

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

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)

空港着陸帯の地表面には、航空機を安全に運用するために植生が施工されており、わが国においては、植物種として主に芝草類の地被植物が用いられている。そして、その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。本研究では、わが国の空港全般における植生管理の実状を調査したうえで、空港着陸帯における植生管理のコスト縮減を目的に、空港緑地に適した植物種について検討を行った。その結果、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類に固執することなく、矮生でほふく性に優れた植物種を新たに導入する必要があることを明らかにし、そのための有望植物種を具体的に見出した。

Key Words : *vegetation, airport landing strip, maintenance, actual situation, cost reduction*

1. はじめに

空港制限区域内の緑地は、単に修景整備のために施工され維持されているのではなく、主に空港土木施設の一部として安全面、および機能面に寄与するために整備・管理されている。わが国の空港着陸帯においては、空港舗装の近傍には張芝が用いられ、それ以外の箇所には芝草の種子を数種類散布した播種工が施されており、基本的には芝草で全面的に被覆されている。このように地表面を緑化することの本来の目的は、航空機のプラストによる基盤浸食や飛砂を防止すること、およびオーバーラン等の緊急時における機体の支持と延焼を防止すると共に、緊急活動が速やかに行えるようにすることである。

しかしながら、施工した芝草や侵入してきた雑草類の生長が過度になると種々の問題を引き起こすことになる。そのため、空港着陸帯においては、維持管理業務として主に以下の目的で草刈りが実施されている。

- ① 消火救難活動を確保し、鳥害事故（バードストライク）等を防止して、航空機の安全運航を確保する。
- ② 鳥や昆虫、雑草種子類、および枯草等が周囲に対して悪影響を及ぼすことを防止する。
- ③ 美観を確保する。
- ④ 空港施設全体の整備の一環として実施する。

草刈業務には、刈取り作業に加えて、刈り取った草類を集めて空港施設外に搬出し、処分するという作業も含まれている。刈草の処理については、各空港の状

況に応じて種々の方法が採られているが、基本的には廃棄物として処分されている。昨今のゴミ問題の深刻化を受けて、いくつかの空港では堆肥化等の有効利用が図られているところであるが^{1),2)}、都市部に位置する空港でそれが難しい場合は、焼却あるいは埋立によって処理されている³⁾。

わが国の空港では、草刈業務は年に数回実施されており、着陸帯の面積が広く夜間作業を伴うことから、このような管理業務には多大な費用と時間が費やされている。近年の空港需要の拡大によって、多くの空港で拡張が進められていることから、植生管理におけるコスト縮減の取組みは早急なる検討課題の一つとして挙げられている。特に、わが国で最も規模が大きく代表的な空港である東京国際空港では、緑地面積も広大で、かつ大都市に近接していることから、先述の問題点が空港全体の維持管理において大きくクローズアップされてきている。

本研究では、上記のような実状を鑑み、わが国の空港における植生管理の実態を具体的に把握したうえで、維持管理が経済的で、かつグラウンドカバー機能に優れた空港着陸帯の植生技術について検討を行った。実態の把握については、全国各地の空港における植生管理の実状を主にアンケートによって調査し、技術的課題を整理した。そして、コスト縮減や機能改善を図るための植生技術について、空港の立地条件と土壌条件に準拠した小規模な植生実験を行って導入植物種について評価し、有望な植物種を選出した。

表-1 アンケート依頼先空港

第一種	第二種	第三種	その他
	秋田, 山形, 新潟	大館能代, 庄内, 佐渡, 富山, 福井, 松本	(小松)
東京国際, 新東京国際	仙台	青森, 花巻, 福島, 大島, 新島, 神津島, 三宅島, 八丈島	調布 (三沢)
大阪国際 関西国際	八尾, 広島, 高松, 松山, 高知	南紀白浜, 鳥取, 隠岐, 出雲, 石見, 岡山	但馬, 岡南, 広島西, 徳島 (美保)
	福岡, 北九州, 長崎, 熊本, 大分, 宮崎, 鹿児島, 山口字部	佐賀, 対馬, 小値賀, 福江, 上五島, 杵岐, 種子島, 奄美, 屋久島, 喜界, 沖永良部, 与論	天草, 枕崎, 大分県央
	名古屋		
	新千歳, 稚内, 釧路, 函館, 旭川, 帯広	利尻, 礼文, 奥尻, 中標津, 紋別, 女満別	弟子屈, 丘珠 (千歳)
	那覇	粟国, 久米島, 慶良間, 北大東, 新南大東, 宮古, 伊江島, 下地島, 多良間, 石垣, 波照間, 与那国	
4	25	50	10 (4)

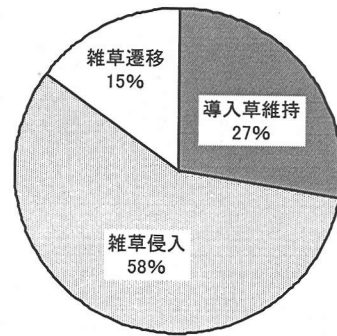


図-1 植生相変化の割合

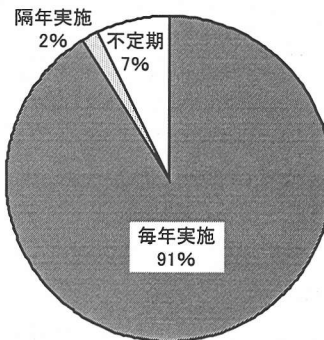


図-2 草刈り実施頻度の割合

2. 既設空港における植生管理の実状

(1) 既設空港の植生管理に関する実態調査

a) アンケートによる調査

わが国における各地の既設空港に対して広範なアンケート調査を実施し、空港植生に関する実状について情報収集を行った。アンケートの設問は、実務関係者にヒアリングを行ったうえで検討して決めたものであり、建設時における植生工の仕様、現在の植生状況、維持管理方法、管理者が望む今後の空港植生の在り方、および草刈り以外の問題点等について尋ねるものであった。調査対象の空港は表-1に示すとおりで、一部の空港を除く全国の89空港に対してアンケート用紙を送付し、そのうちの79空港から回答を得ることができた(回収率: 89%)。本調査は平成11年2月に実施した。

回答を集計し、本研究に直接関係する植生の生育状況と管理の実態について結果を要約すると以下のとおりである。

【着陸帯の植生状況について】

- 地表面の被覆状況については、約85%の空港で「良好」という回答であった。しかし、約15%の空港で土壌侵食や植物衰退、美観低下の問題が指摘されている。

- 植物相については、70%以上の空港で雑草侵入が問題視されており、そのうちの15%が全面的に遷移している(図-1参照)。
- 60%以上の空港でバードストライクの発生が確認されており、対応策として鳥の駆除と威嚇が実施されている。

