

技術レポート23

ビルのアメンティ

平成19年3月

社団法人
大阪ビルメンテナンス協会
設備保全部会

ビルのアメニティ

目次

1. はじめに	1
2. アメニティとは	1
3. ビルの屋上緑化	2
4. 屋上緑化の技術課題	6
5. 維持管理上の課題	7
6. セダムの問題点	7
7. 屋上緑化の施工実績	7
8. ホルムアルデヒド	8

1. はじめに

我々ビルメンテナンス業の使命はビル内に存在する人々に安全で快適な環境を提供し資産の保全を図ることである。本レポートは「快適」に注目してアメニティについて纏めるものである。

2. アメニティとは

2. 1 語源

アメニティ(amenity)の語源はラテン語のアマーレ(amare)つまり愛するという意味があるといわれており、やさしくロマンチックな言葉である。一方、複数形のアメニティズ(amenities)は礼儀、ていねいな言葉、態度とされており正に我々の業務に必須な単語であると言える。

2. 2 意味・定義

前述のようにアメニティについては感覚的に認識できるが具体的な意味についてはどのようなものであるのだろうか。広辞苑によればアメニティは「都市計画などで求め、建物・場所・景観・気候などの生活環境の快適さ」とあり、「快適」と理解するのが一般的であろう。一方この「アメニティ」が使われ始めたのは、1962年に刊行された厚生省の報告書「新産業都市における生活環境の造成」からであり日本では環境との関わりで登場し始めたことが窺える。その後、世間に広く認識されるようになったのは1977年にOECDから、「日本は数多くの公害防止戦闘に勝ち取ったが、環境の質を高めるための戦争では、まだ勝利をおさめていない」と指摘されてからで、環境問題のなかでアメニティは「環境の質」としての意味で使用された¹⁾。又英国の代表的な都市計画家、サー・ウィリアム・ホルフォードが「アメニティとはたんに1つの特質をいうのではなく、複数の総合的な価値のカタログだ。それは芸術家が目にし、建築家がデザインする美、歴史が生みだした快い親しみのある風景を含み、ある状況の下では効用、すなわち、しかるべきもの(たとえば住居、暖かさ、光、きれいな空気、家のなかのサービスなど)がしかるべき場所にあること、すなわち全体としての快適な状態を言う。」と定義している。「しかるべきものが、しかるべきところに存在する。」(The right thing in the right place.)状態を保持し、創造していくとする思想が、都市計画や歴史的景観の確保などの基本的考え方となっている²⁾。イギリスでは既に1967年に「歴史的建築的価値のある地域」の「面的保存」を目指し「シビック・アメニティズ法」(Civic Amenities Act)が制定されている²⁾。日本でも環境保全に関する法体系が整備されているので資料を参照されたい。(参考資料1)

このようにアメニティは幅広く奥深いものであるが、我々の実務に関連性が高いものとして屋上緑化とホルムアルデヒドに絞って文献収集を行い整理して技術レポートとして報告するものである。尚、内容が不十分な箇所もあると考えられるので、お気づきの方は、ご教示をお願い致します。

3. ビルの屋上緑化

3. 1 屋上緑化の歴史

3. 1. 1 古代メソポタミア³⁾

古代メソポタミアのピラミッドは周囲に階段のあるテラスを重ねた塔の構造を持ち、そのテラスに高木や灌木の植栽がなされていたと推定されている。新バビロニア王国のネブガドネザル二世が首都バビロンの王宮のテラスに築いたとされる屋上庭園には、メディアから嫁いできた王妃アミュティスが緑の乏しい平坦地のバビロンで緑豊かな故郷を懐かしみ沈んでいるのを見かねて、壇状のテラスに泉水、樹木でその地の景観を写したと言われている。この庭園の様式は高さ25mほどの構造物が5段のバルコニー状のフロアで構成され、各バルコニーにある大型の花壇には大量の土と多くの植物が植えられていたとされている。

3. 1. 2 古代ローマ³⁾

古代ローマ遺跡では、テラスに植栽がなされそのテラスを支える逆U字型のアーチが連続して、夏の酷暑をしのぐ洞窟を形成している。

3. 1. 3 近代建築物

都市緑化として注目を浴びはじめたのは、1960年代に造られたアメリカのカイザーセンタービルやオークランド美術館などの大規模な屋上庭園が建築誌等に紹介されてからである。⁴⁾

1993年ドイツ・シュトットガルトで開催されたIGA '9において、つる植物による壁面緑化、セダムや草本植物のパレットを屋根に置く緑化屋根が既に展示されていた。³⁾

3. 1. 4 日本⁵⁾

日本では屋上緑化の歴史的な建築物は無く、自然に生活環境の中に取り入れられていた。一例として京都の社寺に見られるコケ屋根は杉皮が朽ち落ちコケに覆われたものである。また藁葺屋根には「芝棟」があったが、現在はほとんど見られないものとなっている。

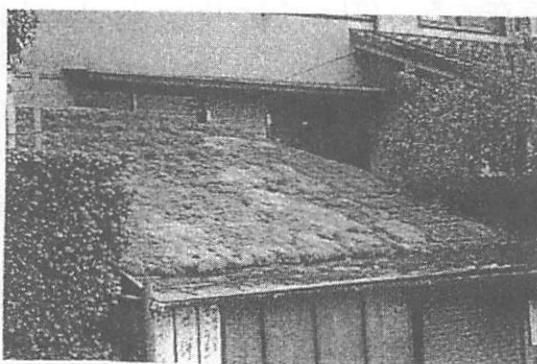


写真1 コケ屋根



写真2 芝棟の写真

屋上緑化が注目を集めるようになったのは、地球環境問題の1つである地球温暖化のヒートアイランド対策として緑化面積の拡大を国土交通省が推進したからである。

特に、東京都は2001年4月に、自然保護条例(東京における自然の保護と回復に関する条例)を改正し、敷地面積が1000m²以上(公共施設は250m²以上)の建築物の新築・増改築において緑化(屋上部においては屋上面積の20%)を義務化してから屋上緑化が加速度的に増加した。

尚、大阪府においては、2006年4月から建築物の緑化義務化が開始されている。夫々の概要については添付資料を参照されたい。(参考資料2、3)

3. 2 屋上緑化の効果

屋上緑化の効果については近年、研究が進められているが、定量的な効果を評価するような文献は少ない。

文献を調査した中では、(株)日本設計 佐藤信孝の「環境共生建築におけるパッシブとアクティブの手法」及び 横山 仁、山口隆子、石井康一郎の東京都環境化学研究所年報 「屋上緑化のヒートアイランド緩和効果—軽量層型屋上緑化に関する検討一」が屋上緑化の効果について詳細に記載している。両文献については参考資料として添付するものとし、要約を以下に記載する。(参考資料4、5)

3. 2. 1 環境効果⁶⁾

佐藤信孝は「環境共生建築におけるパッシブとアクティブの手法」で主に環境効果を報告している。

1) 断熱効果

熱貫流率(U)を指標にすると、乾燥土壌では $U=0.81\text{W/m}^2\text{K}$ であって、断熱効果は50mmの発泡断熱材における $U=0.44\text{W/m}^2\text{K}$ を施工する場合に比較して、断熱施工を省略するレベルではない。又日射影響による取得熱は、コンクリートが11.0 W/m²に対し、湿潤土壌は9.8W/m²であり、限定的に利用する場合は、断熱材として費用対効果が無い。

2) 反射・蒸散効果

反射率を指標にすると、コンクリート面における屋上面からの受熱量は7.4MJ/m²日である。緑化面では蒸発潜熱を考慮すると受熱量は7.0MJ/m²日となり、コンクリート面からの受熱量よりは小さくなる。ただし、反射率の高い白色パネルで屋上を覆うと受熱量はさらに低減する(3.7~2.8MJ/m²日)。

※反射に関しては最近、遮熱塗料が注目を集めている。省エネとしても有効と思われる。新聞にも掲載されているので参考されたい。(参考資料6)

3) CO₂吸収効果

植物は、年間での効果として、16ton 吸收し、酸素を12ton 放出している。樹高4mの樹木が1年間に吸收、固定する二酸化炭素量は平均11.5kgであるとされており、大人1人が1年間に排出する二酸化炭素量は約60kgであるので、4mの樹木

が5～6本で1人分の二酸化炭素を吸収できる。

4) 癒し効果

緑化は上記のような効果はあるものの、最も大きな効果は癒し効果つまりアメニティだと結論付けている。

癒し効果を発揮するためには屋上の開放が必要になり、安全性の確保等の設計上の問題を指摘している。

3. 2. 2 热収支⁷⁾

横山 仁、山口隆子、石井康一郎は「屋上緑化のヒートアイランド緩和効果—軽量層型屋上緑化に関する検討—」において軽量層型屋上緑化施設のヒートアイランド緩和効果を定量的に明らかにするため、建物屋上に複数の緑化試験体を設置し、熱収支を調査している。

1) 実験に用いた試験体

調査に用いた試験体は次の7種類である。土壤は人工軽量土壤とし、土壤厚は、セダムの50mm以外は80mmとしている。

試験体の種類：

芝、イワダレソウ、セダム、土壤、芝(乾燥)、芝(スラジライト)、無処理

2) 热収支、放射収支

夫々以下の収支式を用いている。

$$\text{熱収支式} \quad R_n = H + I_E + G$$

$$\text{放射収支式} \quad R_n = (1-a) \times S + L \downarrow - \epsilon \sigma T_s^4$$

Rn、H、IE、G：正味放射熱、顕熱、潜熱、伝導熱[W/m²]

S：日射量(短波放射量)[W/m²]

L_↓：大気から入射する長波放射量[W/m²]

T_s：表面温度[K]

σ：ステファン・ボルツマン定数

a、ε：各試験体日射率、放射率

$$a = S \uparrow / S \downarrow, \epsilon = L \uparrow / \sigma T_s^4$$

3) 試験結果

- ・無処理区では正味放射量(470W/m²)の約6割が顕熱に、約4割が潜熱に配分されていた。
- ・イワダレソウ区では正味放射量の約85%にあたる500W/m²の潜熱が発生しており、全試験体の中で最も大きかった。顕熱が20W/m²となり全試験区中最も小さかった。

伝導熱も $70W/m^2$ と小さく、無処理区と比較すると、顕熱で約1/14、伝導熱で約1/3であった。

- ・芝乾燥区では正味放射量の約63%にあたる $350W/m^2$ もの潜熱が発生し、顕熱が $150W/m^2$ に抑えられていた。
- ・セダム、土壤区では潜熱がほとんど無い。
- ・セダム区の潜熱は $60W/m^2$ と最も小さく、正味放射量の多くが顕熱($520W/m^2$)に配分され、何も植栽されていない土壤区や無処理区の顕熱よりも大きいという結果となった。
- ・セダムは芝やイワダレソウとは異なり草丈が高く、CAM型植物であることから植物体には多量の水を含むため、植物体への相当量の蓄熱が考えられる。

4) 結論

- ・顕熱が最も小さかったのはイワダレソウ区で以下
芝区 < 芝乾燥 < 土壤区 < 無処理区 < セダム区の順であった。
芝は乾燥条件下においてもヒートアイランド緩和効果を発揮するものと考えられた。
- ・セダム区は灌水を行えない管理下においては日中のヒートアイランド緩和効果を期待出来ない。ただし、伝導熱は非常に小さかったことから断熱効果については一定の期待ができる。

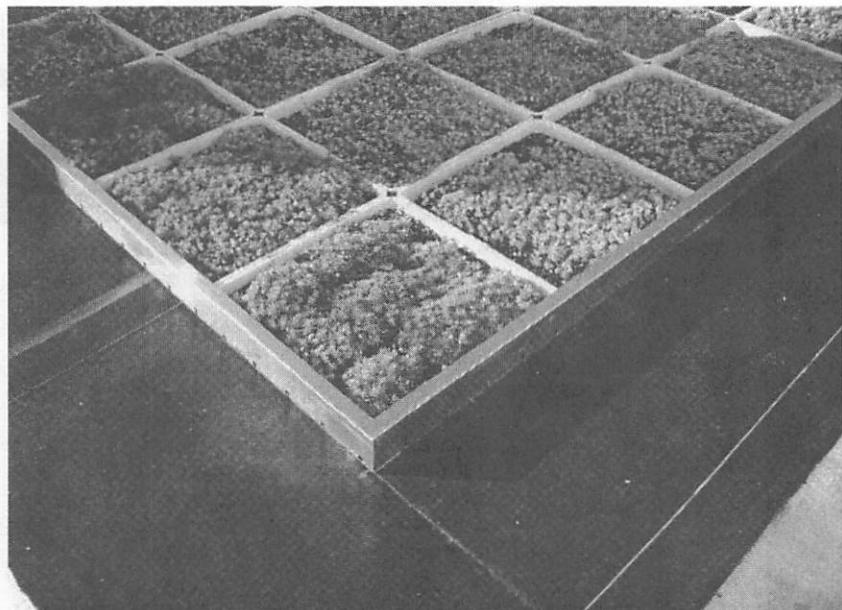


写真 3 セダム

4. 屋上緑化の技術課題⁸⁾

4.1 積載荷重

屋上構造計算用積載荷重は、建築基準法施行令第85条に定められている住宅の居室に対する積載荷重を採用する場合が多い。即ち、床の構造計算用積載荷重は1800N/m²、大梁、柱、基礎の構造計算用積載荷重は1300N/m²、地震時用積載荷重は600N/m²が採用されている。

尚、荷重には植物、土壤だけではなく保水のための水の荷重を考慮しておくことが必要である。又既存建築物では耐震設計上の安全性をも確認しなければならない。

4.2 防水

屋上緑化施工上の問題点として、防水がある。これに対し、(社)日本建築学会材料施工委員会防水工事運営委員会屋上緑化防水サブワーキンググループ(主査東京工業大学田中享二教授)が検討している。それによると庭園・菜園型防水に対してはアスファルト防水をベースにした高耐久性防水仕様が提案されている。薄層省管理型防水に関しては耐根シートの敷設などの条件付きでアスファルト防水工法、硬質アスファルトシート防水工法(トーチ工法)、塩化ビニル樹脂系シート工法の一部の使用を認めている。ワーキンググループでは更に防水について検討を行っている。

4.3 屋上緑化方法

屋上緑化方法を大別すると以下の3種類になる。

①草本類の緑化②草本類と木本類による緑化③多様な生き物の空間生息空間を有する緑化である。これらの緑化方法の選定については下表の評価項目が示されている。

種類 項目	草本類による緑化 (平面的緑化)	草本類と木本類による緑化 (立体的緑化)	多様なニッチのある緑化 (ビオトープ緑化)
設計荷重	• 400~1000N/m ² 程度	• 2000N/m ² 程度 (高木・中木・低木・地被 類をバランスよく配置)	• 3900~4900N/m ² 程度 (固定荷重として考慮。 荷重低減も可能)
機能	①法規制クリア ②ヒートアイランド現象の 緩和(効果小)	①法規制クリア ②ヒートアイランド現象の 緩和(効果大) ③CO ₂ 削減 ④癒し(効果中) ⑤憩いの場の創出(効果中) ⑥生物多様性の保全・復元 (効果中)	①法規制クリア ②ヒートアイランド現象の 緩和(効果大) ③CO ₂ 削減 ④癒し(効果大) ⑤憩いの場の創出(効果大) ⑥生物多様性の保全・復元 (効果大)
特徴	• 管理手間が比較的少ない • セダム類は植栽ゾーンに 入れない • 法令対応	• 押えコンクリートのある 既存建物への適用は比較 的容易 • 屋上的一部分への適用	• 自然に近い環境の創出 • 生物の多様性 • 究極の人工地盤緑化
適用箇所	• 既存建物 • 傾斜屋根 • 高層建物	• 集合住宅 • 事務所ビル	• 公共施設 • 商業施設 • 集合住宅 • 事務所ビル
コスト	• 建設費 中 • 維持管理費 小	• 建設費 中 • 維持管理費 中	• 建設費 大 • 維持管理費 大

5. 維持管理上の課題

屋上緑化の維持管理項目には①建物設備の維持管理②植栽設備の維持管理③植物の維持管理がある。植物は灌水が必要であり、排水について特にルーフドレンの管理が重要になる。目詰まりを起こさないよう清掃点検をすることが必要である。

その他日常の維持管理の対応策は大阪府の資料を参照されたい。(参考資料6)

6. セダムの問題点⁴⁾

屋上緑化の植物としてセダムが定着している。セダムはベンケイソウ科セダム属の植物で、特異な光合成特性を有しており、屋上緑化の目的の一部には不向きと指摘されている。それはセダム属の植物の中にはCAM型と呼ばれる光合成を行う種が含まれている。このCAM植物は乾燥に耐えるために太陽の当たる日中は気孔を閉じており、蒸散を行わないからである。このことは上記横山他の実験によても確認されている。

