

セダムによる緑化工法の開発

Development of Green Planting Method by SEDUM

西 保* 小島 雅樹*
Tamotsu Nishi Masaki Kojima
長谷部 廣行** 新谷 壽教*
Hiroyuki Hasebe Toshinori Shinya
大道 将史*
Masafumi Daido

要 約

土木・建築分野に適用可能な緑化工法として、多肉植物の一種であるセダム類を用いた緑化工法を開発した。従来の芝、蔦などの緑化植物と比べてメンテナンスが少なく、ライフサイクルコストでは経済的な緑化工法を確立できる。都市部でのヒートアイランド現象の緩和には種々の緑化植物が多用されている。しかし、夏場の渇水期に散水を必要とする植物は、基本的に都市緑化には不向きである。このため、自然降雨のみで生育できるセダムを緑化工法に採用する意義は大きい。また、土木分野においてはメンテナンスに危険作業を伴わない景観修復技術・修景技術を提案することができる。国および各地方自治体は緑化制度の推進、補助制度の充実を進めていることから、今後さらに緑化が要求されるケースが多くなると考えられる。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 緑化植物
- § 3. 緑化の効果
- § 4. 建築分野の緑化工法
- § 5. 土木分野の緑化工法
- § 6. おわりに

§ 1. はじめに

近年、都市のヒートアイランド現象が社会問題となり、省エネルギー、都市部の自然生態系の保全・創出の観点から環境修復技術が求められている。また、国及び地方自治体においては緑化条例、助成制度を整備し、緑化の推進を図っている。以下に例をあげる。

■東京都自然保護条例

2000年4月の改正により、ビル緑化基準が加えられ、敷地面積250m²以上の公共施設や、1,000m²以上の民間建築物について、敷地面積から建築面積を除いた20%以上の地上緑化と、緑化可能な屋上面積の20%以上の緑化について緑化計画書の届け出と緑化完了時の届け出、維持管理を義務化した。

■都市緑地保全法

今回の改正では、緑化施設整備計画認定制度が創設され、都市における緑地の保全および緑化の推進に関する制度が定められた。

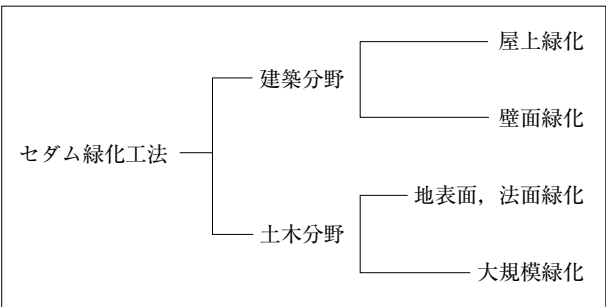
■助成制度

一定面積以上の屋上緑化や一定規模の接道部緑化などを行った場合、各自治体から一定の限度額を条件に緑化面積に応じた助成制度が整備されつつある。

これらのことから、技術研究所において建築分野での屋上緑化、壁面緑化などの都市緑化技術の開発および土木分野での景観修復技術の開発に取り組んできた。

現在、技術研究所が開発しているセダムによる緑化工法は表-1のとおりである。

表-1 西松建設の緑化工法への取り組み



* 技術研究所緑化チーム

** 企画技術部企画技術課

§ 2. 緑化植物

緑化に使われる植物は、芝などが多用されている。イニシャルコストは低いが、メンテナンスを含めると決して安価とはいえない。また、都市部においては夏場の渇水対策が必要な時に、十分な散水を必要とする草本類は不向きである。木本類を用いた屋上庭園もいくつか提案されているが、荷重の面で新築建物が対象となり、今後新築工事が少なくなる中で、既存建物のリニューアルを打ち出さざるを得ない状況ではなるべく荷重の小さいものが必要となってくる。

以上のことから、セダム類と呼ばれる多肉植物を選定した。セダム類はベンケイソウ科セダム属の総称で、山岳地や海岸地の岩場などに自生する多肉植物である。ヨーロッパ、メキシコ、日本、中国などに9亜属500種以上が分布するとされている。日本では古来より民家の延焼防止に用いられていた。ドイツなどでは緑化屋根の植栽材料としてすでに導入されている。

