

空港着陸帯の植生管理におけるコスト縮減を 目的とした緑化方法に関する実験的検討

高橋 修¹・八谷好高²

¹正会員 博(工) 長岡技術科学大学助教授 環境・建設系 (〒940-2188 長岡市上富岡町 1603-1)

²正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所 空港施設研究室 (〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1)

空港着陸帯の植生には草刈りと刈草処分の管理業務が必要であり、空港植生は施工面積が広大であることから、その業務に要する費用は多大なものとなっている。植生管理のコストを縮減させるためには、現在使用されている芝草に固執することなく、矮生ではふく性能に優れた植物種を新たに導入する必要がある。本研究では、既往の検討で有望とされているグラウンドカバープランツに注目し、植生実験に基づいて適用性を評価すると共に、コスト縮減に対する有効性について検討した。その結果、イワダレソウを主体としたグラウンドカバープランツは空港着陸帯に対して有効であり、速やかに地表面を導入植物の枝葉で密に覆って雑草侵入を抑制することが維持管理コストの縮減につながることを確認した。

Key Words : vegetation, airport landing strip, maintenance, cost reduction, ground cover plants

1. はじめに

空港着陸帯の表面には、航空機を安全に運用するために植生が施されている。わが国の空港においては、植物種として主に芝草が用いられており、その維持管理業務として年に数回の草刈りと刈り取った草の処分が行われている。空港では植生の施工面積が広大であるため、植生管理に要する費用が多大なものとなっている。

著者らは、わが国の空港全般における植生管理の実状を調査して問題点を整理し、空港着陸帯の植生に対する維持管理コストの縮減を目的に、着陸帯の緑化に適した植生仕様に関する技術開発について検討を行っている¹⁾。国内空港の着陸帯では芝草が標準的に用いられており、その生長と雑草の侵入によって年に1~3回の草刈業務が実施されている。平成10年度のデータによると空港全体の42%で草刈業務の煩雑が問題視されており、例えば東京国際空港では、空港全体の維持管理費のうち40%以上が草刈業務に費やされている。これまで著者らが行ってきた基本的な植生実験の結果から、維持管理のコストを効率よく縮減させるには、現在使用されている芝草に固執することなく、矮生ではふく性能に優れた植物種を新たに導入する必要があると判断した。そして、既往の芝草よりも被覆性能が優れ、その効用として雑草の侵入が少なく、かつ草丈が高く伸びないで刈取作業をほとんど必要としない有望植物種として、イワダレソウとマツバギクを選定した。特に、イワダレソウは、空港の植生基盤に使用される建設残土(アルカリ性の貧栄養土壌)においても被覆

性が高く、維持管理コストの縮減に対して有効であると評価された。

しかしながら、これまで実施してきた植生実験は、鉢植えを利用した土壌評価や2m×2mの植栽拵での小規模施工のものであり、実用において重要となる刈草量の比較や、雑草の侵入状況、植生相の遷移状況についてデータを収集することができなかった。コスト縮減と機能向上を目指して、考案した植生技術を実際の空港に導入しようとするならば、これらの事項についての実データを収集し、明確な知見を得ておく必要がある。さらに、より現実に即した状況での実績をつくるという観点からも、機械化施工による導入方法によってより大面積での植生実験を行う必要がある。

以上のことから、実際の空港への導入を踏まえ、イワダレソウとマツバギクを主体とした植物を中規模面積に対して施工した植生実験を実施して、着陸帯植生の合理的な施工仕様とその適用性について引き続き検討を行った。本植生実験における具体的な目的は次のとおりである。

- ①これまでの検討に基づいて、空港着陸帯の緑化に適した植物種をいくつかの仕様によって広い面積に対して実際に導入し、その生育状況を調査すると共に適用性を評価する。
- ②上記①の調査に基づいて、有望な植生仕様を具体的に選定し、既往工法との比較を行ってその有効性を定量的に評価する。空港着陸帯の植生管理には雑草の侵入が大きく影響しているため、雑草侵入抑制の

表-1 造成基盤の物理的性質

| 供試体 No. | 有効水分 (ℓ/m^3) | 透水係数 (cm/sec) | 粒径組成 (%) | | | | 土性 |
|---------|---------------------|----------------------|---------------------|------|-----|-----|----|
| | | | 粗砂 | 細砂 | シルト | 粘土 | |
| 1 | 19 | 1.1×10^{-4} | 78.4 | 17.2 | 2.5 | 1.9 | S |
| 2 | 16 | 1.7×10^{-4} | 78.8 | 17.5 | 0.7 | 3.0 | S |
| 3 | 12 | 1.3×10^{-4} | 74.3 | 19.5 | 3.3 | 2.9 | S |
| 4 | 23 | 1.1×10^{-4} | 82.4 | 13.9 | 0.8 | 2.9 | S |
| 5 | 29 | 6.3×10^{-5} | 70.8 | 21.5 | 4.8 | 2.9 | S |
| 基準値 | 80 以上 | 10^{-4} 以上 | シルト、粘土等の微細粒子が多くないこと | | | | |

ための基盤改良方法についても検討し、その効果と適用性を評価する。

- ③実施工を考慮した機械施工によって植物を導入し、その場合の施工性やコスト面についての知見を得る。
④以上の①～③の検討に基づいて、空港植生の維持管理コストを縮減させるための新しい技術開発の方向性について示すと共に、知見として得られた有効な植生仕様を提案する。

なお、本文においては「グラウンドカバープランツ」という表現が頻出しているが、これは地表面を密に覆う植物で、草丈が低く、さらに刈り込みや施肥等の管理を要しないものことである^{2),3)}。空港着陸帯で主に用いられている西洋芝は、草丈が高く生長して刈り込みが必要となることから、一般にグラウンドカバープランツには含まれていない。

2. 植生仕様を具体化するための植生実験

(1) 植生仕様と施工要領

a) 植生基盤

植生実験の基盤は、海岸に近接した試験ヤード（神奈川県横須賀市野比地内）の未整備箇所を整理して実験区を造成した。整備前には建設残土が堆積されており、残土の他にもコンクリートやアスファルト混合物の廃材が仮置きされていた。そして、それらの表面は雑草や竹藪で覆われていた。実験用地を整備する際には、必要な部分においてこれらの廃材と雑草、竹藪を撤去し、堆積している残土類は平らに敷き均して植生基盤を造成した。実際に植生工を行う基盤表面付近は、表土の除菌と雑植物の除根を実施し、さらに既存植物の種子類や根の残存が危惧されたため、ガスバーナーを用いて表土を焼いた。

造成完了時には基盤土壌の物理特性と化学成分の分析を実施した。土壌の物理特性は表-1に示すとおりであり、化学成分の分析結果は表-2に示すとおりであ

表-2 造成基盤の化学的性質

| 供試体 No. | pH (H_2O) | 電気伝導度 (mS/cm) | 塩素イオン (mg/100g) |
|---------|---------------|---------------|-----------------|
| 1 | 8.4 | 0.08 | 20 |
| 2 | 8.5 | 0.08 | 40 |
| 3 | 8.6 | 0.07 | 40 |
| 4 | 8.4 | 0.08 | 40 |
| 5 | 8.4 | 0.12 | 50 |
| 基準値 | 4.5~7.5 | 1.5 以下 | 400 以下 |

る。表中の基準値は、港湾・空港の緑化において設定されている一種の推奨値^{4),5)}である。既存の建設残土は、砂質土で透水係数がかかなり高く、排水不良の心配はないが、有効水分（植物が吸収可能な土壌水分）がかかなり少なく、水分枯渇が懸念された。化学的性質については、アルカリ性が高く電気伝導度がかかなり小さく、濃度障害の心配はないが、貧栄養土壌であった。塩素による障害については問題がなかった。

b) 導入植物種

既往の植生実験では、播種によって導入する芝草、張芝によって導入する芝草、およびグラウンドカバープランツのなかから空港着陸帯の環境条件においても生育が予想される植物種を選出し、それぞれの生育状況について評価した。そして、播種による芝草、張芝による芝草、およびグラウンドカバープランツのそれぞれについて、コスト縮減が期待される植物種を選定した¹⁾。本実験においては、張芝については既に十分な知見が得られているので、播種によって導入する芝草とグラウンドカバープランツを用いるものとし、具体的な植物種は表-3に示す6種類とした。

