

東日本大震災と空港の研究課題

空港研究部長

佐藤 清二

東日本大震災と空港の研究課題

空港研究部長 佐藤清二

1. はじめに

東日本大震災において、仙台空港では津波により施設面で大きな被害を受けたものの、空港ターミナルビルに1,400余名もの方が避難したこと、地震直後の空港に民間旅客機がいなかったこと、液状化対策が進められていたこと等から、最悪の事態は免れたと言える。その後、漂着した車両、瓦礫、土砂等の撤去や空港施設の応急復旧作業が行われ、被災から4日後には緊急用ヘリの離発着が、5日後には米軍機による緊急物資輸送が開始され、民間旅客機の就航も約1ヶ月後に再開するなど、早期の復旧が被災地の支援にも貢献した。一方、比較的被害の小さかった花巻、山形、福島等の空港では、発災直後から救急・救命活動、捜索・救助活動、緊急物資・人員輸送の拠点として、また、途絶した交通機関の代替として活用された。本稿では、東日本大震災とともに、1995年阪神・淡路大震災、2004年新潟県中越地震、2007年能登半島地震の際の事例をもとに、震災による空港の被害、復旧、活用の状況を概観した上で、災害時に空港が期待される役割を果たすために必要な備えに関する検討状況を紹介する。

また、航空全般に目を向けると、首都圏空港の機能強化、オープンスカイの進展、日本航空の企業再生、LCC（格安航空会社）の参入、関空・伊丹の経営統合など、航空界は今劇的な変貌を遂げつつある。本稿では、こうした航空を取り巻く最近の状況の中で、利用者ニーズへの対応や国際競争力の確保のための空港としての課題についてレビューする。

2. 東日本大震災に際しての空港・航空の状況

2.1 仙台空港の被害と対応

2011年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震と、その約70分後に到達した津波により、仙台空港は大きな被害を受けた。このうち、滑走路等の基本施設については、事前に耐震対策が進められており、被害は軽微なものに留まったが、津波の浸入により、土砂や車両などが滑走路上に漂着するとともに、空港用電気施設、航空保安無線施設等の水没被害が生じ、空港の機能が停止した。具体的な被害状況は以下の通り。

- ・地震動によって、誘導路及びエプロンの一部に液状化による沈下が発生するとともに、滑走路及び誘導路の横断方向にそれぞれ11本のクラックが発生。滑走路は液状化対策が進められていたため液状化は発生せず。
- ・津波によって、空港内に多量の土砂、瓦礫及び自動車等の漂流物が漂着し散乱。漂流してきた自動車が貨物ターミナルに衝突し火災が発生。さらに、制限区域を区画する場周柵が一部区間を残しほぼ全て倒壊。

- ・ 庁舎等への津波の浸水によって、電源局舎等の1階内部、受配電設備及び予備発電設備等が作動せず、庁舎・管制塔、航空保安無線施設及び航空灯火等への電力供給機能が全て停止。加えて、庁舎・管制塔の1階内部の空港監視レーダー施設及び機械設備が水没し、携帯型移動無線局を除く航空管制機能が喪失。また、消火救難車両及び航空機地上支援車両が浸水し使用不能。
- ・ 旅客ターミナルビル等の建物の1階部分まで浸水し、漂流物の流入及び機械設備等の不作動が発生。また、航空機への燃料供給施設のポンプ及び配管が損壊・流出し、航空機への給油車両は浸水被害のため使用不能。加えて、空港アクセス鉄道及び道路の地下トンネル区間への瓦礫等の流入、埋没により使用不能。

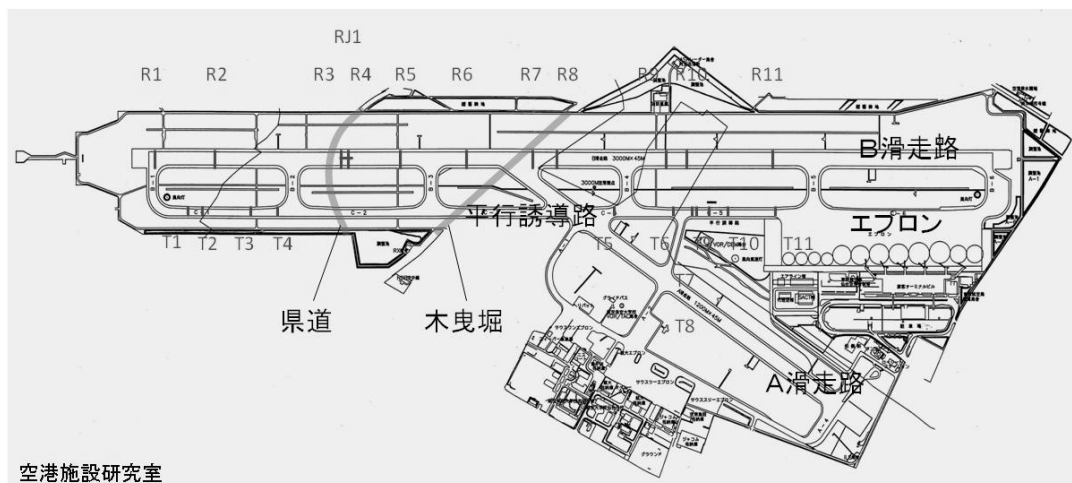


図-1 滑走路・誘導路のクラック位置図

一方、津波警報（大津波）の発表後、旅客や関係職員及び周辺地域からの避難者等 1,422 名が仙台空港旅客ターミナルビルに避難を行った。その後、津波警報等が継続する中で、旅客ターミナルビルに留まり安全を確保した。具体的な状況は以下の通り。

- ・ 津波警報（大津波）の発表後、ターミナルビル会社及び航空会社職員等の声掛けにより旅客等の旅客ターミナルビル3階への避難誘導が実施。周辺からの避難者を合わせ、最大で1,422名が旅客ターミナルビル内に避難。
- ・ 津波警報が継続されたこと、アクセス道路が浸水したこと等から避難者はビル内に留まり、翌12日夕方に空港外部との連絡経路が確保された後に、体調不良者等の要救助者から救急車等の車両による空港外への退避が開始され、3月16日に全ての避難者の空港外への退避が完了。避難者には、ターミナルビル内での販売用の食料品等が無償で提供。
- ・ 仙台空港事務所では、地震発生後、職員の安否確認を行い、津波警報（大津波）が発表された後に事務所ビル屋上に避難。また、空港用地内北側の消防庁舎で勤務していた職員は、消防車庫屋上に避難。

その後、自衛隊や米軍との協力体制による瓦礫の撤去作業や、舗装の応急復旧作業、あるいは他の空港から仮設電源設備や管制・通信施設等の搬入、設置作業が実施されるなど、空港の復旧が段階的に進められた。同時に、関係機関との連携により、空港周辺の排水作業や、アクセス道路の啓開作業が進められた。具体的な復旧状況は以下の通り。

- ・ 空港施設の応急復旧作業は、地方航空局及び本省航空局と維持業者の連携作業により開始、必要な機材等は仙台市以外も含む広域エリアから調達しつつ作業を実施。
- ・ 滑走路等の復旧作業は段階毎に、関係者間で協議を行い、利用範囲等を確認しつつ作業を実施。第1段階は、回転翼機の離着陸を可能とするため、瓦礫等の漂流物の散乱状況等を踏まえて除去範囲を定めて作業を実施した（3月14日完了）。第2段階は、緊急物資等の輸送を行う固定翼機の離着陸を可能とするため、滑走路1500m区間及び駐機場に堆積した瓦礫等の漂流物の除去作業を実施（3月16日完了）。さらに、滑走路3000m区間の確保及び仮設航空灯火（滑走路灯，滑走路末端灯，過走帯灯）の設置（3月29日完了）。第3段階は、民間旅客機の利用のため、仮設場周柵の設置，誘導路舗装の補修，航空保安無線施設，消火救難施設，旅客ターミナルビルの部分修復及び飛行検査等の応急復旧作業を実施（4月12日完了）。応急復旧の対象施設及び運航再開日は、空港管理者及び航空会社間の協議により設定。