2-1 緑化用セダムの種類と性質

セダムの種類は数百種あるが、緑化には写真-1に示す種類が多用されている。

それぞれのセダムの性質は表-2のとおりで、他の植物にとっては過酷な環境下でも生育が可能である。

2-2 西松式緑化工法の特徴

セダム緑化工法の開発にあたり、生産者、培土メーカーなど社内外の専門家を集めたプロジェクトチームを組織した。その結果、標準的な植栽基盤（緑化基盤）材料にはヤシガラマットを採用した。ヤシガラマットは天然由来であるために環境にやさしく、大量供給が可能であることから、大幅なコストダウンが見込めるメリットがある。養分を与える培土層にはメーカーが開発した固化培土を用いた。この固化培土は、有機物を含む自然土を取り入れて、セダム用に開発されたもので、セダムのみを成長させ、雑草の成長を防ぐことができる。また、セダムの生育に必要な固化培土の厚さは2cm程度なため、軽量で、既存建物の屋上などにも適用が可能である。表-3に施工実績を示す。

2-3 セダム緑化の主な効果

建築分野におけるセダム緑化工法の主な効果として、ヒートアイランド現象の抑制がある。また緑化による断熱効果の向上により、冷暖房費の節約などの省エネルギー効果がある。さらに昼夜の温度差による建物の熱膨張収縮も緩和することができ、建物寿命の延長も期待できる。土木分野においては、効果的な景観修復が可能となるほか、高速道路などの中央分離帯および法面においては、除草、散水などの危険作業が不要となるため大幅

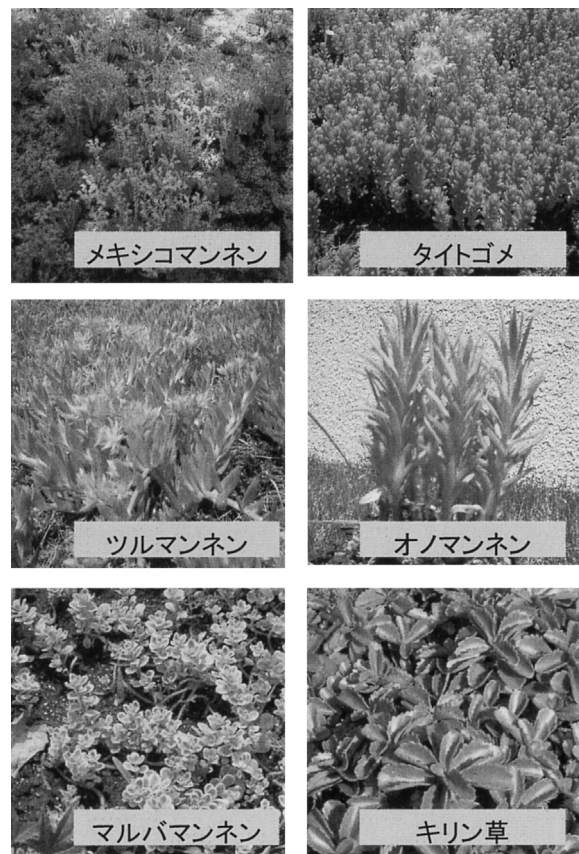


写真-1 セダムの種類

表-2 セダムの性質

種 類	耐暑性	耐寒性	耐塩性	耐乾性	伸行方向	繁茂力	耐影性	日照	季節性
メキシコマンネン	◎	○	×	◎	上	◎	○	○	
タイトゴメ	◎	○	◎	◎	上	○	○	◎	
ツルマンネン	◎	△	×	◎	横	◎	△	◎	冬枯れ
オノマンネン	◎	◎	×	◎	上	○	○	◎	地上部
マルバマンネン	◎	○	×	◎	上	○	◎	◎	
キリン草	◎	◎	◎	◎	上	○	○	◎	落葉

表-3 セダム緑化施工実績

適 用 工 事	施 工	部 位
高知自動車道大影トンネル坑口緑化	平成13年	セダム 623m ²
富士写真フィルム大阪支社屋上緑化	平成13年	屋上緑化 10m ²
長崎県時津町文化会館屋上緑化	平成14年	セダム 1428m ²
横浜ガーデンテニスクラブコート斜面緑化	平成13年	法面緑化 83m ²
宮前平1丁目マンション新築工事	平成14年	屋上緑化 59m ²
平塚住宅新築工事	平成14年	屋上緑化 155m ²
神戸市ひよどり台法面緑化試験施工	平成14年	法面緑化 10m ²
神戸市中央公園排気塔下部緑化工事	平成14年	地表面緑化 18m ²
神奈川大学12号館屋上緑化工事	平成13年	屋上緑化 72m ²

