

## 特集「快適な都市環境をめざして」

## 解説

## 快適な都市環境創造技術

## Technology for Creation of Comfortable Urban Environments



小宮 英孝  
Hidetaka Komiya

## 1. はじめに

わが国において都市に居住する人口の割合は、1970年には71.2%であったが、2000年には78.8%となり、2030年には84.8%に達すると予想されている。このことから都市の環境を快適にすることによって、大多数の人の生活が豊かになると推測できる。また、世界最大の人口を有する東京では、ここ数年都心へ回帰する傾向が一段と強まってきて、都心部商業地域の再開発やタワー型の集合住宅の建設が目白押しである。このような時期こそ快適な都市環境を創造する最大のチャンスであると言える。

特に、本年（2005年）には11月2日には地球温暖化防止に向けた京都議定書が発効し、建築・都市・土木分野においても二酸化炭素削減が強く求められるようになった。さらに4月には都市再生本部のプロジェクトである「都市再生事業を通じた地球温暖化対策・ヒートアイランド対策の展開」に対応したモデル地域が選定されるなど、都市再生と都市環境整備がより具体的にリンクしてきた。また、7月にはいると日本建築学会から「都市のヒートアイランド対策に関する提言」が、9月には国土交通省主催の「サステナブル建築世界会議」が開催され、グローバルな視点から多くの討議が都市環境について行われた。このように、都市を再生し快適な都市環境を創造することが強く求められていることから、本特集を組み関連する論文や技術を紹介することとした。

## 2. 快適な都市環境を創造する方針と開発技術

快適な都市環境を創造する技術を把握するには、単に環境要素別に理解するだけでなく、目的や方針との関連性が求められる。都市環境はこれまで、都市型公害、石油危機・省エネルギー、都市アメニティ、地球環境、都市再生といったキーワードに代表される、その時代の要請に応えるかたちで、技術が開発されてきた経緯があり、目的や方針の設定もこの影響を受けてきた。

これらの歴史的な背景も踏まえ、現在どようする快適な都市環境を創造する方針を、「都市気候の改善」「自然との共生」「健康・快適なまちづくり」「都市の基盤条件の整備」にまとめた。各々の方針の概要は以下の通りである。

## 「都市気候の改善」

都市はコンクリートやアスファルトで覆われており、水分蒸発が少なく、蒸発による冷却が行われにくい。また、消費されたエネルギーは最終的に熱のかたちで大気に捨てられている。これらの熱と密集した建物による風通しの悪さが、熱の島（ヒートアイランド）を形成する主な要因と考えられている。この問題を解決し快適な都市環境を創造するには、「屋上緑化」をはじめとした蒸発散可能な面積を増やしていく、「風の道」を確保する建物配置とする、「省エネルギー化」を図ることなどが必要である。都市気候の改善は、ひとつの技術やひとつのプロジェクトで成果が得るものでなく、継続的な計画と実行が重要である。

## 「自然との共生」

都市の成長段階のなかで、効率性・経済性重視などから、自然環境が破壊されてきた。自然と共生するという考え方は、これまでの開発か保護かといった二者択一的な考え方から、人と自然が共存し、都市の生活環境をより快適なものにしていこうとするものである。すなわち、都市の気象や地勢に配慮しながら、自然との接触機会の維持・創出や、景観の維持保全を図ることによって、自然と共に生きていく環境を創造していくものである。

具体的には、ピオープの構築、ミチゲーションによる自然再生などがこれにあたる。

#### 「健康・快適なまちづくり」

都市が人間の健康な生活を営む空間を提供するということは基本的な条件であり概ね達成されている。しかし、都市空間や技術の高度化や複雑化にともない、思いもよらぬ問題が発生することもあり、注意が必要である。健康な環境づくりの観点からは、より高い快適性を目指す生活環境の向上（例えば防音、防振、ビル風対策など）、緑や土の自然浄化作用を生かした汚染防止などが有効である。また、弱者対応、健康福祉、バリアフリーの考え方も、健康で快適な都市づくりにおいて重要な視点である。

