

## 第 3 章 現状分析・将来の防災体制の方向性

### 3.1 はじめに

第 2 章の関連既存情報の整理と現行システムの確認及び新防災法の動向に関する情報収集及びセミナーによるチリ側への意見収集を踏まえて、チリ国の防災体制の方向性について検討した。

### 3.2 現状分析

#### 3.2.1 現状分析検討手法

現状分析は以下の表 3.2.1 に示す検討方法により行った。

表 3.2.1 現状分析と新防災法に基づく、将来の防災体制の方向性確認の手法

検討項目	検討の詳細項目	確認の手法
現在の防災体制・組織の課題と将来の方向性。現在の防災体制・組織の課題の抽出	<ul style="list-style-type: none"> <li>新防災法に基づく防災体制の全体整備方針、整備計画、組織体制等の望ましい方向性</li> <li>現行制度から新防災法の新体制への移行による課題・問題点及びその解決の方向性・チリ国政府の意向の確認</li> </ul>	日本の防災組織機構と各計画を参考に現行体制から新体制への移行時における問題点を明示するとともに新防災法に基づくチリの目指す体制の方向性を明示→本章 3.2.2 (1) にて示す。
災害種別のリスク（脆弱性）の大きさや特徴と、それを踏まえた求められる観測・予警報の改善の方向性	<ul style="list-style-type: none"> <li>各災害の特徴、リスク</li> </ul>	前章 2.1.4 災害関連データに示した既往災害とその特徴にて整理→本章 3.2.3 (1)~(5)にて示す。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>今後、最も重視すべき災害 / 今後、最も重視すべき地域</li> </ul>	整理された情報と他の基礎情報から脆弱性を確認する→本章 3.2.3 (7) (a) にて示す。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>防災システムの構築に関連する留意すべき事項</li> </ul>	リスクの確認以外にシステムの構築の将来像の構築のために留意すべき点を確認→本章 3.2.3 (b) にて示す。
現在の防災情報システム・早期警報システムの課題抽出と将来の方向性	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在の防災情報システム・早期警報システムの課題の抽出と、全体整備方針、整備計画の望ましい方向性</li> </ul>	災害と現在の防災システム、リスクの確認より新たに必要なシステムの目指す方向性を明示→本章 3.2.4 にて課題と改善の方向性を示す。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>新防災法定後の関連機関の役割分担の方向性</li> </ul>	提案するシステムの方向性の実現のための課題を明示→本章 3.2.2 (b) にて全体の方向性、3.2.4 (2)にて個別の防災情報・早期警報システムにおける個別機関が強化すべき方向性を示す。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>現状における災害情報の伝達経路、伝達手段の課題・問題点の抽出と将来の方向性</li> <li>現在の警報・避難勧告基準の問題点抽出・将来の方向性</li> </ul>	問題点、課題を明示→本章 3.2.2 (3)、(4)にて情報経路全体、警報基準（津波）の方向性 3.2.4 (4) 及び(5)にて個別の防災情報・早期警報システムにおける災害情報に関する強化すべき方向性を示す。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>現行の防災情報・早期警報システムの機材や構成に係る課題・問題点抽出と将来への機材・システム整備の方向性</li> </ul>	必要なシステムを明示→本章 3.2.4 に(1)総合情報統合システム、(2)観測・検知、(3)解析・意思決定、(4)情報収集・被災状況把握、(5)災害情報・警報伝達、と分けて課題と改善の方向性を示す。

また、調査では上記に示した手法を踏まえつつ、課題の認識、解決に向けたアクションの検討をチリ側に提示し、今後どのレベルの防災を目指すのかを双方で共有した。

### 3.2.2 チリの防災システム全体の課題と改善の方向性

チリ国の防災システムの問題点と課題は様々側面から議論することができるが、ここでは総括的に以下のように整理した。また次項以降 3.2.3 及び 3.2.4 項に災害種別やシステム面等から見た課題と改善の方向性について詳述した。

#### (1) 防災体制整備

##### (a) 防災関連法令

チリ国の防災に関する法律は 2002 年 3 月に制定された「国家市民保護法(内務省最高令 156 号)2002」である。この法律により、従来の緊急対応中心から災害発生前の災害管理に重点を移す大きな方向転換が図られたと同時に、国、州、郡、区レベルで「国民保護局」が設立され防災組織が整備されたと言える。しかしながら、1977 年に承認された「国家非常事態計画」に基づき長年、チリ国では自然災害に対する取り組みを“災害からの国民保護”の下で行ってきたため、日本の「災害対策基本法」で示されている、“各災害とその各災害の各段階における防災の責任の明確化”や“災害予防”に関する記述が曖昧である。

現在防災機関として認知されている ONEMI も元々は災害時及び災害後の国民保護のために緊急対応を行う組織である。この歴史の中でチリ国では日本で考える自然災害に対する防災行政は総合的には行われてこなかったと考えられる。

一方、チリ国では包括的且つ具体的全体計画が無いのにもかかわらず防災関連機関がその役割や責務をある程度自らの責任において果たしてきたため、自然災害リスクの軽減や緊急対応に大きな成果をあげている。

第 2 章 2.2.2 項で述べた現在審議中の新防災法の内容は、これまでの国民保護法の延長線上にあると考えられる。2010 年 2 月 27 日に発生した、地震、津波災害の教訓を元に 2002 年 3 月の「国家市民保護法」の考え方を一部修正し、総合的防災行政へ歩み始めてはいるが、新防災法は、自然災害をすべて網羅しているのではなく、地震・津波災害や緊急対応に関する部分に重点が置かれている。

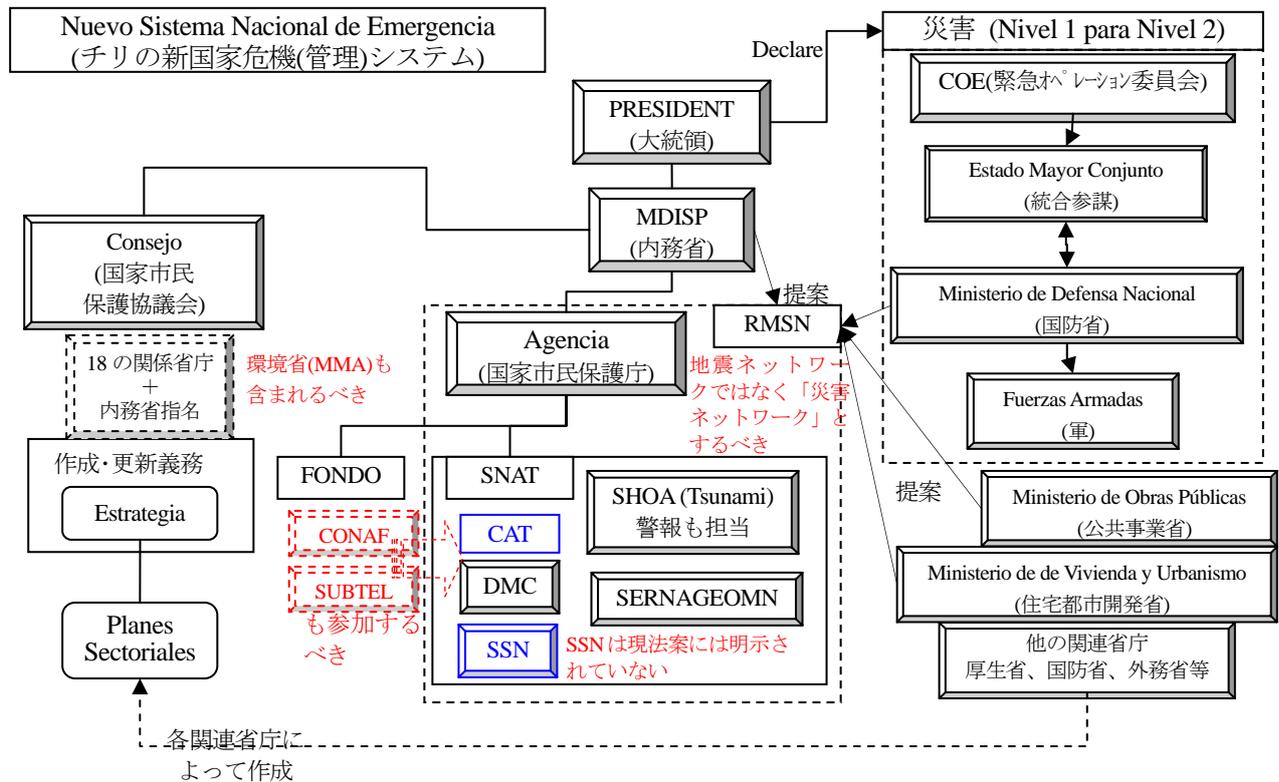
さらに、気候変動に対し法案が触れていないこと、防災法とは言いながら、災害全般に渡る記述が一般的であり、地震と津波に対する内容が中心なことなど、新防災法案が制定された場合における ONEMI (ANE) の各種災害に対応できるような防災行政のための補足的将来の準備が必要である。このため、国家市民保護戦略 (Estrategia Nacional de Protección Civil) の中で全自然災害管理の方向性を示す必要がある。

下院において審議が始まっている状況で草案が変更される可能性もあるが、この草案の内容も含め、現在のチリにおけるこれまでの防災関連法令の主要な問題点は、以下表 3.2.2 及び図 3.2.1 のようにまとめられる。これらは、法律で明確に示されないのであれば、法律に基づく各計画で規

定されなければならない。

表 3.2.2 チリ国における防災法の課題と改善の方向性

課題	改善の方向性
防災の各段階における責任の明確化	減災、事前準備、応急対応・復旧の各段階における関連機関の責任と役割分担を明確にする必要がある。
特に災害予防に対する責任の明確化	中央省庁の役割、自治体の役割と権限を明確にし、各機関が責任を持って防災行政を行う必要がある。
現在、その影響が顕著になってきた気候変動への対応の明確化	気候変動適合策を防災とリンクして今後議論する必要がある。
現在の新防災法案が災害全般に渡る記述がなく地震と津波に対する内容が中心なこと	法律がこのままの場合は、法律に基づく各レベルの計画・戦略で災害全般に渡る防災方針を決定する必要がある。



注記：青線及び青字で示した概念及び組織は2010年以降に改善され現在運用されているもの

赤い線及び赤字で示した表記は本共同企業体による、チリ国における将来導入や考慮を検討すべき項目（システム）であり、調査内での提案を予定

図 3.2.1 新防災法案に基づく将来のチリの防災行政想定図及び更なる行政組織改善の方向性

(b) 防災関連組織

「国家市民保護法 2002」でも現在審議中の「新防災法案」でも防災に係わる組織が明確にされてきている。特に国、州、県、市にそれぞれ「国民保護局」を設置してその役割が位置づけられている。しかしながら、上述の(a)の項でも述べたように、両法ともそれぞれの政府（縦の関係）の役割や責務が十分に明確になっていない。また、国、州、県、市のそれぞれの政府機関（横の関係）の防災上の責任や役割が不明確なため、組織的な対応が出来ない恐れがある。この防災行政上の縦と横の関係は、災害が起こった場合の非常時においては各レベルの COE を中心にした

連携が明確にされているが、“減災”と“事前準備”の段階における役割分担ができていない。今後 ONEMI は、事前対応と緊急対応等防災全般に係る災害リスク管理体制を強化しなければならず、さらに明確な根拠と責任を持った関連機関に助言する立場となり、主要災害分野に係る専門技術分野の人材の強化、専門技術関連機関との緊密な連携が必要となる。

これらの課題は、ONEMI を中心として国家市民保護協議会（Consejo）や州市民保護委員会（Comités Regionales）において策定される国家（州）市民保護戦略や市民保護セクタープランで明確にされなければならない。

### (c) 防災計画

「新防災法」では防災に係わる政策立案や計画策定過程及びその具体的目的及び方針等を規定するため、国家（州）市民保護戦略や市民保護セクタープランの策定が規定されている。法律においては、計画（国家（州）市民保護戦略）を策定することを規定するだけで問題は無いが、法案の通過と制定を待ってから計画を策定することになれば、法案の通過が何時になるか分からない現時点においては、前述した(b)項における関連組織の役割分担や責務もこの防災計画の中で規定されることになるため、それまで明確な役割分担が規定できないことになる。役割分担以外にも防災計画は、今後の役割分担に基づく全体防災体制、事業の促進、防災に関わる科学技術の研究の推進とその方向性を明示する重要な文書となる。

日本では国レベルの「防災白書」「防災基本計画」が全体の防災の方針を示している。また、県レベル、地方自治体レベルでは「地域防災計画」として、それぞれの地域の実情に応じた防災計画を策定して、その実施を計画的に行っている。また、防災計画策定にあわせて、ハザードマップやリスクマップも作成される。さらに、地方自治体レベルでは避難所や避難路の整備も含まれ、総合的な防災行政の実施に役立っている。

チリ国においても国家と各セクター及び地域の防災計画の策定は計画的な防災行政を進める上で有効であり、法律の制定前から策定準備を進める必要がある。

## (2) 自然災害の観測体制

### (a) 自然災害の観測及び警報の発令

チリ国では自然災害を未然に防ぐための観測体制は発達していると言えるが、各災害の観測施設とリアルタイムによるデータ伝送システムの充実をさらに進める必要がある。チリと日本はその災害の特徴や傾向、災害が発生した場合の被害規模も違い一概に比較はできないが主な観測体制の違いを以下の表 3.2.3 に示す。例えば、2012 年の 3 月 11 日にマラガネス州及びアリカ州で発生した洪水、同じく 3 月 25 日に発生した地震によるマウレ州における避難活動に関する問題点は<sup>14</sup>、

<sup>14</sup> 2012 年の 3 月 11 日にマラガネス州で発生した洪水では州 ONEMI が DMC の発表と MoP からのデータを確認せずに、地方自治体や住民に避難が不要との見解発表の 2 時間後に洪水により被災した住民が多数発生した。同様に 3 月 11 日にアリカ州でも洪水が発生した。この洪水時には州 ONEMI は洪水が市内に到達する前に住民を避難させ、関連する道路の閉鎖等の活動を適切に行ったが、関連する河川に水位計が少なく、上流における水位情報の取得に

正確な観測体制による正確な情報発信ができなかったことも一因であると考えられる。全ての住民が情報に対し信頼性が持てる観測システムの構築作りが必要である。

表 3.2.3 チリの災害観測システムの課題

対応災害種	観測システム名	チリ	日本	チリにおける改善の方向性
地震・津波等	リアルタイム地震計	現在約 30 箇所、現在更に 65 箇所の地震計の設置を予定	気象庁のみで約 800 箇所の地震計が設置されている。	地震・津波情報を正確且つ迅速に判定するため、さらなる増設が必要である。
	リアルタイム沖合潮位観測	DART ブイが北部に 1 箇所設置、更に 1 箇所の増設を予定。	日本の地震活動が活発な地域を対象に GPS 波浪計が 2011 年現在 11 箇所設置されている。	
	リアルタイム海底地震・津波観測	チリにおいては、未だ海溝周辺での地震・津波観測は行われていない。	日本の地震活動が活発な地域を対象に海底観測システムが 2012 年現在 10 システム導入されている。	
洪水等	リアルタイム気象観測施設・水文観測施設	DMC では 2012 年現在、33 箇所の自動気象観測施設と数年以内に 40 箇所の新たな自動気象観測施設の設置が予定されている。MoP により 250 箇所に河川の水位計が設置。	気象庁により日本全国に自動地域気象観測システムが既に約 1,300 箇所設置されている。また、別途国交省が約 2,600 の雨量計、約 1,500 箇所における流量観測を行っている。	過去の洪水被害記録を元に、必要な位置にリアルタイム計測が可能な気象観測施設と水文（水位・流量）観測施設の増設の検討が必要。

これらの観測と早期警報の課題が 2010 年のチリ地震・津波災害等において他の関連する報告書でも明確にされており特に ONEMI を中心としたネットワークの充実と津波警報を始めとした統合的な防災システムによる現在のシステムの改善が求められている（3.2.4 項を参照）。

#### (b) 地震観測ネットワーク

地震の観測はこれまでチリ大学地震研究センター（SSN）が行っており、行政機関が地震の観測網を持っていなかったことになる。SSN は 2010 年の地震・津波災害以降 ONEMI との協定により、24 時間体制で観測を行っている。しかしながら、チリ大学は本来、地震に関する学術的な研究を行う機関であり、法律や法律に基づく防災計画において観測データの迅速な解析結果の提供や地震観測機器の保守・点検等に関する責任の所在が明確になっておらず、ONEMI と SSN 間の協定に基づいて SSN が行っている。このような状態で地震観測を行っている場合、責任の所在が曖昧となり、地震観測データの提供が遅れたり、機器の保守に関する問題や維持管理上の問題が生じたりする原因となる可能性が高い。他の災害と同様に行政機関が地震観測に対して責任を持って行う必要がある。責任ある機関が行政機関として地震観測を行い、情報提供を行い、防災行政に役立つ情報を確実に発信しなければならない。これには二つの方法があり、一つは現在の SSN に法律や法に基づく計画によって観測体制の継続等の運用責任と機器の保守責任を持たせる方法であり、もう一つは他の機関にこれまで SSN が実施してきた役割を分担させるかである。

大きな労力を掛けている。

また、2012 年 3 月 25 日には、マウレ州の沖合で地震が発生したが、このとき沖合の津波観測施設が無い事と潮位観測施設等が無かったため、目測による情報に基づき大規模な住民避難を行った。

現在、チリでは ONEMI を中心として後者の方法で今後の地震観測を行っていくような動きがあるが、地震に対する専門的な知識を持つ人材が今後も役割を担うことが望ましい。

新防災法では新たな地震観測機関として、国家地震計ネットワーク（RMSN）の設立が提案されている。本機関の詳細は明らかではないが、新たな機関では ONEMI が行政機関として地震観測に関する責任を持ち、SSN 等の専門的な知識を持つ学術的機関が助言と研究の推進を図るような両輪構造となることが望ましい。（3.2.4 項の(2)を参照）

### (3) 防災情報

#### (a) 防災情報の伝達と共有

チリは、日本とは異なり災害観測の役割が分散していることが特徴である。例えば、公共事業省（MoP）では水文観測を行っており、チリ海軍水路・海洋部（SHOA）では津波の観測を行っている。日本では、自然災害の観測が気象庁に一元化されているのと大きな違いと言える。自然災害に対する警報もこれらの機関から ONEMI に伝達されることとなる。今の制度上では、住民への発表は、これらの観測実施機関から ONEMI に対して災害警戒情報（早期警報）を出し、ONEMI が関係する政府も含めて住民に伝えることとなる。その後、地方政府で避難指示などが出されることとなる。

第2章の2.3.2項で述べているように、これらの警報・警戒情報連絡は、観測機関と ONEMI 間では通常、無線通信と電話・FAX 及び一般インターネット回線で行われている。しかしながら、観測機関が無線や一般回線で州 ONEMI、中央 ONEMI に伝えさらには ONEMI からの情報も再び無線や一般回線を通して関連する他の機関と地方自治体やメディアに伝えることになる。

- 無線の場合は音声のみの情報になるため、周辺情報を含めた詳細な情報の伝達には時間を要する、及び
- 一般回線を利用する場合は、災害時にネットワークの輻輳等により、伝達できない可能性がある

等が起こり、問題の発生が起こりやすい状況となっている。例えば、上記の本項(2) (a)で述べた2012年の3月11日にマラガネス州で発生した洪水、同じく3月25日に発生した地震によるマウレ州における避難活動は、正確な情報が関係機関で迅速に共有できなかったことによるものも観測密度の問題と合わせた主要な一因と考えられる。観測実施機関と ONEMI 及び他の関連機関との迅速で正確な情報共有が可能なシステムの構築作りが必要である。

災害が起こった後の情報伝達は非常に重要である。特に津波の場合は、津波警報をいち早く発令し住民に避難を促し、被害を最小限に食い止める必要がある。また、大災害のときは二次災害を如何に食い止めるかも重要であり、正しい災害情報の把握は、被災後の状況把握を容易にし二次災害の防止にも活用できる。防災情報通信システムは各防災関連機関間の情報交換や指示を確実に伝えるよう構築されるべきである。チリ国では、自然災害観測機関が多く、緊急対応時に関係する機関も非常に多い。さらに国家が南北に長いなど地理的にも特殊である。特殊な地理的条

件の下で、多種多様な機関間を効率的な情報通信システムで結ぶ必要がある。また、情報通信システムは、バックアップシステムを準備しておく必要がある。(3.2.4 項の(5)を参照)

これらの通信システムとは別に、例えば日本の兵庫県で運用しているフェニックスシステムや東京都のような総合的な防災情報システム<sup>15</sup>も必要となる。これらのシステムには、早期地震被害推計システム、津波被害予測システム、洪水被害予測システム、火山被害予測システム等の各種予測システムなど、災害情報の収集や自然災害の観測情報の収集などのサブシステムのほか、緊急対応時に使用できる意思決定支援システムも装備されている。これらのシステムを構築するためには、全国レベルで GIS 情報としてハザード、防災資源などの防災情報、また基礎情報として地図情報のほかに人口、道路網、土地利用、などの情報も組み込んだ、データベースの構築が必要であり、ONEMI が実施している SIIE を今後有効に活用できる仕組みを検討する必要がある。(3.2.4 項の(1)を参照)

#### (b) 津波警報の発令

チリ国の場合、津波が最短の場合地震発生後 12-15 分程度で来襲するといわれている。逆算すると、津波警報は遅くとも地震発生後 3-5 分程度で発令して避難を促す必要がある(3.2.4 項の(3)を参照)。それでも、避難に残された時間は 8 分から 10 分しかない。

このため、ONEMI ではメルカリ震度情報や SSN からのマグニチュード情報及び SHOA から津波情報等により判断し、住民に避難指示を発出するシステムを構築している。しかしながら、震度情報やマグニチュード等の情報は、上述した観測網を強化することにより精度を上げれば ONEMI 内部での判断を待たずに発表することが、その後の対応を迅速に行わせるためには望ましい。現在、地震情報が中央省庁や地方自治体防災対応関連者を含め住民に対して迅速には伝わるシステムにはなっておらず、ONEMI が発表する”予備的避難指示”と重複して発表されていることから、住民にも政府関係者にも混乱を与えている。前もって、地震の震度情報やマグニチュード情報を自動的に伝え、その後その状況に基づく避難指示を迅速に発表すれば、事象の事実と事実に基づく指示が明確になり混乱を避けることも可能となる。

地震発生直後に日本の気象庁でも行っているように、地震の震度情報と震源に関する情報(マグニチュードなど)などの基本情報を地震発生後 2-3 分で発表できることが重要である。日本のようにテレビなどのマスコミを活用して全国に知らせるシステムの早期導入を検討すべきである。さらに、チリ国の場合は地震と津波の観測が別の組織のため、これらの情報は常に 2 つの組織(現在の SSN と SHOA)で共有しておく必要がある。特に、震源が海である場合は津波が発生する可能性があるため注意が必要である。SHOA は津波予測を行うためにはこれらの地震に関する正確な情報を一刻も早く入手する必要がある。(3.2.4 項の(4)を参照)

<sup>15</sup> <http://www.clair.or.jp/tagengorev/es/p/index.html>  
<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/english/index.html>

#### (4) 津波被害対策

津波は、地震を除く自然災害の中で予知が可能な前兆現象（地震発生）後、最短時間で発生する災害の1つであり、チリでは地震と合わせ最も死者が多い。よって、津波被害に対しては防災活動の各段階における強化を早急に行われなければならない。

調査の中で行った地方自治体への防災活動のヒアリングによると、ある地方自治体では、津波の可能性があり避難指示を出した時に、多くの住民がある特定の避難場所へ集中して避難所が混乱した場合もあったようである。更に、避難計画に合わせた公共構造物の高台への移転や津波被害を想定した海岸沿い土地開発計画と言った防災を主流化した土地利用計画が進んでいない自治体も多くあった。今後、津波の襲来に備えた避難計画の策定や土地利用計画を早急に進めなければならない。

##### (a) 避難計画の策定

チリ中部では、津波の到達時間が12-15分と非常に短いため、チリ国では避難を中心に対策を組み立てる必要がある。時間がないため、大きな揺れを感じたらまず避難、というすでにチリ国では行われている津波災害からの避難教育を住民に徹底させる必要がある。また、避難所や避難路も設定して、すぐに逃げる体制を整備しておかなければならない。避難には車を使用するか否かは場所により決めればよいが、来襲までに時間が短いため、少しの判断ミスが被害を大きくする。避難にかけられる時間を設定して、各都市で現実的な方法を検討する。

##### (b) 都市計画や土地利用での対応

津波による被害が予想されている地域では、事前に高台移転などの対応や土地利用規制を導入して浸水地域の土地利用を変更することにより被害の最小化を考えておくべきである。避難の時間を1秒でも確保するために、防潮堤や堤防などの構造物を検討する必要がある。

#### (5) 日本の経験

2011年3月11日に発生した東日本大震災により津波が発生して多くの被害を出した。その後、内閣府により専門調査会が開催され、多くの提言を出している。これらの提言のうち、チリ国でも参考となる項目を示しておく。

##### (a) 地震・津波被害想定

「対象地震・津波を想定するためには、出来るだけ過去に遡り地震津波の発生等を正確に調査し、古文書等の史料の分析、津波堆積物調査、海岸地形などの調査などの科学的知見に基づく調査を続けることが必要である。」（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、中央防災会議、平成23年9月28日 7ページより抜粋）

チリ国でも津波ハザードマップの作成が進んでいるが、これまでの最悪の津波を調査するためには、ボーリング調査などにより津波堆積物調査もあわせて実施して、正確なデータを得る努力が必要である。関連する大学等を始めとする学術研究機関は各々研究を進めているが、これらの研

究活動は始まったばかりであり、各機関が作成しているハザードマップ等の情報には明示されていない。今後、研究と連携し、防災対策に役立たせなければならない。更に、これらの防災対策に資する研究活動の促進も重要な防災活動の一部となる。

## (b) 減災の考え方

「住民等の避難を軸に、土地利用、避難施設、防災施設などを組み合わせて、取りうる手段を尽くした総合的な津波対策の確立が必要である。…様々な手段が総合化・一体化されて津波対策として効果を発揮するためには、地域防災計画、都市計画などの関連する各種計画との有機的な関連が確保される仕組みの確立が必要である。…津波の観測・監視、津波警報の発表、津波警報等の伝達、避難誘導、避難所・津波避難ビルなどや避難路・避難階段の整備、」が必要であろう。（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、中央防災会議、平成23年9月28日 9,10 ページより抜粋）

「津波からの避難を容易にするためには、海岸保全施設等の整備に加えて、交通インフラなどを活用した二重堤の整備、土地のかさ上げ、避難場所・津波避難ビルなどや避難路・避難階段の整備。浸水リスクを考慮した土地利用・建築規制などを組み合わせ、地域の実情に応じて適切に実施する必要がある。…津波到達時間が短い地域では概ね5分程度で避難が可能となるようなまちづくりを目指すべきである。」（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、中央防災会議、平成23年9月28日 15 ページより抜粋）

チリ国では津波被害やその他の災害による被害を減らすための考え方を示す、インフラ整備、土地利用計画、気候変動対策（適合策）及び避難計画等を有機的に考慮した地域総合防災計画が策定されてはいない。勿論、日本や他の国においても完全な防災計画を策定している国などは無く、このような防災計画の策定とその実施は世界的な課題の一つであり、挑戦である。チリ国がこのような課題に早急に取り組み、新防災法の制定と合わせ、各種戦略を世界に先駆けてチリ全国で進めていくことはチリが近い将来、防災先進国として世界をリードすることを目指すべきである。

## (c) 被害を完全に防げない大災害に備えた「減災」の考え方と「自助」、「共助」による地域防災力の強化

日本国の防災の特徴は、「自助」、「共助」、「公助」の防災の原則である。言うまでもなく、防災とは「公助」だけでは不十分であり、「自助」、「共助」が組み合わされて最大限の効果が期待できる。しかしながら、本調査内で実施したセミナー等における議論において、参加者からはチリ国では未だ自助及び共助による防災意識が欠けている面もあるとの見解が出されているように、住民自らが防災意識を高めることが「減災」に繋がる。

チリ国でもこの防災の原則は適用可能であり、以下の項目に示す防災の考え方を取り入れる検討をすべきである：

- 被害を完全に防ぐことができない大災害に見舞われる可能性を直視し、人命が失われないうことを最重視し、ハード・ソフトの様々な対策を組み合わせることで実施することにより災

害時の被害を最小化する「減災」の考え方を今後の災害対策の基本方針とし、法律やガイドラインまたは防災計画等において明確化することを検討すべきである。

- 併せて、「自助」、「共助」の理念を同じく法律やガイドラインまたは防災計画等において明確化することを検討すべきである。
- 日本の東日本大震災の教訓を踏まえれば、日常的には、これまでの教訓等を受け継ぎ、訓練を実施するなど事前の備えをしておき、いざ地震が起きた際、津波等の懸念が少しでもあれば、「逃げること」を最も重視すべきである。
- 減災の取組に当たっては、過去の教訓が引き継がれる防災教育を進め、行政機関や関係者のみならず地域の様々な主体が地域の防災対策に積極的に参画、協働する取組を強化し、自らの命、安全を自ら守る、地域の安全は自分たちで守るという「自助」、「共助」の意識を高め、自主防災組織、消防団などの地域防災力の強化を図るべきである。これによって、自分たちの命を守るために主体的に行動することを特に重視すべきである。
- 自助、共助、公助が一体となった取組が必要である。その際、自助、共助が進められていくためには、避難路の整備等とともに学習機会の充実や日頃からの共助の仕組みづくりなど基盤となる部分を公助が整備する必要があることに留意すべきである。(防災対策推進検討会議、中間報告～東日本大震災の教訓を活かし、ゆるぎない日本の再構築を～平成24年3月7日、中央防災会議 34,35 ページより抜粋)

チリ国では津波の発生が懸念される地域ではまず「逃げる」ことをすでに住民に教育している。また、災害情報を都市計画や地域計画の組み入れるなどの努力は始まったばかりであるが、既に行われている。今までの努力を今後とも継続すると共に、確実に避難できる方法を各地で計画するべきである。これらを「地域防災計画」としてとりまとめ、確実に実施して行く体制が必要である。

## (6) 2012年3月25日の地震

JICA 調査団がチリにおいて現地調査を実施している期間、2012年3月25日にマグニチュード6.4 (Richter Scale) の地震がチリの中部で発生した。この時の対応とその教訓と改善案を今後の防災活動に資するために以下に示す。

### (a) クロノロジー分析

以下に、調査団がメディアや情報発表機関の Web サイト等より入手した情報により当日の地震発生からの現象及び関連機関の活動や発表を時系列的に示す。

表 3.2.4 2012年3月25日地震発生以後のクロノロジー

時間	事象・関連機関の活動	事象の情報入手先 (ソース)
19時37分	19時37分に地震が発生。その直後(2分後)、マグニチュード6.4 (Richter Scale) の地震をチリ国の中南部で感じたと SSN が発表。USGS によるとマグニチュード7.2 (Richter Scale)	SSN, USGS and ONEMI
19時45分	ONEMI は Web-Site に Mercalli scale の震度情報を掲載。SHOA は地震情報を受けると同時に、Bulletin の情報によると今回の地震では津波は発生しないと予測。SHOA からの津波情報にもかかわらず、ONEMI は「Preventive Evacuation Order」を Concon (Valparaiso Region) から Lebu (Biobío Region) までの海岸域に発令。数分後に ONEMI は「preventive evacuation order」を解除した。	“La Tercera” Newspaper and ONEMI
20時22分	SSN はマグニチュードを6.8 (Richter Scale)に修正	“La Tercera” Newspaper
20時23分	副大統領が ONEMI のオフィスに到着。マスメディアに正式情報を伝える	“La Tercera” Newspaper
20時32分	Lebu 市長は基本的な公共サービスは通常通りであるが固定電話と携帯電話が繋がりにくい、と報告	“La Tercera” Newspaper
20時39分	Subtel は固定電話と携帯電話の使用が集中しているため Metropolitan Region と Biobío Region では電話が繋がりにくいと発表。	SUBTEL, ONEMI and “La Tercera” Newspaper
20時54分	SSN は地震後の2つの余震を観測したと発表。最初の余震は20時03分、4.6 Richter 次の余震は20時15分、3.8 Richter	SSN and “La Tercera” Newspaper
21時09分	副大統領が緊急委員会(COE)での確認事項を発表。	“La Tercera” Newspaper
21時42分	メディアは Parral で73歳の女性が地震のため心臓麻痺で死亡したと報道。	“La Tercera” Newspaper
22時03分	Minister of General Secretary, Andres Chadwick は「preventive evacuation」を7 <sup>th</sup> Region に発令。第7州の Regional ONEMI の Director によると、メディアからの「Maule Region の海面が約40m 引いている」との情報によって発令したとの事。	“La Tercera” Newspaper
22時50分	約7,000人が高台に避難	“La Tercera” Newspaper
23時36分	副大統領 Rodrigo Hinzpeter 記者会見を行い建物被害は軽微であり、1名死亡した。Regional ONEMI director が第7州の避難を決定したと伝えた。	“La Tercera” Newspaper
23時54分	Rodrigo Galilea が「preventive evacuation」は解除されたと発表。人々は帰宅し始める。	ONEMI and “La Tercera” Newspaper

