

平成 14 年度デザイン学部長特別研究  
「緑の建築（施設緑化）デザイン手法調査研究」  
研究成果報告書

宮川 潤次 （デザイン学部空間造形学科助教授）研究代表  
川口 宗敏 （デザイン学部空間造形学科教授）

## 1. 概要

地球温暖化などの深刻な環境悪化が進む中で、環境負荷の少ないサステナブルな「緑の建築」に対するニーズが高まっている。本調査研究では、「緑の建築」の重要な要素となる施設緑化、特に屋上緑化に焦点をあてている。2000 年度から 2002 年度までの 3 年度にわたり、国内および国外の環境保全の先進的事例の調査をふまえて、施設緑化の役割、効果、デザイン手法などを明らかにした。その研究成果の一部を中日新聞静岡特集版に「緑の屋根はいかが？」として連載している。

### 1. サステナブルデザインと緑の建築

#### 1-1. サステナブルデザインの考え方

サステナブルデザインは、地球環境保全の考え方にもとづいた計画・設計の手法を言う。生態的な循環システムをめざすエコロジカルデザインと共通する部分が多いが、地域開発や経済活動のありかたなども含むことから、エコロジカルデザインよりも、より広範で多様な対象とする概念であるといえる。このようなサステナブルな社会づくりにむけて、建築や環境デザインの分野で具体的なサステナブルデザインの考え方が起こったのは 1990 年代になる。我が国にサステナブルデザインの考え方が広まったのは 1990 年代になってから。1992 年の地球サミットにおいて「持続可能な開発」が全世界的な注目を集めたことによる。その後、1997 年京都の環境サミットで京都議定書が定められたことなどをふまえて、国内でも持続可能な社会づくりに向けた活動が進められている。

#### 1-2. 緑の建築

緑の建築 Green Architecture は、サステナブルデザインの考え方に基づいた建築デザインの概念である。明確な定義はない。ブライアン・エドワーズは、緑の建築を特集した英国アーキテクチャー誌のレポートの中で、緑の建築の向かうべき方向を示唆する潜在的要素として、次の 5 つの項目を示している。

- ①自然から学ぶ
- ②自然のモデルを引用する
- ③自然を実際に利用する
- ④エコロジカルな評価システムに対する経済的メリット
- ⑤全ての生物種はデザイナーである

生態的建築としては、アジア系米国人建築家ケン・ヤング氏が提案するバイオクライマティックタワーが好例として挙げられる。彼は、建築のライフサイクルを自然をモデルとしたエコロジカルシステムに求めた。高層ビルの中に換気のための自然な空気の流れをつくり、コンポストのための再生ごみを下降させるシステムを構築した。これにより建築物のライフサイクルにおけるエネルギーコストを 40% 削減することが可能であるという。

また、1970 年代に旧西ドイツでおこったバウビオロギー（建築生態学）の動きも重要である。生物学や生態学と建築との関係を、人間の身体を通して考察した。大都市の集合住宅の疾患発生率が郊外戸建住宅と比べて以上に高いことから、建築環境が人体に及ぼす影響の研究が主なテーマであった。自然科学的なエンジニアリングだけでなく、人間の心地よさの体験、感覚的な快さを重視している点に特徴がある。その後、環境保全問題が深刻化したことから、素材のライフサイクルや建築のエコ収支などに焦点を当てたバウエコロジー（建築生態学）が起こった。現在では建築物にとどまらず、緑とコミュニティーの回復、環境付加の少ないコンパクトな「自然な街」づくりなど、都市デザインの領域にも展開されている。

バウビオロギーの実践は様々な形で行われたが、中央ドイツのカッセル市におけるヘッガー教授夫妻によるエコロジー団地は、わが国の建築家や環境デザイナーに大きな影響を与えた。

我が国では、1990年代になってサステナブルな建築が普及する動きが現れた。1997年に環境共生住宅推進協議会により「環境共生住宅宣言」が出された。1998年には環境共生住宅認定制度が設けられ、環境共生住宅の普及が進められている。1999年には、日本建築学会「サステナブル建築普及のための提言」が発表された。環境共生住宅モデルとしては、1994年に建設されたNEXT 21（大阪ガス実験社宅）がよく知られている。現在は、第1期5年の実験を終えて第2期目を迎えているが、「良好に維持される緑地とは住民に愛される緑地である」との考えから、住民による緑地の維持活動が試みられている。



