

令和元年度 環境研究機関研究交流セミナー ポスター要旨集

番号	題名	発表者所属機関	発表者	頁数
P-01	グリーンインフラと防災-最近の農業気象災害を例として-	国立研究開発法人防災科学技術研究所	横山 仁	1
P-02	西表島網取湾におけるサンゴの白化現象	国立研究開発法人防災科学技術研究所	村上 智一	3
P-03	粘土鉱物を利用した環境浄化材料開発	国立研究開発法人物質・材料研究機構	田村 堅志	5
P-04	水産廃棄物であるウニ殻を活用したフッ化物イオン除去剤の開発	国立研究開発法人物質・材料研究機構	菊池 正紀	6
P-05	農地の生物多様性・生態系サービスを高めるには？	国立研究開発法人農業・食品産業総合研究機構	馬場 友希	8
P-06	奄美・やんばるにおける森林利用と生物多様性保全の調和を図る研究	国立研究開発法人森林研究・整備機構	阿部 真	10
P-07	外来種による生態系連結とディスサービスの事例	国立研究開発法人森林研究・整備機構	亘 悠哉	12
P-08	半自然草原での防鹿柵設置による絶滅危惧動植物の保全	国立研究開発法人森林研究・整備機構	小山 明日香	13
P-09	我が国固有の内水面生態系の保全と再生に向けた新たな外来魚の防除技術	国立研究開発法人水産研究・教育機構	岡本 裕之	15
P-10	サンゴ礁における褐虫藻の役割	国立研究開発法人水産研究・教育機構	山下 洋	16
P-11	東京湾における有用魚介類の卵稚仔に貧酸素水塊が及ぼす影響の解明	国立研究開発法人水産研究・教育機構 (千葉県水産総合研究センター)	三田 久徳	17
P-12	水環境診断用センサレイチップ ～細胞応答性核酸の迅速センシング～	国立研究開発法人産業技術総合研究所	青木 寛	19
P-13	地域気候モデルで予測された日本の将来の気候	国土交通省気象庁気象研究所	村田 昭彦	21
P-14	砂浜における魚類調査から見える海と川のつながり	国土交通省国土技術政策総合研究所	渡邊 国広	23
P-15	急傾斜地崩壊防止施設と斜面植生 ～植生を活用した施設の維持管理手法の検討事例～	国土交通省国土技術政策総合研究所	金澤 瑛	25
P-16	AIによる緑視率調査の効率化と緑化意識の啓発に向けた検討	国土交通省国土技術政策総合研究所	大橋 征幹	27

P-17	都市域の緑地の量・質・配置と生物多様性の関係	国土交通省国土技術政策総合研究所	益子 美由希	29
P-18	多様な海生生物に適したシースケープの検討	国土交通省国土技術政策総合研究所	秋山 吉寛	31
P-19	東京都総合設計制度により創出された緑化の特徴	国立研究開発法人建築研究所	熊倉 永子	33
P-20	東京 23 区における建物緑化の使用樹種調査	国立研究開発法人建築研究所	武田 ゆうこ	35
P-21	人工的な湖口開削が沿岸植生域の炭素貯留に与える影響	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所	渡辺 謙太	37
P-22	潜在分布に基づく孤立生息域サイズと河川性魚類の存在関係	国立研究開発法人土木研究所	末吉 正尚	39
P-23	河道内氾濫原と水田域におけるカエル類の生息状況の比較	国立研究開発法人土木研究所	田和 康太	41
P-24	「つくば生きもの緑地ネットワーク」の提案	国立研究開発法人国立環境研究所	石濱 史子	42
P-25	海中栄養塩がサンゴ捕食者オニヒトデの幼生分散にもたらす影響	国立研究開発法人国立環境研究所	熊谷 直喜	43
P-26	伊豆諸島における鳥類を介した島間種子散布	国立研究開発法人国立環境研究所	安藤 温子	44
P-27	歴史的な草原が守る生物多様性：草原生態系を結ぶ全国ネットワークは可能か？	国立大学法人筑波大学	田中 健太	45

グリーンインフラと防災-最近の農業気象災害を例として-

防災科学技術研究所 横山 仁

1. はじめに

2019 年は、台風 15 号や 19 号をはじめ、さまざまな気象災害が頻発し、各地で甚大な被害となった。今後、南海トラフ地震や首都直下地震だけでなく、地球温暖化やヒートアイランド現象等にもともなう激しい気象現象の発生が懸念され、一層の防災情報の充実や防災教育の推進といった対策とともに、安全・安心な街づくり、地域づくりの重要性が増している。そうしたなか、グリーンインフラによる防災機能に期待が寄せられ、近年注目を集めている。ここでは、筆者が気象災害を現地調査した際に確認した、緑地による気象災害の被害軽減事例のなかで、特に農業気象災害に関する事例についていくつか紹介する。

2. 降雹での事例

2017 年 9 月 25 日 20 時頃に、茨城県南西部を中心に局地的な降雹があり、農業被害が最も大きかったつくば市ではハクサイ、キャベツ、ナス等に傷や穴があく等の被害がみられた。20 時のつくばにおける最大瞬間風速は 9.6 m/s（北北西）で、比較的強い風を伴っていたことがわかる。図 1 は降雹被害のあった同市内農地の写真であるが、農地の中央付近にある平地林を境に、風上側では葉が破れたり、穴が開くなど甚大な被害がみられたが、風下側では一部の個体に穴が開く等の被害があったほかは、目立った被害は確認されなかった。



図 1. 平地林を境にした農作物の降雹被害の違い（林を境に、風上側では多くの個体が被害を受けていたが、風下側ではほとんど被害なし。下段はそれぞれの拡大写真。平地林の構造：面積 716 m²、群落高さ約 15m、胸高直径 48.5cm、立木密 2.8 本/a、枝下高 2.5m。構成樹種：スギ・モミ・シラカシ・ケヤキ・サクラ・サカキ・ウメ・イチョウ）

3. 竜巻での事例

2018 年 3 月 1 日 7 時 40 分頃、茨城県行方市において JEF1（風速約 40m/s）の竜巻が発生し、負傷者 3 名、住家被害 108 軒の被害が発生した。現地調査の結果、農業被害もみられ、竜巻が通過したとみられる地域にある平地林を境に、被害の状況が異なるエリアがあった（図 2）。図の a エリアでは農業用ハウスが押しつぶされる等の被害が発生していたが、b エリアでは被害は確認されなかった。竜巻は極めて局地性の高い現象であり断定はできないが、林自体も被害を受けていたことから、b エリアは平地林によって被害を免れた可能性がある。

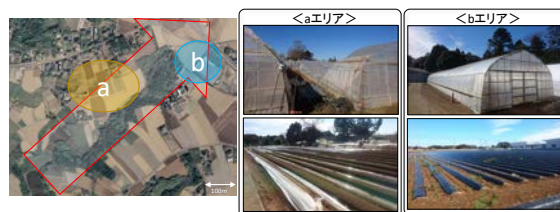


図 2. 竜巻が通過したとみられる行方市南地区の状況（左端は、現地の空中写真で赤矢印は竜巻の進行方向、a は被害があったエリア、b は被害がなかったエリア、2010 年 5 月 2 日、国土地理院撮影。中央枠は a エリアの状況で、上は押しつぶされたパイプハウス、下は剥離したマルチフィルム、右枠は b エリアの状況で、パイプハウス、マルチフィルムともに被害はなかった。）

4. 台風での事例

(1) 台風 1824 号

2018 年 9 月 30 日に非常に強い勢力のまま、和歌山県に上陸した台風 24 号により、各地で暴風が吹き荒れ、つくば市でも観測史上 2 位となる 32.7m/s（南南西）の最大瞬間風速を記録した。農作物やパイ

プハウス等が大きな被害を受け、茨城県全体では 11 億円を上回る農業被害となったが、つくば市内においても農作物（ハクサイ）の被害を確認した（図 3）。図 4 は被害を確認した現場の空中写真であるが、A のエリアで、個体が北北東方向に大きく傾斜し、葉が網目状になる等の被害がみられたのに対し、B エリアでの被害は非常に少なかった（図 5）。両エリアともに南から 3 列（株間 45cm, 畝間 60cm）までの被害状況を調べたところ、A では調査した個体の 97% に網目状の被害が確認されたのに対し、B では 12% であった。この違いは平地林によるものと考えられたことから、翌 2019 年に両地点における風（1.5m 高）を 1 分毎に計測した（図 6）。その結果、主風向が本事例と同じ南南西となった、台風 1919 号通過時の 10 月 12 日 22:13～22:24 における A の風速の平均値が 13.4m/s であったのに対し、B では 7.2m/s で、A における風速の 54% となっていた。このように風速が大きく異なったことが、被害の軽減につながったものと推察された。ただし、普段の栽培面では、林により日陰となる領域での生育不良の問題があることが、生産者から聞かれた。



図 3. 台風によるハクサイの被害（右は拡大写真、個体が斜めに傾斜し、葉が網目状になっている）

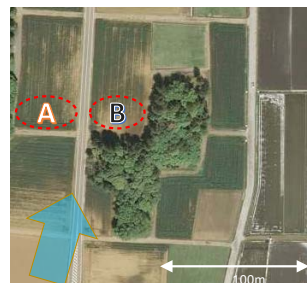


図 4. 被害を受けた農地周辺の空中写真（2008 年 5 月 6 日、国土地理院撮影、青矢印は最も風が強かった時間帯の主風向 SSW、平地林の構造：群落高さ 17.7m、胸高直径 38.9cm、立木密度 5.1 本/a、枝下高 2.0m、構成樹種：スギ、ケヤキ、ヒノキ、サクラ、シデ、ガマズミ、アズマネザサ）



図 5. 被害が小さかった B エリアのハクサイ（北北東方向にやや傾斜しているが、A エリアのような被害はほとんどみられない。）



図 6. A エリア（左）及び B エリア（右）における気象観測の状況

(2) 台風 1915 号

2019 年 9 月 9 日に、強い勢力を保ったまま千葉市付近に上陸した台風 15 号は、同市で最大瞬間風速 57.5m/s を観測するなど、千葉県を中心に大きな被害をもたらした。県内各地でパイプハウスや鉄骨ハウス等多数の園芸施設が被害を受けたが、支持材が屈曲するなどの大きな被害を受けたパイプハウスのある農地（面積約 2.2ha、単棟ハウスが 100 棟）において、同一敷地内にありながら、風上側に林が存在するエリアのハウス群（44 棟）にほとんど被害が発生しなかった事例を確認した（図 7）。これらのハウスは林から約 120m の間にあり、林の直近ほど被害が小さい傾向があった。林は、スギやヒノキを主な樹種とする高さ約 15m、幅約 150m のもので、この林の存在による防風効果が大きな要因と考えられる。



図 7. 被害を受けたハウス(上)と平地林により被害を免れたとみられるハウス(下)（千葉県八街市）

5. まとめと課題

農業気象災害の発生現場において確認されたいくつかの事例を紹介したが、これらの林はたまたま残されていたというケースが多い。以前より、防風林の効果範囲（約 20 倍）や、最適密閉度（60～70%）に関する研究結果があり、その重要性は認識されていたものの、実際の現場では、高齢化等により十分な管理が行えない現状があり、農地面積の大規模化や農作業の効率性、日陰の問題等からむしろ伐採されるケースも少なくない。今後、さらなる気象災害の激甚化が懸念されるなか、グリーンインフラの一つとしてのこうした既存緑地の効果を再評価し、現実に応じた管理法等に関する検討を進める必要がある。

西表島網取湾におけるサンゴの白化現象

国立研究開発法人 防災科学技術研究所 村上智一，下川信也

要旨：

(1) 研究の目的

2016 年の夏季にサンゴの白化現象が大きな問題となっていることが報道された。環境省は、2016 年 7 月から 12 月の間に沖縄県の八重山諸島の石西礁湖内 35 地点において、定性的な評価となるが広域な調査が可能な 15 分間遊泳観察法で白化現象の調査を実施した。その結果、水平方向の広い範囲で白化現象が進んでいることが明らかとなった。

しかしながら、水深数 m のサンゴ礁原から水深 40 m に至る礁斜面深部までのサンゴ鉛直分布における白化現象とそれに関わる水温などの物理環境は、不明なままである。これを明らかにするために、本研究では、沖縄県西表島網取湾において白化などの定量的な評価が可能なコドラート法に基づいた調査と水温などの観測を実施し、その実態を示す。

(2) 研究の内容

網取湾の湾内西側に調査断面を設定した。この調査断面は、水深 3 m のサンゴ礁原から水深 40 m までの礁斜面を含んでいる。また、水深 40 m 以深は、砂地が広がりサンゴがほとんど存在しないことを確認している。表-1 に示すそれぞれの調査日（2016 年）と水深において、1m² のコドラートを乱数に基づき 5 ヶ所設置し（写真-1）、そこに含まれるサンゴを形状別に分類して解析した。

まず、2016 年 8 月 24 日におけるサンゴ被度の鉛直分布を示す（図-1）。これより、枝状サンゴは全ての水深に存在する一方で、卓状サンゴは水深 3 m のみに存在することなどがわかる。次に、白化したサンゴの面積／サンゴの総面積の値を白化率と定義した。

図-2 は、2016 年 8 月 24 日の白化率の鉛直分布を示す。全サンゴの白化率は、水深 20 m 以浅で 50%以上と高く、特に水深 15 m では最大となる 87%を記録した。卓状サンゴは、水深 3 m にしか存在しないが、その白化率は、極めて高く 91%であった。枝状サンゴの白化率は、水深 30 m の深場でも 49%を示し、深場でも白化現象の進行が明らかとなった。

図-3 は、水深 15 m における 2016 年 6 月 24 日、7 月 24 日および 8 月 24 日の全サンゴの白化率を比較したもので、7 月 24 日以降に白化が進行したことが明白である。

図-4 は、2014 年、2015 年および 2016 年に調査断面の水深 12.4 m において観測した水温の比較であり、2016 年は特に水温が高いことがわかる。既往の研究によって、30℃を閾値としてこれを超える水温が数週間続くと多くのサンゴが白化することが知られているが、図-4 において 2014～2016 年の間に 1 週間以上継続して 30℃を超える水温（3 時間以内の 30℃以下の水温は継続と判断）を記録したのは、2016 年 8 月 9 日～8 月 29 日の 20 日間のみであった。2014 年 8 月 24 日および 2015 年 8 月 12 日に実施したコドラート調査などでは、白化がほとんど認められず、2016 年はこの 8 月の継続した高水温によって白化が進行したものと判断できる。また、台風が接近することで水温が低下することもある。

図-5 は、2014 年 8 月 15 日、2016 年 6 月 23 日および 2016 年 8 月 23 日の調査断面の水温鉛直分布を示す。白化現象が見られた 2016 年 8 月 23 日は、水面下から水深 26 m までが 30℃以上となっていた。

調査日	水深
2016年	
6月22日	10m
6月24日	3m
6月24日	15m
6月24日	20m
6月24日	30m
6月24日	40m
7月16日	3m
7月24日	15m
8月24日	3m
8月24日	10m
8月24日	15m
8月24日	20m
8月24日	30m
8月24日	40m

表-1 調査日と水深

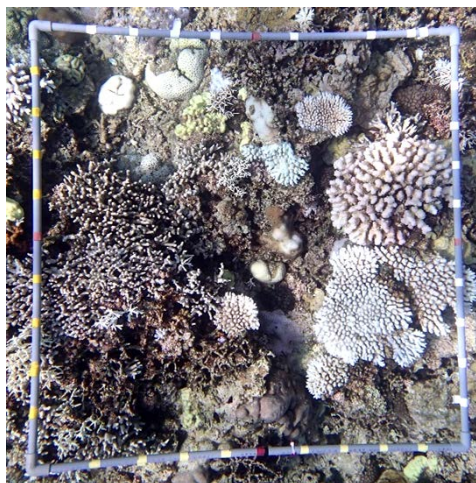


写真-1 8月24日水深3mに設置したコドラートの写真；5ヶ所に設置したうちの1つを示す。

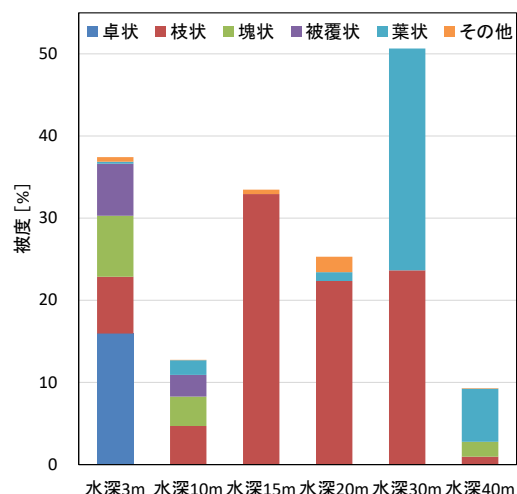


図-1 8月24日におけるサンゴ被度の鉛直分布

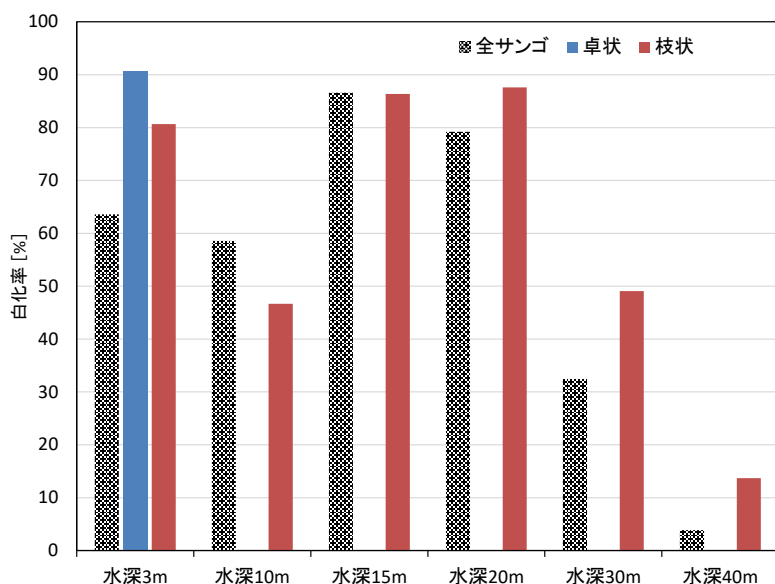


図-2 8月24日における水深3, 10, 15, 20, 30および40mの全サンゴ、卓上サンゴおよび枝状サンゴの白化率の比較



図-3 水深15mにおける6月24日、7月24日および8月24日の全サンゴの白化率の比較

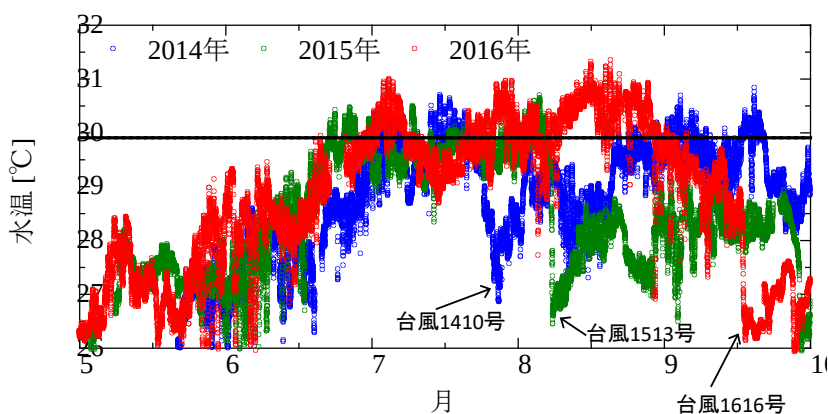


図-4 2014年、2015年および2016年の水深12.4mにおける水温の比較

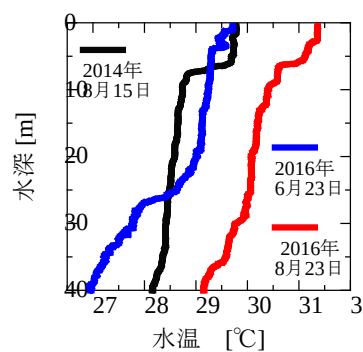


図-5 2014年8月15日、2016年6月23日および2016年8月23日の水温の鉛直分布

粘土鉱物を利用した環境浄化材料開発

国立研究開発法人物質・材料研究機構 機能性材料研究拠点

機能性粘土材料グループ、田村堅志

富栄養化による水質汚濁や赤潮の発生が大きな環境問題となっている。富栄養化の原因元素のひとつにリンがあげられているが、リンは資源としても枯渇が懸念されている。アニオン性粘土として知られる層状複水酸化物 (Layered Double Hydroxide、以下 LDH) は二価・三価金属の水酸化物の正電荷基本層とその層間に挟まれる陰イオンからなる無機層状化合物である。水中の無機態リンの大部分はアニオンで存在しているので、LDH は効率的にリンを吸着する物質として期待されている。一般に汚染水処理は溶液中に吸着材粉末を加えて固液分離を繰り返すバッチ法がよく知られているが、我々はカラムを使った流動系でリンを分離除去する技術開発を目指した。カラム充填材には被処理液の通水性の確保が必要となるため、バインダーを使う造粒体成形ではなく、特定条件下で得られる LDH の 3D 花卉状粒子 (*rose*LDH, 図 1) による検討を実施した。¹⁾

