

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1104

March 2020

2018年台風21号被害の関西国際空港の復旧曲線について

波多野匠・中島由貴・中村孝明

Recovery curve of damage To Kansai International Airport caused by Typhoon
Jebi on September 4,2018

HATANO Takumi, NAKASHIMA Yoshitaka, NAKAMURA Takaaki

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 1104

March 2020

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは
〔〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019〕
E-mail:ysk.nil-pr@gxb.mlit.go.jp

2018 年台風 21 号被害の関西国際空港の復旧曲線について

波多野 匠*, 中島 由貴**, 中村 孝明***

要 旨

本稿は、信頼性理論に代表される確率論的評価方法による、今後の A2-BCP 等の実現可能性の定量的評価を踏まえ、2018 年 9 月の台風 21 号で被災した関西国際空港の性能の復旧過程について、数値データの記録を目的としたものである。まず、関西国際空港を構成する空港施設・機能の整理を行い、それぞれの機能に関係する機関の状況を示した。その上で、台風 21 号による個別の空港機能の被災復旧状況について、関係機関による公表情報を基に整理を行うとともに、空港全体としての復旧過程を推定した。また、航空便の運航再開状況を指標とした全体性能の復旧曲線を作成し、関西国際空港の性能の復旧過程を数値的に表現した。

キーワード：復旧曲線, BCP, リスクマネジメント, 複合災害

* 空港研究部国際海事政策分析官

** 研究総務官

*** 株式会社 篠塚研究所

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 国土交通省 国土技術政策総合研究所

電話：046-844-5019 Fax：046-842-9265 E-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

Recovery curve of damage caused by Typhoon Jebi to Kansai International Airport on September 4, 2018

HATANO Takumi *
NAKASHIMA Yoshitaka **
NAKAMURA Takaaki ***

Synopsis

In this paper, a probabilistic evaluation method based on reliability theory is used to present numerical data regarding the performance restoration process of Kansai International Airport, which was damaged by Typhoon Jebi in September 2018. First, the recovery statuses of damaged airport functions at Kansai International Airport were organized based on information published by related organizations, using which the recovery process for the entire airport was estimated. In addition, a restoration curve of the overall airport performance was created using the number of resumed flights as an index, and the restoration process of the operational performance of Kansai International Airport was numerically characterized.

Key Words : recovery curve, Business continuity plan, Risk management, Compound disaster

* International Maritime Policy Analyst, Airport Department

* * Executive Director for Research Affairs

* * * SHINOZUKA RESEARCH INSTITUTE

3-1-1 Nagase, Yokosuka City, Kanagawa 239-0826 Japan

Tel: 046-844-5032 Fax: 046-844-5080 E-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

目 次

1. はじめに	1
2. 復旧過程の確率表現と復旧曲線	1
3. 関西国際空港の被災復旧事例	3
3.1 平成 30 年台風 21 号の状況	3
3.2 関西国際空港の構成要素	4
3.3 被災復旧状況	6
3.4 空港全体性能の復旧過程	11
3.5 台風被害を受けたソフト・ハード対策	16
3.6 被災復旧状況に関するまとめ	16
4. まとめ	18
参考文献	19
付録	20
付録 A 関西国際空港 台風 21 号の復旧曲線（旅客便運航）	20
付録 B 関西国際空港 日別運航実績の推移（定期旅客便） 2018 年 9 月 3 日～10 月 2 日	21
付録 C 平成 30 年台風 21 号に係る関係機関の発表情報等	22

1. はじめに

大規模地震、台風災害を受けて、国土交通省航空局から、自然災害に対する考え方が適宜示されている。2007年「地震に強い空港のあり方」が示され、発災から3日目途に民間航空機の運航再開、極力早期に通常の運航能力の50%の確保等が明記されなど、一定の期限までに一定の空港性能を復旧する目標を設定した意味では画期的であった。2019年4月「災害多発時代に備えよ!!～空港における「統括的災害マネジメント」への転換～」が示され、「空港全体としての機能保持・復旧」といった空港全体性能や、利用者の滞在も考慮した「都市」としての機能保持も明記された。また、災害の多発化・複合的災害リスクも認識し、事業継続計画（BCP）やタイムラインについても着目した。これを受け、2019年11月「「A2-BCP」ガイドライン～自然災害に強い空港を目指して～（案）」において、空港全体性能を支えるものとして、電力供給機能、通信機能、上下水道機能、燃料供給機能、空港アクセス機能まで、具体的に着目した先進的な空港の業務継続計画（A2（Advanced/Airport）-BCP）のガイドラインが示された。

A2-BCPの達成を目標に、施設の補強など事前の対策が求められるが、ヒト・モノ・カネといった資源に限界がある中、A2-BCP達成の定量的評価を踏まえ、優先順位付けられた効果的効率的な事前対策の実施が求められる。しかし、A2-BCPはあくまでも目標であり、災害は不確実事象であり、発災した場合にどの程度までA2-BCPが達成できるかという定量的評価は、将来の予測そのものであるため、確率論的方法の導入は不可避である。さらに、確率論的方法は、複数機能や複合的災害に対しても確率と算により容易に評価できる。

他方、2008年「陸上空港施設の性能照査に必要な事項等を定める告示」において、不確実性を考慮した設計法、すなわち確率論を前提とした信頼性設計の導入を目指してきた。また、空港運営のコンセッション方式の導入にあたり、「民間能力を活用した国管理空港等の運営等に関する法律（平成25年法律第67号）」の規定に基づき、2013年に告示された「民間の能力を活用した国管理空港等の運営等に関する基本方針」において、国管理空港運営権者に災害等に対する保険の加入を義務付けた。このように、空港分野の一部では、信頼性設計や保険の淵源となる信頼性理論に代表される確率論的方法がすでに導入されている。

しかしながら、確率論的方法はデータの蓄積に応じて予測精度も向上するもので、データが重要であるにもか

かわらず（図-1）、過去のトピックス的な空港災害において、その性能の復旧過程について、十分なデータが、

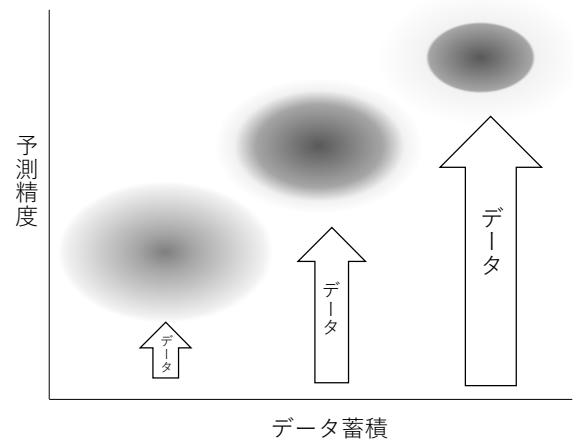


図-1 データ蓄積による予測精度の向上のイメージ

収集されてこなかった。データはあっても、被災変位を図面にした被災構造物集一覧や復旧工事誌などに留まり、人為的要素も含む復旧過程の経時変化を系統的に収集し蓄積することは、ほぼ皆無であった。本稿は、信頼性理論に代表される確率論的評価方法による、今後のA2-BCP等の実現可能性の定量的評価を踏まえ、2018年9月の台風21号で被災した関西国際空港の性能の復旧過程について、数値データの記録を目的とするものである。空港は、管理者が異なる多数の施設の集合体であることから、各施設の管理者からの公式発表及び報道資料から、空港全体の復旧過程を推定するものとする。

2. 復旧過程の確率表現と復旧曲線

図-2は、本来の性能が低下あるいは停止し、その後元の性能に回復するまでの経時的なプロセスを描いたもので、予測される復旧過程を視覚化したものである。図-2(a)において、横軸は復旧に要する時間で発災からの経過時間で示しており、縦軸は性能である。縦軸の性能は一般的に、本来の性能を1.0又は100とした性能回復率で表すことが多い。点線は、BCPで目標とした復旧過程を示している。

一方、災害による被害の発生規模や復旧時間は不確実性を伴うので、図-2(b)の細い実線で示すように、様々な（無数の）復旧過程が予想され、予想に漏れがない限りこの中の一つは必ず実現することになる。また、BCPも予想される復旧過程の一つであるといえる。このように、復旧過程を確定的に設定することはできない。つ

まり一貫して確率論的アプローチを採る必要がある。

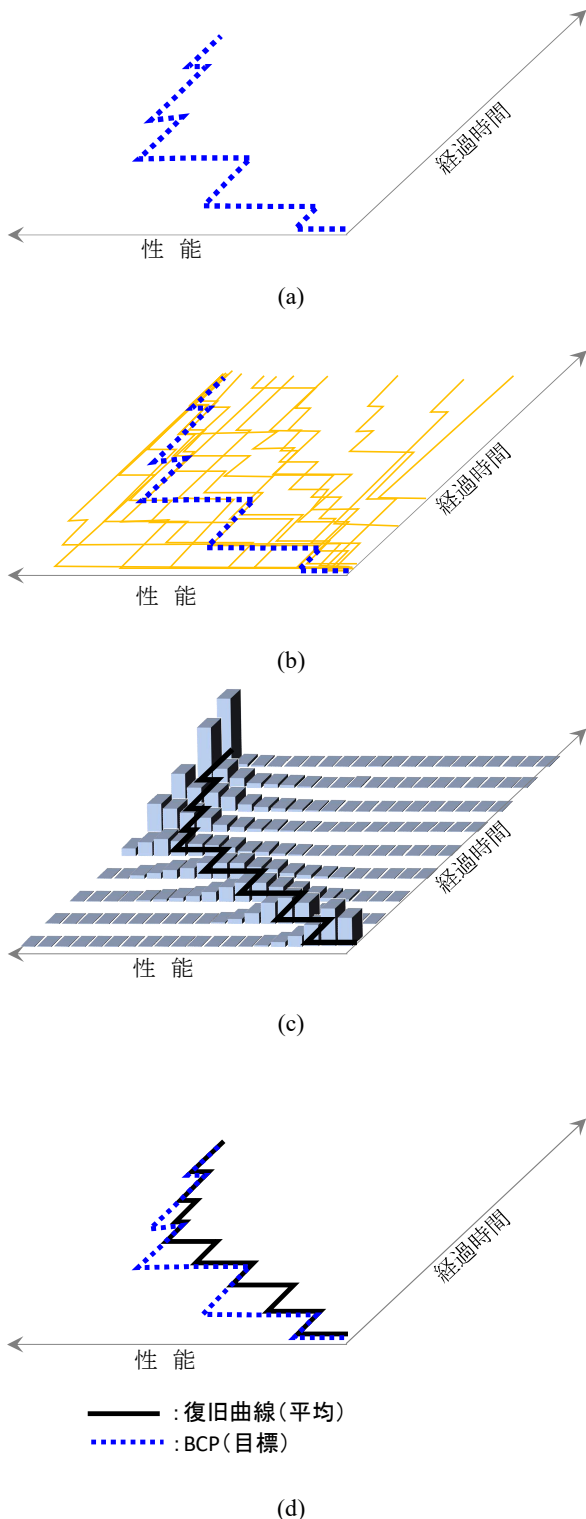


図-2 性能の経時的プロセス

図-2 (b)の細い実線群は、実際には、図-2 (c)の鉛直方向の柱体が示すように確率分布する。これは、発災からのある経過時間断面において、復旧した性能の確率分布

であり、すなわち、復旧過程は経過時間を条件とした場合の性能の確率密度関数で表現できることが分かる。ところで、実現するであろう復旧過程を特定することはできないため、例えば、平均的な曲線を復旧曲線(太い実線)として代表することとする。

図-2 (d)においては、BCP は目標とする復旧過程であるので、太い点線で再掲すると、予想される平均的な復旧過程である復旧曲線との乖離が明確に把握できる。これを分析することにより、対策の弱点などを炙り出すことができる。復旧曲線は、平均だけでなく、超過確率別にも作描することができ、そのうちの 하나가 BCP を表す復旧曲線に近似すれば、BCP の実現可能性を確率で把握することも可能となる。

内閣府から事業継続ガイドライン¹⁾が公開された当初、復旧曲線は概念として用いられ、定量化の道筋すら示されていなかった。その後、生産工場²⁾、電力供給³⁾、道路施設⁴⁾、水力発電施設⁵⁾などを対象に、復旧曲線の定量評価が進み、最近では、建物機能のレジリエンス評価⁶⁾において、復旧曲線を使いレジリエンス性能を定量化する試みが行われている。また、ライフラインの機能停止による経済損失の評価⁷⁾、石油製品の供給停止による経済損失の評価⁸⁾などにも、復旧期間の予測が必須となる。このように、防災・減災を目指す上で、復旧予測への要請は極めて高いと考えるが、予測値と実際の復旧過程との整合性を含め、利用に耐えうる精度面での検証は課題を残している。

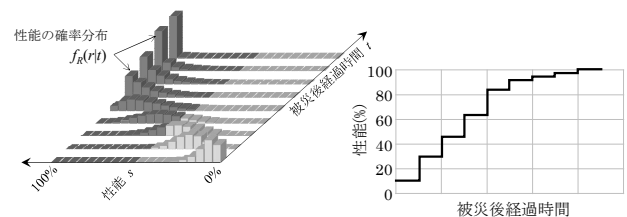


図-3 性能の確率分布と復旧曲線

図-3 は、性能の確率分布と復旧曲線を、数式を交え、再例示したもので、左は被災により予想される性能の低下を確率分布で表し、経過時間と伴に性能の確率分布が回復していく様子を示している。そして、性能の確率分布の平均値を求め、経過時間と伴に示したものが右の復旧曲線となる。図の $f_R(r|t)$ は時間 t を条件とした性能 r の確率密度関数である。本来であれば、性能が確率分布で記述されるため、復旧過程は無数に予想できることになるが、実現するであろう復旧過程を特定できないため、平均的な復旧過程を復旧曲線として代表している。式で

