

対 外 報 告

魅力ある都市構築のための空間緑化
- 近未来のアーバン・グリーンング -



平成19年(2007年)9月20日

日 本 学 術 会 議

農学基礎委員会農業と環境分科会

この対外報告は、日本学術会議農学基礎委員会農業と環境分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議農学基礎委員会農業と環境分科会

	(氏名)	(職名)
委員長	真木 太一 (第二部会員)	琉球大学農学部教授、九州大学名誉教授、九州大学大学院農学研究院学術特任教員
副委員長	橋本 康 (連携会員)	愛媛大学名誉教授
幹事	青木 正敏 (連携会員)	東京農工大学大学院共生科学技術研究院教授
幹事	磯田 博子 (連携会員)	筑波大学大学院生命環境科学研究科北アフリカ研究センター准教授
	村上 周三 (第三部会員)	慶応義塾大学理工学部教授
	古在 豊樹 (連携会員)	千葉大学学長
	鈴木 義則 (連携会員)	九州大学名誉教授
	高垣美智子 (連携会員)	千葉大学大学院園芸学研究科准教授
	高倍 鉄子 (連携会員)	名古屋大学大学院生命科学研究科教授
	早川 誠而 (連携会員)	山口大学農学部教授
	三野 徹 (連携会員)	京都大学名誉教授、岡山大学名誉教授
	宮崎 毅 (連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授

分科会の審議において、以下の方々にご協力いただきました。

足永 靖信	(独)	建築研究所環境研究グループ上席研究員
藤田 茂	(有)	緑花技研代表
三坂 育正	(株)	竹中工務店技術研究所先端技術研究部 主任研究員
横山 仁	(財)	東京都環境科学研究所調査研究科主任研究員

要 旨

1. 作成の背景

最近公表された長期戦略指針「イノベーション 25」の中で、日本の優れた環境・エネルギー技術等の世界への発信・実証の項に、温暖化の影響研究や災害リスク管理等の能力開発、砂漠の緑化による食糧需給の安定等、気候変動（変化）の緩和策が記述されており、地球規模から都市・農村までの気象環境改善が望まれるところである。

また、21世紀になって社会の変革が大きく進む中で、国土・農業政策は大きな転換が求められている。この対策として、国土形成計画や新たな食料・農業・農村基本計画で様々な施策が講じられようとしており、「自然との共生」と「人口減少社会への対応」は、国土・農業政策に共通の課題となる状況にある。

さらには、ヒートアイランド現象、大気汚染、都市型洪水、騒音等々による都市の生活環境悪化の問題、および緊急災害時の避難場所や最低限の水・食料の確保の問題等がある中で、都市環境の改善・保全が課題となっている。そして、人工構造物の増加による自然性の欠如や緑の欠如、それらに起因する居住環境や労働環境の快適性悪化、青少年情操教育の場の欠如の問題等々、非常に多くの問題を抱えている。

このような状況下で、都市内の緑はヒートアイランド現象緩和等の気象環境を改善し、都市に深みを添え、人間に潤いを与えると評価される。従って、その緑を「農業と環境」という総合的視点で捉え、都市内の空間緑化（屋上・壁面・校庭緑化等）によって、魅力ある都市環境の構築を行うことが喫緊の課題であると考えられる。

本報告は、その魅力ある都市構築のために、空間緑化の推進、すなわち近未来のアーバン・グリーンングの提言を行うべく取りまとめたものである。

2. 現状及び問題点

上述の、のように、都市内に多くの問題を抱えた状況下において、益々住みにくくなっている都市環境を改善し、循環型で安全・安心・快適で魅力的な都市を如何に構築するかが、緊要な課題となっている。

さて、最近の社会的趨勢として、都市の自然回帰は本来の姿であり、当然、都市には緑が必要であるとの認識が定着しつつある。しかし、大都市にはもはや緑地を確保できる用地はほとんどなく、その場所を他に求めざるを得ない。これが屋上緑化、壁面緑化、校庭緑化・芝生化、都市菜園、建築内緑化・地下空間緑化等の都市内空間緑化推進の理由である。

この空間緑化推進は、平成13年に東京都が屋上緑化を義務付けたことが契機となり、緑化は徐々に拡大する傾向にあるが、その普及程度は当初の期待を下回っている。緑化が拡大しない要因として、屋上緑化には建物屋上部分の耐荷重・防水強化や耐風圧対策等が必要であり、植物の選定の問題、緑化

に伴う防水層の破損や漏水の懸念等の問題、またこれら技術的課題に加えて緑化施工費と緑化後の管理運営費等の問題がある。さらには壁面緑化、一戸建住宅や大型ビルでの屋上菜園、高層集合住宅の屋上緑化・菜園、ペットの運動場等とした利用、快適性の高い屋上・地下空間の緑化等々の要望も高まっているが、ここでも植物選定や施工法の技術的問題等々、多くの課題が依然として残っている。

一方、屋上緑化等の工法技術開発が先行しているが、緑化や緑の価値を評価する指標や方法が確立されていない状況下では、多くの混乱と失敗があるのが現実である。これらも都市緑化の広範な普及を妨げる要因となっている。また、屋上緑化、壁面緑化等を行う植物種の探索・選定以外に、美的感覚や希少植物等の立場あるいは薬用・機能性植物やその植物自体を有効利用する立場、さらには屋上菜園・農園への有用作物導入の立場から、植物・作物の探索・選定の検討が今後の空間緑化推進に不可欠である。

さて、空間緑化の効果については、ヒートアイランド現象軽減・気象緩和効果を初めとする様々な環境改善効果があることは定性的に明らかであるが、定量的評価は不十分であり早急に解明する必要がある。同時に、経済的効果・アメニティ効果・情操教育効果等の多種多様な効果を含めて、緑化を総合的に評価する必要がある。また、緑の効果だけに止まらず、例えば洪水調節機能や防災機能、都市の屋上菜園による非常時の最低限の食料確保という多面的・総合的視点から緑化を都市に取り込んで融合・システム化した、安全・安心な魅力ある都市構築の重要性が高まっている。しかし、その取り組みは不十分であり、魅力ある美しい都市構築のためには、どのような緑地を都市に配置・設置し、建築物や都市機能と融合させればよいか、現に緑地を確保できる用地がほとんどない都市空間に、どのようにすれば緑地や菜園を増加させることができるか等々、多くの課題が山積している。

なお、国土交通省によると、市街地再開発事業や「地域再生と安心で魅力あるまちづくり」事業が計画されている。これらの計画の中には、再開発で生じた都市空間に大規模な緑地を設け、非常災害時の避難場所等とする構想も見られる。その事業計画の中に、安全・安心で魅力あるまちづくりのため、本報告で提言するような空間緑化を総合的視点で組み込む必要がある。

以上のことから、魅力ある都市構築のために必要な都市空間の種々の緑化、すなわち空間緑化に関して、今後、解明・解決すべき課題について、農業と環境からの視点のみならず、多面的・総合的視点に立って検討を行う必要がある。

3. 対外報告の内容

日本学術会議農学基礎委員会農業と環境分科会は、大都市の空間緑化に関する問題点を早急に解決し、社会貢献を図るために、以下の3点を、国土交通省・環境省・農林水産省・文部科学省・厚生労働省を中心とした国公立試験研究・行政機関、大学および関連学協会に提言する。

(1) 都市の空間緑化の効果とその評価法に関する提言

空間緑化による、 ヒートアイランド現象緩和効果、微気象改善効果、緑陰形成・照り返し防止効果、大気汚染軽減・空気浄化効果、防風・減風効果、騒音低減効果、雨水貯留・流出遅延効果、 微気象改善がもたらす人間の快適性効果、ビオトープ空間創出効果、アメニティ効果、青少年の情操教育効果、等々に対する評価の推進、および定量的評価法の開発。

(2) 都市の空間緑化推進のための提言

空間緑化に対する、 ヒートアイランド現象緩和植物、屋上・壁面緑化用植物、対踏圧性植物、薬用・機能性植物等々の探索・選定・栽培・利用の推進、 ビオトープ空間創出の普及推進、都市内屋上菜園・農園、観光農園、公共緑地・公園等々の普及推進、 個人住宅・屋内・地下室内の空間緑化の推進、都市内緑の価値評価法の開発推進、都市の緑地デザイン・景観形成の推進、 緑化施工後の管理・コミュニティ形成の推進。

(3) 研究・行政組織体制の確立による空間緑化推進の提言

上記(1)、(2)の学術的裏づけを提供するために、農学・理学・工学・医学・人文社会科学を含めた学際的研究の推進、学協会横断的研究の推進、および都市の長期・短期計画の観点から国・都道府県・政令指定都市等の行政単位を包含した研究・行政組織体制の確立。

目 次

はじめに	1
1 魅力ある都市構築と空間緑化の現状	2
2 都市の空間緑化の効果と問題点	3
(1) ヒートアイランド現象の緩和効果と問題点	3
(2) 微気象改善・緩和効果と問題点	4
(3) 空間緑化の物理（気象）・化学・防災的效果と問題点	4
(4) 空間緑化の精神的効果と問題点	6
3 都市の空間緑化推進のための提言	6
(1) 屋上・壁面緑化に適した植物の選定と利用	7
(2) 屋上緑化を利用した薬用・機能性植物の選定と栽培	8
(3) 都市内屋上菜園・地上農園の推進	9
(4) 個人住宅の屋上・壁面緑化等の推進	10
(5) 屋内・地下空間緑化等の推進	11
(6) 緑の価値評価法開発の推進	11
(7) 都市の緑化デザインと景観形成の推進	12
(8) 緑化施工後の管理とコミュニティ形成の推進	13
4 研究・行政組織体制の確立による空間緑化推進の提言	13
おわりに	13
参考文献	14
(参考資料)	15
(参考資料1)	16
(参考資料2)	17
(参考資料3) その他の参考文献	18
(引用参考図)	

はじめに

最近、イノベーション 25 戦略会議から長期戦略指針「イノベーション 25」が公表された。その中で、日本の優れた環境・エネルギー技術等の世界への発信、実証の項の中に、温暖化の影響研究や災害リスク管理等の能力開発、砂漠の緑化による食糧需給の安定等、気候変動（変化）の緩和策が記述されているように、地球規模から都市・農村までの気象環境改善が望まれるところである。

21 世紀になって社会の変革が大きく進む中で、国土・農業政策は大きな転換が求められている。これに対して、国土形成計画や新たな食料・農業・農村基本計画で様々な施策が講じられようとしているが、「自然との共生」と「人口減少社会への対応」は国土・農業政策に共通の課題となる状況にある。

一方、大都市を中心にしたヒートアイランド現象、大気汚染、都市型洪水、騒音等々による都市の生活環境悪化の問題、緊急災害時の避難場所や最低限の水・食料の確保の問題、大都市内における人工構造物の増加による自然性の欠如や緑の欠如、それらに起因する居住環境や労働環境の快適性悪化、青少年情操教育の場の欠如の問題等々、非常に多くの問題が山積している。

さて、都市内空間の植物（緑）は、光合成による温室効果ガス CO₂ の吸収作用および蒸散作用等の生物・気象学的効果だけでなく、都市に深みを添え、人間に潤いを与え、幸せに貢献するとして、古くから評価されてきた。都市空間緑化の今日的な課題は、緑化の文化的側面、都市と自然とのインターフェイス機能のほか、都市内緑化による微気象環境の改善、空気浄化等の好適大気環境の向上、心理・生理・情操的效果、視覚疲労緩和・回復等のアメニティ向上等々、人間の快適性が確保でき、また省資源・リサイクル・ゼロエミッションを考慮した都市内の循環型機能が形成され、緊急災害時の都市内の最低限の食料・生活用水、延焼防止、避難場所・避難路の確保等、都市内防災機能の一端も担える。従って、都市と緑を全体システムとして捉え、総合的視点で都市空間緑化に取り組み、安全・安心で魅力ある都市環境の構築が可能である。

最近、都市の自然回帰は本来の姿であり、当然、都市には緑が必要であるとの認識が社会的趨勢となっている。緑は都市構築に不可欠であるが、大都市にはもはや緑地を確保できる用地はほとんどなく、その場所を他に求めざるを得ない。これが屋上緑化、壁面緑化、校庭緑化・芝生化、都市菜園等の都市空間の緑化形態である（参考資料、図 1）。また、建物内緑化や地下空間緑化形態もありえる。なお、これらを総称して本報告では空間緑化と呼ぶ。

魅力ある美しい都市構築のために緑地を配置し、建築物と都市機能を融合させて緑地・菜園を増やすには検討すべき課題が多い。なお、現在は屋上緑化の工法技術開発が先行しているが、無秩序な緑化法や緑化評価指標のために、試行錯誤が多く広範な都市緑化普及の妨げとなっている。

一方、近い将来、都市中心市街地の人口減に伴う空洞化が起こり、逆に不便となって都市の魅力が低下し社会的損失も予測されるため、「地域再生と安心で魅力あるまちづくり」等、市街地再開発事業が計画されている。この中には、再開発で生じた都市空間に大規模な緑地を設け、災害避難場所とする構想もあ

る。この事業計画の緑化を総合的視点で検討して安全・安心で魅力ある都市を構築する必要がある。

他方、屋上緑化、壁面緑化用の植物種としては、耐乾性・耐光性を持つ植物の選定が必要であるが、美的感覚・希少性目的の植物、薬用・機能性用や屋上菜園・農園用の作物等、植物自体を有効利用する観点での選定も必要であるが、情報不足である。

以上のことから、本報告は、都市の再構築と都市農業の振興という新たな政策展開に向けて、魅力ある都市構築のための多様な都市空間の緑化形態に対して、今後、解明・解決すべき課題を抽出して農業と環境の視点を中心に多方面から検討し、提言するものである。

なお、本对外報告の提言先は、課題が屋上・壁面・校庭緑化としての空間緑化であり、植物から人間、さらには都市全体に至る非常に広範囲な分野を含んでいるため、官公庁（国公立・法人）等を中心とする試験研究・行政機関から大学の文系・理系はいうに及ばず、民間会社、特に建築・建設・園芸・造園業者や地域コミュニティとしての住民・個人にまで及ぶ課題である。従って、後述するように幾つかの項目にまとめて、最適な提言先を指定することとした。