【維持管理の状況について】

- 草刈りは90%以上の空港で毎年実施されており、そのうち年に2回実施が47%、3回以上実施が42%である(図-2参照)。
- 刈草の処分方法としては、約40%の空港で焼却または埋立処理で、約60%でリサイクル利用されている。リサイクルの内訳は家畜飼料が24件、堆肥化が12件であった(図-3, 4参照)。
- 草刈り以外の維持管理作業として、追肥(9空港)、追播(5空港)、薬剤散布(10空港)等が実施されている。

b) その他アンケート以外の調査

アンケート調査以外にも、既存の19空港における調査レポート、実験等の報告書、および研究資料等⁴⁾~¹⁰⁾を収集して、空港植生の実態調査を行った。その結果、植生管理について以下の事項が知見として得られた。

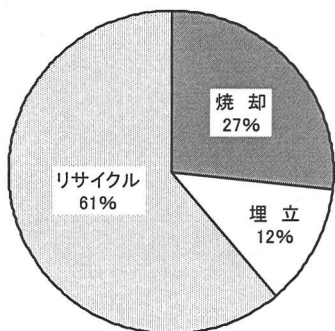


図-3 刈草処分方法の割合

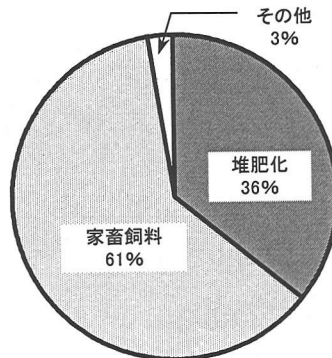


図-4 有効利用方法の割合

- 東京国際空港、大阪国際空港および八尾空港等の大都市近郊に位置する空港では、刈草の処分方法が問題となっており、堆肥化（リサイクル利用）のための検討が行われている。堆肥化に対しては、設備投資や環境整備、および出来上がった堆肥のニーズといった点が問題視されている。
- 草刈りの管理基準としては、草丈が30~100 cmに成長したら刈取りを行うものとし、刈込み高は5 cmを標準としている。この他に、各空港では標準的草刈り回数が設定されている。
- 植生工の仕様については、旧運輸省の基準やマニュアル類はなく、既往の実績や現場植生実験の結果に準拠して、導入植物種や土壌改良仕様が決定されている。道路や造園あるいは自治体等で定められている仕様に基づいている場合も見られる。

(2) 東京国際空港における実状

具体的な例として、東京国際空港における植生の施工仕様および維持管理の実状について調査結果を記述する。

東京国際空港沖合展開事業に伴う植生工は、第Ⅰ期（新A滑走路整備）からⅢ期（新C滑走路整備）まで、それぞれ異なる基盤土壌を対象としており、試験・調査によって適正な施工仕様が設定されてきた。植生基盤としては現地発生土、すなわち建設残土を客土として用いている場合が多く、基盤の土壌条件に応じてⅠ期工事とⅢ期工事とでは土壌改良材（堆肥、リン酸質改良材）および基肥投入量が異なっていた。そして、現時点における植生工の仕様は表-2に示すとおりとなっている。

東京国際空港の敷地面積は約1,300ヘクタールで、その約1/4の面積である320ヘクタールで草刈業務が行われている³⁾。平成10年度のデータによると、東京国際空港では年に3回ないし4回の草刈りが実施されており、草刈りの延べ面積は年間1,000ヘクタール以上と

表-2 東京国際空港の植生仕様

工種	種類	施工量	備考
播種工	ベントグラス（シーサイド）	0.3 g/m ²	4種混合 種子吹付
	レッドフェスク（クリーピング）	4.8 g/m ²	
	トールフェスク（メサ）	9.6 g/m ²	
	ベレニアルライグラス	4.8 g/m ²	
張芝工	日本芝（ノシバ）	全面張	舗装近傍
土壌改良	バーク堆肥	1.50 kg/m ²	有機質
	過リン酸石灰	0.83 kg/m ²	pH中和

いうことになる。この場合の刈草の総量は約2,300トンで、これらは焼却あるいは堆肥化によって処理されている。堆肥化は産業界が理想とする処理方法であるが、コストや処理能力の面で問題が残されているため、現時点での処理量はあまり多くない。

東京国際空港の維持管理には多種多様な業務が行われているが、維持管理費全体に対して草刈り関係の費用が占める割合は41%であり、この割合はかなり高いものと評される。そして、草刈り関係の費用のうちで刈取り作業に要するものが59%、処分に要するものが41%の比率である。東京国際空港は都市部に位置しているために、廃棄するにしても、あるいは有効利用するにしても、刈草処分にかかる費用はかなり割高となっている。

(3) 技術的課題のまとめとその対応策

東京国際空港をはじめとする全国各地の空港に対して、植生運用の実状についての調査を行い、わが国の空港における今後の植生管理について以下の技術的課題を見出すことができた。

- ①草刈り等の管理業務を頻繁に必要としない植生仕様を検討する。
- ②雑草侵入の防止と植生相変化の回復手法を検討する。
- ③刈草の効果的処理方法を開発、確立する。

表-3 臨海空港での生育が予想される植物種

種類	区分	植物名
芝草類	播種	ベントグラス（シーサイド）、ベントグラス（クリーピング）、トールフェスク、レッドフェスク（クリーピング）、ペレニアルライグラス、パヒアグラス、ハードフェスク、パミュダグラス、日本芝
	張芝	日本芝（ノシバ、みやこ）、パミュダグラス（ティフトン）、パヒアグラス
株苗植物	地被類	イワダレソウ、アイSprランツ、マツバギク、ヘデラ類、ハマヒルガオ
	その他	ガザニア、ハマギク、セダム類

次に、上記の課題を効率的に改善するための対応策について考察してみる。本文の冒頭に記した空港植生に求められている本来の役割・性能と、現行の植生仕様を比べてみると一つの矛盾が指摘される。管理者側としては、施工した芝草のみが早期において発芽、生育して草丈が伸びると共に枝葉によって土基盤が密に被覆されることを期待しており、その後は草丈の生長は適当な高さで止まって欲しいという希望がある。実際の運用では主に前者を考慮して植物種が選定されているので、後者の要求については十分に満たされないことになり、その結果として維持管理の段階で上記の課題が指摘されているのである。さらに、表-2 に示した植物種は空港の苛酷な環境条件においても生育し、かつ施工性と経済性等を勘案して選定されたもので、必ずしも雑草侵入や刈取り処分のことが十分に考慮されているとはいえない。

このように考えると、草刈りおよび刈草処理の効果的な簡素化を図るためには、これまで一般的に運用されてきた芝草類を見直し、初期の建設段階とその後の維持管理段階を総合的に考慮して、より空港植生に望ましい植物種を導入することが必要である。つまり、既往の芝草類にとらわれることなく、草丈の生長が抑制され、かつ被覆性の向上が期待されるように、矮性でほふく性能に優れた植生種の導入を検討するのである。