図 2 に層間アニオンの異なる (炭酸イオンと過塩素酸イオン) *rose*LDH のリン酸の吸着等温線を示す。 CO_3^{2-} -*rose*LDH は殆どリン酸イオンを吸着しないが、 ClO_4^- -*rose*LDH ではラングミュア型の吸着等温線が観測され、その最大吸着量は 1.61 mmol/g と見積もられた。カラム充填材に使用するため、篩分級して平均粒子径: $D_{50} 27.1 \mu\text{m}$ 、積算篩下 10% および 90% 径: $D_{10} 19.1 \mu\text{m}$ 、 $D_{90} 38.6 \mu\text{m}$ の粒度分布の ClO_4^- -*rose*LDH 粒子を使用した。これをクロマト管につめてカラムを作成し、これにリン酸ナトリウム水溶液を加え、浸透試験を実施した。 ClO_4^- -*rose*LDH カラムでは数分でリン酸水溶液が全量透過し、全て HPO_4^{2-} は ClO_4^- -*rose*LDH 層に吸着した。²⁾ 以上の結果は、この花卉状 LDH が、イオン交換性とカラム通液性に優れた材料であることを示しており、当該凝集体のカラム充填材としての応用が十分期待できると考えられる。

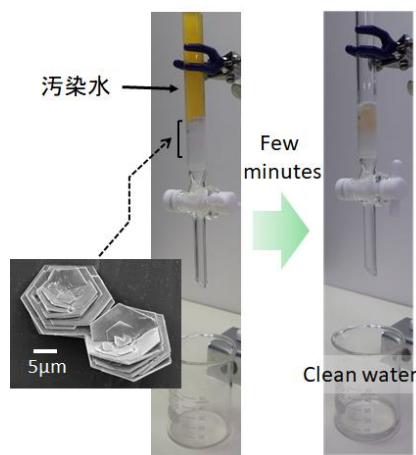


図 1 *rose*LDH をカラム充填剤として利用

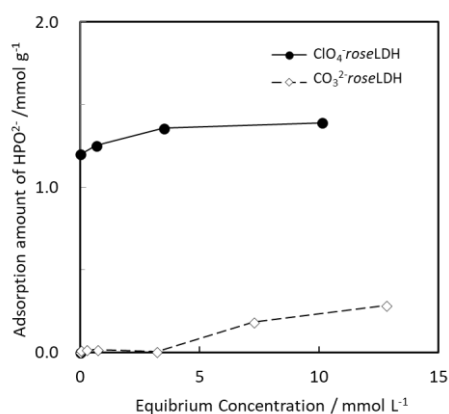


図 2 ClO_4^- -*rose*LDH (黒丸) と CO_3^{2-} -*rose*LDH (白丸) の HPO_4^{2-} 吸着等温線

(参考文献)

- 1) Okamoto, K., Iyi, N., Sasaki, T. *Applied Clay Sci.*, 2007, **37**, 23-31.
- 2) K. Tamura, et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2019, **11**, 27954-27963.

水産廃棄物であるウニ殻を活用したフッ化物イオン除去剤の開発

国立研究開発法人物質・材料研究機構 機能性材料研究拠点

バイオセラミックスグループ、菊池正紀

要旨：

リン酸水素カルシウム二水和物 ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) は鉱物としては brushite、古い言い方では第二リン酸カルシウム 2 水和物 (dicalcium phosphate dihydrate: DCPD) と一般に称される酸性リン酸カルシウム化合物である。一般に全てのリン酸カルシウムは、湿潤環境で塩基性リン酸カルシウムである水酸アパタイト ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, hydroxyapatite: HAp) に添加していくことが知られているが、DCPD の場合、フッ化物イオンを含む溶液中で比較的早期にフッ素固溶水酸アパタイトあるいはフッ素アパタイトに添加することが示され、既にフッ化物イオン除去剤として実用化されている。一方で、この反応には二つの大きな問題がある。一つは酸性リン酸カルシウムである DCPD が塩基性リン酸カルシウムに添加する際に余剰のリン酸イオンが溶出することで、リンの濃度が排水基準を超えてしまうというものであり、もう一つは DCPD から HAp への転化反応に数時間程度のリーディングタイムがかかることである。前者は炭酸カルシウム粉末などの反応槽への添加で、後者は DCPD 上に予め HAp 核を形成することで解決できるが、前者については余剰のカルシウム塩を添加することに寄るゴミの増大などに繋がってしまう。

一方、ウニは日本をはじめ日本食の伝わっている各国で高級食材として使用されているが、可食部は 15% 程度と少なく、それ以外の部分であるウニ殻は水産廃棄物として処理されている。ウニは内骨格を持つ棘皮類の一種であり、その骨は炭酸カルシウムであるカルサイトである。ウニ殻の有機成分から有効成分を抽出して製品化する試みがなされている一方、骨であるカルサイトはその特異なバイモダルな細孔構造をそのまま活用する単純なフィルターとしての応用は検討されているものの、高機能性材料としての開発はほとんど進んでいない。我々は、ウニ殻の微構造を有効活用すべく、人工骨補填材および有害イオン除去フィルターとしての検討を進めてきた。今回、フッ化物イオン除去剤としてのウニ殻の有効活用について報告する。

ウニ殻は市販の次亜塩素酸系漂白剤で有機物を除去、洗浄した後、1 mm 以下及び 1~2 mm のサイズに分级し、50~300 mM のリン酸で 1~6 時間、室温及び 60 °C でリン酸化処理を行い、カルサイト-リン酸カルシウム複合体 (CP 複合体) を作製した。これらを用い、フッ化物イオン除去効果を 20 ppm のフッ化物イオン溶液で検討した。なお、この濃度はフッ化物イオンを含む廃水の 1 次処理が終わった段階の平均濃度を元に設定したものである。

リン酸化の結果、室温ではリン酸カルシウムが DCPD である CP 複合体が得られたが、60 °C ではその無水物であるモネタイト (DCPA) やリン酸八カルシウム 5 水和物などが含まれていた。また、リン酸カルシウムの含有量は濃度・温度の上昇とともに上昇した。CP 複合体を用いてフッ化物イオン除去処理を行ったところ、Mg の影響でアパタイトの形成が阻害されたためか、初期の除去量は大きくなかったが、10 時間以内に水溶液中のフッ化物イオンを 8 ppm 以下に低減することが可能な CP 複合体が得られたが、初期のカルサイト含有量が少ないものでは、フッ化物イオン除去量、リン酸の放出量とも十分な結果が得られなかった (図 1、2)。これは、カルサイトの溶出による pH の上昇がアパタイト形成に適する条件を作り出すことで、フッ化物イオンを除去し、リン酸も同時に固相に固定するが、カルサイトが充分にないと、この反応が遅れてしまうことによると考えられた。この機序は、これまでの DCPD 法とは少し異なる

っており、アパタイト中にフッ化物イオンだけでなく水酸化物イオンを含んだ固溶体としてアパタイトが生成していることがフッ化物イオンの除去量とアパタイトの形成量から明らかとなった。また、この計算を簡単にできたのは、得られたアパタイトが自動的にろ過分離が容易な程度の粒子サイズを持つ粉末としてウニ殻カルサイト粒子から分離している（図3）ためである。これはリン酸イオンの過剰溶出を抑制した上でフッ素及びリン酸の回収を容易にするという点から、従来のものにない優れた機能性であると考えられる。

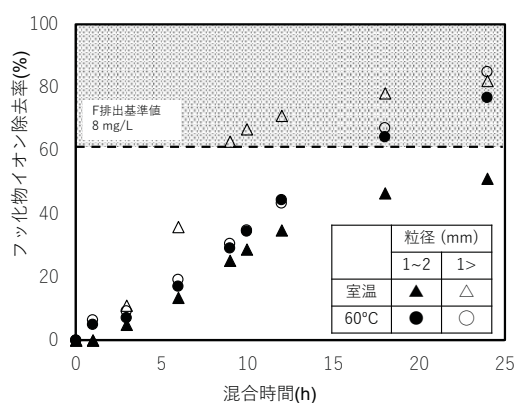


図1 フッ化物イオン除去量。

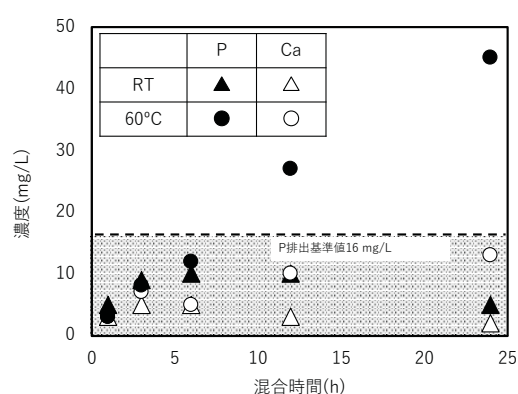


図2 リン及びカルシウムの溶出量。

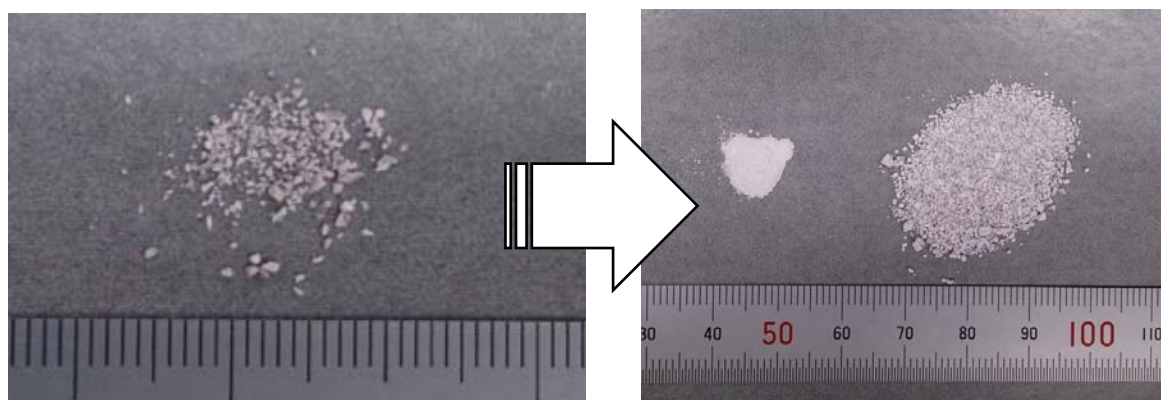


図3 CP粒子のフッ化物イオン除去前（左）後（右）の様子。右写真の右手の細かい粒子はアパタイト単相。

農地の生物多様性・生態系サービスを高めるには？

農研機構農業環境変動研究センター生物多様性研究領域 馬場友希

要旨：近年，農地は単なる作物生産の場としてのみならず，生き物の棲み場所としての役割を担うなど，その多面的な機能が注目されている．また農業活動そのものも花粉媒介者による送粉サービスや，捕食者による害虫防除サービスなど，生物に由来するさまざまな生態系サービスを享受しているため，持続可能な農業を目指す上で農地の生物多様性保全は重要な課題である．このような背景から化学合成農薬や化学肥料の使用量を減らすなど，生き物に配慮した環境保全型農業（有機栽培・減農薬栽培など）の普及・推進が図られている．一方，環境保全型農業が生物多様性および生態系サービスに及ぼす影響は欧州の畑地を中心に精力的に研究が進められているが，アジアの代表的な農地である水田における研究事例は極めて乏しい．そこで，本発表では，農水省委託プロジェクト研究の成果を基に，環境保全型農法が水田の生物多様性に及ぼす影響や，重要な害虫防除サービスを担う広食性捕食者群集に与える影響を検討した研究成果をいくつか紹介する．

環境保全型農業が水田の生物多様性に及ぼす影響：環境保全型農業が農業生態系に生息する生物に対してプラスの効果があると考えられるが，その効果や仕組みは十分に解明されていない．特に異なる生物群に対しては，効果が異なる可能性がある．このことを解明するため，植物，節足動物（クモ類・トンボ類・水生昆虫），脊椎動物（カエル類・ドジョウ・サギ類）を対象として，農法がこれらの個体数に及ぼす効果について調査・解析を進めた．調査は，茨城県および栃木県の7地域の水田で2013年から2015年にかけて3年間行った．農法の違いとして，環境保全型水田（有機栽培または特別栽培）と慣行栽培水田を対象とした．その結果，有機水田では慣行水田より，在来植物種数，トンボ類，アシナガグモ属，トウキョウダルマガエルの個体数が多い傾向があった．一方，水生昆虫，ドジョウ，ニホンアマガエルの個体数は，農法の違いがないか，慣行水田の方が多かった．鳥類では，サギ類の個体数や採食効率には年による変動はあるものの有機水田では慣行水田より

りも多い傾向がみられた．このことから環境保全型農業は，水田の多くの分類群に対してプラスの効果をもつことが明らかにされた．さらに環境保全型農法が生物の個体数を増やす仕組みを明らかにするため，各種薬剤の使用回数や有効成分数の影響を解析したところ，分類群によって，その仕組みが異なる事も明

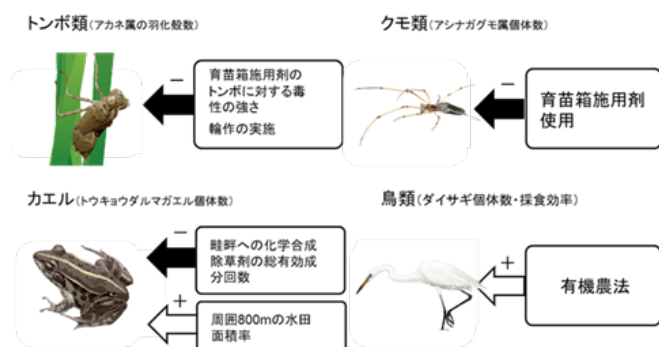


図1. 圃場の管理法が各種分類群に及ぼす影響。

らかにされた（図 1）

農法と周辺環境が害虫防除サービスに及ぼす影響：環境保全型農法による生物多様性の向上が生態系サービスの向上に寄与するかどうかを明らかにするため、水田の主要な捕食者であるクモ類と、イネの代表的な作物害虫であるウンカ類を対象に個体数の調査を行い、農法が害虫防除サービスに及ぼす影響を解析した。また水田に棲む生物の個体数は農法や圃場管理だけでなく、生物の移動を介して周辺環境からの影響も受けるため、周辺環境からの影響も同時に検証した。調査地は、栃木県塩谷町風見地区と風見山田地区であり、調査圃場として、環境保全型水田（殺虫剤使用無し）10 筆と慣行栽培水田（殺虫剤使用あり）10 筆の計 20 圃場を選んだ。調査対象としたクモはアシナガグモ属・コモリグモ科・コサラグモ類・アゴブトグモ属のクモの 4 グループであり、それらの個体数を、捕虫網による掬い取り法とイネ株元の見取り法によって調べた。調査地の景観データについては、地理情報システムのソフトウェアである ArcGIS ver10.0 を用いて、調査圃場から 50m, 100m, 200m の異なる範囲に含まれる土地利用（森林、建造物）面積を評価し、統計モデルの説明変数として用いた。解析の結果、クモ類は四つの分類群ともに環境保全型水田で個体数が多かったが、周辺環境（景観）から受ける影響は分類群によって異なった。すなわち、造網性クモ類であるアシナガグモ属と地表徘徊性のコモリグモ科のクモは、周囲 200m 以内の森林被覆割合が高い水田ほど個体数が増加した。逆にコサラグモ類・アゴブトグモ属については、周囲 200m 以内の森林被覆割合が高い水田ほど個体数が減少した。これらの違いは各グループによる周辺環境の利用の仕方の違いを反映していると考えられる。さらにこれらのクモが作物害虫の抑制に貢献しているかどうかを検証するために、イネ縞葉枯病の媒介者として問題になるヒメトビウンカの個体数に影響を与える要因を調べたところ、ヒメトビウンカの個体数は殺虫剤を使用しない環境保全型水田で減少すること、そしてクモの個体数との関連も調べたところ、アシナガグモ属のクモと害虫個体数の間に負の関係が生じることも分かった（図 2）。このことから、圃場周囲の森林や農法は各種のクモ類の個体数に影響を及ぼすことで、水田内のクモのグループ構成に影響を及ぼすと共に、その影響は害虫の個体数にも波及することが示唆された。

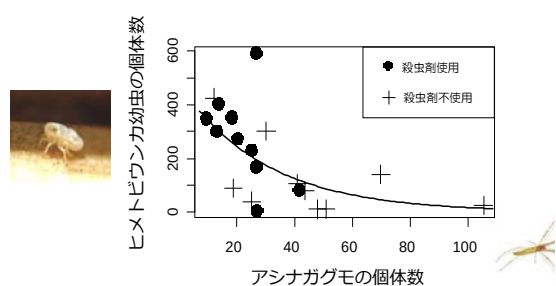


図 2: アシナガグモの個体数とヒメトビウンカ幼虫の個体数との関係。

奄美・やんばるにおける森林利用と生物多様性保全の調和を図る研究

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所
森林植生研究領域 阿部真

奄美大島と沖縄島北部のやんばるの森林で、希少なトゲネズミやカエル類の生態調査に有効な技術を開発しました。またやんばるでは、施業履歴や林齢などの林分情報を更新するとともに、林冠構造を広域的に把握し、さらに、希少種の生息環境を維持するために高齢林の保全が重要であることを示しました。一方、森林伐採が現状の速度であれば、林業が生物多様性の保全に及ぼす影響が限定的であることも示唆されました。これらの成果は、地域のゾーニングや動植物の保護管理に活かされています。

本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(4-1503)「奄美・琉球における森林地帯の絶滅危惧種・生物多様性保全に関する研究」により実施しました。(共同研究者: 森林研究・整備機構森林総合研究所 正木隆・齋藤和彦・小高信彦・安田雅俊・安部哲人、琉球大学 高嶋敦史、東京農工大学 岩井紀子、長崎大学 杉村乾

○生物多様性のホットスポット

日本の南西諸島には世界的に稀な亜熱帯性多雨林が分布し、多くの固有種を含む極めて多種の動植物が生息しています。わが国は2017年と2019年に、奄美大島・徳之島・沖縄島北部・西表島の森林について、世界自然遺産への登録をユネスコに推薦しました。一方、多くの種の絶滅が危惧されている奄美大島や沖縄島北部のやんばるでは、林業が重要な経済活動となっています。天然生林の伐採は種の絶滅リスクを高める可能性があるため、生物多様性の保全と森林の利用を両立させていくための研究を行いました。

○希少種の調査技術を開発

生物多様性の保全のためには、希少な動植物の生態を知る必要があります。やんばるを代表する希少種、オキナワトゲネズミの観察ツール「巣箱カメラ」を開発しました(図1)。これにより、生息地の精度良い探索や、糞の採取や個体の識別が可能になりました。また、奄美大島を代表する希少種として、アマミイシカワガエル、オットンガエル、アマミハナサキガエルの3種について、生息する沢を判定する環境DNA分析手法を確立しました。これによって、これらのカエルの調査を簡便に実施できるようになりました。

○林分情報の更新と詳細化

森林の管理では林分の歴史や状態を正確に把握することが重要です。やんばるの林齢や施業履歴の記録を掘り起こし、地図を更新しました(図2)。また、航空機レーザー測量(LiDAR)の数値から、広範囲の地形と林冠高を把握しました。さらに、施業履歴にない大径・高齢の林分を、空中写真の判読により抽出しました。詳細な林分情報を基に植生調査をおこなった結果、施業履歴によって林分の階層構造や絶滅危惧種・外来種の数が大きく異なることがわかりました。また、高齢林に依存する希少種を効率的に発見できるようになりました。

