

### 3.8 空港民営化における地震リスクマネジメント手法の開発と インフラ管理効率化への取り組み (空港研究部長 菅沼 史典)

皆さま、こんにちは。ただいまご紹介をいただきました空港研究部長の菅沼でございます。

本日はここに表示しておりますような題目でご案内をさせていただきたいと思えます。空港の現状ということについて、何となくは聞かれているかもしれませんが、皆様あまりご承知ではないのかなというように思いますので、ざっくりといまの状況を説明いたしたいと思えます。

まず航空需要が全世界的に伸びるという傾向が明らかになっておりまして、今後 2031 年までの予測ということになってございますが、特にアジア、それから中東ですね、この辺りが 6%以上の大きな伸びを示すということです。日本の航空当局もこういった状況で、日本の特に空港の施設であるとか、旅客環境、輸送環境というのが足かせになってはいけないということで、ビジネスにしる観光にしる、さまざまなお客様が必ず飛行機を使って日本に来られるという状況の中で政策を展開しようということでございます。

その1つとして、施設整備という面では、ここ数年でかなり進みまして、今年度末で数年前の 1.5 倍まで、空港の年間発着枠、いわゆる首都圏における羽田・成田の発着枠のトータル約 75 万回というところがようやく達成されてきたところです。

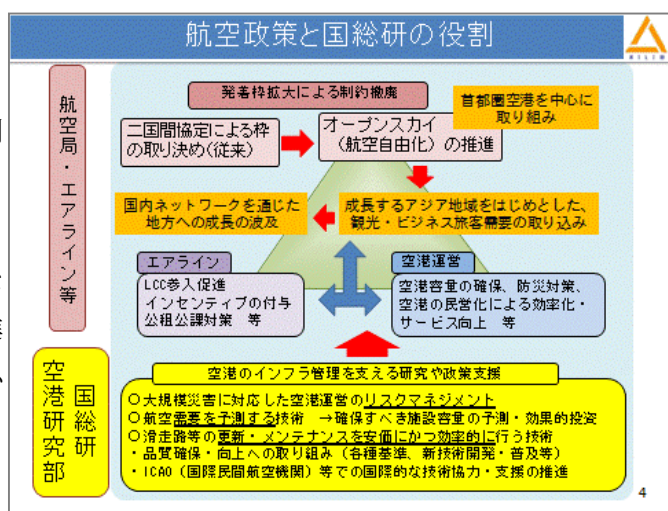
#### —スライド（航空政策と国総研の役割）—

実はこの図の一番上のほうをご覧くださいと思いますけれども、発着枠拡大による制約撤廃ということで、かつてはその下にありますように制約があるために二国間で枠を取り決めて旅客本数を決めていたという状況なのですが、先ほどのような施設整備が大幅に進んだということで、ようやく特に首都圏を中心にしてオープンスカイという自由化のベースが整ったということでございます。

こういう環境を整備しつつ、その下にありますように特にエアラインについては、皆さまもご利用になっている方もおられるかもしれませんが、LCC、これは Law Cost Carrier です。Life Cycle Cost ではないですね、Law Cost Carrier ですのでお間違いないようお願いしたいのですが、こういった Law Cost Carrier の参入の展開、そういった事業



写真-11 空港研究部長 菅沼 史典



者が参入しやすくする環境作りということを進める一方で、右側空港運営というところがございます。ここが今日のお話の本題の部分なのですが、特にこういった容量の拡大を一端進めたわけでございますけれども、まだまだ先ほどの2031年に向けて全世界的に旅客需要が増大してくるという予想になっておりまして、そういう中で今後ともさらに首都圏を中心とした空港容量の確保というのが課題になってくるだろうということでございます。