それぞれの詳細は次のとおりである（播種量とグラウンドカバープランツのセル苗数は $1 m^2$ あたりの数

表-3 導入植物種

| 分類 | No. | 植生名称 | 数量 | 植物種 |
|----|-----|--------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 芝草 | 1 | 現仕様混播 | 26.11 (g/m ²) | ベントグラス (クリーピング) (0.52 g), トールフェスク (15.79 g), レッドフェスク (クリーピング) (5.26 g), ペレニアルライグラス (4.54 g) |
| | 2 | 新規混播 | 33.46 (g/m ²) | バミューダグラス (ミラージュ) (0.96 g), トールフェスク (ミック 18) (12.5 g), 日本芝 (ノシバ) (10.0 g), 日本芝 (ZEN300) (10.0 g) |
| 株苗 | 3 | マツバギク混植 | 30 (セル/m ²) | マツバギク (20 セル), イワダレソウ (5 セル), ツルマンネングサ (セダム類) (5 セル) |
| | 4 | イワダレソウ混植 (標準) | 30 (セル/m ²) | イワダレソウ (20 セル), マツバギク (5 セル), ツルマンネングサ (セダム類) (5 セル) |
| | 5 | イワダレソウ混植 (粗植: 標準の60%) | 18 (セル/m ²) | イワダレソウ (12 セル), マツバギク (3 セル), ツルマンネングサ (セダム類) (3 セル) |
| | 6 | イワダレソウ混植 (標準+種子) | 30 (セル/m ²) | イワダレソウ (20 セル), マツバギク (5 セル), ツルマンネングサ (セダム類) (5 セル), マツバボタン (0.3 g) |

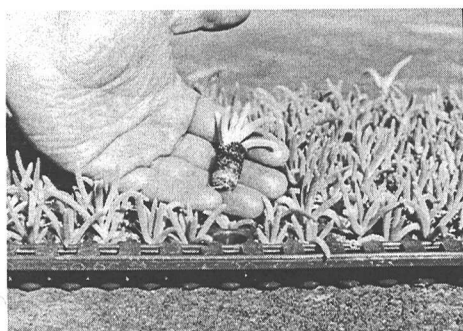


写真-1 セル苗の概観

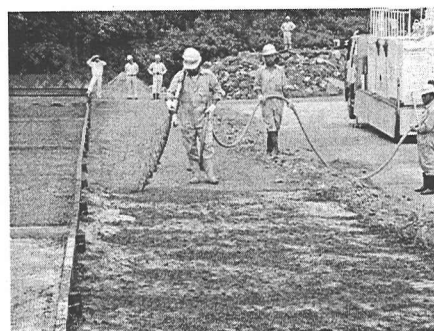


写真-2 セル苗吹付工法の施工状況

量であり、セル苗の詳細については後述する)。現仕様混播は、国内空港で主に導入されている4種類の芝草である。新規混播は、既往の植生実験において、現仕様の芝草よりも被覆性能が高く、草丈が高く生長しなかった種である。グラウンドカバープランツについては、イワダレソウとマツバギクの混植を基本とし、どちらかが多い場合と全体的に苗が少ない場合を設定した。これらのほかにツルマンネングサも用いられているが、これは初期における速やかな被覆と雑草侵入の抑制を考慮して付加したものであり、あくまでも補助としての役割である。また、イワダレソウ混植のNo.6には1年草の種子であるマツバボタンが混入されているが、これについても被覆性能の向上が目的であった。

空港着陸帯の植生に対して必要とされる条件としては、

- ①植生工事完了後、確実に発芽、活着し、速やかに地表を枝葉で覆うこと、
- ②長期において植生状況が安定していること(雑草侵入、植生相の変化がない)、
- ③鳥害事故の誘発や救急活動の妨げを引き起こさないこと(安全確保)、
- ④刈取作業やその処理作業が煩雑とならないこと、

が挙げられる。表-3に挙げた植物種は、これまでの検討結果に基づいて上記の要件を勘案して選定したものである。一般的には、①の要件と④の要件は相反するものであり、また①の要件と②の要件は密接に関連するものである。したがって、これら全ての要件を十分に満足し得る理想的な植物種を選び出すことは非常に困難であり、表中に挙げたものは海岸域の環境条件で、

表-4 植生基盤の仕様

| 特殊資材 | 記号 | 改良 | 概要 |
|-------|----------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 防草シート | A | ○* | 造成基盤上に防草シート、基盤安定ネットを敷設し、改良土を25 mm 敷き均してセル苗を吹き付ける。 |
| 防草マルチ | B1 B2 | ○* | 造成基盤の100 mmを改良し、その上に2種類の特殊マルチング材を5 mm程度吹き付け、さらにセル苗を吹き付ける。B1は主材料がパルプで、肥料分あり。B2は主材料が古紙で、肥料分なし。 |
| 非施工 | C | ○ | 造成基盤の100mmを改良して土壌処理型除草剤を散布し、その上にセル苗を吹き付ける。 |
| | D | × | 上記において造成基盤の改良を施さない(手を加えない)。 |
| | E | △ | セル苗吹付植生工の標準仕様(客土吹付けのみ)。 |

*: 基盤改良には土壌処理型除草剤を使用しない

かつ貧栄養土壌でも生育しつつ、上記の要件をなるべく満たす植物種ということで選定した。特に、①の要件は空港植生において基本的なことであり、④の要件は本検討で主眼に置いていることなので、ここではこれらの要件について重視している。

c) 植物の導入方法

通常の空港着陸帯における植生は、滑走路と誘導路の近傍では早期の被覆が必要なため人力による張芝で施工されており、それ以外の着陸帯においては機械を用いた芝草の種子吹付によって施工されている。種子吹付は、種子を肥料、養生材および水と混合攪拌して専用のポンプで吹き付ける工法であり、施工能力は現場の条件(特に水の供給体制)によって差があるが、おおむね5,000 m²/日前後である。

表-3に挙げた植物種のうち芝草は既往の機械施工で導入できるが、株苗を植え込むグラウンドカバープランツについてはこれまで手作業が基本であった。本植生実験では株苗植物についても導入は機械施工で実施するものとし、その施工法として以下の方法を応用するものとした。

この工法は、写真-1に示すような小型の苗(セル成型苗、以下セル苗)を肥料や基盤材と共に混合して空気噴射により生育基盤面に吹き付けるもので、近年実用化がなされたものである^{6),7)}。施工状況は写真-2に示すとおりで、特殊なエアブロー式攪拌装置を具備した吹付機械と専用の噴射ノズルを使用している。施工能力はおおむね1,000 m²/日程度である。既往工法の種子吹付に比べて施工性、経済性ともに劣るものであるが、これまでの人力施工に頼っていた苗植えに比べると施工性と経済性は格段に向上するものである。

この工法は法面保護を目的として開発されたものであり、試験施工やパイロット事業を通じて法面での実績をあげているが、平地である空港着陸帯への施工実

績はほとんどないのが実状であった。本研究では、適用箇所が空港着陸帯であることに基づき、工程や仕様において簡略化できることを見直して、施工法としての合理化を図ることも検討事項に含まれている。したがって、本植生実験でこの工法の導入を試み、その適用性と有効性を確認することも意義あることである。

d) 植生仕様

本植生実験では、表-3に示した6種類の植物種を上記の施工方法で導入するものとしたが、株苗のグラウンドカバープランツについては、施工方法の簡略化と雑草類の侵入を抑える目的で植生基盤の仕様をいくつか設定した。

基盤条件としては、防草シートを植生下部に敷設する防草シート工法、特殊マルチング材をあらかじめ基盤表面に吹き付ける防草マルチ工法、およびこれらを施工しないものとした。そして、マルチ吹付けや特殊資材を施工しない仕様に対しては、土壌処理型除草剤や肥料および改良材による基盤改良を施工する場合とこれらを全く施工しない場合も設定した。肥料、改良材については、現地盤の土質条件が粘土分の少ない砂質土であり、さらに空港植生であることを考慮して、ヤシガラ繊維質材を体積比で15%、および高度化成肥料(窒素:15%、リン:15%、カリ:15%の成分量)を45 g/m²用いることにした。さらにこれらのほかに、セル苗吹付工法において、基盤造成としてこれまで標準的に施工されている有機質客土の吹付けも基盤条件の一つに加えた。したがって、雑草の侵入防止のための特殊資材や有機質客土を施工しない基盤条件が既往のセル苗吹付工法を簡略化した仕様ということになる。

