

戦略提言

東日本大震災からの 復興に関する提言

STRATEGIC PROPOSAL

Proposal for Recovery from the Tohoku Earthquake
-from the viewpoint of science and technology-

エグゼクティブサマリー

本提言は、東日本大震災からの我が国の復興に関し、主として科学技術の観点から、どのような寄与が可能か、また、何をなすべきかを取りまとめたものである。

今回の複合的な大災害は、我が国の社会経済システムや市民の価値観に根本的な変革を迫るとともに、21世紀における世界的課題を提起している。復興にあたっては、分野や組織、世代、国境を超えて力を結集する必要がある、科学技術も復興に大きく貢献できる。

科学技術の活用についての基本的な考え方

1. 復興には、多くの科学者の持つ多様な専門的知識を結集する必要がある。
2. 科学者は、被災地域において自治体、被災者等と共同作業を行うことにより、個別分野を超えた、知識の有効な活用方法を見出すことができる。
3. 地域の文化や伝統と最新の科学技術が融合することにより、真の復興が可能となる。
4. このような知識の活用を通じて、今後の復興に必要とされる、組織や制度の壁を破る力を持ち国際貢献を可能にするロバストでアダプティブな科学的知識を創出できる。
5. こうした活動を通じて、従来困難であった科学技術のシステム改革を進める。
6. 科学者は専門的知識をもとに助言・提言を行う立場であり、政策決定者や実際の行動者とは責任と役割を分担する。

本提言では、Ⅰ被災地域の復興、Ⅱ今後のエネルギー戦略、Ⅲ今後の災害への対応について検討し、提言を行った。特に重要な点を以下に記す。

Ⅰ 被災地域の復興

【科学者の参画】

1. 復興にあたってのニーズ、社会的期待の把握、計画策定、実施には、多くの科学者が参画し、地域との協業による様々な調査、研究活動を行うことが必要。

【被害調査・追跡調査】

2. 環境中の放射性物質による長期的影響調査のため、国際的組織の設置を

提案する。

3. 震災の記録の保存、分析のための拠点、各種調査結果のアーカイブの設置を提案する。

【地域社会の再建への貢献】

4. 放射性物質によって汚染された土壌、植物、陸水等の処理、浄化について、海外における知見、技術的蓄積も活用しつつ、総合的、継続的な実施体制をつくる必要がある。
5. 新しい街づくりに、科学技術を活用することで、以下のような新しい取り組みが可能。
 - ・ハード、ソフトが組み合わされた社会インフラ（エネルギー、水、交通・物流、情報）の全体システム設計
 - ・再生可能エネルギーの導入などによる様々な規模でのエコシティ構想の実現
 - ・ICT（情報通信技術）を活用した医療、教育の高度化

【研究開発基盤の再構築】

6. 被害を受けた研究開発基盤について、優先度を考慮しつつ、早期の再構築が必要。その際、分野、組織、国境を越えるネットワーク型、課題解決型の研究体制や国際的な情報発信の強化を推進すべき。

Ⅱ 今後のエネルギー戦略

7. 開かれた形でのエネルギー戦略の策定及びエネルギー研究開発の継続的推進が必要。
8. 地域の活性化に資するとともに今後のエネルギー需給のモデルとなるような地区を被災地域に実現する。

Ⅲ 今後の災害への対応

9. 災害に関する研究開発の成果等が、なぜ実装されなかったのか、検証と改善が求められる。
10. モデリングやシミュレーションを活用した、平常時と非常時を円滑に接続する災害対応システムの構築が必要。
11. 災害時にもロバストな（変化への耐性がある）情報通信システムの構築が必須。また、情報と社会との関係（情報の信頼性、風評等）についての研究が必要。
12. 災害時医療では、効果的なロジスティックスによる迅速な支援が重要。また、医療マネジメントのための司令塔の設置が必要。

研究開発戦略センターでは、今後、幾つかの項目について、具体的な研究開発課題、予算措置、システム改革などに結び付くよう、検討を深めていく。

今回の復興への取り組みは、個々の技術、知識にとどまらず科学技術全体としての対応が要求される。また、グローバルな国際協業として取り組むことも必要である。このような要請に応えるためには、我が国の科学技術システムを、様々な壁を越え課題解決のために、人材や資源を最適に結集できるシステムに変えていく必要がある。

このような観点からの検討も研究開発戦略センターで引き続き行っていく。

Executive Summary

This proposal summarizes the contributions we can make and what we should do, mainly from the viewpoint of science and technology, to recover from the Tohoku Earthquake.

The multiple catastrophic disasters caused by this earthquake are pressing us to fundamentally transform Japan's social and economic structures, change our sense of values, and present global challenges in the 21st century. The reconstruction of the affected areas requires a combination of the forces of many fields, organizations, generations, and nations. Science and technology can also significantly contribute to the reconstruction.

Basic Ideas about the Use of Science and Technology

1. Reconstruction activities require a combination of expertise from many scientists.
2. By working collaboratively with municipalities, victims, and others in disaster-stricken areas, scientists can find ways to make effective use of their knowledge beyond their individual fields.
3. An amalgam of regional culture and tradition and the latest scientific/technical knowledge provides true reconstruction.
4. Through the use of the said knowledge, we can create robust, adaptive scientific knowledge that is required by future reconstruction activities and that is also capable of breaking the barriers of organizations and systems and is capable of making international contributions.
5. Through these activities, we will push forward with reforms to the science and technology systems, which were difficult in the past.
6. Scientists are responsible for providing advice and recommendations based on their expertise; they should be different from policymakers and performers in responsibility and role.

This proposal considers I "Reconstruction of the Disaster-stricken Areas," II "Future Energy Strategy," and III "Future Responses to Disasters," and presents recommendations. Particularly important points are listed below.

I. Reconstruction of the Disaster-stricken Areas

[Participation of scientists]

1. To identify the needs and social expectations associated with reconstruction activities and develop and carry out plans, many scientists must participate in research and study activities in conjunction with regional communities.

[Damage investigations and follow-up researches]

2. We propose that an international organization be established to study the long-term impact of radioactive substances on the environment.
3. We propose that facilities for storing and analyzing the record of the earthquake and archives for survey findings be set up.

[Contribution to the reconstruction of regional communalities]

4. To treat and clean up the soil, plants, land, and water contaminated with radioactive substances, the creation of a framework for comprehensive, continuous implementation is required, while making use of overseas expertise and accumulated technological know-how.

5. The use of science and technology in creating new towns provides new approaches such as the following:

- The design of entire systems for social infrastructures (for energy, water, transportation/distribution, and information) that use a combination of hardware and software
- Implementation of eco-city initiatives of various scales by, for example, introducing renewable energy
- Upgrades medical care and education by making use of ICT (information and communication technology)

[Reconstruction of research & development infrastructures]

6. Damaged research & development infrastructures must be reconstructed early in consideration of priorities. In reconstructing them, we should promote networked, problem-solving research systems beyond field, organizational, and national boundaries and enhance our methods of international information dissemination.

II. Future Energy Strategy

7. The national energy strategy must be developed openly and research and development activities for energy must be continuously promoted.
8. In disaster-stricken areas, we must implement show future systems that will reinvigorate local communities and act as future models for energy demand and supply.

III. Future Responses to Disasters

9. We must ascertain why the fruits of the research and development regarding disasters and other scientific knowledge had not been implanted, and we must make improvements to these activities.
10. A disaster response system must be built which provides smooth connection between usual conditions and emergencies based on modeling and simulations.
11. It is essential to build an information and telecommunications system that is robust (resistant to changes) even in times of disaster. We must also study the relationship between information and society (reliability of information, damages caused by rumors, etc.).
12. In providing disaster medical care, it is important to provide prompt support based on effective logistics. We must also set up a control tower for medical care management.

The Center for Research and Development Strategy will continue to further consider some points so that they will lead to specific research and development challenges, budget development, and system reforms.

The reconstruction activities for this disaster require responses that make use of science and technology as a whole instead of individual techniques and pieces of knowledge. They must be also carried out as global collaboration. To meet these requirements, we must transform the scientific and technological systems in Japan into ones that can optimally combine human and other resources for solving problems beyond many barriers.

The Center for Research and Development Strategy will continue to conduct studies from these viewpoints as well.

目次

エグゼクティブサマリー	i
I 被災地域の復興	
1. 復興の基本方針	1
2. 科学技術の役割	1
3. 被害調査・追跡調査	2
4. 地域社会の再建への貢献	4
5. 研究開発基盤の再構築	8
II 今後のエネルギー戦略	
1. 今後のエネルギー戦略立案の基本方針	10
2. エネルギーの中長期戦略の方向性	10
3. 具体的方策	11
III 今後の災害への対応	
1. 災害に関する研究開発成果や科学的知識の実装、制度化	12
2. リスクマネジメントの強化	12
3. 情報の飢餓、不信、途絶への対応	13
4. 民間の活力の活用	13
5. 災害時の医療体制の充実	13
謝辞	14
参考 1 被災各県の基礎データ	15
参考 2 東日本大震災からの復興における科学的知識に基づく 行動と科学者の役割	16
参考 3 チェルノブイリ事故後の穀物及びジャガイモ中の セシウム 137 濃度	17
参考 4 防災システム、救助活動システムの概念図	18
参考 5 ロバスト情報通信システムの機能	19
参考 6 災害時の医療提供体制に関するイメージ	20
参考 7 福島原子力発電所事故の対応における科学者の 役割（和文・英文）	21

I 被災地域の復興

1. 復興の基本方針

今回の大震災は、我が国の社会経済システムや市民の価値観に根本的な変革を迫っており、復興にあたっては、分野や組織を超えて力を結集する必要がある。復興の基本方針としては、以下の点が重要である。

①様々な課題に対応する「復興」

東日本大震災の復興計画は、単なる「復旧」ではなく、我が国が抱える様々な課題（高齢化、地球温暖化防止、成長戦略等）も踏まえて、それらにも対応する「復興」計画とする必要がある。

②地域ごとの特徴を生かした地域主体の復興

復興のニーズ、社会的な期待は各地域によって異なる。地域の事情をきめ細かく調査・分析、展望し、それぞれの特徴を生かした、地域が主体の希望のある復興を進めるべきである。

③日本経済の停滞防止

復興のための資金、人材、モノがうまく循環し、日本経済の停滞を防ぎ国際競争力を維持する視点が求められる。また、今回の震災が、海外企業の日本撤退や日本企業の海外移転を加速するおそれがあることにも留意する必要がある。

④グローバルな視点

今回の未曾有の複合的な大災害は、21世紀における世界的課題を提起しており、世界的な関心が高い。また、我が国の安全、安心に関する信用の低下やそれによる世界からの孤立を避け、信頼を回復する必要がある。このため、国際的な視点に基づく情報発信、復興計画の国際協業などが欠かせない。

