

石炭灰を有効利用した屋上緑化技術の開発

Development of a Roof Greening Technology Using Coal Ash

上杉章雄¹

Akio Uesugi

【要旨】

新しい屋上緑化技術であるCA屋上緑化システムを開発した。この技術の要点は人工軽量土壌である「CAソイル」と断熱性の高い排水板である「CAパネル」にある。CAソイルは材料に産業副産物を100%用いており、主材料は石炭灰（クリンカアッシュ）である。CAパネルは発泡スチロール製である。

CA屋上緑化システムにて植物生育試験を実施した結果、芝を土壌厚さ10cmで持続的に生育させられることが検証された。土壌厚さ30cmにて様々な植物（低木類や地被類など）を生育させることが可能であることが検証された。各部材の熱伝導率値を用いて仮想の建物について空調負荷計算を行った結果、当システムの断熱効果の高さが検証された。

【キーワード】 屋上緑化 産業副産物 石炭灰 リサイクル 断熱効果

1. はじめに

平成13年4月より東京都では一定の規模以上の新築建物および増・改築について屋上緑化が義務化された。これ以前にも屋上緑化は、都市におけるヒートアイランド現象の緩和や、建物最上階の居住環境の改善に効果が高いとして注目されており、屋上緑化を推進するための助成策などもある程度は存在した。しかし東京都での義務化を契機に、各地方自治体でも次々と助成策が打ち出されており、屋上緑化のニーズが今までになく高まっているのが今日の状況である。

一方、産業副産物の有効利用が社会的な課題となっており、建設業者にも産業副産物を有効利用した付加価値の高い技術商品の提案が求められている。

このような背景を受け、当社と(株)鴻池組、三井住友建設(株)が共同開発し商品化した、石炭灰を有効利用した屋上緑化技術が「CA屋上緑化システム」である。本報ではこのCA屋上緑化システム(以下、「当システム」という)の概要および性能の検証結果について述べる。

2. CA屋上緑化システムの概要

2.1 CA屋上緑化システムの構造

図-1に当システムの断面模式図を示す。

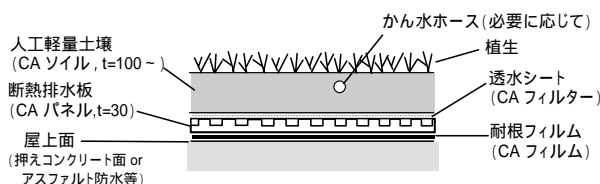


図-1 CA屋上緑化システム模式断面図

当システムは屋上に植物の生育可能な土壌層を造成した後に植物を植栽するタイプの工法である。

標準構成は、図-1のように屋上面より耐根フィルム(CAフィルム)、断熱排水板(CAパネル)、透水シート(CAフィルター)、人工軽量土壌(CAソイル)からなっている。写真-1にCAソイル、写真-2にCAパネルを示す。

当システムにおける排水機構について、当システム上に降った雨は、まずCAソイルに吸収される。吸収しきれなかった分はCAフィルターを通過しCAパネルにあ

る程度貯水される(この貯水については後述).貯水容量を超えた水はCAパネル下方に落ち,CAフィルム上を屋上の勾配に従って流れていく.



写真 - 1 CAソイル

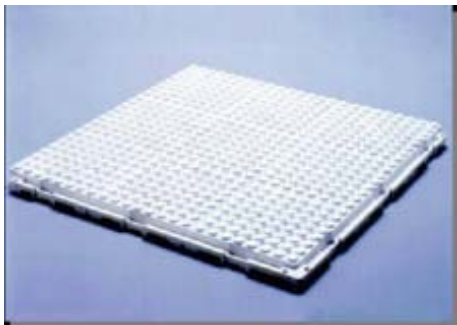


写真 - 2 CAパネル

2.2 CA屋上緑化システムの施工手順

施工手順の概要を写真 - 3 に示した. CAフィルム, CAパネル, CAフィルターを順に敷設し, CAソイルを投入するのが基本手順となる. 写真の例のように見切り(植栽区画の壁)を必要とする場合はCAソイル投入前に見切りを設置する. 植物を植える段階ではかん水(水を注ぐこと)が必要となる. 樹木植栽の区画では雑草生育抑制および土壌飛散防止のためマルチング材(この事例では針葉樹皮加工品)でCAソイル表面を被覆する.

