ISSN 1346-7328

国総研資料　第７１８号
平 成 25 年　３月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.718　　March 2013

津波災害の初期段階における代替空港に関する検討

中島　由貴・中神　啓介・西崎　英治・清水　啓

A Study on the Back-up Airport in the Early Stage of Tsunami Disaster

Yoshitaka NAKASHIMA, Keisuke NAKAGAMI, Eiji NISHIZAKI, Kei SHIMIZU

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
第 718 号　2013 年 3 月
（YSK-N-265）

津波災害の初期段階における代替空港に関する検討

中島　由貴*，中神　啓介，西崎　英治**，清水　啓*****

要　旨

東日本大震災では，仙台空港は津波によって大きな被害を受けたものの４日間で回転翼機，５日間で緊急物資・人員輸送等の固定翼機の運航が可能なまでに復旧した．災害初期段階において，「仙台空港防災拠点計画」で仙台空港は，救急・救命活動等，及び緊急物資・人員等輸送の拠点として運用することが想定されており，応急復旧後，直ちにこれら活動に活用された．応急復旧期間中の仙台空港の代替空港として，霞目飛行場，山形空港，海上自衛隊・海上保安庁の船が，救急・救命活動等における回転翼機の拠点として使われた．本研究では，被災した仙台空港等の代替機能を果たした霞目飛行場，海上自衛隊艦艇の活動の実態を調査し，代替空港に求められる回転翼機による救急・救命活動等の拠点としての役割を明らかにした．霞目飛行場，海上自衛隊艦艇での活動の調査結果を踏まえ，津波被災の恐れのある空港について，定性的なリスク評価手法を用いて空港間での津波対策の必要性の優先順位づけを行い，南海トラフの巨大地震時に代替空港の無い低地空港の津波対策が最も優先するものとした．

キーワード：東日本大震災，津波，回転翼機，代替空港，リスク評価

＊空港研究部　空港新技術研究官
＊＊株式会社シオ政策経営研究所
＊＊＊株式会社日本空港コンサルタンツ

〒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：046-844-5031　Fax：046-844-5080　E-mail: nakashima-y2im@ysk.nilim.go.jp

Technical Note of NILIM
No.718 March 2013
(YSK-N-265)

A Study on the Back-up Airport in Early Stage of Tsunami Disaster

Yoshitaka NAKASHIMA*
Keisuke NAKAGAMI**
Eiji NISHIZAKI**
Kei SHIMIZU***

Synopsis

In the Great East Japan Earthquake, Sendai Airport was hit by tsunami and closed for the first 4 days. During this period, in the disaster prevention plan of Sendai Airport, this airport was supposed to be a base of rescue, wide-area medical evacuation and so on. Instead of Sendai Airport, Kasuminome Air Field, Yamagata Airport and Ships of the Self Defense Force and the Maritime Safety Agency functioned as bases of helicopters. This study focused on the Kasuminome army base and the ships of Self Defense Force, investigated the actual condition of the back-up airport, and clarified the role of back-up airport. Based on the result, this study prioritized the needs of tsunami measures among airports which have risks of tsunami disaster, by using qualitative risk analysis.

Key Words : Great East Japan Earthquake, tsunami, helicopter, back-up airport, risk analysis

＊Research Coordinator for advanced Airport Technology, Airport Department
＊＊SIO Institute of Public Policy & Management
＊＊＊JAPAN AIRPORT CONSULTANTS. INC.

3-1-1 Nagase, Yokosuka City, Kanagawa 239-0826 Japan
Tel: 046-844-5031 Fax: 046-844-5080 E-mail: nakashima-y2im@ysk.nilim.go.jp

目　　次

1. はじめに 1

2. 東日本大震災以前の災害初期段階の空港の運用の想定と東日本大震災時の運用 1
2.1 災害初期段階で想定されていた空港の運用 1
2.2 東日本大震災での空港の停止状況 4
2.3 東日本大震災での被害の特徴－航空機の運用からみた被害の性格 5

3. 東日本大震災時の代替空港における救急･救命活動等－宮城県の例 6
3.1 宮城県における救急・救命活動等の全体像 6
3.2 霞目飛行場，海上自衛隊艦艇の救急・救命活動等の運用の実態 9
3.3 代替空港の運用の想定で共有すべき事例等 13

4. 代替空港の有無に着目した空港間における津波対策の優先順位付け 13
4.1 優先順位付けのためのリスクの評価方法 13
4.2 災害初期における代替空港の有無による評価の試行 16

5. 結論 20

6. あとがき 20

謝辞 20

参考文献 21

付録Ａ　東日本大震災での霞目飛行場での救急・救命等の活動 23

1. はじめに

東日本大震災の初期段階（発災から概ね 72 時間）において，孤立者数 2 万人以上（箇所数 75 以上）が生じている中，多数の回転翼機により，捜索，空中吊上げ（ホイスト）及び屋上離発着などによる救助が行われた．宮城県では，仙台空港が被災したが，関係者の懸命の努力により 4 日で応急復旧を果たした．その間，近傍の陸上自衛隊霞目駐屯地霞目飛行場（以下，「霞目飛行場」という）及び海上自衛隊艦艇などが，代替空港として回転翼機の活動を支えた．また，隣県の公共用飛行場でも，回転翼機の活動は勿論，固定翼機による DMAT（Disaster Medical Assistance Team；災害派遣医療チーム）の広域医療搬送などが実施された．

荒谷ら（2012）は，発災時の 2011 年 3 月の離発着データについて，空港別・飛行目的別・運航者別の離発着回数や駐機数などの分析を行ったうえで，関係者からの丁寧なヒアリングを実施し，同震災時の公共用飛行場における航空活動の詳細な実態について明らかにした．

他方，救助活動等に大きな役割を果たしたと考えられる霞目飛行場などの実態については，所管する機関の特別な性格から，やむを得ず不明であるが，震災から 2 年を経過しつつあり，文献等で実態が明らかになっているので，それらを整理することとした．

同震災を踏まえて国土交通省航空局が 2011 年 10 月に発表した「空港の津波対策の方針」の中で，レベル 2 津波に対し空港が果たすべき役割として，人命保護，発災後 3 日以内の救急・救命活動等及び緊急物資・人員等輸送，並びに早期の民間旅客機の運航再開を求めた．また，今後の津波対策として，中央防災会議等で切迫性が高いとされる地震による津波のリスクが高いと考えられる空港では，人命保護のみならず，地域における空港の重要性に鑑み，対策の検討が必要とされている．しかし，このような対策の検討に際し，阪神・淡路大震災当時と比べ，現在は生産人口の減少や財政的制約が極めて深刻になっていることから，津波のリスクがあると考えられる空港群に対して，対策を講ずる優先順位を付与する方法の検討が必要である．

本研究では，まず第 2 章にて東日本大震災以前に関係者が想定していた災害初期段階の空港の運用及び航空機の運用の観点からの同震災の被害の特徴などについて整理する．第 3 章では，霞目飛行場を中心に，被災した仙台空港の代替の実態について把握し，今後の災害初期段階の代替空港の役割を整理する．第 4 章では，何らかの津波対策を実施すべき空港間において，その優先順位付けを行うための評価について整理のうえ，定性的評価の方法を提案し，これを用いて優先順位付けの試行を行う．最後の第 5 章において，本研究のまとめを行う．

2. 東日本大震災以前の災害初期段階の空港の運用の想定と東日本大震災時の運用

2.1 災害初期段階で想定されていた空港の運用

(1) 地震災害時における仙台空港の運用の想定

a)「地震に強い空港のあり方」で求める役割

東日本大震災以前は，阪神・淡路大震災における航空による災害活動が十分ではなかったという反省と，新潟県中越地震における新潟空港を拠点とした災害活動を踏まえ，国土交通省航空局が 2007 年 4 月に「地震に強い空港のあり方」を示していた．

その中で，空港に求める役割として，発災後極めて早期の段階で「救急・救命活動等の拠点機能」を確保し，発災後 3 日以内に「緊急物資・人員等輸送受け入れ機能」の確保が必要としている．加えて，航空ネットワークの維持，背後圏経済活動の経済性確保において重要と考えられる空港においては，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」を確保し，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必要としている．

b) 仙台空港で想定されていた空港の運用

「地震に強い空港のあり方」を踏まえ，国土交通省東京航空局が 2009 年 3 月に，マグニチュード 8.0 の宮城県沖地震（連動）を想定地震とする「仙台空港防災拠点計画」を策定した．同計画では，仙台空港は，災害初期段階において救急・救命活動等，及び緊急物資・人員等輸送の拠点として運用することが想定されている（**表-1**）．また，そのために必要となる滑走路等の重要な施設について，液状化対策工事など，所要の耐震強化事業が進められていた．

表-1　仙台空港防災拠点計画で想定されていた災害時の仙台空港の運用シナリオ

目標時期	役割	具体的な活動内容
発災後極めて早期の段階	救急・救命活動等の拠点機能	・情報収集・広報活動 ・救出活動 ・重篤患者の広域医療搬送
発災後 3 日以内	緊急物資・人員等輸送受入機能	・物資の輸送 ・人員の輸送
発災後 3 日目を目途	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	・定期航空便の運航（通常時の 50%の輸送能力確保） ・地上交通機関の代替輸送（臨時航空便の運航）

東京航空局（2009）より作成

(2) 災害時に想定されている空港の運用

地震災害時の初期段階に空港に求められる救急・救命活動等及び緊急物資・人員等輸送については，中央防災会議で策定している東海地震，東南海・南海地震及び首都直下地震の各活動要領に基づく具体的な活動内容に係る計画で，時系列での空港の運用や航空機の運用のイメージが示されている．

ここでは，中央防災会議幹事会が 2007 年 3 月に発表した「「東南海・南海地震応急対策活動要領」に基づく具体的な活動内容に係る計画」（以下，「東南海・南海地震における計画」）を基に，地震災害の初期段階に空港に求められる救急・救命活動等のうちの「捜索・救助活動」及び「広域医療搬送」の運用と，緊急物資・人員等輸送の運用について整理を行った．

なお，同計画では，「救助活動」という用語が使用されているが，その内容に鑑み，ここでは，「空港の津波対策の方針」において救急・救命活動等の具体的な活動内容として例示されている「捜索・救助活動」という用語を用いて，整理を行った．

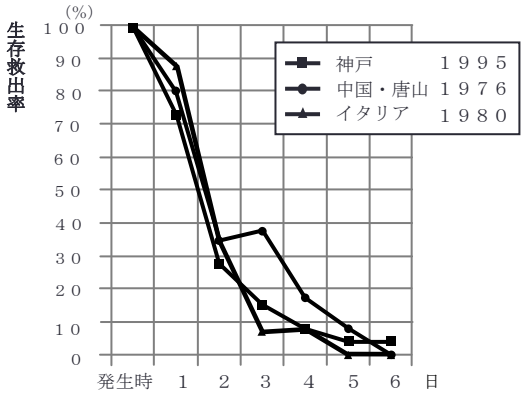
a) 捜索・救助活動

「東南海・南海地震における計画」では，捜索・救助活動における航空機の使用は，国が運用する航空機を最も有効適切に活用するため，その時点における支援の優先判断に基づいて当面の配分を行うこととしている．なお，捜索・救助活動は，活動内容及び航空機の特性からみて，発災直後からの活動が想定されていると考えられる．

b) 広域医療搬送-DMAT の展開目標時間

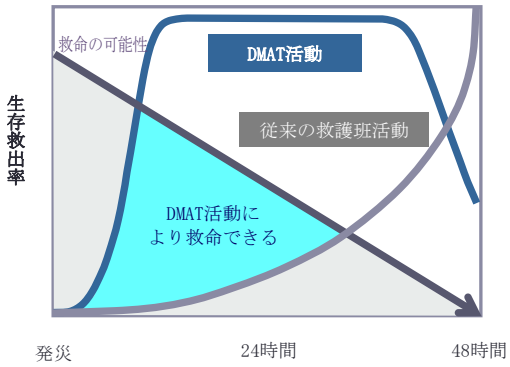
災害時における広域医療搬送では，いわゆる「防ぎ得る災害死」（日本 DMAT 運用要領，平成 24 年 3 月 30 日改正）をできるだけ減らすために，発災後極めて早期に DMAT の活動を展開することが求められる．

鵜飼（1995）によると，阪神・淡路大震災の死者数の 83%が倒壊家屋等の下敷き等によるものであったことから，72 時間以降に生存の確率が大きく下がるとしている（**図-1**）．DMAT 標準テキストでは，従来の救護班活動が発災後 24～48 時間程度で被災地入りするのに対し，DMAT は発災後数時間から被災地内に入り活動を展開することで，防ぎ得る災害死を減らすことが期待される（**図-2**）．



出典：鵜飼（1995）

図-1 阪神・淡路大震災等での生存救出率



出典：日本集団災害医学会（2011）

図-2 DMAT の運用の考え方

c) 東南海・南海地震における広域医療搬送での空港の運用の想定と航空機の運用イメージ

「東南海・南海地震における計画」では，大友（2004）の発災後の許容時間別の対象患者の割合（**表-2**）を基に，3 時間以内は系統的な広域医療搬送を実施することが困難であること，また 3～8 時間は被災地外の患者受入医療施設まで搬送することが非常に困難であるという広域医療搬送の実働訓練の検証結果等を考慮し，広域医療搬送の対象を許容時間 8～72 時間の患者（対象患者全体の 80%）と想定している．

