

平成26年度

特殊緑化に関する研究者発表会

平成26年11月7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 「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」	5
飯島 健太郎 横浜桐蔭大学 医用工学部 准教授	
○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」	11
孫 瑩軒（東京農業大学大学院造園学専攻）	
○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」	14
吉岡 威 特殊緑化共同研究会（内山緑地建設株式会社）	
○発表 4 「韓国屋上緑化事例視察会報告」	17
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）	
○発表 5 「日本緑化建築試論」	20
北村 知佳子 KAJIMA DESIGN	
○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」	25
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	
○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」	29
清野 友規 東京工業大学大学院 博士課程 1 年	
○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～」	33
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	
○発表 9 「野の花咲きし 都かな」	37
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	
○発表 10 「組み込みシステムを活用した環境制御コントローラの開発」	41
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）	
□過年度発表会の講演要旨	
・平成25年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	46
・平成24年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	48
・平成23年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	50
・平成22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 特殊緑化に関する研究者発表会

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 1-15-5）

次 第

13：00 開 会

開会挨拶 宮下 和正 公益財団法人 都市緑化機構 専務理事

主旨説明 後藤 良明 特殊緑化共同研究会 技術・情報分科会長

13：05～13：35 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

13：35～14：05 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

14：05～14：35 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）

休憩 10 分間

14：45～15：15 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 営業企画本部）

15：15～15：45 発表5 「日本緑化建築試論」

発表者：北村 知佳子 KAJIMA DESIGN

15：45～16：15 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

休憩 10 分間

16：25～16：55 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

16：55～17：25 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

17：25～17：55 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

17：55～18：25 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）

18：25 閉会挨拶 佐藤 忠継 特殊緑化共同研究会 情報活用部会長

講演要旨

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

飯島健太郎（桐蔭横浜大学医用工学部）

要 旨

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。

1. はじめに

グラウンドサーフェイスについては、スポーツパフォーマンス、身体への負荷、資材の耐久性、施工性や維持管理など様々な観点から議論されている。スポーツ選手の機敏な動きを支持しつつ、ボールの反発や転がりも担保されなければならない。身体への負荷については主としてサーフェイスの衝撃吸収の観点から議論されるが、パフォーマンスとは相反する面もありその最適化は容易でない。グラウンド造成にあたって天然芝ではなく人工芝が選択されるケースが多いが、その主な理由は施工性や維持管理の観点からである。すなわち人工芝のメリットは、天然芝よりも維持管理費が削減でき、養生期間確保のためにグラウンドの使用が制限されないことなどである。

近年、学校施設、スポーツ施設においてロングパイル人工芝の導入が急速に進んでいるが^{41,42)}、パフォーマンスや身体への負荷軽減の観点からの改良の成果といっても過言ではない。併せてサッカー界においては2001年FIFA（国際サッカー連盟）、2003年よりJFA（日本サッカー協会）がロングパイル人工芝ピッチの公認制度の導入をはじめ、ラグビー界でも2004年よりJRB（日本ラグビーフットボール協会）が公認導入していることなどもロングパイル人工芝普及の後押しとなっている。従前よりグラウンドサーフェイスに起因した下肢の傷害については多くの報告があり、土のグラウンドや人工芝の硬さに起因しているとする報告は多い。また人工芝のもたらす夏季の厳しい暑熱環境については常に課題となっている。本報では、スポーツパフォーマンスやスポーツ傷害について概観し、人工芝の改良の成果と課題に着目しつつ天然芝の評価を加えたい。なお人工芝にも様々なスペックのものがあり、詳細な仕様との関係から言及するものではなく、概観的に議論するものである。

2. グラウンドサーフェイスによるスポーツパフォーマンスと衝撃吸収性

1) グラウンドサーフェイスに求められる競技性能と人工芝

スポーツパフォーマンスが維持されるためにグラウンドが満たすべき条件は、①平坦で異常なバウンドが発生しないことやボールの転がり方向が安定していること、②ボールに対する適度な反発があり、全域にわたって安定していること、③ダッシュする時の選手の足に確実な支持力を与えられると同時に、急激な停止や方向変更をする時に適度な衝撃吸収を行うこと、④ジャンプする選手の足に確実な反力を与えられる硬さを有すると同時に、転倒した場合に加わる衝撃力をしっかりと吸収することなどである。特に反力を与えられる硬さと衝撃力の吸収という相反する条件において最適解を求め、グラウンドサーフェイスにおける人体への優しさと運動パフォーマンスを確保しようとする点に難しさがある。この点が人工芝改良の重要な目標となっており、パフォーマンスの維持と衝撃吸収性を追求しつつ著しく性能は向上しているが（Table 1）、常に天然芝に近い性能を目指していることが特徴である。

2) グラウンドサーフェイスの物理的特性と人工芝

競技用の人工芝の物理的な特性にはクリアすべき条件があり、そうした観点から新世代の人工芝の改良が加えられてきたといっても過言ではない。競技種目にもよるが、材質、パイルの太さや長さ、充填材の素材・粒径・量・厚さなどの基本的な仕様基準とともに、ボールの反発、バウンドの速度、衝撃の吸収性、回転抵抗、線形摩擦、耐候性、耐久性など、ラボテスト、フィールドテストによってクリアする必要がある。公益財団法人日本サッカー協会ロングパイル人工芝ピッチ公認制度における基準²⁷⁾、(財)日本ラグビーフットボール協会の競技に関する規定集「人工芝の使用に関す

Table 1 世代別人工芝の特徴

世代	特 徴
第1世代	(ショートパイル人工芝) 基布という合成繊維の布に天然芝の葉に似た色と形のパイルという茎葉部分を取り付けたもの。下部には衝撃吸収のための弾性素材であるアンダーパッドが敷かれる。
第2世代	(砂入り人工芝) パイルの間に砂を充填させ、さらに下部にアンダーパッドを敷いて、衝撃を二重構造で吸収。第一世代とともにパイル長 25mm 以下
第3世代	(ロングパイル人工芝) パイル長が 50mm 以上となり、充填材には珪砂やゴムチップを使用するロングパイル人工芝。さらに改良が加えられ、第4世代、第5世代とする人工芝も登場している。

る基準」²⁰⁾によって定義されている。

本論では詳細な言及はしないが、パフォーマンスの観点からグラウンドサーフェイスの物理的特性と人工芝についての研究事例から概観したい。

① 足の支持力と衝撃吸収力

競技中の様々な動作、例えばダッシュ時や急激な方向転換や停止など、足には確実な支持力が与えられなければならない。同時に適切な衝撃吸収（弾力）が不可欠となる。Levy²¹⁾、Stanitski³⁹⁾、Torg⁴⁴⁾ は、人工芝グラウンドは地面とスパイクとの摩擦力が高くなり、より強い力と加速度を得ることができることを説明している。すなわち人工芝はグリップが効くことから選手の運動効率が向上し、エネルギーコストが減少するというパフォーマンス上のメリットを説明しているもの¹⁶⁾であり、ロングパイル導入以前から人工芝が評価されていた視点の一つである。一方、青木²⁾ は、スポーツの環境場の硬さについて舗装道路面の硬さを測る計器を人工芝などに適用し、衝撃減衰率 (Fr) をドイツ工業規格に基づき算出している。その結果によれば、全天候型トラック 0.561、クレイトラック 0.767、天然芝 0.792、ロングパイル人工芝 0.822、砂入り人工芝 0.523、アスファルト（細粒）0.059、アスファルト（粗粒）0.444、コンクリート 0（以上平均）としている。日本サッカー協会が推奨している 0.5 以上には、アスファルト、コンクリート以外のグラウンドではクリアしており、さらにロングパイル人工芝も天然芝と同等の値を示すとしている。砂入り人工芝（テニスコートやラグビー場）はそれよりも硬い値となっている。これらのデータから見ればショートパイルからロングパイル人工芝への改良によって、サーフェイスの衝撃度は天然芝と同程度の水準に改善されていると考えられる。

② ボールの反発力（バウンド）や転がり

グラウンド上でボールは適度な反発、バウンド、転がり、跳ね返り挙動に異常がなく不均一とならないようにすることが不可欠であり、前述のとおり人工芝においてはラボテスト、フィールドテストによる基準が設けられている。良質な管理のもとに維持している天然芝であれば、常にフレッシュな茎葉がムラなくターフを形成しており、競技中に一時的に痛んでも養生期間中にその生育によってターフが回復するというサイクルによって、良質なコンディションを維持している。一方、人工芝についてはボールの動態と素材特性が徹底して研究されており、新世代の人工芝が天然芝の性能に近づきつつあるという報告もある。田原ら⁴⁰⁾は、第5世代人工芝グラウンドにおける野球ボールの動態検証を行っており、第5世代人工芝の反発高、反発係数は第2世代や土のグラウンドと天然芝の中間的な値を示したこと、ただしバウンド後の水平方向のボール速度は天然芝よりも低下することを報告している。Spurrら³⁸⁾はテニスコートを事例に様々なサーフェイスにおけるボールの反発係数を実験的に明らかにし、ハードコートにおいては 0.79～0.86、クレイコートでは 0.87～0.91 としている。反発係数が大きければそれだけボールが高く弾むことを示しており、テニスのトッププレーヤーはハード、クレイ、グラス、オムニのコートに応じてプレーを行っており、フィールドにあわせてシューズが選ばれるとともにプレーヤーにとってコートサーフェイスに得意・不得意があることが知られている。高橋ら⁴³⁾はテニストッププレーヤーを対象とした調査によって、コートサーフェイスによってサービスショット時間に差が認められることなど、プレーに大きく影響することを説明しており、こういったゲーム戦略上の観点からも、人工芝と天然芝の競技性能の差異とそのメカニズムについて徹底検証されることが期待される。

3. グラウンドサーフェイスにおけるスポーツ傷害とその要因

スポーツ傷害は、その予防という観点から、発生要因を 個体の要因、方法の要因、環境の要因とに分けて考えられている。スポーツ選手は、試合中、練習中に通常の生活やレジャーの際には及ばない動作・強度・時間・頻度で身体を酷使するため、そのこと自体がスポーツ傷害の重要な因子となっている。一方で、その傷害は環境要因によって軽度にも重度にもなり得る。とりわけ身体を支えている脚部と地面の接地部分であるグラウンドサーフェイスに基づく傷害に関する議論は少なくない。

1) グラウンドサーフェイスに基づくスポーツ傷害の報告例

スポーツ傷害の発生要因として、早くからグラウンドのサーフェイスが問題視されてきた。例えば Powell³¹⁾ と Ekstrand⁶⁾ によって、アメリカンフットボールにおいて損傷を引き起こす要因は相手とのコンタクトによるものだけではなく、選手が使用しているグラウンドにもあると指摘している。Ekstrand⁶⁾、Heidt¹⁴⁾、Gorse¹⁰⁾は、硬い表面の路上やタータントラックでのコンディショニングトレーニングは、選手が疲れやすくなるだけでなく、グラウンドから受ける衝撃が強いためにシンスプリントやアキレス腱炎などの障害を引き起こす要因となっているとしている。Ekstrand⁶⁾ と Ichii¹⁹⁾ は降雨後の土のグラウンドは、滑りやすくなることにより捻挫や肉離れなどの外傷を引き起こす要因になることを報告し、硬さではなく滑りやすさの観点から言及している。また西村ら²⁹⁾によれば、アメリカンフットボール競技中に発生した損傷に関する研究において、競技歴に関係なく下肢への損傷が半数以上を占め最も多かったとし、この事例において人工芝グラウンドでの練習における対応策が急務であることを述べている。すなわち人工芝グラウンドと摩擦力の低いスパイクを履くことにより、下肢への損傷発生頻度が低くなるとしている²⁹⁾。

なお従前から人工芝によるスポーツ傷害の発生が問題視され、人工芝の増加と同時に人工芝によって引き起こされる損傷の報告も増え始めたこととされ、まずは転倒時にグラウンドとの摩擦により起こる擦過傷や肘・膝関節から倒れた時に見られる滑液包炎などの報告が多いとしている^{3, 4, 6, 14, 20, 21, 25)}。転倒時に頭部をグラウンドにぶつけたときに人工芝では天然芝グラウンドと比較してより重度の脳震盪が引き起こされる¹¹⁾。西村ら²⁸⁾によれば、土グラウンドと人工芝グラウンドとのグラウンドサーフェイスの違いによって引き起こされる損傷の比較研究を行った結果、人工芝グラウンドでは下肢への損傷が有意に多く引き起こされ、特に膝関節外傷が多かったことを報告している。斎藤³⁴⁾は、ラグビー部に在籍する選手の治療記録から治療部位を調査解析し、ラグビーの靱帯損傷による怪我人数は足関節捻挫と膝関節捻挫が大半であり、人工芝での練習時と天然芝の試合時に見られる特徴があることを報告している。Arnheim³⁾、Ichii¹⁹⁾、Keene²⁰⁾、Levy²¹⁾は、人工芝グラウンドは加速度を得ることができるためスピードが上がり、アメフトでは衝突時のインパクトが増大し、損傷の可能性も大きくなるとしている。安部ら¹⁾の大学アメリカンフットボール選手を対象にした調査では膝靱帯の損傷が人工芝で多いこと、藤高ら¹⁷⁾の大学サッカー選手を対象にした調査では転倒時の上肢の外傷が人工芝で多いこと、斎田ら³³⁾の高校サッカー選手を対象に行った調査では期間中に発生した第5中足骨疲労骨折のすべてが人工芝で認められたことが報告されている。とりわけ第5中足骨疲労骨折はロングパイル人工芝の普及とともに増加しているとの指摘もある³³⁾。第5中足骨疲労骨折は足底外側に過剰な圧力がかかることが原因の一つとされているため¹⁵⁾、ロングパイル人工芝の物性との関係からそのメカニズムの究明が急がれる。スポーツサーフェイスとスポーツ傷害の検討に際して大畑ら³⁰⁾は人工芝で摩擦力が過剰に生じる背景について、シューズとサーフェイスの両面からの検討が必要なことを述べており、武藤²³⁾はサーフェイスなどの環境要因や動作特性の関係についても考慮する必要があるとしている。例えば、硬いグラウンドサーフェイスと靴底の柔らかい人工芝用スパイクによって「Turf Toe」と呼ばれている第一中足趾関節捻挫が引き起こされ^{3, 4, 5, 21, 32)}、アメリカンフットボール、サッカー、ラグビーなどで見られる。またTurf Toeは、爪先立ち状態で上の方向から過度の力がかかると、母趾のMP関節が過度に伸展され、足底にある靱帯が損傷され、アメリカンフットボールや、ラグビーなどのコンタクトスポーツにおいては、踏ん張りながら相手からのタックルを受けることがあるので、つま先の一か所に過度な力がかかり受傷するケースが多いとしている。一方、Nicholas²⁴⁾やSkovron³⁷⁾は、人工芝と天然芝を比較して、発生する損傷の割合や傾向には大きな差はないとも述べている。Ekstrand⁷⁾、Fuller^{8, 9)}は、近年最新の人工芝と天然芝において傷害の発生パターンはわずかに異なるものの、その発生率に差は見られないとしている。吉村ら⁴⁶⁾は、人工芝ピッチにおけるサッカーの試合が筋損傷（運動後に血液中に流出した筋たんぱく質あるいは酵素の量によって間接的に評価される/CK）に及ぼす影響に関する研究において、土

よりも天然芝・人工芝で試合を行ったほうが筋損傷の程度は小さいという結果を得ている。ただし一過性の評価であり、慢性的な影響についての究明は課題であるとしている。さらにロングパイル人工芝ピッチにおけるスポーツ傷害と対策として、橋本ら¹³⁾はハムストリングスの肉離れの発生因子の一つと予測される筋硬度の推移について調査し、下地ら³⁶⁾は閉眼片脚起立時間をパラメータとした足関節に及ぼす影響（足関節捻挫の指標）を調査し、いずれも最近のロングパイル人工芝が天然芝に近い特性を有していることを報告している。

以上のようにスポーツ傷害の発生要因としてのグラウンドサーフェイスのあり方として、人工芝を問題視する調査結果と、最新の人工芝がかなり天然芝に近い性能を有しているとする見解もあるが、あらためて競技別の動作の種類とその身体負担からみたサーフェイスの影響についてより多くのデータが蓄積されていくことが期待される。

なおプロ野球選手の腰痛持ちや故障の多発などの話題では、高校時代の早くからレギュラーとしてハードな練習を人工芝で繰り返していたことが大きな負担となっていたのではないかとする意見も散見され、前述の急性期傷害のみならず、グラウンドサーフェイスと慢性症状、加えて成長段階の年齢等の属性についても議論を深めることが重要である。

もう一つ重要な視点として、グラウンドサーフェイスに関連したスポーツ傷害の要因としてグラウンド表面の硬さが指摘されているが、そもそも人工芝はコンクリート・アスファルト上に敷設することが多く路盤そのものの硬さとも相まって衝撃負荷の大きな条件となっている。しかし天然芝は表層の茎葉部のみならず根圏となる土壌層が一定の深さを構成していることも衝撃吸収に有効に働いていると考えられ、今一度衝撃吸収層としての深さにも着目すべきである。

2) 運動学・機能解剖学からみた歩行・走の動作と接地負荷

前述のとおり競技中の動作はより限定的に身体への負荷を加えることとなるが、本項では「歩行」や「走」といった動作の基本と接地（衝撃）負荷から考察したい。足の動作、特に接地という観点から、まず足の接地は踵から始まり、足底外側部、小指球を経て拇指先端で蹴り出される。足が体重を支えている立脚期（接地期／contact phase）、体重を支えていない遊脚期（離地期／swing phase）があり、片脚で体重支持している単脚支持期（single stance phase）と両足で体重支持している両脚支持期（double stance phase）がある²²⁾。「走」は両脚支持期のない動作であり、より接地負荷が大きくなるといえる。このような足の動作の接地期における歩行面にかかる力（衝撃負荷）が重要な議論となる。歩行時の接地負荷の基本的な考え方として、進行方向（前後方向）については、踵接地から重心が支持脚の真上にくるまでの間は重心に対して支持脚は前方にあり、支持脚は重心に対して制御的に働く（その最大値は体重の20%）。その後、重心は支持脚より前方にあり、蹴り出しの力は重心に対して推進的に働く（その最大値は同じく体重の20%）。左右方向については、支持脚は重心に対して外側にあり、踵接地時から初期は、支持脚は重心を体の外側へと向かわせるが、足のあおり作用により体の内側へと向かわせる。垂直方向については、踵接地時は体重を踵部を中心に受け止め、下向きの大きな力（体重の約115～120%）を地面に加える。重心が支持脚の真上にくるときは、1回抜重（体重の約80%）して足の親指の付け根で蹴り出す際に再び下向きに大きく力（体重の約115～120%）を加えるとしている²²⁾。競技中はこの重心が前後左右に足から大きく外れ、極めて不安定な支持状態となるため、様々な衝撃に対する人体側の吸収機構も複雑で脆弱なものとなる。