3. 有効植物種を選出するための基礎的植生実験

前章では、既設空港の植生運用についての実状とそれに対する技術的課題を整理し、その対応策について考察した。本章では、対応策を具体化するための一つの検討として、海上あるいは沿岸域に位置する臨海空港への導入に有望な植物種をいくつか選出し、基礎的な植生実験によって現場への適用性を評価すると共に、その有効性を確認した。ここでは東京国際空港を一つのモデルケースと考え、基盤条件や環境条件については、東京国際空港のものに準拠して検討を行った。

(1) 空港緑地に適した植物種の選出

a) 植生の条件

空港着陸帯への導入植物種は、わが国における空港建設の実状に基づいて、生育環境が建設残土の基盤土壌で、かつ沿岸域に位置していること、および将来の維持管理を含めたコスト縮減に寄与できることを考慮して選定する必要がある。空港着陸帯に導入する植物種として、必要とされる条件を列挙すると次のとおりである。

- アルカリ性土壌に対する適応性が優れている。
- 活着がよい。
- 耐塩性に優れている。
- 耐風、耐候性に優れている。
- 土質（物理的特性）を選ばない。
- 病虫害や雑草に強く、その発生が少ない。
- 貧栄養土壌においても生育が可能である。
- 草丈があまり高くない。
- ほふく性に優れ、早期に被覆度が高くなる。
- 施工後の生育が速く、雑草類の侵入が少ない。
- 年間を通して常緑である。
- 乾燥化や枯損がなく、延焼の危険がない。
- 施工が容易である。
- 維持管理が容易である。
- 大量入手が可能であり、安価である。

b) 植物種の選出

上記の選定条件に基づき、わが国の各空港、港湾においてこれまで実施されてきた植生、緑化関係の実験および調査の資料^{4)~9)}、技術報文^{10)~14)}、施工基準¹⁵⁾、ならびに道路や農地等の法面緑化に関する文献^{16)~20)}等を収集し検討を加えたところ、表-3 に挙げる植物が臨海空港において適当であると判断された。ここでは、現在広く運用されている芝草類のみにこだわることなく、グラウンドカバープランツとして流通しているものについても候補として選出した。

表-4 建設残土（東京国際空港）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	48	1.2×10^{-4}	33.0	38.7	18.9	9.4	SL
2	72	5.1×10^{-4}	35.9	38.4	16.4	9.3	SL
3	49	4.9×10^{-6}	5.7	58.9	23.2	12.2	L
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				

表-5 建設残土（東京国際空港）の化学的性質

供試体 No.	全窒素 (%)	有効 リン酸 (mg/100g)	交換性 カリウム (mg/100g)	交換性 カルシウム (mg/100g)	pH (H_2O)	電気 伝導度 (mS/cm)	塩素 (%)	ナトリウム 飽和度 (%)
1	0.02	3.3	0.78	53.3	9.3	0.38	0.001	9.3
2	0.02	2.9	0.80	44.2	9.5	1.20	0.066	48.1
3	0.07	7.8	1.02	69.7	10.0	2.73	0.276	107.2
基準値	0.03 以上	5.0 以上	0.2 以上	5.0 以上	4.5~7.5	1.5 以下	0.04 以下	15 以下

(2) 建設残土の土壌分析と幼植物試験

a) 東京国際空港建設残土の土壌分析

東京国際空港の基盤はその大部分が埋立てた浚渫ヘドロを改良したものであり、外部から運び込まれた土質資材や人工的な改良材が多く使用されていることから、植物の生育に適しているとは考えられない。事実、これまでの植生工においては、芝草が発芽して長い期間生育するように土壌改良を行っている。

植生基盤の土壌条件は、植物の生育に多大な影響を及ぼすことから、以後の検討に対する基礎資料として把握しておく必要がある。そこで、建設工事が進められている東側ターミナル整備地区から、基盤改良（この場合の改良とは脱水和固化剤等による基本的な物理的改良を意味している）は終了しているがまだ整備が完了していない建設残土を採取し、その物理的および化学的性状を調査した。その結果は表-4と表-5に示すとおりである。試料は3箇所から採取し、それぞれ1~3の記号が付けられている。表中の基準値は、経験的に知られている植生工を行う場合の目安であり、一種の推奨値を示している^{21), 22)}。試料の採取位置によって建設残土の物理特性は多少異なっており、No.2はおおむね良好な土質であるが、No.3は細粒分が多くて水はけが悪く、植生土壌にはあまり適していないと評価される。化学的成分については、どの試料も強いアルカリ性を呈しており、No.1とNo.2は全窒素と有効リン酸が少ない土壌である。No.3は電気伝導度が高く、塩素、ナトリウムが多い。

b) 東京国際空港建設残土の幼植物試験

以上の土壌分析の結果から、東京国際空港沖合展開地区の建設残土はアルカリ性が強く有機質養分が乏しいため、植生基盤として使用するには適切なpH調整材と有機質改良材による土壌改良の必要性が確認された。次に、この建設残土を植生基盤材とする場合の、植物の生育に関する基礎データを得るために、簡単な幼植物試験を実施した。

試験要領は次のとおりである。東京国際空港沖合展開地区内の3箇所から採取した試料に、pH中和改良材として過リン酸石灰か硫酸系中和材を、有機質改良材としてパーク堆肥、ココピートあるいは汚泥コンポストをそれぞれ混入し、評価用の改良土を用意した。それらにコマツナの苗を植えて草丈を4週間観測し、コマツナの生育状況を比較した。苗の草丈は週に1回測定し、4週間後の生育状況は地上部と地中部の乾燥質量で評価した。ここで使用した試験土壌の種類は表-6に示すとおりで、土壌改良の条件は無改良も含めると全部で5とおりであった。残土の種類が三つあるので、残土を改良した試験用植生土は15種類であり、参考のために良質土である黒ボク土についても苗を植えたので、植生土の種類は全部で16種ということになる。

図-5に草丈と乾燥質量の測定結果を示す。各植生土に対して試料を二つ用意したが、図中の値はそれらの平均値である。No.3の建設残土を使用したものは、発芽を認めることができたが、土壌改良を施したものも含め、すべて生育せずに枯死してしまったので、データ

表-6 幼植物実験に使用した土壌条件

種別	試験土種類	pH 中和改良材 (量*)	有機質改良材 (量*)	備考
A	建設残土 (非改良)	—	—	基準
B	建設残土 (改良)	過リン酸石灰 (0.8 kg/m ²)	パーク堆肥 (1.5 kg/m ²)	
C	建設残土 (改良)	硫酸系中和剤 (240 ml/m ²)	パーク堆肥 (1.5 kg/m ²)	
D	建設残土 (改良)	硫酸系中和剤 (240 ml/m ²)	ココピート (7.5 l/m ²)	
E	建設残土 (改良)	硫酸系中和剤 (240 ml/m ²)	汚泥コンポスト (1.5 kg/m ²)	
F	黒ボク土	—	—	参考