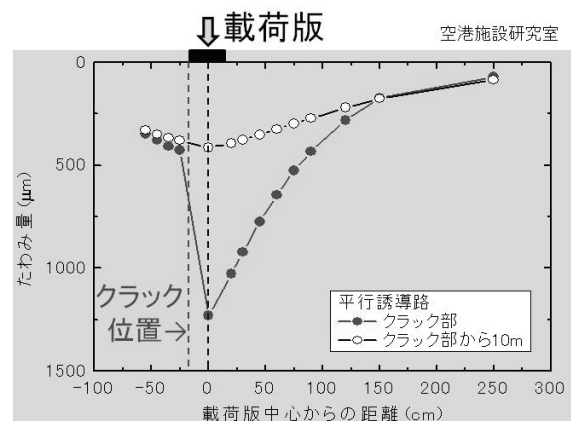


図-2 FWDによるクラック部構造判定例

- ・ 空港内に堆積した瓦礫，自動車等の漂流物の除去は，空港内及び空港周辺に仮置用地を確保し，空港管理者と米軍の共同で除去及び仮置用地への運搬作業を実施。瓦礫の撤去作業に投入された作業機械は，ホイロローダ，バックホウ，ダンプトラック，清掃車，散水車，セルフローダ等のべ約1,100台，同じく労務は，重機オペレータ，瓦礫切断・集積・除去，清掃作業等のべ約2,000名であった（航空局把握分）。
- ・ 倒壊した場周柵の応急復旧は，エプロン上部に用いられた鋼製柵及び鋼製門扉を除く大半の延長に，松杭と有刺鉄線による木柵が使用（資材調達開始3月18日から設置完了4月10日まで23日間）。
- ・ 航空管制機能の応急復旧は，非常用管制塔及び非常用レーダー設備が東京国際空港より運搬・搬入（非常用管制塔は3月31日，非常用レーダーは4月15日運用開始）。
- ・ 電源設備の応急復旧は，仮設発電装置が新千歳空港，東京国際空港，大阪国際空港，福岡空港及び花巻空港より運搬・搬入（3月16日から商用電源が回復した4月27日まで使用）。また，東京国際空港，大阪国際空港及び福岡空港より，仮設発電装置用の燃料が運搬・搬入。
- ・ 浸水被害により使用できなくなった仙台空港の消火救難車両の代替として，消防車及び給水車が新潟空港，東京国際空港，大阪国際空港，福岡空港及び長崎空港から配車（3月21日～4月24日）。
- ・ 燃料供給施設のポンプ及び配管，仙台空港の給油車両が使用できなくなったため，被災地外の事業所から給油車両が仙台空港に配車され，燃料貯蔵タンクを経由せず，タンクローリー車両から給油車両への直接給油による対応が実施。

- ・旅客ターミナルビルの応急復旧は、民間旅客機の運航の再開に対応するためのスペースが1階部分に確保。上下水道施設は民間旅客機の運航再開時には復旧しており、旅客ターミナルビルの運用に必要な電力は仮設発電装置により確保。

この結果、地震発生から4日後には緊急用の回転翼機の利用が、また、5日後には、取り急ぎ1,500mの滑走路を確保して緊急物資輸送用の固定翼機の離着陸が可能となり、米軍による支援物資を積載した輸送機(C-130, C-7)が4月3日までに合計87機仙台空港に到着した。その後、地震発生から約1ヶ月後の4月13日には臨時便扱いで民間航空機の利用も可能となり、4月25日に東北新幹線の東京～仙台間が復旧するまでの代替輸送を担うなど、被災地に直結する交通手段として機能し、東北地域の復旧・復興に重要な役割を果たした。その後、4月29日に民航機の夜間就航再開、6月23日に国際チャーター便受け入れ再開、7月25日に国内線定期便及び国際線(臨時便)再開、9月25日に国際線定期便再開、10月1日には仙台空港アクセス鉄道が全線運行再開した。

2.2 航空全体の状況

仙台空港以外の航空関係施設の主な被害は、PTB天井落下(花巻空港、茨城空港)、管制塔窓ガラス全壊(福島空港)、レーダー施設損傷(八戸、石巻、いわき)、航空機接触損傷(羽田空港、成田空港)等であり、青森、大館能代、秋田、庄内、新潟の各空港には被害がなかった。なお、航空機接触損傷については、羽田空港の駐機場で4機が搭乗橋と接触損傷したほか、羽田空港及び成田空港の格納庫でも発生した。

混雑空港である成田空港及び羽田空港の運用再開が、発災当日の19:00(出発機のみ)及び16:03であったことから、両空港到着便のダイバートが発生した。成田到着便は当日計71便、羽田到着便は同計15便がダイバートした。関西国際空港では当日、燃料補給で緊急着陸したものを含め計28本のダイバート便を受け入れた。また、ダイバート便対応は当日深夜で落ち着いたが、その後も成田空港行定期便の振り替えや燃料補給便、震災救援物資輸送便が続き、4月末までに計296便の航空機を受け入れた。

表-1 成田・羽田到着便のダイバート

ダイバート先	成田到着便	羽田到着便
関西国際空港	16便	5便
中部国際空港	12便	4便
新千歳空港	13便	1便
横田飛行場	11便	-
東京国際空港	6便	-
福岡空港	6便	-
その他	7便	5便
合計	71便	15便

注: 3月11日のダイバート。その他は、小松、百里、函館、大阪国際、新潟、那覇、アンカレッジ空港。
出典: 航空局資料より

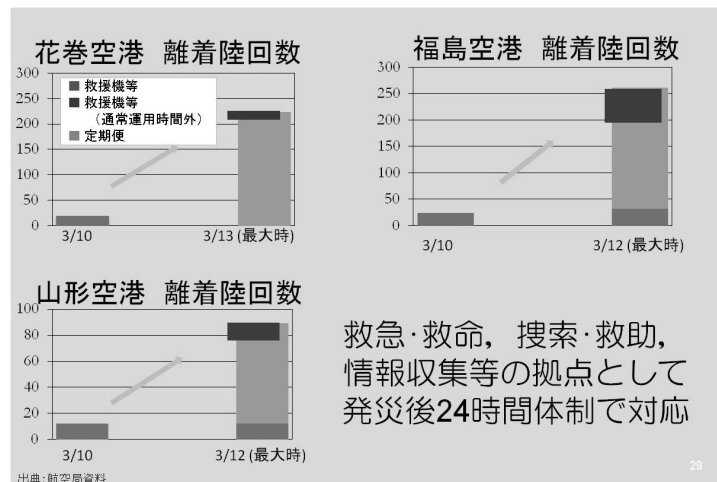
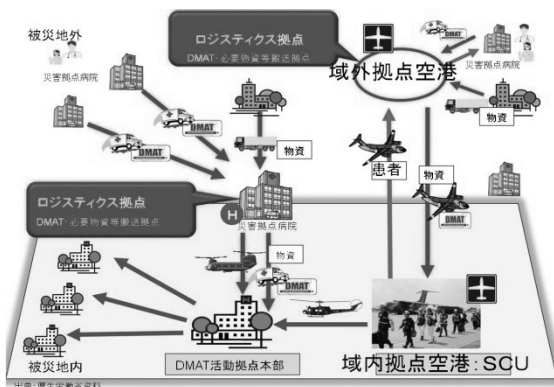


