

3. 設計検討

3-1 要求水準

業務要求水準書では本件事業で整備する各施設に対する空港としての使用性について、『航空機（GSE 車両等の関係車両も含む）の安全かつ効率的な移動・駐機，航空旅客の円滑な乗降，及び航空貨物の円滑な積み下ろし等の空港としての基本的な機能が設計供用期間（50年）中にわたり安定的に確保されていること』とされている。また，航空保安施設について個々の要求水準と提示資料が示されている。

航空保安施設に対する要求水準・提示資料を表-2に示す。

表-2 航空保安施設の主な要求水準・提示資料

項目	要求水準・提示資料	基準類
一般	<ul style="list-style-type: none"> 航空保安施設及びこれに付帯する施設は航空機の航行を十分に援助できると共にメンテナンスが容易な構造とすること。 施設の構造は航空機の航行援助に支障がないようなものとし，載荷される荷重に対して十分に安全であること。 必要な接地線が確実に取れること。 	
誘導路灯	<ul style="list-style-type: none"> 灯器等は他地区との互換性を有すること。 	灯仕第275号, 灯仕第162号改4等
誘導路中心線灯	<ul style="list-style-type: none"> 灯器等は他地区との互換性を有すること。 	灯仕第268号改3, 灯仕第269号改1等
エプロン照明灯	<ul style="list-style-type: none"> 照度，均斉度等は提示資料による。 灯柱高さ：制限表面（水平表面、転移表面）を突出しないこと。なお，制限表面に近接する場合（-6m以内）には航空障害灯を設置すること。 灯柱・基礎の構造：設置される灯器類及び荷重に対し安全な構造で基礎は，設置位置または近隣のボーリング調査結果を踏まえ，荷重に対し安全な構造とする。 ランプの型式：ランプは高効率型のメタルハライドランプ及び高圧ナトリウムランプとする。 昇降方式：一括昇降架台式とする。 灯柱は，設置される灯器類及び荷重に対し安全な構造とすること。 灯柱の基礎は，設置位置または近隣のボーリング調査結果を踏まえ，荷重に対し安全な構造とすること。 	東空電第151号
スポット番号表示灯		灯仕第274号改1
駐機位置指示灯	<ul style="list-style-type: none"> 通信機は，電源局舎内の上位監視制御施設に接続されているためシステム上の連携を図ること。 	駐機位置指示灯仕様書
電源施設 (高圧キュービクル)	<ul style="list-style-type: none"> 所定の耐震性能を有すること。 幹線ダクトマンホールとの管路接続及び盤間のケーブル処理が可能な構造とすること。 屋外キュービクル周囲にメンテナンススペースを設けること。 	
I/O端末制御装置 地区制御盤	<ul style="list-style-type: none"> 各施設の周囲にメンテナンススペースを設けること。 電源局舎内の上位監視制御施設に接続されるためシステム上の連携を図ること。 イーサネット（ethernet）を標準とし，通信方式はSMA/CD、TCP/IPとすること。 通信速度は10Mbps以上とすること。 	
幹線ダクト (マンホール、地中電線路)	<ul style="list-style-type: none"> 管路本数は提示資料による。・マンホールの設置間隔は150m以下とすること。 各灯火の枝管路を取り込める構造とすること。 管路の増設に対応可能な構造とすること。 	

