

空港脱炭素化 事業推進のためのマニュアル

初版(案)

令和●年●月

国土交通省 航空局

目次

はじめに	1-1
1 総則	1-3
1.1 本マニュアルの目的及び位置付け	1-3
1.2 適用範囲	1-3
1.3 用語の定義	1-4
1.4 マニュアルの構成	1-10
2 空港施設に係る取組	2-1
2.1 空港建築施設	2-1
2.1.1 基本的な考え方	2-1
2.1.2 実施計画段階で留意すべき事項	2-6
2.1.3 設計・施工段階で留意すべき事項	2-6
2.1.4 管理・運営段階で留意すべき事項	2-8
2.1.5 空港建築施設の脱炭素化の手法	2-9
2.2 航空灯火のLED化	2-25
2.2.1 実施計画段階で留意すべき事項	2-25
2.2.2 設計・施工段階で留意すべき事項	2-25
2.2.3 管理・運営段階で留意すべき事項	2-25
3 空港車両に係る取組	3-1
3.1 空港車両	3-2
3.1.1 基本的な考え方	3-2
3.1.2 EV	3-5
3.1.3 FCV	3-8
3.1.4 バイオ燃料の活用	3-10
3.1.5 将来動向	3-15
3.2 充電設備・水素ステーション	3-16
3.2.1 充電設備	3-16
3.2.2 水素ステーション	3-21
3.2.3 将来動向への対応	3-25
4 再生可能エネルギーの導入に係る取組	4-1
4.1 基本的な考え方	4-1
4.1.1 実施計画段階で留意すべき事項	4-1
4.1.2 設計・施工段階で留意すべき事項	4-15
4.1.3 管理・運用段階で留意すべき事項	4-18
4.2 太陽光発電設備	4-22
4.2.1 一般事項	4-22
4.2.2 太陽光発電設備の設置に関する検討手順	4-24
4.2.3 実施計画段階で留意すべき事項	4-25
4.2.4 設計・施工段階で留意すべき事項	4-36
4.2.5 管理・運用段階で留意すべき事項	4-44

4.2.6 将来動向への対応	4-46
4.2.7 太陽光発電設備の導入事例	4-50
4.3 風力発電	4-55
4.3.1 実施計画段階で留意すべき事項	4-55
4.3.2 設計・施工段階で留意すべき事項	4-62
4.3.3 風力発電設備の導入事例	4-69
4.4 バイオマス発電	4-71
4.4.1 実施計画段階で留意すべき事項	4-71
4.4.2 設計・施工段階で留意すべき事項	4-76
4.4.3 管理・運用段階で留意すべき事項	4-77
4.5 地熱発電	4-79
4.5.1 実施計画段階で留意すべき事項	4-79
4.5.2 設計・施工段階で留意すべき事項	4-81
4.5.3 管理・運用段階で留意すべき事項	4-81
4.6 蓄電池	4-82
4.6.1 蓄電池の導入における検討事項	4-82
4.6.2 蓄電池の将来的な導入検討について	4-84
4.7 水素の利活用	4-86
4.7.1 水素の利活用方法	4-86
4.7.2 水素の調達	4-88
4.7.3 将来動向への対応	4-91
4.7.4 取組事例の紹介	4-92
5 航空機に係る取組	5-1
5.1 駐機中の航空機	5-1
5.1.1 固定式 GPU	5-1
5.1.2 移動式 GPU	5-4
5.1.3 APU の使用制限	5-7
5.1.4 将来動向への対応	5-8
5.2 地上走行中の航空機	5-11
5.2.1 実施計画段階で留意すべき事項	5-11
5.2.2 設計・施工段階で留意すべき事項	5-13
5.2.3 管理・運営段階で留意すべき事項	5-14
5.2.4 将来動向への対応	5-15
6 横断的な取組	6-1
6.1 エネルギーマネジメント	6-1
6.1.1 エネルギーマネジメントを見据えた事前検討	6-4
6.1.2 エネルギーマネジメント検討	6-5
6.2 地域連携・レジリエンス強化	6-12
6.2.1 基本的な考え方	6-12
6.2.2 地域連携	6-13
6.2.3 レジリエンス強化	6-15
6.2.4 地域連携・レジリエンス強化の事例	6-17
7 その他の取組	7-1
7.1 空港アクセスに係る排出削減	7-1
7.1.1 鉄道やバス等の低炭素公共交通への利用転換	7-1

7.1.2 空港アクセスにおける EV・FCV 化の促進	7-8
7.2 吸収源対策	7-16
7.2.1 森林	7-16
7.2.2 藻場	7-20
7.3 カーボン・クレジット等	7-28
7.3.1 管理・運営段階で留意すべき事項	7-28
7.4 工事／維持管理での取組	7-33
7.4.1 設計・施工段階で留意すべき事項	7-33
7.5 意識醸成・啓発活動等	7-39
7.5.1 基本的な考え方	7-39
7.5.2 意識醸成・啓発活動等の取組事例	7-41

はじめに

我が国においては、パリ協定に定める目標（世界全体の気温上昇を 2℃より十分下回るよう、更に 1.5℃までに制限する努力を継続）等を踏まえ、2020 年 10 月に、2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち 2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことが宣言された。

2021 年 10 月には、地球温暖化対策計画が改訂され、我が国の中期目標として 2030 年度に温室効果ガスを 2013 年度比で 46%削減することを目指し、さらに、50%の高みに向け、挑戦を続けていくことが定められるとともに、この中期目標及び 2050 年カーボンニュートラルの実現に向けたエネルギー政策の道筋として、第 6 次エネルギー基本計画が策定され、需要サイドの取組や再生可能エネルギー（以下、「再エネ」という）の導入等の方向性が示された。これらの計画において、航空分野の脱炭素化に向けては、「① 機材・装備品等への新技術導入、② 管制の高度化による運航方式の改善、③ SAF の導入促進、④ 空港施設・空港車両の CO2 排出削減等の取組を推進するとともに、空港を再生可能エネルギー拠点化する方策を検討・始動し、官民連携の取組を推進する」ことが位置付けられた。

他方、国際航空における脱炭素化に向けては、2010 年の ICAO（国際民間航空機関）総会において、2050 年まで年平均 2%の燃費効率改善を行うこと、2020 年以降温室効果ガスの排出を増加させないことが世界的推進目標として採択された。また、2016 年の ICAO 総会において、2035 年までの削減手段として、CORSIA（Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation）の枠組みにおいて、新技術導入、運航方式の改善、持続可能な航空燃料（SAF）の活用及び市場メカニズム導入の 4 つの対策による取組を行うことが採択され、2021 年からの CORSIA 運用開始に伴い、日本を含む対象国の国際航空運送事業者は、それぞれに割り当てられた排出量を削減・相殺することが義務化されている。さらに、2022 年の第 41 回 ICAO 総会において、国際航空分野における脱炭素化の長期目標として「2050 年までのカーボンニュートラル」が採択されたところである。

このような状況も踏まえ、国土交通省航空局においては、2021 年 3 月に「空港分野における CO2 削減に関する検討会」（以下、「検討会」という）を設置し、空港における脱炭素化に向けた具体的な検討を行ってきた。検討会においては、空港施設・空港車両からの CO2 排出削減の取組や空港の再エネ拠点化等について具体的な検討を進め、全国の空港における CO2 排出削減に資する検討を行うため、「重点調査空港」を選定し、各空港の特性に応じた取組内容の検証や事業スキーム構築等について事例的な調査を実施した。これらの検討結果を踏まえ、2022 年 2 月には、空港脱炭素化に向けた目標・工程表・取組方針を策定し、2022 年 3 月に「空港脱炭素化推進のための計画策定ガイドライン（以下、「ガイドライン」という）（初版）」を公表した。

2022 年 12 月には航空法等の一部を改正する法律が施行され、航空分野全体における脱炭素化を計画的に推進するため、政府の施策、航空会社、空港関係者等の取組について定めた航空脱炭素化推進基本方針（以下、「基本方針」という）を公表した。

各空港においては、各空港において空港関係者が一体となって脱炭素化の取組を進めるため、基本方針等を踏まえた具体的な目標や取組内容等を定めた空港脱炭素化推進のための計画（以下、「推進計画」という）を作成し、空港脱炭素化事業の実施主体が各事業を着実に実行してい

く必要がある。

なお、本マニュアルに示す内容については、発行時点における空港の脱炭素化に関する知見及び技術等を踏まえとりまとめたものであり、今後、最新の知見や技術等を踏まえ、必要に応じて見直すこととする。

1 総則

1.1 本マニュアルの目的及び位置付け

空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル（以下、「本マニュアル」という）は、空港脱炭素化推進事業について、各事業の実施主体が取組を適切に実行していくために、必要な施設整備等の実施計画段階、設計・施工段階、管理・運営段階において、留意すべき事項や遵守すべき関連法令、参照すべき関連ガイドライン等を記載したものである。また、再エネ・省エネ設備の導入に際して、関連ガイドライン等には記載されていない空港運用の特性を踏まえた、安全性等についての確認事項や航空機・空港施設への影響などにおいて考慮すべき事項を記載している。

推進計画は、全ての空港関係者が連携し脱炭素化の取組を進めるために、各空港において、空港管理者が空港脱炭素化推進に向けた方針及び目標等の基本的な事項並びに取組内容、実施時期及び実施主体等を取りまとめたものである。推進計画の検討・策定段階においては、ガイドラインを参考とすることができる。ガイドラインは、空港全体における空港施設・空港車両等からの CO2 排出量を削減する方策及び空港の再エネ拠点化に向けた方策等についての検討を適切かつ迅速に行う一助となるものである。

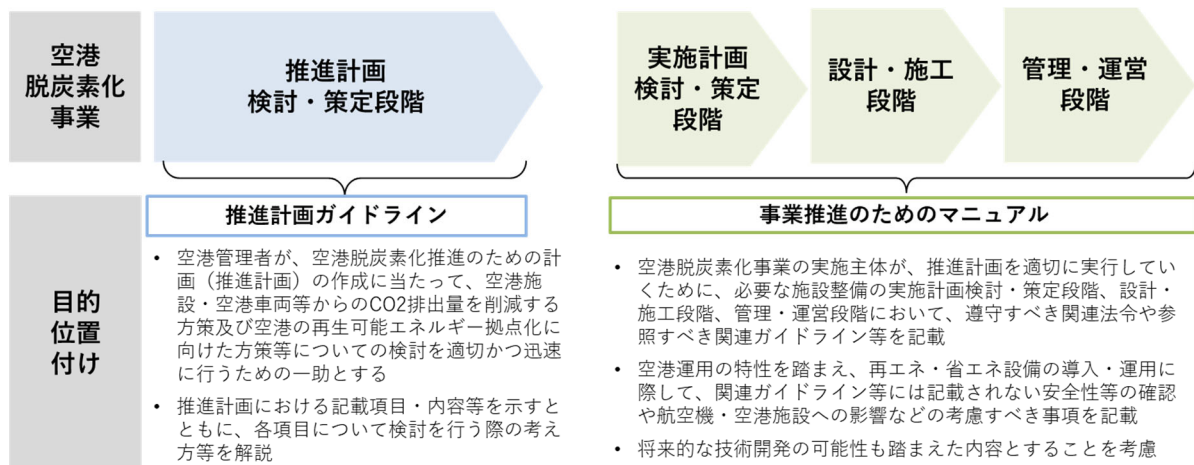


図 1-1 本マニュアルの目的及び位置付け

1.2 適用範囲

空港の脱炭素化の取組は、各空港において脱炭素化に係る全ての実施主体が脱炭素化事業を推進するための体制を構築し、一体となって着実に取り組んでいくことが必要である。脱炭素技術の導入や開発、事業化に向けた資金調達、電力系統との連携等、様々な課題を解決していくためにも、関係機関や事業者等から支援や協力を得ることが重要である。

本マニュアルは、空港脱炭素化推進事業を行う空港管理者、空港運営権者（運営者）、空港機能施設事業者、航空運送事業者、その他空港施設・空港車両からの CO2 排出に係る事業者及びその他空港脱炭素化に係る取組の実施主体が利用することを前提としている。

また、空港脱炭素化推進事業に携わる機器メーカー、設計事業者、施工事業者、保守点検及び維持管理等を行う事業者等についても、本マニュアルを参考として事業を行うことが望ましい。

	発行する出版物であり、航空機の運航のために必要な恒久的情報を収録する。
APU	Auxiliary Power Unit の略称。駐機中の航空機の空調装置への空気圧や電力等の供給やジェットエンジンを起動するために必要な圧縮空気の供給をする、航空機に装備される補助動力装置。
BEI	Building Energy Index の略称。省エネルギー法による住宅・建築物の基準一次エネルギー消費量で設計一次エネルギー消費量を除いた数値で、空調 (BEI/AC)、換気 (BEI/V)、給湯 (BEI/HW)、照明 (BEI/L)、昇降機 (BEI/EV) がある。
BEMS	Building and Energy Management System の略称。各種センサーや監視装置、制御装置などの要素技術で構成されたビル・エネルギー管理システム。空調や照明などの設備機器によるエネルギー使用状況を可視化するものであり、設備機器の稼働制御までを含めたシステムを指す場合もある。
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency の略称。建築物総合環境性能評価システム。建築物の環境性能を評価し格付けする手法である。省エネや省資源・リサイクル性能といった環境負荷低減の側面はもとより、室内の快適性や景観への配慮といった環境品質・性能の向上といった側面も含めた、建築物の環境性能を総合的に評価するシステム。
CIQ	税関 (Customs)、出入国管理 (Immigration)、検疫所 (Quarantine) の略称。貿易上必要な手続き・施設のこと。日本の主要な港湾・空港のほとんどで CIQ 体制が整備されている。
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation の略称。CO2 排出量の増加を伴わない国際航空の成長スキームとして、2016 年の第 39 回 ICAO 総会にて採択された「国際民間航空のためのカーボン・オフセット及び削減スキーム」。
DR	Demand Response の略称。各施設の管理者が、その施設・設備を制御することで電力需要のパターンを変化させること。需要を減らす (制御する)「下げ DR」と需要を増やす (創出する)「上げ DR」に区分される。
ESG 投資	従来の財務情報だけでなく、環境 (Environment)・社会 (Social)・ガバナンス (Governance) 要素も考慮した投資活動のこと。
EV	Electric Vehicle の略称。電気自動車。
FAA	Federal Aviation Administration の略称。米国連邦航空局。
FCV	Fuel Cell Vehicle の略称。燃料電池自動車。
FIP 制度	Feed-in Premium の略称。再生可能エネルギー発電事業者が売電した時に、売電価格に一定のプレミア (補助額) を上乗せすることで再生可能エネルギーの導入を促進するための制度。
FIT 制度	Feed-in Tariff の略称。再生可能エネルギー源 (太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス) を用いて発電された電気を、国が定める価格で一定期間電気事業者が買い取ることを義務付ける固定価格買取制度。
GPU	Grand Power Unit の略称。駐機中の航空機に電力や空調を供給するための固定式又は移動式の地上設備。
GSE 車両	Ground Support Equipment の略称。航空機地上支援車両。
HV	Hybrid Vehicle の略称。ハイブリッド自動車。2 つの動力 (エンジンとモーター) を利用して走行する。外部からの充電機能は持たない。
ICAO	International Civil Aviation Organization の略称。国際民間航空条約 (シ

	カゴ条約) に基づいて設置されている国際民間航空機関。
J-クレジット制度	省エネルギー機器の導入や森林経営などの取組による、CO ₂ などの温室効果ガスの排出削減量や吸収量を「クレジット」として国が認証する制度。クレジットとは温室効果ガスの削減・吸収量を方法論に従って、定量化し取引可能な形態にしたもの。本制度により創出されたクレジットは、経団連カーボンニュートラル行動計画の目標達成やカーボン・オフセットなど、様々な用途に活用できる。
J ブルークレジット	日本国内で実施したブルーカーボンを増加させるプロジェクトにより実現された温室効果ガス吸収量のうち、J ブルークレジット審査認証委員会が本規則により認証した温室効果ガス吸収量。
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design の略称。非営利団体米国グリーンビルディング協会 (USGBC) が開発、運用し、第三者機関が認証の審査を行っている、建築や都市の環境についての環境性能評価システム。
Low-E ガラス	低放射フィルムをコーティングしたガラス。日射遮蔽型と断熱型があり、二重ガラスを用いることでその効果を高める。E は Emissivity (放射) の頭文字。
PBB	Passenger Boarding Bridge の略称。旅客搭乗橋。
PCS	Power Conditioning System の略称。一般的にパワーコンディショナとも呼ばれる。太陽電池からの直流電力を一般の電気器具で使用可能な交流電力に変換するとともに、商用系統との連系運転や自動運転に必要な各種保護・制御機能を備えたもの。
PHV	Plug-in Hybrid Vehicle の略称。プラグインハイブリッド自動車。外部電源からの充電が可能になった HV を指す。
PPA モデル	Power Purchase Agreement モデルの略称。発電事業者が発電した電力を特定の需要家に供給する契約方式。ここでは、事業者が需要家の屋根や敷地に太陽光発電システムなどを無償で設置・運用して、発電した電気は設置した事業者から需要家が購入し、その使用料を PPA 事業者を支払うビジネスモデル等を想定している。需要家の太陽光発電設備等の設置に要する初期費用がゼロとなる場合もあるなど、需要家の費用負担が短期間に集中することを軽減し、スムーズに導入を図れる点でメリットがあるが、当該設備費用は電気使用料により支払うため、設備費用を負担しない訳ではないことに留意が必要。 PPA は、発電設備と電力の需要場所の位置関係によって「オフサイト型」と「オンサイト型」に分けられる。
オフサイト PPA モデル	オフサイト型は、需要場所から離れた場所に発電設備を設置し、発電電力を需要場所に供給するモデル。小売電気事業者を経由しているため、複数事業者へ送電可能というメリットがある。
オンサイト PPA モデル	需要場所の敷地内に発電設備を設置し、発電電力を自家消費するモデル。託送料金や再エネ賦課金などの系統利用コストがかからないメリットがある。
SAF	Sustainable Aviation Fuel の略称。主に動植物や廃棄物由来の原料から製造され、使用により、ライフサイクルを考慮した CO ₂ 排出量が削減されるバイオジェット燃料を含む持続可能な航空燃料。
VPP	Virtual Power Plant の略称。仮想発電所。需要家側のエネルギーリソース (例: 蓄電池、EV 等) の所有者もしくは第三者が束ねて制御し、発電所と同等の機能を提供すること。
WEBPRO	建築物省エネルギー法で規定された非住宅建築物の省エネルギー基

	準（平成 28 年度基準）への適合性を判定するための計算プログラム。建築物仕様を記入した入力シートを WEB サイトにアップロードすることで計算結果が得られる。
ZEB	Net Zero Energy Building の略称。室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネ化を実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物。
アグリゲーター	需要家の電力需要量を制御して電力の需要と供給のバランスを保つ事業者。力供給者と需要者の間に立って需給バランスをコントロールする。
一次エネルギー消費量	建築物のエネルギー消費性能を評価するときの評価指標のひとつ。建物の利用に伴う直接的なエネルギー消費量（エネルギー利用の効率化設備によるエネルギー消費削減量を含む）をいう。
インターセクション デパーチャー	離陸性能を満足する場合に、航空機が移動時間や燃料削減等のため、滑走路末端から離陸ではなく滑走路の途中から滑走路に進入して離陸すること。
運営権者等	国管理空港及び地方管理空港等の特定運営事業に係る公共施設等運営権（民間資金法第 2 条第 7 項に規定する公共施設等運営権）を有する者を運営権者という。なお、特定地方管理空港の運営等（着陸料等を自らの収入として収受するものに限り、これと併せて実施される当該特定地方管理空港に係る第二条第六項第二号から第四号までに掲げる事業を含む）の指定を受けた者は運営者という。
エネルギー マネジメント	施設内の各施設のエネルギー需要量を見える化することにより電力の効率的な使用を促すことで無駄なエネルギー消費を削減するとともに、再エネ発電システム等を含む複数施設間においてエネルギー需給を調整することにより、施設群全体として最適なエネルギー利用を実現するための取組。
エリートツリー	地域の人工造林地において、最も成長が優れた木として選抜された「精英樹（せいえいじゅ）」のうち、優良なもの同士を人工交配によりかけ合わせ、その中からさらに優れた個体を選んだもの。
エンボディド・カーボン	内包二酸化炭素などと訳されることが多い。建物を建設するための建材製造や輸送、廃棄に関する活動で排出される二酸化炭素量のこと。
温室効果ガス	京都議定書では、二酸化炭素（CO ₂ ）、メタン（CH ₄ ）、一酸化二窒素（N ₂ O）、ハイドロフルオロカーボン類（HFC）、パーフルオロカーボン類（PFC）、六フッ化硫黄（SF ₆ ）の 6 種類のガスを指す。
カーボン・オフセット	日常生活や経済活動において避けることができない CO ₂ 等の温室効果ガスの排出について、まずできるだけ排出量が減るよう削減努力を行い、どうしても排出される温室効果ガスについて、排出量に見合った温室効果ガスの削減活動に投資すること等により埋め合わせる考え方。
カーボン・クレジット	企業が森林の保護や植林、省エネルギー機器導入などを行うことで生まれた CO ₂ などの温室効果ガスの削減効果（削減量、吸収量）をクレジット（排出権）として発行し、他の企業などとの間で取引できるようにする仕組みで、炭素クレジットとも呼ばれる。二酸化炭素排出量見通し（ベースライン）に対し、実際の排出量が下回った場合、その差分を、MRV（モニタリング・レポート・検証）を経てクレジットとして認証するものを指す。
架台	太陽電池モジュールを屋根や地面に固定するために用いる構造体。

環境アセスメント	大規模な開発事業などを実施する際に、事業者があらかじめその事業が環境に与える影響を予測・評価し、その内容について住民や関係自治体などの意見を聴くとともに専門的立場からその内容を審査することにより、事業の実施において適正な環境配慮がなされるようにするための一連の手続き。
逆潮流	系統連系している設備から発電した電力の全てまたは余剰電力分が系統へ逆流すること。
空港脱炭素化推進計画	各空港管理者が、その管理する空港で脱炭素化の推進を図るために作成することのできる計画。
系統	発電所で発電された電気を利用者に届けるための「発電」「変電」「送電」「配電」からなる、一連の電力システム。
コージェネレーションシステム	一般的にコジェネとも呼ばれる。天然ガス、石油、LP ガス等を燃料として、エンジン、タービン、燃料電池等の方式により発電し、その際に生じる廃熱も同時に回収するシステム。回収した廃熱は、蒸気や温水として、工場の熱源、冷暖房・給湯などに利用でき、熱と電気を無駄なく利用できれば、燃料が本来持っているエネルギーの約 75～80%と、高い総合エネルギー効率（電気エネルギーと熱エネルギー両方のエネルギー効率）が実現可能。一般的にコジェネとも呼ばれる。
再造林	森林を伐採した後に再度苗木を植栽して育成すること。
自己託送	自家用発電設備を維持用する者が、当該自家用発電設備を用いて発電した電気を一般送配電事業者が維持し、及び運用する送配電ネットワークを介して、当該自家用発電設備を設置する者の別の場所にある工場等へ送電すること。
商用電力	電力事業者（電力会社）から需要家に供給する電力。
充電設備	EV に充電するための設備。
水素ステーション	FCV に水素燃料を補給するための供給設備。 オンサイト方式：水素ステーション内で水素製造を行うもの オフサイト方式：外部で製造された水素を調達するもの 移動式：ステーション設備を架台に搭載し、移動可能なもの 定置式：ステーション設備を敷地に固定したもの
スネイルトレイル	太陽電池モジュールに発生する、黒色あるいは白色の亀裂模様。
接続箱	太陽電池モジュールごとに発電した電気を集約し、PCS に送る機器。
太陽光グレア	太陽電池パネルの反射光による眩しさ。
太陽光発電設備	光起電力効果によって太陽エネルギーを電気エネルギーに変換し、負荷に適した電力を供給するために構成された装置およびこれらに附属する装置の総体。法令やガイドライン等により、太陽光発電システム、太陽電池設備等、呼称が異なる。
太陽電池アレイ	太陽電池架台及び／または基礎、その他の工作物で構成され、太陽電池モジュールまたは太陽電池パネルを機械的に一体化し、結線した集合体。太陽光発電システムの一部を形成する。
太陽電池パネル	現場取付けができるように複数個の太陽電池モジュールを機械的に結合し、結線した集合。
太陽電池モジュール	複数の太陽電池セルを所定の出力が得られるように電氣的に接続したものを、長期間の使用に耐えられるようガラスや樹脂を用いて封止し、機械的強度を確保するとともに、固定設置するための枠等を取り付けたもの。
太陽電池セル	太陽光発電に用いる太陽電池の構成要素最小単位。
第 6 次エネルギー	エネルギー政策の基本的な方向性を示すためにエネルギー政策基本

基本計画	法に基づき政府が策定した計画。脱炭素化に向けた世界的な潮流、国際的なエネルギー安全保障における緊張感の高まりや、2018年の第5次エネルギー基本計画策定時からのエネルギーをめぐる情勢変化、日本のエネルギー需給構造が抱える様々な課題を踏まえ、総合資源エネルギー調査会において検討を深め、2021年10月22日、閣議決定された。
地域冷暖房	一定地域内の建物群に熱供給設備（地域冷暖房プラント）から、冷水・温水・蒸気などの熱媒を地域導管で供給、冷房・暖房・給湯などを行うシステム。
地球温暖化対策計画	地球温暖化対策推進法に基づく政府の総合計画。前回の計画から5年ぶりに改定し、2021年10月22日、閣議決定された。
蓄電池	電気エネルギーを化学エネルギーに変換して貯蔵し、必要に応じて電気を取り出すことができる装置。充電によって繰り返し使用することができる。
定格出力	原動機などの機器類が、指定された条件下で安全に達成できる最大の出力。
電気主任技術者	電気事業法（昭和39年法律第170号）の規定に基づき、事業用電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安の監督をさせるために選任される者。
凍結深度	厳寒期に土中の水分が凍る深さを地表から測った長さのこと。
燃料電池	水素と酸素の電気化学反応により発生した電気を継続的に取り出すことができる発電装置。
バイオ燃料	バイオマス为原料として製造される再生可能な燃料。
バイオマス	動植物などから生まれた生物資源の総称。ただし一般的に化石燃料を除く。
バイオマス発電	バイオマスを燃焼させ発電する方法。
発電設備	太陽光発電設備は「太陽電池アレイ」「接続箱」「PCS」の3つの機器を組合せた発電設備。
ライフサイクルコスト	製品の設計・開発から製造、販売、保守、修繕、最後の廃棄にいたるまでに発生する全費用。
流出係数	降水量に対して、地表を流下する雨水の割合を表す数値。
ワイドボディー機・ナローボディー機	航空機のうち、ワイドボディー機は客室1階の通路が2本の航空機、ナローボディー機は客室1階の通路が1本の航空機。

1.4 マニュアルの構成

本マニュアルは、次の内容で構成している。

はじめに 本マニュアルの背景

第1章 本マニュアルの目的及び位置付け、適用範囲、用語の定義、マニュアルの構成

第2章～第7章

空港における取り組む空港施設や空港車両、再生可能エネルギーの導入等の取組
毎に事業を推進する上で留意すべき事項

2.1 空港建築施設

「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル〔空港建築施設編〕」を踏まえた空港
建築施設の脱炭素化手法等の概要

4.2 太陽光発電

空港施設や航空機等運用への影響など、「空港における太陽光パネル設置検討WG」
での検討を踏まえた留意すべき事項

付録 各取組を推進する上で遵守すべき関係法令等で定められている主な手続き

各章の基本的な構成は、以下のとおりである。

1 節 実施計画検討・策定段階で留意すべき事項

2 節 設計・施工段階で留意すべき事項

3 節 管理・運営段階で留意すべき事項

4 節 将来動向への対応

5 節 取組の手法・事例

※太陽光発電や風力発電等、再エネの導入として共通して留意すべき事項は、基本的な考
え方を序節として記載している。

2 空港施設に係る取組

2.1 空港建築施設

2.1.1 基本的な考え方

空港建築施設は、用途が多様であり、空港によっては設置されている施設の種類や規模も異なる。また、施設の種類や規模により、使用する設備やエネルギーの使用状況も異なることから、空港建築施設の特徴を踏まえ、脱炭素化の推進を行う必要がある。

(1) これからの空港建築施設が目指す方向

- ・ 今後の空港建築施設の整備等は、新築（増改築を含む）又は改修時の省エネ検討において、ZEB 基準の水準（ZEB Oriented 相当以上）の省エネルギー性能の確保を目指す必要がある。
- ・ 空港建築施設は、建設後、相当年数が経過しており、築年数の状況を踏まえると、2050 年に向けて既存施設の改修が増加していくことが想定されるため、更なる省エネ化を促進し、空港建築施設の特徴を踏まえた最適な手法による省エネ化に取り組んでいく必要がある。
- ・ 既存施設の改修による省エネ化は既存システムとの適合性や新規設備導入スペースの確保、また施設を運用しながらの改修工事が必要となる等の制約も多く、目標とする CO2 排出削減量を達成できないことも想定されるため、太陽光発電システムを始めとする再生可能エネルギーの最大限の導入により、さらにカーボンニュートラルの達成に向けて検討していく必要がある。

(2) 空港建築施設における脱炭素化の実現に向けた取組の方向性

- ・ 空港建築施設は、建物の用途や規模、利用状況はもとより、地域や立地条件等により使用されるエネルギー量やエネルギーの構成が異なっており、脱炭素化を進める上では、これらの特性を踏まえた対応が求められる。また、検討を行う個々の施設の運用状況やエネルギーの使用状況を把握した上で、適切に省エネ化や再生可能エネルギーの導入検討を行うことが重要である。
- ・ 空港建築施設の脱炭素化の実現のためには、施設整備のみならず、施設を運用する上での対策も重要である。建物全体のエネルギーマネジメントを行い、無駄の無い効率的な設備運転を行うことも脱炭素化を実現する上で有効的な取組である。
- ・ LED 照明器具に代表されるように、省エネ・再生可能エネルギー技術の開発・研究は日々進歩しており高効率化・高機能化が進んでいる。現在技術開発・研究途中の省エネ・再生可能エネルギー技術についても動向を注視し、適宜取り入れていく必要がある。

(3) 空港建築施設の脱炭素化の手法

空港建築施設における脱炭素化を推進するための取組を行う場合は、空港の地域特性や施設用途・規模等を踏まえ、「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル [空港建築施設編]（国土交通省航空局）」に記載されている次の①～④の手法を参考に検討することが望ましい。なお、各種手法の一覧表（表 2-2～表 2-5）に記載されている推奨施設及び推奨地域については、表 2-1 及び図 2-2 を参考とするとよい。

表 2-1 推奨施設区分（空港建築施設の基本類型）

No.	空港建築施設の用途	主な建物の種類
1	旅客ターミナル	旅客ターミナルビル（国内・国際）、付属施設（ホテル、事務所ビル）、CIQ 施設 等
2	貨物ターミナル	貨物ターミナルビル（国内・国際）、航空会社上屋、代理店上屋、生鮮上屋付属施設（事務所ビル）等
3	航空機格納庫	整備格納庫、警察・消防ヘリ格納庫、 付属施設（事務所ビル）等
	航空機燃料施設	燃料供給施設（燃料タンク、ポンプ等）付属施設（管理事務所、車庫、整備場）等
	整備工場	原動機・部品工場、エンジンテスト場、GSE 整備場、GSE 車両給油所 等
4	機内食工場	機内食製造工場、搭載室、保管庫 等
	エネルギー供給施設	地域冷暖房供給施設、上下水供給処理施設 等
	廃棄物処理施設	SD プラント、廃棄物焼却施設 等
5	立体駐車場	空港利用者用駐車場、従業員用駐車場
6	複合テナントビル	複合テナントビル、ホテル、複合商業施設 等
7	管理施設	庁舎、管制塔、空港管理事務所、空港管理ビル、電源局舎、空港保安無線施設等の局舎（無線局舎）、消火救護施設、気象施設、海上保安庁施設 等
8	その他	空港アクセス施設（駅舎、ボートターミナル等） 等

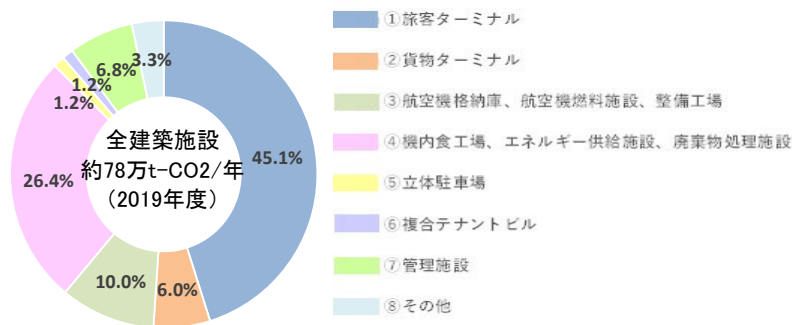
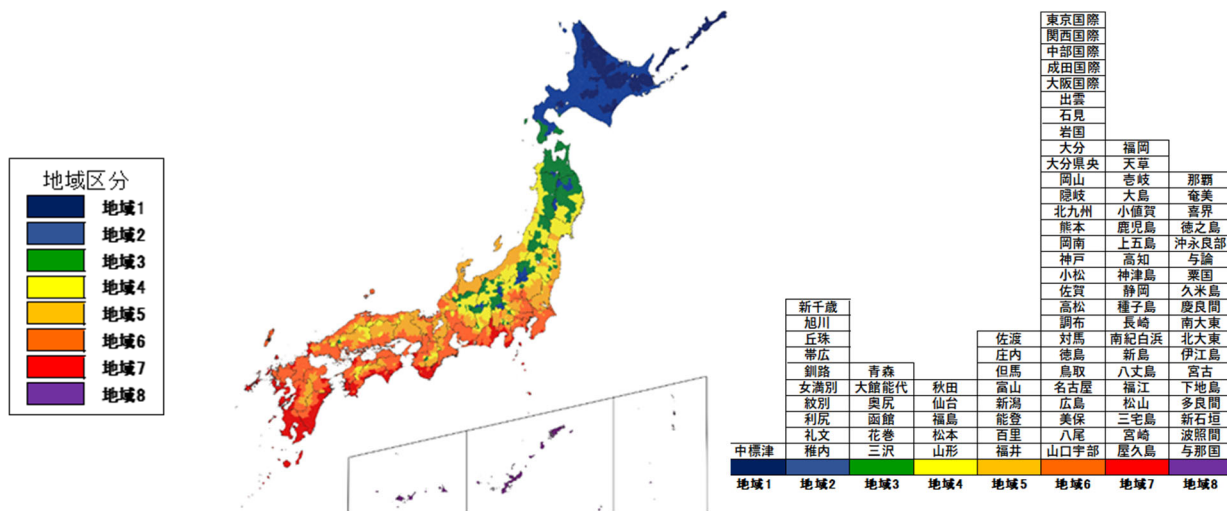


図 2-1 空港建築施設の CO2 排出量



出典：国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所
「エネルギー消費量算定プログラム解説（非住宅版）Ver3」

※実際には市区町村レベルで詳細に区分されているため、平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報（非住宅建築物）「1.3 入力に関する参考情報・その他」に掲載されている「地域の区分及び年間の日射地域区分（新区分）」を参照

図 2-2 推奨地域区分（地域区分※ と全国 97 空港）

① 建築物の構造等による省エネ手法

構造等による省エネ手法としては、地域性、季節等を考慮した上で、建物内外への熱負荷の移動を最小化することが求められ、その手法として、壁面、屋根面等に断熱効果の高い建材を使用することや、窓面からの日射を遮蔽することが考えられる。

また、自然エネルギーを有効利用し、空調設備や照明設備の役割を賄うことによりエネルギーの消費を抑制することが可能である。

建築物の構造等による省エネ手法の一覧は、表 2-2 のとおりであり、2.1.5 に代表的な技術や導入の優先度が高い技術を表 2-2 の一覧に示す手法から抜粋して掲載する。各技術の詳細は「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル〔空港建築施設編〕（国土交通省航空局）」を参考されたい。

表 2-2 建築物の構造等による省エネ手法一覧

番号	技術名称	WEBPRO評価	推奨導入時期	推奨施設	推奨地域
1	高断熱化（外壁）	○	新築時・改修時	①～⑧	1～7
2	高断熱化（開口部）	○	新築時・改修時	①～⑧	1～7
3	★ 日射抑制（Low-E ガラス・庇）	○	新築時・改修時	①～④、⑥～⑧	2～8
4	日射抑制（自動制御ブラインド）	○	新築時・改修時	①～④、⑥～⑧	1～8
5	★ 日射抑制（遮熱フィルム）	○	新築時・改修時	①～④、⑥～⑧	1～8
6	自然通風・ナイトバージ	-	新築時	①～⑧	1～8
7	自然採光	-	新築時	①～⑧	1～8
8	クール・ヒートトレンチシステム	-	新築時	①⑥⑦	1～8

WEBPRO 評価凡例 ○：評価対象 △：間接的に評価対象（他技術として評価）－：評価対象外
※★印は以下の観点から、優先度の高い省エネ技術であることを示す。

・CO2 削減効果の高い技術 ・他技術との相乗効果が期待できる技術 ・比較的導入が容易な技術
出典：国土交通省航空局「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル〔空港建築施設編〕」

② 建築設備の性能による省エネ手法

設備計画の課題の一つは、求められる室内環境をできるだけ少ないエネルギーで実現することである。そのためには、機器の高効率化と、負荷や各室の使用状況に応じた適切な設備の運転制御が重要である。

建築設備の性能による省エネ手法の一覧は、表 2-3 のとおりであり、2.1.5 に代表的な技術や導入の優先度が高い技術を表 2-3 の一覧に示す手法から抜粋して掲載する。また、各技術の詳細は「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル〔空港建築施設編〕（国土交通省航空局）」を参考されたい。

表 2-3 建築設備の性能による省エネ手法一覧

番号	技術名称	WEBPRO評価	推奨 導入時期	推奨施設	推奨地域
空調設備					
1	★ 高効率熱源（モジュールチラー）	○	新築時・改修時	①④⑥	3～8
2	★ 高効率熱源（インバーターターボ冷凍機）	○	新築時・改修時	①④⑥	1～8
3	★ 高効率熱源（吸収冷温水機）+ 冷却水変流量制御	○	新築時・改修時	①④⑥	1～7
4	高効率熱源（地中熱利用）	○	新築時	①	1～8
5	★ 高効率熱源（パッケージエアコン）	○	新築時・改修時	①～⑧	2～8
6	コージェネレーションシステム	○	新築時・改修時	①④⑥	1～8
7	フリークーリングシステム	-	新築時・改修時	①④⑥	1～7
8	冷温水変流量制御	○	新築時・改修時	①④⑥	1～8
9	大温度差送水システム	○	新築時・改修時	①④⑥	1～8
10	★ 空調機の変風量制御	○	新築時・改修時	①③④⑥	1～8
11	予熱時外気取入れ停止制御	○	新築時・改修時	①③④⑥	1～8
12	★ CO2濃度による外気量制御	△	新築時・改修時	①③④⑥	1～8
13	外気冷房制御	○	新築時・改修時	①～⑧	1～7
14	全熱交換器	○	新築時・改修時	①⑥⑦	1～8
15	放射冷暖房空調システム	○	新築時	①⑥⑦	1～8
16	床吹出空調システム	-	新築時	①④⑥	1～8
17	居住域空調システム	-	新築時	①～⑧	1～8
18	デシカント空調システム	-	新築時・改修時	①④⑥	1～8
換気設備					
19	インバーターによる送風機の風量調整	○	新築時・改修時	①～⑧	1～8
20	CO濃度・室内温度による換気量制御	○	新築時・改修時	①～⑧	1～8
21	人感センサーによる換気量制御	-	新築時・改修時	①～⑧	1～8
照明設備					
22	★ LED照明	○	新築時・改修時	①～⑧	1～8
23	在室検知制御	○	新築時・改修時	①～⑧	1～8
24	明るさ検知制御	○	新築時・改修時	①～⑧	1～8
25	タイムスケジュール制御	○	新築時・改修時	①～⑧	1～8
26	タスク・アンビエント照明	△	新築時・改修時	①～⑧	1～8
給湯設備					
27	ヒートポンプ給湯器	○	新築時・改修時	①～⑧	3～8
28	潜熱回収型給湯器	○	新築時・改修時	①～⑧	1～8
29	自動給湯栓 小流量吐水機構付シャワー	○	新築時・改修時	①～⑧	1～8
昇降設備					
30	ギヤレス巻上機・電力回生	○	新築時・改修時	①～⑧	1～8
31	エスカレーター・動く歩道自動運転制御	-	新築時・改修時	①	1～8

WEBPRO 評価凡例 ○：評価対象 △：間接的に評価対象（他技術として評価） -：評価対象外
 ※★印は以下の観点から、優先度の高い省エネ技術であることを示す。

・CO2 削減効果の高い技術 ・他技術との相乗効果が期待できる技術 ・比較的導入が容易な技術

出典：国土交通省航空局「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル [空港建築施設編]」

③ 建築施設の運用による省エネ手法

規模、用途、地域、サービス性能が異なる空港建築施設においては、それぞれの特性に応じて設備を適切に運転することが課題である。必要な室内環境を維持しながら、空調時間の適正化、空調温度設定及び照度設定の緩和等に取り組むことが省エネ化に有効な手法である。

設備の適切な運転を実現するためには、建物のエネルギーマネジメントが必要になる。そのためには、室内環境や設備機器の使用状況等、建物のエネルギーに関するデータを一元的に管理できる BEMS の活用が有効である。

建築施設の運用による省エネ手法の一覧は、表 2-4 のとおりであり、2.1.5 に代表的な技術や導入の優先度が高い技術を表 2-4 の一覧に示す手法から抜粋して掲載する。また、各技術の詳細は「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル [空港建築施設編] (国土交通省航空局)」を参照されたい。

表 2-4 建築施設の運用による省エネ手法一覧

番号	技術名称	WEBPRO評価	推奨導入時期	推奨施設	推奨地域
1	★ BEMSの活用	-	新築時・改修時	①～⑧	1～8
2	室温設定緩和	-	新築時・改修時	①～⑧	1～8
3	照度設定緩和	-	新築時・改修時	①～⑧	1～8

WEBPRO 評価凡例 ○：評価対象 △：間接的に評価対象（他技術として評価） —：評価対象外
※★印は以下の観点から、優先度の高い省エネ技術であることを示す。

・CO2 削減効果の高い技術 ・他技術との相乗効果が期待できる技術 ・比較的導入が容易な技術
出典：国土交通省航空局「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル [空港建築施設編]」

④ 建築施設への再生可能エネルギーの導入手法

空港建築施設において最も期待できる再生可能エネルギーは太陽光発電システムである。天候により発電量が変動する欠点はあるが、空港建築施設の特徴である広い屋根面や屋上を持つ施設が多いため、太陽光発電システムの導入ポテンシャルは高いと言える。また、エネルギー消費のウエイトが大きい空調設備は日射の強い時間帯に電力使用量が増えることから、太陽光発電システムとの親和性が高い。しかし、季節や時間帯により発電量や電力消費量が一定でないことから、余剰電力を有効活用する方策として、蓄電設備の設置や周辺他施設への供給、車両への蓄電等の活用方法を検討する必要がある。

空港建築施設における再生可能エネルギーの導入検討にあたっては、空港内に設置されている他の再生可能エネルギー設備の導入状況や、今後の設置計画などを確認の上、空港全体としてのエネルギーマネジメントに取り組む必要がある。

建築施設への再生可能エネルギーの導入手法の一覧は、表 2-5 のとおりであり、2.1.5 に代表的な技術や導入の優先度が高い技術を表 2-5 の一覧に示す手法から抜粋して掲載する。また、各技術の詳細は「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル [空港建築施設編] (国土交通省航空局)」を参照されたい。

表 2-5 建築施設への再生可能エネルギーの導入手法一覧

番号	技術名称	WEBPRO評価	推奨導入時期	推奨施設	推奨地域
1	★ 太陽光発電システム	○	新築時・改修時	①～⑧	1～8
2	風力発電	-	新築時・改修時	①～⑧	1～8
3	バイオマス熱利用	-	新築時・改修時	①④⑥	1～8
4	雪氷熱利用	-	新築時・改修時	①④⑥	1～3
5	水素発電	-	新築時・改修時	①④⑥	1～8

WEBPRO 評価凡例 ○：評価対象 △：間接的に評価対象（他技術として評価） —：評価対象外
※★印は以下の観点から、優先度の高い省エネ技術であることを示す。

・CO2 削減効果の高い技術

出典：国土交通省航空局「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル [空港建築施設編]」

2.1.2 実施計画段階で留意すべき事項

- 空港建築施設は、建物の用途や規模、利用状況はもとより、地域や立地条件等により使用されるエネルギー量やエネルギーの構成が異なっており、脱炭素化を進める上では、これらの特性を踏まえた計画を行う。

【解説】

- 検討を行う個々の施設の運用状況やエネルギーの使用状況を把握した上で、適切に省エネ化や再生可能エネルギー手法（以下、「省エネ手法・再エネ手法」という）の導入計画検討を行う必要がある。
- 省エネ手法・再エネ手法は、寒冷地や蒸暑地等における効果の差異を踏まえ、地域に応じて導入の可否を判断する必要がある。
- 空港建築施設の改修の場合では、施設の規模や利用状況等を踏まえ、制約条件（施設運用しながらの工事による工期・コスト、設備機器の搬出入ルート及びスペース、既存建物の運用時間帯の設備停止可否、部分営業等の工事期間営業形態、設備システムのメイン/サブ、道連れ工事）を広く検討して、計画にあたる必要がある。
- 既存空港建築施設への省エネ手法・再エネ手法の導入のための改修は、機器の更新のタイミングや大規模なリニューアル工事等のタイミングに合わせ実施することもあるため、これらの整備時期を考慮のうえ検討を行い、空港建築施設の脱炭素化を推進していくことが望ましい。
- 省エネ手法・再エネ手法の導入に伴い、設備機器等の騒音対策や設置スペース、耐荷重等の検討並びに適用する室の用途・運用方法を考慮する必要がある。
- 省エネ手法・再エネ手法の導入にあたっては、消防法上の“避難上又は消火活動上有効な開口部”に支障を来す等、防災計画との照合が必要となることや、設備から排出されるガス等に係る大気汚染防止条例等の関連法令の確認が必要となる。

2.1.3 設計・施工段階で留意すべき事項

- 空港建築施設は、建物の用途や規模、利用状況はもとより、地域や立地条件等により使用されるエネルギー量やエネルギーの構成が異なっており、脱炭素化を進める上では、これらの特性を踏まえた設計・施工を行うこと。
- 空港建築施設の建設にあたっては、エンボディド・カーボン（建築材料の製造、輸送、設置、補修、廃棄で排出される温室効果ガス）の削減に取り組むことが望ましい。

【解説】

- 検討を行う個々の施設の運用状況やエネルギーの使用状況を把握した上で、適切に省エネ手法・再エネ手法の導入に係る設計及び施工を行う必要がある。
- 同規模の施設であっても地域が異なれば、省エネ技術の効果が異なるため、地域特性を考慮した経済的な省エネ対策が必要となる。
- 省エネ化等手法の種類により各種性能が異なるため、地域や方位を考慮して適切に使い分ける等、外気の状態に応じて選択する必要がある。
- 既存施設への省エネ手法・再エネ手法の導入においては、計量、計測のためのメーター類

やセンサー類の追加設置が必要になるため、設置スペース、配線ルートを確認する必要がある。

- ・ 省エネ手法・再エネ手法の機器の配置場所は、浸水対策だけでなく地震や火災等に対する総合的な安全性を考慮して選定すること。また各種設備の設置においては、所轄消防との協議を行い、設置スペースの防火区画や消火設備に関する協議を行う必要がある。
- ・ CASBEE、LEED 等の建物の環境認証制度でもエンボディド・カーボンが評価されており、また世界的な ESG 投資の関心が温室効果ガス排出量に向かっていることから、空港建築施設の建設においても可能な限りエンボディド・カーボンの削減に取り組んでいくことが望ましい。
- ・ 空港建築施設の建設にあたっては、同種の資材でもより低炭素な資材を選択する等、資材調達工夫でエンボディド・カーボンの削減が可能である。施工時においては、建築物に投入される資材の他、現場で直接消費される電力や燃料等からの温室効果ガスの排出量削減に寄与する取組をおこなうことが望ましい。また、現場事務所等から間接的に消費される電力や燃料からの温室効果ガスの排出量についても可能な限り削減に取り組んでいくことが望ましい。

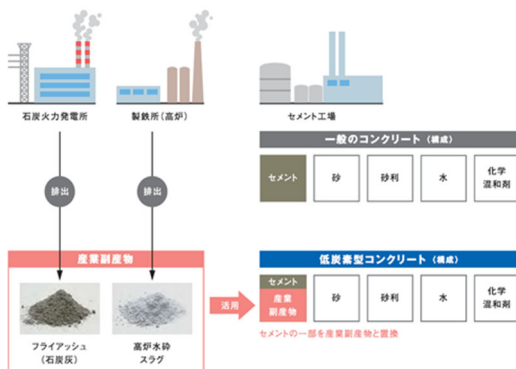


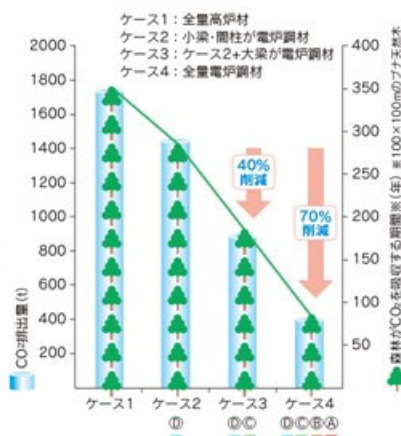
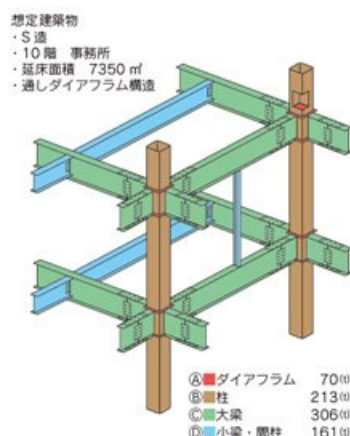
図 2-3 低炭素型コンクリート

セメントの 70%を産業副産物に置き換えた場合、
約 60%の CO2 排出量を削減可能。



図 2-4 CLT（直交集成板）

CLT 工法を用いた木造建築物（2 階建て・延床面積 407.2 m²）の資材製造から施工のプロセスから排出される CO2 排出量は、同規模の RC 造（鉄筋コンクリート造）に対して 30.6%削減、S 造（鉄骨造）に対して 18.5%削減が可能。



電炉鋼材は高炉鋼材に比べ、製造時の CO2 排出量が 1/4 となる。鉄鋼メーカーの試算によると、電炉鋼材適用範囲を「小梁・間柱のみ」から「鉄骨全量」にすることにより、建築鉄骨製造における CO2 排出量を 70%削減することが可能。

（左図ケース 2⇒ケース 4）

図 2-5 建築鉄骨構造例と電炉鋼材適用による CO2 排出量削減効果



図 2-6 仮設現場事務所・太陽電池パネル

再エネとして太陽電池パネル（12kW）を設置し、現場事務所の使用電力の 22%を
まかなうことで、省エネと再エネをあわせて 80%のエネルギー削減率を達成。

2.1.4 管理・運営段階で留意すべき事項

- ・ 省エネ手法・再エネ手法の導入に伴い、関係法令等に基づき適切な維持管理を実施する必要がある。
- ・ 空港建築施設の脱炭素化の推進にあたっては、施設整備のみならず、エネルギーマネジメント等の運用面の工夫による取組の効果も大きいため、空港建築施設の利用者（テナント事業者等）による協力も不可欠であり、更に空港利用者に対する取組の PR や広報等、取組の見える化も重要である。

【解説】

- ・ 省エネ手法・再エネ手法の導入に伴い、定期的なメンテナンス（点検や動作検証・調整、部品交換等）を行う必要がある（メーカー等との定期点検契約を結ぶ必要）。また設備の仕様等によっては関係法令による届出及び責任者・資格者の選任が必要である。
- ・ 空港建築施設は、運用時間が長くエネルギー消費量が多い傾向にあることから、機器の高効率化と併せて、各設備運転のスケジュール管理による稼働時間の適正化等の運用面の対策も有効である。
- ・ 空港の運用状況に応じて各施設の使用状況も大きく変動し、また季節によっても使用状況が異なることから、部屋の使用状況に合わせて各設備の最適な運転制御を行うことや使用状況に適した設定への見直しが有効である。
- ・ 事務室の OA 機器、店舗等の冷蔵冷凍機器等のその他電力については、家電製品等の機器について計画的・重点的に省エネ型機器への更新等を行い、省エネ性能を担保することが必要である。また、機器の省エネルギーモード設定の適用等により、待機電力の削減を含めて使用面での改善を図るとともに、機器の使用時間短縮等による節電を徹底する取組も重要である。
- ・ エネルギーの使用状況が見える化することで、省エネルギー化の余地の発見や適切な機器の運転及び施設の運用改善に繋げることができる。同時に、様々な管理者、事業者等により運営されている空港建築施設では、見える化したエネルギー情報を共有することで、脱炭素化への取組意識が高まり、空港建築施設全体の脱炭素化の促進が期待できる。また、空港建築施設全体で情報共有できる枠組みを構築することが重要である。

- ・ 室温設定緩和や照度設定緩和等の取組では、事前に設定温度と実測値の差の把握が必要であり、旅客ターミナルビルのロビー等の大空間は、室内温度のばらつきを考慮して設定温度を決める必要がある。事務室等、特定の人が使用するエリアは、予め、関係者に説明をし、理解を得た上で実施する必要がある。

2.1.5 空港建築施設の脱炭素化の手法

2.1.1 (3) で示した①建築物の構造等、②建築設備の性能及び③建築施設の運用による省エネ手法並びに④再生可能エネルギーの導入手法について、各種手法の一覧表（表 2-2～表 2-5）から抜粋して個別技術の事例と⑤先進的な取組事例を紹介する。

① 建築物の構造等による省エネ手法

表 2-6 高断熱化（開口部）（表 2-2 番号 2）

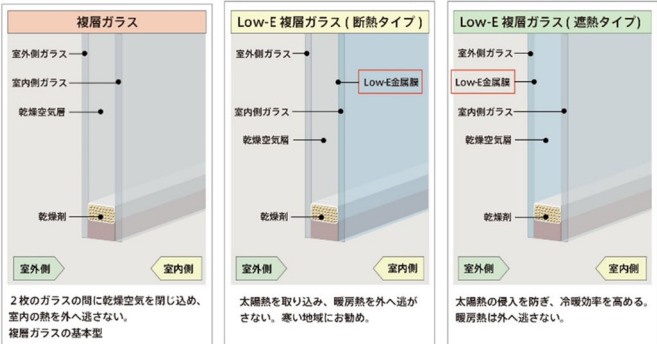
項 目	内 容
① 技術の概要	開口部の高断熱化は、断熱性の高いガラスや窓枠を使用し、開口部からの熱の流出入を抑制する技術。 手法としては、二重サッシを使用する方法と、窓ガラス自体を複層ガラスにする方法があるが、品質の安定化に伴い複層ガラスが主流になりつつある。より断熱性の高い複層ガラスには、三層複層ガラスや遠赤外線を反射する金属膜をコーティングした Low-E ガラスを使用した複層ガラス・三層複層ガラス等がある。  図： 代表的な複層ガラス 出典：三協立山株式会社 HP
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	※検討ケース：単板ガラス→Low-E ガラス／窓面積 2,300m² ／改修は窓枠を利用する後付工法 ・新築 42～51 千円/m² 改修 100～120 千円/m²（窓面積当たり） ・維持管理費（部品交換（クレセント等））120 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -9,300 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	55～69 kg-CO₂/m²・年（窓面積当たり）
④ 導入にあたっての課題・留意事項	1) 実施計画段階 ・開口部は一般的に外壁よりも断熱性が劣るため、開口部の断熱強化は、地域区分 8 を除く地域で効果が期待できる。 ・寒冷地においては、ガラス面だけでなく窓枠を含めた高断熱化の検討が必要となる。 2) 設計・施工段階 ・複層ガラスは、空気層の厚さや封入するガス（空気）の種類により断熱性能が異なるため外気の条件に応じて選択する必要がある。 ・Low-E ガラスは、金属膜を外側のガラスにコーティングした遮熱タイプと、内側のガラスにコーティングした断熱タイプがあり、地域や開口部の方位を考慮して適切に使い分ける必要がある。 3) 管理・運営段階 ・複層ガラスはシール材が劣化すると空気層の密封が保てなくなり性能が落ちるため、空気層内に結露が発生した段階で交換が必要となる。（保証期間は 10 年、耐用年数は 10～15 年）

表 2-7 日射抑制 (Low-E ガラス・庇 (ひさし)) (表 2-2 番号 3)

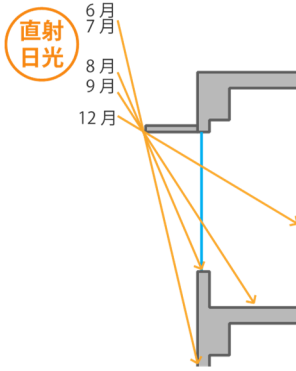
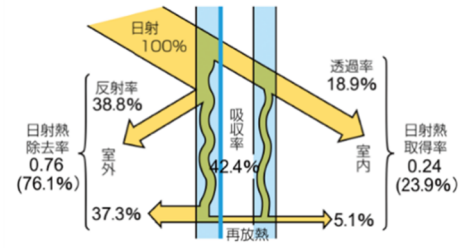
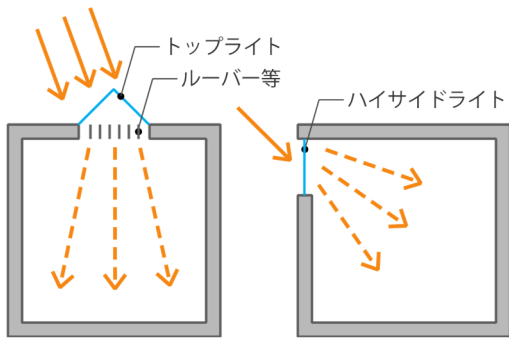
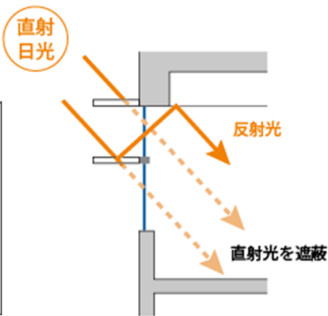
項 目	内 容
① 技術の概要	日射抑制は、日射熱取得率の小さい高性能ガラスや庇・ルーバーにより、室内への日射を抑制し冷房負荷を削減する技術。 日射の抑制による効果は年間の冷房負荷を減少させ、年間の暖房負荷を増加させる傾向があり、年間空調負荷の削減効果は少ないが、一般的に空調設備は日射を受けるピーク時の冷房負荷を基に計画されるため、設備容量の削減に伴い設備費が安価となる。  図：庇による日射抑制  図：Low-E ガラス日射熱取得率 出典：株式会社 AGC HP 代表的な高性能ガラスである Low-E ガラスは日射熱取得率が低く、日射抑制効果が高い
② コスト (導入時・光熱費)	※検討ケース：庇無し→コンコース窓面 (660 m²程度) に庇設置 新築 50～61 千円/m² 改修 65～80 千円/m² (窓面積当たり) ・削減コスト (光熱費) -300 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	9～11 kg-CO₂/m²・年 (窓面積当たり)
④ 導入にあたっての 課題・留意事項	1) 実施計画段階 ・日射を受ける全ての部屋に有効な技術であるが、特に、眺望に配慮しブラインドを設置することが少ない旅客ターミナルビルの出発・到着ロビー等の空間に採用すると効果は大きい。 ・庇の出寸法や形状 (水平・垂直・格子等) は季節により変化する太陽高度、方位等を考慮する必要がある。 2) 設計・施工段階 ・眺望や開放的な雰囲気を求められるロビー空間は、可視光透過率 (値が大きいほどよく可視光を透過する) を考慮してガラスを選定する必要がある。 3) 管理・運営段階 ・複層ガラスはシール材が劣化すると空気層の密封が保てなくなり性能が低下するため、空気層内に結露が発生した段階で交換が必要になる。(保証期間は 10 年、耐用年数は 10～15 年程度)

表 2-8 日射抑制（遮熱フィルム）（表 2-2 番号 5）

項 目	内 容												
① 技術の概要	遮熱フィルムは、可視光線の透過性と熱線の反射性を両立したフィルム材を窓ガラスに貼付して建物の熱負荷抑制と窓まわりの温熱環境向上を図る技術。 窓面の内側から貼付するため施工性が良く、Low-E ガラスの製作が困難な曲面や大開口窓でも遮熱性を向上することが可能である。ただし、Low-E ガラスなどと比べると断熱性能は小さくなる。また、近年では、高い透過性を有するフィルムもあるため、視認性の必要な窓ガラスでも遮熱性能を高めることが可能である。 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">近赤外線遮熱タイプ ⇒可視光透過率が高いまま 遮蔽係数も十分な効果を得やすい</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>日射遮蔽係数</td> <td>可視光線透過率</td> </tr> <tr> <td>0.65</td> <td>0.81</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">金属膜タイプ ⇒可視光透過率を高くすると 遮蔽係数の十分な効果が得にくい</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>日射遮蔽係数</td> <td>可視光線透過率</td> </tr> <tr> <td>0.87</td> <td>0.87</td> </tr> </tbody> </table> 出典：3M スコッチティントウインドウフィルム 図：遮熱フィルムの仕様例(3mm フロートガラス貼付時)	近赤外線遮熱タイプ ⇒可視光透過率が高いまま 遮蔽係数も十分な効果を得やすい		日射遮蔽係数	可視光線透過率	0.65	0.81	金属膜タイプ ⇒可視光透過率を高くすると 遮蔽係数の十分な効果が得にくい		日射遮蔽係数	可視光線透過率	0.87	0.87
近赤外線遮熱タイプ ⇒可視光透過率が高いまま 遮蔽係数も十分な効果を得やすい													
日射遮蔽係数	可視光線透過率												
0.65	0.81												
金属膜タイプ ⇒可視光透過率を高くすると 遮蔽係数の十分な効果が得にくい													
日射遮蔽係数	可視光線透過率												
0.87	0.87												
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	※検討ケース：単板ガラス→近赤外線遮熱タイプを貼付／窓面積 2,300m²（サッシュ除く貼付面積 1,800 m²） ・新築および改修 11～14 千円/m²（窓面積当たり） ・維持管理費（はがし/貼替）2,500 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -300 千円/年												
③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様	2.1～2.6 kg-CO ₂ /m ² ・年（窓面積当たり）												
④ 導入にあたっての課題・留意事項	1) 実施計画段階 ・フィルム貼付により、ガラスが熱割れを起こすリスクがあるため、熱割れ計算を行い、貼付が可能なフィルム選定を行う。 ・フィルムの材質と厚さによっては、フィルム貼付後の窓が破壊しにくくなり、消防法上の“避難上又は消火活動上有効な開口部”と見なされず、防災計画に波及する可能性があるため、防災計画との照合が必要となる。 2) 設計・施工段階 ・フィルム構造が多層のため光の干渉が生じて、帯状に色がついたように見えることがある。施工前にサンプル作成などを行い、外観に影響がないことを確認する必要がある。 3) 管理・運営段階 ・運営時にフィルム貼付の周知がなく、掲示物の接着や清掃具による傷つけ等でフィルムが破損した事例がある。												

表 2-9 自然採光（表 2-2 番号 7）

項 目	内 容
① 技術の概要	自然採光は、建物内に自然光を採り込み、人工照明を補完することで、照明によるエネルギー消費量を削減する技術。 窓面の上部から自然光を採り込むトップライトやハイサイドライト、窓面の中段に底を取り付け太陽光を反射させ天井面を照らすライトシェルフや自動制御ブラインド、窓面に貼り光を天井面に反射させる採光フィルム等の手法がある。  図：トップライト・ハイサイドライト  図：ライトシェルフ
② コスト (導入時・光熱費)	※検討ケース：トップライト無し→吹抜け上部のトップライトによる自然採光／対象床面積 900m²／昼光利用 50%程度 ・新築 20～25 千円/m²（対象床面積当たり） ・削減コスト（光熱費） -200 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	3.8～4.8 kg-CO₂/m²・年（対象床面積当たり）
④ 導入にあたっての 課題・留意事項	1) 実施計画段階 ・トップライトやハイサイドライトにより直射光を室内に直接採り込むことは、冷房負荷を増やすとともに、室内の温熱環境や光環境を悪化させる原因にもなるため、直射光を遮る工夫が必要になる。 2) 設計・施工段階 ・金属屋根の上部にトップライトを設置する場合は、防水の納まりに十分配慮が必要である。 ・採光フィルムは、フィルムを貼り付けることでガラスが熱割れしないかを事前に確認し、製品を選定する必要がある。 3) 管理・運営段階 ・ライトシェルフは、汚れや付着物により反射率が低下するため、定期的な清掃が必要である。

② 建築設備の性能による省エネ手法

表 2-10 高効率熱源（インバーターターボ冷凍機）（表 2-3 番号 2）

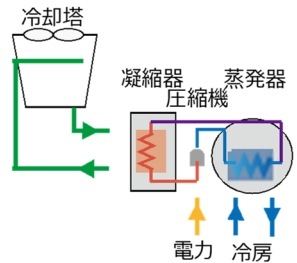
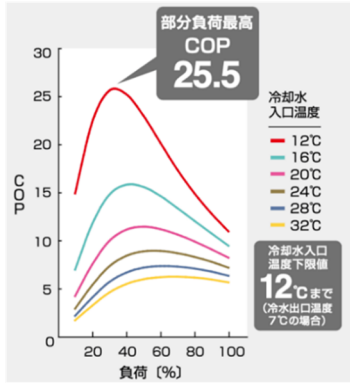
項 目	内 容
① 技術の概要	インバーターターボ冷凍機は、季節により変化する冷却水温度変化を利用して高効率化を実現した冷房専用の熱源システム。 冷却水温度に応じて圧縮機をインバーターにより回転数制御することで、外気温が低い秋・冬・春に大幅な省エネ運転が可能となる。 大容量の熱源であるため、中～大規模施設に適用できる。  写真：外観  図：システム図  図：冷却水温度と負荷率による効率の変化 冷却水温度や負荷率（熱源の稼働率）により運転効率が変化する 出典：三菱重工株式会社 カタログ
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	※検討ケース：標準モジュールチラー→インバーターターボ冷凍機 527kW の導入 (高効率モジュールチラー1,950kW 併用含) /空調対象面積 6,300m² 程度/冷却塔含む ・新築 12～14 千円/m² 改修 14～17 千円/m² (空調対象面積当たり) ・維持管理費 (部品交換、圧縮機分解整備等) 2,200 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -4,800 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	9.2～11.5 kg-CO₂/m²・年 (空調対象面積当たり)
④ 導入にあたっての課題・留意事項	1) 実施計画段階 ・冷房専用であるため、冷温熱源 (モジュールチラー等)、若しくは温熱源 (ボイラー等) との併用が必要である。 ・併設される冷却塔の騒音対策、設置スペースの検討が必要になる。 2) 設計・施工段階 ・熱源容量は熱負荷計算を基に決定されるが、施設の同時使用率等を考慮し適正な容量設定とすることが必要である。 ・冷却水温度が低いほど効率が高くなるため、下限値 (12℃) を下回らない範囲で冷却水温度を下げる制御の組み込みが有効である。 3) 管理・運営段階 ・冷却塔は薬液注入等による冷却水の水質管理が必要になる。 ・複数の熱源を組み合わせる場合は、効率の良い機器を優先的に運転することでシステム全体の効率を上げることができる。 ・冷凍能力によって、高圧ガス保安法による届出および冷凍保安責任者の選任が必要である。(冷凍保安規則第 36 条 2 項に除外規定あり)

表 2-11 空調機の変風量制御（表 2-3 番号 10）

項 目	内 容
① 技術の概要	空調機の変風量制御は、インバーターにより空調機のファンの回転数を制御し、空調機のファンの消費電力を低減する制御システム。空調機から各室への送風量を、室温に応じて必要最小限の送風量に制御することで省エネ化を実現する。 大空間を 1 台の空調機で空調している場合は、VAV（可変風量装置）を分散して設置し、各エリアの室温に応じて送風量を制御することで、窓際等の熱負荷の違いによる室温のばらつきを解消できる。セントラル空調方式により空調されている旅客ターミナルビルのロビー等の大空間に採用することで大きな省エネ効果を得られる。 出典：環境共創イニシアチブ WEBPRO 未評価技術 15 項目 図：空調機の変風量制御の例
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	※検討ケース：変風量制御無し→空調機を 30%～100%の範囲で変風量制御（可変風量装置、制御機器、インバーター等の設置）／空調機 17 系統（合計風量 213,300m³/h）／空調対象面積 6,300m² 程度 ・新築 8～10 千円/m² 改修 11～14 千円/m²（空調対象面積当たり） ・維持管理（部品交換（インバーター部品）、制御機器の点検・動作確認）1,600 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -6,800 千円/年
③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様	20～25 kg-CO₂/m²・年（空調対象面積当たり）
④ 導入にあたっての課題・留意事項	1) 実施計画段階 ・空調機等の風量が大きく、インバーターにより風量を可変できる機器での採用となる。 2) 設計・施工段階 ・小風量時においても、各室に必要な外気量を供給できる空調システムにする必要がある。 ・小風量時は吹出口からの吹出し風速が落ち、空調空気の到達距離が短くなるため、大空間で採用する場合は、気流の分布を考慮して吹出口の位置や形状、送風量の下限值を検討する必要がある。 3) 管理・運営段階 ・空調機のインバーター、VAV（可変風量装置）、制御系の追加に伴いメンテナンスが増える。

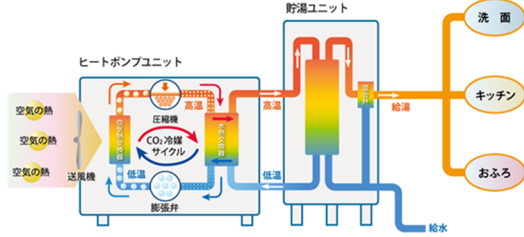
表 2-12 インバーターによる送風機の風量調整（表 2-3 番号 19）

項 目	内 容
① 技術の概要	送風機の風量調整を、ダンパーの開度調整により行うのではなく、インバーターによる電動機の回転数を制御することで行う技術。 回転数を変えないダンパーによる風量調整に比べ、風量に応じてファンの回転数を減らすことにより省エネ化が可能になる。 換気風量が多く、運転時間が長い送風機で省エネ効果大きい。 送風機の風量-風圧特性 定格運転時（ファン自体の能力）の風量から必要風量 a に調整する場合、インバーターを使用することで送風機の軸動力が①から②まで低減される 図： インバーターによる送風機の風量調整
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	※検討ケース: ダンパーによる風量調整→インバーターによる風量調整／合計電気容量 36 k W／換気対象面積 650m2 ・新築 21～25 千円/m2 改修 25～31 千円/m2（換気対象面積当たり） ・維持管理費（部品交換（インバーター部品））580 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -1, 100 千円/年
③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様	30～38 kg-CO2/m2・年（換気対象面積当たり）
④ 導入にあたっての課題・留意事項	1) 実施計画段階 ・三相モーターの送風機を計画対象とする。単相モーターの送風機は専用設計インバーターを利用する必要があり、使用送風機が限られる。 2) 設計・施工段階 ・インバーターの設置に伴い、高周波対策の検討が必要になる。 ・既存施設への導入の場合は、インバーターの設置スペースを確保する必要がある。 3) 管理・運営段階 ・インバーターの設置に伴うメンテナンスが増える。

表 2-13 LED 照明（表 2-3 番号 22）

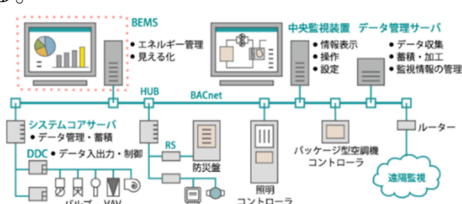
項 目	内 容
① 技術の概要	LED 照明は、従来の蛍光灯に比べ高効率で長寿命な照明器具。 消費電力や発熱が少ないことにより、照明の消費電力の削減だけでなく、空調負荷の削減も可能である。 格納庫等で使用される水銀ランプやメタルハライドランプ等も LED に置き換えられるため、全ての施設に採用できる。  ダウンライト 高天井用照明 ベース照明 出典 パナソニック株式会社、岩崎電気株式会社 カタログ 写真：LED 照明
② コスト（導入時・光熱費）	※検討ケース：Hf 照明器具→LED 照明の導入 ・新築 5.3～6.5 千円/m² 改修 6.6～8.1 千円/m²（延床面積当たり） ・削減コスト（光熱費） -16,500 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	14～17 kg-CO₂/m²・年（延床面積当たり）
④ 導入にあたっての課題・留意事項	1) 実施計画段階 ・ランプ周囲の推奨使用温度は 5～40℃であることから、設置場所の室内温度に留意する。 2) 設計・施工段階 ・調光するためには別途調光器が必要になる。 3) 管理・運営段階 ・長寿命化によりメンテナンスは簡略化する。