図-3 空港の救援拠点としての利用

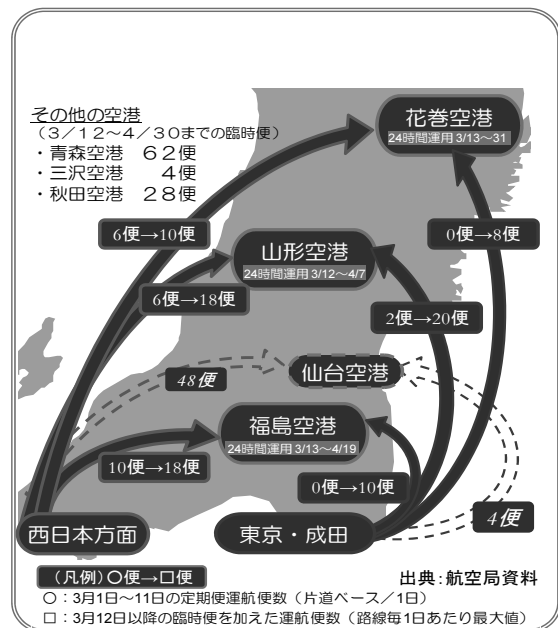
空港の救援拠点としての利用状況については、花巻空港、山形空港及び福島空港が、救援機の活動拠点として発災後直ちに24時間運用(花巻3/13~31、山形3/12~4/7、福島

3/13～4/19)で対応し、災害派遣医療チーム DMAT(Disaster Medical Assistance Team)、緊急消防救援隊、自衛隊、警察、米軍の活動に貢献した。

このうち、DMATは、災害急性期(48時間以内～72時間)に活動できる機動性を持ち、専門的な研修・訓練を受けた災害派遣医療チームで、広域医療搬送、病院支援、域内搬送、現場活動等を行う。今回の活動期間は3月11日～22日の12日間で、全国から約340チーム、約1,500人が派遣された。このうち、空路で被災地(花巻、百里→霞目)へ入ったDMATは82チーム408名であった。広域医療搬送については、自衛隊輸送機C1により花巻及び福島空港から新千歳、羽田及び秋田空港へ計5フライト19名を搬送した。花巻及び福島空港に加え、広域医療搬送の域外拠点空港である新千歳、羽田、伊丹及び福岡空港等においても、DMATが広域搬送拠点に設置する搬送患者のための臨時医療施設 SCU(Staging Care Unit)を設置・待機した。



空港の代替輸送拠点としての利用状況については、高速道路や新幹線の不通の間の代替輸送拠点として、高速バスとともに重要な役割を果たした。東北新幹線の復旧速度は、東京から福島までが4月22日、仙台までが4月25日、青森までが4月29日と、全線復旧まで50日を要した。ちなみに、阪神・淡路大震災時の山陽新幹線は83日、新潟県中越地震時の上越新幹線は66日を要している。運航された臨時便は、東京・成田及び西日本方面と山形、福島、花巻及び仙台空港(民航再開後)、さらには青森、秋田及び三沢空港との間で4月30日までに片道ベースで合計2,028便に達した。



3. 他の震災に際しての空港・航空の状況

3.1 阪神・淡路大震災において関西国際空港が果たした役割

1995年1月17日05時46分、淡路島北部の深さ16kmを震源とするマグニチュード7.2、震度7の地震が発生し、死者6,400余名、負傷者4万3,700余名に上る甚大な人的被害をもたらした。この阪神・淡路大震災は、わが国において社会経済的な諸機能が高度に集積する都市を直撃した初めての直下型地震であり、各種の応急・復旧活動を迅速かつ的確に展開するはずであった行政機関等の中枢機能が自ら被災するとともに、交通路、港湾施設等のインフラ施設、水道、通信、電気等ライフライン施設など各種の機能が著しく損壊した災害であった。

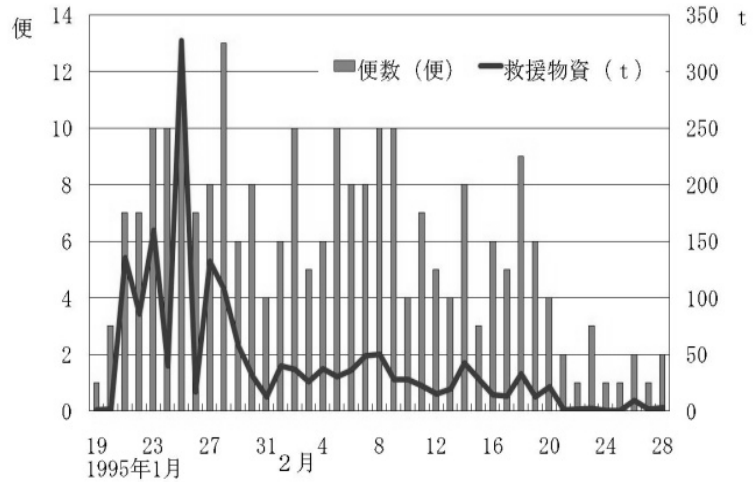
一方、大阪湾をはさんで震央距離約30kmに位置する関西国際空港では、滑走路での観測値を見ると、最大加速度は水平方向169gal、鉛直方向247gal、最大速度は水平方向22.7kine、鉛直方向10.2kineであり、現在の気象庁震度階級では概ね5強～5弱に相当すると考えられる。なお、最大加速度は発震17～20秒後に観測されているため実体波と考えられる一方で、速度波形は表面波と考えられる後揺れが非常に卓越しており、その周波数は0.2Hz前後であることが特徴的である。なお、後揺れのうち、45～65秒後の表面波は実体波で淡路島まで伝わった後そこから伝播してきたRayleigh波、85～115秒後の表面波は実体波で和泉山脈まで伝わった後そこから伝播してきたLove波と推測されている。

この地震による関西国際空港の施設被害は、滑走路に軽微なクラックが発生する等の被害はあったが全体としては軽微であり、滑走路の実質的な閉鎖は生じなかった。国内外からの救援物資や救援部隊は、被災地での陸上輸送が困難だったため、24時間使用でき海上アクセス基地を有する関西国際空港を経由し、海上輸送やヘリコプター輸送により被災地へ輸送された。また、道路や鉄道が被災したことにより東西の陸上ルートが分断され、被災地域への輸送はもとより、近畿地区～中国・四国・九州地区間等の輸送が大きな影響を受けた。このため、神戸～関西国際空港間の海上輸送が活用されるとともに、中国・四国・九州地区～関西国際空港間の航空輸送が活用されることとなった。

陸上輸送の状況については、鉄道は山陽新幹線をはじめ、JR西日本、阪急電鉄、阪神電鉄等合計13社の路線において高架橋落橋、トンネルや駅舎の損壊などの大きな被害が発生した。発災当日中に運行が再開できなかった区間は、新幹線が京都～岡山間の219km、JR在来線が123km、民鉄線が296km、合計638kmであった。このうち新幹線は、不通となった京都～岡山間のうち、翌18日に姫路～岡山間、20日に京都～新大阪間が復旧したが、新大阪～姫路間(92km)は4月7日まで不通であり、上下線あわせて1日当たり約11万人もの人々が影響を受けた。道路は、阪神間を結ぶ中国自動車道、阪神高速神戸線、湾岸線、国道2、43号線といった主幹線道が寸断された。

公共機関から要請のあった救援物資等については、航空会社によって関西国際空港に輸送し、空港島内の海上アクセス基地または最寄りの港から第五管区海上保安本部の巡視船艇や関空カーゴアクセス(株)のRORO船で神戸方面まで海上輸送が行われた。また、空港運用に支障を及ぼさない範囲でヘリコプターを用いた輸送が行われた。

