

## 付属書 B. FUKUSHIMA 福島

### B.1.はじめに

(B1) 2011年3月11日14時46分、マグニチュード9.0の東日本大震災がおり、日本の太平洋岸を襲う大津波が発生した。この地震と津波は日本の幅広い地域を破壊し、約16,000人が死亡、約2,500人が行方不明となった。激しい地震動と大津波は、東京から北東約250kmに位置する東京電力が所有する福島第一原子力発電所に大きな被害をもたらした。福島サイトには6基の沸騰水型原子炉があった。1～3号機は運転中であり、4～6号機は定期検査停止中であった。

(B2) 地震により全ての外部電源が喪失し、津波により6号機のディーゼル電源を除く全ての電源盤が浸水した。これにより1～3号機と4号機の使用済燃料プールの冷却機能が失われた。1～3号機の原子炉圧力容器への注水が継続できなくなり、原子炉温度の上昇により核燃料が溶融し、1、3、4号機の原子炉建屋で爆発が発生した。この爆発により、大量の放射性物質が大気中に放出され、陸域と海域に沈着した。

### B.2.初期段階

#### B.2.1.緊急防護措置

(B3) 福島第一原子力発電所周辺からの避難は2011年3月11日夕方に始まり、避難区域は発電所から半径2kmから3km、そして10kmへと徐々に拡大した。2011年3月12日夕方、1号機の水素爆発後に、避難区域が20kmに拡大した。これらの決定はすべて、各号機の状況分析と発電所レベルでの大局的な事故進展の可能性に基づいて実施された。避難経過は、地震と津波による被害や、その結果として生じた通信と輸送の問題が原因により複雑だった。20kmの避難区域内の病院や老人ホームから患者を避難させる際、重大な困難に遭遇し、50人以上が死亡した（原災本部、2011年a）。しかし、2011年3月15日までに約78,000人の住民が、20km圏内から避難を完了した。

(B4) 2号機での煙や4号機の爆発・火災など、発電所の更なる事象により、2011年3月15日、発電所から半径20km～30km圏内の住民に対して屋内退避指示が出された。2011年3月25日には、食糧の供給や生活環境の維持が困難であるとして、屋内退避区域内の住民に対して自主避難が勧告された（原災本部、2011年a）。

(B5) 2011年3月16日、20km圏内から避難しつつあった者に対し、安定ヨウ素剤投与の指示が出された。しかし、20km圏内の避難が完了したことをすでに政府が確認していたため、福島県がこの指示に従うことはなかった。福島県は安定ヨウ素剤を原発

周辺自治体に配布していたため、一部の市町村が住民に服用を指示した。このように、政府と県の間で詳細な取り決めがなされていなかったことを主な理由として、ヨウ素による甲状腺のブロックは一様には実施されなかった(ICA FN、2011年)。

(B6) 20km以遠において、水道水、牛乳、葉物野菜から高濃度の放射性核種が検出されたことを受け、政府は2011年3月21日、暫定規制値を超えた特定の食品や飲料水について、出荷制限や摂取制限を通達した。この基準は、原子力安全委員会の規制指針を踏まえたものである。2011年4月、政府は検査計画を見直し、被災者への食糧配給を可能にするために、設定・解除の考え方を決定した(原災本部、2011年a)。

(B7) 2011年4月22日、事故発生から1年以内に20mSvに達すると見込まれる20km圏外が「計画的避難区域」に指定された。政府は、計画的避難区域からの人の移転を約1か月以内実施するよう指示した。ICRPが勧告した緊急時被ばく状況の参考レベルとなる年間20~100mSvの範囲を考慮して、政府が移転の基準を選定した。さらに、20~30km圏内の屋内退避区域が「緊急時避難準備区域」に指定され、現行の20km圏内の避難区域が立入を制限する「警戒区域」とされた(原災本部、2011年a)。