表 2-14 ヒートポンプ給湯器（表 2-3 番号 27）

項 目	内 容
① 技術の概要	ヒートポンプ給湯器は、ガス等の燃焼ではなく、エアコンと同様に、電気を利用してヒートポンプにより外気の熱を集め、熱源として利用することでお湯を沸かす給湯器。 代替フロン冷媒を利用するヒートポンプ給湯器と、CO₂ を冷媒として利用するヒートポンプ給湯器（エコキュート）がある。 直接の加熱ではなく空気を熱源とするヒートポンプを利用するためガス給湯器や電気温水器に比べ高効率である。また、CO₂ を冷媒として利用するヒートポンプ給湯器は、フロン冷媒の機器よりも効率が低い。  出典：一般社団法人 日本冷凍空調工業会 HP 図：ヒートポンプ給湯器
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	※検討ケース 1：貯湯式電気温水器→洗面用給湯熱源にヒートポンプ給湯器（35kW（貯湯槽 4m³ 付）×2 台、給湯配管含む）の導入／WC 面積 580m² 程度 ・新築 80～90 千円/m² 改修 120～150 千円/m²（WC 面積当たり） ・維持管理費（部品交換（圧縮機部品等））240 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -1,900 千円/年 ※検討ケース 2：潜熱回収型給湯器→厨房用給湯熱源にヒートポンプ給湯器（35kW（貯湯槽 4m³ 付）×14 台、給湯配管含まず（※改修は既存配管利用））の導入／厨房面積 270m² 程度 ・新築 480～580 千円/m² 改修 520～640 千円/m²（厨房面積当たり） ・維持管理費（部品交換（圧縮機部品等））2,700 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -700 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	※検討ケース 1：38～47 kg-CO₂/m²・年（WC 面積当たり） ※検討ケース 2：68～85 kg-CO₂/m²・年（厨房面積当たり）
④ 導入にあたっての課題・留意事項	1) 実施計画段階 ・空気熱源であるため、寒冷地においては効率が下がる。 ・熱源本体と貯湯槽が屋外に設置されるため、騒音対策、設置スペースの検討が必要になる。 2) 設計・施工段階 ・ヒートポンプ給湯器（エコキュート）は、夜間に水を昇温し貯湯槽に貯め、昼間使用する構造になっているため、昼間の追い焚きや加熱が必要な施設用途には代替フロン冷媒を利用するヒートポンプ給湯器か追い焚き機能付きの機種を使用する必要がある。 3) 管理・運営段階 ・ガス給湯器やボイラに比べメンテナンスは容易である。 ・貯湯槽は年に 2～3 回水を抜いてタンクの底の湯垢や沈殿物を押し流す必要がある。

③ 建築施設の運用による省エネ手法

表 2-15 BEMS の活用（表 2-4 番号 1）

項 目	内 容
① 技術の概要	BEMS（ビル・エネルギー・マネジメントシステム）は、室内環境や設備機器の使用状況、エネルギー消費量等のデータを一元的に管理できる監視システム。 蓄積されるデータを基にエネルギー需要の見える化を行うことでエネルギー需給の時間的変動を把握し、機器の運転方法や運用の改善を行い、継続的な省エネルギー運用を実現する。 BEMS の情報を基に中央監視装置より各機器・各室の設定値の変更や運転・停止等の制御を行うことにより各設備の運用を最適化することも可能となる。  図：BEMS と周辺設備
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	※検討ケース：BEMS 無し→BEMS の導入（中央監視装置に接続可能な場合（中央監視装置の管理点数追加コストを含む）） ・新築 37,000～45,000 千円 改修 43,000～53,000 千円 ・維持管理費 3,000 千円/年（動作確認、中央監視装置を含む） ・削減コスト（光熱費） -4,200 千円/年
③ CO2 削減効果	4～8 kg-CO2/m2・年（延床面積当たり） （BEMS により 10%の CO2 排出量を削減した場合を想定）
④ 導入にあたっての課題・留意事項	1) 実施計画段階 ・BEMS の導入にあたり、省エネルギー運用のための分析・評価内容を明確にした上で、監視ポイントを抽出することが必要である。 ・BEMS の導入とともに、BEMS のエネルギー情報や施設の運用情報から機器の運転を最適化する AI の導入も望ましい。 ・既存施設への導入においては計量、計測のためのメーター類やセンサー類の追加設置が必要になるため、設置スペース、配線ルートを確認する必要がある。 2) 設計・施工段階 ・抽出した監視ポイントに基づき、必要となるセンサーや制御機器、既存設備の改修方法を検討する。 ・既存設備の中央監視設備に接続する場合は、BEMS へのデータの受け渡し方法の確認が必要になる。 3) 管理・運営段階 ・蓄積されたデータを基に問題点や改善の余地を抽出し、機器の運転方法や運用の改善につなげることが必要である。 ・エネルギー情報の見える化により、脱炭素化への意識を空港建築施設全体で共有できる枠組みの構築が重要である。

④ 建築施設への再生可能エネルギーの導入手法

表 2-16 太陽光発電システム（表 2-5 番号 1）

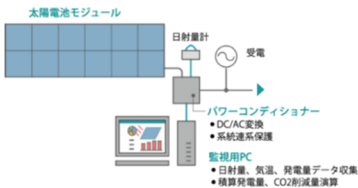
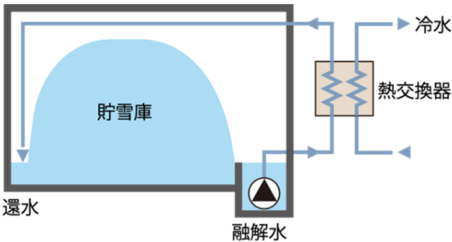
項 目	内 容
① 技術の概要	太陽光発電システムは、太陽電池パネルを利用して太陽光のエネルギーを電気に変換することで発電する再生可能エネルギーの技術。太陽光発電システムに使用される太陽電池パネルは、シリコン系の単結晶型、多結晶型、アモルファス型の 3 種類の太陽電池に分類される。 発電した電力は商用電力と系統連系して建物に供給される。余剰電力を蓄電池に蓄えることで夜間の利用が可能になる。   図：太陽光発電システム構成図 写真：カーポート型パネル 出典：株式会社カクイチ
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	※検討ケース：太陽光発電システム無し→屋上に 500kW (5,000m²) の太陽電池パネルを導入 ・新築 85～100 千円/m² 改修 100～120 千円/m²（太陽電池パネル設置面積当たり、付帯設備、既設改修を含む）※設置条件毎の導入コスト及びケーブル引込コストは参考資料を参照 ・維持管理費 2,500 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -9,700 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	40～45 kg-CO₂/m²・年（太陽電池パネル設置面積当たり）
④ 導入にあたっての課題・留意事項	1) 実施計画段階 ・必要な発電量から太陽電池パネルの設置に必要な概略の面積を算出し、屋上や屋根・外壁面等、設置スペースを検討する。 ・太陽電池パネルを設置する屋根面の荷重の検証を行い、必要に応じて、柱や梁上部に鉄骨を渡し荷重を分散させる等の対応が必要である。 ・外壁面への設置は、発電効率の低下を考慮し検討する必要がある。 ・必要な設置スペースを屋根面等で確保できない場合は、外構部分にカーポート型太陽電池パネルを導入することも有効である。 ・東京消防庁等の指導基準を参照し計画すること。 2) 設計・施工段階 ・建物の屋上に設置する場合は、太陽電池パネル架台を取付けるための独立基礎を設置するため、屋上の防水層を一旦撤去するなど、必要に応じて防水層の改修を検討する。 ・重ね式の折半屋根に設置する場合は、折半に穴を空け架台を固定することから、防水仕様の専用固定金物もあるため、採用について検討が必要である。 ・太陽電池パネルを設置する架台は、太陽電池パネル支持の標準設計を定めた JIS C 8955 に則り、荷重検討（風圧・積雪・地震等）が必要になる。壁面設置では、垂直面設置の規定がないため、構造要件を設置者で定める必要がある。 ・航空機や管制塔へのグレア対策として、防眩型の太陽電池パネルの採用や設置角度の検討を行う必要がある。 ・既存電気系統との連携を行うため、受変電設備改修に係る検討が必要である。 3) 管理・運営段階 ・太陽光受光面は定期的な清掃が必要である。

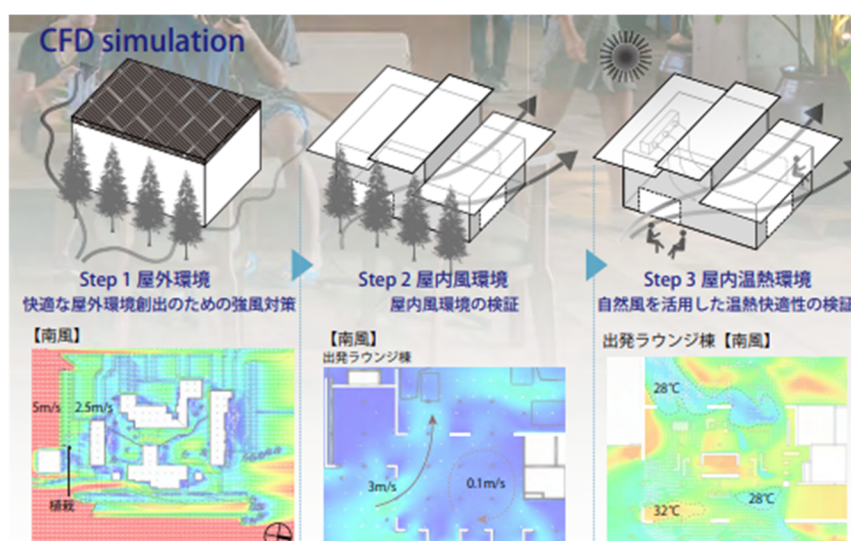
表 2-17 雪氷熱利用（表 2-5 番号 4）

項 目	内 容
① 技術の概要	雪氷熱利用は、冬の間に降った雪を貯蔵し、冷房に利用する技術。積雪の深さ合計値が概ね 200cm 以上の地域で導入が可能である。雪の貯蔵は建物内に雪貯蔵を確保する方法と、敷地の一部を雪山として利用する方法がある。 冷熱の利用方法として、空気を雪に直接接触させる方法と、融解水を熱交換し利用する方法があるが、空調熱源と併用できる融解水利用が導入しやすい。  図：融解水利用の雪冷房フロー  ■ 導入可能地域 ■ 導入可能地域に準ずる地域 図：雪冷房導入可能地域※ ※出典：官庁施設における雪冷房システム計画指針
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	※検討ケース：雪冷房無し→10,000ton の雪を貯雪し冷房に利用 貯雪は雪山を利用 ・新築 300,000～400,000 千円（雪山路盤、機械設備） ・維持管理費 36,000 千円/年（集雪、貯雪（雪山形成）、断熱の敷設・取外し等） ・削減コスト（光熱費） -3,800 千円/年
③ CO2 削減効果	71,000～88,000 kg-CO2/年
④ 導入にあたっての課題・留意事項	1) 実施計画段階 ・雪を集めるための集雪スペースと、保管するための貯雪庫又は雪山のスペースを確保する必要がある。 2) 設計・施工段階 ・積雪量、集雪面積、貯雪量より、利用可能な冷熱量を算出し、雪冷房システムを構築する必要がある。 ・貯雪庫は十分な断熱を行うとともに、周囲はロータリー除雪車等の重機の作業スペースを確保する必要がある。 3) 管理・運営段階 ・融雪剤が混入している雪の貯雪は避ける。 ・雪山を貯雪に利用する場合は、集雪後雪山上部に断熱シートや木片チップ等により十分な断熱を施す必要がある。

⑤ 先進的な取組事例

表 2-18 コラム：自然環境を取り込む旅客ターミナルビルの形態（みやこ下地島空港）

空港ターミナルビルとして全国初の「ネット・ゼロ・エネルギービル」(ZEB Ready ランク)であり、一次エネルギー消費を68%削減するように計画されている。具体的には深い庇による日射遮蔽、大開口による積極的な自然換気による熱負荷の削減のほか、気化熱空調システムなどを採用している。旅客ターミナルビルの形態については、①視界における自然の割合②開口部の日射にともなうエネルギー消費について384通りの形態を総当たり計算を行い、選定された案の検証を屋外風環境から屋内温熱環境までCFDシミュレーションを行っている。空調エネルギーの削減を意図した、自然風を活用したむらのある空間を許容する計画が、CFDシミュレーションによって検証されている。



図：環境シミュレーションダイアグラム(みやこ下地島空港)



図：外観(みやこ下地島空港)

出典：一般社団法人 建築環境設計支援協会「SABED 環境シミュレーション設計賞 2019 最優秀賞」、<https://www.sabed.jp/wp/wp-content/uploads/2019/10/saiyushu.pdf>、2022年8月

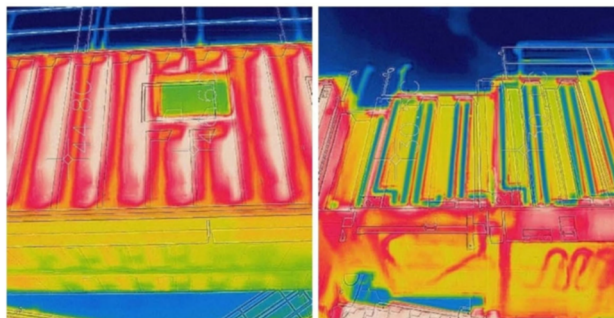
表 2-19 コラム：放射冷却素材の活用（東京国際空港）

放射冷却素材は、接している物体の放射冷却（物体が熱を外に放射して冷える現象）を促す新素材であり、エネルギーを使わずに物体の温度を下げる特徴を活かして省エネルギー技術への応用が進んでいる。フィルムや塗料に加工して表面温度を下げる効果をもつ建材、布地に織り込み涼感を得る衣料品などが挙げられる。

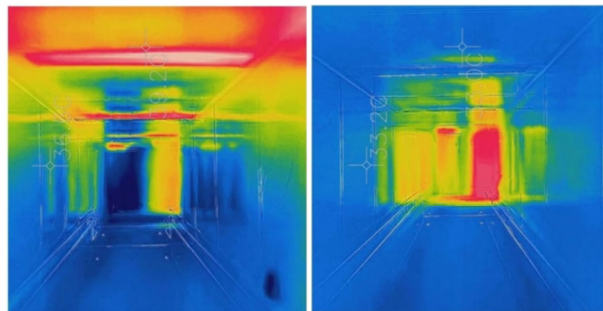
国内の空港施設では東京国際空港の PBB や駐車場連絡橋、ガードマンボックス等に導入されている。東京国際空港の PBB の屋根、側面、ガラスに放射冷却素材を用いたフィルムを施工した効果について測定を夏期（2021 年 8 月）に行った結果、表面温度は施工前：36.3℃、施工後：26.6℃となり 9.7℃の低減、室内温度は施工前：39.6℃、施工後：34.6℃となり、5.0℃の低減があった。



図：放射冷却素材を用いたフィルムを施工された PBB



図：PBB への施工前後の表面温度の比較（左：施工前、右：施工後）



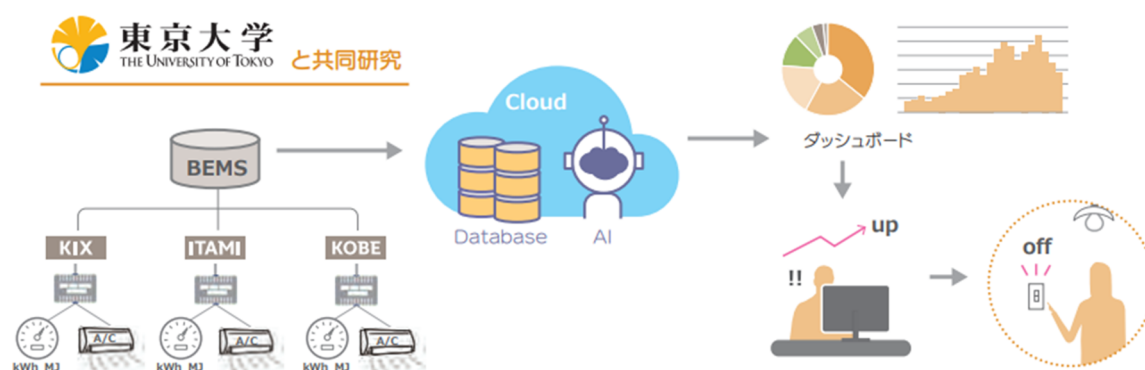
図：PBB への施工前後の表面温度の比較（左：施工前、右：施工後）

出典：ラディクールジャパン株式会社 実績、
<https://radi-cool.co.jp/publics/index/60/>、2022 年 8 月
 出典：日本空港ビルデング株式会社 その他の事業
<https://haneda-airport-business.com/index.html>、2022 年 8 月

表 2-20 コラム：BEMS の活用（関西国際空港）

関西国際空港ターミナルビルでは、データ分析による空調設備の運用改善により、2018 年度から 2019 年度の 2 年間で約 600 t の CO2 を削減している。更なるオペレーションの自動化・最適化を目指して BEMS+AI の組み合わせを検討している。

BEMS+AI は、自動的かつタイムリーなデータ分析を行い、従来の人間によるデータ分析と比べて迅速に運用の改善が行えるシステムを目指す。これらの BEMS データの更なる有効活用策について、東京大学と共同研究を実施している。



図：BEMSxAI のイメージ

・導入する上での留意点

BEMS 導入前に、既存の設備やセンサー類の把握、効率的なセンサーの設置・分析方法の検討のため、ビル診断等（どのような分析が省エネに繋がるかの検討）から始める必要がある。

BEMS はデータの可視化のみを基本としており、データを活用した分析および運用改善等を実施して初めて CO2 削減効果が得られる点に留意が必要である。

・取組の効果

BEMS 導入によりエネルギー消費の実態把握が可能となり、日常的な運用改善による運用コストの削減および分析による省エネ設備導入の最適化（ダウンサイジング等）に伴う導入コスト削減が見込める可能性がある。BEMS データの AI による 24 時間連続した自動監視・分析により、エネルギーの無駄な状況の早期発見と運用改善がタイムリーに行える。また、従来人手により行っていた分析作業の大半を削減できるため、省力化にも繋がる可能性がある。

出典：関西エアポート株式会社「環境レポート 2021」、http://www.kansai-airports.co.jp/efforts/environment/efforts/file/envreport_2021.pdf、2022 年 8 月

2.2 航空灯火の LED 化

2.2.1 実施計画段階で留意すべき事項

- | |
|--|
| ① 関連するケーブル及び電源設備等を含めシステム全体を検討する。
② 関連する土木工事を考慮する。 |
|--|

【解説】

- ① 航空灯火の LED 化に伴い、関連するケーブル、ゴム被覆絶縁変圧器及び定電流調整装置（以下、「CCR」とする。）等の容量を下げるのが可能となるため、システム全体的な検討を行ったうえで計画する。
- ② 埋込型灯火の LED 化については、舗装改良等の土木工事の計画も踏まえ計画する。

2.2.2 設計・施工段階で留意すべき事項

- | |
|--|
| ① CCR 等電源装置の調整等及び配光測定装置改良の必要性について検討する。
② 高光度 LED 灯火の整備手順について検討する。 |
|--|

【解説】

- ① 航空灯火の LED 化に伴い、負荷容量が低減されるため、CCR のトランス調整等が必要となる場合がある。また、配光測定装置は LED 灯火に対応させるため、必要となる改良作業について検討する。
- ② 滑走路灯をはじめとした高光度灯火は、これまでの電球型灯火と比較し色度が異なり、かつ高光度であることから見え方の違いが顕著である。「飛行場設計マニュアル第 5 部電気システム（ICAO Doc9157 Aerodrome Design Manual Part5 Electrical Systems）」においては、LED と電球の灯火の混在は推奨されておらず、混在による影響を最小限に抑えるため、混在期間を短縮させる必要がある。

また、高光度灯火の LED 化を行う場合、灯火の視認性を考慮し、一定方向に沿って入れ替えるなど、整備手順について検討する。

2.2.3 管理・運営段階で留意すべき事項

- | |
|-------------------------------|
| ① LED 灯火導入後の保守方法、予備品について検討する。 |
|-------------------------------|

【解説】

- ① 各空港で規定している保守方法や保守周期、予備品数量の見直しを検討し、LED 灯火導入後においても、航空機運航に影響を及ぼさないよう適切に維持管理を行う必要がある。

3 空港車両に係る取組

空港車両からの CO2 排出量削減に向けて、EV・FCV の導入やディーゼル・ガソリン車両等へのバイオ燃料の活用等の取組を実施することが考えられる。本取組を行う際には、EV・FCV の導入やバイオ燃料の活用を行う車両の所有者・管理者が、充電設備、水素ステーション及びバイオ燃料供給設備（以下、「関連インフラ」という）の設置管理者や、関連インフラに電力、水素及びバイオ燃料を供給する動力源供給事業者と連携して取組を進めることが重要である。

（図 3-1 参照）

なお、空港車両とは、日常的に空港用地内で活動を行う車両を指すものとし、グラウンドハンドリングを行う車両（GSE）のみならず、旅客輸送車両（ランプバス）、空港の維持管理車両（路面清掃車等）、空港保安車両（消防車等）、連絡車等を含むものとする。ただし、一般旅客や従業員の通勤等の空港アクセスに用いる車両は含まないものとし、空港アクセスからの CO2 排出削減の取組については、「7.1 空港アクセスに係る排出削減」において別途記載する。

また、本項目において、「3.1 空港車両」では主に空港車両を所有または管理する者を、「3.2 充電設備、水素ステーション」では主に関連インフラの設置管理者をそれぞれ対象として、取組を行う際に留意すべき事項等をまとめている。

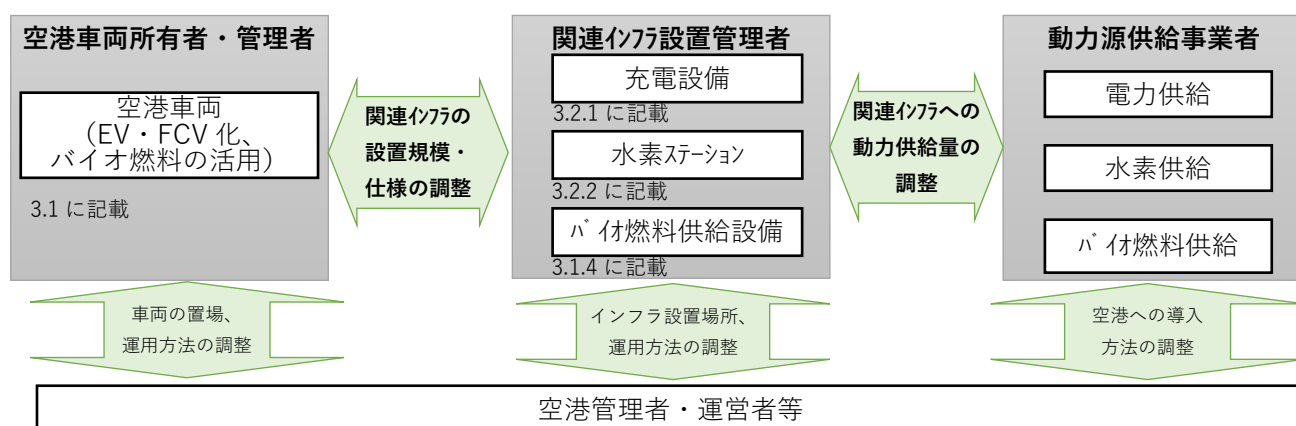


図 3-1 空港車両の脱炭素化の関係者

3.1 空港車両

3.1.1 基本的な考え方

- ① 経年劣化等による更新や増台のタイミング、EV・FCVの開発動向、導入時の空港運用への影響を踏まえ、EV・FCVの段階的な導入を検討する。
- ② 経年劣化等による車両更新のタイミングのみならず、車両の共有化¹を行うタイミングでのEV・FCV化についても検討する。
- ③ リース等の貸借事業を行う者が所有するEV・FCVの活用についても、必要に応じて検討する。
- ④ EV・FCVが未開発の車種からのCO₂排出削減を行う場合や、EV・FCV化のみによる削減目標達成が困難な場合には、ディーゼル・ガソリン車両等へのバイオ燃料の活用について検討する。
- ⑤ 大規模な自然災害が発生した場合においても空港運用を維持または早期に復旧することができよう対策を検討する。

【解説】

- ① 既存のディーゼル・ガソリン車両等の経年劣化等による更新のタイミングや車両を増台する際にはEV・FCVの導入を検討する。この際、表 3-1 に示すように、EV・FCVは全ての車種で実用化されていないこと及び導入実績が少ないEV・FCVについては車両性能や空港運用への影響を事前に確認する必要があることから、段階的な導入を検討する。

また、表 3-2 に示すように、EV・FCVの導入やバイオ燃料活用の際の導入時や運用時における留意事項を踏まえて、円滑な空港運用が可能となるよう導入を検討する必要がある。

さらに、関係インフラ設置管理者や動力源供給事業者が充電設備や水素ステーションの整備・運用計画を検討するために必要な情報（EV・FCVの導入時期・規模（台数）・車両仕様等）については、関係者間で共有しておくことが望ましい。

¹ 共有化：共同保有のみではなく、事業者間での貸貸借等による共用を含む。

表 3-1 主な空港車両のEV・FCV 開発状況（2022 年現在）※1

機能 分類	車種	EV		FCV	
		国内	海外	国内	海外
航空機の移動	航空機牽引車		○※2		
手荷物・貨物の輸送	フォークリフト	○	○	○	○
	トーイングトラクター	○	○	開発中※3	○
手荷物・貨物の搭降載	ベルトローダー	○※4	○		○
	ハイリフトローダー	開発予定※3	○		開発中※3
	メインデッキローダー		○		
旅客・乗員の搭乗・降機	PBL（車椅子リフト）		○		
	ステップ車		○		
	ハイリフトトラック		○		
旅客の輸送	ランプバス	（○）※5	○	（○）※5	○
航空機の動力補助、機内サービス	電源車	開発中※3	○		開発中※3
	エアコン車		○		開発中※3
	給油車				
	給水車		○		
	汚水車		○		
	塵処理車		○		
航空機の清掃	高所作業車		ハイフ・リット*		
空港維持管理	路面清掃車				
空港保安	化学消防車		ハイフ・リット*		

※1：空欄は開発動向が公表資料及びヒアリングから確認できていない車両を示す。

※2：一部の航空機へは対応していない。

※3：公表資料及び車両製造メーカー・代理店 8 社へのヒアリング（2022 年 7 月実施）を基に記載。

※4：鉛電池でのみ開発済。リチウムイオンバッテリーは今後開発予定。

※5：EV・FCV バスは開発済であるが、国内空港への導入実績はない。

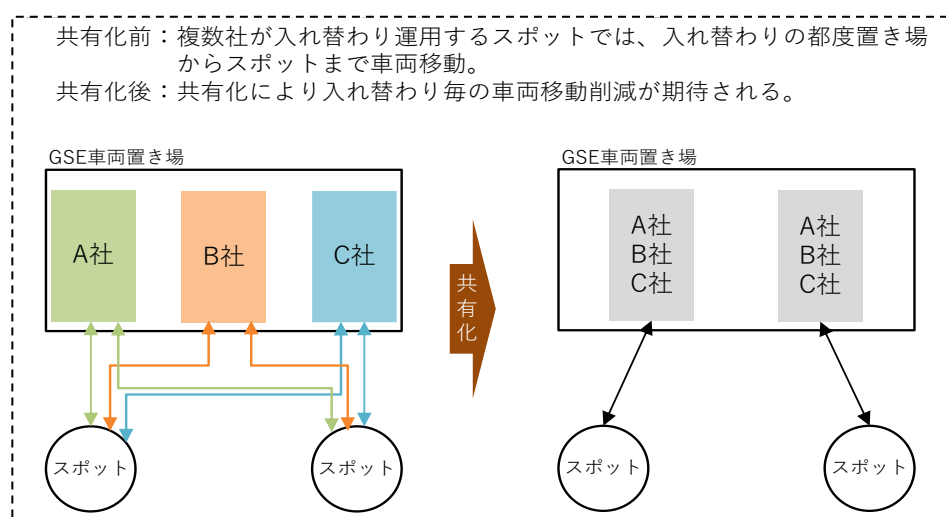
表 3-2 EV・FCV、バイオ燃料導入の検討項目比較

	EV	FCV	バイオ燃料
車種数	・FCV よりも豊富	・EV よりも少ない	（ディーゼル・ガソリン車両等活用）
価格	・FCV よりも低額	・EV よりも高額	（ディーゼル・ガソリン車両等活用）
動力源	・必要に応じて空港全体の受電容量増加を検討	・ワザット方式やワザット方式による水素確保方法を検討	・必要な量のバイオ燃料確保方法を検討
インフラ設備との適合	・充電設備仕様（コネクタ形状等）に適合した車両の導入が必要	・水素ステーション仕様（充填圧）に適合した車両の導入が必要	・EV・FCV の導入拡大に伴うバイオ燃料需要量の変動を見据えた貯留方法を検討することが望ましい
運用時の主な留意点	・1 充電あたりの走行可能時間や充電にかかる時間を踏まえた運用が必要	・高圧ガス保安法に基づく高圧ガス容器（水素タンク）の定期点検が必要	・強制規格の混合率（軽油 5%、ガソリン 10%）以上の場合はメーカー保証が受けられない可能性があることに留意する。

※特徴の概要を示したものであり、詳細は EV（3.1.2）、FCV（3.1.3）、バイオ燃料の活用（3.1.4）を参照とされたい

- ② グランドハンドリングに用いる車両については、事業者毎に独自の仕様で製造されている場合がある。このため、複数事業者間で車両の共有化²を行う際には、各社の仕様を統一したうえで新たな車両を導入する場合があることから、このタイミングでEV・FCVの導入を検討する。

なお、共有化による効果として、図 3-2 に示すように複数事業者が入れ替わり運用するスポットにおける車両移動縮減によるCO₂排出量削減も期待できる。



出典：国土交通省「空港分野におけるCO₂削減に関する検討会（第4回資料）」、2022年2月

図 3-2 車両の共有化によるCO₂削減の考え方

- ③ 自社でEV・FCVを導入・保有することが難しい場合には、必要に応じて空港車両のリースを行う事業者が所有するEV・FCVの活用も検討する。
- ④ 表 3-2 で示したとおり、空港車両にはEV・FCVが開発されていない車種があることや、EV・FCV化のみによるCO₂削減目標達成が困難な場合も想定されることから、そのような場合には既存のディーゼル車両へのバイオ燃料の活用について検討する。なお、バイオ燃料の活用方法やその場合の留意点については、「3.1.4 バイオ燃料の活用」を参照されたい。
- ⑤ 大規模な自然災害が発生し、空港車両の動力源となる電気、水素、ディーゼル・ガソリン等の燃料が長時間供給できない場合または空港車両が故障した場合においても空港運用を維持または早期復旧できるよう対策を検討する必要がある。例えば、代替となる動力源確保対策としてEVは蓄電池や非常用発電機の確保、FCVは予備の水素の確保等が考えられる。車両が故障した場合の代替車両の確保対策として予備車両を確保することやEV・FCV、バイオディーゼル燃料を活用したディーゼル・ガソリン車両等をそれぞれ確保することも考えられる。

² 国土交通省航空局では、コロナ禍からの航空需要の回復や更なる航空需要拡大に向け「グランドハンドリング アクションプラン（国土交通省、令和2年1月）」を示しており、全国的な人材不足に伴う空港車両オペレーターの不足、狭隘な空港用地の制約に伴う置場不足等の問題解決に向けて空港車両の共有化等による事業者を超えた体制強化の実現を推奨している。

3.1.2 EV

(1) 実施計画段階で留意すべき事項（車両の調達）

- ① 空港特性（環境面、運用面、施設面）に適合する EV の導入を検討する。特に、施設面においては、充電設備の仕様が複数存在することから、導入する空港の設備仕様を事前に確認しておく。
- ② 導入台数については、車両の充電タイミングを踏まえて空港運用に支障をきたさないよう配備すること。なお、充電の集中により受電容量が超過し、新たに受電設備の設置が必要な場合には、充電設備の設置者と連携して検討する。
- ③ 車両の導入に当たっては、発火や感電等への安全対策が十分となっているか留意する。

【解説】

- ① 空港車両の EV は国内外の多くの車種・メーカーで開発されており、性能や仕様にばらつきがあることから、空港の環境面、運用面及び施設面の特性に適合する EV の導入を検討する必要がある。留意すべき主な事項としては、

- ・ 環境面：空港が立地する地域の気候（温暖、寒冷等）
- ・ 運用面：走行速度の上限・下限
- ・ 施設面：耐荷重、坂道勾配、充電設備 等

が想定される。具体的には、「各空港が定めている最低速度以上での走行が困難」、「走行経路における施設の耐荷重を超過」、「馬力不足により登り坂の走行が困難」等となる車両も存在することから、空港特性を踏まえて導入を検討する。

また、EV の充電設備は、メーカーや車種によりコネクタの形状や電圧の仕様が異なる場合があるため、空港の充電設備の仕様も踏まえ、導入する EV を検討することが望ましい。なお、充電設備の新規導入が検討されている場合には、利用が想定される事業者間で可能な限り車両側の充電に係る仕様を統一したうえで、充電設備の仕様について充電設備の設置管理者と協議を行うことが望ましい。

- ② EV は、満充電からの走行可能距離が従来車両よりも短くなることから、運用途中で充電を行う回数が増加する場合が想定されるため、充電にかかる時間（一般的に急速充電で 15~30 分、通常充電で 8~10 時間）を踏まえ、空港運用に影響を及ぼさないよう導入台数を検討する。

また、EV の導入拡大により、空港全体の電力需要が増加する可能性がある。特に、急速充電は普通充電と比較して電気容量への負荷が大きいため、EV の充電時間帯分散や空港全体の受電容量を増加させる等の対策を検討する。

- ③ 公道における EV 全般に係る基準として、「道路運送車両の保安基準の細目を定める告示（平成 21 年 10 月）」において示されている「（別添 111）電気自動車及び電気式ハイブリッド自動車の衝突後の高電圧からの乗車人員の保護に関する技術基準（平成 21 年 10 月）」を参考にすることができる。本基準においては、例として、衝突した際に以下の要件を満たすことを定めている。

- ・ 駆動用蓄電池モジュールの電解液漏れに関する要件
- ・ 駆動用蓄電池モジュールの固定に関する要件

- ・ 感電に対する保護に関する要件
- ・ 駆動用蓄電池パック並びに電気回路の取り付け位置に関する要件
- ・ 駆動用蓄電池パック取り付け部の強度に関する要件

また、空港における EV に係る基準として、米国・カナダの規格評議会（UL Standard and Engagement）が GSE を対象とした EV および充電設備に係る安全規格となる「UL5840³（2022 年 5 月）」を発行し、リチウムイオンバッテリーに係る火災・感電事故防止に向けた車両の仕様を示しており、国内空港における空港車両の EV における安全基準として参考にすることができる。記載内容は、上述の「（別添 111）電気自動車及び電気式ハイブリッド自動車の衝突後の高電圧からの乗車人員の保護に関する技術基準（平成 21 年 10 月）」と同じ趣旨の記載に加え、「充電中に車両が走行しないような制御・措置がとられていること」等、操作中の制御に係る要件も記載されている。

（参考）バッテリー長寿命化車両、バッテリーリサイクルが可能な車両の導入

バッテリーの経年劣化により 1 充電あたりの走行可能距離が減少することで充電回数が増加し、これに伴いバッテリーの劣化が促進される。バッテリー交換にかかる費用は高額であることから、可能な限りバッテリーの劣化を抑制することが望ましい。このため、リフトの降下やブレーキの制動で発生した二次エネルギーを回収して電気を発生させる技術を搭載した車両も開発されており、充電回数の削減によるバッテリー劣化の抑制が期待される。

また、図 3-3 に示すように、バッテリーの互換性を有した車両間においては、高出力の車種の劣化したバッテリーを低出力の車種に再利用することで、交換費用を抑えることも可能であるため、車両導入段階において参考にされたい。



出典：TLD 社パンフレットに加筆

図 3-3 車種別の必要電力量（バッテリー容量）の違い

³ 米国規格協会（ANSI）とカナダ規格評議会（SCC）によって承認されている 2 国間規格。2 国間の航空会社、空港管理者、バッテリー・GSE メーカー、政府機関の専門家で構成される技術検討会（STP）が提唱。

(2) 管理・運営段階で留意すべき事項

- ① 充電タイミングを事前に計画する。
- ② バッテリーの長寿命化に努める。
- ③ 複数事業者が運用するスポットにおいて、各事業者が使用する車種が共通である場合には、走行距離縮減による CO2 削減の観点から車両の共有化について検討することが望ましい。

【解説】

- ① 充電設備の基数よりも EV の車両台数が多い場合には、時間帯を分散して充電を行う必要があるが、バッテリー残量が不足したタイミングで随時充電を行うという運用では各車両の充電タイミングを管理することが難しく、結果として適切なタイミングで充電できない車両が発生し、航空機の運航に影響を及ぼす恐れがある。このため、各車両の充電タイミングを事前に計画しておくことが必要である。特に、事業者間で充電設備を共用する場合には、使用する時間帯を相互に確認しつつ運用することが望ましい。

また、充電タイミングを事前に計画することで、電力の消費量を把握できるため、蓄電池や太陽光発電を EV 充電設備に導入する場合に導入規模の最適化に期待できる。

- ② 車載蓄電池として用いられるリチウムイオンバッテリーは、保存状況や充電頻度により劣化速度が異なることから、バッテリーの長寿命化のためには、以下に留意して保存・充電を行うことが望ましい。

- ・ 40℃以上の気温の高い場所や直射日光が当たる場所で充電しない
- ・ 満充電や電池切れ状態で長期間放置しない（保存劣化）
- ・ 頻繁に充電しない（サイクル劣化）⁴

- ③ 複数のグランドハンドリング事業者が入れ替わり作業を行う駐機スポットでは、車両を共有化することで駐機スポットにおける車両の入れ替え頻度が低減することにより、車両の走行距離縮減に伴う CO2 排出削減が期待できる（図 3-2 参照）。

さらに、車両の共有化により総台数が減ることで、置き場不足の解消や充電タイミングが特定の時間帯に集中した場合の充電設備及び電力容量不足の解消が期待できる。

⁴ リチウムイオン電池の劣化挙動調査（令和 2 年 3 月、国立研究開発法人科学技術振興機構/低炭素社会戦略センター）

3.1.3 FCV

(1) 実施計画段階で留意すべき事項

- ① 空港特性（環境面、運用面、施設面）に適合する FCV の導入を検討すること。特に、施設面においては、水素ステーションの仕様が複数存在することから、導入する空港の設備仕様を事前に確認しておく。
- ② 導入台数を検討する際には、車両動力源となる水素の供給方法も併せて検討する。
- ③ 関係法令を遵守する。

【解説】

- ① 空港車両の FCV については、EV と比較して実用段階に至っている車種が少なく、2022 年時点で国内空港において導入されている車種はフォークリフトのみであり、トーイングトラクターは実証段階である。また、バスについては、国内空港における空港車両としての導入実績はないものの、公道では一部の路線バスに FCV が導入されている。

空港車両として FCV を導入する場合には、メーカー等によって性能や仕様が異なる場合があることを踏まえ、空港の特性に応じた FCV を導入する。具体的には、EV と同様、3.1.2

(1) ①に示した事項に留意するとともに、稼働時に発生する水（水素と酸素の化学反応により発生）を排出するためのホースを温める機能が搭載されていない FCV は、氷点下の作業環境では排水水が凍結することにより稼働困難となる恐れがあることに留意すること。さらに、車載されている水素容器の充填圧力と水素ステーションの充填圧力が一致する必要があることに留意して、導入する FCV を検討する。

- ② FCV の導入台数を検討する際には、空港内や周辺地域における水素製造状況を踏まえ、必要な水素量の確保や、製造された水素を水素ステーションまで輸送する能力の確保等、FCV の動力源となる水素の供給方法についても併せて検討することが必要である。

公道を走行する FCV については、高压ガス保安法及び道路運送車両法の 2 法令により規制されているが、空港制限区域内でのみ運用される車両（公道を走行しない車両）については、道路運送車両法の適用外となる。一方で、高压ガス保安法は空港制限区域内でのみ運用される車両も遵守する必要がある。高压ガス保安法においては、FCV に搭載される高压ガス容器（水素容器）が満たすべき要件として、例えば、以下に示す内容が示されている。

- ・型式承認を受ける必要がある
- ・経済産業省令に基づく「容器保安規則（令和 4 年改正）」等により定められた技術基準の適合性の検査を受ける必要がある

また、道路運送車両法⁵において、FCV を構成する部品（容器附属品（主止弁、容器逆止弁、容器安全弁）、水素ガスの過流防止措置、減圧弁、安全装置、ガス容器・配管、ガス充填口）が満たすべき保安基準として、例えば、以下に示す内容が示されている。

⁵ 国土交通省令「道路運送車両の保安基準」、「道路運送車両の保安基準の細目を定める告示（平成 17 年 3 月）※別添 100）圧縮水素ガスを燃料とする自動車の燃料装置の技術基準（平成 17 年 3 月）」

- ・水素ガスを漏らさない、漏れても滞留させない、漏れたら検知し遮断する
- ・衝突時を想定した燃料漏れの抑止
- ・接触時の感電を防ぐ絶縁対策 等

本保安基準は公道を走行する車両に適用され、空港の制限区域内のみを走行する車両については適用外であるものの、導入に当たっての参考とすることができる。

(2) 管理・運営段階で留意すべき事項

- ① 高圧ガス保安法に基づき、定期的に容器検査を受け、各設備の使用期限を遵守する。
- ② 複数事業者が運用するスポットにおいて、各事業者が使用する車種が共通である場合には、走行距離縮減による CO2 削減の観点から車両の共有化について検討することが望ましい。

【解説】

- ① 高圧ガス保安法において、高圧ガス容器（水素容器）の定期検査（初回 4 年 1 カ月以内、2 回目以降 2 年 2 か月以内）や使用期限（15 年）等が定められていることを踏まえ、法令を遵守するよう適切に対応する。
- ② 3.1.2 (2) ④に示すように、車両を共有化することで CO2 排出削減が期待できる。

3.1.4 バイオ燃料の活用

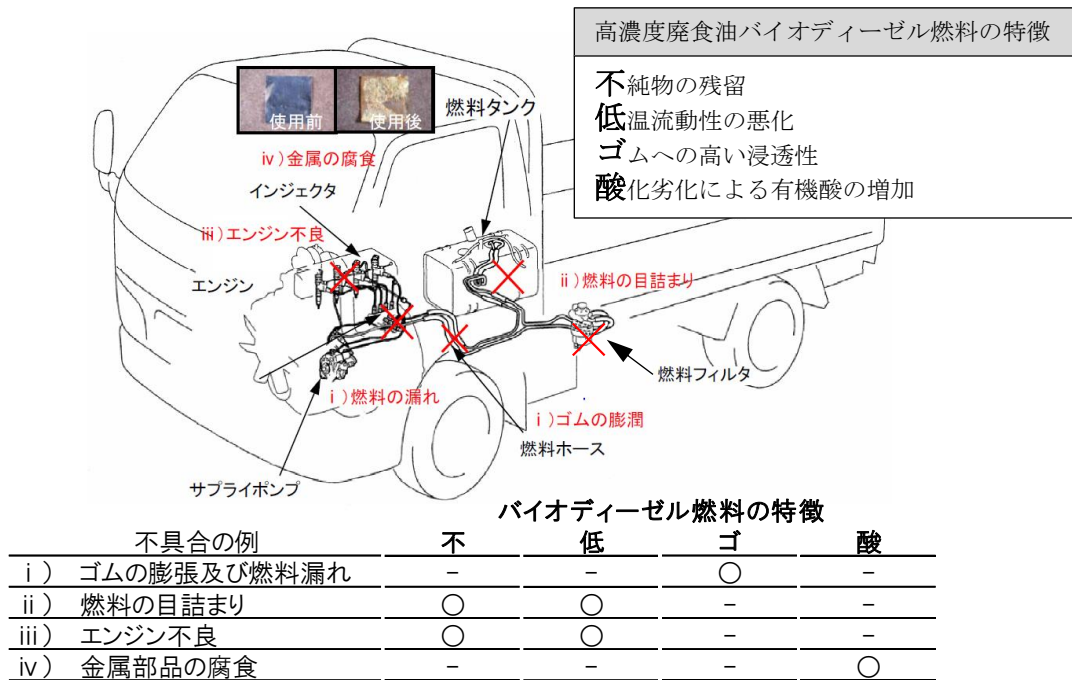
(1) 実施・計画段階で留意すべき事項

- ① EV・FCV が未開発の車両の CO₂ 削減を行う場合や、EV・FCV 導入のみによる目標達成が困難な場合には、バイオ燃料の活用を検討する。
- ② バイオ燃料を既存燃料に混合する際の比率（混合率）については、関係法令の規定を満たすことを前提としつつ、可能な限り CO₂ 排出削減効果が大きくなるよう、高混合率やバイオ 100%での使用を検討することが望ましい。なお、バイオ燃料使用時のメーカー保証対象範囲については事前に確認しておく。
- ③ バイオ燃料使用時に想定される不具合については、既存のガイドラインや過去の実証結果等を参考にしつつ、可能な限り事前の対策を講じる。
- ④ 関係法令及び条例の規定を満たすことを前提としつつ、需要量の変動を見据えて貯蔵方法を検討することが望ましい。

【解説】

- ① 空港車両からの CO₂ 排出削減に当たり、EV・FCV 化されていない車種や EV・FCV 化のみでは車両からの CO₂ 排出削減目標が達成できない場合には、既存のディーゼル車両やガソリン車両へのバイオ燃料の活用を検討することが望ましい。
- ② 「揮発油等の品質の確保等に関する法律（令和 4 年改正）」では、消費者に販売するバイオ燃料の混合率が定められており、軽油は原則 5%までとされている。しかし、自動車技術や燃料技術の改善を図るためには、こうした公道で自動車を走行させて各種の試験を行うことを一定の範囲で認めることが必要であることから、改正揮発油品質法では試験研究用に混合率 5%を超えるバイオディーゼル燃料の供給について、自動車の安全性等を確保することを前提として、特例措置を講ずることとしている。この場合、経済産業大臣に試験研究計画を提出し、認定を受けることで混合率 5%を超えるバイオディーゼル燃料の使用が可能である。例えば、国内空港での実証実験では、混合率 30%のバイオディーゼル燃料や 100%バイオディーゼル燃料を GSE 車両の燃料として使用しており、今後、これら実証結果等も参考にしつつ、高混合率のバイオディーゼル燃料や 100%バイオディーゼル燃料の活用を検討することが望ましい。なお、バイオガソリン燃料については燃料配管や燃料タンクに所要の対応を施した対応車の場合、混合率 10%のガソリンを使用することができるが、未対策車の場合は使用可能な混合率は 3%未満（通常のガソリン）となる。
- ③ 空港車両にバイオディーゼル燃料を使用する場合は、「高濃度バイオディーゼル燃料等の使用による車両不具合等防止のためのガイドライン（国土交通省自動車交通局、平成 21 年 2 月）」に記載されている主な不具合とその対策例を参考にすることができる。図 3-4 には同ガイドラインで示されている主な不具合の例及びその要因を、また、表 3-3 には想定される対応例（導入時の対策・運用時の対策例）を示す。

なお、法令で定められている混合率（軽油 5%、ガソリン 10%）を超える混合率のバイオ燃料を使用する場合には、車両故障時のメーカー保証の対象とならない可能性があることに留意する。



出典：国土交通省自動車交通局「高濃度バイオディーゼル燃料等を使用される皆様へ」、2009年2月より作成

図 3-4 バイオディーゼル燃料の特徴と車両への影響の関係

表 3-3 バイオディーゼル燃料使用により想定される主な不具合とその対策例

No.	主な不具合	原因	導入時の対策例	運用時の対策例
i	燃料系ホース等の膨潤及び燃料の漏れ	ゴムへの高い浸透性	燃料ホース等のゴム製部品をフッ素系ゴム部品等に交換	
ii	燃料の目詰まり	燃料内の固形物、銅か銅を含有する金属類溶解物の付着	燃料フィルタの大型化	燃料フィルタの交換頻度を上げる
iii	エンジン不良（始動性の低下、回転数不安定）	燃料精製不十分による燃料系統への固形物付着、低温時の燃料流動性低下		低温流動性向上剤の添加
iv	燃料系金属部品の腐食	燃料の酸化劣化による腐食	燃料タンクはターンシート（鉛とスズの合金メッキ鋼板）が使用されていないものを選択	燃料への酸化防止剤の添加

※「高濃度バイオディーゼル燃料等の使用による車両不具合等防止のためのガイドライン（国土交通省自動車局、平成21年2月）」等を基に作成。

※想定される主な不具合と対策の事例を掲げたものであり、不具合等のすべてを網羅したものではない。対策事例の詳細は、ガイドライン本文を参照されたい。

- ④ バイオディーゼル燃料は、消防法上の第4類第3石油類(引火点70℃以上200℃未満)に該当するため、貯蔵量に応じて定められた消防法または市町村の火災予防条例を遵守する必要がある。表3-4に示す通り、2,000L以上を貯蔵・保管する場合は都道府県知事または市町村長の許可を受けた貯蔵所で行わなければならない。400L以上2,000L未満を貯蔵・保管する場合には、少量危険物貯蔵所または取扱所として所轄消防署への届出が必要となる。なお、貯

蔵・保管の作業は、危険物取扱者が自ら行うか、危険物取扱者の立会のもとで行うことが定められている。

また、中長期的には EV・FCV の導入拡大に伴いバイオディーゼル燃料の使用量が減少することも想定されることから、燃料需要の変動を見据えた貯蔵方法を検討することが望ましい。具体的には、既存タンクの活用やドラム缶による貯蔵等が考えられることから、将来的な貯蔵量も踏まえ、適切な方法を検討する。なお、ガソリン用として製造された設備等で貯蔵を行う場合には、一度ガソリンをすべて払い出し、設備を空にした上でバイオディーゼル燃料を補給し、燃料・設備の腐食劣化状況に留意して点検を実施するとともに、異常が見られた場合には速やかに修理・交換等を行う。

表 3-4 燃料貯蔵量と法・条例上の手続き

貯蔵・保管量	消防法、市町村火災予防条例上の手続
指定数量以上 (2,000L 以上)	危険物として貯蔵所、取扱所の設置許可
指定数量の 5 分の 1 以上 (400L 以上 2,000L 未満)	少量危険物貯蔵・取扱所としての届出 市町村火災予防条例による技術上の基準等も適用
指定数量の 5 分の 1 未満 (400L 未満)	市町村火災予防条例による技術上の基準等が適用

出典：日本建設業連合会「建設業におけるバイオディーゼル燃料利用ガイドライン」、2016 年 9 月)

(2) 管理・運営段階で留意すべき事項

- ① バイオディーゼル燃料の使用時には、車両の燃料系統にトラブルが発生するリスクが伴うことを十分理解したうえで、適切にメンテナンスを行う。
- ② 車両の点検に際しては、バイオディーゼル燃料固有の特性を考慮した点検項目を定め、短期点検（日常）、中長期点検（3 カ月、6 カ月毎）、エンジン出力不足等が発生した場合の点検等を行う必要がある。
- ③ バイオディーゼル燃料は製造後速やかに使用することが望ましい。

【解説】

- ① 「高濃度バイオディーゼル燃料等の使用による車両不具合等防止のためのガイドライン（国土交通省自動車交通局、平成 21 年 2 月）」では、次の管理を徹底することが必要とされている。
 - i. 自動車の管理
 - A) 運行する自動車について
車両明細、車両の稼働状況を把握する
 - B) 運行自動車車歴
運行する自動車の過去のトラブルの有無を確認する。
 - C) 燃費状況
毎月の燃料使用量と走行距離を確認し燃費の状態を確認する。
 - D) 教育
自動車を運行するドライバーに対し、バイオディーゼル燃料の特性と次に掲げるトラブル発生時の対応について教育を実施する。
 - ii. トラブル発生時の対応
 - A) 「いつ」「どこで」「どうなったか」「どうしたか」を当該ドライバーから詳細に状況を聴取する。
 - B) 車両整備を行う場合は、トラブルの再現性の有無を確認する。
 - C) トラブル原因を調査するため、交換部品は一時保管する。
 - D) トラブル原因の解明は、必要に応じて交換部品をもとに自動車販売会社または自動車メーカーから意見を聴取しながら実施する。
- ② 高濃度バイオディーゼル燃料等を使用する者が車両の点検及び整備に際して留意すべき事項は、「高濃度バイオディーゼル燃料等の使用による車両不具合等防止のためのガイドライン（指導要領）（国土交通省自動車交通局、平成 21 年 2 月）」や「建設業におけるバイオディーゼル燃料利用ガイドライン（日本建設業連合会、平成 28 年 9 月）」に示されており、点検・整備項目の検討時に参考とすることができる。

前者は、一般車両を対象としたガイドラインであり、空港では連絡車の点検・整備項目の検討時に参考とすることが考えられる。後者は、建設機械等の特殊車両を対象としたガイドラインであり、GSE 車両のような特殊車両の点検・整備項目の検討時に参考とすることが考えられる。
- ③ 基本的にバイオディーゼル燃料の長期保管は推奨されていない。やむを得ず長期保管を行

う場合には、酸化劣化の防止策を講じることや定期的な目視点検・性状分析を行うこと等により、適切な燃料品質を維持する。特に、寒冷地での保管の場合、低温での流動性低下に係る点検を行ったうえで使用することが望ましい。「バイオディーゼル燃料の製造・利用に係るガイドライン（全国バイオディーゼル燃料推進協議会、平成 28 年 5 月改訂）」では、3 カ月以上保管する場合に抗酸化剤を添加することが望ましいとされている等、既存のガイドライン等を参考にしつつ、適切な対策を講じる。

なお、バイオディーゼル燃料の使用を一定期間休止した貯蔵施設を再稼働しバイオ燃料を保管した際、休止中に残存した燃料やその付着物により、再稼働後に貯蔵した燃料の酸化劣化が加速化される現象が認められた事例がある。こうした事例を踏まえ、貯蔵施設の休止中はバイオディーゼル燃料の残存が発生しないよう洗浄・保管を行う等、適切な対策を講じる。

3.1.5 将来動向

(1) 混合率 100%の高純度バイオディーゼル燃料

バイオ燃料混合軽油は「揮発油等の品質の確保等に関する法律（経済産業省、令和 4 年改正）」において、原則として混合率 5%までと定められているが、同法の特例措置を活用する等により、混合率 30%のバイオディーゼル燃料や 100%バイオディーゼル燃料を使用した実証実験が行われている。100%バイオ燃料については、日本航空株式会社が成田空港（2022 年 16 日～2023 年 3 月 31 日）、長崎空港（2022 年 10 月 1 日から 2023 年 9 月 30 日）のトーイングトラクター 1 台を対象に実施中である。

(2) AI を活用した CO2 排出量の見える化、持続可能性評価

INFORM 社（英国）が、AI を活用して空港車両の最適な充電タイミングや走行経路を提唱するソフトウェアを開発中である。GPS 等で車両の位置情報をリアルタイムで把握し、次の作業場所等に係る指示を AI が提唱することでグラウンドハンドリング作業全体の効率化に資する同社の既存のソフトウェアを改良し、GSE 車両からの CO2 排出削減の観点でも同システムを活用できるよう、システム改修及び実証を行っているところである。1 車両毎の CO2 排出量の計測や持続可能性を評価できるようになるとのことであるが、現時点では、改修及び実証内容に関する詳細な情報が公開されていないことから、引き続き動向を注視し、今後追加情報が公開された場合には、それを踏まえて導入を検討することが望ましい。

(3) 車両を用いないグラウンドサポートユニット

現在、航空機のグラウンドハンドリング作業の多くが車両を用いてなされているが、全ての機能を駐機場に常設する試みが進められている。例えば CAVOTEC 社は、図 3-5 に示すようにハイドラントによる航空機の給油、GPU による航空機への電力・空調の供給に加え、航空機の給排水設備等の地下化を実用化しており、将来的にはすべてのグラウンドハンドリングに車両を用いない支援装置の開発を進めている。



出典：CAVOTEC 社（E3 GATE SYSTEM）

図 3-5 車両を用いないグラウンドハンドリング

3.2 充電設備・水素ステーション

3.2.1 充電設備

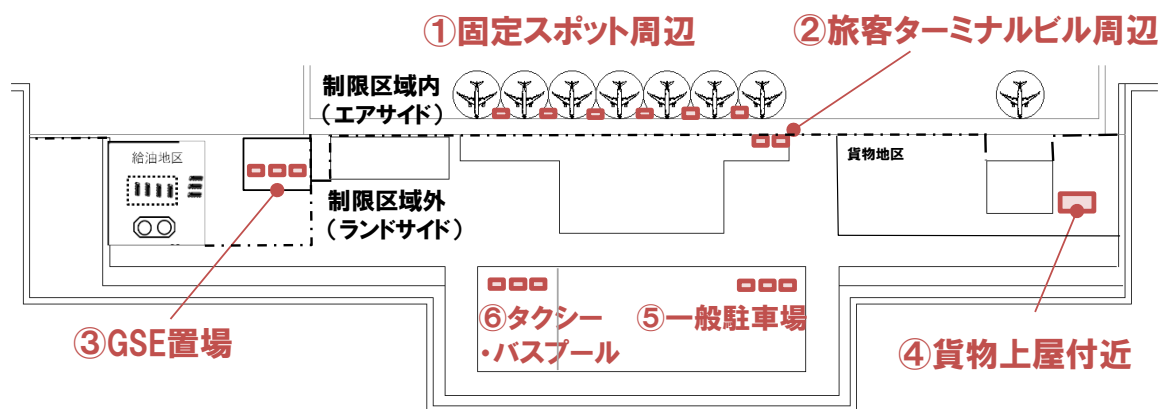
(1) 実施計画段階で留意すべき事項

- ① 充電設備の配置、仕様については、利用が想定される EV の運用方法、仕様、空港の立地環境（気候）を踏まえて検討する。
- ② 今後の EV 導入台数の増加に伴い、必要となる充電設備の規模も変化する可能性があることから、中長期的な導入規模を踏まえて充電設備の設置場所や電力供給方法を検討する。
- ③ 再エネ電力の使用に努める。
- ④ 停電時においても空港運用が継続できるよう電力供給源を検討する。
- ⑤ 充電設備の導入に当たっては、法令に基づく設備の導入と安全対策を講じる。

【解説】

- ① 充電設備の配置については、EV の充電時間帯（夜間／昼間）等の運用方法を踏まえて検討すること。特に、EV の運用効率化や電力消費量削減の観点からは、図 3-6 に示すように EV の作業・運用場所（駐機スポット、貨物上屋等）や置き場の近傍、その間の走行動線上に配置することが望ましい。航空機に電力を供給する固定式又は移動式 GPU から充電を行うことも可能であるが、EV 側で電圧や電流の変換を行うコンバーターや接続コネクタの設置が必要となることや、基本的には航空機が駐機していない時間帯のみ充電可能であること等について留意し、GPU からの充電を検討する場合は、GPU 事業者と十分な協議を行うことが必要である。

充電設備の仕様（低速／急速、コネクタ等）については、利用が想定される EV の仕様を踏まえて検討する。特にコネクタについては複数の仕様があり、例えば急速充電設備については図 3-7 に示すように一般車用の 5 種類の仕様に加えてさらにはメーカー独自仕様も存在するため、複数の仕様に対応するための充電設備を導入する際には、単一の仕様に対応する充電設備の導入と比較して整備費用の増大が想定されることに留意する。なお、図 3-8 に示すように、1 基で複数仕様（コネクタ、電圧・電流制御）や複数台の充電に対応できる設備も開発されており、省スペースやコスト低減の観点から導入を検討することができる。また、安全上の理由により 30℃以上の高温時には動作しない製品もあるため、空港の環境に適した設備の導入を検討する。急速充電設備を導入する場合には、有利となる高電圧での導入を積極的に検討する。



充電設備の設置候補エリア		利用想定車両
制限区域内	① 固定スポット周辺	グラウンドハンドリングを行う車両
	② 旅客ターミナルビル周辺	グラウンドハンドリングを行う車両 乗用車・バン等の連絡車、手荷物搬送車（トイングトラクター）
	③ GSE 置場	制限区域内で使用する全車両（空港・場所毎に異なる）
	その他車庫	消防車、路面清掃車、その他等 ※1
貨物地区	④ 貨物上屋付近	貨物搬送車（トイングトラクター、フォークリフト）
制限区域外	⑤ 一般駐車場	一般旅客、空港従業員等の乗用車
	⑥ タクシー・バスプール	タクシー・バス

※1 消防車、路面清掃車は現在 EV は実用化されていない

図 3-6 一般的な空港における充電設備の設置候補場所と利用想定車両

	CHAdeMO	GB/T	CCS1	CCS2	Tesla
コネクタ					
インレット (車側)					
IEC	✓	✓	✓	✓	
IEEE	✓		SAE		
IE	✓			✓	
UIS	✓	✓	✓	✓	
GB		✓			
通信方式	CAN		PLC		CAN
最大出力(仕様)	400kW 1000x400	185kW 750x250	200kW 600x400	350kW 900x400	250kW?
最大出力(市場)	150kW	125kW	350kW	350kW	85-250kW
設置台数	27,500	300,000	3,000	11,000	20,000
初号機設置年	2009	2012	2014	2013	2012

出典：CHAdeMO 協議会資料

図 3-7 主な急速充電設備の仕様



図 3-8 複数のコネクタ形状に対応した充電設備と複数台が同時に充電できる充電設備例

- ② EV の導入拡大に伴い、必要となる充電設備も増加する必要がある。設置場所の観点では、充電設備の増設や対象車両の大型化に対応可能なスペースを確保し、空港施設の中長期的な将来計画に支障を及ぼさないよう設置場所を検討することが望ましい。

その際、電力容量の観点では、追加で電力容量を増加させることが可能となるよう、設置エリア周辺の既存施設の余剰電力容量等を事前に整理しておくことが望ましい。そのうえで、既存施設からの供給のみによる電力容量確保が困難な場合には、空港全体の受電容量を見直すか、既設変圧器の大容量化、動力変圧器、高圧開閉器、低圧動力盤の新設等の適切な対策を講じる必要があり、充電設備の利用者や電力供給を行う施設管理者との連携が必須となる。

- ③ 再エネ電力を供給することで更なる CO2 排出削減が期待できる。

充電設備への再エネ電力供給時の具体的な留意事項については、「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル〔空港建築編〕（国土交通省）」に必要となる対応（「再エネ導入時の設備改修内容」、「再エネ導入時の課題、留意点、運用への影響等」、「概算コスト・整備工期」等）が記載されており、これを参照されたい。

- ④ 殆どの空港では、大規模災害に備えた A2-BCP⁶等の業務継続計画に基づき非常用発電機が備わっているが、航空保安施設や旅客ターミナルビルの滞留者対応を対象としており、EV の充電に使用できるほどの余剰がないことが想定される。停電により EV に充電できない状況が長時間継続する場合には、多くの車両が稼働できなくなり、空港運用を継続できなくなることが想定されることから、停電時の充電に必要な電力確保対策についても車両の管理・運用者、充電設備管理者、電力供給元の施設管理者と連携して検討し、業務継続計画を更新する必要がある。非常用発電機の増設以外での充電設備への電力確保対策としては、再エネ発電や蓄電池の活用が考えられ、これら設備との連系接続方法についても充電設備の設置管理者

⁶ A2-BCP：「Advanced」（先進的）な「Airport」（空港）の BCP（Business Continuity Plan：事業継続計画）。大規模な自然災害が発生した場合においても我が国の航空ネットワークを維持し続けることができるよう、当該空港の関係機関が個別に対応するのではなく、空港全体として一体となって対応していくために策定する計画。

と電力供給元の施設管理者等の関係機関で連携して検討を行うことが考えられる。

- ⑤ 急速充電設備の設置については、消防関係法令⁷及び電気関係法令⁸において保安基準が示され、遵守した製品を選定する必要がある。いずれも材質の指定、絶縁状況、充電中や操作時の電圧・電流の監視および制御等の電気設備の感電、火災等の防止に係る基準が示されている。現在わが国では、当該基準を満足する標準仕様及び対応した製品が CHAdeMO 協議会で示されており、充電設備の要件として JIS 規格や IEC 国際規格として採用されている。

外国製品においても IEC 国際規格に準拠した製品の大部分は、消防関係法令や電気関係法令を満足しているものの、一部車両メーカー独自の充電設備については、屋内での作業環境を想定しているために『ほこり、雨水その他当該対象火気設備等の機能に支障を及ぼすおそれのあるものが入らないようにするための措置が講じられた構造としなければならない』等の要件を満たさない製品もあることに留意する。消防法で示されている保安基準の参考例「火災予防条例（例）⁹」における急速充電設備の全出力上限 200kW を超える急速充電設備もあり、これらは消防法上変電設備に位置付けられることから、設備の管理係員ではない EV の運転手が充電を行うことができないことに留意する。運転手が充電を行なえるようにするためには、空港が所在する消防局に火災予防条例の特例適用の確認・審査・届出等の手続きを行うか、200kW 以下になるよう改修する必要がある。

また、国内・外国製品問わず全出力 50kW 以上の急速充電設備については、高压での受電に際して変圧器や開閉装置等の設備（キュービクル）が必要となることに加え、電気事業法第 43 条に基づく「自家用電気工作物」として充電設備の設置工事、設置後の定期点検、保安業務を行う電気主任技術者の選任が義務付けられることに留意する。

また、「火災予防条例（例）」では、急速充電設備に係る表 3-5 に示すような事項についても記載されている。空港の立地場所によっては、浸水対策や車両の衝突防止のための基礎の設置や車両等の衝突防止柵を設置する必要があることに留意し、設置場所・方法を検討する必要がある。この消防法および電気関係法令に示される技術基準に準拠した一般車用の充電設備の設置に係るガイドラインとして「電気自動車用急速充電器の 設置・運用に関する手引書 rev4（CHAdeMO 協議会、令和 4 年 1 月）」が示されており、これを参考とできる。例えば、車止めや衝突防止策、嵩上げによる充電設備への浸水対策、屋根の設置による落雷対策や雨天時作業の安全対策について示されている。その他、監視カメラやインターホン設置による故障や事故等の問題発生時の迅速な連絡手段の確保等が推奨されている。

その他、条例で定めた消防署の指導による安全対策が必要となる可能性があり、通常充電であっても既存の GSE ガソリンスタンドの用地内に充電施設を設置する場合についても消防本部または消防署に相談する必要がある。

⁷ 消防法の規定に基づく「対象火気設備等の位置、構造及び管理並びに対象火気器具等の取扱いに関する 条例の制定に関する基準を定める省令」

⁸ 電気事業法の規定に基づく「電気設備に関する技術基準を定める省令」

⁹ 消防法施行令に基づく「対象火気設備等の位置、構造及び管理並びに対象火気器具等の取扱いに関する条例の制定に関する基準を定める省令」に基づき各市町村が制定する火災予防条例の参考例として消防庁が例示したもの

表 3-5 消防法に基づく「火災予防条例（例）」記載事項のうち充電設備側以外にも係る事項

「火災予防条例（例）」に係る要件
堅固に床、壁、支柱等に固定すること。
雨水等の浸入防止の措置を講ずること。
自動車等の衝突を防止する措置を講ずること。
急速充電設備の周囲は、換気、点検及び整備に支障のないようにすること。
急速充電設備の周囲は、常に、整理及び清掃に努めるとともに、油ぼろその他の可燃物をみだりに放置しないこと。

(2) 設計・施工段階で留意すべき事項

- ① 充電設備の設置に当たっては、空港運用への影響を最小限に抑えるよう工事位置や時間帯を検討する。

【解説】

- ① 充電設備の設置場所は、EV 運用エリア（駐機スポット、旅客ターミナルビル、貨物ターミナルビル付近）、車両置き場、走行動線の周辺等、空港車両の走行頻度が多いエリアとなることが想定される。このため、受変電設備と充電設備を接続するためのケーブルを埋設するために駐機スポットや空港車両の動線の一部を掘削する等の場合には、夜間工事による日々復旧や代替ルートの確保を行う等により、空港運用への影響を最小限に抑える必要がある。

(3) 管理・運営段階で留意すべき事項

- ① 標識・案内等により安全強化に努める。
- ② 充電設備の設置管理者は、接続不良や漏電等の事故発生時の緊急停止措置等について検討し、利用者に周知する。

【解説】

- ① 充電設備はメーカーにより操作方法が異なることから、近傍に操作説明や注意喚起事項を明示することが望ましい。
- ② 設計時同様、急速充電設備の取扱いに当たっては、消防法施行令に定める「対象火気設備等の位置、構造及び管理並びに対象火気器具等の取扱いに関する条例の制定に関する基準を定める省令の一部を改正する省令（令和 2 年公布）」に基づく条例に遵守する必要がある。なお、当該充電設備を実際に利用するオペレーターへの周知や充電設備周辺に連絡先や対応方法を明記することが望ましい。

3.2.2 水素ステーション

(1) 実施計画段階で留意すべき事項

- ① 水素ステーションの設置に当たっては、導入予定の空港車両の仕様（充填圧力）、台数、運用方法を踏まえ、ステーションの仕様、規模、配置を計画する。
- ② 設置する水素ステーションの将来の拡張性や周辺からの水素調達可能性を踏まえて移動式、定置式（オンサイト方式、オフサイト方式）を検討する。
- ③ 水素ステーションの配置の検討に当たっては、関係法令及び条例の規定を遵守する。

【解説】

- ① 水素ステーションの配置に当たっては、車両の運用効率化の観点から走行距離が最小化となるよう検討することが望ましく、例えばFCVの開発が進んでいるフォークリフトの作業場所である貨物上屋付近に配置することが考えられる。また、水素ステーションを整備する際には高圧ガス保安法等に基づき一定のスペースを要するため、GSE車両の主な活動エリアである駐機スポット周辺への設置は困難と考えられることから、図3-9に示すように、既存のGSE給油地区周辺に設置するなどにより、これまでの車両運用が大きく変化しないよう配慮することが望ましい。

また、水素ステーションの仕様（充填圧力）については、車載する水素容器の充填圧力への適合性や水素供給能力を考慮して必要な仕様を計画することが望ましい。例えば、FCV（乗用車タイプ）やFCバスについては高圧対応の車載容器（70Mpa）が搭載されており、FCフォークリフトについては低圧対応の車載容器（35Mpa 又は 45MPa）が搭載されているため、それぞれの圧力に対応した圧縮機・蓄圧機が必要となる。特に、高圧水素の充填に当たっては車載容器の温度上昇を抑制するために水素を冷却するプレクーラーが必要となることに留意する。また、複数の圧力に対応する水素ステーションでは圧縮機・蓄圧機・ディスペンサー等の設備も複数要するためにより大きな用地を要するため、ステーション設置に当たっては、利用が想定される事業者と協議の上、導入する設備を検討することが望ましい。

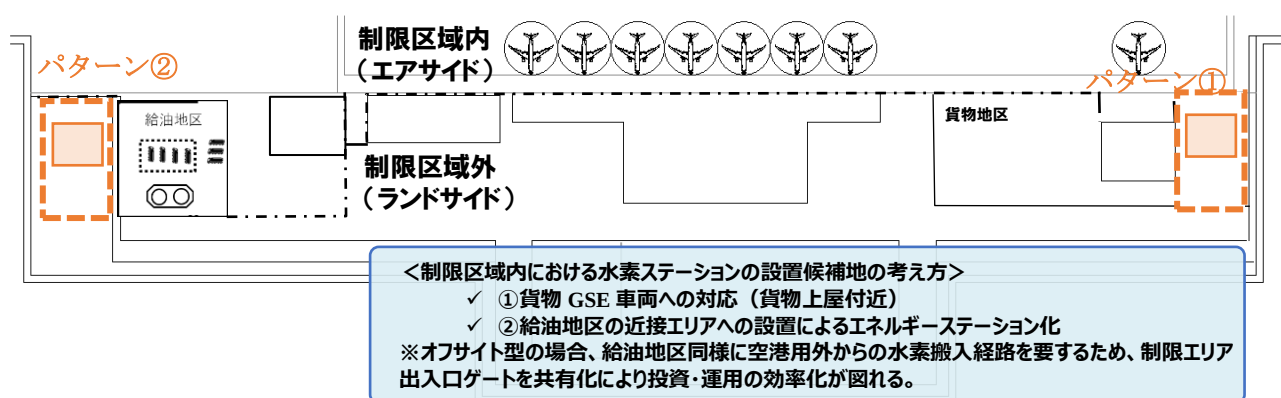


図 3-9 水素ステーションの設置規模と配置イメージ

- ② 各空港へのFCVの導入は、車両の更新時期や開発動向に併せて段階的に増加していくものと想定されるため、水素ステーションについてもFCVの導入拡大に併せて柔軟に拡張できる

よう計画を作成することが望ましい。

水素ステーションは、空港内に建設する定置式ステーションの他に、トラックやトレーラーの架台に水素供給設備を搭載し、所定の場所で適宜充填する移動式ステーションの2種類に分類され、どちらもFCVへの水素充填場所や安全管理については高圧ガス保安法に準じて同様の対応を要することに加え、「空港管理規則（昭和27年運輸省令第44号）」又は「空港管理条例」等に基づき、空港の設置管理者から施設設置の承認及び構内営業許可を受ける必要や各空港で定められた規定に従う必要がある。さらに、空港内において水素を運搬する場合には、高圧ガスを取扱う車両として航空機燃料の給油車両や既存のディーゼル・ガソリン車等の燃料を搬入するタンクローリー等の危険物を取扱う車両と同様、あらかじめ空港の設置管理者の許可又は承認を受けるとともに、各空港で定められた規定に従う必要がある。