表-2 阪神・淡路大震災での許容時間別の広域医療搬送対象患者発生予測

許容時間	対象患者の割合
3 時間以内	2%
3～8 時間	18%
8～24 時間	56%
24～72 時間	24%

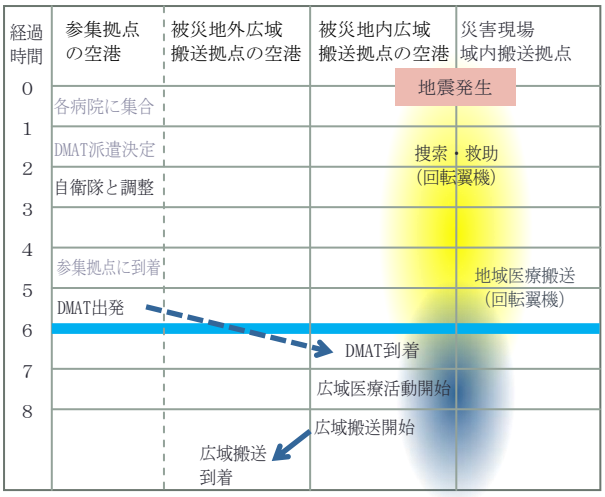
大友（2004）より作成

同計画では，上記を基に，発災後 8 時間で被災地外広域搬送拠点の空港への広域搬送が可能となるよう，発災

後 6 時間で被災地内広域搬送拠点の空港に，被災地外の参集拠点の空港から DMAT が到着し，広域医療搬送の活動を開始するとしている．

日本集団災害医学会（2011）によると，DMAT では，航空機を運航する機関を自衛隊と想定し，機材は固定翼の輸送機 C-1 及び C-130 を基本としている．回転翼機については，騒音・振動が大きく患者や機内の医療行為に支障があること，航行速度が遅く輸送可能な人員も少ないことから，必ずしも望ましくはないとしているが，やむを得ない場合，ツインローターの大型回転翼機である CH-47 による広域医療搬送を想定している．

また，同計画には明示されていないが，広域医療搬送に先立ち，被災地内では空港を中心とした回転翼機による捜索・救助や地域医療搬送が可能であることが前提となることを考慮に入れると，発災後極めて早期の段階における救急・救命活動等での空港の運用は，**図－3** の通りに整理できる．



中央防災会議幹事会（2007）より作成

図-3　東南海・南海地震における捜索・救助，救急・救命に関する運用の目標時間

救急・救命活動等での航空機の運用は，DMAT の空路での参集及び広域搬送では主に固定翼機を使用し，情報収集，捜索・救助及び地域医療搬送では主に回転翼機を使用することが想定されている（**図-4**）．

なお，被災地外の参集拠点の空港では，被災地内広域搬送拠点の空港に発災後 6 時間で DMAT を到着させるためには，自衛隊との機材等の調整のために，発災後 2 時間程度で当該空港が使用可能か否かを判定する必要がある．特に，東南海・南海地震で想定されているような広域災害においては，多数の DMAT を被災地内に派遣することが必要となり，参集拠点とされる空港の中でも，4 割の供給が想定される羽田空港においては，その使用可否が広域医療搬送の活動量を大きく左右することになるため，発災後 2 時間以内で固定翼機が離発着可能とすることが極めて重要であると考える（**表-3**）．

中央防災会議幹事会（2007）より作成

図-4　東南海・南海地震時の救急・救命活動等に係る航空機運用の想定

表-3　東南海・南海地震時に想定されている空港別 DMAT チーム数

参集拠点の空港	派遣チーム数	%
新千歳	7 チーム	5.2%
仙台	14	10.3
羽田	**57**	**42.2**
伊丹	37	27.4
福岡	20	14.8
合計	135	100.0%

中央防災会議幹事会（2007）より作成

d）緊急物資･人員等輸送受け入れ機能

「東南海・南海地震における計画」では，非被災地から被災地内の広域物資拠点への緊急物資の輸送は，陸上輸送または海上輸送で行うこととしている．同計画では明示されていないが，広域物資拠点として指定されている空港もあり，必要に応じ，被災地内の物資輸送に航空機の使用が想定されていると考える．

人員の輸送では，警察庁，消防庁及び防衛省の部隊の進出については，陸路が原則としているが，道路の被害状況等を勘案して，必要に応じて航空機又は船舶を使用

する計画としている．

2.2 東日本大震災での空港の停止状況

(1) 仙台空港等の空港の停止状況

東日本大震災で被害の大きかった東北 3 県に立地する花巻空港，仙台空港及び福島空港並びに宮城県隣接の山形空港の被害をみてみると，仙台空港を除き，花巻空港，福島空港，山形空港で地震の揺れにより施設の一部が被災し，空港の一時閉鎖があったものの，これら 3 空港は発災直後から運用を再開することができた．但し，福島空港では，福島第一原発の爆発の影響で，3 月 14 日午後からは飛行禁止区域が設定され，民間機の飛行が制限された（**表-4**）．

表-4 東日本大震災時の東北 3 県等の空港の停止状況

■仙台空港

被害状況	使用可否，災害即応，民間利用
基本施設，ﾀｰﾐﾅﾙﾋﾞﾙ，貨物施設，電源施設等 冠水 管制塔窓ガラス破損	：使用可否＝3 月 11 日～15 日空港閉鎖 ：災害利用＝3 月 15 日より救難機等の受入対応で 24 時間化 ：民間利用＝4 月 13 日より臨時便運航 ＝7 月 25 日より国内線定期便運航再開

■花巻空港

被害状況	使用可否，災害即応，民間利用
旅客ﾀｰﾐﾅﾙﾋﾞﾙ 2 階天井落下	：使用可否＝発災直後～16：05 空港閉鎖 ：災害利用＝3/11 救難機等受入対応で 24 時間化 ：民間利用＝3/16 臨時便運航 ＝3/17 定期便再開

■福島空港

被害状況	使用可否，災害即応，民間利用
管制塔窓ガラス全壊 航空保安施設一部破損	：使用可否＝即日使用可能 （通常運用 8：30～20：00） ：災害利用＝3/11 救難機等受入対応で 24 時間化 ：民間利用＝3/12 定期便再開，臨時便運航 ＊但し，福島第一原発の爆発の影響で 3/14 午後より一部利用制限

■山形空港

被害状況	使用可否，災害即応，民間利用
CAB 庁舎一部破損	：使用可否＝即日使用可能 但し 3/11 は震災後，定期便運休 （通常運用 8：30～19：30） ：災害利用＝3/12 救難機等受入対応で 24 時間化 ：民間利用＝3/12 定期便再開，臨時便運航

国土交通省（2011），石津（2011）より作成

沿岸部に立地する仙台空港は，津波によって大きな被害を受け，3 月 15 日まで回転翼機の利用ができなかった．

図-5 に示すように，発災後 3 分で津波警報が発出され，70 分で第一波の津波が到来し被災し，29 時間 34 分で津波警報が津波注意報に切り下げられた．津波注意報の解除は発災から 51 時間 12 分後であった．発災直後に東北地方整備局の回転翼機「みちのく号」が同空港を離陸し，津波到達などを映像等で伝えたが，津波到達後から津波注意報の解除まで，空港の運用再開のための点検・検査も困難であった．

日時		津波警報	状況
3/11	14：46	地震発生	空港施設の点検を開始
	14：49	6m	津波警報(大津波：6m)発表
	(15：06)		空港閉鎖
	15：14	10m以上	津波警報(大津波：10m)発表
	15：30	10m以上	
	(15：56)		仙台空港に大津波襲来
	16：08	10m以上	
	18：47	10m以上	
	21：35	10m以上	
	22：53	10m以上	
3/12	03：20	10m以上	
	13：50		
	20：20	切下げ	津波警報(津波)に切下げ
3/13	7：30	切下げ	津波注意報に切下げ
	(9 時頃)		避難者の空港外へ脱出開始
	17：58	解除	津波注意報解除
3/14	8 時頃		瓦礫等撤去作業開始

津波警報(大津波)　津波注意報
津波警報(津波)　津波なし・解除

気象庁（2011）より作成

図-5 東日本大震災における宮城県の津波警報（大津波）発表地域での津波警報・注意報発表・解除の日時

(2) 仙台空港の再開過程

仙台空港では，発災直後から旅客，空港内従事者，近隣住民の避難場所とされた．3 月 13 日夕方に津波注意報が解除され，翌 14 日から復旧作業が開始された．

3 月 15 日に応急復旧後の 1 号機となる自衛隊の回転翼機 2 機が着陸した（15 日の運用機数は当該 2 機のみ）．

3 月 16 日には滑走路 1,500ｍが使用可能となり，米軍の輸送機（C-130）2 機が着陸（16 日の運用機数は当該 2 機のみ），18 日より米軍による緊急物資輸送が本格化し，4 月 3 日までの間に 87 機が利用した．

表-5 仙台空港の再開過程

	空港運用状況
発災	3/11 14：46 発災 ＊3/11 14：49 津波警報発表
1 日	○人命保護 ・避難者 1,422 人→3/13 送出（滑走路経由）
3 日	＊3/13 17：58 津波注意報解除 ＊3/14 8 時頃 瓦礫除去開始
4 日	○救急・救命活動 ・3/15 自衛隊回転翼機 2 機着陸（人員輸送）
	＊3/15 滑走路 500m復旧
5 日	○緊急物資・人員等輸送 ・3/16 米軍輸送機（固定翼機）着陸
	＊3/16 滑走路 1,500m復旧 ・3/18 米軍による物資輸送本格化
	＊3/29 滑走路 3,000m復旧 ・4/3 米軍による物資輸送終了
1ヶ月	○民間航空再開 ・4/13 再開（臨時便，昼間のみ）
	＊4/25 新幹線再開（東京－仙台間）
	＊4/27 商用電力復旧 ・4/29 夜間運用再開
	・7/25 国内定期便，国際臨時便の再開
6ヶ月	・9/25 旅客ターミナルビル完全復旧
	＊10/1 アクセス鉄道再開

国土交通省航空局（2011b）より作成

3 月 29 日には滑走路 3,000m が運用開始され，滑走路等舗装面の応急復旧，仮設場周柵の設置，管制・通信，航空灯火及び航空無線施設の復旧，暫定旅客施設の復旧を経て，発災後約 1 ヶ月となる 4 月 13 日に民間航空機（臨時便）の運航が再開された．

4 月 29 日には夜間運用を再開し，7 月 25 日に国内定期便が再開された（**表-5**）．

2.3 東日本大震災での被害の特徴－航空機の運用からみた被害の性格

災害対策基本法では，防災計画の作成など，県を基本単位として災害に対処することとなっている．今回，拠点空港が被災した宮城県に着目して，航空機の運用からみた被害の性格を整理する．

(1) 防災拠点と予定されていた空港等の被災

「仙台空港防災拠点計画」においては，仙台空港が災害時の拠点となり，救急・救命活動等においては，近隣の松島基地，霞目飛行場，仙台市消防ヘリポートと連携して災害対応にあたることが計画されていた．

東日本大震災では，同計画では想定していなかった津波の影響により，災害初期段階において，拠点となる仙台空港が使用できなかった．これに加え，松島基地，仙台市消防ヘリポートも被災し，唯一，霞目飛行場のみが使用可能な状況であった（**表-6**）．

表-6　宮城県内における仙台空港以外の航空拠点の被災

■松島基地（航空自衛隊基地）

被害状況	使用可否，災害即応，民間利用
基本施設，格納庫，隊舎，電源施設等が冠水	：使用可否＝3/11～3/15 閉鎖 ＝3/15 滑走路復旧 ：災害利用＝3/16 に滑走路を使用した緊急物資輸送開始

■霞目駐屯地（陸上自衛隊基地）

被害状況	使用可否，災害即応，民間利用
被害なし	：使用可否＝即日使用可能 ：災害利用＝3/11 当日より復旧活動拠点

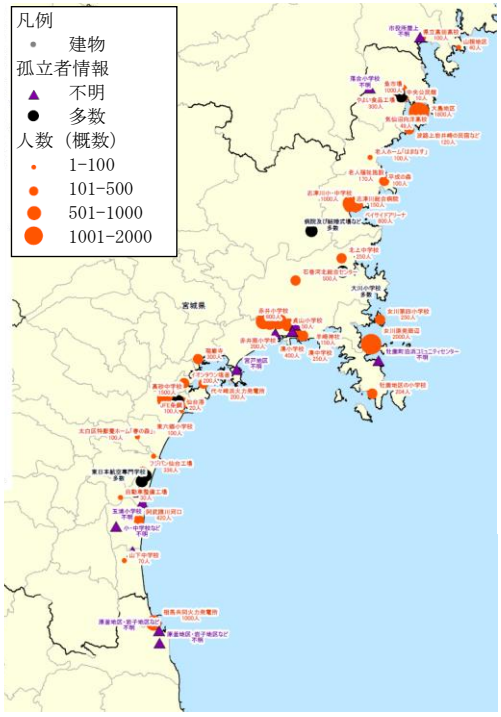
■仙台市消防ヘリポート

被害状況	使用可否，災害即応，民間利用
冠水により施設壊滅状態	：使用可否＝復旧の見通し立たず ＊H25.1.31 供用廃止

国土交通省（2011），仙台市（2011）より作成

(2) 広範囲・多数の孤立地域の発生

東日本大震災では沿岸部の道路等が破壊や冠水により遮断され，広範囲に多数の孤立地域が発生し，発災後 66 時間の段階で，宮城県で 17,853 人もの孤立者（全体の約 81%）が存在した（**図-6**，**表-7**）．孤立地域の発生と同様に，災害初期段階においては，回転翼機による捜索・救助の活動は，広範囲かつ高密度で行うことが求められた．



出典：東北地方太平洋沖地震緊急地図作成チーム（2011）

図-6　宮城県での孤立者の発生状況（3/14 時点）

表-7　東日本大震災での岩手・宮城・福島県の孤立者数の推移

	日時	孤立者数（人）			
		岩手県	宮城県	福島県	3 県計
発災	3 月 11 日 14 時 46 分	－	－	－	－
66 時間後	3 月 14 日 8 時 30 分	2,312	17,853	1,859	22,024
90 時間後	3 月 15 日 6 時	3,188	18,511	1,863	23,562
98 時間後	3 月 15 日 17 時	4,371	3,852	318	8,541
122 時間後	3 月 16 日 17 時	446	1,968	45	2,459
189 時間後	3 月日 9 日 9 時	3	900	291	1,194