(b) 2012年3月25日地震の教訓

2012年3月25日地震の教訓は以下としてまとめられる。

- 1) 地震の震度、震源情報を Web に掲載するまでに8分かかっているが、3分以内に行える体制を整えるべきである。
- 2) 津波警報を出す判断までに8分かかっているが、5分以内に出す事が望ましい。
- 3) SHOA が津波の心配はないと報告しているにもかかわらず、ONEMI は「Preventive Evacuation」を発表している。SHOA が津波の心配が無いと発表した根拠を ONEMI は SHOA に確認すべきであった。
- 4) 副大統領が ONEMI 事務所に来るまでに46分かかっている。連絡体制と日頃の防災体制の準備を構築しできるだけ COE の会議室に早く来る必要がある。
- 5) 7thRegion では地震後2時間以上経過していたにもかかわらず、報道機関関係者からの情報を元に「Preventive Evacuation」を発令。「Preventive Evacuation」の発表や警報の出し方などを見

直す必要がある。

- 6) 今回の地震の震度は震央付近の震度が **MMI8** であったと報告されているが、建物被害、犠牲者とも軽微である。これらは、これまでのチリにおける建築基準が正しく整備され厳しく遵守されていることを示している。
- 7) 今回の **ONEMI** 等への不信感は、住民の地震のエネルギーであるマグニチュードと揺れの強さを正しく理解できていない（テレビでのインタビューなどによる）ことから起因しているようである。**ONEMI** は自らが発表する情報の意味を住民に正しく理解してもらうような住民教育が必要である。

今回の地震は今後のチリ国の地震防災システム整備の方向性を考える上でも重要な事例となる。

### 3.2.3 災害種別のリスク（脆弱性）の大きさや特徴

第 2 章に示した災害の特徴とチリの基礎情報を基にチリ国全体全体として総括的な特徴と問題点を整理した。

#### (1) 地震・津波

UNISDR のリスク評価によると、チリ国の地震と津波災害リスクは非常に高く、非影響住民の全人口に対する割合から判断すると世界の国の中でそれぞれ第 5 位と 7 位に位置し、非常に高いリスクを持っている。また、チリ国内における他の発生災害と比較しても、災害による死者数・被災者数の各々 98% と 78% を地震・津波災害が占めることから判断しても、チリ国において最も災害被害リスクの高い災害である。

これまでにチリで発生した地震と津波による被害は、北部に比べ中部・南部（第 V 州 Valparaiso ～ 第 X 州 Los Lagos）での発生頻度が高く、過去の 12 回の大津波も北部で 3 回に対し中部・南部で 9 回発生している。よって、これまでの履歴から判断すると地震と津波の被害リスクは、中部と南部（第 X 州まで）の地域が高い。

しかしながら、現在イキケとアントファガスタ沖の海溝付近で発生する大地震の空白帯があり、地震の研究者は今後この周辺で大きな地震が発生する危険性を警告しており、地震により発生する津波被害の危険性に対しても警告している。

今後、地震・津波の災害被害のリスクを減らすための様々な早急な対応が求められる。

#### (2) 洪水・土砂災害

地震や津波に比べ、規模が小さいため市町村や州単位で対応を行っている災害が殆どであり、全国的な災害統計は無い。また、河川が常時の流下能力しか持っていない事が多く、乾燥地方でも一旦その地域としては大きな雨が合った場合には直ぐに洪水が発生する。また、洪水は土砂災害を誘発し、両災害を気象災害として同時に考慮しなければならない。

第 2 章 2.1.4 項で示しているように、洪水と土砂災害は人的に被害を伴う災害発生数では、チリ国では最も数の多い災害であり、上記の各河川の状況の改善が進まない場合は被害リスクが軽減

されることはない。

UNISDR による災害リスク評価では、洪水と土砂（地滑り）災害の GDP への影響では 162 か国中洪水で 93 位、地滑りで 38 位であるが、洪水や土砂災害は、人口が増加したり、都市が発展したりすると河川の氾濫原に居住する住民やその資産が多くなり、災害のリスクを増加させるため、今後のチリの経済発展と共に災害リスクが高くなることが想定される。

今後想定されるリスク増加に対し、適切な総合的対策を行う必要がある。

### (3) 火山災害

チリ国には 500 もの活火山が有り、その位置は第 XIV・I・II 州等の最北部及び中央部に集中する傾向にはあるが、南部も含めて全土の東部を中心に広く分布している。よって火山噴火によるチリのリスクは高いが、現在整備が進められている火山モニタリングネットワークにより事前の避難が可能であり被害軽減が図られている。2013 年度までに火山災害のリスクの高い 43 火山に対してはモニタリングネットワークが完成する。チリ国の他の災害リスク軽減対策と比較すれば、全国的なモニタリング計画が策定され、計画に基づき対策が実施されている、模範的なリスク軽減を行っている災害の 1 つである。

また、火山灰はチリ国周辺の南半球の広範囲にわたり影響を与えるため、今後はより精度の高い噴火・降灰予測技術の開発が必要である。

### (4) 森林火災

森林火災の発生頻度が特に高いのはチリ中・南部の第 V 州～第 X 州で、植林地域、チリの森林経済を支えている地域でもある。

EM-DAT のデータでは、これらの地域で発生するチリ国における森林火災の発生数はそれほど多くは計上されていない。しかしながら、CONAF によると実際は小規模な火災を含めると年間 5,000~6,000 件の森林火災が発見され、自然鎮火しないものに対しては消火活動が行われている。このような、小さな森林火災の殆どに対し、森林火災担当機関の CONAF が被害を最小限に抑える活動を絶え間なく実施して被害リスクが抑えられていることは賞賛に値にする。

第 2 章で述べたように、森林火災のその多くの発生原因が人為的な理由である。これらの原因を減らし、災害数を減らすための教育、社会的配慮等が必要である。

今後もこれらのリスク軽減策を継続すると共に、森林火災対策システムの質の向上により、できるだけ被害リスクを抑える活動を推進しなければならない。

### (5) その他

#### (a) 旱魃

チリは気候変動の影響を受け、降雨量が減ることが予想されている。現在も発生している旱魃の頻度が高くなることが予想される。図 2.1.5 を振り返れば、平均降雨量が減少するのは、中部～中南部であり、最北部と最南端では平均降水量が多くなる傾向もある。よって、旱魃対策はより

中央部から南部に掛けて対策を考慮する必要がある。

#### (b) 停電への対応

エネルギーセクター、特に電力供給はチリ国において重要課題の1つである。送電施設が1本のみで、ここが被災すると全国的に停電する。2011年9月24日の大停電は場所によっては2時間以上続き、サンチャゴを含め1,000万人（人口の約60%）に影響が及んだ。この停電後1時間も停電公式発表が無いなど、2010年チリ地震以降災害時の対応の強化を進めているものの、未だに十分な対応ができていない。特に、サンチャゴが被災すると対応が大きく遅れることが判明した。コンピュータソフトの欠陥という話もあり、未だに原因を調査中である。この問題は停電と言う人的災害に対しどのように被害を管理するか、という一災害管理だけではなく、総合防災対策全体において大停電の頻発を考慮するシステムとしなければならないことを示している。従って、提案されるプロトコルの概念及びシステムは、システムの自家発電機器の準備、災害時の停電時におけるマニュアル作成等、停電対策を含めたものとすべきである。

#### (6) UNISDR と UNDP によるチリの災害リスク評価

UNISDR と UNDP では ONEMI と協力して、2010年にチリ国の総合的災害リスク評価をおこなっている。以下にその概要を示す。

##### (a) これまでの防災への取り組みに関する総合的評価

チリは南米を代表する防災先進国であり、災害記録のシステム化を既に始めている。

チリにおける災害リスクは、災害による死者の発生リスクは低下しているものの、家屋被害率は増えてきている。<sup>16</sup>

2010年2月に起こった地震・津波災害は、地震のエネルギーで言えばハイチ地震の500倍に相当するエネルギーによって起こったものであり、524名の犠牲者は発生したものの、災害の脅威は低減してきている。

さらにチリは特別な事態が発生したときに災害支援金を支給する条件付プログラムの提供を成功させた数少ない国の1つである。チリ国政府は2010年の地震災害によって被災した世帯に対し国家の社会プログラムによる見舞金を支払っている。

##### (b) 防災に関連する現在の法律システムと総合的リスクマネージメントの必要性

チリは他国に比べて、建築基準が確立され建造物の脆弱性が低くリスクが小さい国である。このように個別の機関が防災に対し真摯に取り組んではいるものの総合的に災害のリスクをマネージメントするシステムや基準が無い。1928年の地震契機に都市計画建築法が、1939年の地震で耐震構造基準が、1960年の大地震の反省から ONEMI の原型が誕生している。そして2010年の地震災害に学び、システムとして不足する部分、今後はリスク管理を徹底しなければならない。災害リスク管理法の制定を国会で議論すべきである。チリには既に、復興国家基金法（Ley No.

<sup>16</sup> [http://www.preventionweb.net/files/20960\\_gar11chilefastfacts.pdf](http://www.preventionweb.net/files/20960_gar11chilefastfacts.pdf) より  
アドベ住宅といった比較的古い家屋を指していると想定される。

20,444) や MINVU によって管理される土地利用規制や都市開発と建設のガイドライン (Decretos Supremos No. 458 / No. 47)、1996 年の NCh 433 やその後の NCh 2745 / 2369 による建築物や工業施設のための耐震設計基準類、衛生法や水法、環境法も災害リスク管理に関連する法律として制定されている。

## (7) リスクのまとめ及び課題と対応

### (a) 重視すべき災害と地域

今後、チリ国が対策を重視しなければいけない災害は、これまでの災害被害履歴、現在までに実施されている災害対策等から判断して

地震・津波→洪水・土砂災害→及びその他の災害（火山災害・森林火災・旱魃）となる<sup>17</sup>。

また、災害の地域的に発生頻度特性を北・中・南部に分け、簡単に地域を相対的にまとめると以下の表 3.2.5 のように整理できる。

表 3.2.5 チリ国における災害発生の頻度特性

災害種	北部	中部	南部
地震・津波	一般的には低いが近年は高くなっている	極めて高い	低い
洪水・土砂災害	低い	高い	極めて高い
火山災害	高い	極めて高い	低い
森林火災	低い	極めて高い	高い

地域性に関しては、チリは全人口の約 88% が Santiago の首都圏を含む第 IV 州から第 X 州とその近郊に集中している。この地域は人口密度も高く、よって経済活動もこの地域に集中している。このような人口と産業が稠密に集中している地域に災害が発生すれば大きな被害を招くことになる。一方、鉱業は北部で発達し、鉱業産出物を国外に輸出するための港湾施設や国防のための重要施設もある。また、中・南部は農業が発展しておりチリ国の穀物の重要な生産拠点となっており洪水や旱魃が発生すると河川沿いの家屋の浸水と土砂災害及び農業を中心とした被害が発生する。

上述したチリの経済状況と災害の発生頻度から判断すれば、基本的には災害の発生による被害リスクを地域ごとに順位付けすれば中部→北部→南部の順となる。

### (b) 防災システムの王地区に関連する留意すべき事項

災害種ごとの災害発生リスク、チリの産業構造や人口分布等から判断される被害リスク、及び既に UNISDR や UNDP による災害リスク評価及び低減のために取りまとめられている報告書に述べられている災害による被害の軽減のための課題とその対策は、以下のようにまとめられる。

<sup>17</sup> 仮に各災害の頻度と規模が同じ場合、この順番は、これまで各災害責任機関が実施してきた対策の適切性の順番とは逆の関係になる。適切なリスク軽減が行われてきた場合、災害規模の歴史は小さくなる。

## **都市部の災害に対する脆弱性**

チリ国の主要都市である Santiago は海岸部から内陸に約 100km のところに位置している。Santiago には約 750 万人（2007 年の予測値）チリ国の人口の約 43 パーセントに集中する大都市である。また、国会がある Valparaiso 州の 150 万人と合わせると 50 パーセント以上の人口が居住していることとなる。また、Santiago には経済活動も集中しており、チリの経済活動の約 45 パーセントを占めている。Santiago には首都高速道路網、地下鉄網、高層ビルなど近代的な都市インフラ整備が進んでおり、Santiago が地震などの大災害に見舞われると国としても大きな打撃となる。

過去の地震履歴では Valparaiso 付近で M6 以上の地震を 4 回観測しており（表 2.1.16 参照）、今後とも、Santiago 周辺で大規模な地震が発生する可能性がある。

チリ国の自然災害に対する大きなリスクは首都における大規模災害の発生であろう。大規模災害に備えるために、Santiago 首都圏で自然災害の脆弱性調査とその対応計画を早急に策定すべきである。特に地震災害の脆弱性の軽減対策として、Santiago では日本で導入されている緊急地震速報が適用可能と考えられる。太平洋側で起こる巨大地震をキャッチして実際に地震が起こる 10～20 秒前に地震を知ることにより、交通施設や高層ビルなどで被害を未然に防ぐことが可能であろう。ただし、緊急地震速報の適用に当たっては、実証実験を含めた成果を元に導入を検討する必要がある。（第 4 章 4.2.1 の(2)解析・意思決定能力を参照）

## **リスク・アセスメント**

HFA の Priority Action とその達成度評価基準に基づいた UN グループによるチリの防災リスクアセスメントと 2010 年 2 月のチリ地震・津波災害の観測及び早期警報の実態に基づく IDB の評価レポートが両者とも 2010 年に発表されている。これらの評価はチリの防災体制整備面と早期警報体制整備面からの評価に多くを割かれている。しかしながら、これらのアセスメントはチリ全体を総括的に論じており、チリ国内の地域に合わせたリスクを詳細に分析したものではなく、今後、各州及び地方自治体は現在 SUBDERE や他の技術機関が策定中であるリスクマップや災害履歴調査、気象変動対策等を基に構造物対策面を含めた地域のリスクアセスメントを実施しなければならない。これらは、今後策定されるであろう国家、各セクター及び各地方自治体市民保護計画の根拠となるべきものであるため、早急な実施が必要である。

## **建物耐震性の確保**

地震災害は他の災害と比較しても予測が困難であり、事前に地震に強い建物や構造物を建設しておく必要がある。チリ国では建物の耐震性確保は住宅都市開発省が管轄している。また、土木構造物は公共事業省が管轄している。2012 年 3 月 25 日に起きた M7.1 の地震被害から判断すると、建物や土木構造物の耐震性は確保されているようであるが、UNISDR の報告にもあるようにアドベの家や老朽化している建物は今後発生する地震で倒壊や損傷するリスクは年々高くなる。新規に建設される建造物の基準に従った建設は勿論、定期的な現存する構造物の評価を定期的に行うシステム作りが必要である。

### チリ全国統一評価による脆弱性分析

地震・津波に関して、チリ全体を脆弱性分析し地域的な評価を行っている資料は無い。地域的な脆弱性評価は地震・津波災害が発生した場合のこれまでの対策や準備を考慮した被害額等の影響度、住民の生活や経済の復興のしやすさや費用等を統一された評価で実施する必要がある。この結果、地域的な災害準備度の違いが明確になり、準備が不足する地域に対する被害軽減対策の実施の意識付けにもなる。

## 3.2.4 防災情報・早期警報システムの課題

### (1) 総合防災管理

ONEMI の責務は、国民保護であり、防災に関する国家レベルの責任機関であるため、地震・津波だけではなく、洪水、森林火災、火山噴火、化学災害等、市民の避難に関わるありとあらゆる事態に対応できなければならない。また、その対応は、複数の通信手段によって、複数のセンサー・映像等も含めた正確な状況把握の元で行われなければならない。

現在審議中の新防災法において国家地震ネットワークが検討されており、地震・津波災害に係る災害リスク管理については、ONEMI が強力なイニシアティブを取る必要がある。その ONEMI には地震・津波災害リスク管理に係る幅広い経験と技術力が求められており体制の強化が必要である。上述したように、他の自然災害についても、ONEMI がその指導力を発揮しなければならず、そのためには専門技術者がいないので、新防災体制への移行にあたり、体制の強化が必要である。

### (2) 災害観測・検知

#### (a) 地震観測密度の向上

SSN による地震ネットワークの構築により、IRIS、USGS、SENAGEOMIN からのデータ収集・分析が可能となっている他、地震検知から 2~3 分で地震情報を ONEMI、SHOA と共有できるようになっているが、この情報共有は一般のインターネット回線に依存している。

また、オンラインネットワークとしては、ドイツ・フランスの支援により導入した地震計 19 台は北部に集中しており、全国的には IRIS のネットワークによる 10 地点で 75.6 万 km<sup>2</sup> をカバーしているのみで、非常に密度が薄い。さらに、地震発生地域の沖合もまだカバーされていない。

「新防災法」は、新しい「国家地震観測ネットワーク」(The National Seismic Monitoring Network) の設立を定めており、ONEMI が準備に当たっている。当初 SSN が計画・設置を予定していた地震観測機材 (広帯域地震計+加速度計+GPS : 65、GPS : 75、加速度計 : 297) を、現在 ONEMI が設置を進めようとしており、早期の確実な設置とオンライン化および更なる地震計の増設が望まれる。しかし、設置後の観測機材の維持・管理体制は、まだ、明らかでなく、具体的な地震観測ネットワークの構築、必要となる組織、必要な人材養成に係る計画策定が必要となっている。

今後、観測精度の向上を図るには、さらになる観測地点の増設、現在及び将来の地震観測ネットワークでカバーされていない地域への拡充が必要であり、国家地震観測ネットワークに資する地震・津波観測とそれに基づくより早く・正確な津波警報の発令を行うためのシステム導入の必要性が高い。

#### (b) 「国家地震観測ネットワーク」(The National Seismic Monitoring Network) の明確化

現在、チリ国の地震観測および地震情報は、全面的に SSN に依存しているのが実情であり、当面は現状の継続、つまり SSN の全面的な支援が必要と考えられる。

将来的には、新しい地震観測ネットワークは維持管理を考慮すると、センターの設立と同時に、現在、地震観測に関与している南部のコンセプション大学 (University of Concepcion)、中部のチリ大学(University of Chile: SSUCH)、北部のタルパカ大学(University of Tarapaca:UTA)、火山の地震観測を実施している OVDAS/SERNAGEOMIN 等の協力の下に地震観測ネットワークの観測・解析・維持管理体制の構築が考えられる。

この地震観測ネットワークは将来、他の災害を含めた災害管理ネットワーク等へ役割を拡大していく必要がある。

#### (c) 津波観測強化 (チリ沖合で発生する地震・津波の観測体制の強化)

##### 2010年2月のチリ地震で明らかとなった津波警報システムの課題

2010年2月27日の地震・津波では、人口の集中するチリ中部・南部の人口の80%が被災した。中・南部地域は、ペルー・チリ海溝が海岸から90~100 kmに位置し、海溝付近で発生する地震に伴う津波の海岸への到達時間の想定は12~15分と短く、2010年2月の津波に、コンセプションは地震発生15分後(03時49分)に襲われており、その後数時間、チリの太平洋沿岸部は何度も津波の襲来を受けたと報告されている。

緊急対応を行うべき関係機関も被災し、その機能が麻痺したり、関係機関の被災と停電により情報の収集・伝達が途絶したりと、中央政府に情報が集まらず対応が困難となった。

2010年2月27日の地震・津波により、チリの「防災情報システム」及び「警報システム」は多くの課題が明らかになり、その後大幅に改善が図られている。しかし、災害リスクの削減を図るには、更に改善の必要性が認められる。

##### IDB レポートでの指摘事項とその後の改善

米州開発銀行 (IDB) と ONEMI は 2010 年 2 月 27 日の地震・津波における課題・問題点、特に津波警報の問題点を 2011 年 1 月の報告書 (以降 IDB レポート) に発表した。このレポートによって、特にチリ沿岸で発生する地震・津波については全く津波警報が出せる体制になっていないことが明らかにされ、SSN の地震観測体制、SHOA の津波解析・津波警報の発令体制、ONEMI の警報伝達システムの改善が指摘された。IDB レポート指摘事項とその後の改善点並びに今後の課題及び確認事項については表 3.2.6 に示す。

### 沖合で津波を観測するシステム導入の必要性

IDB レポートでの指摘に加え、現在の津波警報システムは津波が到達してからしか観測できないため、より早く津波を補足する必要がある。

SHOA の津波観測は、沖合の DART ブイ(1 箇所、今年 1 箇所設置予定) および沿岸部の潮位計 (35 箇所) に限られており、津波が短時間に到達してしまう近地津波を観測することができない。太平洋津波センターの情報に頼る現状は改善されておらず、他の災害と比べると観測するという点においては整備が遅れている。

SHOA は、津波警報発令の責任機関であり、津波警報を ONEMI に連絡、ONEMI が津波警報を各関係機関および住民に発令する。SHOA は、SSN/ONEMI と地震情報を共有しており、地震発生後 2 分程度で得られるものの、津波解析を実施しておらず、津波が到達する時間も高さも情報として与えることができない。このため、SHOA による早期津波警報発令に必要な体制およびシステムの整備が求められている。

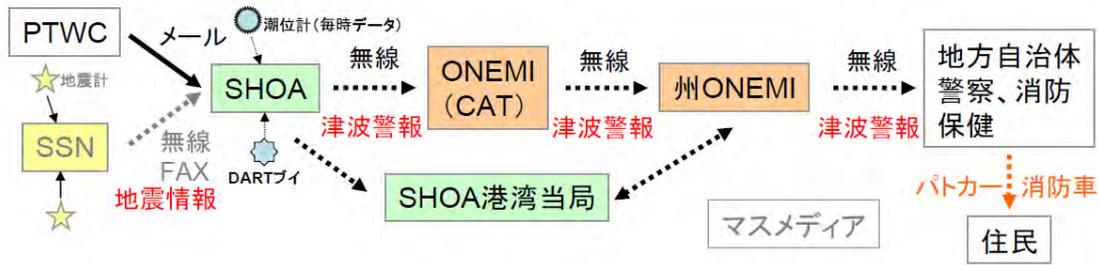
津波に関しては、日本でも行われているように、多様な津波の検知システムを導入する事で災害による故障での非検知を防ぎ、精度も向上させる必要がある。

### 2010 年チリ地震以降の改善点及び今後必要な確認

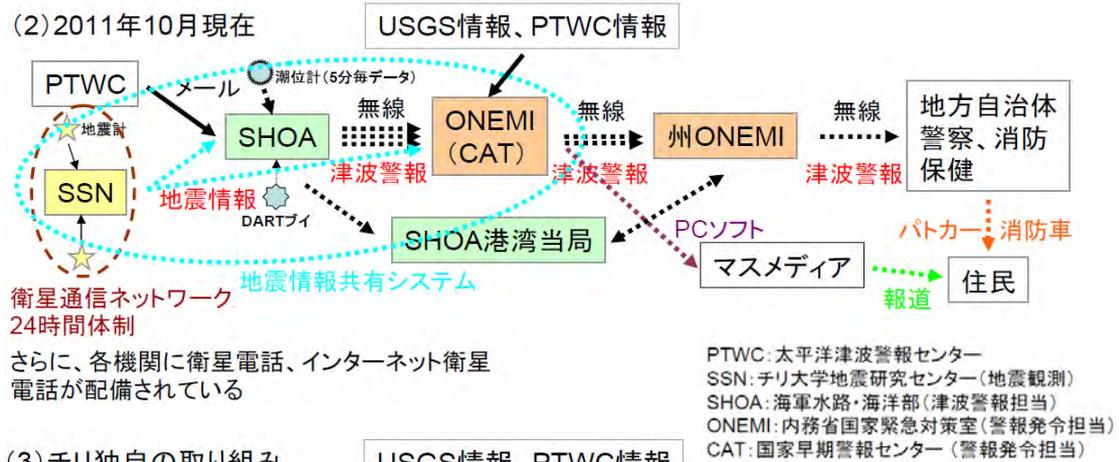
チリの早期警報システムは ONEMI を中心に変化の兆しを見せ始めており、改善への着手を始めている。図 3.2.2 に(1)2010 年 2 月チリ地震以前、(2)2011 年 10 月現在、(3)チリ独自の取り組み (実施が準備された改善点) の各時点の早期警報の情報伝達経路を図示する。SSN の地震観測は 24 時間体制となり、リアルタイム化され、従来 15 分かかっていた地震情報を自動解析(1~2 分)で第一報を出すことができるようになっている。しかしながら、SNAM (SHOA)の津波警報機材は、システム・機器がならんでいるだけで、相互に連携して統合的に津波災害管理を実施してはいないように見受けられた。

SHOA においても、毎時で行っていた潮位データ箇所を 5 分間隔に短縮し津波を短時間で検知できるようにし、かつ、潮位計を従来の 16 から 35 箇所 (2012 年 3 月現在) へ増設した。また、津波警報については、SHOA 及び ONEMI のオペレーションセンター内のモニターによって地震情報が共有されている。さらに、警報を発令する SHOA 内での決裁プロセス (プロトコル) の簡素化など、地震発生から 5 分以内に警報を出せる体制を整える試みを行っている。

(1) 2010年2月チリ地震以前



(2) 2011年10月現在



(3) チリ独自の取り組み

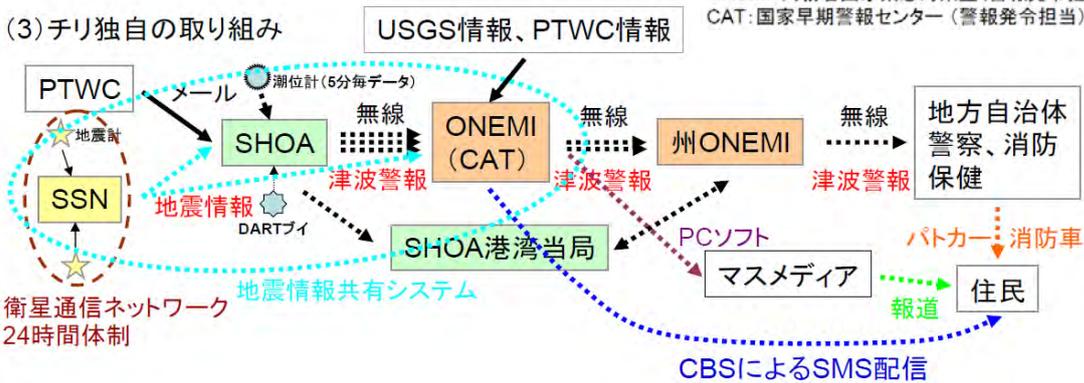


図 3.2.2 警報伝達経路の比較

(2010年2月チリ地震以前/2011年11月現在/チリ独自の取り組み)

ONEMIは国家緊急警報センター(CAT)を整備し、当直者・無線担当者の緊急行動チェックリストを作成し、緊急時迅速に作業できるようになっている。また、チリ地震時にはできていなかったマスコミの活用も開始しており、SHOAから警報を受け取るとすぐにONEMI州事務所及びラジオ局に伝達する仕組みを構築した。さらに、今後のチリ独自の取り組みとして、SUBTELがセルブロードキャストシステム(CBS)により警報をSMSで送信するシステムを整備し、ONEMIに引き渡し、2011年12月から試行運用している。上述したこれまで判明している事実を2010年地震前のIDBレポート指摘問題点、地震後のチリ側改善点及び今後予定の導入システムでの確認点に分け表3.2.6に整理する。

表 3.2.6 IDB レポートでの指摘・2011 月 10 月までの改善・今後の課題

IDB レポートでの指摘	2012 月 3 月までの改善	今後の課題
第一津波警戒警報は、公式な形ではなく、メディアも活用していない	メディアへの警報システムの導入済み。CBS-SMS 配信の予定。	SATREPS* <sup>1</sup> との連携が必要 住民への直接伝達システムが必要
警報失敗は根本的な原因も探るべき	関連機関の連携の強化を推進中。	他の災害でも連携強化するべき。
SNAM（津波警報システム）では SHOA が中心的な位置づけである。	SSN から SHOA・ONEMI にリアルタイムで地震情報が届くようになった。	ONEMI の権限強化を法律改訂に合わせて行うべき
初期警報は、地震データだけで警報は沿岸・遠方の二種類に別地震観測所の増強が必要	広域帯地震計(65 箇所)・加速度計(297 箇所)の増設中（ONEMI が実施中）	SATREPS * <sup>1</sup> との連携が必要 地震観測ネットワークの強化
検潮所データ送信が満足のいく業績を挙げていない	全ての検潮所データ更新を 5 分に改訂。検潮所 16 箇所から 35 箇所へ増設	検潮所データは初期警報に不向き 沖合での津波観測強化も必要
ダートブイは遠方の津波には有用だが、チリ近辺での津波には不向き	さらにもう 1 箇所のダートブイの設置の予定。	ダートブイは維持費が高額。 海底津波計、GPS 波浪計設置の検討も必要。
SSN が 24 時間体制ではない 地震ネットのシステムが不十分 SSN から SHOA/ONEMI への地震情報発信は平均 28 分	ONEMI との協定で 24 時間監視体制となる。 地震観測データの自動解析と衛星通信による SHOA/ONEMI はリアルタイム化、地震情報の発信 2～3 分に改善	緊急地震速報システム導入検討 早期予警報としては、地震観測のみによる情報発信の必要性要
SHOA は旧態・複雑、職員の専門・科学技術レベルが低い ONEMI は科学的な素養のある職員がいない	SATREPS 研究プロジェクト* <sup>1</sup> により今後の職員レベル・技術レベルの向上が期待できる。SHOA は SATREPS の各グループに参加	SATREPS * <sup>1</sup> との連携が必要。 関連機関の防災能力強化が必要。 ONEMI の責任及び Mission 等を、新防災法を基に明確な位置付が必要 SHOA, ONEMI の専門技術スタッフの強化が必要
チリでは海岸付近の警報発令システムの非有用性が認識されていた 早期警報業務が細分化され責任が明確になっていない	ONEMI の HF+VHF 関連機関多重通信システム・CAT の設立 SHOA は 5 分以内に津波警報発令を目標に設定	新防災法による ONEMI の CAT を中心とした防災情報システム改善の提案 防災専用回線導入の提案 SATREPS * <sup>1</sup> 活動の成果を期待
シミュレーション・訓練が必要	教育省と ONEMI が共同実施（州政府や市役所も参加）	防災訓練等の実施を提案。 継続的な津波教育の実施の提案
利用可能なハザード・リスクマップの作成が必要 SHOA 作成の既存のハザードマップは利用できない	JICA がコキンボ州で活動の 1 つとして作成。 SHOA は既往大津波の痕跡により津波浸水マップの見直し作業を実施中（2010～2015 年まで予算措置あり）	国全体への活動を広げることが必要 津波浸水マップの標準化 津波浸水マップに基づく避難路及び避難場所の設定

Note: \*1: 「津波に強い地域づくり技術の向上に関する研究：SATREPS」

#### (d) 気象・洪水観測システムの充実

気象局（DMC）の気象観測所はチリ全土で雨量観測所として 56 箇所（一般的気象予測及びブナウキャストとして防災に利用できる降水観測所は 33 箇所）と少なく、地域別のリスク評価を実施するには観測密度を上げる必要がある（WMO は 100km<sup>2</sup>～250km<sup>2</sup>に 1 観測所を推奨している）。現在気象庁では 2012～2014 年の 3 年間で上記の 33 箇所の観測所を強化するために約 40 箇所の自動気象観測所の増設を計画しているが、さらなる増設が必要である。（日本は 1300 箇所）

一方、農業省は第 IV 州から第 X 州までの各州に気象観測所を 12～15 箇所所有しており、既に DMC は農業省と協定し、観測所のデータも入手しているのでこれらの観測所のデータも含めて今後の防災活動に有効に利用すべきである。公共事業省（MOP-DGA）も気象観測所（170 箇所）、

降雨観測所（384 箇所）を所有しており、情報の共有の必要性が高い。

水位観測については、MoP では、全国の河川の約 250 箇所に水位計を設置し、さらに上述したように DMC では全国にリアルタイムの気象観測所を約 33 箇所設けてはいるが、2012 年 3 月にブンタ・アレナスとアリカで発生した洪水時で災害対応を実施した関連機関では、更に正確な気象予報とリアルタイムの水文観測施設（雨量計と水位計）の増設を求めている。これらは両地域に限ったことではなく、洪水と地滑りが多く発生する地域共通の課題である。チリはその地形的特質上、降雨の河川への流出が早いため、洪水リスクの高い地域における気象予報による洪水への準備と適切な位置に設置された水文観測施設による早期予警報システムの整備が必要である。また、適正な早期予警報システムの整備には洪水氾濫マップの作成と土地利用規制等を確実に実施しシステムとの整合を取る必要がある。

#### (e) 森林火災の早期状況把握システムの導入

森林火災の 99% は人的由来によるものではあるが、教育・啓発だけでは改善できない問題もあり、特に、故意によるものは予防が難しい。また、森林火災は地上からの状況把握が極めて困難であり、早期にヘリコプターを要請するのが最も有効かつ現実的な手段である。このチリ国内の手続きの簡素化およびプロトコル化が必要である。

また、映像等によるリアルタイムでの現地確認により CONAF 本部と ONEMI が正確に状況を把握できることが必要であり、被害軽減の対策として GIS や衛星を使った森林火災状況の把握も含めたシステムの導入が必要である。

#### (f) 火山モニタリングネットワーク構築の確実な実施と更なるネットワークの拡充

危険性が高い 43 火山の内 21 火山については、モニタリングを実施しており、早期警報が実施されている。全 43 火山についてのモニタリングは 2013 年までに整備する予定であるとのことであるが、その確実な実施と 43 火山以外のリスクの高い活火山へのモニタリング施設導入も必要である。