以上に記した植生基盤の仕様とそれらの概要をまとめると表-4に示すとおりである。防草マルチ工法には2種類のマルチング材を使用するものとし、B1はパルプを主材料とした肥料分を混入したものであり、B2

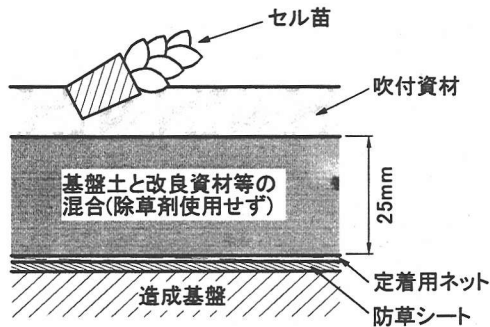


図-1 防草シート工法の概要

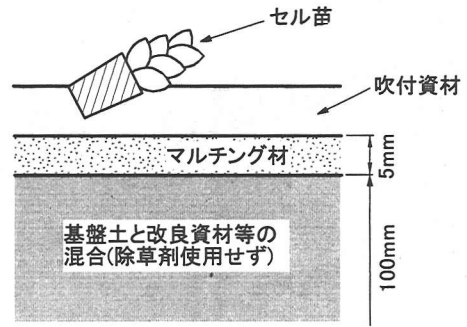


図-2 防草マルチ工法の概要

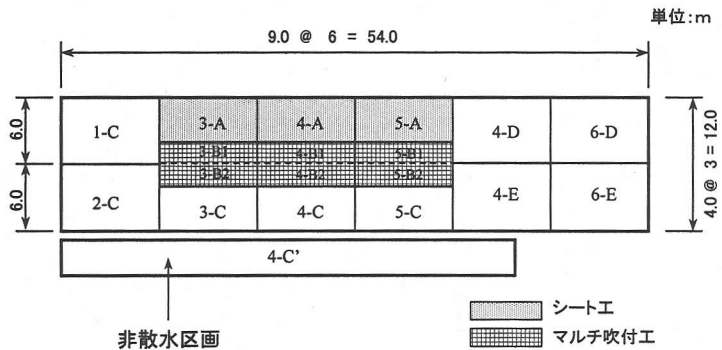


図-3 実験区画の配置

は古紙が主材料で肥料分を混入していないものである。また、防草シート工法と防草マルチ工法の施工断面を図-1と図-2にそれぞれ模式的に示す。表中のA, B1, B2, Cの結果を比較することにより、防草シート工法あるいは防草マルチ工法の効果を評価することができ、C, D, Eの結果を比較することにより、基盤改良程度の違いを評価することができる。

植生仕様としては以上の基盤条件と導入植物種を組み合わせるようになるが、ここでこれらの組み合わせについて整理しておく。導入植物種のうち芝草については、特殊資材を施工しない基盤(C)のみとし、グラウンドカバープランツについては防草シート工法(A)、防草マルチ工法(B1, B2)、および基盤改良のみ(C)の基盤仕様で植生した。そして、土壌処理型除草剤等による改良を施さない基盤は、全ての植物種に対して用いる必要はなく、改良による効果を確かめることが目的であるので、標準的な植物種であるイワダレソウ混植のみに適用した。すなわち、イワダレソウ混植の標準については種子有も含めて、基盤改良を施さない基盤(D)と標準仕様の客土吹付基盤(E)も加えるものとした。したがって、イワダレソウ混植の標準は表-4に示したすべての基盤仕様に対して導入した。

セル苗吹付工法においては、10日間程度の散水養生

を必要とすることが課題の一つとして挙げられる。空港緑地が広大であることを考慮すると、コスト削減のためには是非とも改善したい作業である。そこで、散水養生の簡略化を検討するための条件として、試験区画の横に散水養生を施さない区画をさらに設けた。この区画については、吹付けの翌日だけ散水を行い、それ以後は人為的な散水を一切実施しなかった。なお、散水養生は、実験区画の全域をカバーするように穴の開いたパイプを設置し、水道水を約2時間流し続けて行った(全体の散水量は約1,450リットル)。

各植生区画に記号を付けて、施工する導入植物種と基盤条件の組み合わせをまとめると表-5に示すとおりである。これらの記号は、表-3に示した植物種No.と表-4に示した基盤条件記号を組み合わせたもので、試験区画の植生仕様を表すことになる。以下、各試験区画の識別子にこれらを用いる。また、これらを造成基盤の平面図に対応させて表現すると図-3に示すとおりである。

(2) 追跡調査項目

植生施工後、各実験区画において発芽状況、活着状況、およびそれ以降における生育状況、雑草侵入状況について追跡調査を実施した。調査項目、その方法、実施

表-5 試験区画の植生仕様

| 記号 | 導入植物種 | 基盤条件 | 散水 |
|------|----------|---------------|----|
| 1-C | 現仕様芝草混播 | 基盤改良のみ、特殊資材なし | ○ |
| 2-C | 新規芝草混播 | 基盤改良のみ、特殊資材なし | ○ |
| 3-A | マツバギク主体 | 防草シート | ○ |
| 3-B1 | 混植 | 防草マルチ (原料パルプ) | ○ |
| 3-B2 | | 防草マルチ (原料古紙) | ○ |
| 3-C | | 基盤改良のみ、特殊資材なし | ○ |
| 4-A | イワダレソウ主 | 防草シート | ○ |
| 4-B1 | 体混植 (標準) | 防草マルチ (原料パルプ) | ○ |
| 4-B2 | | 防草マルチ (原料古紙) | ○ |
| 4-C | | 基盤改良のみ、特殊資材なし | ○ |
| 5-A | イワダレソウ主 | 防草シート | ○ |
| 5-B1 | 体混植 (粗植) | 防草マルチ (原料パルプ) | ○ |
| 5-B2 | | 防草マルチ (原料古紙) | ○ |
| 5-C | | 基盤改良のみ、特殊資材なし | ○ |
| 4-D | イワダレソウ主 | 基盤改良なし | ○ |
| 4-E | 体混植 (標準) | 客土吹付け | ○ |
| 4-C' | | 基盤改良のみ、特殊資材なし | × |
| 6-D | イワダレソウ主 | 基盤改良なし | ○ |
| 6-E | 体混植 (種有) | 客土吹付け | ○ |

時期については表-6 に示すとおりであった。コドラート法による調査対象箇所は、芝草である1-Cと2-C、および基盤仕様を二つに分けたBの区画についてはそれぞれ1箇所設定し、これら以外については2箇所ずつ設定した。そして、調査時にコドラートが毎回同じ位置に設置できるように、目串とビニールひもで正方形のマーキングを施しておいた。

活力度はクロロフィルaを測定することによって評価したが、これは植物が行う光合成の活性程度を指標にした手法である。一区画あたりのサンプル数は3とし、植物の葉の部分に対して野外クロロフィル蛍光反応測定器(英国 HANSATECH 社製 Plant Efficiency Analyser)を使用して測定した。また、毎月実施する目視観察の際には、記録としてカラー写真を撮影し、これについても対比ができるように整理した。

刈取調査については生育状況に応じて実施するものとし、草丈が必要高さを満たしていない場合は行う必要がない。また、株張面積の調査は一つの苗からランナーが放射状に広がる程度を測定するものであるが、生育が進行しランナーが入り組んでしまっていて、苗区分の判別が不可能になった時点で終了するものとした。したがって、表-6 に示した調査項目において、長期にわたって定期的に実施したものは③、④、⑥、⑦、⑨であった。

(3) 追跡調査の結果

基盤に植物を導入した植生工が6月下旬に終了したので、引き続き追跡調査を行った。表-6 に示した各調

表-6 追跡調査の内容

| No. | 調査項目 | 調査方法 | 実施時期・頻度 |
|-----|---------------------------|----------|-----------|
| ① | 芝草発芽 (本/m ²) | コドラート法 | 施工2~3週間後 |
| ② | 苗成立本数 (本/m ²) | コドラート法 | 施工60日後 |
| ③ | 枝覆度 (%) | コドラート法 | 毎月 (冬期隔月) |
| ④ | 草丈 (mm) | 自然高測定 | " |
| ⑤ | 株張面積 (m ²) | 面積測定 | " |
| ⑥ | 活力度 | クロロフィル測定 | 隔月 |
| ⑦ | 雑草侵入 (本、丈) | コドラート法 | 毎月 |
| ⑧ | 刈取り (量、後経過) | 質量計測、目視 | 6月と10月 |
| ⑨ | その他 (病害、外観) | 目視観察 | 毎月 |