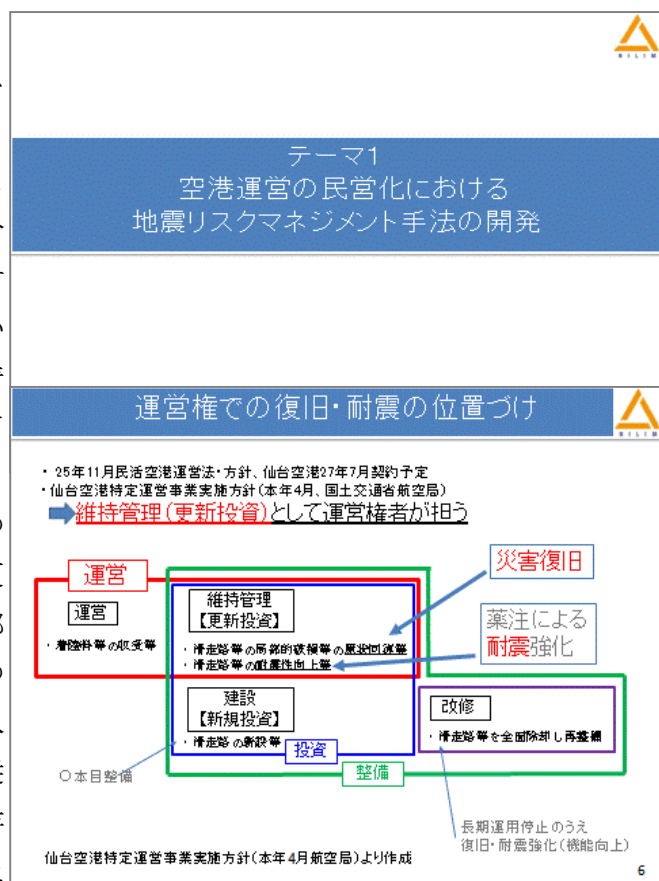
それからご案内の防災対策。これは言うまでもないことですが、さらにそれに加えてこういった空港の運営を効率化していこうということで、いわゆるコンセッションという言葉をお聞き及びかと思いますが、空港の新たなスキームによる民営化、いわゆる運営権実施契約というように呼ぶのですが、運営権を民間の方に買っていただいて、それで空港を運営していただくと。国のほうにはその買っていただいた代金が入るという形で、新たなサービス向上の展開を図ろうということを進めております。

そういう中で、私どもは空港研究部ということで、ここに箇条書きに列挙したような形でさまざまな防災対策に関するマネジメントの部分、それから需要予測、今後とも需要がどう伸びていくのかということの内容を精緻にしていく、予測していく技術。それから、あわせてこれだけ空港がどんどん忙しくなっていくという状況ではメンテナンスに取る時間も限られてくるという状況でございます。そういった中で、いかに効率的にメンテナンスをするかといった技術。こういったところで私ども空港研究部は取り組んでいるということでございます。特にこの下線を引いたところを本日はご紹介をしたいと思います。

—スライド（テーマ1 空港運営の民営化における地震リスクマネジメント手法の開発）（運営権での復旧・耐震の位置づけ）—

最初に、この空港運営にかかるリスクマネジメントということでございますけれども、先ほどお話ししました運営権実施契約ということで、実はこの図で運営という赤枠の部分を取りあえずご覧いただきたいと思うのですが、左側に運営着陸料等の収受等ということで、運営の一番本体の部分、これは着陸料をいただいて収受して、それに基づいて空港を運営するという部分。

インフラに対してはこの運営権実施契約の中におきましては、その右側、維持管理、更新投資とございますけれども、滑走路と局部的な破損等の原状回復、それから滑走路等の耐震性向上等と。こういう所は実施権の購入した中で行うという形になっております。従いまして災害復旧であるとか、それから既存の施設では心配なので耐震性の向上を図るた



めに少し耐震強化の対策をしようといったことは全部いわゆる準民間の事業者が自らの資金でやらないといけないということでございます。施設そのもの、インフラそのものは、実は国にそのまま所有されているわけですが、こういった運営にかかる本体のところは日常メンテナンスも含めてこの新たに運営権実施契約をした民間事業者にやっていただくということでございます。