Fig. B.1. 2011年に緊急防護措置が命令された区域及び場所

(B 8) 同時に、政府は、校庭で高レベルの放射線が検出された避難区域外の学校(学校の休みの後)の再開について決定を下さなければならなかった。政府は2011年4月19日、年間線量が20ミリシーベルトを超える学校での子どもたちの屋外活動を制限することを決定した。この暫定基準は、現存被ばく状況を管理するためにICRPによって勧告された1~20mSvの基準レベルを考慮して選択された。しかし、この値は、政府が計画的避難区域として設定した年間実効線量20mSvに相当する。そのため、子どもの安全を確保するためのこの基準は、移転が必要な地域と同じ水準に設定するには高すぎると、国民は強く抗議した。2011年5月、政府は福島県に対し、2011年4月から2012年3月までの学校における子どもの被ばく線量を1mSvに低減するよう通知し、1 $\mu$ Sv/h(ICAFN、2011年)を超える学校に対しては除染費用の支援を行った。

### B.2.2. 緊急対応者

(B 9) 様々な種類の緊急時対応者が、敷地内及び敷地外の緊急時対応を支援した。現場の緊急時対応者には、東京電力に雇用されていた発電所職員や下請けの発電所職員のほか、自衛隊、消防、警察官が含まれていた。敷地外緊急時作業員には、様々な組織やサービスからの要員が含まれた。彼らは、避難者への支援、医療、モニタリング、サンプリングのための緊急対応に関与した。

(B10) 事故に関連した過酷な放射線条件のために、当局と事業者は、現場での放射線被ばくに対する作業員の防護を確実にするために、例外的な取り決めを採用した。緊急時対応の間に、緊急時対応者の線量限度が一時的に100mSvから250mSvに引き上げられた。緊急時対応者6人がこのレベルを超える線量(最高線量678mSv)を受けたのは、主に適切な防護手段が利用できなかったことと訓練(ICAFN、2011年)が不足していたためである。

### B.3. 中間段階

(B11) 中間段階では、被災地で人々がどこで、いつ、どのように被ばくし、将来被ばくするかの十分な知識を得るために、被ばく状況を特徴づけるいくつかの重要な問題に取り組んだ。政府は、2011年5月に「ロードマップ」を策定し、緊急時対応から復旧過程へと段階的に移行し、「正常」な状態に戻ることを目指している。放射線学的状況の特徴づけによって、詳細な環境モニタリング計画の確立、長期的な健康調査、放射性廃棄物の長期管理の正式化、除染のための長期計画の確立を含む、長期的な活動の計画と実施を情報に基づいて漸進的に可能にした。このアプローチの適用は、長期的な復旧事業のためのコミュニケーションと準備に効果的であることが実証された(原災本部、2011b)。

### **B.3.1.緊急対応者**

(B12) 緊急時作業員に対して250mSvに増やされた線量基準は、新規に従事した緊急時作業員に対しては2011年11月から徐々に撤回され、ほとんどの緊急時作業員に対しては2011年12月に原子炉が冷温停止状態に達してから撤回された。しかし、撤回が公表された時点でも、おこなっている業務内容からみて、一部の東電社員については、より緩やかな線量基準の適用が引き続き必要であることは明らかであった。事故の約1年後、250mSvという増やされた線量基準は緊急時作業員のためには完全に撤回された。

### **B.3.2.放射線モニタリング**

(B13) 政府は、事故により放出された放射性物質の影響を評価するため、環境モニタリングを積極的に継続した。2011年7月にはモニタリング調整会議を設置し、関係省庁、自治体、事業者による広範囲な環境モニタリングの総合的な結果に基づき、モニタリングの確かな実施と評価を推進している。最初の包括的なモニタリング計画は、周辺環境への全体的な影響を評価し、採用されるべき将来の防護措置の見直しに寄与することを目的として、放射線モニタリングの新しい段階に移行するために、2011年8月の調整会議によって策定された。発電所周辺環境の回復、子どもたちの健康、人々の防護と安心を求める声に応え、きめ細かなモニタリングを実施した(原災本部、2011b)。

### **B.3.3.汚染レベル**

(B14) 2011年5月に、発電所の半径80km以内で測定された上空からの空間線量率の最初のマップが、政府と米国エネルギー省により共同で作成された。マップは地表から1mの高さでの線量率を示した(原災本部、2011年a)。政府は、被災地における空間線量率の分布の変化を把握するため、引き続き上空モニタリング(2018年11月になされたのが最新の測定)を実施している。

