

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**

平成25年12月6日



**公益財団法人 都市緑化機構
特殊緑化共同研究会**

目 次

□次第	3
□講演要旨	
○発表1「鉄道軌道敷緑化技術の現状と課題」	6
飯島 健太郎 桐蔭横浜大学 医用工学部 准教授	
○発表2「「命山」～歴史の中の避難・防衛・災害対策としてののり面空間の造成と緑化対策～」	12
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	
○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？」	17
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	
○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」	21
岩崎 寛 千葉大学大学院 園芸学研究科園芸学部 准教授	
○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―」	24
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	
○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」	28
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	
○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」	32
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)	
○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」	40
寺内 美紀子 信州大学 工学部 建築学科 准教授	
○発表9「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～」	44
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	
○発表10「植物工場にかかわる諸問題と研究開発の現状」	48
丸尾 達 千葉大学園芸学研究科・園芸学部 教授	
○発表11「上海における緑地の現状」	54
伊東 伴尾 前：高原建築諮詢有限公司	
○発表12「地表面被覆の違いと発電量の関係性分析」	60
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	
□過年度発表会の講演要旨	
・平成24年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	66
・平成23年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	68
・平成22年度 特殊緑化技術に関する研究発表会 講演要旨	70

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

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 8F 会議室（東京都千代田区岩本町）

次 第

10：00 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 藤田 茂 特殊緑化共同研究会 運営委員長

10：15～10：45 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

10：45～11：15 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

11：15～11：45 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

11：45～12：15 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

12：15～13：00 昼食

13：00～13：30 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

13：30～14：00 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

14：00～14：30 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）

14：30～15：00 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

休憩 15分間

15：15～15：45 発表9「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

15：45～16：15 発表10「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

16：15～16：45 発表11「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

16：45～17：15 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

17：15 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

鉄道軌道敷緑化技術の現状と課題

飯島健太郎（桐蔭横浜大学 医用工学部）

要 旨

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。

1. はじめに

鉄道事業の基本的使命は、輸送の安全確保でありそのためのシステムは非常に高度化している。安全を大前提として利用者にとっての最大のニーズは定時運行であるが課題も多い。駅のコンコースやホーム、そして車内は快適性が追求され、洗練されたデザインや清潔感のある空間として整備されつつある。一方、鉄道空間は、道路と同様に長大な帯状の空間を占有しているという特徴があり、付随して駅舎建築物、停車場などの施設もある。鉄道空間は、鉄のレール、砂利や碎石、コンクリートなどの素材に起因して熱環境は激変しやすい。鉄道による騒音問題も常に課題となっている。利用客、あるいは周辺地域からも視認性の高い空間であり都市景観上の対策も重要である。こうした一連の課題への土地利用上の改善策の一つとして軌道緑化に期待が寄せられている。近年、わが国においても軌道線を中心に軌道緑化が推進されており、本格的に延伸を目指している鉄道会社もある。

本報では、わが国の軌道緑化の目的や効用、国内外の軌道緑化事例、その技術と今後の課題について議論したい。なお本報において「軌道線」とは軌道法（道路上の敷設を原則とする）によって運行する路線、「鉄道線」とは鉄道法（道路に敷設してはならない）によって運行する路線を対象とする。

2. 軌道緑化の目的と効用

①**地域の暑熱環境の緩和**：軌道付近は、鉄製レール、道床のバラストやスラブ、周囲のコンクリート構造物など厳しい熱環境となり、周辺エリアに対しても熱負荷をもたらす施設である。鉄道施設空間の暑熱環境対策として軌道緑化の効果は論を待たない。土佐電気鉄道の国道32号線本町3丁目高知城前の調査（平成15年8月19日16:20）では、気温30℃、芝生軌道部分の表面温度33℃、車道部分の表面温度41℃となり、約8℃の低減効果を示している³⁾。広島電鉄の調査（平成16年8月3日14:00）では、気温30℃、芝生表面温度33.1℃、アスファルト表面温度47.6℃、コンクリートブロック表面温度39.7℃となり、芝生による暑熱環境緩和効果を明らかにしている¹⁷⁾。鹿児島市交通局の調査（中央駅前電停付近、平成17年8月22日14:30）では、アスファルト43.0℃、軌道緑化表面31.5℃、インターロッキング舗装41.6℃となり、アスファルトに対して緑化面は11.5℃の温度低減効果を明らかにしている^{3・8・16)}。以上のように軌道緑化面の熱環境の改善効果は明らかであり、長大な帯状の軌道緑化が推進されることにより周辺地域の熱環境の緩和に貢献すると考えられる

②**騒音の低減**：鉄道の騒音発生要因としては、車輪がレール上を転がることで発生する音（転動音）、レールの継目による音、パンダグラフの風きり音等がある。こうした騒音を劇的に改善するものではないが、軌道緑化によって車輪付近の金属音の低減が期待される。鹿児島市交通局の調査では、電車通過時に芝生軌道整備前の82dB比べて、整備後は78dBとなり、4dBの低減効果を示したとされる¹¹⁾。また芝生軌道と一体となったインファンド工法によって騒音が低減するとされており、富山ライトレールの調査で従来の軌道よりも5～10dB騒音を低減しているという⁶⁾。さらに心理的騒音感の改善も重要であり、騒音レベルは同じであっても緑の視知覚によって騒音の印象が改善されるというものである。既に緑地景観の存在により心理的騒音度合いが軽減されることが明らかにされている^{10・14・15)}。都市部においてはこうした知覚のプロセスを介した環境の改善が極めて有効である。

③**景観対策**：鉄道関連空間は、乗降客からも周辺地域からも視認されやすい空間である。乗降客にとっては狭い帯状の空間を高密度で活用していること、ラッシュ時の混雑、近距離で高速の車両が通過することなど極めてストレスフルな空間条件となる。周辺地域からの鉄道空間は帯状の無味乾燥な景観となる。草地の法面を伴っている郊外と異なり、都心部では限られた空間に軌道が敷設されている場合の方が多い。軌道が緑化されることによってホームにおける乗降客の知覚環境を改善し、ストレスを緩和する可能性がある。長大な軌道が緑化されることは地域の景観軸を形成する。このように軌道が緑化されることは身近な知覚環境（近景）の改善から都市景観（遠景）の形成といった重要な意味をもっている。

④**安全運行**：前述のとおり鉄道事業の重要な使命は安全運行であり、そのための保線、車両の性能は高度にシステム化されている。しかし安全運行は鉄道事業者が最大限の努力をしても不測の事態は起こる。軌道緑化によって安全運行を促すことは一義的ではないが、少なからずプラスに作用する可能性は散見される。まずは前述の暑熱環境の低減効果に伴う効果が考えられる。レール温度は炎天下で気温 38℃のときに 60℃に達するという。年間では 60～10℃（本州）まで変動するとされている。レールは断面積に比較して長大な棒状の金属であり「線膨張」を起こす。鋼の場合その線膨張係数は、 $\alpha = 0.114 \times 10^{-4} (1/^{\circ}\text{C})$ となり、 $\pm 100^{\circ}\text{C}$ の温度変化があれば 100m のレールで 0.114m、一般的な 25m のレールでは約 28mm の伸縮があることになり極めて危険な状態が想定される。こうした伸縮に対応するために継ぎ目には「遊間 (joint gap)」と称する隙間が設けられている。実際には締結装置によって固定されているため伸縮は抑えられているが、都市のヒートアイランド現象は、建築の配置、素材、規模にも起因して局所的に熱環境の悪化をもたらしている。都心部を走行する鉄道空間もそういった熱環境の影響を受けやすい。緑化によって周辺環境から冷却すること、レールの近傍気温を飛躍的に低減することは、間接的にレールの伸縮を抑制し安全走行上も重要な意味を持つと考えられる。次に併用軌道における走行上の効果について触れたい。併用軌道においては、往々にして乗用車が軌道内に急に侵入してくる。鉄道が自動車よりも制動時の停止距離が長いことを理解して運転しているドライバーは少なく、実際の併用軌道では常に接触事故寸前の走行を展開しているといっても過言ではない。軌道運転士が不測の事態を予兆して早めに制動を行なって事故を防止することになるが、そのために定時走行が不可能となる。一方、芝生軌道を展開している路線では、乗用車の軌道内への侵入が減少し、定時走行が実施しやすくなったとされている。芝生の景観とも相まって運転士の心理状態も良好のようである。以上の効果は季節や時刻によってはこの限りでない。もう一つは飛び込み防止の観点である。日常ダイヤに大きく影響しているものの一つが人身事故である。最近、飛び込みを防止するためにホーム先端付近にブルーライトを設置する例が増え一定の効果が認められているようである。一方、明るい日中の知覚環境の改善も重要であり、その一つの演出が緑化である。軌道緑化とともにホーム先端付近の植栽演出には、色合い、テクスチャー、植栽の高低差による遠近感など視覚操作を誘導した植栽デザインが期待される。

3. 軌道緑化技術

①**鉄道の建築限界**：鉄道は定められた軌道上を、そのレールがガイドとなって走行し、レール頭頂面付近以外に車輪等が接触することがない。道路面に緑化することは困難であるが、こうした鉄道走行の仕組みが軌道緑化を可能にする。一方、固定された線路の上を移動する交通機関であり、線路上に障害物があつた場合はこれを自由に避けることはできない。よって列車運行の安全を確保するために、定められた範囲内には障害となりうる建築物等（固定・非固定にかかわらず）を設置してはならないという建築限界が定められている⁷⁾。軌道内ならびに軌道近傍に緑化するためには、その基盤と植生層が鉄道の建築限界に侵入しないことが条件となる。建築限界の範囲は、普通鉄道構造規則、地方鉄道建設規定、新幹線などによって若干異なるが、車両側面や屋根上、床下機器が触れないように余裕をもった範囲として規定されている。軌道緑化において重要なのが車両下部の制限であり、レール頭頂面より 37mm 下方までの車輪が通過する領域、そしてレール頭頂面より 25mm 上方の車軸が通過する領域内が建築限界として定められている。軌道緑化はこうした前提に基づいて整備されている。草丈の低い素材の導入や定期的な刈込管理などは保線上必須の要件となる。

②**軌道構造と緑化**：軌道は、路盤の上にある道床、枕木とレールが一体となった軌きょう部分のことであり、この部分の構造的条件が軌道緑化の可能性を左右する。多くはバラスト（砂利や碎石）軌道（写真 1）であるが、近年の高架化、地下化工事に伴ってスラブ軌道（写真 2）が多く見られるようになった。スラブ軌道においても、敢えてバラストを敷くことがあるが、これは軌きょうの固定ではなく消音目的である。また軌道線の併用軌道部分では、路面とレール頭頂面の高さを合わせるために石畳が敷かれているが、近年ではコスト面から石畳の代わりにアスファルト軌道として整備するのが一般的となっている。わが国の本格的な軌道緑化は土佐電以降、軌道線において続々と整備されている。従来の石畳やアスファルト軌道の改修にあわせて芝生軌道の導入が行われている。簡易なものでは軌道内に凹み部を設け、そこに客土して芝生を張るケースから、新たに開発されたインフアンド工法（樹脂固定軌道：コンクリートの路盤に設けられた溝にレールを埋め込み、樹脂を流し込んで固定する枕木の無い軌道）¹³⁾の普及に伴って、あらかじめコンクリート路盤中央に凹み部が設けられており、そこに客土して芝生を張る工法がある。芝生軌道の多くは一般車の侵入が禁止となっているが、緊急車両が立ち入ることも想定される軌道敷緑化では、芝生の擦り切れ対策や生育基盤の踏圧対策など、通常の緑化とは異なる対策を施す必要がある。そこで鹿児島市交通局では試験施工や様々な検証が行われ、保水性と断熱性、及び耐圧機能に特徴のある「シラス緑化基盤」と地元客土に土壌改良材を数種類ブレンドした客土を利用する緑化システムが採用

されている^{2,8)}。一方、専用軌道（新設軌道）の場合には、そもそも道路面との調整のない軌道であり、新たな路盤の改修を伴わない緑化手法も検討されてきた。その一つが軌道内に緑化ユニットを固定する工法である。根圏を包含する基盤から植生層までの範囲が限られているため、草丈が低くローメンテナンスで生育可能な植物の導入が不可欠となる。筆者⁹⁾は、「平成13年東日本鉄道文化財団助成金」を受けて薄層基盤設置型の軌道緑化の可能性を探り、そこで提案した植物がセダム類である。基盤厚は3～5cm、植生層も10cm以下でありレール頭頂面+25mm以下に十分収まる工法となる。セダム類については、後述する京阪電気鉄道において実験的に施工が行われている。また従来まくら木はレールに対して直角方向に据付けられているが、近年レールと同じ方向に据え付けられるラダーまくら木も登場している⁷⁾。中でもフローティング型のラダーまくら木（写真3）では軌道の左右縦梁間に大きなスペースがあり植栽基盤を設置しやすいというメリットも見られ、今後鉄道線における軌道緑化の普及に示唆を与えるものである。

③緑化基盤の敷設とメンテナンス：前述のとおり軌道緑化には様々な工法があるが、その敷設にあつては事故防止の観点から最大限の配慮が必要となる。とりわけ緑化ユニット敷設型の場合、その基盤の固定は列車走行の風圧や強風に対しても耐えうるものでなければならない。一般的に建築設備の固定にあつては金属の部品が多用されるが、軌道敷緑化ではその基盤枠の設置方法や素材に一考を要する。すなわちレールは車両が走行する機能だけでなく2つの意味で通電している。その一つは信号電流であり、閉塞区間が設けられ列車が侵入すると車輪によって両レールが通電短絡し、その区間の信号を赤にする仕組みである。これは特殊な例を除いて道路信号に従う軌道線ではなく、鉄道線における仕組みである。よって鉄道線では、緑化基盤や固定設備の素材は通電しない素材とすることが不可欠である。列車の安全走行のためには保線作業に伴って緑化基盤に異常がないか日常の点検が不可欠である。緑化基盤の設置から日常点検については、原則営業時間帯には出来ない。さらには保線作業に影響を与えるものであってもいけない。とりわけバラスト軌道の場合には、ゆるんだ道床を締めるための保線作業が定常的に必要であり、バラスト軌道の緑化では緑化基盤は脱着可能な方式にする必要がある。こうした作業は終電から初電という旅客輸送の無い限られた時間帯で速やかにシステムティックに行わなければならない。保線作業の簡素化が求められているなかで、緑化基盤の一時取り外しを行わなくてもよい軌道構造が不可欠であり、軌道線においてもインファンド工法等において緑化軌道の整備が進められている。一方、軌道走行を活用したメンテナンス手法も研究されており、鹿児島市交通局では、散水や芝の刈り込みを行なう車両を開発している。動力車となる散水車に廃車両の台車に芝刈り装置を乗せた車両を連結し推進運転する。吸引・回収装置、照明などを装備、市電の緑化軌道敷の芝を走りながら刈るものである。高さは約2.5m、芝刈り装置は幅が変えられる。

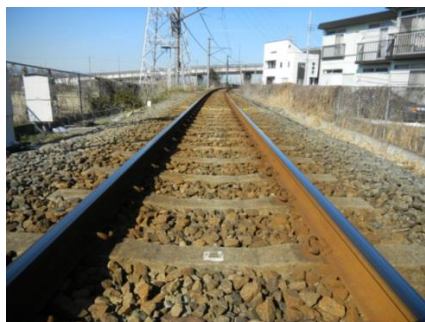


写真1 典型的なバラスト軌道



写真2 スラブ軌道



写真3 ラダーまくら木による軌道
（フローティング型）

4. 軌道緑化の海外の先進事例

軌道緑化は、景観対策、魅力ある町づくりの一環として諸外国で先進的に推進されている。それらは従前の軌道に加えて、LRT（次世代型路面電車システム）の導入に伴う軌道の改修にあわせて積極的に推進されてきた。軌道緑化の導入都市は、プラハ（チェコ）、ストラスブール、ボルドー（フランス）、ロッテルダム（オランダ）、テネリフェ（スペイン）、フライブルグ、チューリッヒ、ブレーメン、ミュンヘン、シュツットガルト（ドイツ）などであり、とりわけドイツ各都市での導入が多い。大連（中国）においても市電の新線路線において芝生軌道の導入が試みられている。初期の芝生軌道はチューリッヒ、ストラスブールなどのように通常のパラスト軌道の上に直接客土して芝生を植えてしまうという方法、すなわちレール頭頂面以外すべてに土壌が充填されていたが、道床や枕木が土壌などに埋められてしまう為、保守点検や耐久性の点で問題があった。後にレールには土壌が直接接しないように芝生植栽部分を設けた工法が開発される¹²⁾。さらにはインファンド工法の導入により、レールを固定する部分とは分離した空間に芝生を植栽する工法が導入されている。前述のうちシュツットガルト、ミ

ュンヘンの事例については筆者 9)によって視察調査を行ったので紹介したい。これら 2 都市においても芝生軌道が整備されており、併用軌道、専用軌道のいずれにも認められた。併用軌道や道路と併走した専用軌道部分では帯状の芝生の景観となるが、広がりのある芝生を整備して、その中を路面電車が走行しているところもある。さらに周辺の緑地空間との一体性を意図して積極的に芝生軌道を導入している箇所も見られた。芝生軌道は平坦区間のみならず丘陵地域の勾配区間にも見られた（写真 4）。隣接の公園緑地と一体的に軌道内を芝生化している部分もある（写真 5）。一方、ミュンヘンでは野草による軌道緑化も展開していた。既存軌道の内外にロール状のセダムマットを敷設したものである（写真 6）。冬季は葉が赤く色づいているが、春季は一面の開花景観になる。



写真 4 勾配区間の芝生軌道
（シュツットガルト）



写真 5 隣接の緑地と一体となった芝生軌道
（ミュンヘン）



写真 6 既存軌道の野草緑化
（ミュンヘン）

5. 国内各社の軌道敷緑化の取り組み

わが国の軌道緑化は、近年ようやく軌道線における整備が推進されているが、これらの事例（表-1）と鉄道線における軌道付近の試験的な緑化について現状を概観する。なお、わが国では、鉄道線における本格的な軌道内緑化整備は行われていないが、可能性のある緑化空間の提案は散見される 9)。一方、これまでの沿線の緑化に加えて、より軌道に近い部分の緑化が試みられているので表-2 において紹介したい。

表-1 軌道線の軌道敷緑化事例

鹿児島市交通局	鹿児島市交通局では平成 15 年度より鹿児島市の事業主体により軌道緑化整備事業に着手した。国土交通省の「まちづくり交付金」、「都市交通システム整備事業」の各補助金が活用されている。施工距離は約 3400m、地場産の資材としてシラス緑化基盤が導入されている 29)。基盤としての強度が高く、一方で保水性が高いという特徴がある。改良コウライシバ「ピクトール」が導入されている 30)。軌道緑化の維持管理は、終電から初電の間に市の公園緑地課が行い、目土の散布、年 8 回の芝刈り等が行われている。国土交通省の補助金を活用して芝刈り電車や散水電車の開発も行なわれている。
熊本市電	熊本市では、中心市街地に新たな緑を創出するため市電の軌道敷を緑化する「市電緑のじゅうたん事業」を実施している。最初に九州新幹線の玄関口となる熊本駅から田崎橋電停にかけての区間に取り組み、次いで辛島町から水道町電停にかけての可能な箇所への整備が進められている。熊本城を背景とする芝生軌道による美しいまちづくりの見せ場もある。専用軌道、併用軌道のいずれも実施している。併用軌道部分では冬枯れ時や夜間、道路との区別がつきにくい場合もあり車が侵入してしまうケースもあるという。こうした背景もあり車道がカーブする地点や右折レーンの手前などで損耗が目立ち、張替えも行われる。熊本駅電停の木陰となる部分にはチャボリュウが植栽されている。熊本市では、「市電緑のじゅうたんサポーター」と称してこの取り組みに対する寄付を募っている。

	 熊本城を背景に芝生軌道／熊本市電
長崎電気軌道	長崎電気軌道では、2006 年に「路面電車サミット」が開催されたことを契機として平成 18 年度の事業において全額会社資金で軌道緑化を整備している。浜口町電停付近に 43m（複線の専用軌道 180 m ² ）にわたって整備されている。芝の種類はピクトール芝が導入され、施工方法は鹿児島市交通局と同様、改良客土、シラス基盤、保水・透水マットなどの基盤構造となっている。また電停では、電車からの油垂れが多く芝生が痛むため軌道の外側のみ緑化している。
土佐電気鉄道	土佐電気鉄道では平成 14 年の事業として芝生軌道が整備されている。大橋通～高知城前（施工距離：175.5m、複線）は、国土交通省が事業主体となっている。エルトロ芝を用いた布コンテナ方式アドバンスターフ工法が導入されている。棧橋通一丁目電停（施工延長：60m、複線）は高知県が事業主体である。エルトロ芝を用いた不織布方式アドバンスターフ工法が導入されている。本格的な軌道緑化前に、仮設軌道を設け高知の気候条件に合う土

	壤・植物の実験が行われ、維持管理面からもエルトロが選定された。平成 14 年 10 月、高知国体開催に合わせ、営業路線で全国初の電車軌道緑化が実施された（棧橋通 1 丁目電停南側、延長 30 m）。平成 15 年 8 月高知よさこい祭 50 周年を記念し国道 32 号の電車通りでよさこい鳴子踊りが行われることから、国土交通省土佐国道事務所が高知城前～大橋通電停間の軌道を緑化、さらに平成 17 年 9 月棧橋通 1 丁目電停北側延長 30m の軌道を緑化した。これ以降、財政難により事業が一時中断した。平成 22 年度、国の経済対策により景観保全の必要性の高い地域における都市部の緑化が支援対象とされ棧橋通 2 丁目で事業を再開した。平成 19 年に完成していた電線類の地中化による電柱の無い道路空間に軌道緑化が整備され景観の向上に貢献している。
広電電鉄	広島電鉄では、広島県が事業主体となって平成 14 年度～15 年度、国土交通省が事業主体となって平成 19 年度に芝生軌道が整備されている¹⁷⁾。前者は、宇品線元宇品口～広島港間（施工距離 101.5m の複線、このうち芝生軌道部分 52m）となっている。ノシバを用い、路盤はゴム製ラバーチップを使用している。後者は、宇品線海岸通～元宇品口（施工距離：204m の複線）となっており、エルトロ芝が導入されている。広島電鉄の軌道緑化はインファンド工法への軌道改修とともに騒音防止目的に整備された¹⁸⁾。  インファンド工法と芝生軌道／広島市電
富山ライトレール	富山ライトレールは、JR 富山港線の利用者の減少による廃線に伴い代替手段として、第三セクターとして設立、2006 年 4 月に開通した。この事業は国土交通省の連続立体交差事業負担金などの国庫補助、富山市からの補助で軌道緑化部分も含め整備が行われた。富山ライトレールでは平成 17 年度の事業として軌道緑化が整備されている。富山駅北電停から約 140m 区間である。インファンド工法部分では、レール間のベタ基礎コンクリート部分に凹を設けて、そこにコウライシバと土壌を載せている。電停部分 35m の枕木のある部分では、パレットと不織布を枕木上に設置し、その上に客土しコウライシバを植栽している。
阪堺電気軌道	阪堺電気軌道では、堺市の平成 17 年度の事業として軌道緑化の試験が行われている。この実験では、従来、アスファルトや石畳となっていた阪堺線の車両走行部分を、芝生により緑化することを目指すものである。同地域に適した芝の選定試験も目的としている。施工場所は、阪堺線花田口停留場南側（区間：20m）であり、芝の種類は、エルトロ、ノシバが導入されている。
	京阪電気鉄道では、平成 17 年度の事業により、大津線（京津線、石山坂本線）の島の関駅（17m）、京阪石山駅（40m）に軌道緑化を整備している。前述の路面電車に導入されている芝生軌道のように路盤ごと改修する方法とは異なり、既存の軌道内に薄層の緑
京阪電気鉄道	化基盤を固定する点が特徴であり、草丈が低く省管理型のセダム緑化が導入された。セダムによる軌道緑化としては国内初の施工例である。この駅の緑化を実施する前に既に 1 年以上前から浜大津駅の軌道内で小規模な実験が行われた。その成果を踏まえ、特殊なネットと不織布にセダム類（ソルマンネングサ、メキシコマンネングサ、タイトゴメ、アルブム、バリダム等）を組合せた軌道緑化シートを敷設している。設置・施工が容易で保線や車両への影響がない。なお鉄道線中心の京阪電気鉄道の路線のうち同線は軌道法の適用を受けているが、小型の普通鉄道の車両が走行しており、本緑化事例は今後の鉄道線への軌道緑化導入に示唆を与えるものである。  セダムによる軌道緑化／京阪電車浜大津駅
豊橋鉄道	豊橋市は、豊橋鉄道市内線（路面電車）の軌道緑化実証実験に向け、東田本線駅前大通停留場で芝生の植栽整備を行った。以後、芝生の生育状況や管理コストなどを調査するとしている。都市景観の向上やヒートアイランド現象の抑制、観光客の誘致による中心市街地の活性化などが期待されることから、豊橋鉄道の協力を得て今回初めて実証実験を行っている。植栽部分は停留場内の軌道部分約 18m で、上下線合わせ面積は約 96 m² となっている。密生させた状態の 3 種の芝生を植え、芝刈りや水やり回数、環境への順応力など調べて適性をチェックする。実験結果を踏まえて今後の軌道緑化事業の検討を行うという。
東京都交通局	都電荒川線は町屋駅前と大塚駅前にて軌道緑化試験を行っている。緑の東京 10 年プロジェクトに基づいて行われたものである。町屋駅では 2004 年から 2008 年まで軌道と軌道の間のスペースにタマリユウ、シロツメグサで緑化した。ノーメンテナンスによる緑化試験のため枯損する部分も見られた。大塚駅前では 2008 年から改良コウライシバ「ビクトール」によって軌道内緑化を行っている。維持管理として灌水、芝刈、除草、追肥が行われている。

