

令和4年度ジャパンフラワー
強化プロジェクト推進事業関連

企業オフィス等における 総合的な屋内緑化マニュアル

企画・制作： 屋内緑化推進協議会
有限会社緑花技研

令和5年3月

全国鉢物類振興プロジェクト協議会

目次

はじめに	1
1. 屋内緑化が求められる空間	1
1) 屋内空間の規模、特性	1
2) 屋内緑化の目的	5
(1) 審美的効果	6
(2) 生理的効果	6
(3) 心理的効果	6
(4) 屋内の空気質の改善効果	7
(5) 労働環境の改善効果	8
(6) 経済効果	9
3) 企業における緑化目的の変化	9
4) 緑化目的と緑化手法、緑化イメージ	11
(1) 利用者	11
(2) 空間種別	11
5) 緑化植物の量と質	17
(1) 緑視率	17
(2) 植物の生育状況	18
6) 緑の置き場所	19
7) 屋内緑化の将来展望	21
(1) 土壌（培地）の変化	21
(2) 栽培方法の変化	22
(3) オフィス緑化における植物の変化	26
(4) 植物維持管理の変化	28
2. 植物生育に必要な条件とその整備手法	31
1) 光	31
(1) 光の特性	31
(2) 光を測る	31
2) 植物と光	32
(1) 光源（光の質）－光合成に使われる波長	33
(2) 光の強さ	37
(3) 植物生育に最低限必要な光強度と光の持続時間	39
(4) 光の方向	40
(5) 色の見え方	40
(6) 人工光の光量の計算方法	42
(7) 人工光の当て方	43
(8) ランプの寿命	45
3) 照度係数	46
(この項に関しては、令和4年3月作成の「屋内緑化マニュアル」を参照のこと)	

3. オフィス緑化における人が必要とする明るさ、植物が必要とする明るさ	47
1) 人の活動に必要な明るさ	49
4. 緑化手法	52
1) 人工光型緑化	52
2) 自然光型緑化	52
(1) 室内に取り込める光量	53
(2) ガラス	54
(3) 光と温度	56
(4) 太陽光採光装置	56
(5) その他	57
3) 光以外の問題（地上部）	58
4) 緑化方法	59
(1) 自然の大地を利用した緑化	59
(2) 人工地盤の緑化	59
(3) コンテナによる緑化	60
(4) 壁面利用の緑化	62
5) 土壌（培地）	65
(1) 土壌資材の基準	65
(2) 土壌（培地）資材特性	67
6) 栽培システムと植物の適正・水やりの方法	70
(1) 植物の種類と栽培システム・水やり手法	70
(2) 栽培システムによる水やり時のチェック方法	70
(3) 植物の種類・栽培システムによる水やり注意点	70

企業オフィス等における総合的な屋内緑化マニュアル

はじめに

近年オフィス緑化が新たな展開を見せている。旧来の屋内緑化は大規模建築空間でのアトリウム緑化が主であった。一方オフィス内はいわゆる貸鉢による小規模な緑化であり社員が植物に触れることのない、貸鉢業者による手入れ、水やり、交換にゆだねられてきた。しかし、近年「健康経営」「WELL認証」「ESG投資」「CSR活動」「SDGs」の考え方、取り組みが企業に求められてきており、さらにバイオフィリアの概念が普及するに従い、オフィス緑化に積極的に取り組む企業が出現してきた。

屋内空間は基本的に植物の生育環境が屋外空間と大きく異なる場所である。第一に、植物が生存・生育するための光合成に必要な光が極端に少なくなることであり、第二には、雨水が完全にシャットアウトされる事である。第三には、温度・湿度が自然環境とは異なる点であり、第四には、自然の風が入らず、場所により空調等の風が常に当たるか、隅で空気が殆ど動かない事である。

植物の生育にとって都合の悪い環境要因を環境圧と呼ぶが、環境圧が大きくなるに従いそこで生育できる植物の種類は少なくなり、また旺盛な生育が望めなくなる。屋内での緑化を計画する場合には、その場の環境圧を抽出し、緩和する対策を講ずる。屋内での緑化は種々の対策を取ったとしても、人がコントロールしている環境での生育であり、常にそれが適切に作動、作用しているかを管理しなくてはならない。植物生育の環境を整え、デザイン、植物種の選定、施工時の馴化・温度管理等を適切に行ない、十分な管理をして初めて良好な屋内植栽が出来上がる。

人が暮らす身近な環境は、温度・湿度等の生理的環境面だけでなく、心理的な環境面の改善も合わせて行うことが求められ、緑の植物による環境改善の方策が見直されつつある。屋内で執務する人々に対するストレス解消等の効果、生理・心理効果についても、認識が進み企業のオフィス空間、商業施設の屋内空間をはじめ多方面で屋内緑化が出現しつつある。

1. 屋内緑化が求められる空間

屋内を緑化することによってさまざまな効果をもたらされる。単に屋内を美しく飾ることだけでなく、人の心理・生理に様々な効果をもたらし、ストレスを軽減する。屋内の汚染空気を浄化し、空調にも寄与する。さらに集客力を高め経済効果をもたらすなど多方面の効果がもたらされる。

1) 屋内空間の規模、特性

屋内の緑化を計画するにあたり、その建築物の形態により基本的な生育環境に差がある。また、植栽の方法や、植栽の部位も建築と密接に関係してくる。これらの、建築形態、植栽形態により計画も変わってくる。

屋内における植物栽培を植物側から見ると、生育環境の良さは、以下の順と考えられる。

- ・観賞用温室（コンサバトリー）

- ・大空間屋内（アトリウム）
- ・通常屋内
 - 商業空間
 - ワークスペース
- ・無窓空間（地下道等）

① 観賞用温室（コンサバトリー）

コンサバトリーは、その中で人がある程度の時間過ごす場所である。最近では植物園等の温室においても、植物の展示のみを考慮した物から、人が楽しく過ごせる空間作りに重点をおいたものへ変わってきている。

構造的には全面ガラスの建築物から、幾つかの面をガラス以外の素材で作ったものへ変化している。内部空間の空調においても、人が不快にならないような設定がなされてきている。基盤は大地に植え込んだものだけでなく、人工地盤の上に基盤を作ったものが増えている。



写真-1 ガーデン・バイザ・ベイ フラワードーム 写真-2 新宿御苑温室

② 屋内大空間（アトリウム）

アトリウムは基本的に人のための空間であり、人が快適に過ごせる空調の設定がなされている。ここに植物を持ち込む場合、十分な太陽光が欲しいところであるが、太陽光は熱も同時に屋内に入れてしまう。これを避けるために太陽光を必要最小限に限るか、植物の生育に不足する光を別の方法で確保することが行なわれる。しかし、光の確保量により、植栽できる植物種、植栽構造が異なり、少ない光では植栽できる植物種が限定されてくる。

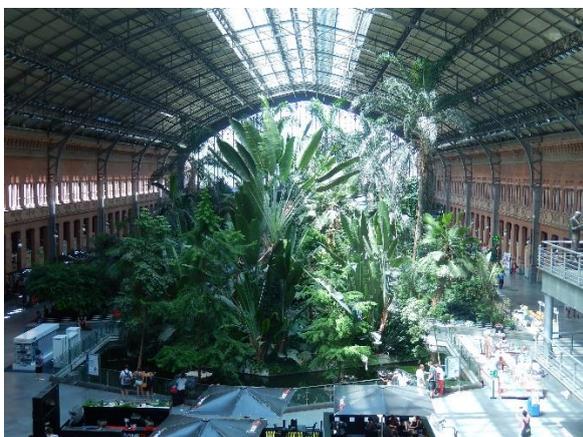


写真 - 3 マドリード アトーチャ駅

写真 - 4 芝浦 シーバンス

③ 通常屋内

通常屋内とは植物生育のために建築構造上の特別な配慮をしていない天井高2.5mから3.5m程度の空間では、大きな植物は植栽できない。また、窓があり光を十分に採り込めるとしても、窓から5m以上離れた場所では1,000 luxを確保する事は不可能である。

・商業空間

商業空間やこれに類する企業の顔的スペースにおいては、多様な植栽で注目を集めるデザインが出現されている。外部からの光を取り入れたり、強い光を当てたりして植物生育を確保している例が見られる。



写真-5 商業空間の事例 名古屋駅ゲートタワー レストラン街 左は撤去



写真-6 パソナ (呉服橋 現在は無し) 左:イネ 右:バラ

④ ワークスペース

従来、この様な空間では、月単位で交換を基本とする貸鉢を置くことにより、緑を持ち込んできたが、単独の鉢では緑量に限りがあり緑化として十分とは言えないものであった。最近はこの様な場所でも、光環境を改善し出張型維持管理とすることで長期間交換しない形で多くの緑を持ち込む例が出てきた。

通常屋内においても、蛍光灯により床面で300luxを確保する事はそれ程難しくないが、1,000 luxを確保する事は容易ではない。スポット的に強力なランプで上部から光を当てることは、天井面と植栽面が近すぎて難しい。斜めに当てると人の眼に光が入った時、眩しすぎて危険ですらある。従ってこの空間で1,000 lux以上の光を確保することは、容易ではない。

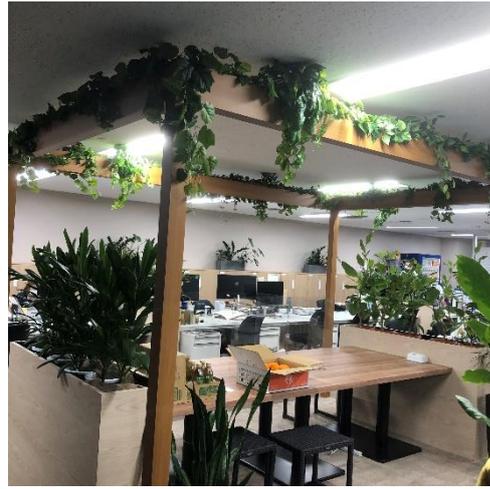


写真-7 オフィスの事例 某社東京事務所



写真-8 従来の貸鉢も寄せ植えする等変化しつつある

⑤ 無窓空間（地下道等）

地下通路に緑を持ち込む例も見られるが、地下といえども上部のガラス面から光が入る場所、太陽光が皆無の場所、空調が無く冬季は気温が下がる場所等様々である。これら個別の環境条件に合わせた計画が必要である。地下通路の場合、利用者の数が他と比較して格段に多いため比較的維持管理がきちんと行なわれている例が多い。



写真-9 無窓空間（地下道等）の緑化 左：汐留地下通路 右：大阪ハービス地下通路

2) 屋内緑化の目的

屋内を緑化すると様々な効用がもたらされることが判明してきた。屋内に緑を持ち込み美しく飾ることで、人の生理・心理に様々な効用をもたらす、ストレスを軽減する。また、緑の量と光量、温度が十分あれば、屋内の汚染された空気を浄化し、湿度コントロールにも寄与する。さらに、集客力を高める等、間接的な経済効果をもたらす。屋内緑化の目的は、緑化することによる効用を享受することであり、その効果を最大限に発揮できるよう、計画・設計、施工、維持管理しなければならない。

日本の人口の約7割が都市に住む時代であり、都市の高密度化はさらに進むと考えられる。そこに暮らす人は、1日の大半を屋内で過ごしており、屋内環境の改善が要求されている。中でもオフィス空間は無機質な素材ばかりで、潤いに欠けることが指摘されてきたが、ここに緑の植物を導入することで心理・生理面での労働環境改善が図れることが解ってきた。屋内環境は、温度・湿度等の生理的環境だけでなく、心理的環境の改善も合わせて行うことが求められる傾向にあり、緑化による環境改善の方策が見直されつつある。

緑の植物による生理・心理的環境改善効果が明確になり、多方面から研究成果が発表されている。室内に導入された植物による屋内汚染空気の浄化機能は、NASA（米国航空宇宙局）の実証により広く知られることとなった。屋内空気の浄化は、リフレッシュ効果にもつながり、さらに香り成分を発生する場合その効果は大きくなる。植物は、土壌中の水分を葉から蒸散させており、土壌表面からの蒸発も含めて水分を蒸散させており、屋内空気の加湿に寄与している。すなわち冬季には、暖房による過乾燥を抑制する効果があり、屋内に置かれた植物はエネルギーのいらぬ、加湿器ともなる。

屋内で執務する人々に対するテクノストレス解消等の効果は、TEDトークで注目を集めたインドのカーマンメトル氏をはじめ多くの学者が研究成果を発表している。オフィス空間への植物導入による心理的効果として、快適性向上、リラックス効果がうたわれている。労働環境の具体的改善効果としては、①視覚疲労の予防・回復、②精神疲労の予防・回復、③ヒューマンエラーの防止が認められている。また、植物を介したコミュニケーションが生まれ、チームワークが良くなった、ストレスが軽減された等の報告もある。

厚生労働省によると、うつ病などの気分障害で医療機関を受診した人は2014年には1,116,000であり、調査が始まった1990年の2.6倍になり、働き盛りの発症も増えている。オフィスに緑を持ち込むことは、新たに導入されたストレスチェックにおいて、良い結果が得られることが予想され、従

業員の就業率・定着率を高めることにもつながってくる。

(1) 審美的効果

屋内に植物を置くことで多くの審美的効果が得られる。

① 修景

屋外、屋内を問わず緑化の修景効果は大きく、次項の集客にもつながる。また、安らぎ、憩いにもつながり、机上の一鉢であってもその存在による効果は大きい。

② 色彩・形の統一

屋内空間は建材・什器・服装等多種多様な材質・形状・色が使われており、乱雑な状態になる場合が多い。このような状況に植物を配置することで、緑による色彩景観の統一と落ち着きをもたらされる。

③ 装飾

グリーンインテリアとして室内を美しく飾ることができる。そのためには、室内のデザインに合った姿の植物を美的に配置することが求められる。

④ 演出

緑化をすることでその室内の雰囲気を変えることができる。「常夏の島」「ヨーロッパのリゾート」「日本の庭園」等に合わせた植栽で演出することができる。

オフィス内や店舗空間を緑化で演出すると、訪問されるお客様に対して優しく洗練されたイメージを抱かせることが出来る。また変化の乏しい室内に季節の植物や花で演出することで、変化のある空間をつくることが出来る。

(2) 生理的効果

屋内に植物を置くことで多くの生理的な効果が得られる。

① 目の疲れをいやす

視覚疲労や大脳脂質の活動水準などのフリッカー値の測定から、緑を見ることにより眼精疲労が軽減されているとの報告もある。^{*1}

VDT 症候群はコンピュータのディスプレイなど表示機器（総称して Visual Display Terminal と呼ばれる）を使用した作業（VDT 作業ともいう）を長時間続けることで、目や体、心に生じる症状である。ドライアイ、充血、眼精疲労、首・腰・肩のこり、だるさ、痛み、手指のしびれ、食欲減退、イライラ、不安、抑うつなどの症状がある。こうした症状は、ディスプレイ周辺の作業者の視界に植物を置いて眺めることで軽減される。^{*2}

*1: 近藤三雄ほか 1978 観葉植物の視覚的効果を検証した実験 東京農業大学集報

*2: Lee, J. et al. 2000. Effects of indoor plants on alleviation of symptoms of the worker's visual display terminal syndrome. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 41(6) 657-661

② 植物の世話が軽い運動になる

植物を育てる行為は、人に多様な運動の機会をもたらす。作業の多くは、低強度（1～3 MET s 未満）から中強度（3～6 MET s 未満）にあたる。^{*3} 日常的に行えるかん水、観葉植物の葉を拭く作業、花がら・枯葉を取り除く作業などは、低強度の運動に該当し、大きな負荷にはならない。同じ動作を繰り返す作業は身体の緊張をほぐし、よい気分転換になる。

*3: Park S. 2011. Determining Exercise Intensities of Gardening Tasks as a Physical Activity Using Metabolic Equivalents in Older Adults. HortScience, 46 (12) 1706-1710.

(3) 心理的効果

昔から緑を見るとホットする、心が和む、気分が落ち着く、ストレスの解消になる、イライラが無くなる、気分転換になる、気分が爽快になるなどと言われてきた。

① 安らぎ

緑が存在することによる心理的効果は大きい。しかし、その緑は生き活きと健全に生育していなければならず、緑化の質が大きく影響する。

② ストレスをいやす

また、近年眼の疲労、視力の低下、方や腕の痛み、身心の疲労、判断力の低下など、様々な症状のストレスが顕在化し大きな社会問題となっている。この面においても緑の生きている植物を見ることの効果は認められている。フェイクの緑であってもフェイクと認識されない間は効果があり、フェイクと認識するとその効果が低減するとの意見は、筆者だけではなさそうである。

テキサス A&M 大学のウルリヒ教授は「木々が点在して見通しがきき、森林より安全で水や食物に恵まれたサバンナ（草原）は、人にストレス回復効果をもたらした。サバンナに似た緑がある景観を好む傾向は現代人にも受け継がれている」と考えた。^{*4} 実際、見通しのきく美しい自然景観や植物を見ると快感情が生まれてストレスが下がることがいくつもの研究で実証されている。

^{*4}: Ulrich RS. et al 1991. The biophilia hypothesis. Biophilia, biophobia, and natural landscapes. Island Press.

③ 植物の世話をすることによる効果

植物を世話することで愛着が生まれ、その植物を世話する行為そのものが心の豊かさと安らぎをもたらす。たとえ机上の小さな植物であってもその効果は遠くにある植物に勝る効果を発揮する。

④ 緑色と脳波

葉の緑色は他の色に比べて視覚的刺激が少ない。そのため、脳が覚醒している時に見られるβ波が後頭部で減少する。一方、ピンク色の花を見ている時はβ波が後頭部で増加し、高揚感が高まる。^{*5}

^{*5}: 金恩一、藤井英二郎. 1994. 植物の色彩の生理・心理的効果に関する基礎的研究. ランドスケープ研究 58 (5) 141-144

(4) 屋内の空気質の改善効果

① 屋内空気の浄化

アメリカ航空宇宙局 (NASA) の研究により、屋内に置かれた植物がベンゼン、ホルムアルデヒド、トリクロロエチレン等の有害物質を吸着し除去することが発表された。特に効果の高いサンセベリア・ローレンチなどは発表と同時に品不足で話題になったが、他にもヘデラ・ヘリックス、テーブルヤシ、ドラセナ類等が挙げられていた。

揮発性有機化合物 (VOC) とは常温常圧で大気中に揮発するトルエン、ベンゼン、フロン類、ホルムアルデヒドなどで、塗料、印刷インク、接着剤、洗浄剤などに含まれシックハウス症候群（目がチカチカする、鼻水、頭痛、吐き気など）の原因となる。実際に VOC の吸収は、植物と植物が植えられている鉢土から行われる。除去効果が高いものにヘデラ、トラデスカンチア、ベンジャミナ、サンセベリア、グズマニアなどがあ

る。^{*6} 特に、ホルムアルデヒドの除去にはタマシダ、ポットマム、フェニックスヤシが有効。^{*7}

^{*6}: Yang D.S. et al. 2009. Screening Indoor Plants for Volatile Organic Removal Efficiency. HortScience. 44(5)1377-1381

^{*7}: Wolverton B.C. and Wolverton J.D. 1993. Plants and Soil Microorganisms: Removal of Formaldehyde, Xylen, and Ammonia from the Indoor Environment. Journal of The Mississippi Academy of Science. 11-15.

② 屋内空気の加湿

植物は、土壌中の水分を葉から蒸散させている。土壌表面からの蒸発もあるが、その数倍の水分

を蒸散させており、屋内空気の加湿に寄与している。すなわち冬季には、暖房による過乾燥を抑制する効果があり、屋内に置かれた植物はエネルギーのいらぬ、加湿器ともなる。

③ CO₂の吸収

植物は植物細胞中の葉緑体内で光のエネルギーを得て、空気中の二酸化炭素（炭酸ガス・CO₂）と水により光合成を行ない、炭水化物と酸素を作る（光合成）。この光合成に必要な明るさは植物によって異なる。明るい部屋でも暗めの部屋でもよく吸収するのは、アレカヤシやベンジャミナ、マランタ、シンゴニウム、ポトス、ディフェンバキア。明るい部屋で吸収がよいのはアンズリウム。暗めの部屋では、チャメドレアヤシ、ホヤである。*8、9 明るい部屋とは 800 lux、暗めの部屋とは 300 lux が目安。*10

多肉植物、サボテン等カム型植物は夜間に気孔を開いて二酸化炭素を取り込み、昼間に気孔を閉じて水分の損失を防ぐが、光要求量が多いため、屋内緑化には向かない。

*8: Torpy F R. et al. 2014. Profiling indoor plants for the amelioration of high CO₂, Urban Forestry & Urban Greening, 13(2)227-233.

*9: Suhaimi M M. et al. 2016. Effectiveness of indoor Plant to Reduce CO₂ in Indoor Environment. MATEC Web of Conference, 103, 05004.

*10: 豊田正博 2021 あなたがまだ知らないすごい植物の力 全国鉢物類振興プロジェクト協議会

④ O₃の吸収

コピー、レーザープリンタなどのオフィス機器はごく微量の O₃ が発生する。0.01~0.02ppm 程度であれば健康への害はないが、0.1ppm を超えると鼻やのどに刺激を感じる。O₃ の吸収にすぐれるポトスやスパティフィラムはオフィス機器の周辺に置きたい。*11

*11: Abbass O A. et al. 2017. Effectiveness of indoor plants for passive removal of indoor ozone. Building and Environment, 119:62-70

(5) 労働環境の改善効果

① 労働環境の改善

安らぎ・憩いがストレスを解消することにより、作業の効率、安全性を高め。また、従業員の就業率・定着率を高めることになる。

植物の設置、そのレイアウトにより、オフィスや店舗のイメージを大きく変えることが可能で、植物による自然な仕切りなどで構成された心地よい空間は、その環境で働く・生活する人にとってもより良い環境であると言える。

② コミュニケーションツール

植物は、私たち人の誰もが好意的に感じる対象であり、男女や年齢に関わらず、きれいな植物を見ると緊張がほぐれて自然と表情が和らぐ。「きれい」「かわいい」「早く大きくなあれ」などと口にしても、異論を唱えることなく「そうだね」と共感的に答える。このように、私たちは植物がコミュニケーションを促すツールとなることを経験的に知っている。*10

③ アイデア創造

無機的な環境や、人が多い環境で長時間過ごす人にとって、緑に囲まれて、「いつもの日常から離れている」という感覚はストレス回復のための大切な要因。*12 視覚的な美しさだけでなく、水が流れる音や鳥の声など自然の音、あるいはハーブの香りなど聴覚や嗅覚を通して人を魅了する要素も大切。心地よい複数の刺激に注意を向け何も考えずその刺激を感じよう。脳も身体も休まり、ひらめきも生まれやすい。

*12: Kaplan R and Kaplan S. 1989. The Experience of Nature A Psychological Perspective. Cambridge University Press. 183-186.

