

第26回全国環境研究所  
交流シンポジウム 予稿集

平成23年2月16日・17日

## 第26回全国環境研究所交流シンポジウム

# 地域の生物・生態系が危ない—大気汚染と外来生物の影響—

平成23年2月16日(水)～17日(木)

於 国立環境研究所 地球温暖化研究棟交流会議室

2月16日(水)

(司会: 森保文)

13:30-13:35 開会挨拶 国立環境研究所理事長 大垣眞一郎  
13:35-13:40 来賓挨拶 環境省総合環境政策局 環境研究技術室長 長坂雄一

### 第1部 大気汚染・地域植生への警鐘

13:40-14:00 基調講演 「越境大気汚染と生態影響の把握」  
環境省水・大気環境局総務課 越境大気汚染情報分析官 山本秀正

#### セッション1 光化学オキシダントと植物被害

座長: 武田麻由子 (神奈川県環境科学センター)、青野光子 (国立環境研究所)

- (1) 14:00-14:20 「熊本市における高濃度光化学オキシダントによる大気汚染の現状と発生メカニズム解析」…………… 2  
○福田照美、吉田芙美香、武原弘和、丸山龍也、馬場正寛、津留靖尚 (熊本市環境総合研究所)
- (2) 14:20-14:40 「兵庫県における光化学オキシダントの濃度分布の把握と評価」…………… 4  
○坂本美德、平木隆年 (財) ひょうご環境創造協会兵庫県環境研究センター)
- (3) 14:40-15:00 「アサガオの可視被害とオゾン濃度との関係—C型研究「植物のオゾン被害とストレス診断に関する研究」より—」…………… 6  
○岡崎淳 (千葉県環境研究センター)、青野光子、久保明弘 (国立環境研究所)、三輪誠、嶋田知英 (埼玉県環境科学国際センター)、武田麻由子、小松宏昭 (神奈川県環境科学センター)、上野千恵 (静岡県環境衛生科学研究所)、山神真紀子、中島寛則 (名古屋環境科学研究所)、福田拓 (鳥取県生活環境部衛生環境研究所)、須田隆一、中村朋史 (福岡県保健環境研究所)、横山仁 (東京都環境科学研究所)、光武隆久 (佐賀県環境センター)
- (4) 15:00-15:20 「埼玉県における県民参加を主体としたオゾンによるアサガオ被害調査」…………… 8  
○三輪誠 (埼玉県環境科学国際センター)

15:20-15:40 休憩

#### セッション2 大気汚染と森林衰退

座長: 須田隆一 (福岡県保健環境研究所)、清水英幸 (国立環境研究所)

- (5) 15:40-16:00 「大気汚染のブナへの影響及びブナ林総合モニタリング手法の開発」…………… 10  
○武田麻由子、小松宏昭 (神奈川県環境科学センター)、山根正伸 (神奈川県自然環境保全センター)、野口泉、山口高志 (北海道立総合研究機構環境科学研究所)、太田良和弘、中西隆之 (静岡県環境衛生科学研究所)、西本孝 (岡山県自然保護センター)、水谷瑞希 (福井県自然保護センター)、中島春樹 (富山県農林水産総合技術センター森林研究所)、山本哲也 (広島県立総合技術研究所保健環境センター)、須田隆一、藤川和浩 (福岡県保健環境研究所)、清水英幸 (国立環境研究所)
- (6) 16:00-16:20 「丹沢産ブナ苗へのオゾンと水ストレスの単独および複合影響」…………… 12  
○伊藤祥子、笹川裕史、清水英幸 (国立環境研究所)、相原敬次 (神奈川県自然環境保全センター)
- (7) 16:20-16:40 「丹沢地域のブナにおける植生指数とオゾンとの関係解析」…………… 14  
○笹川裕史、伊藤祥子、清水英幸 (国立環境研究所)、山根正伸 (神奈川県自然環境保全センター)

(8) 16:40-17:00 「摩周湖周辺の樹木衰退および大気汚染について」 ..... 16  
○山口高志、野口泉(北海道立総合研究機構環境科学研究センター)

17:00-17:20 全体討論 座長：青野光子、清水英幸 (国立環境研究所)

17:30-19:30 懇親会 (会場：国立環境研究所食堂)

**2月17日 (木)**

(司会：森保文)

**第2部 侵略的外来生物・拡大する脅威**

9:00-9:20 基調講演 「外来種に係る生物多様性条約COP10の議論を踏まえて」  
環境省自然環境局野生生物課 外来生物対策室長 牛場雅己

セッション1 陸域での脅威

座長：嶋田知英 (埼玉県環境科学国際センター)、清水英幸 (国立環境研究所)

(9) 9:20-9:40 「鹿児島県内におけるヤンバルトサカヤスデの発生と対策」 ..... 18  
○白坂邦三郎 (鹿児島県環境林務部廃棄物・リサイクル対策課)

(10) 9:40-10:00 「外来アリ類の侵略的特性と防除対策」 ..... 20  
○井上真紀、五箇公一 (国立環境研究所)

(11) 10:00-10:20 「埼玉県におけるアライグマの生息状況」 ..... 22  
○嶋田知英 (埼玉県環境科学国際センター)

10:20-10:30 休憩

セッション2 水域での脅威

座長：久米一成 (静岡県環境衛生科学研究所)、矢部徹 (国立環境研究所)

(12) 10:30-10:50 「緑潮 (グリーンタイド) を引き起こす侵入アオサの実態把握」 ..... 24  
○石井裕一、矢部徹、玉置雅紀、中嶋信美 (国立環境研究所)、芝原達也 (谷津干潟自然観察センター指定管理者 (社) UMS)、井上智 (横浜市環境科学研究所)、岩淵美香 (川崎市公害研究所)

(13) 10:50-11:10 「榎野川河口干潟での自然再生活動と侵入種の影響」 ..... 26  
○角野浩二、恵本佑、下尾和歌子、谷村俊史、田中克正、下濃義弘 (山口県環境保健センター)

(14) 11:10-11:30 「福岡県におけるブラジルチドメグサの分布と植被の季節変化」 ..... 28  
○須田隆一、山崎正敏 (福岡県保健環境研究所)

(15) 11:30-11:50 「静岡県における外来種 (フロリダミズヨコエビ) の生態調査」 ..... 30  
○久米一成、今津佳子 (静岡県環境衛生科学研究所)

(16) 11:50-12:10 「淡水産外来カワリヌマエビ属 *Neocaridina* spp.とその共生動物の日本への侵入と分布拡大  
および遺伝的攪乱の可能性について」 ..... 32  
○西野麻知子 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)、遠山裕子、池田実 (東北大学)、丹羽信彰  
(神戸市立六甲アイランド高等学校)、大高明史 (弘前大学)

(17) 12:10-12:30 「国立環境研究所侵入生物データベースの進化と活用」 ..... 34  
○岡本卓、五箇公一 (国立環境研究所)

12:30-12:40 総合討論 座長：清水英幸、矢部徹 (国立環境研究所)

12:40-12:45 閉会挨拶 国立環境研究所理事 安岡善文

# 熊本市における高濃度光化学オキシダントによる大気汚染の現状と発生メカニズム解析

○福田 照美・吉田 芙美香・武原 弘和・丸山 龍也・馬場 正寛・津留 靖尚  
(熊本市環境総合研究所)

## 1. はじめに

近年、全国的にオキシダント(Ox)の濃度上昇が報告されており、熊本市でも錦ヶ丘局において、平成18年6月7日に観測史上初のOx注意報が発令された。高濃度Oxの発生要因を解明するため、当所は平成19～21年度の3年間、国立環境研究所と地方環境研究機関(参加機関50)との共同研究「光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究」に参加した。今回、熊本市の高濃度Oxの発生要因について検討し、いくつかの知見が得られたので報告する。

## 2. 調査方法

平成2～21年度の熊本市と熊本県の大気常時監視測定局のデータをもとに主に4～6月について解析を行った。気温、全天日射量、煙霧・黄砂情報は熊本地方気象台のデータを、天気図は気象人を、後方流跡線はHYSPLIT MODELを使用した。さらに、共同研究において作成したOx濃度分布図と地上風向風速ベクトル図を使用した。

## 3. 結果及び考察

### 1. 熊本市の気温・日射、NOx・Oxの経年変化

熊本市では自然的要因である4～6月の日射量と日最高気温の月平均値は増減を繰り返しながら上昇しており(図1)、人為的要因である窒素酸化物(NOx)は図2に示すように、『熊本都市圏自動車交通クリーン推進計画』に基づき対策が進められ、全局年平均値は平成2年度(0.034ppm)から平成21年度(0.016ppm)におよそ1/2に減少した。このようにNOx濃度が減少しているにもかかわらず、Ox濃度の年平均値は全局において増加し、5局の平均値は平成2年度(0.019ppm)から平成21年度(0.029ppm)と1.5倍に上昇していた(図3)。

注意報が発令された錦ヶ丘局における4～6月の午前6～9時のNOx濃度は、平成19年度まで0.020ppm前後でほぼ横ばいで推移していたが、20年度以降は減少し、21年度は4月0.021ppm、5月0.016ppm、6月0.014ppmと顕著に減少した(図2)。しかし、4～6月のOx平均

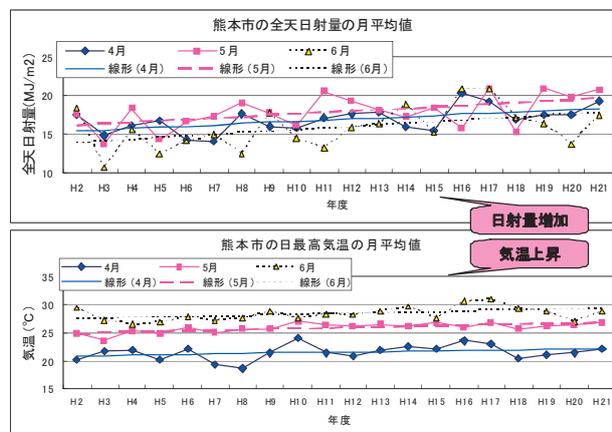


図1 平成2～21年度の4月～6月の熊本市の全天日射量と日最高気温の経年変化

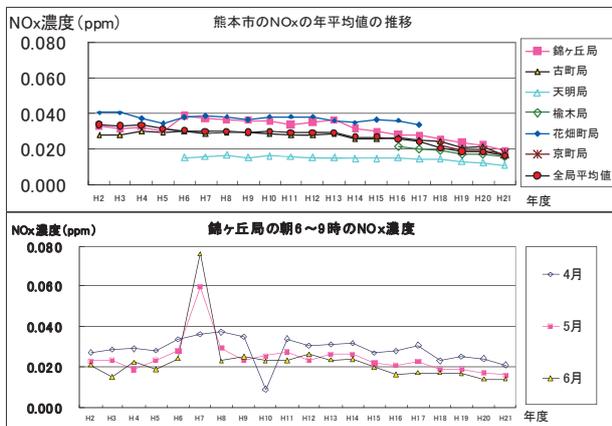


図2 熊本市のNOxの年平均値(上)と錦ヶ丘局の朝6時～9時のNOx(下)の経年変化

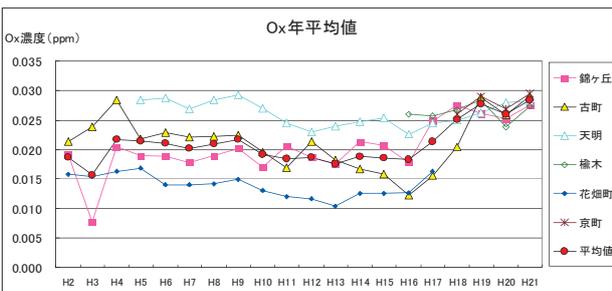


図3 熊本市Ox濃度の年平均値の経年変化

濃度は、風向にかかわらず平成17年度以降顕著に増大している現状が明らかになった(図4)。

## 2. 熊本市の近年の高濃度Ox観測状況と要因

次に、平成18~21年度に熊本市で予報レベル(0.100ppm)以上の高濃度Oxが観測された16例について解析を行った(表1)。そのうち6例(5例は九州地域で注意報発令事例)は九州グループにおける解析で移流としての特徴が見られる日々と判断されており、他の10例は地域発生と推定された。この10例について地上風向風速ベクトル図を用いて解析を行ったところ、本市に隣接している金峰山の東側で渦を巻き大気を滞留させ、等圧線の間隔が広く風速が弱い現象が7例にみられた(図5)。このように、熊本市では西側には金峰山(665m)や、有明海を挟んで普賢岳(1359m)があり、これらの地形がある時は高濃度Oxを含んだ西側からの大気の流れを妨げ、また、ある時は、大気の流れを妨げることにより渦を巻き大気を滞留させ高濃度Oxを発生させていると推定された。

## 4. 今後の課題

熊本市は、この特色ある地形により、九州北部にみられるような大陸からのダイレクトな影響を受けにくいですが、平成22年5月25日には、黄砂と共に夜間に高濃度Oxが観測されており(図6)、大陸からの高濃度Oxによる越境汚染も窺える現状もあり、今後も解析を進め、さらに全国で共同研究を進展させ、環境課題の解決に向けて支援できるよう努力していきたい。

## 参考文献

1) 岩本真二, 国立環境研究所・C型共同研究グループ(九州グループ):九州における光化学オキシダント高濃度に関する解析, 21-62, 2008.

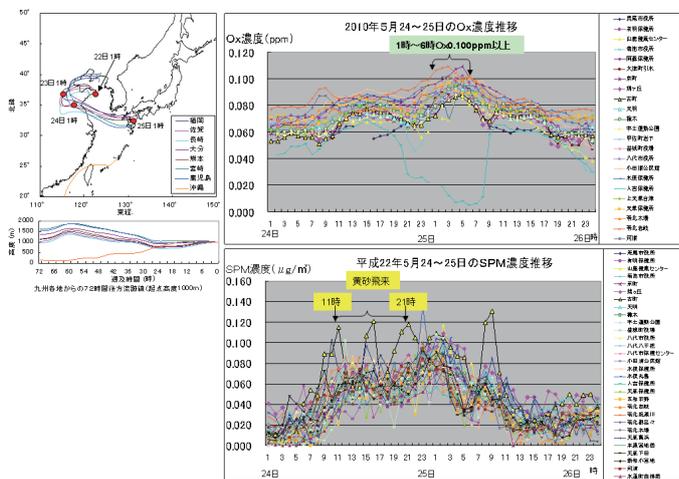


図6 平成22年5月24~25日に夜間高濃度Oxが観測された日の後方汚染経線・Ox・SPM濃度経時変化

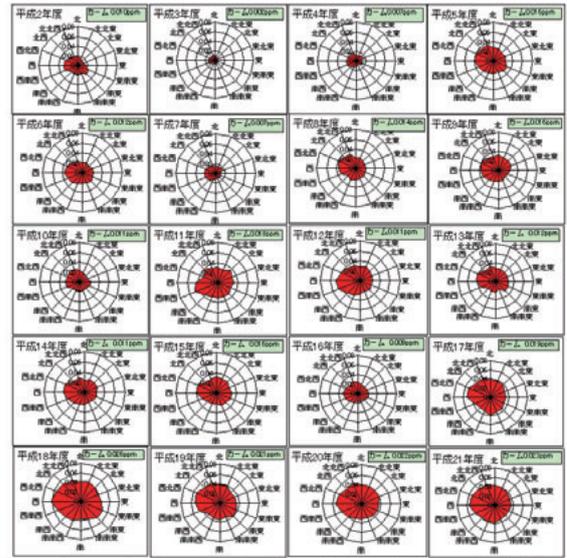


図4 平成2~21年度の4~6月の錦ヶ丘局の風向別Ox平均濃度(ppm)

表1 熊本市における高濃度Ox発生要因分類

No.	日	後方汚染経線の方角・煙霧・黄砂	熊本市Ox最大値(ppm)	最高気温(°C)	全天日照量(MJ/m²)	大気の状態(風向・風速)	高濃度Oxの要因
1	H18/5/20	日本海	0.108(錦ヶ丘)	26.1	19.8	風速大・西風	地域発生
2	H18/5/21	朝鮮半島・煙霧	0.109(錦ヶ丘)	28.5	21.3	風速小	地域発生
3	H18/5/24	朝鮮半島・煙霧	0.105(錦ヶ丘)	29.3	27.5	風速大・西風	地域発生
4	H18/5/29	中国・煙霧	0.123(錦ヶ丘)	27.7	25.8	風速大・南西風	移流
5	H18/6/1	東シナ海・煙霧	0.105(錦ヶ丘)	29.7	17.4	風速小・南風	地域発生
6	H18/6/3	太平洋ベルト地帯・中国四国地方	0.109(錦ヶ丘)	31.1	26.6	風速大・東風	地域発生
7	H18/6/4	太平洋ベルト地帯・中国四国地方・煙霧	0.104(錦ヶ丘)	29.1	15.1	風速小・清浄	地域発生
8	H18/6/6	太平洋ベルト地帯・中国四国地方・煙霧	0.123(錦ヶ丘)	32.5	23.3	風速小・清浄	地域発生
9	H18/6/7	朝鮮半島・煙霧	0.123(錦ヶ丘)	32.2	24.6	風速小・清浄	地域発生
10	H18/6/13	日本南西部の海域・煙霧	0.102(錦ヶ丘)	32.3	23.8	風速小・清浄	地域発生
11	H18/5/9	中国・煙霧	0.105(錦ヶ丘)	28.2	25.7	風速大・西風	移流
12	H18/5/9	朝鮮半島・煙霧	0.105(錦ヶ丘)	27.1	24.8	風速大・南西風	移流
13	H18/5/27	中国・黄砂	0.111(錦ヶ丘)	31.6	24.3	風速小・西風	移流
14	H18/5/28	中国・黄砂	0.110(錦ヶ丘)	32.7	23.6	風速小・清浄	移流
15	H20/6/7	中国・煙霧	0.105(錦ヶ丘)	25.4	9.8	風速小	地域発生
16	H21/5/5	中国・黄砂	0.101(吉町)	28.2	26.75	風速大・北西風・南西風	移流

