

平成30年度

特殊緑化に関する研究発表会

平成30年11月28日



公益財団法人 都市緑化機構
特殊緑化共同研究会

- 目 次 -

議事次第	2
講演要旨	
発表1 「シンガポールの緑政策と都市緑化」	4
飯 島 健太郎 東京都市大学総合研究所・環境学部併任 教授	
発表2 「3 years later October 2018 Keeping Easy maintenance」	11
田島 常雄 田島ルーフィング(株) 会長	
発表3 「都市型水辺ビオトープの水質制御の実証試験」	17
大 澤 啓志 日本大学 生物資源科学部 生命農学科 教授	
瀧 寛則 大成建設株式会社	
発表4 「屋上緑化におけるCAM植物の混植による他種の生育促進効果のメカニズムの解明」	21
松 岡 達也 東京大学大学院農学生命科学研究科緑地創成学研究室	
発表5 「雨庭の雨水流出抑制効果の評価について」	25
平 野 堯将 清水建設株式会社 技術研究所	
発表6 「異なる高光束密型LED光源下におけるTifwayの生育の変化」	29
浅 井 俊光 東京農業大学 地域環境科学部 地域創成科学科 准教授	
発表7 「公園の要素×デザインを取り入れた室内緑化事例」	35
辻 永 岳志 株式会社 パーク・コーポレーション プランツコーディネーター室 リーダー	
発表8 「都市におけるビオトープの現状と維持管理」	38
櫻 井 僚 (株)静岡グリーンサービス	
発表9 「屋上緑化に適した、高耐久防水のしくみ」	42
綿引友彦 田島ルーフィング(株) 営業企画部広報企画室	
過年度発表会の講演要旨	
・平成29年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	48
・平成28年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	50
・平成27年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	52
・平成26年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	54
・平成25年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	56
・平成24年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	58
・平成23年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	60
・平成22年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	62

平成30年度 特殊緑化に関する研究者発表会

日時：平成30年11月28日（水） 13:30~17:35

会場：田島ルーフィング8階会議室（東京都千代田区岩本町）

次 第

13:00 受付

13:30 開 会

開会挨拶 輿水 肇 公益財団法人 都市緑化機構 理事長

主旨説明 藤田 茂 特殊緑化共同研究会 運営委員長

13:35~14:00 発表1 「シンガポールの緑政策と都市緑化」

発表者：飯島 健太郎 東京都市大学総合研究所・環境学部併任 教授

14:00~14:25 発表2 「3 years later October 2018 Keeping Easy maintenance」

発表者：田島 常雄 田島ルーフィング(株) 会長

14:25~14:50 発表3 「都市型水辺ビオトープの水質制御の実証試験」

発表者：大澤 啓志 日本大学 生物資源科学部 生命農学 科教授

瀧 寛則 大成建設株式会社

~ 休憩 10分間 ~

15:00~15:25 発表4 「屋上緑化におけるCAM植物の混植による他種の生育促進効果のメカニズムの解明」

発表者：松岡 達也 東京大学大学院農学生命科学研究科緑地創成学研究室

15:25~15:50 発表5 「雨庭の雨水流出抑制効果の評価について」

発表者：平野 堯将 清水建設株式会社 技術研究所

15:50~16:15 発表6 「異なる高光束密型LED光源下におけるTifwayの生育の変化」

発表者：浅井 俊光 東京農業大学 地域環境 科学部 地域創成科学科 准教授

~ 休憩 10分間 ~

16:25~16:50 発表7 「公園の要素×デザインを取り入れた室内緑化事例」

発表者：辻永 岳志 株式会社パーク・コーポレーション プランツコーディネート室 リーダー

16:50~17:15 発表8 「都市におけるビオトープの現状と維持管理」

発表者：櫻井 僚 (株)静岡グリーンサービス

17:15~17:35 発表9 「屋上緑化に適した、高耐久防水のしくみ」

発表者：綿引 友彦 田島ルーフィング(株) 営業企画部 広報企画室

17:35 閉会挨拶 後藤 良昭 特殊緑化共同研究会

講演要旨

シンガポールの緑政策と都市緑化

飯島健太郎(東京都市大学 総合研究所)

要旨:緑豊かなガーデン・シティを目指してきた都市国家・シンガポールでは、2010年以降、特殊緑化の推進が目覚ましい。その背景には建築環境を対象とした新たな政策的後押しが切り札となっている。グリーンビルディング・マスタープランを中心とした緑政策と都市緑化の現状について概観したい。

1.はじめに

熱帯都市であるシンガポールは、これまで美しい街並みと緑豊かな「ガーデン・シティ」を目指して都市国家の生き残りをかけてきたが、さらに目標を高くかかげて「シティ・イン・ザ・ガーデン」を標榜して今なお緑地整備が進んでいる。筆者は調査研究のため2010年、2011年、2017年に訪問する機会を得たが、その間にもベイエリアをはじめとする街路やオープンスペースの緑環境の整備やガーデンズ・バイ・ザ・ベイ(写真-1)のオープンなど益々魅力を帯びている。加えて、各地の特殊緑化が積極的に推進されている様子を実感した。本報では、シンガポールの緑政策と主に特殊緑化の方向について整理しておきたい。



写真-1 ガーデンズ・バイ・ザ・ベイ

2.緑地整備に関わる方策

シンガポールの豊かな緑が、人工的に創造された政策的な緑であることはよく知られている。資源性に乏しく外資の投資を受けるべく発展するためには、ガーデン・シティ化を図ることが重要との初代首相 Lee Kwan Yew の提唱のもと進められてきた。

政策のコンセプトとして、1960年は、○クリーン&グリーン政策の展開、○道路沿いの植樹、○公園の建設・整備、1970年代は、○道路沿いの植栽、○色彩豊かな植物の植栽、○歩道橋等への植栽、○アメニティ施設の整備、○埋立地の緑化、○駐車場への植栽、1980年代は、○フルーツの植樹、○維持管理の機械化、○コンピュータの導入、○色彩豊かで香りある植物の植栽、○目的別アメニティ施設の整備、1990年代は、○生態系に配慮した公園整備、○住民参加の公園づくり、○公園ネットワークの形成、○公園の計画的改修、○木陰のある遊歩道整備、2000年代は、住民ニーズにあった公園づくり、○住民と公園との共存・共栄、○緑を楽しめる場の創出、という具合に年代ごとに政策目標をかかげて推進してきた(写真2~5)。

それまで、緑化政策に大きな役割を果たしているのは国立公園庁(Nparks:National Parks Board)である。同庁は、1990年に国立公園を開発、管理、発展させるために設立され、1996年に国家開発省の公園・レクリエーション局を統合して現在に至る。1700haの公園やオープンスペース

ス、約 2839ha の自然保護区、約 4100ha の道路植樹帯などを管理している。緑化政策によって、これまでもシンガポールに観光客や国際会議を誘致する効果をもたらしたが、シンガポールの都市化、人口の密集化に伴いその重要性を増している。同庁を通して、国家開発省はシンガポールの「ガーデン・シティ」のイメージを高揚させてきた。また国内の自然遺産の賢明な保護とその認識を促進してきた。現在、多様性に富んだ公園へと発展させるため、①選別された自然地区を人々に開放すること、②緑化地区・貯水池・海岸をリンクする広域のパーク・コネクター・ネットワーク(緑で包まれた歩道や自転車道のネットワーク)をつくること、この 2 つの目標が掲げられている。同庁の役割は、単なる緑化施設の提供から、住民がレクリエーション活動ができるように公園を発展させ、活発なコミュニティをつくりあげることに変化してきている。また自然遺産を保護するために、自然地区の目録を作成し、開発前に十分な調査・検討を行うことを保障している。



写真-4 ブーゲンビレアによる歩車道分離



写真-5 歩道橋の緑化



写真-6 ベランダを活用した建築緑化



写真-2 緑陰を形成する街路



写真-3 オープンスペースの花による植栽



写真-7 基盤設置型壁面緑化



写真-8 駐車場を遮蔽する壁面緑化

シンガポールの緑化において導入されている植物の多くは外来種である。国内に分布する植物種が限られていたため、近隣諸国の植物など 8000 種類もの植物を持ち込んで実験を重ね、2000 種の外国産植物の生育可能性を得た。現在のシンガポールには 2500 種の緑化用植物が導入されているが、そのうち 60%が外来種であるという。

なお、これまでも特有の建築緑化が展開していたが(写真-6~8)、近年さらなる都市部の建築緑化の推進にもつながる政策が効力を発揮しつつある。

3. グリーンビルディング・マスタープラン

熱帯都市シンガポールにとって高層高密度化する建築構造物の環境対策は極めて重要である。空調エネルギー対策、水対策、居住環境の健全性とともにもそれを評価し認証することにより、量的にも質的にも環境施設整備の推進がうまく機能しているように思われる。

1) シンガポールのグリーンビルディング戦略

建築構造物のグリーン化を進める制度や政策は、世界中で推進されつつあるが、アジアではシンガポールが世界的な認知を広めている。グリーンビルディングを推進するシンガポールの管轄行政である BCA (建築建設局 Building and

Construction Authority)は、建物のグリーン化を推進している組織として欧米以外で初めて、アメリカの省エネ推進団体(Alliance to Save Energy)から表彰を受けている。

2005 年から始められたシンガポールのグリーンビルディング認証「Green Mark」は、初年度 17 棟だったものが、2013 年には認証数が 1,700 に近づき、シンガポール国内だけでなく、インド、中国、マレーシア、中東などシンガポール外にも約 30 の認証がある。4 分類の最高位にあるプラチナ認証の建物も 2012 年に 100 を超えた(図-1)。

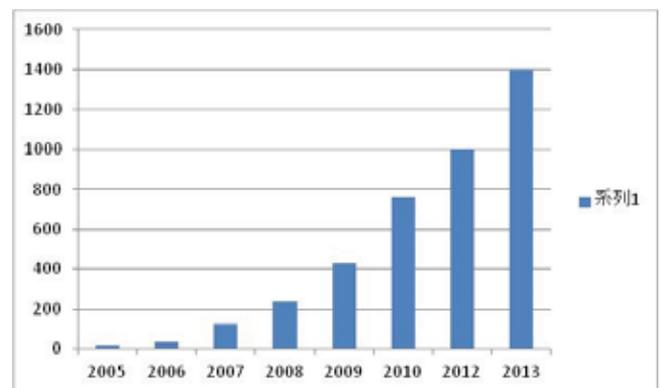


図-1 Green Mark 取得件数の推移

その結果、シンガポールのシティ・イン・ザ・ガーデンを象徴するような緑化建築が続々と登場している(写真 9、10)。景観としてインパクトのある緑化の外観のみならず、室内の環境質を向上させるべく各フロアから視認される植栽部がキャットウォークと一体になっていたり様々な工夫も認められる。

新築ビルへの Green Mark 評価の義務づけにより、Green Mark の取得件数は増加傾向にあるものの、新築物件が中心であり、政府は普及速度に懸念を示している。

2) エネルギー対策

都市国家であるシンガポールでは、建物部門のエネルギー消費が、エネルギー消費全体の 40%を超えており、持続可能な都市づくりに向け

てグリーンビルディングを推奨している。特に、国の長期戦略として2030年までに建物の80%をグリーンビルディングにするという目標も評価されている。

省エネ建築物に関する規制はこれまで新築が中心であったが、今後は既築への取り組みが強化されていく。省エネ政策としては、2020年までにエネルギー消費量20%削減、2030年までに同35%削減(2005年比)を目指している。建築物に係る主な省エネ目標・規制については、2020年までにすべての建築物の80%でGreen Markの最低基準を達成することを目標とし、新築物件はGreen Markの最低基準を取得することを規制する。

省エネ規制強化の方向性(2013年以降の施行を検討中)については、冷房システムの導入や変更において、Green Mark 最低基準の達成義務(最大100,000シンガポールドルの罰金)、エネルギー消費データの提出義務(毎年)、冷房システムのエネルギー監査結果の提出義務(3年に一度)となっている。



写真-9 PARKROYAL on Pickering

3) 重点計画

政府は建築物のグリーン化を進めるため、6つの重点計画を設定した。

2005年に公表された第一次マスタープランでは、全新築公共建築物と、大規模改修が施される既存公共建築物において、グリーンマークの最低基準を満たすことが義務付けられた。



写真-10 CapitaGreen

2009年に公表された第二次マスタープランでは、シンガポールにおける建築物のグリーン化を一層進め、同国を周辺地域におけるグリーンビルの拠点化を目指して、6つの重点目標が設定さ

れた。グリーンビルマスタープラン第2版で提示された6つの重点計画は表-1のとおりである。

表-1 グリーンビルマスタープラン第2版で提示された重点計画

-
- ①公共建築物が主導する
 - ②民間部門の建築物グリーン化を促進する
 - ③関連技術開発を支援する
 - ④人材・産業育成を推進する
 - ⑤グリーンビルや省エネに関する意識を向上させる
 - ⑥最低基準の法制化を目指す
-

4) Green Mark 認証評価

Green Mark は5つの評価視点で、4つのランクに省エネ性能を分類している。

Green Mark の主な5つの評価視点は、エネルギー関連として「①Energy Efficiency(エネルギー効率)」、その他のグリーン要件として「②Water Efficiency(水効率)」、「③Environmental Protection(環境保護)」、「④Indoor Environmental Quality(室内環境品質)」、「⑤Other Green Features and Innovation(その他グリーンな機能・イノベーション)」としている。

4段階のGreen Mark 評定(ランク)は、「Platinum」、「GoldPlus」、「Gold」、「Certified」となっている。Green Mark 評定は、Green Mark Score Rating 90以上はPlatinum、85以上90未満はGoldPlus、75以上85未満はGold、50以上75未満はCertifiedである。

評価は、空調・水関係に一定の比重が置かれていることが特徴的である(表-1)。

「Green Mark」の評価や認知が広まっている要因は、対象を柔軟に設定しつつ同じマークを使用する一貫したブランド戦略と、グリーンビルディングに関わる専門家を育成する充実した教育制

度にもある。

Green Mark は、当初は日本のCASBEEと同じように、住居や非住居の建物認証だけであったが、今では、建物全体だけでなく、建物内のオフィス、レストランや小売、スーパーマーケット、データセンターの認証に加え、建物以外で公園やインフラまで認証する仕組みになっている。それぞれの評価方法等がWebからダウンロードできる。

5) 専門家の育成

このグリーンビルディングを設計、管理する専門家の人材育成にも力を入れている。設計や施工のエンジニアとしての教育だけでなく、グリーンビルディングを管理する不動産管理者としての資格(Green mark マネージャー、プロフェッショナル、ファシリティ・マネージャー)を整備して、資格者を公表している。また、当局が主催するBCAアカデミーでは、研修コースを設計し、個別の研修コースを組み合わせ、学位まで取得できるようになっている。フルタイムのコースを完了すると、ISO9001、ISO14001などの修了証ももらえるものもある。

6) 補助制度

政府は民間の取り組みを後押しするため、補助金・容積率の緩和のスキームを立上げている。

民間所有の建築物におけるエネルギー性能向上には資金調達がネックになっているとの認識から、シンガポール政府は2006年以降、民間が所有する新築・既存建築の非住宅建築物に対してグリーンマーク基準達成を奨励する支援スキームを立上げ、運営している。(表-2)

補助金による支援スキームには限界がある。政府は民間の自主的な取り組みに委ねるのではなく、規制の活用による省エネ目標の達成を検討している。

現状の取り組みとして、新築への補助金は容積率の緩和のみであり、PlatinumとGoldの建物に対する容積率緩和の優遇措置のみ(それぞれ

2%、1%)となっている。

既存建築への補助金は継続中、改修においては省エネ機器導入に対してインセンティブ付与している。

その他政府による普及促進として、特定地区の開発計画において、建物の評定を Gold 以上等と規定することにより普及を後押ししている。

今後の普及促進の方向性としては、既存建築での Green Mark 取得推進が課題となっている。BCA は Green Mark 普及目標を達成するため、既に 2013 年後半から既存建築に関する規制を見直している。自主的な改築を後押しはできていないため、政府の方針は、規制を作るという方向へ変化してきている。具体的には、建物のエネルギーに関する情報公開、3 年に一度のエネルギー監査、Green Mark の既築に関する最低基準を順守すること、を法律として定めていくことになっている。

7) Green Mark 取得の投資効果

本制度における認証評価による投資効果とはどのようなものであろうか。投資回収は3年が目安であり、5年では投資判断が微妙になり、8年ではその投資は行われぬ。光熱費削減を享受できることが省エネ投資の必須条件とされている。

ビルオーナーのニーズは、短期の投資回収であり、シンガポールの不動産は、短期で投資回収し、メンテナンスコストが上昇する前に壊し、新しい付加価値をつけて建て直したい(賃料が継続的に上昇するという前提)との考えのようである。

シンガポールは諸外国と比較しても電気料金が大きく、ビルオーナーの光熱費削減ニーズは大きい。よって光熱費(空調コスト)の最小化が重要であり、シンガポールでの一般的なビルの管理コスト構造は、電気代 30%、清掃・セキュリティ 30%、空調 40%となっており、電力消費量の抑制は投資回収の重要な切り札である。

表-2 補助制度

支援策	時期	実施主体	予算	対象	内容
1. The Green Mark Incentive Scheme For New Building (GMIS-NB)	2006年	BCA	S\$ 2,000 万 —	民間所有の新築 非住宅建築物	・ 民間のデベロッパ、ビルオーナー、設計会社、PMO(コンサルタント)に対し、グリーンマークゴールド以上を取得した場合に資金が提供される ・ 提供し金額は、デベロッパ、ビルオーナーに対しては最大 S\$300 万、設計会社、コンサルタントに対しては最大 S\$10 万となっている。
2. The Green Mark Incentive Scheme for Existing Building (GMIS-EB)	2009年	BCA	S\$1 億—	民間所有の既存非住宅建築物のうち床面積が 2,000m ² 以上のもの	・ 改修コストの 35%、もしくは S\$150 万のうち低額の方を上限に資金提供される。
3. The Green Mark Gross Floor Area Incentive Scheme (GM GFA)	2009年	BCA URA	不明	民間所有の新築・既存非住宅建築物	・ 新築、既存を問わず民間所有の建築物がグリーンマークゴールド+以上の基準を満たすことを目的とする

一方、Green Mark 取得のデメリットについての言及もある。2～5%のイニシャルコスト上昇（Gold～Platinum 取得の場合）、GoldPlus/Platinum は建てるだけではなく、3 年毎にメンテナンスが必要となり、メンテナンスコストが上昇する。建物の規模が小さい客はイニシャルコストの投資回収ができて、儲からない。GoldPlus 以上を取得するには、空調は水冷式のセントラル空調が必須となっている。設置スペースが必要であるため、規模が大きい建物でないと実現できないなどの問題がある。

集合住宅は性能向上コストのメリットがない。集合住宅はデベロッパーは建物を所有せず、省エネのメリットを受けることができない。ユーザーはコスト増加を許容するほど省エネに価値を見出さない。デベロッパーもユーザーも追加コストを許容しにくい。

5.おわりに

以上、近年のシンガポールの都市緑化と緑政策について、特にグリーンビルディング・マスタープランの動向から概観した。

建築緑化を推進するために有効なモチベーションをもたらす認証制度や投資回収のシナリオ、そして 2030 年に向けた国全体のグリーン目標のビジョンなど、極

めて理解しやすい。仕組みを直ちに直輸入することは出来ないが、国土、地域の環境向上のための全体像とその実現プロセスを示しつつ、認証制度とのマッチングを図ることは大いに参考になるものである。またこうした建築緑化などのグリーン施設が、景観要素のみならずグリーンインフラとして複合機能を果たす観点にたって展開している点も重要である。

参考文献

- 1)飯島健太郎(2011):東南アジア主要都市の環境緑化とグラウンドカバープランツ、芝草研究 39(2)、pp.113-126
- 2)(財)自治体国際化協会(2011):シンガポールの政策、都市開発政策編、(財)自治体国際化協会
- 3)田窪寿吏(2013):シガポール調査報告/ZEB・ZEHの最新動向の調査分析ならびに普及に向けた取り組みに関する検討、野村総合研究所
- 4)新田翔(2015):インフラ・都市開発分野におけるシンガポールとの戦略的連携に向けて、RICE monthly、研究所だより、No.322
- 5)BIZLAB(2017):シンガポールの建物緑化への取り組み、説明資料



3 years later
(三年後)

October 2018

Keeping Easy maintenance

the 24years observation of

the **Lightweight Rooftop Greening Systems(LRGS)**

Tsuneo Tajima
TAJIMA TAJIMA ROOFING INC.