④ 生産性の向上

人はストレスから回復した状態で高度な認知機能を発揮しやすい。例えば集中力が高まり、ミス

が減る。*13 他にも、作業能率が上がり残業時間が減る効果が考えられる。

*13: Raanaas R K. et al. 2011. Benefits of indoor plants on attention capacity in an office setting. Journal of Environmental Psychology. 31(1)99-105.

⑤ 会議の効率化

出席者の視界に植物があると緊張がほぐれ、誰もが話しやすい場が生まれる。植物があると目のやり場（焦点）となり、*14 集中力の維持を助ける。こうした雰囲気ではアイデアが生まれ、会議が能率的に行える。

*14: 佐藤仁人ら. 1990. 執務空間における視環境要因の人間心理に与える影響評価（続報）. 日本建築学会計画系論文報告集. 417. 11-17.

（6）経済効果

① 集客

美しい緑があれば、人は集まってくる。またあの空間に身を置いてみたくなる。その集客効果は、外部経済性として認められつつあるが、いまだに数値としては示されていない。

② 宣伝効果、企業イメージ向上

企業の社会活動（CSR）が企業の評価として定着しつつあり、企業が自社の利益を追求するだけでなく、自らの組織活動が社会へ与える影響に責任をもち、あらゆるステークホルダー（利害関係者：消費者、取引関係先、投資家等、及び社会全体）からの要求に対して適切な意思決定をすることを指しています。CSRの活動の中で緑化は大きな関心を持たれており、企業のイメージアップに大きく貢献するとして取り組む企業は増加している。

③ ブランディング

全国展開している店舗やショールームなどでは、ブランディングの一環として、統一した植物や鉢などを使う企業が増えてきている。統一した装飾で客にとっての安らぎと信頼を醸成・深化させることにつながる。

④ 集客効果・宣伝効果

施設の入り口に置かれる大きな木や、少し手の込んだ作りの植物を配置することで、興味を誘うなど、低コストで集客効果が見込める。また集客効果が高まり話題性が出てくることで、メディアはもちろんソーシャルネットワークワーキングサービス等への書き込みなど、訪れた人自身による宣伝といった効果も見込める。

⑤ リピート率・滞在率アップ

過ごしやすい空間には多くの人が訪れ、滞在刷るが、その人にとってより良い空間・環境を提供することで、施設へのリピート率及び滞在率のアップが見込める。また訪問者の満足を実現することで、緑化を単なるサービスから“ホスピタリティ”へと変えることが可能である。

⑥ リクルート効果

洗練された・デザインに優れた緑化は、就職活動などの採用に対して、企業イメージの訴求に繋がる。業界や同業他社に対して、明確な差別化をすることが可能である。

3) 企業における緑化目的の変化

近年「健康経営」「WELL認証」「ESG投資」「CSR活動」「SDGs」の考え方、取り組みが企業に求められてきており、さらにバイオフィリアの概念が普及するに従い、オフィス緑化に積極的に取り組む企業が出現してきた。

これらの流れを受け今までとは異なる切り口での緑化目的により屋内緑化を行っている企業が出現し、増加の傾向がみられる。

バイオフィリア：

ハーバード大学のウィルソン教授らは「人は生まれつき自然や動物、植物との結びつきを好む」というバイオフィリア仮説*15を提唱した。この説は、現在、世界的に受け入れられている。

*15：Kellert S R and Willson E O(Eds) 1993. The biophilia hypothesis. Island Press

① 社内ストレスチェック対策

ストレスチェックは、労働安全衛生法の改正によって**2015年12月**から50人以上の労働者がいる事業場で義務付けられた検査である。定期的に労働者のストレスをチェックすることで、労働者が心身の状態に気付き、メンタルヘルスの不調を低減させていくもの。事業主に対しても、ストレスチェックの結果を生かして労働者が安心して働ける職場環境づくりのきっかけを与えている。

緑はストレス軽減に大きな効果が認められており、ストレスチェック対策として事務所内に緑を取り込む企業が増加している。

② 知的生産性の向上

バイオフィリアは「人間は本能的に自然や他の生物とのつながりを求める」という生物学の仮説に由来している。最近のトレンドとして定着しつつあり、植物、動物を問わず人意外の自然物を身近に置くことで精神が安定し、その結果知的生産性が向上するとされている。この考えから知的生産性を重視する部署をガラスドームのジャングルの様相を呈する空間の中に置き、そこで業務を行う企業も出現している。（アマゾン本社 シアトル）

人は、心地よさを感じる植物や動物、自然の風景などを見ることで心理的ストレスは軽減される。ルーティンワークで高まったストレスを緩和するだけではない。より深いリラックスが得られる緑の環境はアイデアが生まれやすい状態を作る。*16

*16：豊田正博 2023 あなたと共に働く職場の花・緑 全国鉢物類振興プロジェクト協議会

③ 優秀な社員確保

バイオフィリアによる知的生産性の向上の考えは急速に企業間に広まっており、優秀な人材確保を目指して屋内緑化を取り入れる企業が増加している。コンサルタント、大手ゼネコンにおいても顧客への提案に組み込む例も出現している。

職員を大切にす企業イメージが向上すれば、優秀な人材の確保、離職の抑制にもつながる。園芸・造園・建築等の企業が屋内緑化を顧客へ提案する例も見られる。*16

④ 退職者の抑制

緑化をすることで従業員のストレスが緩和され、テクノストレスの減少、働きやすさの増加などが相互に関連し退職者の抑制につながる。

職場の緑化によって、従業員の心理的ストレス軽減に限らず、VDT 症候群の緩和、従業員の交流促進などが生まれ、働きやすさが増すことでうつ症状やバーンアウトによる離職の抑制となる。

これは一般企業だけでなく、医療・福祉施設においてもあてはまる。*16

⑤ 企業イメージ向上

緑化を積極的に行うことで企業のイメージアップに大きく貢献する。（公財）都市緑化機構が行っている SEGES（社会・環境貢献緑地評価システム）の認定を希望する企業が増加しており、緑化を取り入れることが優良企業のしるしとして認められつつある。

職場の緑化は、CSR、WELL 認証、ESG 投資、健康経営、SDG s 等での企業の環境・人への貢献となる。これは、企業のイメージアップにもつながる。*16

4) 空間別緑化目的と緑化手法、緑化イメージ

屋内の空間には様々なタイプがあり、その空間規模・利用目的・利用者等により緑化のデザイン・植物種及びその組み合わせ方・栽培方法も異なる。また、屋内緑化は維持管理が不可欠であり、その方法によっても緑化は異なる。

表-1 緑化が求められる屋内空間

緑化が求められる屋内空間											
空間種別 建築種別	エントランス ロビー	E.Vホール	廊下	執務空間	机上	会議室	休息室	食堂 レストラン	トイレ	展示空間	居住空間
公共施設	○	○	○	○		○	○	○	△	○	
商業施設	○	○	○				○	○	○	○	
オフィス	○	○	○	○	○	○	○	○	△		
ホテル	○	○	○			○	○	○	△		○
工場	○		○			○	○	○	△		
住宅	○				△				△		○

(1) 利用者

人の利用においては以下の整理が必要となるが、とられ過ぎると発想が貧弱になるため、柔軟に検討したい。

① 誰でも

基本的に来訪者は全て受け入れる場所では、老若男女を問わず全ての人に対して対応できる緑化が求められる。来訪者を増やすには美しさ、華やかさ、感じの良さを持つ緑化が求められる。

② 用事のある人

そこに来訪する・利用する人が対象となるが、来訪の目的の多くは緑化と別であるため、落ち着き感や、癒しを感じられる緑化が求められる。

③ 特定の人

特定の人利用であればその人が求める緑化が適しているといえるが、多くの人が同一の空間にいる場合、だれでもが心地よく感じ、嫌な感じを受けない緑化が求められる。

(2) 空間種別

緑化する空間により空間の規模、目的、利用者等を考慮して緑化を計画・演出する。

① エントランスホール、ロビー

企業の顔であり、来訪者への印象はもちろんだが、オフィスで働く人たちも初めに通る場所でもある。みどり豊かな仕事環境は、従業員の健康に配慮して生産性を向上させる健康経営につながることから、企業イメージの向上にも寄与する。

大規模な受付けでは、待ち合わせ客のリラックス感向上させることで担当者とのコンタクトもスムーズに進むはずである。

近年、中小規模の企業では受付に人を配置せず、インターフォンやPCパネルでの受付方法に移行しつつある。この受付が無味乾燥な機器以外何もない空間より、緑のある空間にすることで雰囲気は大きく異なってくる。アクアリウム等動きがある緑化、花物等目を引き付ける緑花でおもてなしの心を演出したい。



写真-10 韓国ソウル市庁舎エントランス



写真-11 大阪・江坂 大同生命ビルエントランス



写真-12 中規模オフィス受付の例



図-1 大規模オフィスの受付のイメージ

② エレベーターホール

ホテル等のエレベーターホールでは奥に花を飾っているところが増えてきている。企業オフィス等では頻繁な交換が必要な花で飾ることは難しいが、大きな鉢植え等を置くことは可能であると言える。

入り口付近よりも空間の奥の方の照明を明るくすることで、人が安心感を抱いて奥に進むという「サバンナ効果」と名前が付けられた心理的効果が働く。奥の植物に明るい光を当てることで人は明るい奥へ進みやすくなり、反対に奥が暗いと進むことをためらってしまうことになる。

③ 廊下

エントランスから続く廊下に植物を置くことで、オフィス空間全体のまとまりが醸成できる。広い空間では大きな植物を置くことが可能であるが、広くない空間では小さな鉢物を置くだけでも雰囲気は変わってくる。そこに好きな植物があれば通るたびにあいさつする等、愛着がわいてくる。



写真-13 廊下の緑化

③ 執務室

パソコンによる業務が普及したことで、従来型の机の上に膨大な資料を置き作業を進める形態から、パソコン一つで全ての作業が完結できる業務形態に変化しつつある。そうになると特定の机を持たずに、仕事内容、気分によって場所を変えて作業することが可能になってきている。このような変化に対応した執務形態が知的作業を中心とする企業から取り入れ始めている。

人はストレスから回復した状態で高度な認知機能を発揮しやすい。例えば集中力が高まり、ミスが減る。^{*17} 他にも、作業能率が上がり残業時間が減る効果が考えられる。

^{*17} : Raanaas R K. et al. .2011. Benefits of indoor plants on attention capacity in an office setting. *Journal of Environmental Psychology*. 31 (1)99-105.

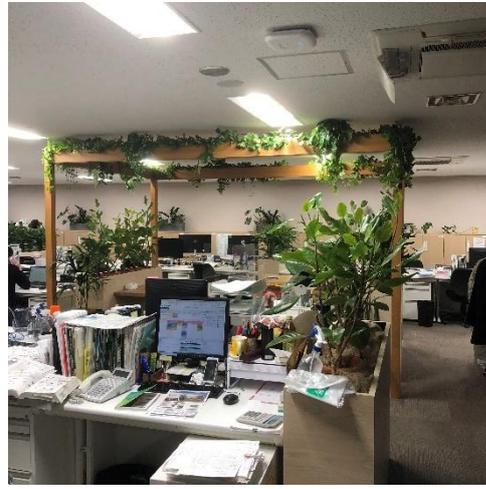


写真-14 従来型の執務空間に緑を入れた例



写真-15 変化しつつある執務空間の例



写真-16 新たな執務空間の例



写真-17 執務空間の壁際の緑化例

④ 打ち合わせ室、会議室

出席者の視界に植物があると緊張がほぐれ、誰もが話しやすい場が生まれる。植物があると目のやり場（焦点）となり、*18 集中力の維持を助ける。こうした雰囲気ではアイデアが生まれ、会議が能率的に行える。

*18：佐藤仁ら. 1990. 執務空間における視環境要因の人間心理に与える影響評価（続報）. 日本建築学会計画系論文報告集 417. 11-17.



写真-18 打ち合わせ室の緑化例

⑤ 休憩室

休憩室は、オフィス（仕事）から離れたことを五感を通して脳に理解させる場所である。無機質な環境や、人が多い環境で長時間過ごす人にとって、緑に囲まれて、「いつもの日常から離れている」という感覚はストレス回復のための大切な要因である。*19 視覚的な美しさだけでなく、水が流れる音や鳥の声など自然の音、あるいはハーブの香りなど聴覚や嗅覚を通して人を魅了する要素も大切で、心地よい複数の刺激に注意を向け何も考えずその刺激を感じよう。脳も身体も休まり、ひらめきも生まれやすい。

*19：Kaplan R and Kaplan S. 1989. The Experience of Nature A Psychological Perspective. Cambridge University Press. 183-186.



写真-19 休息室の緑化例

⑥ 社員食堂

食堂では、衛生的であること、テーブル上で植物が倒れないことが大切となる。背丈の低い植物をパーティション代わりに置くほか、有機物や土を用いないソイドロカルチャー、あるいは切り花（写真、ドライフラワー等も可能）を利用する例もみられる。*16

強い香の花、カビやコムシの出る土壌、等の使用は避けたい。



写真-20 社員食堂の緑化例

⑦ トイレ

レストルームとも呼ばれるように人が落ち着く空間であり、手洗い場の隅に小さな花や小鉢でも目に入るところに置くことで心を和ませることができる。床置き植物より、棚の上、壁面の緑化がふさわしい。



写真-21 男性トイレの緑化例

⑧ 机上

オフィスワーカーが長時間に渡り作業を行う場であり、最も身近に植物を置ける空間であるが、限られたスペースであることから小さな鉢植えが主となる。植物が必要とする光強度（多くは500 lux程度以上）と、人が必要とする光強度（最低100 luxから500 lux程度）は異なるため、ランプ近くに植物を置き強い光を当て、手元には弱い光が届く工夫が必要である。強い光が必要な植物を置きたい場合は、就業時間は人に合わせた光とし、退社時に強い光を当てるか、強い光を当てられるステーションに持ってゆく等の工夫が必要である。

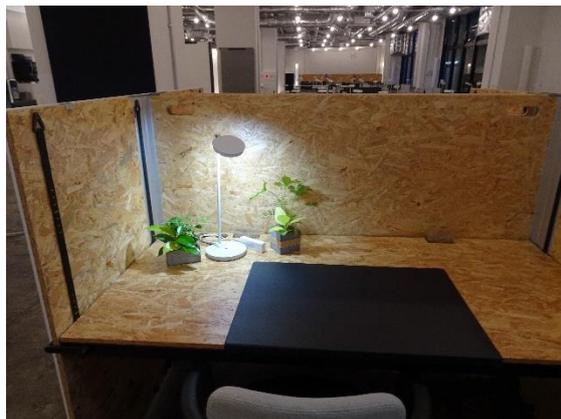


写真-22 机上の緑化例（手もとに強い光を当てると眼精疲労の原因となる）

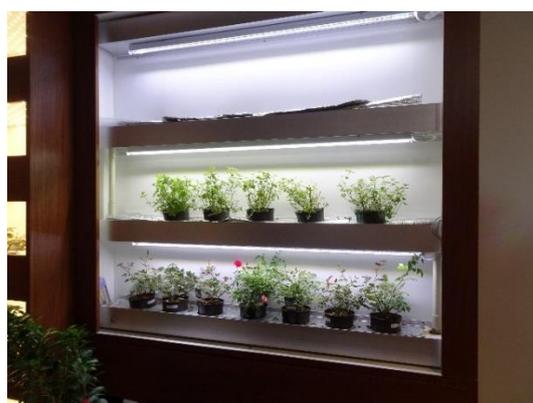
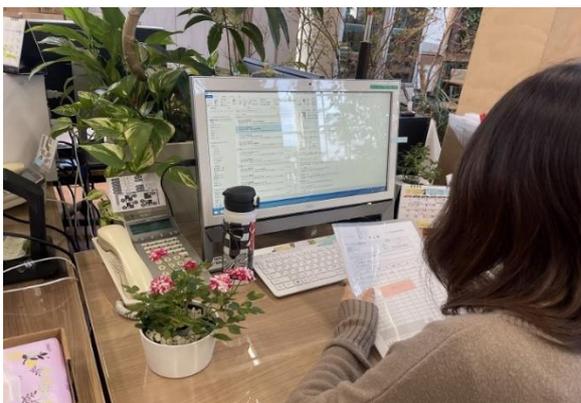


写真-23 バラ等の強い光が必要な植物の場合、夜間にステーションに置いて光を当てる。

5) 緑化植物の量と質

(1) 緑視率

緑視率は、「見た目の緑の豊かさ」を判断する指標で人の視野にどれだけの量のグリーンが入ってくるかを表したものであり、緑の割合で人の心理や生理に影響を与える。

最適な緑視率についていくつか報告があり、3.1%が最適*20、あるいは5%あればリラックス効果があるといった報告*21がある。

心理的効果から屋内緑化において配置する植物の量の違いが人間の心理（リラックス度）に及ぼす影響についてSD法による心理評定と脳波の測定・解析を行った事例では、緑視率は15%程度がピークで、20%を超えると下がり始め30%では圧迫感を受けることが報告されている。*22

*20：橋本幸博、鳥海吉弘。2014 被験者実験による模擬執務空間の最適な緑視率の検討。日本建築学会計画系論文報告集。79 (700) 1309-1314。

*21 : Choi, J.Y. et al. 2016. Physiological and psychological responses of humans to the index of greenness of an interior space. Complement. Ther. Med. 28:37-43.

*22 : 仁科弘重 2015.7 緑視率とリラクセス度の関係 これからの屋内緑化マニュアル

(2) 植物の生育状況

屋内緑化による効果は植物が健全に生育していることにより出現するものであり、虫が発生していたり病気にかかったりして生育が思わしくない植物では、嫌悪感さえ抱いてしまい効果は見られなくなってしまう。そのためには維持管理が重要であり、管理のしやすい植物、工法、配置を計画しなければならない。

病害虫によ生育が落ちた植物は見栄えが悪くだけでなく、害虫、病斑そのものも嫌悪感を覚えるものであるため、早急な処置が必要である。

また、近年本物と見まがうできのものが出現しフェイク植物の利用が増加している。やむを得ない場所もあるが、手の触れない場所はフェイクで、触れられる場所は生きた植物を使うなどの工夫をもとめたい。生きていないフェイクと言えども葉色が変わってしまことと、ホコリが付きやすいため、清掃や交換が必要になる。



写真-24 屋内で葉が巨大化し病気が発生したシラカシ

葉と花が同居しているハナミズキ



写真-25 モウソウチクに発生したタケシロオカイガラムシ

マサキに発生したウドンコ病



写真-26 色変わりしたフェイク植物 色変わりしホコリが厚く付着したフェイク樹木（ない方がよい）

6) 緑の置き場所

オフィスにおける緑の置き方は、従来貸鉢をあちこちにポツンポツンと置く形式が主流であった。オフィスの社員は緑に関心を持たず、水やりは清掃担当の職員が業務として行っており、植物が傷むと貸鉢業者が交換すると言う流れであった。この形では、社員が植物に関心を持つことは無く、当然植物から受ける効果も無い場合よりは良いとしても、僅かなものでしかなかった。

緑の植物による種々の効果が得られたと言うオフィスは、目立つ場所、身近な空間に植物を置いている事例であり、社員が直接的に植物に係っている場合である。植物導入の効果を調べている研究者によると、机の上等極近くに植物がある方が効果は高く、さらに遠景にも緑があることでより効果がアップするとののである。樹木の下に入り風で揺れる葉によるチラチラする木漏れ日は、最も精神的安定が得られるとの報告もある。この点に関しては、大手オフィス家具メーカーが緑を組み込んだパーテーションを開発したり、植物を含めたオフィス空間のレイアウト例を発表したりしている。

また、スプラウト（芽だし植物、カイワレ等）を栽培し摘んで食べている事例や、ハーブを栽培しお茶として楽しんでいる事例もある。このように積極的に植物を利用するほど、植物から得られる種々の効果は大きくなる。



写真-27 緑あふれる執務空間例



写真-28 スプラウトで緑化し生長した段階で食する

床面を最大限に利用したいオフィス空間では、遠景としての緑を壁面緑化で確保する事例が増加している。この事例では、容易に植物交換ができるため、花を入れたりレイアウトを変えたりすることも可能である。



写真-29 オフィスの壁面緑化

窓辺を緑化（ドイツではブルーメン・フェンスターと呼ばれ広く普及している）する技術があり、植物を通った爽やかな明るい光で緑を楽しむことが可能である。特に西側の窓などでは、強い、しかも熱を持った西日を避けることで快適な空間とすることもできる。