表すと以下ようになる．なお，復旧曲線の評価の詳細は文献 9)を参照されたい．

$$R_D(t) = \int_0^{1.0} r \cdot f_R(r|t) dr \quad (1)$$

図-4¹⁰⁾は東日本大震災における仙台空港の民間航空機の運航能力の復旧過程を示した図である．

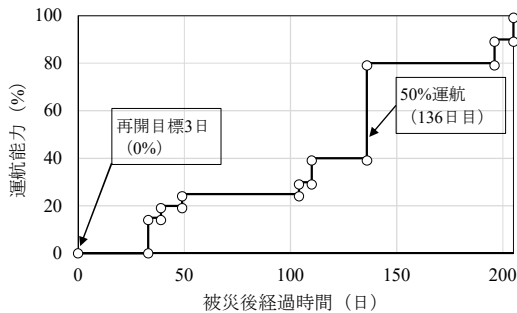


図-4 東日本大震災における仙台空港の復旧過程

図-4 より発災から3日目の民間航空機の運航能力は0%であり，また運航能力50%を回復するのに136日要し，完全復旧には200日を越えている．これは無数に予想される復旧曲線の実現値と解釈できる．仮に，被災前に復旧曲線を推計していた場合，予測値と実現値の比較から，推計の妥当性，乖離があればその理由，さらにベイズ的手法による推計情報の更新なども可能となる．推計の実証例として，ロサンゼルス市を対象に，ロマプリエータ地震（1989年）による供給支障電力の復旧過程を評価した研究¹¹⁾がある．そこでは，一部に実際の復旧時間を適用しているものの，実現値との比較から平均的な復旧過程の妥当性を示している．

復旧曲線は空港機能のレジリエンス評価，防災対策の検討，あるいはBCP策定支援など，その有用性は極めて高い．しかしながら，実用に供するには，施設の損傷確率を評価するFragility Curveや被災した施設の資材調達や修復時間など，復旧曲線の評価に必要な情報の整備が求められる．そのためには，被災事例から，被災の状況と外力の関係，復旧期間や遅延した要因などを調査するとともに，図-4に示すような復旧曲線の実現値を確定することが必要である．

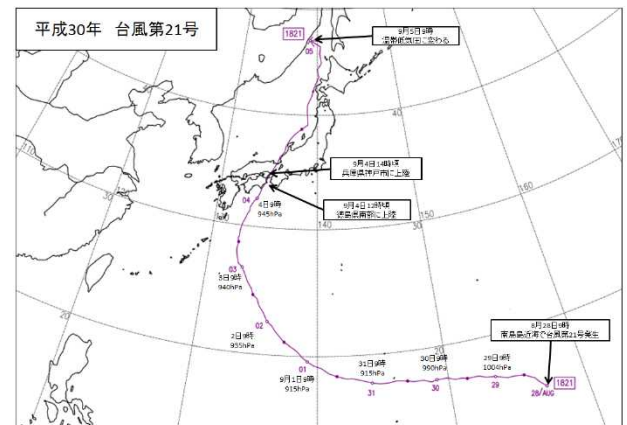
なお，仙台空港の緊急輸送も含めた復旧状況については，国土技術政策総合研究所資料 No.655，同 No.718，同 No.962を参照されたい．

3. 関西国際空港の被災復旧事例

3.1 平成30年台風21号

台風21号は2018年8月28日に南鳥島近海で発生．9月4日には非常に強い勢力で徳島県南部に上陸し，その後神戸市付近に再上陸，近畿地方を縦断しながら日本海に抜け，5日9時に温帯低気圧に変わっている．

この台風では，全国で死者数が14名に上るなど，近畿地方を中心として大きな被害が生じた．強烈な風は電柱を倒壊させて，大阪府を中心として220万軒の停電が発生したほか，NEXCO西日本管内では高速道路の通行止め延長が最大で575kmに達するなどしている．大阪湾沿岸で広く高潮浸水が生じている．



出典：気象庁

図-5 平成30年台風21号の進路

この台風により，関西圏の3空港（大阪国際・関西国際・神戸）のうち，関西国際空港が大きな被害を受けたものの，大阪国際・神戸の2空港には空港機能に影響するような大きな被害は生じなかった．

これを受け，大きな被害により機能が低下した関西国際空港が，本格運用を再開するまでの代替措置として，大阪国際・神戸の両空港における国内線・国際線の代替受入措置が取られている．伊丹空港では1日の発着回数制限値が通常の370回から410回に増やされたほか，神戸空港では運用時間が6時～23時に拡大され，1日の発着回数制限も60回から90回に拡大されている．

この代替措置は10月10日まで行われ，大阪国際空港では9月14日～17日の4日間で20便，神戸空港では16・17日の2日間で2便の運航が行われたものの，国際線の運航はなかった．

3.2 関西国際空港の構成要素

(1) 空港概要

関西国際空港は、大阪湾泉州沖約 5km に位置する海上空港であり、1994 年 9 月 4 日に開港した。図-6 に関西国際空港の位置関係を示す。また、空港の主な施設を図-7 に示す。2018 年度の乗降客数（国際線及び国内線）は羽田、成田に次いで全国 3 番目となる約 2,900 万人の取扱があり、このうちの約 2,200 万人が国際線となっている。

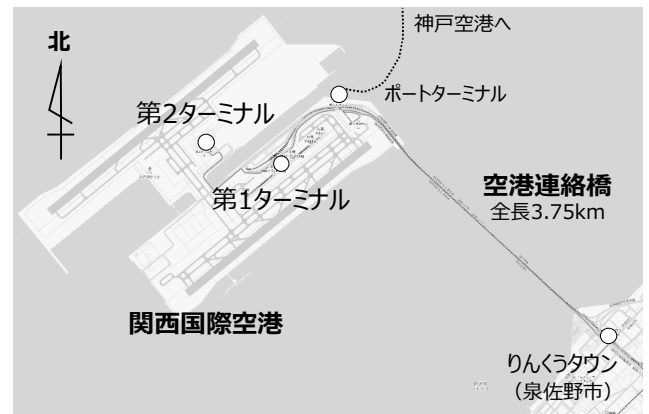
表-1 に関西国際空港の概要を示す。空港島は、滑走路長 3,500m の A 滑走路と第 1 旅客ターミナル（PTB1）、管制塔や複数の空港管理施設を有している 1 期島と、滑走路長 4,000m の B 滑走路を有する 2 期島（2007 年 8 月より供用）に分かれている。2 期島には、2012 年 10 月より第 2 旅客ターミナル（PTB2）の供用が開始されており、LCC ターミナルとして主に Peach Aviation の運航便に利用されている。

発着便数・旅客数共に PTB1 の取扱が多く、台風が接近する前日の 9 月 3 日時点では、PTB1 は 403 便（国際線 323 便、国内線 80 便）、PTB2 では 75 便（国際線 31 便、国内線 44 便）の旅客便が運航されている。この他 20 便の貨物便の発着もあり、1 期島南側には国際線貨物地区が設けられている。

表-1 関西国際空港の概要

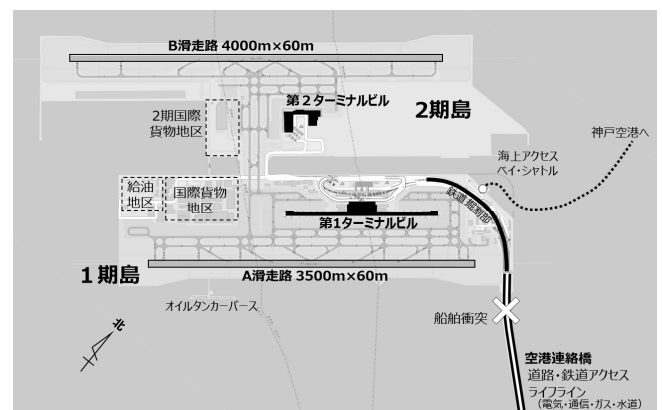
項目	内容
空港種別	会社管理空港
設置管理者	新関西国際空港株式会社(NKIAC)
空港運営者	関西エアポート株式会社(KAP) [オリックス、ヴァンシ・エアポート等による出資会社]
標高	5.3m
面積	1,067.7ha
滑走路	A(第1)滑走路 長さ:3,500 m 幅:60m B(第2)滑走路 長さ:4,000 m 幅:60m
運用時間	24時間
開港日	1994年9月4日

出典：大阪航空局，関西エアポート(株)より作成



出典：Oepn Street Map を加筆

図-6 関西国際空港の位置関係



出典：Oepn Street Map を加筆

図-7 関西国際空港の主な施設

(2) 空港の構成要素とプレイヤー

① 空港運営会社

関西国際空港は会社管理空港として運営されてきており、開港当初は関西国際空港株式会社、その後大阪国際空港と運営を統合した新関西国際空港株式会社（NKIAC）が設置管理者となった。

2016 年 4 月からは、いわゆるコンセッション方式による運営形態が取られており、NKIAC が関西エアポート株式会社（KAP）に対して 44 年間の空港の施設運営権を売却したことで、現在、KAP が空港運営を担っている。

一方で、空港機能は運営会社だけでは完結せず、多くの関係機関が存在している。災害時の空港機能の継続を考えるために必要な空港施設・機能について、何れの機関が関係し、あるいは管理下にあるのか、主な機関を以下に整理する。表-2 に関西国際空港に係る主な機能・関係者をまとめて示す。

表-2 関西国際空港の運用に係る主な機能・関係者

主な機能・施設		施設の主な管理者 等	施設所有
航空機運航機能	空港基本施設	空港運営会社(KAP)	設置管理者(NKIAC) ※一部、国
	航空灯火	空港運営会社	
	無線施設	国土交通省	国
	航空管制	国土交通省	
	グランドハンドリング	航空会社系、独立系会社等 複数社	—
ターミナル機能	給油施設	空港運営会社、新関西空港(NKIAC)	設置管理者(NKIAC)
	旅客ターミナルビル	空港運営会社	
空港アクセス機能	貨物ビル	空港運営会社	NKIAC 高速道路機構
	空港連絡橋	鉄道部分:新関西空港(NKIAC) 道路部分:NEXCO西日本	
ライフライン機能 (連絡橋部分)	高速船	停泊施設:空港運営会社 運航者:株OMこうべ	設置管理者(NKIAC)
	電気	関西電力	
	電話・通信	NTT西日本	
	水道	上水:空港運営会社(連絡橋及び空港島) ※下水は空港島内で空港運営会社が処理	
	ガス	大阪ガス	

※あくまで主な機能を挙げており、上記以外にも多数の機能が関係している。

② 航空機運航機能

a) 空港基本施設

航空機の運航のためには、航空機が発着するための滑走路と、航空機を留め置く駐機場、滑走路と駐機場をつなぐ誘導路が必要となる。これらの空港基本施設は、設置管理者の NKIAC が保有し、KAP による管理が行われている。

b) 航空灯火・無線施設

夜間や視認性が悪い状況において、航空機が安全に離発着するためには、航空灯火による補助や、ILS（計器着陸装置）などの航空無線施設が必要となる。

これらのうち、空港島内の航空灯火については KAP で管理しており、無線施設については、国の管理となっている。

c) 航空管制

航空機が空港に発着する際、航空機のパイロットは離着陸の許可を航空管制官から受ける必要がある。航空管制は国が担っており、空港島内の管制塔にて航空管制（飛行場管制業務 等）が行われている。

d) 地上支援（グランドハンドリング）

航空機が駐機場に到着時・出発前には、地上支援が必要となる。地上支援業務には各種 GSE 車両（空港地上支援車両）が用いられることから、運航に必要な機材が整っている必要がある。グランドハンドリングは、航空会社のグループ会社や専門とする独立系の会社等が担っ

ており、航空機の運航者より請け負っている。

e) 燃料給油

航空機を飛ばすためには航空燃料を確保できることが重要となる。

関西国際空港では空港南東部にタンカーバースが設置され、タンカーによる燃料輸送が行われている。補給された航空燃料は給油地区の燃料タンクに貯蔵されており、各航空機まではハイドラントシステムにより、地下配管を介して駐機場に送られる仕組みである。消防法等の法定点検については、NKIAC が行っている。施設の通常の維持管理は KAP に委託され、そのグループ会社で行われている。

③ ターミナル機能

a) 旅客ターミナルビル

航空機が運航するには、離発着ができる状態にあることに加えて、ターミナルビルで旅客の取り扱いができる必要がある。

航空旅客は、旅客ターミナルで搭乗手続きを行い、手荷物を預け、保安検査を済ませて、国際線であれば出入国手続きを行う必要がある。

これらの機能はターミナルビル内や関連する建物に収められ、空港運営会社、航空会社、CIQ の各官署などがそれぞれの業務を行うため、ビル機能が正常に機能することが求められる。また、BHS（手荷物搬送システム）や PBB（搭乗橋）といった旅客取扱に係る装置はビルが設置し、テナントとなる航空会社らが利用するしくみとなっている。

b) 貨物地区

航空貨物の取り扱いは貨物上屋を介して行われる。関西国際空港には国際貨物地区があり、航空会社が自社で運用する上屋や、KAP の貨物棟などが設けられている。

④ 空港アクセス機能

空港のアクセスは、対岸の泉佐野市と 1 期島北端を結ぶ全長 3.75km の関西国際空港連絡橋（以下、空港連絡橋）による道路・鉄道アクセスと、空港島～神戸空港を結ぶ高速船による海上アクセスによって構成されている。

a) 空港連絡橋

空港連絡橋は、複線の鉄道部分と 6 車線の道路部分によって構成されており、このうちの鉄道部分については、JR 西日本が関西空港線として、南海鉄道の空港線とし

て旅客輸送事業を行っており、NKIAC が所有・管理をしている（軌道、電気設備等の管理は鉄道事業者に委託）。

道路部分については、NEXCO 西日本の有料道路となっており、管理と運営を行っている。但し、保有は日本高速道路保有・債務返済機構となっている。

この他、空港連絡橋には次項に示す複数のライフライン機能が添架されている。

b) 海上アクセス

海上アクセスについては、高速船運航会社（OM こうべ）により、110 人乗りの高速船ベイ・シャトルが 1 期島北側の船着き場と神戸空港間を片道約 30 分で結んでいる。また、船着き場の施設については、KAP の管理となっている。