3-2 設計検討フロー

航空灯火施設の設計は，前述の要求水準を踏まえ，図-2に示す設計検討フローに従い実施した。尚，その他の航空保安施設についても基本的な流れは同じである。

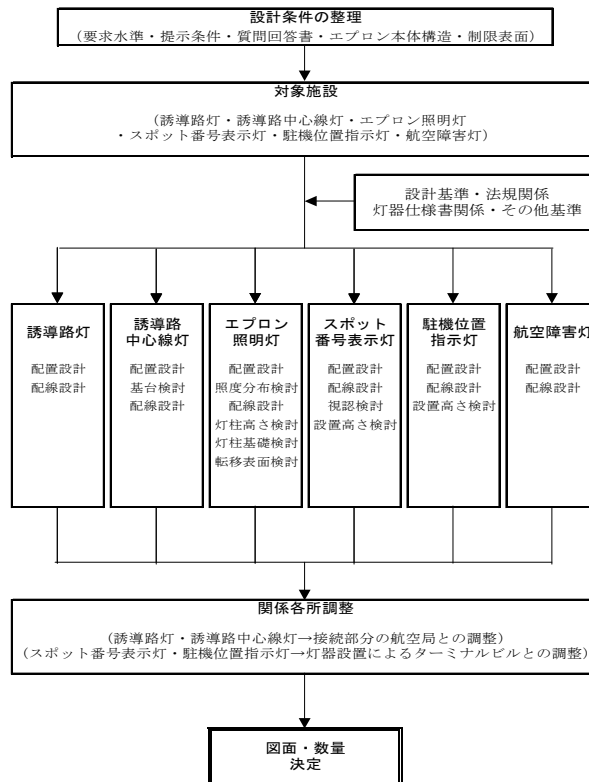


図-2 航空灯火施設の設計検討フロー

4. 検討結果及び各施設概要

航空保安施設の主要施設毎の設計検討結果及び施設概要を以下に示す。

4-1 誘導路中心線灯の概要

誘導路中心線灯（略号 T CLL: Taxiway Center Line Lights）の灯器の間隔¹は、本施設では低視程誘導路につき直線部で 15m以下、曲線部については原則として曲率半径 400m以下のとき灯器間隔 7.5m以下となる（今回の曲率半径は南側 60R,北側 50R）。誘導路中心線灯の本事業における要求水準・提示条資料に基づく設計検討結果を表-3に示す。

表-3 誘導路中心線灯検討結果

検討項目	結果
灯器	FLB-39S型,FLB-39W型
灯火配列(配置)	「飛行場灯火設置要領」に準じ灯火配列を行う。
ゴムトランス	FLB-39S(65W)×1個→LT-100×1 FLB-39W(65W)×1個→LT-100×1
ケーブル	3kV PN1 ^c -8mm ²
電源供給機器	定電流調整器(製造・設置は別途工事)
接地	「航空灯火・電気施設工事共通仕様書」に準じ灯体接地を行う。
保守性(メンテナンス) 灯器等の他地区との互換性	使用する灯器,ケーブル,プラグレセップ等は航空局仕様機器とする。

なお、灯器は誘導路中心線から 30cm ずらして設置して対応した。灯火の配置に関しては、NC 舗装の目地位置との調整を行ない、NC 舗装目地から最低 750mm の離隔を取って配置調整を図った（図-3 参照）。また、全灯器 NC 舗装内の埋め込みタイプを採用しているため、NC 舗装厚 47cm におけるメンテナンス性を考慮して、FL-M 型調整リング（直径 300mm の FM 型調整リングの中に一回り小型の FL 型灯器を設置して基台の中の清掃やゴムトランスの交換・点検等しやすく考慮されたもの）を採用した。基台については、維持

管理期間中に NC 舗装の補修方法として、即日性による舗装の復旧を求められた場合に PRC 版による施工方法を採用しているが、誘導路中心線灯の設置された NC 版を PRC 版に変更する際に、埋設配管のルートを生かして間座、調整リング、灯器の入替ができるよう上部基台と下部基台の接地端子を内側に設ける工夫を行ない対応した (図-4 参照)。

