

研究指導 石光 真 教授

# 原子力災害における避難はどうあるべきか ーチェルノブイリと福島ー

佐藤 翼

## 1. 研究動機・目的

2011年3月11日に発生した東日本大震災により、福島原子力発電所は多大な被害を受けた。その結果、放射能汚染が問題となり、近隣住民が避難を強いられる事態となった。国からの避難指示や、安全を求め避難をした福島県民の人数は約5万人を超えた。しかし、その避難によって体調を悪化させる人、避難先での生活に慣れずストレスを抱え込む人といった悪影響が非常に多く見られた。避難は、身体、心理、環境、社会という健康に影響を与える3つの要因の全ての面で悪影響を与えている。

そこで本研究の目的は、原子力発電所事故が起こった際の最適な避難を明らかにすることである。それにより、必要以上に避難することを避け、避難による精神的・肉体的ストレスや震災関連死を減らすことができることを考える。

## 2. 福島原子力発電所事故

### 2.1 事故の原因

福島原子力発電所事故の原因は、地震と津波によって全交流が次々に失われ、緊急時の原子炉冷却が不可能になったことにある。特に津波による影響は大きく、多くの非常用ディーゼル発電機や冷却用海水ポンプ、所内配電系統設備、直流電源設備等が浸水した。その結果、1, 2, 4号機では全電源を、3, 5号機では全交流電源を喪失するに至った。地震などの異常事態の際には、原子炉内でウランが連鎖的な核分裂をするのを止めるために直ちに制御棒が挿入される。しかし、これにより連鎖各分裂が止まり、原子炉が停止しても、各分裂生成物である放射性物質が膨大な崩壊熱を出す。そのため停止後も冷却し続けなければならないが、交流電源はこの冷却を維持するために欠かせない。

### 2.2 災害への対策の問題点

原子力発電所は事故が起こると周辺地域に多大な被害を及ぼすため、事故が起こらないように、最小限で済むように万全の準備をしていなければならない。しかし今回の福島原子力発電所の災害対策にはいくつかの問題点があった。

1つ目の問題点は地震対策が不十分であった点である。大地震発生時の原発は、平成20年3月に

耐震設計に基準地震動を600Galとして、それに対して耐震安全性が確保されるとした。保安員はこれを妥当としたが、耐震安全性を確認した設備は極めて限定的であった。こうして耐震脆弱性を抱えたまま、基準地震動600Galを上回る大震災を迎えることとなった。

2つ目の問題点は津波対策が不十分であった点である。平成18年の段階で福島第一原子力発電所の敷地高さを超える津波が到来した場合に全交流電源損傷に至ること、土木学会の手法で想定された高さの津波が到来した場合に海水ポンプが機能喪失し、炉心損傷に至る危険があることは、保安員と東電の間で共有されていた。日本は自然災害国家であるにも関わらず、地震や津波といった外部事象の想定が限定的で、運転上のミス等といった内部事象の想定に偏った対策をしてきた。

### 2.3 事故対応における問題点

東京電力の事故対応にはさまざまな問題点があった。

①事故時に会長と社長がどちらも不在。

原子力災害への備えとして本来あってはならないことであり、実際に二人の不在は、ベントや海水注入など深刻な経営判断を迫られる局面で連絡や相談に余計な負荷をかける結果となっており、初動における迅速な事故対応の妨げとなった。

②シビアアクシデント対策の不機能

事故時の運転手順書は炉の状態をパラメータ監視できることを大前提としており、今回のような長時間の全電源喪失といった事態において十分機能するような内容ではなかった。

③緊急時の指揮命令システムの混乱

通常の保安院とのコミュニケーションのチャンネルが、保安院ERC(経済産業省緊急時対応センター)、オフサイトセンターの機能不全もあって十分に活用できなかった。

### 2.4 福島における避難の問題点

避難の問題点は4つある。

①北西部への避難指示の遅さ。

避難指示発令から一ヶ月後に避難指示の見直しが行われ、20km圏内は警戒区域に、計画的避難区域および緊急時避難準備区域の設定が行われた。この見直しの際30km圏外にも関わらず高い放射線量が

観測されていた北西部は計画的避難区域に設定される。この区域にはもっと早く避難指示が発表されるべきであった。

### ②不適切な避難

避難指示が出された 20km圏内にも線量が低い場所はいくつかあった。また、南相馬市や浪江町は海岸沿いが一番線量が低い。しかし 20km圏内という理由で、そのエリアの住民は避難を強いられた。ところが逃げた先が北西方向であったため、わざわざ放射線量が高い場所へ避難し、そこに長時間留まることとなった。