移動式ステーションの導入に当たっては障壁・防壁の設置が不要であることから、FCV導入台数が数台程度で且つ水素調達先からの輸送コストが安い場合には、定置式ステーションと比較して低コストで導入・運用できものと考えられる。

定置式の水素ステーションは、水素を空港内で生成するオンサイト方式と空港外から調達するオフサイト方式の2種類の水素供給方式に分類され、周辺地域からの水素の調達可能性を踏まえて選定することが考えられる。なお、オンサイト方式にて水素を製造する場合には、更なる脱炭素化の観点では、図3-10に示すように、太陽光発電等の再生可能エネルギー由来の電力の水分解によりグリーン水素を生成することが望ましい。

なお、水素の製造方法、調達方法については、「4.7 水素の利活用」を参照されたい。



出典：国土交通省「空港分野におけるCO2削減に関する検討会（第3回資料）」、2021年7月

図 3-10 太陽光発電を用いたオンサイト方式水素ステーション例（中部国際空港）

- ③ 水素ステーションは、高圧ガス保安法、消防法及び建築基準法において、離隔や運用に係る規定が定められているため、計画検討の際に留意する必要がある。

特に、水素ステーション内の設備の構成と配置については、高圧ガス保安法及び省令において技術基準が定められており、水素を漏らさないこと、漏れたら早期に検知し、拡大を防ぐこと、水素が漏れても溜めないこと、漏れた水素に火がつかないように万一、火災等が起っても周囲に影響を及ぼさないことが求められる。

定置式水素ステーションの施設の配置については、表3-6に示す離隔や設備を確保する必要があり、当該離隔を満足する標準的な配置は図3-11のようになる。障壁や防火壁の設置により、将来的に対象車両の大型化や、充填レーンの増設をする際に取り壊しとならないよう

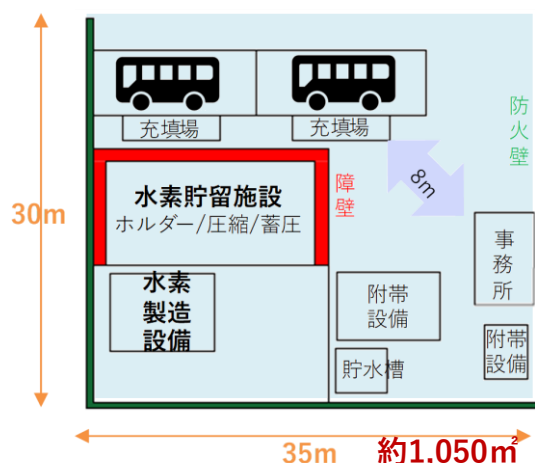
拡張性に留意して配置を検討することが望ましい。

なお、空港内で2mの高さの防壁を設置する際には、周辺を走行する車両との衝突危険とならないよう出入口の視認性や動線に留意する。

また、水素ステーションの各設備は、直射日光による温度上昇や紫外線や雨水による劣化防止の観点から屋根がある場所に設置することが望ましい。一方、貨物上屋等の屋内に移動式水素ステーションを運搬する場合においては、ガスが充満しないよう換気対策がとられている必要がある。

表 3-6 高圧ガス保安法に基づく水素ステーションの配置要件

項目	高圧ガス保安法に基づく規則内容	一般高圧ガス保安規則の対象項
離隔距離	・ 公道とディスペンサーとの距離（8m 以上） ・ その他火気と高圧ガス設備との距離（8m 以上） ・ 敷地境界面と高圧ガス設備との距離（8m 以上または障壁緩和策）	7 条 3 の 1 項 2 7 条 3 の 1 項 10 7 条 3 の 2 項 2
散水基準	・ 可燃性ガス貯槽に対する温度上昇防止装置の設置	6 条 32 項
障壁・防火壁	・ 圧縮機・蓄圧機とディスペンサーの間：障壁設置（20cm 以上厚の RC） ・ 高圧ガス設備と敷地境界の間：防火壁設置（高さ 2m 以上の防火壁）	7 条 3 の 16 項
安全装置	・ ガス設備：ガス漏えい検知・警報、自動停止 ・ ディスペンサー：火災検知・警報・自動運転停止・温度上昇防止策	7 条 3 の 10 7 条 3 の 2 項 18



出典：国土交通省「空港分野における CO2 削減に関する検討会（第3回資料）」、2021 年 7 月

図 3-11 水素ステーション内の施設配置例

(2) 設計・施工段階で留意すべき事項

- ① 水素ステーションの設置に当たっては、空港の運用に支障をきたさないよう工事範囲や時間帯について検討する。

【解説】

- ① 水素ステーションの整備に当たり、例えば、地面を掘削して水素輸送用のガスパイプラインを埋設する等の場合には、空港内に多くの埋設施設があることに留意して工事範囲の検討を行う必要がある。また、空港運用への影響を最小限に抑えるよう、施工時間を検討する必要がある。

(3) 管理・運営段階で留意すべき事項

- ① 高圧ガス保安法の規定に従い、水素ステーションの管理運用を行う。

【解説】

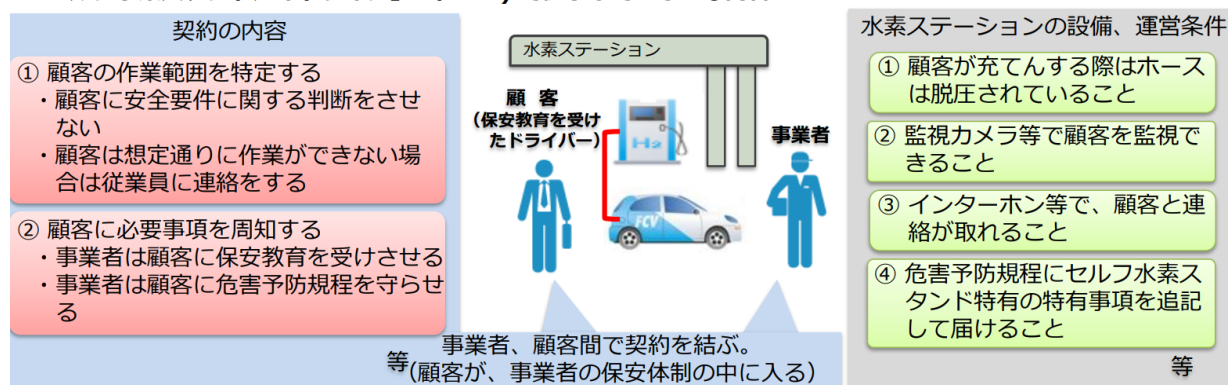
- ① 高圧ガス保安法においては、表 3-7 に示すように、水素ステーションの運営に当たって有資格者の選任（高圧ガス保安監督者）が義務付けられていることからこれを遵守する。

また、同法では、高圧ガスの製造を許可された事業者とその従業者でなければ製造・運営ができないと定められていることから、基本的には FCV に対する水素の充填作業を車両オペレーターが自ら行うことができない。ただし、高圧ガスの製造の許可を受けた水素ステーション運営事業者との間で、当該運営事業の従業者とみなす契約を結び、必要な教育を受けた車両オペレーターについては、図 3-12 に示す契約内容や水素ステーションの設備、運営条件を満足することで自ら充填作業を行うことができる。水素ステーションのセルフ化に必要な具体的な検討や手続きに当たっては、「セルフ水素スタンドガイドライン（一般財団法人石油エネルギー技術センター、平成 30 年 5 月）」を参照されたい。

表 3-7 高圧ガス保安法に基づく水素ステーションの管理・運営に係る規則

高圧ガス保安法に基づく規則内容	一般高圧ガス保安規則の対象項
・ 1 名以上の保安監督者の配置 ・ 水素出荷設備併設ステーションでの保安統括者、保安技術管理者、保安係員の 3 名以上	63 条の 2 項 2 65 条

「セルフ水素スタンドガイドライン」（JPEC）で例示している主な内容



出典：経済産業省「第 6 回水素・燃料電池自動車関連規制に関する検討会 参考資料 3」、2018 年 6 月

図 3-12 車両オペレーターによる水素充填を可能とするための要件

3.2.3 将来動向への対応

(1) 充電設備の高速化と互換性の強化

充電設備は出力が大きいほど充電速度が早くなるため、出力 10kW 以下の普通充電では 8~12 時間程度を要するものの、IEC 国際標準として規格化されている急速充電設備では最大出力が 185kW~400kW であるため、一般車では 30 分で 80%以上の充電が可能となっている。

日本の CHAdeMO 協議会では、中国と共同で、図 3-13 に示す最大出力 900kW の急速充電仕様「ChaoJi (チャオジ)」を開発中であり、現在は実証実験や安全対策に係る規制を検討している。「ChaoJi (チャオジ)」の実用化によって充電時間が更に短縮されることで、燃料供給にかかる時間の観点ではディーゼル・ガソリン車両等と同様の運用が可能となることが期待されとともに、IEC 規格に準拠した他の欧米等の仕様との互換性向上も期待される。

	互換性					ChaoJi
	CHAdeMO	GB/T	CCS1	CCS2	Tesla	
コネクタ						
インレット (車側)						
IEC	✓	✓	✓	✓		Applying
IEEE	IEEE		SAE			?
EN	✓			✓		?
JIS	✓	✓	✓	✓		✓
GB		✓				✓
通信方式	CAN		PLC		CAN	CAN
最大出力 (仕様)	400kW 1000x400	185kW 750x250	200kW 600x400	350kW 900x400	250kW?	900kW 1500x600
最大出力 (市場)	150kW	125kW	350kW	350kW	85-250kW	-
設置台数	27,500	300,000	3,000	11,000	20,000	-
初号機設置年	2009	2012	2014	2013	2012	2021

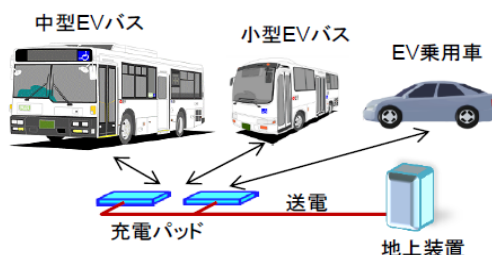
出典：CHAdeMO 協議会資料

図 3-13 ChaoJi 仕様と従来の主な急速充電設備の仕様の比較

(2) 非接触 (ワイヤレス) 充電設備

地上に設置する充電パッドから、車両側に搭載する受電装置を通じて充電を行う非接触型 (ワイヤレス) 充電設備の実用化に向けた研究開発が進められており、これにより充電作業の効率化や、高電圧の設備を扱う充電作業が不要になることによる安全性向上が期待される。米国のカンザスシティ国際空港において、空港アクセスバスへの充電用として旅客ターミナルの駐車場所に導入される予定である。

なお、導入費用低減や充電効率向上等は引き続き検討すべき課題と考えられており、これらの技術進展状況や、今後の実証・導入事例等を踏まえ、導入を検討することが望ましい。



出典：環境省「2014 年度 CO2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」

図 3-14 EV 非接触充電方式のイメージ

4 再生可能エネルギーの導入促進に係る取組

4.1 基本的な考え方

ここでは、再エネの導入に係る取組のうち、各取組に共通して留意すべき事項について記載している。各取組特有の留意事項については、4.2 以降の節を参照されたい。

4.1.1 実施計画段階で留意すべき事項

(1) 再エネ導入検討

- ① 再エネの導入にあたっては、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、地熱発電を対象として当該空港における導入の可能性について検討する。
- ② 実施主体は関係者と十分に調整を行う。
- ③ 各再エネ発電設備が複数の実施主体により導入される場合、実施主体間で再エネの組み合わせ等について検討し、効率的な再エネ導入を行えるよう連携を図る。
- ④ 空港全体のエネルギーマネジメントについて検討する。
- ⑤ 計画の遅延や採算性悪化等のリスクについて評価し、それを踏まえた再エネの導入計画を作成する。
- ⑥ 再エネ電力の導入方法は、発電所の設置場所等に応じて自家消費方式、自営線方式、自己託送、オフサイト PPA 等の方法を計画する。
- ⑦ 電気事業法の規定により電気主任技術者の選任が必要な場合、再エネ発電設備の設計の早期の段階から選任し、電気主任技術者と相談して設計するように努める。

【解説】

- ① 主な再エネとして、表 4-1 に示すように太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、地熱発電が挙げられる。このうち、太陽光発電光エネルギーを電気に変換する発電方法であるため、日射量のある昼間に出力のピークとなり、夜間・曇天時には発電しない、あるいは効率が落ちるといった特徴がある。一方、風力発電やバイオマス発電等は、太陽光発電による電力供給が困難となる夜間・曇天時においても一定の条件下では発電可能であることから、これらの比較的安定した発電を見込める設備を組み合わせることで、空港の再エネ化率を向上させることができると期待される。

表 4-1 各再エネの特徴

再エネ	発電特性	エネルギー源の確保	導入コスト
太陽光 発電	・一日の中で出力変動が大きく、昼間に出力のピークが発生する ・夜間・曇天時は発電不可あるいは効率が落ちる	・日射が得られる場所であれば発電が可能 ・需要のある場所と近接しての設置が可能（建物の屋根や壁面への設置等）	・他の再エネ発電に比べて安価
風力 発電	・風があれば昼夜関係なく発電が可能	・一定以上の風量が得られる場所であれば発電が可能 ・風況が安定している高い場所への設置が望ましい	・大規模風力の場合、価格低減が期待されるが、非FITで事業採算性が成り立つか精査が必要
バイオ マス 発電	・昼夜関係なく発電可能 ・発電と同時に熱供給も可能	・畜産糞尿、刈草、木材等のバイオマス資源が潤沢な場所への導入が望ましい	・比較的導入費用が大きく非FITで事業採算性が成り立つか精査が必要 ・バイオマス資源の収集運搬費用について検討が必要
地熱 発電	・比較的安定した出力が可能 ・発電と同時に熱供給も可能	・発電ポテンシャルが高い場所（浅めの地中から高温に熱せられた蒸気や熱水を得られる場所）は国立・国定公園等に集中	・比較的導入費用が大きく非FITで事業採算性が成り立つか精査が必要 ・地中深くの地熱を利用する場合は掘削費用が大きくなる可能性

- ② 各実施主体は必要となる再エネ発電規模を確保するため、設備の設置場所について、関係者との調整を行う必要がある。例えば、ターミナルビル会社は、ターミナルビルの屋根等へ太陽光発電設備の設置だけでは必要な電力を確保することが困難な場合、空港管理者等の用地を借用して太陽光発電やその他の再エネ発電を導入できるように調整する必要がある、ビルの受電設備への接続するために必要となる送電ケーブル等の設置場所について関係者と調整する必要がある。
- ③ 再エネ発電設備が複数の実施主体により導入される場合や、複数の実施主体が小売電気事業者等と連携する場合は、導入する再エネ発電は、季節、時間帯及び気象条件等の要因による変動特性に対応するために、実施主体間での電力需給の調整が必要となる。電力を安定させるためには、複数種類の再エネを組み合わせる方法や蓄電池を導入する方法が挙げられ、空港全体の脱炭素化を推進するために効果的、効率的な計画となるよう努める。
- ④ エネルギーマネジメントでは、範囲・対象を各施設管理者単位とするか、複数の施設管理

者をまとめてエネルギーマネジメントするかによりエネルギー効率が異なる。空港建築施設だけでなく、航空機や空港車両等への給電も含めたエネルギーマネジメントについて検討するとよい。詳細については「6.1 エネルギーマネジメント」を参照されたい。

- ⑤ 周辺地域等との調整による計画遅延や、連携事業における導入スケジュール・規模の変更、想定以上の発電効率の低下等により当初想定した発電量が見込めなくなる可能性等、十分リスク評価を実施した上で、導入計画を策定する必要がある。その際、事業期間を通じたリスクマネジメントを行うために必要な基礎情報（リスク対策の優先順位付け、リスクを顕在化させないための対策等）や災害発生時の再エネ発電の運用事例等について記載されている「地域における再生可能エネルギー設備導入の計画時の留意点～再生可能エネルギー設備導入に係るリスクとその対策～（環境省、2021年）」を参考にすることができる。

なお、直ちに再エネ発電設備を導入することが難しい場合でも、2050年のカーボンニュートラルに向けて技術革新等を考慮して段階的に再エネ発電設備を導入する計画を検討されたい。

- ⑥ 再エネ電力の調達方法には、実施主体が所有する建物屋根等の敷地内に再エネを設置する自家消費方式の他、オンサイト PPA 方式、自営線方式、自己託送方式、オフサイトコーポレート PPA 方式等が想定される。各方法の概要を表 4-2～表 4-6 に示す。
- ⑦ 電気事業法の定めに従い、事業用電気工作物を設置する者又はその役員もしくは従業員から電気主任技術者の選任が必要となるが、「主任技術者制度の解釈及び運用（内規）（経済産業省）」に基づく外部選任制度若しくは電気事業法施行規則第 52 条第 2 項に基づく外部委託を検討する。

表 4-2 自家消費型モデルの概要の概要（太陽光発電の例）

導入方法：自家消費方式（敷地内への再エネ導入）
概要：実施主体が所有する建物屋根等に太陽光発電設備を設置して維持管理を行い、発電電力を自家消費する仕組み（敷地内の空き地の利用も考えられる）。
概要図
メリット： ・ 設備の処分・交換等を実施主体がコントロール可能である。 ・ 必要な措置等を行えば、停電時でも電気が使用できる。 ・ 追加性（FIT 等の支援に依らず、新設されたもの）のある再エネ電力を調達できる。
デメリット： ・ 再エネ発電設備や配線等の初期費用が必要である。 ・ 維持管理の手間と費用が発生する。 ・ 屋根等の敷地が少ない場合、発電量が少なくなる。
ポイント・留意点： 余剰電力を逆流¹させる場合、電力会社との協議の他、系統連系申請（一般送配電事業者が所有する設備（送電線等）に再エネ発電設備を接続するための手続き）があり、申請・承認等に時間がかかる可能性がある。

出典：環境省「はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）」、2022 年 3 月より作成

¹ 太陽光・風力発電等の自家発電設備が電力系統に連系され運転されている状態において、消費する電力よりも発電する電力が大きくなり、発電事業者の構内から電力系統へ向かう電力の流れのこと。

表 4-3 オンサイト PPA モデルの概要（太陽光発電の例）

導入方法：オンサイト PPA 方式
概要：発電事業者が、需要家の建物の屋根等の空港敷地内に太陽光発電設備を導入し、所有・維持管理をした上で、発電した電気を需要家に供給する仕組み（維持管理は需要家が行う場合もある）。
概要図
メリット： ・初期費用は基本的に不要である。 ・需要家には、維持管理の費用が発生しない。 ・リース方式と異なり、一般的には設備は資産計上されない。 ・必要な措置等を行えば、停電時でも電気が使用できる・追加性（FIT 等の支援に依らず、新設されたもの）のある再エネ電力を調達できる。
デメリット： ・長期間にわたる契約期間を締結する必要がある。 ・PPA 契約の内容次第では、建物移転ができない。 ・契約期間中の移転により違約金が発生することがある。
ポイント・留意点： 太陽電池パネルのタイプ、ブランドなどは発電事業者が指定するため需要家がペロブスカイト太陽電池等の最新技術を導入したくてもできない場合がある。そのため、事前に PPA 事業者がどの太陽電池を使用するか確認しておく必要がある。 また、太陽光発電設備の管理費用は PPA 事業者が負担することや、撤去時の費用負担について PPA 事業者への確認が必要である。

出典：環境省「はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）」、2022 年 3 月より作成

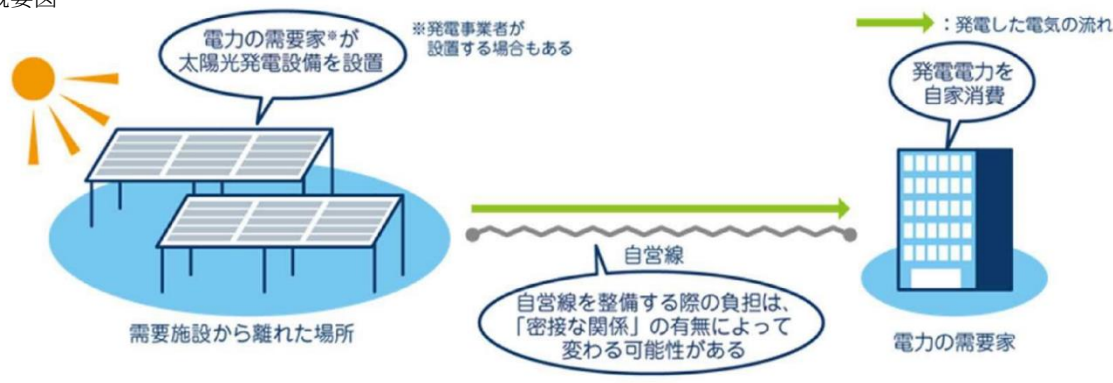
表 4-4 オフサイトコーポレート PPA 方式の概要（太陽光発電の例）

導入方法：オフサイトコーポレート PPA 方式
概要：発電事業者が発電した電力を特定の需要家に供給することを約束し、対象となる太陽光発電設備を電力需要施設と離れた場所に設置し、小売電気事業者を介してその需要家に電力を供給する契約方式。
メリット： ・ 設備の設置場所が需要家の敷地内に限らないため、施設外の広大な土地に設置した場合は大量の再エネ電力の調達が可能である。
デメリット： ・ 電力システムを利用するため託送料金が発生する。 ・ 発電事業者は「一般送配電事業託送供給等約款料金算定規則」により毎日、翌日の発電量 30 分単位で予測して一般送配電事業者へ提出し、差があった場合にはインバランス料金³を支払う。 ・ 小売電気事業者等、需給調整を行う事業者への費用が発生。
ポイント・留意点： オンサイト PPA 方式と比べてコストが割高になる傾向があるが、事業により制約条件や内容が異なるため、それらに応じた費用検討を行うことが重要である。また、再エネ発電電力量を環境価値とセットで長期間調達できる点は同じである。

出典：環境省「はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）」、2022 年 3 月より作成

³ インバランス料金とは、一般送配電事業者が実需給における電気の過不足を調整する単価。

表 4-5 自営線方式の概要（太陽光発電の例）

導入方法：自営線方式
概要：需要家または発電事業者が、電力需要施設の敷地外に太陽光発電設備を導入し、そこで発電した電力量を電力系統とは別に送電線（自営線）を整備して、同事業所に供給・消費する仕組み。
概要図 
メリット： ・系統制約⁴により系統接続できない場合であっても、再エネの導入が可能。 ・また、系統で停電が生じて、自営線と太陽光発電設備に問題がなければ、停電時でも電気が使用可能 ・追加性（当該再エネ電気の使用が新たな再エネ電源の拡大に寄与する性質）のある再エネ電力を調達できる。
デメリット： ・自営線の整備及び維持管理に費用がかかる。 ・自営線整備にあたり、用地確保が必要である。また、用地確保の際に道路占用許可等の許認可手続きが必要な場合がある。
ポイント・留意点： 需要家の敷地外において別の事業者が発電している電力を自営線方式で調達する際に、事業者と需要家の「密接な関係」が必要になる場合⁵がある。「密接な関係」（電気事業法施行規則第二条、三条）とは、一般的には、親会社と子会社等の関係を指し、それに該当する場合は、自営線方式で発電電力の受給ができる。密接さを示しにくい場合は、再エネ電源の供給に関する組合を設立することも考えられる。「密接な関係」が無い場合でも、登録特定送配電事業者を介する等して電気を供給することができる。

出典：環境省「はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）」、2022年3月より作成

⁴ 系統制約：電力系統を利用する際の「容量面での系統制約」や「変動面での系統制約」を指す。資源エネルギー庁ホームページ「再エネの大量導入に向けて～「系統制約」問題と対策」等を参照されたい。

⁵ 余剰電力を系統に逆潮流させる場合や複数の建物内又は経済産業省令で定める構内に電力を供給する場合。

表 4-6 自己託送方式の概要（太陽光発電の例）

導入方法：自己託送方式
概要：需要家または発電事業者が、電力需要施設の敷地外において太陽光発電設備を導入し、そこで発電した電力を電力系統経由で、電力需要施設に供給する仕組み。 ※電力会社の系統を「電力系統」、自営線による系統を「自営線」として記載している。（以下同様）
メリット： ・ 自営線方式と比較して、初期投資が小さい。 ・ 追加性（当該再エネ電気の使用が新たな再エネ電源の拡大に寄与する性質）のある再エネ電力を調達できる。
デメリット： ・ 電力系統を利用するため託送料金が発生する。 ・ 発電事業者は「一般送配電事業託送供給等約款料金算定規則」により毎日、翌日の発電量を30分単位で予測した発電計画を一般送配電事業者へ提出する。計画と実際の出力に差があった場合にはインバランス料金を支払う。
ポイント・留意点： 発電事業者が自己託送を利用する場合、当該者又は当該者と経済産業省令で定める「密接な関係」（電気事業法施行規則第四十五条二十四）を有する者が、「電気事業法第27条の3第1項」の規定に基づく特定供給の許可を取得しなければならないケースがある。自己託送方式における「密接な関係」とは、一般的には、親会社と子会社等の関係を指すが、非FIT・非FIPの新設の再エネ電源の場合、他社であっても再エネ電源の供給に関する組合を設立する場合はそれに含まれる。 発電事業者は、一般送配電事業者のほかに電力広域的運営推進機関（OCCTO）に対して毎日の30分ごとの発電計画、需要計画等を提出する必要がある。

出典：環境省「はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）」、2022年3月より作成

(2) 候補地の抽出

1) 資料調査

- ① 空港用地内については、陸上空港の施設の設置基準と解説、施設台帳、AIP、各種要領、各種ガイドライン等に基づいて、設備導入が可能な候補地の選定を行う。
- ② 空港周辺用地については、自治体の条例、各種ガイドライン等に基づき、設備導入が可能な候補地の選定を行う。

【解説】

- ① 資料調査では、国土地理院発行の地形図や土地条件図などの地図資料、既往地盤調査資料及び各種文献などを用いて基礎設計に必要な地盤の情報を収集する。
- ② 自治体の条例においては、設置地盤の勾配上限の設定、植栽・塀などの遮蔽措置、法面の緑化、低彩度の工作物の使用などを規定している場合もあるので留意する必要がある。

2) 現地調査

- ① 資料調査により抽出した候補地について現地調査を行い、資料調査の結果と照合しながら用地の状況を確認する。

【解説】

- ① 方角、傾斜度・向き、平坦度、陥没の有無、前面道路（幅員）、障害物の有無、隣地の利用状況、海岸からの距離、系統連系ポイントなどの状況を確認する。地形や造成盛土などの状況から、地盤の安全性や不同沈下の危険性についても確認し、資料調査の結果と合わせて候補地を評価する。

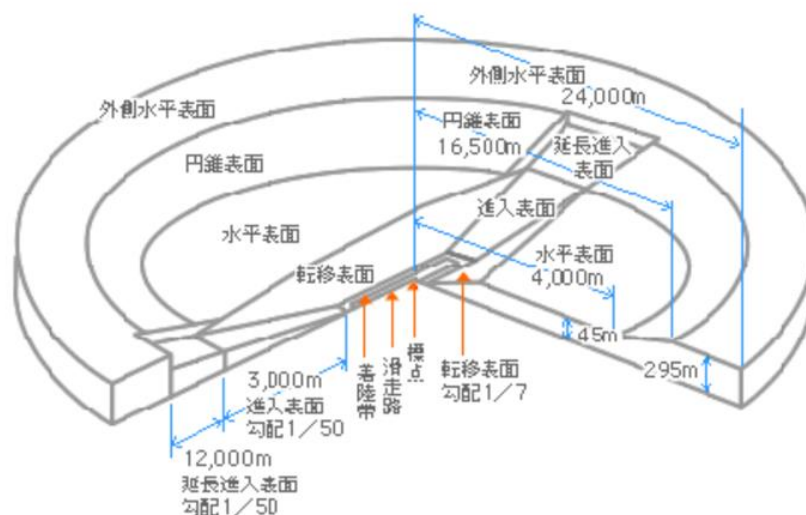
(3) 空港施設や運用等への影響検討

- ① 再エネ発電設備を設置するために抽出した候補地について、空港施設や空港運用、航空機の運航等への影響を確認する。
- ② 空港施設・運用への影響としては、制限表面への影響、空港排水機能への影響、地下構造物への影響、不法侵入防止施設への影響、保守管理への影響等が考えられる。
- ③ 再エネ発電設備の設置位置の計画に際しては、長期的視点に立った空港整備事業等による将来展開、航空保安施設等の機材更新、新機材の整備などを考慮して計画することが望ましい。
- ④ 航空保安無線施設への影響を確認する必要があるため事前に、空港管理者等と協議する必要がある。
- ⑤ 再エネ発電設備から重要施設へ電力供給する場合は電源の高い信頼性を確保する必要がある。
- ⑥ 再エネ発電設備の設置について、保守管理並びに維持管理について、日常の点検及びメンテナンス並びに更新整備等の作業性及び安全性等について考慮する必要がある。

【解説】

- ① 導入しようとする再エネ発電設備が、当該空港の制限表面、空港排水機能、航空保安施設、地下構造物、不法侵入防止施設保守管理等に影響等がないよう計画を行う。また、当該空港の空港整備事業に支障をきたす場合などは、段階的に再エネ発電設備を導入していくことも検討する。
- ② 再エネ発電設備を空港用地の着陸帯付近に設置する場合は、設備本体及び支持物が制限表面に抵触する可能性があるため配置や高さ等について留意する必要がある。

空港の制限表面に関しては、空港周辺の一定の空間を無障害の状態にしておく必要がある。進入表面、水平表面、転移表面、円錐表面、外側水平表面が規定されている、「航空法第2条第8項～10項及び第56条」を遵守する。進入表面、転移表面又は水平表面の投影面と一致する区域内に再エネ発電設備を導入する場合、「航空法第51条」により航空障害灯を設置する必要がある。



出典：国土交通省航空局「空港土木施設設計要領（施設設計編）」、R3.4改訂

図 4-1 制限表面概略図

地下構造物には埋設管、ボックスカルバートや幹線管渠等が含まれる。地下構造物の新設や更新等の整備により、空港用地を掘削することも将来的に想定されるため、掘削断面及び再エネ発電設備の基礎の安定を考慮した余裕幅を設定する。地下構造物付近の余裕幅は、埋設深さ・増設管路・掘削勾配等にも配慮が必要となる。

再エネ発電設備の設置にあたっては、空港の保安面への影響等を考慮する。例えば、場周柵の乗越対策としては、再エネ発電設備の支持物等を足場にされないよう再エネ発電設備と場周柵と適切な距離を確保する等の対策が必要である。また、防犯センサーや監視カメラには、多数の種類があるが、監視機能を妨げないような設備配置やカメラへの影響確認（赤外線域に対応したカメラを設置している場合、再エネ発電設備が影響を与えないか等）が必要になる。

- ③ 空港内用地には、ターミナルビルの拡張や庁舎等の建て替え等を目的として確保されている用地もあるため、将来の空港整備事業への影響等を踏まえ候補地を選定することが望ましい。

- ④ 航空保安無線施設は、いずれも電波を放射する施設であり、それぞれの施設が使用する電波の周波数によって影響が異なるものの、空港内外の地形、建物や樹木などの障害物、航空機等の影響を受けるため、施設の設置時にはそれらについて事前に関係各署と十分調整する必要がある。詳細等については「空港工学 14.2 航空保安無線施設（財団法人 港湾空港建設技術サービスセンター、2010 年 10 月発行）」を参照されたい。



グライドスロープ



ローカライザー



VOR/DME



TACAN

図 4-2 空港内で電波を照射する施設の例

- ⑤ 再エネ発電設備から航空灯火や航空無線施設、管制塔等の重要施設へ電力供給する場合は電源の高い信頼性を確保する必要がある、点検などの保守作業時にも負荷設備への電力供給を停止せずに実施できるよう計画されたい。
- ⑥ 滑走路、誘導路等の空港基本施設、排水施設、道路等の土木施設の他、航空管制施設、航行援助施設、航空灯火、無線施設、旅客・貨物ターミナルなど諸施設がそれぞれの機能を十分発揮できるよう保守及び維持管理が実施されており、再エネ発電設備の設置位置については、これら日常の保守及び維持管理に影響しないよう考慮する必要がある。

(4) 空港周辺環境への影響検討

- ① 再エネ発電設備の設置計画場所について、設置に適した場所であるか調査する。
- ② 再エネ発電設備を設置する用地及びその周辺において、電気事業法等の関係法令及び条例の規定に従い、環境アセスメント等の必要な手続を行う。
- ③ 導入する再エネ発電設備のライフサイクルコストや、撤去後のことについて事前に検討しておく。

【解説】

- ① 再エネ発電設備の設置にあたっては、土砂災害、土砂流出等の防止、水資源の保護、植生の保護、希少野生動植物の個体及び生息・生育環境の保全、周辺の景観との調和等への配慮や地域住環境への影響がないように考慮する必要がある。安全面、防災面、景観や環境への影響の観点から必要な調査を行う。近年、森林伐採等を伴う再エネ発電設備の設置による災害発生が懸念されるといった声が高まっており、地形、地質、降水、地下水等に留意し、調査を行う。場所によっては、現在の使われ方だけでなく、過去の使われ方について確認する必要がある。「地すべり等防止法」等を参照されたい。
- ② 再エネの導入に際しては、地域との共生が不可欠であり、電気事業法等の関係法令（立地する自治体の条例を含む）を遵守して導入を進めるとともに、「再生可能エネルギー電気の利

用の促進に関する特別措置法」に基づく「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電等）（資源エネルギー庁）」に定める遵守事項等に配慮して取り組む必要がある。

候補地については関係法令及び条例の適用を把握し、環境アセスメント等の必要となる手続きを行う。発電所の種類別の環境アセスメント対象事業一覧を表 4-7 に、必要な手続きを図 4-3 に示す。第一種事業は規模が大きく環境に大きな影響を及ぼすおそれがある事業で、環境アセスメントの手続きを必ず行う必要があるものである。第二種事業では第一種事業に準ずる規模の事業で、都道府県知事の意見を勘案しつつ経済産業大臣が環境アセスメントの手続きの要否を判定する。手続きの詳細等については、「発電所に係る環境影響評価の手引き（経済産業省、令和 2 年 11 月改訂）」を参照されたい。

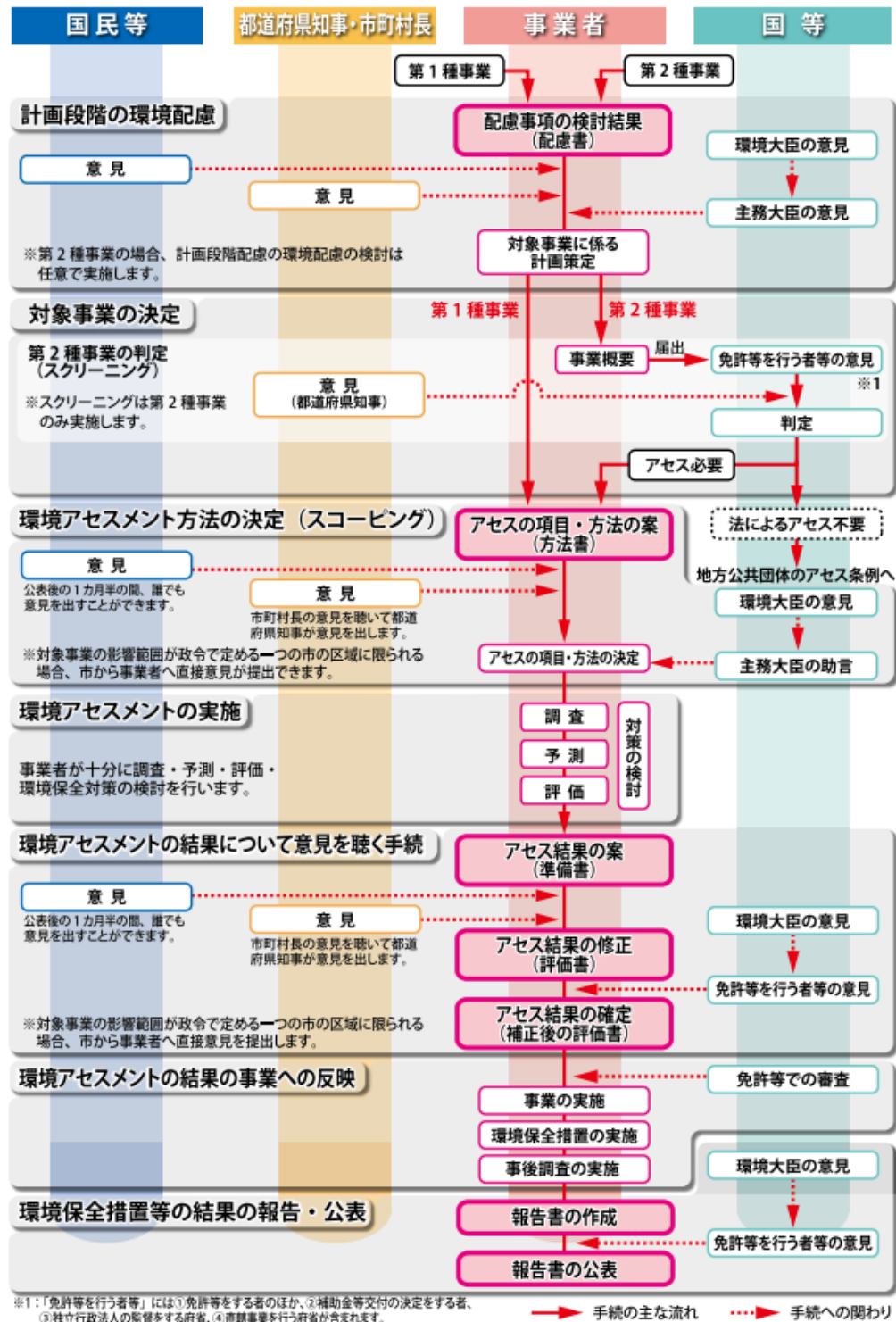
なお、環境アセスメント手続きの必要がない規模の再エネ発電設備の設置計画についても、条例の確認や自治体への相談を行い、必要な対応を行う必要がある（「4.1.1(5) 各空港関係者や周辺地域への周知・理解促進」を参照されたい）。

また、環境アセスメント以外にも、森林伐採や盛土造成を伴う再エネ発電設備の設置が災害の危険性に影響を与えるケースもあることに留意し、森林法における林地開発許可、宅地造成等規制法（盛土規制法）における許可、砂防三方（砂防法・地すべり等防止防・急傾斜地方）における許可等、必要な手続きを行う。関連する関係法令による手続き等は、付録を参照されたい。

表 4-7 環境アセスメントの対象事業

事業の種類	第一種事業 (必ず環境アセスメントを 行う必要がある)	第二種事業 (都道府県知事の意見を勘案しつつ経済産業 大臣が環境アセスメントの手続きの要否を判定)
太陽光発電所	4 万 kW 以上	3 万 kW 以上 4 万 kW 未満
風力発電所	1 万 kW 以上	0.75 万 kW 以上 1 万 kW 未満
地熱発電所	1 万 kW 以上	0.75 万 kW 以上 1 万 kW 未満

- ③ 再エネ発電設備のライフサイクルコストについては、当該設備の発電能力の劣化率の将来予測値や PCS 等の更新投資コストやその回収期間、土地の賃借契約の内容等を踏まえ検討することが望ましい。設備の撤去については、設備の「物理的寿命」「機能的寿命」「経済的寿命」の 3 点を踏まえつつ、適切なタイミングでリユース、リサイクル、あるいは埋立処分を行うこと、設備の撤去後における土地用途の転換または土地の現状回復について検討しておく必要がある。



出典：環境省「環境アセスメント制度のあらまし（パンフレット）」、2020年3月改定
 図 4-3 環境影響評価の手続きの流れ

(5) 各空港関係者や周辺地域への周知・理解促進

- ① 実施計画作成の初期段階から空港関係者や周辺地域住民、関係事業者等と適切なコミュニケーションを図るとともに、地域住民に十分配慮して事業を実施するように努める。
- ② 環境アセスメント手続の必要がない規模の再エネ発電設備の設置計画についても自治体と相談の上、事業の概要や環境・景観への影響等について、地域住民への説明会を開催するなど、事業について理解を得られるように努める。周辺環境への配慮事項については、各地自治体の条例等も考慮する必要がある。

【解説】

- ① 地元説明は、都道府県及び市町村に地元同意についての規定等を確認して、その規定に従って情報共有等を行う。近年、地域住民に対するコミュニケーション不足からトラブルが生じる例も報告されており、地元合意についての規定がない場合でも一定規模以上の再エネ発電設備（例えば、50kW 以上の高圧電源を設置する場合や至近距離に小規模電源を複数設置する場合、設置により災害の影響が及ぶおそれが高い場合や住環境への影響が想定される場合等）は、あらかじめ説明会の開催等により地域へ周知することが望ましい。以下の事項等を参考にコミュニケーションを図るとよい（「太陽光発電事業の評価ガイド（太陽光発電事業の評価ガイド策定委員会、2018 年 6 月 29 日）」等を参照）。

- ・事業用地の全部又は一部を含む地域団体（自治会等）へ説明を行うことを検討する。
- ・再エネ発電設備に由来して生活に一定の影響を受ける住戸がある場合には、当該住戸の住民は補償協議等の対象者であるので、この場合は地元の合意を得る。
- ・前述の地元説明及び同意以外に、太陽光発電所の建設工事に関連して一定の影響を受ける区域の住民等に対して工事説明会を開催することも検討する。
- ・協議等の窓口は当該地域団体の代表者及び都道府県又は市町村等へ相談することが望ましい。

例えば、太陽電池パネルを東西面や北面の屋根に設置する場合、想定される反射光の方向に影響を受けるものが無いことを確認する。また、「4.1.1 (2) 候補地の抽出」等の調査で反射光が近隣住宅の窓に差し込む可能性が高いことが分かった場合、対処方法を検討する。「太陽光発電設備の反射光トラブル防止について（太陽光発電協会、2010 年 3 月）」を参照されたい。

- ② 周辺環境への配慮事項については、各地方自治体の環境影響評価条例、景観条例の他、「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）（資源エネルギー庁、2022 年 4 月）」、「太陽光発電の環境配慮ガイドライン（環境省、2020 年 3 月）」、「傾斜地設置型太陽光発電設備の設計・施工ガイドライン 2021 年版（NEDO、2021 年）」を参照されたい。また、「再生可能エネルギー長期電源化・地域共生ワーキンググループ中間とりまとめ（案）（資源エネルギー庁）」を踏まえつつ、地域とのコミュニケーション等を適切に行う。

4.1.2 設計・施工段階で留意すべき事項

(1) 土地の開発

- ① 防災面、環境面を考慮して土地の開発を行う。
- ② 再エネ発電施設には標識及び柵塀等を設置して、保安と公衆安全に配慮する。

【解説】

- ① 防災に関しては、以下に示すような利用する土地の形状、形質に対応した適切な設計、措置を行う必要がある。詳しくは「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）（資源エネルギー庁、2022年4月）」を参照されたい。

- ・ 盛土、切土面の保護が必要な場合には、擁壁、石張り、吹付、法枠、法面排水などの対策
- ・ 地下水によりがけ崩れ、土砂の流出のおそれがあるときは、地下水の排水施設を設置
- ・ がけ地の地域に設置する場合には、がけ地の崩落対策等

環境保全に関しては、以下に示すような環境に配慮した対応を行う必要がある。

- ・ 盛土、切土を行う場合には、土砂の流出による地域の水源の水の濁りの防止
- ・ 動植物について重要種の生育、生息が確認される場合には、その生育群における開発の回避や必要に応じた移植など

景観に関しては、以下のような点について配慮し、設計を行う必要がある。

- ・ 山並み、丘陵
- ・ 河川、湖沼等自然景観
- ・ 史跡、名勝等歴史、文化的景観
- ・ 主要な眺望点や道路からの眺望景観
- ・ 市街地、住宅地等街並み景観
- ・ 棚田、果樹園、森林等、農山村の田園風景
- ・ 保養地、別荘地

「太陽光発電の環境配慮ガイドライン（環境省、2020年3月）」抜粋。

- ② 空港周辺用地から航空保安施設等の重要施設に電力供給する発電所には、空港の場周柵と同様の性能を有する立ち入り禁止柵を設置することで再エネ発電設備の保安を確保する必要がある。空港の場周柵の性能等については、「空港土木施設設計要領（施設設計編）、（国土交通省航空局、平成31年4月）」を参照されたい。その他の空港施設への電力供給する発電所についても第三者が容易に再エネ発電設備に近づくことがないよう標識や柵等の設置を行う。設置にあたっては、「再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法（以下、再エネ特措法という。）施行規則第5条第1項第3号、第5号」及び「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）（資源エネルギー庁、2022年4月）」等を参照されたい。

(2) 発電設備

- ① 電気事業法の規定に基づく技術基準適合義務を遵守し、感電・火災その他人体に危害を及ぼすおそれ又は物件に損傷を与えるおそれがないように、電気設備に関する技術基準を定める省令（以下、電技省令とする）・電気設備の技術基準の解釈（以下、電技解釈とする）及び発

電用太陽電池設備の技術基準を定める省令（以下、太技省令とする）・発電用太陽電池設備の技術基準の解釈（以下、太技解釈とする）と同等又はそれ以上の安全を確保した再エネ発電設備の設計を行う。

- ② 再エネ発電設備の設置において、既設の排水管路、幹線ダクト、通信ケーブル等への影響を及ぼさないよう留意する。
- ③ 防災面、環境面を考慮して再エネ発電設備の設計を行うように努める。
- ④ 保守点検及び維持管理の際に必要な作業を考慮した設計を行うように努める。
- ⑤ 電気事業法の規定により電気主任技術者の選任が必要な場合、再エネ発電設備の設計の早期の段階から選任し、電気主任技術者と相談して設計するように努める。
- ⑥ 自然災害により破損を生じた再エネ発電設備を廃棄・リサイクルする方法を検討する。

【解説】

- ① 電気事業法においては、発電設備の規模に関わらず、全ての発電事業者に対し、技術基準への適合義務が課されている。具体的には、発電設備の安全を確保するために、電技省令及び太技省令を遵守し、その際、電技省令及び太技省令に定める技術的要件を満たす技術的内容を具体的に説明した電技解釈及び太技解釈を参照し、これと同等又はこれ以上の技術的内容を確保し、電気事業法の技術基準に適合することが求められる。なお、出力 2,000kW 以上の太陽光発電設備を導入する場合は、電気事業法の定めに従い、所轄する産業保安監督部に工事計画を届け出る必要がある。この手続において、第三者による設計確認がなされる。その際、届出をしてから 30 日のうちに特に所轄の産業保安監督部から変更の指摘をされなければ工事に着工することができるが、指摘があった場合は、適切に対応することが必要である。
- ② 空港を運用しながらの施工になるため排水管路、幹線ダクト、通信ケーブル等、既存設備の配置を確認して切り回し等の可否を検討して計画を作成する。支障物を移転する必要がある場合、関係機関と協議を行う。
- ③ 導入する再エネ発電設備は発電設備の防災性能だけでなく、災害時におけるレジリエンス強化にも活用できるように、災害時のアクセスや利用についても考慮する（「6.2 地域連携・レジリエンス強化」を参照されたい）。特に支持物及び基礎等の構造物における設計は、地盤の種類、硬軟の状況を考慮して行う必要があるため土地開発の設計と併せて設計を行う。
- ④ 設計の段階で適切かつ円滑な保守点検及び維持管理が実施できるよう考慮することが適切である。特に、再エネ発電設備の設計者と保守点検及び維持管理を行う事業者が異なる場合、保守点検及び維持管理のための十分な通路やスペースが確保されていない設計がなされ、運用開始後に保守点検及び維持管理に支障をきたすケースが報告されている。このため、設計段階から保守点検及び維持管理を行う事業者が設計のチェックを行う等により必要なスペースを十分に確保し、運用開始後に適切な保守点検及び維持管理が可能となるよう設計を行うことが求められる。
- ⑤ 電気事業法の定めに従い、出力 50kW 以上の発電設備を設置する場合は、電気主任技術者の選任が必要である。なお、例えば太陽光発電設備の場合、PCS の出力が 50kW 未満であっても、（i）太陽電池パネルの合計出力が 50kW 以上であって、蓄電池を PCS よりも太陽電池パネル側に設置する場合、（ii）飛び地に太陽光発電設備を設置することにより複数構内をまた

がる電線路を設置する場合については、電気主任技術者の選任が必要となる。電気主任技術者は、発電設備運用開始後も継続して保安管理業務を行うため、設計の段階から、積極的に相談して、④の保守点検及び維持管理に備えた設計等を含む設備設計を行うことが適切である。

- ⑥ 強風や洪水等の自然災害により破損を生じた再エネ発電設備を廃棄する場合、適切な廃棄・リサイクル方法で破損した再エネ発電設備を迅速かつ安全に廃棄するため、あらかじめ撤去・廃棄方法等について検討を行っておく。

(3) 接続方法の検討

- ① 再エネ発電設備の発電量と空港内の各施設の電力需要を考慮して、極力空港施設内で自家消費可能な接続方法を検討する。併せて後述するレジリエンス強化を行うための再エネ発電設備の接続方法についても検討を行う。
- ② 航空保安施設など、非常用発電機と接続されている負荷系統に再エネ発電設備を接続する場合には電力会社の電力系統が停電した際の停電検知方法や、送電系統の切り分けについて検討する。
- ③ 再エネ発電設備の系統接続を検討する際は、電力品質に関する各種ガイドラインに準拠させる。

【解説】

- ① 発電した再エネ電力は自家消費することを基本とする。なお、電力需要を上回る規模の再エネ発電設備を設置できる空港については、空港周辺地域との連携など、横断的な取り組みを検討することが望ましい。(横断的な取り組みについては「6 横断的な取組」)を参照されたい)。各施設への電力の供給方法としては、発電量に応じて図 4-4 のような高圧・低圧等への接続を検討することが望ましい。例えば、出力が大きい場合(太陽光発電設備を空港内用地の着陸帯外側の緑地や法面などの大規模な面積に設置した場合等)は高圧接続を行い、出力が小さい場合(太陽光発電設備を施設の屋上などに設置した場合等)は低圧接続を行う方法が考えられ、各施設の需要に応じた電力量を供給できるように設計を行う。その際、接続する階層や施設によって、電力系統の停電を検知する方法や、災害時のレジリエンス強化の観点から再エネ発電の活用方法や対応する設備などについても併せて検討することが望ましい。

なお、電力需要が発電量より小さい空港や、地域連携などの横断的な取り組みを行う空港においては、電力系統への逆潮流が発生することが予想されるため、一般送配電事業者との協議を踏まえ、継電器の設置要否や既存の受電盤の改修の要否など、逆潮流に対応した接続方法を検討する。また、系統制約がある場合は、「容量面での系統制約」や「変動面での系統制約」に留意する必要がある。容量面での系統制約には、エリア全体の需給バランスや送電容量の制約があるため、出力制御の可能性や対応方針をあらかじめ一般送配電事業者と協議する必要がある。変動面での系統制約では、再エネ電力の出力変動を吸収できるように蓄電池や他エリアの火力発電等と連携することによって出力を調整する取り組み等を検討する必要がある。

【解説】

- ① 電気事業法の規定に従い、太陽光発電（出力 2000kW 以上）、風力発電（出力 500kW 以上）、火力発電（出力や発電方式による）は、運用開始前の使用前自主検査及び使用前安全管理審査が必要であるため、手続等を遵守するとともに適合状況を確認する。また、2020 年 7 月より、太陽光発電は出力 500kW 以上 2000kW 未満、風力発電は 20kW 以上 500kW 未満に対しても、事業者自らが技術基準適合性を確認し、その結果を国に届け出る「使用前自己確認制度」が開始されているため、本手続を行うとともに使用前自己確認において適合状況を確認することが必要である。出力 20kW 未満の風力発電設備を設置する場合は、運用開始前における風力発電設備の確認手続の義務はないが、運用開始後の事故などを未然に防ぐためには、出力の大小にかかわらず、発電設備の設計・施工が適切に行われたことを運用開始前に確認することが必要である。その他、出力 50kW 以上の自家用電気工作物の発電設備の運用にあたっては、電気事業法に基づき届け出た保安規程の内容を遵守する。
- ② ノンファーム型の系統接続では、一般送配電事業者又は特定送配電事業者から出力制御の要請を受けることがあるため、適切な方法により協力する。「出力制御の公平性の確保に係る指針（資源エネルギー庁、令和 4 年 4 月改定）」等を参照されたい。

(2) 発電設備の保守点検・維持管理

- ① 保守点検及び維持管理に係る実施計画（点検項目及び実施スケジュールを含む）を検討する。その際、関係法令及び条例の規定に従い、保守点検及び維持管理計画の策定及び体制の構築を行う。
- ② 廃棄物等については、関係法令や条例、自治体の指導等に従い、適切に処理する。
- ③ 万が一に備えて保険への加入について検討する。

【解説】

- ① 出力 50kW 以上の太陽光発電の場合や出力 20kW 以上の風力発電の場合、当該発電設備は自家用電気工作物に当たるため、「電気事業法第 42 条」に基づき保安規程の作成及び届出、電気主任技術者の選任が必要である。

長期安定的に発電事業を実施できるよう、事業の計画段階において、適切な保守点検及び維持管理計画を策定し、またその実施体制を構築することが望ましい。具体的に定めるべき事項としては、保守点検及び維持管理のスケジュール・人員配置・体制計画・範囲・方法・安全対策・記録方法等が挙げられる。電気事業法の規定により保安規程の届出義務がある場合、この保安規程を踏まえた保守点検及び維持管理計画を策定する。

実施体制の目安として、故障後 3 ヶ月以内の復旧を目途として修理が可能な体制とすることが適切である。

- ② 強風や洪水等の自然災害により破損を生じた発電設備を廃棄する場合、4.1.2 (2)で検討した方法に従って廃棄・リサイクルを行う。また、保守点検及び維持管理を行う事業者、施工事業者など、非常時に対応する可能性がある者に対し、事前に処理ルートの確認等を行う。
- ③ 保守点検及び維持管理に係る実施計画の策定及び体制の構築に関して、損害保険への加入は発電所の事故などによる損壊時の事業継続の備えとして有効である。また、第三者への損害

が万が一発生するような場合に備え、火災保険や地震保険、第三者賠償保険等に参加すること
も考えられる。

(3) 非常時の運用・管理

- ① 落雷・洪水・暴風・豪雪・地震等による再エネ発電設備の破損や第三者への被害をもたらす
おそれがある事象が発生した場合に備えて、非常時用の計画を作成する。
- ② 再エネ発電設備の事故発生時や異常等に速やかに対応できるように体制を構築する。
- ③ 再エネ発電設備に異常が生じた場合の措置は電気事業法等の規則に則る。
- ④ 事故が発生した場合、空港管理者に速やかに連絡し、空港運用や周辺地域に対する適切な処
置が行われるよう対応する。
- ⑤ 事故発生について「電気関係報告規則（昭和 46 年 6 月 15 日通商産業省令第 54 号）」の定め
に従い、関係機関へ事故報告を行う。
- ⑥ 再エネ発電設備の破損、事故等が発生した場合は、その原因究明と再発防止に努める。

【解説】

- ① 事故が発生した場合、第三者への被害が拡大することを未然に防ぐため、発電事業者は自
らの安全を確保しながら、直ちに発電（運用）状況を確認した上で、可能な限り速やかに現地
を確認し、再エネ発電設備の損壊、飛散、感電のおそれがないことを確認するように努める。
具体的な対応方法については、民間団体が作成したガイドラインを参考にするとう有益であり、
専門知識のある者が自らの安全を確保し、適切に対処することが望ましい。
- ② 再エネ発電設備の事故発生、運用停止、発電電力量の低下などの事態が発生した時の対応
方針を関係者間で事前に定め、発生時に関係者との連携が円滑に実施できる監視体制や即応体
制を構築する。
- ③ 再エネ発電設備に異常が発見された場合、速やかに対応するとともに、公衆安全に影響が
ないように適切に対処する。万が一にも、地域への被害が発生した場合は、自治体や地域住民
に連絡するとともに被害を最小限に抑えるように措置を講じることが必要であり、被害に対す
る損害賠償責任を負う場合には、適切に対応を行う。
- ④ 空港内で事故が発生した場合、空港内及び航空機運航の安全確保の観点から、「空港制限区
域安全管理規定」（空港機能管理規定（セイフティ編）に基づき各空港で制定）、「空港供用規
定」等に従い、速やかに空港管理者に報告し、現地確認の上必要な対応を行い、被害拡大防止
に努める。空港駐車場等は、一般旅客が自由に出入りする場所であり、空港管理者が定めるタ
ーミナルビル火災等の対処方法に準じて対応する。空港周辺地域で発生した場合は、地域と連
携し、周辺地域への影響を最小限とするよう適切に対応する。
- ⑤ 発電事業者は電気関係報告規則の定めに従い、事故報告に該当する場合は、関係機関に事
故報告を行う必要がある。電気関係報告規則に基づく事故報告は、感電死傷や電気火災、第三
者への損害、発電設備等電気工作物破損などの事故発生を知った時から「24 時間以内に事故
の概要（速報）」について、「30 日以内に事故の詳細（詳報）」について、発電設備の設置場所
を管轄する産業保安監督部長に報告する必要がある。なお、2021 年 4 月より、10kW 以上
50kW 未満の太陽光発電と 20kW 未満の風力発電についても、電気関係報告規則に基づく事故
報告が義務化され、その対象に追加されている。

- ⑥ 事故が発生した場合、発生年月、発生地域、事故種別、被害状況、被害箇所等を整理して事故の原因が設計、施工、運用等の何に起因しているかを調査し、再発防止策を検討する。経済産業省のホームページ「新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループ」では、過去に起きた再エネ発電設備の事故原因の究明や再発防止策を整理しており、また、
- （独）製品評価技術基盤機構（NITE）ホームページ「詳報公表システム」では、電気設備の事故情報を全国規模で集約して事故情報を公開しているので参考にされたい。

4.2 太陽光発電

4.2.1 一般事項

太陽光発電の導入を実施主体が適切に実行するため、遵守すべき事項及び関連法令や参照すべき事項などについて、実施計画段階、設計・施工段階、管理・運用段階ごとに必要な事項を記載したものである。

太陽光発電設備の設置検討の範囲を図 4-5 に示す。太陽光発電設備に係る主な許認可の手続きについて表 4-8 に示す。

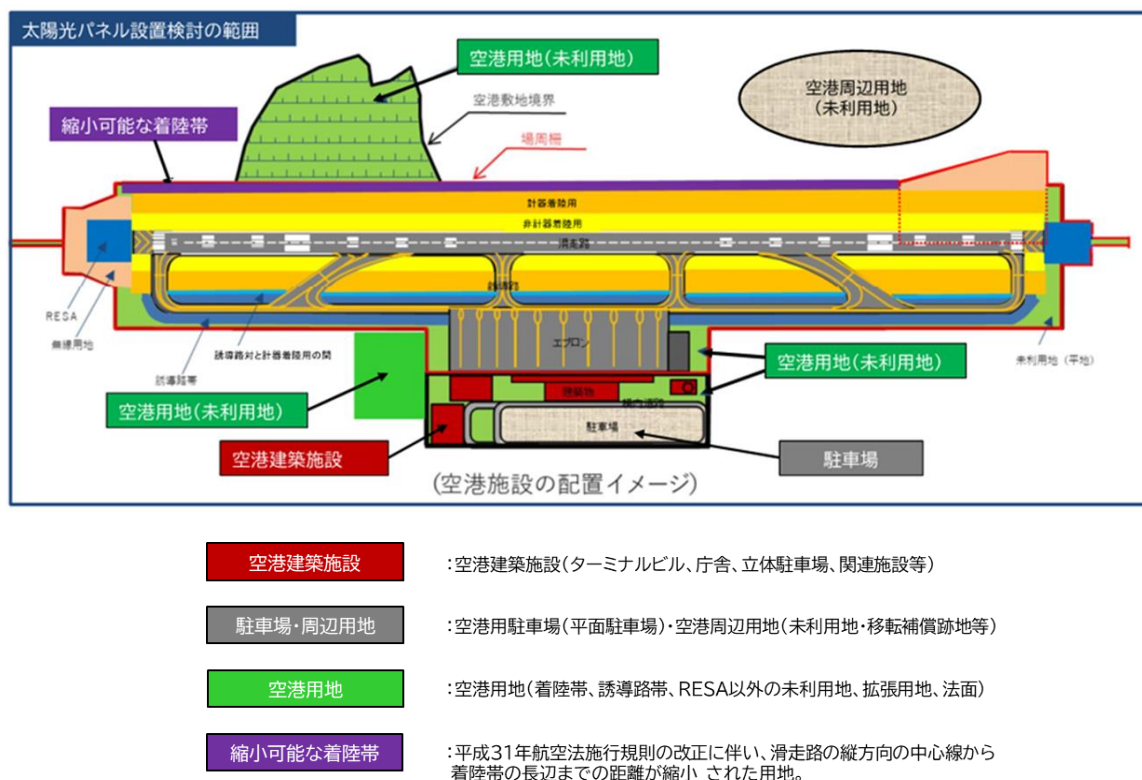


図 4-5 太陽電池パネルの設置検討の範囲

表 4-8 太陽光発電にかかる主な許認可手続きの一覧

許認可手続きの種類	事業化のフロー	
	計画～設計	設計～施工～完成～運転
工事計画の届出手続(電気事業法)		○
使用前自己確認の届出手続(電気事業法)		○
主任技術者の選任及び届出手続(電気事業法)		○
保安規程の届出手続(電気事業法)		○
使用前安全管理検査手続(電気事業法)		○
供給計画の届出(電気事業法)		○
建築確認申請(太陽光発電設備)(建築基準法)		○
消防法に基づく申請等(消防法)		○
農地転用許可手続(農地法・農業振興地域の整備に関する法律)	○	
森林における開発許可等手続(森林法)	○	
環境アセスメント(環境影響評価法)	○	
開発許可手続(都市計画法)	○	
土地の形質の変更に係る届出手続(土壤汚染対策法)	○	
埋蔵文化財包蔵地土木工事等届出手続(文化財保護法)	○	
土地売買等の契約届出手続(国土利用計画法)	○	
① 道路使用許可手続 ② 制限外積載許可手続(道路交通法)		○
道路の占用許可手続等(道路法)		○
道路法に基づく車両制限(道路法)		○
景観法等に基づく届出(景観法)	○	
宅地造成等規制法に基づく許可又は届出(宅地造成等規制法)	○	
砂防指定地における行為許可等(砂防法)	○	
急傾斜地崩壊危険区域内の行為許可(急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律)	○	
地すべり防止区域内の行為許可(地すべり等防止法)	○	
自然環境保全地域等における行為の許可又は届出(自然環境保全法)	○	
生息地等保護区の管理地区内等における行為の許可等手続(絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律)	○	
特別保護地区内における行為許可手続(鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律)	○	
史跡・名勝・天然記念物指定地の現状変更の許可(文化財保護法)	○	
遺跡等の発見報告(文化財保護法)		○
臨港地区内における行為の届出(港湾法)	○	
漁港の区域内の水域等における占用等の許可(漁港漁場整備法)	○	
騒音規制に関する届出手続(騒音規制法)	○	
振動規制に関する届出手続(振動規制法)	○	
空港周辺における建物等設置の制限(航空法)	○	
航空障害灯設置物件等の届出(航空法)		○
国有財産法の特例(航空法)	○	

4.2.2 太陽光発電設備の設置に関する検討手順

太陽光発電設備の検討手順を以下に示すとおり、実施計画段階、設計・施工段階、管理・運用段階において、空港運用の特性を踏まえつつ検討を行う必要がある。

推進計画では、空港施設における電力需要の可視化を行い、太陽電池パネルの設置場所の検討及び抽出をし、出力パターンを想定して需給計算を実施する。実施計画段階では、事業主体ごとに同様の電力需要の予測や出力パターンを検討するにあたって留意すべき事項について記載する。

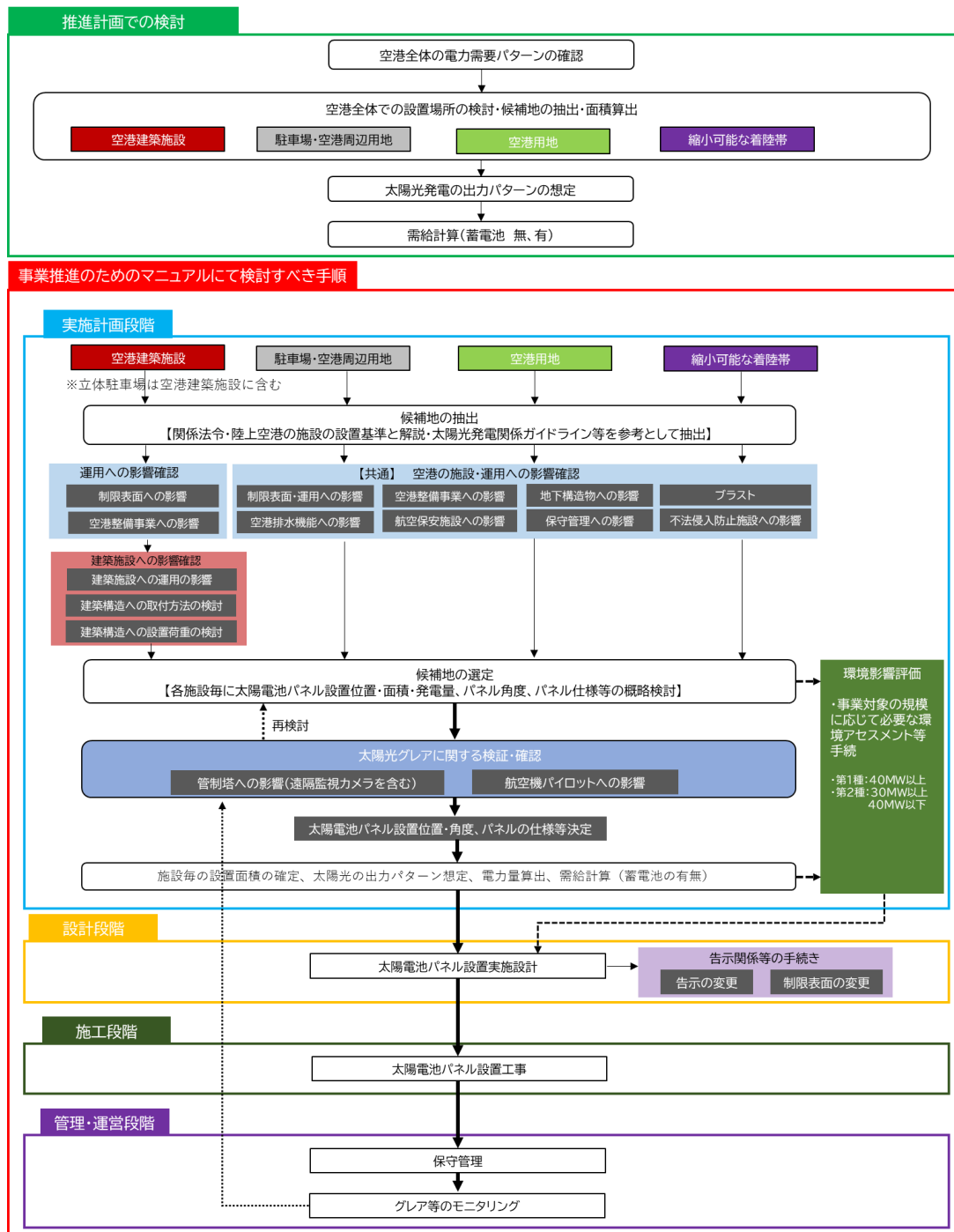


図 4-6 太陽光発電設備設置の検討手順

4.2.3 実施計画段階で留意すべき事項

- ① 太陽光発電設備の規模や設置場所について、各実施主体が関係者と調整を行う。
- ② 関係法令、陸上空港施設の設置基準と解説、太陽光発電関係ガイドライン等を踏まえ、太陽光発電設備の設置候補地、太陽電池パネルの仕様等について検討する。

【解説】

- ① ターミナルビルの屋根等への設置だけでは必要な電力量を確保することが困難なため、空港管理者等から用地を借用し太陽光発電設備等を設置することが想定される。その場合、施設の受電設備へ接続する必要があるため、送電ケーブル等の設置場所について関係者と必要な調整を行う。
- ② 空港用地や縮小可能な着陸帯・空港未利用地（法面等）については地上平置型、空港建築施設は屋根置型や壁面型、駐車場はカーポート型、調整池は水上型、設置場所毎に適した構造形式を選定することが望ましい。想定される主な構造形式とそれを設置する際の留意点について表 4-9 にまとめているので、参照されたい。

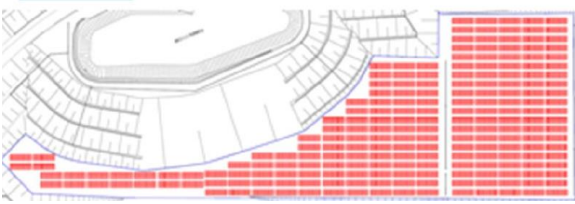
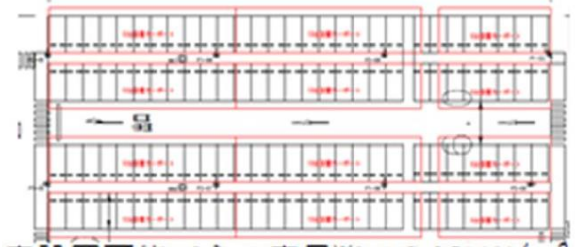
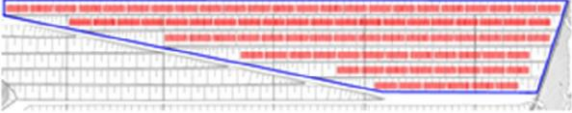
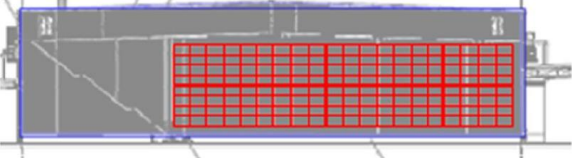
縮小可能な着陸帯については当該用地を着陸帯から外すことにより制限表面の高さ以下で太陽電池パネルを設置することも可能である。

太陽電池パネルの設置場所は、システム規模、コスト等を踏まえ選定する必要があり、以下の事項を総合的に勘案して選定することが望ましい。

- ・ 用地に関する留意点： 周辺環境、積雪、面積、塩害、雷害、整地の必要度、地盤状況、排水状況 等
- ・ 設備に関する留意点： 電気設備の状況、電力系統の状況、搬入経路、メンテナンス
- ・ その他留意点： 関連法規

設置場所の検討の際には併せて太陽光グレアに関する検証について検討する。

表 4-9 設置想定場所別の構造形式及びその留意点

地上設置	屋根設置
 【留意点】 ・誘導路帯、滑走路端安全区域、無線用地等、基準上課題がある箇所を避ける ・既存の工作物（地上・地下）や将来利用計画のある箇所を避ける 等	 【留意点】 ・屋根空間の効率的な配置となるよう、太陽光発電設備以外の機器や構造物との輻輳を避ける ・屋根が北向きの箇所は不向き ・太陽電池パネルを設置する屋根面の耐荷重等の検証が必要 等
駐車場（カーポート型）	法面
 【留意点】 ・支持物等の重量が大きいため立体駐車場への設置は構造上の検討が必要 ・支持物や基礎の配置により駐車スペースが減少する可能性がある 等	 【留意点】 ・急傾斜地※2においては、法面崩壊のリスクに対して法面保護等の安全確保策等の検討が必要 ・法面が北向きの箇所は不向き 等
調整池	壁面
 【留意点】 ・水位の変化が大きい場合や池の底が平らでない場合、フリースタイルが堤体や池の底に接触し破損する恐れがあるため、予め水位変化や水底地形について調査等が必要 ・太陽光発電設備の設置により生じる日陰が水質悪化の原因となる可能性もある 等	 【留意点】 ・既存の太陽電池パネルや支持物の場合、重量があるため、適切な構造計算を実施し、建築物本体に悪影響が出ないように考慮が必要 ・技術革新により設置可能場所の拡大の可能性あり ・垂直に設置するため発電効率が限定的 等

(1) 候補地の抽出

1) 資料調査

※「4.1.1 (2)候補地の抽出) 資料調査」を参照されたい。

2) 現地調査

① 資料調査により抽出した、太陽光発電設備の設置候補地について現地調査を行い、資料調査の結果と照合しながら用地の状況を確認する。

【解説】

① 太陽光発電設備の設置にあたっての重要な調査項目には、方角、傾斜度・向き、平坦度、陥没の有無、前面道路（幅員）、障害物の有無、隣地の利用状況、海岸からの距離、系統連系ポイントなどがある。「地上設置型太陽光発電設備の設計ガイドライン（NEDO、2019年4月）」を参照されたい。