「良好に維持される緑地とは住民に愛される緑地である」との考えから、住民による緑地の維持活動が試みられている。

緑の建築は、建築物とその敷地を対象にしているが、これ以外にも、我々の生活にかかわる様々な「もの」を対象とした「緑の製品」、地域の生活環境と住民の協働を対象とした「緑のコミュニティ」がある。また、これらは具体的なものや空間などのハード的手法と、それを支えるソフト的手法によって成り立っているといえる。その概要を「サステナブルデザイン概念図」に示す。

（図-1：サステナブルデザイン概念図）

## 2. 屋上緑化の推進に向けて

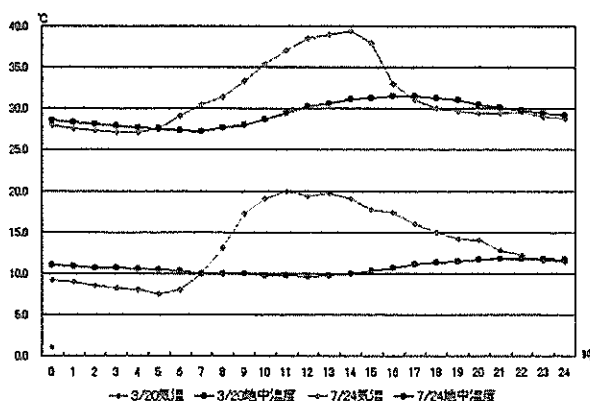
### 2-1. 屋上緑化の役割

地球の平均気温は、20世紀初頭から現在までの100年間に約1度上昇した。人間の生産活動によるCO<sub>2</sub>排出の急激な増加が主な原因と考えられているが、熱帯雨林の減少などによりCO<sub>2</sub>を固定する緑の量が少なくなっていることも一因であろう。農地や郊外地の開発時に屋上緑化などの施設緑化を行うことにより、緑地のミティゲーション（代替）としての効果が期待される。

また、都市部において問題となっているヒートアイランド現象に対して、屋根を植物で覆うことによりその蒸散効果によって表面温度を気温に近い状態に保つことができる。東京都では、過去100年間に都市部の年間平均気温が約3℃上昇しており、30年後には気温が43℃を超えるという予測もなされた。これに対して東京都は一定規模以上の施設に対する屋上緑化義務条例を設け、2015年までに1200haの屋上緑化を実現することをめざしている。

屋上緑化による空調負荷の低減効果については、東京工大の梅干野教授の実験で、一般的な事務所ビルで屋上緑化を行うことにより、日中の最高室温の上昇が約8℃抑えられ、断熱材と組み合わせることにより約12℃の抑制が可能であるという試算を示している。

2001年度から行っている本学「創造の丘」での気温・地中温度観測結果を見ると、夏季7月の最高気温が39.6℃を記録しているのに対して地中温度は31.5度が最高であった。冬季1月では、



最低気温は-2.1℃であったのに対し地中温度は4℃が最低であった。1日温度の上下変動を見ると、気温の平均上下変動は夏季で約5℃、他の季節では約7℃であるのに対し、地中温度の上下変動の平均値は年間を通じてほぼ1～2℃であった。これらのことから、屋上緑化によって、夏季には外部の熱が建築物内に侵入することを抑え、冬季は冷え込みを防止する効果があることが分る。また、土壌部の温度変化が少なく、かつ緩やかなことは、その下の建築躯体や防水層の劣化を抑える効果が高いことを示している。

（図-2：「創造の丘」一日の気温・地中温度変化）

赤外線温度計による表面温度の調査では、夏季の直射日光の下でコンクリート表面が約58℃、木製枕木が約60℃と高温であったが、低木の葉面は約40℃であった。これは植物の蒸散効果により表面温度の上昇が抑制されていることを示している。都市の建築物屋上の多くを植物で覆うことができれば都市の表面温度を低減する効果が期待できる。