### (3) 解析・意思決定

#### 量的津波予測による津波警報システムの開発の必要性

チリの早期津波警戒システムの津波警報の担当機関 SHOA は、潮位計の増設（16 基から 35 基に）、ダートブイの増設（1 基から 2 基にする予定）と観測体制及び伝達体制を改善し、5 分以内に警報発令を目標に体制の整備を進めている。SHOA の津波警報に対する基準は、震源がある沿岸部の特定の範囲内に発生し且つマグニチュード 7.5 以上であれば確実に津波が発生するとして、津波情報を ONEMI に連絡する。しかし、それ以外の地震に関しては明確な意思決定基準が存在していない。

このような状況に鑑みると、近海で発生する津波に対して、到来する海岸付近に適切な津波警報

を発令出来る体制は構築されておらず、早急に津波警報の発令が出来る体制構築が必要である。また、津波解析も実施されておらず、どの地域にどのぐらいの津波がいつ到達するかの数値情報の未整備は、意思決定の遅れ、警報の不正確さにつながることになる。太平洋津波センター（PTWC）の情報に頼る現状は改善されておらず、チリ国において最も迅速性が求められる津波警報に係る意思決定に必要なツールの導入の必要性が高い。

実際、海岸付近の住民の多くは地震発生後自発的に自宅を離れて高台に避難し、津波の被害から免れている。SHOA は、地震発生後の最初の何時間かは、海岸に到達する津波の情報を収集しようとしなかったとの調査報告があり、更には 04 時 56 分に津波警報を解除している。この警報解除を聞いた住民が避難した高台から自宅に戻り、戻った時点で津波の被害を受けている。不適切な津波警報解除により津波被害を助長しており、継続的津波観測と解析に基づく、正確な情報伝達の重要性を示している。

#### **地震発生によるリスク軽減策の課題**

3.2.3 項の「災害種別のリスクの大きさや特徴」でも述べたが、地震災害の被害リスクを軽減するためには建物の耐震化や土地利用規制等の対策や住民教育の実施に含めて、システムでも対応すべきである。チリ国では災害による死者や被災者の 9 割が地震と津波であること、高度化する社会において地震が頻発する中部に経済の中心があることに鑑みれば、大きな地震が来る直前でも揺れに備えることは必要である。

#### **(4) 情報収集および被災状況把握**

2010 年 2 月 27 日の地震災害時、ONEMI は、広範囲にわたる地震被害、海岸沿いの津波による被災状況の確認を行わなかったため、適正な応急対策の推進が出来なかった。2010 年 2 月 27 日の地震災害時、コンセプションの状況は、被災後 2 日間は全く情報がなく、最初の支援が到着したのは地震発生から 4 日目、周辺地域は更に遅れた。災害情報収集体制の不備による情報不足が緊急対応の遅れを招いている。防災情報共有プラットフォームの構築、共通な地図情報の活用により、災害時の被災全体像の迅速な把握が可能になる。

迅速な応急対策の実施には、上述したように被災状況の把握が必要でチリ国では、各関係機関のネットワーク強化を行い、ONEMI 自身も HF 無線ネットワークを強化している。しかしながら災害情報は地方自治体および対象地域の警察・消防の現場確認報告や、各関係機関からの無線による報告が主であり、迅速性・正確性に乏しい。

また、一般的な災害時においても州 ONEMI 事務所にも多くの災害情報が集まってくるが、ほとんどの場合、映像や静止画による状況把握を行っているわけでもなく、被害が甚大になればなるほど情報が錯綜し、さらにその情報が ONEMI 中央に伝達されるため、中央でも混乱をきたすことになる。森林火災や大規模地震・津波のような広域災害に対する情報収集は、口頭のみによる連絡の仕組みでは十分に状況を把握するに至らない。

ONEMI および地方自治体においては、災害に関する情報を一元管理し、意思決定の迅速化をはかる必要があるものの、現状は、無線連絡、電話・インターネットに頼っている。

上述したようにあらゆる情報が ONEMI 州事務所に集まってくるが、収集された情報は、他の関係機関に直ちに共有されていない。防災関係機関は、ONEMI からの情報共有を欲しており、情報共有されれば適切な対応をとる能力は備えている。

地上系の一般回線に依存せず、より確実に、より多くの人に情報・警報を伝達するシステム・仕組みづくりに課題を残している。

## (5) 災害情報・警報伝達

### (a) 通信システムの脆弱性

#### 早期警報システムにおける通信システムの課題

2010 年の津波では、住民に早期津波警報は発信されなかった。太平洋津波警報センター (PTWC) は 03 時 46 分 (地震発生 12 分後) に津波警報を発令、SHOA は 03 時 52 分 (地震発生 18 分後) に ONEMI に「巨大化する津波に警戒せよ」と津波警報を発信している。しかしながら ONEMI からは津波警報は発令されなかった。

その後、ONEMI は HF-VHF 無線を導入し、警報伝達システムを大幅に改善した。SHOA 及び他機関からの警報発信は即、州 ONEMI 事務所に伝達される形になっており、ラジオ放送局に緊急メッセージが送信される。

現在、関係機関間の通信システムとして HF-VHF 無線が整備され、住民への迅速な緊急情報伝達を目的とした CBS システムも ONEMI で稼働しようとしている。CBS システムは携帯電話通信網を活用しているが、別チャンネルとすることで大災害時の通信過多による輻輳の影響を受けない。しかしながら、本格稼働を予定していた現在も、携帯会社との接続や携帯端末との接続に課題を残しており、本格稼働までに解決すべき問題は多いようである。

HF-VHF 無線も中継局が被災すると通信が途絶する可能性があるだけでなく、現在整備を提案中の RoIP による通信は、大規模災害時に一斉に使用されると極端に音質が低下する問題を抱えている。

このような HF-VHF 無線や RoIP によるシステムの改善は、通常の災害時における警報伝達には問題がないと考えられる。しかしながら、上述したように大地震に代表される大規模災害の場合は通信回線の輻輳により機能しない危険性があること、緊急を要する警報伝達が自動化されていないこと等大きな問題がある。これらを解決するために、防災専用回線の導入を検討する必要がある。

## (b) 地上系に依存した通信システム

上記のように、地上系に依存した通信システムにはリスクが伴い、確実な情報・警報伝達には複数のルートの確保と専用線の導入、速やかな警報の発令・伝達に加え、被災後も正しい災害情報を伝達できなければならない。つまり、地上系の一般回線のみには依存せず、衛星回線を通じたバックアップシステム等、複数のルートを確保する必要がある。

しかしながら、現在 SUBTEL が提案している衛星通信による基幹システムについても、安くて低機能の VSAT では、災害時に一斉にデータが送られると通信制御が出来ず輻輳が発生してしまう。また、VSAT のメーカーが異なる場合には互換性がないという問題がある。チリ国政府として安価な VSAT を 1 つのメーカーで統一することは互換性を確保する観点からは有効であるが、技術革新が著しいこの分野において、1 社集中による将来の拡張性・機能性の確保は難しく、そのメーカーがつぶれる、そのメーカーの開発が遅れる等によりシステムが陳腐化するリスクもある。

## (c) 住民への情報伝達手法の開発

前述してきたように、関係機関内部もしくは ONEMI 間のネットワークは強化されつつあるものの、住民への情報伝達手段は、地方自治体・警察・消防のパトロールカー、ONEMI 中央が取り組んでいる CBS システムに限られている。そのため、災害情報や緊急情報を住民に迅速に伝達する手段が早急に必要である。

さらに、住民に伝える適切な情報（何をいつ、どのように伝えるかのコンセプト）を情報の送り手（各関係機関、ONEMI、ラジオ放送局）および情報の受け手（住民）の共通理解としておくことが必要であり、関係機関間の協力と住民教育が重要である。住民教育は避難訓練だけでなく、どのようにして警報発令が判断され、各関係機関が入手・発信する情報にはどのような限界があるのか等、情報の受け手の正しい認識に寄与するものでなければならない。そういう観点から、ONEMI が実施しているラジオ放送局との取組みは非常に評価できるものであり、今後、住民レベルにまで広げていく必要がある。

## (d) 双方向型の情報共有システムの整備

災害はいつ、どこで、どのような範囲と規模で発生するか想定するのが非常に困難である。

一般的には、早期予警報を発信する場合は、警報発信者から警報を受け取る者への伝達が重要である。しかしながら、一旦災害が発生すれば、災害の状況や現地での対応を現場から上位機関へと連絡し、対応を協議することが必要になる。

よって、構築される情報伝達ネットワークは双方向型で且つ情報がどちらからも発信できることが必要である。

## (6) 防災情報・早期警報システムに係る防災対策の課題

### (a) 地震・津波

#### 津波リスクマップ・ハザードマップの更新と改善

津波警報により住民の安全な避難を図るためには、避難路・避難場所を設定し、津波危険地域の津波ハザードマップを作成していかなければならない。低平な海岸地域では、限られた時間に高台への避難が困難となる地域もあり、垂直避難等の避難のあり方を検討する必要がある。一方、SHOA は、過去の大津波を対象に既に作成した 34 の津波浸水予測図の見直しを行っており、今後の避難計画のベースとなるものであるから、早期の完了が望ましい。

海岸地域は観光客が多く、津波の犠牲者の多くが旅行者であったとの報告もあり、地域住民と同時に観光客を含めた「避難のあり方」を検討する必要がある。

津波警報に基づく避難は、避難路・避難場所が設定された津波ハザードマップおよび、それに基づいた避難計画があつて最大の効果を発揮する。

#### 津波災害教育プログラムの更新・改善

日本においても過去に津波被害が発生した地域は避難訓練も実施し防災無線も備え、住民の啓発は進んでいたかに思われていた。しかしながら、先の東日本大震災においては、想定を上回る地震と津波により、速報の津波予測値が低く見積もられてしまい、避難せずに亡くなったケースもある。情報の受け手が情報発信側の限界も理解するような、津波災害に係る継続的な教育実施のプログラムの作成と実施が必要である。

### (b) 洪水及び気象災害

#### 気象災害リスク評価の実施

チリ国は、北から南に長さ 4,270 km の国土を持ち、気象上、北部の砂漠気候、中部の地中海性気候、南部の凍土・氷河気候まで変化に富み、東西の幅は平均 177 km と狭いにもかかわらず、地形的には海岸地帯と山岳地帯に分かれている。そのため、地域の気象条件は変化に富んでおり、気象災害のみならず、各地域の適正なリスク評価の実施が課題である。現在、DMC が持つ気象観測所は全国に 56 箇所であり、国土面積 (756,000 km<sup>2</sup>) から判断すると、気象観測密度は平均 13,500 km<sup>2</sup> に 1 箇所となる。今後、地域特性を考慮した予報区の設定、気象リスク評価の実施には、他機関 (農業省、公共事業省等) との観測データ共有が必要である。

#### 洪水リスクマップ・ハザードマップの作成

DGA は水利施設管理のための浸水予測図を作成しているが、一般公開向けの洪水リスクマップは作成していない。また、州政府が作成している洪水リスクマップおよび SERNAGEOMIN が取りまとめている主要都市の洪水リスクマップにも DGA や MOP が関与し技術的なレベルを上げる必要がある。

### (c) 火山災害

SERNAGEOMIN へのヒアリングによると、カテゴリーIのほとんどの火山に対してすでに火山リスクマップを作成している。これらは一般公開されておらず、住民啓発活動・危険地域の開発の抑制等の事前対策の一環として公開に向けて準備を進める必要がある。今後、43 火山、さらには他の活火山についてもリスクマップを作成しなければならない。

また、関係する地方自治体は、作成されたリスクマップを元に、火山防災計画・避難計画を早急に準備する必要がある (Villarrica 等一部の地方自治体は火山避難計画を既に作成している) ため、リスクマップの作成は不可欠である。

### (d) 地滑り・土砂災害

#### 地滑り土砂災害リスク分析の実施

全国の地滑り危険地域の特定を行えるようなリスク分析がまず必要である。そのためには、地質・地形の分析から始める必要がある、SERNAGEOMIN がその能力を有しており、現在 7 都市に対してリスクマップを作成している。これを全国に展開していくとともに、必要に応じて、地滑り災害リスクが高い地域にモニタリング (観測) 施設の整備計画を策定する必要がある。

### (e) 森林火災

#### 森林火災危険度評価マップ

CONAF が毎日作成している森林危険度評価マップは、森林火災防止に非常に有効であるが、州の HP に掲載する程度で、住民もしくは火の使用者への十分な情報提供にはなっていない。特に危険度が高い日、地域への情報提供のあり方を検討する必要がある。

#### 住民啓発活動の強化

森林火災の原因は人間由来(不注意、いたずら、テロ行為)が 99%を占めており、教育だけでは解決できない原因もある。しかしながら、森林管理、農地の焼畑管理、火の不始末等は、住民教育 (森林保全、森林火災の危険) によって大きく改善できるものである。

## 3.3 セミナーでの討議内容

### 3.3.1 第1回

現地調査開始直後の 2012 年 1 月 17 日、防災関係機関および他ドナーを招聘してセミナーを開催した。出席者数は 44 名、ONEMI を始めとするチリ側防災関係機関および JICA、EU から参加者があった。Annex-4 に議事メモおよび出席者名簿を添付した。

セミナーにおいては、表 3.3.1 の議事次第に従って、本調査の説明、日本の防災システムの紹介を行うとともに、防災・早期警報システムに関するチリ側の興味を探った。

説明に際しては、図 3.3.1 に示すような、2011 年 3 月 11 日の東日本大震災の教訓を実際の日本の

例を用いながら説明し、理解の促進に努めた。

セミナーにおける主な意見は以下の通りであった。

- 1) チリの地震観測は、機材も人材も不足しており、深刻な状況にある。また、チリの沖合での地震・津波観測もまだまだ不十分である。(SSN)
- 2) 地震や津波に素早く対応するため、関係機関へ速報する伝達システムの強化が今後の重要な課題である。(SSN)
- 3) 各州政府や省が作成する防災に関する様々な計画を ONEMI が管理することが理想であるが、現在審議中の法案によって ONEMI の役割が決められる。現在は、ONEMI 州事務所が州の計画を調整しようとしているが、その権限は与えられていない。(ONEMI 州事務所)
- 4) ONEMI は、全国を対象とした総合防災計画の担当であるが、各省庁による防災計画を監視・管理する義務を持たない。一方で、防災計画や活動の標準化、パラメータの標準化は重要な課題である。
- 5) ONEMI のように各関係機関を調整する役割は必要である。
- 6) チリ沖で発生する地震・津波の観測システムの強化には GPS 波浪計および海底ケーブルによる地震・津波観測が必要である。チリの海底断層は陸に近く、海底ケーブルの設置は有効であるが、高価であるため、パイロットプロジェクトを実施し、適性を検討することが望ましい。(SSN)
- 7) 機材の購入やパイロットプロジェクトの実施も必要だが、その前に防災計画や防災機関の強化の必要性が高い。(SHOA)
- 8) 防災・災害対策としての一般市民への長期的な教育および避難訓練が必要あり、チリ政府全体としての重要課題としなければならない。(DMC)

表 3.3.1 第1回セミナー議事次第

時間	活動内容	備考
9:00 - 9:45	出席者登録	
9:45 - 10:00	セミナー開催の挨拶	JICA チリ支所長 ONEMI 代表
10:00 - 11:40	インセプションレポートの説明 日本の防災システムの紹介 東日本大震災の教訓とシステムの提案	JICA 調査団
11:40 - 12:00	コーヒープレイク	
12:00 - 12:50	GPS を用いた地震観測の有効性	SSN
12:50 - 14:20	意見交換、質疑応答	
14:20 - 14:30	セミナー閉会の挨拶	JICA 調査団
14:30 - 15:30	食事	
15:30	解散	
場所	Hotel Plaza San Francisco, Santiago	
開催時期	2012年1月17日	

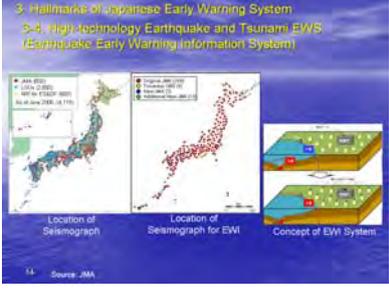
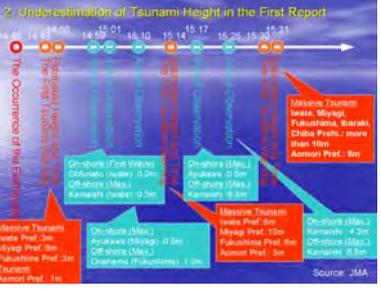
 <p>3. Hallmarks of Japanese Early Warning System 3-4. High-Technology Earthquake and Tsunami EWS (Earthquake Early Warning Information System)</p>	 <p>3. Hallmarks of Japanese Early Warning System 3-4. High-Technology Earthquake and Tsunami EWS (Earthquake Early Warning Information System)</p>	 <p>2. Underestimation of Tsunami Height in the First Report</p>
緊急地震速報システム概念図	緊急地震速報テレビ発表概念図	東日本津波災害時の問題点

図 3.3.1 調査団発表の日本の防災システムと東日本津波災害教訓のプレゼン資料抜粋

### 3.3.2 第2回

現地調査終了前の2012年4月24日、防災関係機関および他ドナーを招聘してセミナーを開催した。出席者数は46名、ONEMIを始めとするチリ側防災関係機関、ONEMI州事務所およびJICA、UNDPおよびUNESCOも参加した。セミナー配布資料として、プレゼンテーションのハンドアウトおよびドラフト・ファイナル・レポートを関係機関に手渡している。

セミナーにおいては、表3.3.2の議事次第に従って、1)JICA調査団提案システムおよびチリ側に提案する今後のアクションプラン、2)詳細検討システム(海底観測システムおよび政府専用回線)、3)東日本大震災での事例紹介、4)地デジによる緊急警報放送(EWBS)についての説明を行った。セミナーにおける主な意見は以下の通りであった。

- 1) 防災システム構築委員会などを設置する必要があることを認識しているが、実現化していない。(ONEMI)
- 2) ステアリング・コミッティーはONEMIだけでなく、他機関の代表により構成されるべき。(SUBTEL、CONAF)
- 3) 調査団提案システムの全体のコストは高額だが、部分的に導入することは可能である。(CONAF)
- 4) 地形的な要因から統一した全国通信システムの構築は難しいが、地方にあった通信システムを整備し、最終的には全国ネットワークを構築するような州から国への展開が望ましい。また、災害時にも安定して通信が行われるネットワークを構築することが重要と理解した。(ONEMI州事務所)
- 5) 各州が使うシステムの規格の統一が重要である。(調査団)
- 6) サンチャゴに集中した警報システムではなく、各州にもある程度権限を与えることが重要である。(ONEMI)
- 7) システム構築、法制度の見直しなど、既存のコミッティーや調査団が提案しているステアリング・コミッティーで議論していくことが望ましい。(調査団)

表 3.3.2 第2回セミナー議事次第

時間	活動内容	備考
9:00 - 9:30	出席者登録	
9:30 - 9:45	セミナー開催の挨拶	JICA チリ支所長 ONEMI 代表
9:45 - 10:30	提案するシステムの説明 JICA 調査団が提案するアクションプラン	JICA 調査団
10:30-11:00	東日本大震災ケーススタディ	JICA 調査団
11:00 - 11:30	コーヒーブレイク	
11:30 - 12:00	海底観測システム 政府専用回線	JICA 調査団
12:00-12:40	地デジによる緊急警報放送システム (EWBS) の紹介	JICA 地デジ専門家 (丸山氏)
12:40 - 13:50	意見交換、質疑応答	
13:50 - 14:00	セミナー閉会の挨拶	JICA 調査団
14:00 - 15:00	食事	
15:00	解散	
場所	Hotel Plaza San Francisco, Santiago	
開催時期	2012年4月24日	

## 第 4 章 チリ側に新たに必要な防災システムの基本構想案

### 4.1 はじめに

第 2 章において、各防災関連機関の役割と現在のチリにおける防災システムと早期予警報システムに関し、調査団が現在まで判明している基礎情報及び事実を記述した。また、第 3 章において、収集した基礎情報に基づき、現在のチリにおける問題点と課題について述べた。以下第 4 章では、現状分析とチリ側関係機関との討議によって明確にされた今後チリが目指すべき防災行政機構の概要と、早急に導入が必要と思われる提案システムについて記述する。ここで提案した防災・早期警報システムは、セミナーとワークショップによってチリ側ともその必要性を確認している。

### 4.2 チリ国防災システム基本構想案

#### 4.2.1 防災の目的、目指すべきところ

##### (1) 防災行政・組織制度の改善方針

チリ国は、南北に細長く気候と地質が地域によって異なること及び地球の地殻活動の境界に極めて近接していることから、本報告書第 2 章 2.1.4 項に示したように地震、津波、地すべり、洪水、火山噴火及び森林火災など極めて多種の自然災害が発生しやすい自然条件下に位置する。また、同様に第 2 章 2.1 節で述べているように、チリでは社会・産業の高度化、複雑化、多様化が進んでいる。更に、今後その影響が顕著に現れると言われている気候変動による乾燥化や気温の上昇はチリでも懸念されており、これらは住民、各都市及び施設における災害への脆弱性を増大させリスクを高めていることから防災対策の一層の充実強化が求められている。

災害の軽減には、図 4.2.1 に示すような兵庫行動枠組（HFA）に基づく、恒久的な災害対策と災害時の効果的対応による災害リスクマネジメントのサイクルにおける各項目への適切なアプローチとその対策の実施が重要であるが、これらは一朝一夕に成せるものではなく、国、公共機関、地方公共団体、事業者、住民それぞれの防災に向けての積極的かつ計画的な行動と相互協力の地道な積み重ねにより達成してゆけるものである。



図 4.2.1 災害マネジメントサイクル

これらの計画的な行動と相互協力の確実な実施、及びそれらを実際の災害軽減に資するためには基本となる包括的な基本計画と計画に基づく各活動のマイルストーンが必要である。

現在、チリでは 2002 年に内務省が制定した国家市民保護計画を基礎として、2010 年 2 月に発生したチリ地震・津波時の防災体制や準備その後の復興時のチリ国自身の教訓を考慮した包括的な防災行政を実施するために必要な法制度（新防災法）を国会で議論している。

この新しい法律（ミッションとビジョン）に基づいて、包括的な防災計画（国家市民保護戦略: *Estrategia Nacional de Protección Civil*）が策定され、セクター毎の防災計画（市民保護セクタープラン: *los Planes Sectoriales de Protección Civil*）が将来策定されなければならない（戦略の策定）。

この国家市民保護戦略と市民保護セクタープランでは、以下の内容が含まれていなければならない。

- 新防災法において明確にされていない各機関の役割分担と気候変動への対応を含めた全ての災害を対象とした総合防災施策としての方針、重点分野、行動計画

また、国家市民保護戦略と市民保護セクタープランは

- 法律の制定を待たずとも、法案の方針を元に今からでも草案を策定できるはずであり、現在の ONEMI を中心として早急に策定を開始すべきである。

## (2) チリが目指すべき防災情報システム・早期警報システム

### (a) 概論

チリ国は、前述したように極めて多種の自然災害が発生する。そのためチリ国が備えなければならない防災情報システム・早期警報システムは、チリで発生する全ての災害種に対応した迅速かつ正確な警報を発令し、その警報を確実に住民にまで伝達できなければならない。さらに、その情報は確実に関係機関に共有され、迅速な初動対応に結びつくものでなければならない。

このような防災システムを実現するためには、第 3 章で述べた課題を解決するための方策を講じなければならない。特に前兆現象が確認されてから極めて早く災害が発生する地震と津波に対応できるようなシステムを今後は構築していかなければならない。<sup>18</sup>

さらに、チリ国では日本に比べ大きな地震が発生する海溝が近く、津波が短時間で到達するため、**地震後 3~5 分**を目途に津波警報の発令と住民への周知を徹底すべきであり、将来この 5 分以内で津波警報が住民に伝達される防災情報・早期警報システムを確立しなければならない。それでも避難に使える時間は **8-10 分**である。従って、ここで提案される防災情報・早期警報システムを整備するだけでなく、津波からの避難のために事前に避難訓練を実施して、避難所や避難路を決めておく必要がある。チリ国でも地震や津波に対する科学的な基礎知識や教育が重要である。

---

<sup>18</sup>地震に関してここで言う前兆現象とは P 波の観測を述べている。震源で発生した揺れが到達する過程として、まず進行方向に平行に振動する弾性波（P 波）が各地点で初期微動（被害を起こす規模ではない揺れ）としてまず観測される。その後進行方向と直角に振動する弾性波（S 波）が到達しこの S 波が大きな地震被害を発生させる。この P 波と S 波は震源からの伝達速度が異なるため、P 波の観測を有効に活用し被害を起こす揺れ（S 波）が到達する前に大きな揺れを予測できる。

2012年3月25日のM7クラスの地震の発生で確認できたことは建物の耐震性は確保されていることである。M7クラスの直下型地震でも、建物の被害は驚くほど少なく、犠牲者も建物被害が理由ではない。この事実はチリ国がこれまで取り組んできた地震対策の大きな成果である。

これらを考慮して、チリが目指すべき防災情報システム・早期警報システムとしては以下の大きな前提条件を下に検討がされるべきである。

- チリで発生する多様な災害に対応するため、導入したシステムが有効に活用できる統合システムとすべきである。
- 過去の災害履歴の中で、特に死者・被害者数が多く、前兆現象から災害までの時間が短い地震・津波災害時にも、対応可能なシステムとすべきである。

また、将来のあるべき望ましい防災・早期予警報システムとして、「災害観測・検知能力」、「解析・意思決定能力」、「被災状況把握能力」、「情報・警報伝達能力」及び「防災に係る人材育成」から述べると以下のような将来の姿が提言できる。

#### (b) 災害観測・検知能力

災害の発生を起こす可能性のある自然現象の観測や検知に関しては、防災システムのあるべき姿として、今後以下を前提に観測とモニタリングを強化していかなければならない。

- 前兆現象及び実際の災害現象を確実に検知できる観測網体制整備
- 密度の高い、観測網の整備

#### (c) 解析・意思決定能力

観測網を有効利用した解析システムの構築、特にリスクの高い地震・津波に関し、以下の解析が可能な将来を目指すべきである。

- 地震観測機器を有効に利用した、地震直前準備体制の構築
- 地震発生後15分程度で到達する津波に対する3~5分以内での正確な津波警報の発表

#### (d) 被災状況把握能力

早期予警報システムの構築と合わせ、実際に災害が起こった直後からの緊急対応時での活動を適切に行うため、防災システムは以下の姿を目指すべきである。

- 大災害時に、指揮センターにおける現場の確実な状況判断ができるシステムの整備
- 様々な災害対応可能な被災状況把握能力システムの整備

#### (e) 情報・警報伝達能力

適正な観測と解析に基づく早期予警報システムと災害現場の被災状況把握は、迅速に正しく、通常時のみだけでなく、災害が起きた緊急時においてもProtocolに則った伝達方針に基づき関係者と住民に確実に伝えられなくてはならない。よって、

- 大災害時に確実な情報取得が可能なメインシステムと冗長性のあるシステムの整備
  - 様々な情報をできるだけ早く、できるだけ多くの人が共有できるシステムの整備
- を目指さなくてはならない。

#### (f) 防災に係る人材育成

整備されたシステムを適正に運用・改善できる、地方自治体を含めた人材育成と情報の意味を間違いなく受け取るための、住民への啓発活動の更なる促進がシステム整備に合わせ、必須の防災活動の1つとすべきである。これらの現在のシステムの有効性とその限界を国民全体に認識させるような人材育成と住民啓発を現在実施している訓練や啓発に合わせて取り入れなければならない。

### (3) 国家的防災管理のための新防災法において提案される行政システムと防災・早期予警報システム構築の早期実施の必要性

上記の課題において、既に新防災法は国会で議論が開始されており、法律の制定を待ち、法律が制定されたならば直ぐに各防災行政の骨格となる各種計画を策定する行政的な取り組みが必要である。しかしながら、法律の制定には時間を要することも想定される。上述したように、法律の制定を待たずとも、法案の骨子を基に ONEMI と地方自治体は国家・州及び各地方自治体の防災戦略案を各機関は現在の防災上の責任を基にセクタープラン案を策定することは可能である。

一方、これら行政上の必要となる指針作成とは別個に、防災情報システムと早期警報システムの改善にも着手できるはずである。災害は法案の制定を待つてはくれない。明日起こる可能性も否定できない。警報発令に必要なシステムの充実、観測網の充実等の物理的な面からの課題に対して別個に今すぐ改善が可能である。本報告書の提案システムを参考に、関連機関は直ぐに防災情報システムと早期警報システムの改善を検討すべきである。

#### 4.2.2 各機関の役割分担の概念

上述したように新防災法が策定されれば、国レベルにおいては、チリ国としての防災システムの具体的な関連機関の防災行政の方針と活動計画を示す新 ONEMI（防災庁）による国家市民保護戦略（国家防災計画）、主要な関連省庁によると想定される市民保護セクタープランが策定され、地方自治体レベルにおいても州及び各市町村により市民保護戦略が策定される。この戦略や計画において記述されるべき重要な項目としては、これまでにあいまいにされてきた各関連機関の明確な防災上の役割と責任である。以下、JICA 調査団が ONEMI を中心に各省庁にヒアリングを行うとともに、現在各機関が持つ機能を勘案した上で以下の表 4.2.1 に示す概略の責任と役割分担を提案する。

具体的には、法律制定後において各レベルの市民保護協議会の中で計画策定時に詳細に決定されることになる。

表 4.2.1 チリ国における各組織の主な防災行政役割分担案

機関	役割分担
新 ONEMI (防災庁)	<p>国家市民保護戦略の策定、市民保護セクタープラン策定支援・評価</p> <p>地方市民保護戦略策定マニュアルの策定、地方市民保護戦略策定支援・評価</p> <p>防災に係る住民教育・避難訓練・キャンペーン等の実施</p> <p>減災・災害準備に係る各機関の活動や調査及びプロジェクト実施の促進・技術提供・調整</p> <p>防災情報・早期予警報システムの開発・調整・指示</p> <p>早期予警報の発表と伝達及び早期予警報に係るプロトコル作成・協定の締結</p> <p>リスク評価の実施と取りまとめ、関連機関との調整の元のリスクマップ作成</p> <p>国家市民保護協議会の事務局</p> <p>COE の活動における参加・調整・プロトコル策定・技術的支援</p> <p>災害時の情報収集・他機関への対応指示要求・支援物資の配布</p> <p>チリ国の防災機関代表としての国際協力活動への参加</p> <p>地震災害対策市民保護セクタープランの策定</p>
国防省 (軍)・警察	<p>災害時における事前協定と要請に基づく防災活動の実施</p> <p>COE への参加と情報提供 (統合参謀長)</p>
SSN	地震観測(24 時間体制) 地震情報 (震源・規模) の提供 地震機構の研究
SHOA	<p>海洋気象観測 国家津波警報システム (SNAM) の運用及び津波警報の発令</p> <p>津波浸水予測マップの作成及び更新 (津波リスク評価)</p> <p>津波警報技術の開発と研究・向上</p> <p>津波対策市民保護セクタープランの策定</p>
DMC	<p>気象観測と気象解析技術の研究・向上</p> <p>気象予報(大雨、少雨、異常高温・低温、紫外線量)及び注意報・警報の発表</p> <p>気象災害対策市民保護セクタープランの策定</p>
MOP	<p>洪水・濁水のモニタリング / 警報基準の設定及び洪水情報伝達</p> <p>水文データ提供 災害情報の伝達 洪水予警報</p> <p>浸水予想図作成 (河川施設計画・管理のため) (リスク評価)</p> <p>各災害に対する構造物対策の計画と実施</p> <p>洪水・旱魃災害対策市民保護セクタープランの策定</p>
SERNAGEOMIN OVDAS	<p>チリ全土における火山観察・モニタリング活動 (火山災害リスク評価)</p> <p>火山監視ネットワークプログラム(観測所整備)の推進</p> <p>火山情報の伝達 全国地滑りリスク評価</p> <p>火山災害対策市民保護セクタープランの策定</p>
CONAF	<p>森林火災予防・消火対策の計画・実施</p> <p>森林火災危険度マップの作成、更新、公開 (リスク評価)</p> <p>森林火災監視</p> <p>森林火災消火活動および森林火災情報の伝達</p> <p>森林火災対策市民保護セクタープランの策定</p>
MINVU	<p>各災害に対する都市部構造物対策・非構造物対策の計画と実施</p> <p>構造物リスク評価</p> <p>都市開発計画への防災主流化</p>
SUBDERE	<p>自治体作成のリスクマップの収集</p> <p>開発計画への防災主流化</p>
地方自治体	<p>地方市民保護戦略の策定とその実施</p> <p>管轄地域内のリスクマップ作成</p> <p>各災害に対する構造物対策・非構造物対策の実施</p>

### 4.2.3 国家市民保護計画及びセクタープランに示すべき内容

現在国会で議論されている新防災法の設立に基づくこの国家市民保護計画は、チリ国において防災上必要と見られる諸施策の基本を、国、公共機関、地方公共団体、事業者、住民それぞれの役割を明らかにしながら定めるとともに、防災業務計画及び地域防災計画において重点をおくべき事項の指針を示すことにより、我が国の災害に対処する能力の増強を図ることを目的とすべきである。本報告書の巻末に、Appendix-1 及び 2 として、日本の（国家）防災基本計画と日本では一元的に自然災害の早期予警報を発表する義務を持つ気象庁の防災業務計画（チリ新防災法における Planes Sectoriales de Protección Civil に位置づけられる）の目次を西語で仮訳した資料を示す。