また硬いアスファルトやコンクリートの路上を、裸足で踵をつけて走ると足には17Gという衝撃がかかり、走っているときに足にかかる力は体重の約3倍、跳んだときは約6倍になるとされている¹²⁾。なお佐藤ら³⁵⁾は土圧計による衝撃荷重を計測する実験を行っており、ジャンプ時、走行時、歩行時、静止時の4パターンで衝撃荷重を明らかにしている。静止時、歩行時、走行時、ジャンプ時と衝撃荷重が増加していくが、その傾向は静止時約600Nに対して、歩行時は2倍の約1200N、走行時が3倍の約2000N、ジャンプ時は4倍の2400Nあたりを示している。これらのデータはスプリンター（体重63Kg）が9.5m/sで走った際の計測データとも近似しているとされる。なおこうした衝撃を実際に意識しないのは、衝撃が足から脳に伝わる段階で、踵、骨や軟骨、筋肉、腱などで少しずつ吸収されているからであり、換言すれば接地部の衝撃は極めて大きなものとなっている。シューズやサーフェイスのあり方で初期荷重が緩和されることになるが、接地部分の弾力性だけでは限界のようにも考えられる。一般論であるが衝撃加速度を吸収するためには、一定の距離が必要である。そのため人工芝においても表面の改良のみでは限界があると考えられる。先に述べた天然芝は表層に加え、厚みのある根圏層が衝撃吸収に有効な距離（深さ）をもたらしていると推察できる。

もう一つ接地荷重に関する重要な視点として足のアーチ構造がある。円滑な歩行を支えているのは足の骨組みに見ら

れるアーチ構造であり、下腿からの体重を受ける距骨がアーチの頂上となり、踵骨と、足の拇指と小指の中足指節関節の3点が底部となってアーチ構造を呈している。踵接地時はアーチがつぶれ、踵接地から体重が支持脚前方へ移動する際に、アーチの支点が踵から中足指節関節へと移動し、その間にアーチの反発的復元により抜重され、中足指節関節を支点にして強く蹴り出す²²⁾。このときにアーチの反発的復元で重心を前方に強く押し出している。併せて山崎⁴⁵⁾はこのアーチ構造が衝撃吸収や蹴り出しのときの安定性という意味においても機能し、体重や動くための力を、踵、親指の付け根、小指の付け根の3点に分散するとしている。こうした力の分散に対してグラウンドサーフェイスが及ぼす影響についての検討も必要であろう。なお福士ら¹⁸⁾は、ロングパイル人工芝と天然芝との比較において、10m折り返し走の移動時間、足底圧分布測定（ターン動作の内側脚となる左足が地面に接地してから離地するまでの間に、センサーシートにかかったすべての平均荷重値と最も高い圧力がかかった際の値）を行っている。10m折り返し走の移動時間ではロングパイル人工芝と天然芝との間に差はなく、中足骨外側付近の荷重値が高い点も共通している。

一方、天然芝は中足骨外側だけでなく指骨内側の荷重値も高く、荷重を分散しているということを説明している。そのメカニズムは不明であるが、グラウンドサーフェイスによっては足のアーチ構造が生かされず衝撃が一点に集中すること、天然芝では衝撃負荷を分散する可能性があるという極めて重要なメカニズムが示唆されている。先の第5 中足骨疲労骨折や第一中足趾節関節捻挫なども、このアーチ構造による衝撃の分散がうまく働いていない結果であるとも考えられ、サーフェイスとの関係からの改善策が期待される。

4. おわりに

グラウンドサーフェイスとしての人工芝は、運動パフォーマンスと身体へのやさしさという観点で日進月歩改良が進んでおり、その成果も現れている。JFA や JRB が基準を設けロングパイル人工芝ピッチを公認導入しており、これをクリアすべく開発が進められていることも重要な背景となっている。多くの競技は走行や機敏な方向転換などある程度の支持力（反発力）が必要な反面、関節等への負荷を軽減するための衝撃吸収力をもたなければならない。前者は人工芝のパイルの長短や素材、表面処理などによって摩擦力が調整されると考えられる。後者については、やはりパイル長やチップ等の充填材によって吸収性を向上させることで大きく改良されてきた。しかしこれらは表層部の改良の成果である。体重を支える足部の吸収、特に「走」「ジャンプ」からの加速度を抑えるためには吸収するための距離、すなわち深さも重要であると考えられる。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の吸収に貢献していると考えられる。またサーフェイスと足部の関係は、動作の形態やシューズの性能との関係など複雑であるが、「走」「ジャンプ」に加え、競技特有の負荷の大きい特殊な動作の際に、関節や足の骨組みによるアーチ構造による吸収性とグラウンドサーフェイスがどのように影響し合うのかについてはさらなる検討が不可欠であろう。

一方、暑熱特性についても初期の人工芝と比較すれば軽減される傾向にあるが、人体への輻射熱の影響という観点からは天然芝の快適性には及ばない。グラウンドサーフェイスの安全性という観点からは、さらなる人工芝の改良とともに、やはり天然芝を積極的に活用するための維持管理の支援体制が重要な課題である。

引用文献

- 1) 安部総一郎・中嶋寛之・川原貴・下条仁士・阿部均 (1998) : アメリカンフットボール試合時における外傷について／5 年間の検討、臨床スポーツ医学、15(5)、pp.547-551
- 2) 青木豊明 (2005) : 有機ポリマー製の屋外スポーツサーフェスは熱い、Training Journal、312、pp.38-39
- 3) 青木豊明 (2006) : 屋外スポーツサーフェスの衝撃度比較、Training Journal、320、pp.32-33
- 4) Amheim, D. D., & Prentice, E. W. (2000): Principles of Athletic Training 10th edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia: PA
- 5) Bowers, K. D., Jr., & Martin R. B. (1976) : Turf-Toe: A Shoe Surface Related Football Injury, Medical & Science in Sports, 8, pp.81-83
- 6) Coker, P. T., Arnold, A. J., & Weber, L. D. (1978): Traumatic Lesions of the Metatarsophalangeal Joint of the Great Toe in Athletes, American Journal of Sports Medicine, 6, pp.326-334
- 7) Ekstrand, J., & Nigg, M.B. (1989) : Surface-Related Injuries in Soccer, Sports Medicine, 8, pp.56-62
- 8) Ekstrand J, Timpka T, Hagglund M. (2006): Risk of injury in elite football played on artificial turf versus natural grass: a prospective two-cohort study. Br J Sports Med. 40, pp.975-980
- 9) Fuller CW, Dick RW, Corlette J, Schmalz R. (2007) : Comparison of the incidence, nature and cause of injuries sustained on grass and new generation artificial turf by male and female football players. Part 1: match injuries. Br J Sports Med. 41 Suppl 1, pp.120-126
- 10) Fuller CW, Dick RW, Corlette J, Schmalz R (2007) : Comparison of the

incidence, nature and cause of injuries sustained on grass and new generation artificial turf by male and female football players. Part 2: training injuries. Br J Sports Med.41 Suppl 1, pp.127-132

11) Gorse, K., Mickey, A. C., & Bierhals, A. (1997): Conditioning Injuries Associated with Artificial Turf in Two Preseason Football Training Programs, Journal of Athletic Training, 32, pp.304-308

12) Guskiewicz, M.K., Weaver, L. N., Padua, A. D., & Garrett, E. W. (2000) :Epidemiology of Concussion in Collegiate and High School Football Players, American Journal of Sports Medicine, 28, pp.643-650

13) 長谷部ヤエ (2000) :足・靴・健康、生活工学研究 2(2), pp.124-137

14) 橋本賢太・辻和哉・中尾哲也・増田研一・山口由美子・吉田隆紀・内田靖之・吉村雅文・安田雅宏 (2008) :ロングパイル人工芝ピッチにおけるスポーツ傷害と対策 1/ハムストリングスの肉離れについて、関西臨床スポーツ医・科学研究会誌 18, pp.37-38

15) Heidt, S. R., Dormer, G. S., Cawley, W. P., Scranton, E.P., Jr., Losse, G., & Howard, M. (1996) :Differences in Friction and Torsional Resistance on Athletic Shoe-turf Surface Interfaces, American Journal of Sports Medicine, 24, pp.834-842

16) 平野篤・福林徹・和田野安良・宮川俊平・菅野淳・二宮浩ほか (1992) :サッカー選手に生じた第5 中足骨疲労骨折の3 例/プレスケールを使用した足底圧の解析一、サッカー医・科学研究報告書、12, pp.133-135.

17) 星洋介・宮川俊平・向井直樹・竹林雅裕・福田崇 (2006) :グラウンドサーフェス (人工芝と天然芝) の違いが大学野球選手の運動パフォーマンスや疲労の程度に及ぼす影響、体力科学、55(6), 873

18) 藤高紘平・大槻伸吾・大久保衛・橋本雅至・山野仁志・岸本恵一 (2010) :グラウンドサーフェイスの変化が大学サッカー選手のスポーツ傷害に及ぼす影響/土グラウンドとロングパイル人工芝との比較、日本臨床スポーツ医学会誌、18(2), pp.256-262

19) 福士徳文・吉村雅文 (2011) :ロングパイル人工芝の評価に関する研究、順天堂スポーツ健康科学研究、3(1), pp.37-41

20) Ichii, S (1987) :Relation of Running Injuries to Surfaces and Shoes, Japanese Journal of Sports Science, 5 pp.554-561

21) Keene, S. J., Narechania, G. R., Sachtjen, M. K., & Clancy, G. W.(1980):Tartan Turf on Trial: A Comparison of Intercollegiate Football Injuries Occurring on Natural Grass and Tartan Turf, American Journal of Sports Medicine, 8, pp.43-47

22) Levy, M., Skovron, L., & Agel, J. (1990) :Living with Artificial Grass: A Knowledge Update Part 1: Basic Science, American Journal of Sports Science, 18, pp.406-412

23) 真家利生 (2007) :自然人類学入門/ヒトらしさの原点、技報堂出版

24) 武藤芳照 (1987) :スポーツ・サーフェイスと障害、Jan J Sports Sci., 21, pp.546-547.

25) Nicholas, A. J., Rosenthal, P. P., & Gleim, W. G. (1988) :A Historical Perspective of Injuries in Professional Football: Twenty-six Years of Game-Related Events, JAMA, 19, pp.939-944

26) Nigg, M. B., & Segesser, B.(1988):The Influence of Playing Surfaces on the Load on the Locomotor System and on Football and Tennis Injuries, Sports Medicine, 5, pp.375-385

27) 日本ラグビーフットボール協会 (2004) :ラグビー競技場人工芝に関する IRB 公認性能仕様書

28) 日本サッカー協会施設委員会 (2012) :JFA ロングパイル人工芝ピッチ公認検査実施マニュアル第6 版

29) 西村忍・川村真紀・中里浩一・中嶋寛之 (2003) :グラウンドサー

フェイスの変化が大学アメリカンフットボール選手の身体損傷に及ぼす影響/土グラウンドと人工芝グラウンドとの比較、日本体育大学紀要 33(1), pp.17-24

30) 西村忍・中里浩一・中嶋寛之 (2005) :アメリカンフットボール競技中に発生した損傷に関する研究/大学生チームと社会人チームを比較して、慶應義塾大学体育研究所紀要、44(1), pp.9-15

31) 大畑光司・市橋則明 (2006) :スポーツ傷害予防と着地サーフェイス、体力の科学、56(11), pp.895-899.

32) Powell, W.J (1987) :Incidence of Injury Associated with Playing Surface in the National Football League 1980-1985, Journal of Athletic Training, 22, pp.202-206

33) Rodeo, A. S., O'Brien, S., Warren, F. R., Barnes, R., Wickiewicz, L. T., & Dillingham, F. M. (1990) :Turf-Toe: An Analysis of Metatarsophalangeal Joint Sprains in Professional Football Players, American Journal of Sports Medicine, 18, pp.280-285

34) 斎田良知・高澤祐治・池田浩 (2009) :ユース年代サッカー選手における第5 中足骨疲労骨折の発生状況、日本整形外科スポーツ医学会雑誌、29(4), 80.

35) 齋藤徹 (2008) :早稲田大学ラグビー蹴球部 2007 年度活動報告、スポーツ医・科学サポートシステムの概要と 2007 年度活動報告、早稲田大学ラグビー蹴球部

36) 佐藤和宏・児玉健太郎・上浦正樹 (2000) :スポーツ競技に合う土の運動場に関する研究、平成 12 年度土木学会北海道支部論文報告集、第 57 号、pp.946-949

37) 下地達朗・辻和哉・中尾哲也・増田研一・山口由美子・吉田隆紀・内田靖之・吉村雅文・安田雅宏 (2008) :ロングパイル人工芝ピッチにおけるスポーツ傷害と対策 2/足関節捻挫、関西臨床スポーツ医・科学研究会誌 18, pp.39-40

38) Skovron, L. M., Levy, M., & Agel, J.(1990):Living with Artificial Grass: A Knowledge Update Part 2: Epidemiology, American Journal of Sports Science, 18, pp.510-513

39) Spurr, J., Capel-Davies, J., & Miller, S. (2007) : Player perception of surface pace rating in tennis. In: S. Miller & J. Capel-Davies, (eds). ITF Tennis Science and Technology 3. London: ITF Licensing Ltd., pp.73-80

40) Stanitski, L., C., McMaster, H. J., & Ferguson, J. R. (1974) :Synthetic Turf Grass: A Comparative Study, Journal of Sports Medicine, 2, pp.22-26

41) 田原亮二・渡邊正和・田口正公・乾真寛 (2010) :第5 世代人工芝グラウンドにおける野球ボールの動態検証、福岡大学スポーツ科学研究 40(2), pp.1-9

42) 体育施設出版 (2008) :依然として人気は上々安定的に増えるロングパイル人工芝、月刊体育施設増刊号、37(6), pp.2-5

43) 体育施設出版 (2010) :日本初導入から 10 年多用途に対応でき高稼働率誇る張り替え需要も増加、スポーツファシリティーズ、39(5), pp. 10-15

44) 高橋仁大・西中間恵・石原雅彦・森重貴裕 (2011) :テニスのプレーはコートサーフェスによって変わるのか?/世界トッププレーヤーを対象に、スポーツパフォーマンス研究、3, pp. 49-58

45) Torg, S. J., Quedenfeld, C. T., & Landau, S (1974) :The Shoe-Surface Interface and its Relationship to Football Knee Injuries, Journal of Sports Medicine, 2, pp.261-269

46) 山崎 敦 (2012) :足のアーチ/運動学、機能解剖学の知見から、Sportsmedicine 24(8), pp.22-23, pp.29-31

47) 吉村雅文・内藤久士・宮原祐徹・青葉幸洋・吉井秀邦 (2010) :人工芝ピッチにおけるサッカーの試合が筋損傷に及ぼす影響、順天堂スポーツ健康科学研究、1 (3), pp.414-420

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

孫 瑩軒（東京農業大学大学院造園学専攻）

要旨

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、①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。②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。

1. 研究目的

本研究では、居住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との関係を実証し、大都市のすき間空間を坪庭的空間として整備することの妥当性につながることを意図し、快適性指標による熱環境評価を行った。具体的には、坪庭のもたらす涼気効果を、坪庭の植栽や石材などの構成要素の相違、あるいは打ち水の効果、気温や湿度等温熱変化の測定のみならず人間の体感評価軸を用いて、総合的に把握することを目的とした。

2. 研究内容ならびに方法

2-1. 京町家の坪庭の概査

既往文献をもとに坪庭の構成要素を大分類した。坪庭全体の面積が植栽で構成されている現代和風モダンの坪庭、坪庭全体が植栽と石材で構成されている一般的な坪庭の基本型、そして、坪庭全体が石材で構成される伝統的な枯山水様式に類似する坪庭の3タイプに分類した。現存する京町家の坪庭の構成要素、ならびにその熱的特性を知るために、京都市内で8軒の坪庭を有する町家の概査を、2013年夏季と2014年冬季にサーモカメラによって坪庭構成要素の素材表面温度を測定分析した。

2-2. プレ実験による坪庭構成要素と温度との関係

坪庭のデザインや構成要素の構成比率を図-1に大分類し、同スケール下における坪庭構成様式の相違によって、夏季における坪庭の温熱環境がどのように異なるかを検証するためのプレ実験を行った。試験区を埼玉県北足立郡伊奈町羽貫に設け、測定を2013年7月18日に実施した。測定時間を夏季太陽が南中する13:00～14:00とした。試験区は縦2.0m、横2.0m、高さ2.0mのモデル3区を設定(図-1)し、地上1.2mの高さで気温を測定した。また、モデル試験区の上部からサーモカメラによって熱画像を撮影し温熱環境の分析を行った。

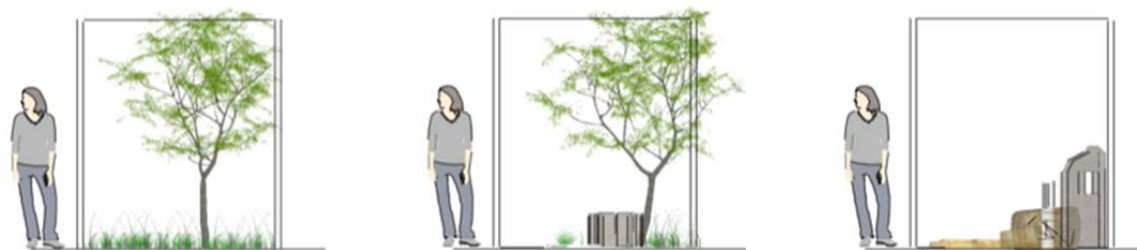


図-1 坪庭の構成配置立面図

2-3. 京町家の坪庭の熱的特性と快適性の評価

坪庭の様式や構成要素が人間の快適性に与える影響を把握するため快適性評価を分析した。調査対象とした坪庭ならびに京町屋は、京都府京都市中京区の「五辻庵」で、周辺は中低層建物町家が密集する住宅地である。夏季における測定は2013年8月21日夜から23日朝にかけて実施し、解析は晴天日8月22日を選出した。解析の時間帯は7:00～17:00までとした。冬季の測定は2014年1月9日から10日までとし、解析時間を8:00～16:30とした。表-1に測定点の分布と測定項目と測定機器を示した。

表-1 測定項目と測定機器

	測定点	測量項目	測定機器
	A, B	風速	スティック型温風速, 風量計 testo405
		気温, 相対湿度	温湿度大気圧記録計 TR-73U
		黒球温度(Tg), WBGT	熱中症指数モニターAD-5695
		照度	照度計 NT-1332
		表面温度	サーモカメラ

2-4. 人工環境気象室内におけるモデル実験

環境条件を人工環境気象室(バイオトロン)によって制御しモデル実験を行った。実験は、パターン①:モデル化した坪庭の全体に植栽した試験区。パターン②:全体を植栽と石材で構成した試験区。パターン③:全体を石材のみで構成した試験区,の3タイプとした。このように設定した試験区を設けた人工環境気象室内に被験者(成人20名)を入れ,温冷感など評価するとともに,温度,グローブ温度,風速,湿度,照度等の微気象環境を測定した。被験者には人工環境気象室内に在室し,温熱的快適性の度合,温冷感,湿気感,気流感等の好感度合について「温冷感申告調査票」に記入し申告する方法をとった。申告は入室直後と入室後5分経過時に実施した。室内の温度設定は2001年から2010年まで日本気象局の京都における夏季平均高温の33.3℃と設定した。このモデル実験によって植栽と石材の構成比率の相違が室内の温熱環境に与える影響を検証することを意図した。

3. 研究結果ならびに考察

3-1. 京町家の坪庭の概査

坪庭の写真集等の既往文献の解析から坪庭の基本構成が概ね把握できた。坪庭の構成要素と構成材料を分類して,サーモグラフィ分析ソフトで表面温度を測定算出した。坪庭は石材や樹木などの構成要素から成立し3つに大別することができた。