丸印は九州でのOx注意報発令日

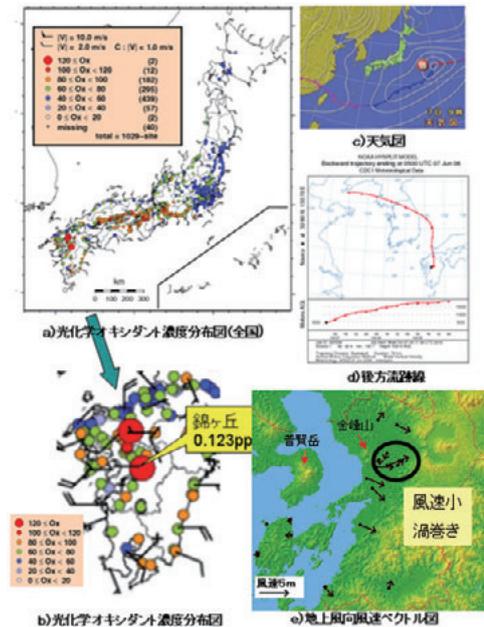


図5 平成18年6月7日14時の高濃度事例

# 兵庫県における光化学オキシダントの濃度分布の把握と評価

○坂本美徳・平木隆年  
(兵庫県環境研究センター)

## 1. はじめに

我が国において、光化学オキシダント（以下、 $O_x$ ）の平均濃度は近年漸増の傾向にあり、大都市に限らず、周辺地域でも高濃度の  $O_x$  が観測されていることから、光化学大気汚染の広域化が懸念されている。平均  $O_x$  濃度の漸増傾向により健康被害と共に植生影響が懸念されている。健康影響については環境基準として1時間値が0.06ppm以下であることが定められているが、全国的に達成率は極めて低い。植生は健康影響よりも低い濃度でも影響することが知られており、WHOは欧州の植生影響に対しAOT40 (Accumulated exposure Over a Threshold of 40 ppb.) を指標として提示している<sup>1)</sup>。

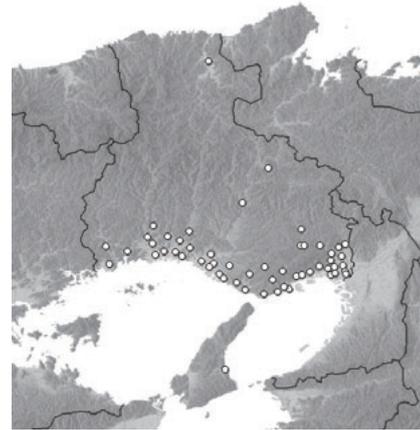


図1 兵庫県の  $O_x$  測定局の配置状況

兵庫県では、県下に常時監視測定局（以下、測定局）を配置し、 $O_x$  濃度を測定している。しかしながら、図1に示すように測定局は都市域、特に瀬戸内海沿岸域に集中しているため、県下全域の実態を把握できていないのが現状である。

測定局の配置されていない地域に対しては補完的に、移動観測車やパッシブサンプラーによる測定が行われる。移動観測車は、測定局と同等の測定機が搭載されており、時間値データを取得することができる。しかし、測定箇所数が多くなれば測定期間が短くなるために、年間を通した評価や高濃度時の評価を行うことが難しく、地点間の比較も限られる。一方、パッシブサンプラーによる測定は小型で電源が要らないため簡易に測定でき、常時監視測定との相関も良く、暴露時間に応じた平均濃度を把握することができ、多くの自治体においても採用され、地点間の比較などに用いられている。しかし、時間値のような時間分解能を確保することは難しく、経時変化を把握することができないため、経時変化の特徴が異なる地点間の比較をすることは難しい。

そこで本研究では、本来は時間値から算出するAOT40や環境基準値のような指標をパッシブサンプラーによる測定値を用いて評価することを目的として、測定局の時間値データと平均濃度との関係を調査した。

## 2. 調査方法と結果

光化学オキシダント等に関するC型共同研究で整備された大気時間値データベースと大気時間値集計・解析プログラムを用い、兵庫県下の測定局のうち、月600時間以上測定した測定局について2004～2008年度の月平均  $O_x$  濃度（以下、平均濃度）と標準偏差を算出した。

平均濃度の経月変化を図2に示す。県下の測定局では平均濃度は春季に高く、冬季に低い傾向であった。5月に最大値をとり9月にも極大値をとるいわゆる2山型のパターンを示す測定局と9月の極大が顕著に見られない測定局が存在した。標準偏差は夏季に高く冬季に低い傾向であった（図3）。平均濃度と標準偏差の関係を図4に示す。平均濃度と標準偏差は年間を通して概ね正の相関があった。夏季は他の季節に比べ直線近似の傾きが大きく相関が強く、秋季～冬季は直線近似の傾きが小さく相関は弱かった。個別の測定局の年間を通した平均濃度と標準偏差の関係は、正の相関が強い地域と、正の相関があるものの相関が弱い地域があった（図等省略）。

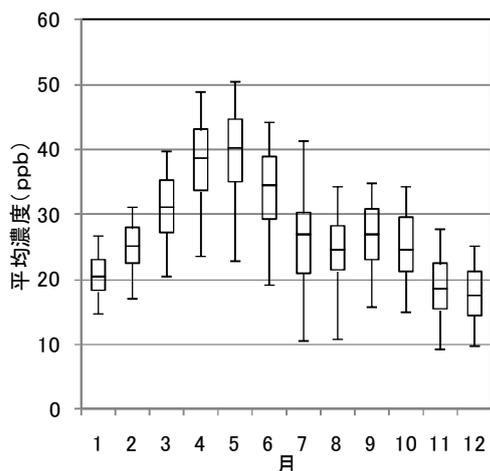


図2 平均濃度の経月変化

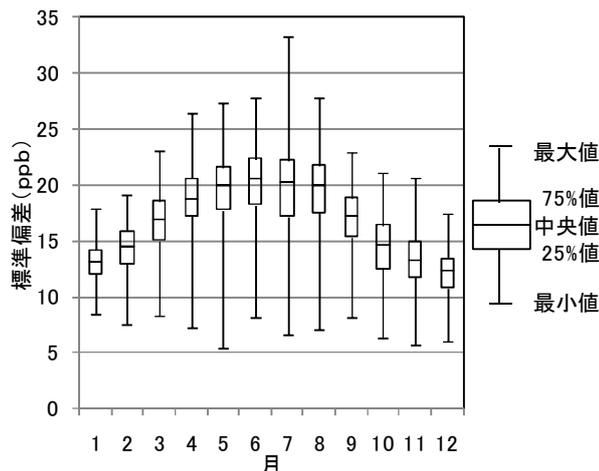


図3 標準偏差の経月変化

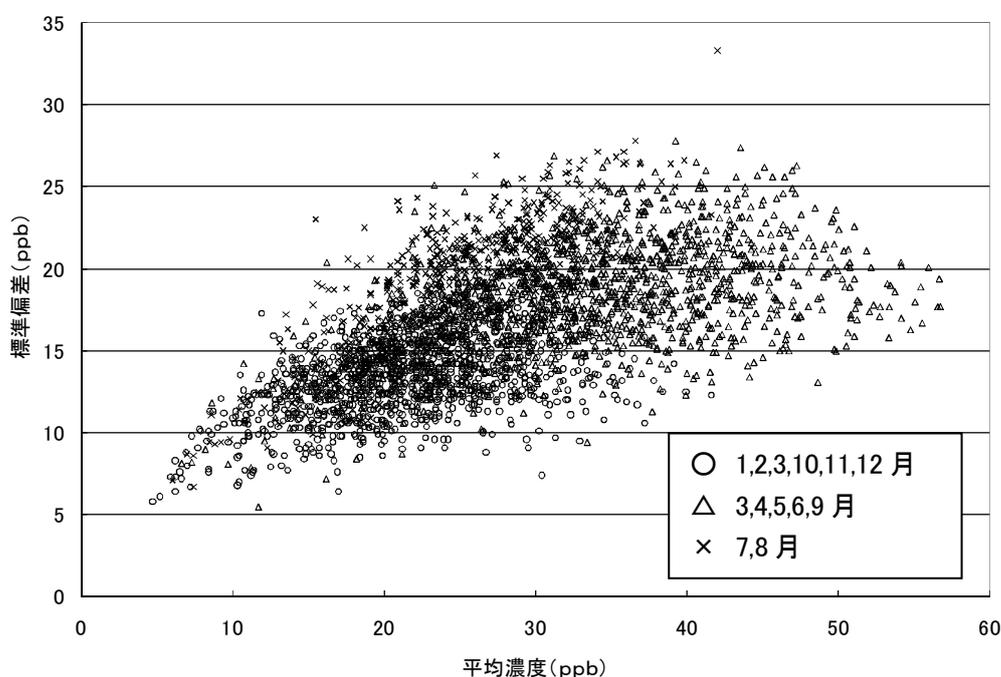


図4 平均濃度と標準偏差の関係

### 3. 結論

測定局の時間値データから算出した平均濃度と標準偏差とは正の相関があった。平均濃度と標準偏差との関係は経月的に変動し、特に光化学反応が活発な夏季（7，8月）に顕著にみられた。また、相関の強弱に地域特性があった。そのため、季節変化や地域特性を考慮することで平均濃度から時間値の頻度分布を推定することができると考えられる。

### 4. 今後の課題

測定局の配置されていない地域における平均濃度と標準偏差との関係を把握するために、移動観測車のデータの活用、関与する要因（例えば地理、気象、原因物質濃度）の考慮が必要である。

### 参考文献

- 1) WHO: WHO air quality guidelines, 2nd edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91(2000)

## 「アサガオの可視被害とオゾン濃度との関係」

### C型研究「植物のオゾン被害とストレス診断に関する研究」より

○岡崎淳<sup>1</sup>・青野光子<sup>2</sup>・久保明弘<sup>2</sup>・三輪誠<sup>3</sup>・嶋田知英<sup>3</sup>・武田麻由子<sup>4</sup>・小松宏昭<sup>4</sup>・上野千恵<sup>5</sup>  
・山神真紀子<sup>6</sup>・中島寛則<sup>6</sup>・福田拓<sup>7</sup>・須田隆一<sup>8</sup>・中村朋史<sup>8</sup>・横山仁<sup>9</sup>・光武隆久<sup>10</sup>

(<sup>1</sup>千葉県環境研究センター・<sup>2</sup>国立環境研究所・<sup>3</sup>埼玉県環境科学国際センター・<sup>4</sup>神奈川県環境科学センター・<sup>5</sup>静岡県環境衛生科学研究所・<sup>6</sup>名古屋市環境科学研究所・<sup>7</sup>鳥取県衛生環境研究所・<sup>8</sup>福岡県保健環境研究所・<sup>9</sup>東京都環境科学研究所・<sup>10</sup>佐賀県環境センター)

#### 1. はじめに

我が国でオゾンによる環境影響が大きな問題となったのは、1970年、東京都ではじめて光化学スモッグによる人体被害が確認されたことによる。その後、光化学スモッグの主成分であるオゾンによって、多くの植物に被害が発生していることが確認され、関東地方の各自治体は1973年から1998年まで協力して調査を行いオゾンによる植物被害の実態を明らかにした。また、読売新聞は1974年～1976年に全国の小中学校を中心としたアサガオ可視被害調査を行い、全国的に被害が広がっていることを示した(図1)。

最近になり、地球規模で対流圏オゾン濃度の上昇が指摘され、対流圏オゾンが局地的な大気汚染ガスであるばかりではなく、気候変動や紫外線増加の問題とも関与しあう生態系や人間活動に対する深刻な脅威であるとの認識が持たれるようになってきている。特に、オゾンの影響による森林の衰退や農作物の減収等が強く懸念されている。また、2006年頃より、関東地方では光化学スモッグ警報が発令されたり、今まで注意報が発令されたことのない地域で注意報が発令されたりする状況となり、オゾンによる環境影響が再び注目されるようになった。本研究は、現在各都県環境研究所等により個別に行われている植物の被害実態に関する研究の情報を統合するとともに、継続した共同調査の実施を行い、植物被害の機構解明および植物被害の実態の把握を行うものである。また、植物の被害は原因の判断が難しい場合もあるため、国立環境研究所で進められている、遺伝子を用いた植物のオゾンに対する応答機構の解析の成果を導入し、分子的メカニズムに裏づけられた植物影響の診断手法を確立し、実際の植物被害調査への利用を図ることを目的とする。本発表では、参加自治体における可視被害の発生状況とオゾン濃度の関係を中心に紹介する。

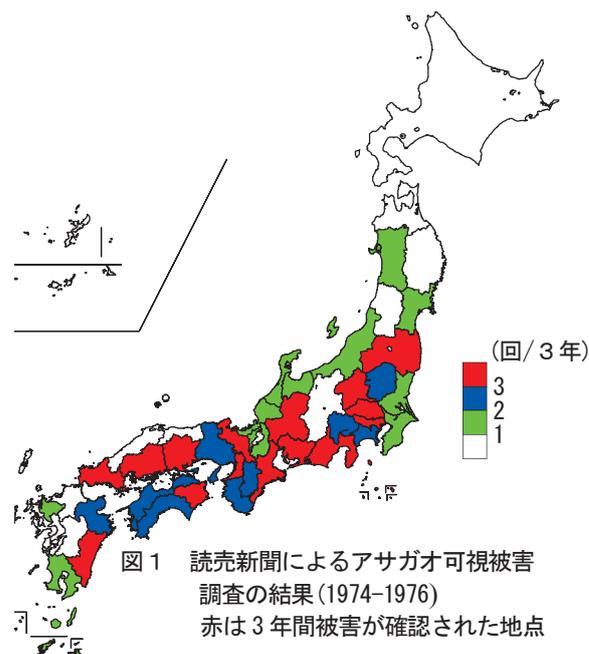


図2 アサガオ育成の状況  
右：地植え 左：プランター

#### 2. C型研究における可視被害調査の概要(2006～2009年度)

(1)対象植物:アサガオ(スカーレットオハラ) 国立環境研究所が系統保存している種子を、各調査機関に配布した。各機関で4月下旬から5月上旬に播種し、6月から8月の間可視被害について観察を行った。図2にアサガオ育成の状況を示した。

(2) 可視被害調査地点:①埼玉県環境科学国際センター、②千葉県農林総合研究センター(2008年度まで)、③千葉県環境研究センター、④神奈川県環境科学センター、⑤名古屋市環境科学研究所(2008年度～)、⑥鳥取県衛生環境研究所(2008年度～)、⑦佐賀県環境センター(2008年度～)、⑧静岡県環境衛生科学研究所(2009年度～)

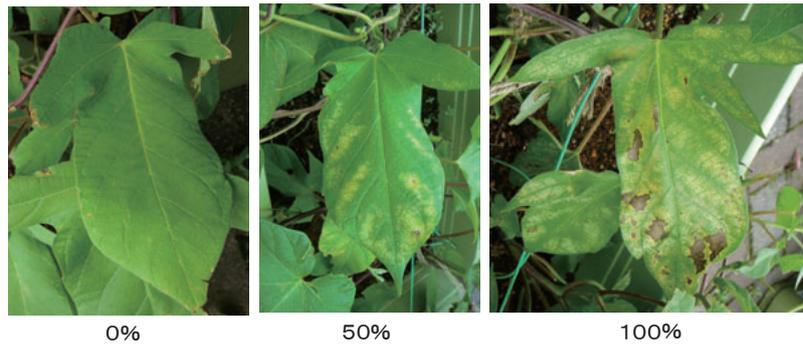


図3 被害症状と被害面積の例

(3) 被害調査: 6月下旬から7月末まで、オキシダント(オゾン)濃度が上昇(概ね80ppb以上)した日の翌日に、葉に現れた白色小斑点、褐色小斑点を調査する。図3に可視被害の例を示した。また、7月31日を基準として、その前後数日に被害調査を行った。

### 3. 結果

(1) 被害状況: 図4に参加自治体における被害葉率(被害葉数÷現存葉数(%))の状況を示した。埼玉、名古屋(2008年から)はいずれの年も50%を超えており、被害が大きいことが示された。神奈川は年による変動が大きく、千葉、市原は埼玉、名古屋、神奈川に比べると被害状況は小さいことが認められる。佐賀は2008年度、鳥取は2009年度に被害が確認された。静岡は2009年度から調査を開始したが被害が確認された。

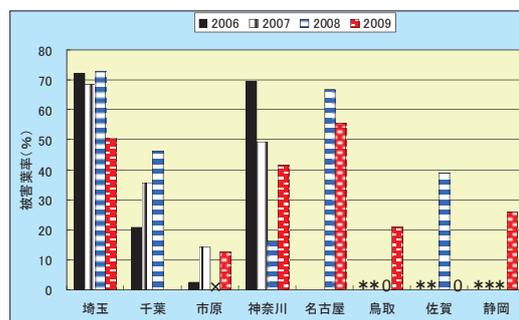


図4 各地点における被害状況  
0:被害無 \* :未観察 x :欠測

(2) 被害と濃度との関係: 各調査地点で、年度ごとに草丈が100cm、全葉数が10枚以上となってから、初めて被害が出た際の被害葉率とオキシダント濃度(被害発生直前10日間の最高濃度)との関係を図5に示した。

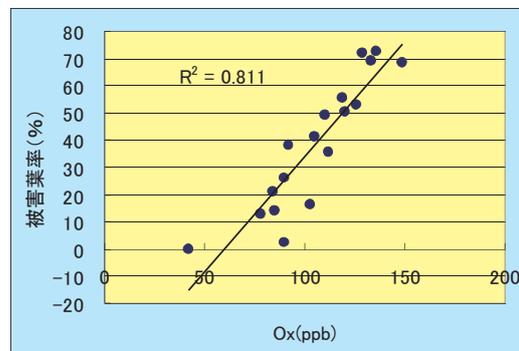


図5 被害葉率と被害直前Ox濃度の関係

(なお、各年度において被害が出なかった地点については、被害葉率0%、その地点の7月の最高濃度をデータとした)。図より、被害とオキシダント濃度の相関は $R^2=0.811$ と高く、濃度が高ければ被害が大きくなることが示されたが、同じオキシダント濃度でも被害葉率に差が生じている点もあり、被害と濃度の関係にはばらつきもあることが認められた。また、日最高濃度が60ppbを超えると被害が発現する傾向があり、この結果は以前関東地方で行っていた調査結果とほぼ同じであった。

### 4. まとめ

(1) 2006～2009年度にかけて行った調査により、オゾンによる可視被害は関東のみでなく、東海、九州、山陰においても発生していることを確認した。

(2) 今後は、参加自治体を増やし、植物被害に関する共同調査を継続し、中長期的な被害実態の把握を目指す。また、これまでに開発した分子メカニズムに基づく植物のオゾンストレス診断手法を改良し、実際の植物被害調査への利用を拡大することを目指す。

(3) また、すでに埼玉県や、千葉県、鳥取県などで実施している植物影響を通して環境問題への市民の理解を深めるための啓発事業への展開を図っていきたい。

# 埼玉県における県民参加を主体としたオゾンによるアサガオ被害調査

三輪 誠

(埼玉県環境科学国際センター)