1 魅力ある都市構築と空間緑化の現状

大都市では、建築物や土木構造物による空間の占有によって、種々の問題が生じているが、その幾つかは緑化が解決・緩和できる。また、緑化には、アメニティや情操効果等の多面的効果もあり、建築物を包括的・積極的に緑化する「緑化建築」という概念もある。さらに、最近、個人が身近に緑を置くための「建物緑化」に加えて、自治体が都市全体の緑量確保を積極的に推進する建物緑化事業が増加している。屋上緑化は、平成 13 年の東京都の屋上緑化義務化が契機となり、その他の自治体でも条例化が増加している。屋上緑化推進の背景には、ヒートアイランド現象軽減、省エネルギー、都市環境改善等の効果が期待されるためであり、自治体は屋上緑化義務化の中で建物緑化の規制緩和、助成制度の施行や緑化コンクール、および建物緑化の新たな技術開発や緑化空間の利活用等によって、屋上緑化の普及を推進している。これによって、大規模な建物緑化や個性的な屋根形状に対応した特殊な建物緑化の技術開発や屋上庭園も増加している。

さて、建物緑化は増加傾向にあるが、普及率は当初の期待より低い。東京都は 15 年間で 1,200ha の屋上緑化を計画したが、平成 13 年の自然保護条例改正後の緑化面積は 18 年度時点で 80ha 以下と少ない（図 2）。その要因は建物の荷重制限や耐風圧対策等の必要性、屋上緑化に伴う防水層破損・漏水の技術的課題、緑化施工費用と緑化後の管理費負担のためである。従って、ヒートアイランド現象軽減等の効果は小さいが、緑化施工・維持管理費が安価で屋上緑化義務条例に違反しないセダムやコケ類の軽量薄層型緑化施工例が増加している。

壁面緑化は愛知万国博覧会以降、急速に技術開発が進んだが、植栽基盤確

保の難しさや使用可能な植物種の制約のために施工件数、面積とも少ない。建物緑化の推進には安全確実な緑化施工と総合的特殊緑化技術の確立が不可欠である。

東京都は平成 19 年から公立小中学校の校庭芝生化を推進するが、平成 17 年の校庭芝生化影響調査(図 3)では、気温や表面温度低下、熱収支等の微気象改善効果、飛砂の軽減効果以外に、学童の怪我減少、校庭での遊びの増加、小昆虫増加、自然との触れ合い・情操教育の場や地域住民のボランティア活動と校庭開放による地域交流の場の提供等、緑化の多面的効果が現れている。

他方、六本木ヒルズやなんばパークスの大規模商業施設の屋上水田や個人菜園、北千住駅ビルや福岡市内の事務所ビルの屋上菜園等がマスコミで報道された。また、菜園作業や農業体験が都会内で体験でき、児童から大人の情操教育の場となり、屋上菜園は人気の空間緑化の一つとなっている。ガーデニング・ベランダ園芸、一戸建住宅での屋上菜園の潜在的需要が増えているが、その関連技術開発や未解決課題のため、広範な普及はしていない。

一方、校庭芝生化以外の地上での緑化では鹿児島市の路面電車の軌道敷の緑化や那覇市のグラスパーキング等の新しい緑化の試みも実施されつつある。

さて、屋上緑化の増加で空間緑化の快適性が広く認識され始め、企業が憩い・癒し空間を提供し、建築主がその効果を有効利用して集客するコミュニケーション醸成事例や企業が環境に配慮した姿勢を示す目的での積極的ビル緑化事例もある。また、都市には緑の存在が不可欠であるとの認識に変わり、空間緑化によって植物や動物と共存できる空間へと都市を再生し、情操・環境教育の場としての利用意識も高まり、さらに快適性向上目的で、屋内・地下街等の空間緑化の要望も増えている。昭和 50 年代に高層集合住宅の屋上や階段からの飛び降り自殺頻発により、屋上入場禁止の影響で屋上利用が減少したが、最近、菜園、ペットの運動場等のある屋上緑化高層住宅が増加している。

以上のように、屋上・壁面緑化建物、校庭芝生化、屋上菜園、地下街の緑化等、都市の空間緑化への期待と関心が高まり、環境改善効果だけでなく経済的・アメニティ・情操教育効果等、多種多様な効果によって魅力ある都市構築が可能となる。緑の効果以外に、洪水調節機能や防災機能等、多面的・総合的視点からシステム化して計画立案し、安全で魅力ある都市構築が可能であるが、課題が山積している。

2 都市の空間緑化の効果と問題点

本項目についての提言先は、(1)ヒートアイランド現象の緩和効果、(2)微気象の改善効果、(3)空間緑化の気象的效果の関連については国土交通省・環境省・農林水産省・文部科学省を中心とした国公立試験研究機関、大学および学協会であり、(4)空間緑化の精神的効果の関連については文部科学省・厚生労働省を中心とした国公立試験研究機関、大学および学協会である。

(1) ヒートアイランド現象の緩和効果と問題点

都市空間緑化にはヒートアイランド現象緩和効果があり、屋上緑化植物の蒸散による潜熱消費や日射の反射・吸収、日陰による気温・表面温度の低下がある(図4、図5)。シミュレーションモデルから都市緑化によるヒートアイランド現象緩和が予測されるが、モデル計算と実測比較の検証例は少なく、地面・屋上・壁面・校庭緑化の定量的比較が必要である。また、効果は植物種により異なり、セダム・コケ類には屋上面からの貫流熱負荷低減はあるが、顕熱低減効果は小さい(図6、図7)。一方、無灌水設備の屋上では、セダム等の耐乾性の強い植物や緑化場面に応じた植物・工法の選択が必要である。なお、緑化には灌漑水が必要であるが、この水を水道水だけで供給するのではなく、雨水を有効利用するような技術開発・普及が必要である。

空間緑化には蒸発散の潜熱増大、屋上・室内伝導熱減少、断熱性向上、貫流熱減少による空調負荷削減、空調排熱低減等によるヒートアイランド現象緩和効果がある。伝導熱の低減は植物の蒸発散と緑化土壌の熱抵抗・熱容量によるが、定量評価には緑化工法ごとの評価基準と定量化が必要である。

(2) 微気象改善・緩和効果と問題点

微気象改善・緩和による人間の快適性効果

空間緑化には、高温・強日射下での気温・表面温度と輻射熱量の低下による微気象環境の緩和による人間の快適性の向上効果がある一方、蒸発散に伴う湿度上昇と不快感増大もあり、緑化に伴う温湿度・温熱環境改善による人間の快適性効果の評価が必要である。

人間の快適性評価指標には不快指数(温湿度指標)、SET*(気温、湿度、風速、放射による快適性指標)、WBGT(気温、湿度、黒球温度による熱中症発生危険指標)等があるが、屋外でこれら指標を快適性評価に利用すると、その評価が実際の体感と合わない事例等の問題が残る。従って、住民の屋外での実体感的な快適評価と一致する環境の快適性評価指標の開発が必要である。

緑陰形成・照り返し防止による人間の快適性効果

樹木緑化には緑陰の形成による局地的な温湿度調節・防風・照り返し防止効果等があり、街路樹の日陰形成効果、街路への日射遮蔽による放射環境改善と気温上昇抑制による快適空間形成効果(緑陰道路)がある。一方、街路樹による風通悪化はあるが、樹木配置・樹種選定や風のゆらぎ等による人間の体感的快適性向上効果もあり、快適性評価法の確立が必要である。

(3) 空間緑化の物理(気象)・化学・防災的效果と問題点

大気汚染軽減・空気清浄効果

空間緑化にはヒートアイランド現象緩和・微気象改善効果以外に、ガス状大気汚染物質を吸収浄化し、エアロゾル・粗大粒子捕捉による大気汚染軽減、空気清浄効果等の多面的効果がある。室内の植物と土にはホルム

アルデヒドやベンゼン等、シックハウス症候群の原因物質の吸着・除去機能があり、その機能を利用した空気清浄装置が市販されているが、原因物質ごとの植物種別除去能力の調査事例は少ない。日本では切花の吸着・除去能力が評価されたが、多種の植物で確認を要する。また、屋上温室内を通す空調装置や屋上空間利用と室内環境改善を結合した空気清浄装置の開発も必要である。

一方、エアロゾルや粗大粒子の定量的捕捉効果と大気の浄化・保全効果の定量化、および屋上・壁面緑化用の植物種の選定が必要である。

防風・減風効果（図 8）

樹林・街路樹等の空間緑化には防風効果があり、広幅植え込み生垣では効果が大きい。独立した樹木の散在は、その影響が加算され減風効果が増大するが、高さ、樹形、密閉度等で変わり複雑であるため、観測評価例が少ない。樹高が高いと防風効果が増大するが、風抵抗が増大して強風に対する安全性確保もあり、両面から検討が必要である。

騒音低減効果（図 9）

都市は種々の騒音発生源であり、優良樹種による空間緑化は人の健康や精神衛生上、問題である騒音をかなり低減する効果があるが、屋上・壁面緑化の騒音低減は明確ではなく、植物種や植栽形態による騒音低減の定量化が必要である。

雨水貯留・流出遅延効果（図 10）

都市化は、都市型集中豪雨・洪水を増加させる。地上・屋上緑化には土壌の雨水貯留による流出遅延・抑制効果があるが、その調査事例が少なく、洪水軽減の定量的評価が必要である。洪水軽減用の貯水貯留・灌水システム開発、逆に空間緑化の灌水に雨水を利用するシステム開発、非常事態時には貯留水を飲料水や生活用水へと利用可能なシステム開発も重要である。このような雨水の有効利用、地下水涵養、都市型洪水抑制、非常事態時の水確保等、緑化の総合的都市設計システム開発が必要である。ドイツでは屋上緑化の雨水流出抑制の補助制度例があるが、同様な下水道料金減免の補助制度導入施策も、この推進のために必要である。

火災延焼抑制効果（図 11、図 12）

生きた樹木は樹体に水分を多く含むため弱い火力時には短時間延焼防止の役割を果たし、輻射熱減少による延焼抑制と避難路確保が可能となるが、限界を越えると可燃物となる二面性があるが、その定量評価の確立が必要である。また、防火樹種には水分を多く含んだ硬い厚みのあるイチヨウ、サンゴジュ等が適し、街路樹や公園等の地面緑化や屋上・壁面緑化でも延焼防止効果はある。特に、ツル性植物では防火樹と同等の耐火機能がある。関東大震災時に緑が少ない本所陸軍被服廠跡地では5万人の焼死者が出たが、上野公園の樹林帯・空地では多数の人命が救われた例があり、緑地は避難路確保や延焼防止のほかに地震時の避難場所ともなるが、これらを定量的に評価し、都市計画に活かす技術開発が必要である。

(4) 空間緑化の精神的効果と問題点

ビオトープ空間創出効果

屋上は日照、通風等に恵まれ、人で混雑する地上よりも生物の生息環境はよい場合があるため、屋上緑化によって野鳥・昆虫を呼び寄せられる可能性が高い。

都市内ビオトープ空間は、昆虫の食草種の増加とともに樹林、草原、水面等の緑化形態で多様な昆虫・鳥の誘致が可能となる。その空間創出には、生態系保持、生物多様性維持、景観デザイン、管理の難易、等々の検討が必要である。

アメニティ効果

空間緑化による緑は、見る人に「四季の豊かさ・安らぎ感」を与え、気分転換で情緒の安定化が図れる。特に自然の少ない都心部では緑は貴重であり仕事の合間に緑を見れば視覚疲労の回復も期待でき、都市公園やグリーンベルトや屋上庭園・農園は人々に癒しを与える。しかし、アメニティ・癒し効果の身体的・心理的効果の数値的評価法がなく、空間緑化を推進する上で障害となるため、早急にその数値評価法の開発が必要である。

都市建物の高層化に伴い生活の利便性に反して緑が減少し、都市住民は各種の癒しを求めて遠くの保養地や観光地に出かけ時間とエネルギーを消費している。コンクリートや鉄骨の無機的な空間内の緑は、人々の精神的環境改善と都市生活に潤いを与える。また、屋上庭園・農園を造成すると、季節性のある鳥類や昆虫が生息するビオトープが出現する。一方、作物であれば、野菜・果樹等の食物が収穫できる。そして、緑を見る視覚的癒しだけでなく、見る・触る・嗅ぐ・聞く・味わう五感での能動的癒しが可能となる。従って、都市住民生活の質（QOL: quality of life）向上のため、「多層な構造の緑の回廊」の形成・維持の技術開発が必要である。

青少年の情操教育効果

大都市では植物や動物に触れる機会が少なく、子供達の情操教育用生物が減少している。校庭の芝生化でトンボやバッタ等の小昆虫が生息し始め、学童の情操教育に利用でき、また校庭の芝生化や屋上教材園造成で子供が植物に触れる場所・機会や生息可能な小昆虫・鳥も確保できる。身近な生活場に植物があると、バーチャル世界にこもりがちな若年層をリアル世界に留める情操教育も可能となる。

3 都市の空間緑化推進のための提言

本項目についての提言先は、(1)屋上・壁面緑化に適した植物関係、(2)屋上緑化を利用した薬用・機能性植物の関連については農林水産省・環境省・文部科学省・厚生労働省を中心とした国公立試験研究・行政機関、大学および学協会、また(3)都市内屋上菜園・地上農園・緑地公園等の関連については農林水産省・環境省・大都市（東京都、大阪府、政令指定都市等）を中心とす

る国公立行政機関および造園業社、次に(4)個人住宅の屋上・壁面緑化、(5)屋内・地下空間緑化、(6)都市内緑の価値評価法、(7)都市の緑化デザインと景観形成の関連については国土交通省・大都市を中心とする国公立行政機関および建築業社・造園業社、さらには(8)緑化施工後の管理とコミュニティ形成の確立については大都市行政機関および地域住民である。

(1) 屋上・壁面緑化に適した植物の選定と利用

ヒートアイランド現象緩和に適した植物

新增改築建物条例を制定した東京都、大阪府等の新築建物では緑化義務があるために緑化が推進しやすいが、既存建物では法規制はないために緑化面積の拡大を図る施策が急務である。しかし、建築基準法や管理面からは、既存建物の屋上緑化は軽量、省管理、低コスト性が満たされないと建築主から採用されにくく、屋上緑化植物・土壌や灌水・工法等の選択の難しさも課題である。