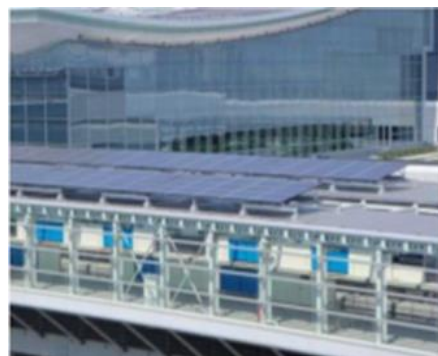
出典：地上設置型太陽光発電設備の設計ガイドライン



出典：傾斜地設置型太陽光発電設備の設計ガイドライン



出典：水上設置型太陽光発電設備の設計ガイドライン



出典：国土交通省「エコエアポート・ガイドライン」、平成26年3月より作成

図 4-7 太陽光電池パネルの設置例

(2) 空港施設・運用への影響

※「4.1.1 (3)空港施設や運用等への影響検討」を参照されたい。

1) 制限表面・運用への影響

① 航空法によって定められた制限表面に抵触しないよう留意する。

※各再エネ発電設備共通の内容については「4.1.1 (3)空港施設や運用等への影響検討」を参照されたい。

【解説】

① 空港用地の着陸帯付近に設置する場合は、太陽電池パネル支持物が制限表面に抵触する可能性があるため配置や高さ等について留意する必要がある。

2) 空港整備事業への影響

※「4.1.1 (3)空港施設や運用等への影響検討」を参照されたい。

3) 地下構造物への影響

① 太陽電池パネルの自重等が地下構造物へ影響を及ぼさないよう考慮する。

※各再エネ発電設備共通の内容については「4.1.1 (3)空港施設や運用等への影響検討」を参照されたい。

【解説】

① 太陽電池パネルの設置位置の計画においては、施設台帳等による既設埋設管情報を確認し、既設埋設管上を避けることが望ましい。

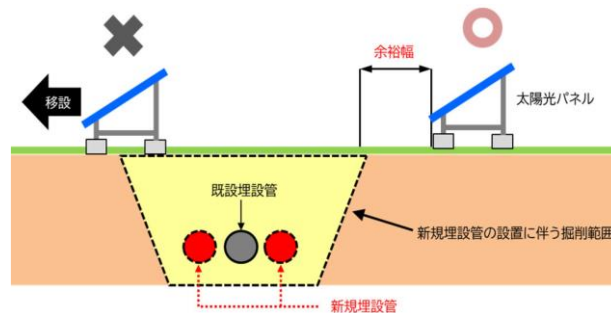


図 4-8 埋設物付近の余裕幅の設定イメージ

4) 空港排水機能への影響

- ① 太陽光発電設備は広い面積が必要となるため、空港排水施設への影響を抑える場合にはあらかじめ雨水排水設計を行う。

【解説】

- ① 排水設計については、「空港土木施設設計要領（施設設計編）（国土交通省航空局、令和3年4月改訂）」、「空港土木施設設計要領（構造設計編）（国土交通省航空局、平成31年4月）」、「傾斜地設置型太陽光発電設備の設計・施工ガイドライン（NEDO、2021年11月）」及び本マニュアルによる他、関連条例、規則に準拠するものとする。

5) 航空保安施設への影響

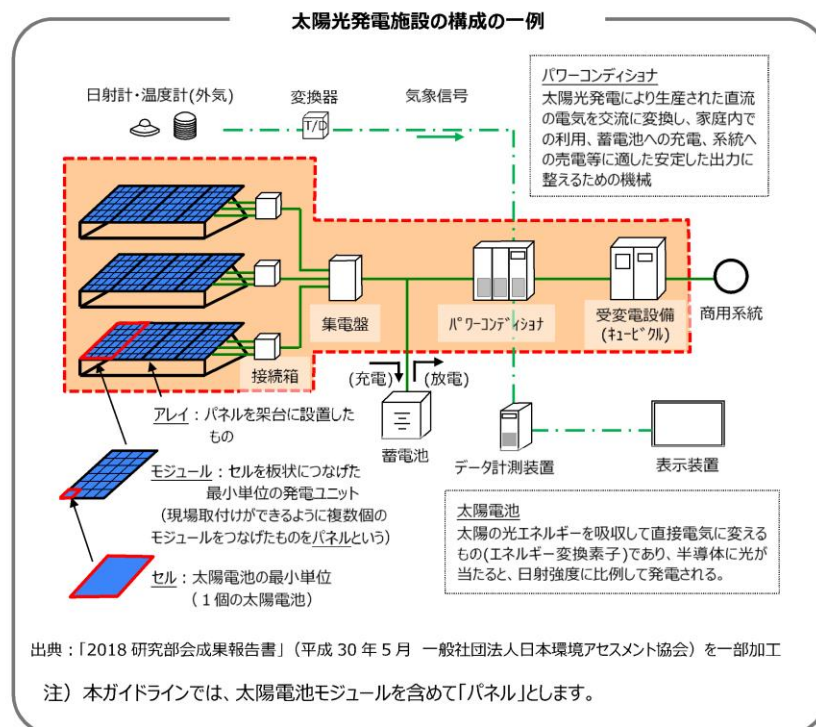
- ① 太陽光発電設備から重要施設へ電力供給する場合は電源の高い信頼性を確保する必要がある。

※各再エネ発電設備共通の内容については「4.1.1 (3) 空港施設や運用等への影響検討」を参照されたい。

【解説】

- ① 太陽光発電設備のケーブル敷設等による排水管路、幹線ダクト、通信ケーブル等への影響については、空港土木施設設計要領、航空灯火や航空無線等に関する指針・基準に準拠する。

太陽光発電設備等のケーブルとは、標準的な構成として以下のものを含む。



出典：環境省「太陽光発電の環境配慮ガイドライン」、令和2年3月

図 4-9 太陽光発電設備の構成の一例

6) 空港施設の維持管理への影響

- ① 太陽光発電設備の設置について、保守管理並びに維持管理について、日常の点検及びメンテナンス並びに更新整備等の作業性及び安全性等について考慮する必要がある。

※各再エネ発電設備共通の内容については「4.1.1 (3)空港施設や運用等への影響検討」を参照されたい。

【解説】

- ① 作業通路は、保守管理及び消火活動の機材に配慮して設置することが望まれる。「傾斜地設置型太陽光発電設備の設計・施工ガイドライン（NEDO、2021年11月）」を参照されたい。

7) 不法侵入防止施設への影響

※「4.1.1 (3)空港施設や運用等への影響検討」を参照されたい。

8) ブラストの検討

- ① 制限区域内に太陽電池パネルを設置する場合は、航空機のブラスト等の影響を考慮する必要がある。

【解説】

- ① 風及びブラストによる影響範囲は、当該区域の地域特性や、対象とする航空機の特性を踏まえ適切に設定する必要がある。

ブラストの速度圧は一般にエンジンからの距離に反比例して小さくなるが、エンジンの稼働状態によって大きく異なる。航空機のブラストの速度圧と距離の関係については、各航空機メーカーの Airplane Characteristics 等を参考に適切に設定する必要がある。詳細等については「空港土木施設設計要領（構造設計編）（国土交通省航空局、令和4年4月改訂）」を参照されたい。

9) 建築施設の運用への影響

- ① 屋上に太陽電池パネルを設置する場合、屋上業務への影響も考慮し設置検討する。

【解説】

- ① 屋上に設置されている既存の設備機器やアンテナ等を使用して行う屋上業務に影響が生じないように、太陽電池パネルの配置等に配慮する必要がある。

10) 建築施設への設置の検討

- ① 太陽電池パネルを設置する屋根面の耐荷重等の検証を行う。
② 消防活動に配慮した計画となるように努める。
③ 建築物の屋上に太陽電池パネルを設置する場合は、既存設備機器のメンテナンスやアンテナへの影響を考慮し、設置検討を行う。

【解説】

- ① 設置可能な太陽電池パネル面積の概略検討を行い、耐荷重等の検証結果により必要に応じて柱や梁上部に鉄骨を渡し荷重を分散させる等の対応を検討する必要がある。
- ② 太陽光発電設備を含む建物に火災が発生した場合、系統から発電設備を解列した場合でも、太陽電池パネルに光が当たることによって発電設備が発電することがあるため、消防隊員が消防活動時に感電する恐れがある。そのため、設備検討に当たり、消防活動用の通路を設置する等、消防活動に配慮した計画を行うことが適切である。なお、東京消防庁が自身の管轄区向けに指導書を公開しているため、検討時に当該文書を参照することが効果的である。
- ③ 建築物の屋上にはアンテナ、空調設備機器、配管等が設置されていることから、太陽電池パネルを設置する際は、これらの既存設備のメンテナンス性に影響を及ぼさないような配置を検討する。

(3) 候補地の選定

1) 各施設における太陽電池パネルの設置位置・仕様等の概略検討

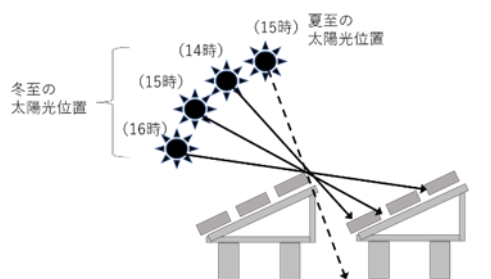
- ① 太陽電池パネルの候補地を選定し、太陽電池パネルの設置位置、面積、発電容量、太陽電池パネルの角度、太陽電池パネルの仕様等について概略検討を行う。

【解説】

- ① 太陽電池パネルの受光量は設置予定箇所の日射状況の他に、パネルの方位角や傾斜角によって変化する。発電電力量を最大化するには方位角は南中時の方位となり、傾斜角は地域に応じた最適傾斜角度（年間の積算日射量が最大になる傾斜角度）が基本となる。また、太陽電池パネル間の離隔は傾斜角の他に季節や時間によって変わる太陽光の位置も考慮した設計にすることが望ましい。

図 4-10 のように、太陽電池パネルの配置や角度によって夏至では前方パネルの影は後方パネルにかからないが、冬のころには後方パネルに影がかかることも考慮することが望ましい。

なお、日射量と方位角・傾斜角の関係は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の日射量データベース等で確認できる。



出典：黒川浩助・田中良・伊藤雅一「中規模・大規模太陽光発電設備」、2016年3月より作成

図 4-10 度とパネルの位置関係

2) 発電量の概略検討

- ① 電力供給先の施設における電力需要パターンと導入する太陽光発電設備の発電量を把握し、需給シミュレーションを行い、発電規模を決定する。
- ② 蓄電池の導入についても検討し、システム構成を決定する。

【解説】

- ① 電力供給先の施設における電力需要パターンを把握し、太陽光発電設備については、NEDOの日射量データベース等を活用した発電量シミュレーションを行う。その他の再エネ発電設備との組み合わせも考慮して、需要に対して供給が不足する場合は太陽光発電設備の拡大を検討し、需要に対して供給が過剰な場合、太陽光発電設備の縮小を検討して、発電規模を決定する。
- ② 蓄電池を導入した場合の需給シミュレーションを行い、太陽光発電の余剰電力が発生する場合には蓄電池の導入も計画することが望ましい。図 4-11 のように、i 昼間の電力需要を把握し、ii 太陽光発電設備による発電量を試算（日射量、パネルの枚数・角度等を設定して概算）することで、iii 電力需給のシミュレーション（i－ii）を行った結果、太陽光発電設備の発電量が電力需要を上回ることが分かれば、蓄電池の導入を検討し昼間の余剰電力を貯めて夜間に放電することも検討することが望ましい。また、蓄電池を太陽光発電含めた再エネの安定供給やエネルギーマネジメントに活用することも検討することが望ましい（「4.6 蓄電池」、「6.1 エネルギーマネジメント」を参照）。計画作成にあたっては、将来の技術革新や価格が下がることも想定して段階的な導入計画を作成する。

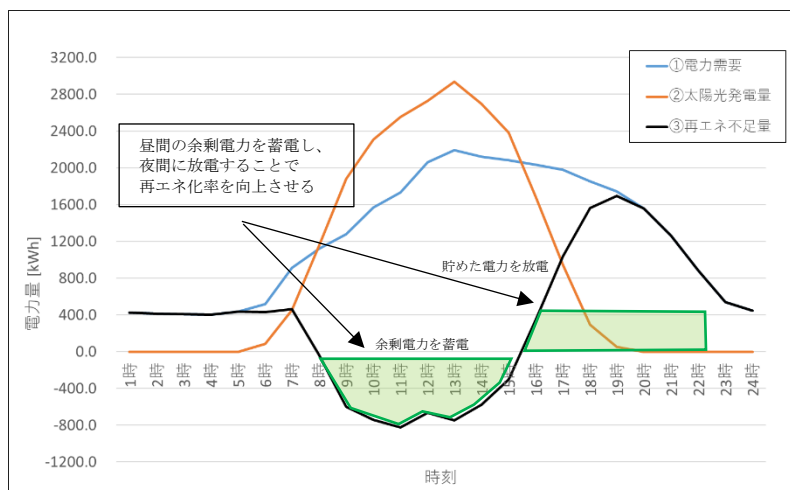


図 4-11 電力需給シミュレーション例

(4) 太陽光グレアに関する検証・確認方法

- ① 太陽電池パネルを設置する場合は、太陽電池パネルの反射光等による管制塔や航空機パイロットへの視覚的な影響（遠隔監視カメラを含む）について必要な検証等を実施する。

【解説】

- ① 太陽光発電パネルの反射光の影響を評価する方法の例としては、FAA が公表する SGHAT (Solar Glare-Hazard Analysis Tool) を活用する方法や太陽高度及び方位、管制塔、太陽光発電

パネルの位置関係により反射光の影響を簡易的にシミュレーションする方法等がある。検証の結果、影響がある場合は、反射光を分散または抑制するパネルを使用することやパネルの設置角度を変更する等の対応を行う。

太陽光発電パネルのグレアに関する承認方法の手順を図 4-12 に示す。

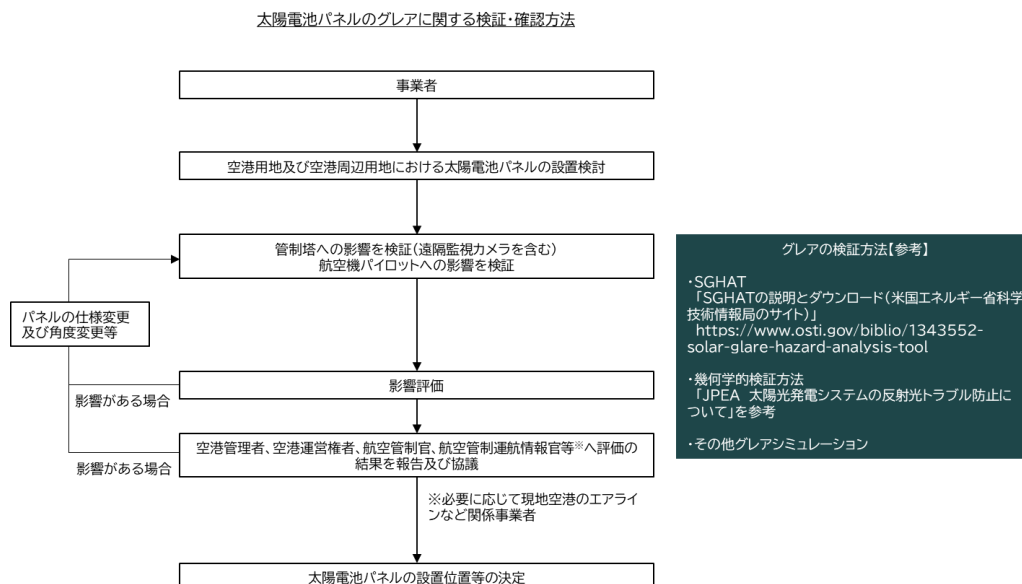


図 4-12 太陽電池パネルのグレアに関する承認方法の手順

SGHATについて

○空港における太陽光パネルのグレアの影響を評価するツールとして、FAAはDOE(米国エネルギー省)の協力を得て、SGHAT (Solar Glare Hazard Analysis Tool)を無料で公開してきた。
○このアプリはサンディア国立研究所が数年かけて開発したものであり、様々な太陽光パネルの表面の分析やテストデータ、モデル分析に基づき、以下の機能を有している。

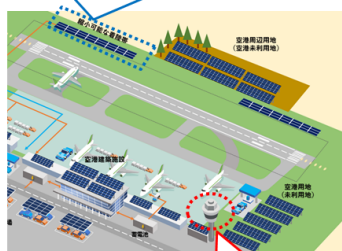
- いつ、どこでグレアが発生するかを定量的な評価（グレアによる潜在的な眼障害の予測）
- グレアを軽減するパネル設計の最適化(方位、角度)
- 連続的な飛行経路の反射光を評価する飛行経路ルート

○空港や周辺地形の緯度、経度、標高等のデータは、GoogleMapのインターフェースを通じて自動的に入力できるため、解析評価に要する時間は非常に短く、かつ、ケーススタディを容易に行うことができる。

【参考シミュレーション】

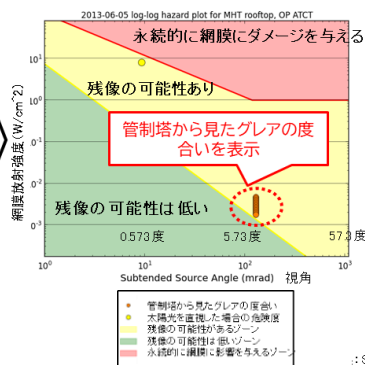
1. アプリにパネルの情報を入力

パネルの設置場所(設置エリア指定)、設置方位、設置角度、設置高さ、ガラスの種類等を入力

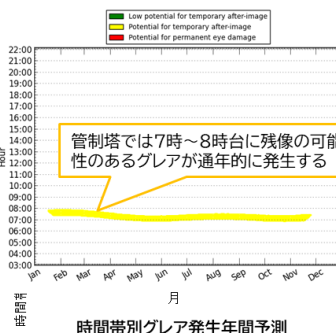


グレアの検証対象となる管制塔の管制卓の高さを入力

2. 解析結果を示すハザードマップが表示



3. グレアが発生する時間帯を確認



SGHAT_Users_Manual_v2G (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY)

出典：Clifford K. Ho, Cieran A. Sims, Julius E. Yellowhair 「Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT) User's Manual v. 2G」、2015 年 3 月

図 4-13 SGHAT による参考シミュレーション

幾何学的な検証(例)

太陽電池パネル面での反射光は、保護用のガラス等が原因であることから、直線反射(鏡で反射するときと同様、入射角＝反射角となり直進する性質の反射)の性質がある。
幾何学的な検証方法としては、夏至、冬至、秋分、春分の「太陽の方位・高度」から、入射角＝反射角の関係から反射光の方位と高度を算出し管制塔への影響の有無を確認する方法である。

【参考シミュレーション】

1. 太陽の位置と、パネル角度から入射角と反射角を算出

2. シミュレーション結果

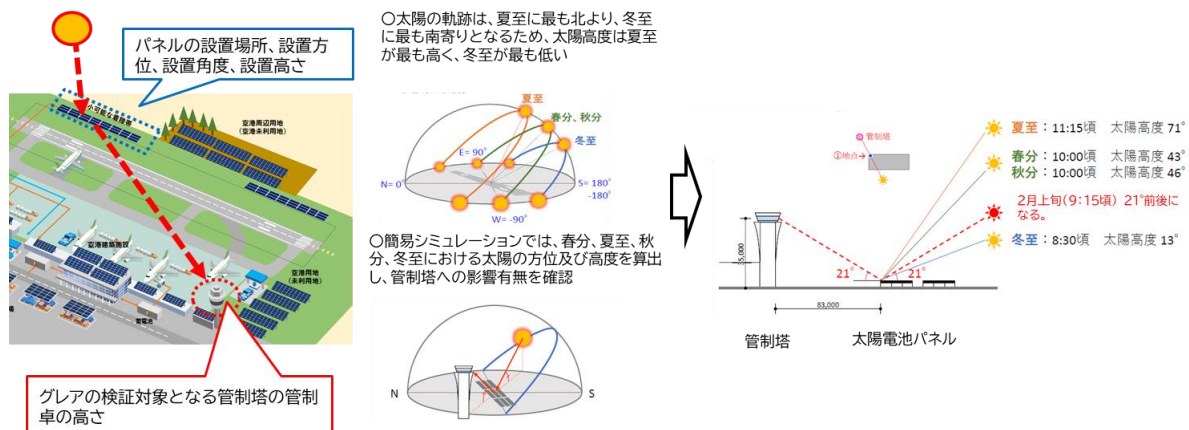


図 4-14 幾何学的な検証方法による参考シミュレーション

(5) 太陽電池パネルの設置位置等の決定

- ① 太陽光グレアに関する検証・確認後、太陽電池パネルの設置位置、角度、パネル仕様等の決定を行う。

【解説】

- ① 太陽電池パネルの最新の技術動向を調査して、設置場所・グレアでの検証結果、発電効率の選定要素から導入される空港に合ったパネルを選定することが望ましい。

(6) 各施設における電力量算出

- ① 決定した太陽電池パネルの設置条件をもとに、各施設における発電量シミュレーションを行い発電量の詳細を決定する。

【解説】

- ① 空港内の各施設において決定した太陽電池パネルの仕様や設置枚数、設置位置や角度を基に太陽光発電設備における発電量シミュレーションを行い、施設別の詳細な電力の需給パターンを確認する。

(7) 環境影響評価

- ① 関係法令及び条例に規定される必要な環境アセスメント等の手続を行う。
※各再エネ発電で共通して行う必要のある環境影響評価については「4.1.1 (4) 空港周辺環境への影響検討」を参照されたい。

① 環境影響評価は、以下の条例等を参考にする。

条例・ガイドライン	管轄機関	法的拘束力	対象規模等
地方公共団体の定める環境影響評価条例	各地方公共団体	あり	地方公共団体の定める対象要件による
太陽光発電の環境配慮ガイドライン	環境省	なし	環境影響評価法及び環境影響評価条例の対象とならない 10kW 以上の事業用太陽光発電設備

① 縮小可能な着陸帯の部分に太陽電池パネルの設置を行う場合、事前に航空法 43 条に関する告示変更の手続きを行い、当該用地を着陸帯から変更する必要がある。

① 告示変更の手続きは、以下の図 4-15 に示す手順で行われる。

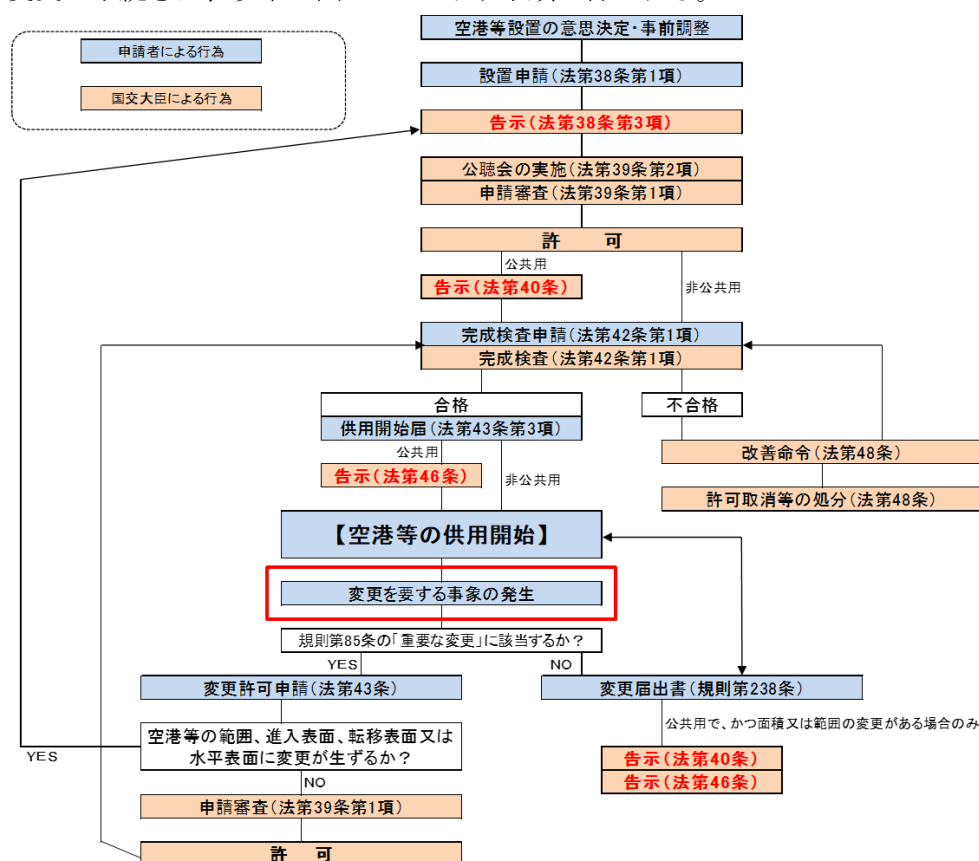


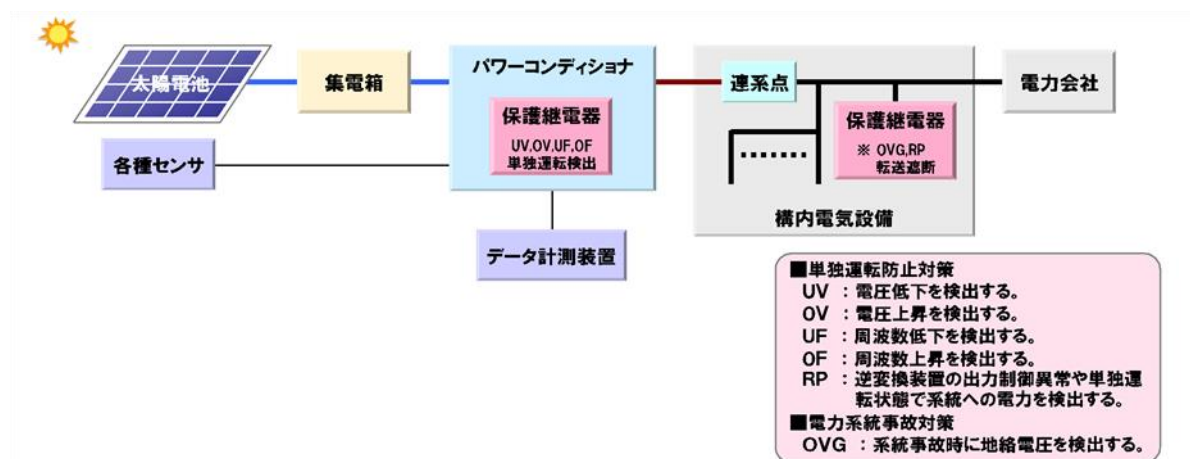
図 4-15 告示変更手続きの手順

4.2.4 設計・施工段階で留意すべき事項

(1) 太陽光発電設備の実施設計

太陽光発電設備の実施設計にあたり、用地に設置する場合と建築物に設置する場合について空港における設計上の留意すべき事項等を示す。

なお、一般的な太陽光発電設備は図 4-16 で構成されている。各構成要素については表 4-11 を参照されたい。



出典：稚内サイト・北杜サイト「大規模太陽光発電システム導入の手引書」、平成 23 年 3 月

図 4-16 太陽光発電設備の構成

表 4-11 太陽光発電設備の各構成要素

構成要素	概要
太陽電池	① 太陽電池セル 太陽光エネルギーを電気エネルギーに変換する機能を持つ基本構成素子。1 枚 100～150 mm角で発生電圧は約 0.5V（結晶系 Si）。
	② 太陽電池モジュール 太陽電池セルを直並列に配線し、パッケージングしたもの。
	③ 太陽電池パネル 太陽電池モジュールを直並列接続したモジュール群。
集電箱	複数の並列回路になった太陽電池出力を一つの回路として束ねる装置。サージアブソーバ、逆流防止ダイオード、配線用遮断器等で構成される。
PCS (パワーコンディショナ)	太陽電池により発電された直流電力を周波数・電圧の安定した交流電力に変換し出力する交流電源装置。インバータ部、制御回路部、連系保護装置部、接続箱機能（一部機能）等で構成される。
保護継電器	電流や電圧等の急激な変化から電気系統を保護するための装置。系統連系に必要な最低限のものは PCS に内蔵されているが、連系の種別によっては別途必要となる。
各種センサー	気象状態等をデータ化するもので、日射量計、外気温度計等がある。
データ計測装置	各装置の運転情報やセンサー情報を集積する装置。

出典：稚内サイト・北杜サイト「大規模太陽光発電システム導入の手引書」、平成 23 年 3 月

1) 太陽光発電設備の要求性能及び性能照査等

a) 太陽光発電設備の要求性能等

- ① 太陽光発電設備の規格等については、資源エネルギー庁の事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）等を参照する。
- ② 次世代パネルの導入については、可否を含め適切に判断する。
- ③ 自重、土圧、レベルー地震動、風荷重、雪荷重等の作用による損傷等が当該施設の機能を損なわず、継続して使用することに影響を及ぼさないこと。
- ④ 航空機の運航及び空港の施設の機能に支障を与えないこと。
- ⑤ PCS の性能や機能、接続先の空港施設の要件を踏まえ適切な機器を選定する。

【解説】

- ① 電技省令・電技解釈及び太技省令・太技解釈に加えて、具体的な設計方法や仕様については、JIS 等の規格及びこれらを解説した民間団体が作成したガイドラインや解説書等が参考となる。
- ② 新技術・新材料等が用いられた次世代パネルに関しては、既存製品の性能との比較により効果的となる強度特性、耐久性、維持管理の容易性等が十分に発揮できるかを検討し、併せて次世代パネルが導入される際の要件を考慮し、導入の可否を適切に判断する。詳細等については「地上設置型太陽光発電設備の設計ガイドライン（NEDO、2019 年 4 月）」を参照されたい。

- ③ 太陽電池アレイ用支持物及び基礎に対する作用は「陸上空港の施設の設置基準と解説（国土交通省、平成 31 年 3 月）」を参考にすることができる。なお、固定荷重は、太陽電池モジュールの質量と支持物の質量の総和とする。また、支持物に PCS、配線、その他の機器などが固定されている場合には、それらの質量も加算する。

太陽電池アレイ用支持物の設計用風圧荷重は、パネルに作用する風圧荷重と支持物構成材に作用する風圧荷重の両方について考慮する。パネルの風圧荷重はモジュールの面に垂直に作用し、支持物構成材の風圧荷重は水平に作用することとしてもよい。なお、太陽電池アレイ面の受風面積は、モジュールの周囲に付けられる部材を含む面積とする必要がある。

冬期に地盤が凍結する寒冷地において太陽電池アレイ支持物及び基礎を設置する時には、凍上を防止するための有効な措置を講じる。

詳細等については「地上設置型太陽光発電設備の設計ガイドライン（NEDO、2019 年 4 月）」、「傾斜地設置型太陽光発電設備の設計・施工ガイドライン（NEDO、2021 年 11 月）」を参照されたい。

- ④ 実施計画段階において空港の施設・運用への影響を確認し、航空機の運航に影響を与えないよう留意する必要がある。航空機の運航へ影響及び空港の施設の機能に影響がある場合、太陽光発電設備または空港の施設の改修等を行う必要がある。
- ⑤ PCS については、太陽電池パネルの配置計画が完成した後、発電シミュレーションを行い選定する。小出力太陽光発電用（20kW 未満）の PCS については、JIS C 8980 や財団法人電気安全環境研究所（JET）認証試験により、製造時の性能や使用、系統連系時の機能と安全性能試験法について記載されている。一方、20kW 以上の発電規模に用いられる PCS については、

JIS 規格等が制定前の段階であるため、導入時の基準を確認する他、求める出力が可能な PCS に関する技術動向を確認することが望ましい。一般に再エネ発電設備を系統連系する際に要求される電圧変動（交流）と空港施設の無停電電源装置（UPS）に求められる要件を、にまとめた。通常、太陽光発電等で発電した電力は系統接続して電力会社へ売電されるため、電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドラインの性能を満足するものとなっている。太陽光発電の出力が低圧の場合、PCS の性能は $200 \pm 20V$ であり、空港施設の UPS に求められる性能（ $189 \sim 231V$ ）よりも電圧の変動範囲が大きいため、要求電圧に合わせた電力供給が可能である。一方、太陽光発電の出力が高圧や特別高圧の場合、変圧器を用いることで要求電圧に合わせた電力供給が可能になる。このように、太陽光発電の出力規模等を確認し PCS を設計することが望ましい。

表 4-12 空港施設で求められる PCS の性能

系統の種類	力率	電力品質確保に係る系統連携技術要件ガイドラインに示された電圧変動（交流）	無停電電源装置（UPS）に求められる要件 交流入力電源瞬時変動範囲（ $189V \sim 231V$ ）
低圧	85%以上	100V： $101 \pm 6V$ 200V： $202 \pm 20V$	電圧変動の下限値を下回る可能性があるため要検討
高圧	85%以上	低圧需要への標準電圧 100V： $101 \pm 6V$ 200V： $202 \pm 20V$	変圧器で要求電圧に合わせて供給可能
特別高圧	85%以上		変圧器で要求電圧に合わせて供給可能

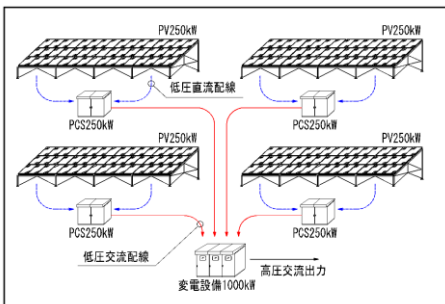
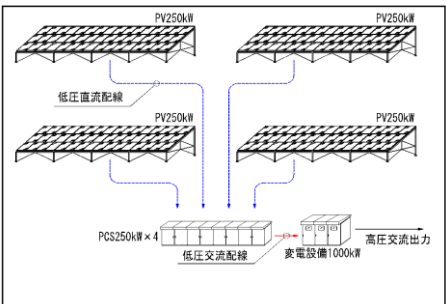
出典：国土交通省航空局「無停電電源装置共通仕様書」、令和4年3月31日

表 4-13 電気事業法による電圧種別（参考）

系統の種類	定格出力	交流電圧	直流電圧
低圧	50kW 未満	600V 以下	750V 以下
高圧	50kW 以上	600V 超、7,000V 以下	750V 超、7,000V 以下
特別高圧	2,000kW 以上	7,000V 超	7,000V 超

PCS の配置方式には、分散配置方式と集中発電方式がある。各方式の概要を表にまとめた。空港施設への導入にあたっては、カーボンニュートラルに向けた導入計画や、発電規模と送電ロス、維持管理と故障リスク等を考慮して PCS を選定することが望ましい。

表 4-14 PCS の配置方式

配置方式	分散配置	集中配置
配置例		
メリット	・ 設計変更のある場合や増設する場合	・ 電力ロスの多い低圧交流配線が少な

	合、個々に機器設置を行うことができる ・ 事故や機器故障時に故障点を切り離しやすい	いため、分散配置と比較すると発電効率が高い ・ PCS の台数が少なく経済性や維持管理面で優位 ・ 容量の大きい大型 PCS を使用するため kW 当たりの機器コストを抑えられる
デメリット	・ 低圧交流配線が多く、集中配置に比べて発電効率が低い ・ PCS の台数が多いため、設置費がかかり経済性が低い	・ 故障時の発電ロスが大きい

出典：稚内サイト・北杜サイト「大規模太陽光発電設備導入の手引書」、平成 23 年 3 月より作成

b) 太陽光発電設備の性能照査等

- ① 太陽光発電設備を構成する支持物及び基礎の性能照査に当たっては、設計供用期間中に当該施設が置かれる状況を考慮して、次の事項を行うことを基本とするものとする。
 - ・ 当該施設が置かれる自然状況等を考慮して、作用を適切に設定する。
 - ・ 主たる作用と従たる作用が同時に生じる可能性を考慮して、作用の組み合わせを適切に設定する。
 - ・ 材料の特性、環境作用の影響等を考慮して、材料を選定するとともに、その物性値を適切に設定する。
- ② 管路等の設計にあたっては、各種関連施設を考慮し、合理的かつ経済的な経路及び工法を選定する。

【解説】

- ① 同時に作用する可能性がある作用のうち、構造物に影響を与える主要な作用を主たる作用として、それ以外の作用を従たる作用としている。
 - ・ 主たる作用とは、自重、土圧、環境作用等、設計供用期間中に常に生じるものと想定される作用としている。
 - ・ 従たる作用とは、主たる作用と組み合わせて同時に考慮すべき主たる作用以外の全ての作用としている。
- ② 維持管理に要するコストや手間も勘案し、確実かつ適正に維持管理することが可能な工法を選定する。

2) 設置用地に関する留意事項

- ① 空港用地内の平地や法面、空港周辺用地の平地や法面等へ太陽光発電設備を導入する場合、排水施設への影響や地盤の安定性等への影響を与えないよう必要な設計を行う。
- ② 冬期に地盤が凍結する寒冷地において太陽電池パネル架台を設置する場合には、基礎底板を凍結深度より深い位置に設置することに留意する。
- ③ 制限区域内に設置する場合は、航空機のブラストの影響に留意した構造とする。
- ④ 空港周辺用地においては、関係法令及び条例の規定に従い土地開発の設計を行う。

⑤ 効率的な維持管理が行えるよう配慮した設計を行う。

【解説】

- ① 空港用地内の平地や法面などへ太陽光発電設備を導入する場合は、排水施設への影響や法面、地盤の安定性等への影響を与えないように配慮した設計を行う。

排水計画については、完成後だけでなく施工時を対象として、濁水の流出が生じないよう環境面からの検討を加える必要がある。排水計画流量の算定にあたっては、太陽電池パネルの用地内だけでなく、周辺の地形を考慮して適正な流域の設定、降雨強度、太陽電池パネルや地表面の状態を考慮した適正な流出係数の設定が重要となる。一般に、地表面を舗装していない場合、降雨は地盤内に浸透することから流出係数は $C=0.5\sim0.8$ 程度であるが、太陽電池パネルを設置した場合、太陽電池パネルに降雨は浸透しないため流出係数は $C=1.0$ となることに留意が必要である。また、太陽電池パネルからの雨垂れによる地表面侵食についても適切に考慮する必要がある。

空港の排水施設は集水施設、送水施設等を含む場内排水施設と調節池等を含む場外排水施設に分けられる。空港の排水計画においては、場内排水施設と場外排水施設の両者を対象として、滑走路、誘導路などの基本施設の配置を考慮した流域区分に基づいて、場内排水施設の排水系統を設定され、場内からの排水を流末河川までに適切に導けるよう場外排水施設の排水系統が設定されている。したがって、太陽電池パネルを設置した箇所だけの確認ではなく、その下流（放流先）まで通水量の確認を行い、流出量が通水量を超えた場合には効果的・経済的な配置となるよう排水施設の設置場所について見直しを行う。詳細等については、「空港土木施設設計要領（施設設計編）（国土交通省航空局、平成 31 年 4 月）」、「傾斜地設置型太陽光発電設備の設計・施工ガイドライン（NEDO、2021 年 11 月）」を参照されたい。

空港周辺用地において、自然の傾斜地形や、盛土・切土により造成した法面に設置する場合は、地滑りや法面の崩壊による太陽光発電設備倒壊等により周辺の社会基盤や家屋等に影響を与えないように配慮した設計を行う。

太陽光発電設備の供用期間に限定せず、その先長期間にわたって造成地盤の安定性を確保する必要があるため、維持管理に要するコストや手間も勘案し、确实かつ適正に維持管理することが可能な工法を選定する必要がある。詳細等については「地上設置型太陽光発電設備の設計ガイドライン（NEDO、2019 年 4 月）」を参照されたい。

- ② 基礎が「凍結深度」より浅いと凍結と融解の繰り返しで基礎が歪んだり変位したりする懸念があるため、基礎底板を凍結深度より深い位置に設置することに留意する。または、凍上を防止するためのその他の有効な措置を講じる。詳細等については「地上設置型太陽光発電設備の設計ガイドライン（NEDO、2019 年 4 月）」を参照されたい。
- ③ 航空機のブラストに関しては、対象空港に就航している航空機のうち最も強いブラストを設計条件とする。なお、ブラストの強さは航空機の動線と太陽電池パネルの設置位置との距離を考慮して検討する。
- ④ 滑走路と平行して設置される矩形の太陽電池パネルの場合、実施主体は誤侵入防止について、空港管理者等と協議する必要がある。また、土地や地域の状況に応じた、防災、環境保全、景観保全に配慮した適切な土地開発の設計を行うように努める。

- ⑤ 日常の維持管理などで点検頻度が高い設備廻りや太陽電池パネルの更新工事等が発生することが予想される設備の周囲では、ケーブルの保護や防草処理などの対策を講じることが望ましい。

また、著しく腐食した場合の対応など、効率的な維持管理を行うため、主要な部材の容易な交換ができるようにしておくことや太陽電池パネル下の空間を確保しておくこと等を考慮して設計することが望ましい。

3) 建築物に設置する場合の留意事項

- ① 保守点検及び維持管理の際に必要な作業を考慮した設計を行うように努める。
- ② 建築物の屋上に設置する場合は、太陽電池パネル架台の設置に伴う雨水等の漏水を防ぐため、防水処理を検討する。
- ③ 建築物の屋根や屋上に太陽光発電設備を設置する場合、「建築基準法（昭和 25 年法律第 201 号）」の定めに従い、設置後の建築物（当該発電設備を含む。）が建築基準関係規定に適合するように設計する。〔再エネ特措法施行規則第 5 条第 2 項第 1 号、第 5 条の 2 第 3 号〕
- ④ 空港内の駐車場にカーポート型の太陽光発電設備を設置する場合は、旅客や従業員等の安全性や利便性に十分配慮した構造とする。
- ⑤ 「太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算出方法（JIS C 8955）」を参考に空港の立地特性を踏まえ、適切な荷重条件（地震、風、積雪等）により架台等の構造設計を行い、建築基準法への適合確認を行う。
- ⑥ 構造計算を行い、建築物に太陽電池パネルや架台が設置されることによる影響を検討する。

【解説】

- ① 設計の段階で適切かつ円滑な保守点検及び維持管理が実施できるよう考慮することが適切である。特に、太陽光発電設備の設計者と保守点検及び維持管理を行う事業者が異なる場合、保守点検及び維持管理のための十分な通路やスペースが確保されていない設計がなされ、運用開始後に保守点検及び維持管理に支障をきたすケースが報告されている。このため、設計段階から保守点検及び維持管理を行う事業者による設計のチェックを行う等により必要なスペースを十分に確保し運用開始後に適切な保守点検及び維持管理が可能となるよう設計を行うことが求められる。
- ② 建物の屋上に設置する場合は、太陽電池パネル架台を取付けるための独立基礎を設置するため、屋上の防水層を一旦撤去するなど、必要に応じて防水層の改修を検討する。また、重ね式の折板屋根に設置する場合は、折板に穴を空け架台を固定することから、防水仕様の専用固定金物もあるため、採用について検討が必要である。
- ③ 電気事業法に加えて、建築物の屋上に当該建築物に電気を供給する太陽光発電設備を設置する場合は、建築基準法の定めに従って設置することが求められ、当該設備設置後の建築物は、建築基準関係規定に適合することが求められるため、建築基準法関連の指針などを参考にし、基準に適合した設計を行う。
- ④ 空港内の駐車場へのカーポート型の太陽光発電設備の設置では、大型の荷物を運搬する空港利用者の特性を踏まえ、車室の周囲に十分なスペースを確保した設計を行うことが求められる。

る。また、積雪寒冷地ではカーポートへの積雪荷重を考慮した構造の検討に加えて除雪方法や落雪の方向についても検討を行う必要がある。

- ⑤ 架台の構造設計については「太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算出方法(JIS C 8955)」に記載されており、地上又は建築物等に設置する太陽光発電設備を構築する支持物の許容応力度設計のための荷重の算出方法について規定されており、表 4-14 や表 4-15 に示す荷重を考慮する必要がある。ターミナルビルなどの建築物に設置される太陽光発電設備は、JIS C 8955 のほか建築基準法の規定を満たす必要がある。計算の詳細は、JIS C 8955 を参照とする。なお、外壁面設置では、垂直面設置の規定がないため、構造要件を設置者で定める必要がある。

表 4-15 支持物に加わる荷重

想定荷重	内容
固定荷重 (G)	モジュール、支持物などの質量を含め恒久的に加わる荷重
風圧荷重 (W)	モジュール、支持物などに作用する風圧力による荷重
積雪荷重 (S)	モジュール表面の積雪による荷重
地震荷重 (K)	支持物に作用する水平地震力

出典：日本工業規格 JIS C 8955「太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算出方法」より作成

表 4-16 荷重条件と荷重の組合せ

荷重条件		区分	
		一般の地方	多雪地域※
長期	常時	G	G
	積雪時		G+0.7S
短期	積雪時	G+S	G+S
	暴風時	G+W	G+W G+0.35S+W
	地震時	G+K	G+0.35S+K

※多雪地域は、JIS C 8955 6 の c)による垂直積雪量が 1m 以上の区域、または積雪の初終間日数の平均値が 30 日以上区域

出典：日本工業規格 JIS C 8955「太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算出方法」より作成

- ⑥ 太陽光発電設備を建築物に設置する場合は構造計算を適切に行い、当該建築物に求める耐震性能等、構造への影響を確認し、必要に応じて構造補強を検討する必要がある。

(2) 太陽光発電設備の設置工事

- ① 工事の実施にあたっては、航空機の運航の安全確保と工事の安全管理について留意する。
- ② 電気事業法の規定に従い、検査等を適切に実施し、電気事業法に基づく技術基準に適合しているか確認する。

【解説】

- ① 太陽光発電設備の設置工事においては、空港土木工事共通仕様書、制限区域内工事実施指針に基づき適切に工事を行う。当該工事の実施に伴う航空機の運航制限が最小限になるよう努める。
- ② 電気事業法の規定に従い、出力 2,000kW 以上の太陽光発電設備対象の運転開始前の検査（使用前自主検査）を適切に実施する。使用開始前自主検査は、その結果を記録、保管する必要がある、検査終了後安全管理審査を受審する。また、出力 500kW 以上 2,000kW 未満の太陽光発電設備対象の運転開始前の確認（使用前自己確認）については、検査終了後、その結果を国に届け出る。なお、電気事業法で検査義務がないものについても、自主的に電気事業法に基づく技術基準に適合しているか確認する〔再エネ特措法施行規則第 5 条第 2 項第 1 号〕。電気事業法（及び建築基準法）における技術基準適合義務は、太陽光発電事業者に課せられているため、事業者自らの責任において技術基準に適合しているかを確認する。

なお、2016 年 8 月より、出力 500kW 以上 2,000kW 未満の太陽光発電設備に対しても、事業者自らが技術基準適合性を確認し、その結果を国に届け出る「使用前自己確認制度」が開始されているため、本手続を行うとともに使用前自己確認において適合状況を確認する。出力 500kW 未満の太陽光発電設備を設置する場合は、運転開始前における太陽光発電設備の確認手続の義務はないが、運用開始後の事故などを未然に防ぐためには、出力の大小にかかわらず、発電設備の設計・施工が適切に行われたか、運用開始前に確認を行うことが望ましい。

4.2.5 管理・運用段階で留意すべき事項

(1) 発電設備の運用

- ① 太陽光発電設備全体が、供用期間内にわたってその設置目的・機能、要求性能が維持されるよう、予め維持管理計画を作成した上で維持管理を行う。太陽光発電設備の維持に関する作業（除草剤の散布等）の実施にあたっては、周辺住民や周辺環境に影響が及ぶことがないよう努める。

【解説】

- ① 植物等による日照障害については、伸びた雑草の影が太陽電池にかかることで、発電量の低下につながるだけでなく、太陽電池パネル上に部分的な日陰が発生することによりホットスポット（太陽電池パネル内が局所的に熱をもつ現象）が発生し安全を損なうおそれもある。

この対策として除草作業を行う場合、特に周辺環境への影響を考慮し、農地や水源の地域では可能な限り除草剤等の薬剤を使用しないこと、また除草剤を使用する場合でも除草剤等の薬剤が周囲へ飛散するおそれがないよう配慮する必要がある。

除草剤等の薬剤を使用する場合においては、ダイオキシン類や土壤汚染対策法で定められる特定有害物質を含まないことなど周辺土地への影響を与えない薬剤を選択することや、実施前

に地域住民へ説明、周知するなどの配慮が求められる。草刈りを行う場合には、作業者が誤ってケーブルを切断した場合、作業者が感電や負傷するおそれもあるため、ケーブルを切断しないように十分に気をつけて草刈りの作業を行う必要がある。さらに、刈草が周囲に飛散しないような配慮も求められる。

(2) 発電設備の管理

1) 発電設備の管理

① 定期的に太陽電池モジュールを検査する。

【解説】

- ① 焦げ跡、ひずみ、スネイルトレイル、ガラスとフレームとの間のすき間又は分離、変色、はく離、ガラスの破損などの欠点がないか、泥の付着又は動物の糞等による過度の汚損がないか、定期的に検査する。

日常の維持管理などで点検頻度が高い設備廻りや重大な修繕作業が発生することが予想される設備の周囲では、地中埋設とし、除草や除雪作業にあたって障害が発生する可能性が高いと考えられる箇所については適宜対策を講じることが望ましい。

2) 非常時の管理・運用

※「4.1.3 (3)非常時の運用・管理」を参照されたい。

(3) グレア等のモニタリング

- ① グレアにより、管制塔や航空機パイロット（遠隔監視カメラを含む。）への視覚的な影響について報告された場合、グレアによる影響を確認し、太陽電池パネルの角度変更など適切に対応する必要がある。

【解説】

- ① 太陽電池パネルのグレアにより、管制塔や航空機パイロットへの視覚的な影響があった場合、太陽電池パネル設置事業者において、グレアの再検証等及び原因の解明を行い、空港管理者等へ報告する必要がある。

太陽光電池パネル設置事業者は、図 4-6 に示すとおり、設計段階におけるグレアに関して再確認・再検証を行い、太陽電池パネルの設置位置、角度、仕様等の対策を行う必要がある。

4.2.6 将来動向への対応

新技術・新材料等の次世代の太陽電池パネルに関しては、既存製品の性能との比較により、導入に際し必要となる要件を考慮して、強度特性、耐久性、維持管理の容易性等が十分に発揮できるか検討し、導入の可否を適切に判断する。

(1) 新技術

① 太陽電池パネルの新技術として、ペロブスカイト太陽電池、軽量化太陽電池、路面型太陽電池を紹介する。

【解説】

1) ペロブスカイト太陽電池

軽量性・柔軟性を持つ構造のため、構造強度の弱い屋根や曲面の屋根など、既存製品では設置出来なかった場所への導入が期待される。



図 4-17 ペロブスカイト太陽電池（例 1）

出典：積水化学工業株式会社

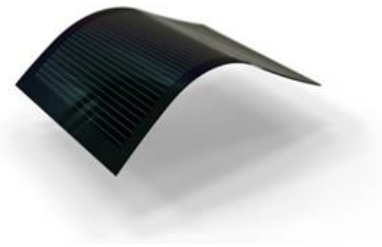


図 4-18 ペロブスカイト太陽電池（例 2）

出典：東芝エネルギーシステムズ株式会社

2) 軽量化太陽電池（仮称）

軽量化・薄型を実現することで、構造強度の弱い屋根や曲面の屋根など、既存製品では設置出来なかった場所への設置導入が期待される。



出典：京セラ株式会社

図 4-19 軽量化太陽電池

3) 路面型太陽電池（仮称）

限られた道路空間を有効活用するため、太陽電池を組み込んだ道路舗装システムの技術開発、活用が国内外で進められている。

① 路面型太陽電池の活用モデルの一例

図 4-20 に示すイメージのように、路面型太陽電池で日中発電した電力は蓄電池（取り出し可能）に充電され、夜間に利用されることが想定される。



図 4-20 路面型太陽電池の活用モデル

② 路面型太陽電池の実証実験

以下の図 4-21 に示す通り、発電量や耐久性等について試験が実施されている。

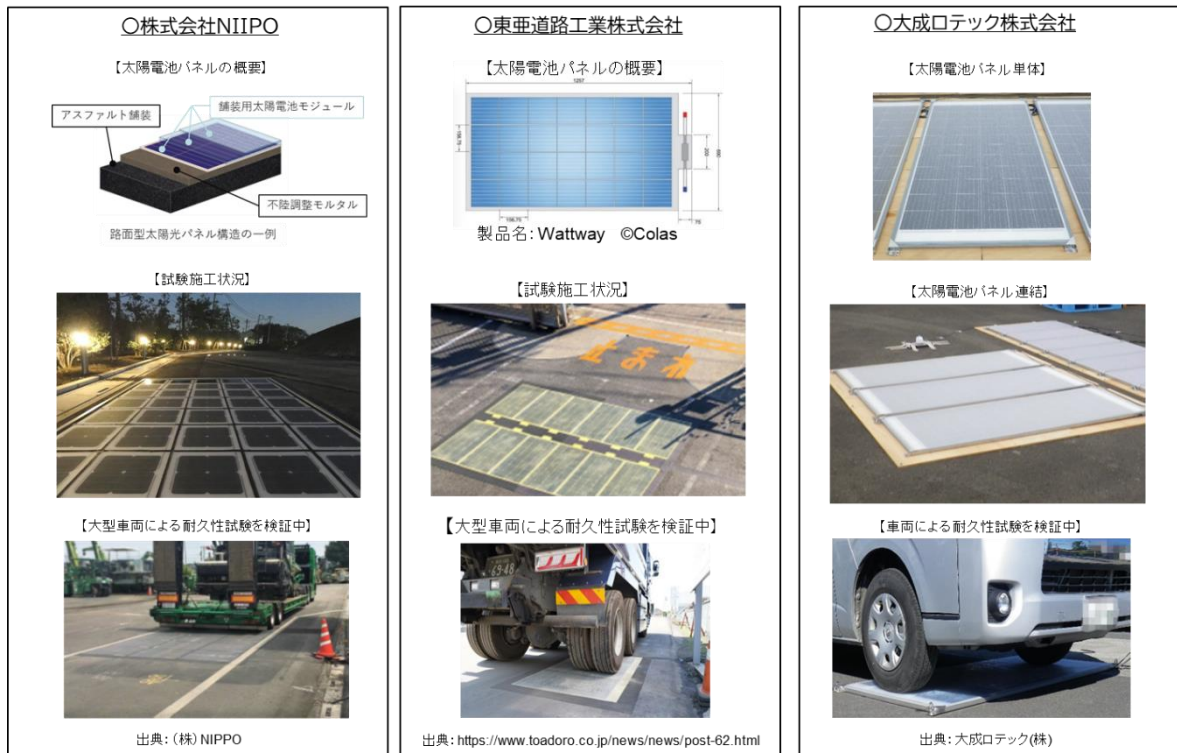


図 4-21 路面型太陽電池の試験事例

(2) 将来に向けた検討について

1) 今後の太陽電池パネル設置に向けた検討

- ① 着陸帯においては、障害物の規定の他、設置基準による規定勾配及び、空港土木施設設計要領及び設計例における設計載荷重の要件、維持管理等への影響、航空機逸脱における航空機等への安全確保など考慮する必要がある、それらの要件に適用する太陽電池パネルの選定が必要である。
- ② 実施主体は、空港分野における脱炭素化を計画的に推進するため、空港用地及び空港周辺未利用地への太陽光発電設備導入等について検討する。

【解説】

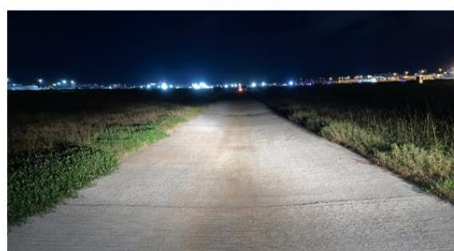
- ① 「陸上空港の基準対象施設の性能の照査に必要な事項等を定める告示第十四条着陸帯の性能規定」及び「陸上空港の施設の設置基準と解説（以下「設置基準」とする。）」では、着陸帯の地表面に設置される構造物は障害物⁷とみなすべきであり、非計器用着陸帯以外の着陸帯に構造物を設置することが望ましいと規定されている。非計器用着陸帯以外の着陸帯に設置されている保安道路、皿形排水溝、着陸帯の舗装部などの構造物⁸と同様に空港機能を損なわなければ、太陽電池パネルも設置可能と考える。



羽田空港D滑走路着陸帯⁸
(舗装部)



羽田空港C滑走路着陸帯⁸
(舗装部)



着陸帯Ⅱ
(皿形排水溝)



着陸帯Ⅱ
(保安道路)

出典：関東地方整備局東京空港整備事務所

図 4-22 非計器用着陸帯以外の着陸帯の構造物

⁷ 障害物とは、航空機が地上移動を予定している区域に位置している、又は飛行中の航空機を保護するために定められた表面上に突出している、その他これ以外であっても航空機の航行に危険であるとして評価されている、一時的又は永久的な固定物件及び移動物件をいう。詳細等は「陸上空港の施設の設置基準と解説（国土交通省、平成 31 年 3 月）」を参照されたい。

⁸ 非計器用着陸帯以外の着陸帯に設置されている構造物の一例。

- ② 実施主体は、空港分野における脱炭素化を計画的に推進するため、空港用地及び空港周辺未利用地への太陽光発電設備の導入を拡大するとともに、将来的には、着陸帯や道路、建物側壁など更なる太陽電池パネルの設置拡大にむけ、新技術の有効性、設置基準への適合性など、空港における実証実験等も含めて検証する必要がある。

2) 今後の太陽電池パネル設置に向けた課題

非計器用着陸帯以外の着陸帯に設置する太陽電池パネルは、地表面に突出しないなど、航空機に危険を及ぼさない構造であることが求められる。

航空機の運航の安全を確保するため、設置基準における着陸帯の規定勾配、想定される作用（永続作用、変動作用、偶発作用）に対する性能を満足する必要がある他、航空機が滑走路等から逸脱した時に太陽電池パネルが破損し発火や飛散する可能性や、維持管理上の課題など検討する必要がある。

また、太陽光発電設備を着陸帯に広く設置した場合、地表面が芝から太陽電池パネルに置き換わることで、これまで芝地である程度地中へ浸透していた雨水が浸透せずに排水溝に直接流れ、排水溝の流量が増加することが想定され、空港排水施設に影響をあたえる可能性がある。その場合、場内排水施設の水利断面等の変更が必要になるなど、排水施設の改修が課題として考えられる。

排水対策の一つとして、太陽電池パネル設置範囲及び周辺の地盤を、透水性の高い砕石等へ置き換えることが挙げられるが、各空港の状況に応じた適切な排水対策の検討を行う必要がある。

4.2.7 太陽光発電設備の導入事例

表 4-17 自家消費の事例

概要	内容
事業者名	空港施設(株)
所在地	東京都大田区
施設名	東京国際空港航空貨物ターミナル施設 W-1 棟、E-4 棟
発電容量	年間発電量：約 1,195 千 kwh（約 270 世帯分） 太陽電池パネル敷設面積：6,396 m²（太陽電池パネル約 2800 枚） 出力:1,141kW 写真 国内航空ターミナル施設 W-1 棟 写真 国内航空ターミナル施設 E-4 棟 出典：空港施設(株)「羽田空港国内線貨物ターミナル地区 太陽光発電設備の導入資料」
CO2 削減効果	585t/年
運用開始	東側貨物地区 2020 年 10 月 西側貨物地区 2020 年 12 月
電力使途	全量自家消費
事業スキーム	空港施設（株）が所有管理する羽田空港の国内線貨物ターミナルビルの屋根を活用した太陽光発電事業であり、発電される電力は貨物地区内で自家消費している。 太陽光発電設備設置資金の一部を調達する手法として、グリーンボンド※の制度を活用した私募債を発行している。 ※グリーンボンド 企業等がグリーンプロジェクト（環境問題の解決に貢献する事業）に要する資金を調達するために発行する債券。 <pre> graph LR JCR[格付機関 JCR] -- "グリーンボンドの 適格性評価" --> GB[グリーンボンド] Investor[投資家] -- "発行" --> GB GB -- "払込・申込" --> Issuer[発行体 空港施設株式会社] Issuer -- "投資" --> Project[グリーンプロジェクト 貨物上屋 自家消費用 太陽光発電設備] Issuer -- "私募取扱" --> GB SecCo[証券会社] </pre> 図 グリーンボンド制度を活用した資金調達スキーム 出典：空港施設(株)「羽田空港国内線貨物ターミナル地区 太陽光発電設備の導入資料」

表 4-18 オフサイトコーポレート PPA 方式の事例(1)

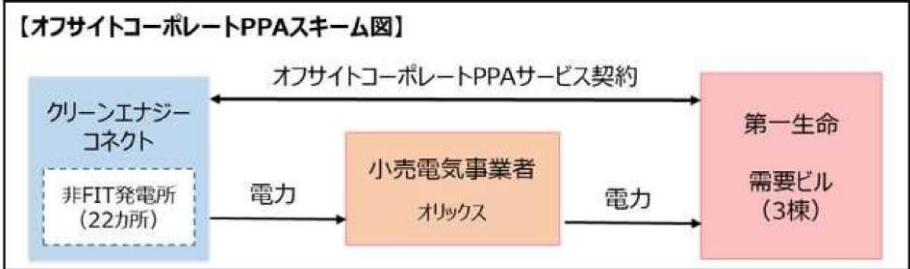
概要	内容
事業者名	第一生命保険株式会社
所在地	発電所：茨城県笠間市等 22 か所 需要場所：東京都渋谷区等 3 か所
施設名	都内事務所ビル 3 棟
発電容量	太陽電池パネル出力：1,991kW PCS 出力：1,089kW   写真 太陽光発電所の写真 写真 需要施設 出典：第一生命保険株式会社提供資料
電力用途	自社ビル 3 棟で全量消費
調達開始	2022 年 2 月～
事業スキーム	広範囲のエリアに太陽光発電所を点在させることで、自然災害や、天候不順によるリスクを分散でき、土地が小さいことから短期間で適用地の確保が可能となるスキームである。調達電力が不足した場合においても、小売電気事業者が再エネ電力を供給するため、安定的に電力調達を行うことができる特徴がある。 【オフサイトコーポレートPPAスキーム図】  <pre> graph LR A[グリーンエナジーコネクト 非FIT発電所 (22カ所)] -- 電力 --> B[小売電気事業者 オリックス] B -- 電力 --> C[第一生命 需要ビル (3棟)] A <--> オフサイトコーポレートPPAサービス契約 C </pre> 図 オフサイトコーポレート PPA 方式のスキーム 出典：環境省「はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）」、2022 年 3 月

表 4-19 オフサイトコーポレート PPA 方式の事例(2)

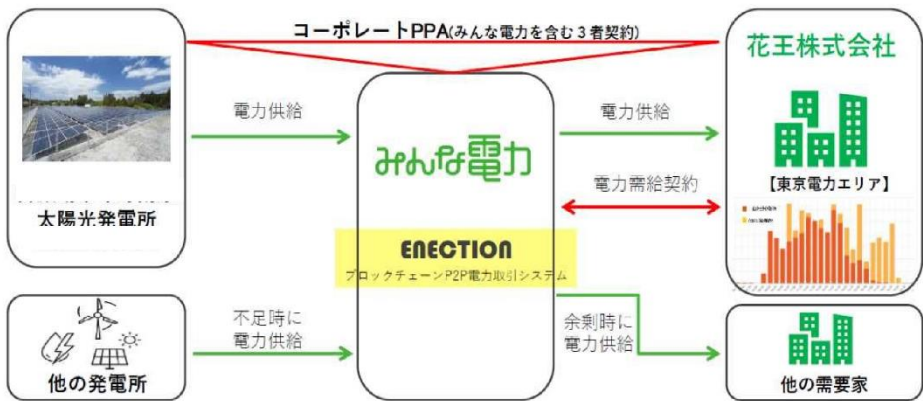
項目	内容
事業者名	花王(株)
所在地	発電所：①静岡県御殿場市、②兵庫県 加古郡稲美町、③④奈良県大和郡山市 需要場所：東京都中央区
施設名	花王株式会社 本社ビル
発電容量	太陽電池パネル：①232kW, ②727kW, ③1,160kW, ④853kW PCS：①200kW, ②625kW, ③875kW, ④625kW
	 写真 太陽光発電所の写真 出典：(株)UPDATE 提供資料  写真 需要施設 出典：花王(株)提供資料
電力用途	本社ビルで全量消費
調達開始	2022 年 2 月～
事業スキーム	コーポレート PPA（太陽光発電所、需要家である花王(株)、そして小売電気事業者であるみんな電力を含む 3 者契約）方式の事例である。 ブロックチェーン P2P 電力取引システムを導入することで電力不足分は他の発電所から電力供給を受け、電力余剰分は他の需要家へと電力供給を行うことができる。そのため、安定的に電力調達を行うだけでなく、余剰電力についても無駄なく消費されるため、再エネ化率を向上させることができる。  図 ブロックチェーン P2P 電力取引システムを利用したコーポレート PPA 方式のスキーム 出典：環境省「はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）」、2022 年 3 月

表 4-20 自己託送方式の事例

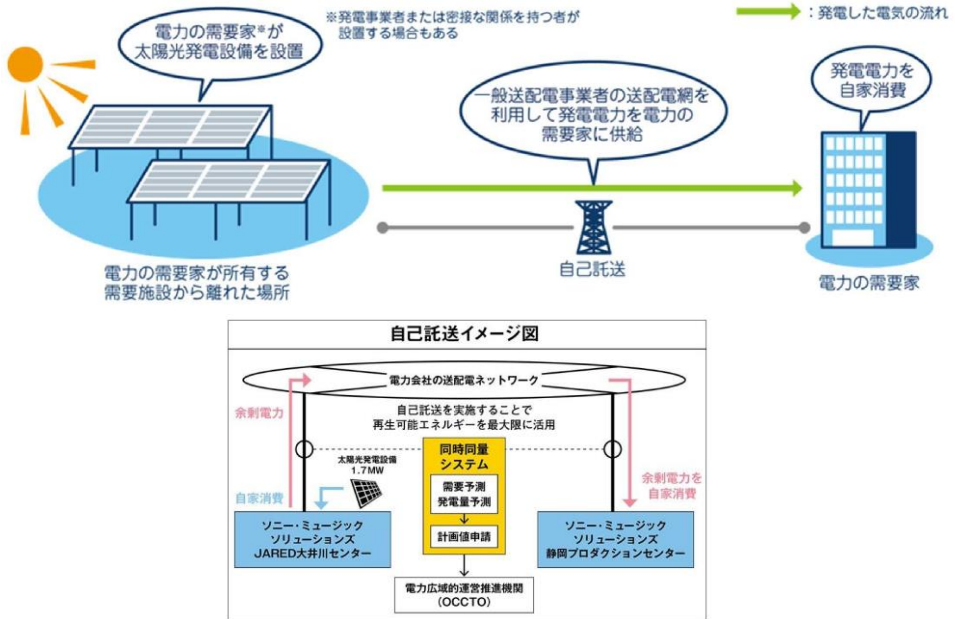
項目	内容
事業者名	ソニーグループ(株)
所在地	発電所：静岡県焼津市相川 需要場所：静岡県榛原郡吉田町
施設名	ソニー・ミュージックソリューションズ (SMS) 静岡プロダクションセンター
発電容量	太陽電池パネル出力：約 1,700kW PCS 出力：1,300kW  写真 太陽光発電設備を設置した SMS JARED 大井川センター 出典：SONY ホームページ「国内初、メガワット級太陽光発電設備を活用した自己託送エネルギーサービスの基本契約の締結について」
電力用途	SMS JARED 大井川センターから自己託送された余剰電力を全量消費
調達開始	2020 年 2 月～
事業スキーム	ソニーの大井川センター（焼津市）の屋根に設置された太陽光発電設備で発電した電力を静岡プロセスダクションセンターへと自己託送することで再エネを有効活用している。2 施設間で需要と発電量を予測し、同時同量の電力を融通している。  図 自己託送方式を用いた同時同量の電力融通のイメージ図 出典：環境省「はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）」、2022 年 3 月

表 4-21 ソーラーカーポートの事例

項目	内容
事業者名	積水化学工業株式会社
所在地	滋賀県犬上郡多賀町大字四手字諏訪 510-5
施設名	多賀工場
発電容量	太陽電池パネル出力 654kW（PCS 出力:480kW）  写真 ソーラーカーポートの事例 出典：積水化学工業株式会社提供資料
電力使途	全量自家消費
調達開始	2022 年 2 月～
システム概要	積水化学工業株式会社では従業員用の駐車場（248 台分）に太陽光発電設備を導入することで、工場全体の再エネ比率を 0%から 7%に向上させている。年間発電量は 718 MWh、CO₂ 削減効果は 415.6 t-CO₂/年、CO₂削減コストは 19,819 円/t-CO₂ である。

4.3 風力発電

4.3.1 実施計画段階で留意すべき事項

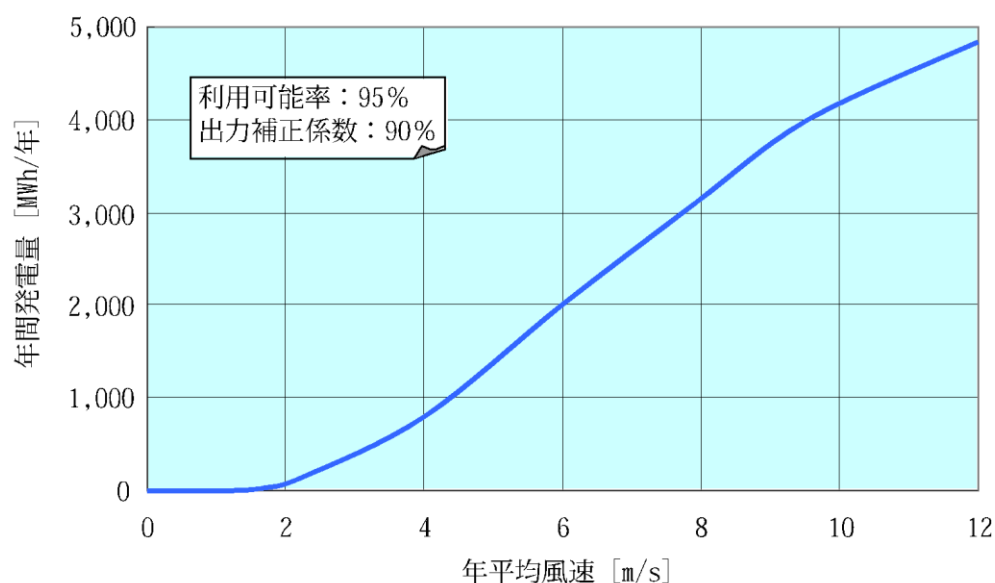
(1) 風力発電設備の設置検討

- ① 風況マップを参考とし、該当空港における風力発電設備の導入について検討する。
- ② 設置する場所の環境を十分に考慮して必要な対策を検討する。
- ③ 実施計画作成の初期段階から空港関係者や周辺地域住民、関係事業者等と適切なコミュニケーションを図るとともに、騒音トラブル等が発生しないように地域住民、関係事業者に十分配慮して事業を実施するよう努める。
- ④ オフサイト PPA 等を活用し、港湾区域に風力発電設備を導入する場合は、港湾法に基づく公募対象施設等の基準に適合した設計を行い、構造設計について港湾管理者に申請し、水域占用の許可を得る。

【解説】

- ① 風力発電設備は、風の運動エネルギーを風車（風力タービン）によって回転エネルギーに変え、その回転を直接、または増速機を経た後に発電機に伝送し、電気エネルギーに変換する発電である。実施計画段階では、NEDO が公表している「局所風況マップ（図 4-23）」等を参考に、該当空港における年平均風速を確認し、該当空港における風況から風力発電設備の導入可能性を検討する。例えば、出力 1000kW の風車を設置した場合、年間発電量は年間平均風速によって図 4-24 のように変化することから風況に応じた風力発電設備の検討を行う必要がある。

また、風車には、マイクロ風車、小型風車、中型風車、大型風車があるため（表 4-22）、設置場所、発電用途に応じて風車の選定を行う。



出典：NEDO「風力発電導入ガイドブック 改訂第9版」、2008年2月

図 4-24 年平均風速と年間発電量の例（出力 1000kW の風車を設置した場合）

表 4-22 出力からみた風車の分類基準

分類		出力
マイクロ風車		1kW 未満
小型風車		1kW～50kW 未満
中型風車	I	50kW～500kW 未満
	II	500kW～1,000kW 未満
大型風車		1,000kW 以上

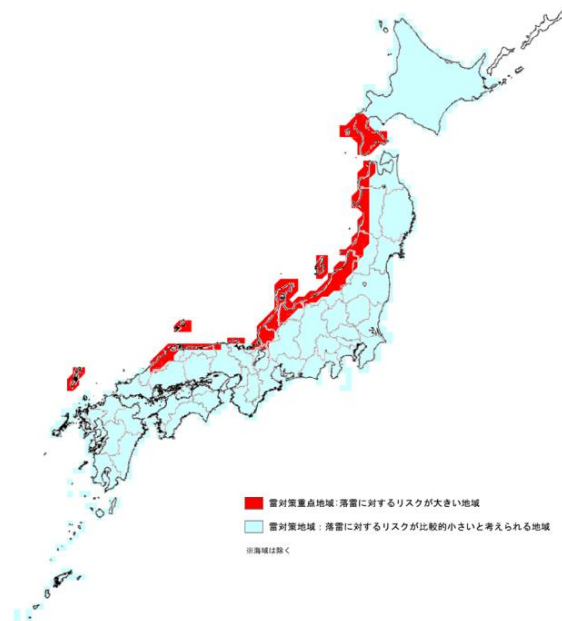
出典：NEDO「風力発電導入ガイドブック 改訂第9版」、2008年2月

- ② 風力発電の事業計画を左右する最も大きな気象現象は落雷と台風・乱流であり、ブレードの損傷や誘導雷による制御機器の損傷、風車の倒壊に至る場合もあるため、以下に示す対策方法を合わせて検討する必要がある。