### 4.3 チリ国における防災・早期警報システム強化（案）

災害観測・検知に関しては、国家地震観測ネットワークに資する地震観測および津波観測システムとそれに基づくより早く・より正確な津波警報の発令を行うためのシステム強化が必要である。チリ国においては、最も迅速性が求められるのは、近接の津波の警報発令に関する解析・意思決定プロセスの改善である。

緊急対応には被害情報の迅速な収集体制が必要である。大規模災害時、政府として迅速な災害緊急対応・災害応急対策が取れるようにするには、情報収集および被災状況把握が不可欠である。

以上の課題及び第 3 章及び本章 4.2 節で述べた課題と基本構想を解決し実現するために日本側が考える日本が貢献できるシステム全体像を下記の通り提案する。

なお、本調査で提案するシステムは、プロジェクト実施機関を 2013 年からの 10 年間と想定し、10 年間でチリ側関係機関が投資可能と想定される全体プロジェクト費用により提案を行っている。

#### <総合防災システムの ONEMI での運用と政府専用回線の構築>

ONEMI を始め、各関係機関は、情報を一般回線に頼っている。一般回線は、大災害時の輻輳による情報遅延・途絶のリスクが高い。また、現在のチリ国の通信容量では、緊急情報や映像や画像を遅滞無く送ることが難しく、政府専用回線の構築は不可欠であり、関係機関間をつなぐ総合防災ネットワークが必要である。この関係機関間のネットワークは一般回線の影響を受けず、かつ輻輳しないものとしなければならない。

#### <災害観測・検知>

災害観測・検知に関しては、国家地震ネットワークに資するシステムおよび津波観測とそれに基づくより早く・より正確な津波警報の発令を行うためのシステムが必要である。

海底観測システムは、近接の地震・津波の観測データのリアルタイムの処理・解析が可能となり津波の早期警報に効果的である。さらに、緊急地震速報システムは、各防災関係機関の初動対応および津波警報の迅速化に寄与するものとして日本でも運用されている。これらのシステムを、Santiago 首都圏を対象とし導入を検討する。

また、海底観測システムもしくは GPS 波浪計の導入によって、津波を沖合で観測でき、より早く津波の襲来を検知でき、実測に基づいた正確な警報を発することができる。

### <情報収集および被災状況把握>

情報収集および被災状況把握に関しては、現場の状況をより正確に、よりわかりやすく伝達するためには、映像・画像による情報が最も有効であり、これを可能とするヘリコプターテレビシステムや監視用無人機システムを含めた画像伝送システムはその選択肢の1つとなる。これと同時に、被災情報収集に係るプロトコル（軍、警察等）及び情報収集体制の整備（州、地方自治体）が必要である。

### <解析・意思決定>

解析・意思決定に関しては、チリ国において最も迅速性が求められる津波警報についての改善が必要である。日本の気象庁が行っている量的津波予測による津波警報の発令は、地震発生後3分を目標に運用されており、このシステムの導入を提案する。これによって、チリにおいても、地区別に津波到達時間・高さが予測できるようになる。

現在 SATREPS による津波プロジェクトにおいて、この量的津波予測を行うためのデータベース作成を目指しており、この研究成果を活用できる利点もある。

### <情報・警報伝達>

情報・警報伝達に関しては、地上系の一般回線に依存せず、より確実に、より多くの人に伝達するためのシステムが必要である。

災害情報の住民への伝達は、1つではなく多様化させる必要があり、ONEMI が取組みを始めたラジオ放送局、CBS システムに加えて、災害時に輻輳のないテレビ放送網を活用した地デジによる緊急放送や、全国瞬時警報システムや防災同報システムによって、警報を瞬時に住民にまで届ける方法も検討すべきである。

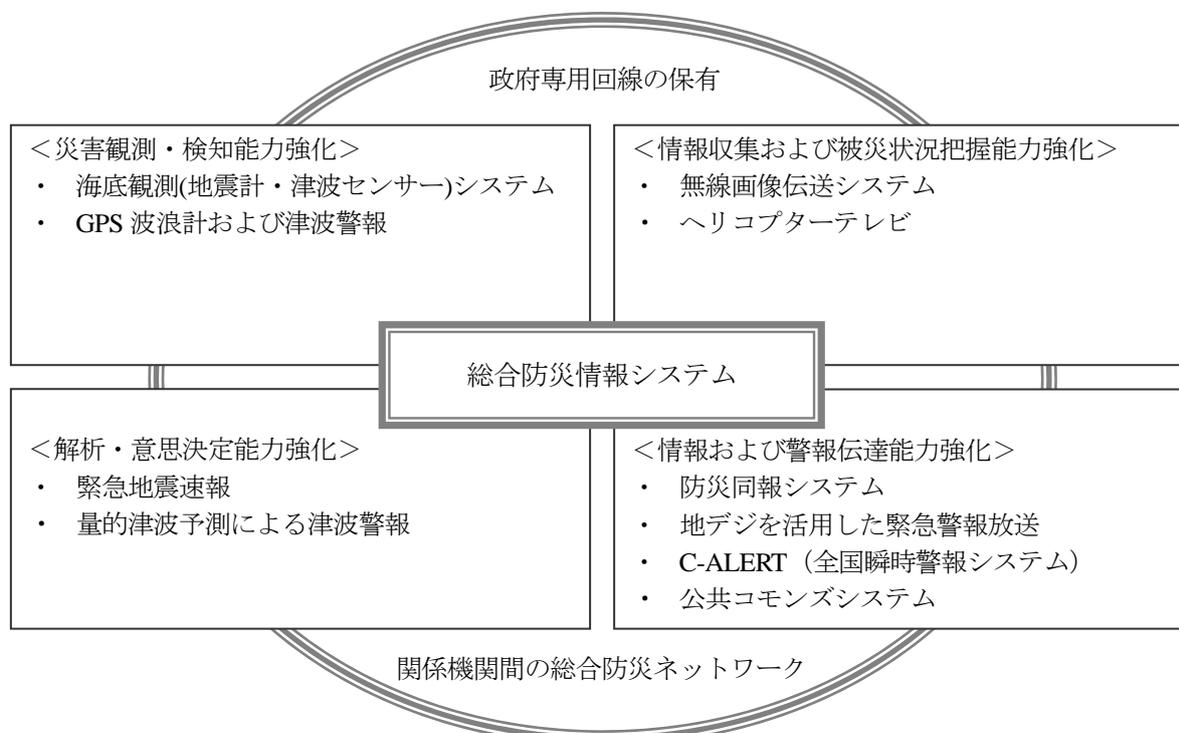


図 4.3.1 提案する防災・早期警報システム強化（案）

### 4.3.1 総合防災情報システムと政府専用回線の構築

#### (1) 総合防災情報システム

現在のチリ国の災害情報伝達システムにおいては、災害が発生した地域から詳細なデータを取得するインフラが未だ整備されていない。災害を視覚化した情報の共有や高度な情報通信システム（より精度の高い予警報システムを構築するための伝達能力、緊急地震速報等の導入を前提としたデータ伝達ためのプラットフォーム的情報システム）が今後早急に必要であると確認できた。将来的には図 4.3.1 に示すような総合防災情報システムの構築を目指すことを提言する。

・ 総合防災情報システムの基盤整備導入および防災専用回線の構築

総合防災情報システムを構築することで、災害に関する情報を一元管理し、災害状況・救援活動の状況を視覚化し、防災担当職員の業務が効率化され、情報収集・整理に要する時間が大幅に短縮することで広範囲・複数の状況を同時に把握することができ、的確な意思決定を行える。総合防災情報システムの導入には、専用回線の構築が不可欠であり、関係機関間を専用の無線網でつなぐ総合防災ネットワークと以下のサブシステムの整備が必要である。

#### (2) 政府専用回線

チリ側にはまず、メインシステムとしてこの高度で大量の情報伝達を可能とするネットワークシステムの構築作成を提言する。災害時にも途絶・輻輳することのない関係機関間のネットワークを構築し、緊急情報の迅速かつ確実な伝達、災害情報の共有を行う基礎インフラで、コンセプトの異なる 2 種類の回線から成る。また、この専用回線は各機関の災害時等における各機関の連携を確保し事業継続計画における主要なシステムとして資するネットワークである。システム詳細については後述する。

<導入のメリット>

ONEMI を中心とする専用回線の構築	多くの関連機関を含めた専用回線の構築
主要な機関が多くの情報、データを共有できる	多くの機関が最低限の情報を共有できる
多機関間の TV 会議等が可能となる	多くの機関で災害等の簡単なリスク情報が共有できる
他に整備されるシステムの情報共有が瞬時に可能となる	機関の事業継続計画に資するラジオ無線以外のネットワークが構築できる

<導入に際しての課題>

ONEMI を中心とする専用回線の構築	多くの関連機関を含めた専用回線の構築
多くの初期投資経費が必要	国土全体をカバーする場合は衛星通信が望ましい
回線に使用するシステムの詳細検討が必要	現在、回線構築のために利用可能なサービスは商業衛星通信サービスのみ

##### 1) ONEMI を中心とした大容量政府専用回線

<システム概要>

後述する総合防災システムや、各サブシステムを確実に運用するための基礎となる政府機関間のネットワーク網である。中央省庁間および、ONEMI 中央から ONEMI 州事務所までを確実にネットワーク化する。

<システム要件>

ONEMI の緊急オペレーションを支援するため、ビデオ・テレビ会議・衛星画像データの送受信等を可能とする必要がある。これには大きな容量を伝送できるものとしなければならない。さらに、一般回線の影響を受けない政府独自の回線でなければならない。

#### <導入の目的>

総合防災情報システムにおける ONEMI および主要中央機関との情報連携、全国瞬時警報システム及び防災同報システム等のために必要な ONEMI からの緊急警報が確実に伝達される基礎となるだけでなく、ONEMI と各省庁、ONEMI 州事務所との連携、つまり国家緊急オペレーション委員会に資する。

- ・ ONEMI の状況把握・的確な意思判断を支援し、確実に警報が住民に届くための情報伝達を行う。
- ・ 国家緊急オペレーション委員会への情報提供、COE から関係機関への指示伝達を確実に行う。

#### 2) 全国をカバーする各省庁横断ネットワークのための政府専用回線網

##### <システム概要>

多くの機関（州事務所含む）が相互に連携できるネットワーク構築のため、全国を幅広くカバーする。

##### <システム要件>

チリ国の南北に長い地理的理由および大災害でも途絶することのなく最低限のコミュニケーションを確保する必要性から、衛星通信を利用することが望ましい。ただし、チリ国は自国衛星を保有していないため、現時点では海外商用衛星を利用するしかなく、商用衛星の場合は一斉に使用されると地上の一般回線と同様に輻輳するため、輻輳が発生しないシステムとしなければならない。これには一般の廉価な VSAT ではなく、防災の観点からの統一規格の下で、災害時に優先して情報を流せる情報制御機能を備えた高機能 VSAT を使用しなければならない。

#### <導入の目的>

多くの関連機関と場所の接続を可能とする政府専用回線は、最低限の情報交換のため、音声や文字等の比較的小さなデータを多くの機関で共有し平時の連携や緊急対応を支援する。

### 4.3.2 調査団が提案するシステムの特徴

総合的なチリの防災情報システムとして、図 4.3.1 に示す以下のシステムの構築が今後必要になる。

- 1) 災害観測・検知能力強化
  - ・ 海底観測システム（地震計・津波センサー）
  - ・ GPS 波浪計および津波警報
- 2) 解析・意思決定能力強化
  - ・ 多機能型地震計および緊急地震速報
  - ・ 量的津波予測による津波警報
- 3) 情報収集および被災状況把握力の強化
  - ・ 無線画像伝送システム
  - ・ ヘリコプターテレビ
- 4) 情報・警報伝達能力強化

- ・ 市民への警報伝達システム（防災同報システム）
- ・ 地デジを活用した緊急警報放送
- ・ 自治体への警報伝達システム（全国瞬時警報システム：C-ALERT）
- ・ 防災情報伝達（公共コモンズシステム）

以下に本調査において提案するそれぞれのシステムの特徴について概説する。

## (1) 総合防災情報システム

### <システムの概要>

国家緊急オペレーション委員会（ONEMI/COE）と、各州（ONEMI/COE）に設置される防災情報システムにより被害情報等の情報共有を行う。また、防災情報システムで収集した様々な情報を GIS（地理情報システム）と連動させて同時に表示させること、及び被害現場の映像を大型ディスプレイや意思決定支援ツール等で表示することで、的確で大局的な意思決定を支援する。

### <導入の目的>

情報収集および被災状況把握能力：

防災対策を総合的かつ計画的に推進し、住民の生命、身体および財産を災害から保護することを目的とし、災害情報の一元化及び共有化を図ることにより、広域的な災害の発生時における迅速かつ的確な応急対応行動を支援する

- ・ ONEMI の緊急オペレーションセンターCAT の機能を高度化する
- ・ 衛星画像・センサー情報を GIS と連結し視覚化する
- ・ 地方での入力情報を共有する

### <導入のメリット>

- ・ 災害に関する情報を一元管理することにより、意思決定の迅速化が図れる
- ・ 災害状況／救援活動の状況を視覚化することで広範囲／複数の状況を同時に把握することができ、的確な意思決定を行える
- ・ 防災担当職員の業務が効率化され、情報収集・整理に要する時間が大幅に短縮されるため、職員はその他の業務を行うことができる
- ・ GIS を用いて被害通報箇所や被害箇所等の位置情報が視覚的に表示されるため、被災時の状況把握が容易になる
- ・ 災害時の対処等の履歴を保存することにより、将来の災害に備え、緊急対応計画の立案・改善を行うことができる

### <導入に際しての課題>

- ・ 関連機関間で情報連携を図るための堅牢な通信インフラの整備が不可欠である
- ・ 防災情報システムを操作する防災担当職員の業務手順を確立させる必要がある



図 4.3.2 総合防災情報システム

## (2) 多機能型地震計および緊急地震速報

<システムの概要>

多機能型地震計<sup>19</sup>および解析サーバにより構成され、地震の初期微動（P波）からいち早く震源地と地震規模を算出し、地震被害をもたらす主要動（S波）が伝わる数秒～十数秒前に情報を提供するもの。日本では、気象庁が、震源分布・地形等を加味し、50～100キロ間隔で全国に設置した200箇所程度の多機能型地震計及び防災科学技術研究所の約800箇所の高感度地震観測網から情報を取得し、気象庁内で処理され、報道機関等の速報体制を通じて高度利用者<sup>20</sup>及び住民に周知される。

<導入の目的>

災害観測・検知能力強化および解析・意思決定能力強化：

地震発生時、大きな揺れが到達する前に地震情報を提供する。各地に設置した多機能型地震計の情報から即座に推計震度を求め、警報を出すことによって、関係機関の初動対応を迅速に実施する。

<導入のメリット>

- ・ 電車や工場の生産ラインの事前停止、避難の迅速化が可能となる（受け側が機能を実装すれば）
- ・ 初動対応の迅速化につながる
- ・ 新防災法において想定している国家地震ネットワークの構想に合致する
- ・ より多くの地震計および震度計からのデータ取得により地震研究が進展する

<sup>19</sup> 多機能型地震計：P波を検知し、最大振幅値や震央距離、マグニチュード等を計算し、ある程度の大きさの振動を観測するとデータセンターに情報を送出することができる地震計

<sup>20</sup> 高度利用者：防災関係機関、セキュリティー会社、鉄道・ガス・電力会社、病院、情報配信会社等

- ・ 震度情報から将来的には震度と被害の相関等の研究が進み、被害想定につながる
- ・ 津波解析とも連動でき、将来的には津波予報も可能となる

<導入に際しての課題>

- ・ 多機能型地震計の設置を進める必要がある
- ・ 専用回線としなければ通信に遅延が発生する可能性があるため、速報性を求める機能の性質上、専用回線を用意する必要がある。
- ・ 緊急地震速報の利用者がその情報を正しく理解できるよう啓発活動を行う必要がある
- ・ 大規模地震や時間的・空間的に隣接した地震（連動地震や複数の地震）において的確な速報ができない可能性がある（誤報の可能性もある）
- ・ 導入後のキャリブレーション・研究による改善が必要である（SSNの協力が必要）
- ・ 震源・マグニチュード特定の演算は日本の気象庁で行っていること、緊急地震速報の精度向上のためのチューニングが重要であることから、気象庁からの技術協力が必須である
- ・ 震度情報をメルカリ震度とするかどうかの検討が必要である

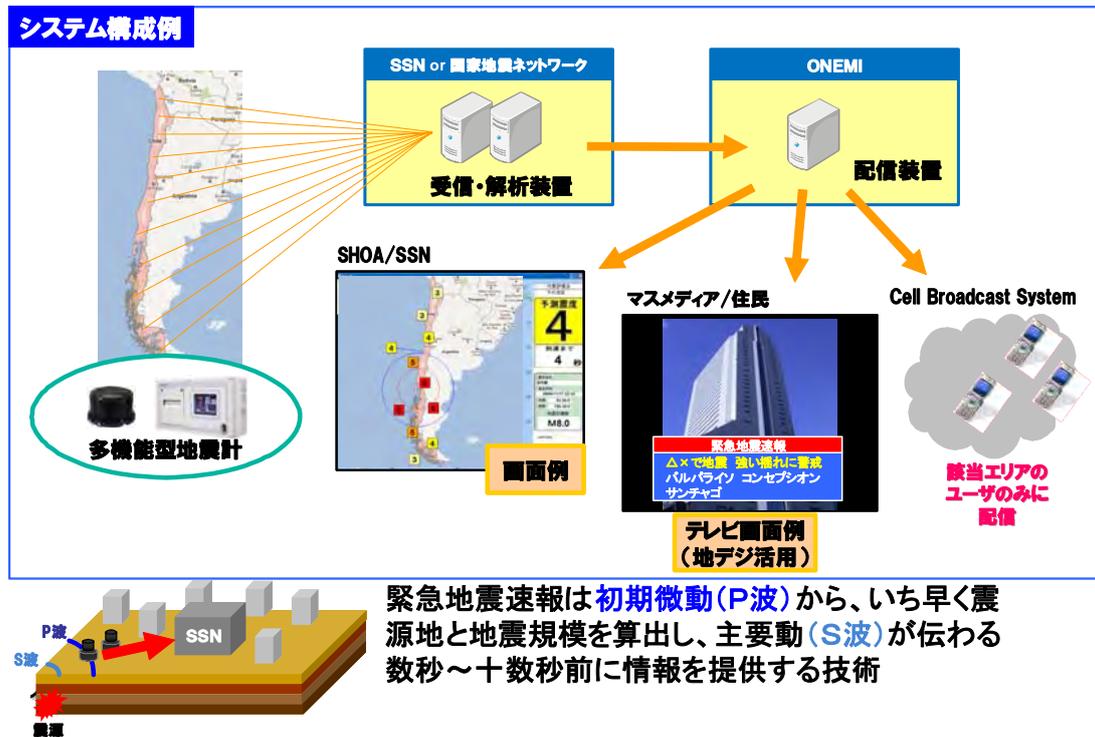


図 4.3.3 緊急地震速報

### (3) 海底観測システム

<システムの概要>

地上端局装置、海底ケーブルおよび海底地震計・津波センサー等から成り、地震や津波の観測データの地上へのリアルタイム伝送を行い、津波予報や地震の観測データを防災関係機関へ提供する。日本は2012年から3年かけてさらに6地域に展開する計画を持っている。

<導入の目的>

災害観測・検知能力強化：地震、津波の早期観測による警報の早期化と減災への寄与

より早い地震・津波の観測および沖合での精度の高い津波観測により、早く正確な津波警報を可能にする。

津波の速度は、水深による。すなわち、水深が深ければ速度は速く、浅ければ遅くなる。チリの場合、チリ沿岸部の海底地形の特徴のために、他の国よりも津波が沿岸部に到達するのが非常に速いといわれている。チリの沿岸部は近いところでも、その水深はとても深く、津波は時速何百キロメートルという速さになり、その第一波は15分以内で沿岸部に到達する。場所によってはそれ以内、その他の場所でも30分以内で到達する。

従って、地震の発生、津波の到来を逸早く検知することは、チリの防災システムにとって非常に重要であり、海底地震のより震源に近い場所に地震計を設置することができる海底観測システムは、チリの防災に非常に高い効果を発揮するものといえる。

<導入のメリット>

- ・ 沖合での地震・津波の観測によるリードタイムの延長が図れる
- ・ 通信用海底ケーブルをベースとした高信頼性技術により、長期間の連続運用が可能である（ブイ式に無いメリット）
- ・ 日本で30年以上にわたって活用され、進化してきた海底ケーブル式観測システムのノウハウに基づくソリューションの提供が可能である
- ・ 海底観測用各種センサーを組み入れることにより地震・津波だけではなく、海洋学的データ収集に使用することも可能である

<導入に際しての課題>

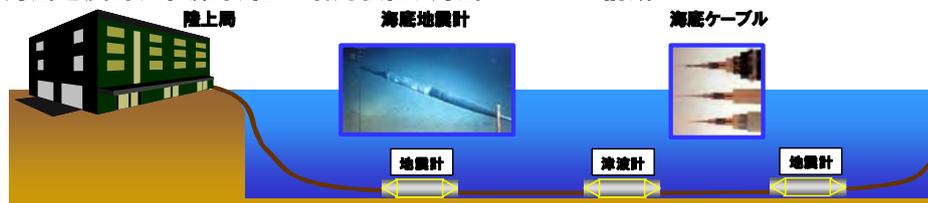
- ・ 初期投資（ブイ式より高額な場合あり）
- ・ 導入地点の検討（SHOA およびチリ大学の協力）

！ 特徴

- 海底下における地震活発地帯でのリアルタイムによる観測
- 海底光通信技術を応用した高信頼性システムの供給

！ インライン式

- 海底地震計、津波計、陸上端局装置、海底ケーブルで構成



！ ノード方式

- 通信用海底ケーブルにノードを接続し、広範囲の観測を実現する。ノード及び観測装置は、水中ロボットを用いて任意の場所に設置可能で「システムの拡張」「観測装置の移動」「交換」が可能。

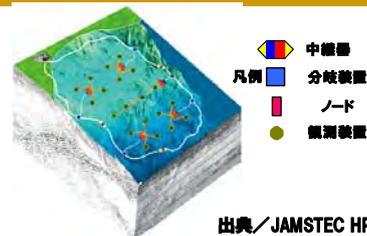


図 4.3.4 海底観測システム

#### (4) GPS 波浪計および津波警報

##### <システムの概要>

GPS 波浪計は沖合の水面変動を高精度で測定し、リアルタイムでデータを伝送する機能を持つ。津波シミュレーションと関係付けておくことで、津波発生時に沖合の GPS 波浪計で計測した波高から、沿岸に到達する津波高と到達時間をより正確に予測することができる。

##### <導入の目的>

災害観測・検知能力強化：

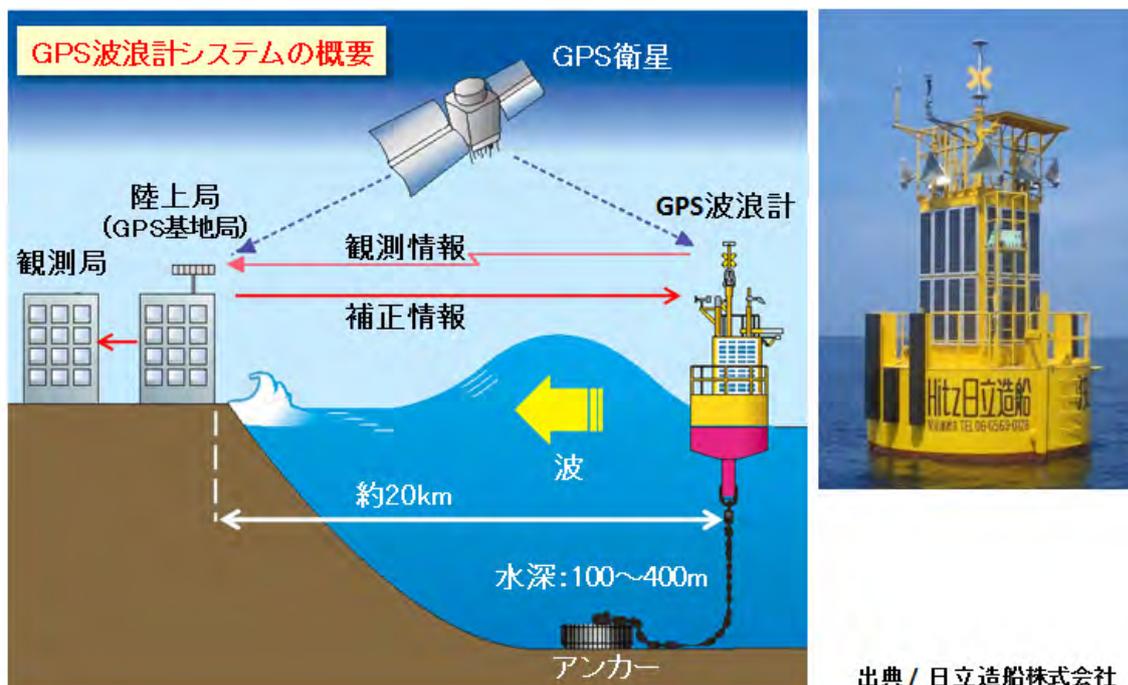
GPS 波浪計の実測データに基づき、津波警報発令の正確性と迅速性を向上させる。

##### <導入のメリット>

- ・ 実測による津波の検知が可能となる
- ・ 主要沿岸地区の津波高と到達時間の予測が可能となる
- ・ 別途 JICA が実施した GPS 波浪計導入支援調査の結果を活用し、システム導入後すぐに運用でき、一応の津波観測体制が構築できる
- ・ 導入後の実測データを活用することでシミュレーションによる津波高と到達時間の予測精度改善と、津波警報の信頼性向上が期待できる。
- ・ 日常的な波浪観測も可能であり、漁民や港湾当局に情報が提供できる

##### <導入に際しての課題>

- ・ 陸上の GPS 基準局網の構築・整備が重要である
- ・ 陸上局から観測局までの通信方法とそれに伴う陸上局の機能設計が必要である。
- ・ あらかじめモデルにてシミュレーションを実施しておく必要がある (JICA 調査にて概略シミュレーション実施済み)



出典 / 日立造船株式会社

図 4.3.5 GPS 波浪計および津波警報

## (5) 量的津波予測による津波警報

<システムの概要>

津波予測データベースにより、発生した地震の震源・規模から津波が到達するエリア・時間・高さを推定するもの。

日本の場合、地震発生から3分を目標に津波予測区毎に津波警報・注意報を発表している。

<導入の目的>

解析・意思決定能力強化：

津波がいつどこにどの高さで到達するかを予測することができ、SHOAが行っている津波警報業務の大きな改善および意思決定の迅速化に寄与する。

<導入のメリット>

- ・ 地震発生から数分で量的に津波の到達を予測することができ、数値情報を持って津波の警報を発令することができる
- ・ 数値情報で津波予報が得られるため、避難指示の意思決定、的確な避難行動に寄与する

<導入に際しての課題>

- ・ 地震モデル、津波モデルを作成し、大量のシミュレーションを行ってデータベースを作成する必要がある、そのノウハウは日本の気象庁が持っており、気象庁の支援が必須である
- ・ 精度の高い津波予測を行うため、精度の高いマグニチュード、震源情報を津波予測データベースに入力する必要がある。

## 量的津波予測による津波警報

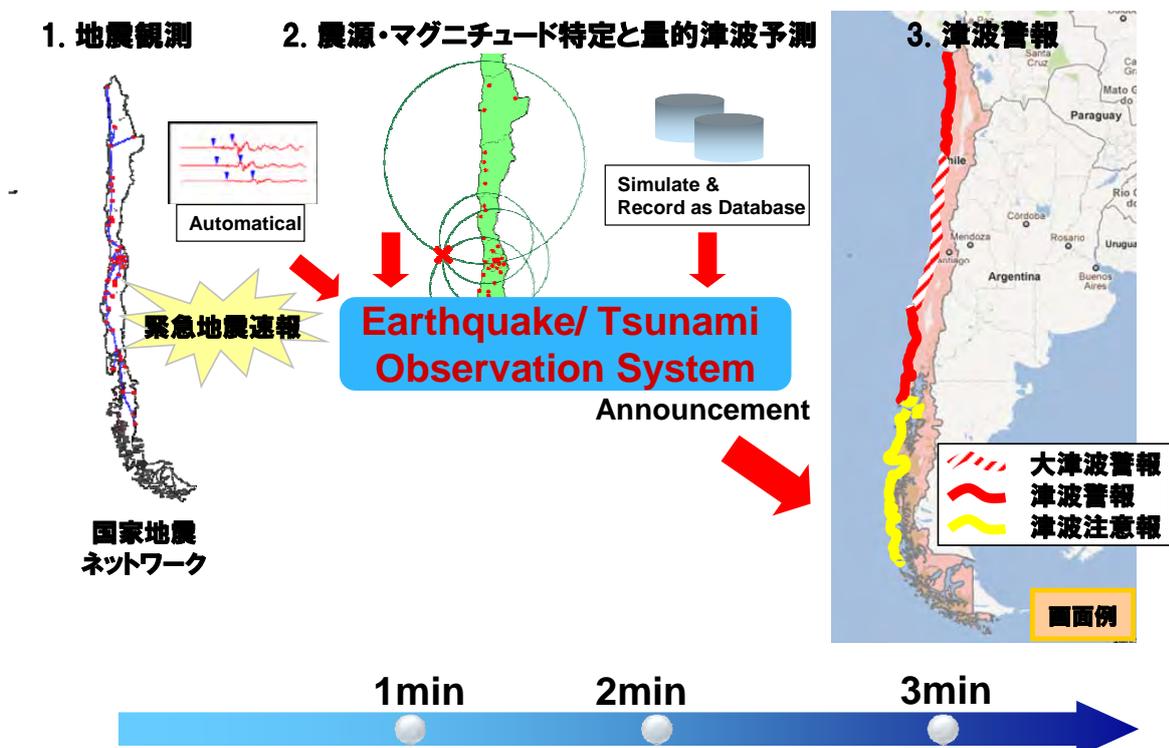


図 4.3.6 量的津波予測による津波警報

## (6) 無線画像伝送システム

### <システムの概要>

デジタル無線を使用し、小さな容量の画像を伝送する、もしくは無線 LAN を利用して画像を伝送するもの。

### <導入の目的>

情報収集および被災状況把握能力：

現地の被災状況を的確に把握する。避難誘導や現場への派遣等の初動対応の迅速化が図れる。

### <導入のメリット>

- ・ 災害現場にいつでも持ち運べる
- ・ 音声のみの伝達と比べ、はるかに伝達先に正確に情報が伝わる
- ・ 停電に影響されない
- ・ パソコンで映像を受信し、記録することができる
- ・ 過般式で機動性が高い

### <導入に際しての課題>

- ・ トランシーバの場合、電波の届く範囲が狭い（100m～数 km）
- ・ 既存の無線 LAN や光のネットワークを活用できるが、災害時に確実につながる専用線の確保が必要

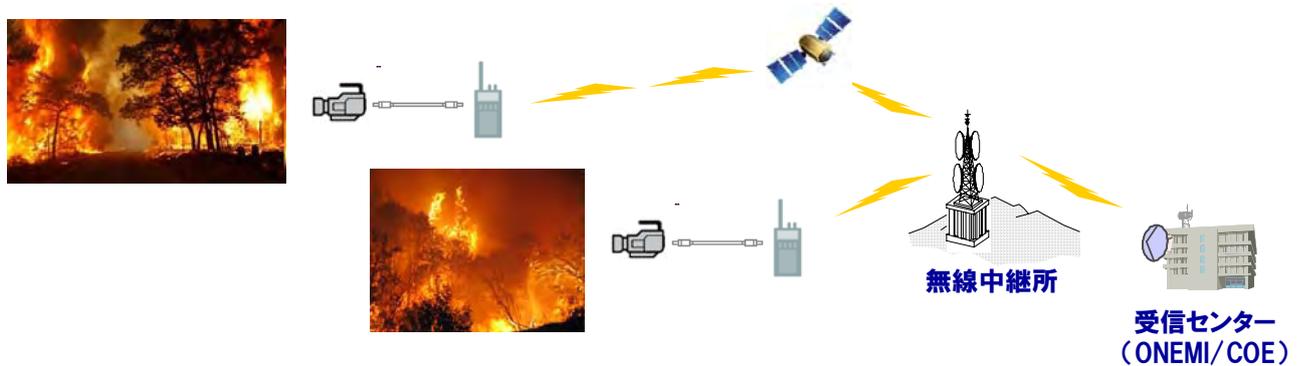


図 4.3.7 無線画像伝送システム

## (7) ヘリコプターテレビ

### <システムの概要>

テレビカメラ、GPS、映像送信装置（マイクロ波使用）および受信中継局設備、地上受信設備により、ヘリコプターの位置および被災状況を映像で送信するもの。

### <導入の目的>

情報収集および被災状況把握能力：

ヘリコプターによる迅速な情報収集と視覚情報による正確な被害状況の把握により、大規模災害時の初動対応と判断をサポートする。

### <導入のメリット>

- ・ ヘリコプターから送られてくる映像を活用して迅速かつ的確に災害応急対応が展開できる
- ・ 災害現場の状況をリアルタイムに把握することができる
- ・ 機動性に優れたヘリコプターにより広範囲に渡る災害状況を把握できる

