計算期間
は、2011 年 3 月 12 日 5 時～4 月 1 日 0 時とした。入力となる気象データには、気象庁によるメ
ソ数値予報モデル GPM(MSM)を用いた。放出点付近の気象場の予測精度を改善するために、ア
メダス等の観測データを MM5 のナッジング機能を用いて同化した。計算条件の詳細は、Katata
et al. (2011)に示されている。本研究では、沈着物質による線量上昇に注目し、原子力機構で推
定した放射性ヨウ素(^{131}I)と放射性セシウム(^{137}Cs , ^{134}Cs) の 3 月半ばから 4 月初めまでの放出率
(Chino et al. 2011; 原子力機構 2011)を用いた。これらの核種に加えて、原子力機構で測定され
た大気中濃度のデータをもとに、 ^{132}Te およびその娘核種の ^{132}I を放出率に設定した。

4. 関東地方への放射性物質の大気拡散・沈着・線量上昇

航空機サーベイや土壌調査に基づく放射線量・沈着量マップによると（文部科学省 2011）、
関東地方では栃木県の中央部、群馬県、茨城県の北部と南部などに、他の地域よりも高い線量
が観測されている。この分布の全体的な傾向は、地点によって量的な不一致は見られるものの、
シミュレーションによって再現された
(図 2)。

上記の比較的高い線量が見られた地域
のうち、茨城県を通過して首都圏まで放射
性物質が流れ、地表沈着をもたらした事
例は、2011 年 3 月 15 日から 16 日、およ
び 21 日から 23 日の 2 期間であった。こ
のときのプルームの動きを、モニタリン
グポストの空間線量率と計算値を比較す
ることによって検証した。茨城県北部で
は、主に 3 月 15 日および 16 日の高濃度
放射性プルームの通過と沈着による空間
線量率上昇がみられた。一方、茨城県南
部では、主に 3 月 21 日から 23 日の放射
性プルームの通過と降雨が重なったこと
によって、降雨（湿性）沈着で茨城県北
部と同等かそれ以上の沈着がもたらされ
た。このときの降雨は、茨城県のみなら
ず首都圏に広がっており、関東地方の多
くの地域で線量上昇をもたらした。つく
ばにおけるモニタリングデータと計算結
果を比較した結果、茨城県の南部では、
3 月 15 日および 16 日に通過したプ
ルームによる線量の上昇は小さかったこ
とが示唆された。

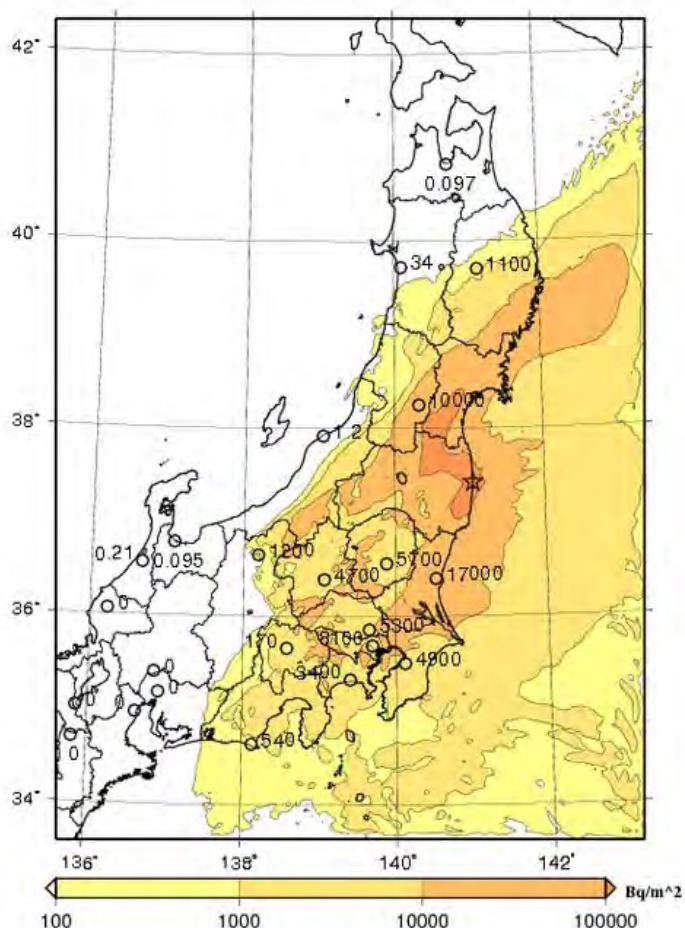


図 2 WSPEEDI-II による 3 月 12 日 5 時から 4 月 1 日
0 時までの ^{137}Cs の積算沈着量の計算結果。図中の数値
とプロットの色は、文部科学省による環境放射能水準
調査結果の値を示す。

5. 引用文献

- Chino, M., H. Nakayama, H. Nagai, H. Terada, G. Katata and H. Yamazawa (2011). Preliminary estimation of release amounts of ^{131}I and ^{137}Cs accidentally discharged from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant into the atmosphere. *J. Nucl. Sci. Technol.* 48: 1129–1134.
- Furuno, A., H. Terada, M. Chino and H. Yamazawa (2004). Experimental verification for real-time environmental emergency response system: WSPEEDI by European tracer experiment. *Atmos. Environ.* 38: 6989-6998.
- Katata G., H. Terada, H. Nagai, and M. Chino (2011). Numerical reconstruction of high dose rate zones due to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *J. Environ. Radioact.* in press
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X11002335>>.
- Terada, H. and M. Chino (2005). Improvement of Worldwide Version of System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information (WSPEEDI), (II) Evaluation of numerical models by ^{137}Cs deposition due to the Chernobyl nuclear accident. *J. Nucl. Sci. Technol.* 42: 651-660.
- Terada, H. and M. Chino (2008). Development of an atmospheric dispersion model for accidental discharge of radionuclides with the function of simultaneous prediction for multiple domains and its evaluation by application to the Chernobyl nuclear accident. *J. Nucl. Sci. Technol.* 45: 920-931.
- Terada, H., A. Furuno and M. Chino (2004). Improvement of Worldwide Version of System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information (WSPEEDI), (I) New combination of models, atmospheric dynamic model MM5 and particle random walk model GEARN-new. *J. Nucl. Sci. Technol.* 41: 632-640.
- 原子力機構 (2011). 福島第一原子力発電所事故に伴う ^{131}I と ^{137}Cs の大気放出量に関する試算 (II) 3月12日から15日までの放出率の再推定. 第63回原子力安全委員会定例会議 会議資料.
<<http://www.nsc.go.jp/anzen/shidai/genan2011/genan063/siryos5.pdf>>
- 寺田宏明・永井晴康・古野朗子・掛札豊和・原山卓也 (2008). 緊急時環境線量情報予測システム (世界版) WSPEEDI第2版の開発. 日本原子力学会和文論文誌. 7: 257-267.
- 文部科学省 (2011). 放射線量等分布マップ.
<http://radioactivity.mext.go.jp/ja/distribution_map_around_FukushimaNPP>