#### 「都市の基盤条件の整備」

都市としての快適な環境を創出し、維持していくには、成長にあわせた都市基盤の整備が不可欠となる。そのためには、適切な交通処理、エネルギー供給、情報処理など、タウンマネジメントシステムの創造と運用が必要になる。また、防犯、テロ対策といった都市の安心・安全性の向上が、結果として快適な街づくりにつながる。このためには、安心・安全な都市づくりと快適な環境都市づくりが協調もしくは相互連携できる都市基盤システムの構築が必要である。

以上述べてきた4つの「快適な都市環境を創造する方針」と9つの「環境要素」から開発技術と今回の特集論文の位置づけを整理した結果を表-1に示す。同表中の開発技術や特集論文をクリックすると関連リーフレットや論文が表示されるようになっていて、技術の検索や位置づけの理解に利用できると考えている。なお、今回は快適な都市環境に主眼を置いたことから、大規模な自然現象（地震、津波、台風など）や地球環境問題への対応の視点は含めていない。

### 3. 代表的な開発技術

「快適な都市環境を創造する方針」と「環境要素」から開発技術の位置づけを整理したが、ここでは代表的な開発技術を環境要素ごとに紹介していく。

#### 3.1 植物・動物

都市部での熱環境などの改善の一手法として、緑の存在が見直されている。屋上緑化では、揚水性能の高い導水シートを用いた下面給水方式による薄層緑化システム「グリーンキューブ・ライト<sup>®</sup>」が、壁面緑化では、揚水性の高い多孔質保水性セラミックボードを用いた「打ち水ウォール<sup>®</sup>」が開発された。

広域の緑化では、緑化の基盤土壌として、従来廃棄処分されてきた建設工事で発生する土砂を物理化学的な処理により有効に利用できるようにした「建築発生土の緑地利用技術」を確立した。また、これまで植生が困難とされていた強酸性土壌斜面に、木片コンクリート版を利用して緑化する法面緑化「チップクリート<sup>®</sup>緑化工法」が実用化されている。

身近な場所に野生の生き物呼び寄せ人工的な空間をつくり、自然との共生を図るピオープが現在注目をあびている。周辺自然環境の調査を踏まえて、技術研究所構内にトンボ池を造成して、「ピオープづくりのノウハウ（企画、設計、施工、維持管理）」を蓄積している。

#### 3.2 土・水

沿岸域の水質浄化では、下水道の整備やヘド口のしゅんせつなどの対策に加えて、汚濁した海水を直接浄化するシステムが求められていた。これに応えたのが、「石積み浄化堤による海水浄化システム」である。石積み浄化堤とは、汚濁海域中に石積みによって囲まれた水域を設け、潮の干満と波動に伴って、汚濁海水が堤体材である礫の間を通過する際、石積みに生まれる自然生態系の水質浄化機能によって海水を浄化し、清澄な水域を創造する海岸構造物である。

さらに、水域における生態系を組み込んだ物質循環モデルによる「水質予測シミュレーション技術」を用いると、同工法の浄化効果を予測することができる。

陸地においては、水辺植生による自然環境の再生・復元を図るとともに、植物根圏の微生物の働きを利用して、窒素の除去を行う「人工湿地による窒素除去技術」を開発している。同技術を用いると、夏場には負荷量の50%以上の窒素成分の除去ができ、薬品などの添加物や機械的な要素に依存せず、コストとエネルギーを抑えた水質浄化が可能となる。



建物地下部分やトンネルの掘削時においては、地下水や湧水が工事に与える影響に加えて、周辺の井戸水や水環境への影響を的確に予測する必要がある。これに因るために、広い流域を対象とした水収支モデル（タンクモデル）と狭い領域を対象とした3次元FEM浸透流解析を組み合わせることによって、水流や地下水位の変化と井戸への影響を予測する技術を確立している。