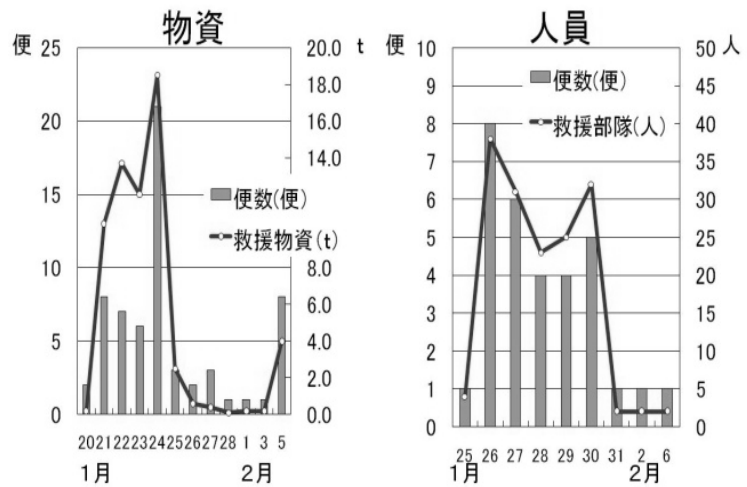
救援物資は、1月19日以降、救援物資専用機13機を含む約250機の航空機によって国内外から昼夜を問わず続々と到着した。航空便の救援物資輸送量が1番多かった日は1月25日で、救援物資専用機（ジャンボ機）が3機到着し、その重量は合計約327トンとなった。6月末までの緊急物資輸送実績は約1,754トンに達した。ヘリコプターの救援物資輸送量が1番多かった日は1月24日で、主に寝袋やテント、水等を輸送した。ヘリコプターによる緊急部隊の人員輸送は1月中が多かったが、これは、東京等から来た医師や看護婦で、陸上ルートでは被災地まで行くのに時間がかかるため、関西国際空港を中継して被災地に行く空輸ルートが取られていたことによるとみられる。関西国際空港(株)は着陸料免除等の便宜供与を行った。



出典:関西国際空港(株)資料

図-7 航空機による救援物資輸送

道路や鉄道の被災により分断された東西の陸上ルートの代替として、まず、神戸～関西国際空港間の海上輸送については、海上アクセス基地～神戸ルート的高速船が利用されるとともに、関空カーゴアクセス(株)が関西国際空港～神戸六甲アイランド間の旅客不定期航路(事業許可暫定取得、1日片道2便)を開設し8月末までに延べ5,650名の利用があった。



出典:関西国際空港(株)資料

図-8 ヘリコプターによる緊急輸送

次に、中国・四国・九州地区～関西国際空港間の航空輸送については、通常時であれば航空輸送になじまない広島、岡山、山口宇部～関西国際空港間に臨時便が就航するとともに、高松、福岡、広島西との間で増便が行われた。当時の中国・四国・九州地区～関西国際空港間の定期便が、片道を1便として1日約53便であったのに対して、同路線の臨時便は4月上旬まで1日18～26便、4月中旬1日13～18便就航した。同路線の旅客数は、1995年1～3月の月平均約12.6万人が翌年同期月平均約5.5万人に減っており、概ねその差約7.1万人が分断された陸上交通の代替輸送分と考えられる。

このように、関西国際空港は、被災地に近く海上空港であるという点を生かし、緊急物

資等の輸送拠点として救援活動に貢献するとともに、東西の陸上ルートが鉄道や道路の分断、渋滞により非効率な状況において船舶や航空機による代替輸送に対応した。

3.2 2004年新潟県中越地震において新潟空港が果たした役割

2004年10月23日(土)17時56分、新潟県中越地方の深さ13kmを震源とするマグニチュード6.8、震度7の地震(2004年新潟県中越地震)が発生し、死者68名、負傷者4,800余名の人的被害が発生した。この地震により、山古志村を始めとして、地すべり等の土砂災害が200余ヶ所で発生し、道路の寸断やこれによる孤立集落の発生、さらには、芋川河道閉塞等が発生した。

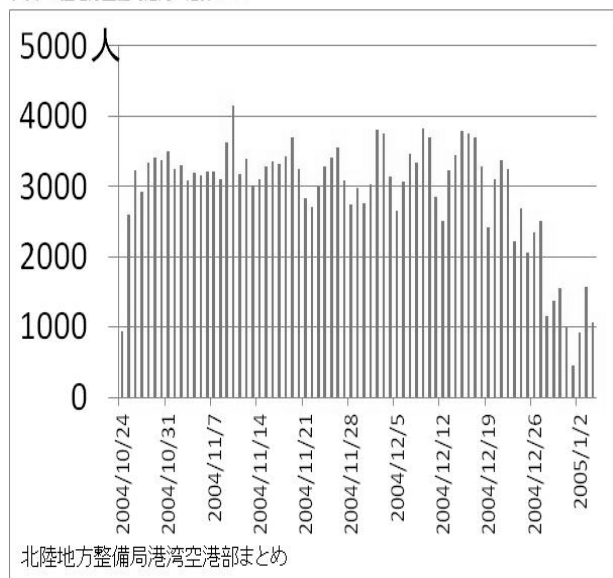
交通機関については、上越新幹線は、営業開始から初めてとなる列車脱線事故が浦佐駅～長岡駅間で発生したほか、脱線箇所の軌道・締結装置損傷、トンネル・高架橋損傷等が発生した。東京～越後湯沢駅間は25日に運転再開したものの、越後湯沢駅～長岡駅間の運休が続き、最後まで残ったガーラ湯沢駅～浦佐駅～長岡駅の運転再開は帰省のピークを迎える12月28日であった。新潟県内の高速道路は、震源地周辺の中越地域で寸断した。

全線にわたる通行止め解除は、北陸道が10月26日、関越道が11月5日(全線復旧は11月26日)であった。首都圏と新潟を結ぶ幹線道路である一般国道17号を始め、8号・116号などで通行止めまたは片側交互通行となるなど、一般道の被災箇所数は200カ所以上に上った。このように、首都圏との高速交通網は途絶え、中越地域は一時陸の孤島と化した。このため、交通ネットワークの早期復旧を進める一方で、航空機や高速バスが代替交通手段となり、新潟～東京間の交通を確保した。

表-2 航空自衛隊の輸送実績

日付	機種	飛来数	物資
10月24日	C-1	3	食料・人員22名
	C-130	1	食料
10月25日	C-1	7	衣料品、食料、毛布・人員8名
	C-130	6	5tフォークリフト2台、医療品、食料、毛布、水等
10月26日	C-1	5	食料、毛布、ブルーシート、カーペット等、人員5名
	C-130	4	食料、毛布、簡易トイレ等
10月27日	C-130	1	食料、水等
10月28日	C-1	2	枕等

出典：北陸地方整備局港湾空港部まとめ



北陸地方整備局港湾空港部まとめ

図-9 新潟～羽田臨時便搭乗実績

地震被害のなかった新潟空港では、地震発生直後から自衛隊、警察、消防、防災ヘリ等の捜索、救助、物資輸送等の拠点として利用された。10月27日からは24時間運用を実施している。また、全国から航空自衛隊等の輸送機で運ばれてきた救援物資を荷捌きし被災地へ輸送する救援物資の輸送拠点として利用された。さらに、被災翌日24日より運休

中の新幹線の代替輸送として新潟～羽田間に臨時便の空路が開設され、10月30日からは片道16便に増便された。上越新幹線が全線運転再開した12月28日までに延べ1,010便が運航し、約21万人の旅客に利用された。

3.3 2007年能登半島地震による能登空港の被害と復旧

2007年3月25日09時41分、能登半島の深さ11kmを震源とするマグニチュード6.9、震度6強の地震（2007年能登半島地震）が発生し、死者1名、負傷者300余名の人的被害が発生した。この地震により、能登空港の滑走路にクラック発生等の被害を受けたが、速やかな応急復旧により、翌日には運用を再開した。国総研は、現地調査団先遣隊として、この応急復旧に際しての技術的助言を行った。

