

空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル(初版)(案)

概要版

国土交通省 航空局
令和4年12月9日

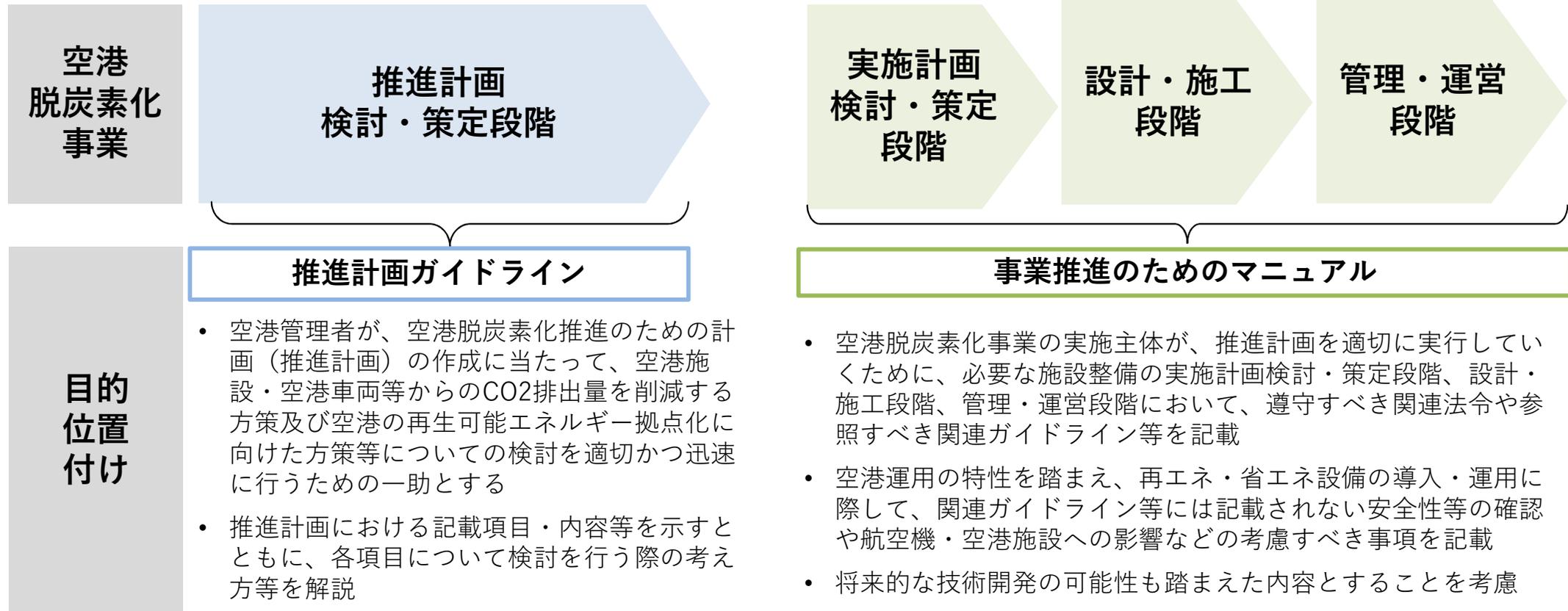
【背景】

- 我が国においては、パリ協定に定める目標等を踏まえ、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。
- このような状況を踏まえ、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」を設置し、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てきた。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、同年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（初版）（以下、「ガイドライン」という）」を公表した。
- 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、同年6月には航空法、空港法の一部改正（同年12月施行）を実施した。空港管理者は、当該空港において関係者が一体となって空港脱炭素化を着実に推進していくために、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）を作成することができるとしている。
- 本マニュアルは、空港脱炭素化事業に取り組む実施主体が、推進計画における目標や取組方針等を踏まえ、各事業の実施計画の策定、設計・施工、管理・運営等の事業を推進する際に参考となるよう、本マニュアル（初版）を作成したものである。
- 本マニュアルの作成にあたっては、「空港建築施設の脱炭素化に関する検討WG」において空港建築施設の広範で専門的な観点でのCO2削減方法について検討し、「空港における太陽光パネル設置検討WG」において空港施設やグレアによる航空機等運用への影響など、太陽光パネルの設置に必要な課題の抽出及び対策について検討した結果を反映している。

1. 総則

1. 総則

1.1 本マニュアルの目的及び位置付け



1.2 本マニュアルの適用範囲

- 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、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排出に関係する事業者及び脱炭素化に係る取組の実施主体に適用する。
- 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。

1.4 マニュアルの構成

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 太陽光発電システム

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、再生可能エネルギー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。

空港脱炭素化
事業推進のためのマニュアル

初版

令和●年●月

国土交通省 航空局

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。

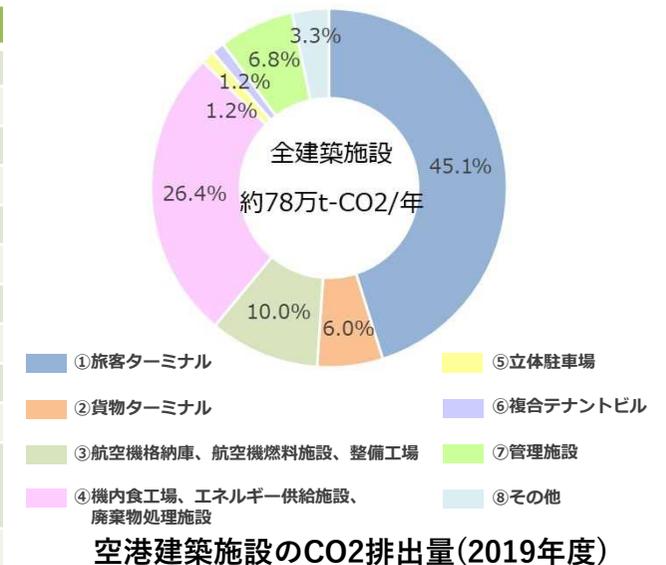
(1) これからの空港建築施設が目指す方向

- 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。
- 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、これら特性を踏まえた対応が求められる。
- 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り組みである。

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)、附属施設(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、附属施設(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 附属施設(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) 附属施設(管理事務所、車庫、整備場)等
④	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
	機内食工場	機内食製造工場、搭載室、保管庫 等
⑤	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
⑥	立体駐車場	空港利用者用駐車場、従業員用駐車場
⑦	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
⑧	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
	その他	空港アクセス施設(駅舎、ポートターミナル等) 等

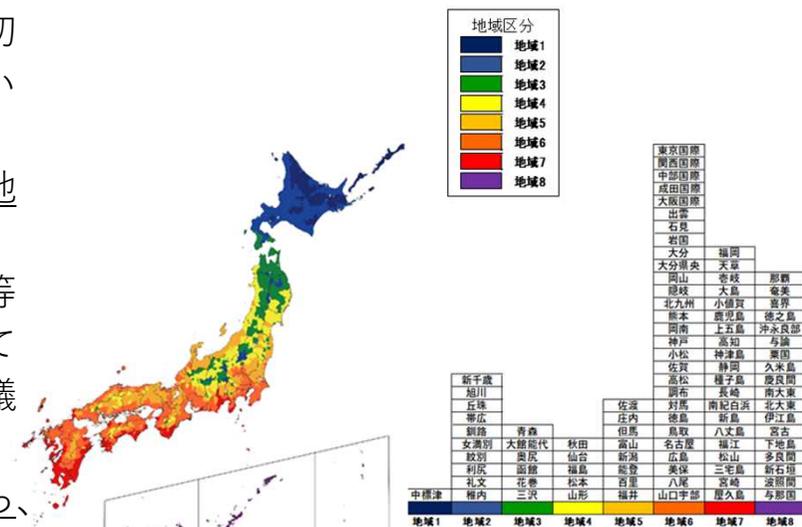


2.1 空港建築施設

2.1.2 留意すべき事項（実施計画段階、設計・施工段階、管理・運営段階）

- 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、これら特性を踏まえた計画・設計・施工を行うこと。
- 省エネ化等手法の導入に伴い、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。

- 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要否を判断する必要がある。
- 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。
- 空港建築施設は、運用時間が長くエネルギー消費量が大き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や施設の運用状況に合わせて各設備の最適な運転制御を行うこと等の運用面の対策も有効である。



省エネ基準地域区分と全国97空港

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

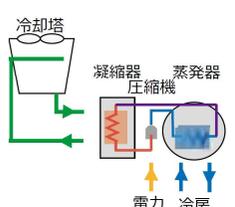
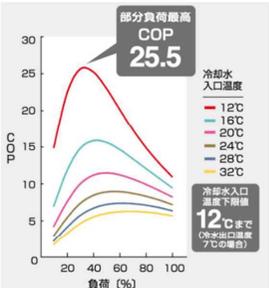
※空港建築施設の脱炭素化の手法について

- 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）」に記載されている手法（建築物の構造等、建築設備の性能、建築施設の運用による省エネ及び再生可能エネルギー導入）を参考に検討することが望ましい。
- また、省エネ手法の検討に使用した計算ツールの詳細や計算時に設定した条件についても当マニュアルに記載されている。

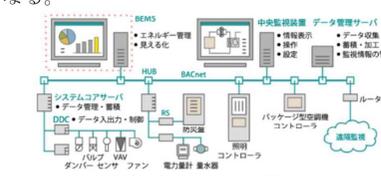
2.1 空港建築施設

■省エネ手法事例（空港建築施設の脱炭素化の手法）

建築設備の性能による省エネ手法 高効率熱源（インバーターターボ冷凍機）

項目	内容
① 技術の概要	<p>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。</p>  <p>写真 3.3.2 外観</p>  <p>図 3.3.4 システム図</p>  <p>図 3.3.5 冷却水温度と負荷率による効率の変化</p> <p>冷却水温度や負荷率（熱源の稼働率）により運転効率が変わる 出典：三菱重工株式会社 カタログ</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>9.2～11.5 kg-CO₂/m²・年（空調対象面積当たり）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・冷却塔は薬液注入等による冷却水の水质管理が必要になる。 ・複数の熱源を組み合わせて使用する場合は、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）

建築施設の運用による省エネ手法 BEMSの活用

項目	内容
① 技術の概要	<p>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。</p>  <p>図 3.4.1 BEMS と周辺設備</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※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））</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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	<p>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）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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。

2.1 空港建築施設

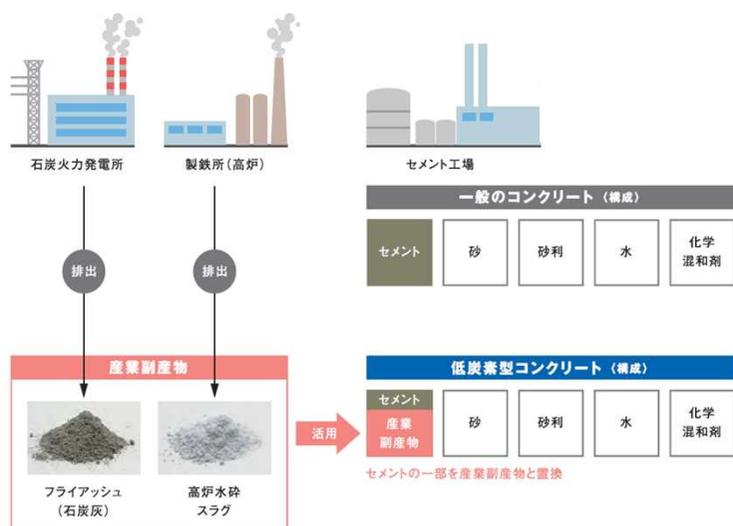
■その他留意すべき事項

○ 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。

- CASBEEやLEEDなど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など、資材調達の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など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。

■低炭素型コンクリート

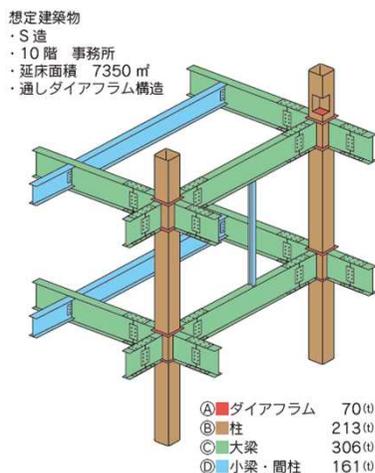
セメントの70%を産業副産物に置き換えた場合、約60%のCO2排出量を削減可能。



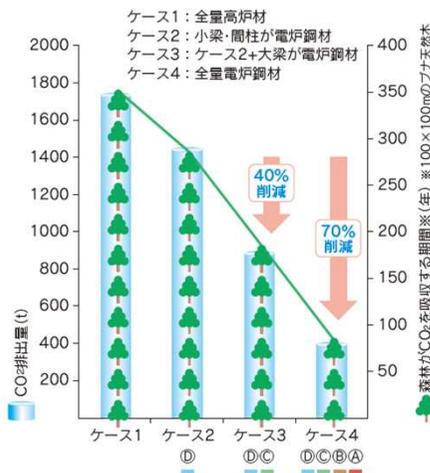
図：低炭素型コンクリート

■電炉鋼材

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。



(下図ケース2⇒ケース4)



図：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

■建築物の木材利用（CLT等）

CLT工法を用いた木造建築物（2階建て・延床面積407.2㎡）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造に対して30.6%削減、S造に対して18.5%削減が可能。



図：CLT（直交集成板）

3. 空港車両に係る取組

3.1 空港車両

3.1.1 基本的な考え方

- 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。
- EV・FCVが未開発等の場合には、従来型車両へのバイオ燃料の活用について検討する。
- ・ 経年劣化等による更新や増台のタイミングで、EV・FCV開発動向を踏まえて導入を検討すること。なお、空港への導入実績が少ない車種については車両性能や空港運用への影響を確認したうえで導入することが望ましい。
- ・ EV・FCVが未開発の場合や、EV・FCV導入のみでは削減目標の達成が困難な場合には、従来型車両へのバイオ燃料の活用を検討することが望ましい。

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(車椅子用)		○		
	ステップ車		○		
	ハリフトトラック		○		
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	高所作業車等		ハイブリッド		
空港維持管理	路面清掃車等				
空港保安	化学消防車		ハイブリッド		

※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。

EV・FCV導入及びバイオ燃料活用の際の留意点

	EV	FCV	バイオ燃料
車種数	・FCVよりも豊富	・EVよりも少ない	(従来型車両活用)
価格	・FCVよりも低額	・EVよりも高額	(従来型車両活用)
動力源	・必要に応じて空港全体の受電容量増加を検討	・オサット方式やオサ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が必要※1