ドイツではセダムや草本類を屋上緑化に用いているが植物による熱エネルギー奪取効果を期待してないものと考えられる。

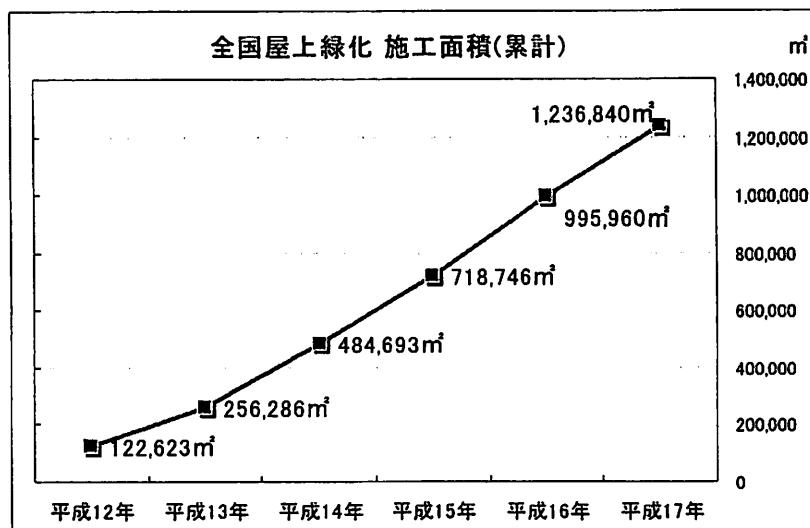
7. 屋上緑化の施工実績⁹⁾

平成18年7月、国土交通省は「屋上・壁面緑化空間は近年どの程度創出されているか」として平成12年～平成17年に置ける施工面積調査を発表している。

7. 1 屋上緑化面積

平成12年から平成17年の6年間での屋上緑化面積は約124haとなっている。

屋上緑化施工面積

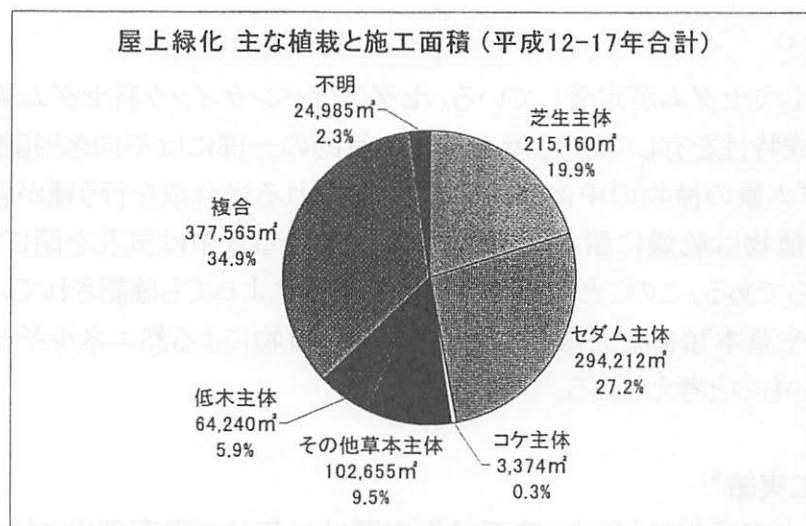


屋上データ	平成12年	平成13年	平成14年	平成15年	平成16年	平成17年
施工面積 累計	122,623	256,286	484,693	718,746	995,960	1,236,840
施工面積 単年	122,623	133,663	228,407	234,053	277,214	240,879
施工件数 累計	447	1,004	1,840	2,715	3,800	4,645
施工件数 単年	447	557	836	875	1,085	845

(単位 件数：件 面積：m²)

7.2 緑化植物の施工面積

6年間累計で、芝生主体が19.9%、セダム主体が27.2%合わせて約47%の面積を占めている。この2種類の植栽は、屋上緑化施工面積の伸びに合わせるようにそれぞれ5.7倍、3.4倍と大きく伸びている。又、樹木や草本などを複合した植栽は34.9%になっている。



7.3 建物構造物

屋上緑化の建築物については鉄骨鉄筋コンクリート造と鉄筋コンクリート造が全体の約80%を占めている。植栽との関係では鉄骨鉄筋コンクリート造や鉄筋コンクリート造には土の重さや植物の重さが大きい低木植物や複合植物が多く、一方、鉄骨構造においては、軽量と推定される芝生植物やセダムの施工が多い。

7.4 建築物の新築既設

屋上緑化は、件数で68%、面積換算で84%が新築建築物の屋上で施工された。1件あたりの緑化面積では、新築建物の場合が約420m²/件、既設建物の場合は約149m²/件と差が生じている。

8. ホルムアルデヒド

ホルムアルデヒドは常温で無色の気体で刺激性があり、水溶液はホルマリンと呼ばれ生物標本の保存に使われている。

このホルムアルデヒドは大気汚染、室内空気汚染の原因物質として知られている。ホルムアルデヒドについてアメニティの観点から臭いを中心に報告する。

尚、ホルムアルデヒドの影響、法規制、低減策については多くの書籍・文献が刊行されているので、本報告では東京都健康安全研究センター環境保健部環境衛生研究所ホームページを添付するに留める。

8. 1 臭覚

人間の臭覚は鼻腔内の嗅覚器と鋤鼻器という2つの匂いを受容する感覚器が存在している。そして匂いは嗅覚器を受容し、鋤鼻器は生殖に関するフェロモンを受容するといわれている。¹⁰⁾

本題から外れるが鋤鼻器は人間では胎児のときのみ存在し生後には消失するものと考えられてきた。それが動物を対称とした研究が進む中でヒトフェロモン感知に関し重要な役割を果たしてきていることがわかつてき。ヒトフェロモン候補物質を含む商品名「Realm」と呼ばれる香水が販売されている。¹¹⁾

では、匂いはどのようにして感じるのであろうか。それは、鼻腔内にある嗅上皮、嗅球、嗅索、嗅覚野を経て脳中枢に至るのである。¹⁰⁾

尚、特定悪臭防止法に基づいて指定されている悪臭特定物質「不快な匂いの原因となり、生活環境を損なう恐れのある物質」は22物質である。

8. 2 匂いの化学¹⁰⁾

匂い分子は揮発性、親水性で有機溶剤への分配係数が一定以上大きいという条件を満たす必要がある。匂いの質の基本的な条件は

- 1) 分子量が300以下で、蒸気圧をもち、気体となりうこと。
- 2) 分子内に官能基や不飽和結合が存在すること。
- 3) 水と脂質の両方にある程度の溶解性があること。

このような物質は有機化合物を中心に20～40万種あるといわれている。

8. 3 ホルムアルデヒドの法的規制

ホルムアルデヒドに関する規制は建築基準法、建築物衛生法等の関係法令によるものであり、ここで再度纏めることは悪戯に紙面を増やすのみであるので省略する。

ただし、留意点及び関連する事項について補足する。

8. 3. 1 特定建築物における室内空気汚染

建築物衛生法の対象となる特定建築物においては化学物質による室内空気汚染の報告例は少ないが、その理由は建築物環境衛生管理基準において二酸化炭素濃度を1000ppm以下にすることと定められており十分な換気量が確保されているためと考えられている。¹²⁾

8. 3. 2 事務所に置ける測定

建築物衛生法第5条第4項の規定で、もっぱら事務所の用途に供される特定建築物(建築物衛生法施行令第2条の2)について所有者から特定建築物に該当しない旨を都道府県知事に届出があった場合、都道府県知事は都道府県労働局長に通知することになっている。

これは、建築物全体がもっぱら事務所の用に供されている建築物については、不特定多数の者が出入りする恐れがなく、当該事務所に勤務する労働者の健康保持のみが問題となるから労働安全行政の面から指導監督が行われるのが適当であるとの考

え方に基づいている。¹²⁾

事務所にあっては、労働安全衛生法に基づく事務所衛生基準規則により作業環境測定等の適用を受ける。(参考資料8)

以上

引用文献

- 1) 独立行政法人 森林総合研究所ホームページ (生理活性チーム)
- 2) 木原啓吉著 歴史的環境 岩波新書 (2001)
- 3) 下村孝「屋上緑化のための基本的視点と今後の課題」京都府立大学 ランドスケープデザイン研究室 ホームページ掲載
- 4) 輿水 肇「都市建築物緑化の最新動向と今後の展望」農林水産技術研究ジャーナル VOL. 26, NO. 9 (2003)
- 5) 遠藤三雄 「屋上緑化」(財) 建築保全センター Re No. 138 (2003)
- 6) 佐藤信孝 「環境共生建築におけるパッシブとアクティブの手法」Live Energy No. 76 (2004)
- 7) 横山 仁・山口隆子・石井康一郎 「屋上緑化のヒートアイランド緩和効果 一軽量薄層型屋上緑化に関する検討ー」東京都環境化学研究所年報 (2004)
- 8) 橘 大介、薬師寺 圭 「屋上緑化あれこれ」(財) 建築保全センター Re No. 145 (2005)
- 9) 国土交通省 記者発表資料 平成18年7月4日 国土交通省
都市・地域整備局 公園緑地化 緑地環境推進室
- 10) 三木猛生・尾島政幸・相澤好治 「室内環境中の匂いの評価と健康影響」ビルと環境 No.110 (2005)
- 11) 鈴木隆著「匂いのエロティズム」集英社新書 (2006)
- 12) 建築物衛生管理検討会報告書 平成14年7月 建築物衛生管理検討会
座長 吉澤 晋 愛知淑徳大学教授)
- 13) 東京都健康安全研究センター環境保健部環境衛生研究所ホームページ

参考資料

1. 環境に関する法律
2. 建築物緑化の義務化概要(大阪府)
3. 建築物緑化の義務化概要(東京都)
4. 佐藤信孝 「環境共生建築におけるパッシブとアクティブの手法」
Live Energy NO. 76 (2004)
5. 横山 仁・山口隆子・石井康一郎 「屋上緑化のヒートアイランド緩和効果
—軽量薄層型屋上緑化に関する検討—」 東京都環境化学研究所年報
(2004)
6. 遮熱塗料に関する報道 2006年8月22日 日本経済新聞
7. 屋上緑化の課題とトラブル防止・対応策(大阪府ホームページ)
8. 事業所衛生基準規則
9. 室内汚染に関する資料
東京都健康安全研究センター環境保健部環境衛生研究所ホームページ

環境に関する法律

1. 環境基本法
2. 環境保全に関する法律

(1) 資源関係

- ・循環型社会形成推進基本法
- ・資源有効利用促進法（資源の有効な利用の促進に関する法律）
- ・容器包装リサイクル法（容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律）
- ・家電リサイクル法（特定家庭用機器再商品化法）
- ・建設資材リサイクル法（建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律）
- ・食品リサイクル法（食品循環資源の再生利用等に関する法律）
- ・自動車リサイクル法（使用済自動車の再資源化等に関する法律）
- ・廃棄物処理法（廃棄物の処理及び清掃に関する法律）
- ・PCB 廃棄物処理等特別措置法（ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法）
- ・特定有機廃棄物輸出入等規制法（特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律）

(2) 地球環境関係

- ・地球温暖化対策推進法（地球温暖化対策の推進に関する法律）
- ・エネルギー政策基本法
- ・省エネ法（エネルギーの使用の合理化に関する法律）
- ・新エネ法（新エネルギーの利用等の促進に関する特別措置法）
- ・オゾン層保護法（特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律）
- ・フロン類回収破壊法（特定製品に係るフロン類の回収及び破壊の実施の確保等に関する法律）

(3) 化学物質関係

- ・化学物質審査法（化学物質の審査及び製造等に規制に関する法律）
- ・有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律
- ・PRTR 法（特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律）
- ・ダイオキシン類対策特別措置法
- ・大気汚染防止法
- ・自動車 NOX・PM 法（自動車から排出される窒素酸化物及び粒子状物質の特

定地域における総量の削減等に関する特別措置法)

- ・スパイクタイヤ粉じんの発生の予防に関する法律

(5) 水質汚濁関係

- ・水質汚濁防止法
- ・水質水源法（特定水道利水障害のための水道水源水域の水質の保全に関する特別措置法）
- ・浄化槽法
- ・下水法

(6) 土壤汚染関係

- ・土壤汚染対策法

(7) 動植物関係

- ・自然環境保全法
- ・森林法
- ・絶滅のおそれのある野生動植物の種の保全に関する法律
- ・動物の愛護及び管理に関する法律
- ・自然再生推進法
- ・特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律

(8) 景観関係

- ・景観法
- ・屋外広告物法
- ・都市公園法
- ・都市緑地法

(9) その他

- ・騒音規制法
- ・振動規制法
- ・悪臭防止法
- ・工業水法
- ・ビル用水法（建築物用地下水の採取の規制に関する法律）

3. 自然保護と開発に関する法律

- ・環境アセスメント法（環境影響評価法）
- ・工場立地法

4. 環境保全支援・環境教育推進に関する法律

- ・グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）
- ・環境配慮事業活動促進法（環境情報の提供の促進等による特定事業者等の環境に配慮した事業活動の促進に関する法律）
- ・環境教育推進法（環境の保全のための意欲の増進及び環境教育推進に関する法律）
- ・省エネ・リサイクル支援法（エネルギー等の使用の合理化及び資源の有効な利用に関する事業活動の促進に関する臨時措置法）

5. 公害に関する法律

- ・公害防止組織整備法（特定工場における公害防止組織の整備に関する法律）

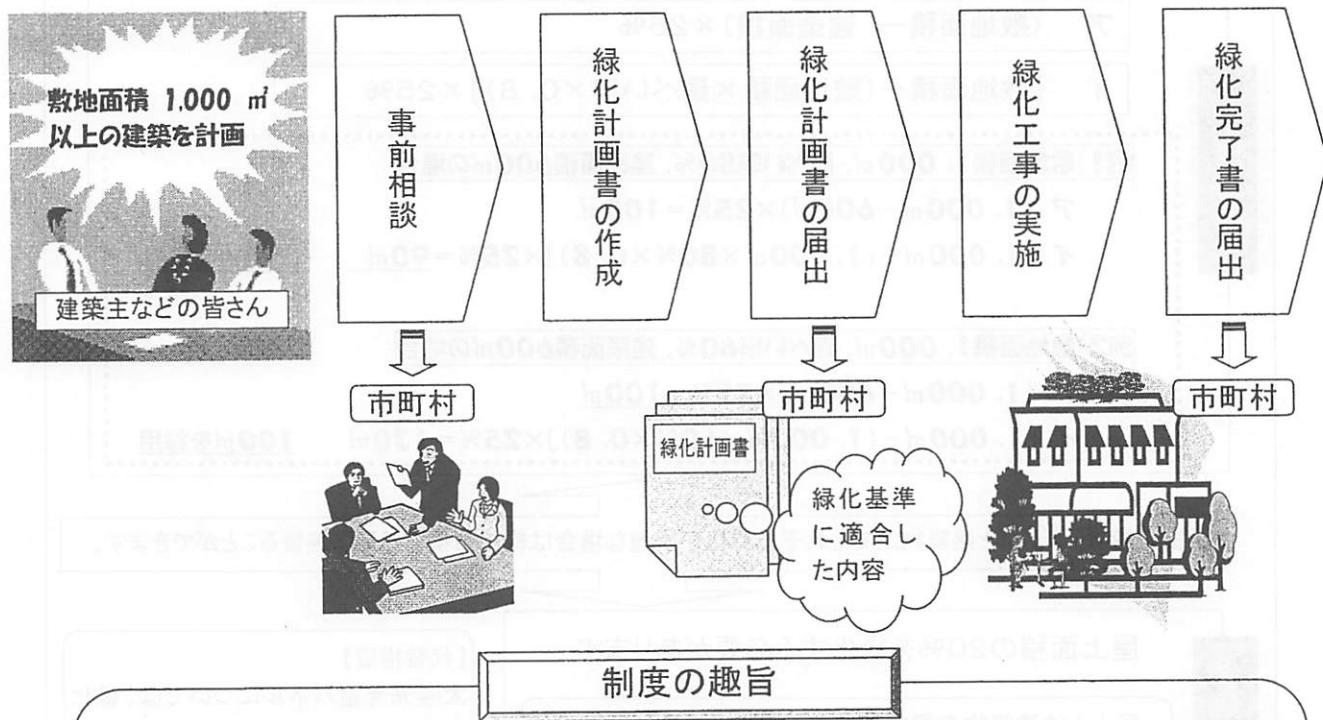
6. 他の関係法律

- ・労働安全衛生法
- ・建築物衛生法（建築物における衛生的環境の確保に関する法律）
- ・毒物及び劇物取締法
- ・消防法

建築物敷地の緑化が義務付けられます！

ヒートアイランド現象の緩和や潤いとやすらぎのある街づくりといった課題に対処するため、大阪府では、大阪府自然環境保全条例を改正し、府民や事業者の皆さんのが建物を建てる時に、基準に従って緑化を進めていただくことを内容とした「建築物の敷地等における緑化を促進する制度」を設けました。

この制度は平成18年4月1日から施行されます。



大阪では100年間に2.1°C気温が上昇し、全国平均の1.0°Cを大きく上回る速さで温暖化が進行しており、この差の1.1°Cはヒートアイランド現象の影響と考えられています。

都市における緑は、景観、環境、防災、生物の多様性の確保など幅広い効用を有しており、府民の身近なところでの緑化が求められておりますが、さらに、このヒートアイランド現象の緩和といった課題などに対処するためにも、緑化を推進する必要があります。

一方、都市部の地表面の多くは、舗装道路や建築物で覆われ、新たな緑化スペースを確保することが甚だ困難であることから、緑地が不足している都市の中で大きな構成要素となっている建築物について、これを新築、改築、増築する機会を捉えて、その敷地内に緑を確保していくことが重要です。

この制度は、このような趣旨から創設したものです。

対象となる建築物

敷地面積1,000m²以上の建築物の新築・改築又は増築

但し、増築については、増築後の建築床面積が増築前の1.2倍を超えないものは除く

届出の内容

建築物の敷地における植栽の内容や維持管理の方法などを記載した緑化計画書及び緑化完了書の届出

緑化の基準

次の二つの計算式のうち、計算結果(緑化必要面積)の小さい方が基準として採用され、この基準を上回る面積を緑化しなければなりません

$$\text{ア } (\text{敷地面積} - \text{建築面積}) \times 25\%$$

$$\text{イ } [\text{敷地面積} - (\text{敷地面積} \times \text{建ぺい率} \times 0.8)] \times 25\%$$