○生物多様性保全の鍵

やんばるにおいて、固有の着生ランであるオキナワセッコク、そして日本最大の甲虫であるヤンバルテナガコガネなどが利用する樹洞(大きなウロ)の分布を調べました。その結果、イスノキなどの大径木を含む高齢林が希少種の生息地として重要であることを明らかにし、優先的に守るべきであるという提案をおこないました。また、やんばると奄美大島における近年の伐採面積から将来の林齢構成を計算した結果、若齢林は減少していくと予測され、生物多様性の保全に対する林業の影響は限定的であることが示唆されました。

○森林管理への利用

開発した調査技術によって得られた新たな知見にもとづき、希少種の保全や回復をはかる林分の管理を提案しました（図 3）。以上の成果は、国有林や県・村等の森林管理者、また環境省那覇自然環境事務所等の自然保護行政当局と共有することで、ゾーニングや動植物の保護管理に活用されています。また、国による世界自然遺産推薦の際に、推薦区域の選定に貢献しました。



図 1

巣箱カメラ（左）と撮影画像（右）

内部のカメラ（動画可能）により、個体の大きさ等の特徴を確認できます。右はオキナワトゲネズミ 3 頭が巣箱に入ったところ。

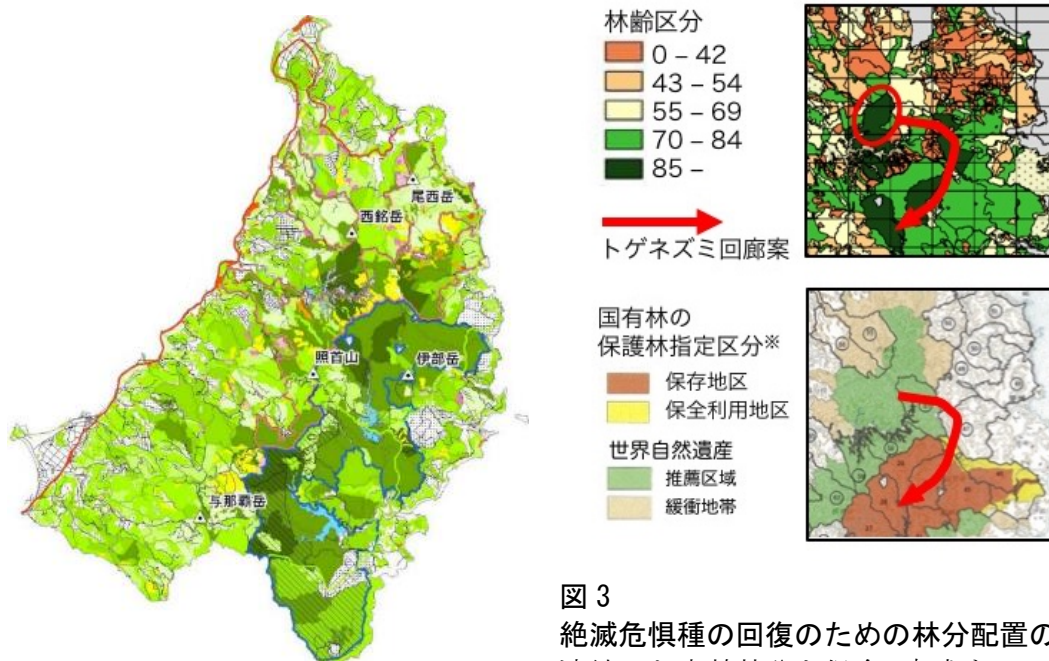


図 2

やんばるの新たな林齢地図

掘り起こした記録をもとに林齢地図を更新しました。10 年ごとに色分けしており、最も濃い緑は 2019 年現在で 90 年生以上の林分です

図 3

絶滅危惧種の回復のための林分配置の提案

連続した高齢林分を保全・育成することで、高齢林に依存するトゲネズミの回復を期待します。

- （上）赤丸の生息域から高齢林分を連続させる回廊案
- （下）保護林と世界自然遺産推薦地域（2017）。回廊に係る白い林班は、2019 年の推薦で、新たに緩衝地帯としてゾーニングされました。

外来種による生態系連結とディスサービスの事例

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所

野生動物研究領域 亘 悠哉

外来生物による生物多様性や生態系サービスへの影響は各地で甚大化し、大きな社会問題ともなっている。外来種の特徴の一つに、幅広い生息地選択が挙げられえる。これにより、これまで在来種では利用されてこなかった環境に外来種が定着したり、自然生態系と人間の活動圏の両環境を利用したりすることで、人為的な影響が外来種を通して自然生態系に及んでしまうこともある。

本発表では、外来種による異なる生態系の連結と、それに伴うディスサービスの事例として、放し飼いネコや飼い主のいないネコが引き起こすネコ問題をとりあげる。ネコは外来哺乳類の中でも、最も身近でかつ最も侵略的な捕食者と特徴づけられる。ネコは人間のペットとして人間生活に密接に関わっている一方で、一步野外にでると、捕食能力に優れた強力なハンターとなることを認識しなければならない。世界中でネコの在来種捕食が問題化し、対策の必要性が訴えられており、日本でも同様の状況にある。

日本において、ネコは、人間活動エリアと自然環境エリアとの距離に応じて便宜的に、“飼い猫”、“ノラネコ”、“ノネコ”の3つに区別されている。その中で、生態系に対して影響を与えうる、つまり在来の野生動物を捕食するのはノネコであり、ネコが及ぼす生態系への影響は“ノネコ”問題として整理されることが多い。しかしながら、例えば都会のような、人間の居住エリアと野生動物の生息地である自然環境の距離が離れている地域では、そのような3つのネコを区別することができる場合もあるが、地方や島嶼など、人間生活の場所と自然環境が明確に区別できない場合には、人間活動エリアと自然環境エリアとの距離に基づいたネコの区別の前提が成立していない。したがって、ネコを上記の3つに区分する枠組に基づいた現行の対策や議論では、ネコ問題の解決に有効な答えが出せていないのが現状である。

本発表では、ネコによる在来種の捕食の問題が明らかになってきた南西諸島における糞分析や安定同位体分析によるネコの食性研究の事例を紹介し、島々におきている脅威の実態について概説する。さらに、人間生活に依存しているネコが、絶滅危惧種を捕食していることを示唆するデータを紹介し、ネコの移動が生態系を連結し、ディスサービスをもたらすこと、生態学的には“ノネコ”と“ノラネコ”を明確に区分することはできないことを示す。それを基に、現在のネコ問題対策や、その背景にある法制度の課題を抽出し、今後のネコ問題解決への対策の方向性や、ネコの3区分にとらわれない新たな考え方の枠組みの提案を行う。

半自然草原での防鹿柵設置による絶滅危惧動植物の保全

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所

生物多様性研究拠点 小山明日香

近年シカ類の分布拡大や個体群密度増加が進行し、それに伴う農林業被害や生態系被害が全国的な課題となっている。これまでシカ食害による生態系被害に対し、防鹿柵の設置による植生保全やその効果の実証研究が森林生態系を中心に進められてきた。一方、火入れや採草といった伝統的管理により高い生物多様性が維持され、開発や管理放棄により近年急速に減少している半自然草原においては、シカ食害による生物多様性への影響や防鹿柵設置の効果は未だほとんど検証されていない。

長野県に位置する霧ヶ峰高原は多くの絶滅危惧動植物が生息地する国内有数の観光地であるが、ニホンジカによる観光資源植物（ニッコウキスゲ）の被食被害が深刻化したため、防鹿柵の設置が試みられている（図1）。本研究では、霧ヶ峰高原内の半自然草原を対象に、防鹿柵設置による生物多様性保全効果を複数生物相（植物相および昆虫相）を用いて検証するとともに、空撮画像解析により生物多様性保全効果をより広域で視覚化した。

方法として、5つの防鹿柵を対象に柵内および柵外に計24プロットを設置した。植物相調査として、各プロットで出現種名および開花数を記録した。昆虫相調査として、チョウ類およびマルハナバチ類を対象に出現種名および個体数を記録した。さらに、無人飛行機（通称ドローン）による空撮撮影を行い、空撮画像をもとに柵内外のニッコウキスゲの開花数を計測した。

結果、植物の総種数、絶滅危惧種数、花数およびニッコウキスゲの花数はいずれも柵内で柵外より多く、チョウおよびマルハナバチの個体数も柵内で柵外より多かった（図2）。また、ドローン空撮画像から、柵外ではニッコウキスゲの花数が著しく少なく、防鹿柵による高い保全効果が明らかとなった（図3）。本成果は、防鹿柵の設置が観光資源植物および絶滅危惧動植物を保全するうえで不可欠であることを示している。



図1 長野県霧ヶ峰高原に設置された防鹿柵
柵内（写真手前）ではニッコウキスゲが開花しているが、柵外（写真奥）ではシカの食害により開花がみられない。

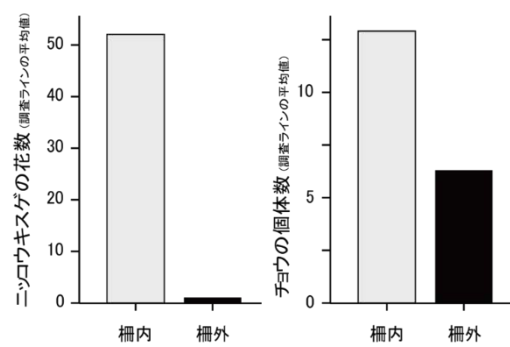


図2 防鹿柵内外の花数および昆虫個体数

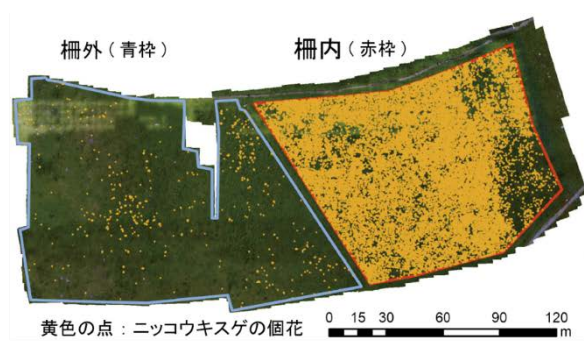


図3 ドローン画像解析による防鹿柵内外の開花状況

我が国固有の内水面生態系の保全と再生に向けた

新たな外来魚の防除技術

水産研究・教育機構¹⁾、三重大学²⁾、いであ株式会社³⁾

岡本裕之¹⁾、奥宏海¹⁾、内野翼¹⁾、栗田潤¹⁾、河村功一²⁾、正岡哲治¹⁾、山口寿哉¹⁾、
山口友樹³⁾、古澤昭人³⁾、藤原篤志¹⁾

要旨：

全国でブルーギル、オオクチバスなどの侵略的外来魚の駆除のために、多大な労力をかけ捕獲が行われている。しかし、生息密度が低下すると捕獲が困難となり、根絶させるのは極めて難しい。池干しは効果的であるが使用できる場所が限られ、希少種の生息地や内水面の漁場など適さない場所も多い。またわずかな卵や稚魚を取り残す可能性もある。そのため、新たな防除手法として、外来魚の生息密度に関わらず駆除効果を維持し、根絶まで導くことができる技術の開発が必要である。

我々はブルーギルを対象に新たな防除技術「遺伝子制圧法」を考案した。本手法は、野生集団の雌を不妊化することで、次世代の集団サイズを減らし、根絶まで導く方法である。本方法では、雌の不妊化は、内在性の性成熟、卵形成に関わる遺伝子の働きを抑えることでもたらすため、他生物からの外来遺伝子を組み込まないのが特徴である。これまでにブルーギルの全ゲノムおよび発現遺伝子の情報をデータベース化し、着目した雌の生殖能力に関係する遺伝子の配列情報を得ることができるようになった。さらにオオクチバスの全ゲノム情報の整備についても現在進めている。ブルーギルについて、得られた全ゲノム情報と遺伝子編集技術を用いて、雌の性成熟や卵形成に関わる複数の遺伝子に対して変異導入個体を作成し、その特徴や安全性を調べる段階まで進んでいる。今後は試験魚を用いて管理区域内で、不妊化魚の行動などの生物学的特性や不妊化遺伝子の集団への浸透特性について調べていく予定である。

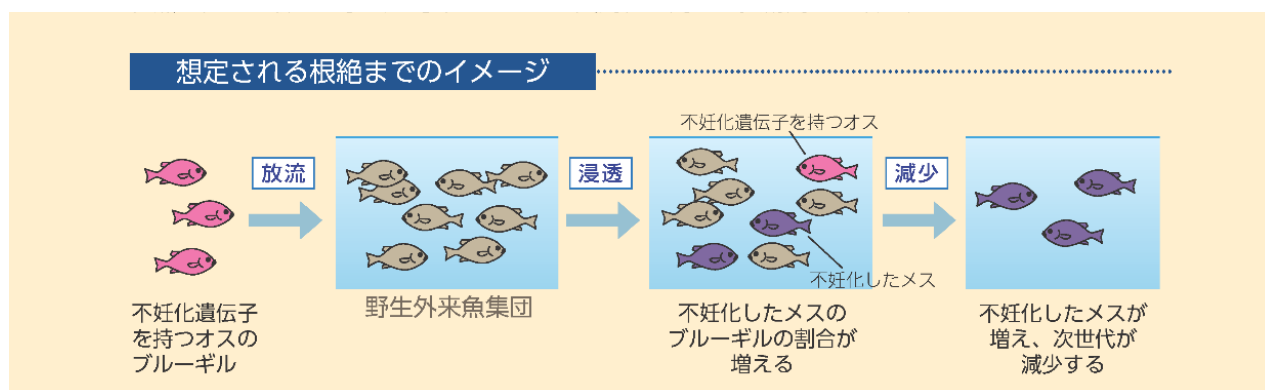


図1 開発を進めている新たな防除技術の概念図（FRA ニュース Vol.52 より改変）

*本研究は、環境省環境研究総合推進費 4-1408、4-1703 の支援を受けて実施された。

サンゴ礁における褐虫藻の役割

山下洋¹, 酒井隆一², 池田広樹², 神保充³, 新里宙也⁴, 鈴木豪¹, 福岡弘紀¹,
井上菜穂子⁵

¹国立研究開発法人 水産研究・教育機構 西海区水産研究所, ²北海道大学大学院水産科学
院, ³北里大学海洋生命科学部, ⁴東京大学大気海洋研究所, ⁵日本大学生物資源科学部

要旨：

海の熱帯雨林とも称されるサンゴ礁海域が、あらゆる海洋環境の中でもトップクラスの生物多様性と生産性を有する海域であることは広く知られている。しかし、貧栄養な熱帯・亜熱帯海域でサンゴ礁が「なぜ」大量の生物を保持し得るのか、そのメカニズムの多くはブラックボックスのままである。そのため、サンゴ礁から持続的に水産物を得るために、科学的根拠に基づいてサンゴ礁を維持・管理することが困難であり、またサンゴ礁が失われると生物にどのような影響があるのか、理論立てて説明することも同様に困難である。サンゴ礁には海洋生物種の約3割が生息すると言われる。膨大な量の生物を保持するサンゴ礁生態系を支えるのは、サンゴ内に共生する褐虫藻（Symbiodiniaceae 科渦鞭毛藻）だと考えられている。褐虫藻はサンゴの骨格表面積 1 cm² あたりに数十万から数百万細胞という極めて高密度な状態で共生して光合成を行っている。では、サンゴの「細胞内」で暮らす褐虫藻の莫大な生産力はどのようにサンゴ外の環境とリンクするのか？ その解明こそが、サンゴ礁生態系がなぜ大量の生物を保持し得るのかという謎を紐解く重要なヒントになり得る。現在、褐虫藻の光合成産物はサンゴの粘液を介して環境に放出されると考えられ、物質循環的な視点で数多くの研究が実施されている。これらの研究では、サンゴ-褐虫藻共生システムは単に粘液供給源と捉えられているが、特異なサンゴ礁生態系の物質フローがサンゴ粘液ルートのみで説明できるだろうか。両者の共生関係を実際に観察していると、サンゴは粘液のみならず驚くほど多くの褐虫藻を周辺の環境中に放出していることが解る。これらはサンゴ内で細胞分裂により増殖した余剰分の褐虫藻であるが、仮にこの「放出された褐虫藻」が直接周囲の動物プランクトンに捕食されているとすると、サンゴ礁生態系の栄養伝播の直接的かつ効率的なルートになり得る。しかし、このルートの立証のためには、従来の物質循環的アプローチでは困難である。放出された褐虫藻が速やかに周辺の植物プランクトン群集に紛れ込むため、安定同位体比の分析で生物間のつながりを調べる従来法では一次生産者の種類が特定できず、「何を食べたのか」が分からない。そこで、我々は学際的な共同研究体制を構築し、最新の分析技術により褐虫藻が作り出す微量成分を含む代謝産物を指標として、褐虫藻と動物プランクトンの直接リンクを明らかにしようとしている。現在までに褐虫藻の指標となる可能性のあるマーカー物質の候補を見出した。また、室内実験で動物プランクトンに褐虫藻培養株を捕食させ、これら物質の蓄積を確認している。本発表ではこれらを中心に、現在進行している研究などについて紹介する。

東京湾における有用魚介類の卵稚仔に 貧酸素水塊が及ぼす影響の解明

千葉県水産総合研究センター、三田久徳・宇都康行・石井光廣

マコガレイは東京湾における底びき網や刺網の重要魚種であるが、近年漁獲量が減少している。東京湾のマコガレイは一生を湾内で過ごし、浅海域の開発や貧酸素水塊などの影響を強く受けると考えられる。そこで、マコガレイの生活史の中で、とくに減耗が推定される卵期と着底稚魚期への貧酸素水塊の影響について、卵期は海底直上の溶存酸素濃度とふ化率の変化、着底稚魚期は分布と餌生物の出現状況を調査した。

卵期については、習志野市茜浜地先の浚渫くぼ地周辺で確認されたマコガレイ産卵場において、底泥を柱状サンプリングし、マイクロプロープタイプの DO 計を用いて海底直上の溶存酸素濃度の変化を調べたところ、底泥直上 1cm 以下では溶存酸素濃度が急激に低下することが確認された（図 1）。また、マコガレイ卵の溶存酸素濃度別のふ化率について、受精卵を溶存酸素濃度の段階別に保管し、そのふ化率を確認したところ、溶存酸素濃度が 10% 以下になると正常にふ化しないことがわかった（図 2）。

着底稚魚期については、東京湾東岸沿岸の着底海域において、西海区水研Ⅲ型ソリネットを曳網し、稚魚の分布状況を調査したところ、稚魚は調査海域の稲毛～袖ヶ浦の広範囲で採集され、千葉～養老付近で多くみられた。稚魚は概ね 3 月に分布密度が高く、4 月に減少し、5 月以降ほとんど分布しなくなった（図 3）。天然河口干潟（養老）と直立岸壁（椎津など）の分布密度を比較すると、年によっては直立岸壁の方が多い場合もあった。採集された稚魚は外見でも胃袋が膨らみ、飽食状態と思われる個体が多く、胃内容物をみると稚魚の主な餌生物と報告されている甲殻綱のハルパクチクス目などの底生生物がみられた。一方、エクマンバージ採泥器および広田式ソリネットで採集した底生生物をみると、天然河口干潟、直立岸壁とも稚魚の分布がほとんどみられなくなる 5 月以降も稚魚の胃内容物でみられた多くの底生生物が出現し、着底海域の餌環境は十分であることが推察された。

これらのことから、卵期については産卵場の底質を改善することが有効であり、着底稚魚期については生息場の直立岸壁前面を整備することにより、マコガレイ稚魚の生息場を拡大できる可能性が考えられた。

