

福島第一原子力発電所事故後に発生した様々な状況に対する一考察* (特に、避難線量を中心として)

吉岡 満夫^{*1}

A Consideration about the Various Situation Occurred after the Accident of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (About Exposure Dose of the Evacuation Especially)

Mitsuo YOSHIOKA^{*1}

^{*1} Department of the Application of Nuclear Technology

It seems the most important among the various situation happened that the evacuation of residents had been carried out after the accident of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. There are both of results of the environmental radiation monitoring of 2011, 2012 and 2013, and calculation or assumption method of avoided annual exposure dose due to evacuation in this paper. And so, calculation or assumption results and some consideration concerning that are indicated here. The evacuation areas were decided based on this assumption. The many people hope to come back. If the radiation dose level become under the standard of restriction and the many people take understanding of the radiation influence, the many people will come back. In order to achieve this purpose, the radioactive decontamination will be need in some case.

Key Words : Environmental Radation Monitoring, Coustermeasure of Nuclear Disaster Prevention, Residents Evacuation, Evacuation Exposure Dose, Decontamination

1. 緒 言

平成23年3月11日の東日本大震災・三陸大津波に誘引され起きた福島第一原子力発電所事故では、様々な状況が発生したが、その最たるもの・象徴的なものは放射線防護対策の一環として実施された「住民避難」であろう。対策が採られた地域からの避難者数は、内閣府原子力被災者生活支援チームの発表⁽¹⁾によれば平成25年12月末現在で約84,000人である。この「住民避難」と並行して、「放射能、放射線とその人体への影響」に関して、国民・地域住民の間に様々な誤解や無理解、理解不足が生まれた。「広い範囲が汚染された。怖い。帰れない。不安」と思っている人達も多いと推察される。本稿執筆の目的は、この人々の「誤解や理解不足の解消」とそれを「帰還の実現」に結び付けることにある。被災地域の「外部線量」に関しては、平成24年9月までは文部科学省・原子力安全委員会から、その後は原子力規制委員会⁽²⁾から公表され、「対策地域の見直し」が数次にわたって行われてきた⁽¹⁾が、数値も含め適正に住民に伝わっているとは思われない。そこで、ここでは、この住民避難に関わる避難線量とその算出法について、技術的な観点、数値的な面から考察する。なお、本稿の内容は、大きくは、自ら実施した「現地における放射線測定」と「避難線量とその算出(推定)法、その結果についての考察」の2つの部分からなる。後者に関してこの時期に記述するのは、事故からほぼ2年～2年半後の時点で、福島県から事故時～最近までの最も確からしい常設の積算線量実測データを含む定期報告書⁽³⁾が公表されたことにもよる。

2. 現地における放射線測定

今回の影響は、主に核分裂生成核種の放出と、表土を始めとする様々な環境に存在する物質への沈着、それからの放射線、即ち、外部放射線という形で現れた。従って、表土や植物試料の¹³⁴Cs、¹³⁷Cs濃度がともに数万～

* 原稿受付 2014年2月28日

^{*1} 原子力技術応用工学科

E-mail:yoshioka@fukui-ut.ac.jp

数十万Bq/kgとなるなど、影響の発現形態としては環境試料中の放射性核種濃度もあるが、人への影響としては最終的にはそれら核種からの γ 線、即ち、空間放射線が主なものである。この空間放射線に焦点を当て、現地における「放射線測定」を行った。現地で採取した環境試料中の放射性核種濃度は、ここでは省略する。

測定時期は平成23年5月4日、24年5月5日～6日、25年5月4日～5日であり、主な測定地域は、各年それぞれ郡山市・福島市・伊達市・相馬市／いわき市・国道399号線・飯館村・南相馬市・宮城県内・東北自動車道／広野町～国道6号線・富岡町・二本松市・飯館村・南相馬市・浪江町である。用いた測定器はアロカ製3"φ×3"NaI(Tl)ポータブルスペクトロメータで、主に自家用車車内設置、走行中1分間プリセット繰り返し測定である。測定中も空気吸収線量率を確認できるが、ここでは、福島市に帰着後各保存スペクトルのアンフォールディングを行って線量率（1cm線量当量率）を求めた。このアンフォールディングによるデータ処理では、1cm線量当量率のほかに、空気吸収線量率や線束密度、それらのエネルギー区分毎の分布も得られる。平成23年(2011年)・24年(2012年)の走行ルートをFig.1に、2012年サーベイの走行測定ルートの詳細（拡大図）をFig.2に、2011年サーベイの空間線量率測定結果（1cm線量当量率）をFig.3⁽⁴⁾に、2012年サーベイの空間線量率測定結果（1cm線量当量率）をFig.4に示す。