ヒートアイランド現象緩和目的の屋上緑化では蒸発散能の大きい植物の選択が有効である。既存建物の屋上緑化は制約が多く施工は簡単でない。現在、種々の緑化工法で使用植物が限定され、かつ顕熱抑制・表面温度低減効果や耐久性には大差があるが、屋上・壁面緑化用植物のヒートアイランド緩和の比較例は少ない。

現在、軽量薄層基盤工法等、種々の緑化工法が開発されているが、この場合、水管理等が容易なセダム、コケ類等の耐干性植物が多用されている。既存建物用の軽量薄層屋上緑化植物のイワダレソウやコウライシバは表面温度と顕熱の低減効果が大きく、セダムでは小さい。そのセダムは、散水直後の湿潤条件では効果はあるが、持続性は短く、無灌水では日中の効果は小さい。コケ類も同様、コンクリート面と比較すると、建物への伝導熱減少による断熱効果とヒートアイランド現象緩和効果はあるが、特に乾燥時ではその効果は小さい。また、高低木・草本植物種間ごとの定量的評価は少ないため、緑化効果や耐久性の高い植物、降雨後の土壌水分試験からの植物の選定が必要である。

以上のことから、潜熱放出・蒸発散能の大きい植物ほどヒートアイランド現象緩和効果も大きいですが、これらの植物は耐乾性が低い。従って、中庸な植物が屋上緑化に適するといえるものの、資料不足である。

屋上・壁面緑化に適した植物

屋上の荷重制限や土壌厚の制約から水分・風条件の厳しい環境に適する植物種選定が必要である。砂漠地帯に生育する植物、復活草(乾燥で休眠する植物)等、新たな植物の発掘も必要である。

近年、壁面緑化に関心が高まり、平成18年に東京都は「壁面緑化ガイドライン」を策定・推奨しているが、屋上緑化より施工が難しく事例は少ない。壁面緑化では植物からの果実・果汁の落下・汚れ、落葉管理負担や景観への影響、繁茂特性・方位と生育高等の植物特性と設置箇所を考慮し

た工法ごとの植物選定が必要である。

壁面緑化の推進には、既存の知識を利用し、マニュアル化して施工する必要がある。壁面緑化は、直接登はん型、巻き付き登はん型、下垂型、プランター・ユニット型の工法に区分される。はナツツタ、オオイタビ、ヘデラ等、はヘチマ、テイカカズラ、はヘデラ、コトネアスター類が適する。は適用範囲が広く、多くの植物が利用可能であるが、ヘデラやイヌツゲ等が多い。壁面緑化の工法別ヒートアイランド現象緩和効果の差は解明されていない。

校庭緑化に適した耐踏圧性植物

校庭の芝生化では、踏圧耐性、管理難易度、土壌基盤造成費の検討を要するが、どれが重点項目かで最適植物種が変わる。現在、植物選定には適切な評価項目や定量的評価指標がなく、また冬季も緑の芝生については、単一植物種では耐踏圧性に限界があるため、複数の植物種の組み合わせも必要である。

(2) 屋上緑化を利用した薬用・機能性植物の選定と栽培

植物は外部の環境状況の変動を直接的に感受し、適応しながら生存している。乾燥、高塩濃度の土壌、強力な紫外線、昼夜の大きな温度差等、多くの環境要因によってもたらされる環境ストレスを受けた植物で応答反応を引き起こす鍵となる物質が活性酸素種である。活性酸素種は DNA の損傷や脂質やタンパク質の酸化を引き起こして細胞にダメージを与え、いわゆる酸化ストレスを受けるが、抗酸化酵素や抗酸化物質の働きによって細胞内で活性酸素種を消去している。

一般に、酸化的障害に対する防御能の高い物質は野生植物種に多く含まれ、我々が日常食べている栽培種由来の食品素材には少ない。栽培種では、有色の野生種から長い間の交配・品種改良を進めた結果、自身の抗酸化的な防御機構が低下したと推定されているので、野生種のもつ機能性に目を向ける必要があると考えられている。

乾燥地等の極限環境下に生育する植物には、強い光照射により発生する活性酸素による細胞障害を防御するため、活性酸素を捕捉あるいは消去するポリフェノール類等の抗酸化物質や、細胞保護因子が多く含まれると考えられる。アルツハイマー症やパーキンソン症は、活性酸素により引き起こされる神経細胞死により発症することが明らかにされており、ある種の抗酸化物質にその抑制効果が報告されている。また、抗酸化物質にはアトピーや花粉症等のアレルギーの予防効果も報告されている。さらに、遺伝子改変により抗酸化物質の産生を増加させる植物が、細菌感染に対する抵抗力を強めたとの論文も報告され、感染症に対しても抗酸化物質に大きな期待が寄せられている。なお、抗酸化物質の過剰摂取は逆に健康を害する恐れがあるとの報告もあり、摂取量には十分注意する必要がある。

屋上は一般的に昼夜の温度差が大きく風が強く乾燥することから、植物

の細胞内における細胞保護因子等の機能性成分の含有量を増加させることが十分ありえる。屋上緑化の環境を利用して、極限環境下での生育耐性に優れた植物を材料とした基礎研究や応用研究が可能となってくる。

植物が生産するポリフェノールやカプサイシン等の機能性物質は、植物生育環境が厳しいほど生産量が増加する。屋上は一般的に風が強く乾燥するため、機能性物質の含有量が増加する傾向がある。特殊な環境に特殊な機能を持つ植物栽培の可能性を秘めるが、癒し・アロマテラピー効果の高い植物や機能性植物が実際に屋上・壁面等の厳しい環境で生育可能かの検定・利用法の検討が必要である。

このような植物の機能性を評価する必要性のほかに、それらの植物を有効利用するためには、最適生育環境の確立および環境調節技術の開発も必要である。また、水分・温度・塩類・湿度・光・風等の環境要素に対する耐性を持った植物を対象として、機能性の検索を分子・細胞・個体レベルで行い、医薬品・機能性食品等の原料となりうる機能成分を見出すことにより、屋上緑化栽培植物の付加価値を高めることが可能であり、屋上、壁面等での機能性物質を多く含む植物、あるいは薬用植物を積極的に栽培・収穫・利用する技術開発も必要である。

(3) 都市内屋上菜園・地上農園の推進

屋上菜園・農園の普及推進

屋上緑化にはヒートアイランド現象抑制機能に加え、心理的・社会的・情操的・教育的・アメニティ等の効果も高い。大都市では作物栽培に触れる機会は少ないが、作物・野菜を植え育て収穫し食する一連の過程には、命を思い喜びや癒しを与える高い精神的効果がある。広範囲な年齢層に対して屋上菜園は身近に農業体験ができ情操・食育教育の場ともなる。園児に対しては、栽培体験によって、野菜の成長に敏感に気付き、言葉の表現が増え、互いに話し合う人間関係も豊かになり、嫌いな野菜も自分で育てたことによって喜んで食べられる効果、等々が期待できる。

屋上菜園で収穫した新鮮野菜を同じビル内のレストランで活用する事例が現れた。都市は食料全てを移入して成立しているが、その一部を都市内生産で確保する食料自立型都市形成の萌芽例である。僅かであっても食料自立は都市大災害時の危機管理防備ともなり、同時に地球温暖化対策上で重視されているフードマイレージ（食料輸送距離）の軽減につながり、今後の安全で環境に優しい都市構築のためには組み込みが必要不可欠である。

屋上観光農園・農場の構想と准公園化

農業では旺盛な生育と収穫物の量、質の向上が大前提であるが、その分都市環境の改善、ヒートアイランド現象軽減効果が高く、かつ食料生産の場等として利活用可能となる。屋上では、太陽光が十分確保でき、風が強く、乾燥するため、野菜、果樹、ハーブ類等の栄養成分や食味成分を増加

させる特徴をアピールした屋上観光農園・農場構想が成り立つ。また、特殊な抗酸化物質含有植物や薬用効果の強い乾燥地起源の希少植物や経済価値の高い果物や野菜を栽培すれば小面積屋上でも農業が成立し、都市域でも農業が可能となる。しかし、農業生産性には基盤造成費、地代・税金を考慮すると採算が取れないため、屋上の安全構造と一般住民への開放や准公園的認定の条件の下で、一部の税制優遇措置等を行う仕組みづくりが必要である。

屋上菜園・農園の管理システム

屋上は荷重の問題から薄層基盤緑化工法が主流であるが、水耕栽培では同等以下の荷重で環境改善効果の高い農業生産が可能である。培土耕・水耕の栽培管理法、雨水貯留機能、都市洪水軽減機能、水管理法も含めた総合的システム開発を行い、各建築物間や地区間ネットワーク形成によって多種多様な植物栽培・収穫を可能とする仕組みの構築が必要である。

高層都市圏内の緑地公園・市民農園構想

近い将来、都心において、新都市再開発で高層化が進むと地上空間の空きが出ることが予想されている。その土地は緑地公園だけでなく食料生産と農業体験が可能な地上農園を積極的に造成する必要がある。上述の食料自立型都市形成が推進できるとともに、住民は都市の中での自然との共生や自然回帰の楽しさを味わうことが可能で、気象に支配されつつ成長する植物の生命活動を体験でき、収穫の豊穰と食することによって命をつなぐ認識を得て、癒し効果や園芸セラピー効果等が得られ、豊かで住みよい都市を構築することが可能である。

循環型都市形成

大都市では食物の有機物が大量に集まり、調理残滓、食べ残し等の膨大な廃棄物が焼却・埋め立て処理されているが、この量はもはや限界であるとされている。緑化した屋上や緑地ではバイオ廃棄物を堆肥・培土化するリサイクル場ともなる一方、廃棄物流を循環システム形態に変えることができる。都市緑化・農業と統合・連携させる循環型都市形成システムを構築することが急務である。なお、本項目は上述の項目とは異なり、その提言先は政府・大都市行政機関が対象となる。

(4) 個人住宅の屋上・壁面緑化等の推進

戸建住宅の屋上・壁面緑化

都市全体の緑化面積を拡大するには、大型ビル緑化だけでは限界があるため、現在の店舗・事務所・集合住宅等の大規模ビル屋上・壁面緑化を、今後は戸建住宅の屋上・壁面緑化や屋上菜園の推進に転換する必要がある。一方、中心市街地で増大傾向にある陸屋根型の戸建住宅では屋上菜園やベランダ菜園の潜在的需要はあるが施工例は少ない。

陸屋根型戸建住宅で屋上緑化・菜園が普及しない主な原因は、屋上防水仕様が露出防水のため建築設計事務所および工務店が防水層破損の危険

性のために屋上緑化を推奨しない理由による。今後は戸建住宅の緑化推進に防水層の破損を防止する軽量で安価な資材やその建築工法および戸建住宅に最適な緑化システムの開発が必要であり、また施工した場合の税制上の優遇措置や補助金政策が必要である。

なお、戸建住宅の壁面緑化は恒久的な緑化でなくても、アサガオ、ニガウリ、ヘチマ等の一年生草による夏季だけの緑化でもよく、緑化補助資材の開発や広報・普及活動も必要である。

集合住宅のバルコニー緑化

マンション等の集合住宅では、住居の外部空間はバルコニーに限られる。現時点では、バルコニーでの植物栽培は少なく普及していない。これは通常のバルコニーが緑化に適した構造でなく、不動産開発企業がバルコニー利用を推奨しない理由による。集合住宅ではバルコニーが避難経路となる制約もあるが、緑化が不可能ではなく、緑化可能なバルコニー構造とする技術開発とともに、不動産開発企業および建築設計者への普及啓蒙も必要である。

(5) 屋内・地下空間緑化等の推進

屋外・屋内緑化には、人が緑を見ると心のなごみ、癒し、ストレスの解消、気分安定・転換・爽快感等、緑の心理的効果がある。室内という無機質な閉鎖空間でも植物との共生で、本能的な安心感、安らぎが得られる。超高層ビルの室内や地下室等の地上と隔絶された空間ほど、生きた植物・緑との共生効果は大きい。屋内の植物で気分的な安らぎとともに、目の疲労回復や大脳皮質の活動補強等の効果もある。この緑化は美しい装飾ともなり、人の心理・生理への好適影響や屋内汚染空気の浄化も期待でき、また集客力を高める経済効果等、多面効用がある。これを活用するには空間デザインと空間内の適量配置法と屋内植物を健全に生育させる育成管理法のシステム化の検討が必要である。なお、屋内・地下空間においては、特に植物工場の生産技術の利用が重要である。閉鎖室内での植物生産の効率的な技術開発・実用化が必要である。

(6) 緑の価値評価法開発の推進

近年、建築物資産価値として環境性能が高い建築物を建築すると、投資・融資の優遇等で建築費軽減が可能となり、高い資産価値と賃料収入増も得られるため、環境性能の高い建築物の需要が高い。緑は建築物の環境性能の価値を高め、緑化による集客効果や居住空間の質向上による建築物への経済波及効果が上がる。しかし、緑化による建築物の資産価値の定量的評価法がなく、空間緑化の推進にはその開発が必要である。

建築物の環境性能評価指標に、2001年に国土交通省指導で開発されたCASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency: 建築物総合環境性能評価システム) があり、自治体では本指

標による優遇措置等の制度指導実施例がある。CASBEE は建築物の環境性能評価の格付法であり、省エネ・省資源、リサイクル性能等、および室内の快適性や景観への配慮等の環境品質・性能を考慮した建築物環境性能の総合的評価システムである。CASBEE では環境性能要素に緑化評価法もあるが、現在は緑化面積だけのため、今後は緑の質の価値評価基準を作成し、質の高い緑化推進および正当な評価体制作りが必要である。

一方、緑化の経済的価値として都市・建物特性利用により新たな農業が成り立つ。都市内の農業には、屋上等の未利用空間の有効活用、新鮮な食品の供給と運搬コスト・環境負荷の低減、雇用の創出等の利点があり、高層ビルの地下空間で都市農業を試行する企業もある。高付加価値的食料や観賞用植物を栽培して都市に供給する農業形態は、僅かではあるが都市の自給的経済活動ともなりうる。

空間緑化推進には、面積規模と質の高い適切な都市内緑化によって、その地域や建物の資産・経済的価値を高め、財政的・税制的優遇措置を受けて経済効果を高める仕組み作りが必要である。今後、「美しい国づくり」、生物の多様性戦略、都市内農業等も絡めて緑化の質を正に評価することにより、建築物・事業者や地域が経済的効果・利益が得られる体制づくりが必要である。