一方、都市部では揚水規制の実施により地盤沈下は沈静化してきたものの、逆に地下水位が上昇したことから、構造物の浮き上がりや多量の湧水が新たな問題となってきた。これらの余剰地下水を平常時には都市の熱環境改善に利用したり、災害時には生活用水に利用するなどの新しい試みが求められている。

なお、土壤汚染対策技術は、技術研究所報No67 2003の特集を参照されたい。



### 3 3 風・音・振動

都市再生が叫ばれ、再開発物件が多くなるにつれて、ビル風、電磁波、騒音・振動障害などの問題への対応要求が増えている。これらの悪影響を最小限にとどめ、快適な屋外環境を提供できるように、最新のコンピューター技術を活用した環境予測・評価技術と独自の対策技術を開発している。

具体的には、ビル風に関しては、これまでは風洞実験による予測が一般的であったが、電子地図情報から風環境を予測することができるパソコン用ソフトウェア「Zephyrus®（ゼフィルス）」を開発し、市販している。設計者が設計の初期段階にこのツールを用いることによって、ビル風に配慮した建築形態を決定していくことができる。

また、高層建物周辺に発生するビル風を低減し、地上付近の風環境を改善するためのモニュメント型防風装置「Flowps®」を開発した。「Flowps」は、ビル風対策用の植栽が持つ維持・管理上の問題がないなどの機能上の利点だけでなく、街や建築のシンボルとしてのモニュメント機能も持ち合わせているのが特色である。

工場などの騒音を発生する施設では、法規制やISOで適切な周辺環境の維持や改善が求められている。一方、施設では更新のたびに騒音の発生状況が変化するため、適宜効果的かつ経済的な対策が必要となる。

「CALMAND®」は、このような状況に対応して、的確な調査に基づき最終目標の達成に向けた長期的な計画を立案し、数値シミュレーションとノウハウにより具体的な解決手段を提示するシステムである。

精密機器工場などでは、周辺の自動車や鉄道による振動や、自社内の機器による振動の影響を避けるため、振動の許容値を定めている。一方、プレス機や建築機械による振動が、周辺住宅へ影響を与えないよう、法律的な制限を受けている。このような問題の解決には、振動伝播を精度良く予測することが重要である。これに因るために開発した「ゆれみる®」では、ボーリングデータから、その土地の地盤の振動特性を設定できることから、精度の高い予測結果が得られ、低コストで性能確保が可能である。



### 3 4 光・熱エネルギー・廃棄物

エネルギーの安定供給のためには、エネルギーの分散化が求められている。この観点から、新エネルギーとして有望な「燃料電池」をはじめ、都市部で利用可能な「太陽光、風力発電システム」に加えて、「ヒートポンプ熱源としての河川水や地下水の利用」に関する研究が行われている。

ヒートアイランド対策技術としては、前出の薄層緑化システム「グリーンキューブ・ライト」に加えて湿潤舗装システム「打ち水ペープ® / ロード®」を開発した。湿潤舗装システムは、雨水などを舗装面の下部に貯留しておき、舗装材やそれと貯留槽をつなぐ導水シートなどの材料の毛細管現象を利用して舗装面を湿潤させ、気化熱により冷却するものである。また、人工排熱をおさえることも重要で、「研究所本館（超省エネルギービル）」での実績と経験を活かして、省エネルギー技術の研究開発を継続的に行っている。

さらに、これらのハード技術を地域や建築物に適用した場合の温熱環境を、独自に開発した「街区の熱環境評価システム」を用いて予測できる。

廃棄物分野では、泥水掘削工法で発生する排泥水や根切り工事で発生する軟弱な泥土を、産業廃棄物として処分することなく、発生現場内で再生処理、脱水、改良等の処理を行って掘削安定液、自硬性安定液、埋戻材に有効利用する技術も確立している。

### 3.5 景観・社会

景観では、本来の目的は他の環境要素にあるものの、結果として景観向上に寄与しているものが多い。景観舗装、屋上・壁面緑化、ビル風対策用Flowps、新交通システム、立体交差などがこれにあたる。