2.3 CA屋上緑化システムの特徴

CA屋上緑化システムの特徴は次のとおりである.

- 多様な植栽に対応
- リサイクル型商品
- 軽スポーツも可能
- 低コスト
- 高い断熱性能

以下, 上記特徴について説明する.

多様な植栽に対応

建物の屋上は積載荷重に制限があるため, 屋上緑化のシステムには軽量性が求められる. 建築基準法では住宅・事務所などでは床構造用積載荷重値 $180\text{kg}/\text{m}^2$, 地震力用積載荷重値 $60\text{kg}/\text{m}^2$ となっている. これは屋上の各 1m^2 に 180kg までを載せられるが, 屋上全体では $60\text{kg}/\text{m}^2$ に納めなければならないと考えることができる. また実際には安全を見てより軽くしなければならない. そこでここ2~3年は薄層緑化タイプと呼ばれる緑化システムの需要が多い. このタイプは芝やセダムなど特定の植物の生育に特化した, $60\text{kg}/\text{m}^2$ 未満のシステムである. 住宅・事務所などの屋上でも全面緑化が可能だが, 薄層緑化タイプのみを用いたのではアメニティ性が低くなりがちである. これに対しCA屋上緑化システムでは単一の植物群だけでなく, 樹木や草花, 芝生など様々な種類の植栽が可能であり, アメニティ性の高い屋上緑化が実現できる.

リサイクル型商品

天然れきなどを主体としている人工軽量土壌では材料採取によって自然が破壊される可能性がある. このため屋上緑化用土壌には産業副産物などを有効利用すべきである. CAソイルは, 産業副産物 100% で構成されている. 主材料はクリンカアッシュである.

クリンカアッシュとは, 石炭火力発電所から副産物として排出される石炭灰(燃えがら)の一部分である. 石炭灰はクリンカアッシュとフライアッシュに区分される. クリンカアッシュは粒径が比較的大きく砂状を呈しており, フライアッシュは粒径が細かく粉末状を呈している. これら石炭灰はある程度は建設資材などに利用されているが, 埋め立てに用いられる分も相当量存在する. しかし近年は, 埋め立て用地不足の問題やリサイクル重視の情勢から石炭灰のさらなる有効活用が求められている. 一方, 前述のように屋上緑化システムには軽量性が求められる. このため屋上緑化に用いる土壌には, 軽量性および土壌厚さを薄くできるように高い保水性が要求される. クリンカアッシュは, 小さな穴が無数に空いた多孔質な材料である. このため軽量かつ保水性が高く, 屋上緑化用人工軽量土壌の材料として適した性質を持っている.



施工前



CAフィルム敷設



CAパネル敷設



CAフィルター敷設



CAソイル投入・敷き均し



植栽



かん水



マルチング



完成

写真 - 3 CA屋上緑化システム施工手順

そこで筆者らはCAソイルの開発により、石炭灰の有効活用と高性能な人工軽量土壌の開発を両立させた。

CAソイルはクリンカアッシュを主材料に、植栽用土壌としての性能を向上させるために植物性の繊維類などの副材料を配合して作られている。クリンカアッシュが容積の70%程度を占める。副材料も農産物を採取した後の副産物である。CAソイルは100%産業副産物から製造されたリサイクル型の人工軽量土壌である。

軽スポーツも可能

様々な人工軽量土壌の中には、粒子が軟らかいあるいは砕けやすいものがある。そのような土壌では芝生にした場合には上に載って歩き回るのに適さない。これに対しCAソイルは材料であるクリンカアッシュに適度な硬さと強度があるため、沈み込みが少なく粒子も砕けない。また砂に近い粒径を持つため人の踏みつけを受けても固

結しにくい。これらの結果、芝生にして歩いたり軽スポーツをするのに大変適している。

低コスト

産業副産物を材料とするCAソイルは材料コストが安いので比較的low価格とすることができる。

高い断熱性能

発泡スチロール製の断熱排水板「CAパネル」によって屋上外断熱としての性能が高い。このことから直下階の室内温熱環境の改善（暑さ寒さを緩和する）と空調負荷低減による省エネルギーが期待できる。

また、断熱効果が高いとともにクッション性が高く防水層の保護にもなることから、新築あるいは屋上防水改修工事の場合、当システムの設置を前提とすれば図-2のように屋上外断熱材や押さえコンクリートを省略できる場合がある。