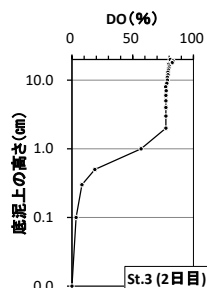


図 1 底泥コア上水における溶存酸素濃度の鉛直分布（深場の 2 日目）

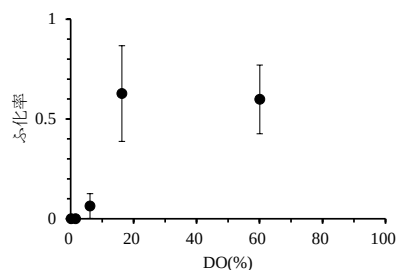


図 2 溶存酸素濃度とマコガレイ卵のふ化率の関係

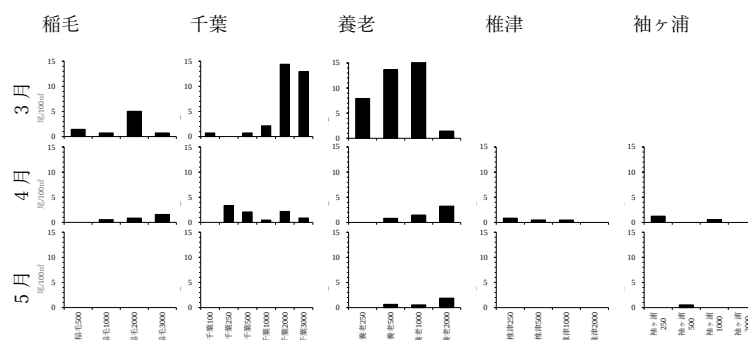


図3 調査点別・月別マコガレイ分布密度（尾/100m²）

トリガイは本州以南の内湾の、水深 10-30 m の泥地や砂泥地に生息し、江戸前を代表する美味な二枚貝である。東京湾では、4-7 月に内湾北部の水深 10 m 以深の泥地で、底びき網漁業などが殻長 60 mm 以上を漁獲しており、この時期の重要な収入源となっている。一方、東京湾の内湾北部は、毎年 5-11 月に底層で貧酸素水塊が発生し、同海域のトリガイが死滅するといった大きな影響を受けている（図 4）。そこで、東京湾内湾において、秋季から冬季にかけて行った、トリガイ浮遊幼生及び着底稚貝の分布調査から、貧酸素水塊との関係を明らかにし、影響軽減策を検討した。

表層での幼生は 9-11 月に出現し、ピーク時には内湾全域に分布した。表層の溶存酸素量は十分あり、幼生の生存に影響を与える可能性は低いと考えられた。底層での幼生は、表層から 1-2 週間遅れて出現し、貧酸素水塊が解消した 11 月中旬から下旬に内湾全域に分布した。底層の幼生分布は、貧酸素水塊によって制限を受けると考えられた。

着底稚貝の分布から、10-12 月に習志野から袖ヶ浦沖で採取した殻長 2-10 mm の着底稚貝は、貧酸素水塊が解消した後に着底したと推定された。

粒子追跡モデルによる解析から、主漁場の内湾北部に着底する幼生は、貧酸素化しにくい内湾南部から供給されていると推定され、内湾北部で再生産している可能性は低いと考えられた。

これらのことから、効果的な資源利用策として、毎年貧酸素水塊によって死滅する内湾北部漁場は一代採捕場と考えて全て漁獲し、殻長 60 mm 未満の小型貝の有効活用を図ることが合理的な資源利用策であると考えられた（図 5）。

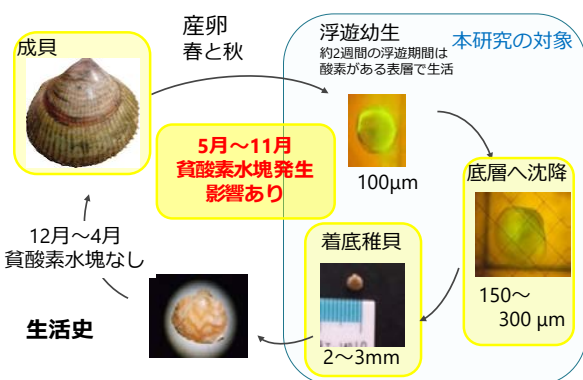


図4 東京湾のトリガイの生活史

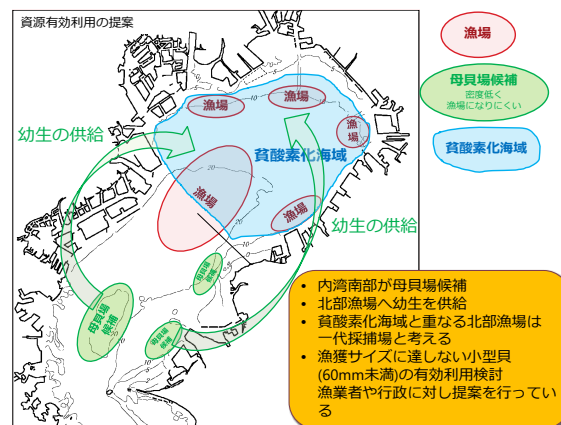


図5 漁場利用のイメージ

水環境診断用センサアレイチップ ～細胞応答性核酸の迅速センシング～

産業技術総合研究所 環境管理研究部門、青木 寛

【はじめに】現在、我々の身の回りでは膨大な種類と量の化学物質が産業利用されている。アメリカ化学会の CAS 番号が登録されている化学物質だけでも約 1 億 6,000 万種類あり（2019 年 11 月現在）、また、新規化学物質届出件数も年に数百種類にも上っている。一方で、化学物質は大気や水域を通して拡散しやすく、例えばアジア諸国では化学物質による水質汚染が深刻な問題となって久しい。化学物質を上手に産業利用するためには、化学物質が生体に対してどのような影響があるのかを知った上で、効果的に利用することが必要だ。そのため、生体応答に基づく化学物質管理技術がますます重要になる。

化学物質の有害性評価は、従来はマウスやラットなどを用いた動物実験が主流であったが、2013 年に EU で制定された欧州化粧品規制では、動物実験により安全性を評価された化粧品の EU 内での流通・販売を禁止するなど、動物実験に代わる安全性評価法の開発が急速に進んでいる。中でも、細胞をベースとした安全性評価法の開発が盛んである。細胞の設計情報や細胞内活動の制御情報を司る DNA およびその転写産物である RNA は、外界の刺激に対して鋭敏に反応する。細胞が化学物質に曝露されると、細胞から発現するある種の RNA は、その発現量が化学物質の種類・量および曝露期間等によって大きく異なることが知られている。どのような化学物質にどのくらい曝露された際に、どのような配列の RNA がどれだけ発現するかが予め分かっていたら、未知の化学物質に対する安全性評価ができると期待される。

現在、このような発現量の解析は、高速シーケンサーや DNA マイクロアレイを用いて行われている。高速シーケンサーを用いることで、試料中に含まれる全ての RNA 配列を対象に、その配列と相対量を求めることができる。また、DNA マイクロアレイでは、対象とする特定の RNA 配列に対して、その相対量を求めることができる。一方で、化学物質の有害性評価は、化成品の開発時だけではなく使用時や使用後の環境中への拡散の際にも重要であることから、環境やヘルスケア管理の現場での活用も望まれている。現在主流の高速シーケンサーや DNA マイクロアレイでは、現場での迅速な「その場」評価が困難であり、試料の採取後に研究室内に持ち込んで評価を行う。これらの手法は広く使われているが、測定対象 RNA の蛍光標識に基づく分光学的手法であるため、装置の省サイズ化や測定手技の簡略化に課題がある。

著者らは、このような課題を解決し、環境やヘルスケア管理の現場での「その場」分析を可能とするため、装置の省サイズ化や手技の簡略化等に利点のある電気化学的手法に基づき、簡便・迅速な核酸検出法の開発に取り組んできた。本発表では、バイオマーカー核酸（指標核酸）を並列的に検出するセンサアレイチップの開発とその環境・バイオ診断への応用について紹介する。

【実験と結果】著者らは簡便・迅速な核酸検出法の開発のため、核酸自身の物理化学的な性質に基づいて配列選択的にターゲット核酸を検出する原理を開発してきた。その 1 つの原理である表面電荷変化型の核酸センサの原理に基づき、核酸センサアレイの開発へと進んだ。一般的に、化学物質の生体影響評価には、数十から数百の RNA 発現を同時観測することが求められている。そこで、384 個の微小電極を有する 384 ch マイクロ電極アレイチップを作製した。このチップは、ガラス基板表面に金薄膜をスパッタ製膜した後、電極アレイを光リソグラフィ法に基づきパターン形成して作製した。電極サイズは直径 300 μm 、電極間距離は 1 mm であり、8 列×12 行の 96ch アレイを 4 個割り付けた。

また、この電極アレイチップ上に人工核酸プローブの溶液を塗布してセンサを作製するため、微量のプローブ溶液を金薄膜電極表面に接触することなく滴下可能な、スポッティング装置を新たに開発した。この装置は、熔融シリカキャピラリーを8本有しており、それぞれ異なる試料溶液を吸い込み、吐き出すことができる。キャピラリー先端に試料溶液の液滴を形成し、キャピラリーの微小の上下動により液滴のみを電極表面に移し取ることで、キャピラリー先端を衝突させることなく微量分注が可能となる。分注最小量は5 nL、分注誤差3%以下の分注を可能とする。グリセリンと水の1:1混合溶液のような比較的粘性の高い溶液にも、上記精度で分注可能だ。さらに、8本のキャピラリー間隔を0.9 mmから9 mmの間で自在に調整可能であることから、試料溶液の吸い込み時には広い間隔で吐き出し時には狭い間隔での分注作業を可能とする。

このスポッティング装置を用いてマイクロ電極アレイチップ上の電極に、ヒト細胞に環境中の内分泌攪乱物質を曝露すると発現量が増大することが知られているエストロゲン応答遺伝子をターゲットとする4種類のプローブの水溶液を滴下して、センサアレイチップを作製した。電荷変化型の核酸センサの原理に基づき、電気化学活性マーカーとして $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ を用いた。1枚のチップ上にこの4種のプローブを固定化して各センサを作製し、ターゲットであるエストロゲン応答遺伝子をコードしたメッセンジャーRNA (mRNA) の配列を有する相補鎖DNAおよび異なる配列を有する非相補鎖DNAの水溶液を滴下して、一定時間静置した。その後電気化学測定を行い、1枚のセンサアレイチップ上で4種のターゲットに対する配列選択的な検出が可能かどうか検討した。 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ の酸化還元反応に基づくセンサ応答結果を図1に表した。その結果、それぞれのプローブを固定化して得られたセンサにおいて、相補鎖DNAと非相補鎖DNAとを明確に区別することを見出した。同様に、ヒト細胞中の肺がんマーカーとして知られるマイクロRNA (miRNA) をターゲットとする4種類のプローブの水溶液を滴下してセンサアレイチップを作製し、1枚のセンサアレイチップ上で4種のターゲットの検出可能性を検討したところ、それぞれのプローブを固定化して作製したセンサに対し、配列選択的に検出可能なことを見出した。

【結論】ヒト細胞中のRNA配列の配列選択的な検出を通じた環境・ヘルスケア管理への応用を示せたことで、集積化された核酸センサアレイを誰もが使える簡易スクリーニング技術へと発展する道筋をつけたと考えている。簡便・迅速なオンサイトスクリーニングの点では、環境・バイオ診断の指標となる特定RNAを対象としたフォーカスド・アレイが優れている。今回紹介した特定の診断用マーカーRNAを対象とした人工核酸プローブに基づく簡便・迅速なセンシング法は、最も現場での利用可能性の高い検出法の1つと考えられる。

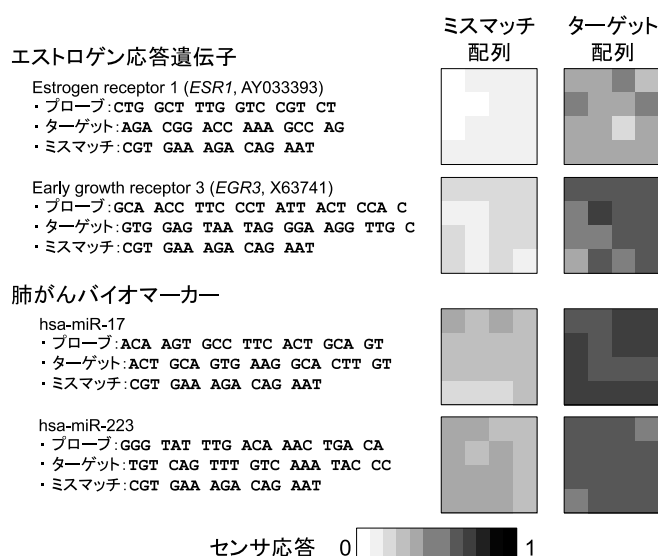


図1: エストロゲン応答遺伝子配列および肺がんマーカー配列におけるセンサ応答。1区画は4×4センサアレイから構成。

- 1) H. Aoki, M. Torimura, T. Nakazato, *Biosens. Bioelectron.*, **136**, 76 (2019).
- 2) H. Aoki, M. Torimura, H. Tao, T. Ikeda, US Patent 8,663,577 (2014.3.4), US Patent 8,808,625 (2014.8.19), US Patent 9,120,071 (2015.9.1), JP Patent 4,686,769 (2011.2.25), JP Patent 5,339,257 (2013.8.16), JP Patent 5,552,623 (2014.6.6).
- 3) 青木 寛, 「遺伝子検出センサの高集積チップデバイス化と環境診断応用への展開」, *JIR NEWS*, **3**, 14 (2017).

地域気候モデルで予測された日本の将来の気候

村田昭彦、川瀬宏明、野坂真也、佐々木秀孝（気象研究所）

気象研究所では、非静力学地域気候モデル（NHRCM）を用いて、地球温暖化を想定した日本の将来の気候についての予測シミュレーションに取り組んできた。得られた予測データは、気象庁を始めとする官公庁、大学、各種研究機関など様々な方面で利用されている。例えば、気象庁が数年おきに発刊している地球温暖化予測情報においては、第8巻（気象庁, 2013）、第9巻（気象庁, 2017）でNHRCMによる予測結果（Sasaki et al 2011; 2012, Murata et al. 2015）が利用されている。また、環境省が主導している地域適応コンソーシアム事業においても、NHRCMによる予測結果（Mizuta et al. 2017, Murata et al. 2017）が日本の各地域での温暖化適応策策定に資するデータとして活用されているところである。

これらの予測データを用いると、地球温暖化によって様々な気象要素がどのような変化をするのか分析することができる。ここでは、これまでに得られた結果の中から降水量について例示する。なお、雪や風といった他の気象要素についての分析は参考文献（例えば、Kawase et al. 2016, Nosaka et al. 2019）を参照されたい。

昨今、豪雨災害が頻発していることもあり、極端な降水が将来どのように変化するか関心が持たれている。ここでは極端な降水量の指標として年最大1時間降水量を取り上げ、その現在（図1a）から将来（図1b）にかけての変化率を示した（図1c）。全ての地域で変化率が正となっていることから、将来は全国的に極端降水が量的に増加することが分かる。これは年降水量（図1d）の状況とは対照的である。時間平均的な降水量の指標である年降水量の場合は、変化率の絶対値が比較的小さい。変化率が負の値（将来、降水量が減少）を示している地域もある。すなわち、平均的な降水量があまり変わらなくても、極端な降水量は増加傾向にある可能性が高いということである。

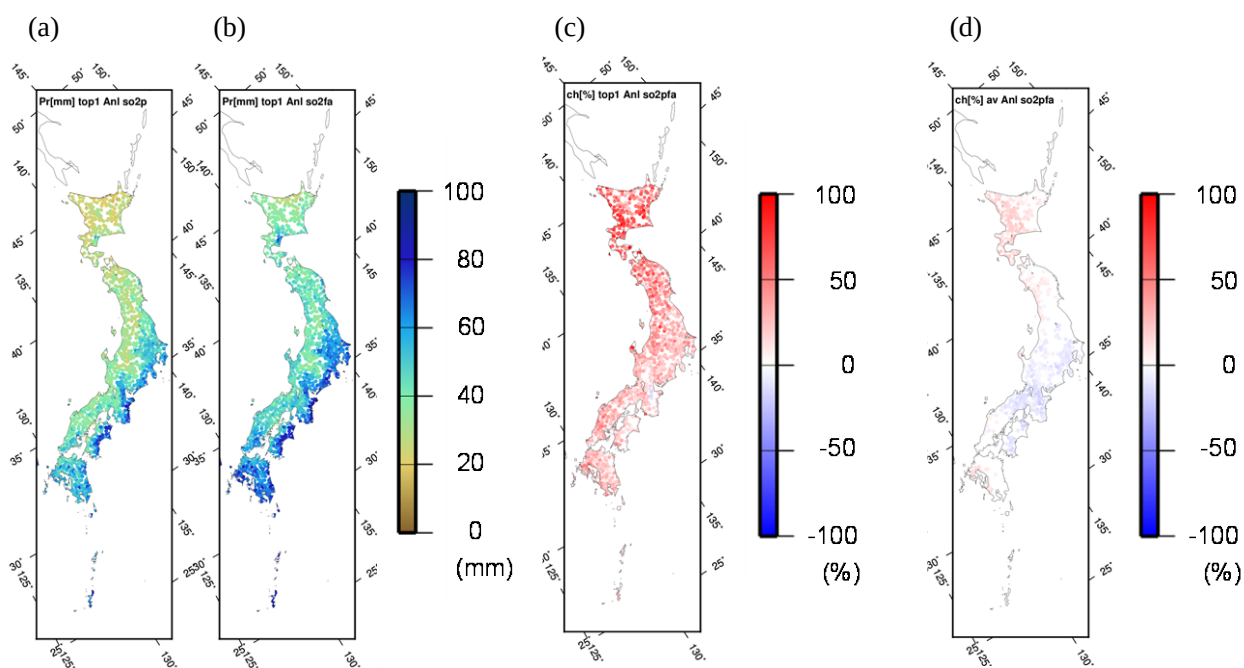


図 1 格子間隔 2km の NHRCM を用いて計算された、(a) 現在及び(b) 将来気候における年最大 1 時間降水量、(c) 年最大 1 時間降水量の現在から将来にかけての変化率、(d) 年降水量の現在から将来にかけての変化率。将来気候については RCP8.5 シナリオでの 21 世紀末を想定している。

謝辞

本文中に記述されたデータの一部は、文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム（テーマ C）」及び「統合的気候モデル高度化研究プログラム（テーマ C）」から提供された。

参考文献

- Kawase, H., A. Murata, R. Mizuta, H. Sasaki, M. Nosaka, M. Ishii, and I. Takayabu, 2016: Enhancement of heavy daily snowfall in central Japan due to global warming as projected by large ensemble of regional climate simulations. *Clim. Change*, **139**, 265–278.
- 気象庁, 2013: 地球温暖化予測情報第 8 巻, 平成 25 年 3 月, 88pp.
- 気象庁, 2017: 地球温暖化予測情報第 9 巻, 平成 29 年 3 月, 41pp.
- Mizuta, R., A. Murata, M. Ishii, H. Shioyama, K. Hibino, N. Mori, O. Arakawa, Y. Imada, K. Yoshida, T. Aoyagi, H. Kawase, M. Mori, Y. Okada, T. Shimura, T. Nagatomo, M. Ikeda, H. Endo, M. Nosaka, M. Arai, C. Takahashi, K. Tanaka, T. Takemi, Y. Tachikawa, K. Temur, Y. Kamae, M. Watanabe, H. Sasaki, A. Kitoh, I. Takayabu, E. Nakakita, and M. Kimoto, 2017: Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **98**, 1383–1398.
- Murata, A., H. Sasaki, H. Kawase, M. Nosaka, M. Oh'izumi, T. Kato, T. Aoyagi, F. Shido, K. Hibino, S. Kanada, A. Suzuki-Parker, and T. Nagatomo, 2015: Projection of future climate change over Japan in ensemble simulations with a high-resolution regional climate model. *SOLA*, **11**, 90–94.
- Murata, A., H. Sasaki, H. Kawase, M. Nosaka, T. Aoyagi, M. Oh'izumi, N. Seino, F. Shido, K. Hibino, K. Ishihara, H. Murai, S. Yasui, S. Wakamatsu, and I. Takayabu, 2017: Projection of future climate change over Japan in ensemble simulations using a convection-permitting regional climate model with urban canopy. *SOLA*, **13**, 219–223.
- Nosaka, S., H. Kawase, H. Sasaki, and A. Murata, 2019: Future changes in wind speed and acceleration of surface warming in early spring in snowy areas, *Progress in Earth and Planetary Science*, in preparation.
- Sasaki, H., A. Murata, M. Hanafusa, M. Oh'izumi, and K. Kurihara, 2011: Reproducibility of present climate in a non-hydrostatic regional climate model nested within an atmosphere general circulation model. *SOLA*, **7**, 173–176.
- Sasaki, H., A. Murata, M. Hanafusa, M. Oh'izumi, and K. Kurihara, 2012: Projection of future climate change in a non-hydrostatic regional climate model nested within an atmospheric general circulation model. *SOLA*, **8**, 53–56.