※1：バイオガソリン燃料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。未対策車の場合、使用可能な混合率は3%未満となる

3.1 空港車両

3.1.2 EV／3.1.3 FCV

(1) 実施計画段階で留意すべき事項（車両の調達）

- 空港特性（環境面、運用面、施設面）に適合するEV・FCVの導入を検討すること。特に、施設面においては、充電設備や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。
- FCVの導入にあたっては、道路運送車両法のみならず高圧ガス保安法の規定についても遵守する。

- EV・FCVの仕様は様々であることから、空港の環境面、運用面及び施設面の特性に適合するEV・FCV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下記が想定される。

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、充電設備や水素充填設備

- 特に、充電設備や水素ステーションの仕様（電圧、コネクタ形状、水素充填圧等）は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たうえで、導入するEV・FCVを検討する必要がある。
- 導入するEV・FCVが公道を走行する車両である場合には、道路運送車両法に基づく保安基準を満たす必要がある。さらに、FCVに搭載される高圧ガス容器（水素タンク）については、高圧ガス保安法に基づく型式承認や技術基準適合性検査を受ける必要がある。

(2) 管理・運営段階で留意すべき事項

- FCVに搭載される高圧ガス容器（水素タンク）については、定期検査の実施や使用期限が定められていることに留意する。

- FCVに搭載される高圧ガス容器（水素タンク）については、高圧ガス保安法において、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必要がある。

3.2 充電設備・水素ステーション

3.2.1 充電設備 / 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

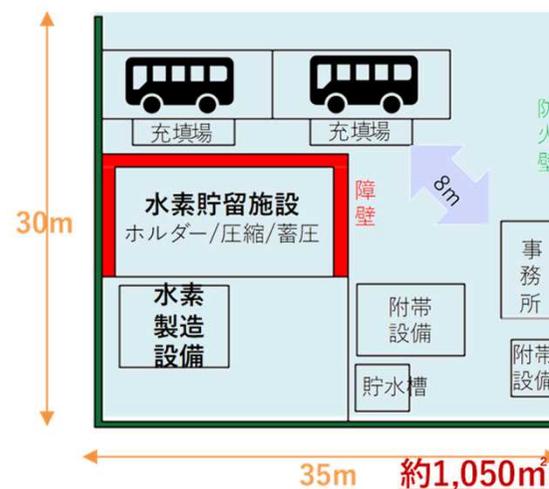
- 空港車両の仕様や運用方法を踏まえ、充電設備や水素ステーションの仕様等を検討する。
 - 充電設備や水素ステーションには複数の仕様が存在するため、利用が想定される車両の仕様（電圧、コネクタ形状、水素充填圧）や運用方法（日中こまめに充電/夜間にまとめて充電）等を踏まえて、充電設備や水素ステーションの仕様（電圧、充電コネクタ形状、急速/普通、水素充填圧）を検討する必要がある。また、水素ステーションを導入する際には離隔距離の確保や障壁・防火壁の設置が必要になることから、充電設備よりも広い用地が必要となることに留意する。

主な急速充電設備の仕様

※一般車で多く普及している仕様を示しており、空港車両においてはこれ以外にもメーカー独自の仕様が多数存在する。

	CHAdeMO	GB/T	CCS1	CCS2	Tesla
コネクタ					
インレット (車側)					
IEC	✓	✓	✓	✓	
IEEE	◆				
SAE			✓		
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

水素ステーションの標準的な配置と規模 (イメージ)



出典：CHAdeMO協議会資料

出典：経済産業省資料等を基に作成

(2) 設計・施工段階で留意すべき事項

- 設置工事を行う際には、空港運用への影響を最小限に抑えるよう留意する。
 - 駐機場や空港車両動線の一部を掘削することにより車両通行が困難となる場合には、夜間工事による日々復旧や車両の代替ルート確保を検討することが望ましい。

(3) 管理・運営段階で留意すべき事項

- 水素ステーションの管理・運営段階においては、高圧ガス保安法の規定を遵守する。
 - 高圧ガス保安法において、水素ステーションへの保安監督者の配置等が義務づけられている。

3.2 充電設備・水素ステーション

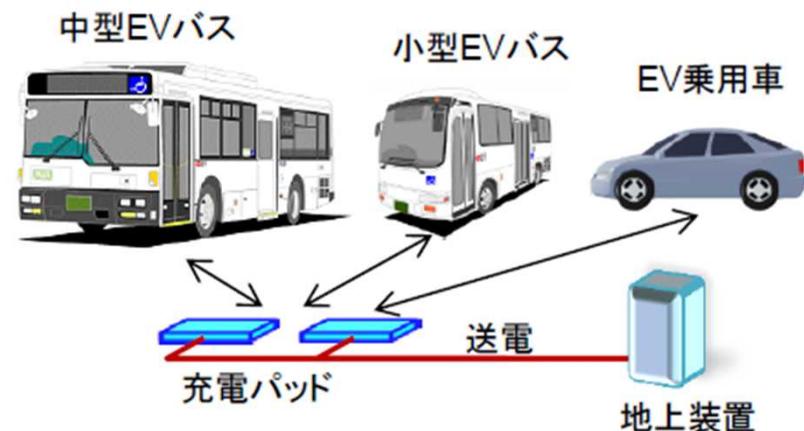
3.2.3 将来動向への対応

(1) EVの非接触（ワイヤレス）充電設備

- 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などが期待される。 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。
- 技術の進展状況や実証・導入事例などを踏まえて導入を検討することが望ましい。

- ・ 地上に設備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ワイヤレス充電を行うシステムであり、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。
- ・ 導入費用低減や充電効率向上など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。

ワイヤレス充電設備の構成（イメージ）



出典：(株)東芝

(2) AIを用いた車両運用の効率化

- 海外メーカーが、AIを活用して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。
- ・ 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ンドハンドリング作業全体の効率化に資するソフトウェアが既に開発されている。
- ・ INFORM社（イギリス）は、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。
- ・ 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。

4. 再生可能エネルギーの導入促進に係る取組

4.1 再生可能エネルギー

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

- 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を行う。

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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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） 	<ul style="list-style-type: none"> 他の再エネ発電に比べて安価
風力発電	<ul style="list-style-type: none"> 風があれば昼夜関係なく発電が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 昼夜関係なく発電可能 発電と同時に熱供給も可能 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 比較的安定した出力が可能 発電と同時に熱供給も可能 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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

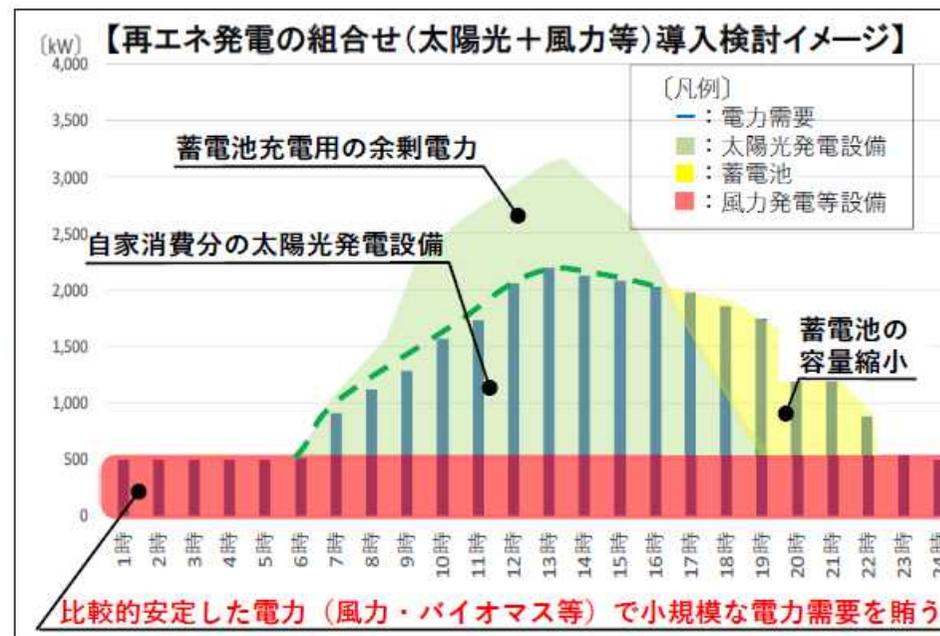
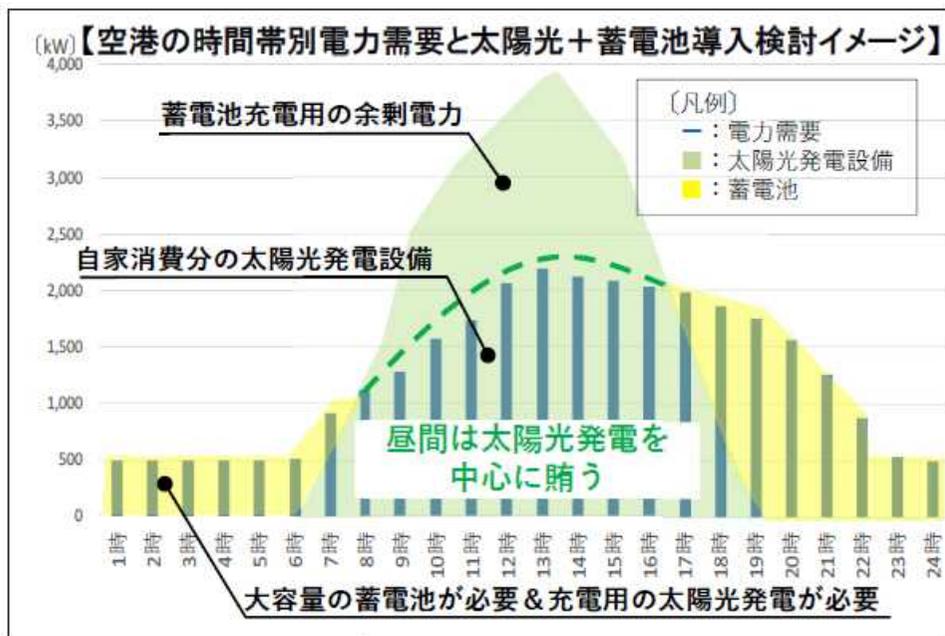
4.1 再生可能エネルギー

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

- 実施主体は関係者と十分に調整を行う。
- 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。

- 各実施主体が必要となる再エネ電源の規模や設置場所について、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電源を導入できるように調整する必要がある。
- 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を検討し、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。



4.1 再生可能エネルギー

4.1.1 実施計画段階で留意すべき事項

(3) 空港施設や運用等への影響検討

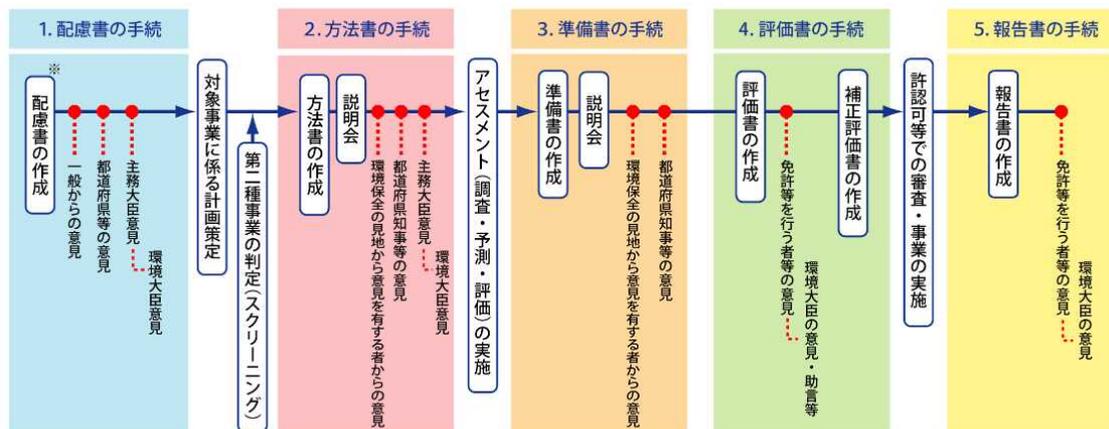
- 制限表面への影響、空港排水機能への影響、地下構造物への影響、不法侵入防止施設への影響、保守管理への影響等に配慮した計画を行う。

(4) 空港周辺環境への影響検討

- 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。
- 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。
 - ・ 発電設備設置に伴う土砂災害等の防止の観点から地形、地質、降水、地下水等に留意し、必要な調査を行う。
 - ・ 発電所の環境アセスメント対象事業は以下に示す事業であり、第一種事業や第二種事業に分類される場合は該当する環境アセスメントの手続を行う。

環境アセスメント対象事業

事業の種類	第一種事業	第二種事業
太陽電池発電所	4万 kW 以上	3万 kW ~4万 kW
風力発電所	1万 kW 以上	0.75 万 kW ~1万 kW
地熱発電所	1万 kW 以上	0.75 万 kW ~1万 kW