(B15) 2011年6月から7月にかけて、発電所から約100km以内の約2200箇所で採取した土壌試料の放射性核種分析を実施した。空間線量率も測定した。2011年8月に放射性セシウムの沈着密度のマップと空間線量率の分布のマップが作成され、300万Bqm<sup>-2</sup>を超える<sup>137</sup>Csの沈着密度が、発電所に近い複数の場所で測定された(原災本部、2011b)。

### **B.3.4.個人の除染と曝露レベル**

(B16) 住民の体表面汚染については、20km区域から避難した人々を含め、福島県内でスク

リーニング調査を実施した。20万人の大半は毎分10万カウント未満だった。この数値を超えた約100名に対しては除染が実施され、除染後の汚染レベルは問題のないレベルにまで低下した。(ICAFN、2011年;原災本部、2011年a)

(B17) 2011年3月26日から3月30日までの間、最新の被曝線量をより正確に把握するために、放射性ヨウ素の感受性が特に高い乳幼児を対象に、いわき市、川俣町、飯舘村で、乳児への甲状腺被曝調査を実施した。15歳未満の子ども1,080人の結果によれば、一歳児の甲状腺等価線量が80~100mSvに相当するスクリーニング基準である毎時0.2 $\mu$ Sを超えた子どもはいなかった。IAEAの推定によると、甲状腺の実測値から推計された15歳未満の子どもの個々の等価甲状腺線量分布の(幾何)平均値は、いわき市の子ども134人が3.2 mSv、川俣町の子ども631人が2.2mSvである。(IAEA、2015年c)。

(B18) 2011年3月15日に、主な放射性降下物が発生した地域の住民に対する短寿命核種の放射性物質の影響は、汚染した飲料水や食品を摂取していない場合、ヨウ素131による甲状腺等価線量の15%以内であると推定される。2011年3月12日に、主要な放射性降下物が発生した地域の住民に対する甲状腺線量への影響は、30~40%に達する可能性がある。短期寿命核種のうち、甲状腺線量に寄与した主なものは、ヨウ素131とヨウ素132であり、ヨウ素132はテルル132の摂取と体内での放射性崩壊による。(Shinkarevら 2015) ?

(B19) 2011年6月には福島県県民健康調査が開始された。これには、外部被ばく線量評価のための基本調査および4つの詳細調査が含まれている。福島県県民健康調査では、問診票に記録された事故後の住民の行動調査と、日々の空間線量マップをもとに、事故後4か月間の個人外部被ばく線量が推計された。被曝線量は、94%の住民が2 mSv未満で、平均値は0.8mSv、最大値は25mSvであると推定された。

(B20)福島県県民健康調査の予備調査の一環として、警戒区域及び計画的避難区域の住民に対して、ホールボディカウンター及び尿を用いたバイオアッセイ法により、内部被ばくを測定した。セシウム134及びセシウム137による内部被ばく線量の推計値は1mSv未満であると報告された。

### B.3.5. 防護措置

(B21) 警戒区域及び計画的避難区域以遠においてモニタリングを行った結果、事故発生から1年間に住民の被曝線量が20mSvを超えると予測される地域が特定された。政府は2011年6月以降、これらの場所を特定避難勧奨地点と定め、2011年11月までに複数の世帯を指定した。政府は、放射線被曝に不安を抱く住民に対して情報提供を行うとともに、避難を希望する場合は支援した。(ICAFN、2011年; 原災本部、2011B)。

(B22) 2011年8月、政府は以下に対処するため、避難区域の見直しに着手した。

(i) 原子力発電所の損傷した原子炉の安全性、(ii)空間線量率の低減、(iii)公共サービスやインフラの復旧

被災地のあらゆるモニタリング活動や緊急時避難準備区域の全市町村が策定した復興計画に基づき、政府は、緊急時避難準備区域を解除する条件が全て整ったと判断した。政府は、緊急時避難準備区域の解除及び復旧プロセスについて、関係市町村の首長と意見交換を行った。2011年9月、緊急時避難準備区域を解除するよう指示した(ICAFFN、2011年;原災本部、2011B)。