砂浜における魚類調査から見てくる海と川のつながり

国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室
主任研究官 渡邊 国広

背景と目的

川の土砂や栄養塩等の物質は河口から海へと流出することで、沿岸域の生物生息環境に影響を与えている。また、生活史のなかで海と川の双方のハビタットを必要とする生物も存在することから、海岸と河川いずれの管理においても、海と川を一連の生態系ネットワークとしてとらえる視点が欠かせない。

砂浜周辺の浅海域は、海と川を行き来する通し回遊魚（降河回遊魚、遡河回遊魚、両側回遊魚）が特定の生育段階における摂餌や浸透圧調整をおこなう場として欠かせない存在であるとされているが、波浪等の影響によって調査が難しいこともあり、外洋に面した砂浜における知見は乏しい。本研究では、海と川をつなぐ生態系ネットワークにおいて砂浜が有する価値を明らかにすることを目指し、国土交通省水管理・国土保全局が実施している「海辺の生物国勢調査」の結果から、通し回遊魚による砂浜の利用状況を明らかにすることを目的とした。

方法

（１）７海岸（仙台湾南部海岸、新潟海岸、富士海岸、駿河海岸、皆生海岸、高知海岸、宮崎海岸）において 2001 年度から 2016 年度にかけて実施された「海辺の生物国勢調査」の結果を収集し、水深 0.5～1.0m の碎波帯で実施されたサーフゾーンネット（目合い 1mm）による仔稚魚の採集結果を整理した。

（２）海辺の生物国勢調査の対象外となる沖合も含む仔稚魚の出現状況を確認するための補足調査として、2009 年 1～2 月に仙台湾南部海岸において、水深 0.5～1.0m では陸上からの地曳網（目合 2mm）、水深 2～12m では船舶から小型ビームトロール（袋網目合 2mm）によって仔稚魚の採集調査を実施した。

結果

これまでの海辺の生物国勢調査で採集され、種レベルまで同定できた魚類は 204 種であった。このうち通し回遊魚はアユとボウズハゼの 2 種であり、複数回の調査で採集されたのはアユのみであったことから、以降ではアユのみを対象として整理する。

仙台湾南部海岸における補足調査では、水深 6m 以浅でアユが採集され、水深 4m～6m の範囲で特に出現率が高かった（図-1）。また、採集個体の体長は水深 0.5～1.0m よりも水深 2m 以深の方が大きい傾向にあった（図-2）。

海辺の生物国勢調査でアユが採集されたのは 10 月から 1 月の間であり、特に 1 月と 12 月に集中していたが、6～9 月の調査では全く採集されなかった（図-3）。採集個体数は同測点・同月の調査であってもバラツキが大きく、1 回の調査で 1,000 個体以上が採集されることもあったが、5～6 年程度の調査結果を見れば、仙台湾南部海岸の測点「S4 号 HL-2」のように他よりも採集されやすい測点も見られた。

流路延長 10km 以上の河川の河口からのアユが採集された測点までの距離を計測すると、河口から 3m 以内で多く採集される傾向が見られたが、仙台湾南部海岸では河口からは 15km 近く離れた測線においても安定してアユが採集されていた（図-4）。

考察

仙台湾南部海岸における補足調査の結果より、砂浜では体長に応じた岸沖方向の棲み分けがなされており、汀線付近を対象としている海辺の生物国勢調査で得られるよりも広範囲かつ大量にアユの仔稚魚が生息していることがうかがえた。また、河口から15km程度離れた地点でも安定的に採集された結果は、河口周辺を中心に実施されてきた従来の水産分野の調査では得られなかった結果であり、広い範囲の砂浜がアユを始めとする通し回遊魚の生育に貢献していることが示唆された。

採集個体数が12～1月に集中したことはアユの生活史を考えれば当然のことであるが、海辺の生物国勢調査のような対象種を限定しないモニタリング調査では、出現種数の多さから夏季の調査が優先されるケースも見られる。通し回遊魚のように一時的に場を利用する生物にとっての価値を過小評価しないためにも、アユなどの特定の種に留意した調査時期の設定の考え方を示すことも必要と考えられた。

海辺の生物国勢調査は、限られた調査方法と調査回数とはいえ、砂浜を対象に継続的に実施されている数少ない調査制度である。全国の河川で実施されている水辺の国勢調査とあわせて運用されることで、海と川を結ぶ生態系ネットワークの実態解明に資するとともに、海岸と河川の双方の管理において有用な情報を提供するものとなると期待される。

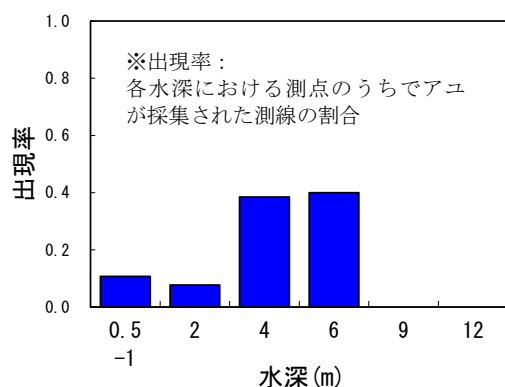


図-1 仙台湾南部海岸における水深別のアユの出現率

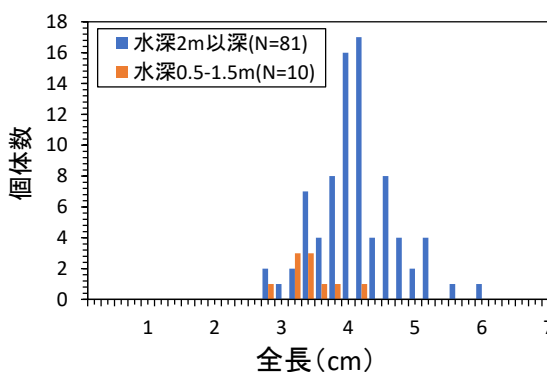


図-2 仙台湾南部海岸における水深別のアユの体長組成

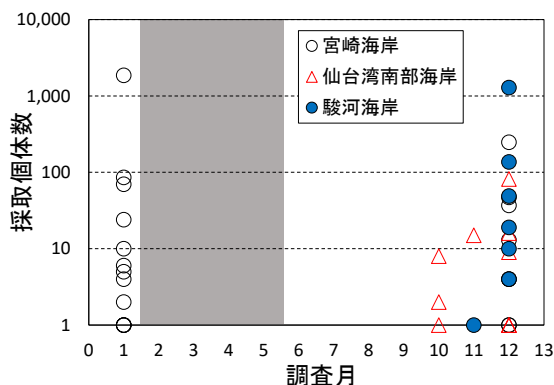


図-3 月毎のアユの採集個体数
※網掛け部は調査未実施

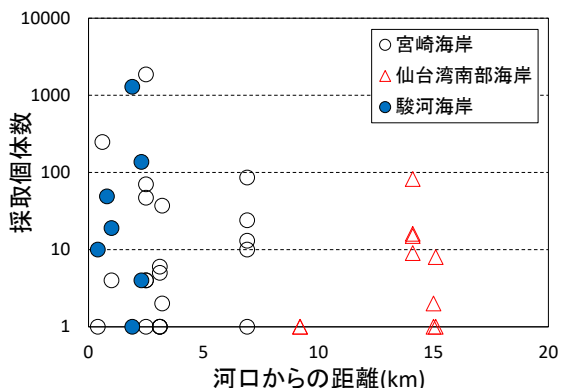


図-4 河口からの距離とアユの採集個体数の関係

急傾斜地崩壊防止施設と斜面植生

～植生を活用した施設の維持管理手法の検討事例～

国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 土砂災害研究室

研究官 金澤 瑛

室長 中谷 洋明

背景と目的

国土交通省では、がけ崩れ災害を防止するため、急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律（以下、急傾斜地法と称す）に基づき急傾斜地崩壊対策事業を進めている。急傾斜地崩壊対策事業では、都道府県が急傾斜地崩壊危険区域（図-1）を指定し、その区域内で急傾斜地崩壊防止施設（以下、施設と称す）を設置している。急傾斜地崩壊対策事業の対象は自然がけ（自然斜面）であり、人工がけ（人工的に造成された斜面）は事業の対象としていない。

1969年に急傾斜地法が施行されて以降、数多くの施設が設置されてきた。がけ崩れは人命が失われる災害に直結するため、従前は威圧的な構造物を前面に押し出した形になりがちであったが、環境・景観問題に対する関心の高まりなど社会的情勢の変化から、環境・景観への配慮を含めた施設づくりや改築への要請が高まってきている。例えば、かつてはのり面保護工として斜面一面をモルタルで覆い斜面の浸食を防止するモルタル吹付工（図-2）が積極的に採用された。しかし、近年ではのり枠工と植生工を組み合わせるなど環境面へ配慮した工種も積極的に取り入れられている。2019年5月に改訂された急傾斜地崩壊防止工事技術指針においても、斜面の全面緑化と立木残置で周辺の景観と調和を図る連続長繊維補強土工が新たに記載されるなどし、これまでも増して環境・景観面へ配慮されるようになってきている。急傾斜地崩壊対策事業は山間地のみならず都市部の自然斜面も対象とした事業であることから、環境・景観面へ配慮した工種の導入により、生態系ネットワークの一旦としての都市内緑地の保全・再生を図ることができる。

他方、気候変動などに伴い全国的にがけ崩れ災害は増加傾向にあることから、がけ崩れを防止するための斜面安定の基本原則は、施設により斜面の安定性を確保することによって変わらない。そのため、これまでに施工された施設の健全性を評価し、適切に維持管理を図っていくことが重要である。特にのり面

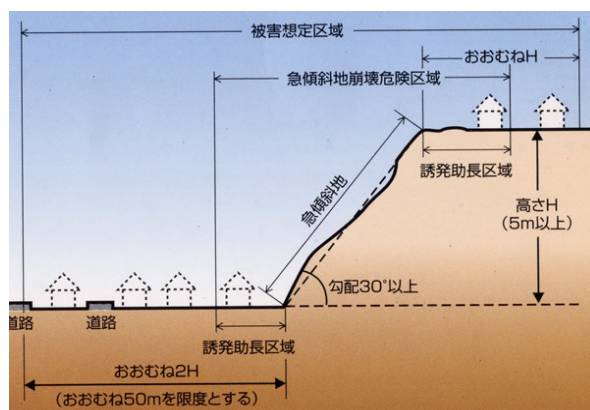


図-1 急傾斜地崩壊危険区域



図-2 モルタル吹付工

保護工においては、施設背部斜面の地下水を適切に排除しなければ斜面の安定性が損なわれる恐れがあることから、施設に付帯した排水施設を中心に適切な維持管理、補修が不可欠である。この観点から、環境・景観面に目を向けると、斜面の植生の状況は斜面の水文環境に大きく依存し変化していると考えられる。すなわち見方を変えて、生態系ネットワークの一旦としての斜面の植生の状況を調査することで、斜面の水文環境を推定し、ひいては施設の健全性を計ることができると考えられる。つまり、生態系ネットワークの適切な保存が施設の維持管理にも役立つ可能性を秘めている。

そこで、土砂災害研究室では、施設の維持管理において経済的かつ簡便な手法を検討するために、斜面の植生の状況から施設背部の水文環境を把握する方法についての検討に取り組んでいる。

検討内容

施設周辺の水文環境を把握するため、2019年10月に福島県及び長崎県の6地区19箇所の施設において、施設内及び施設周辺斜面の植生の状況を調査した。調査項目は以下のとおりである。

- ・植物の種類（乾性・湿性、陽樹・陰樹、外来種、導入樹種等の把握）
- ・植物の繁茂状況
- ・植被率（施設の表面を覆う植物の表面積比率）
- ・施設および周辺斜面の水文環境

調査を実施した全箇所の施設の工種はのり枠工であり、うち2箇所は枠内の吹付が施工されていない箇所であった。枠内吹付が施工されていない箇所では植被率が平均87%であり、枠内に植生がよく侵入していることが分かる(図-3)。一方、枠内吹付が施工された箇所では、植被率は平均25%であった。植生が侵入していた施設では、枠内吹付の有無に関わらず施設表面の植生の侵入箇所はまばらに分布しており、施設背部の水環境を反映している可能性がある。また、植物の種類も、施設毎あるいは1施設の表面の分布でも一様ではないことが分かった。これらのことから、維持管理の為に施設背部の水文環境を推定する手法として施設表面の植生の種類や繁茂状況を指標とする手法が有効となる可能性が示唆された。このように植生を指標とする維持管理手法が有効となれば、生態系ネットワークの保全にも資するものと考えられる。本検討ではさらに施設からの排水の状況や赤外線カメラを用いた斜面の水文環境の把握等も進めていく計画である。



図-3 施設の植被率調査の例
(のり枠工2のみ枠内吹付が無い)

A I による緑視率調査の効率化と緑化意識の啓発に向けた検討

国土技術政策総合研究所 都市研究部 都市開発研究室

主任研究官 大橋 征幹

背景と目的

緑視率は、身近な緑の量を定量的に表現する指標の一つとして用いられているが、その調査にはコストや手間がかかるため、財政や人材の確保が難しい地方公共団体では調査を行うことが困難な状況にある。そのため国総研では、AI（Artificial Intelligence：人工知能）による画像認識を活用して、緑視率調査における緑の抽出過程を自動化し、地方公共団体が緑視率調査を容易に実施できるように技術支援するための研究を実施している。

ここでは、AI による画像認識を用いて緑視率調査を効率化する手法を検討するとともに、この手法を用いたスマートフォンアプリを開発し、誰もが簡単に調査できるようにして、良好な都市環境形成に必要な身近な緑の存在に気づき、緑化意識を高めていくための動機づけとして活用することを考えている。

都市の緑は、人と自然が共生する都市環境を形成し、居住環境の改善だけでなく生態系の保全の面からも効果を発揮している。生態系ネットワークの保全と再生において、市街地内の緑のつながりやまとまりを作っていくことは重要である。住民や事業者の緑化意識を高めることが出来れば、民有地の緑化が促進され、市街地内の緑のネットワークの形成にもつながるものとなる。

A I 技術の利用

AI の画像認識にセマンティックセグメンテーションと呼ばれる技術がある。これは、例えば自動車に搭載されたカメラで撮影された市街地画像を歩行者や自動車、道路、建物などのクラスに分類するものである（図1）。ここで分類されるクラスは、学習に用いられる教師データの種類によって決まる。この技術は、自動運転が想定されたものだけでなく医療など様々な分野での活用が期待されている。また、多くの学習用データセットが公開されており、より高性能なニューラルネットワークモデルの開発を推進している。

市街地画像を対象とした学習用データセットには、クラス分類の1つとして植生に関するクラスが含まれていることが多く、これを用いた学習済のAIモデルを用いることで画像から樹木や芝生などの緑を抽出することが出来る。この技術を緑視率調査に利用すれば、調査に係る作業のうち、人の手間がかかる緑の抽出過程を自動化することが可能になる。

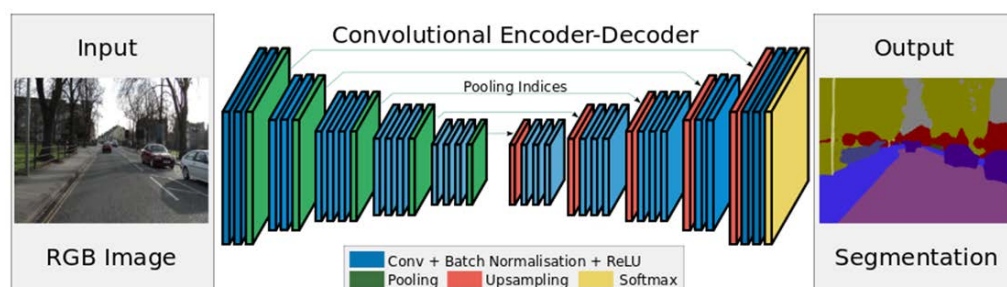


図1 SegNet（出典：<http://mi.eng.cam.ac.uk/projects/segnet/>）

検討内容

本研究では、まず公開されている AI モデルとデータセットを用いて画像認識用の AI モデルを作成し、緑視率（1 枚の写真に占める緑の割合）を算出して従来の調査方法と比較し、その有効性を確認した。

次に、この技術を組み込んだスマートフォンアプリを開発し、スマートフォンをかざすだけで瞬時に緑視率を測定することができるようにした（図 2、このアプリは 2020 年度に公開予定）。これにより、誰もが簡単に緑視率を確認できるようになる。

例えば、これを使って車の助手席から前方を連続的に見ていると、不安定な計測であっても通りによって道路沿いの街路樹による緑視率の値の変化の幅に違いがあることに気づくことができる（図 3）。このような気づきが、緑化に対する理解を深める契機となり、緑化意識を高めていくことにつながることを期待している。

一方で、地方公共団体が緑視率調査を行う場合は、使用するカメラの画角や写真の撮り方などを考慮して、緑視率の定義を明確にした上で調査を行う必要がある。今後、スマートフォンの特性を踏まえた調査法や、この手法で計測した緑視率に対応した緑視環境の評価法の開発を進めていく予定である。



図 2 緑視率調査アプリ

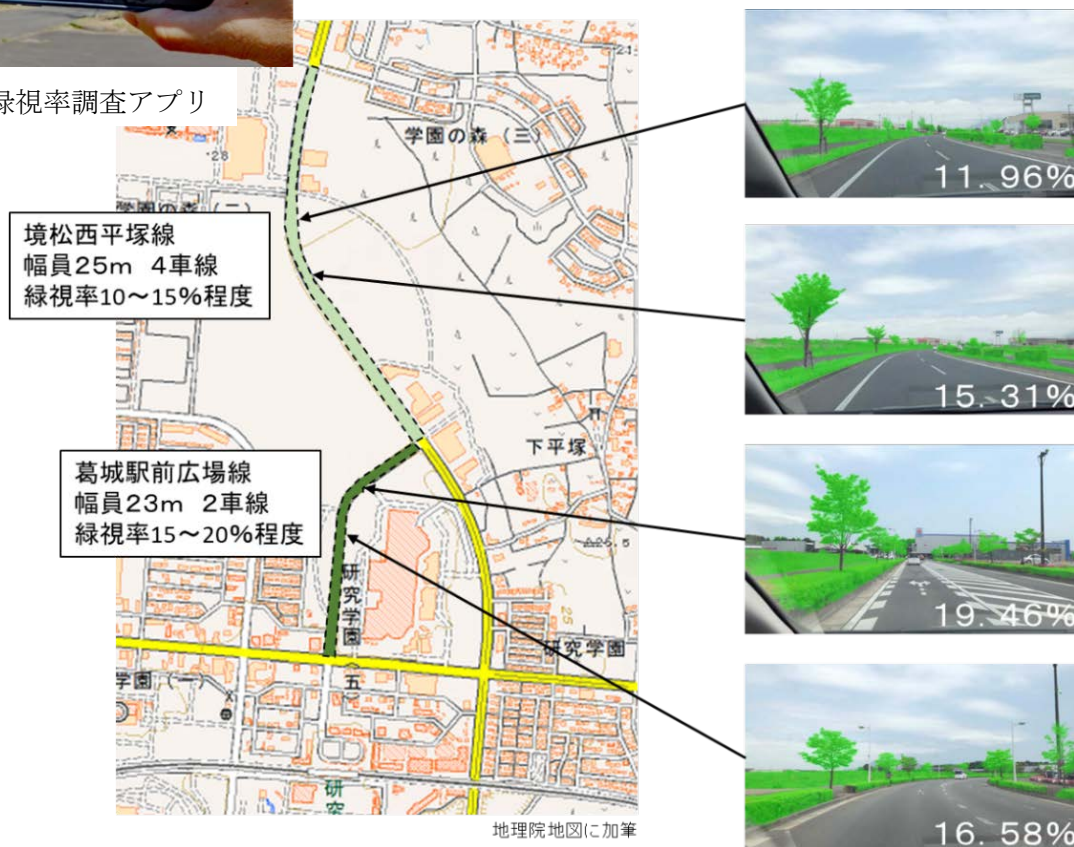


図 3 車内から前方を見た場合の緑視率の変化

都市域の緑地の量・質・配置と生物多様性の関係

国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター 緑化生態研究室

研究官 益子美由希

室長 舟久保 敏

背景と目的

都市人口が世界的に増加する中、都市においても生物多様性の確保が課題となっている。国土交通省では、都市の生物多様性確保のためには、都市における緑地の量を確保するのみならず、動植物の生息・生育環境を改善するなど緑地の質の向上を図るとともに、緑地の適正な配置とその有機的なネットワーク（エコロジカルネットワーク）の形成を通じて、動植物種の供給源となる都市の郊外の緑地から、動植物種が相対的に豊かでない市街地に動植物を誘導していく必要があるとしている。今後、わが国の都市では、人口減少・少子高齢社会に対応した都市のコンパクト化の動きの中で、新たに発生した空き地の緑地化や既設公園の集約・再編など緑地空間が大きく変容する可能性があるが、その際にエコロジカルネットワークの構成要素となり都市の生物多様性の確保に結び付く緑地の保全・創出を推進するには、どの程度の規模で、こういった構造の緑地が、どのように配置されれば生物多様性保全に効果的に寄与し得るかといった知見を整理し、緑地計画に活用することが有効と考えられる。