*基盤厚 15cm に対するもの

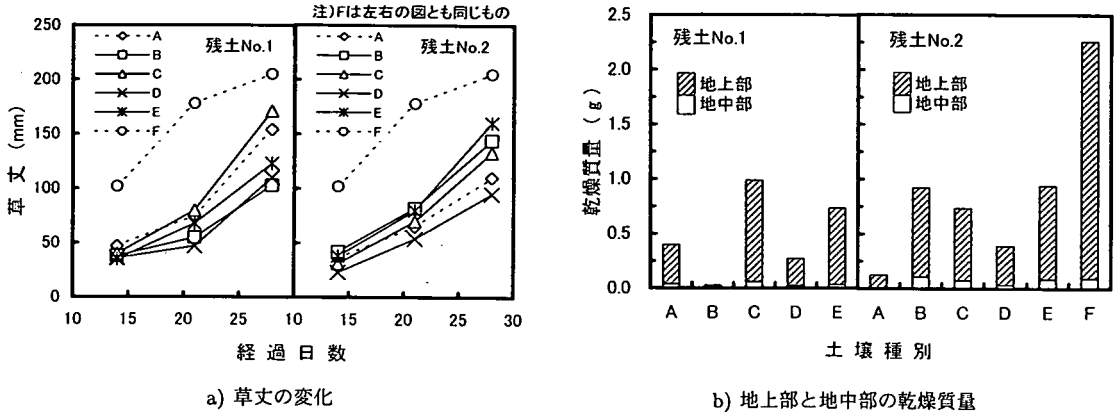


図-5 幼植物試験の結果

が得られていない。良質土を使用したもの (F) に比べ、建設残土を使用したものはかなり生育が劣っており、建設残土を用いたもののなかでも土壌改良の違いによって生育状況に差が見られる。No.1の残土ではCの土壌改良を施した試験土で草丈、乾燥質量とも最も生育が良く、Bの改良土では生育が悪かった。また、No.2についてはBとEの試験土で生育が良好であった。したがって、No.1の残土では改良材として、硫酸系中和剤とパーク堆肥の組み合わせが有効であり、No.2の残土では硫酸系中和剤と汚泥コンポスト、あるいは過リン酸石灰とパーク堆肥の組み合わせが有効であった。No.1とNo.2の両方の残土ともDの改良仕様では、植物の生育状況が改良しない場合とほぼ同じであり、東京国際空港の残土には改良材としてココピートを用いても効果は期待できないと考えられる。

いずれにしても、植生基盤材として建設残土を使用する場合は、建設残土の土壌成分に応じた適切な土壌改良が必要であることを確認できた。ただし、望ましい植生基盤の条件は、導入する植物の種類や現場の気象条件、環境条件によっても多少異なることが予想されるので、これらのことも併せて考慮する必要がある。

(3) 各植物種の生育評価についての植生実験

a) 植生実験の概要

3. (1) で選出した臨海空港に有望な植物種を実際の建設残土基盤に施工し、生育状況を評価した。通常の空港植生実験は現地において、ある程度の面積に対して実施されているが、ここでの植生実験は、検討する植物種がかなり多く、追跡調査の項目と頻度も多いことから、数多くの植栽枡を用いた小規模のものとした。

海岸に近接した試験ヤード (横須賀市野比地内) に 2 m × 2 m の植栽枡を 図-6 に示すように 20 枡作製し、そこに東京国際空港から建設残土を搬入して植生基盤を造成した。そして、この基盤に対して以下に示す土壌改良と植生工を施し、月に 1 回の頻度で被覆度や草丈等の追跡調査を行った。なお、基盤の整備と植物の導入は平成 11 年 5 月に実施した。

b) 土壌改良条件

3. (2) で記したように、東京国際空港の建設残土を植生基盤材として用いる場合は、土壌成分に応じて適切な pH 中和材と有機質肥料を用いる必要がある。ここでは、土壌改良仕様の違いに対する生育状況の差異を具体的に比較し、さらに土壌改良簡略化の可能性を

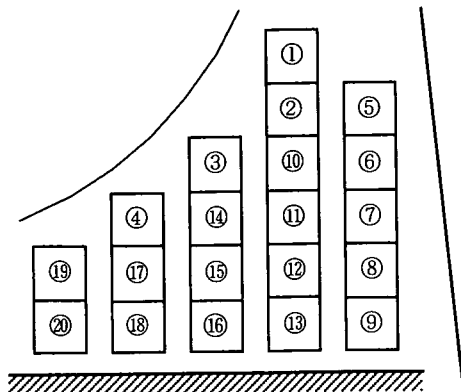


図-6 植生実験での植栽柵の配置

検討するために、pH 中和材や肥料が少ない条件を基準と考え、pH 中和材と肥料の有無の組み合わせによる下記の4種類の土壌条件について検討した。

- ①pH 中和材と肥料の両者とも加えない土壌（原土壌）
- ②pH 中和材と肥料の両者とも加える土壌（東京国際空港での標準土壌）
- ③肥料のみを加える土壌（改良 A 土壌）
- ④pH 中和材のみを加える土壌（改良 B 土壌）

東京国際空港における既往の植生基盤と整合性を図るために、pH 中和材としては過リン酸石灰を、肥料としては有機質改良材のバーク堆肥を用いるものとした。混入量は、東京国際空港で実験値に基づいて策定された、基盤の土壌成分に応じて算定する方法²⁴⁾によって決定した。具体的には、過リン酸石灰を 1.65 kg/m²、バーク堆肥を 1.0 kg/m² とした。

c) 導入植物種と植生条件

本植生実験に導入する植物種は、基本的には表-3 に示したものとしたが、先述した建設残土の土壌分析と幼植物試験の結果、および市場での流通状況を勘案して、これらのうちからベントグラス（シーサイド）は除いた。また、播種の日本芝についてはノシバ、ZEN100、ZEN300 の3種類を用いることにし、さらにトールフェスクについてもメサ、ボンサイ、ジャガーの3種類を導入することにした。これら他に、植生基盤の土壌成分に関する検討では、導入する植生の種類としては表-2 に示した東京国際空港の現仕様である西洋芝4種混播のみとした。したがって、導入した植物種は播種が12、張芝が4、株苗植物が8の全部で24種類であった。

植栽柵の面積と数を考慮して、播種と張芝の植物種については植栽柵を2分割して使用し、評価においてある程度の面積を要する株苗の植物種については、それぞれ一つの柵を使用するものとした。すなわち、播種の植物種については計6柵、張芝の植物種について