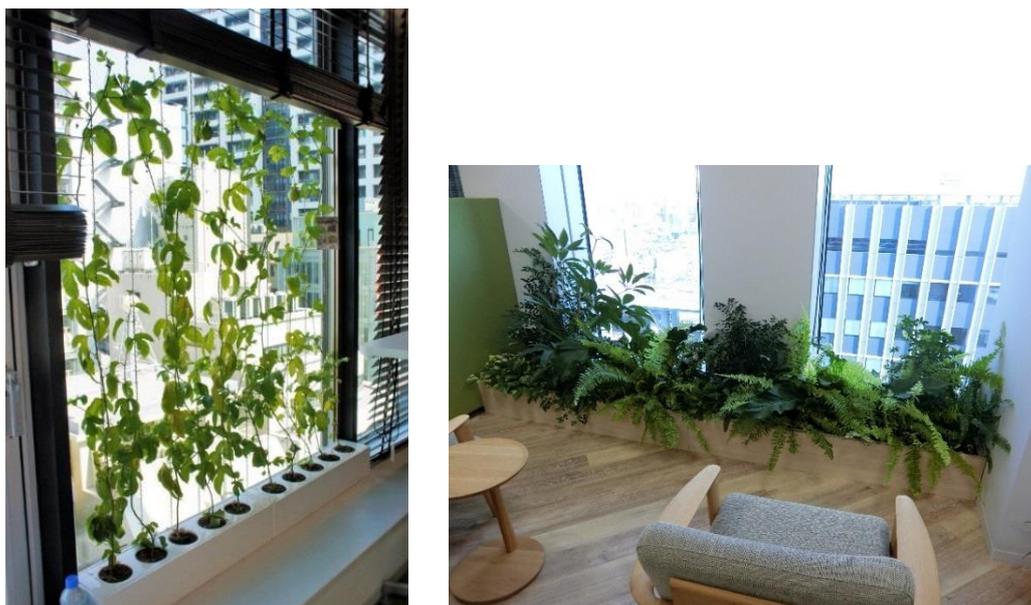


写真-30 窓辺緑化（ブルーメンフェンスター）

エントランスに植物を飾ることで、企業価値を高める効果も得られる。CSR活動やESG投資（環境:E・社会:S・ガバナンス:G）という社会から企業が求められる課題・投資に対応できるものである。商業施設では集客に大きな効果を発揮するため、大規模な緑化が行われる例が増加しているが、植物を置くスペースと視認できる緑量をかんがみて立面（壁面）緑化とする事例も多い。



写真-31 大手町パークビル



写真-32 タイ バンコク サイアムパラゴン

7) 屋内緑化の将来展望

男性誌のブルータスでは植物に関する特集が何回か組まれており、植物に対する新たな流れができてきつつあると感じられる。

屋内の植物生育については、導入した植物の生育が悪くなったり、枯死したりする例が多くみられたが、近年植物生育に対する知見が増えたことでトラブルは少なくなってきた。屋内緑化に対する、技術、商品、メンテナンス手法等、従来とは大きく変わりつつあるのが現状であり、オフィス緑化が今後普及する要素は大いにあると言える。

従来の貸し鉢での緑化では頻繁な交換等のため大きな植物を置くことは稀であったが、一度持ち込んだ植物を維持管理で長期間その場に置く場合、かなり背丈の高い植物の利用も可能である。人は樹の下にいて安らぐことが解かってきており、大きな植物での緑化が増加しつつある。

オフィス緑化により働きやすい、心身の休まる空間を造成し、生産性をアップさせることを本気で考えてもらいたい。

(1) 土壌（培地）の変化

従来の方法では、土壌に植えられた植物が主体であり室内に土を持ち込みたくないという人も多かったが、近年は水耕栽培や土壌の代わりに粒状の培地（植物を植える土壌に代る資材）を使用した鉢も増えている。特に屋内では、空気の動きが少なく、水やりの回数も少ないことから、土壌中の空気交換が滞るため、空気中の酸素が減少し炭酸ガス（CO₂）が増加してくる。そのために、屋内での植物栽培においては通気性の良い（粒子の粗い）培地が適している。また、土壌中に有機物が多く含まれていると、分解により少ない酸素を消費してしまうため植物の根が窒息し枯死する状況が増加してくる。そのために有機分の少ない土壌の使用が求められる。



写真-33 黒土-通気性が悪い



写真-34 腐葉土-有機質が多い



写真-32 セラミック系の培地



写真-33 炭系の培地を使用した植物

(2) 栽培方法の変化

現在多様な栽培システムの植物が販売されているが、システムにより栽培管理の方法が異なり、限られた植物の栽培に特化したものもある。過去には多種多様なシステムが出ては消えていった経緯があり、現在出回っているシステムでも淘汰されてゆく可能性はある。

小さな鉢による緑化システムは、多種多様であり販売経路が限られることもあるためここでは取り上げていない。

① 通常鉢植え

底穴のある鉢に植えられた植物であり、最も普遍的に多くの植物種が販売されているが使用されている培地（土壌）により栽培管理は異なる。

それぞれの鉢物植物生産者によって使用する土壌は異なるが、多くは生産者の近隣で得られる土壌を主体とし種々混ぜ物を加えた土壌を使用している。従って土壌の質は千差万別であるが通気性・排水性の良くない土壌が使用されている場合が多い。この場合通気性・排水性の良い土壌に植え替えることが望ましい。

② セラミック（セラミス等）

セラミックの5～10mmの粒子で通気性・排水性が極めて良く、灌水の量、頻度を増してもすぐに排水するため、根腐れで生育が悪くなることはなく水消費量が少ない屋内栽培に適した栽培システムである。通常底面灌水とするが、底穴のある鉢での栽培も可能で、受け皿の水を常にためない限り、根腐れで生育が悪くなることはないが、日のよく当たるバルコニーでは灌水を怠ると水不足が起こる可能性がある。

③ 底面給水

基本的には2重鉢で外鉢（下段鉢）の底に水を溜めその水を上の鉢に紐、スティック、上の鉢の土壌等により毛細管現状で吸い上げて植物に供給するシステムである。いずれも鉢の上部からの水やりは好ましくなく、水が土壌を通過しないようにすること（直接下部に水を供給し溜める）が重要であり、水位計兼用の給水口がある場合必ずそこから水を足すことが重要である。しかし長期間この方法で栽培すると土壌中に養分、不要物質が集積してしまうため、水を土壌表面からかけ流して土壌を洗うことが必要になることがある。また、内鉢の底が水面に接しないことが重要で、接してしまうと根腐れが起きてしまう。

植栽地の底部にタンク等を設けそこから、給水紐、筒状土壌でタンク内の水を上部の土壌に供給するシステムもある。屋内で水を排出するためのオーバーフローがない場合、水位計で確認して給水するが、そのことが実際に管理する担当者に伝わっておらず土壌表面にまで水位が上がり枯死した事例が複数ある。自動機器で制御した事例でもトラブルで枯死した事例がある。

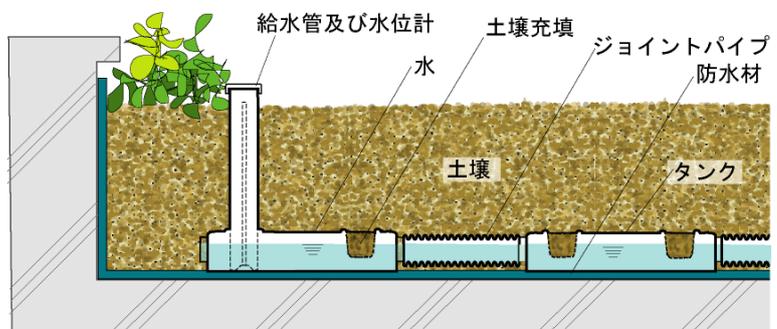


写真-34 モナシステム

図-2 モナシステム模式図

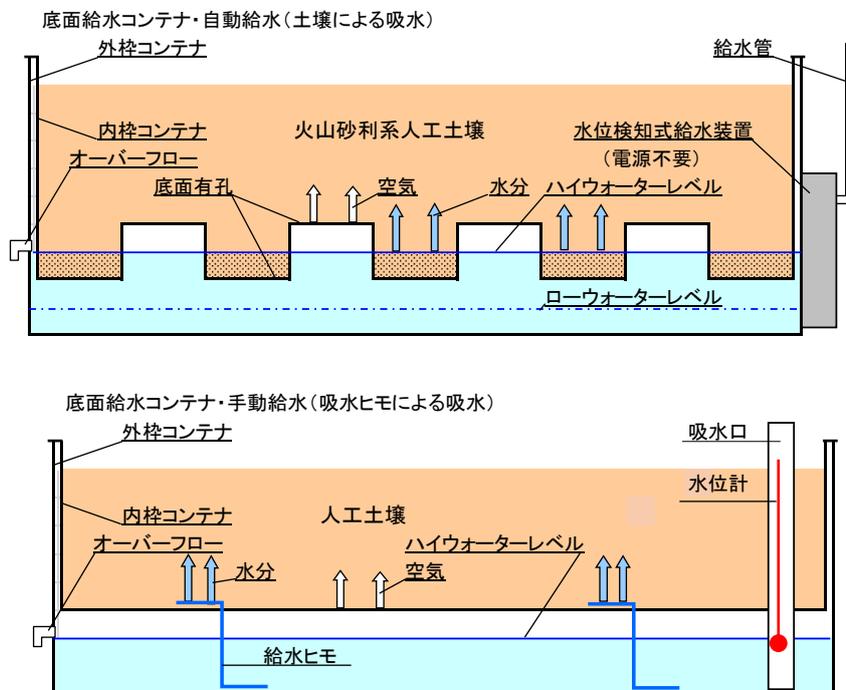


図-3 底面給水コンテナ

③ ハイドロカルチャー（湛水灌水）

ハイドロカルチャーは土壌を使用しないため床を汚さない、清潔感がある、臭いが無い、排水孔が無くても良い、給水間隔が長い、肥料管理が楽、等のため屋内の緑化には適しているといえる。

鉢底穴のない鉢の底に水を溜め礫状の培地で植物を育てる方式で、水位計で水の深さを検知し水やりを行う。培地にはハイドロボール、ネオコール、レカトンなど、通気性・排水性の極めて良い土壌が使用されている。溜める水の水位は最も高くとも鉢全体の1/3以下とする。

通常の鉢植えより水やりは少なくできるが、給水口（水位計と兼用の場合もある）からの給水とするが、大鉢等で困難な場合水は鉢表面に万遍なく水をかけず特定の位置から給水する。

近年、水の中に空気を送り込むことで、大型の室内緑化にも使用例が増加している。



図4 ハイドロカルチャーと土植えの比較



写真-35 ハイドロカルチャー

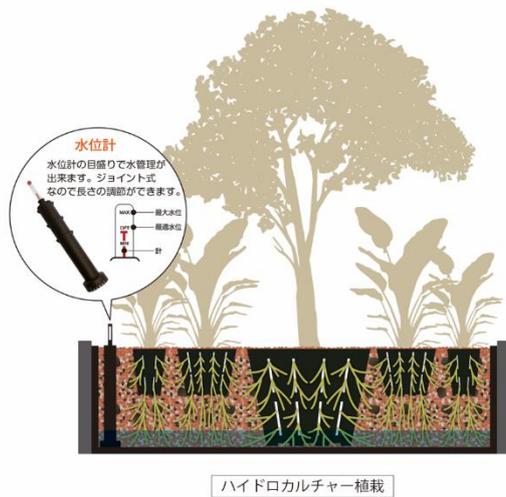


図-5 写真-35 ハイドロカルチャーの寄せ植えシステム



写真-36 ハイドロカルチャーによる壁面緑化

④ テラリウム、アクアテラリウム、アクアリウム、パルダリウム

いずれもガラス容器等の中に閉鎖空間に近い環境を作り出し、光以外（空気、水、肥料等）は極力出し入れしないで植物や小動物を育てるものである。自ら各種資材、植物を購入して作り上げる人が多いが、出来上がったものの販売もある。テラリウムは陸域、アクアリウムは水中、アクアテラリウムは水中と陸の併用であり、パルダリウムは総括的な呼び名と言える。

テラリウムは容器内で水、酸素、炭酸ガスが循環する考えなので水やりは極端に少なくなる。



写真-37 左から：テラリウム アクアリウム アクアテラリウム

(3) オフィス緑化における植物の変化

植物生育用 LED ランプの普及により、今まで屋外や温室で育てていた植物、野菜類、ハーブ類等強い光を必要とした植物においても屋内での栽培が可能になった。屋内緑化イコール観葉植物と言う常識が変わり、多様な植物の利用が普及しつつある。

① オフィス菜園

これまでのオフィスに置かれる植物は、鑑賞的な意味合いがほとんどでしたが、企業のオフィス内に植物工場を設置することで、働く人達が「見る」ことに加えて、「育てる」「使う・食べる」という植物栽培に参加すると言う新しいオフィスのワークスタイルが出現している。それは、植物により積極的に関わることで仕事の不安や緊張を和らげ、ストレスを緩和するメンタルヘルス効果が実証されていることに基づいている。

近年、大規模な植物工場ばかりでなく、小規模な植物工場をレストランやオフィスに設ける例が出現している。このような植物工場から発展した菜園では本格的な植物工場同様、葉物野菜の栽培が主である。これは投入エネルギーに対する収穫物の量（価格）が最大になることを目指しているため、エネルギー需要がひっ迫している現在においては必然のことである。また、葉物野菜よりさらに少ない光エネルギーで収穫可能なスプラウト（芽出し菜）による緑化も試みられており、簡単な調理で食べられるため、オフィス緑化に適しているといえる。

しかし、可能性としては、トマトやカリフラワー等花菜、果樹、イネなど強い光を必要とする植物の栽培も不可能ではなく、幾つかの実験的取り組みがなされている。



写真-38 オフィス菜園の例



写真-39 左：スプラウト栽培 右：トマト



写真-40 左：ロマネスコ (20,000 lux) 右：イネ (35,000 lux)

② 強い光を要求する観葉植物以外の栽培

多くの観葉植物では最低生育照度係数が 500 lux~2,000 lux 必要であるが、それよりも強い光を要求する商物の栽培は従来見られなかった。しかし、植物栽培用 LED ランプの出現により、バラや果樹、多肉植物等を栽培する試みもみられるようになった。



写真-41 左：バラ (20,000 lux) 右：果樹・クワ (10,000 lux)



写真-42 多肉植物の寄せ植え (屋外での栽培事例)

② ペットプランツの栽培

各自お気に入りの植物を身近に置くことで、自ら積極的に世話をすることになり心理的な効果はより増してくる。猫や犬をかわいがることに通じる感情であり、心が安らいでくる。



写真-43 ペットプランツの例

(4) 植物維持管理の変化

① 観葉植物レンタル（貸鉢業者）の見直し

トラックで移動し大きな鉢を運び交換するメンテナンスから、電車、徒歩などを利用した地域密着型のエコなメンテナンス体制を構築しメンテナンス時間の効率化や女性スタッフの活躍の場とする業態が出現し発展している。現在、従来の貸鉢業者が抱えている最大の問題である、運転手問題の解決にもつながる、レンタルであっても業者の社員が出向いてオフィス内で維持管理を行う形である。すなわち、月ごとの交換から、現場での維持管理による長期育成を図ることである。

このシステムを発展させ、数多くの経験を積んだ専門スタッフが様々なメンテナンスをプロの知識で行うことで良好な生育を維持できている。さらに、企画・設計、施工・配置、メンテナンスまで一貫して請け負うことで、快適な空間をトータルにプロデュースすることができる業者も出現している。



写真-44 剪定作業 オプリランドホテル 作業員は客の質問に丁寧に答える

写真-45 葉の清掃作業 日本の作業員は近づくと注意される（怒られる）



写真-46 グリーンスタッフさんは知識があるから答えてくれそう

② 個々の社員が維持管理を行う

管理しやすい幾つかの植物から社員が好みの植物を選ぶことで、植物への愛着がわき、ストレス軽減の効果が期待できる。さらに、育てて食べるスプラウトや野菜などは自分で管理していれば安心して食べることができ満足感も得られる。

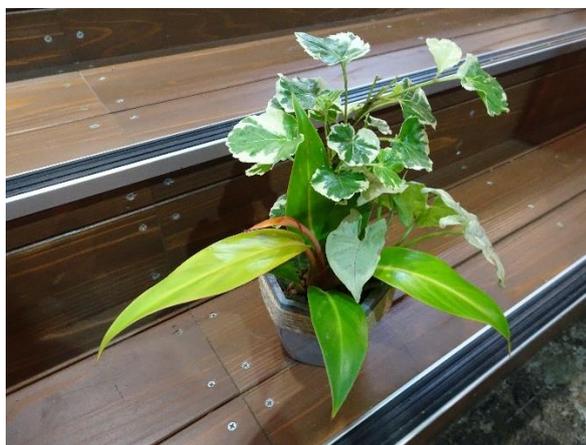


写真-47 自ら管理することでより深い愛着を得られる

③ 緑化サークル等による維持管理

社員の中で、植物好き、栽培経験が豊富な人がサークルや業務上の係となって、植物の栽培管理や栽培ノウハウの社内普及を図ることが望まれている。いわゆるグリーンアンバサダーの制度の構築と言える。配置

④ 障害者雇用による維持管理

障害者雇用促進法への対応として、障害者を雇用して灌水、施肥、枯れ葉取り等を担当してもらう取り組みをしている企業も出現している。

⑤ ステーション方式による維持管理

出勤時に、社員が植物育成用 LED 照明棚（ステーション）から自分用の植物を取り机の上に置く。帰宅時には棚へ戻し、夜間照明で昼間の机上の光不足を補う。



写真-48 昼のステーションと夜のステーション

2. 植物生育に必要な条件とその整備手法

室内の環境は植物生育において大きな環境圧となるものが多く、その環境圧を緩和しない限り正常な生育は望めない。個々の環境圧について、植物生育との関係を捕らえ必要な条件を整えることが重要である。

1) 光

室内の環境は植物生育において最も大きな環境圧となるものが光であり、光条件を満たさない限り正常な生育は望めない。植物生育に不可欠な光条件としては、光の質（波長、通常：nmで表示）と、光の強さ（照度：lx、光合成有効光量子量、PPFD： $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）、そして光が照射される時間がある。緑化においては、さらに光の来る方向、植物の葉や花の色の見え方が重要となる。

多くの事務所においては外から取り込める光はごく少ないため、人工照明での光確保が主となるためここでは主に人工照明について記述する。

(1) 光の特性

一般的に光とは電磁波の一つであり、定義的には人間が見ることができる波長380nm～780nmの範囲にある「可視放射」のことを指す。植物が利用する放射は315nm～800nmであるが、この内光合成に利用する波長域は400nm～700nmである。

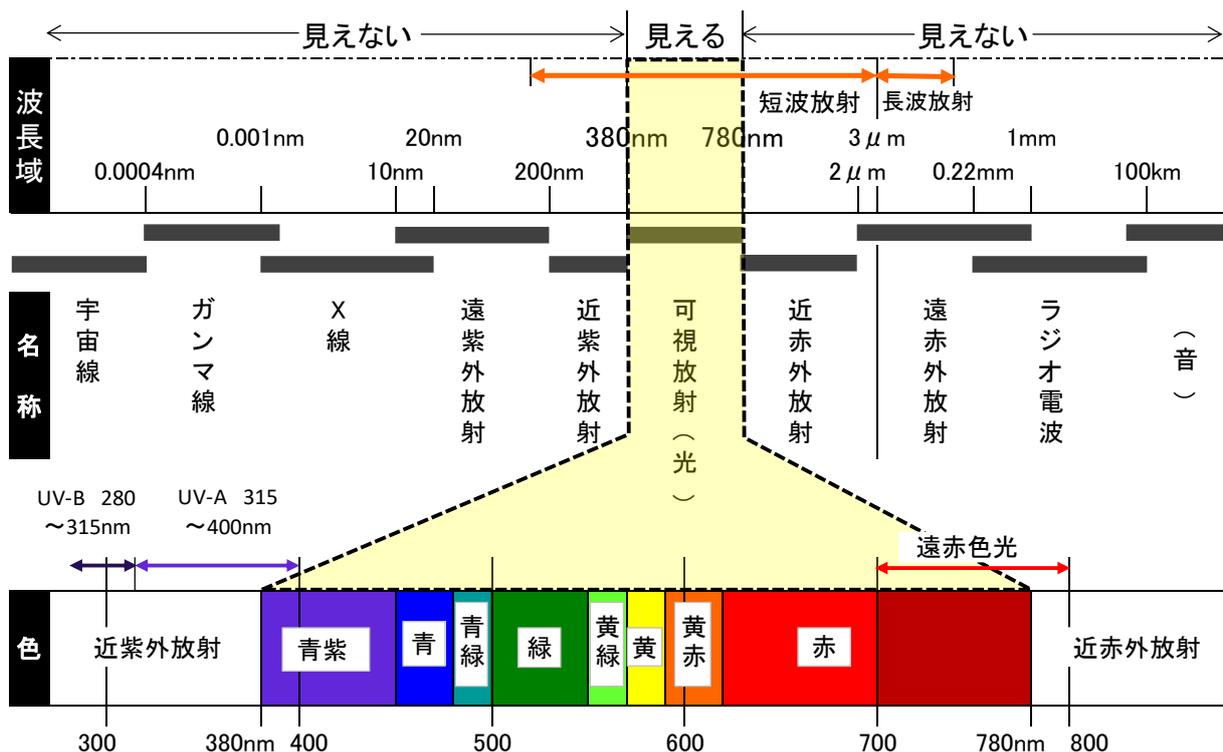


図-2-1 電磁波の波長と光（可視放射）のスペクトル 石渡正紀 電照栽培の基礎と実践 (株)誠文堂新光社に加筆

(2) 光を測る

光条件を考慮するには、光を測ることが重要である。光の強さ（量）の基準には、放射束：W（ワット）、光束（ルーメン）：lm、放射照度： W/m^2 、照度（ルクス）：lx、光合成有効光量子密度（PPFD）： $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ がある。人が見る（感じる）光強度は照度（ルクス）：lxであり、植物が光合成を行うための光強度は、光合成有効光量子密度（PPFD）： $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ である。

照度も光合成有効光量子密度も光の波長域はおよそ400～800nmの範囲であり、それぞれの感度は異なるものの比較・換算は可能である。照度は市販の照度計で容易に測定でき、計測機器の価格も比較的安価であるため、ここでは照度を用いて種々の記述を行う。さらに照度の測定においては無料の照度測定アプリもあり容易に測定可能である。またスマートフォン等で測定できる無料の照度計アプリがいくつかあり、人工照明の照度測定には便利である。



写真-2-1 光量子計と照度計

2) 植物と光

植物の生育と光との関わりは、光エネルギーとして作用する光合成と、信号として植物に作用する光形態形成の2つの作用に分けられる。

光合成はクロロフィル(葉緑素)の存在下で、光エネルギーを利用して炭酸ガスと水から有機物を合成し酸素を放出する作用である。光合成は光化学反応でもあるため、光合成に有効な波長の光とその強さ、その持続時間によって決まる。

光形態形成は、光の持つ情報(分光特性、日長時間、光の有無等)が信号となり、茎の節間伸長や葉の生長、花芽形成、屈光性(光の方向あるいは反対の方向に曲がる特性)等が制御される作用である。光形態形成は光合成の1000分の1以下の光強度で作用するものもある。また、植物によって感度が異なるだけでなく同一植物であっても、生育のステージによる感度は異なる。