な維持管理費の軽減が図れる。

芝草類は稲科植物であることから昆虫が繁殖し、これらを捕食する鳥類が飛来することがある。セダムは昆虫

が寄り付きにくいいため、空港において鳥などがエンジンに飛び込むバードストライク事故の減少につながる可能性がある。

§ 3. 緑化の効果

3-1 実験概要

ヒートアイランド現象の改善策として、また、日射遮蔽による省エネルギー効果を期待して屋上緑化が注目されているが、屋上緑化によって空調負荷がどれだけ低減されるかはまだ十分に把握されていない。このため神奈川大学と共同で実験を行っている。本報告では以下の2項目について述べる。

- ・屋上緑化を適用した場合の室内外への熱流量を測定し、空調負荷低減効果を調査する。
- ・蒸散作用による冷却効果を把握するため、屋上に設置した緑化パレット内の含水率を測定する。

3-2 空調負荷低減効果の実測方法

空調負荷低減効果を調査するため、屋上に緑化植物等を設置し、室内外への熱流量を測定した。神奈川大学12号館の4室(W4500mm×D6600mm×H3200mm)とその屋上を使用して、各室に対応する屋上面にセダムによる緑化、芝生による緑化、植生をせずに土壌のみと現状のままの4種類を比較した。成長した植物の根が防水層に侵入、貫通することによって起こる漏水事故を防ぐため既存屋上の防水層の上には保護シートを敷設し、その上にステンレス製の容器に入れた緑化基盤を配置した。図-1にステンレスパレットの断面を示す。

建物概要を図-2に示す。

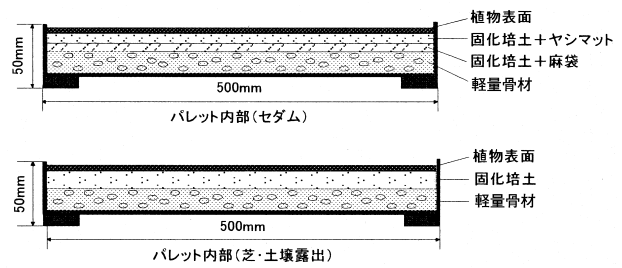


図-1 ステンレスパレット断面

各室内外への熱流量は、天井スラブ下面に設置した熱流計にて測定し、各点の温度測定はT型熱電対を用いた。これらの測定点は各室の南東側、北西側にそれぞれ2ヶ所に設置し、またペントハウス屋上にサーモカメラを設置して、屋上の表面温度を測定した。

3-3 各室熱流量の経時変化

図-3は12月16日における熱流量の測定結果である。各室の外気温との差が最大で3.2℃あった。冬期で空調運転が行われていないために、実測結果は室内側から外気側への熱の流出となった。現状のままの場合は日内変動が激しいのに比べて、セダム、芝、土壌露出の場合は変動が少なく、熱流量も小さい。流出熱量が低いほど保温効果があると評価できることから、セダムが最も保温効果があり、その次に土壌露出と芝生の効果が認められる。