3-2. プレ実験による坪庭構成要素と温度との関係

7月18日の測定データを用い,同一条件下で異なる構成要素のモデル坪庭試験区の温度変化を把握した。気温変動より表面温度変動が大であることが把握できた。但し,変化の動態は類似していた。坪庭全体を植栽した試験区における表面温度は最低35.5℃,全体を石材のみで構成した場合の表面温度は最高44.2℃であった。しかし打ち水を実施した場合には,直後で温度が低下し40.5℃となった。

3-3. 京町家の坪庭の熱的特性と快適性の評価

本検証においては,調査対象地の坪庭(表-1)における熱環境緩和効果を考察し,坪庭内と廊下の測定点A(坪庭)とB(廊下)のMRT,SET*を算出した。快適性指数SET*の評価では,人間が在室する11時から15時までの温冷感スケールは「やや不快」を評価した。打ち水前のSET*指数は31.91℃であり,打ち水後では28.09℃と変化し,3.82℃低下したことが判明した。その結果,温冷感スケールは「快適」と評価された。打ち水によって快適性の効果を実証されたと判断できた。冬季の場合,着衣量を0.9clo,作業量を1met,としてSET*算出プログラムを使用し算出した。温冷感スケールは全て「やや不快」を評価した。

3-4. モデル実験(バイオトロン実験)

モデル試験区内に植栽した(パターン①)と石材(パターン③)のみの試験区を比較すると打水前後のSET*値の格差に大きな変化があることが判明した(表-2)。植栽構成比率が高い試験区においては,打水後のSET*値の変化が大となり,約10%の変化程度であり快適性が不快になった。打水が快適性に与えた効果は判明できなかった。モデル実験区を人工環境室内に設定したことによる通風性や光照射環境等の点において,実際の坪庭環境との相違が起因すると考えられる。なお,一般的には植栽量が多い環境であると,快適性も高いと予測されるが,人工環境気象室内においては打水後の快適性は低い値を示した。

打水前より打水後の SET*が上昇することが判明し快適性の改善にはつながらない結果となった(表-2)。

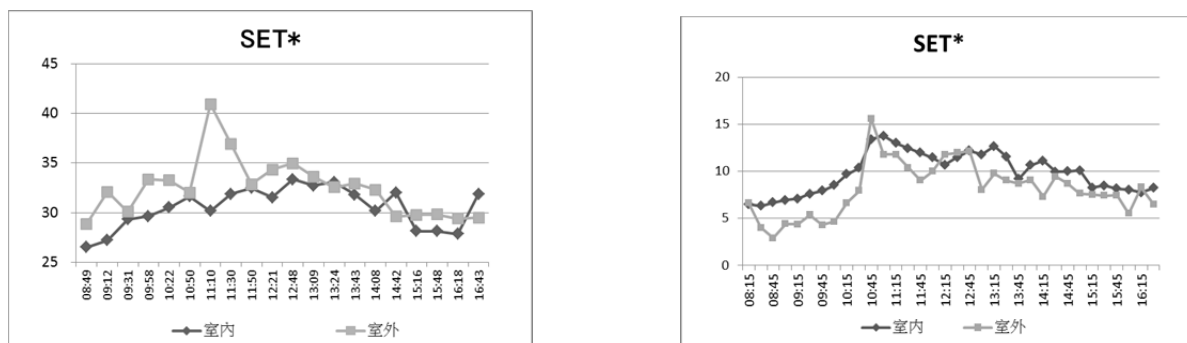


図-2 京町家の坪庭における SET*の測定結果(左:夏季, 右:冬季)

表-2 SET*値の変化

		パターン① (植栽)	パターン② (植栽と石材)	パターン③ (石材)
地点①	打水前	30.73	32.14	32.68
	打水後	33.67	32.46	32.49
	変化程度	9.57%	1.00%	-0.58%
地点②	打水前	33.13	33.70	33.70
	打水後	35.81	34.28	34.21
	変化程度	8.09%	1.72%	1.51%

4. まとめ

本研究では、快適性指数を用いた検証により、現地調査と坪庭構成要素が温熱環境に及ぼす影響を解析した結果、以下のことが明らかになった。

- ①プレ実験により、温熱環境に影響を与える坪庭構成要素について、構成要素の違いが温熱環境に変化を与えることが明らかになった。
- ②京町家における坪庭を対象に、室内から戸外に至る一連の空間の夏期と冬期の快適性指数の経時変化を計算した。さらに、打水の有無により SET*が 3.82℃低下すること、などが明らかになった。
- ③環境条件を制御できる人工環境気象室を使用し、植栽構成比率が多いほど、快適性が高いことが分かった。しかし、植栽と石材の組み合わせ坪庭と全て石材の比較について、SET*の差は僅かであった。坪庭構成要素と快適性の関係を解明したが、打水の効果が見られなかった。快適性の改善が得られなかったのは屋外環境との相違が起因すると考えられた。

今後、坪庭の構成要素と温度差の関連性等をさらに分析する予定である。坪庭の涼気生成の熱環境効果をより詳細に明らかにすることを意図して、京町屋の室内構造や坪庭の構成事例を増やし、調査による分析と検証を実施したい。そして、京町家の「坪庭」に学ぶ都市域の狭小空間の快適環境を形成する、あるいは快適環境創出のためのデザインに展開できるよう検証したい。

5. 参考文献

- 1) 芥川郁雄、川島美勝、後藤滋、松原斎樹、松田彰：京都市町家の熱環境調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 23-30、1990
- 2) 浅井秀子、長野和雄：山陰地方の坪庭を有する伝統的町家における夏期温熱環境調査、人間と生活環境第13号、pp. 9-17、2006
- 3) 孫 瑩軒、近藤三雄：京町屋の代表される「坪庭」のデザインと涼気生成効果との関係の解明に関する実証的研究、平成25年度日本造園学会関東支部大会、pp. 70-71、2013

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

吉岡 威（内山緑地建設株式会社）

要旨

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。

1. 太陽光発電の現状

1-1. 発電施設の動向

2009 年より開始された「余剰電力買取制度」や 2012 年に開始された「再生エネルギーの固定買取制度（F I T）」により太陽光発電施設が急増した（図- 1）。「余剰電力買取制度」以前は教育機関では環境教育の実践として、企業では社会貢献（C S R）としてなどの導入が多かった。「余剰電力買取制度」や「再生エネルギーの固定買取制度」以後は発電事業としての取り組みが進み、導入が拡大した。

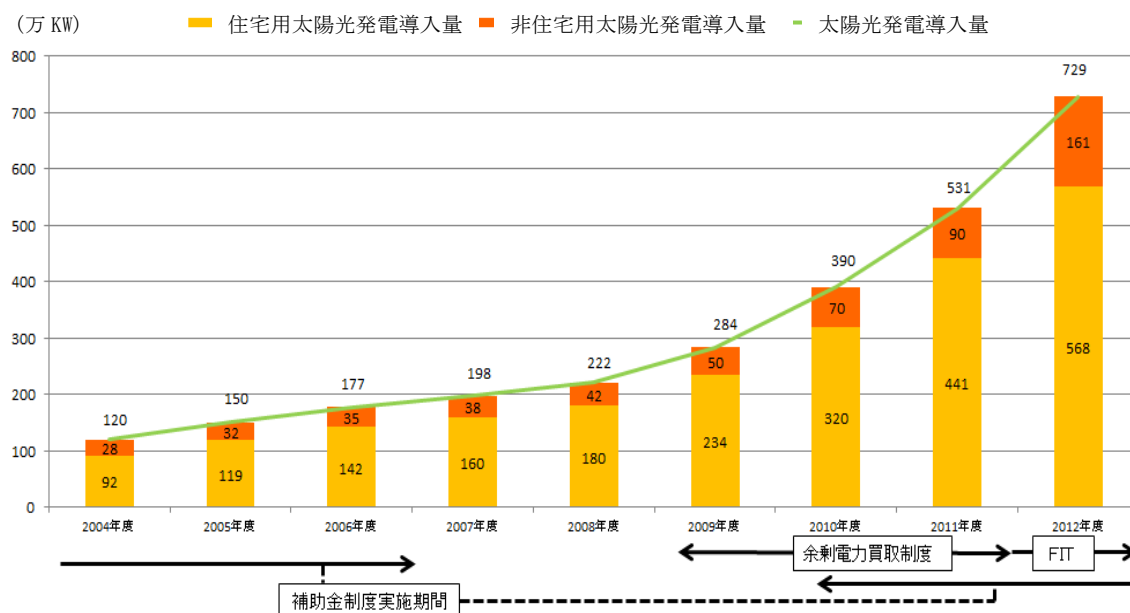


図- 1 太陽光発電導入量の伸び

（資源エネルギー庁 資料「再生可能エネルギーを巡る情勢について」より引用）

1-2. 現状の問題点

太陽光発電を設置するときには「環境にやさしい」と言うフレーズをよく耳にする。化石燃料などを使用しないという点においては納得できるものの現状では下記のような問題点がある。

1) 施設内の裸地化

敷地の造成や施設の設置により裸地化される。植生がなくなると土壌の流出、埃の飛散が多くなりパネル洗浄費用や近隣対策費が増加する。

2) 高温化

太陽光パネルは黒色であり熱を吸収しやすい。夏場にはパネル面温度は65度を越えることもあり、日中の敷地内気温は周辺気温より5度程度高くなる（自社計測値）。太陽光発電施設

設は裸地化、高温化しヒートアイランド化を助長しているともいえる。パネル温度が上昇すると発電効率が低下し、事業収支が悪化する。

3) 雑草問題

裸地化のあとには雑草問題が発生する。日本の気候や土壌条件で雑草が発生しないことは想像し難く、現状の発電事業者にとって最大の課題となっている（写真-1）。

雑草は管理費用の問題だけではなく、パネルの日陰になった部分が加熱し故障する「ホットスポット」の原因にもなる。雑草による景観悪化に加え、黒くて無機質なパネルが一面に並ぶことによる景観悪化も問題である。



写真-1

2. 太陽光パネル周辺緑化の提案

2-1. 植生の維持

これまでは舗装や防草シートなど植生を無くす手段が多く、積極的に植生を維持する手段が選択されることは少なかった。植生を維持するメリットは前記の問題点解決策にもなる。植生があると温度上昇を抑制させ、発電効率低下を抑制する¹⁾ という報告もある。

2-2. トータルコストに着目

再生エネルギーの固定買取制度においては発電時の買取価格が20年間維持される。すなわち20年間の事業としての収支が重要である。このことは、イニシャルコストは低く抑えてもランニングコストが高ければ意味が無いといえる。20年間のトータルコスト（イニシャルコスト+ランニングコスト）が最も安いことが重要である。

2-3. 植物種を選択

トータルコストの観点から数種の候補植物を選択した。候補植物はクローバ、雑草抑制芝、改良イワダレソウの3種である。クローバ、雑草抑制芝は照度不足によりパネル下での生育が困難であること、更にクローバは刈り込みの有無に関わらず、播種数年後には被覆率が低下し、単一種での維持が困難なこと²⁾ などから改良イワダレソウを選択した。

2-4. コストの検討

防草シート設置区、初期対策を何もしない区、改良イワダレソウ区について工法ごとのコストを比較した（図-2）。初年度単価は建設費+初年度の管理費（建設費が無いものは管理費）とした。最終年単価の防草シート設置区は撤去処分費用を含む。経過年単価は初年度と最終年以外の費用とした。

1,000m2当りで試算							
工 法	製品仕様	管理仕様	初年度 単価(円)	経過年 単価(円)	最終年 単価(円)	合 計 (千円)	円/ m2・年
防草 シート	シート貼 10年目に 張替え	維持メン テ3回/ 年	1,395	¥42 + 10年目 ¥1,395	442	3,946	200
草刈り		3回/年	390	390	390	7,800	390
除草剤 1		2回/年	200	200	200	4,000	200
除草剤 2		不明	110	110	110	2,200	110
改良イ ワダレソウ	4株/m2	除草剤・ 草刈り各 1回/年	900	¥110, 5 年目ま で+¥40	110	3,150	160

※ 防草シート及び草刈りは業者(A)資料引用

※ 除草剤 1 は業者(B)資料引用

※ 除草剤 2 は業者(C)資料引用

図-2 工法別のトータルコスト試算

3. 太陽光パネル周辺緑化の実施方法

3-1. 施工

改良イワダレソウは太陽光パネル設置後にパネル間の通路部分に植え付けた（写真-2）。植え付け密度は4～6株/m²とした。土壌条件にもよるが、植付け時には基本的には客土、土壌改良材、肥料などはおこなわなかった。植付け後の灌水はおこなったが、以後の灌水はほとんど必要なかった。



写真 - 2

3-2. 維持管理

1) 管理仕様の策定

従来の緑地管理とは要求事項が異なるために、太陽光発電施設用の管理仕様が必要である。例えば植物の維持すべき高さについての要求事項は草丈が太陽光パネルを上回らないことが最低条件である。更に日常点検などの巡回を想定すると30cm以下が要求される。発電施設ごとの管理仕様は事業主や保守管理者と協議して策定する。

2) 実施内容

施工及び周辺環境などにもよるが、竣工後5年程度は除草剤散布2回、草刈り1回で運用している。6年目以降は除草剤散布1回、草刈り1回での運用を想定している。これらの内容で太陽光発電施設面積に対してトータルコストは160円/m²・年と試算している。

4. 結果及び考察

4-1. 施工事例の結果

雑草対策に悩む事業主と環境及び収支改善を提案する弊社の考えが一致し、本工法での施工実績は発電容量（定格出力）で15MW程度である。コストについては施工ではほぼ試算通りの結果となったが維持管理については物件ごとのばらつきが大きい。要因は太陽光パネル基礎や架台の方法・形状、パネルの設置角度などの要因である。周辺環境は作業方法の制約や雑草発生の多寡にかかわる。これらについては事前調査で必要な項目を拾い出すことによりコスト上昇リスクを軽減できることもわかった。

4-2. 更なる改善に向けて

これまでの施工事例を基に効果検証に向けたデータの採取を行っている。まだ十分なデータは揃っていないが基礎データは集まりつつある。引き続きデータの収集と分析をおこなっていく。

施設の設置環境によっては除草剤の使用ができない場合がある。これらの施設での管理手法の確立とコスト算出を進めていく。

引用・参考文献

- 1) 明治大学農学部緑地工学研究室（2012）：第9回環境情報科学ポスターセッション「屋上の被覆形態が太陽電池発電電圧に与える影響」
- 2) 浅井元郎・伊藤操子・草薙得一(1995)：雑草研究 Vol. 40(3)「雑草制御を目的としたシロクローバ植被の維持管理に及ぼす刈取体系の影響」

韓国屋上緑化事例視察会報告

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 営業企画本部）

要旨

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。

1. 視察目的

本視察は、2014年10月15日に開催された「第6回日韓屋上緑化技術国際シンポジウム」に先立ち、最新の韓国屋上緑化事情を把握するために企画された。近時の韓国屋上緑化は、規模や形態において日本とは異なる建築事情の下に展開されており、屋上緑化業界のみならず広く建築関係者の注目を集めている。本視察団は、シンポジウムの議論を深めるため実現場の訪問を行った。

2. 視察現場

視察団は、(公)都市緑化機構の屋上緑化や壁面緑化などの設計、施工、資材開発などに関する技術的な交流を行う「特殊緑化共同研究会」の14名が参加して行われた。日程は、2014年9月2日~4日で、ソウル市と世宗市（セジョン）の屋上緑化、壁面緑化、河川の護岸緑化を視察している。

2-1. ソウル市新市庁舎 壁面緑化「グリーンウォール」

2012年に完成したソウル市の市新庁舎（設計：ユ・ゴル）。壁面緑化は、建築着工後に当時の市長の指示により計画された。壁面緑化の高さは28m、面積 1,516㎡、植物の種類14種、65,000株が植栽されている



写真1 新庁舎外観 左は旧庁舎 写真2 メンテナンス風景 ↑
写真3 壁面緑化高層部 →

2-2. ソウル図書館（旧ソウル市庁舎） 屋上緑化

1926年、日本統治下で建設されたRC造の庁舎。新庁舎の建設に伴い、修繕工事を経て2012年10月、20万冊の蔵書を誇る図書館として生まれ変わった。屋上は、庭園型の緑化が施されている。

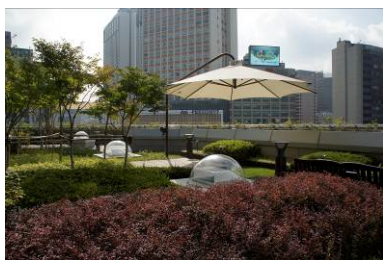


写真4 庭園型屋上



写真5 園路



写真6 ビオトープ

2-3. 世宗市政府庁舎 屋上緑化

ソウル市からの首都機能移転の一環として、130km離れた世宗に新しく都市が建設された。各庁舎を屋上でつなぎ、全長3.5kmにも及ぶ連続した緑化帯を実現した。

概要は、敷地面積：374,449㎡、全延床面積：604,248㎡、構造：鉄骨鉄筋コンクリート造、規模：地下1階地上8階、屋上緑化面積：62,771㎡、



写真7 案内看板（全景）



写真8 園路



写真9 低層棟を俯瞰

2-4. 東大門 ddp

野球場、サッカー場の跡地に建てられたアート/デザインの複合施設。設計は、新国立競技場の設計コンペで当選案となったことでも知られる女性建築家ザハ・ハディド氏。4年8ヶ月の歳月を費やし完成させた。大きさ・形状の異なる45,000枚ものアルミパネルと9,900㎡の植栽パネルによる薄層緑化が、球体形状の外観を構成している。概要は、敷地面積：62,957㎡、建築面積：25,008㎡、延床面積：85,320㎡



写真10 外観/近接のビルより俯瞰



写真11 植栽ユニット



写真12 屋上より



写真13 アルミパネル取合

2-5. 清溪川 護岸緑化

生活排水などが流入する下水道代わりの川を暗渠化し、1971年に高速道路を建設。しかし、30年後には老朽化が露呈し、2003年7月~2005年9月にかけて高速道路は撤去され、全長3.5kmの河川復元工事が行われた。



写真 14 清溪川上流



写真 15 清溪川下流



写真 16 中央低層棟は復元記念館

3. まとめ

韓国の都市緑化は、規模において日本を圧倒しているが、植栽を支える基盤やシステム、納まりなどは、今後課題を残している一面も見受けられる。現在、韓国は国を挙げて、デザインや景観向上に力を入れており、今後も緑化技術が貢献する可能性が開けている。

日本緑化建築試論

北村 知佳子 (KAJIMA DESIGN)

要旨

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史的概観を試みたものである。

0. はじめに

建築家の意図するところによりその屋根面・壁面等に植物が付加された建築（ここでは単純に「緑化建築」とくくる）を設計することは、建築と自然が有する観念的・プログラムの・物質的な差異を融合することを建築家に強いるものである。本論は緑化建築に対する建築家の理論と実践の事例を、植物の自律性に対する判断という観点から分類し、系譜を描くことをめざすものである。

1. 明治：アド・ホックな屋上庭園

屋上庭園のはじまりは、洋風建築が増加した明治初期とみなすのが一般的ようである。M10～20 年代頃には横浜や銀座に屋上庭園が存在していた。そして、屋上庭園の知名度を一気に高めたのは百貨店である。その内容は、様々に魅力的なプログラムをもつ小施設を、陸屋根の上に全くアドホックに並べるもので、屋上と建築のデザインの相互干渉はほとんどなかったといえる。