※配慮書の手続については、第2種事業では事業者が任意に実施する。

出典：環境省 環境影響評価情報支援ネットワーク「環境アセスメントガイド」

(5) 各空港関係者や周辺地域への周知・理解促進

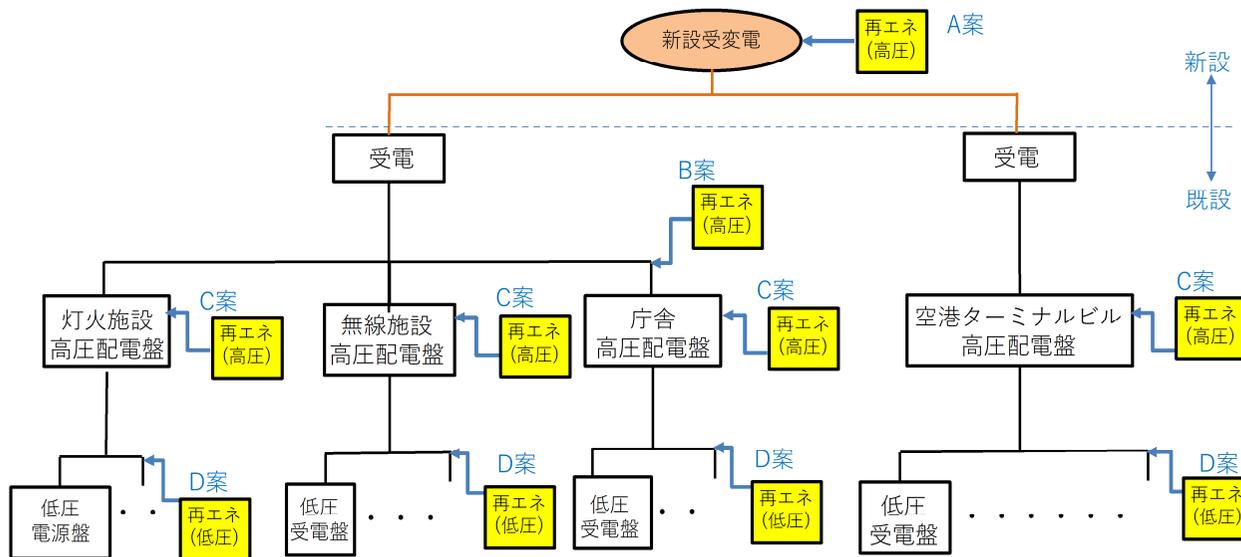
- 実施計画作成の初期段階から空港関係者や周辺地域住民、関係事業者等と適切なコミュニケーションを図るとともに、地域住民に十分配慮して事業を実施するように努める。
 - ・ 周辺環境への配慮事項については、各地方自治体の環境影響評価条例、景観条例の他、「再生可能エネルギー長期電源化・地域共生ワーキンググループ中間とりまとめ（案）（資源エネルギー庁）」等を踏まえつつ、地域とのコミュニケーション等を適切に行う。

4.1 再生可能エネルギー

4.1.2 設計・施工段階で留意すべき事項

(3) 接続方法の検討

- 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。
 - 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、系統電源への逆潮流に対応した接続方法を検討する。
- 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電源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。
 - 各施設への電力の供給方法としては、発電量に応じて図のような高圧・低圧等への接続を検討することが望ましく、各施設の需要に応じた電力量を供給できるように接続方法を検討する。
 - 系統電源への逆潮流を行う場合、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一般送配電事業者と協議する。また、系統制約の有無を確認して、「容量面での系統制約」や「変動面での系統制約」への対応を協議する。



【各接続案の概要】

- A案：受変電所を新設し、大規模再エネ電源を高圧連携する
- B案：大規模再エネ電源を受電系統別に高圧連携する
- C案：大規模再エネ電源を施設毎に高圧連携する
- D案：小規模再エネ電源を対象施設と低圧連携する

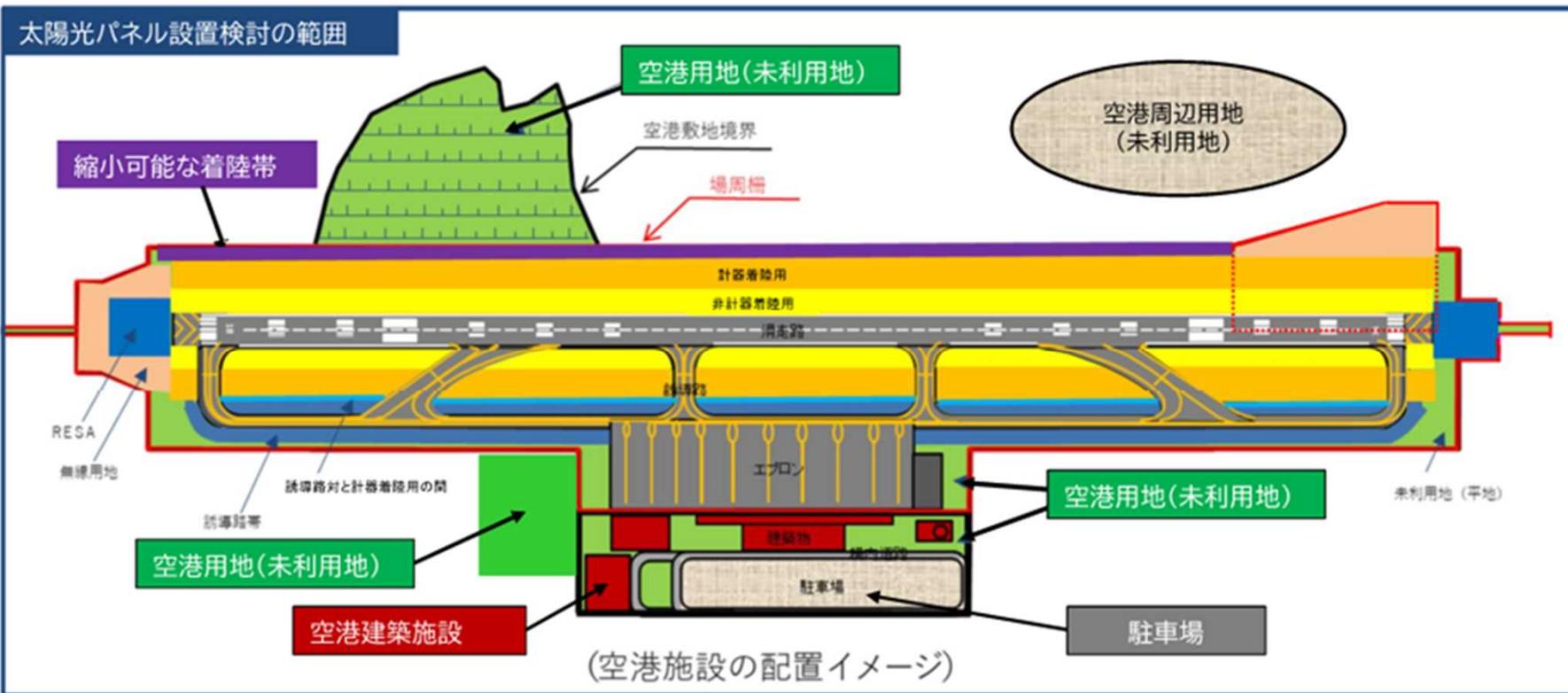
4.2 太陽光発電

4.2.1 一般事項

太陽光発電システムの導入に際し、実施主体が取組を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、空港運用の特性を踏まえ、実施計画段階、設計段階、施工段階、管理・運営段階ごとに必要な事項を記載したものである。

- ・ 太陽電池の設置検討の範囲を図4-1に示す。

太陽電池の設置検討の範囲



空港建築施設

空港建築施設(ターミナルビル、庁舎、立体駐車場、関連施設等)

駐車場・周辺用地

空港用駐車場(平面駐車場)・空港周辺用地(未利用地・移転補償跡地等)

空港用地

空港用地(着陸帯、誘導路帯、RESA以外の未利用地、拡張用地、法面)

縮小可能な着陸帯

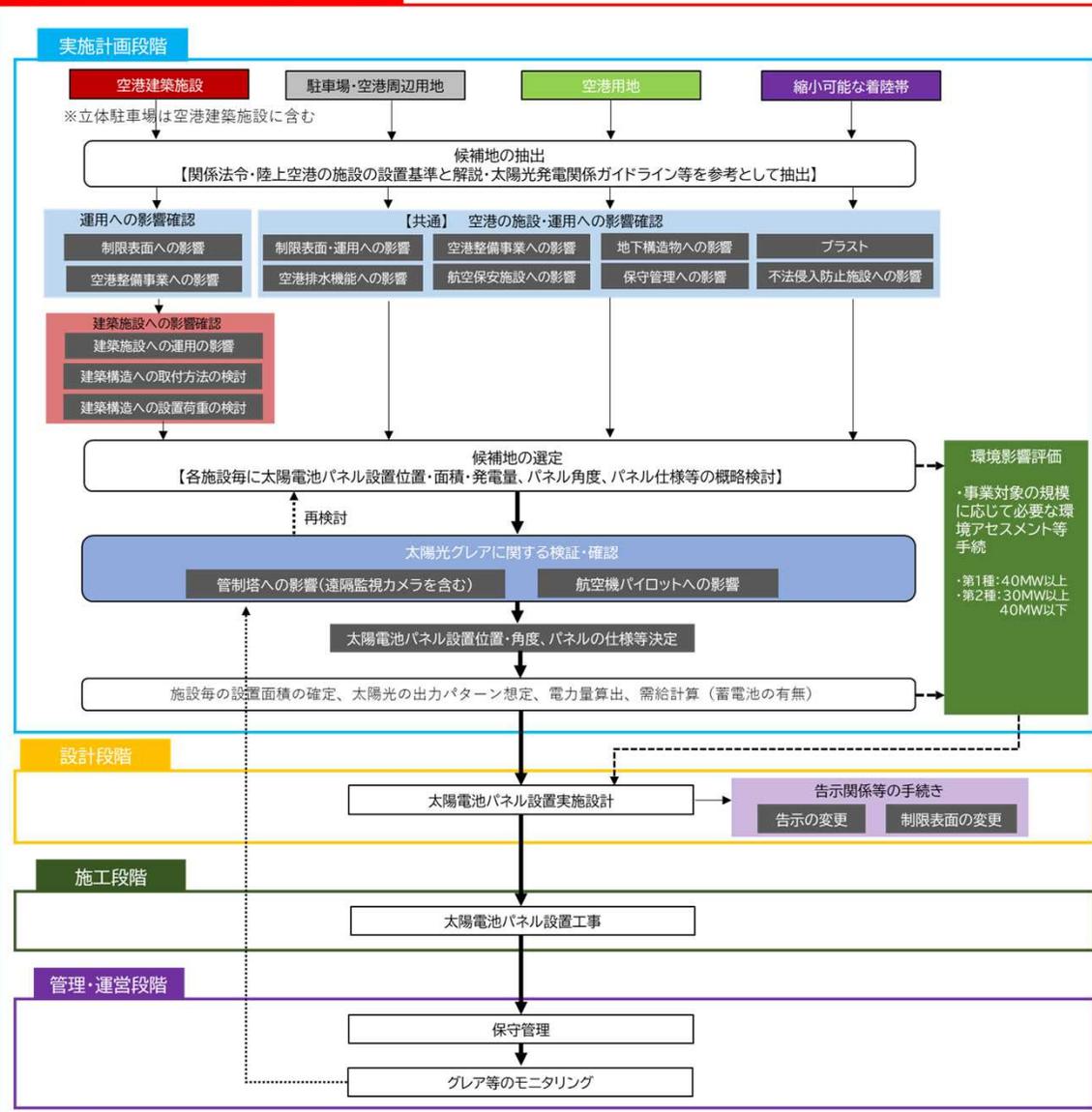
平成31年航空法施行規則の改正に伴い、滑走路の縦方向の中心線から着陸帯の長辺までの距離が縮小された用地。

4.2 太陽光発電

4.2.2 太陽光発電設備の設置に関する検討手順

太陽光発電システムの検討手順については、下図に示すとおり、実施計画段階、実施設計段階、施工段階、管理・運営段階において、空港運用の特性を踏まえ検討を行う。

事業推進のためのマニュアルにて検討すべき手順



4.2.3 実施計画段階で留意すべき事項

太陽電池の設置候補地について、関係法令・陸上空港の施設の設置基準及び解説、太陽光発電関係ガイドライン等を踏まえ、候補地を抽出する。

- ・ 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、調整池は水上型等、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。

空港における太陽電池パネル候補地イメージ



4.2 太陽光発電

検討手順

4.2.3 実施計画段階で留意すべき事項

○空港施設・運用への影響

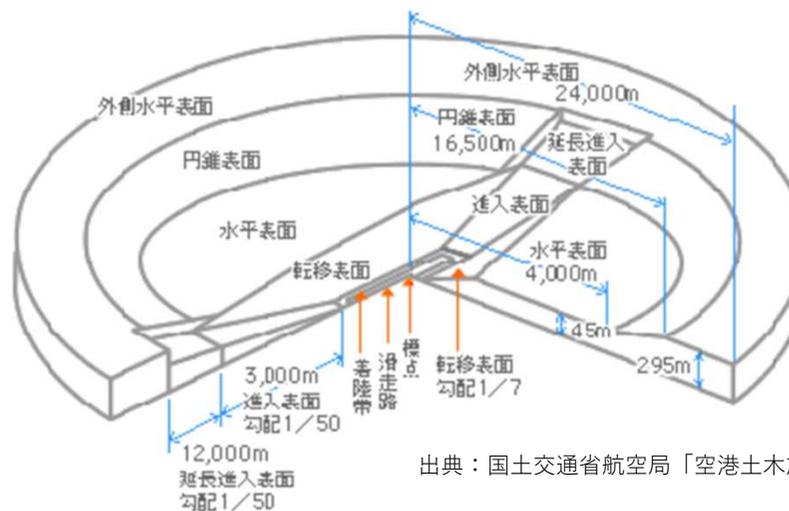
抽出した候補地について、太陽電池発電設備を設置した場合、空港施設・運用、航空機の運航等への影響を確認する。

空港施設・運用への影響としては、制限表面・運用への影響、空港整備事業への影響、地下構造物への影響、空港排水機能への影響、航空保安施設への影響、空港施設の維持管理への影響、不法侵入防止施設への影響等が考えられる。

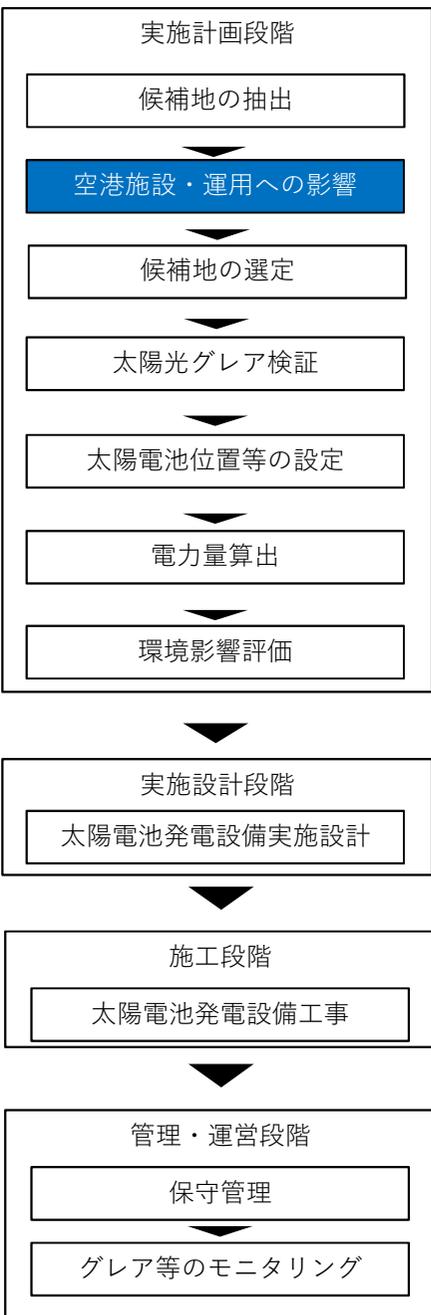
1) 制限表面・運用への影響

太陽電池発電設備を設置する場合は、航空法によって定められた制限表面に抵触しないこと。

- ・ 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り、空法第2条第8項から10項まで及び第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いるので遵守する。