1



Light weight Rooftop Green System (LRGS)
G-WAVE since 1991



- } plants
- } Lightweight soil
- } Water storage panel
- } Root proof sheet

2



Improvement of Works



Cut grass in 10mm



Cut grass in 20mm

3



The annual working plan

Lawn "Intensive"

Works	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
Mowing height	—	2	1	1	1	1	1	—
Watering (AUTOMATIC)	—	10mm	—	—	20~30mm	—	—	—
Fertilizing	—	—	—	from may/5 to Jun.10 20min in morning	—	from Jul.15 to Sep.10 20min morning+20min afternoon	—	—
Weed cleaning	3	—	1	—	—	—	1	—
Aeration	—	—	—	—	—	—	—	—
Joint soil	—	—	—	NO	NO	—	—	—

* Turf should be replaced every 10 years

Sedum "Extensive"

Works	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
Watering	—	—	—	—	—	—	—	—
Fertilizing	—	—	1	—	—	—	—	—
Weed cleaning	—	—	1	—	—	—	—	—
Sedum scatter	—	—	1	—	—	—	—	—

4



2016

Keeping Turf in good condition (Sept.17)



2017

Early Spring (Apr.05)



The annual working in 2017

Works	Mar.	Apr.	May	Jun.	July	Aug.	Sept.	Oct.
Mowing		24th	18th	24th	15th	9th	1+21st	--
height		10mm	20mm	20mm	20mm	20mm	20mm	
watering			start	→→→→	→→→	→→→	→stop	
Fertilizing			5月20日					
cleaning		4月17日						

The annual working in 2016

Works	Mar.	Apr.	May	Jun.	July	Aug.	Sept.	Oct.
Mowing		27th	23th	19th	16th	4+25th	17th	7th
height		10mm	20mm	20mm	20mm	20mm	20mm	20mm
watering				Start→	→→→	→→→	→Stop	
Fertilizing			7th					
cleaning			18th					



2017

Different Weeds (Apr.05)



2017



Moss Contamination (Jun.04)



2017



Storm!! (July 18)



2017



Good Trimming (Aug.09)



2016+2017



Succeed !!



The annual working in 2018

Works	Mar.	Apr.	May	Jun.	July	Aug.	Sept.	Oct.
Mowing		17th	14th	13th	14th	11+31st	17th	—
height		10mm	20mm	20mm	20mm	20mm	20mm	
watering				Start	→→→	→→→	Stop	
Fertilizing		17th						
cleaning		17th						

The annual working in 2017

Works	Mar.	Apr.	May	Jun.	July	Aug.	Sept.	Oct.
Mowing		24th	18th	24th	16th	9th	1+21st	—
height		10mm	20mm	20mm	20mm	20mm	20mm	
watering			start	→→→	→→→	→→→	→stop	
Fertilizing			20th					
cleaning		17th						



2018

Spring Weeds (Apr.05)



2018

Spring (Apr.17)



2018

Cleaning+Fertilizing (Apr.17)



2018

Yellowing (Jun 13)



2018

Yellowing (Jun 30)



2018

Yellowing recovered (Aug 11)



2018

7th Mowing(final) (Sep 17)



Seasonal Change of Extensive 2018



2018 Mar 24



2018 May 14



2018 Jun 30



2018 Sept 17



ご清聴ありがとうございました。

Thank you

2018.Nov.28 Tsuneo Tajima

都市型水辺ビオトープの水質制御の実証試験

大澤啓志（日本大学生物資源科学部）

瀧 寛則（大成建設株式会社）

要旨

硝酸イオンを吸着・除去する水質浄化装置の有無による、都市型ビオトープ池の水生昆虫相及び水質や藻類の繁茂状況の影響を検討した。4年間のモニタリングの結果、本装置設置によって夏期の富栄養化が抑制され、藻類発生の抑制効果及びトンボ相の多様度指数が高くなることが示された。

1. はじめに

都市域にビオトープ池等の水辺生態園を確保・維持することは、利用者や住民への身近な生きものとの触れ合いの場の提供、あるいは地域のビオトープネットワークの小規模な中継点とも成り得ることから重要と言える。しかし、これら創出型のビオトープ池では経年的に富栄養化が進むことで夏から秋季に藻類（アオミドロ等）の大量発生が生じる場合が多い。それにより景観や臭気が問題視され（図1）、池自体が撤去される場面も少なくない。発生した藻類は網で掬い取ってもすぐに再発生するため、通常の保守管理での物理的な除去等では根本的解決にはならず、水質面での改善が不可欠となる。ただし、簡便な薬剤処理による水質改善では生物相への影響が懸念され、ビオトープ池の生物多様性を保ちつつも、利用者の快適性を確保する水質改善技術が求められている。これに対し、これまで実用的な栄養塩除去法はほとんどなかったが、栄養塩類を効率的に除去する吸着剤の開発により、水質保全システム（図2）が提案された¹⁾。

ただし、本システムによる水生生物相への影響（特に負の作用）は未知であり、実用においてその検証が課題であった。そこで、実際にビオトープ池を造成し、硝酸イオン吸着型の水質浄化装置（硝酸イオンを選択的に吸着するCa担持炭²⁾を充填した吸着槽に池の水を循環させるもの）の設置の有無による、水生昆虫相、水質や藻類の繁茂状況等の推移を比較した³⁾。

2. 調査地の概要と調査方法

日本大学生物資源科学部（神奈川県藤沢市）に2つの同形のビオトープ池（楕円形で面積約12m²）を2012年4月に隣接して整備し（図3）、片方に水質浄化装置を設置した（以下、実証池）。最大水深は45cmで、浅場の水域にはヨシ、ヒメガマ等の湿生植物を植栽した。水生昆虫相として、浅場での定性調査（2012年6～10月及び2013年4～9月の月1回実施）と一定の枠内で採取する定量調査（2013年10月及び2014年4～10月の月1回実施）を行い（図4）、加えて2015年5・7・9月には池最深部の堆積泥内での採取も行った。2012年4月～2016年1月まで月1回池中央の表層部で採水し、水質分析を行うとともに藻類の発生状況を目視観察した。

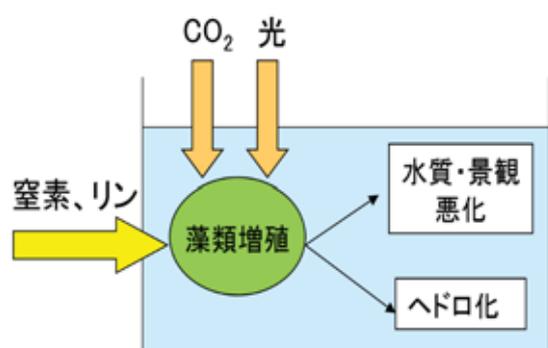


図1 藻類増殖の模式図

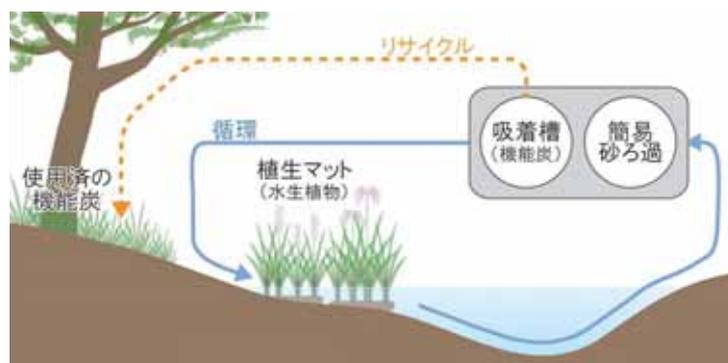


図2 栄養塩の除去による水質保全システムの模式図



図2 試験用のビオトープ池と水質浄化装置



窒素吸着型の水質浄化装置



図3 定量調査サンプルの例

3. 水質浄化装置設置による水生昆虫相への影響

2012～2015年の調査の結果、実証池で21種、対照池で24種、合計5目15科29種の昆虫が確認された。種構成については両池ともにトンボ目が最も多く（実証池9種、対照池11種）、次いでハエ目（ユスリカ科）が6～7種、カメムシ目が両池とも3種の順であった。年単位での変化では、種数は概してビオトープ池の設置当初で低く、経時とともに増加する傾向が見られた。トンボ目では実証池で確認された9種はすべて対照池でも確認されていた。池浅場（水深5～10cm程度）における定量調査での総捕獲数は、水質浄化装置を設置した実証池847個体、非設置の対照池806個体と大きな違いは見られなかった（表1）。各分類群別では、ハエ目（ユスリカ科）が実証池で645個体、対照池で564個体、トンボ目がそれぞれ199個体と229個体、その

表1 定量調査による水生昆虫相のモニタリング結果

目	種名	実証池								対照池								
		2013		2014						2013		2014						
		10	4	5	6	7	8	9	10	10	4	5	6	7	8	9	10	
カゲロウ トンボ	フタバカゲロウ属	1										7					1	
	アジアイトトンボ		1	2									1					
	アオモンイトトンボ属											1						
	アオイトトンボ属												1					
	クロスジギンヤンマ						2	1	2	2					6	1	4	
	ギンヤンマ					1												
	ギンヤンマ属	2		1		2	1							7	1			
	ヤブヤンマ	1	1	2					2								1	2
	ショウジョウトンボ	15	6	2	9	1	15	4	3	35	14	11	7	8	25	19	12	
	シオカラトンボ	13	9	12	2	3	6	8		1	3	6	2					
	オオシオカラトンボ	5	7	11	4	3	2	7			13	12	7				1	
	シオカラトンボ属	13	1	1				3	5	1	8	8						
マイコアカネ				6	1								7	2				
カメムシ	ケシカタヒロアメンボ								1						3		1	
	アメンボ科														1			
	コミズムシ属	1																
ハエ	クロバヌマユスリカ属	38	128		8	10	47	33	69	9	4	41	43	62	183	109	67	
	ダンダラヒメユスリカ属									1	2							
	ヒメユスリカ属											4						
	ユスリカ属	97	1	39				31	133	1	1	6	4	4	5	4	10	
	クロユスリカ属											2	3					
	ハモンユスリカ属			1								2	1		1	1	1	
ユスリカ科																		
4目9科19種（種数）		10	8	9	5	7	7	11	8	7	10	9	7	6	6	8	7	
		15								16								

注：表中の数は浅場での3か所、計0.27㎡における生息量を示す。

表2 実証池及び対照池でのトンボ目の多様度指数

		実証池	対照池
Simpson の多様度指数	D	0.745	0.618
Shannon-Wiener の多様度指数	H'	2.236	1.876

表3 浅場及び最深部での個体数の推移

目	種名	浅部						最深部								
		実証池			対照池			実証池			対照池					
		5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9			
トンボ	イトトンボ科						1									
	アオイトトンボ属										1					
	マルタンヤンマ	1					2									
	クロスジギンヤンマ			3		1	2			1						
	ギンヤンマ属		3			3										
	ショウジョウトンボ				3	8	20				1					
	シオカフトンボ				4		2									
	オオシオカフトンボ	6			6			2								
	シオカフトンボ属		2			1	11									
	マイコアカネ				1											
カメムシ	ゲシカヒシロアメンボ	2	1	2	3	9	1				1					
コウチュウ	キベリヒラタガムシ		12													
ハエ	ガガンボ属						1									
	クロバヌマユスリカ属	36	34	18	29	61	5	2	25	1	1					
	ユスリカ属	7	13	6		27	1	59	53	3	3					
	ハモンユスリカ属	1	17		1	11	3	5	5							
	ニセヒゲユスリカ属			1												
	ユスリカ科	1			1			2								
4目8科15種 (種数)		6	8	4	7	8	9	4	3	3	5	0	0			
		9			12			5			5					

注：表中の数は、浅場は0.27m²、最深部は0.09m²の生息量を示す。

ともに多くなる傾向がみられた。ただし、実証池ではユスリカ属は最深部の方が多くなっていた。個体数の多いユスリカ科（ユスリカ属、クロバヌマユスリカ属、ハモンユスリカ属などユスリカ科の合計）は、最深部（調査面積：0.09m²）で実証池・対照池に顕著な差が認められた。すなわち、実証池では5月68個体、7月83個体、9月に急減して4個体が記録されたが、対照池では5月に4個体が確認されたのみであり、7月・9月は水生昆虫の生息は確認されなかった。トンボ目については、最深部での確認個体数は極めて少なく、特に対照池では基本的にはその生息環境が浅場に限定されていることが示された。

4. 水質・藻類発生・堆積泥の状況

水質分析結果は、最も特徴的な動きを示したクロロフィル a のみ図4に示した。これは一般に藻類の現存量の指標としてクロロフィル a 量が用いられるためである。2012年と2013年は両池ともに差は認められなかったものの、2014年と2015年は対照池で夏季に高い値を示し、0.8 mg/L前後のクロロフィル a 濃度が計測された。

目視観察による藻類発生状況の月別推移をみると（図5）、両池とも夏季を中心に発生段階が高まっていたが、対照池の発生段階が実証池よりも高くなる傾向が認められた。特に設置3年目以降では、対照池では夏季に水域の全面が藻類で厚く覆われる状況を呈したのに対し、実証池では浅場には藻類が発生したものの、池中央部の水深がある部分は澄んで池底が観察できる状態が保たれていた（図6）。

また、設置4年目（2015年）夏期における池底部における堆積泥の厚さは（図7）、平均（N=5）で実証池が0.2 cm（S.D.±0.45 cm）、対照池が5.0 cm（S.D.±1.22 cm）であり、有意に対照池が高い値であった（Student's t-test, P<0.005）。

他の分類群は10個体以下であり、これも両池で大差は認められなかった。

人との親和性の高い昆虫類であるトンボ目の出現種に着目すると、ビオトープ池の創出当初から両池ともにシオカラトンボやショウジョウトンボといった池沼や湿地、水田、休耕田等の広範囲な止水域にみられる種、やや鬱閉的な小規模水域を好むクロスジギンヤンマが多く確認されていた。また、経年とともに抽水植物等が生育する止水環境を好むマイコアカネ、また池底への植物性沈積物の増加に伴って木陰のある小水域（池沼や水たまり等）を好むヤブヤンマといった種が出現するようになったが、これは両池とも共通していた。このトンボ目について、定量調査の合計個体数を用いて Simpson の多様度指数 (D) 及び Shannon-Wiener の多様度指数 (H') を求めたところ、いずれも実証池は対照池より高い値であった（表2）。

2015年の調査による水深の違いに着目すると（表3）、実証池・対照池ともに浅場の方が最深部よりも種数・生息量

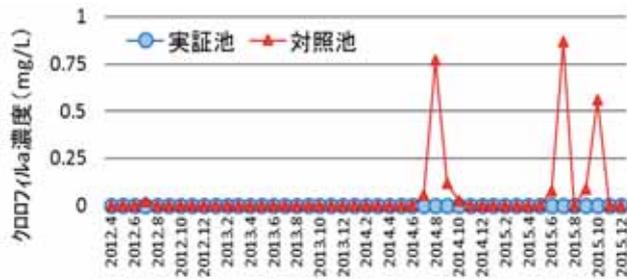


図4 調査期間中のクロロフィル a 濃度の推移

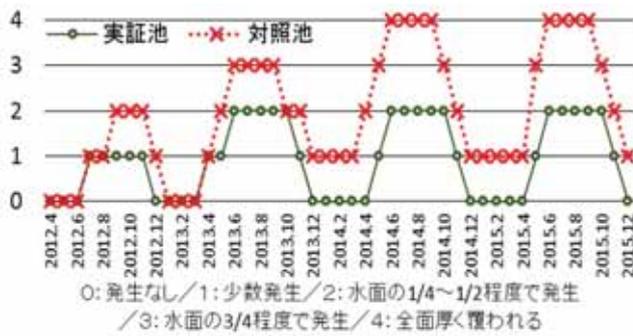


図5 藻類の発生状況の推移



図6 設置4年目の夏季の藻類発生状況

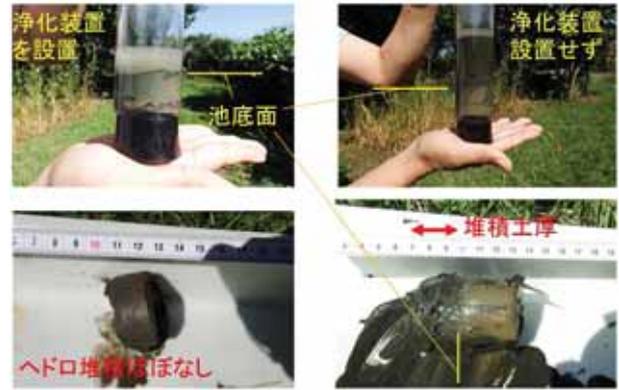


図7 実証池(左)と対照池(右)の堆積泥の状況

5. 考察及び結び

一般に閉鎖性止水的環境では、ヘドロと呼ばれる有機物を多量に含む泥の堆積に伴いバクテリア等の活発な活動により溶存酸素が消費され、貧酸素状態になることが知られている⁴⁾。そして有酸素呼吸を必要とする水生昆虫の生息が7月・9月に全く認められなかった対照池の最深部では(表3)、この時期、貧酸素状態に陥っていた可能性が高い。これに対し、実証池では9月に個体数密度が低下するものの造成4年目まで最深部でも水生昆虫の生息が認められ、また堆積泥の厚みは低く止まっていた(図7)。このように、水質浄化装置により藻類の発生や堆積土を抑えることが実証され、富栄養化の進行を抑制することができた。水生昆虫相については種構成、目毎の個体数割合に大差は認められなかった(表1)ものの、先の富栄養化の抑制に伴い、トンボ目の多様性指数(D及びH')では、浄化装置を設置した実証池の方が高い値であった(表2)。

藻類の発生については設置3年目時点で差が認められ、本水質浄化装置を設置しないと夏季にクロロフィル a 濃度の著しい増加(図4)と藻類が厚く水面全域を覆う状況(図5)が生じたのに対し、設置することでクロロフィル a 濃度の低い値及び藻類の繁茂抑制、そして一定の透明度を確保(図6:左)していることが確認された。すなわち、水域景観の快適性の維持の点からも本装置の設置は評価できる。今後、水質改善と合わせた良質な生物相維持に対する事業者あるいは利用者の評価内容の把握が、アメニティ性と生態性の両立を図る小生態園(ビオトープ池等)の普及に繋がると考えられる。

なお、水質浄化型ビオトープ池 ver.2 として、現場施工可能な窒素吸着材入りの土壌基盤を用いた自由な形状の水辺ビオトープ創出に向けた実証研究を、現在、展開中である。

引用文献

- 1) 瀧 寛則・林 聡 (2016) 自然由来の吸着剤を用いた水質保全システムの開発と都市部ビオトープ池への導入, 環境浄化技術 15(1), 45-48.
- 2) 横山理英・林 聡・中西 真・高田 潤 (2008) Ca を導入した木質炭化物による硝酸性窒素吸着特性, 水環境学会誌 31(1), 47-52.
- 3) 大澤啓志・井上 剛・瀧 寛則・屋脊下 亮・天石 文・林 聡・横山理英 (2018) 都市型ビオトープ池での硝酸イオン吸着型水質浄化装置による水生昆虫相への影響, 日本緑化工学会誌 44(1), 87-92.
- 4) 山口啓子・相崎守弘 (2003) 底生動物の浄化作用. 島谷幸宏・細見正明・中村圭吾編, エコテクノロジーによる河川・湖沼の水質浄化. ソフトサイエンス社, pp.31-43.