1) 百貨店の屋上庭園

百貨店で屋上庭園を最初につくったのは三越で、1907 年元三越洋服店の建物屋上に、花壇、噴水池、藤棚、稲荷神社、望遠鏡などを配した庭園を造り、「空中庭園」として開設、「三越の八景」の一つとして宣伝した。¹続いて、松屋と白木屋も屋上庭園を開設し、家族連れの行楽の場をめざして、食堂や休憩所を整備する。このような初期のアド・ホックで様々に目を楽しませる屋上庭園は、誰にでもある素朴で素直な発想と感じられるかもしれないが、都市史家の初田亨によれば「当時欧米の百貨店を視察に行った人々の外国の百貨店の記述の中には、どういう訳か屋上庭園について語られたものがほとんどない。」という。屋上を箱庭的な小宇宙と考えるのは、²造園家の上原敬二(1889-1981)が「物干場や櫓の上に植木鉢やあさがほ鉢を並べるのが和製屋上庭園である」³と述べたような日本独特の感覚であるかもしれない。

2) 名所から都市内公園へ

関東大震災後、多くの百貨店が RC 造店舗を開設すると屋上庭園も普及し、屋上庭園の意味は希少価値のある名所的なものから、都市内の公園としての位置づけへと変わっていく。一方で、あくまで屋上庭園のものめずらしさでの集客を望む百貨店では屋上のテーマパーク化が進んだ。

2. モダニズム初期：変数としての植物

日本の初期モダニズムにおける屋上庭園思想にル・コルビュジェは非常に多面的な影響を与えているといっていよい。それを一言でいうならば、建築というシステムの中に、変数として植物の自律性を取り込んだということである。

2-1. ル・コルビュジェの屋上庭園

1) 屋上庭園という部屋

外部空間を室内と同様に扱うことは、ドミノ・システム(1914)からの論理的帰結である。⁴ドミノ・システムは荷重を受け持つ架構（ハード）と、材質・位置が自由な壁（ソフト）という二元化を行い、量産化と多様性を両立させた。それを都市住宅に適用したのが「近代建築の五つの要点」（1926）すなわち「ピロティ、屋上庭園、自由な間取り、横長な窓、自由な立面」となる。プランの外形線と壁の線は一致なくなり、室内と室外がプラン上で対等な関係になる。このような屋上庭園をコルビュジェは「外部の部屋」と表現した。初期の住宅、特にヴィラ・ガルシュ初期案などでは積極的に室内と室外をあいまいにする試みがなされている。

2) 植物の自律性をとりこむシステム

「屋上庭園のルポタージュ」(1945)で、コルビュジエは「市街地の屋上庭園」と「村や農村の現代版としての屋上庭園」の二種類をあげている。『全集』に記載されている作品において屋上庭園までの言説を抽出したところ、顕著な点は、市街地の屋上庭園がコンクリートの保護のためと都市生活への「太陽・広がり・緑」といった田園的質の回復のためにつくられているのに対し、農村の屋上庭園は断熱のためと風景になじませるためにつくられているということである。後者の形状は、陸屋根または平型ヴォールトの上を土で 20cm ほど覆ったものであり、放置しておけば勝手に植物が生える。コルビュジエは「風が、小鳥や昆虫が必要な仕事してくれる。自然はいつも環境に応じて振舞ってくれる。」という。この地方住宅の作り方にも、ドミノと同じシステムの適用が見られる。コルビュジエは現代的な構成法（ハード）に、現地産の石・木材・植物など（ソフト）を使うことで風土を生かした住宅をつくり、伝統建築を模倣するだけの消極的地方主義を批判した。このようなシステムにより、植物の繁茂（経時変化）をソフトとしてデザインにとりこむという発想が生まれたのである。

2-2. 日本のモダニズムの緑化建築類型とその系譜

日本の初期モダニズムの緑化建築は、基本的にはコルビュジエのドミノ・システムを展開させたものといえる。すなわち、室内と室外を対等に配置できる自由な平面を組み合わせ全体が構成されるというものである。その組み合わせには、いくつかの類型を見出すことができる。

1) 段型：レーモンド「霊南坂の自邸」(1924)

日本における屋上の庭に対峙する室内というコンセプトの最初の具現化の事例は、レーモンドが「日本と、コルビュジエの両影響の組み合わせ」⁵と自称する「霊南坂の自邸」(1924)である。この家は三つの庭を持ち、それぞれに室内が面するという段状の立体構成がとられている。同様の発想は、「夏の家」や「リーダーズ・ダイジェスト」にも見られる。その後、一戸建ての段型は堀捨巳や坂倉準三らが展開しているが、集合住宅では、内井昭蔵「桜台コートビレジ」(1970)をはじめとする各戸に庭のついた段状の住宅は、この発展系ともとれる。

2) 積層型：吉阪隆正「人工土地構想」(1955)

吉阪隆正が 1955 年に発表した人工土地構想は、本人自身、コルビュジエの「イムブル・ヴィラ」に立ち返る構想だと述べるものであり、画一化された公営団地の代替案としての、インフラの整備された RC 造の恒久的な土地の提案である。⁶住宅の高層化と個人の趣味嗜好を両立させることを意図し、同年プロトタイプとして「百人町の自邸」を制作した。⁷三層の RC の架構（ハード）にブロックと煉瓦（ソフト）で自由に外壁をつくる家であり、実際に建て替えもした。ドミノ・システムに明確に時間軸を持ちこんだこの構想はメタボリズムにひきつがれ、人工土地部会の活動に繋がったが、⁸高層化は実現しなかった。高層の人工土地システムの流れをひきついだのはプレファブ住宅の「YNSU」(1969)⁹や大阪ガス「NEXT21」(1993)などである。形態としては、横河健の「平成ドミノ・堺」(1998)や西沢立衛の「Garden House」(2007)などの積層した外部空間もこの系譜といえるかもしれない。

3) 基壇型：大高正人「坂出市人工土地」(1968)

吉阪が提案した人工土地は建築学会の人工土地部会の活動へとつながり、基壇型の最初の作品、「坂出市人口土地」が完成する。¹⁰1F に駐車場や商店街をいれ、2 階には大小の集合住宅が並ぶという、機能分離がされていた。大高はこの時に基壇の格子梁のグリッドにあわせて基壇上の建物を建て替えられるというシステムを使っていたが、それが実用化されることはほとんどなかった。現在、1F の基壇が駐車場になっている家などはどこでも見ることができるが、坂倉準三の「M 氏邸」(1960)や「羽鳥少年ホーム」(1963)などは個別の建物で基壇を用いた早い例である。基壇型は、山本理顕の「埼玉県立大学」(1999)や槇文彦の「シンガポール理工系専門学校キャンパス」(2007)などへも繋がっていく。

3. 1970s-：建築に対する脅威としての植物

コルビュジェが植物の経時的変化や自律性を扱えたのは、システムの中の変数としてであり、システム自体は不動のものであった。一方で、植物というものが、そのシステムさえも脅かす、建築と同等以上の自律性を持ったものとして語られはじめるのは1970年代頃からである。磯崎新は『建築の解体』において、「植物の繁茂が、建築の存在をおびやかす、変質させる重要な契機となる」と述べ、それを自覚的に作品に取り入れた嚆矢としてアーキグラムの活動があることを指摘した。¹¹そのような「植物の繁茂」は、時間を一定不変のものと設定するメタボリズム等への批判ともなっていた。

1) 象設計集団

象設計集団は植物と自然が相互に干渉しあう「植物との共生」をデザインと思想の双方であらわした。屋上のパーゴラに蔓性植物をはわせた沖縄の「今帰仁中央公民館」(1975)では、「自然の自律はもの自体の自律をうながしていくだろう」と述べている。¹²彼らは、異質なものが直接からみあうところに生まれるある幅を持った領域を「クラック」と呼び、「クラック」が両者を活性化させるという考えを建築作品として表したのである。

2) 埋まる建築

埋まる建築が70年代に特に新しく誕生したというわけではない。すでに、ブルーノ・タウトが改築をした清水組の「旧日向邸別邸」(1935)にはじまり、清家清の「小笠原流家元会館」(1962)など、傾斜地に半分埋まった作品は以前からあった。ただし、70年代になると、傾斜した緑化屋根などでより地形と一体化した作品が増える。このような埋まる建築も、カウンター・アーキテクチャーとしての、自然との「共生」の表現であると考えられる。代表的には石井修の「天と地の家」(1975)などの住宅作品、日建設計の「別子銅山記念館」(1975)などである。また、平坦地に土をもりあげて人工地形として建築をつくる例もある。相田武文の「PL学院」(1974)はその早い例で土の中に最先端の技術をもった建築が埋まっている¹³、アーキグラムの「モンテカルロ」計画(1970)や「クレーターシティ」計画(1972)といった計画案に近い。¹⁴吉阪隆正の「箱根国際観光センター」計画(1971)や象設計集団の「KIVA」(1986)、「由布院美術館」(1992)、隈研吾の「亀老山展望台」(1994)などはこの系列にあたると考えられる。

4. 1980s-1990s- : イメージとしての植物

チャールズ・ジェンクスは『アイコン的建築』(2005)において、「世界的には100以上のこのようなバイオミメティックなランドマークがつくられていると思われる。…これらのメタファーはエコロジーとイコノグラフィの双方が危機に瀕しているということを示しているだけでなく、この潮流の強まりをも示している。偉大なるデザイナーとしての母なる自然や生態はすべて新たな建築の暗黙のゴールになりつつある。」(拙訳)と述べている。¹⁵言うまでもなく、植物は、物理面だけではなく、意味・観念的にも建築とは独立した挙動をする。意識的に植物を「母なる自然や生態」の記号として外装に纏わせるアイコン的建築はそのような植物の意味の自律性に目をむけさせるものである。

1) 緑化スクリーン

建築に緑を纏わせる手法として、蔦壁や建物につくりつけた鉢といったものは古くからある(例えば古城のイメージと日よけのために外壁に蔦がはう「甲子園球場」(1923)、ファサードの端部に鉢を置くための突起がついていた竹中工務店の「日活国際会館」(1952)など)のだが、それらが着脱可能なスクリーンへと転換したのは80年頃である。象設計集団の蔓性植物による屋根面緑化は早い時期の試みといえる。その後、90年代頃より、積極的に外装として植物をまとう建築が増える。植物プランターと一体になった外装のガエターノ・ペッシェの「オーガニックビルディング大阪」(1993)などである。メタル素材の反射によって緑を映像的に浮かび上がらせる隈研吾の「z58」(2006)や、安田幸一の「東急大岡山駅上東急病院」(2008)ではステンレス・ワイヤー蔦膜などになると、植物は植物としての物質感を失い軽いカーテンのようになっている。

2) アイコン的緑化建築

90年代以降に、記号的な植物の外装の極致ともいえる、巨大緑化建築物(主に商業建築)がつくられた。NTTクレド+イルクの「基町クレド」(1994)、エミリオ・アンバーツの「マイカ

ル三田」(1995)・「アクロス福岡」(1995)、日建設計の「大阪市中央体育館」(1996)、ジョン・ジャーディーの「なんばパークス」(2003)などである。エミリオ・アンバーツ は記号的に緑を使った建築家の中で、先駆的な存在であり、70 年代半ばから紺碧の空・果てしなく続く緑など理想郷を思わせる提案を、模型や透視図を通して行った。彼は建築家の職能を、実用的な建物に詩的な形態を与えることだとし、“green over the gray”を合い言葉にしている。¹⁶アンバーツは、よい「かたち」はプロトタイプになりうると考え、例えばポンペイの中庭やローマの浴場、といったイメージを自由に引用し、統合できると考えていた。アンバーツの記号的な考え方は、庭園文化や自然の中のイメージを自由に建物にまとうせることを可能にした。ただし、都市のスプロールは避けがたいものと考え、巨大建築物に緑をまとうせることで環境的な問題を解決しようとするという彼の考え方には疑問の声も多いだろう。

5. 複層するイメージ

前章でみたように植物はそれ自体、意味を充填される必要のないアイコンではある。一方で、建築が植物を介してさらなる複層的なイメージを創出していると思える建築もある。それらは、基本的に記号的でありながら、建築の構造・あるいは緑化の構造が存在感を持つことで、植物の持つ生命感・物質感といった側面をより強く印象付けるようなものである。例えば、フラワー・アーチストである東信の「タイム・オブ・モス」(2009)は床に置いたり壁にかけたりできる苔のマットであるが、極限まで表層的にしつらえらえた植物のスクリーンは、その構造の不自然さから、かえって植物の物質性を強調しているようにも思える。こうした例を、いくつかのキーワードの抽出により概観したい。

1) 空中庭園

80 年代半ばより、原広司らを中心に、技術と建築をとらえなおす標語として「空中庭園」という言葉がもちあがる。¹⁷そして、「空中庭園」と木村俊彦の構造形式「連結超高層」とが結びついた結果、「梅田スカイビル」(1993)が完成する。この数年後、長谷川逸子の「新潟市民芸術文化会館」(1999)が、これも、木村俊彦の構造でガラスファサードの建築の屋上を緑化し、分棟の屋上同士を空中通路でつなぐという構想を実現する。このように、「空中庭園」というスローガンは、軽やかな構造とランドスケープへの建築家の関心を結びつけるものであった。池原義郎の「下関市地方卸売市場唐戸市場」(2002)、山本理顕の「はこだて未来大学研究棟」(2005)、竹中工務店の「e-生活情報センターデザインの間」(2008)などはこの系統の作品と考えられる。

2) 生成発展

70 年代に生まれた地形を模する建築の延長として、形態的な複雑さを増したような作品が 2000 年代には見うけられる。それらの形態は、それ自体は静止的なものであるが、自然の生成発展のプロセス自体をイメージ源としているようである。非線形の生成過程を参照したウシダ・フィンドレイの作品や、FOA の「横浜国際客船ターミナル」(2002)、生成過程に力学的合理性を結びつけた伊東豊雄の「ぐりんぐりん」(2005)などが代表的である。

3) ほころびのある大地

表面化した植物のスクリーンの延長として、あえて大地のメタファーと思われる緑化面を大地と一体化せず、浮遊させ、あるいは、めくれや裂けをつくることで、本物の大地ではないこと、建築としての構造を強く主張するような建築がある。鈴木雅和+貝島桃代の基本構想による「国営昭和記念講演 花みどり文化センター」(2006)、山本理顕の「福生市庁舎」(2006)、隈研吾「ブザンゾン芸術文化センター・プロジェクト」(2008)などは、そうした、大地の表と裏を行き来するような関係を生み出している建築である。

6. 結論

緑化建築の発展は、様々な側面での植物の自律性の再発見と繋がっている。建築と自然との間の観念的・プログラムの・物質的な差異を認識し、融合あるいは強調するという建築家の態度によってそれぞれの建築が生まれてきた、その思想的つながりを多少なりとも明らかにすることができたのではないと思う。

主な参考文献

1. 三越(1990)『株式会社三越 85 年の記録』
2. 初田亨(1993)『百貨店の誕生』、三省堂
3. 上原敬二(1926)、「屋上庭園に就て」、『造園学雑誌』、日本造園学会、pp. 294-300
4. W. ポジガー他編(吉阪隆正訳、1979)『ル・コルビュジエ全作品集』、A. D. A. EDITA. Tokyo Co., Ltd.
5. アントニン・レーモンド(1970)『自伝アントニン・レーモンド』、三沢浩訳、鹿島研究所出版会
6. 『吉阪隆正集 10 集まって住む』収録、勁草書房
7. 吉阪隆正(1960)『ある住戸』、相模書房
8. 菊竹清訓編(1978)『菊竹清訓 構想と計画』、美術出版社
9. 松村秀一(1999)、『「住宅」という考え方』、東京大学出版会
10. 都市計画委員会人工土地部会(1963)「人工土地:成立条件・効果・計画」、『建築雑誌』(196311)、日本建築学会
11. 磯崎新(1975)『建築の解体』、鹿島出版会
12. 樋口裕康(1977)「クラック空間をひきさくもの」『新建築』(197711)
13. 相田武文「建築が消えるとき」、『新建築』(197401)
14. アーキグラム編(浜田邦裕訳 1999)『アーキグラム』、鹿島出版会、(原書”Archigram” edited by Peter Cook et. Al., Studio Vista Publishers, 1972)
15. Charles Jencks, “The Iconic Building”, New York: Rizzoli International Pub., 2005
16. エミリオ・アンバーツ(1976)「私にとって建築とは」、『SD』(197610)
17. 原広司他(1984)「空中庭園と宇宙船-21 世紀に向けた建築イメージの離陸」、『建築文化』(198403)

初出論文

北村知佳子(2010)「日本緑化建築試論-建築技術と緑化の系譜-Essay on Green Architecture in Japan」、2009 年度東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻修士論文

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

大塚 芳嵩・岩崎 寛（千葉大学大学院園芸学研究科）

概要

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。

1. 研究背景と目的

近年、都市環境の悪化によるストレス負荷の顕在化や生活習慣病や慢性疾患による医療費増大が問題視されている。このため、予防医学的観点から国民の生活の質 (Quality of Life: 以下、QOL) を向上し、健康的な生活環境をつくることが都市において重要な課題となっている。造園学においては、緑地環境の観点から住民の健康増進に資する都市環境を模索し、これまでに緑地の心理・生理的効果の立証や近

表-1 調査対象の概要

地区公園	有栖川記念公園	蘆花恒春園	世田谷公園
写真			
所在地	港区南麻布 5	世田谷区粕谷 1	世田谷区池尻 1
面積(ha)	6.7	8.0	7.9
地形	起伏のある地形	平坦な地形	平坦な地形
構成主体	池泉回遊式庭園	雑木林と樹林広場	樹林広場
園路の整備	遊歩道	アスファルト舗装	アスファルト舗装
遊具・展示物	多数の彫像	徳富蘆花の旧家	SL の展示
周囲の土地利用	中・高層住宅街	低・中層住宅街	低・中層住宅街

近隣公園	檜町公園	若林公園	希望丘公園
写真			
所在地	港区赤坂 9	世田谷区若林 4	世田谷区船橋 7
面積(ha)	1.6	1.4	1.9
地形	やや起伏のある地形	平坦な地形	平坦な地形
構成主体	池泉回遊式庭園と芝生広場	スダジイ林とマツ林	桜林と樹林
園路の整備	遊歩道	—	—
遊具・展示物	モダンな遊具	多数の遊具	遊具・フィットネス器具
周囲の土地利用	オフィス街	低層住宅街	公営住宅団地

隣環境と住民の QOL との関連を示す成果が得られた¹⁻²⁾。この中で、那須らは近隣環境における環境形態と利用行動の関連性をモデリングし、緑地利用により効果的に健康増進を図れることを示した。よって、今後は利用行動と QOL の関連性を詳細に検討することが求められ、とりわけ近隣環境における緑地として中核的な役割を果たす公園を対象とした調査が重要と考えられる¹⁾。

そこで、本研究は都市公園における近隣住民の利用行動と健康状態との関連性を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