—スライド（復旧・耐震の受皿）—

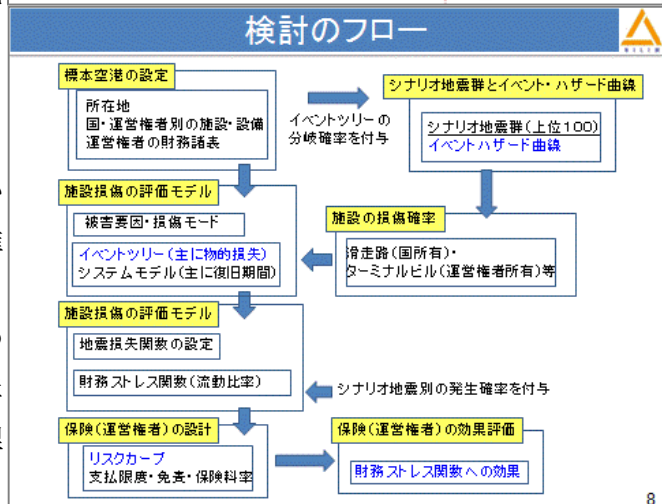
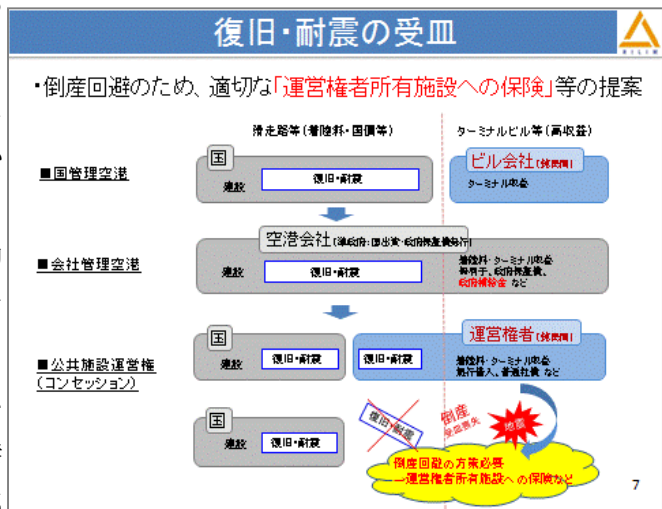
これは、今まで私どもが空港で行ってきたさまざまな事業スキームと比較してみたものです。明らかに一番下にございますように、一番肝の部分には特に防災対策。先ほどのそういった対策が十分な資金のもとでできればいいのですけれども、異常な地震等で破損が起こった場合に、本当にその事業者が復旧できるのかどうか、それで経営が成立するののかといったところが大問題になってくるわけです。一般にこういう場合は、皆様ご承知のように、損害保険というものが民間ではございます。簡単に言いますと、これからお話する内容はいわゆるこの空港の運営権者の空港運営の中で保険というものをどのように設定すればリスクが回避できるのかというところをご紹介したいと思います。

—スライド（検討のフロー）—

検討のフローですけれども、まず標本空港の設定というのがございます。これは標本空港をまず仮説的に設定して、その中で財務諸表、いわゆる流動資産とか流動負債というものと、項目を全部1つ1つ立ててそれを設定したうえで、そこにどういう資金の動きが発生するかと。

地震等が発生したときにどういう資金の動きが発生するののかというところを、シミュレーションするという方法で行っております。その場合に、シナリオ地震群とイベント・ハザード曲線ということで、まずその標本空港を設定した場所の地震の状況、さまざまな地震を重ね合わせる必要がありますけれども、それでどんな地震がどれぐらいの確率で起こるのかということを設定します。

それから合わせて下の施設の損傷確率というところですが、施設そのものがどういう確率で壊れるのかということも、これは地震と外力とは別途強度として設定する。この辺のやり方は、たぶん建築分野をご承知の方はほぼ似たような方法を使っておりますのでご理解いただける部分かなというように思いま