査項目に対しての調査結果とその考察を以下にまとめる。文末の付録に生育状況を写真によって示しているため、必要に応じて適宜参照されたい。

なお、植生施工後の気象状況としては、夏期および翌年の春先において例年よりも降雨が少なく、気温が高めであった。特に、施工2ヶ月後の8月における月間降雨量は例年の約1/10であった。基盤が砂質土であったことも考慮すると、生育環境としてはかなり乾燥した厳しい状況下であったものと評される。

a) 芝草発芽状況

芝草については、現仕様の1-Cと新規仕様の2-Cは同じ日に施工し、2-Cのほうはその後順調に発芽したが、1-Cは少雨による乾燥のために枯死してしまった。2-Cの施工1ヶ月後の発芽本数は356本/m²であり、それらの平均草丈は122mmであった。

これ以後の調査においても比較検討のための標準的植生が必要となるため、1-Cについては秋に再度同じ仕様の種子の吹付けを実施した。しかし、施工後3ヶ月を経過してから雑草の侵入が見られ始め、越冬後の春先には植生相がほとんど雑草に変化してしまった。このことから、発芽についての耐乾燥性能は新規導入種のほうが明らかに優れていることが確認された。

b) セル苗植物の生育状況

セル苗植物の成立本数の調査は、施工から3ヶ月のあいだ毎月実施したが、夏期の乾燥のために数が毎回変動していたので、9月に実施した施工3ヶ月後のデータに基づき、このときに生存していた苗をカウントして生育状況を取りまとめた。表-7 に施工3ヶ月後の生育状況を示す。

なお、表中の評価における「良好」、「良」、「不良」および「枯死」は、目視に基づいた次の判断基準によるものである。「良好」は植物の葉量が多く、生き生きとしている状態、「良」は「良好」と「不良」の中間の生育状態、「不良」は植物の葉量が少なく、かろうじて生育している状態、「枯死」は植物全体が変色し、明らかに枯れている状態を示している。

本工法における導入植物の生存率は、既往の実績に

表-7 施工3ヶ月後の生育状況

| 区画 | 植物種 | 当初数 | 生存数 | 評価 | | | | 生存率 (%) | 平均草丈 (mm) | 区画 | 植物種 | 当初数 | 生存数 | 評価 | | | | 生存率 (%) | 平均草丈 (mm) |
|------|-----|-----|-----|----|---|----|----|---------|-----------|------|-----|-----|-----|----|---|----|----|---------|-----------|
| | | | | 良好 | 良 | 不良 | 枯死 | | | | | | | 良好 | 良 | 不良 | 枯死 | | |
| 3-A | イワダ | 2 | 0 | | | | | 0 | | 5-B1 | イワダ | 3 | 3 | 3 | | | | 100 | 10 |
| | マツバ | 14 | 7 | 3 | 3 | 1 | 2 | 50 | | | マツバ | 1 | 1 | 1 | | | | 100 | 85 |
| | ツルマ | 10 | 5 | | | 5 | | 50 | | | ツルマ | 1 | 0 | | | 1 | | 0 | |
| 3-B1 | イワダ | 1 | 1 | 1 | | | | 100 | | 5-B2 | イワダ | 6 | 6 | | 3 | 3 | | 100 | 5 |
| | マツバ | 5 | 1 | 1 | | | 4 | 20 | | | マツバ | 2 | 2 | | | 2 | | 100 | 29 |
| | ツルマ | 2 | 0 | | | | 1 | 0 | | | ツルマ | 3 | 3 | | | 3 | | 100 | 15 |
| 3-B2 | イワダ | 4 | 2 | 2 | | | 2 | 50 | | 5-C | イワダ | 8 | 8 | 8 | | | | 100 | 12 |
| | マツバ | 7 | 5 | | 3 | 2 | 1 | 83 | | | マツバ | 3 | 2 | 1 | 1 | | 1 | 67 | 60 |
| | ツルマ | 4 | 0 | | | | 4 | 0 | | | ツルマ | 6 | 3 | | 1 | 2 | 3 | 50 | 25 |
| 3-C | イワダ | 2 | 2 | 2 | | | | 100 | | 4-D | イワダ | 16 | 15 | 15 | | | 1 | 94 | 10 |
| | マツバ | 5 | 1 | 1 | | | 4 | 20 | | | マツバ | 3 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 67 | 50 |
| | ツルマ | 5 | 0 | | | | 5 | 0 | | | ツルマ | 4 | 1 | | | 1 | 3 | 25 | 15 |
| 4-A | イワダ | 12 | 4 | 2 | 2 | | 8 | 33 | | 4-E | イワダ | 10 | 10 | 10 | | | | 100 | 19 |
| | マツバ | 3 | 3 | 3 | | | | 100 | | | マツバ | 2 | 2 | 2 | | | | 100 | 60 |
| | ツルマ | 8 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 50 | | | ツルマ | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | | 75 | 23 |
| 4-B1 | イワダ | 6 | 4 | 4 | | | 2 | 67 | | 6-D | イワダ | 15 | 15 | 14 | | 1 | | 100 | 14 |
| | マツバ | 2 | 2 | 1 | | 1 | | 100 | | | マツバ | 2 | 2 | 1 | | 1 | | 100 | 38 |
| | ツルマ | 2 | 1 | 1 | | | 1 | 50 | | | ツルマ | 7 | 2 | | 2 | | 5 | 29 | 25 |
| 4-B2 | イワダ | 4 | 3 | 3 | | | 1 | 75 | | 6-E | イワダ | 10 | 9 | 9 | | | 1 | 90 | 15 |
| | マツバ | 4 | 1 | | 1 | | 3 | 25 | | | マツバ | 3 | 3 | | 3 | | | 100 | 49 |
| | ツルマ | 3 | 0 | | | | 3 | 0 | | | ツルマ | 4 | 4 | | 2 | 2 | | 100 | 26 |
| 4-C | イワダ | 8 | 8 | 8 | | | | 100 | | 4-C' | イワダ | 6 | 6 | 6 | | | | 100 | 18 |
| | マツバ | 4 | 2 | | | 2 | 2 | 50 | | | マツバ | 3 | 1 | | 1 | | 2 | 33 | 60 |
| | ツルマ | 9 | 2 | | | 2 | 7 | 22 | | | ツルマ | 8 | 2 | 1 | 1 | | 6 | 25 | 28 |
| 5-A | イワダ | 7 | 2 | | | 2 | 5 | 29 | | | | | | | | | | | |
| | マツバ | 2 | 2 | 1 | 1 | | | 100 | | | | | | | | | | | |
| | ツルマ | 2 | 2 | | | 2 | | 100 | | | | | | | | | | | |

注) 表中の苗数は、B1とB2の区画はコドラート(50cm×50cm) 1箇所分のものであり、それ以外の区画は2箇所分のものである。

よるとおむね80%以上である⁷⁾。各試験区画において、生存率が最も高い区画は5-B2であるが、生育状況は「良」、「不良」のみの評価であった。次いで生存率は客土吹付けを施した4-E、6-Eで高く、ここでは「良好」の評価が多い。また、全体の生存率が比較的小さいのは3-C、3-B1、4-B2であるが、これらの区画のイワダレソウに着目してみると生存率は高いほうである。これとは逆に、3-A、4-A、5-Aにおいては、全体の生存率はさほど小さくないが、イワダレソウの生存率がかなり低い。以上における生育状況の比較から、客土吹付けの区画は客土が肥料分を有し、保水性も高いことから初期における植物の生育にはかなり有効であること、および防草シートを敷設した区画ではイワダレソウの生存率が低いことが明らかである。

c) 被覆度

導入した植物による被覆状況については、本文作成時点(2001年11月)まで調査を継続している。図-4に全試験区画における被覆度の推移をまとめて示す。全体的な傾向としては、施工してから10月下旬まで被覆