2-1. 調査対象

本調査は、東京 23 区から公園における環境と周辺居住環境が異なる複数の公園を調査対象地として選定した。調査対象地は、東京 23 区の居住環境の違いに着目し、都心の港区と住宅地の世田谷区から選定した。対象となる公園は、近隣環境圏において日常生活と密接に関わっていると考えられる近隣公園と地区公園の規模の異なる 2 種類の公園をそれぞれ 3 つ選定した。このうち、地区公園は有栖川宮記念公園、蘆花恒春園、世田谷公園の 3 公園、近隣公園は檜町公園、若林公園、希望丘公園の 3 公園を選定し、各公園の概要について表に記した(表-1)。

2-2. 調査方法

本調査は、(株) マクロミルの「QuickMill」を用いてオンラインアンケート調査を実施した。対象者は各公園の辺縁部から半径 3km の境界線にかかる町丁目に居住する 25 歳以上の住民とし、対象となる公園を年 1 回以上利用することをスクリーニング条件とした。調査期間は 2013 年 11 月 2 日から 11 月 12 日とし、回答者は全体で 1280 名であった。各公園の対象者数は地区公園が 250~300 名程度、近隣公園が 150 名程度であった。

2-3. 調査項目

主観的健康感を計測する指標として、中嶋らが作成した健康関連 QOL 調査票を 5 件法に改訂して用いた³⁾。健康関連 QOL は、近隣住民の身体的健康、精神的健康、社会的健康および生活環境の利便性や快適性を加えた計 5 因子について調査し、健康状態と近隣環境に対する満足度を測定できる。

3. 健康関連 QOL の因子構造

健康関連 QOL の因子構造を把握するため、1280 名の健康関連 QOL15 項目のデータを最尤法、プロマッ

表-2 健康関連 QOL の因子構造

健康QOL	第1因子 身体的健康	第2因子 居住環境	第3因子 社会的健康	第4因子 精神的健康	第5因子 利便性
体力	1.017	-.005	-.042	-.078	-.011
からだの動き	.919	-.030	-.010	-.009	.023
からだの調子	.738	.030	.038	.053	-.003
地域の環境衛生	-.025	.986	-.025	.000	-.037
地域の安全性	-.009	.800	-.076	.055	.081
地域の自然環境	.021	.751	.075	-.041	-.066
家族や親類との付き合い	-.020	-.002	.847	-.009	-.003
友人との付き合い	-.008	-.013	.724	.153	-.043
近所・地域とのつながり	.022	.018	.694	-.102	.064
意思決定	-.001	-.009	-.066	1.002	.011
信念(信条)	-.011	-.002	.074	.813	.026
精神的なゆとり	.377	.032	.087	.407	-.036
必要な情報の得やすさ	.000	-.047	-.035	.008	1.022
地域の生活の便利さ	-.016	.080	.057	.042	.648
地域の福祉サービス	.049	.321	.102	-.062	.334
クロンバックのα	0.91	0.87	0.81	0.87	0.80

クス回転にて因子分析した(表-2)。その結果、第一因子は“身体的健康”、第2因子は“居住環境”、第3因子は“社会的健康”、第4因子は“精神的健康”、そして、第5因子は“利便性”と解釈できた。次に、利用者の健康状態を類型化するため、5因子の因子得点をそれぞれ算出し、Ward法、平方ユークリッド距離による階層的クラスター分析を実施した。クラスターリングは、5因子個別に実施した他に同様手法で5因子を一括して分類した(以下、5因子総合)。計6群のクラスター数はデンドログラムの結合距離を基準に決定し、6群ともに因子得点の高得点層と低得点層の2クラスターに分類できた(以下、健康クラスターとする)。

4. 利用行動と健康関連 QOL の関係性

利用行動と健康状態の関連性を検証するため、6群の健康クラスター別に各利用行動の実施数を集計し、 χ^2 乗検定をおこなった(表-3)。はじめに、5因子総合における結果をみると、「散歩」、「自然観察」、「会話」、「イベント観賞・参加」の4つの利用行動が健康クラスターの高得点層において実施率が高かった。よって、これらの利用行動は利用者の健康状態に関連していると考えられた。次に、利用行動と各因子との関連性についてみると、「散歩」、「自然観察」、「会話」の3つの行動は、居住環境と社会的健康の因子において高得点層の実施率が高いことが共通していた。これは、居住環境の良さが「散歩」、「自然観察」、「会話」という利用行動を誘発し、それらを実施することで社会的健康を増進すると考えられた。特に、「散歩」は身体的健康を除く4因子において高得点層での実施率が高かったため、利用者の健康に対して最も多面的に寄与していることが示された。一方、「イベント参加」は5因子総合では高得点層において実施率が高かったが、個別因子では有意差がみられなかった。

4. 今後の展開

今後は健康関連 QOL の各因子と利用行動との関連性を詳細に検討することが課題として挙げられる。また、本研究の結果から、特に公園利用は近隣住民の社会的健康、すなわち住民同士の交流に寄与することが明らかとなった。このことから、公園利用を促進することは、現代社会で問題視されている無縁社会や地域コミュニティの崩壊を解決する1つの具体案となりえることが示唆された。

表-3 健康クラスターと利用行動の関連性

利用行動	全体実施率 n=1280	5因子総合			身体的健康			居住環境			社会的健康			精神的健康			利便性		
		p値	高 n=429	低 n=851	p値	高 n=520	低 n=760	p値	高 n=791	低 n=489	p値	高 n=743	低 n=537	p値	高 n=667	低 n=613	p値	高 n=861	低 n=419
散歩	88.4	***	△△ 92.8	▼▼ 86.1	n.s.	90.4	87.0	***	△△ 91.2	▼▼ 83.8	***	△△ 91.1	▼▼ 84.5	**	△△ 90.9	▼▼ 85.6	***	△△ 90.9	▼▼ 83.1
眺める	76.5	n.s.	77.6	75.9	n.s.	76.7	76.3	n.s.	77.1	75.5	n.s.	77.8	74.7	n.s.	77.8	75.0	n.s.	76.9	75.7
休息	74.1	n.s.	75.3	73.6	n.s.	71.3	76.1	n.s.	74.3	73.8	n.s.	75.1	72.8	n.s.	73.8	74.6	n.s.	74.9	72.6
自然観察	56.6	***	△△ 64.1	▼▼ 52.9	n.s.	59.0	55.0	*	△ 59.3	▼ 52.4	**	△△ 60.3	▼▼ 51.6	n.s.	59.2	53.8	n.s.	57.4 △△	55.1 ▼▼
会話	53.4	***	△△ 61.5	▼▼ 49.2	n.s.	52.3	54.1	**	△△ 56.9	▼▼ 47.6	***	△△ 59.2	▼▼ 45.3	n.s.	55.0	51.5	**	56.2 △	47.5 △
運動	42.7	n.s.	44.8	41.6	n.s.	42.7	42.6	n.s.	42.5	42.9	n.s.	43.7	41.2	n.s.	42.3	43.1	*	40.7 ▼	46.8 △
遊び	40.1	n.s.	42.0	39.1	n.s.	38.8	40.9	n.s.	40.7	39.1	n.s.	42.3	37.1	n.s.	37.8	42.6	n.s.	40.1	40.1
飲食	37.3	n.s.	36.4	37.7	**	▼▼ 32.7	△△ 40.4	*	▼ 34.9	△ 41.1	n.s.	38.1	36.1	*	▼ 34.6	△ 40.1	n.s.	36.9	37.9
考え事	33.8	n.s.	34.0	33.6	n.s.	31.2	35.5	n.s.	33.8	33.7	n.s.	32.8	35.0	n.s.	34.6	32.8	n.s.	33.1	35.1
写真撮影	27.4	n.s.	30.3	26.0	n.s.	27.2	27.2	n.s.	28.2	26.2	n.s.	27.3	27.6	n.s.	27.4	27.4	n.s.	27.5	26.5
イベント観賞・参加	22.7	**	△△ 27.0	▼▼ 20.4	n.s.	23.7	22.0	n.s.	22.8	22.5	n.s.	24.2	20.5	n.s.	23.7	21.5	n.s.	23.3	21.2
展示物観賞	19.2	n.s.	20.3	18.7	n.s.	18.1	20.0	n.s.	19.5	18.8	n.s.	19.4	19.0	n.s.	18.0	20.6	n.s.	17.9	22.0
読書	17.1	n.s.	18.2	16.6	n.s.	16.7	17.4	n.s.	16.6	18.0	n.s.	17.5	16.6	n.s.	18.1	16.0	n.s.	16.0	19.3

Pearsonの χ^2 乗検定(*…5%有意, **…1%有意, ***…0.1%有意)と残差検定(△・▼…5%有意, △△・▼▼…1%有意)

※表の数値は実施率(%), 高…高得点層, 低…低得点層

引用文献

- 1) Nasu, M. , Iwasaki, Y. , Ishii, M. , Takaoka, Y. (2010) Physiological and psychological effects of outdoor green space at an urban building complex, Journal of Landscape Architecture in Asia, 5 : 177-182.
- 2) 那須守・岩崎寛・高岡由紀子・金侑映・石田都 (2012) 都市域における緑地とその利用行動が居住者の健康関連 QOL に与える影響, 日本緑化工学会誌, 38(1) : 3-8.
- 3) 中嶋和夫・香川幸次郎・朴千萬 (2003) 地域住民の健康関連 QOL に関する満足度の測定, 厚生指標, 50(8) : 8-15.

本原稿は、以下に挙げる文献をベースに執筆したものである。

大塚芳嵩・那須守・高岡由紀子・金侑映・岩崎寛 (2014) 都市公園における利用行動と健康関連 QOL の関係性, 日本緑化工学会誌, 40(1) : 90-95.

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

清野友規（東京工業大学）

要旨

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。

1. はじめに

都市の温熱環境の改善策として、緑化樹木の蒸散による気温上昇抑制効果が期待されている。特に近年、都市の孤立樹木が森林と比較して多量の潜熱を消費する可能性が指摘されており、国土交通省の主導による建築物総合環境性能評価システム CASBEE においても都市の樹木の平均的な蒸散量の把握が主要な課題の一つとされている。熱環境の予測評価への応用を目的とした蒸散データには、(1)配置や樹種の検討への応用が容易な単木スケールでの算出、(2)ヒートアイランド対策効果の予測シミュレーションへの導入に耐えうる 1 時間以下の時間分解能が求められるが、この条件を満たすデータは現状ごく僅かしか存在しない。

蒸散特性は樹種や生育によって多様なため、樹木の熱的效果を活かすための配置や適切な灌水計画を行うためには、蒸散特性ごとに樹木を分類することが有効と考えられる。そこで筆者らは、樹木の形態・生理的特徴と蒸散量の関係を明らかにするために、短期間での複数個体の単木蒸散量の計測を可能とする吊り下げ式重量計測法を開発した。本研究は典型的な都市環境として、(1)庭木や街路樹のような孤立環境にあり風や日射の影響を受けやすい条件、(2)舗装や植栽マスによって土壌容積が制限された条件を想定し、コンテナ植栽の樹木 11 種を対象とした夏季晴天・灌水日の蒸散量の計測結果を報告する。

2. 研究対象と手法

2-1. 実測環境と供試木

2012年夏季を中心に、愛知県みよし市内にあるトヨタ自動車バイオ・緑化研究所の実験圃場で実測を行った。図1に圃場内と実測の様子を、図2に供試木の配置を示す。本研究では孤立樹木と土壌容積の制限を想定環境とするために、供試木には平均樹高5.2mのコンテナ植栽を用い、隣接樹木の樹影が被らないように4m以上の間隔を取って配置した。土壌容積は面積1m²、深さ50cm、土壌種はローム土(空隙率80%)である。



図1. 圃場内の様子（左）、ヤマボウシの実測（右）

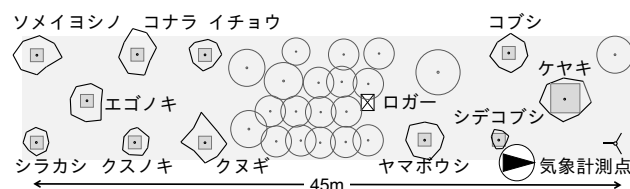


図2. 配置図 (2012年夏季)

表1に供試木の形態・生理的特徴と計測期間を示す。ケヤキ、シラカシ、エゴノキ、ソメイヨシノ、イチョウ、コナラ、クスノキ、ヤマボウシ、シデコブシ、クヌギ、コブシの11種、各1本を供試木とした。樹種の実験は、緑化樹種としての一般性および、既往研究において蒸散特性への影響要因として、(1)葉への水供給能力を決める道管種と辺材面積(幹の太さ)、(2)光合成速度・気孔開度と相関のある葉齢(常緑・落葉)が報告されていることを考慮した結果である。土壌が乾燥状態にある個体は樹種に関わらず蒸散が抑制されることが知られているため、供試木ごとの蒸散特性の把握という本研究の目的から圃場容水量まで毎日灌水した状態で養生した。

表 1. 計測期間と供試木の形態・生理的特徴

* 2010 年 8 月～2013 年まで連続計測

樹種	略記	重量計測期間 (分析対象期間)	樹冠投影面積 (8点推定) [m ²]	樹高 [m]	基部直径 [cm]	生枝下直径 [cm]	葉齢 [月]	道管種	街路樹数
ケヤキ	<i>Z. s.</i>	(2010/08/1-31) * (2012/08/1-31) *	5.5 (葉面積15.4m ²) 9.2 (葉面積28.9m ²)	6.4 6.4	- -	10 11	落葉樹	環孔材	3位
シラカシ	<i>Q. m.</i>	2012/07/29-08/09 2013/08/18-21	3.3 -	5.5 -	12 12	10 10	常緑樹 (36)	散孔材	13位
エゴノキ	<i>S. j.</i>	2012/07/29-08/09	6.6	4.4	11	9	落葉樹	散孔材	66位
ソメイヨシノ	<i>C. × y.</i>	2012/08/01-08	7.8	5.5	14	10	落葉樹	散孔材	2位
イチョウ	<i>G. b.</i>	2012/08/10-22	4.5	5.4	13	10	落葉樹	仮道管	1位
コナラ	<i>Q. s.</i>	2012/08/10-22	7.3	5.8	14	9	落葉樹	環孔材	79位
クスノキ	<i>C. c.</i>	2012/08/12-23	3.6	4.7	13	9	常緑樹 (12)	散孔材	6位
ヤマボウシ	<i>B. j.</i>	2012/08/24-09/05	6.9	4.5	12	9	落葉樹	散孔材	-
シデコブシ	<i>M. s.</i>	2012/08/24-09/05	1.5	3.0	6	5	落葉樹	散孔材	-
クヌギ	<i>Q. a.</i>	2012/08/24-09/05	7.5	6.7	11	8	落葉樹	環孔材	98位
コブシ	<i>M. k.</i>	2012/09/05-09/26	6.1	4.1	13	8	落葉樹	散孔材	19位

大半の供試木は2011年から図2中の位置に配置していたが、シラカシだけは2012年の実測前まで圃場中央部の植栽群内にあった。またケヤキの2010年夏季の実測結果は浅輪ら(2012, 2014)で既に報告している¹⁻²⁾が、当時のケヤキはコンテナに移植する際に樹木への負担を軽減させる目的から枝打ちを行っていたために自然状態より葉面積が減少しており、その後の2年間で葉面積の増大が見られた(表1)。この2樹種は蒸散特性にも変化が確認されたため、特性変化後のケヤキ2012年とシラカシ2013年も本研究の分析対象とする。

2-2. 計測機器と手順

表2に計測項目と機器の概要を示す。ケヤキの重量は2010~2013年まで台秤上で連続計測した。詳細は浅輪ら(2012, 2014)¹⁻²⁾を参照されたい。気象条件は圃場内の代表点(図2)で、土壌含水率は各試験体の土壌深さ25cmで計測した。各供試木の投影面積やケヤキの葉面積などの樹木形状の計測には地上型レーザースキャナーを用い、投影面積は計測した点群データを基に樹冠外周上から45°間隔で8点選び計算した。ケヤキの葉面積の推定手法の詳細はAsawa et al. (2014)³⁾を参照されたい。本研究の供試木と同サイズのケヤキを用いてレーザー計測と刈取りによる検証を行い、誤差20%以下で推定可能であることを確認している。

図3に本研究で開発した吊り下げ式重量計の模式図を示す。ケヤキ以外の10種の試験体重量は、鉄骨製の支持フレーム上の3点からS字ビーム型ロードセル(ミネベア, U3S1-500K-NS, 秤量500kg)3台とコンテナを設置した台座を連結し、レバーブロックを操作して吊り上げることで計測を行った。従来の台秤方式と比較して、着脱・持ち運びが容易なロードセル(本体重量2.6kg)と手動操作のレバーブロックを用いることで、各試験体を移動させることなく計測が可能なのが特長である。試験体重量が500kgを超える本研究の場合、台秤式では試験体の移動に重機が必要となるために複数個体を計測する上での本方式の利点は大きい。重量計は計3台作成して、同時に3個体ずつ、各10日程度計測し、1秒または5秒間隔で記録した。

灌水は全て管理し、根への酸素供給を確保しつつ雨の侵入と土壌面からの蒸発を防ぐためコンテナ上部を天板で覆った。ケヤキ以外の試験体の排水量は計測していないが、排水が日中の

表 2. 計測項目と機器

計測項目	機器	計測間隔
試験体重量	ロードセル(ミネベア, U3S1-500K-NS)各3台	1 or 5 [sec]
樹冠投影面積	地上型レーザースキャナー (RIEGLER, VZ-400)	全樹種2012年
葉面積(ケヤキのみ)		2010, 2012年
排水量(ケヤキのみ)	転倒升式雨量計 (Campbell, TE525-L25)	10 [min]
土壌体積含水率	ADRセンサー (Delta-T, θProbe ML2x)	10 [min]
気温	強制通風筒 (Young, YG-43520) 白金抵抗温度計 (4線式Pt100Ω)	1 [min]
相対湿度	静電容量式高分子湿度センサー	1 [min]
水平面全天日射量	サーモパイル式日射計 (英弘精機, MS-402)	1 [min]
風向・風速	三次元超音波風向風速計 (Young, YG-81000)	1 [sec]
樹冠放射温度	赤外線放射カメラ (NEC Avio, ThermoGEAR)	1 [hour]