落雷については、図 4-25 の落雷リスクマップを参考にして、風車本体の雷保護対策、及び独立避雷鉄塔による雷保護対策を行う必要がある。（「日本型風力発電ガイドライン落雷対策編（NEDO、平成 20 年 3 月）」を参照されたい。）

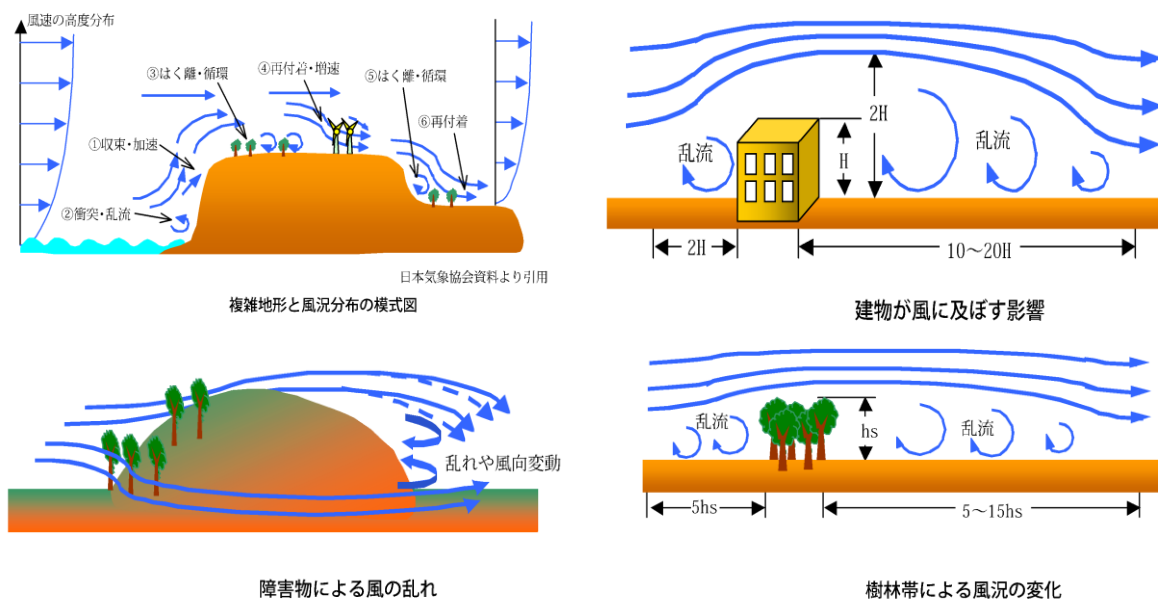
台風・乱流については、台風の通過地点や図 4-26 のような地形、建物の周辺において風況が変化しやすいため、風車の設計を行う際に十分な強度となるように留意する。（「日本型風力発電ガイドライン台風・乱流対策編（NEDO、平成 20 年 3 月）」を参照されたい。）

また、着雪・着氷、塩害、砂塵等の項目については「風力発電導入ガイドブック（NEDO、2008 年 2 月改訂第 9 版）」を参照されたい。



出典：NEDO「日本型風力発電ガイドライン落雷対策編」、平成 20 年 3 月

図 4-25 落雷リスクマップ

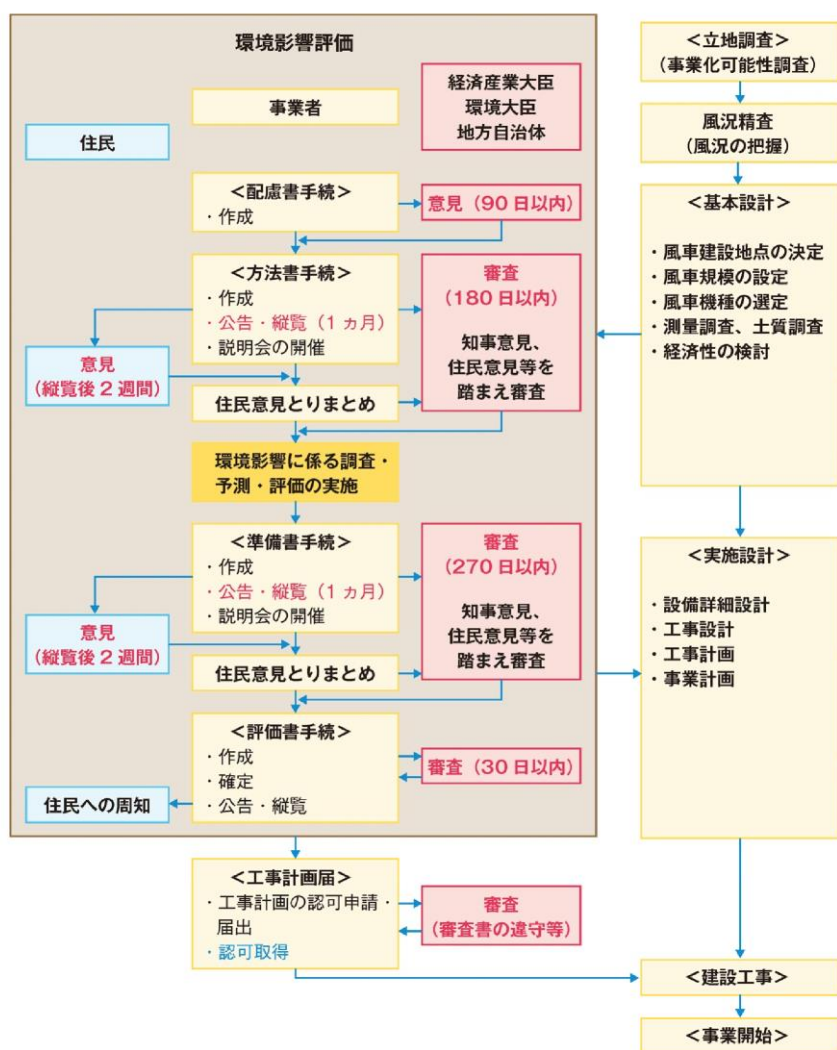


出典：NEDO「風力発電導入ガイドブック 改訂第 9 版」、2008 年 2 月

図 4-26 各種風況に影響を及ぼす地形、建物

- ③ 風車の騒音に係る環境基準については「環境基本法第16条1項（平成24年3月改正）」によって定められており、風力発電設備を導入する場合は、周辺住民との間で騒音トラブルが発生しないようにする。自治体ごとに騒音基準の適用が異なるため、風力発電設備の設置位置の基準を確認し、必要に応じて「風力発電施設から発生する騒音等への対応について（風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会、平成28年11月）」を参照して対策方法を検討する。

また、環境影響評価の審査は自治体、周辺住民の意見を踏まえて行われるため（図4-27）、実施計画作成の初期段階から空港関係者や周辺地域住民、関係事業者等とコミュニケーションを図る必要がある。



出典：NEDO「再生可能エネルギー」、2008年2月

図4-27 風力発電所の開発プロセスの概略

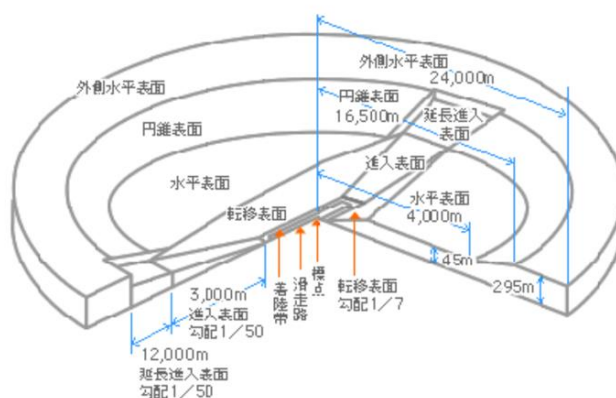
(2) 空港施設・空港運用等への影響検討

- ① 風車を選定する際には、航空法によって定められた制限表面高さを考慮する。
- ② 風力発電設備が航空保安無線施設等へ及ぼす影響について検討を行う。
- ③ 航空障害灯／昼間障害標識についての必要な手続きを実施する必要がある。

【解説】

- ① 以下の図 4-28 に制限表面概略図と風車の規模とハブ高さの参考資料を示す。航空法第二条第 8 項で定められた進入表面は航空機の離陸直後、または最終着陸の際の直線飛行の安全を確保するために物件を制限する表面である。また、第二条第 9 項で定められた水平表面は航空機が着陸の際の衝突を避けるために一定の飛行経路をまわって進入する場合に、その安全を確保するために物件を制限する表面である。そして航空法第五十六条第 1 項及び 3 項で定められた円錐表面は航空機の大型化、高速化にともなって非常に大きくなった飛行経路及び精密進入以外の経路の安全を確保するために物件を制限する表面である。上記制限表面を考慮し、風車の設置場所について検討を行う必要がある。

なお、風力発電設備は風車の大きさにも依存して出力が変化する（図 4-29）。制限表面高さにより出力の大きい大型の風車を設置できない場合でも、小型の風車（10~40kW）を設置することが望ましい。（4.3.3 風力発電設備の導入事例を参照されたい）



出典：国土交通省航空局「空港土木施設設計要領(施設設計編)」、R3.4 改訂

図 4-28 制限表面概略図

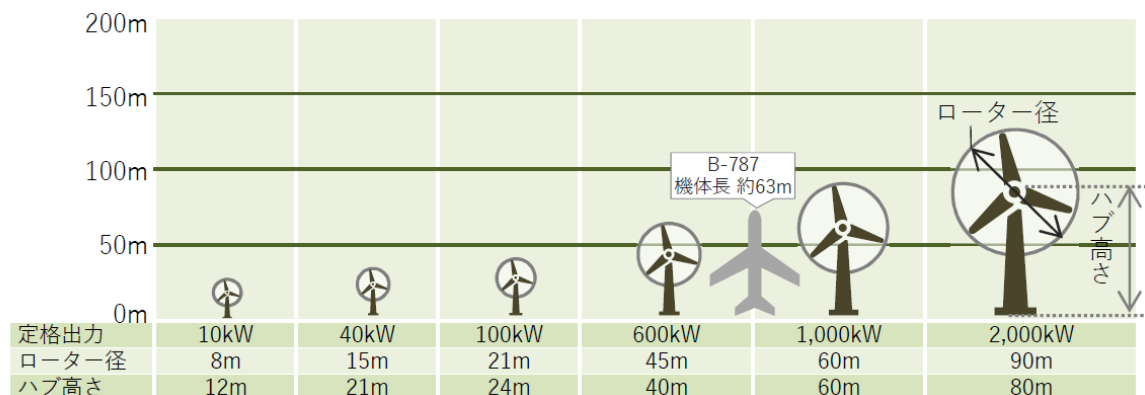


図 4-29 風車の規模と発電出力の関係

- ② 風力発電設備の設置場所や風車の構造によっては、レーダー信号が届かないレーダーの影を作るなどの懸念があるため、空港保安無線施設、気象庁の気象レーダー、自衛隊のレーダー等への影響を検討する必要がある。
- ③ 航空障害灯/昼間障害標識の設置等に関する解説・実施要領(国土交通省航空局 交通管制部 管制技術課航空灯火・電気技術室)を参考に設置して、所定の届出を行う必要がある。

(3) 発電容量の検討

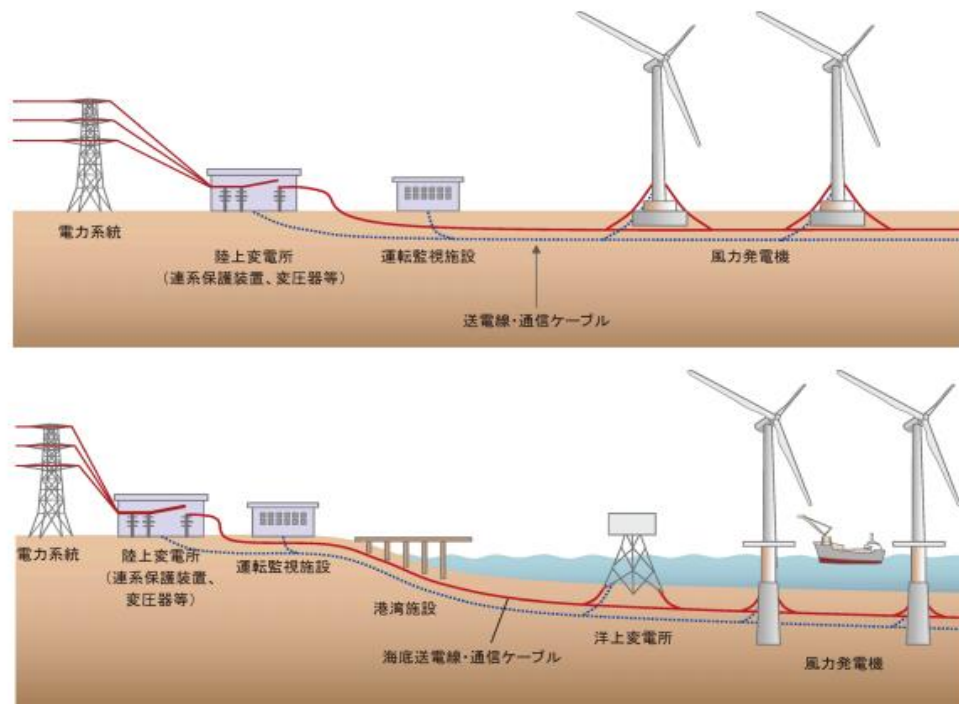
- ① 発電容量については、供給先施設の電力需要シミュレーションを行い、発電規模を決定する。
- ② 蓄電池導入による再エネ化率の向上を検討する。

【解説】

- ① 風力発電設備から電力を供給する施設において、電力需要パターンを確認する。
- ② 風力発電は1日を通して発電可能であり、電力需要の小さな夜間に余剰電力が発生する場合、その余剰電力を蓄電し、電力需要の大きな昼間に放電することで再エネ化率を向上できる。

4.3.2 設計・施工段階で留意すべき事項

一般的な風力発電設備を図 4-30 に示す。ここでは、風力発電設備の設計や施工にあたり留意すべき事項について記載する。



出典：NEDO「風力発電導入ガイドブック 改訂第9版」、2008年2月

図 4-30 陸上及び洋上風力発電施設の主要構成要素

(1) 風力発電設備の実施設計

1) 風力発電設備の要求性能及び性能照査等

a) 風力発電設備の要求性能等

- ① 風力発電設備の規格等については資源エネルギー庁の事業計画策定ガイドライン（風力発電）等を参照する。
- ② 風車の設置間隔は、卓越風を考慮して決定する。
- ③ 自重、土圧、レベルー地震動、風荷重、雪荷重等の作用による損傷等が当該施設の機能を損なわず、継続して使用することに影響を及ぼさないこと。
- ④ 航空機の運航及び空港の施設の機能に支障を与えないこと。
- ⑤ 洋上風力発電設備を導入する場合は、航空障害灯及び航路標識灯の平面配置の検討を行う。

【解説】

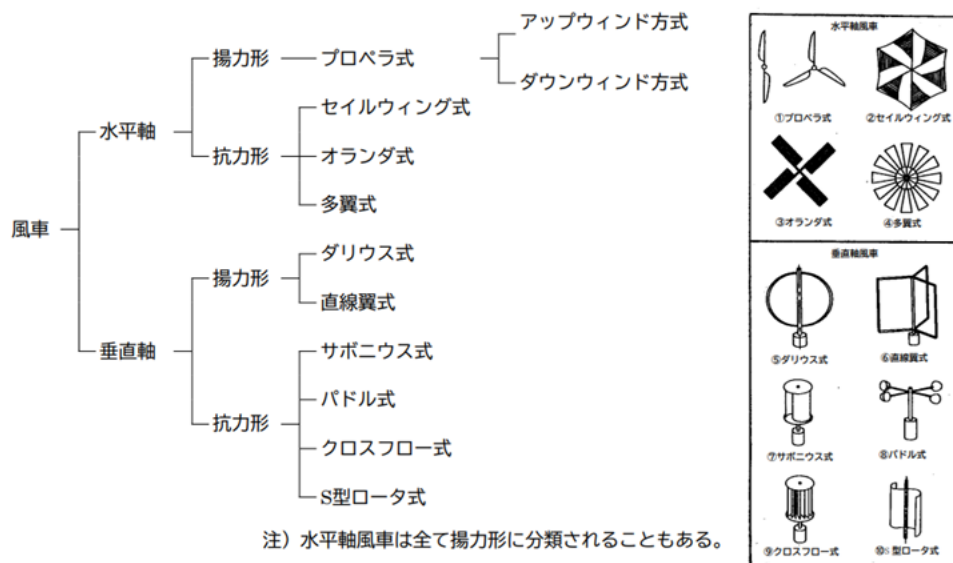
- ① 電技省令・電技解釈及び発電用風力設備の技術基準を定める省令（以下、風技省令とする）・発電用風力設備の技術基準の解釈（以下、風技解釈とする）風技省令・風技解釈に加えて、具体的な設計方法や仕様については、JIS等の規格を参照する。

風車の分類基準は、回転軸の方向、作動原理の種類、風車の用途、羽根の回転速度等があげられる。風車の種類と特徴を表 4-23 及び図 4-31 に示す。

表 4-23 風車の種類と特徴

風車の種類	特徴
水平軸風車	・ 構造が比較的簡単である。 ・ 効率がよく、大型化が容易である。 ・ プロペラ式風車は発電用に適している。 ・ アップウィンド方式の場合は風車の回転面を風に向ける必要がある（ヨー制御）。 ・ 重量物(発電機、伝達機構、制御機構等)はナセル内に設置する必要がある。
垂直軸風車	・ どの方向の風も利用可能で風向の依存性がない。 ・ 重量物は地上に設置できる。 ・ 羽根（ブレード）の製造がプロペラ式に比べて容易である。 ・ 自己起動時に大きなトルクが必要で回転数制御が難しい。 ・ 水平軸風車と比較して効率が劣り、設置面積も大きい。
揚力形風車	・ 風速の数倍以上の周速度（羽根の先端の速度、円周速度のこと）で回転可能なため、発電用に適している。 ・ 羽根の枚数が少ない風車ほど運用範囲が広く効率がよく、周速度が大きいため発電に適している。
抗力形風車	・ 小型風車に本タイプの風車が多い。トルクが大きいものの、風速以上の周速度で回転できないために、揚水、粉挽き等の機械的作業の利用に適している。 ・ 揚力形に比較して周速度が低いため、効率が悪い。

出典：NEDO「風力発電導入ガイドブック 改訂第9版」、2008年2月

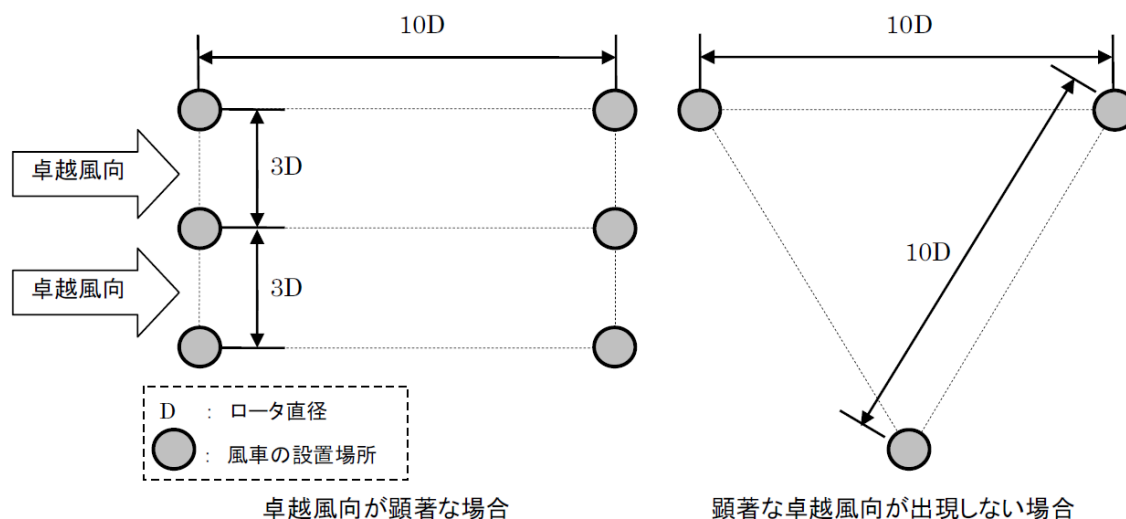


出典：NEDO「風力発電導入ガイドブック 改訂第9版」、2008年2月

図 4-31 風車の種類

- ② 複数台の風車を設置する場合、風車の配置は当該地域の卓越風向を考慮して決定する必要がある。風車の風下に形成される風況の乱れた領域はウェーク領域と呼ばれ、この領域に風車を設置した場合、エネルギー取得量は大きく減少する。ウェーク領域は風向と直角方向に $3D$ (D ：ロータ直径)、風下方向に約 $10D$ 程度であることが、実験や実測により確かめられてい

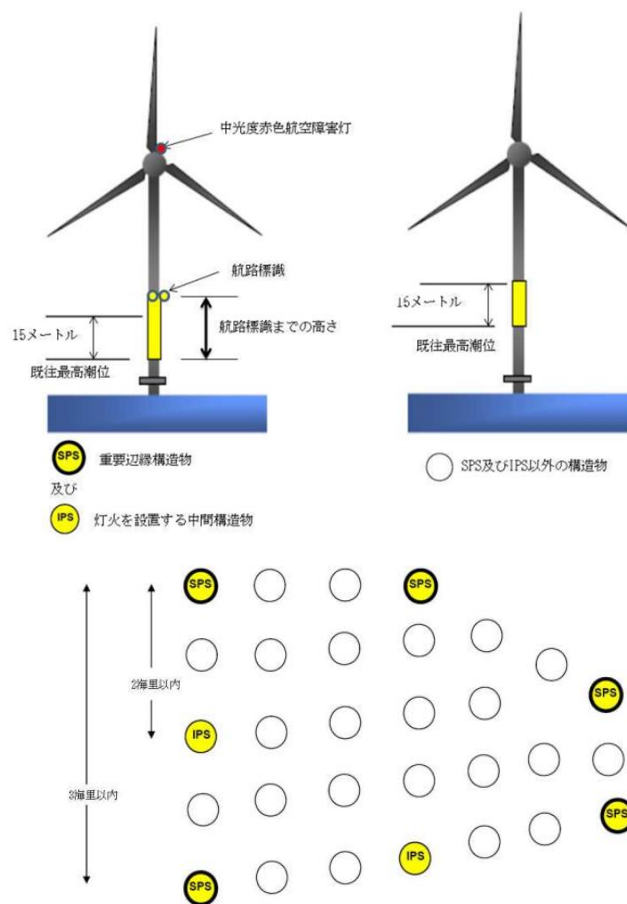
る。したがって、複数台の風車設置を対象とするときには、これらのウェーク領域に設置地点が入らないようにすべきである。具体的な配置例としては、図 4-32 に示すように、卓越方向が顕著に出現する地域では $10D \times 3D$ 、顕著な卓越方向が出現しない地域では $10D \times 10D$ の風車間隔を目安とすればよい。



出典：NEDO「風力発電導入ガイドブック 改訂第9版」、2008年2月

図 4-32 風車の配置方法（複数台設置の場合）

- ③ 風力発電設備の風車や指示構造物に対する作用は「陸上空港の施設の設置基準と解説（国土交通省、平成31年3月）」を参考にすることができる。
- ④ 実施計画段階において空港の施設・運用への影響を確認し、航空機の運航に影響を与えないよう留意する必要がある。航空機の運航へ影響及び空港の施設の機能に影響がある場合、風力発電設備または空港の施設の改修等を行う必要がある。
- ⑤ 洋上に風車を複数機設置する際には、施設に接近する移動体がこれらの施設を常に十分遠方から捕捉・識別できるように灯火を設置することが望ましい。なお、具体的な措置の検討に際しては航路標識法等の関連法令の規定に従う他、関係機関(海上保安署や地方航空局等)の指導に従い、IALA(International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities)などの関連文書を参考にする。例として図 4-33 に風車の塗色及び灯火の例を以下に示す。



SPS	SPS—全周にわたる水平面から視認できる灯火。これらの灯火はIALAの「特殊標識」の灯質である黄色閃光を表示する同期点滅で、5海里以上の光達距離を有するものとする。(1海里=1,852m)
IPS	ウインドファームの辺縁部におけるSPS以外の選択された中間構造物—全周にわたる水平面から海員が視認できる黄色閃光の灯火。これらの灯火はSPSと明確に異なる灯質で、2海里以上の光達距離を有するものとする。
○	SPS及びIPS以外の構造物

出典:国土交通省港湾局「港湾における洋上風力発電施設等の技術ガイドライン(案)」、平成27年3月

図 4-33 風車の塗色及び灯火の例

b) 風力発電設備の性能照査等

- ① 風力発電設備を構成する施設・設備の性能照査に当たっては、設計供用期間中に当該施設が置かれる状況を考慮して、次の事項を行うことを基本とするものとする。
 - ・当該施設が置かれる自然状況等を考慮して、作用を適切に設定する。
 - ・主たる作用と従たる作用が同時に生じる可能性を考慮して、作用の組み合わせを適切に設定する。
 - ・材料の特性、環境作用の影響等を考慮して、材料を選定するとともに、その物性値を適切に設定する。
- ② 風力発電設備の運転開始前には、電気事業法の規定に従い、風力発電設備の出力に応じて検

査又は確認を行う必要がある。

【解説】

- ① 同時に作用する可能性がある作用のうち、構造物に影響を与える主要な作用を主たる作用として、それ以外の作用を従たる作用としている。
 - ・ 主たる作用とは、自重、土圧、環境作用等、設計供用期間中に常に生じるものと想定される作用としている。
 - ・ 従たる作用とは、主たる作用と組み合わせて同時に考慮すべき主たる作用以外の全ての作用としている。
- ② 出力 500kW 以上の風力発電設備の運転開始前の検査（使用前自主検査）は、電気事業法の規定に従い、適切に実施し、その結果を記録、保管する必要がある。検査終了後、発電設備の設置者は経済産業大臣から安全管理審査を受審する。また、出力 20kW 以上 500kW 未満の風力発電設備の運転開始前の確認（使用前自己確認）については、電気事業法の規定に従い、適切に実施し、確認終了後、その結果を発電設備の設置者が経済産業大臣に提出する必要がある。なお、電気事業法で検査義務がないものについても、自主的に電気事業法に基づく技術基準に適合しているか確認を行う。

2) 設置用地に関する留意事項

- ① 空港周辺用地内の平地や法面などに地上型の風力発電設備を設置する場合は、排水施設への影響や法面、地盤の安定性等への影響について検討する。
- ② 空港周辺用地において、斜面に設置する場合は、自然災害による地滑りや法面の崩壊による風力発電施設倒壊等により周辺の社会基盤や家屋等に影響を与えないよう設計を行う。

【解説】

- ① 地盤が軟弱の場合には、地盤改良、擁壁、区域外での隆起、沈下が生じないよう土の置換、水抜き等の措置を講じる。

(2) 風力発電設備の設置工事

- ① 工事車両の搬出入計画等について事前に検討をする。
- ② 風力発電設備建設時の機材搬入やナセル・ブレードをタワー上に組上げるクレーン車の通行に要する幅、制限表面との位置について検討する。

【解説】

- ① 工事車両の搬出入道路は、風力発電設備搬入用のトレーラ車やタワー据付用の大型クレーン車等工事車両の搬出入について、道路幅、勾配、カーブ、橋梁の重量制限等十分な検討を行う必要がある。表 4-24 に風力発電設備の施工時に必要な工事車両等諸元を示す。

表 4-24 工事車両等諸元（風車 600～2000kW 級設置の参考値）

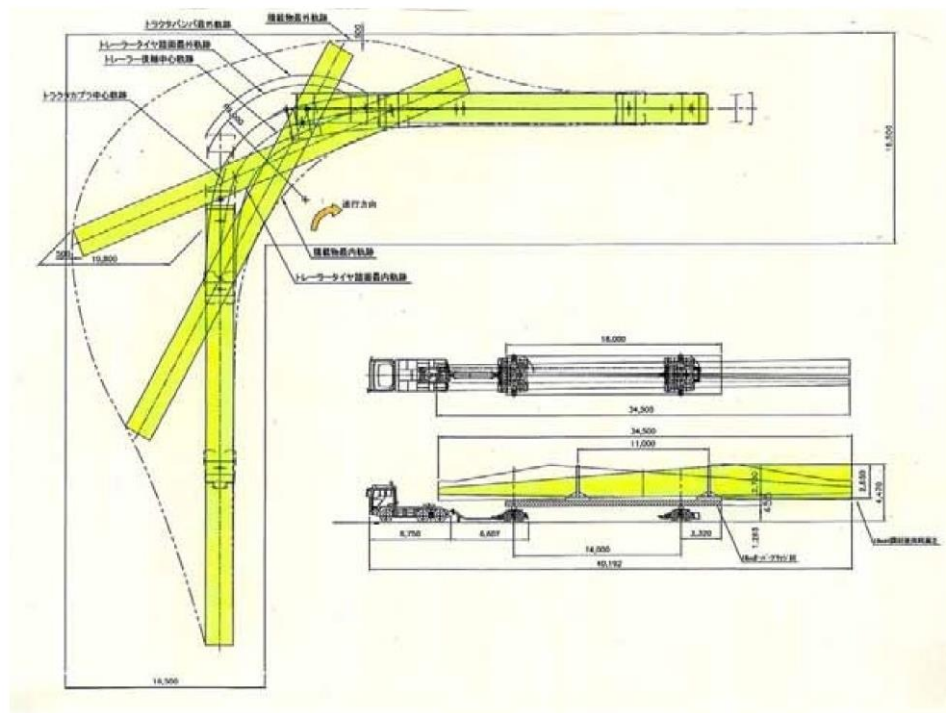
	項 目	単位	600kW級	1,000kW級	2,000kW級
設備仕様	ナセル重量	トン	35	45	65
	ロータ直径	m	45～50	60	80
	ブレード長さ	m	22～25	30	40
	タワー重量	トン	40～80	80～120	150～250
	タワー長さ*	m	35～50	50～70	60～100
工事車両	輸送(ブレード)		ポールトレーラ	ポールトレーラ	ポールトレーラ
	輸送(ナセル)		低床トレーラ	低床トレーラ	低床トレーラ
	据 付		50t補助クレーン	100t油圧クレーン	120t油圧クレーン
			200tクレーン	550t油圧クレーン	650tクロウクレーン

*タワー長さは全長を表し、製作・輸送時は通常 3～4 分割される。

出典：NEDO「風力発電導入ガイドブック 改訂第9版」、2008年2月

- ② 風力発電設備建設する際には 20～40m の長さのブレードを運搬するため、4～5m の道路幅と十分なカーブの曲率が必要である。また、場合によっては道路の拡幅又は仮設道路を設ける必要がある。さらに、トンネル等の高さや幅の制限等に留意し、信号機や標識が通行の障害になる場合及び輸送路の傾斜度、橋梁等の耐荷重が問題になる場合は、必要に応じて対策を行う必要がある。

空港の制限表面は、クレーン車等の施工機械にも適用されるため、制限表面の高さや、施工機械の高さを検討し、適切な施工方法を計画する必要がある。例えば、クレーン車が制限表面に抵触することが判明した場合、空港の運用停止中（滑走路閉鎖中）の施工を計画する。または、航空法第四十九条第一項又は第五十六条の三第二項による空港の設置者の承認を受けて工事を行うことができる。



出典：NEDO「風力発電導入ガイドブック 改訂第9版」、2008年2月

図 4-34 ブレード輸送の検討例

4.3.3 風力発電設備の導入事例

表 4-25 小型風力発電の導入事例

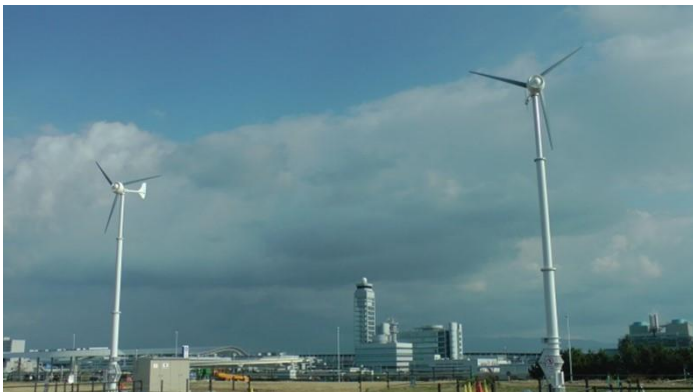
項目	内容
事業者名	関西エアポート株式会社
所在地	関西国際空港内 KIX そらぱーク内
施設名	2 期島 KIX そらぱーク
発電容量	風力発電機出力：14.7kW(3 基)   写真 関西国際空港内の風力発電所 出典：関西エアポート株式会社提供資料
電力用途	全量自家消費(遊歩道外灯)
運用開始	2016 年 2 月
設備概要	2014 年当時国内の空港では初めてのモデルケースとなった関西国際空港のスマート愛ランド構想のシンボルタワーとなる風力発電設備である。 風車の高さは約 15m であり、年間発電量は 9,000kWh（年間平均風速 5m/s での換算値）である。蓄電池を併設した独立電源システムであるため、余った電力は蓄電池に貯めておき、非常時のバックアップ電源として利用可能である。

表 4-26 中型風力発電の導入事例

項目	内容
所在地	英国イングランドミッドランド東部レスターシャー州キャッスル・ドニントン
施設名	イーストミッドランズ空港
発電容量	風力発電機出力：250kW 年間発電量：約 563,000kWh  写真 イーストミッドランズ空港の風力発電所 出典：Airport Cooperative Research Program REPORT 141
電力使途	全量自家消費

4.4 バイオマス発電

4.4.1 実施計画段階で留意すべき事項

(1) バイオマス発電設備の設置検討

- ① 利用可能なバイオマス資源を調査し、エネルギーの活用方法（電気・熱等）を検討する。
- ② エネルギーの活用方法に応じた発電施設等の土地を選定する。空港施設内にボイラーの煙突を設置する場合、空港の制限表面を考慮する。
- ③ プラントから発せられる悪臭が周辺地域に影響を及ぼさないようにする。
- ④ 燃料及び燃料の元となる原料（ふん尿など）調達方法や副産物の活用方法・処理方法について検討する。
- ⑤ エネルギー利用形態に適したエネルギー変換技術を導入する。
- ⑥ 一般廃棄物、産業廃棄物を扱う場合、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に基づく廃棄物処理業や廃棄物処理施設の許可を得る。
- ⑦ その他の留意事項については、「事業計画策定ガイドライン（バイオマス発電）（資源エネルギー庁、2022年4月改訂）」等を参照する。

【解説】

- ① バイオマス発電は、発電量が天候によって左右されやすい太陽光発電や風力発電に比べ、比較的安定したエネルギーを得やすい方式である。そのため、電力の安定化や再エネ化率を高めるための電源及び熱源としてバイオマス発電を導入することが期待される。バイオマスエネルギーの抽出方法は表 4-27 のとおりで、導入にあたっては、周辺地域からの原料の調達性を考慮し、また、エネルギー需要（電気・廃熱利用）に応じた発電施設等を検討する

表 4-27 バイオマスエネルギーの抽出方法

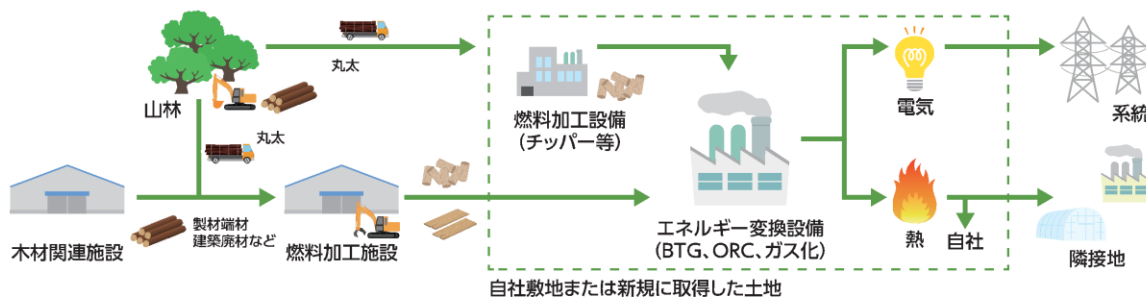
エネルギー	抽出方法	エネルギー抽出方法の概要	バイオマス資源
発電・熱	直接燃焼	焼却炉で直接燃焼することによって 発電や温水の熱源などに利用する。	木質系バイオマス（林地残材、間伐材、製材残材、建設廃材、剪定枝など）
	熱分解ガス化	酸素の少ない環境で水蒸気を混合しながら蒸し焼きにし、発生したガス（メタン、水素、一酸化炭素の混合ガス）をエネルギー源として利用する。	木質系バイオマス、草木系バイオマス（稲わら、さとうきびの絞りかす、牧草など）
	メタン発酵	発酵させ、生じたメタンガスで発電機を動かし発電する。発電の際に発生する余剰熱は暖房や給湯に用いる。	含水系バイオマス（生ごみ、家畜糞尿、下水汚泥など）
液体燃料	エタノール発酵	酵母を用いてアルコール発酵させてできたバイオエタノールを自動車燃料や工業用原料に用いる。	さとうきびの搾汁などの糖質、とうもろこし等のでんぷん質のバイオマス、間伐材
	エステル化	植物油の触媒を用いてバイオディーゼル燃料とグリセリンに分離し、自動車燃料や発電に用いる。	菜種油、大豆油、廃食油などの油脂

出典：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構「バイオマス資源活用の現状と課題」、平成 18 年 12 月

(1) 発電・熱電併給

地域から調達したバイオマス燃料を発電し、電力および熱を外部供給、または自家消費する事業モデルです。

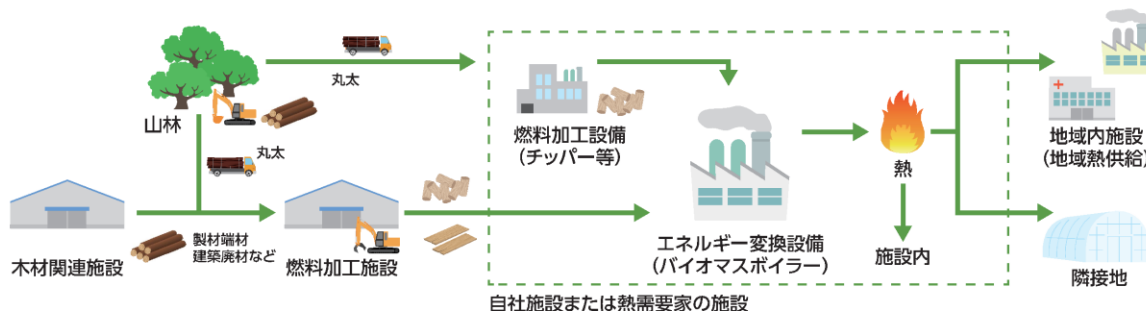
原料・燃料調達		地域内外の燃料供給業者からチップやペレットを調達します。業者を経由せずに森林未利用材や廃材などの原料を調達し、自ら燃料加工を行う場合もあります。
エネルギー変換設備		主にBTG、ORC、ガス化の3種類があり、発電および熱利用規模、原料・燃料によって適正が異なります。
エネルギー供給・利用		発電した電力は系統を通じて電力会社に売電、または自家消費をします。発電設備から得られた廃熱由来の温水を自家消費または隣接地域に販売することもあります。
全体	立地	自社の敷地で実施、または規模が大きい場合は新規に土地を取得し発電所を建設します。
	事業主体	企業1社が発電施設を運営する場合もあれば、地域の原料・燃料関係者やエネルギー需要先、自治体などの複数の主体が共同で新会社（特別目的会社等）を設立する場合もあります。



(2) 熱利用

自社で発生または地域から調達可能なバイオマス燃料をボイラー等で熱利用または外部供給する事業モデルです。

原料・燃料調達		地域内のバイオマス燃料供給業者からチップやペレットを調達するほか、自社で発生する原料からチップやペレットを生産する場合もあります。
エネルギー変換設備		バイオマスボイラーを通じて熱を生産します。燃料中の水分や性状により利用できる設備が異なります。
エネルギー供給・利用		バイオマスボイラーから温水、蒸気、熱風を生み出し自家消費または隣接地への外部供給を行います。既存の重油ボイラー等の化石燃料に代替して導入することも多くあります。
全体	立地	事業主体が保有する施設または、地域内のバイオマス熱需要のある施設でボイラーを導入します。
	事業主体	自社が燃料調達からバイオマスボイラーの運営まですべて実施するパターンもあれば、専門スキルを有する主体が発意し、熱需要のある施設（公共施設や温浴施設、工場等）にバイオマスボイラーを導入するパターンもあります。後者についてはESCO事業としてエネルギーサービス会社が地域内の複数の需要家へのバイオマスボイラーの導入、熱供給を行う場合もあります。



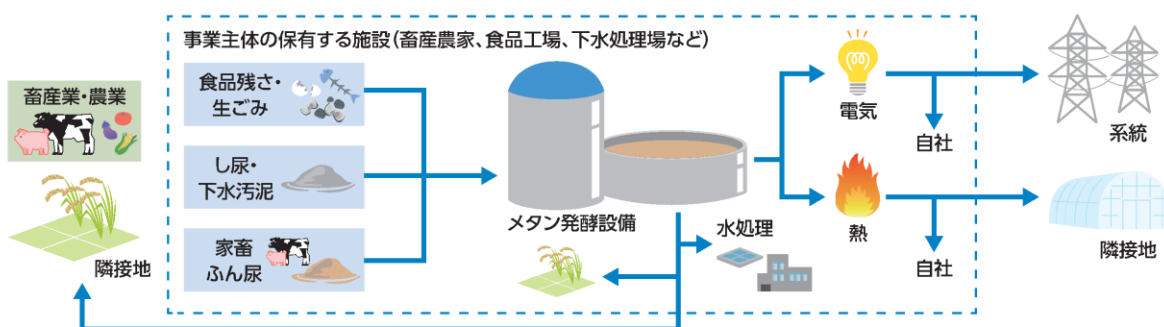
出典：NEDO「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針 第6版」、2022年3月

図 4-35 木質バイオマスの事業モデル

(1) 個別型

自社の施設で発生する廃棄物等をメタン発酵処理し、得られたバイオガスを発電および熱利用する事業モデルです。

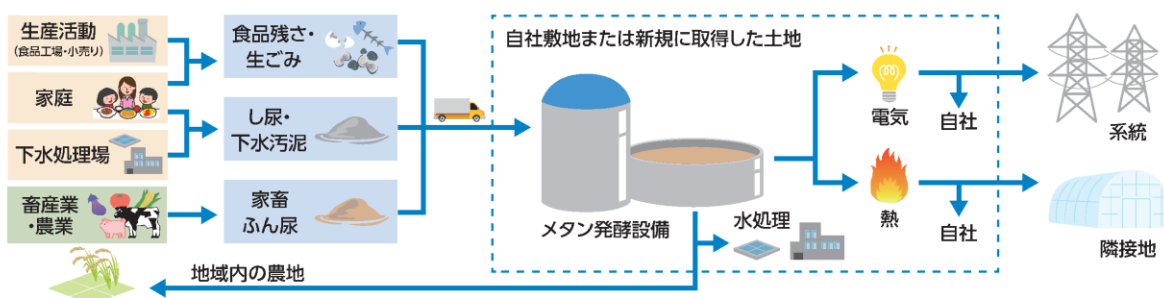
原料・燃料調達		自社で発生するバイオマス原料を処理します。性状によっては前処理を行います。
エネルギー変換設備		国内事例のほとんどは湿式メタン発酵設備を利用して処理します。
エネルギー供給・利用		メタン発酵により得られたバイオガスを発電システムを通じて電力会社に売電、または自家消費する他、発電設備から得られた廃熱由来の温水を自家消費または隣接地域に販売することもあります。その他、発電せずにバイオガスをボイラーに投入し熱利用(温水または蒸気)、バイオガスを精製してメタンとして販売することもあります。
全体	立地	通常原料となる廃棄物が発生する、事業主体が保有する施設の敷地で実施します。
	事業主体	バイオマス原料を排出する施設保有者(企業または下水／廃棄物処理場)がメタン発酵設備を導入し運転管理します。



(2) 集中型

地域で発生する廃棄物等を1か所に収集してメタン発酵処理し、得られたバイオガスを発電および熱利用する事業モデルです。

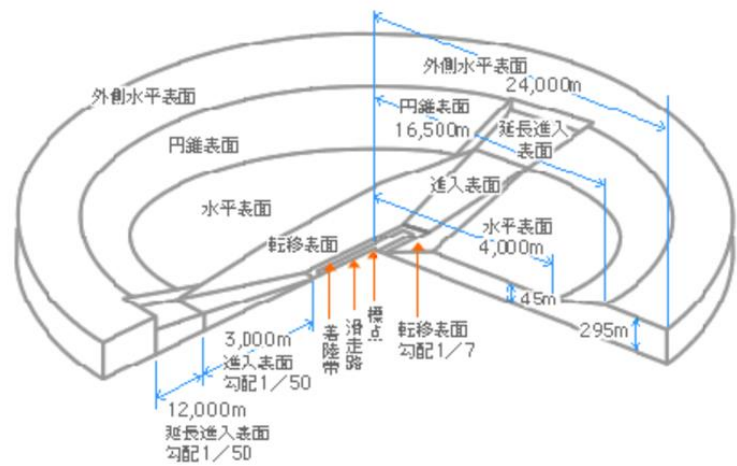
原料・燃料調達		地域の複数の場所で発生するバイオマス原料をメタン発酵施設まで輸送し処理します。性状によっては前処理を行います。
エネルギー変換設備		湿式または乾式メタン発酵設備を利用して処理します。
エネルギー供給・利用		メタン発酵により得られたバイオガスを発電システムを通じて電力会社に売電、または自家消費する他、発電設備から得られた廃熱由来の温水を自家消費または隣接地域に販売することもあります。その他、発電せずにバイオガスをボイラーに投入し熱利用(温水または蒸気)、バイオガスを精製してメタンとして販売することもあります。
全体	立地	自社の敷地および既存の廃棄物処理施設にメタン発酵装置を導入する、または新規に土地を取得し施設を建設します。
	事業主体	地域で排出されるバイオマス原料の処理を行っている主体(産廃業者、自治体等)の他、複数の主体が共同で新会社(特別目的会社等)を設立する場合もあります。また、公共事業の場合はPFI方式により自治体が導入しメタン発酵施設を民間企業が運営管理するケースもあります。



出典：NEDO「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針 第6版」、2022年3月

図 4-36 メタン発酵系バイオマスの事業モデル

② 燃料保管庫、煙突、発電設備等のバイオマス発電設備を設置可能な用地を選定する。空港敷地周辺にボイラーを設置する場合、「建築基準法（第 115 条）」による煙突の高さの基準を満足する他、空港の制限表面（「航空法第 2 条第 8 項～10 項、第 56 条」）に進入表面、水平表面、転移表面、円錐表面、外側水平表面が規定されており、空港周辺の一定の空間を無障害の状態にする）によって煙突の高さが制限されるため、発電や発熱の規模が制限される可能性がある。



出典：国土交通省航空局「空港土木施設設計要領（施設設計編）」、R3.4 改訂

図 4-37 制限表面概略図

③ 原料搬入やエネルギー変換段階において、ふん尿の臭いに代表される悪臭が発生し周囲に影響を与えることがないように対策をたてる。臭い対策にあたっては、臭気の発生量低減、外部への拡散防止、捕集した臭いの脱臭等、表 4-28 にあげられるようなものがある。ただし、脱臭処理によって二次公害（薬品、活性炭廃棄物等の処理によって生じる被害）が起こる可能性があるため、その点に留意し対策の検討をおこなう。なお、脱臭の際に電力（動力）を利用する脱臭方法については、再エネ発電設備の余剰電力を活用することが望ましい。

表 4-28 脱臭技術と環境負荷

脱臭法の種類	環境負荷の項目							
	二次公害			資源消費			温暖化	動力
	排水	廃棄物	排気	燃料	薬品	水	CO2 発生	電気
薬液洗浄法	◎				◎	○		○
活性炭吸着（交換型）		○	△					○
活性炭吸着（回収型）	○			△		△		○
直接燃焼法				◎△			○	○
触媒燃焼法				△			○	○
蓄熱燃焼法							○	○
土壌脱臭法	△					△		○
活性汚泥ばっき法								◎
充填塔式生物脱臭法	○				△	△		○
オゾン酸化法								○
プラズマ脱臭法								○
消臭剤法						○		△

＊ 環境負荷が 大：◎、中：○、小：△ 空欄は無視できる程度

出典：環境省「防脱臭技術の適用に関する手引き 4.防脱臭技術の検討（必要情報の入手）」、平成 15 年 3 月

- ④ 燃料または原料（ここでは燃料等と呼ぶ）の調達については以下の順番で検討し、原料の価格水準が比較的高い場合は対象となる燃料種・調達条件について見直しを行う。
- i. 地域、空港内で発生する資源を把握する。
その資源がお金を支払って調達する「有価物」なのか、性状として有価性がなく逆有償となる「廃棄物」なのかを確認する。
 - ii. 資源の発生量及び調達可能量を調査する。
目的の事業性を得るのに十分な量を概略で確保できるかを確認する。
 - iii. 資源の価格（有価物の場合）や輸送コスト等について調査する。
想定価格で調達できる量に不足がある場合、対象となる燃料種や条件を見直す必要がある。
 - iv. 調達量、燃料形状について検討する。
燃料形状（チップ、ペレット、薪など）はエネルギー変換技術や毎年の運用コストに関係し、製造コスト、ハンドリングの負担などが異なるので、設備規模や利用の状況を踏まえて、燃料の種類や調達方法、形状について検討する。
副産物は、近隣の農家に肥料として利用してもらうなど、有効活用して処理することが望ましい。受入先となる農家が存在する場合、副産物を輸送する車両の走行可能な農道の有無や、散布方法を調査し、年間を通じた利用計画を作成する。肥料としての活用が難しい場合、産業廃棄物や排水として処理する方法を検討する。
燃やした際に燃料灰等が発生する場合、所轄の自治体の指示に従って産業廃棄物等で処理を行う。
- ⑤ 導入可能なエネルギー変換技術は、原料・燃料の品質が調達場所や調達時期によってどの程度変動するか、またその変動への対策が可能かによって異なる。そのため、高い品質のものを安定的に確保できる場合は、熱分解ガス化などの高効率技術を導入することで効率的なエネルギー変換が可能となる。一方で、品質のコントロールが難しい場合は、そのような場合でも安定的に燃焼し、電気や熱を回収できる技術導入を検討する。
- ⑥ 食品、紙系、し尿・汚泥系等は一般廃棄物として扱われ、また、下水汚泥、家畜排泄物等は産業廃棄物として扱われるため、廃棄物処理法に基づく許可が必要となる。廃棄物の種類や量、処理施設、処理能力等の処理計画を策定し、該当自治体へ確認をおこなう必要がある（「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」等を参照されたい）。

(2) 燃料の安定調達

- ① 安定的にバイオマス発電を行えるよう、安定供給の可能なバイオマス燃料及びその調達ルートについて検討する。
- ② 木質バイオマスの調達方法は、国内森林に係る調達と海外から調達する方法があり、持続可能で安定的に調達できるルートとなるように検討する。
- ③ メタン発酵ガスの調達では、下水汚泥、食品残さ、家畜糞尿等を安定的に供給できるルートを確保するとともに、既堆肥利用等に使用されていないか確認する。
- ④ 農産物の収穫に伴って生じるバイオマスの場合には、既存用途（食用や家畜の飼料など）へ与える影響が最小限となるようにする。

【解説】

- ① バイオマス燃料の調達コストや調達ルートの確認、長期安定的に燃料調達が可能であることを担保すべく、当面の間、燃料供給者との協定書や契約書を交わすことが望ましい。
- ② 木質バイオマスについては、以下の事項について留意する必要がある。
 - ・ 国外から燃料調達を行う場合、原産国の工場等まで遡って利用燃料の持続可能性や合法性を確認し、燃料調達プロセスのトレーサビリティを確保することが望ましい。
 - ・ 空港周辺でバイオマス発電事業を実施する事業者が複数存在する場合、バイオマスの調達に競合が生じることが予見されるため、調達予定先となる全ての都道府県林政部局等(国有林の場合は森林管理局)に対して事前の説明を行い、同一地域内でのバイオマス発電事業者間の調整を行うことが望ましい。
- ③ 下水汚泥、食品残さ、家畜糞尿等の廃棄物系バイオマスは既に堆肥等で農地還元されている場合があるため、メタン発酵等によるエネルギー活用を行った後に、液肥利用や戻し堆肥の敷料利用を行うなどの複合的な利用を検討し、地域の実情に応じた調達ルートとなるようにする。
 - ・ 当該計画が既存用途へ与える影響を最小限にするように努める。
 - ・ 国内の燃料調達事業者だけに留まらず、現地燃料調達事業者等との（直接又は商社等を通じた間接の）燃料安定調達等も検討する。

4.4.2 設計・施工段階で留意すべき事項

- ① 原料・燃料の発送及び貯蔵方法を検討する。
- ② 使用する燃料の種類や品質に応じて発熱量を検討し、ボイラーや発電方式を決定する。
- ③ 煙突の設計は建築基準法に則り、煙突の高さと防火上の構造を決定する。
- ④ 施工後に試運転を行い、煙突から出る煙の色や異臭・異音等がないか確認する。バイオマス発電設備等からの騒音、臭気、ばい煙が発生する場合には、周辺環境への影響を低減する適切な措置を講ずる。

【解説】

- ① 燃料の発送方法は、燃料の種類（ペレット、メタンガス等）、立地条件、配送車両（燃料に応じて必要な安全対策を施したもの）を検討する。空港敷地内へ配送する際は、燃料貯蔵庫までの輸送ルートを確認し、既存の輸送システムに影響しないように計画する。

燃料貯蔵は、燃料・原料の品質が変化しないように防水性があり、燃料の重量に対する耐力性を有する施設とする。また、貯蔵庫からボイラーまでの距離、配送車から荷物を下ろすスペースを確保できる位置に設ける。貯蔵する原料・燃料によっては消防法上の指定可燃物に該当（木材加工品及び木くずの貯留 10m³以上など）するため、火災予防条例等を確認して届出を行う。
- ② 発熱量は、使用する燃料の種類や品質によって変化することから、調達可能な燃料に応じたボイラーや発電方式を選定し、燃焼効率・燃焼制御・燃焼障害・稼働条件・保守方法を検討する。

木質バイオマスのボイラーには、家庭向けの小型ボイラーから発電所などの大型ボイラーま

で、その発熱量に応じて表 4-29 のような種類がある。メタンガスによる発電方法には、ガスインジンやマイクロガスタービンによる発電とその排熱回収によるコージェネレーションにより電力と熱を回収する方法がある。

表 4-29 木質バイオマスで用いられるボイラー

容量（出力）	ボイラーの種類	用途	一般的な利用分野	想定される空港施設での活用方法
10～100kW	薪ボイラー 家庭用ペレットボイラー等	暖房 (冷房)	家庭用	小規模な給湯設備、 スポット暖房等
100～500kW	小型チップボイラー 農業用ペレットボイラー等	給湯	業務用（温浴施設、農業）	暖房用熱源や温水利 用等
500kW ～ 1MW	中型チップボイラー ペレットボイラー等	蒸気 発電	温浴施設、 農業	暖房用熱源や温水利 用、発電利用
1MW ～	大型チップボイラー	発電	産業用（製材所、発電） その他（地域熱供給等）	暖房用熱源や温水利 用、発電利用

出典：林野庁「ボイラー技術の解説（7章）」、平成 25 年 3 月より作成

- ③ 煙突はボイラーの排気ガスをスムーズに屋外へ排出できる構造となるよう、煙道接続口の中心から頂部までの高さ並びに防火上の必要な構造が「建築基準法施行令第 115 条」等に定められている。この他、大気汚染防止法や公害条例等の適用についても確認して設計を行う。
- ④ 試運転時には、目視等により煙突からガスが排出されていることを確認し、さらに、ボイラーで正常な燃焼（完全燃焼）が行われていることを示す無色透明のガスであることを確認する。燃料の不適合や機器の故障があった場合は、不完全燃焼による黒煙が排出されるため、安全に停止させ後に原因の調査、対策を行う。異臭や騒音についても異常がないか確認を行う。

4.4.3 管理・運用段階で留意すべき事項

- ① 燃料調達及び使用計画に沿った燃料の確保に努める。また、燃料調達の履歴について記録・保存することが望ましい。
- ② 燃料を製造・保管する際は、関係法令を遵守するとともに、燃料の飛散、流出等がないように留意する。
- ③ 防災や設備安全、環境保全、景観保全などに関する対策が、計画どおり適切に実施されているかを随時確認する。

【解説】

- ① 燃料の調達は、実施計画段階で設定した調達ルートから安定的な供給を受けるとともに、燃料価格が変動してコストが増加することや燃料品質が確保できない場合に備えて、新たな燃料調達先も検討しておくことが望ましい。

- ② 燃料の製造・保管については、「消防法」や「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」等により適正に実施する。
- ③ 「労働安全衛生法」により、導入するボイラーの仕様（最高使用圧力、熱伝導面積等）に応じて、ボイラー取扱者はボイラー技士の資格等を有するものを選任する必要がある。
- ④ ボイラーからの排出ガスに関する規制には、「大気汚染防止法」による煤煙量の想定・報告や「ダイオキシン類対策特別措置法」による年1回以上の排出ガス測定があるため関連法に則って実施するとともに、通常時においても空港利用者や周辺住民へ異臭や騒音の影響が出ないようにする。

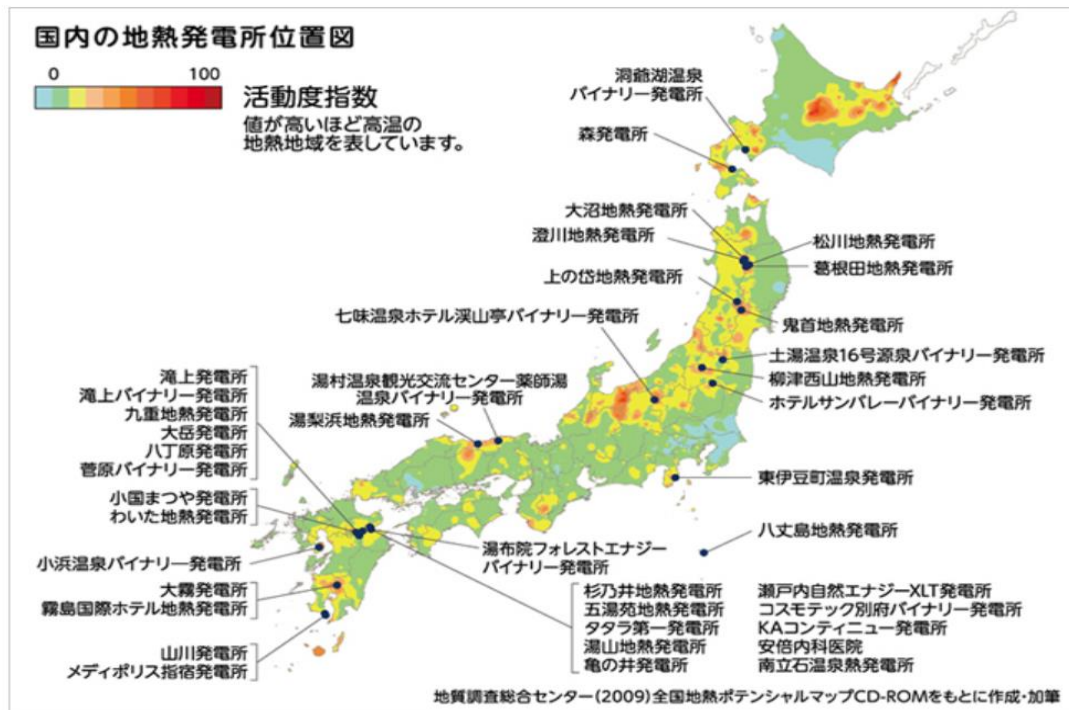
4.5 地熱発電

4.5.1 実施計画段階で留意すべき事項

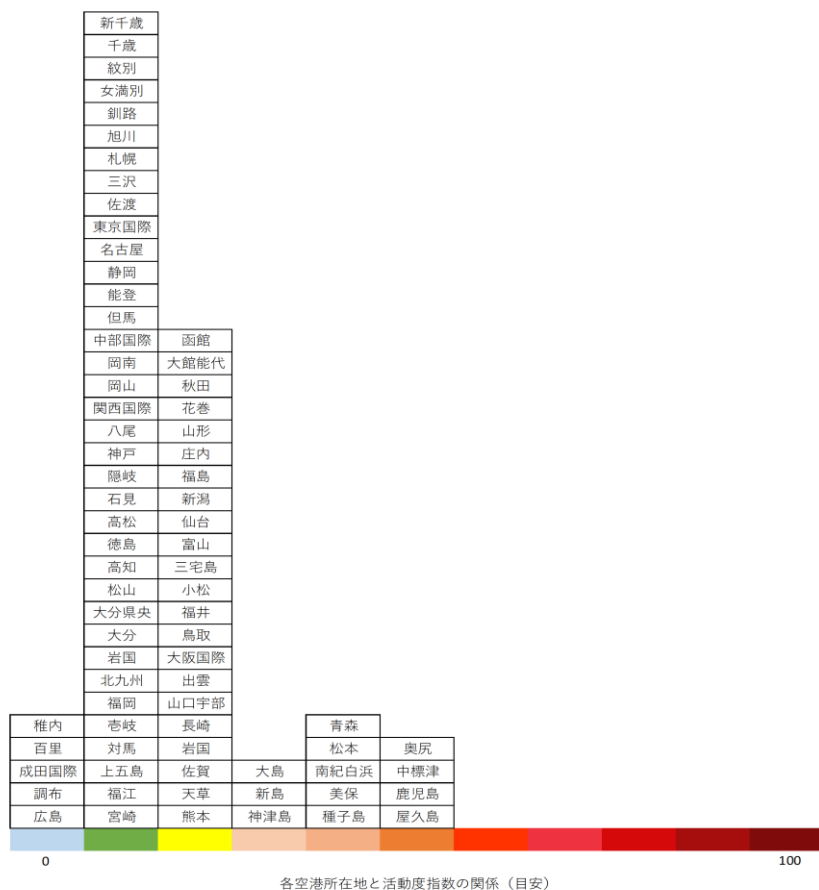
- ① 地熱発電事業を行うために十分な地熱資源量が存在するか、持続的な発電に必要なデータが揃っているかなどを確認するため、実施計画の段階で適切な調査を行うように努める。また、落雷や降雪等の気象条件について調査し、長期安定的な発電に支障がないか考慮して土地の選定を行うように努める。
- ② 発電方式の選定にあたっては、地熱発電のポテンシャルマップや周辺の開発状況に留意する。
- ③ 地熱発電の開発期間に留意した上で計画を進める。
- ④ 温泉熱利用について検討を行う場合には「温泉資源の保護に関するガイドライン（環境省自然環境局、令和2年3月改定）」を参照する。
- ⑤ その他、用地や法令等に関する留意事項については、「事業計画策定ガイドライン（地熱発電）（資源エネルギー庁、2022年4月改訂）」を参照する。
- ⑥ 地熱資源を利用している関係者や管理者等（地元温泉協会など）と地熱発電設備の設置による影響について十分な協議を実施する。

【解説】

- ① 継続的かつ安定的な地熱発電事業を行うために、各種の地熱発電に関するガイドライン等を参考にして検討を行う必要がある。特に、開発地点の多くが国立公園内であることなどの制約がある点に留意する必要がある。
- ② 日本国内における地熱地域の活動指数と地熱発電所の位置関係を図 4-38 に示す。現在稼働中の地熱発電の発電方式には、地熱貯留層から約 200～350℃の蒸気と熱水を利用するフラッシュ発電、80～150℃の中高温熱水や蒸気を利用するバイナリー発電、50～100℃の温泉を利用した温泉熱発電がある。また、温泉熱を発電ではなく熱エネルギーとして冷暖房の熱源として利用する事例もある。地熱発電の開発を行う際には開発場所においてどの発電方式が最適か周辺の開発状況を参考に検討する必要がある。



地質調査総合センター（2009）全国地熱ポテンシャルマップCD-ROM版をもとに作成・加筆



出典：日本地熱協会ホームページ「日本の地熱発電所」、2016年6月

図 4-38 日本国内の地熱地域の活動指数と発電所の位置関係

- ③ 地熱発電の開発プロセス例を図 4-39 に示す。「事業計画策定ガイドライン（地熱発電）（資源エネルギー庁、2022 年 4 月）」では、地熱発電の事業化を判断するための調査に 7 年、環境アセスメントや開発事業に 7 年かかると試算されており、地熱発電は開発のリードタイムが 10 年以上と長い点に注意してカーボンニュートラルに向けた計画を作成するとともに、開発コストの変動にも留意する必要がある。



出典：資源エネルギー庁「事業計画策定ガイドライン（地熱発電）」、2022 年 4 月

図 4-39 地熱発電事業の開発プロセス

4.5.2 設計・施工段階で留意すべき事項

- ① 事業計画策定ガイドライン（地熱発電）の「源泉・蒸気井・還元井のモニタリングの要件（資源エネルギー庁、2022 年 4 月改訂）」を参照し、適切な資源管理を行う。
- ② 蒸気の大気開放時において、空港敷地内や隣接する植生・家屋等について、蒸気による影響が無い適切な環境モニタリングを実施することが望ましい。

【解説】

- ① 周辺の既存の地熱発電所や温泉、新規の開発地点に影響を与えず、持続可能な地熱発電事業を実現するためには、自身の蒸気井・還元井及び周辺の源泉についてモニタリングを行い、湧出量や温度等の推移を把握することにより、適切な資源管理を行うことが重要である。
「源泉・蒸気井・還元井のモニタリングの要件（資源エネルギー庁、2022 年 4 月）」に照らして適切な源泉・蒸気井・還元井のモニタリングを実施し、必要に応じて地域の関係者と共有することや状況説明等を行うことで、地域との関係構築を図ることが望ましい。
- ② 地熱発電事業では、大気中に放出される蒸気に塩分等が含まれることによって、周辺の植生や家屋、人の生活等に影響が生じる場合があることから、地熱発電所の敷地境界に隣接する植生・家屋等について、適切な環境モニタリングを実施する。環境モニタリングの方法としては、例えば、大気放散の様子を記録することによって、周辺の植生や家屋、人の生活等への影響の有無や度合いを確認する方法などが挙げられる。「事業策定ガイドライン（地熱発電）（資源エネルギー庁、2022 年 4 月改訂）」を参照されたい。

4.5.3 管理・運用段階で留意すべき事項

- ① 各種ガイドラインや法令・条例等を参考に、発電所の安全運転や発電出力を維持するとともに、災害対策や災害発生時の対応方法を検討する。

4.6 蓄電池

4.6.1 蓄電池の導入における検討事項

- ① 再エネ発電導入後の時間帯ごとの需給バランスを確認して、再エネの余剰電力の発生が見込まれる空港では、蓄電池を導入して余剰電力を蓄電し、再エネ電力が不足する時間に放電して電力を有効活用する方法を検討する。
- ② 災害や停電を考慮した蓄電池の容量を検討する。
- ③ 蓄電池の用途に応じて容量や種類の検討を行う。
- ④ 計画段階から蓄電池のリユース・リサイクル方法に留意して導入計画を策定する。

【解説】

- ① 太陽光発電等の再エネ発電については、季節、時間帯及び気象条件等の要因により発電量の変動するが、空港では航空灯火等、夜間にも電力需要があるため、蓄電池の活用により、昼夜問わず年間を通して安定的に電力を確保することが重要である。また、太陽光発電のように一定の時間に出力のピークが見込まれる場合、ピーク時の余剰電力を蓄電し、オフピーク時に放電することで、年間電力需要量のうち再エネ発電による電力で賄うことができる需要量の割合（以下、「再エネ化率」とする。）の向上を図ることができる。

図 4-40 に、モデル空港における太陽光発電設備と蓄電池を組合せた場合の需給シミュレーション例を示す。図中の左のグラフは、導入する蓄電池容量の違いによる空港全体の再エネ化率の変化を表しており、再エネ化率約 80%となる点を境として、導入する蓄電池容量の増加に伴う再エネ化率の向上割合が変化していることがわかる。再エネ化率約 80%となる時の蓄電池容量は約 5,000kWh であり、この値を境として、導入する蓄電池容量に対する再エネ化率向上割合が大きく異なることがわかる。なお、導入する蓄電池容量が約 5,000kWh 未満の場合には、悪天候が継続すると蓄電池を充電できないことや、発電量が蓄電池の容量を超えると逆潮流が発生するなどのデメリットがある。

また、同図の右下に示すように、再エネ化率を 100%に近づける場合、必要となる蓄電池容量は約 270,000kWh である。運用の方法としては、昼夜の需給調整だけでなく、夏期の余剰電力で充電して冬期に放電する方法も考えられる。悪天候による影響を受けにくいことや逆潮流が発生しにくいなどのメリットがあるが、一方で、蓄電池の容量や設置スペースが大きくなるというデメリットがある。

以上より、蓄電池の導入にあたっては、再エネの導入規模を把握した上で複数の蓄電池容量により需給シミュレーションを行い、導入する蓄電池容量を検討する必要がある。

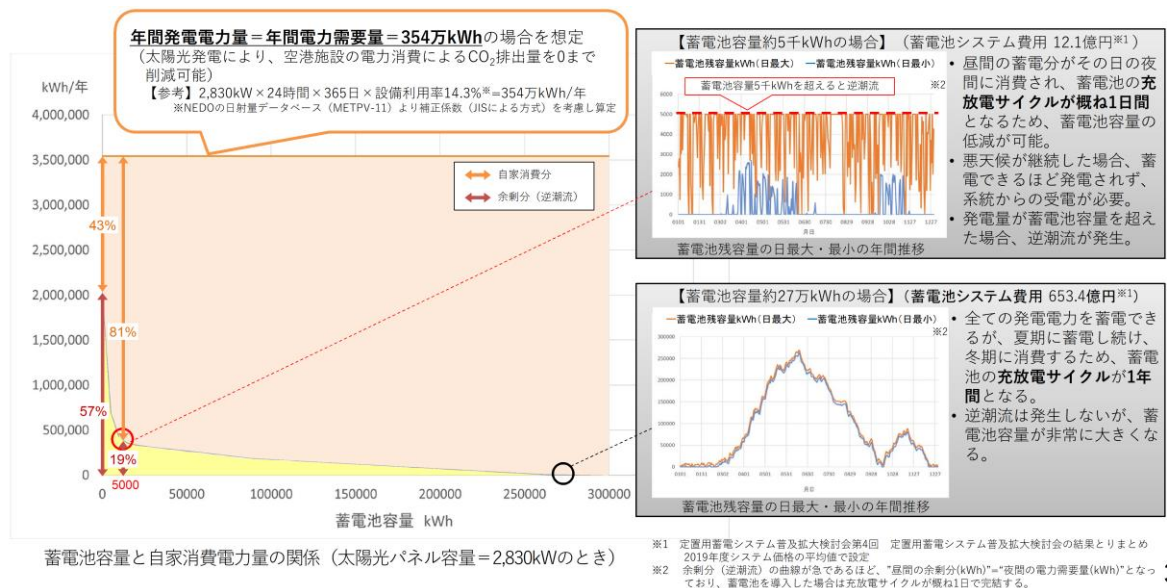


図 4-40 蓄電池の導入検討パターン

- ② 大規模災害時には、空港内や周辺地域で停電が発生することが想定される。その際、レジリエンス強化の一環として、災害時の電力供給可能範囲及び電力供給可能時間の拡大を行う場合や周辺地域にEV等を派遣する場合は、それらに必要となる電力量を加味した蓄電池の容量を検討する必要がある。レジリエンス強化については、「6.2.3 レジリエンス強化」を参照されたい。
- ③ 蓄電池の導入目的として、再エネ発電設備の出力変動の吸収、余剰電力の吸収、ピークシフト、防災電源等が挙げられる。導入にあたっては、これらの用途を計画段階で決定し、需給シミュレーションを行ったうえで蓄電池の容量や種類の検討を行う。

蓄電池の主な種類を表 4-30 に示す。蓄電池の選定にあたっては、必要容量のみならず、耐用年数や安全性、設置スペース等に留意する必要がある。例えば、蓄電池の設置スペースが限られるような場合では、蓄電量当たりの設置スペースが小さなNAS電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池の導入を検討する。

表 4-30 蓄電池の種類

蓄電池の種類		レドックスフロー	鉛	NAS	ニッケル水素	リチウムイオン
充放電効率 (%)		70 程度	75 程度	80 程度	85 程度	85 程度
耐用年数等	充放電サイクル(回数)	充放電による劣化小	～数千	～数千	～数千	～1万5千
	耐用年数の目安	～20 年	10～20	～15	7～10	7～20
	劣化後の蓄電池容量の目安 (%)	60～70	60～70	75	60～70	60～70
設置時の安全性に関する主な配慮事項		発火の恐れは低い	水素ガスが発生	動作に高温が必要	水素ガスが発生	発火の恐れ
環境リスクに関する主な配慮事項		硫酸を使用	鉛を使用	硫黄を使用	リスク低	リスク低
設置に必要なスペースの目安 (m ² /MWh)		20 程度	20 程度	6 程度	10 程度	10 程度