## 1. はじめに

埼玉県では、毎年夏季に、大気中の光化学オキシダント濃度が著しく高くなり、光化学オキシダント注意報が多発する。そのため、光化学オキシダントの主成分であるオゾンによる植物被害が顕在化している(図1)。しかしながら、県内におけるオゾンによる植物被害の実態については十分に把握されていないのが実状である。また、県民もオゾンによる植物被害の実態を十分に理解しているとはいえない状況にある。

このような背景の下、埼玉県環境科学国際センターでは、県内におけるオゾンによる植物被害の実態の把握と、それに関する情報を県民と共有することを目指し、オゾンの指標植物であるアサガオを用いた植物被害調査<sup>1)</sup>(葉に発現する可視被害に関する調査)を、平成17年から毎年7月に県民参加により実施してきた。

この発表では、県民参加を主体としたオゾンによるアサガオ被害調査の方法について紹介するとともに、平成17年からの調査結果に基づいて、オゾン濃度とアサガオの葉被害度との関係について検討する。



図1 オゾンによるアサガオ被害

## 2. 調査方法

毎年5月の連休明けの土曜日または日曜日に、当センターにおいて、「アサガオ被害調査説明会(図2)」を開催した。同説明会では、調査参加者(埼玉県民)に、オゾンの指標植物であるアサガオ(品種:スカーレットオハラ)の種子(15粒)と、調査マニュアル一式を配布するとともに、マニュアルに基づいて調査内容を口頭で説明した。調査参加者は、配布された種子を5月中旬に植木鉢などに播種し、アサガオ苗を育成した。これらのアサガオ苗のうち5個体を、6月中旬から下旬にかけて野外の調査地に移植し、7月末までの約1ヶ月間育成した。育成期間中には、適宜、施肥と給水を行った。育成期間終了時に、調査参加者は、調査マニュアルに基づいて、アサガオの草丈、主茎に付いている葉の各葉位におけるオゾンによる葉被害面積率(1枚の葉の面積の何割程度に被害が発現しているのかを目測によりパーセント表示する)等を調査し、所定の記録用紙にデータを記入した。データが記入された記録用紙は、当センターで回収し、データを整理・解析した。



図2 アサガオ被害調査説明会

## 3. 結果と考察

オゾンによるアサガオ被害調査の結果の一例として、以下に平成21年7月の調査結果を示す。同

年の調査では、県内 210 の有効調査地点のうち、205 地点において、アサガオの葉にオゾンによる被害が観察された。被害葉率（被害葉の数÷現存葉の数×100）の有効調査地点平均値は 41.0%であった。このことは、各調査地点において、平均すると、主茎に付いている全葉数の 4 割程度に被害が発現したことを示している。また、被害面積率（累積葉被害面積率(各葉位において目測された葉被害面積率を全て積算した値)÷現存葉の数)の有効調査地点平均値は 17.2%であった。このことは、各調査地点では、主茎葉 1 枚あたりにおしなべて換算すると、葉の面積の 2 割弱に被害が発現したことを示している。さらに、平均被害面積率（累積葉被害面積率÷被害葉の数）の有効調査地点平均値

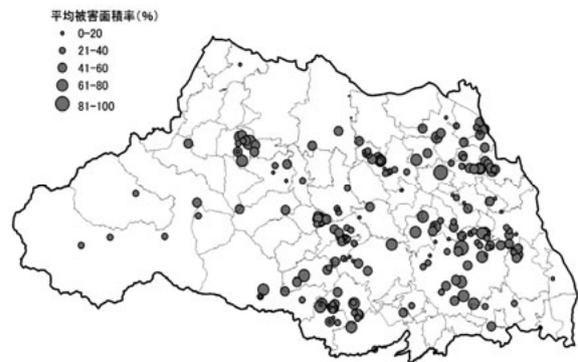


図3 平成 21 年 7 月におけるアサガオの平均被害面積率の県内分布

は 40.8%であった。これは、各調査地点において被害が発現した主茎葉では、平均して葉面積の 4 割程度にまで達する被害が発現したことを意味している。

図 3 に、アサガオの平均被害面積率の県内分布を示した。この図から、埼玉県では、オゾンによるアサガオ被害が広い範囲に広がっていることがうかがえる。

平成 17 年から 5 か年にわたって実施された調査の結果に基づいて、埼玉県における平均の日最高オゾン濃度の 7 月の月平均値（県内に存在する全ての大気常時監視測定局における 7 月の日最高オゾン濃度の月平均値の全地点平均）と、被害葉率、被害面積率および平均被害面積率の有効調査地点平均値との関係について調べた。その結果、平成 20 年を除く、4 年間の日最高オゾン濃度の 7 月の月平均値と各葉被害パラメーターとの間には高い相関が認められた

（図 4）。平成 20 年を除く 4 年間の調査では、種苗業者により品質管理されたアサガオ（品種：スカーレットオハラ）の種子を用いたが、平成 20 年の調査では、自家採取した種子を用いた。これらのことから、品質管理された種子から育成されたスカーレットオハラを用いて本調査を実施すれば、埼玉県全域での平均のオゾン濃度とアサガオの葉被害度との間に、ある程度の相関関係が見いだせることが示唆された。

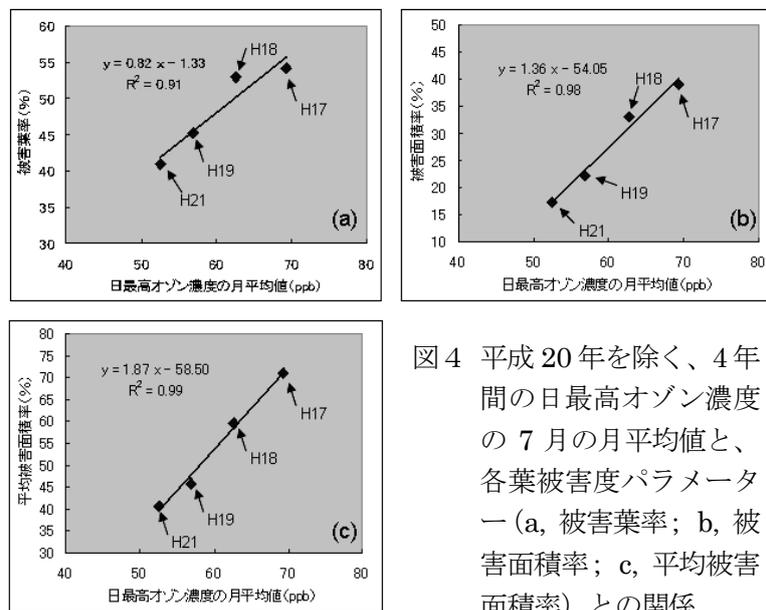


図 4 平成 20 年を除く、4 年間の日最高オゾン濃度の 7 月の月平均値と、各葉被害度パラメーター (a, 被害葉率; b, 被害面積率; c, 平均被害面積率) との関係

なお、この調査の概要や過去の調査結果などの情報については、「光化学スモッグによるアサガオ被害調査」と題して、当センターホームページ上で公開されているので、そちらを参照されたい。URL は以下の通りである。<http://www.pref.saitama.lg.jp/page/911-20091222-1364.html>

#### 参考文献

- 1) 光化学スモッグによる植物影響調査総合報告書（1973～1998）、関東地方環境対策推進本部大気環境部会、平成 11 年 3 月

## 大気汚染のブナへの影響及びブナ林総合モニタリング手法の開発

○武田麻由子<sup>1</sup>・小松宏昭<sup>1</sup>・山根正伸<sup>2</sup>・野口泉<sup>3</sup>・山口高志<sup>3</sup>・太田良和弘<sup>4</sup>・中西隆之<sup>4</sup>・西本孝<sup>5</sup>・水谷瑞希<sup>6</sup>・中島春樹<sup>7</sup>・山本哲也<sup>8</sup>・須田隆一<sup>9</sup>・藤川和浩<sup>9</sup>・清水英幸<sup>10</sup>

(<sup>1</sup>神奈川県環境科学センター・<sup>2</sup>神奈川県自然環境保全センター・<sup>3</sup>北海道立総合研究機構環境・地質研究本部環境科学研究センター・<sup>4</sup>静岡県環境衛生科学研究所・<sup>5</sup>岡山県自然保護センター・<sup>6</sup>福井県自然保護センター・<sup>7</sup>富山県農林水産総合技術センター森林研究所・<sup>8</sup>広島県立総合技術研究所保健環境センター・<sup>9</sup>福岡県保健環境研究所・<sup>10</sup>国立環境研究所)

### 1. はじめに

丹沢山地（神奈川県）、英彦山（福岡県）をはじめ、全国各地でブナ林の衰退が報告されているが、樹木の衰退状況やその影響因子等を客観的に把握するための基礎調査や原因究明について、全国規模での統一的な調査はほとんど行われていない。そこで、全国規模の実態調査への展開が可能となるような簡易かつ効率的なブナ林総合モニタリング手法を開発することを目的とし、ブナ林生態系に関する総合調査マニュアル（案）の作成を行った（地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所との共同研究（C型共同研究））。本講演では、神奈川県で実施したブナ衰退機構解明のための研究事例を紹介するとともに、本マニュアル（案）の概要及びそれに基づく統一調査の結果を報告する。

### 2. 大気汚染がブナに及ぼす影響—神奈川県における研究事例—

神奈川県北西部に位置する丹沢山地では、1980年代以降ブナ林の衰退が顕在化し、その原因として大気汚染物質の影響が懸念されたことから、神奈川県では西丹沢犬越路隧道脇（山北町中川、標高920m）に犬越路測定局を設置し、1995年より大気汚染物質濃度調査を実施している。その結果、SO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>は平野部に比べて低く樹木に影響を及ぼすレベルにないが、オゾン濃度は平野部の約2倍であり（図1）、ブナに影響を及ぼしている可能性が示唆された。そこで、同測定局で野外実験を実施し、丹沢山地の現況大気及び活性炭を通して浄化した空気を通気した中でブナを生育し観察したところ、丹沢山地の現況大気によりブナの黄葉・落葉の早期化、生長量の低下（図2）等が起こっていることが明らかになった。

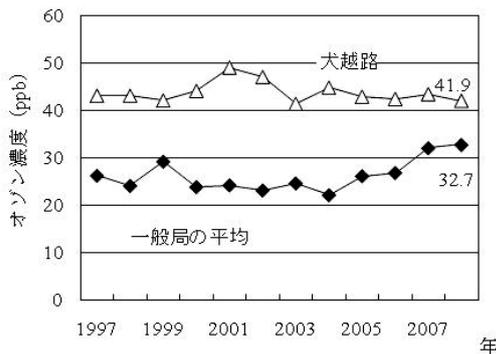


図1 犬越路測定局におけるオキシダント濃度の推移

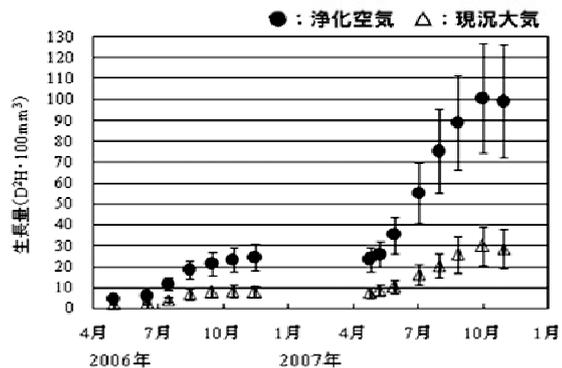


図2 現況大気及び浄化空気中で生育したブナ稚樹の生長量の推移

### 3. ブナ林総合モニタリング手法の開発

ブナ林総合モニタリングは山間地における調査であり、また全国規模の実態調査への展開を視野に入れているため、電源を必要とせず、運搬が容易な器具を用いた簡易な調査であることが要求される。初期案として、ブナ葉の葉緑素含有量（SPAD値）、目視衰退度、月平均オゾン濃度（小川式パッシブサンプラー法）を提案し、展葉直後及び落葉直前の2回、あるいは展葉直後から落葉直前までの毎月、

統一調査を試行した。調査地は北海道(黒松内)、神奈川県(丹沢山)、静岡県(富士山及び函南原生林)、岡山県(県立森林公園)、広島県(臥竜山)、富山県(立山)、福井県(平泉寺)、福岡県(英彦山及び脊振山)であり、各ブナ林より健全なブナ、衰退が著しいブナ及び中庸のブナを各3本ずつ、計9本程度選定した。

(1) 葉緑素含有量 (SPAD 値) 各ブナの10~30枚の葉について、コニカミノルタ社製 SPAD 計を用い、SPAD 値を測定した。各県の測定結果の平均値を図3に示す。毎月調査を行った神奈川県、静岡県及び福岡県で、8月に SPAD 値が極大となる傾向は各ブナ林とも同様であったが、福岡県で展葉が早く、静岡県、神奈川県は遅いなど各ブナ林の違いも明らかになった。

(2) 目視衰退度 (1)の調査を行ったブナについて、樹木全体(樹勢、樹形)、枝(枝の生長量、梢端の枯損、枝の密度)、葉(葉の密度、葉の形、大きさ、色)をそれぞれ衰退度0(健全)~衰退度4(枯死)の5段階で評価し、その結果を基に総合判定を行った。最も総合判定が小さかったのは福井県であり、0(健全)であった。続いて福岡県の脊振山、富山県、広島県で0(健全)~1(軽微な衰退)であった。静岡県の富士山及び函南原生林、岡山県は総合判定が1(軽微な衰退)~2(衰退が目立つ)であり、今後の推移を注視する必要があると思われた。福岡県の英彦山と神奈川県は、最も衰退が進んだ樹木

では総合判定が3(衰退が著しい)を超えるものもあり、早期の原因究明が必要と考えられた。

(3) 月平均オゾン濃度 (1)の調査を行った地点の近傍において、小川式パッシブサンプラーを2個、約1ヶ月間設置し、月平均オゾン濃度を測定した。図4に各道県の月平均オゾン濃度の経月変化を示す。毎月調査を行っている北海道、神奈川県、静岡県及び福岡県で、春季に最もオゾン濃度が高く、夏季にはオゾン濃度が低下し、秋季に再びオゾン濃度が上昇する同様の傾向が見られた。福岡県及び神奈川県では調査期間を通じてオゾン濃度が高く、最もオゾン濃度の低かった北海道の調査結果と比べ10ppb程度高く、オゾンによるストレスを強く受けている可能性が示唆された。

#### 4. まとめと今後の課題

神奈川県で行った研究事例により、丹沢の現況大気(おもにオゾン)がブナに影響を及ぼす一因となっていることが明らかになった。また、総合調査マニュアルの初期案としてブナ葉の葉緑素含有量(SPAD 値)、目視衰退度、月平均オゾン濃度の3つ調査項目を提案し、統一調査を試行したところ、ブナ林の衰退の特徴や影響因子等の評価できる可能性を示すことができた。今回提案した調査項目は3項目のみであるが、今後新たな調査項目を追加するとともに参加自治体を増やして継続した調査を実施しデータを蓄積することにより、全国のブナ林生態系の衰退度の把握、衰退原因の究明をおこなう上でより重要な情報を提供できると考えられる。

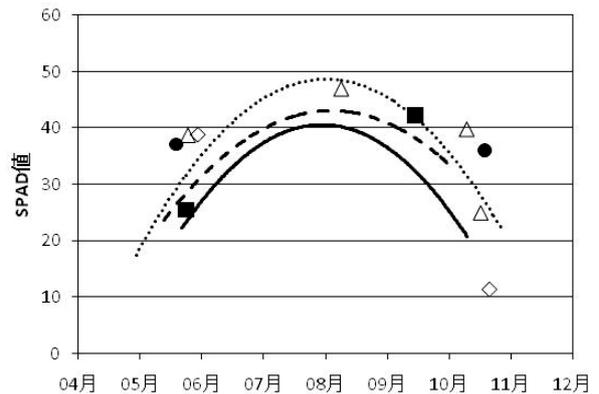


図3 各県の SPAD 平均値の経月変化

実線：神奈川県、破線：静岡県、点線：福岡県、◇：岡山県、△：広島県、■：富山県、●：福井県

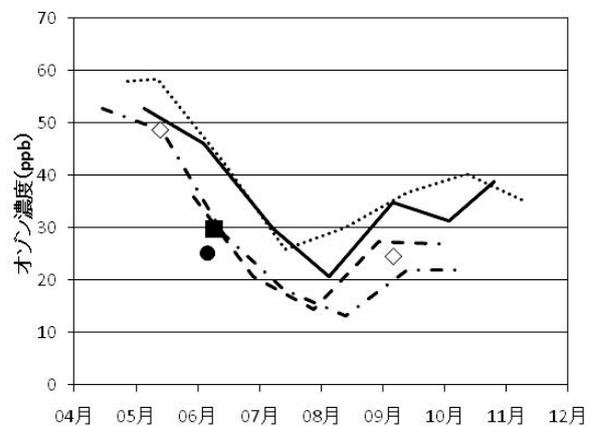


図4 各道県のオゾン濃度調査結果

実線：神奈川県、破線：静岡県、点線：福岡県、一点鎖線：北海道、◇：岡山県、■：富山県、●：福井県

# 丹沢産ブナ苗へのオゾンと水ストレスの単独および複合影響

○伊藤祥子<sup>1</sup>・笹川裕史<sup>1</sup>・清水英幸<sup>1</sup>・相原敬次<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>国立環境研究所・<sup>2</sup>神奈川県自然環境保全センター)

## 1. はじめに

神奈川県の北西部に位置する丹沢山地では、1970～1980年代にかけてブナ林の衰退が報告され、様々な調査研究が進められてきた。これらの調査研究によって、衰退原因としてオゾンや水ストレスが指摘されたが<sup>1,2)</sup>、その影響の把握は十分とはいえない。そこで、本研究では、神奈川県丹沢産の3年生ブナ苗を用いて、環境制御室において(1)短期オゾン曝露による急性影響、(2)長期オゾン曝露と水ストレスによる慢性影響について検討を行った。