### <導入に際しての課題>

- ・ 受信アンテナの範囲が数十 km であり、チリ全土をカバーするのは困難
- ・ 見通し範囲にしか電波が届かないため山間部の低空飛行時には通信が不可能
- ・ 地上受信設備を設置する無線中継局と緊急オペレーションセンター（CAT）間で映像伝送を行うための容量をまかなう伝送回線が必要である（一般回線に依存しない専用回線が必要）
- ・ ヘリサットであれば上記の課題を克服できるが高価である



ヘリに設置されたテレビカメラ  
出典：静岡県HP



出典：国土交通省東北地方整備局

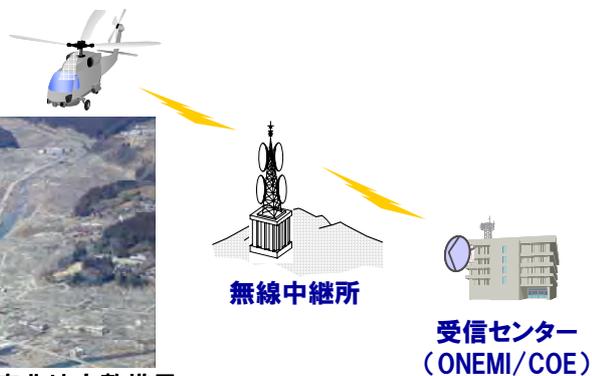


図 4.3.8 ヘリコプターテレビ

## (8) 防災同報システム

### <システムの概要>

固定局（送信機）、野外拡声子局、個別受信装置等からなり、屋外の拡声スピーカーから放送が流せたりサイレンを吹聴させたりすることによって住民に情報を伝達する。

### <導入の目的>

情報および警報伝達能力強化：

各地方自治体から住民に情報を伝達し、かつ、地方自治体の防災担当者間の情報伝達手段を確保する。

### <導入のメリット>

- ・ 災害時の緊急情報や平常時の行政情報を直接住民に周知することができる
- ・ 個別受信機の代わりにケーブルテレビ網等を活用する拡張性がある
- ・ 静止画像、文字情報等のデータ通信も可能である（デジタルの場合）

### <導入に際しての課題>

- ・ 豪雨時、強風時、屋内では聞こえない可能性がある（近い人は騒音被害）
- ・ 使える周波数帯が空いているかどうかを確認する必要がある。

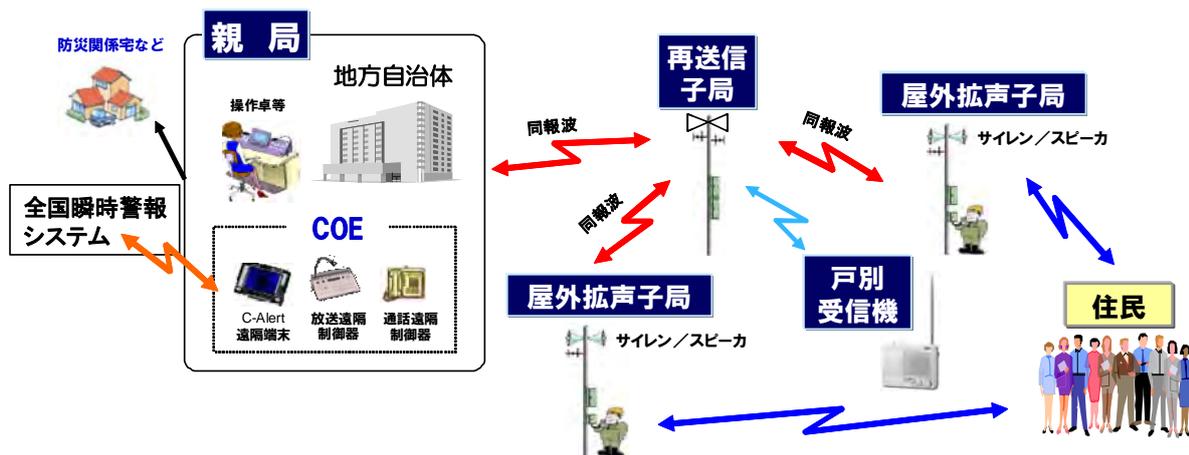


図 4.3.9 防災同報システム

## (9) 地デジを活用した緊急警報放送

### <システムの概要>

緊急情報が発信され、それを受けた放送局が緊急信号を送出し、緊急警報放送対応の受信機が反応するシステム。エリアコードを有しており、対象地域に絞って警報・情報を送る。受信機を備えたワンセグ携帯電話・テレビは自動的に緊急警報コンテンツへの視聴に誘導される。

### <導入の目的>

情報および警報伝達能力強化：

警報を迅速に広く住民に伝達する

### <導入のメリット>

- ・ 既に構築されているテレビ放送ネットワークを活用するためインフラ整備の必要がなく、全国どこでも情報を伝達できる
- ・ 情報伝達はテレビの電波を活用しており、災害時の断線や回線アクセス過多による通信混雑が発生しない
- ・ 1) 受信機によりテレビのスイッチが入る、2) 他の番組をみても緊急放送に切り替わる等の機能を有しており、確実に情報を伝達することができる
- ・ 停電下でも受信が可能（ワンセグ携帯の場合）
- ・ 送信所は、津波や洪水の影響を受けにくい場所に多く立地している
- ・ チリ国に派遣されている JICA 専門家の経験・知識を最大限活用できる

### <導入に際しての課題>

- ・ 受信機を備えた携帯電話、テレビの普及が必須である
- ・ 現在、地デジが展開されているのはサンチャゴおよびその周辺に限られる

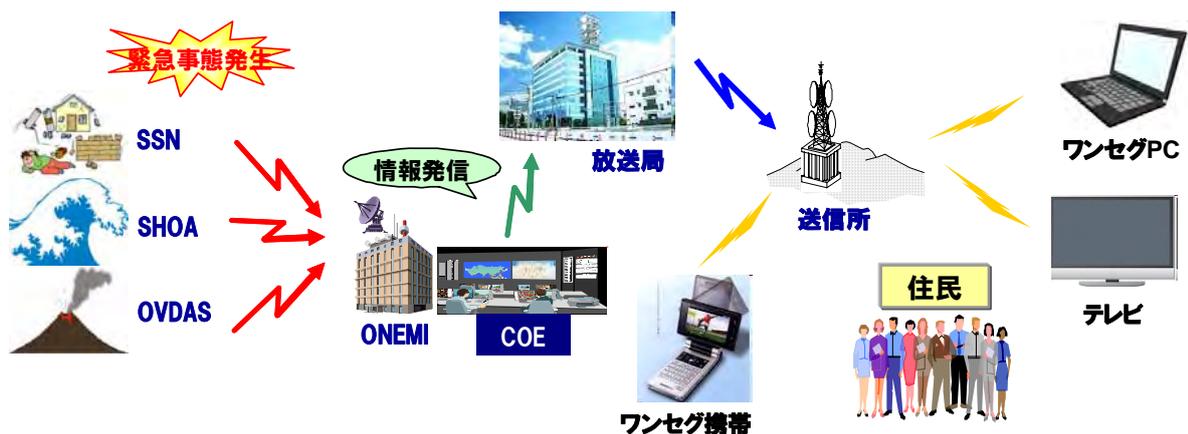


図 4.3.10 地デジを活用した緊急警報放送

## (10) C-ALERT (全国瞬時警報システム)

### <システムの概要>

地震や津波警報、弾道ミサイル情報等、対処に時間的余裕のない事態に関する緊急情報を、衛星通信を利用して関係機関および地方自治体に瞬時に伝達するシステム。地方自治体の防災同報システムを起動し、国から住民まで直接瞬時に情報伝達を行う。伝達先はエリアコードにより制御可能である(全自動で設定される必要がある)。

国民保護体制を運用面からサポートするもの。日本ではJ-Alertと呼ばれ、2007年からシステムを稼働させている。

### <導入の目的>

情報および警報伝達能力強化：

短時間に迅速に情報を住民まで伝達する。

### <導入のメリット>

- ・ 極めて短時間で情報伝達が可能である(途中で人間の手を入れない)
- ・ 大災害時に周辺自治体にも情報提供が可能で、地上の通信に依存しない
- ・ 地方自治体も危機管理能力が向上する
- ・ 職員の非常招集や一斉指令、コミュニティFMの自動起動等にも応用が可能である
- ・ 既存のサイレンを活用可能な場合がある(起動装置は必要となるが)

### <導入に際しての課題>

- ・ 効果を最大限発揮するためには地方自治体の防災同報システムの整備が不可欠である



図 4.3.11 全国瞬時警報システム

## (11) 公共コモンズシステム

### <システム概要>

情報発信者（ONEMI や各防災関係機関）から発信された情報は、収集機能によりシステムに取り込まれ、統一形式に変換された後、情報の受信者があらかじめ登録したトピック単位で配信される。

### <導入の目的>

災害種によって異なる関係機関の情報共有を迅速化し、災害状況を的確に把握し、正確かつ迅速な初動対応を行う。伝達の効率化、災害情報更新の迅速化、ICT の活用、各関係機関の情報交換の統合化を図る。

### <導入のメリット>

- ・ 情報を伝達する必要がなく関係機関が情報を取りにいけばよい
- ・ 住民にとって必要な公的情報が正しく迅速に提供される
- ・ 誰もがどこに居ても緊急情報を取得できる

### <導入に際しての課題>

- ・ 地方自治体や放送局、ライフライン事業者との理念の共有が必要である
- ・ 使用方法・統一様式についての合意形成が必要である

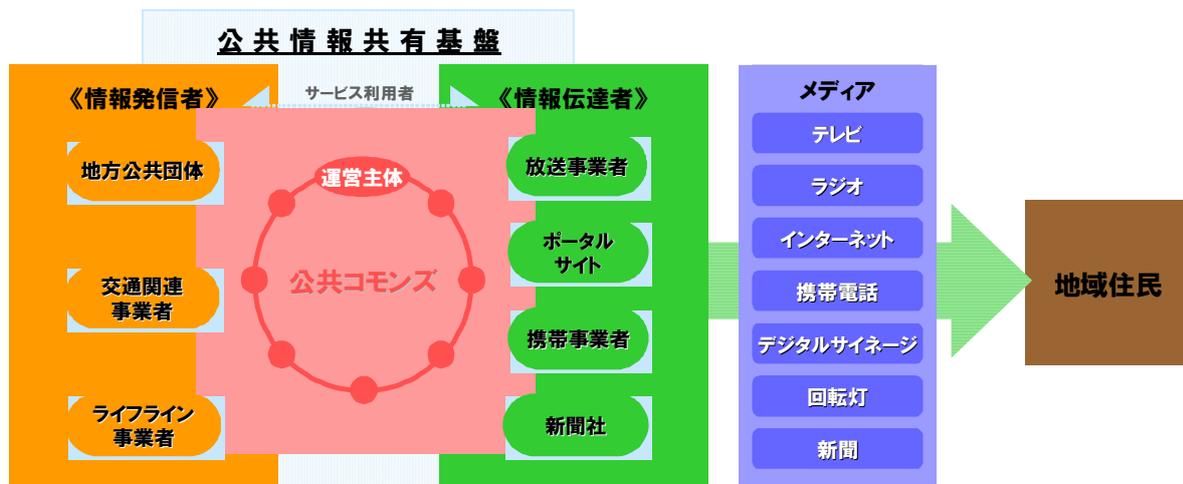


図 4.3.12 公共コモンズシステム

### 4.3.3 優先的に導入すべきサブシステムの詳細提案

#### (1) 詳細検討システム

上記の中から、チリの防災体制の現状、各災害種のリスクの評価等を踏まえ、チリ側関係者との議論を行った上で、チリが目指すべき防災情報システム・早期警報システムにおいて優先的に検討すべきシステムを抽出した。

これら4システムは、災害の観測・検知から住民への警報伝達までがつながることで、チリ国の早期警報システムが最低限機能することを目的に選定している。

##### <総合防災システム>

- ・ 各サブシステムを統合するメインシステムで必要不可欠である。

##### <多機能型地震計および緊急地震速報>

- ・ チリ国において地震・津波の対応が大きな課題となっており、その初動体制支援のためのシステムは緊急性が高い。また、緊急地震速報は、本震到達前の対応より地震災害の被害軽減に寄与するため、その有効性も高い。

##### <海底観測システム>

- ・ チリ国は、近地津波に必要な津波を観測しておらず、正確な津波警報が発令できていない。少なくとも津波観測体制構築の必要性から緊急性が高い。
- ・ さらに、多機能型地震計を海底ケーブルに設置でき、緊急地震速報に利することも可能である。

##### <全国瞬時警報システム（ネットワーク構築および防災同報システムプロトタイプ導入）>

- ・ 早期警報は住民に伝達されて始めて効果を発揮するもので、現在のチリには ONEMI もしくは地方自治体から住民へ一斉に伝達される仕組みを有していない。そのため、このシステムの緊急性が高い。

以上の各システムの詳細を以下に示す。

#### (2) 総合防災システム

##### (a) メインシステム構成

総合防災システムのメイン機能として、防災情報システム（DIS）の導入を検討した。防災情報システムは複数のサブシステムから構成され、要件に合わせてカスタマイズが可能である。本提案では以下の機能を有することとした。

表 4.3.1 防災情報システムの機能一覧

No	サブシステム名	主な機能
1	DIS メニュー	<ul style="list-style-type: none"> <li>各業務メニューの目的別表示。</li> <li>各メニュー押下後の各画面への遷移。</li> </ul>
2	地図共通	<ul style="list-style-type: none"> <li>住所・目標物検索等の共通的な地図機能。</li> <li>登録した情報の地図上への重ね合わせ表示。</li> </ul>
3	防災コミュニケーション管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>連絡文一斉送信、掲示板、FAX、E-mail。</li> </ul>
4	動画映像閲覧	<ul style="list-style-type: none"> <li>動画映像の、端末へのリアルタイム配信。</li> </ul>
5	災害情報管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害名の命名、更新、削除。</li> <li>システムで管理している災害の年報出力。</li> </ul>
6	初動態勢確立	<ul style="list-style-type: none"> <li>本部、端末局及び関係組織の態勢状況の登録・参照。</li> <li>参集メール配信、参集可否の回答結果の表示。</li> </ul>
7	被害／復旧情報管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>端末局単位での被害数値登録、一覧形式表示。</li> <li>防災関係機関が把握した被害情報の登録・参照。</li> <li>被害が発生している箇所の地図上へ登録・参照。</li> <li>報告された被害数値情報の集計情報作成。</li> </ul>
8	災害情報コンテンツ生成	<ul style="list-style-type: none"> <li>被害／復旧情報等の、ホームページへのアップロード。</li> </ul>
9	要請／措置情報管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>端末局から本部への要請情報登録、対応状況の確認。</li> <li>本部・防災関係機関で独自に行った措置情報の登録。</li> <li>利用可能な避難所の一覧表示。</li> <li>発令した避難勧告・指示情報の登録・参照。</li> </ul>
10	指令情報室業務支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>指令情報室からの伝達事項に対するの進捗状況確認。</li> <li>指令情報室にて受発信した文書の参照。</li> </ul>
11	意思決定支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>地図上での災害の全体状況表示。</li> <li>AVシステム大画面への災害情報、措置情報等の表示。</li> </ul>
12	防災ポータル	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害関連情報（気象注警報や津波警報等）へのリンク。</li> </ul>
13	防災訓練支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>訓練モードによる、訓練や操作研修支援。</li> </ul>
14	マスタメンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> <li>システム管理者による防災基礎情報（マスタ情報）、およびユーザ情報の閲覧、メンテナンス。</li> </ul>

(b) 総合防災システムで統括的運用がされるサブシステム

総合防災システムとして全てのサブシステムを統括的に運用できるメインシステムが導入され、これにより、現在提案されているサブシステム（緊急地震速報システム（海底ケーブルに設置した地震計含む）、量的津波予警報の発表システム（GPS 波浪計データ含む）や他の災害関連データ等の観測・解析システムと全国瞬時警報システム、CBS 警報・地デジ EWBS 及び防災同報システム等の警報発表システムを統括的に運用できるようになる。これらの概念図を以下の図 4.3.13 として示す。

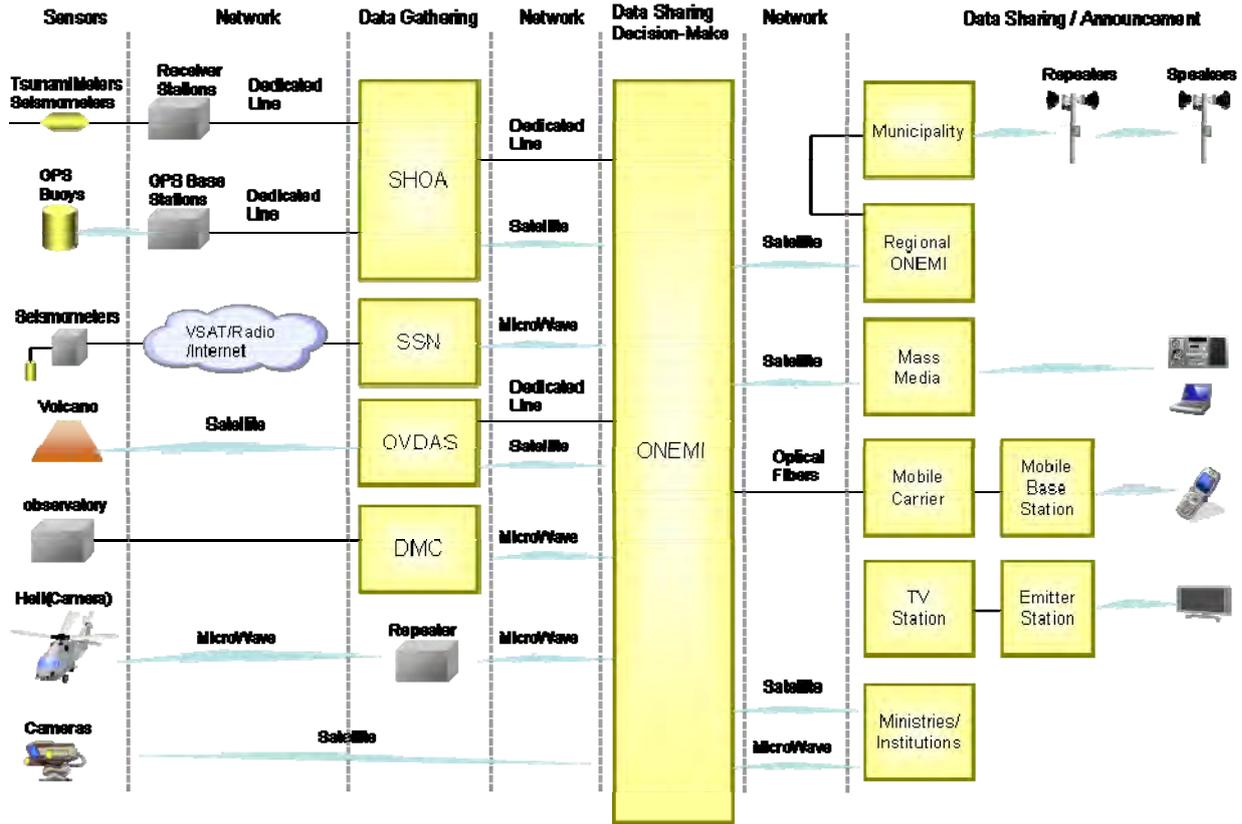


図 4.3.13 総合防災システムによる統括的警報システム概念図

(c) 概略工事費と年間運用・維持管理費

表 4.3.2 総合防災情報システム導入のコスト

Item	Quantity	Unit Rate (thousand USD)	Subtotal (thousand USD)	Remarks
Disaster Information System	1	9400	9400	H/W, S/W(inc. development and installation)
AV System	1	9500	9500	50inch SXGA + MultiDisplay(16x4), MultiDisplay Controller, Matrix Switcher, Distributer, Control Panel, Decision making support tools, and other equipments for AV system
AV System Construction	1	1500	1500	Management, Design, Construction, Materials for construction
Total Cost			20400	
Annual Technical Support			200	

Note: \*This estimate is based on the Japanese price, and the specification and language is not customized for Chile.

\*There might be requirements for other equipments or operation due to the advanced investigation

\*Cost for transportation and export is not included.

\*Communication fee is not included.

### (3) 多機能型地震計および緊急地震速報

#### (a) 現在設置されている地震計の詳細

2.3 節で述べたように、SSN では発生時間、発生場所、震源の深さ、マグニチュードを分析し 2~3 分で震源・マグニチュードを解析し、関連機関に発信している。この自動分析に用いているのはオンラインで繋がっている地震計と加速度計合わせて 60 箇所程度である。現在オフラインのものも合わせると全部で約 120 の地震計（加速度計含む）があり、徐々にこれらもリアルタイム化していく予定である。今年中には新たに 22 箇所の更新を終え、自動解析に利用する予定である。このオンラインによりリアルタイムで SSN 本部と繋がっている地震計には、アナログとデジタルが混在しており、アナログで届いたデータはデジタルに変換している。データは呼び出せば取得できる。SSN と地震計の接続方法は、2.3.5 項の表 2.3.8 に示しているようにインターネット、衛星（VSAT）、無線（アナログ、デジタル）、3G（携帯電話）と設置に協力した機関や時期により異なっている。現在の地震計と通信システムが緊急地震速報システムに利用できるかどうかの確認を行うため各々を詳細に調査した。結果を以下の表 4.3.3 に示す。

表 4.3.3 現在の地震計と通信システムの詳細

大項目	中項目	小項目	調査結果
通信システム	通信業者	-	Tesacom 及び CTR
	月額費用	ISP	\$ 300/台
		衛星(VSAT)	
	通信プロトコル	観測点～システム間	TCP/UDP
	伝送遅延	観測点～システム間	0.11ms（無線）、1s 以下（衛星）
地震計	センサ、テレメータ	メーカー及び型番	TRILLIUM240
		データのフォーマット	mini seed
		サンプリング数 / 周波数	40 回/秒、または 1 回/秒
		時刻の記録	Yes
		波形データ	3 成分
		データの種別	waveform
		データの歯抜け発生	NO
		地震計の歪み、傾き	GPS によって補正

Source : SSN

日本で緊急地震速報に用いられるデータフォーマットは WIN フォーマットであり、mini seed ではない。従って、そのまま使用することはできないが、mini seed→WIN 変換プログラムを作成すれば使用可能である。

緊急地震速報では 100Hz 以上のサンプリング周波数（すなわち、100 回/秒以上）が必要である。足りない部分を中間値で埋める等すればプログラム上、動かすことは可能である。しかし、計算精度が落ちることは否めず、許容できる範囲に収まるかどうかは不明である。よって、新規に多機能型地震計を設置することとし、既設地震計は、それだけの情報では判断せず、補助的な意味で使用する等の条件の下に使用するのが妥当である。

#### (b) 緊急地震速報に利用する機材

緊急地震速報に利用する地震計は多機能型とし、以下の Specification に合致したものを利用する。

表 4.3.4 緊急地震速報で利用する地震計の標準スペック

Sensor unit	Sensor Type	Force Balance Servo Type acceleration meter
	Measurement Range	0~±3000gal
	Sampling Rate	100Hz
	Output I/F	RS422 serial output (38.4kbps)
	Dimension/Weight	200×130mm/5kg
Processor unit	Output data	Direction of epicenter, distance to epicenter, magnitude, origin time
	Method of Arithmetic	Algorithm by Japan Meteorological Agency's method Displays
	Communication I/F	(100BASE-TX・10BASE-T/RJ-45)×1 RS232C×2 Reporting intensity, seismic wave, alarm, etc.
	Contact Closures	8 contacts programmable with distance and magnitude
	Dimension/Weight	W430×H250×D135mm /12kg

Note :  
 - Existing Seismometers should be used supplementarily for Earthquake Early Warning(EEW). Because the sampling rate needs more than 100Hz for EEW.  
 Also the format needs to be converted from mini seed to WIN format for EEW.

日本では多機能型地震計の観測点は 210 箇所であり、平均すると約 43km 間隔で配置されていることになる。チリは南北に細長く、全長は 4000km を超え、4300km として日本並みの密度で設置すると仮定すると、新規地震計の台数はチリ全土で 100 台程度となる。

### (c) 緊急地震速報導入（単独観測点処理→複数点観測点処理への段階導入）

緊急地震速報のシステムは現在 SSN が有する地震計 Network（図 4.3.14 参照）に 100 箇所程度の多機能型地震計を加え全体で 200 観測地点の緊急地震速報の地震計ネットワークを構築する。図 4.3.14 にそのシステム概念図を示す。

導入に際しては、早期にシステムを導入することが重要で、その後の全国展開の基礎検討材料となるため、以下の通り、段階的に導入する。

- 1) まずは海岸部へ地震計を複数設置し、簡便な単独観測点処理による緊急地震速報をスタートする。（首都圏に対するシステムで、コキンボ～ロタに 40～50km 間隔で 16 箇所と想定）
- 2) 内陸部にもパイロットプロジェクトとして観測点を 5 つ増加し、複数点処理による緊急地震速報の実証実験を行う（バルパライソ～サンチャゴ周辺を想定）
- 3) 実証実験を通じた精度向上のための検証およびチューニングを行う
- 4) 全国的に本格展開（どこで発生しても一定の効果が得られる複数点処理により日本レベルの緊急地震速報を目指す）

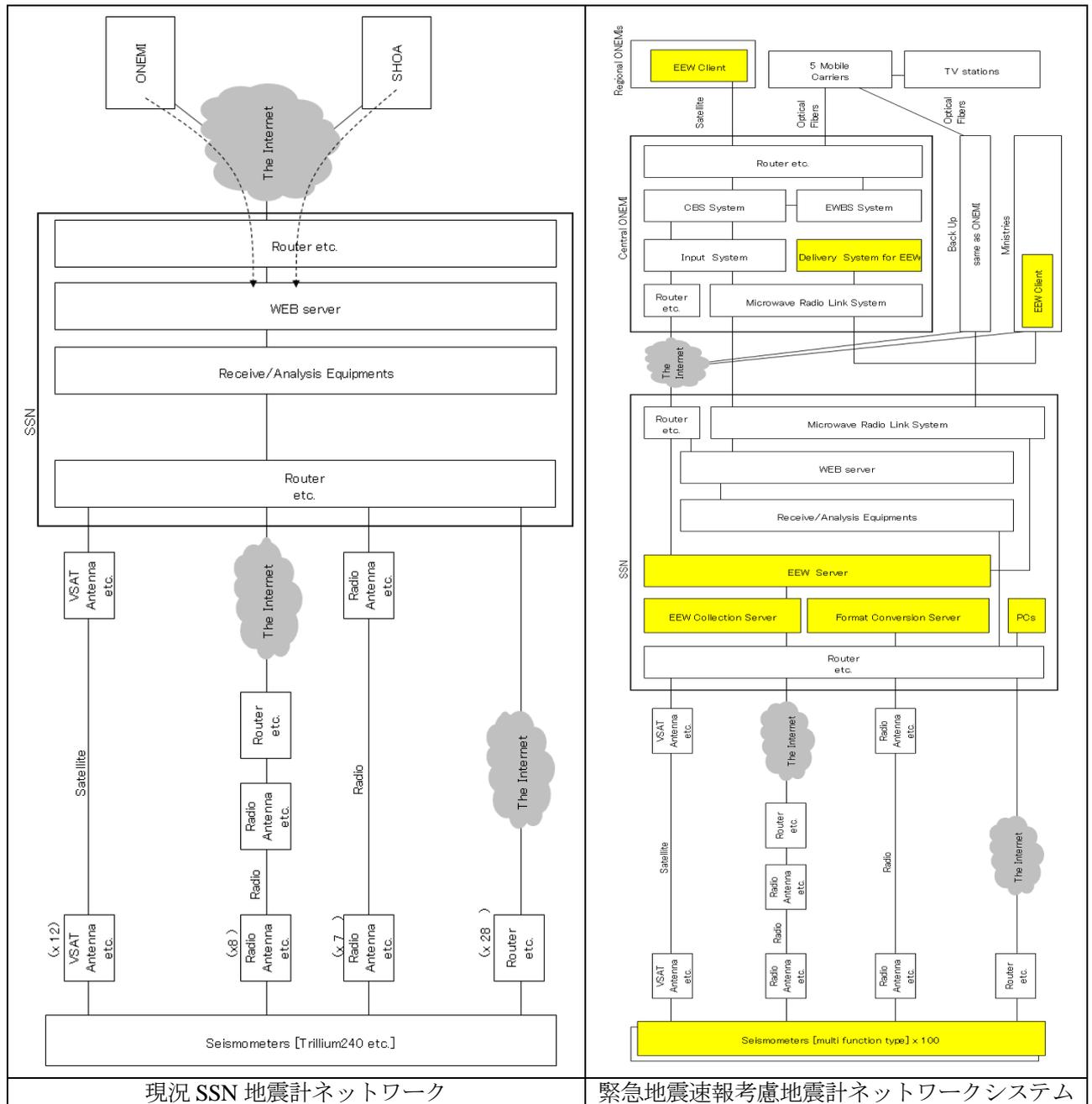


図 4.3.14 緊急地震速報の概略システム図

(d) 緊急地震速報システムの概略工事費

緊急地震速報システム構築とシステムの運用・維持管理に必要な経費は以下の表 4.3.5 に示す通りである。

表 4.3.5 緊急地震速報導入のコスト

単独観測点処理システム

Item	Quantity	Unit Rate	Subtotal	Remarks
Seismometer(multifunction type)	16	158	2,528	Seismometer, Base, adjustment, construction
EEW Collection Server	1	477	477	H/W, S/W(English)
PC	2	0.5	1	For Viewer and Operation terminal. S/W and construction are included in EEW server
Total Cost			3,006	thousand USD
Annual Technical Support			100	thousand USD

複数観測点処理システム For Pilot

Item	Quantity	Unit Rate	Subtotal	Remarks
Seismometer(multifunction type)	5	158	790	Seismometer, Base, adjustment, construction
EEW Server	1	2,812	2,812	H/W, S/W(English), PJ-management, investigation, design, construction
EEW Collection Server	1	477	477	H/W, S/W(English)
Format Conversion Server	1	1,759	1,759	H/W, S/W
PC	2	0.5	1	For Viewer and Operation terminal. S/W and construction are included in EEW server
Existing Seismometer Format Conversion Function	1	553	553	Depends on the number of format
Add-on for Existing Seismometer	1	1,175	1,175	
Delivery System for EEW	1	25	25	H/W, S/W, installation fee included
EEW Client	35	0.25	9	S/W(Japanese. Need development for local language)
Total Cost			7,581	thousand USD
Annual Technical Support			750	thousand USD

For whole of country

Item	Quantity	Unit Rate	Subtotal	Remarks
Seismometer(multifunction type)	100	158	15,800	Seismometer, Base, adjustment, construction
EEW Server	1	2,812	2,812	H/W, S/W(English), PJ-management, investigation, design, construction
EEW Collection Server	1	477	477	H/W, S/W(English)
Format Conversion Server	1	1,759	1,759	H/W, S/W,
PC	2	0.5	1	For Viewer and Operation terminal. S/W and construction are included in EEW server
Existing Seismometer Format Conversion Function	1	553	553	Depends on the number of format
Add-on for Existing Seismometer	1	1,175	1,175	
Delivery System for EEW	1	25	25	H/W, S/W, installation fee included
EEW Client	35	0.25	9	S/W(Japanese. Need development for local language)
Total Cost			22,591	thousand USD
Annual Technical Support			750	thousand USD

Note: \*This estimate is based on the Japanese price, and the specification and language is not customized for Chile.

\*There might be requirements for other equipments or operation due to the advanced investigation

\*Cost for transportation and export is not included.

\*Communication fee is not included.