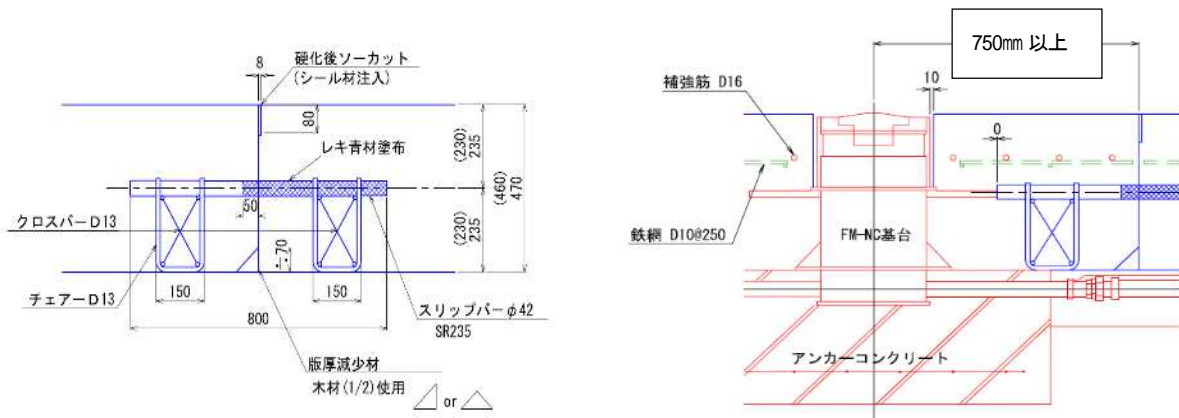


図-3 中心線灯 NC 舗装目地近傍標準断面図 (スリッパとの取り合い)

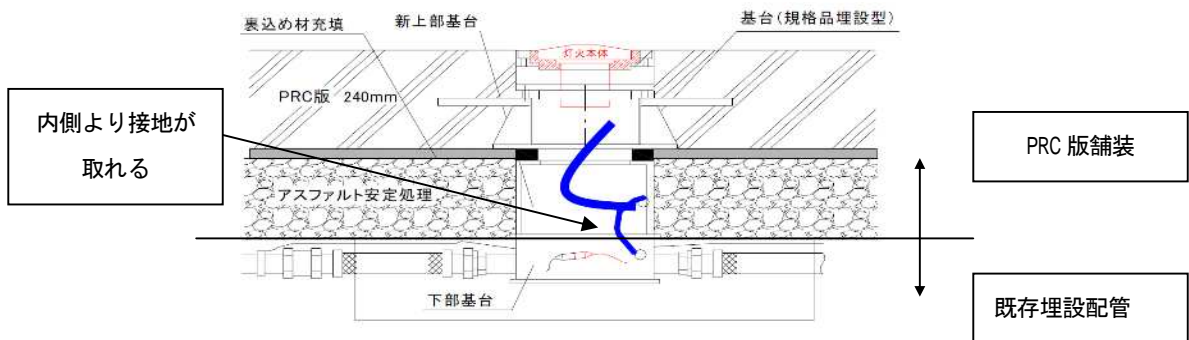


図-4 PRC 版対応時の誘導路中心線灯断面図

誘導路中心線灯の特徴としては、直列点灯回路 (灯火の種類別にゴム絶縁被覆変圧器の一次側を直列に接続し、二次側に電球を接続する方式) が挙げられる。直列点灯回路の定格電流は、一般的に 6.6A で 1 回路当りの最大容量は 30kVA となる。電源局舎内に定電流調整器 (CCR) を設置し、高圧 (3kV 又は 5kV) 航空照明用 PN ケーブル (写真-1 参照) を使用する。また、低視程誘導路中心線灯では周囲の状況により 3 段階もしくは 5 段階の出力電流 (ランプの明るさ) を変えることができる。PN ケーブルの途中には、ゴム被覆絶縁変圧器 (写真-1 参照) を灯火配列毎に設ける。また、千鳥配線を行なうことで進入する航空機に対する冗長性の向上を図った。メンテナンス性も考慮し、ケーブルの接続部は専用のプラグ・レセップ (接続金具を絶縁体及びシースで覆い、ケーブル導体に接続金具をろう付又は圧縮・圧着して取付、製作工場にて金型により PN ケーブルにゴムモールドしたもの) を用い、現場での灯器交換時等のメンテナンス性の向上に寄与している。



写真-1 航空灯火用 3kV-PN ケーブル, P-1A/1B プラグレセップ, LT-100 ゴムトランス

今回採用はしていないが、今後の航空灯火機器については、従来のハロゲン電球に代わる発光ダイオードを用いた LED 方式による灯器が順次導入、普及し主流になるものと予想される。

4-2 エプロン照明灯の概要

エプロン照明灯(略号 FLO : Apron Flood Lighting) は、航空灯火施設の規定範囲外ではあるが、航行視覚援助施設の1施設として勧告規定されているもので、パイロットにまぶしさを与えず管制官の視認を妨げず、影が少なくなるよう2方向以上からの照射を行ない、航空旅客の乗降、貨物の積み降ろし、給油、駐機等のサービスを行なうのに必要な照度や均斉度を確保することなどが求められる。