東北地方太平洋沖地震緊急地図作成チーム（2011）より作成

(3) 津波による人的被害の特徴

小井土ら（2011）によれば，阪神・淡路大震災では死者 6,433 人に対して傷病者は 43,800 人で，6.8 人の傷病者に対して 1 人の死亡であった．東日本大震災では死者・行方不明者 19,582 人に対して傷病者は 5,942 人で，0.3 人の傷病者に 1 人の死亡であった．東日本大震災では発災後 7 日までの急性期に救命治療を必要とする外傷患者の傷病者がほとんどいなかったとしている（**表-8**）．このように，広域医療搬送された人数は 19 名と，災害規模に比しては，固定翼機による広域医療搬送ニーズが極めて少なかった（**表-9**）．

表-8　東日本大震災と阪神・淡路大震災での人的被害の違い

	傷病者（人）	死者・行方不明者（人）	傷病者数／死者数比
阪神・淡路大震災	43,800	6,433	6.8
東日本大震災	5,942	19,582	0.30

出典：小井土雄一ら（2011）

表-9　東日本大震災での広域医療搬送数

	C-1 計 5 機　19 名の搬送	
3/12	花巻空港→新千歳空港	4 名
	福島空港→羽田空港	3 名
3/13	花巻空港→羽田空港	6 名
3/14	花巻空港→秋田空港	3 名
3/15	花巻空港→秋田空港	3 名

出典：小井土雄一ら（2011）

(4) 発災時刻，地形による航空機活動の制約

a) 発災時刻

東日本大震災は 14 時 46 分発災で，仙台空港が立地する宮城県名取市では約 70 分後の 15 時 56 分に津波到達，その後 17 時 39 分には日没となった．そのため，3 章で詳述するが，自衛隊機を除き，捜索・救助の航空活動が本格化したのは翌日であった．

b) 天候・地形等の制約

3 月 16 日から 17 日かけては，**図-7** に示すように山形空港，花巻空港で積雪を伴う降雪があり，回転翼や機体に雪氷が付着し，洗浄が必要な状況となった．

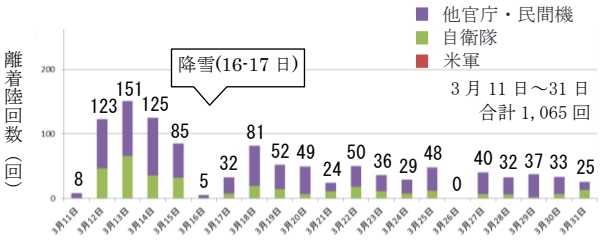
出典：Helicopter JAPAN(2011b)

図-7　雪の山形空港

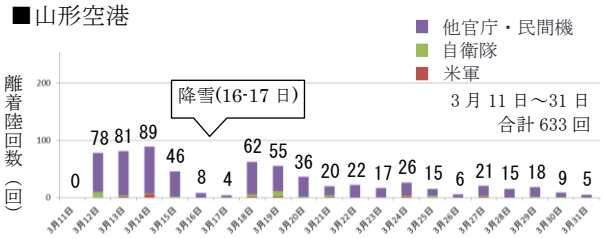
さらに，山形空港を拠点とした緊急消防援助隊航空部隊等の回転翼機は，被災の大きい宮城県の沿岸地域に行くために，奥羽山脈を始めとする標高約 1,000m～2,000m 前後の山岳地帯を越える必要があり，吹雪等の天候の悪化による低視程，雲高制限等で出動が制約されることがあった．

図-8 に示すように山形空港，花巻空港では降雪期間中は，回転翼機の離着陸が減少しており，天候の種類にも左右されるが，悪天候は回転翼機による救急・救命活動等への大きな障害になった．

■花巻空港



■山形空港



国土交通省航空局（2011b）の回転翼機グラフから読み取り作成

図-8　災害目的での空港の利用状況（回転翼機）

3. 東日本大震災時の代替空港における救急･救命活動等－宮城県の例

東日本大震災では，津波の影響により孤立地域が広範囲に多数発生したこともあり，災害初期段階での情報収集，捜索・救助，医療搬送といった救急・救命活動等において，回転翼機の活動の需要が大きかった．中でも，**表-7** にみるように，宮城県は，孤立者の約 81%（発災後 66 時間時点）が集中した．そうした中，災害時の拠点と期待されていた仙台空港が発災後 4 日間停止し，霞目飛行場，海上自衛隊艦船等が，代替空港としての機能を果たした．ここでは，所管する機関の特性を踏まえ，文献等を整理したうえで，差し支えない範囲で関係者の助言を得ながら，その運用の実態を可能な範囲で整理する．

3.1 宮城県における救急・救命活動等の全体像

(1) 空港・基地（自衛隊の飛行場）の立地状況

仙台空港を中心に公共飛行場及び基地の立地状況をみると，50km 圏に松島基地（航空自衛隊），霞目飛行場（陸上自衛隊），100km 圏に奥羽山脈を挟んで山形空港，150km 圏に福島空港，花巻空港が立地している．（**図-9**）

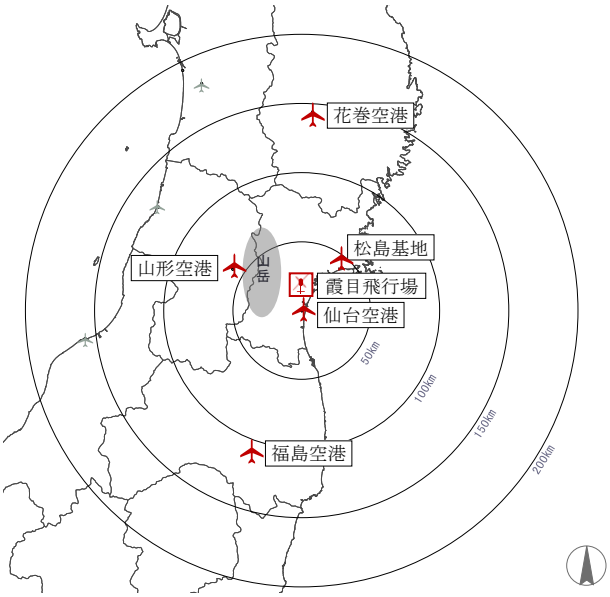


図-9　仙台空港を中心とした空港・基地の立地状況

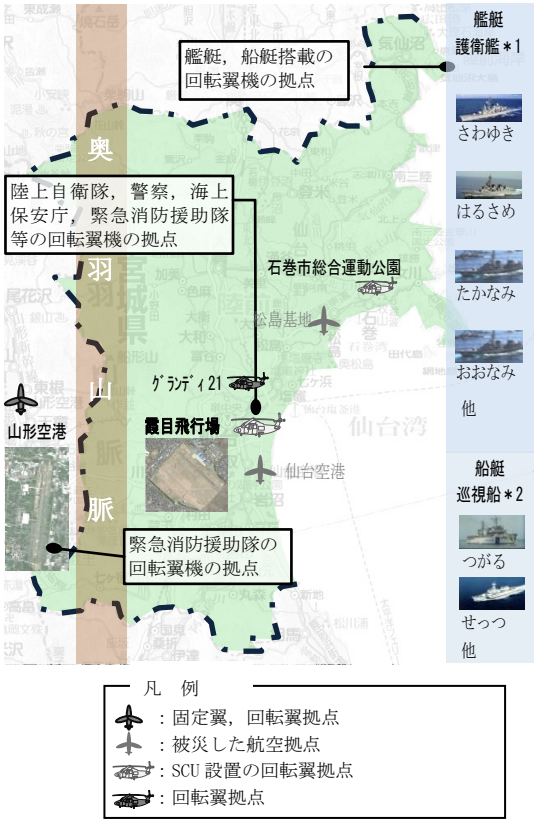
(2) 宮城県における救急・救命活動等の回転翼機の拠点

津波被災により，仙台空港は 3 月 14 日まで，回転翼機・固定翼機ともに利用できない状況となった．その代替機能を果たすため，発災直後から霞目飛行場，海上自衛隊艦艇，海上保安庁船艇，山形空港，グランディ 21 宮城県総合運動公園（以下，「グランディ 21」という），石巻市総合運動公園が，被災地での救急・救命活動等の中心となる回転翼機の拠点として機能した．

災害初期段階における救急・救命活動等の拠点の活動概要は以下の通りである．活動概要は主に宮城県（2012），笹本（2011），Helicopter JAPAN（2011a），Helicopter JAPAN（2011c）に掲載された霞目駐屯地広報室資料及び防衛省・自衛隊（2011）等より作成した．

a) 霞目飛行場

霞目飛行場は，発災当日より利用可能で，15 時 01 分には最初の回転翼機が情報収集に離陸した．同飛行場を夜間駐機の拠点とした回転翼機は，最大で 65 機程度であり，陸上自衛隊，海上自衛隊，宮城県警察航空隊，仙台市消防航空隊，緊急消防援助隊航空部隊，海上保安庁，その他多数の回転翼機が利用した．なお，陸上自衛隊全体では 3 月 31 日までの最大で 105 機の回転翼機が宮城県内の被災地で活動した．また，同飛行場には，SCU（Staging Care Unit 広域搬送拠点臨時医療施設，以下「SCU」という）も設置された（**図-10**）．



＊1：護衛艦名は防衛省・自衛隊（2011）等より 3 月 12 日に搭載の回転翼機が宮城県内で救助活動をしたものを掲載した．
＊2：巡視船名は Helicopter JAPAN（2011a）より 3 月 11～16 日に搭載の回転翼機が宮城県内で救助活動をしたものを掲載した．
＊3：船の位置は，イメージであり，実際の活動場所ではない．
防衛省・自衛隊（2011），Helicopter JAPAN（2011a）等より作成

図-10　宮城県における回転翼機の活動拠点

b) 海上自衛隊艦艇

海上自衛隊艦艇は，3 月 12 日 3 時頃には被災地に到着し，艦艇を給油・整備等の拠点として，艦艇搭載の回転翼機が活動を実施した．艦艇搭載の回転翼機は，宮城県を含む被災地全体で，3 月 24 日時点で 17 機が活動した．その他の海上自衛隊の回転翼機は，館山や大湊などの航空基地を拠点に活動した．3 月 31 日までの最大で，海上自衛隊全体で 79 機の回転翼機が被災地で活動した（**図-10**）．

c) 海上保安庁船艇

海上保安庁船艇を拠点に被災地で活動した回転翼機は 6 機で，その他に陸上の基地等を拠点に活動した回転翼機が 10 機あり，延べ 16 機が被災地で活動した．なお，他県での活動と重複するが，16 機のうち，船艇を拠点にした回転翼機 2 機，霞目飛行場等を拠点にした 8 機が宮城県で活動した（**図-10**）．

d）山形空港，グランディ 21，石巻市総合運動公園

山形空港は，3 月 12 日から 4 月 7 日まで救難機等の受入に対して 24 時間体制で対応した．主に宮城県で活動する緊急消防援助隊航空部隊が夜間駐機場所の一つとして利用し，10 機分のスポットが提供された．また，グランディ 21 の第 7 駐車場が，総務省消防庁が準備した航空燃料の配置完了に伴い，3 月 13 日から緊急消防援助隊航空部隊のフォワードベース（夜間駐機は主に山形空港）として利用された．（**図-10**）

その他に，石巻市総合運動公園に臨時の SCU が設置され，津波被害により孤立した石巻市立病院の入院患者 240 名をドクターヘリ及び自衛隊回転翼機 CH-47 を使い，霞目飛行場を経由し，県外病院等へ搬送した．（**図-10**）

e）宮城県全体での回転翼機の投入機材数の推定

災害初期段階に宮城県内の飛行場，宮城県沖合で活動した艦艇や船艇，並びに隣県の山形空港を拠点に活動した回転翼機の機数は，統一的データがないこと，複数県にまたがる活動がなされたこと等から，正確な数字を推定するのは困難である．ただし，夜間駐機数からみて，少なくとも，霞目飛行場が 65 機，山形空港が 10 機，海上自衛隊艦艇が 17 機のうち数機，海上保安庁船艇が 2 機，その他にドクターヘリ，米軍の回転翼機を合わせると，1 日あたりの最大で 100 機以上の回転翼機が活動していたと推定される．

(3) 宮城県における回転翼機による救助者数

宮城県内の回転翼機の拠点及び山形空港を拠点とした各機関の回転翼機による救助者数は，宮城県内分について資料より判明した分だけであるが，緊急消防援助隊航空部隊が 1,275 人，警察が 262 人，海上保安庁が 202 人であった．

陸上自衛隊，海上自衛隊については，県別の救助者数が公表されていないため，宮城県内の救助者数は特定できないが，陸上自衛隊が 1,684 人（八戸航空基地分含む），海上自衛隊が約 850 人（救助者数 896 人の約 95%）であった．

救助のピーク期間は，緊急消防援助隊航空部隊で約 80%が 3 月 12～13 日，警察で約 85%が 3 月 12～13 日，海上保安庁で約 81%が 3 月 12 日と，発災後 3 日間に集中している（**表-10**）．