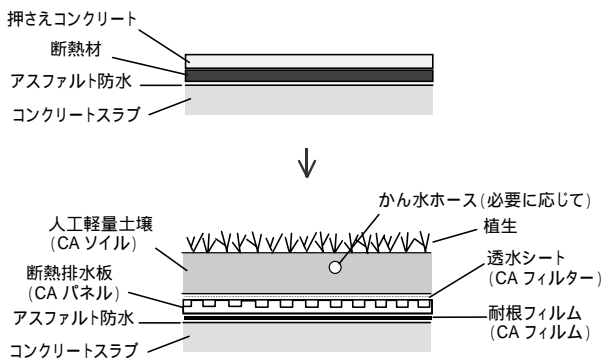


図 - 2 CA屋上緑化システムによる押さえコンクリートおよび外断熱材の省略（上：押さえ断熱アスファルト防水，下：当該防水仕様の場所を緑化した場合）

3. CA屋上緑化システムの性能評価

3.1 各部材の性能について

(1) CAソイル

CAソイルの単体の性能については共同開発者により測定された¹⁾²⁾。

CAソイルの物理性を表 - 1 に示す。(財)都市緑化技術開発機構で定められている目安³⁾などを基準値として併記した。

表 - 1 CAソイルの物理性

評価項目	CAソイル	基準値	評価
荷重時圧縮率 (%)	17	-	-
湿潤時 (pF1.5 時) 重量 (t/m ³)	0.82	軽量 ~ 1.0 超軽量 ~ 0.6	軽量
飽和透水係数 (cm/s)	5.2 × 10 ⁻²	1.0 × 10 ⁻³ ~	基準を満たす
有効水分量 (l/m ³) pF1.5 ~ 3.8	210	標準 100 ~ 200, 大 200 ~	大
三相分布	固相	24	-
	液相	32	-
	気相	44	-
設計 CBR (%)	4.1	-	-
熱伝導率 (pF3.0 時) (W・m ⁻¹ ・K ⁻¹)	0.297	-	-

三相分布は pF1.5 時の値である。

湿潤時重量は 0.82 t/m³ であり、十分に軽量である（なお、pF とは土壤の湿り具合を示す数値で、小さい方が湿っている状態、大きい方が乾燥した状態を表す）。飽和透水係数は土壤の排水性の良否を表す。基準よりかな

り大きく、排水性が高いことが分かる。有効水分量は土壤の保水力の目安となる。pF1.5 から pF3.8 の間に保持していた水分が 210 l/m³ であり、基準からは大と判定される。保水力も高いことが示された。三相分布の値は植栽用土壤として適した範囲にある。設計 CBR は土壤の地盤としての支持力を示す数値である。人が歩行するのに差し支えない値となっている。熱伝導率は断熱性能を示す値である。断熱性能については後述する。

次に CAソイルの化学性について表 - 2 に示す。(財)都市緑化技術開発機構で定められている目安³⁾などを基準値として併記した。

表 - 2 CAソイルの化学性

評価項目	CAソイル	基準値	評価
pH	6.8 ~ 7.4	5.0 ~ 7.5	基準を満たす
CEC (cmol(+)/kg)	11	6.0 ~	基準を満たす
EC (mS/cm)	0.21	~ 1.0	基準を満たす

化学性の面でも CAソイルは基準値を十分に満足している。

以上のように CAソイルは物理性、化学性ともに屋上緑化用人工軽量土壤として必要十分な性能を持っていると分かった。

(2) CAフィルター

ポリエステル素材の不織布であり透水性に優れる。厚さ 1.1mm、透水係数は 1.8 × 10⁻¹ である。

(3) CAパネル

発砲スチロール製 (20 倍発泡) の軽量排水パネルである。耐圧性にも優れる。厚さが 29mm、55mm、75mm の 3 タイプがあり、通常は 29mm タイプを用いる。パネルの上・下面には凹凸があり速やかな排水を行うとともに、上面の凹部に貯水機能を持つ。29mm タイプで 3.0l/m² の貯水が可能である。熱伝導率は 0.031W/(m・K) である。この値は建材用断熱材と同等の断熱性能である。