表-2 鉄道線の軌道敷緑化事例

相模鉄道	相模鉄道は JR、東急線への直通化連絡線工事や星川駅付近の立体交差化工事など大規模に軌道工事が進んでいる。そうした中で工事中の星川駅構内では「軌道緑化試験」が行われている。線路脇に薄層基盤を設置し、シバ、リュウノヒゲ、マツバギク、フイリヤブランなどのグラウンドカバープランツが導入され、今後の軌道緑化の可能性を探っている。相模鉄道では、和田町駅の駅舎にもスナゴケによる大規模な壁面緑化が行われている。
	東急電鉄では東横線において 2 例の軌道周辺の緑化試験に取り組んでいる。新丸子駅においては、軌道の外側に緑化試験が行われた。当駅付近は高架でコンクリート路盤上に軌道が敷設されてお

東 急 電 鉄	り、バラストが敷き詰められている。バラストの上に緑化することを想定してマット状の薄層基盤植栽となっており、緑化付近は10m ずつ産地の異なる火山砂利が使われている。植物はタイトゴメ（セダム類）が導入されている。ホームからの開花景観が期待される。一方、田園調布駅付近には目黒線の軌道を覆うボックスカルバートがあり、その両側の地上部に東横線の上下線が走行している。この長大な軌道構造物面に植栽スペースを設けるべくコンクリートで升目模様に区切って植栽土壌が流出しないようにしている。これを市松模様に緑化面とし、ヘデラ・カナリエンシスを中央にしてそのツルが伸長生長に伴ってはみ出さないように周囲にフィリヤブランが植栽されている。また緑化されていない部分には消音対策としてバラストが充填されている。
小 田 急 電 鉄	小田急電鉄では、軌道緑化とともに関連施設やグループ会社施設の緑化によって体系的な緑地空間の創出に貢献している。複々線化が推進されている区間のうち経堂駅は島式ホームが2本ある。そのうち上りホームの先端付近の軌道と軌道に挟まれたスペースには带状の緑化（花壇）が設けられている。低木類から草花などを配植し景観に配慮している。経堂駅付近では周辺ビルの屋上・壁面緑化の実施、成城学園駅の駅ビル屋上緑化、同駅付近の掘割状の軌道に蓋をして地上部に会員制貸農園（アグリス成城）を整備、さらには多摩川沿いの国分寺崖線付近にある喜多見車両基地の大規模な建築物の広大な屋上を緑地化するなど体系的な緑地整備が図られている。世田谷代田～東北沢の地下化に伴う周辺地域の再開発においても体系的な緑地の形成が期待されるところである。  ホーム先端付近の長大な花壇／小田急線経堂駅

6. おわりに

わが国の軌道緑化は、軌道線を中心にまだ始まったばかりである。総延長からみても膨大な面積を占有する鉄道空間を緑化するためには、JRをはじめとする鉄道線への本格的な導入が必要となる。既存軌道の改修時、あるいは高架化や複々線化、新規の直通運転に向けた連絡線が計画されており、その新たな軌道敷設のタイミングで軌道緑化を推進していくことも重要であるが、軌道特有の制約条件から技術的課題も多い。また緑化施工から維持管理に至るまで、終電から初電の極めて限られた時間の中で、本来の保線作業に影響しないように推進するか、あるいは保線作業と調和した新たな緑化施工・管理技術の開発こそ急務といえる。

一方、軌道緑化のデザインも現在の芝生軌道のみ

ならず花ものやカラーリーフプラツンなど多彩なグラウンドカバープランツの導入が期待される。新たな植栽材料の導入にあたっては、軌道周辺の環境条件に鑑み定期的な風圧、乾燥などへの耐性、また旧型の路面電車が活用されているなかで油だれへの耐性など検討すべき課題もある。さらに暑熱環境緩和から騒音の低減などより軌道緑化の効果を高めるための緑化基盤の素材や構造の技術的検討も重要な課題である。なお多くの路線では軌道緑化に伴う施工、管理費など大変厳しい状況下であり、市民のサポーター制度が重要な役割果たしているケースもある。他の事業との組み合わせや政策的な後押しなど、環境施設としての鉄道（軌道）緑化が各地で効果的にコーディネートされることを期待したい。

引用文献

- 1)服部重敏（2003）：日本の路面電車の現況、鉄道ファン、43(7)、pp.160-165
- 2)ハウジング・トリビューン編集部（2007）：都市景観を変える軌道敷緑化に注目、ハウジング・トリビューン pp.42-43
- 3)堀江裕明（2007）：日本における最近のLRT事情、第2回「人間重視の道路創造研究会」資料
- 4)飯島健太郎（2003）：環境改善装置としての鉄道施設空間の緑化の可能性、東日本鉄道文化財団平成13年度助成調査研究報告書
- 5)飯島健太郎（2009）：ドイツ南西地域の環境緑化とグラウンドカバープランツ、芝草研究38(1)、pp.1-9
- 6)池田穰（2010）：国内軌道緑化の現況調査、ハザマ研究年報、pp.1-6
- 7)石本祐吉（2008）：線路観察学、アグネ技術センター
- 8)鹿児島市交通局（2008）：鹿児島市電、軌道敷緑化整備事業、整備効果と今後の計画
- 9)川村翼（2008）：鉄道の緑化に関する研究、慶應義塾大学環境情報学部有澤研究室タムペーパー
- 10)黒子典彦・藤井英二郎(2002)：脳波・心拍反応及び主観評価からみた緑地の騒音ストレス回復効果に関する実験的研究、ランドスケープ研究65(5)、697-700
- 11)前村格治（2011）：鹿児島市電軌道敷緑化事業における事例報告 / 都市の緑化の先進的な役割として、平成23年度日本造園学会九州支部大会事例・研究発表会要旨集、pp.41-42
- 12)西村幸格・服部重敏（2000）：都市と路面公共交通、欧米にみる交通政策と施設、学芸出版社
- 13)小川裕夫（2012）：路面電車に広がる鉄の世界／チンチン電車と都市計画がわかる本、秀和システム
- 14)白子・田畑（1985）：交通騒音に対する住民意識と沿道植栽地の心理的效果に関する研究、造園雑誌48(5)、324-329
- 15)田村明弘・鈴木弘之・鹿島教昭(1992)：植樹帯による喧噪感の緩和、日本音響学会誌、48(11)、pp.776-785
- 16)山本克也（2008）：路面電車芝生軌道の整備効果の実証分析、都市計画論文集43(3)、pp.685-690
- 17)横田好明（2009）：路面電車からLRTシステムに向けた広島電鉄の取り組み、国際交通安全学会、34(2)、pp.47-55

「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～

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）

要旨

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。

1. 研究の背景及び目的

1680（延宝 8）年 8 月、現在の袋井市沿岸では台風による高潮で約 300 人が犠牲になった。地元の古文書によると、生き残った村人は「中新田命山」や「大野命山」を造り、その後の水害で被害を免れたという。

日本は四方を海に囲まれ、高潮、あるいは、多雨地帯でもあるため、土砂崩れ等、山地に起因する災害も起こりやすい環境にある。度重なる災害の教訓から、人智による斜面安定の重要性が叫ばれ、斜面地対策が各地においてとられてきた経緯がある。本研究では、これらの事例を焦点に、防禦・災害・避難所対策としてののり面空間の変遷の潮流をまとめることを目的とした。

2. 避難所としてののり面空間（人工築山）の事例

2-1. 静岡県袋井市、命山の事例

1680（延宝 8）年、閏 8 月 6 日、江戸時代最大と言われる台風が襲い、中国地方から東海、関東、東北と広い範囲で大きな被害が生じた。徳川幕府編纂の歴史書『徳川実紀』、常憲院殿（5 代将軍綱吉）御実紀の最後の閏 8 月 16 日の箇所に「本多越前守利長が所領 遠州横須賀の地この六日暴風雨のために城の櫓一、土民の家六千余流れうせ溺死のもの三百人余のよし注進す」と記載がある¹。

この災害を教訓に被害にあった大野・中新田地区の人々によって造られた避難所の機能を持つ塚が、大野命山、中新田命山である。大きさは、それぞれ、大野命山：長辺 38m×短辺 24m×高さ 4m。中新田命山：長辺 35m×短辺 26m×高さ 5.5m であった²（写真－1、2）。



写真－1 大野命山



写真－2 中新田命山

2-2. その他の避難所としての築山の事例

岩手県山田町の中心部にある御蔵山は、1611（慶長 16）年に起こった慶長三陸津波の後に人工的に築かれ、この場所には米蔵が置かれて年貢米を守ったとされる³。この築山は、東日本大震災の津波で壊滅的被害を受けた山田町で、災害時 30 人の住民が公園となっていたこの御蔵山に登って助かっている。

また、古くから南海地震の津波でたびたび被災してきた高知県南国市にも、かつて人工築山「命山」があった。戦時中に海軍航空隊飛行場（現高知空港）の滑走路建設の際、解体されて姿を消した「室岡山」がそれである。高さ 15m、周囲 500m の小高い丘だったとされるこの築山は、1707（宝永 4）年、1854（安政元）年の南海地震の津波で、多くの住民が避難して助かったという言い伝えが残っている⁴。

3. 防禦としてののり面空間（城郭土塁）の事例

3-1. 小田原城総溝「大外郭」の防禦性能

天正 17（1589）年に北条氏によって着工された小田原城総構、通称「大外郭」について、この城郭土塁には竹林が造成されていた、これは後に豊臣秀吉率いる大軍の来攻に備えたものだったといわれている⁵。これ以降、小田原城総構にならって諸城に総構が造成され、また、そこには竹の植栽が用いられたことが『備前軍記』に伝えられている⁶。

3-2. 一夜城、蔚山倭城における土塁への芝張り

1597（慶長 2）年 11 月中旬から、西生浦倭城からさらに北の朝鮮方の影響下内に加藤清正が縄張りをして毛利秀元・浅野幸長らにより築城が開始された蔚山倭城。昼夜間わすの突貫工事で、40 日程度で完成目前となった城である。この城の記録、「浅野家文書・高麗陣雜記覚書」（『大日本古文書』256）中の「蔚山之御城出来仕目録」、1597（慶長 2）年 12 月 23 日の記載に「惣構芝手土手高さ四尺八寸～」という記載がある⁷。防禦としての土塁造成時に芝草類による崩落防止等が行われていたことがわかる。

3-3. 災害対策・防禦・美観としての巨大盛土構造物「豊臣秀吉による御土居」

御土居とは京都の町に豊臣秀吉による京都改造事業、1590～1591（天正 18～19）年のしめくくりともいべく 1591（天正 19）年の正月に築造に着手し、2 ヶ月から 4 ヶ月という驚異的なスピードでその大半を完成させたという総長五里二十六町（約 22.5 km）、東を鴨川、北は鷹峰、西は紙屋川、南を九条までとした洛中と洛外を明確に区分したとされる洛中を圍繞した巨大な土塁、堤のことを指す。この御土居に関して、その天端部分、上面には造成当初から竹が植えられていたことが様々な文献で述べられている。この竹の造成に関してはルイス・フロイスによれば美観目的であったとも記されている⁸。

この竹の植栽については、御土居が鴨川・紙屋川に沿って造築され、竹を土塁の上に植えることで河川の増水に際して、容易に決壊することを防ぐ目的があったものと考えられている（写真-3、4）。



写真-3 北区平野鳥居前町御土居遺構
これら遺構は芝生で整形されている。



写真-4 京都府立病院医大前御土居遺構

4. 災害対策・災害復旧としての各種のり面空間

4-1. 災害対策－火災から身を守る火除け土手「土手蔵」

土手蔵とは、江戸の三大火とも呼ばれる、1657（明暦 3）年の明暦大火の後、火除土手を利用し、その内部を改装して倉庫として使えるようにしたものである。近藤によると⁹、実際は石垣を積んで倉庫上の建物とし、その上を芝葺の屋根で覆ったものであり、これは、屋根に土をのせただけでは風雨で土が浸食されてしまうため、それを防ぐために芝が植えられたものであるという。土手蔵については、その後、芝葺屋根では倉庫内に湿気をもたらし、肝心の収蔵品にカビが生えてしまうため瓦葺に変わっていったこと。芝葺の屋根を有した土手蔵が存在していた年代は、1600 年代の後半から 1700 年初めの比較的短い期間であったと推測される^{10, 11, 12}。

4-2. 災害対策－淀川水系および全国河川における砂防

明治初期、淀川が当世の舟運の要であったことから一帯に広がる水田も含め、水害を食い止めることが国家の命題となっていた。淀川の治水は同時に田上山、また瀬田川流域の治水でもある。この一大事業に対し、明治大正時代の土木学者であり、日本へ砂防技術を伝播した技師デ・レーケに砂防工法を学び、内務省土木局職員となり、淀川、富士川などの改修に携わった井上清太郎（1852－1936）が残した砂防技術の紹介模型が滋賀県大津市にある水のめぐみ館「アクア琵琶」に「田上山模型」としてある¹³。

これは特に災害が多かった当該地域の歴史を紹介するため、まず第一面が荒廃した江戸時代初期の山の状況。第二面は江戸時代の砂防事業による山の様子。第三面は明治から昭和初期の砂防事業による山の様子。最後の第四面が現在の工法による様子、と各時代の田上山の様子を立方体の模型にまとめたユニークな展示である。

4-3. 災害復旧－全国で展開される砂防・治水・治山事業

明治末期には、度重なる大水災害があり、中でも最大の被害が台風襲来による「明治 43 年の災害」（1910）であった。これが契機となり、翌年度から「第 1 期治水事業（1911～1925）」が始まり「荒廃林地復旧事業」の名のもとに、山腹工事において、のり面緑化の技術の大きな進展が期待された。この当時の技術としては、のり切りを行った後、積苗工・筋工による苗木植栽（ハギ類・ヤシヤブシ類・マツ類）が一般的な方式であった。

1936（昭和 11）年からは「第 2 期治水事業（1936～1948）」が計画され、荒廃地復旧工事が重点化される。1935（昭和 10）年前後から第二次大戦の終戦前後にかけて、風水害が多発しこの災害復旧に力が注がれたが、中でも 1938（昭和 13）年に神戸地方六甲山系に発生した山崩れに対して、復旧工法として、三枚芝の積苗工、萱筋工などが施工され、ヤシヤブシ類やクロマツが単植または混植され、過リン酸石灰などの化学肥料が使われるようになった。また、山腹水路工として張芝工を柳目串で固定する方式が採用されるなど、それまでの旧来工法を改良し、また、化学肥料など新たな技術を導入して工法の精度が高度化していった。

その後、1939（昭和 14）年に当時農林省林業試験場技師である佐藤敬二博士によって「斜面混播法」が考案され、はげ山への早期かつ経済的な緑化を図るため、従来の大量の野芝使用をやめ、野生樹草種の実播によるものとして発表された。この試験地は岡山県児島半島旧鉾立村で、播種された種子はアカマツ、クロマツ、ヤマハンノキなど木本類 8 種、チカラシバ、トダシバ、オカルガヤなど草本類 6 種であった。この工法は災害地復旧という名目で世間へ技術普及していった。

5. 現代によみがえる災害対策・避難場所としてののり面空間

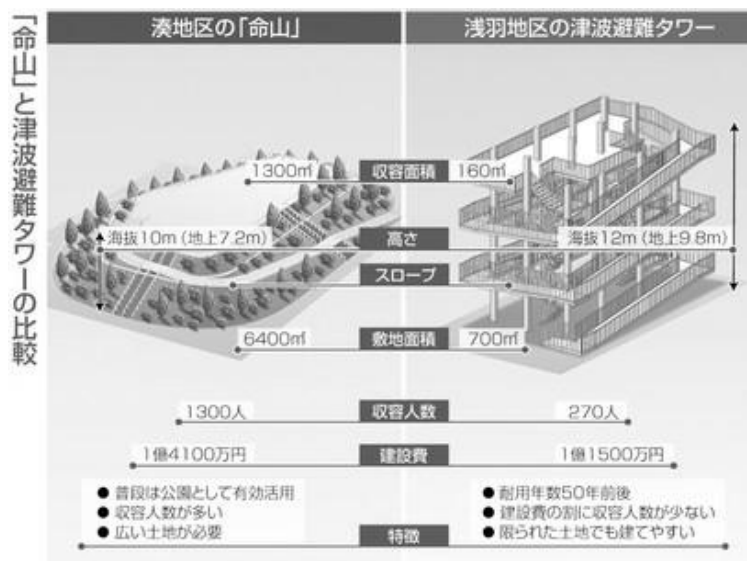
ここまで、歴史に残る日本の避難・防禦・災害対策におけるのり面空間を挙げてきたが、災害に対する先人の知恵を現代によみがえらせる取り組みが行われている。

5-1. 平成の命山～静岡県による命山の造成～

「命山を残してきた先祖のように、『平成の命山』を後世に伝えたい。震災をきっかけに、行政も住民も単なる遺跡ではなく、切実な津波対策として歴史から学び取る意識に変わってきた」とし、先

人の知恵に倣い、静岡県袋井市では、平成の命山の造成が進んでいる¹⁴。これまで、津波から逃げる高台が少ない自治体で目立つ対策が、避難タワーの建設であり、袋井市も震災後、浅羽地区にタワーを建設した。しかし、命山は避難タワーよりも低コストであるという。タワーは維持費がかかる上、耐用年数は50年程度。命山はタワーに比べ1人当たりの収容人数にかかるコストは低くなる。耐久年数もなく、平時は公園に使える（図－1）。日頃使ったことがない施設であると、災害が起きた時に「入り口に扉があって、開かなかったら」「子どもは連れて行けるか」と不安に感じ、使い慣れない場所は避難先を選ばない恐れがある。命山は「普段から市民が集うことで避難場所として認知され、防災教育にもつながる」という利点もある。袋井市には全国から視察が相次ぎ、浜松市や静岡市も命山を造成中であるという。土地の確保ができれば問題はないが、三重県志摩市では命山の造成を検討したが、平野部が狭く、用地確保の壁にぶつかり断念したという。現在は自然の高台に逃げる避難路の整備や、先に挙げた避難タワーの建設を進めている。

また、静岡県吉田町川尻の吉田公園では、来園者の津波避難場所として大規模な命山造成を2014年度より2カ年計画で進めている¹⁵。吉田公園は臨海部に位置し、県の第4次地震被害想定で、地震発生後に8.7mの津波が到達することとなっている。これは公園敷地の大部分が浸水する想定で、周囲に高台が少ないため、公園内南側の芝生広場を候補地として、仕上がり高さ9m以上の命山を造る。避難できる高台部の面積は約3000㎡を確保。イベント時の最多来園者が6600人であることから、避難可能人数を6000人と見込み、その他の人は公園内の別に3か所の高台に避難可能としている。平常時の公園利用や景観に配慮し、盛土する山の盛土材については、公共工事の発生土の有効利用を中心に考えている。



図－1 命山と避難タワーの比較 （2013年11月18日 中日新聞記事より）

6. 結び

日本には、避難、防禦、災害対策としてののり面空間が古くから人の手で造られ、守られてきたことがわかった。こうした先人の知恵を現代でも生かした取り組みが期待される。たとえば、近藤の想定する、御土居の現代への再現¹⁶、津波警戒地域の区域をぐるりと土塁で囲む。のり面には竹や笹あるいは松を植え、その根茎によって土を締め固め、沿岸部の最前線の防潮林や緑化防潮堤のマツ林と一体となった植生環境を形成し、「用・強・美」に優れた緑の要塞を造り出す。先の東日本大震災で、コンクリート製の堤防が簡単に決壊する様子の人々はメディアを通じて目にしたことであろう。人工物が必ずしも強度が高いということではない。未曾有の災害から身を守るため、命山のような先人の知恵に敬意を表し、普段から、利用できる高台などの場所を平地の多い土地では検討することを切に願うものである。

引用文献

- ¹ 静岡県 袋井市歴史文化館 (2003) : 特別展「遠州灘の高潮災害と二つの築山ー命山の築造とその周辺ー」パンフレット, p5.
- ² 静岡県 袋井市歴史文化館 : 静岡県指定文化財 大野命山・中新田命山パンフレット
- ³ 岩田孝仁 (2013) : 自然を謙虚に見る眼を養う, 自然災害科学, 104 vol.31, No4, p264.
- ⁴ 読売新聞, 2011 年 6 月 24 日, 連載「備える 南海地震・津波」第 3 回
- ⁵ 中井均 (2009) : 日本の城, 新星出版社, pp40-41.
- ⁶ 小田原市 (1995) : 小田原市史別編城郭, 小田原市
- ⁷ 仁木宏編 (2002) : 【もの】から見る日本史, 青木書店, p78.
- ⁸ 中村武生 (2002) : 京都の城壁と竹, 竹, 79 号, 竹文化振興協会, pp6-9.
- ⁹ 近藤三雄 (2009) : わが国における屋上庭園の起源と黎明期における展開について, 造園技術報告集, 日本造園学会, 72 巻, pp200-201.
- ¹⁰ 諏訪春雄・内藤昌 (1972) : 江戸図屏風, 毎日新聞社
- ¹¹ 波多野純 (1987) : 江戸橋広小路の変遷と復元, 国立歴史民俗博物館研究報告集第 14 集, pp33-37.
- ¹² 波多野純 (1988) : 復元・江戸の町, 筑摩書房, pp86-91.
- ¹³ 井上清太郎 (1891) : 砂防工大意
- ¹⁴ 中日新聞, 2013 年 11 月 18 日, 「高潮から身を守る「命山」静岡県・袋井市」記事
- ¹⁵ 建通新聞, 2013 年 8 月 7 日, 「県 吉田公園内に「命山」建設へ」記事
- ¹⁶ 近藤三雄 (2011) : グリーン考現学 (17) 東日本復興計画私案, グリーンニュース, No85, pp13-14.

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？ -

(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 橘 大介

要旨

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。

1. はじめに

著者は 1999 年の暮れから環境系の業務をスタートし、2001 年に当時の（財）都市緑化技術開発機構 特殊緑化共同研究会に参画した。すなわち都市緑化やとりわけ人工地盤緑化に携わってわずか 15 年弱が経過したにすぎないのである。この間、研究開発業務では屋上ビオトープや花卉園芸緑化などを中心に、規準類の改訂作業では建築工事標準仕様書・同解説 JASS 8 防水工事、建築工事監理指針、建築改修工事監理指針などを中心に行ってきた^{1)~8)}。一方特殊緑化共同研究会では、こういった活動と並行してさまざまな取組みを行ってきた。本報告では、正式な論文は諸先生方に委ねるとして、徒然なるままに著者らがかわった特殊緑化共同研究会の成果の一部を紹介することを目的とした^{9)~14)}。

2. 特殊緑化共同研究会参加分科会で得られた成果

著者が参加した分科会において、参加企業メンバーと協力し、自身のレベルアップと若手メンバーの OJT を兼ねて調査研究を実施してきた。ここに成果の一部を以下に紹介する。

2.1 歴史的建造物旧井桁屋百貨店解体工事に伴う屋上庭園調査

愛知県西尾市に 1924 年（大正 13 年）に竣工した旧井桁屋百貨店があった（写真 1 参照）。愛知県に残る大正期に建設された近代建築の 1 つであり、ル・コルビュエが提唱した近代建築 5 原則に則って採用されたと考えられる日本最古級の屋上庭園が付帯していた。崩壊しかけた歴史的な建物は保存対象建物とはならず、2006 年 3 月 25 日に解体作業が完了した。特殊緑化共同研究会では、この 80 年が経過した歴史的価値の高い屋上庭園の調査を 2 回にわたって実施した。ここでは、2005 年 12 月解体工事直前に実施した調査結果（本調査結果）について述べる（写真 2 参照）。調査結果を列举すると以下のとおりである。すなわち① 生存する樹木の年齢は、30 数年～50 年程度であり、植物は、実生などによって順次更新されてきたものと考えられる（写真 3 参照）、② 土壌の種類は砂質埴壌土



写真 1 旧井桁屋百貨店

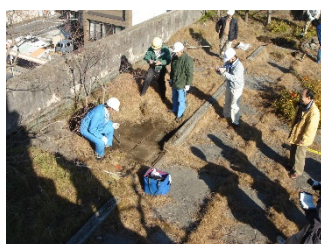


写真 2 防水サンプル採取



写真 3 樹齢 48 年のセンダン



写真 4 防水サンプル

に分類され、過湿状態によるグライ化などの兆候もなく、膨軟で養分性もあった、③ 躯体コンクリートの圧縮強度は、 31.4N/mm^2 (320kgf/cm^2) であり、コンクリート自体は健全な状態が維持されていた、④ 植物の根系は防水層に侵入していた、⑤ 切り取ったアスファルト防水層の厚さはかなり薄く、炭化し、脆弱化しており、基材の引張強さもほとんどなく、コンパウンドもかなり硬化していた（写真4参照）、などが明らかになった。本結果から、長期間、健全な屋上庭園を維持するためには、より高品質な耐根性のある防水システムが必要であると言える。

2.2 壁面緑化に用いるつる植物気根の建物躯体に及ぼす影響

壁面緑化を施主や設計者に提案すると、「壁面緑化によって建物の壁面は傷みませんか？」とよく聞かれる。建物躯体表面を傷めるおもな原因としては、つる植物の壁面内部への侵入がある。これらつる植物の中で、巻きひげ、巻きつる、巻き葉柄、はい性型つる植物は問題がないと言えよう。壁面の汚れという観点ではナツヅタの吸盤跡も気になるところではあるが、おもにはオオイタビ、ヘデラ類、ノウゼンカズラなどに代表される気根型つる植物を壁面に登はんさせた場合、このような不具合が発生する可能性があると考えられる。そこで分科会の研究業務の一環として、設置から概ね20年以上が経過した壁面緑化構造物を数種類調査した。その結果、以下に示すことが明らかになった。すなわちオオイタビやヘデラ類などのつる植物の気根は、躯体コンクリート表面に発生したひび割れ幅 $0.2\sim 0.3\text{ mm}$ 程度以上のひび割れに侵入することが明らかになった。ただし侵入した気根は、肥大生長する傾向はなく、ひび割れ幅を拡幅するような生長も認められないことから、壁面を傷めることはないということが検証された（写真5～8参照）。なお本研究では非破壊試験による検討も行ってみたが、やはりコンクリート面を研り、侵入した気根を外に引きずり出して観察するのが最も適切は方法であった。つまり建物外構部の外壁に小さな孔をあけて観察した。その後小さな孔をエポキシ樹脂で修復して、原形復旧とした。