⑤ ライフライン機能

a) 電力

空港島への電力は、関西電力が供給を行っている。送電ケーブルは空港連絡橋に添架され、空港島内の変電所に送電されたのち、各需要家の受電設備に送られている。

b) 通信

空港島と外部との通信は、NTT 西日本による空港連絡橋に添架された電話線や通信ケーブルにより行われている。

c) ガス

旅客ターミナルビルやエネルギーセンターで利用されるガスは、空港連絡橋に添架された大阪ガスの中圧ガス導管によって送られている。

d) 上下水道

上下水道のうち、上水は空港連絡橋に添架された給水管により、泉佐野市側から空港島内に送られている。空港連絡橋と空港島内の水道管は KAP が管理を行っている。なお、下水については、空港島内で KAP の浄化センターで処理されて再生利用等が行われている。

3.3 被災復旧状況

(1) 空港全体の被害発生までの流れ

a) 台風の接近と交通状況

関西国際空港の A・B の 2 本の滑走路は、台風 21 号の接近に伴い 9 月 4 日 12 時より閉鎖されており、航空便についても、前日 3 日の時点で既に多数の欠航が予定

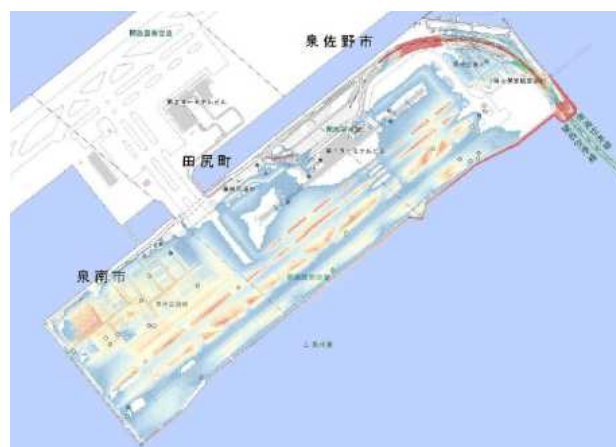
されていた。また、空港連絡橋についても、3 日の時点で NEXCO 西日本により通行止めとなる可能性が発表されており、4 日 13 時 20 分には通行止めとなっているほか、鉄道アクセスについても 9 時頃から運休となる見通しが発表されていた。このほか、関西国際空港～神戸空港の海上アクセス船であるベイ・シャトルは 3 日の時点で全便欠航が決まっていた。

b) 高波浪による浸水

この状況下において、台風 21 号は 4 日 13 時頃に中心気圧 955hPa の強い勢力で大阪湾内を通過。この台風で最大の観測値となる最大瞬間風速 58.1m/s が関西国際空港にて観測されている。

台風により高まった潮位と強風による海水の吹き寄せにより、13 時頃より空港島内への浸水が始まったとみられている。空港内の総浸水量は約 270 万 m^3 に上り、全体の約 90%は護岸の越波によるもので、7%は護岸倒壊箇所からの浸水、残りの 3%は降雨や雨水排水管からの逆流であったと推算されている。浸水状況のシミュレーション結果を図-8 に、図-9 に 9 月 4 日時点での浸水の状況を示す。

流れ込んだ膨大な海水により、1 期島を中心に大規模な浸水が発生し、滑走路、駐機場等の空港基本施設が水没している。更に浸水範囲は 1 期島中央部の旅客ターミナルビル地域まで拡大し、ターミナルビルの地下施設への浸水が発生、ターミナルビル機能を支える電気・機械設備等が損傷する結果につながった。この他、貨物地区、給油地区などでも同様に浸水や強風による被害が多数発生している。



出典：関西エアポート㈱ ニュースリリースより

図-8 浸水状況（シミュレーション再現）



出典：近畿地方整備局 報道発表資料

図-9 関西国際空港の浸水状況（9月4日時点）

c) オイルタンカーの衝突

空港への浸水の発生に加え、4日13時45分頃には、強風により走錨したオイルタンカーが空港連絡橋に衝突する事案が発生。空港連絡橋の空港に向かう下り線道路の橋桁が大きく損傷し、その影響で連絡橋中央部のアクセス鉄道の軌道もずれ等の損傷を招いたほか、添架されたガス導管が損傷し、ガス漏れも生じている。

この結果として、道路・鉄道の空港アクセス機能が物理的に寸断され、海上アクセスも運航できない事で、空港島内には多数の空港利用者や職員・従業員ら7,800人以上が孤立することとなった。

以下に、各空港機能の被災・復旧状況について、関係機関の発表資料などを基に、俯瞰する。

(2) 空港の復旧目標

関西国際空港の復旧に当たっては、被災から3日が経過する9月7日に「関西国際空港の早期復旧等に向けた対策プラン」の策定が国土交通省より発表され、「①運用再開のための緊急供用（9月7日）」、「②暫定運用のための対応（9月中旬を目途）」、「③本格運用のための対応（施設点検後に時期を確定）」の三段階での復旧の方向性が示された。

翌8日には、「KIX 早期復旧計画（9月8日付）」をKAPが発表し、2期島施設を利用した緊急供用（公表時点で供用済み）や、1週間後を目途としたPTBIの部分供用による暫定対応が目標とされている。これをまとめたのが表-3である。

なお、本格供用の時期については、早期復旧計画発表時でも未定であり、復旧目標を9月21日とすることが13日に発表された。

表-3 KIX 早期復旧計画の復旧目標（9/8発表）

復旧 ステータス	①緊急供用	②暫定供用	③本格供用
時期	2018年9月7日	約1週間後	確認中
目標	T2国内線の供用	・T1国際線・国内線の部分供用 ・T2の全供用	・T1の全供用 ・国際貨物の供用
概要	・二期島離着陸施設 ・T2国内線ターミナルビル ・T2国際線ターミナルビル	・A滑走路、誘導路、駐機場一部 ・T1メインターミナルビル 〔4階南側チェックイン機能、CIQ機能〕 ・T1南ウィング	・A滑走路、誘導路、駐機場全面 ・T1メインターミナルビル 〔4階全チェックイン機能〕 ・T1全体 ・国際貨物地区

※表内の記載は9月8日発表時点の内容

出典：関西エアポート㈱ ニュースリリースより作成

(3) 航空機発着機能

①空港基本施設・航空保安施設等

1期島がほぼ全面的に浸水したことで、A滑走路や誘導路、駐機場など空港基本施設には滞水が生じたり漂流物が散乱したりするなど、航空機の運航ができない状態となった。

通常利用される雨水排水ポンプは、電源が浸水により故障するなどしており、空港連絡橋の車両通行が可能となった9月5日からは、TEC-FORCEとして派遣された近畿地方整備局のポンプ車10台による排水作業が開始され、6日16時時点でA滑走路と誘導路の排水が完了。10日までには延べ37万㎡の排水作業を完了している。

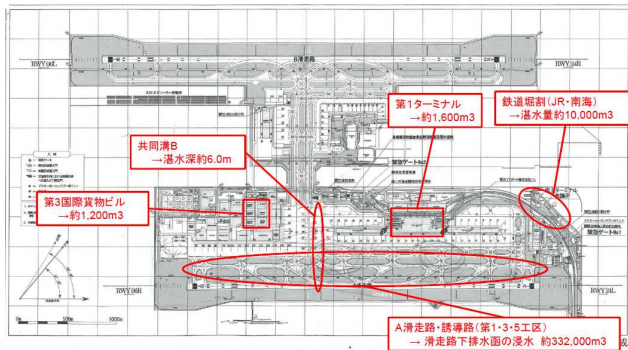
図-10に排水作業の実施箇所を示している。

舗装面の清掃作業も行われたことで、8日時点でA滑走路はVFRでの発着が可能レベルになったとされており、成田空港から到着したスーパカーの支援を受けながら、11日頃には清掃作業はほぼ完了している。

また、航空灯火については一部損傷が生じたとされ、破損した灯火や電源設備の交換が行われている。

航空無線施設では、4基中3基のILSが水没し、航行援助施設の一つであるVOR/DMEが停電により一時的に停止するなどの影響が生じている。これら無線施設についてはいずれも9月6日未明に復旧となった。

この他、倒壊した護岸の補修や排水ポンプの仮復旧が進められ、9月13日15時までにこれら空港基本施設・付帯施設への対応が完了している。



出典：近畿地方整備局 報道発表資料

図-10 排水作業の実施箇所

② ハンドリング

空港内にあった GSE 車両は、トーイングカー等の自走車両約 600 台と非自走車両 2,200 台のうち、9 割が冠水等の被害を受けたとされている。このため、車両の修理・点検が必要となったほか、運航再開に間に合わない車両は他空港より借り受けるなどの対応がとられている。

③ 給油施設

空港島が浸水したことで、給油施設関係にも被害が生じた。貯油タンク外側の防油低堤内が浸水したことによる錆の発生や、ハイドラントピットと呼ばれる地下送油設備への浸水、オイルタンカーバースの一部損傷などであった。

2 期島については 9 月 7 日時点でハイドラント施設の利用が可能となっているが、1 期島では点検が継続されている。

エプロン部分の航空機燃料ピットが浸水したが、大規模な部品交換まで至らず、洗浄で復旧した。これに伴い、航空機燃料の品質検査を行う必要が生じたほか、施設の安全点検のため消防法上の安全確認検査が必要となっている。いずれも、9 月 13 日までは確認が取られた。

(4) ターミナル機能

① 旅客ターミナル

a) 被害状況

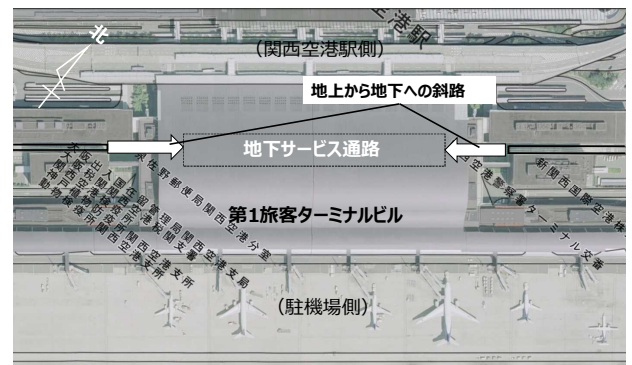
9 月 4 日 13 時以降に空港島に浸水が始まったとみられており、PTB1 や PTB2 の一部では 13 時半頃に停電が発生している。

PTB1 の地下にはサービス通路があり、地上から車両が入れるように 2 カ所の進入路が設けられている。また、地下にはターミナルビルの機能を支える電気室、防災センター、放送設備、機械室などが配置されている。

今回は浸水範囲が空港島中心部のターミナル地域に到

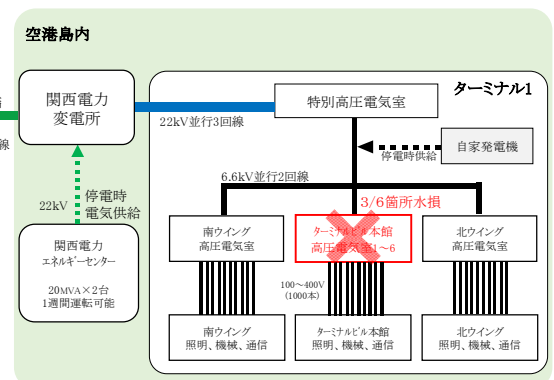
達したことで、(片側もしくは両方が公表情報からは判然としないものの) 地下サービス通路へ通じる斜路を伝って浸水範囲が拡大し、地下の PTB1 中央部(本館)の電力供給を担う高圧電気室に浸水が生じることとなり、ビルへの電力供給の約半分が停止。PTB1 本館の中央部や北側を中心に停電となったほか、地下にある防災センター、中央監視室、通信設備室、機械室も浸水が生じた。この影響は大きく、関連するビル内の照明・空調・放送・通信設備等が機能を停止する結果となった。図-11 に第 1 旅客ターミナルビル地下への浸水イメージを示す。また、第 1 旅客ターミナルビルの受電系統と高圧電気室の被害を図-12 に示す。

また、BHS や PBB などの機械設備も浸水により故障したことで、復旧が必要な状況となった。第 1 ターミナルビルの浸水被害の概要を表-4 にまとめて示す。



出典：地理院地図 Globe を加筆

図-11 第 1 旅客ターミナルビル地下への浸水イメージ



出典：関西エアポート(株) ニュースリリースより作成

図-12 第 1 旅客ターミナルビルの受電系統と高圧電気室の浸水

b) 復旧状況

地下施設の排水はポンプ車 2 台で進められ、9 月 6 日時点では床上 15 cm 程度浸水量となり、翌 7 日に排水作

業を終えている。また、排水作業に合わせて、点検復旧作業が開始されている。

8日の時点ではPTB1本館の一部区画が復電し、12日深夜から13日早朝にかけて、さらに復電範囲を広げている。この13日の復電に合わせて、エレベーターやエスカレーターなどの昇降機や空調、放送、IT設備（wi-fi、チェックインシステム等）など多くが復旧されることとなった。

BHSについては、国内線系統は使用可能な状態であったものの、国際線系統が被害を受けており、浸水部分の電気部品・制御装置の清掃・交換などが行われた。特に、被害の少なかったPTB1南側エリアのBHSの復旧が先に進められ、13日までには南側は使用可能な状態に復旧されている。