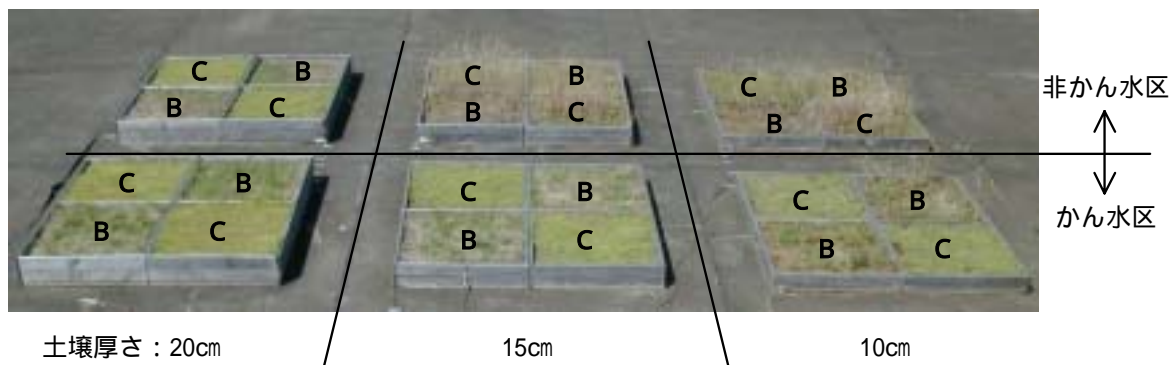


写真 - 4 芝生育試験区状況 (BおよびCは土壌の配合名を示す。)

(4) CAフィルム

ポリエチレンシート (厚さ 0.15mm) の下面に発泡ポリエチレンシート (厚さ 1.80mm) を複合ラミネートした遮水シートである。上面のポリエチレンシートが根を止め、クッション効果を持つ下面の発泡ポリエチレンシートが現場作業時の異物によるシート破損を防止する。

3.2 システムとしての性能について

(1) 芝生の生育について

CA屋上緑化システムの植物生育に関する性能を評価するため、千葉県野田市にある飛鳥建設(株)技術研究所屋上 (2階) にて生育試験を行った。

a) 試験方法

生育試験区には写真 - 4 のように木製の植栽枠を 6 つ設置し、各小区画に CA屋上緑化システムを組み込み、コウライシバ (造園上の名称、植物学上の標準和名ではコウシュンシバ) を植栽した。各植栽枠の大きさは 2m × 2m であり、木製板で 1m 四方の小区画に区切られている。土壌厚さは 10cm, 15cm, 20cm の 3 段階に設定した。また CAソイルについては 2 種類の配合 (BおよびC) を比較した。C 配合は通常使用している配合 (表 - 1 および 2 の性能を示す配合) であり、B 配合は C 配合と副材料の種類が異なる。またかん水の頻度を 2 段階設定しそれぞれ「かん水区」、「非かん水区」とした。

b) 管理状況

芝の植栽は平成 13 年 7 月 2 日に行った。以後、表 - 3 に示す頻度および量でかん水を行った。かん水はシャワー口を取り付けたホースを用いて上から人力散水する方法で行った。植栽後 1 週目は、かん水区・非かん水区の両区画とも活着を促すために 2 回/日でかん水を行い、

2 週目以降はかん水頻度を 1~2 回/週に変更した。かん水頻度の変更に伴い 2 週目は芝の生育が一時的に劣化した。非かん水区では 7 月 17 日以降かん水を停止したが、8 月 17 日に 1 回のみかん水を行った。この際には土壌がかなり乾燥しており、植栽区画下端から水が流出するまでかん水した。なおこの年、関東地方は猛暑に見舞われ、試験地では植栽日から 8 月上旬までは晴天日が多く、7 月 20 日から 8 月 10 日の 22 日間はまとまった降雨がなかった。かん水区では 7 月 17 日以降も定期的にかん水を行った。

2 年目は 5 月末から 6 月上旬にかけて、最高気温 30 前後の高温で無降雨の時期が約 2 週間続き、芝が水分不足の状態を示したが、その後梅雨に入り回復した。夏季については、ほぼ 1 週間おきにまとまった降雨があった。かん水区にのみ 8 月 13 日の 1 回かん水を行った。その前 8 日間は無降雨 (晴れ 7 日、くもり 1 日) であった。植栽区画下端から水が流出するまでかん水した結果、いずれの土壌厚さでも約 36l/m² となった。