## 2. 実験材料と方法

### 短期曝露実験

ブナの蒸散特性の把握のため、ポットに植栽した神奈川県産のブナ苗(3年生)を実験開始前に十分に灌水し、土壌表面などからの水分蒸発を防ぐために、ポット全体をビニール袋で覆った。これらの植物を人工光中型環境制御室に移し、上皿天秤重量法による蒸散量計測システムを用いて蒸散速度の計測を行った。環境制御室は、14時間明期/10時間暗期、相対湿度：70% (一定)の環境条件のもと、気温を15、20、25℃ (一定)の3温度区に設定し、3日間ずつ計測を行った。次にオゾンの急性影響を観察するため、上記のブナ苗を、実験開始前に十分に灌水した後、人工光小型環境制御室に移動し、一定濃度のオゾン(50、100、150、200ppb)に曝露した。ブナの気孔開閉を考慮して、実質的なオゾン曝露開始から約6～7時間後に、可視障害、蒸散速度、光合成速度、葉緑素含量(SPAD値)を計測した。なお、対照区としてオゾン曝露無処理区を設けて比較した。両環境制御室とも、14時間明期/10時間暗期、気温：25/15℃(明/暗期)、相対湿度：65/75%(明/暗期)に設定し、制御した。蒸散速度については、環境制御室内に蒸散量計測システムを設置し、連続計測を行った。光合成速度は、CIRAS-1を用いて計測した。相対的葉緑素含量に関しては、SPAD-502を用いて計測した。

### 長期曝露実験

ポットに植栽した神奈川県丹沢産のブナ苗を用い、展葉がほぼ完了した時期(5月中旬)から12週間実験を行った(図1)。実験開始前に十分に灌水した後、自然光中型環境制御室にブナ苗を移動し、育成した。各環境制御室のオゾン濃度は、日平均70ppb、50ppbおよび0ppb(対照)に設定した。また、各ブナ苗にブナ帯の年間降水量を考慮して、1,200<sup>3)</sup>、840および600mm(1200mmを基準として70および50%の降水量に相当)に相当する灌水を行い、水ストレス処理区を設定した(以下、wet、semi-dry、dry処理区とする)。実験期間中の土壌水ポテンシャルは、pFメータを用いて連続計測した。全環境制御室は、気温：25/15℃(明/暗期)、相対湿度：65/75%(明/暗期)に設定した。

## 3. 結果と考察

### 短期オゾン曝露による急性影響

ブナ苗の蒸散速度は、全温度処理区とも暗期にはほぼ0 gH<sub>2</sub>O plant<sup>-1</sup>hr<sup>-1</sup>を示した。明期の蒸散速度を温度別にみると、25℃処理区で最も高く、20℃と15℃処理区の間では明確な差異は認められなかった。夏期にブナの蒸散量が高まり、水ストレスの影響を受け易くなることが示唆された。短時間オゾン曝露の結果、オゾン濃度が200ppbまで高くなっても、光合成速度の減少などは認められず、曝露無処理区の個体との差はほとんどなかった(図2A)。SPAD値もオゾン曝露によって変化はなく、対照と比較しても有意差は認められなかった(図2B)。今回の3年生のブナ苗を用いた実験では、200ppbまでのオゾン濃度の短時間曝露は、可視傷害や蒸散速度、葉緑素含量、光合成速度などの生

理活性を変化させなかったため、ブナに直接的な急性影響を及ぼさないと推測された。

#### 長期間のオゾン曝露と水ストレスによる慢性影響

曝露 12 週間後の個体乾重および葉・茎 (幹および枝)・根の乾重を図 3 に示す。O<sub>3</sub> 濃度が増加するにしたがって、個体乾重量および各器官の乾重量は減少した。一方、灌水処理区間では、水ストレスが増加すると個体乾重および各器官乾重量は有意に減少した。ただし、O<sub>3</sub> と水ストレスの複合影響については有意な差が認められなかった。

個体乾重は、対照である 0ppmO<sub>3</sub>-wet 処理区を 100% として比較すると、オゾン濃度が最も高く水ストレスが最も強い処理区 (70ppmO<sub>3</sub>-dry 処理区) では約 40% 減少した。wet 処理区で O<sub>3</sub> 濃度の影響を比較すると、50ppmO<sub>3</sub> は約 25%、70ppmO<sub>3</sub> は約 34% 減少させた。一方、semi-dry 処理や dry 処理では、0ppmO<sub>3</sub> 処理区と 50ppm あるいは 70ppmO<sub>3</sub> 処理区で減少率にほとんど差がなく、ブナ苗の乾重量に対して O<sub>3</sub> と水ストレスは相加的に影響すると考えられた。

RGR および NAR は、O<sub>3</sub> 濃度が増加するにしたがって減少傾向を示し、また水ストレスが増加するにしたがって減少傾向を示した。ただし、70ppmO<sub>3</sub> 処理における水ストレスの影響および dry 処理における O<sub>3</sub> の影響については明確ではなかった。LAR や LWR、SLA については O<sub>3</sub> や水ストレスによって顕著な影響は認められなかった。

O<sub>3</sub> 曝露や水ストレスによってブナの生長抑制が報告されているが、今回も個体乾重量などの低下が確認された。また、両要因は相加的に作用した。今後、ブナの全生長期間にあわせた O<sub>3</sub> と水ストレス複合曝露実験を行い、さらに光合成などブナの生理活性への影響を明らかにする必要がある。

#### 参考文献

- 1) 神奈川県公園協会, 丹沢大山自然環境総合調査団企画委員会: 丹沢大山自然環境調査報告書. 神奈川県環境部, 635pp. (1997).
- 2) 山根正伸, 相原敬次, 鈴木透, 笹川裕史, 原慶太郎, 勝山輝男, 河野吉久, 山上明: ブナ林の衰退機構と再生の方向. 平成 13-18 年度丹沢ブナ林衰退機構の解明に関する研究調査報告書, 104-111 (2007).
- 3) 村井宏: ブナ林の自然環境と保全. ソフトサイエンス社, 399 pp. (1991).



図 1 長期曝露実験中のブナ苗.

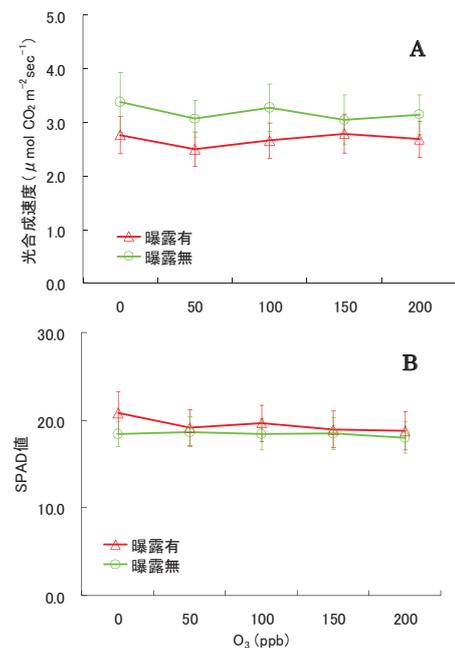


図2 光合成速度とSPAD値に及ぼすオゾン濃度の影響. A: 光合成速度, B: SPAD値.

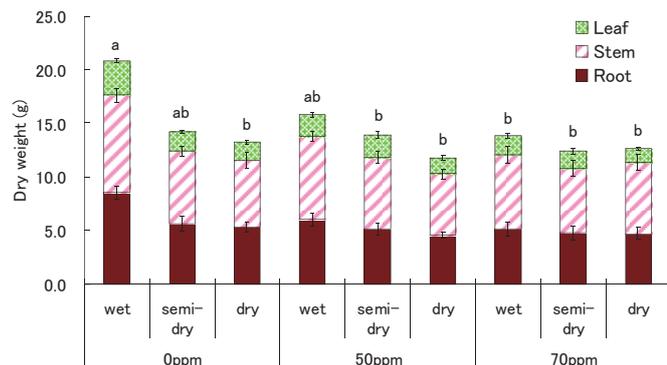


図 3 O<sub>3</sub> および水ストレスがブナ苗の乾重生長に及ぼす影響. 図中の異なる英字は Turkey の多重比較検定で有意差 (<5%) があることを示す. 縦棒は標準誤差を示す. 上から葉, 茎, 根.

# 丹沢地域のブナにおける植生指数とオゾンとの関係解析

○笹川裕史<sup>1</sup>・伊藤祥子<sup>1</sup>・清水英幸<sup>1</sup>・山根正伸<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>国立環境研究所・<sup>2</sup>神奈川県自然環境保全センター)

## 1. はじめに

神奈川県北西部に位置する丹沢山地では、1980年頃からブナの枯損が顕著となり、1990年代以降、実態や原因の解明に向けた様々な調査研究が進められてきた。衰退実態については、複数地点での衰退度調査や空中写真を用いた時系列の衰退判読、単時点における空中写真を用いた枯死木判読などがなされているが、継続的なブナ林全域における衰退モニタリングの手法が確立しているとは言い難い。そこで、本研究では丹沢山地ブナクラス全域を対象に、継続的なブナ衰退モニタリングに資するべく、オゾンの影響を受けたブナをリモートセンシングで把握することを目的とし、(1)異なるオゾン濃度で育成したブナ苗の個葉の分光反射率の計測、(2)影響を受けたブナを把握する分光反射率値を用いた指数の抽出、および(3)現地データへの適用を行った。

## 2. 材料と方法

### 環境制御実験

ポットに植栽した神奈川県産3年生のブナ苗を用い、展葉がほぼ完了した時期(5月中旬)から12週間実験を行った。実験開始前に十分に灌水した後、自然光中型環境制御室にブナ苗を移動し、丹沢山地ブナクラス域の年間降水量約1,200mmに相当する灌水を行いながら、育成した。各環境制御室のオゾン濃度は、丹沢山地のオゾンが高い地域を参考に、日平均70ppb、50ppbおよび0ppb(対照)とし、気温:25/15°C(明/暗期)、相対湿度:65/75%(明/暗期)に設定した。

### 現地調査

ブナ葉の採集調査は2010年8月9~10日に行った。調査地域は丹沢山地東部の塔ノ岳~蛭ヶ岳間で、200m間隔の20地点において四分画法に基づき、4個体から枝を1本ずつ採取した。

### 分光反射計測

各個葉の分光反射計測にはMS-720(英弘精機)を用いた。この計測機の仕様は、測定波長域350~1,050nm、波長精度0.3nm、波長分解能10nmである。開口角は全角10°とした。本研究では屋外で計測を実施した。環境制御室で育成したブナ苗を2010年8月3~4日、現地ブナ葉を8月12~16日に計測を行った。計測に際しては、日向と日陰等の発生を防ぐため、太陽方向に開口部を向け、計測ブナ葉に影が生じないように注意し、適宜、校正白色板を用いた入射光の分光分布を再計測した。室内実験では各処理区6個体から各個体の葉数の1割の計154枚、現地調査では各枝から5枚の計400枚について分光反射計測を行った。

### 計測結果解析

環境制御実験における計測結果は、Campbell et al.<sup>1)</sup>が同様に植物のストレス反応を調べた際、既往の文献から収集した各指数: R695/R760、R750/R700、R550/R675、(R735-R745)/(R715+R726)、(R530-R570)/(R530+R570)、Av.R(615..725)、RedEdge、D715/D705、TM3/TM1、NDVIにあてはめた。ここで、Rは各数字の波長帯における反射率、AVはカッコ内の波長帯の平均、RedEdgeは反射率の一時微分スペクトルから求める可視赤色域のピーク値、Dは反射率スペクトルの一時微分スペクトル、TMはLandsatTM(ThematicMapper)に相当する広域波長帯、NDVIはよく用いられる植生指数の一つである。RedEdgeはクロロフィル含有量との関係が報告されている<sup>2)</sup>。これらの各指数の結果を分散分析し、どの指数を用いればオゾン影響の把握に相当であるかについて調べた。続いて、その指標を現地調査で採集したブナ葉にあてはめ、オゾン濃度分布シミュレーションの結果<sup>3)</sup>と重ね、現地での適用可能性について検討した。

### 3. 結果と考察

環境制御室で育成したブナ苗の葉の分光反射特性を図1に示す。可視光域ではオゾン濃度に比例した反応を示さなかったものの、オゾン濃度0ppbと比較して50ppbや70ppb曝露区のブナ葉の分光反射率は低下していた。

一方、異なるオゾン濃度における分光反射率から求めた各指数を図2に示す。このうち、D715/D705とTM3/TM1はオゾン濃度の順に数値が減少または増加しており、分散分析の結果、有意差が示された。

そこで、TM3/TM1を現地採集のブナ葉にあてはめるところ、オゾン濃度分布シミュレーション結果との相関性が認められた(図3)。ここから、TM3/TM1は現地においても適用可能であり、この指数を用いることで、ブナへのオゾン影響がモニタリング可能ではないかと考えた。

### 4. 今後の課題

TM3/TM1はLandsatTMの各チャンネルに対応するため、衛星データを用いた解析に適すると考えられる。今後、TM3とTM1の反射率に影響を及ぼすクロロフィル含有量が安定した時期の衛星データを過去から時系列で解析することにより、丹沢山地におけるブナ衰退地域の空間分布ならびにその過程、立地環境との関係等の解明が期待される。

### 参考文献

- 1) P. K. E. Campbell, E. M. Middleton, J. E. McMurtrey, L. A. Corp, E. W. Chappelle : Assessment of vegetation stress using reflectance or fluorescence measurements. Journal of Environmental Quality 36(3):832-845 (2007).
- 2) D. N. H. Horler, M. Dockray, J. Barber : The red edge of plant leaf reflectance. International Journal of Remote Sensing 4(2):273-288 (1983).
- 3) H. Suto, Y. Hattori, N. Tanaka, Y. Kohno : Effects of strong wind and ozone on localized tree decline in the Tanzawa Mountains of Japan. Asian Journal of Atmospheric Environment 2(2):81-89 (2008).

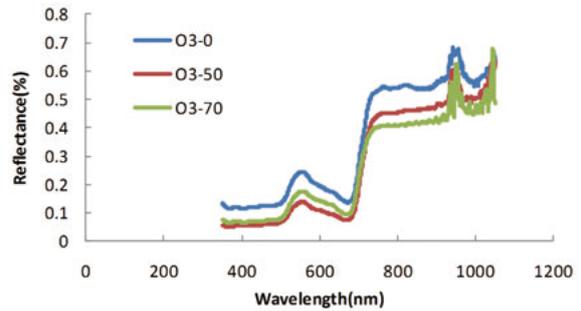


図1 異なるオゾン濃度における個葉の分光反射率。処理区ごとの平均値を示す。

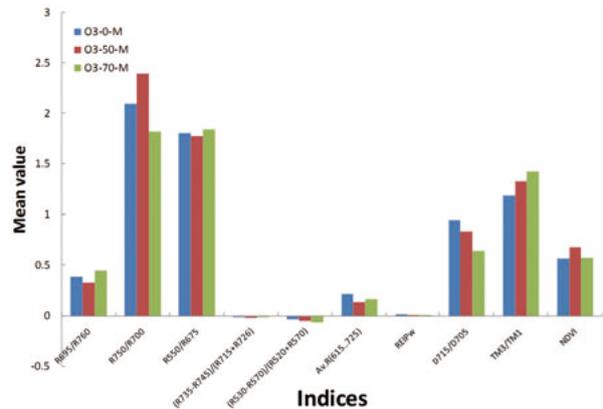


図2 異なるオゾン濃度における各指数。D715/D705は右から3番目、TM3/TM1は右から2番目。

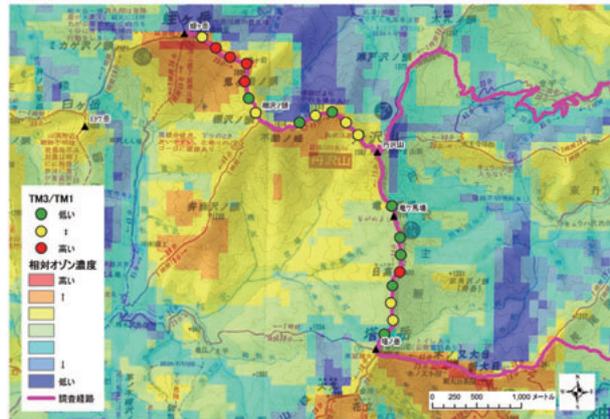


図3 オゾン濃度分布シミュレーション結果と現地ブナ葉の分光反射率から求めたTM3/TM1の採集地点毎の平均値。

# 摩周湖周辺の樹木衰退および大気汚染について

○山口 高志・野口 泉

(北海道立総合研究機構 環境科学研究センター)

## 1. はじめに

近年、摩周湖周辺でダケカンバの立ち枯れが目立っている。対流圏オゾン(以下  $O_3$ )は光化学オキシダントの主成分であり、北半球全体で  $O_3$ 濃度が上昇傾向にある。また酸性霧は酸性雨と同様に大気汚染物質によって酸性化した水滴であるが、雨よりも大気汚染物質が高濃度に取り込まれやすい。摩周湖は霧が多く、低温、強風など厳しい環境であるため、上記の大気汚染物質が樹木衰退のきっかけとなっていると考えられる。また関連する研究として摩周湖展望台では植物生育実験により、 $O_3$ により影響を受けるという報告がある<sup>4)</sup>。これらのことから、摩周湖展望台で  $O_3$ と酸性霧の実態把握調査を行っている。今回、図1に示す道内他地点の  $O_3$ 濃度データと併せて報告する。

## 2. 方法

### (1) $O_3$ 濃度

摩周湖展望台における  $O_3$ 濃度の測定は、パッシブサンプラー法(小川式)で2007年度から、自動測定装置による方法で2009年度から実施している。また道内の他地点における  $O_3$ 濃度の測定はパッシブサンプラー法で実施しているが、札幌および利尻では自動測定装置もあり、そのデータも併せて解析した。

### (2) 酸性霧

摩周湖展望台における酸性霧の捕集は、霧水自動採取装置(大昌エンジニアリング(株)製 FSK-01)により、2006年度から、暖候期(6-10月)に実施している。試料は一週間単位で捕集し、pH、電気伝導度および主要イオン成分濃度を測定した。

## 3. 結果及び考察

### (1) $O_3$ 濃度について

パッシブサンプラーによる測定結果を図2に示す。 $O_3$ 濃度は全地点で春(3-5月)に高く、夏-秋(8-10月)に低くなる季節変動を示した。概ね、摩周湖や利尻が高く、札幌が低い。 $O_3$ 濃度が大気汚染物質の排出量が少ない