PTB1のPBBについては、7日時点では41箇所中18箇所のみが使用可能な状態であったが、13日の時点では26箇所にまで復旧された。

9月14日からはPTB1南側エリアの暫定供用が開始されており、残るPTB北側エリアの復旧作業（施設の復電、PBB、BHSの復旧）が進められることになる。その後、9月21日にはPTB1北側エリアの暫定供用が開始され、PTB1とPTB2が全面的に運用再開されている。

なお、PTB2については被害が軽微であったことから、9月7日より国内線の運航を再開している。

表-4 第1ターミナルビルの被害

被害を受けた主な設備	被害状況など
高圧電気設備	本館用の高圧電気室6箇所中3箇所が浸水
照明設備	一部で停電
防災設備（監視・消火・放送設備）	一部水損
空調設備	一部水損
昇降機（エレベーター・エスカレーター）	監視設備の水損
BHS（手荷物搬送システム）	電気部品・制御装置の浸水
PBB（搭乗橋）	浸水・強風による損傷
IT設備（wi-fi、フライト情報ディスプレイ、チェックインシステム等）	機器浸水

関西エアポート㈱ プレス資料等より作成

②貨物ターミナル

1期島の南西側に位置する国際貨物地区では、貨物上屋の浸水による、貨物の水没や作業用設備・車両の損傷といった被害のほか、電気設備を水没する上屋も生じている。また、強風により上屋のシャッターや屋根が飛散するなど、国際貨物の取扱いに影響を及ぼしている。

9月8日までに被害状況の確認が進められ、14日以降は貨物施設の復旧・再開が順次進められた結果、10月中には全ての貨物上屋で取扱いが再開している。再開準備にあたり、水害で毀損した貨物の処分等その取扱いについて、航空貨物事業者は、損害保険会社を介して荷主と調整しなければならず、その時間を要したものと考えられる。

なお、被害の少なかった2期島の国際貨物上屋については、9月7日より再開となった。

(5) アクセス機能

①道路アクセス

a) 被害状況

空港連絡橋にタンカーが衝突したことで、道路橋下り線の2本の橋桁が損傷。最大で約4m移動した状態となり、40cm程度の段差も生じることとなった。

また、連絡橋外側に位置するの道路桁が内側に押し込まれたことで、中央部にある鉄道部に接触。鉄道橋にも約50cmのずれが生じるなどの影響を及ぼしている。

さらに、鉄道橋に添架されたガス導管を損傷したことで都市ガスが漏出し、現場への接近を難しくする事態となった。

b) 復旧状況

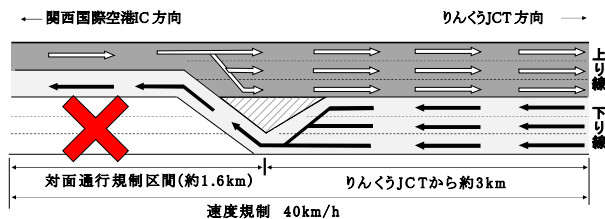
ガス漏れ箇所の安全が確認されたのが4日22時頃とされており、23時40分にガス漏れ箇所の立ち入り禁止が解除。翌5日0時40分からは、損傷のなかった上り線の片側交互通行の準備ができたことで、緊急自動車に限って通行可能となり、以後、通行可能な対象車両を救援・復旧に関係する車両に拡大されている。

また、5日9時頃からは空港会社が用意したバスによる、滞留者らの脱出が開始されている。海上の高速船ベイ・シャトルによる輸送も併せて行われ、5日23時までに輸送は完了。バスと高速船の合計で約7,800名が空港島外に脱出している。

7日5時10分からは上り線を利用した片側対面通行を行えるまでに復旧が進み、PTB2の国内線再開に合わせたリムジンバスの通行や、アクセス鉄道を代替する臨時シャトルバス（空港島～りんくうタウン駅間）の通行も可能となった。図-13に片側対面通行の状況を示す。

全部で25路線あるリムジンバスは、9月8日の時点で16路線が再開し、13日時点で19路線、19日時点は25路線全てが運行を再開している。また、空港島とりんくうタウンを結ぶ臨時のシャトルバスは、18日のアクセス鉄道再開まで運行された。

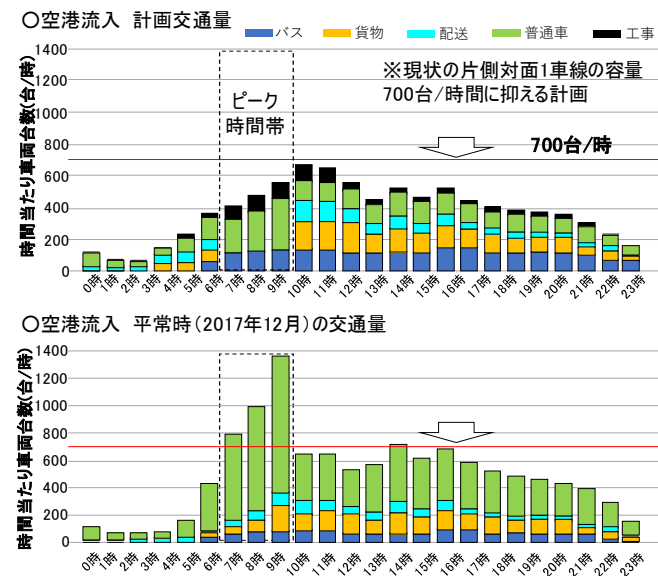
片側 3 車線の道路であった道路が片側 1 車線での運用となることから、道路交通容量が低下したが、図-14 に示すように、平常時の通行車両の多くを占める自家用車（旅客・職員ら）を規制したり、ピーク時間帯の貨物車両を制限したりするなど、計画容量内（700 台/時）に抑える対策が取られた。



出典：NEXCO 西日本 ニュースリリースより作成

図-13 損傷区間の片側対面通行

自家用車（旅客、従業員）の禁止、および貨物・配送業者車両の時間制限（6:00～9:00以外に空港流入）により、全体交通量を抑制。



出典：関西エアポート(株) ニュースリリースより作成

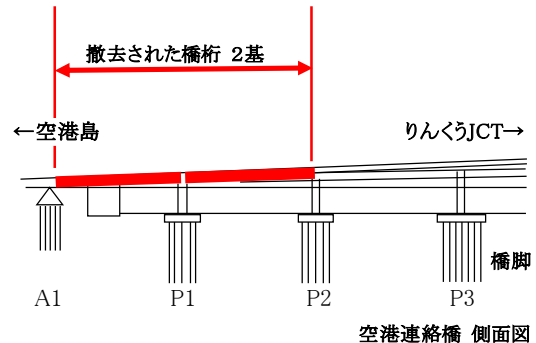
図-14 空港連絡橋の交通量の抑制

図-15 に示す 2 基の損傷した道路桁は撤去準備が進められ、12 日には一つ目の桁（A1～P1 間）が撤去され、14 日には二つ目の桁（P1～P2 間）が撤去された。

9 月 21 日の第 1 旅客ターミナル北側の再開時には、対面通行区間のうち、下り線が 2 車線化され、タクシー・ハイヤーの通行も可能となっている。その後の 10 月 6 日にはマイカー規制が解除され全ての車両が通行可能となった。

翌年 2019 年 2 月 14 日には新たな橋桁の架設が行われ、

設備・舗装等の整備が行われた後、3 月 7 日に 4 車線の通行路を確保。最終的に、被災から 216 日後となる 4 月 8 日に、元の 6 車線の通行路を完全復旧している。



出典：NEXCO 西日本 ニュースリリースより作成

図-15 空港連絡橋の損傷箇所

②鉄道アクセス

a) 被害状況

鉄道アクセスは、空港連絡橋の損傷（鉄道橋部の 2 基の桁や支承のずれ、架線損傷）と、空港島内の浸水による掘割部への冠水（ケーブル、機器類の損傷）の主に 2 か所で被害が発生した。

b) 復旧状況

空港連絡橋については、9 月 5 日より現地調査が開始され復旧検討が行われており、9 日からは応急工事が開始された。12 日に損傷した 1 基目の道路桁（A1～P1 間）が撤去された後、道路に平行する 1 基目の鉄道桁の健全度調査が行われた。さらに 2 基目の道路桁（P1～P2 間）が撤去された 14 日 14 時以降には、2 基目の鉄道桁の健全度の確認調査が行われ、同日中に鉄道桁に生じた 50cm のずれをスライドして戻す作業が行われた。その後 21 時頃には桁の移動を終えており、16 日中には軌道の整備や架線復旧が完了している。

一方の空港島内の掘割部への浸水については、9 日までに近畿地方整備局による排水作業が完了し、その後 13 日までに水没した設備やケーブル類の復旧が行われている。

空港連絡橋の復旧も進んだ 16 日の深夜から翌朝にかけて車両による試運転で安全確認が行われた。一定期間の運休は塩害を招くため、17 日は架線等の塩抜き作業が行われ、18 日始発から空港連絡橋の業務運転の再開となった。

なお、空港連絡橋の手前に位置するりんくうタウン駅までの運行は 9 月 8 日に再開となり、連絡橋～関西空港

駅の区間が運休となっていた。

③海上アクセス

空港に残る滞留者らを脱出させるため、9月5日6時頃より、ベイ・シャトルを災害救助船とした輸送が開始されており、同日22時35分に輸送を完了している。

PTB2の旅客便が再開された9月7日からは、ベイ・シャトルも通常運航を再開しており、需要量に応じて臨時便の増発が行われた。

(6) ライフライン機能

①電力

空港島内の電力は空港連絡橋に添架された送電線で送られており、空港島内変電所まで送電されて22kVに降圧された後、空港内の各事業者の施設まで配電が行われている。

また、空港島外からの電力供給が途絶えた場合には、空港島内のエネルギーセンターの発電機によりバックアップが行われているが、前述のとおり、今回の台風21号では、第1ターミナルビル内の高圧電気室が水没したことで、PTB1に電力供給ができず停電する事態となっている。

②通信

空港連絡橋にタンカーが衝突したことで、空港島と対岸を結ぶ電話・インターネット回線等の通信ケーブルが損傷し、衝突後は一部の通信回線（約790回線）が不通となった。その後、T2で国内線が再開される前日の9月6日21時07分頃には全ての回線が復旧されている。

③ガス

空港島へのガス供給は、空港連絡橋に添架された中圧導管により行われている。空港連絡橋へのタンカー衝突により管路が損傷したことでガス漏れが発生し、4日16時30分頃には空港連絡橋の被害点検作業が一時中断されている。

ガス管のバルブを閉止後、同日22時10分頃までには現地の安全確認がなされており、23時40分より空港連絡橋の点検が再開されている。

一方でガス導管は上り線・下り線に計2本あったことから、5日の健全性調査の後、順次空港島内への供給を再開できており、14日までには概ねの需要家へのガス供給が再開されている。

なお、空港島内のエネルギーは、エネルギーセンターによる発電時の蒸気を島内の2つのプラント（中央・

南）でエネルギーとして変換して各施設に供給されている。発電所ではガスだけでなく、灯油による発電にも対応していることから、ガス供給が停止した場合でも代替措置が可能となっていた。

④上・下水道

水道供給は空港連絡橋を介しているが、水道管に被害はなかった。

また、空港島の下水処理は空港島内の浄化センターで行われている。一時的な停電により運用を停止したものの、施設に被害がなかったことから、早期に運用を再開している。

3.4 空港全体性能の復旧過程

(1) 空港全体性能の定義

関西国際空港の各施設の被災と復旧が、空港の全体性能の回復に如何に影響を及ぼしたのか、復旧曲線として整理を行う。

ここで、空港全体性能を定義する必要があるが、航空機の運航能力について表現可能な指標として、定期便の運航便数を用いるものとし、発災前にスケジュールされた運航予定便数（計画数）に対する、発災後の運航実績の比率（計画比＝％）で表現することとした。

関西国際空港は、台風21号により定期便の運航能力を失った後、再開のために空港を構成する各機能要素の復旧作業を進めて空港全体としての運航能力を回復しており、その結果としての運航実績であると捉えるものである。運航便数並びに計画比を表-5に示す。

表-5 定期便運航便数の推移

		定期旅客便				定期貨物便		(単位:便)	
		実績		計 画 比	実績	計 画 比	実績	計 画 比	
		PTB 1	PTB 2						
発災1日目 2日目 3日目 4日目 5日目 6日目 7日目 8日目 9日目 10日目 11日目 12日目 13日目 14日目 15日目 16日目 17日目 18日目 19日目 20日目 21日目 22日目 23日目 24日目 25日目 26日目 27日目 28日目 29日目	9月3日	403	75	478	97%	20	91%	498	97%
	9月4日	64	22	86	18%	18	41%	104	20%
	9月5日	0	0	0	0%	0	0%	0	0%
	9月6日	0	0	0	0%	0	0%	0	0%
	9月7日	0	19	19	4%	0	0%	19	4%
	9月8日	0	47	47	10%	6	14%	53	10%
	9月9日	0	70	70	14%	5	17%	75	14%
	9月10日	0	72	72	15%	8	36%	80	16%
	9月11日	0	76	76	16%	21	48%	97	18%
	9月12日	0	86	86	18%	19	38%	105	20%
	9月13日	0	88	88	18%	19	34%	107	19%
	9月14日	119	77	196	40%	22	45%	218	40%
	9月15日	135	78	213	44%	17	40%	230	43%
	9月16日	139	70	209	43%	5	17%	214	41%
	9月17日	158	72	230	47%	8	36%	238	46%
	9月18日	179	74	253	52%	31	71%	284	54%
	9月19日	193	73	266	56%	31	59%	297	56%
	9月20日	199	74	273	55%	30	54%	303	55%
	9月21日	389	75	464	94%	32	65%	496	91%
	9月22日	403	78	481	98%	24	56%	505	95%
	9月23日	394	74	468	96%	9	30%	477	92%
	9月24日	411	77	488	99%	10	46%	498	97%
	9月25日	392	74	466	96%	31	71%	497	94%
	9月26日	388	72	460	97%	34	64%	494	94%
	9月27日	398	75	473	96%	46	82%	519	95%
	9月28日	382	71	453	92%	37	76%	490	90%
	9月29日	378	68	446	91%	32	74%	478	90%
	9月30日	75	17	92	19%	6	20%	98	19%
	10月1日	397	60	457	93%	17	77%	474	92%
10月2日	413	72	485	100%	32	73%	517	98%	