### ③SPEEDI の不使用

SPEEDI とは原子炉施設から大量の放射線物質が放出された場合や、あるいはそのおそれがある場合に、放射源情報、施設の周囲の気象予測と地形データに基づいて大気中の拡散シミュレーションを行い、大気中の放射性物質の濃度や線量率の分布を予測するためのシステムである。しかし、原子炉施設における正確なデータが出ていなかったため、大気中の放射性物質の濃度や空間線量率の変化を定量的に予測することができなかつたとして公表されなかつた。だが、その時の気象状況によって、放出された放射性物質がどの方向に飛散し、どの地域が汚染されるのかは予測できる。実際に予測されていたが、国内には公表せず、諸外国には IAEA からの要請によりデータを渡していた。

## 2.4 福島の避難者

前述したように、福島県からの避難者数は約5万人にもなる。また、避難所等への移動、長引く避難所生活による肉体、精神的疲労による震災関連死が非常に多く、震災関連死全体の 95%を高齢者が占めている。浜通りの人は避難生活が長引いており、展望が見えない。このことが高齢者の元気をなくしている。

## 2.5 福島の避難基準

福島原子力発電所事故において避難の基準となった放射線量は、「追加被曝線量」20mSvという値である。つまりそこに住んだとき、受ける原発由来の放射線量が年間 20mSvになると推定された地域で、住民が避難を指示された。また、除染の目標値は年間 1mSvとしている。国際放射線防護委員会では、緊急事態期には事故による被曝量を年間 20~100mSv、復旧期には 1~20mSv、平常時には 1mSvに抑えることを防護対策の目安としている。福島の場合、住民の安心を最優先し、1年目から年間 20~100mSvのうち最も厳しい値である 20mSvを避難指示の基準とした。また、年間 1mSvを長期的な目標とした。

## 3. チェルノブイリ事故

### 3.1 事故の原因

1986年4月26日、ウクライナのチェルノブイリで事故が発生。原因は、以前から把握していた原子炉の構造的欠陥を上層部が末端の運転員に知らせていなかったことである。また、原子炉はセキュリティシステムが最新のものにされておらず、自動操作の水準が低かったとされている。それだけでなく、運転員の規則違反や、原子炉の専門家ではない人が運転を指示したり、安全に実施したりするための計画等も不十分であった。即ち、悲惨な結果をもたらした事故の背景には、所管官庁の情報隠蔽体質と各産業に於ける安全文化の欠如がある。

### 3.2 事故の放射線による健康影響

事故による被曝を最も蒙ったのは、事故処理作業従事者・立ち入り禁止区域からの避難者・甲状腺内部被曝を蒙った事故当時の子供と青少年・放射能汚染地域に住む住民の4集団である。急性被曝による死者は作業員134人のうち28人であった。放射線被害者は3つのカテゴリーに分類される。

①20~24万人の救急隊や消防士、警察等

②11万6千人のチェルノブイリ近くの汚染地域の住民

③22万人の後で避難した人々

以上から、チェルノブイリ原子力発電所事故は約60万人の生活に影響を及ぼしたことが分かる。

また、チェルノブイリでは、高線量汚染地域の27万人は50mSv以上、低線量汚染地域の500万人は10~20mSvの被曝線量と計算されているが、健康に影響は認められていない。例外は小児の甲状腺ガンで、1986年に於ける内部被曝線量の主要な原因は葉菜と牛乳(及び乳製品)という二つの食品汚染であった。汚染された牛乳を無制限に飲用した子供の中で約6000人が手術を受け、現在までに15人が亡くなっている(2011年時点)。

### 3.3 チェルノブイリの避難基準

福島では1年目から20mSvという値を避難基準としたのに対し、チェルノブイリでは段階的に避難基準を変更していった。

1年目は年間100mSv、2年目は30mSv、3~4年目は25mSv、5年目では20mSvとしており、6年目以降は5mSvを避難基準としている。なお現在では、年間被曝線量が5mSvを超える地域を移住すべきとされる退去対象地域とし、年間1~5mSvの間の地域を避難するかどうかを住民が判断する移住権付居住地域、年間0.5~1mSvの地域を徹底的なモニタリングを行う特惠的 socioeconomic ステータス付居住地域に分類している。