また、観察結果から、これらの効果を保つためには土壌の水分が適度に保たれて植物が生育していることが必須条件であることがわかった。本学屋上では草地部分の灌水を行なっていないため、2000年及び2001年の夏季の旱魃で土壌が乾燥し植物の地上部が枯れた。その時点では、地中温度が気温を超える逆転現象も観測された。

屋上緑化のもうひとつの役割として雨水排水の削減効果がある。ドイツでは、これまで無料だった敷地内の雨水の下水への排水を有料化して排水量を抑制する動きが始められている。屋上緑地に雨水を貯めて植物に吸収させることも、重要な役割のひとつとされている。我が国では台風などの豪雨時の雨漏りを防ぐため、現状では屋上緑化に対して短時間での排水性能が求められているが、今後は都市災害防止の面から、貯水機能の有効利用についても検討しなければならない。

## 2-2. 屋上緑化の時代的変遷

屋上緑化の起源は定かではない。古代ギリシャ・ローマ時代に七不思議として伝えられたバビロンの空中庭園が人工的な庭園の始まりとも言われるが、実際は、欧州の石造建築のテラス緑化や北欧の草屋根住居などが現在の人工地盤緑化や屋上緑化のルーツだと考えられている。

我が国で屋上緑化と呼べる本格的な屋上庭園が造られるようになったのは、明治の後期から大正の初め、西洋建築が盛んに導入された頃だと考えられている。記録に残るものとしては、大正3年に建てられた三越本店の屋上庭園がある。ルネサンス様式5階建ての屋上に、泉水、ガラス張りの温室、「空中庵」と名づけられた茶室、音楽堂とともに花や舶来の園芸品売り場などが設けられた。この時代は、まだ公共の文化施設が少なく、デパートが社交場としての役割を持っていた。

第二次大戦前の事例では、彫刻家の朝倉文夫氏が自らデザインしたというアトリエ（現・朝倉彫塑館）の屋上庭園が残っている。戦後になるとル・コルビュジェなど多くの欧米建築家の作品や思想が紹介された。その中で、屋上緑化も新しい都市建築の要素として位置づけられ、住宅公団のアパートにも用いられた。

1960～70年代には、オイルショックを機とした環境保全意識の高まりや、新全総による列島改造ブームを背景として都市のオープンスペースとして人工地盤緑地が造られた。公共駐車場上部を利用した宮下公園（1966年）や下水処理場の上部を利用した荒川自然公園（1974年）などが好例として挙げられる。また、1970年に創設された総合設計制度も地価の高い都心部の立体的緑化を推進する役割を果たした。

近年では、学校ビオトープの一環として校舎屋上に水田や自然園を設ける例や、企業の地域貢献あるいはCI・広報の一環として屋上に緑地を設ける例など、多様な広がりを見せている。これまでの主流であった景観形成やレクリエーション的な利用に加えて、病院や福祉施設の癒し空間としての利用も行われている。東京都墨田区にある聖路加病院の屋上庭園には、バラ園や子供の遊び場などが造られており、アケビ棚の下で患者と見舞い客が楽しげに談笑する姿が見られる。また、2000年には本学が開学し、自然な丘を模した屋上緑化「創造の丘」が地域話題を呼んだ。

2001年には東京都が都心部の緑化推進を目的として一定規模以上の施設に屋上緑化を義務付けた。これにより、一般的な造園手法による庭園型緑地に比べて建設費や維持費の少ない薄層緑化や粗放型緑化が普及し始めている。

## 2-3. 屋上緑化の手法

屋上緑化の手法は、大きく「インテンシブ緑化」と「エクステンシブ緑化」に分けられる。インテンシブは集約的の意味で、インテンシブ緑化は維持のための手入れを必要とする「庭園型緑化」。これに対してエクステンシブは粗放的の意味で、あまり手入れを必要としない「原っぱ型緑化」と言い換えられる。

環境先進国といわれるドイツでは、屋上緑化の約95%が手入れを必要としない原っぱ型緑地である。屋根の土による断熱効果によって冬期の暖房費を節減することが目的であるため、維持費を低く抑えることが重視されている。手入れは原則として年1回、「鳥が運んできた種から生えた木を植え替えたり、草が枯れた場所に種や肥料をまくぐらい」。植栽は、乾燥に強いセダム類と地域の野草が混在している場合が多い。自然な生育に任せるため、おおむね3年ほどで地域の野草に移行するという。\*9