2. 科学技術の役割

復興には、多くの科学者の持つ多様な専門的知識を結集する必要がある。

科学者は、被災地域において自治体、被災者等と共同作業を行うことにより、個別分野を超えた、知識の有効な活用方法を見出すことができる。地域の文化や伝統と最新の科学技術が融合することにより、真の復興が可能となる。

一方、このような知識の活用を通じて、今後の復興に必要とされる、組織や制度の壁を破る力を持ち国際貢献を可能にするロバストでアダプティブな科学的知識を創出できる。

既に、被害を受けた東北大学においては、「災害復興新生研究機構（仮称）」

を設立する動きもある。国・自治体が、これらの動きを奨励するとともに、その成果を復興事業に取り入れることを期待する。

また、これは、我が国の大学改革のモデルになることも期待できる。

重要なポイント 1

地域のニーズ、社会的期待を踏まえた復興を実現するためには、多くの科学者が参画した様々な調査、研究活動が必要。

国・自治体が、大学、学会等の活動を奨励するとともに、成果を復興事業に取り入れることを期待。

今後、復興計画やその推進にあたって、政策の形成や実施のプロセスにおいて科学技術が適切な役割を果たすことがますます求められる。その際、政治や行政側と科学技術の専門家の双方が互いの役割と責任を正しく捉え行動する必要がある。近年、公共政策への科学的アドバイスの重要性は、世界的に高まっており、復興の各プロセスにおける行政や社会と科学との関係に関する調査分析、事例の蓄積は、今後の国内外の科学技術イノベーション政策に重要な示唆を与えるものと考えられる。

研究開発戦略センターでは、今後、政策形成における政府への科学的助言のあり方や政府と科学の間の行動規範について、日本の実情に即したガイドラインの試案の検討など調査検討を進める。

(参考2及び「政策形成における科学の健全性の確保と行動規範について」(平成23年5月研究開発戦略センター)参照。)

3. 被害調査・追跡調査

被害調査・追跡調査は、復興計画の立案、実施に欠かせないだけでなく、今後の災害に備える観点からも重要である。

今回の震災は、巨大地震、巨大津波、原発事故、それに伴う電力制限、さらに情報の混乱、風評被害など非常に複雑なものであり、被害調査・追跡調査も様々な観点から徹底して実施する必要がある。調査は、今後の検証に役立つよう体系的かつ科学的に行われるべきである。そのためには専門家の知識を集約化し活用する具体的な枠組みが必要になる場合もある。

また調査は、倫理指針等各種取り決めに従った上で、被災地域の状況や被災者の心情に十分配慮して行われるべきである。

(1) 放射性物質の人体、環境に対する影響の調査

福島第一原子力発電所の事故により、多量の放射性物質が環境中に放出された。放出された放射性物質の人体や環境に対する影響調査は、日本国民の安全、安心、国際社会からの信頼回復のために極めて重要であり、国際的な

組織を設置して、専門機関との有機的な連携のもと長期的に取り組むべきである。

この組織においては、以下の研究や活動に取り組むことが考えられる。

- ・放射性物質の環境（大気、土壌、水域）への拡散・蓄積状況の長期かつ高精度なモニタリング及び土地利用形態ごとの評価
- ・モデリングとシミュレーションによる拡散・蓄積状況の長期変化予測
- ・動物、植物等の生物体内への蓄積に関する経路同定・量的評価
- ・食品や飲料水から検出される放射線量のモニタリング
- ・放射線の人体への影響に関する疫学的研究
- ・福島第一原子力発電所周辺の住民や発電所従業員等の心身に対する事故の直接的・間接的な影響の調査及びケア
- ・モニタリングや評価結果等の内外へのタイムリーな公表

重要なポイント 2

環境中に放出された放射性物質の長期的影響調査のための国際的組織の設置。

（2）放射性物質を除く震災影響に関する被害調査・追跡調査

今回の震災に関する被害調査には、大学、学会、各府省等が、積極的に取り組んでいる。地震発生直後の3月14日には、科学研究費補助金により、「2011年東北地方太平洋沖地震に関する総合調査」（注）が開始された。

（注）研究代表者：篠原雅尚東京大学地震研究所教授

調査内容：

1. 海底地震観測及び陸上地震観測による地震活動調査、震源域の地殻構造調査
2. 巨大地震発生機構と強振動発生の解明
3. 津波発生過程の解明と津波被害調査
4. 地震動による構造物等被害調査

また、科学技術振興機構により、「国際緊急共同研究・調査支援プログラム（J-RAPID）」の提案募集が行われるなど、国際共同調査も推進されている。

震災に関する被害調査については、一般的には、人的、物的な「損害」の調査が中心となるが、今回の震災は冒頭に述べたように、巨大、複雑で多重性の災害であり、以下に述べるような調査も重要である。

【環境】

- ・海水、海底土、油、有害物質等の残存・蓄積が陸上生態系（特に農地）に与える影響の調査

- ・陸上からガレキ、土砂等が流入した海底の調査

【健康】

- ・被災者の精神的ストレスに関する倫理指針に基づく疫学的調査
（阪神・淡路大震災では、被災によるPTSD（心的外傷後ストレス障害）が問題となり、「こころのケアセンター」が設置された。）
- ・各避難所等の衛生状態、感染症の発生状況、被災者の健康状態に関する調査
- ・医療提供体制の調査

【社会・経済】

- ・短期・中長期での雇用への影響に関する調査
- ・産業のサプライチェーンへの影響とその復旧過程に関する調査
- ・情報通信インフラへの影響とその復旧過程に関する調査
- ・政府、自治体、マスコミ等による国内外への情報発信及び人々への情報伝達過程に関する調査（デマや風評被害等の社会心理学的事象も含む。）
- ・避難所ごとの生活環境や運営体制の違いに関する調査
- ・被災地や避難所でのNGO等の民間組織の活動状況（どう問題を解決したのかの事例収集等）
- ・住宅、交通、通信、港湾、産業等に関する各種インフラの復旧過程の調査

以上のような多種多様な被害調査・追跡調査の結果を集積する震災アーカイブを設置することが必要であり、また、被災状況の一部保存を含めた、震災の記録の保存、分析のための拠点の設置など、震災による苦難や経験を風化させずに後世へ残すための多様な工夫も重要である。

重要なポイント 3

**多種多様な被害調査・追跡調査の結果を保存する震災アーカイブの設置。
被災状況の一部保存を含めた、震災の記録の保存、分析のための拠点の設置。**

4. 地域社会の再建への貢献

被災地域における地域社会の再建に関しては復旧が当面の大きな課題となる一方、新たな街づくりのための議論、検討も並行して始める必要がある。これらは震災からの復興をどう進めるかの方向付けに関わる重要な作業段階であり、地域のニーズを踏まえつつ全体的・長期的視野のもとで行われるべきである。

（1）復旧フェーズ

被災地域の復興にあたっては、まず、災害廃棄物（各種ごみ、車・船舶、

へドロ、水産物・水産加工物、草木類、ガレキ等）の撤去（収集、分別、処理、処分）、次に、汚染された土壌等の処理、処分が実施される。

これらは、至急に実施する必要があるため、また多くの地域では既に着手されているため、基本的には、既存技術で対応することになる。ただし、比較的時間を要するものについては、より有用な技術を、産学官共同で開発し、実用に供することも考えられる。

【災害廃棄物】

災害廃棄物の分別・処理に関しては、関連省庁や研究機関、学会等から資料が公開されている。例えば一般社団法人廃棄物資源循環学会は、東日本大震災向けの分別・処理作業マニュアルを、国連や国内の指針等を踏まえつつ現場での利用を想定して作成し、公開している（2011年4月）。こうした専門家による知見を集約・周知し、広く現場で活用できるようにすることは効率的な作業実施に有用と思われる。

一方で、以下のような技術的課題は依然存在する。これらの解決にあたっては引き続き専門家による取り組みが必要となる。

- ①分別：仮置き場に集められる極めて大量の災害廃棄物を迅速かつ適切に分別するための技術ないし作業マニュアルの高度化が必要。
- ②焼却：海水由来の塩分を含んだ木くず（建材等）は焼却時にダイオキシン類発生のある恐れがあるため対応について事前の検討が必要。
- ③有毒物の除去：PCB、アスベスト等の有毒物除去は、分別・処理技術の高度化が必要。
- ④有用物の利用：電子機器製品からのレアアースの回収や、木材等のバイオマス発電への利用は、コスト低減も含めた有用性の実証が必要。

【塩分、油等を含んだ土壌の処理】

土壌中の塩分や油の除去作業については、工学的手法や生物学的手法（例：バイオレメディエーション）のような既存技術で対応可能と思われる。ただし今回は広域なため低コストで実施可能な技術が必要となる。水田や畑などの生産地と、緑地などの非生産地で対応を変えるなど、被害状況や土地の利用形態に応じた対応策の検討が必要である。

【放射性物質による汚染の除去】

放射性物質により汚染された一般環境中の土壌、森林、陸水等の処理ないし浄化は、我が国にとってはなじみのない課題である。しかし、海外では、チェルノブイリ事故や軍用施設での環境修復の経験があり、技術も蓄積されている。これらの蓄積を活用しながら以下のような課題について、積極的に取り組む必要がある。

- ・広域調査に基づく放射線レベル別の土地のゾーニング（区域分け）及び区域ごとの対応策検討
- ・現場での作業時に利用可能な放射性核種の迅速計測システムの構築（簡易計測器の開発等）
- ・土壌中の放射性物質（特にセシウム 137）の除去

除去方法としては、物理的閉じ込め、固化・安定化、化学分離、物理分離、生物分離（ファイトレメディエーション）などがある。海外での経験を参考にしつつ、対象地域の特性や土地利用に応じて使用する技術进行评估し、選定していく必要がある。ただし放射性物質の完全除去は現時点では技術的に難しく、低濃度だが汚染された土壌をどうするかは社会的な合意形成も含めて検討が必要（参考 3：チェルノブイリ事故後の穀物及びジャガイモ中のセシウム 137 濃度）。また、海外では、農産物中の放射性物質濃度を低減させる効果を持つ農法に関する報告がある。

なお、生物分離（例えば、チェルノブイリ周辺で試みられている菜の花プロジェクト）には、土壌の浄化に加えて、土地が放棄されていないという心理的效果も期待できる。

- ・汚染されたものの処分

生物分離では、放射性物質は、土壌から生物体内に移動しただけであるので、生物体の処分は課題として残ることになる。

また、処分については、技術的課題とともに、法的、社会的課題への対応も大きい。

放射性物質による汚染の除去については、技術的な検討とともに、実施体制の確立が重要であり、多くの機関の協力のもとで、関係者への説明なども含めた総合的、継続的な体制をつくる必要がある。