そこで、本研究では、東京都内の都市化の程度の異なる範囲において、緑地の量、質、配置が生物多様性にどのように影響するか明らかにすることを目的に、生物種の出現傾向とそれらに係る環境要因との関係を分析した。なお、本研究の分析に当たっては、緑化生態研究室にて当初、調査の企画・実施を担当した上野裕介氏（現 石川県立大学）の協力を得て行った。

検討内容

調査地は東京 23 区内から多摩地域に位置する様々な規模（0.1～10ha 以上）の 61 公園（図 1）とし、生物データはこれら公園において 2013～2014 年に調査した鳥類（樹林性・水辺性）、飛翔性昆虫類（トンボ類・チョウ類・バッタ類）及び地上徘徊性昆虫類の各種の出現有無の記録を用いた。環境データは、緑地の量については公園内の緑地面積等を、質については公園内の植物種数やビオトープ、サンクチュアリの有無等を、配置については公園周辺の一定範囲に存在する緑地の面積や連結性指標値等を用いた。

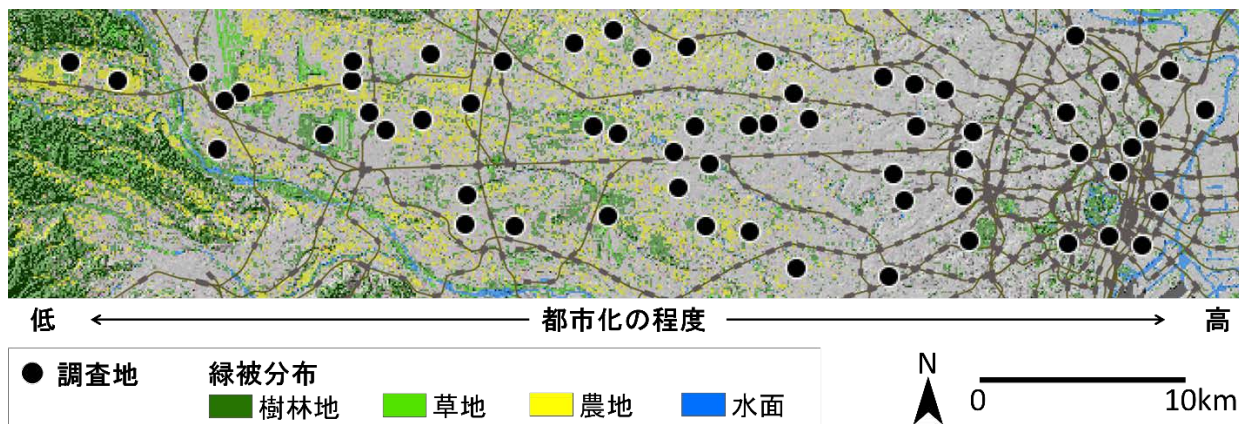


図 1 調査地とした 61 公園の分布

分析の結果、分類群による多少の出現傾向の違いは見られたものの、概ね、公園内の緑地の面積が大きく、その構成要素として多様な植物種やビオトープ等が存在し、周辺の緑地との連結性が高い公園ほど、確認された鳥類や昆虫類の種数が多い傾向がみられた。都市の生物多様性の確保には、緑地を広域的な視点で自然的環境から孤立しないように配置・保全すること、個々の緑地において生物の生息・生育場所としての質を高める整備・管理を行うことが有効と考えられる（図2）。

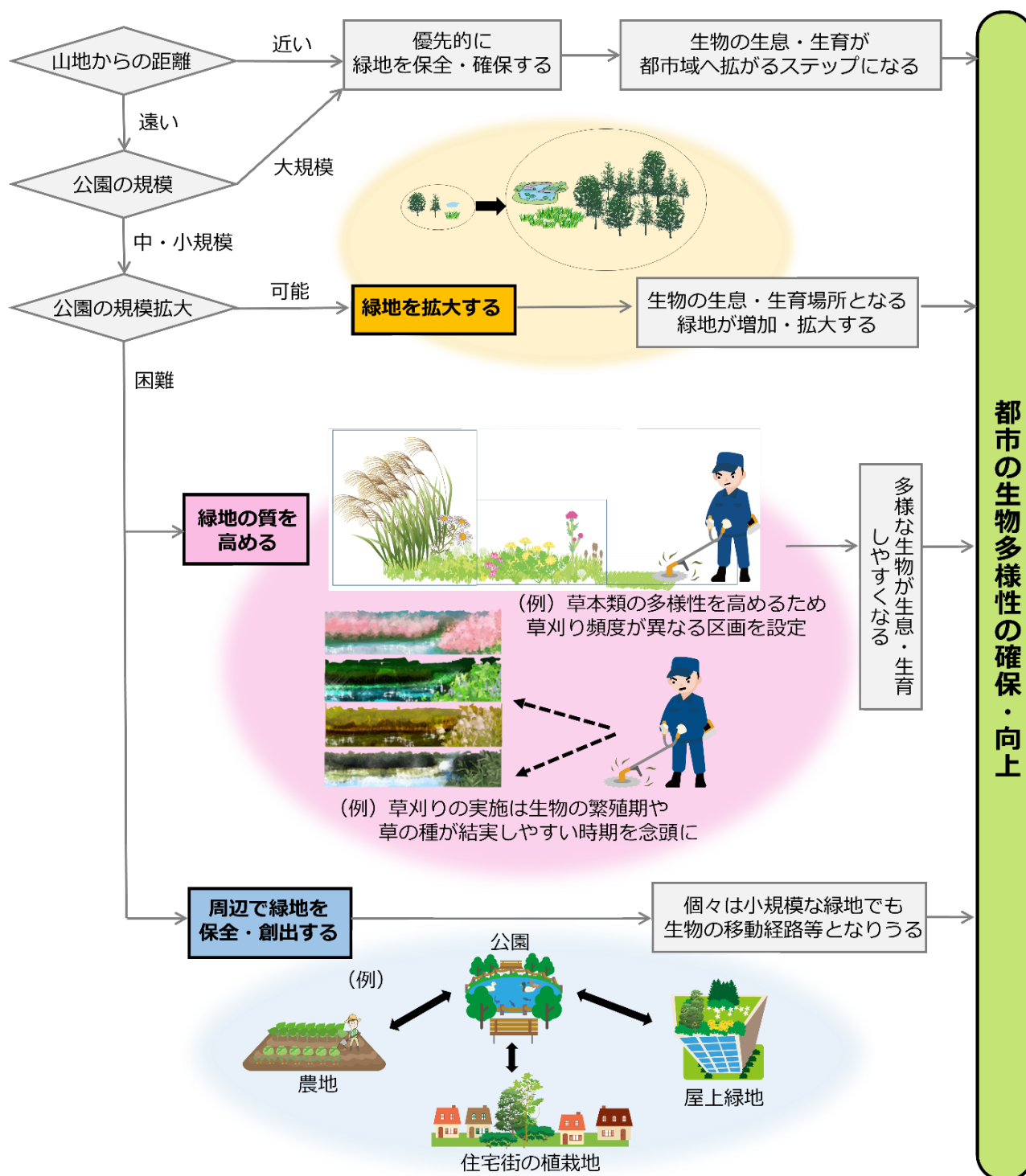


図2 都市の生物多様性の確保に結び付く緑地の保全・整備上の視点（イメージ）

多様な海生生物に適したシースケープの検討

国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部 海洋環境・危機管理研究室

研究官 秋山 吉寛
室 長 岡田 知也

背景と目的

環境の改変によって生物の生息場が減少した沿岸域では、在来生物群集の衰退が課題となっている。その要因として、生物の生息面積の減少だけでなく、生息場間のネットワークが乏しくなったことが指摘されている。したがって、効果的・効率的な沿岸域の生息場の再生には、単に生息場面積の増加だけでなく、生息場間のネットワークを考慮した生息場の空間配置が求められる。生息場間のネットワークは、繁殖や成長のために生息場間移動を必要とする多様な生物が存続するための重要なシステムである。例えばスズキの場合、産卵場は湾口近くの深場であり、稚魚期の生育場は干潟および砂浜であるため、生活史を全うするためには深場―干潟間あるいは深場―砂浜間の移動が必要と考えられる。利用する生息場の種類および移動可能距離は、生物種ごとに様々である。よって、ある生物種の発着地となる場を含むシースケープ（多様なタイプの生息場によって構成される沿岸域の空間）は、ある生物種の生息場間のネットワークと関連する。前述のとおり、利用する生息場の種類や移動可能距離は生物種ごとに様々だが、大局的に見た場合、ある生息場の移動生物の多様性は、生息場周辺のシースケープの多様性と関連する可能性がある。もし、この関連性が明らかになれば、生息場を配置する候補地周辺のシースケープの多様性から、各生息場の生物多様性を推定し、この推定に基づき、より多様な生物に利用されそうな候補地を選べるようになる。そこで本研究では、海浜を利用する生物の多様性と、海浜周辺のシースケープ多様性との関係を調べることを目的とする。

方法

以下の（１）－（４）に基づき検討を行った。

（１）大型底生動物の採集は 2008 年から 2009 年にかけて、9 か所の海浜（野島海岸、潮彩の渚、かわさきの浜、多摩川河口干潟、三番瀬、船橋海浜公園、いなげの浜、木更津港北、富津公園地先）で実施した。1 か所あたり 9 つのコドラートを設置し、表面積 2 m²、深さ 12.5 cm の土砂中の大型底生動物を採集し、種を同定して、各海浜の種ごとに湿重量を量って整理した。海浜ごと

に大型底生動物の Simpson の多様度指数 D ($D = \sum_{i=1}^m \left(\frac{s_i}{S}\right)^2$ 、ここで、 m は種数、 S は総湿重量 (g)、 s_i は生物 i の湿重量 (g)) を算出した。

（２）10 か所の海浜（野島海岸、横浜海の公園、多摩川河口、つばさ公園、ふるさとの浜辺公園、葛西人工海浜西なぎさ、新浜湖、江戸川河口、養老川河口、小櫃川河口干潟、小糸川河口）を利用する魚種および各魚種が利用する生息場タイプ（秋山ら、2014）を、文献で調べて整理した。1 文献あたり 10 個体以上採集された魚種は、対象海浜を利用する魚種とみなした。海浜ごとに各魚種の利用の有無に関する情報を整理した。

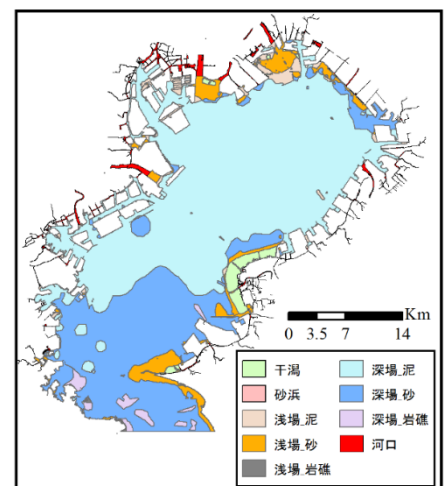


図-1 東京湾 GIS マップ

(3) 東京湾の生物生息場 GIS マップ (図-1) を用いて、各海浜周縁部から 1, 5, 10, 20, 30 km の範囲内に含まれる各生息場タイプの面積割合から、シースケープの Simpson 多様度指数を算出した。シースケープの Simpson 多様度指数を算出する際は、全生息場タイプまたは各魚種が利用する生息場タイプを対象とした。

(4) 大型底生動物の Simpson 多様度指数あるいは各魚種による海浜の利用の有無と、シースケープの Simpson 多様度指数の相関関係を Kendall の順位相関係数を用いて表した。これらの相関係数と、シースケープの Simpson 多様度指数を算出する際の海浜周縁部からの距離との関係を調べた。有意水準は 5% とした。

結果

各海浜に生息する大型底生動物の Simpson 多様度指数は、海浜周辺の 1, 5, 10 km の空間範囲におけるシースケープの Simpson 多様度指数と有意に正相関した。しかし、20 および 30 km の空間範囲におけるシースケープの Simpson 多様度指数とは有意な相関はなかった (図-2)。

複数種類の生息場タイプを利用する 12 魚種の出現率と、生息場面積の関係を調べた結果、以下の 3 魚種について有意な相関関係が確認された。アベハゼおよびエドハゼの出現率は、海浜縁辺部から 5 および 10 km の範囲内にある生息場 (干潟タイプおよび砂浜タイプ) の面積の増加と共に有意に増加したが (図-3a,b)、20 および 30 km では有意な相関関係はなかった。カタクチイワシの出現率は、海浜縁辺部から 10 km の範囲内にある生息場タイプ (干潟タイプ、砂浜タイプ、岩礁タイプおよび深場タイプ) の面積の増加と共に増加したが、5, 20, 30 km では有意な相関関係はなかった (図-3c)。

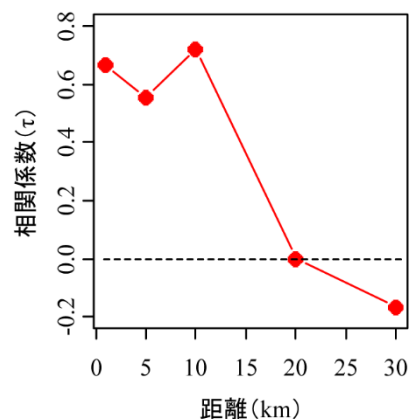


図-2 距離と底生動物—シースケープ間相関との関係

考察

有意かつ強い相関関係が認められた結果について、以下に考察する。海浜について、大型底生動物の多様性は、海浜の周囲 10 km の範囲内にあるシースケープの多様性と正相関した。また、海浜の 3 魚種の出現率は、海浜の周囲 10 km の範囲内にある生息場面積と正相関した。これらの結果は、多くの生物が起点から 10 km 程度の範囲に分布する生息場を利用していることを示唆している。よって、大型底生動物に関しては、生息場配置候補地の周囲 10 km のシースケープの多様性から、候補地を評価できる可能性がある。今後は海浜の魚類多様性と海浜周辺のシースケープの多様性との関係を検証する必要がある。

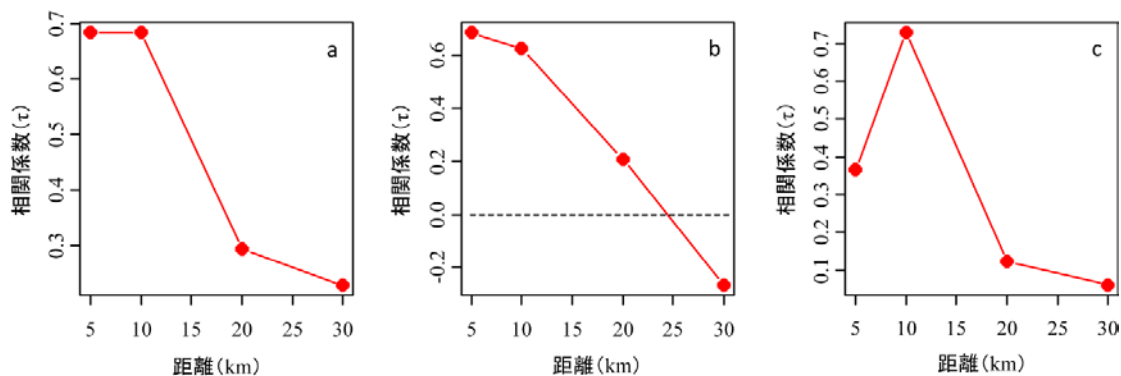


図-3 各海浜からの距離と、魚種ごとの各海浜の利用確率と影響距離内における生息場の Simpson 多様度指数の相関係数との関係。a エドハゼ、b アベハゼ、c カタクチイワシ

東京都総合設計制度により創出された緑化の特徴

国立研究開発法人建築研究所 環境研究グループ、熊倉永子
国立研究開発法人建築研究所 住宅都市研究グループ、武田ゆうこ

要旨：東京都総合設計制度の許可を受けた建築物を対象に、緑化と制度の関係を分析した。緑化率の算出式より、屋上の面積が敷地面積によらず各設計により決まる値であるため、建築物上に緑化する事例が少ないことがわかった。また、緑化による割増容積率の制度があるものの、その他の要素で割増容積率の上限に達する事例が多く、24事例の平均では、緑化による割増容積率への影響が全体の2-3%と小さいことから、基準を上まわる緑化が、インセンティブとして機能していない可能性が示された。

1. はじめに

東京都では、自然保護条例に基づき緑化計画書の提出が義務づけられており、適用制度や敷地規模に応じ地上部や建築物上に緑化する必要がある。都心部の緑地の特徴として、村上天り、建物が密集し日陰となる時間や場所が存在するため、熱環境緩和機能が発揮されない場合があることを指摘している。植物の視点では、例えば屋上などの人工地盤上では、乾燥や土壌条件などが、特殊環境であると言える。したがって、都心部の建築周辺の緑地は、景観向上や、生物多様性、ヒートアイランド現象の緩和等が期待されるが、建築や人間活動と共存する特殊環境下で、それらを実現するための工夫が必要になる。

本研究では、東京都の総合設計制度の許可を受けた建築を対象に、どのような緑地が形成されやすい傾向にあるか、制度の特徴と緑地の関係を分析することを目的とする。

2. 対象とする建築物のデータ

東京都都市整備局のホームページで公開されている東京都総合設計制度許可実績一覧表の中から、2009年～2018年度の事例において、建築物環境計画書制度でも公表されている情報が確認できた59件を対象とした。容積率割増の内訳に

関する分析には、東京都都市整備局から開示請求した公開空地による割増算定計画書にて、算出根拠の情報が得られた33件を対象とした。

3. 地上部と建築物上の緑化面積

図1に敷地面積に対する地上部の緑化面積と、建築物上の緑化面積を示す。地上部の緑化面積は、敷地面積に対する相関が高いが、建築物上の緑化面積は相関が低く、緑化面積が0の事例もみられる。この要因の一つとして、式(1)に示す緑化率の算出方法が挙げられる。分母は緑化可能面積を表すが、屋上の面積は、人の出入り及び利用可能な部分とされている。したがって、敷地規模に関わらず、建築計画の中で決められる値となり、0とすることもできる。また、地上部及び建築物上のそれぞれにおいて緑化基準を満たせない場合は、その未達分を地上部または建築物上の高木に振り替えることも可能である。

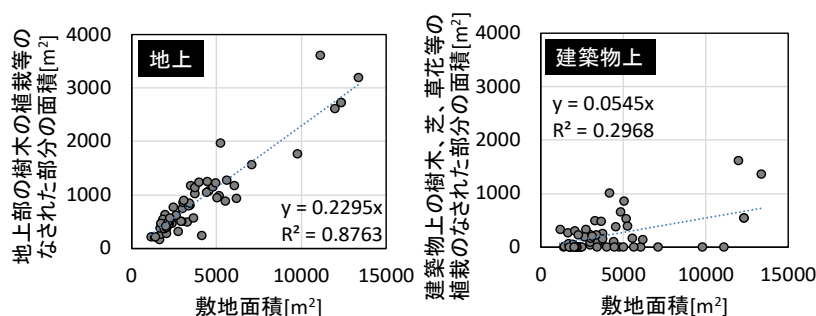


図1 敷地面積と緑化面積の関係 (n=59)

図1に敷地面積に対する地上部の緑化面積と、建築物上の緑化面積を示す。地上部の緑化面積は、敷地面積に対する相関が高いが、建築物上の緑化面積は相関が低く、緑化面積が0の事例もみられる。この要因の一つとして、式(1)に示す緑化率の算出方法が挙げられる。分母は緑化可能面積を表すが、屋上の面積は、人の出入り及び利用可能な部分とされている。したがって、敷地規模に関わらず、建築計画の中で決められる値となり、0とすることもできる。また、地上部及び建築物上のそれぞれにおいて緑化基準を満たせない場合は、その未達分を地上部または建築物上の高木に振り替えることも可能である。

$$X = (\text{地上部の緑化面積及び建築物上の緑化面積の合計}) / (\text{敷地面積} - \text{建築面積} + \text{屋上の面積}) \quad \text{式(1)}$$