写真5 付着したヘデラ類 写真6 ひび割れに侵入した気根

写真7 壁面の研り

写真8 侵入した気根

2.3 超軽量工場屋根緑化システム適用への試み

一般に折板屋根用に開発された緑化システムはかなり軽く造られてはいるものの、植栽基盤荷重が $400\sim 600\text{N/m}^2$ ($40\sim 60\text{kg/m}^2$) 程度である。このため既存建物における折板屋根の緑化では、適切な構造補強を実施しない限り、現状のままでの実施は難しい場合が多いようである。こうした背景を踏まえ、新しい発想に基づいた超軽量工場屋根緑化システムの適用を提案した。すなわち本システムは、① 植栽基盤を屋根部分ではなく、地上部に設けたこと、② 補助資材を用いた壁面緑化を行いながら、傾斜した屋根部分も壁面緑化の延長上として緑化するとしたことが、今までに提案・適用されなかった新しい発想なのである（写真9～10参照）。超軽量工場屋根緑化システムを工場の折板屋根面に適



写真9 実験区Ⅱ実験開始

写真10 1年後の状態

写真11 建物屋内天井部

写真12 天井部の熱画像

用するために、植物と補助資材を選定して、緑化状況の経時変化と夏季における屋根面の温熱環境に及ぼす影響を実験的に検討した。その結果、本研究で提案した新しい発想に基づいた超軽量工場屋根緑化システムは、実験開始から2年目で十分な緑被を確保でき（写真10参照）、室内温熱環境を天井表面温度で約2～4℃改善でき（写真11～12参照）、かつ屋根部への負担荷重を約150N/m²（約15kg/m²）程度にできることが検証された。本実験は、剪定管理や植替え実験などを繰り返し実施しながら、現在も継続中であり、7年目を迎えた。

2.4 良好な都市緑化創出のための壁面緑化計画時における留意点

本調査研究では、2003～2005年度までに実施した壁面緑化の現地調査結果に、2007～2009年度までに実施した現地調査結果を加えて再整理し、壁面緑化により良好な都市緑化空間を創出するために何が必要になるかを壁面緑化工法別、対象構造物別などといった切り口で検討・評価した（写真13～14参照）。調査結果から以下のことが明らかになった。すなわち壁面緑化の成否は、竣工時の出来型のみで決まるのではなく、永続的に良質な緑を確保できたかによって評価されるものと考えられる。したがって例えば、植栽基盤造成型のようなメンテナンス性が劣る壁面緑化工法が採用された場合には、永続的に質の高い緑を確保するために、メンテナンスのためのランニングコストを掛けた十分な品質管理が不可欠になると考えられる（写真15～16参照）。このようなことは多くの設計者や建物オーナーが十分把握していない最も重要な事項といえる。

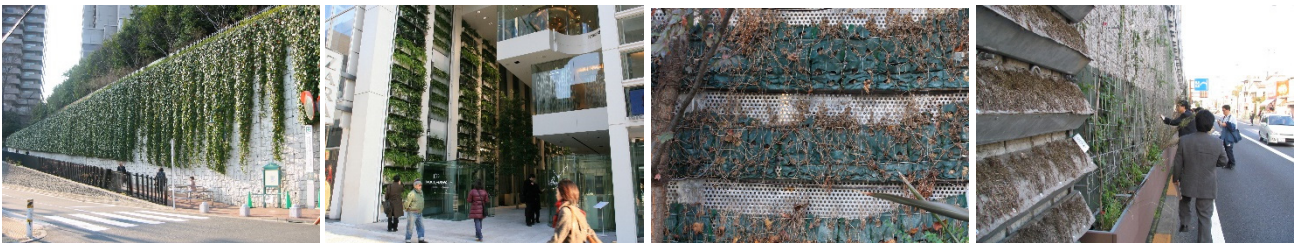


写真 13 下垂型補助資材無

写真 14 基盤造成型

写真 15 基盤造成型の不具合1

写真 16 不具合2

2.5 樹木の耐風性能と安全性の評価

良好な緑化空間を早期に構築するために、建物外構部や屋上などに高木類を植栽するケースがよく見受けられる。このようなケースでは、樹木は大きな風圧力を受け、風により植栽樹木が倒木する危険性がある。このため、移植にあたっては、早期の耐風性を確保するために、地上支柱や地下支柱が施工される。本研究では、移植していない樹木、移植後各種支柱によって支持された樹木に関して原位置引張試験を実施することによって、それら樹木の耐風性能を実験的に測定して基礎データを取得するとともに、安全性について評価した（写真17～20参照）。なお風圧力の算定は、建築基準法施行令第87条ならびに建設省告示第1454号に準拠して行った。本研究は本年度実施したものであり、結果の考察が未だ不十分ではあるが、実験結果の概要を紹介すると以下のとおりになる。すなわち、① 風圧力に対する抵抗モーメントは、移植により大幅に低下した、② 抵抗モーメントの大きさは、移植無しのものと比較すると、地下支柱の場合では19～52%、地上支柱では32～59%程度まで低下した、③ 農学系の研究報告でよく用いられている抗力係数を0.2～0.3程度に設定すると、移植



写真 17 地上支柱設置状況

写真 18 地下支柱設置状況

写真 19 引き倒し試験状況

写真 20 試験後の樹木根系

した場合においても、基準風速作用時程度の抵抗モーメントを保持しているようであった、④ 支柱の種類や形状などによって抵抗モーメントは大幅に変化すると考えられる、⑤ 最大荷重作用時の受風率あるいは抗力係数といった定数をどのように定めるかが評価上の課題であるなどが明らかになった。

2.6 今後の検討課題

上述した以外にも、① 屋上緑化実施による騒音低減効果の実証実験、② 補助資材の間隔や設置方がつる植物の生育に及ぼす影響、③ 土壌量がつる植物の生育や被覆量に及ぼす影響、④ 屋上緑化・壁面緑化の調査見学会の実施とレポート作成による若手技術者への OJT 教育（13 回）などを実施してきた。これらの中にも調査研究が継続中のものも含まれており、引き続き継続しながら、さらに美しい都市緑化を具現化するためにすべきことを模索しながら、研究会を進めていきたい。

3. 特殊緑化共同研究会参加のすめ

著者は、20 代後半から、社外研究開発プロジェクト、土木学会や日本建築学会などの各種社外委員会に数多く参画させていただいた。そこには、社外人脈があり、新たな情報があり、人を育む（換言すれば人を努力される）宝の山があった。特殊緑化共同研究会においても、経験豊富な技術者がきら星のごとく参加し、上述したような調査研究活動を通して、人材育成を行ってきたつもりである。一方ある時東京農業大学の近藤三雄先生が、とある委員会で私達に「相変わらず若い委員は、いないんだね」といわれたことがある。つまり未だ十分な人材育成ができていないということである。これからの造園業界は、若年層に頑張ってもらわなくてはならない。造園業界においても、若年層の人材育成の一助として、本業の技術を高めることは言うに及ばず、社外委員会などへの参加を遅ればせながら真剣に考える時機が到来している。そのような取組みが次世代の造園業界をスーパーなものに育てるシーズの一つであると考えられる。たとえ大手建設会社などと比較して、体力の劣る造園会社においても、それはもはやできない理由にはなくなってきた。そういう環境が提供される一方で、若手技術者の技術取得に対する努力もまた必要になってくる。先人が言った「昔取った杵柄」、「鉄は熱いうちに打て」は、確かに社会人にも確実に当てはまる格言であるのだから。

参考文献

- 1) 橘大介, 薬師寺圭: 大都市域に創出したビオトープが出現動物に与える影響と課題, 日本建築学会技術報告集, 第18巻, 第38号, pp.391-396, 2012年2月
- 2) 橘大介, 渡辺均, 薬師寺圭他: 花卉園芸植物の屋上緑化への適用に関する研究, 日本建築学会技術報告集, 第16巻, 第34号, pp.1075-1080, 2010年10月
- 3) 橘大介, 薬師寺圭他: ユニット型植栽基盤に花卉園芸植物を用いた室内緑化に関する研究, 日本緑化工学会誌, 35(1), pp.232-235, 2009年
- 4) 田中享二, 橘大介他: 屋上緑化防水の耐根性試験方法の開発, 日本建築学会技術報告集, 第14巻, 第27号, pp.13-16, 2008年6月
- 5) (一社) 日本建築学会編集: 建築工事標準仕様書・同解説 JASS8 防水工事, 付4. JASS 8 T-401 屋上緑化用メンブレン防水工法の耐根性試験方法 (案), pp.410-437, 2009年9月
- 6) 橘大介, 石原沙織他: 屋上緑化防水の耐根性を考慮したタケ類地下茎の押し付け力測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp.35-36, 2011年8月
- 7) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修: 建築工事監理指針, 下巻23章植栽及び屋上緑化工事, 2010年
- 8) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修: 建築改修工事監理指針下巻9章6節屋上緑化改修工事, 2010年
- 9) 今井一隆, 橘大介他: 歴史的建造物旧井桁屋百貨店解体工事に伴う屋上庭園調査結果とその考察-その1 背景および解体前事前調査結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp.869~870, 2006年9月
- 10) 橘大介, 今井一隆他: 歴史的建造物旧井桁屋百貨店解体工事に伴う屋上庭園調査結果とその考察-その2 解体前本調査結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp.871~872, 2006年9月
- 11) 橘大介・直木哲他: 超軽量工場屋根緑化システム適用への試み, 日本建築学会技術報告集, 第16巻, 第32号, pp.411~414, 2010年2月
- 12) 橘大介・直木哲他: 良好な都市緑化創出のための壁面緑化計画時における留意点, 日本建築学会技術報告集, 第17巻, 第36号, pp.699~702, 2011年6月
- 13) (公財) 都市緑化機構 特殊緑化共同研究会編著: 新版知っておきたい屋上緑化のQ&A, 2012年6月
- 14) (公財) 都市緑化機構 特殊緑化共同研究会編著: 新版知っておきたい壁面緑化のQ&A, 2012年6月

利用者の心身への効果を考慮した屋上緑化について

岩崎 寛（千葉大学大学院園芸学研究科）

要旨

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。

1. 利用者の利用する時間を考える

「都市の屋上緑化空間における夜間利用が人の心理・生理に与える効果」

都市緑地の療法的効果が注目されている近年、都市活動の深夜化等から、都市緑地においても夜間の利用も合わせて検討する必要があると考えられる。そこで本研究では、商業施設の屋上緑化空間を取り上げ、都市緑地における夜間利用が人の生理・心理に与える効果を検証した。その結果、都市の屋上緑化空間において、夜間でも日中と同様に肯定的な印象を持ち、夏季であれば快適に過ごせることが明らかになった。夜間の利用においては、照明を取り入れることでより安心感を得られること、さらに緑地のある空間では気分を陽性方向へ導き、心地よい印象を持つことが明らかになった。これらの結果を総合すると、屋上緑化空間の夜間利用は心理的には有効であると考えられた。

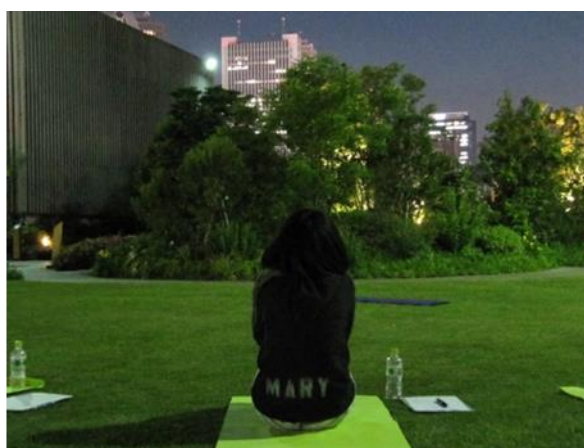


写真1 屋上緑化空間における実験風景：昼間間休憩時(写真左)と夜間休憩時（写真右）

2. 利用者のタイプを考える

「都市の高齢者施設における屋上緑化空間の利用」

近年、我が国の人口に占める高齢者の割合は増加しており、平成17年度の国勢調査では人口に占める65歳以上の割合が20%を越え、高齢社会から超高齢社会へと移行している¹⁾。そうした状況の下、高齢者施設の増加がしているが、特に民間の運営施設である有料老

人ホームの増加割合が大きいことが報告されている²⁾。現在、このような有料老人ホームでは認知症の高齢者も多く、安全確保の面から一人での外出は困難であることが多い。そのため入居者にとって、庭や屋上は安全に緑に触れられる空間となっている。また、有料老人ホームは、交通の便が良いこと、近くに病院があることなどの理由から、今後、特に都市域で増えることが予想されている。よって、今後このような施設では、敷地内の緑地確保を目的とした屋上緑化が注目されると考えられる。

これまでの屋上緑化は環境改善効果に注目された導入が多く見られたが、植物を利用したアクティビティは高齢者のレクリエーションの一つとなるだけでなく、例えば、園芸活動が高齢者に対し QOL の向上をもたらすこと³⁾、笑顔や意欲的な行動の増加といった効果をもたらすことなどが報告されている³⁾⁴⁾ことから、今後、高齢者施設に設置される緑地は、園芸療法など植物を利用したアクティビティの場として使うことが期待されている。しかしながら、都市域にある有料老人ホームの緑化の状況や、各施設における利用方法の現状は明らかになっていない。そこで、本研究では都市有料老人ホームにおいて屋上緑化空間の利用実態と管理者の意識を明らかにするとともに、実際に屋上緑地を利用した作業を実践し、その結果から高齢者施設における屋上緑地利用の効果を検証することを目的とした。

その結果、屋上緑地を使ったアクティビティにおいて入居者に積極的な行動、笑顔などが見られた。また植物を介することにより、個人の回想や知識を含んだ積極的な会話が聞かれることが明らかとなった。特に今回の「屋上緑地」でのアクティビティは普段自由に外出できない入居者にとって外の環境に触れ、花や野菜などを楽しむアクティビティの場として貴重な空間であることが分かった。今後、より多くの高齢者施設で屋上緑化を導入し評価されるためには、屋上を緑化するだけでなく、屋上緑地を利用したアクティビティの企画と実施を含めた提案をすることが重要であると考えられた。



写真2 高齢者施設における屋上緑地を利用したアクティビティの様子

引用文献

- 1)総務省統計局データ.(平成 17 年度 国勢調査)
- 2)国土交通省、国土計画局.「今後の高齢者居住の方向性 ；有料老人ホーム入居希望者調査.

(社)全国有料老人ホーム協会)」.ライフスタイル・生活専門委員会 第4回 .2005年資料
2-3 P.2

- 3)杉原式穂, 青山宏, 竹田里江, 池田望, 小林昭裕.「園芸療法が施設高齢者の精神機能および行動面に与える効果」.老年精神医学雑誌, 2005年16巻,10号, 1163-1173頁
- 4)黒田利香, 小西美智子, 寺岡佐和, 中野勇治, 吉田祐樹, 藤井紀子.「特別養護老人ホームにおけるアクティビティケアとしての園芸活動の効果」.広島大学保健学ジャーナル, 2001年,1巻,1号,49-53頁

本原稿は

金侑映・岩崎寛・那須守・高岡由紀子・林豊・石田都(2011)商業施設の屋上緑化空間における夜間利用が人の心理・生理に与える効果、日本緑化工学会誌 37巻1号 p67-72

および

長澤亜季・岩崎寛(2009)都市の高齢者施設における屋上緑化空間の利用と施設管理担当者の意識に関する研究、日本園芸療法学会誌 2巻別冊 p54-55

をベースに執筆したものである。

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—

弓野 沙織

持田 灯

(東北大学工学研究科 都市・建築学専攻 地域環境計画学分野)

要旨

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。

1. はじめに

近年、都市温暖化は地球温暖化の数倍のスピードで進行し、熱中症などの健康被害が拡大している。今年度夏季の熱中症による救急搬送者数は 58,729 人に上り、過去最多となった(文1)。発表者の所属する東北大学工学研究科 都市・建築学専攻 地域環境計画学分野(教授:持田灯)では、都市空間の温熱環境形成メカニズムを明らかにし、歩行者空間の体感気候緩和、ヒートアイランド現象緩和方策に有用な知見を得るため、実市街地における計測、CFD (Computational Fluid Dynamics) と放射解析に基づく都市表面の非定常熱収支解析を連成した解析等を行っている。

人間の温冷感には、①風速、②気温、③MRT(放射の強さ)、④相対湿度の4つの気象要素が影響する。緑化は人間の温冷感にとってプラス・マイナス両方の影響をもつため(図1)、どの気象要素がどの程度、体感気候に影響を与えるかによって、緑化の効果はプラスにもマイナスにもなり得る。今回の発表では、過去7年間に行った都市緑化に関する計測・解析例を通して、緑化が都市空間に与える熱的影響を詳細に分析した結果を、その時々思考の過程を振り返りつつ紹介する。

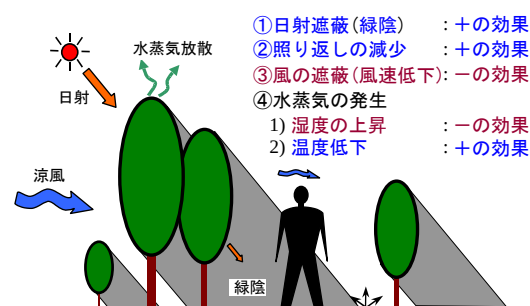


図1 緑化が人間の温冷感に及ぼす影響

2. 計測・解析事例

2-1. 仙台市の定禅寺通・広瀬通における温熱環境計測(文2, 2006年)

(1) 測定概要

2006年8月、街路樹が歩行者空間の温熱快適性に与える影響を分析するため、仙台市の街路樹密度の異なる2つの東西道路(定禅寺通(高密度の街路樹)、広瀬通(低密度の街路樹))において測定を行った(写真1)。



写真1 測定領域(青丸、赤丸が測定エリア)

(2) 測定結果

体感温度指標の1つである SET*(Standard Effective Temperature; 新標準有効温度)を計算すると、一般的に日当たりのよい北側歩道で、広瀬通では SET*が上昇するが、定禅寺通では街路樹による日射

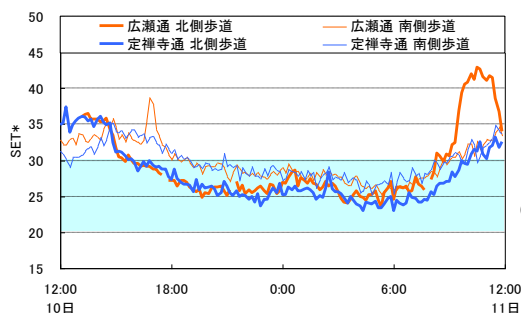


図2 道路ごとの SET*

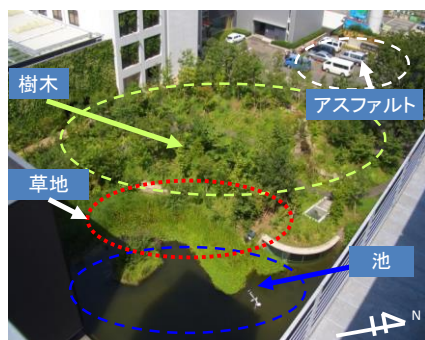


写真2 計測を実施したビオトープ

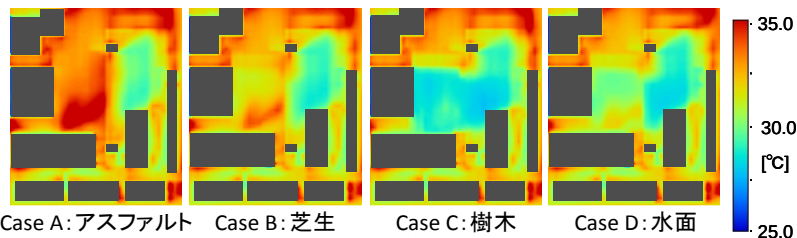


図3 SET*の水平分布(高さ 1.6m)

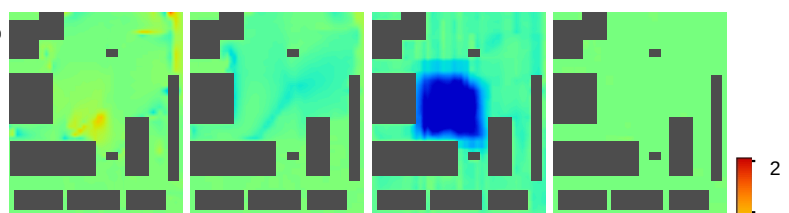


図4 芝生があることによる気象要素の変化がもたらす SET*の増減

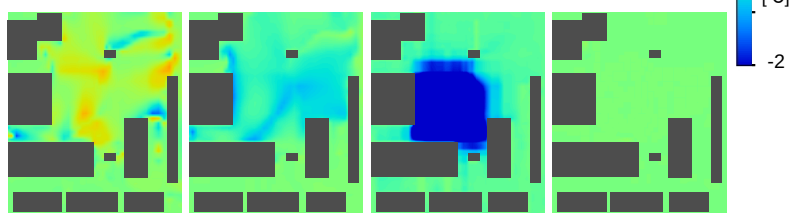


図5 緑地があることによる気象要素の変化がもたらす SET*の増減

遮蔽により SET*の上昇が抑えられていた(図2)。しかし定禅寺通では、街路樹の影響により風速が低下し、排気ガス濃度が上昇するという弊害もみられた。この測定を通じて、緑化が環境に及ぼすプラス、マイナスの効果をより定量的に分析する必要性を痛感し、これが次項の分析につながった。

2-2. ビオトープにおける温熱環境計測・解析(文3, 2007~08年)

(1) 計測・解析概要

緑地・水面が歩行者の温熱快適性に与える影響を分析するため、2007, 08年の8月に清水建設技術研究所内のビオトープを対象に計測を行い、その後これに関する様々な解析を行った(写真2)。本報では SET*の要因分解を示す。ここでは仮想的に評価領域の全ての地表面が、アスファルト(Case A), 芝生(Case B), 樹木(Case C), 水面(Case D)で覆われているとする4ケースについて対流・放射連成解析を行った(図3)。「アスファルト(Case A)」を基本ケースとし、緑地・水面があることでどの気象要素が変化し、SET*の増減に影響しているか評価した(図4,5)。なお、以下に示す結果では、放射の長波長成分だけではなく短波長成分も考慮した MRT から SET*を算出している。

(2) 解析結果

緑地があることにより風速は低下し、SET*の増加に寄与するが、気温と MRT が低下することによる SET*の低下の寄与が相対的に大きいと、緑地ではアスファルトの場合に比べ SET*が低下することがわかる。特に、樹木のケースでは MRT の寄与が高く、地表面をアスファルトから樹木に変更した場合の MRT の変化が、領域平均で 5℃以上 SET*の低下に寄与していた(図5)。このことから、放射環境の改善が夏季の都市空間の体感気候緩和に有効であるとわかる。

2-3. 屋外都市模型 COSMOにおける放射環境の詳細計測(文4, 2010年)

(1) 測定概要

前節の結果から放射環境の制御の重要性を再認識したが、人間の形状は縦長なので、効率の良い放射環境改善策を考えると、水平面よりも鉛直面が重要と考えられる。鉛直壁面の物性が歩行者空間の放射環境に及ぼす影響を正確に評価するため、放射収支計を3台組み合わせた3次元放射収支



写真3 3次元放射収支計測システム



写真4 屋外都市模型 COSMO

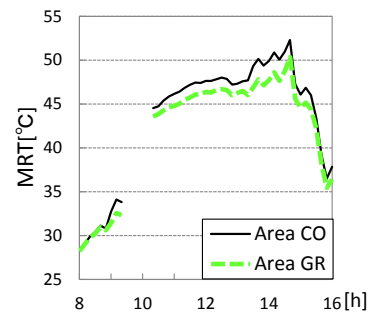
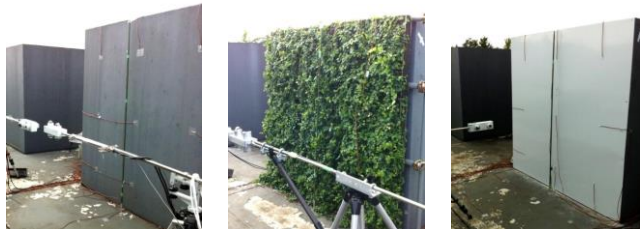


図6 各面前方の MRT



(1) コンクリート (CO) (2) 壁面緑化 (GR) (3) 高反射 (HR)
写真5 放射環境の測定領域

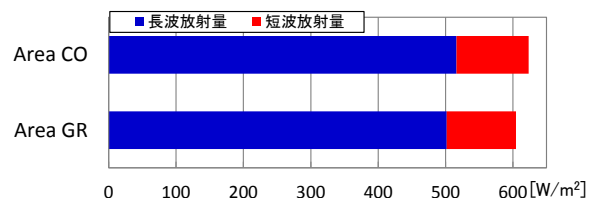


図7 人体に吸収される放射量の内訳

計測システム（文5、写真3）を作製し、6方向からの長波放射（赤外線）、短波放射（日射）を別々に計測することを可能にした。この測定システムを用いて、2011年8、9月、日本工業大学に設置された屋外都市模型(COSMO: Comprehensive Outdoor Scale Model, 文6、写真4)のコンクリートブロック南東面に、パネル型の緑化ユニット（緑化面(GR)、写真5(2))と白色の金属板（高反射面(HR)、写真5(3))をそれぞれ一面設置し、普通コンクリート面(CO、写真5(1))と合わせて計3面周辺の放射環境を詳細に測定した。

(2) 測定結果

人体の形状及び放射吸収率を考慮した、コンクリート、緑化面前方の MRT を図6に示す。コンクリート面前方に比べ緑化面前方の MRT が低く、最大で 2.5°Cの差が見られた。図7に、最も MRT の差が大きい時間帯において、人体が吸収するエネルギー量の長波・短波成分の内訳を示す。緑化面前方とコンクリート面前方では、吸収されるエネルギー量の短波成分はほとんど変わらず、表面温度の差に起因する長波成分の違いが MRT の差をもたらしていた。