エプロン照明灯の照度に関する設計条件は、表-4 及び図-5 に示す条件が与えられた。

表-4 (スポット、夜間、均斉度等の値と範囲)

種類	照度	均斉度
スポット照明(円径 D)	20Lx 以上	4 : 1 (平均、最小)
全般照明(A×B)	10Lx 以上	4 : 1 (平均、最小)
夜間照明	5Lx 以上	

光束比は M : NH = 2 : 1 以上とする。スポットの調光が行なえること。
尚全般照明の GSE 通行帯については漏れ照度とする。

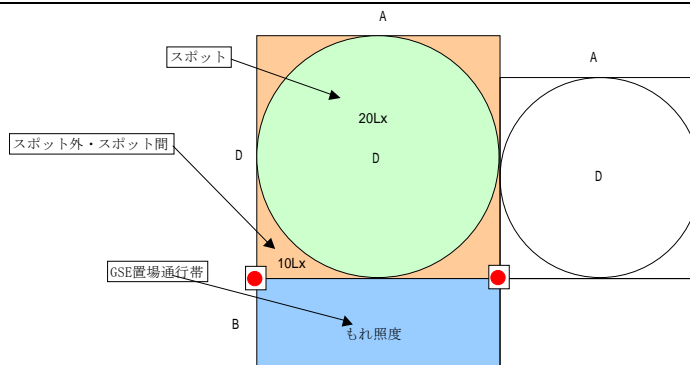


図-5 ノーズイン方式によるエプロン照明灯の照度規定 (本事業の場合)

本事業における要求水準・提示資料に基づく設計検討結果を表-5 に示す。

表-5 エプロン照明灯検討結果

検討項目	結果
灯器	メタルハライドランプ投光器 M-1000 高圧ナトリウムランプ投光器 NH-660
灯火配列(配置)	「飛行場灯火設置要領」に準じ灯火配列を行う。
灯柱高さ	25m灯柱 : 30基(IT-1~IT-18, IT-25~36) 20m灯柱 : 12基(IT-19~IT-24, IT-37~42)
ケーブル	600V CV3C ケーブル
照度分布 (部分照明:スポット内)	平均水平面照度 20Lx 以上 均斉度 4 : 1(平均 : 最小)
照度分布 (全般照明:スポット間)	部分照明の平均水平面照度の50%以上 均斉度 4 : 1(平均 : 最小)
照度分布 (全般照明:GSE通路等)	上記照度(スポット内、スポット間)の漏れ照度とする。
照度分布 (停電時、夜間照明)	スポット内平均水平面照度 約5Lx 以上
灯柱構造	昇降式鋼管灯柱とする。
灯柱基礎	地盤改良により、提示図面に明記されている灯柱基礎の杭を止めてフーチン型基礎のみとする。
昇降装置	昇降方式はバランスウエイト式とし、昇降架台は一括昇降架台式とする。(提示資料の仕様)
接地	昇降架台に接地し灯体接地を行う。 単独接地極を設けて接地し避雷・筐体接地を行う。
保守性(メンテナンス)	使用する灯器等は航空局仕様機器とする。

灯柱の高さ（原則としてパイロットの目の高さの2倍以上）、原則2方向以上からの照明、光色は演色性を考慮、灯器は東空電第151号FL-W型とし高効率型を採用した。また、エプロン照明灯が制限表面に近接する場合には、航空障害灯OM-3A型を設置する等の基準・条件を加味した。これらの条件等により42基の灯柱のうち30基が25m柱、12基が20m柱となり（設置状況写真-3参照）、2灯の航空障害灯を設置することとなった。エプロン照明灯柱の基礎に関しては、地表面から約10mの深度の範囲で地盤改良工を行なった地盤に直接基礎方式を採用した（現空既存灯柱基礎は摩擦杭基礎）。

今回の事業では、高効率型投光器・ランプを国からの要望により採用することで、従来型の投光器・ランプと比べて約25%程度台数が少なく（図-5参照）なり、経済性や効率性、維持管理性に効果が得られるものとする。