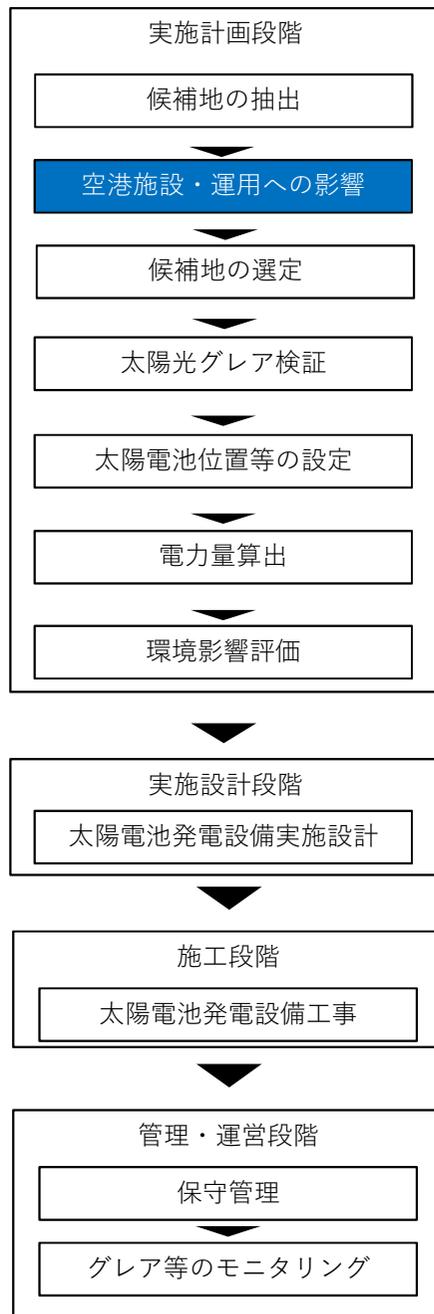


出典：国土交通省航空局「空港土木施設設計要領（施設設計編）」、R3.4改訂



4.2 太陽光発電

検討手順



○空港施設・運用への影響

2) 空港整備事業への影響

太陽電池パネル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、新機材の整備など考慮して計画することが望ましい。

- ・ 空港周辺及び空港用地内への設置計画については、各種計画との整合できるよう確認し、関係機関等との協議・調整を行う必要がある。

3) 地下構造物への影響

太陽光発電システムの設置位置の計画においては、地下構造物等の位置を確認し、影響のない位置へ設置することが望ましい。

- ・ 地下構造物等にはボックスカルバートや幹線管渠等も含まれる。
- ・ 既存の地下構造物の更新及び、新設地下構造物の整備により、空港用地を掘削する必要があるため、掘削断面及び太陽電池パネルの基礎の安定を考慮した余裕幅を設定する。

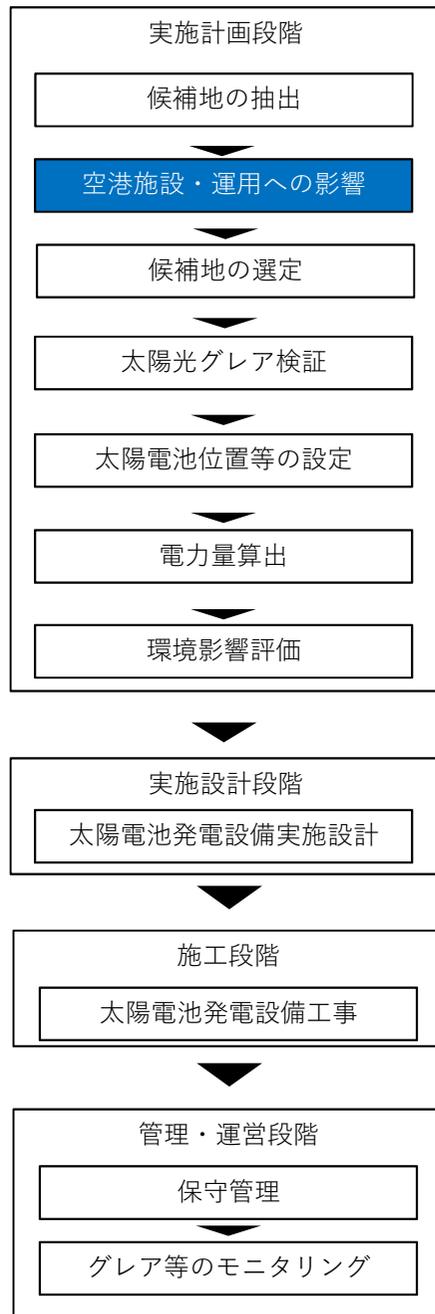
4) 空港排水機能への影響

太陽光発電システムの設置による排水機能への影響について、必要な検討を実施すること。

- ・ 太陽光発電システム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こと。

4.2 太陽光発電

検討手順



○空港施設・運用への影響

5) 航空保安施設への影響

太陽光発電システムを設置する場合、航空保安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。

- 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。



グライドスロープ



ローライザー



VOR/DME



TACAN

6) 空港施設の維持管理への影響

太陽光発電システム設置位置については、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。

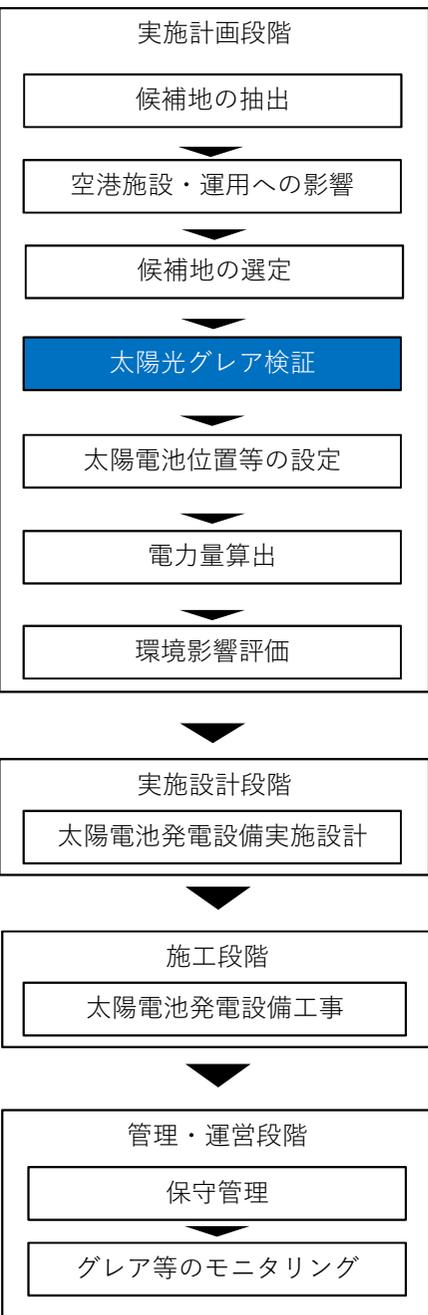
- 滑走路、誘導路等の空港基本施設、排水施設、道路等の土木施設のほか、航空管制施設、航行援助施設、航空灯火、無線施設、旅客・貨物ターミナルなど諸施設がそれぞれの機能を十分発揮できるよう保守及び維持管理が実施されており、太陽光発電システム設置位置については、これら日常の保守及び維持管理に影響しないよう考慮する必要がある。

検討手順

○太陽光グレアに関する検証・確認方法

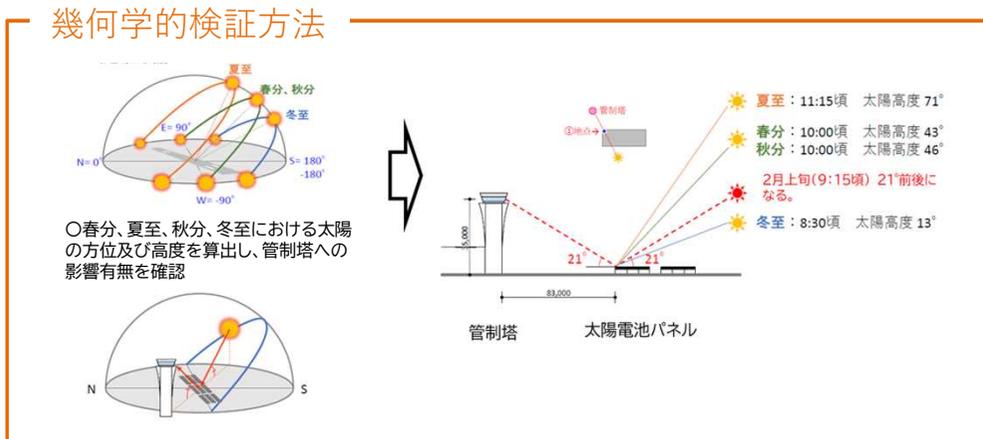
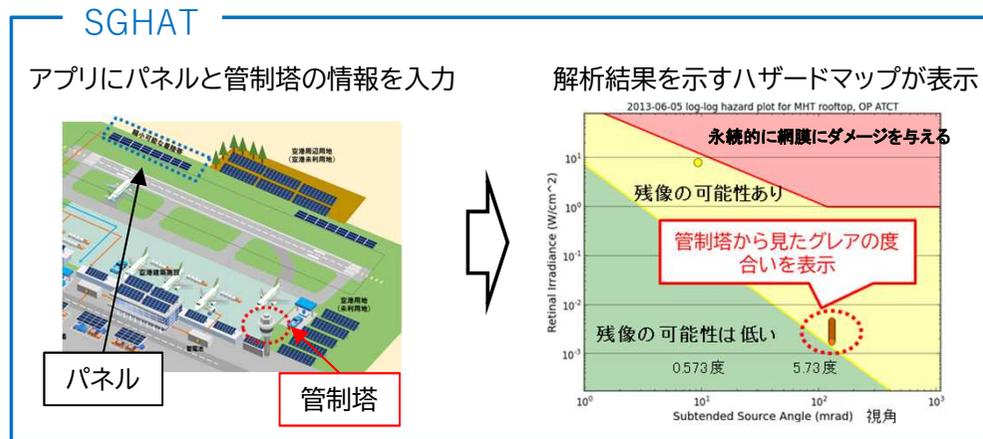
太陽電池パネルを設置する場合は、太陽電池パネルの反射等による管制塔や航空機パイロットへの視覚的な影響（遠隔監視カメラを含む）について必要な検証等を実施する。

- 太陽電池パネルの反射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と管制塔と太陽電池の位置関係により反射光の影響を幾何学的検証する方法等がある。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太陽電池を使用することや太陽電池の設置角度を変更する等の対応を行う。



太陽光グレア※による光害事例

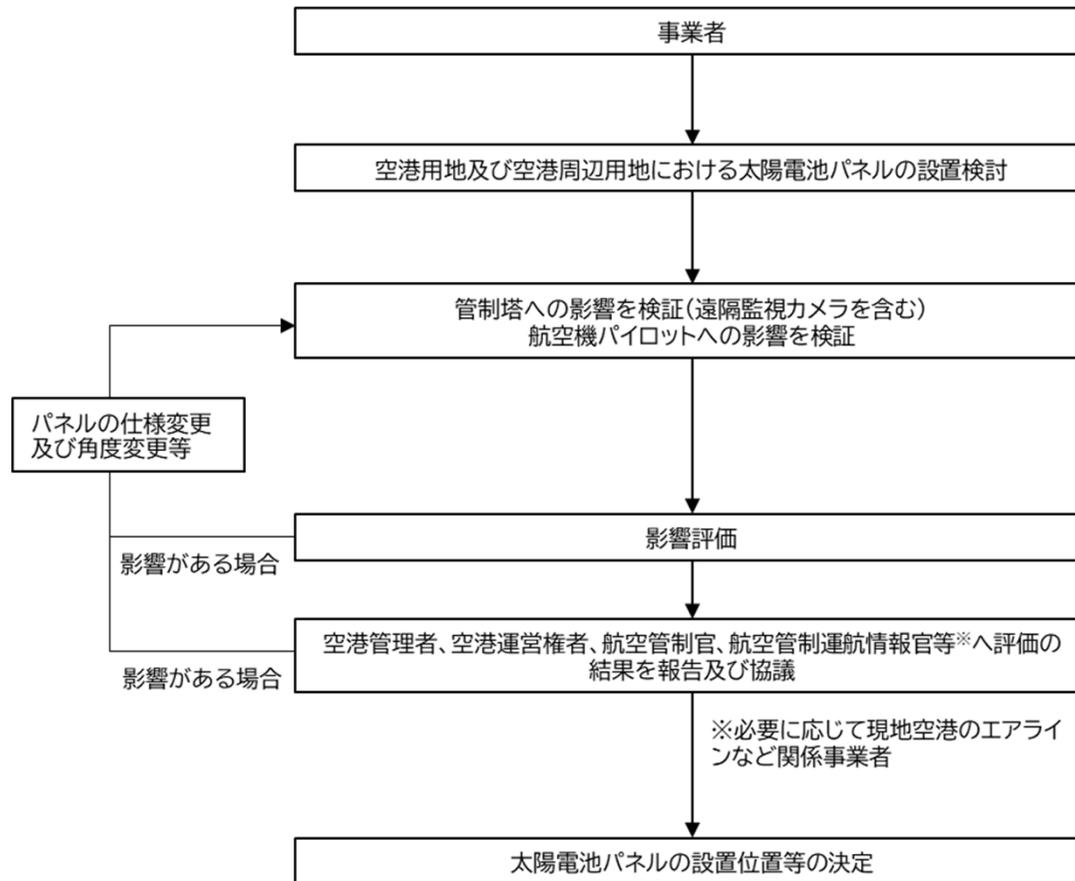
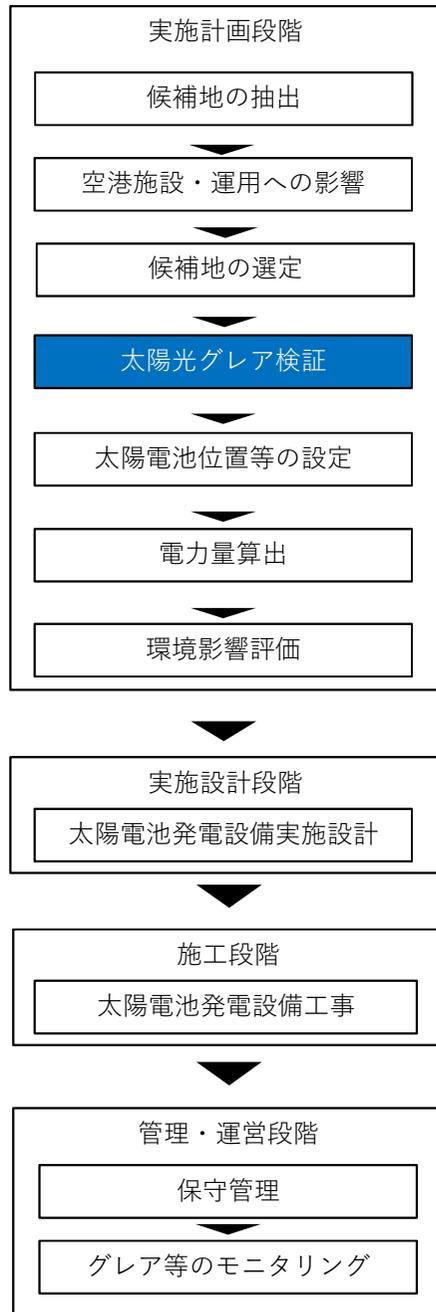
※太陽光グレアとは、太陽電池が太陽光を反射し、意図せぬ不快な反射光や有害な反射光を発生させること。