3. 現在進行中の研究

3-1. 緑化、高反射化等のヒートアイランド緩和・適応、冷房負荷削減効果の定量化

(1) 研究の背景・目的

都市温暖化対策には2つのアプローチがあり、「現象の”緩和”策」と「現象に対する”適応”策(すなわち、人間への熱ストレス低減策)」に分けられる。また、都市温暖化は地球温暖化とヒートアイランド現象が足しあわされた結果現れている。しかし、この2つの現象は全く異なるメカニズムで生じており、適した緩和策は異なる。つまり都市温暖化対策は、「ヒートアイランド現象の緩和」、「ヒートアイランド現象への適応」、「地球温暖化の緩和(省エネルギー化)」の3つの視点を区別し、議論する必要があるが、現在これらの区別は曖昧なままである。

この問題を解決するために、緑化や高反射化といった環境配慮策を、上記3つの観点から同時に評価し、総合的に比較する評価フレームを提案することを目的として検討を進めている。

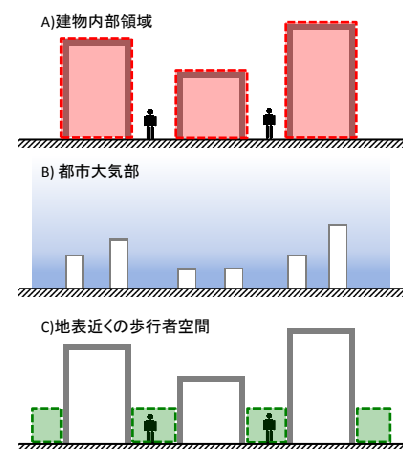


図8 3つの評価領域

(2) 評価フレームの概要

1つの対象領域について図8のような3つの領域、(A)建築内部領域、(B)都市大気部、(C)地表近くの歩行者空間、を定義する。それぞれの領域で、(A)では建物内部に流入する熱量、(B)では都市大気部へ流入する熱量（大気加熱量）、(C)では歩行者の体感温度をみる。基本ケースと環境配慮策を施したケースの解析結果をフレームに適用させ、比較することで、各施策が①～③に与える影響を同時に評価することができる。

(3) モデル街区における解析と評価フレームの適用

東京大手町に、H=19.8mの立方体建物が図9のように均等に並ぶモデル街区が立地しているとして、領域内のすべての建物の壁面が①コンクリート、②高反射、③緑化の3ケースについて放射解析に基づく都市表面の非定常熱収支解析を行い、A)建物に流入する顕熱量、B)都市大気部へ流入する熱量、C)歩行者空間の平均MRT、をそれぞれのケースで評価し、比較した（表1）。今回の解析条件では、緑化は3つの観点からプラスの効果を持つ結果となった。

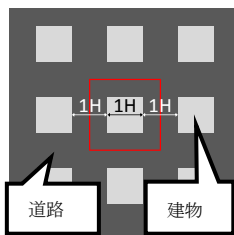


図9 モデル街区

表1 評価フレーム適応結果

No.	ケース名	建物内に 流入する顕熱量 [領域(A)]	都市内部に 流出する顕熱量 [領域(B)]	歩行者空間の 平均MRT [領域(C)]
1)	concrete	6.8[kW]	380[kW]	47[°C]
2)	highref	6.3[kW]	350[kW]	48[°C]
3)	green	4.9[kW]	240[kW]	44[°C]

4. まとめ

- 1) 緑化の夏季の体感気候緩和にプラスの効果として、最も影響が大きいのはMRT(放射)を低減させることであった。樹木は主に日射遮蔽により、人体への日射（短波放射）の入射を低減させ、緑陰を作ることにより地表面の表面温度を下げるので赤外線（放射）の入射も低減させる。芝生や壁面緑化では日射（短波放射）の入射量は大きく変わらないが、表面温度が低く保つことで、赤外線（放射）の入射は低減させる。
- 2) また、外表面温度を低く保つことで、建物内に流入する顕熱量、大気加熱量が低減され、低炭素化、ヒートアイランド緩和にとってもプラスの影響をもつ。
- 3) 蒸散による気温低下がもたらすSET*の低下は解析で見られたが、放射に比べると影響は小さい。
- 4) 樹木の夏季の体感気候緩和にマイナスの効果として、最も影響が大きいのは風速を低減させる効果であった。また、風通しが阻害されると空気環境の悪化など、別の問題が起きる可能性がある。
- 5) 樹木からの蒸散による湿度上昇のマイナスの影響は、現状の解析条件ではほとんど見られない。

5. 参考文献

- 文1) 総務省消防庁ホームページ 平成25年夏期（6月～9月）の熱中症による救急搬送の状況（総括）
- 文2) 菊池文他：日本建築学会環境系論文集、vol.76, No.665, pp.623-631, 2011.07
- 文3) 内田茉莉亜他：日本建築学会大会(北陸)学術講演梗概集. D-1, pp.847-845, 2010.07
- 文4) S. Yumino et al., Influence of vertical surfaces on thermal environment based on measurements of 3D radiant heat transport, 6th Japanese-German Meeting on Urban Climatology, Hiroshima, Japan, 2012.09
- 文5) H. Mayer et al., Meteorol. Zeitschrift, vol.17, pp.241-250, 2008
- 文6) M. Kanda et al., Boundary-Layer Meteorology, 116, pp.423-443, 2005

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

田中秀樹¹、大澤啓志²（1 日本大学大学院 生物資源科学研究科、2 日本大学）

要旨

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。

1. 背景と目的

19世紀中頃、ニューヨークのセントラルパークを設計したフレデリック・ロー・オルムステッドが初めて自らをランドスケープアーキテクトと称して以来、近代のランドスケープデザインは、対象とする空間のスケールによらず、人間活動と植物・水・土壌などの自然環境との関係を読み取り、それを形として空間に表現する分野として発展してきた。以降、数々のランドスケープ作品が作られてきたが、20世紀中葉のモダンランドスケープの台頭により、エコロジカルな視点は抽象視され、デザイン面をより重視した作品が主流となった。一方、我が国では、1915年に開始された明治神宮境内林造営の、気候風土に適した樹種選択と最終的な林相に向けた段階的な変化を予想した植栽設計など、早くからエコロジカルな視点が導入されていた。しかしながら、広く普及しはじめるのは1980年代以降であり、特に環境問題がクローズアップされると、エコロード¹⁾やエコパーク²⁾、多自然型川づくり³⁾といった公共事業を中心に景観保全と自然環境保全・創出を目的とした空間が多く計画・設計されるようになった。さらに、生物多様性への関心が高まった1990年代からは、エコロジカルな視点が公共事業のみならず様々なランドスケープ作品にも導入されるようになった。

これに対し、生物多様性保全を空間的に扱う分野であるランドスケープ・エコロジーでは、自然環境の復元や創出、植生管理、外来種の管理などに関する研究等の生態原理の探求や生態的技術確立に関するものが主であり⁴⁾、具体的な形として空間を表現するランドスケープデザインとしての発想は必ずしも強くはない。ここに“エコロジカルなランドスケープデザイン”という考え方を措定した研究の意義が見いだせる。すなわち、人の利用を前提とするランドスケープデザインにおいては、生態的な原理や技術のみならず、アメニティ・レクリエーション・審美性等を含めて実際の空間を表現するデザイン性が強く求められるためである。ただし、ランドスケープ作品である以上、常に個人あるいはチームとしてのランドスケープアーキテクトが存在し、その属人的な要素によりエコロジカルなランドスケープデザインの形や主張は異なってくるはずである。特に表層的な生態原理や生態的技術の引用に止まらない本質的な主張を有するランドスケープ作品の成立には、ランドスケープアーキテクトのエコロジーに対する思想的な深まりが不可欠と考えられる。このため、エコロジカルなランドスケープデザインを生み出してきたランドスケープアーキテクトの思想とその具体的な空間の表現の関係性に関する研究は意義あるものと考えられる。

そこで本研究では、我が国の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 田瀬理夫氏に着目した。田瀬氏の代表的な作品の設計図面から田瀬氏独特の空間の表現手法を抽出し、その背景にある思想との対応を検討することを目的とした。なお、田瀬理夫氏以外にも現代日本の具体的なエコロジカルなランドスケープデザイン作品に相当するものとして、例えば日本造園学会発行の造園作品選集（1992年から隔年発刊）¹¹⁾の中では、「水元公園水産試験場跡地」の設計を行った山本紀久氏や、「群馬県立『ぐんま昆虫のもり』」の設計を行った戸田芳樹氏等が挙げられる。また、関連する既往研究としては、国内^{5)~6)}・海外^{7)~10)}のランドスケープアーキテクトの複数の作品から空間構成の特徴や思想性を分析したものなどがある。

2. 田瀬理夫氏の経歴及び調査対象作品

田瀬理夫（たせみちお）氏は、1949年に東京都に生まれた。1973年に千葉大学園芸学部造園学科を

表 1 調査対象とした 4 作品の概要

作品名	用途	規模(敷地全体)	所在地	完成年
相模女子大学マーガレットホール	学校・カフェテリア	17.3 ha	神奈川県相模原市	2001年
秩父歴史文化伝承館	公民館・庁舎	1.2 ha	埼玉県秩父市	2003年
アケアマリンふくしま(キッズビオトープ)	水族館(屋外淡水ビオトープ)	2.6 ha	福島県いわき市	2004年
味の素スタジアム 補助競技場	陸上競技場及び外周部	6.6 ha	東京都調布市	2012年

卒業した後、1977年にワークショッププラントゴを設立し、1990年から現在まで株式会社プラントゴの代表を務める。他の主な作品として「らんの里堂ヶ島」「アクロス福岡」「BIOSの丘」「地球のたまご」等があり、日本造園学会発行の造園作品選集(1992～2012)に12作品が掲載されている。本研究では、表1に示す4作品を対象とした。いずれも田瀬氏のオープンアクセスの公的施設における代表作品であるが、手法的に確立したと考えられる2000年代以降のものを抽出した。

3. 研究方法

3.1 表現手法の抽出

表現手法については、各作品で特徴的と思われる手法を設計時の図面から以下の4点で整理した。また、各作品について現地での確認も行った。

(1) 空間造形計画について

敷地内の地形の起伏や植栽基盤に関する平面図と複数の断面図から、空間の形態、植栽基盤の素材等について抽出した。

(2) 植栽計画について

植栽図と複数の断面図から植栽する樹種の選定方法と植栽された場所・配置について抽出した。

(3) 動線計画について

敷地の外部から連続する通常の動線に加え、可能な限り建築内の動線もトレースし分析した。

(4) その他、エコロジカルな視点で設計されたものと考えられる箇所を抽出した。

3.2 背景にある思想の整理

背景にある思想の整理は、対象とした4作品について業界雑誌等に掲載された記事を可能な限り収集した。また、田瀬氏本人に思想と空間の表現手法の関係性について2012年4月～2013年8月までに計10回(一回当たり平均2時間)、対面形式でヒアリングを行った。最後に、上記の分析を踏まえ、本研究で対象とした4作品に通底する思想について考察した。

4. 結果と考察

空間造形計画として、地上部、人工地盤問わず、本来平坦である空間においてフトンカゴと現場発生土、コンクリート廃材、軽量カサ上げ材、人工軽量土壌を組み合わせたアースワークと呼ばれる手法によって、いずれも密に地形の起伏を生み出しているのが認められた。特にアケアマリンふくしまキッズビオトープでは、福島県内の水田やため池等の里の水辺を写景する際に、浜通りの棚田やアゼ道、沼や湿地、水路や草土手等の形状を詳細に実測し、アースワークによって忠実に再現していた。また相模女子大学マーガレットホールでは、地形の凸凹によって建築の視覚的なボリュームを抑えるように操作しながら、その地形の高低差を利用して敷地内の雨水の排水をしていた。さらに4作品に共通して、土木用のコンクリート擁壁等ではなくアースワークを用いて地盤面の高低差処理することで、階段やスロープの脇に生じた微細な法面の緑化を試みていた。特に、先のキッズビオトープや味の素スタジアム補助競技場では微細な法面に止まらず、防風用の土塁や競技場の観客席をフトンカゴで造成することで、土塁や観客席自体が植栽基盤となり、緑に覆われるよう設計されていた。

植栽計画においては、周辺里山の二次林を構成する在来の草本・木本種を用い、指定した混植率に従ってモザイク状に植栽している箇所が共通して認められた。この混植は、複数の構成種パターンを空間の利用形態毎に使い分ける一方、各パターンに共通する樹種を導入することで、植栽地内の視覚的な連続性、さらには作品の立地する地域の生態系との連続性を表現していた。また、植栽樹種の形態とその

配置によって動線上から見せる施設建築物のボリュームを抑えることや、施設建築内から敷地外部の負の要因となる人工物を視覚的に遮断する等の視線の操作を行っていた。

動線計画は、公的施設を担当した建築家と協働することで、いずれも建築と一体となった回遊性があり、かつ立体的なものとなっていた。また、敷地全体の表層素材を在来地被植物や地場産の岩石、あるいはコンクリート平板等に統一することで、植栽計画と合わせて動線上の空間体験において個々の作品が表現する風景をさりげなく想起させるものであった。

その他の、エコロジカルな視点で計画設計されたものとして、まず BIONEST が挙げられる。植栽管理の際の発生剪定枝を円形に積むことで、生物の生息環境の形成しながら堆肥化するように計画されていた。また相模女子大学において、屋上に降った雨水を各階に張り出させたアクアソイルを充填したフトンカゴ緑化で受けさせ、最終的には地上の植栽地に浸透するようにしていた。秩父歴史文化伝承館でも、ホールや庁舎の屋上の雨水は、同様の装置によって屋上庭園部の土中に浸透させ、地下貯水槽に集められ中水利用されるようになっていた。これらは、建築物が覆ってしまった地面に相当する範囲の雨水を地下浸透させることで、流域全体の水循環の一部を再生することが意図されていた。

田瀬氏の計画設計は一貫して、土地のポテンシャルを生かした「気持ちいい場所」「らしさの感じる風景」が重要視されており、最終的に美しい風景の創出と自然のシステムの保全回復を一致させることに対し、なるほどと思わせる「トータル・ランドスケープの実現」を目指していた。本対象作品では「らしさ」として、マーガレットホールでは「相模原台地上の乾性立地のクロマツを主とする雑木林」、歴史文化伝承館では「秩父の冷涼な里山」、キッズビオトープでは「浜通りの里の水辺」、補助競技場では「武蔵野の野と林」が表現されていた。これらの思想に対応した空間表現手法は、植栽計画、雨水の地下浸透、地場産の素材の選択等に見られ、それを動線の形状や舗装面の素材、視線の操作等によってさりげなく利用者に意識させているのが特徴であった。なお、秩父歴史文化伝承館と相模女子大学の調査結果を例として図1に示した。

一方、田瀬氏の作品には空間のデザイン性以外の要素として、慣行の設計業務範囲を超えた前後のプロセスにおける業界の価値再編が目論まれている例が散見された。例えば秩父歴史文化伝承館やアクアマリンふくしまでは、現場工事の一環として周辺の樹林からの種子採集に加え、植木生産者と協働して在来草本類の寄せ植え型の緑化資材の開発を行い、時代に先駆けて地域性種苗による植栽を行っていた。また植栽の管理に関しても、あえて管理水準や頻度を上げることで、通常の管理を超えた管理者の情熱を引き出し、かつての里山にみられたような二次的な自然に対する人の能動的な関わりを再構成することが意図されている例も多かった。それらを可能とするため、設計管理を前提とした業務しか基本的には受託しない姿勢が貫かれていた。すなわち、田瀬氏は単なる空間の設計にとどまらず、人の関わりを前提とした美しい風景の創出や自然のシステムの保全回復を作品の中に組み込むと同時に、業界の慣行的な仕組みそのものをもエコロジカルな方向に舵を切らせるための象徴的な取り組みを常に展開していることが特筆された。

5. 引用文献

- 1) 亀山章編 (1997) : エコロード-生き物にやさしい道づくり- : ソフトサイエンス社, 238pp
- 2) 亀山章・倉本宣編 (1998) : エコパーク-生き物のいる公園づくり- : ソフトサイエンス社, 266pp
- 3) 財団法人リバーフロント整備センター (1996) : 多自然型川づくりの取り組みとポイント : 山海堂, 230pp
- 4) 大澤啓志・一ノ瀬友博 (2008) : ランドスケープ・エコロジー : ランドスケープ研究, 72(1), 72-83
- 5) 日本造園学会 (1994-1997) : 日本のランドスケープアーキテクト : ランドスケープ研究, 58(1)~61(1)
- 6) 田井洋子・佐々木邦博 (2006) : イサム・ノグチの萬来舎庭園とリーダーズ・ダイジェスト東京支社庭園について : ランドスケープ研究, 69(5), 373-378
- 7) 村上修一 (2001) : ガレット・エクボの空間理論に対する近代芸術の影響 : ランドスケープ研究, 64(4), 352-359
- 8) 村上修一 (2003) : ガレット・エクボの初期作品にみる形態の曖昧性 : ランドスケープ研究, 66(3), 238-245
- 9) 村上修一 (2002) : トーマス・D・チャーチの空間形態にみる曖昧性 : ランドスケープ研究, 65(5), 401-406
- 10) 村上修一 (2001) : ジェームズ・C・ローズの空間形態にみる曖昧性 : ランドスケープ研究, 64(5), 501-506
- 11) 日本造園学会 (1992-2012) : 造園作品選集 No. 1~11

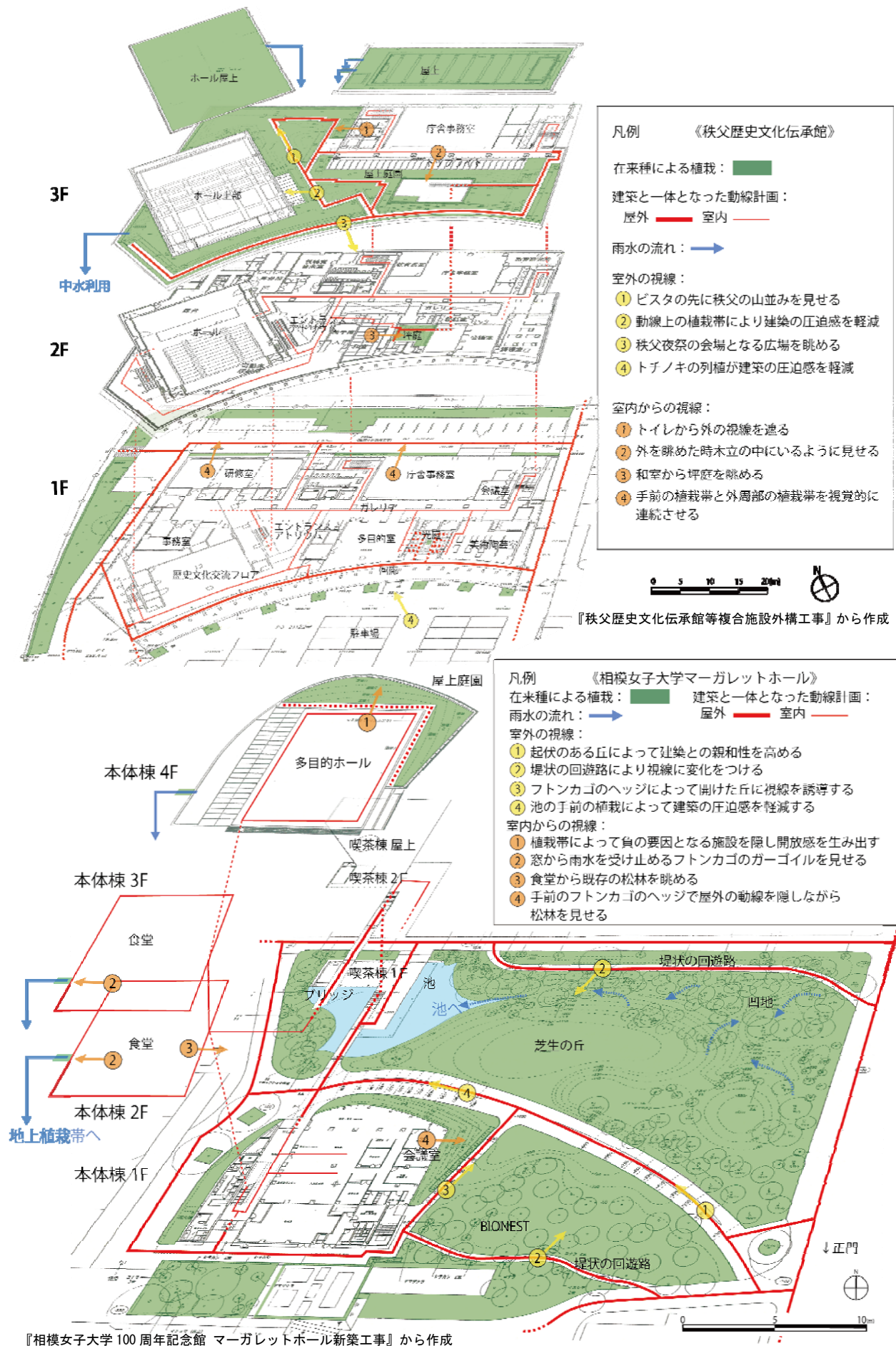
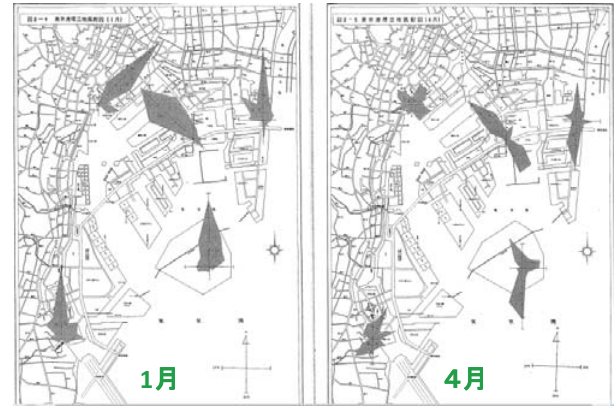


図 1 調査結果 秩父歴史文化伝承館と相模女子大学の例 ((図面：株式会社プランタゴ 提供))

風の向き:東京湾・風配図(全年)



東京湾風配図



東京湾風配図



事例1:品川には呑川水門

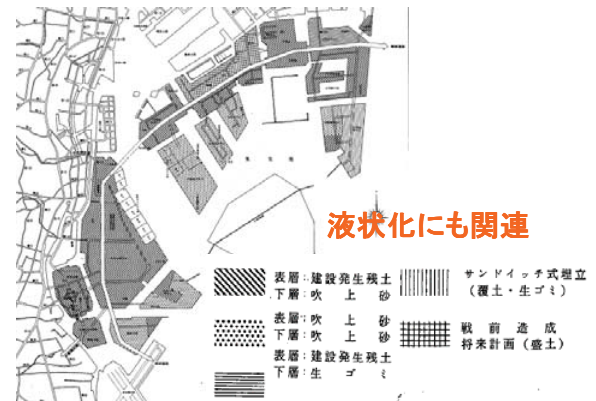
東京湾の風向を上記の表から見ると北と南系の風が主であるが、水門があるところでは微気象として水路方向に風が流れる傾向が顕著にみられます。従いまして現地においても同様の傾向があると考えられます。



事例2:豊洲地区・辰巳水門 運河と道路の方向性・風の向きに注意



ベースの土壌基盤:東京湾埋立地材料分布図



土壌調査地点36箇所、深さ1.5m



湧水箇所が多い

土壌分析結果

表3-26 土壌の化学的性質 (その1)

	深さ (cm)	土性	C& %	PH (Kel)	アンモニウム 態 窒素 %	有効リン酸 %	リン酸 吸収力	可溶性 フルミク %	置換性塩基 me	me	カリウム %	ナトリウム %
No. 1	0	砂壤土	0.0150	6.6	0.0010	0.0200	700	0.008	0.98	12.62	3.44	0.70
	50	堆土	0.0015	7.4	0.0075	0.0025	600	0.007	1.83	19.76	5.07	2.63
	100	砂土	0.0150	6.4	0.0010	0.0180	500EF	0.007	1.13	5.49	1.90	0.67
	150	砂土	0.0195	7.2	0.0005	0.0500	500EF	0.013	1.29	6.59	2.08	1.13
No. 2	0	砂壤土	0.0165	7.3	0.0020	0.0600	500EF	0.015	1.28	15.37	1.81	0.35
	50	砂壤土	0.0150	7.3	0.0010	0.0500	500EF	0.005	1.13	15.37	2.53	0.29
	100	砂壤土	0.0150	7.3	0.0025	0.0300	500EF	0.006	1.41	15.37	1.99	0.35
	150	砂壤土	0.0171	7.3	0.0020	0.0250	700	0.005	1.55	17.02	2.08	0.78
No. 3	0	砂土	0.0540	5.7	0.0020	0.0500	500EF	0.007	1.83	1.65	3.80	6.22
	50	砂土	0.204	6.9	0.0025	0.0600	500EF	0.007	2.11	6.59	5.43	9.57
	100	砂土	0.1980	6.9	0.0010	0.0800	500EF	0.02	1.97	3.84	5.43	10.77
No. 4	0	砂壤土 ゴミ	0.0210	6.2	0.0020	0.0100	1,000	0.018	1.83	15.37	3.16	0.37
No. 5	0	砂土	0.0390	5.7	0.0005	0.0600	500EF	0.012	1.45	3.29	3.62	2.87
	50	砂土	0.0405	5.7	0.0025	0.0600	500EF	0.017	1.41	2.74	3.62	2.87
	80	砂土	0.0420	6.5	0.0010	0.0800	500EF	0.016	2.11	2.74	3.62	4.78
No. 6	0	堆積土	0.0165	6.3	0.0020	0.0500	2,000	0.025	1.83	15.37	2.72	0.78
	50	堆積土	0.0180	6.7	0.0025	0.0075	2,000	0.018	2.81	17.02	2.72	0.72
	100	堆積土	0.0180	6.7	0.0030	0.0100	850	0.016	1.55	11.53	4.53	0.65
	150	砂壤土	0.0090	6.7	0.0030	0.0075	500	0.016	1.41	11.53	4.73	0.65