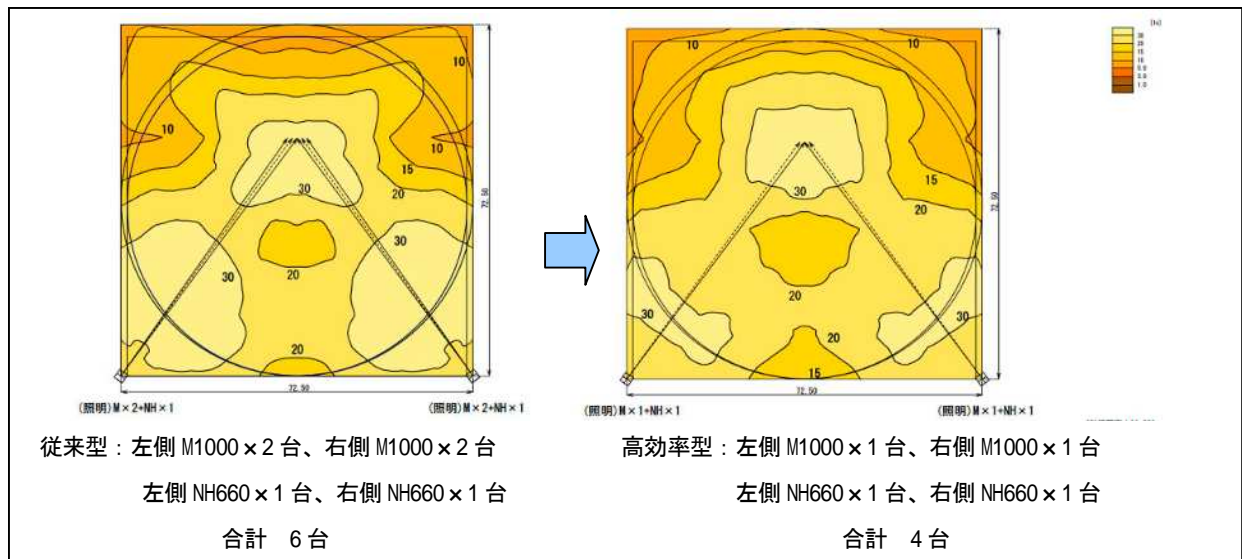


図-5 標準1スポット当りの配光図（左：従来型、右：高効率型）



写真-2 エプロン照明灯の設置状況

4-3 駐機位置指示灯の概要

駐機位置指示灯（略号VDGS: Visual Docking Guidance System）は、地上走行中の航空機に対して駐機位置への走行経路からの偏差及び駐機位置までの距離を示すために設置する灯火で、従来はグランドスタッフとしてマーシャラーが手旗動作により援助を行っていたが、VDGSの導入により省力化が図られるものである。東京国際空港では国内線への導入が進んでおり、機器仕様について国内線と国際線の機器を統一することで、緊急時の対応にも配慮されている。

駐機位置指示灯の機器本体の提示条件として、レーザー方式で表示部はLEDを用いることとされている。レーザー方式を選択（外観写真-3参照）することで、航空機のスポットへの非常に高い精度の誘導案内を

実現できる。今回の事業では旅客ターミナルビル正面の105番スポットから114番スポットまでの計10箇所で駐機位置指示灯を設置する。駐機位置指示灯の本事業における要求水準・提示資料に基づく設計検討結果を表-6に示す。機器の取付高さは、前面のGSE通行帯とエプロンスポット内に駐機する航空機の停止位置に大きく関係する。今回の事業では、GSE通行帯の通過車両の影響と駐機する航空機のバリエーションが豊富であり、大型機から小型機まで全てに対応可能となるように、VDGS設置高さを地盤基準高さ+9.0m（レーザー照射部）の位置に設置した（図-6参照）。旅客ターミナルビル前の固定スポット部8箇所に対しては、ターミナルビルの意匠的な調和と駐機位置指示灯機器の堅固な設置を実現するためにターミナルビル取付専用架台を8箇所に設置することとした。また、VDGSの高い精度を保つために固定橋の外壁面に30cm四方程度のキャリブレーションプレートを設置（写真-4参照）する。