①地上部

例1) 敷地面積1,000m²、建ぺい率80%、建築面積600m²の場合

$$\text{ア } (1,000\text{m}^2 - 600\text{m}^2) \times 25\% = 100\text{m}^2$$

$$\text{イ } [1,000\text{m}^2 - (1,000\text{m}^2 \times 80\% \times 0.8)] \times 25\% = 90\text{m}^2 \quad 90\text{m}^2 \text{を採用}$$

例2) 敷地面積1,000m²、建ぺい率60%、建築面積600m²の場合

$$\text{ア } (1,000\text{m}^2 - 600\text{m}^2) \times 25\% = 100\text{m}^2$$

$$\text{イ } [1,000\text{m}^2 - (1,000\text{m}^2 \times 60\% \times 0.8)] \times 25\% = 130\text{m}^2 \quad 100\text{m}^2 \text{を採用}$$

【振替措置】地上部と建築物上でそれぞれ緑化が困難な場合は緑化面積を相互に振替ることができます。

②建築物上

屋上面積の20%を緑化する必要があります

屋上とは建築物の屋根部分で人の出入り及び利用可能な部分をいい、屋上面積とは空調施設等建築物の管理に必要な施設に係る部分の面積を除いた面積をいいます。

【代替措置】

太陽光発電パネルについては、緑化面積に含めることができます。

壁面緑化も算入できます。

【学校における特例】

学校の運動施設は敷地面積から控除することができます。
※トラック及びトラックに囲まれた運動場、テニスコート、野球場その他の球技場、プール、弓道場その他これらに類する施設

【工場における特例】

工場における稼動に必要な施設は敷地面積から控除することができます。
※パイプラック、貯水・貯油槽、圧力タンク、煙突、クレンジング敷地、排水浄化施設その他これらに類する施設

【増築の場合の緑化面積算出方法】

増築の場合、敷地全体ではなく、増築面積と建ぺい率から対象敷地面積を割り出し、これを基に緑化必要面積を算出します。

地上部: [(増築面積 ÷ 建ぺい率) - 増築面積] × 25%
建築物上: 増築部分に係る屋上面積 × 20%

緑化の種類

緑化面積に算入する緑化の種類は次のとおりです

樹木

樹木面積は次項の算出方法を使用する

芝、地被類(コケなど)

芝生駐車場のブロック等の芝生保護材も緑化面積に含む

花壇

プランター、コンテナを利用する場合は100L以上の容積のもの

水流、池など

樹木、植栽等と一緒に自然的な環境を形成しているものに限る

園路、土留など

上記緑化面積の合計の1/4を算入の限度とする

地上部の必要緑化面積の1/2以上は原則として樹木とする必要があります。

壁面緑化も可能ですが、カウントできるのは高さ1mまでの面積です。

高木と低木あるいは地被植物などが重なっている部分は重複して計上できません。

緑化面積の算出方法

緑化面積(樹木)の算出方法は次の3つから選択できます。(どの方法を用いてもよい)

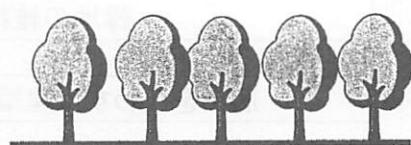
単木で植栽されている場合

樹冠の水平投影面積の合計で算出します



街路樹のように同じ規格、樹種で統一されている場合

樹木の高さ毎に定めた面積の合計で算出します



樹 高	半 径	面 積
1m以上	2. 5m未満	1. 1m 3. 8m ²
2. 5m以上	4m未満	1. 6m 8. 0m ²
4m以上	2. 1m	13. 8m ²

ただし、この方法は樹高1m以上の樹木に限ります。

様々な規格・種類の樹種により、面的に植栽されている場合

植栽区域一体の面積で算出します

植栽本数による条件式を満たせば、この太枠で囲まれた区域全体の水平投影面積を緑化面積とすることができます。

$$[条件式] A \leq 18T_1 + 10T_2 + 4T_3 + T_4$$

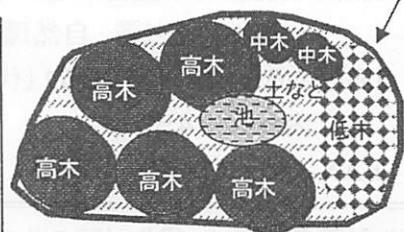
A:当該部分の水平投影面積(m²)

T₁:高さが4m以上の樹木の本数

T₂:高さが2. 5m以上4m未満の樹木の本数

T₃:高さが1m以上2. 5m未満の樹木の本数

T₄:高さが1m未満の樹木の本数



※樹木以外の緑化施設については、基本的にその施設の水平投影面積で算出します。

経過措置・適用除外など

条例の施行日前において既に建築確認の申請(国・地方公共団体について通知)を行っている建築物については、届出の適用除外となります。

工場立地法に基づく緑化義務(敷地面積 9,000 m²以上又は建築面積が 3,000 m²以上)等他の法令により緑化基準が設けられているものなどは届出の対象外建築物となります。

府条例と同等以上の効果が得られる内容の条例を定めている次の市の区域においては、市の条例が適用され、府の条例は適用除外となります。

堺市、豊中市、池田市、吹田市、高槻市、守口市、八尾市、箕面市

なお、市の条例(緑化基準等)の内容については、当該市の担当窓口にお問合せください。

その他の事項

その他、次のような措置が条例で規定されています

緑地の維持管理についての努力義務

届出を行わずに建築行為に着手した場合などの勧告措置

正当な理由がなく勧告に従わない場合などの公表措置

緑化に関して特に優れた取組みをした場合の顕彰制度

※ 市町村によっては、府条例とは別に、開発指導要綱等による緑化の協議が必要な場合がありますので、各担当窓口にお問い合わせください。

【問合せ先】

大阪府環境農林水産部みどり・都市環境室
自然みどり課 自然環境グループ
TEL 06-6941-0351(代表)
(内線)2745
FAX 06-6944-6749

緑化計画書の様式、緑化計画の作成マニュアル等については、ホームページをご覧ください。

<http://www.pref.osaka.jp/midori/shizenjourei/>

建築物緑化の義務化概要（東京都）

緑化計画書制度

制度の概要

1000m²以上の敷地において建築物の新築、増改築等を行う場合、条例により、敷地や建築物上への一定基準以上の緑化が義務づけられています。

事業者は、事前に緑化計画書の届け出をしなければなりません。

◆ 根拠条例

東京における自然の保護と回復に関する条例(自然保護条例) 第14条

◆ 対象となる施設の規模

敷地面積1000m²以上(公共施設は250m²以上)

◆ 対象となる行為

- ① 建築物を新築、改築、増築すること
- ② 工作物を建設すること
- ③ 屋外競技施設または屋外娯楽施設を建設すること
- ④ 駐車場を建設すること
- ⑤ 資材置場、作業場を建設すること
- ⑥ 墓地を建設すること

手続きのながれ

【事前相談】 来庁の際は電話予約をしてください。

必要書類 ① 案内図

② 公図の写し(必要ない場合もありますのでおたずねください)

③ 現況図

④ 現況の写真

⑤ 計画図 (平面図、立面図、求積図など)

↓

【条例判定】 自然保護条例の第14条または第47条もしくは48条の
いずれに該当するかを判定

↓ 14条(緑化計画書の届け出)に該当する場合

【緑化相談】 緑化面積等が緑化基準以上となるように計画

↓

【計画書届出】 緑化計画書の提出は確認申請の前まで

↓

工事着工 ~ しゅん工

↓

【完了書提出】 緑化完了書は工事しゅん工後すみやかに提出してください

※ 平成13年4月より、東京都では屋上等緑化の義務づけを行っています。



緑化の基準(概要)

(略) 東京都の緑化政策

一般的の設計と、総合設計 制度などを適用する場合では基準が異なります。

◆「総合設計など」の基準となる制度は

総合設計、一団地設計、連担設計、再開発等促進区、高度利用地区、特定街区

基 準	一般の設計	総合設計など
地上部緑化	AまたはBのいずれか小さい方の面積以上 A : (敷地面積 - 建築面積) × 0. 2 B : [敷地面積 - (敷地面積 × 建ぺい率 × 0. 8)] × 0. 2	(敷地面積 - 建築面積) × 0. 3 以上
建築屋上部緑化	※ 樹木の植栽面積のみ算入可 (芝や草花だけの部分は緑化面積には不算入) ※ 必要本数 10m ² あたり 高木1本、中木2本、低木3本 以上 ※ 地上での緑化が困難な場合は、建築物上で樹木による緑化に振り替えることができる	
	屋上の面積 × 0. 2 以上	屋上の面積 × 0. 3 以上
接道部	対象敷地のうち道路に接する部分の緑化 接道部緑化長 ≥ 接道長 × 接道部緑化基準(率) 1000m ² 以上 : 50%~80% 1000m ² 未満 : 30%~60%	

高木 : 成木の高さが3m以上の樹木(植栽時2m以上)

中木 : 成木の高さが2m以上の樹木(植栽時1. 2m以上)

低木 : 植栽時に0. 3m以上の樹木(タケは低木に含まれます)

第五回 パッシブデザインとしての屋上緑化

連載

「環境共生建築におけるパッシブとアクティブの手法」

(株)日本設計
佐藤信孝

背景としてのヒートアイランド問題

2001年4月東京都「自然保護条例」が改正され、敷地面積1,000m²（公共施設は250m²以上）以上の建築物の新築・増改築においては、屋上の緑化可能面積の20%緑化が義務付けられました。東京都が義務化に動いた背景には、東京の平均気温が過去100年間で約3℃上昇したことの危機感によるものです。

ヒートアイランド現象は、市街化の進行による①地表面被覆の変化、②エネルギー使用の増大、③都市形態変化による弱風化、が主たる原因といわれています。数年前までは一般的な社会問題としての認識でしたが、2002年12月、内閣府の総合規制改革会議で「重点6分野の環境分野に關し、‘地球温暖化問題’と共に‘都市のヒートアイランド現象の解消’」が明記（閣議決定）されたことから、行政課題として認識されるようになりました。対策としては、前述のヒートアイランドの原因を取り除くために、①緑化や浸透性舗装などにより地表面被覆の保水性を高める、②移動・物流を含め建築物他のエネルギー

消費を抑制する、③河川や緑地の連続性を確保するとともに建築物の配置計画に配慮し「風の道」を確保することが上げられます。

さて、このような背景から、屋上緑化の計画事例が急速に増加していますが、一方でその省エネルギー効果について疑問視する意見や維持管理上の課題について指摘される例も出てきました。一般に「緑化」は図1に示したとおり、保水効果、熱負荷抑制効果、大気浄化効果など多面的な効果がありますが、最大の効果は緑の癒し効果ではないかと思います。閉鎖された屋上の緑化は、確かに人の目に触れない場合、ヒートアイランド防止効果や断熱効果の如何によっては、その促進に疑問も感じます。これに対して、緑化は断熱材という範疇を超えて冷却材として働く場合もあるという主張もあり、設計上の戸惑いと多少の混乱を生じているのが実状です。そのような背景から設計者は屋上緑化の目的を明確に認識し、その意義を主張できることが求められます。規制に従った形だけの緑化では、批判に耐えないということあります。

緑化の効果

ヒートアイランド防止	熱負荷抑制	スクリーン効果	視覚・心理効果
保水効果 蒸散による冷却効果 風の道効果	冷暖房負荷の削減 焼け込み防止 蒸散冷却効果	大気汚染防止 騒音防止 CO ₂ 吸収	癒し効果 生活の清い 季節感演出



屋上緑化の課題

- 維持管理・手入れ
- 荷重制限
- 害虫駆除と薬害
- イニシャルコスト
- 根の被害・漏水
- 土壌飛散

図1 緑化の効果と屋上緑化の課題

屋上緑化の環境効果

屋上緑化に関する効果については、前述したように定性的に広く知られています。ここでは、これらの効果を実際の数値や測定値を用いて、工学的に捉えてみることとします。

(1) 断熱効果

屋上緑化をすることにより屋根の断熱性が増し、冷暖房負荷が削減できると考えられます。図2に断熱材を入れた場合と緑化を行なった場合の、屋根の熱貫流率を単純に比較してみました。これを見ると、乾燥土壌と湿潤土壌で熱伝導率の違いが見られますが、土壌の断熱効果は50mmの発泡断熱材を施工する場合に比較して、断熱施工を省略できるレベルではないことがわかります。また、図3に示しましたように、日射影響を考慮した場合の相当温度差を用いて取得熱を計算すると、コンクリート仕上げの場合 11.0 W/m^2 に対し、湿潤土壌は 9.8 W/m^2 となり、表面温度が低下する分取得熱は減少しますが、土壤の厚みによっては取得熱量が非緑化面と逆転する場合もあり、断熱材として限定的に利用する場合は費用対効果がないといえます。

ただし、図4に示した都市基盤整備公団の技術センターでの測定結果によると、緑化を行なっているスラブ上下での温度差がゼロないしマイナスになっており、これは熱が室内から外に向かって放出していることを示していますが、この結果は室内

の冷房による温度降下によるものであるのか、植物の蒸散による冷却効果であるのかは一概に判断できません。図5は、アクロス福岡の土壤内温度

の実測値ですが、コンクリート面の表面温度が 55°C の時に地中温度が 26.4°C であり、天井部室温より若干低い数字を示していました。

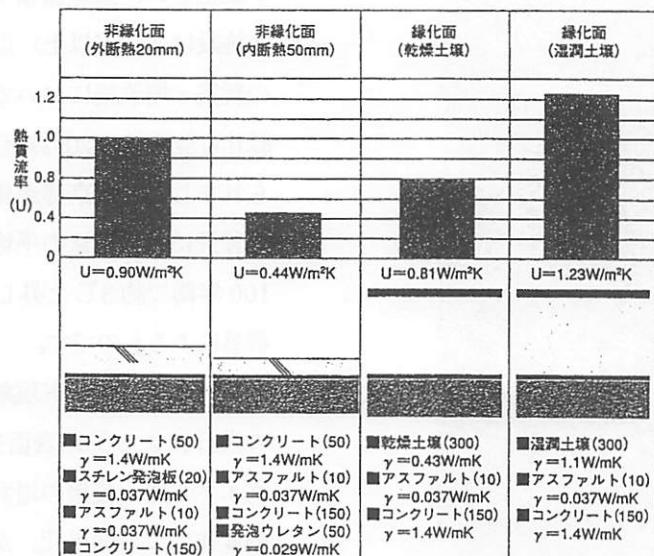


図2 熱貫流率の比較 (土壤の熱伝導率から算定した場合) $\alpha_0 = 20$ 、 $\alpha_i = 9$ とした。

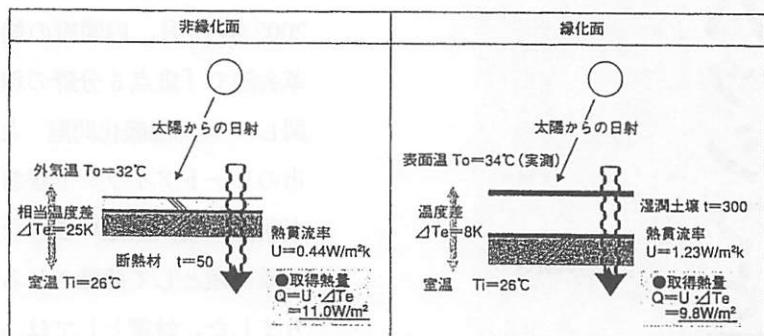
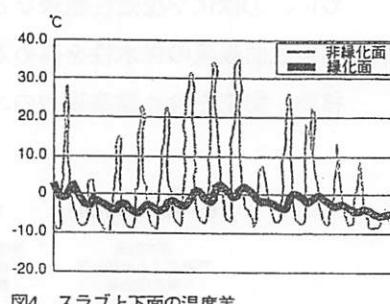


図3 非緑化面と緑化面の熱取得量の比較 (状態値から計算した取得熱量)





(2) 反射・蒸散効果

図6に屋上表面の仕上げの違いによる反射率を示しました。コンクリート面の反射率を50%とした場合、全日射量(8月)の日積算値を $14.8\text{MJ/m}^2\text{日}$ とすると屋根面からの受熱量は $7.4\text{MJ/m}^2\text{日}$ となります。一方、緑化面の反射率は10%前後で受熱量は90%に達しますが、緑化面の蒸散により冷却されます。8月の平均降水量の日平均(155mm)の50%を蒸発潜熱分として計算すると、受熱量は $7.0\text{MJ/m}^2\text{日}$ となり、コンクリート面より受熱量がやや小さくなります。ただし、反射率の高い白色パネルなどで屋根面を覆うことで、建築物全体の受熱量はさらに低減することがわかります。

(3) CO₂吸収効果

植物は、光合成によりCO₂を吸収し酸素を放出します。また呼吸作用により酸素を吸収しCO₂を放出します。その收支差し引きは図7に示したとおり、年間でCO₂を16ton吸収し、酸素を12ton放出するバランスとなります。

樹高4mの樹木が1年間に吸収、固定する二酸化炭素(CO₂)の量は、平均11.5kgであるとされています。大人1人が1年間に排出する二酸化炭素の量は、約60kgですので、4mの樹木が5~6本で1人分の二酸化炭素を吸収できる計算になります。また、樹木は窒素酸化物(NO₂)も吸収し、4mの樹木1本で車1台が432km走った分の窒素酸化物を処理できる計算になります。