表-10　宮城県内の回転翼機の拠点を使った各機関の回転翼機による救助者数（宮城県分，判明分）

所属	救助数	期間	備考
宮城県派遣の緊急消防援助隊航空部隊*1	1,275 人（1017 人）	3/11～31（3/12-13）	山形空港，霞目飛行場等を拠点に活動．霞目拠点の東京消防庁，札幌市の救助者数 459 人
警察	262 人（222 人）	－（12-13）	宮城県警察航空隊は霞目飛行場を拠点に活動
海上保安庁	202 人（163 人）	3/11-16（3/12）	霞目飛行場，巡視船等を拠点に活動
(参考)霞目・八戸の陸上自衛隊の回転翼機*2	1,684 人	3/11-27	霞目飛行場，八戸航空基地を拠点に活動
(参考)海上自衛隊*3	896 人	3/11-7/31	896 人のうち約 95%が回転翼機による救助者で，約 6 割が宮城県内での救助者

＊1：救急救助捜索者数．13 日に 18 機のヘリが宮城県に派遣．11 機は山形空港，4 機が霞目飛行場，3 機が福島空港を使用
＊2：救助者数，患者・避難者等搬送数．宮城県外を含む
＊3：被災地全体での海上自衛隊全体の救助者数，負傷者等搬送数
Helicopter JAPAN(2011a)，陸上自衛隊資料，海上自衛隊資料より作成

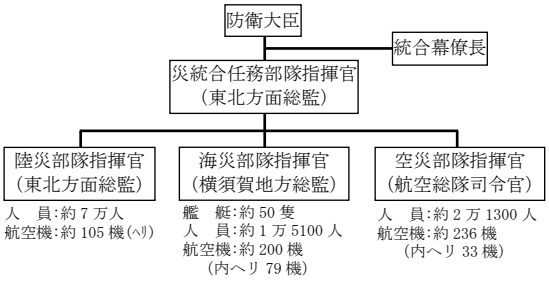
(4) 宮城県内での SCU の設置と広域医療搬送

宮城県内では，霞目飛行場に SCU，石巻市総合運動公園に臨時の SCU が設置された．宮城県外では，花巻空港と福島空港に SCU が設置され，固定翼機による広域医療搬送が実施された（**表-4**）．

独立行政法人国立病院機構災害医療センター「東日本大震災における活動記録（2011）」によれば，宮城県内で発生した広域医療搬送の対象患者は，石巻市内の病院から，約 120 ㎞離れた花巻空港に大型回転翼機 CH-47 で搬送し，花巻空港から固定翼機で羽田空港への搬送が行われた．同様に，石巻市内の病院から約 130 ㎞離れた福島空港を経由した搬送が行われた．

3.2 霞目飛行場，海上自衛隊艦艇の救急・救命活動等の運用の実態

東日本大震災での自衛隊の災害派遣にあたっては，平成 23 年 3 月 14 日に出された「平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震に対する大規模震災災害派遣の実施に関する自衛隊行動命令」により，陸上自衛隊東北方面総監が陸災部隊，海災部隊，空災部隊の 3 部隊を指揮することとなった（**図-11**）．



注：人員，航空機，艦艇は 3 月 31 日までの最大
防衛省・自衛隊（2011b），笹本（2011）より作成

図-11　災統合任務部隊の概要

回転翼機の主要拠点となった霞目飛行場は陸災部隊，海上自衛隊艦艇は海災部隊に属する．なお，宮城県における空災部隊の拠点として松島基地があるが，津波の被災を受け，3 月 16 日まで利用できなかった．それまでの間，宮城県内の自衛隊の主な回転翼機の拠点は，陸上自衛隊の霞目飛行場と海上自衛隊艦艇であった．

救急・救命活動等において最大の機材数を投入したと考えられる自衛隊については，所管する機関の特別な性格から，文献等で断片的かつ推察を含んだ情報しか公に接することができない．本研究では，宮城県内において，仙台空港の代替空港として使用され，宮城県内最大の回転翼機の拠点となった霞目飛行場及び海上自衛隊艦艇の発災後 3 日間程度の活動について，可能な範囲で整理することとした．

(1) 霞目飛行場の概要，被災状況

a) 霞目飛行場の概要

霞目飛行場は仙台市若林区の陸上自衛隊霞目駐屯地にあり，滑走路 708×30m とグラスエリアを有し，陸上自衛隊東北方面隊の東北方面航空隊の駐屯地として運用されている．霞目駐屯地の東北方面航空隊の主な装備は，OH-6D（観測ヘリコプター），UH-1J（多用途ヘリコプター）で，固定翼機の運用はみられない（**図-12**）．

出典：陸上自衛隊霞目駐屯地パンフレット

図-12　映像伝送装置搭載の UH-1J

b) 東日本大震災での被災

霞目飛行場のある仙台市若林区は震度 6 弱，津波は飛行場の直近まできたものの，浸水は免れた（**図-13**）．停電があったものの，予備発電機により給電し，関係施設及び機材の被害もほとんどなく，管制，気象及びその他の航空業務を継続し，間断なく飛行場の運用が可能であった．

国土地理院（2011），陸上自衛隊資料より作成

図-13　霞目飛行場位置図，平面図

(2) 発災後 1 週間に霞目飛行場が果たした活動の全体像

霞目飛行場での回転翼機の運用について，霞目駐屯地

広報室資料等より，情報収集，捜索・救助，救急・救命等の観点から整理を行った．

a）発災後 1 週間の全体像

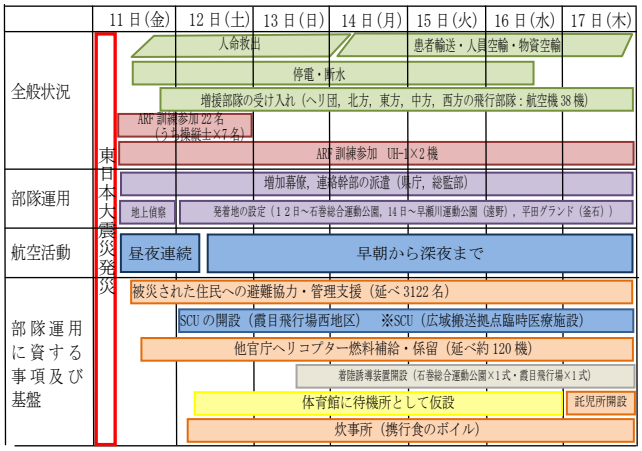
3 月 11 日の発災直後に，東北方面航空隊が保有する回転翼機 UH-1J，OH-6D が離陸し，情報収集，捜索・救助等の活動が実施され，日没後も継続された．

翌 12 日には，飛行場西地区にエアドームを設置し SCU が開設され，避難・救出した住民のための待機所及び炊事所も設置され，17 日には託児所も設置された．

霞目飛行場には，全国の陸上自衛隊の駐屯地から増援部隊等が派遣され，陸災部隊の増強東北方面航空隊として活動を行った．霞目飛行場を拠点とした自衛隊の回転翼機は，同飛行場をもともと拠点とする機材の他に，大型の回転翼機である CH-47 をはじめ，観測ヘリコプターOH-1，多用途ヘリコプターUH-60 が増援部隊として加わり，3 月 18 日時点で 45 機程度が活動した．

飛来した回転翼機は，自衛隊機だけでなく，緊急消防援助隊航空部隊，警察，海上保安庁等の官庁機の他に，米軍，ドクターヘリ等の民間機もあり，組織横断的に利用され，霞目飛行場を夜間駐機場所とした回転翼機は最大 65 機程度であった．また，利用した回転翼機に対しては，要請に応じ機関を問わず燃料補給が実施された（**図-14**，**図-15**）．

その他に，霞目飛行場外ではあるが，石巻市総合運動公園，早瀬川運動公園（遠野），平田グランド（釜石）に回転翼機の発着地を設定している．また，石巻市総合運動公園には着陸誘導装置を開設し，回転翼機の活動拠点の整備を実施した．



出典：Helicopter Japan（2011c）掲載の霞目駐屯地広報室資料

図-14　災害初期に霞目飛行場及び駐屯地が果した役割

出典：陸上自衛隊資料

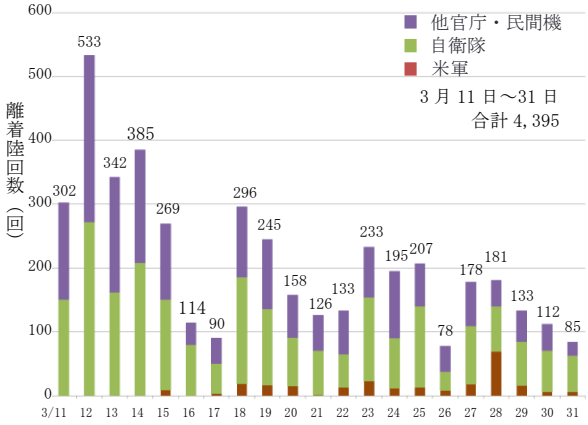
図-15　東日本大震災における霞目飛行場の様子

b）管制回数からみた期間別，機関別の利用回数

東日本大震災時の霞目飛行場における回転翼機の管制回数（離陸回数と着陸回数を合算したものと考えられる）は，発災から 3 月 31 日の間で 4,394 回で，一日平均約 209 回に達した．これは，平成 21 年度の同飛行場の一日の平均管制回数 46 回に対し約 4.5 倍の回数である．同じ期間中の花巻空港の回転翼機の離着陸回数は 1,065 回，山形空港が同 633 回であったことから，津波浸水地域に最も近接した位置にある霞目飛行場へ回転翼機が集中したことが読み取れる（**図-16**）．

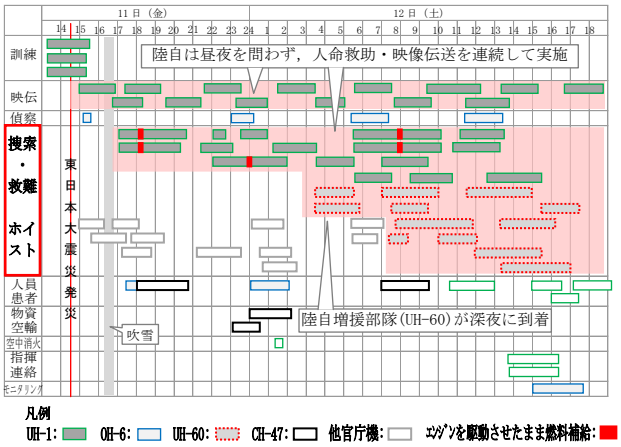
次に，発災から 3 月 31 日までの間の管制回数の分布をみてみると，3 月 13 日までの発災後 3 日間で 1,177 回，発災後 5 日間で 1,831 回に達し，発災から 3 月 31 までの管制回数に対し 3 日間で約 26.8%，5 日間で約 41.7%に達している．その後，天候の悪化で 16 日，17 日には回転翼機の活動が停滞したものの，発災後 1 週間で同約 46.3%となっており，回転翼機の活動が救急・救命活動等の需要の高い 1 週間に集中していることがわかる．なお，最大の管制回数は発災翌日の 3 月 12 日で 533 回であった．これを年間に換算すると約 19.5 万回となる．

利用機関別には，自衛隊が 2,265 回で 51.5%を占めるが，残りは自衛隊以外の他官庁，民間及び米軍であり，自衛隊に限らず，組織横断的に霞目飛行場が利用されていたことがわかる．



陸上自衛隊資料より作成

図-16　東日本大震災時の霞目飛行場の管制回数



Helicopter Japan(2011c)掲載の霞目駐屯地広報室資料より作成

図-17　東日本大震災での霞目飛行場での救急・救命活動等

c）発災直後の情報収集

霞目飛行場では，発災（14 時 46 分）後，即時に，映像伝送装置を搭載した多用途ヘリコプターUH-1J の離陸準備に入り，地震動が収まっていない 15 時 01 分に離陸した．途中，雪による低視程，雲高制限のため，一旦予防避難的に着陸を余儀なくされる厳しい状況の中，震災直後の火災などの様子，15 時 55 分頃からは仙台平野を襲った津波の様子などをリアルタイムで東北方面総監及び関係機関へ映像を伝送した．

その後も，多用途ヘリコプターUH-1 を 2 機運用し，福島から岩手県の山田・宮古地区に至る被災地の状況を 24 時間体制で映像伝送した．

d）捜索・救助活動

発災後 2 日間の捜索・救助活動についてみると，発災後しばらくして，霞目飛行場から 5km 離れた荒浜小学校屋上に避難した人たちの孤立情報（当初数十名，救助過程で，数百名規模と判明）が入った．17 時 03 分に 2 機の UH-1 が救助に向かい，津波により着陸場所がない中，ホイストによる救助を行い，霞目飛行場や病院へピストン輸送を行った．この後，次々と入る孤立情報に対し，深夜に到着した陸上自衛隊の応援機（UH-60）も加わり，周辺民家から松島・石巻，志津川，牡鹿西・北上河口，南相馬方面などに活動範囲を広げ，24 時間体制で捜索・救助活動を実施した．

自衛隊機以外にも，霞目飛行場を拠点とする宮城県警察航空隊の回転翼機，仙台市消防航空隊，第二管区海上保安本部仙台航空基地の回転翼機が霞目飛行場を臨時の拠点として，捜索・救助，消火，パトロール等の活動を実施した（図-17）．

e）夜間の捜索・救助活動

回転翼機は，パイロットの目視による有視界飛行（VFR：Visual Flight Rules）により飛行を行う．夜間であっても，市街地の明かりがあれば遊覧飛行が行われているように，夜間飛行は可能である．しかしながら，発災直後は，天候は雪で，停電により市街地の灯火もなく，また津波により地形が大きく変わったため，有視界飛行時の目印となるものがなく，夜間の飛行は大きく制限された．また，津波浸水被害があったため着陸による救出も難しく，夜間の捜索・救助活動は極めて困難な状況であった．

こうした状況の中，陸上自衛隊の回転翼機は，暗視ゴーグルを装備し，夜間飛行の訓練も行っていたので，着陸またはホイストにより救助活動を継続することができた（図-18）．