### **B.3.6. 廃棄物管理**

(B23)事故後、オフサイトの汚染廃棄物は、地震と津波による瓦礫と防護や環境改善のための除染活動によって生じたものと分類された。事故前には、放射性物質に汚染された災害廃棄物を、公共の場での処分を規制する法律はなかった。したがって、環境省は当面の対応として、他の関連機関と協議しながら、放射性廃棄物の処理と処分のための基準を確立した。

(B24) 2011年8月、「2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法」が制定され、2012年1月に全面施行された。この法律は、被災地における全ての除染活動と、除染に伴って生じた放射性廃棄物の管理を取り扱う重要な法的文書となった。同法は、汚染地域のマネジメントを概説するとともに、政府、地方自治体、事業者および一般市民の責任を明示した。また同法は、除染対策と放射性物質により汚染された土壌及び廃棄物の指定、処理、貯蔵及び処分を定めた。(原災本部、2011B)

### **B.3.7. 除染プログラム**

(B25)除染が喫緊の課題であったことから、政府は、同法施行前の2011年8月、除染の実施に当たっての具体的な目標及び実施方針を定めた除染作業の基本方針（訳者注：除染に関する緊急実施基本方針）を策定した。政府は、追加被曝線量年間20mSvを超える地域の迅速かつ段階的な縮小の達成を目指した。年間の推定被曝線量が20mSv未満の地域については、市町村や地域住民と連携して除染を実施し、長期目標として、追加被ばく線量を年間1mSv以下に低減するよう目指した。(原災本部、2011B)

(B26)汚染地域の除染実施に当たっては、放射性物質の物理的な減衰やウエザーリング等の影響も含め、事故による追加的な年間被ばく線量を、向こう2年間で、一般の大人が約50%、子どもは約60%削減することを目標とした。長期目標は、原発事故後、汚染地

域に長期間居住する人々の防護するため、ICRPの勧告に従って、追加の年間線量を1mSv以下に低減することとした。この目的に関連して、政府は除染作業の指針として、自然放射線によるバックグラウンド年0.04 $\mu$ Svを含め、毎時0.23 $\mu$ Svという線量率基準を採用した。(原災本部、2011B;IAEA、2015d年)

## B.4. 長期段階

### B.4.1. 除染作業員

(B27) 政府は、2011年8月に発出した「除染に関する緊急実施基本方針」にしたがって、除染作業に従事する作業員の放射線防護を確保するための通知（訳者注：除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン）を出した。事業者は、除染作業に従事する労働者の防護を確保する責任を負った。基本的に、除染作業、復旧、廃棄物管理に従事するすべての作業員に対して、通常運転時の職業被ばくの要件が適用された。独自に雇用した作業員や、地元で除染作業を行なった地域住民やボランティアについても、政府が定めた除染等業務に従事する労働者のためのガイドラインの該当項目を遵守するよう求められた。

### B.4.2. 権限の決定

(B28) 政府は、2011年12月に原子炉の制御が回復し、冷温停止状態になった後、警戒区域及び計画的避難区域の再編を実施した。これらの区域は、年間実効線量基準である20mSvの予測線量に基づいて、次の三つの区域に分けられた。

エリア1: 避難指示解除準備区域(推定年間蓄積線量20mSv/年)。

エリア2: 居住制限区域(推定年間累積線量>20mSv/年)。

エリア3: 帰宅困難区域(推定年間累積線量>50mSv、推定年間累積線量>20mSv (5年以上))。

(B29) 避難解除の判断基準は次の通りとなった。

(i) 年間積算線量が20mSvを確実に下回ることの確認

(ii) 重要インフラの全般的な復旧、特に子どもたちの生活環境について十分に整備されたことの確認

(iii) 自治体と住民の間で十分協議が行われたことの確認。(IAEA、2015B年)