重要なポイント 4

**放射性物質によって汚染された一般環境中の土壌等の計測、処理、浄化について、海外での技術的蓄積も活用しつつ、検討が必要。
また、総合的、継続的な実施体制をつくる必要がある。**

（2）新しい街づくりへの貢献

復興にあたって、どのような新しい街をつくるかは、それぞれの地域の歴史、文化等を尊重しつつ、また、様々な社会的課題や期待に対する新しい取り組みも含めて、住民主体で決めていくことになる。

科学技術を活用し、エネルギー問題、少子高齢化、災害への対応といった観点から、新しい街づくりのへの可能性を示すことができる。

①社会インフラの全体システム設計

社会インフラとしては、エネルギー、水、人の移動、物流、通信が主要な機能である。現状では、これらのインフラは、個別に設計、設置されている。今後、社会インフラの統合を通じて、機能の高度化・効率化、災害に強い街づくりを目指すことが期待される。そのためには、インフラの状態を検出するセンサーネットワークの設置、社会インフラのモデル化、シミュレーションの実施等を通じて社会インフラの全体システム設計が必要となる。

具体的には、自治体、各インフラの担当機関、インフラを設計・設置する民間企業、システム科学や都市問題の研究者等が協力して社会インフラの全体システム設計に取り組むことが求められる。

②再生可能エネルギーの導入促進

温室効果ガスの排出削減や予想される電力不足に対応するため、我が国全体として、再生可能エネルギーの導入促進を検討する必要がある。復興の新しい取り組みとしても、この点は大きな意味がある。（P 10：Ⅱ今後のエネルギー戦略 2. エネルギーの中長期的戦略の方向性 参照）

具体的な発電形態としては、建物屋上での太陽光発電、独立した太陽光発電所、海岸線での風力発電、中小水力発電、地熱発電などがある。

また、変動の大きい再生可能エネルギーの有効利用のためには、経済性だけでなくセキュリティの観点からも、電力需給の自立的調整を可能とするスマートグリッドが必要となり、更に、蓄電のための電気自動車の活用も想定されている。

このような地域レベルでの再生可能エネルギーの導入は、すでに、全国で社会実証が行われ始めているが、被災地域の復興での導入は、様々な方式と成果を地域の実情に合わせて組み合わせる重要な機会となる。

③ICT（情報通信技術）を活用した医療、教育の高度化

医療や教育の充実は、地域社会の再建にとって重要である。ICT（情報通信技術）の活用は、側面的ではあるが、この充実に寄与できる。

例えば、医師不足に対応した遠隔診断・治療、高齢化に対応した在宅での医療相談、外国語などの科目における遠隔教育が考えられる。

これらの技術については、医療、教育の再建にあたって、導入を検討する価値がある。

重要なポイント 5

新しい街づくりにあたって、科学技術を活用し、以下のような新しい取り組みが可能。

- ・社会インフラの全体システム設計
- ・再生可能エネルギーの導入促進
- ・ICT(情報通信技術)を活用した医療、教育の高度化

(3) 農林水産業の再生

復旧フェーズでは、

- ・海水、海底土をかぶった田畑の復旧
- ・破損した用排水施設等の施設の改修
- ・港湾の再整備
- ・陸上からガレキ等が流入した沿岸漁場の回復

などを早急 to 実施する必要がある。これらは既存技術で対応することになる。

一方で、地域の復興と発展のためには持続可能な産業の再構築が不可欠である。被災地周辺は住民の大半が第 3 次産業に従事しているものの、農林水産業の存在感が大きい地域でもある。従って第 1 次産業の再構築は地域社会の再建において極めて重要なテーマである。魅力的で持続可能な農林水産業を構築するためには、住宅地と農地の分離による経営規模の拡大、流通機構の改善、6 次産業化など科学技術以外の、政策的、制度的側面での変革が重要であるが、科学技術の観点からも、以下のような寄与が可能と考えられる。

- ・ICT の活用による、高効率化、精密化、省力化の実現
- ・消費者の信頼を確保するための、生産、流通に関する情報提供システムの整備
- ・持続可能な漁業を確立するための資源管理技術の開発

5. 研究開発基盤の再構築

今回の震災により、東北地方の大学や筑波地区の研究機関等において、研究施設が大きな被害を受けた。ただし被害の詳細は電源などのインフラが復旧し通電稼動した段階で明らかとなるため、現時点では全てを把握するには至っていない。

(注) 文部科学省「東日本大震災による被害情報について (第 86 報)」(2011 年 5 月 2 日)によれば、文部科学省関係の物的被害として、76 の国立学校施設、18 の研究施設等が被害を受けている。

また、施設に限らず、震災の影響として、研究活動に以下のような影響がみられる。

- ・多数の外国人研究者が、一時的に母国に帰国した。既に再来日している例も見られるが、貴重な研究人材の減少、国際的な活動への影響が懸念される。
- ・電力不足による節電の実施が不可避であり、電力を多量にかつ継続的に必要とする大型装置を用いた研究や低温での試料の保管等に支障が出ることが懸念される。

このような事態に対し、震災の影響がなかった地域の研究機関による研究支援や、マシンタイムの共有、試料の分散保管などの協力が実施されてきている。

(注) 例えば、筑波の高エネルギー加速器研究機構のケースでは、緊急対応策として関西の Spring-8 などと連携し、フォトンファクトリーの相当

数のユーザを引き受けてもらっている。また、全国の臨海実験所や水産試験所では、被災した学生や教員の受入れや、研究設備、実験機器、宿泊施設等の提供を発表している。

今回被災した研究機関は、我が国の重要な研究開発基盤をなすものであり、また、被災地域の復興にあたっては率先して貢献することが期待される。従って、以下の点に留意しつつ、早急な研究開発基盤の再構築が必要である。

- ・可能な限り、低コスト化、省電力化を図り、優先度を設定して、再構築を図ること。
- ・再構築にあたっては、単なる復旧ではなく、従来から課題となっている、分野、組織、国境を超える研究システムや課題解決型の研究体制の実現を図ること。

さらに今回の教訓を踏まえ、以下のような取り組みも強化すべきである。

- ・複数の大型施設の共同利用や、試料の分散保管といった、災害に配慮したネットワーク型の研究体制を整備していくこと。
- ・災害時のみならず、平常時においても、国際的な情報発信の仕組みを強化するとともに、そのための人材の育成・確保に努めること。

(災害発生時に、外国語での情報発信が不十分であったため、外国人研究者に必要以上の不安を生じさせたと考えられる。)

重要なポイント 6

被害を受けた研究開発基盤について、優先度を考慮しつつ、早期の再構築が必要。分野、組織、国境を超えるネットワーク型、課題解決型の研究体制や国際的な情報発信の強化を推進すべき。

Ⅱ 今後のエネルギー戦略

福島第一原子力発電所の事故により、原子力の安全確保が世界的な課題となり、我が国のエネルギー政策も早急な再検討が必要となった。

まず、福島第一原子力発電所の事故を収束させ、事故原因の検証を国際的に徹底して行い、他の原子力発電所における安全対策を強化するとともに世界の原子力安全の向上に資することで、日本並びに世界各国の人々が安心感を取り戻せるように全力を尽くす必要がある。

また、短期的には、関東・東北・中部地域での電力不足に対応し、今年の夏から冬にかけて、社会経済活動をどう継続させるかが大きな課題となる。

中長期的には、世界的にエネルギー需要が増加するなかで、エネルギーの安定供給、地球温暖化防止、経済成長をとともに実現していくために、国としてどのようなエネルギー戦略をとるのが問われる。

短期的な需給対策については、科学技術振興機構低炭素社会戦略センターほかで、具体的な提案がなされているので、ここでは、中長期的な問題についての提言を行う。

1. 今後のエネルギー戦略立案の基本方針

我が国がどのようなエネルギー戦略をとるかは、国の命運にかかわる重要事項であり、国民的な議論を通じて、政治的選択にゆだねられるべきものである。

科学技術の観点からは、前提条件を整理し、正確な技術情報、分析、シミュレーション結果等を提供し、エネルギー戦略の選択肢を示すことが最も重要になる。このような活動は、日本学術会議などで取り組みが始まっている。

今後のエネルギー戦略立案の基本方針は、以下の2点に集約できるだろう。

- ・エネルギー戦略の選択肢を国民に示し、科学的な政策判断を促すこと。
- ・エネルギー戦略選択の基本は、エネルギー安定供給、経済、環境のトリレンマ問題である。

2. エネルギーの中長期戦略の方向性

上記の基本方針に基づく我が国の中長期的なエネルギー戦略の方向性を以下に示す。

- ①省エネルギー、高効率エネルギー利用を進めて、エネルギー消費、物質消費の少ない社会を目指すこと。
- ②温室効果ガスの排出を減らすため、化石燃料利用を減らすとともに、温室効果ガスの隔離貯留技術の開発・検証を進めること。
- ③再生可能エネルギーの研究開発を推進すること。特に、低コスト化、高EPR（エネルギー収支比：Energy Profit Ratio）化に向けた研究開発を推進して、早期の市場導入を促進すること。
- ④原子力の安全性を、他の科学技術分野（例えば、ナノテク・材料）や国際

的な協力も得て、徹底的に検証すること（プラント規模、導入量、新しいタイプの原子炉の検討も含めること）。また原子力の将来シナリオについて検討すること。

- ⑤小型分散型エネルギーシステムの高度化、スマートグリッド、エネルギー・ハーベスティングなどのシステム技術の開発・社会実装を推進すること。

今後は、個々のエネルギー技術の開発・活用に加えて、エネルギーの生産・流通・消費・循環のトータルシステムやそのマネジメントなどについて、経済性だけでなくセキュリティの観点からも検討する必要がある。

また、エネルギー技術は、科学のあらゆる分野によって成立していることを考慮し、多様な分野が協力する研究体制を作る必要がある。

3. 具体的方策

被災地域の復興も視野に入れて、取り組むべき具体的方策を、以下、2点提言する。

- ①開かれた形でのエネルギー戦略の策定及び研究開発の継続的推進

これまでのエネルギーに関する計画の策定においては、産学官の専門家の知識が十分に活用されていたとは言いにくい。新しいエネルギー戦略の策定が喫緊の重要課題となったことを踏まえて、情報を公開し、開かれた形でのエネルギー戦略の策定が求められる。また、エネルギー戦略を支える研究開発を継続的に推進する必要がある。その際、関係機関の力を結集するために、研究拠点の整備やネットワーク機能の強化が求められる。

- ②地域の活性化に資するとともに今後のエネルギー需給のモデルとなる地区を被災地域に実現

被災地域における新しい街づくりの一環として、地域の活性化に資するとともに今後のエネルギー需給のモデルとなるような地区を設定する。新しいエネルギーの需給技術だけでなく、電気事業制度の改革や市民生活と農林水産業が共生するエコ・エネルギーシステムの構築も検討すべきである。