出典：東電設計株式会社、三菱商事株式会社「平成 30 年度質の高いエネルギーインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査事業 チュニジア国・電力課題解決に向けた蓄電池システム導入の事業性検討 調査報告書」、2019 年 2 月より作成

- ④ 空港に導入される蓄電池は大容量になることが想定されるため、劣化した蓄電池の廃棄方法やリユース・リサイクル方法も併せて検討する必要がある。また、空港の蓄電設備としては使用困難な程度にまで劣化している場合でも、別の用途でリユースする方法を事前に検討しておくことが望ましい。

4.6.2 蓄電池の将来的な導入検討について

- ① 蓄電池導入検討にあたっては最新の技術動向及び市場動向を調査する。
 ② 将来的な蓄電池の活用方法として、空港内の再エネ化率向上だけでなく、地域連携やレジリエンス強化への用途拡大を検討することが望ましい。

【解説】

- ① 図 4-41 に 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略で示された蓄電池分野の成長戦略工程表を、また、図 4-42 に 2030 年度の工事費を含めた業務産業用蓄電システムの目標価格を示すとともに、毎年度の目標価格（案）を示す。蓄電池については、技術開発や実証、ルール整備が随時進められている段階であるため、導入検討を行う際はそれらの動向に詳しい専門事業者にアドバイスを求めることが有効である。

		●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト削減フェーズ 4. 自立商用フェーズ						
	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
蓄電池	電池のスケール化を通じた低価格化 例：蓄電池・資源・材料等への大規模投資支援、定置用蓄電池導入支援 等					➡➡➡		
	研究開発・技術実証 例：全固体リチウムイオン電池・革新型電池の性能向上、蓄電池材料性能向上、高速・高品質・低炭素製造プロセス、リユース・リサイクル、電力需給の調整力提供 等					➡➡➡		
	ルール整備・標準化 例：蓄電池ライフサイクルでのCO2排出見える化や、材料の倫理的調達、リユース促進等に関する国際ルール・標準化、家庭用電池の性能ラベル開発・標準化、調整力市場（2024年開設）への参入に向けた制度設計、系統用蓄電池の電気事業法上の位置付け明確化 等					➡➡➡		

出典：経済産業省「資料1 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（経済産業大臣説明資料）」、2020年12月

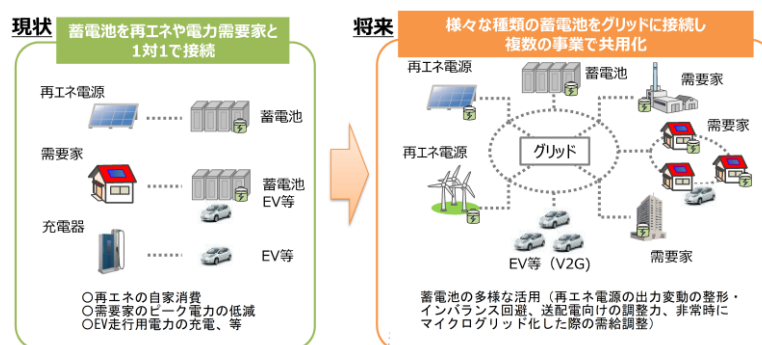
図 4-41 蓄電池産業の成長戦略工程表

業務・産業用蓄電システム	2019 価格水準	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030 目標価格	年度
価格	24.2※2	—	21	19	17.5	16	14.5	12.5	11	9.5	7.5	6	万円/kWh (工事費込み・税抜き)

出典：経済産業省「定置用蓄電システム普及拡大検討会の結果とりまとめ」、2021年2月

図 4-42 工事費を含む蓄電システムの目標価格

- ② 蓄電池には、再エネによる余剰電力を時間帯に応じて充放電することによる空港の再エネ化率向上だけでなく、将来的に空港と周辺地域との連携を行う際の再エネの出力変動及び送配電系統向けの調整機能など、多様な効果が期待できる。また、大規模災害などによる停電が発生した際の安定電源として活用することもレジリエンス強化の観点から重要であり、蓄電池に蓄電した電気の供給先や接続方法をあらかじめ検討することが望ましい。



出典：経済産業省「次世代蓄電池・次世代モータの開発」プロジェクトに関する研究開発社会実装の方向性」より作成

図 4-43 将来の蓄電池活用イメージ

4.7 水素の利活用

4.7.1 水素の利活用方法

- ① 水素は CO₂ を排出しないクリーンな燃料であり、FCV や発電・燃焼による発熱利用のほか、電力貯蔵媒体として再エネと組み合わせて活用する方法についても検討する。
- ② 空港車両の更新や車両の増台の際に FCV の導入を検討する場合は水素を燃料として活用することを検討する。
- ③ 空港にガスタービンやガスエンジンが導入されている場合は、天然ガスの代替品として水素を活用する方法を検討する。また、新たにガスタービンやガスエンジンを導入する場合は将来的な水素活用の方法も検討する。
- ④ 太陽光発電の出力が低下する夜間や非常時における水素の活用方法を検討する。

【解説】

- ① 水素は、化石燃料と比較して炭素分を含まず、発電利用時や燃焼する際に CO₂ を排出しない。また、再エネ技術を活用することで、CO₂ を排出せずに水素を製造することができる。さらに、水素はエネルギーキャリアとしてエネルギー等を貯め、運び、利用することができる特性（貯蔵性、可搬性、柔軟性）を有することから、再エネ電力を貯蔵して、柔軟にエネルギー利用することができる。

空港においては、現在利用している燃料を水素に置き換えることや、再エネ電力を水素に変換して貯蔵するなど、カーボンニュートラルに向けた水素の活用方法を検討する必要がある。ただし、現時点では水素の製造・運搬においてコスト面、法整備等に課題があり、サプライチェーンは構築されていない状況である。「水素基本戦略（再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議、平成 29 年 12 月）」等にまとめられたロードマップ等を参考に、段階的な導入を検討する必要がある。

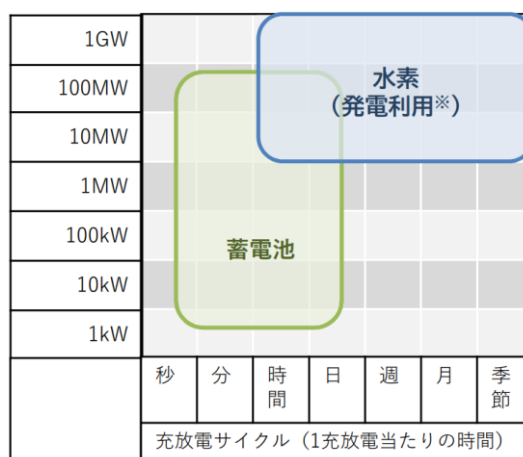
- ② FCV は、燃料電池内で水素と酸素の化学反応によって発電した電気エネルギーを利用してモータを回転させた自動車であり稼働時に CO₂ を排出しない。空港車両では、フォークリフト、トローリングトラクター、ベルトローダー、ランプバスなどは FCV 化された車両が存在することから、経年劣化等による更新のタイミングや車両を増台する際には FCV の導入とそれに合わせた水素燃料供給体制について検討することが望ましい（「3.2 充電設備・水素ステーション」を参照されたい）。
- ③ 空港にガスタービンやガスエンジンが導入されている場合、燃焼器の改造や水素供給設備の導入によって水素の混焼や専焼による空港施設への電力・熱供給が可能となる。ガスタービン、ガスエンジンを導入していない空港においても大規模な電力・熱需要があり、今後これらを導入する場合は将来的な水素の利用も考慮することが望ましい。

- ④ 水素発電は、太陽光発電や風力発電などの自然環境によって出力が変動する電源とは異なり、出力が安定しており、調整電力として利用可能である。また、再エネ発電により余剰電力が生じた際に、余剰電力を活用して水素を製造し、再エネによる発電量が減少する時間帯に水素発電を行って電力を賄う方法が考えられる。

電力貯蔵に利用する際の水素と蓄電池の特徴を比較したものを表 4-31 に示す。水素は蓄電池と比較して長期間の電力貯蔵（数日～数か月程度）や大容量の電力貯蔵に向いているものと考えられる。このため、日射量の多い夏季に太陽光発電により大量の水素を貯蔵し、日射量の少ない冬季に水素発電を行うといった季節間での電力需要と再エネ電力による供給の差を補う利用方法が考えられる。また、大規模災害時には、空港内や周辺地域で停電が発生することが想定され、その際、レジリエンス強化の一環として、災害時の電力供給可能範囲の拡大を行う場合は、水素発電を活用することも考えられる。

表 4-31 水素発電⁹及び蓄電池の特徴の比較

	水素発電	蓄電池
発電出力	10MW以上	10kW～100MW 程度
充放電サイクル	数日から数か月	数分～数時間



出典：NEDO「TSC Foresight Vol.20 電力貯蔵分野の技術戦略策定に向けて」、2017年7月より作成

図 4-44 水素（発電利用）と蓄電池の比較

⁹ 定置用燃料電池は含まないものと仮定。

4.7.2 水素の調達

- ① 水素を活用する際は、製造時に CO₂ を排出しない水素を調達することが重要である。
- ② 水素を調達する際は、CO₂ を排出しない水素であることが望ましい。また、空港への貯蔵・輸送についても留意する必要がある、空港周辺に水素の供給拠点が形成される場合には、大規模な水素利用も検討する。

【解説】

- ① 水素は、製造過程の CO₂ 排出の有無に応じて表 4-32 のように分類される。水素の利活用を検討する際は、調達する水素が製造工程において CO₂ を排出しない水素であることが重要である。

表 4-33 に、主な水素製造技術を示す。製造方法によって製造費用や CO₂ 削減効果等が異なるため、水素の調達では空港カーボンニュートラル化に最も効果的な CO₂ を排出しない水素（水電解技術由来等）の水素を調達することが望ましい。再エネポテンシャルの高い空港では、水電解技術を用いて水素製造することも考えられる。空港において水電解を行う際の留意点の一例として「固体高分子形水電解法」の水素製造装置の概要を表 4-34 に示す。

表 4-32 水素の種類

水素の種類	概要
グリーン水素	製造工程において CO ₂ を排出せずにつくられた水素
ブルー水素	CCS 等の手法により製造工程における CO ₂ 排出をおさえた水素 CCS：水素の製造工程で排出された CO ₂ について、回収して貯留したり利用したりする技術
グレー水素	製造工程において CO ₂ 排出を伴う水素

表 4-33 現在実用化されている主な水素製造技術

製造技術	製造技術の概要	コスト	CO2 削減効果	開発・実用化状況
水電解	水の電気分解を行う	水素源の価格の影響を大きく受けるため、他の製造方法に比べてコスト高	再エネ電力を利用する場合、CO2 削減効果は最も大きい	小規模な工業用は実用化済み。大規模な装置は現在技術開発中。装置の小型化が進められ、水電解装置の設置に必要な面積は 30 m ² /MW
副生ガス精製	苛性ソーダ製造プロセス、鉄鋼製造プロセス等の排ガスから水素を分離する	副生水素を利用、かつ設備の追加投資費用も少ないため、安価	水素の精製工程で電力が必要、利用済水素を供給する場合代替エネルギーが必要	既に実用化済
改質精製	都市ガス、天然ガスバイオマガス化から、水素を分離する	設備コストは比較的に安価・水素源調達価格が高い	バイオガスを水素源とした場合効果は大きい。化石燃料由来の場合効果は限定的	水蒸気改質等複数の技術が実用化されているが、膜分離については実証段階

出典：環境省「水素サプライチェーン事業化に関する調査・報告書（2021 年版）」、令和 3 年 2 月

表 4-34 固体高分子形水電解装置の概要

項目	概要
原料	水道水等を純水製造装置に通して製造する純水と電気のみであり、有害な廃液等は排出しない
製造量	1～200 N m ³ /h の製造量の水電解装置が販売されており、そのまま使用可能な高純度の水素が製造される
消費電力	1 N m ³ の水素を製造するための消費電力量は 5.0～6.5kWh 程度であり、使用する純水は 0.8～1.0 L 程度である（ただし、不純物を除去するための水道水等の使用量は製造される純水量より多くなる）

出典：宮城県環境生活部再生可能エネルギー室「自立型再エネ水素発電設備導入ガイドライン」、平成 31 年 3 月

- ② 表 4-35 に現在実証段階である水素の貯蔵・輸送技術を示す。空港で水素を調達する際は、輸送距離や輸送量に応じてエネルギーロスの少ない貯蔵・輸送方法を計画することが望ましい。例えば、導入コストと水素消費量を考慮した場合、小規模で FCV のみの水素利用を行う際には液化ローリーや圧縮水素トレーラーによって水素を運搬することが考えられ、水素発電等大規模に水素を利用する場合はパイプラインによる輸送が考えられる。周辺に大規模な水素の供給拠点が形成される場合は、空港で大規模に水素を利用する際に利用することを検討する。

表 4-35 現在実用段階または実証段階である水素の貯蔵・輸送技術

貯蔵・輸送方法	概要	適した輸送環境	実用化状況
配管輸送	中低圧または高圧に圧縮した水素をパイプラインにより輸送 高圧ガスの場合、圧縮エネルギーが必要	近距離大量輸送	工場間の近距離輸送等で実用化済み
圧縮水素	1MPa 以上に圧縮した水素を圧縮水素トレーラーやカードル、移動式水素充填車等により輸送 水素を圧縮する際にエネルギーが必要	近距離少量輸送	既に実用化済みであり、低コストな製品の技術開発が進んでいる
液化水素	液化装置により液化した水素を液化水素ローリーや移動式水素充填車により輸送 液化水素を製造する際にエネルギーが必要	長距離大量輸送	液化ローリーやロケットの燃料として既に実用化済み
水素吸蔵合金	水素と反応しやすい金属と反応しにくい金属を合金化した金属に水素を吸着させて輸送 水素を取り出す際に熱エネルギーが必要	近距離少量輸送	実証段階
有機ハイドライド	ベンゼン等の芳香族化合物と水素を化学反応させた有機ハイドライド（触媒反応により水素を可逆的に放出する有機化合物）により輸送 水素を取り出す際に熱エネルギーが必要	長距離大量輸送	実証段階

出典：環境省「水素サプライチェーン事業化に関する調査・報告書（2021年版）」、令和3年2月 より作成



圧縮水素トレーライメージ*1

※1 出典：岩谷産業株式会社より提供



水素配管*1

*1:地域連携・低炭素水素技術実証事業苛性ソーダ由来の未利用な高純度副生水素を活用した地産地消・地域間連携モデルの構築より引用

出典：環境省「水素サプライチェーン事業化に関する調査・報告書（2021年版）」、令和3年2月

図 4-45 圧縮水素技術(左)及び配管輸送技術(右)の概要

4.7.3 将来動向への対応

- ① 水電解による水素製造技術の開発や普及によって製造設備の大容量化や低コスト化が実現すれば、再エネ電力を水素製造に利用することも期待される。
- ② 水素の混焼、専焼技術が開発されており、空港内の既存のガスエンジンやガスタービンの機器の一部を交換して天然ガスの代替燃料として水素を利用することが期待される。

【解説】

- ① 水素の調達方法には、前述の通り空港外から水素を調達する他、空港内で水素を製造する方法も考えられる。CO₂を排出しない水電解による水素製造技術には表 4-36 に示すものなどがあるが、技術やコスト面での課題も多いため、今後の技術開発による価格の低減が期待される。

表 4-36 水電解によるグリーン水素製造技術

水電解技術	技術概要	特徴
アルカリ水電解	30%程度の水酸化カリウム又は水酸化ナトリウムを使用し、電解質（液）とすることで電解	構造が単純のため低コストだが効率性が劣る
PEM 水電解	固体高分子のイオン交換膜を電解質とし、両面を電極・触媒ではさみ MEA（膜電解質接合体）を形成し電解	電流密度が高く効率も良いためコンパクト化しやすいが、触媒に金属を用いるため高コスト
固体酸化物系水電解（SOEC）	高温の水蒸気を酸化ジルコニウム等の固体電解質を用いて電解	低い電圧で電解できるが水蒸気生成のための熱が必要
NiMH 改良	ニッケル水素電池の過充電状態を利用して電解	水素の製造効率は高いものの、試験段階にあり技術確立が必要
プロトンセラミック水蒸気電解	プロトン伝導性セラミックを電解質として電解	再エネや廃熱を利用可能であり、かつ高圧の高純度水素を製造可能

出典：環境省「水素サプライチェーン事業化に関する調査・報告書（2021年版）」、令和3年2月

- ② 従来は天然ガスを燃料とするガスエンジンやガスタービン設備において CO2 排出量の低減を目的として水素を燃料に混合し、燃焼を行う水素混焼技術の開発が進められている。

表 4-37 発電方式別の水素混焼技術の開発状況

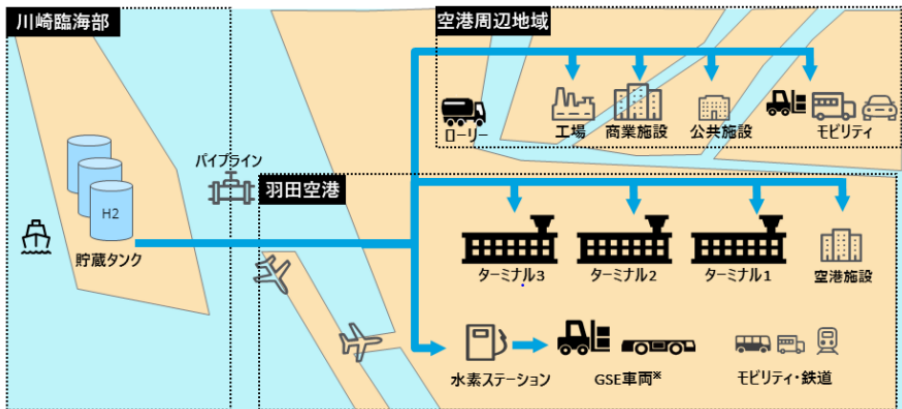
発電方式	水素混焼技術の開発状況
ガスタービン式	燃焼器を交換し水素混焼に対応する。水素混焼時に課題となっている大気汚染物質 NOx の発生を抑制するため水噴射を行うウェット式の燃焼器において水素混合比率 60%～100%まで実証事例がある。
ガスエンジン式	空気と燃料の投入比率の調整等により水素混焼に対応する。既設の商用品では水素混焼率 35%の実証事例がある。さらに水素混焼率を高めるための技術開発が進められている。

4.7.4 取組事例の紹介

① 新千歳空港における水素製造・利活用の実証事例

調査対象空港	新千歳空港
実証予定先	三菱商事株式会社、株式会社三菱総合研究所、北海道電力株式会社、北海道エアポート株式会社、株式会社レンタルのニッケン、東芝エネルギーシステムズ株式会社
調査期間	2022 年 6 月～2023 年 3 月
調査項目	内容
水素供給 ポテンシャル調査	オンサイトでの太陽光発電、もしくはオフサイトでの風力発電による再生電力から水電解により水素を製造ポテンシャルの調査
水素需要 ポテンシャル調査	新千歳空港内のモビリティ（地上業務車両他）・熱需要ポテンシャルの調査
事業イメージ	図 新千歳空港における水素利活用モデルのイメージ図 出典：NEDO「2022 年度 水素社会構築技術開発事業／地域水素利活用技術開発」に係る実施体制の決定について-テーマ別概要資料-、2022 年 6 月

② 東京国際空港及び周辺地域における水素利活用の実証事例

調査対象空港	東京国際空港
実証予定先	日本空港ビルディング株式会社、空港施設株式会社、ENEOS 株式会社、大田区、川崎市、デロイトトーマツコンサルティング合同会社
調査期間	2022 年 10 月～2023 年 9 月（予定）
調査項目	内容
水素供給 ポテンシャル調査	海外で製造した水素を川崎臨海部に輸入し、需要地である羽田空港周辺まで 輸送するモデルによる水素供給ポテンシャルの調査
水素需要 ポテンシャル調査	羽田空港施設内の電気・熱・GSE 車両への水素利活用及び周辺地域の水素利活用による水素需要ポテンシャルの調査
事業イメージ	 図 羽田空港及び周辺地域における CO2 フリー水素利活用モデルのイメージ図 出典：大田区 HP「NEDO 事業による CO2 フリー水素利活用モデル調査 官民 6 者連携による羽田空港及び周辺地域における水素利用の調査を行います！」2022 年 10 月

5 航空機に係る取組

5.1 駐機中の航空機

5.1.1 固定式 GPU

(1) 実施計画段階で留意すべき事項

- ① 空港管理者又は運営権者は、固定式 GPU の使用が想定される航空機の仕様等を踏まえ、導入する固定式 GPU の仕様について航空会社と協議を行う。
- ② 固定式 GPU の新設・増設に伴う電力需要の増加により空港全体の受電容量を超過する場合には、必要な対策を検討する。
- ③ 固定式 GPU における再エネ電力の使用に努める。

【解説】

- ① 一般的な固定式 GPU は、図 5-1 に示す、以下の設備で構成される。
 - ・旅客ターミナルビルから受電した商用電力（周波数 50/60Hz）を航空機用電力（周波数 400Hz）に変換するための電力変換装置
 - ・商用電力もしくは旅客ターミナルビル等から供給される冷水/温水により冷暖房気を発生させるための空調装置
 - ・航空機用電力や冷暖房気を駐機位置周辺まで供給するための地中の埋設ケーブル（電力）及び埋設ダクト（空調）
 - ・航空機へ接続するための地上の電力ケーブル及びエアコンホース
 - ・地中の埋設ケーブル・ダクトと地上の電力ケーブル・エアコンホースを接続するためのピット及び電力ケーブル・エアコンホースを地中に収納するための埋設設備ただし、電力会社の系統や再エネ発電システム等から固定式 GPU が直接受電する場合には、受変電設備の新規設置が必要となる等、受配電の方法に応じて導入設備を検討する必要がある。

上記の設備によって構成される固定式 GPU の稼働性能は表 5-1 に示すとおりである。航空機の種類によっては、固定式 GPU と航空機材との仕様不一致により固定式 GPU が使用できない場合があるため、導入にあたっては、使用が想定される航空機材の仕様を踏まえて固定式 GPU の仕様を検討する必要がある。

また、ピットの設置位置を決定する際には、固定式 GPU の使用が想定される航空機のサイズや仕様等を確認したうえで、電力損失を抑えるために、電力ケーブルの長さが余剰とならないよう、関係者と協議の上、設置位置を検討する。その際、電力ケーブルのみならず、空調ホースについても、航空機周辺の車両動線を阻害しないことを確認する。

さらに、将来のマルチスポット化が想定される場合には、駐機位置を考慮して、マルチスポット用としても運用できる位置にピットを設置することや、マルチスポット用のピットを追加設置することについて検討することが望ましい。

（仕様不一致の例と対応策）

■固定式及び移動式 GPU から供給される航空機用電力と航空機側で受け入れ可能な電源周波

数の不一致

大多数の航空機は交流 400Hz に対応するものであることから、固定式及び移動式 GPU から供給される航空機用電力は基本的に交流 400Hz である。一方、少数ではあるが、一部には直流 28V のみ受け入れ可能なプロップ機もあることから、その場合には、交流電力を直流に変換するための電力変換器を備えた移動式 GPU が必要となる。

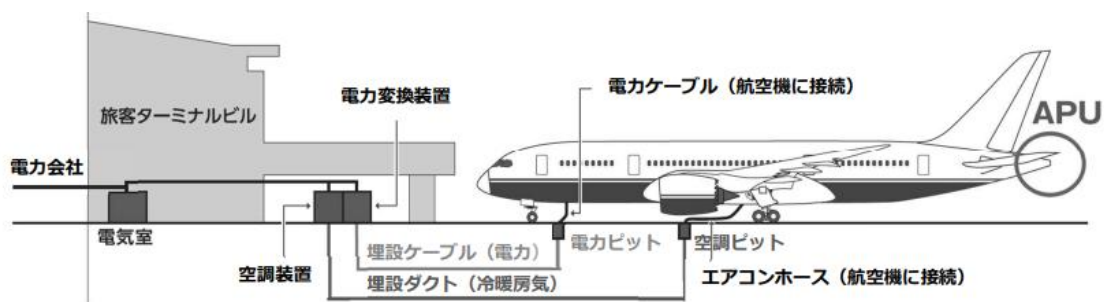
■ 固定式 GPU の接続口数と航空機側の接続口数の不一致

固定式 GPU には、電力ケーブルと空調ホースの接続口が 1 つずつ設けられている。

固定式 GPU の電力ケーブル数が航空機側の接続口数よりも少ない場合には、駐機中の航空機に対して必要な電力を供給できないことから、APU を使用する場合があります。

固定式 GPU の導入後、当初想定していた航空機と仕様の異なる航空機が固定式 GPU を利用するにあたって電力ケーブル数の不足が発生した場合には、電力ケーブルの追加設置又は固定式 GPU の不足分を補うための移動式 GPU の確保が必要となる。一方で、電力ケーブルの追加設置にはピットの増設工事が必要であり、エプロンのコンクリート舗装の撤去・復旧等の工事が必要となることや、固定式 GPU の不足分を補うために移動式 GPU を併用する際には、移動式 GPU の接続等を行うための人員を確保できない場合もあることから、固定式 GPU を導入する際には、使用が想定される航空機について航空会社とも十分に情報共有を行った上で、固定式 GPU の電力ケーブルの数を検討する。

同様に、空調ホースの接続口数が航空機側の接続口数よりも少ないスポットにおいては、固定式 GPU から供給する冷暖房気が季節によって不足する可能性があることから、電力ケーブル不足の場合と同様の課題が想定されるため、使用が想定される航空機について航空会社とも十分に情報共有を行った上で、固定式 GPU の空調ホースの数を検討する。



出典：株式会社エージーピー「空港における航空機用動力設備（GPU）の設置方式と工事について」

図 5-1 固定式 GPU の施設構成例

表 5-1 固定式 GPU の稼働性能

項目	性能
電力容量	90kVA、180kVA
電源周波数	400Hz
連続稼働可能時間	制限なし
動作可能な温度	規定ありのため、要確認

※出典：主なメーカー資料より作成

※B787、A350、B777（国際線仕様）等は 180kVA の電力供給が必要

※導入する GPU の動作可能な温度条件が各空港の気候特性に適することが必要

- ② 固定式 GPU の新設・増設により電力需要が増加することから、必要に応じて空港全体の受電容量を見直す必要がある。その際、「6.1.2 エネルギーマネジメント検討」を参照されたい。特に、夏季及び冬季において、冷暖房供給に必要な電力量が多くなることに留意する。
- ③ 固定式 GPU は、再エネ電力を使用することで更なる CO2 排出削減が期待できる。例えば、国内では中部国際空港、海外ではクアラルンプール国際空港（マレーシア）等において、太陽電池発電設備から GPU に電力を供給する事例がある。

固定式 GPU への再エネ電力供給時の具体的な留意事項については、「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル〔空港建築編〕（国土交通省）」に必要となる対応（「再エネ導入時の設備改修内容」、「再エネ導入時の課題、留意点、運用への影響等」、「概算コスト・整備工期」等）が記載されており、これを参考にすることができる。

(2) 設計・施工段階で留意すべき事項

- ① 固定式 GPU の設置工事にあたっては、空港管理者（又は運営権者）や旅客ターミナルビル会社、航空会社等の関係者との間で事前に協議・情報共有を行い、空港運用及び航空機運航等への影響を最小限とするよう施工計画を検討する。

【解説】

- ① 固定式 GPU の設置工事は、図 5-1 に示すように、エプロンや旅客ターミナルの近傍において行われることが多いため、設置工事を行う者は、空港管理者（又は運営権者）のみならず

旅客ターミナルビル会社や航空会社等の関係者とも、工事時期や工事範囲等について十分な協議・情報共有を行い、空港運用や航空機運航等への影響を最小限とするよう施工計画を検討する必要がある。

また、固定式 GPU の設置工事は、経済性等を踏まえて他の工事（エプロン舗装の打ち換え工事）と時期を合わせて行われることが多いことから、他の工事スケジュールへの影響を最小限とするよう施工計画を検討する必要がある。

(3) 管理・運営段階で留意すべき事項

- | |
|---|
| ① 固定式 GPU の安全な運用を確保するため、適切な操作・メンテナンス等を行うこと。 |
|---|

【解説】

① 「Optimizing the use of Electric Preconditioned Air (PCA) and Ground Power Systems for Airports（＊ACRP 207、2019）」では、固定式及び移動式 GPU を安全に運用するために、GPU を操作する地上職員の教育やメンテナンス記録の共有等をはじめとした操作・メンテナンス時における安全性確保のための実施事項が記載されており、これを参考にすることができる。

＊ACRP（Airport Cooperative Research Program: 空港共同研究プログラム）とは、FAA がセンサーとなった調査に基づき、既存の連邦研究プログラムでは空港運営機関が適切に対処できない問題について、関係機関等による応用研究を実施したものである。

5.1.2 移動式 GPU

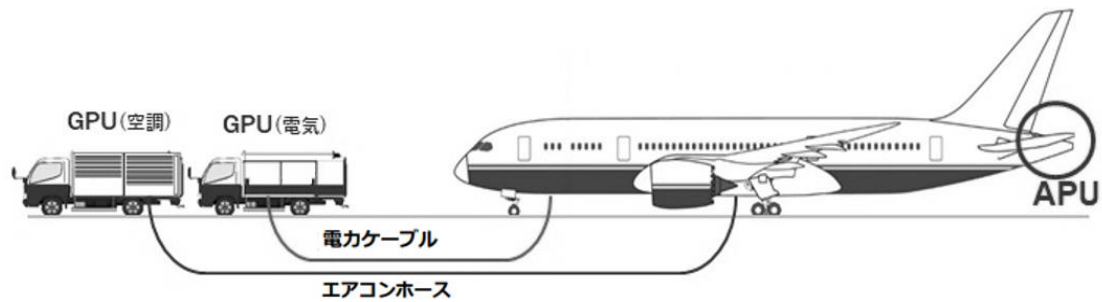
(1) 実施計画段階で留意すべき事項

- | |
|---|
| ① 使用が想定される航空機の仕様等を踏まえて移動式 GPU の仕様を検討する。 |
| ② 移動式 GPU の連続稼働可能時間を踏まえて導入台数を検討するとともに、必要に応じて充電設備等を確保する。 |
| ③ 移動式 GPU における再エネ電力やバイオ燃料の使用に努める。 |

【解説】

① 移動式 GPU は、自走車両又は牽引車両に搭載した発電機等から発生させた航空機用電力や冷暖房気を駐機中の航空機に供給する装置である。移動式 GPU は、ディーゼル燃料の燃焼により発電した電力を供給とする「ディーゼル発電タイプ」と、バッテリーに蓄電した電力を供給する「バッテリー駆動タイプ」がある。

移動式 GPU の稼働性能は表 5-2 に示すとおりである。一般的には、移動式 GPU から供給される航空機用電力は交流電源であるが、5.1.1(1)で述べたとおり、一部のプロップ機では交流電源に対応しないものもあるため、使用が想定される航空機に対応した移動式 GPU を導入する必要がある。



出典：株式会社エージービー作成

図 5-2 移動式 GPU の施設構成例



出典：株式会社エージービー「国産初のバッテリー駆動式 GPU の開発」、2022 年 8 月

図 5-3 国内で開発されたバッテリー駆動 GPU

表 5-2 移動式 GPU の稼働性能

項目	性能（ディーゼル駆動）	性能（バッテリー駆動）
電力容量	90kVA、120KVA、140kVA、180kVA	90kVA、180kVA
電源周波数	400Hz	
連続稼働可能時間	8 時間程度	メーカーにより相違※
動作可能な温度	メーカーにより相違※	

出典：主なメーカー資料より作成

※B787、A350、B777（国際線仕様）等は 180kVA の電力供給が必要

※バッテリー駆動の連続稼働可能時間は、ディーゼル駆動の連続稼働可能時間より短い（2022 年時点）

※導入する GPU の動作可能な温度条件が各空港の気候特性に適することが必要

- ② 移動式 GPU は連続して稼働できる時間に制限があるため、空港運用及び航空機運航等に支障がないように導入台数を検討する必要がある。

そのうえで、充電設備が必要となるバッテリー駆動タイプの移動式 GPU を導入する場合には、充電設備の必要数を併せて検討する必要がある。なお、移動式 GPU の走行動力自体が電動化されている場合には、そのための充電設備の導入も必要となるため、「3.2.1 充電設備」を参考にすることができる。

また、移動式 GPU の置場の検討に際しては、移動式 GPU は空港車両として扱うことから、「3.1.1 基本的な考え方」を参照されたい。

- ③ バッテリー駆動タイプの移動式 GPU は、再エネ電力を使用することで CO2 の更なる排出削減が期待できる。

また、ディーゼル発電タイプの移動式 GPU は、バイオ燃料を供給することで CO2 の更なる排出削減が期待できる。ただし、車両でのバイオ燃料使用時に起こる問題が生じる可能性があるため、「3.1.4 バイオ燃料の活用 (1) 実施・計画段階で留意すべき事項」を参考にしつつ必要な対策を講じる。

なお、ディーゼル発電タイプの移動式 GPU へのバイオ燃料の導入評価試験が国内 GPU メーカーにより行われた。同様の実証実験等の結果を踏まえ、バイオ燃料の導入を検討するとよい。



出典：株式会社エージービー ホームページ
「移動式 GPU でバイオ ディーゼル燃料の評価試験を実施しました」、2022 年 8 月

図 5-4 国内で実施されたバイオ燃料の評価試験の様子

(2) 管理・運営段階で留意すべき事項

- ① 移動式 GPU の安全な運用を確保するため、適切な操作・メンテナンス等を行うこと。

【解説】

- ① 「Optimizing the use of Electric Preconditioned Air (PCA) and Ground Power Systems for Airports (*ACRP 207、2019)」では、固定式及び移動式 GPU を安全に運用するために、GPU を操作する地上職員の教育やメンテナンス記録の共有等をはじめとした操作・メンテナンス時における安全性確保のための実施事項が記載されており、これを参考にすることができる。ただし、バイオ燃料使用時には、これに加えて、「3.1.4 バイオ燃料の活用 (1) 実施・計画段階で留意すべき事項」を参考にしつつ、必要な対策を講じる。

*ACRP (Airport Cooperative Research Program: 空港共同研究プログラム) とは、FAA がスポンサーとなった調査に基づき、既存の連邦研究プログラムでは空港運営機関が適切に対処できない問題について、関係機関等による応用研究を実施したものである。

5.1.3 APU の使用制限

(1) 基本的な考え方

- ① APU の使用時間について、使用しないことも含め、可能な限り短縮することを目指す。
- ② APU 使用制限の運用状況をモニタリングし、関係者間で協議を行うことにより、GPU 使用の更なる促進を目指すことが望ましい。

【解説】

- ① 固定式 GPU が設置されている国内 9 空港（新千歳、成田、羽田、中部、関空、伊丹、神戸、福岡、那覇）では、AIP において APU の使用時間制限が明記されており、関空では出発予定時刻の 0~15 分前以外、他の 8 空港では出発予定時刻の 0~30 分前以外は APU の使用が制限されている（2022 年時点）。また、表 5-3 に示すとおり、海外空港では原則として APU の使用を認めていない事例もある。

一方で、表 5-4 に示す事例のように、GPU 設備もしくは運用上の理由により GPU の使用が困難であり、APU を使用せざるを得ないケースも想定される。表 5-5 に示すとおり、海外空港では APU の使用制限を免除する条件が設定されている事例もあることから、これらを参考にしつつ、可能な限り APU の使用時間の短縮を目指す。

表 5-3 原則として APU 使用を認めていない事例

空港名	AIP 記載内容（抜粋）
ハンプルグ空港 （ドイツ）	地上電力と空調を提供できる場所では、APU をオフにしなければならない。
フィウミチーノ空港 （イタリア）	固定式 GPU を備えたスポットでは、APU の使用はできない。固定式がない場合は移動式 GPU を使用する。
深セン宝安空港 （中国）	搭乗橋で旅客ターミナルを結ぶ駐機場での APU の運転は推奨されない。
スワンナプーム空港 （タイ）	すべてのスポットには固定式 GPU が用意されており、使用可能な場合はそれ（固定式 GPU）を使用しなければならない 固定式 GPU が使用できない場合、移動式 GPU を使用する。
ヘルシンキ空港 （フィンランド）	エプロンに駐機している航空機は、地上電力が使用できる場合、常に地上電力を使用しなければならない。 APU の使用は、やむを得ない場合に限られる。

表 5-4 GPU 使用が困難と考えられる事例

分類	GPU 使用が困難と考えられる事例
機材・GPU 設備能力	GPU が導入されているにもかかわらず、GPU と航空機との仕様不一致※により使用できないことから、必要な航空機用電力や冷暖房気を確保することが困難 ※固定式 GPU から供給される航空機用電力と航空機側で対応可能な電力（交流/直流）の仕様の不一致や、固定式 GPU の電力ケーブル数と航空機側の接続口数の不一致
駐機時間	駐機時間が短く、到着時刻から出発予定時刻までに GPU 接続時間を確保することが困難
外気温	外気温の影響により、GPU の空調能力では適切な室内気温を確保することが困難

※上記の他、一部機材では CO2 排出削減のためスポットインまでの地上走行において片側エンジンを停止させる際に、機材システムの特性により APU の使用が必要となる場合がある。

表 5-5 海外空港における APU 使用制限の免除事例

免除理由	空港名	通常の APU 使用時間 (出発予定時刻の●分前)	APU 使用制限免除が認められる条件
航空機のサイズ又は GPU 設備上の理由	チューリヒ空港 (スイス)	5 分前	固定式又は移動式 GPU が使用できない場合、又は特定の航空機に対応できない場合は 60 分前
	コペンハーゲン空港 (デンマーク)	5 分前	外気温 -10°C or $+25^{\circ}\text{C}$ の場合は 15 分前、コード C 以上の航空機は 45 分前
	ガトウィック空港 (英国)	ナローボディ機は 15 分前	ワイドボディ機は 50 分前
駐機時間	サンフランシスコ空港 (米国)	30 分前 (国内線)	国際線の特定スポットに 45 分以上駐機する予定の航空機は、GPU を使用する必要がある。
外気温	コペンハーゲン空港 (デンマーク) ※再掲	5 分前	外気温 -10°C or $+25^{\circ}\text{C}$ の場合は 15 分前、コード C 以上の航空機は 45 分前
	ロンドンスタンテッド空港 (英国)	10 分前	外気温 5°C 以下もしくは 20°C 以上の場合を除く
	スキポール空港 (オランダ)	10 分前	外気温 -5°C 以下もしくは $+25^{\circ}\text{C}$ 以上の場合を除く
	ブリュッセル空港 (ベルギー)	15 分前	極端な低温又は高温時を除く

- ② 便ごとの GPU 使用時間データを関係者間で共有し、APU の使用制限に伴う運用上の課題への対応方策や GPU 使用率向上の方策について検討することが望ましい。

5.1.4 将来動向への対応

(1) 水素駆動の移動式 GPU

水素発電により航空機用電力を発生させるタイプの移動式 GPU が海外空港※で試験運用中(2022 年時点)である。2023 年度第 2 四半期以降に予定されている試験運用結果報告や水素調達手段等を踏まえて導入を検討することが望ましい。

※フローニンゲン空港 (オランダ)



出典：Interreg ホームページ「The Province of Drenthe's hydrogen journey takes to the skies」

図 5-5 航空機に接続する水素駆動の移動式 GPU

(2) コンボ（航空機用電力と冷暖房機の同時供給）型の移動式 GPU

航空機用電力と冷暖房機の供給を 1 台で行うタイプの移動式 GPU（従来の移動式 GPU は、航空機用電力供給用と冷暖房気供給用の 2 種類を航空機へ接続することが必要）が海外で開発済みである。これにより、移動式 GPU を置場から航空機まで移動させる際の総走行距離（台数×移動距離）や運用時の人員が削減されることが期待される。ただし、コンボ型の移動式 GPU の導入実績は確認されていないため、実証・導入事例等を確認したうえで導入を検討することが望ましい。コンボ型の移動式 GPU の稼働性能は表 5-6 に示すとおりである。



出典：Guinault 社ホームページ「GF15 - Mobile Air Conditioning Unit & Combo for Aircraft Codes B to C - ACU combined with 400Hz / 28 Vdc power supply」

図 5-6 航空機に接続するコンボ型の移動式 GPU

表 5-6 コンボ型の移動式 GPU の稼働性能

項目	性能
電力容量	90kVA
電源周波数	400hz
連続稼働可能時間	8 時間程度
動作可能な温度	規定あり

出典：Guinault 社「GF15 COMBO カタログ」

※B787、A350、B777（国際線仕様）等は 180kVA の電力供給が必要

※導入する GPU の動作可能な温度条件が各空港の気候特性に適することが必要

(3) AI を用いた航空機の出発時刻予測による APU 使用時間最小化システム

一般的に、APU の使用制限は「出発予定時刻の●分前から APU 使用可能」といった形で規定されるが、仮に出发予定時刻よりも実際の出発時刻が遅れた場合、結果的に遅延分については余分に APU が使用されることとなる。

そこで、出発に向けたグラウンドハンドリング作業の進捗状況を踏まえて AI が予測した航空機の出発時刻に基づき、最適なタイミングで APU と GPU を切り替えて、駐機中の APU 使用時間を短縮するシステムが海外で開発され、米国の主要空港で導入済みである。

なお、同システムメーカーの調査では、表 5-7 に示すとおり、本システムの活用により 1 フライトあたりの APU の使用時間を約 9 分短縮できると試算されている。こうしたシステムについても、海外事例等を踏まえて導入を検討することが望ましい。

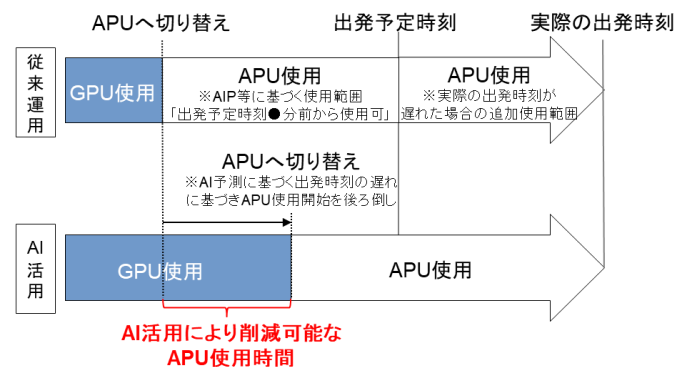


図 5-7 AI 予測を活用した駐機中の航空機からの APU 使用時間削減のイメージ

表 5-7 1 フライトあたりの潜在的な削減効果

1 フライトあたりの削減効果	米国の主要空港
APU 稼働時間	9 分
CO2 排出量	47kg
コスト	\$11.00

出典：ASSAIA「CO2 Emission Reduction via GPU Operations Improvement」より作成

5.2 地上走行中の航空機

地上走行中の航空機の CO₂ 排出量削減に向けては、新たな高速離脱誘導路や取付誘導路の整備による地上走行距離の縮減等について検討することが望ましい。

5.2.1 実施計画段階で留意すべき事項

- ① 該当空港における誘導路について、年間を通じた使用状況を把握する。
- ② 必要離着陸距離の算定にあたっては、空港の立地や就航機材等の空港固有の特性だけでなく、気温や天候等の季節変動を踏まえて離陸及び着陸に要する距離の分布を把握する。
- ③ 航空機が発着する駐機スポットの位置を踏まえて、地上走行距離や地上走行時間の縮減が期待できる誘導路配置を検討する。
- ④ 航空機の安全運航を確保しつつ、CO₂ 排出量削減に期待ができる誘導路配置について関係機関と協議をする。

【解説】

- ① 誘導路整備計画の検討に当たっては図 5-8 に示すように誘導路使用状況の把握をした上で必要離着陸距離の試算や試算に基づく誘導路配置案の検討をすることが効果的である。

誘導路使用状況の把握に当たっては、同型の航空機であっても、離着陸時の航空機重量、滑走路の路面状態、風向・風速、気温等の条件により使用する誘導路がその都度変動することに留意する。これらの条件には季節により変動する要素も含まれるため、整備効果を精緻に把握する観点から、通年での誘導路の使用実態を実績データ等で、できるだけ詳細に把握することが望ましい。

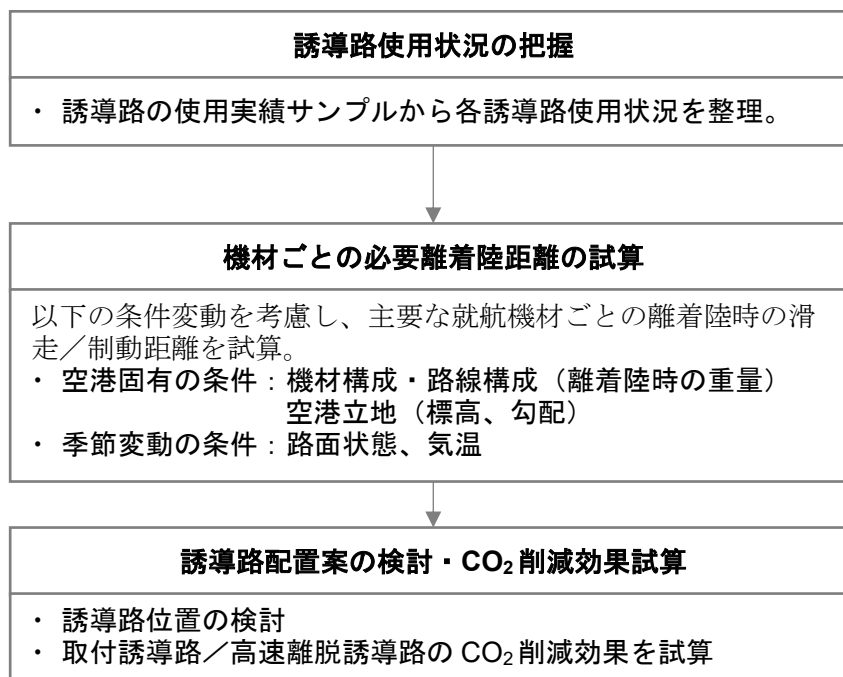


図 5-8 CO₂ 削減のための誘導路整備の検討フロー

- ② ①で把握した誘導路の利用実態を踏まえ、航空機の性能に関するデータや航空会社へのヒアリングにより得られた情報をもとに、就航が想定される航空機毎の必要離着陸距離を試算する。試算にあたっては、表 5-8 に示す条件により離着陸に要する距離が変動することに留意する。特に、誘導路の整備効果を最大限発揮する観点では、路面状態や気温といった気象条件の違いによる必要滑走距離を整理し、年間を通じて最も多頻度となる滑走距離を把握することが望ましい。例えば、離着陸に必要な距離については、雨天時（WET）は晴天時（DRY）と比較して数百 m 程度長くなることや、気温が 1℃上昇する毎に数十 m 長くなること等に留意することが必要である。

表 5-8 離着陸距離に影響する条件

条件	離着陸距離への影響
航空機の構成	航空機の性能により離着陸に要する距離が異なり、また、機体サイズが大きく、旅客・貨物の搭載重量が大きくなるほど離着陸距離が長くなる。
就航路線構成	就航路線の距離が長く搭載燃料の重量が大きくなるほど、離着陸距離が長くなる。
標高	標高 300mにつき離着陸距離は 7%長くなる。
滑走路勾配	下り勾配 1%につき離着陸距離は 10%長くなる。
路面状態	路面状態が悪いほど（摩擦係数が低いほど）離着陸距離が長くなる。
気温	空港の標準大気温度から 1℃上昇につき離着陸距離は 1%長くなる。

出典：ICAO「AerodromeDesign Manual 5th Edition,2020(飛行場設計マニュアル第5版、2020年)」を基に作成

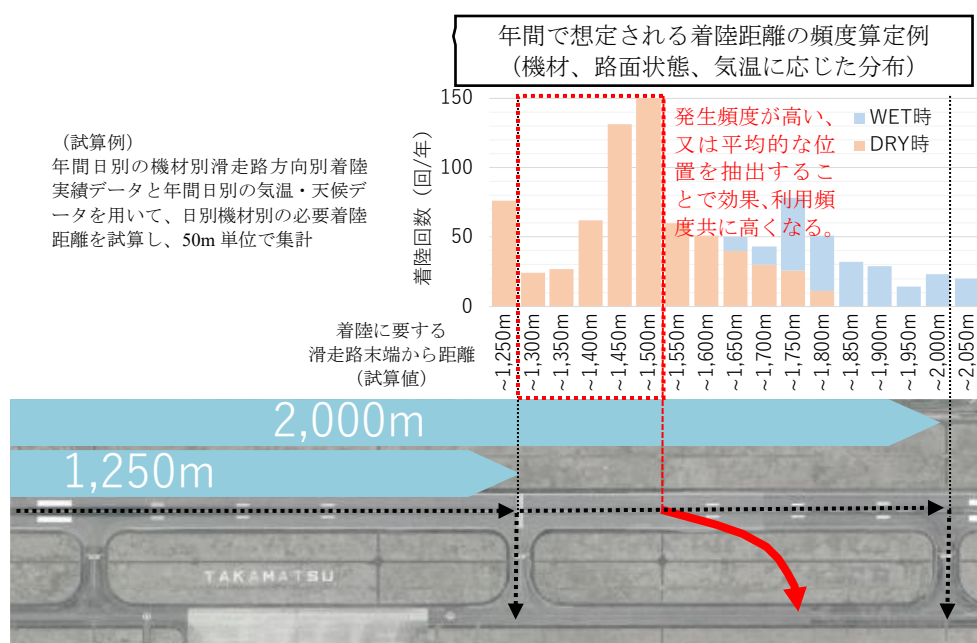


図 5-9 通年の気候を踏まえた必要離着陸距離の分布例

- ③ 滑走路に対する駐機スポットの配置関係を踏まえて、地上走行距離や地上走行時間の縮減が期待できる誘導路配置を検討することが望ましい。特に、高速離脱誘導路については、図

5-10 に示すように滑走路から高速で離脱した後も極力、減速区間や迂回路を設けないような地上走行経路となるよう留意する。また、取付誘導路については、一般的には滑走路末端誘導路の幅轉回避、離陸順番変更、除雪時の代替利用等を主目的として整備することとなるが、CO2 排出削減の観点からも、地上走行距離が縮減できるような配置を検討することが望ましい。

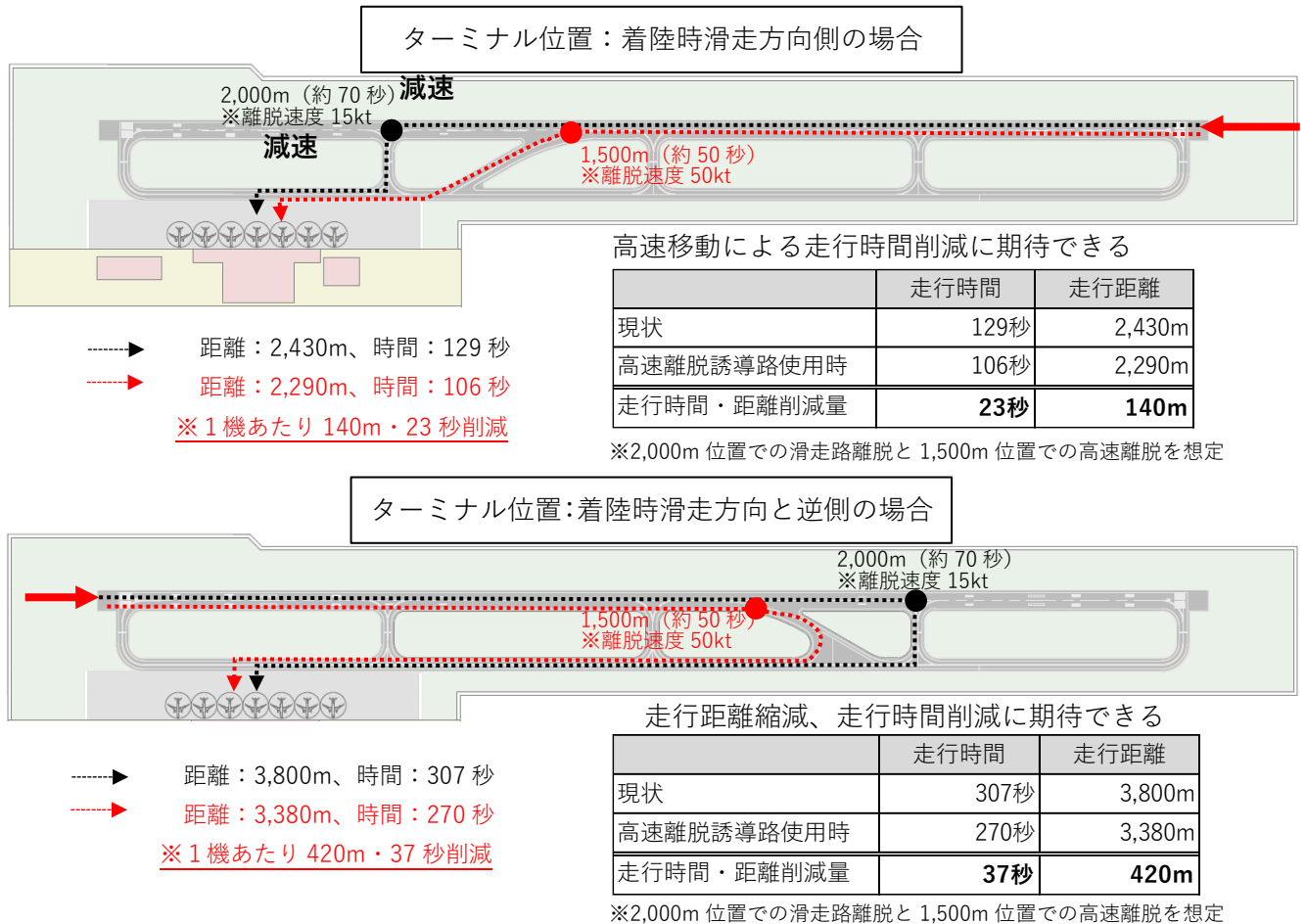


図 5-10 誘導路整備による地上走行距離・時間の短縮イメージ

- ④ ③の誘導路配置案について、パイロットや管制部局等と協議を行い、航空機の安全な走行が可能な配置となっていることについて確認を行うことが必要である。また、誘導路については、排水施設の移設・改良、埋設物の移設・補強等を回避するような配置・線形とすることで整備費用を抑制できる場合がある。

5.2.2 設計・施工段階で留意すべき事項

- ① 既存の基準類に準拠して誘導路の線形（設計速度に基づく回転半径、角度等）を設計する。
- ② 誘導路の整備にあたっては、空港運用への影響を最小限に抑えるよう留意する。

【解説】

- ① 設計にあたっては、基準類（国土交通省、ICAO 等）に準拠する必要がある。特に、高速離脱誘導路は、航空機が安全に高速離脱できるよう、航空機の走行軌跡の検討等を行い、フィレットの拡幅範囲や中心線の曲線半径を検討する。

- ② 施工にあたっては、空港運用への影響を最小限に抑えるよう工事位置や工事の時間帯を検討する。

5.2.3 管理・運営段階で留意すべき事項

- ① 航空機の運航安全確保を最優先としつつ、着陸時の高速離脱や離陸時のインターセクションテイクオフの実施を促進するよう関係者に周知する。

【解説】

- ① 航空機の運航に係る安全確保を第一に考えた上で、離着陸に要する距離が比較的短くなる条件下では着陸時の高速離脱や離陸時のインターセクションテイクオフの実施を促進するよう周知することが望ましい。例えば気温が低い、路面状態が良い、離着陸時の重量が軽い等の好条件時での実施促進が考えられる。

5.2.4 将来動向への対応

(1) セミロボット方式航空機牽引車：TAXIBOT

イスラエルの Aerospace Industries 社がセミロボット方式ハイブリットエンジン航空機牽引車を開発しており、航空機はアイドリングのままで、パイロットが操縦席から操作し、滑走路まで走行することが出来る。メリットとしては、航空機の地上走行時の燃料消費量を大幅に削減出来る（燃料消費量を 50%~85%削減できるとの報告あり）。他方、デメリットとしては、滑走路端から駐機場所まで車両を戻すための人員確保や動線確保が必要となることである。

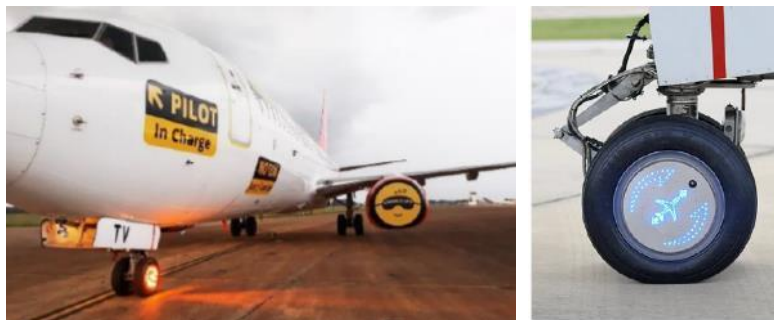


出典：SAS パンフレット

図 5-11 TaxiBot による航空機牽引イメージ

(2) 航空機への地上走行支援装置取付：WheelTug

航空機の前輪に取り付けられた 2 つの電気モータを駆動することにより、牽引車やジェットエンジンを使わずパイロットの操作で航空機を移動させることが出来る。メリットとしては、牽引車と航空機との接続作業が不要になることにより、航空機の地上走行時の燃料消費量を大幅に削減できる（燃料消費量を約 80% 削減できるとの報告あり）。他方、デメリットとしては、機体重量の増加 (+150kg 程度)や設置コストが発生する。路面状態や傾斜勾配によっては十分な制動力の発揮が困難となる場合がある。



出典：WheelTug 社ウェブサイト

図 5-12 WheelTug による航空機牽引イメージ

(3) 航空交通システムの高度化による運航改善：A-CDM の導入等

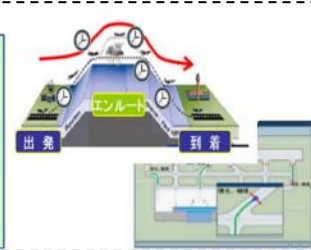
「航空機運航分野における CO2 削減に関する検討会（国土交通省航空局、2021 年 3 月～）」では、運航の改善による更なる CO2 削減として、図 5-13 に示すように航空機の運航のみなら

ず地上のアイドリング時間の削減、地上走行経路の最適化にも繋がる航空交通システムの高度化を検討している。

D:アイドリング時間の削減、地上走行経路の最適化

→ 運航情報の同時共有による地上走行を含めた運航時間の最適化、空港及び周辺空域の運用支援ツールの高度化による運用の最適化

- ① SWIMを活用した発着の両空港での連携したA-CDMの実施
→ 出発から到着まで一括した運航状況把握(飛行計画・スポット状況等)による運航効率の向上
- ② 機体性能の異なる機体毎に最適化した地上走行、出発及び到着スケジューリングの最適化(AMAN/DAMAN/SMAN)
→ 時間管理の精度向上による運航効率の向上(時間節約)
- ③ 灯火・監視技術の高度化による空港面の誘導能力の向上(A-SMGCS)
→ 運航効率の向上及び安全性(悪天時)の向上



出典：航空機運航分野における CO2 削減に関する検討会

図 5-13 航空交通システムの高度化による運航改善（検討概要）

このうち地上交通の運用・管理を含む空港全体の運用を効率的に実施するための空港 CDM (A-CDM¹) は、欧州の多くの空港で導入されている。空港 CDM は、ステークホルダー間で情報を共有することで、空港運用の見える化が行われ、空港全体での最適化が図られることが期待されている。

EUROCONTROL（欧州航空航法安全機構）では空港 CDM の実施項目として、以下の 6 項目を定義しており、「A-CDM Impact Assessment、2016 年 5 月」において、欧州 17 空港への空港 CDM (A-CDM) の導入効果として、航空機の地上走行時間が 7%削減され、航空機燃料の消費量及び CO2 は 7.7%削減されたことが報告されている。

- ・ 情報共有 (Airport CDM Information Sharing)
- ・ 到着から出発までの時系列での運航管理 (The Milestone Approach for the turn-around process)
- ・ 可変地上走行時間 (Variable Taxi Time)
- ・ 事前の出発順位付け (Pre-departure Sequencing)
- ・ 悪条件対応 (Airport CDM in Adverse Conditions)
- ・ 協調的運航管理 (Collaborative Management of Flight Updates)

(4) 次世代航空機への対応

航空機運航分野における脱炭素化に向けた取組として、次世代航空機に係る装備品・推進計の電動化、水素航空機等の技術開発が行われている。各空港は、こうした次世代航空機の脱炭素化の動向を踏まえ、空港に電力や水素の供給体制や地上支援体制を導入することについて検討する必要がある。

航空機メーカー等が参加する ATAG (Air Transport Action Group) では、SAF や電動化、燃料電池、水素燃焼技術の導入について以下のような想定がされている。

¹ 空港 CDM (Airport Collaborative Decision Making: A-CDM)：空港における協調的意思決定 (CDM)を実施するための施策であり、出発機及び到着機の運航管理の精度向上や空港運用における様々な事象に対する予見性の向上により空港内の人員・資機材等の配分の最適化を図る。空港運航に係る関係者（空港管理者、航空会社等の運航者、管制機関、グランドハンドリング会社、気象機関等）でシステム等を通じて正確かつ迅速な情報を共有することでそれぞれの意思決定の最適化を図るものである。

表 5-9 SAF や次世代航空機技術の導入想定

	2020 年～	2025 年～	2030 年～	2040 年～	2050 年～
コピューター路線 ・ 9-50 席 ・ 60 分以下の飛行	SAF	電動化・SAF	電動化・SAF	電動化・SAF	電動化・SAF
リージョナル路線 ・ 50-100 席 ・ 30-90 分の飛行	SAF	SAF	電動化・燃料 電池・SAF	電動化・燃料 電池・SAF	電動化・燃料 電池・SAF
短距離路線 ・ 100-150 席 ・ 45-120 分の飛行	SAF	SAF	SAF	電動化・水素 燃焼・SAF	電動化・水素 燃焼・SAF
中距離路線 ・ 100-250 席 ・ 60-150 分の飛行	SAF	SAF	SAF	SAF	複数の水素 技術・SAF
長距離路線 ・ 250 席以上 ・ 150 分以上の飛行	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF

出典：WAYPOINT 2050（ATAG、1st.EDITION、2020 年 9 月）

6 横断的な取組

6.1 エネルギーマネジメント

エネルギーマネジメントとは、施設内の各設備のエネルギー需要量を見える化することにより電力の効率的な使用を促すことで無駄なエネルギー消費を削減するとともに、再エネ発電システム等を含む複数施設間においてエネルギー需給を調整することにより、施設群全体として最適なエネルギー利用を実現するための取組である。空港においてエネルギーマネジメントに係る取組を検討する際には、図 6-1 に示すフローを参考にするといよい。なお、空港におけるエネルギーマネジメントの取組は、その対象とする範囲によって、

- ・ターミナルビル等の施設内の各設備において無駄なエネルギー消費を削減することによる、施設単位でのエネルギー需要の最適化【施設のエネマネ】
 - ・ターミナルビルや再エネ発電システム等の空港内の複数施設間においてエネルギー需給を調整することによる、空港全体でのエネルギー需給の最適化【空港全体のエネマネ】
 - ・空港と周辺地域、又は複数空港間において一体的にエネルギー需給を調整することによる、周辺地域や他空港と連携したエネルギー需給最適化【地域／空港間連携によるエネマネ】
- の 3 パターンに大別される。各パターンの取組イメージは図 6-2 に示すとおりであり、各取組を行う際の留意事項については 6.1.2 で解説する。

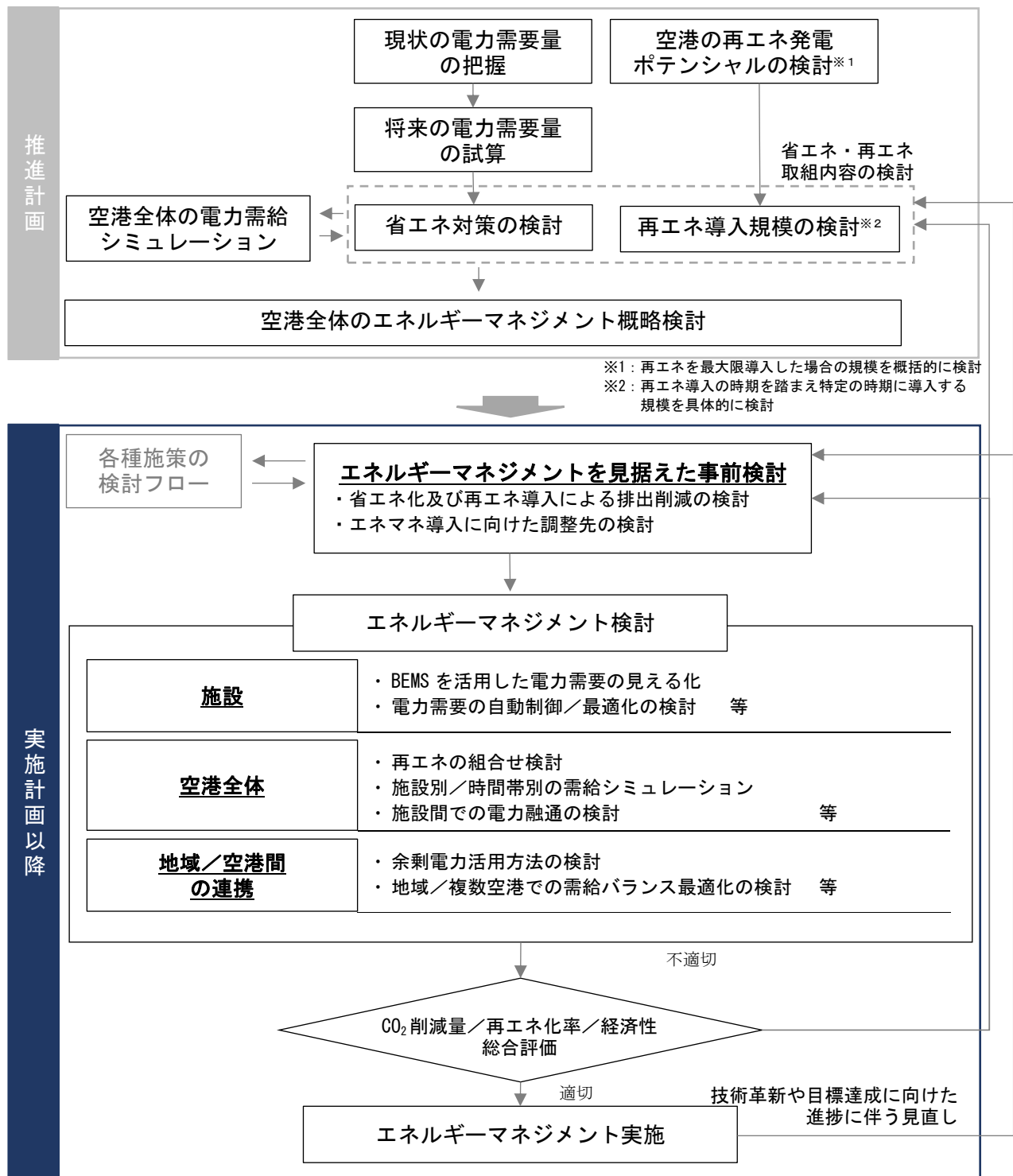


図 6-1 エネルギーマネジメントの検討フロー

■施設のエネルギーマネジメント

BEMS 導入による
電力需要の見える化

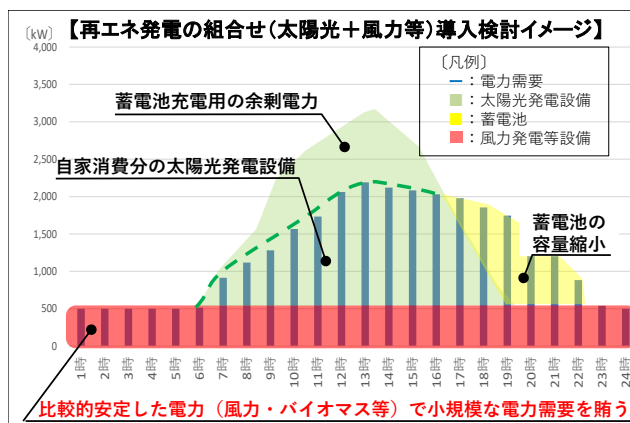
自動制御による
施設単位の電力需要の最適化

限定的

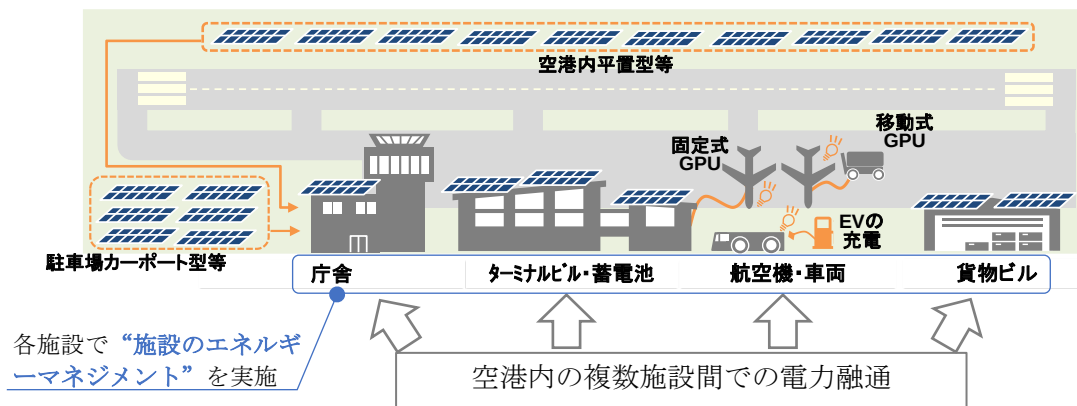
■空港全体のエネルギーマネジメント

再エネ発電の組合せ検討

空港全体の再エネ化率を高めるための再エネ発電の組合せを検討。

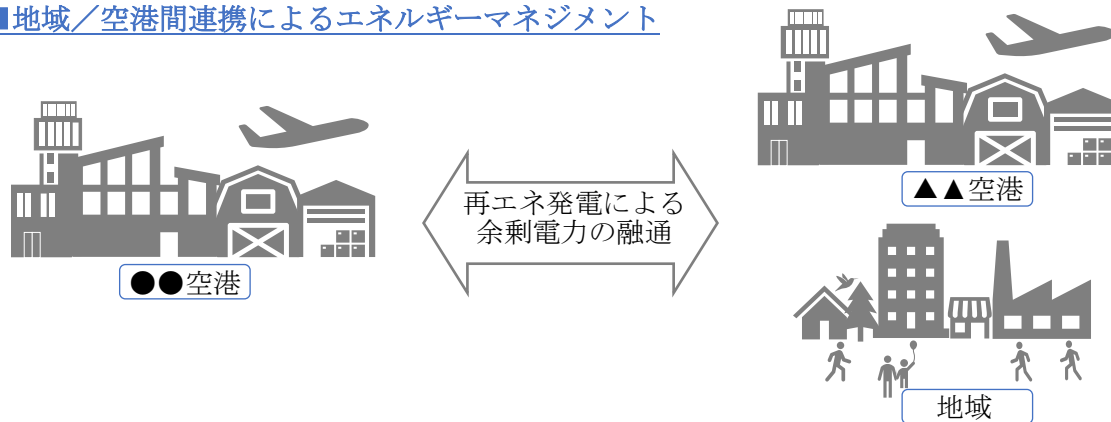


電力需給バランスの最適化検討



エネマネの
対象範囲
及び効果

■地域／空港間連携によるエネルギーマネジメント



広域的

図 6-2 エネルギーマネジメントの取組イメージ

6.1.1 エネルギーマネジメントを見据えた事前検討

- ① エネルギーマネジメントを行うにあたり、事前に各設備機器自体の省エネ化や最大限の再エネ導入による CO2 排出削減を検討することが必要である。
- ② 当該空港における省エネ・再エネの各取組の今後の見通しを踏まえ、エネルギーマネジメントの対象とする設備の範囲を検討するとよい。
- ③ 省エネ・再エネの取組を行う際には、今後、エネルギーマネジメントを導入する際に連携が必要となる者との間で、事前調整を行うことが望ましい。

【解説】

- ① エネルギーマネジメントの目的は、個別の設備におけるエネルギー需要の見える化により無駄なエネルギー消費を削減すること及び複数の施設（エネルギー需要設備のみならず、エネルギーを供給する再エネ発電設備等も含む）のエネルギー需給データを連携させたうえで施設間における適切なエネルギーの融通を行うことで、当該空港の再エネ化率の向上や地域／空港間での連携による電力需給バランスを最適化することである。