3 年目の夏季は冷夏で、かん水は全く行わなかった。かん水以外の管理については、1 年目の 8 月 24 日に芝刈りを実施した。刈り高は 1.5~2.0cm とした。芝刈りはこれ以外に行わなかった。1~3 年目を通じて、芝の植被が低くなった箇所では張り芝の土壌に含まれていたと考えられる様々な雑草 (主にメヒシバ、コニシキソウ、コゴメガヤツリなど) が出現した。またキク科高茎草本 (ヒメムカシヨモギ、オオアレチノギクなど) が芝の生育が不良な区画だけでなく良好な区画にも出現した。キク科高茎草本については基本的に抜き取り除去した。それ以外の雑草については芝の生育が良好な区画において高さ 10cm 程度以上に成長した個体のみ除去した。

表 - 3 芝へのかん水記録

年	週	日付	かん水・降雨の有無および時間帯							かん水 頻度	区画別かん水の有無		土壌厚さ別灌水量 (l/m ²)		
			日	月	火	水	木	金	土		かん水区	非かん水区	10cm	15cm	20cm
1	1	7/1~7		P	A・P	A・P	A・P	A・		2回/日			5	7.5	10
	2	7/8~14		A					P	2回/週			5	7.5	10
	3	7/15~21		P						1回/週			6	9	12
	4	7/22~28		P				P		2回/週		×	6	9	12
	5	7/29~8/4		P				P		2回/週		×	6	9	12
	6	8/5~11		P				P		2回/週		×	6	9	12
	7	8/12~18						A		1回/週	×		18	24	30
	8	8/19~25		P				P		2回/週		×	6	9	12
	9	8/26~9/1								なし	×	×	-	-	-
2	-	8/13	-	-	-	-	-	-	-	1回/年		×	約 36	約 36	約 36
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	なし	×	×	0	0	0

凡例：Aは午前中（主に8:30頃）にかん水，Pは午後（主に16:00頃）にかん水したことを，はタ立，はタ立以外の降雨を示す．かん水の有無はが実施したことを×が実施しなかったことを示す．

c) 結果および考察

各年 10 月における芝の生育状況を表 - 4 に示す．1 年目に良好な生育(植被率 80%以上)を示した区画では，2 年目および 3 年目も良好な生育が維持された．B 配合は生育結果が悪く，これは保水能力が低かったためと考えられる．C 配合については，非かん水区では土壌厚さ 20cm で十分な生育が得られた．かん水区では土壌厚さ 10cm でも十分な生育が得られた．

表 - 4 芝生育状況 (各年 10 月時点)

仕様	管理条件	かん水区			非かん水区		
		H13	H14	H15	H13	H14	H15
B	20cm				×	×	×
	15cm	×	×	×	×	×	×
	10cm	×	×	×	×	×	×
C	20cm						
	15cm				×	×	×
	10cm				×	×	×

凡例 : 植被率 80%以上 × : 植被率 80%未満

屋上緑化においては高温・乾燥条件にさらされる夏季が植物にとって最も厳しい時期であって，この夏季を問題なく過ごせるかどうか重要である．また，コウライシバの植栽適期は当該試験地では 3~5 月であり，7 月という試験開始時期は非常に厳しい条件である．そのため当試験においては，1 年目は真夏の施工が可能かどうか

の評価，2 年目以降は芝が十分に活着した状態での夏季生育の評価が主な目的である．

試験結果より，C A 屋上緑化システムで芝を生育させる場合，真夏の施工でもかん水を十分に行えば土壌厚さ 10cm にて芝の生育が可能，十分に活着すれば土壌厚さ 10cm にてほとんどかん水無しに芝の生育が可能（平成 16 年 1 月現在，施工後 29 ヶ月までについて），であるといえる．

(2) 低木類の生育について

a) 試験方法

上記芝生育試験区画の近傍にて低木類の生育について試験を行った．試験状況を写真 - 5 に示す．



写真 - 5 低木類試験区

写真のように芝区画の両側に低木を植栽する区画を設けた．低木区の大きさはそれぞれ 1m 四方，芝区画の大きさは 3m × 2m，土壌の厚さはいずれも 30cm である．低木区ではマルチング材(針葉樹皮加工品)を約 5cm の厚さで用いて土壌表面を被覆した．