重要なポイント 7

開かれた形での我が国のエネルギー戦略の策定。エネルギー研究開発の継続的推進。

重要なポイント 8

地域の活性化に資するとともに今後のエネルギー需給のモデルとなるような地区を被災地に実現。

Ⅲ 今後の災害への対応

日本列島の地理的特性から、我が国は、地震、津波のみならず、台風、豪雨、火山噴火など、様々な自然災害を年間を通じて経験する。このことは今後も変わることはない。従って今回の経験を教訓としつつ、今後の災害に備えた対策を強化していく必要がある。特に、今回のような複合的災害を視野に入れて対策を検討しなければならない。

1. 災害に関する研究開発成果や科学的知識の実装、制度化

今回の災害において、我が国の高度な科学技術が活躍したという印象は、薄い。原子力発電所の事故に備えたロボットの開発は、国の費用も投入してこれまで実施されてきたが、緊急時には活用されなかった。また、大きな津波が東北地域を襲う可能性が指摘されながら、実際の発電所の安全対策には反映されなかった。

今回の経験を機に、災害に関する研究開発の成果や科学的知識がなぜ、現実の実装、あるいは制度化されなかったのか、十分に検証し、今後の改善につなげていく必要がある。このような検証は、国が主体的に行う必要があるが、同時に学会等の科学者集団も、自発的に率先して取り組むべきである。

重要なポイント 9

災害に関する研究開発の成果や科学的知識がなぜ、現実の実装、あるいは制度化されなかったのか、十分に検証し、今後の改善につなげていく必要がある。

2. リスクマネジメントの強化

災害対策においては、建物の耐震強化などの、いわゆるハード面での対策ばかりでなく、リスクマネジメントなどのソフト面の充実が重要である。

平常時に、モデリングやシミュレーション等の科学的手法により、精度高く災害時の被害予測を行うとともに、災害対応計画を最適化し、普及させる。実際に災害が発生した場合には、実データに基づき被害状況を迅速に明らかにして避難や救助活動に生かす。このような平常時と非常時を円滑に接続した災害対応システムを構築する必要がある。(参考4：防災システム、救助活動システムの概念図)

重要なポイント 10

モデリングやシミュレーションの手法を活用した、平常時と非常時を円滑に接続する災害対応システムの構築。

3. 情報の飢餓、不信、途絶への対応

今回の災害において、情報飢餓（見とおせない）、情報不信（信じられない）、情報途絶（アクセスできない）が大きな問題となった。

今回発生した事態を十分に分析、検証し、災害時にもロバストな（変化への耐性のある）情報通信システムを構築していくことが欠かせない。

また、情報と社会との関係（情報の信頼性、風評の発生及びその対策、情報のトレーサビリティ等）についての研究を行う必要がある。

（参考5：ロバスト情報通信システムの機能）

重要なポイント 11

災害時にもロバストな（変化への耐性のある）情報通信システムの構築が必須。情報と社会との関係（情報の信頼性、風評等）についての研究必要。

4. 民間の活力の活用

災害時には、国、自治体のみならず、民間企業やNGO、ボランティアなど、様々な主体が活動する。これらの主体がどのように活動し、具体的な問題をどう解決したかは、貴重な情報であり、一過性のものとして終わらせずに、蓄積し、次に生かしていく必要がある。

更に、避難所での生活支援や、物流、支援物資の適切な配分などについては、民間企業が行政機関以上に高度なノウハウを平常時から蓄積しており、適切な活動を展開できる側面があると考えられるので、災害時の活動の一部をビジネスモデル化するなどして、民間の活力を活用することも検討課題になる。

5. 災害時の医療体制の充実

災害時には、人、物資、情報が量的、時間的、空間的に突如不足する。こうした状況にどう対処したか、医療の提供と医療資源のマネジメントという2つの側面から分析、検証することが、将来へ向けた対策作りで必要となる。

災害時には「効果的なロジスティックスによる迅速な支援」が求められるが、そのためには被災地のニーズの把握と支援リソースのマッチング、迅速かつ適切な供給方法の確保、被災地内外への各種医療情報の発信、科学的調査の集約化などをとりまとめる司令塔的組織が必要になると考えられる。

（参考6：災害時の医療提供体制に関するイメージ）

重要なポイント 12

災害時の医療では、効果的なロジスティックスによる迅速な支援が重要。医療マネジメントのための司令塔の設置が必要。

謝辞

本提言の作成にあたって、以下の方々にインタビューをお願いした。この場を借りてお礼を申し上げる。また、下記のシンポジウム等に参加し、情報の入手に努めた。

第一次インタビュー

全体論についてお話を伺った。

桑原 洋	日立マクセル名誉相談役 (4/11)
黒田 昌裕	東北公益文科大学学長 (4/11)
榊原 定征	東レ代表取締役会長 (4/14)
中村 道治	日立製作所取締役 (4/14)
井村 裕夫	(財) 先端医療振興財団理事長 (4/15)
石井 紫郎	日本学術振興会相談役 (4/15)

第二次インタビュー

個別の項目に関してお話を伺った。

竹中工務店	(4/21)
松田 裕之	横浜国立大学教授 (4/21)
関谷 直也	東洋大学准教授 (4/25)
金 吉晴	国立精神・神経医療研究センター部長 (4/26)
大成建設	(4/27)
三輪 睿太郎	東京農業大学総合研究所教授 (5/9)
高エネルギー加速器研究機構	(5/2)
物質・材料研究機構	(5/2)
岡田 憲夫	京都大学防災研究所教授 (4/22)
古川 勝久	社会技術研究開発センター (5/12、13)

関連シンポジウム等

- 3/18 緊急集会「今、われわれにできることは何か？」(日本学術会議)
- 4/17 緊急報告会「東日本大震災への対応」(防災科学技術研究所)
- 4/18 COCNフォーラム 2011「課題解決型イノベーションの実践」(COCN：産業競争力懇談会)
- 4/25 「強靱な社会インフラの再構築に向けて科学技術は何をなすべきか」(横断型基幹科学技術研究団体連合)
- 4/26 「東日本大震災からの復興に向けて」(日本学術会議)
- 5/10 LCS (低炭素社会戦略センター) 設立1周年シンポジウム-低炭素社会実現に向けたシナリオと戦略-

参考資料

参考1 被災各県の基礎データ

〔()内の順位は、都道府県別の順位〕

	岩手県	宮城県	福島県	茨城県
総人口	134 万人(32 位)	234 万人(15 位)	204 万人(18 位)	296 万人(11 位)
総面積	15,279km ² (2 位)	7,286km ² (16 位)	13,783 km ² (3 位)	6,096km ² (24 位)
人口密度	88 人/ km ² (46 位)	321 人/ km ² (20 位)	148 人/ km ² (39 位)	486 人/ km ² (13 位)
生産年齢人口割合	60.6%(37 位)	64.5%(10 位)	61.5%(26 位)	64.6%(9 位)
老年(65≧)人口割合	26.8%(6 位)	22.1%(36 位)	24.7%(23 位)	22.0%(39 位)
県民所得(人)(2007)	238 万円(40 位)	258 万円(32 位)	285 万円(18 位)	301 万円(12 位)
勤労者世帯収入	477 万円(32 位)	460 万円(37 位)	602 万円(4 位)	562 万円(12 位)
貯蓄(人)(2004)	1212 万円(37 位)	1157 万円(40 位)	1289 万円(35 位)	1599 万円(20 位)
県内総生産 ¹ (2008)	4 兆 3920 億円 (32 位)	8 兆 1930 億円 (15 位)	7 兆 6670 億円 (18 位)	11 兆 5160 億円 (11 位)
産業構造(%) ¹ (2008) (1次:2次:3次)	4:22:75	2:18:81	2:29:69	2:37:61
製造品出荷額 ²	1 兆 9458 億円	2 兆 8367 億円	4 兆 5589 億円	9 兆 4776 億円
主力製造品	輸送用機械器具 電子部品 デバイス	自動車関連 エレクトロニクス	半導体 プリント基板 電子部品・機器	一般機械 化学工業、鉄鋼 食料品
使用電力量 ³ (2008)	28 億 kwh(33 位)	49 億 kwh(16 位)	43 億 kwh(21 位)	63 億 kwh(13 位)
財政力指数(2008)	0.314(39 位)	0.543(19 位)	0.462(25 位)	0.676(8 位)
総就業者数 ¹ (2008)	72 万人(26 位)	112 万人(15 位)	102 万人(18 位)	141 万人(12 位)
完全失業率(2005)	6.2%(15 位)	6.9%(8 位)	6.0%(20 位)	5.9%(23 位)
就労構造(%) (2005) (1次:2次:3次)	14:26:60	6:24:69	9:30:59	7:30:61
耕地面積割合	10%(25 位)	19%(6 位)	11%(22 位)	29%(1 位)
可住地面積割合	24%(40 位)	43%(14 位)	31%(27 位)	65%(4 位)
人口密度/可住地	361 人/ km ² (45 位)	746 人/ km ² (28 位)	484 人/ km ² (42 位)	745 人/ km ² (29 位)
漁港数 ⁴ (2011)	111(6 位)	142(4 位)	10(40 位)	24(31 位)
小学校数 ⁵	412	456	530	573
中学校数 ⁵	195	226	246	244
高校数 ⁵	87	107	114	135
大学・短大数 ⁵	10	19	13	14
大学等進学率(2008)	41%(46 位)	46%(33 位)	43%(40 位)	52%(25 位)
医師数(歯科除く) (10 万人当たり)(2008)	178(40 位)	205(28 位)	183(37 位)	154(46 位)
一般病院数 (10 万人当たり)(2008)	6.1(25 位)	5.1(35 位)	5.9(27 位)	5.8(29 位)
一般診療所数 (10 万人当たり)(2008)	68.3(39 位)	67.5(40 位)	71.5(31 位)	56.9(46 位)