(7) 都市の緑化デザインと景観形成の推進

都市内屋上のビオトープは生態的生物多様性を増加させる効果があることは前述したが、都市内の屋上緑化（空間緑化）としてのビオトープ空間の創出・造成は有効であるため、その普及推進を行う必要がある。

都心の大規模再開発には、緑の中に建物があるほどの緑量が多い開発（六本木ヒルズ、東京ミッドタウン等）や多様性植物を導入した質の高い緑地の開発（晴海アイランド、トリトンスクエア等）もある。緑は景観向上に不可欠との認識が高まり、敷地緑化率だけを考えた緑化から良質な緑を配置して開発地全体の評価を高める動向もある。屋上緑化ではアクロス福岡・なんばパークス等でのように地上から見上げる緑化形態があり、壁面緑化では金沢 21 世紀美術館、六本木 GRACE 等でのように複数の植物を育成して鑑賞させる緑化形態もある。

さて、都市の緑被率と生息可能生物種間には相関関係がある。より多くの建築物を緑化し、公園や個人の庭等を含む多様な緑地を連続させて、各緑地間で生物の往来を一層容易にする必要がある。なお、生物生息環境緑地の生態的原則によると、広くする、分散させない、間隔を狭める、ネットワーク化する、面的広がりを持たせることが重要である。飛翔能力の高いトンボでは 1 km 以内に水面があれば移動し、鳥ではさらに長距離移動も可能であり、都市内に点在する緑地を移動拠点として、屋上緑地、街路樹等で生態系ネットワークの形成保持が可能である。また、生態系保持では垂直方向の連続性も重要である。屋上と地上の緑を連続させる工夫も必要

であり、この垂直方向の連続性は緑視率にも関連するため、都市景観の観点からも検討する必要がある。

質的に高い空間緑化は、集客、ステータス等の経済価値を高める。今後の都市開発では、質の高い緑の中に、都市の安全性を確保し、生態系維持を考慮した美しく魅力ある都市構築を図る必要がある。これには都市の景観形成と技術的・生態的システムの総合的体系化が必要であり、さらには公共的な経済的税制支援策も必要である。

(8) 緑化施工後の管理とコミュニティ形成の推進

東京都杉並区和泉小学校では、校庭芝生化により維持管理中心のコミュニティが形成されたように、屋上緑化・屋上菜園、校庭芝生施工後の維持管理、永続的な緑化保持には地域住民のボランティア活動が必要である。ガーデニング等で植物に触れたい市民も多く、建築物緑化・管理に市民ボランティアが携わると、緑化施工後の管理費の低減ができ、緑を中心とした都市コミュニティが形成できる。その形成促進も含めて、緑化・管理システムの仕組み全体を総合的に体系化する必要がある。

昭和50年代に高層集合住宅の屋上・階段等から飛び降り自殺が頻発した影響で、多くの集合住宅の屋上は使用禁止となり、大学や公共施設でも犯罪・自殺防止のため、閉鎖が多い。人が利用する緑化空間は快適性以外に、安全性も不可欠である。屋上緑化推進には安全構造の確保のほか、屋上空間・菜園の一般住民への開放と活用、税制上の優遇措置等の施策が必要である。

4 研究・行政組織体制の確立による空間緑化推進の提言

日本学術会議農学基礎委員会農業と環境分科会は、上記の第2、3章に関する大都市の空間緑化に向けて研究・行政上の基本的重要性を深く認識するとともに、各問題点を早急に解決し、社会貢献を図ることを提言するものである。

また、それに応える学問分野として農学・理学・工学・医学・人文社会科学を含めた学際的研究、および学協会横断的研究を広範囲に推進するとともに、都市の長期・短期計画の観点から国・都道府県・政令指定都市等の行政単位を包含した研究・行政組織体制の確立を提言するものである。

おわりに

「都市緑化を俯瞰的視点で体系化を目指すには」と題して記述する。

都市の空間緑化の現状や背景、関連する諸問題が明らかになった。特に、我が国の都市では、住民の生活環境を保持するために、まずヒートアイランド現象緩和が挙げられる。そのためには都市の空間緑化が重要で、その推進には複合的環境である気象条件を見直し、緑化により一層調和する利用学術の改善点が明確になった。また、実用面における植物固有の生態学的、生理学的特徴を生かして、農学的基盤と都市の空間緑化を連携させる重要性も確認された。さ

らに住民に与えるアメニティ効果、子供の情操教育、建築物と緑化との共生による高付加価値化等の多面的効果も示唆された。異なる専門領域に起点を置く総合的検討に、より多くの問題が顕在・可視化され、その端緒が開かれた。

そこで、次の課題として「やや広義で俯瞰的視点からの体系化」に触れたい。都市を単なる建築物の集合体ではなく、諸々のハードウェアを包含する集合体として眺めると物理的システムでの取り扱いが合理的であり、その起点に立った思考も重要であり、システム理論に基づく検討が必要である。しかし、ユビキタス（情報）社会である今日では、本課題で対象とするシステム概念は物理的基盤のみでなく、情報基盤との新たな融合による知的な社会基盤としての捉え方が肝要である。人間社会、自然環境と人工的なハードウェアの動的共生を実現する物理世界と情報世界をつなぎ合わせるシステム統合が不可欠である。

他方、本報告で明らかになった緑化の生物学的問題は、都市空間と植物との共生、住民に潤いを与える緑化効果、都市と自然間のインターフェイス的価値、アメニティ・生態的デザインの調和に比重が置かれる。省資源、リサイクル、ゼロエミッションを視野に入れた循環型社会の都市緑化像には益々大きな期待が寄せられ、それ自身さらなる展開が期待されるが、工学的次世代インフラと生物学的諸課題には乖離があり、大きな溝も厳然としてある。ここに都市空間緑化で人文社会科学との融合の視点が浮上する。

ロラン・バルト氏の「記号学と都市の理論」³⁾は、都市を表意作用の空間と捉えた哲学的アプローチの最初の提言である。「現在の大都市で都市のプランニングは機能主義の観点からは高度な発展を遂げた。便利さの反面、住民には味気ない意味のない生活を強いるのか？ 例えば、水や緑を欠いた都市が住民の生活を困難にする等の経験的意味に着目し、都市の意味を記号論的に表現し、都市を構造物として捉え類型化し、情報科学に基づき多面的に読解するなら一層、科学的な様々な手段に適合できる。」との提案がある。情報化が進展した今日、最新のプログラム科学を介しての文理融合への拡大が、今こそ期待される。「意味世界（記号論で表現した世界）」からの都市問題へのアプローチは、工学的インフラと生物学的課題が乖離しつつ有機的に複合する都市の空間緑化問題への次世代段階へのシステム・アプローチとして大きな期待がある。

参考文献

- 1) 日本学術会議農業環境工学連絡委員会、2005：第19期日本学術会議農業環境工学研究連絡委員会報告「気候変動条件下および人工環境条件下における食料生産の向上と安全性」、pp.10.
- 2) 日本学術会議農学基礎委員会農業と環境分科会・農業生産環境工学分科会、2006：公開シンポジウム「魅力的都市構築のための都市・屋上緑化」講演要旨集、pp.29.
- 3) ロラン・バルト、1973：「記号学と都市の理論」、現代思想、10、106-117（都市のグラマトロジー特集号）、青土社.
- 4) 進士五十八、2000：「都市、緑と農」、東京農業大学出版会、pp.128.

(參考資料)

(参考資料1)

日本学術会議 第二部 生命科学 農学基礎委員会農業と環境分科会審議経過

平成 18 年 5 月 25 日 幹事会

分科会委員名簿確定：真木太一（第二部会員）、村上周三（第三部会員）、古在豊樹（連携会員）、橋本康（連携会員）、三野徹（連携会員）、宮崎毅（連携会員）、青木正敏（特任連携会員）

平成 18 年 6 月 23 日 第 1 回分科会

委員長：真木、副委員長：橋本、幹事：青木の選任

平成 18 年 7 月 28 日 第 2 回分科会

活動方針の検討：日本学術会議対外報告書「ヒートアイランド現象の解明に当たって建築・都市環境学からの提言」（平成 15 年 7 月 15 日）、日本農業気象学会関東支部会「ヒートアイランド現象と緑化による対策」（2005 年 12 月 2 日）、日本農業気象学会農業気象セミナー「屋上緑化、都市緑化におけるセンサ・計測」等を参考に検討

平成 18 年 11 月 9 日 第 3 回分科会

幹事：磯田博子（連携会員）、委員：鈴木義則（連携会員）・早川誠而（連携会員）・高倍鉄子（連携会員）・高垣美智子（連携会員）、三坂育正（オブザーバー）、藤田茂（オブザーバー）、横山仁（オブザーバー）、足永靖信（オブザーバー）の確定

平成 18 年 11 月 9 日、日本学術会議農学基礎委員会農業と環境分科会・農業生産環境工学分科会共催公開シンポジウム「魅力的都市構築のための都市・屋上緑化」開催

平成 18 年 12 月 14 日 第 4 回分科会

対外報告原案検討

平成 19 年 1 月 18 日 第 5 回分科会

対外報告内容検討

平成 19 年 3 月 19 日 第 6 回分科会

対外報告内容検討、分科会期限の半年延長報告

平成 19 年 4 月 26 日 第 7 回分科会

対外報告（要約文）・参考資料の検討

平成 19 年 6 月 20 日 第 8 回分科会

対外報告の確認

平成 19 年 6 月 22 日 農学基礎委員会および第二部会へ提出

平成 19 年 7 月 26 日 幹事会へ提出

平成 19 年 9 月 20 日 幹事会へ再提出

(参考資料2)

日本学術会議農学基礎委員会農業と環境分科会・農業生産環境工学分科会

公開シンポジウム「魅力的都市構築のための都市・屋上緑化」

主催：日本学術会議農学基礎委員会 農業と環境分科会・農業生産環境工学分科会

日時：平成18年11月9日(木) 13:00~16:30

場所：日本学術会議6階会議室6A1・2号室

開催趣旨

大都市では地球温暖化の影響とともに都市特有の気温上昇があり、東京ではその気温上昇は100年間で約3℃にもなっている。この気温上昇は大停電などの都市機能の崩壊をもたらす危険性があり、この気温上昇軽減・抑制が急務である。また、魅力的な都市を構築するには緑化が不可欠である。そこで、この講演会では魅力的都市構築のための都市緑化および屋上緑化などの緑化方法とその効果などについて、農業環境工学的な観点から講演・討論し、それによって広く情報や意見を集約することが目的である。本シンポジウムにおける情報・資料に基づいて、日本学術会議の対外報告に資する。

13:00~13:05 開会挨拶：日本学術会議農学基礎委員会 農業と環境分科会委員長 農業生産環境工学分科会委員長、九州大学大学院農学研究院・教授 真木 太一(会員)

講演

座長：青木 正敏(東京農工大学農学部・教授(連携会員))

13:05~13:40

(1)都市の熱環境から見た都市の緑化のあるべき姿

足永 靖信((独)建築研究所環境研究グループ・上席研究員)

13:40~14:15

(2)屋上緑化、校庭緑化工法とその効果

三坂 育正((株)竹中工務店技術研究所先端技術研究部・主任研究員)

横山 仁(東京都環境科学研究所基盤研究部大気研究グループ・主任研究員)

14:30~15:05

(3)都市緑化・屋上緑化等の経済的効果とアメニティー効果

藤田 茂((有)緑花技研・代表)

15:05~15:40

(4)都市緑化としての農業と菜園

鈴木 義則(九州大学・名誉教授、連携会員)

15:40~16:25：総合討論

座長：青木 正敏・早川 誠而(山口大学農学部教授、連携会員)・真木 太一

16:25~16:30：閉会挨拶 橋本 康(日本学術会議農学基礎委員会 農業と環境分科会 農業生産環境工学分科会副委員長、連携会員)

(参考資料3)

その他の参考文献

- 1) 陳 宏・大岡龍三・原山和也・村上周三・吉田伸治、2002：対流・放射連成による建物表面緑化の屋外環境緩和効果の検討、生産研究、54(1)(2)、87-88。
- 2) 藤田茂、2003：最近の緑化技術の傾向、都市緑化技術集、(株)環境コミュニケーションズ、11-14。
- 3) 藤田茂、2003：植物の選定と管理、事例に学ぶ屋上緑化、日経 BP 社、26-32。
- 4) 藤田茂、2005：室内緑化の設計、屋上・建物緑化事典、産調出版、199-234。
- 5) 藤田茂、2006：陥りやすい8つの落とし穴、事例に学ぶ屋上緑化2、日経 BP 社、194-201。
- 6) 船瀬俊介、2001：「屋上緑化 緑の建築が都市を救う」、築地書館、pp.222。
- 7) 船瀬俊介、2003：「屋上緑化」完全ガイド、築地書館、pp.266。
- 8) 萩島理・成田健一・谷本潤・三坂育正・松嶋 篤・尾之上真弓、2004：大規模な階段状緑化屋根を有する建築物周辺の微気象に関する実測調査、日本建築学会環境系論文集、577、47-54。
- 9) 日端康雄、2003：全国市町村再開発連絡協議会第4回「再開発塾」開講「明日の都市づくり」、芦屋仏教会館。
- 10) イノベーション25戦略会議、2007：長期戦略指針「イノベーション25」～未来をつくる、無限の可能性への挑戦～、イノベーション25戦略会議、pp.79。
- 11) 磯田博子・安部征雄、2003：極限乾燥地バイオマス遺伝子資源の機能開発と有効利用、沙漠研究、12(4)、189-194。
- 12) 岩河信文、1984：都市における樹木の防火効果に関する研究、建築研究報告、105、pp.176。
- 13) 檜山徳治、1967：内陸防風林、林業技術、309、23～26。
- 14) 小嶋和好、2002：「渋谷の屋上菜園都市計画」、築地書館、pp.172。
- 15) 真木太一、1987：「風害と防風施設」、文永堂出版、pp.301。
- 16) 真木太一、2007：都市のヒートアイランド解消への風と緑地の利用、「風で読む地球環境」、古今書院、pp.171。
- 17) 真木太一、2007：都市の空間緑化と緑の意味、学術の動向、12(8)、68-70。
- 18) 松村伸二・勝見武・高野伸栄・堤大三・山本晴彦、2006：防災・減災に植生の機能をどう生かすか、自然災害科学、25(3)、263-297。
- 19) 三坂育正、2004：建物の緑化技術 設備講座「環境と省エネルギー」、BE 建築設備。
- 20) 三坂育正・石井康一郎・横山仁・山口隆子・成田健一、2005：軽量・薄層型屋上緑化技術のヒートアイランド緩和効果の定量評価に関する研究、日本建築学会技術報告集、21、195-198。