屋上緑化における CAM 植物の混植による 他種の生育促進効果のメカニズムの解明

松岡 達也（東京大学大学院農学生命科学研究科）

要旨

本研究では、屋上緑化において他種の生育状態を改善するとされる CAM 植物の混植の効果、植物の生育特性ごとに検証した。温室内でプランターを用いた混植実験を行った結果、混植の効果は CAM 植物の生理学的特性や植物の生育型に依存することが示された。

1. はじめに

屋上緑化は、葉の蒸散によるヒートアイランド現象緩和効果、根の吸水による洪水時の雨水流出遅延効果、緑被による断熱効果、みどりの癒しの効果、蜜源植物の導入による花粉媒介の促進効果、ヒートアイランド緩和効果など、都市域において生態系サービス向上に寄与する多面的な効果を持つ。特に、粗放型屋上緑化は建築物の荷重制限を考慮し、低コストで施工可能であるため、近年注目を集めている¹⁾。一方で、薄層土壌上で最低限の灌水量のもとで緑化を施す必要があるため、粗放型屋上緑化では導入可能な植物種の僅少さが課題とされてきた。

粗放型屋上緑化では乾燥耐性の優れたセダムが広く利用されているが、セダムは生態系サービス向上に大きく寄与しない²⁾。その原因として、植物体サイズの小ささや特殊な生理学的特性を持つことが挙げられる。セダムは湿潤条件下では通常の C₃型光合成を行うが、乾燥条件下で CAM (Crassulacean Acid Metabolism) 型光合成を行うように変化する (CAM 化)。CAM 化することで葉の気孔が昼間に閉じ、蒸散量が顕著に抑制される³⁾ため、乾燥耐性が向上する。そのため、セダムの乾燥耐性と蒸散の潜熱発散に由来するヒートアイランド緩和効果はトレードオフの関係にある⁴⁾。一方で、薄層土壌上で栽培が容易なセダムは粗放型屋上緑化において利用価値が高いため、緑化植物としての活用方法が模索されている。

その一つとして、複数の植物種を用いた混植栽培が挙げられる。Butler ら⁵⁾は、屋上緑化においてセダムを混植すると他種の生育状態が改善される場合があることを報告している。セダムの混植により屋上緑化で栽培可能な植物種を増やすことが出来れば、放花昆虫の蜜源となる植物種や蒸散量の多い植物種を積極的に導入し、都市域の生態系サービス向上に寄与することが可能となる。一方で、セダムの混植が他種の生育状態に正の影響を及ぼすメカニズムは詳細に解明されていないことから、混植栽培による緑化技術の開発まで至っていない。混植の効果が発揮される要因の一つとして、セダムによる土壌被覆が挙げられる。植物による土壌被覆により土壌温度が下がるほか、蒸発抑制により土壌水分量が増加することが期待され、混植することで土壌環境を改善する可能性がある。また、筆者らの研究結果より、セダム類の中でも葉の形質や多肉度などによって CAM 化特性が異なることが分かっている⁶⁾⁷⁾。CAM 化が早く進行することで、乾燥条件下において蒸散量が顕著に抑制されるため、土壌水分量が高く保持されることが予想される。よって、セダムの混植の効果は CAM 化の程度に依存する可能性がある。

そこで本研究では、セダムを用いた混植の効果が植物種の生育特性によって異なるか否かを解明することを目的とし、温室内でプランターを用いた混植実験を行った。セダムとして、CAM 化の早さが顕著に異なるシロバナマンネングサとキリンソウを用いて⁸⁾栽培実験を行うことで、CAM 化特性が混植の効果に及ぼす影響を評価した。混植する植物種については、日本の主要な蜜源植物⁹⁾であり、生育型や植物体サイズの異なるソバとシロツメクサを用いた。

2. 研究方法

植物体は東京大学大学院農学生命科学研究科附属生態調和農学機構の温室内で栽培した。植物体の栽培には、縦 40 cm×横 30 cm×高さ 14.5 のプランターを用いた。栽培に用いた土壌は市販の屋上緑化用土壌（RS-8、杉田エース、東京、日本）であり、単位容積重量は 890 g/L、pH は 6.4、気孔率は約 30 %であった。土壌厚は 10 cm とし、排水層として、ポリポット最下部に網目 2 mm のナイロンシートを敷いた上で、直径 5 mm の軽石を敷き詰めた。

実験には、日本の主な蜜源植物として挙げられる植物種のうち、バイオマスが大きく生育型が直立型のソバと、バイオマスの小さく生育型が匍匐型シロツメクサを用いた。また、蜜源植物と混植するセダムについては、CAM 化の進行が早く蒸散量の少ないシロバナマンネングサと、CAM 化の進行が遅く蒸散量の多いキリンソウを用いた。セダムは挿木苗から、ソバとシロツメクサは種子から栽培を開始した。また、実験開始日までの灌水頻度は全て 2 日に 1 度とした。

混植実験の実験期間はそれぞれ、ソバは 14 日間、シロツメクサの 63 日間とし、灌水は 12 日に 1 度行った。また、各植栽区の繰り返しは 3 回以上とした。植栽区は図-1 の通り、CAM 植物と蜜源植物の割合が 4:5 の CAM 少なめ混植区と、割合が 8:1 の CAM 多め混植区の 2 種類の混植区に分けた。植物種の組み合わせは、ソバとシロバナマンネングサ、ソバとキリンソウ、シロツメクサとシロバナマンネングサ、シロツメクサとキリンソウの 4 種類である。混植実験終了時の植物体の様子は図-2 の通りである。

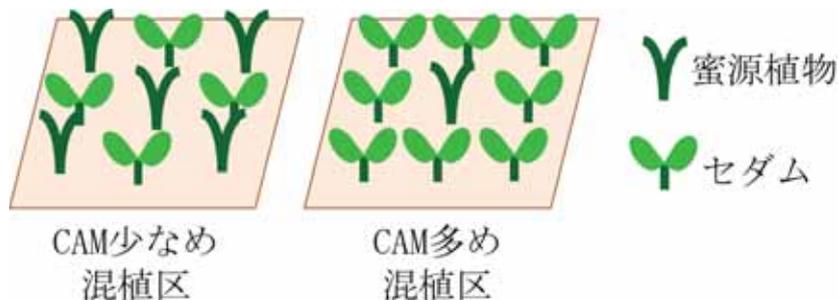


図-1. 植栽区の配植パターン

3. 結果と考察

3-1. ソバの混植実験の結果について

最初に、12 日間非灌水下に置いた時のソバの生育状態について述べる。セダムを多めに植栽した混植区ではソバの葉の萎れはほとんど見られなかった。これは、混植するセダムが CAM 化し、植栽区あたりの蒸発散量が抑えられ、土壌水分が確保された結果と推察された。また、シロバナマンネングサの混植区ではキリンソウの混植区と比較してソバの葉の萎れの程度が小さかった。これは、シロバナマンネングサの CAM 化の程度がキリンソウよりも大きいため、蒸発散量が少なく、シロバナマンネングサの混植区の方がキリンソウの混植区と比較して土壌水分が多かったためと推測された。以上より、バイオマスが大きく蒸発散量の多いソバにおいては、CAM 化の早いセダムの混植により土壌水分が確保され、生育状態が改善されることが推論された。

3-2. シロツメクサの混植実験の結果について

次に、12 日間非灌水下に置いた時のシロツメクサの生育状態について述べる。ソバの混植実験の結果とは異なり、シロツメクサは混植するセダムの種類によって生育状態に大きな違いは見られなかった。また、シロツメクサの生育状態は混植時の個体数の割合によって変化しなかった。この原因として、シロツメクサの生育特性が考えられる。シロツメクサは匍匐状に成長するため、混植するセダムと種間競争が生じていたことが予想される。種間競争によりセダムの生育が抑制されることで、本来発揮されるはずの正の効果がみられなかったと推察することが出来る⁹⁾。

ソバ	シロツメクサ
CAM 少なめ キリンソウ混植区	CAM 少なめ キリンソウ混植区
	
CAM 少なめ シロバナマンネングサ混植区	CAM 少なめ シロバナマンネングサ混植区
	
CAM 多め キリンソウ混植区	CAM 多め キリンソウ混植区
	
CAM 多め シロバナマンネングサ混植区	CAM 多め シロバナマンネングサ混植区
	

図－2．混植区における蜜源植物の様子

一方で、シロツメクサはソバと比較してバイオマスが小さいため、混植によって受ける恩恵が小さく、生育の差として現れなかった可能性も考えられる。よって今後は、生育型やバイオマスなど植物体の生育特性によって、セダムの混植の効果がどのように異なるのか詳細に検証する必要がある。

4. 結論

セダムの持つCAM化特性によって、混植による他種の生育状態の改善効果は異なっていた。一方で、セダムの混植の効果は植物体の生育特性にも依存していることが示された。したがって、屋上緑化の低コスト型栽培技術の開発に向け、今後は混植により正の効果が発揮される植物種の組み合わせについて、生育特性に焦点を当てて検証する必要がある。

5. 引用文献

- 1) Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R.R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K.K.Y., Rowe B. (2007) Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. *BioScience*, 57(10), 823-833
- 2) van Mechelen, C., van Meerbeek, K., Dutoit, T. and Hermy, M. (2015) Functional diversity as a framework for novel ecosystem design: The example of extensive green roofs, *Landscape and Urban Planning* 136: 165-173
- 3) Black, C.C. and Osmond, C.B. (2003) Crassulacean acid metabolism photosynthesis: 'working the night shift'. *Photosynthesis Research* 76: 329-341
- 4) 横山仁・山口隆子・石井康一郎(2004) 屋上緑化のヒートアイランド緩和効果、東京都環境科学研究所年報：3-10
- 5) Butler, C. and Orians, C.M. (2011) Sedum cools soil and can improve neighboring plant performance during water deficit on a green roof. *Ecological Engineering* 37: 1796-1803
- 6) 松岡達也・土屋一彬・大黒俊哉(2017) 屋上緑化に用いられるセダム類の葉の形質の違いが蒸発散量に及ぼす影響、*日本緑化工学会誌* 43 (1) : 115-120
- 7) Matsuoka, T., Onozawa, A., Sonoike, K. and Kore-eda, S.(2018) Crassulacean Acid Metabolism Induction in *Mesembryanthemum crystallinum* Can Be Estimated by Non-Photochemical Quenching upon Actinic Illumination During the Dark Period, *Plant and Cell Physiology* 59 (10): 1966–1975
- 8) 佐々木正己(2010) 蜂からみた花の世界—四季の蜜源植物とミツバチからの贈り物、*海游舎*
- 9) Brooker, R.W. (2006) Plant–plant interactions and environmental change. *New Phytologist* 171: 271-284

雨庭の雨水流出抑制効果の評価について

平野 堯将 (清水建設株式会社)

要旨

京都学園大学太秦キャンパスの2つの雨庭を対象に雨水流出抑制効果を判断するために貯留浸透機能の定量評価を試みた。その結果、土地被覆や雨庭の構造等の違いにより、その効果に差が生じる可能性が示唆された。

1. はじめに

近年、大雨や短時間強雨の増加しており、水害被害が各地で発生¹⁾し、都市化による不透水面積の増加は健全な水循環が失われ、水質・生態系への影響や親水機能の低下等の問題が生じている²⁾。今後、気候変動が及ぼす短時間強雨に対応するために、雨水対策の検討が求められる。

都市域の水循環の健全化や内水氾濫リスクの低減が希求される中、雨水流出抑制効果を持つ雨庭(レインガーデン)が、都市のグリーンインフラとして注目されている。

雨庭とは不透水・難透水面に降った雨水を集め、一時的に貯留する窪地等を備え、漸次地中に浸透させる緑地のこと³⁾で1990年代のアメリカのメリーランドで開発され、近年では、京都学園太秦キャンパス、福岡市総合体育館等、国内での整備も始まりつつある。しかし、こうした発想は今に始まったわけではなく、屋根等の不透水面からの雨水を貯留・浸透させる発想は相国寺裏方丈庭園等の日本庭園でも確認することができる⁴⁾。

雨庭は治水、地下水・湧水涵養、ヒートアイランド現象緩和、水質浄化機能等の多様な機能が期待できる。しかし、雨庭の機能の定量評価が不十分であり、効果の検証ができていない。そこで本研究では国内で先駆的に整備された雨庭を対象に、雨水流出抑制効果に着目し、貯留浸透機能の定量評価を試みた。

2. 調査方法

2-1. 研究対象地

京都学園大学京都太秦キャンパス(京都市右京区)の中庭に整備された2つの雨庭(監修:森本幸裕/以下、「雨庭1」「雨庭2」)を対象とした(図1)。いずれも路面雨水が流入する点、窪地と築山を有する点、オーバーフロー用の排水口を有する点は共通している。しかし、雨庭の形状には異なる特徴が見られる。雨庭1は浅い窪地を有し、貯留容量は約4m³である。湛水域はぐり石(約50m²、



図1 研究対象

厚さ 10~20cm) で被覆され、集水面積は約 300m²である。一方、雨庭 2 の窪地はやや深く、貯留容量は約 14m³である。湛水域はぐり石 (約 30m², 厚さ 10~20cm) と芝 (約 30m²) で被覆され、集水面積も約 680m²と広い。

2-2. 調査項目

雨庭の雨水流出抑制効果と影響要因を解明するため、1) 雨水流量観測と 2) 雨庭の形状・基盤調査を行った。

1) 雨水流量観測

雨量と窪地部・築山部の水位 (地表・地下) を計測し、雨水の流入量・流出量を推定した。観測期間は 2017/7/14~11/25 である。雨量は転倒ます式雨量計を用いて記録した (0.2mm 毎)。水位は圧力式水位計を用いて 5 分間隔で計測した。流入量は路面雨水が全て窪地に流入すると仮定し、集水面積と降雨量を乗じて推定した。流出量は、排水側溝に三角堰を設置して実測した。また、インターバルカメラを用い雨庭の湛水状況を撮影した (1 分間隔)。期間中の降雨が認められた 58 日分のデータのうち台風を含むいくつかの降雨パターンが認められた 10 月のデータを本稿では分析に用いた。10 月には計 4 回の降雨イベントが記録され、総降雨量はそれぞれ 23mm, 154mm, 30mm, 59mm であった。

2) 雨庭の形状・基盤調査

形状について、微地形と土地被覆を実測した。微地形は 3D レーザ測量から 10cmDEM (数値標高モデル) を作成し、地形解析により雨庭全体の集水域と窪地の湛水域、貯留容量を算出した。土地被覆はドローン空撮写真を元に石被覆地・芝地・樹木に分類した。植栽基盤について現場透水試験と土壌試料分析 (粒径組成、礫含有率、pH、飽和透水係数) を実施した。

3. 結果・考察

3-1. 雨庭の貯留浸透状況の全体傾向

降雨に応じた雨庭 1・2 の窪地部での貯留浸透の傾向を観察した。10 月の雨量・水位変化を示す (図 2, 図 3)。その結果、降雨に伴い両雨庭とも水位が上昇するが、降雨後、雨庭 1 では地表面より約 7cm 高い位置で水面が滞留したのに対し、雨庭 2 では降雨が終わると半日以内で地中に浸透する状況が観察された。以上から、雨庭 1・2 では雨水の貯留浸透機能に差があると考えられた。

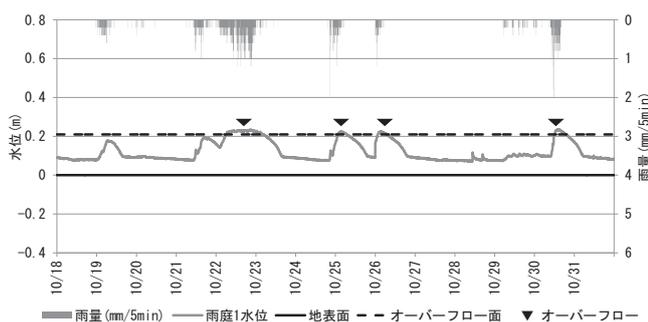


図 2 雨量と水位変化 (雨庭 1)

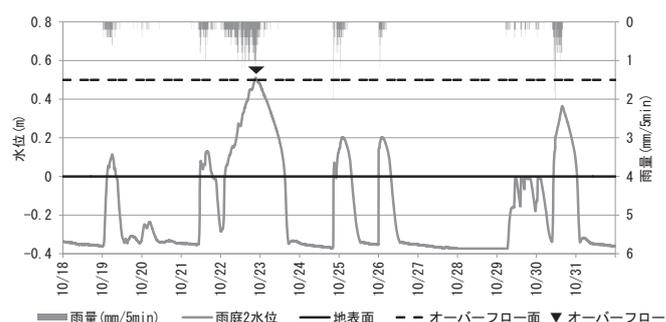


図 3 雨量と水位変化 (雨庭 2)

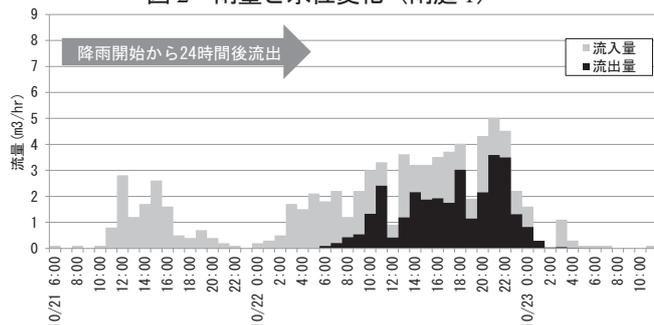


図 4 雨水の流入量と流出量 (雨庭 1)

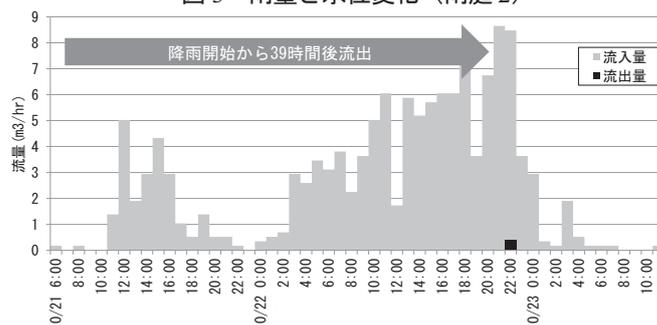


図 5 雨水の流入量と流出量 (雨庭 2)

3-2. 窪地部の浸透能

降雨後 6 時間の水位変化から両雨庭の浸透能 (mm/hr) を算出した。その結果、雨庭 1 は約 10mm/hr、雨庭 2 は約 50mm/hr と推定され雨庭 2 の浸透能が大きいと考えられた。

3-3. 雨水流入量と流出量の関係

最も総降雨量が大きかった台風時(10/21~23)の 1 時間毎の流入量と流出量の推移を分析した(図 4, 図 5)。また、総流出量を総流入量で除することで雨水流出抑制率を推定した。その結果、雨庭 1 は降雨開始から 24 時間後に、雨庭 2 は 39 時間後に流出が始まっていることが把握された。雨水流出抑制率は、雨庭 1 が流入量の約 60%、雨庭 2 は約 99%であり、雨庭 2 では大半の雨水の流出を抑制できていることが推定された。雨庭 1 は貯留容量が少なく、浸透能が低いため、流出開始が早く、雨水流出抑制量が少なくなったと考えられた。

3-4. 浸透能に影響する要因

雨庭の浸透能に影響する要因について、1) 土地被覆、2) 雨庭を構成する土壌、から考察する。

1) 土地被覆

土地被覆別の現場透水試験による浸透能(注水後 40 分間の値、深さ 30cm)を計測した結果、雨庭 1 の石被覆地ではいずれも 0mm/hr (3 地点)であった。一方、雨庭 2 では、石被覆地が 9~114mm/hr (3 地点)、芝地が 63~96mm/hr (4 地点)であった。石被覆地は調査地点によってばらつきが大きい、総じて芝地の方が高い浸透能を示した。両雨庭の湛水域の面積は大差がない。しかし、土地被覆の構成は大きく異なり、湛水域の全面がぐり石で被覆される雨庭 1 に対し、雨庭 2 はぐり石と芝地が同程度の被覆となっている。こうした土地被覆の構成が、浸透能に影響を与えたものと考えられる。

2) 雨庭を構成する土壌

粒径組成は、雨庭 1・2 で同程度の数値を示した(図 6, 図 7)。土壌の礫含有率も両雨庭で差がなかった(石被覆地:約 50%、芝地;30~40%程度)。pH はどちらも 9 弱と高い値であった。飽和透水係数はばらつきが大きい、雨庭 2 で若干大きい値を示した(図 8, 図 9)。土壌分析では両雨

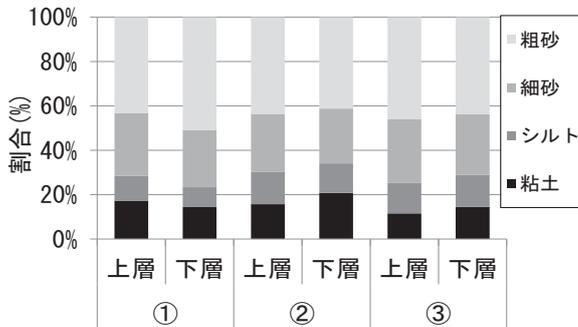


図 6 粒径組成 (雨庭 1)

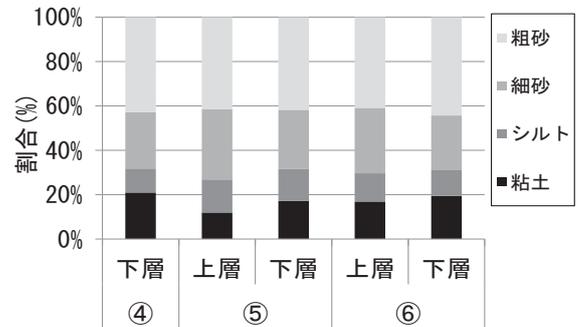


図 7 粒径組成 (雨庭 2)

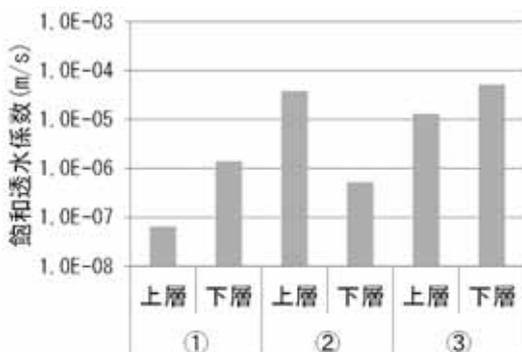


図 8 透水係数 (雨庭 1)

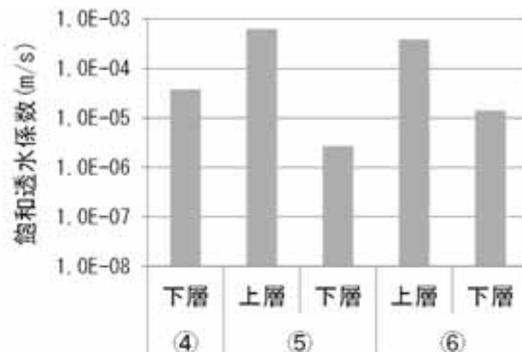


図 9 透水係数 (雨庭 2)

庭を構成する土壌に大きな違いは確認されず、現地の浸透能の相違は、転圧等、施工方法の影響が考えられた。

4. まとめ

今回実測した雨庭では、台風時でも流入量の6～9割以上が抑制されており、高い雨水流出抑制効果があることが推定された。ただし、同一敷地で同様の材料で施工されていても貯留浸透機能は大きく異なっており、土地被覆や構造、施工方法が影響を与える可能性が示唆された。

5. 謝辞

本研究は京都学園大学(森本幸裕教授(現京都大学名誉教授)), 京都大学(柴田昌三教授), 東京都市大学(横田樹広准教授), 清水建設(株)の共同研究の成果によるものである。また、ドローン空撮による土地被覆解析データを丹羽英之准教授に提供頂き、張林瀛氏には現地調査・データ回収に協力頂いた。心から御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁(2018)気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響～。
- 2) 環境省(2016)「地下水保全」ガイドライン～地下水保全と持続可能な地下水利用のために～。
- 3) 渡部陽介・米村惣太郎・平野堯将・張林瀛・柴田昌三(2018)実測データに基づく雨庭の雨水流出抑制効果の評価。建築学会 2018 年度大会学術講演梗概集, 641-642.
- 4) 森本幸裕(2018)歴史に学ぶこれからのみどりのまちづくり。都市緑化技術, 107:2-5.