* 特記なき場合、出典は「統計でみる都道府県のすがた 2011」 <http://www.stat.go.jp/data/ssds/5a.htm>

その他の出典

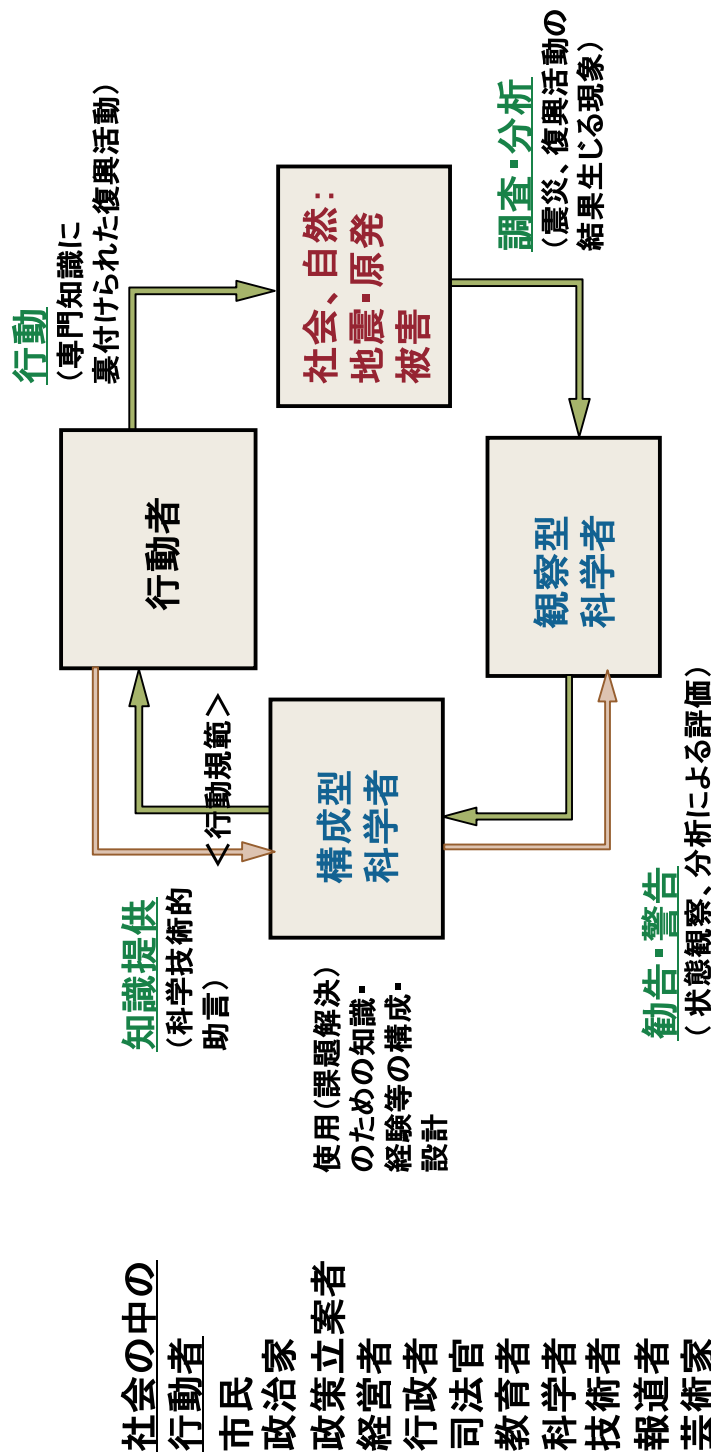
1 内閣府県民経済計算 http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/sonota/kenmin/kenmin_top.html2 経済産業省工業統計調査平成 21 年度 <http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/result-2.html>

3 電気事業連合会統計委員会「電気事業便覧」

4 水産庁 HP http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_zyoho_bako/gyoko_itiran/sub81.html5 総務省統計局「日本の統計 2011」第 22 章「教育」 <http://www.stat.go.jp/data/nihon/22.htm>

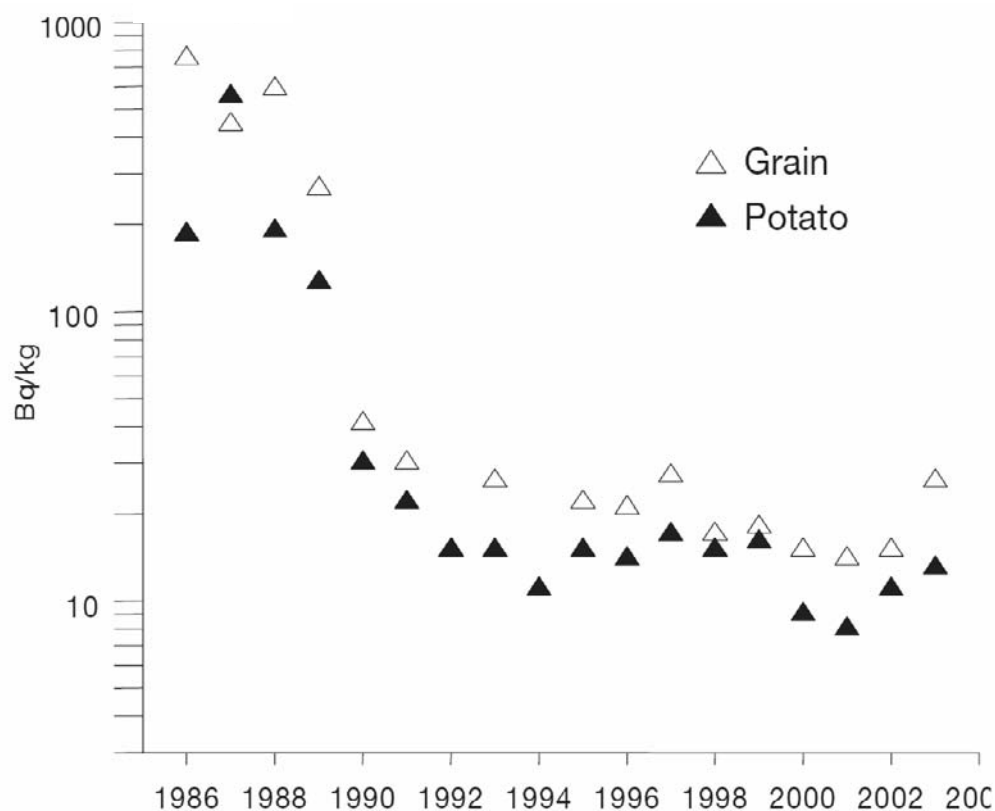
* 特記なき場合、対象年度は 2009 年度

参考2 東日本大震災からの復興における
科学的知識に基づく行動と科学者の役割
(collective intelligence,
集合的知性)
《大局的循環と局所的対話》



吉川弘之JST-CRDSセンター長
「科学技術政策の今後の課題」
CSTP大臣・有識者会合、3.4.2010.を基に作成

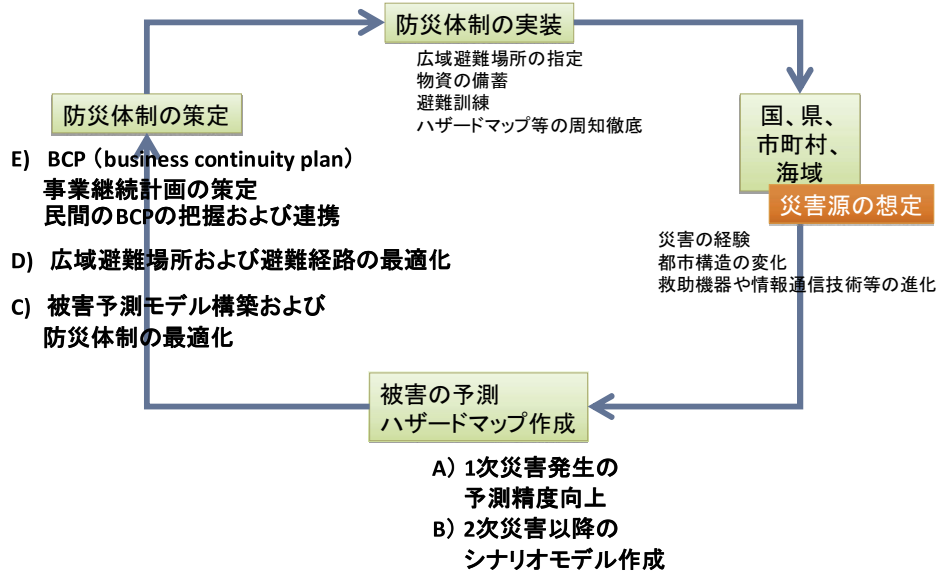
参考3 チェルノブイリ事故後の穀物及びジャガイモ中のセシウム 137 濃度
(ロシア B r y a n s k 地域)



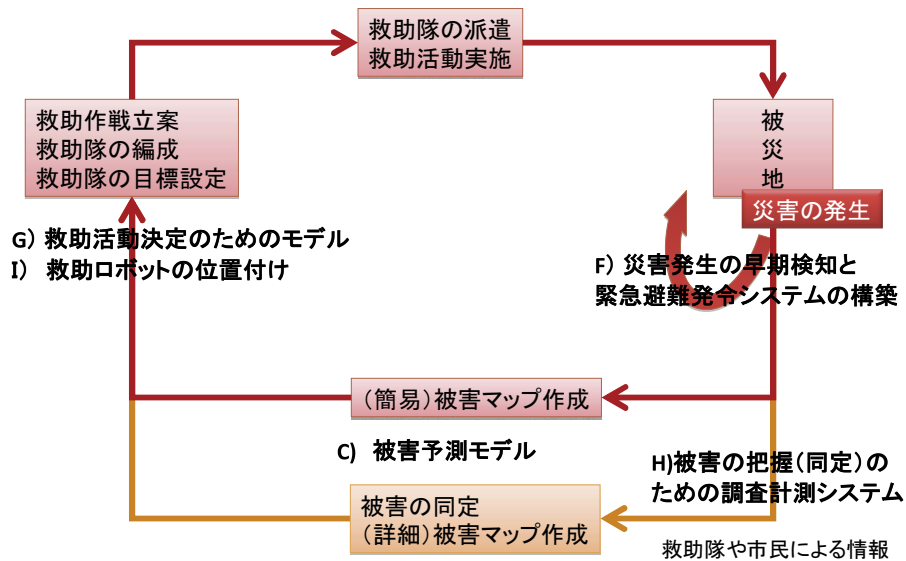
(出典) IAEA/Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience

参考 4：防災システム、救助活動システムの概念図

防災システムの構築



救助活動システムの構築



参考5：ロバスト情報通信システムの機能

ロバスト情報通信システムの機能

- ・ 高信頼・低速・広域通信
 - ・ 処理性能に関するスケーラビリティを格段に向上
- ・ 低消費電力、バッテリー動作可能(1週間以上)
- ・ 防災無線システムとの連動
- ・ 可搬型基地局
- ・ 輻輳回避トラフィック制御、ソフトウェア制御
- ・ ビーム絞りによるレーダー的動作、GPS機能の活用(被災者発見)
- ・ 平時は、農業、携帯電話不感地帯への救急医療などに活用

ロバストな情報通信システムのイメージ(例)

➤電源: **希薄分散エネルギー**(熱電素子、圧電素子、充電器など)、ITの省エネ、スマートグリッド、蓄電、バッテリーレス機器、無線給電システム、ピークカット制御

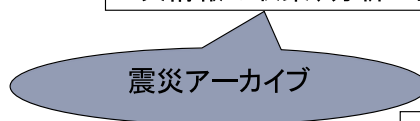
➤回線: 通信系統の多様化(**コグニティブ無線**)、**ディペンダビリティ**(通話制限、SMSによるデータ量削減、アドホック、マルチホップ無線システムなど)