- 21) 三坂育正・鈴木弘孝・水谷敦司・村野直康・田代順孝、2006：壁面緑化植物の熱収支特性の評価に関する研究、日本建築学会技術報告集、23。
- 22) 宮崎均・磯田博子・安部征雄・中村幸治、2005：「21世紀型バイオプロスペクティング」、化学と生物、43(7)、482-485。
- 23) 森山正和編、2004：「ヒートアイランドの対策と技術」、学芸出版社、88-100。
- 24) 日本学術会議農業環境工学連絡委員会小委員会、2005：第19期日本学術会議農業環境工学研究連絡委員会「気候変動条件下の農業気象環境の保全と食料生産の向上」小委員会シンポジウム「地球・大気環境とその作物生産および植物・植生への影響」、2005年4月6日、日本学術会議2階大会議室、pp.23。
- 25) 日本学術会議農学基礎委員会農業と環境分科会、2007：「魅力ある都市構築のための空間緑化 - 近未来のアーバン・グリーンング - 」報告書参考資料、日本学術会議農学基礎委員会農業と環境分科会、刊行予定。
- 26) 屋上開発研究会、2000：「屋上・ベランダガーデニングべからず集」、(株)創樹社、pp.230。
- 27) 大澤俊彦、2007：「機能性成分」の現状、化学と生物、44(6)、406-412。
- 28) 奥平智子・田中智之・真木太一、2002：屋上緑化が作り出す熱環境について、九州の農業気象、(11)、9-10。
- 29) Osawa, T. and Kato, Y., 2005: Ann. N. Y. Acad. Sci., 1043, 440.
- 30) 鈴木義則、2001：建築物の改良・改善によるヒートアイランド対策 保水性セラミックタイルの利用、緑の読本、57、83-89。
- 31) 鈴木義則、2002：屋上緑化による環境改善効果。九州の農業気象(日本農業気象学会九州支部会誌)、(11)、69-77。
- 32) 高尾京子・谷本潤・萩島理、2005：壁面緑化システムの熱収支構造に関する屋外観測、日本建築学会技術報告集、22、253-258。
- 33) 山本俊光・森啓一郎・松尾英輔、2006：保育所における園芸の保育効果 福岡市の事例から - 人間・植物関係学会雑誌、5(2)、13-18。
- 34) 東京都新宿区、1994：「都市建築物の緑化手法」、(株)彰国社、pp.127。
- 35) 山田(川合)真紀、2006：「環境ストレスと植物細胞死」、化学と生物、44(6)、399-405。
- 36) 山本俊光・森啓一郎・松尾英輔、2006：保育所における園芸の保育効果 - 福岡市の事例から - 人間・植物関係学会雑誌、5(2)、13-18。
- 37) 横山仁・山口隆子・石井康一郎、2004：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 - 、東京都環境科学研究所年報、3-10。
- 38) 吉田伸治・村上周三・持田灯・大岡龍三・富永禎秀・金相進、2000：対流・放射・湿気輸送を連成した屋外環境解析に基づく緑化の効果の分析、日本建築学会環境系論文集、529、77-84。

- 39) (財) 建築環境・省エネルギー機構、2006 : 「CASBEE-新築評価マニュアル(2006年版)」.
- 40) (財) 建築環境・省エネルギー機構、2006 : 「CASBEE-HI(ヒートアイランド)評価マニュアル(2006年版)」.
- 41) (財) 都市緑化技術開発機構、2000 : 特殊空間緑化シリーズ 「新・緑空間デザイン普及マニュアル」、誠文堂新光社、84pp .

インターネットホームページ

- 1) 船瀬俊介 : <http://www.nikkeibp.co.jp/sj/column/d/07/>
- 2) 岩河信文 : <http://www.nilim.go.jp/lab/jdg/soupuro/4-1.pdf>
- 3) 小林和彦 : <http://www.pref.nagano.jp/xsoumu/tokyo/hiroba/shl.N.shu3.pdf>
- 4) 小嶋和好 : http://eco.goo.ne.jp/busl.N.ess/csr/global/cIm03_1.html
- 5) 国土交通省 : http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/04/040704_.html
- 6) 倉富 晋 : <http://www.skystation.jp>
- 7) 京都大 : http://www.drs.dpri.kyoto-u.ac.jp/jsnds/download.cgi?ssk_25_3_263.pdf
- 8) NEXT21 : http://www.toho-leo.co.jp/f_next21.html
- 9) PASOMA : http://www.pasona_o2.co.jp/
- 10) 東京都 : <http://www.metro.tokyo.jp/INET/BOSHU/2007/03/22h31100.html>

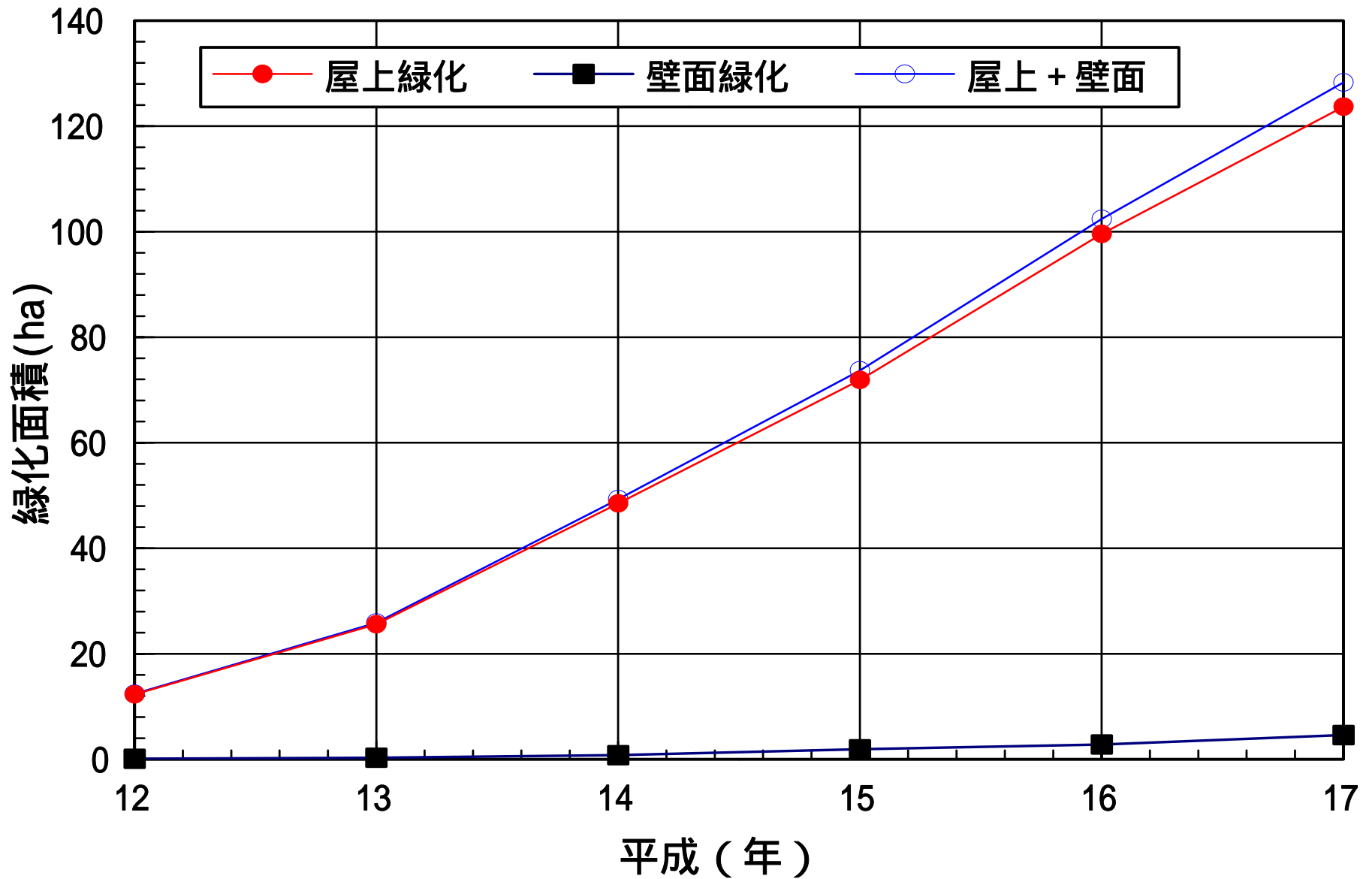


図1 . 全国の屋上・壁面緑化の施工面積 (累計)

(国土交通省)

屋上緑化は徐々に拡大する傾向にあるが、その普及は必ずしも順調ではない。

東京都では、平成27年までの15年間で1,200haの屋上を緑化する計画であるが、平成18年時点での屋上緑化面積は80haに満たない。

普及しない要因として、建物の荷重制限や耐風圧対策、また防水層の破損や漏水の懸念、さらに、緑化施行費用と緑化後の管理運営負担が大きいことなどが考えられる。

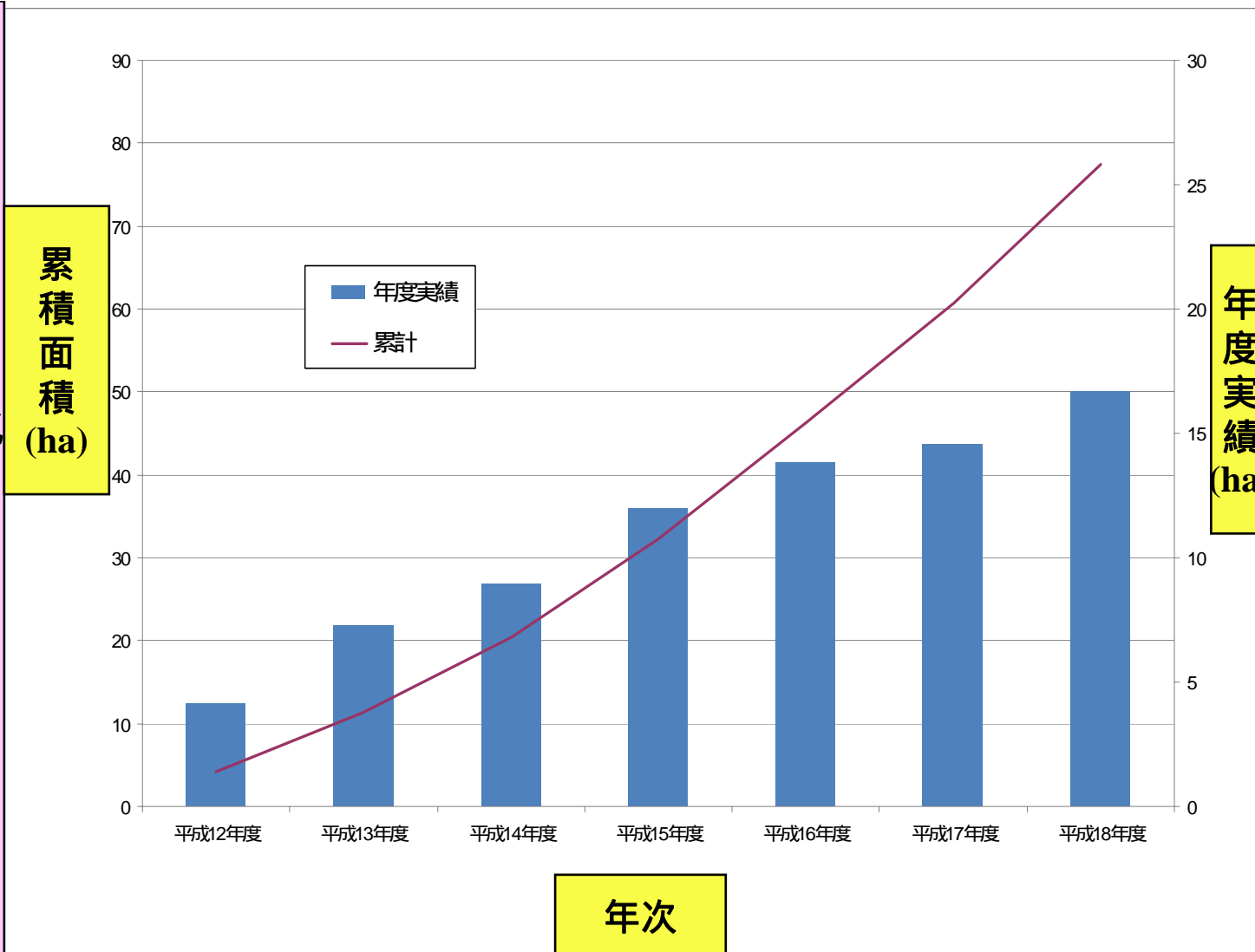
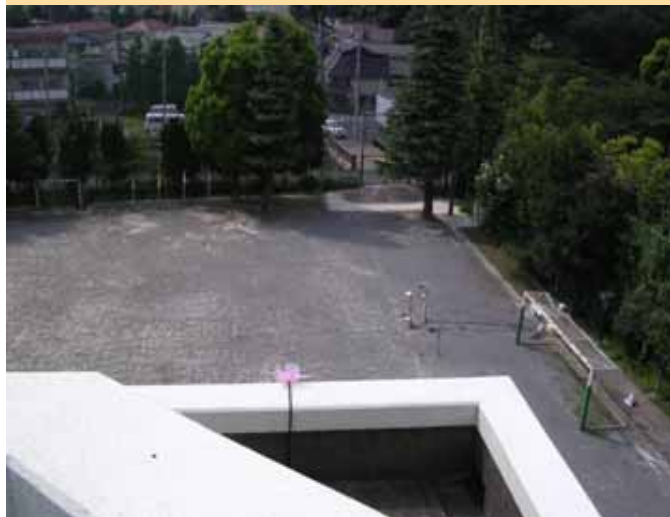


図2 . 東京都における屋上緑化の普及状況

(敷地面積1000m²以上(公共施設250 m²以上)を対象)

(東京都における屋上緑化指導実績)