出典：陸上自衛隊資料

図-18　暗闇の中でのホイスト活動

警察・消防・海上保安庁の回転翼機は，17:39 の日没を踏まえ，19:30 に救助活動を休止し，薄明時の 5:31（日の出 5:54）から活動を再開した．なお，警察の回転翼機は夜間パトロールを継続した．

f）その他の多様な輸送活動等

情報収集活動，捜索・救助活動の他に，霞目飛行場を拠点とした回転翼機を用いて，政府調査団や県庁等へのリエゾン等の人員の輸送，DMAT の医療要員・患者の搬送，福島原子力発電所に要したバッテリーなど緊急物資の輸送，空中消火などの活動が行われた．

g）機体整備

回転翼機は，機材の種類にもよるが，飛行時間 25 時間～50 時間あたり 2 日程度を要する整備点検を行う必要がある．大型の固定翼機（ボーイング 767，日本航空，A 整備の場合）の整備点検が，飛行時間 500 時間（システムの整備点検），あるいは 300 飛行回数（機体構造の整備点検）ごとに必要なことと比較すると，回転翼機は，非常に短いサイクルでの整備が求められている．

陸上自衛隊霞目飛行場では，発災直後は，この整備点検をできるだけ短時間で行い，回転翼機を連続的に運用し，救急・救命活動等を途切れることなく実施した．

h）燃料給油

霞目飛行場は，もともとの燃料備蓄に加え，被災した松島基地向けの燃料も振り向けられたので，燃料が相当量に保管されていた．

燃料供給は，陸上自衛隊の回転翼機だけではなく，海上自衛隊，宮城県警察航空隊，仙台市消防航空隊，緊急消防援助隊航空部隊，海上保安庁等，要請に応じ機関を問わず燃料補給が実施された．

(3) 海上自衛隊艦艇による救急・救命活動等

a）海災部隊の概要，活動の全体像

海災部隊は，護衛隊群，掃海隊群，補給隊，海上輸送隊，航空部隊等を被災地に派遣し，救急・救命活動等，緊急物資・人員等輸送の活動を実施した．

このうち，回転翼機による救急・救命活動等を実施したのは，3 つの護衛隊群（海上自衛隊艦船を拠点に搭載の回転翼機を運用）と航空部隊（館山，大湊などの航空基地を拠点に活動）で，笹本（2011）によると 3 月 31 日までに，最大で 79 機の回転翼機が活動を実施した．被災地で艦艇を拠点に活動した回転翼機は，3 月 24 日時点で 17 機であった（**図-19**）．

出典：防衛省（2012）

図-19 地震発生直後の被災地周辺の海上自衛隊の派遣部隊配置概略図

b）艦艇を拠点とした回転翼機の運用

東日本大震災では，発災後すぐに「はるさめ」「たかなみ」「おおなみ」「さわゆき」に SH-60 哨戒機各 1 機が搭載され，12 日夜 3 時頃には被災地に到着，被害調査，捜索・救助活動が行われた（**図-20**）．

出典：防衛省（2012）

図-20 艦艇搭載の回転翼機 SH-60 による救助活動

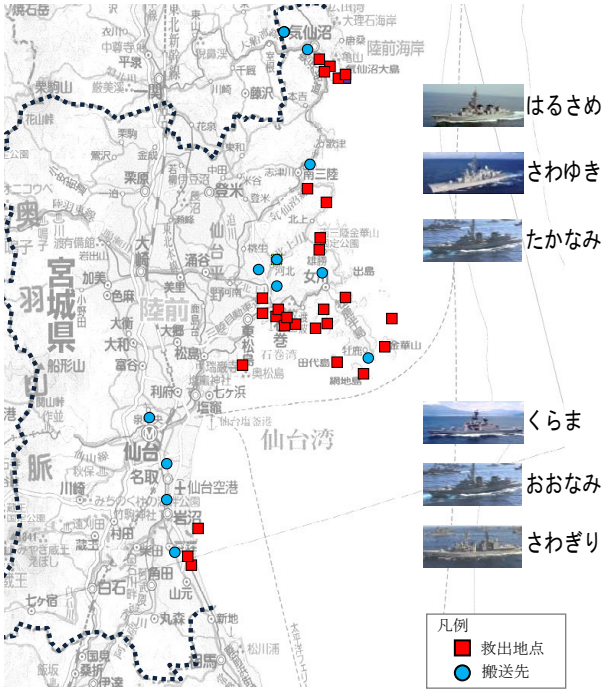
更に，ドック入りが予定されていた「ひゅうが」も，ドック入りを中止し，SH-60 哨戒機 4 機を搭載し 13 日から救助活動を実施した．捜索・救助活動は，日の出 1 時間位前から日没後まで，操縦士 2 名と航空士 2 名の 4 名がひとつのチームとなり，2 チームが交代で連続して行われた．なお艦艇は，陸岸近くは浮遊物も多く，危険が伴うため，錨が打てるような場所までは近づけず，沖合に漂泊，もしくは低速航行で運行し，搭載の回転翼機が発着艦する際には，一定の相対風を得るために発着艦進路をとって航走された．

艦艇搭載の回転翼機は，搭載艦艇と一体的に運用されることで極めて効率的な活動が可能であり，救助場所に

合わせて艦艇が移動することで，被災地のごく近傍沖合から集中的に救助し，病院，避難所等の安全な場所へ救助者の輸送を行うことができる．

東日本大震災においても，霞目飛行場から遠方の宮城県北部の沿岸部を中心に，海上自衛隊艦船が展開し，搭載の回転翼機による捜索・救助活動が行われた（図-21）．海上自衛隊の救助者数 896 名のうち，約 95%が回転翼機による救助者であり，そのうちの約 7 割が艦艇搭載の回転翼機による救助であった．

館山，大湊等の航空基地から運用された回転翼機については，艦艇での給油を挟み，被災地で救急・救命活動等を実施した後に航空基地へ戻るという運用がなされた．回転翼機の場合，一度機体を止めると整備作業が伴う上，不具合が発生するリスクが高まるため，整備支援が得られないところでは止めないで運用するのが原則とのことであった．



防衛省・自衛隊（2011a）等より作成

図-21　宮城県内での艦艇搭載の回転翼機による救急救命活動等の状況（3/11～15 日）

3.3 代替空港の運用の想定で共有すべき事例等

(1) 代替空港の運用の想定で共有すべき事例

宮城県において 1 万 8 千人以上の孤立者が生じる一方，災害時の拠点と目されていた公共用飛行場が被災する中，災害初期段階（おおむね発災後 72 時間以内）において，回転翼機の捜索・救助活動等を支えた霞目飛行場及び海上自衛隊艦艇の代替空港としての役割は非常に大きかった．同時に，大規模災害の初期段階における代替空港の運用の想定として，関係者間で共有すべき新しい事例が多数得られた．

特筆すべきものとして，管制回数 533 回／日に及ぶ離発着需要とそれを処理したきわめて高い管制能力の必要性，調査団・リエゾン等要員輸送，空中消火，原子力発電所関連の緊急物資輸送など多様な輸送活動，夜間の航空活動の困難さと装備・訓練の必要性，並びに回転翼機に特有の高頻度の整備点検の短縮化などが挙げられる．

(2) 機関横断的な連携のとりくみ

連携の視点では，霞目飛行場において，当初予定していた拠点を失った仙台市消防航空隊および第二管区海上保安本部仙台航空基地の回転翼機が拠点を設置できたこと，また同飛行場において要請に応じすべての機関の回転翼機に燃料給油を行ったこと，同飛行場から比較的遠隔にある宮城県北部沿岸部において，回転翼機搭載の海上自衛隊艦艇が進出し捜索・救助にあたったことなど，関係機関の良好な連携がみられた．

(3) 代替空港に備えたい機能

霞目飛行場は自衛隊の飛行場という事情もあり，必要な機能を迅速に備えることができた．しかし，公共用飛行場を代替空港に予定するにあたり，次の機能などを備えることが望ましいと考える．具体には，回転翼機で救助された多数の救助者に提供する一時的な避難場所や食料・毛布などの備蓄，被災地外から応援にきた回転翼機に対する，夜間駐機場所，整備点検のための格納庫，燃料給油，パイロット等の休憩場所の確保などが挙げられる．また，原子力災害を視野に入れた場合には，除染や汚染水の処理施設も必要になると考えられる．

4. 代替空港の有無に着目した空港間における津波対策の優先順位付け

4.1 優先順位付けのためのリスクの評価方法

(1) リスクの対策の考え方

空港分野では，航空機の事故災害の防止のため，日常業務の中で，リスクの評価からその対策までの一連の管理が継続的に実施されており，自然災害より事故災害のリスクに対する考えの整理が先行しているといえる．航空局から 2006 年に「飛行場安全管理システム構築ガイダンス」が示され，そこでは「リスクの大きさ」は事故等の「不安全（リスク）事象の発生頻度」と「結果重大性」の組み合わせと定義している．この方法を，空港に

関する津波災害の問題にも流用して，津波被害のリスクの大きさを，被害を生じる津波の発生頻度と津波災害に関する結果重大性の組み合わせとした場合，対策の考え方が**図-22** のとおり整理できる．

現状のリスクを右上から左下に移動させる，すなわち「リスクの低減」のための対策が，一般的なリスク対策である．その際に「リスクの低減」は，「リスクの軽減」と「リスクの予防」の各対策の組み合わせによるところとなる．

「リスクの軽減」とは結果重大性を小さくすることであり，空港の早期再開に支障が生じる電気設備の水没を防止する水密化・高架化や制限区域を形成するフェンスの流失から早期再建を図る復旧資材の準備などが挙げられる．

「リスクの予防」とは，被害の発生確率を小さくすることであり，想定以上の津波高さであっても余裕を考慮した空港の地盤高さや護岸高さの確保などが挙げられる．

「リスクの回避」とは，被害の発生そのものを生じさせないことであり，空港機能の継続を第一と考える地域の立場に立てば，津波の心配がない内陸部への空港の移設や代替空港を確保することが挙げられる．常に可能な方法ではないが，発生頻度，結果重大性若しくはその両者が極めて深刻な場合，唯一の取り得る手段となる．

「リスクの転嫁」とは，金銭など全く別のもので代償することであり，空港を設置管理する民間会社の立場に立てば，復旧費用や営業損失を補う損害保険が挙げられる．

「リスクの保有・受容」とは，発生頻度の大小にかかわらず十分被害が小さい場合，或いは発生頻度が極めて小さいにもかかわらず費用が際限なく高いなど対策が困難である場合が挙げられる．特に後者にあっては，人的被害を最小限に止めるよう津波警報発令時の乗客・職員等の避難計画など，ソフトの施策でしか対処せざるを得ないと考えられる．

このように，「発生頻度」と「結果重大性」を分離して，それぞれ個別にその大きさを考えたうえで，「リスクの大きさ」を「発生頻度」と「結果重大性」を軸とし，対策の優先順位付けを行う方法は，原子力安全分野，港湾保安などの分野でもみられる（佐藤（2006），IMO（2002））．

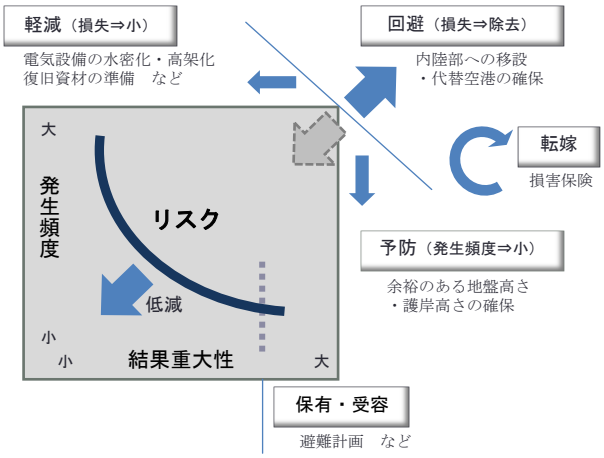


図-22　リスクの対策の考え方

(2) 評価方法

a) 定性的評価

リスクの対策に関する優先順位付けを評価する方法としては，「発生頻度」の記述ぶりで，「定性的評価」と「定量的評価」に大別できる．そのうち「定性的評価」とは，最も簡易な方法であり，想定されるシナリオの発生頻度及び結果重大性を，専門家の意見等を踏まえ，大中小など主観的に分類し，ランク付けする方法としている．実際，航空機事故でのヒューマンエラーやテロ行為での犯人の動機など，その発生頻度を定量的に測ることが困難であるが，現場として喫緊に対策が迫られている事象については，積極的に採用されている（Mark G. Stewart ら（1997））．

先述の，「飛行場安全管理システム構築ガイダンス(2006)」において，詳細な方法が示されている．同ガイダンスでは，**表-11** にあるような航空機事故の原因となる事象をリスク源とし，事故の調査結果，職場内ミーティング，ヒヤリハット報告，安全点検等の情報源から，一つ一つ洗いだす．洗いだしたすべてのリスク源に対して，そのリスク源によって不安全事象が発生した場合にどのような影響があるのかを，その結果重大性を，**表-12** に基づき判定することとしている．結果重大性としては，人的被害にあっては死者数，死傷者・負傷者の有無，物的被害にあっては，施設の長期・一時的な運用続行の不能，装置の復旧困難や機能の停止・低下など，また，発生頻度については，**表-13** のとおりとしており，「何回も起きやすい」など，ランク付けの区分について，数値で示さない表現にとどめている．

表-14 中，「見直し」とあるのは，合理的で実行可能な範囲で，できる限りリスクを低減する対策を行い，受入れ可能なリスクとするが，リスクの低減策がとれない

時はその業務そのものを禁止すること，すなわちリスクを回避することとされている．

なお，課題としては，対策が施設整備を伴うものである場合，その費用対効果を数値で算定し，複数の対策案について数値で比較することが困難な点にある．

表-11　リスク源の洗い出しの例

整理番号	リスク源の内容
A001	エプロン内の安全マーキングの不良
A002	見通しの悪いカーブ
A003	滑走路上の落下物等の異物の存在
A004	管制と調整されていないクレーン作業
A005	野生動物の侵入の恐れのあるフェンスの破損