能登空港は石川県が設置管理する第3種空港で2003年に供用開始された。同空港は山岳空港のため、用地造成では切土・盛土各800万m³の大土工を行っている。滑走路は長さ2,000m、幅45m、誘導路は長さ210m、幅23mで、アスファルト舗装構造である。エプロンは200m×90mで面積18,000m²のコンクリート舗装構造である。滑走路の設計条件は、荷重区分は小型ジェットに相当するLA-2荷重で設計年数は10年、設計反復作用回数は5,000回である。路床の設計CBRは盛土部で9%、切土部で18%であり、その結果基準舗装厚は盛土部で最大67cm、切土部で最大47cmとして設計された。

この地震により滑走路に発生した横断方向のクラックは14箇所あり、うち主要な5箇所は工事記録と照合すると切盛境に発生していた。縦断方向のクラックは主に施工目地が開く形で発生しており、さらに縦断方向に2～3mm程度のずれが生じていた。横断方向のクラックで最大幅2cm、段差2cmと報告された箇所があったが、補修段階では、クラック最大幅1.5cm、最大段差1.5cmであった。断定はできないが、余震により再度動いたためと判定された。また、縦横断測量結果からは、滑走路センターで最大7cmの沈下量が確認された（2006年8月測量結果との比較）。この位置は、ほぼ最大盛土厚30mの位置に当たる。測量結果からは、縦横断とも規定の勾配を満足していることが確認された。

応急復旧については、25日22時頃から石川県能登空港管理事務所において対策会議が開催され、翌日から運用を再開するためには、どこにどのような補修を施すことが必要か、限られた補修用の資材を効率的に配分するための優先順位をどのように割り付けるか、さらに補修効果が運用に耐えられるかについて検討が行われた。補修方法は、クラックへの注入材施工及び段差解消のためのアスファルトを用いたすりつけが主である。その結果を直ちに施工部隊に伝達し、現地で施工結果を確認した。日曜日に発災したことから調達できた資材で補修できるエリアには限界があったため、優先順位付けには十分注意を払った。26日午前1時過ぎには準備した資材もほとんど使い果たし、主要な破損箇所の補修結果の確認を済ませた。翌日26日の午前6時半から明るい光の中で補修箇所の再確認、未補修で運用に支障となりそうな箇所がないことの確認を行った。また、段差の擦り付け箇所に車輪が載ったときに剥離等が発生しないことを確認するため、現地で調達できる最大の荷重車として消防車を走行させた。荷重レベルとしては小さいが、一種のプルーフローリングとして実施した試験である。

一連の確認行為を終了し、現地事務所として運用再開可能との判断に至り、午前 11 時には羽田からの第 1 便が無事着陸した。なお、2007 年度には、石川県が FWD 試験等による被災箇所の詳細調査を実施し、本格復旧が必要な箇所においては表・基層のアスコン層を撤去し路盤の再転圧、表・基層の再舗設を行っている。



写真-1 能登空港にて消防車試験走行

4. 空港の地震・津波対策に係る各種委員会での検討

4.1 地震に強い空港のあり方検討委員会報告

空港の耐震化については、阪神・淡路大震災を契機として、1996 年 12 月に「空港・航空保安施設の耐震性について」が取りまとめられ、管制塔等空港施設の耐震性の向上や非常用設備の配備等が進められた。また、新潟県中越地震時に新潟空港が果たした役割を踏まえ、地震災害時における空港の重要性が再認識されたところである。

国土交通省航空局では、2005 年 8 月に「地震に強い空港のあり方検討委員会」を設置し、地震災害時に空港に求められる役割と耐震性向上の基本的な考え方等について検討のうえ、2007 年 4 月に委員会報告「地震に強い空港のあり方」をとりまとめた。

この報告では、地震災害時に空港に求められる役割と耐震性向上の基本的考え方を整理するとともに、空港施設等の耐震性の現状を評価したうえで、耐震性向上策及び地震災害時の空港運用に際してのソフト施策を提案している。

地震災害時に空港に求められる役割と耐震性向上の基本的考え方については、まず、具備すべき耐震性として、一般的な地震動に対して航空機の運航に必要な機能に著しい支障がないこと、大規模地震動に対して人命に重大な影響を与えないこと及び航空機の安全運航のため航空管制機能が停止しないこととした。また、緊急輸送の拠点となる空港に求められる機能は、発災後極めて早期の段階での救急・救命活動等の拠点機能、発災後 3 日以内の緊急物資・人員等輸送の受け入れ機能とした。緊急輸送の拠点となる空港のうち、航空ネットワークの維持、背後圏経済活動の継続性確保において重要と考えられる空港を航空輸送上重要な空港とした。特に、旅客数が年間 1 千万人超の大都市圏拠点空港、主要地域拠点空港、夜間駐機が多く航空事業者の拠点となっている空港は、これらが被災すると航空ネットワーク全体の機能低下を招く可能性が極めて高いことから、これらの空港に求められる機能は、発災後 3 日を目途に定期民間航空の運航が可能となり、極力早期に通常時の 50%に相当する輸送能力を確保し、航空ネットワークの維持及び背後圏経済活動の継続性確保と首都機能維持を図ることとした。

委員会検討時の空港施設等の耐震性の状況については、約 4 割の空港が大規模地震動に対し液状化の可能性があるほか、耐震性の確認が済んでいない地下構造物、橋梁・高架が

多い。庁舎・管制塔・自治体管理事務所及び旅客ターミナルビルについては、約 2 割が旧耐震基準に準拠した施工であるため耐震性の確認が必要である。航空保安施設及び航空路関連施設については、航空路監視レーダー等の覆域が概ね二重化されているが、建屋は古く耐震性の課題があるものが多い。

空港施設等の耐震性の向上策については、緊急輸送の拠点となる空港にあつては、自衛隊輸送機等の離発着に必要な滑走路長（2,000m 程度）及びこれに合わせて必要な誘導路・駐機場等の耐震性の確保を行う。また、航空機の夜間や低視程時の安全運航のために必要な航空保安施設の耐震性の確保を行う。さらに、航空輸送上重要な空港にあつては、定期民間航空輸送が通常時の 50%の輸送量の確保に必要な滑走路の本数と全長の耐震性の確保、ILS 関連施設の転倒・傾斜の防止、レーダー施設の免震装置の整備等を行う。

航空輸送上重要な空港として 13 空港を想定し、これらの空港の耐震性向上には概ね 10 年で約 2000 億円を要すると見込まれた。また、大規模地震に対し、緊急輸送に活用できる空港が 100km 圏域内にある人口の割合が 38%に過ぎないと指摘した。

地震災害時の空港運用については、災害時における空港の役割の周知など減災に向けた対策、緊急施設点検手引書の充実など災害後の対策等のソフト施策を提案している。

4.2 空港における津波対策検討委員会

東日本大震災を受けて、国土交通省航空局では 2011 年 6 月、「空港における津波対策検討会」を設置し、仙台空港の被災及び復旧の状況並びに全国の沿岸域の空港の状況について分析を進め、「空港の津波対策の方針」をとりまとめることとしている。

空港の果たすべき役割及び想定すべき津波といった津波対策の前提条件を明確化したうえで、空港の津波対策として緊急避難体制の構築や空港機能の早期復旧のための対応、全国の空港における津波対策の進め方として、全国一律に対策を講ずべき基本的な事項並びに高リスクの地域の特定と早急な対策の見直しを検討している。