表-6 駐機位置指示灯検討結果

検 討 項 目	結 果
灯 器	提示仕様書「駐機位置指示灯仕様書」に準じた灯器
灯器運用システム	提示仕様書「駐機位置指示灯仕様書」に準じたシステム
灯 火 配 列 (配 置)	「航空法施行規則」、「飛行場灯火設置要領」に準じ、パイロットの視認を考慮して灯火配列を行う。 (平面方向は提示資料に示される配置とする。)
ケ ー ブ ル	600V CV ケーブル、CPEV-S ケーブル、光ケーブル
電 源 供 給 機 器	エプロン照明灯低圧制御盤 (UPS 付)
接 地	支持架台に接地し灯体接地を行う。 埋設地線に接地し筐体接地を行う。
保守性(メンテナンス)	提示資料, 仕様書に準じた機器を使用。

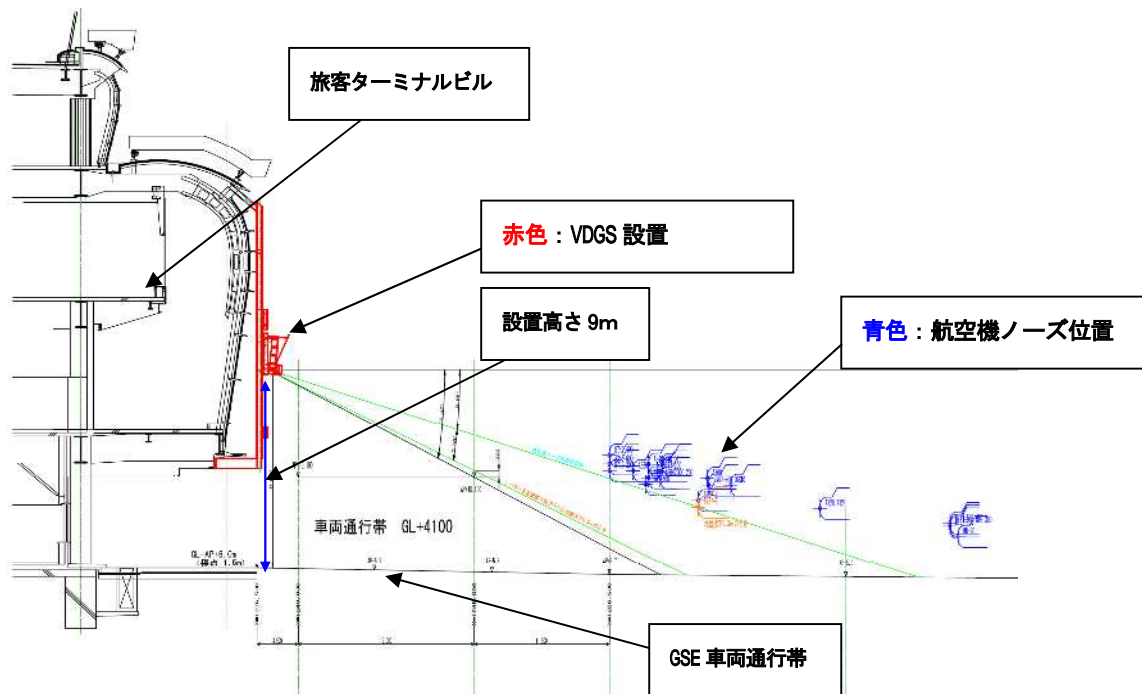


図-6 駐機位置指示灯設置高さ検討断面図

(架台の形状は検討段階につき、最終形状は変更の可能性あり.)