右側から50 Lux以下の光がメイン照射消灯後5時間程度照射された

写真-2-2 光形態形成により長時間の光照射で生育に差が出た事例（イネ）

(1) 光源(光の質) - 光合成に使われる波長

自然界においての光源は太陽であり、植物生育に必要なすべての波長(スペクトル)を持っている。しかし、植物の生育に関しては必ずしも太陽光である必要はない。光合成においては、光化学反応に必要な波長約400nm(紫)から約700nm(赤)までの光が、光合成を行なえる強さで一定の時間、葉に当たれば人工光であってもよい。光合成の効率が良い光の波長は450nm(青)と660nm(赤)付近であるが、660nm(赤)付近の光のほうが効率は良いため、植物育成用ランプはこの波長域の光が相対的に強いものが望ましい。

人の視覚感度は緑(550nm付近)をピークとし植物が利用する450nm、650nm付近の感度は劣る。植物があまり利用しない緑の光は透過するか反射する部分が多いため、植物が緑に見えることになる。

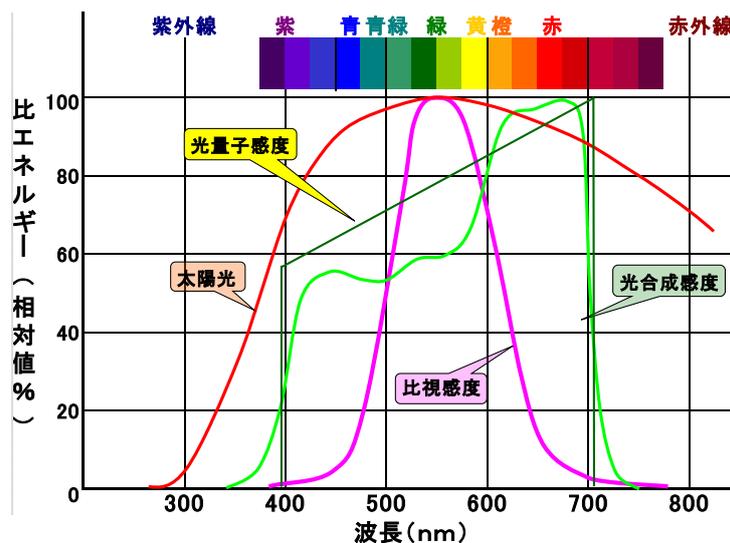


図-2-2 光の作用スペクトル

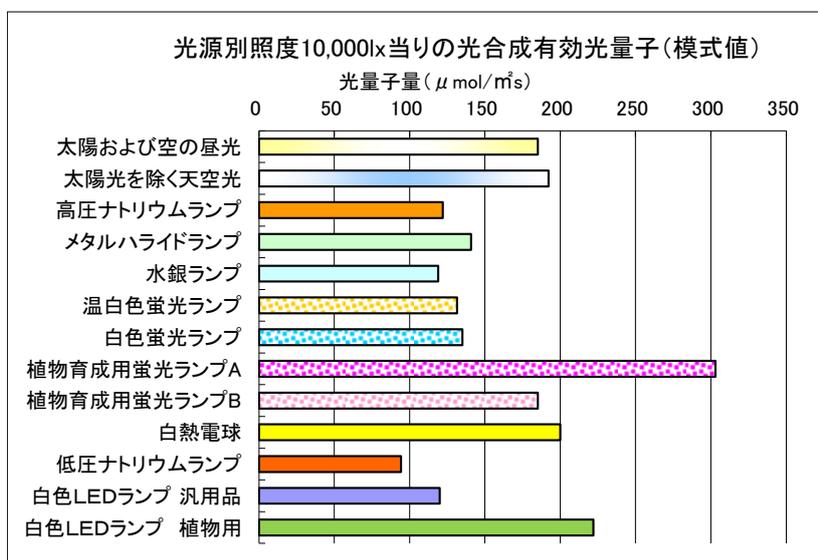
ランプの種類により発生する光の波長(分光スペクトル)が異なる。

光合成だけを考えた場合400~700nmの波長域の光が作用し、その内600~700nmの光が最も有効に働く。観葉植物やほとんどの植物の苗では、光合成に必要な波長域のどの光でも良いが、多く

の植物では幅広い波長域の光を必要とする。特に落葉樹ではこの傾向が強く、さらに光の当たる時間にも影響される。室内に植物を入れることは、その緑を見るためであり、植物工場等で使用されている植物育成用蛍光ランプや、赤色LEDランプ、高圧ナトリウムランプのように葉が黒く見えては、植物を入れた意味がなくなってしまう。しかしこれらのランプは光合成の効率が高く、他のランプ(昼色蛍光ランプ、高演色メタルハライドランプ等)とカクテル光線にして使用する場合もあったが、植物育成用のLEDが出現したことでこのような処置は不要になりつつある。

ランプの光合成効率、発光効率、寿命等は植物生育の良否だけでなく、維持管理費にも影響してくる。人工光により植物を生育させるためには、植物が光合成を行なえる波長域の光が補償点を越え、光合成物質を蓄えられる強さと、長さで照射されなければならない。

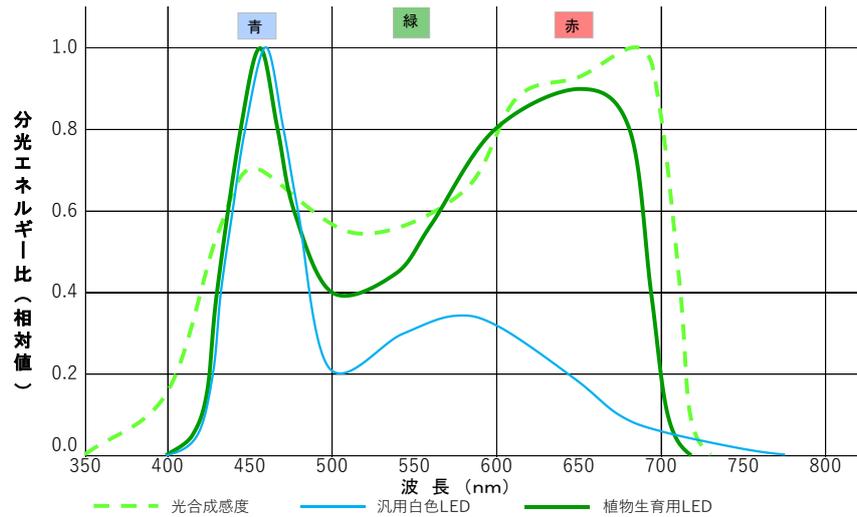
ランプの種類により、発生する光の波長(分光スペクトル)が異なり光合成効率も異なってくる。ランプの種別ごとの照度と、光合成有効光量子量の比から、換算して光合成効率を判断する必要がある。LEDランプは同じ白色でも発光素子や蛍光体の違いにより、光合成効率が異なるため注意が必要である。



白色LEDランプの中でも汎用型に比べ植物用は光合成効率が高い
植物育成用蛍光ランプは桃色の光で葉が黒く見える

図-2-3 光源別照度と光合成有効光量子の換算模式図

完全制御型植物工場 高辻正黄 2007 オーム社 (Thimian and heins. 1983より改変)
を元にLED追加作成



白色LEDランプの中でも汎用型（水色線）に比べ植物用（赤線）は光合成効率の良い波長650nmの光が多い
 植物工場では、青色LEDと赤色LEDの混合かさらに緑色LEDを加えたランプが多く使用されている

図-2-4 各種ランプの発光スペクトル曲線の模式図

① LEDランプの例



10WLEDランプから植物まで10cmで15,000 lux、20cmで7,000 lux、30cmで3,000 lux
 20WLEDランプから植物まで10cmで25,000 lux、20cmで10,000 lux、30cmで4,000 lux
 これらのランプを10時間照射するとルクス値が累計照度となる

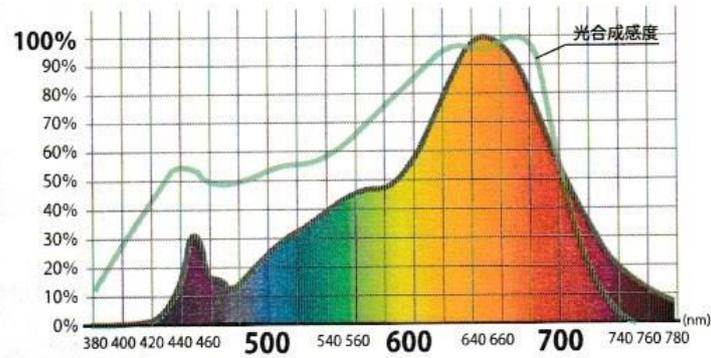
写真-2-3 植物育成用LEDランプの例



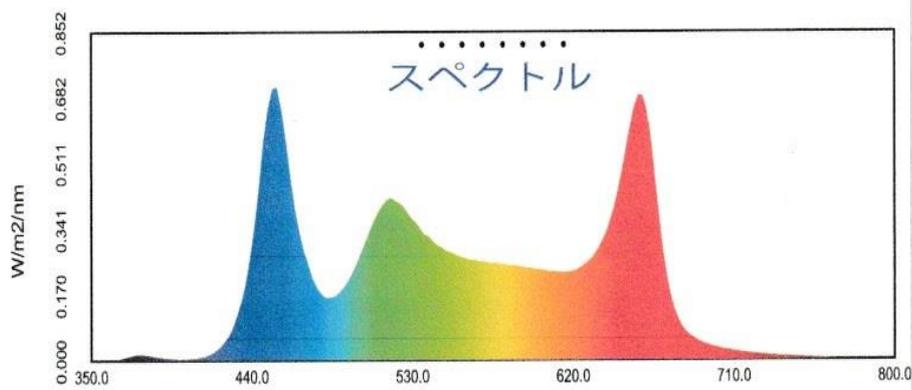
写真-2-4 植物育成用LEDランプの例

白色植物栽培用LEDランプの価格は10Wのスタンド型で5,000円程度、10Wのボックスタイプで15,000円程度、20Wのランプのみでは5,000円程度であるが、メーカーによる価格差が大きい。

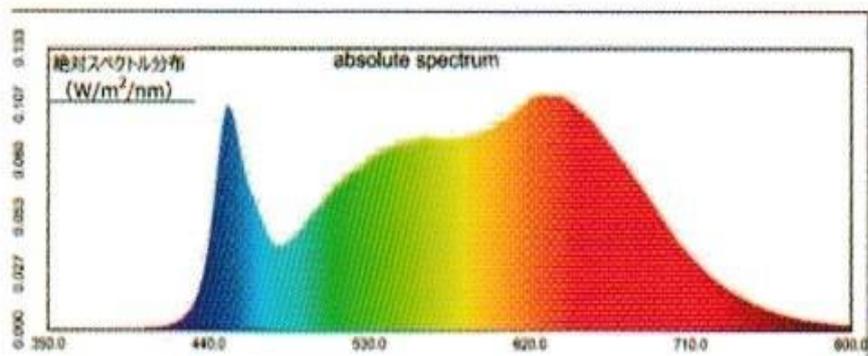
光合成感度とFututureLight植物育成用LED照明



フューチャーライト

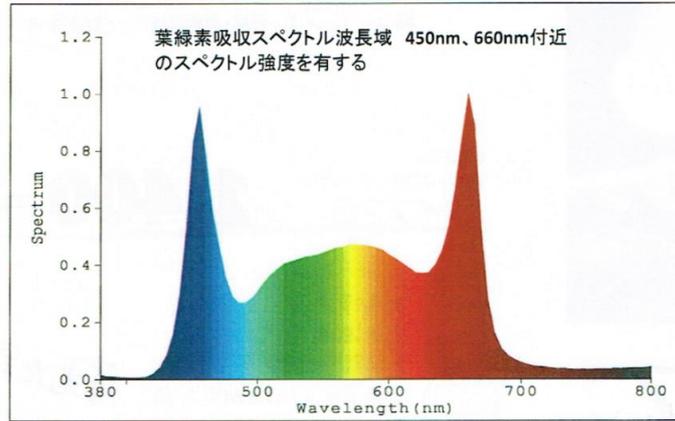


ジャパン フューチャー エナジー



ジャパンマグネット

<分光分布>



龍城工業

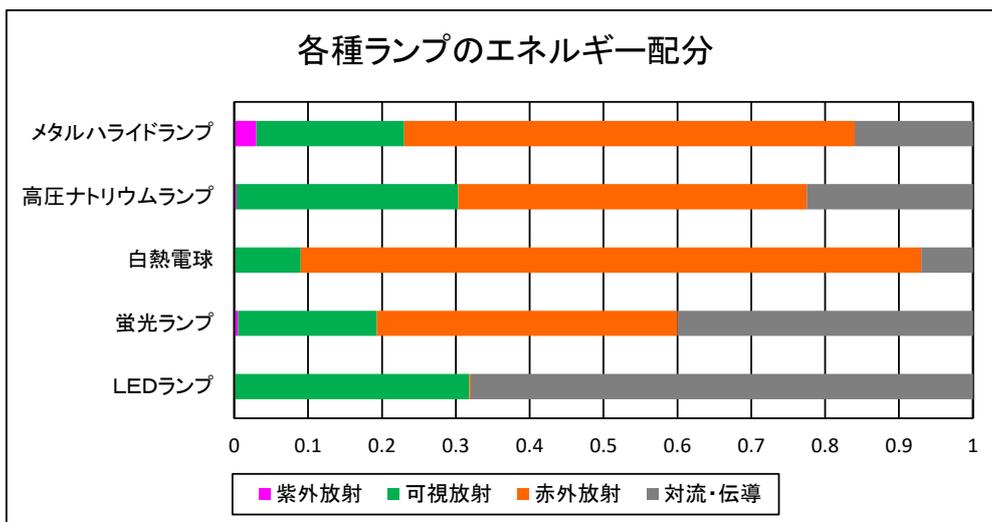
図-2-5 LEDランプの波長分布の例

(2) 光の強さ

植物を育てるためには光が不可欠で、光のない場所での生育はあり得ない。植物種ごとに異なる、生育に必要な累計照度と置く場所の累計照度を比べ、場所の累計照度の方が多ければ問題ないが少ない場合補光して必要な光量を確保する必要がある。通常の部屋の明かりでは直下でない限り100 lux程度であり、10時間照明を点灯したとしても累計照度は1,000hluxにしかならない。

屋内の累計照度表から植物を置く場所の数値を確認し、その数値で生育可能な植物種を栽培する。累計照度が育てたい植物の照度係数を下回る場合、人工照明で補光する。

光は太陽起源の光（自然光）に限定する必要はなく人工照明でも可能であるが、照明用のランプにより光合成の効率が変わってくる。近年、LEDランプが出現したことで、それまで課題だったランプ本体及び光自体からの熱（特に白熱電球）が大幅に改善されたことで、植物とランプを接するほどまで近づけることが可能になった。ランプから出る光は拡散することでその強さは減衰するため、ランプの近くに置くほど強い光が得られる。



LEDランプの赤外放射（輻射熱）の少なさが顕著

図-2-6 各種ランプのエネルギー配分

石渡正紀 電照栽培の基礎と実践 2014 (株)誠文堂新光社より作成



LEDランプは赤外放射がほぼ無いため手を近づけても熱くない

写真-2-5 LEDランプの熱放射

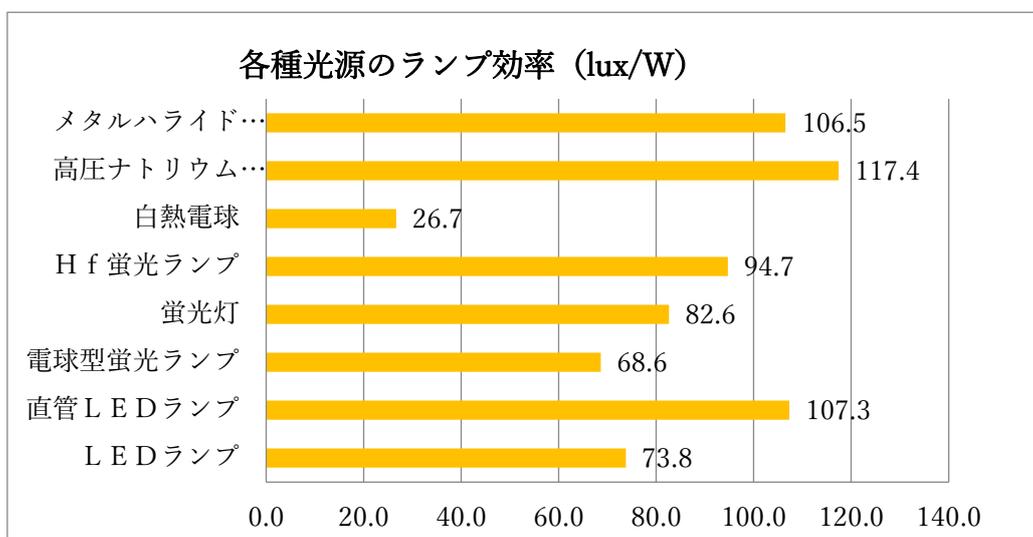


図-2-7 各種光源のランプ効率

石渡正紀 電照栽培の基礎と実践 2014 (株)誠文堂新光社より換算し作成

① 光の補償点

植物を育てるためには光が不可欠で、光のない場所での生育はあり得ない。植物は、光合成により水と炭酸ガスから炭水化物を作り出して生育している。光が弱くなると光合成量が少なくなり、ついには葉が吸収する炭酸ガスの量と植物の呼吸によって放出される炭酸ガスの量が等しくなる。この点の光強度を補償点と呼ぶ。補償点より低い光強度では光合成量が負の値になり、植物はその体に蓄えていた養分を使いながら生存するが、蓄えがなくなれば枯死する。補償点以上の光であっても、光量が少ないと生育が悪くなり病虫害に掛かりやすくなる。その場所の光強度を的確に予測し、補助光等の対策を取ることが大切である。

② 光の飽和点

光強度の増加と共に光合成量は増加するが、ある光強度で飽和状態になりそれ以上の光強度でも光合成量が増えなくなる。この時の光強度を飽和点と呼ぶ。補償点や飽和点は植物の種類によって異なるだけでなく、同じ植物でも成長段階によって異なる。さらに、植物体の形状、群落で考えた場合、相互の葉の重なり具合等で飽和点は大きく異なってくる。

③ 光の生育阻害点

光強度が飽和点を越えさらに増加すると、葉焼け等を起こし生育が悪化するようになる。その

点を生育阻害点と呼ぶ。土壌の水分状態によって左右されるが、本来的に日陰地に生育している植物種で起こる可能性がある。しかし、屋内では生育阻害を起こすような光強度を確保するほうが難しい。

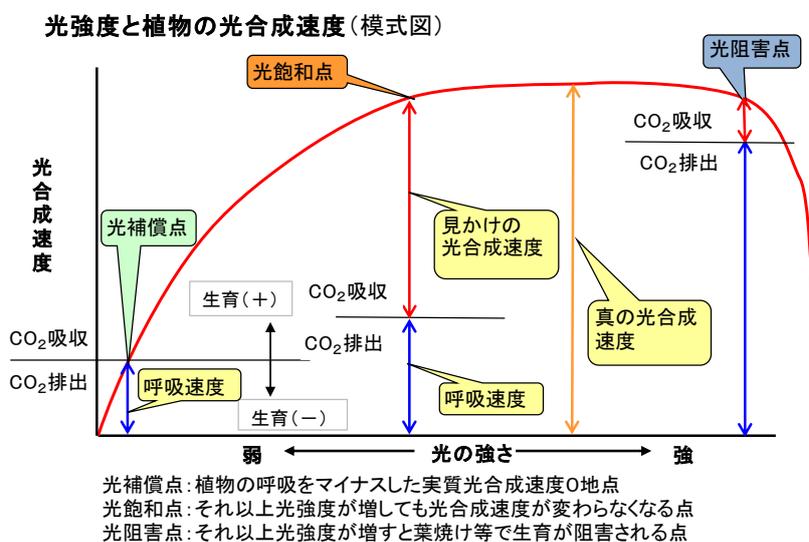


図-2-8 光強度と植物の光合成速度

④ 植物種、大きさ、形態による違い

多くの植物は、光の強弱により葉の内部構造、大きさ、葉や枝の角度等を変化させる機能があり、これによって生育する場所の光強度にある程度順応することができる。

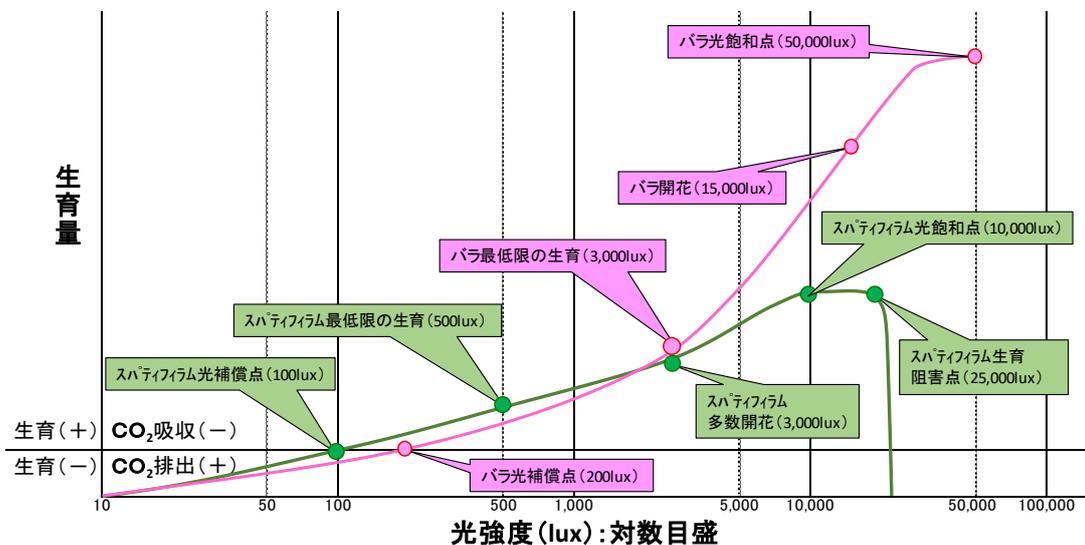


図-2-9 光強度と植物の生育

(3) 植物生育に最低限必要な光強度と光の持続時間

植物の生育に不可欠な光合成量を確保するには、光の強さだけでなくその持続時間も重要である。屋内で植物を栽培する場合、植物が健全に生育するために最低限必要な光強度を記載した事例 (洞口公俊 松下電器産業(株)、米国 Tropical Plant Rentals, Inc.) がいくつか見られる。これらは、1日に10時間以上の人工照明が当たる場合とされている。