表-7 導入植物種とその植生条件

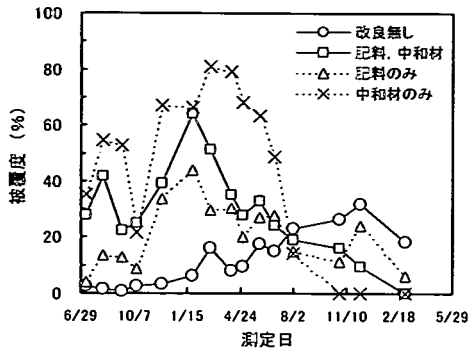
区分	柵 No.	植物種名称	土壌改良
播種	①	現仕様の種（土壌改良無し）	×
	②	”（肥料、中和材）	○
	③	”（肥料のみ）	○
	④	”（中和材のみ）	○
	⑤	ベントグラス（クリーピング）	×
	”	トールフェスク（メサ）	×
	⑥	レッドフェスク（クリーピング）	×
	”	ベレニアルライグラス	×
	⑦	バヒアグラス	×
	”	ハードフェスク	×
張芝	⑧	バミュダグラス	×
	”	日本芝（ノシバ）	×
	⑨	トールフェスク（ボンサイ）	×
	”	トールフェスク（ジャガー）	×
	⑩	日本芝（ZEN100）	×
	”	日本芝（ZEN300）	×
	⑪	日本芝（ノシバ）	×
	⑫	バミュダグラス（ティフトン）	×
株苗	⑬	イワダレソウ	×
	⑭	ハマヒルガオ	×
	⑮	アイスプラント	×
	⑯	マツバギク	×
	⑰	ヘデラ	×
	⑱	セダム	×
	⑲	ガザニア	×
	⑳	ハマギク	×

は計2柵、株苗の植物種については計8柵を使用した。新規植物種を導入するこれらの場合の植生基盤は、肥料や中和材を加えない原土壌とした。また、土壌成分の違いに関する検討には各土壌条件に対して柵を一つずつ使用するものとし、これらに表-2 に示した西洋芝4種混播を施工した。

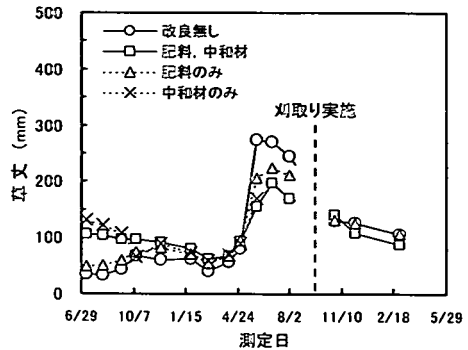
以上に記した導入植物種とその植生基盤、およびこれらと植栽柵の対応を表-7 にまとめる。表中の柵番号は図-6 に示したものと対応している。さらに、①～④の柵は土壌成分の違いに関する検討に使用するものであり、土壌条件は前項に述べた記号に対応している。

d) 追跡調査

追跡調査の項目は、成立本数、被覆度、草丈、活力度、および雑草侵入状況であり、各調査項目の評価方法と実施時期については表-8 に示すとおりであった。ただし、張芝については被覆度を測定していない。表中のコドラート法とは、コドラートと呼ばれる50 cm × 50 cm の正方形の柵（柵内が糸で10 cm × 10 cm に区切られている）を各試験区に設置し、柵内の植生についてのみ調査項目を測定してその試験区画の結果とする方法である。



a) 被覆度



b) 草丈

図-7 現仕様芝草の被覆度と草丈

表-8 追跡調査の内容

調査項目	調査方法	実施時期
成立本数 (本/m ²)	コドラート法	施工後2~3 週後
被覆度 (%)	コドラート法	毎月 (冬期隔月)
草丈 (mm)	自然高測定	"
活力度	クロロフィル測定	適宜
雑草侵入状況	目視, 写真撮影	毎月

表-9 芝草種の成立本数

No.	植生名称	成立本数
①	現仕様の種 (土壌改良無し)	4,336
②	" (肥料, 中和材)	7,120
③	" (肥料のみ)	3,264
④	" (中和のみ)	3,248
1	ベントグラス (クリーピング)	967
2	トールフェスク (メサ)	2,800
3	レッドフェスク (クリーピング)	1,872
4	ペレニアルライグラス	1,200
5	バヒアグラス	64
6	ハードフェスク	624
7	パミュダグラス	4,288
8	日本芝 (ノシバ)	1,408
9	トールフェスク (ボンサイ)	5,104
10	トールフェスク (ジャガー)	4,864
11	日本芝 (ZEN100)	1,040
12	日本芝 (ZEN300)	1,168

コドラートを用いた被覆度の測定法はあまり一般的ではないが、本実験では、糸で区分されている25のそれぞれの区画を被覆の程度に応じて5段階にランク付けを行い²⁵⁾、25区画のランク値合計を百分率に換算する方法^{26),27)}で行った。また、活力度については、クロロフィル a から発せられる蛍光強度に着目したクロロフィル蛍光反応法²⁸⁾によって評価した。これらの他に基盤土壌の化学成分についても施工終了直後と施工1年後において実施した。植生実験の評価は、これらの調査項目に加えて目視による生育状況の観察に基づいて行った。

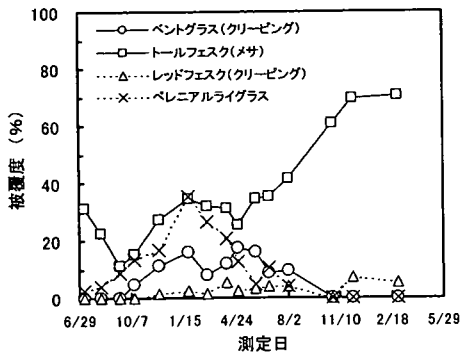
e) 植生実験の結果および考察

植生の施工が5月下旬に終了したので、発芽、活着状況をはじめとする追跡調査は6月中旬から開始した。表-9に播種芝草における成立本数の結果を示す。芝草の成立本数の基準値は3,000本/m²であるが¹⁵⁾、現仕様の種以外の芝草については土壌改良を施していないので全体的に成立本数が少ない。また、播種と張芝の芝草類、および株苗植物であるグラウンドカバープランツに対する被覆度と草丈の測定結果を、それぞれのグループにまとめて図-7~12に示す。

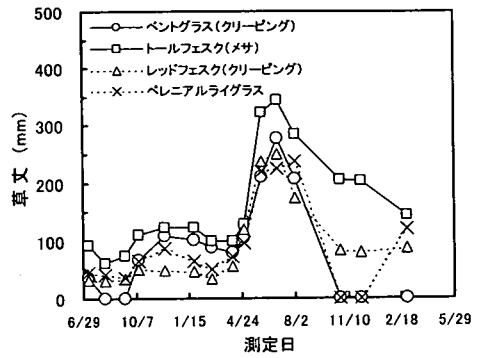
そして、追跡調査の結果を総合的に取りまとめると表-10に示すとおりである。表中の記号の意味は、◎：非常に良い、○：良い、△：普通、×：悪い、である。以