なお、日射による室内への伝熱はコンクリートスラブの熱容量により時間遅れを伴うため、夜になってから効果があらわれ、流出熱量が減少する傾向がある。

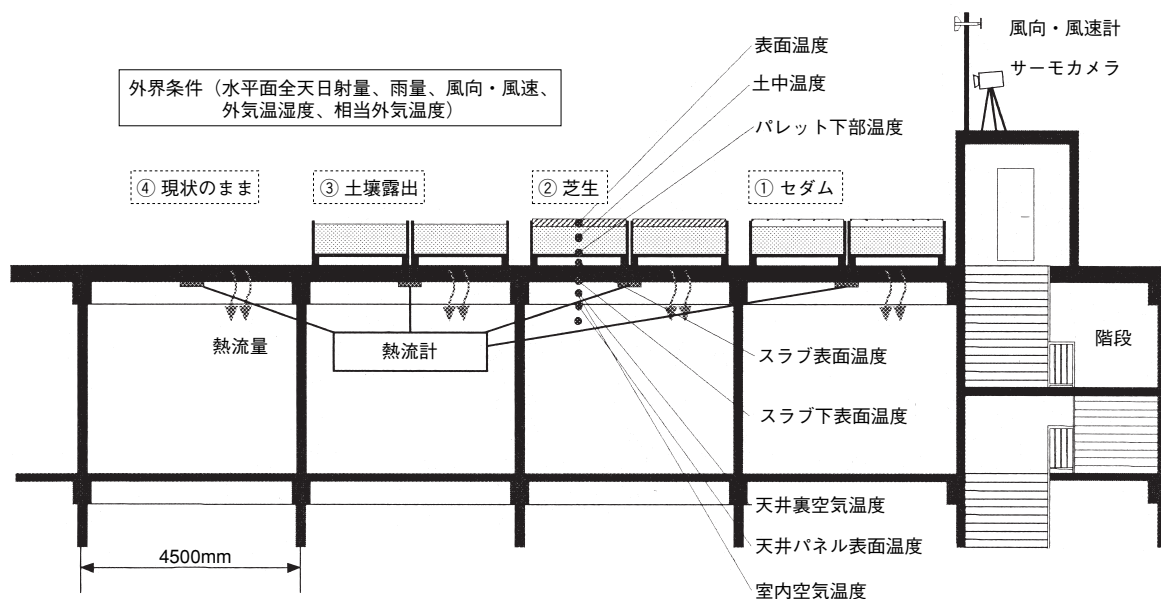


図-2 建物概要

3-4 垂直温度分布

図-4は12月16日の0時、12時における垂直温度分布である。0時と12時の室内温度に変化はほとんど見られないが、12時の計測ではパレット有無による屋上スラブ表面温度の差は10℃以上あった。セダムと芝生の違いによる各測定点の温度に大きな違いは見られないが、緑化の有無で比較してみると、土壌露出は緑化有りに比べて変動が大きい。

3-5 サーモカメラによる屋上表面温度の測定

図-5はサーモカメラによる11月21日9時～17時のパレット表面温度である。緑化無しの日中の表面温度が最も高く、セダムが最も低い。また14時を過ぎると全ての表面温度が急激に低下するが、これは隣棟の影による影響と考えられる。

3-6 緑化植物の蒸発冷却効果の実測

セダム、芝生、土壌露出パレットの土壌内保水能力を把握するために簡易水分測定器を使用して含水率測定を行った。測定は日中1時間間隔で各パレット内のうち4ヶ所測定し、その平均を含水率とした。測定前の含水状態を一定にするため、測定は降雨後しばらく時間を置いて測定を行った。

図-6は12月13日に16mmの降雨後に晴天の続いた時期の各パレット内の土壌の正規化含水率の経時変化である。正規化含水率は、含まれている水の重量を、土壌が十分に水を含んだ状態の水の重量で除したものと定義した。芝生は含水率の低下が遅く、土壌露出は芝生、セダムの緑化植物より含水率の低下が早いことがわかった。

今回の実測では、パレット無しに比べてパレット有りの熱流量の変動が小さい、すなわち保温効果のあることが確認できた。また、緑化無しの屋上スラブ表面温度がパレットを設置した場合に比べ10℃程度差があり、パレットを設置した効果が確認できた。各パレット内の含水率低下は芝生が最も遅く、土壌内の保水能力がある。

今回の計測は冬期であったため、各パレット間で大きな違いはあらわれなかったが、パレット表面温度や土壌内含水率の変動から推定すると、夏期では屋上緑化による空調負荷低減効果が十分に期待できる。