柱状図

表 3-48 土 壌 柱 状 表

採取地点 No.22 13号地その1 1972年7月18日 13時30分 天候 晴 気温 29℃

(cm)	土性	硬	乾 湿	色	可塑性	粘着性	腐 植	観 察	周 辺 状 況
0	砂 土	富 む (20%)	半 湿	黄褐色 (砂土) 青灰色 (粘土)	0 (砂土) 中 (粘土)	0 (砂土) 中 (粘土)	(2%以下)	0 25 cm, 山砂 7 に対して粘土 3。 表面は砂利、貝の 少ない残土。 部分的に湛水の跡 あり。 イスビニ群落。	
25	砂 土	(5%以下)		赤黒色	0	0	(2%以下)	25 cm はガラが多く、 35~65 cm は 砂利 が多い。	
50	砂 土	富 む (20%)	湿	青灰色	0	0	(2%以下)		
65									
75									
100	砂 土	5%以下	湿	黒褐色	弱	中	(2%以下)		
110								(掘削 stop)	
150									

浚渫土(砂質～シルト)、建設残土(赤土、青粘土、鉄筋、コン塊、ガラ等)、ゴミ、締め固め→透水性不良

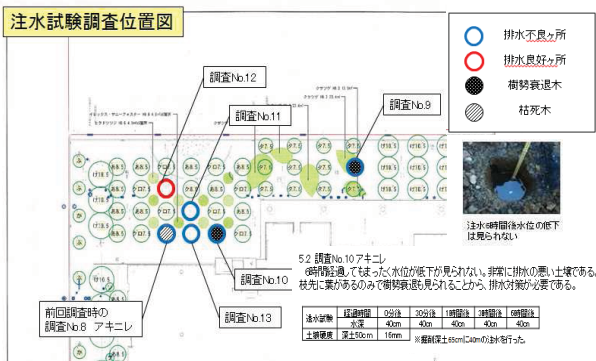
湧水面と近くの海水面の高さ

表 3-22 地盤高及び平均と湧水面の高さ

観測番号	月 日 時 刻	AP = 0				AP + 6.00 = 0			
		地盤高	地盤高	湧水面高	湧水面高	地盤高	地盤高	湧水面高	湧水面高
No.1	7月18日 14時30分	2.570	-5.430	-4.280	-4.740				
	7月20日 14時30分			-4.280	-5.430				
	7月22日 14時30分			-4.120	-5.230				
	7月23日 14時30分			-4.200	-5.473				
	10時00分			-4.200	-5.383				
	10時10分			-4.200	-5.383				
	11時00分			-4.200	-5.272				
	12時00分			-4.200	-5.170				
	12時30分			-4.200	-4.872				
	12時45分			-4.200	-4.773				
No.2	7月18日 14時30分			-4.200	-4.473				
	7月20日 14時30分			-4.200	-4.473				
	7月22日 14時30分			-4.200	-4.113				
	7月23日 14時30分			-4.200	-3.950				
	10時00分			-4.200	-3.850				
	10時10分			-4.200	-3.850				
	11時00分			-4.200	-3.850				
	12時00分			-4.200	-3.850				
	12時30分			-4.200	-3.850				
	12時45分			-4.200	-3.850				

この場合ほとんど干満の影響がない
地下の水道がない

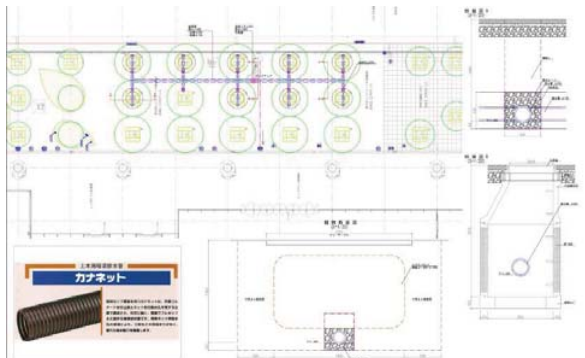
臨海地区のある事例・排水不良



深植・排水不良



竣工後の暗渠排水施工

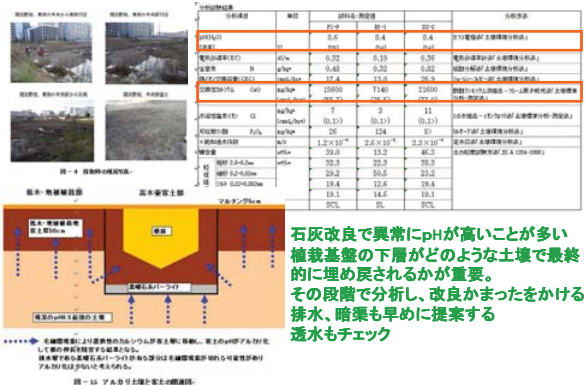


後からの暗渠排水は大変である



後からの暗渠排水は大変である。勾配とれずポンプアップ

事例:事前に土壌分析依頼



注水に対する減水状況調査



1-4-1 気 象
 1. 気 象
 東京の年平均気温 14.7℃, 最高平均気温 19.4℃, 最低平均気温 10.8℃。ここ 1~2 年は東京湾陸地は東京(大手町)に比べて、最高、最低平均気温ともやや低い傾向にある。
 2. 降 水 量
 年間 1,563 mm。10 mm 以上の年間降雨日数 56 日。乾燥季 11 月~3 月及び 7 月~8 月
 →乾 燥
 3. 風
 (1) 風向 (Station 1 東京府中央防風観測点、品川沖 10 ㎞の海上)
 春(3~5 月) 南西~南西及び北西~北々東
 夏(6~8 月) 南西~南
 秋(9~11 月) 北西~北々東
 冬(12~2 月) 北々西~北々東
 →南 風 害
 (2) 風 速
 ほとんど毎日 3 m/s 程度の風が吹く時がある。
 船に比べて強風である。
 →風 害
 (3) 波
 250 cm 以上の波 (1 日 5 回) に当り 4 月は最も多く、3.7 浪、秋では 8 月、10 月が 0.8 浪、0.7 浪。
 高 3 秒程度の波が 11、12 月の前後に発生
 →し お き
 3-4-2 土 壌
 1. 地 形 高
 調査地点の空間別で 22 年間の観測日数より低い地点。N 1, 3, 5, 9, 11, 12, 20
 2. 干土と水害との関係
 N 1 地点 (14 号の 2 丁) 道路から 10 m 程度の、高水と高水前夜が干土から水害まで。レベル測量、海抜が干土で約 60 センチ 1.2 m 程度、水害で 0.25 m 高くなるが、排水管に 1~2 m の変化はしない。
 3. 湧 水
 埋立地 32 丁向の 18 号 (56 号) で湧水した。
 →湧 水

4. 水 分
湧水地点以外では半平～低地、主として半平が多い。
これは概ね一箇排水区域の水分と推定される。

5. 水 質
湧水の pH はほぼ 7.0～7.5 で中性～微アルカリ性。
Cl 率は 0.0029%～0.5820%である。
——→塩類障害

6. 硬 度
33 地点中 17 地点で硬度 20 mg 以上。
——→湧 水

7. 湧水、湧気
土壌が原因で湧水、湧気は悪い
——→湧 水

8. 化学的特性
(1) $\text{PH}(\text{KCl})$ が最も pH 4.7, 最高が pH 7.5 で大部分は pH 6～7.5 で微酸性～微アルカリ性。
(2) Cl^- 量
最高が 0.2040%, 最低が 0.0015 %で、0.01～0.05%未満が多い。
——→塩類障害

(3) 窒 素
アンモニア態窒素は 0.001～0.003 ppm ほどと極めて微量。
——→肥料不足

(4) 有効態磷酸
0.0078～0.08%が大部分でかなり富む。
(5) リン酸吸収力係数
500 以下で 800 程度で多い。
(6) 硫酸根カリウム
最高 4.78me, 最低 0.21me, 1～3me が多く頗る富む。
(7) 硫酸性カルシウム
最高 1.65me, 最低 0.848me, 大部分 5 me～20 me で頗る富む。
(8) 置換性マグネシウム
最高 14.02me, 最低 0.23me, 大部分 1.5me 以上でかなり富む。
(9) 置換性ナトリウム
最高は 10.75me, 最低 0.02me, 大部分 1～6 me, 一般土壌に比べればかなり多い。
——→塩類障害

09 腐 植
極 量
——→肥料不足

- 8 土壌構成及び物理的性質
- (1) 土壌構成
- (a) 上・下層とも吹上土壌
- (b) 下層は吹上土壌、上層は建設発生残土
- (c) 下層は生ゴミ、上層は建設発生残土
- (d) 生ゴミと土とのサンドイッチ
- (e) 戦 前 埋 立
- (2) 埋立材料分布図との相違点
- (a) 建設残土 → 赤 土
No 6, No 8 (14 号地) の 1)
- (b) 建設発生残土 → 吹上砂
No 13 (4 号) の 1, No 15 (13 号地) の 1)
- (c) 吹上砂 → 建設発生残土
No 17, 18 (13 号) の 2), No 29 (京浜 6 区)
- (d) そ の 他
No 13 (10 号地の 1) 0.20 ~ 0.55 m に縦さあいり
- (3) 土 性
- 砂土→砂礫土が多い
- 乾燥、飛砂
- (4) 塵 芥
- 32 号地点 23 号地点は塵が多い。
塵の内容はコンクリート塊、レンガ、モルタル、鉄屑、ブロック等が多い。
→塵(有害物質)
- 19 塵 芥
- (1) 組 成
- 14 号地では可燃物は約 30%、不可燃物 70% (1968)
可燃物はビニール、プラスチック等、非分解性物質が多い。つまり、3 ~ 5 年で分解し易いゴミは、ほとんど分解。
- (2) 地 下 水
- ゴミの上層に滲み出る水とゴミを通ったしびれ水+海水にみられる。しびれ水はアンモニア臭が強く、植物に有害。
→しびれ水(有害物質)
- (3) ガ ス
- 発着、メタン、炭酸ガス
→ガス(有害物質)

農産物	特 徴	対 応 策	規 模
黒 砂	7月2日は冬季に発生し最も 深刻な土壌の乾燥に次ぐ第6区、 13号地	排水溝（Canal）、砂掘き、砂注法） 防砂設備	グランドカバー プラン
南 風 害 （しよき）	6～8月の月間、19号地、1、2、 14号地の2、11号、15号、19号地、 1号の1、そのいずれも南側	防風壁設置（コンクリート、 煉瓦）、土留にについては、溝深より 約30～40cm深き。排水	乾燥剤、資材 （マルチ、防砂網）
風 害	雑穀の折損 夏季の乾熱期低 年間の乾燥低	防風壁設置、有効土留の確保 支柱の強化 排水設備	年 鑑
霜 害	秋頃に発生 12月に発生 14号地その1、南側、13号地その2の 中央部	排水溝（Canal）、砂掘き、砂注法） 材料、塩土、塩土改良剤	浅 掘 法
乾 涸	夏季、冬季 乾上砂、排水設備設置	排水設備の改善 土留土留（保水力の増加） 浸透の防止	乾 枯 病
乾 熱 障害	比較的少ない、限定的である。 6月の4号地、8号、9、11、17、20、 21、25、28	排水、排水による土留 土留土改良剤 塩土	乾 熱 病
肥料不足	肥料不足、7月、8月、が多い 農産物減少	土留土改良剤（有機質、速効肥料） 乾燥	肥 料 欠
有害物質	砂土、雑草等、しよれ水 ビニールは20日以内不害	ビニール土、オーガスタ育 ビニール土（保水効果） ビニール―排水	

井手久登	
1. 千葉県農工総合研究センター関係樹木調査報告書	
昭和46年7月 日本公園緑地協会	13. 伊勢湾台風による樹木の被害とその対策
2. 焼酎止りおよび醸造用穀物の粒状に關する調査研究 1945.8 本誌第3号	——日本園藝第26号——1962年12月
3. 東京都立公園基本計画 昭和47.3 日本公園緑地協会	14. 塩漬魚と海岸林 ——日本園藝学会誌第5巻第3号——1956年6月
4. 市町村に重要樹種を指定するの樹木に關する調査報告書 昭和42年2月 千葉県農林部林務課	倉内一二
5. 京葉臨海工業地帯保安林整備調査報告書 千葉県農林部林務課	15. オランダギズル南平沼町農村建設の記録 ——農村建築第55, 56, 57——1966年
6. 公營防火林調査報告書 昭和42年度 千葉県農林部林務課	オランダ運輸省広報局 ゾンデル研究所
7. 公營防火林植栽の成績について 千葉県中林林業事務所	
8. 千葉県工業地帯における防風樹林の基礎調査 1965.3 大阪府企業局施設調査部	16. 西飯ワイン地方地産品試験場の景観保育 ——造園雑誌第34巻第1号——昭和45年8月
9. 千葉県工業地帯植栽工事概況(調査) 昭和44.7 大阪府企業局施設調査部	井手久登
10. 八潮臨海工業地帯調査報告(第一項-基礎調査)- 昭和45.2 八潮農林建設事業団	17. 京葉臨海工業地帯環境緑化実用試験地——基本計画 昭和46年3月 千葉県造園土木株式会
11. 八潮臨海工業地帯における緑化用樹種の生育について ——造園雑誌第29巻第2号——昭和40年8月	18. 都市公園対策としての樹木群の公營防火効果について ——公園緑地学Yoz12N3No.4
井手久登	本多 伸

Figure 3-27 illustrates slope reinforcement methods. (a) is a cross-section diagram showing a slope with reinforcement layers (S, A, B) and a drainage system. The diagram includes labels for '防雨組 1.8~2.7 M', 'φ 0.9~1.8 M', 'φ 1.8~2.7 M', 'S 鉄地盤層', '特 A 鉄板層', and 'A 鉄板層'. (b) is a photograph of a slope with dense vegetation. (c) is a photograph of a slope with a drainage system, showing a series of circular structures (likely drainage pipes or culverts) installed along the slope.

引っぱり試験・現在緑化技術分
科会で第1回実験・検討中

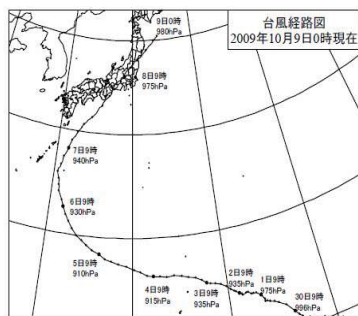
丸太支柱

写真は別の試験

地下式支柱

台風・強風による塩害：台風18号の事例

○ 台風経路図（台風第18号）



台風経路図（日時、中心気圧（hPa））

内陸を通過する台風のリスク

- ・ 内陸を台風が通過予想の場合潮風害リスクを考え、準備の必要がある。
- ・ 雨台風の場合は問題ないが、台風通過時や、通過後に雨が止み、強風が残った場合に潮風害が発生する。
- ・ 内陸の台風に向かって、海からの南風が吹くため海上で塩分を含む風による塩害が発生する。
- ・ 台風18号は関東通過前後に雨が止み、強風で温度も上昇した。

台風18号による被害実態調査場所 台風通過10月8日、調査10月12日



京葉線脇のユリノキの街路樹



ユリノキの塩害・褐色で萎れ



海から1km・シマトネリコ



シランとメランポジウム



海から200m・サクラ・シマトネリコ



トベラ(被害なし)とナワシログミ



ヤマモモの被害と塩分結晶



タブノキ(被害なし:厚い革質の葉)と塩分結晶



メタセコイア(別の時の潮風害)



イチヨウ



潮風害の機構の考え

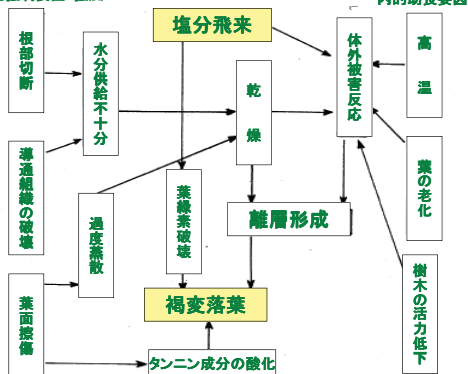
その1

植物体に付着した塩分が漸次体内に侵入し、塩素が化学作用を起こし、細胞内の原形質を破壊

その2

高濃度塩分溶液のため、浸透圧の関係で体内水分の奪取が行われ、水の循環が妨げられて枯死

外的強制要因・強風

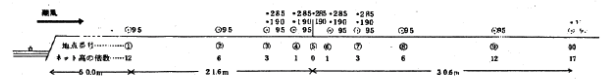


植物の塩分による異常落葉の過程

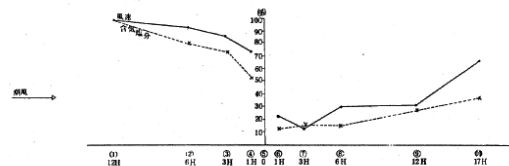
潮風害を左右する条件

- 植物の種類、生育条件、その時の気象条件で被害は異なる。
- 樹木では一般に落葉樹は弱く、常緑樹が強い
- 高温・強い日射 > 低温・弱い日射
- 飛砂や虫食いなどの傷の葉は塩分被害大
- 傷口部分から被害が広がる
- 健全葉は先端や先端近くの葉縁から逆V字型の被害

塩化ビニル性ネットの効果

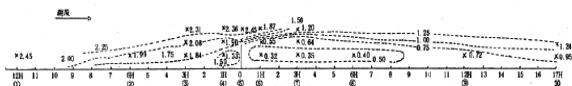


図一四・4 塩化ビニル製ネット前後における塩分捕捉ガーゼ種およびロビンソン風速計の位置
●印……ロビンソン風速計とガーゼ種
●印……ガーゼ種のみ



図一五・5 塩化ビニル製ネット前後における地上0.95mの風速および含気塩分の変化

塩化ビニル製ネット前後におけるCl⁻分布



図一六・6 塩化ビニル製ネット前後におけるCl⁻分布

ネットの効果・本間(1973年実験結果)

- ・ 遮蔽率60%の塩化ビニル製ネット。地上1mの風速が2m/sec。
- ・ ネットの風下1~2Hでは、ネット前方12Hの風速の23~14%
- ・ 含気塩分はネットの風下1~2Hでは、風速とほぼ同様、ネット風上12Hでは13~14%に激減

液状化現象



写真1 公園の液状化の連続噴出口 写真2 竜巻により露出したサクラの根



写真3 壊れた門扉 写真4 沈下し露出した生地の根



写真5 激しい沈下段差 写真6 沈下による段差と配管破損



写真7 沈下による倒伏 写真8 根系露出



写真9 傾いた街路樹 写真10 刃物で切ったような露出断面

「地震の際に地下水位の高い砂地盤が振動により液体状態になる現象。これにより比重大き構造物が埋もれ、倒れたり、地中の比重の軽い構造物が浮き上がった」。また少し詳しい記述では「砂を含む砂質土や砂地盤は砂の粒子同士のせん断応力による摩擦によって地盤は安定をしているが、地下水位の高い場所で地震により連続した振動が加わると、その繰り返しのせん断によって体積が減少して間隙水圧が増加し、せん断応力が減少しこれがゼロになった時に液状化現象が起きる。この時地盤は急激に耐力を失う」とある。また地面に水が出たり、地面の裂け目から砂混じりの水が噴出すことがある(噴砂)。

浚渫手法



サンドポンプの出口

サンドポンプの出口には比重の重い砂土が堆積し、シルト質のヘドロは遠くに広がる
従って浦安地区の住宅地ではある境で明確に液状化の有無が見られた。

石灰処理も植栽に課題

- ・ 臨海地のある事例では、かつて石灰等で地盤改良されたと思われる浚渫土と、その上に盛土されていた山砂の化学分析を行ったが、pHがそれぞれ8.6と8.4の値であった。置換性カルシウムを分析すると浚渫土で15,600mg/kg、山砂で21,600mg/kgという極めて高い値が検出された。(社)日本造園学会の植栽基盤整備マニュアルにおける土壌分析結果(評価因子)の分級(ランドスケープ研究VOL.63 NO.3, 2000)によれば置換性カルシウムの優で1400mg/kg以上である。それよりはるかに高い過剰値が検出されていたことになる。これらの土壌は最低pH矯正剤等による矯正が必要である。

ビル周りの液状化(豊洲地区事例)



建築は基礎杭を打ってあるため沈下しないが、埋め戻しで用いた砂が液状化により建築周りを主体に吹き上げた。ここも土壌分析を行ったがカルシウムが異常に多く検出された。

最後に

- ・ 緑化(計画でも、実施施工でも、開発でも)を行う場合に、環境圧を抽出してその対策を見出し、解決に繋げるのは、臨海地のみならず、屋上でも壁面でもまったく同じことで基本的な考え方・手法と思います
- ・ 社内研修用のものであります。少し古いが今なお必要な技術と考えて作成しました。
- ・ 若い方の少しでもお役に立てれば幸いです。

終わります。

屋上緑化可能建築の抽出と構成

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 (1)

屋上緑化 緑化可能建築 空中緑地
緑化方法 屋根形状 構成

同 宮崎 文子 *
同 寺内 美紀子 **
正会員 ○ 千葉 友紀 ***

1. 序—高密度都市における空中緑地—

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、地域的な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。

2. 対象地域の選定

東京都心部においては、幹線街路に比べて準幹線道路や地区幹線道路などの道路網整備が遅れているため、幹線道路沿いの路線商業を担う中高層の建物の背後には小幅員の

街路が残り、2階～5階建て程度の中低層の建物が多くみられる²⁾。そのため、すりばち状のスカイラインという特徴をもち、高密度な東京都心部の典型的な街区構成と言える。そこで本研究では、こうした特徴がみられ、商業系・住居系の用途地域を含み、建物棟数密度が23区の平均程度である地域から、靖国通りおよび新宿通り、外堀通りに区切られた52街区を対象地域として選定した(図1)。

3. 緑化可能建築及び緑化可能面積

3-1. 緑化可能建築の緑化方法

屋上緑化を行うための植栽基盤は近年軽量化されているが、高木の緑化を行う場合は最小で300kgf/m²の荷重がかかるため、既存の建物への適用は困難である。一方低木の場合は約130kgf/m²であり、現行の建築基準法令85条で定められた建物用途ごとの耐震力を計算する際の特定の建物³⁾であれば許容積載荷重条件を満たす。また薄層緑化⁴⁾の場合60kgf/m²であり、どの用途の建物でも緑化が可能である。そこで本研究では、低木緑化と薄層緑化の2種類の緑化を想定し、低木及び薄層緑化が可能な建築と薄層緑

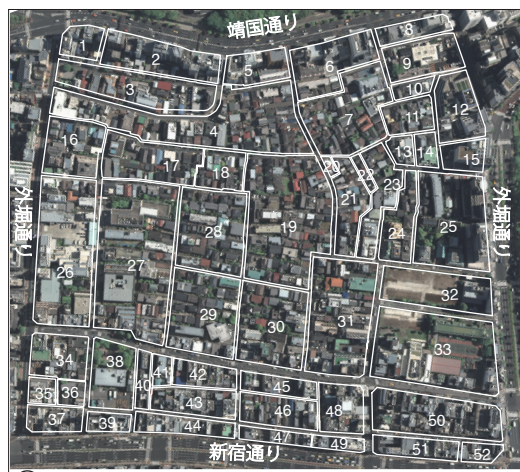


図1 対象地域

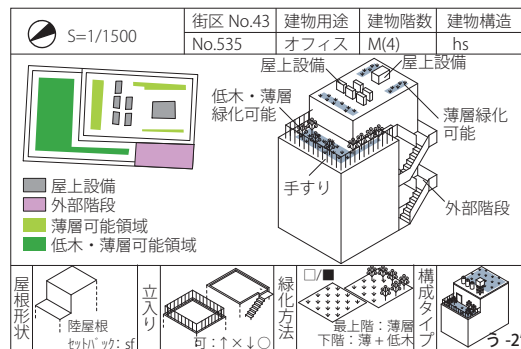


図2 屋上緑化可能建築分析例

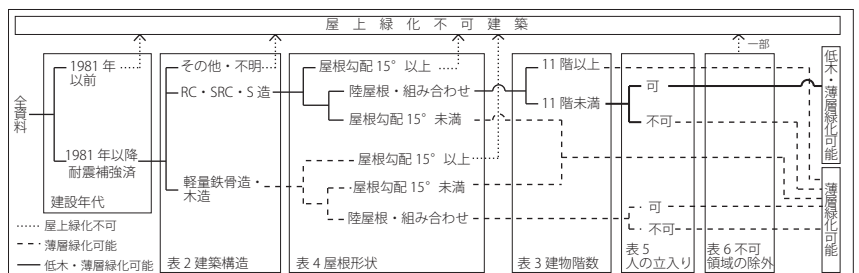


図3 屋上緑化可能建築の抽出フロー

表1 緑化方法の種類

薄層緑化	低木緑化	薄層+低木

表2 建物構造

RC・SRC・S造	hs	429
軽量鉄骨造	ls	61
木造	w	151

表3 建物階数

1-3階	4-10階	M	11階以上	H
363	266		12	

表4 屋根形状

陸屋根	勾配屋根
 セットバック無 365 セットバック有 sf 差大(sf*) 一層分程度 136	 f 115 ss 25

表5 屋上への人の立入りの可否

可	不可
 階段室 ベントハウス 手すり 上階 外部階段 勾配屋根 352 289	 手すり無 勾配屋根

表6 除外する屋上要素と除外方法

1000mm オフセット	600mm オフセット
 設備機器 電波塔 看板 ネット ベントハウス (窓縁から)	 看板 ネット ベントハウス (窓縁から)

表4註) 勾配屋根は、ポーチ屋根を含む。勾配屋根と陸屋根の組み合わせは傾斜部分が15°以上の緑化不可の建物しかみられなかったためfに含める。表5註) 緑化可能な屋上面を複数持つ建物の場合人の立入り可能な屋上面が1以上あれば、立入り可能建築としてカウントした。表2～5註) 右下の数字は、該当屋上緑化可能建築数を示す。

Extraction and composition of potential building for rooftop greening

Composition of Green space through the Arrangement of potential building for rooftop greening in high density city(1)

MIYAZAKI Ayako, et al.