したがって、エネルギーマネジメントの取組だけでは個別の設備機器の性能自体が高効率化することや再エネ導入規模が拡大することはないため、エネルギーマネジメントの取組による更なる CO2 排出削減の検討に先立ち、「2.空港施設に係る取組」及び「4.再生可能エネルギーの導入に係る検討」を参考に、個別の設備機器自体の省エネ化及び再エネ導入規模の拡大について検討することが必要である。
- ② エネルギーマネジメントの全体像を検討する際には、実施可能な範囲においてできる限り広範囲の設備を含むものとなるよう、省エネ・再エネの各取組の今後の見通しを踏まえて検討を行うことが望ましい。例えば、一部の設備のみならず、施設全体の電力需要を賄うことが可能となる規模の再エネ創出が期待される場合は、空港全体でのエネルギーマネジメントを見据えた検討を行うことが望ましい。また、周辺地域や他空港との間で余剰電力を融通し合うことで当該空港のみならず他空港や周辺地域も含めた再エネ化率の向上が期待される場合には、地域／空港間の連携によるエネルギーマネジメントを見据えた検討を行うことが望ましい。
- ③ 再エネ・省エネの各取組を実施する際には、今後、エネルギーマネジメントを導入する際に連携が必要となる者との間で、エネルギーマネジメントの導入を見据えた事前調整を行うことが望ましい。例えば、再エネ導入時には、再エネ発電システム導入に係る関係者（電力供給先の需要家、小売り電気事業者等）のみならず、今後、エネルギーマネジメントを導入する際に連携が必要となる需給調整業務を担うアグリゲーター等との間で電力融通及び需給調整を実施する範囲や設備に求められる仕様等について事前調整を行うことが望ましい。

6.1.2 エネルギーマネジメント検討

(1) 施設

- ① 施設のエネルギーマネジメントを検討する際には、施設内の各設備に BEMS を導入することによりエネルギー需要量の見える化を行う。
- ② BEMS 導入の際には、エネルギー需要削減効果を最大化できるよう対象設備を選定する。
- ③ 施設のエネルギーマネジメントを行う際には、各設備の需要量データをもとに無駄なエネルギー需要を削減するための自動制御システムを導入することが考えられる。
- ④ 新たに導入する BEMS 及び自動制御システム並びに既存の設備システムの仕様について、メーカー間の互換性に留意が必要である。
- ⑤ 施設のエネルギーマネジメントを行う際には、空港運用への影響を最小限に抑えるよう留意が必要である。
- ⑥ 空港においては高度な保安水準の維持が必要であることから、BEMS や自動制御システムを外部ネットワークと連携させる際にはサイバーセキュリティの確保が必要である。

【解説】

- ① 施設のエネルギーマネジメントを検討する際には、各施設における既存設備の導入状況や新規設備の導入計画に応じた検討が必要となるものの、一般的に共通する検討事項は、各設備の時間帯別の電力需要を見える化するための BEMS の導入である。

需要量の見える化を行う場合、BEMS は計測計量装置（電力量計、ガスメータ等）や表示のためのデバイス等の機器で構成される。このうち、需要量の把握を行うための機器である計測計量装置については、何分単位で需要量の把握が可能であるかを確認しておくことが望ましい。例えば、6.1.2(2)及び(3)で示す空港全体のエネルギーマネジメント及び地域／空港間連携によるエネルギーマネジメントを行うにあたり、卸電力取引市場¹や需給調整市場²を活用する場合には、30 分単位又は 1 分単位で需要量を把握する必要があることを踏まえて、導入する機器を検討することが望ましい。

また、BEMS 導入にあたって、施設入居者（テナントや航空会社等）との調整が必要となる場合があるため、施設入居者への早期の情報共有を行うなど、円滑に調整を実施できるよう留意が必要である。

このほか、BEMS 導入に関する技術的な留意事項等は、「空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル〔空港建築施設編〕（国土交通省航空局）」を参考にすることが出来る。

- ② エネルギー需要削減効果を最大化できるように BEMS を導入するためには、エネルギー需要量が比較的大きい設備や、時間・季節等によるエネルギー需要の変動が大きい設備を対象として導入することが望ましい。

¹ 卸電力取引市場を活用する場合には、30 分単位の電力で取引されることを踏まえ、30 分単位での電力需要量を把握することが望ましい。

² 需給調整市場については、1 分単位での電力需要量の把握が参加要件となる。

- ③ BEMS で見える化した需要データをもとに各設備の制御を行うことで、施設のエネルギー需要の最適化を行うことが可能となる。その際には図 6-3 に示すように、需要データをもとに、手動ではなく自動でエネルギー制御を行うシステムを導入することで、より効率的な需要量削減が可能となる。例えば、自動制御によるエネルギー需給最適化を行っている施設として、「ららぽーと名古屋みなとアクルス」が挙げられる。当該施設では、天候データや過去の来場者数、周辺でのイベント情報等に加え、カメラを用いて収集した来場者の個別情報（性別／服装／年代／活動量等）をもとに、AI による来場者数予測とそれに基づく空調設備の自動制御を行うことで省エネ化を実現している。

なお、自動制御システムの導入にあたって、施設の入居者（テナントや航空会社等）と調整が必要となる場合があるため、実施計画段階で関係者への情報共有や適切な調整を行うことが望ましい。

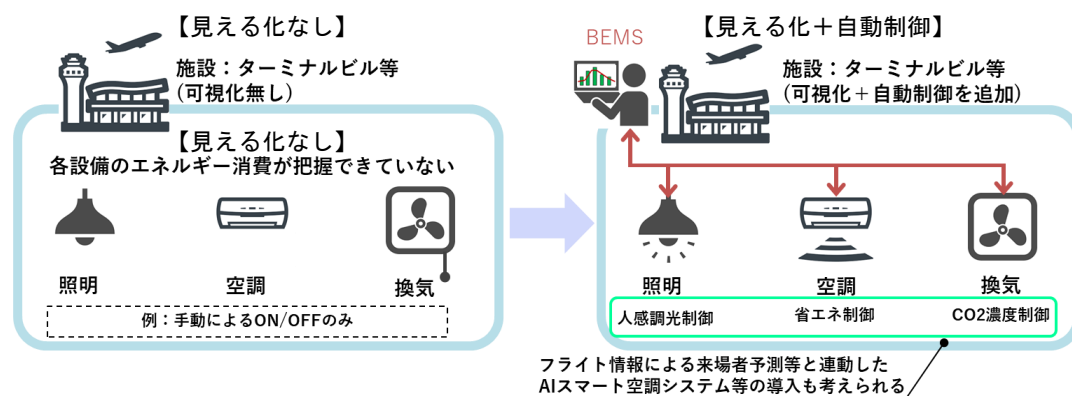


図 6-3 ターミナルビル等の施設単位でのエネルギーマネジメント

- ④ BEMS や自動制御システムの仕様はメーカーによって異なるため、導入予定の BEMS や自動制御システムの仕様が、施設内の既存の自動制御システムの仕様と互換性を有していることを確認すること。なお、仕様が異なる場合には、既存システムのソフトウェアの改修が必要となることに留意が必要である。
- ⑤ 施設のエネルギーマネジメントを行う際には、保安機能を損なわないようにするなど、空港運用への影響が最小限となるよう留意が必要である。例えば、空港の保安に係るエリア及び機器（例：保安検査場、クリーンエリアとの境界部の扉の電子ロック等）については、自動制御システムによるエネルギー需要の制御対象から除外するなど、空港運用への影響を伴う制御を避けるよう留意が必要である。
- ⑥ BEMS や自動制御システムを導入するためには、外部のネットワークと接続することが必要であるが、これによりサイバー攻撃の対象となることが想定される。このため、「ビルシステムにおけるサイバー・フィジカル・セキュリティ対策ガイドライン第 1 版（産業サイバーセキュリティ研究会、令和元年 6 月）」に記載されている場所・機器毎に想定される脅威、インシデント、リスク源、それらへの対策案等を参考にして、事前に対策を講じることが必要である。

(2) 空港全体

- ① 複数施設を一括して管理し、空港全体のエネルギーマネジメントを行う際には、アグリゲーターの活用等を検討するとともに、可能な限り広範囲でエネルギーマネジメントを行うことで、エネルギー使用の最適化が図られることが期待される。
- ② 空港全体のエネルギーマネジメントを行う際には、空港運用への影響を最小限に抑えるよう留意が必要である。
- ③ 空港内の再エネ化率を高めるために、複数の再エネ発電設備を組み合わせ導入することについて検討を行うとよい。
- ④ 空港においては高度な保安水準の維持が必要であることから、空港全体のエネルギーマネジメントを行う際に、各需要機器を外部ネットワークと連携させる際にはサイバーセキュリティの確保が必要である。

【解説】

- ① 空港全体のエネルギーマネジメントの取組イメージを図 6-4 に示す。アグリゲーターの活用等により空港内の複数施設の電力需給を一括して管理し、再エネ余剰電力が生じた場合には電力供給が不足する施設に対して融通する等の需給調整を行うことで、空港全体の再エネ化率向上が期待される。なお、アグリゲーターによる需給調整を行う場合には、アグリゲーターがエネルギーマネジメントの対象となる全施設の電力需給を管理することとなるため、各需要家はアグリゲーターと契約することが必要である。アグリゲーターと調整を行う際には、「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するガイドライン（資源エネルギー庁、令和 2 年 6 月）」に記載される需給調整による効果の評価方法（計測方法、評価基準、評価時間）、報酬・ペナルティの考え方等に関する基本的な方針を参考にするとよい。

また、空港全体のエネルギーマネジメントの対象範囲については、空港建築施設や再エネ発電システム等のみならず、空港内の EV、GPU 等を含めてエネルギーマネジメントを行うとともに、対象施設の種類によらずエネルギーマネジメントの対象範囲を広げることで、需給調整力の向上及びより最適なエネルギー消費が図られることが期待される。

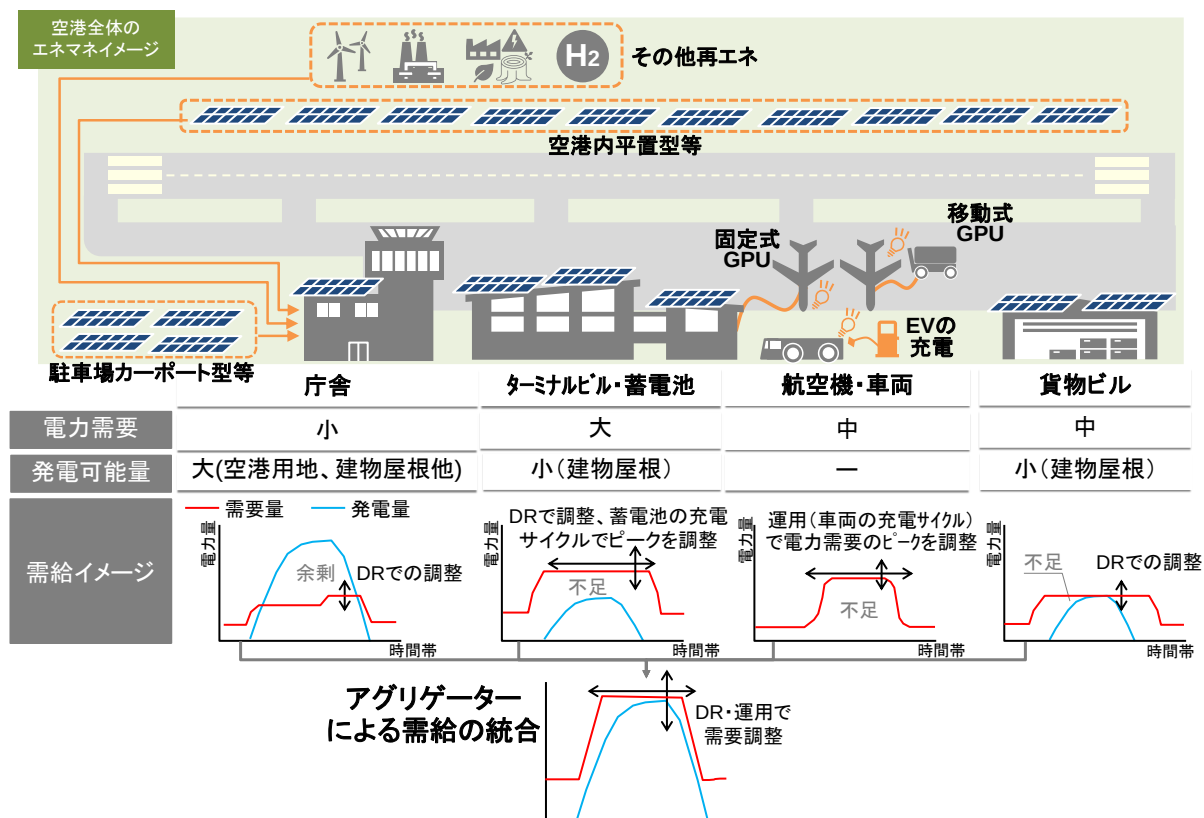


図 6-4 空港全体でのエネルギーマネジメントのイメージ

- ② 空港全体のエネルギーマネジメントを行う際の施設間の需給調整方法として、DR による需給調整が考えられる。図 6-5 に示すように、DR には需要量を増加させる「上げ DR」と需要量を減らす「下げ DR」があり、一例として、EV の充電タイミングを調整することによる需給調整が考えられる。なお、需給調整の際には円滑な空港運用を行うことを最優先とし、例えば、DR による EV 充電タイミングの調整の結果として航空機運航の遅延が発生するなどの影響が無いように留意すること。

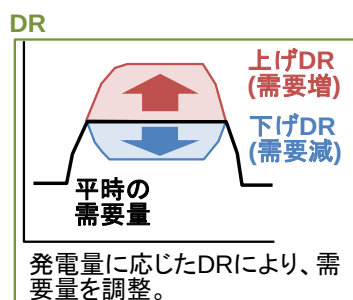


図 6-5 アグリゲーター、DR の概念・仕組み

- ③ 空港全体のエネルギーマネジメントを行う際には、無駄なエネルギー需要を削減するのみならず、再エネ電力を可能な限り空港内で消費することにより空港内の再エネ化率向上を図ることが重要である。再エネ化率向上のためには、空港全体の需要特性を踏まえて、必要に応じ

て複数の再エネ発電システムを組み合わせるとよい。例えば、太陽光発電では夜間・曇天時の発電が困難であるが、夜間・曇天時においても一定の条件下で発電が可能となる風力発電やバイオマス発電等を組み合わせることで、再エネ化率向上が期待される。さらに、複数の再エネ発電システムを組み合わせることで、蓄電池導入にかかるコストが抑制され、経済的なエネルギーマネジメントの導入が期待される。

なお、立地状況や環境条件等の空港特性に応じて導入する再エネ発電設備を検討することが望ましい。

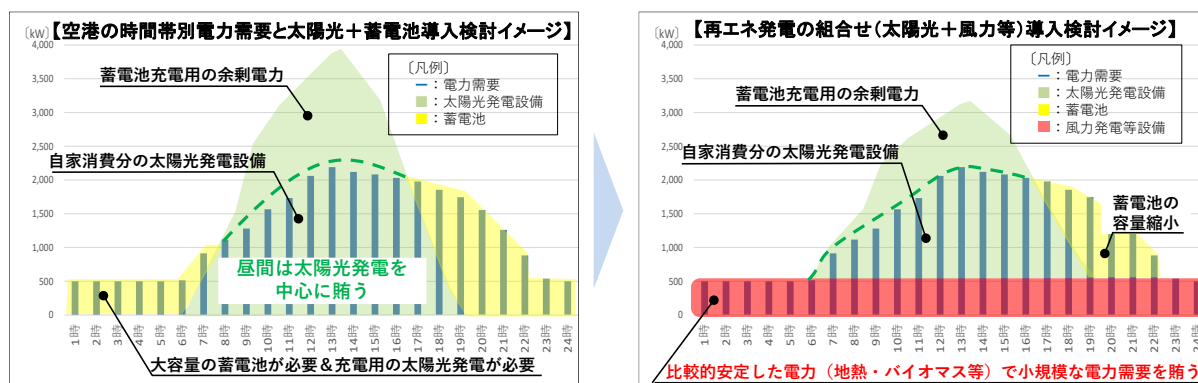


図 6-6 複数の再エネ発電システムの組み合わせによる再エネ化率向上のイメージ

- ④ 空港全体のエネルギーマネジメントを行う際には、BEMS や自動制御システムに加えて、施設間の需給調整を行うシステムについても、外部のネットワークと接続することが必要であるが、これによりサイバー攻撃の対象となることが想定される。このため、「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するサイバーセキュリティガイドライン Ver2.0（資源エネルギー庁、令和元年 12 月）」に記載されるシステム構成、基本方針、想定すべき脅威、維持すべきサービスレベル、サイバーセキュリティに関する対策等を参考にして、事前に対策を講じることが必要である。

また、アグリゲーターを介さずに需給調整のシステムを構築する場合においても、サイバーセキュリティ対策が必要でありアグリゲーターを介した場合と同様の水準でのシステム構築が求められる可能性があるため、上記のガイドラインに加え「スマートメーターシステムセキュリティガイドライン（日本電気協会、令和元年 11 月）」や「電力制御システムセキュリティガイドライン（日本電気協会、令和元年 11 月）」に記載されるサイバーセキュリティ対策の要求事項を参考にすることができる。

(3) 地域／空港間の連携

- ① 地域や他空港との連携によるエネルギーマネジメントを行う際には、相互に再エネ化率を高めることが出来る連携先との間で余剰電力の需給調整を行うことで、当該空港の範囲を超えたエネルギー需給最適化を図る。
- ② 電力融通が可能となるエリアを確認する必要がある。
- ③ 系統線を使用した電力融通を行う場合は、連携先となる地域又は他空港との調整に加え、一

般送配電事業者との調整が必要である。

- ④ 地域や他空港との電力融通にあたってシステムを使用する場合、融通する電力量の調整方法を検討する必要がある。

【解説】

- ① 当該空港の余剰電力を地域や他空港に供給することや、当該空港において再エネ電力が不足する場合に地域や他空港から再エネ電力の供給を受けることにより、当該空港のみならず、地域や他空港を含めた広範囲でのエネルギー需給最適化に伴う再エネ化率向上が期待される。例として図 6-7 に空港間連携のイメージを示す。

これにあたり、連携先となる地域や他空港を選定する際には、図 6-8 に示すように、当該空港の時間帯別の需給パターンとは異なる需給パターンを有する地域や他空港と連携を行うことが望ましい。例えば、太陽光発電による日中の発電量が多い一方で、夜間の再エネ電力が不足する空港においては、近隣のクリーンセンターを連携先として、昼間は当該空港からクリーンセンターへ余剰電力を供給し、夜間はクリーンセンターが熱処理により創出した再エネ電力を空港に供給することで、相互に再エネ化率を向上させることが期待される。

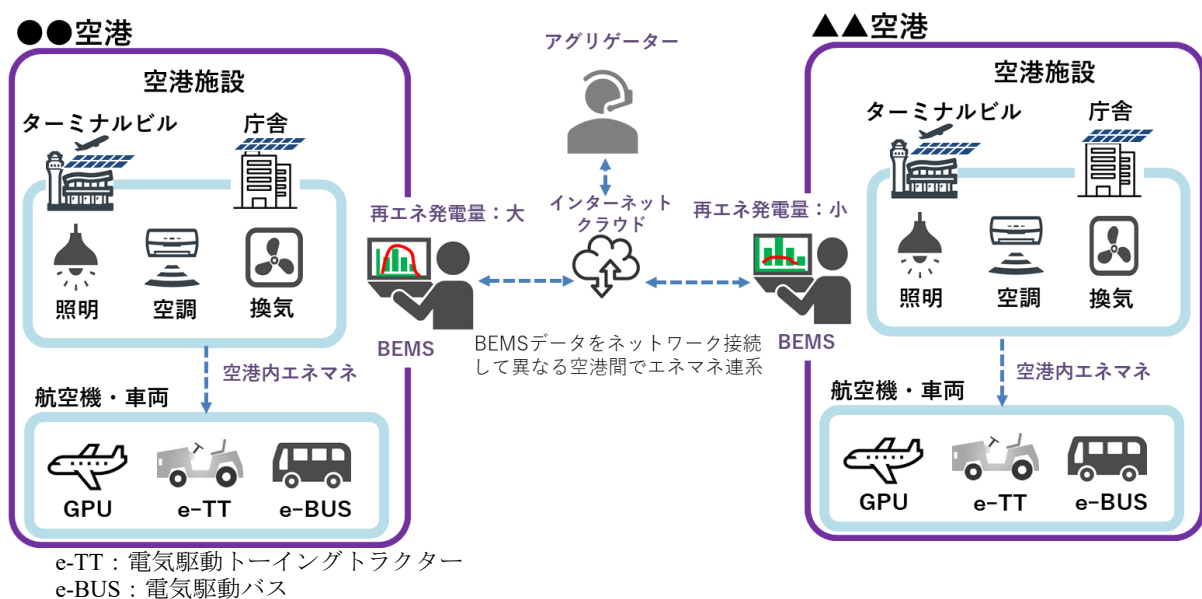


図 6-7 空港間でのエネルギーマネジメントのイメージ

- ② 地域や他空港との電力融通を行う際に既存システムを利用する場合には、系統線又は連系線で接続されているエリアにおいて融通が可能となる。このため、例えば離島空港等では、限られた範囲での連携となる点に留意が必要である。また、一般送配電事業者が管理・運営する電力供給エリアを跨いで電力融通を行う場合には連系線の使用が必要となり、これに伴い一般送配電事業者が管理・運営する電力供給エリア内で電力を融通する場合よりも送電に要する費用が増加する可能性がある点に留意すること。

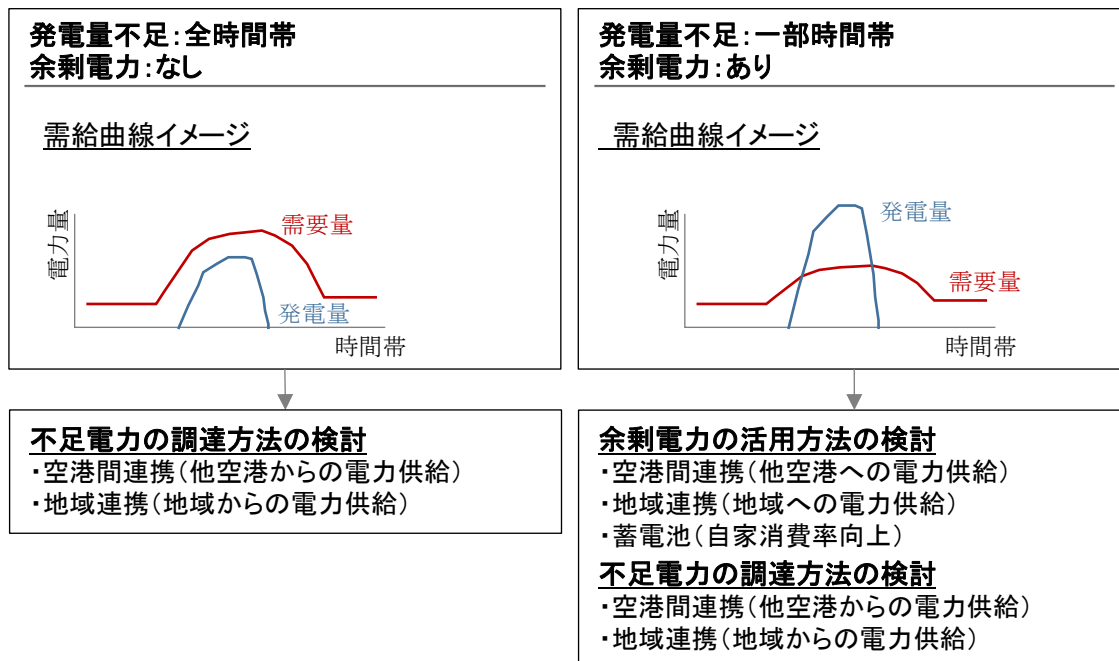


図 6-8 空港の需給特性に応じた検討内容の例

- ③ 地域や他空港との連携を行う際に系統線を利用する場合、系統線に接続予定の再エネ発電設備及び蓄電設備の容量について、事前に一般送配電事業者と調整を行う必要がある。なお、接続しようとする設備が系統線に悪影響を及ぼさないことを確認するにあたっては、「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン（資源エネルギー庁、令和4年4月改定）」に記載される各種要件を参考にすることが出来る。
- ④ 地域や他空港との間で電力を融通する場合には、系統全体の需要量と供給量が一致する必要があるため、系統を利用して地域や他空港との間で電力を融通する際には、検討を使用する電力量を調整する必要がある。一方で、太陽光発電や風力発電等、発電量を調整することが難しい再エネ発電設備もあることから、連携先となる地域や他空港を含め、アグリゲーターが需給調整を行う体制を構築するなどの検討を行うことが望ましい。

6.2 地域連携・レジリエンス強化

6.2.1 基本的な考え方

- ① 空港脱炭素化の取組は地域の脱炭素化にも資するものであることから、空港脱炭素化の取組を検討する際には、空港周辺地域との連携の観点を踏まえることが望ましい。
- ② 空港は災害時における物資輸送や避難所等の拠点となることも想定されることから、空港脱炭素化の取組を検討する際には、災害時のレジリエンス強化の観点を踏まえることが望ましい。

【解説】

- ① 空港脱炭素化の取組は、空港及びその周辺に存する地方公共団体等が実施主体として参画することや、空港における再エネ発電による電力を空港周辺地域に供給すること等、地域の脱炭素化にも資するものである。例えば、再エネ発電により生じた余剰電力を周辺地域の公共施設等へ供給することで、地域連携を図ることができる。このため、空港脱炭素化の取組については、地域連携の観点からも検討を行うことが望ましい。
- ② 大規模災害時には、空港が一般旅客や地域住民等の避難所となることも想定される。その際、再エネ発電や蓄電池が導入されていれば、非常用発電機だけでは賄いきれない電力需要への対応が可能になる場合もある。また、EV・FCV等を地域の避難所に派遣して電力供給を行うことも考えられる。このため、空港脱炭素化の取組については、レジリエンス強化の観点からも検討を行うことが望ましい。

6.2.2 地域連携

- ① 地域連携を検討する際には、連携先となり得る地方公共団体等が策定している計画を参照すること等により、地域の抱える脱炭素化に係る課題を事前に把握しておくことが望ましい。
- ② 地域と連携した取組を行う際には、関係者が多岐に渡ることが想定されるため、関係者間での十分な情報共有等により、スケジュール遅延等のリスクを最小限に抑える必要がある。
- ③ 地域連携に取り組むにあたって、連携先の候補とその具体的な連携方法について協議する。

【解説】

- ① 空港脱炭素化の取組について地域との連携を検討する場合は、まずは空港周辺地域において検討・実施されている脱炭素化に係る施策を調査することにより、脱炭素化に関する地域の将来展望や現在の課題を把握することが望ましい。例えば、地域において検討・実施されている脱炭素化に係る施策を調査する際には、地球温暖化対策推進法に基づく地方公共団体実行計画等を参考にすることができる。
- ② 地域と連携した取組を行うにあたり、関係者が多岐に渡るような場合には、各者への情報提供不足によって調整が難航し、スケジュールが遅延するなどのリスクがある。このため、空港関係者や、地方公共団体をはじめとした地域の関係者間で十分な情報共有を行い、円滑な調整を図るよう努める必要がある。
- ③ 例えば、空港で生じる再エネ発電による余剰電力を周辺地域に対して融通する場合に想定される主な協議事項及びその検討内容の具体例を表 6-1 に示す。各項目における具体的な検討方法については、「地域マイクログリッド構築の手引き（資源エネルギー庁、2021 年 4 月 16 日）」や「地域の特性を活かした地産地消の分散型エネルギーシステム構築ガイドブック（（社）低炭素投資促進機構、2019 年 3 月）」を参考とすることができる。

また、地域連携の取組を検討するにあたり、空港側においては、空港脱炭素化のみならず、地域振興という観点も踏まえて取組内容を検討することが望ましい。例えば、空港を地域の脱炭素化の先行事例施設として PR することや、空港施設を環境学習の場に活用すること等により、空港脱炭素の促進のみならず、地域振興に繋がることも期待される。

また、地域連携では再エネ電源の提供やピークカットによるコスト削減等、連携先に対する直接的なメリットのあるサービスの提供に加え、連携先の BCP の実効性向上等の付加価値の訴求・提供を検討することにより、連携先との円滑な合意形成に資する可能性がある。

表 6-1 周辺地域への電力融通の際に想定される主な協議事項及び検討内容の具体例

想定される主な協議事項	検討内容の具体例
空港における余剰電力の融通先	・ 余剰電力の供給能力と融通先の電力需要の需給シミュレーション ・ 電力融通に係る設備の設置場所の検討 ・ 上記２点を踏まえた融通先対象施設の選定
電力融通を行う際の融通方法	・ 連携先との電力の融通方法（電力の融通方法は「4. 再生可能エネルギーに係る取組」を参照されたい） ・ 系統を活用する場合の系統利用に関する一般送配電事業者との協議
電力融通を行う際の検討実施体制、検討スキーム及び電力融通開始後の管理体制	・ 関係者の整理 ・ 各検討を行う際の空港-連携先との役割分担
災害等による大規模停電時の対応	・ 災害時の電力供給対象区域・施設 ・ 停電の原因調査・復旧までの手順 ・ 関係者への周知手順
スケジュール	・ 地域連携の運用開始予定日 ・ 各種許認可のスケジュール
地域連携構築における事業化可能性	・ 地域連携の構築・維持管理費用の算出方法 ・ 収益構造

6.2.3 レジリエンス強化

(1) 空港内のレジリエンス強化

- ① 空港脱炭素化の取組による災害時の電力供給可能範囲及び電力供給可能時間の拡大について検討することが望ましい。
- ② 非常用発電機の停電検知方法の検討を行う必要がある。
- ③ 非常用発電機及び再エネ電源の出力特性に留意する。
- ④ 消防設備との系統分けについて留意する。

【解説】

- ① 大規模災害発生時は、道路の通行止めや鉄道の運休等が発生し、旅客や従業員が帰宅困難となり、空港内での長時間滞留が発生することが想定される。そうした事態が発生した際に、既存の非常用発電機で対応可能な電力需要には限りがあるため、空港脱炭素化の取組による災害時の電力供給可能範囲及び電力供給可能時間の拡大について検討することが望ましい。その際には、各空港において、災害発生時における供給可能電力容量や想定される滞留者数等を踏まえ、供給可能な電力により稼働させる設備を検討する。

追加の電力供給源として、再エネ発電や蓄電池、また、EV・FCV等の活用が考えられることから、これら電力供給源と稼働させる設備との連系接続方法について検討を行う。

また、災害時における空港内の電力供給可能時間の拡大にあたり、非常用発電機の稼働時間を拡大することを目的として、図 6-9 に示す一般負荷のうち非常時も稼働する負荷（非常時稼働負荷）（灯火・無線等の重要負荷を除く）へ供給する電力について、非常用発電機による電力ではなく再エネ電力を優先的に使用するように制御する機能を持ち再エネ電源に付随する PCS を活用することが考えられる。なお、再エネ電源と非常用発電機を連系させる場合、PCS の仕様によっては、電源の安定供給のため、非常用発電機の容量と非常時に稼働させる PCS の出力の比率に上限が設定されている場合があるため、その点に留意する。

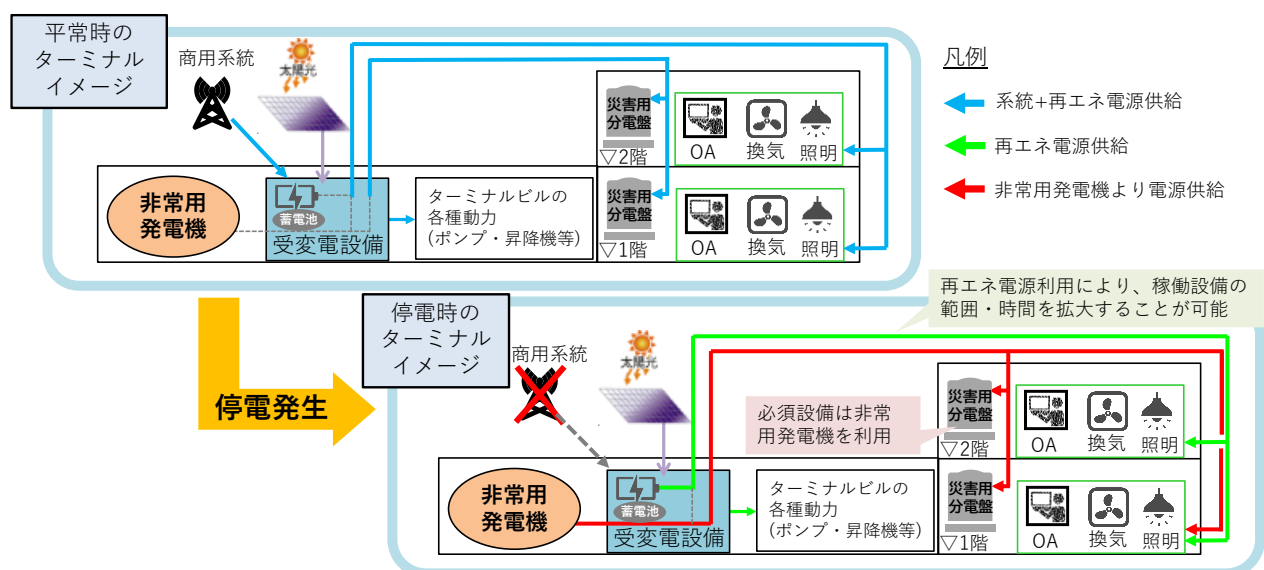


図 6-9 再エネによるレジリエンス強化の例

- ② 系統で停電発生したにもかかわらず再エネ電源が引き続き稼働している場合には、非常用発電機が系統電源の停電を検知せず起動しないことが懸念される。このため、非常用発電機と再エネ電源を連系させる場合は、系統での停電を検知して、非常用発電機が起動するまでの間は再エネ電力の供給を停止する機能を持った PCS を選定するなど、非常用発電機が正常に起動可能となるよう導入設備を検討する必要がある。
- ③ 再エネ電源の出力が自然条件により変動する場合には、非常用発電機側で変動分を吸収する必要がある。このため、再エネ電源の導入の際には、非常用発電機の仕様を確認し、発電機が許容可能な PCS の仕様を検討することが望ましい。
- ④ 消防法施行規則では消防設備（例：屋内消火栓、スプリンクラー、自動火災報知機等）を稼働させるための非常電源設備として再エネ電源を使用することは認められていない。そのため、再エネ電源の接続を検討する際は消防設備と系統を分ける必要がある。

(2) 空港外のレジリエンス強化

- ① 空港脱炭素化の取組による電力供給範囲について、空港内のみならず周辺地域への供給についても検討することが望ましい。

- ① 大規模災害時には、空港内のみならず周辺地域でも停電が発生することが想定される。その際、空港用車両として使用している EV や FCV 等を地域の避難所等に派遣して電力供給を行うことで空港外のレジリエンス強化に資することが考えられる。災害時の電動車の活用方法や、避難所等が電動車から電力供給を受けるために必要な設備については「災害時における電動車の活用促進マニュアル（経済産業省・国土交通省、2020 年 7 月 10 日）」を参考とすることが出来る。避難所等で電動車から医療機器への電力供給を行う際の留意事項については、「災害時における電動車から医療機器への給電活用マニュアル（経済産業省・国土交通省、2022 年 3 月 25 日）」を参考とすることが出来る。

また、地域との連携によって、空港の再エネ発電の余剰電力を周辺地域の施設に供給している場合、それらの電力供給システムを災害時に活用することでレジリエンス強化を同時に図るよう検討することが望ましい。

6.2.4 地域連携・レジリエンス強化の事例

(1) 地域連携により、地域の周辺施設に電力供給を行っている事例

表 6-2 新武蔵野クリーンセンター（東京都武蔵野市）

項目	内容
概要	通常時はクリーンセンターにおいてごみ焼却により発生する熱（蒸気）と電気を隣接する公共施設（市役所、総合体育館等）に供給する。 供給先の電力が不足する時間帯は、クリーンセンターが一括受電した系統からの電力と併せて近隣公共施設に供給する。また、災害等で系統からの電力供給が途絶えた場合には、常用兼非常用のガス・コージェネレーション（以下、CGS）の稼働によって発生した電力で焼却炉を再起動させ、防災拠点や避難所となる公共施設に必要な熱と電気を供給する。
電力の供給方法	自営線方式、自己託送方式
地域との連携構築時のポイント	・電力をクリーンセンターと公共施設で特別高圧一括受電する際の関係機関との協議など
地域への付加価値	・地域の CO2 排出量削減 ・災害時の電力・熱供給による地域のレジリエンス強化
年間発電量	15,000MWh



表 6-3 株式会社西九州させぽパワーズ（長崎県佐世保市）

項目	内容
概要	地方公共団体等が出資し、自治体の新電力会社「西九州させぽパワーズ」を設立し、クリーンセンターの廃棄物発電や、各公共施設等の敷地に設置された太陽電池発電設備等から調達した電力を公共施設や民間事業所に供給している。また、それで得た収益を地域のさらなる脱炭素化に資する活動も行っている。
電力の供給方法	オフサイト PPA 方式
地域との連携構築時のポイント	・ 発電設備と連携先の需要家の需給バランスの最適化
地域への付加価値	・ 地域の CO2 排出量削減 ・ 各施設への再エネ発電設備設置によるレジリエンス強化 ・ 契約者向けの EV 購入補助金設立による EV 普及促進、契約者の EV を活用した地域のレジリエンス強化 ・ 地域全体のエネルギーマネジメント
地方公共団体	長崎県佐世保市ほか4市6町



出典：株式会社西九州させぽパワーズ「プレスリリース」、2021 年 10 月

(2) 災害時の電動車活用事例

表 6-4 災害時の電動車活用事例

発生災害	EV・FCV の主な活用方法
東日本大震災	・ 応援要員の移動 ・ 支援物資の輸送
熊本地震	・ 避難所等での照明等への電力供給
北海道胆振東部地震	・ 携帯電話の充電サービス ・ 研究施設等の電源
房総半島台風	・ 高齢者福祉施設の電動ベッド、洗濯機等への電力供給
豪雨災害	・ 応援要員の現地での移動 ・ 支援物資の輸送
豪雪による大規模停電	・ コミュニティセンターでのテレビや照明、ストーブ等への電力供給

7 その他の取組

7.1 空港アクセスに係る排出削減

空港アクセスに係る排出削減の取組を検討するにあたっては、空港の立地条件等を踏まえ、まずは輸送量当たりの CO2 排出量が少ない低炭素公共交通への転換方策を検討することとし、その上で EV・FCV 化等による車両の低炭素化について検討することが望ましい。

なお、空港アクセスの特性については、旅客と従業員によっても異なることを踏まえ、各空港において最適な取組を検討することが必要である。

7.1.1 鉄道やバス等の低炭素公共交通への利用転換

(1) 基本的な考え方

- ① 空港利用者や従業員が低炭素公共交通を利用する方向へと行動変容を促す際には、空港のアクセス手段の分担率や空港の立地条件等も踏まえた上で、実施可能な取組を検討する。
- ② 新たに公共交通網を構築する場合や既存の公共交通網のルートの変更・ダイヤ改正等を行う場合には、アクセス交通事業者や地方公共団体等を含む関係機関と協議を行う。また、低炭素公共交通の利用促進にあたっては、啓発活動を行うことも考えられる。
- ③ 利用転換施策を実施する際には、実施目標と評価指標を設定したうえで取組を進めることが望ましい。
- ④ 駐車場等の整備計画を検討する際には、今後、低炭素公共交通の利用促進に伴い空港を利用するバスの増加等に留意することが望ましい。

【解説】

- ① 鉄道やバス等の低炭素公共交通への転換については、空港のアクセス手段の分担率や空港の立地条件等も踏まえた上で、実施可能な取組を検討する。例えば、地域毎に空港のアクセス手段の分担率を把握することで、自動車利用が多い地域への公共交通網の構築やルート変更等が考えられる。
- ② 新たに公共交通網を構築する場合や既存の公共交通網のルート変更・増便等を行う場合には、地域全体の交通計画や実情に合わせた公共交通網が形成されるよう、関係するアクセス交通事業者や地方公共団体等と十分に協議を行うこと。また、空港利用者や従業員の低炭素公共交通の利用が促進されることで、空港アクセスに係る排出削減の効果が高まるため、公共交通網の整備と併せて旅客や従業員等へのアンケート、ポスター等による呼びかけ等の啓発活動や料金施策等を実施することが考えられる。
- ③ 利用転換施策を実施する際には、継続的な取組の実施や適切な効果把握・モニタリングの観点から、実施目標と評価指標を設定することが望ましい。
- ④ 低炭素公共交通の利用促進に伴い空港におけるバス利用等の増加が期待される。その際には、新規のバス乗降場（停車マス、屋根・庇）や横断歩道等の新規整備が必要となる可能性があるため、駐車場の整備計画については、今後の低炭素公共交通への転換についての動向を踏まえて検討することが望ましい。

(2) 低炭素公共交通への利用転換に向けた取組事例

- ① 低炭素公共交通への利用転換促進方策を検討する場合には、国内外の空港や他分野の事例を参考にすることができる。

【解説】

- ① 低炭素公共交通への利用転換に向けた国内外の取組事例の一覧を以下に示す。

表番号	大分類	取組事例名称
表 7-1	サービス提供	環境配慮型・観光 MaaS 導入プロジェクト
表 7-2	サービス提供	パークアンドライド
表 7-3	料金施策	公共交通乗り放題チケット
表 7-4	料金施策	フォアコート・アクセス・チャージ
表 7-5	啓発活動等	コミュニケーション施策（モビリティ・マネジメント）
表 7-6	啓発活動等	エコ通勤
表 7-7	ダイヤ改正等	公共交通の運行スケジュールの変更の検討

表 7-1 環境配慮型・観光 MaaS 導入プロジェクト

項 目	内 容
実施場所	栃木県日光市
実施主体	東武鉄道株式会社、株式会社 JTB、栃木県、オリックス自動車株式会社、株式会社 JTB コミュニケーションデザイン、株式会社トヨタ レンタリース栃木
取組内容	✓ 脱炭素社会への移行と周遊観光の振興による地域活性化を同時に推進し、観光地における脱炭素の取組のロールモデルとなることを目指している。 ✓ MaaS（マース：Mobility As A Service）とは、地域住民や旅行者一人一人のトリップ単位での移動ニーズに対応して、複数の公共交通やそれ以外の移動サービスを最適に組み合わせて検索・予約・決済等を一括で行うサービスであり、観光や医療等の目的地における交通以外のサービス等との連携により、移動の利便性向上や地域の課題解決にも資する重要な手段となるもの。 ✓ 鉄道・バスをセットにした割安なデジタル切符のほか、EV・PHV カーシェアリングや電動シェアサイクル、EV バス等の環境にやさしいモビリティと、歴史・文化施設等の拝観・入場チケット、ネイチャーアクティビティ等の観光コンテンツを、スマートフォンから簡単に、検索・予約・決済できるワンストップサービスを構築している。



出典：環境省「環境配慮型・観光 MaaS 導入プロジェクト」

図 7-1 目指す地域循環共生圏のイメージ

出典：環境省「環境配慮型・観光 MaaS 導入プロジェクト」より作成

表 7-2 パークアンドライドの事例

項 目	内 容
実施場所	沖縄県浦添市
実施主体	沖縄県
取組内容	✓ 沖縄都市モノレールと自動車のスムーズな乗継を可能とすることや自動車から公共交通機関への転換を促進すること等を目的としてパークアンドライド駐車場が整備された。 ✓ 旅行や出張等で那覇空港を利用する場合等において、パークアンドライド駐車場にマイカーを駐車しモノレールで移動することで、那覇市内の渋滞を避けた移動が出来る。 ✓ 那覇市内へ車両の乗り入れをしないため、通勤時の渋滞を回避することや通勤にかかる費用の節約につながる。 ✓ てだこ浦西駅の駐車場の例では、一時的な利用に対して、駐車が1泊2日を超えた場合の宿泊料金等を設けている。また、通勤時において日頃からパークアンドライドを行う利用者に対して、1ヶ月／3ヶ月／6ヶ月の区分での定期利用制度も設けている。 ✓ てだこ浦西駅周辺の民間駐車場の相場が平均月 9,000 円程度であることに對し、同駅の駐車場利用料金は月 5,000 円（全日定額駐車券の場合）であることから価格面で優位性がある。 ✓ 現在沖縄県で運営しているパークアンドライド駐車場は、自動車駐車場3駅とオートバイ専用駐車用2駅である。

定期利用

てだこ浦西駅 パークアンドライド駐車場

パークアンドライド駐車場とゆいレールの利用でより便利に！

以下のようなお悩みのアナタには、【定期利用】がオススメです！

通勤にかかる費用を節約したい！！

毎朝の通勤時の渋滞を回避したい！！

利用内容 (条件)	1ヶ月	3ヶ月	6ヶ月
全日定期 駐車券	月～日 5,000円	3ヶ月 14,250円 5%割引	6ヶ月 27,000円 10%割引
平日・土曜日 定期駐車券	月～土 (土・日・祝日を除く) 4,200円	11,970円	22,680円
平日定期 駐車券	月～金 (土・日・祝日を除く) 3,500円	9,980円	18,900円

注意

- 月曜祝祭日駐車場ではありません。●料金は全て(税込)表示です。
- 駐車区画、駐車場所の指定はできません。
- 定期駐車券は、営業時間内(5:00～23:00)のみの利用となります。
- 停泊時間中(1:00～5:00)駐車については、夜間料金(260円)が発生します。
- 年末年始(12/31～1/3)は、時間貸しのみのご利用となり、定期駐車券は利用できません。

TEL 098-870-5811 FAX 098-870-5812

一般利用

てだこ浦西駅 パークアンドライド駐車場

パークアンドライド駐車場とゆいレールの利用でより便利に！

以下のようなお悩みのアナタには、【一般利用】がオススメです！

空港での混雑を避けたい！時間通りに到着したい！

休日のあふけて駐車場探しが大変だし、出発時間が気になる！

	基本料金 1時間	追加料金 1時間につき	最大料金
停泊時間(営業時間内) 5:00～25:00	100円	100円	400円
停泊時間(営業時間外) 1:00～5:00	260円	—	260円

宿泊料金

	1泊2日	2泊3日
最大	1,060円	1,720円

駐車場ご利用のお客様へ

- 駐車区画は必ずサインボードを参考にしてください。
- 駐車区画内での駐車(駐車券、料金、時間等)に注意してください。
- 駐車券は必ずサインボードを参考にしてください。
- ご利用の際は、必ずご利用のルールを必ずご確認ください。
- 料金未払い(超過)の場合は、駐車券を没収し、その後、駐車券を返却していただく必要があります。
- 最大料金は(税込)表示です。
- 営業時間(10:00～5:00)は入庫できません。

出典：株式会社沖縄ダイケン パンフレット

図 7-2 てだこ浦西駅パークアンドライド駐車場の事例

図 7-2 てだこ浦西駅パークアンドライド駐車場の事例

出典：沖縄県ホームページ「てだこ浦西駅パークアンドライド駐車場のご利用について」より作成

表 7-3 公共交通乗り放題チケットの事例

項 目	内 容
実施場所	ドイツ全土
実施主体	ドイツ政府
実施期間	2022 年 6 月 1 日～8 月 31 日
取組内容	✓ 昨今のエネルギーコストの上昇に対応すべく、コスト軽減策の一環として、月額 9 ユーロ（約 1,250 円）で全国のバスや地下鉄、地方鉄道が乗り放題となるチケットを導入した。 ✓ 鉄道、バス、地下鉄、路面電車等、ドイツ国内全ての公共交通機関で使用可能。ICE（ドイツを中心に運航する高速列車）等の長距離列車、長距離バスでは利用不可だが、ローカル列車を乗り継いでの長距離移動は対象となる。
結果・効果	販売開始以来、約 5,200 万枚のチケットが販売された。 ドイツ交通事業者連合及びドイツ鉄道は、自動車からバスや電車に乗り換えた旅客数から計算すると、CO2 排出量 180 万トンの削減になったと説明しており、これは自動車約 38 万 8000 台分の年間排出量に相当する。

出典：VDV Die Verkehrs-unternehmen ホームページより作成

表 7-4 フォアコート・アクセス・チャージ

項 目	内 容
実施場所	ヒースロー空港
実施主体	ヒースロー空港会社
取組内容	✓ パンデミック（COVID-19）からの需要回復の際に、自動車主導となることを防ぎ、空港関連の交通量を減少させることを目的として実施。また、降車料金による追加収入を得ることで、空港全体の料金引き下げに寄与することも想定されている。 ✓ 英国の 9 つの主要空港では、すでに同様の降車料金を徴収する取組を実施している。 ✓ 時間に関係なく、ターミナル内の降車エリアに入る車両から 5 ポンドの降車料金を徴収。 ✓ 対象はターミナル前の降車エリア（カーブサイド）に入る車両。 ※対象外：緊急車両、軍用車両 100%割引：二輪車、バス等

出典：ヒースロー空港ホームページより作成

表 7-5 コミュニケーション施策（モビリティ・マネジメント）の事例

項 目	内 容
実施場所	京都府宇治市
実施主体	宇治地域通勤交通社会実験推進会議（国・京都府・宇治市・学識経験者・商工会議所・地元企業・交通事業者・NPO 法人等）
実施対象	商工会議所に登録されている宇治地域全ての事業所の従業員約 4,400 名
実施時期	2005 年度
取組内容	✓ 宇治地域においては、公共交通機関が比較的充実しているにもかかわらず、通勤時間帯に主要交差点において、自動車による交通渋滞が発生しているため、その解消を目的として実施された。 ✓ 自動車利用の抑制を促すための「動機付け冊子」、事業所ごとに周辺の公共交通機関の路線図・運行時刻等を示した「宇治地域通勤マップ」、交通行動の変容に対する意向や行動プランに関する「アンケート調査票」の 3 つのツールを対象者に配布。 ✓ これらの 3 つツールは、「動機付け冊子」を読むことによって自動車利用の社会的・個人的なデメリットを認識し、「アンケート調査票」によって自分自身の通勤交通行動を振り返ってもらい、「通勤マップ」に記載されている公共交通情報を参考としつつ、自動車以外の手段で通勤するとしたらどのようにするか具体的な行動プランを考えてもらうことによって、行動変容を促す効果を見込んでいる。
結果・効果	宇治地域の鉄道 2 駅で、朝の通勤時の定期外利用者が 1 年後の時点で約 4 割増加、また中心部ではピーク時の道路混雑が緩和した。 図 7-3 動機付け冊子（左図）、通勤マップ（右図）の例 図 7-4 宇治地域に立地する 2 駅の定期外利用の降車人数の変化



図 動機付け冊子



図 宇治地域通勤交通マップ（市役所版）

図 7-3 動機付け冊子（左図）、通勤マップ（右図）の例

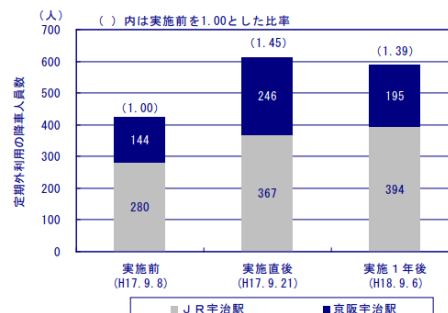


図 7-4 宇治地域に立地する 2 駅の定期外利用の降車人数の変化

出典：国土交通省「モビリティ・マネジメント」より作成

表 7-6 エコ通勤の事例

項 目	内 容
取組事業所	株式会社ブリヂストン（技術センター、AC タイヤ製造所）（東京都小平市）
実施対象	従業員約 2,900 名
取組内容	✓ エコ通勤を推進することにより、市街地の渋滞緩和や企業イメージの向上、従業員の健康増進等の効果だけでなく、日本全体の約 2 割を占める車両からの CO₂ 排出量の削減を図る。 ✓ エコ通勤とは、車両から、環境にやさしいエコな通勤手段に転換することである。電車、バス、自転車、徒歩等での通勤はすべて、環境負荷の小さい通勤方法だけでなく、昨今のコロナ禍への対応として、在宅勤務・テレワーク、混雑時を避け出勤する時差出勤等の取組も、環境負荷を軽減するという観点から、エコ通勤と言える。 ✓ 公共交通機関の情報や社内ネットワークで「smart move」（移動をエコにする新たなライフスタイル）の呼びかけを実施し、エコ通勤を実施するよう促す。 ✓ マイカー通勤の制限、フレックスタイム、裁量労働制度等の制度を導入する。 ✓ 駐輪場の増設、自転車通勤者用ロッカー・シャワー等を設置し、自転車通勤を推奨する。 ✓ 在宅勤務制度を導入する。
結果・効果	年間で約 3,314t の CO ₂ を削減

出典：国土交通省「事業所における「エコ通勤」実施の手引き」より作成

表 7-7 公共交通の運行スケジュールの変更の検討事例

項 目	内 容
検討空港	高松空港
検討対象	従業員
検討規模	約 700 名
取組内容	✓ 従業員の主要な出勤・退勤時間は特定時間帯に集中しているが、空港バスは航空機のダイヤに合わせた旅客重視のスケジュールとなっている。また、従業員の居住地付近にバス停が少ないことも課題である。 ✓ 従業員の就業時刻を考慮したバスダイヤの調整やバス時刻に合わせた就業時刻の変更により利用促進が期待できる。更なる利用促進を促すため、従業員の居住集中エリアへの通勤バス導入及び既存公共交通の活用等が考えられる。 ✓ 施策の推進にあたっては、地域全体の交通政策（バスネットワーク、脱炭素化等）との整合を図る必要があり、地元行政やバス事業者等の関係機関との協力・連携が不可欠である。
期待される効果	バスへの転換によって、年間で約 469t の CO ₂ を削減と試算

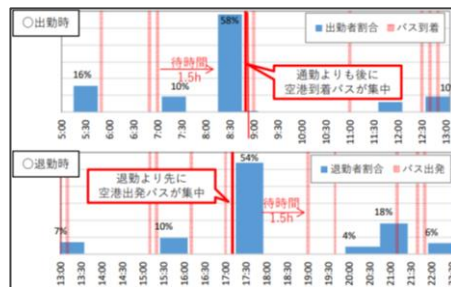


図 7-5 勤務シフトとバスの運行スケジュールのズレ

出典：国土交通省「空港分野における CO₂ 削減に関する検討会（第 4 回）」より作成

7.1.2 空港アクセスにおける EV・FCV 化の促進

(1) 基本的な考え方

- ① 空港アクセスにおける EV・FCV 化を促進するための方策を検討する場合には、国内の空港や他分野の事例を参考にすることができる。

【解説】

- ① グリーン成長戦略（令和 3 年 10 月 22 日 閣議決定）では、2035 年までに乗用車の新車販売で EV 化率 100%を実現できるよう、包括的な措置を講じるとしている。商用車については、8 トン以下の小型の車について、2030 年までに新車販売台数のうち EV の割合を 20～30%とすることを目標としている。このため、社会全体における EV・FCV への転換が促進され、これに伴い空港への EV・FCV によるアクセス需要の増加も想定される。

一方、空港アクセスにおける EV・FCV 化を促進するためには、社会全体の変化を待つだけでなく、空港側でも積極的に促進方策を検討・実施することが望ましい。その際には、7.1.2 (3)EV・FCV の利用促進に向けた取組事例に示すように、充電サービスの無償化や EV・FCV 優先レーン等の国内の空港や他分野における取組事例を参考にして、各空港の特性に応じた促進方策を検討することができる。また、更なる CO2 削減の取組として、充電インフラへの再エネ電力の供給も考えられる。

表 7-8 日本の次世代自動車の普及目標と現状

＜参考＞ 2019年新車乗用車販売台数：430万台

	2019年 (新車販売台数)	2030年
従来車	60.8% (261万台)	30～50%
次世代自動車	39.2% (169万台)	50～70%※
ハイブリッド自動車	34.2% (147万台)	30～40%
電気自動車 プラグイン・ハイブリッド自動車	0.49% (2.1万台) 0.41% (1.8万台)	20～30%
燃料電池自動車	0.02% (0.07万台)	～3%
クリーンディーゼル自動車	4.1% (17.5万台)	5～10%

出典：一般社団法人 日本自動車工業会

「2050 年カーボンニュートラル実現に向けた省エネルギーの更なる深掘りと課題・要望」

※次世代自動車戦略 2010「2010 年 4 月次世代自動車研究会」における普及目標

(2) 充電設備、水素ステーションの整備

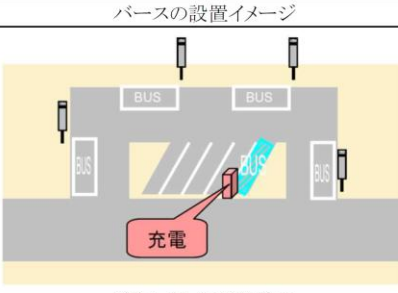
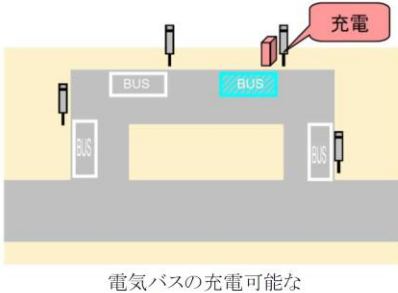
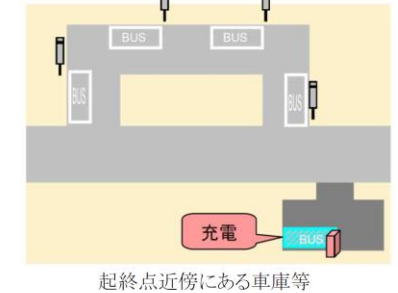
- ① 空港アクセスにおける EV・FCV 化に対応できるよう充電設備や水素ステーションの整備について検討することが望ましい。
- ② 利用者属性毎の利用時間や利用頻度に応じて、充電設備や水素ステーションの仕様や導入規模を検討するとよい。
- ③ 充電設備、水素ステーションの共同使用により最小限のインフラ台数で運用が可能となることが想定される。設置場所や想定される利用者等を踏まえた共同使用方法を関係者間で協議するとよい。

【解説】

- ① 空港やアクセス交通事業者は、空港アクセスの EV・FCV 化に対応できるよう、EV・FCV 化の促進に係る検討・実証結果を踏まえ、充電設備や水素ステーションの整備について検討することが望ましい。なお、充電設備や水素ステーションの整備にあたって一般的に留意すべき事項については、本マニュアル「3.2 充電設備、水素ステーション」を参照されたい。

なお、EV バス用の充電設備の配置方法等は「電動バス導入ガイドライン（国土交通省、2018 年 12 月）」等を参考にすることが出来る。また同ガイドラインでは、充電頻度や航続距離を考慮した導入路線の選定等を整理しており、アクセス交通事業者はこれを参考に、電動バスの導入・運用計画等を検討することが出来る。

表 7-9 起終点（駅前広場等）における充電施設の配置方法（電気バス例）

項 目	内 容	バスの設置イメージ
電気バス(充電)専用の待機バスの設置	- 駅前広場内に既存のバス用駐車スペースが確保されている場合、その一部を電気バス専用の待機バスとして充電設備を設置。 - 特に、駅前広場内の乗降バスにおける運行間隔が密に設定されているため乗降バス上での停車時間が十分確保できない場合や、電気バスを複数系統に充当するため乗降バスがその都度異なる場合は、電気バスの充電専用待機バスを駅前広場内に設置することが有効。 - 複数の電気バスを導入し、同じ起終点で充電を行う場合は、ひとつの充電専用待機バスで対応可能な運行時間の調整、又は、複数の充電設備を確保し、同時に充電可能な待機バスの整備が必要。	 電気バス(充電)専用の待機バスの設置
電気バスの充電可能な専用乗降バスの設置	- 駅前広場内のバス運用に比較的自由がある場合、電気バスを特定路線に充当するような場合は、電気バスの乗降、時間調整、充電を同一箇所で行うための専用バスを設置。 - これにより、安定的な充電環境を確保すると同時に、余裕をもった充電時間の設定、運行計画の策定が可能となり、地域に対する電気バスの浸透・啓発に向けた様々な工夫も施しやすい環境醸成	 電気バスの充電可能な専用乗降バスの設置
起終点近傍にある車庫等での充電スペースの確保	- 都市部の空間的に限られた駅前広場内において、電気バスが十分な充電を行うための時間中、駐車可能なバスの確保が困難な場合、起終点の近傍に立地する車庫等、既存スペースの活用。 - その他、駅前広場外の周辺街区において、電気バスの充電専用待機場の設置	 起終点近傍にある車庫等での充電スペースの確保

出典：国土交通省「電動バス導入ガイドライン」

② 利用者の属性によって駐車時間が異なるため、利用者属性毎の駐車時間に応じて充電設備や水素ステーションの仕様を検討することが望ましい。例えば、比較的に旅客や従業員の車両は長時間の駐車となることが想定されるため、充電に長時間を要する普通充電器でも対応が可能であると考えられる。一方、送迎や買い物、イベント時の来訪者、アクセス交通事業者等は比較的時間の駐車になると想定されるため、急速充電方式で対応することが望ましい。

また、利用者の属性によって利用頻度も異なるため、利用者属性毎の利用頻度に応じて充電設備や水素ステーションの導入規模を検討することが望ましい。例えば、今後、社会全体に広くEV・FCVが普及した場合には、送迎や買い物、イベント時の来訪者、アクセス交通事業者等は主に空港外に整備される充電設備や水素ステーションを利用することが想定される。一方、空港関係事業者（アクセス交通事業者、レンタカー・カーシェア事業者等）は、空港内もしくは空港に出入りして事業を営むため、主に空港内の充電設備や水素ステーションを利用することが想定される。

- ③ 充電設備や水素ステーションについて、旅客と空港関係者等が共同使用することで、導入規模を最小限に抑えることが可能となる。このため、充電設備や水素ステーションの共同使用方法について、料金形態等の観点から関係者間において協議・検討することが望ましい。

(3) EV・FCV の利用促進に向けた取組事例

① EV・FCV の利用促進方策を検討する場合には、国内の空港や他分野の事例を参考にすることができる。

【解説】

① EV・FCV の利用促進に向けた取組事例の一覧を以下に示す。

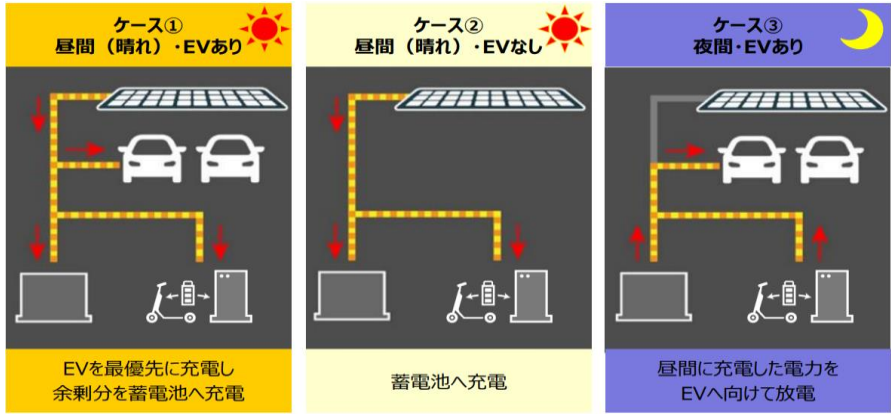
表番号	大分類	取組事例名称
表 7-10	サービス提供	充電サービスの無償化と利便性の高い駐車場所の提供
表 7-11	サービス提供	完全自立型 EV シェアリングステーション
表 7-12	サービス提供	EV・HV タクシー乗り場の事例

表 7-10 充電サービスの無償化と利便性の高い駐車場所の提供

項 目	内 容
実施場所	福岡空港等
実施主体	空港環境整備協会
実施対象	福岡空港国内線の立体駐車場
実施規模	最大 837 台を収容する駐車場で 4 台の充電設備を設置
実施時期	2014 年以降
取組内容	✓ 複数空港の駐車場を運営する空港環境整備協会が、福岡空港の拡張工事に合わせて新設された立体駐車場に、急速充電器を設置した。その際、EV 利用者へのサービスの一環として充電サービスの無償化を実施した。 ✓ 充電サービスの無償化は、充電率を 80%までに制限した上で提供されている。また、充電用スペースをエレベーターホールの隣に設置し、出発ロビーにアクセスしやすい位置が提供されている。 ✓ 駐車場内での充電待ち行列の発生を防ぐために、充電用スペース（4 台分）に隣接して待機スペース（2 台分）を整備する等の対策を行っている。 ✓ ただし、充電口が車体フロント部分以外にある車両では、充電ケーブルの長さが足りず充電困難となる場合がある。
結果・効果	2022 年 10 月度の月間利用件数は 585 件程度。  図 7-6 充電口が車体フロントにある車両への充電

出典：一般社団法人 次世代自動車振興センター「EV・PHV 充電インフラレポート 2014」

表 7-11 完全自立型 EV シェアリングステーション

項 目	内 容
実施場所	広島県立広島産業会館
実施主体	中国電力株式会社、広島県、パナソニック株式会社、AZAPA 株式会社
実施規模	ソーラーカーポート：太陽電池パネル 11.77kW 蓄電池：容量合計 38kWh（10kWh×3 基、8kWh※×1 基） ※可搬型蓄電池システムは、バッテリーモジュール 1kWh×8 個で構成
実施時期	2022 年 4 月から 5 年程度（予定）
取組内容	✓ 電力系統からの電力供給が困難な場所や電気工事の施工費用が高額となる場所等において、EV 導入の選択肢の拡大を進める。 ✓ 充電施設への再生可能エネルギー由来の電力の供給事例として、完全自立型 EV シェアリングステーション等がある。 ✓ 電力系統から完全に分離・独立したソーラーカーポートと蓄電・制御システムを組み合わせ、太陽光発電のみで運用する EV シェアリングステーションで、非常時の電力供給も可能となる。
結果・効果	 図 7-7 完全自立型 EV シェアリングステーションでの電力充放電イメージ

出典：中国電力株式会社「完全自立型 EV シェアリングステーションの実証事業について」、2022 年 4 月

表 7-12 EV・HV タクシー乗り場の事例

項 目	内 容
実施場所	東京都千代田区丸の内 新丸ビル前（東京都道 402 号）
実施主体	関東運輸局及びタクシー業界団体
実施対象	タクシー事業者
実施時期	平成 23 年 10 月 3 日以降
運用時間	平日の 9 時～21 時 ※運用時間以外は一般タクシー乗り場として運用
取組内容	✓ タクシー事業においても環境対策に積極的に取り組むため、低炭素車両の普及促進が求められている。関東運輸局及びタクシー業界団体と連携を図り、EV・HV タクシーの更なる普及促進のため、各地で EV・HV タクシーの専用乗り場を設置し、EV・HV タクシーの優位性を高めている。 ✓ EV や HV といった低公害タクシーを入構対象とした EV・HV タクシー乗り場を設置・運営している。 ✓ 低公害車を対外的にアピールする観点から、乗り場に入構する車両は統一のステッカーを左側客席ドアに表示している。
取組イメージ	 地球にやさしい EV・HVタクシーマークの表示（ステッカー） 図 7-8 設置場所の例

出典：公益財団法人 東京タクシーセンター ホームページ「EV・HV タクシー乗り場のご案内」

(4) 将来の技術開発を踏まえた対応の検討

最新技術を組み合わせた複数車両充電の事例

非接触充電（「3.2 充電設備、水素ステーション」を参照されたい。）とロボットによる自動駐車技術を組み合わせることで、ロボットが非接触充電器を備えた駐車枠まで車両を搬送し、自動で充電する方法が考えられる。必要最小限の充電設備で複数車両の充電を可能にしつつ、充電サイクルの自動管理・自動駐車により、利用者の利便性向上等の可能性がある。これにより、旅客や従業員等が充電設備を利用するための待機が不要となることで、EV の利便性が向上し、空港アクセスの EV・FCV 化促進に繋がることが期待される。



出典：Stanley Robotics 社 PR 動画より作成

図 7-9 車両の自動搬送・駐車技術

7.2 吸収源対策

7.2.1 森林

(1) 実施計画段階で留意すべき事項

- ① 空港周辺における再エネ発電の適地とならない土地を活用して、吸収源対策として植林や再造林を行うことが考えられる。
- ② 空港周辺において植林や再造林をする場合には、制限表面等への影響を考慮する。
- ③ 森林経営活動、植林活動又は再造林活動を実施することで J-クレジットの登録が可能である。

【解説】

① 森林には CO₂ を吸収する効果が期待されることから、空港周辺において再エネ発電の適地とならない土地がある場合には、吸収源対策として森林を造成するための植林や、適切な状態に保つための再造林を行うことが考えられる。その際には、適切な伐採等により成長の旺盛な若い森林を造成することで、吸収源としての効果を最大化できることから、図 7-10 に示すように、利用期を迎えた人工林については「伐って、使って、植えて、育てる」ことにより、炭素を貯蔵する木材利用の拡大を図りつつ成長の旺盛な若い森林を確実に造成していくことが必要である。なお、下記の点を踏まえて取組を検討することで、効率的に吸収源対策を行うことができるものと考えられる。

- ・森林の CO₂ 吸収量は樹木の種類に関わらず林齢 20 年を過ぎると減少する傾向にあることから、森林を造成するための植林だけでなく、森林を適切な状態に保つための再造林（伐採等）を行うことも考えられる。なお、伐採後の木材を利用した CO₂ 貯蔵についても検討するとよい。
- ・図 7-11 に示すように、一般的に広葉樹よりも針葉樹の CO₂ 吸収量の方が大きい。
- ・特に成長が早い早生樹や CO₂ 吸収率の高いエリートツリーの利用を促進することで、伐期の短縮による育林コスト回収期間の短縮や、CO₂ 吸収量の向上が期待される。

上記のうち、早生樹の整備にあたっては「早生樹利用による森林整備手法ガイドライン（林野庁）」等を参考とすることができる。また、早生樹の活用事例として、成田国際空港における早生桐に係る実証実験の概要を図 7-12 に示す。通常の桐は成木まで 20 年かかるが、早生桐は 5～6 年で成木となる。また、スギと比較しても約 5.3 倍の CO₂ 吸収量が確認されているため、このような技術動向も踏まえて計画を立てることが望ましい。

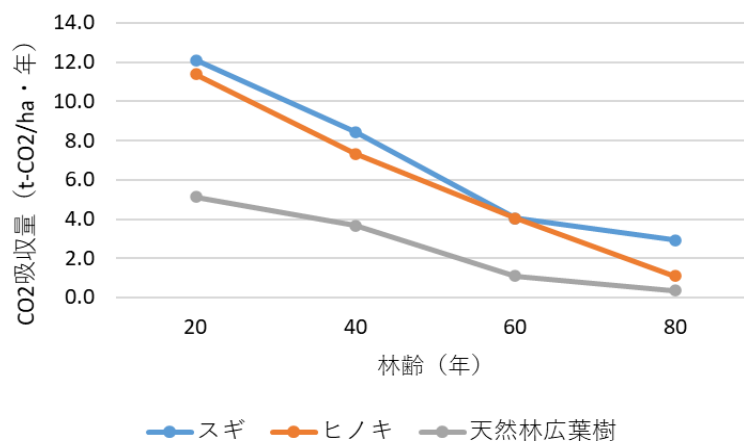
また、CO₂ 吸収・固定量の簡易試算手段として、林野庁が公表している計算シートを図 7-13 に示す。本計算シートでは、対象森林に係る樹種や森林面積等の必要な情報を入力することにより、CO₂ 吸収・固定量の試算を行うことができる。

なお、空港周辺に本来生育していない樹種を新たに導入する際には、植栽した樹種の逸出等により地域の生物多様性や生態系、及びこれらを基盤とする森林の公益的機能に影響を与える可能性にも留意し、周辺環境への影響及び配慮事項についても検討を行うことが望ましい。



出典：林野庁「令和3年度森林・林業白書」

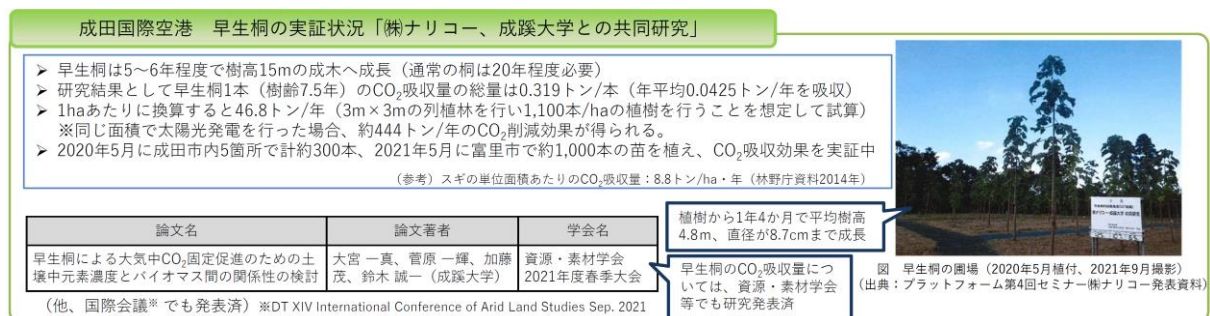
図 7-10 森林資源の循環利用のイメージ



出典：国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所

「1年当たりの森林の林木（幹・枝葉・根）による炭素吸収の平均的な量」より二酸化炭素量に換算

図 7-11 1年当たりの森林の林木（幹・枝葉・根）による二酸化炭素吸収の平均的な量



出典：国土交通省航空局「空港分野におけるCO₂削減に関する検討会（第4回）」

図 7-12 成田国際空港 早生桐の実証状況

民間企業の活動による二酸化炭素吸収・固定量の「見える化」実証事業
森林づくりによる二酸化炭素吸収量・簡易な「見える化」計算シート

事業主体名テーブル

事業主体名	NPO 山村森林活動活動
プロジェクト名称	里山生き生きプロジェクト
担当者名	山本
連絡先	
作成年月日	2015年9月10日

登録・変更・更新 内容表示

区分名登録テーブル

番号	森林整備の種類、団地名等の整備対象区分の登録
1	A 環境・伐採後対象森林
2	B 環境・伐採後対象森林
3	C 環境・伐採後対象森林
4	D 環境・伐採後対象森林
5	E 環境・伐採後対象森林
6	F 環境・伐採後対象森林
7	G 環境・伐採後対象森林
8	H 環境・伐採後対象森林
9	I 環境・伐採後対象森林
10	J 環境・伐採後対象森林