異なる高光束密型 LED光源下における Tifway の生育の変化

浅井俊光 東京農業大学 地域環境科学部 地域創成科学科

要旨

我が国のスポーツターフに多用されている交雑種品種 Tifway (以下, ティフトン 419) に対して, 5,000K と 2,700K の 2 つの色温度の LED ランプを用いて光合成光量子束密度 (PPFD) と照射時間を変えて補光し, 生育量の推移を調査した。その結果, 7 日ごとの草高の伸長量については, 2,700K の処理区において上方へ伸長する傾向が認められた。一方, 5,000K の補光は上方への伸長は抑制されるものの, 2,700K の補光よりも地表面に近い位置に多くの葉を展開することが明らかとなった。実験終了時の各処理区の乾物重量については, 総重量では処理 5 (5,000K・800 $\mu\text{mol} \cdot 8\text{h}$) > 処理 4 (5,000K・800 $\mu\text{mol} \cdot 4\text{h}$) と 8 (2,700K・800 $\mu\text{mol} \cdot 4\text{h}$) > 処理 2 (5,000K・400 $\mu\text{mol} \cdot 4\text{h}$) と 7 (2,700K・400 $\mu\text{mol} \cdot 4\text{h}$) と処理 3 (5,000K・800 $\mu\text{mol} \cdot 2\text{h}$) > 処理 1 (5,000K・無補光) と 6 (2,700K・無補光) の順となり, 地上部, 地下部の乾物重量においても, 概ね同様の結果となった。さらに, 2,700K の 600nm 付近の長波長を主とした補光は, 節間の長い (約 40 ~ 60mm) 節が増加する傾向があった。一方, 5,000K の 450nm 付近の短波長を主とした補光は, 節間が短い (約 30mm ~ 40mm) 節を増加させる傾向があり, 緻密なターフ形状を形成する効果が高いものと推測された。

1. 研究背景及び目的

現在, 我が国ではバミューダグラス類 (*Cynodon* spp.) の交雑種品種 Tifway (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. \times *C. transvaalensis* Burt-Davy 'Tifton 419') (以下, 流通名であるティフトン 419 と記載) を利用することがきわめて多い。バミューダグラス類は C4 型光合成を行い光の要求量が多いとされているが, 近年では劣悪な光環境下で栽培, 利用されることも多い。たとえば, 客席が屋根で覆われている開口部の小さな競技場, 客席が上方にあり空への仰角が大きい競技場のスポーツターフとして利用されるバミューダグラス類などが該当する。このような光環境下で競技場のスポーツターフを維持管理するためには, 芝草と光条件の関係を明らかにする必要がある。従来から, 光と芝草の生長^{10),14)}との関係については, 遮光が芝生の生育に及ぼす影響を中心に研究されてきた^{3),7)}。近年では, バミューダグラス類の許容水準の生育に必要な光合成光量子束密度 (PPFD) は, 春季では 18.6 mol/m²/day, 夏季では 22.4 mol/m²/day であることが示されている¹¹⁾。しかし, 波長とバミューダグラス類の生育との関係を明らかにした研究はきわめて少ない^{1),2)}。

さらに, 近年, 従来型のメタルハイドランプや高圧ナトリウムランプよりも省電力, 長寿命で照射時の発熱が少ない高光束密型 LED が開発された。この LED は, 各種競技場, 特に, 日照条件で様々な制約がありバミューダグラス類にとって生育条件がもっとも厳しいと予測される全天候型スタジアム内での補光源としての利用が期待されている。このような現状を考慮し, 本研究では, 全天候型スタジアム内での補光によるバミューダグラス類の維持管理を想定し, 異なる色温度の影響に着目して高光束密型 LED がティフトン 419 の生長に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

(1) 処理区概要

2016 年 1 月 12 日 ~ 2 月 12 日の 31 日間, 宮城県名取市のパナソニック社内の工場屋内で試験を実施した。試験期間中の温度および湿度は表 1 の通りである。また, 色温度の異なる 2 種類の高光束表面実装型 LED (パナソニック社製: LNJO3004BND3 (5,000K), LNJO3004BLD3 (2,700K)) を使用した LED ランプを作成し, 補光した。各 LED ランプの分光波長は, 5000K では 450nm 付近, 2700K では 600nm 付近に, それぞれピークがある (図 1, 2)。また, 送風機を用いて各処理区の照明装置からの熱を排熱し, 温度および湿度条件を調整した。光量については, 直射日光の光量が約 2,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ という記載^{4),6)}に基づき, スタジアムの PPFD を, この 5 分の 1 程度と仮定した。具体的には, 明期 (8h): 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, 暗期 (16h): 0 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ と想定した。すなわち, 11.5 mol/m²/d をスタジアム内の芝生が受ける太陽光相当の光量とみなし, LED ランプとメタルラックの距離および位置を全処理区で一定となるよう調整した。処理区については, 補光条件を 8 種類とし, 光量の調節は 6 ~ 12 本の点灯本数の調整で対応した (表 2)。

(2) 供試植物および肥培管理方法

ティフトン 419 のポット苗 (7.5cm) を日光種苗 (株) から 120 個購入し, その中から生育の均一な外観を呈した 24 個体を選び供試した。1/5,000a ワグネルポットに排水用の碎石を 3cm の深さで充填し, その上部に川砂とピートモスを 9 : 1 の割合で配合した培土をポットの縁の下 2cm まで充填した。その後, ティフトン 419 のポット苗を移植した。根がルーピングした箇所は可能な限り解いた。その後, 上記 LED を用いた光源 (5,000K または 2,700K) を使用し, PPF_D が 17.3mol/m²/d (昼間 (12h): 400 μmol/m²/s, 夜間 (12h): 0 μmol/m²/s) に設定した環境下で, 2016 年 1 月 6 日から 1 月 12 日までの (7 日) 間養生させた後, 供試した。灌水については, ドリップ式灌水装置 (株) カクダイ社製: 移動コンピューター-502-302) により, 一週間に 4 回 (火, 水, 金, 日) 8:00 に 120~140ml/60min を灌水した。基肥は, 養生開始時の 1 月 6 日に予め実験土壌中に 1 ポット当り 5g の緩効性固形肥料 (日本林業肥料(株)製, ちから粒状固形 1 号) を混和し, 施肥量が N:P:K=15:10:7.5g/m² となるように施肥した。また, 肥料切れに備え, 1 月 20 日と 2 月 3 日に同様の肥料をポット表面に散布し同量を追肥した。

(3) 測定評価方法

ポット苗移植 7 日後の 1 月 12 日を実験開始日とし, それより 7 日, 14 日, 21 日および 28 日後 (それぞれ, 2016 年 1 月 19 日, 1 月 26 日, 2 月 2 日および 2 月 9 日) に芝生の草高を測定した後, 高さ 2cm で刈込み, ドライオープン (70 °C, 48h) で乾燥後, 刈草の乾物重量を測定した。移植 31 日後に, ポットから植物体を掘り取り, 地上部と地下部を洗浄し, ターフの状態を目視で観察し写真撮影した。匍匐茎は, 各ポットから長さの長い順に 5 本を選び出し, 1 処理区当り 15 本の匍匐茎長, 節間長および節数を計測し, それぞれの平均値を求めた。その後, 各個体を直立茎, 葉, 匍匐茎, 地下茎および根に分け, 乾物重量を測定し, 試験終了時の乾物重量とした。なお, 匍匐茎長, 節間長, 節数に関しては, ソッドの植え付け位置付近の短い節 (1~10mm) は供試する前に形成された可能性が高いため除外して測定した。

統計処理については, 統計ソフトウェア (IBM® 社製: SPSS® Statistics Varsion20) を使用した。また, 正規分布が仮定できた各種乾物重量, T/R 比, 匍匐茎長, 節数, 7 日ごとの上方への伸長量および乾物重量については, ANOVA (TukeyHSD) によって, 有意差の有無を検討した。なお, 匍匐茎長と節数に関しては, 各処理区の補光条件を固定効果, ポットの要因を变量効果として, 統計処理を行った。正規分布が仮定できなかった節間長については, 測定した節間長を Kuruskal-Wallis (Mann-Whitney (Stepwise Stepdown Multiple Comparisons)) によって, 有意差の有無を検討した。

3. 結果および考察

(1) 実験終了時の各処理区の乾物重量および匍匐茎長, 節間長, 節数

実験終了時の各処理区の乾物重量, 匍匐茎長, 節間長, 節数を示した (表 3)。実験終了時の各処理区の乾物重量について, 総重量は処理 5 (5,000K・800 μmol・8h) が最も大となり, 次に処理 4 (5,000K・800 μmol・4h) と 8 (2,700K・800 μmol・4h) が, 続いて処理 2 (5,000K・400 μmol・4h) と処理 7 (2,700K・400 μmol・4h), 処理 3 (5,000K・800 μmol・2h) の順となり, 最も総重量が小さいのは処理 1 (5,000K・無補光) と 6 (2,700K・無補光) となった (表 3)。また, 地上部, 地下部の乾物重量においても, 概ね同様の結果となった。このことから, ティフトン 419 に関しては, 地上部, 地下部ともに, その生育量を増大させるためには PPF_D と照射時間の増加が有効であることが明らかとなった。しかし, PPF_D と時間のいずれが有効であるかについては, 処理 2 と 3 の間に差はなく明らかにならなかった。また, 地上部乾物重と地下部乾物重 (T/R 比) を算出したが, 差は認められず本実験で使用した LED ランプによる補光は, T/R 比には影響を及ぼさないことが明らかとなった。同じ C4 型光合成を行うバミューダグラス類やコウライシバ (*Zoysia matrella* (L.) Merr.) の T/R 比は既往の研究^{10),12)}によると施肥条件下で概ね「2~3」程度であることが報告されており, 本実験のティフトン 419 は茎葉部に偏った生育状態となっていることも明らかとなった。

匍匐茎長は, 処理 8 で処理 6 より大きかったが, それ以外の処理間に差は認められなかった。しかし, 5,000K 区では無補光区 (処理 1) に対する補光区 (処理 2~5) の匍匐茎長の割合は 94~118%であったのに対し, 2,700K の処理区では, 無補光区 (処理 6) に対する補光区 (処理 7 および 8) の割合は 140~147%であった。このことは, 2,700K では, 800 μmol で 4 時間あるいは 8 時間補光によって, ティフトン 419 の側方への伸長が促進されることを示唆している。また, 匍匐茎長は, 節数と節間長に影響され, 匍匐茎 1 本当

りの節数は9.3~11.7本の範囲であったが、有意な処理区間差が認められず、供試したLEDランプによる補光が節数に及ぼす影響については明確にはならなかった。しかし、5,000Kの処理区では無補光区に対する補光区の節数の割合は91~115%であるのに対して、2,700Kの処理区では120~122%であった。このことは、2,700Kの処理区では、補光により節数が増加することが、匍匐茎長の増加に一定の寄与をしていることを示唆している。一方、節間長は、処理8と処理1、4および6の間に、また、処理2と処理6の間に差がみられたものの、5,000Kの処理区（処理1~5）間には差は認められず、処理が節間長に及ぼす影響は必ずしも明確にならなかった。この理由として、各処理区内の各匍匐茎の節間長の変異が大きかったためと考えられた。そこで、匍匐茎内の節間長5mmごとの度数をヒストグラムとして表した（図3）。その結果、度数がもっとも多い節間長は、5,000Kの処理区では5つの処理区のうち4つの処理区で36~40mmであったのに対し、2,700Kの処理区では、3つの処理区のうち2つの処理区で41~45mmであった。このことは、色温度の差異が節間長の長さに影響を及ぼし、2,700Kの処理区では5,000Kの処理区にくらべ、節間長を伸長させることが示唆された。Beltranoら²⁾によると、PPFDが高い環境下（1,400および700 μmol ）では、より高いPPFD（1,400 μmol ）で節間長が短くなるという報告がある。しかし、低いPPFDを含む本試験では、処理2（400 $\mu\text{mol}\cdot\text{4h}$ ）と処理8（800 $\mu\text{mol}\cdot\text{4h}$ ）を比較したとき、PPFDが低い処理2の節間長が短い傾向があり、Beltranoらの報告と異なる結果となった。この理由は明らかでないが、本試験はBeltranoらの試験よりも低いPPFDで行われたデータを含むとともに、補光時間が短いこと、本試験では処理2と8では色温度が異なり、色温度がPPFDよりも節間長に強く影響を及ぼしたことなどが推測された。本実験から、5,000Kの処理区の450nm付近の短波長を主とする補光は、節間長が31~40mm付近の節の数を増加させる傾向が強く、すなわち、短い均質な節の割合が多く密なターフ形状を形成する効果がより高いものと推測された。これに対して、2,700Kの処理区の補光は、匍匐茎の側方への伸長生長時に節間長の長い節間を増加させる傾向があり、特に処理8のように高PPFDと4時間程度の照射時間を組み合わせれば、迅速な側方への匍匐茎の伸長が見込めるものと推測された。このことから、競技場などのスポーツターフにおいては、それぞれの競技種目に適したティフトン419の節間長を明らかにするとともに、本実験の知見をもとに適切な節間長となるよう補光の光質（色温度、波長領域）、照射量（PPFD）、照射時間を明らかにし、競技種目ごとに最適なターフクオリティを創出する必要がある。

（2）各処理区の草高の上方への伸長量と刈草の乾物重量の推移

実験開始日より7日ごとの草高の上方への伸長量（以下、伸長量）と刈草の乾物重量（以下、乾物重量）を示した（図4,5）。

草高の上方への伸長量（図4）については色温度が異なり、補光条件が同一の処理区、すなわち処理2と7（400 $\mu\text{mol}\cdot\text{4h}$ ）および処理4と8（400 $\mu\text{mol}\cdot\text{4h}$ ）の上方への伸長量を比較すると、試験期間を通じた値は、処理7で2よりも、また、処理8で4よりも顕著に大であった。各調査期間の値も、処理7で2よりも、また、処理8で4よりも概ね大であり、その差が有意であった調査期間もみられた（14および21日後）。このように、同一の補光条件の処理区を比較した結果、2,700K区の方が5,000K区よりも上方の伸長を促進させることが明らかになった。また、各色温度内の処理区をみると、5,000K区ではいずれの調査期間にも処理区間差がみられず、2,700K区ではPPFDを高くすると各調査期間の上方への伸長量は増加する傾向があるものの、その差は有意でなく、PPFDと照射時間の影響は明確にならなかった。なお、芝草の上方への伸長については、地面を被覆する場所で利用されるという面からみて、望ましい特性であるかどうかは検討の余地がある。また、PPFDの高さと照射時間の積が同一（5.8 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$ ）であった処理2と3では、すべての調査期間の上方への伸長量が近似していたことから、これらの積が同一となる補光処理をすれば、上方への伸長量は大差なく推移する可能性が示された。

一方、刈草の乾物重量（図5）については、全実験期間を通じて処理1,2,3および6で他処理にくらべて小さかった。色温度が異なりPPFDと照射時間が同一な処理区（処理2と7および処理4と8）を比較すると、5,000K区（処理2,4）にくらべ2,700K区（処理7,8）で大となったが、処理4と8の差は比較的小さかった。また、5,000K区では、乾物重量が小さい処理区（処理1~3）と大きな処理区（処理4,5）がみられ、処理4および5の乾物重量は、2700K区の一部の処理区とほぼ同等になった。5,000K区の処理4,5は上方への伸長量が少ないにもかかわらず、上方への伸長量が多い処理7,8とほぼ同様の乾物収量を得ることができたのは、処理4,5では葉数が多いことが理由であり、これは芝生の密度が高いことを意味する。

表 1 各処理区の温度および湿度条件

色温度 (K)	処理区	消灯時		点灯時 (太陽光相当)		点灯時 (補光時)	
		温度 (°C)	湿度 (%)	温度 (°C)	湿度 (%)	温度 (°C)	湿度 (%)
5,000K	① 無補光 (5000K対照区)	24.2	51.0	29.1	34.0	—	—
	② 400 μ mol \cdot 4h	24.2	48.0	29.3	33.0	29.0	33.0
	③ 800 μ mol \cdot 2h	24.4	49.0	29.7	34.0	34.0	23.0
	④ 800 μ mol \cdot 4h	24.5	48.0	28.2	36.0	31.6	26.0
	⑤ 800 μ mol \cdot 8h	24.4	44.0	27.3	36.0	30.5	32.0
2,700K	⑥ 無補光 (2700K対照区)	24.4	47.0	29.6	33.0	—	—
	⑦ 400 μ mol \cdot 4h	23.9	52.0	28.3	37.0	27.7	37.0
	⑧ 800 μ mol \cdot 4h	24.1	52.0	28.4	36.0	32.2	27.0

表 2 各処理区の設定 PPFD量および照射時間, 色温度

色温度 (K)	処理区	LED 本数	太陽光相当			補光相当			合計	
			PPFD (μ mol/m ² /s)	時間 (h)	1日あたりのPPFD (mol/m ² /d)	PPFD (μ mol/m ² /s)	時間 (h)	1日あたりのPPFD (mol/m ² /d)	明期合計 (h)	1日あたりのPPFD (mol/m ² /d)
5,000K	① 無補光 (5,000K対照区)	6	—	—	—	0	0	0.0	8	11.5
	② 400 μ mol \cdot 4h	6	—	—	—	400	4	5.8	12	17.3
	③ 800 μ mol \cdot 2h	12	400	8	11.5	800	2	5.8	10	17.3
	④ 800 μ mol \cdot 4h	12	—	—	—	800	4	11.5	12	23.0
	⑤ 800 μ mol \cdot 8h	12	—	—	—	800	8	23.0	16	34.6
2,700K	⑥ 無補光 (2,700K対照区)	6	—	—	—	0	0	0.0	8	11.5
	⑦ 400 μ mol \cdot 4h	6	400	8	11.5	400	4	5.8	12	17.3
	⑧ 800 μ mol \cdot 4h	12	—	—	—	800	4	11.5	12	23.0

表 3 各処理区の実験終了時の乾物重量および匍匐茎長, 節間長, 節数

色温度 (K)	処理区	乾物重量 (gDW) ^{1) 6)}				匍匐茎長 (mm) ^{1) 6)}	節間長 (mm) ^{2) 7)}	節数 (本) ^{1) 6)}
		総重量 ³⁾	地上部 ⁴⁾	地下部 ⁵⁾	T/R比			
5,000K	① 無補光 (5,000K対照区)	6.6 d	5.7 d	0.92 cde	6.2 a	313.5 ab	30.7 bc	10.2 a
	② 400 μ mol \cdot 4h	9.2 c	8.1 bc	1.06 cde	7.8 a	322.0 ab	34.2 ab	9.5 a
	③ 800 μ mol \cdot 2h	8.3 cd	7.4 bcd	0.91 de	8.1 a	295.2 ab	31.6 abc	9.3 a
	④ 800 μ mol \cdot 4h	12.0 b	10.7 a	1.31 bc	8.2 a	367.5 ab	31.3 bc	11.7 a
	⑤ 800 μ mol \cdot 8h	14.8 a	12.8 a	2.07 a	6.2 a	369.1 ab	33.4 abc	11.1 a
2,700K	⑥ 無補光 (2,700K対照区)	7.0 d	6.2 cd	0.78 e	8.0 a	271.4 b	28.8 c	9.5 a
	⑦ 400 μ mol \cdot 4h	9.7 c	8.4 b	1.24 bcd	7.1 a	378.9 ab	32.7 abc	11.6 a
	⑧ 800 μ mol \cdot 4h	12.6 b	11.0 a	1.59 b	7.0 a	398.8 a	35.0 a	11.4 a