草屋根を利用したエコロジー団地（カッセル市）では、ヘッガー教授夫妻の設計による土壁と草屋根を用いたパッシブ住宅で、一般の住宅に比べて暖房費を約3割低減できた。また、蟻塚のように家全体を土で覆ったミンゲ教授自邸では、約7割低減できたという。「エコロジーはエコノミー」と言われる所以である。

これに対して、我が国の屋上緑化は、これまで景観形成やレクリエーションなどでの利用を重視した庭園型緑化が主流であった。中低木や草花を主にした造園の手法によるもので、水まき、選定などの手入れが不可欠であった。横浜駅前の相鉄ジョイナス



屋上に造られた「ジョイナス彫刻の森」(1978年)では、約4,600㎡の緑地に大小約2万本の樹木が植えられており、美しく選定された樹林の間にブロンズ彫刻が置かれている。維持費はかかるが、商業施設の顧客サービスの一環として考えられている。

今後の傾向としては、我が国においても環境保全を目的とした屋上緑化が増加傾向にあることから、維持費が比較的少ない原っぱ型緑化の事例が増えるものと予測される。

(写真-1:土で覆われた住宅/カッセル)

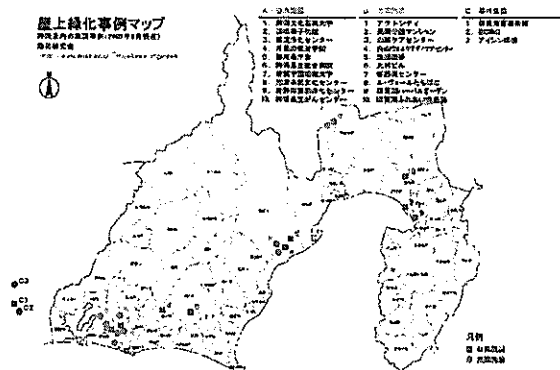
#### 2-4. 静岡県内における屋上緑化の普及状況

研究調査の一環として、本学教員と地域企業メンバーらにより、都市緑化推進を目的とした「緑花研究会」を2000年度に発足した。これまで、2回の緑のシンポジウムと隔月の勉強会を開催してきたが、2002年度には、屋上緑化に係わる情報提供を目的として、静岡県内の屋上緑化事例を紹介する「屋上緑化マップ」を作成した。2002年10月から緑化研究会ホームページ上で公開しており、最新情報についても随時追加掲載している。2003年7月現在で、県内の屋上緑化30ヶ所を紹介している。内訳は、学校、文化施設などの公共施設19ヶ所、高齢者施設、マンションなどの民間施設11ヶ所。また、参考として愛知県三河地域内のエコロジー施設など3ヶ所を紹介している。住宅などの小規模なものは情報を得にくいため、事例の総数はとらえきれていない。

東京都造園緑化業協会が2001年度に会員を対象として行ったアンケート調査によると、屋上緑化の施主の比率は、国12%、県・市町村などの地方自治体23%に対して、民間企業が49%であった。都市部における民間企業の活動状況が異なることにもよるが、条例による屋上緑化義務化の効果が民間企業の実施を誘導しているものと考えられる。

緑化の規模を見ると、5千~1万㎡の大規模事例が3ヶ所。これらを除いた平均的な規模は約300㎡であり、小規模な事例も多い。竣工時期は、2000年が5ヶ所で最も多く、これについて2002年の3ヶ所であった。最近の施工事例が多い。

緑化手法としては、今のところ庭園型が主流である。アクトシティ、静岡浄化センターなどが代表的な例としてあげられる。原っぱ型緑化の例では、本学「創造の丘」、浅沼技研工場、月見の里などに特色がある。



2003年度には、静岡県西部地区で県西部流域処理場の上部を利用した多目的緑地、及び静岡県浜松総合庁舎、浜松市役所のモデル屋上緑地が建設される。また、都市緑化を進める(財)グリーンバンクの補助制度が2004年度から民間施設の屋上緑化・壁面緑化などに拡大されることから、医療施設や高齢者福祉施設などを主に県内での屋上緑化の普及がこれまで以上に進むものと期待される。