室内において光の強さが限られてしまう場合、時間を長くして全体量を確保することも可能であるが、植物により16時間以上の光照射では生育が悪くなるものがある。これについてはまだ日々

の植物すべてについては解明されていない。多くの観葉植物、及びほとんどの植物の苗物は、24時間照射しても生育が良いと言われるが、落葉高木等では16時間以上の光照射は生育悪化に繋がる。従って観葉植物では昼間、人の活動に必要なだけの光強度の光を当て、夜間人の居ない時間に、光合成に十分な光強度の光をあてて生育させることも可能である。



写真-2-6 閉店後に補光している事例

(4) 光の方向

室内への光入射は、ガラス面の位置が天井面か、側面かで季節により大きく異なる。また、ガラス面の方位によって、光の入る時間帯及び長さが異なり、北面では直射光はまったく入らない。天空光は、ガラス面の位置による変化は少ないが、光の強度が弱い。

室内では、光の入る方向が限られる場合が多く、植物は光の来る方向に向かって伸びたり、その方向にだけ枝葉を繁らせたりする。



写真-2-7 光の来る方向に葉を広げた事例

(5) 色の見え方

光は、発光源により特有の色温度（図 発光光源とその色温度）がある。人が色の違いを感じるのは、光の波長の違いを目で識別し脳が色々な色として感じるからである。光が物体に当たり、そこから反射してくる光の波長の組合せにより、物体の色が決まってくる。物体に当る光そのものの波長が異なれば、当然見える物体の色も変化してくる。したがって、物体を照射する光の波長毎の量が重要となる。直射の太陽光においても、朝・昼・夕で異なるし、天空光も異なる波長の組合せとなる。人工光においては、ランプの違いにより色の見え方は大きく異なる。蛍光灯

では、白色、昼光色、電球色等で色見え方は異なる。LEDランプにおいては、見える色の差は少ないが同じ白色でも発光方式の違いで光合成効率が異なる。

色温度 (K)	光の色	光源 (対象物)
12,000		快晴の北の空
10,000	青味がかかった光色	晴天
9,000		もやの多い空
8,000		クール色蛍光灯
7,000		曇天
6,000		昼光色の蛍光灯
5,500		平均正午の太陽光
5,000	5,300K	昼白色相当のLED電球、3波長形昼白色の蛍光灯
4,500	白っぽい光色	白色蛍光灯
4,200		蛍光水銀灯
4,000		白色相当のLED電球、マルチハロゲン灯 (SC形)
3,800		3波長形白色の蛍光灯
3,500	3,300K	セラミックメタルハライド灯
3,000		日の出および日没前、3波長形電球色の蛍光灯
2,800		100Wの電球、電球色相当のLED電球
2,600		高圧ナトリウム灯
2,500		60Wの電球
2,000	赤味がかかった光色	灯油ランプ
1,000		ローソクの明かり

図-2-10 発光光源とその色温度

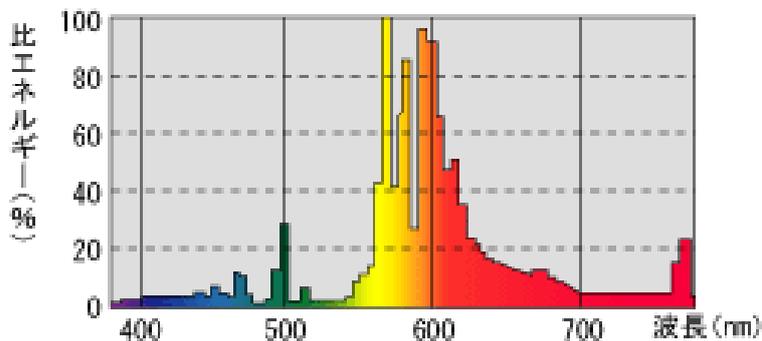
(電照栽培の基礎と実践 2014 石渡正紀 (株誠文堂新光社))

(トコトンやさしい光の本 2011 谷腰欣司 日刊工業新聞社) より作成

アトリウム等の大空間で従来使用されてきた、高圧ナトリウムランプと高演色メタルハライドランプの色見え方を比較すると、その違いが理解できる。



高圧ナトリウムランプ





高演色メタルハライドランプ

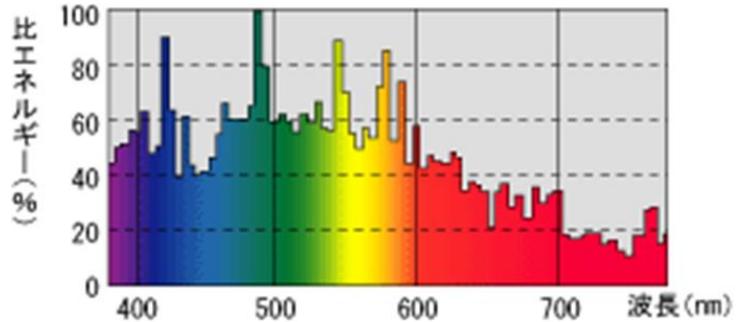


図-2-11 ランプの違いによる植物の見え方 (岩崎電気カタログより)



左 高圧ナトリウムランプ：7 メタルハライドランプ：3 照度5万ルクス
右 高圧ナトリウムランプ：3 メタルハライドランプ：7 照度2.5万ルクス

写真-2-8 ランプの違いによる植物の色の見え方 パソナ屋内

(6) 人工光の光量の計算方法

人工光により植物の生育に必要な光を確保するためには、その目的により異なるが植物工場等では、下記の式を利用している。

$$F = EA / MU$$

保守率:M, 照明率:U, 栽培面積:A (㎡)

必要とする照度:E(1x:ルクス)

求める光源の総光束:F(1m:ルーメン)

保守率はランプの寿命や汚れを考慮に入れた係数で、普通は0.55~0.85の値をとる。照明率は、全光束に対する栽培面に入射する光束の割合である。植栽地の広さ、光源の高さ、天井・壁・床などの反射率で決定される値で、最大が1である。

ランプの種別により発光効率が異なるため、使用するランプのワット数と発光効率により光束を求め、上記の式により計算し、総光束を発光させるために必要なランプの数を求める。

(表 補光栽培における各種光源の効率比較)

また、使用するランプの光束から、その光が何㎡の範囲を照射したとき、何ルクスになるかを求める。例えばメタルハライドの“BOCランプ”400W、反射形の発光効率40lmのものを使用して、2

m²の範囲を照射したときには、下記の式から3,920lxの答えが得られる。

$$F = \text{光源の総光束} = \text{発光効率} \times W = 40\text{lm/W} \times 400W = 16,000$$

$$M = \text{保守率} = 0.7 \text{と仮定する}$$

$$U = \text{照明率} = 0.7 \text{と仮定する}$$

$$E = FMU/A = 16,000 \times 0.7 \times 0.7 / 2.0 = 3,920 \text{ lx}$$

樹木の下からライトアップ式に葉の裏に光を当てた場合でも、同じ強度の光を葉の表面から当てたときの70~80%の光合成量が得られる。

(7) 人工光の当て方

屋内緑化においては、人工光をどのように当てるかも重要である。植物工場のように見ることを考慮しない場合は、植物体と人工光ランプが近接していても構わないが、屋内緑化においては植物を見るのが第一であるため、植物体と人工光ランプは離さなければならない。光源から植物体が離れるほど、面積当たりの光強度は減衰するため植物表面とランプの距離を考慮し、ランプの光強度を決める必要がある。

ランプのシェード（傘）により光の拡散角度が異なり、ランプからの距離による照射面積が変わってくる。照射面積により照度も変わってくるため、照射面積と要求する照度を確保できるランプ及びシェードを選定する。隣接するランプの光が合わさる場所では、両ランプから得られる照度の合計となる。

また、同一照射面でも照度分布が変わり、光軸に近い部分ほど照度が高くなるが、ランプ、シェードによりその変化は異なるため、ランプの光特性を考慮して選定する。さらに、光は直進し斜めにあたると面積当たりの受光量は少なくなるため、できるだけ植物面に直交する光としたい。

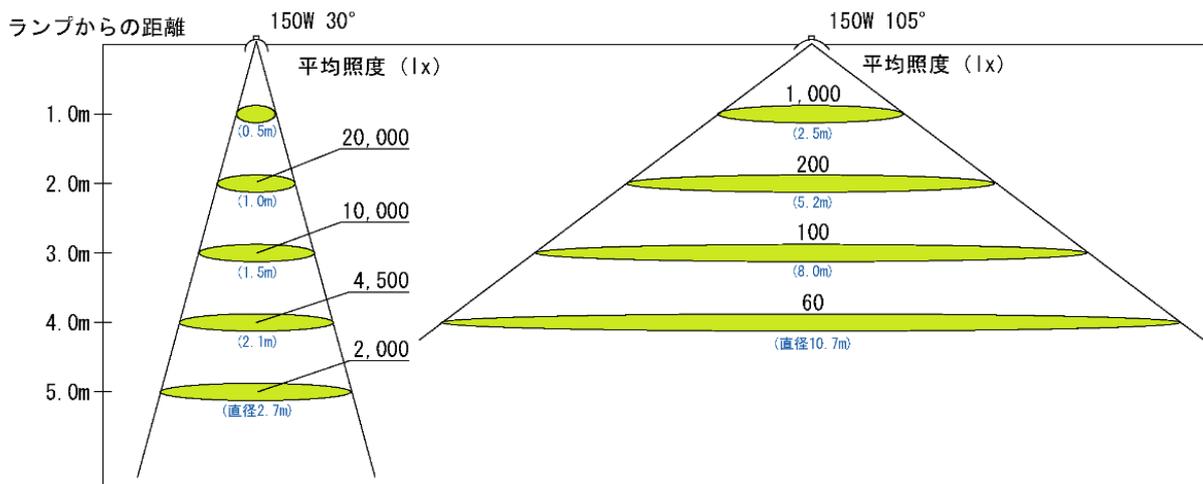


図-2-12 ランプシェードの違いによる光拡散の模式図

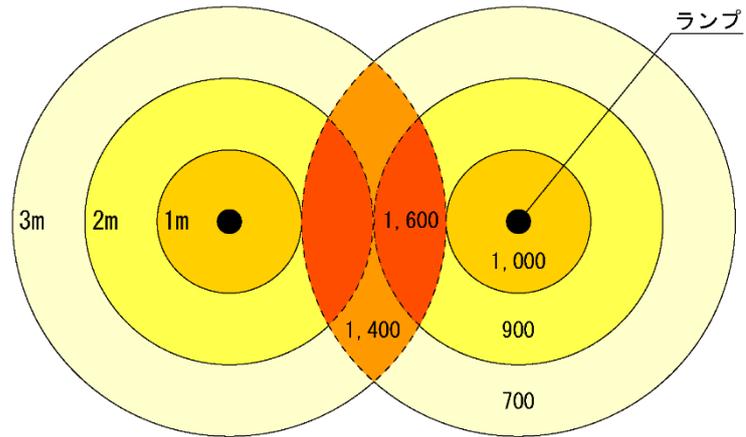


図-2-12 同一平面でランプの光が重なる部分の照度の模式図（単位 lx）

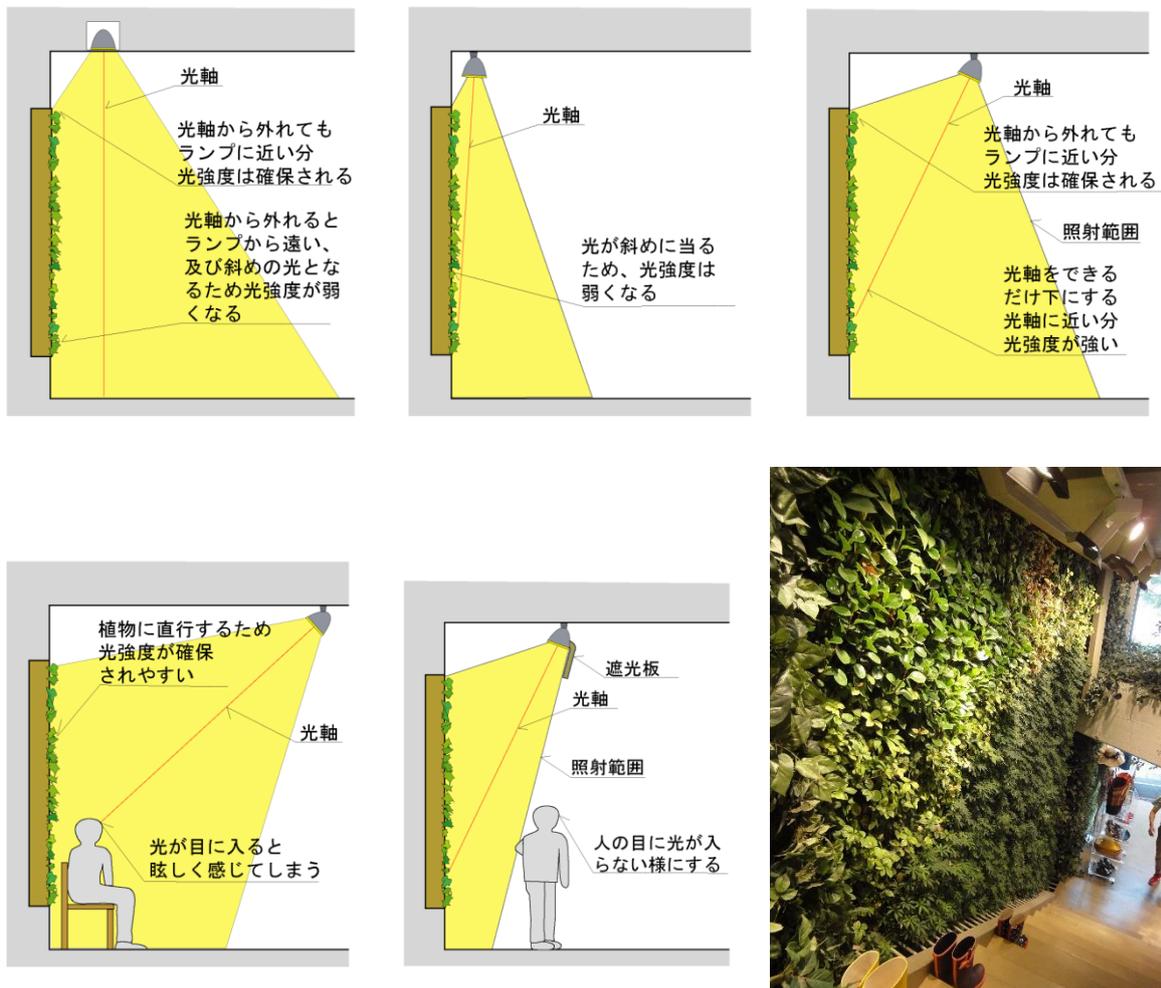


図-2-13 光の当て方の模式図

写真-2-9 ソウル江南 ランプにシェードを付け人の目に光が入らないよう工夫



写真-2-10 左：植栽の下部が光不足で生育不良 右：植栽上部のみが光を得られ下部が陰になっている事例

人工光では通常ランプの位置が固定されているため、植物はそのランプに向かって伸びてしまう。多方向から照射するか、ランプを移動することができれば樹形の乱れも少しはなくなる。従来の人工光の光源は熱を持つため、植物と光源は1メートル以上離さなければ葉焼け等を起こしてしまっていたが、LEDランプはほとんど熱線を出さないため植物に接するほどの近さでも葉焼けを起こすことはなくなった。

人工光で植栽を2層、3層構造にする場合は、上層だけに強い光を当てるより、それぞれの層に光を当てることや下からアップライトを当てることも考える。葉の裏から光を当てた場合、表側からの光の60%程度の光合成効率となる。アップライトで影の演出を試みる例もみられる。

(8) ランプの寿命

蛍光灯などの既存照明は、政府の意向で生産を終了する方向性が進んでいる。この処置はエネルギーの問題から発しており、LED照明の発光効率の良さだけでなくランプの寿命から、このような処置がはじまっている。また、LEDランプは長波放射が極端に少なく、ランプ照射による空調の負荷が少なくなることも処置の検討対象になったと言える。LED照明は他の照明機器に比較し格段に長寿命になっている。

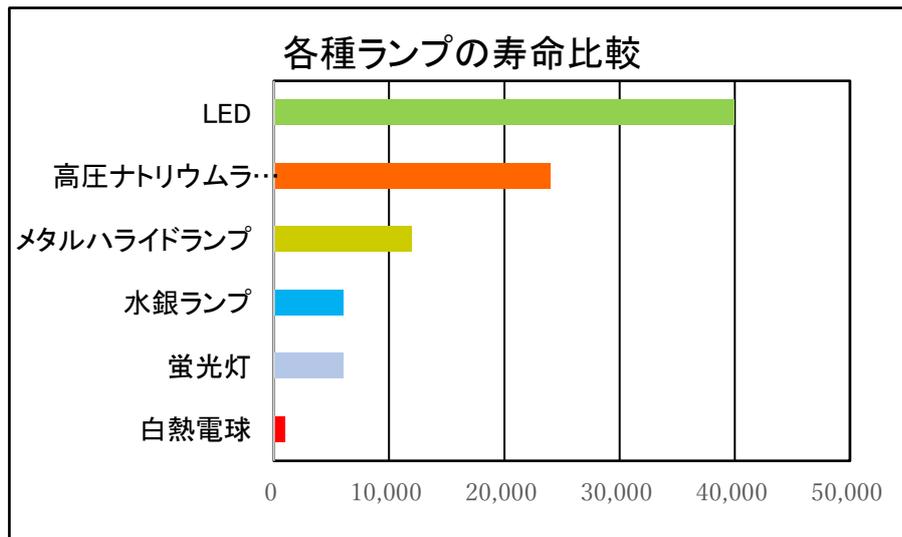


図-2-14 各種ランプの寿命比較
各社カタログ等から作成

3) 照度係数

時々刻々変化する太陽光について、入射する光の質、強さ、時間及び晴天日・曇天日などを、植物の光合成に有効なエネルギー量として総合的に捉える手法として累計照度の考え方を導入した。さらにその累計照度の表示方法を数式化し照度係数として表すこととした。また、植物においても同様に必要累計照度を数式化し、照度係数で表すことで、自然光起源の光と植物が必要とする光を同一レベルで比較することを可能とした。

(照度係数の考え方)

本書では、筆者の経験・知見から、植物に同じ強さの光が10時間当たるとした場合の光量を元に、照度係数の概念を作り出した。ある植物が、光補償点より少し強い光が1日10時間当たれば枯れずに育つ場合、この明るさ(照度)を生育最低照度係数と呼ぶ。同じく、ある照度が10時間当たると新たに花芽分化が起こり開花が見られる明るさ(照度)を開花照度係数と呼ぶ。すなわち、照度×10時間の累計照度の元の照度を照度係数としている。

屋外においては1日の中で時々刻々変化する光の強さ(照度)の累計値を10で割れば、10時間の平均値となり、照度係数と同じ意味になる。屋内において自然光が入る場合、その場所の自然光による照度係数を算出すれば、どの植物が生育するか判断でき、光が足りない場合どれだけ人工光で補光すればよいか算定できる。

累計照度から算出した照度計数であるため、その植物の生育最低照度係数より強い光を当てた場合、累計照度が同じであれば10時間より短い時間でも同じ生育をする。反対に弱い光を10時間より長く照射しても累計照度が同じであれば同じ生育をする。ただし、16時間以上の照射では生育に支障を起こす植物(落葉樹、トマト、ゼラニウム等)もある。

(植物の生育に必要な明るさ)

屋内で植物を栽培する場合、植物が健全に生育するために最低限必要な光強度を記載した事例(洞口公俊 松下電器産業(株)、米国 Tropical Plant Rentals, Inc.)がいくつか見られる。これらは、1日に10時間以上の人工照明が当たる場合とされている。

この項に関しては令和4年3月作成の「屋内緑化マニュアル」を参照のこと。

3. オフィス緑化における人が必要とする明るさ、植物が必要とする明るさ

オフィス緑化においてそこで働く人が必要とする明るさ（光強度）と、植物が生育するために必要な明るさ（光強度）は異なっている。

人の眼は非常に調整能力が高く、ほぼ満月の明るさである 1.0 luxでもどうにか新聞が読めるが、太陽光の直射の下（100,000 lux）でも眩しいと感じながらも本が読めることになる。すなわち10万倍の許容範囲があるということになる。しかし、人が眩しすぎると感じない明るさは、2,000 lux以下であり、エネルギー（電気料金）を考慮すると通常の作業では500 luxあれば十分とされている。

植物の生育に必要な光は、ジャングルの下の暗い所で生育可能な観葉植物でも500 luxが最低基準で、多くの植物では1,000 lux以上が必要になる。さらに花を咲かせるには最低生育照度より1桁強い光を必要とする場合が多い。さらに収穫を得るための作物等の場合、20,000 lux以上を必要とする場合もあり、サトウキビやトウモロコシ等のC4植物においては100,000 luxでも光の飽和点に達しないとされている。

この両者が同一の室内に共存するためには、光的な住み分け（棲み分け）が必要となる。旧来の貸し鉢による屋内における植物配置では、基本的に月毎の交換であり、植物生育に十分でない光強度でも一月程度は枯死しないため屋内の光強度は問題になっていなかった。しかし、屋内において維持管理は社員が行うか業者に任せるかを問わず長期間生育させることが増加したこと、および多様な植物を導入することで従来よりも強い光が必要になってきている。