化のみ可能な建築の2種類を抽出する⁵⁾ (表1)。

3-2. 緑化可能建築の抽出と分類

全建築数1134件から緑化する上での制約条件⁶⁾の検討により緑化不可建築を除外し、建築構造、屋根形状、階数等分析項目に従って全641資料を抽出した(図4)。これは、ほぼ半数の既存建物が緑化可能と言える。以下に各項目の検討結果を示す。まず、1981年に改正された建築基準法の耐震基準に満たさない既存不適格建物が存在しているため、それ以前に竣工した建物は除外した⁷⁾。RC・SRC・重量鉄骨造(hs:429/641)の場合、低木・薄層緑化共に可能であり、軽量鉄骨造(ls:61/641)・木造(w:151/641)については薄層緑化のみ可能とした(表2)。低木緑化は11階未満の建物で施工可能であることから⁸⁾、1～3階(L:363/641)、4～10階(M:266/641)、11階以上(H:12/641)で整理し(表3)、11階以上は薄層緑化のみ可能とした。次に屋根形状では、陸屋根は低木及び薄層とも緑化可能であるが、屋根勾配15°程度までであれば構造的・安全面的に薄層緑化は可能なため⁹⁾、勾配15°以上を除外した¹⁰⁾。そこで緑化可能な屋根形状を整理すると、セットバックの有無に応じて4種が得られ(表4)陸屋根が最も多く(f:365/641)、住居系地域を含むため斜線制限に対応したセットバックの陸屋根が次に多くみられた(sf:136/641)。低木緑化を適用した場合、人によるメンテナンスが必要となる。従って、外部階段などの屋上までの動線があり手すり等が設けられ、人の立入りが可能な建物のみ低木緑化可能として抽出した(表5:352/641)。

3-3. 緑化可能建築における緑化不可領域の除外

屋上には、設備機器や看板など様々な要素が存在し、それらと緩衝部分を含めた緑化不可領域がある(表6)。それを除外し、屋上緑化可能建築を確定した。その結果、総計でおよそ4.98haの緑化可能面積を算定することができ、23.12haの敷地面積に対し約20%を占める。

3-4. 対象地域における緑化可能建築の構成

前節で抽出された緑化可能建築を、建物構造、屋根形状、建物階数および人の立入りの可否に応じて、緑化方法を分析することから大枠あ～かの6種、全部で16の屋上緑化可能建築構成タイプを見出した(表7)。

註 1) 大都市における屋上緑化の有効性に関する研究：都市防災美化協会／編 2004.7では、とりわけ高密度な都市の緑地には、こうした環境改善のみならず様々な効果が期待できるが、面的に連なることから効果を指摘している。2) このような街区構成はしばしばガウラン構造と捉えられる。3) 百貨店、店舗、劇場などに加えて住宅、事務所、教室も満たす。4) 芝、セダムなど被覆植物で、屋上面の日照材料劣化軽減等の効果があるとされている。5) 低木緑化可能な建築は、薄層緑化も可能であるためどちらかの適用を想定した。6) 制約条件は、建物条件(設置設備、屋根形状、荷重、防水、給排水設備)、自然環境条件(風、降水量、日照)、管理条件(人の立入りの可否)の3条件とした。このうち、防水や給排水設備は屋上緑化施工に合わせて後施工可能であるため条件から除いている。自然環境条件に関しては、既存研究、泉 岳樹、松山 洋：東京都23区における屋根面積の実態把握と屋上緑化可能面積の推計日本建築学会計画系論文集、第581、83-88、2004年7月より、本対象地域も同等の用途地域構成、建ぺい率であることから日照条件による緑化不可はないと判断した。7) 1980年と2010年の住宅地図を用い、両者を比較することにより判断した。8) および9) 参考文献、事例に学ぶ屋上緑化①、②：日経アーキテクツ／編 10) 屋根勾配は、google earthの3D写真と、ストリートビューと航空写真および現地調査から判断した。

* エネルギーアドバンス
** 茨城大学
*** 茨城大学大学院

表7 屋上緑化可能建築のパターン

街区No.	No.	建物用途	可能面積m ²	構造	階数	屋根形状	人の立入りの可否	緑化方法	代表するパタ
2	11	戸建て	8.87	hs	L(3)	f	○	■	あ-1' 58
23	250	集住	48.19	hs	L(3)	f	○	■	あ-1' 141
31	399	集住	207.58	hs	L(3)	f	○	■	あ-2' 17
								他55例	あ-2' 62
41	503	雑居ビル	9.99	hs	M(4)	f	○	■	い-1' 7
52	672	雑居ビル	9.72	hs	M(6)	f	○	■	い-2' 5
16	153	集住	4.96	hs	M(6)	f	○	■	う-1' 53
8	119	雑居ビル	49.40	hs	M(8)	f	○	■	う-1' 31
43	530	集住	75.54	hs	M(8)	f	○	■	う-2' 11
								他136例	う-2' 26
19	201	集住	87.44	hs	L(3)	sf	↑○↓○	■/■	え-1' 114
34	452	公共施設	288.85	hs	L(3)	sf	↑○↓○	■/■	え-2' 25
								他15例	お-1' 18
30	375	オフィス	59.51	hs	M(4)	sf	↑○↓○↓○	■/■/■	お-2' 9
4	57	オフィス	17.15	hs	M(4)	sf	↑○↓○	■/■	か-1' 57
43	525	オフィス	10.14	hs	M(5)	sf	↑○↓○	■/■	か-2' 7
29	360	集住	240.10	hs	M(6)	sf	↑○↓○	■/■	
41	501	集住	90.28	hs	M(7)	sf*	↑○↓○	■/■	
								他57例	
5	75	集住	295.20	hs	H(12)	f	○	□	
8	121	集住	29.31	hs	H(11)	f	○	□	
								他5例	
51	666	雑居ビル	113.67	hs	H(11)	sf	↑○↓○	□/■	
6	83	雑居ビル	76.69	hs	H(12)	sf*	↑○↓○	□/■	
								他3例	
7	92	不明	28.20	hs	L(2)	f	×	□	
21	233	集住	70.09	hs	L(2)	f	×	□	
29	352	オフィス	112.94	hs	L(3)	f	×	□	
49	618	オフィス	14.99	hs	L(3)	f	×	□	
								他48例	
33	440	雑居ビル	23.00	hs	M(4)	f	×	□	
50	636	雑居ビル	46.04	hs	M(4)	f	×	□	
2	10	オフィス	45.47	hs	M(5)	f	×	□	
								他28例	
9	124	オフィス	125.69	hs	L(3)	sf	↑×↓○	□/■	
11	136	集住	107.74	hs	L(3)	sf	↑×↓○	□/■	
								他9例	
3	42	集住	124.09	hs	M(4)	sf		□/■	
25	271	雑居ビル	92.38	hs	M(5)	sf	↑×↓○	□/■	
3	42	集住	124.09	hs	M(4)	sf	↑×↓○	□/■	
33	443	雑居ビル	37.26	hs	M(6)	sf	↑×↓○	□/■	
								他22例	
33	435	公共施設	564.72	hs	L(2)	s	×	□	
6	89	戸建て	73.55	ls	L(2)	s	×	□	
1	7	戸建て	17.88	w	L(2)	s	×	□	
2	21	集住	22.01	w	L(2)	s	×	□	
16	155	オフィス	43.24	w	L(2)	s	×	□	
17	181	集住	211.29	ls	L(3)	s	×	□	
								他108例	
23	246	集住	45.69	w	L(2)	ss	↑×↓×	□/□	
46	579	戸建て	59.36	w	L(2)	ss	↑×↓×	□/□	
19	213	集住	39.82	w	L(2)	ss	↑×↓×	□/□	
21	234	集住	28.40	w	L(2)	ss	↑×↓×	□/□	
26	280	オフィス	65.78	w	L(2)	ss	↑×↓×	□/□	
								他20例	
31	396	オフィス	14.26	w	L(2)	f	○	□	
31	413	オフィス	17.80	w	L(2)	f	○	□	
38	488	オフィス	5.12	w	L(2)	f	○	□	
46	583	オフィス	4.63	w	L(2)	f	○	□	
								他14例	
4	64	戸建て	16.51	ls	L(3)	sf	↑×↓○	□/□	
7	109	戸建て	17.94	ls	L(3)	sf	↑×↓○	□/□	
31	420	オフィス	4556	ls	L(3)	sf	↑×↓○	□/□	
								他4例	
31	398	不明	4.19	ls	L(1)	f	×	□	
33	436	公共施設	74.64	ls	L(2)	f	×	□	
2	16	戸建て	40.46	w	L(2)	f	×	□	
45	558	オフィス	17.25	w	L(2)	f	×	□	
45	563	戸建て	9.93	w	L(2)	f	×	□	
								他51例	
19	197	戸建て	35.28	w	L(2)	sf	↑×↓×	□/□	
16	163	戸建て	52.10	w	L(2)	sf	↑×↓×	□/□	
28	337	戸建て	12.20	ls	L(3)	sf	↑×↓×	□/□	
								他4例	

表註) 表中の記号は表1～6に準じ、右下の数字は該当可能建築数を示す。↑など矢印記号は該当屋上面を示し、↑×↓○であれば最上階が立入り不可、下階は立入り可を示す。また緑化方法は、例え□/■であれば最上階が薄層緑化のみ可能、下階が低木および薄層緑化可能であることを示す。

* Energy advance CO.,LTD.
** Assoc. prof., Ibaraki Univ., Dr. Eng.
*** Graduate school, Ibaraki Univ.

屋上緑化可能建築の分布と空中緑地の構成

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 (2)

屋上緑化 緑化可能建築 配置
空中緑地 街区群 俯瞰景観

正会員 ○ 宮崎 文子 *
同 寺内 美紀子 **
同 千葉 友紀 ***

1. 序

本編では、前編で見出した構成タイプの特性を捉え、また分布をみることで、幹線道路に囲まれた高密度都市特有の構成を持つ街区群における屋上緑化可能建築の傾向と特徴を考察する。また、人の立入りの可否による緑化可能建築の断面配置をみることにより、空中緑地の構成を明らかにすることを目的とする。

2. 緑化方法からみた屋上緑化可能建築の構成

2-1. 低木および薄層緑化可能建築の構成

全ての緑化可能建築のうち 320 資料が該当する低木及び薄層緑化可能建築 (図 1 緑化方法: ■、■/■、□/■) のうち最も多くみられたあ-1'は RC 造で人の立入り可能な陸屋根で、4~8 層の中層程度の構成である (141/641)。次いで多くみられたのが同じく中層でセットバックした陸屋根で、すべての屋上に立入りが可能なあ-2' (62/641) と低層の陸屋根で立入り可能なもの (あ-1: 58/641) であった。最上階は立入り不可であるが、下層階の屋上に立入り可能な構成 (う-2': 26/641)、(い-2: 5/641) もみられた。

2-2. 薄層緑化のみ緑化可能建築の構成

全緑化可能建築のうち 321 資料が該当する薄層緑化可能建築で最も多くみられた構成は、え-1 で戸建て住宅や集合住宅を中心に勾配屋根の低層で木造のものが多くみられた (114/641)。次に低層で人の立入り不可のもので RC 造であるう-1 (53/641) とそれ以外の構造であるか-1 (57/641) がみられた。以上より、緑化可能建築の構成として低木及び薄層緑化可能建築として 7 タイプ、薄層のみ緑化可能建築として 9 タイプを見出した (図 1)。

2-3. 緑化方法からみた構成タイプの分布

低木及び薄層緑化可能建築の分布についてみると、広幅員の道路に面しているものが多い。例えば、靖国通り側はそれに面する 1 列めに集中し、新宿通り側では、内側の比較的広幅員の道路との間に集中している。中でも、低層の構成タイプであるあ-1 とあ-2 は、内側に分散してみられる。また薄層緑化可能建築の分布をみると、街区群の外周や広幅員の道路に面するものは少なく、主に引き込み道路に面するため各街区群の内側に分布している。

3. 構成タイプの配置からみた空中緑地の構成

3-1. シナリオ別にみる空中緑地の構成

既存建物を実際に緑化する場合、より誘導し易いのはメンテナンスが可能となる立入りできるタイプであると考えられる。前編で見出された緑化可能の建築タイプは、①立入り可能で低木・薄層緑化が可能タイプ (あ-1、あ-1'、あ-2、あ-2'、い-2、う-2、う-2') と②立入り可能で薄層緑化のみ可能タイプ (い-1、お-1、お-2) と③立入りできない薄層緑化のみ可能タイプ (う-1、う-1'、え-1、え-2、か-1、か-2) の 3 種に整理出来た。そこで空中緑地には①と②の組合せの立入り可能な集合 (シナリオ 1) と全ての集合 (シナリオ 2) の 2 種が想定できる (表 1)。

表 1 空中緑地のシナリオの検討

	人の立入り可	人の立入り不可
低木 + 薄層	あ-1、あ-1' い-2*、 あ-2、あ-2' う-2*、う-2'	シナリオ 2
薄層のみ	い-1、 お-1、お-2 シナリオ 1	う-1、う-1' か-1、か-2 え-1、え-2

表註) *: □/■ で最上階薄層、下階は低木可

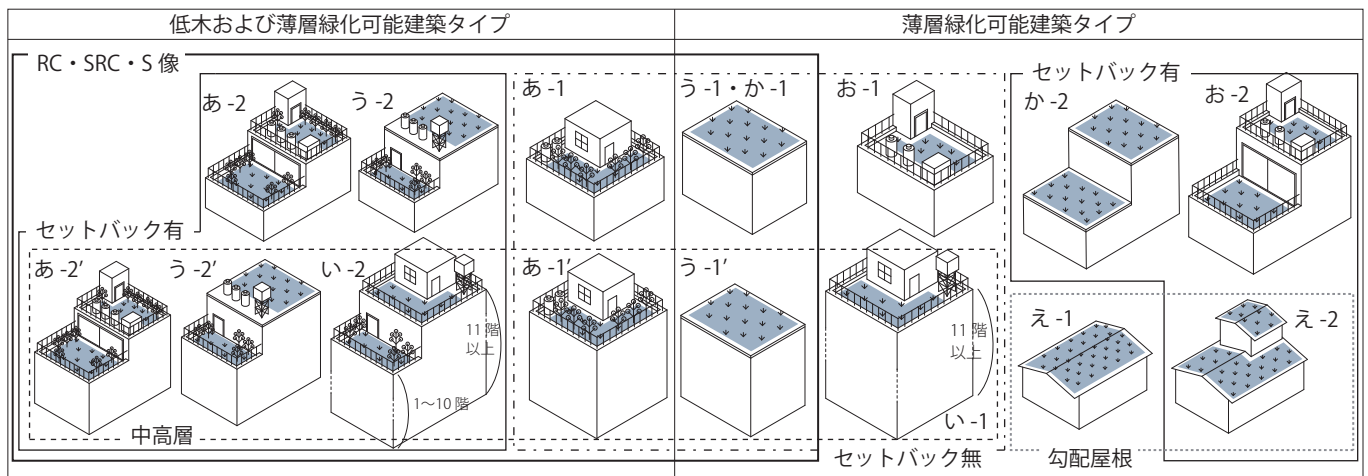


図 1 緑化方法からみた緑化可能建築の構成タイプ

Extraction and composition of potential building for rooftop greening
Composition of Green space through the Arrangement of potential building for rooftop greening in high density city(1)

MIYAZAKI Ayako, et al.

3-2. 人の立入り可能な緑化可能建築タイプによる空中緑地の構成（シナリオ1）

対象地域の東西、南北で任意の軸線を取り構成タイプの並び方をみることからシナリオ別の空中緑地の構成について考察を行う。東西方向 **A-A'** 断面でみると、**あ-1'** が東側の高層部分に多くみられ、内側に向かうと **う-2'**、**あ-2'** といった中層のセットバックの屋根形状タイプが多くみられた。中央部は、低層の **あ-1**、**お-1** が点在してみられた。西側端部の道路沿いに中層の **あ-1'** や **あ-2'** が多くみられ、東側の高層および中層建物から中心にかけて低木から薄層緑化へ連続的に連なる地域がみられるが中央から西側にかけては緑地の連続性はみられない。次に南北方向 **B-B'** では、南側の中高層建物の背後に緑化できない地域が現れ、空中緑地にヴォイドが生じている。対象地域の中央部では中低層のセットバックの屋根形状をもつ **あ-2** や **あ-2'** が多く、高さの異なる立体的な緑地が想定可能である。しかし中央部から北側にかけてはほぼ緑地はみられなかった。以上シナリオ1では、東南部で種類が豊富かつ立体的な屋上緑化の連続をもつ空中緑地の構成を想定できると考えられる。

3-3. 全緑化可能建築の構成タイプの配置からみた空中緑地の構成（シナリオ2）

東西、南北方向共に、中央から北、西側の低層部において点的に薄層緑化がみられ、緩やかに連なった空中緑地の構成を持つ。そのため、いわゆる俯瞰景観¹⁾の一種と捉えられ、西側と北側の中高層から対象地域の空中緑地をみた際、より広範囲な空中緑地の連なりを想定できる。

4. 結

本研究は、東京都心部の幹線道路に囲まれた52街区を対象に屋上緑化可能建築641件を抽出し、屋上緑化した場合の構成的特徴を見出し、さらにこうした緑化可能建築の配置から空中緑地の構成について考察を行った。路線商業とその背後という高密度都市の街区構成に空中緑地は影響されるため、街区群の内側には屋上緑化が入りにくいが、外周側に連続的に緑化可能な部分があることを指摘でき、幹線街路沿いに建つ高層の建物から街区群の内側に向けて有効な俯瞰景観の存在を示唆するものと考えられる。以上の結果は、今後高密度都市において緑化を利用した景観行政や都市計画を行う際に、有効的な知見になり得ると考えられる。

註 1) 参考文献 a) では、屋上からの景観を俯瞰景観、街路からの景観を街路景観としており、本研究では低層で低木が可能な構成が少なかったため、街路空間は期待できず、俯瞰景観を検討していく必要がある。
参考文献 a) 大都市における屋上緑化の有効性に関する研究：都市防災文化協会／編 2004.7



図2 人の立入りからみた緑化可能建築パタンの分布

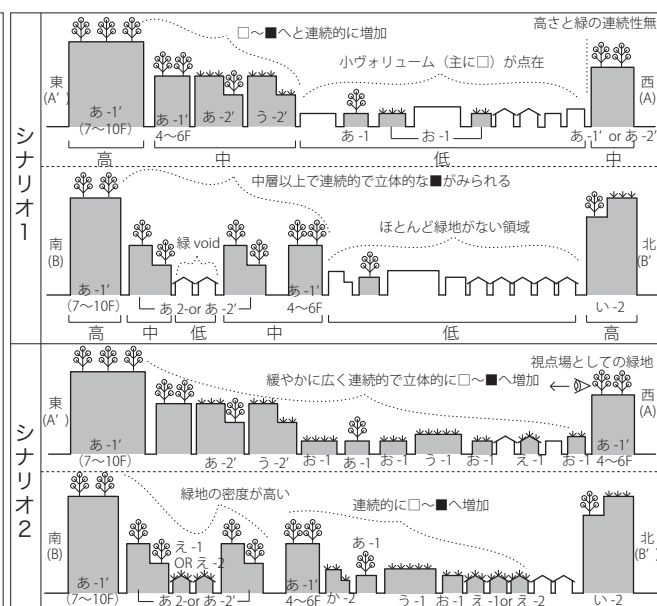


図3 シナリオ別屋上緑化可能建築の空中緑地の構成

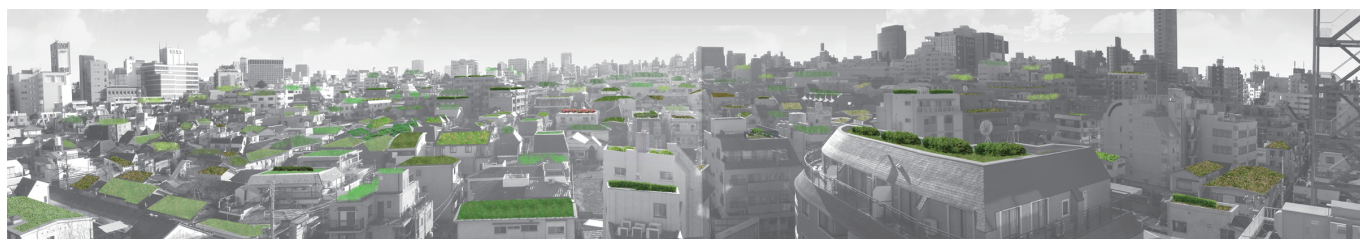


図4 空中緑地俯瞰パース

* エネルギーアドバンス
** 茨城大学
*** 茨城大学大学院

* Energy advance CO.,LTD.
** Assoc. prof., Ibaraki Univ., Dr. Eng.
*** Graduate school, Ibaraki Univ.

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考え。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。

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

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。

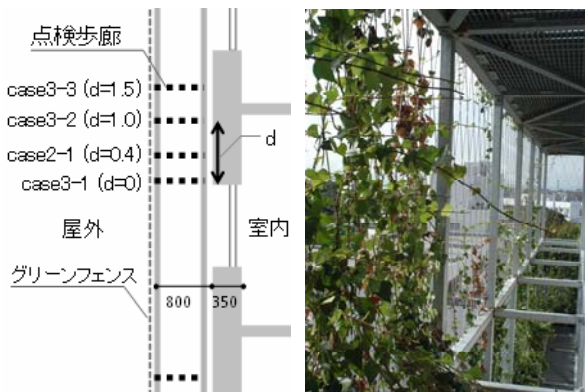


図1 点検歩廊の模式図および外観

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=1.0)				
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

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。

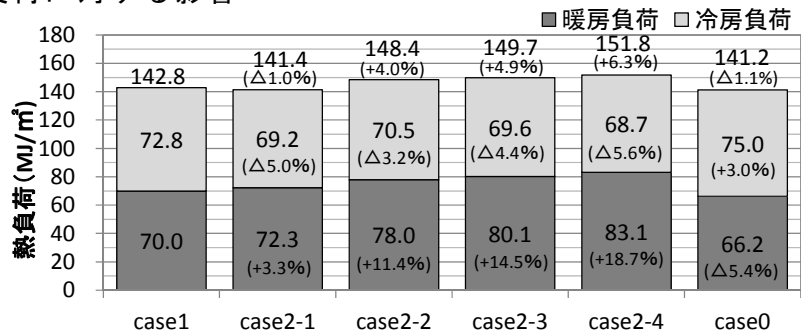


図2 各ケースにおける年間熱負荷と増加率(対 case1)

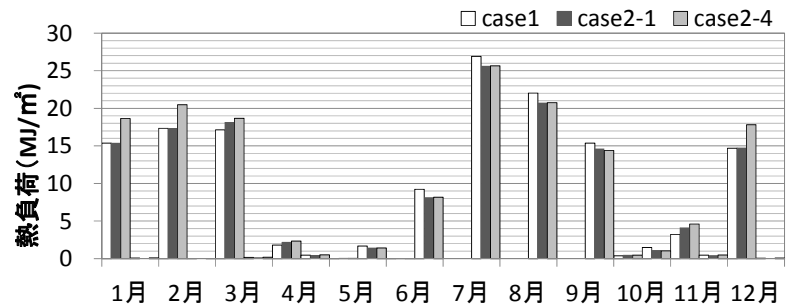
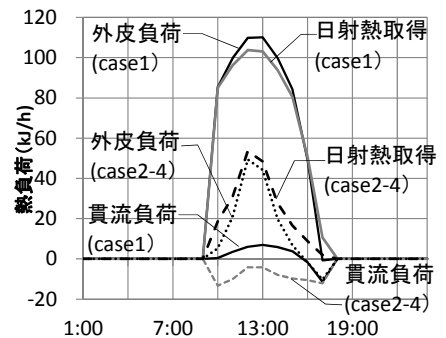


図3 対象室における各月の熱負荷(積算値)

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)

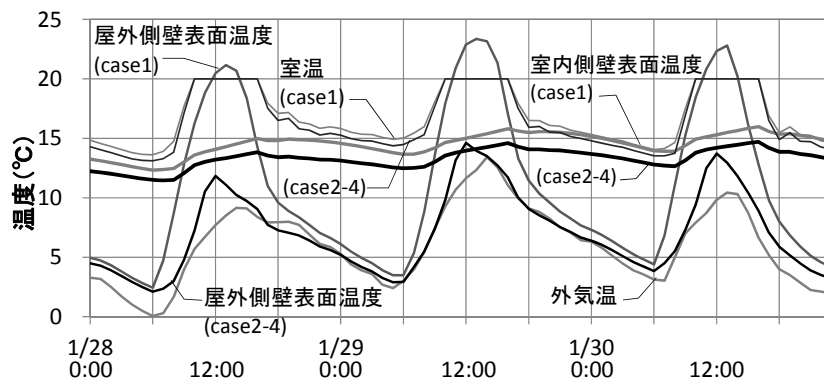
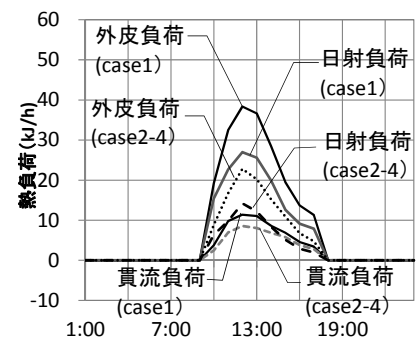


図4 冬期晴天日における温度変化



(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。

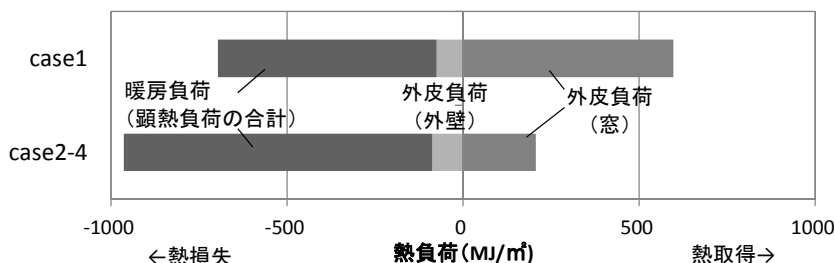


図 6 冬期(1月28日)の熱負荷(積算値)