これらの地域で高い理由として、北海道の  $O_3$ 濃度はバックグラウンド濃度に支配され、都市部では一酸化窒素などと反応し、 $O_3$ が消費されることが考えられた。そこで、汚染物質との反応の影響を検証するため、利尻と札幌のポテンシャルオゾン濃度(以下 PO)を検討した。POは次の式で表される<sup>3)</sup>。

$$PO = O_3 + NO_2 - 0.1NO_x \quad (NO_2: \text{二酸化窒素濃度}, NO_x: \text{窒素酸化物濃度})$$

2009年の利尻、札幌の PO 濃度および札幌の  $O_3$ 濃度を図3に示す(利尻: 7月は欠測)。札幌の  $O_3$ は増減が激しいが、POではそれらが打ち消され、利尻の PO とほぼ一致した。このことから利尻から札幌にかけての日本海沿岸付近の  $O_3$ 濃度は潜在的には利尻と同程度であることが示唆される。すなわち、北海道の  $O_3$ 濃度は、離島や海岸に面した山頂などではバックグラウンド濃度そのままに高濃度を示し、次いで平野の海岸部、内陸部では地表面への沈着の影響などによりやや濃度は減少し、都市部では汚染物質との反応により大きく濃度は減少するものと判断された。



図1 パッシブサンプラーによる  $O_3$ 濃度測定地点

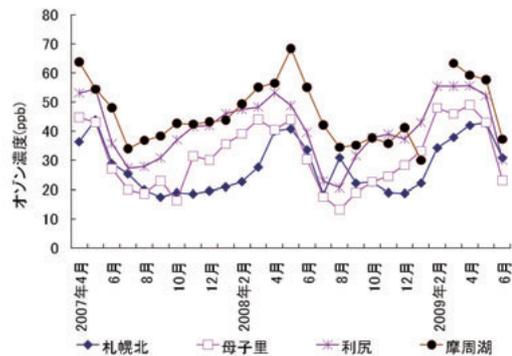


図2 パッシブサンプラーによる  $O_3$ 濃度測定結果

## (2) 酸性霧について

過去の札幌、藻岩山における霧調査結果<sup>5)</sup>と同様の期間(7-9月)で集計すると、平均 pH4.0 となった。これは札幌の調査結果よりも高く、調査年度は異なるが、摩周湖の霧は札幌の山間部の霧に比べ酸性度は低いと考えられる。

しかし、摩周湖でも時折酸性度の高い霧が観測されている(表 1)。これは流跡線解析から越境汚染など長距離輸送された汚染気塊によるものと報告されている<sup>6)</sup>。また、霧試料の捕集は一週間単位であるため、1日もしくは短時間には、より酸性度の高い霧が発生していると予想される。

加えて、摩周湖外輪山では風が強いこと、濃い霧が多いことから樹木への霧水の沈着量が大きいと考えられる。今後は、酸性霧の樹木への影響について、濃度だけでなく沈着量についても検討する。また、O<sub>3</sub>により発生する過酸化物の影響も指摘され<sup>1)</sup>、霧水中の過酸化物濃度の測定も実施する。

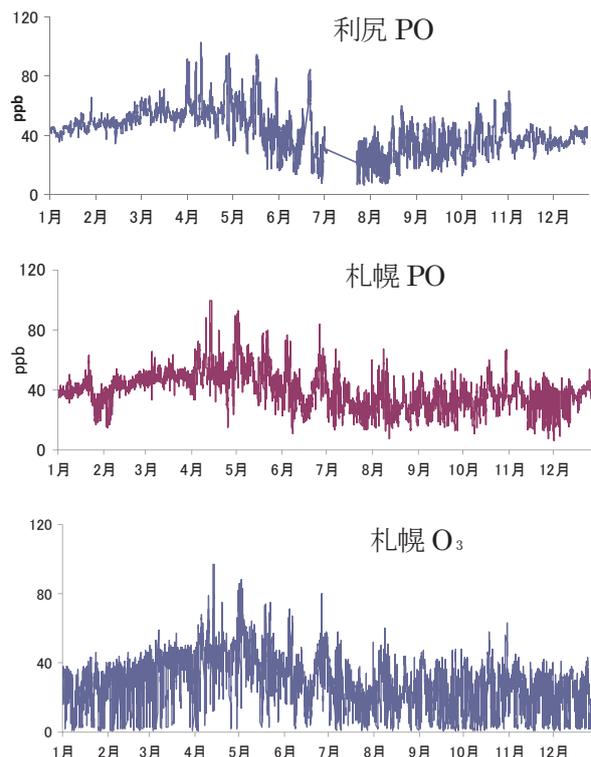


図 3 利尻,札幌の PO 濃度および札幌の O<sub>3</sub>濃度

## 4. 今後の課題

植物に対しては、40ppb程度の O<sub>3</sub>濃度でも光合成や気孔伝導度に影響があるこ

とが指摘されている<sup>2)</sup>。このことから摩周湖の樹木衰退に関しても O<sub>3</sub>が一因であると推測される。一方、利尻と都市部の札幌で PO がほぼ一致することから、北海道の日本海側を中心とした広い範囲が利尻と同様に春期には月平均濃度が植物影響の閾値である 40ppb を超えると予想される。今後は日本海側の森林影響や農作物への影響も考え、より多くの地点で O<sub>3</sub>濃度測定を行う予定である。

表 1 年最低 pH 試料の成分濃度(μeq L<sup>-1</sup>)

	pH	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
2007	3.49	328.5	255.6	50.1	278.9	23.3	14.8	6.5	11.4
2008	3.37	1038.3	377.5	140.2	810.1	108.5	44.1	33.3	46.3
2009	3.80	301.8	155.9	153.1	348.6	107.6	21.2	29.5	10.4

## 参考文献

- 1) Watanabe, K. et al (2006) Fog and rain water chemistry at Mt. Fuji: A case study during the September 2002 campaign. *Atmospheric Research*, 82(3-4) : 652-66
- 2) Wittig, V.E. et al (2007). To what extent do current and projected increases in surface ozone affect photosynthesis and stomatal conductance of trees? A meta-analytic review of the last 3 decades of experiments. *Plant, Cell & Environ*, 30(9), : 1150-1162.
- 3) 竹川秀人・箕浦宏明, (2003) 特集 大気環境 都市大気の実態と挙動解析 汚染大気的光化学反応, 豊田中央研究所 R&D レビュー, 35(1) : 13-20.
- 4) 龍田ら(2010) 摩周湖外輪山におけるオゾンがカンバ類 2 種稚樹に与える影響, 日林北支論 58 : 21-22.
- 5) 野口泉・恵花 孝・佐藤 伸 (1998). 北海道における酸性霧, 第 13 回全国環境・公害研究所交流シンポジウム予稿集 : 1-4.
- 6) 山口高志・野口泉 (2010) 摩周湖周辺の大气環境について, 日林北支論 58 : 123-124.

## 鹿児島県内におけるヤンバルトサカヤスデの発生と対策

白坂邦三郎（鹿児島県環境林務部廃棄物・リサイクル対策課）

### 1. はじめに

ヤンバルトサカヤスデは、台湾より島々を経由し、日本本土への人為的侵入と定着が確認され、現在も分布の拡大が継続している。

本種は、分散時期（集団移動時期）には、発生源の林分より下方へ移動し、途中の住宅地に侵入して不快性被害を引き起こすいわゆる不快害虫であるが、強力な増殖力により、在来種に対し悪影響を及ぼすことも懸念されている。

本講演では、本種の生態、発生状況、被害及び対策について概説する。

### 2. 生態

本種は、台湾の花蓮で 1956 年に発生が確認された種で、分類上は倍脚綱に含まれるヤケヤスデ科の一種である。

成体体長は 2.5cm～3.5cm、色は黄褐色～茶褐色、1年1世代であり、卵→幼虫（1～6令）→亜成体（7令）→成体と発育する<sup>1)</sup>。

集団移動時期は、奄美地方では年2回あり、幼虫や亜成体による集団移動が4月～7月、成体による集団移動が10月～12月に起きる<sup>2)</sup>。

一方本土では、8月～12月にかけて、亜成体・成体が混在した集団移動が起きる<sup>3)</sup>。

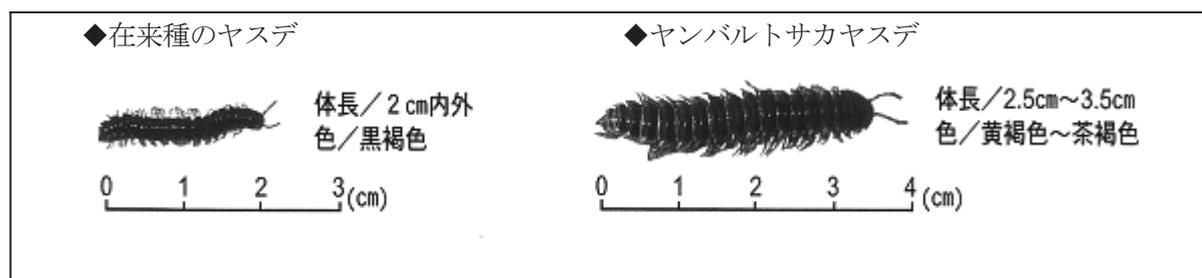


図1 ヤンバルトサカヤスデと在来種との比較

### 3. 発生状況

国内における初の記録としては、1983年に沖縄県北中城村で大発生したことが報告されている<sup>1)</sup>。

本県においては、1991年徳之島町、1992年奄美市において異常発生が確認されて以来、生息範囲を年々拡大し、1999年には県本土の南九州市でも本種の生息が確認された。更に、2010年に出水市及び南さつま市で新たに生息が確認されるなど、現在まで、20市町村で生息が確認されている。

生息範囲が拡大したのは、生息地域からの樹木の植栽の際に、土や堆肥などとともに卵や幼虫が人為的に運ばれたことによるものといわれている。

### 4. 被害

本種は繁殖力が強く、集団移動時期には、おびただしい数でブロック塀や壁をよじのぼり、さらには家屋の中にも侵入し、住民に強い不快感を与える。

また、外界からの刺激（本種の焼却・煮沸）に対し威嚇物質としてシアン化合物を発生させるため、健康を害した事例（目まい・嘔吐・下痢等の症状）の報告もある。

### 5. 対策

本種は人為的な移入生物種であることから、可能な限り排除することが望ましいが、繁殖力の強さに加え日常的に人為的な分散が行われていることにより、根絶することほとんど不可能である。

このため、発生源での密度抑圧と封じ込めにより、集団移動を引き起こさないような対策（まん延防止対策）を講じる必要がある。

以下、いくつかのまん延防止対策を述べる。

### (1) 分散・拡大防止対策

本種の生息範囲の拡大は、土付き植物の移動など人為的な要因が強いため、住民や関係業者（土木・建築・造園業従事者）の協力により、移動制限や薬剤による事前処理を行うことが肝要である。

また、公共工事で発生した伐採樹木や捨て土などでも、生息範囲が拡大するため、同様の対策を講じる必要がある。

### (2) 環境整備

本種の好む環境は、湿度が高い場所、日光が射さない場所、落ち葉などの餌が多い場所であるため、これらの場所を住居地域から除外することを目的とした環境整備（土手の草払い、側溝の清掃など）を行うことが、本種との棲み分けにつながる。



### (3) 侵入防止

本種の表面が滑りやすい材質は歩行できない特徴を利用し、紙製ガムテープやステンレス板等を使用した「ヤスデ返し」を家屋の周辺に設置する。

### (4) 駆除対策

県では、製薬会社と共同で、平成9年度に本種を対象とし、水系に配慮した侵入防止剤（商品名：コイレット）及び、本種のみを誘引し摂食させて密度を抑圧するベイト剤（商品名：ミリペーダ）を開発した。

図2 ヤスデ返し

コイレットは、家屋周辺、土手下、山の立ち上がり部などに散布することにより、本種の住居地域への侵入を防止することを目的とした薬剤であり、市町村や住民が実施する駆除対策に広く使われている。

ミリペーダは、発生源である林分に直接散布することにより、発生源の密度を低下させ、集団移動を防止することを目的とした薬剤であり、フィールド試験で密度抑圧効果が確認されている<sup>4)</sup>とともに環境生物へ悪影響がほとんどないことも確認されている<sup>5)</sup>。

### (5) 調査研究

県では、「県ヤンバルトサカヤスデ対策検討委員会」を設置し、本種の生理・生態、忌避物質の探索、駆除方法の検討などの調査研究を行っている。

平成21年7月には、奄美市において、ラジコンヘリによるミリペーダの帯状散布試験を行い、効果的な駆除方法の検討を行った（調査結果については取りまとめ中）。

## 6. まとめ

本種の生息範囲は、年々拡大している。このため、本種のまん延を防止するためには、住民、関係自治体、関係業者が一体となったまん延防止を講じる必要がある。

### 参考文献

- 1) 比嘉ヨシ子・岸本高男：ヤンバルトサカヤスデの多発事例とその対策．沖縄県公害衛生研究所報 20：62-72. 1987
- 2) 山口卓宏・和泉勝一・竹村薫・他：奄美大島におけるヤンバルトサカヤスデの発生経過と防除薬剤の検索，九州病害虫研究会，46，118-122. 2000
- 3) 有馬忠行・塚本純司・竹村薫・他：鹿児島県本土で異常発生したヤンバルトサカヤスデの生態，鹿児島県環境保健センター所報，2，55-62. 2001
- 4) 有馬忠行・塚本純司・竹村薫・他：鹿児島県本土で異常発生したヤンバルトサカヤスデの発生源対策，鹿児島県環境保健センター所報，3，55-60. 2002
- 5) 塚本純司・竹村薫・伊東祐治：鹿児島県本土で異常発生したヤンバルトサカヤスデの生態と防除，ヤンバルトサカヤスデの防除対策（鹿児島県ヤンバルトサカヤスデ対策検討委員会），98-106. 平成15年3月

# 外来アリ類の侵略的特性と防除対策

○井上真紀・五箇公一  
(国立環境研究所)

## 1. はじめに

侵入生物は、生物多様性の減少をもたらす要因のひとつとして認識されており、その経済的損失も大きい。近年の世界経済のグローバル化と自由貿易の促進によって、物資や人の国際移送に伴う新たな生物の侵入や定着・分布拡大は増加し続けており、侵入生物の問題はますます深刻化している。食料自給率が40%以下に過ぎず、海外からの物資に大きく依存している日本には、多くの非意図的侵入生物が持ち込まれている。加えて、近年話題となっている環太平洋戦略的経済連携協定(TPP)では、貿易における全品目の関税を原則として完全撤廃を目指しており、TPPによって自由貿易化はさらに加速することが予想され、それに伴って新たな侵入生物の導入の危険性が増している。

外来アリは特に侵略性の高い種が多いと言われており、国際自然保護連合(IUCN)世界侵略的外来種ワースト100に掲載されている陸上無脊椎動物18種のうち5種がアリである。これらアリ類は、世界各地で生態系や農業に甚大な被害を引き起こしており、我が国でもその定着・分布拡大の予測とリスク対策が強く求められている。南米原産のアルゼンチンアリ *Linepithema humile* は、1800年代後半から1900年代前半にかけて、北中米やヨーロッパ各地、南アフリカ、オーストラリアなど世界各国に侵入を果たした。日本には1993年に広島県で初めて発見され、現在では10都府県で報告されている。本種は、多数の巣がネットワークで繋がり、女王やワーカーが巣間を自由に移動する「スーパーコロニー」と呼ばれる社会構造を持つ。原産地では通常小規模なスーパーコロニー(直径数十~数百m)を形成するが、侵入地においては巨大なスーパーコロニー(数千kmに及ぶ場合もある)を形成することから、この生態的特徴が本種の侵略性に寄与していると考えられている。

本講演では、アルゼンチンアリにおける、(1) 侵略性に寄与する生物学的特性と分布拡大プロセスについて、そして(2) 防除の問題点と今後との対策について紹介する。また、日本に未侵入であるものの、生態影響のみならず、人への健康被害が著しい外来種ヒアリ *Solenopsis invicta* の世界的動向についても紹介する。

## 2. 侵略性に寄与する生物学的特性と分布拡大プロセス

アルゼンチンアリのワーカーを用いて、ミトコンドリアDNAのCOIおよびCOII領域の塩基配列解析を行った結果、アルゼンチンアリ侵入個体群は4つの遺伝子型に分けられ、ヨーロッパおよび北米、オーストラリア、ニュージーランド、日本において単一の遺伝子型を持つ巨大スーパーコロニーを形成していることが明らかになった(図1)。一方、異なる遺伝子型を持つ小規模スーパーコロニーがヨーロッパと北米、そして日本に局所的に分布していることが明らかになった。これほどまでに広いエリアに同一の遺伝的系統が分布拡大した背景には、世界経済の構造変化を背景とした、貿易ルートと物資の移送量に密接に関係していると考えられる。

また、神戸市には4つのスーパーコロニーが側所分布しており、3つの遺伝子型に分けられた。そこでスーパーコロニーの形成メカニズムを明らかにするために、神戸市において行動学的・分子遺伝学的手法により、遺伝子流動の有無を調べた。その結果、ワーカーのオスに対する敵対行動は、ワーカー同士に比べて弱いこと、ワーカー同士の敵対行動は冬には低下することが明らかになり、オスを介した交雑あるいはコロニー融合による遺伝子流動の可能性が示唆された。しかし、マイクロサテライトDNAマーカーを用いて解析したところ、各スーパーコロニーは遺伝的に独立しており、遺伝子移入は低頻度であることが明らかとなった。この結果から、短期間(あるいは安定した環境下)では独立したスーパーコロニーが側所的に維持されていることが示唆された。