す。

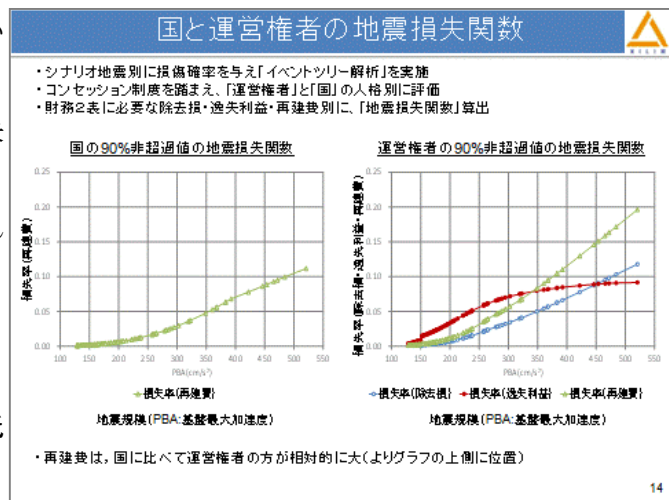
この2つの損傷確率とイベント・ハザード曲線が出てくるという一方で、施設損傷の評価モデルとして建物とか施設がどういう壊れ方をするかということとを全部設定してやると、それと先ほどの外力との関係から、施設損傷がどのぐらいの確率で起こるのか、その損傷が金額ベースでどれぐらいの金額になるのかということとを全部算定して損害額を出してくるわけです。

さらに、その損害額を補填するためにどの程度の保険金が必要になって来るか、それに対応する保険料はどの程度になるか、それが事業者をどの程度圧迫するのか、その保険で事業者の収支構造がどれぐらい改善するのか、といったところを検討したということとでございます。

### —スライド（国と運営権者の地震損失関数）—

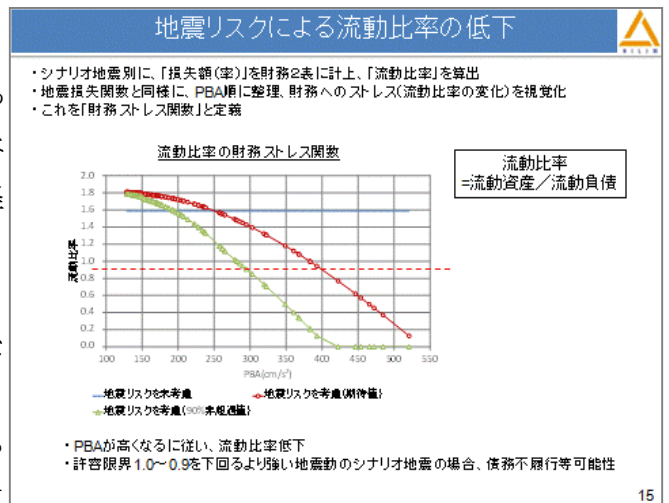
その計算結果に基づいて、実際にどういう損傷が発生するかというのを取りまとめた成果がこの図になります。両方とも図は横軸が地震の大きさ、基盤加速度面での地震の加速度ということで、縦軸は損傷率ということで、左がご覧いただきましたようにいわゆる損傷率で、実際に再調達価格分に対する損傷の大きさの比率ですけれども、それを地震の大きさに対してプロットしたもの。当然のように地震加速度が大きくなれば、こういうように損傷率が大きくなっていくということとでございます。

当然これは施設損傷だけではなくて、施設が損傷して空港が止まった結果遺失利益というのが当然発生しますので、右側の例えばこの赤の線がございますけれども、これが遺失利益に対応する部分。このように遺失利益、それから施設インフラそのものの損傷、これらをすべて計算して損害額を出していくことになります。



### —スライド（地震リスクによる流動比率の低下）—

この損害額を大元に、先ほどの財務諸表で計算をした結果から、流動資産と流動負債、いわゆる主に流動資産という現金になるわけですけれども、それがどう変化するか調べます。この流動比率というのが通常会社の経営状況を表すかなり大きな指標になっているのです。よく使われる指標です。流動資産と流動負債の比が1を切るような状況だとかなり経営が厳しくなる方向になってくるとというのが一般的に言われています。それでただちに会社が倒れるということではないので、そ