写真-3-1 従来の貸し鉢



最近の多様な植物

人の活動に必要な光と植物生育に必要な光について表にまとめたが、その差は歴然である。

表-3-1 日本工業規格での照度基準と植物生育との関係 日比谷アメニス カタログ 1990 一部修正

人間活動と植物生育にかかわる照度例 人間活動に関わる事項	照度	植物生育に関わる事項(継続10時間以上)
南中時の太陽光+天空光	100,000lux	トウモロコシ等C ₄ 植物の光飽和点
	50,000lux	イネ等多くの作物種の光飽和点
平均的天空光(天空率100%)	20,000lux	多くの樹木の光飽和点
マンションで庇がない南向きの部屋での 春・秋分時の照度係数値	15,000lux	バラ等の開花に必要な光強度
	10,000lux	
	5,000lux	耐陰性の暖温帯常緑樹の最低生育照度(ツバキ、カクレミノ等)
	3,000lux	光要求量が高い観葉植物の最低生育照度 スパティフィラムの開花に必要な光強度
マンションで1.5mの庇がある南向きの部屋での 春・秋分時の照度係数値	2,000lux	光要求量がやや高い観葉植物の最低生育照度
(通常照明での最高値) 野球内野の照度基準	1,500lux	
ニューオフィス化の指針での通常の細かい視作業に必要な照度	1,000lux	耐陰性観葉植物の最低生育照度(ベンジャミンゴム等)
* 細かい視作業をする事務所、設計、製図室の照度基準の最低値	750lux	
ニューオフィス化の指針での通常の視作業に必要な照度	500lux	極強耐陰性観葉植物の最低生育照度 (アグラオネマ、スパティフィラム等)
地下商店街(繁華)、通常の視作業をする事務室、役員室、会議室、エレベーターホールの照度基準の最低値	300lux	
* 集会室、応接室、食堂の照度基準の最低値 照度基準の最低値	200lux	ポトス、オキシカルジウムの最低生育照度
地下商店街(一般)、A級駅舎(乗降客15万人以上)ホーム、通路等照度基準の最低値	150lux	
ホテルロビー照度基準の最低値 一般的家庭での夜間のリビング照度	100lux	耐陰性観葉植物で月1回の交換が必要
* 喫茶室・休養室の照度基準の最低値	75lux	
	50lux	多くの植物の葉1枚での補償点
街路灯(4m先の顔の向き、挙動が判る)	3lux	
満月 どうか新聞が読める	1lux	

1) 人の活動に必要な明るさ

人の活動に必要な照度は、厚生労働省の規則やJISで基準が作られている。人の活動に必要な光では、2,000 lux程度までであり、非常に明るいと皆が感じるナイター野球の内野の照明による照度でも1,500 lux程度である。

- ① 厚生労働省の事務所衛生基準規則では、作業面の照度を以下のように定めている。
 - ・ 一般的な事務作業：300lux
 - ・ 付随的な事務作業：150lux
- ② 労働安全衛生規則第 542 条（屋内に設ける通路）では通路・階段の照度を以下のように定めている。
 - ・ 階段：150lux
 - ・ 通路：100lux
- ③ JIS Z9110 照明基準では事務所の照度基準、基本的な照度基準を以下のように定めている。

表-3-2 事務所の照度基準

事務所の照度基準

主な作業領域・活動領域の照度範囲（JIS Z 9110：2011 より抜粋）

作業領域又は活動の種類		推奨照度 (lx)	照度範囲 (lx)
作業	設計、製図	750	1000~500
	キーボード操作、計算	500	750~300
執務空間	設計室、製図室、事務室、役員室、 玄関ホール(昼間)	750	1000~500
	診察室、印刷室、電子計算機室、 調理室、集中管理室、守衛室	500	750~300
	受付	300	500~200
共有空間	会議室、応接室、集会室	500	750~300
	宿直室、食堂、化粧室、エレベーターホール	300	500~200
	喫茶室、給湯室、更衣室、書庫、 便所、洗面所、電気室、機械室、	200	300~150
	階段	150	200~100
	休憩室、倉庫、廊下、エレベーター、 玄関ホール(夜間)、玄関(車寄せ)	100	150~75

基本的な照度基準(屋内作業)（JIS Z 9110：2010 より抜粋）

作業領域又は活動の種類	維持照度 (lx)
超精密な視作業	2000
非常に精密な視作業	1500
精密な視作業	1000
やや精密な視作業	750
普通の視作業	500
やや粗な視作業	300
粗い視作業、継続的に作業する部屋(最低)	200
作業のために連続的に使用しない部屋	150
ごく粗い視作業、短い訪問、倉庫	100

④ 人と明るさの関係

- ・本が見やすい明るさ：300lux～500lux
- ・目が疲れにくい明るさ：200lux～250lux
- ・目にストレスを与える明るさ：750lux以上
- ・目に障害を与えやすくなく光の波長：300nm～500nm（400nm以下は紫外線で人体に影響を与える）
- ・近赤外線は熱として人体に入る：光の波長780nm～2μm、それ以上は遠赤外線では熱としては感じない

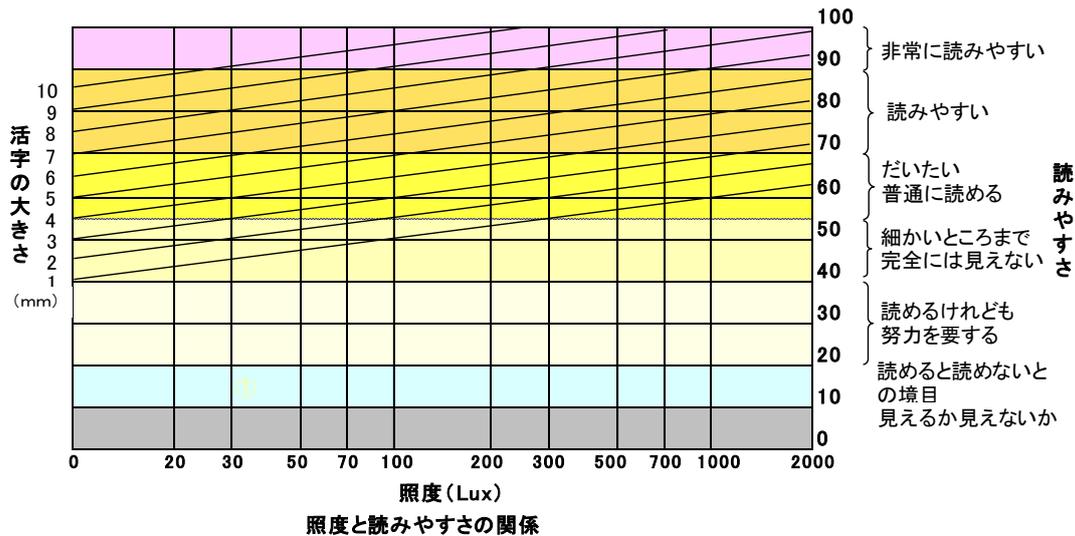


図-3-1 照度と読みやすさの関係

河合ほか:照度と読みやすさの関係を表す簡単な実験式、照明学会誌、59-9(1973)

⑤ 照度と色温度による快適性

照明の照度及び色温度により、人は自然感や不自然感を感じる。また、赤や橙色等の暖色は暖かさと穏やかさを感じ、青系統は寒さと爽やかさを感じる等、ランプの色温度で人の感情は変わってくるが、行きすぎると不快感が生まれてしまう。

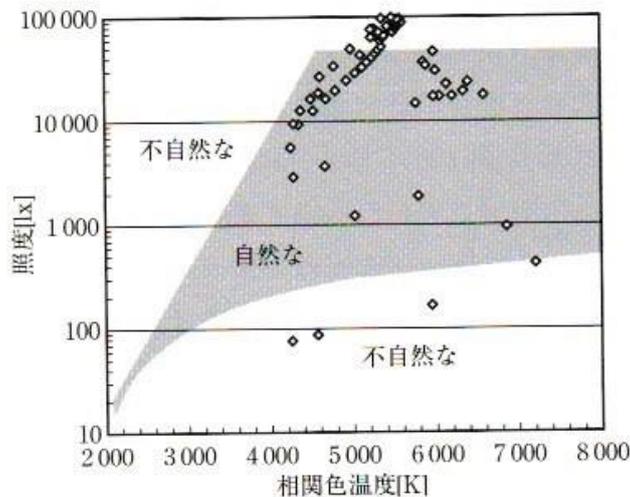


図-3-2 照度・色温度による快適性

岩井彌ほか 2007 昼光照明デザインガイド (社) 日本建築学会

⑥ タスク・アンビエント照明

省エネルギーの観点からオフィス照明ではタスク・アンビエント照明と言う手法が見直されてきている。事務所内を全般照明で750 luxにするのではなく、全般照明は300 luxに抑さえデスク周りに局部照明をプラスして750 luxを確保する照明方式である。植物を入れる場合、そこだけ強い光を当てる方法にもつながる。

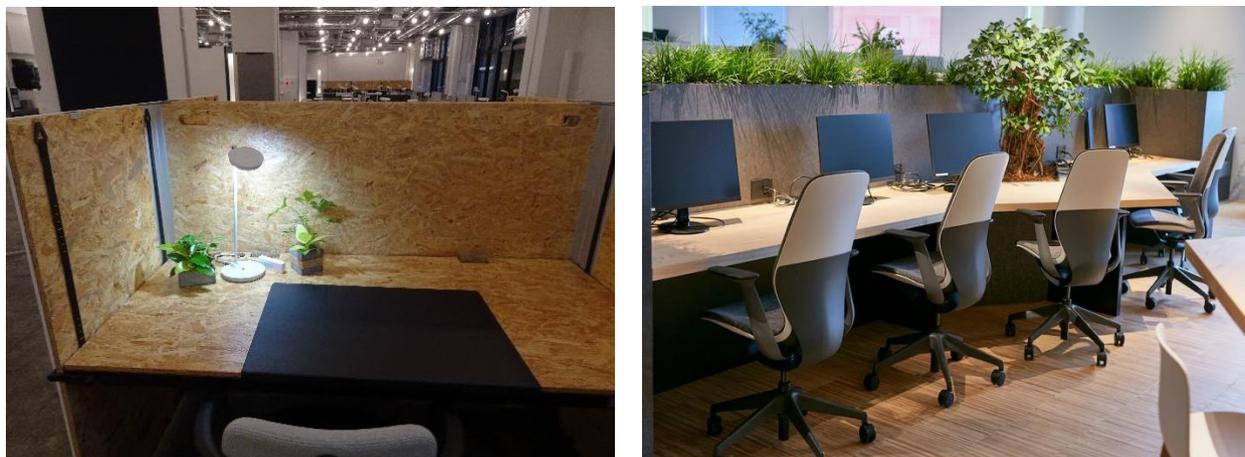


写真-3-2 タスク・アンビエント照明の例

4. 緑化手法

1) 人工光型緑化

人工光により植物を生育させるためには、植物が光合成を行なえる波長域の光が補償点を越え、光合成物質を蓄えられる強さで、光の無い夜間に消費され尽きない光合成物質を蓄えられる時間の長さで照射されなければならない。

室内で人が要求する明るさと、植物が要求する明るさでは大きな差がある。人の目だけで判断せず、必ず照度計で測定し対処する。室内の明るさは、かなり明るいと感じるオフィスでも1,000lxが限度であり、ホテルのロビー等は100lx程度となる。ここの部位にだけ植物の生育に必要な光を持ち込むと、眩しく感じてしまうため全体をある程度明るくする必要がある。

照射面積が少ないか、発光面と植物との距離が短い場合で、光強度もそれ程必要としなければ、白熱電球、蛍光灯等の利用も可能であるが、面積が多い場合、発光面と植物との距離が長い場合、強い光を必要とする場合は、水銀ランプ、メタルハイドランプ、高圧ナトリウムランプ等の光源が必要となる。近年、大容量のLEDランプが出現しており、器具の寿命が長く、発光効率が高く、発熱量が少ないなどで、器具交換の経費を含めた設備費、空調関係を含めた電気料金の削減が図れる。

人間の目は、幅広い調節能力を持っているが、室内においては周りの光強度と極端に異なる強い光を受けた場合、眩しく感じてしまう。特にその光源が目には直接入るようなランプの配置は避けなければならない。それが出来ない場合、人のいない夜間に光を照射することを考えるが、光の照射時間に敏感な温帯の落葉樹等の場合、昼間はかなり暗くしておかなければ生理が狂ってしまう。観葉植物の場合は照射時間に鈍感なため、昼、夜共に光を照射しても生育に影響しない。

光源であるランプの取付け器具、配置等にも十分考慮し、その室内空間全体が違和感の無いものにしなければならない。人工光の場合スポット的になってしまうことが多く、室内空間全体をある程度明るくするための光源が別途必要になることもある。自然光利用の場合でも、時間、場所により光が不足することがあり補助として人工光が必要になる。太陽の光は、時間により色が変わる。人工光の場合はランプの種別により色が異なるため、朝、昼、夕でランプの種類を変える事により、太陽光に近い色の変化を出すことが出来る。

人工光では通常ランプの位置が固定されているため、植物はそのランプに向かって伸びてしまう。多方向から照射するか、ランプを移動することができれば樹形の乱れも少しはなくなる。従来の人工光の光源は熱を持つため、植物と光源は1メートル以上話さなければ葉焼け等を起こしてしまったが、LEDランプはほとんど熱線を出さないため植物に接するほどの近さでも葉焼けを起こすことはなくなった。

人工光で植栽を2層、3層構造にする場合は、上層だけに強い光を当てるより、それぞれの層に光を当てることや下からアップライトを当てることも考える。

2) 自然光型緑化

室内においては、自然光はガラスを通して取り込まれる。外部からの光が取り込めないか、極少ない場所に植栽する場合は、太陽光採光装置の利用と人工光の利用が考えられる。

自然光利用型の緑化空間の創出には、自然光の取込み口であるガラス面の多少、位置により、光環境が大きく異なってくる。自然光は単に光だけでなく、熱線による熱エネルギーが多く、さらに

取り込んだ光エネルギーも物体に当たると熱エネルギーに変換されるため、太陽光を室内に取り込んだ場合、温度上昇が問題になる。したがって、光量だけでなく、熱エネルギーがどれだけ入るかを予測し、空調を検討する必要がある。

室内に緑を入れる場合、建築計画をする段階から、どれだけ光を確保できるかを的確に予測する必要があり、これによりどのような植物が植栽可能か決まってくる。特に光要求量の多い植物を植栽する場合、人工照明による補助光は設備費、電気料金等の面で限度があるため、十分な自然光の確保を検討する必要がある。

太陽光は季節により光強度、時間が変わり光量が大きく変化するが、室内ではさらに、太陽光の取込み口であるガラス面の位置により、入り方及び量が大きく異なる。

天井面がガラス(トップライト)の場合、夏季は太陽高度が高く建物内の深部まで光が届くが、冬季は太陽高度が低く直射光の入る量が限られてしまう。

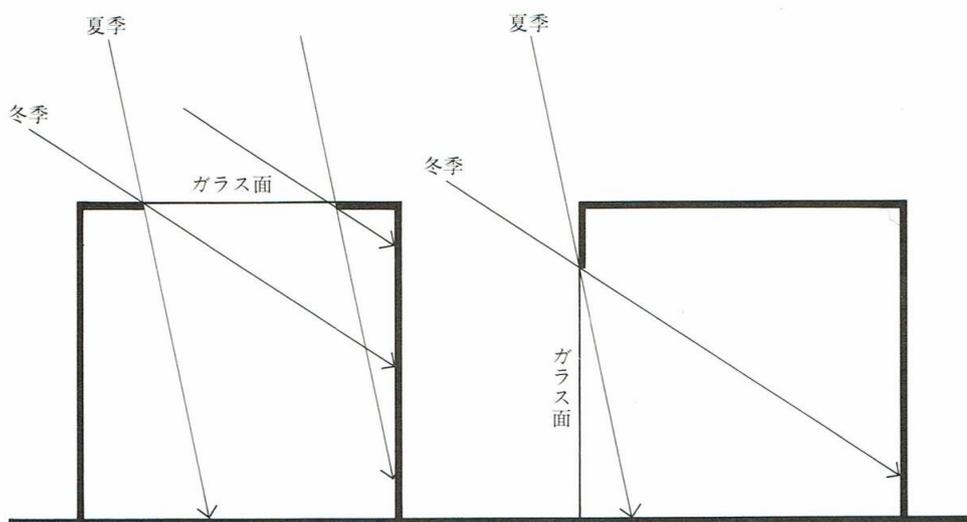


図-4-1 ガラス面の位置による光入射の違い(南面がガラスの場合)

藤田茂(1992):室内緑化デザイン:グリーン情報

(1) 室内に取り込める光量

太陽は、計画地の緯度により異なる天空の軌道を進んで行き、その高度(仰角)は時間だけでなく季節によっても異なる。日本の大都市はおよそ北緯 35° に位置しており、夏至の南中時の高度(仰角)は 78° 、春・秋分で 55° 、冬至で 32° となる。日の出、日の入りの時間も季節で異なり、夏至の日の出は4時49分、日の入りは19時11分、春・秋分の日の出は6時00分、日の入りは18時00分、冬至の日の出は7時11分、日の入りは16時49分となる。

① 側面がガラスの場合

周囲に遮るものがない場合、夏至には、朝東向きガラス面から5時~8時半、夕方西向きガラス面から15時半~19時に太陽光が入り、8時半~15時半は太陽光が入らない。春・秋分には、朝東向きガラス面から6時~9時半、夕方西向きガラス面から14時半~18時に太陽光が入り、9時半~14時半は太陽光が入らない。冬至には、朝東向きガラス面から7時半~9時まで、南向きガラス面から9時から15時まで、夕方西向きガラス面から15時~16時半まで太陽光が入る。

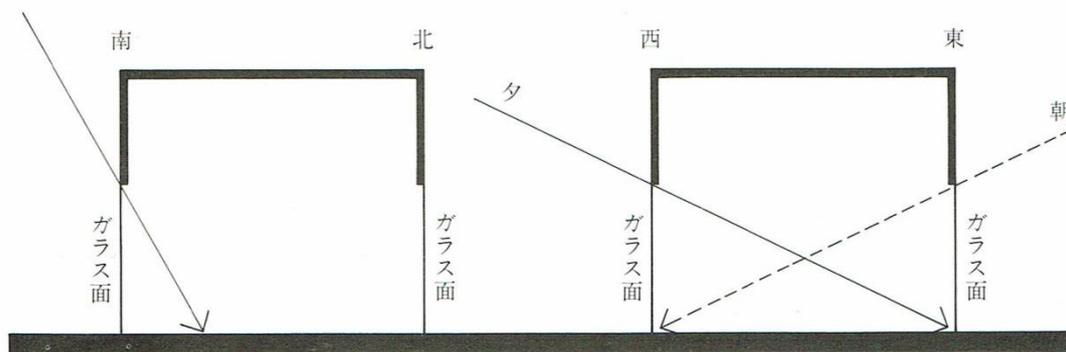


図-4-2 ガラス面の方位による光入射の違い

藤田茂（1992）：室内緑化デザイン：グリーン情報

② 天井面がガラスの場合

夏至には8時半～15時半に太陽光が入り、春・秋分には9時半～14時半に太陽光が入るが、冬至には1日中太陽光が入らない。天井面の仰角が変わってくれば、それに合わせた作図により太陽光が入る時間は異なってくる。

③ 自然光で光の来る方向が限られる場合の処置

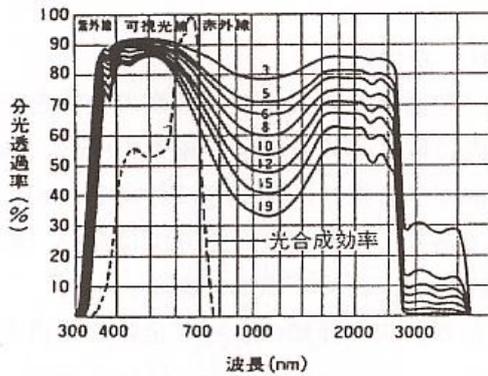
自然光利用で、光の方向が限られる場合は、光の不足する方向を人工光で補光することにより、樹形の悪化を防ぐ。また、剪定の回数を多くして対処するが、長期的には樹形が崩れてくるため、移植、交換も必要になる。単木植栽の場合は、樹木の植栽されたコンテナごと回転させる方法も考えられる。

(2) ガラス

全面ガラス張りで、最高の条件を整えても室内に取り込める光は、屋外の85%、通常では全面ガラス張りの温室等においても40～50%程度であり、全面ガラス張りではない一般の建築物内では、良くて数%である。

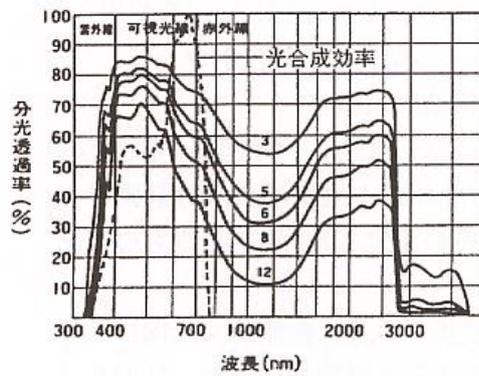
ガラスの種類によって全体の光透過率だけでなく、光の波長透過率も異なるため、光合成及び光形態形成に有効な光をカットしないガラスの選択が望ましい。

●透明フロート板ガラス



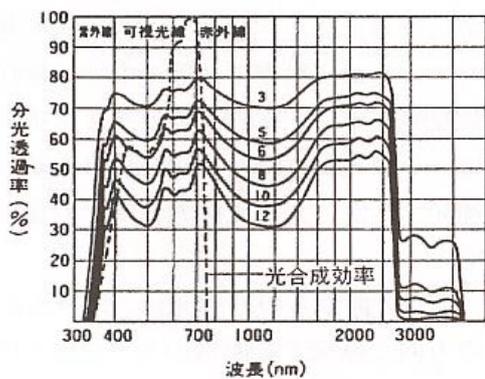
熱線吸収ガラス

●サンプルー



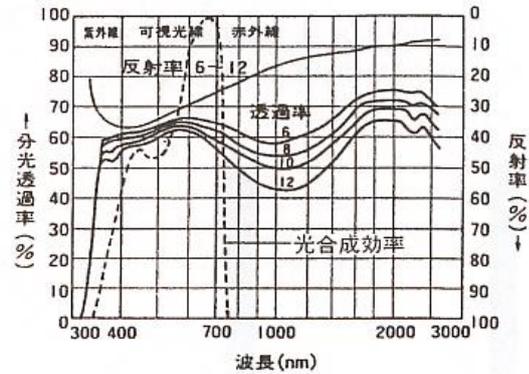
熱線吸収ガラス

●サンブロンズ



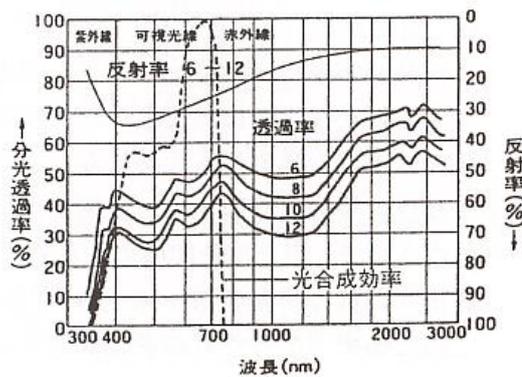
熱線反射ガラス

●サンカットパール



熱線反射ガラス

●サンカットPブロンズ



分光透過率・反射率曲線⁵⁾《図15》

図中の数字は板厚を示す
入射角度0度(ガラス面に直角)