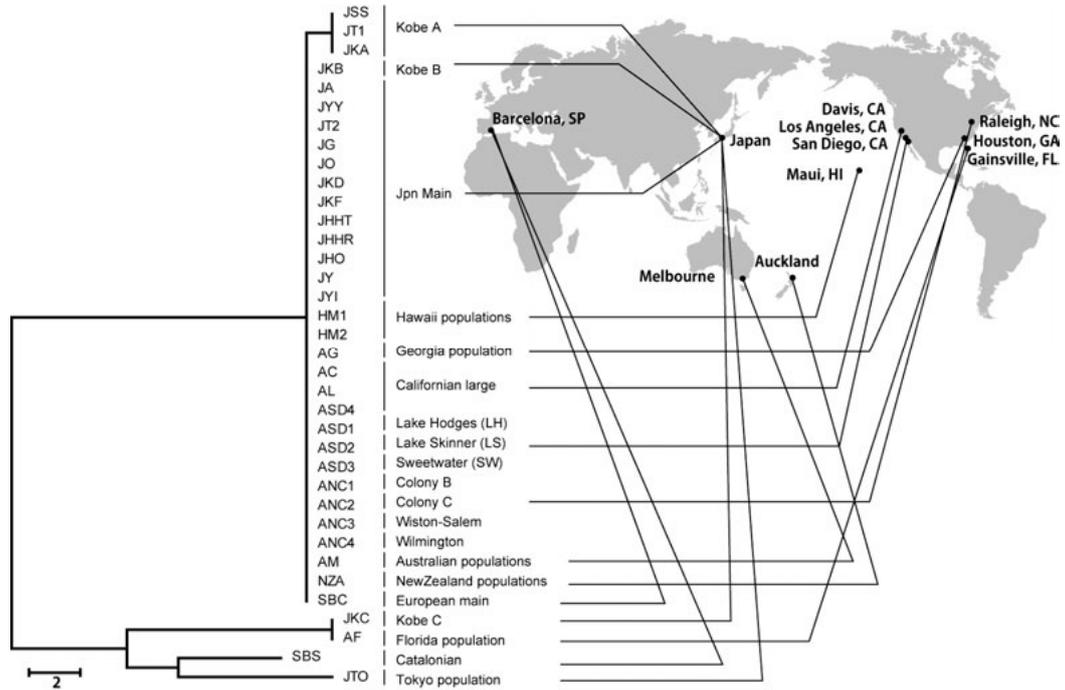


図1 アルゼンチンアリ侵入個体群のミトコンドリア DNA ハプロタイプの最節約系統樹および地理的分布

### 3. 防除の問題点と今後との対策

日本におけるアルゼンチンアリ防除については、環境省によるアルゼンチンアリ防除モデル事業(岐阜県、愛知県、広島県、山口県)や横浜本牧埠頭におけるアルゼンチンアリ防除対策実験(横浜港埠頭公社・横浜市港湾局・東京大学)などが行われてきた。しかし、(1) 予算の都合上、非常に狭い範囲での「一斉防除」実験が行われており、その効果が明らかでない、(2) 対象生物の生活史を考慮した防除の有効性が示されているにも関わらず、環境省による防除事業は単年の入札制であり、生活史に合った効果的な防除が行えない、(3) コスト試算がなされていないケースがある、など問題から未だ防除の成功例はほとんどない。本種の有効な防除を推進するためには、(1) 有効な薬剤を検討し、(2) 生活史および生態特性をふまえた防除計画を立案し、(3) 防除にかかるコスト試算および防除効率の計算を行った上で、最適な防除戦略を構築することが重要であると思われる。

# 埼玉県におけるアライグマの生息状況

嶋田知英

(埼玉県環境科学国際センター)

## 1. はじめに

北米大陸原産のほ乳類であるアライグマ (*Procyon lotor*) は、人気アニメの影響もあり、ペットなどとして数多く輸入され、飼われていたものが逃亡あるいは遺棄されることにより国内各地で野生化した。日本でアライグマが野生化したのは、1962年に愛知県犬山市の動物園から10数個体が逃亡したのが初めだとされているが、ペットとして飼育されていたアライグマも成獣になると気性が荒くなるため各地で遺棄され、野生化が進んだと考えられている。野生化したアライグマは日本に天敵がいなかったことなどから急速に増殖し近年分布域も拡大している。これに伴い、定着した地域では、農作物への被害をはじめ、家屋への侵入による生活環境被害、寺社や歴史的建造物への爪痕による被害などが発生している。また、在来種の圧迫や生態系のバランスへの影響、人獣共通感染症の媒介なども懸念されている。この様なことから、2005年施行された「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」(以下「外来生物法」とする)では、アライグマは特に侵略的な外来種として「特定外来生物」に指定し、現在は、飼育や放飼などを禁止している。

埼玉県における状況は、2002年度に有害鳥獣捕獲及び狩猟捕獲としてそれぞれ1頭捕獲されたのを皮切りに、年々捕獲数が増加し(図1)、県内各地で農作物被害や、生活環境被害などが発生している。そこで、埼玉県自然環境課では2007年3月に外来生物法に基づく「埼玉県アライグマ防除実施計画」を策定し、県全域を防除区域と設定し、市町村と連携した全県的な防除を開始した。しかし、埼玉県アライグマ防除実施計画の第1次計画期間である2007年3月19日から2009年3月31日までに5000頭を超えるアライグマを捕獲したが、依然として農業被害や生活被害は高い頻度で発生している。

本発表では、捕獲の主体である市町村からの捕獲実績報告を整理し、その概要を報告する。

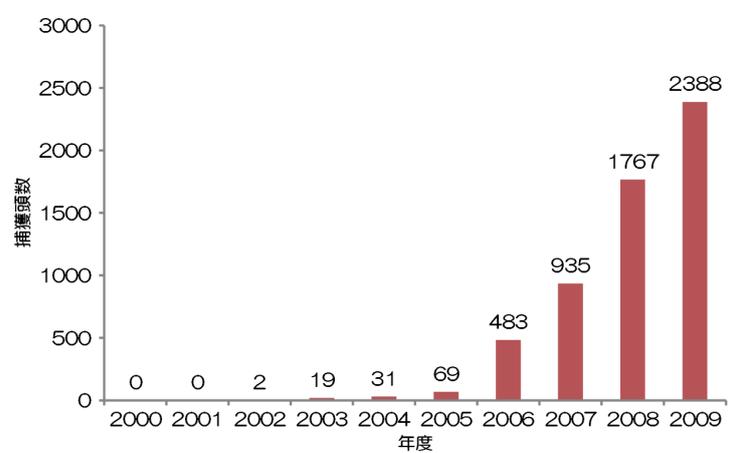


図1 埼玉県におけるアライグマ捕獲数の推移

## 2. 埼玉県における捕獲状況

埼玉県で実施している外来生物法に基づくアライグマ防除では、主に市町村担当者が防除主体となり、箱ワナを用いた捕獲を行っている。ワナ猟は、鳥獣保護法に基づく捕獲では、ワナ猟免許を有するものだけに認められているが、外来生物法に基づく防除実施計画では、「適切な捕獲と安全に関する知識及び技術を有していると認められる者については、免許非所持者であっても従事者とすることができる。」とし、免許非所持者の市町村担当者も講習会等を受講した後、捕獲作業に従事している。

埼玉県環境科学国際センターでは、市町村が捕獲した個体データの収集と解析などを行い、生息状況の把握に必要なデータ整備を担っている。市町村からは、四半期毎に、捕獲日、性別、体重、全長、位置情報(経緯度)などが記載された統一フォーマットにより捕獲データが県に提供され、当センターでデータベース化し地図化などを行い防除実施主体等にフィードバックしている。

2007年及び2009年の捕獲地点図を図2に示した。2007年の捕獲地点は、県中部の比企丘陵とその西に位置する秩父盆地が中心で、若干東部の大宮台地周辺でも捕獲されていたが、2009年には捕獲地点が大きく広がり、中南部や北部の平野でも捕獲されるようになった。

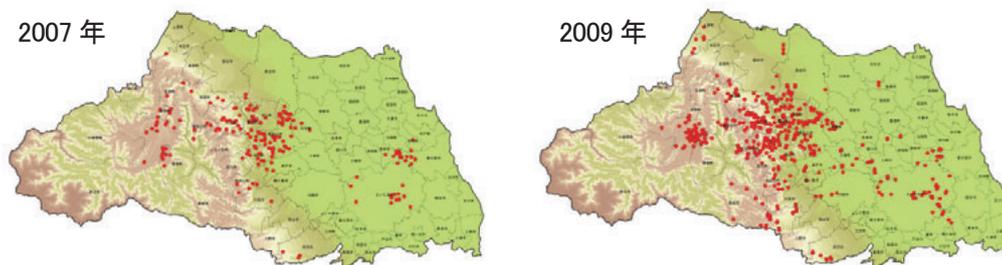


図2 アライグマ捕獲地点の推移

### 3. 捕獲地点の環境

市町村から提供される捕獲データには、捕獲地点の詳細な位置情報が含まれている。そこで、この情報から捕獲地点の環境について若干の解析を行った。

捕獲地点の標高の頻度分布を図3に示した。捕獲地点の平均標高は123m、最大799m、最小4mであり、図のように100m以下と、200m前後の2山形の分布を示した。また、捕獲地点から100mバッファ内の土地利用を図4に示した。ワナの設置が家屋被害の住民からの申請により行われることが多いためか、捕獲地点周辺の土地利用は市街地が優占していた。

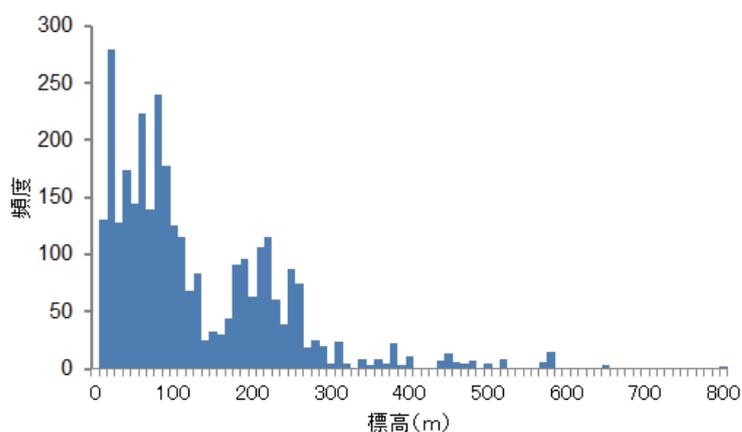


図3 アライグマ捕獲地点標高の頻度分布図

### 4. おわりに

2010年度の捕獲数も既に2000頭を超えており、埼玉県におけるアライグマの個体数は、増加に歯止めが掛かっていない。

今後は、現在までの捕獲データやアライグマの生態に関する知見等に基づき、より科学的な管理プログラムを策定し実行する必要がある。

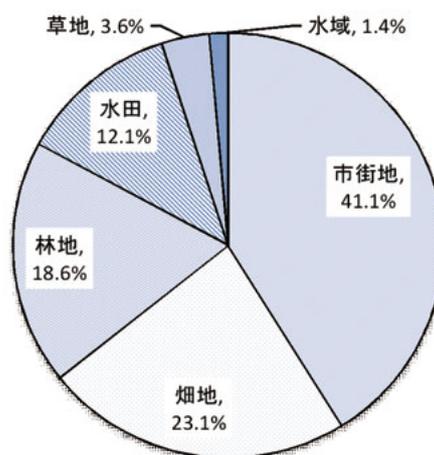


図4 捕獲地点から100mバッファ内の土地利用 (生物多様性センター植生図)

### 参考文献

- 池田透. (2000). 移入アライグマの管理に向けて. 保全生態学研究 Vol.5.
- 池田透. (2006). アライグマ対策の課題. 哺乳類科学 46(1).
- 日本生態学会編. (2002). 外来種ハンドブック. 東京: 地人書館.

## 緑潮（グリーンタイド）を引き起こす侵入アオサの実態把握

○石井裕一<sup>1</sup>・矢部徹<sup>1</sup>・玉置雅紀<sup>1</sup>・中嶋信美<sup>1</sup>・芝原達也<sup>2</sup>・井上智<sup>3</sup>・岩渕美香<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>国立環境研究所・<sup>2</sup>(社)UMS・<sup>3</sup>横浜市環境科学研究所・<sup>4</sup>川崎市公害研究所)

### 1. はじめに

東京湾、大阪湾、博多湾など後背地に大都市を抱える国内各地の閉鎖性海域では、干潟や藻場などの沿岸域浅海域において、異常増殖したアオサ属海藻が堆積する「グリーンタイド（緑潮）」の発生が1990年代以降、各地で報告されるようになってきた。このグリーンタイドによって、景観悪化、腐敗に伴う悪臭、有用水産資源の死滅など生態系サービスの低下が引き起こされ、新たな環境問題として認識されている。グリーンタイドを形成するアオサ属海藻は主に浮遊性のもので、従来から国内に広く分布しているアナアオサ (*Ulva pertusa*) やリボンアオサ (*U. fasciata*) などが挙げられるが、近年になり新種ミナミアオサ (*U. ohnoi*) の存在が報告された<sup>1)</sup>。国内のいくつかの沿岸浅海域において *U. ohnoi* の侵入が報告されているものの、その多くが低頻度あるいは局所的な試料採取に基づくものであり、同種の侵入状況については定性的な情報のみに限られているのが現状である。

本研究では、沿岸浅海域においてグリーンタイドを形成するアオサ属海藻の種別現存量およびその季節変化を定量的に把握し、対象水域への *U. ohnoi* の侵入状況の把握とグリーンタイドへの同種の寄与を評価することを目的としている。本講演では、東京湾沿岸域に設けた複数のモニタリングサイトにおける調査結果を報告する。

### 2. 方法

東京湾沿岸域において、地形学的特徴およびグリーンタイド発生状況の異なる7地点（野島公園、東扇島東公園、千葉ポートパーク、牛込干潟、富津干潟、三番瀬、谷津干潟）を調査地点に選定した（図1）。各地点での調査は2009年10月（秋季）、2010年1月（冬季）、4月（春季）および7月（夏季）の4回実施した。谷津干潟では2009年5月から1回/月の頻度で調査を実施した。各調査地点における毎回の調査で、50cm×50cmのコドラートを用いてアオサ類の採取を実施し、アオサ類のバイオマスおよび層数の計測を行った (n=12)。各コドラートからアオササンプル4個体を無作為に選定し、48個体/地点のサンプルを用い種同定を行った。グリーンタイド未発生時には各調査地点を踏査し点在するアオサ断片を拾い集め、種同定に供した (n=12)。各アオササンプル (5mm×5mm) からDNAを熱抽出 (95°C, 10分, 100mM Tris-HCl, 1M KCl, 10mM EDTA) した後、PCRによりITS2領域を増幅した (Mighty Amp DNA Polymeraseを使用)。PCR産物のダイレクトシーケンスによる塩基配列の決定、あるいはCAPSマーカー法により種の同定を行った。

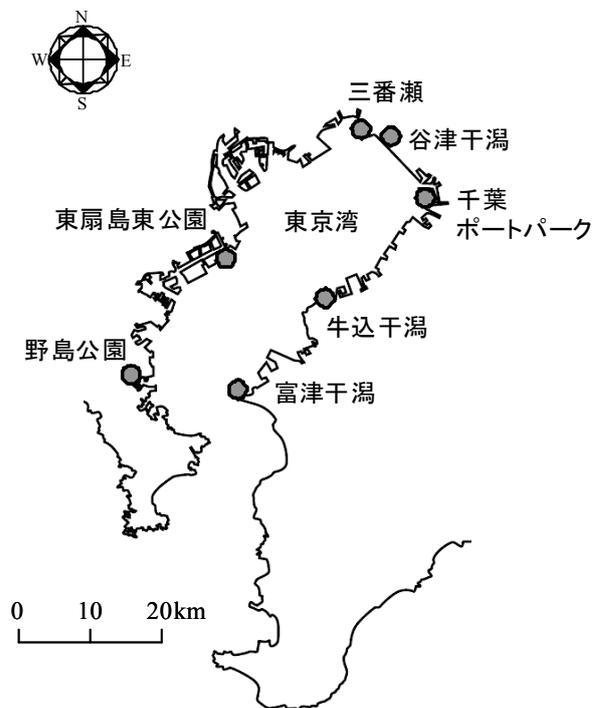


図1 調査地点

### 3. 結果と考察

図2にアオサ現存量の季節変化を示す。調査を開始した秋季（10月）には全ての調査地点でア

オサが高密度 (343~2,589 g m<sup>-2</sup>) に堆積し、グリーンタイドが発生していることが確認された。その後、多くの調査地点ではグリーンタイドは消失し、現存量も少なくなり (0~110 g m<sup>-2</sup>)、冬季以降はアオサの小さな断片が点在しているのみであった。しかしながら谷津干潟は他の調査地点とは異なり、秋季に発生していたグリーンタイドは冬季以降も消失することなく、調査期間を通じてグリーンタイドが発生していた。現存量は冬季に最大値 (1809 g m<sup>-2</sup>)、夏季に最小値 (879 g m<sup>-2</sup>) が観測され、季節変動パターンも他の地点と異なっていた。

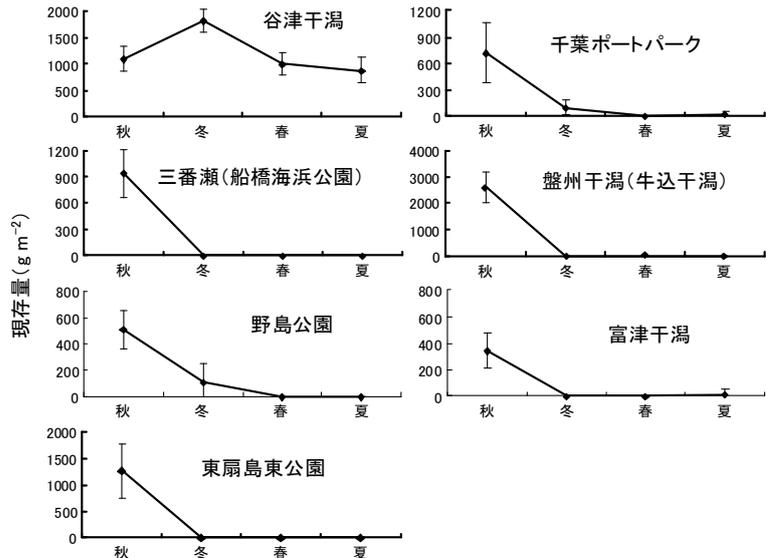


図2 各調査地点におけるアオサ現存量の季節変化

図3にグリーンタイド未発生時と発生時におけるアオサ種構成比を示す。アオサ属現存量が少ないグリーンタイド未発生時には、全調査地点で *U. pertusa*, *U. fasciata*, *U. ohnoi* が混在しており、*U. ohnoi* が東京湾内に広く分布していることが確認された。一方、グリーンタイド発生時には、全調査地点で *U. ohnoi* が優占種となっていた。いくつかの調査地点では、他種も確認されたが、*U. ohnoi* に比べ少なかった。これらの結果から、東京湾においては、グリーンタイドを形成する種は *U. ohnoi* のみであることが明らかとなった。

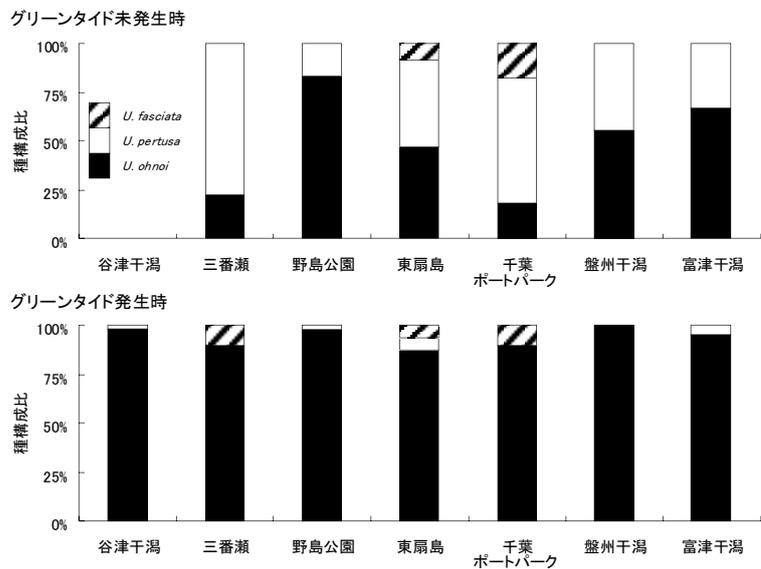


図3 グリーンタイド未発生時および発生時のアオサ種構成比の比較

アオサ属海藻のブルーム、グリーンタイドの発生は海域の富栄養化が原因との報告が多いが、東京湾ではTN濃度は経年的に緩やかな減少傾向、TP濃度はほぼ横ばいとなっている。東京湾奥部に位置する谷津干潟では水質が改善される過程でグリーンタイドが発生しはじめたことが確認されている<sup>2)</sup>。これらのことから東京湾では、グリーンタイドの発生は、他水域で指摘されている海域の富栄養化が直接的な原因ではなく、*U. ohnoi*の侵入に起因するものと推測された。

#### 文献

- 1) Hiraoka *et al.* (2004) Phycological Research, 52, 17-29.
- 2) Yabe *et al.* (2009) Limnology, 10, 239-245.