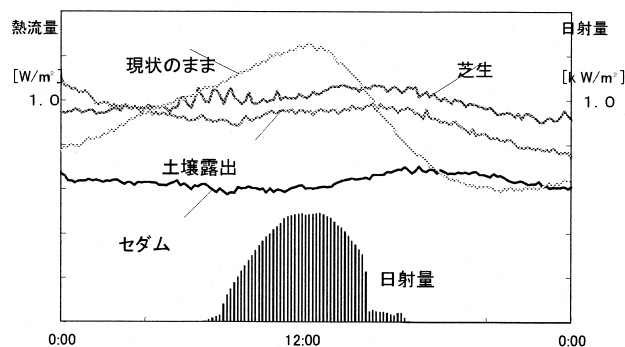


図-3 熱流量の経時変化

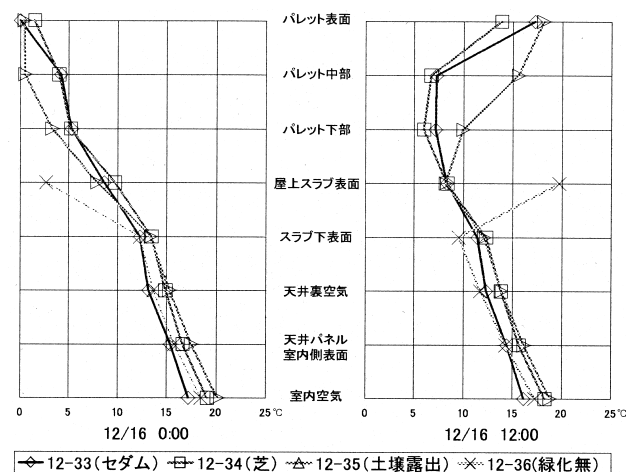


図-4 垂直温度分布

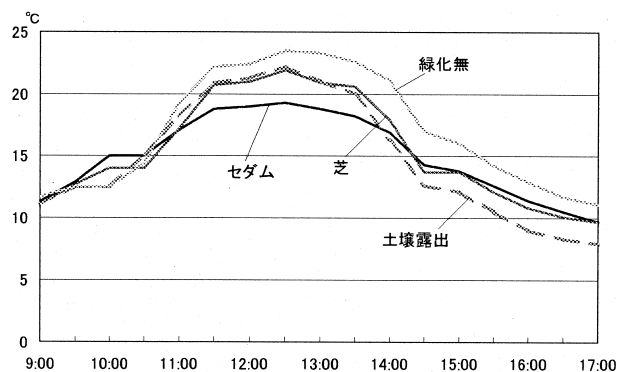


図-5 サーモカメラによる屋上表面温度

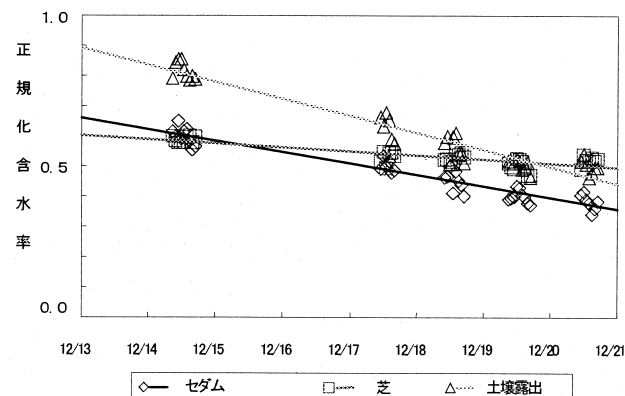


図-6 各パレット内土壌含水率の経時変化

§ 4. 建築分野の緑化工法

4-1 屋上緑化

屋上緑化に求められる性能は、新築・既存にかかわらず防水層に悪影響を与えないことである。このため防水層の上には保護シートが不可欠となる。

通常は保護シートの上に排水層、培土層、セダムを植生したヤシガラマットを設置する。状況によっては強風対策のため防風ネットを設置することがある。

排水層と培土層との間にはセダムの根が下部に侵入しないように防根シートを用いるのが原則である。図-7は発泡スチロール工法の標準断面である。

写真-2は九州支店時津出張所で施工した時津町文化会館の全景である。屋上の全面が緑化されており、来館者が散策できるための遊歩道が設けられている。緑化植物はセダムを中心に、地衣類、サツキ、喬木などが用いられている。設計仕様は当社独自のものではないが、屋上面は湾曲し、かつ一部に急勾配の部分があるため、コンクリート面へのセダム植生基盤の固定方法を現場と技術研究所が協力して開発を行い、施工を完了した。写真-3に急勾配の屋上の一部を示す。