表-12　結果重大性の区分

レベル	結果重大性	意味	目安
5	致命的 壊滅的	重大事故 事故	複数の死者 長期にわたる運用続行不能 装置の破壊（復旧が困難）
4	危険	事故 重大インシデント	死傷者の発生 運用続行不能 装置の損壊（機能停止）
3	重大	重大インシデント	重軽傷者の発生 運用続行の限定 装置の損傷（一部機能停止）
2	軽微	小規模なインシデント	軽傷者の発生 運用対処による運用続行 装置軽微損傷（機能低下なし）
1	無視できる	ほとんど影響なし	人的被害なし 通常運用 装置損傷なし

表-13　発生頻度の区分

レベル	発生頻度	意味	目安
5	極めて多い	何回も起きやすい	官署内でよく発生する ほぼ毎年起きうる
4	比較的多い	時々起きることがある	官署で過去に発生したことがある 数年に１回以上起きうる
3	少ない	起きりにくい，ただし起きる可能性あり	他の官署で発生したことがある １０年に１回以上起きうる
2	まれ	非常に起きにくい	発生事例を聞いたことがある １０年に１回程度起きうる
1	極めてまれ	起きることがほぼ考えられない	発生したことをあまり聞かない １０年以上起きていない

表-14　リスクのレベル付け

			結果重大性				
			5	4	3	2	1
			壊滅的	危険	重大	軽微	無視できる
発生頻度	5	何回も起きやすい	受入られない	受入られない	受入られない	受入られない	見直し
	4	時々起きることがある	受入られない	受入られない	受入られない	見直し	見直し
	3	起きにくい，ただし起きる可能性有	見直し	見直し	見直し	見直し	受入れ可能
	2	非常に起きにくい	見直し	受入れ可能	受入れ可能	受入れ可能	受入れ可能
	1	起きることがほぼ考えられない	受入れ可能	受入れ可能	受入れ可能	受入れ可能	受入れ可能

b）定量的評価

被害を原因となるリスク源の発生頻度を数値化するとともに，結果重大性についても再調達価格といった損失額や，停止日数などの数値で分析する方法である．第二次世界大戦後の米国において，原子力及び損害保険といった分野において，リスクの評価方法の研究が深まり，発生頻度の定量化の方法が検討された．

原子力分野にあっては，1970 年代初めに，設計基準事故（DBE：Design Basis Accident）という原子力発電所の事故のシナリオを洗い出しとそれらの生起確率が検討されたのち，1975 年に原子力規制委員会（NRC）から，多くの分野でその後の定量的評価の標準的な分析方法となったイベントツリー（Event Tree）の手法が発表され，1979 年のスリーマイル島（TMI）原発事故の再発防止の検討に活かされた（Tim Bedford ら（2001））．

損害保険分野にあっては，1940 年代から，発生確率を数値で与える地震被害のシナリオに基づき，定量的評価が行われ，その結果を PML（Probable Maximum Loss: 予想最大損失率）という値で示し，投資に適しているかどうかの指標としてきた（損害保険料率算出機構（2002））．

定量的評価において，リスクは次式で記述されることとなるが，災害のリスク評価では，リスク事象の組み合わせによるさまざまな被害形態を網羅的に評価する必要があり，また重複評価も避けなければならない．このような課題に効果的に対処できるのが，イベントツリーである．

Risk=ΣPi（リスク事象の発生確率）×Ci（リスク事象に伴う損失）
＝PTC（損失期待値）

中村ら(2004)は，イベントツリーを用いて，地震動による工場建屋等のさまざまな被害形態について，損失額を結果重大性の指標にして，定量的に算出する方法を提案している．同様に，空港の地震動に対する被害形態について，網羅かつ重複なく分類整理するイベントツリーの検討方法について，簡易な仮定を用いて，以下に概説する．

図-23 は，埋立地や盛土で建設された地盤の上に滑走路と管制塔（ベタ基礎）が設置される空港を想定する．この空港に被害を生じる非常に強い地震動が作用した場合，空港の被害要因としては，地盤の液状化被害，滑走路損傷，管制塔損傷の 3 つを考える．地盤被害は，液状化の発生とし被害・無被害の 2 モード，滑走路損傷も，被害・無被害の 2 モード，管制塔損傷も，倒壊・無被害の 2 モードとする．

それぞれの被害要因を排反事象の集合としてすべてを尽くすと，被害形態は 2×2×2=8 となるが，液状化被害が発生すると上部にある滑走路と管制塔は被害を受ける

と考えられるため，**図-23** に示すように，分岐数は 5，すなわち被害形態は 5 に集約できる．

ここで，**図-23** に示すとおり，損失額を，地盤（液状化）100 億円，滑走路 30 億円，管制塔 20 億円の計 150 億円と仮定し，また復旧に係る閉鎖日数を，地盤 100 日，滑走路 50 日，管制塔 100 日と仮定するとともに，各分岐位置に各被害モードの発生確率を与えることとする．これらにより，被害形態の発生確率は被害モードの確率の積として求められ，損失額と停止日数の損失期待値が計算できる．このように，イベントツリーは，被害要因の組み合わせによって生じる様々な結果の相対的な起こりやすさを，確率を以て記述することができるとともに，被害の従属性や進展過程を視覚的に把握することができる．

発生頻度を，単一の数値で与えるだけでなく，確率密度関数で与えるその誤差伝播も踏まえ分析する方法を確率論的評価とされ，例えば，原子力学会（2011）から「原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準」に，その手法が示されている．

中村ら（2009）は，結果重大性に結び付く地震の指標（地表面最大加速度及び津波遡上高さなど）と，その年間超過確率との関係を設定するにあたり，過去の地震及び活断層，地震発生頻度，などの情報に基づいて確率理論を駆使して求める「確率地震」の手法と，過去最大の被害をもたらした特定の地震等を想定し，震源位置と地震マグニチュードを確定的に与えて求める「シナリオ地震」の二つの方法を示し，後者の場合であっても，想定する地震の年間発生確率といった情報が必要としている．

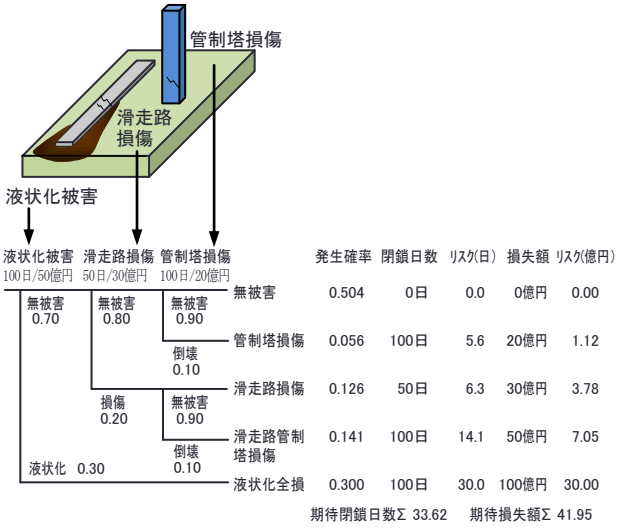


図-23　定量的評価のイメージ

4.2 災害初期における代替空港の有無による評価の試行

地盤高さの嵩上げ工事など既存空港への対策は，工事期間中の代替滑走路の準備など，総じて莫大な費用を要する．また，大きく想定を超える規模の津波が来襲する可能性がある場合，嵩上げ工事で必ずしも被害を予防できるとは限らない．したがって，津波災害の発災直後からできるだけ早期に行われるべき，捜索・救助といった回転翼機等による救急・救命活動等の実施を確実に担保することを考えれば，被災が想定される空港の近傍に代替空港の所在の有無が，リスクを回避する最も重要な要素といえる．

しかし，発生頻度が数百年から千年に 1 回で極めて低いものの，発生すれば甚大な被害をもたらす津波に対して，現時点でその生起確率の情報が十分に与えられておらず，定量的評価を用いるには多くの仮定が必要となる．そこで，本稿では，中央防災会議で示され航空局「空港の津波対策検討調査報告書(2011)」に引用された定性的な発生頻度を用いることとし，それによる定性的評価にて優先順位付けの試行を行うこととする．

(1) 評価対象

リスク評価の対象空港は，「空港の津波対策検討委員会報告書(2011)」で，津波による浸水の可能性があると考えられる空港とされた**表-15** に示す 26 空港とした．

なお，本研究では評価方法の有用性について試行して検討することが目的であり，対策の実施そのものを直接的な目的としていない．対策の実施については，経済的・社会的により高度な議論が必要と考えられるところ，評価方法の検討のためのサンプルである対象空港については，住民等に誤解を与えないよう無名化を図ることとする．

表-15　対象空港リスト

No	位置(緯度経度)	評価高*1 (m)	津波高*2 (m)	属性＊3
①	345130N/1364819E	3.79	2.9	
②	342603N/1351358E	2.88	2.8	
③	353312N/1394652E	2.87	1.4	被災地外広域搬送拠点,DMAT 等の参集拠点
④	452416N/1414808E	7.01	6.0	
⑤	380823N/1405501E	1.52	2.6	DMAT 等の参集拠点
⑥	375721N 1390642E	1.40	4.0	
⑦	334938N/1324159E	5.84	2.4	被災地外広域搬送拠点
⑧	333246N/1334010E	5.49	8.0	
⑨	335044N/1310206E	5.94	2.8	
⑩	325501N/1295449E	2.44	0.1	被災地外広域搬送拠点
⑪	332846N/1314414E	5.18	2.5	被災地外広域搬送拠点
⑫	315238N/1312655E	4.76	5.5	被災地外広域搬送拠点
⑬	261145N/1273845E	2.77	4.0	
⑭	335548N/1311643E	5.99	2.7	
⑮	353148N 1340954E	5.70	2.1	
⑯	330859N/1301808E	5.27	3.2	
⑰	282551N/1294245E	4.20	4.0	
⑱	281917N/1295541E	3.66	8.9	
⑲	275011N/1285253E	4.27	1.5	
⑳	262149N/1264250E	4.82	2.5	
㉑	244936N/1250841E	4.60	15.9	
㉒	243914N/1244031E	9.45	20.9	
㉓	242041N/1241113E	23.47	29.8	
㉔	240330N/1234814E	8.84	18.9	
㉕	343529N/1335600E	-0.30	2.8	
㉖	342610N/1325510E	2.74	2.9	被災地外広域搬送拠点

注*1：津波高は各空港で発生しうる最大の津波高
*2：評価高は空港標高または空港外周護岸高のいずれか高い方の値
*3：属性は『「東南海・南海地震応急対策活動要領」に基づく具体的な活動内容に係る計画』による．

(2) 発生頻度

a) 切迫性の高低

中央防災会議(2011)では，発生確率の切迫性が高いとされている，東海・東南海・南海地震，日本海・千島海溝周辺海溝型地震（宮城県沖地震等）等に対し，本州・四国・九州の太平洋側の沿岸部は津波のリスクが高い傾向にあるとし，それ以外の地域の沿岸部は津波のリスクがあるとしている．

これを踏まえ，「空港の津波対策検討調査報告書(2011)」において，レベル 2 津波を想定すべき津波としたうえで，レベル 2 津波に対して，切迫性の高低により発生頻度を定性的に 2 分類とし，本州・四国・九州の太平洋側の沿岸部の空港を「切迫性の高い地震の津波による浸水の可能性のあると考えられる空港（**図-24**)」とし，それ以外の地域の沿岸部を「切迫性の高い地震以外の津波による浸水の可能性のあると考えられる空港（**図-25**)」としている．

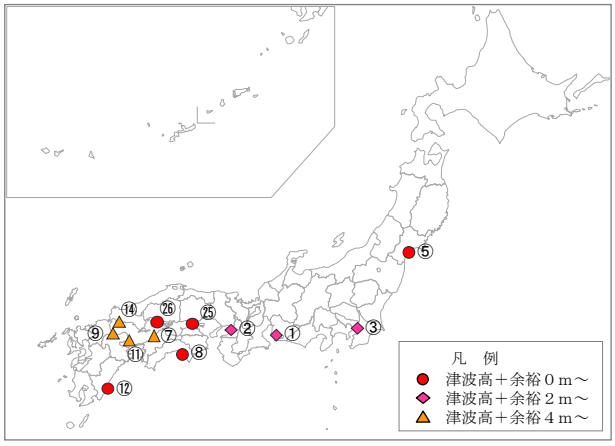


図-24　切迫性の高い地震の津波による浸水の可能性があると考えられる空港

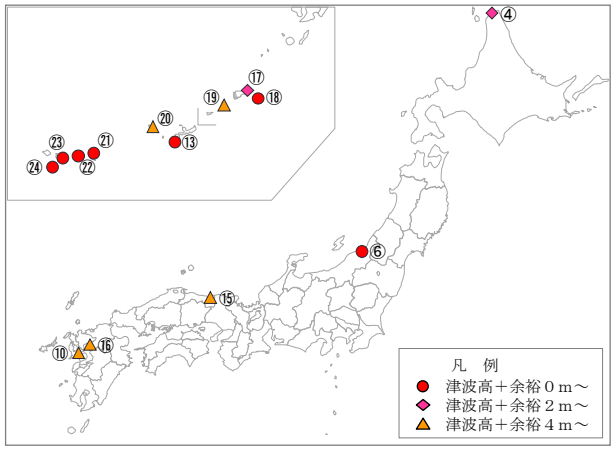


図-25　切迫性の高い地震以外の津波による浸水の可能性があると考えられる空港

b) 空港の標高等の余裕

各空港の標高は，計画段階においてその当時の中央防災会議資料や地域防災計画等で設定されている想定津波高を踏まえて設定されているが，しかし当初の想定を大きく超える高さの津波が来襲する可能性がある場合，現行の標高は被害の発生頻度に影響すると考える．