(e) 実施にあたっての留意事項

緊急地震速報は、携帯電話や地デジの EWBS 等の公共放送網の警報システムを通し、利用者に伝えられ、災害による人的・物的被害を軽減することが最終的な目的である。

しかし、このシステムを適切な住民への説明無しに始めてしまった場合には、逆に住民に不安感だけを与えてしまったり、パニックを起こす原因となってしまう可能性もある。よって、システムの運用に当たっては、まず防災関係機関およびその職員向けに限定し、住民へのシステムに関する啓発を実験も含めて2~3年行ってから正式に開始させることが望ましい。

(4) 海底観測システム

(a) 観測機器

4.3.2 項の(3)に示したように、チリ海溝付近における地震活動の観測と研究、緊急地震速報の精度向上、沖合の津波観測に資するために、以下の観測機器を設置する。

表 4.3.6 海底観測システムに使用する観測機材

機材名	Specification	備考 (機材写真)
Ocean Bottom Seismometer		
Velocity Type Seismometer	1 μ kine to 1kine	
Acceleration Type Seismometer	1mgal to 1G	
A/D Converter	24Bit 1KHz	
Pressure Tight Housing	8,000m Water Depth	
Pressure Gauge		
Applied Water Depth	140m to 7,700m	
Resolution	1mm H2O	
Pressure Tight Housing	8,000m Water Depth	

(b) 設置位置

観測対象の海域やルートは地震学者が専門的見地から決めなければならないが、それら最終決定は、今後の詳細な調査が必要であるが、SSN からの提言等を踏まえ、本調査では将来の観測網として、以下の図と表に示す8本のルートを検討した。この中で、喫緊に大きな地震が発生すると言われている、チリ北部のアリカ~トコピジャ（ルート-1 及びルート-2）及び歴史的に大きな地震が発生している頻度が高く、チリの経済の中心部であるチリ中央の海溝付近の地震と地殻運動を観測できる場所として、バルパライソ沖合（ルート-6）敷設の必要度が高いと判断している。

表 4.3.7 海底観測システム敷設位置案

No	場所	長さ	理由	調査団提案優先度	備考
1	アリカ (Arica)	約 135km	1868 年 M9 の地震、20m の津波。最北端の街。	2	*
2	イキケ (Iquique)	約 90km	バリエントス先生の勧め (アリカ～トコピジャ間)。北部で地震が起きる可能性が指摘されている	1	*
3	アントファガスタ (Antofagasta)	約 80km	2007 年に M6 以上の地震が 2 回発生している	3	
4	カルデラ (Caldera)	約 80km	1859 年に 6m の津波。コピアボの近く	4	
5	コキンボ (Coquimbo)	約 80km	1922 年の津波で数百名の被害	4	
6	バルパライソ (Valparaiso)	約 80km	SHOA の本部があり、首都圏に最も近い重要な港町	2	*
7	コンセプション (Concepcion)	約 80km	2010 年チリ地震を始め、過去津波による大きな被害を受けている	3	
8	サアベドラ (Saavedra)	約 90km	OVDAS 本部のあるテムコの近く。震源集中地帯の南端付近	4	

注記：\*： 調査団が本調査において敷設を提案するルート

本調査では、これら 8 本のルート全てを実施した場合、敷設工事費が大きくなることから、上記のルートの調査団提案優先度の 2 までの工事までを考慮した検討を行う。よって、3 基 (イキケ、アリカ及びバルパライソ) の導入を計画する。



図 4.3.15 海底観測システムルート案

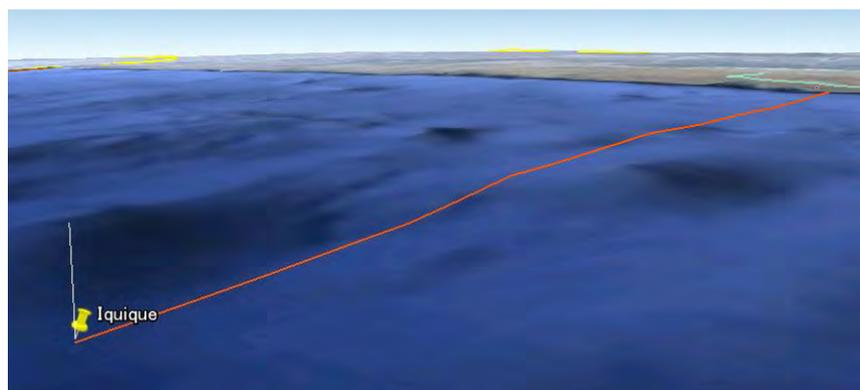


図 4.3.16 海底観測敷設イメージ

### (c) 海底観測システムの詳細

本システムの詳細なシステム図を以下の図 4.3.17 に示す。

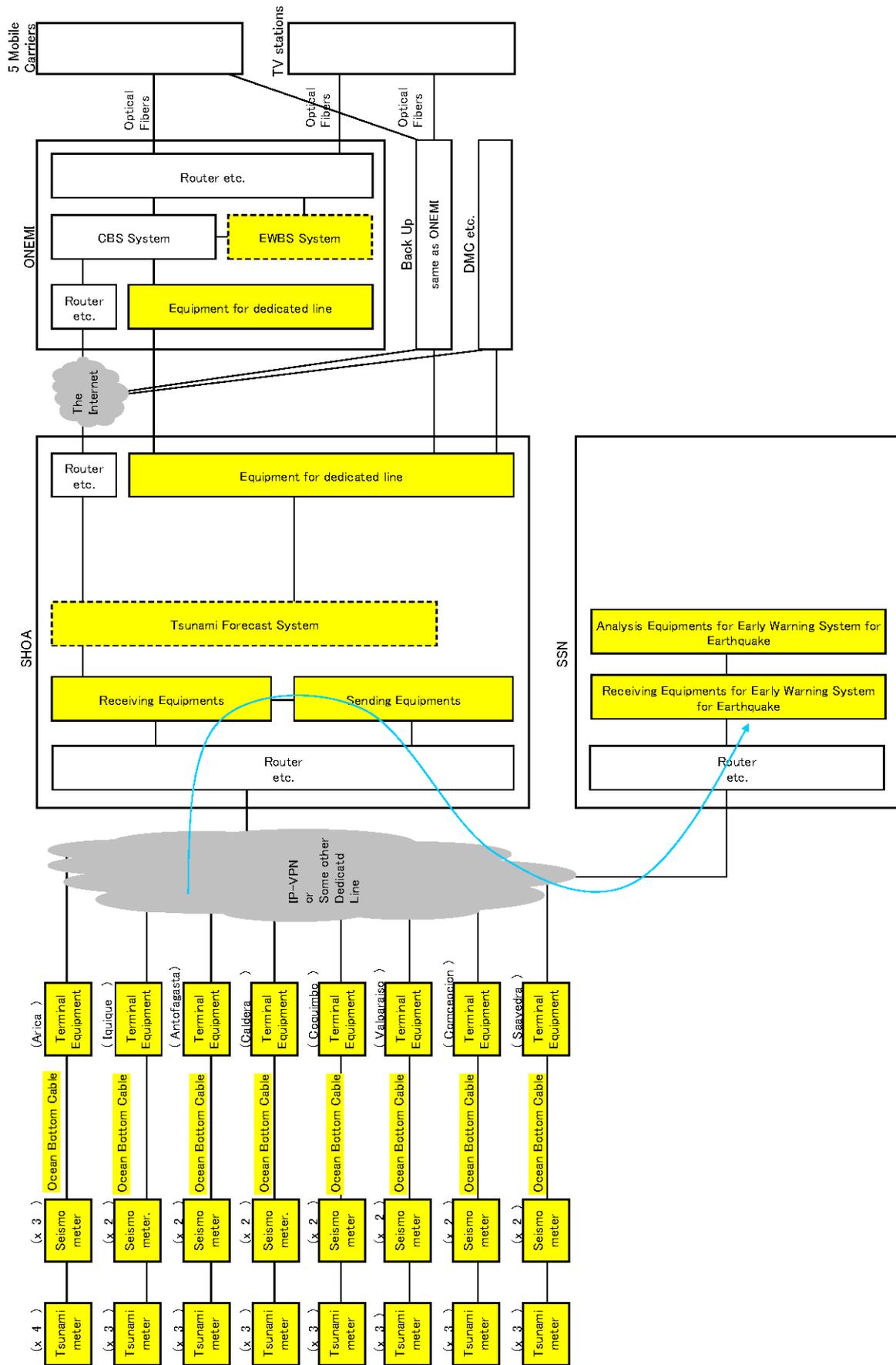


図 4.3.17 海底観測システム図

#### (d) 概略工事費と年間運用・維持管理費

本調査において、今後 10 年間で導入を提案する 3 基の海底ケーブルに掛かる想定概略事業費及び敷設後の年間運用維持管理費は以下のとおりである。

表 4.3.8 海底観測システム概略事業費

Item	Unit Cost USD1,000	1 Arica		2 Iquique		6 Valparaiso	
		quantity	subtotal	quantity	subtotal	quantity	subtotal
Project Management	340	1	340	1	340	1	340
OBSs/PGs	1,400	4	5,600	3	4,200	3	4,200
Submarine Cable(km)	250	135	33,750	90	22,500	80	20,000
System Assembly/Inspection	85	4	340	3	255	3	255
Marine Survey	1,700	1	1,700	1	1,700	1	1,700
Marine Installation	5,100	1	5,100	1	5,100	1	5,100
Inland Installation	2,000	1	2,000	1	2,000	1	2,000
Terminal Equipment	2,000	1	2,000	1	2,000	1	2,000
TOTAL Initial Cost			50,830		38,095		35,595
Annual O&M Cost			20		20		20

Unit: Thousand USD

#### (5) 全国瞬時警報システムのためのネットワーク構築

##### (a) 大容量政府専用回線の計画

政府専用回線は首都圏内、および首都圏～地方間という 2 つの面から検討を行った。首都圏における政府専用回線を構成する手段として、日本でも採用されているマイクロ多重無線装置の導入が望ましいと判断し検討を行った。マイクロ多重無線装置は数 GHz～数十 GHz の周波数帯域を利用して通信を行う装置であり、距離によっては 100Mbps 以上の伝送容量を確保できるメリットがあると同時に災害時の輻湊の問題、有線の切断事故及び維持管理費等を考慮すると光ケーブルなどの有線ネットワークに比べて以下のような利点がある。

- 設置が容易、迅速かつ安価である。
- 設置後にネットワーク構成変更が生じて、アンテナの向きを変えたり、移設したりすることで容易に対処できる。また、既設通信設備を流用できるので経済的である。
- 物理的な通信ケーブルを伴わないため、地震等の災害時でも断線による通信断の恐れがなく、防災用のネットワークを構築するのに適している。

ただし、伝送距離は通常数 km～数十 km であるため、チリ全土を対象とするのではなく、首都圏内においてのみ使用するのが望ましい。

また、首都圏～地方間、すなわち、中央 ONEMI と州 ONEMI 間では、衛星通信を行うのが適切であろう。理由は、光ファイバ等の有線回線や、マイクロ多重無線を全長 4000km 以上あるチリ全土に敷設するのはコスト面から現実的ではないためである。

##### (b) 大容量政府専用回線の机上検討

以下に、調査団が実施したチリにおける政府専用回線導入の机上検討結果を示す。

マイクロ多重無線装置で通信を行うには、対向する 2 拠点間で見通しが確保されなければならない

い。すなわち、2拠点の間に他のビル等が存在する場合は、通信ができない。そのため、まず、サンチャゴ市内の主要省庁間において、見通しが確保できるかの机上検討を行った。(検討イメージを図 4.3.18 及び 4.3.19 に示す。)

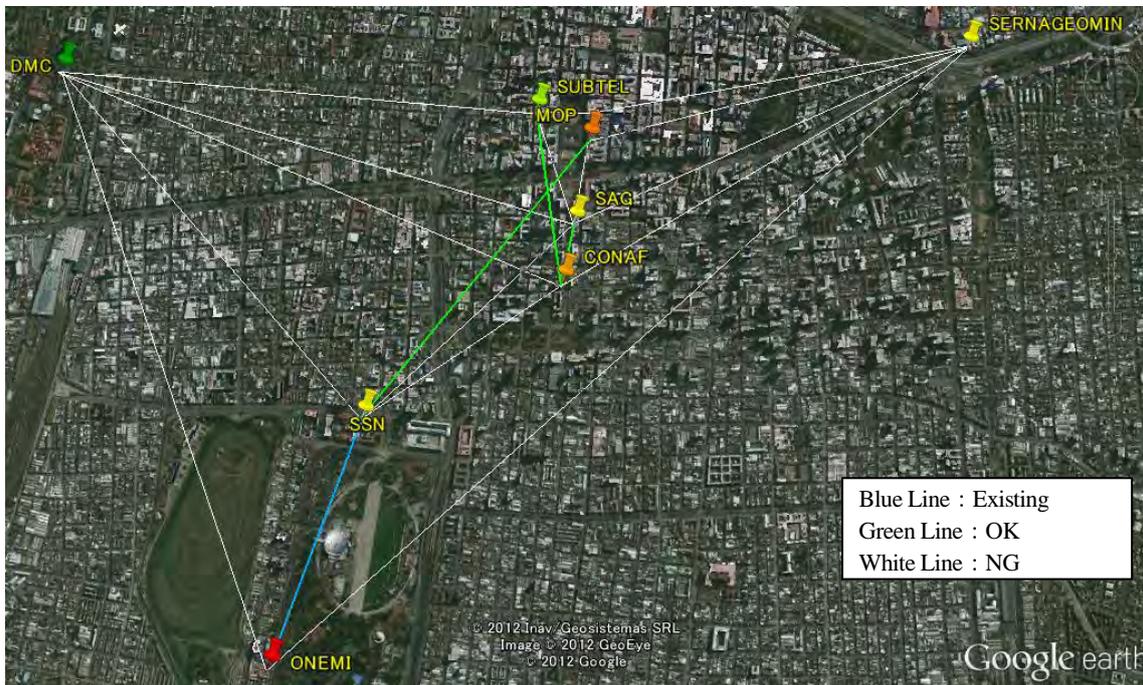


図 4.3.18 接続検討イメージ 1

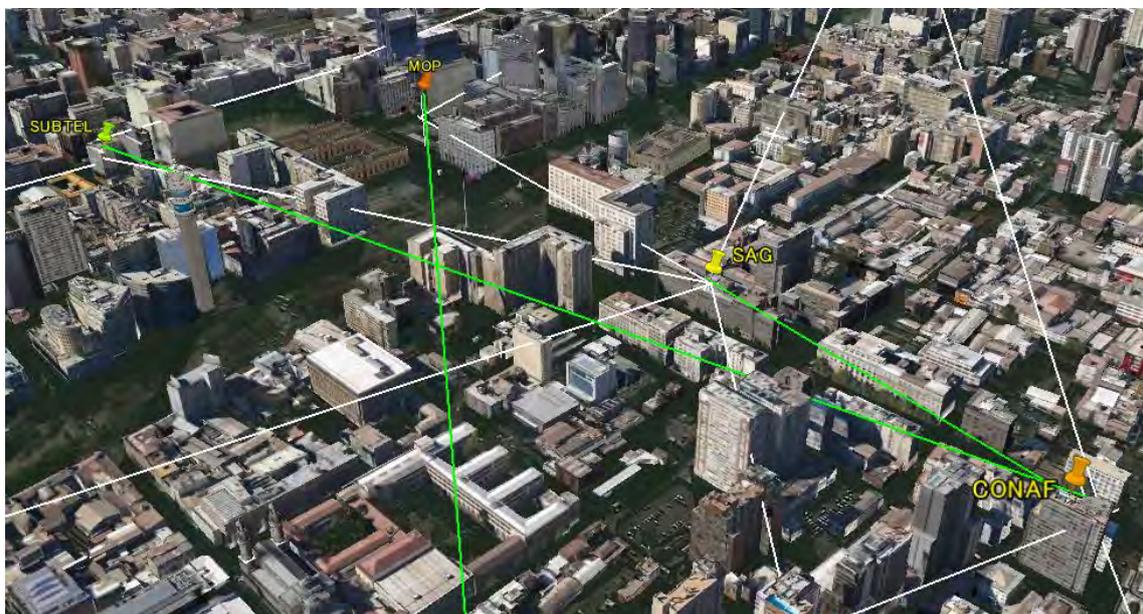


図 4.3.19 接続検討イメージ 2

対応策の1つは、見通しの良い場所を HUB 局として使用することである。例えば、サンクリストバルの丘の中継所（鉄塔）を借用する、あるいは新規に中継所（鉄塔）を建設する等の方法がある。しかし、この場合、ネットワークは所謂スター型（あるいはハイアラキー型）の構成となり、冗長性は保てない。また、HUB 局に対向局数分のアンテナを設置しなければならず、設置

スペース、コストの面で効率的ではない。よって、耐障害性や経済性の面からもループ（リング）型の構成とすることが望ましい（図 4.3.20）。

図 4.3.18 のように、部分的にループ構成とすることも可能だが、HUB 障害時の影響は依然大きく、あくまでも暫定解として考えるべきであろう。

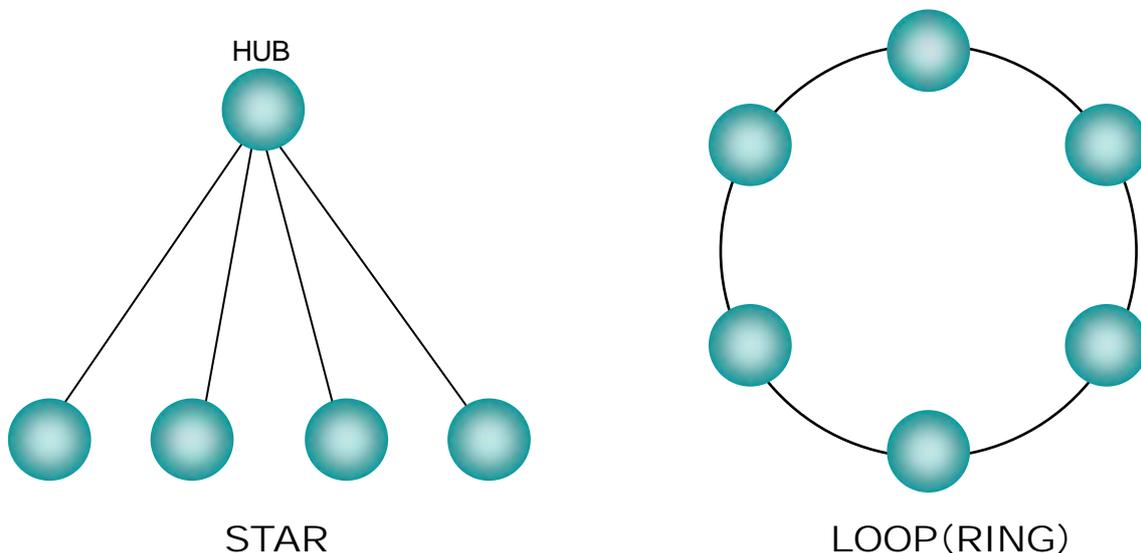


図 4.3.20 ネットワークトポロジー

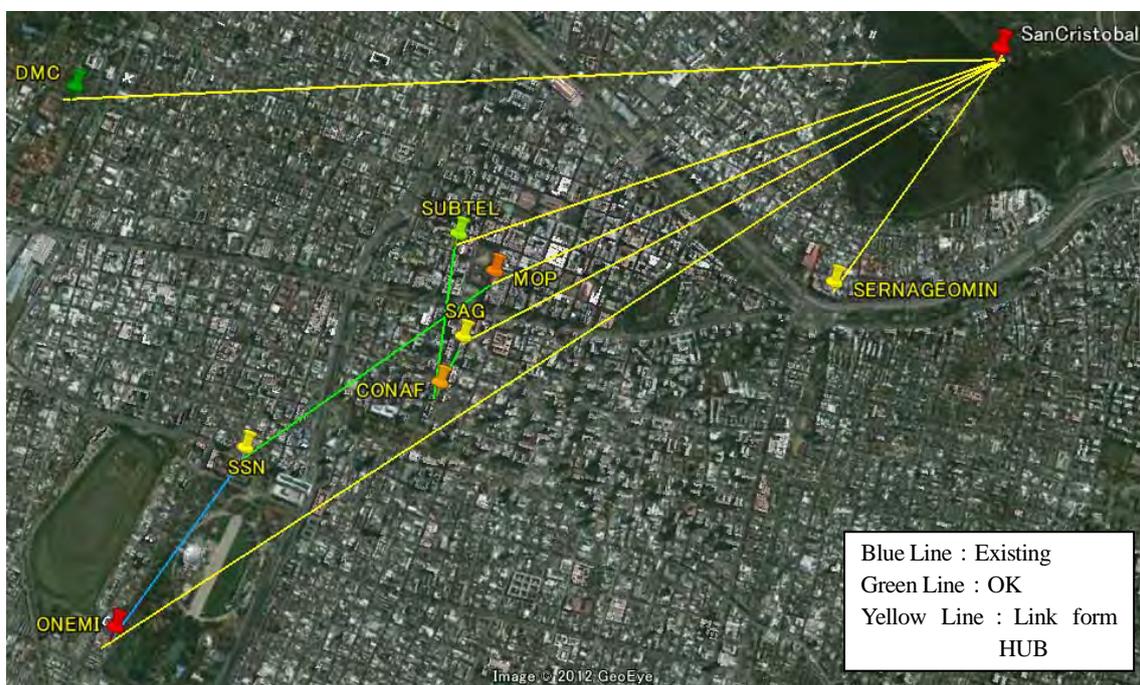


図 4.3.21 部分的なループ構成

理想的なループ型の構成を実現するためには、構成対象の中に見通しの良い建物が複数存在することが望ましい。例えば、新防災法の制定に合わせて新設される機関は高層ビルに入居する、あるいは、合同庁舎を新設する等も一案である。

また、行政機関や公共機関のみならず、私企業も指定公共機関としてネットワーク構成に取り込むことが有効である。

これは単に物理的な観点だけではなく、官民一体となって防災活動の取り組むことにも大いに意義がある。特に、電気、ガス、通信、放送等、公共性の高い企業との情報共有（被害状況の把握や復旧の見通しなど）は、発災後の迅速な意思決定、早期復旧、復興に大いに資するものであろう。

また、首都直下型地震等の激甚災害により、これらの機関の一部あるいは全部が機能しなくなった事態を想定し、首都圏から離れた地域にバックアップ機関を設置し、いつでもこれらの代替機能を果たせるようにしておくことも計画すべきであろう。

なお、後述、図 4.3.22 のように、HUB 局に反射板を設置することでループ構成と同一のネットワークトポロジーを構成することも可能である。

### (c) 大容量政府専用回線の構成例

構成例を図 4.3.22~26 に示す。マイクロ多重無線網を構成する局は ONEMI+下記と仮定する。

表 4.3.9 政府専用回線参加機関（案）\*<sup>1</sup>

機関名（日本語表記）	機関名（スペイン語表記）
内務省	Ministerio del Interior y Seguridad Pública:MDISP
運輸通信省	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones:MDTT
通信次官官房	SUBTEL
チリ大学地震研究センター	Servicio Sismologico Nacional: SSN
鉱業省地質鉱山局	SERNAGEOMIN
国家森林公社	CONAF
農業省	Ministerio de Agricultura:SAG
チリ国際協力庁	Agencia de Cooperacion Internacional de Chile:AGCI
計画協力省（企画省）	Ministerio de Planificacion:MDP
国家民間航空総局	DGAC
気象庁	Direccion Meteorologica de Chile:DMC
公共事業省	Ministerio de Obras Publicas:MOP
国立水理研究所	
住宅都市開発省	Ministerio de Vivienda y Urbanismo:MINVU
環境省	MMA
国防省	
警察庁	
公安庁	
チリ赤十字	

注記：\*1： 参加機関は新防災法における国家市民保護協議会（el Consejo Nacional de Protección Civil）メンバーとした。

なお、SHOA、OVDAS はサンチャゴから 100km 以上離れているため商用専用回線や衛星回線で ONEMI と接続するのが適当であろう。

中央 ONEMI と州 ONEMI 間は前述したように衛星回線で、また、州 ONEMI と地方自治体間は商用専用回線で接続するのが適当であろう。

(d) 大容量政府専用回線ネットワーク例

以下に、本調査において検討した政府専用回線ネットワーク構成図を図 4.3.22、4.3.23、4.3.24 及び 4.3.25 として示す。

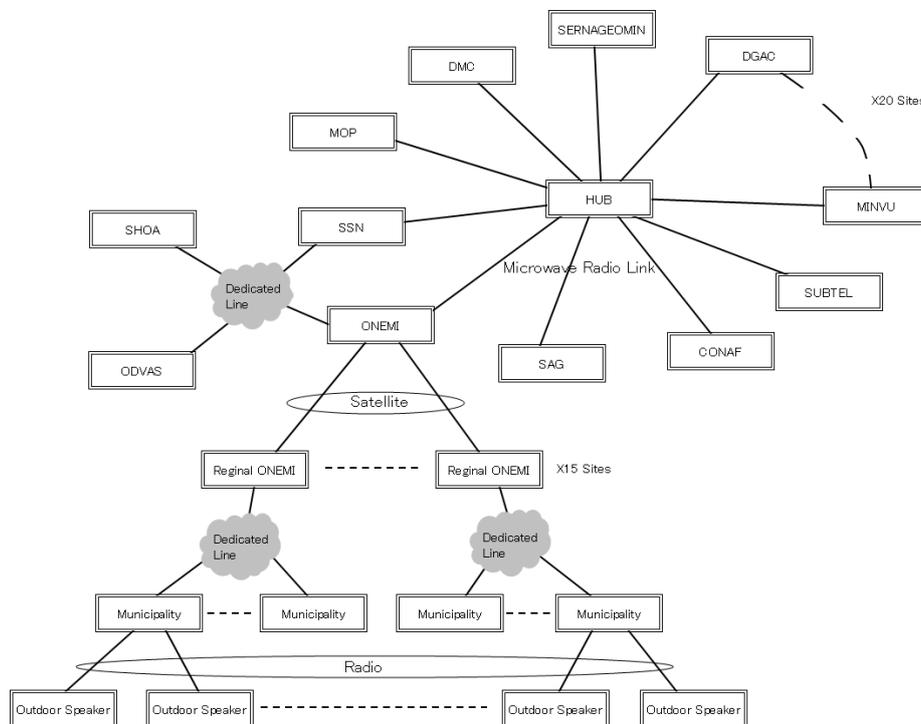


図 4.3.22 ネットワーク構成例 1

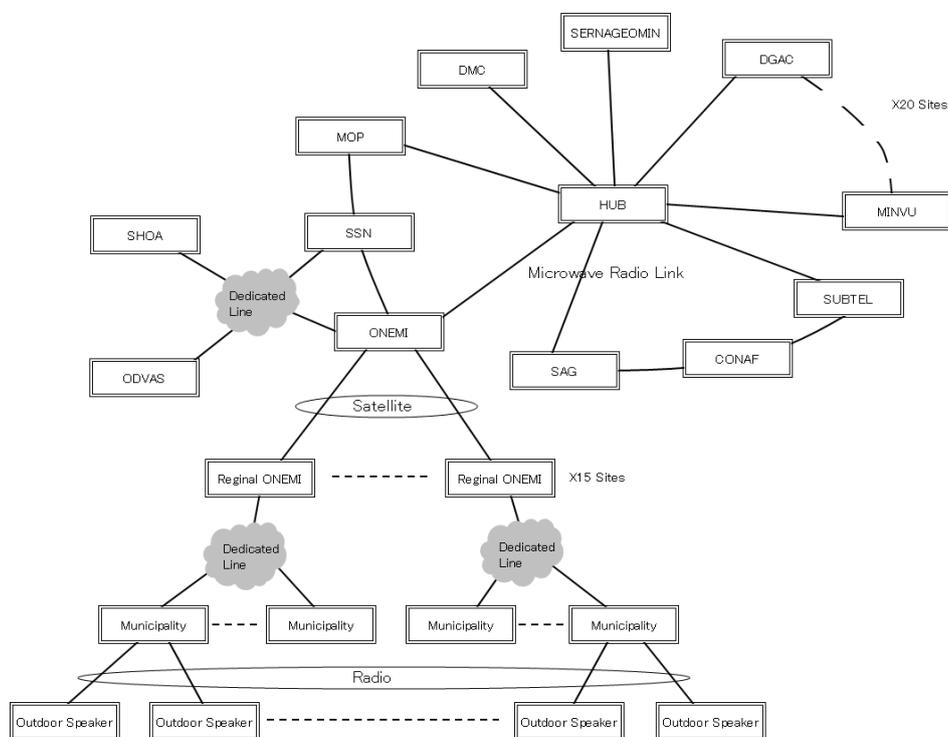


図 4.3.23 ネットワーク構成例 2

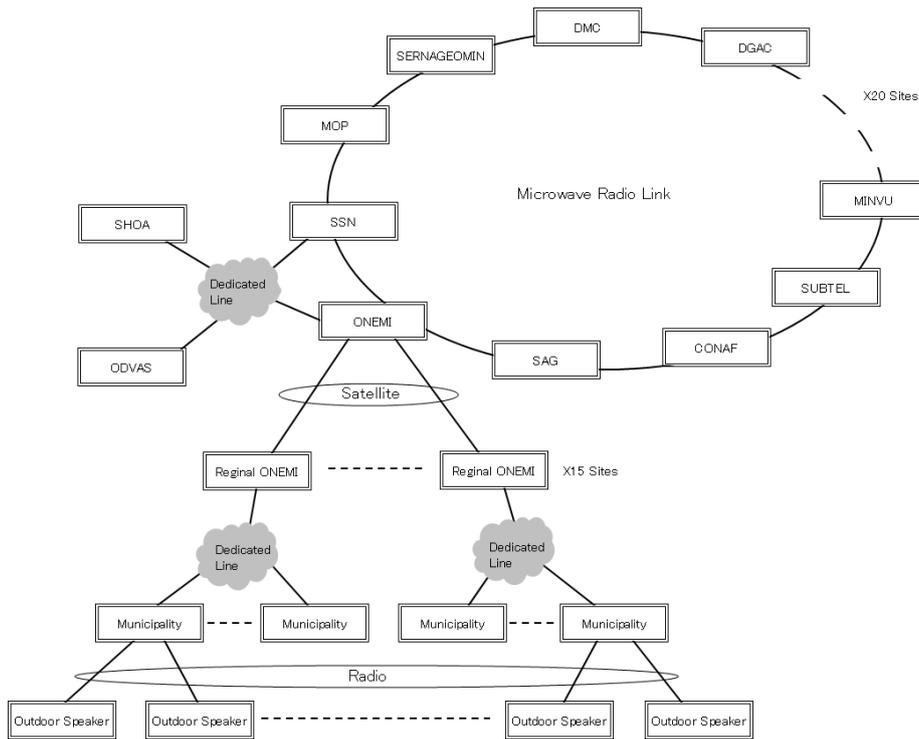


図 4.3.24 ネットワーク構成例 3

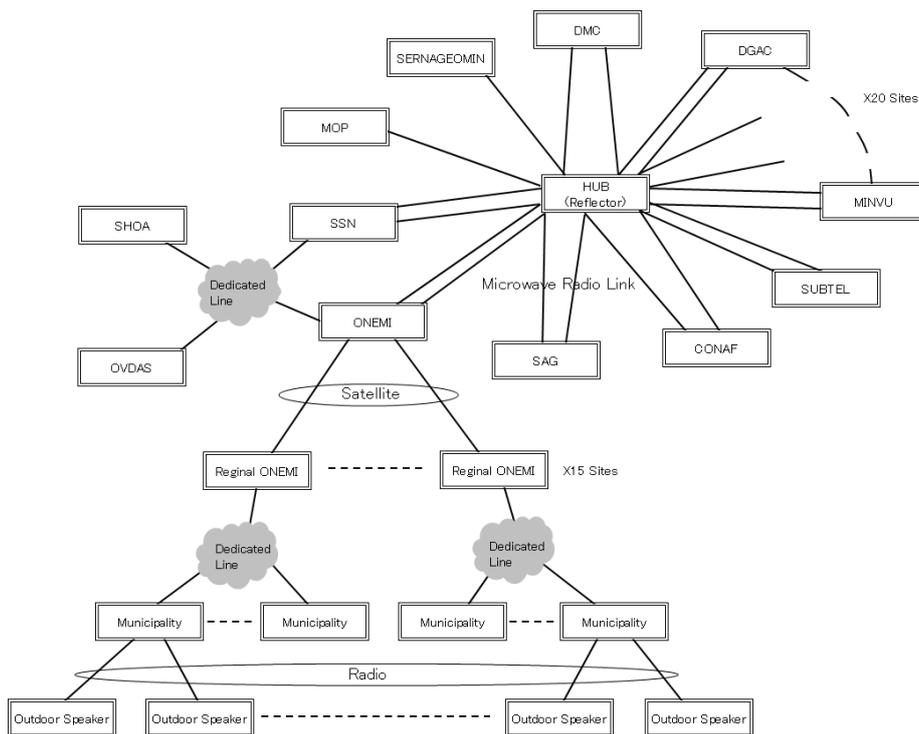


図 4.3.25 ネットワーク構成例 4

(e) 大容量政府専用回線の必要伝送容量

伝送容量は以下のように試算する。

表 4.3.10 政府専用回線の必要伝送容量の算定

Line	Source	Destination	Capacity(Kbps)	Remarks
MicroWave	SSN	ONEMI	128	EEW
MicroWave	DMC	ONEMI	512	C-Alert
MicroWave	ONEMI	Ministries	512	EEW
MicroWave	ONEMI	Ministries	30000	HeliTele (depends on the video rate)
MicroWave	ONEMI	Ministries	30000	ImageTransmission (depends on the video rate)
MicroWave	ONEMI	Ministries	3000	DIS
MicroWave	ONEMI	Ministries	5000	Other communications
		Subtotal	69152	
Satellite	ONEMI	RegionalONEMIs	128	C-Alert
Satellite	ONEMI	RegionalONEMIs	3000	DIS
Satellite	ONEMI	RegionalONEMIs	30000	HeliTele (depends on the video rate)
Satellite	ONEMI	RegionalONEMIs	30000	ImageTransmission (depends on the video rate)
Satellite	ONEMI	RegionalONEMIs	128	EEW
Satellite	ONEMI	MassMedia	1024	Public Commons
Satellite	ONEMI	MassMedia	128	C-Alert
Satellite	ONEMI	Ministries	128	C-Alert
Satellite	ONEMI	RegionalONEMIs	5000	Other communications
		Subtotal	69563	
DedicatedLine	SHOA	ONEMI	512	TsunamiWarning
DedicatedLine	ReginalONEMI	Municipality	128	C-Alert
Radio	Municipality	OutdoorSpeaker	128	C-Alert

(f) 構成費目と概算費用

表 4.3.11 政府専用回線導入のコスト

Star topology

Item	Quantity	Unit Rate (thousand USD)	Subtotal (thousand USD)	Remarks
Microwave system for each sites	20	25	500	H/W inc. spare parts
Microwave system for HUB	1	350	350	H/W inc. spare parts
L3 Switch for Central ONEMI	2	118	236	H/W inc. SFP
L3 Switch for each sites	38	24	912	H/W inc. SFP
L2 Switch for each sites	20	12	240	H/W inc. SFP
Design & Construction	1	8500	8500	Management, Investigation, Design, Construction, Materials for construction
Total Cost			10738	
Maintenance			300	Regular Checkup