- 3反復による平均値
- 1処理あたり15本の匍匐茎の節間長の平均値 (各実験区のソッドの植え付け位置付近の10mm以下の節は除く)
- 総重量: 地上部と地下部の合計乾物重量 (gDW)
- 地上部: 葉部, 直立茎部, 匍匐茎部の乾物重量 (gDW)
- 地下部: 根部, 地下茎部の乾物重量 (gDW)
- 異なるアルファベット間は5%水準で有意 ANOVA (Tukey HSD)
- 異なるアルファベット間は5%水準で有意 Kruskal-Wallis (Mann-Whitney (Stepwise Stepdown Multiple Comparisons))

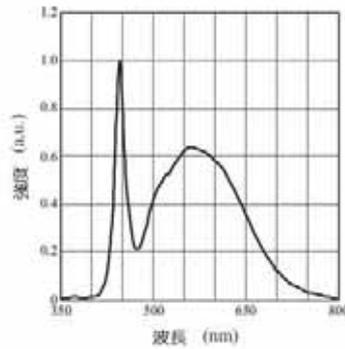
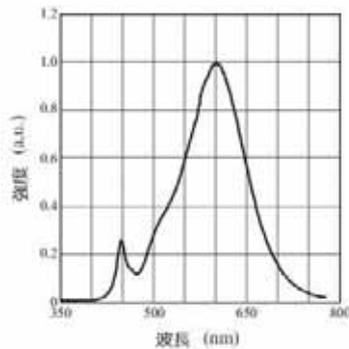
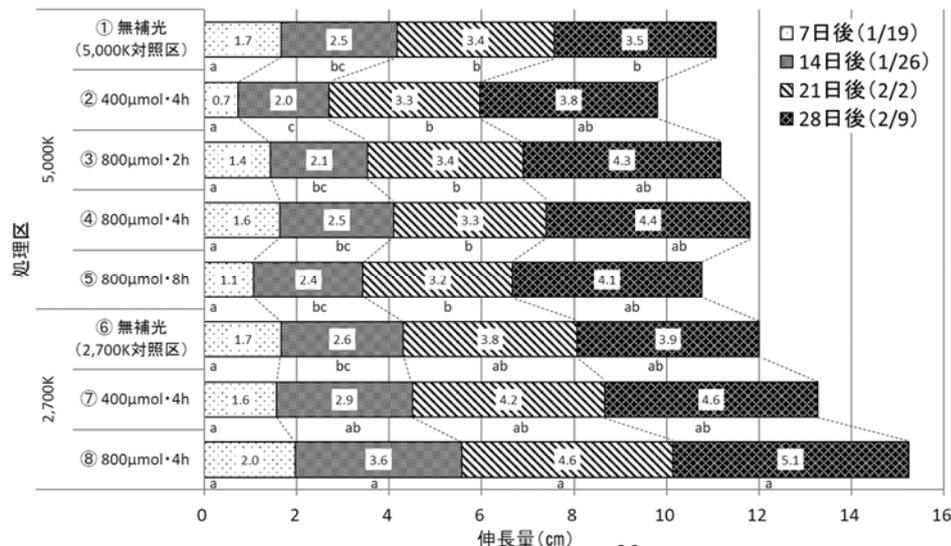


図 1 高光束密型 LED分光特性 (5,000K)

図 2 高光束密型 LED分光特性 (2,700K)



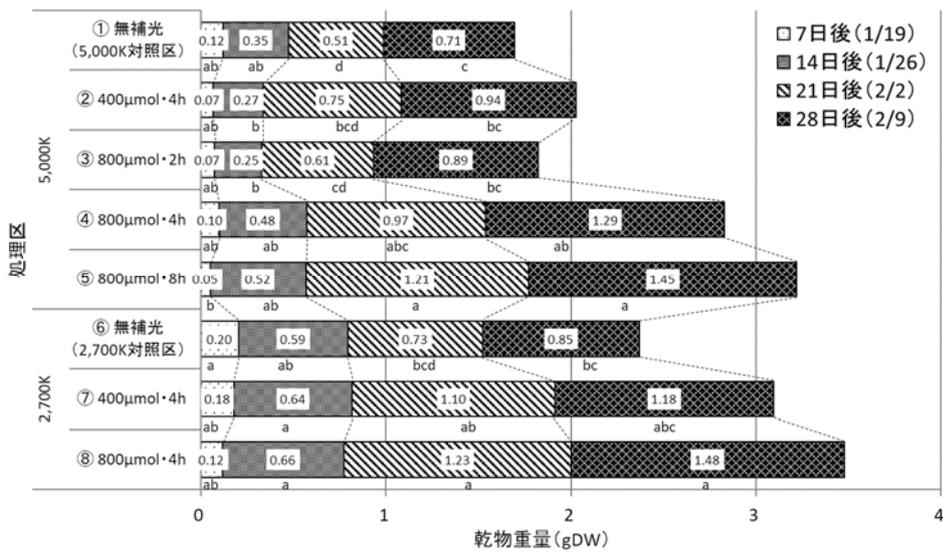


図5 各処理区の7日ごとの刈草の乾物重量

1) 図中の数値は3反復による平均値 2) 異なるアルファベット間は5%水準で有意 ANOVA (Tukey HSD)

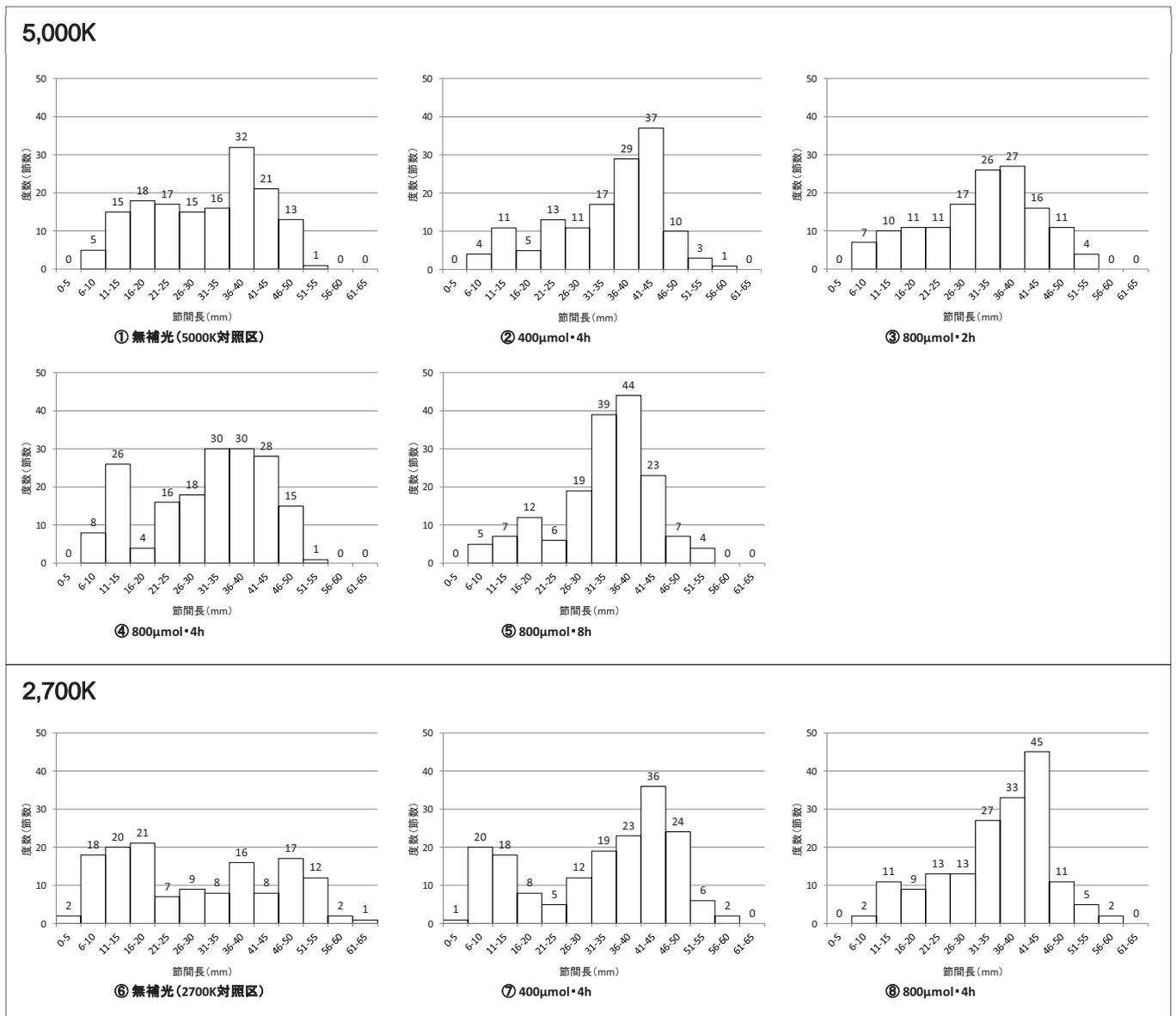


図3 実験終了時の各処理区の節間長のヒストグラム

図中の数値は各節間長区間に該当する節間長の出現頻度(本)

スポーツターフの芝生の評価において地面を密に被覆する性質は極めて重要⁹⁾であり、特に5,000kの800 $\mu\text{mol} \cdot 8\text{h}$ の補光は、スポーツターフの芝生の維持管理に有益な可能性が示唆された。なお、全処理区において測定日が進むにつれ、乾物重量の平均値も増大しており、本実験の設定条件下で、肥料切れや乾燥、過湿などによる生育被害は受けておらず、適切な実験環境下であったものと推測された。

(3) 目視による生育状態の評価

実験終了時の各処理区の供試植物の側面部、上面部より撮影したものと匍匐茎部を撮影した写真を用いた肉眼による観察から5,000Kと2,700Kの処理区ともに、PPFDと照射時間が増加するに従って、直立茎数、密度ともに増加し、匍匐茎の本数も増加した。なお、7日ごとの草高の伸長量、刈草の乾物重量や実験終了時の各種測定結果と同様に、処理2と3については、肉眼においても生育状態に大きな差は認められなかった。また、2,700Kと5,000Kの色温度の違いによる生育状態の差は、処理4と処理5において、他の処理区と比較して節間長がより詰まった状態に、特に処理5において、やや乾燥気味で触感なども硬く、換言すれば、「堅く育った」状態となっていた。さらに、処理4と処理5の匍匐茎にアントシアニンと推測される赤色の色素の蓄積が認められた。岩井ら⁵⁾および庄子ら¹³⁾によると、450nm付近の青色光成分を多く照射することによって体内のアントシアニン合成が促進されるとの報告があり、本実験の結果も同様の現象であるものと類推された。なお、植物体内におけるアントシアニン量の増加は、より高い耐暑性や病害虫耐性などを獲得できる可能性¹⁵⁾が示唆されるため、今後、詳細を調査する必要があると言える。

補注及び引用文献

- 1) Baldwin, C. M., H. Liu, L. B. McCarty, H. Luo, C. E. Wells and J. E. Toler (2009): Impacts of altered light spectral quality on warm-season turfgrass growth under greenhouse conditions, *Crop Science*, 49 (4), 1444-1453
- 2) Beltrano, J. J. Willemoes, E. R. Montaldi and R. Barreiro (1991): Photoassimilate partitioning modulated by phytochrome in bermuda grass (*Cynodon dactylon* (L) Pres.), *Plant Science*, 73 (1), 19-22
- 3) 広田秀憲, 塩沢克之 (1984): 遮光が芝草類の初期生育に及ぼす影響, *芝草研究* 13 (1), 23-28
- 4) 石井征亜, 山崎敬亮 (2002): 岐阜における昼光の分光光量子束の日および年変化, *生物環境調節* 40 (2), 207-213
- 5) 岩井万祐子, 太田万理, 土屋広司, 鈴木鐵也 (2009): 幼植物期のアカジソにおけるアントシアニン生成向上への青色LEDと蛍光灯の同時照射効果, *植物環境工学* 21 (2), 51-58
- 6) Knapp, A. K. and G. A. Carter (1998): Variability in leaf optical properties among 26 species from a broad range of habitats, *American Journal of Botany* 85 (7) 940-946
- 7) 松村正幸, 長谷川俊成, 山田良彦, 白村広吉 (1984): 地下水水位ならびに日射条件の違いに対する夏型芝草3種の反応について, *芝草研究* 13 (2), 23-32
- 8) 中村直彦 (1980): 最近の研究から見た芝の植物生理, *グリーン研究報告集* 39 (8), 1-20
- 9) 日本芝草学会編 (1998): 最新 芝生・芝草調査法, ソフトサイエンス社, 46-57, 102-106
- 10) 小澤知雄 (1952): 芝の日射要求度に関する実験的研究 (第3報), *造園雑誌* 16 (1), 1-4
- 11) Richardson, M. and G. Mattina (2014): Bermuda grass light needs documenting shade issues, *University of Arkansas turfgrass field day*, 25-28
- 12) 杉尾伸太郎 (1960): ギョウギシバの基礎的研究, *造園雑誌* 24 (1), 7-10
- 13) 庄子和博, 後藤英司, 橋田慎之介, 後藤文之, 吉原利一 (2010): 赤色光と青色光がレッドリーフレタスのアントシアニン蓄積と生合成遺伝子の発現に及ぼす影響, *植物環境工学* 22 (2), 107-113
- 14) 高橋新平 (2001): 都市公園内における芝生地の消失について, *ランドスケープ研究* 64 (5), 525-528
- 15) 武内康博, 縣 和一, 河鍋征人, 山路博之, 井上安正, 佐藤勝也, 川本康博 (2008): ペントグリーンにおけるアントシアニン斑形成要因とその軽減策 第1報 アントシアニン系統と非アントシアニン系統の生育特性, *芝草研究* 36 (2), 95-99

オリジナル論文

浅井俊光, 田中 聡, 片岡知典, 及川浩生, 今野洋子, 水庭千鶴子, 高橋新平 (2017): 色温度および照射時間の異なる高光束密型LED光源下におけるバミューダグラス品種Tifway (*Cynodon dactylon* × *C. transvaalensis*)の生育, *芝草研究* 46(2), 57-64

公園の要素を取り入れたデザイン思考と最新室内緑化事例

辻永岳史（株式会社パーク・コーポレーション parkERs）

要旨

「日常に公園の心地よさを」をコンセプトに活動する parkERs（パークーズ）のデザイン思考と緑化事例について説明する。植物が単なる装飾ではなく、コンセプトとストーリーを持たせ公園の要素を感じられる空間にすることで、植物の価値をより高めることができる。

1. parkERs（パークーズ）とは

parkERs の強みは「空間デザインのプロ」と「植物のプロ」が同チームに共存していることである。設計&デザイン、植物コーディネイト、施工、植栽メンテナンスまで一貫して行なうことで、人も植物も快適に過ごせる空間を創出している。都会の中では気づきにくくなった自然を身近なものにするために、parkERs は室内に公園をつくり、日常に公園の心地よさを提供している。

*2018 年受賞歴：屋上・壁面緑化技術コンクール（国土交通大臣賞）、屋内緑化コンクール（会長賞）、グッドデザイン賞（3件）。

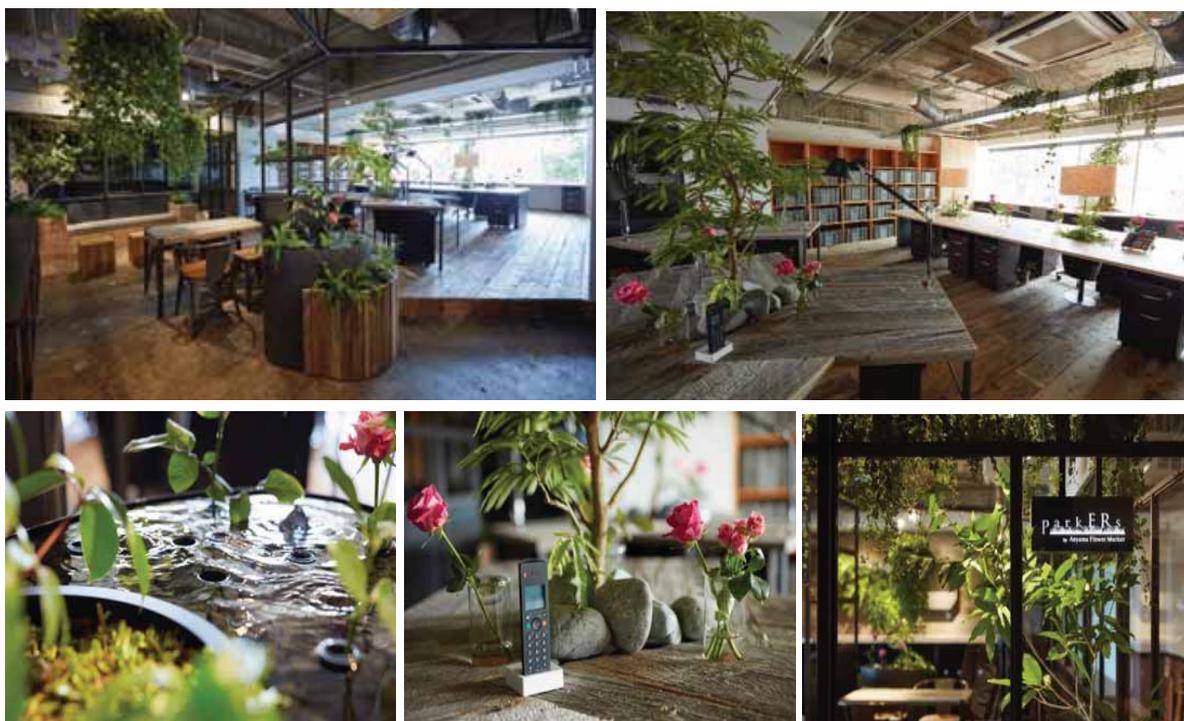


写真 1 parkERs 事務所



写真2 Tea house（表参道、赤坂）

2. デザイン視点からみた公園とは

2-1. 公園とは、風景+人

公園に豊かさを感じるのには、そこに自然があるだけでなく、その場所で思い思いの時間を過ごす人がいるからである。「風景」の中に「人」がいて初めて豊かな「公園」という場所が生まれる。室内の緑は、何かしらの機能を持たせ人に利用されることでより価値が高まる。風景と人の関係性を深掘りすると、「五感」や「季節の移ろい」などのいくつかのキーワードが見つかる。これらを室内空間のコンセプトに入れ込むと緑化の付加価値がより高まると考えている。

プランニング時には、利用者に対してほしい五感を絞り込み、そこから植物を検討することが大切である。また日本には四季を更に細分化した二十四節気、七十二候という考え方がある。室内の緑を一過性のものにならないために、季節の移ろいなどを敏感に感じる日本人ならではの感受性やそこから生まれた園芸文化を生かすことも今後重要になると考える。

*本稿ではデザイン視点から、「公園」という言葉を『自然風景の中で、人がそれぞれの心地よい活動を行う場所』と想定する。

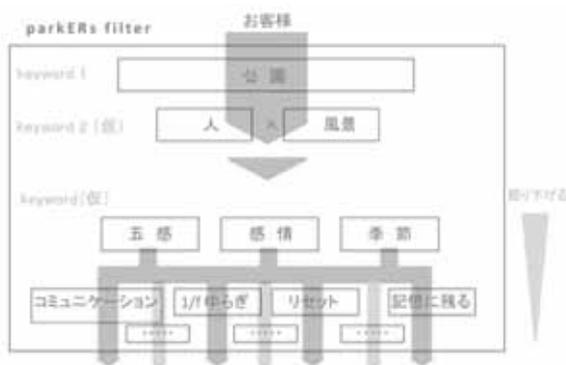


図1 デザイン視点からみた公園の要素



写真3 五感イメージ

2-2. 公園を構成する自然要素と素材

公園にある自然要素を大きく分けて抽出すると、「空・天気」、「風」、「光・影」、「植物」、「水辺」、「地面」などがある。これらをデザインに落とし込むために parkERs では室内に取り入れる素材として、植物を中心としながら「水」、「光」、「花」、「石」、「木」など様々な素材を組み合わせることで空間を作っている。

3. 公園を室内に作る際の検討事項

コンセプトを決定した後、公園のような室内緑化を成立させるために具体的に検討すべき点はいくつかある。それは①デザイン・生育面を考慮した樹種選定と照明計画、②コンセプトを引き立てるための使用樹種の生産地域と植栽基盤の検討、④コンセプトを持続させるための維持管理計画などである。