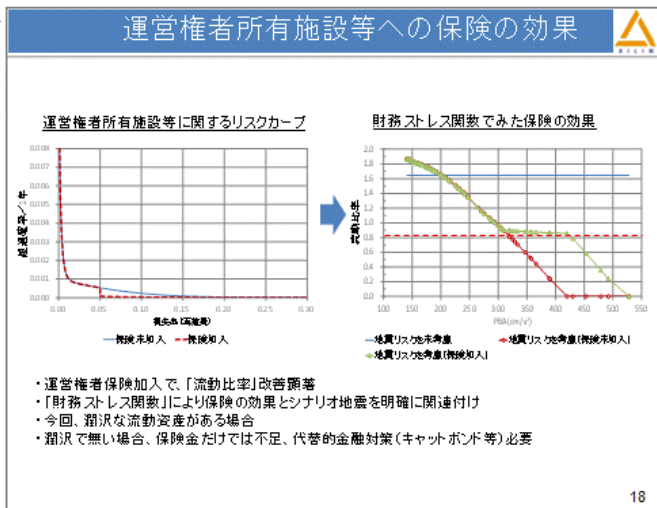
こは誤解の無いようにしていただきたいと思います。一般的な指標にして、こういう流動比率というのが生まれて、この流動比率をここでは財務ストレス関数と私どもは勝手に名前をつけておりますけれども、検討してみたわけです。

そうするとやはり横軸 300 のところを中心にして、地震のリスクを考慮した場合にだいたい 1 を切ってきます。地震のリスクを期待値で見るか、それとも 90% 指標か、さらに大きめの地震で見るか、それによってちょっと若干赤の線と、グリーンの線と変わってきますけれども、このような形で経営状況に地震が起こったことでどういう影響が出るかというのが試算できるということでございます。

これで実際に保険金が、この場合の試算ちょっと詳しい部分は省略させていただきますけれども、保険金が仮に 100 億必要ということであれば、これに対する保険料というのが試算できます。

—スライド（運営権者所有施設等への保険の効果）—

具体的にこれで保険金を被災した場合の財務諸表に織り込んでみて、実際に先ほどの流動負債、流動資産がどのように変わるか、流動比率がどのように変わるかというようにやってみたのがこの右側の図で、これによると地震がかなり大きな部分までこの流動比率が 1 を切らない水平な部分が出てくるということで、この保険金の効果が表れるということですが、このケースの試算ではかなり自己資金が多いというケースでやっていますので、実際にはこれだけのこの保険金だけではなかなか難しいのではないかと思います。



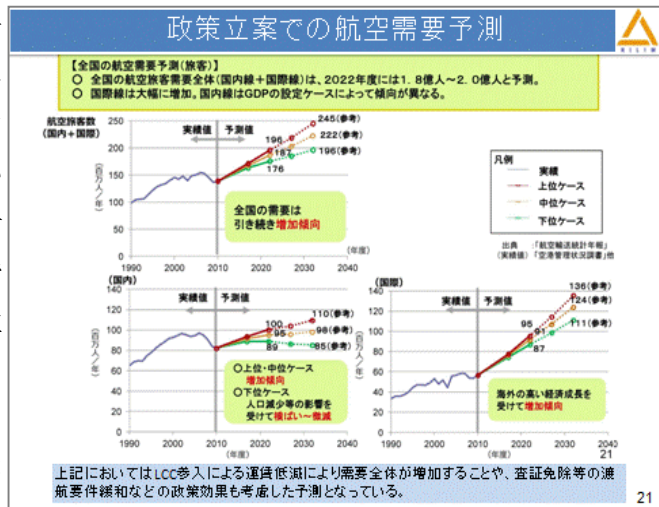
—スライド（地震リスクマネジメントまとめ）—

ちょっと時間をかけてご説明をしましたが、このように、空港の運営権実施契約にもとづく運営権者の経営状況をシミュレーションするような手法をいま開発しつつあるという状況でございます。

- 
- 地震リスクマネジメントまとめ
- 運営権設定を踏まえ、国・運営権者の人格別に地震リスクを評価
  - 運営権者の倒産の可否を、地震損失関数を用いて流動比率で評価、財務ストレス関数を求める方法を提案
  - 保険純率の最小化を目標に、保険の設計方法（支払限度額・免責）を提案。財務ストレス関数で財務面での効果の評価方法も提案
  - コンセッション当事者が实在空港で再現できるよう、地震リスクの評価を体系化