➤デバイス: **超低消費電力**、耐放射線、簡易放射線検出装置

➤風評被害の防止(web分析、記名式、フェイスブック、デジタルマップによる情報の一元管理)



まずは、どのような情報やデマが流れたか、国や地方の対応が適切であったかの分析、散逸前の1次情報の収集、分析が重要



国家情報安全保障構築

(青字: 研究開発戦略センターが既に研究開発戦略の提案を行っているもの)

参考 6 : 災害時の医療提供体制に関するイメージ

災害医療に関する提言項目



災害時の医療資源・技術の開発・確保

- ・ 災害時に必要かつ利用可能な医療資源・技術の開発・確保

災害医療に必要な情報の収集と発信

- ・ 医療ニーズとリソースのマッチングに必要な情報インフラを
平時から整備・運用

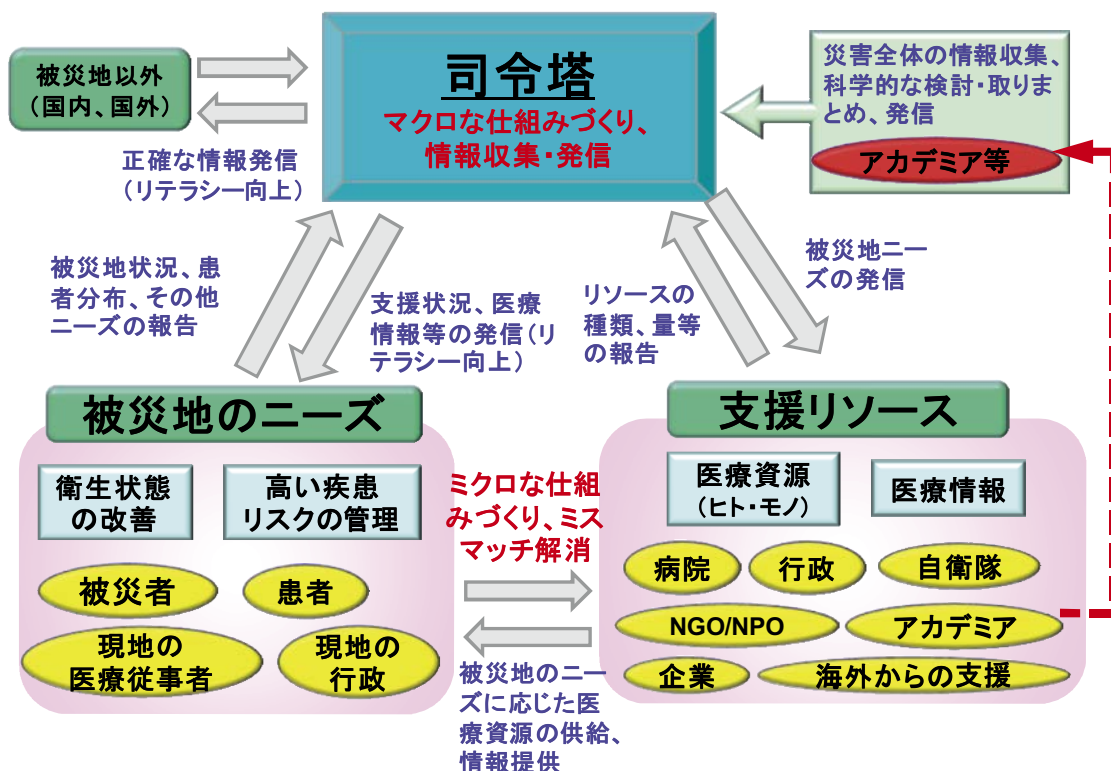
災害医療現場のマネジメント

- ・ 医療資源等の管理をマクロで行う司令塔の設置

災害前後での科学的な検証と発信

- ・ 研究者個々人の意見、感想ではなく学会としての「判断」

全体イメージ図(災害時の医療支援体制)



参考 7

福島原子力発電所事故の対応における科学者の役割

平成23年4月28日
研究開発戦略センター長
吉 川 弘 之

1. 状況

政府、関連省庁、原子力安全・保安院、原子力安全委員会、自衛隊、消防庁、統合本部、東京電力、関連企業、政府参与、外国専門家などが、それぞれ“懸命に”努力していることが報道され、また現場の状況は想像を超える過酷なものである。

2. 不安

(1) 外部者の不安

これらの懸命の努力によって、破滅的状况を回避していることは確かであるが、終息に向けて予想される経過は決して楽観できない状況にある。今までのところ次々に新しい困難な問題が起こり、そのつど新しい発想でそれを乗り越えるという経過が見て取れる。今までのところ乗り越えてきたとは言えるが、対応作業の外部者である私たちにとって、事故拡大の恐れ、次に何が起こるか分からないという不安、今の状況についての不確かな知識による疑心暗鬼などを払拭することはとてもできない状況にある。

(2) 諸外国の不安

諸外国は、それぞれ異なる点からではあるが、いずれも大きな関心をもっている。それぞれ固有の情報を入手しているのであろうが、それは十分ではないと考えられ、多くの不安や不満が寄せられている。これらの不安や不満は、間もなく何らかの行動になることが予想されるが、それが日本と独立の行動になることは避けなければならない。

(3) 近隣居住者の不安

上述の不安は、近隣居住者にとって最大であり、計り知れないほど大きいであろう。特に放射能の健康への影響、生活拠点の確保、生産事業の見通しについては、できるだけ厳密な情報を支援策とともに提供する必要がある。これは震災復興の中の大きな問題であり、近隣者への人道的問題であるだけでなく、復興の成功の可否にかかわる深刻な問題である。

3. 科学者の役割

このような状況の中で、緊急事態に対応する科学的知識が必要とされる現在、科学者がその持つ能力を結集し、問題の対応に生かす方法を考える。そのための枠組みは以下のようなものである。

(1) 我が国において、科学者コミュニティが科学者の能力を結集して、「合意した声」(unique voice)である助言を提出する可能性をもつのは日本学術会議である。

(2) このような大災害という危機においての「合意した声」としての助言は、自らの関与に言及せずに「国は、すべきである」というような他人任せ型、あるいは自分の研究を適用するために「費用が必要」というような陳情型、十分な根拠なしに「こうすればうまくいく」というような思いつき型は極力避けることが望まれる。そうではなく、現実には科学者集団が持っている能力、十分な情報に基づく科学的根拠、さらに科学者が災害に立ち向かう意志・意図を前提として、「この点について貢献ができる」と意思表示することが危機に有効に対

処する助言となる。その上で初めて、意思表示した科学者が現実に行うことに基礎を置いて「すべきである」という助言も可能となる。（「合意した声」とは別に科学者個人の助言もありうるし、望まれもするが、この時もその個人が自らその助言の行動の実行者あるいは責任者となる意思と能力をもつことが前提になることは言うまでもない）。

（３）科学者の貢献は、復興全般では、調査、復興計画、実施協力であるが、原発事故に関しては、調査は事故状況、対応過程の客観的把握と情報開示、特に放射能の状況の把握と開示、復興計画は事故の進行予測と復興計画への助言と協力、おそらく長期にわたる事故対応で生じるであろう諸問題の予測と対応助言などである。

（４）科学者の「合意した声」（unique voice）である助言の対象は政府である。

（５）科学者の「合意した声」である情報を開示するとき、その対象は、政府のみならず、近隣居住者、一般社会、および諸外国のアカデミーである。

（６）情報開示、助言をしようとするときには、様々な意見、見解をもつ科学者は、協力的な研究と討論を通してそれらを「合意した声」に集約する努力をしなければならない（注参照）。

４．科学者コミュニティの行動

現在、日本学術会議を始めとしていくつかの学会あるいは科学者個人から提言などが提出されているが、それは決して十分なものではないと考える。その理由としてまず認識すべきことは、我が国における科学者（専門家を含む）の位置づけである。原発事故処理において（残念なことに大震災の復興計画についても）、科学者がまとまった活躍の場を与えられていない。色々な場面での助言が求められ、個々の科学者はそれに忠実に答えているが、異なる場面と状況で、また限られた情報をもとにした助言であって相互に一貫性がなく、一般社会に混乱を与える可能性がある。また政治に対する個人の助言が陳情であると解釈された場合があったが、不幸なことである。科学者が「合意した声」（unique voice）を出す仕組みが不十分なのは我が国の科学と社会の関係の未熟な状況が原因であり、それを作る努力が日本学術会議や学会などでされているものの、まだ途上である。このことが原因となって、我が国の科学者が持つ知識を結集した「科学者集団（科学者コミュニティ）の知識」がこの深刻な状況に対して生かされていないのは深刻な問題である。現実には次のような問題が生じている。

（１）情報開示

原発の事故状況について、事故に対応している政府、東電、原子力安全・保安院からメディアに対して随時報告されているが、科学コミュニティは対応の外側にあつて、科学コミュニティが専門的な判断をするためのデータを入手できないでいる。このため、科学者の使命である科学的根拠をもつ事故に関する情報および評価を一般社会、諸外国に開示できない。特に諸外国のアカデミーに対する情報開示について緊急に科学コミュニティとして対策を考えないと深刻な問題が起こる。このことは現時点だけでなく、原発事故に加え、震災・津波被害に関してこれから予想される長い経過における問題でもあり、調査も含めて情報入手と情報開示の体制を整える必要がある。

（２）助言

科学者コミュニティの助言は前述のように「科学的に根拠づけられた合意した声」であることが望ましい。そのために、（１）で述べたデータが必要であり、それなしでは抽象的

な助言に留まらざるを得ない。現在、科学者コミュニティが政治に対して助言を届けるパイプは日本学術会議である（日本学術会議法第4条、第5条）。また科学者の内外に対する代表機関であるから（同、第2条）一般社会、諸外国に対し、震災および原子力事故に関して、科学者の立場で科学的判断を表明する責任がある。現在までにいくつかの緊急提言が公表されているが、政府に対する直接の助言は行われていない。

（3）復興計画

日本学術会議は日本学術会議緊急集会（“今、われわれにできることは何か”（3月18日）緊急報告第8項報告、3月21日）で、“被害から立ち上がり復興を果たし、再生日本を構築でき、その日本の社会が持続的に安全で生活の質も向上し続けるために”あらゆる貢献をする決意を示している。これは「合意した声」であり、科学者はこれを実行するのであるが、各分野で具体的な行動がおこなわれるのはこれからであり、現在グランドデザインを検討中である。これが個々の科学者の復興に対して有効な行動を可能にするものであることを期待するが、そのことはまだ分らない。

5. 緊急にすべきこと

上に述べたように、原子力発電所事故への対応及び震災の調査と復興支援においては、多様な科学的知識が必要であり、我が国にはそれにこたえる知識をもつ科学者がいるのに、両者の邂逅ができていないという状況がある。それを可能にするために、制度、科学者の行動規範、科学者コミュニティのあり方などを今後深く考えることが必要なのはもちろんであるが、現在の緊急事態において直ちにすべきことを以下に述べる。