空港の果たすべき役割については、旅客、関係職員及び周辺からの避難住民等の人命を保護すること、また、地震発生時に仙台空港において駐機中又は地上走行中の民間旅客機が無かったが、こうした事態も想定し対策を検討することが必要となっている。また、発災後 3 日以内の初期段階において、救急・救命、捜索・救助、情報収集等の災害応急対策や、緊急物資・人員の輸送活動の拠点として機能させ、その上で、輸送上の重要性に応じできるだけ早期に民航機の運航を可能とするなど、災害時の空港の役割について検討が進められている。

緊急避難体制の構築については、ターミナル地区の旅客、周辺住民、空港関連職員等の避難対策として、津波浸水予想、情報入手・伝達方法、避難場所・避難経路、避難指示判断基準、避難者への対応を含む津波避難計画を関係者で事前に検討・調整することや、避難活動の実施体制を確立するため体制・役割分担等の明確化、また、避難計画の実施を確実にするための訓練等の実施等を検討することが必要と考えられる。さらに、滑走路及び誘導路上にある旅客機内は、速やかに旅客ターミナルビルに引き返すことを原則としつつ、パイロットが安全のため離陸することを選択する可能性も想定するとともに、津波の到達

時間や路面の状況等、航空機の安全な地上走行に必要な情報を収集し提供することが必要であると考えられる。

施設被害軽減・早期復旧対策については、シミュレーションに基づく漂流物の想定と除去作業計画の策定、炎上などの二次災害の防止策を含む漂流物対策の検討、仮設発電設備の搬入計画の策定や設置場所の水密性の向上など電源の早期復旧、民間航空機の運航再開に必要な場周柵の復旧計画の策定など制限区域の早期確保対策、道路・河川部局との連携によるアクセスの確保や排水対策の検討が必要と考えられる。

5. 大規模災害時における空港の課題

これまで、東日本大震災とともに、1995年阪神・淡路大震災、2004年新潟県中越地震、2007年能登半島地震の際の事例をもとに、震災による空港の被害、復旧、活用の状況を概観した。国土交通省航空局では、これらの教訓を生かし「地震に強い空港のあり方検討委員会」や「空港における津波対策検討委員会」において対策方針を検討している。

一方、これらの限られた事例では顕在化しなかった事態が今後発生した場合に備え、そのような事態をあらかじめ可能な限り想定し、様々な制約はあるもののハード・ソフトでこれに備えることも肝要であると考えられる。例えば、必ずしも蓋然性が高いとは言えないが、理論的には次のような事態が想定される。

- ・ 空港に津波・高潮が侵入し、航空機の胴体まで水位が上がり、満席の航空機が流された。さらに、他の航空機または旅客ターミナルビルに衝突した。
- ・ 空港に津波・高潮が侵入し、定期点検中で空の航空燃料タンクが流された。
- ・ 空港に津波・高潮が侵入し、船舶が空港内に流されてきて、航空機または旅客ターミナルビルに衝突した。あるいは、大型船舶が座礁して制限表面を塞いだ。
- ・ 地震による液状化で砂泥が大量にエプロンに流入して駐機中の多数の航空機の手輪が埋没し、身動きが取れなくなった。
- ・ 高盛土の空港で地震による大規模な地滑りが発生して滑走路が消滅した。復旧には少なくとも1年を要す。

また、空港研究部では、これまで事例研究として、首都直下地震が発生した場合における国内及び国際の民間航空輸送を広域的に空港間で分担する代替輸送の検討を行っている。この中では、羽田空港の機能低下や新幹線の3ヶ月程度の途絶を始め様々な被害想定を行った。この事例研究を通して、地震による旅行中止等もあるが、国内航空輸送においては羽田空港の代替空港は主に他の首都圏空港が期待される可能性が高いこと、わが国の国際航空輸送の機能低下を最小限とするには関西国際空港及び中部国際空港にて数十便規模の臨時便増便が期待される可能性が高いこと等が浮き彫りとなっている。今後は、民間航空輸送のみならず、発災直後の捜索・救助、広域医療搬送、緊急人員・物資輸送についての空港の役割やその広域的な分担についての事例研究を行うなどにより、これら役割を果たすための対策の検討及びその優先度付与が求められている。

災害時に空港が期待される役割を果たすために必要な備えについて、以下の諸点を充実、

深化あるいは研究していくことが肝要であると考える。

- 心構えとして、人の命・健康・生活をより意識すること
- 事前対策として、防災拠点の耐震化・耐水化とBCP
- 初動対応として、情報収集提供・リエゾン・広域応援態勢・TEC Force

さらに、次の点も重要である。

- 時間軸で変化する空港の役割の認識
- 空港毎の危険因子・事態・被害の想定
- 空港固有の潜在的脆弱性カルテ
- 対策の合理的な優先順位付与
- 空港基本施設応急危険度判定（手引書等）
- 空港相互の役割分担・航空ネットワークの臨時再構築
- 以上に関する実働訓練

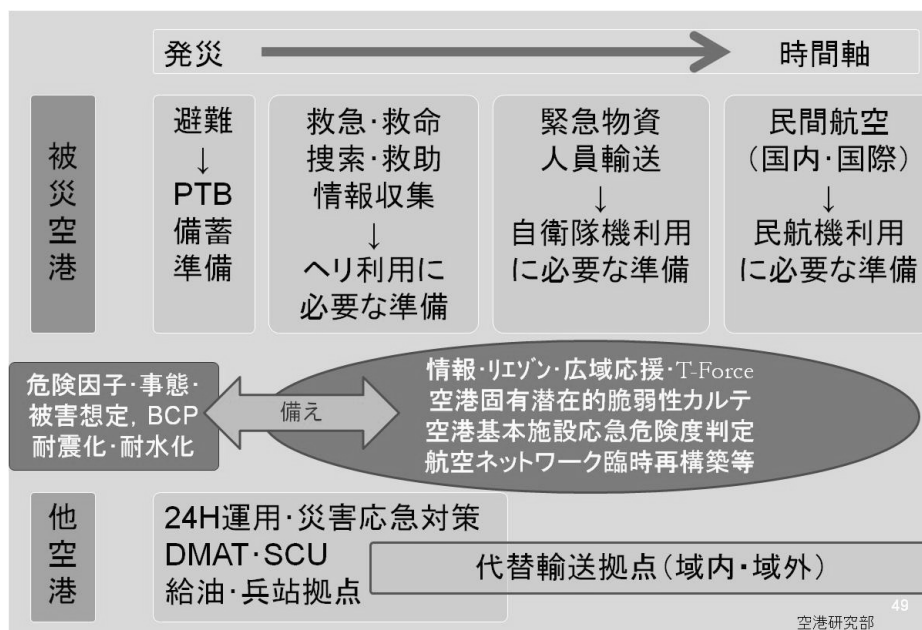


図-10 時間軸で変化する空港の役割と備え

6. 航空・空港を巡る最近の動きと課題

6.1 航空輸送の動向・特徴

世界の航空旅客流動について、1998年～2008年の10年間における流動（域内国際）の推移を見ると、アジア太平洋地域が2.3倍、中近東地域が3.6倍と著しい伸びを示している。今後の展望について、ICAO（国際民間航空機関）では、2025年までの世界の航空旅客輸送において、最も伸びが著しいのはアジア太平洋地域（年平均+5.8%）であり、輸送量も2005年に比べ約3倍に増加し、世界最大の航空市場に成長すると想定している。

一方、わが国に目を転じると、まず、国際航空旅客では、これまで右肩上がり増加傾向にあったが、2001年のアメリカ同時多発テロ、2003年のイラク戦争・SARS等の発生毎に一時的な落ち込みが見られたほか、近年では、2008年秋のリーマンショック以降の景

気後退を受け、減少傾向となっている。

次に、わが国の国際航空貨物輸送は、経済のグローバル化に伴い、機械機器・半導体等電子部品の輸送を中心に増加してきたが、近年、リーマンショック以降の世界的な景気後退を受けて大きく減少している。