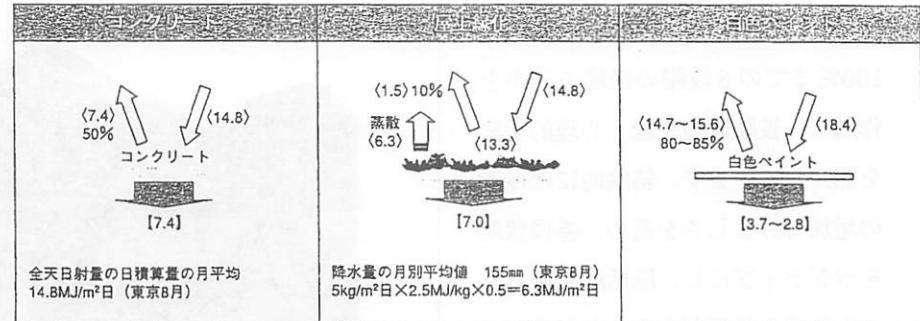


図6 反射による受熱量と蒸散による冷却効果の比較

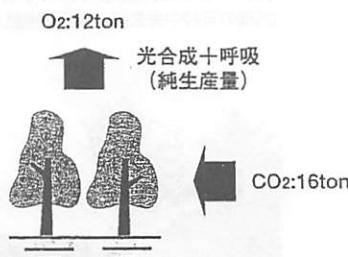


図7 樹木のCO₂吸収効果
(平野秀樹「森林が炭酸ガスを吸える」)

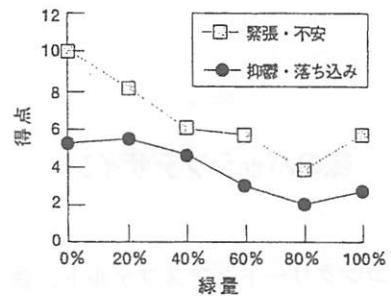


図8 緑量と感情状態の関係
(藤井英二郎「緑陰の快適性と生理・心理的効果に関する研究」)

緑に包まれることの心地よさ

前述したとおり、緑には温熱条件の緩和、空気浄化効果などの他に防音・防風・防火効果、土壤保全と水資源の確保などの実態としての環境条件の改善効果があります。しかし、他の手法で補えない最も大きな魅力は、人の心を和ませる癒し効果です(写真1)。緑は目に見える光の中で最も人間の目でとらえやすい光です。新緑の森の中を歩くと、気分がさわやかになるのも、目に入る光に緑が多いためであり、わたしたちの目には緑の光がいちばんやさしく感じるのです。また、植物の持つ「フィトンチッド」と称される物質には植物自身を守るための殺菌効果や殺虫効果



写真1 緑の癒し効果
(緑陰による快適感やストレス軽減効果は緑量80~90%の間に極値があると考えられる)

があり、このフィトンチッドは人間にとっても、精神安定、解放感、疲労回復などの効果があると言われています。人が緑に包まれたときの心地よさは、緑の持つ生命感がわたしたちの五感を心地よく刺激し、快感や興奮や解放感などを生起することから来るのです。

図8は緑陰の濃度（葉量）が人の心理面に与える影響についての研究結果です。実験では葉量が0～100%までの6段階の緑陰モデルを作成し、被験者の生理・心理的状態を測定しています。結論的には葉量の増加は好ましさを高め、感情状態をポジティブにし、脳活動をゆったりとさせる効果があることを示しています。

緑のパッシブデザイン

コンクリートとアスファルト、鉄骨とガラス、無機的に人工化した都市生活は、人々にさまざまな生理的・心理的ストレスを強います。このようなストレス環境に対し、人の活動領域で緑化することは、敷地内緑化、屋上緑化、壁面緑化などの形態を問わず意義あることだと思います。

ここでいくつかの屋上緑化事例を紹介いたします。写真2は、「アクロス福岡」のステップガーデンです。1階から最上階までをステップガーデンにすることで、公園と連続的に一体化した緑豊かな環境をつくりています。ステップガーデンは自然の山にならった排水システムを取り入れており、雨水は保水性に富んだ人工土壌に蓄えられ、人工的な灌水を行なっていません。写真3は、「新大宮聖苑」という火葬場です。周辺住民の要望もあり、建物を地面から屋上植栽へとつながる円弧状の緑の斜面で覆っている

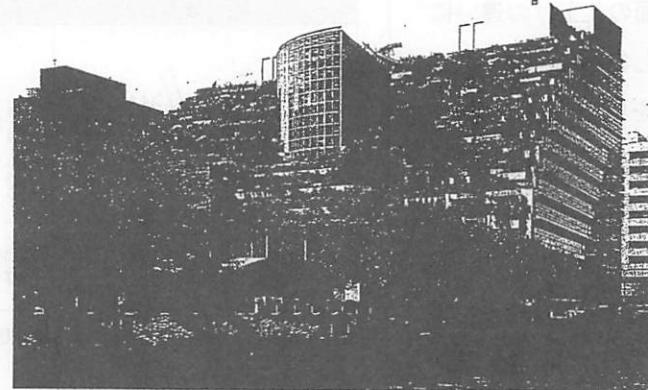


写真2 アクロス福岡のステップガーデン
(前面の天神中央公園から緑が連続し、緑に触れながら上ることができる)

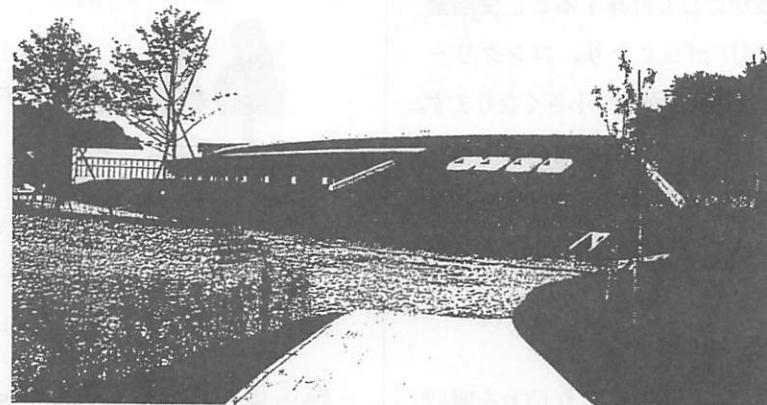


写真3 新大宮聖苑
(地面から屋上植栽へとつながる円弧状の緑の斜面で覆っている)

斜面で覆うことで、建物の存在感ができるだけ減らし、周辺からの景観に配慮した建物としています。また、このことにより待合室の熱負荷の軽減にも役立っています。両ケースとも一般の人々が緑化された建築物に触れることができる設計となっており、緑が建築と人の接点として生かされた事例です。

これまでの緑化効果の話は、緑を人間の側からの利用手段や道具として捉えてきました。しかし緑は、他の植物や生物と一緒に自然生態系を形成するのが本来の姿であります。

人間も自然生態系の一部であり、良好な生態系の維持なくして快適な人間環境の創造もないのです。もちろん都心で自然の生態系を保存し、再生することは諦めざるを得ないのでですが、自然の残る地域や場所によっては、自然や生態系にできるだけ影響を与えない取組みが重要となります。

【参考文献】

- 1) 建設通信 2001.9/10～9/18 「屋上緑化考」、田中俊六
- 2) LANDSCAPE&GREENERY2002「屋上緑化考」の考察、山田宏之
- 3) 「環境改善のための屋上緑化建築技術認定基準」、日本建築センター
- 4) 「森林が炭酸ガスを蓄える」、平野秀樹
- 5) 「緑陰の快適性と生理・心理的効果に関する研究」、藤井英二郎
- 6) 热と環境 VOL14 「防暑と植栽手法」、梅干野晃
- 7) IBEC No.132 「特集屋上緑化、建築環境・省エネルギー機器

屋上緑化のヒートアイランド緩和効果

— 軽量薄層型屋上緑化に関する検討 —

横山 仁 山口 隆子 石井康一郎

要 旨

既存建物の屋上に普及可能な軽量薄層な緑化施設のヒートアイランド緩和効果を定量的に明らかにするために、建物屋上に複数の緑化試験体を設置し、その熱収支特性を調べた。その結果、既存建物に適用できる薄層型屋上緑化システムにおいても、蒸発散による潜熱消費によって顯熱を低減させ、ヒートアイランドを緩和する効果を有することが確認できた。ただし、その効果は、植物の種類や灌水等により異なることが明らかとなった。

キーワード：軽量薄層型屋上緑化、ヒートアイランド緩和効果、熱収支、蒸発散

Study of Mitigating Urban Heat Islands by Light and Thin Rooftop Greening

YOKOYAMA Hitoshi, YAMAGUCHI Takako,
ISHII Koichiro

Summary

A main enumeration was carried out for mitigating the urban heat island effect by light and thin rooftop greening at the existent building. Seven kinds of light and thin rooftop greening systems were installed on the existent building roof, and those heat characteristic and heat balance were analyzed.

It reduced sensible heat, and the effect which mitigated the urban heat islands could be confirmed as for the light weight rooftop greening as well which could be applied in the existent building. It confirmed that mitigating the urban heat islands by rooftop greening varied in the kind of plant, water condition and so on.

Key Words : Light and thin rooftop greening, Mitigating the urban heat islands, Heat balance, Evapotranspiration

1 はじめに

過去100年間において、地球の平均気温は約0.6°C上昇しているのに対し、日本の平均気温は約1°C、大都市では約2.5°C上昇しているといわれている。しかし、東京の場合、これらをさらに上回り約3°C上昇しており、東京におけるヒートアイランドの深刻さを物語っている。ヒートアイランドの原因として、地表面被覆の人工化、人工排熱の増加、都市形態の変化等が示されているが、ヒートアイランドは、熱帯夜の増加や日中の高温化等都市の温暖化をもたらし、熱中症の増加や光化学オキシダントの生成、さらには、都市型集中豪雨との関連も指摘されるなど、早急な対策が求められている¹⁾。

東京都では、ヒートアイランド対策推進会議を設置し、各局が一丸となって効果的な対策を推進しており²⁾、その主要な対策の一つとして建物屋上等の緑化をあげ、「東京における自然の保護と回復に関する条例（通称「自然保護条例」）において、一定規模を超える敷地を有する建築物の新增改築時における屋上緑化を義務づけている。しかし、建築物の大半を占める既存建物の屋上は、条例の対象外となっているとともに、建築基準法により厳しい荷重制限が定められていることなどから、屋上緑化の普及が十分に図られていないのが現状である。

こうしたなか、屋上緑化によるヒートアイランド緩和効果に関しては、以前から梅干野ら³⁾⁻⁵⁾により精力的に研究が進められているが、近年特に、屋上緑化に対する関心の高まりとともに、研究が活発化している。ただし、その多くは、表面温度や建物内部への伝導熱量の低減等で評価しているものであり⁶⁾⁻¹⁰⁾、熱収支等の解析に基づいた定量的な評価事例^{11), 12)}は少ない。さらに、既存建物への普及を視野に入れた軽量な基盤材による効果を調べた例はほとんど無く、実際に、軽量薄層な屋上緑化施設が、どの程度の緩和効果を持つのかは定かでない。

そこで本研究では、既存建物にも適用できる軽量薄層な屋上緑化システムが持つヒートアイランド緩和効果を定量的に明らかにするために、所内の建物屋上に軽量薄層な緑化試験体を設置し、その温熱環境ならびに熱収支特性を調べた。

2 材料及び方法

実験は、東京都環境科学研究所（東京都江東区）自動車排出ガス実験棟屋上において行った。試験区は、植生の違いに着目し、無処理を含めた7区（芝区・イワダレソウ区・セダム区・土壤区・芝乾燥区・スラジライト区・無処理区）を設定した。

（1）緑化試験体の仕様

各試験区のリストを表1に、試験体の仕様を図1に示す。緑化試験体として、専用の塩化ビニル製のパレット式植栽基盤（500mm×500mm×80mmH）を製作した。

基盤設置後、中に人工軽量土壤（「ビバソイル」東邦レオ社製、湿潤比重0.8）を80mm充填し、各試験区に植物苗を、群落密度がほぼ同一となるよう定植した。セダムは、一般に薄層土壤で生育するとされる¹³⁾ことから、セダム区のみ土壤厚を50mmとした。パレットの底面には排水用の穴を設け、その下に排水用のプラスチック製の層を設けた。なお、芝乾燥区のパレットは、保水型を指向したため底面に穴を設けない仕様とした。各試験区の大きさは、4m×3m（上記パレット48個を敷設）で、その近傍に、蒸発散量測定用として周囲を断熱材にて覆ったパレット1個（500mm×500mm）を設置した。

表1 試験区リスト

試験区名	植物名	土壤	土壤厚
芝区	コウライシバ	有機質人工軽量土壤	80mm
芝乾燥区	コウライシバ	有機質人工軽量土壤	80mm
イワダレソウ区	ヒメイワダレソウ	有機質人工軽量土壤	80mm
セダム区	メキシコマンネングサ	有機質人工軽量土壤	50mm
土壤区	-	有機質人工軽量土壤	80mm
スラジライト区	コウライシバ	スラジライト	75mm
無処理区	-	-	-

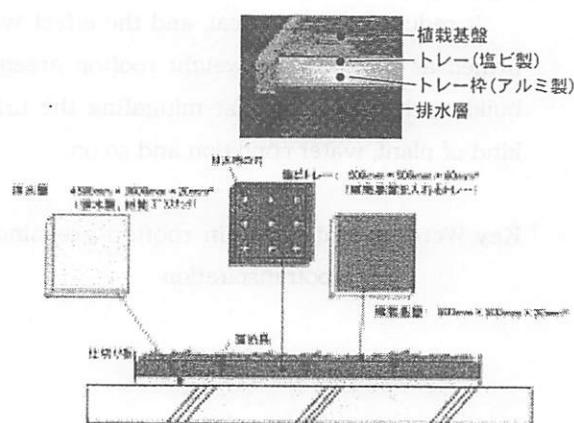


図1 試験体の仕様

(2) 測定項目および測定機器

本実験における測定項目及び測定機器を表2に、測定の概要を図2に、測定機器の設置状況を写真1に示す。各測定項目の測定方法は、以下の通りである。

表2 測定項目および測定機器

測定内容	測定項目	測定機器	機器名
外界条件	気温・湿度	温湿度計	CSV-HMP-45D
	風向・風速	風車型風速計	CVG-5103
	全天日射量	全天日射計	MS-402
	大気放射	赤外放射計	MS-202
	雨量	転倒ます雨量計	COT-34T
蒸発散量	試験体重量	電子天秤	SB32000
放射特性	アルベド	長短波放射計	MR-40
	放射率	放射收支計	CPR-Q7
	放射収支	赤外線熱電対	IR-t/c, SV-T-80F
	表面温度	サーモカメラ	TH7102
温熱環境	地中温度	T型熱電対	T-Tcc
	熱流計	CPR-PHF-01	
データ収録	各データ	データロガー	C-CR10X, サーモダックEF

① 外界（気象）条件

外界条件として、日射量、大気放射量（下向き長波放射量）、風向・風速、温度・湿度、雨量を測定した。実験棟屋上の中央位置に設置した高さ3mの観測用ポ

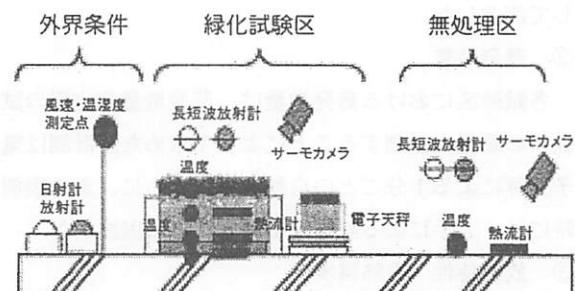
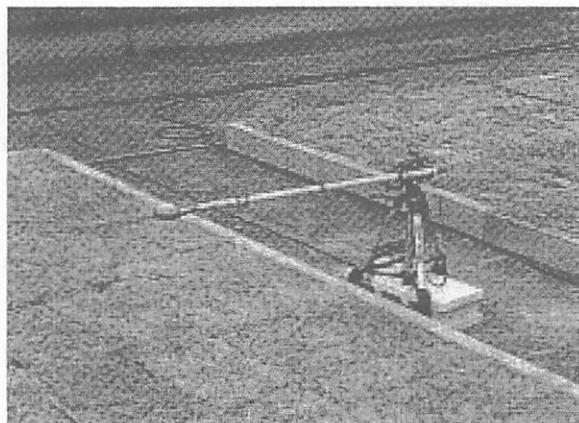


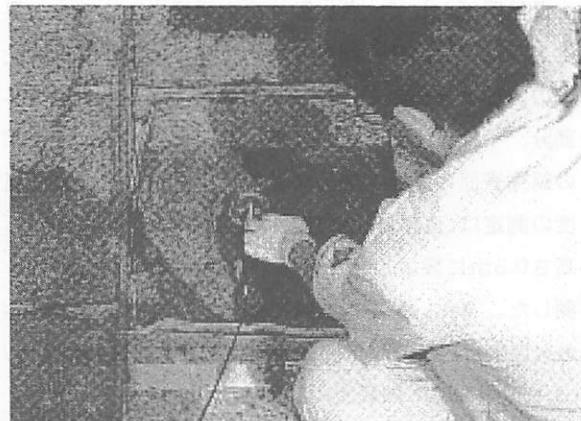
図2 測定の概要



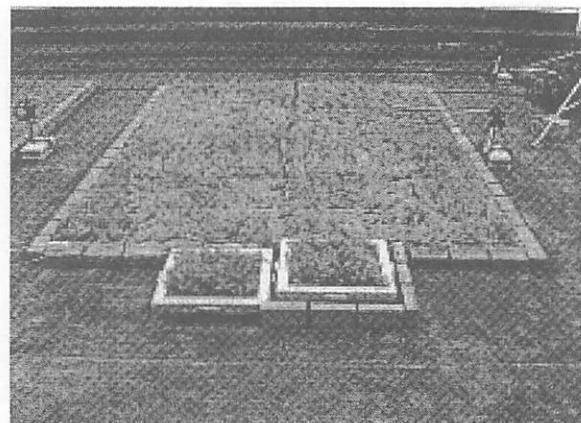
外界条件（気象）観測用機器



試験区における測定状況（芝区）
(写真中央の機器は、放射収支計)



