

(継続課題)

NO.	9	技術開発 課題名	雨水利用壁面緑化による暑熱環境の改善および省エネルギーの効果を定 量化する熱・水収支的評価技術の開発		
事業者	・山本晴彦 国立大学法人山口大学 農学部生物資源環境科学科 教授 ・高山 成 常翔学園 大阪工業大学 工学部環境工学科 講師 ・伊藤重稔 山口菱洋システム株式会社 営業部 部長				
技術開発 経費の総額 (予定)	約 27	百万円	技術開発 の期間	平成 21 年度～ 23 年度	
☒ 1 住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発 ☐ 2 住宅等に係る省資源、廃棄物削減に資する技術開発 ☐ 3 住宅等の安全性の向上性に資する技術開発					
背景・目的	わが国は京都議定書の批准により、2008年から2012年までの期間に温室効果ガス6種を1990年比-6%削減する義務を負っているが、環境省の速報によると2009年度の段階で家庭部門から排出される温室効果ガスは、1990年比+26.9%とオフィス等の部門に次いで大きな伸び率となっている。東京電力管内（1都8県）で気温が1℃上昇すると、ピーク時の最大電力が約166万kW増加するとの試算もあり、都市緑化を推進するとともに個別の住宅等に対して低コストで効果が大きい暑熱対策を行うことにより、暑熱緩和および省エネルギーを実現することが強く求められている。 建造物壁面に植栽を施す「壁面緑化」は、日射を遮り建造物に吸収される日射エネルギーを減少させる「日傘効果」、植生の蒸発散による気化潜熱の消費による「気化熱冷却効果」の2種類の暑熱緩和機能がある。国土交通省の調査によると壁面緑化の施工面積は2006年から急速に拡大している。2000年から2009年までの施工面積は31万7千m²を超え、これは東京・日比谷公園の約2倍の面積に相当する。高い暑熱緩和効果が期待され都市空間に緑地を拡大する手段としても有効な壁面緑化であるが、解決すべき問題点として、水利用効率の向上と省エネルギー効果の定量的な算定方法の開発が挙げられる。緑化物の急速な拡大は、一方で生活用水や工業用水など都市機能に直結した水資源を逼迫させる。例えば、東京都の「緑の東京計画」では、15年間で1200haの建築物緑化整備を目標としているが、単位面積当たりの日蒸散量を5mmと見積もると、夏季（7～9月）のみでも600万立方メートルの水需要が生じる計算となり、これは東京都全体の1.5日分の水消費量にも相当する。壁面緑化については、建造物の緑化義務化など緑化普及推進制度を設ける自治体の増加などを背景に、2009年時点の施工面積累計は2000年の約136倍と大幅に拡大している（国土交通省；全国屋上・壁面緑化施工面積調査）。しかし、壁面緑化による暑熱環境改善効果に関しては、緑化パネルを設置した試験区における表面温度や熱収支の比較観測に基づく事例解析的な研究例（例えば、Ichinose et al., J. Environ. Eng., 2006; Yamada, Landscape Study, 2003）による定性的な評価が先行している。壁面緑化の持つ暑熱緩和機能の定量解析まで踏み込んだ研究事例は、大規模屋上緑化建築「アクロス福岡」を対象とした高山・山本他（農業気象、2008）、パネル型壁面緑化の室内外の熱環境負荷を扱った藤堂ら（日本建築学会環境系論文集、2008）など限られている現状があり、壁面緑化により得られる放射・熱収支的な暑熱緩和効果や建物内における暑熱ストレスといった尺度による、より定量的な評価方法の開発が必要である。日本学術会議は、2007年に「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—」において、「現在では屋上緑化等の工法技術開発が先行するものの、緑化によるヒートアイランド緩和効果や植生の状態を評価する指標や方法が確立されておらず、多くの混乱と失敗があるのが現状である」と指摘している。実際、セダム、コケなどバイオマスの小さい植物を植栽したサイディングパネルを壁面に施工するタイプでは、壁面緑化システムとして水利用効率を含めたトータルな省エネルギー効果は、考慮されているとは言い難い。				

■技術開発の概要

近年、都市におけるヒートアイランド現象が深刻な問題となっており、熱中症や睡眠障害など人への健康影響、植物の開花時期など生態系への影響、冷房の増加による夏季電力消費の増加など、様々な影響をもたらしている。こうした状況の中、原子力発電の供給量不足に起因して、首都圏を中心に夏季の電力需給の逼迫が懸念されており、都市緑化を推進するとともに個別の住宅等に対して低コストで効果が大きい暑熱対策を行うことにより、暑熱緩和および省エネルギーを実現することが強く求められている。高い暑熱緩和効果が期待され都市空間に緑地を拡大する手段としても有効な壁面緑化であるが、暑熱緩和効果の評価について、物理的な過程を考慮した総合的かつ定量的な評価方法に関して、有効な知見が見当たらないのが現状である。