検討手順

○太陽光グレアに関する検証・確認方法

太陽電池パネルのグレアに関する検証・確認方法の手順



グレアの検証方法【参考】

- ・SGHAT
「SGHATの説明とダウンロード(米国エネルギー省科学技術情報局のサイト)」
<https://www.osti.gov/biblio/1343552-solar-glare-hazard-analysis-tool>
- ・幾何学的検証方法
「JPEA 太陽光発電システムの反射光トラブル防止について」を参考
- ・その他グレアシミュレーション

4.2 太陽光発電

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、新しい技術が設置される箇所での要件を考慮し、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、導入の可否を適切に判断する。

(1) 新技術

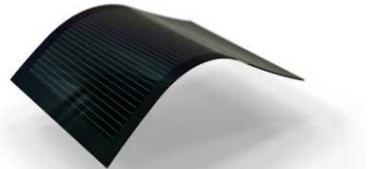
太陽電池の新技術として、ペロブスカイト太陽電池、軽量化太陽電池、路面型太陽電池等の開発が進められている。

①ペロブスカイト太陽電池

軽量性で柔軟性を持つ構造のため、構造強度の弱い屋根や曲面屋根など、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:積水化学工業(株))



[イメージ図]

(出典:東芝エネルギーシステムズ(株))

②軽量化太陽電池(仮称)

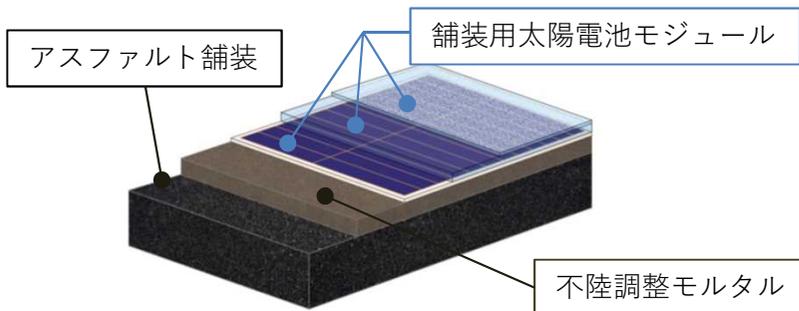
軽量性・柔軟性を実現することで、構造強度の弱い屋根や曲面屋根など、既存製品では設置出来なかった場所への設置導入が期待される。



(出典:京セラ(株))

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。



路面型太陽光パネル構造の一例



日本における試験施工状況



大型車両による耐久性試験

(出典:NIPPO(株))

4.2 太陽光発電

4.2.6 将来動向への対応

1) 今後の太陽電池パネル設置に向けた検討

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」という。）」により、着陸帯の地表面に設置される構造物は障害物とみなされるべきであり、非計器用着陸帯以外の着陸帯（以下「着陸帯Ⅱ」）に設置することが望ましいと規定されている。

着陸帯Ⅱには、保安道路、皿型排水溝、着陸帯の舗装など設置されており、これらと同様に空港機能を損なわなければ、太陽電池パネルであれば設置可能と考えられる。

また、着陸帯には障害物の規定のほか、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り、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システム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。**

非計器用着陸帯以外の着陸帯に設置されている構造物



東京国際空港
C滑走路着陸帯の舗装部



東京国際空港
D滑走路着陸帯の舗装部



着陸帯Ⅱ
(保安道路)



着陸帯Ⅱ
(皿形排水溝)

出典:「関東地方整備局東京空港整備事務所」

4.2 太陽光発電

4.2.7 太陽光発電設備の導入事例

空港用地に太陽光発電システムを導入している事例を紹介する。

【①羽田空港国内貨物ターミナルの例】

用途 : 自家消費用
 パネル設置面積 : 6,396m²
 年間発電量 : 約1,195Mwh



(出典:空港施設 (株))

【②熊本空港P1駐車場の例 (計画中)】

用途 : 自家消費用
 パネル設置面積 : 11,000m²
 年間発電量 : 約1,300Mwh



(出典:熊本国際空港 (株))

【③石見空港の例】

用途 : 売電用
 パネル設置面積 : 63,400m²
 年間発電量 : 約3,930Mwh



(出典:島根県)

【④岡山空港の例】

用途 : 売電用
 パネル設置面積 : 38,000m²
 年間発電量 : 約3,900Mwh



(出典:岡山県)

4.3 風力発電

- 風力発電は、風況次第では夜間における空港の電力需要にも対応できるといったメリットがあり、夜間発電できない太陽光発電を補完する再エネ電力として期待される。

4.3.1 実施計画段階で留意すべき事項

- 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。
- 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。
- 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。

- 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。設置場所、発電用途に応じて適切な規模の風車を選定することが望ましい。
- 航空法によって定められた制限表面高さを考慮して風車を選定する。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、小型の風車を設置することが望ましい。
- 風力発電システムの設置場所や風車の構造によっては、航空保安無線施設や各種レーダー施設等に影響を与える恐れがあるため、事前に空港管理者等と協議する必要がある。

風車の分類基準

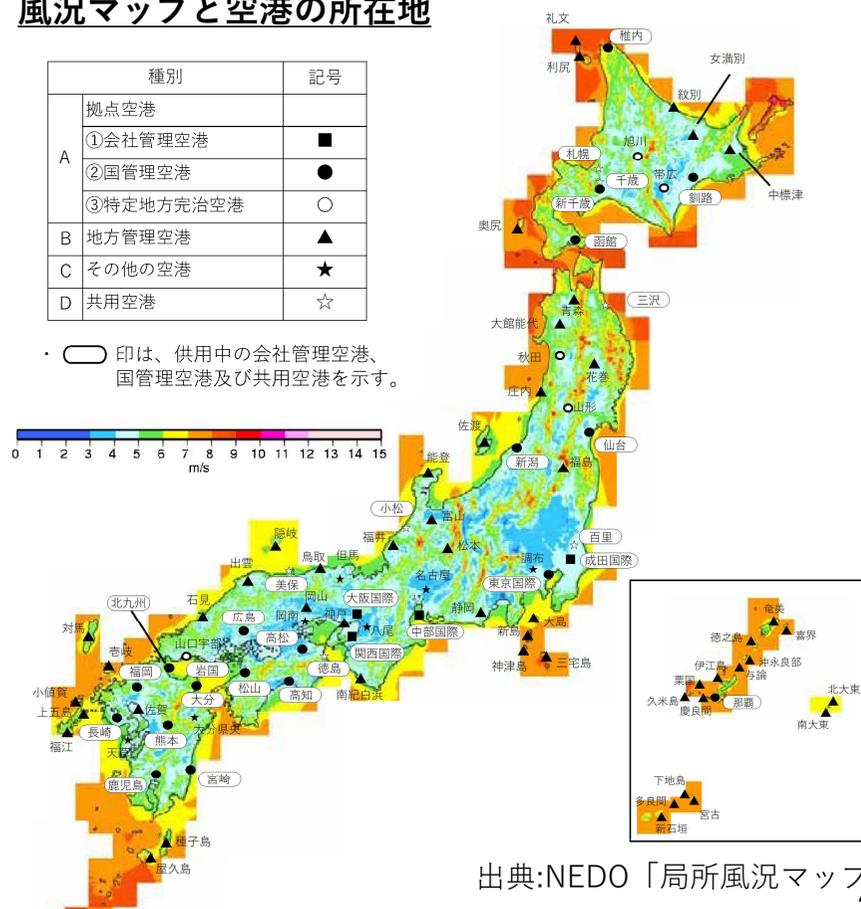
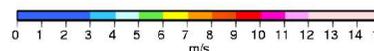
分類	定格出力
マイクロ風車	1kW未満
小型風車	1kW～50kW未満
中型風車	I 50kW～500kW未満
	II 500kW～1,000kW未満
大型風車	1,000kW以上

(出典:NEDO「風力発電導入ガイドブック 改訂第9版」2018年2月)

風況マップと空港の所在地

種別	記号
拠点空港	
A ①会社管理空港	■
②国管理空港	●
③特定地方自治体空港	○
B 地方管理空港	▲
C その他の空港	★
D 共用空港	☆

○印は、供用中の会社管理空港、国管理空港及び共用空港を示す。



出典:NEDO「局所風況マップ」

4.3 風力発電

4.3.3 風力発電設備の導入事例

○ 風力発電を導入している事例を紹介する。

【風力発電設備導入の例】

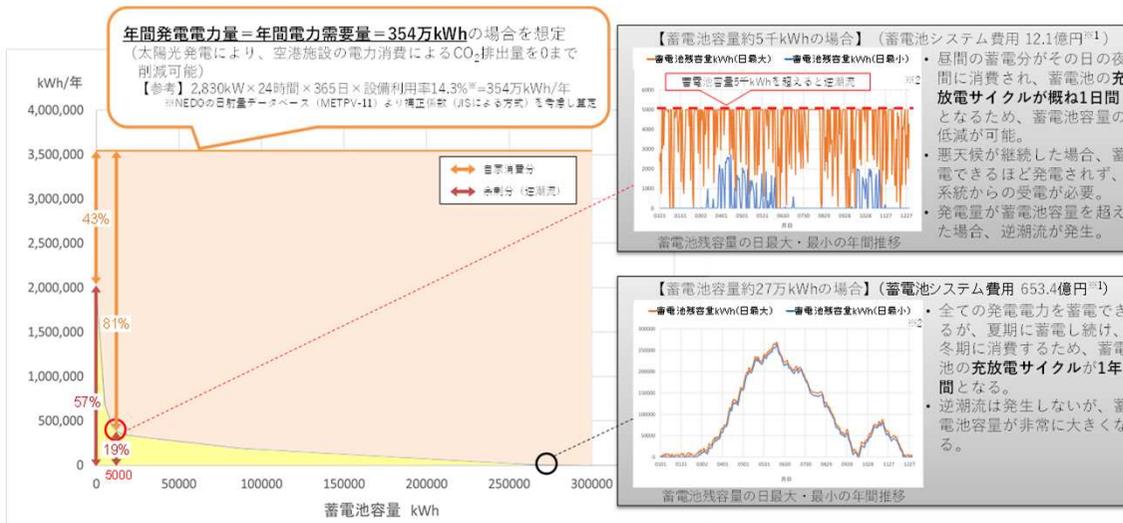
項目	小型風力発電の導入事例	中型風力発電の導入事例
設置施設	関西国際空港内KIXそらばーく内	イーストミッドランズ空港（英国）ターミナル（駐車場エリア）
用途	自家消費（遊歩道外灯）	自家消費
発電容量	4.9kW × 3台	250kW
年間発電量	3台平均580kWh(2020年度実績)	563,000kWh(2013年度実績)
概要	 <p>(出典:関西エアポート（株）)</p>	 <p>(出典:Airport Cooperative Research Program REPORT 141 (2015))</p>

4.6蓄電池／4.7水素の利活用

4.6.1 蓄電池の導入における検討事項／4.7.1 水素の利活用方法

- 蓄電池の導入により空港全体の再エネ化率を向上させる方法について検討する。
- 水素はCO2を排出しないエネルギーであることから、FCV燃料や発電・発熱のためのエネルギー源としての利用の他、再エネ発電による余剰電力の貯蔵媒体として活用する方法についても検討する。

- ・ 再エネ発電量は季節、時間帯又は気象等の条件により変動するが、空港では常に電力需要があることから、再エネ化率向上のためには安定的に再エネ電力を確保する必要がある。このため、蓄電池を活用して、再エネ発電による余剰電力を蓄電し、再エネ発電量が減少した際に放電することによって空港全体の再エネ化率向上を図ることについて、再エネ化率向上のための蓄電池導入コストも踏まえて検討する。
- ・ 空港における水素の利活用方法としては、FCV燃料としての利用や、ターミナルビル等へ供給する電力・熱を生み出すためのエネルギー源としての利用などが考えられる。その際には再エネ電力により製造されるクリーンな水素を用いることが望ましい。また、再エネ発電による余剰電力の貯蔵媒体としての水素活用についても検討する。



蓄電池容量と自家消費電力量の関係 (太陽光パネル容量=2,830kWの場合)

※1 運送用蓄電池システム普及計画(案)第4回 運送用蓄電池システム普及計画の進捗と見込み
※2 2019年度システム容量の平均値を算定

空港における水素利活用トータルシステム・ビジネスモデル構築



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

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／5.1.2 移動式GPU

(1) 実施計画段階で留意すべき事項

○ 利用が想定される航空機の仕様等を踏まえて、導入するGPUの仕様を検討する。

- 大多数の航空機は交流電源に対応するものであることから、固定式及び移動式GPUから供給される電力は基本的に交流である。一方、少数ではあるが、一部には直流電源のみ受け入れ可能な航空機もあることから、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。
- 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、航空機に対して必要な電力量を供給できないこと等から、GPUの利用が想定される航空機の仕様を確認したうえで、GPUの仕様を検討すること。