### 3.4 チェルノブイリの避難者

事故の2日目に、5万人のプリピャチ市民が避難

命令を受けた。3日でも帰れると言われ、必要な物だけ持って行くのを許可された。事故の9日後の5月5日、チェルノブイリから半径30km圏内の住民の避難が完了した。事故発生時から25年の間に実施された調査によると避難者の健康状態は避難以降相当に悪化した。彼らは避難民として周囲の冷たい視線のもとで生活することになった。避難した人々の生活状態が、今なお汚染地域で生活し続けている人々に比べて、ましであるかは難しい問題である。避難民用の新しい居住地は時間的な制約の下に急造されたため、多くの場合大変居心地が悪かった。そのため多くの人が原発周辺の30kmゾーンを含めて、避難ゾーン内の彼らの家に舞い戻った。

家屋の喪失、強制的な中絶、甲状腺被曝による病気など、直接的ではっきりと分かる被害もある。一方、ストレス、生活状態の変化、不確かさ等といった目に見えない被害もある。農村で暮らしていたお年寄りが都会に移って慣れない生活で病気になったり、移住によって仕事を失って一家の主がアル中になったりして健康を害したという例もチェルノブイリ原子力発電所事故の影響と考えるべきである。

		1992	2010	変化
チェルノブイリ核災害の健康への影響	健康状態の悪化の主要な要因である	41	15	-26
	他の要因と同程度に健康状態を悪化させている	27	36	9
	他の要因による影響の方が、チェルノブイリ要因よりも大きい	10	22	12
	何とも言い難い	22	27	5
	合計	100	100	-

『ウクライナ国家報告書』より筆者作成

この表は1992年と2010年に於けるウクライナの住民によるチェルノブイリ核災害による影響の程度に関する自己申告を割合で示したものである。この表より読み取れることは、事故発生から6年後と24年後を比較すると、事故による健康悪化よりも他の要因による影響を問題視する割合が増えている。ここでいう他の要因とは、避難による悪影響のことだと考えられる。

#### 4. 福島とチェルノブイリの比較

チェルノブイリ原発事故では急性の大量被曝による死者が28人出たが、福島原発事故ではそのような死者はいない。また、福島原発事故では原子炉建屋の水素爆発が発生したが大規模かつ断続的な火災はなかった。しかしチェルノブイリ事故では原子炉が爆発し、大規模な火災が発生、多量の放射性物質が広範囲に拡散した。

福島原子力発電所事故とチェルノブイリ原子力発

電所事故による放射性物質放出量の差を比較すると、以下の表になる。

放射性物質放出量	ヨウ素131	セシウム137
チェルノブイリ	1760PBq	85PBq
福島	160PBq	15PBq

「会津若松市 放射線 Q&A」より筆者作成

1PBq=1,000,000,000,000,000Bq(1000兆ベクレル)

この表から分かるように、福島原子力発電所事故の場合のヨウ素131放出量はチェルノブイリ原子力発電所事故の約10分の1、セシウム137は約6分の1となっている。さらにチェルノブイリ原発事故ではストロンチウム90やプルトニウム239も広範囲に放出されたが、福島原発事故ではごくわずかにしか放出しなかった。それだけでなく、福島原発事故はチェルノブイリ原発事故に比べ、汚染地域が約6%、放出距離は約10分の1であったことも明らかになっている。

これらのことから、チェルノブイリ原子力発電所事故と福島原子力発電所事故では、どちらもレベル7という評価ではあるものの、放射性物質の放出量や放出距離が全然違うことが分かる。

#### 5. 福島における帰還

##### 5.1 放射線量算定の問題点

日本政府は各地域の被曝線量を、空間線量から自然放射線量を差し引き、0.6を乗じるという方法で算出してきた。これは、屋外で8時間、屋外で16時間過ごす生活パターンを想定されているからである。しかし多くの人にとって、8時間も屋外にいるというのは過大評価となっている。

さらに、線量には空間線量と実効線量がある。空間線量とは自由空気中の放射性エネルギー量のことであり、実効線量とは体内での放射性エネルギー量のことである。避難の基準値である年間20mSvという値は実効線量に基づいている。実効線量は空気吸収線量の7~8割程度、周辺線量当量の6割程度に相当する。つまり、日本政府が採用した空間線量に0.6を乗じるという方法で算出された値は、ここでも過大評価となっている。

このことをふまえて竹本(2015)では、簡単に空間線量から実効線量を求める方法として、屋外にいる時間を4時間、屋内にいる時間を20時間とし、その補正係数を0.5としている。さらに、国際放射線防護委員会とUNESCEARが換算係数を0.7としていることから、空間線量から実効線量を求めるには、空間線量に0.35を乗ずればよいと提案している。