国内航空旅客数は増加傾向にあったが、燃油価格高騰の影響により 2007 年度より減少に転じ、リーマンショック以降の世界的な景気後退を受けさらに減少している。また、国内全体の利用者の約 7 割は羽田空港の利用者である。

国内貨物輸送に占める航空の割合はトンベースで 0.02% と極めて少ないが、全体の貨物輸送量が減少傾向にある中で堅調に増加してきており、羽田便関係が全体の 75% を占めている。

訪日外国人旅行者数については、2003 年のビジット・ジャパン・キャンペーン開始以降、着実に増加してきたが、リーマンショック以降の世界的な景気後退、円高等の影響を受けたが、2010 年は、景気の持ち直し、首都圏空港の発着枠の拡大、中国の個人ビザ発給要件の緩和等により一旦は持ち直した。

6.2 航空会社・航空機の動向・特徴

航空輸送の動向や、羽田空港の新滑走路の供用開始による発着枠の増加などを受けて、国内の大手航空会社は、使用機材の小型化、多頻度化に舵を切る一方で、地方路線の撤退を進めるなど「選択と集中」を進めている。例えば、日本航空はかつて主力機材であった B747 シリーズを 2011 年 3 月で全機退役とした。一方、割安な運賃を武器とする新規航空会社（スカイマーク等）については、機材を增強し、新規路線の展開を図るなど、積極的な事業展開を進めている。また、初の国産ジェット旅客機である三菱航空機の MRJ については、2014 年度就航を目指して準備が進められている。

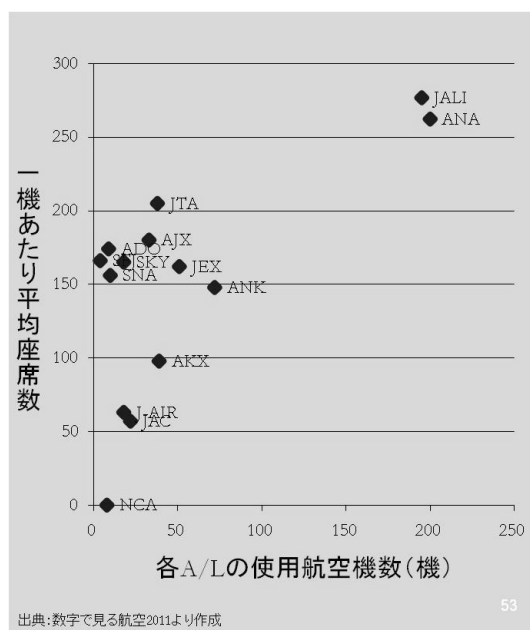


図-11 国内航空会社の使用航空機

世界に目を向けると、欧米を中心に、大手の既存航空企業がアライアンス（航空連合）を形成してネットワークの拡充や競争力の強化を図る傾向にあり、世界の航空企業は、大きく分けて、スターアライアンス（28 社）、スカイチーム（13 社）、ワンワールド（11 社）の 3 つに集約されつつある。

一方、欧米市場で発達した LCC（Low Cost Carrier：格安航空会社）は、東南アジア市場等においても積極的に事業を展開しており、世界の航空輸送市場において、LCC のシェアは全体の 2~3 割を占めるに至っている。LCC の事業形態は、①短距離かつ直行便を主とする運航、②機材回転率の向上、③セカンダリ空港の利用、④販売コスト削減・サービ

ス簡素化等の特徴を有しており、これにより低コスト、低運賃サービスの提供を実現している。わが国においても、ジェットスター、エアアジア X などの外国の LCC が日本路線に続々と乗り入れを始めた。国内航空市場においても、全日本空輸が関西国際空港を拠点とするピーチアヴィエーションを外国資本と共同出資で設立して 2012 年 3 月には運航開始するとともに、成田空港を拠点とするエアアジアジャパンを連結子会社として新たに設立したほか、日本航空もジェットスターと共同で新規 LCC に出資するなど、LCC はわが国の航空市場に一気に展開しつつある。

6.3 国土交通省成長戦略

人口が減少に転じ、急速に少子高齢化が進展するという厳しい局面において、将来にわたって持続可能な国づくりを進めるため、わが国の人材・技術力・観光資源などの優れたリソースを有効に活用し、国際競争力を向上させるための成長戦略の確立が焦眉の急となっていることから、各分野の有識者で構成される「国土交通省成長戦略会議」が設置され、2010 年 5 月 17 日に「国土交通省成長戦略」が取りまとめられ、公表された。

この成長戦略は、①海洋国家日本の復権、②観光立国の推進、③航空分野、④建設・運輸産業の更なる国際化、⑤住宅・都市の 5 分野からなる。航空分野の成長戦略は、6 つの戦略から構成されており、実現に向けて順次取り組まれている。

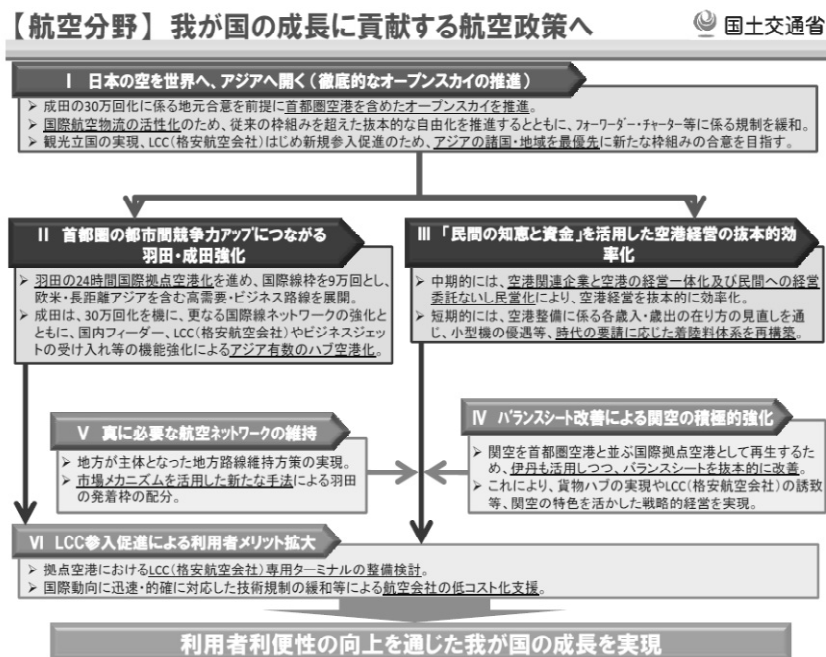


図-12 国土交通省成長戦略における航空分野の概要

7. 空港の課題と研究方針

東日本大震災や劇的な変貌を遂げつつある航空界の状況を踏まえ、国土技術政策総合研究所空港研究部においては、以下に掲げる分野の研究を重点的・戦略的に推進する必要があると考えている。

①災害時に期待される役割を果たせる空港に向けて

前述 5. 大規模災害時における空港の課題で論じた通り、災害時に空港が期待される役割を果たすために必要な今後の備えについて、充実、深化あるいは研究していくことが肝要な項目として、心構えとして人の命・健康・生活をより意識すること、事前の備えとして防災拠点の耐震化・耐水化と BCP、初動対応として情報収集提供・リエゾン、広域応援態勢・TEC Force、さらに、時間軸で変化する空港の役割の認識、空港毎の危険因子・事態・被害の想定、空港固有の潜在的脆弱性カルテ、対策の合理的な優先順位付与、空港基本施設応急危険度判定（判定プログラム・手引書）、空港相互の役割分担・航空ネットワークの臨時再構築、以上に関する実働訓練等が考えられる。