- Note:
- \*This estimate is based on the Japanese price, and the specification is not customized for Chile.
  - \*There might be requirements for other equipments or operation due to the advanced investigation
  - \*Cost for transportation and export is not included.
  - \*The cost does not include the cost of site, i.e. tower, power supply, shelter, etc.
  - \*The cost does not also include the cost of dedicated line

## Loop topology

Item	Quantity	Unit Rate (thousand USD)	Subtotal (thousand USD)	Remarks
Microwave system for each sites	40	25	1000	H/W inc. spare parts
L3 Switch for Central ONEMI	2	118	236	H/W inc. SFP
L3 Switch for each sites	38	24	912	H/W inc. SFP
L2 Switch for each sites	20	12	240	H/W inc. SFP
Design & Construction	1	7000	7000	Management, Investigation, Design, Construction, Materials for construction
Total Cost			9388	
Maintenance			300	Regular Checkup

Note: \*This estimate is based on the Japanese price, and the specification is not customized for Chile.  
 \*There might be requirements for other equipments or operation due to the advanced investigation  
 \*Cost for transportation and export is not included.  
 \*Some Reflector should be needed to make a loop, and they are not included in the estimate.  
 \*The cost does not include the cost of site, i.e. tower, power supply, shelter, etc.  
 \*The cost does not include the cost of dedicated line

### (g) 衛星による各省庁横断ネットワーク構築の検討

前述の通り、中央および地方における、各省庁、地方自治体間の通信は HF/VHF あるいは一般公衆回線 (PSTN) を用いた通話・FAX や、一般のインターネット回線を使った E-mail を使用している (図.4.3.26)。これらは、災害時の輻輳や途絶を考慮すると磐石なものとは言えず、情報量も限られる。よって、中央および地方を含めた各省庁の横断的な緊急連絡用ネットワークの検討・構築も重要な課題の1つである。

上記で検討した政府専用回線を図 4.3.27 のように表すとすれば、将来的には図 4.3.28 のような、中央と地方を含めた横断的な緊急連絡用ネットワークを構築すべきである。ここでもやはり、チリの地理的な特徴を考慮し、通信衛星を使用することが望ましい。

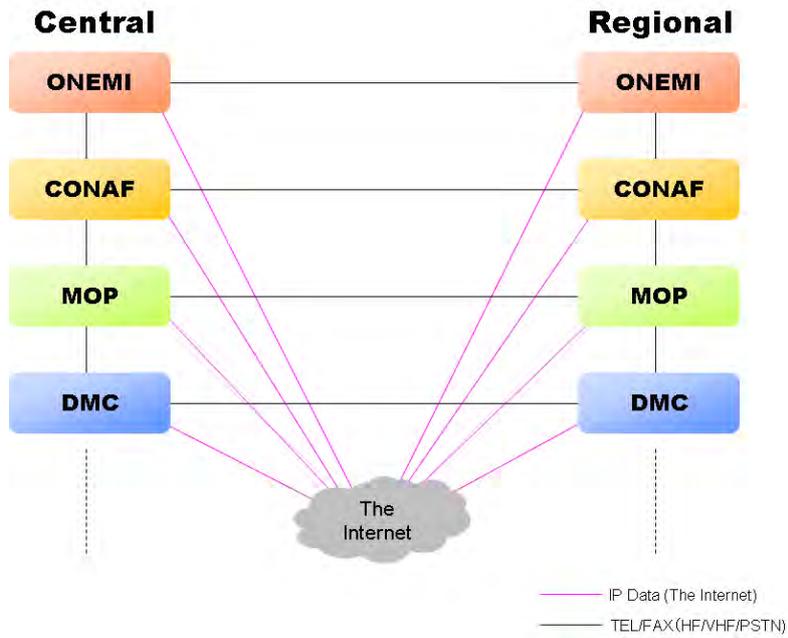


図 4.3.26 ネットワーク構成イメージ (現状)

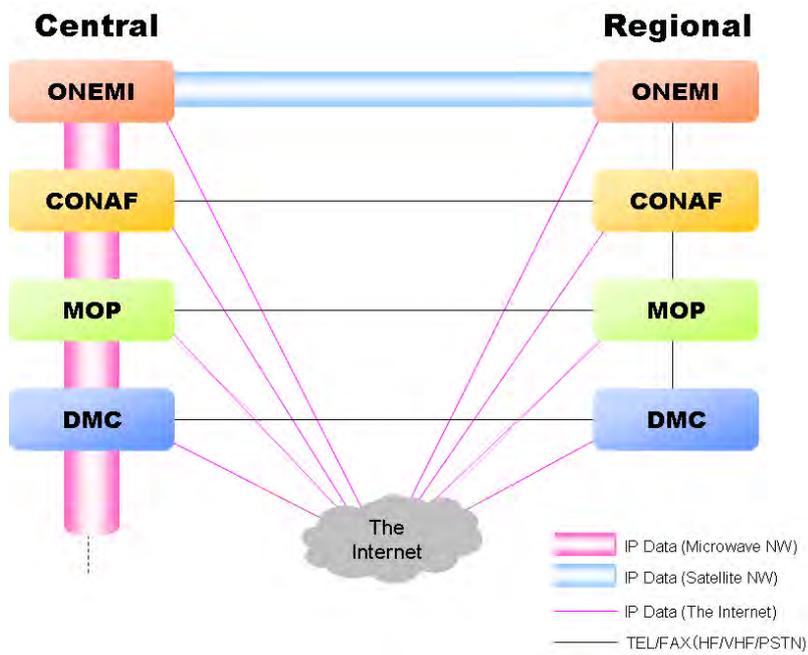


図 4.3.27 ネットワーク構成イメージ (政府専用回線構成)

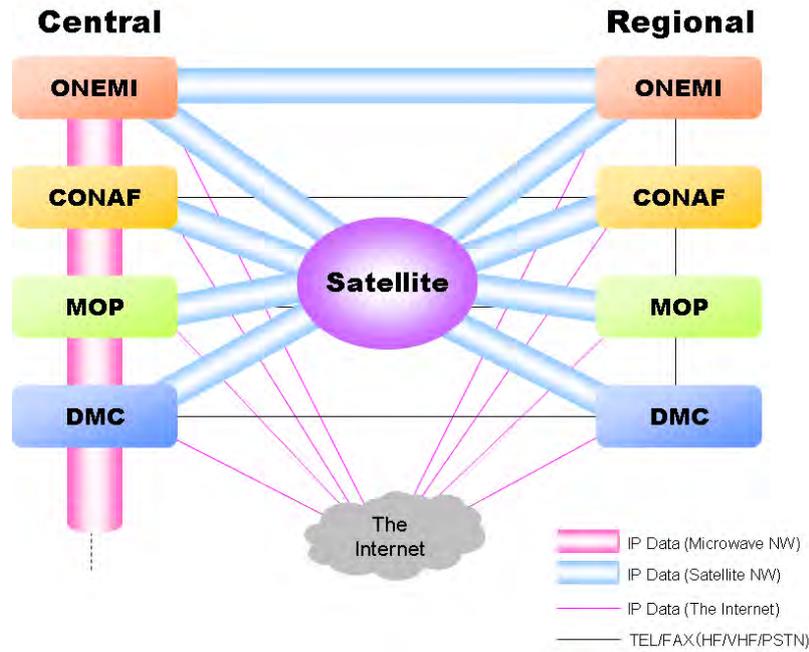


図 4.3.28 ネットワーク構成イメージ (将来)

(6) 量的津波予測による津波警報システム

第2章 2.1.5 項で詳述したように、量的津波予測のために必要な地震の規模と震源地等より各地の津波高を予測するシミュレーション結果をデータベース化し、それを瞬時に呼び出すシステムが必要となる。

このシステムの構築には、まず、データベースを構築する必要があり、データベース構築のための官学合同の連携が必要となる。

JICA が行う SATREPS では、実際に量的津波予測により津波警報を発表する日本の気象庁の専門家が支援することになり、今後のプロジェクト目標達成の早期実現が強く求められる。

従って、詳細な構成および費用は SATREPS の研究結果に応じて決定されるものであるため、ここでは、日本での量的津波予測（津波データベース）の H/W 構成のみを参考として以下にその参考システム構成図とそのシステム費用を示す。

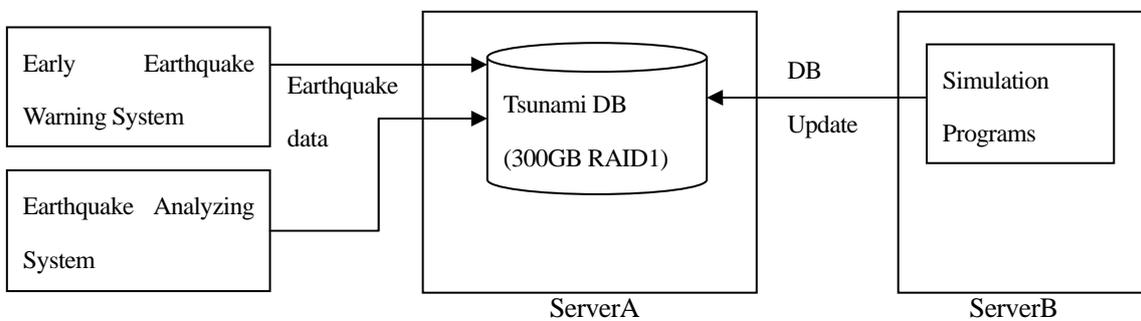


図 4.3.29 量的津波予測用システム参考図

表 4.3.12 量的津波予測用システム費用の算定

No.	Item	Specification	Quantity	Unit Rate (mil. USD)	Total Cost (mil. USD)	Remarks
1	Server A	Itanium 91020N 300GB HDD	2	0.035	0.706	for DB
2	Server B		10	0.035	0.353	for Simulation Programs
3	Total				0.424	
4	Annual O&M Cost				0.01	for Maintenance of Servers

注記： ServerB は津波 DB 更新用のシミュレーションプログラムを動作させるためのものであり、性能×台数に応じて処理速度が早くなる。よって、必ず 10 台でなければならない、というものではない。

#### 4.3.4 提案システムの概略工事費・年間運用維持管理費

以上、本調査においてチリの防災・早期予警報システムの改善に緊急に必要と想定し提案した各システム（プロジェクト）投資費用及びそのシステム完成後のシステム運用・維持管理費をまとめると以下表 4.3.10 に示す総初期投資約 665 百万 USD、年間運用・維持管理費は 6.2 百万 USD となる。

ただし、この費用には衛星およびその打ち上げ費用、検討が必要な高機能 VSAT 費用は含んでいない。

表 4.3.13 提案システムの概略工事費・年間運用維持管理費

システム名	説明	初期投資費用(百万 USD ドル)		年間運用・維持管理費用 (百万 USD ドル)
		優先提案事業	その他提案事業	
総合防災システム	メインシステム：ONEMI Central サブシステム：各 ONEMI Regional Office	20.4	-	0.2
政府専用回線ネットワーク構築	大容量 各省庁横断ネットワーク	10.738	-	0.3+3
				1
緊急地震速報システム	多機能型地震計 100 箇所 (陸上) メインシステム:ONEMI (CAT) (SSN と連携)	10.109	12.482	0.75
海底観測システム	多機能型地震計と津波計 メインシステム：SHOA SSN・ONEMI と接続	35.595	88.925	0.06
GPS 波浪計	メインシステム：SHOA 4 基北部に設置 ブイ、陸上局、観測センター費用 (ただしブイ設置費用は含んでいない)	7.5	-	0.12
量的津波予測システム	データベースは別途作成 (費用はシステムのみ) メインシステム：SHOA	-	0.424	0.01
C-Alert (全国瞬時警報システム)	メインシステム：ONEMI 主要関連機関、Regional ONEMI と大容量ネットワーク化 早期警報一斉発信と災害後の連携強化 衛星及びシステム設備費用のみ	*2	-	*2
地方公共団体防災同報システム	メインシステム：各市役所防災課 Proto Type としてスピーカ・マイクを市内の 50 箇所、家庭用受信機 2,000 箇所設置と想定 C-Alert と接続	30	300	0.33
		9.888/1 システム 30 (3 市 (パイロット P として) . 300 for 30 市町村		0.01/1 システム 0.03 for 3 Pilot P. 0.3 for 30 市町村
無線画像伝送システム	メインシステム：ONEMI Central 初期投資費は、映像を配信するための Streaming Server (蓄積サーバ含む) 費 年間維持費には、携帯アンテナ等のリース代、映像伝送代を含む 各 Region に 1 セット導入 (計 15 セット)	-	5.000 (per 1 Streaming Server) 75.000 (per 15 regions)	0.25 (per 15 Regions)
ヘリコプターテレビシステム	メインシステム：ONEMI Central 各 Region に 15 セット導入 カメラ一式固定アンテナ 1 箇所 (ヘリコプター購入費は含まず)	-	(4.800/region) 72.000	(0.01/region) 0.15
地デジを活用した緊急警報放送	EWBS による早期警報の住民への伝達 地デジの運用と連携	-	-	-
公共コモンズシステム	Internet 等を利用した ONEMI Central から住民までを含めた双方向防災 SNS		(H/W : 0.765) (Design etc : 0.820) 1.585	0.05
合計		114.342	550.416	6.22

備考：\*1: 維持管理費にシステム更新費と O&M 職員の人件費は含めていない。

1USD=85 円、1USD=480 ペソで計算している。

金額は、優先+その他提案事業全体が完成した場合の維持費額である。

\*2: 使用する VSAT により価格、通信費が異なるため、ここでは示していない。災害時における他の省庁による必要通信等を考慮してチリ国全体として、今後検討する必要がある。

#### 4.4 防災能力強化向上のためのチリ国が取り組むべきアクション

これまで、チリ側に早急に導入すべきシステムについて提案してきたが、ここでは、本調査で検討した防災・早期予警報システムのスムーズな実施と適正なシステムの運用と維持管理のために必要なチリの防災力向上に必要なアクションの提言を行う。災害対応はシステムだけでその能力が向上するものではない。これまでのチリ国は、災害に応じた技術機関が個別に対策を実施し、特に通信に関しては改善が進んできた。

今後は、個別対応→包括的体制作りのためのチリ政府内関係機関による連絡・検討メカニズムが必要で、今後チリ国が取り組むべきアクションを以下の通り提案する。

##### 4.4.1 国家市民保護戦略案の作成

包括的な防災体制を構築するためには、国としての防災行政の方向性を示すとともに、個別に対応していた関係機関間の連携、各機関の更なる組織強化、その礎となる人材育成および災害のモニタリングネットワーク強化がなされるべきである。

そのためには国家の防災フレームワークを定め、ソフト・ハードを含めた国家市民保護戦略および国家市民保護戦略を基にしたセクタープランが策定されなければならない。

新防災法は、国家市民保護戦略及びセクタープランの策定と、新 ONEMI が事務局としてその策定に携わることを提案している。また、新 ONEMI が被害ポテンシャルの調査、防災プロジェクト/プログラムの計画、促進、調整を行う機能を持つことが明記されており、チリ国としていわゆる総合的な国家防災マスタープラン作りが課せられることになる。また、これまでチリでは、各関係機関が個別に対策を講じてきており、2010 年のチリ地震を契機として防災の視点を計画に取り込む動きが芽生えてきている。国家としての防災対策の方向性を示す時期にきている。現在、UNESCO と UNISDR は、チリ国家防災フレームワーク策定に関する支援を検討している。日本では国レベルの「防災白書・防災基本計画」が全体の防災の方針を示し、県レベル、市町村レベルでは「地域防災計画」として、それぞれの地域の実情に応じた防災計画を策定し、その実施を計画的に行っている。これらの防災計画策定にあわせて、ハザードマップやリスクマップも作成される。さらに、市町村レベルでは避難所や避難路の整備も計画に含まれ、総合的な防災行政の実施に役立っている。チリでも国家市民保護戦略案の作成は、全ての防災活動の促進と対策案実施の加速化の契機となるはずである。

##### 4.4.2 連携強化、組織強化

各組織の防災上の役割・責任は上述した国家市民保護戦略案において明確化されなければならない。さらに、個別に対応していた関係機関間の連携も重要であり、強力な連携が災害対応能力を向上させる。

包括的な対応を可能とするための連携・検討メカニズムとして防災ステアリングコミッティ（仮称）を関連機関間で組織し、システムを最大限活かせる体制作りを行うためにも定期的に組織化された関係機関間の防災対策の進捗報告・情報交換を行っていくべきである。この委員会（コミッ

ティ)は、4.4.1で提案した国家防災マスタープランを Consejo で承認する前の TWG 的役割を果たす場ともなる。

新防災法に記載されている Consejo の下に、国家地震観測ネットワークの拡大版として、この早期予警報と防災システム関連する機関を中心として組織化することを提案する。

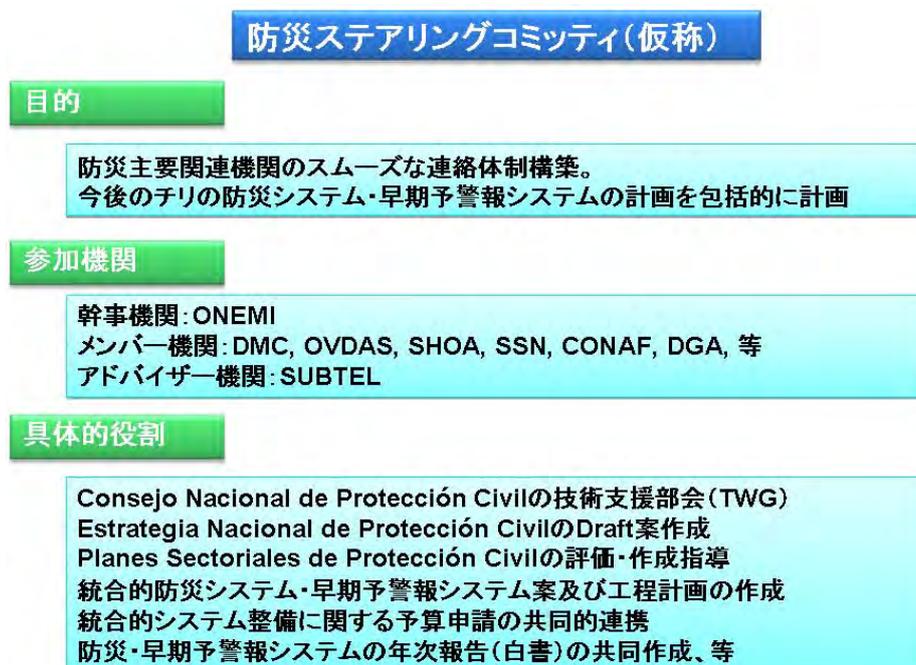


図 4.4.1 調査団が提案するチリの防災ステアリングコミッティ設立 (案)

また、それぞれの組織の更なる強化はもちろんのこと、州政府および地方自治体は、災害リスクアセスメントを実施し防災計画を策定していかなければならない。現状は、各自治体が独自の考えで緊急対応計画や防災計画を策定しておりその対応や防災への取組みは州や地方自治体によって異なっているため、防災計画策定マニュアルの作成による均一化により、中央省庁との連携、ONEMI との緊急対応にも大きく寄与する。

#### 4.4.3 防災教育・人材育成

4.4.2 の活動を支える行政機関の人材育成が大きな課題である。システムの運用や解析の基礎となる専門知識はもちろんのこと、システム運用のノウハウは経験によってもしくは技術移転によって得られるものである。

地方自治体においては、住民教育のみならず、災害の正しい理解、住民の正しい避難誘導のためにも防災担当者の教育・育成を行わなければならない。また、災害図上訓練や災害対応訓練は、防災担当者自らの役割の理解、関係機関との連携の確認等に有効であることから、州や地方自治体レベルにおいてもリスク・コミュニケーションの考え方を取り入れてこれらの活動を実施していくべきである。

すでに地方自治体によっては取組みを始めているが、学校教育への災害の導入や避難訓練は、長期的にも非常に有効であり、この取組みを住民教育にまで拡大していくことが望ましい。

#### 4.4.4 観測網強化

本報告書 4.3 節で提案するシステムの導入に加え、災害モニタリングネットワークの更なる強化も重要である。

現在、オンライン化されている地震計のうち、全国をカバーしているものは 10 台しかなく、その密度は極めて薄い。既に購入してある地震計の設置を早急に進めなければならない。

入札予定となっている GPS についても、機器の設置・研究を確実に実施していく必要がある。日本の気象庁によると、日本では、GPS は地震の可能性や震源域の特定に非常に有効な機器であり、将来の津波予測の精度改善に大きく寄与する可能性のあるものと評価されており、研究にも大きな期待が寄せられている。

また、気象災害（洪水・土砂災害・旱魃）、火山災害及び森林災害に関する観測網の強化も現在実施されているが、今後更に継続し拡充されていくことが、提案システムと機材のより有効な活用になる。

これら機器の設置、密度の向上とともに、これらのデータ通信ネットワークの強化も併せて必要である。すでに一部の機関では実施されているが、衛星通信を用いた強力且つ安全なネットワークを設立し情報及び警報伝達の冗長化も検討する必要がある。

#### 4.4.5 防災ネットワークの増強・更なる冗長化検討

本調査の検討において、防災システム及び早期警報システムに関連する主要中央省庁間の Micro Wave における大容量高速ネットワークの構築と州関連機関等を含む幅の広い関連機関を必要最低限の容量とネットの信頼性・安全性を確保した衛星ネットワーク網を提案した。ただし、これらの提案は現在の通信インフラ整備環境において実現可能な案として提案している。今後はこれらのネットを統合するとともに、以下に示す事項を、調査団が提案するステアリングコミッティ等で十分に検討する必要がある。

表 4.4.1 将来の統合防災ネットワークのあるべき姿

あるべき姿	根拠/理由
安全な専用防災ネットワーク	災害時、通常の商用回線は輻輳、切断する可能性がある。
様々な用途の情報交換を可能にするシステム	災害時、通常時で防災ネットワークは用途を変える。 音声、TV 会議、現場中継、データ転送を同じネットで利用しなければならない。
様々な容量の情報交換を可能にするシステム	災害時、通常時で防災ネットワークは容量を変える。 容量に対しフレキシブルなネットワーク構築が望ましい。
優先的ネットワーク通信をコントロールできるシステム	災害時、重要な情報を優先的に確保できるネットワークが望ましい。
どこからでもネットワーク接続できるシステム	災害現場からの情報が、迅速に届く事が望ましい 可搬式接続端末が必要
各機関での統一的な情報交換システム	災害時、各機関による迅速な情報交換が必要 情報ネットワークシステムが各関連機関、通常時から統一プラットフォームにしておくことが望ましい。
多くの関連機関が参加できる大容量ネットワーク	災害時、多くの関連機関が防災・減災活動に参加する。これらの全ての機関が参加できる大容量通信ネットワークが将来構築されるのが望ましい

上記の将来の望ましい防災ネットワークを勘案した場合には、衛星通信を基本とした防災行政優先通信ネットワークの構築が必要であると考えられ、今後進むであろう、地デジ等の新規放送網

の整備や新放送分野の整備と合わせ、チリ国独自の通信衛星の確保の検討を行う必要がある。

#### **4.4.6 都市域における災害リスク・アセスメントの実施**

今後も堅調な発展が続くことが期待されるチリ国においては、都市部において更に人口と資産の集中が予想され、適切な対策を採らない場合は災害リスクが増加することになる。5年毎の見直しが予定されている各レベルの市民保護戦略とセクタープランにより適切なリスク軽減策を計画するためには、適切な災害リスクアセスメントの実施が必要である。特に、上述したように都市域は、リスクの一要素である脆弱性の分布や構成の変化が大きいため、災害の発生記録の蓄積、新たな災害に関する研究を取り入れて継続的な分析が必要である。

#### **4.5 課題と方針のまとめ**

3.2.2~3.2.4 項に取りまとめられている課題と、上述したチリが目指すべき防災行政能力強化、防災情報システム・早期警報システム改善の方向性は以下の表 4.2.1 に示すように関連付けられる。

表 4.5.1 チリの防災能力強化の課題と改善方針案

課題項目	課題	課題解決の方針 (*1)
防災関連法令	地震と津波災害の内容が中心	<ul style="list-style-type: none"> <li>新防災法案によって明確にされていない部分については、国家市民保護戦略と市民保護セクタープランによって明確にする事を提案</li> <li>防災ステアリングコミッティを組織</li> <li>ONEMI を中心として早急に各種計画案の策定の開始。</li> </ul>
	気候変動対応に触れられていない	
防災関連組織	防災行政の役割分担が不明瞭	<ul style="list-style-type: none"> <li>新防災法案によって明確にされていない部分については、国家市民保護戦略と市民保護セクタープランによって明確にする事を提案</li> <li>防災ステアリングコミッティを組織</li> <li>ONEMI を中心として早急に各種計画案の策定の開始。</li> </ul>
	現在の地震ネットワークは SSN という研究機関に早期警報業務を行わせている。	
	新防災法で提案されている地震ネットワークは、他の災害時のネットワーク機能とはならない。	
防災計画	法案の通過が何時になるか分からない	<ul style="list-style-type: none"> <li>都市域を中心とした適切な災害リスク・アセスメントの実施とリスク・ハザードマップの準備を実施</li> <li>適切な住民教育・啓発活動の継続を実施</li> <li>人材育成を継続し促進</li> </ul>
	策定には多大な時間が必要	
リスク軽減	都市部の災害に対する脆弱性対策や土地利用計画が未だ十分な体制となっていない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>都市域を中心とした適切な災害リスク・アセスメントの実施とリスク・ハザードマップの準備を実施</li> <li>適切な住民教育・啓発活動の継続を実施</li> <li>人材育成を継続し促進</li> </ul>
	十分なリスク・アセスメントが実施されていない自治体が多い。建物の耐震性確保状況、災害種による危険度判定、リスクマップ等が作成されていない箇所が多い。	
	津波被害等の避難対策がまだ十分には機能していない。	
観測・検知警報	観測密度が低く災害予報の精度が一般的に低い	<ul style="list-style-type: none"> <li>密度の高い、観測網の整備</li> <li>地震計・GPS 計ネットワークの拡充</li> <li>緊急地震速報システム導入を目指した多機能型地震計の導入</li> <li>GPS 波浪計の導入</li> <li>海底観測システムの設置</li> <li>継続的な観測施設の導入</li> </ul>
	地震の観測密度が低く、正確な地震規模と災害規模の算定に時間を要している。	
	津波を観測箇所が港等の験潮所と DART ブイしかなく、震源近くでの津波の観測ができない。	
	気象・洪水観測施設数が少ない	
	森林火災の検知が地上からの目視のみであり、正確な警報発出が困難	
	43 火山以外のモニタリング資機材設置計画が無い	
解析・意思決定	津波警報の発出方法が解析によるものではなく、マグニチュードと震源だけの情報であり、実際の現象との誤差が大きい	<ul style="list-style-type: none"> <li>量的津波予測による津波警報システムの導入</li> <li>SATREPS プロジェクトとの連携</li> <li>緊急地震速報システムの導入</li> </ul>
	地震被害は建物の耐震化や住民教育に合わせてシステムのにも軽減を図るべきである。	
被災状況把握 情報・警報伝達	防災情報のネットワークが音声中心であり、正確な警報情報・災害規模・状況が認識できていない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>総合防災情報システムの導入</li> <li>政府専用回線の構築</li> <li>無線画像伝送システムの導入</li> <li>ヘリコプターテレビシステムの導入</li> <li>全国瞬時警報システムの導入</li> <li>防災同報システムの構築</li> <li>(衛星による各省庁間横断ネットワーク構築の検討)</li> <li>公共コモンズシステムの導入</li> </ul>
	現在の防災ネットワークは、災害時に輻輳等により警報の発表や情報共有に使用できない可能性がある。	
	全ての災害を統合的に警報発令、被害収集、情報共有・提供を行うようなシステムが無く、防災業務がスムーズに行われていない。	
	住民との情報共有システムが構築されていない。	

備考：\*1: 太字の項目は本調査において導入を提案したシステム (4.3 節参照)

これらの、法律、制度、防災計画及び各対策との関係をまとめると以下の図 4.5.1 に示すような関係が示される。

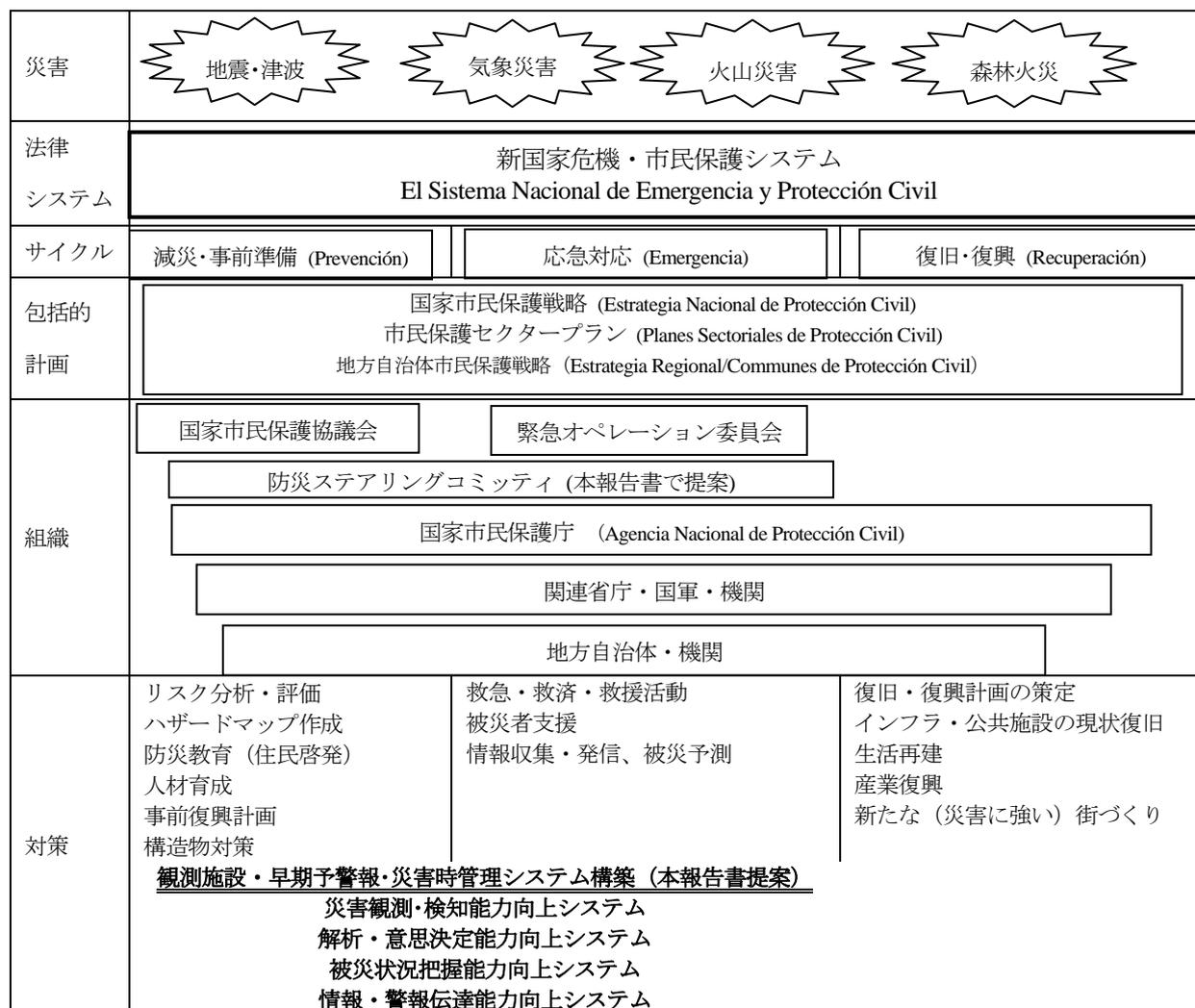


図 4.5.1 チリ国における防災システム

## 4.6 提案工程表

### 4.6.1 概論

4.2~4.4 節において提案した防災情報・早期予警報システムとシステムの効力を最大限とするためのチリ国の防災能力強化に資する各種の防災能力活動の実施工程案を図 4.6.1 「チリ国の防災能力強化工程 (案)」として P173 に提案する。さらに、関係機関毎に実施する内容を図 4.6.2 に示す。

提案した事業は、早期の導入を推奨する“優先システム”と優先システム導入後の有効性を確認し導入を図るシステムまたは優先システムと比較し必ずしも緊急性が高くないシステムの“その他一般提案システム”に分けて提案した。

ピネラ大統領の任期は 2015 年 3 月であるため、2014 年末には提案するシステムのいくつかが完了し、いくつかの計画が発表できる段階になるように考慮した。以下に本調査で提案した防災