下に、土壌改良の簡略化と新規導入植物種の適用性について評価結果を概述するが、文末の付録に主要植物種の状況写真を掲載しているので併せて参照されたい。

植生基盤の土壌条件を変化させた検討については、表-10の①~④の結果、および生育状況の視察により、施工後1年程度の間は肥料とpH中和材の両方を施した標準仕様の②よりも、中和材のみで改良した④のほうが良好な生育状況であった。しかし、施工後2年目の秋頃から②と④では雑草の侵入が目立つようになり、芝草の衰退が認められた。その他、pH中和材を施工しなかった①、③の土壌では発芽状況が不良で、結果的に被覆度が低い結果であった。これらのことから、高アルカリ成分は初期の発芽と生育を阻害するものであり、建設残土のようなアルカリ性土壌に対しては肥料

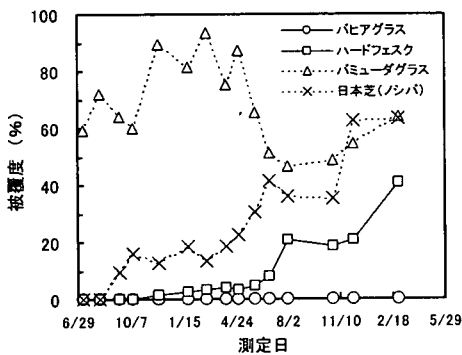


a) 被覆度

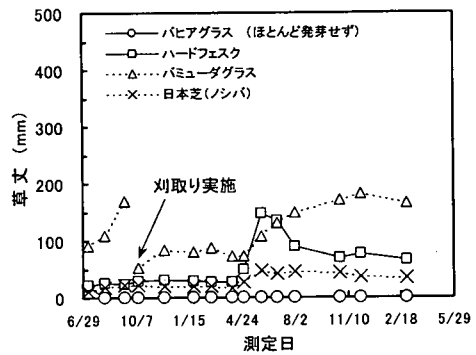


b) 草丈

図-8 検討芝草の被覆度と草丈 (No.1~4)

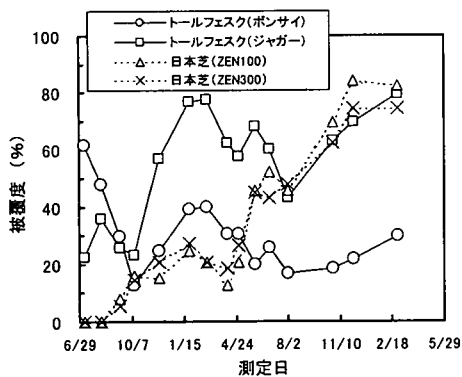


a) 被覆度

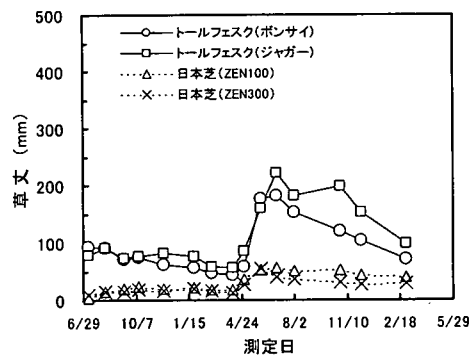


b) 草丈

図-9 検討芝草の被覆度と草丈 (No.5~8)



a) 被覆度



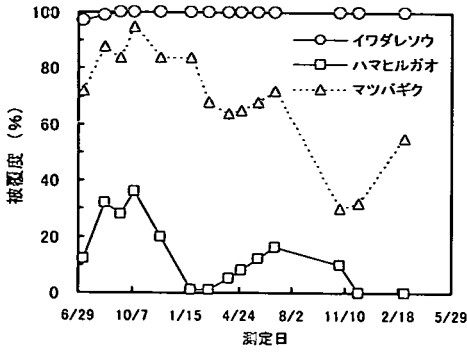
b) 草丈

図-10 検討芝草の被覆度と草丈 (No.9~12)

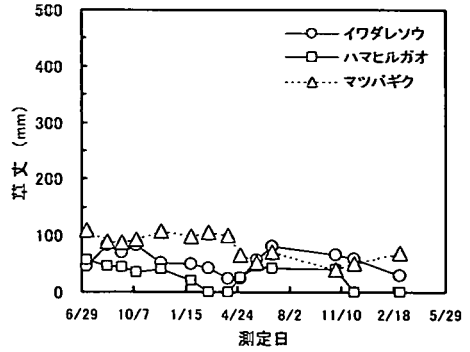
よりも pH 中和材が重要であることがわかった。しかしその反面、pH 中和材のみの改良では、雑草の侵入と生育が旺盛で植生相の遷移が懸念される。

結局のところ、雑草の侵入は①~④のすべての土壌条件で多く見られ、pH 中和材と有機質肥料の両方を施

工しても雑草侵入は避けられなかった。これは、現仕様で用いられている 4 種混播では基盤を被覆するのに時間を要することから、基盤の隙間に生育旺盛な雑草が侵入してきたのである。クローバ等のように草丈が高く生長しない植物種であればさほど問題にはならな



a) 被覆度



b) 草丈

図-11 株苗植物の被覆度と草丈

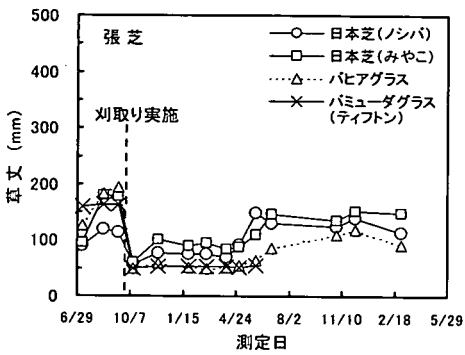


図-12 張芝の草丈

いが、セイタカアワダチソウやメマツヨイグサのように草丈が高く生長するものは維持管理を煩雑にする要因になる。したがって、土壌改良の仕様を簡略化できる可能性はあるものの、現仕様の芝草では草刈業務の軽減を期待することができないと判断される。

また、これまで空港着陸帯への導入には実績がない新規芝草種の適用性については、当初の期待に反して良好に生育したものが少なかった。播種の芝草類ではバミューダグラスが最も良好で、肥料や中和が十分でない貧栄養土に対しても速やかに発芽して被覆性も十分であった。日本芝 (ZEN100, ZEN300) は発芽して被覆する速さがかなり緩慢としているが、草丈が高く生長せず、結果的には比較的良好な生育状況を呈していた。その他については発芽が不十分で、結果的に被覆度が低く雑草の侵入が多く見られた。張芝の芝草では現仕様の種である日本芝 (ノシバ) よりも検討種であるパヒアグラスとバミューダグラス (ティフトン) のほうがほふく性に富み、生育密度も高かった。