度は上昇するが、その後の冬期はほとんど変動がなく、3月と4月でいったん減少するものの5月になると再度上昇して、8月、9月でほぼ100%に達している。3月末に多くの区画で被覆度が小さくなっているが、これは2月と3月における降水量の不足が原因の一つと考えられる。

芝草については、2-Cが施工後3ヶ月程度でいち早く被覆度が100%に達しており、越冬後の春季にいったん低下しているが夏場にかけて再度被覆率が高くなっている。秋に再施工した1-Cは約30%まで被覆度は上昇したが、翌年の夏にはほぼ枯れた状態になってしまった。セル苗植物を施工した区画については、マツバギクを主体とした植生仕様よりもイワダレソウを主体とした仕様のほうが、全体的に被覆度が高い。イワダレソウ主体のなかでも4-D、5-B1、4-B1の区画で初期の被覆度が高くなっている。特に、4-Dはイワダレソウの枝葉が密に基盤を被覆しており、目視による観察においても植生の状態が最も良好であった。また、散水の有無については、生存率はほぼ同じ結果であったが、

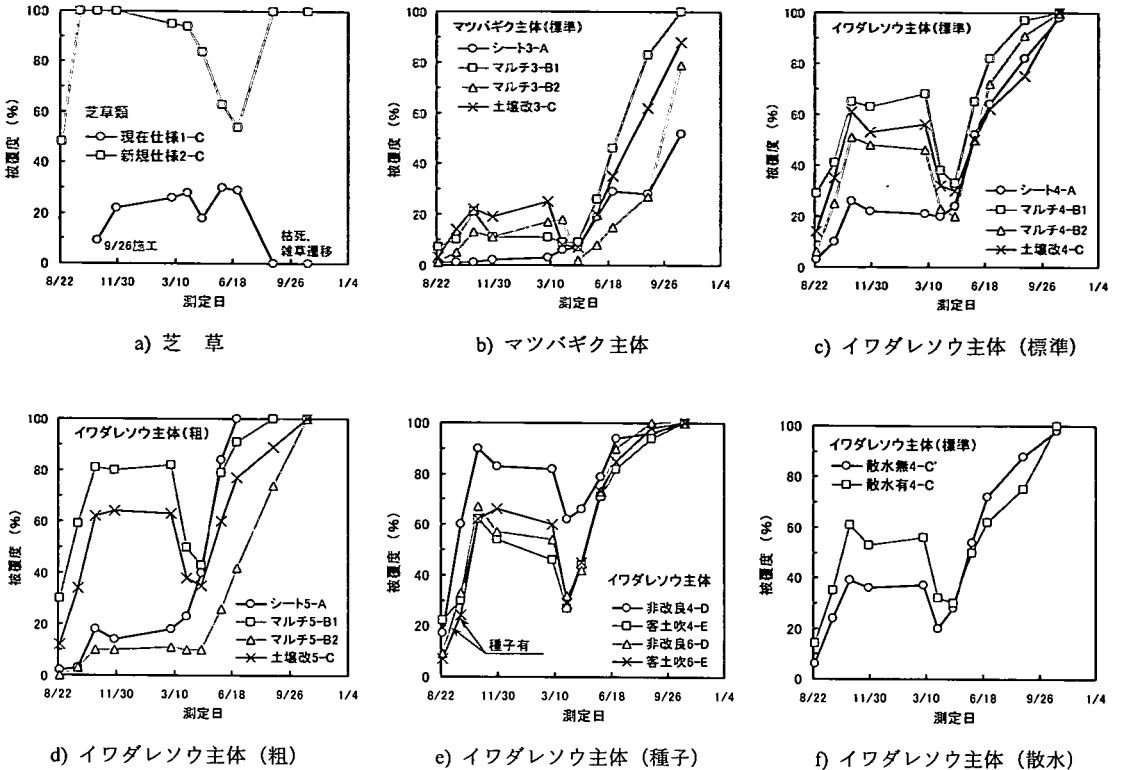


図-4 被覆度の推移

初期における被覆度は散水を施したほうが全体的に高い結果となっている。

イワダレソウの苗が少ないマツバギク主体の区画は、全体的に初期の被覆度が小さい結果であった。同様に、イワダレソウの生存率が低かった防草シートの区画は、導入植物種によらず全体的に被覆度が小さい。また、これらとは逆に、被覆度が高い4-D、4-B1の区画は表-7に示した生育状況を見ると、他の区画よりもイワダレソウの苗数が多いか、あるいはイワダレソウの生存率が高くなっていることがわかる。

マルチ工法の比較としては、マツバギク主体の区画では差が認められないが、イワダレソウ主体の二つの区画ではB1のほうの被覆度が高い結果であった。B1のマルチング材には肥料分が混入されており、B2の材料には肥料分がないので、このことによる違いが被覆度の差に現れたものと考えられる。

グラウンドカバープランツを導入したいずれの植生仕様においても、施工後約1年で基盤を十分に被覆するまでに生長している。そして、被覆している植物はイワダレソウで主である。イワダレソウを主体としたグラウンドカバープランツは、空港着陸帯への適用性がかなり優れているものと評価される。

d) 雑草侵入状況

グラウンドカバープランツを施工した試験区画においてセル苗以外に繁茂した植物(雑草)は、表-8に示すようにまとめられる。ここでは、雑草を一年生植物、二年生植物、多年生植物、およびその他植物の四つのグループに分類した。これらのうち、その他植物とは、試験区画付近および隣接地域において存在がほとんど確認されていないか、あるいはそれに準ずる植物種のことである。

雑草調査は8月上旬、8月下旬、9月下旬、10月下旬の計4回実施した。先述したように、各区画には1ないし2箇所の50 cm × 50 cmの調査区画を設けたが、この面積では不十分であったため、各箇所に対してこの区画に隣接させるようにさらに二つの区画を設けて、それぞれ1箇所あたり合計三つの調査区(50 cm × 50 cm × 3区画)として調査面積を拡大した。また、調査の対象はセル苗を吹き付けたグラウンドカバープランツの試験区画とし、さらにそのなかから客土を施工した区画は調査対象から除いた。

表-9に各試験区画における雑草の発生数をまとめる。ここでは、植生基盤の仕様による防草効果を比較したいので、全試験区画に発生した個体数が比較的多いコ

表-8 侵入した雑草の種類

| 分類 | 植物名 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一年生植物 | ポントクタデ, ザクロソウ, スベリヒユ, アタリソウ, シロザ, イヌビユ, ブタクサ, メヒシバ, スカシゴボウ, マルバヤハズソウ, コニシキソウ, コミカンソウ, イチビ, イボクサ, コメヒシバ, コマツヨイグサ, オオアレチノギク, ツユクサ, イヌビエ, イノコログサ, オヒシバ |
| 二年生植物 | メマツヨイグサ |
| 多年生植物 | スギナ, ヘラオオバコ, セイタカアワダチソウ, カゼグサ, クグガヤツリ, ハマズゲ, シバ SP |
| その他植物 | ツルノゲイトウ, ヒメフウチョウソウ, フチョウソウ科 SP, アオガヤツリ, ワルナスビ近似種, ホソバクサクロトン, ヒメアメリカアゼナ, オオハキダメギク, カヤツリグサ科 SP |

SP: 植物名が特定できないもの

マツヨイグサ, メマツヨイグサ, およびハマズゲを主体に採り上げた。表下の4-D区画はシート, マルチおよび除草剤等による雑草対策の改良を全く施工していない基盤条件であり, これを標準と考えて比較することにより, 雑草侵入抑制のための各種改良方法の効果を評価することができる。B1, B2は調査面積が他の区画の半分であることを考慮して大略的に比較すると, 雑草の抑制効果は, シート>マルチ>除草剤, の順で大きく, 現場の視察によっても防草シート工法の効果は明らかに高かった。本実験では2種類のマルチ吹付けを実施したが, 表の結果を見る限りでは, B2のマルチングのほうが雑草抑制に優れているように見受けられるが, 現場を観察してみると優位な差があるとは認められなかった。