情報・早期予警報システムの工程計画のコンセプトと根拠を示す。

## 4.6.2 全体工程段階整備計画コンセプト

### (1) 予算上の配慮

以下に近5ヶ年（2006~2010年）のチリ国の予算配分を表4.6.1として示す。

表 4.6.1 チリの近5ヶ年の予算配分

歳出	2006	2007	2008	2009	2010
中央政府	<b>11,736,413</b>	<b>13,288,999</b>	<b>15,505,732</b>	<b>18,126,218</b>	<b>19,985,815</b>
人件費	2,760,449	3,107,938	3,544,891	4,210,413	4,659,700
消費財・サービス費	1,397,872	1,665,347	1,699,922	2,058,175	2,326,560
Intereses	539,103	521,302	439,691	475,408	537,131
助成金及び寄付金	3,680,890	4,387,315	5,707,294	6,766,764	7,450,920
年金給付	3,346,885	3,590,192	4,084,099	4,591,371	4,975,541
その他	11,214	16,905	29,835	24,087	35,963
地方自治体	<b>1,719,275</b>	<b>1,928,226</b>	<b>2,326,430</b>	<b>2,519,026</b>	<b>2,389,646</b>
人件費	973,462	1,096,393	1,358,706	1,525,116	1,411,122
消費財・サービス費	534,463	589,782	705,419	780,939	720,960
Intereses	8	12	87	127	335
助成金及び寄付金	185,136	207,123	185,425	179,604	198,060
年金給付	729	4,711	66,544	21,311	45,661
その他	25,477	30,205	10,249	11,929	13,508
歳出の合計	13,455,688	15,217,225	17,832,162	20,645,244	22,375,461
消費財・サービス費の合計	1,932,335	2,255,129	2,405,341	2,839,114	3,047,520

注釈： 単位は百万チリペソ

DIPRES（財務省予算局）のホームページ

出典：  
<http://www.dipres.gob.cl/572/channel.html>

上記表の内、公共投資として使用することが可能な費目は「消費財・サービス費（BIENES Y SERVICIOS DE CONSUMO）」である。この費目の2010年の合計は3兆チリペソ（約6,100百万米ドル）となる。

一方、本調査で提案した全システムの初期投資額は優先システム(3~4年間で実施)で114百万米ドル、他の提案事業総額が550百万米ドル(10年間で実施)であるので、年平均初期投資額は、約70百万米ドル/年となり、上述した消費財・サービス費目の約1%程度の投資となる。

また、SUBDEREによると、州の公共事業投資額は予算の大きな州（バルパライソ、ビオビオ、サンチアゴ等）で年間約100百万米ドル、少ない州でも20百万米ドル程度の予算を持っているとの事である。よって、少なく見積もっても15州全体の公共事業額は年間600百万米ドル程度持っている。本調査のシステムはONEMIやSHOAが事業実施機関となってプロジェクトを起案しそれぞれ内務省及び海軍の予算で実施することになるが、チリの公共事業プロジェクト予算は、どこか1つの省庁または自治体が負担するのではなく、担当省庁予算と関連する自治体や機関の予算を利用し事業費を分担して実施することが多い。州や自治体の協力のもとプロジェクト予算を組めば、本調査で提案したシステムを実施することは十分に可能である、と判断した。

## (2) 段階整備工程案

本調査において導入を提案したシステムは優先実施提案システムとその他の提案システムとに分けられている。工程計画では、この2つのプライオリティと上記した予算上の配慮を勘案し、以下のコンセプトを下に段階整備工程案を作成した。

### (a) 総合防災行政能力強化

#### <法律の制定>

- ・ 新防災法：現在国会で審議中、遅くとも2013年中に制定されると想定
- ・ 放送法（地デジ法）の改定：2012年中に行われると想定（これが遅ければ、チリ側で進められているEWBSによる緊急警報システム導入も遅れる可能性がある）

#### <計画>

- ・ 国家市民保護戦略：新防災法で明記。ONEMIにより早急に作成が必要（2013年）
- ・ セクター市民保護戦略：国家市民保護戦略の下、2年程度で策定（2013年～2014年）
- ・ 州・自治体保護戦略策定：ONEMIがマニュアル策定（2014年）、州・地方自治体保護戦略策定を支援（2014年～4年程度）

#### <組織>

- ・ 各組織の役割・組織の明確化：新防災法制定直後（2013年）
- ・ SIIEプロジェクト：現在のものから全国展開（2013年～2014年）
- ・ 州・自治体リスクアセスメント実施マニュアル：下記、国レベルのリスクアセスを行いながらチリ国として統一化を図るために作成（2013年）
- ・ 防災ステアリングコミッティ：新防災法の制定に関わらず、防災関係組織連携強化を目的として設立（2012年）

#### <リスクアセスメントの実施>

- ・ リスクアセスメントの実施：中央・地方それぞれのレベルで実施（現在SUBDEREが行っている各州のリスクマップ作成の取組みを進めていけばよい）（2013年より数年間と想定）

### (b) 観測

#### <既計画の地震計・GPS・DARTブイ増設>

- ・ 現在購入済みもしくは入札中の地震計およびGPSの設置：2012年中、65台ずつ
- ・ DARTブイ：購入した2基目の速やかな設置（2012年中）および検討中の3基目の設置（2013年中）

#### <GPS波浪計>

- ・ GPS波浪計：2016年より新たに予算配分されるSHOAにて計画および導入（2017年）

#### <海底地震津波観測システム>

SHOAの予算制約上2016年以前の導入は難しいと考えられるが、重要性を理解していただき、予算組み換え等の対応により、早急に検討を開始すべきと考える。

- ・ 検討・導入：早急に近地津波に関する観測や警報システムの検討を開始すべき（2013年）

- ・パイロットプロジェクト（イキケ）：調査・計画（2013年）、1ルート導入（2014年）、稼働開始（2015年3月：ピネェラ大統領の任期が完了）
- ・試験運用、研究、評価（2～3年）および他地域（アリカ、バルパライソ）への展開（2020年頃から）

#### <火山災害モニタリングネットワーク>

- ・既計画の着実な実施（2013年中に43火山の観測体制構築）および他火山への展開、ONEMIとの接続（3年程度）

#### (c) 総合防災システム・早期予警報システム

##### <総合防災システム>

- ・計画、設計：2013年（政府専用回線導入時）
- ・導入、ソフトのインストール：2014年

##### <情報ネットワーク強化>

- ・本報告書を下に大容量政府専用回線およびONEMI間ネットワークの計画・設計開始（2012年）
- ・上記ネットワークの導入・開始（2013年）
- ・ONEMIからパイロット市町村のネットワーク構築（2014年）（ピネェラ大統領の安全で信頼性の高いネットワーク構築という指示を満たすには、最低限パイロット市町村までは接続する必要がある）、3市町村を想定
- ・パイロット市町村から住民への防災同報システム：ONEMIとパイロット市町村のネットワークが構築される2014年に検討・計画開始、2015年に導入、2016年以降パイロット市町村から全国展開
- ・各省庁横断型ネットワーク政府専用回線：すぐにでも検討開始、導入（2013年）、自国の衛星ネットワーク構築まで運用（2016年頃まで）
- ・CBSによる緊急警報システム：運用開始予定が遅れており、2013年中に開始と想定
- ・EWBSによる緊急警報システム：2012年に放送法が制定される前提で2016年開始と想定（計画当初予定では2014年開始）
- ・IP及びコミュニティネットワークを介する緊急警報システム：当初予定から遅れ、2017年開始と想定
- ・防災公共コモンズの開設：計画・調整期間（2015年～2017年：上記IP及びコミュニティネットワークを介する緊急警報システムとの連動が必要）、導入（2018年）
- ・衛星ネットワークによる強化と全国展開：仮に商用衛星によるネットワークを構築しつつ、自国衛星導入検討（2013年～2015年）

##### <地震・津波警報システム>

- ・SATREPS（2016年1月終了予定）：津波データベース作成予定
- ・DSS：ドイツのDRLとの協定により検討予定（詳細不明）

- ・ 導入に向けての技術支援、計画開始（2016年：SATREPSの成果が見えてくる頃）、導入と試行（2018年）、本格運用および技術支援等（2019年以降）

#### <緊急地震速報>

- ・ 単独点処理システムの導入：多機能型地震計設置位置検討・計画・設計（2013年）、導入・運用開始（2014年前半）
- ・ 複数点処理システムの導入と試験運用：単独点処理システムと同時に計画（2013年）、導入（2014年後半）、試験運用開始（2015年）、試験運用2年程度
- ・ 緊急地震速報システムの導入：システム設計（2013年）、多機能型地震計の全国展開（2017年から2年程度）、本格運用（2018年頃～）
- ・ 住民啓発：試験運用しながら、住民への浸透を図る（2015年頃～5年程度：単独処理システム稼動ぐらいから開始）

#### <災害観測システム>

- ・ ENEARがスペインの会社と提携して技術を学んでいるとのこと（4年程度と想定）
- ・ 地上移動カメラ無線画像伝送システム：計画・設計（2015年：政府専用回線構築後）、導入（2016年）、各州に1システムの合計15システム
- ・ ヘリコプターテレビ無線画像伝送システム：計画・設計（2014年）、導入（2015年）、各州に1システムの合計15システム

(以下余白)

大項目	中項目	細別	単位 (数量)	実施機関 (担当機関)	調査団提案事業費 優先 其他	年											調査団提案 OM費	内容			
						0 2012	1 2013	2 2014	3 2015	4 2016	5 2017	6 2018	7 2019	8 2020	9 2021	10 2022					
総合防災行政能力強化	法律の制定	防災法の制定	-	(ONEMI)	-												-	2012年中の制定は難しい模様			
		放送法(地デジ法)の改定	-	(SUBTEL)	-												-				
		計画																			
	組織	国家市民保護戦略	1 L.S.	ONEMI	-													-			
		セクター市民保護戦略	1 L.S.	各責任機関	-													-			
		州・自治体保護戦略策定マニュアル	1 L.S.	ONEMI	-													-			
		州・自治体保護戦略策定	1 L.S.	各自治体	-													-			
	リスクアセスメントの実施	各組織の防災上の役割・責任の明確化	-	(ONEMI)	-													-			
		SIIEプロジェクト	-	ONEMI	-													-			
		州・自治体リスクアセスメント実施マニュアル	-	ONEMI	-													-			
	観測	地震計・GPSネットワーク、津波観測システム	第一次地震計増設	65	ONEMI/SSN	-												-			
			第一次GPS増設	65	ONEMI/SSN	-												-			
		DART Buoyの設置	1+1+1	SHOA	-													-			
		GPS波浪計の設置(北部地震による津波対策用)	4	SHOA	7.5													0.12	コストに設置費用は含んでいない		
		海底地震津波観測システム 計画・評価		ONEMI/SSN/SHOA															0.06	調査、計画、試行後の評価とさらなる展開計画 イキケに導入し試行運用、研究、評価 アリカ、バルパライソ周辺	
海底地震津波観測システム 導入及び試験観測		1基	ONEMI/SSN/SHOA	35.595																	
海底地震津波観測システムの拡大と運用		2基	ONEMI/SSN/SHOA	88.925																	
火山災害モニタリングネットワーク/自動気象観測施設/森林火災発見システム																		-			
災害モニタリングネットワークの拡充		1 L.S.	OVDAS/DMC/CONAF/MoP	-														-	現行計画の確実な実施		
防災システム・早期予警報システム(調査団の提案)		総合防災システム	総合防災システム基盤の導入		ONEMI	20.4													0.2	計画、導入(システムとソフトウェア)	
			SIIEの総合防災システムにおける利用		ONEMI	-														-	SIIEの改良、災害シミュレーション、災害想定
		情報ネットワーク強化(全国瞬時警報システム+防災同報システム)	大容量政府専用回線(Micro Wave Network)	1 L.S.	ONEMI/各関連機関	10.738														0.3	計画、導入(政府専用回線)
			中央ONEMI⇄州ONEMI(既存商用Satellite Network(VSAT))	1 L.S.	ONEMI	B															
			中央ONEMI/州ONEMI⇄パイロット市町村(Dedicated Line)	3	ONEMI/各自治体	30														3	
			パイロット市町村⇄住民(スピーカ・サイレン・家庭用受信機)	3	ONEMI/各自治体	30														0.03	パイロット地域への防災同報システムの導入
	市町村⇄住民(スピーカ・サイレン・家庭用受信機)⇄全国展開		30/6year	各自治体	300														0.3		
	各省庁横断型ネットワーク政府専用回線		1 L.S.	ONEMI/各関連機関州事務所	B														1	衛星による全国カバー政府専用回線網	
	CBSによる緊急警報システムの汎用性拡大とサービス利用開始		1 L.S.	ONEMI/SUBTEL	-															-	緊急通報システム第1段階(予定より遅れている)
	EWBSによる緊急警報システム導入と運用開始		1 L.S.	ONEMI/SUBTEL	A															A	緊急通報システム第2段階(遅れると想定)
	IP及びコミュニティネットワークを介する緊急警報システム		1 L.S.	ONEMI/SUBTEL	-															-	緊急通報システム第3段階(遅れると想定)
	防災公共コモンズ(防災SNS)の開設		1 L.S.	ONEMI	1.585															0.05	関係機関との協議、計画、導入
	衛星ネットワークによる強化と全国展開	(1 L.S.)	ONEMI/SUBTEL	B																全国防災衛星通信ネットワークの構築	
	地震・津波警報システム	SATREPS(量的津波予測による警報のための基礎研究)	1 L.S.	SHOA/各関連機関	-														-	日本とチリの共同研究	
		DSS(with DRL)	1 L.S.	SHOA	-														-	これからの取組みで詳細不明	
量的津波警報システムの導入と運用		1 L.S.	SHOA	0.424														0.01	技術支援、試験運用、本格運用、運用ノウハウ移転		
緊急地震速報	単独観測点処理システムの導入	1 L.S.	ONEMI/SSN	10.109	12.482													0.75	早期導入		
	複数観測点処理システムの導入と試験運用	1 L.S.	ONEMI/SSN	-														-	関係機関のみで運用		
	住民啓発	1 L.S.	ONEMI	-														-	運用しながら住民啓発活動、技術支援		
	緊急地震速報システム本格運用開始	1 L.S.	ONEMI	-														-	本格運用開始、技術支援		
災害観測システム	画像伝送技術研究		ENAER	-														-	スペインと連携		
	地上移動カメラ無線画像伝送システム導入と運用	15機	ONEMI	75														0.25	1年1Regionと想定(ONEMIIに確認)		
	ヘリコプターテレビ無線画像伝送システム導入と運用	15台	ONEMI	72														0.15			
その他	ピニェラ大統領任期終了																	-			
Total					114.342	550.416	0.000	10.738	61.501	109.103	125.000	63.953	58.038	50.000	136.425	50.000	0.000	6.22			

注記: システムコストの単位は百万USD  
O&M費の単位は百万USD/年  
O&M費には、システム更新費と人件費は含めていない

凡例  
 防災行政能力強化実施年  
 既計画による調査及びシステムの計画検討・導入年  
 調査団提案システムのための計画検討、設計年  
 調査団提案システムの導入年

調査団提案システムの運用期間  
 現政権の任期  
A 地デジ関連プロジェクトにより実施(本調査でも提案)  
B 別途詳細検討が必要

図 4.6.1 チリ国防災能力強化工程(案)

大項目	中項目	細別	単位 (数量)	実施機関 (担当機関)	調査団提案		年										調査団提案 OM費	内容	
					優先	その他	0 2012	1 2013	2 2014	3 2015	4 2016	5 2017	6 2018	7 2019	8 2020	9 2021			10 2022
ONEMI/SSN																			
		第一次地震計増設	65	ONEMI/SSN	-	-											-		
		第一次GPS増設	65	ONEMI/SSN	-	-											-		
		単独観測点処理システムの導入	1 L.S.	ONEMI/SSN	10.109	12.482											0.75	早期導入	
		複数観測点処理システムの導入と試験運用	1 L.S.	ONEMI/SSN														関係機関のみで運用	
		緊急地震速報のための住民啓発	1 L.S.	ONEMI														運用しながら住民啓発活動、技術支援	
		緊急地震速報システム本格運用開始	1 L.S.	ONEMI														本格運用開始、技術支援	
		小計			10.109	12.482			3.006	7.103		6.241	6.241						
ONEMI/SHOA																			
		DART Buoyの設置	1+1+1	SHOA	-	-											-		
		海底地震津波観測システム 計画・評価		ONEMI/SSN/SHOA														調査、計画、試行後の評価とさらなる展開計画	
		海底地震津波観測システム 導入及び試験観測	1基	ONEMI/SSN/SHOA	35.595	88.93											0.06	イキケに導入し試行運用、研究、評価	
		海底地震津波観測システムの拡大と運用	2基	ONEMI/SSN/SHOA														アリカ、バルパライソ周辺	
		SATREPS(量的津波予測による警報のための基礎研究)	1 L.S.	SHOA/各関連機関														日本とチリの共同研究	
		DSS(with DRL)	1 L.S.	SHOA														これからの取組みで詳細不明	
		GPS波浪計の設置(北部地震による津波対策用)	4	SHOA	7.5												0.12	コストに設置費用は含んでいない	
		量的津波警報システムの導入と運用	1 L.S.	SHOA		0.424											0.01	技術支援、試験運用、本格運用、運用ノウハウ移転	
		小計			43.095	89.349			38.095			7.712	0.212		86.425				
ONEMI/SUBTEL																			
		CBSによる緊急警報システムの汎用性拡大とサービス利用開始	1 L.S.	ONEMI/SUBTEL													-	緊急通報システム第1段階(予定より遅れている)	
		EWBSによる緊急警報システム導入と運用開始	1 L.S.	ONEMI/SUBTEL		A											A	緊急通報システム第2段階(遅れると想定)	
		IP及びコミュニティネットワークを介する緊急警報システム	1 L.S.	ONEMI/SUBTEL													-	緊急通報システム第3段階(遅れると想定)	
		衛星ネットワークによる強化と全国展開	(1 L.S.)	ONEMI/SUBTEL		B												全国防災衛星通信ネットワークの構築	
		小計																	
ONEMI/州/地方自治体																			
		総合防災システム基盤の導入		ONEMI	20.4												0.2	計画、導入(システムとソフトウェア)	
		SIIEの総合防災システムにおける利用		ONEMI														SIIEの改良、災害シミュレーション、災害想定	
		大容量政府専用回線(Micro Wave Network)	1 L.S.	ONEMI/各関連機関	10.738												0.3	計画、導入(政府専用回線)	
		中央ONEMI⇄州ONEMI(既存商用Satellite Network(VSAT))	1 L.S.	ONEMI		B											3		
		中央ONEMI/州ONEMI⇄パイロット市町村(Dedicated Line)	3	ONEMI/各自治体															
		パイロット市町村⇄住民(スピーカ・サイレン・家庭用受信機)	3	ONEMI/各自治体	30												0.03	パイロット地域への防災同報システムの導入	
		市町村⇄住民(スピーカ・サイレン・家庭用受信機)⇄全国展開	30/6year	各自治体		300											0.3		
		各省庁横断型ネットワーク政府専用回線	1 L.S.	ONEMI/各関連機関州事務所		B											1	衛星による全国カバー政府専用回線網	
		防災公共コモンズ(防災SNS)の開設	1 L.S.	ONEMI		1,585											0.05	関係機関との協議、計画、導入	
		地上移動カメラ無線画像伝送システム導入と運用	15機	ONEMI		75											0.25	1年1Regionと想定(ONEMIに確認)	
		ヘリコプターテレビ無線画像伝送システム導入と運用	15台	ONEMI		72											0.15		
		小計			61.138	448.585			10.738	20.400	102.000	125.000	63.953	58.038	50.000	50.000	50.000		
OVDAS/DMC/CONAF/MoP																			
		災害モニタリングネットワークの拡充	1 L.S.	OVDAS/DMC/CONAF/MoP														現行計画の確実な実施とさらなる拡充	
ENAER																			
		画像伝送技術研究		ENAER														スペインと連携	
その他																			
		ピニェラ大統領任期終了																	
Total					114.342	550.416			10.738	61.501	109.103	125.000	63.953	58.038	50.000	136.425	50.000	6.22	

注記: システムコストの単位は百万USD  
O&M費の単位は百万USD/年  
O&M費には、システム更新費と人件費は含めていない

凡例  
 防災行政能力強化実施年  
 既計画による調査及びシステムの計画検討・導入年  
 調査団提案システムのための計画検討、設計年  
 調査団提案システムの導入年  
 調査団提案システムの運用期間  
 現政権の任期  
A 地デジ関連プロジェクトにより実施(本調査でも提案)  
B 別途詳細検討が必要

図 4.6.2 関係機関別システム整備(案)

## 4.7 援助モダリティの方向

4.4 節ではチリの将来の総合的防災行政を改善し住民を巻き込んだ今後チリ側が取り組むべきアクションを提言した。ここでは、これらのアクションのうち、これまで提案してきたシステムの運用に関する技術支援や災害対応能力強化という視点から、JICA が今後チリ国に対して協力すべき内容を検討する。

### 4.7.1 国家市民保護戦略作成支援

国家防災マスタープランの必要性および防災フレームワークに関してチリが取り組むべき内容は 4.4 節で述べた。こうしたフレームワークの元でのマスタープラン作成は日本が最も得意とするところであり、JICA としても積極的に支援し、UNESCO および UNISDR が支援するフレームワーク作りから関与すべきである。その際、被害を完全に防ぐことが出来ない大災害に見舞われる可能性を直視し、人命が失われないことを最重視した「減災」の考え方や、日本のこれまでの経験に裏づけされた「自助」「共助」「公助」による地域防災力の強化の考え方、リスク・コミュニケーションの考え方、防災教育等、ハード・ソフト様々な対策を考慮するような支援が望ましい。

さらには、各レベルの防災計画の策定を行うようなプロジェクトの創出が考えられる。

防災計画の策定は、政府関係職員の防災対応能力の向上や、計画的な防災行政を進める上でも有効である。

### 4.7.2 州政府に対する防災の視点を取り込んだ地域開発計画策定

「2002 年の国民保護国家計画」では、州知事および県知事が災害に対するあらゆる措置を実施することと定められているが、この国民保護国家計画は政令であり、法律としてその強制力を持たない。さらに、具体的な実施機関、期限の設定およびアクションプランなどは記載されておらず、この「2002 年の国民保護国家計画」はある種のガイドラインのようなものになっている。一方で、SUBDERE はこの政令に従って、各災害に対する各州のリスクマップを現在州政府とともに作成しており、このリスクマップを基に、将来的には州政府が地域開発計画を策定していくこととしている。

しかしながら、州政府の中には、防災対策や防災の視点を盛り込んだ地域開発計画を策定する義務は発生しないと認識しているところもある。

州政府によるこのような認識を変え、地方分権化を促進するためにも州政府による防災を主流化した地域開発計画の策定は今後のチリの防災能力強化のため必須の事項である。そこで、地方自治体が作成する整備計画を分析・評価・支援する技術協力が必要である。

### 4.7.3 防災連携組織の早期設立と ONEMI の総合防災能力強化

チリ国では、自然災害を未然に防ぐための観測体制は津波を除いては非常に発達していると言えるが、その役割が分散していることが特徴である。自然災害に対する警報もこれらの機関から ONEMI に対して災害情報とともに伝達され、ONEMI が住民や関係機関に伝える。これら災害のモニタリング機関と ONEMI との密接な連携が不可欠である。

新防災法においても、国家地震観測ネットワークには言及しているが、チリ国の他の災害を加えた防災全体の取り組み方、組織の連携の在り方については何も触れられていない。

一方、ONEMI は、あらゆる災害に対応しなければならないが、必ずしも災害種に応じた専門家がいくるわけでもなく、災害対応時には、普段緊急オペレーションに携わっていない職員もその対応に当たらねばならないほど人員も不足している。

そこで、ONEMI を中心として、各災害に対し災害を観測する機関による防災ステアリングコミッティ（防災委員会）を設立することによって各災害時（早期予警報時も含む）の連携強化し、本調査によって提案を行ったシステムをより効率的に運用するための委員会活動を支援し、この支援を通じた ONEMI の能力強化を JICA が協力することが考えられる。この災害担当機関と ONEMI の強力な組織連携構築支援により、各関係機関の認知の元で ONEMI の人員確保と人材育成も図れることになる。これらの支援には現在 ONEMI が整備中である SIIE を改善する活動を含めることも考慮される。SIIE は、GIS 上に人口、道路網、ハザード、公共インフラ施設等々の情報が整理されている。この基礎データをさらに収集整理すること及び SIIE による災害シミュレーションを通じて、将来的には災害想定が可能となれば、意思決定支援システムとしての使用が可能である。今後、GIS データベースを元に、災害想定を行っていく取組みを開始していかなければならない。

#### 4.7.4 ONEMI・SHOA の地震・津波対応能力強化

新防災法で謳われている国家地震モニタリングネットワークに関しては、ONEMI 内に地震計ネットワーク構築プロジェクトチームが形成され活動を行っている。本調査では、当面の間 SSN が ONEMI の代わりに地震計の管理や情報発信の主導的役割となるべきことを提言しているが、将来どの機関が地震計ネットワークを管轄するのか、どのように維持管理していくのかがはっきりしていない。

地震観測の現状を考慮すると、当面は SSN による全面的支援が必要になる。しかし、今後、新しい地震観測ネットワークを構築し、運営維持管理を実施していくには、国内の人的資源が限られていることを考慮すると、国内で地震観測に関与している機関（南部のコンセプション大学（University of Concepcion）、中部のチリ大学（University of Chile : SSUCH）、北部のタルパカ大学（University of Tarapaca: UTA）及び火山の地震観測を実施している OVDAS/SERNAGEOMIN 等）の協力体制の検討を提言する。

また、2012年3月26日の地震の際、SHOA が津波の心配は無いと報告していたにも関わらず、ONEMI 第7州事務所は地震発生から2時間以上も後に「Preventive Evacuation」を出しているなど、まだまだ地震・津波への対応は改善されていない。

本調査において提案している緊急地震速報や量的津波予測は、システムを導入すれば津波の発生から沿岸地域への到達時間・津波高さを予想でき、上記のような SHOA と ONEMI で見解が異なるような事態は発生しない。ただし、日本においても試行錯誤しながら精度を向上させてきており、実測値および研究によって改善されていくべきものである。また、緊急地震速報と津波警報は密接に関係していること、量的津波予測は GPS 波浪計や海底観測システム等の実測データから有事においても逐次見

直されながら運用されている。システムが導入される ONEMI および SHOA に対して、その体制構築や維持管理、運用のノウハウを SATREPS と並行またはプロジェクト終了後も技術移転することは、チリ国の地震・津波の対応能力強化だけでなく、環太平洋の津波対応にも大きく寄与することになる。各システムが抱えている課題、運用ノウハウ、各観測値から警報値・防災情報作成、警報解除、精度改善への提案、PTWC との連携等々についての技術協力が必要で、この技術は日本の気象庁のみが有している。

#### 4.7.5 ONEMI・MOP の洪水危機管理能力強化

調査期間中、チリ北部アリカ<sup>21</sup>および南部プンタ・アレナス<sup>22</sup>で洪水が発生した。アリカでは、タイムリーに避難が行われ、橋が封鎖されるなど、適切な行動がとられたことから、ONEMI 第 15 州事務所長は賞賛されている。一方でプンタ・アレナスにおいては、洪水は発生しないとの誤った情報を提供した ONEMI 第 12 州事務所長が解雇されている。これはまだ ONEMI として組織的に洪水に対応できてないことを示すものであり、かつ DMC および MOP-DGA との十分な連携があれば防げたことである。また、MOP においては、過去に災害を引き起こした洪水の流量から警報レベルを設定しているが、避難を考える場合、住民が避難に要する時間も考慮した基準が設定されるべきである。

そこで、ONEMI に対しては、4.5.3 項で提案している防災連携組織強化の 1 つとして、DMC や MOP との連携強化を含めた洪水危機管理対応、MOP に対しては、避難の観点からの基準の設定や洪水予警報といった洪水危機管理能力強化が必要である。

#### 4.7.6 地デジ技術における防災システム導入促進

現在、JICA 専門家として地上デジタル放送導入支援アドバイザーが SUBTEL に派遣され、地デジ化の全国展開のために活動している。防災の観点からは、(1) アナログ放送に比べてデータ容量が大きく、より詳しい災害情報を送受信できる、(2) 地上デジタル放送を携帯電話などで受信するワンセグ放送により、屋外などテレビのない場所においても災害情報を受け取ることができる利点があり、この地デジの導入は非常に有効である。現在、チリが進めている地デジによる緊急警報放送は 2014 年 12 月を目標に進められており、JICA 専門家による継続的な支援が必要である。

#### 4.7.7 地方自治体における災害リスクマネジメントの実施

これまでのヒアリングによると、国、州、県、市町村の各レベルにおいて、災害時の大枠の役割分担はできているものの、詳細がまだ決められておらず、州や市町村によって対応が異なっている。

チリ国全体の災害対応能力強化策として、政府側関係者向けの人材育成を目的とした、コミュニティにおける防災活動を実施していく必要がある。災害図上訓練 (DIG) や災害対応訓練によって、実際の災害での手順や問題点の確認することができる。これは、事前に災害を正しく理解し、その危険を

<sup>21</sup> San Jose 川の洪水。600 人が避難した。

<sup>22</sup> 2012 年 3 月 13 日の Las Minas 川の洪水と泥流。30 時間で年間雨量の 1/3 が降り、洪水が発生。800 人が避難した。金曜日には、日曜日に 20mm~30mm の降雨があるとして大雨警報が出されていたが、実際には 121mm を記録したため、予期できない洪水であったとも伝えられている。少なくとも 5 人が死亡した。

予測できると同時に、避難経路、避難場所、各レベルの緊急時の行動及びその連携のあり方が参加者の間で共有することが可能となるからである。

さらに DIG によって作成された成果がハザードマップと呼ばれるものになり、災害対応訓練によって防災担当者の必須知識、住民の安全を確保するために必要な事項、各関係機関の担当が明確となり、地方自治体職員へのマニュアル作成も可能となり、他地域への展開の一助ともなる。

#### 4.7.8 防災教育

現在チリ国の防災教育は、学校を中心とした避難訓練である。学校教育に災害を取り込むことは長期的にも非常に効果が高く今後も継続していくことが望ましい。ただし、学校以外の社会教育の場でも災害に関する情報を提供し、社会全体の災害に対する知識を底上げする必要がある。

防災情報を受ける側が、情報を正しく理解して行動できなければ逆効果になる可能性もある。例えば、2011年3月11日の東日本大震災において、津波警報の第一報が3mであったがために安心して避難行動を起こさず、実際にはその後の観測等により10m以上という警報に変更されたにも関わらず、停電やその他の原因でその情報が入手されず、津波にのまれて多くの人が亡くなっている。

このように、情報の受け手が、情報発信者の限界も認識し、受けた情報から自分の行動を判断できるようになるためには、災害のタイプに即した実践的な防災教育が最も有効である。

その項目としては、以下が考えられる。

- ・ 災害発生メカニズム、ハザードマップ、過去の災害記録の説明
- ・ 避難訓練
- ・ 教育や HP を通じた、政府の防災に関する取組み紹介（情報発信側の取組みを公開することが、情報の受け手の理解促進につながる）
- ・ 教育や HP を通じた、自然災害の観測体制

なお、津波災害の防災教育の基本ツールとして、津波浸水図の整備と、避難ルート、避難場所の設定と、具体的な避難ルートおよび避難場所を活用した制限時間を考慮した避難訓練の実施が必要である。

#### 4.7.9 各種ハザードマップの作成

各種ハザードマップ（津波、洪水、火山噴火）は必ずしも一般公開されておらず、防災教育の観点からも、政府側の災害対応能力向上のためにも公開に向けて準備を始めなければならない。現在のチリ国においては、どの機関がハザードマップを作成する責任があるのかが明確になっていないが、各災害モニタリング担当機関から提供される情報を元に、地方自治体が作成すべきものである（ちなみに日本では地方自治体がハザードマップを作成することが法律で定められている）。

津波に関しては、リスクマップの更新が行われており、リスクマップを元に、避難場所や避難経路等も明記したハザードマップとしていく必要がある。

火山に関しては、SERNAGEOMIN がリスクマップを作成しており、一部地方自治体は、火山緊急対応計画や避難計画に活用しているが、これも一般公開を見据えてハザードマップとしていく必要がある。

森林火災については、CONAF が毎日森林火災危険度評価マップを作成している。しかしながら、州政府の HP で公開している州もあるという現状で、火の使用者に対する情報提供のあり方も併せて検討する必要がある。

こうした、一連のハザードマップを浸透させるには、前述した防災教育も有効に活用できる。

#### **4.7.10 都市部（特に首都圏）の自然災害脆弱性低減**

現在、SERNAGEOMIN が、火山、洪水、地すべり・土砂災害、液状化危険度、地下水汚染等のマルチリスクマップを主要 7 都市で実施している。この地図は、災害を考慮した都市計画作りに反映させることを期待して作成されており、チリ国はこれを有効に活用しなければならない。

一方、首都サンチャゴの人口は約 750 万人（2007 年予測値）で、チリ国の人口の約 43% が集中する大都市である。また、サンチャゴには経済活動も集中しており、高速道路を含む道路網、地下鉄、高層ビルなどの近代的な都市インフラ整備が進んでおり、サンチャゴが大災害に見舞われるとチリ国としては大打撃となる。

さらに、過去の地震履歴を見ると、バルパライソ付近では M6 以上の地震を 4 回観測しており、サンチャゴにおいても大規模な地震が発生する可能性がある。

こうした大災害に備えるために、まずは、人口と資産が集中するサンチャゴ首都圏において、自然災害の脆弱性調査と災害リスク軽減・リスク管理計画を策定するサンチャゴ首都圏防災計画調査を行なうべきである。

#### **4.7.11 提案システム導入のためのパイロットプロジェクト及び事前調査の実施**

提案されているシステムをチリ側のみで今後導入することは、これまで経験の無い機材とシステムを扱うことになるため、予想が付かない部分で時間が大きく掛かる可能性や、調査そのものの手法の確立に戸惑うことも予想される。よって、チリ側が興味を示し早期のシステム導入を希望するものに対して、F/S 調査や概略設計等の支援をすることが望ましい。

(以下余白)