ダスト舗装校庭



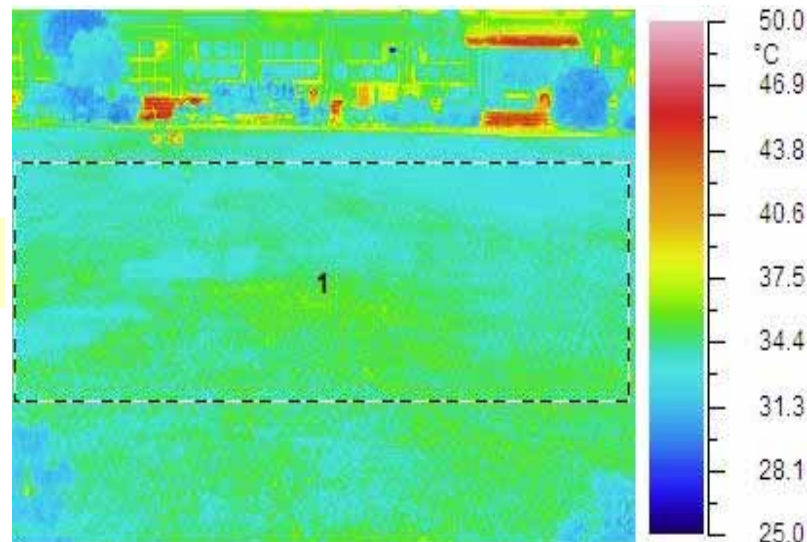
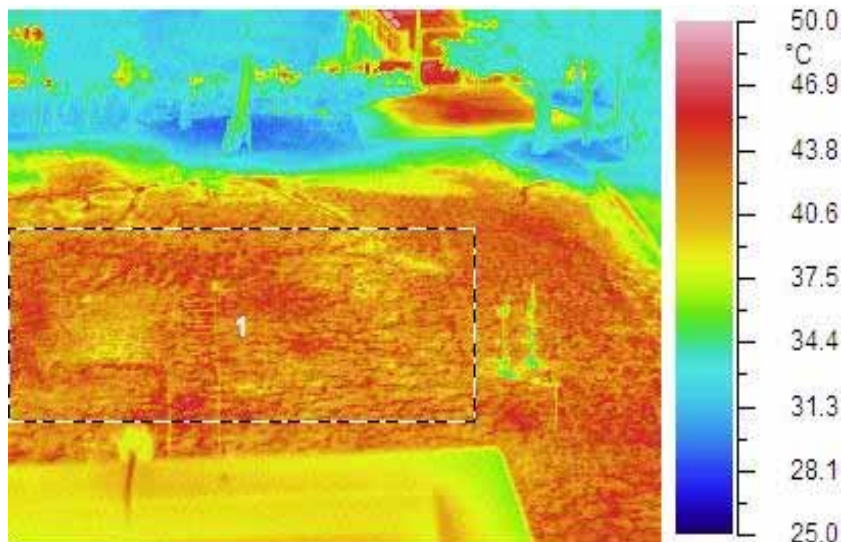
実画像

(2005年
8月17日
13:30)

芝生校庭



熱画像



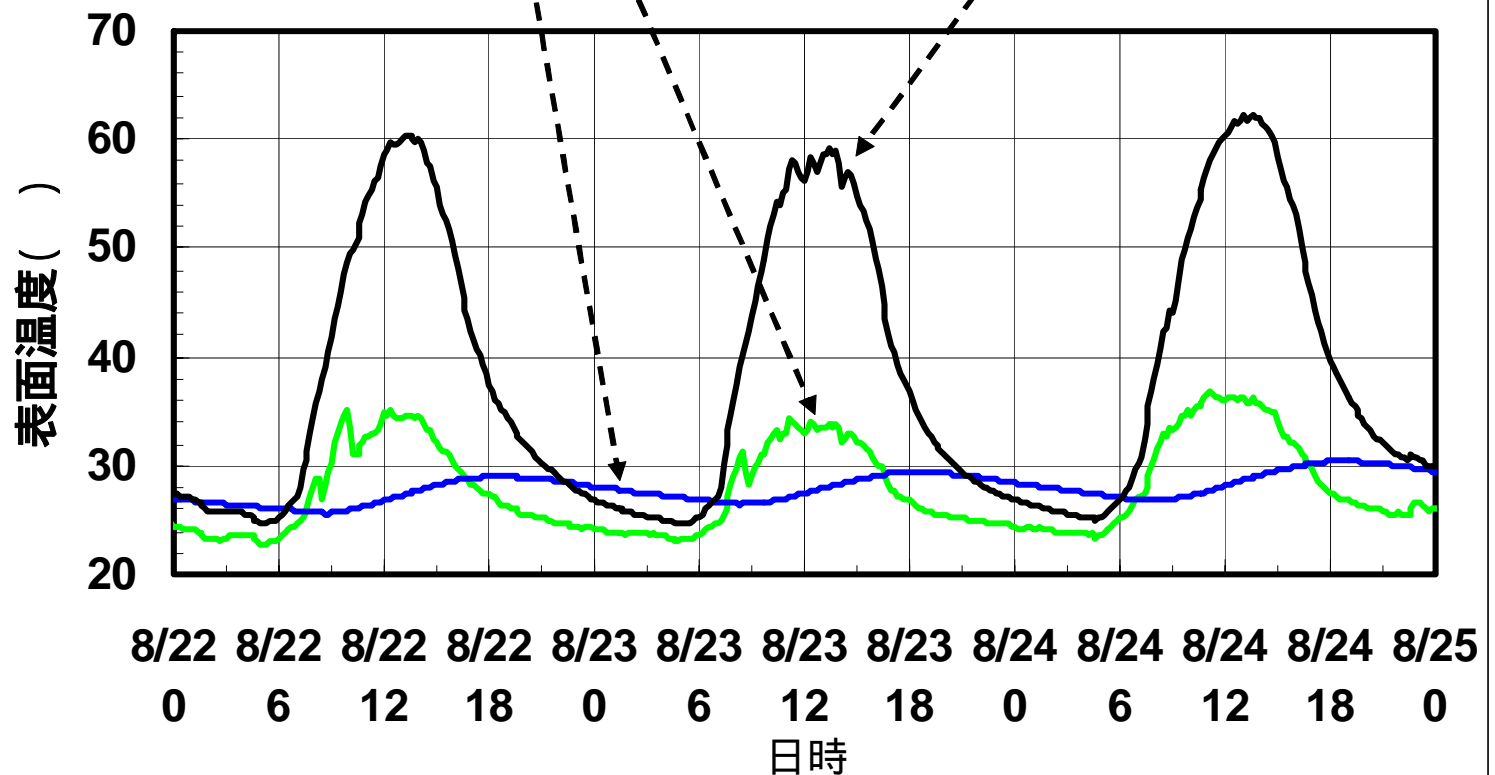
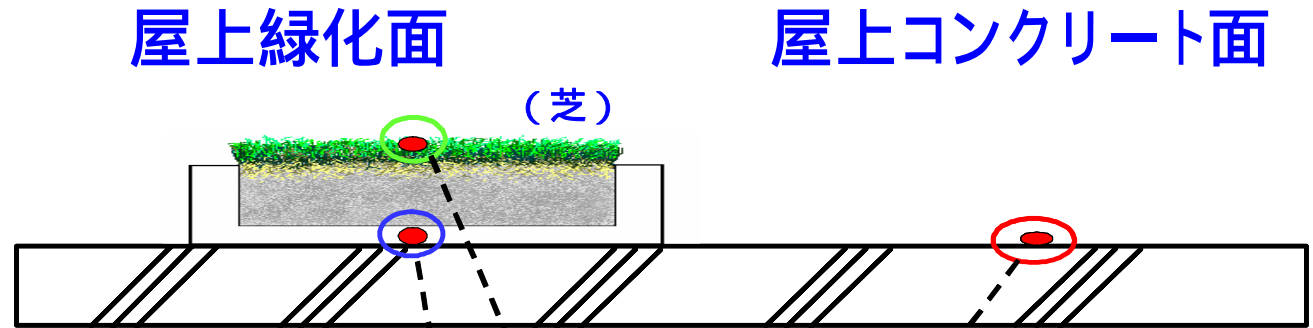
ダスト舗装校庭では表面
温度が芝生校庭に比べて約
10 低い。

図3 . 芝生校庭とダスト
舗装校庭の表面温度の差異

(横山ら、2006)

屋上のコンクリート面は、日中の最高で約60 に達する。

一方、屋上緑化面は、コンクリートの下面が約30 であるほか、屋上緑化表面でも35 程度と低い。

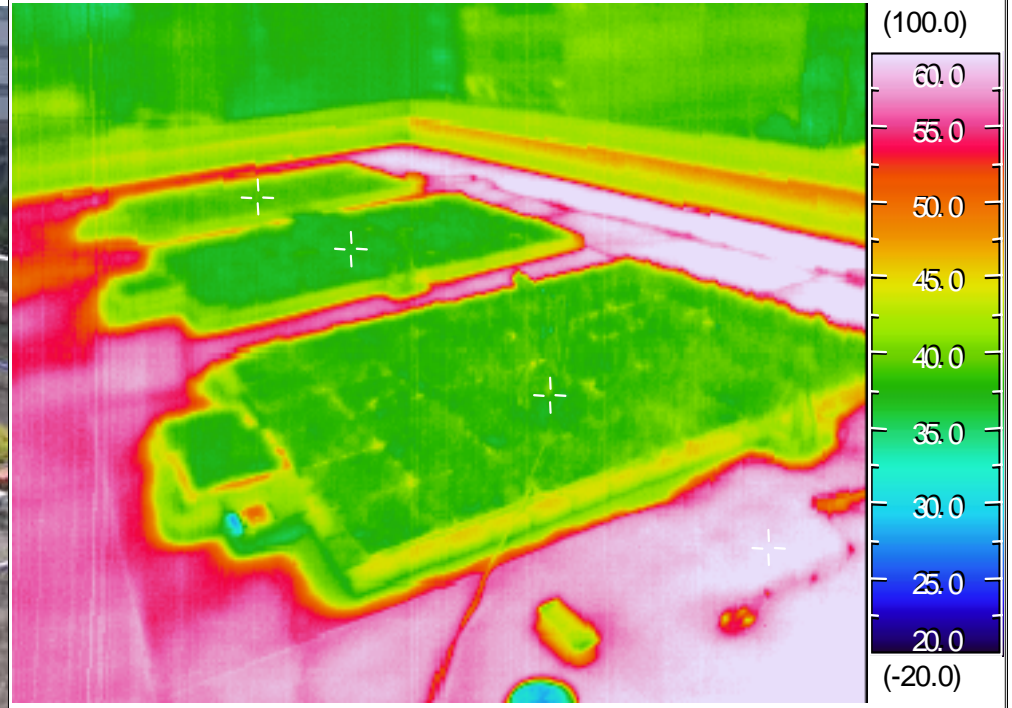


(2003年8月
22~25日)

図4 . 屋上緑化による温度低減効果

(横山ら、2004)

赤外線放射温度計で測定



(2003年8月23日13:00)

図5 . 屋上緑化による表面温度の低下効果

屋上緑化面はコンクリート面よりも約20～25℃低い。このように、ヒートアイランド軽減効果が大きく評価される。

(東京都環境科学研究所)

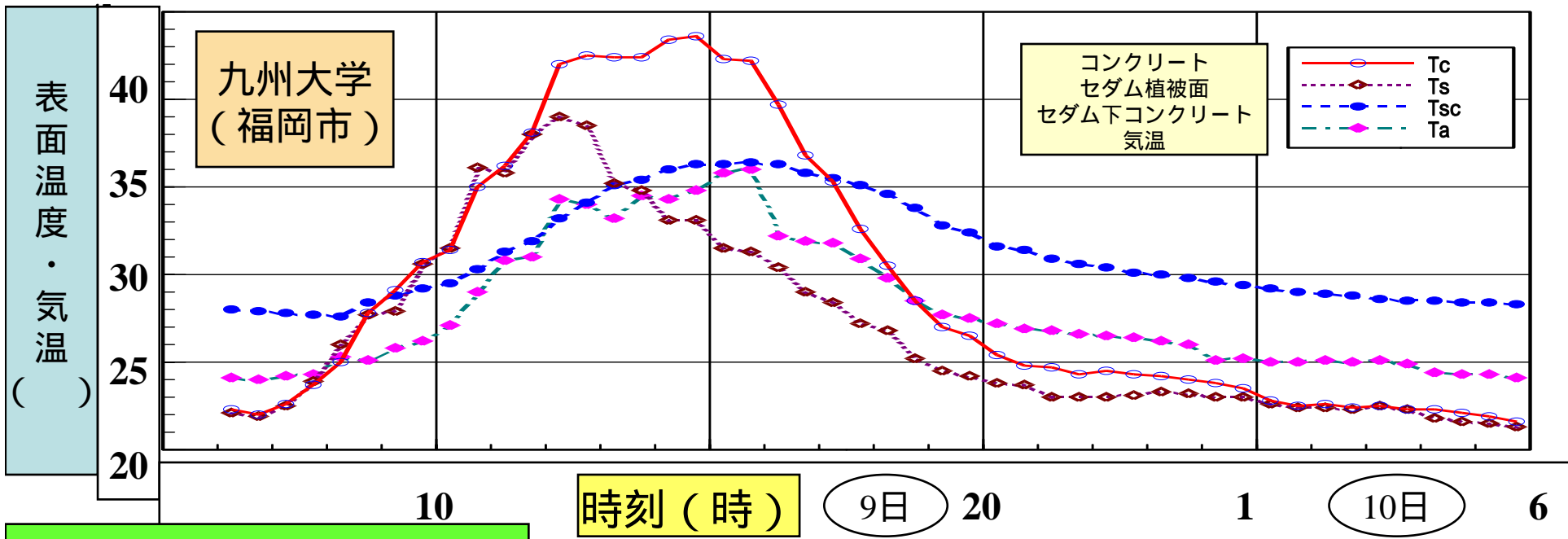
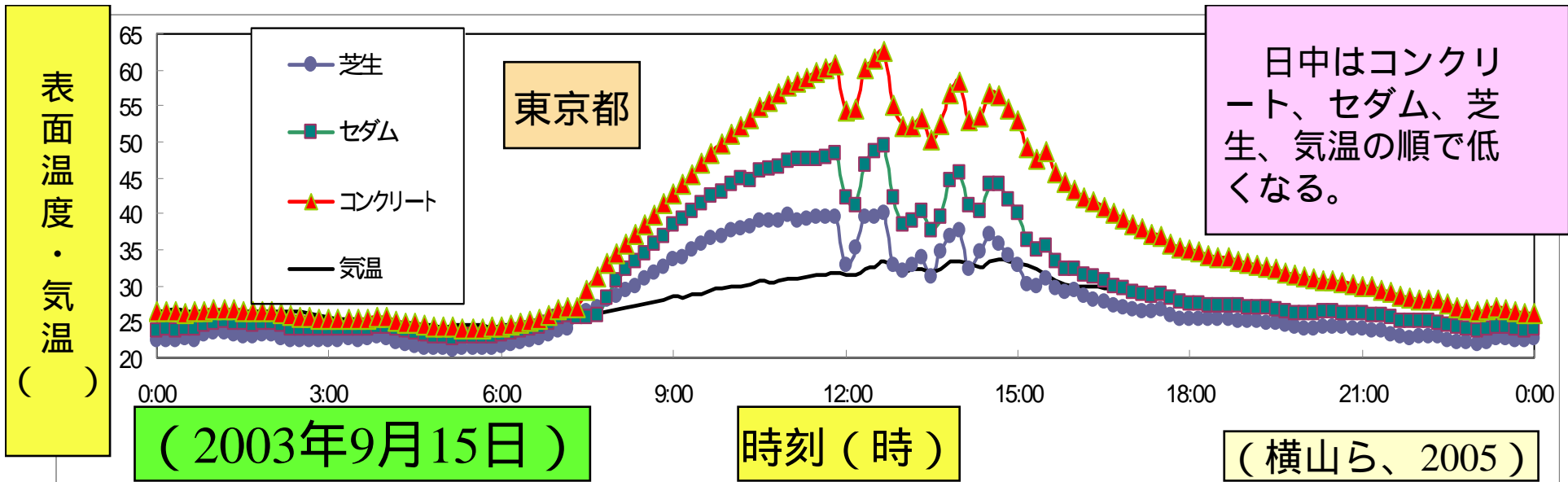