(B30) この方針に基づき、福島県及び関係市町村並びに住民との間で協議・調整を行った。2012年4月に、まず3市町村がそれぞれの区域の再編を決定した。「ステップ2の完了を受けた警戒区域及び避難指示区域の見直しに関する基本的考え方及び今後の検討課題について」(原災本部、2012)の公表とそれに続く最初の再編にかけての期間は、緊急対応の中間段階が終了し、復旧プロセスが開始したと考えることができる。言い換えれば、そ

れは現存被曝状況に相当する。

(B31) 図B.2に示すとおり、2013年8月には全11市町村において避難区域の再編が完了した。

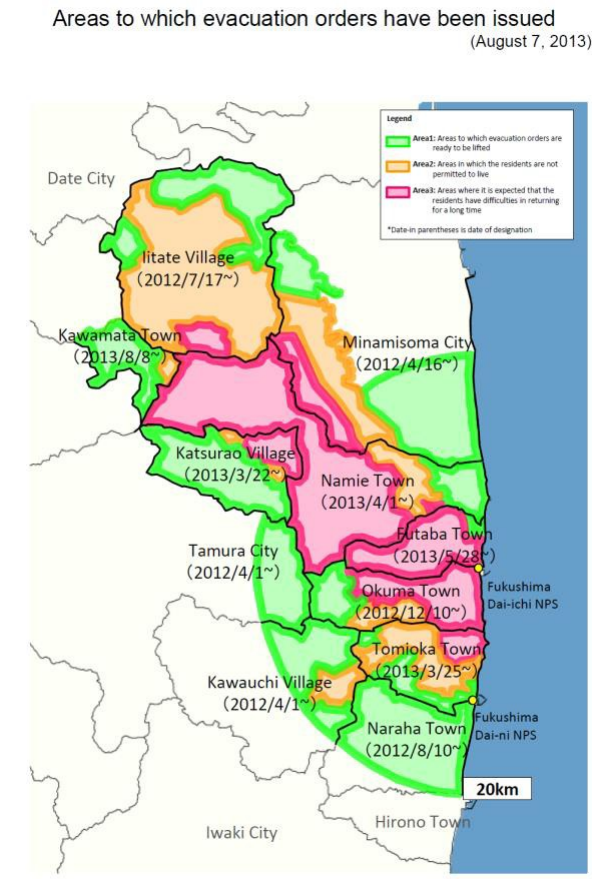


Fig. B.2. 避難指示区域等の再編完了(2013年8月7日現在)

#### B.4.3.食料管理

(B32) 2012年4月に、所管官庁は、緊急時対応において2011年3月に設定された暫定規制値に代わる、食品中の放射性セシウムの新たな基準値を設定した。これらの値は、年間実効線量を1mSvまで下げることで、内部被ばくの長期的な影響を低減するように設定された。この基準は、放射性セシウムやその他の放射性核種によって、消費する食品の50%が汚染の影響を受けることを考慮した。その結果、これらの値は、変更前の暫定規制値よりもはるかに低かった。(原災本部、2012年;厚生労働省、2012)

(B33) 内部被ばくの低減を図るため、所管官庁は、食品モニタリングを徹底し、新基準値を超える放射性セシウムを含む食品の流通・消費を規制した。厚生労働省の情報によると、福島県産食品のうち、基準値を超過した食品の割合は、初年度の3.3%だったが、二年



目には4.0%に増加した。しかし、3年目には1.5%、最終観察期間(2014年4月1日から8月31日まで)には0.6%に減少した(Merz et al 2015)。例えば、福島県産の米は全て放射性セシウムの測定を行っているが、何千万袋のうち、1キログラム当たり100Bqの基準値を超えた米は100袋以下に過ぎなかった。(仁平ら、2015)