【固定式及び移動式GPUと航空機との主な仕様の違い】

	固定式GPU	移動式GPU	航空機
電源の種類	・交流400Hz		・交流400Hz(大多数) ・直流28V(少数)
電力ケーブル数/ 機材側接続口数	・小型機スポット : 1本 ・中大型機スポット : 1~2本	・1~2本	・小型機 : 1口 ・中大型機 : 1~2口

※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。

(2) 設計・施工段階で留意すべき事項

○ 設置工事にあたって関係者間で事前に協議を行い、空港運用及び航空機運航などへの影響を最小限とするよう施工計画を検討する。

- 固定式GPUの設置工事はエプロンや旅客ターミナルビルの近傍で行われることが多いため、設置工事を行う者は、施工計画を検討する際に空港管理者（又は運営権者）、旅客ターミナルビル会社及びエアライン等の関係者と十分な協議を行うとともに、同じタイミングで行われる他の工事（エプロン打ち換え等）への影響が最小限となるよう留意すること。

(3) 管理・運営段階で留意すべき事項

○ 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。

- 「空港共同研究プログラム資料(ACRP 207)*」には、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、管理・運営段階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、これを参考とすることができる。

※米国連邦航空局がスポンサーとなって行われた調査に基づき作成・公表された資料

5.1 駐機中の航空機

5.1.3 APU使用制限

○ 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。

- 固定式GPUが導入されている国内9空港（新千歳、成田、羽田、中部、関空、伊丹、神戸、福岡、那覇）のAIPでは、APUの使用時間制限が明記※されている。
※関空のみ出発予定時刻の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使用を制限
- 海外空港では、原則APU使用を認めていない事例がある。
- GPU設備もしくは運用上の理由によりAPUを使用せざるを得ないケースも想定される。 海外空港ではAPU使用を免除するケース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の使用時間短縮を目指す。

■原則としてAPU使用を認めていない例

空港名（国名）	AIP記載内容（抜粋）
ハブブルグ（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（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を使用すること。
ヘルシンキ（フィンランド）	エプロンに駐機している航空機は、地上電力が利用できる場合、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。

■GPU使用が困難と考えられるケース

分類	概要
GPUと航空機の仕様不一致	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 <u>電力（交流/直流）</u> や、GPUの電力ケーブル数と航空機側の <u>接続口数の不一致</u>
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 <u>GPU接続時間を確保することが困難</u>
外気温	外気温の影響により、 <u>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</u>

※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、機材システム特性によりAPUの使用が必要となる場合がある。

■海外空港におけるAPU使用制限の免除ケース

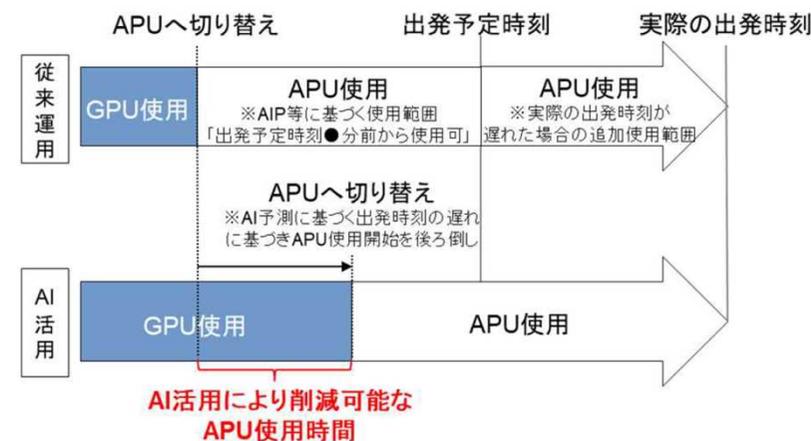
空港名（国名）	通常のAPU使用時間 (出発予定時刻の●分前)	APU使用制限免除が認められる条件
チューリヒ（スイス）	5分前	固定式または移動式GPUが利用できない場合、または特定の航空機に対応できない場合は60分前
サンフランシスコ（米国）	30分前	国際線の特定スポットに45分以上駐機する予定の航空機は、GPUを使用する必要がある。
ブリュッセル（ベルギー）	15分前	極端な低温または高温時を除く

5.1 駐機中の航空機

5.1.4 将来動向への対応

- 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（水素駆動の移動式GPU）が海外で試験運用中。
- 航空機用電力と冷暖房気の供給を1台で行うタイプの移動式GPU（コンボ型の移動式GPU）が海外で開発済み。
- AIにより予測した航空機出発時刻に基づき、最適なタイミングでAPUとGPUの切り替えを行うことで駐機中のAPU使用時間を最小限に抑えるシステムが海外で開発・導入済み。

- 水素駆動の移動式GPUは、フローニンゲン空港（オランダ）で試験運用中であり、今後の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。
- 航空機用電力と冷暖房機の供給を1台で行うタイプのコンボ型の移動式GPUが海外で開発済み（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）。ただし、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。
- グラ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の切り替えを行うことで、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。本システムの活用により1フライトあたりのAPU使用時間を約9分間短縮できると試算されており、海外事例等を踏まえて導入を検討することが望ましい。



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



水素駆動の移動式GPU

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



コンボ型の移動式GPU

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」

5.2 地上走行中の航空機(誘導路整備による地上走行距離の短縮)

5.2.1 実施計画段階で留意すべき事項

- 空港の標高や就航機材等の空港固有の特性、気温や天候等の気象条件により離着陸に要する距離が変動することから、実測データを踏まえ誘導路配置を検討する。
- 駐機エプロンの位置を踏まえて、地上走行距離や地上走行時間の短縮が期待できる誘導路配置を検討する。
- 航空機の安全運航を確保しつつ、CO2削減が期待できる誘導路配置について関係機関と協議する。

【解説】

- 例として、雨天時は晴天時と比較して、離着陸に必要な滑走距離は数百メートル程度長くなる。また、気温が1°C上昇する毎に、離着陸に必要な滑走距離は数十メートル程度長くなる。このため、空港固有の特性に加え、気象に関する実測データを踏まえ、誘導路配置を検討することが望ましい。
- 滑走路の使用方位と地上走行経路の関係を踏まえ、離着陸を行う滑走路から駐機エプロンまでの走行距離短縮や高速移動による走行時間短縮を図る。
- 誘導路配置の検討にあたり、航空機の安全運航の観点から、実際に就航しているパイロットや管制部局等と協議を行うことが望ましい。

5.2.2 設計・施工段階で留意すべき事項

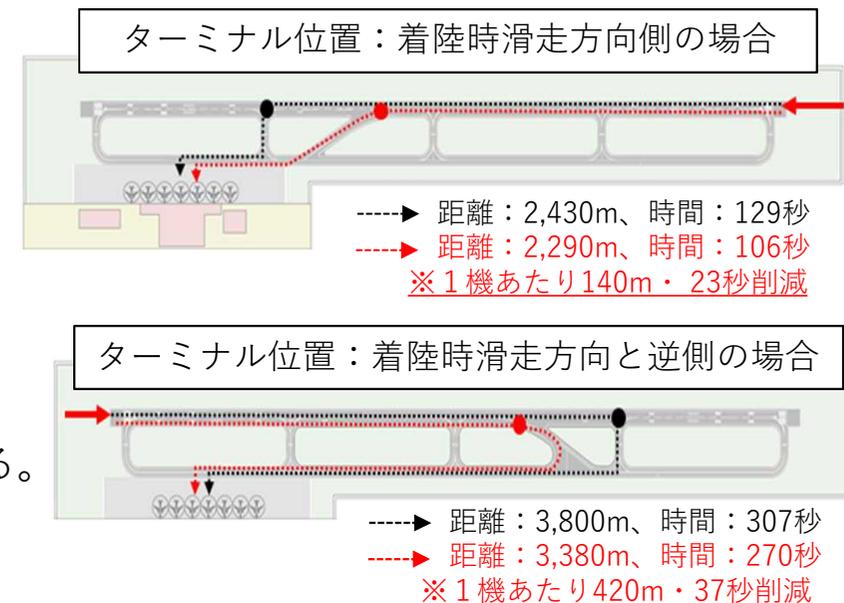
- 既存の基準類に準拠して誘導路の線形（設計速度に基づく回転半径、角度等）を設計する。
- 誘導路の整備にあたっては、空港運用への影響を最小限に抑えるよう工事位置や時間帯を検討する。

【解説】

- 滑走路や隣接する誘導路を供用しながらの施工となることに配慮する。

5.2.3 管理・運用段階で留意すべき事項

- 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。



誘導路整備による地上走行距離・時間の短縮イメージ

5.2 地上走行中の航空機

5.2.4 将来動向への対応

- 地上走行中の航空機のCO2排出量を削減するため、海外空港では航空機牽引車の活用や電気モータによる航空機地上走行支援等の様々な取組が検討されており、各種事例を踏まえて国内空港への導入を検討することが考えられる。その際には、空港の将来計画についても併せて検討することが考えられる。

• TaxiBot :

イスラエルのAerospace Industries社製の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、パイロットが操縦席から自分で操作し、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。

• WheelTug

米国Wheel Tug社が製造したものであり、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燃料消費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。



TaxiBotによる航空機牽引イメージ

出典：SAS パンフレット



WheelTugによる航空機牽引イメージ

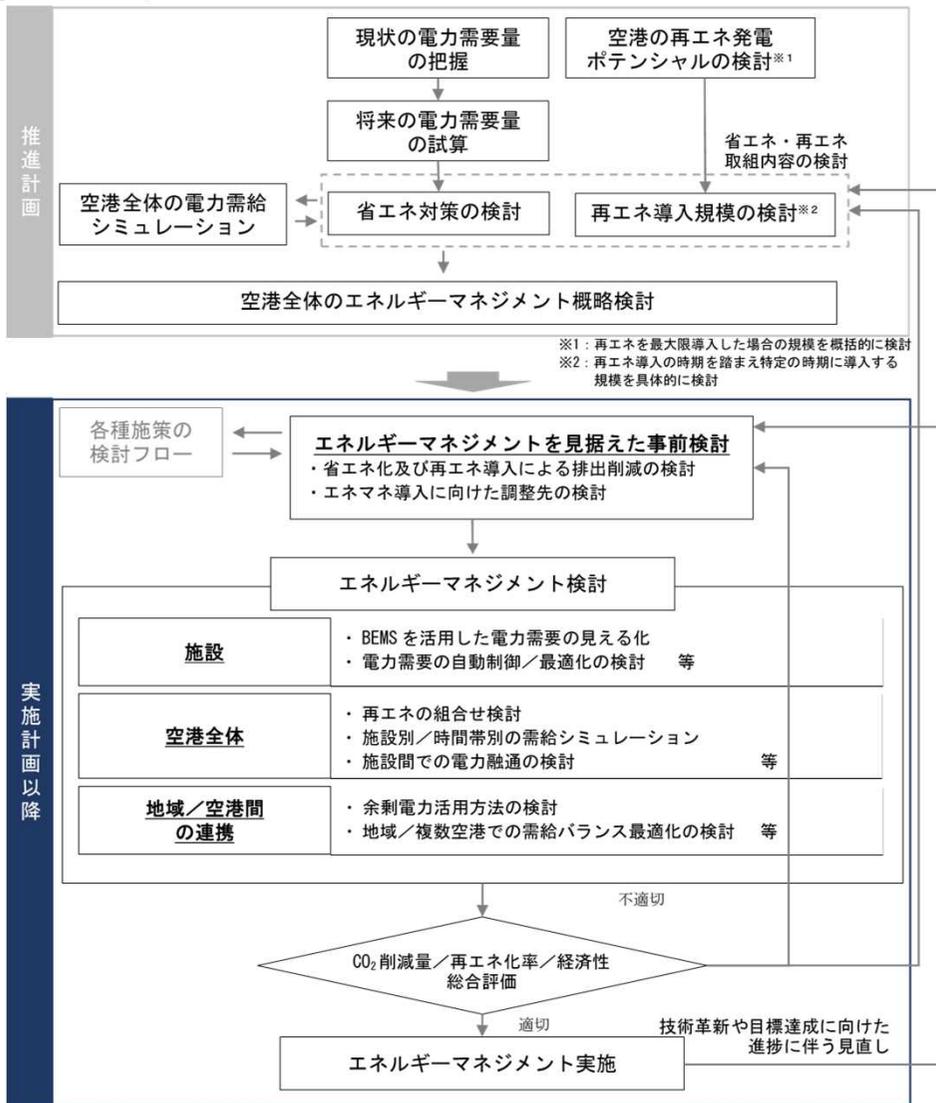
出典：WheelTug社 ウェブサイト

6. 横断的な取組

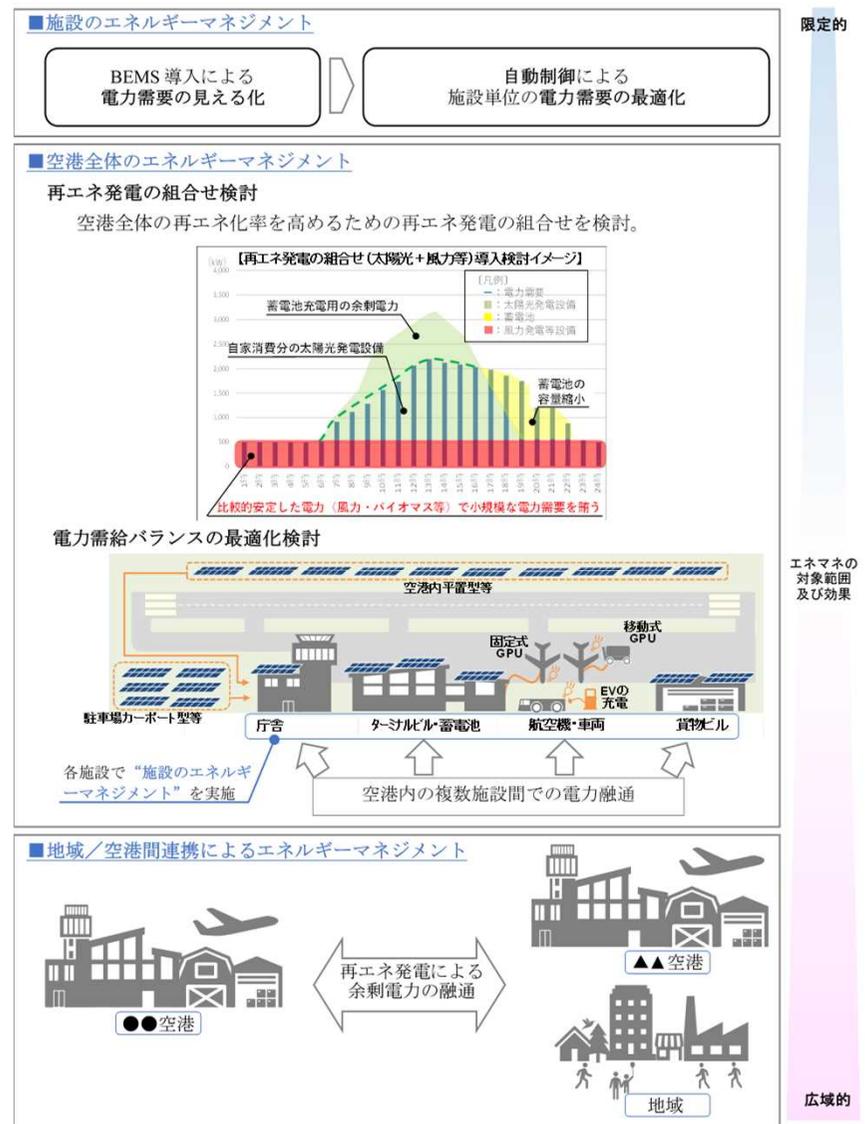
6.1 エネルギーマネジメント(全体像)