写真-3 VDGSの外観写真（左側：デモ機動作テスト中、右側：新東京国際空港より）

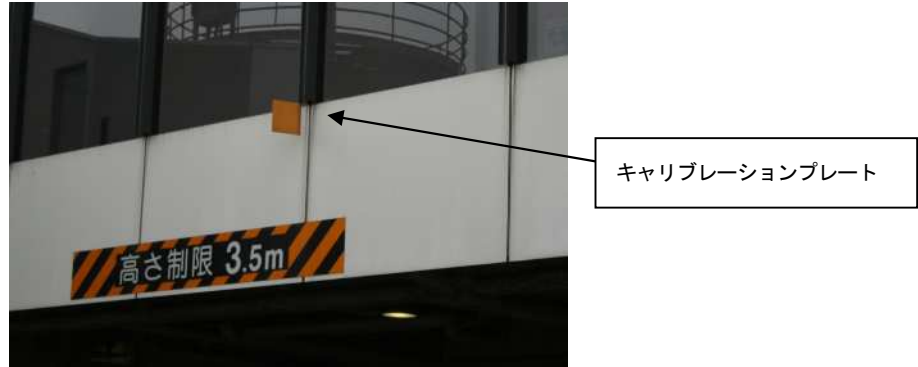


写真-4 キャリブレーションプレート設置例（新東京国際空港）

VDGSの標準動作フローを図-7に示す。

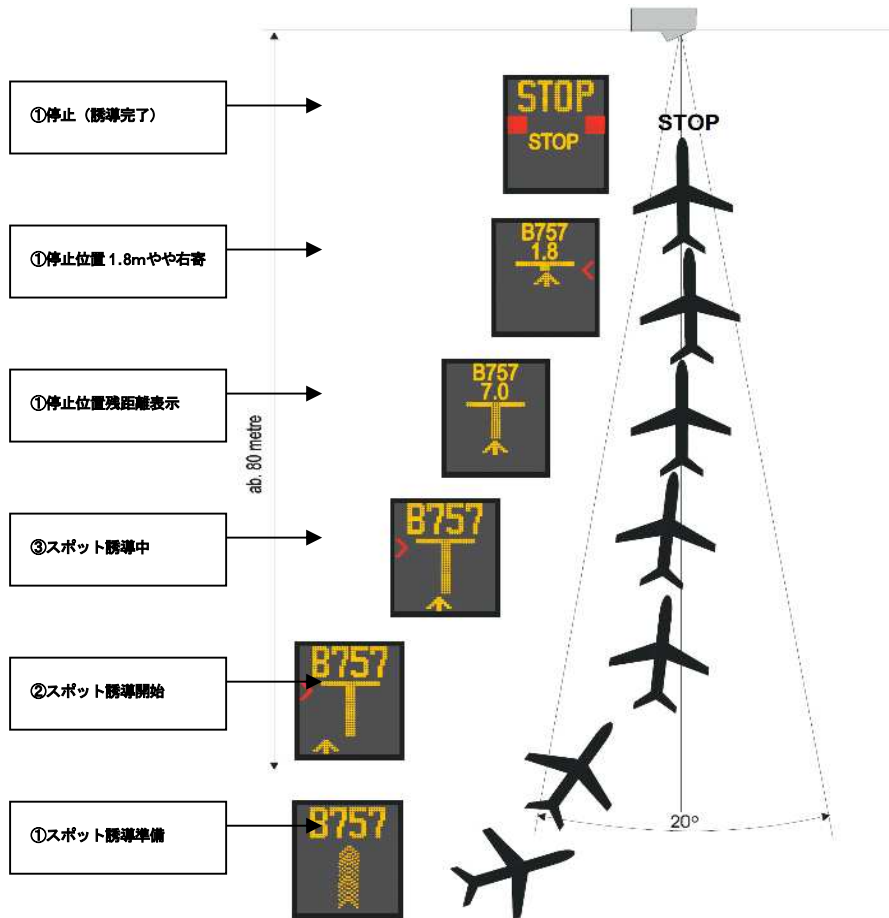


図-7 VDGS 機器動作標準フロー図

4-4 電源施設・監視制御施設の概要

東京国際空港は第一種空港のため、一括受電方式で特別高圧により受電され、信頼度の高い予備発電機を備えている。航空保安施設用の受配電設備に使用する機器は、負荷の重要性和停電した際の保守作業が非常に困難なことから、できる限り信頼性と保守性の高い機器構成とすることが求められる。また、屋外に設置することから、外気の雰囲気（直射、紫外線、高温、塩害）に十分に耐えられる構造にする必要がある。

国際線地区のキュービクルは、信頼性と保守性の面から配電用変圧器と負荷用キュービクルの開閉部までを二重化した。また、高効率型のエプロン照明灯を採用したためにトランス容量が各 75kVA と容量が小さくなっている。キュービクルの検討結果を表-7 に示す。