図-4-3 ガラスの種別による光透過の違い (旭硝子総合カタログより作成)

建築物全体の冷暖房負荷及び、デザイン上の問題で熱線吸収ガラス、熱線反射ガラス等の中で、植物生育上有効な光のカット率の高いガラスを選択した場合は、その光(全体量、各波長別)を補うランプで補光するか、太陽光採光装置で別途太陽光を導く。ガラス面からの直射光は、光の入る方向にその方向と直交する面積のガラス面とほぼ同じ広さの光を届ける。天空光の場合は、ガラス面を発光面とした拡散となる。

ガラスを通して室内に取り込める光は、その場の照度係数に光を取り込む部位のガラスの透過率、

保守率、傾斜による反射率、支持構造物面積率から求める。さらに詳細には周囲壁面等の反射率も必要と考えられるが、作業が複雑過ぎて実用的では無くなってしまいうため割愛している。

求める照度：E

$$E = Y a b (1 - c) (1 - d)$$

Y = その場で得られる計算上の照度係数

a = ガラスの光透過率

b = ガラスの保守率 (通常：0.8を使用)

c = ガラスの傾斜による反射率

d = 支持構造物面積率

計算が複雑なので通常は $E = Y a \times 0.7$ で計算している。

(3) 光と温度

天井面がガラスのトップライトの場合が、光の入る量から言えば望ましいが、室内温度の太陽光による上昇も最も大きくなる。この場合アトリウム等の大空間では、空間上部の温度が高くなるので、最上部を開閉できる構造とするか、煙出しの様な排気装置を考える。また、室内に煙突のようなものを設置し、夏季は上から下へ、冬季は下から上へ空気を流すことにより上下の温度差をなくす方法もある。アトリウム空間と各階の空間との仕切りがない場合、上階執務室等の温度まで上昇してしまうため、エアーカーテン等による仕切りを考慮する。

側面がガラスの場合、南面は、光が強く冷房をする夏季には太陽高度が高いため直射の光、熱共に入りづらく、光が弱く暖房をする冬季は光、熱共に多く入るため、室内の光環境、温度変化は良い方向に向かう。しかし西面は、冷房をする夏季の午後、温度上昇時刻に太陽光による光と熱を室内に入れるため、季節、時刻により遮光することも考慮したい。北面は季節、時刻による光の変化が少なく、太陽光が入らないため熱線による温度上昇はない。

(4) 太陽光採光装置

鏡による反射や光ファイバーを利用して、太陽光を取り込む装置である。近年LEDランプの出現により、イニシャルコストが膨大になるこれらの装置を採用する例は少なくなっている。

鏡による太陽光採光装置を利用する場合は、光の通る空間を確保しなければならない。また、鏡と光ダクトを組合せた装置を利用する場合でも大きなダクトスペースが必要になる。

太陽光採光装置は、いずれも太陽が照っていないと効果が全然無いため梅雨や日本海側の冬季等太陽の照らない期間がある地域では、人工照明による補光装置が不可欠である。

同一の光量を確保するために必要な装置の経費は、概算で植物栽培用の LED ランプによる人工光の場合の装置経費を 1 (20 万円) とすると、鏡による場合で 100 (2,000 万円)、光ファイバーによる場合 1,000 (2 億円) となる。人工光の場合必要な電気料金は、LED ランプの場合で年間約 0.1 となる。

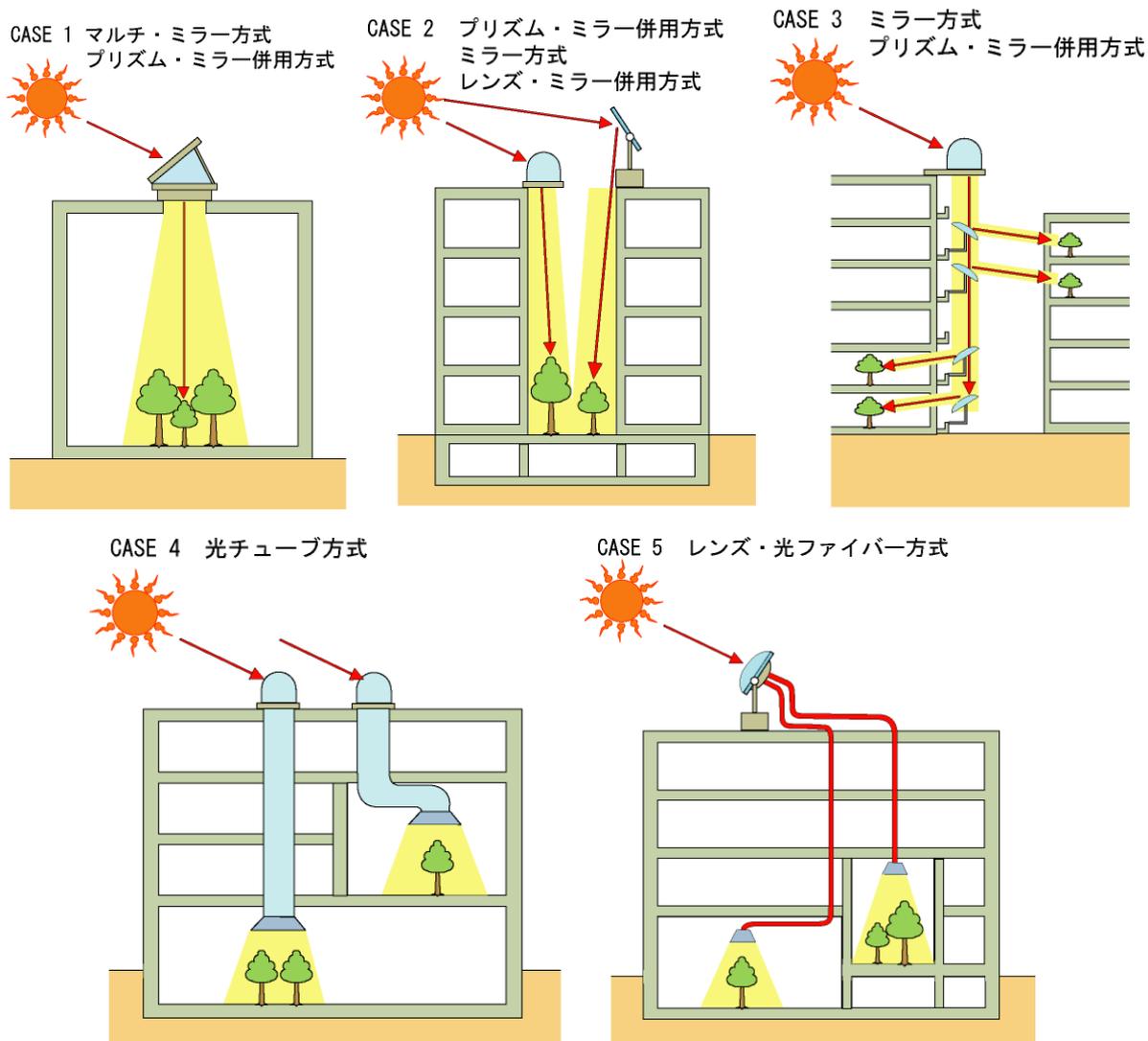


図-4-4 太陽光採光装置 太陽光採光システム協議会ホームページ「太陽光採光システムについて」より取得 一部加筆

(5) その他

自然光利用の場合、地域によっても光条件が大きく異なる。太平洋側では、梅雨期に日照時間が少なくなるが、この時期は太陽光が時間、強さ共に最も多く、曇天でも光の絶対量は多く、さらに晴天になれば強烈な光が注ぐため光不足にはならない。日本海岸では、季節的にもともと少ない太陽光が冬季の季節風による雲、雪で遮られるため、自然光だけでは生育できなくなる恐れがある。また、ガラス面の積雪、結露も光を遮断する要素となる。従って人工光による補助照明を考慮しなければならない。ビルが林立する地区では他のビルによる太陽光の遮断も考慮する必要がある。また、他のビルからの反射光が当たる場合もある。

自然光利用の場合で数千ルクスの光強度が得られる場合は、植栽を2層、3層構造にすることも可能である。しかし1層下になると上層の繁り方にもよるが、約5分の1程度になるため下層の植物ほど低照度に耐えるものにしなければならない。下層の照度がどうしても不足する場合は、人工光で補光する。

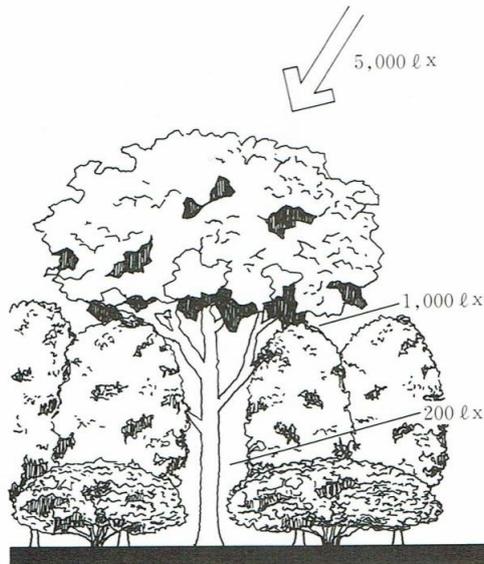


図-4-5 複層植栽での光の減衰 藤田茂（1992）：室内緑化デザイン：グリーン情報）

3) 光以外の問題（地上部）

屋内の緑花においては、植物を主役とする温室等の建築空間以外は、人の活動を主体に考えて光、温度、湿度、風等がコントロールされている。

① 温度・湿度特性

屋内においては、人が不快にならず過ごせる温度・湿度に設定されている。すなわち通常人が滞在する時間帯は、年間を通して温度18℃～26℃に保たれている。しかし、夜間等人がいない時間帯、夏休み・正月休み等長期に人がいない期間はその限りでは無いため、この間の温度が植物の生育に影響を与えないような対策が必要となる。

湿度は空調を集中制御している場合、40%以上は確保されているが、個別の空調機では湿度管理が出来ず、冬期には暖房することにより30%を切る場合もあるため対策が必要となる。

② 風特性

屋内においては自然の風は入らず、空調機からの恒常的な風、隅角部分の空気の滞留が問題となる。空調機の吹出し口からの恒常的な風は、それほど強くなくとも、夏季は冷風、冬季は熱風となる。特に暖房の風はそれ程熱くなくても乾燥しており、葉の縮れ、葉縁の枯死等植物生育に障害が生じる。空気が動かず完全な無風状態になる場合、生育に支障が生じることがある。

③ 水特性

屋内においては雨水が供給されない事から、植物生育に必要な水、葉等の洗浄に必要な水の供給を検討する必要がある。また、余分な水分は速やかに排除する必要もあり、排水の経路を確保することも重要である。

④ 植栽基盤特性

屋内においては屋上空間同様、植物を生育させるための基盤となる土壌等が存在しない。また、建築物の上であるため荷重の問題、防水・排水の問題も同様に存在する。しかし、風は屋上に比較すると殆ど無いため倒木の危険は無くなるため樹木の支柱等は不用になる。

屋内であるため汚れの基となる土壌の使用を嫌がる施主、建築設計者も多く存在する。この場合、黒土等微細な粒子の土壌を避けることも検討したい。

4) 緑化方法

ここでは主に計画・デザイン上の植栽の方法や、植栽の部位の違いによる緑化形態について、その注意点を述べる。

(1) 自然の大地を利用した緑化

自然の大地の上では、搬入路さえ確保できていれば巨大な植物を持ち込む事も可能である。光が十分に確保されていれば、3層、4層の葉郡を持つ複層の植栽も荷重の心配をせずにできる。

排水は地下に浸透して行くため無くても可能であるが、土壌中の通気を確保するためにはあった方が良く、透水管だけでも敷設する方向で検討したい。

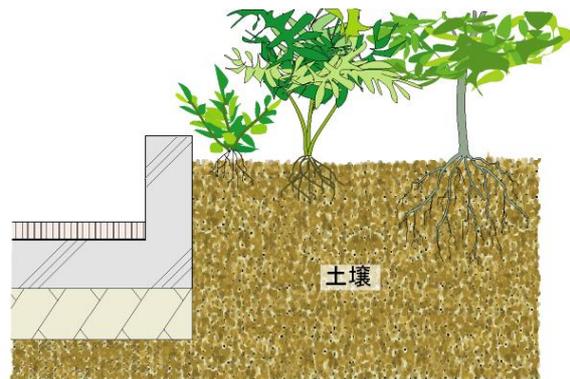


写真-4-1 図-4-6 自然地盤の例

(2) 人工地盤の緑化

人工地盤での屋内緑化は、屋上の緑化同様の建築物との調整が不可欠である。積載可能な荷重以下で計画しなければならないこと、防水と排水の問題を検討することが必要となる。詳細は屋上緑化の荷重、防水、排水の項目を参照してもらいたい。

① 全面盛土型

広がりのある緑化範囲全体に土壌を盛って植栽するタイプであり、大規模な緑化が可能である。しかし高木を多く使用すると、荷重も増してくるため地下のある建築物の地上階や低層階での事例が多い。

一連の広がりある植栽地の中には最低2箇所の排水ドレンが必要であり、点検・清掃が可能な様にドレンカバーを設けることが不可欠である。また、土壌中の通気のため、屋上緑化以上に排水層は不可欠である。人の歩行面と土壌面がほぼ同一の方が、違和感が無く屋内である事さえ忘れる感じにさせてくれる。しかし、立ち上がりを作り土壌を入れる例の方が多。広い場所では、灌水を人力で行なうには手間が掛かり過ぎるため灌水装置の設置が望ましい。

広がりのある植栽地では、緑のボリュームを多くするため、複層の緑化を心がけたい。

建築計画時から屋内緑化を考慮し、建築構造と一体的にデザインし植栽部分の植栽を作成する方法である。この事例では、柱や壁、階段等と組み合わせられ、建築デザインと一体的になっているものが多い。

1つの植栽はさほど大きくない場合が多いが、排水ドレンは各植栽に2箇所が望ましい。また、この排水ドレンは点検・清掃が可能な様に柵を設けることが不可欠である。

このタイプでは、大きな植物と根もとをカバーする植物の2層構造が多く見られる。



写真-4-2

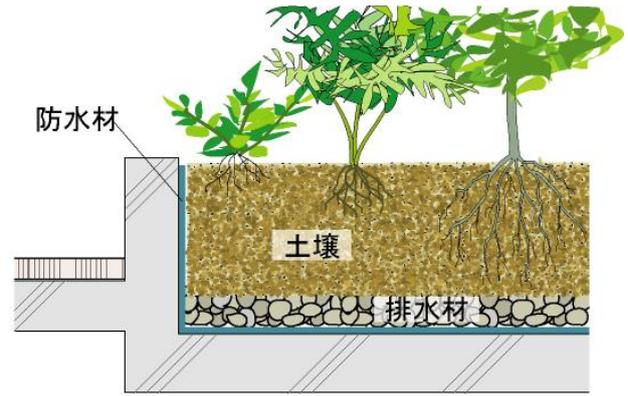


図-4-7 人工地盤の例

② ピット型

植栽基盤の土壌等を歩行面より下に持つてくる方法であり、植栽基盤部分が見える場合と樹木の幹の際まで床の舗装がくる場合がある。樹幹の際まで舗装された場合、樹木が床面から直接生えているように見える。

いずれも植栽樹はピット状の小さなスペースになるが、排水ドレンは各植樹に2箇所が望ましい。また、この排水ドレンは点検・清掃が可能な様に柵を設けることが不可欠である。さらに、他の手法より一層通気が悪くなるため、通気管として有孔透水管や、黒ヨウ石パーライトを詰めた管などを根鉢周りに設置する。植栽樹上部を舗装する場合は、必ず点検・清掃時に取り外せる構造にしなければならない。

このタイプでは単独の樹木植栽か、基盤が見える場合に根もとをカバーする植物を植える2層構造となる。



写真-4-3 ピット型の例

(3) コンテナによる緑化

コンテナ型緑化の場合は、コンテナ内の土壌量が限られているため長時間持たせることは難しく、取替えを前提とすることになる。反対に極端に大きなコンテナでなければ光条件や温度条件に合わせて移動ができ、コンテナ内の植物の寿命を延ばすことが可能になる。また、屋内空間の使用目的の変更により、コンテナの位置を変えることも可能になる。

コンテナを使用した緑化は、建築計画終了後でも屋内緑化を可能にする手法として重要である。しかし、他の工法以上に維持管理体制をきちんと構築しないと、植物の良好な生育は望めない。

コンテナでの植栽の場合、最も重要なことは排水の処理である。屋内では根腐れを起こしやすく受皿に溜めた水は速やかに排除しなければならない。受皿の水を溜めそのままにするとそれが毛細

管現象で土壤中に逆戻りし、土壤中に老廃物が溜まり植物の生育が悪くなる。また、水が受皿にまで行かない量ばかりかけ続けることも、老廃物が溜まることになるため、受皿に水を溜めそれを除去することが望ましい。これは人工地盤型の植栽でも同様であり、多めの灌水により土壤中の老廃物を水と共に植栽地の外へ流し出す様にしなければならない。

① 大コンテナ型

大型のコンテナに大きな植物を植えつけて配置する方法である。コンテナを移動可能にすれば、その空間を多様に利用する事ができる。コンテナでは植栽基盤に限りがあるため、恒久的な植栽には無理があり、他の工法より短い期間での交換が必要となる。このタイプでは、大きな植物と根もとをカバーする植物の2層構造が多く見られる。

最近は人力で2 t程度までは移動できるフォークリフトもあり、コンテナの形状をそれに合わせれば容易に移動ができる。コンテナ自体に、キャリーを設置する事も可能である。アメリカにおいては、重機でのコンテナ移動を基本としている事例もある。

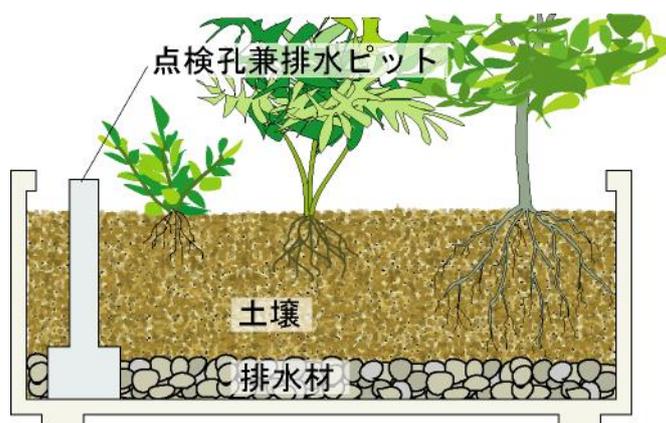


写真-4-4 図-4-8 大型コンテナの例

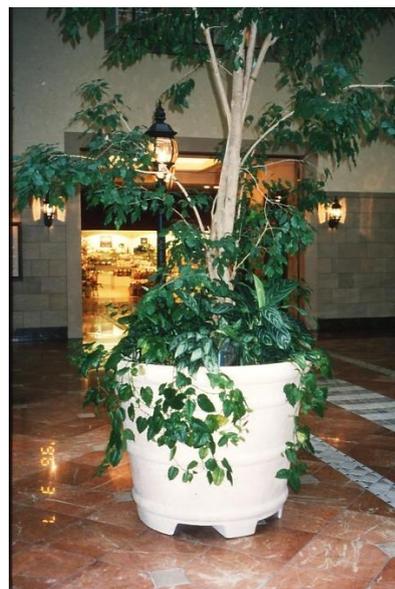


写真-4-5 移動可能な大型コンテナの例

② 小コンテナ型

小規模な屋内緑化の場合、多く見られる形態がこのコンテナによる緑化である。従来、貸鉢と言う形で屋内の至るところに置かれてきたが、主に月1回の交換を前提とするものであったが、ここではある程度の期間同一の空間に置かれる物を取り上げることとする。

コンテナ植えられた植物を多数配置する方法であるが、多くは同一の植物を使用している。高さのある吹き抜けの各階の手摺部分に設置して、吹き抜けを装飾している例が多い。ある程度の広さの植栽に購入した鉢のまま並べた場合も良く見かけるが、これは短期の交換を前提としたものであり、緑化とはいえないであろう。このタイプでは灌水の手法、排水の処理が重要であり、十分に検討し漏水や根腐れの問題を解決しておく必要がある。



写真-4-6

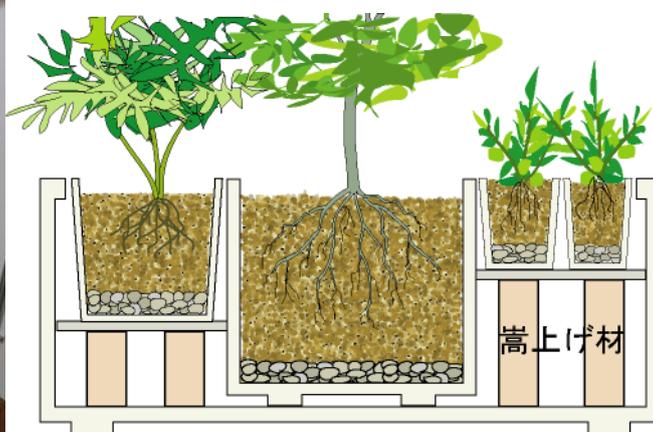


図-4-9 小型コンテナの例

(4) 壁面利用の緑化

屋内においても壁面を緑化することができるが、使用できる植物は光の強度により限定されてくる。屋内における壁面緑化事例は希少であったが、近年壁面基盤型緑化が急増している。この分野は発展途上であるため項を別にした。