芝草ではないがグラウンドカバープランツとして今回採用した野生草本種については、イワダレソウとマ

ツバギクが非常に良好であった。特に、イワダレソウはほふく性に優れ、施工後2ヶ月で被覆度がほぼ100%に達し、草丈も最盛期で100mm未満であった。早期において基盤を密に被覆することから、雑草の侵入もかなり少なく、長期間にわたって植生相はほとんど変化しなかった。それに準ずるものがマツバギクで、被覆度が若干劣るもののグラウンドカバーの植物としては十分な生育状況であった。これらの他にアイスプランツとガザニアもアルカリ貧栄養土に対して良好に繁茂する植種であった。しかし、成長による草丈や地被密度の点で着陸帯への適用は無理があり、それ以外の場所で法面保護や飛砂防止を目的に活用できると考えられる。

(4) 植生実験のまとめ

本章では、東京国際空港をはじめとする臨海空港への適用に有望な植物種を選定し、植生基盤に活用される建設残土の土壌分析と幼植物試験を実施したうえで、小規模植生実験によって植物種の生育状況を調査した。

東京国際空港の建設残土においては、現仕様で使用されている芝草に対しては肥料分よりも pH 調整が重要であり、pH 調整を行わないと発芽が阻害されてしまう状況であった。ただし、肥料分も不可欠であり、これらの施工量は基盤土壌と導入植物種、および環境条件に応じて適切な量を定める必要がある。

また、維持管理費用の縮減を見込んで新規導入植物種の空港への適用性について検討した結果、播種と張芝の芝草類、および株苗植物であるグラウンドカバープランツでそれぞれ現仕様で用いられているものよりも有望な植物種を限定することができた。具体的には、播種芝草ではバミューダグラスと日本芝 (ZEN100, ZEN300) が、張芝工ではバミューダグラス (ティフトン) が、グラウンドカバープランツではイワダレソウ

表-10 各植物種の生育状況のまとめ

No.	植生名称	発芽 株張	被覆 度	草丈	雑草 侵入	総合 評価	備 考
①	現仕様の種 (土壌改良無し)	△	×	△	×	×	発芽不良, 被覆度低
②	" (肥料, 中和材)	○	○	△	△	△	標準, 後に雑草侵入
③	" (肥料のみ)	△	△	△	△	△	被覆度低い
④	" (中和材のみ)	○	○	△	△	△	良好, 後に雑草侵入
1	ベントグラス (クリーピング)	×	×	○	×	×	発芽不良, 被覆度低
2	トールフェスク (メサ)	△	△	○	△	△	被覆度低い
3	レッドフェスク (クリーピング)	×	×	○	×	×	発芽不良, 被覆度低
4	ベレニアルライグラス	×	△	○	△	×	発芽不良, 被覆度低
5	バヒアグラス	×	×	×	×	×	ほとんど発芽せず
6	ハードフェスク	×	×	○	×	×	発芽不良, 被覆度低
7	バミューダグラス	○	◎	△	○	○	生育良好, 被覆度高
8	日本芝 (ノシバ)	×	×	○	×	×	被覆度低い
9	トールフェスク (ボンサイ)	△	×	○	△	×	被覆度低い
10	トールフェスク (ジャガー)	△	○	○	△	△	発芽遅い, 被覆度中
11	日本芝 (ZEN100)	×	○	○	△	○	良好, 発芽生育遅い
12	日本芝 (ZEN300)	×	○	○	△	○	"
13	日本芝 (ノシバ, 張芝)	△	△	△	○	△	生育良好, 拡大遅い
14	日本芝 (みやこ, 張芝)	△	○	△	○	○	生育良好, 拡大中
15	バヒアグラス (張芝)	○	○	△	◎	○	密度高い, 拡大速い
16	バミューダグラス (ティフトン, 張芝)	○	◎	△	◎	○	"
17	イワダレソウ	◎	◎	◎	◎	◎	生育旺盛, 草丈低
18	ハマヒルガオ	△	△	○	×	×	被覆度低, 冬期枯損
19	アイスプランツ	○	△	△	○	○	葉張速い, 生育良好
20	マツバギク	○	○	○	△	○	生育良好, 草丈低
21	ヘデラ	○	△	△	△	△	生育良好, 被覆度低
22	セダム	×	×	○	△	×	被覆度低い, 草丈低
23	ガザニア	○	○	△	○	○	被覆度良, 草丈中
24	ハマギク	△	△	△	△	×	冬期乾草化

◎:非常に良い, ○:良い, △:普通, ×:悪い

とマツバギクが良好であった。

これらのなかでも、イワダレソウは草丈が成長しない割にほふく性能に優れており、空港着陸帯のグラウンドカバープランツとしてかなり期待できる植物種と評価された。雑草の侵入と生長には導入植物の被覆性能が大きく関係しており、導入植物による植生相を長期にわたって維持するためには、地表面を導入植物で早期において密に覆うことが重要である。維持管理コストの縮減にはこのことに注目する必要があるので、これまで運用されてきた芝草よりも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ほうが有効であるといえる。

4. まとめ

本研究では、空港着陸帯における植生の維持管理コストを縮減することを目的に、植生技術の合理化につ

いて検討した。わが国の空港全般における植生管理の実状を調査し、技術的課題を整理すると共に、草刈業務が簡略化できる植生仕様の方向性について検討した。維持管理段階におけるコスト縮減をはかるためには、既往の芝草にこだわることなく、より空港植生に適した植物種を導入することが有効であり、ここではそのための有望な植物種を植生実験に基づいて具体的に選出した。

本研究で得られた主要な知見をまとめると次のとおりである。

- (a)多くの空港で植生管理については、コストと業務煩雑の点でいくつかの問題があると考えられている。
- (b)雑草侵入による着陸帯の美観(草質)低下も多くの空港で指摘されている。そして、草刈業務は雑草も含めた植生が生長していく過程において実施されるものであるため、草刈りおよび刈草処理のコストは雑草の影響を多分に受けることになる。これらのこ