森林整備の種類や団地名等をあらかじめ登録しておくことで合計計算表にこの区分の合計値を出力することができます。また、明細表の出力結果を編集するときに便利になります。最初の登録、変更、修正、再登録等の上にあるボタンを押して下さい。登録しておく、下記の入力データシート「森林整備の区分」の欄をダブルクリックすると表示されますので選択することができます。

データ入力テーブル

番号	森林整備の種類等の区分	森林の所在県	林業等所在地の区分	樹種の選択	林齢	面積 ha	ha当り立木本数	樹高 m	平均直径 cm
1	A 環境・伐採後対象森林	岐阜県	岐阜県23-33	ヒノキ	5	2.0	1,500	15.0	15.0
2	B 環境・伐採後対象森林	岐阜県	岐阜県23-34	ヒノキ	7	3.0	1,200	17.0	19.0
3	C 環境・伐採後対象森林	岐阜県	岐阜県23-35	ヒノキ	7	2.0	900	22.0	28.0
4	D 環境・伐採後対象森林	岐阜県	岐阜県23-36	ヒノキ	10	1.0			
5	E 環境・伐採後対象森林	岐阜県	岐阜県23-37	ヒノキ	8	2.0			
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									

計算実行

<入力方法>

(1) ボタン

○「入力エリアのクリア」
この入力エリア（上段の森林整備の種類等の登録）を除く、合計計算表、計算明細表のシート出力エリアをクリアします。

○「計算実行」
入力データを基に、CO2吸収量等の一連の計算を実行して、計算結果を「合計計算表」、「計算明細表」のシートに出力します。

(2) 黄色の入力部分

○黄色の入力セルにカーソルをセットして、ダブルクリックするとガイドメニューが表示されますので、選択して下さい。同じ内容のデータが連続する場合には、コピー・貼り付けでもかまいません。

(3) 「森林調査結果」の入力について

○森林調査結果を入力しない場合
森林調査をしていない場合にもCO2吸収量は概算で算出されます。
ただし、「森林の所在県」、「樹種の選択」、「林齢」、「面積」の入力は必須です。

○森林調査結果を入力する場合
「ha当り立木本数」、「樹高」の入力は必要です。「平均直径」は、材積量を補正し、CO2吸収量の算出精度を高めるために利用しますので、入力されていなくても算出されます。

(3) 計算結果の出力

○計算結果は、別シートの「合計計算表」、「計算明細表」に出力されます。出力シートの内容には、計算式等は含まれていませんので、別途複写して自由に利用することができます。

出典：森林づくり・木材利用の二酸化炭素 吸収・固定量の「見える化」ガイドライン

図 7-13 簡易な「見える化」計算シートのイメージ

- ② 空港周辺において植林や再造林を行う場合には、取組を行うエリアの地盤高、対象樹木の生育高さ・幹周、成長速度等を考慮し、制限表面への抵触や航空灯火の視認障害が発生しないよう留意すること。
- ③ 森林の施業又は保護を通じた森林経営活動、植林活動又は再造林活動による CO2 吸収量を J-クレジットとして登録することが可能である。詳細は J-クレジット制度を確認されたい。J-クレジット制度の概要は「7.3 炭素クレジット」、詳細は J-クレジット制度の HP を参照されたい。

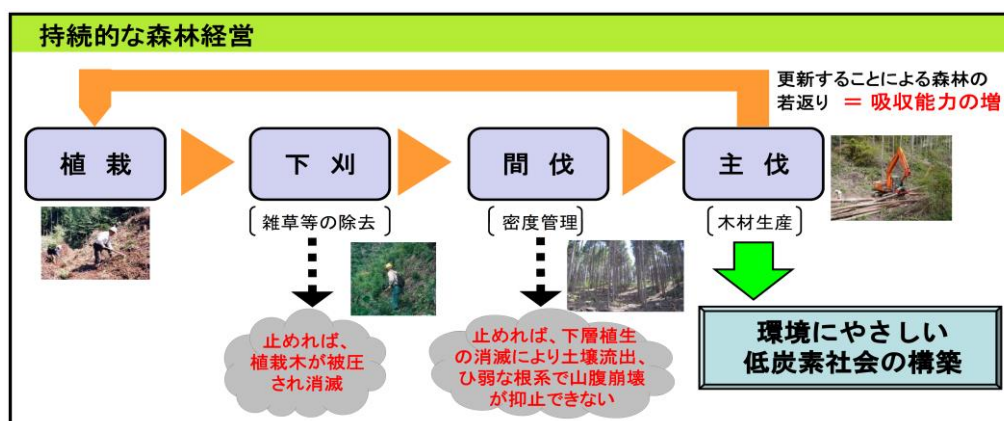
(2) 管理・運営段階で留意すべき事項

- ① 吸収源機能を維持・向上するため、適切な管理を行うことにより、森林機能維持の維持・向上に努める。
- ② 制限表面への近接や航空灯火の視認障害について、定期的なモニタリングを行い、適切に伐採等を行う。

【解説】

- ① 吸収源機能を維持・向上するためには、植栽、下刈、間伐等の森林に対する人為的な働きかけを持続的に実施することにより、森林機能自体の維持・向上を行う必要がある。例えば、独立行政法人森林総合研究所の研究によると、間伐の実施有無によって同じ林齢の森林を比較

した場合、間伐を実施した森林では、間伐を実施しなかった森林と比較して森林バイオマス¹（幹、枝葉、根の合計重量）が多い傾向にあるとされている。このことから、最終的な吸収量は間伐をした場合の方がより大きくなると考えられる。ただし、間伐した樹木を放置した場合、腐朽により CO2 となって大気中に放出されるため、間伐材として他の用途で利用する必要がある。



出典：農林水産省「森林による吸収源対策について」

図 7-14 持続的な森林経営

- ② 森林が制限表面に抵触することのないよう、定期的な測量及び伐採を実施する。なお、制限表面から下方 6m 以内に森林が存在する場合には、航空障害灯の設置が必要となる場合がある。また、航空灯火の視認障害とならないよう留意が必要である。

¹ バイオマスの 50% は炭素であり、バイオマス成長量が多いほど二酸化炭素の吸収固定量が多い

7.2.2 藻場

(1) 実施計画段階で留意すべき事項

- ① 空港における藻場の造成・拡大にあたり、空港護岸の改修時や新設時に藻場造成の観点を取り入れた計画とする。
- ② 新たなカーボン・オフセット制度の活用を検討することが考えられる。

【解説】

- ① 既存の空港護岸において藻場の造成・拡大を行う際には、空港護岸本体の形状改変が必要となる。一方で、空港護岸本体の形状改変には多大なコストがかかることから、空港護岸における藻場の造成・拡大については、経済的合理性から老朽化若しくは耐震・高潮の外力見直しによる護岸全体の改修時又は護岸の新設時に行うことが望ましい。

また、対象とする藻類を選定するために調査すべき項目は、表 7-13 及び表 7-14 に掲げるとおり、対象種の地理的分布や導入対象空港周辺の物理的環境条件、水質・底質等化学的条件及び食害生物・競合種等の生物的条件を踏まえて検討することが望ましい。さらに、藻場には、砂や泥等の堆積物中に根を張って固定する海草（うみくさ）藻場と岩等に固着する海藻（うみも）藻場が存在する（図 7-15）が、育成しやすい藻類は地域特性により異なるため、図 7-16 等を参考にしながら、空港周辺の地形・気象条件等に応じた藻類を選定することが望ましい。

このほか、藻場造成等の取組にあたっては、表 7-15 に掲げる各種ガイドライン等を参考とすることができる。

表 7-13 自然条件調査項目

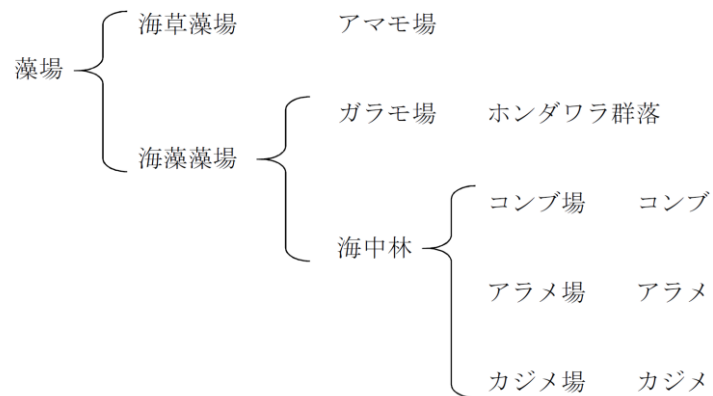
分類	必要な項目
地形条件	地形図（海岸地形図・海底地形図・海図）
海象条件	波浪（出現状況）・潮流・潮位・航跡波
気象条件	日射量・日射時間・風況・降水量
底質条件	基質形状（岩・礫・砂泥等）・粒形・粒度組成・含水比
水質条件	有機物・栄養素・水温・塩分・DO・光の減衰（濁度・透明度）・水中光量子
河川条件	流量・流速・水位・河口地形・淡水流入状況（塩分分布等）
地盤条件	土質条件
藻場の条件	分布範囲及び分布密度（過去から現在までの分布の変遷・近年の季節変化を含む）・生活史（各ステージの時期）・タネ（遊走子・卵・種子）の供給
生物的条件	ベントス（底生生物と海藻草の表面に分布する葉上のものを含む）・食害（競合）生物

出典：国土交通省港湾局監修・海の自然再生ワーキング・グループ著「海の自然再生ハンドブッカーその計画・技術・実践―」、平成 15 年 11 月より作成

表 7-14 社会条件調査項目

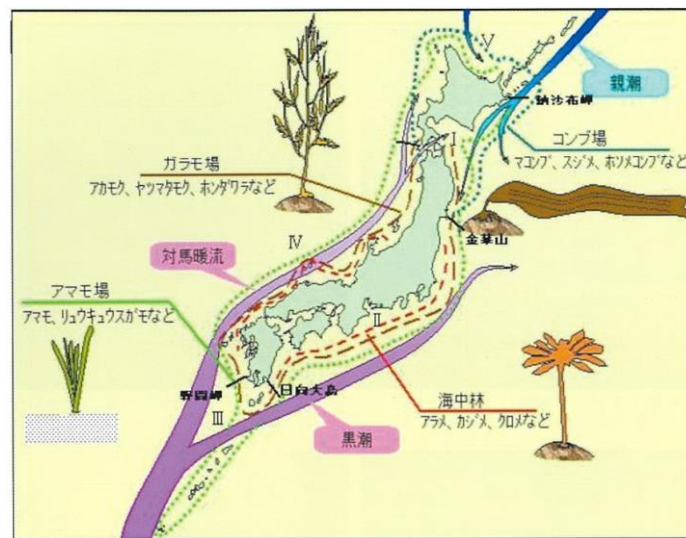
分類	必要な項目
規制条件	港湾区域・航路・漁港区域・河川区域・鳥獣保護区・国立公園区域・排出規制・下水道計画
漁業条件	漁業権範囲・漁種・漁期・漁具漁法・漁場図
漁業以外の利用	利用内容（海水浴・サーフィン・ダイビング・潮干狩り・磯遊び・釣り等）
地域の要請	海水浴場でのアマモ・アオサ等除去・市民による移植、磯掃除等
既往藻場造成	造成実績（場所・種類・規模・方法・材質・工法・施工時期）・造成後の状況

出典：国土交通省港湾局監修・海の自然再生ワーキング・グループ著「海の自然再生ハンドブッカーその計画・技術・実践―」、平成 15 年 11 月より作成



出典：ジャパンプルーエコノミー技術研究組合「Jブルークレジット（試行）認証申請の手引き」、令和4年9月

図 7-15 藻場の分類（概要）



出典：国土交通省港湾局監修・海の自然再生ワーキング・グループ著「海の自然再生ハンドブッカーその計画・技術・実践一」、平成15年11月

図 7-16 日本の海藻相区分図

表 7-15 「豊かな海」を目指した取組に活用できる技術マニュアル等の一覧

項目	名称	発行元	発行年月等
自然再生	海の自然再生ハンドブックーその計画・技術・実践ー	監修：国土交通省港湾局 著：海の自然再生ワーキング・グループ 企画：財団法人港湾空間高度化環境研究センター	平成 15 年 11 月
里海	里海づくりの手引書	環境省	平成 23 年 3 月
	里海づくり活動状況調査の結果について	環境省	平成 27 年 3 月 (報道発表)
干潟・藻場	藻場・干潟ビジョン	水産庁	平成 28 年 1 月
藻場	藻場の復元に関する配慮事項	環境省	平成 16 年 3 月
	第 3 版 磯焼け対策ガイドライン	水産庁	令和 3 年 3 月
	アマモ類の自然再生ガイドライン	水産庁、一般社団法人マリノフォーラム 21	平成 19 年 3 月
	藻場資源消滅防止対策ガイドライン	水産庁	平成 21 年 3 月
環境配慮型構造物	生物共生型港湾構造物の整備・維持管理に関するガイドライン	国土交通省	平成 26 年 7 月

出典：環境省「「豊かな海」を目指した取組の事例集」

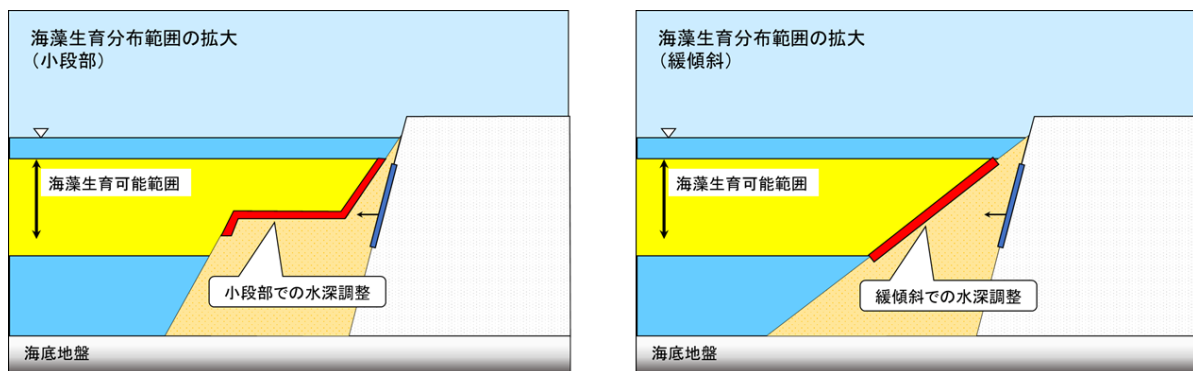
- ② 2023 年度までに、国連気候変動枠組条約に基づく我が国の「温室効果ガスインベントリ報告」にブルーカーボンによる CO2 吸収量を反映させることを目指し、国土交通省港湾局等は、藻場の保全活動等によりブルーカーボン生態系が吸収した CO2 量をクレジットとして認証し、取引を可能とする J ブルークレジットを全国制度とするための取組を実施している。なお、J ブルークレジットの認証の対象は、プロジェクトの対象生態系の創出・回復・維持等により 1 年間で吸収・固定したブルーカーボン量から、プロジェクト実施前のブルーカーボン量を差し引いた量であることから、認証対象となる吸収量を特定するためには継続的なモニタリングが必要である。ブルーカーボン量の算出にあたっては、「J ブルークレジット（試行）認証申請の手引き（ジャパンブルーエコノミー技術研究組合）」を参照されたい。

(2) 設計・施工段階で留意すべき事項

- ① 空港護岸における藻場の造成基盤の設計にあたっては、藻類の着生・生育の安定を図るため、石やブロックの大きさ、藻類の生育光条件を満たす水深、種苗の定着を促すような配置や形状等に留意する必要がある。
- ② 海藻種苗の自然な加入が期待できない場合や、種苗が非常に少ないために藻場の完成まで時間がかかる場合には、人為的に種苗の移植を行うことが望ましい。

【解説】

- ① 藻場の造成基盤の設計においては、対象とする海藻類に適した光条件や波浪条件が得られる水深を設定することに重点をおく。藻類の着生・生育の安定を図るための空港護岸の設計方法として、例えば、海藻生育が可能となる水深範囲において藻類の育成が可能となるよう、護岸や防波堤・離岸堤の壁面を緩傾斜にすることや小段部を設ける等の方法が考えられる。また、石積みによる嵩上げで、天端部分等を海藻の生育水深帯にまで浅くすることもできる。水深の調整に用いる基盤材料としては、石材、コンクリートブロック等のほか、工事で発生する岩石、浚渫土砂等を有効利用することが想定される。



出典：国土交通省港湾局監修・海の自然再生ワーキング・グループ著
「海の自然再生ハンドブッカーその計画・技術・実践」、平成 15 年 11 月より作成

図 7-17 水深調整による海藻生育環境の調整

- ② 海藻種苗の移植方法は、対象海域の環境条件及び周辺海域の藻場の条件を考慮し、造成対象面積・完成までの期間・費用等を踏まえて検討することが望ましい。海藻類の移植方法は大別して、成体移植・人工種苗移植・種苗投入の 3 種がある。各移植方法の特徴については、次表に示す。

表 7-16 成体移植

項 目	内 容
概要	母藻や幼体等を海域から採取して藻場造成海域に設置する方法。
設置方法	藻体全体採取→搬送→基質へ取付け→海域へ設置。 海藻の固定方法は、建材用ブロックに大型母藻をゴムバンドで取り付ける方法、塩ビ板等に海藻の幼体を接着剤等で付着させた海藻プレートを経盤に水中ボンドやアンカーボルトで固定する方法、コンクリート基盤の突起部等に直接ケーブルタイで留める方法等がある。 (既存ブロックへのカジメ胞子体の設置) (移植株からの遊走子放出で繁茂域が拡大) (天然基盤へのホンダワラ類の設置) (既存ブロックへの設置の例) 出典：国土交通省監修・海辺の自然再生ワーキング・グループ著「順応的管理による海辺の自然再生」
手法の特徴	成体移植法の長所は、種苗の確保が簡便である点であり、対象海域への適合性や生育可能水深を確認する試験移植にも適しているが、天然の藻場から成体を採取するため、採取することによる影響を考えると大規模な造成には向かないという短所もある。 その他、天然の藻場から幼体や光不足で矮小なままである小個体を採取して移植する方法もあり、母藻よりも抵抗が少ないために、波浪で流出することが少なく、作業が簡便で比較的時期を選ばず、短い期間で成熟時期に達することができる。

図 7-18 若い胞子体の移植

出典：国土交通省港湾局監修・海の自然再生ワーキング・グループ著「海の自然再生ハンドブックーその計画・技術・実践ー」、平成 15 年 11 月より作成

表 7-17 人工種苗移植

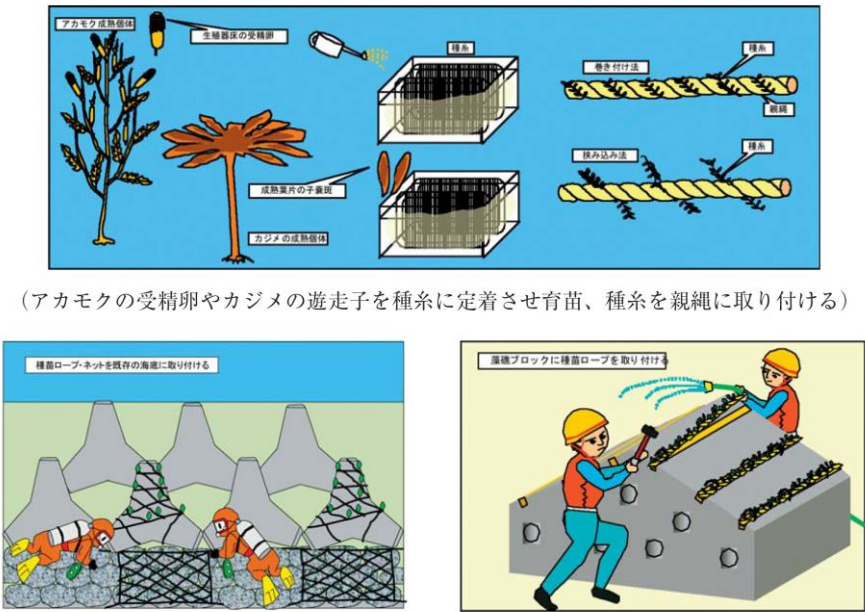
項 目	内 容
概要	母藻から人工的に種苗を採取し、一定期間陸上水槽で中間育成して、海域に移植する方法。自然に種苗の供給が見込まれない場合やより早く藻場を形成させる必要がある場合に行う手法。
設置方法	母藻採取→採苗（種付）→育苗→中間育成→移植 種苗移植は、種付けした基材をそのまま、あるいは加工して基盤上に移植する手法が一般的である。種付基材としての糸は、強度的に弱い太いクレモナロープ等に巻き付けたり、短く切って差し込んで用いるのが望ましい。  (アカモクの受精卵やカジメの遊走子を種糸に定着させ育苗、種糸を親縄に取り付ける) (種苗ロープやネットを海底に設置) (種苗ロープを藻礁ブロックに取り付ける) 出典：国土交通省監修・海辺の自然再生ワーキング・グループ著「順応的管理による海辺の自然再生」
手法の特徴	人工種苗移植の長所は、採苗した種苗を極力無駄なく有効に利用するので母藻の採取量が少なくすみ、母藻採取による環境への影響を最小限に留められることにより、大規模な造成に向いている点にある。ただし、母藻採取・採苗・育苗・陸上の水槽内での培養等には時間的に最も手間がかかる。 また、母藻移植法では移植直後に種苗が周辺に飛散するのに対して、種苗移植法では成熟から種苗が周囲に広がるまでに一定の期間が必要であるが、移植密度は高くなり、成熟個体数が多いために大量の種苗を放出させることができる。

図 7-19 人工種苗の移植

出典：国土交通省港湾局監修・海の自然再生ワーキング・グループ著「海の自然再生ハンドブッカーその計画・技術・実践」、平成 15 年 11 月より作成

表 7-18 種苗投入

項 目	内 容
概要	海域から成熟母藻、成熟葉片、生殖器床等の状態で採取し、流出防止の錘につけて、対象海域へ投入又は設置する方法。
設置方法	成熟個体又は部分採取→搬送→袋に入れ投入設置 成熟葉片での種苗投入では、放出される遊走子や受精卵が非常に小さいコンブ科海藻でよく用いられる方法であり、光を通す目の粗い網袋に母藻を入れて基質に固定するのが一般的である。 スポアバッグ法は、ホンダワラ類の母藻やカジメの成熟葉片を過密にならないように設置する手法であり、長時間卵や遊走子を放出できる利点がある。 (カジメのスポアバッグ) (アカモクの成熟株) (カジメスポアバッグからの遊走子放出) (次世代生育による繁茂域の拡大) 出典：国土交通省監修・海辺の自然再生ワーキング・グループ著 「順応的管理による海辺の自然再生」 図 7-20 スポアバッグや成熟母藻の設置
手法の特徴	極めて簡便であり、広い範囲に船上からでも投入することができ、多年生のコンブ科では成熟部分だけを採取すれば、藻体自体は死ぬことなくいずれ回復する。ただし、種苗が海域に放出されて着底し発芽するかは環境条件によって不確実な場合があることが短所である。

出典：国土交通省港湾局監修・海の自然再生ワーキング・グループ著「海の自然再生ハンドブックその計画・技術・実践」、平成 15 年 11 月より作成

(3) 管理・運営段階で留意すべき事項

- ① 造成した藻場の物理的・化学的環境条件及び生態系の特性についてのモニタリング調査を行い、藻場の維持管理にフィードバックさせるような維持管理計画の検討が必要である。

【解説】

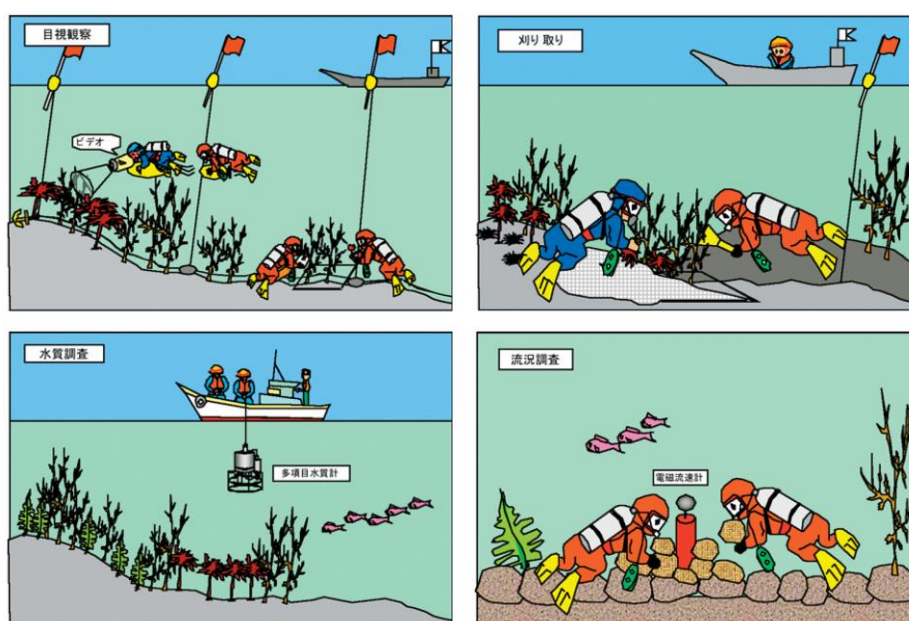
- ① モニタリング調査の実施にあたり、地形の安定性・水質・底質・波浪・光等の環境条件、対象種の生育状況、その他の生物の育成・生息状況等についての具体的な調査方法（調査項目、調査地点、調査時期、調査方法等）を検討することが必要である。主な調査項目と調査方法を表 7-19、図 7-21 に示す。

モニタリング調査結果から、対象種の生育状況が悪い場合や藻場群落の拡大速度が遅い場合、また、競合生物や食害動物等による被害が出ている場合には、再移植、競合生物の除去、食害動物の防除等の措置を講じる等、適切な対策を検討する必要がある。

表 7-19 主な調査項目と調査方法

調査項目	調査方法
群落面積、分布水深	環境傾度に応じた測線調査（ベルトトランセクト法）、広域分布調査（航空写真、目視観察）
現存量、生産量、葉長組成、新規加入	刈り取り、マーキング法、葉長測定
成熟、末枯れ、回復、再生長	定置枠による個体追跡、任意観察
競合生物	定置枠による目視観察、任意観察
食害動物、捕食圧	ビデオ撮影、刺し網、食害生物採取、胃内容分析
環境変動（透明度、水温、塩分、光量子量、濁度、COD、窒素、リン、浮泥、波浪）	垂下式測器、定置式連続測定、採水、採泥

出典：国土交通省監修・海辺の自然再生ワーキング・グループ著「順応的管理による海辺の自然再生」



出典：国土交通省監修・海辺の自然再生ワーキンググループ著「順応的管理による海辺の自然再生」

図 7-21 調査方法の例

7.3 カーボン・クレジット等

7.3.1 管理・運営段階で留意すべき事項

- ① 再エネ導入や省エネ等の取組によるカーボンニュートラルの達成が見込める空港において、再エネの余剰電力や、省エネ・吸収源対策等で余剰の削減量が生じる場合には、カーボン・クレジットや再エネ証書の創出について検討を行うことが望ましい。
- ② 国内のカーボン・クレジットが CORSIA のスキームで利用可能となった場合には、そのような枠組みも活用しつつ、航空分野の脱炭素化に積極的に活用していくことが望ましい。

【解説】

- ① 再エネ導入、省エネ等の取組によりカーボンニュートラルの達成が見込める空港においては、図 7-22 に示すように、当該空港のカーボンニュートラル達成を妨げない範囲において、再エネ余剰電力や削減量のカーボン・クレジット（J-クレジット）や再エネ証書（グリーン電力証書、非化石証書）の創出を検討することが望ましい。これによりカーボンニュートラルの達成が困難であると見込まれる他空港を含めた空港全体のカーボンニュートラル達成に貢献することが期待される。

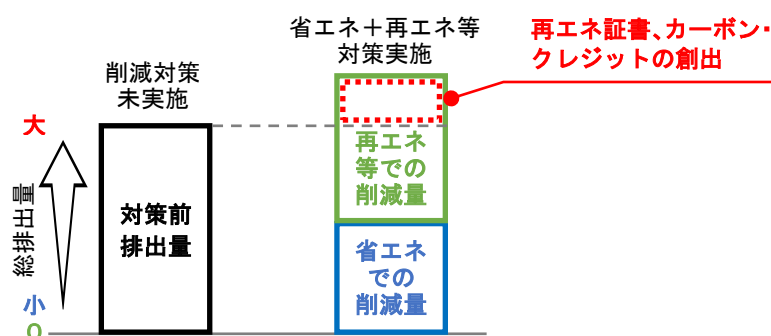
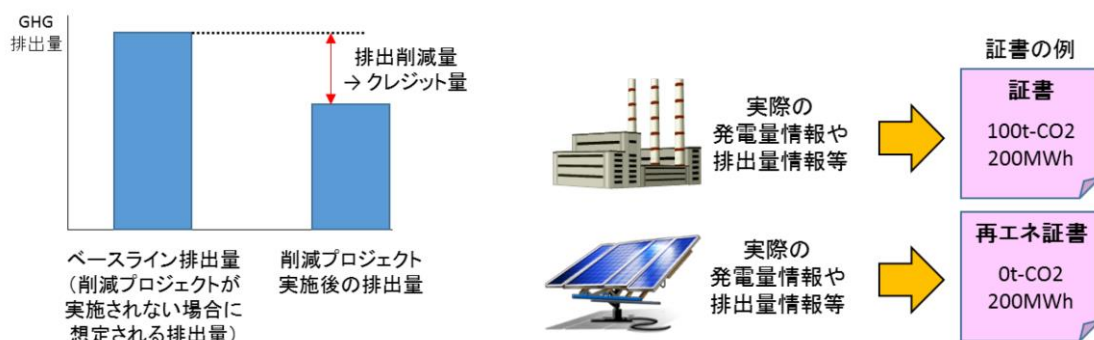


図 7-22 カーボン・クレジット等創出の考え方

カーボン・クレジットとは、ボイラーの更新や再エネ導入等の排出削減プロジェクトを対象に、プロジェクトが実施されない場合に想定されるベースライン排出量と、プロジェクト実施後の排出量の差分について、国や企業間で取引が可能なように t-Co2 単位で認証したものである。他方、再エネ証書とは、再生可能エネルギー由来の電力量及びその属性（発電日時、発電所、発電方式等）を kWh 単位で認証するものである。



出典：経済産業省、環境省「国際的な気候変動イニシアティブへの対応に関するガイダンス」、2021年3月

図 7-23 クレジットと再エネ証書の概念図（左：クレジット、右：再エネ証書）

国内の主なクレジット・再エネ証書としては、表 7-20 に示すとおり、J-クレジット、グリーン電力証書、非化石証書が挙げられる。クレジット・各再エネ証書で取引価格が異なるため、取引価格の推移を確認しながら適切なクレジット・再エネ証書を選択することが望ましい。

表 7-20 国内の主なクレジット等の概要

	J-クレジット	グリーン電力証書	非化石証書
概要	省エネ・再エネによる国内の排出削減量や、森林管理による国内の吸収量をクレジットとして、国が認証する制度	国内の再生可能エネルギーの環境価値を、民間の認証機関によって認証・証書化したもの (*国による証書の認証も存在)	エネルギー供給構造高度化法に基づき、国内の非化石電力 (FIT 再エネ指定・非 FIT 再エネ指定・非 FIT 指定なし) の環境価値を証書化したもの。再エネ価値取引市場 (2021 年 11 月開設) と高度化法義務達成市場 (同年 8 月開設)
制度運営者	経済産業省、環境省、農林水産省	一般財団法人日本品質保証機構	資源エネルギー庁
対象取組	省エネ、再エネ、森林管理	再エネ (太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス)	再エネ (太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス) + 原子力発電等
購入対象者	制限なし	制限なし	小売電気事業者 (FIT 非化石証書は、仲介事業者、需要家も対象)
取引単位	t-CO ₂ e	kWh	kW
転売	○	×	×
環境価値の有効期限	なし	なし	発電された年の翌年 6 月末まで
空港におけるクレジット創出	○	○	○ (非 FIT 非化石証書 (再エネ指定) のみ)
活用先	温対法	○ (グリーンエネルギー CO ₂ 削減相当量として認証を受ける必要)	○
	CDP	○ (再エネ電力・熱由来のみ)	○
	SBT	○ (再エネ電力・熱由来のみ)	○
	RE100	○ (再エネ電力由来のみ)	○ (トラッキング付き非化石証書等のみ)

■J-クレジット制度の概要

J-クレジット制度に参加可能な主な取組項目は、表 7-21 に示すとおり、省エネ設備の導入、再エネの導入、適切な森林管理等である。参考として、図 7-23 に、J-クレジット制度におけるクレジット創出までの流れを示す。図中の“方法論”とは、J-クレジット制度の枠組みの中で規定されている取組内容ごとの適用範囲、排出削減・吸収量の算定方法及びモニタリング方法のことを言う。クレジットの認証を受けるためには方法論に記載される内容に則り排出削減量及び吸収量の算定及びモニタリングを行う必要がある。なお、方法論として規定されていない手法によりクレジット申請を希望する場合は、「J-クレジット制度事務局」に問い合わせることで新規方法論を登録できる場合がある。

なお、一定の条件を満たす場合には、プロジェクト登録に必要となる手続きとクレジットの認証申請手続の一部の支援を受けることができる。例えば、プロジェクト計画書やモニタリング報告書を始めとした書類作成の支援、条件を満たした法人では申請費用の支援を受けることができる。支援を受けるためには排出削減量の規模及び法人の規模に条件があるため、詳細はJ-クレジット制度ホームページを参照されたい。

表 7-21 J-クレジット制度に参加可能な主な取組項目

主な取組項目	具体例
省エネ設備の導入 (燃料転換、高効率化)	ボイラー、ヒートポンプ、空調設備、照明設備、コージェネレーション、ポンプ・ファン等の導入又は更新等
再エネの導入 (化石燃料の代替)	太陽光発電設備、水力発電設備、風力発電設備、バイオマスボイラーの導入等
適切な森林管理	定期的な間伐等の実施、再造林活動等

出典：J-クレジット制度ホームページを参考に作成

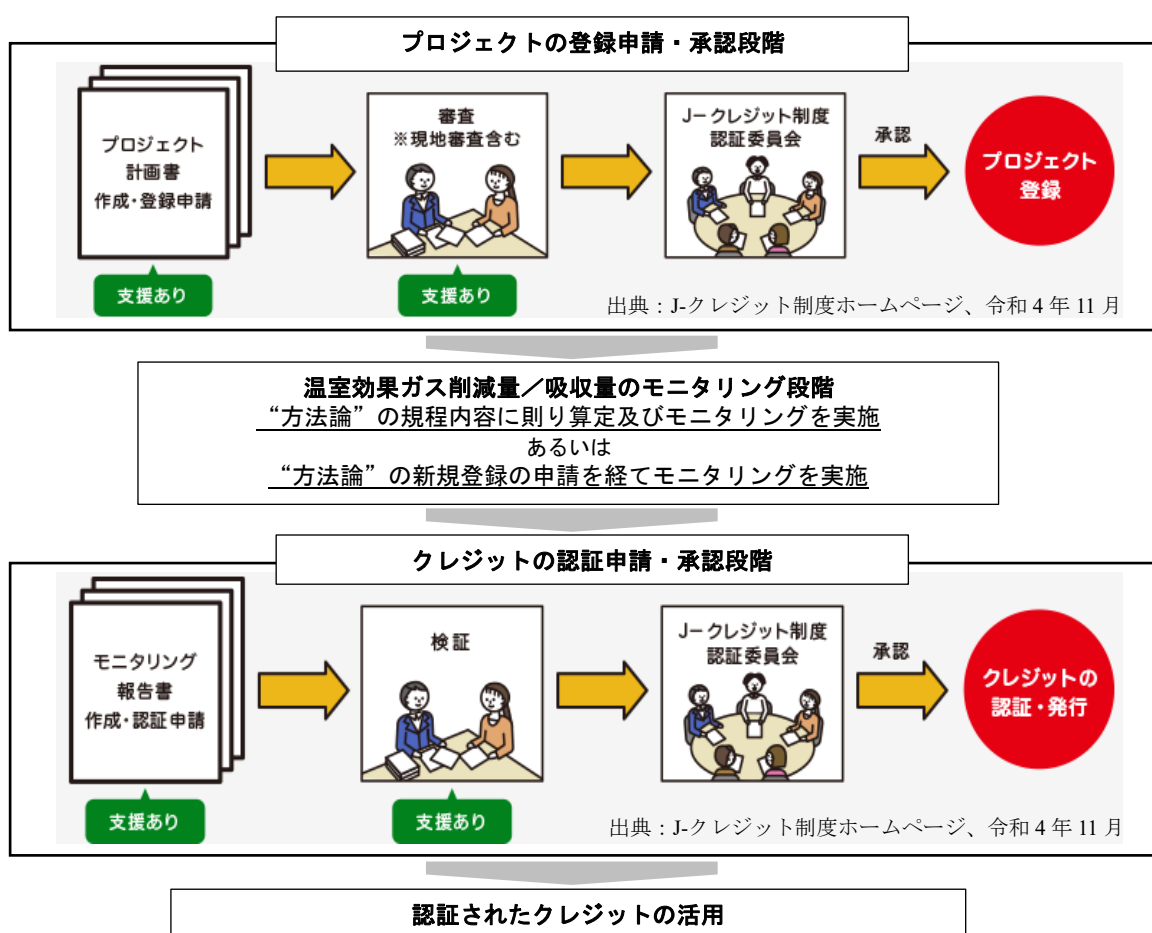
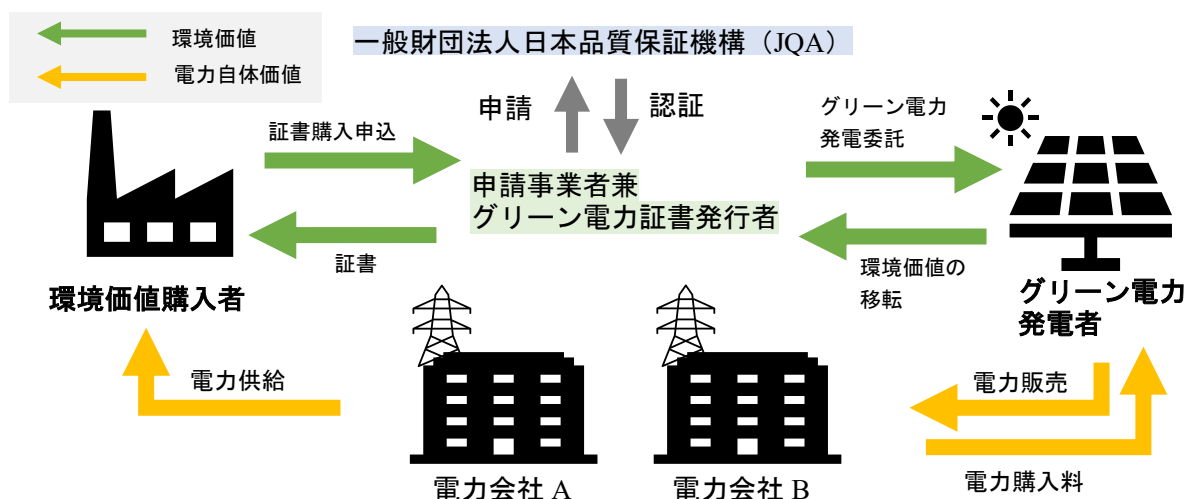


図 7-24 J-クレジット制度でのクレジット活用までの流れ

■グリーン電力証書の概要

グリーン電力証書は、資源エネルギー庁のガイドラインに基づき第三者認証機関によって行われる審査を経て、証書発行事業者により証書が発行される（図 7-25）。認証制度の詳細は、経済産業省資源エネルギー庁及び一般財団法人日本品質保証機構のホームページを参照されたい。



出典：一般財団法人日本品質保証機構ホームページを参考に作成

図 7-25 グリーン電力証書販売・購入の流れ

■非化石証書の概要

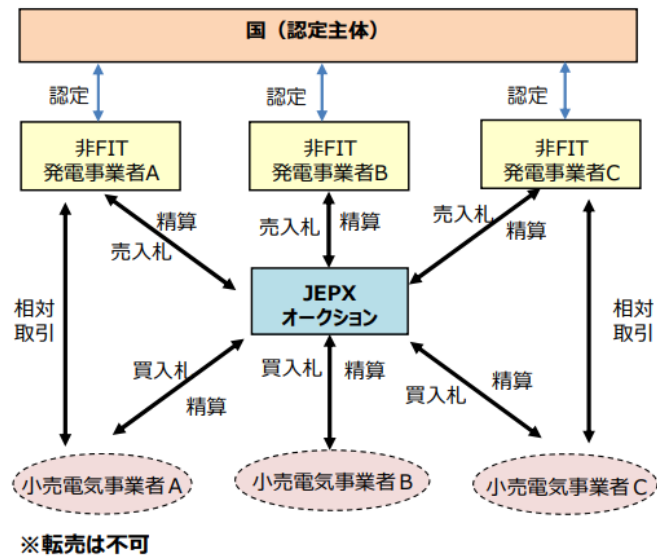
非化石証書を空港で創出する場合、空港で発電を行う非 FIT 発電事業者は国から非化石電力発電量の認定を受け、証書を取得できる。認定を受けるためには図 7-26 に示す 3 種類の申請を行う必要がある。認定を受け取得した証書は、図 7-27 に示す通り、オークション（市場取引）又は相対取引によって、小売電気事業者へ販売することが出来る。

なお、非 FIT 非化石証書は系統に流れた電気のみが認定対象となり、自己託送を行った電気からは非化石証書の発行ができない点に留意する必要がある。

対象設備		①事業者登録	②非化石電源登録	③電力量認定	④認定結果の受領
発電事業者※1／小売電気事業者／アグリゲーター	FIT設備※2	申請必要 ・Webフォームでの事業者登録 ・1社あたり1回	申請不要 (設備IDがない場合は申請)	申請必要(毎月実施) ・電力量の申告 ・卒FIT、RPS設備等のバイオマス設備:申請計画使用燃料一覧を初回申請時に提出 認定結果にエラーがある場合は再提出	認定が完了後、結果を通知
	卒FIT設備				
	RPS設備				
	FIP設備				
	大型水力、原子力等(卒FIT、RPS設備以外)				
	その他※3				
事務局		事業者の登録 (3営業日程度)	設備の登録 (2週間程度)	電力量認定 (提出期限日から3～4週間程度)	

出典：経済産業省「非 FIT 非化石電源に係る認定についての事業者説明資料」、2022 年 11 月

図 7-26 非 FIT 非化石電源に係る認定の流れ



出典：経済産業省「非FIT 非化石電源に係る認定についての事業者説明資料」、2022 年 11 月

図 7-27 非 FIT 化石化証書の取引スキームイメージ

- ② 現在、J-クレジットで認定を受けたクレジットを CORSIA の枠組みで活用するための申請手続が進められているところである。将来的に、J-クレジットで認定を受けたクレジットが CORSIA で活用できるようになった場合には、国際民間航空市場のカーボン・オフセットへの貢献についても検討することが望ましい。

7.4 工事／維持管理での取組

7.4.1 設計・施工段階で留意すべき事項

- ① 空港での土木工事（新設・維持管理）を発注する場合、工事に係る脱炭素化の取組を評価項目とすることについて検討するとよい。
- ② 空港での土木工事において使用する舗装等の建設材料についても空港脱炭素化の取組に資するものを採用するよう検討することが望ましい。

【解説】

- ① 工事発注における取組として、脱炭素化に係る取組の提案を評価項目として設定している事例や、コンクリート起源の CO2 排出削減提案を求める事例がある。例えば、下記に参考事例として示している中部地方整備局及び香川県においては、カーボンニュートラルの取組実績や排出量削減提案による加点を行い、脱炭素化に取り組む事業者が受注競争の優位性を得ることが出来る枠組で工事発注を行っている。

参考：工事発注における CO2 排出の取組事例

国土交通省中部地方整備局のモデル工事での工事発注時の脱炭素の取組事例

一次審査：「カーボンニュートラルの取組実績」を評価

“企業の能力等”として「燃費性能に優れた建設機械を用いた工事の施工実績」又は「SBT認定取得企業の証明」をカーボンニュートラルの取組実績として評価（配点1点/19点）

技術者の能力
企業の能力等（19点）
カーボンニュートラル取組実績（1点）
その他 WLB推進企業

- ①燃費性能に優れた建設機械を用いた工事の施工実績
- ②SBT認定取得企業の証明

二次審査：「カーボンニュートラルの取組提案」を評価

特定テーマとして「当現場におけるカーボンニュートラルの実現に向けた取組内容及びこれに関わる評価手法」の提案を求めている（配点10点/60点）

技術提案 1 テーマ(50点)

カーボンニュートラル推進の取組(10点)

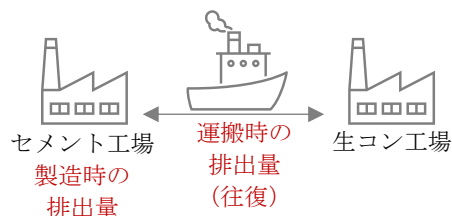
テーマ：当現場におけるカーボンニュートラルの実現に向けた取組内容及びこれに関わる評価手法
提案範囲：資材調達～工事完了
記載内容：①建設機械に関わる取組 ②建設資材に関わる取組 ③その他建設現場の環境に関わる取組

出典：国土交通省中部地方整備局「建設現場における脱炭素化が始まります
-モデル工事「カーボンニュートラル対応試行工事」を公告-」、令和3年10月より作成

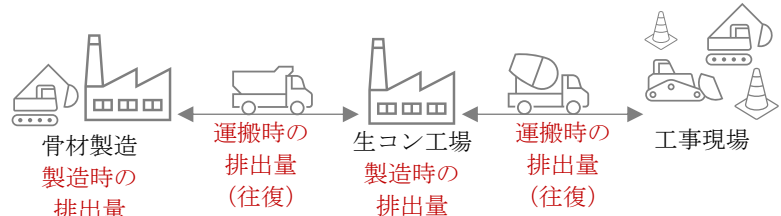
香川県での試行事例

- ・5,000万円以上の総合評価方式を適用する工事において、「総合評価方式におけるコンクリート起源 CO2 削減評価マニュアル」に基づいて CO2 削減量を評価項目としている。
- ・「セメント評価」と「地産地消評価」の2項目に関して CO2 排出量を計算し、工事現場にコンクリートが届くまでの排出量削減を評価する取組事例がある。

【セメント評価】



【地産地消評価】



- ② 空港の舗装、橋梁及び擁壁等の構造物には多くのアスファルトやコンクリートが使用されている。現在、これらのアスファルトやコンクリートに対する CO2 固定化技術等の開発が進

められており、空港の舗装や構造物への適用も期待されている。なお、コンクリートの材料であるセメントに炭酸カルシウムや高炉スラグ粉末を混入し CO₂ を固定する技術は既に多数存在しており、以降に示す事例としては、木質バイオマスの活用やアスファルト舗装への固定等、独自性のある新技術について、開発中又は実証中の新技術を含めて掲載している。

表 7-22 リグニン混合コンクリート

項 目	内 容
開発元	株式会社大林組
技術概要	コンクリートに木質バイオマスを添加することでコンクリート構造物に長期間 CO₂ を固定する技術を開発している。 紙の原料であるパルプの製造工程で発生し、木材の約 3 割を占めるリグニンを粉末状にして、コンクリートに配合する。これにより樹木が成長過程で大気から吸収した CO₂ を、リグニンの形でコンクリート内に 100 年にわたり長期間固定でき、この CO₂ が再び大気に戻ることを抑制するため、気候変動対策として貢献できる。 強度や施工性、耐久性は一般的な普通コンクリートと同様に確保できる。外観は、従来のコンクリートに比べて淡茶色となる。
CO ₂ 削減効果	使用するリグニンは、2.4kg-CO₂/kgを固定しており、1m³ のコンクリートに最大で 100kg を添加すると 240kg-CO₂/m³ の固定が可能となる。一方、普通コンクリートは製造の過程で 1m³ 当たり約 270kg-CO₂/kgを排出するため、差し引き 89%の CO₂ 排出を削減できる。
空港での活用の展望	空港内のコンクリート構造物（排水側溝・ます、擁壁等）への適用、プレキャスト製品の開発が進むことで更なる活用拡大の可能性はある。将来的に、エプロン舗装への適用の可能性が考えられる。
参考写真・図等	図 7-28 粉末状のリグニン 図 7-29 従来のコンクリート（左）とリグニンコンクリート（右） 図 7-30 コンクリート平板の例（500×500×50mm） 出典：株式会社大林組より提供

表 7-23 アスファルト舗装への CO2 固定

項 目	内 容
開発元	出光興産株式会社
技術概要	出光興産株式会社では、アスファルト合材に CO₂ を固定した合成炭酸カルシウム（炭酸塩）を混合する技術を開発し、千葉県袖ケ浦市の石炭・環境研究所内に試験施工を行い実証実験中である。 ボイラー等の燃焼排ガス中の CO₂ と、セメントコンクリート廃棄物に含まれるカルシウムを合成し、合成炭酸カルシウムを生成し、従来のアスファルトで用いられる粉砕石灰石（天然炭酸カルシウム）の代替品としてアスファルト合材に混ぜ込むことで CO₂ を舗装内に固定する。 従来のアスファルト合材と同様の施工機材を用いて、同等の施工性の確保が可能である。また、アスファルト合材の中温化（従来のアスファルト合材よりも低温で施工が可能となる技術）との併用が可能である。顔料を混合することでカラーアスファルト舗装としても施工が可能である。
CO ₂ 削減効果	舗装厚：4cm 施工面積：500 m² CO₂ 固定量：500kg CO₂ 削減効果 最小舗装厚（4cm）で 1kg/m²の固定 ⇒アスファルト合材 1m³あたり CO₂ を 25kg 固定可能。 ※アスファルト合材の骨材粒度及び合成炭酸カルシウムの配合比率により固定量は変動する。
空港での活用の展望	場周／保安道路、構内道路、駐車場舗装で適用が可能となる可能性がある。 将来的に、滑走路や誘導路等の基本施設の本体及びショルダー舗装への適用の可能性が考えられる。
参考写真・図等	 出典：出光興産株式会社より提供 図 7-31 一般的な施工機材を用いたカラー舗装での施工状況

表 7-24 DAC コート

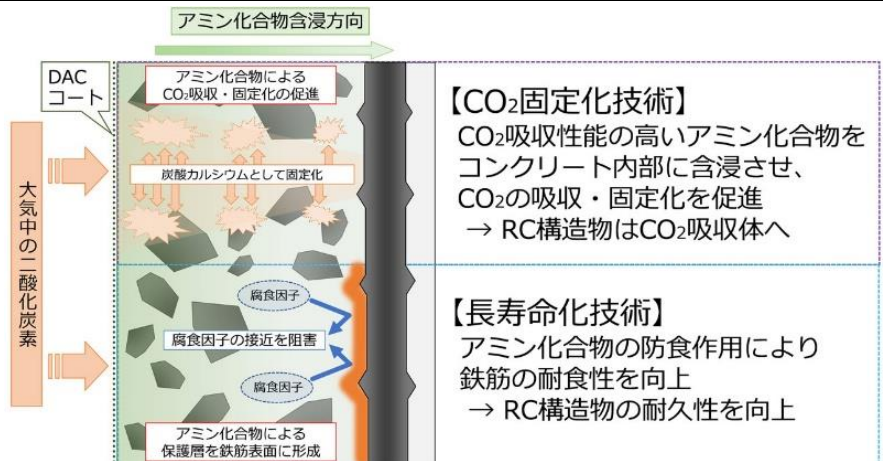
項 目	内 容
開発元	清水建設株式会社、北海道大学
技術概要	現在開発中のアミン化合物を主成分とする塗布剤を、供用段階の既設コンクリート構造物に塗布することでコンクリート中への CO₂ 吸収を促進する。 吸収した CO₂ はコンクリート内で経年的に反応し、炭酸カルシウムとしてコンクリート内に固定される。また、塗布するアミン化合物がコンクリート内に浸透することで、内部鉄筋の防食性を高める効果も有しており、構造物の長寿命化にも寄与する可能性がある。 現在、さらに固定量をふやすためのより良い材料の選定、経年的な化学反応による固定量の変化及び構造物の安全性について、実用化に向け技術開発・評価の段階である。
CO ₂ 削減効果	開発中の材料では、コンクリート 1m³ (1m×1m×1m、2 面露出) にて約 30kg の固定が可能と想定される。 露出部の面積に応じて固定量が変化する点に留意が必要である。
空港での活用の展望	空港内の既設コンクリート構造物 (PBB の基礎、無線施設の基礎、灯火／照明の基礎、擁壁、フェンス基礎、道路縁石等) に塗布することで活用が期待される。
参考写真・図等	 【CO₂固定化技術】 CO₂吸収性能の高いアミン化合物をコンクリート内部に含浸させ、CO₂の吸収・固定化を促進 → RC構造物はCO₂吸収体へ 【長寿命化技術】 アミン化合物の防食作用により鉄筋の耐食性を向上 → RC構造物の耐久性を向上 出典：清水建設株式会社プレスリリースより

図 7-32 塗布剤の概要

(参考) 脱炭素社会実現に向けた CO2 削減に関連する技術情報／国土交通省

CO2 削減に関する建設資材、再エネ技術、工事現場での燃料マネジメントシステム等の様々な新しい技術は、「NETIS 新技術情報提供システム（国土交通省）」で閲覧できる。

NETIS 新技術情報提供システム
NEW TECHNOLOGY INFORMATION SYSTEM

新技術の検索 登録申請書作成 活用効果調査表作成 テーマ設定型の比較表 マッチング 維持管理技術 ページ 震災復旧・復興 支援技術 ページ マニュアル /FAQ

新技術を探す

検索キーワード

有用な新技術の選択
☐ 推奨技術 ☐ 準推奨技術 ☐ 評価促進技術 ☐ 活用促進技術 説明

旧実施要領での技術の位置付け
☐ 活用促進技術 (旧) ☐ 設計比較対象技術 ☐ 少楽積優良技術 説明

工種
[] 工種分類一覧

新技術に期待する効果で更に絞り込む
☐ 経済性の向上 ☐ 工程の短縮 ☐ 品質の向上 ☐ 安全性の向上 ☐ 施工性の向上
☐ 周辺環境への影響抑制

この条件で検索 ▼他の条件を表示

※チェックボックス条件は、1つも選ばないと絞り込み (空枠) になります。
申請されている従来技術名の検索
試行現場照会一覧
過去に選定された推奨技術・準推奨技術の一覧 利用上の注意

What's NEW 一覧へ

2022年10月20日 従来技術を変更した技術一覧を更新しました。
2022年10月20日 NETIS掲載中止・再開・削除情報一覧を更新しました。
2022年10月14日 NETIS掲載期間終了技術は「NETIS掲載期間終了技術リスト」にて技術名称等の提供…

記者発表資料等 一覧へ

2022年09月30日 「急傾斜法面等に適用できる草刈り技術」の性能評価項目等に対する意見募集を…
2022年07月22日 「橋梁伸縮装置止水部の補修に関する技術」の技術比較表を公表します～新技術…
2022年05月27日 令和4年度推奨技術等を6技術選定 ～公共工事における新技術活用システム…

CO2削減関連技術

脱炭素社会実現に向けたCO2削減に関連する技術は [こちら](#)

NETISとは

NETISとは (紹介動画) ※音声は流れません
公共工事における新技術活用システム (パンフレット)

出典：国土交通省「NETIS（新技術情報提供システム）」

図 7-33 NETIS（新技術情報提供システム）の HP

7.5 意識醸成・啓発活動等

7.5.1 基本的な考え方

- ① 空港には多くの関係者が存在するため、空港関係者間の連携強化や啓発活動等により、空港脱炭素化の取組促進に向けた意識を空港関係者間で醸成することが重要である。さらに、空港関係者のみならず、旅客等の空港利用者に対しても啓発活動等による脱炭素化に向けた意識醸成を図ることが望ましい。
- ② 意識醸成のための啓発活動等をより効果的なものにするため、必要に応じて取組の見直し等を行うことが望ましい。

【解説】

- ① 空港には多くの関係者が存在しており、それぞれがCO₂の排出主体となっている。このため、空港脱炭素化に向けては、多岐にわたる空港関係者がそれぞれ排出削減の取組を行う必要があることから、まずは空港関係者間で連携強化や啓発活動等を行うことにより、空港脱炭素化の取組促進に向けた意識を空港関係者間で醸成することが重要である。

これにあたり、空港のCO₂排出削減目標やその達成に向けた取組方針等を当該空港関係者間で共有するとともに、排出削減に向けて実施した取組の成果を見える形で共有することで、各空港関係者の能動的な排出削減に向けた行動を促すことができるものと考えられる。なお、取組成果の見える化にあたって、各空港関係者のエネルギー消費量等を収集・分析する際には、クラウドを活用した情報共有ツールを導入することで、より正確かつ迅速なデータ収集や、取組状況・事例等の共有を行うことが可能となる。また、啓発活動としては、環境に係るeラーニング等のコンテンツ配信や、意識醸成・知識向上を目的として各社各部より環境推進役として選任された者が、環境教育等を受け、その者が所属する組織の全従業員へ知識を展開すること等が想定される。

さらに、空港脱炭素化の取組については、空港関係者のみならず旅客等の空港利用者の理解の深度化を促すことが重要であり、これにより、CO₂排出量の少ない空港アクセス手段を選択など、等利用者自らの行動が脱炭素化に繋がるという意識の醸成が期待される。また、企業付加価値の向上等を目的として、広く国民に対して積極的に発信を行うことも考えられる。その際にはPRポスター、ロゴ、標語（キャッチコピー）等によるPRが効果的と考えられる。このようなPRポスターについては、全国の空港や関係事業者の事務所等に掲示することで、空港関係者が一体となり脱炭素化に取り組むことを広くアピールすることが期待される。



図 7-34 PR ポスター、ロゴ

- ② 意識醸成のための啓発活動等をより効果的なものにするためには、計画（PLAN）→実施（DO）→評価（CHECK）→見直し（ACTION）のPDCA サイクルに基づき、定期的な行動の見直しを継続して行う必要がある。PDCA サイクルの一例としては、啓発教育後、従業員等の環境意識を把握するために、毎年全従業員を対象としたアンケート等を実施し、その結果を啓発活動に反映し改善に繋げること等が挙げられる。

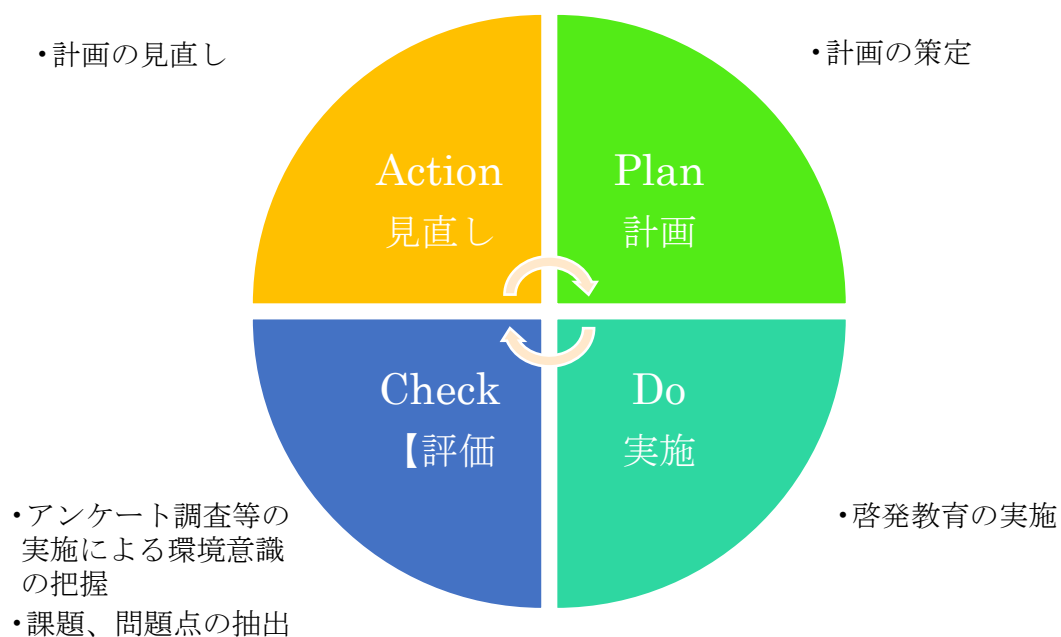


図 7-35 PDCA サイクル概念図

7.5.2 意識醸成・啓発活動等の取組事例

意識醸成のための啓発活動等に係る取組事例を以下に示す。

表 7-25 情報共有ツールの検討事例

項 目	内 容
事業者名	関西エアポート株式会社
検討の概要	情報共有ツールを用いて、空港関連事業者からの環境データ収集・分析・見える化等をクラウド上で実施する。環境データや取組事例を適時に共有することで、空港全体としての CO2 排出量削減への取組を推進する。
期待される取組効果	環境データの見える化や CO2 対策の取組事例を共有することで、空港関連事業者も含めた環境意識の向上の可能性がある。会社の環境レポート作成や空港カーボン認証の取得作業においても活用が可能であり、空港内事業者のデータ収集・分析作業の省力化及び目標管理をすることで空港内事業者取組を促進できる可能性がある。
導入イメージ	出典：国土交通省航空局「空港分野における CO2 削減に関する検討会 第4回」 ※関西エアポート株式会社重点調査結果より 図 7-36 見える化（情報共有ツール）の導入イメージ

表 7-26 空港カーボン認証制度

項 目	内 容														
世界の認証動向	認証空港は全世界へ広がり、2022 年 10 月時点で 420 空港にのぼる。欧米やアジアの主要空港では、空港カーボン認証の取得は常識化してきており、世界的な潮流となりつつある。国内では、成田国際空港がレベル 3、関西国際空港、大阪国際空港及び神戸空港がレベル 4 を取得している。 2020.11.時点 (333空港) → +87空港 → 2022.10.時点 (420空港) 出典：ACI「Airport Carbon Accreditation Application Manual Issue12」、2020.11 より作成 図 7-37 地域別の認証空港数（2022.10 時点）														
期待される取組効果	空港カーボン認証には、関係者等との協力体制強化等が必要となるため、意識醸成・啓発に繋がることが期待される。また、空港カーボン認証の取得をすることで、対外的な情報発信となり、環境意識向上が期待される。														
認証レベルや事業活動範囲	<table border="1"> <thead> <tr> <th>認証レベル</th><th>主な要件</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LEVEL1 Mapping マッピング</td><td> - 排出量削減のための政策コミットメント - 空港のスコープ1と2の排出量のカーボンフットプリントの作成 </td></tr> <tr> <td>LEVEL2 Reduction 削減</td><td> - レベル1の認証要件を全て満たしていること - CO2排出量削減目標の設定 - 目的を達成するためのCO2削減マネジメント計画の策定 - スコープ1と2の排出削減量を3年間の平均と比較して実証すること </td></tr> <tr> <td>LEVEL3 Optimisation 最適化</td><td> - レベル2の認証要件を全て満たしていること - 特定のスコープ3の排出量を含むカーボンフットプリントの追加 利害関係者参画計画の策定 </td></tr> <tr> <td>LEVEL3+ Neutrality 中立</td><td> - レベル3の認証要件を全て満たしていること - 空港の管理下にある残留排出量のオフセット（カーボンニュートラル） </td></tr> <tr> <td>2020年設定 LEVEL4 Transformation 変革</td><td> - 絶対的な排出量削減に向けた政策コミットメント - 空港のスコープ1、2、3の排出量のカーボンフットプリント（追加の強制排出源を含む）の作成 - ICPPの1.5℃または2℃経路に沿った、スコープ1と2、またはスコープ1、2と選択されたスコープ3のCO2排出量の長期的な絶対削減目標の設定 - 削減の軌道と目標達成に必要な対策を定めたCO2管理計画の策定 - 空港のスコープ3排出量の効果的な削減につながる排出量削減目標及び／または対策を含む、利害関係者パートナーシップ計画の策定 </td></tr> <tr> <td>2020年設定 LEVEL4+ Trensition 移行</td><td> - LEVEL4の認証要件を全て満たしていること - 空港の管理下にある残留排出量のオフセット（カーボンニュートラル） </td></tr> </tbody> </table> 出典：ACI「Airport Carbon Accreditation Application Manual Issue12」、2020.11 より作成 図 7-38 空港カーボン認証のレベルと活動範囲	認証レベル	主な要件	LEVEL1 Mapping マッピング	- 排出量削減のための政策コミットメント - 空港のスコープ1と2の排出量のカーボンフットプリントの作成	LEVEL2 Reduction 削減	- レベル1の認証要件を全て満たしていること - CO2排出量削減目標の設定 - 目的を達成するためのCO2削減マネジメント計画の策定 - スコープ1と2の排出削減量を3年間の平均と比較して実証すること	LEVEL3 Optimisation 最適化	- レベル2の認証要件を全て満たしていること - 特定のスコープ3の排出量を含むカーボンフットプリントの追加 利害関係者参画計画の策定	LEVEL3+ Neutrality 中立	- レベル3の認証要件を全て満たしていること - 空港の管理下にある残留排出量のオフセット（カーボンニュートラル）	2020年設定 LEVEL4 Transformation 変革	- 絶対的な排出量削減に向けた政策コミットメント - 空港のスコープ1、2、3の排出量のカーボンフットプリント（追加の強制排出源を含む）の作成 - ICPPの1.5℃または2℃経路に沿った、スコープ1と2、またはスコープ1、2と選択されたスコープ3のCO2排出量の長期的な絶対削減目標の設定 - 削減の軌道と目標達成に必要な対策を定めたCO2管理計画の策定 - 空港のスコープ3排出量の効果的な削減につながる排出量削減目標及び／または対策を含む、利害関係者パートナーシップ計画の策定	2020年設定 LEVEL4+ Trensition 移行	- LEVEL4の認証要件を全て満たしていること - 空港の管理下にある残留排出量のオフセット（カーボンニュートラル）
認証レベル	主な要件														
LEVEL1 Mapping マッピング	- 排出量削減のための政策コミットメント - 空港のスコープ1と2の排出量のカーボンフットプリントの作成														
LEVEL2 Reduction 削減	- レベル1の認証要件を全て満たしていること - CO2排出量削減目標の設定 - 目的を達成するためのCO2削減マネジメント計画の策定 - スコープ1と2の排出削減量を3年間の平均と比較して実証すること														
LEVEL3 Optimisation 最適化	- レベル2の認証要件を全て満たしていること - 特定のスコープ3の排出量を含むカーボンフットプリントの追加 利害関係者参画計画の策定														
LEVEL3+ Neutrality 中立	- レベル3の認証要件を全て満たしていること - 空港の管理下にある残留排出量のオフセット（カーボンニュートラル）														
2020年設定 LEVEL4 Transformation 変革	- 絶対的な排出量削減に向けた政策コミットメント - 空港のスコープ1、2、3の排出量のカーボンフットプリント（追加の強制排出源を含む）の作成 - ICPPの1.5℃または2℃経路に沿った、スコープ1と2、またはスコープ1、2と選択されたスコープ3のCO2排出量の長期的な絶対削減目標の設定 - 削減の軌道と目標達成に必要な対策を定めたCO2管理計画の策定 - 空港のスコープ3排出量の効果的な削減につながる排出量削減目標及び／または対策を含む、利害関係者パートナーシップ計画の策定														
2020年設定 LEVEL4+ Trensition 移行	- LEVEL4の認証要件を全て満たしていること - 空港の管理下にある残留排出量のオフセット（カーボンニュートラル）														

付録：主な関係法令リスト

表 空港の脱炭素化に係る各種取組の関係法令及び必要となる手続き

取組項目	必要な手続き	関係法令	参照箇所
建築施設の 省エネ化	旅客取扱施設利用料の変更に伴う国土交通大臣への届け出及び許可	空港法	第 16 条第 1 項
	建築確認に係る申請書の手続き	建築基準法	第 6 条第 1 項
	建築物エネルギー消費性能の適合性判定	建築省エネ法	第 12 条第 1 項
	新築、増改築に関する届出		第 19 条第 1 項
	保安に関する各種届出、申請	高圧ガス保安法	第 5 条、第 16 条第 1 項、第 17 条の 2 第 1 項、第 19 条第 1 項・第 2 項・第 4 項
航空灯火の LED 化	航空灯火の変更許可申請	航空法	第 43 条第 2 項
空港車両の FCV 化	容器及び附属品取扱に係る再検査	高圧ガス保安法	第 49 条、第 49 条の 2
	継続検査による車両の保安基準適合性確認	道路運送車両法	第 63 条
	容器再検査による基準適合性確認のための継続検査（車検）及び定期点検 ¹	道路運送車両法	第 41 条、第 47 条、第 47 条の 2
充電施設	保安等に関する各種届出	電気事業法	第 27 条、第 28 条、第 42 条第 1 項、第 46 条等
バイオ燃料	危険物取扱所の届出、政令で定められた取扱の対応、基準に準拠した設計	消防法	第 10 条第 1 項、第 11 条第 1 項
太陽光発電 （全般）	「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）／資源エネ庁」を参照		
太陽光発電 （平置き）	着陸帯幅、制限表面（転移表面）の変更許可申請	航空法	第 43 条第 2 項
太陽光発電 （カーポート）	建築確認に係る申請書の手続き	建築基準法	第 6 条第 1 項
風力発電	「事業計画策定ガイドライン（風力発電）／資源エネ庁」を参照		
地熱発電	「事業計画策定ガイドライン（地熱発電）／資源エネ庁」を参照		
バイオマス発電	「事業計画策定ガイドライン（バイオマス発電）／資源エネ庁」を参照		
水素ステーション	高圧ガス施設が危険物取扱施設と確保すべき離隔（保安距離）の遵守	消防法	第 10 条第 1 項

¹ 燃料電池自動車等の駆動用燃料システムに対し、高圧ガス保安法と道路運送車両法の両法の規制が一元化、高圧ガス保安法から適用除外され、道路運送車両法の継続検査等で対応する「高圧ガス保安法等の一部を改正する法律（令和 4 年 9 月 1 日施行）」。なお、ナンバープレートのない制限区域内のみを走行する車両は、引き続き高圧ガス保安法の適用を受ける。

取組項目	必要な手続き	関係法令	参照箇所
	保安に関する各種届出／申請、都道府県知事による事業所ごとの設置許可または届出	高圧ガス保安法	第 5 条、第 16 条第 1 項、第 17 条の 2 第 1 項、第 19 条第 1 項・第 2 項・第 4 項
	事業所の新設に係る届出、変更に係る届出	石油コンビナート等災害防止法	第 5 条、第 7 条
	用途地域ごとの水素ガス最大貯蔵量の制限の遵守	建築基準法	第 48 条等
	特定施設（換気のための送風機等）の設置の届出	騒音規制法	第 6 条第 1 項
	特定施設（換気のための送風機等）の設置の届出	振動規制法	第 6 条第 1 項
	ばい煙発生施設の設置の届け出	大気汚染防止法	第 6 条
水素発電	環境影響評価手続	環境影響評価法	第 2 条第 2 項「ホ」
	保安に関する各種届出	電気事業法	第 27 条、第 28 条、第 42 条第 1 項、第 46 条等
	保安に関する各種届出／申請、都道府県知事による事業所ごとの設置許可または届出	高圧ガス保安法	第 5 条、第 16 条第 1 項、第 17 条の 2 第 1 項、第 19 条第 1 項・第 2 項・第 4 項
	製造所、貯蔵所又は取扱所の設備の変更等に係る届出	消防法	第 11 条、第 17 条 14
	事業所の新設に係る届出、変更に係る届出	石油コンビナート等災害防止法	第 5 条、第 7 条
蓄電池の設置	危険物取扱所の届出、政令で定められた取扱の対応	消防法	第 10 条第 1 項、第 11 条第 1 項
	保安に関する各種届出	電気事業法	第 27 条、第 28 条、第 42 条第 1 項、第 46 条等
地上走行中の航空機 （誘導路整備）	誘導路の変更許可申請	航空法	第 43 条第 2 項
エネルギー マネジメント	電気事業を営むにあたり必要となる各種届出	電気事業法	第 27 条、第 28 条、第 46 条等
地域連携	サービス内容変更に伴う空港供用規定の変更申請（国管理空港以外）	空港法	第 12 条第 3 項
	電気事業を営むにあたり必要となる各種届出	電気事業法	第 27 条、第 28 条、第 46 条等
吸収源対策	伐採及び伐採後の造林の届出手続	森林法	第 10 条の 8 第 1 項

(注)本マニュアルは、空港脱炭素化に向けた検討の参考となる主な法令等の概要について、公表資料等に基づき整理したものであり、これら以外にも関係法令はあり得ることに留意が必要である。また、今後の関係法令等の改正等の最新の動向にも留意するとともに、空港の立地する自治体が定める条例等にも留意する必要がある。