発泡廃ガラス工法は、従来リサイクルが難しいとされ、廃棄されていたワインなどの色付ガラス瓶を粉末にして発泡させた板を、緑化基盤として採用した工法である。開発したメーカーと共同で製品の改良を行った。

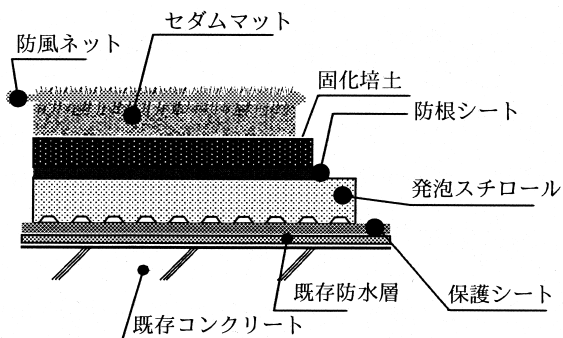


図-7 発泡スチロール工法標準断面

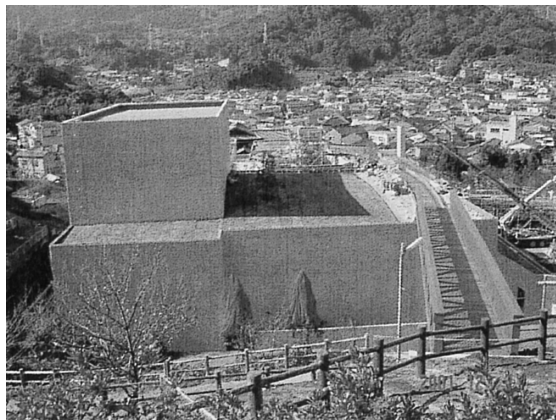


写真-2 時津町文化会館全景



写真-3 時津町文化会館屋上緑化

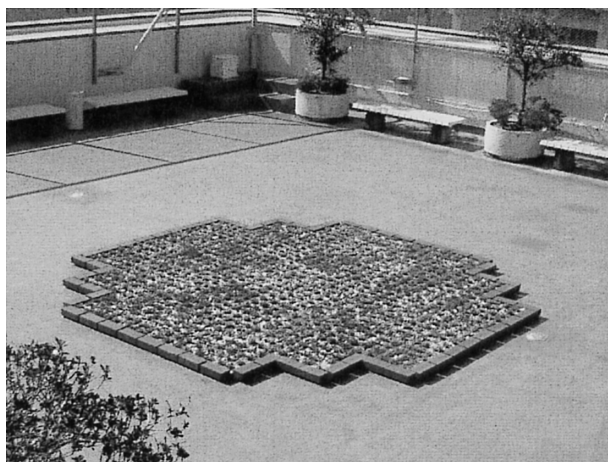


写真-4 発泡廃ガラス工法施工例

写真-4は富士写真フイルム大阪支社屋上である。

4-2 壁面緑化

壁面緑化については平成13年度に開発を進め、試作を行った。写真-5は技術研究所屋上での試験状況で、左から順に2つは金属パネルユニット、発泡廃アルミパネルユニット、発泡廃ガラスユニットである。

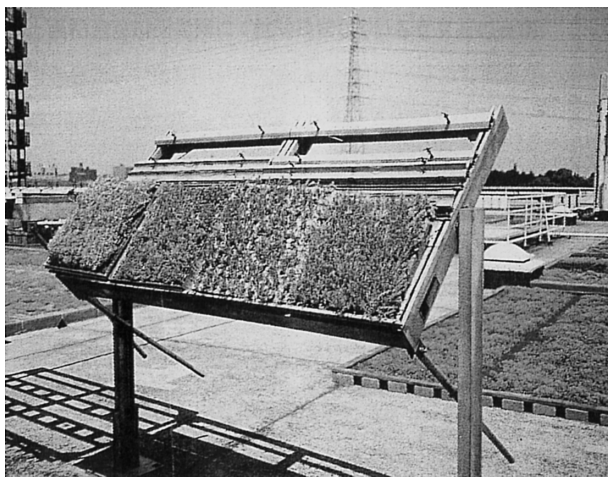


写真-5 壁面緑化試験状況

§ 5. 土木分野の緑化工法

5-1 地表面緑化

標準的な緑化工法では、地面を鋤取りした後に砂利などによる排水層を設ける。この排水層の厚さは地盤、地域によって変化し、適正な設計を行わないとセダムを枯らす原因となることがある。この排水層の上に防根シートを敷設する。この防根シートは鋤取りした地面に残っている雑草が成長してくるのを防止するために必要不可欠である。図-8は地表面緑化工法の標準断面である。