① つる性植物による登はん・下垂型緑化

低照度で生育する植物は、ポトスをはじめヘデラ等下垂型のものは比較的多く、登はんするものには吸着型のオオイタビカズラ等がある。巻きつき型の植物は比較的高い照度を要求するものが多く、コンサバトリー等ガラス面の多い所で見かけるだけである。植物を下垂させても風が無い場合擦り切れたり、壁面に傷をつけることは少ない。



写真-4-7 つる性植物による壁面緑化事例

② 壁面基盤型緑化

近年急激に増加している緑化工法で、多様な植物が使用可能であり光強度の低い屋内においても生育可能な植物での緑化が行われている。

壁面基盤型緑化には、壁面吹付け基盤、壁面直付け基盤、ブロック・板状基盤、パネル状基盤、マット状基盤、シート状基盤、受皿状・ポケット状基盤、ポット差込型、多段コンテナ基盤などの工法がある。工法により基盤材、取り付け法、植物種、管理状況等が規制されてくるため、緑化目的、壁面構造・形状、設備、管理体制・経費等を検討する。

壁面基盤型緑化では、基盤材、基盤登はん補助材、取付け材、灌水装置等の耐久性により寿命が規制されるため、緑化の継続期間と各壁面基盤型緑化工法の耐久性を比較検討して選定する。また、登はん型の緑化に比較し、重量があるため壁面自体で保持するためには強固な構造が不可欠となる。

維持管理作業を考慮すると、緑化面の手前にキャットウォークを設けるか、足場を組むための登はん補助資材を設置することが望ましい。建築物と壁面基盤との間にキャットウォークを設けた場合、基盤の交換等は行なえるが植栽の管理作業は出来ない。

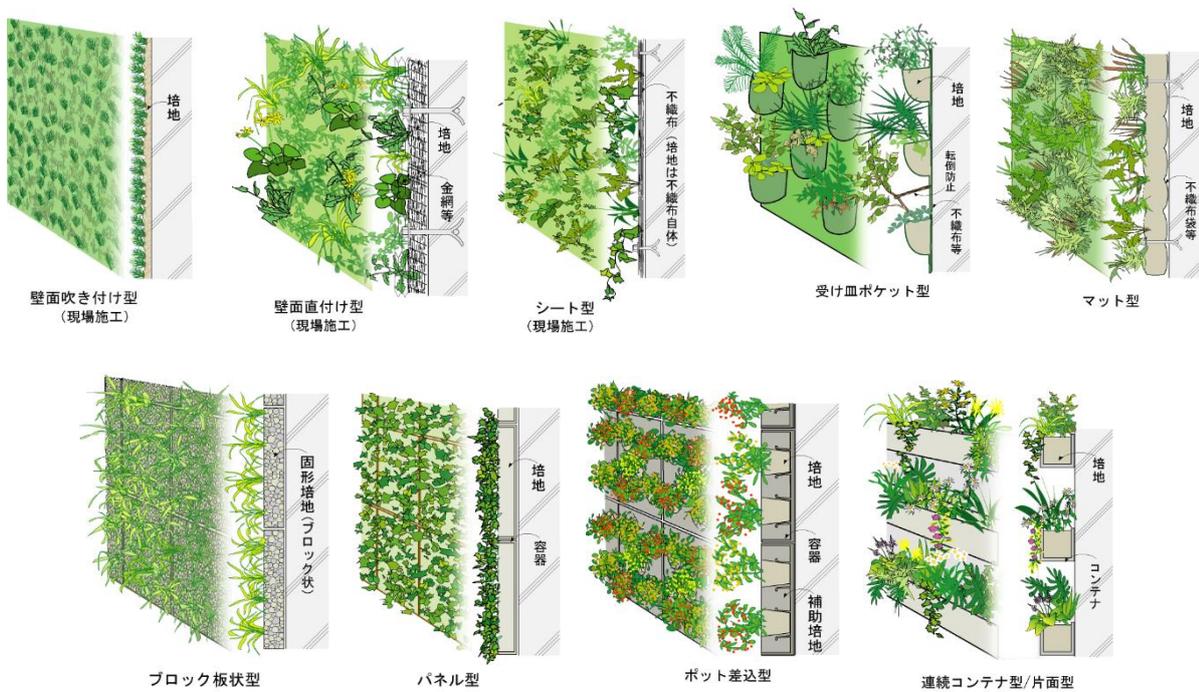


図-4-10 壁面基盤型緑化の模式図 「日本一詳しい屋上・壁面緑化」藤田茂 2012 (株)エクスナレッジ



写真-4-8 不織布シート型



写真-4-9 樋型



写真-4-10 パフカルでの緑化事例



写真-4-11 紐給水での緑化事例



写真-4-12 プラティコ型紐給水での緑化事例



写真-4-13 ハイドロカルチャーでの緑化事例



写真-4-14 多段コンテナの緑化事例



写真-4-15 ルーバー型の緑化事例

5) 土壌（培地）

屋内での土壌（培地）に要求される性質としては、通気性、透水性、保水性、保肥性、軽量性であるが、屋内緑化での土壌は通気性を第一に考え選択する。軽量性は、植栽地が自然地盤上でない場合、耐荷重との関係で躯体コストに影響するため、重要な要素となる。屋内では降雨が当たらず通風もないため、土壌中の酸素不足を起こしやすく、通気性、透水性は、屋外以上に要求される。保水性は、あり過ぎると根腐れの原因となる。保肥性は、管理での施肥方法により異なるが、未熟な有機質を含むと腐敗による酸素不足を起こす場合があり、未熟な有機質土壌改良材は使用しない。

最近には色々な人工土壌が開発されているが、これらの人工土壌は、灌水方法、排水方法、施肥方法等と密接な関係にあり、適切な組合せが必要である。人工土壌は自然土壌に比べ、軽量で通気性、透水性、保水性も良くなっているが、屋内で特に必要とされる通気性が良い物が多い。人工土壌は雑草の種子や病害虫の菌、卵などもないものが多いため、除草、病害虫防除等の管理が少なくなる。さらに多くは袋詰めされており、機械による施工が出来ない屋内では、軽量であることから、荷揚、運搬、敷均し等の施工性も格段に良くなっている。

人工培地としては、ハイドロボール、ロックウール等、その栽培方法と密接に関連しており、そのシステム全体を導入しなければならない。

(1) 土壌資材の基準

土壌を選定するにあたり基本的基準として、搬入重量、湿潤重量、加圧圧縮率、有効水分保持量、飽和透水係数、pH、塩基交換容量、電気伝導度を検討する。他に、施工時、管理時の特性として、

開袋時の飛散、粒子の浮沈、樹木支持力、踏付け減量、質的变化、耐久性、施工性、初期散水量を検討する。さらに、色、粒径、質感等デザイン的なものを検討項目に加える。他に現在保持している養分の量も必要となる。

a. 重量（湿潤重量）

建築物上では、積載荷重の条件があるため「重さ」が重要になる。通常、土壌の重量は湿潤重量で表すが、飽和状態からほぼ重力水が抜けた状態（p F 1.5）での重量である。人工土壌の基準では、軽量土壌を 1.0 t/m^3 、超軽量土壌を 0.6 t/m^3 以内の重量としている。

b. 保水性（有効水分保持量）

水分を保持する能力は保水性として「有効水分保持量」で表される。土壌関係の各団体によって基準値、範囲に多少の違いがあるが、人工土壌の基準では、p F 1.5～3.8範囲で 100 l/m^3 以上が「良」、 200 l/m^3 以上が「優」とされている。

c. 排水性・通気性（飽和透水係数）

不要な水分を排水する能力（透水性）、通気を確保できる能力（通気性）は、「飽和透水係数」として現される。 10^{-5} m/s 以上を「良」、 10^{-4} m/s 以上を「優」としている。屋内では、風が弱く土壌中の空気交換が少なくなるため、通気性の良い土壌を使用することが望ましい。

d. 保肥力（陽イオン交換容量・CEC）

養分を保持できる能力は保肥力として「陽イオン交換容量（CEC）」で表される。その数値は $6 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$ 以上が「良」で、 $20 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$ 以上が「優」とされている。

雨の当たる屋上・ルーフバルコニーでは、雨で養分が流出し易いため保肥力の高い土壌を使用した方が、施肥の頻度を少なくできる。

e. pH

養分をスムーズに植物へ渡せる能力は、土壌のpHにより各要素の有効性が異なることから、pH5.5～7.5の範囲であれば問題ないとされている。

f. 肥料分（窒素、リン酸、カリ、その他微量元素）

屋内では屋外と比較し生育量が少ないため、肥料分は屋外より少なくする。園芸用土の様に肥料をふんだんに含んだ土壌は、避けたほうが良いことになる。屋内緑化では、緑化目的、植物生育状況等を基に、管理面での施肥により肥料分の組成、量を検討して与えることが望ましい。

g. 目減り

人工軽量土壌の中には、経年的に目減りが起こる資材がある。目減りするということは、土壌中の気相確保の粗空隙が無くなり、液相につながる細空隙のみになるため、通気不足で植物の衰退・枯死を起こすことになる。

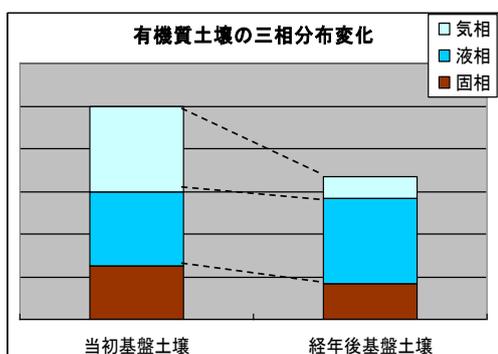


図-4-12 土壌の目減りメカニズム

写真-4-16 土壌の目減り（8年で約10cm減少した）

表-4-3 植物種・管理状況等による土壌の機能・要素の必要性

緑化場所・植物種・管理状況・立ち入り状況別の土壌機能要素の必要性							
緑化状況	土壌の物理性			土壌の化学性		備考	
	通気性	保水性	耐久性	保肥性	肥料分		
植物種類	高中木	◎	◎	◎	○	△	強光が必要
	低木・草花	◎	○	○	◎	◎	強光が必要
	野菜	◎	○	△	◎	◎	特に強光が必要
	ハーブ	◎	△	△	○	○	特に強光が必要
	観葉植物	◎	○	△	○	○	
	着生植物	◎	○	△	○	△	
	エアープランツ	-	-	-	-	-	土壌は不要 霧吹きが必須
	ラン	◎	○	△	△	△	
	多肉	◎	○	△	△	△	強光が必要
	コケ	△	△	△	△	×	霧吹きが必須
灌水方式	上部灌水	○	○	-	○	-	
	紐吸い上げ式灌水	◎	○	-	△	-	水位窓、水位計が必要
	タンク式底面灌水	◎	○	-	△	-	水位計が不可欠
	全面式底面灌水	◎	△	-	△	×	水位計が不可欠
緑化容器	直接盛り土	◎	○	◎	-	-	排水設備が不可欠
	大型コンテナ	◎	○	◎	-	-	排水処理に問題
	小型コンテナ	○	○	△	-	-	排水処理に問題
	ハンギング	△	◎	△	-	-	灌水後の水滴に問題
屋内の緑化位置	屋外光あり	◎	○	○	-	-	状況により補助光
	屋外光なし	◎	○	△	-	-	人工照明
	空気の動き少ない	◎	○	△	-	-	サーキュレーター
管理状況	省管理	◎	◎	-	◎	-	
	通常管理	◎	○	-	○	-	
	濃密管理	◎	△	-	△	-	

凡例) ◎:特に優れた機能が必要 ○:優れた機能が必要 △:やや劣る機能でも良い
×:無い方がよい -:他の項目で検討すべき土壌機能要素

(2) 土壌（培地）資材の特性

a. ミズゴケ

生きたミズゴケを乾燥させたもので、保水性が高い。しかし、耐久性は劣り、特に強く押込めると通気性が悪くなり腐敗が起こる場合がある。ラン類の栽培を除くと、培地というよりは間詰材と考えた方がよい。

b. ピートモス

ミズゴケが堆積し半化石化した資材であり、採取地により性質は異なる。ミズゴケよりは耐久性があるが、微細な粒径の資材では通気性の悪化が起こりやすい。いわば化石燃料と言えるため、ピートモスの使用は地球温暖化の進行に寄与してしまうこととなる。

c. ココピート

ココヤシの実の外側で、繊維を採取した滓が材料である。ピートモスよりやや耐久性があり、通気性は確保されやすい。産地、価格等により粒径や含有物に差があるため、注意が必要である。また、板状に整形され外周をヤシ繊維で覆った資材もある。ココピートは現在地球上に生育している資材を循環させているため、地球温暖化には関連しない。

d. リサイクル繊維

衣服等のリサイクル繊維で、マット状にしたものと、粒状にしたものがある。非常に軽量で保水性が高い。繊維が破損することが少ないことと、繊維本体には水を始め種々の物質が入らないため再使用が可能である。

e. ロックウール

玄武岩を高温で加熱し繊維状にした資材で、建築物の断熱材として多用されているが、農業分野でも植物工場の培地として多用されている。保水性が非常に高く多量の水分を保持できるが、水を持ちすぎると通気性が落ちてくる。保肥力は少ないため、通常液肥を使用した灌水システムとセットとなる。板状のものには繊維の密度が異なる資材があり、使用用途により使い分ける。植物工場の培地としてはキューブ状のものが使用されているが、粒状の資材もある。粒状の資材は、主に土壌改良材として使用される。一度撥水すると均一に給水しづらくなるため、完全に水がきれることが無いよう注意する。

f. 珪藻土起源資材

珪藻土（リサイクル品の場合も含める）を造粒または整形し焼成した、非常に微細な空隙を持ち、硬質で水分保持力が高くかつ水分の移動能力の高い資材である。保水性だけでなく通気性・排水性と言う、相反する性能がともに高く、硬質で崩れず安定している。板状の資材と、粒状の資材があり、粒状のものは土壌改良材としても使用されている。

g. ハイドロボール（レカトン）（テラトン）

レカトンは、ハイドロカルチャーに使用される、粘土を1200℃で焼成させた発泡練石である。2重構造で、表面は水を給水保持する気孔（連続気泡）が無数にあり、内部は多数の独立気泡が存在する。水に浸した場合でも軽さを保ち、鉢底の水が完全になくとも3～4日は植物の根に必要な水分を供給するため、灌水管理は容易（灌水間隔を長くできる）である。乾燥時の嵩比重は0.6程度で、硬質でこすれあっても粉が出ず崩れないため、水で洗えば何度でも使用することが可能である。テラトンは、レカトンより発泡率が高く大きなサイズのを砕いた資材である。給水率がレカトンより高く、ハイドロカルチャーと土壌栽培植物とのドッキング栽培方法（テラポニックシステム）に使用される。

h. セラミス

ドイツで開発されたセラミスは、栽培用土・水分感知器で構成される室内園芸の新しい栽培システムである。ドイツの粘土を焼成した栽培用土は、小さく軽い多孔質な顆粒状で保水能力が高く、しかも通気性がある資材である。水分や養分を吸収・保水するだけでなく、通気性がある為、根の呼吸を助け、植物の理想的な生育条件を作り出す。土壌水分感知器（インディケーター）、専用液体肥料とセットで販売されているが、土壌栽培植物とのドッキング栽培が可能である。

i. パフカル

ウレタンを主剤に、水を均等に分散させる素材を混ぜ込んで発泡させたもの。非常に軽量で、一般の保水スポンジとは異なり水と空気のバランスが下部から上部までほとんど一定で長期間保たれ、水分と空気のバランスを保持し続けられる。幅約10cmのシート状の資材で土を落とした植物の根を中心にとぐろ状に巻きつけて使用する。太陽光が長時間当たると、劣化しやすい。

6) 栽培システムと植物の適正・水やりの方法

屋内での植物栽培における栽培システムと水やりについて整理した。

(1) 植物の種類と栽培システム・水やりの手法

表-4-5 鉢植え植物の栽培システム別水やり手法

鉢植え植物の水やり手法	植物										
	高 中 木	低 木 ・ 草 花	野 菜	ハ ー ブ	観葉		ラン		エ ア ー プ ラ ン ツ	多 肉	コ ケ
					地 生 え	着 生	地 生 え	着 生			
上部灌水(通常鉢物)	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	△	△	◎	○
紐吸水	△	○	○	○	○	○	○	○	×	△	×
底面給水(ハイドポルチャー)	△	△	△	△	○	△	△	△	×	×	×
霧吹き	—	—	—	—	—	◎	—	◎	◎	×	◎

◎:最適 ○:適する △:注意を要する ×:不適 —:補助的

(2) 栽培システムによる水やり時のチェック方法

栽培システムにより給水のタイミングを判断する方法は異なるため、適切な方法で判断することが重要である。

表-4-6 鉢植え植物の水やりチェック方法

栽培方法		水やりのチェック方法				
		土 壌 表 面 目 視	水 分 セ ン サ ー	水 位 窓	水 位 計	灌 水 の 量 と 間 隔
表面灌水	マルチングあり	×	○	—	—	△
	マルチングなし	○	○	—	—	△
紐給水	2重鉢式	△	△	○	○	△
	タンク式	×	△	—	○	△
底面給水(ハイドポルチャー)		×	×	△	○	△

灌水の量と間隔による判断は、日々の天候チェックとそれを読み解く経験が重要

(3) 植物の種類・栽培システムによる水やりの注意点

屋内における植物への水やりは栽培システム・植物種により異なる。

① 通常の鉢物

通常の鉢物では水やりは鉢の上部から行うが、鉢のウオータースペースに鉢底から水が排水される量を給水する。たっぷりの水を給水することで鉢内の空気を入れ替えることが、酸素不足による根腐れを防ぐ。

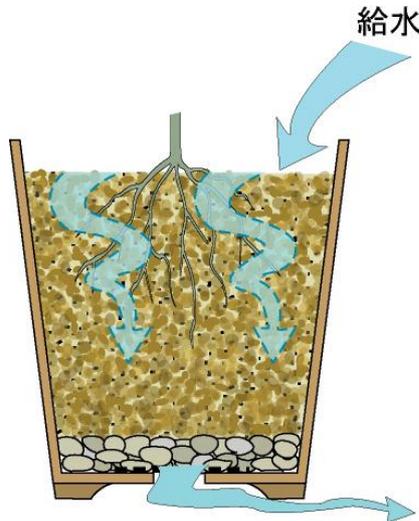


図-4-14 通常鉢の給水方法

通常の鉢物では水やりするときに水の浸み込み状況で土壌の通気性、透水性を判断し、土壌の交換等の検討材料とする。

表-4-7 通常鉢の水やり時の土壌判断基準

表面灌水鉢物の土壌の判断基準(鉢表面に必要な量の水を一気に給水した場合の判断)				
浸透に要する時間	5秒以内	10秒程度	30秒程度	1分以上
土壌の状況	良好	ほぼ良好	土壌ほぐし必要	土壌入替え必要

② 底面給水鉢

土壌中を水が通過すると養分・病原菌等が鉢底に溜まり、その水を毛細管現象で土壌中に引き上げるため、飼育障害が起こりやすくなる。そのため、底面給水の場合水が土壌中を通らないよう給水する必要がある。また、鉢底の水の水面が内鉢の底に達しないよう注意する。

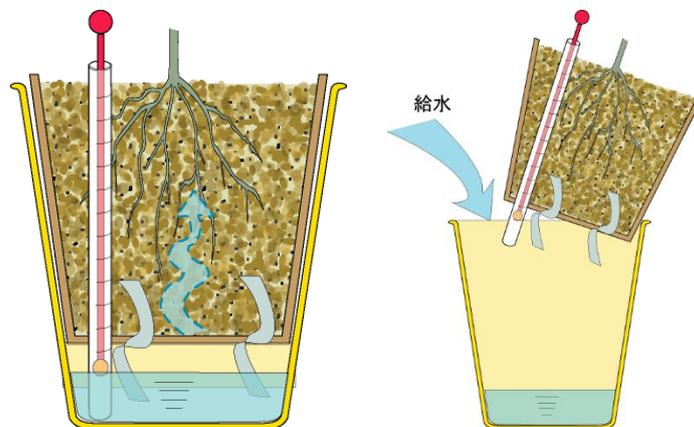


図-4-15 底面給水鉢の給水方法

③ ハイドロカルチャー

ハイドロカルチャーの場合鉢底に水を溜めるが、培地の通気性が極めて高く、有機分がないため通気不良、腐敗等による生育不良は起こりづらい。しかし、水位が上がり過ぎると窒息の可能性も出てくるため、水位は水池を確認し鉢の下1/3に止める

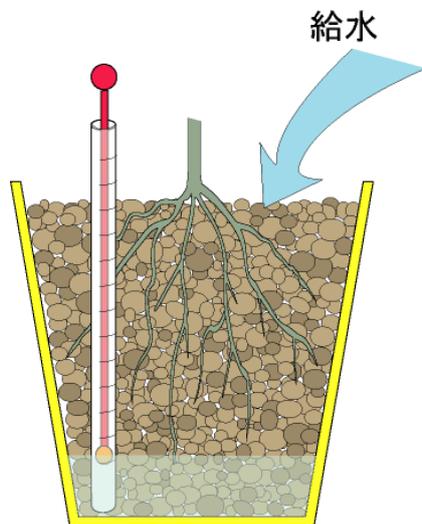


図-4-16 ハイドロカルチャーの給水方法



いいこと
あった日、
花を買う。

花っていいよね。キャンペーン

(問い合わせ先)

全国鉢物類振興プロジェクト協議会

事務局： 一般財団法人日本花普及センター

〒103-0004 東京都中央区東日本橋3-6-17山一ビル4階

TEL： 03-3664-8739 FAX： 03-3664-8743

Eメール： jfpc@jfpc.or.jp <http://www.jfpc.or.jp>

普及版ホームページ：<https://sites.google.com/view/hachipuro1/>