測定器（熱流板）の設置状況（芝区）



試験区（セダム区）
(手前は、蒸発散量測定用試験体)

写真1 機器の設置および測定状況

ールの最上部に風向・風速計を、屋上面から2mの高さに日射計、大気放射計（精密赤外放射計）を、屋上面から1.5mの高さに通風式温湿度計を設置し、外界気象条件を測定した。雨量は、雨量計を屋上面に設置して測定した。

② 蒸発散量

各試験区における蒸発散量は、蒸発散量測定用の試験体の重量を計測することによって求めた。計測は電子天秤による1分ごとの自動計測とともに、集中観測時には、人手による計測を1時間ごとに実施した。

③ 放射特性・温熱環境

各試験体上の高さ0.3mに放射収支計を設置して正味放射量を測定するとともに、放射4成分（上向き・下向きの短波・長波放射量）をそれぞれ独立して計測できる長短波放射計を一定期間各試験区に設置し、アルベド、放射率等の放射特性を算出した。

温熱環境として、各試験体の表面温度、土壤中の温度並びに伝導熱量を測定した。土壤中の測定点は、土壤の上部と下部の2点とし、上部は土壤と植生の境界部分、下部は土壤の最下部とした。また、トレー下部の軸体表面の温度と熱流量も併せて計測した。表面温度の測定は、直接植栽に熱電対を貼り付けるとともに、高さ0.5mに設置した赤外線熱電対により連続的に計測した。また、集中観測時には、サーモカメラ（赤外放射温度計）により、試験区内外の温度分布を計測した。

③ 放射収支・熱収支の評価

屋上緑化の効果を定量的に評価するために、放射収支・熱収支特性の評価を行った。

熱収支・放射収支式は、以下で表現される。

$$\text{熱収支式 } Rn = H + IE + G \quad (1)$$

$$\text{放射収支式 } Rn = (1-a) \times S + L \downarrow - \varepsilon \sigma T s^4 \quad (2)$$

Rn 、 H 、 IE 、 G : 正味放射量、頭熱、潜熱、伝導熱 [W/m^2]

S : 日射量（短波放射量） [W/m^2]

$L \downarrow$: 大気から入射する長波放射量 [W/m^2]

T_s : 表面温度 [K]

σ : ステファン・ボルツマン定数

$$(= 5.670 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$$

a 、 ε : 各試験体日射反射率（アルベド）、放射率
アルベドは、入射した短波放射量（日射量）に対する反射した短波放射量の割合を示すもので、以下の式で算出した。

$$a = \frac{S \uparrow}{S \downarrow} \quad (3)$$

放射率については、日射の影響を受けない夜間に、植栽表面に貼り付けた熱電対の表面温度から算出される長波放射量 $L \downarrow$ と、赤外線熱電対で測定した表面温度から算出した長波放射量 ($\varepsilon \sigma T s^4$) の比として算出した。

$$\varepsilon = \frac{L \downarrow}{\sigma T s^4} \quad (4)$$

正味放射量は、放射収支式(2)において、日射量・大気放射量（下向き長波放射量）および表面温度の測定値と、算出したアルベド・放射率から求めた。潜熱は、重量測定値から蒸発散量を算出することによって求め、表面における地中への伝導熱は、熱流計による伝導熱量の測定値に試験体表層部の蓄熱量の補正を行うことで算出した。頭熱については、本研究で用いた試験体が小面積なため、十分な吹走距離（フェッチ）が得られなかつたことから、実測ではなく、(1)式の残差として求めた¹¹⁾。

各計測データの1分間値を連続してデータロガーに収集し、解析には10分間平均値を用いた。

緑化試験体は2003年7月下旬に施工し、試験体設置後に測定機器を設置した。測定は施工後約1ヶ月の養生期間を経た後に開始した。

気象庁アメダスデータ（新木場）によると、2003年8月は、平均気温が24.8°Cであり、過去10年の平均値26.4°Cに比べると1.6°C低かった。また、降水量は341mmで、過去10年の平均値108mmと比べると、233mm多かった。これらのことから、2003年の夏は、低温多雨の冷夏であったといえる。各試験区の植物は、低温・多雨の影響を受け、当初若干の生育遅延がみられたが、観測開始時における生育はほぼ良好であり、試験区ごとの生育に差はなかった。また、病害虫や生育障害等実験に支障を来すような生育不良はみられなかった。

8月上・中旬の養生期間においては、すべての試験区に5mm/日の灌水を行った。ただし、8月中旬には降雨が多かったため、灌水は行わなかった。その後、8月20~23日は、芝乾燥区と無処理区を除く全試験区に対して5mm/日の灌水を行った。8月24日~9月12日は、芝区・イワダレソウ区のみ同様の灌水を継続し、他の試験区には灌水しなかった。これは、それぞれの試験区を構成する植物に一般的とされる管理を指向したことによる。主観測期間となる9月12日以降は、3日に1度、芝乾燥区を除く全区に対して灌水

を行った。解析は比較的天候に恵まれた9月中旬の測定値を対象として行った。なお、スラジライト区は、他と異なる土壤および基盤材を用いており、熱特性も異なることから、検討から除外した。

3 結果および考察

(1) アルベドおよび放射率

各試験区における測定結果を表3に示す。アルベドの測定結果によると、屋上緑化区のアルベドは、0.14～0.16で、植栽の種類や生育状況などにより、値に違いが見られた。無処理区のアルベド(0.11)は、一般にコンクリートの値とされる0.51¹⁴⁾に比べると小さいが、これは、屋上面が汚れていたために黒色化していたことが原因と考えられた。また、土壤区は、一般的な自然土壤(裸地)の値(0.05～0.15¹⁵⁾)に比べて大きかったが、これは、用いた人工土壤の色が白色に近かったためと考えられた。

放射率については、イワダレソウ区がやや高い値(0.99)を示したが、全体として試験区間差は小さかった。

表3 各試験区におけるアルベドおよび放射率(2003年9月15日)

	芝区	イワダレソウ区	セダム区	土壤区	芝乾燥区	無処理区
アルベド	0.14	0.16	0.15	0.22	0.16	0.11
放射率	0.98	0.99	0.97	0.98	0.97	0.97

(2) 表面温度

晴天となった9月15日の各試験区の表面温度の測定結果を図3に示す。

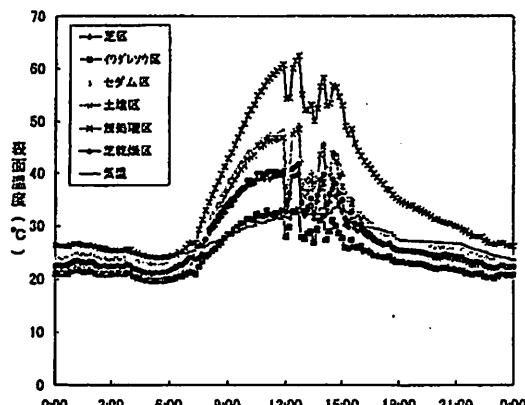


図3 各屋上緑化試験区の表面温度(2003年9月15日)

無処理区の表面温度が、他の試験区に比べ、日中、常に高く推移した。無処理区の表面温度は最高で62.5°Cに達したのに対し、他の試験区では平均で40.2°Cで、無処理区よりも約20°C低かった。試験区の中で最も低かったのはイワダレソウ区で33.2°Cで、気温(33.3°C)とほとんど差がなかった。以下、芝区<芝乾燥区<土壤区<セダム区の順で、それぞれ、40.0°C、41.9°C、48.5°C、49.4°Cとなり、最も高かったセダム区の表面温度は土壤区よりも高かった。最も低かったイワダレソウ区と最も高かったセダム区との温度差は約16°Cで、無処理区とセダム区との差(約13°C)よりも大きく、植物の違いで大きな差が認められることがわかった。これらは主として、植物の生理的特性や熱特性の違いによるものと考えられるが、詳細は次節の熱収支解析により検討する。

(3) 热収支

9月14～15日の各試験区における熱収支の経時変化を図4に示す。無処理区、芝乾燥区を除き、14日8時頃に一時的な顕熱の上昇が見られるが、これは灌水による急激な試験体重量の増加によるものであり、実際の顕熱を示すものではない。

芝区、イワダレソウ区、芝乾燥区では、14、15日ともに、顕著な潜熱の発生が認められた。一方、セダム区と土壤区では、14日の午前中に潜熱の発生が認められたものの、午後は急速に低下し、翌15日はほとんど発生は認められなかった。

表4に、比較的安定した日射量が得られた15日10:40～11:40の熱収支項の平均値を示す。正味放射量は、セダム区で最も高く620W/m²で、無処理区で最も低く470W/m²であった。土壤区は無処理区とほぼ同値で、各緑化区に比べ低かった。無処理区では、表面温度が高かったことが、また、土壤区ではアルベドが高かったことが、正味放射量が低い主な原因であると考えられた。各区の正味放射量の値は、条件が類似した既往の研究結果とほぼ一致した^{11), 12)}。

各熱収支項について比較すると、無処理区では、正味放射量(470W/m²)の約6割が顕熱(270W/m²)に、約4割が伝導熱(200W/m²)配分されていたのに対し、緑化区では、正味放射量に占める潜熱の割合が大きいため、顕熱や伝導熱の割合が小さくなっていた。イワダレソウ区では、潜熱が正味放射量(590W/m²)の約85%にあたる500W/m²発生してお

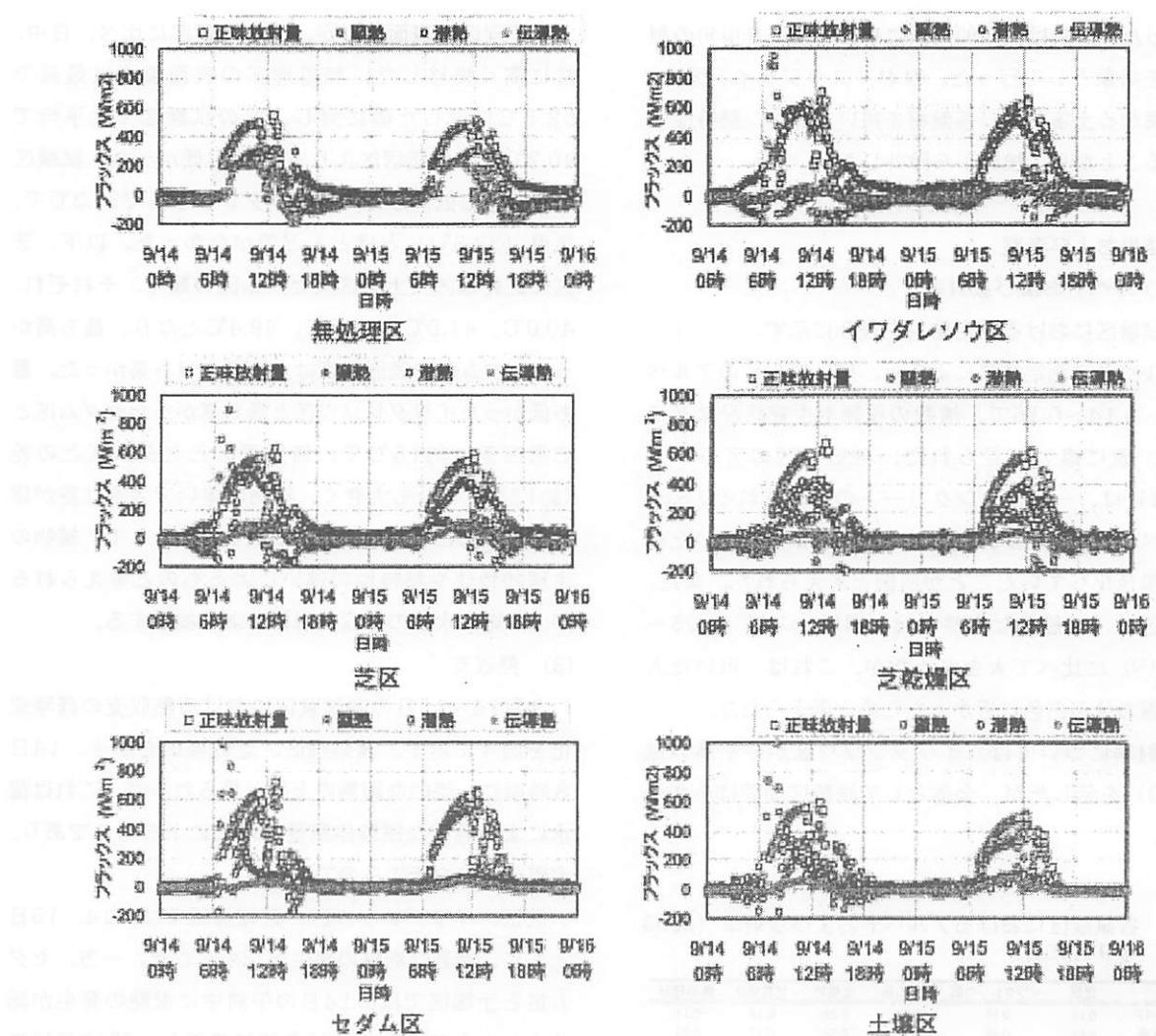


図4 热収支各項の経時変化 (2003年9月14日～15日)

表4 各試験区における熱収支 (2003年9月15日 10:40～11:40の平均値、単位: W/m²)

芝区	イワダレソウ区	セダム区	土壌区	芝乾燥区	無処理区
正味放射量	520	590	620	470	560
潜熱	380	500	60	90	350
頭熱	40	20	520	320	150
伝導熱	100	70	40	60	270

り、全試験区の中で最も大きかった。そのため、頭熱が20W/m²となり全試験区中最も小さかった。伝導熱も70W/m²と小さく、無処理区と比較すると、頭熱で約1/14、伝導熱で約1/3の値であった。

芝区においても、380W/m²近い潜熱の発生が認められ、頭熱も、イワダレソウ区に次いで小さかった。清田¹⁸らによる地上の芝地の熱収支観測結果では、約650W/m²の正味放射量に対して、約470W/m²の潜熱の発生が認められている。今回の観測値は、これに比較すると若干少ないが、屋上緑化における芝は地上

の芝に比べ、薄層土壤であることや高温となりやすいことなど、栽培環境が劣悪であることを考慮すれば、ほぼ妥当な値といえよう。

一方、セダム区の日の熱収支は、土壌区と同様に、潜熱の発生がほとんど無かった。セダムは、乾燥条件下において、日中、蒸発散を行わないCAM型光合成¹⁷を行うとされていることから、日中はほとんど潜熱の発生が見られなかったものと考えられた。セダム区の潜熱は60W/m²と最も小さく、正味放射量の多くが頭熱(520W/m²)に配分され、何も植栽されていない土壌区や無処理区の頭熱よりも大きい結果となつた。この結果からすれば、セダム区は、建物への伝熱は小さく抑えられるものの、日中は、無処理区よりも大気を加熱してしまうこととなる。このような解析結果となった原因の一つとして、セダム区の粗度が無処

理区に比べ大きく、より多くの顕熱が上空大気に伝わりやすかったことが考えられる。また、セダムは、芝やイワダレソウとは異なり草丈が高く、CAM植物であることから植物体には多量の水分を含むため、植物体への相当量の蓄熱が考えられる。したがって、今回用いた熱収支の評価法では、植物体への蓄熱は考慮していないことから、顕熱を過大評価している可能性がある。今後、セダム区の熱収支の評価に際しては植物体への蓄熱を考慮した検討が必要であろう。なお、セダム区の顕熱は15時頃から急激に低下し、他の緑化区同様、夜間はほぼ0の値に近かった。一方、無処理区においては、夜間においても、上向きの伝導熱とともに、顕熱の発生が引き続き認められた。これらのことから、夜間においては、セダム区において他の屋上緑化区同様、大気温の低下をもたらすものと考えられた。

芝乾燥区においても、正味放射量の約63%にあたる350W/m²の潜熱が発生し、顕熱が150W/m²に抑えられていた。芝乾燥区は、セダム区と同様、無灌水の設定であるが、セダム区には灌水を行った14日も、芝乾燥区には灌水を行っておらず、より厳しい水分条件であった。通常、既存建物の場合、屋上面を緑化することを想定しておらず、灌水用施設の整備等メンテナンスに関わる環境を整えにくいのが実状である。そうした場合、芝は、乾燥条件下においても相当量のヒートアイランド緩和効果を発揮する点において、既存建物の屋上緑化に対して適性が高いことが示された。今後、イワダレソウ等他の植物についても同様の検討を行う必要があると考えられた。

現在、ヒートアイランド対策効果指標の一つとされている顕熱¹⁶⁾を基準に各試験区における日中のヒートアイランド緩和効果を比較すると、イワダレソウ区および芝区は、他区に比べ顕熱が非常に小さく、ヒートアイランド緩和効果が高い屋上緑化施設であることがわかった。また、他の試験区については、芝乾燥区<土壤区<無処理区<セダム区の順となり、セダム区が最も大きかった。このことから、セダムを用いた屋上緑化は、日中のヒートアイランド緩和に関しては、その効果をほとんど期待できない屋上緑化であると結論づけられる。

4 まとめ

本研究は、軽量薄層の緑化試験体を既存建物屋上に設置し、それらの熱収支特性を調査測定することによって、軽量薄層な屋上緑化施設の持つヒートアイランド緩和効果を定量的に検討することを目的として行った。