図6 . 屋上の表面温度と気温の日変化

(奥平ら、2002；真木、2007)

コンクリート面は、正味放射量（全体）の約6割（ 270W/m^2 ）が顕熱となっており、日中の気温上昇の要因となっている。

一方、芝生面は、植物や土壌からの蒸発散により約7割（ 380W/m^2 ）が潜熱に配分され、顕熱は約1割（ 40W/m^2 ）に抑えられている。

芝生面の顕熱はコンクリート面の1/7、伝導熱は1/2であった。

セダムは正味放射量の約8割に当たる 520W/m^2 が顕熱に配分され、潜熱は小さい。

これは、セダムが芝生とは異なり、日中、蒸散をほとんど行わないCAM型植物であることが主要因と考えられる。

このことから、たとえ植物であってもセダムのヒートアイランド緩和効果は、かなり小さいといえる。

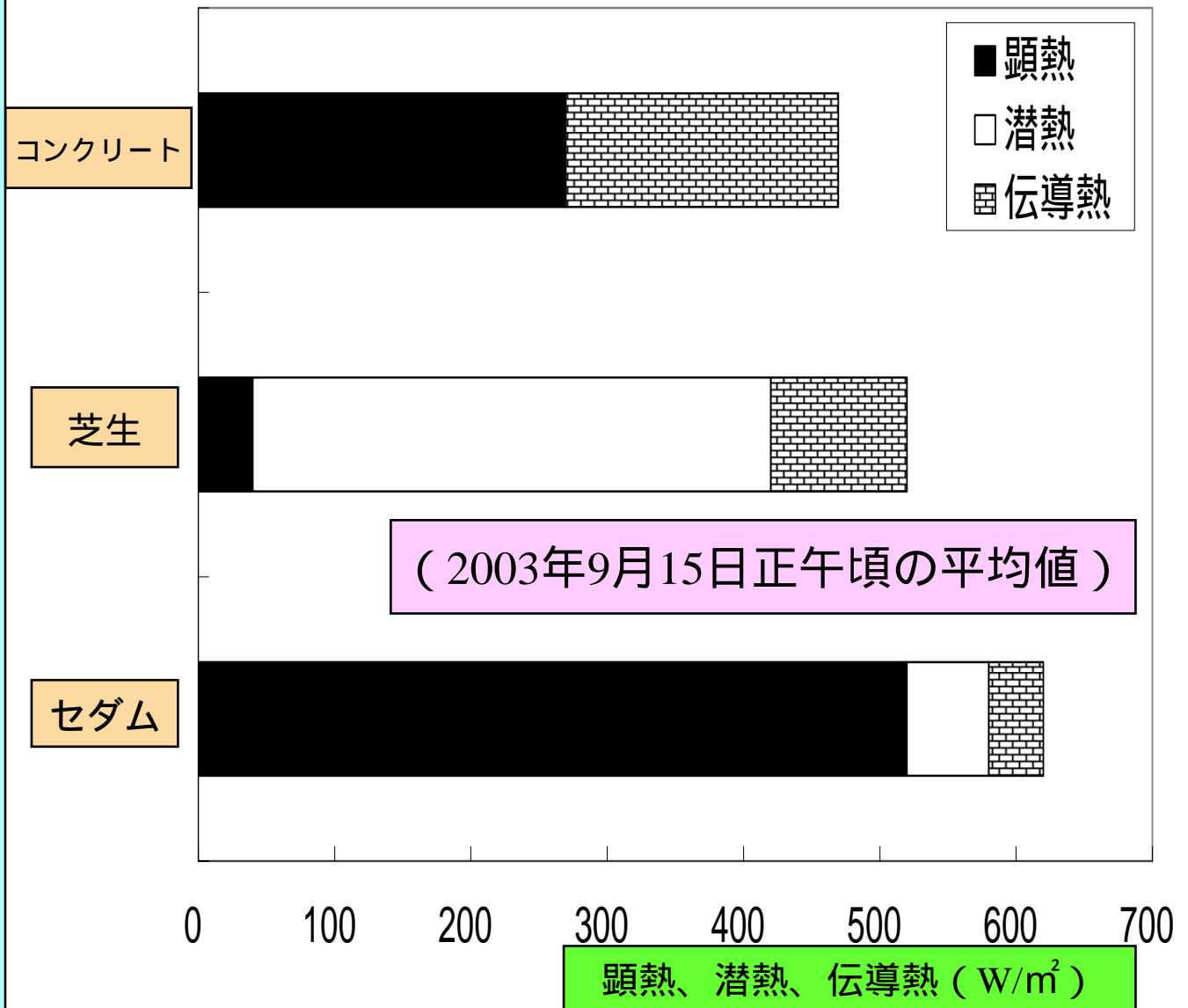


図7 . コンクリート・芝生・セダムの熱収支

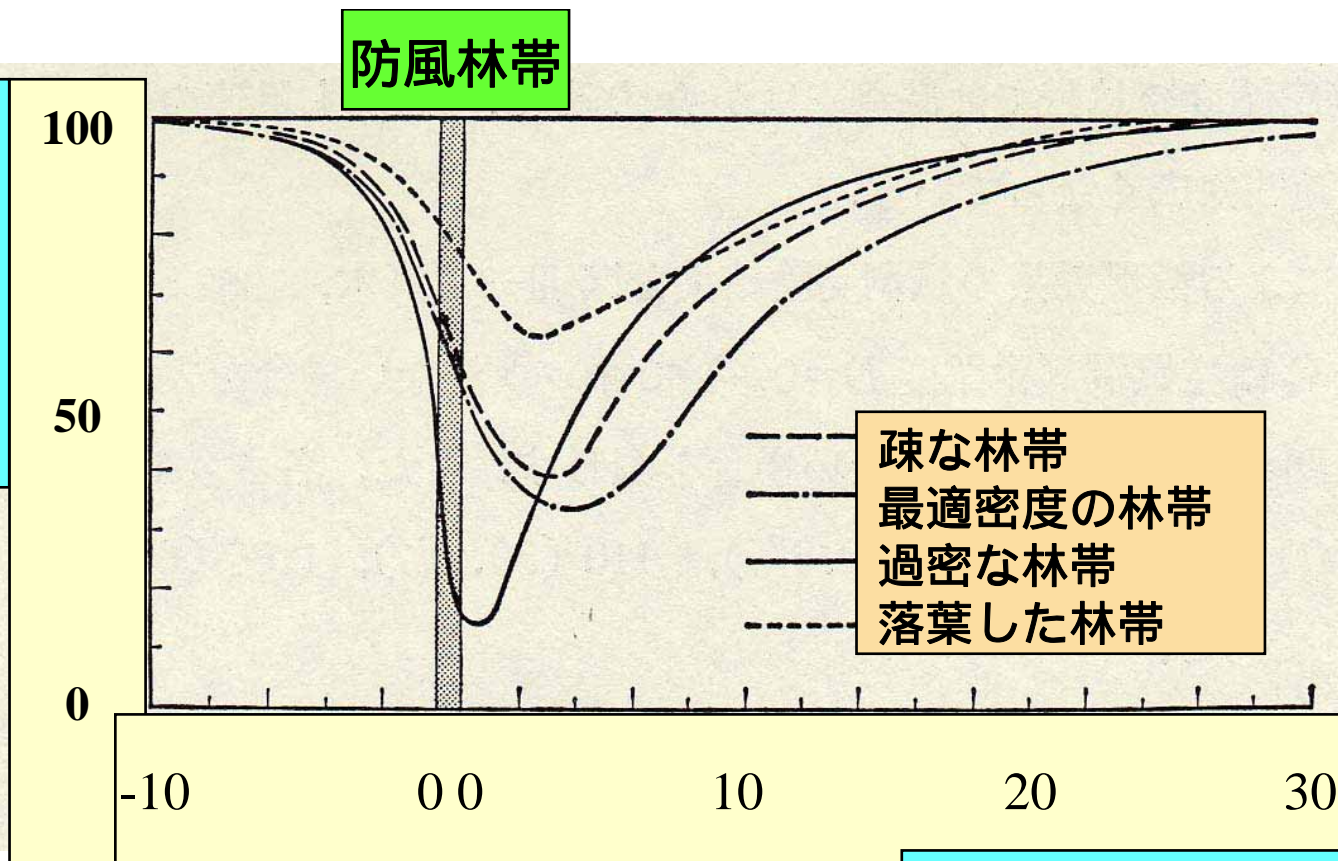
(東京都環境科学研究所)

防風林の効果は、その密閉度（ふさがり具合）によって、防風効果範囲が変わる。

密閉度が低過ぎると、減風距離は小さくなり、密閉度が高過ぎると、防風林直後では減風が大きいですが、風速の回復が早く、効果範囲は返って小さくなる。

最適の密閉度は、40～50%である。

相対風速 (%)

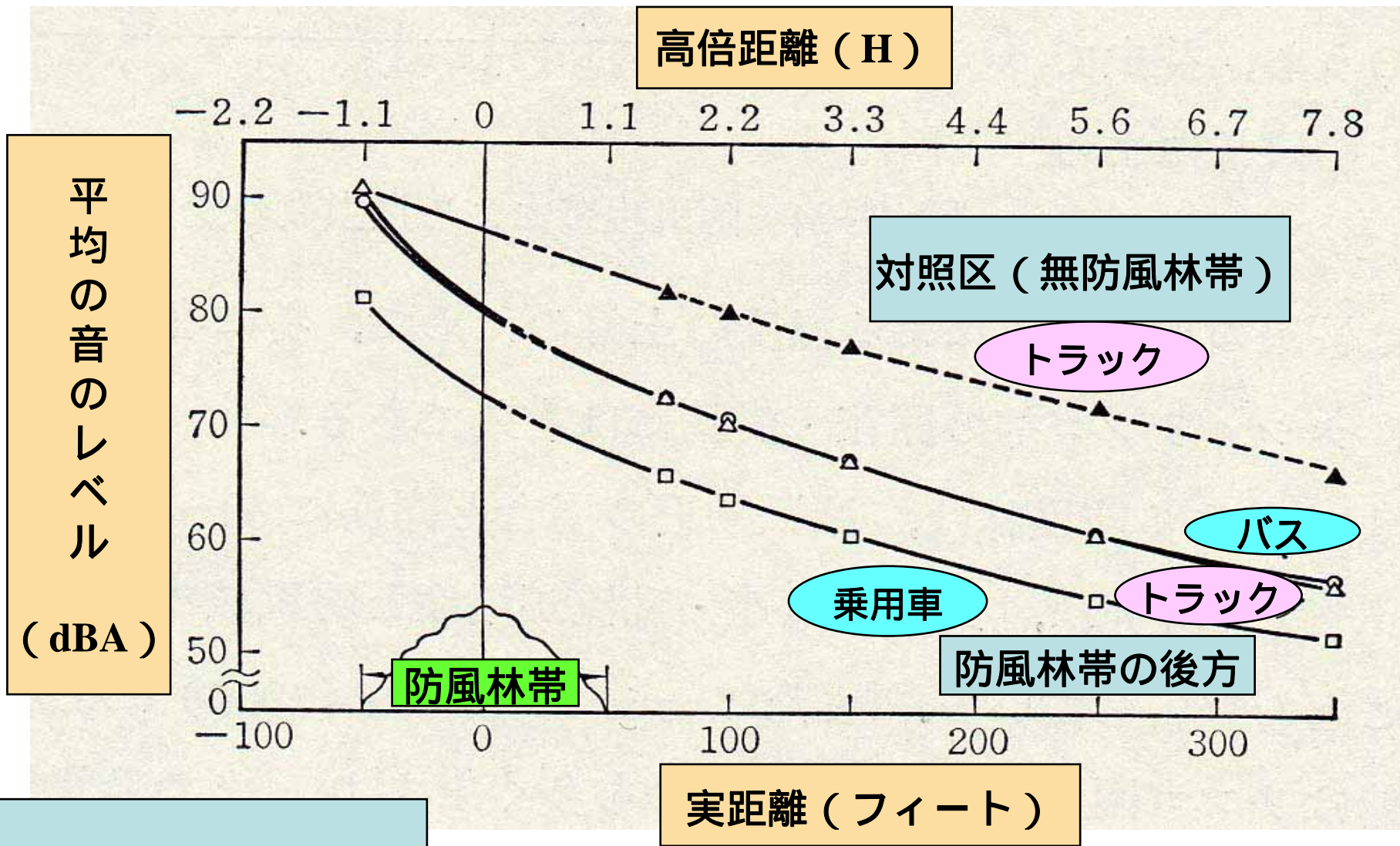


高倍距離 (H)