(図-3:屋上事例マップ)

### 3. 市民による緑のまちづくり活動

#### 3-1. ドイツ諸都市の環境施策

2000~2001年度にかけて、環境先進国といわれるドイツ諸都市の都市緑化の推進状況を調査した。カールスルーエにおける市民活動を原点とした緑のネットワークづくり、アルプ川ビオトープの保全、路面電車を活かした公共交通体系の整備。カッセルのエコロジー団地における市民と行政の協働によるサステナブルな試みと、その流れを汲むパッシブ住宅団地、そしてウンターノイシュタット地区における住民運営方式による総合的な住環境整備への取り組みなど、我が国が今後取り組まねばな

らない都市の生活環境の課題に対するひとつの明確な解答が得られた。ヨゼフ・ボイスの環境パフォーマンス「7000本の桂」をきっかけに、多くの市民が環境に対して興味を持つようになったという話は、まちづくりとアートとの結びつきを探る上で興味深い。

また、首都ベルリンでは、世界的な企業のダイムラー・クライスラー社が開発したダイムラーシティにおいて、雨水の利用とビオトープによる調整池の自然浄化を行う都市水循環システムの試みが行われている。ダイムラー社は、自社ビルの全ての屋上を緑化することを宣言しており、企業が地域の一員として環境保全に積極的に取り組むことの重要性を示している。

### 3-2. ガーデンシティ・クライストチャーチの緑のまちづくり

2002年度は、クライストチャーチ（ニュージーランド）における市民による花と緑のまちづくり活動を調査した。

クライストチャーチはガーデンシティとして世界的に名高く、市の中心部には日比谷公園の約15倍以上の面積をもつハグレーパークが広がっている。中心部を蛇行するようにエイボン川が流れており、全体に緑が多くのだやかな雰囲気が漂っている。ここでは、初期移民開拓者の時代に市民が始めた花と緑による美化運動が今も続けられている。毎年2月中旬には、クライストチャーチ美化協会とカンタベリー造園協会が中心となってガーデンシティ・フェスティバル・オブ・フラワーズが開催される。市中心部のカテドラルとカテドラル広場、植物園などを会場として、花の展示、コンテスト、ファッションショー、コンサートなどが行われる。

個人の庭を訪れるシティ・ガーデン・ツアーが年間を通じて行われているが、フェスティバルの期間中は、特に、コンテストの最優秀賞を受けたプレミアガーデンを訪ねるオフィシャルのプライズ・ウィニング・ガーデンツアーが企画されている。郊外の住宅地を中心にガーデニングを楽しむ市民が多く、道路に面した前庭を花で飾る家が多く見られる。

ガーデンコンテストは、プライベートガーデン、クラブ、ストリート、コミュニティなど様々な部門に分かれており、毎年2000以上の応募があるという。



活動の中心となる「クライストチャーチ美化協会」は、1897年設立された。美化協会は市と協力して、クライストチャーチのガーデンシティのイメージを維持すること、市の庭園の美化と改善に影響することへの人々の関心の保持と促進のために働いている。また、「カンタベリー造園協会」は、カンタベリーの人々が造園の喜びの知識、情報と楽しみを得る機会を提供するため、毎年のガーデンコンテスト、ツアー、教育プログラムを運営している。

これらの活動は市民の間に深く根付いており、市民らは自らの町を「ガーデンシティ」と誇らしげに呼んでいる。

（写真-2：プライズ・ウィニング・ガーデンツアー／クライストチャーチ）

### 終わりに

地球環境保全や急速な高齢化進行などの社会問題を背景に、サステナブルな生活環境の形成への対応が急務とされている。2000年度から3年度にわたる研究・啓蒙活動の中で、屋上緑化に関しては技術的に熟成して展開期に入っており総合的な情報提供などの具体的な活動が求められる段階であることが明らかになった。今後の活動の目標としては、緑の建築、緑のコミュニティのモデル化など、より広範な領域でのサステナブルデザインの具体的な展開があげられる。