空港研究部では、これまでリスクマネジメントの研究に取り組んできており、例えば事例研究として、首都直下地震発生時の国内及び国際の民間航空輸送を広域的に空港間で分担する代替輸送の検討を行っている。この中では、羽田空港の機能低下や新幹線の 3 ヶ月程度の途絶を始め様々な被害想定を行っている。この事例研究を通して、国内航空輸送においては羽田空港の代替空港は主に他の首都圏空港が期待される可能性が高いこと、わが国の国際航空輸送の機能低下を最小限とするには関西国際空港及び中部国際空港にて数十便規模の臨時便増便が期待される可能性が高いこと等が浮き彫りとなっている。

今後は、空港の津波対策の評価等に関する検討を進める。検討に際しては、東日本大震災では回避された航空機漂流等の最悪の事態を含め想定するとともに、各種制約下において対策に優先順位を付与することによる対策の最適化、対策への PDCA の導入を考慮し、また、結果重大性、発生頻度及び脆弱性という三つの評価軸を用いつつ、対策の総合的な評価方法について検討を進めることが重要であると考えている。また、発災直後の捜索・救助、広域医療搬送、緊急人員・物資輸送についての空港の役割やその広域的な空港間の分担についての事例研究を行うなどにより、これら役割を果たすための対策及びその優先度付与に係る検討も求められる。

②安全・安心で効率的な施設管理に向けて

空港施設に関わる技術基準の高度化に取り組む。空港基本施設（舗装）の設計に関する技術基準類は性能規定型の設計法となっているが、以下の観点からさらなる高度化が必要となっている。他の社会資本と同様に空港基本施設の戦略的維持管理の高度化が求められているところであるが、空港舗装、特にアスファルト舗装の材料について、いくつかの要求性能に対応した照査基準がみなし基準となっており、空港舗装基本施設のライフサイクルコスト（LCC）算定の精度向上のネックとなっている。アスファルト材料を力学的指標からと化学的指標から定量的に性能照査可能とすることにより LCC 算定精度の向上を図るとともに、長寿命化に対応した合理的な設計手法の確立、維持管理の簡素化を実現し、戦略的維持管理を高度化することは喫緊の課題である。舗装に用いる材料の特性を反映した走行安全性能に係る路面設計手法を開発するとともに LCC 算定手法を確立し、空港基本施設の合理的なマネジメント手法を構築する。

空港土木工事の適切かつ効果的な実施を支援するため、空港土木工事積算システムの改良、ユニットプライス型積算基準を含めた空港土木工事積算基準改訂原案の検討、空港工事共通仕様書、調査共通仕様書等施工管理基準案の検討等を行う。

空港施設の維持管理の高度化・効率化に取り組む。社会資本については、わが国の投資余力が減少する中、高齢化する既存施設の維持管理、更新、長寿命化が重要になってくるものと予想される。空港施設についても、その概成が図られつつある中、今後はこれまでに整備してきた施設について、より一層の効率的な維持管理が重要な課題となってくるものと考えられる。滑走路等空港舗装施設の維持管理については、航空機の安全性と定時性の確保を目的として、舗装施設の現状を的確に点検、把握し、適切に実施して行く必要がある。空港舗装施設の点検については、大面積を対象として施設がクローズされている夜間に短時間で実施する必要がある。こうした巡回等点検を支援するためのツールや調査・計画・整備・維持管理の各段階を通じた技術情報の共有のためのシステムの構築をはじめとした効率的な維持管理手法の検討、確立のための研究を行う。

③オープンスカイ・LCC 参入促進による利用者メリット拡大と国際競争力向上に向けて

政策シミュレーション手法の開発や精度向上を進める。具体的には、政策策定の基本的ツールとして、現行の航空需要予測モデルについて、一層の予測精度向上のため改善を進める。また、複数空港近接地域における役割分担のあり方や混雑空港における空港容量のマネジメントの政策ニーズが高まっていることから、航空政策による航空輸送市場への影響や効果を評価するための政策シミュレーションモデルの構築を進める。

また、国内航空輸送における多頻度・小型化の傾向、諸外国における LCC の台頭等の状況を踏まえ、航空市場の変化に対応した航空ネットワークの拡充、新規路線就航の可能性とそのために必要な施策等について研究を進める。特に、100 席以下のリージョナルジェットによる地方間路線の就航可能性、LCC による近距離国際線について焦点をあてて検討を行う。

航空貨物市場の空港選択メカニズムに関与しているプレーヤーとして、航空会社とともに、荷主・航空会社間の橋渡しをするフォワーダーが重要な役割を担っている可能性がある。航空貨物市場が状況変化する中で、フォワーダーの役割を加味した航空貨物市場の空港選択メカニズムを考慮しつつ競争力向上方策を検討する。

④真に必要な航空ネットワークの維持と空港経営の効率化に向けて

空港の地域経済に果たす役割は、インバウンドを始め観光客の当該地域における消費活動、地域の物産品の域外への移出や輸出等大きな役割を果たしている。このような空港の経済的な役割について正しく評価し、地域の活性化、観光振興のために空港の役割とそのより有効な活用法について検討を進める。

一方、空港経営を取り巻く環境は、人口減少、陸上交通機関の充実、機材の小型化、LCC の進展、空港予算の変化、改正 PFI 法の成立など大きく変化しつつあり、空港経営の効率化に向けた検討を進める。

8. おわりに

本稿では、震災による空港の被害、復旧、活用の状況を概観した上で、災害時に空港が期待される役割を果たすために必要な備えに関する検討状況を紹介するとともに、劇的な変貌を遂げつつある航空界における空港の課題をレビューした。

空港が空港として機能するには、少なくとも空港用地・制限区域、空域・制限表面、空港基本施設、航空保安施設、航空管制機能、電源、地上作業体制が必要である。空港の設置や拡張は一朝一夕でできるものではなく、また、災害時に空港を時間軸に応じて使えるように準備するのは容易なことではない。そして、空港の被災・復旧遅れは災害応急対策活動の支障になる可能性が高い。また、空港が災害時の代替輸送拠点として機能するには、スロット・スポット等に臨時便の増便余地が必要である点、つまりリダンダンシーの視点にも留意する必要がある。空港機能の確保について、改めて大きな課題を与えられたものと考えている。

参考文献

- 1) 石津緒：東日本大震災と航空，航空政策研究会，2011年6月29日
- 2) 池田哲郎：仙台空港の被害と応急復旧について，国土交通省国土技術研究会資料，2011年10月18日
- 3) 水上純一：東日本大震災 仙台空港基本施設の調査概要について，空港技術ノート vol.17，2011年6月
- 4) 関西国際空港株式会社：関西国際空港 CSR 報告書 2011，2011年10月
- 5) 小井土雄一：東日本大震災における DMAT 活動と今後の課題，第2回災害医療等のあり方に関する検討会資料，2011年7月27日
- 6) 左中規夫，角谷広樹，林利加：阪神・淡路大震災において関西国際空港が果たした役割，土木計画学シンポジウムテキスト，pp.523-528，1997年9月
- 7) 山口晶敬，白石修章，近澤龍一，山田雅行：関西国際空港における兵庫県南部地震動の解析，土と基礎 44-2 (457)，pp.19~24，1996年2月
- 8) 運輸省：平成7年度運輸白書 第1章
- 9) 国土交通省北陸地方整備局港湾空港部：平成16年（2004年）新潟県中越地震 港湾・空港の状況（速報版），2004年11月
- 10) 水上純一：平成19年（2007年）能登半島地震被害調査報告 9. 空港施設，国土技術政策総合研究所資料第438号，2008年2月
- 11) 国土交通省航空局：地震に強い空港のあり方，2007年4月27日
- 12) 本田勝：航空行政の現状と展望について，航空政策研究会，2011年1月17日