施工後ほぼ1年を経過した時点において, 雑草の草丈がかなり生長してグラウンドカバープランツの生育を阻害している状況が認められたので, 刈取りを実施した。そして, 刈り取った雑草の重さを比較してみると図-5に示すとおりである。防草シートを施工した区画は侵入してきた雑草が少なく, かつ生長も旺盛でないことから, 刈取量が少なくなっている。また, 客土を吹き付けた区画も生長が旺盛な雑草が少ないために刈取量が少ない。刈取量が多い区画は3-C, 5-B, および4-Dであるが, この主な原因としては草丈が高く生育が旺盛なメマツヨイグサが多く存在していたことが挙げられる。このことは刈り取る前の現場を観察することによって確認されたが, 表-9に示した雑草侵入状況からも読み取ることができる。被覆度が高い状況でも, 雑草はどこからか必ず侵入してくるので, 頻度は少なくとも雑草を除去する作業は必須であると考えられる。

e) その他の調査結果

以上に記した調査項目以外の草丈, 株張面積, 活力度等について, 以下に測定および観察の結果を概述する。

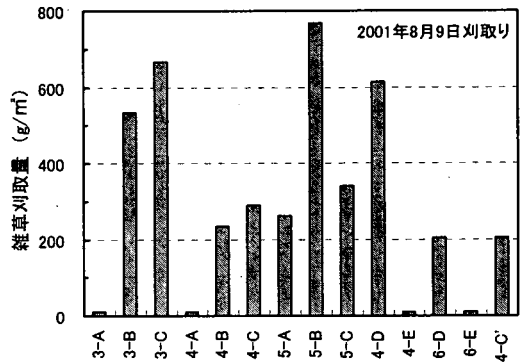


図-5 雑草刈取量の比較

- 新規仕様の芝草は草丈が30 cmを超えて生長したので, 施工した年の9月と翌年の10月に刈取りを実施した。グラウンドカバープランツのほうは草丈が高く生長しないので刈取りが全く必要なかった。
- イワダレソウとマツバギクの株張面積は存在する株苗の密度と関係があり, 活着した株苗の密度が粗いほうが株張面積は広くなる傾向であった。
- 活力度は夏の乾燥期に多少の低下が認められたが, それ以外はおおむね適正值の範囲内であった。土壌処理型除草剤を施工したCの基盤区画は, 全体的に活力度が低めであった。
- 全体の区画で虫食いや病害等は特に発生しなかった。蜂, 蝶, バッタ等の昆虫類の侵入は確認されたが, 鳥類の飛来は認められなかった。

f) 追跡調査のまとめ

以上に記した追跡調査の結果について, 表-10に総括表を示すと共に主要事項を以下にまとめる。総括表では各調査項目を○(現行あるいは標準と同等もしくはそれ以上), △(現行あるいは標準よりも劣るが, 実際に運用しても問題とならない), ×(現行あるいは標準よりもかなり劣っており, 実際に運用した場合は明らかに問題となる)の3段階で評価しているが, これ

表-9 雑草侵入状況

| 試験 区画 | 一年生植物 | | 二年生植物 | 多年生植物 | | その他植物 | 表-8に ない植物 | 合 計 |
|----------|---------|---------|-------------|-------------|---------|---------|--------------|-------------|
| | コマツヨイグサ | その他 | メマツヨイグサ | ハマスゲ | その他 | | | |
| 3-A | 0-0-0-0 | 2-1-1-3 | 0-0-0-0 | 0-0-0-0 | | 0-0-0-0 | 0-0-0-1 | 2-1-1-7 |
| 3-B1 | 1-1-1-1 | 5-5-4-8 | 1-1-2-2 | 0-0-0-0 | | 0-0-0-0 | | 7-7-7-11 |
| 3-B2 | 0-0-0-0 | 0-0-0-0 | 0-0-0-0 | 0-0-0-2 | 0-0-0-1 | 1-1-1-0 | 0-0-0-1 | 1-1-1-4 |
| 3-C | 2-2+3-4 | 3+5-4-3 | 7-9-7-7 | 6-13-29-14 | | 3+3-3-3 | 0-0-0-2 | 21-32-46-33 |
| 4-A | 2-1-1-1 | 3-4-3-3 | 0-1-0-0 | 1-0-0-0 | | 0-1-1-1 | 0-0-0-5 | 6-7-5-10 |
| 4-B1 | 4-6-4-4 | 5-4-4-3 | 7-6-6-6 | 17-16-30-16 | | 1-2-2-2 | | 34-34-46-31 |
| 4-B2 | 0-8+5+5 | 1-0-0-0 | 0-0-3-3 | 0-0-3-3 | | 0-1-1-1 | 7-0-0-1 | 8-9-12-13 |
| 4-C | 5-6-5-6 | 0-0-0-0 | 2-3-3-3 | 1-4-15-13 | | 0-0-0-0 | | 8-12-23-22 |
| 5-A | 0-0-0-0 | 3-3-1-1 | 1-1-1-1 | 0-0-0-0 | | 1-1-1-1 | 0-0-0-1 | 5-5-3-4 |
| 5-B1 | 1-1-1-1 | 2-3-3-2 | 1-1-1-1 | 3-5-6-5 | 1-1-1-2 | 0-0-0-0 | | 8-11-12-11 |
| 5-B2 | 0-6-2-2 | 2-1-3-2 | 0-0-2-3 | 0-0-0-0 | 1-2-2-2 | 0-0-0-0 | | 3-9-9-9 |
| 5-C | 9-9-7-7 | 0-0-1-1 | 11-11-10-10 | 25-25-45-30 | | 0-0-0-0 | 1-1-0-4 | 46-46-63-52 |
| 4-D | -2-2 | -5-5 | -4-3 | -11-9 | 2-3 | -0-0 | -0-1 | -24-23 |

注) 表中の数字は各調査日における調査区画内での雑草発生数 (8/11→8/25→9/20→10/26)

はあくまでも本植生実験での本文を取りまとめている段階によるものである。「標」と記されているものはその区画が評価項目の標準となっている場合である。また、施工費については材料費と機械損料を含めた直接経費による比較である。

- ①ここで新規に用いた芝草混播は砂質土で貧栄養基盤においても発芽、生育し、現行仕様の芝草よりも乾燥に強く、さらに被覆性に優れている。
- ②防草シートを用いた基盤改良法は雑草の侵入防止に効果的であるが、イワダレソウの初期生育に対してもそれを阻害する作用が認められた。雑草の侵入を防止し、かつグラウンドカバープランツの生育を阻害しないようにするためには、工法仕様の最適化が今後の課題である。
- ③防草マルチ吹付けの改良法は、雑草の侵入防止とグラウンドカバープランツの生育促進を目的とした改良法であるが、本植生実験ではこれらの効果がある程度確認することができた。しかしながら、侵入してきた雑草の生長を抑制することと導入したグラウンドカバープランツの生育を促進させることを同時に満たすのはかなり難しく、両方の機能とも十分とはいえない結果であった。
- ④土壌処理型除草剤を使用した改良法における雑草の侵入防止効果は、本植生実験では確認できなかった。グラウンドカバープランツの生育状況は除草剤を使用しないほうが良好であった。
- ⑤客土吹付けを施工した区画は、セル苗の活着とその後における急速な生育が最も期待されたが、初期の

被覆度はさほど高くはなかった。ただし、吹き付けたセル苗の生存率は他に比べて高く、雑草の侵入が少なかった。

- ⑥植生施工後に散水養生を行ったほうが、セル苗の活着とその後の生育は良好であった。しかしながら、散水を全く行わず、自然降雨のみによる水分供給でも、施工時期を適切に選定すればセル苗はすべてが枯死することなしに生育することが確認された。
- ⑦平地部においてもセル苗吹付けによる植生工で、イワダレソウやマツバギク等のグラウンドカバープランツを効率的に施工できることが確認された。そして、現時点の評価では、雑草抑制を重視した基盤仕様よりも、特別な改良を施さない4-D試験区画の仕様のほうが良好な植生状況であった。

3. 空港着陸帯に対する新しい植生工の提案

(1) 新しい植生工の基本概念

前章の植生実験においては、大別して二つの植生仕様を新たに提案した。一つは新たな芝草種を用いた仕様であり、もう一つはイワダレソウを主体としたグラウンドカバープランツの仕様である。新たな芝草種は既往のものよりも耐候性や被覆性の点で優れていたが、草丈は既往の植生と同程度に生長した。したがって、現地への導入を考えた場合、草刈りおよび刈草処分を大幅に軽減することは期待できない。本研究の主要目的である維持管理の軽減を重視してそれを優先させるならば、イワダレソウを主体としたグラウンドカバー