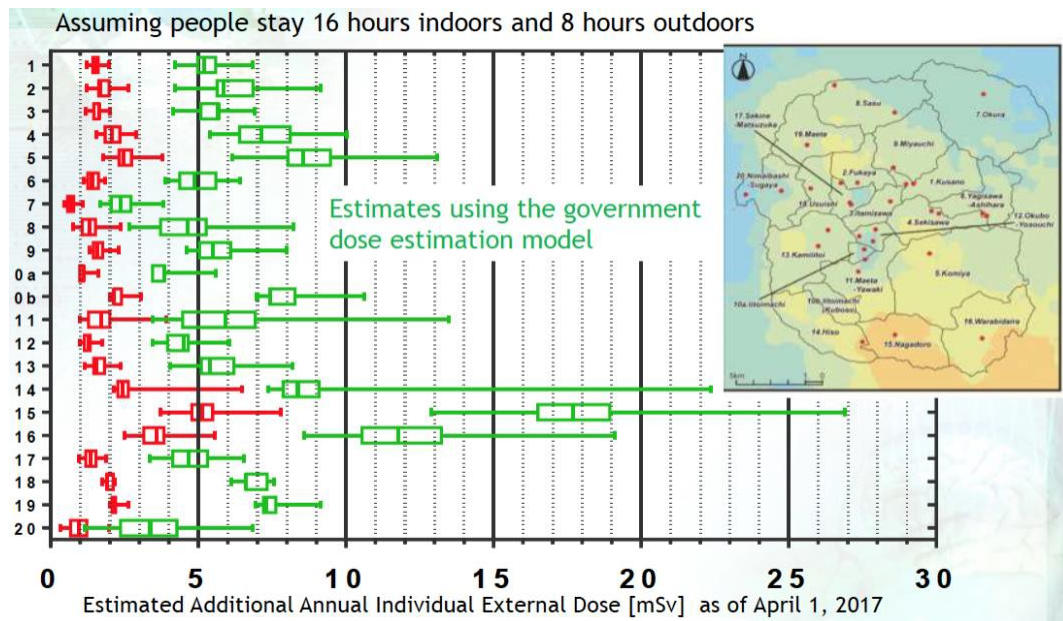


Fig. B.3. 福島事故による追加的な年間個人外部線量分布の推定値(内藤ら、2017)

#### B.4.4. 除染・廃棄物管理

(B34) 環境汚染への対処に関する特別措置法に基づき、2012年以降、被災地では外部被ばくの慢性的な被ばくを減らすための除染活動が広く行われてきた。福島の事故の場合、外部被ばくが被災地の人々の主な被ばく経路だった。最初に、除染モデル実証事業（訳者注：除染パイロットプロジェクトか）を実施し、効率的で安全かつ費用対効果の高い除染プログラムを計画調整するための経験とツールを提供した。除染技術の適用性の評価や様々な現場の条件に合わせてプロジェクトを調整するためのガイドラインといったものである。

(B35) 除染活動は、汚染状況重点調査地域と特別除染地域において実施した。最初に避難指示が解除されたのは2014年3月、田村市都路地区である。2017年3月までに、帰還困難区域を除く全域の除染が完了した。この時点までに、11市町村中9市町村で避難指示が解除された。除染活動によって大量の汚染廃棄物が発生したため、政府は、仮置場に一時保管し、その後、中間貯蔵施設へ、その後、最終処分場に保管することとした。しかし、仮置

き場の選定で合意が得られないケースでは、一部の汚染廃棄物はフレコンバックに詰められ、除染現場近くに一時保管されている。

#### **B.4.5.福島におけるICRPダイアログの取り組み**

(B36)地方自治体および政府当局によってあらゆる防護措置が講じられたにも関わらず、地震と津波の結果から生じた負の影響、自宅に戻ることができない避難者が直面した困難、また放射線被ばくに対する継続的な懸念が、被災地の福祉やQOLに多大な悪影響を及ぼした。この困難な状況の中、ICRPは2011年11月、政府内の代表者、福島県の自治体、地元の専門家、コミュニティ、メディア、チェルノブイリ事故の長期的影響の管理に直接的な経験を持つベラルーシやノルウェー、フランス、国際機関の代表者の間で、ダイアログを開始する取り組みを行った。目的は、関係者間の話し合いを促し、チェルノブイリ事故の影響を受けたコミュニティの経験を日本に移転することで、被災地の生活環境の回復という長期的な課題に対応する方法を見出すためであった。ICRPにとっては、ICRP勧告を将来改善するために、被災者から直接学ぶ機会でもあった。