得られた主な結果は、以下の通りである。

- (1) 表面温度は、無処理区が最も高く62.5°Cであったのに対して、屋上緑化区は全体平均で40.2°Cであった。屋上緑化区の中で最も低かったのは、イワダレソウ区で33.2°Cで、最も高かったセダム区(49.4°C)とは約16°Cの差がみられた。
- (2) 日中における熱収支解析の結果、大気を直接加熱する顕熱が最も小さかったのはイワダレソウ区で、無処理区の1/14であった。以下、芝区<芝乾燥区<土壤区<無処理区<セダム区の順であった。芝乾燥区においても顕熱が小さかったことから、芝は、乾燥条件下においてもヒートアイランド緩和効果を発揮するものと考えられた。
- (3) セダム区は、灌水直後は蒸発散が行われたが、すぐに低下し、土壤区と類似した傾向を示した。このことから、灌水を行えない管理下においては、日中のヒートアイランド緩和効果を期待できない屋上緑化であると考えられた。ただし、無処理区に比べ伝導熱は非常に小さかったことから、断熱効果については一定の期待ができるものと考えられた。
- (4) 本研究の結果から、既存建物にも適用可能な軽量薄層な屋上緑化システムにおいても、一定のヒートアイランド緩和効果を有することが明らかとなつた。しかし、効果は、植物の種類や、灌水の頻度等により異なつた。今回の結果では、イワダレソウ区および芝区で効果が高く、セダム区で効果が低いことが明らかとなつた。

5 謝辞

本研究の遂行ならびに本論文のとりまとめにあたり、日本工業大学工学部 成田健一教授、ならびに、株竹中工務店技術研究所主任研究員 三坂育正博士より、多大なるご指導・ご協力をいただきました。記して深く感謝申し上げます。

なお、本報は、東京都農業試験場および東京都土木

技術研究所との共同研究の一部を取りまとめたものである。

参考文献

- 1) ヒートアイランド対策関係府省連絡会議：ヒートアイランド対策大綱、pp.18 (2004).
- 2) 東京都：ヒートアイランド対策取組方針～環境都市東京の実現に向けて～、pp.43 (2003).
- 3) 梅干野晃・萩原賢二：屋上の芝生植栽による照り返し防止・焼け込み防止効果、日本建築学会建築環境工学論文集』5、pp.133-140 (1983).
- 4) 梅干野晃・山下富大：ツル植物による植栽スクリーンの日射遮蔽効果、日射透過率と表面温度について、日本建築学会建築環境工学論文集』345、pp.141-146 (1984).
- 5) Hoyano, A.: Effects of Rooftop Turf-planting Layers upon Building Thermal Environment, Memories of the Faculty of Engineering Kyushu University, 44, pp.135-148 (1984).
- 6) 原菌芳信・池田英男・中瀬勲：軽量な人工培地を用いた建物屋上緑化、造園雑誌52 (5)、pp.85-90 (1989).
- 7) 堀口剛・梅干野晃・王革：屋上緑化システムの提案とその熱的性能の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1523-1524 (1993).
- 8) 梅干野晃・何江・堀口剛・王革：芝生葉群層の熱収支特性に関する実験研究、屋上芝生植栽の熱環境調整効果 第1報、日本建築学会計画系論文集』462、pp.31-39 (1994).
- 9) 山本奈美・川島茂人・村上暁信・渡辺達三：メキシコマンネングサを用いた屋上緑化において植栽密度及び灌水の有無が屋上の熱環境に与える影響、ランドスケープ研究67 (5)、pp.443-446 (2004).
- 10) 山田宏之・養父志之夫・中島敦司・中尾史郎：屋上緑化による熱遮蔽効果の解析、ランドスケープ研究67 (5)、pp.453-456 (2004).
- 11) 原菌芳信・池田英男：屋上での簡易養液栽培による室内熱環境への影響、農業気象46 (1)、pp.9-17 (1990).
- 12) 野島義照・沖中健・瀬戸裕直・倉山千春・二階堂稔・高砂裕之：屋上緑化による夏期の建築物および都市の熱負荷の軽減効果の実証的研究、日本緑化工学会誌20 (3)、pp.168-176 (1995).
- 13) 日経アーキテクチュア：実例に学ぶ屋上緑化、設計～施工～メンテナンスの勘所、日経BP社、pp.206 (2003)
- 14) 近藤純正：地表面に近い大気の科学－理解と応用－、東京大学出版会、pp.324 (2000).
- 15) 近藤裕昭：人間空間の気象学、朝倉書店、pp.156 (2001).
- 16) 環境省：平成13年度ヒートアイランド対策手法調査検討業務報告書、第5章対策技術導入効果の評価手法の検討、pp.135-184 (2002).
- 17) M.クルーゲ、I.P.ティン（野瀬昭博訳）：砂漠植物の生理・生態、九州大学出版会、pp.242 (1993).
- 18) 清田信・北宅善昭・原菌芳信・矢吹万寿：林地と芝地における熱収支の比較、環境情報科学 第4回環境研究発表会論文20-2、pp.62-66 (1991).

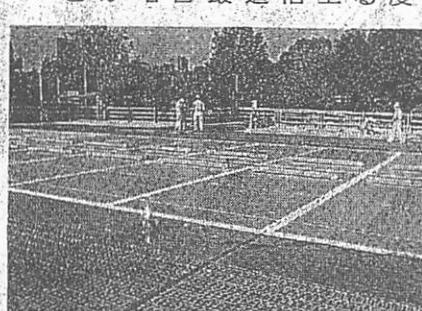
屋根や道路で太陽光反射

遮熱塗料で暑さ和らげ

遮熱塗料は太陽光を反射する顔料などを用いて、屋根や路面の蓄熱を防ぐ。塗装する下地など効果に違いが生じるが、屋根なら十五度、路

温度下げ省エネに

太陽光を反射して屋根や路面の温度上昇を抑える「遮熱塗料」を導入する企業や自治体が増えている。企業は工場の屋根に塗つて省エネに活用、自治体はヒートアイランド対策の一環で道路など路面に塗装し始めた。大阪は最高気温が三〇度以上となる真夏日が首



大阪府庁の立体駐車場にも塗布された（白線で囲まれた部分）

近畿の企業や自治体導入

太陽光を反射して屋根や路面の温度

上昇を抑える「遮熱塗料」を導入する

企業や自治体が増えている。企業は工

場の屋根に塗つて省エネに活用、自治

体はヒートアイランド対策の一環で道

路など路面に塗装し始めた。大阪は最

高気温が三〇度以上となる真夏日が首

都圏に比べ一・五倍程度多く、年々増

える傾向にあることから、今後需要が

高まる。企業側も新商品開発などに力を入れる。

製作所 大阪府摂津市
や積水ハウスの滋賀工場
(滋賀県栗東市)でもす

で利用されている。

遮熱塗料は屋根用とし

て開発されたが、ここへ

きて道路など路面向けも

登場。二年前に「大阪府

ヒートアイランド対策推

進計画」を策定した大阪

府が積極利用している。

この夏の対策として門真

市や東大阪市の府道の

一部に塗布。兵庫県明石

市や京都市も市道に利用

平均六十日には一・四

倍に増え、特に〇四年は

九十四日もあった。今年

も二十一日までで五十三

日記録しており、遮熱塗

料への関心が強まっ

て日本ペイントは道路

向けの「アソ・ナイン」

シリーズをブルサイド

などにも塗布。

利用者が効果を感じや

すい場所に売り込み、認

めた。

大阪府庁の立体駐車場

の路面にも大阪に地盤を

置く関西ペイントや日本

ペイント、大日本塗料な

ども、その中で遮

熱塗料は約二十億円。ま

だ小さな市場だが、公共

投資の減少で塗料の市場

が縮小する中、遮熱塗

料は成長力がある商品とみ

ており、塗料会社も営業

に力を入れる。

関西ペイントはこのほ

ど路面向けの遮熱塗料

に参入。マンショングル

ープに歩道向けを追加し

た。

「エコケール」シリ

ーズに歩道向けを追加し

た。

</div

屋上緑化の課題とトラブル防止・対応策（大阪府ホームページ）

【参考資料】屋上緑化の課題とトラブル防止・対応策

建築物上緑化で壁面緑化より先行事例の多い屋上緑化ですが、維持管理上の課題も多くあります。ここでは、屋上緑化におけるトラブルの事例とその防止・対応策を紹介します。

区分	トラブル事例	防止・対応策
排水関連	定期的なドレーン清掃を怠った為にドレーン中の目皿に土が溜まってしまい、溜まった土に樹木の根が侵入して排水阻害が発生	メンテナンスフリーの屋上緑化は存在しないという点を十分に認識して、ドレーン清掃は定期的に実施してください
	超高層、高層ビルが隣接している場合、風等の影響により通常の雨であっても対象建築物の屋上が単位時間雨量 200~300 mm という異常降水量になってしまい漏水が発生	周辺建築物の状況を計画立案前に十分に調査して状況に応じて、ドレーン数を増やすかオーバーフロー板の設置を検討してください。
	緑化面積を増やすために屋上を全面緑化行った結果、排水路不足となり、局所的な集中豪雨時に軽量土壤が全て浮きあがってしまった	緑化面積を多少減少させても屋上の左右もしくは真ん中にきちんととした排水路を設置すると共に、迂回路を設置して排水空間を多くとるような工夫を検討してください。
風関連	周辺に建築物が存在しないので普段から風がまともに当たっている現場で、台風時に風速が 40~50m の強風が吹き土壌を含めたシステム全てが風に吹き飛ばされた	屋上部分では地上部に比べ予想以上に風が強く吹くことを十分に認識したうえで、植物材料の選択を行ってください。また防ぎようのない強風の場合は周辺への飛散防止を努め、防風ネットの設置を検討することも必要です。
植物材料	メンテナンスが比較的かからないということでセダムによる屋上緑化を実施したところ周辺の草地からセイタカアワダチソウの種が供給され 1ヶ月もしないうちに植生が変化	周辺環境（植生を中心に）を考慮して植物材の選択を行うと共に、メンテナンスフリーの屋上緑化は存在しないという点を十分に認識して侵入種の排除を定期的に行ってください。
施工不注意関連	① 下に防水層、耐根層があるという認識がなく、その上で作業を行い防水層、耐根層を傷つけてしまい漏水事故が発生 ② 植ますにおいて側面部にどの程度、防水層及び耐根層の施工位置を認識せず土壤を天板まで入れてしまい漏水が発生 ③ 施工後の灌水が不十分であった為に植物が枯死した ④ 灌水ホースの設置時にホースの折れ曲がりや傷により灌水装置が正常に働かない	○施工者に初步的なミスがないか、十分に管理を行ってください。 ○完成時点で各機器が正常に作動するか十分に確認を行って下さい。
病害虫関連	消毒を一切行わなかったところ、地上部分では考えられない数のヨトウ虫が大発生した	屋上緑化は地上部緑化以上に人工的要素が大きい為、何かの要因により病害虫が発生すると地上部以上に大量発生に繋がることが多いことを認識したうえで、定期的な消毒作業を実施してください。ただし、消毒液の散布量、散布時間については周辺への影響が大きい為に十分に考慮する必要があります。
	単一植物種を多量に植栽したことにより、その植物に付く特定の病害虫が大発生した	多種類の植物種を混植することにより、天敵などの発生をうながし大発生の予防につとめてください。
管理関連	① 冬場凍結により灌水ホースが痛み、夏場に灌水が十分に行われなかつたため、植物が枯死した ② 灌水施設のタイマーを冬場に OFF にしたまま切り替えを忘れてしまい枯死した	灌水施設が自動であっても定期的に灌水状況を目視で確認してください。
その他	エアコンの室外機の風により植物にダメージがあった 屋上庭園を公開したことにより近所の住民から住居内が覗かれると苦情がでた	屋上機器の設置場所を考慮して植栽計画を検討してください。 周辺住民に対する事前説明と屋上公開区域の制限など事前に検討すると共に利用者に注意を呼びかけてください。
	見学者の小さな子供が屋上から転落しそうになった	子供が登りにくい構造のフェンス設置を検討するとともに、フェンスの近くに足がかりになるものを放置しないでください。また見学者に事前に注意を呼びかけてください。
	菜園利用していたらスコップやクワで知らないうちに防水層を傷つけてしまった	利用者に屋上緑化の構造について事前に十分に説明してください。

事務所衛生基準規則**(昭和四十七年九月三十日労働省令第四十三号)****最終改正:平成一六年三月三〇日厚生労働省令第七〇号**

労働安全衛生法 (昭和四十七年法律第五十七号)の規定に基づき、及び同法を実施するため、事務所衛生基準規則を次のように定める。

第一章 総則(第一条)**第二章 事務室の環境管理(第二条—第十二条)****第三章 清潔(第十三条—第十八条)****第四章 休養(第十九条—第二十二条)****第五章 救急用具(第二十三条)****附則****第一章 総則****(適用)**

第一条 この省令は、事務所(建築基準法 (昭和二十五年法律第二百一号)第二条第一号に掲げる建築物又はその一部で、事務作業(カードせん孔機、タイプライターその他の事務用機器を使用して行なう作業を含む。)に従事する労働者が主として使用するものをいう。)について、適用する。

2 事務所(これに附属する食堂及び炊事場を除く。)における衛生基準については、労働安全衛生規則(昭和四十七年労働省令第三十二号)第三編の規定は、適用しない。

第二章 事務室の環境管理**(気積)**

第二条 事業者は、労働者を常時就業させる室(以下「室」という。)の気積を、設備の占める容積及び床面から四メートルをこえる高さにある空間を除き、労働者一人について、十立方メートル以上としなければならない。

(換気)

第三条 事業者は、室においては、窓その他の開口部の直接外気に向つて開放することができる部分の面積が、常時床面積の二十分の一以上になるようにしなければならない。ただし、換気が十分に行なわれる性能を有する設備を設けたときは、この限りでない。

2 事業者は、室における一酸化炭素及び二酸化炭素の含有率(一気圧、温度二十五度とした場合の空気中に占める当該ガスの容積の割合をいう。以下同じ。)を、それぞれ百万分の五十以下及び百万分の五千以下としなければならない。

(温度)

第四条 事業者は、室の気温が十度以下の場合は、暖房する等適当な温度調節の措置を講じなければならない。

2 事業者は、室を冷房する場合は、当該室の気温を外気温より著しく低くしてはならない。ただし、電子計算機等を設置する室において、その作業者に保温のための衣類等を着用させた場合は、この限りでない。

(空気調和設備等による調整)

第五条 事業者は、空気調和設備(空気を浄化し、その温度、湿度及び流量を調節して供給することができる設備をいう。以下同じ。)又は機械換気設備(空気を浄化し、その流量を調節して供給することができる設備をいう。以下同じ。)を設けている場合は、室に供給される空気が、次の各号に適合するように、当該設備を調整しなければならない。

- 一 浮遊粉じん量(一気圧、温度二十五度とした場合の当該空気一立方メートル中に含まれる浮遊粉じんの重量をいう。以下同じ。)が、〇・一五ミリグラム以下であること。
 - 二 当該空气中に占める一酸化炭素及び二酸化炭素の含有率が、それぞれ百万分の十以下(外気が汚染されているために、一酸化炭素の含有率が百万分の十以下の空気を供給することが困難な場合は、百万分の二十以下)及び百万分の千以下であること。
 - 三 ホルムアルデヒドの量(一気圧、温度二十五度とした場合の当該空気一立方メートル中に含まれるホルムアルデヒドの重量をいう。以下同じ。)が、〇・一ミリグラム以下であること。
- 2 事業者は、前項の設備により室内に流入する空気が、特定の労働者に直接、継続して及ぼないようにし、かつ、室の気流を〇・五メートル毎秒以下としなければならない。
- 3 事業者は、空気調和設備を設けている場合は、室の気温が十七度以上二十八度以下及び相対湿度が四十パーセント以上七十パーセント以下になるように努めなければならない。

(燃焼器具)

第六条 事業者は、燃焼器具(発熱量が著しく少ないものを除く。以下同じ。)を使用する室又は箇所には、排気筒、換気扇その他の換気のための設備を設けなければならない。

- 2 事業者は、燃焼器具を使用するときは、毎日、当該器具の異常の有無を点検しなければならない。
- 3 第三条第二項の規定は、第一項の換気のための設備を設ける箇所について準用する。

(作業環境測定等)

第七条 事業者は、労働安全衛生法施行令(昭和四十七年政令第三百十八号)第二十一条第五号の室について、二月以内ごとに一回、定期に、次の事項を測定しなければならない。ただし、当該測定を行おうとする日の属する年の前年一年間において、当該室の気温が十七度以上二十八度以下及び相対湿度が四十パーセント以上七十パーセント以下である状況が継続し、かつ、当該測定を行おうとする日の属する一年間において、引き続き当該状況が継続しないおそれがない場合には、第二号及び第三号に掲げる事項については、三月から五月までの期間又は九月から十一月までの期間、六月から八月までの期間及び十二月から二月までの期間ごとに一回の測定とすることができる。

- 一 一酸化炭素及び二酸化炭素の含有率
- 二 室温及び外気温
- 三 相対湿度

2 事業者は、前項の規定による測定を行なつたときは、そのつど、次の事項を記録して、これを三年間保存しなければならない。

- 一 測定日時
- 二 測定方法
- 三 測定箇所
- 四 測定条件
- 五 測定結果
- 六 測定を実施した者の氏名
- 七 測定結果に基づいて改善措置を講じたときは、当該措置の概要

第七条の二 事業者は、室の建築(建築基準法第二条第十三号に規定する建築をいう。)、大規模の修繕(同条第十四号に規定する大規模の修繕をいう。)又は大規模の模様替(同条第十五号に規定する大規模の模様替をいう。)(以下「建築等」と総称する。)を行つたときは、当該建築等を行つた室における第五条第一項第三号に規定する事項について、当該建築等を完了し、当該室の使用を開始した日以後最初に到来する六月から九月までの期間に一回、測定しなければならない。