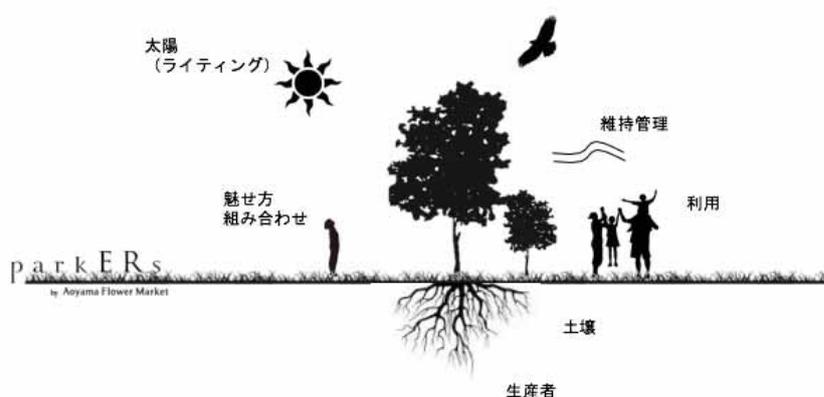


図2 公園を室内に作る際の検討事項

4. 事例紹介

これまで施工した事例としては、①自然の地形から発想されるコンセプト、②大自然をデフォルメしてその魅力に気づかせるコンセプト、③日本の伝統的な園芸文化に触れさせるコンセプト、④人のストレスを低減させるコンセプト、など様々なコンセプトを持った緑化空間がある。

5. 終わりに

室内緑化は社会的なニーズがあるものの、実際の効果や機能が抽象的である点が多い。「緑ってなんかいいな…」という人間の感覚的な好ましさに、客観性のあるエビデンスをつけることが今後室内に緑を広げていくために不可欠である。様々な視点から業界を越えた各専門家と連携して研究に取り組んでいく必要があるのではないかと考えている。

都市におけるビオトープの現状と維持管理

静岡グリーンサービス 櫻井 僚（特殊緑化共同研究会会員）

要旨

都市空間におけるビオトープにおいて、植生への管理は行われるが、池の中などの堆積物の除去などはあまり行われていない。長期にわたり堆積した泥やそれに繁茂した水草等を除去し、都市緑地としての景観面と、ビオトープとしての機能を両立するため、これらの問題点を見極め、改善していく必要がある。弊社施工事例を基に維持するための改修工事と維持管理の事例を紹介する。

1. ビオトープの現状

都市緑地はヒートアイランド現象の緩和や壁面緑化でのアスファルトの輻射熱を緩和する等、様々な形態で設置されている。近年、自然環境の必要性・重要性が認識されてきており、都市緑地の植栽一つとってみても、植栽される意図や関連地域との関係性など、しっかりとテーマをもって造成されるようになってきた。その中で都市空間におけるビオトープは、学校・公園・屋上等様々な形態で設置されており、都市内の緑地を確保すると共に、生態系の保全・地域住民の交流の場・環境教育の場といった用途で利用されている。

住宅地における植栽地やビオトープは基本的に年間で維持管理が行われ、有効に活用されているが、管理を実施していても、経年とともに生態系の変化や遷移によって、水位の変動や地形の変化等の問題が発生する。

2. ビオトープの改修工事例

2-1 対象地背景

以下は、弊社が施工に携わった集合住宅地のビオトープ復旧工事の施工事例である。

東京の武蔵野市にある団地内の緑地として造成されたこの緑地は、周辺植栽は管理されているが、池の中までは管理がされておらず、周辺落葉樹からの落ち葉や水際の土砂が流入し、泥が堆積・水草が繁茂（写真-1）・防水層の劣化（写真-2）などの問題が発生していた。都市緑地の景観としても綺麗とは言い難く、改修工事を行うこととなった。

2-2 工事前の調査

対象ビオトープ復旧の際、掻い掘り作業（写真-3）をすると共に生物保護の観点から、生物モニタリング調査を実施した。（写真-4）採捕した生物や採取した植物（写真-5,6）などは、外来種を

除いて保護、育成し、改修後のビオトープへ戻し、動植物の生態系へ与えるダメージを最小限に抑えることとする。

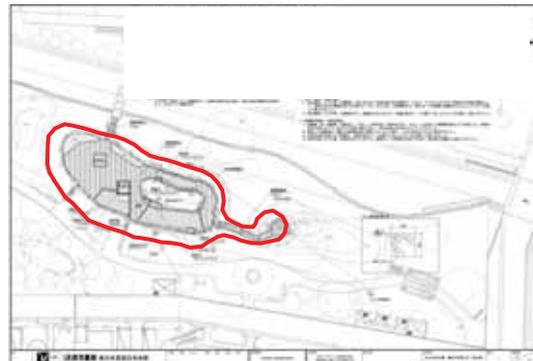


図-1 ビオトープ池対象地（赤枠部）



写真-1 池の水草の様子（施工前）



写真-2 防水層の溶出状況



写真-3 掻い掘り状況



写真-5 採取した植物等



写真-4 生物モニタリング調査（水生生物）

※生物モニタリング調査は鳥類・昆虫類・魚類・植生を調査し、ビオトープ内におけるほぼすべての動植物の調査を行った。



写真-6 生物の避難・育成場所

団地植栽地内の池における生物種の中で、アメリカザリガニやフロリダマミズヨコエビなどの外来種が見られる（表-1）。丸印のついている種に関しては水槽へ移動し、避難・育成を行った。また、特定外来生物に関しては駆除することとなった。

表-1 掻い掘りに伴い採捕した水生動物一覧

分類	科名	種名	個体数	避難用水槽への移動 ^(注)
爬虫類	イシガメ科	ニホンイシガメ	1	池へ放した
		クサガメ	1	たまりへ放した
両生類	ヒキガエル科	アズマヒキガエル	1	陸域へ放した
魚類	コイ科	モツゴ	4	●
	ドジョウ科	ドジョウ	5	●
	メダカ科	ミナミメダカ (ヒメダカ)	454 5	● -
貝類	モノアラガイ科	ハブタエモノアラガイ	6	-
	サカマキガイ科	サカマキガイ	6	-
甲殻類	マミズヨコエビ科	フロリダマミズヨコエビ	21	-
	ミズムシ科	ミズムシ	52	●
	ヌマエビ科	カワリヌマエビ属の一種	116	●
	アメリカザリガニ科	アメリカザリガニ	30	-
昆虫類	ヤンマ科	クロスジギンヤンマ	2	●
		ギンヤンマ	5	●
		ヤブヤンマ	2	●
	トンボ科	ショウジョウトンボ	16	●
		シオカラトンボ	8	●
		オオシオカラトンボ	4	●
	ガガンボ科	ガガンボ属の一種	3	●
ユスリカ科	ユスリカ亜科の一種	100以上	●	
ハナアブ科	ハナアブ科の一種	4	●	

2-3 復旧工事

堆積物除去（掻い掘り）・生物モニタリング調査後、天日干を1か月程行う。その後、水生植物の根茎が湖底に侵入しないよう、侵入防止材を設置（写真-9）し、ごろた石を湖底に敷設。目詰め砂利を散布する（写真-10）。蓮などの抽水植物を湖底に植栽後、池に水を入れ（写真-11）しばらくして水の濁りが収まったら水生動物を池に還し（写真-12）復旧完了となる。



写真-8 堆積物除去作業



写真-12 水張り状況



写真-9 堆積物除去後、整地・根侵入防止材設置



写真-13 生物戻し状況



写真-10 ごろた石設置・目詰め砂利散布



写真-14 施工後（3か月経過時）



写真-11 抽水植物植栽復旧

3. 維持管理について

改修後は維持管理を継続的に行っていく必要があるが、これは関係各所と綿密に協議し、管理方針を決定する必要がある。別の施工事例から年間管理の事例を挙げる。

4. 維持管理事例から見る池の維持

表-2は弊社で施工管理を行っているビオトープの年間管理行程である。都市緑地において管理が適切に行われている緑地に加え、水路や湿地といったビオトープの特徴的な箇所も必ず行程に入る。

表-2 ビオトープ管理工程表例

項目		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
管理 作業	1. 既存樹林の林床整備(下草刈等)												
	2. 復元林の林床整備(下草刈等)												
	3. 湿田・湿地及び畦等の草刈												
	4. 浄化ピット及び浄化池清掃												
	5. ろ過残土浚渫・処分												
	6. ろ過マット交換												
	7. ポンプ設備の定期点検・部品交換												
	8. 地下水の流入口の清掃												
	9. 新設水路の維持(泥揚げ等)												
	10. 既存水路の維持(泥揚げ等)												
	11. 調整池草刈り作業												
	12. 木道デッキの補修	※状況に応じて補修等を行う											

ビオトープにおける水辺・水路・池等は水生動植物の棲み処のほかに鳥類や動物の拠点となりやすく、設置されやすい傾向にある。水路等の泥上げは、池や湿地への水の流入量に直接影響があるため年に一回は泥上げをし、堆積物を取り除くことで急激な環境変化を抑制する。既存管理行程例を見ると、植栽管理よりも水利関係の管理が多く、植栽管理と同等に維持管理に労力が掛かるのがわかる。

5. ビオトープの維持管理

改修事例や管理行程例から、ビオトープの景観維持の為には、通常の植栽管理と同等以上に池や水路の管理に時間と労力が必要になる。池の大きさにもよるが、小さい場所等では数年で施工事例のように堆積した泥に植物が繁茂し、景観を損なう可能性があるため、通常管理に加え必ず水利関係の管理を行う必要がある。

ビオトープに限定せず、都市緑地を造成・管理する立場の我々は、人の快適性・利便性のためだけに緑地を造るのではなく、自然との共生の場を都市の中でも創出して行かなければならない。

その上で、問題点を発見し、これを復旧・改善することで人と自然にとっていい空間にすることが今後の課題である。

参考文献

- 1) 養父志乃夫：設計から施工までが一目でわかるビオトープづくり実践帳：(株)誠文堂新光社：2010年
- 2) 杉山恵一・牧恒雄：野生を呼び戻すバイオガーデン入門：社団法人農山漁村文化協会：1998年
- 3) 特定非営利活動法人日本ビオトープ協会本部事務局編集・発行：ビオトープの維持管理：2007年9月1日

「屋上緑化に適した、高耐久防水のしくみ」

田島ルーフィング株式会社
営業開発部 防水1課
課長代理 綿引 友彦

要旨

漏水から生活空間を守るためには、防水層の定期的な改修が欠かせない。とはいえ、屋上緑化を施した防水層の改修は、植栽の撤去、復旧に多くの手間と費用がかかってしまう。このような事態を避けるひとつの方法として、躯体と同等以上の寿命を持つ高耐久防水が求められている。

1. なぜ、屋上緑化に高耐久防水が求められるのか

1-1. 防水改修と屋上緑化

集合住宅をはじめ、多くの建築物が15～20年周期で大規模修繕工事を行っている。屋上やバルコニーでは、既存防水層を撤去せず、新しい防水層をかぶせて施工する工法が一般的だ。とはいえ、屋上緑化が施された屋上では、植栽部を除いた部分だけの改修では防水保証が得られないため、全面撤去を余儀なくされる。

このような事態を避けるためには、二つの方法が考えられる。移設・再設置が簡易な緑化を採用する方法と、防水層を高耐久化し大規模改修を不要にする方法である。地被類、草花薄類での植栽が求められる場合には薄層のシステム化された植栽で需要を満たすが、樹木を配した本格的な緑化が求められる場合には、躯体同等の寿命を持つ高耐久防水の採用が望まれる。



写真-1 庭園型の屋上緑化



写真-2 薄層型の屋上緑化

1-2. 高耐久防水の条件とは

防水層には高い水密性が求められる。個々の防水材が耐水性を持ち、それらが施工者の手によって現場で確実に連続被膜を形成しなければならない。こうして構築された防水層は、太陽光、下地の挙動、相当の荷重に耐えながら、長期間にわたり水密性を保つ必要がある。

屋上やバルコニー、人工地盤などで採用されている防水層には、アスファルト防水、シート防水、塗膜防水があり、それぞれ下地との関係や仕上げの種別により多くの仕様が組み立てられている。なかでも、アスファルト防水は100年以上の歴史を誇るだけでなく、多くの実績から耐久性に優れたメカニズムを有することが知られるようになった。

2. アスファルト防水のしくみ

2-1. アスファルトとは

アスファルトは、自然界にも存在するが、防水材の製造には原油を精製して製造される石油アスファルトが使われている。

道路舗装の主原料でなじみ深いですが、アスファルト合材と呼ばれる舗装材の90%は石や砂利といった骨材であり、アスファルトは骨材の表面を被覆し相互の接着剤の機能を果たしている。

防水工事では、260℃に熱せられた溶融アスファルトで、ルーフィングを貼り付ける。その際に、ルーフィングに含まれているアスファルトも溶け、接着用に撒かれたアスファルトと混然一体となり連続した被膜を形成する。この工程を通常2～4回繰り返し積層したのがアスファルト防水層である。

2-2. 水密性

工場で製造され、均一な厚みを持つルーフィングは、屋上で貼り合わせて1枚の連続被膜を形成する。防水層の性能に大きな影響を与えるのは、ルーフィングとルーフィングの接合部（ジョイント部）の水密性である。定形材料どうしの重ね合わせには、隙間が生じてしまうがアスファルト防水は液状の溶融アスファルトが隙間を充填し、さらにルーフィングに含まれるアスファルトを溶かしてジョイント部を一体化させるため密実な連続被膜となる。

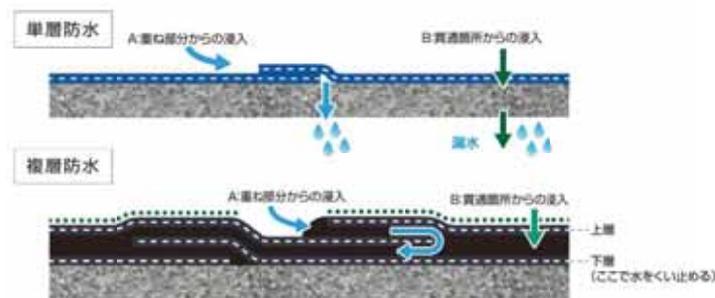


図-1 複層防水と単層防水の水密性

2-3. 耐衝撃性、耐荷重性

アスファルトは、水分の蒸発や溶剤の揮発などをまたず温度が低下するだけで接着機能が確実に発現するため、積層工法に適している。2～4回にわたりルーフィングを貼り重ねることで、10 mm前後の厚みを持たせることができる。厚みのある連続被膜は、落下物による衝撃や、重量物の長期にわたる積載にも強い。

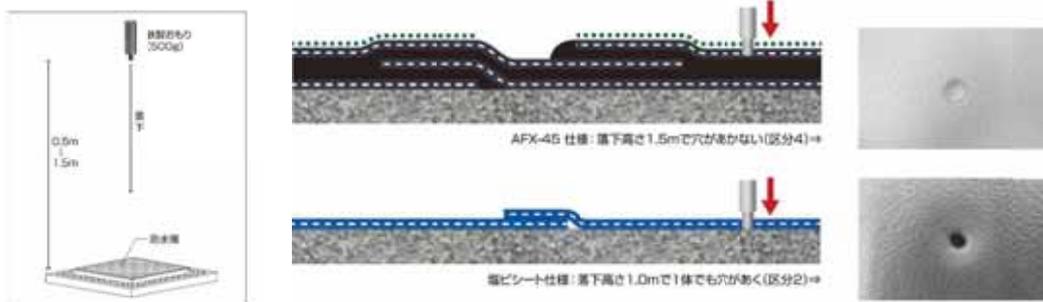


図-2 アスファルト防水と塩ビシート防水の耐衝撃性試験比較

2-4. 耐破断性、

防水層の下地となる屋根スラブには、地震・強風の他に、熱の流出入による膨張収縮、乾燥によるクラックによる動きが生じる。これらのムーブメントに対して、アスファルト防水は部分接着による絶縁工法と、揺らぐような接着で力を伝えない改質アスファルトによる軟接着で、耐破断性を持たせている。



写真-3 繰り返し疲労試験

写真-4 ブロック状にコーティングされた粘着層

3. 80年の寿命を持つ屋上緑化のための防水層

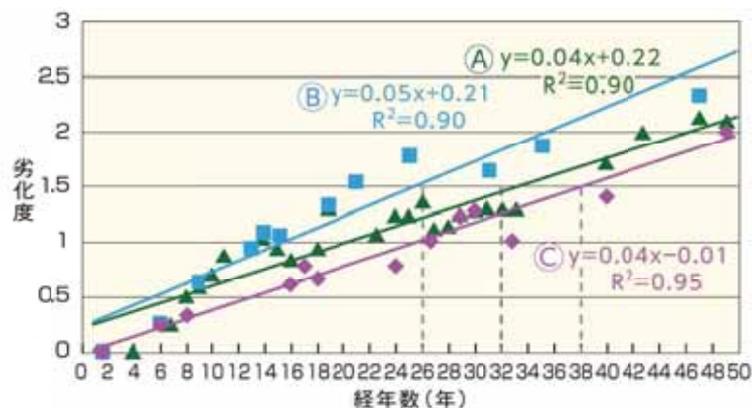
3-1. 経年防水層試験から導き出された標準耐用年数

1,000件以上にわたる経年防水層試験の結果、アスファルト防水層の劣化要因が明らかになってきた。

採取した防水層を各層に分離し、ルーフィング、貼り付け用アスファルトの針入度を求める。各層の値をまとめ、防水層としての劣化度判定を行い、X軸に経過年数、Y軸に劣化度を示したグラフにプロットする。グラフの回帰直線を求め、劣化度1.5との交点を標準耐用年数とした。



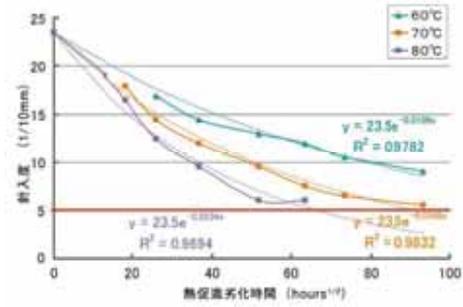
写真-5 経年防水層試験のプロセス



グラフ-1 アスファルト防水保護コンクリート仕上げの標準耐用年数

3-2. 劣化の主要究明

経年防水層試験の結果より、経年数が増せば増すほどアスファルトの針入度の値が落ちる（硬くなる）ことが明らかにされた。アスファルトは経年で硬くなるのである。アスファルトを柔らかく保つことが、高耐久化につながるのである。



グラフー2 熱劣化促進試験

3-3. 高耐久仕様

アスファルト防水が有する、水密性、耐衝撃性、耐荷重性、釘穴シール性、耐破断性を活かし、劣化要因となる熱に対する措置を講じて生まれたのが 80 年の耐用年数を有する高耐久仕様である。特に劣化要因となる「熱」への対策としては、改質アスファルトの採用、USD 工法による断熱仕様を採用。下地の挙動に対しては軟接着による絶縁工法。コンクリートのアルカリ成分に対しては、フィルム被覆による対策を講じている

改質アスファルトは、低温時でも柔らかさを保持し、高温になっても柔らかくなり過ぎないように、幅広い温度帯で安定した性能を保持するために樹脂やゴム成分をアスファルトに混入したものである。

高耐久仕様は、この改質アスファルトを主原料にしたルーフィングを 4 層積層（貼り合わせのアスファルトも改質アスファルト）し、さらにポリスチレンフォーム断熱材を設置して保護のコンクリートを打設する仕様である。

このようにしてできた高耐久仕様は、経年防水層試験との比較、各種試験での標準品との比較より、80 年程度の耐用年数を有すると推定される。

APX-80RD

規格仕様 1/100-1/50
質量目安(厚さ60mm): 14kg/m² 標準耐用年数 80年

層番号	仕様の詳細
エネ1	水性プライマーAS 0.2kg/m ²
エネ2	強カストライズ コーナー部 強カライズ(ゴムタイトクリーン) 流し塗り 1.2kg/m ²
エネ3	強カライズ ゴムタイトクリーン 流し塗り 1.2kg/m ²
エネ4	強カライズ ゴムタイトクリーン 流し塗り 1.2kg/m ²
エネ5	ルートガードEX ゴムタイトクリーン 流し塗り 0.2kg/m ² (ジョイント部 ルートコープ200)
エネ6	PBボード又はスタイロフォームPB-OK-E (ゴムタイトクリーン 透膜付)
エネ7	遮熱材(PS1000)(ゴムタイトクリーン 透膜付)

図-3 屋上緑化に適した高耐久防水

3-4. 高耐久仕様を活かすには

上節の高耐久仕様を採用すれば、80 年間雨漏りはしないのか。そのように考えるのは早計である。設計段階での納まり検討、防水層を貼り付けるスラブの施工や、防水層の施工。ルーフトレン・排水管の適正な設置などが必須である。屋上緑化を行う際には植物根への対応が欠かせない。防水層と繋がるすべての建材、資材が同等の耐用年数を保有し、適正に施工されて初めて屋上全体の高耐久化が実現するのである。