本研究では竹本(2015)の提案を支持する。さらに、空間線量から実効線量への換算をより正確にするた

め、屋外にいる時間を 4 時間として空間線量を算定し、得られた空間線量値に 0.7 を乗ずることとする。

## 5.2 避難の基準値の訂正

中西(2014)では年間 20mSvは帰還目標としてはあまりにも高く、年間 1mSvでは無理があるとして、以下のことを提案している。

①15年間の集落の平均的被曝量は50mSvを超えない、高い地区でも100mSvを超えない。

②15年間で、個人線量が長期的目標の年間1mSv以下を達成する。

この条件を満たす帰還時外部被曝量は5mSvとする。この時、15年間の累積被曝線量は約38mSv、30年間で約59mSvとなる。また、澤(2015)でも同様に年間5mSvが最適としている。

これらの提案をふまえ、屋外にいる時間を4時間とし、得られた空間線量を実効線量に変え、年間5mSvを超えない地域を計算した。その結果、2013年の時点で一部の高線量地域を除き、飯館村・葛尾村・南相馬市などの複数の地域が帰還可能となることが明らかになった。



しかしこれらの地域の避難指示解除は、2016年の6月であったり、2017年3月に解除予定であったりする。もっと早くから帰還させることができれば、避難者への負担を軽減させることができたと考えられる。

## 6. まとめ

原子力災害における避難において重要なことは、放射性物質がどの方向に拡散するかの情報をいち早く入手し、放射性物質が拡散されると予想される地域に避難指示を出すことである。避難することによる避難生活の精神・肉体的ストレスは甚大であり、放射線による健康影響よりも大きい場合がある。避難する必要があるのに避難させたり、避難しなければならないのに避難指示を出さなかったりしてしまうことは絶対に避けるべきである。福島の場合は、SPEEDIが機能しなかったこと、事故前の原発周辺地域の放射線量をあまり測定していなかったために、半径20kmという避難指示になってしまった。

そうならないために、SPEEDIの放射性物質の拡散シミュレーションを使用することが必要である。また、事故前から原発周辺の放射線量を複数のモニタリングポスト等で計測しておき、事故が起こった際に適切な避難指示を出せるようにしておくべきである。

原子力発電所事故は起こる可能性が十分にあることを理解し、万一の場合に備えて万全の対策をしていなければならない。

## 7. 参考文献・URL

- [1] 澤昭裕「福島のタブーに挑む・その1 除染のやり過ぎを改める」2015
- [2] たくきよしみつ『裸のフクシマ』2011年
- [3] 竹本健太「現存被曝状況における年間放射線被曝量基準値をどうするか」2015年卒業研究
- [4] 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会『国会事故調報告書』2012年
- [5] 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会『政府事故調 中間・最終報告書』2012年
- [6] 日本科学技術ジャーナリスト会議編『福島原発事故 何が問題だったのか』2013年
- [7] 村上道夫・永井孝志・小野恭子・岸本充生『基準値のからくり』2014年
- [8] 会津若松市『放射線Q&A』  
<http://www.city.aizuwakamatsu.fukushima.jp/docs/2014042800014/>
- [9] 環境教育情報センター・ウクライナ『ウクライナにおけるチェルノブイリ事故被災者と彼らを取り巻く社会状況』  
<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/Chernobyl/saigai/Tykhvi-J.html>
- [10] 京都大学原子炉実験所『チェルノブイリ事故から20年: 事故の経過、汚染、影響』  
<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/seminar/No102/imanaka060414.pdf>
- [11] 京都大学原子炉実験所『チェルノブイリ事故から25年: 将来へ向けた安全性』

[http://www.rrl.kyoto-u.ac.jp/PUB/report/04\\_kr/img/ekr005.pdf](http://www.rrl.kyoto-u.ac.jp/PUB/report/04_kr/img/ekr005.pdf)

[12] CHERNOBYL HISTORY

<https://www.chernobylwel.com/EN/3/chernobyl/>

[13] 中西準子 「福島における放射線リスク評価と管理その壁は何か」

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2015/siryo19/siryo4.pdf#search='%E4%B8%AD%E8%A5%BF%E6%BA%96%E5%AD%90+%E9%99%A4%E6%9F%93'>

[14] 復興庁 『震災関連死の死者数等について』

<http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat2/sub-cat2-6/20140526131634.html>