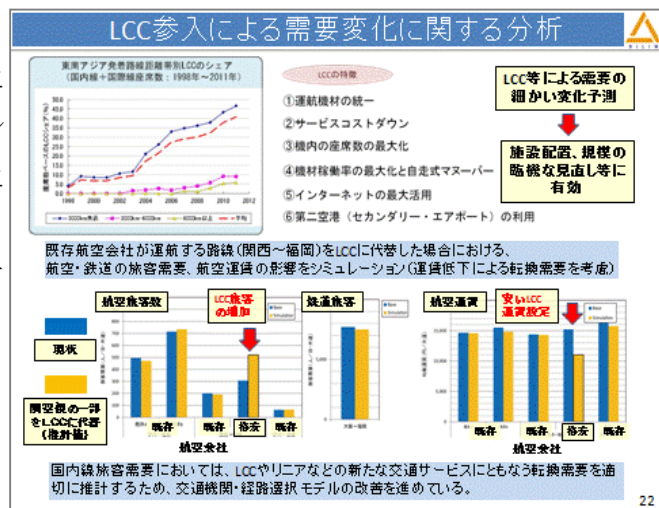
—スライド（テーマ2 航空需要予測手法の開発）（政策立案での航空需要予測）—

次はちょっとテーマが変わりますが需要予測ということですが、これは私ども先ほど申し上げましたように、今後とも特に国際線を中心として需要が大きく伸びていくだろうということですが、この図にありますように、オリンピックもございませけれども、私どもで計算した結果を基にこういう本省での政策立案に生かされているということで、こういった中ではLCCの影響であるとか、さまざまな渡航要件の緩和策の効果なども考慮しながら計算しているわけです。



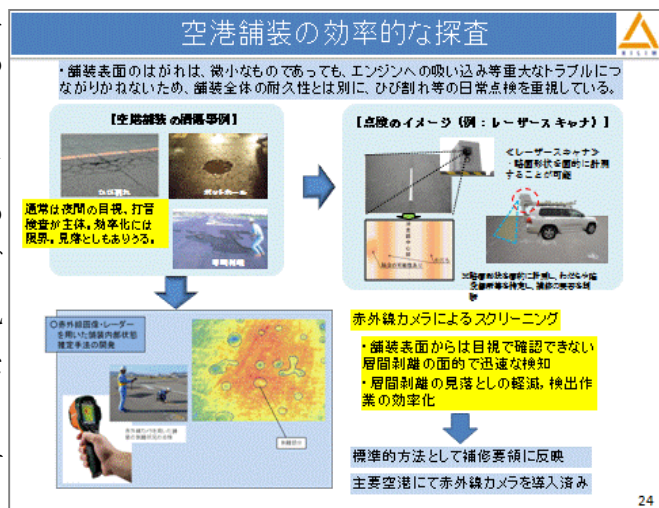
—スライド（LCC 参入による需要変化に関する分析）—

これはLCCによる需要変化ということで、下半分の一番右側の図にありますようにLCCの料金設定を安くして実際にそれでシミュレーションを回してやると、左端の図にあるようにLCCの旅客が実際に増加するというような計算も机上でできるようになってきているというところでございます。



—スライド（テーマ3 空港舗装の迅速な点検・補修技術）（空港舗装の効率的な探査）—

それから今度はインフラのメンテの部分に対する研究活動の内容のご紹介です。空港の場合、先ほど申し上げましたように、このようにどんどん需要が高まっている状況の中で、インフラのメンテに要する時間というのが非常に限られてきているという状況でございますので、これをいかに効率化、そして見落としなくやるかというところでさまざまな取り組みをしております。これは赤外線、これは他の分野でも使われていると思うのですが、こういった赤外線カメラを使って、



見落としのない現場のチェックをするというようにございます。

—スライド（スマートフォンを活用した現場での点検・評価の効率化）—

それから、これはスマートフォンを使ったものなのですが、なかなか現場に出ている人間は全部熟練者とは限りませんので、こういったスマートフォンで集めてきた情報を一端事務所のほうに転送してそこで熟練者が判断するという仕組みも構築していけるのではないかなということで、こういった情報ツールもそういった形で活用していくということに取り組んでおります。