一方、都市の景観を計画段階で、事前に体感し変更や修正していくには、これまでCGや都市模型を小型カメラで覗くなど手段が限られていた。これに応えたのが、「バーチャル・リアリティを用いた景観シミュレーション技術」である。

社会では、分散型の発電システム、地域冷暖房、地下構築物、社会資本となる「ダイナミック・アセット・ハウジング (DAH)<sup>®</sup>」、新交通システムなどのインフラ施設がこれにあたる。

さらに、近年都市での治安悪化による防犯やテロ対策などが求められている。特集論文では水素の爆発実験やシミュレーション技術をベースとした「都市におけるクライシスマネージメント」が、技術紹介では「オフィスビル防犯診断システム」が掲載されているが、このような研究領域が取り上げられるのは初めてことであり、今後の展開が期待される。

## 4. おわりに

特集解説では、快適な都市環境を創造する方針と環境要素から開発技術と今回の特集論文の位置づけを整理し解説した。都市環境に関連する技術は非常に幅が広く、今後、「都市環境」分野の研究開発をすすめるうえで、先端技術の取り入れや異業種をはじめ官・学との連携をさらに重視すると共に、「企画・計画・設計」や「材料」「構造」部門と連携を図ることが重要だと考えている。さらに、都市再生と連動して、快適な都市環境を創造する技術の開発や実用化を継続して行い、快適で豊かな都市生活空間の提供に貢献することを目指している。