※到着便・出発便をそれぞれ1便としてカウント

関西エアポート㈱ ニュースリリースより作成

(2) 空港全体性能の復旧状況

a) 運航便数による復旧曲線

発災前後の定期便運航実績（表-5）を用いて、関西国際空港の復旧曲線を示したものが図-16~18 であり、縦軸を空港全体性能（運航実績の計画比）として、時系列での運航規模の回復状況の推移を示している。計画比で表現しており、被災前の 9 月 3 日の旅客便は、ほぼ 100%近い運航が行われていた。

i) 旅客便の復旧曲線

台風による被害を受けた 9 月 4 日を発災 1 日目とする

と、旅客便は 4 日目の 9 月 7 日に運航を再開。発災後 11 日目（9 月 14 日）に大きく運航規模を回復し、18 日目（9 月 21 日）には発災前と同水準の運航レベルに回復している。KIX 早期復旧計画の三段階での空港機能の復旧がなされたことが分かる。

ii) 貨物便の復旧曲線

貨物便については、旅客便が再開した翌日 9 月 8 日未明に初便が再開している。曜日による計画便数の変動が旅客便よりも大きいため、運航を再開した航空会社の運航が無い日には、計画比が低下する傾向がみられる。

また、旅客便が 9 月 21 日に概ねの 100%近い運航規模を回復する一方で、貨物便は 70%前後にとどまっていることが分かる。被害を受けた貨物上屋が全て復旧するのは 10 月となったことから、貨物便の運航規模回復に影響したものと考えられる。

なお、図中はいくまで貨物専用便の運航数について示したもので、現実にはベリー貨物の取扱いもあり、全ての貨物取扱能力を表現できているわけではない。

iii) 定期便全体の復旧曲線

旅客便と貨物便を合わせた空港全体の復旧曲線を示したものが図-18 である。

ほぼ、旅客便の復旧曲線と同じ形状を示しているが、貨物便の運航数が相対的に少なく、旅客便の回復が支配的であることが要因となっている。

また、PTB1 が全面再開した 9 月 21 日以降、旅客便の運航便数がほぼ 100%に大きく回復する一方で、貨物便の復旧は遅れたことから、21 日以降も復旧曲線が横ばいとなっている。

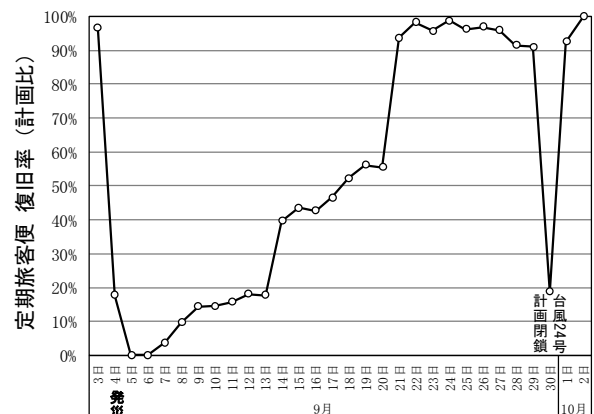


図-16 定期旅客便の復旧曲線

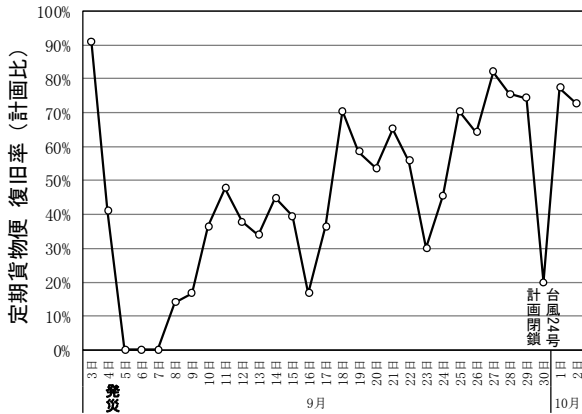


図-17 定期貨物便の復旧曲線

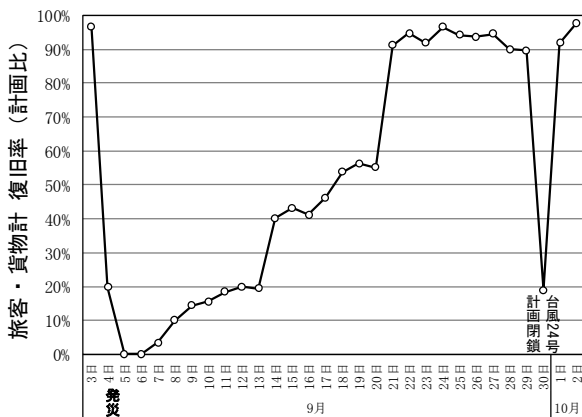


図-18 定期便合計（旅客+貨物）の復旧曲線

b) 空港全体性能と機能復旧の関係

前項で概観した空港全体性能の復旧曲線について、空港全体の性能回復に寄与したと考えられる各機能要素との関係について、節目となる各段階における復旧状況を比較し、整理すると次のとおりとなる。復旧曲線と運航便数の関係を図-19-22 に示す。また、旅客便の復旧と空港機能の再開状況の詳細については、付録 A に掲載している。

○【9/4～6】発災

発災当日となる9月4日は、午前中に一部の運航便があったものの、台風の接近した午後便は欠航しており、以後、5日、6日は運航の無い状況となった。

○【9/7】発災後4日目 PTB2で運航再開

2期島は被害が少なく、空港連絡橋も対面通行が可能なレベルに復旧。臨時のシャトルバス（鉄道の復旧状況に応じて、7日は空港島～日根野駅・泉佐野駅間、8日

からは空港島～りんくうタウン駅間）が運行可能となり、空港島へのライフラインも確保されるなど、ある程度の運航環境が整った9月7日に、PTB2とB滑走路を利用しての旅客便運航（国内線）が再開されている。

表-6 PTB2における国内線運航再開（9月7日）

【9月7日：出発便】
計 7便

便名	目的地	出発時刻
MM143	新潟	11:50
MM177	長崎	12:25
MM315	成田	14:40
JL224	羽田	15:05
MM217	那覇	15:45
MM199	鹿児島	19:15
MM137	仙台	18:35

【9月7日：到着便】
計 12便

便名	出発地	到着時刻
MM312	成田	13:10
MM154	福岡	13:25
JL225	羽田	14:20
MM126	釧路	15:00
MM144	新潟	15:00
MM178	長崎	15:30
MM138	仙台	20:15
MM318	成田	20:30
MM220	那覇	21:45
MM140	仙台	22:05
MM200	鹿児島	22:05
MM160	福岡	22:30

関西エアポート㈱ ニュースリリースより作成

再開したのは、Peach Aviation の運航便や、普段はPTB1 を利用している JAL 便の計 19 便となっており、発災前に予定されていた運航便数の約 4%に相当する便数となっている。

運航便の約 8 割を占める PTB1 が復旧しておらず、1期島は A 滑走路等の排水作業が続けられた状況であったことから、空港全体としての運航性能は限られた状態となっている。

○【9/8】発災後5日目 国際線・貨物便再開

9月8日はPTB2での国内線運航が拡大すると共に、国際線運航が再開。国内線33便、国際線14便が運航されて、旅客便は約10%にまで性能を回復したことになる。

また、7日に再開された2期島貨物上屋を拠点としているFedExの国際貨物便が運航再開を果たしている。

表-7 PTB2 における国際線運航再開（9 月 8 日）

【9月8日：出発便】 計 8 便	便名	目的地	出発時刻
	MM65	香港	12:00
	NH973	上海	12:20
	MM15	釜山	13:50
	MM27	台北	16:00
	MM9	ソウル	18:10
	MM11	ソウル	20:00
	MM67	香港	21:00
	MM79	上海	22:10

【9月8日：到着便】 計 6 便	便名	出発地	到着時刻
	MM22	台北	13:00
	MM16	釜山	17:25
	NH974	上海	17:55
	MM60	香港	20:35
	MM28	台北	22:15
	MM10	ソウル	22:25

※上記以外に国内線が運航

国土交通省航空局 プレスリリースより作成

○【9/11】発災後 8 日目 PTB2 通常レベルの運航

PTB2 では内際計 76 便の旅客便が運航され、発災前 9 月 3 日の水準（75 便）を回復。PTB2 は通常レベルの運航便となっている。

一方で、PTB1 は引き続き閉鎖されており、空港全体で見れば約 16%にとどまる状況であった。

○【9/14】発災後 11 日目 PTB1 南側再開

1 期島 A 滑走路の発着機能は 13 日までに排水・清掃等の復旧作業が終了。航空機燃料についても品質・安全が確認された。また、被害の少なかった PTB1 南側エリアでは、対応する PBB や BHS の再開準備が整ったことで、9 月 14 日から PTB1 の南側エリアを利用した暫定供用を再開。1 期島と 2 期島、A 滑走路と B 滑走路の 2 本を利用した空港運用が発災 11 日後に初めて可能となった。

この日、PTB1 では旅客便 119 便、PTB2 では 77 便が運航され、計画比の約 40%にまで大きく性能を回復することとなった。

また、PTB2 を代替ターミナルとして利用していた航空会社も PTB1 に戻っており、以後、PTB1 の取扱い便数は回復が続く。

○【9/18】発災後 15 日目 アクセス鉄道が再開

アクセス鉄道は、9 月 16 日には空港連絡橋区間の復旧を終えており、17 日早朝までの試運転を経て、9 月 18 日より通常運転が再開されている。

また、9 月 14 日の PTB1 暫定再開以降、PTB1 の旅客便の運航数は回復を続け、18 日には発災後初めて、

50%の旅客便運航便数を回復することとなった。

表-8 運航会社数の推移（ターミナル別・内際別）

		(単位:社)					
	日付	PTB1		PTB2		貨物便	
		国際線	国内線	国際線	国内線	国際	国内
発災	9月3日	53	8	2	1	7	1
	9月4日	19	5	2	1	5	1
	9月5日	0	0	0	0	0	0
	9月6日	0	0	0	0	0	0
PTB2 再開	9月7日	0	0	0	2	0	0
	9月8日	0	0	2	2	1	0
	9月9日	0	0	3	2	1	0
	9月10日	0	0	3	2	1	0
	9月11日	0	0	3	2	1	0
	9月12日	0	0	4	3	1	0
	9月13日	0	0	4	3	1	0
PTB1 南側 再開	9月14日	25	5	2	1	2	0
	9月15日	31	5	2	1	2	0
	9月16日	29	6	2	1	1	0
	9月17日	35	6	2	1	1	0
	9月18日	28	6	2	1	3	0
	9月19日	34	6	2	1	4	0
	9月20日	37	6	2	1	4	0
	9月21日	51	6	2	1	5	0
PTB2 全体 再開	9月22日	51	6	2	1	5	0
	9月23日	48	6	2	1	5	0
	9月24日	53	6	2	1	3	0
	9月25日	50	6	2	1	4	0
	9月26日	49	6	2	1	7	0
	9月27日	50	6	2	1	11	1
	9月28日	51	6	2	1	8	1
閉鎖	9月29日	53	4	2	1	9	0
	9月30日	25	5	2	1	4	0
	10月1日	53	6	2	1	5	0
	10月2日	52	6	2	1	6	1

○【9/21】発災後 18 日目 PTB1 北側が再開（暫定）

18 日のアクセス鉄道再開や 19 日のリムジンバス全路線再開に加えて、21 日には道路橋対面通行部分で下り 2 車線＋上り 1 車線の計 3 車線運用が可能となった。

また、PTB1 では BHS や PBB 等の復旧が進んだことで、9 月 21 日に残された PTB1 北側エリアの運用を再開。これにより、空港のターミナル機能はほぼ全面再開を果たしている。

旅客便の運航便数についても、21 日には前日 20 日の 55%を大きく上回る、計画便数の 94%に回復。翌 22 日には 98%に到達するなど、21 日のターミナルビル全面再開により空港機能としてはほぼ 100%に回復したものと考えられる。

○【9/30】台風 24 号接近に伴う計画閉鎖

大型の台風 24 号が接近することに伴い、9 月 30 日 11 時から 10 月 1 日 6 時までの間、滑走路の計画閉鎖が実施されており、運航便数は大きく減少している。

○【10/2】発災後 100%の運航便を再開

10月2日には、定期旅客便の計画便数485便に対して、全485便が運航されている。

○【10/6】マイカー規制解除

空港連絡橋の損傷後、マイカーやレンタカーの通行は交通容量の観点から禁止されていたが、9月21日の全面再開以降大きな渋滞が発生しなかったことから、大阪府警では規制解除を判断。10月6日0時より通行規制が解除された。

一方で、空港連絡橋に需要が集中する7～9時台は利用の抑制を呼びかけるなど、容量低下による交通渋滞を避けるための配慮が続けられた。

○【10/11】発災後38日目 BHS完全復旧、伊丹・神戸代替終了

9月21日の全面再開以後も、残る復旧作業が継続されており、10月11日にPTB1南側のBHSについて、機能復旧と運用安全性が確認されたことで、旅客施設が完全に回復。KAPでは本格運用再開として発表している。