図8 . 防風林の密閉度による減風効果

高倍距離：防風林の高さ (H) の倍数で表した距離。
- は風上側、+ は風下側

(櫻山、1967; 真木、1987)



騒音は、トラックの場合には、防風林帯の後方では約10dBA減少する。

図9. 防風林帯の樹木による防音効果

(Cook & Haverbeke, 1971; 真木, 1987)

雨水流出抑制・遅延効果は降雨量、降雨強度、無降雨期間等により異なる。

右図は土壌厚15cmの芝生植栽の、30分間ごとの降雨量、流出量の実測値である。

夏季（8月の1ヶ月間）は降雨の内の約40%を、植物の蒸散作用により空中に放出している。

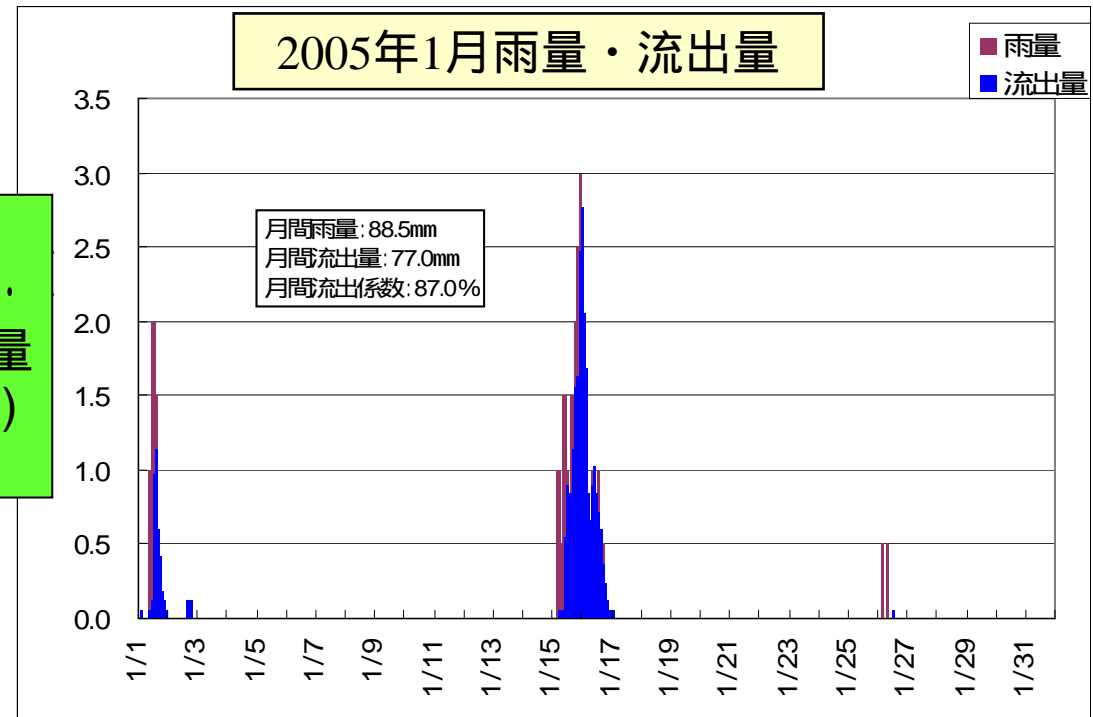
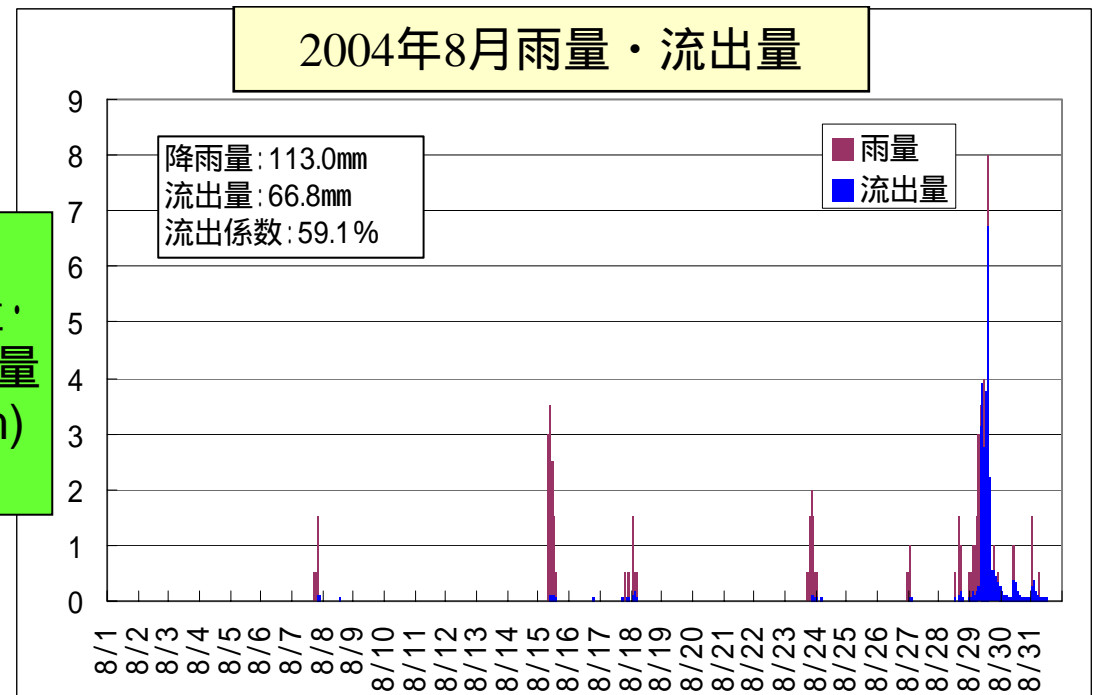
冬季（1月の1ヶ月間）は植物の蒸散作用が少ないため、降雨の内の約13%しか空中に放出していない。

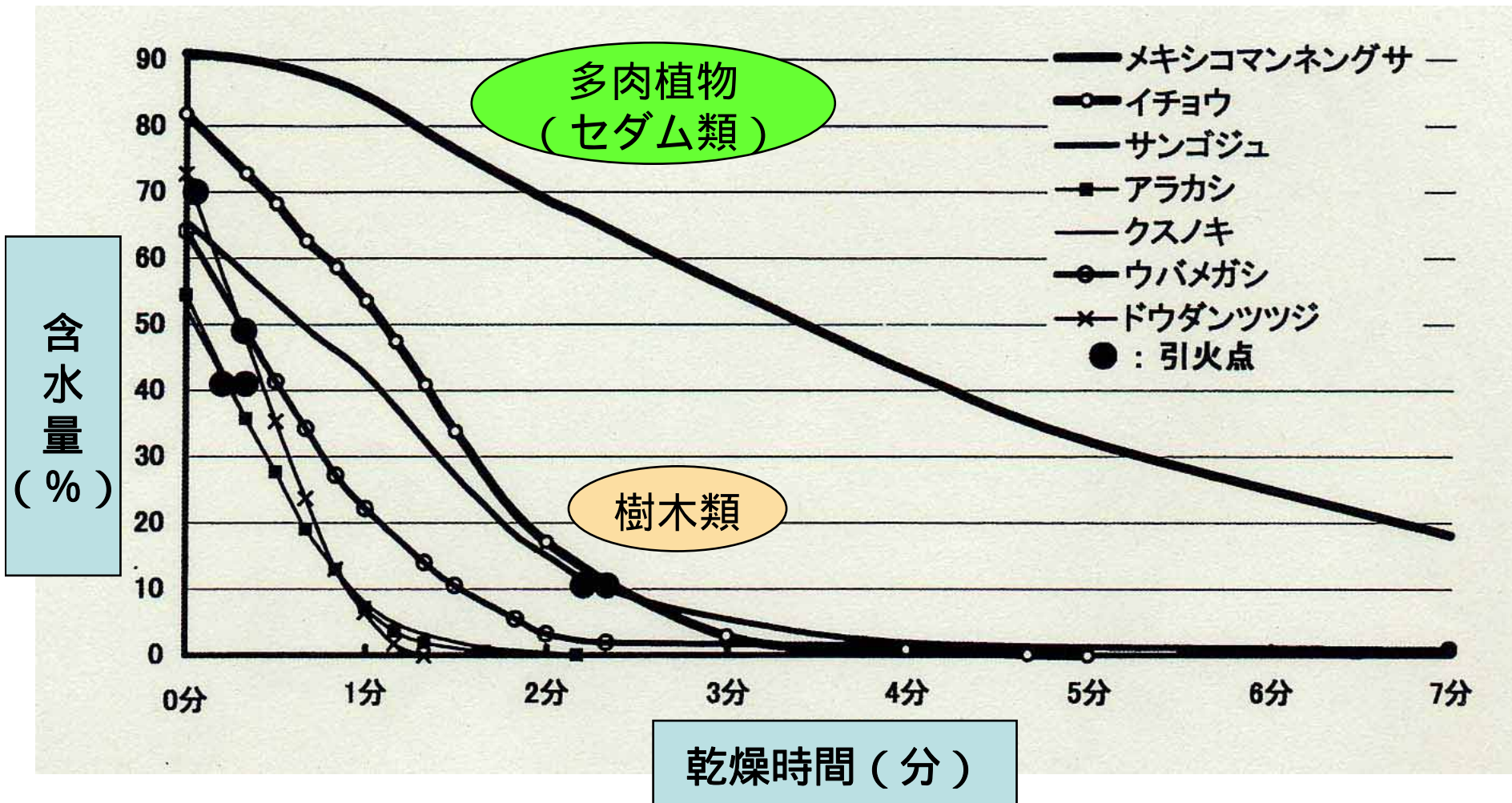
図10．雨水流出の抑制・遅延効果

出典：環境に配慮した特殊緑化の技術開発(その2)報告書、平成17年3月（独立行政法人 都市再生機構 都市住宅技術研究所、2005）

雨量・流出量 (mm)

雨量・流出量 (mm)

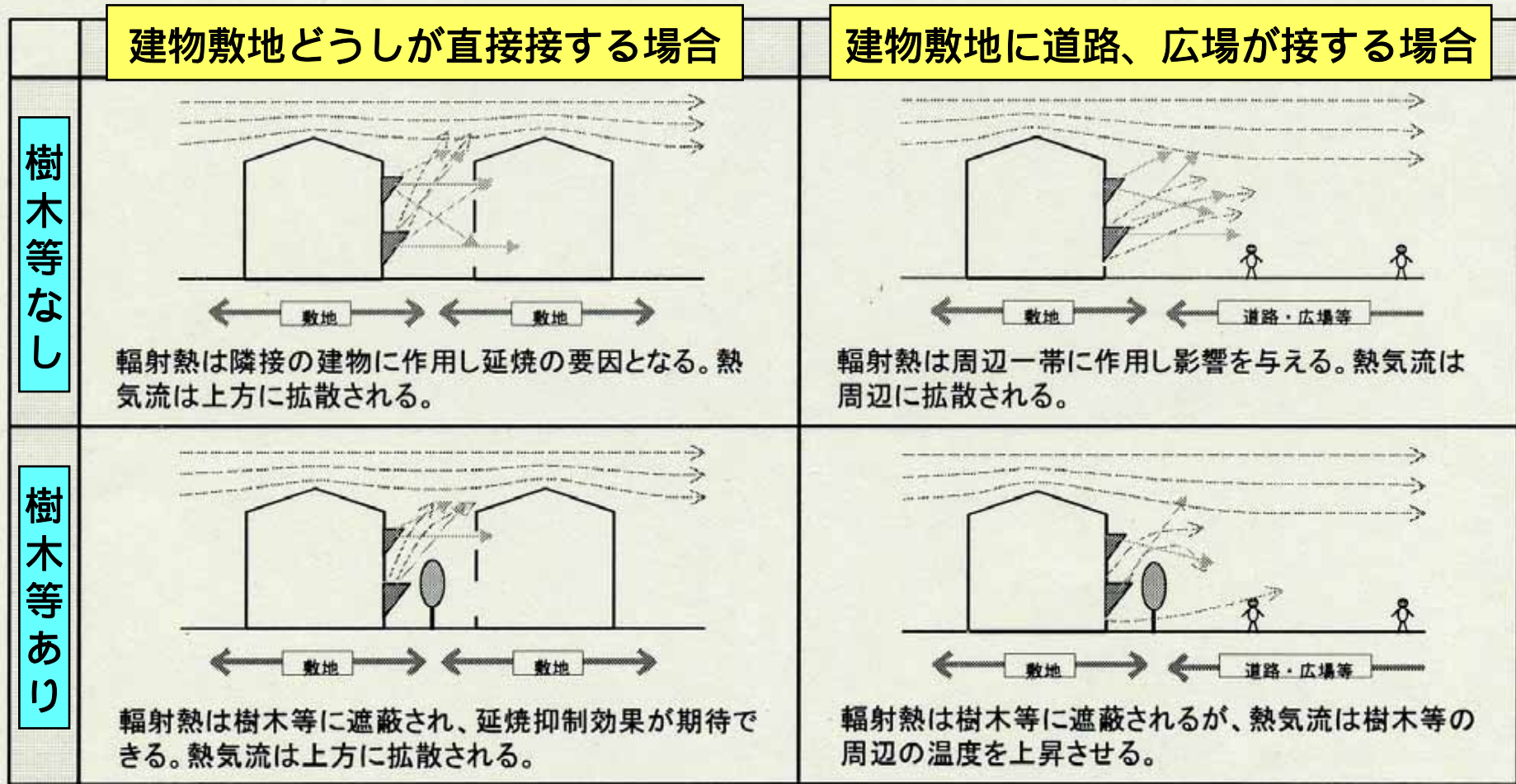




イチョウやサンゴジュの葉はその他の樹木と比較して引火しにくいことを意味する。
 メキシコマンネングサ（セダム類）は屋上緑化用の草本植物。

図11. 加熱による樹種別含水率の減少推移と引火点

（石田・斉藤、2001；松村ら、2006）



樹木等があると、風下側の建物に延焼抑制効果があり、輻射熱を遮蔽するため、避難路確保に有効である。

図12. 火炎近傍における樹木等の防火効果

(参考：岩河、1984)