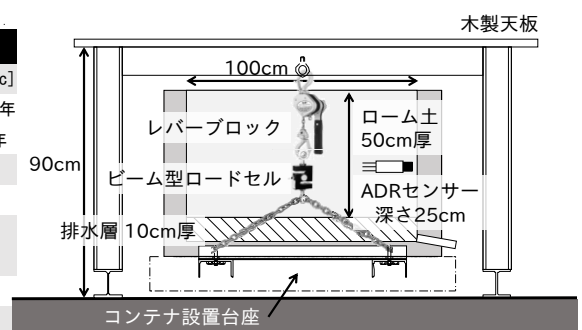


図 3. 吊り下げ式重量計

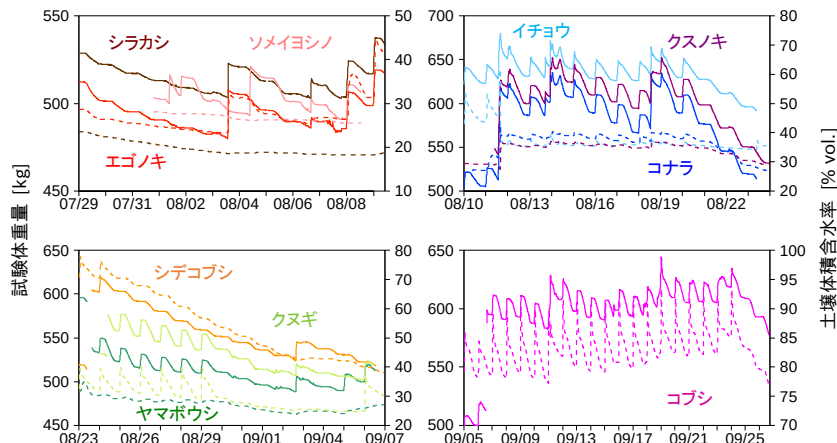


図 4. 重量（実線）と含水率（破線）の 10 分移動平均値（横軸目盛は深夜 0 時）

蒸散速度推定に影響しないように、ケヤキの実測結果¹⁾より灌水開始から約 4 時間で排水が終わることを確認した上で、主に深夜に灌水を行うことで対処した。

図 4 に試験体重量と土壌含水率の計測結果を示す。灌水直後に重量または含水率が急激に減少する様子から、灌水日では圃場容水量まで十分に灌水されていることが分かる。乾燥ストレス応答を調べる目的から計測期間中に灌水停止実験を行っているが、本研究では灌水日のみを評価対象とする。また雨天日および日中の平均風速が 2m/s を超える強風日も対象外とした。

3. 晴天・灌水日の蒸散量の実測結果

3-1. 蒸散・水蒸気コンダクタンス日変化

葉～大気の水蒸気拡散は気孔と境界層を直列抵抗とすると次のように表せる。

$$E_{tree} = G_v(e_l - e_a) \quad (1)$$

$$G_v = G_a \cdot G_s / (G_a + G_s) \quad (2)$$

ここで、 E_{tree} : 単木蒸散速度[kg/tree/h], G_v : 単木の水蒸気拡散コンダクタンス[kg/tree/h], e_l & e_a : 葉内・大気の水蒸気分圧[kPa/kPa], G_a & G_s : 水蒸気に対する単木の境界層・気孔コンダクタンス[kg/tree/h]である。 e_l は葉温の関数であるが、対流熱伝達率が大きい樹木では樹冠平均温度は気温に近づくため、 $E_{tree} \approx G_v D$ (D : 大気の水蒸気分圧と飽和水蒸気分圧の差)と近似できる。実測期間中に赤外線放射カメラの計測を行い、供試木の樹冠平均温度が最大でも気温 +1~2℃であることを確認した上で、ここでは $E_{tree} \approx G_v D$ と仮定して G_v を計算した。

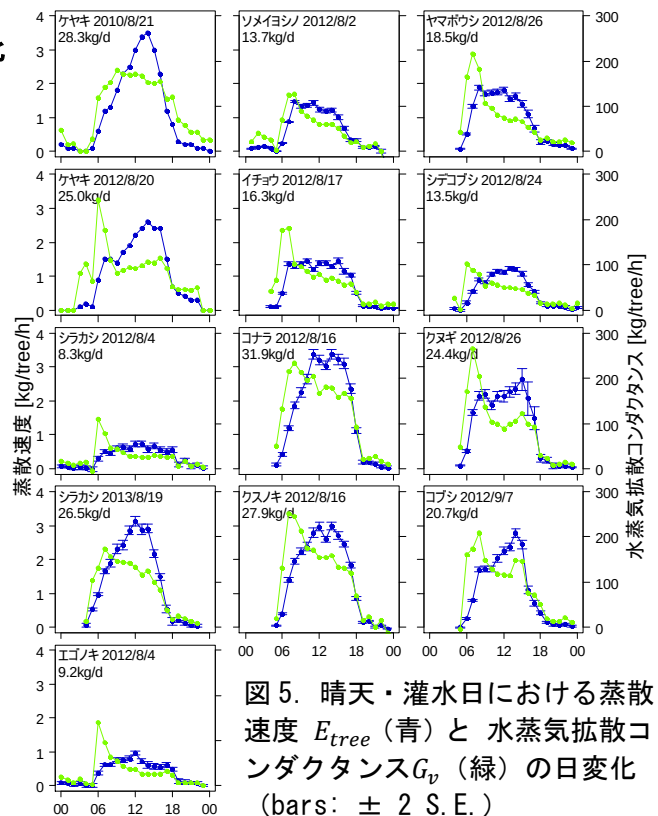


図 5. 晴天・灌水日における蒸散速度 E_{tree} (青) と 水蒸気拡散コンダクタンス G_v (緑) の日変化 (bars: ± 2 S.E.)

図 5 に典型的な晴天・灌水日における各樹種の E_{tree} と G_v の日変化を示す。全供試木での E_{tree} の最大値はケヤキ 2010 年、コナラの約 3.5kg/tree/h であり、これは潜熱量 2.3kW、家庭用エアコン 1 台分の冷房能力に相当する値である。一般に蒸散速度は蒸発の駆動力である D およびその要因となる気温の変化に連動することが知られ、本研究でも E_{tree} のピークは多くの個体で 13~14 時頃に表れている。 G_v はケヤキ 2010 年以外の全ての供試木において朝 6~8 時頃に明確なピークを持ち、 E_{tree} の増大に応じるように日中低下している(昼寝現象)。日中低下が明確でな

いケヤキ 2010 年, シラカシ 2013 年, コナラの 3 個体は乾燥・光・熱ストレスを比較的受けていない状態にあったと考えられ, E_{tree} の値も他の個体より大きくなっている。

日積算蒸散量はケヤキ 2010 年, コナラ, クスノキが約 30kg と最も多く, 次いでケヤキ 2012 年, シラカシ 2013 年, クヌギが約 25kg になった。少ないものではシラカシ 2012 年, エゴノキが約 10kg となり, ケヤキとシラカシでは大きな経年変化が生じていた。シラカシは外形に目立った変化が見られなかったにも関わらず 2012~2013 年にかけて日蒸散量は約 3 倍に増大していた。この原因として, 2012 年に図 2 中央部の植栽群内から図に示した孤立環境に移動させたことで光環境が改善し, 光合成能力が増大した可能性が挙げられる。一方, ケヤキは葉面積が 2010~2012 年で 15.4m² から 28.9m² に倍増していたにも関わらず G_v は約 2/3 に減少し, 葉面積あたりの蒸散速度は 1/2~1/3 まで減少していた。蒸散速度は土壌から葉までの通水性に比例するため, 0.5m³ の土壌容積や約 10 cm の幹直径という条件では約 30kg の蒸散量が限界であり, 葉面積の増大が蒸散速度の増大に繋がらなかったものと考えられる。

3-2. 日蒸散量と形態・生理的特徴の関係

最後に供試木固有の蒸散能力を比較する。蒸散の気象条件への依存性を考慮し, 水面の日蒸発量を表す Makkink 式による可能蒸発量(E_{pot})を用いて, 日中($R_s > 0$)の積算蒸散量を無次元化して議論する。

$$E_{pot} = a \frac{s}{s + \gamma} \frac{R_s}{\lambda} + b \quad (3)$$

ここで, E_{pot} : 可能蒸発量[mm/d], s : 気温での飽和水蒸気圧曲線の傾き, γ : 乾湿計定数, λ : 蒸発潜熱, a & b : 地域ごとの経験的定数(温帯の標準値 $a = 0.97$, $b = -0.29$)である。気象分野では樹冠投影面積あたりの蒸散量を求めることが多いが, ここでは対象が孤立樹木であることを鑑みて, 単木単位の蒸散能力を表すための 1m² で基準化した値も扱う。それぞれの無次元化蒸散量を E_{cr}/E_{pot} , E_{tree}/E_{pot} と表し, 図 6 に値を示す。

蒸散特性に変化があったケヤキ(2010・2012 年)とシラカシ(2012・2013 年)を別個体とみなすと, E_{cr}/E_{pot} の平均値と標準偏差は 0.62 ± 0.36 ($n=13$, Range: 0.19–1.25) となった。この結果は供試木の平均蒸散量が樹冠投影面積と等しい広さの水面からの蒸発量の 6 割程度であること, 投影面積基準では個体によって約 6 倍の蒸散能力の差があることを意味する。

図 7 に供試木の形態・生理的特徴と E_{tree}/E_{pot} の関係を示す。単木蒸散量は葉面積と, 葉面積は幹の太さとそれぞれ相関があるために, 樹冠投影面積や幹直径に伴う蒸散量の増大が期待されたが, 本研究では有意な影響は確認されなかった。また落葉樹と常緑樹の差も確認されなかった。通水性に影響する道管種の違いに着目すると, 太い道管を持つ環孔材樹種であるケヤキ 2010 年・2012 年, コナラ, クヌギは蒸散量が多い傾向が見られた($p=0.045$ in Welch's t-test)。

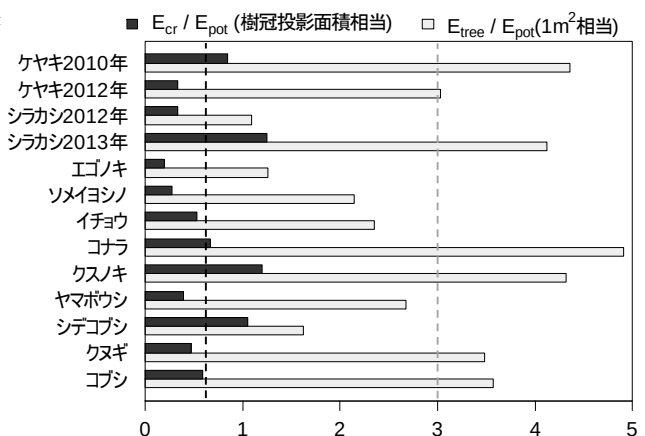


図 6. 水面蒸発量推定値に対する蒸散量の比

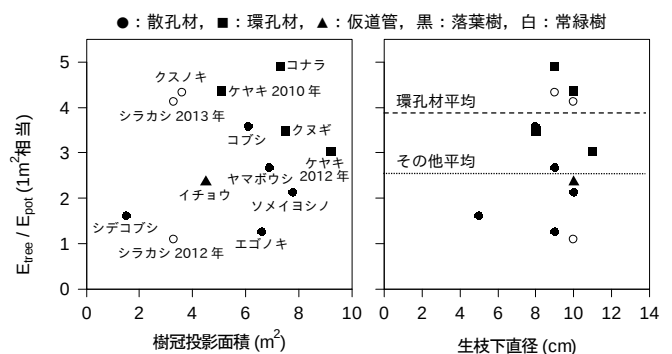


図 7. E_{tree}/E_{pot} と形態・生理的特徴の関係

参考文献

- 1) 浅輪貴史, 梅干野晃, 清水克哉, 久保田光政: 大型重量計を用いた単木樹木の蒸散量の計測法とその精度確認, 日緑工誌, 38(1), 67-72, 2012
- 2) 浅輪貴史, 梅干野晃, 清水克哉, 久保田光政: 大型重量計を用いた夏季におけるケヤキ単木の蒸散特性の分析, 日緑工誌, 39(4), 534-541, 2014
- 3) Asawa T., Hoyano A., Oshio H., Honda Y., Shimizu K., Kubota M.: Terrestrial LiDAR-based estimation of the leaf area density distribution of an individual tree and verification of its accuracy, *Int. Symp. on Remote Sens.*, P145, 2014

※本資料は以下の文献に加筆修正を行ったものである

清野友規, 浅輪貴史, 梅干野晃, 清水克哉: 重量計測に基づく単木蒸散量の種間差の分析, 日本ヒートアイランド学会全国大会予稿集, 120-121, 2014

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～

田中稲子（横浜国立大学大学院）

佐藤大樹、福田大空（大成建設株式会社）

要旨

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して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。

1. はじめに

壁面緑化や窓面緑化による夏期の建物の熱負荷低減効果¹⁾は知られているが、年間を通して熱負荷評価した例は少ない²⁾。さらにファサードエンジニアリングを推進していくにあたり、種々の緑化システムについて、多岐に渡るより詳細な検討が必要であるとする。本研究は、筆者らが実測から得た日射透過率を適用した解析モデル³⁾を用い、窓面緑化の日射遮蔽に関わる諸条件を変化させて熱負荷解析を行い、年間熱負荷の観点から適切な緑化計画を行う資料を得ることを目的とする。

2. 解析概要

2-1 解析モデル

計算には熱回路網解析プログラム「TRNSYS16」を用い、大学の研究棟(RC 造、地上 8 階、延床面積 3143 m²)を対象に年間熱負荷解析を行った。窓面緑化の日射透過率は既往研究³⁾で得た式①より全天・直達日射量に同一の値を乗じて入力した。また本窓面緑化に付随する点検歩廊(図 1)と、窓面が外壁面からセットバックしていることによる日射遮蔽を考慮した。

$\tau_g = (1-r_g) \cdot \alpha$ ---① (τ_g : 日射透過率, r_g : 緑被率, α : 実測から得た季節別の変数)

2-2 比較条件

年間熱負荷に対して適切な緑被条件の検討を行うため、表 1 に示すように窓面緑化システムの植物がない状態を基本ケース(case1)とし、落葉種(case2-1)と緑被率 r_g を年間一定とした常緑種を 3 段階設定した(case2-2～case2-4)。点検歩廊を含めた窓面緑化システムそのものがない状態を case0 とした。点検歩廊の最適位置の検討のため、窓面上端からの距離 d を 3 段階変化させて検証した(case3-1～case3-2)。窓面緑化の設置方位の検討には、西面に追加した状態(case4)を設定した。なお、 r_g は壁面と窓面において一様で、case3-1～case4 の r_g は case2-1 と同等とした。

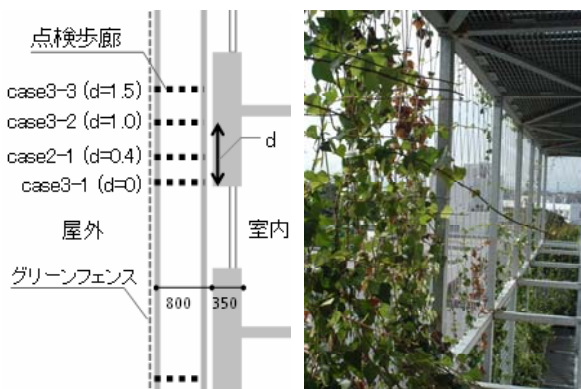


図1 点検歩廊の模式図および外観

表 1 解析上の比較条件一覧

ケース名	解析条件				
case0	壁面緑化システムなし				
	緑被率(%)	春	夏	秋	冬
case1	緑被なし	0	0	0	0
case2-1	落葉	30	50	30	0
case2-2	常緑15	15	15	15	15
case2-3	常緑30	30	30	30	30
case2-4	常緑50	50	50	50	50
case3-1	窓面上端に点検歩廊を設置(d=0m)				
case3-2	現状(d=0.4)				
case3-3	階中央に点検歩廊を設置(d=1m)				
case3-4	窓面下端に点検歩廊を設置(d=1.5m)				
case4	西面に緑化層を追加				

3 解析結果および分析

3-1 緑被条件変化による熱負荷に対する影響

1) 年間熱負荷計算結果

熱負荷に対する緑被条件の影響を比較するため、図2に各ケースの建物全体における年間熱負荷の計算結果および case1 に対する増加率を示す。冷房負荷の削減効果は case2-4 が -5.6% と最も大きい。暖房負荷は case2-1 では 3.3% 増加し、case2-2 と case2-3 では r_g が 2 倍となるが、増加率の差は 3.1% に留まった。年間では case2-1 において 1.0% 削減されるが、case2-2~case2-4 では冷房負荷削減量よりも暖房負荷増加量が大きく、4.0~6.3% の増加となった。case1 は case0 より冷房負荷が 3.0% 削減されており、点検歩廊の日射遮蔽効果が確認された。図3に対

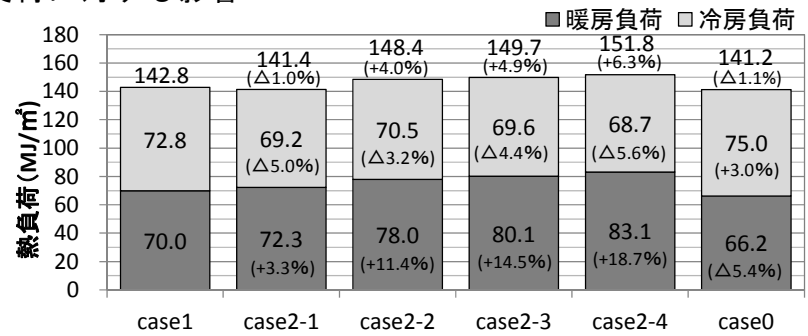


図2 各ケースにおける年間熱負荷と増加率(対 case1)

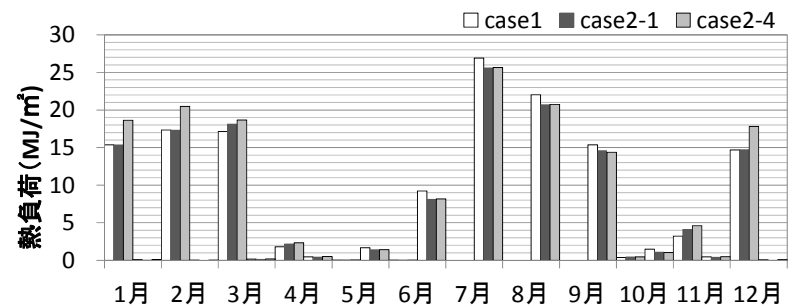


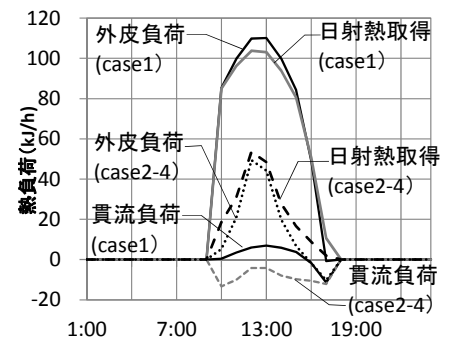
図3 対象室における各月の熱負荷(積算値)

象室(学生室)³⁾における熱負荷の各月の積算値を示す。case2-1の暖房負荷は3月と11月に case1 より増加し、冷房負荷削減量は case2-4 とほぼ同等である。

2) 熱負荷に対する外皮の影響

図4に case1 と、冬期の熱負荷が最大となる case2-4 の冬期における温度変化を、図5に case1 と case2-4 の窓の外皮負荷^{注)}の1日の変動を示す。

図4より、case1の屋外および室内側壁表面温度が case2-4 より高いことが分かる。これは日射による外壁への蓄熱の差と考えられ、case2-4では緑化により、室内側壁表面から室内空気への貫流による熱取得が case1 よりも小さくなると推測できる。また図5より、窓の外皮負荷は貫流成分よりも日射成分の占める割合が多く、特に冬期の



(a) 冬期(1月28日)