（1）情報開示について。

原発事故に対しては、まず事故状況と対応状況に関する情報を政府と共有し、科学的な評価と判断ができるようになることが必要である。共有には政府と科学コミュニティとの間の信頼関係が不可欠であり、そのため共有した情報の一般への開示は両者の合意に基づいて行うことが必要であろう。特に諸外国に対しては、早急に情報共有の場を作る必要がある。これを怠ると、日本の科学者のみならず、日本の統治能力への不信が増大し、諸外国独自の調査を始めてしまう。これは国際的風評を含め、好ましくない結果を招くことは必定で、極力防止しなければならない。次項とも関係するが、政府と科学コミュニティとの間の情報共有についての合意をできるだけ早く取り付ける。その上で世界の科学コミュニティと情報共有することを目的とした「国際フォーラム」をできるだけ早く開催しなければならない。この開催者を早急に決める必要がある。

地震・津波については、多くの専門を含む科学者による調査が必要であり、調査主体である関連府省が大学、研究所などへ調査依頼すると思われるが、個人で関心をもつ科学者の研究を含め、不統一な体制で調査が行われた結果として重複や欠落が起こる、あるいは被災地での被調査者の負担が大きくなる等のことが起こらないように全体を俯瞰しておくことが必要である。これは復興のための条件であると同時に、災害に科学的記録を残す、我が国の国際的責任である。これを行う仕組みを科学者コミュニティの中に作る。

（2）助言について

科学者の政府に対する助言は、総合科学技術会議の専門部会、各省の審議会、官邸や各省の参与、顧問など多様である。これらに関与する科学者が一堂に会して議論をする機会は

ないから、各科学者は自分の能力と思想によって助言を行う。このこと自体は悪いことではないが、統一のない助言が政治的対立を増幅し、決定を遅らせ、決定が結局科学的根拠のない妥協的なものとなることの可能性は古くから指摘されている。これを回避するために個人助言とは別に科学者コミュニティの合意した声が必要であるが、これは前述のように現在の制度では日本学術会議が行うしかない。したがって、日本学術会議が必要な情報を入手し、合意した助言を行うことが必要である。(すでに行われた情報入手についての努力を通して入手の困難なことが明らかとなっているが、さらに努力を重ねるしかない)。

(3) 復興計画について

日本学術会議の決意表明ともいえるべき緊急報告(3月21日)は重要であり、それにこたえて行動する一例を提案する。緊急報告では、復興すると同時に日本の発展が必要と述べている。そこで科学者として復興支援を通じての“科学者の発展”を考える。今回の震災において科学者の緊急の対応や社会貢献が十分できていないことの原因の一つは、科学者の日常の研究が社会の科学への期待(社会的期待)と十分連結していなかったことにあると考えられる。もし復興支援を目標として研究するなら、復興の主体である被災者の期待と連結した研究課題が選ばなければならないであろう。このような研究にはさまざまな形態があり得るが、もっとも直截には、被災地の復興集団に科学者が参加し、その社会的期待を課題として研究し、その結果を被災者との共同作業で復興に注入することによって復興を高度化する。このような研究は、研究課題と社会的期待の連結を事実として構成する先行的な事例となることが期待される。言い換えれば、復興のための研究が科学者和社会との間に新しい関係を作り上げ、それは結果として、復興と同時に持続性時代において期待される科学者の発展をもたらす。これを具体化するためにはこのような研究を行う科学者の参加がまず必要であるが、東北大学の井上明久総長の「災害復興・地域再生重点研究事業構想」(2011年4月14日)にはこのような研究プロジェクトの構想が述べられており、東北大学を中心として全国の研究者が参加する、多くの地域におけるこのような研究が多数実施されることが期待される。

6. 復興の目標

開発の時代から持続性の時代へと移る過程で、私たちはすでに科学研究のあり方を考え直さなければならないことを議論してきたのであった。それは科学者の知的好奇心に依拠する研究のみが真の基礎研究であるとする考え方の修正である。別の言い方をすれば、真の基礎研究には、科学者が自らの専門の中で抱く内在的な好奇心を出発とする研究に加えて、自らの研究課題を自然あるいは社会に潜在する重大な問題の発見を通じて定め、それを出発として行う研究をも基礎研究とするという考え方である。これは課題発見研究と課題解決研究とが統合された研究であり、基礎研究の条件である研究の自立性が、伝統的な好奇心研究よりも高い。

このような研究は、文理を越えた方法を必要とし、科学コミュニティと社会を含む再帰的なループ構造の中で研究がおこなわれるもので、要素として地域研究を含むものであり、上に提案した復興研究はこの型に入ると思われる。考えてみれば、持続性時代における科学研究とは、人類の行動が原因であるか、あるいはそれによって拡大された災害にたいし、それを軽減あるいは適応することによって乗り越えてゆく課題が主なものである。しかも今、それは“地域気候変動研究”(Regional climate change research)と呼ばれるように、世界の地域ごとに独自の研究がおこなわれる体制が取られつつある。したがって、今回の災害は、

それに対する科学者の対応がこの災害を収束させた時に終わるものでなく、これからの持続性時代に必要な科学者の研究のあり方に対して極めて重大な問題を投げかけていると考えなければならないであろう。

(注) 科学者の「合意した声」(unique voice) について

科学者の「合意した声」(unique voice) は、事実によって根拠づけられて(evidence based) いなければならない。この場合、どこまで合意されているかは科学的解明の程度に依存する。なお事実による根拠は、過去のデータだけに限定されない。データを使った論理的推論やシミュレーションを含む予測も含まれる。この予測は、一部の理学的予測の場合を例外として、多く本質的な不確実さを含む。したがってその予測は議論の対象として明示し、時の経過に従って増えてゆくデータを常に適用して、予測内容を常時変更する、“動的予測” でなければならない。根拠(evidence)の質に依拠して合意の程度が変わるから、助言には次の水準がある：

(1) 十分な根拠が得られ、科学者が合意する結論が得られる場合。それは行動助言を可能にする。提言はデータの開示と評価、行動助言。(行動の決定はもちろん政治である)

(2) 不確実性が無視できない場合。この場合は、データを示し、複数の評価、あるいは行動助言を示すことになる。合意された行動助言はできない。できるのは複数の短期的政策の実施の可能性を示し、各政策の実施に並行して、科学的調査(評価)を科学者が行うことを申し出る(動的予測)。

(3) 不確実な場合。多くの科学者の発言を可能にするフォーラムを開催する。そこで結論が出れば(2)に移行するが、そうならない時は科学者たちの発言(データと個人的評価)をそのまま公表する。しかしそのまま放置するのではなく、フォーラムをそれ以後のデータの精緻化により、根拠を蓄積する場所とする(科学者の役割意識と協力なしにはできない)。これも動的予測である。

このような予測と政策提言は、福島第一原発処理(発電所処理と住民の健康管理)と津波からの復興いずれにおいても必要であり、緊急に実施する必要がある。

ここで再び、提言は、“それが採択されたとき科学者自身が行動する準備がある”ことを前提とするものに限ることを確認しておく。

The Role of Scientists in the Response to the Fukushima Nuclear Power Plant Disaster

April 28, 2011

Hiroyuki Yoshikawa

Director, Center for Research and Development Strategy

1. Situation

It has been reported that the government, related ministries, the Nuclear and Industrial Safety Agency, Nuclear Safety Commission, Self-Defense Forces, Fire and Disaster Management Agency, General Headquarters, TEPCO, related companies, government advisors, and foreign experts are working intensively to control the situation at Fukushima, and that conditions at the site are harsh beyond imagination.

2. Anxiety

(1) The Anxiety of Outsiders

While the hard work of these organizations has certainly averted catastrophe, there is no room for optimism in progress towards closure. New difficulties have arisen one after another so far, and each time, new ideas have been put forward to overcome them. So far, although it can be said that these problems have been overcome, for those of us who are not involved in working on solutions, there are fears that the scale of the incident will increase and of not knowing what will happen next. It is almost impossible to dispel the suspicions that arise from uncertain knowledge about the current situation.

(2) The Anxiety of Other Countries

Various countries are showing a great interest in the matter, although from different perspectives. They are each trying to obtain their own information, but it is regarded as insufficient and many have expressed their anxiety and frustration with the situation. These concerns and dissatisfaction are expected to result in some action soon, but it is necessary to avoid any action that is taken independently of Japan.

(3) The Anxiety of Local Residents

The concerns above are greatest for local residents, and they are immeasurably great. In addition to measures supporting local residents, it is necessary to provide as exact information as possible, particularly on the health effects of radiation, finding a place to live, and on the outlook for production. This is a major issue in recovery from the disaster, and besides being a humanitarian issue for neighboring residents, it has serious implications for the success of reconstruction.

3. The Role of Scientists

In this situation, when scientific knowledge is required for responding to the crisis, scientists must mobilize their unique abilities and consider how to use them to address the problem. A suitable framework is as

follows.

- (1) In our country, the Science Council of Japan has the ability to mobilize the capabilities of the scientific community, while offering the potential to provide advice with a “unified voice”.
- (2) Advice given with a unified voice in a crisis such as this one should as much as possible avoid passing the buck to others without contributing anything, such as saying “The government should handle it”. Similarly, lobbying for funds should be avoided so that the scientists’ own research can be applied, as well as spur-of-the-moment ideas that lack sufficient basis, saying “Well this should work”. Instead, if a group of scientists with genuine ability declares, “We can contribute here”, from a scientific foundation based on sufficient information and a true intention to deal with the disaster, then the advice will be effective in addressing the crisis. Then for the first time, scientists who have declared their intent will be able to give their advice on the basis of what is actually possible, saying “This is how it should be done”. (Aside from offering advice with a unified voice, it is also possible and desirable for scientists to offer advice on an individual basis. Needless to say, the premise for this should be that the individual must be willing and able to perform what they are recommending themselves or take responsibility for it.)
- (3) With regard to general recovery, the contribution of scientists includes research, recovery planning, and cooperation with implementation. Concerning the nuclear incident, research includes gaining an objective understanding of the situation on the ground and the response process, and providing information, especially regarding radioactivity. Recovery planning includes forecasting the progress of the incident and providing relevant advice and extending cooperation for recovery planning; it also includes forecasting various issues that may arise in the course of what will probably be a prolonged incident response and providing relevant advice for dealing with these issues.
- (4) When scientists offer advice with a unified voice, it is the government who they address.
- (5) When scientists offer advice with a unified voice, it is not only the government who they address but local residents, society in general and the scientific academies of various foreign countries.
- (6) When they disclose information or offer advice, scientists who have a variety of opinions and viewpoints must strive to express them with a unified voice through cooperative research and discussion (see note).