「空港の津波対策検討調査報告書(2011)」において，東北地方太平洋沖地震津波の最大遡上高さは約 T.P.+41m であったことから，空港の標高がこれを下回る空港を津波のリスクが高い空港とし，これら空港について，標高または外周護岸の最低高さのうち高い方（以下，標高等）と各空港で想定津波高さとの差を比較し，その差を，「+0m 以上+2m 未満」，「+2m 以上+4m 未満」，「+4m 以上」に 3 分類し，津波高さが当初の想定を大きく超える可能性があるものとして，想定津波高さと標高等との余裕について**図-26** に示すように整理した．当

初の想定津波高さと標高等との余裕が少ないほど，当初の想定を超える津波が標高等を超えて浸水する可能性が大きいものと考え，**表-16** に示すように，3 分類をそのまま定性的に浸水の可能性のランク付けとした．

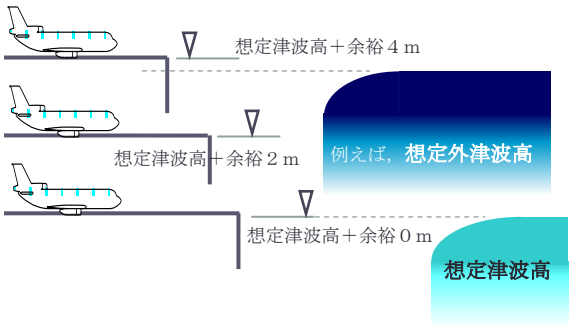


図-26　空港の標高等の余裕

表-16　津波で浸水の可能性があると考えられる空港

発生頻度の区分		該当空港
発生頻度	標高等の余裕	
大 切迫性が高い 地震	＋余裕 0m	⑤，㉕，㉖，⑧，⑫
	＋余裕 2m	③，①，②
	＋余裕 4m	⑦，⑨，⑪，⑭
小 切迫性が高い 地震以外	＋余裕 0m	⑥，⑬，⑱，㉑，㉒，㉓，㉔
	＋余裕 2m	④，⑰
	＋余裕 4m	⑩，⑮，⑯，⑲，⑳

(3) 結果重大性

a) 空港に求める役割

「地震に強い空港のあり方(2007)」では，発災から時間経過とともに，空港に求める役割として「救急・救命（捜索・救助及び情報収集を含む）」，「緊急物資・人員輸送」，「民間航空再開」，「航空輸送ネットワーク維持」の 4 項目を示し，「空港の津波対策の方針（2011）」にも引き継がれている．

宮城県では，仙台空港が被災したが，関係者の懸命の努力により 4 日で応急復旧を果たし，緊急物資・人員等輸送及び民間航空再開については，「地震に強い空港のあり方(2007)」で期待される時機よりは若干遅かったが，隣県の公共用飛行場の補完もあり，おおむねその役割を果したと考える．他方，「救急・救命活動等」については，発災直後から，霞目飛行場等及び海上自衛隊艦艇などが，代替空港としての役割を担い，本稿第 3 章において，その実態を可能な範囲で明らかにした．また，隣県の公共用飛行場でも，固定翼機による広域医療搬送が実施された．このことを踏まえて，災害の初期段階から救急・救命を確保する代替空港の有無などを指標として，結果重大性のランク付けの区分を検討することとする．

結果重大性の階層区分，すなわちランク付けについては，例えば，飛行場安全管理システムでは**表-12** のようにレベル 1～5 などの表現を用いており，多くの分野で数字が大きくなるほど深刻さを表している．

津波災害の初期段階の救急・救命活動等の航空機運用の想定が，**図-4** にあるように，回転翼機による捜索・救助の段階，固定翼機による DMAT 参集・広域医療搬送の段階と，二つの段階があることから，結果重大性のランク付けについては，回転翼機による捜索・救助等が困難となる「致命的なレベル」，所要時間内に固定翼機による DMAT 参集・広域医療搬送が困難となる「重大なレベル」，所要時間内に広域医療搬送等が円滑に可能な「軽微なレベル」と区分する．

表 17 で示すように，「致命的なレベル」については，回転翼機による捜索・救助等ができず人命救助の機会損失が大きい場合と考え，当初予定の空港から概ね 50km 以内に代替となる飛行場があれば，災害初期段階の回転翼機の運用については，ほとんどそん色なく同等の運用が可能と考えられるため，50km 圏内に回転翼機の代替空港がない場合とした．

「重大なレベル」については，6 時間以内に固定翼機による DMAT 派遣・広域医療搬送等ができず人命救助の損失が中程度の場合と考えた．その際，東日本大震災時に，石巻市内の病院から約 120 ㎞離れた花巻空港に大型回転翼機 CH-47 で搬送し花巻空港から固定翼機で羽田空港への搬送が行われた事例，石巻市内の病院から約 130 ㎞離れた福島空港を経由した搬送が行われた事例から，やや安全側に考慮して，100km 圏内に固定翼機の代替空港等がない場合を「重大なレベル」とした．また，DMAT の重要な参集空港において，2 時間以内に点検を終え運用が可能となるか否かも判断の基準に加えた．なお，東日本大震災では，広域医療搬送のニーズが極めて小さかったが，南海トラフ地震による津波は近地地震津波であり，家屋の倒壊等による傷病者が相当数予想される．

「軽微なレベル」については，「致命的なレベル」や「重大なレベル」に至らないよう，2 時間以内に点検終え運用が可能となる場合とした．（**表 17**）

表-17　結果重大性（救急・救命活動）の区分案

	結果重大性	指標例		空港
致命的	回転翼機による捜索・救助等できず人命救助の機会損失大	50 キロ圏内に回転翼機の代替空港等なし		④，⑦，⑧，⑪，⑮，⑰，⑱，⑲，⑳，㉑，㉒，㉓，㉔
重大	6 時間以内，固定翼機による DMAT 派遣・広域医療搬送等ができず人命救助の機会損失中	100 キロ圏内に固定翼機の代替空港等なし	重要な参集空港で 2 時間以内に点検・運用不可	③
軽微	6 時間以内，固定翼機による広域医療搬送等が円滑に可能	2 時間以内に点検終了，運用開始		⑤，①，②，⑥，⑨，⑩，⑫，⑬，⑭，⑯，㉕，㉖

(4) 試行結果

試行の結果は以下の通り．

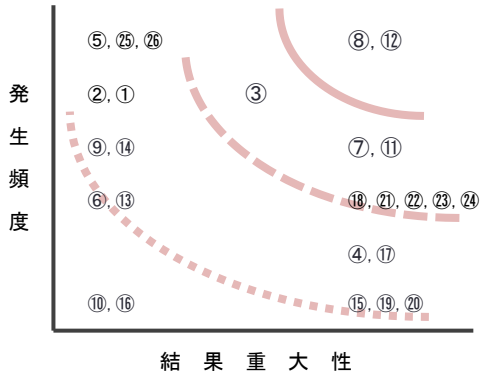


図-27　定性的評価（救急・救命の運用）の試行結果

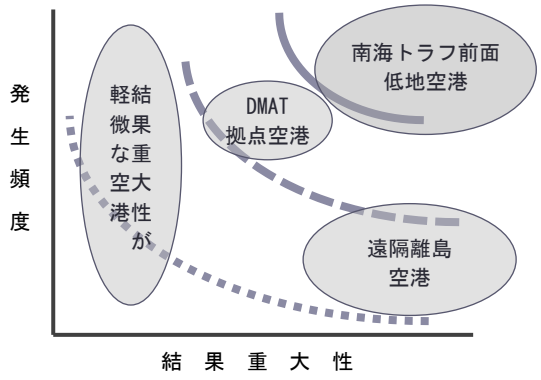


図-28　試行結果の類型

空港群の性格でグルーピングすると，図-28 のとおり概ね四つの空港群に分類整理される．本来は右上から左下に向け，順位が付与されることとなる．しかし，想定を大きく超える規模の津波であった東日本大震災の教訓を踏まえ，結果重大性に重きを置くこととすると，図-28 の左端に寄っている「結果重大性が軽微な空港」については，代替となる空港が十分確保できる空港群であり，対策が特段に急がれないグループと考えられる．

図-28 の右上に所在する「南海トラフ前面低地空港」は，四国・九州の太平洋沿岸で文字通り南海トラフの前面に所在し，地盤の標高等の余裕が少なく，かつ近傍 50km 圏内に救急救命活動に欠かせない回転翼機の拠点となる代替空港が所在しない空港又は近傍 100km 圏内に固定翼機の代替空港等がなく，回転翼機による捜索・救助や固定翼機による DMAT 活動に支障を生じ人命救助の機会損失が考えられ．結果重大性・発生頻度の両方が大きいことから，何らかの津波対策が最も急がれる空港群といえる．

内閣府の記者発表資料「平成 24 年度「防災の日」総合防災訓練広域医療搬送訓練（2012 年 8 月 24 日付）」によれば，2012 年 9 月 1 日に行われた訓練では，広域医療搬送拠点となる SCU を，被災県内にあっては公共用飛行場ではなく，津波被害がなく回転翼機の離発着スペースを擁した県内大学病院に設定し，そのほかにも，沖合の海上自衛隊艦艇や隣県の公共用飛行場などにも SCU を設定した．被災地からこれら SCU を経由した搬送訓練が行われ，場合によっては，回転翼機によるブロックを越えた遠方の県への搬送訓練も行われた．このように，近傍に代替空港がない中，小規模な県内拠点，隣県空港や海上自衛隊艦艇など，既存の施設等を利用した代替方策が検討されている．

このような訓練を重ねることにより，大規模災害の初期段階における捜索・救助・医療搬送などの救急・救命活動等の需要に対して，離発着回数や機材のサイズといった規模も含めて，十分な航空活動ができるよう，既存空港の強化や代替空港も含めて，津波対策について議論が深められることが大切と考える．

図-28 の中央の「DMAT 拠点空港」は，DMAT の参集と広域医療搬送の受入が予定されており，津波被害を必ずしも免れ得ない沿岸部の空港も予定されている．これら空港が 2 時間以内に点検を終え運用可能とならなかった場合，DMAT の出動が遅れ，順次，被災地での DMAT 活動が遅延する可能性がある．「DMAT 拠点空港」の津波被害は結果重大性が全国に及びその津波対策は効果が大きいと考えられる．したがって，当該空港について，南海トラフ前面低地空港の空港群の次に津波対策の検討が必要と考えられる．その際，2 時間以内に点検を終え運用を可能ならしめるため，津波警報の発令中の運用など，DMAT 拠点空港ならではのシナリオの検討が必要と考える．

図-28 の右下の「遠隔離島空港」は，津波災害の発生

頻度が高くないが，そもそも陸路がなく，孤立した地域であり，普段から海上保安庁又は自衛隊の運用する回転翼機により医療機関が整った本島や周辺島へ緊急医療搬送が行われている実態がある．そのため，一旦被災すると，十分な規模の災害対応の勢力を送れなければ，人命救助の機会損失が深刻になるなど，結果重大性が大きいと考えられる．回転翼機の長時間の洋上飛行には，特別な技能・装備などが必要なこと，航空機だけでなく搭載艦艇の悪天候での対応，本島・周辺島の空港との連携など，まずは，関係者間で課題を共有する必要があると考えられる．

5. 結論

宮城県において 1 万 8 千人以上の孤立者が生じる一方，災害時の拠点と目されていた公共用飛行場が被災する中，災害初期段階（おおむね発災後 72 時間以内）において，回転翼機の捜索・救助活動等を支えた霞目飛行場及び海上自衛隊艦艇の代替空港としての役割は非常に大きかった．

大規模災害の初期段階における代替空港の運用の想定として，関係者間で共有すべき新しい事例が多数得られた．特筆すべきものとして，管制回数 533 回／日に及ぶ離発着需要とそれを処理したきわめて高い管制能力の必要性，調査団・リエゾン等要員輸送，空中消火，原子力発電所関連の緊急物資輸送など多様な輸送活動，夜間の航空活動の困難さと装備・訓練の必要性，並びに回転翼機に特有の高頻度の整備点検の短縮化などが挙げられる．

連携の視点では，霞目飛行場において，当初予定していた拠点を失った仙台市消防航空隊および第二管区海上保安本部仙台航空基地の回転翼機が拠点を設置できたこと，また同飛行場において要請に応じすべての機関の回転翼機に燃料給油を行ったこと，同飛行場から比較的遠隔にある宮城県北部沿岸部において，回転翼機搭載の海上自衛隊艦艇が進出し捜索・救助にあたったことなど，関係機関の良好な連携がみられた．

霞目飛行場は自衛隊の飛行場という事情もあり，必要な機能を迅速に備えることができた．しかし，公共用飛行場を代替空港に予定するにあたり，次の機能などを備えることが望ましいと考える．具体には，回転翼機で救助された多数の救助者に提供する一時的な避難場所や食料・毛布などの備蓄，被災地外から応援にきた回転翼機に対する，夜間駐機場所，整備点検のための格納庫，燃料給油，パイロット等の休憩場所の確保などが挙げられる．また，原子力災害を視野に入れた場合には，除染や汚染水の処理施設も必要になると考えられる．

津波災害等の空港のリスクについて，災害事象の発生頻度と結果重大性の組み合わせによるリスクの定義，リスクの評価方法として定性的評価及び定量的評価について発生頻度で整理した．そして，発生頻度の情報が十分でない中，空港の津波対策検討調査報告書（2011）及び東日本大震災の事例等を踏まえ，代替飛行場の有無を結果重大性の指標として，津波対策の空港間の優先順位を付与するよう，定性的評価を試行した．