表1 「快適な都市環境をめざして」関連技術一覧

	植物・動物	土・(微生物)	水	風	音・振動・(電磁)	光・熱エネルギー	廃棄物	景観	社会
都市気候の改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>人工地盤緑化</li> <li>屋上・壁面緑化(グリーンキューブ)</li> <li>チップクリート緑化</li> <li>底面灌水方式屋上緑化システム(リーフレット)</li> <li>屋上緑化の熱環境評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>微生物による悪臭除去システム(バイオフィルタ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>湿潤舗装システム(打ち水 ベープ)</li> <li>湿潤舗装システム(打ち水ロード)</li> <li>湿潤人工芝システム(打ち水ターフ)</li> <li>多機能防音緑化壁(打ち水ウォール)</li> <li>細霧冷房</li> <li>地下水利用蓄熱式ヒートポンプ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>風力発電システム</li> <li>モニュメント型防風装置(Flowps)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水利用蓄熱式ヒートポンプ</li> <li>地熱利用冷暖房給湯システム</li> <li>井水の冷水利用システム</li> <li>屋上緑化の熱環境評価</li> <li>都市熱環境評価技術</li> <li>遮熱塗料</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>湿潤舗装システム(打ち水 ベープ)</li> <li>多機能防音緑化壁(打ち水ウォール)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽光発電システム</li> <li>風力発電システム</li> <li>都市熱環境評価技術</li> </ul>
自然との共生	<ul style="list-style-type: none"> <li>多自然型川づくり(らせん魚道)</li> <li>人工海藻システム</li> <li>人工漁礁(カルマン)</li> <li>ピオトープ池の環境改善機能(リーフレット)</li> <li>自然環境の保全技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発酵を利用した緑化利用技術(タイヒヤトル工法)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>親水性護岸</li> <li>複合消波型構造物</li> <li>植生水路による水質浄化技術</li> <li>都市臨海部の干潟再生技術</li> <li>人工湿地による窒素除去技術</li> <li>木炭水質浄化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>風力発電システム</li> <li>風車適地選定(Wind Mapper)</li> <li>建物内外の気流解析</li> <li>風車用RCタワー</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>騒音予測・対策支援システム(CALMAND)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽光発電システム</li> <li>水素エネルギー有効利用</li> <li>風車適地選定(Wind Mapper)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>最終処分場漏水検知システム</li> <li>バイオマスシステム(BIMA)</li> <li>再生コンクリート</li> <li>解体コンクリートガラの再利用技術(ガラバクトコンクリート工法)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ワイルドフラワー緑化工法</li> <li>残置森林の保全技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下ダム</li> </ul>
健康・快適なまちづくり	<ul style="list-style-type: none"> <li>植生水路による水質浄化技術</li> <li>拮抗微生物資材(芝楽)</li> <li>底面灌水方式屋上緑化システム(リーフレット)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>汚染土壌浄化システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>石積浄化堤による海水浄化工法</li> <li>地下注水井</li> <li>建築工事に伴う地下水環境保全</li> <li>地下水対策技術(リーフレット)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>制振装置による風居住性の改善</li> <li>市街地風環境の予測・評価技術(リーフレット)</li> <li>耐風性能設計支援システム</li> <li>アクティブ制振システム(AVICIS)</li> <li>流体式二方向制振システム(MOVICS)</li> <li>粘弾性カラムダンパー</li> <li>並列型制振システム(PYOダンパー)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤を伝わる環境振動予測技術(リーフレット)</li> <li>音場・騒音体験システム(Auvis)</li> <li>騒音予測・対策支援システム(CALMAND)</li> <li>免震工法による固体音の遮断技術</li> <li>鉄道・地下鉄による固体音予測システム(Quiet System)</li> <li>鉄道騒音の予測技術の開発</li> <li>送電線発生磁界シミュレーション</li> <li>テレビ電波吸収PCaカーテンウォール</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料電池</li> <li>多機能ダブルスキンサッシ(NEXAT)</li> <li>昼光照明システム</li> <li>ノンフロン型不燃性断熱材(セラミライトエコ)</li> <li>光触媒担持備長炭(ひかりの炭)(リーフレット)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築汚泥の有効利用技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新交通システム(ETC, ITS)</li> <li>屋上・壁面緑化(グリーンキューブ)</li> <li>モニュメント型防風装置(Flowps)</li> <li>VR景観シミュレーション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域冷暖房</li> <li>燃料電池</li> <li>ライフサイクルCo2評価プログラム</li> <li>RC造建物自動建設システム(BIG CANOPY)</li> <li>資産活用型多世代集合住宅(ダイナミックアセット ハウジング)</li> </ul>
都市の基礎条件の整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>人工地盤緑化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設汚泥の有効利用技術</li> <li>塩成土の緑化利用技術</li> <li>アルカリ排泥の緑化利用技術</li> <li>路盤浸透水排水工法</li> <li>粉塵対策(M&amp;Dガード工法)</li> <li>地下探査技術</li> <li>地盤~構造物高度解析技術(GRASP-3D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性貯水槽</li> <li>生態系を考慮した水質予測システム</li> <li>地下河川・雨水調整池</li> <li>建築工事に伴う地下水環境保全</li> <li>地下水対策技術(リーフレット)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物内外の気流解析</li> <li>風環境シミュレータ(Zephyrus)</li> <li>橋梁の制振技術</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネルギー建築計画システム</li> <li>ビルの総合管理システム(BILCON-S)</li> <li>オープンネットワークシステム(FRIGATE)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄物処理場建設技術</li> <li>環境保全施設の立地選定システム</li> <li>クローズシステム処分場</li> <li>再利用を考慮したS造建築物</li> <li>遮水対策(エコソイルライナー工法)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下駐車場(O-PARK)</li> <li>交通インフラ整備の技術開発</li> <li>短期間立体交差化(URUP工法)</li> <li>REFO工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新交通システム(ETC, ITS)</li> <li>環境保全施設の立地選定システム</li> <li>RC造建物自動建設システム(BIG CANOPY)</li> <li>都市のクライスマネージメント</li> <li>交通インフラ整備の技術開発</li> <li>短期間立体交差化(URUP工法)</li> <li>REFO工法</li> </ul>

※ 青字は技術リーフレットがCD-ROMに収録されている技術です。  
赤字は今回の特集論文、技術トピックス、技術紹介で紹介されている技術です。