表-10 調査のまとめ

| 項目 区画 | 生存率 | 被覆度 | 草丈 | 活力度 | 雑草抑制 | 施工費 |
|----------|-----|-----|----|-----|------|-----|
| 1-C | × | △ | 標 | - | △ | 標 |
| 2-C | ○ | ○ | △ | - | ○ | ○ |
| 3-A | △ | × | ○ | △ | ○ | × |
| 3-B1 | × | × | ○ | △ | △ | × |
| 3-B2 | △ | × | ○ | ○ | △ | × |
| 3-C | × | × | ○ | △ | × | △ |
| 4-A | △ | × | ○ | △ | ○ | × |
| 4-B1 | △ | ○ | ○ | ○ | △ | × |
| 4-B2 | △ | △ | ○ | △ | △ | × |
| 4-C | △ | △ | ○ | △ | × | △ |
| 5-A | △ | × | ○ | ○ | ○ | × |
| 5-B1 | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | × |
| 5-B2 | ○ | × | ○ | ○ | △ | × |
| 5-C | ○ | △ | ○ | △ | × | △ |
| 4-D | ○ | ○ | ○ | ○ | 標 | △ |
| 4-E | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | × |
| 6-D | ○ | △ | ○ | ○ | 標 | △ |
| 6-E | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | × |
| 4-C' | △ | △ | ○ | △ | × | △ |

ランツの仕様のほうが空港着陸帯の緑地形成に適しているものと評価できる。

グラウンドカバープランツを用いた植生仕様では、セル苗の数や雑草防止の基盤改良法をいくつか選定して植物の生育状況を比較したが、追跡調査の期間がまだ十分でなく、どの植生仕様においてもそれぞれ一長一短があって、どの植生仕様も空港に最も適しているのか結論づけるには至らなかった。しかしながら、本研究の成果の一つという位置づけで、イワダレソウを主体としたグラウンドカバープランツ植生工の方向性について以下の基本概念を提案する。

- ①植生基盤が導入植物の生育に不相当である場合は、適切な物理的および化学的な改良を施して、植物が良好に生育できるような基盤条件を整備する。
- ②雑草の侵入抑制には、基盤改良等も有効であるが、導入植物種が有する早期の被覆性能が最も重要である。
- ③被覆性の向上を図るためには、①に記した基盤の整備に加えて、植生導入の時期、導入直後の散水養生、導入後の雑草侵入に対する除草について留意する必要がある。

上記に提案した、グラウンドカバープランツを用い

た新しい植生仕様の基本的考え方は、初期の導入時に労力（コスト）を十分に費やして質の高い植生を早い時期に整備し、その後の管理はそれを維持するだけの軽微のもので済ませるといものである。すなわち、新しい植生工で整備した緑地においても、雑草の侵入や基盤の貧栄養化等の問題は避けることができないので、良好な緑地を長期間維持するためには維持管理が必須となってしまいますが、新しい植生工であればその維持管理がかなり軽減されるということである。このように、草丈が高く生長しないグラウンドカバープランツを積極的に養うことにより、雑草の侵入が少なくなって、結果的に草刈作業と刈草処分が楽になるものと予想される。

(2) 経済性の検討

ここで提案している新しい空港植生の仕様は、導入植物種および施工法に既往の植生工よりも高品質、高機能のものを使用することから、初期建設費が割高となってしまふ。しかしながら、維持管理のための費用が既往の方法よりもかなり軽減されることになるので、トータルコストで考えた場合には有利であると考えられる。この点について具体的な知見が得られるように、実際に即した費用を設定したうえで提案する植生仕様と既往工法の累積コストを比較してみる。

a) 維持管理の仮定

維持管理業務の主体は、草刈りと刈取った草の処理である。既往の工法および新規工法の場合における草刈りと刈草処理に要する費用を次のように考えた。

既往工法は、基本的に草丈が高く生長する洋芝が主体であることから、年に3回の刈取り⁸⁾を永続的に実施する。新規工法は、草丈が高くないグラウンドカバープランツを導入し、その繁茂によって草丈が高く生長する雑草の侵入を抑制しようとするものである。しかしながら、グラウンドカバープランツの被覆度と雑草の発生量は反比例の関係にあり、グラウンドカバープランツの被覆度が十分でない施工直後においては、雑草の侵入を避けることは難しい。本来、グラウンドカバープランツが完全被覆するまでに発生する雑草は、全て除去してしまうのが理想であるが、広大な空港緑地を考えるとそれは不可能に近い。したがって、新規工法の維持管理としては、グラウンドカバープランツが完全に被覆するまでの間はその生育を阻害しない頻度の雑草刈取り（機械除草）を行うものとする。そして、雑草の刈取りを実施しながらグラウンドカバープランツの被覆を促進すると共に、数年後には雑草の刈取回数および刈取量を軽減させて、維持管理費の低減を図るものとする。

表-11 コスト算定条件

| 費用項目 | 既往工法 | 新規 A | 新規 B |
|-------|------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 新規造工費 | 1.0 | 2.0 | 3.0 |
| 草刈り費 | 1.0 | 0.5 | 0.5 |
| 刈草処分費 | 1.0 | 0.5 | 0.5 |
| 管理頻度 | 年同3回, 初年度のみ年1回 | 初年度1回, 2, 3年度3回, 4年度2回, 5年度以降1回 | 初年度1回, 2年度2回, 3年度以降1回 |
| コスト上昇 | 草刈費: 年率0.5%, 処分費: 年率5% | | |

b) トータルコストの比較

上記の考え方に基づいて、既往工法と新規工法に対するトータルコスト算定のための単価条件を 表-11 に示すとおりに設定した。既往工法の費用と管理頻度については、東京国際空港における実状^{1), 2)}を調査して決定した。新規方法については、本研究で採用した各種植生仕様の材料費と施工費から単価を計算し、追跡調査の結果から管理頻度を設定した。費用単価は既往工法の場合に対する比で表し、草刈費と刈草の処分費については最近の社会情勢も考慮して各工法とも同じ単価上昇率をそれぞれ考慮している。新規工法については、特殊な基盤改良を施さない通常の場合(新規 A)と初期建設の費用を多めに設定して維持管理費を軽減させる場合(新規 B)の2とおりのモデルを考えた。

上記の算定条件に従って、初期建設からその後に続く維持管理に要する費用を年単位で積み上げてコストを計算してみる。各工法における累積費用の推移を 図-6 に示す。この図は、各工法の累積費用を、既往工法の新規施工費を 1.0 とした比で表している。

新規工法は初期コストが既往工法よりも高価であるため、維持管理費が安くても累積費用が逆転するのは、新規 A では約 10 年、新規 B では約 17 年経過してからになってしまう。しかし、空港に求められる長期供用性能を考慮すると、累積費用が逆転するまでの期間はさほど長すぎるとはいえず、その後は既往工法との差異は拡大する一方であることから、トータルコストの観点からは経済性に優れていると評価できよう。また、今後における新規工法の改良、および大規模施工であることによるさらなる効率化がはかられば、初期コストはもっと安価になって累積費用の逆転は早い時期に訪れるものと期待される。

ここでの費用試算では、新規工法における刈草の発生量が少ないことの効用を処分費でしか考慮していないが、刈草、すなわちゴミの排出を削減するという便益をコストに換算して計上すれば、トータルコストはさらに改善されるものと考えられる。

前章の植生実験におけるそれぞれの植生仕様と、ここでの新規工法の各モデル植生との関係を示すと次の

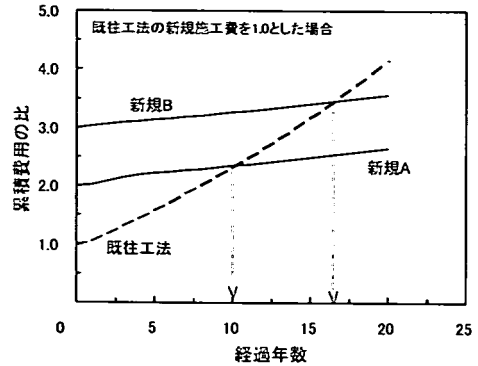


図-6 累積費用の比較

とおりである。防草シートあるいは客土吹付けを施工する仕様(表-4 の A, E)は新規 B の施工費よりも多少高めであり、防草マルチを施工する仕様 (B1, B2) は新規 B とほぼ同じ施工費である。そして、基盤改良を施工する仕様 (C) の施工費は新規 A と新規 B の間に属し、基盤改良を行わない仕様 (D) は新規 A よりも安価である。