#### 謝辞

本研究の一部は、国環研と地環研とのC型共同研究「浅海域の干潟・藻場における生態系機能に関する研究」における情報・意見交換を介して実施された。関係各位のご協力に謝意を表す。

## 榎野川河口干潟での自然再生活動と侵入種の影響

○角野浩二・恵本佑・下尾和歌子・谷村俊史・田中克正・下濃義弘  
(山口県環境保健センター)

### 1. はじめに

山口県のほぼ中央に位置する榎野川河口域(図1)では、かつては二枚貝やエビが捕れる豊かな干潟であったが、1991年以降アサリがほとんど捕れなくなるなど干潟生態系が変化してきた。そのため2004年に設立した「榎野川河口域・干潟自然再生協議会」を中心に豊かな干潟を取り戻すため、産学民公の連携・協働により「里海」をめざした干潟の再生活動を行っている(図2)。そのうち、南潟では二枚貝などに代表される干潟生物の生息環境改善に取り組み、アサリが増えるなどの成果が見られるようになった。しかし、温帯から熱帯域に生息する暖海性のナルトビエイ(図3)が2002年以降周防灘で確認され、榎野川河口域にも来遊するようになった。ナルトビエイは二枚貝を主として摂餌し、その量は毎日ほぼ体重と同量といわれるほど大量であることから<sup>1)</sup>、自然再生活動に影響を与えるため策を行うこととなった。

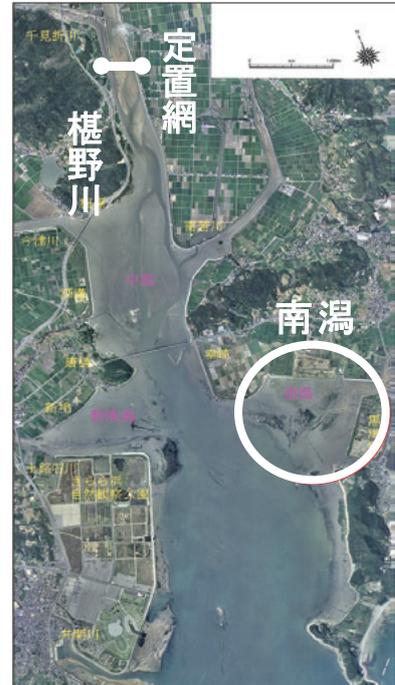


図1 榎野川河口域

### 2. ナルトビエイについて

ナルトビエイ *Aetobatus flagellum* は、太平洋西部、インド洋、紅海などの沿岸域に生息する軟骨魚綱トビエイ科の一種である。日本では1989年に長崎県の五島で確認された。本種は貝類のみ摂餌し、特に二枚貝を好んで捕食するため<sup>2)</sup>、近年、西日本の沿岸域では、アサリ、タイラギ等が食害され漁業被害を出している。周防灘では水温が上昇する5月頃から出現し、水温が低下する12月頃には姿を消すことから、冬季は外海へ移動すると考えられている<sup>3)</sup>。海底に潜砂している貝類を摂餌し、吻部の形状から貝殻片の散乱を伴うすり鉢状の穴が本種による摂餌痕と考えられ(図4)、各地の食害の証拠とされている<sup>2)</sup>。



図2 干潟再生活動の様子

### 3. 再生活動とナルトビエイ

本干潟再生では、人々が手をかけることで生物生産や水質浄化、親水機能の向上をめざし、機能低下した干潟の再生を目的としている。これら機能向上の指標となるものとしてアサリの再生を目標とし、地域住民等の参加による干潟の耕耘などを毎年実施している。2004年の事前調査では、アサリはほとんど確認されなかったが、干潟再生活動として4,500 m<sup>2</sup>の人力耕耘を行った2005年は、春季に約1,000個/m<sup>2</sup>とアサリの個体数が増加した(図5)。しかし、耕耘区周辺で今まで見られなかったナルトビエイ摂餌痕と考えられる穴がみられるようになり、秋季以降アサリ個体数が激減し冬季にはほぼゼロになった。アサリ減少の主原因は本種による食害と考えられたことから、2006年はナルトビエイ対策として、榎野川上流で伐採した竹を干潟上に約50cm間隔(高さ約1m)で打ち込みナルトビエイが侵入できない竹柵区(600 m<sup>2</sup>)を設置した。摂餌痕は竹柵区内にはみられなかったものの、アオ



図3 ナルトビエイ



図4 ナルトビエイ摂餌痕と考えられる穴

サの堆積による底質の悪化等でアサリは増加しなかった。同年、耕耘区ではアサリ稚貝の着底は確認できるものの、殻長 20 mm 以上のアサリはみられず、また、耕耘区内においてナルトビエイ摂餌痕と考えられる穴が高い頻度で見られるようになった。そのため、2007 年はより有効性のあるナルトビエイ対策を目的として、5 月に食害防止の被覆網を設置した。被覆網内におけるアサリ個体数は、対照区と比べ設置直後から多くなっており、秋季以降は自然減少するものの 2008 年には殻長 30 mm 以上の大型アサリも見られるようになった。被覆網内にナルトビエイ摂餌痕はほとんどみられないことから、ナルトビエイからの食害防止が最も大きな要因と考えられるが、被覆網の効果として稚貝集積、散逸防止、砂面安定等もあげられる。被覆網内にはユウシオガイなどの二枚貝の個体数も多く、種数も他地点に比べて多くなっていることから、被覆網はアサリ以外の生物の生息環境改善にも効果的であったと考えられる。なお、山口県漁協では 2003 年から貝類資源保護のため周防灘西部においてナルトビエイの捕獲を行っている。

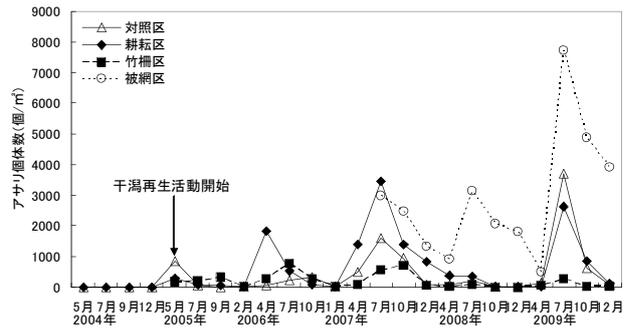


図5 アサリ個体数の推移

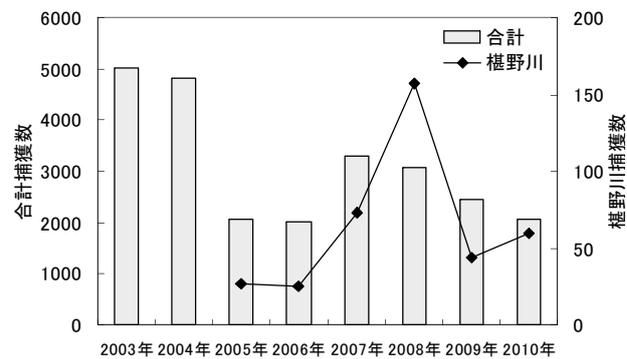


図6 山口県におけるナルトビエイ捕獲数の推移<sup>4)</sup>

捕獲数は年 2,078 尾から 5,009 尾であり<sup>4)</sup>相当量の貝類が摂餌されていると考えられる (図6)。(捕獲重量は 2007 年から計測しており、年 32,372 kg から 60,362 kg であった<sup>4)</sup>。) また、自然再生協議会の一員である榎野川漁協においても、2005 年から榎野川下流に定置網を設置し (図1) ナルトビエイを捕獲している。捕獲数は年 27 尾から 157 尾<sup>4)</sup>であり、毎年捕獲されていることから、南潟においても来遊していると考えられる (図6)。

#### 4. おわりに

アサリ減少の原因は不明な点が多いものの、榎野川河口域ではかつては生息していなかったナルトビエイによる二枚貝摂餌の影響は大きいと考えられ、アサリを主体とした干潟再生ではナルトビエイからの食害対策は必須であった。本干潟再生活動では耕耘による底質改善及び、ナルトビエイ対策としての被覆網設置により狭い範囲ではあるがアサリの復活が可能となり、2009 年には被覆網内のアサリと榎野川で捕獲したナルトビエイを皆で食すことができた。アサリの復活は干潟に人々を呼び戻す原動力になると考えられ、今後は、ナルトビエイ対策を進めつつ多様な主体の参画による連携・協働作業が地元で継続して根付くよう、自然再生を進めていきたい。

#### 謝辞

本研究の一部は、国環研と地環研との C 型共同研究「浅海域の干潟・藻場における生態系機能に関する研究」における情報・意見交換を介して実施された。関係各位のご協力に謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 伊藤龍星 (2006) 大分県におけるナルトビエイ食害被害とエイの飼育観察, アサリ資源全国協議会シンポジウム
- 2) 川原逸朗・伊藤史郎・山口敦子 (2004) 有明海のタイラギ資源に及ぼすナルトビエイの影響, 佐有水研報, 22, 29-33
- 3) ニュースレターおさかな瓦版 No. 25 (2008) 水産総合研究センター
- 4) 山口県水産振興課資料

# 福岡県におけるブラジルチドメグサの分布と植被の季節変化

○須田隆一・山崎正敏  
(福岡県保健環境研究所)

## 1. はじめに

2008年6月の生物多様性基本法の施行に引き続き、昨年10月には生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)が名古屋市で開催され、生物多様性の危機が進行するなか、生物多様性についての関心が高まっている。生物多様性の危機をもたらす要因の一つに外来種の侵入があり、地域固有の生態系に対する最大の脅威として認識されている。特に繁殖力旺盛な外来水生植物の侵入・大繁茂は、在来種の生育を圧迫し、生態系に大きな影響を与える。

外来生物法に基づく特定外来生物に指定された水生植物には、福岡県内各地に定着しているオオフサモ、ボタンウキクサなどのほか、最近、侵入が確認されたブラジルチドメグサ、ミズヒマワリなどが含まれており、現在、分布実態、生育特性、防除対策などに関する調査研究を進めている。これらの外来水生植物のうち、筑後地域の有明海沿岸域のクリーク(貯留機能を持った人工的な水路)において大繁茂が問題化しているブラジルチドメグサについて、2007年から重点的に調査研究を実施している。

ブラジルチドメグサ(図1)は、南北アメリカ原産のセリ科の多年生水生植物で、国内では1998年ごろに菊池川流域(熊本県)で初めて確認された。観賞用の水草として輸入されたものが遺棄・逸出したものが野生化したといわれており、2005年に外来生物法に基づく特定外来生物に指定された(第一次指定)。本種は、2007年には筑後川上流域(大分県)において定着が報告され、同年、筑後地域における大繁茂も確認された。

## 2. 方法

分布状況は、現地において詳細な踏査調査を行い、国土数値情報3次メッシュ(約1kmメッシュ)単位で記録した。この際、関係市町担当課からの分布情報なども参考とした。植被については、流程50m×水路幅の調査定点を分布域各所に設置して、2007年は隔月ごとに植物社会学的植生調査法における被度階級値(+~5の6段階)を用いて目視評価した。あわせて定点における護岸形態、出現水生植物なども記録した。2008年以降は毎月、被度%値を用いて評価した。

## 3. 結果及び考察

### (1)分布実態

筑後地域(柳川市及びその周辺)を対象とした2007年6~7月における調査の結果、本種は3次メッシュ28区画のクリークに生育していた。2008、2009年の同時期調査においては、それぞれ、29、34区画に生育しており、分布は拡大する傾向が見られた(図2、3)。本種は、矢部川から導水されている花宗川と沖端川に挟まれた柳川市、筑後市、大川市、大木町にまたがる東西約9km、南北約4kmの範囲に分布が集中していた。本種の繁殖は主として栄養繁殖によると考えられており、節ごとに根を出した茎は容易に切断される。



図1 ブラジルチドメグサ



図2 クリークに大繁茂するブラジルチドメグサ  
(柳川市、2007年7月)

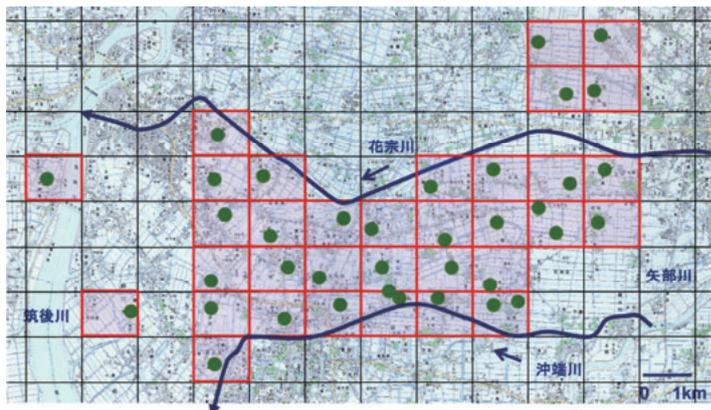


図3 筑後地域におけるブラジルチドメグサの分布 (2009年)

(●は調査定点)

分布域が東西に広がっていること、この区域のクリーク・河川が東から西～南西方向に流れていることなどから、水流による茎切片の分散がこの区域における分布拡大要因の一つと推測される。ただし、この区域と水路で直接結びついていない分布地が飛び地状に出現したことから、水流による分散以外の可能性も考えられる。

本種は、上述の地域のほか、県最南部の大牟田市、東部のみやこ町で小規模な生育が確認されており、後者においてはすでに除去作業が行われている。

## (2) 植被の季節変化

筑後地域において2007年6～7月に本種が生育していた29調査定点のうち、10月には8地点で消滅、13地点で植被が減少した(表1)。梅雨明け後の8月に、葉が白色化し茎が朽ちる現象が広範囲に見られたので、高温障害による枯損・成長低下が生じた可能性が考えられる。一方、12月には、現存21地点のうち9地点で植被が10月に比べて増加した。2008年2月には、さらに2地点で消滅し、現存19地点となったが、6地点で植被が12月に比べて増加した。2月にはボタンウキクサは枯れて朽ちており、ホテイアオイも葉の大部分が枯れていたため、本種はこれら2種に比べて低温耐性があると考えられる。その後、4月には消滅10地点のうち6地点、6月にはさらに2地点で植被が回復し、現存27地点となった。消滅地点における回復は、近隣クリークからの茎切片の流入によるものと推測される。2008、2009年についても、2007年と同様に、8～9月における植被の減少または消滅がほとんどの定点で確認された。10～11月以降の植被の回復についても同様であった。

## (3) 防除方法の検討

以上の調査結果から、本種の防除の方向性について考察すると、植被が最も減少する秋季に一斉除去を実施し、常緑で目立つ冬季に残された小パッチや茎切片を除去することが最も効果的と考えられる。また、水流による分散を避けるため除去に際してはネットを張り上流から実施すること、消滅しない傾向のある土護岸の生育地を重点的に取り扱うことなどの配慮も必要と考えられる。本種は、このまま放置すれば、在来水生植物の駆逐、生態系の攪乱などを引き起こし、生物多様性保全上の大きな脅威となる可能性が高い。しかし、現時点では局地的に分布しているため、適切な防除対策の実施により排除が可能と考えられ、現在、筑後地域において防除の試行を実施しているところである。

## 4. まとめ

ブラジルチドメグサの分布状況と植被の季節変化を調査した結果、分布域の特徴から水流による茎切片の分散がこの区域における分布拡大要因の一つと推測された。また、本種は8～9月に植被が減少するが、10～11月以降には回復し、冬季も常緑で幾分増加することが明らかになった。本種を防除する場合、植被が最も減少する秋季に一斉除去を実施し、常緑で目立つ冬季に残された小パッチを除去することが最も効果的と考えられた。

表1 ブラジルチドメグサの植被の季節変化 (2007年6月～2008年6月)

年月\地点	23	4	2	1	5	18	27	20	24	19	7	12	28	25	11	15	26	10	14	8	13	22	21	29	9	3	17	6	16	
2007年6-7月	1	+	1	+	1	5	5	4	4	4	2	1	4	1	1	1	1	+	+	+	4	+	4	1	1	+	1	1	5	+
2007年10月	1	+	1	+	1	2	+	3	2	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
2007年12月	3	1	2	1	1	3	1	4	2	1	+	+	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
2008年2月	4	1	3	1	1	3	2	4	3	1	+	+	3	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
2008年4月	4	2	1*	1	2	4	2	5	3	1	+	+	3	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
2008年6月	4	2	1	+	1*	5	4	5	3	2	1	2	1*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
変化状況	増加		増加→減少			減少→増加						減少・変化なし				消滅→回復				消滅										

※表中の数字は被度階級値、+:<1%、1:1-10%、2:10-25%、3:25-50%、4:50-75%、5:≥75%。\*は人為的除去。

# 静岡県における外来種（フロリダマミズヨコエビ）の生態調査

○久米一成・今津佳子  
(静岡県環境衛生科学研究所)

## 1. はじめに

外来生物による生態系の変動が問題となり、特定外来生物の移動の禁止などの対策が出されているが、一度生息域が拡大した外来生物を完全に排除することは困難である。2000年代から日本各地で外来種のヨコエビであるフロリダマミズヨコエビが急速に分布を拡大している<sup>1)</sup>。フロリダマミズヨコエビはもともとその名前の通り、フロリダ州で確認されたヨコエビで、アメリカではコロラド州など他の地域への侵入が確認されているが、日本への侵入経路はバラスト水によるものや養殖用の魚類、釣餌、水生生物の移送に伴うものなど、非意図的なものと考えられている。