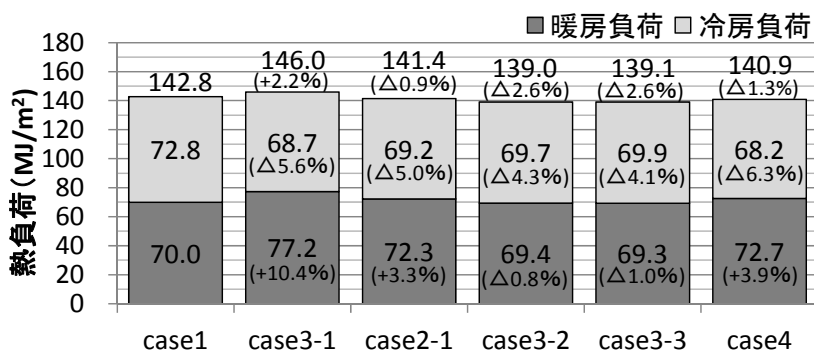


図 7 点検歩廊の高さ変化および西面に追加した場合の年間熱負荷と増加率（対 case1）

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

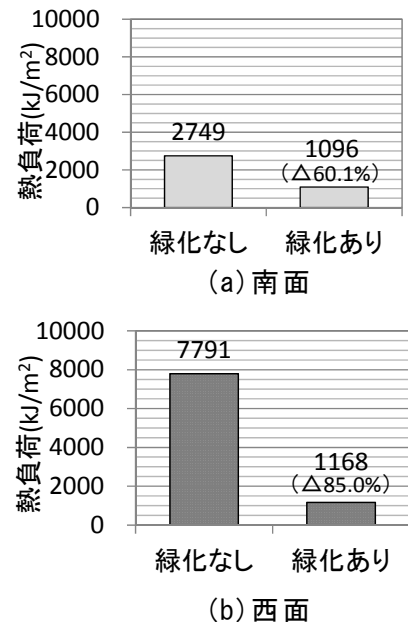


図8 南面および西面の
日射負荷と増加率(対 case1)
(7月29日の積算値、緑被率50%)

植物工場にかかわる諸問題と研究開発の現状

丸尾 達千葉大学 大学院園芸学研究科

要旨

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。

1. はじめに

現在「植物工場」という言葉はほぼ一般化したものと思われるが、定義が明確でないため、使用場面や個人により「植物工場」のとらえ方は異なることも多い。

比較的最近まで、植物工場といえば、主として、人工光のみを光源にして閉鎖空間で作物を効率的かつ安全・計画的に栽培する植物生産システムを意味していた。それが、近年従来とは異なる意味で使われるようになった。狭義の植物工場（人工光型植物工場）に太陽光型植物工場（太陽光・人工光併用型植物工場も含む）を加えるようになったのである。

それに伴い、植物工場の定義が若干広くなり、「高度に環境制御した条件下で栽培することにより、栽培環境や生育のモニタリングと生育予測を実施して、計画的・安定的に作物を生産する施設」となった。ほぼ周年的に計画生産・計画出荷出来る栽培施設と言うことになる。



図1 太陽光型植物工場（トマト1段密植栽培）



図2 完全人工光型植物工場（レタス10段栽培）

太陽光型植物工場は、従来型の施設園芸施設との区別が困難な場合があるが、施設をほぼ周年的に利用すること、高度な環境制御技術により生育予測等を行うと同時に安定生産、計画生産を実現出来ることが前提条件になっている。

他方の人工光型植物工場の特徴は、蛍光灯やLEDなどの人工光光源のみを用い、完全閉鎖型栽培システムで、極めて限定的な換気条件のもとで栽培されることである。外乱が少ないため環境制御性が高いことと、換気率が極めて小さく、病害虫リスクが低いので完全無農薬栽培が可能なことや、CO₂や水の利用効率が極めて高いこと等の特徴がある。しかし、今のところ、栽培作物は比較的草丈が小さいレタスなどの葉菜類や、野菜などの苗に限定されている。

人工光型植物工場も、その概念はそれほど新しいものではなく、1985年に開催された科学万博（つくば'85）には、1株に1万個以上の実をつけた水気耕栽培（商品名ハイポニカ）のトマトと同様にはじめて植物工場が話題になっている。この人工光型植物工場は、民間主導で研究開発が進み、極めて応用的側面から発展している。つまり、光源やHP等の効率化が、産業化の前提条件であり、エネルギー

ギー価格や人件費などと密接に関連し、経済的・経営的側面が大きい分野でもある。

本稿では、植物工場にかかわる諸問題と研究開発の現状と新たな展開について、太陽光型植物工場と人工光型植物工場に分けて概観する。

2. 植物工場発展の背景

これまでも農業生産者は安定生産・計画生産をめざして来たと思われるが、数年周期で価格の暴落がある一方で、数年に一度の高騰があり、それで帳尻を合わせていたところがある。しかしながら、近年は安値安定の基調にある。

これには種々の原因があろうかと思うが、流通や消費構造が大きく変化し、街の八百屋さんが巨大な量販店チェーンに置き換わると同時に、個食が増加し、外食・中食の比率が極めて高まったこと。また、加工・生鮮品が海外から輸入されるようになったこと。野菜の消費自体が低迷していることなどが挙げられるだろう。

外食・中食向けの野菜は、「食品工場」で加工されることが多いが、それらの食品「工場」では、質・量の安定確保が極めて重要な要素になると同時に、菌密度や異物混入に対しても高い品質が求められる。これらの解決策として、産業界が「植物工場」に期待するところが多い。既に、一部の実需者は、農業人口の急速な高齢化、減少に伴う危機感から 5～10 年先の需給を考え、植物工場も含めた野菜生産に自ら関わるようになってきている。この動きはますます加速するものと思われ、生産側も真剣に考えていくことが必要不可欠である。

これまで、「植物工場」産の野菜は、高品質であるが、生産コストが高く、高価格で、一部のデパートや高級スーパーでの販売に限定されていた。しかしながら、そのマーケットサイズは限定され、植物工場の数が増加し、生産量が増えれば、価格は低迷する。生産コストの縮減程度に依存するが、業務・加工仕向けの野菜の一部が、植物工場産のものに置き換われば、生産・流通・加工のそれぞれの分野で極めて大きな変革が起こるはずである。

3. 植物工場共通要素の研究開発

1) 養液栽培技術

植物工場での栽培方法は、基本的に養液栽培である。これは、地下部環境の制御性や病害や連作障害の回避、作替えの容易さ等の特性によるものである。我が国の養液栽培技術は世界的にも極めて高く、多数の作物に対して種々の研究実績がある。



図3 ハイドロポニックファーム
(昭和 21 年東京都調布市)



図4 育成中のリーフレタス品種
(オランダ、ライクズワーン社)

我が国の養液栽培技術の発展に大きな影響を与えたのが、昭和 21 年に設置されたハイドロポニックファームである。同施設は、駐留米軍に「清浄野菜」を供給するために、調布市（東京都：22ha、2ha のガラス温室も含む）と大津（滋賀県）に建設された「礫耕野菜生産施設」である。

そこでは、サラダ野菜の「安全・安心」生産を目的に、レタス（結球レタス・サラダナ）の他、セルリー、キュウリなどが栽培され、世界に先駆けて養液栽培野菜生産を行ったが、このプロジェクトに関わった多くの研究者、技術者が我が国の養液栽培・施設栽培の発展に大きく寄与した。我が国には、良質の水が豊富にあり、このことも養液栽培の発展に好都合であった。

しかしながら、より栽培環境が好適になり、生育速度が速く、規模も大きい植物工場では、従来以上に高いレベルの養液栽培技術が求められるようになってきている。具体的には、安定栽培や生育制御に強く関係する栽培システムの開発や培養液制御技術、培養液殺菌システムなどについて、より高い精度の管理により、良品率や生産量の向上が期待されている。

2) 専用品種育成、種子精選・種子処理技術

現状では、植物工場専用品種はほとんど開発されていないのが現状である。最も栽培面積が多いレタス類については、主としてリーフタイプのレタス品種が栽培されているが、大半は外国の種苗会社で育成された土耕栽培用品種の中で養液栽培や植物工場の栽培に向くものが選定されている。

一方、太陽光型植物工場ではオランダ等で育成された高収量タイプの品種を栽培することも多いが、我が国気象条件に適合し、我が国のマーケットに求められる品質を有する国産品種の育成が強く望まれている。また、トマト低段密植等独自の栽培システムに適合する品種／品種群の育成が求められている。低段密植栽培では、1作当たりの栽培期間が3ヶ月程度であるので、年1作型のハイワイヤー栽培とは異なり季節に応じて品種を変更することが可能なので、外観品質が同じで環境反応が異なる夏用品種、冬用品種等の専用品種群の育成が可能であれば、生産が容易になり、高収量生産が期待できる。また、単位面積当たりの作付け本数が多いので、ある程度の普及があれば、種苗会社にとっても育成する方向性が出てくると思われる。

いずれの作物でも、安定した栽培には、必要とする抵抗性等を有する植物工場／養液栽培専用品種の戦略的な開発が重要になる。また、加工用など用途に対応した新たな品種開発・販売戦略が経営的には重要になる。

しかしながら、養液栽培、特に人工光型植物工場はその施設数、栽培面積が少なく、種子のマーケットサイズ自体も小さいので、専用品種を育種する種苗会社はほとんどみられない。現状では品種の選択肢も限定され、面積の拡大の足かせになっているが、「栽培面積が少ないので育種が進まない」し、「栽培が容易で生育速度が高く、生理障害のリスクが少ない品種がないので、面積を拡大しにくい」というジレンマを何とかして解消する必要がある。

3) 環境制御技術

植物工場は、上述のように「高度に環境制御した条件下で栽培する」ことが前提条件である。しかしながら、積極的に植物工場用の高度環境制御システムの開発・製造・販売を行っている国内企業は殆どないのが現状である。施設園芸／植物工場のマーケットサイズが大きくないなか、1ha以上の大型太陽光型植物工場ではオランダのシステム（PRIVA社等）の導入が基本になっている。オランダのシステムは北緯50度の地域用に開発したものであるため、我が国など東アジア地域用システムの開発が望まれるところである。オランダの環境制御システムは、複合環境制御から統合環境制御のレベルに進化している。統合環境制御とは、作物生理に適合することを前提に、温度・湿度・光・CO₂濃度を経済的に最適化する技術である。例えば、多くの作物では生育は積算気温に依存しており、夜温は毎日一定である必要はなく、5～7日程度の平均気温がより重要になる。また、外気温は数日単位で変動するのが一般的である。そこで、統合環境制御システムでは、低温日には設定夜温を低くし、代わりに温暖日に高めて平均気温を一定にして、投入エネルギーを減少させてコスト削減を達成する。

このように、今後は、天気予報システムや市況とも連動させたよりダイナミックな統合環境システムをアジア地域向けに研究・開発することが求められている。

4) 各種自動化・省力化技術

植物工場では、コストを削減し、生産性を向上することが重要な要素となるため、各種自動化機器や装置の開発も重要であり、オランダの大規模施設ではこの種の機器の導入が進んでいる。しかし、

植物工場には新たな雇用の創出も期待されていることから、直ちに完全自動化の方向を探るだけでなく、重労働を軽減するアシスト系の自動化機器および作業補助機器の研究・開発が求められている。

一般に人工光型植物工場は、太陽光型植物工場に比べ規模が小さく、生産量も少ないが、小型自動化機器の開発を行うことで、同タイプの植物工場におけるコストを大幅に縮減することが可能である。

5) エネルギー関連技術

いずれのタイプの植物工場も植物工場にはエネルギーの投入が不可欠である。エネルギーは人工光、温度制御（暖房・冷房）、湿度制御（除湿・加湿）や各種機器の運転に使用するとともに、場合によっては CO_2 の投入にも強く関係する。それらのエネルギーを個別に制御するのではなく統合的に制御することが、エネルギー使用量の低減とコスト縮減に大きく寄与する。

オランダでは、天然ガスの利用が広く進み、CHP システムなどコジェネやトリジェネシステムが普及し、補光システムの電力供給をサポートしている。さらに、地下帯水層を利用した長期的蓄放熱システムを活用した反閉鎖型温室（Semi Closed Type Greenhouse）の研究開発も急速に進んでいる。これは、エネルギーの効率的利用や高濃度 CO_2 の積極的活用が主たる目的である。



図6 CHP システム (Combined Heat and Power)



図7 CHP システムと組合せ使用する温湯タンク

6) 栽培管理技術

オランダでは、作物生理に基づく環境制御、栽培管理の重要性が重要視され、基礎研究と応用的な栽培技術の研究の連携が良好である。

これには、環境制御技術の向上と各種データの記録・蓄積が重要である。つまり、勘と経験に基づく旧来の栽培管理技術から、科学的データ、過去の栽培データに基づく合理的栽培管理への移行することが重要である。例えば、トマトハイワイヤー栽培では、光強度に応じた LAI 管理体系が確立しており、時期別に摘葉や側枝の積極的活用技術が一般化し、高収量の達成に大きく貢献した。

4. 太陽光型植物工場に関する研究開発

1) 対象作物、求められる品種特性等

基本的に太陽光型植物工場では、全ての作物が栽培対象になるが、比較的草丈が大きい作物や果菜類、無農薬や異物混入により付加価値が高くない作物がその対象になりやすい。環境制御のレベルが人工光型植物工場と比べると不十分であるのと病虫害リスクが相対的に高くなるので、栽培品種には、環境適応性、病虫害抵抗性が求められる。

また、栽培システムによっても求められる品種は異なるが、植物工場では安定生産、多収生産が重要であることから、それらにつながる品種が求められる。例えば、長期多段栽培のハイワイヤーシステムには、春夏秋冬全ての季節で十分なパフォーマンスが発揮できる品種が必要である。

2) 施設・設備・栽培システム

太陽光型植物工場では、光が制限要因になることが多いので、光が周年的に好適レベルになるよう

な施設構造やフィルム、カーテン施設がまず重要になる。そのため、基本的に骨材等の陰が少な施設設計が重要であるが、設置場所によっては補光システムや遮光システムが必要になることがある。

また、施設の隙間換気が低い施設を目指すことも重要である。新設した施設の天窗や側窓、カーテン装置を全て閉じた状態でも 1.0 (回/時) 程度の隙間換気が計測されることがある。この隙間換気速度は、CO₂ 利用効率や暖冷房効率に直接影響することから、隙間換気が十分低い施設設計や施工管理技術の研究開発が重要になる。

我が国の暖房システムは、A 重油を用いた温ふん暖房機が 90%以上であるが、今後は LP ガスの利用や高効率ヒートポンプ (LP) の利用も積極的に検討し、研究開発を進めるべきである。

また、高断熱性の被覆資材の開発も省エネや施設の周年利用のためには重要である。

3) 環境制御技術

上述した統合環境制御の早期研究開発が重要である。また、計測データの効率的記録・蓄積・参照システムの開発が効率的安定栽培には必要不可欠である。

特にこれまで我が国の環境制御は温度環境中心に行われてきたが、CO₂ 濃度制御や湿度制御、気流速度の制御にも十分な配慮が必要である。また、施設の周年利用を考えるのであれば、潜熱を利用した細霧冷房システムや HP 利用についても積極的に研究開発を進める必要がある。

4) 多収化技術

太陽光型植物工場では、多収化して生産性を向上させ、収量当たりの生産コストを低減させることが、安定生産と同時に重要になる。そのためには、環境制御技術の高度化により栽培環境を好適化して多収化することが重要であるが、多収品種の育成や合理的な栽培管理技術の確立も不可欠である。

多収品種の育成は、一朝一夕の実現は困難であることから、低段密植栽培を活用した栽培システムに、複数の品種群を組み合わせる栽培する方法の方が時間的には有利であるかもしれない。さらには、病害虫リスクを合理的に管理する IPM 技術の研究開発も重要である。そのためには、欧米並みの天敵利用システムの早期確立が望まれるところである。

5. 人工光型植物工場に関する研究開発

1) 対象作物、求められる品種特性等

人工光型植物工場では、これまでリーフレタスなど生食用の葉菜類が栽培されることが多かった。求められるのは、生育速度が高く栽培期間が短いこと、光合成機関が収穫対象でそのまま販売対象であること、無農薬や異物混入リスクの低いことが販売上大きな利点になることなどが挙げられる。また、生育速度を高めてもチップバーン等の生理障害のリスクを低く制御すること可能で、歩止まりが高いことも極めて重要である。チップバーン等の発生リスクは種々のストレスが少ない人工光型植物工場では一段と高くなりやすいため、生理障害抑制の研究開発は極めて重要である。そのためには、好適品種の選抜・育成、培養液管理技術、光環境制御技術、CO₂ 濃度管理技術、湿度管理技術、気流速度管理技術など多様な技術が必要である。

そのためには専用品種の育成は極めて重要であるが、現状では種苗会社の反応は良くない。しかしながら、レタスに限っては、固定種であること、自殖性が極めて高いことなどを考えると、専用品種の育成はそれほど困難ではないと思われる。

また、最近では生食用の生鮮野菜の生産だけでなく、カットレタス生産を前提とした結球レタス生産や国産の完全無農薬の野菜ペーストの生産、医薬品材料 (遺伝子組み替えによる医薬品材料) の生産などの事例も見られ、人工光型植物工場の用途が広がっており、それに伴い適地条件も変化している。

2) 人工光型植物工場産野菜に求められる要素

人工光型植物工場で生産される野菜に求められるのは、4 定 (定時・定量・定価格・定品質) と、安定生産、周年生産、高い鮮度、完全無農薬、異物混入リスクの制御などである。

3.11 以降は塩害や放射性物質による汚染を気にすることなく生産が可能なシステムとして、また、雇用を創出し生活の場を提供する施設としての植物工場も注目されている。

3) 施設・設備・栽培システム

人工光型植物工場は、十分断熱した光を通さない壁に覆われた施設内に照明システムや空調システム、養液栽培システムを設置して栽培する。それぞれの機能や効率も重要であるが、最も重要なことはバランスのよい施設・設備の設計配置である。既存の施設を見ると、過剰な HP など設計が不十分であるものが多い。

また、人工光型植物工場は無農薬を前提にすることが多いことから、害虫の侵入を完全に防止するシステムが重要になる。この場合の害虫とは農業害虫だけでなく、衛生害虫や不快害虫など異物となるものは全て該当することから厳重な管理が必要である。単純なエアシャワー等だけでは不十分であることも少なくないが、ある程度以上の規模の施設では、万が一害虫が侵入することも想定した農薬等によらない害虫駆除システムの研究開発も重要になる。

4) 人工光照明装置、空調設計技術

人工光型植物工場植物工場では、効率的な光源が極めて重要であるが、現状ではまだ蛍光灯が最も経済的に有望な光源であろう。しかしながら、各種 LED などの光源や反射装置の研究開発が国内外で多面的に実施されている。光源により大きく生産効率が変わることから、積極的な研究開発が期待されているが、生産費に占める光熱料費の比率は 25%程度であることが多いことから、光源開発の投資効率はかならずしも高くないのが現状である。

一方空調負荷は主として光源から発生する熱に依存するため HP の効率により適正な出力の計算は容易であるが、立体的な空調設計には高度な設計技術・施工技術が必要である。

6. 千葉大学拠点

千葉大学では、農林水産省・経済産業省のサポートを受けて、植物工場に関わる各種研究開発や実証・展示・研修事業を松戸キャンパスおよび柏の葉キャンパスで積極的に進めている。国内外からの視察・研修者が多く、事業を実施してみて改めて植物工場の意義や今後の可能性を強く感じている。

特に柏の葉キャンパスでは、三井不動産等が進める「柏の葉スマートシティ構想」との連携も強め、都市やコミュニティの中における植物工場の役割・可能性も模索している。

今後、全世界で都市人口が急増し、都市に食料をはじめとする大量の物質やエネルギーが集中するようになることを考えると、植物工場は、ますますのその意義・役割が大きくなるはずである。

つまり、植物工場は都市内で食料生産を極めて効率的に行う施設としてだけでなく、高齢者や障害者等も含めて働く場を提供する施設として、都市から排出される大量の低レベルエネルギーや汚水、残渣などの再利用の場としても極めて有望な施設となり得るのである。

さらに、大地震等の震災時には緊急避難場所として必要とされる特性を多く有しており、この方面の活用も期待されている。また、植物工場の有するアミューズメント機能やアメニティ機能も注目されており、学校や家庭、オフィスや病院・レストランへの導入も既に始まっている。

近年では植物工場と医療・製薬分野との協調が模索され、低カリウムレタスなどの植物工場ならではの製品が開発上市され、医薬分野でも注目され始めている。

参考文献：植物工場にかかわる諸問題と研究開発，ブエインテクノニュース，No.149，1-7，15，JANUARY，2012



図8 TX 柏の葉キャンパス駅近くに立地する農林水産省植物工場千葉大学拠点施設

上海における緑地の現況

伊東伴尾（前：高原建築諮詢有限公司）

要旨

筆者が 18 ヶ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。

1. 自然環境と緑地面積

1) 自然環境

上海市は揚子江河口に位置する沖積平原で、粘土やシルトの多い土壌である。緯度は鹿児島県とほぼ同じで、気候は温暖湿潤気候（中国文献：図 1 亜熱帯性季節風気候）である。年間平均気温 17.1℃（東京 16.3℃）、1 月の平均気温 4.3℃（東京 2.5℃）で、年間降水量 1164.5 mm（東京 1528.8 mm）で、東京より 1～2℃暖かく、降水量が 76%とやや少ない。中国全土からみると、温暖な気温と恵まれた降水量は多様な植物の生育には適した自然環境と言える。

＊（気候参照）（上海）ウィキペディア （東京）気象庁 HP



図 1) 中国気象類型図（○上海）

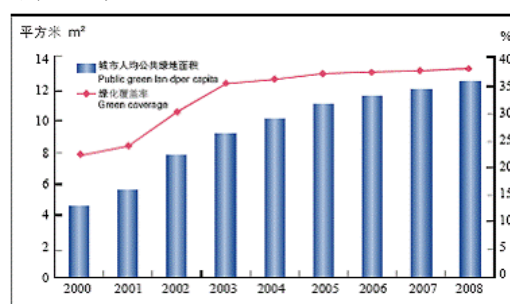


図 2) 上海市の市街地緑地率（赤線）と 1 人当たり

2) 市街地の緑地面積

市街地緑地面積（青棒グラフ）

上海市は 1990 年代以降計画的に緑地の整備を行ない、1980 年代に 6.1%だった市街地緑地率が(図 1)2000 年に 22%、2012 年に 38.2%と増加している。東京区部 2008 年のみどり率は 19.6%なので、東京の約 2 倍の緑地率になる。そして、2012 年の市街地緑地面積は 3.2 万 ha で、1 人当たりの市街地緑地面積(図 2)13.1 m²（2000 年 4.6 m²）である。

＊（参照）上海市及び東京都 HP

2. 造園建設環境

1) 植栽基盤

上海市は揚子江河口の堆積土砂に由来する植栽基盤が多い。それらは、適度な砂分のある土壌もあるが、一般には粘土やシルト分が多い土壌で(写真 1)、1.5m程掘ると地下水位が湧き出る植栽基盤が多い。これらの土壌は排水不良を起こしやすく、乾くと固結し根の発達を阻害する。東京周辺であれば、良質な山土客土や多様な土壌改良材の混合を行い、植穴下部には黒曜石パーライト等での排水層を設置等で、基盤改良を図るところであるが、上海には



写真 1) 上海ディズニー現地土壌

山土も多様な土壌改良材や排水用資材の黒曜石パーライトもない。基盤改良は植穴にピートモス（草炭）、真珠岩パーライト、堆肥等を現場土壌に混入する方法が多いので、排水対策とし

ては不十分なものが多い。

2) 植物材料

上海の樹木の調達には、園林企業が隣接する浙江省や安徽省等や上海郊外の生産者からの直接購入、自社圃場に移植ストックしたものの利用、市内の植木市場業者からの購入等で賄う。

樹木の活着率は根鉢の充実度が重要であるが、中国では根回しの習慣がなく幹径の4倍程度（日本では6倍程度）に小さく掘り取るので（写真2.3）、全体に根量が少ない粗根の状態に移植を行っているため、樹勢不良になることも多い。根鉢を小さくするのは、作業の効率化や移動本数を多くできる等の経済的要因によるようである。加えて圃場での移植作業は、技能が充分でない農民工が行うことが多いので、根に損傷を与えることも多い。また、圃場は地下水位が高いことや作業を軽減するために、根鉢の上部を地表から出したまま仮植していることが多い（写真3.4）。このため、根鉢は乾燥しやすい上、上部の根系の発達が阻害されている。

また、幹の太さでの樹木取引習慣や圃場での植栽本数を増やすために、圃場植栽は密植されることが多いので下枝が枯れて（写真5）樹形不良となるものが多い。また、剪定技能を持たない農民工が作業を行うので、樹形の良いものが少ない。



写真2) 市場の樹木



写真3) 園林業者での掘取



写真4) 圃場の高植え



写真5) 下枝枯れ

3) 施工

中国には、紀元前3世紀の秦始皇帝による「上林園」などの皇庭や、その後の官僚や富豪の私家庭園、寺廟庭園、郊外風景園等で中国様式庭園が多く造られてきた。しかし、近年では中華民国建国以降の混乱期は中断し、1990年代に入り経済が発展してから都市開発に伴う都市緑化が急増してきた。施工業者は緑化ブームに乗って起業したもの多く、緑化技術や技能が充分にはない10～15年程の経歴企業が多い。そして、コスト重視の経営、樹形や樹勢の悪い材料、造園技能が不十分な農民工が現場の作業を行う等で、未熟な仕上げや納まりが悪い施工が多い（写真6～9）。枯損率も30%程度と高いようであるが、成長と共に自然樹形が形成されてきている。