これを受け、発災後に受入れ能力が低下した関西国際空港の代替先として、臨時便等の受け入れ措置が取られた大阪国際空港・神戸空港の代替受入措置は終了することとなった。

○【4/8】発災後216日目 連絡橋6車線復旧

2019年4月8日には、空港連絡橋にて発災前の6車線に復旧。これをもって台風21号により低下した空港の機能は全て復旧するに至った。

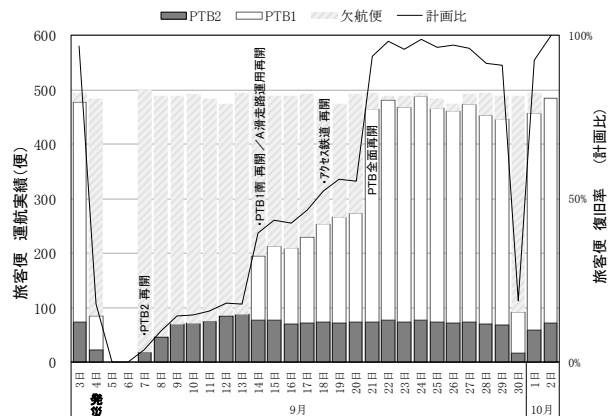


図-19 旅客便再開状況（ターミナル別）

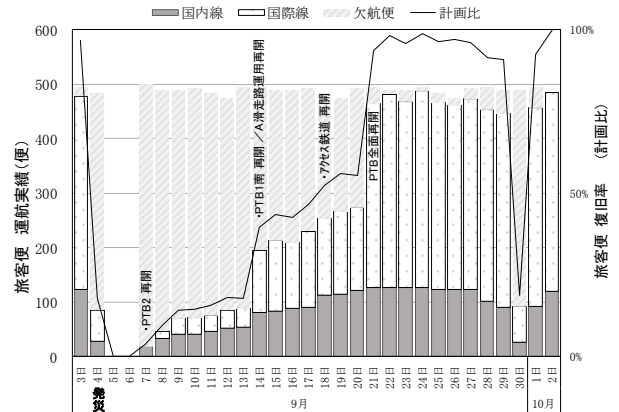


図-20 旅客便再開状況（国内・国際別）

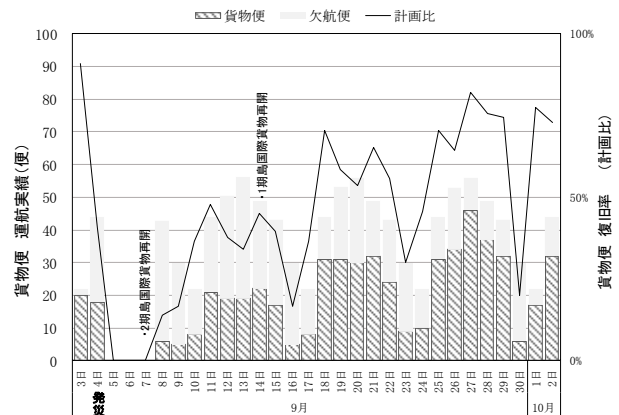


図-21 貨物便再開状況

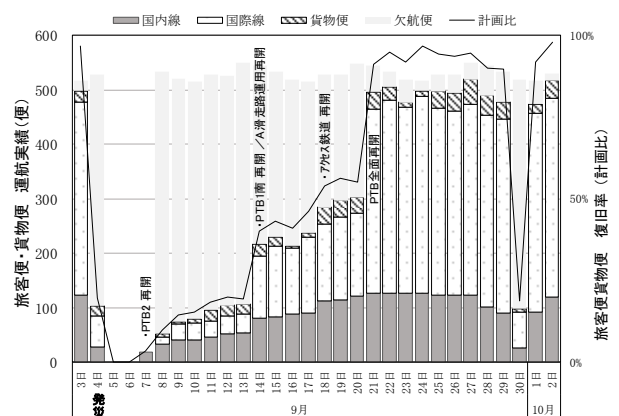


図-22 旅客便・貨物便再開状況

3.5 台風被害を受けたソフト・ハード対策

台風 21 号の浸水を受けたことで、KAP ではソフト面とハード面での対応への取組みを発表している。

ソフト面では、新たな BCP の構築が挙げられる。空港関係機関の情報共有や連携体制、空港内の滞留者対応での教訓や関係機関からの意見を踏まえつつ、電源やアクセス機能などの空港機能の喪失事態ごとの緊急対応や復旧計画が作られることとなった（表-9）。

一方のハード面の対策は、高波による浸水をそもそも予防するための越波防止対策（護岸の嵩上げや消波ブロックの設置、A 滑走路等の嵩上げなど）、浸水した場合の被害防止対策としての PTB1 などの地下電源設備の地上化や止水板の設置に取り組んでいる。また、復旧を早めるための排水ポンプ車の導入等が進められている。

このほか、タンカーの走錨により空港連絡橋への衝突事案が発生したことから、関西国際空港の周辺 3 海里の範囲では、台風等の直撃が予想される場合には、原則として船舶の航行が禁止されることとなり、他の地域でも走錨に対する対策を強化する取り組みが進められている。

表-9 新 BCP における機能喪失の事態想定

喪失機能	事態想定内容
1 電力	・施設ごとの電力系統が停電(第1・第2ターミナル、航空保安施設、排水施設、貨物上屋など) ・上記全ての電力系統が停電
2 通信機能	通信機能の停止(電話、インターネット、フリーWi-Fi)
3 上水	空港島外からの上水供給の停止
4 中水	トイレ使用が全面不可
5 排水処理	排水処理が不可
6 空港アクセス	空港連絡橋が使用不可、道路・鉄道共に24時間以上運行ができない場合
7 基本施設1	A滑走路・B滑走路のいずれかの滑走路が閉鎖となり、発着容量に影響が出た場合
8 基本施設2	A滑走路・B滑走路が共に使用停止となった場合
9 基本施設3	航空灯火の停止
10 ターミナルビル1	第1ターミナル・第2ターミナルの両方が使用不可
11 ターミナルビル2	第1ターミナルが使用不可、第2ターミナルが使用不可
12 PBB	PBBが全て使用不可
13 BHS	BHSが全て使用不可
14 航空機燃料供給	貯油タンク施設からの供給停止
15 貨物取扱施設	航空貨物の取り扱い不可
16 航空管制	管制業務に関わる機能喪失
17 重要システム	重要システム(社内LAN、警備システム、スポット管理システム、国際線チェックインシステム、旅客案内情報システム、等)
18 人的資源	空港運用の継続に必要な不可欠な従業員が出動できない場合

関西エアポート(株) ニュースリリースより作成

表-10 計画されたハード対策

1. 越波防止対策
南側護岸・北側護岸の嵩上げ 東側護岸の嵩上げ 東側護岸嵩上げに伴うA滑走路・誘導路の嵩上げ 南側護岸・東側護岸の消波ブロックの設置 膨張壁の整備
2. 浸水被害防止対策
T1・KAP棟・AL棟の電気設備等の地上化 T1周辺地区の擁壁の嵩上げ・延伸等 国際貨物地区の保護マウンドの築造 建物設備室への水密扉の設置等 制御盤の嵩上げ等
3. 排水機能確保対策等
排水ポンプ制御盤・受配電板のシェルター化、電源ルートのループ化

関西エアポート(株) ニュースリリースより作成

3.6 被災復旧状況に関するまとめ

(1) 空港全体の要求性能の達成

関西国際空港では、9 月 4 日に被災後、9 月 7 日に PTB2 を利用して旅客便が再開しており、発災日を 1 日目として、4 日目に運航が再開されたことになる。

また、別の観点では、7 日午前中の再開便となったことから、浸水被害を受けた4日の午後から数えれば、72 時間以内の再開と捉えることもできる。

国による「地震に強い空港のあり方」では、航空輸送上重要な空港について、空港が災害時に果たすべき役割と機能を踏まえたあり方として、発災後3日を目途に定期民間航空機の運航が可能となる機能が求められ、極力早期の段階で通常時の 50%に相当する輸送能力の確保が求められるとしている。

今回の関西国際空港の被災については、上記のとおり、概ね 3-4 日目での再開となっており、1 期島に比べて 2 期島の被害が少なかったことで、部分的な再開が可能になったといえる。

極力早期に 50%の運航能力確保に対しては、発災 15 日目の 9 月 18 日であった。空港全面が冠水するような事例は限られているが、50%確保の時期について他の被災事例と比較すると、例えば 2011 年の東日本大震災で津波被害を受けた仙台空港は、発災前の 50%以上の運航便を回復したのは発災後 136 日目（前出図-4）となっている。50%の運航便を超えるためには、旅客ターミナルビルの本格復旧を待つ必要があったもので、地震・津波により建物全体が大きく被災しており、旅客ターミナルビルの本格復旧に時間を要した。

関西国際空港では、PTB2 が利用できたことに加えて PTB1 の南側エリアの復旧を優先的に進められたことや、

アクセス鉄道も再開できたことで、比較的早くに 50% の運航便を回復できたものと考えられる。

(2) 全体性能に係る復旧施設

a) 緊急供用の段階

9 月 7 日より、2 期島施設を利用して運航便が再開している。PTB2 の再開準備や 2 期島に係るハイドランド設備の復旧確認が必要となったことに加え、空港連絡橋が 7 日早朝に対面通行可能となったことで、バス輸送による旅客対応の基礎が準備できたものと考えられる。

b) 暫定供用の段階 (PTB1 南側)

9 月 14 日の PTB1 南側暫定供用前には、PTB2 の取扱い便数は通常レベルを回復している状況にあった。また、KIX 早期復旧計画で PTB1 の暫定供用が 9 月 14 日頃を目標とされていたことから、暫定供用の時期に航空各社も足並みを合わせたものと考えられる。

PTB1 南側の供用再開と 1 期島の A 滑走路等の空港基本施設が運用を再開したことで、旅客便の取扱い便数は 2 倍以上に増加している。この期間にアクセス機能には大きな変化はなかったことから、空港の全体性能には、PTB1 の復旧 (設備の復電、BHS や PBB の補修) や 1 期島の発着関係機能 (駐機場等の空港基本施設、ハイドラント設備等) が影響していると考察できる。

c) 全面運用の段階

9 月 21 日の PTB1 北側再開による全面運用段階においては、PTB1 北側再開により PTB1 での取り扱い便数が 2 倍近くに増加している。アクセス機能も相応の輸送力強化が必要となるが、これに合わせて、21 日には道路橋対面通行部分の車線数が増設され、空港機能のボトルネックとなる箇所に対策が取られている。また、先立つ 18 日にはアクセス鉄道も再開している状況にあった。この他、空港基本施設等の発着機能は、14 日の段階で既に運用再開していることから、早期復旧の観点では、PTB1 北側の機能再開が最後まで影響していた可能性が考えられる。

d) 完全再開

KAP の発表では、空港の全ての旅客施設が完全に復旧したのは 10 月 11 日としており、これに伴い、伊丹・神戸の代替受入措置も終了している。また、空港連絡橋の 6 車線供用が再開したのは、2019 年 4 月 8 日のことであった。

9 月 21 日の全面運用の時点で被災前の運航規模は概

ね回復できているものの、全ての施設が元通りに復旧するという観点では、より長い期間を要するものとなった。

(3) 空港要素の機能連携と複合災害

今回の台風 21 号では、台風を要因として浸水と空港連絡橋への船舶衝突の 2 つの事象が発生した複合災害となった。

浸水は滑走路等を水没させ、航空機の発着機能を失うことに繋がったほか、浸水範囲が空港島全体に拡大したことで、旅客ターミナルビルも電気設備等を失い、旅客取扱機能を失うことになるなど、航空機の運航に必要な諸機能に影響することとなった。

また、強風はオイルタンカーの走錨を招き、空港連絡橋を損傷。アクセス機能の低下と空港島を支えるライフライン機能の低下をもたらした。

もし仮に、オイルタンカーが空港連絡橋に衝突しなかったとしたら、アクセス機能への影響は空港島内の鉄道掘割部が冠水する限定的なものとなる他、連絡橋でのガス漏れも生じないことから、空港外からの初動対応の時間を短縮できる可能性も考えられる。しかし、アクセス鉄道復旧後も、PTB1 の復旧には日数を要したことから、アクセス機能の低下だけが致命傷とはなっていない。

一方で、空港島内の地下部分への浸水が起きず、空港連絡橋だけが損傷した場合には、航空機発着機能、旅客取扱機能が一定の能力を発揮できる状況の下で、鉄道・道路アクセス容量の低下がボトルネックとなり、旅客便の運航規模を確保できなかった可能性も考えられる。

さらに、空港連絡橋が何らかの理由で完全に通行できない状態であった場合には、空港島が孤立する時間が長引き、空港島内の復旧作業の着手に大幅な遅れが生じるものと考えられる。

空港連絡橋が機能を完全に失うことなく、一時的な停止に止まったことで、今回の復旧曲線が表されたものとなる。

この様に、空港機能の各要素の被害次第では、空港の全体性能に与える影響は異なる結果となる。特に、今回の様な複合災害では、各々の機能・施設が別々の事象により被害を受けることが想定されるため、より多様な被災パターンに対し、災害に対する空港の健全性を評価できる必要性が高まるものと考えられる。