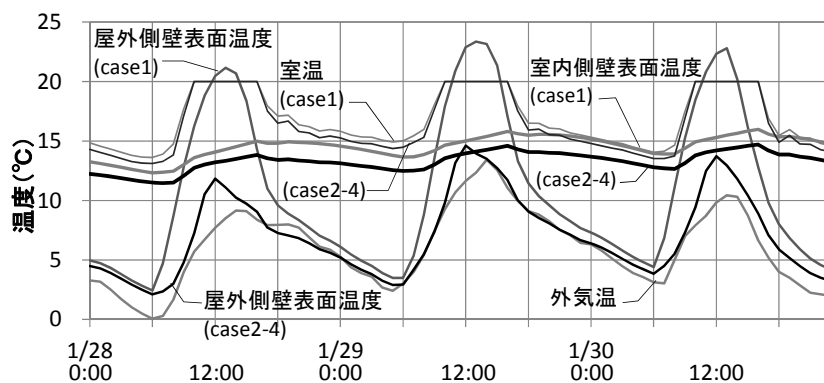
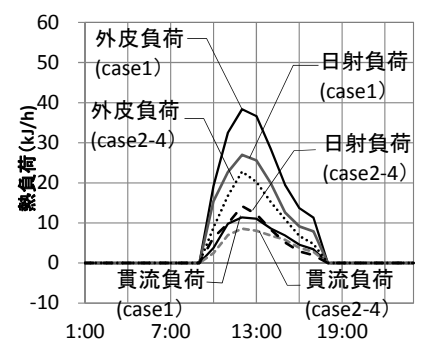


図4 冬期晴天日における温度変化



(b) 夏期(7月29日)

図5 窓の外皮負荷の変動

case1 における日射負荷が非常に大きいことが分かる。図 6 より、1 日の暖房負荷全体に対する南面の外壁および窓の外皮負荷の寄与は、窓の方が大きいことが分かる。また暖房負荷の増加量と日射負荷の減少量がほぼ一致することから、緑化により窓面の日射負荷が減少したことが暖房負荷の増加につながったと考えられる。同様の傾向が他の季節にもみられた。

3-2 点検歩廊の設置位置の検討

図7に点検歩廊の高さ変化による年間熱負荷と増加率（対case1）を示す。case1とcase3-1～3-3を比較すると、冷房負荷が最大で5.6%削減されており、点検歩廊の日射遮蔽が冷房負荷削減に対して有効で、その削減量は歩廊高さd（図1参照）の大きさによることが分かる。年間では、case3-2とcase3-3において-2.6%と同等の削減効果がみられ、dが1.0m以上の場合に年間熱負荷が最小となることが確認された。

3-3 壁面緑化設置方位の検討

図7にcase4の年間熱負荷とcase1に対する増加率を示す。冷房負荷削減量は6.3%で、年間熱負荷も1.3%減少している。夏期の南面・西面の日射負荷削減効果について考察するため、図8に夏期晴天日における南面および西面の日射負荷（積算値）を窓面積あたりに示す。緑化により日射負荷が南面では60.1%、西面では85.0%削減されており、西面の方が日射負荷削減効果が大きいことが分かった。ただし南面の窓に入射する日射は、点検歩廊により遮蔽されたと考えられる。

3-4 熱負荷に対して適切な緑化計画の検討

以上より、緑被条件では落葉種を想定したcase2-1の年間熱負荷が最も小さくなったといえる。ただし本解析は、壁面と窓面の緑被率が一樣な条件であるため、暖房負荷増加については植物の配置計画により改善する可能性がある。点検歩廊の設置位置については、窓上端から1.0m以上とした場合の年間熱負荷が最小となった。また、窓面緑化が夏期の西日遮蔽に有効であることが確認された。

4 まとめ

本研究では、本窓面緑化の日射遮蔽に関わる設計仕様を変化させた年間熱負荷解析により、熱負荷に対する影響を検証した。その結果、落葉種では緑被なしの状態よりも年間熱負荷が1.1%減少した。常緑種では、冷房負荷削減量よりも暖房負荷増加量が大きく、年間熱負荷が4.3～7.2%増加した。窓の日射負荷は空調負荷の増減に大きく影響し、西日遮蔽における効果も大きい。点検歩廊の日射遮蔽効果は、窓上端からの位置が大きくなると熱負荷削減量も大きくなる。

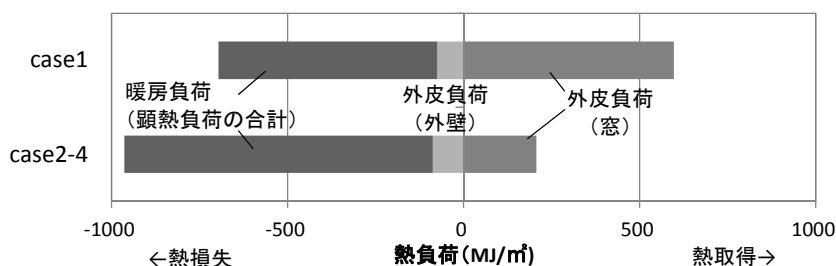


図 6 冬期（1月28日）の熱負荷（積算値）

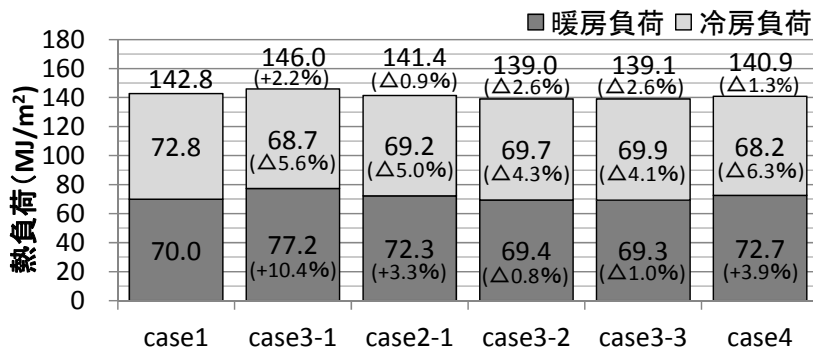


図 7 点検歩廊の高さ変化および西面に追加した場合の年間熱負荷と増加率（対 case1）

窓面が外壁面からセットバックしていない建物における比較により、植物の日射遮蔽効果をより明確に抽出することが今後の課題である。

【注】外壁は壁表面から室内空気への対流と放射による熱移動の合計値(貫流負荷)を、窓面はさらに透過日射・吸収された日射の再放射等(日射負荷)を追加し空調時間帯のみ取り出して外皮負荷とした。

【参考・引用文献】

- 1) 藤堂香織他：壁面緑化による室内および屋外の熱環境への負荷低減効果の予測に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第73巻、第631号、pp. 1109-1116、2008
- 2) 小島ら「緑化ルーバーによる外皮デザインと光・熱環境調整機能に関する研究 その2 緑化による熱負荷デザインの可能性」、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、2011
- 3) 深尾仁、福田大空、田中稲子、深井一夫、佐藤大樹、庄司研：窓面の緑化による日射遮蔽効果の検証 その7 熱負荷解析に用いる日射透過率の検討と解析モデルの概要、日本建築学会大会学術講演梗概集、 pp. 1207-1208、2012

※1 本研究は大成建設(株)技術センターとの平成21~22年度共同研究「壁面緑化工法の研究開発」の一部として行われたものである。

※2 以下の初出論文に基づき執筆

福田大空、佐藤大樹、田中稲子、深井一夫、吉田聡、屋脊下亮：窓面の緑化による日射遮蔽効果の検証 その8 年間熱負荷解析による緑化計画の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 1209-1210、2012

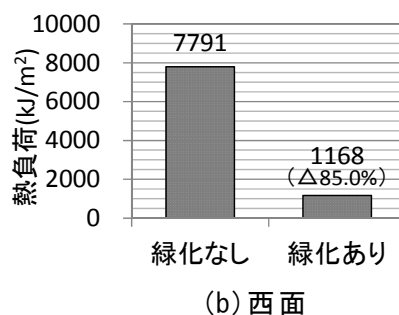
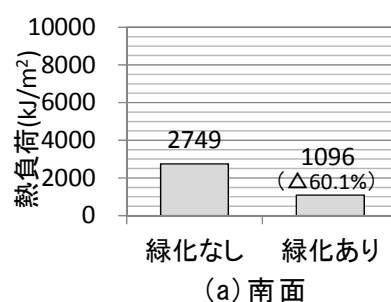


図8 南面および西面の
日射負荷と増加率(対 case1)
(7月29日の積算値、緑被率50%)

野和花咲きし 都かな

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）

要旨

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。

1. はじめに

野和花とは“野に咲く和の花”であり、すなわち半自然草地等の人の農的な営みにより形成されてきた二次草原を主な生育環境とし、古来より季節の花として人々に親しまれてきた在来の野草類や灌木類のことである。万葉の頃より“秋の七草”に代表されるよう、人里から野山に多く生育する植物の中でも優れた鑑賞性を有し、以降も文学・芸術に積極的にモチーフとして用いられてきた種群である。例えば、万葉～平安期には髪に挿したり贈るために折る対象となったり、庭等に植える対象となり¹⁾、また江戸期には琳派に代表される秋草図等に多く描かれてきた。すなわち、野和花の多様性に「美」と「侘び」という独特の価値観を見出してきたのである。

今日、都市緑化においても量のみならず質も重視される時代となり、古来から続いてきた我々日本人のパートナーとしての野和花の魅力の発信やそれを用いた緑化技術が求められている。以上の背景の下、万葉集および平安期までの勅撰和歌集に詠まれた緑化活動の内容、表土移植による半自然草地の修復手法、草索性野草類の発芽に pH が及ぼす影響について報告する。

2. 万葉集および平安期の勅撰和歌集にみる緑化活動の内容¹⁾

2-1. 目的および調査方法

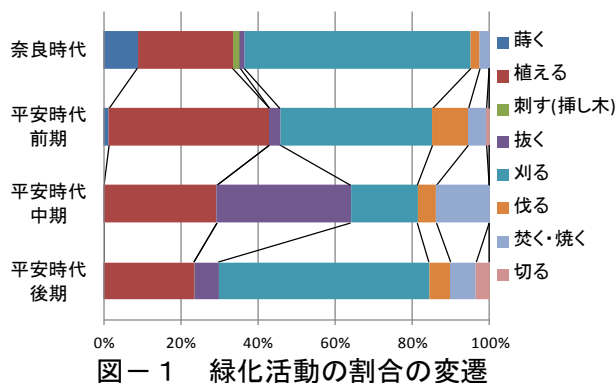
古来より続く日本人の緑化に関わる植物に対する行為・働きかけは、今日の緑化文化にまで連続と繋がっており、その内実を知ることが今後の都市緑化の在り方を考える上で重要である。そこで本調査では、資料の少ない古代～中世の緑化の状況について把握するため、当時の和歌集から植物が詠み込まれた歌を抽出し、さらに時代区分ごとの緑化活動の変遷について考察した。

調査対象は、日本最古の和歌集である万葉集（5～8 世紀の歌を編纂）および平安時代の勅撰和歌集（天皇や上皇の命で編纂された和歌集）第 1 集～第 7 集および平安期の歌が多く載っている鎌倉時代初期の第 8 集目である新古今和歌集を加えた計 9 集とした。時代区分は、勅撰和歌集 8 集が編纂された年代を基に平安時代初期（794 年～10 世紀初期）、中期（10～11 世紀中頃）、後期（11 世紀後半～1185 年）に区分し、万葉集の奈良時代と合わせて 4 つの時代区分を設けた。

2-2. 結果と考察

調査した 9 つの和歌集において、植物が詠まれていた歌は計 4,171 首で、201 種類の植物が確認された。その内、植栽や植生管理等の緑化に関する行為が詠まれた歌は計 395 首認められ、それぞれの時代区分毎の行為別の割合を図-1 に示した。植生管理に関する行為としては、「抜く」「切る」「刈る」「伐る」「焚く・焼く」の 5 つが認められた。割合的には「刈る」が多く、また、「焚く・焼く」行為も各時代区分を通じて一定割合あった。このことから、刈取りや野焼きによる植生遷移のコントロールが常に行われてきたことが示され、当時、野和花が生育するような半自然草地が維持されていたことが示唆される。

植栽に関する行為としては「蒔く」「植える」「刺す（挿し木）」の 3 つが認められ、どの時代区分も「植える」の割合が高くなっていた。そこで、各時代区分の「植える」対象植物を整理し



図－１ 緑化活動の割合の変遷

表－１ 各時代区分における「植える」植物

	奈良時代	平安時代初期	平安時代中期	平安時代後期
ウメ・マツ	●	●	●	●
ハギ・イネ	●	●	●	●
ナデシコ・ヤマブキ・カンゾウ類・草・木	●	●	●	●
ニッポンタチバナ	●	●	●	●
タケ	●	●	●	●
センダン・ケイトウ・スギ・ケヤキ・ツバキ・フジ・ユリ・コナギ	●	●	●	●
キク・サクラ・花ショウブ	●	●	●	●
ススキ・ササ・キキョウ・シモツケソウ・オミナエシ・種カツラ	●	●	●	●
植物種数	19	19	8	8

※下線は野和花に当たる野草類

たところ（表－1）、合計で 30 の植物種が対象とされており、その内、野和花に当たるような野草類が 12 種認められた。そこには“秋の七草”が 5 種含まれており、これらが好まれて庭等に植えられていたと考えられる。このことから、植生管理によって野和花が生育する半自然草地在広く存在していたことに加えて、“秋の七草”に代表される野和花を積極的に身の周りに栽培して愛でることが多かったものと推察される。

3. 表土移植による半自然草地の修復手法の検討²⁾

3－1. 目的および調査方法

半自然草地の復元および創出に向け、良質な半自然草地が成立していた畦畔表土を用いた表土移植試験を想定し、より効果的な表土移植手法を検討した。

表土は栃木県市貝町大字市塙の谷津田水田の水路沿いの縦畦より得た。これは、水路を挟んだ法面にススキクラスの種が多く生育する良質な半自然草地が成立していたことから、この畦畔植生も比較的良好な種組成と判断されたためである。表土の採取は自作した 30cm 四方枠の角筒型の表土採取器を用い、縦横 30cm 四方×深さ 20cm 程度の表土ブロックとして 2011 年 11 月に採取・搬出した（写真－1）。試験は、まず搬送した表土ブロックの下部を切って地表からの深さ 5cm と 10cm のマット状のものを用意した。次いで①マット状の表土のまま用いたマット区、および②マットを砕き攪拌して用いた攪拌区の 2 区分、計 4 条件（5 cm マット区、10cm マット区、5 cm 攪拌区、10 cm 攪拌区）を設定し、各条件 5 反復として圃場に設置した。周囲からの散布種子や地下茎等による侵入を抑えるため、透光率 90 %の微細目の寒冷紗で覆い、四方の地中に板を立てた。また試験地である圃場由来の植物を把握するため、市販の無種子の黒土を設置した同じサイズの区画を隣接して 2 つ設置した。調査は 2012 年の 4 月中旬、5 月下旬に出現した種を記録し、7 月上旬には種毎に個体数を計数した。結果の解析にあたっては、隣接して設置した黒土に出現したスギナ、メヒシバ、タネツケバナ、コニシキソウ等の種は除いて行った。

3－2. 結果と考察

平均植被率（n=5）の推移は、マット区が 5 月時点で既に 90～96%と早い被覆を示したのに対し、攪拌区では 7 月でようやく 78～90%にまで増加した。一方、種数は平均 22.0～24.0 種であり、各条件区での差はほとんど見られなかった。また、各条件区で確認された植物種とその常在度（表－2）を見ると、全体で計 89 種が確認され、その内一年草在来種は 34 種、多年草在来種は 40 種、帰化種は 11 種、不明種は 4 種であった。各条件区の帰化率は平均 6.8～12.7%と全体的に低い値であり、ミツバツチグリ、ノハラアザミ、トダシバ、オトギリソウ、シラヤマギク、スズメノヤリ、ヒヨドリバナといったススキクラスの種が認められた。また、生活型組成では、攪拌区での一年草、マット区での多年草の割合の高さが特徴的であった。

表土移植後に出現する植物の個体数・種数・種組成には採取表土の深さによる大きな差異は認

表－２ 出現種および出現常在度

種 名	マット区		攪拌区		生活型
	5cm	10cm	5cm	10cm	
コオトギリ	V	V	V	V	一年草
キツネノマゴ	V	V	V	V	一年草
ハイズメリ	V	V	V	V	一年草
スカホ	V	V	V	III	一年草
スズメバエ	IV	V	V	V	多年草
コブナグサ	V	IV	IV	V	一年草
ヤハズソウ	III	II	V	I	一年草
ヒメミカンソウ	III	III	IV	V	一年草
キンエノコロ	III	IV	IV	II	一年草
ハルジオン*	II	IV	IV	II	多年草
トクダミ	IV	III	II	II	多年草
カキトシ	IV	III	III	I	多年草
ヒメジョオン*	IV	II	II	III	多年草
オランダミナグサ*	III	IV	I	III	一年草
ミナソマ	II	IV	II	III	一年草
コナシ	II	IV	II	III	多年草
ミツハツチグサ	III	II	III	IV	多年草
ハラアザミ	III	III	II	III	多年草
カヤツリグサ科 sp.1	III	III	I	III	—
ヒメシダ	III	II	II	I	多年草
ムラサキサギゴケ	II	II	I	II	多年草
イヌコウジュ	I	II	I	I	一年草
ミナグサ	I	II	I	I	一年草
トハキ	IV	II	II	—	多年草
カニツリグサ	III	II	II	—	多年草
コウヤワラビ	I	I	I	—	多年草
エノキグサ	II	I	—	IV	一年草
ツボスミレ	III	I	—	II	多年草
コモチマンネングサ	II	III	—	II	一年草
チガヤ	I	II	—	II	多年草
ヒメヒラテツキ	III	—	III	IV	一年草
イヌササ	I	—	I	I	一年草
ヒメヨツラムグサ	I	—	I	I	多年草
カリマツグサ	—	II	V	V	一年草
ヒメクサ	—	—	I	III	多年草
アキノウナギツカミ	—	I	I	II	一年草
ツユクサ	—	I	I	I	一年草
ヘビイチゴ	III	—	II	—	多年草
カラスノエンドウ	I	—	I	—	一年草
ミツカクシ	—	II	—	I	多年草
トダシハ	—	I	—	II	多年草
タケノコ	—	—	—	I	多年草
シバ	IV	III	—	—	多年草
タチイヌワグサ*	II	I	—	—	一年草
ヒヨドリバナ	I	II	—	—	多年草
スズメバヤリ	I	I	—	—	多年草
オオチドメ	III	—	—	—	多年草
ススキ	II	—	—	—	多年草
トシヨウツナギ	I	—	—	—	多年草
オニトコロ	I	—	—	—	多年草
ヌマトラオ	I	—	—	—	多年草
ウシノケグサ	I	—	—	—	多年草
ハンカグサ	I	—	—	—	一年草
ブタ *	I	—	—	—	多年草
セイタカアワダチソウ*	—	III	—	—	多年草
オニヂュウ	—	II	—	—	一年草
ヤブヂュウ	—	I	—	—	一年草
アソコ	—	—	II	II	一年草
アキヒシバ	—	—	II	I	一年草
ヨモギ	—	—	I	I	多年草
オオシバ	—	—	I	I	多年草
トラノオ	—	—	I	I	多年草
ナガハグサ*	—	—	III	—	多年草
オトコシ	—	—	II	—	多年草
シラヤマギク	—	—	II	—	多年草
ヨメナ	—	—	II	—	多年草
イストウハナ	—	—	II	—	多年草
ツメクサ	—	—	II	—	一年草
コバキホウシ	—	—	I	—	多年草
オトキリソウ	—	—	I	—	多年草
ヤエムグラ	—	—	I	—	多年草
スズメバヤリ*	—	—	I	—	一年草
オシバ	—	—	I	—	一年草
スズメバヤリ	—	—	I	—	一年草
ヒヂリコ	—	—	I	—	一年草
カヤツリグサ	—	—	I	—	一年草
シロツメクサ*	—	—	I	—	一年草
イネ科 sp.1	—	—	I	—	—
ハハコグサ	—	—	—	II	一年草
効サプロウ	—	—	—	II	一年草
オオハコ	—	—	—	I	多年草
カントウタンポポ	—	—	—	I	多年草
ウシクサ	—	—	—	I	一年草
イシビエ	—	—	—	I	一年草
イホクサ	—	—	—	I	一年草
セイヨウタンポポ*	—	—	—	I	一年草
キキョウソウ*	—	—	—	I	一年草
イネ科 sp.2	—	—	—	I	—
カヤツリグサ科 sp.2	—	—	—	I	—