津波対策の空港間の優先順位の付与のための定性的評価の試行として，「南海トラフ前面低地空港」，「DMAT 拠点空港」，「遠隔離島空港」，「結果重大性が軽微な空港」の 4 つの空港群に整理して，優先順位を提案した．特に，津波対策の検討が急がれる「南海トラフ前面低地空港」にあっては，救急・救命活動等の規模も考慮して，既往空港の強化や代替空港の整備など議論を深めることが重要であるとした．

6. あとがき

東日本大震災における回転翼機の拠点としての陸上自衛隊霞目飛行場及び海上自衛隊艦艇の運用の実態については，今後，十分な期間を経たうえで，所管する機関の判断等で明らかになる可能性もあり，その内容が，文献等の情報を整理した本稿の内容と，乖離があることが予想される．本稿は，現時点で，可能な範囲で整理したものであるので，将来の乖離については，それが判明した段階で，適宜，修正していきたいと考える．

津波対策の優先順位の評価方法については，対策が，避難計画や業務継続計画のようなソフトなものだけでなく，一定規模の施設整備を伴うハードなものである場合，費用対効果の検討が必要と考えられる．その場合，発生頻度及び結果重大性を定量的指標で分析する定量的評価方法によることが望ましく，その方法の具体化について，今後検討を深めていきたいと考える．

謝辞

東日本大震災において，航空分野の関係者の尽力については深い謝意を表します．とりわけ，本稿で光を当てた自衛隊におかれては，筆舌に尽くせない極めて厳しい状況において，捜索・救助をはじめ災害関係の任務を着実に遂行され，国民の生命・財産を守られたことについて，深甚の謝意と敬意を表したいと思います．

そのうえで，本研究を進めるにあたり，海上自衛隊第

21 航空群司令部首席幕僚一等海佐大井一史氏，および陸上自衛隊霞目駐屯地広報室長三等陸佐齋藤昇氏には有益な参考データと貴重な助言をいただくなど，その他ご協力頂いた各位に，重ねて深甚な謝意と敬意を表します.

参考文献

荒谷太郎・平田輝満・長田哲平・花岡伸也・轟朝幸・引頭雄一（2012）：東日本大震災時の航空機活動の実態分析－いわて花巻・山形・福島空港を対象として－，土木学会第 46 回土木計画学会研究発表会

石津緒（2011）：東日本大震災と航空，航政研講演資料（2011 年 6 月 29 日）

鵜飼卓（1995）：阪神・淡路大震災の経験から新たな災害医療システムの構築へ，救急医療ジャーナル 14

大井一史（2012）：東日本大震災における海上自衛隊回転翼航空機の運用，日本航空医療学会雑誌，Vol.13No.2(通巻 29 号)第 19 回日本航空医療学会総会プログラム・抄録集 2012 年 10 月発行，p.52.

大友康裕（2004）：災害時における広域緊急医療のあり方に関する研究．平成 15 年度厚生労働科学研究費補助金（医療技術評価総合研究事業）新たな救急医療施設のあり方と病院前救護体制の評価に関する研究，分担研究「災害時における広域緊急医療のあり方に関する研究」平成 15 年度報告書

原子力学会(2011)：原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準

気象庁（2011）：東北地方太平洋沖地震への気象庁の対応について

小井土雄一・近藤久禎・市原正行・小早川義貴・辺見弘（2011）：東日本大震災における DMAT 活動と今後の方向性，保健医療科学 Vol.60 No.6，pp.497-499.

国土交通省航空局（2007）：地震に強い空港のあり方

国土交通省航空局(2006)：飛行場安全管理システム構築ガイダンス pp.147-149.

国土交通省航空局（2011a）：空港の津波対策の方針

国土交通省航空局（2011b）：空港の津波対策検討調査報告書，第一章 pp.54-56.

厚生労働省（2012）：DMAT 活動要領（改正）

国土交通省（2011）：東北地方太平洋沖地震（第 37 報）

国土地理院（2011）：平成 23 年（2011 年）東日本大震災に関する情報提供 2 万 5 千分 1　浸水範囲概況図

国立病院機構（2011）：東日本大震災における活動記録，独立行政法人国立病院機構災害医療センター，pp.39-40.

仙台市（2011）：仙台市震災復興計画資料編

笹本浩（2011）：東日本大震災に対する自衛隊等の活動～災害派遣・原子力災害派遣・外国軍隊の活動の概要～，立法と調査 2011.6 No.317，参議院事務局企画調整室，p.64.

佐藤一男（2006）：改訂 原子力安全の論理，日刊工業新聞社

損害保険料率算出機構（2002）：地震保険研究 1，地震危険度指標に関する調査研究~地震 PML の現状と将来

東京航空局（2009）：仙台空港防災拠点計画，pp.2-4

東北地方太平洋沖地震緊急地図作成チーム(2011)：孤立者情報一覧（2011.3.18release）

中央防災会議（2011）：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告

中央防災会議幹事会（2007）：「東南海・南海地震応急対策活動要領」に基づく具体的な活動内容に係る計画

日本集団災害医学会（2011）：DMAT 標準テキスト，ヘルス出版，p.21 および p.186.

内閣府(2012)：記者発表資料　平成 24 年度「防災の日」総合防災訓練行為域医療搬送訓練（2012 年 8 月 24 日付）

中村孝明・星谷勝・望月智也（2004）：地震リスクを考慮した確率論的 DCF 法による資産価格とマネジメント，土木学会論文集 No752/I-66，pp.169-178.

中村孝明・宇賀田健（2009）：地震リスクマネジメント，技報堂出版

西川智・福島誠一郎・矢代晴実（2008）：サプライチェーンを考慮した地震時事業継続のためのリスク解析手法の提案，日本建築学会論文集　第 73 巻　第 30 号，pp.1053-1060.

防衛省（2012）：東日本大震災における海上自衛隊の活動概要，p.2 および p.7.

防衛省・自衛隊（2011a）：東日本大震災への対応　海上自衛隊の活動（2011 年 3 月）

防衛省・自衛隊（2011b）：東北地方太平洋沖地震に対する大規模震災災害派遣の実施に関する自衛隊行動命令

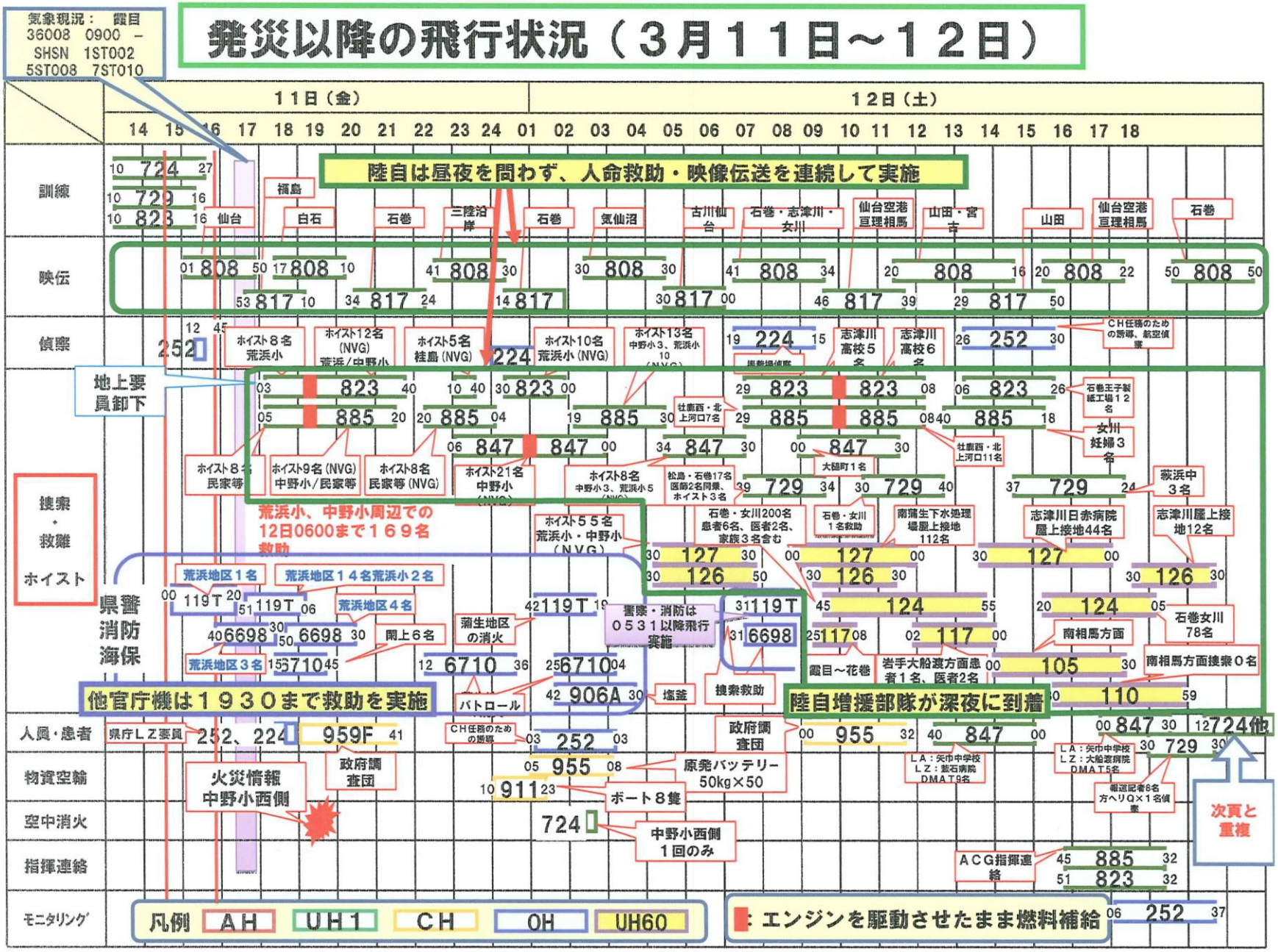
宮城県（2012）：東日本大震災－宮城県の 6 か月間の災害対応とその検証－，pp.199-200.

横山成邦（2011）：東日本大震災における気仙沼市立病院が果たした役割と災害拠点病院としての問題点，第 1 回災害医療等のあり方に関する検討会資料

タクト・ワン（2011a）：*Helicopter Japan*，No.4-5，pp.20-29 および pp.46-51.

（2011b）：*Helicopter Japan*，No.6

タクト・ワン（2011c）：*Helicopter Japan*，No.7-8,pp.2-7.
タクト・ワン（2011d）：*Helicopter Japan*，No.9-10，pp.2-5 および p.48.
ICAO（2009）：Safety Management Manual(SMM)
IMO（2002）：ISPS code, PART A 15.5
Stewart,Mark G. and Melchers,Robert E.（1997）：Probabilistic risk assessment of engineering system
Bedford,Tim and Cooke,Roger（2001）：Probabilistic Risk Analysis- Foundations and Methods


発災以降の飛行状況（３月１１日～１２日）
気象現況：　霞目
36008　0900　－
SHSN　1ST002
5ST008　7ST010
１１日（金）
１２日（土）
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18
訓練
映伝
偵察
捜索・救難ホイスト
県警消防海保
人員・患者
物資空輸
空中消火
指揮連絡
モニタリング
陸自は昼夜を問わず、人命救助・映像伝送を連続して実施
地上要員卸下
荒浜小、中野小周辺での12日0600まで１６９名救助
他官庁機は１９３０まで救助を実施
陸自増援部隊が深夜に到着
次頁と重複
凡例　AH　UH1　CH　OH　UH60
：エンジンを駆動させたまま燃料補給
福島
仙台
白石
石巻
三陸沿岸
石巻
気仙沼
古川仙台
石巻・志津川・女川
仙台空港亘理相馬
山田・宮古
山田
仙台空港亘理相馬
石巻
ホイスト８名荒浜小
ホイスト12名(NVG)荒浜/中野小
ホイスト5名桂島(NVG)
ホイスト10名荒浜小(NVG)
ホイスト13名中野小3、荒浜小10(NVG)
志津川高校５名
志津川高校６名
CH任務のための誘導、航空偵察
石巻王子製紙工場１２名
女川妊婦３名
荻浜中３名
志津川日赤病院屋上接地44名
志津川屋上接地12名
石巻女川78名
南相馬方面
南相馬方面捜索０名
ホイスト８名民家等
ホイスト9名(NVG)中野小/民家等
ホイスト8名民家等(NVG)
ホイスト21名中野小(NVG)
ホイスト8名中野小3、荒浜小5(NVG)
松島・石巻17名医師2名同乗、ホイスト３名
大郷町１名
壮鹿西・北上河口11名
壮鹿西・北上河口7名
石巻・女川200名患者6名、医者2名、家族３名含む
石巻・女川１名救助
南蒲生下水処理場屋上接地112名
ホイスト５５名荒浜小・中野小(NVG)
荒浜地区１名
荒浜地区１４名荒浜小２名
荒浜地区４名
荒浜地区３名
閖上６名
蒲生地区の消火
書簡・消防は０５３１以降飛行実施
霞目～花巻
岩手大船渡方面患者1名、医者2名
捜索救助
バトロール
塩釜
CH任務のための誘導
政府調査団
火災情報中野小西側
政府調査団
原発バッテリー50kg×50
ボート８隻
中野小西側１回のみ
LA：矢巾中学校
LZ：釜石病院
DMAT9名
LA：矢巾中学校
LZ：大船渡病院
DMAT5名
報道記者8名
方ヘリQ×1名偵察
ACG指揮連絡
県庁ＬＺ要員
252、224
959F
252
955
911
724
955
847
724他
885
823
252

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of ＮＩＬＩＭ

No. 718　　March 2013

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