(4) 運航便数の回復と需要回復の関係

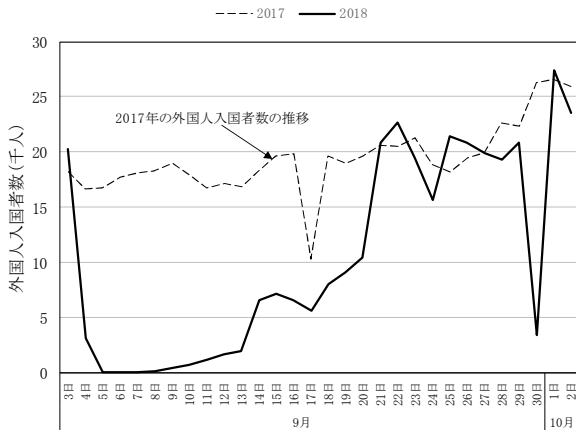
空港全体性能の復旧として、定期便運航便数の復旧率を指標として示した。一方で、航空輸送拠点としての役割から見れば、供給側 (運航数) の回復だけでなく、需

要側（旅客数）の動向も重要なポイントとなる。

関西国際空港の利用者数（外国人入国者数）として、大阪入国管理局関西空港支局の発表情報を参考にすれば（図-23）、発災前に 1 日当たり 2 万人程度あった外国人入国者数は、台風接近後に大きく減少。前年の 2017 年の水準に回復したのは、PTB1 が全面再開した 9 月 21 日頃になっている。

運航便数の回復状況と比較したものが図-24 であり、発災前の 2018 年 9 月 3 日時点の運航便数・外国人入国者数を 100% とし、その後のそれぞれの変動を示している。

概ね運航便の回復に合わせて外国人入国者数も変動していることが分かるが、特に、国際線が再開した 9 月 8 日から 13 日までの期間に関しては、運航便数の回復に比して、入国者数の回復遅れとみられる傾向が表れている。



日本政策投資銀行資料(原典:大阪入国管理局関西空港支局)より作成

図-23 外国人入国者数の推移（関西国際空港）

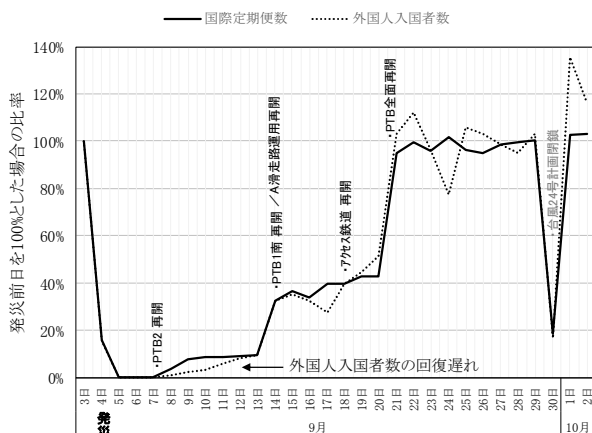


図-24 発災前を基準とした国際定期便数・外国人入国者数の推移（関西国際空港）

4. まとめ

本稿では、2018 年の台風 21 号による関西国際空港の被災復旧について、空港を構成する各機能の観点から状況の整理を行い、空港全体の復旧状況に関して推定を行った。その上で、運航便数の再開状況を全体性能の指標として、その復旧曲線を作描し、併せて復旧過程について考察を行った。

空港の実被害の復旧曲線の作描は、東北太平洋沖地震による仙台空港の地震・津波被害に次いで、二例目であり、台風被害としては初めての試みである。また、空港の全体性能を発現する要素を機能別・プレイヤー別に整理し、それぞれの復旧過程とそれらの機能連携の事例も収集できた。これらのことは、今後の信頼性理論を用いた空港の設計・リスクマネジメントの研究に対し、貴重なデータを提供することにより、その進展に大きく寄与するものと考えられる。

また、作用イベントは単独台風のみであるが、空港島における、高波浪による浸水・電力喪失と、漂流船舶衝突によるアクセス寸断といった、二つの大きな被害事象が発生し、それらにより被害が増幅した複合災害の事例でもあった。アクセス寸断は空港島を孤立させ、多数の滞留者の発生を招いた。それに加えて浸水・電源喪失による滞留者の安全確保といった、帰宅困難者問題に類似した都市災害としての側面もみられた。

また、台風 21 号と 24 号の大きな台風が短い期間で連続して接近した連続・多発災害の面もみられた。地震災害とは異なり、台風は接近を事前に把握できることから、浸水や強風による被害への事前対策や、空港の孤立に備えた事前避難など、ある程度予測や対策ができることが特徴としてある。

台風 21 号で甚大な被害を受けたことから、のちに接近した大型の台風 24 号に対して、関西国際空港は予防措置として、安全・安心を優先して事前に計画閉鎖を決め、被害が生じた場合の影響を最小限にとどめる対応をとった。経験した災害を教訓として、減災やダメージコントロールといった、次の対応に活かす学習効果が即効的に表れたものといえる。

一方で、9 月 4 日の台風 21 号の被災後、9 月 6 日には北海道胆振東部地震が発生。北海道全域がブラックアウトに陥り、新千歳空港をはじめとする航空輸送網の維持ができない状態となった。このような今までに想定を避けてきた事象に対し、A2-BCP では空港機能別の喪失（電力供給や通信、空港アクセス等）への対応を計画す

るものであり、空港内滞留者の安全確保等への対応と喪失機能の早期復旧を目指すものとなっている。

空港機能の復旧は、最終的には空港全体性能の回復につながることから、本稿のように運航便数を指標にする表現が可能であるが、空港内滞留者の安全確保については便数による表現はあまり意味を持たない。A2-BCP が描く災害時の空港像に対して、目標達成の性能として評価するには、別途評価指標を検討していく必要があるものと考えられる。

本稿は、国土技術政策総合研究所と株式会社篠塚研究所との共同研究「空港土木施設の信頼性設計の確立に向けた検討」の成果の公表に代わるものである。

謝辞

本稿の執筆に際しては、関係機関による報道発表資料を基に、被災復旧状況の全体状況の推定を行いました。また、当時の関係者から貴重な助言を多数賜りました。

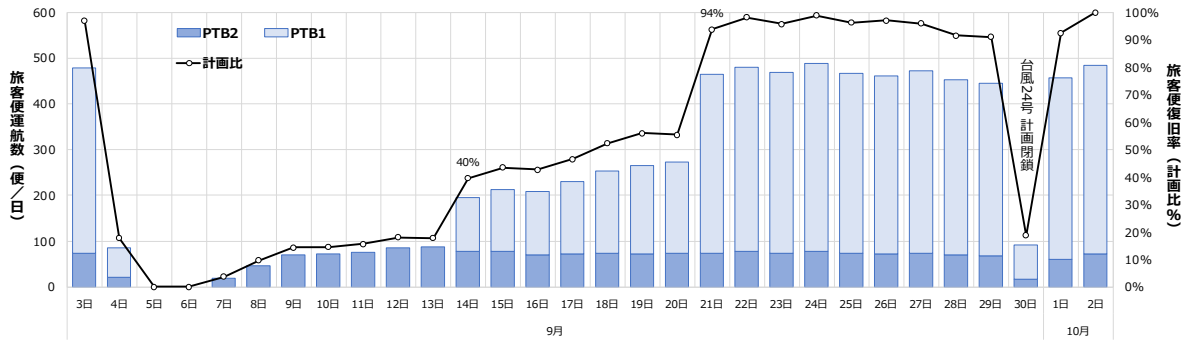
困難な状況の中で、空港の安全を守り、早期の再開を果たした関係機関・関係者のご尽力に敬意を表するとともに、貴重な情報発信・助言に対し、深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 内閣府：中央省庁業務継続ガイドライン第一版，2007.
- 2) 中村孝明，境茂樹，吉川弘道：損傷相関を考慮した地震時システム性能評価に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第 76 巻，第 661 号，pp.713-719,2011.3
- 3) 松本俊明，植竹富一，色摩康弘，中村孝明：分散型電源のある配電網の地震時レジリエンス評価方法に関する研究，日本地震工学会論文集 Vol. 19, No. 7, pp.14-26, 2019.11
- 4) 静間俊郎，中村孝明，吉川弘道：ラダー系システムを用いた高速道路の地震時車両通行機能性評価，土木学会論文集 A1, Vol.67, No.1, pp.86-94, 2011.3
- 5) 土居賢彦，静間俊郎，中村孝明：調整池の Buffer 効果を考慮した水力発電施設の復旧過程に関する研究，土木学会論文集 A1, Vol.69, No.3, pp.505-515, 2013.11
- 6) 日本建築学会 建物のレジリエンスと BCP レベル指標検討特別調査委員会 事業継続計画策定のための地震災害等に対する建物の機能維持・回復性能評価指標の提案に向けて 2019.9
- 7) 多々納裕一，土屋哲，梶谷義雄：ライフラインの機能損傷が及ぼす経済被害の計量化に関する研究，京都大学防災研究所年報 第 50 号 B, pp.143-154, 2007.4
- 8) 山崎雅人，小池淳司，曾根好徳：南海トラフ巨大地震による製油所被災の経済被害推計：多地域応用一般均衡モデルによる分析，土木学会論文集 D3（土木計画額），Vol.72, No.5（土木計画研究・論文集第 33 巻），I_111-I_121, 2016.
- 9) 小野正博・中島由貴・中村孝明・静間俊郎：空港の性能維持・早期復旧に関する地震リスクマネジメント，国土技術政策総合研究所資料，No.830, P.41,2015.3
- 10) 中島由貴，佐藤健宗，羽原敬二，中村孝明：空港土木施設の耐震信頼性の限界値に関する研究，土木学会論文集 F6, Vol.73, No.1, pp.11-24, 2018.8
- 11) Shinozuka, M. and H.H.M. Hwang: Seismic Performance of Electric Power Systems, MCEER Monograph Number2, pp.33-43, 1998.

付録

付録 A 関西国際空港 台風 21 号の復旧曲線（旅客便運航）



日付	9/3	9/4	9/5	9/6	9/7	9/8	9/9	9/10	9/11	9/12	9/13	9/14	9/15	9/16	9/17	9/18	9/19	9/20	9/21	9/22	9/23	9/24	9/25	9/26	9/27	9/28	9/29	9/30	10/1	10/2	...
発災後	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	...	
【全体状況】	被災																														
【航空機運航機能】																															
：空港基本施設																															
：航空灯火																															
：航空無線																															
：給油施設																															
【ターミナル機能】																															
：第1旅客ターミナル (PTB1)																															
【アクセス機能】																															
：道路アクセス																															
①空港連絡橋																															
②バス輸送																															
：鉄道アクセス																															
①空港連絡橋																															
②鉄道掘削部																															
：高速船																															
【ライフライン機能】																															
：ガス																															
：通信																															