次に、都心部の緑化の特徴を表す事例として、容積率割増を受けた33事例について、図2に示す地上部と建築物上のそれぞれの緑化率の関係をみると、地上部は35%以上の事例が多いが、建築物上は35%以下の事例もある。屋上利用可能面積が0m²の事例は12件、建築物上には緑化せず全て地上部へ振り替えている事例が11件であった。一方、地上部に比べ建築物上の緑化率が高い事例もみられる。赤丸の事例は、2009.4以前に許可を得たものである。当時は敷地面積に対する屋上緑化面積の割合が容積率割増に加算されており、その影響で建築物上の緑化率が高くなったと考えられる。

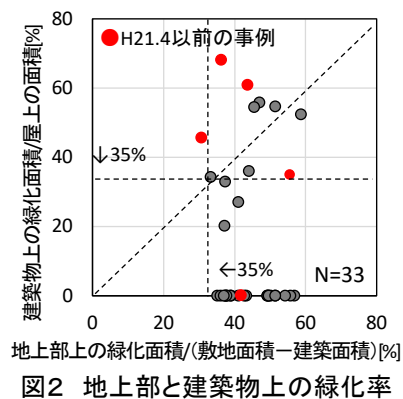


図2 地上部と建築物上の緑化率

4. 総合設計制度における割増容積率と緑化率の関係

現行の制度では、緑化に関しては、公開空地の質係数と、緑化率が基準を上回る場合に容積率割増を受けられる。図3に、公開空地等による割増容積率と緑化率の関係を示す。(A)は割増容積率の限度以下の事例とし、割増容積率の上限を超えたものを、上限別に(B)～(D)とした。割増容積率と緑化率の相関は小さい傾向にある。緑化率が50%程度以上になると、ほとんどの事例が(B)緑化率割増の上限超えである。一方で、(C)や(D)の緑化以外の割増上限を超える事例の多くは、(B)に比べると緑化率が低い傾向にある。

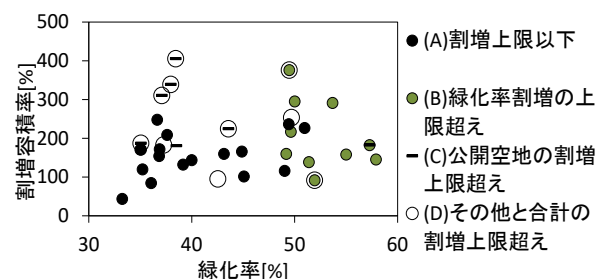


図3 割増容積率と緑化率の関係 (n=36)

このことから、割増容積率の上限により、基準を上回る緑化はインセンティブとして機能しにくい可能性がある。

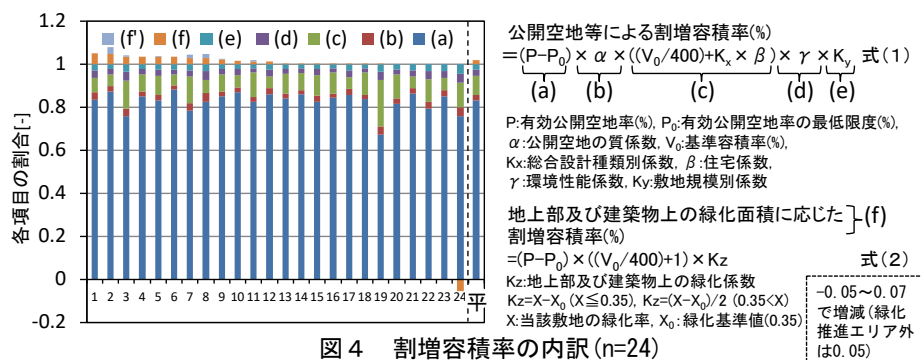


図4 割増容積率の内訳 (n=24)

次に、公開空地等による割増容積率に影響する内訳を図4に示す。割増容積率の計算式が異なるH21.4以前の事例は除外した。割増容積率は図4中式(1)で表される。緑化率に応じ式(1)の割増が図4中式(2)により増減される。内訳は、式(1)の係数(a)から(e)の和で除した値である。(f)緑化による割増容積率が占める割合は、式(2)の値を、式(1)+式(2)の値で除した値である。緑化による割増容積率の上限を超えた部分は(f')とした。これより、公開空地等による割増容積率は、(a)が大きく影響していることがわかる。24事例の内訳平均は、(a)0.83>(c)0.09>(d)0.03>(b)0.03>(e)0.02>(f)0.02の順となり、緑化に関わる(b)と(f)は2~3%程度である。緑化による割増上限に達している事例でも(f)は5%である。したがって、割増容積率は、緑化率を高める動機にはなりにくい状況といえる。

4. まとめ

2009-2018年度の東京都総合設計制度の許可を受けた事例を対象に、制度と緑化率の関係を分析した。現状の計算式では、建築物上の緑化が促進されにくいこと、緑化による割増容積率の影響が小さいことから、屋上などの特殊緑化や基準を上回る緑化は、制度では評価されにくい傾向にあることが分かった。

【引用文献】1)村上ら, 都市計画論文集 47(3), 265-270, 2012

東京 23 区における建物緑化の使用樹種調査

国立研究開発法人建築研究所 住宅・都市研究グループ 武田ゆうこ

要旨：建物緑化における在来種の使用状況を把握するため、東京 23 区内の建物緑化事例の使用樹種等について集計・分析を行った。使用樹種は中高木 200 種、低木で 100 種以上だが、植栽本数ではどちらも上位 5 種で 4 割、上位 10 種では 6 割近くを占めた。在来種割合は中高木で約 7 割、低木で約 4 割だった。

1. はじめに

都市の緑は、都市環境の改善や美しい景観の創出などに重要な役割を担っているが、市街化が進展した地域では、都市公園等の公共空間のみによる緑地の確保は困難で、民有緑地の重要性が高い。従来の建物緑化ではデザインや管理面から園芸種や外来種が多用されてきたが、生物多様性への関心の高まりに伴い、都市部でも生物多様性への配慮が求められてきている。生物多様性への配慮にあたっては、地域本来の植生である在来種の利用が重要であるため、自治体が在来種利用を推奨するガイドラインを策定する等の取り組みがみられる。ここでは、建物緑化における在来種の使用状況を把握するため、東京 23 区内の建物緑化事例の使用樹種等について集計・分析を行った。

2. 調査対象

東京 23 区内の①から④の建物緑化事例 83 件を対象とした。①平成 23～29 年度、東京都に「みどりの計画書」が提出された公開空地：50 件、②SEGES「都市のオアシス」（公益財団法人都市緑化機構が認定している社会環境貢献緑地）：8 件、③江戸のみどり登録緑地（東京都が認定している在来種を積極的に植栽している緑地）：5 件、④その他東京都に緑化計画書が提出された建物緑地：20 件。なお、ここでは樹種別の本数に関する分析は、①と④の 70 件のみを対象とした。

3. 調査結果

(1) 緑地面積と樹木本数

図 1 に敷地面積と緑地面積の関係を示す。緑地面積は敷地面積に対する相関は高かった。一方、緑地面積と中高木本数の関係（図 2）、緑地面積と低木本数の関係（図 3）を見てみると、相関は高いとは言えず、特に低木本数の相関は低かった。敷地面積に応じて緑地面積は確保されるが、必ずしも樹木が植栽されるわけではない。

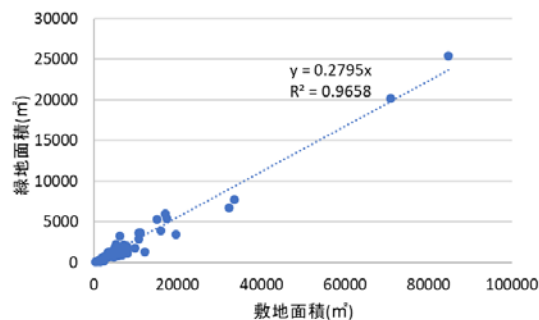


図 1 敷地面積と緑地面積

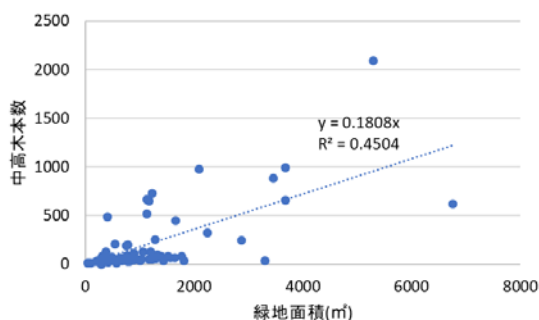


図 2 緑地面積と中高木本数

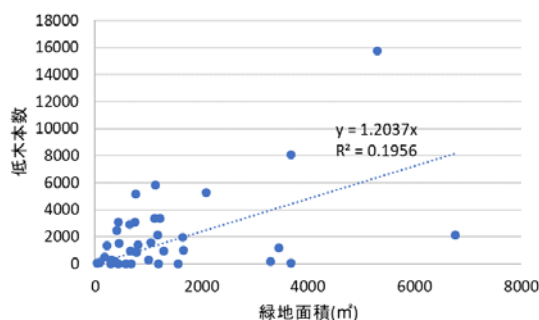


図 3 緑地面積と低木本数

(2) 使用樹種

表 1 に樹木タイプ別の樹種数を示す。中高木では樹種数が 205 種、そのうち 130 種が落葉広葉樹で 6 割以上、常緑広葉樹は 3 割、針葉樹は 1 割に満たなかった。いずれのタイプでも 6 割以上が在来種だった。

低木では、樹種数が 112 種で常緑広葉樹と落葉広葉樹の割合は半々程度だったが、落葉広葉樹では 8 割以上が在来種だが、常緑広葉樹の在来種割合は 3 割程度だった。

(3) 樹種別本数

樹種別本数を図 4 に示す。中高木ではシラカシ、ヒイラギモクセイ等の上位 5 種で 4 割、上位 10 種では 6 割近くを占めた。在来種は 7 割だった。樹木タイプを見てみると、樹種数では 3 割しかなかった常緑広葉樹が本数では 8 割近くを占める一方、樹種数では 6 割以上だったが落葉広葉樹が 2 割となっていた。

中低木では、ツツジやアベリア等の花木の園芸種が多く使用され、上位 5 種で 4 割、上位 10 種では 6 割近くを占めた。在来種の割合は 4 割だった。樹木タイプでは、常緑広葉樹が 9 割近くを占めていた。

図 5 に緑地面積と中高木の在来種割合を、図 6 に、低木の在来種割合を示す。中高木の在来種割合は平均 77%、低木の在来種割合は平均 33%、どちらも 0%~100%とばらつきが大きく、中高木では概ね 4 割以上は在来種が使用されている一方、低木では全く使用されていない事例も多かった。緑地面積による違いは見られなかった。

表 1 樹木タイプ別の樹種数

		在来種		在来種以外		合計	
中高木	針葉樹	11	69%	5	31%	16	8%
	常緑広葉樹	37	63%	22	37%	59	29%
	落葉広葉樹	78	60%	52	40%	130	63%
	合計	126	61%	79	39%	205	100%
低木	針葉樹	0	0%	1	100%	1	1%
	常緑広葉樹	16	33%	33	67%	49	44%
	落葉広葉樹	53	85%	9	15%	62	55%
	合計	69	62%	43	38%	112	100%

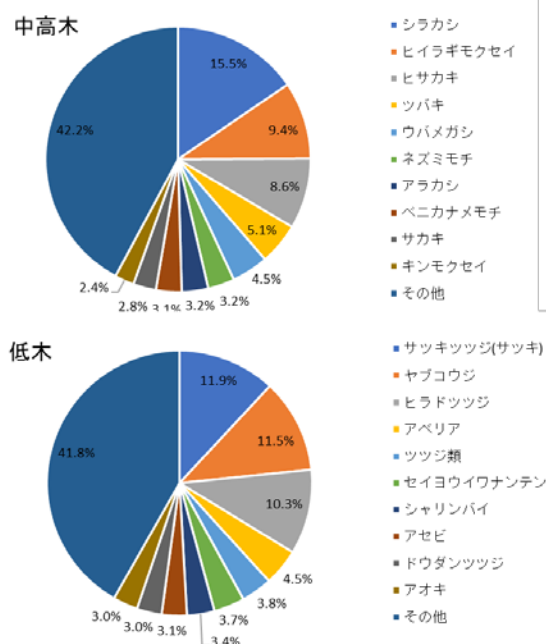


図 4 樹種別本数

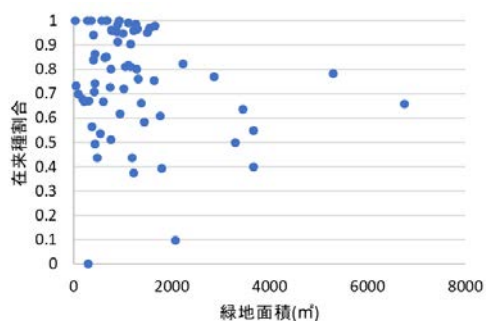


図 5 緑地面積と在来種の割合（中高木）

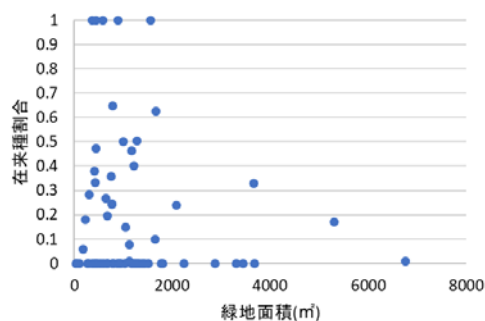


図 6 緑地面積と在来種の割合（低木）

4. まとめ

在来種割合は中高木で 7 割、低木で 4 割となっており、生態系への配慮はうかがえるものの、植栽本数の上位 5 種で 4 割、上位 10 種では 6 割近くを占め、常緑広葉樹が中高木の 8 割、低木の 9 割近くとなっており、必ずしも多様な環境となっているとは言えない現状がみられた。

人工的な湖口開削が沿岸植生域の炭素貯留に与える影響

港湾空港技術研究所 渡辺謙太・桑江朝比呂

要旨：

沿岸植生域は二酸化炭素を吸収し、有機炭素として貯留する機能を有しており、気候変動緩和の観点から注目を集めている。特に、塩性湿地、藻場、マングローブはブルーカーボン生態系と呼ばれ、その高い炭素貯留機能の評価が進んでいる。海岸工事に伴う沿岸地形の人工的な改変は、海域の水理環境や土砂供給を変化させ、これらの生態系に影響を与えると考えられる。しかし、海岸工事によって沿岸植生域の炭素貯留機能がどのように変化するかという知見は限られている。そこで本研究では、北海道コムケ湖の藻場堆積物コアに記録された堆積記録を調べることで、人工的な湖口開削（図 1, 2）が炭素貯留に与えた影響を解析した。堆積年代を調べるために、放射性鉛同位体（ ^{210}Pb ）を用いて直近 100 年程度の堆積速度を解析した。また、炭素安定同位体比や珪藻遺骸を解析することで、年代毎の環境変遷を推定した。本研究の結果から、有機炭素貯留速度と炭素起源が人工的な湖口開削によって変化したことが分かった（図 3）。湖口開削以前は、陸起源の有機炭素が多く淡水の影響を強く受ける湖だったと推定された。一方、湖口開削後は海草と微細藻類が多く堆積する海草藻場に変遷したと考えられる。また、海草藻場への生態系変化に伴って、有機炭素貯留速度も増加していたことが分かった。これらの結果は、人工的な湖口開削によって海水交換の頻度が増加し、植生タイプを変化させ、炭素貯留速度に影響を与えることを示している。

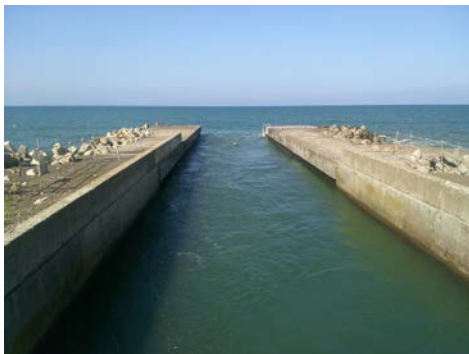


図 1. 海岸工事により開削されたコムケ湖の人工湖口



図 2. 湖内が高塩分化し形成された海草藻場

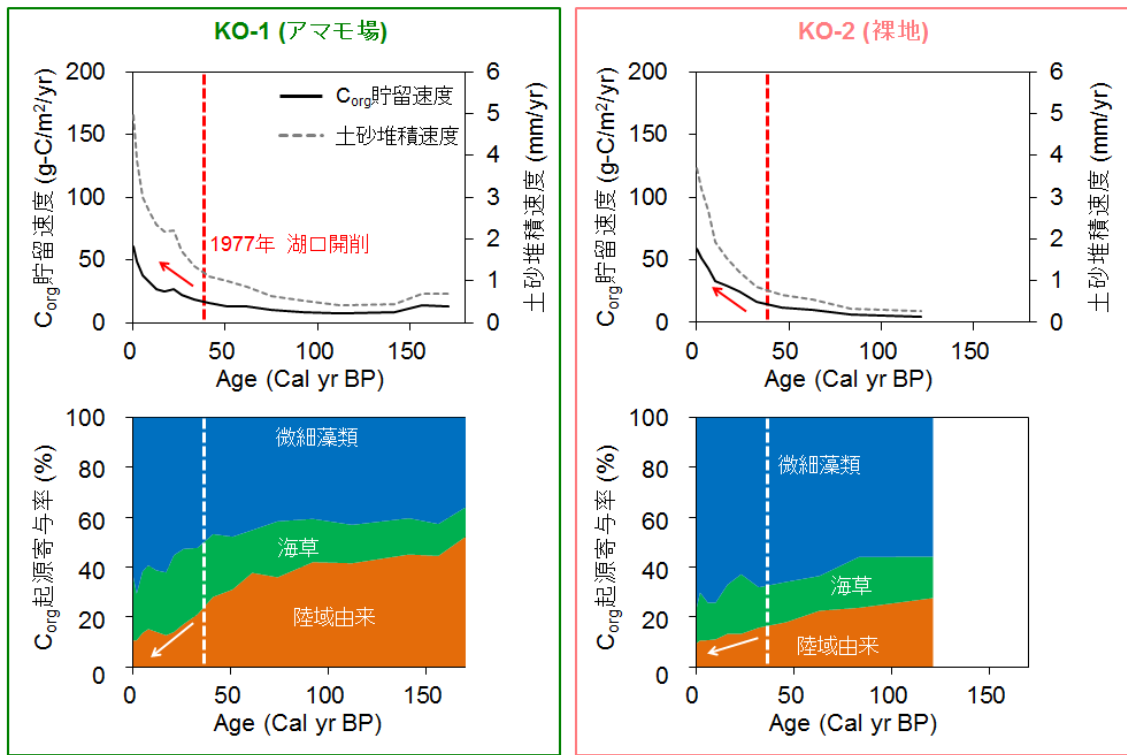


図 3. 人工的な湖口開削前後での有機炭素 (C_{org}) 貯留速度と C_{org} 起源の変化

潜在分布に基づく孤立生息域サイズと河川性魚類の在不在の関係

土木研究所自然共生研究センター、末吉正尚・森照貴・中村圭吾・萱場祐一

要旨：

1. はじめに

人為的な改変による野生生物の生息域の縮小・孤立は、世界の生物多様性を減少させる主要因とされている。孤立した生息域では、遺伝的要因や確率的要因によって個体群の局所絶滅率が増加する傾向がある。河川における生息域の縮小・孤立は主にダム・堰・落差工などの横断工作物によって引き起こされている。日本の河川においても、約 2,800 基もの大ダム（堤高 15 m 以上）が存在しており、川を縦断方向に分断している。孤立した生息域の大きさと魚類の個体群維持に関する既存研究のほとんどは、溪流域のサケ科に限られている。海外では、コイ科を対象とした事例も存在するが、これらの全ての研究は対象種が本来、河川のどの範囲に分布しているか（潜在分布域）が詳細に分かったうえで、孤立した潜在生息域の大きさと個体群との関係性を明らかにしている。一方で、ほとんどの河川性魚類にはこのような詳細な生息範囲のデータは存在せず、ダムによって分断された潜在生息域のサイズの定量化は困難である。