(測定方法)

第八条 この章(第七条を除く。)に規定する次の表の上欄に掲げる事項についての測定は、同表の下欄に掲げる測定器又はこれと同等以上の性能を有する測定器を使用して行うものとする。

事項	測定器
浮遊粉じん量	グラスファイバーろ紙(〇・三マイクロメートルのステアリン酸粒子を九九・九パーセント以上捕集する性能を有するものに限る。)を装着して相対沈降径がおおむね十マイクロメートル以下の浮遊粉じんを重量法により測定する機器又は当該機器を標準として較正された機器
一酸化炭素の含有率	検知管方式による一酸化炭素検定器
二酸化炭素の含有率	検知管方式による二酸化炭素検定器
気温	〇・五度目盛の温度計
相対湿度	〇・五度目盛の乾湿球の湿度計
気流	〇・二メートル毎秒以上の気流を測定することができる風速計
ホルムアルデヒドの量	二・四ジニトロフェニルヒドラジン捕集—高速液体クロマトグラフ法により測定する機器、四アミノー三ヒドラジノー五メルカプト—ニ・四トリアゾール法により測定する機器
備考	一 一酸化炭素及び二酸化炭素の含有率(第三条第二項に規定するものに限る。)、気温、相対湿度

並びに気流の測定は、室の通常の使用時間中に、当該室の中央部の床上七十五センチメートル以上百二十センチメートル以下の位置において行うものとする。

二 ホルムアルデヒドの量の測定は、室の通常の使用時間中に、当該室の中央部の床上五十センチメートル以上百五十センチメートル以下の位置において行うものとする。

(点検等)

第九条 事業者は、機械による換気のための設備について、はじめて使用するとき、分解して改造又は修理を行なつたとき、及び二月以内ごとに一回、定期に、異常の有無を点検し、その結果を記録して、これを三年間保存しなければならない。

第九条の二 事業者は、空気調和設備を設けている場合は、病原体によつて室の内部の空気が汚染されることを防止するため、次の各号に掲げる措置を講じなければならない。

- 一 冷却塔及び加湿装置に供給する水を水道法（昭和三十二年法律第百七十七号）第四条に規定する水質基準に適合させるため必要な措置
- 二 冷却塔及び冷却水について、当該冷却塔の使用開始時及び使用を開始した後、一月以内ごとに一回、定期に、その汚れの状況を点検し、必要に応じ、その清掃及び換水等を行うこと。ただし、一月を超える期間使用しない冷却塔に係る当該使用しない期間においては、この限りでない。
- 三 加湿装置について、当該加湿装置の使用開始時及び使用を開始した後、一月以内ごとに一回、定期に、その汚れの状況を点検し、必要に応じ、その清掃等を行うこと。ただし、一月を超える期間使用しない加湿装置に係る当該使用しない期間においては、この限りでない。
- 四 空気調和設備内に設けられた排水受けについて、当該排水受けの使用開始時及び使用を開始した後、一月以内ごとに一回、定期に、その汚れ及び閉塞の状況を点検し、必要に応じ、その清掃等を行うこと。ただし、一月を超える期間使用しない排水受けに係る当該使用しない期間においては、この限りでない。
- 五 冷却塔、冷却水の水管及び加湿装置の清掃を、それぞれ一年以内ごとに一回、定期に、行うこと。

(照度等)

第十条 事業者は、室の作業面の照度を、次の表の上欄に掲げる作業の区分に応じて、同表の下欄に掲げる基準に適合させなければならない。ただし、感光材料の取扱い等特殊な作業を行なう室については、この限りでない。

作業の区分	基準
精密な作業	三百ルクス以上
普通の作業	百五十ルクス以上
粗な作業	七十ルクス以上

- 2 事業者は、室の採光及び照明については、明暗の対照が著しくなく、かつ、まぶしさを生じさせない方法によらなければならない。
- 3 事業者は、室の照明設備について、六月以内ごとに一回、定期に、点検しなければならない。

(騒音及び振動の防止)

第十一條 事業者は、室内の労働者に有害な影響を及ぼすおそれのある騒音又は振動について、隔壁を設ける等その伝ばを防止するため必要な措置を講ずるようしなければならない。

(騒音伝ばの防止)

第十二條 事業者は、カードせん孔機、タイプライターその他の事務用機器で騒音を発するものを、五台以上集中して同時に使用するときは、騒音の伝ばを防止するため、しや音及び吸音の機能をもつ天井及び壁で区画された専用の作業室を設けなければならない。

第三章 清潔

(給水)

第十三条 事業者は、労働者の飲用に供する水その他の飲料を十分に供給するようしなければならない。

2 事業者は、水道法第三条第九項に規定する給水装置以外に給水に関する設備を設けて飲用し、又は食器の洗浄に使用する水を供給するときは、当該水について、次に定めるところによらなければならぬ。

- 一 地方公共団体等の行う水質検査により、水道法第四条の規定による水質基準に適合していることを確認すること。
- 二 給水せんにおける水に含まれる遊離残留塩素の含有率を百万分の〇・一(結合残留塩素の場合は、百万分の〇・四)以上に保持すること。ただし、供給する水が病原生物に著しく汚染されるおそれのある場合又は病原生物に汚染されたことを疑わせるような生物若しくは物質を多量に含むおそれのある場合は、百万分の〇・二(結合残留塩素の場合は、百万分の一・五)以上にすること。
- 三 有害物、汚水等によって水が汚染されないように、適当な汚染防止の措置を講ずること。

(排水)

第十四条 事業者は、排水に関する設備については、当該設備の正常な機能が阻害されることにより汚水の漏出等が生じないように、補修及びそうじを行なわなければならない。

(清掃等の実施)

第十五条 事業者は、次の各号に掲げる措置を講じなければならない。

- 一 日常行う清掃のほか、大掃除を、六月以内ごとに一回、定期に、統一的に行うこと。
- 二 ねずみ、昆虫等の発生場所、生息場所及び侵入経路並びにねずみ、昆虫等による被害の状況について、六月以内ごとに一回、定期に、統一的に調査を実施し、当該調査の結果に基づき、ねずみ、昆虫等の発生を防止するため必要な措置を講ずること。
- 三 ねずみ、昆虫等の防除のため殺そ剤又は殺虫剤を使用する場合は、薬事法(昭和三十五年法律第二百四十五号)第十四条又は第十九条の二の規定による承認を受けた医薬品又は医薬部外品を用いること。

(労働者の清潔保持義務)

第十六条 労働者は、事務所の清潔に注意し、廃棄物を定められた場所以外の場所に捨てないようにしな

ければならない。

(便所)

第十七条 事業者は、次に定めるところにより便所を設けなければならない。

- 一 男性用と女性用に区別すること。
- 二 男性用大便所の便房の数は、同時に就業する男性労働者六十人以内ごとに一個以上とすること。
- 三 男性用小便所の箇所数は、同時に就業する男性労働者三十人以内ごとに一個以上とすること。
- 四 女性用便所の便房の数は、同時に就業する女性労働者二十人以内ごとに一個以上とすること。
- 五 便池は、汚物が土中に浸透しない構造とすること。
- 六 流出する清浄な水を十分に供給する手洗い設備を設けること。

2 事業者は、便所を清潔に保ち、汚物を適当に処理しなければならない。

(洗面設備等)

第十八条 事業者は、洗面設備を設けなければならない。

2 事業者は、被服を汚染し、若しくは湿潤し、又は汚染し、若しくは湿潤するおそれのある労働者のために、更衣設備又は被服の乾燥設備を設けなければならない。

第四章 休養

(休憩の設備)

第十九条 事業者は、労働者が有効に利用することができる休憩の設備を設けるように努めなければならない。

(睡眠又は仮眠の設備)

第二十条 事業者は、夜間、労働者に睡眠を与える必要のあるとき、又は労働者が就業の途中に仮眠することのできる機会のあるときは、適当な睡眠又は仮眠の場所を、男性用と女性用に区別して設けなければならない。

2 事業者は、前項の場所には、寝具、かやその他の必要な用品を備え、かつ、疾病感染を予防する措置を講じなければならない。

(休養室等)

第二十一条 事業者は、常時五十人以上又は常時女性三十人以上の労働者を使用するときは、労働者がが床することのできる休養室又は休養所を、男性用と女性用に区別して設けなければならない。

(立業のためのいす)

第二十二条 事業者は、持続的立業に従事する労働者が就業中しばしばすことのできる機会のあるときは、当該労働者が利用することのできるいすを備えなければならない。

第五章 救急用具

第二十三条 事業者は、負傷者の手當に必要な救急用具及び材料を備え、その備付け場所及び使用方法を労働者に周知させなければならない。

2 事業者は、前項の救急用具及び材料を常時清潔に保たなければならない。

附 則

(施行期日)

第一条 この省令は、昭和四十七年十月一日から施行する。

(廃止)

第二条 事務所衛生基準規則(昭和四十六年労働省令第十六号)は、廃止する。

附 則 (昭和五〇年八月一日労働省令第二〇号) 抄

(施行期日)

第一条 この省令は、法の施行の日(昭和五十年八月一日)から施行する。

附 則 (昭和五一年四月三〇日労働省令第一三号)

この省令は、公布の日から施行する。

附 則 (昭和五五年一二月二日労働省令第三〇号) 抄

(施行期日)

第一条 この省令は、公布の日から施行する。

附 則 (平成六年三月三〇日労働省令第二〇号) 抄

(施行期日)

第一条 この省令は、平成六年七月一日から施行する。

(計画の届出に関する経過措置)

第二条 この省令による改正前の有機溶剤中毒予防規則(以下「旧有機則」という。)第三十七条第一項、この省令による改正前の鉛中毒予防規則(以下「旧鉛則」という。)第六十一条第一項、この省令による改正前の四アルキル鉛中毒予防規則(以下「旧四アルキル則」という。)第二十八条第一項、この省令による改正前の特定化学物質等障害予防規則(以下「旧特化則」という。)第五十二条第一項、この省令による改正前の電離放射線障害防止規則(以下「旧電離則」という。)第六十一条第一項、この省令による改正前の事務所衛生基準規則(以下「旧事務所則」という。)第二十四条第一項又はこの省令による改正前の粉じん障害防止規則(以下「旧粉じん則」という。)第二十八条第一項の規定に基づく届出であって、この省令の施行の日(以下「施行日」という。)後に開始される工事に係るものは、この省令の施行後もなお労働安全衛生法(以下「法」という。)第八十八条第一項の届出としての効力を有するものとする。

2 旧有機則第三十七条第三項、旧鉛則第六十一条第三項、旧四アルキル則第二十八条第三項、旧特化則第五十二条第三項、旧電離則第六十一条第三項、旧事務所則第二十五条又は旧粉じん則第二十八条第三項の規定に基づく届出であって、施行日後に開始される工事に係るものは、この省令の施行後も

なお法第八十八条第二項において準用する同条第一項の届出としての効力を有するものとする。

(罰則に関する経過措置)

第五条 この省令の施行前にした行為及び附則第三条の規定によりなお従前の例によることとされる場合におけるこの省令の施行後にした行為に対する罰則の適用については、なお従前の例による。

附 則（平成九年九月二五日労働省令第三一号）抄

(施行期日)

- 1 この省令は、雇用の分野における男女の均等な機会及び待遇の確保等のための労働省関係法律の整備に関する法律附則第一条第一号に掲げる規定の施行の日(平成九年十月一日)から施行する。

附 則（平成九年一〇月一日労働省令第三二号）

この省令は、公布の日から施行する。

附 則（平成一六年三月三〇日厚生労働省令第七〇号）

- 1 この省令は、公布の日から施行する。ただし、第一条中事務所衛生基準規則第五条の改正規定、第七条の次に一条を加える改正規定、第八条の改正規定(「前条」を「第七条」に改める部分を除く。)及び第九条の次に一条を加える改正規定は、公布の日から起算して三月を経過した日から施行する。
- 2 この省令の施行の際現に中央管理方式以外の空気調和設備又は機械換気設備を設けている室については、当分の間、第一条による改正後の事務所衛生基準規則第五条第一項第一号の規定は、適用しない。
- 3 この省令の施行前にした行為に対する罰則の適用については、なお従前の例による。

室内を汚染している化学物質

室内を汚染している代表的な化学物質を以下に示します。

1. ホルムアルデヒドについて

ホルムアルデヒドは、住宅においてしばしば発生する化学物質の一つです。

無色で刺激臭を有し、常温では気体です。水に良く溶け、約30%の水溶液は通常ホルマリンと称しています。ホルムアルデヒドは、殺菌作用があり、従来より温室や土壤の燻蒸剤等に利用されるほか、標本保存剤、消毒剤、防腐剤として用いられています。

居住環境におけるホルムアルデヒドの発生源としては、建材、家具、家庭用品、喫煙及び暖房器具の使用等が考えられます。特に、合板・パーティクルボードの接着には尿素-ホルムアルデヒド系接着剤が多用されています。また、ホルムアルデヒドは壁紙用接着剤の防腐剤としても利用されています。ホルムアルデヒドの人に対する影響は、主に目、鼻、及び喉に対する刺激作用で、具体的には、不快感、流涙、くしゃみ、咳、吐き気、呼吸困難等の症状が表れます。また、動物(ラット)で発がん性が認められています。

厚生労働省は、室内のホルムアルデヒド濃度の指針値として、 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ (0.08ppm)を設定しています。

2. 挥発性有機化合物(VOC)について

揮発性有機化合物(VOC: Volatile Organic Compounds)とは、常温で蒸発(気化)する有機化合物の総称です。WHOでは、表1のように有機化合物の沸点を基にしてVOCを定義・分類しています。全揮発性有機化合物(TVOC: Total VOC)は個々のVOCの総和です。

表1. 挥発性有機化合物の分類

分類	略記	沸点範囲(°C)
超揮発性有機化合物	VVOC	0 ~ 50-100
揮発性有機化合物	VOC	50-100 ~ 240-260
半揮発性有機化合物	SVOC	240-260 ~ 380-400
粒子状物質	POM	380以上

VOCの発生源としては、合板、壁紙などの建材や施工時の接着剤、カーテンやカーペットなどの家具調度品、開放型の暖房器具、殺虫剤、消臭・芳香剤、喫煙などがあげられます(表2)。

表2. VOCの発生源と主な材料

発生源の種類	主な材料
建材	パーティクルボード(接着剤)、化粧板(接着剤・原料)、壁紙(原料・可塑剤)、断熱材; 発泡尿素樹脂(発泡剤)、尿素樹脂バインダーガラス繊維(接着剤)、シール剤(有機溶剤)、プラスチック配管(原料・可塑剤)、塗料(有機溶剤・原料)、澱粉糊(防カビ剤)、合成接着剤(有機溶剤・原料)
家具・調度品	カーペット(接着剤・原料)、タンス(接着剤・防虫剤・原料)、カーテン(難燃剤)
暖房・厨房機器	開放型石油ストーブ、ガスレンジ(燃料・燃焼生成物)、システムキッチン(原料・接着剤)

空調機器	空調システムのダクト内壁
日用品	化粧品、事務用品、接着剤、芳香・消臭剤、滅菌剤
電化製品・事務機器	掃除機(防菌剤、防虫剤)、コピー機、マーカー(有機溶剤)
自動車関連	燃料、排ガス、内装材

出典 堀雅宏: ALIA NEWS, 37, 30-39(1997)

表3. 材料と発生するVOCの例

材 料	発生するVOCの例
有機溶剤	トルエン、キシレン、ヘプタン、アルコール類、メチルエチルケトン、酢酸エチル、ブチルエーテル、ブチルアルコール
殺虫剤、防蟻剤	ケロシン、クロルピリホス、アレスリン、ペルメトリノ、フェニトロチオン、ダイアジノン
防菌・防カビ	チアベンダゾール(TBZ)、p-クロロメタキシレノール、イソプロピルメチルフェノール、ホルムアルデヒド
防ダニ、防虫剤	エムペントリン、ヒノキチオール、フェニトロチオン、フェニチオン、TBZ、p-ジクロロベンゼン、ナフタレン、アレスリン
芳香・消臭剤	リモネン、 α -ピネン、p-ジクロロベンゼン、植物抽出油
清掃剤、ワックス	エタノール、デカン、トルエン、キシレン
接着剤	ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、トリメチルベンゼン、ヘキサン、アルコール類、アセトン、メチルエチルケトン
難燃剤	リン酸トリブチル、リン酸トリス(2-クロロエチル)
可塑剤	フタル酸ジブチル、フタル酸ジエチルヘキシル

出典 堀雅宏: ALIA NEWS, 37, 30-39(1997). 花井義道, 陳永紅, 中西準子: 横浜国大環境研紀要, 22, 1-10(1996)

3. 防蟻剤、殺虫剤、防ダニ剤について

防蟻剤とは、イエシロアリやヤマトシロアリ等が木質材料を探食して、木造建築物の強度を低下させたり、資産価値を低下させることを防ぐため、土壤や木部に施す薬剤です。防蟻処理には、床下に種々の製剤形態の殺蟻剤を散布する方法の他に防蟻剤を含んだ種々の材料で土壤を被覆する方法があり、これらが主な発生源となっています。我が国における空気中防蟻剤の発生量はほとんど明らかにされていませんが、施工後の期間や気温、湿度、場所、居住環境の換気率によって大きく左右されます。防蟻剤を使用した建築物において、その発生による空気中濃度を低下させる技術は確立していません。

畳やカーペット等に虫やダニが発生することを防止する目的で薬剤が施されている場合があります。これらの薬剤はごく微量ずつ空気中に放散します。また、スプレー式や加熱式の殺虫剤を使用すると室内空気中濃度が急増します。