本応募課題では、一般に「緑のカーテン」と呼ばれる登はん型の壁面緑化を実験対象に、雨水を貯留・利用した灌水に対して得られる暑熱緩和効果とそれに伴う空調負荷やヒトへの熱ストレスの軽減効果（省エネルギー効果）を、定量的に評価する方法を提案する。研究により得られた評価システムを使って、省エネルギー効果を含めた暑熱環境の改善効果を、一般の人が容易に評価・診断ができる技術パッケージの開発を行う。「人体熱収支モデルに基づく暑熱ストレス評価技術（高山・山本他、2008；平成18-20年度住宅・建築関連先導技術開発助成事業における研究成果の一部）」等、これまで実施してきた研究の成果を活用する。

平成23年度は研究開発細目のうち下記について実施する。

(2) 「緑のカーテン」および建物壁面における放射・熱収支解析（平成21年度～23年度）

H. 21年度に試作した「緑のカーテン」周辺における植物・気象環境に関するデータに基づいて、植物葉が繁茂することによって生じる日射の遮蔽度（日傘効果）の定量化モデルを提案した。このモデルをH. 22年度は別の建築物に対して適用し、気象観測により収集した検証用データに基づいて、「緑のカーテン」導入時の窓面の透過日射熱負荷量の算定について検証を行った。その結果、日傘効果の定量化モデルは良好な性能を示した。H. 23年度は、任意の建築物の室内熱環境に関して、①定時気象観測データのみを用いた総熱負荷量および室温の推定、②夜間の放射冷却過程を含めた連続的な解析、の2点を可能とするべく開発したモデルの改良を行う。

(3) 建物内における暑熱ストレスの定量評価法の開発（平成21年度～23年度）

項目(2)において、定時気象観測データに基づいて対象とする部屋の総熱負荷量を計算し室温を推定するモデルの構築を検討する。項目(3)ではこのモデルにH. 18-20年度住宅・建築関連先導技術開発助成事業において山口大学で開発した、人体熱収支モデルに基づく「暑熱ストレス指数」の評価技術を加えた、「緑のカーテンによる暑熱環境の改善および省エネルギー効果の定量化プログラム」の提案を行う。H. 22年度は、「暑熱ストレス指数」を屋内環境に適用するために、室内の平均放射温度(赤外放射量)を推定する方法について検討した。H. 23年度は暑熱ストレス指数について、大気の湿潤度と発汗過程を考慮したモデルへの改良を検討し、「緑のカーテン」の設置によって室内空間のヒトが受ける暑熱ストレスがどのように変化するのか、定量的に評価する手法を確立する。

(4) 「緑のカーテン」の水利用効率の定量評価（平成22年度～23年度）

H. 23年度は引き続き、(1)で試作した実験用雨水貯留式プランタで「緑のカーテン」の植物体からの蒸発散量、土壌貯留量、雨水補足量の連続観測を行う。得られたデータから植物体の水利用量を算定し、項目(2)、(3)で得られた結果も利用して、基準蒸発散量から水利用を算定するモデルを構築する。「緑のカーテンによる暑熱環境の改善および省エネルギー効果の定量化プログラム」に灌水量に対する蒸発散効率、得られた暑熱緩和効果に対する「緑のカーテン」システムの水利用効率を評価する機能の開発を行う。

(5) 「緑のカーテン」の暑熱緩和・省エネルギー効果評価技術の開発と最適な「緑のカーテン」の提案（23年度）

項目(1)から(4)を取り纏め、雨水利用汎用型壁面緑化「緑のカーテン」の導入により得られる暑熱環境改善効果と、それに対する必要水資源量および省エネルギー効果が、建物性能および気候など数種類の条件を設定することにより、簡易に算定できる評価システムのパッケージを開発する。H. 22年度より既に「緑のカーテンによる暑熱環境の改善および省エネルギー効果の定量化プログラム」として、開発のための技術移転に着手している。また、低コストで高い暑熱環境改善効果が期待できる「緑のカーテン」の最適なシステム構成について提案を行う。

総評

雨水利用は、資源・エネルギーバランスの観点からは重要なテーマであり、かつ、緑のカーテンの環境改善効果の数値化は、今般の重要な課題である。順調に進められている「緑のカーテン」による検証、暑熱ストレスの定量評価法の開発等のこれまでの成果を活かして、住宅用プログラムパッケージ等の成果の普及・実用化に期待したい。