(B37) 発足以来、福島県では20回を超えるダイアログが開催されたのと同時に、地域でも小規模な対話集会を開いた。また数名の福島県の市民を、チェルノブイリ事故の影響を受けたノルウェーのコミュニティに連れて行き交流した。ダイアログでは、汚染された食料品の取り扱いや子どもの教育、被災地に留まるか帰還するかといった問題、生活環境の回復など、困難な問題が取り上げられた。教師を集めて教育方法やツールを検討したり、政府の大手食品流通業者のマーケティング政策を変更させたり、いくつかのコミュニティで実践的な放射線防護文化を開発したり、多くの地域住民が自発的に防護活動を実践するなど、目に見える成果が得られた。

#### **B.4.6. 専門知識の共有プロセスと自発的防護措置**

(B38)当局の防護措置に加え、放射線の状況をより良く理解し、自分たちの生活条件を改善するために、地域住民は自発的な専門家が協力して、多くの取り組みを行なった。そのうちの2つはきちんと文書化されており、特に復旧プロセスのマネジメントに関する教訓に富んでいる。

(B39)福島第一原子力発電所の南約30kmに位置する小さなコミュニティである（訳者注：いわき市）末続の住民は、2012年から個人線量計を使用し、ボールボディーカウンターを村全体に巡回させ、村全体の食物汚染を測定した。その結果は、住民の間で共有した。自身のデータを入手し議論することは、住民が様々な結果を理解し、日常生活の中で放射線

防護を実践するために極めて重要であった。(安東2016)。

(B40) もう一つの興味深い取り組みにより、個人線量測定の有用性が明らかになった。個人線量計は、適切な防護措置をとるために、住民が自分自身の線量を知る際のニーズに応え、また行政当局が、地域の放射線防護対策を計画するにあたって必要なデータを取得するというニーズにも応えたのである。(宮崎2017)。

#### B.4.6. 健康調査

(B41) 「福島健康調査」では、県民全体を対象とした「基本調査」および、18歳以下の子どもや妊婦など、追加的な健康調査が必要と考えられる者を対象にした「詳細調査」が実施された。詳細調査には、以下の4種類がある。

- (i) 18歳以下の子どもを対象とした甲状腺検査
- (ii) 血液検査も含めた包括的な健康診査
- (iii) 妊産婦を対象とした調査
- (iv) 精神衛生とライフスタイルに関する調査（訳者注：こころの健康度・生活習慣に関する調査）である。

(B42) 「甲状腺超音波検査」は、それぞれ2014年と2016年3月に、1巡目と2巡目が終了した。子どもたちは、20歳までは2年ごと、その後は5年ごとに超音波検査の受診を続ける。福島県で発見された小児甲状腺がん症例は、事故後の放射線被ばくの影響である可能性は低い。「健康審査」は2011年7月に始まった。「妊産婦に関する調査」では、2010年8月1日から2011年7月31日までの間に母子健康手帳を渡されたすべての母親にアンケートを送った。この調査は、毎年妊娠と出生に対応して、新しいデータに更新されている。「こころの健康度・生活習慣に関する調査」は、2012年1月および2013年1月の2回実施され、生理的精神的状態や生活習慣の変化、地震と津波の経験や放射線に関するアンケート調査が行われ、避難者に対して適切な精神的ケアや生活支援が提供された。(FMU、2016)。

#### B.5. タイムライン

(B43) 表B.1に福島事故におけるフェーズのタイミングを遡及的に記載した。2.1で述べたように、緊急時被ばく状況から既存の被ばく状況への移行は、必ずしも全ての地域で同時に起こるわけではない。

Table B.1. 福島の段階のタイミング.

	段階	
--	----	--

オフ サイト	初期段階	2011年3月11日～5月(事故後の検証・復旧に向けた当面の取組方針の公表)
	中間段階	2011年5月～2012年4月(3つの自治体による最初の避難区域再配置)
	長期段階	2012年4月以降
オン サイト	初期段階	2011年3月11日～4月(東京電力による事故後の復旧ロードマップの公表)
	中間段階	2011年4月～12月(原子炉が安定しているという当局の発表)
	長期段階	2011年12月以降