過年度発表会の講演要旨

■平成29年度 特殊緑化に関する研究者発表会講演要旨

日時：平成29年11月29日（水）13：00～18：00

会場：田島ルーフィング4階会議室（東京都千代田区岩本町）

- 発表1 官民学連携による緑地創生と管理運営/都筑区の早淵川・老馬谷ガーデンプロジェクトの事例
飯島 健太郎（東京都市大学総合研究所）

2017年3月、早淵川沿いの幅8m、長さ180mの長大な空き地が、地域の方々が集う緑地として誕生した。「早淵川・老馬谷ガーデン」と命名された本緑地は、都市緑化よこはまフェア・18区連携事業・都筑区花いっぱい運動などの事業を中核として実現、まちづくりに関わる官民学の10年にも及ぶ検討を礎としている。市有地を活用した本緑化プロジェクトのために行政上の手続きを区が調整、地域のNPOとともに東京都市大学の学生が連携して緑地の造成を担った。本プロジェクトにより、まちのにぎわい、防犯、健康、環境対策をその役割として掲げ、管理運営を模索するものである。

- 発表2 都市樹木 これからの設計・維持管理を考える
細野哲央（千葉大学大学院園芸学研究科）

筆者はこれまでに人と都市化された環境で生育する樹木との間に生じる課題解決を目的として調査・研究結果を進めてきた。それらの結果に基づき、健全な樹木の育成、都市に樹木を植える理由、リスク管理、市民連携の観点から、これからの都市樹木に求められる設計・維持管理の在り方を論じた。

- 発表3 屋上緑化の雨水排水遅延効果
石原 沙織（千葉工業大学創造工学部建築学科）

屋上緑化には様々な効果が期待されているが、降雨時に雨水を貯留し排水を遅延させるのもその一つである。本稿は土壌や植物の各因子を変数とし、実験的に雨水排水遅延効果を明らかにしたものである。

- 発表4 野和花緑化に向けたカワラナデシコの生態研究
大澤啓志（日本大学生物資源科学部）
西口美菜子（日本大学生物資源科学部）

沼津千本原、三保の松原、天橋立でのカワラナデシコの生育実態より、松林 海浜景観における境界部が基本的なハビタットの一つであることが示唆された。津波被災海岸林での動態より、本種は攪乱依存性を有し、ダイナミックに生育規模を拡大・縮小させつつ個体群を維持してきたことが示唆された。

- 発表5 都市型商業施設の屋上庭園における環境配慮の取り組み
株式会社石勝エクステリア 川崎 鉄平

対象地は都市型商業施設の屋上庭園であり、周辺緑地との景観の連続性や生態系ネットワークを図るよう豊かなみどりを創出している。「景観や生態系に配慮した緑化計画」「安全性に配慮した緑化技術」「環境に配慮した緑地管理」といった技術を取り入れ、来訪者へ快適な環境を提供している。

発表6 基盤造成型壁面緑化における蒸発散量の測定

安部 翔平（イビデングリーンテック株）

基盤造成型壁面緑化に対する適切な灌水量を設定することを目的として、壁面緑化から蒸発散により失われる水分量を測定した。また、測定により得られた蒸発散量を元に緑化パネルへの適切な灌水量を検討した。現状では検証が不十分であるため、今後も引き続き検証する必要がある。

発表7 遮光条件下における斑入りマサキの生育特性および葉色の変化について

浅井俊光 東京農業大学 地域環境科学部 地域創成科学科

3種類の斑入りマサキを屋外にて6段階（0%、20%、35%、50%、65%、80%）の遮光条件下で11ヶ月間の生育実験に供した。その結果、徒長現象と葉色の変化は黄金マサキ>金マサキ>銀マサキの順に強く発現し、黄金マサキと金マサキは20%~30%の遮光条件下でも徒長現象が発現することが明らかとなった。

発表8 大阪府内における熱帯・亜熱帯性観葉植物類の帰化生育現況に関する研究

山田宏之（大阪府立大学大学院生命環境科学研究科）

前田 良（セクスイハイム近畿（株））

本研究では、都市内に広く帰化、定着していると考えられる4種の熱帯性、亜熱帯性の観葉植物を取り上げ、大阪府内の都市（大阪市）、近郊（羽曳野市）、郊外（河内長野市）地域での生育分布調査を行い、地域別や用途地域ごとの分布状況を比較し、種ごとの分布特性を把握・解析した。

発表9 防水層の保護、荷重条件など屋上緑化をする上での基礎知識

綿引友彦（田島ルーフィング株式会社 営業企画部 広報企画室）

都市空間に潤いを与え、省エネルギーに貢献する屋上緑化。環境意識の高まりと共に、多くの新築物件で、豊かな緑が形成されている。今後は、新築のみならず既存建築での積極的な採用が望まれるため、本稿では屋上の防水改修を行った後に、屋上緑化を実践するための基礎知識を紹介する。

■平成28年度 特殊緑化に関する研究者発表会講演要旨

日時：平成28年10月19日（水）13：00～18：00

会場：田島ルーフィング4階会議室（東京都千代田区岩本町）

発表1 保健衛生学から見た緑素材・緑地の利活用／特に産業保健を対象に

発表者：飯島 健太郎 東京都市大学総合研究所・環境学部併任 教授

緑地の効用を保健衛生学的な類型に基づいて整理している。今回、産業保健分野を対象に検討した。産業保健活動の中でも労働環境と疲労対策、ヒューマンエラーや事故防止などの観点から、知覚対象としての効用から物理化学的な環境改善効果など緑素材・緑地の有効性が認められた。

発表2 屋上緑化における主要植栽植物のCO₂固定及びPayback Timeの算出

発表者：黒沼 尊紀 千葉大学大学院 園芸学研究科 花卉園芸学研究室 博士後期課程3年

本研究は、CQに関わる屋上緑化の環境改善効果および環境負荷を定量化し、CQ payback timeを算出することを目的に行った。また、主要植栽植物のCQ固定能と生理形態的特徴の関係を調査した。その結果、屋上緑化は6.4～16.9年で製品製造時のCQ排出量をペイバックすることが示された。

発表3 薄層緑化構造を用いた植生の長期間維持の実例

発表者：田島 常雄 田島ルーフィング(株) 会長

屋上緑化は都市住環境を改善する技術であるが、コストが高く年間50万m²程度に留まる。ヨーロッパで普及している安価な薄層緑化が日本において長期間保たれた例は少ない。薄層緑化の「芝生」と「セダム」を25年間観察した実例と、維持作業のモデルを提案する。

発表4 窓面緑化が執務者の不快グレアに及ぼす影響

発表者：東野 友哉 横浜国立大学大学院 都市イノベーション学府 建築都市文化専攻 建築環境工学研究室 修士1年

室内執務者にとって適切な窓面緑化の緑被状態を示すために、窓面内の分布の偏り等に着眼して被験者実験を行った。本研究で定めた範囲内において緑被率を上げることで室内の好ましさが向上することが確認され、緑被分布の偏りを調節することで安息性や快活性を向上させる可能性も示唆された。

発表5 仙台平野津波被災海岸林におけるマツ類の動態

発表者：大澤 啓志 日本大学 生物資源科学部 生命農学科 教授

宮城県岩沼市の津波被災海岸林において、UAVを用いた残存マツ高木の毎木分布の実態把握より、漸層的な植生変化とマツ高木が残存し始める要因を考察した。また、2014年時のマツ類の実生分布より、実生密度が高くなる浜堤付近ではクロマツの天然更新による造林が可能であることを示した。

発表6 セイフティグリーンウォールについて

発表者：前田 正明 特殊緑化共同研究会 交通インフラ緑化分科会長

近年、環境や健康の観点から、自転車の利用が増えてきている。半面相対的には減少しているが自転車事故が問題になっている。特に自転車対歩行者の事故は、過去10年間で1.3倍になっている。そのようなことから、国土交通省では、交通安全対策基本法（昭和45年制定）の規定により作成される「交通安全基本計画」において、交通安全施策の一つとして位置づけられている「自転車利用環境の総合的整備」に基づき、自転車の交通事故を削減するため、歩行者・自転車・自動車を分離した「自転車通行空間（自転車道、自転車専用通行帯等）の整備」をしている。しかしながら、幅員のない道路では、決して安全とは言えない道路もある。そこで、交通インフラ分科会では、そのような道路あっても安全に且つ、環境に配慮できる道路空間を創出するために、セイフティグリーンウォール（以後SGW）の開発を目指した。

発表7 都市の緑をミツバチで活かす取り組み

岡田 信行 株式会社オルト都市環境研究所 代表

現在の都市は、コミュニティの再生、地域経済の活性化、都市環境の改善など、様々な課題を抱えている。都市でミツバチを飼育する取り組みは、これらの課題に対応した様々な主体や活動をつなぎ、取り組みの相乗効果を高めることを意図して実施している。

発表8 屋上等特殊空間域における亜熱帯植物の導入の可能性

発表者：仲村 優志 東京農業大学農学研究科造園学専攻修了

昨今の気候変動や天変地異に因り都市部の緑地においては様々な機能が求められるようになり、局地的な高温多雨環境が継続する空間域では亜熱帯植物の導入も考えられ、限られた屋上等の緑化空間においては景観の向上を求めるばかりでなく、様々な有用性を備えた植物の利活用も求められる。

発表9 韓国の最近の都市緑化とランドスケープの紹介

発表者：豊田 幸夫 特殊緑化共同研究会 副運営委員長

9月に韓国屋上事例視察会において、見学してきた事例を紹介したい。ソウル新市庁舎壁面緑化、ザハ・ハディド氏設計の東大門デザインプラザ、世宗市の屋上緑化、線路跡地の京義線森の道公園、高架道路を改修して復活した清溪川、ソウル駅7017プロジェクト（高架道路の改修計画）。

■平成27年度 特殊緑化に関する研究者発表会講演要旨

日時：平成27年11月13日（金）13：00～18：00

会場：田島ルーフィング（管理本部）4階会議室（東京都千代田区岩本町）

発表1 芳香性植物の嗜好性と利用実態および食材としての印象に関する研究

発表者：小澤 直子 千葉大学大学院園芸学研究科

岩崎 寛 千葉大学大学院園芸学研究科 准教授

ヒトがストレスを抱える現代社会において必要不可欠とされる「ストレスの軽減」「健康維持・増進」「未病の予防」に対し、「芳香（香り）」の持つヒトへの効果が期待されている芳香性植物に焦点をあてた。その利用について年代による分岐点が存在し、食材利用には消費者の認知度の高さが影響することがわかった。

発表2 保健衛生学からの見た緑素材・緑地の利活用 / 特に母子保健・学校保健を対象に

発表者：飯島 健太郎 横浜桐蔭大学 医用工学部 生命医工学科 准教授

緑地の効用を保健衛生学的な類型に基づいて整理している。今回、特に母子保健と学校保健分野を対象に検討した。予防医学へのプロセスには、乳児期・幼児期からの健全な成長発達も重要な課題であり、緑地の利活用の観点からの効果も散見される。屋上緑地や室内緑化、壁面緑化もその一端を担っている。

発表3 絶滅危惧植物と地域の発展 ～ハナノキを事例に～

発表者：佐伯 いく代 筑波大学大学院 人間総合科学研究科 准教授

ハナノキは、日本固有のカエデの仲間、本州中部地方の限られた湿地にのみ生育する絶滅危惧植物である。本発表では、ハナノキの分布、生態、保全状況などについて紹介し、地域とのつながりについて考察する。

発表4 二子玉川ライズ -a 街区ルーフガーデンにおける在来種緑化の取り組み

発表者：渡邊 敬太 箱根植木株式会社

二子玉川ライズ -a 街区の再開発事業では、多摩川流域の自然景観を再現するために、多摩川流域系統の植物を、遺伝的多様性を持たせて用いるという課題が与えられた。遺伝的な地域性と遺伝的多様性に課題を残しつつも、植生を最小単位として、現在多摩川流域に生育する系統の植物を用いて自然景観を再現するところまでは実現した。

発表5 都市屋上緑化の可能性と有効活用の研究

発表者：伊藤 麻理 UAo 株式会社 代表取締役

都心の最大の遊休地「屋上」は、都内での総和として港区ほどの面積になる。屋上利用には様々な規制があり、その利用はなかなか進まない。弊社では「旧耐震ビル頂上」に建築を行う事で、有効利用する技術開発を進めており、その研究成果を共有する。

発表6 街のサウンドスケープとして都市域に鳴く虫を誘致する

発表者：徳江 義宏 日本工営(株) 中央研究所 開発研究部

大澤 啓志 日本大学 生物資源科学部 植物資源科学科 准教授

都市域における生態系サービスのひとつとして、「鳴く虫」の声が果たす役割は重要である。「鳴く虫」のうち直翅目のクツワムシ、およびセミ類について、都市域で生息を規定する環境要因について検討した。

また、人々との関わりの創出を目的として、セミ類を対象とした学習プログラムを実施した。

発表7 日本の近代建築と屋上緑化

山田 宏之 大阪府立大学大学院 生命環境科学研究科 緑地環境科学専攻 教授

日本において明治40年代以降建てられた近代建築物屋上において、本格的な屋上庭園が造成され始めた。ホテルやデパートの屋上に設けられた庭園は、近代における新しい形の庭園

文化を創出したものと考えられ、これら先駆的な屋上庭園が都市文化に与えた影響について考察する。

発表 8 芝草による沿岸地域の環境修復・緑化の可能性について

発表者：杉浦総一郎 東京農業大学大学院 農学研究科造園学専攻

Zoysia matrella Merr. (コウライシバ：以下Z.m) に異なる濃度のNaCl 溶液を175 日間施用した。Z.m 体内のイオンやグルコースの上昇など塩分適応に関する特徴が確認され、Z.m 体内のNaCl 含有量 (DW) から推定値で1aあたり最大約6.5Kg の NaCl を土壌中から吸収することを算出した。

発表 9 緑を用いた屋上の再生 - 西武池袋本店「食と緑の空中庭園」の事例から

発表者：庄司 悦雄 株式会社日比谷アメニス

2015 年4 月29 日にリニューアルオープンした、西武池袋本店の屋上は、40 年以上を経過した既存建物の屋上という制約の多い条件下であるにも関わらず、豊かな緑と多くの壁面緑化を導入し、多くの集客を集め、成功を収めている。ここでは、その改修に至る経過から、限定的な条件下で緑化を実現した技術などについて、その概要を紹介する。

■平成26年度 特殊緑化に関する研究者発表会 講演要旨

日時：平成26年11月7日（金）13：00～18：30

会場：東邦レオ5F 会議室（東京都豊島区北大塚1-15-）

発表1 「グラウンドサーフェイスから見たスポーツ傷害と人工芝・天然芝」

発表者：飯島 健太郎 横浜桐蔭大学 医用工学部 准教授

グラウンドサーフェイスとしての人工芝について、特にスポーツ障害の観点からの問題点について整理した。また良質な管理下の天然芝は適度な支持力（反発力）を持ちつつ、根圏層を含む膨軟な土壌層が加速度を吸収し、怪我の予防に貢献していると考えられる。

発表2 「京町家に代表される「坪庭」の涼気生成ならびに構成要素と快適性との関係に関する実証的研究」

発表者：孫 瑩軒（東京農業大学大学院造園学専攻）

本研究では、住居空間の有効利用や熱環境改善効果等の視点から注目されている京町家の「坪庭」の構成要素と快適性の関係性を実証し、人間の体感評価を含めて、総合的に把握することを目的とした。

その結果、坪庭の構成要素の相違が住居空間の温熱環境に変化を与えることを把握した。坪庭をとりこんだ京町屋の室内から戸外に連続する空間における夏と冬快適指数に変化があることを把握した。

その他、坪庭の存在と京町屋の住居空間における温熱環境についての知見が把握できた。

発表3 「改良イワダレソウを用いた太陽光パネル周辺緑化事例の報告」

発表者：吉岡 威 特殊緑化共同研究会（内山緑地建設株式会社）

雑草対策をおこなわない、雑草を生やさないという従来の考えでは管理コストが上昇する。そこで、植生を維持しながら雑草を抑制し、コストの縮減や発電効率改善が可能な改良イワダレソウを用いた太陽光パネル周辺緑化を実施した。新たな太陽光シェアリングの事例として概要を紹介する。

発表4 「韓国屋上緑化事例視察会報告」

発表者：綿引 友彦 特殊緑化共同研究会（田島ルーフィング株式会社 営業本部）

2014年9月3～5日に実施された、（公）都市緑化機構 特殊緑化共同研究会有志による韓国屋上緑化事例視察会について、防水、植栽基盤、土壌、植物、デザインの様々な視点から捉えた韓国の最新屋上/壁面緑化事情を報告する。

発表5 「日本緑化建築試論」

発表者：北村 知佳子 KAJIMA DESIGN

2010年に書いた試論である。環境意識の高まりと緑化技術の進歩から、緑を纏う建築作品に大きな関心が寄せられていたことが背景にあった。本試論は日本の緑化建築を題材とし、建築家が植物という「他者」をどう捉えてきたか、言説の収集と原点への遡行による思想的概観を試みたものである。

発表6 「都市公園における近隣住民の利用行動と健康増進の関連性について」

発表者：大塚 芳嵩 千葉大学大学院園芸学研究科 博士後期課程2年

岩崎 寛 千葉大学大学院園芸学研究科 環境健康学領域 准教授

都市公園における利用行動と公園利用者の健康関連QOLの関連を検証するため、都内の6つの公園を対象に近隣住民に対してオンラインアンケート調査を実施した。この結果、散

歩、自然観察、会話などの特定の利用行動を実施することで健康増進が図れる可能性が示された。

発表7 「大型重量計による単木蒸散量の計測と樹木の形態・生理的特徴に基づく分析」

発表者：清野 友規 東京工業大学大学院 博士課程1年

都市における樹木の単木スケールの蒸散量の個体差とそれを生じる要因を明らかにするため、短期間での複数の供試木の計測を可能とする吊り下げ式重量計を開発し、実験圃場においてコンテナ植栽の孤立樹木11種(平均樹高 5.2m)の夏季晴天・灌水日における蒸散量の計測と比較分析を行った。

発表8 「窓面緑化による日射遮蔽効果に関する研究～年間熱負荷解析による考察～」

発表者：田中 稲子 横浜国立大学 都市イノベーション研究院 准教授

佐藤 大樹 大成建設株式会社

福田 大空 大成建設株式会社

窓面緑化システムの計画を検討するため、窓面緑化されたRC造の建物を対象に年間を通じた熱負荷解析を行った。落葉種ケースでは年間熱負荷はわずかに減少するが、常緑種ケースでは暖房負荷の増加に繋がること等が知見として得られた。

発表9 「野和花咲きし都かな」

発表者：七海 絵里香 日本大学大学院生物資源科学部植物資源科学科

大澤 啓志 日本大学大学院生物資源科学部植物資源科学科准教授

都市緑化の質が求められる中、古くから日本人に鑑賞・利用されてきた野和花の緑化への利用を措定し、奈良・平安期の和歌集において緑化活動の内容の把握、野和花が生育するような半自然草地を創出するための技術の検討、pHが野草類の発芽に及ぼす影響について調査した。

発表10 「組込みシステムを活用した環境制御コントローラの開発」

発表者：久保田 光政 特殊緑化共同研究会(ダイトウテクノグリーン株式会社)

従来によく使われている安価な灌水コントローラの問題点を改善すべく新商品開発を模索した結果、組込みシステムを活用した灌水コントローラが完成した。センサ入力、外部コントロール出力、データロガー機能を有し、プログラムを書き換えることも出来るため、オーダーメイドの環境制御コントローラとしても使用され始めている。

■平成25年度特殊緑化に関する若手研究者・企業関係者の合同発表会講演要旨

日時：平成25年12月6日（金）10：00～17：20

会場：田島ルーフィング会議室（東京都千代田区岩本町）

発表1 「鉄道軌道敷緑化技術の現状と課題」

発表者：飯島 健太郎 桐蔭横浜大学 医用工学部 准教授

近年、地方都市を中心に芝生軌道が普及しつつある。そこで軌道緑化による多様な環境効果、安全上の効果とともに軌道緑化を実現するための技術的特徴と課題について整理した。また国内外の軌道緑化事例の紹介とともにわが国の軌道緑化実現の政策的背景、工法、維持管理上の課題等についてまとめた。

発表2 「「命山」～歴史の中の避難・防禦・災害対策としてののり面空間の造成と緑化対策～」

発表者：飯塚 隼弘 東京農業大学 地域環境科学部 造園科学科 博士研究員

静岡県袋井市が2016年度完成をめざし、造成を進めている「平成の命山」。これは、東日本大震災を受け、新たな水害対策が迫られる中、先人たちの残した史実にならない実現したものである。津波避難タワーより費用も安く、日頃は公園として開放するとしている。本研究は、この命山をはじめ、日本における、防禦・災害・避難対策としてののり面空間、そこで用いられてきた緑化手法、樹草種について考察することを意図とした。

発表3 「特殊緑化共同研究会参加のすすめ - 若手技術者！いつ参加するの？」

発表者：橋 大介（公財）都市緑化機構 特殊緑化共同研究会 調査研究部会 部会長

本報告では、著者が特殊緑化共同研究会で取り組んできた調査研究業務等を通して得られた知見の一部を紹介する。またこのような成果を得る過程や報告書作成などを若手技術者とともに実施することで人材育成に努めてきたので、併せて特殊緑化共同研究会に造園業界の若手技術者を送り込むことの意義についても述べる。