このヨコエビは在来種のヨコエビよりも「きたない水」でも生存でき、これまでヨコエビが生息していなかった河川の中流から下流でも確認され、生態系への影響が懸念されている。静岡県では、県内の河川についてフロリダマミズヨコエビの生態調査を平成22年より実施しており、本講演ではそれらの結果について報告する。

## 2. 調査手法

### (1) 調査河川

県内のフロリダマミズヨコエビの生息調査は、河川水辺の国勢調査（国土交通省）<sup>2)</sup> や陸水学会誌等での調査報告例<sup>1, 3)</sup> からこれまでにフロリダマミズヨコエビが県内で確認されている河川等を選び、平成22年2月～3月にかけてフロリダマミズヨコエビや他のヨコエビの生息状況を調査した。また藤枝市湧水池の青池及び姥が池流出河川については定点観測として、毎月1回の生息調査を実施した(図1)。



図1 青池調査地点風景

### (2) 調査方法

生息の有無を調べる方法では、河川水辺の国勢調査基本調査マニュアルや大型底生動物による河川水環境評価マニュアルを参考にし、ナイロン製のフレームネット（35cm\*30cm）を用いてコナダカモ等の沈水性または浮遊性の水生植物や水底の砂礫をランダムにすくい取る方法で実施した。ネットで採取した内容物を水を張ったバットに開け、ヨコエビを採取した。

ヨコエビが採取されたときは、その場で70%エタノールに入れて固定し、金田らの示した分類方法<sup>1)</sup>をもとに後日ヨコエビの分類を行った。

なお、現場で30分間の調査でヨコエビを採取できなかった場合は、いないとみなした。

## 3. 結果と考察

### (1) 静岡県でのフロリダマミズヨコエビの出現状況

国土交通省が実施している「河川水辺の国勢調査」報告書や陸水学会誌文献等による静岡県内河川の水生生物調査結果をもとにフロリダマミズヨコエビの出現状況を調査した結果、最初に生息が確認されたのは、2003年に県中央部の大井川支川で、その後2005年に瀬戸川、沼川で、2006年に狩野川水系と県東部地域への拡大が見られている。なお、狩野川水系では1992年、1996年2001年の調査ではフロリダマミズヨコエビは確認されていないので、2002年以降に狩野川水系

に侵入したと推測される。

(2) 静岡県内河川でのフロリダミズヨコエビ生息状況調査

過去の調査でフロリダミズヨコエビが確認された県中部の大井川から県東部の狩野川水系にかけて2010年2月1日（瀬戸川水系）から3月2日（沼川水系）に18ヶ所の河川等でフロリダミズヨコエビの生息状況調査を実施した。その結果、瀬戸川水系や狩野川水系等の5地点でフロリダミズヨコエビを確認し、これらの地点ではフロリダミズヨコエビが繁殖・定着している可能性が高いと推測された。なお、在来種のヨコエビも6地点で確認し、そのうち2地点ではフロリダミズヨコエビとの混在が確認された。

(3) 瀬戸川水系でフロリダミズヨコエビの経月調査結果

フロリダミズヨコエビの生態を詳しく把握するため、県中部の都市域を流れる瀬戸川水系の青池及び姥が池の流出河川（以下青池、姥が池）で2010年2月から2011年1月にかけて経月調査（2010年3月を除く）を実施した。調査地点の青池（川幅1～2m、水深0.1～0.3m、流速約0.75m/秒：図1参照）、姥が池（川幅0.5m、水深0.05～0.10m、流速約0.5m/秒）は、共に湧水池から流れ出た河川で年間を通じて流量、流速に大きな変動はなかった。

今回の調査では、ヒメアナンデールヨコエビ等在来種のヨコエビは出現せず、フロリダミズヨコエビのみ確認された（表1）。季節的には全体として夏期に個体数の減少（青池：8月～10月、姥が池：9月、10月で未出現）がみられ、この現象は、狩野川水系の調査でも確認されており<sup>1)</sup>、生息環境変化等何らかの影響が考えられるが、はっきりしたことはわかっていない。なお春季（4～6月）、冬季（12～1月）では出現個体数も多く、6月、1月では抱卵個体も見られた（図2）。

表1 青池・姥が池調査結果

調査日	地点	水温	pH	EC	フロリダ	在来種
2010/02/01	青池	15.8	7.7	195	○	×
	姥ヶ池	15.8	7.3	194	○	×
2010/04/26	青池	16.8	-	-	○	×
	姥ヶ池	16.8	-	-	○	×
2010/05/19	青池	19.0	7.5	200	○	×
	姥ヶ池	19.4	7.8	190	○	×
2010/06/17	青池	20.0	7.9	200	○	×
	姥ヶ池	20.3	8.1	181	○	×
2010/07/06	青池	19.9	7.6	197	○	×
	姥ヶ池	21.8	8.4	174	○	×
2010/08/17	青池	20.9	7.4	165	×	×
	姥ヶ池	16.7	7.4	167	○	×
2010/09/02	青池	21.3	7.6	184	×	×
	姥ヶ池	24.6	8.6	186	×	×
2010/10/08	青池	19.1	7.1	183	×	×
	姥ヶ池	22.9	7.8	186	×	×
2010/11/11	青池	15.5	6.9	177	○	×
	姥ヶ池	16.4	6.8	194	○	×
2010/12/17	青池	13.5	7.6	186	○	×
	姥ヶ池	13.2	8.1	185	○	×
2011/01/07	青池	13.8	7.4	183	○	×
	姥ヶ池	12.0	7.5	186	○	×

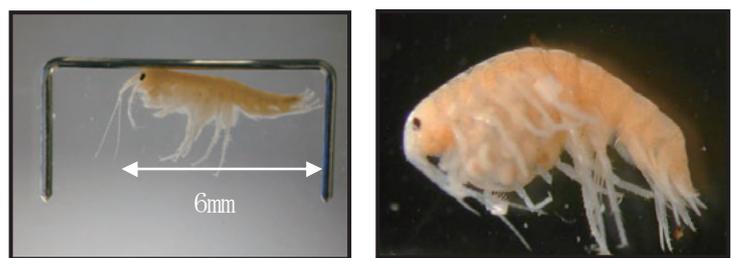


図2 フロリダミズヨコエビと抱卵個体

4. おわりに

本県では、22～23年度の研究課題として外来種のヨコエビの生態調査を実施しているが、23年度は、22年度調査で得られた知見等に加え、ワサビ等農作別への影響等についても調査を実施していく予定である。

参考文献

- 1) 金田彰二他(2007) 日本における外来種フロリダミズヨコエビの分布と現状：陸水学会誌 68, 449-460
- 2) 国土交通省(2007) 平成18年度狩野川水系底生動物調査報告書：河川水辺の国勢調査
- 3) 草野晴美(2009) 湧水性端脚類ヒメアナンデールヨコエビ *Jesogammarus fluvialis* Morino の地理的分布と生息環境：陸水学会誌 69, 223-236

# 淡水産外来カワリヌマエビ属 *Neocaridina* spp. とその共生動物の日本への侵入と分布

## 拡大および遺伝的攪乱の可能性について

○西野麻知子<sup>1</sup>・遠山裕子<sup>2</sup>・池田実<sup>2</sup>・丹羽信彰<sup>3</sup>・大高明史<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>琵琶湖環境科学研究センター・<sup>2</sup>東北大学・<sup>3</sup>神戸市立六甲アイランド高等学校・<sup>4</sup>弘前大学)

### 1. はじめに

カワリヌマエビ *Neocaridina* 属は、中国大陸、朝鮮半島および西日本から琉球列島にかけて広く分布する淡水エビである。本属は、ヌマエビ科のなかで特に卵の大きい大卵少産種で、幼生は直達発生で、ふ化後すぐに水底に下りて底生生活に入るため、分散能力は小さい。日本には4種が分布し、このうちミナミヌマエビ *N. denticulata denticulata* は、本州の琵琶湖以西から鹿児島県の湖やため池、河川の上～下流域に広く生息し、他の3種は沖縄県に分布する。

2000年頃から西日本で突然「ミナミヌマエビ」が多く採集されるようになった(西野, 2008)。また2004年頃から、本来の分布域ではないはずの千葉県や埼玉県、新潟などの河川等からも「ミナミヌマエビ」が多数見つかったとの情報が寄せられるようになった。さらに2003年に兵庫県 of 菅生川で「ミナミヌマエビ」と共生するヒルミミズ (*Holtodrilus truncatus*) が日本で初めて確認された(Niwa and Ohtaka, 2006)。このヒルミミズは、中国河南省および広東省にしか分布記録がなかった。また兵庫県播磨地方では、クロダイなどの海釣りの餌として、生きたエビ(商品名ブツエビ)が韓国や中国から輸入されていることから、外来のカワリヌマエビ属およびその共生種が、日本に生きたまま輸入され、その一部が日本に定着している可能性が高いと考えられた(西野・丹羽, 2004)。

しかし中国、韓国には、ミナミヌマエビおよびその近縁種・亜種が30種近く分布しており、共生動物も含め、どの種がどの地域から侵入したかや、在来のミナミヌマエビとの交雑の有無、またホストチェンジによる共生関係の変化については、全く分かっていなかった。

### 2. 調査方法

2007年から2009年まで、日本各地および中国(河南省、広東省、福建省、浙江省、安徽省、江西省)、台湾でカワリヌマエビ属とその共生動物(ヒルミミズ、ツノウズムシ類)を採集し、カワリヌマエビ属については付属肢、共生動物については内部形態を中心に、比較解析を行った。これらカワリヌマエビ属とヒルミミズについて、16SrDNAとCOI遺伝子領域を対象としたmtDNA分析を行うとともに、共生者の組成や共生率を、日本、中国、台湾のカワリヌマエビ個体群間で比較し、宿主と共生者、共生者どうしの関係を整理した。

### 3. 結果

日本と中国のカワリヌマエビ属のmtDNA解析から、COI遺伝子522塩基と16SrRNA473塩基の配列を決定し、系統解析を行ったところ、得られたハプロタイプは比較的高い確率で支持される2クレードに分かれた。クレードIは日本のハプロタイプからのみ構成され、クレードIIは国内と中国の両方のハプロタイプで構成されていた。この結果から、Iが在来(=ミナミヌマエビ)、IIが外来系統と考えられた。雄の形態のみであるが、クレードIとIIは、識別可能で、クレードIIは、雄の付属肢から、日本での分布記録のない *N. heteropoda*, *N. palmata* とその近縁種と考えられた。そのため、日本に外来のカワリヌマエビ属が侵入・定着していることはほぼ間違いがないことが示された。

国内でのクレード分布を検討したところ、ミナミヌマエビの自然分布域内では、18個体群中7個体群が在来クレード、7個体群で外来クレードが検出され、外来クレードが分布を広げているが、まだ純系の個体群が残っている地域があることが明らかになった。しかし、4個体群では両クレードが混

在しており、在来ミナミヌマエビとの交雑による遺伝子汚染が生じている可能性が示された。一方、分布域外の個体群は、1地点を除いてすべて外来クレードだった。

輸出入業者への聞き取り結果も合わせると、カワリヌマエビ属は、中国華北の遼寧省、華中の河南省、浙江省および韓国など複数の地域から侵入している可能性が高いことがわかった。その後、中国福建省と台湾の一部および韓国から、これまで在来と考えてきたクレードに属するハプロタイプが検出された。このことから、在来のミナミヌマエビと同じ系統のエビが、日本だけでなく台湾、中国、韓国にもともと生息しており、少なくとも韓国からは、mtDNAだけでは捉えきれない侵入が生じている可能性が示唆された。

また、これまで中国河南省と広東省からしか報告のなかったヒルミミズ類 *Holtodrilus truncatus* が、新たに華中の安徽省(1地点)と浙江省(2地点)のカワリヌマエビ属および和歌山県のヌマエビ類から確認された。ヒルミミズがカワリヌマエビ属に共生する割合は最大37%で、出現したどの地点でもツノウズムシ類 *Scutariellidae* spp. が同所的に見られた。この状況は、外来カワリヌマエビ属が侵入していると推測されている兵庫県での観察結果とよく似ていた。

過去3年間の調査で採集されたヒルミミズの国内個体群(兵庫県、和歌山県、宮古島)と中国個体群(広東省、浙江省)についてmtDNAの解析を行ったところ、兵庫県の個体群が中国の華中地域の個体群と最も近縁な位置にあることがわかった。この結果は、宿主のカワリヌマエビ属で推定された結果と整合性があった。これらDNA分析の結果から判断して、これまでの聞き取り調査によって推定されてきた外来カワリヌマエビ属の侵入経路は、ほぼ正しいものと考えられた。すなわち、カワリヌマエビ属は中国の華中・華北地域から、兵庫県のヒルミミズは華中のカワリヌマエビ属とともに侵入した可能性が高い。

## 参考文献

- 1) Kawakatsu, M., S. Gelder, R. Ponce de Leon, O. Volunterio, S-K Wu, M. Nishino, A. Ohtaka, N. Niwa, Y. Fujita, M. Urabe, G. Sasaki, M. Kawakatsu, T. Kawakatsu : An annotated bibliography of the order temnocephalida (Plathelminthes, Rhabdocoela, "Turbellaria") from Japan, Taiwan, China and Korea, with other Far Eastern Records of Temnocephalids, 45pp. <http://victoriver.com> (2007).
- 2) 川勝正治・西野麻知子・大高明史 : プラナリア類の外来種. 陸水学雑誌, 68, 461-469(2007)
- 3) 西野麻知子・丹羽信彰 : 新たに琵琶湖に侵入したシナヌマエビ? (予報). オウミア(琵琶湖研究所ニュース), 80, 3(2004).
- 4) 西野麻知子: 外来のカワリヌマエビ属の侵入. (分担、深泥池七人委員会編集部会(編) 深泥池の自然と暮らし ―生態系管理をめざして―). サンライズ出版, 74-75(2008).
- 5) Niwa, N. & A. Ohtaka: Accidental introduction of symbionts with imported freshwater shrimps. In: F.Koike, M. N. Clout, M. Kawamichi, M. De Poorter & K. Iwatsuki, (eds.) Assessment and Control of Biological Invasion Risks. IUCN, Grand, 182-186(2006)
- 6) 大高明史: 日本における外来ヒルミミズ類(環形動物門, 環帯綱)の分布の現状. 陸水学雑誌, 68, 483-489(2007)

# 国立環境研究所侵入生物データベースの進化と活用

○岡本 卓・五箇公一  
(国立環境研究所)

## 1. 外来生物問題における情報共有の役割



外来生物は、生物多様性への重要な脅威の一つと位置づけられ、同時に様々な人間活動に対して直接的・間接的な影響を及ぼしており、現代社会のかかえる深刻な環境問題の一つである。ひとくちに外来生物問題といっても、導入の原因や影響は多岐にわたり、それに応じた様々な対策が必要となる。一方で導入経路や影響が相互に関連することも多い。そのため、根本的な外来生物対策には、広範な情報の体系化と共有が求められる(図1)。

外来生物対策は様々な要素を含み、各局面で必要な情報が異なる。未定着の潜在的な外来生物に対しては、導入・定着の予防が原則となる。意図的導入の予防のためには、適切なリスク評価と法規制が必要となり、非意図的(または密輸による)導入の予防には、それに加えて導入経路そのものを特定して監視することが求められる。そのためには、生態的特性や他地域における影響事例、導入経路(いつ・どこから・どうやって持ち込まれるのか)などに関する情報が必要となる。

一方、定着済みで侵略性の高いものに対しては、その影響や生物の特性に応じて、駆除・分布拡大防止・個体数管理・その他の影響緩和策といった対策が必要とされる。このためには、生態的特性、影響の種類・程度や分布拡大のメカニズム、他地域での類似種に対する対策事例(失敗も含む)といった情報が役立つ。

また、外来生物導入の根本的な原因は、様々な形での人や物の移動であり、多くの人々が潜在的には無関係でない。よって、様々な形で情報発信を行うことで普及・啓発を行い、日頃から外来生物問題およびその対策への理解を得ておくことは、防除を円滑に進める上で不可欠と言える。

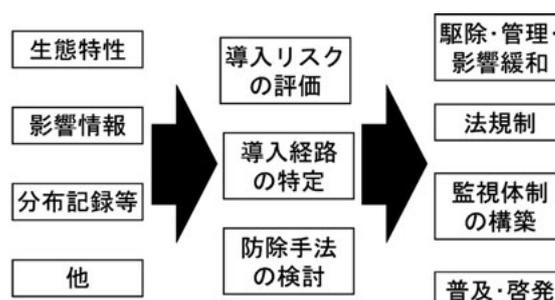


図1. 情報の整理・共有による外来生物対策の概念図。

## 2. 侵入生物データベース — 外来生物情報のポータル —

整理・体系化された外来生物関連情報を共有するためのポータルウェブサイトとして、国立環境研究所では「侵入生物データベース」をインターネット上に公開している(図2)。本ウェブサイトは、情報の整理・共有のためのコンテンツとして、侵入生物図鑑および有用サイトリンク集を持つ。侵入生物図鑑は、日本に定着しているかその可能性のある外来生物約500種について、一般的生態情報(自然分布・形態・生態等)、導入情報(導入経路・影響・防除情報等)、参考資料情報等を掲載している。また、生物名・分布・生息環境・導入経路・影響などをキーとした情報検索機能を備えている。

リンク集には、有用と思われる国内の外来生物関連ウェブサイトを掲載しており、掲載情報の種類(対象生物の種類、対象地域、掲載情報の種類)による簡易検索が可能となっている(図3)。加えて、国・自治体による対策状況や注意喚起を掲載したページのリンク集、海外の主要な外来生物データベースのリンク集も備えている。また、主要なキーワード(「外来種」「外来生物」「侵入種」など)によるウェブ検索で上位になるよう、最適化を行っている。

以上により、外来生物に関する情報を求める人が本サイトにたどり着き、直接または間接的に既存

の有用な情報にたどり着くという形で、侵入生物データベースを外来生物情報共有のためのポータルとして機能させるという体制の構築を目指している。今後、本サイト内のコンテンツを強化するとともに、有用な情報をお持ちの方々に協力をお願いし、柔軟かつ広範な情報共有体制を一層強化したい。



図 2. 侵入生物データベース トップページ.



図 3. 外部有用サイトリンク集.

— **MEMO** —