4. The Behavior of the Scientific Community

At present, the Science Council of Japan and several other academic associations and individual scientists have made proposals for dealing with the situation, but these are by no means sufficient. It should be recognized first of all that the reason behind this is the position of scientists in Japan (including specialists). Scientists are not given a coherent playing field for dealing with the nuclear incident (nor unfortunately for planning reconstruction after the earthquake). Advice is required in various situations, and individual scientists offer the best advice they can. However, it is provided in different situations and circumstances, based on limited information, so it is not mutually consistent and is likely to result in confusion for the general public. The advice of individual scientists regarding policy is sometimes interpreted as lobbying, which is unfortunate. The fact that there are inadequate mechanisms for scientists in Japan to speak with a unified voice is due to the immature relationship between Japanese science and society. While the Science Council of Japan

and other academic associations are working to remedy this, it is a work in progress. This is the reason, and it is a serious problem that the collective knowledge of Japan's scientists – the knowledge of the scientific community – has not been utilized to its full potential in this critical situation. The following practical issues have arisen.

(1) Disclosure of Information

The government, TEPCO, and Nuclear and Industrial Safety Agency are feeding situation reports about the nuclear plant to the media from time to time, but since the scientific community is not involved in the response, it is not able to obtain the data required to make expert judgements. Therefore, scientists cannot fulfill their duty to provide information and assessments about the incident with a proper scientific basis to the general public and foreign countries. In particular, if the scientific academy cannot urgently come up with a policy for providing information to the scientific community of other countries, it will lead to serious problems. This is a problem not only at the moment but also for the process of dealing with the earthquake and tsunami damage in addition to the nuclear accident, which is expected to take a long time. Therefore it is necessary to establish a system for obtaining information, including research, and a means for releasing information.

(2) Advice

As noted above, it is desirable for the advice of the scientific community to be presented with a unified voice and a proper scientific basis. Therefore, scientists must have access to the data mentioned in (1). Without this, they are limited to offering only abstract advice. Currently, the Science Council of Japan is the pipe by which the scientific community delivers advice to the political world (Science Council of Japan Act, Articles 4 and 5). Furthermore, since this organ represents scientists internally and externally (Article 2 of the Act), it has a responsibility to provide scientific judgements regarding the earthquake and nuclear incident for the benefit of the general public and other countries. A number of urgent recommendations have been released to date, but none have been made directly to the government.

(3) Recovery Planning

The Science Council of Japan indicated its commitment to contribute in various ways for the purpose of “recovering from the damage inflicted, rebuilding Japan, and achieving a safe, sustainable society with improved quality of life”, in the report (March 21) on the emergency meeting of the Council (“What we can do now”) of March 18. In this case, scientists spoke with a unified voice, but they have yet to take concrete action in each field, and at present, the grand design is under consideration. It is expected that this will enable individual scientists to take effective action towards recovery, but this remains to be seen.

5. Urgent Actions to be Taken

As mentioned above, various scientific knowledge is necessary for responding to the nuclear power plant incident and the research and assistance required for reconstruction. Although there are scientists in Japan with the knowledge required, the two parties have yet to come together. To make this possible, it will certainly

be necessary in the future to think deeply about institutions, codes of conduct for scientists, and the approach of the scientific community, thus the actions we should take immediately in the current situation are outlined below.

(1) Disclosure of Information

With regard to the nuclear incident, it is first necessary to get information from the government about the current state of the plants and the response to the incident in order to make proper scientific assessments and judgements. For sharing information, a relationship of trust between the government and the scientific community is essential, and therefore it will be necessary for both to agree that shared information should be disclosed to the public. In particular there is a need to create a forum for sharing information quickly with other countries. Failure to do this will result in increased distrust not only of Japanese scientists but also of Japanese governance, and other countries may begin their own investigations. This involves our international reputation, and it will certainly lead to undesirable consequences which should be prevented as far as possible. This is also related to the next section, but the government and scientific community should reach agreement as soon as possible on sharing information. In addition, an international forum should be held as soon as possible with the aim of sharing information with the world's scientific community. Who shall organize this must be decided urgently.

The earthquake and tsunami should be investigated by many scientists, including specialists, and the relevant ministries and agencies can be expected to ask universities and research institutes to conduct research. However, it is necessary to take a comprehensive and holistic approach to avoid any duplications and omissions that may occur if interested individual scientists conduct research in an unstructured system. This will also reduce the burden on interviewees in the affected areas. This is a condition for reconstruction, and at the same time, it is Japan's international responsibility for keeping a scientific record of the disaster. The structure for implementing this should be created within the scientific community.

(2) Advice

The government has many scientific advisers including the subcommittees of the Council for Science and Technology Policy, the councils of each ministry, and the advisers to the Prime Minister and ministries. Since there are no opportunities to bring these scientists together to discuss the issues at hand, each makes recommendations according to their own ability and opinions. This is not in itself a bad thing, but it was pointed out long ago that divergent advice can amplify political conflicts, delay decisions, and result in compromises that lack scientific basis. In order to avoid this, advice from the scientific community speaking with a unified voice is necessary, separate from personal recommendations. But as noted above, with the current system, this is only done by the Science Council of Japan. Therefore the Science Council of Japan must obtain the necessary information and present advice with a unified voice. (Efforts to obtain information so far have shown how difficult it is, but we can only further step up our efforts.)

(3) Recovery Planning

The emergency report of March 21, which should be regarded as expressing the determination of the Science

Council of Japan, is important, and I propose an example of action that is consistent with this. In the emergency report it states that Japan must make advances at the same time as making a recovery. As scientists, we will consider the “advancement of scientists” through assisting with recovery. One possible reason why scientists could not respond rapidly and make an adequate social contribution in the current disaster is that the day-to-day research of scientists is not sufficiently linked to society’s expectations of science. If we are to pursue research which supports recovery as its objective, we must choose research tasks that are coupled with the expectations of the disaster victims which are focused on recovery. Such research could take many possible forms, but the most straightforward way is for scientists to participate in the recovery groups in affected areas, to make a study of the social expectations there, and to use the findings to raise the level of recovery by working on it side-by-side with the disaster victims. Studies of this kind are expected to become pioneering case studies of the practical linkage of research findings with social expectations. In other words, research for the sake of recovery will create a new relationship between scientists and the community which will result in recovery, and at the same time, the development of scientists who can be relied upon in the era of sustainability. To achieve this, the first requirement is for scientists who will participate in this type of research. The Disaster Recovery and Regional Reconstruction Special Research Project presented by Akihisa Inoue, president of Tohoku University (April 14, 2011), suggests ideas for similar research projects. Involving researchers from around the country centered on Tohoku University is expected to result in numerous studies being conducted in many areas.

6. Recovery Goals

In the process of moving from the age of development to an era of sustainability, we have debated the necessity of rethinking our approach to scientific research. It means revising the view that only research that relies on the intellectual curiosity of scientists is true basic research. In other words, true basic research, in addition to research that emerges from the inherent curiosity harbored by scientists in their particular fields, includes research topics that are defined when scientists uncover major issues occurring in nature or latent in society, and pursue them as basic research. This research integrates problem finding research and problem solving research, and the research autonomy that is a condition of basic research is higher than with traditional curiosity-driven research.

This sort of research requires methods that go beyond humanities and sciences. Research is conducted in a recursive loop structure that includes the scientific community and the community. It includes regional research as an element, and the research concerning recovery suggested above can be thought to fit into this type. Basically, scientific research in the age of sustainability mainly involves mitigating or adapting to disasters caused or exacerbated by human activities, and overcoming them. And now, as with regional climate change research, systems are being established around the world for independent research in this field. Therefore the response of scientists to this disaster will not end when conditions return to normal, and we should view it as if we have been handed an extremely important challenge concerning the approach of scientists to research in the coming age of sustainability.

(Note) Concerning scientists speaking with a unified voice

When scientists speak with a unified voice, it must be based on demonstrable facts. The degree of agreement will depend on the extent of scientific understanding. However, factual grounds are not limited to historical data. It also includes data-based logical inference, and forecasting including simulation. This forecasting involves many intrinsic uncertainties, with the exception of certain physical predictions. Therefore, these forecasts must be presented as open to debate, as dynamic forecasts that are constantly developing with the application of new data as time passes. Since the degree of consensus changes according to the quality of the evidence, advice can be assigned by the following levels:

- (1) When scientists can agree on a conclusion based on sufficient evidence. This permits actionable advice. Recommendations involve presentation and evaluation of data, and actionable advice. (The decision to take action is of course political and not by scientists)
- (2) When uncertainty cannot be ignored. In this case, the data should be presented with more than one evaluation and suggestions for action. Consensus-based actionable advice cannot be given. The possibility of several short-term policies can be presented, with the recommendation that scientists conduct scientific research (evaluation) in parallel with the implementation of each policy (dynamic forecasting).
- (3) When there is uncertainty. Hold a forum where many scientists can speak. If a conclusion emerges, move to (2), but if it does not, release the opinions of the scientists (the data and personal evaluations) without modification. However, the matter should not be dropped. The forum should gather further and more detailed or precise data to establish the evidence (impossible without the participatory awareness and cooperation of scientists). This is also dynamic forecasting.

This kind of forecasting and policy recommendation is necessary both for resolving the problems at the Fukushima Daiichi nuclear plant (managing the plant and healthcare for residents) and recovering from the tsunami, and they need to be implemented urgently.

Once again, we should affirm that advice should only be given on the understanding that the scientists themselves are ready to act if it is adopted.

CRDS-FY2011-SP-02

戦略提言

東日本大震災からの復興に関する提言

STRATEGIC PROPOSAL

Proposal for Recovery from the Tohoku Earthquake

-from the viewpoint of science and technology-

平成 23 年 5 月 May 2011

独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy
Japan Science and Technology Agency

〒 102-0084 東京都千代田区二番町 3 番地

電 話 03-5214-7481

ファックス 03-5214-7385

<http://crds.jst.go.jp/>

© 2011 JST/CRDS

許可無く複写／複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.

Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.

ATTAATC A AAGA C CTAAC T CTCAGACC
CT CTCGCC AATTAATA
TAA TAATC
TTGCAATTGGA CCCC
AATTCC AAAA GGCCTTAA CCTAC
ATAAGA CTCTAACT CTCGCC
AA TAATC
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT CTAAT A TCTAT
CTCGCC AATTAATA
ATTAATC A AAGA C CTAAC T CTCAGACC
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT
CTCGCC AATTAATA
TTAATC A AAGA C CTAAC T CTCAGACC
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT
ATTAATC A AAGA C CT
GA C CTAAC T CTCAGACC
0011 1110 000
00 11 001010 1
0011 1110 000
0100 11100 11100 101010000111
001100 110010
0001 0011 11110 000101