防蟻剤、殺虫剤、防ダニ剤のほとんどは農薬として用いられるもので、かつては有機塩素系農薬が主体でしたが、現在は有機リン系、カルバメート系、ピレスロイド系のものが大部分です。これらの薬剤には急性毒性、神経毒性、免疫毒性、変異原性・発がん性において注意すべき物質が含まれており、事故事例がいくつか報告されています。

なお、平成15年7月までに、建築基準法により、クロルピリホス(防蟻剤)の使用は禁止になります。

4. 内分泌かく乱化学物質について

身体の外から侵入して生体の内分泌作用をかく乱する化学物質を、内分泌かく乱化学物質または外因性内分泌かく乱化学物質と称しています。長い名称なので、環境ホルモンという言葉が使われることもあります。環境省は約70種類の化学物質を内分泌かく乱作用が疑われる物質としてリストアップしました。それらの中には室内空気環境に存在する可能性がある物質が含まれています(表4.)。

東京都健康局地域保健部及び健康安全研究センターでは、人がこれらの物質をどの程度吸入しているのか、暴露量を把握するため室内環境中の内分泌かく乱化学物質に関する実態調査を進めています。

なお、健康住宅研究会(国土交通省、厚生労働省、経済産業省他)は、安全な居住空間を実現するために優先的に取り組むべき物質として、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレンの3物質と木材保存剤、可塑剤、防蟻剤の3薬剤を選定しています。

表4. 室内空气中に存在する可能性がある内分泌かく乱作用を持つと疑われる化学物質

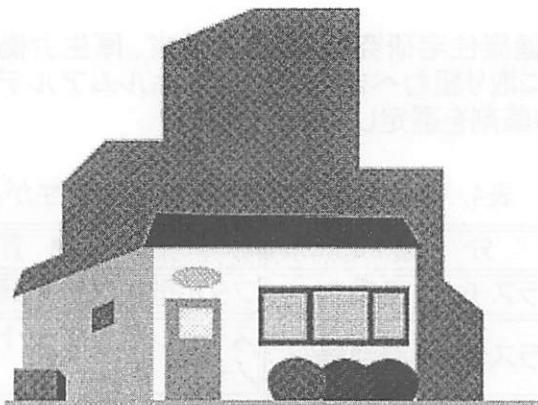
分類	物質名	備考
プラスチック可塑剤	フタル酸エステル類	多くの種類がある
プラスチック原料等	スチレンダイマー・トリマー、ビスフェノール A	スチレンは生殖毒性がある
有機リン系農薬	マラチオン	現在は使用されていないが関連物質は多い
ピレスロイド系農薬	ペルメトリン、シペルメトリン、フェンバレレート、エスフェンバレレート	合成ピレスロイドは家庭用殺虫剤の主流になっている
有機塩素系農薬	クロルデン、ノナクロル、ディルドリン、DDT、HCH(BHC)	これらの有機塩素系農薬はかつて大量に使用されたが、現在は使用されていない
多環芳香族炭化水素	ベンゾピレン	喫煙や自動車、開放型石油ストーブ、調理器具の使用によって生成する

参考文献

1. 厚生省:快適で健康的な住宅に関する検討会議報告書 各論編, 1998.
2. 東京都生活文化局:家庭用殺虫剤等の室内における挙動調査報告書, 1991.
3. 東京都生活文化局:家庭用殺虫剤等の安全性に関する調査報告書, 1992.
4. 環境庁:外因性内分泌攪乱化学物質問題への環境庁の取り組みについて-環境ホルモン戦略計画 SPEED'98-, 1998
5. 健康住宅研究会:室内空気汚染低減のための設計・施工ガイドライン, 1998.

シックビル症候群、 シックハウス症候群について

1970年代に二度にわたる石油ショックを受けて欧米では、冷暖房費を節約するため、建築物の省エネルギー化が進められました。1980年代の初め頃から、欧米各地のいわゆる省エネビルにおいて、めまい、吐き気、頭痛、平衡感覚の失調、眼、鼻、喉の痛み、粘膜や皮膚の乾燥感、ゼイゼイする、喉が渴れるなどの呼吸器系の諸症状等、体の不調を訴える居住者からの苦情が多数、ビル所有者や国、州などの公共団体に出されるようになりました(表1)。これらの症状は、「ビル病」とか「シックビル症候群」 Sick Building Syndrome (SBS)と呼ばれています。日本では「シックハウス症候群」という言葉が一般的になっていますが、これは「シックビル症候群」に倣った和製英語で、住宅(ハウス)における「シックビル症候群」であることをわかるようにしたためと思われます。



SBSは、原因としての当該建築物の換気不足、各種汚染質(单一または複数)の発生量の増大がベースにあって、それらがその他の物理化学的要因や心理的要因と結びついた時、様々な症状として表れます。

日本では、1970年に建築物の衛生的環境の確保に関する法律(ビル衛生管理法)が定められ、空気環境については表2に示す6項目の管理基準が決められました。さらに、必要換気量の規定が設けられており、欧米のような大きな問題には至っておりません。しかし、化学物質を含む新建材が多用される最近の新築ビルでは、SBS問題がまったくないわけではなく、常に換気に留意する必要があります。

表1. シックビル症候群で訴えられた症状(米国でのビル115件)

症 状	症状を示したビルの件数
目の刺激	81
喉の刺激	71
頭痛	67
疲労感	53
鼻づまり	51
皮膚の刺激	38
息切れ	33
異臭感	31
咳	24
めまい	22
吐き気	15

表2. 空気環境の調整に関する基準(ビル衛生管理法)

項 目	基 準 値
浮遊粉塵(粒径10μm以下のもの)	

	0.15mg/m ³ 以下
一酸化炭素(CO)	10ppm以下
炭酸ガス(CO ₂)	1000ppm以下
温度(居室)	17°C以上28°C以下
相対湿度	40%以上70%以下
気流	0.5m/秒以下

参考文献

1. 池田耕一:シックハウス症候群,生活と環境, 43,24-34,1998.
 2. 市川 勇、松村年郎:室内空気環境基準の現状,衛生化学, 43,162-173,1997.
 3. 厚生省:快適で健康的な住宅に関する検討会議報告書, 1998.
-

化学物質過敏症について

環境中に存在する微量な化学物質の暴露により、神経系や免疫系の異常をはじめとする様々な健康影響がもたらされる可能性が指摘されています。このような健康影響については、欧米においてMultiple Chemical Sensitivities (MCS)として議論がなされています。我が国においては「化学物質過敏症」として一般に呼称されていますが、その病態や健康影響の実態等に関する十分な科学的議論がなされておらず、「化学物質過敏症」という用語の使用にも医学会では必ずしもコンセンサスが得られていない状況にあります。環境庁の「本態性多種化学物質過敏状態の調査研究」報告書(平成10年度)によれば、「本態性多種化学物質過敏状態(MCS)は、共通の定義や診断の基準がないこと、またあっても客観的な基準でないため、正確な把握が困難であり、現時点ではその病態生理と発症機序は未だ仮説の段階にあり確証に乏しいと考えられる」として、「IPCS(International Program of Chemical Safety)のワークショップ(1996ベルリン)で定義されたIEI (Idiopathic Environmental Intolerances : 本態性環境不耐性症または本態性環境非寛容症)の概念も踏まえつつ本病態を把握することが妥当である」と述べています。そして、シックビル症候群との関連については、「両者を区別しつつ、関連を検討する必要がある」としています。



一方、化学物質過敏症という言葉を我が国に初めて紹介した北里大学の石川 哲医学部長らのグループは、「未解明な部分が多い疾患だが」と断りながら、「化学物質過敏症は今までの中毒の概念では考えられない極めて微量の化学物質により、表1に示すような不定愁訴様の症状をきたし、アレルギー疾患的な特徴と中毒的な要素を兼ね備えた後天的な疾患群である。一般的に症状そのものには特徴がなく、身体のあちらこちらの臓器で、多発的にいろいろな形で現れ、アレルギー様症状と自律神経系の症状を主体としている」と述べています。

いずれにしても、何らかの原因による環境不耐性を訴える患者の存在は確認されており、これらの患者は苦痛を訴えています。微量な化学物質と症状との因果関係の確認と機序の解明が必要です。

表1.化学物質過敏症の主症状(難波1998)

自律神経障害	発汗異常、手足の冷え、頭痛、易疲労性
精神障害	不眠、不安、うつ状態、不定愁訴
気道障害	咽頭痛、口渴
消化器障害	下痢、便秘、恶心
眼科的障害	結膜の刺激障害、調節障害、視力障害
内耳障害	めまい、ふらつき、耳鳴り
運動器障害	筋力低下、筋肉痛、関節痛、振せん
循環器障害	動悸、不整脈、循環障害
免疫障害	皮膚炎、喘息、自己免疫異常

表2.化学物質過敏症の原因物質(難波1998)

化学薬品	殺虫剤、除草剤、抗菌剤、可塑剤など
有機溶剤	塗料、クリーナー、シンナー、芳香剤など
衣料	カーペット、カーテンに含まれる防炎・可塑剤

金属	貴金属、重金属
その他	タバコ煙、家庭用ガス、排気ガス、大気汚染物質、医薬品

参考文献

1. 環境庁:「本態性多種化学物質過敏状態の調査研究」報告書(平成10年度)1998.
 2. 難波龍人:化学物質過敏症,建築雑誌,113,26-27,1998.
 3. 厚生省長期慢性疾患総合研究事業アレルギー研究班(石川 哲):「化学物質過敏症とは」パンフレット.
-

住宅室内空気中の 化学物質濃度の指針値

表1. 室内空气中化学物質濃度の指針値(厚生労働省)

化合物名	指針値	
	μg/m ³	ppm
ホルムアルデヒド	100	0.08
トルエン	260	0.07
キシレン	870	0.20
パラジクロロベンゼン	240	0.04
エチルベンゼン	3800	0.88
スチレン	220	0.05
クロルピリホス	1 (小児0.1)	0.07 ppb (0.007 ppb)
フタル酸ジブチル	220	0.02
テトラデカン	330	0.04
フタル酸ジ-2-エチルヘキシリ	120	0.0076
ダイアジノン	0.29	0.02 ppb
アセトアルデヒド	48	0.03
フェノブカルブ	33	0.0038
総揮発性有機化合物	400 ^{注1)}	

両単位の換算は25°Cの場合による。

注1:暫定目標値

以下に、室内濃度指針値が設定された物質について、化合物名、①根拠とした毒性指標、②健康影響^{注2)}を記述します。

ホルムアルデヒド:①ヒト吸入暴露における鼻咽頭粘膜への刺激、②臭気閾値(0.08 ppm)、眼・鼻・喉への刺激・炎症、流涙、接触性皮膚炎、発ガン性(IARC,2A)

トルエン:①ヒト吸入暴露における神経行動機能及び生殖発生への影響、②臭気閾値(0.48 ppm)、眼・気道に刺激、高濃度長期暴露で頭痛、疲労、脱力感等

キシレン:①妊娠ラット吸入暴露における出生児の中枢神経系発達への影響、②トルエンと似た症状を呈する

パラジクロロベンゼン:①ビーグル犬経口暴露における肝臓及び腎臓等への影響、②臭気(15-30 ppm)、高濃度長期暴露で肝・腎・肺・メトヘモグロビン形成に影響

エチルベンゼン:①マウス及びラット吸入暴露における肝臓及び腎臓への影響、②臭気(10 ppm以下)、眼・喉への刺激、目眩、意識低下等

スチレン:①ラット吸入暴露における脳や肝臓への影響、②臭気(60 ppm)、眼・鼻・喉への刺激、

眠気、脱力感等

クロルピリホス:①母ラット経口暴露における新生児の神経発達への影響及び新生児脳への形態学的影響、②アセチルコリンエステラーゼ阻害、倦怠感、頭痛、目眩、胸部圧迫感、吐き気、縮瞳等

フタル酸ジブチル:①母ラット経口暴露における新生児の生殖器の構造異常等の影響、②眼・皮膚・気道に刺激

テトラデカン:①C8-C16混合物のラット経口暴露における肝臓への影響、②高濃度で麻酔作用、接触性皮膚炎

フタル酸ジ-2-エチルヘキシル:①ラット経口暴露における精巣への病理組織学的影響、②眼・鼻・気道に刺激、接触性皮膚炎

ダイアジノン:①吸入暴露における血漿及び赤血球コリンエステラーゼへの影響、②クロルピリホスと似た症状を呈する

アセトアルデヒド:①ラットの経気道暴露における鼻腔嗅覚上皮への影響、②眼・鼻・喉に刺激、接触性皮膚炎、高濃度で麻酔作用、意識混濁、気管支炎、肺浮腫等

フェノブカルブ:①ラットの経口暴露におけるコリンエステラーゼ活性等への影響、②アセチルコリンエステラーゼ阻害、倦怠感、頭痛、目眩、恶心、吐き気、縮瞳等

総揮発性有機化合物:①実態調査結果に基づく

注2:厚生労働省「室内空气中化学物質についての相談マニュアル作成の手引き」より。

上記の物質については、室内濃度の指針値が設定されていますが、これら以外の物質については、指針値が示されていません。そこで、東京都健康安全研究センターでは、相談される都民の方々の参考とするため、住宅室内空気中の化学物質濃度管理について、推奨値及び要監視濃度を次のように提言します。この値は、目安となる濃度で法的拘束力はありません。

表2.住宅室内空気中化学物質濃度の推奨値及び要監視濃度
(2001年3月現在) 単位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

項目	酢酸エチル	メチルエチルケトン	ナフタレン	ブタノール
推奨値	18	12	3.2	12
要監視濃度	58	20	11	31

【解説】最近、問題になっている「シックハウス症候群」、「シックビル症候群」あるいは「化学物質過敏症」の原因の一つに室内空気中の化学物質があげられています。現代は化学物質の時代ともいわれて、建築材料や家具に様々な化学物質が含まれるようになり、さらに防臭・防虫・殺虫等の目的で化学物質を住宅で使用する機会が増加しています。また、ライフスタイルの変化や住宅の高気密化によって換気回数が低下したこと、室内空気中の化学物質濃度を高める要因になっています。

住宅室内空気中化学物質濃度の環境基準については、毒性試験の結果をもとに平成9年6月に厚生省(現 厚生労働省)がホルムアルデヒド濃度の指針値を設定しています。平成12年6月には、トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼンについて、同年12月にはエチルベンゼン、スチレン、

クロルピリホス及びフタル酸ジ-n-ブチルについて、平成13年7月には、テトラデカン、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル及びダイアジノンについて、さらに、平成14年1月には、アセトアルデヒド及びフェノブカルブについての指針値を表1のように設定しています。しかし、他の多くの揮発性有機化合物(VOC)については依然未設定です。一方、化学物質による室内汚染の程度を表す目安として総揮発性有機化合物(TVOC)濃度の暫定目標値を400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と設定しています。

東京都健康安全研究センターでは、東京及び近郊の住宅室内空気中の化学物質濃度を測定しています。検査依頼者が知りたい情報の一つに「自分の住宅の汚染レベルは、一般的な住宅の汚染レベルと比べてどうなのか」ということがあります。室内濃度の指針値が設定されている物質については、この指針値を基準として判断することができますが、指針値の無い物質については判断ができません。そこで、この疑問にお答えするため上記の推奨値及び要監視濃度を提言します。これらは、指針値未設定の物質に対して濃度管理をする方法として活用することが期待されます。

推奨値とは、これ以下であることが望ましい濃度で、室内に人為的な汚染要因が少なければ、大多数の住宅がこのレベル以下に収まると考えられる濃度です。中央値の2倍程度を目安にしています。

要監視濃度とは、一般の住宅の中で高濃度側10%の範囲に属しており、この濃度以上の場合、早急に対策をとり改善する必要があるケースも考えられます。

なお、室内空気中のVOC濃度は、気温、湿度、換気回数、窓やドアの閉鎖後の経過時間によって左右されます。そのため、住宅の評価、品質保証を目的とするサンプリングでは、これらを厳密に制御する必要があります。また、備え付け以外の家具・家庭用品・化粧品・文房具、暖房器具の使用、喫煙、人やペットの立ち入り等、本来の住宅から放散される化学物質以外の発生源・因子をすべて除外しなければなりません。しかし、現在、住んでいる住宅での暴露量を把握し、問題を発見し、住まい方の参考にすることが目的であれば、普段生活する状態で24時間サンプリングするのが適当であると考えています。

使用上の注意点

1. 本推奨値等は、統計的な解析から得られたもので、毒性データから健康影響を考慮したものではありません。したがって推奨値の範囲内でも症状が発現する可能性を否定できません。
2. 東京及び近郊の住宅において、通常の住まい方をしている場合で、居間、寝室またはこれらに準ずる部屋の空間中央部付近で測定した24時間平均値に適用されます。
3. 測定方法及びその精度は、当所で行っている方法と同等またはそれ以上であることが必要です。
4. 住宅をとりまく今後の社会情勢の変化やデータの蓄積により、推奨値及び要監視濃度の値は変更される場合があります。

お問い合わせは、東京都健康安全研究センター環境保健部環境衛生研究科へ。

本レポートは、下記の設備保全部会の各委員によって作成しました。
許可なく本レポートを複製・転載することを禁じます。

部会長	岸 本 隆 司
副部会長	高 橋 教 夫
部会委員(リーダー)	野 口 人 司
部会委員	佐々木 象二郎
部会委員	寺 本 博 行
部会委員	岡 新一郎
部会委員	門 口 徹 男
部会委員	石 井 幹 夫
部会委員	勝 部 穀
部会委員	佐 藤 勉
部会委員	吉 川 彰 一

平成19年3月 発行
社団法人 大阪ビルメンテナンス協会
〒531-0071 大阪市北区中津1丁目2番9号
(新清風ビル)
Tel (06) 6372-9120 Fax (06) 6372-9145
E-mail:info@obm.or.jp