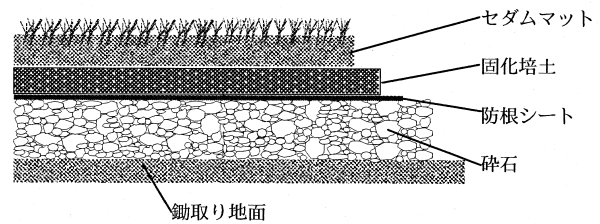


図-8 地表面緑化工法標準断面

5-2 法面緑化

四国支店大影トンネル出張所では、高知自動車道（四車線化）大影トンネル工事において平成13年度にトンネル坑口の緑化工事を行った。本工事では掘削起点が地すべり防止区域に指定されているためグラウンドアンカー工を一部に採用している。約900m²のコンクリート製受圧板が約1:1.2の傾斜地に施工されているため景観上からコンクリート面上の緑化工事を行った。

通常の施工方法では、コンクリート製受圧板上で植物が生育するのはきわめて困難である。このため、ヤシガラマットにセダムを植生したセダムマットを接着剤でコンクリート面に貼り付ける方法を採用した。マットの隅部には、ずれ止めのための突起金物を用いている。図-9は直張り工法の標準断面、写真-6はトンネル坑口付近全景である。

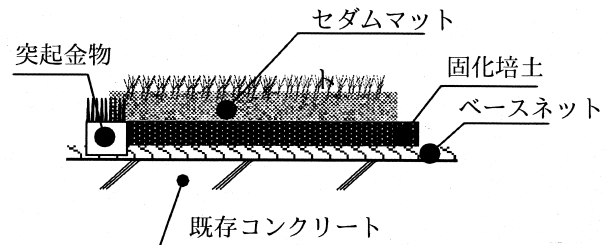


図-9 接着剤による直張り工法標準断面

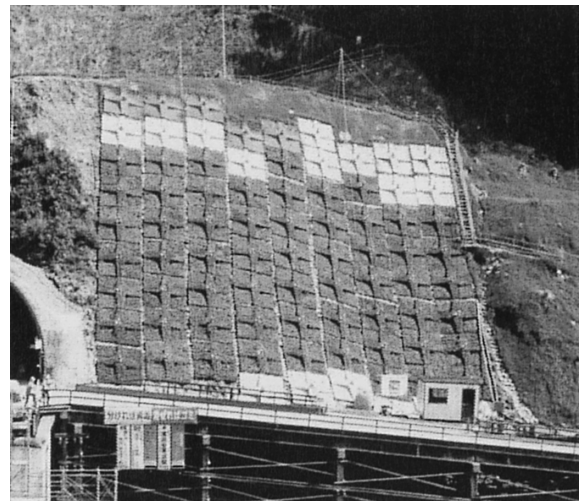


写真-6 大影トンネル坑口付近全景

5-3 大規模緑化

空港やその周辺緑地帯の植生では、主に芝草類が使用されているが、除草作業などに多大な時間と費用を要している。このため、大規模な緑化を対象とした工法の開発を行っている。写真-7は予備試験の状況である。セダムの選定、所定の緑被率確保のための条件、雑草の侵入できない緑地基盤条件の確認が目的である。

§ 6. おわりに

緑化工法では、いかなる植物に対しても植物が生育するための環境条件を正しく設定することが不可欠である。これらの条件が十分に満たされない場合はメンテナンスが必要となる。セダム類は他の植物に比べるとこれらの環境条件の許容幅が比較的大きいため、今後の緑化工法の推進に適した植物と考えている。

本工法開発にあたっては、サイアムジャパン(株)、三協アルミニウム工業(株)、(株)ジェイ・エス、長屋製作(株)、フジパスク(株)、郵船港運(株)、(株)フジタ、三光(株)、(有)プロジェクト・ワンに多大なご協力を戴きました。ここに厚くお礼を申し上げます。



写真-7 大規模緑化工法予備試験状況