- 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。検討フロー及び全体像を示す。

検討フロー



全体像

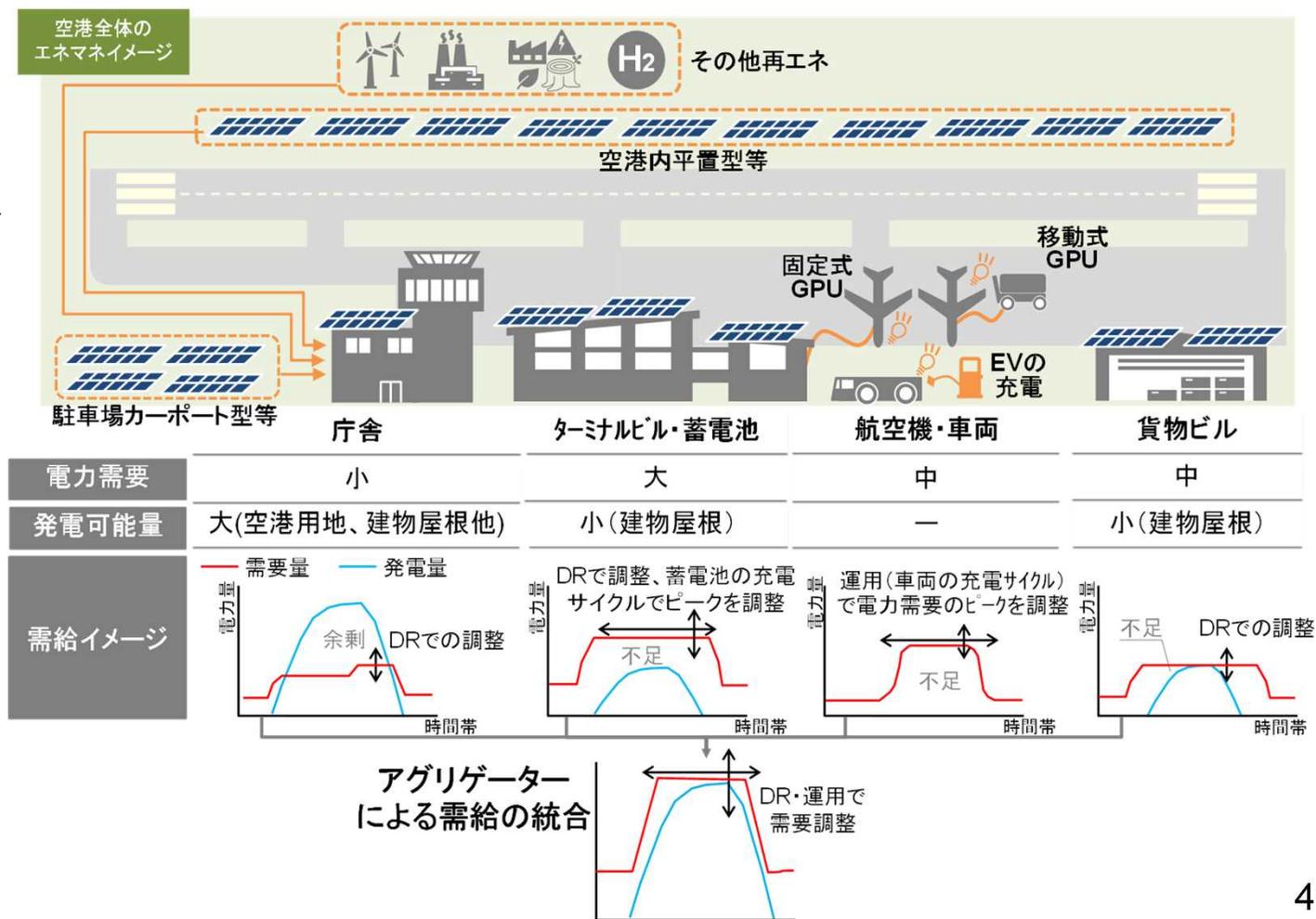


6.1 エネルギーマネジメント(空港全体)

6.1.2 エネルギーマネジメント検討(2) 空港全体

- 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り、空港全体でのエネルギー需給の最適化を図る。
- 複数施設の電力需給を一括して管理する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。
- 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る検討を行うとよい。

- アグリゲーターは、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して需給調整を行うため、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。また、空港内のEVやGPU等を含めて可能な限り広範囲で取組を行うことで、より最適なエネルギー需給調整を行うことができる。
- 空港全体の需要特性を踏まえ、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導入を検討するとよい。

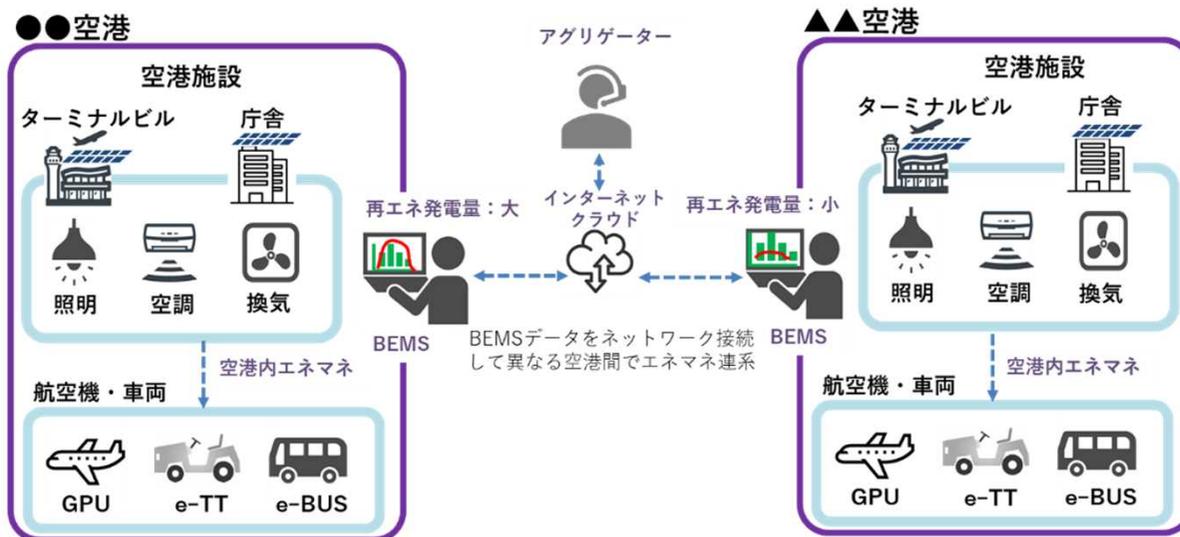


6.1 エネルギーマネジメント(地域／空港間の連携)

6.1.2 エネルギーマネジメント検討 (3) 地域／空港間の連携

- 地域や他空港との間で連携を行うことで、当該空港の範囲を超えたエネルギー需給最適化を図る。
- 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を選定する必要がある。
- 電力融通が可能となるエリアを確認する必要がある。
- 地域や他空港との電力融通にあたってシステムを利用する場合、融通する電力量の調整方法を検討する必要がある。
- 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のためには、当該空港の時間帯別の需給パターンと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。
- 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。
- システムを利用して電力融通するためには、システムを使用する電力量を調整する必要がある。一方で、太陽光発電等、発電量の調整が難しい再エネ発電設備もあることから、連携先を含め、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。

空港間連携のイメージ



空港特性を踏まえたエネルギーマネジメントの検討項目の例

<p>発電量不足:全時間帯 余剰電力:なし</p> <p>需給曲線イメージ</p> <p>電力量 時間帯</p>	<p>発電量不足:一部時間帯 余剰電力:あり</p> <p>需給曲線イメージ</p> <p>電力量 時間帯</p>
<p>不足電力の調達方法の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空港間連携(他空港からの電力供給) ・地域連携(地域からの電力供給) 	<p>余剰電力の活用方法の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空港間連携(他空港への電力供給) ・地域連携(地域への電力供給) ・蓄電池(自家消費率向上)
<p>不足電力の調達方法の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空港間連携(他空港からの電力供給) ・地域連携(地域からの電力供給) 	<p>不足電力の調達方法の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空港間連携(他空港からの電力供給) ・地域連携(地域からの電力供給)

6.2 地域連携・レジリエンス強化

- 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。

6.2.2 地域連携

- 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。
 - 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。
- 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ことが必要である。
 - 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下表に示す。

連携先と協議・決定すべき事項およびの検討項目の一例

想定される主な協議事項	検討項目の具体例
空港における余剰電力の融通先	<ul style="list-style-type: none"> • 余剰電力の供給能力と融通先の電力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 • 融通先対象施設の選定
電力融通を行う際の融通方法	<ul style="list-style-type: none"> • 連系先との電力融通方法 • 系統利用に関する一般送配電事業者との協議
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	<ul style="list-style-type: none"> • 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
災害による大規模停電時の対応	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 地域連携の運用開始予定日 • 各種許認可のスケジュール
事業化の可能性	<ul style="list-style-type: none"> • 地域連携の構築・維持管理費用の算出方法 • 収益構造 等

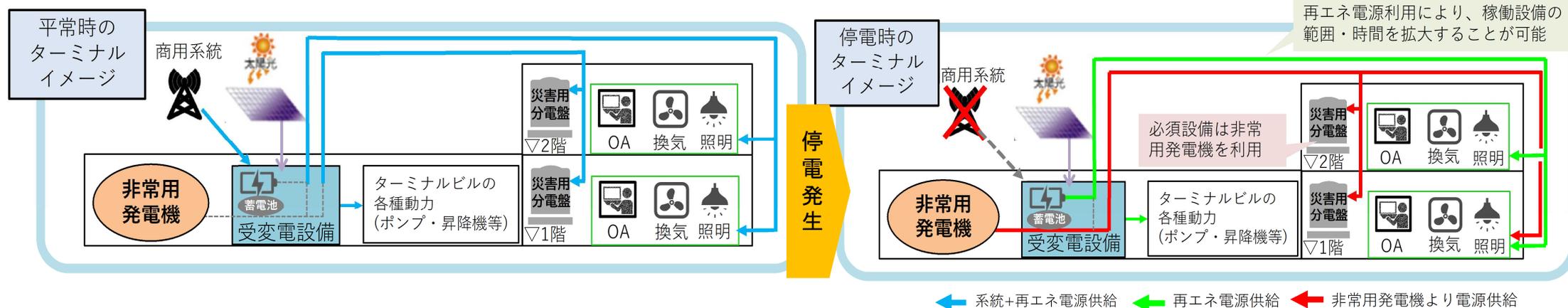
6.2 地域連携・レジリエンス強化

- 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

6.2.3 レジリエンス強化 (1) 空港内のレジリエンス強化

○ 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を検討することが望ましい。

- 大規模災害発生時は空港内で帰宅困難者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再エネ発電を使ってコンセント電源や冷暖房、Wi-Fiなどを提供することで帰宅困難者のストレスを軽減させることが期待できる。
- 現状では、災害時における空港内の電力供給可能範囲は限られていることから、稼働可能な設備の種類を拡大するにあたって再エネ発電や蓄電池等を活用する際の連系接続方法について検討を行う。また、災害時における非常用発電機による空港内の電力供給可能時間の拡大を目的として、下図に示す一般負荷のうち非常時も稼働する負荷（換気・照明等）へ供給する電力について再エネ電力を優先的に使用することが考えられる。



6.2.3 レジリエンス強化 (2) 空港外のレジリエンス強化

○ 空港脱炭素化の取組による災害時の電力供給範囲について、周辺地域への供給についても検討することが望ましい。

- 大規模災害時には、空港の周辺地域でも停電が発生することが想定されるため、地域の避難所等に空港用車両として使用しているEVやFCV等を派遣して電力供給を行うことでレジリエンス強化に資することが考えられる。避難所等での電動車の活用方法やその際に必要となる設備については各種マニュアル*を参考とすることが出来る。

*「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）」や「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）」

7. その他の取組

7.1 空港アクセス

- 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。

7.1.1 鉄道やバス等の低炭素公共交通への利用転換

- 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・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、低炭素公共交通利用の促進にあたっては、啓発活動を行うことも考えられる。
- 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。空港利用者や従業員の低炭素公共交通利用が促進されるよう、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。

栃木県日光市における環境配慮型・観光MaaS[※]導入プロジェクトの事例

- 東武鉄道(株)、(株)JTБ、栃木県、リックス自動車(株)、(株)JTБコミュニケーションデザイン、(株)トヨタレンタリース栃木が実施。
- 環境負荷の少ないEV・PHVカーシェアリング、電動シェアサイクル、EVバス等について、スマートフォンから検索・予約・決済できるワンストップサービスを構築。
- さらに、鉄道・バスをセットにした割安なデジタル切符を販売し、低炭素公共交通の利用を促進。
- 再エネを利用した充電器の整備を推進。
- 上記取組により、「環境にやさしい観光地」としてのブランド強化と、周遊観光の振興による地域活性化の連鎖的な実現を目指している。