表-7 電源施設検討結果

機器名称	検討結果
エプロン照明変圧器(三相)容量	75 kVA
エプロン照明変圧器(单相)容量	5 kVA
高圧ケーブルサイズ	6KV CV 3c-38mm ²
電 源	西側電源局舎より 3 3W 6.6kV 2 回線にて供給
接 地	必要に応じて単独接地極を設けて接地する。
機 器 設 置	M16 アンカーボルト(後打ち)を必要本数設置し固定して地震時の転倒防止に対応する。
保守性 (メンテナンス)	「航空保安施設設計指針」及び「航空灯火・電気施設工事共通仕様書」に準じ使用機器を選定し製造する。
機 器 配 置	提示資料に示された場所に設置する。

キュービクルは常時中央監視室で電源の監視を行なうため、直流電源装置を必ず受配電設備に設けることが求められている。監視制御施設の本事業における要求水準・提示資料に基づく設計検討結果を表-8 に示す。また、直流電源装置には停電保証時間 10 分の蓄電池設備を備えている。この直流電源により、監視制御施設として運転状態及び故障の監視、制御、計測及び記録等を行なえるよう電源 (I/O) 端末制御装置が設けられる。端末制御装置についてもキュービクルと同様に、信頼性と保守性の面から 2 系統による監視を行なう。

表-8 監視制御施設検討結果

検 討 項 目	結 果
監 視	上位系(西側電源局舎)まで光ケーブル 2 系統にて監視を行う。
接 地	専用の単独接地極を設ける。
上位との連携	上位監視機器との間で必要な制御・監視情報を受け渡しするためのインタフェース機構を備える。
保守性(メンテナンス)	「航空保安施設設計指針」及び「航空灯火・電気施設工事共通仕様書」に準じ使用機器を選定し製造し対応する。
機器配置	提示資料に準じ、電源施設(屋外キュービクル)脇に設置する。必要メンテナンススペースを設ける。

また、エプロン照明灯の運用を行なうエプロン照明システムに対応した国際線地区用の地区制御盤を設置して、中央監視室からエプロン照明灯の点滅制御及び運用状態をモニター表示できるようにした。

4-5 地中電線路

空港内の電力線、通信等は特別な場合を除き、地下埋設とすることが要求される。従来は施工性と経済性や重荷重性に優れるガス管(サイズは 80A 以上)が GSE 通行帯等で使用されているが、国際線地区では、土中腐食による耐久性向上を図ったセラミック製による多孔陶管(75mm 6 孔 1 条)を採用(写真

-5 参照) した。

また、多孔陶管の接続方法はボルト接合によるが、長期耐久性を確保するためにアルミ亜鉛鍍金製の高耐食性ボルトを選定した。

電気マンホールについては、150メートル以内毎に設置することが求められている。幹線のケーブル本数について航空局基準では、高圧幹線は1管1条、飛行場灯火ケーブルは同一回路の場合1管2条、一般ケーブルは最大3条まで等の基準が定められている。また、誘導接地線を幹線ダクト管路上に配置し200m程度毎に接地することが定められている。

地中電線路のうち、マンホールサイズ・仕様と多孔陶管条数による選定結果を表-9に示す。

表-9 多孔陶管条数とマンホール種類の関係

方向 マンホール名	たて方向(長手方向)	よこ方向(短手方向)	鉄蓋耐荷重
I型	6条管 5本	6条管 5本	LT-1
I型	6条管 5本	6条管 5本	T-25
II型	6条管 4本	6条管 4本	LT-1
II型	6条管 4本	6条管 4本	T-25
III型	6条管 3本	6条管 3本	LT-1
III型	6条管 3本	6条管 3本	T-25



写真-5 多孔陶管の布設状況写真

5. あとがき

航空保安施設の各機器設備の設計施工及び維持管理を含めたプロジェクトは国内では非常に稀であり、本事業では基本となる航空保安諸施設が一通り含まれている。

本施設が長期間に渡る空港供用に支障なく施設運用がなされることを期待するとともに、本事業の設計事例が今後のエプロン設計の参考になれば幸いである。

(参考文献)

- 1: 飛行場灯火設置要領 (公共用陸上飛行場) 空保第 1035 号 (H10.3.17) P31