スマートフォンを活用した現場での点検・評価の効率化

- スマートフォンの機能により効率的に現場点検記録を作成。
- データを事務所サーバに転送し、事務所で熟練者が一元的評価、判断等を行う。
- 点検作業時間の短縮と導入経費も軽減できるような配慮。
- 現場担当者ひとりひとりの点検検査の経験の差をカバーしつつ、適正な判断ができる点検・評価体制の構築が可能。経験者の十分な配置が困難な地方管理空港等への普及も。

○スマートフォンのカメラ、GPS等を活用し、現場作業を効率化

夜間運用等の合間を縫って点検作業を実施

作業効率化の要請

現場取得データは事務所のサーバに送信、保存

サーバからは過去の記録を受信確認

25

—スライド（地震後の舗装下空洞の簡易探査技術）—

これは地震が起こった際に緊急時に点検する方法ということで、いわゆる振動ローラですね、これを走らせてそれで空洞の探査ができませんかということです。右の図にありますように空洞がある場合は少し違った応答をするのでそれで判断ができるというようなこともできかけつつあるという状況でございます。

地震後の舗装下空洞の簡易探査技術

- 大規模地震発生後の滑走路等の早期供用再開に向けて、舗装強度の迅速な点検/評価が必要。
- 特別な機器を用いず、現地で比較的入手が容易と考えられる振動ローラを用いた舗装下の空洞探査、評価技術を検討。
- 南海トラフ巨大地震等影響が想定される地方管理空港等においても有用な技術としていく。

○振動ローラを用いた舗装の健全性評価手法の開発

【従来の】 FWD(支持力測定装置)による点検

【開発中】 現地調査の比較的容易な振動ローラ等による簡易かつ迅速な評価

標準部走行時

空洞部では高周波成分が大幅に減衰

26

—スライド（技術基準作成その他のとりくみ）（技術規準作成へのとりくみ事例）—

このほかいくつか、技術基準の作成であるとか、上の段の左側ですけれども、いくらメンテナンスを効率化といってもやはり施設の耐久性を高めるというのも、もう1つの方法で、やはり長寿命化を図っていくための方法。何しろ空港の飛行機の重量というのは非常に重いものですから、それに対応できるような耐久性のある舗装というのも研究していくというのも今後引き続き課題として大きいのかなと言うように思っております。

技術基準作成へのとりくみ事例

- 空港アスファルト舗装の長寿命化**
  - 表層と基層の層間剥離対策 → タックコートの養生時間等の検討
  - 基層内の「砂利化」等の抑止対策 → 原因究明、雨水対策等
- グーリーブングの効率的施工**
  - 舗装表面のグーリーブング(表面排水促進のための溝)切削のための舗装養生期間の短縮を図る。
  - すでに改良アスファルトの場合は従来の2か月を1か月に短縮。さらなる短縮について検討中。

設計・施工基準等の改良へ

- 空港舗装設計要領
- 空港舗装補修要領
- 空港土木工事共通仕様書
- 空港土木施設施工要領 等

理論的設計法と経験的設計法の統合

性能規定化にともない設計法の選択が増えたが、反復作用回数少ない領域での設計手法間の整合性に関する検討等を実施。

28

—スライド（技術支援・相談への対応）—


その他いろいろ技術支援、技術相談にも私ども対応しているという状況でございます。空港研究部は限られたメンバーではございますが、多方面にわたって活動を行っておりますのでまた引き続き皆様方のご支援、ご協力よろしくお願い申し上げます。雑駁ではございますがご報告に代えさせていただきますと思います。

ありがとうございました。

技術支援・相談への対応


**技術相談・支援**

- 技術相談. Ex.滑走路,誘導路,エプロン改修設計,地中埋設管の設計,舗装破損対応等.
- FWDデータの解析



**研修の実施**

- 空港計画コース
- 空港調査・設計コース
- 空港土木施設管理コース 等



**技術相談・支援**

- 各種委員会への参画
- ✓九州空港耐震検討
- ✓旭川空港エプロン検討
- ✓伊丹空港舗装検討
- ✓成田空港舗装検討 等

29