4. まとめ

本研究では、空港着陸帯等の制限区域内における植生管理のコスト削減を目的として、有望植物種であるグラウンドカバープランツを機械施工によって導入し、その生育状況を追跡調査して適用性を評価した。そして、具体的な知見として、機械施工によるイワダレソウを主体としたグラウンドカバープランツは空港着陸帯に対して有効であり、速やかに地表面を導入植物の枝葉で密に覆って雑草侵入を抑制することが維持管理コストの削減につながることを確認した。また、導入植物の生育促進と雑草の侵入防止を目的とした植生基盤の改良法についても検討し、ここで用いた改良方法の効果や問題点、および改善のための知見を得た。

本研究で得られた主な知見をまとめると次のとおりである。

- (a) イワダレソウを主体としたグラウンドカバープランツは機械施工が十分に可能で、広大で平坦な空港着陸帯においても問題なく導入できる。
- (b) イワダレソウを主体としたセル苗による植生は、約 1 年で基盤を十分に被覆することができる。草丈が高く生長しないので、導入植物自体を刈り取る必要が全くない。
- (c) 防草シート、防草マルチ、および土壌改良型除草剤はセル苗の生育にも影響を及ぼしてしまうので、雑草の侵入と生長を阻害する本来の効果との balan

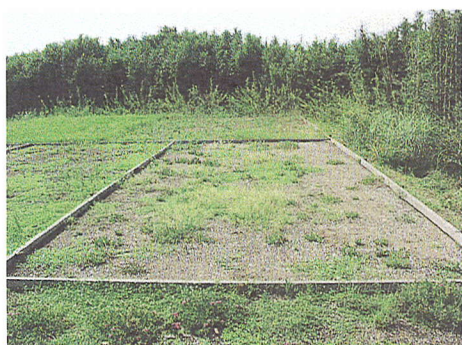


写真-3 マツバギク主体, 防草シート (3-A)

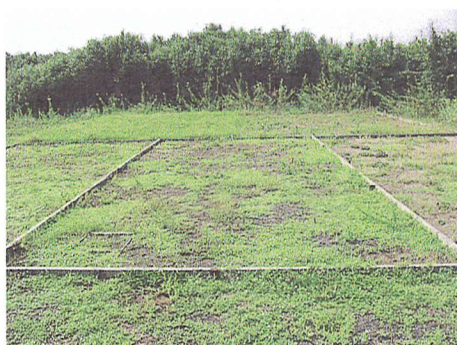


写真-4 マツバギク主体, 防草マルチ (3-B)

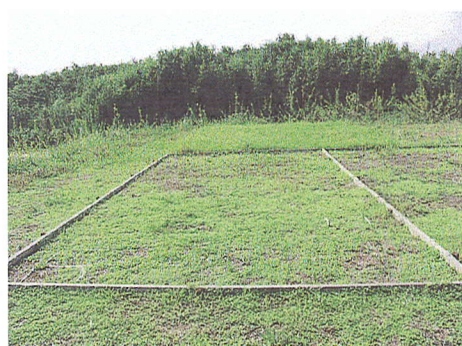


写真-5 マツバギク主体, 基盤改良 (3-C)



写真-6 イワダレソウ主体, 防草シート (5-A)



写真-7 イワダレソウ主体, 防草マルチ (5-B)



写真-8 イワダレソウ主体, 基盤改良 (5-C)



写真-9 イワダレソウ主体, 基盤改良なし (6-D)



写真-10 イワダレソウ主体, 客土吹付け (6-E)

スを考慮して評価する必要がある。このような考えで評価すると、防草シートの雑草抑制効果が最も高かった。

(d)本植生実験においては、コストおよび早期被覆性の面で特殊資材や除草剤を用いない基盤仕様が空港植生として最も優れていた。

(e)維持管理コストを縮減させるための新しい考え方として、建設時に矮生ではふく性能が優れた植物種を導入して養生することにより、早期において地表面を密に被覆してしまい、その後は雑草管理と導入植物の生育管理のみに努めることを提案した。このような考え方では初期コストを多く要することになるが、トータルコストの概念で評価すればコスト縮減につながる。

本研究で採用した基盤改良法はまだ試行段階のものであり、その改良効果と空港という大規模面積のことを考えると、さらなる改善が必要とされる。また、植生工は十分な施工面積を有した試験区での長期における供用性に基づいて評価・検討されるべきものであり、病害虫の発生や植物の寿命による衰退等の不確定な影響因子についても検討する必要がある。本研究では、検討期間や予備調査が十分でなかったことから、これらに関する明確な知見を得るに至らなかった。しかしながら、本研究で得られた知見は、既往の空港着陸帯における実績にとらわれることのない、新しい方向性を示すものとして参考になり得ると考えられる。今後、本研究で検討した新規仕様に対してのさらなるコスト縮減と機能改善が図られれば実用性も高くなるはずであり、本文がそのための一助になることを期待する。

謝辞： 本研究の遂行にあたり、運輸省第二港湾建設局（当時）における関係機関から多く技術的助言を頂いた。また、植生実験については、西武造園株式会社、

株式会社富士植木、株式会社大本組から多くの協力を得て実施した。さらに、兵庫県立北部農業技術センター農業部の福嶋昭主任研究員からもセル苗の施工と追跡調査の評価に対して有益な助言を頂いた。関係各位に深甚なる感謝の意を表する次第である。

付録 植生実験における生育状況の写真

本文2. に記した植生実験における主要植物種の生育状況について、写真-3~10 にその概観を掲載する。これらの写真は、各種植物の施工から約14ヶ月が経過した8月における各試験区画の生育状況を撮影したものである。本文中における追跡調査の記述に基づいて適宜参照されたい。

参考文献

- 1) 高橋 修, 八谷好高: 空港着陸帯における植生管理の実状と維持管理コスト縮減のための植生実験, 土木学会論文集, No.713/VII-24, 131-144, 2002.
- 2) 小沢知雄, 近藤三雄: グラウンドカバープランツ, 誠文堂新光社, pp.122-129, 1987.
- 3) 有田博之, 藤井義晴: 畦畔と圃場に生かすグラウンドカバープランツ, (社) 農村漁業村文化協会, pp.26-40, 1998.
- 4) (財) 港湾空間高度化センター 港湾・海域環境研究所: 港湾緑地の植栽設計・施工マニュアル, 第3編 第2章 植栽基盤, pp.82-112, 1999.
- 5) 住宅・都市整備公団 都市開発事業部編: 公園・歩道者用道路等設計要領, p.261, 1984.
- 6) 福嶋 昭: グラウンドカバープランツの動力吹き付け工法による緑化技術, 近畿中国地域における新技術, 第34号, pp.131-134, 2000.
- 7) 福嶋 昭: グラウンドカバープランツの新しい利用技術-空気式混合による植物苗の吹付け緑化工法- 農業および園芸, 第76巻第8号, pp.56-64, 2001.
- 8) 運輸省東京航空局東京空港事務所: 東京国際空港刈草処分調査報告書, pp.1-1-1-4, 1998.

(2001.11.27 受付)

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE COST REDUCTION METHOD FOR VEGETATION MANAGEMENT IN LANDING STRIPS OF AIRPORTS

Osamu TAKAHASHI and Yoshitaka HACHIYA

In order to maintain the vegetation areas surrounding the landing strips of airports, grass needs to be mowed and disposed. Since the areas that require such maintenance are vast, the cost associated with the practice is also enormously high. To reduce the amount of the cost, it is suggested to introduce new types of flora that must have particular natural characteristics such as low in their height and excellent in areal coverage. For this study, *Lippia nodiflora* was chosen and evaluated for its applicability by follow-up surveys that monitored the intrusion of weeds to the planted area. Based on the results, this study indicates that *Lippia nodiflora* is effective in reducing the cost because of its advantage in rapid areal coverage.