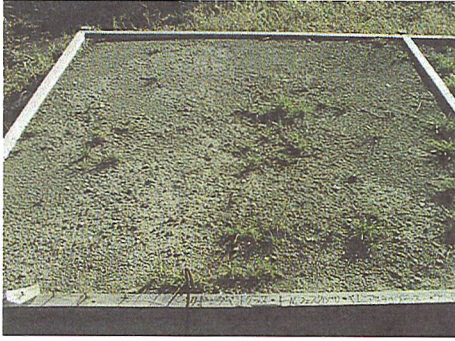


写真-1 現仕様芝草（土壌改良無し）



写真-2 現仕様芝草（肥料, 中和材）

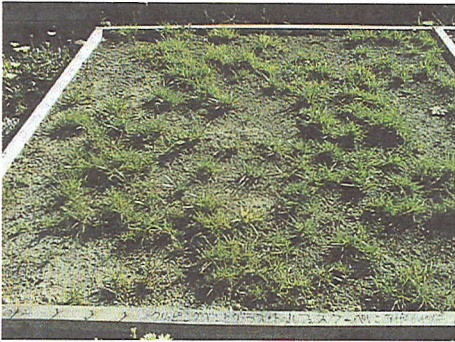


写真-3 現仕様芝草（肥料のみ）



写真-4 現仕様芝草（中和材のみ）

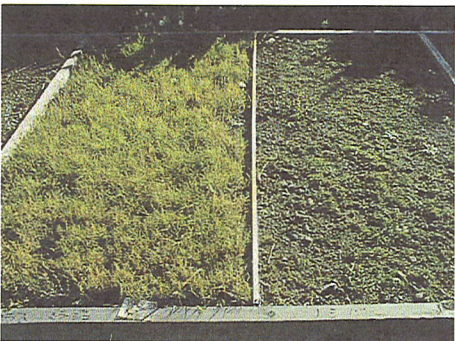


写真-4 バミューダグラス(左)と日本芝(ノシバ)(右)



写真-6 日本芝 (ZEN100(左)とZEN300(右))



写真-7 イワダレソウ



写真-8 マツバギク

とから、空港着陸帯の植生には早期における高い被覆度の確保が必要とされる。

- (c)草刈りおよび刈草処理のコストを、現行よりも効率よく縮減させるには、導入植物種を見直す必要がある。この場合、現在使用されている芝草類に固執することなく、矮生でほふく性能に優れた植物種を選定する必要がある。具体的な植物種としては、イワダレソウが有望である。
- (d)植物の生長、特に被覆性の速さは土基盤の条件によって大きく影響されるので、導入する植物種の性質と土壌の化学的および物理的特性に応じて、植生基盤に適切な改良を施す必要がある。

ここで選定したイワダレソウやマツバギクは株苗の形態で施工する植物種であり、本研究での植生実験では手植えで植栽柵に施工した。空港着陸帯の面積を考えると、機械による効率的な施工が必須となることから、空港着陸帯への適用に特化した施工法について検討する必要がある。また、2 m × 2 m の植栽柵での小規模施工では、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関するデータを収集するに至らなかった。コスト縮減と機能向上を目指して、選定した植物種を実際の空港に導入することを考える場合、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といえる。

本研究では、東京国際空港の事例や条件に基づいている部分が多く、東京国際空港にかなり特化した検討であったことは否めない。いずれにしても、実際の現場における気象条件や土壌条件に応じて、最適な植物種を導入することが肝要であることを最後に付記しておく。

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戴した。特に、東京空港工事事務所からは植生実験を始めとする空港植生に関する実データ等の資料を提供して頂いた。また、2. に記したアンケート調査においては、全国各地の空港管理者に協力して頂いた。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

本文の3. に記した野外植生実験における主要植物種の生育状況について、写真-1~8 にその概観を掲載する。これらの写真は、施工完了から約6ヶ月が経過した11月における生育状況である。追跡調査の結果をまとめて示した表-10 を参照しながら、各植物種の生育状況を確認されたい。

参考文献

- 1) 杉浦一機：地域との共生をめざす成田の"エコ・ポート基本構想"（上），月刊地球環境，6月号，pp.82-85，1999.
- 2) 杉浦一機：地域との共生をめざす成田の"エコ・ポート基本構想"（下），月刊地球環境，7月号，pp.64-67，1999.
- 3) 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.
- 4) 運輸省大阪航空局：空港植栽維持管理調査報告書，1990.
- 5) 運輸省東京航空局函館空港事務所：函館空港着陸帯植生調査報告書，pp.9-57，1997.
- 6) 運輸省第五港湾建設局名古屋港工事事務所：名古屋空港緑地整備植栽試験および調査報告について，第12回空港土木工事報告会資料，1977.
- 7) 運輸省東京航空局：仙台空港周辺緩衝緑地帯の整備について，第22回空港土木工事報告会資料，1987.
- 8) 福島県空港建設事務所：福島空港における盛土工法面植生工法の評価について，第30回空港土木工事報告会資料，1995.
- 9) 新東京国際空港公社：A滑走路南側緑地帯整備工事，第30回空港土木工事報告会資料，1995.
- 10) 森 信幸，山縣宣彦：寒冷地空港の植生について，北海道開発局技術開発研究発表会論文集，pp.143-152，1978.
- 11) (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1章 港湾緑地の植栽設計，pp.11-81，1999.
- 12) 倉田益二郎：緑化技術，森北出版，pp.158-208，1979.
- 13) 斉藤一雄：緑化土木，森北出版，pp.243-292，1979.
- 14) 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.122-150，1987.
- 15) 運輸省航空局：空港土木施設施工要領 土工編，pp.218-234，1994.
- 16) 林田秀典：法面の土質と植生工の選定，地質と調査，第75号，pp.16-21，1995.
- 17) 中村貞一：緑地・造園の工法，鹿島出版会，pp.26-30，1977.
- 18) 有田博之，木村和弘：畦畔の除草作業からみた圃場形態，農業土木学会論文集163，pp.87-94，1993.
- 19) 福嶋 昭，岩本 豊：法面に植栽したグラウンドカバープランツの生育特性と土壌侵食防止，兵庫県農業技術センター研究報告（農業）46，pp.57-61，1998.
- 20) 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.42-78，1998.
- 21) (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.
- 22) 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.
- 23) 新田伸三：植栽の理論と技術，鹿島出版会，pp.236-250，1971.
- 24) 運輸省第二港湾建設局東京空港工事事務所：平成6年度東京国際空港植生調査報告書，pp.58-72，1995.
- 25) 沼田 真：草地調査法ハンドブック，（社）東京大学出版会，pp.34-35，1978.
- 26) 日本中央競馬会競走馬総合研究所施設研究室：JTG 選技野芝の生育特性に関する調査(2)，p.5，1993.
- 27) 環境事業団松本設計事務所：松本空港緑地（第2期）芝試験地等工事芝地検討業務報告書，p.18，1998.
- 28) 大政謙次：植物の計測と診断，朝倉書店，pp.73-78，1988.

(2001.11.27 受付)

A STUDY ON THE ACTUAL SITUATION AND COST REDUCTION FOR VEGETATION MANAGEMENT IN LANDING STRIPS OF AIRPORTS

Osamu TAKAHASHI and Yoshitaka HACHIYA

The vegetation areas surrounding the landing strips of airports contribute for the safe operation of aircrafts, and therefore they need to be maintained well. In Japanese airports, turf grass is planted in those areas and needs to be maintained several times per year. The maintenance works are mainly to mow the grass and to dispose the cut grass. Since there are vast areas that require such maintenance, the cost is considerably high. This study, having investigated the current maintenance practices, evaluated types of flora that are suited for the vegetation areas, and it has found that *Lippia nodiflora* is superior to the others because of its characteristics in its low height as well as its excellent areal coverage.