注1: I～Vは出現常在度(n=5)

注2: *は帰化植物



写真－１ 表土ブロックの採取時の様子

められず、運搬等のコスト面を考慮すると 5cm 程度の深さの表土でも利用上は問題ないと考えられた。ただし、マット区では多年草が含まれる現存植生が維持されたまま移植先に定着したのに対し、攪拌区では移植元の植生が攪乱されたことで一年草の埋土種子の発芽が多く、安定した植生を早期に形成するには、マット状での移植が有効であると考えられた。一方で、移植後に多くのススキクラスの種が出現していることから、これらの良質な半自然草地の要素が移植表土に含まれることが在来植生回復において重要と言える。そのためには、現地での事前調査による検討を踏まえる必要があり、特に谷津田域では隣接する法面・斜面下部が適正な管理が行われている縦畦の表土を用いるのが望ましいと考えられる。ただし、表土採取圧が著しく高いと採取元の植生の貧弱化を招く恐れもあるため、それに対する配慮が必要である。

4. 草原性野草類の発芽に pH が及ぼす影響³⁾

4－1. 目的および調査方法

近年、都市化が進むにつれてコンクリート製品が広まり、それらからのアルカリ成分の溶脱やコンクリートの破砕、日常生活から出る砂塵等の影響で、都市部の土壌のアルカリ化が進んでいる⁴⁾。そのような中、楠本ら(2013)⁵⁾は、各地の半自然草地での植生タイプと土壌 pH の関係を検討し、pH が高くなると在来植物が優占している場所が殆ど見られないことを報告している。すなわち、都市域のようなアルカリ化の進んだ土壌では、在来植物が発芽不良や生育不良を起こしている可能性がある。そこで本研究では、pH が在来植物、特に草原性の野草類の発芽に及ぼす影響を検討した。

本研究では、ススキクラスの種の中で採種可能であった 13 種およびその他の草原性植物 3 種について発芽試験を行った。発芽実験は、9 cm シャーレにろ紙を 2 枚敷き、pH 調整済のバッファー液(pH5.0、pH7.4、pH9.18、pH10.02)をろ紙

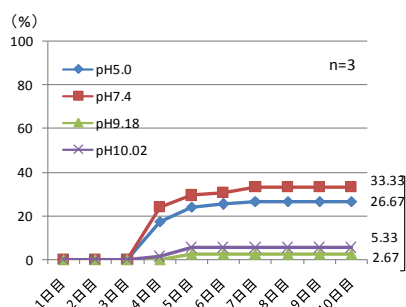


図-2 オミナエシの累積平均発芽率

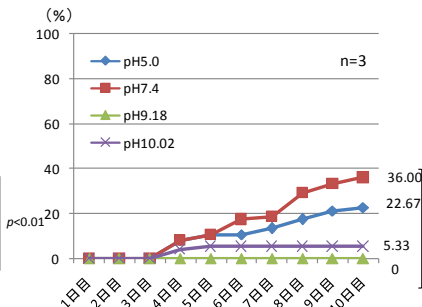


図-3 ワレモコウの累積平均発芽率

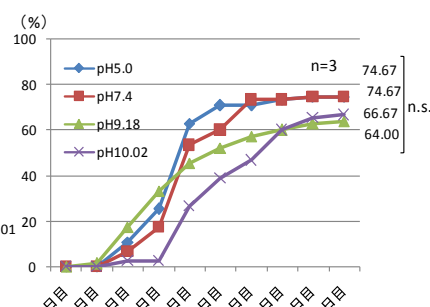


図-4 アキノキリンソウの累積平均発芽率

に 5 mL 染み込ませ、その上に各植物の種子を 25 粒ずつ播種した。これを 3 反復用意し、明・暗条件 12 時間交替、25℃に設定したインキュベーターに入れ、発芽の有無について 10 日間毎日調査した。この間、蒸散による pH の変化を抑えるため、2 日毎にろ紙とバッファー液を入れ替えた。試験終了時の結果（10 日目の累積発芽率）を基に一元配置分散分析による有意差検定を行った。この試験は、2013 年の夏期～秋期に実施した。

4-2. 結果と考察

発芽試験の結果、有意差が認められたのは 6 種（オトコエシ、オミナエシ（図-2）、ワレモコウ（図-3）、カワラナデシコ、トダシバ、オトギリソウ）、認められなかったのは 4 種（アキノキリンソウ（図-4）、ヤマハギ、オガルガヤ、ノハラアザミ）。一方、6 種（ミツバツチグリ、オカトラノオ、ツリガネニンジン、ナワシロイチゴ、コマツナギ、チダケサシ）はほとんど発芽せず、pH の影響は明らかにできなかった。これらは、種子の保存法等が課題である。

有意差が認められた 6 種については、ほとんどが pH7.4 で発芽率が最も高くなり、pH5.0 でそれに続く値となっていた。中でもオトコエシ・オミナエシ・ワレモコウ・カワラナデシコの 4 種は、強アルカリ性となる pH9.18、pH10.02 で平均発芽率が著しく低くなるのが特筆された。また、有意差が認められなかった 4 種の内、アキノキリンソウとオガルガヤの 2 種は、累積平均発芽率の動向より、pH10.02 という強アルカリ性では発芽が若干遅れることが示された。

以上の結果から、pH は一部の草原性野草類の発芽に影響を及ぼしており、中には、アルカリ性が強いと発芽を抑制、もしくは若干遅らせる種があることが明らかにされた。このことより、在来野草類からなる良質な半自然草地の保全・復元には、土壌 pH も重要な要素であり、仮にアルカリ性が強ければ土壌改良等を行い、中性～弱酸性に戻す必要があることが示された。

5. おわりに

万葉集の頃より愛でられ、あるいは積極的に栽培されてきた“野和花”は、都すなわち都市緑化の利活用に対し、正統性を有していることを明らかにした。ただし、それには半自然草地というハビタットの復元・創出が重要であり、それに向けた研究や技術開発が求められる一方、今日的な課題も多い。さらには、それらの緑化技術のみならず、季節毎の野和花を愛で楽しむ日本人らしい美的感覚や遊び心の中興あるいは再形成に向けた社会技術も重要と言える。

参考文献

- 1) 七海絵里香・森崎翔太・大澤啓志（2013）万葉集および平安期の勅撰和歌集にみる植物に対する行為，日本緑化工学会誌 39(1)，74-79.
- 2) 七海絵里香・大澤啓志（2013）畦畔植生の修復に向けた表土移植手法の検討，日本緑化工学会誌 39(1)，202-205.
- 3) 七海絵里香・松井春佳・大澤啓志（2014）pH が草原性野草類の発芽に及ぼす影響，日本緑化工学会誌 40(1)，273-276.
- 4) 岡本紘典・前中久行（2007）都市緑化からみたコンクリートによる土壌アルカリ化に関する研究，日本緑化工学会誌 33(1)，146-151.
- 5) 楠本良延・森田沙綾香・小柳知代（2013）外来植物のセイタカアワダチソウを衰退させ在来植物を中心とする植生に誘導する，（独）農業環境技術研究所，<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/press/111219/press111219.html>

組み込みシステムを活用した環境制御コントローラの開発

久保田光政（ダイトウテクノグリーン株式会社）

要旨

従来の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、組み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。

1. 都市緑化(屋上・壁面)における問題点

屋上や壁面緑化では軽量土壌や薄層基盤を使用することが多く、灌水コントローラによる給水が不可欠となっている。ところが、灌水コントローラに起因するトラブルによって、植物の枯死や水のむだ遣いなどの問題が発生している。

植物の枯死

- ①操 作 ミ ス： 季節替わりの設定変更忘れ、入力間違い、運転モード移行忘れ。
- ②機 器 故 障： 電磁弁の動作不良、灌水チューブの詰まり・破損、雨センサの誤作動。
- ③保守管理ミス： 電池切れ、電源の入れ忘れ、水栓の開け忘れ。

水の無駄遣い

- ①操 作 ミ ス： 季節替わりの設定変更忘れ、入力間違い。
- ②機 器 故 障： 電磁弁の動作不良、灌水チューブの破損。



電池式頻度タイマー



週間タイマー



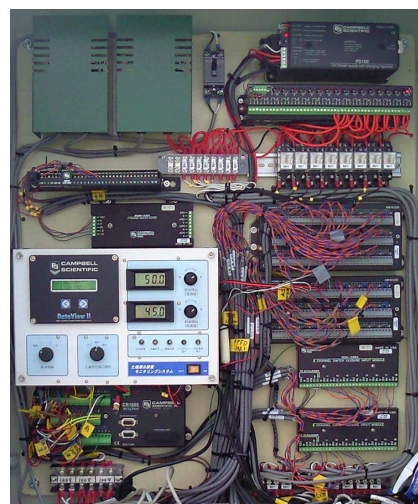
年間タイマー

2. 灌水の制御試験とコントローラ試作

これまでのよく使われている安価な灌水コントローラで起きていた「植物の枯死」や「水のむだ遣い」などのトラブルを改善するために、2008 年 5 月から下記の開発目標を掲げて、灌水を制御する試験を開始した。

2.1. 開発目標

- ①操作性の向上： 操作ミスを未然に防ぐ。
- ②乾燥時の対応： 土壌水分センサ等の値に基づいて、乾燥時に緊急灌水を行い、水分不足にならないようにする。
- ③節 水： 土壌水分センサや流水量センサ測定値の活用や、灌水パターンのアルゴリズムを見直す事で過剰灌水による無駄遣いを防ぐ。
- ④トラブルの通報： 「機器の故障」や「保守管理ミス」によるトラブルを未然に防ぐために、警報機能を持たせる。
- ⑤デ ー タ 保 存： 今後の質の高い維持管理の情報とするため、センサによる測定データおよび機器の作動状態を内部メモリーに保存する。日々の定期送信も行う。
- ⑥安 価： 簡易なセンサや警報機能を持つ機種で 10 万円以下、高機能なセンサ接続と通信機能を持つ機種で 15 万円以下。



2.2. 操作性向上

従来の灌水コントローラでトラブルの主な原因となっていた「操作ミス」を減らすため、年間タイマー方式を採用し季節ごとに設定値を変えることで発生するトラブルを無くした。

さらに、ダイヤル操作を取り入れ「階層構造」を無くし、表示したい画面がどこにあるかわかりやすい構造にした。また、設定画面と実行画面を同一にし、切り替えすることなく設定値の変更が出来るようにした。

現場からの要望に対応した改善の一つとして、よく起きる失敗事例の「設定モードから運転モードへの切り替え忘れ」を無くすため、メイン画面（運転モード）でない所にダイヤルが止まっても、5 分後にメイン画面に復帰し自動運転を再開する機能も付加した。

2.3. センサによる灌水制御

温度、湿度、風速、雨量、光などの気象センサ、また、土壌水分、灌水量、余剰水量、水圧、水温、地温、その他の種々のセンサから得られたデータを元に、灌水制御に必要なセンサの選定、必要な本数や設置場所を決めた。

様々な結果が得られたが、土壌水分センサの測定値と灌水コントローラの灌水時間、灌水頻度設定などのアルゴリズム改良によって、従来コントローラよりも68%節水することが出来た。

2.4. トラブルの通報

電磁弁の動作不良、灌水チューブの詰まりなどの「機器の故障」や、水栓の開け忘れなどの「保守管理ミス」によるトラブルを未然に防ぐため、流量センサや土壌水分センサの測定値とタイマースケジュールを照らし合わせることで異常を察知し、警報を発信できるようになった。発信には現地での LED 点滅、管理室へのケーブル送信の他、メール送信機によるショートメールも使えるようにした。

3. 量産機の製造

試験機のスペックを持った安価な既製品を探したが、大きさや価格面ともに見あたらなかったため、組込みシステムを活用してゼロから自社開発することにした。

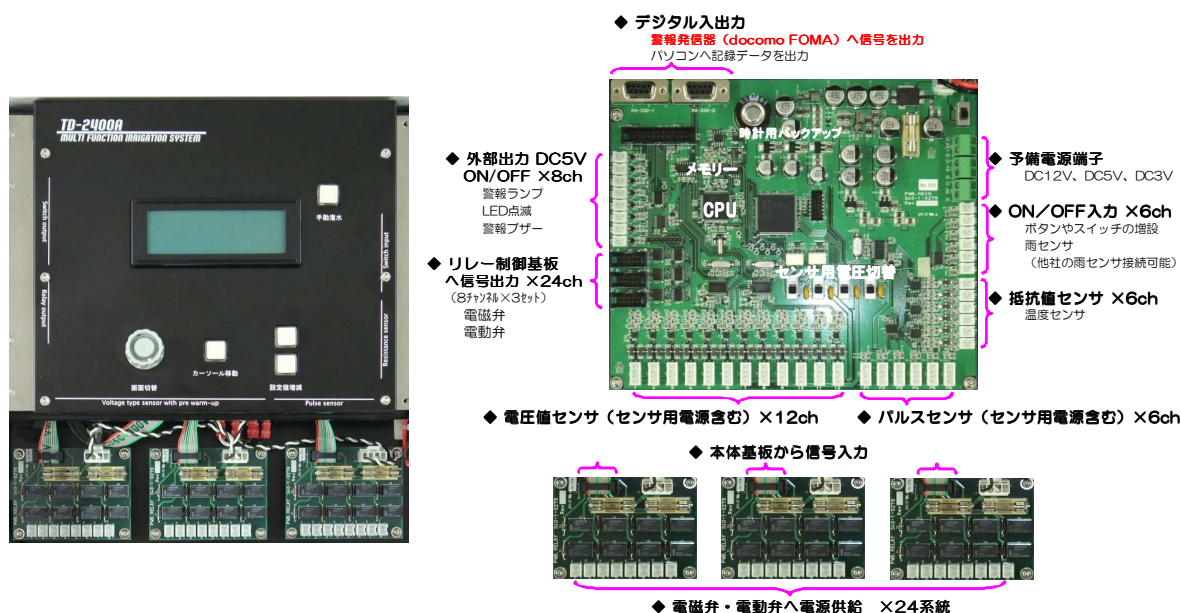
ゼロから開発するためには、下記のようなハード面、ソフト面で種々の工程があるが、最近では少量からでもプリント基板作成や部品実装を請け負ってくれる業者があるため自社開発が容易になっている。

ハード面：回路設計、プリント基板作成、部品実装、ケース加工

ソフト面：ファームウェア(各部品をコントロールするソフト)、アプリケーションソフト

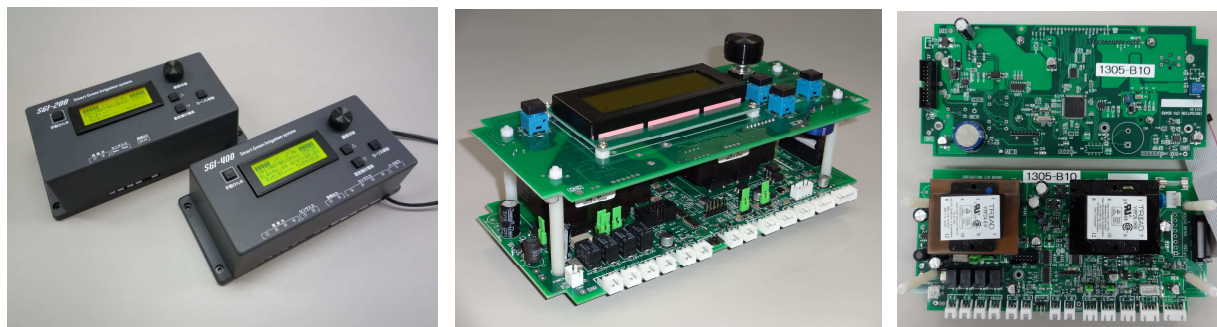
3.1. 量産 1 号機

2012 年春に完成した量産 1 号機(SGI-2400)は、試験機よりは価格面、大きさともに小さくなったが、接続できるセンサの数や、電磁弁等の外部コントロール出力端子を盛り込みすぎたため、開発目標より高価となってしまった。



3.2. 量産 2 号機

2013 年春に完成した量産 2 号機 (SGI-200、SGI-400) は、電磁弁のチャンネル数やセンサ端子の数を制限して、簡易な警報機能を持つ機種で 9 万円以下、高機能なセンサ接続と通信機能を持つ機種で 15 万円以下を実現した。



4. 環境制御コントローラとしての使用

SGI-200 と SGI-400 は、ノーマル仕様では灌水コントローラとして使用されているが、下記のような接続可能センサや、外部コントロール出力、データロガー機能を持っていることと、プログラムの書き換えが可能なおから、オーダーメイドのプログラムを組み込んだ環境制御コントローラとして使用され始めている。

センサ (ON/OFF)： 雨センサ、フローセンサ、加圧ポンプの信号

(電 圧)： 土壌水分センサ、温度センサ、湿度センサ、光センサ、pF センサ、水圧センサ、水深センサ

(パ ル ス)： 流水量センサ、風速計、雨量計

出力 (AC24V、DC24・12V)： 電磁弁、電動弁、リレー接点 (加圧ポンプなど)

(DC5V)： LED、ブザー、回転灯、リレー接点 (加圧ポンプなど)

データ出力 (RS232C)： メール送信機 (送信、受信)、パソコン

データ保存： 512MB (灌水コントローラのデータ 1 時間間隔で 3 年分)

4.1. 具体的な使用例

スプリンクラー散水の制御

風速計と流水量センサを用いて、風速に応じた散水量のコントロール、強風時にはストップ。

温室内作物の灌水制御

流水量センサと土壌水分センサを用いて、1 日 24 回のこまめな灌水で作物の味をコントロール。

データ保存機能を生かし、画面上でこれまでの灌水量や灌水回数を確認し作物の生育にフィードバックする。

ドライミスト噴霧の制御

温度・湿度センサと風速センサを用いて、低温時や多湿時、強風時のドライミストの噴霧をコントロール。

過年度発表会の講演要旨

■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用、安全上の効用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：橘 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療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ことが有効と考えられ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°C 、コンクリート面で $+0.17^{\circ}\text{C}$ 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、①室内に植物がない状態、②室内の前方に植物がある場合、③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 東京農科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 東京農科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

奥水 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、水分条件が乾燥時には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 都に植ゑし 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

奥水 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、根の挙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26年度

特殊緑化に関する研究者発表会

日時：平成26年11月7日（金） 13：00～18：30

場所：東京都豊島区北大塚1-15-5 東邦レオ5F

事務局：公益財団法人 都市緑化機構 特殊緑化共同研究会

〒101-0051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>

TEL03-5216-7191 FAX03-5216-7195