*（歴史参照）ランドスケープデザインNo.59 河原武敏「中国庭園の基礎知識」



写真6) シェラトンホテル



写真7) 高級戸建て住宅



写真8) 公園護岸石組



写真9) 四脚鳥居支柱

3. 緑地の現況

3-1. 街路樹

1) 生活圏の街路樹

事務所と住まいの2km程通勤歩道にはすべて街路樹が整備されているので、都市緑地の景観軸や快適さを提供している。使用樹種は、東京では路線毎に変えることが多いが、ここではブラタナス6路線とクスノキ5路線、イチヨウとトウネズミモチ各1路線と樹種の偏りが見られる。また、樹高2.5m程に芽接ぎする「嫁接」仕立が多いので、枝下高が統一されている。

2) 優良街路空間「並木道」

上海市には年数の経過で成長し、大空間の緑で街路を覆う魅力的な街路樹が多い。上海市は2012年からこれらの優良街路空間を「並木道」として、2012年は20本認定し、2015年までに100本認定する計画である。「並木道」の基準は、①木陰の歩道被覆率90%以上、②車道被覆率60%以上、③道路延長500m以上、④並木樹種がほぼ同じである。

その一つの衡山路を見てきた。ここはかつてフランス租界地区だった地区で、歩道には成長して樹高15~16mになったプラタナスが7~8m間隔に植えられて、車道と歩道を緑の大空間で覆い尽くしていた(写真10)。隣接する公園と、異国情緒あるフランス租界地イメージが魅力的な都市空間を形成している。



写真10) 衡山路「並木道」：緑の大空間

3) 道路構造上の東京と上海の違い

上海市には緑量が多く連続的に木陰を構成する街路空間が多いが、東京では緑量が少なく、連続的な木陰になる街路空間は少ない。これは道路構造上の問題があるようだ。中国の国土は広く土地は国有なので、広幅員の歩道を設置しやすい。東京では土地は私有地が多く、高度利用を求められ、歩道幅員を広くとれないところが多い。

概観すると、上海の歩道幅は4m程で樹冠が横に成長するゆとりがあるが(写真12、図3)、東京は2m程度で狭い(写真11、図2)。街路樹は上海も東京も7~8m間隔に1m角程度に設置している。上海では歩道幅が広いので自然樹形で連続した木陰を形成しやすく、剪定もあまりしないので自然形に維持しているところが多い。東京では周辺施設と競合しているので、常に剪定して円筒形や矮小な樹形にすることが多く、連続した木陰を形成しにくい。また、埋設施設工事での根系の切断損傷で樹勢不良になるもある。写真11) 東京の歩道例(2m幅員)

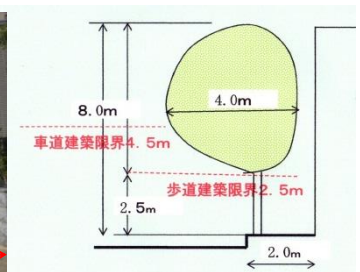


図2) 東京の歩道標準図



写真12) 上海の街路樹



写真13) 上海の歩道例(4m幅員)

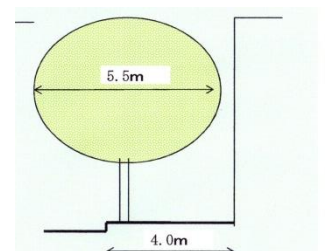


図3) 上海の歩道標準図

日本で魅力的な街路空間を造るためには、歩道隣地と合わせて、幅員4m以上の街路樹の伸びる空間の確保することや、周辺施設に影響のないところでの自然樹形剪定を進めて、緑の大空間を造ることが望まれる。

4) 街路樹の課題

上海市内の街路樹には、植栽基盤が良くないための根系の未発達、支持力が弱い支柱、樹勢不良等で倒木危険の高いものがある。そのため、2012年8月の台風襲来時には、市内全域では3万本の樹木に倒木被害があった(写真14, 15)。日本には樹木医制度や倒木危険度調査方法が確立しているので、樹勢不良の改善や倒木危険度調査が行われているが、中国ではこれらはないので、樹勢不良や倒木危険度のある街路樹が散見される。顕著案を挙げると、異常に傾

斜した幹（写真 16）、樹幹や根元の根元周の 1/3 以上の空洞（写真 17）、幹や枝の大きな樹皮枯れや腐朽、幹に付着した腐朽菌子実体、入り皮のある幹（写真 15）等である。



写真 14) 台風での倒木・写真 15) 入り皮写真・16) 異常な傾き・写真 17) 空洞写真・18) ラムズホーン

3-2. 公園

1) 公園様式

上海市内の緑地は 1980 年代までは緑地率 6.1%で、中国庭園や租界地にできた外国庭園等であったが、現在の緑地率 38.2%の主要な緑地は 1990 年代以降計画的に整備された現在様式の公園である。それらの公園のいくつかを調査したので説明する。

(1) フランス様式（復興公園）

旧フランス租界地内に 1909 年に造られた面積 7.7 h a の公園で、園内は芝生広場、毛氈花壇（写真 19）、バラ園、プラタナス疎林広場、中国庭園（池と太湖石）にゾーニングされている。花が黄色や赤が多くて、色彩感が中国的であるが、パビリオンや大きくなったプラタナス等でフランス庭園のイメージを感じさせる庭園である。*（参照） 公園の案内板



写真 19) 毛氈花壇

(2) イギリス様式（中山公園）

旧共同租界地に 1914 年に造られた面積 20.9ha の公園で、当初は英国人の E. James Hogg 氏所有の庭園だった。公園内には芝生広場（写真 20）、草花な多年草の寄せ植えがある疎林、自然風樹林に流れや池、バラ園等にゾーニングされている。花や多年草の種類も限られ、あしらいが中国的な面もあるが、自然樹林や芝生広場でのガーデンウェディング等にイギリス庭園を感じさせる公園である。*（参照） 公園の案内板



写真 20) 芝生広場

(3) 中国様式（桂林公園）

1031 年に造られた面積 3.5ha の黄金栄氏の別荘庭園である。1931 年に日本軍軍営に使用され、戦争中に戦火で焼失した施設もあったが、戦後復旧や拡張が行なわれて上海市の公園として一般開放された。江南の古典伝統的中国庭園様式で造られている。公園の特徴はキンモクセイ（20 種 1,000 本）を主体とする樹林の中にある、中国様式の休憩施設や広場を周遊しながら利用できることにある。各ゾーンは障景のある壁や門（写真 21, 22）、太湖石洞窟で仕切られ、潜ると別の風景が展開する。園路の途中にある中国様式の建築物（写真 23）、壁、模様敷石、石橋、景石、流護岸、池等が中国庭園の雰囲気を高めている。

*（参照）公園の案内板



写真 21) 障景のある門



写真 22) 漏窓のある壁



写真 23) 中国様式の四阿

(4) 現在様式（新虹橋中心花園）

1990年代以降計画的に造成された公園のほとんどは、日本や欧米に似た現在様式公園である。勤務地近くにあった新虹橋中心花園は、2,000年に開園した面積13haの日本の公園デザインに酷似した現在様式公園である。公園は、滝と池(写真25、26)、カナル、樹林、芝生広場(写真24)、広場等にゾーニングしてあり、それらは自然曲線園路で結び、回遊しながら施設利用できる。上海には山がないので、修景上の起伏は池の掘削で造られている。流れと池は日本庭園様式にしているが、収まりと仕上げ良くない。樹林には、外周林、池際林、ヤシ林、竹林、花木林等の特徴がある。＊(参照) 公園の案内板



写真 24) 芝生と疎林



写真 25) 池とデッキ



写真 26) 滝石組

2) 公園の利用

上海の常住人口は2433万人(2012年)で多くの人は集合住宅に住み、余暇を公園で過ごす人が多い。これらから、日本と公園の利用率を比較すれば上海は相当高いと考えられる。利用方法で最も多いのが、グループでのダンス(写真27)やカラオケ(写真28)と合唱である。移動式音響装置を持ち込み、大音量でダンスやカラオケを楽しむ。それ以外に、将棋、トランプ、釣り、凧揚げ等がある。また、中国的な利用としては、気功(写真29)、鳥籠を持ちより啼鳥を楽しむ(写真30)、結婚式の前撮り等がある。



写真 27) 民族ダンス



写真 28) カラオケ



写真 29) 気功



写真 30) 啼鳥を楽しむ

3-3. 屋上緑化と立体緑化

1) 屋上緑化

中国の屋上緑化は地上の緑化同様に、日本の70年代までの高度成長期に行われていたように、地上の緑地形態を屋上に上げたデザインが多くみられる。基盤土壌は自然土に改良材を混合したもの多く、荷重は0.8~1.3程度と重いものが多い。屋上緑化用資材の開発品も少なく、あるのは排水パネル、不織布、真珠岩パーライト、灌水施設等である。

2) 立体緑化

立体緑化はよく街路や公園で見かけ、壁面緑化仕様が上海万博以降増えている。これらの培地は混合土壌や有機系土壌を使ったものが多く、多くの壁面緑化には自動灌水施設が使われている。

4. 緑地の特徴

1) 使用植物

緑地の特徴は日本の70年代までの緑量拡大期に似ている。主な特徴は①構成樹種数は木本が多く、地被はわずかで季節感や彩り感が少ない。②メタセコイア、ポプラ、ヤナギ、クスノキ等湿地に適した樹種が多く使用されている。③②の樹種、キン



写真 31) 暖色系花壇

モクセイ、サンゴジュ、ベニカナメモチ、トウネズミモチ、サクラ類、モミジ類、ケヤキ、ハナカイドウ、ハナズオウ、等出現率の高い樹種構成が見られる。④中国では赤は縁起が良く、黄色は高貴な色として好まれており、花の色に赤色、オレンジ色、黄色等の暖色系が多く使われている(写真 31)。

2) 構造物

緑地にはある構造物には次のような特徴がある。①中国の偉人の彫像(写真 32)や龍の立体緑化が目立つ位置に置かれる。②ディズニー等のキャラクターフィギュアが置かれる。③あたかもそこに人がいるような彫像(写真 35)が置かれる。④中国庭園ゾーンやその要素になる太湖石(写真 33)や中国式四阿(写真 34)等が置かれる。



写真 32) 偉人の彫像



写真 33) 太湖石護岸



写真 34) 中国式四阿



写真 35) 人物彫像

3) 緑地管理

上海の緑地は剪定や除草ではやや粗雑な面もあるが、比較的良く管理されている。日本でも採り入れたい管理手法に芝生のオーバーシーディングがある。公園や商業施設の目立つ芝生地(パーミュダグラス)に、10月初めに冬芝のオーバーシーディングを行ない、冬期に明るい緑の風景を造りだしている。



写真 36) オーバーシーディング

5. 変わりゆく緑化

日本同様に上海万博や上海ディズニーを契機に量から質への変化が見られる。

1) 公園例(松江区的辰山植物園)

この植物園は、碎石場を自然生態園として改造し、26種のガーデンを有し総面積207haの植物園として2010年5月に開園した。特徴は、①花木や草花や多年草(写真 37)を採り入れ落葉樹を多く使用、②樹種はマグノリアやクスノキ等100種を使用している、③樹形と樹勢の基準を決めて材料検査をしっかりと行い、水位が高いので土壤改良をやり、活着率は98%であったこと④アジアで一番大きい温室(3箇所)があることである。これらから上海は確実に量から質への変化を感じる。*(説明)上海辰山植物園 李明勝氏



写真 37) 草花や多年草

2) 屋上緑化(南京世界屋上緑化大会)

都市緑化機構は、2013年9月に南京で開催された世界屋上緑化大会の日中屋上緑化フォーラムの研究発表に参加すると共に、他の発表や事例を見てきた。日本の緑化技術に比較して不十分な部分もあるが、中国の環境問題対策として屋上緑化を急速にキャッチアップしようとしていることが窺える。

3) 日本の技術指導例

- (1) 川西正氏は1992年に上海園林グループと合弁企業を設立して10年間上海で日本の技術伝承を行い、機械化、剪定、水極め、日本式養生支柱、樹勢回復技術等を伝えた。



写真 38) 日本式支柱



写真 39) 樹木の育成指導

- (2) 高原建築諮詢有限公司は2012年4月から1年間、申迪園林投資建設有限公司の技術顧問として、上海ディズニーの圃場でコンテナ樹木の育成指導(写真 39)を行った。

地表面被覆の違いと発電量の関係性分析

菊池 佐智子(茨城大学 地球変動適応科学研究機関)
奥水 肇(明治大学 農学部)

要旨

2012 年 7 月に明治大学農学部に設置した 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。

1. はじめに

住宅への太陽光パネルの設置が進んでいるのは日本とドイツである(マンフレッド、2013)。ドイツ・ベルリンにおける太陽光パネルと屋上緑化の組み合わせによる長期野外実験では、①設置場所および季節の違いによる発電効率、②年間比較、③インバータの違いによる発電量比較、④パネル設置角および設置場所の違いによる発電量比較、⑤太陽光パネル設置形態の違いによる発電効率比較、⑥日傘型パネルの日射遮断、⑦パネル下の植生変化を検討している(マンフレッド、2013)。そこで、本稿では、菊池ら(2012)のデータを用いて、上記④の視点から、詳細な分析を行い、地表面被覆の違いと発電量の関係を明らかにした。

2. 方法

2-1. データの概要

データは、方位角 0 度(真南)、傾斜角 33.1 度に設定した太陽光パネルのうち、屋上面に太陽光パネルを設置した区(以下、コンクリート区)、芝生緑化を施した屋上面に設置した区(以下、屋上緑化区)の地表面温度とパネル裏面温度、発電電圧・発電量、傾斜面日射量・日射強度を使用した(図 1、表 1 参照)。



図 1 実験区概要

表 1 温度、発電量、傾斜面日射量の測定に使用した機器とその概要 (菊池、2012)

	温度[$^{\circ}\text{C}$]		発電電圧[V]	傾斜面日射量[mV]
	パネル裏面 地表面	実験区		
測定機器	温湿度ロガー (KNラポラトリーズ製超小型温湿度記録計ハイグロクロン温湿度ロガー#1923)	全天候型データ記録装置 (ノースワン機製KADEC21-UHTV)	M-DCデータログセット (安川商事機製ソーラー計測くん:12VKY-REC-12)	日射計 (英弘機機製小型日射計ML-020VM)
				
測定箇所	地表面から高さ31cm (パネル裏面)、13cm(地表面)	—	—	方位角0度、傾斜角33.1度
間隔	10分間隔			

2-2. 解析方法

1) 温度

温度は、専用ソフト Rh Manager を用いて、パソコンに取り込み、Microsoft Excel®上で、日平均温度を算出した。被覆形態別に地表面温度とパネル裏面温度の差を求め、以降の分析に使用した。

2) 発電電圧および発電量

発電電圧は、専用ソフト Voltage Recorder for Windows を用いて、パソコンに取り込んだ。その後、Microsoft Excel®上で、全く発電しなかった 0V、ノイズとして記録された 0.001~0.002V を外し、電流量を乗じて時間発電量(W/h)を求めたあと、1 日ごとに集計した。各種温度との関係性分析には、JICS8919(結晶系太陽電池セル・モジュールの屋外出力測定方法)で規定された日射強度の下限値 800W/m²に準拠し、日射強度が 800W/m²以上のときに発電した発電量を対象とした。

3) 傾斜面日射量および日射強度

傾斜面日射量は、専用ソフト LR5000 用ユーティリティを用いて、パソコンに取り込み、Microsoft Excel®上で式(1)から日射量を日射強度に換算した。

$$I[W/m^2] = \frac{E[\mu V]}{S[\mu V/W \cdot m^{-2}]} \quad (式 1)$$

I : 全天日射強度[W/m²]

E : 出力電圧[μ V]

S : 感度係数[μ V/W · m⁻²]

3. 結果

3-1. 地表面およびパネル裏面温度

対象期間の温度の経日変化を図 2 に示す。

屋上緑化区、コンクリート区とも、地表面温度、パネル裏面温度は、9 月 2 日、23 日、10 月 7 日、19 日に急激な低下が示された。気象観測装置に記録されたこの 4 日間の実験区の気温も、同様の傾向を示したことから、地表面温度、パネル裏面温度は周辺気温の影響を受けたものと判断した。

地表面温度とパネル裏面温度を比較すると、屋上緑化区では、パネル裏面温度が平均 0.039℃低く、コンクリート区では、パネル裏面温度が平均 0.173℃高くなった。そこで、この温度差の検定を行ったところ、有意水準 0.01 のとき、両側 P 値 0.0015 となり、芝生緑化が太陽光パネル裏面温度の上昇抑制が示唆された。

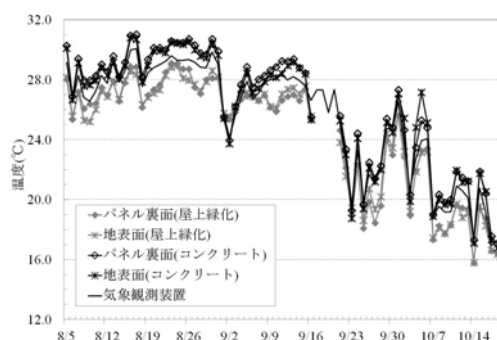


図 2 地表面、パネル裏面温度の経日変化
(9/17~9/20 は温湿度ロガー調整のため欠測値)

3-2. 傾斜面日射量と発電電圧

屋上緑化区、コンクリート区の傾斜面日射量と発電電圧のうち、10 月 1 日の経時変化を図 3 に示す。雲等により、パネルの一部もしくは前面への日射が遮蔽されなかったのは、10 月 1 日のほか、対象期間中 4 日間(8 月 21 日、9 月 10 日、10 月 16 日、10 月 19 日)であった。

屋上緑化区の発電電圧は、7 時 20 分から 8 時 30 分の間で急激に低下し、14 時 10 分まで発電していなかった。これは、負荷として接続したフォグランプに発電した電流が流れず、発電量がバッテリーの容量を超え、太陽光パネル

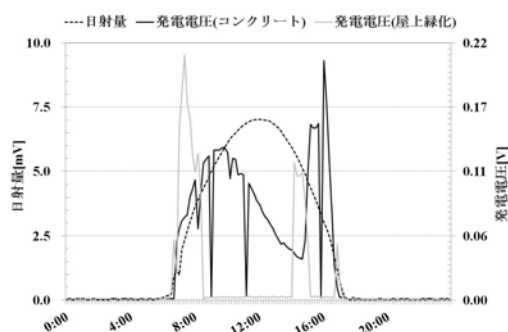


図 3 傾斜面日射量と発電電圧の経時変化
(2012 年 10 月 1 日の例)

側に逆流したことが推測された。そのため、屋上緑化区では、8時30分から14時10分まで正常に発電していなかった。コンクリート区の日射量の増加に合わせて増加が見られたが、屋上緑化区同様、発電量の逆流が発生し、9時50分から14時40分の間、発電電圧が緩やかに低下したことが推測される。よって、(1)雲等によるパネル面への日射遮蔽が発生しなかった日は対象の72日間のうち5日間しか存在しないこと、(2)発電量の逆流が発生したこと、という2つの理由から、72日間に記録されたすべての発電電圧を発電量に換算し、以降の分析に用いることとした。

3-3. 発電量の算出

対象期間の日累積発電量を図4、5に示す。

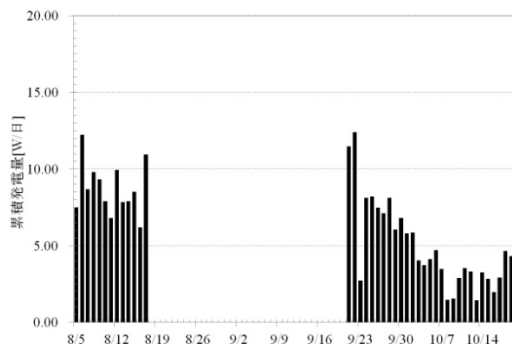


図4 屋上緑化区の日累積発電量

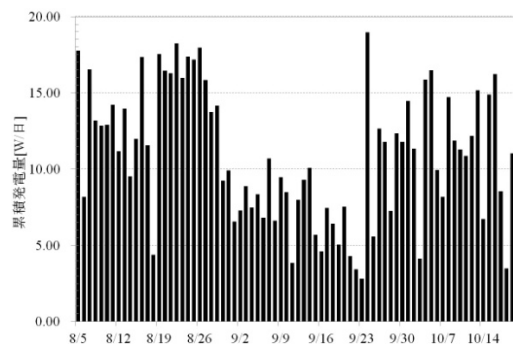


図5 コンクリート区の日累積発電量

図4から、屋上緑化区の日発電量は最大12.41V、平均で6.14V、図5から、コンクリート区の日発電量は最大18.98V、平均で10.95Vを示した。そこで、この日累積発電量の差を検定したところ、有意水準0.01のとき、両側P値 2.034×10^{-7} となり、コンクリート区の方が屋上緑化区よりも日平均累積発電量が大きいことが示唆された。

3-4. 各種温度と発電量

1) パネル裏面温度、地表面温度と発電量の関係

パネル裏面温度と地表面温度を説明変数、発電量を目的変数として、屋上緑化区・コンクリート区別に、重回帰分析を行った。

表2 発電量と各種温度の重回帰分析 (左：屋上緑化区、右：コンクリート区)

屋上緑化区 (決定係数=0.0833, 重相関係数=0.2886)						コンクリート区 (決定係数=0.0136, 重相関係数=0.1168)					
変数名	重回帰係数	t値	P値	判定	VIF	変数名	重回帰係数	t値	P値	判定	VIF
定数項	14.4915	3.1614	0.0057	**		定数項	9.4217	4.7927	0.0000	**	
パネル裏面温度	-0.2871	-0.7825	0.4447		7.5313	パネル裏面温度	-0.1960	-2.1527	0.0320	*	2.4287
地表面(屋上緑化)	0.1401	0.3769	0.7109		7.5313	地表面(コンクリート)	0.1585	2.1616	0.0313	*	2.4287

表2から、屋上緑化区・コンクリート区ともに、各種温度と発電量の関係を示す回帰式の当てはまりはよくなかった(屋上緑化区の決定係数0.083、コンクリート区の決定係数0.0136)。個々の変数に着目すると、屋上緑化区では、有意性は示されなかったものの、偏回帰係数は、パネル裏面-0.287、地表面0.140を示した。コンクリート区では、有意水準0.05で有意性が示され(地表面P値=0.032、パネル裏面P値=-0.032)、偏回帰係数は、パネル裏面-0.196、地表面0.160を示した。得られた偏回帰係数から、屋上緑化区・コンクリート区とも、パネル裏面温度が低下するほど発電量が増加する傾向が示唆された。

2) 発電量とパネル裏面温度の関係

縦軸に時間発電量(W/h)、横軸にパネル裏面温度を配した散布図を図6に示す。屋上緑化区・コンクリート区別に、直線回帰を想定した近似式(式2、式3)を求めた。

$$\text{屋上緑化区} \quad y = -0.1583x + 14.74 \quad (\text{式} 2)$$

$$\text{コンクリート区} \quad y = -0.0451x + 9.667 \quad (\text{式} 3)$$

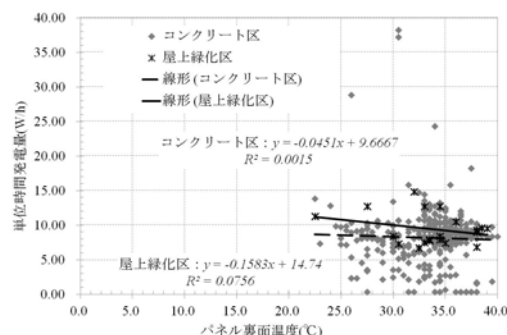


図6 発電量とパネル裏面温度の関係性

これらの式から、芝生緑化面上に太陽電池を設置した場合、パネル裏面温度が1℃上昇するごとに、発電量は1.07%低下すること、コンクリート面に太陽電池を設置した場合、パネル裏面温度が1℃上昇するごとに、発電量は0.46%低下することが示された。

3. まとめ

本稿では、屋上面に芝生緑化を施した面(屋上緑化区)とそのままの面(コンクリート区)に太陽光発電システムを設置し、発電電圧および発電量低下に影響を与えるとされるパネル裏面温度と発電量の関係性を分析した。その結果、発電量とパネル裏面温度には負の相関関係が存在し、屋上緑化区に太陽電池を設置した場合、パネル温度が1℃上昇するごとに、発電量は1.07%低下すること、コンクリート区に太陽電池を設置した場合、パネル温度が1℃上昇するごとに、発電量は0.46%低下することが示された。しかし、得られた結果は、一般に言われている温度係数(-0.4~0.5%)と比べると、屋上緑化区の温度係数は極端に大きくなった。これは、発電量の逆流により正確な発電量が測定できていなかったことが原因として考えられる。本測定は、現在も継続中であり、本稿では議論から外した芝生緑化の生育状態についても、太陽光パネル設置により生じた影の有無に着目した分析に着手している。今後は、PVグリーンシステム成立に向けた条件を提示するため、これら発電、緑化双方からの分析を行い、取りまとめる予定である。

謝辞

本研究は、科学研究費補助事業・学術研究助成基金助成金(若手研究B、研究課題番号24700778)の成果の一部である。

補注

本稿は、2013年度環境システム研究発表会(福岡・福岡大学)で発表した「2012年夏期実測に基づく屋上被覆形態と太陽電池発電量の関係」の一部を加筆・修正したものである。

参考・引用文献

マンフレッド・ケーラー：太陽光発電と粗放型屋上緑化の相互影響、都市緑化技術、89、pp.6-10、2013。

菊池佐智子、興水肇：屋上緑化と両立可能な太陽光発電システムの検討、平成24年度 特殊緑化技術に関する研究発表会、pp.37-40、2012。

菊池佐智子：2012年夏期実測に基づく屋上被覆形態と太陽電池発電量の関係、環境システム講演論文集、41、pp.297-302、2013。

過年度発表会の講演要旨

■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（芝生の情緒的効果）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ービオトープ・パッケージの開発と造成とその評価を通してー」

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
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、鎌倉市域での本種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「グラウ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

本研究ではグラウ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

日時：平成25年12月6日（金） 10：00～17：20

場所：東京都千代田区岩本町3-11-13 田島ルーフィング8F会議室

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