※MaaS：Mobility as a Service（モビリティ・アズ・ア・サービス）の略。出発地から目的地までの交通手段の検索・予約・決済を一括して行えるサービス等、移動を単なる手段としてではなく、利用者にとっての一元的なサービスとして捉える概念。



目指す地域循環共生圏のイメージ

環境省「環境配慮型・観光MaaS導入プロジェクト」より作成

7.1 空港アクセス

7.1.2 EV・FCVの利用促進

○ 空港アクセスにおけるEV・FCV化の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。

- 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、国内空港や他分野における充電サービス無償化やEV・FCV優先レーン設置などの取組事例を参考にし、各空港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供給も考えられる。

福岡空港における充電サービス無償化事例

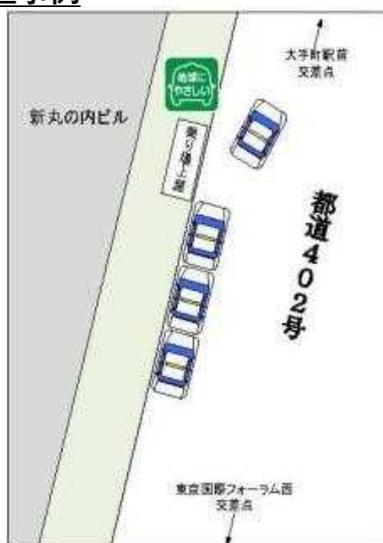
項目	内容
実施空港（設備設置エリア及び規模）	福岡空港（国内線の立体駐車場に充電設備4台設置）
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> • 空港環境整備協会が、福岡空港の拡張工事に合わせて新設された立体駐車場に、急速充電器を設置。その際、EV利用者へのサービスの一環として充電サービスの無償化を実施。 • 出発ロビーにアクセスしやすい位置に充電スペースを設置。

EV・HV専用のタクシー乗り場設置事例

- ✓ EV・HVタクシーの普及促進を図るため、専用乗り場を設置し、EV・HVの優位性を高めている。
- ✓ 低公害車を対外的にアピールする観点から、入構車両には、統一のステッカーを左側客席ドアに表示している。

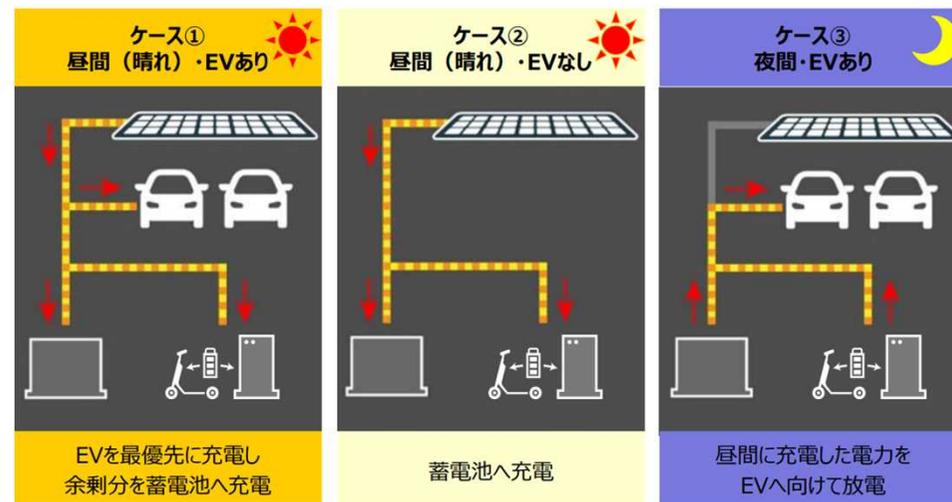


EV・HVタクシーマークの表示（ステッカー）



出典：公益財団法人 東京タクシーセンター ホームページ

充電インフラへの再エネ電力供給事例



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」

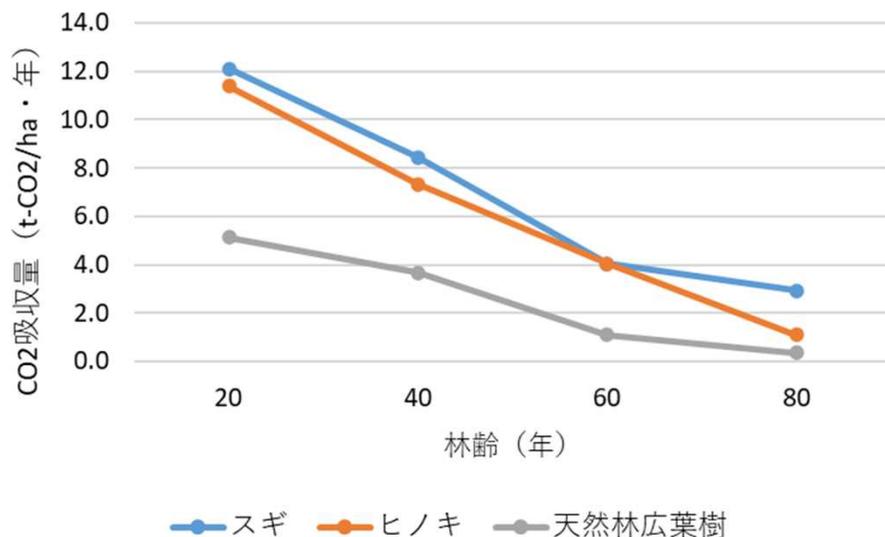
7.2 吸収源対策

7.2.1 森林

- 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。
- 空港周辺において植林や再造林を行う場合には、制限表面等への影響を考慮する。
- 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。

- 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。
- 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。
- 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。

1年当たりの森林の林木によるCO2吸収の平均的な量



森林資源の循環利用 (イメージ)

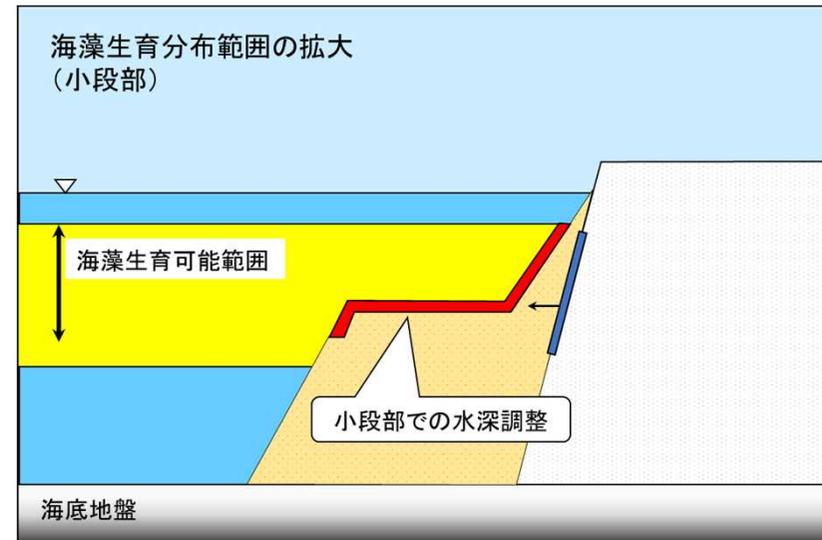
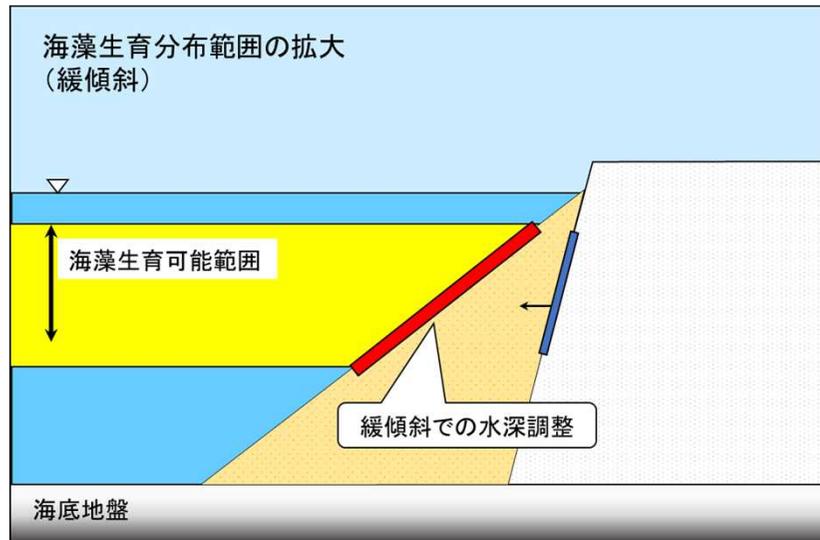


7.2 吸収源対策

7.2.2 藻場

- 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。
 - 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。
- 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。
 - 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。

水深調整による海藻生育環境の調整の例



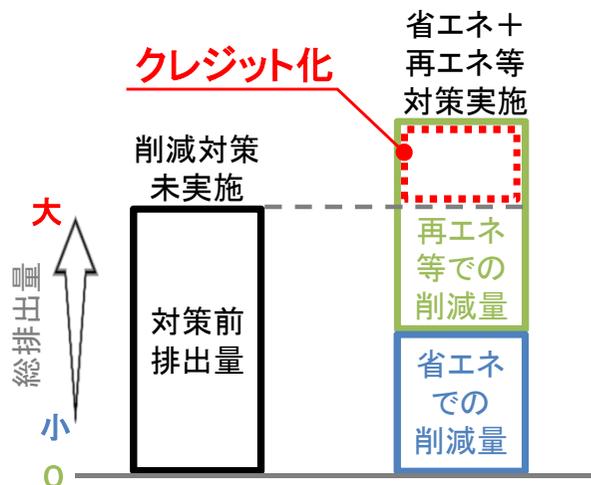
出典：国土交通省港湾局監修・海の自然再生ワーキング・グループ
 「海の自然再生ハンドブックーその計画・技術・実践ー」（平成15年11月）より作成

7.3 カーボン・クレジット等

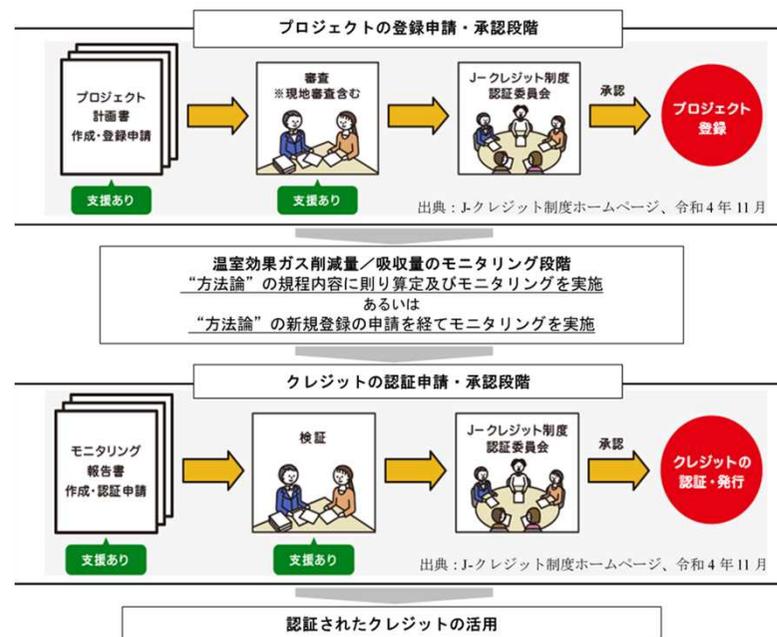
7.3.1 管理・運営段階で留意すべき事項

- 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。
 - 国内のカーボン・クレジットがCORSlA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、航空分野全体の脱炭素化に積極的に貢献していくことが望ましい。
- ・ 各空港においては、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、再エネ余剰電力によるカーボン・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。
 - ・ カーボン・クレジットのCORSlAスキームへの登録申請状況も踏まえつつ、空港分野のみならず航空分野全体の脱炭素化に積極的に貢献していくことが望ましい。

クレジット創出の考え方



J-クレジット制度でのクレジット創出の流れ



7.4 工事／維持管理での取組

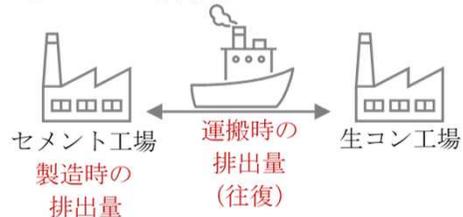
7.4.1 設計・施工段階で留意すべき事項

- 空港での工事（舗装及び構造物等の新設・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。
- 空港での工事（舗装及び構造物等の新設・維持管理）において使用する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。
 - ・ 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。
 - ・ 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。

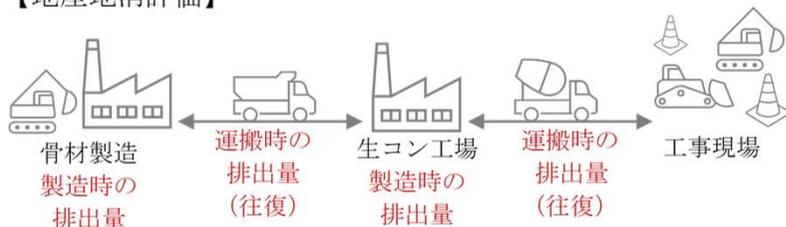
香川県での取組事例

- ・ 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】



建設資材の脱炭素の取組

	技術概要	空港での活用の展望
大林組	コンクリートに木質バイオマスを追加し、樹木が成長過程で吸収したCO2をコンクリート構造物に長期間固定する技術を開発。添加するバイオマスは2.4kg-CO2/kgを固定しており、1m ³ のコンクリートに最大100kgを追加すると240kg-CO2/m ³ を長期間にわたり固定可能。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空港内のコンクリート構造物 ・ 将来的にエプロン舗装への適用の可能性
出光興産	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。自社施設内に試験舗装を実施。舗装:厚さ4cm、面積500m ² 、CO2固定量:約500kg ⇒ アスファルト合材1m ³ あたりCO2を1kg固定可能。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構内道路、場周／保安道路、駐車場舗装 ・ 将来的に滑走路、誘導路、ショルダーに適用の可能性
清水建設	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吸収を促進する技術を開発、実用化に向け固定量や安全性の評価を実施中。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空港内のコンクリート構造物への塗布(各種構造物の基礎、擁壁、道路縁石等)