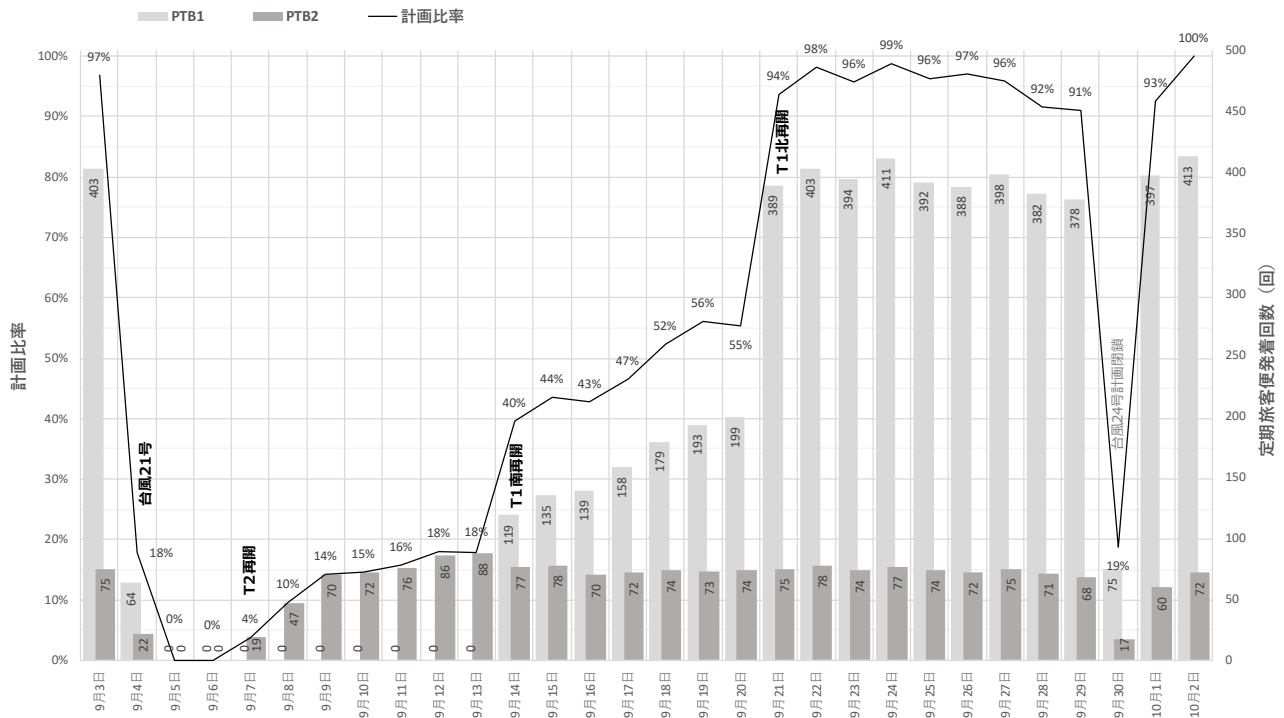
参考

【ターミナル機能】																														
：貨物ターミナル																														

出典：関係機関の発表資料等より作成

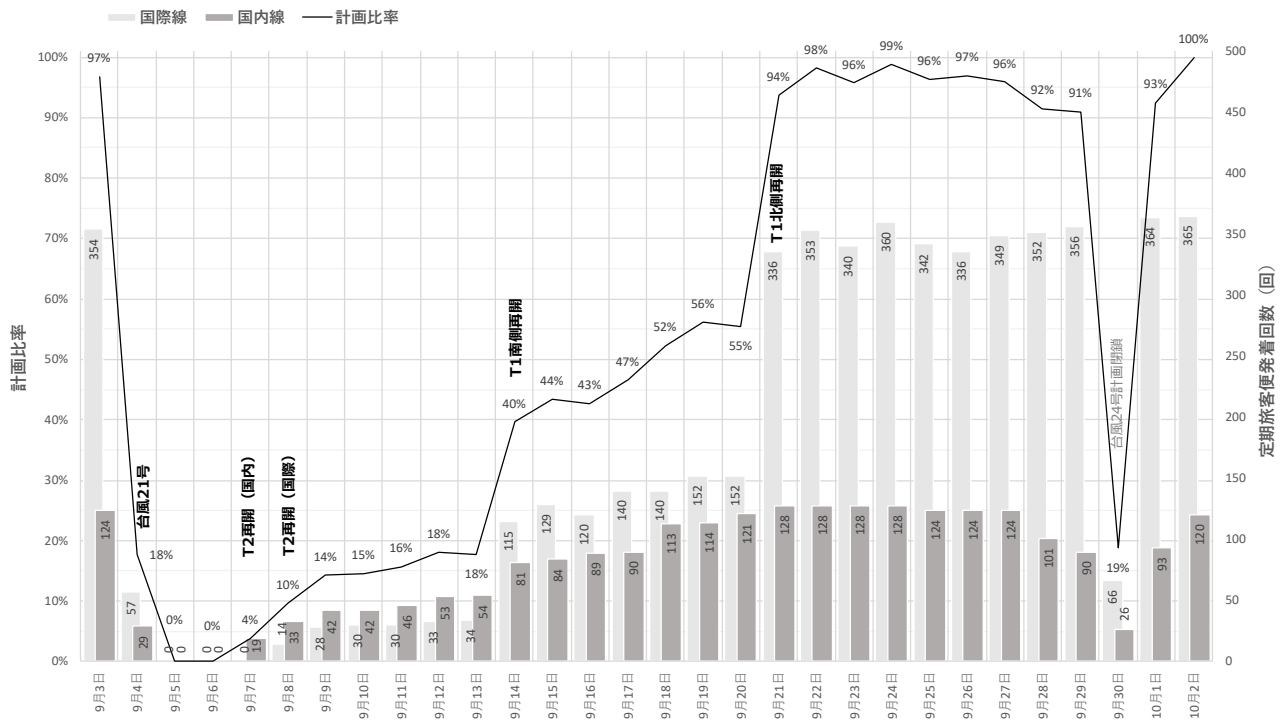
図-1 空港機能の復旧状況と運航便数の復旧推移

付録B 関西国際空港 日別運航実績の推移（定期旅客便） 2018年9月3日～10月2日



出典：関西エアポート㈱ ニュースリリースより作成

図-1 関西国際空港 日別運航実績（発着ターミナル別）



出典：関西エアポート㈱ ニュースリリースより作成

図-2 関西国際空港 日別運航実績（国内線・国際線別）

付録 C 平成 30 年台風 21 号に係る関係機関の発表情報等

関西国際空港の被災復旧状況について、関係機関の発表資料等を基に作成している。参考とした情報について、主なものを下記に示す。

○関西エアポート株式会社

関西エアポート(株)：9 月 4 日 関西 3 空港への台風 21 号の影響について，2018 年 9 月 4 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2603/typhoon_3rd_rev.pdf

関西エアポート(株)：9 月 5 日 関西国際空港への台風 21 号の影響について，2018 年 9 月 5 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2603/typhoon_3rd_rev.pdf

関西エアポート(株)：関西国際空港が空港を部分的に再開，2018 年 9 月 6 日付。

<http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2605/reopen.pdf>

関西エアポート(株)：関西国際空港 国際線の一部が再開再開，2018 年 9 月 7 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2652/180907_international.pdf

関西エアポート(株)：9 月 8 日 記者会見要旨および KIX 早期復旧計画について，2018 年 9 月 8 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2608/J_180908PressRelease_Pressconference_rev.pdf

関西エアポート(株)：KIX 早期復旧計画の更新について（9 月 12 日：赤字箇所），2018 年 9 月 13 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2611/J_180912KIXRecoveryPlan.pdf

関西エアポート(株)：関西国際空港第 1 ターミナルビルの暫定供用について，2018 年 9 月 13 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2612/J_zanteikyoyouyou_hp_rev_final.pdf

関西エアポート(株)：9 月 21 日(金) 第 1 ターミナル ビル 北部分再開，2018 年 9 月 13 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2613/180913J_north_hp.pdf

関西エアポート(株)：台風 21 号関連の復旧状況（2018 年 9 月 14 日），2018 年 9 月 14 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2614/j_180914_fukkyu_hp.pdf

関西エアポート(株)：関西国際空港 第 1 ターミナルビルの暫定供用開始についてのコメント，2018 年 9 月 14 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2615/J_180914_t1comment_hp.pdf

関西エアポート(株)：9 月 18 日の鉄道運行再開についてのコメント，2018 年 9 月 15 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2616/J_180915_CEOscomment_tetsudou_hp.pdf

関西エアポート(株)：台風 21 号関連の復旧状況（2018 年 9 月 15 日），2018 年 9 月 15 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2617/J_180915_kix_fukku_hp.pdf

関西エアポート(株)：台風 21 号関連の復旧状況（2018 年 9 月 16 日），2018 年 9 月 16 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2618/J_180916_TyphoonJebi_hp.pdf

関西エアポート(株)：台風 21 号関連の復旧状況（2018 年 9 月 17 日），2018 年 9 月 17 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2619/J_180917_recovery_status_hp.pdf

関西エアポート(株)：台風 21 号関連の復旧状況（2018 年 9 月 18 日），2018 年 9 月 18 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2620/J_180918_fukkyu_hp.pdf

関西エアポート(株)：台風 21 号関連の復旧状況（2018 年 9 月 19 日），2018 年 9 月 19 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2621/J_180919_fukkyu_hp.pdf

関西エアポート(株)：関西国際空港ターミナル全面再開のお知らせ，2018 年 9 月 20 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2622/J_180920_T1fullreopening.pdf

関西エアポート(株)：10 月 3 日 記者会見資料，2018 年 10 月 3 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2636/J_181003_pressconference_hp.pdf

関西エアポート(株)：関西空港連絡橋 10 月 6 日（土）0 時よりマイカーの通行が可能になります，2018 年 10 月 4 日付。

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2637/J_181004_privatecar_hp.pdf

関西エアポート㈱：関西国際空港 旅客施設 本格運用 ―旅客手荷物取扱いシステムが完全復旧，2018 年 10 月 11 日付．

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2640/J_181011T1_full_scale_operations.pdf

関西エアポート㈱：台風 21 号越波等検証委員会-海象状況と浸水状況の再現-，2018 年 12 月 11 日付．

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2662/J181211_ReproducingMP_FloodingSituation.pdf

関西エアポート㈱：災害対策について，2018 年 12 月 13 日付．

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2663/J181213_Disaster_prevention_.pdf

関西エアポート㈱：新 BCP の進捗と出水期に向けての備え，2019 年 4 月 17 日付．

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2019/2702/J_190417_PressRelease_NewBCP.pdf

関西エアポート㈱：災害対策(ハード面)について(関西国際空港の防災機能強化対策事業計画)，2019 年 5 月 31 日付．

http://www.kansai-airports.co.jp/news/2019/2718/J_190531_PressRelease_DisasterPrevention.pdf

関西エアポート㈱：関西エアポート BCP，2019.07.ver.1．

http://www.kansai-airports.co.jp/efforts/safety/file/KAP_BCP_Summary_jp.pdf

○新関西国際空港株式会社 関連

新関西国際空港㈱：関西国際空港連絡橋における鉄道線の復旧工事について，2018 年 9 月 13 日付．

http://www.nkiac.co.jp/img_data/file_1479_1536838760.pdf

新関西国際空港㈱：関西国際空港へのアクセスを担う鉄道線の運転再開日について，2018 年 9 月 15 日付．

http://www.nkiac.co.jp/img_data/file_1479_1536992312.pdf

○西日本高速道路株式会社 関連

西日本高速道路㈱：台風 21 号接近に伴う大雨及び強風の影響により，西日本地域の広い範囲で通行止めが予想されています．(第 1 報)，2018 年 9 月 3 日付．

<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h30/0903/>

西日本高速道路㈱：非常に強い台風 21 号に伴う強風の影響により，通行止めとなっている高速道路で被害が発生しています，2018 年 9 月 4 日付．

<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h30/0904/>

西日本高速道路㈱：E71 関西国際空港連絡橋における緊急自動車の通行措置について，2018 年 9 月 5 日付．

<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h30/0905/>

西日本高速道路㈱：関西国際空港連絡橋における緊急を要する車両の通行措置について，2018 年 9 月 5 日付．

<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h30/0905b/>

西日本高速道路㈱：関西国際空港連絡橋 橋桁の撤去作業について，2018 年 9 月 11 日付．

<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h30/0911/>

西日本高速道路㈱：(平成 30 年台風 21 号関連) 関西国際空港へのアクセスについて (第 3 報)，2018 年 9 月 13 日付．

<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h30/0913/>

西日本高速道路㈱：関西国際空港連絡橋 橋桁の撤去作業完了について，2018 年 9 月 14 日付．

<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h30/0914/>

西日本高速道路㈱：台風 21 号による高速道路の被災状況及び NEXCO 西日本の取り組み，2018 年 9 月 6 日付．

<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h30/0926c/>

西日本高速道路㈱：(平成 30 年台風 21 号関連) 10 月 6 日より関空連絡橋のマイカー利用を可能とします，2018 年 10 月 4 日付．

<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h30/1004/>

西日本高速道路㈱：関西国際空港連絡橋 6 車線確保について，2019 年 4 月 8 日付．

<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h31/0408/>

佐藤純一：関西国際空港連絡橋のタンカー船衝突による被災復旧，2019 年 7 月 26 日付．

<https://www.jsce-kansai.net/wp-content/uploads/2019/07/koukyou0726-3.pdf>

○西日本旅客鉄道株式会社

西日本旅客鉄道(株)：関西空港線の運転について，9 月 7 日付．

https://www.westjr.co.jp/press/article/2018/09/page_13015.html

坂田鷹起：関空国際空港連絡橋の応急復旧工事について，2019 年 7 月 26 日付．

<https://www.jsce-kansai.net/wp-content/uploads/2019/07/koukyou0726-2.pdf>

○西日本電信電話株式会社 関連

西日本電信電話(株)：関西国際空港エリアにおける通信サービスへの影響について，9 月 5 日付．

https://www.ntt-west.co.jp/newscms/osaka_info/7980/osaka0905_01.pdf

西日本電信電話(株)：関西国際空港エリアにおける通信サービスへの影響について（終報），9 月 6 日付．

https://www.ntt-west.co.jp/newscms/osaka_info/7987/osaka0906_last.pdf

○関西電力株式会社 関連

関西電力(株)：台風 21 号による停電について（第 5 6 報：15 時 00 分現在），2018 年 9 月 10 日付．

○内閣府 関連

内閣府：平成 30 年台風第 21 号に係る被害状況等について，2018 年 9 月 5 日 6 時 30 分付．

http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon21/pdf/300905_typhoon21_01.pdf

内閣府：平成 30 年台風第 21 号に係る被害状況等について，2018 年 9 月 5 日 14 時付．

http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon21/pdf/300906_typhoon21_01.pdf

内閣府：平成 30 年台風第 21 号に係る被害状況等について，2018 年 9 月 14 日 18 時付．

http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon21/pdf/300914_typhoon21_01.pdf

○経済産業省 関連

経済産業省：台風第 21 号に係る被害・対応状況について（9 月 4 日（火曜日）13 時 30 分時点），2018 年 9 月 4 日付．

<https://www.meti.go.jp/press/2018/09/20180904002/20180904002.html>

経済産業省：台風第 21 号に係る被害・対応状況について（9 月 5 日（水曜日）15 時 00 分時点），2018 年 9 月 5 日付．

<https://www.meti.go.jp/press/2018/09/20180905007/20180905007.html>

○国土交通省 関連

国土交通省道路局 鉄道局 航空局 観光庁：関西国際空港の早期再開に向けて総力を挙げて取り組んでいます，2018 年 9 月 6 日付．

http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo10_hh_000071.html

国土交通省鉄道局：関西国際空港アクセス鉄道の運転再開時期の前倒しについて，2018 年 9 月 15 日付．

https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo09_hh_000061.html

国土交通省航空局：関西国際空港を発着する国際線の運航を再開します，9 月 7 日付．

http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku18_hh_000034.html

国土交通省航空局：大阪国際空港及び神戸空港における国際線・国内線の代替受入について，2018年9月13日付．

http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku18_hh_000035.html

国土交通省航空局：大阪国際空港及び神戸空港における国際線・国内線の代替受入の終了について，2018年10月10日付．

https://www.mlit.go.jp/report/press/kouku18_hh_000039.html

国土交通省近畿地方整備局：関西国際空港にテックフォースを派遣し排水作業を開始，2018年9月5日付．

<https://www.kkr.mlit.go.jp/news/top/press/2018/20180905-05.html>

国土交通省近畿地方整備局：関西国際空港の排水作業の完了について，2018年9月10日付．

<https://www.kkr.mlit.go.jp/news/top/press/2018/20180910-5.html>

気象庁：台風第21号による暴風・高潮等 平成30年(2018年)9月3日～9月5日 (速報)，2018年9月11日付．

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180911/20180911.html>

運輸安全委員会：船舶事故調査報告書 MA2019-4，2019年4月25日付．