本研究では、木曾三川（木曾川、長良川、揖斐川）で行われた 500 地点の魚類調査データを用いて、河川性魚類各種の分布モデルを作成することで、種ごとの潜在分布域を推定した。そして、ダムによって孤立した潜在分布域の大きさと種の在不在との関係性を明らかにすることで、これまで知見が不足していたサケ科以外の魚種への分断化の影響評価を行った。

2. 方法

中部地方を流れる木曾三川（木曾川、長良川、揖斐川）を対象に、約 200 地点で魚類調査を行った。加えて、既存研究や河川水辺の国勢調査データを収集し、計 465 地点の魚類データを解析に用いた。用いたデータは 2001 年以降に行われた秋のデータのみとした。木曾三川のうち、長良川は河口に長良河口堰を有する以外に、本川には大ダムが存在しないことから、長良川の魚類分布が木曾三川における本来の分布（潜在分布）により近い状態であると仮定した。長良川の魚類の在不在を応答変数に、自然環境要因（標高、勾配、河川次数およびそれぞれの二乗項）を説明変数として一般化線形モデルを構築した。この分布モデルをダムが存在する揖斐・木曾川に当てはめ、両河川の潜在的な分布範囲を推定した。続いて、大ダムの位置情報から、分断されたことで、孤立状態にある潜在分布域の長さ（以下、孤立潜在分布長とする）と実際の魚類調査の在不在データを抽出した。各魚種の在不在を応答変数に、孤立した生息可能な河川長を説明変数にして、一般化線形モデル（GLM）を構築し、魚種ごとに生息域の縮小による影響の有無を評価した。

3. 結果と考察

計 42 種を対象に潜在分布を推定した結果、27 種は潜在的な分布域が大ダムよりも下流に偏っていたため、ダムによる分断化の影響は小さいと判断し、以降の解析からは除外した。その他の 15 種は潜在分布域内にダムが含まれていたため、ダムによって生息域が分断されていることが示された。

ダム上流の孤立した河川長と魚類の在不在を GLM によって解析した結果、9 種において河川長が各魚種の在不在に影響を及ぼす要因として選ばれた。これらの種にはイワナやアカザ、アジメドジョウ、カジカなどが含まれていた。共通した生態的特性として、流水をより好む種であることや、生息密度が比較的低めであることなどが挙げられる。一方で、残りの 6 種は河川長が影響のある要因として選ばれず、生息域の祝勝による個体群の消失がみられなかった。アブラハヤやオイカワ、ウグイなどが含まれており、緩流に適応した種であることや生息密度が比較的高い種であることが傾向としてみられた。また、種によって分断化の影響度合いは異なっており、個体群の存続に必要な河川長は種ごとに大きく異なることが分かった。

今回の結果から、これまで報告例の少なかったサケ科以外の魚種においても、生息域の縮小が個体群の存続に影響を及ぼす可能性が示された。今後は個体群維持に必要な河川長の閾値と魚類の生態的特性との関係性を明らかにすることで、より汎用的な傾向を示していく。

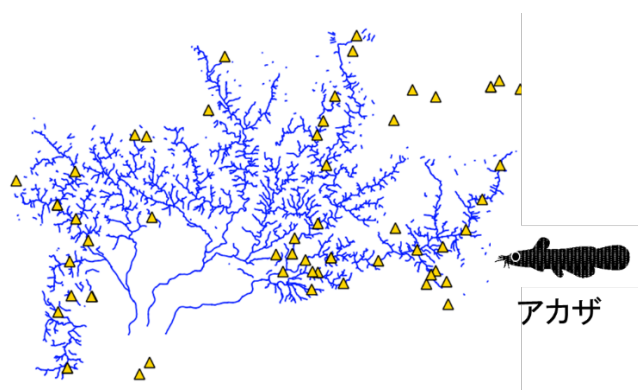


図 1. 木曽三川におけるアカザの潜在分布域。
三角のシンボルは大ダムの位置を表す。

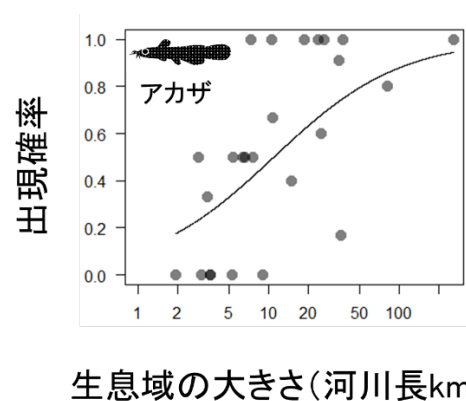


図 2. ダム上流で孤立した河川の長さ と アカザ
の出現確率の関係性。

河道内氾濫原と水田域におけるカエル類の生息状況の比較

土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム、田和康太

岐阜大学流域圏科学、永山滋也

土木研究所水環境研究グループ、萱場祐一

土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム、中村圭吾

要旨：

1. はじめに

カエル類は、水田水域を代表する動物群である。しかしながら、水田水域における生息環境の悪化に伴い、多種がその個体群を全国的に激減させている。その一方で、河道内氾濫原（近代以降の後背湿地の開発に伴う、縦断的かつ連続した堤防整備により、堤外地に限定される状態となった氾濫原）に形成されるワンドやたまりといった水域は、カエル類をはじめとする湿地性動物群集の重要な生息場所となることが期待されている。本研究では、カエル類の一大生息地である濃尾平野に着目し、揖斐川、長良川、木曽川の河道内氾濫原において、カエル類の生息状況を調査した。それらの結果を、近隣の水田と比較することで、河道内氾濫原がどのようなカエル類に利用されているかを精査した。

2. 方法

2017年と2018年の6月および2018年と2019年の3月に、揖斐川、長良川、木曽川の27か所の河道内氾濫原水域（以下、河道内湿地）と27枚の周辺水田において、カエル類の生息・繁殖状況を比較調査した。各調査地において、日中にカエル類幼生を対象とした掬い取りと、成体・亜成体を対象としたラインセンサスを実施した。また、6月の日中調査実施日の夜間には、カエル類オスが繁殖期に発する広告音の聞き取り調査を行った。

3. 結果と考察

調査の結果、水田では、ヌマガエル、ニホンアマガエル、ナゴヤダルマガエル、トノサマガエル、ツチガエル、そして特定外来種であるウシガエルの計6種が記録された。河道内湿地では、ヌマガエル、ニホンアマガエル、ナゴヤダルマガエル、ニホンアカガエル、ツチガエル、ウシガエルの計6種が記録された。水田では、河道内湿地に比べて顕著にカエル類の幼生、亜成体、成体の個体数が多かった。また、広告音を上げているオス個体数も顕著に多かった。特に、ニホンアマガエル、ヌマガエル、ナゴヤダルマガエル、トノサマガエルの4種は、水田を主な生息・繁殖場所としていることが示された。その一方で、河道内湿地では、水田で全く記録されなかったニホンアカガエルや、1個体のみしか記録されなかったツチガエルが、複数の河道内湿地に出現した。これらのカエル類について、調査時に繁殖期の広告音が記録されたり、幼生、卵塊が観察されたりしたことから、河道内湿地を繁殖場所として利用していることが明らかになった。このように、河道内湿地と水田域とで、利用するカエル類の利用状況は異なっており、また、冬期に越冬や繁殖のために水域を必要とするツチガエルやニホンアカガエルにとって、河道内湿地が重要なハビタットとなっていることから、河川域と水田域を含めてカエル類を保全していく視点が必要だと推察された。

「つくば生きもの緑地ネットワーク」の提案

国立環境研究所、石濱史子、楠本良延[†]、今藤夏子、吉川徹朗、山野博哉、角真耶[‡]、二宮英美、竹中明夫[‡]（[†]国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構、[‡]元国立環境研究所）

要旨：

つくばの研究機関等の事業所の敷地には、薪炭林、秣場などとして利用されてきた二次的自然環境が断片的に残存しているところがある。全国的には里地環境は山間地に残存することが多く、つくばの事業所内に残る二次的自然環境は、全国的にも貴重な平地の里地環境である。つくば市の環境基本計画では、自然豊かな筑波山のみならず、平地林を含む里山環境の保全、都市緑化の推進などが目標に掲げられており、また、国が推進する生物多様性国家戦略の中でも、里地・里山の自然は、都市近郊での住民と自然のふれあいの場としての価値が高まっているとされている。

このような事業所敷地内に残る二次的自然環境とそこに生息する在来の動植物を保全する取り組みとして、国立環境研究所では、その敷地内の里地環境が残る区域について情報を所内で共有する、区域ごとの草刈り頻度を調整する、人工の池を生き物の生活の観点から積極的に管理を行う等の活動を行ってきた。これらの活動は、業務とのバランスに配慮しながら行われ、多くの場合に生物系の研究者と管理部門との協働により実現した。

本発表では、つくば市に残る里地環境とその歴史的経緯、国立環境研究所での緑地保全の取り組みを紹介するとともに、生きものと人のネットワークとして「つくば生きもの緑地ネットワーク」の構築を提案する。このネットワークは、事業所間で情報交換や共同活動などのゆるやかな繋がりをもつことにより、生物が行き来するメタ個体群としてつくば地域全体での生物多様性の保全に貢献することを目指すものである。事業所敷地内という身近な二次的自然を保全する取り組みとして、生態系ネットワークに興味を持つ本交流セミナーの多くの参加者に関心を持っていただき、その実現に協力していただけることを期待する。

海中栄養塩がサンゴ捕食者オニヒトデの幼生分散にもたらす影響

国立環境研究所生物・生態系環境研究センター 熊谷直喜

要旨：

生態系ネットワークは物質の移動に加え、生物の移動によっても形作られる。生物の移動は長距離なものでは気候帯をまたぐほどになり、さらに移動する個体数・生物量が多ければ、移動先の生態系に大きな影響を及ぼしうる。陸上の例では、冬期に北方から飛来する大型の水鳥の群れや、大陸から飛来する植物食性昆虫の影響があるが、海洋では海流によって輸送される移動分散が生じやすいため、夏期に南方から季節来遊する魚類・無脊椎動物など、長距離で大規模な移動分散とその影響がより一般的な現象である。海洋生態系においてとくに影響が大きい例のひとつとして、サンゴ捕食者であるオニヒトデによるサンゴ食害が挙げられる。オニヒトデは約3週間、最長50日程度の長い幼生期間を持つため、海流によって輸送され長距離を分散するポテンシャルがある。オニヒトデは通常時にはごく低密度で生息するが、その大発生の間隔は次第に短縮し始めており、サンゴ群集に多大な食害被害をもたらす。このため、オニヒトデ大発生の予測と対策は、サンゴ礁生態系の保全にとって重要な意義を持つ。オニヒトデの大発生プロセスとして、最初に大発生が起こった南方海域からの加入によって一次大発生が起こり、さらにその再生産によって次の大発生が連鎖すると見なされてきた。一方で、移動経路におけるオニヒトデ幼生の餌環境として、植物プランクトン量（クロロフィル *a* 量）等の餌環境条件と幼生期の生残・成長率の関係が先行研究によって示されているが、その関連は着底海域の海中栄養塩などの環境条件で検討されてきた。しかし、オニヒトデの長い幼生期間を考慮すると、出生海域から着底海域に至る餌環境は大きく異なると予想され、分散経路を通じた餌環境の影響を解析する必要がある。そこで本研究では、海面流速を用いた幼生分散に加え、分散経路のクロロフィル *a* 環境に応じた幼生の生存確率を組み込んだオニヒトデ幼生の分散シミュレーションを行った。幼生分散シミュレーションでは、フィリピンから台湾、八重山諸島を経て、沖縄諸島からトカラ列島に至る南西諸島の海域を解析対象とした。これらの区画を出発地点とし、幼生コネクティビティの解析を行ったところ、国をまたぐ長距離の幼生分散は低頻度だったが、沖縄県内から鹿児島県内にかけては高頻度で幼生が分散する結果が得られた。また、年によっても幼生分散パターンは大きく変動したが、出生海域に回帰する割合には海域特有の傾向が見られた。さらに、これに幼生への餌環境の影響を考慮すると、クロロフィル *a* 濃度によって生存率は大きく変動することがわかった。とくに低クロロフィル *a* 量のもとでは、大半の幼生が生存することができない結果となった。すなわちこれらの結果は、オニヒトデの大発生を抑制するには、一次発生海域において陸域起源の海中栄養塩の流入を制限し低濃度に保つなどによって、植物プランクトンの過多とオニヒトデ幼生の生存率を抑制することが重要であることを示している。同様に長距離の移動を経て大発生に至る生物の個体数管理には、移動元における生息環境の管理を行うなど、ネットワークを形成する広域の生態系の連結関係を考慮する必要があるだろう。

伊豆諸島における鳥類を介した島間種子散布

国立環境研究所 安藤温子

隔離された海洋島における植生形成において、島間における長距離種子散布は重要な役割を果たすと考えられる。ハト類は体サイズが大きく食物の体内滞留時間も長いことから、海洋島における重要な長距離種子散布者であると考えられてきた。ハト類が島間を移動する行動は度々観察されてきたが、その移動パターンと、島間種子散布への貢献との関連は不明であった。そこで本研究では、日本周辺の島嶼に生息するカラスバト *Columba janthina* を対象に、その移動パターンと結実季節を比較し、同時に糞の分析を行うことで、本種の潜在的な島間種子散布能力を評価した。調査は2018年6月から2019年5月まで、互いに4km離れた伊豆諸島の八丈島と八丈小島で実施された。これまでに、カラスバトが2つの島間を頻繁に移動することが確認されており、八丈島と八丈小島は、島間種子散布を実証する上で好適な調査地であると考えられた。2島におけるカラスバトの個体数と島間移動頻度は、季節的に大きく変動し、結実量と正の相関を示した。個体数の多い時期には活発な繁殖行動が観察されたことから、八丈島と八丈小島で食物が豊富な時期にカラスバトが集まり繁殖を行っており、2島間の移動も繁殖に関連した行動であると推察された。これまで、カラスバトは砂嚢で種子を破壊する種子食者であると考えられてきたが、糞分析の結果、直径1.5mm以下の小型種子を中心に、破壊されない状態で検出された(図1)。

クワやヒサカキなど、小型種子を持つ植物の結実季節は、カラスバトの島間移動頻度と類似したパターンを持っており(図2)、これらの植物の種子は島間を散布される可能性が高いと考えられた。本研究は、移動能力の高い種子食者が、島間の長距離種子散布に貢献する可能性を示した。同時に、植物が島間を分散する条件として、種子のサイズと、結実季節と散布者の移動パターンの一致性が重要であることが示唆された。

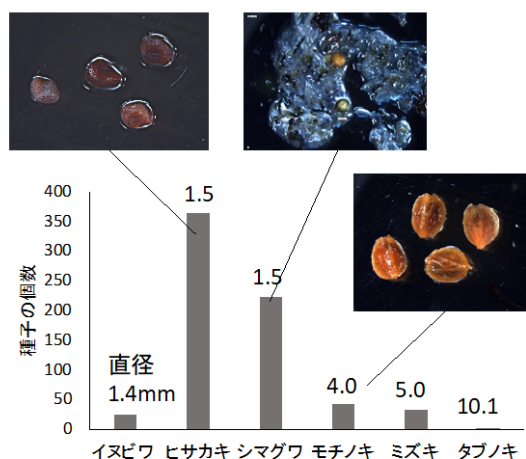


図1. カラスバトの糞から検出された植物種子の出現頻度。

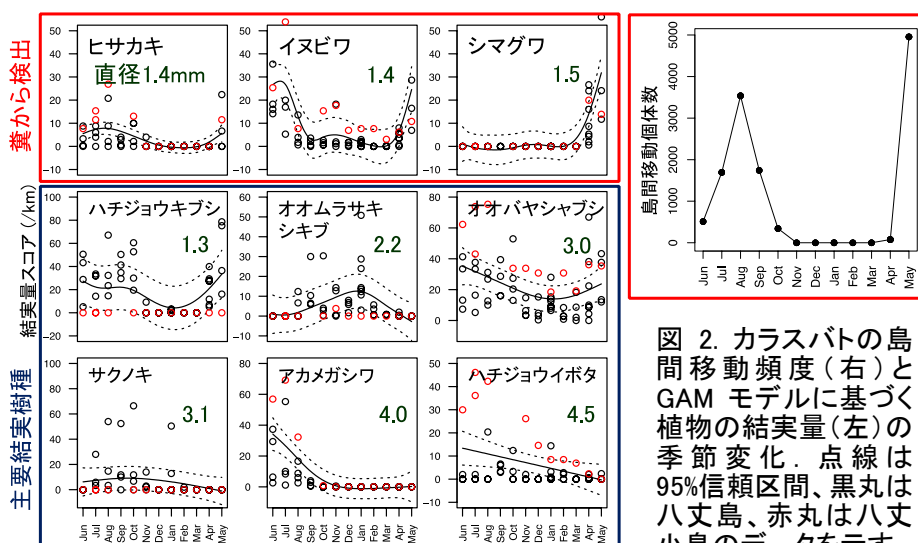


図2. カラスバトの島間移動頻度(右)とGAMモデルに基づく植物の結実量(左)の季節変化。点線は95%信頼区間、黒丸は八丈島、赤丸は八丈小島のデータを示す。

歴史的な草原が守る生物多様性： 草原生態系を結ぶ全国ネットワークは可能か？

筑波大学山岳科学センター・田中健太

草原は、現在世界中で、過去に例がないほど急速に減少している（Goldewijk 2001）。日本の草原は、自然撓乱と人為撓乱によって生成・維持され、10 万年以上前の氷期から続いている主要な生態系である（Yamaura et al. 2019）。しかし、20 世紀初頭には国土の約 13% あった草原が、洪水・土砂移動などの自然撓乱の人為的抑制と、草刈り・火入れ等の手入れ減少によって、現在は 1% にまで減少している（環境省 2015）。この 100 年間の草原の急速な減少はおそらく、250 万年前の氷期開始に遡る地史的時間スケールの中で、日本列島が始めて経験しているものである。現在、多くの草原性動植物が絶滅の危機にさらされており（環境省 2016）、私達の調べでも国指定絶滅危惧種のうち植物の 32%、蝶の 41% が草原性である。生物多様性の保護を担う国立公園でも 100 年間で約 90% の草原が失われている事例があり、その多くは管理放棄による森林化が原因である。人為的な管理・手入れの減少は、生物多様性の「第二の危機」（環境省 2012）と位置づけられている。

草原を保全するためには、自然撓乱の受容か、草原の利用・管理が必要である。しかし社会・経済状況が変化している中で、100 年前と同じように草原を維持することは難しい。そこで、草原の生物多様性を保全するためには、(1) 優先的に保全すべき草原はどのようなのか、(2) どんな利用・管理あるいは撓乱体制が必要なのか、を明らかにする必要がある。私達はまず、在来種優占草原が成立しているスキー場が、草原性希少植物のレフュージア（避難地）として機能していることを示した（Yaida et al. 2019）。次に、スキー場の中でも、数百・数千年間維持されてきた古い草原の方が、近年の森林伐採に由来する新しい草原よりも、草原性希少植物が多様であることを見いだした（矢井田ほか 2017）。既に、こうした傾向が中部地方の 3 地域間で共通であること、草原の履歴は植物だけでなく蝶群集にも影響を与えることが分かっている（井上ほか 2019）。さらに、400 年以上前の戦国時代から草原類似景観が維持されている山城跡には、周辺の森林・草原では見ることのできない多くの草原性希少植物が分布していることを発見した（Kenta et al. 未発表）。これらの研究は、草原の持続期間あるいは「歴史性」が、草原の現在の生物多様性にとって重要であることを一貫して示している。

歴史的な草原は他にどんな場所に残っているのだろうか？ ため池群、用水路土手、河川堤防、農地土手の中には江戸時代以前から草原が続いている例が多く、草原性希少生物の分布報告もある。山城跡も長野県だけでも 1700 以上あり、おそらく全国に分布しているだろう。これらに比べると歴史が浅いものの、高圧電線下の草原も、全国的なネットワークを持つ。異なる民間組織・行政機関が維持・管理しているこれらの草原生態系を、点から線、線から網に結ぶことができれば、草原生態系の連続性を高めることができ、「生物多様性の第二の危機」の解決につながる。その際に歴史的な草原を結ぶことで、生物多様性の供給源としての役割を期待できる。