使用した土壌は，クリンカアッシュを主体としているが通常の C A ソイルとは配合の異なる物である．

低木は代表的な種類としてサツキおよびマメツゲを選定し、高さ 30～50cm のものを各枠に各種 2 本ずつ植栽した。

b) 管理状況

植栽は芝生育試験と同じく平成 13 年 7 月 2 日に行った。かん水は、芝生育試験のかん水区と同時に行った。1 回のかん水量は 15 または 18l/m²とした。

c) 結果および考察

上記管理の結果、施工後 29 ヶ月の平成 16 年 1 月現在において 8 本の低木全てが健全な生育状態を保っている。サツキについては平成 14 年春季および平成 15 年春季ともに多くの花を付けた。なお芝区画も健全な生育状態を維持している。

この試験に使用された配合の土壌は芝生育試験で用いた B 配合に近い物である。芝生育試験の結果から判断すると通常の C A ソイルの方が保水力に優れていると考えられる。よって通常の C A ソイルでも低木類を長期にわたり健全な状態で生育させようと考えられる。

(3) 様々な植物への適用性について

平成 14 年 4 月上旬に、茨城県つくば市にある(株)鴻池組の技術研究所屋上に C A 屋上緑化システムによる屋上緑化実証試験区画が施工された。ここでは芝(コウライシバ)の他に、土壌厚さ 30cm の区画に様々な植物が植栽された。具体的には落葉中木としてカツラ、ハウチワカエデ、常緑中木としてクログネモチ、ヒメユズリハ、サザンカ、落葉低木としてミツマタ、ヒュウガミズキ、ヤマブキ、ユキヤナギ、常緑低木としてトキワマンサク、アセビ、地被類としてヤブラン、リュウノヒゲ、ラミューム、イワダレソウ (*Lippia canescens*) である。平成 14 年秋季時点においてカツラ、ヒュウガミズキ、ヤマブキなどの生育状態はやや不良であったが、平成 15 年度には健全な状態に回復した。イワダレソウは平成 15 年度には消失したが、冬季の被害が大きかったと考えられる。それ以外は健全に生育している。

平成 14 年 4 月中旬に、千葉県流山市にある三井建設(株)(当時)の技術研究所屋上に C A 屋上緑化システムによる屋上緑化実証試験区画が施工された。ここでは土壌厚さ 30cm の区画に低木としてローズダリス(コニファー類)、地被類としてセイブロックゴールド(コニファー

類)、ハイビヤクシン(コニファー類)、ローズマリー、ピンカマジョール、タマリユウが植栽された。ピンカマジョールは夏季に生育が不良となったが、それ以外は平成 15 年秋季時点で健全に生育している。当試験区画ではマルチングとして C A ソイル表面を溶岩れきで被覆しているが、夏季にこれが熱を持ち高温となったことが生育不良の原因と考えられる。

上記 2 箇所での実証試験から、C A 屋上緑化システムによって様々な植物を健全に生育させることが基本的には可能であること、屋上という環境での生育に適した植物を選定する必要があること、が分かった。

(4) C A 屋上緑化システムの温度低減効果について

平成 13 年夏季に飛鳥建設(株)技術研究所屋上の芝生育試験区画において、気温(屋上面から約 1.4m の高さ)、屋上押さえコンクリート表面、芝表面付近の大気温度を測定した。日平均気温の高かった時期の代表日として 7 月 24 日を選び、1 日の温度変化を図 - 3, 4 に示した。