発表4 「利用者の心身への効果を考慮した屋上緑化について」

発表者：岩崎 寛 千葉大学大学院 園芸学研究科園芸学部 准教授

利用時間の限られた都市勤務者にとって、夜間の屋上緑化空間がストレス緩和に効果があること、また高齢者施設における屋上緑化空間は、高齢者のアクティビティケアの場として有用なこと、また屋上庭園における園芸作業が回想法として有用なことがわかった。

発表5 「都市緑化の熱的効果の計測と解析 体感気候とヒートアイランド緩和の視点から」

発表者：弓野 沙織 東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻 博士課程後期1年

都市緑化に関するこれまでの計測・解析例から、都市緑化が体感気候、ヒートアイランド緩和にどのような影響を及ぼしているか紹介する。夏季日中の放射環境の改善が体感気候に大きく影響するため緑化はとても有効であるが、風速の低減効果等、マイナスの影響も生じるため事前の計画・評価が重要である。

発表6 「田瀬理夫の作品におけるエコロジカルなランドスケープデザインの特徴について」

発表者：田中 秀樹 日本大学大学院生物資源科学部植物資源科学科博士前期課程2年

大澤 啓志 日本大学大学院生物資源科学部植物資源科学科准教授

エコロジカルなランドスケープデザインの実践者として注目されている造園家 田瀬理夫氏の代表的な4作品の設計図面とヒアリングから、その具体的なデザイン手法を分析・整理した。その結果、いずれも、失われつつある周辺の自然環境やランドスケープの秩序の再生が意図されていた。

発表7 「湾岸エリアにおける環境圧の実態とその対策について」

発表者：直木 哲 特殊緑化共同研究会（イビデングリーンテック株式会社）

湾岸エリアはオリンピックを控え注目されているが、緑化を進めるにあたり今一度臨界地・埋立地としての環境圧を把握しておくことが重要である。臨界値緑化に関する研究は昭和40年代に主に行われた。その主要ポイントと最近の事例、台風による潮風害、液状化についても併せて述べる。

発表8 「屋上緑化可能建築の配置からみた高密度都市における空中緑地の構成」

発表者：寺内 美紀子 信州大学 工学部 建築学科 准教授

近年、都市熱環境の悪化改善や生物多様性の確保を目的として、様々な屋上緑化の施策を導入する自治体が増えている。しかし高密度な都心部においては、今後大規模な緑地が新たに創出されるとは考えにくく、残された空間として屋上緑化が、地域的すなわち面的に広がるのが有効と考えられ¹⁾、環境改善や景観形成の点でも期待される。そこで本研究では、地域的に屋上緑化がなされた場合の緑地の集合を「空中緑地」と定義し、東京都の代表的な街区の集合と言える路線商業に囲まれた街区群を対象とし、既存状態から屋上緑化が可能な建築（以下、緑化可能建築）を抽出する。また構成的特徴を捉え、それらの分布および配置を検討することから、高密度都市における屋上緑化を利用した空中緑地の構成を明らかにすることを目的とする。

発表9 「植物工場にかかわる諸問題と研究開発の現状」

発表者：丸尾 達 千葉大学園芸学研究科・園芸学部 教授

植物工場には太陽光型植物工場と人工光型植物工場があるが、農業人口の高齢化、担い手の減少、温暖化など気象環境の不安定化等を考えると今後必要不可欠な技術である。専用品種の開発も含め、研究開発を必要とする分野は多岐にわたり、アジアを対象とした国際的研究開発が求められている。

発表10 「上海における緑地の現状」

発表者：伊東 伴尾 前：高原建築諮詢有限公司

筆者が18ヵ月滞在し見聞した上海緑地現況報告。1990年代以降から緑地が急速に増加しているが、自然環境と建設事情による材料と施工方法に課題が多い。しかし最近、緑量重視から品質への変化もみられる。一方、上海及び周辺には魅力的な、中国庭園や租界地時代の外国庭園と緑豊かな街路空間がある。

発表12 「地表面被覆の違いと発電量の関係性分析」

発表者：菊池 佐智子 茨城大学 地球変動適応科学研究機関 ICAS 研究員

2012年7月に明治大学農学部設置したPVグリーンシステムの分析結果を報告する。対象とした72日間のデータから、地表面温度とパネル裏面温度の差の平均は、緑化面で - 0.04 、コンクリート面で + 0.17 となり、パネル裏面温度と発電量には、負の相関関係が存在することを確認した。

■平成24年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨

日時：平成24年12月7日（金）13：00～18：00

会場：田島ルーフィング会議室（東京都千代田区岩本町）

発表1 「屋上緑化された都市住宅作品の外形構成 ～建築デザインの考察～」

安森 亮雄 宇都宮大学 大学院工学研究科 地球環境デザイン学専攻准教授

都市における高密度な住宅地では、敷地内外に十分な緑地が確保しにくいことや近年の環境負荷への配慮を背景として、屋上緑化により積極的に自然環境を取り込む住宅がみられる。こうした住宅では屋上緑化を街並に表出させたり、住宅内部に緑を取り入れるために大きな開口を設けるなどの特徴的な外形がみられ、屋上緑化を活かした住宅の外形構成が成立している。そこで本研究では屋上緑化された都市住宅作品において、屋上緑化された住宅が、周囲の地面、外形全体、屋根や階などの部位といった、外形の部分と全体の表現において成立していることを示すものと考えられる。

発表2 「卓上に配置した観葉植物と癒し効用」

飯島 健太郎 横浜桐蔭大学 工学部 電子情報工学科 准教授

小型の観葉植物を素材として、室内に植物がない状態、室内の前方に植物がある場合、卓上に植物がある場合の心理調査を行った。その結果、植物が卓上にある場合に顕著な心理的ストレス軽減傾向を示した。その作用要因となる印象の変化についてもSD調査やアンケートから検討した。

SD法の官能評価では植物の存在が空間の印象に影響がある事を追認、印象としてポジティブ方向に推移する傾向にあった。アンケート調査からは植物が部屋にある場合では空間として良い印象を与えること、卓上に植物を置いた場合ではその植物に所有意識が生まれ、愛着が湧く傾向にありこの事がストレス尺度の軽減効果の増大に寄与したと考えられる。

発表3 「近代日本社会における都市の芝生空間の意味論的考察」

高久 聡司 東洋大学 生命科学部 非常勤講師

本稿は、なぜある時には芝生が否定され、別の時には受容されるのかという差異を明らかにするため、芝生空間に対する市民の受容（芝生の情緒的效果）に着目し、その転換点である1900年前後、1970年代前後を中心として近代日本社会における都市の芝生空間の意味の変遷を明らかにする。

発表4 「都市域における生物多様性に配慮した緑化に関する研究 - ビオトープ・パッケージの開発と造成とその評価を通して - 」

藤瀬 弘昭 東京都市大学大学院環境情報学研究科元大学院生

田中 章 東京都市大学環境情報学部 教授

本研究では生態系を総合的に評価する手法であるHEP (Habitat Evaluation Procedure) を応用し、屋上緑化の生物多様性を、簡易的に、定量的に評価可能な手法を開発することを目的とした。HEPを応用し屋上緑化の生物多様性を評価する手法を開発し、本評価手法を用いて、東京都、神奈川県に位置する屋上緑化を5つ評価した。その評価結果と、生物多様性の保全・復元効果があるとされる緑化形態との比較を行った結果、相関関係が見られ、本評価手法の妥当性を検証することができた。

発表5 「多彩な花空間における誘致昆虫相の実態とその要因 - 晴海アイランド・トリトンスクエア・ガーデンを事例として - 」

七澤 寛 東京農業大学大学院農学研究科 都市緑化技術研究室博士前期課程

本研究では、晴海アイランド・トリトンスクエア・ガーデンという600種類内外の宿根草等を混植した人工地盤上の緑化空間の昆虫相及び訪花昆虫と植栽植物の関係性を究明することにより、生物誘致を目的とした事業実施の際に指針となるような知見を得ることを目的とする。晴海アイランド・トリトンスクエア・ガーデンで採集された昆虫類の中では訪花昆虫が6割ほどを占めていたが、花卉が数百種類も植栽されているのにも関わらず、利用している植物は限られていた。また食物となる蜜源・花粉源植物数種類が同時期に開花している場合でも、ある特定の種類にだけ集中して訪花していることが観察された。

発表6 「コケ植物による放射性物質の吸着・集積能に関する調査研究」

金子 亮太 東京農業大学大学院造園学専攻 博士課程前期2年

本調査では、コケ植物による放射性物質の吸着・集積能の実態調査ならびに、捕染の可能性について検証を行った。その結果、コケ植物による放射性物質の吸着・集積能は、芝生や土壌、落葉よりも高く、また種類の違いによる放射性物質の吸着・集積能の違いも確認することができた。コケ植物による放射性物質の吸着・集積能は高く、スナゴケ (*Racomitrium canescens Hedw.*) 壁面緑化資材を利用した捕染手法の有用性が示唆された。

発表7 「都市農村交流体験と連動した里山樹種による都市緑化の可能性」

七海 絵里香 日本大学大学院博士後期課程1年

大澤 啓志 日本大学生物資源科学部 准教授

都市緑化においては、住民が緑化地に特別な愛着を持たせることも重要であり、その工夫として里山樹種による緑化に加え、苗木供給元の農村との交流を試みた。4年間の都市農村交流プログラムを通じ、参加者は緑化の意識向上そして農村地域への理解・興味の深化が示された。

発表8 「屋上緑化と両立可能な太陽光発電システムの検討」

菊池 佐智子 東北大学大学院・生命科学研究科 助教

太陽電池は周辺の温度変化による出力変動が大きい。そこで、屋上の暑熱環境を緩和する屋上緑化上に太陽電池を設置し、日射量、発電電圧および周辺環境の計測を始めた。本発表では、2012年夏期の実測データを中心に、これまでの研究成果を報告する。

その結果、芝生緑化を施工することにより、パネル下の温度を低減できること、コンクリート面に設置したパネルと比較して、発電効率の抑制を緩和することが示された。

発表9 「大型重量計を用いたケヤキの蒸散特性の計量化」

浅輪 貴史 東京工業大学 総合理工学研究科 准教授

本研究では、樹木の熱環境緩和効果の数値モデル化に向けて、大型重量計を用いることで実大サイズの単木樹木の蒸散量を計量化する方法を提示し、夏季における気象条件、土壌含水状態と、ケヤキの蒸散特性との関係を明らかにした。

大型重量計を用いたケヤキの重量計測値から風の影響を除去する方法を提示し、ケヤキの蒸散量を $\pm 100\text{g/h}$ の精度で計測できることを示した。また夏季におけるケヤキの蒸散特性を示し、土壌含水率の低下による水分ストレスの影響により、蒸散量が1/3にまで減少するといった生理特性を含む蒸散特性の結果が得られた。

■平成23年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨

日時：平成23年12月9日（金）13：00～18：30

会場：田島ルーフィング会議室（東京都千代田区岩本町）

発表1 「園芸療法の心理的効用と高齢者施設における導入可能性」

飯島 健太郎 横浜桐蔭大学 工学部 電子情報工学科 准教授

訪問介護員研修生を対象に園芸療法の心理的効用調査と高齢者施設への園芸療法の導入可能性についてアンケートを実施した。簡単な園芸作業を体験した研修生はPOMS診断により心理的ストレスの低減効果があった。また高齢者施設における園芸療法の導入に対して肯定的な意見であった。

発表2 「生物多様性を目的とした屋上緑化の改修後における動植物の変化」

永瀬 彩子 千葉大学大学院園芸学研究科 助教

野村 昌史 千葉大学大学院園芸学研究科 准教授

蔵品 真侑子 千葉大学大学院園芸学研究科修士課程

8年間無管理無灌水だった生物多様性を目的とした屋上緑化の改修を行い、動植物の変化を調査した。改修後初期は、動植物相は大きく変化し、エディブルガーデンは生物多様性創出効果に貢献することが示された。

発表3 「粗放型薄層屋上緑化システムの雨水流出遅延効果の定量化」

菊池佐智子 東北大学大学院・生命科学研究科 助教

輿水 肇 明治大学農学部 教授

経済性、施工性の観点から今後の緑化拡大に貢献する粗放型薄層屋上緑化システムを供試材に雨水流出遅延効果を計測した。使用した緑化システムの流出係数は、水分条件が乾燥時では0.30、飽和時であっても0.48となり、ゴルフ場の流出係数0.50より小さく、屋上緑化の流出遅延効果が明らかになった。

発表4 「日本における『のり面緑化』の起源と変遷に関する技術的考察」

飯塚 隼弘 東京農業大学大学院農学研究科 造園学専攻

本研究では、世界においてその技術工法の豊富さを誇る日本ののり面緑化（広義の斜面への植栽行為）技術について、さまざまな潮流の歴史的系譜を探り、その起源と変遷を明らかにし、これらを体系的にまとめることを意図している。

発表5 「華さそふ 都に植ふし 秋の七草」

七海 絵里香 日本大学大学院生物資源科学研究科

大澤 啓志 日本大学生物資源科学部 准教授

古くから日本人が生活の中に取り込んできた人里植物の緑化植物としての利活用を措定し、万葉時代における秋の七草の生育立地および農村環境における萩の生育特性についての調査を行なった。その結果、秋の七草の生育立地として、「野」すなわち灌木が混生するような半自然草地の重要性が示唆された。

発表6 「学校緑化の促進を目指した"CASBEE学校"の紹介とその課題」

藤田 暁子 明治大学農学部卒
輿水 肇 明治大学農学部 教授

建築環境総合性能評価システムCASBEEは、建築物の環境性能を評価し格付けする評価手法であり、住宅・一般建築、都市・まちづくりは完成後、数回の改訂が行われている。本稿では、2010年9月に完成したCASBEE学校の課題を抽出し、学校緑化を促進するための改訂の方向性を検討した。

発表7 「日積算受熱日射量分布を用いた熱環境緩和のための緑化手法」

佐藤 理人 東京工業大学大学院 特別研究員

本稿では、密集市街地の総合設計制度が適用されている街区をケーススタディとして、街区計画を行う際に日積算受熱日射量分布を用いることで、建物と緑との相互影響を考慮しながら夏季における熱環境緩和に有効な緑化を計画できる手法について提案する。

発表8 「樹種と季節の違いに着目した単木落葉樹の日射遮蔽に関する数値解析-樹木の日射遮蔽効果を活かした熱・光・紫外線環境設計支援ツールの開発-」

熊倉 永子 東京工業大学総合理工学研究科 博士課程

熱・光・紫外線環境設計支援ツールの開発を目的とした、樹種と季節別の日射遮蔽効果を予測する数値モデルの構築に向け、5樹種の樹木のCGモデルを用いて直達日射透過率について解析した。その結果、分岐構造と太陽位置の違いにより直達日射透過率の差が最大50%あることが明らかになった。

発表9 「窓面緑化の室内における視環境への影響」

田中 稲子 横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院 准教授

窓面を覆うような壁面緑化について、可視光の遮蔽による室内の光環境および視環境への影響を印象評価実験により把握した。窓面が緑化されることで室内における明るさ感や開放感が減少するものの、因子分析の結果「くつろぎ」の印象は増すこと等が明らかとなった。

発表10 「芝生地の放射性物質による汚染のメカニズムと芝生地の除染方法」

水庭 千鶴子 東京農業大学 地域環境科学部 造園科学科 講師

本研究では原発事故により放射性物質汚染が各地で広まったことを受け、緑地の特に芝生地を対象に、汚染メカニズムを明らかにし、芝生地の除染方法について、地表部のサッチ層を取り除く方法を提案した。これにより芝生地の機能を損なわず短期での芝生地の再生が可能となった。

■平成22年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨

日時：平成22年12月9日（木）13：00～18：30

会場：田島ルーフィング会議室（東京都千代田区岩本町）

発表1 「生物多様性を目的とした屋上緑化のための植栽設計・管理」

永瀬 彩子 千葉大学大学院園芸学研究科 助教

野村 昌史 千葉大学大学院園芸学研究科 准教授

生物多様性を目的として施工され8年間無管理無灌水だった屋上緑地の動植物の調査を行った。多くの高木は活力が低かったが、密植した低木の生長は良好だった。雑草地には草食性の昆虫類が多く定着していたが、吸蜜植物を残し、大型雑草を除去するなど選択的除草が必要である。

発表2 「集合住宅における屋上園芸を核としたコミュニティ形成と住民意識」

御手洗 洋蔵 東京農業大学大学院 農学研究科 農学専攻博士前期課程

本研究では、マンション屋上で園芸活動に取り組んでいる住民のコミュニティ形成に対する意識と屋上園芸の実態について調査した。その結果、屋上を住民たちで、ともに管理するコミュニティガーデンとして利用することにより、コミュニティ形成に対する住民意識の高まることがわかった。

発表3 「CASBEEにおける建築緑化評価指標の充実と開発」

高橋 萌 前 明治大学 農学部

建築緑化の視点で、建築物の環境性能を評価するため、現況調査を行い、緑環境を構成する敷地内緑化、屋上緑化の評価項目を追加したCASBEE 改良案を作成した。妥当性を検証し、改良案が緑環境の性能を定量化するだけでなく、今後の建築緑化の意義把握に有効となることが示唆された。

発表4 「パトリック・ブランの『垂直の庭』における配植手法と設計理念」

深水 崇志 千葉大学大学院 園芸学研究科 風景学研究室博士後期課程

パトリック・ブランが制作する「垂直の庭」について、文献調査や植物配置図の分析を行った。それにより熱帯雨林の風景や階層構造、生態系における生物間の相互作用といったものを、「垂直の庭」の中に再現しようとする、ブランの設計理念と配植手法が明らかになった。

発表5 「在来植物を用いた壁面部緑化」

大澤 啓志 日本大学 生物資源科学部 植物資源科学科 准教授

歴史的風土都市・鎌倉市に生育するケイワタバコに着目し、切り通し等を想定してフトン籠側面での生育試験を行った。自生地における壁面岩盤への固着様式を調べるとともに、鎌倉市域での本种群落分布の把握を行った。また、壁面部緑化に適した在来ツル植物種の検討も行った。

発表6「根の肥大生長を対象とした建築材料の耐根性評価手法」
石原 沙織 東京工業大学 建築物理研究センター 博士後期課程

建築物に接して植栽がなされる場合、植栽域周辺材料は根に対する抵抗性（耐根性）を有する必要がある。本研究は、耐根性を事前に評価する手法として、根の拳動を機械的な力に置換した模擬根を作製し、木本類植物を対象とした耐根性評価手法について検討したものである。

発表7「グランドカバープランツを利用したファイトレメディエーション」
浅井 俊光 東京農業大学 地域環境科学部 助教

本研究ではグランドカバープランツによるカドミウム（Cd）の吸収・除去を行うこと目的とし、様々なプレテストの結果などからアジュガ、キショウブ、ハナショウブ、ペレニアルライグラス、トールフェスクを供試植物に選出し、そのCd吸収能・耐性の度合いについて明らかにした。

発表8「軽量プラスチック資材を利用した屋上水辺緑化の試み」
笹田 勝寛 日本大学 生物資源科学部 生物環境工学科 准教授

本報告では屋上緑化と水辺ビオトープを複合させ、屋上における水辺緑地空間の創出することを目的に、軽量プラスチック資材上にコケ植物を生育させた浮島製作の試みについて、植生基盤としての評価と温熱環境緩和機能の評価に着目した試験の結果を報告する。

発表9「Storm water対策を目指した実験雨パターンによる屋上緑化の雨水流出シミュレーション」
菊池 佐智子 明治大学 研究知財戦略機構

実際の市街地構造における屋上緑化の雨水貯留、流出抑制効果の有効性を検証するため、東京都千代田区飯田橋を中心する17街区をケーススタディに流出シミュレーションを行った。想定した3種の降雨イベントから、総雨水流出量の低減と降雨初期の流出抑制に効果を発揮することが示唆された。

発表10「ドイツ南西地域の環境緑化事例」
飯島 健太郎 横浜桐蔭大学 工学部 電子情報工学科 准教授

ドイツ南西部の環境緑化を視察した。地域環境の健全化のために徹底した土地利用計画と緑地保全整備指針のもと大小様々な空間に緑が創出され、またそのネットワーク化が図られている。さらに特殊緑化がその緑のネットワークの一部を形成し、有効に緑化機能を果たしている。

平成30年度 特殊緑化に関する研究発表会

日時：平成30年11月28日（水） 13：30～17：35

場所：田島ルーフィング（管理本部）8階会議室（東京都千代田区岩本町）

事務局：公益財団法人 都市緑化機構 特殊緑化共同研究会

〒101-005東京都千代田区神田神保町3-2-4田村ビル2F

URL：[http:// www.urbangreen.or.jp](http://www.urbangreen.or.jp)

TEL03-5216-7191 FAX03-5216-7195