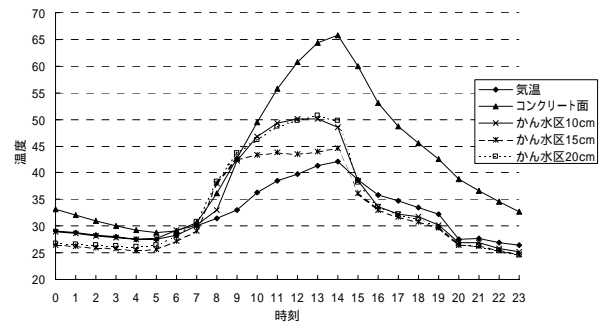


図 - 3 かん水区における芝付近大気温度

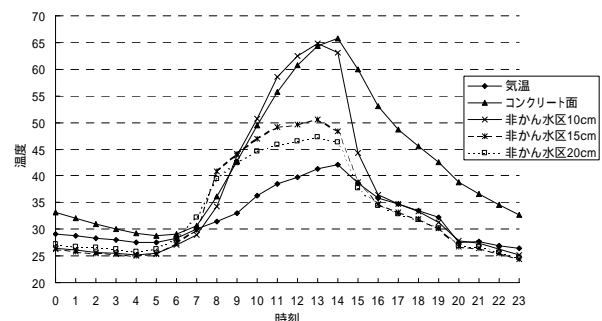


図 - 4 非かん水区における芝付近大気温度

当日の屋上気温は 40 以上に、押さえコンクリート表面の温度は 65 以上に達していた。これに対し芝表面付

近では、非かん水区土壌厚さ 10cm の区画の芝表面温度以外では、最高温度は約 50 以下に抑えられ、夜間には気温より低くなっていた。非かん水区土壌厚さ 10cm の区画で温度が高かったのは土壌が乾燥し植物からの十分な水分蒸発散がなかったためと考えられ、土壌が適度な量の水分を保持していれば C A 屋上緑化システムは屋上面の温度を低減させる効果を発揮できると考えられる。また当該試験においては 1 つの緑化区画が 2m×2m と小さいため緑化区画が周囲の屋上押さえコンクリート面の温度の影響を比較的受けやすい状態であったと考えられる。緑化区画の面積がより大きければ芝表面付近の大気温度はより低い値を示した可能性がある。

(5) C A 屋上緑化システムの断熱性能について

屋上緑化システムの断熱性能が高ければ、建物における空調負荷の低減（省エネルギー）に貢献することができる。C A 屋上緑化システムの断熱効果については、共同開発者によりシミュレーション（仮想の建物を想定した空調負荷計算）が行われた²⁾。ある建物を想定し、緑化なし、薄層緑化（植物はセダム類）、C A 屋上緑化システムによる緑化、について冷房・暖房の年間積算負荷を算出したところ表 - 5 に示す結果となった。

表 - 5 年間積算負荷（冷房 / 暖房）

	緑化なし	薄層緑化	C A 緑化
冷房期	20.4 (100.0%)	18.9 (92.6%)	14.9 (73.0%)
暖房期	25.2 (100.0%)	22.7 (90.1%)	14.8 (58.7%)

単位は Mcal/(m²・シーズン)である。

空調負荷計算では想定した建物の大きさや構造、屋上緑化の面積、屋上緑化の仕様などの条件によって結果が異なるためこの結果は一例であるが、C A 屋上緑化システムによる負荷低減効果は大きく、薄層緑化と比較しても 30%程度の年間負荷低減効果があることが分かった。

4. まとめ

石炭灰を有効活用した屋上緑化システムである C A 屋上緑化システムを開発し、その性能を植物生育の面および断熱性能の面から検証した。検証によって性能の高さが実証されたことから、今後とも都市環境における良質な緑空間の創出に C A 屋上緑化システムを用いて貢献していきたい。

謝辞

C A 屋上緑化システムの共同開発者である(株)鴻池組技術研究所の森哲男氏、三井住友建設(株)技術研究所の西尾新一氏をはじめ、技研興業(株)、三祐(株)、(株)三宝緑化、積水化成工業(株)の関係各位には多大なるご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 森 哲男：石炭灰を利用した緑化技術，鴻池組技術研究報告，Vol.13，pp.29～34，2003。
- 2) 西尾新一：屋上緑化システムの断熱効果の検証，三井建設技術研究報告 第27号 pp.103～106 2003。
- 3) 財団法人都市緑化技術開発機構編：環境共生時代の都市緑化技術 屋上・壁面緑化技術の手引き，大蔵省印刷局，pp.55～63，1999。

Summary The author developed a new roof greening technology, the "CA Roof Greening System." The points of this system are lightweight artificial soil, "CA-Soil," and insulated drain boards, "CA-Panels." CA-Soil is made of industrial by-products primarily including coal ash (clinker ash). CA-Panels are made of polystyrene foam. The plant growth tests by the CA Roof Greening System bore out that 10cm thick CA-Soil can grow turf (*Zoysia matrella*) continually, and that 30cm thick CA-Soil can grow various plants (shrubs and ground-cover-plants and so on). Calculation of the air-conditioning load using the thermal conductivity of each member bore out heat-insulating effect of this system.

[Keywords] roof greening, industrial by-products, coal ash, recycle, heat insulation effect