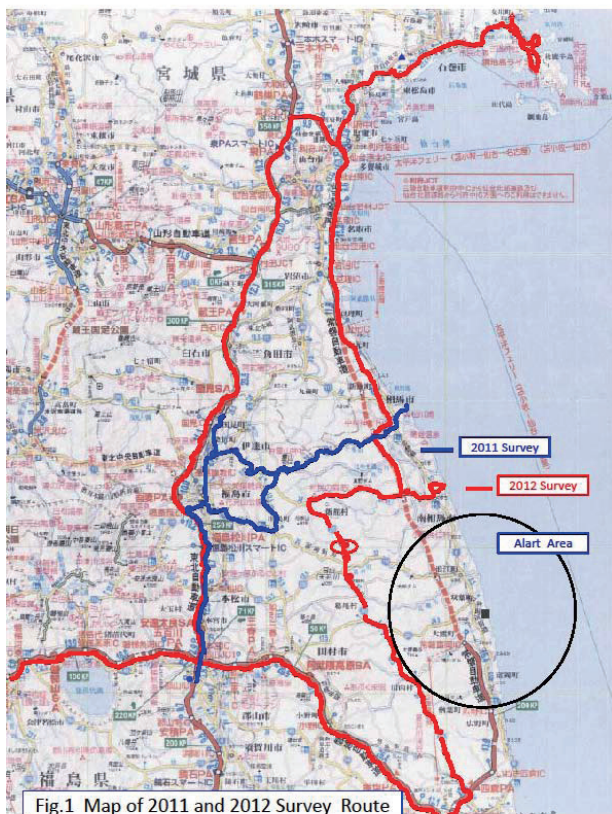


Fig.1 Map of 2011 and 2012 Survey Route

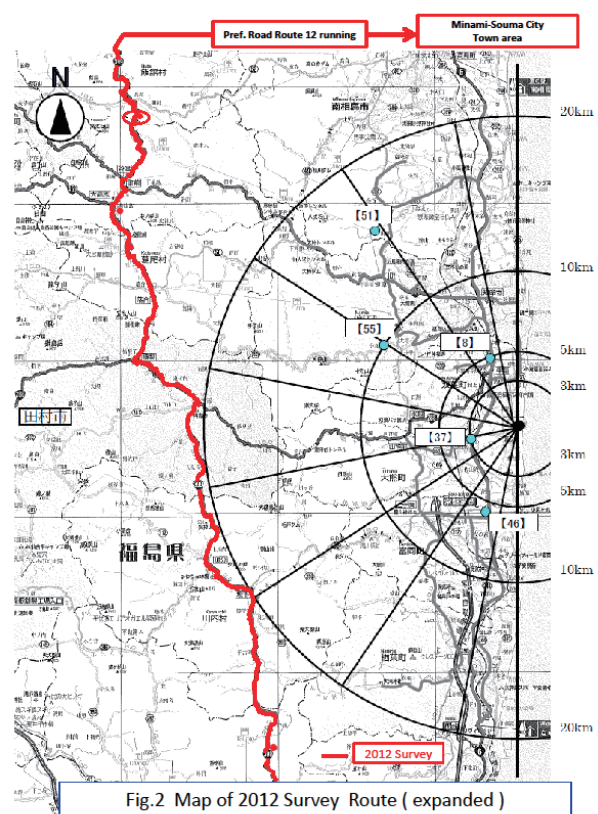


Fig.2 Map of 2012 Survey Route (expanded)

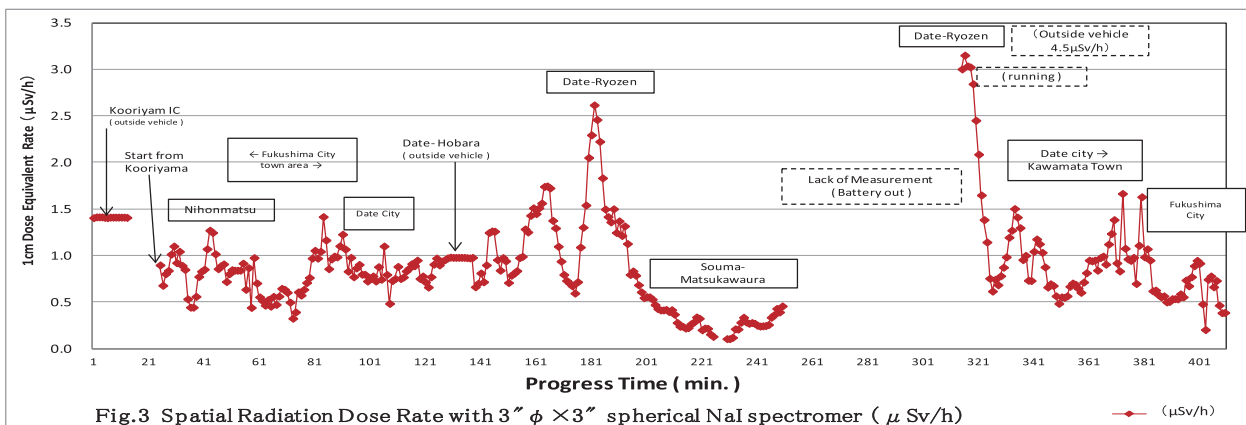


Fig.3 Spatial Radiation Dose Rate with 3"φ×3" spherical NaI spectrometer ($\mu\text{Sv/h}$)

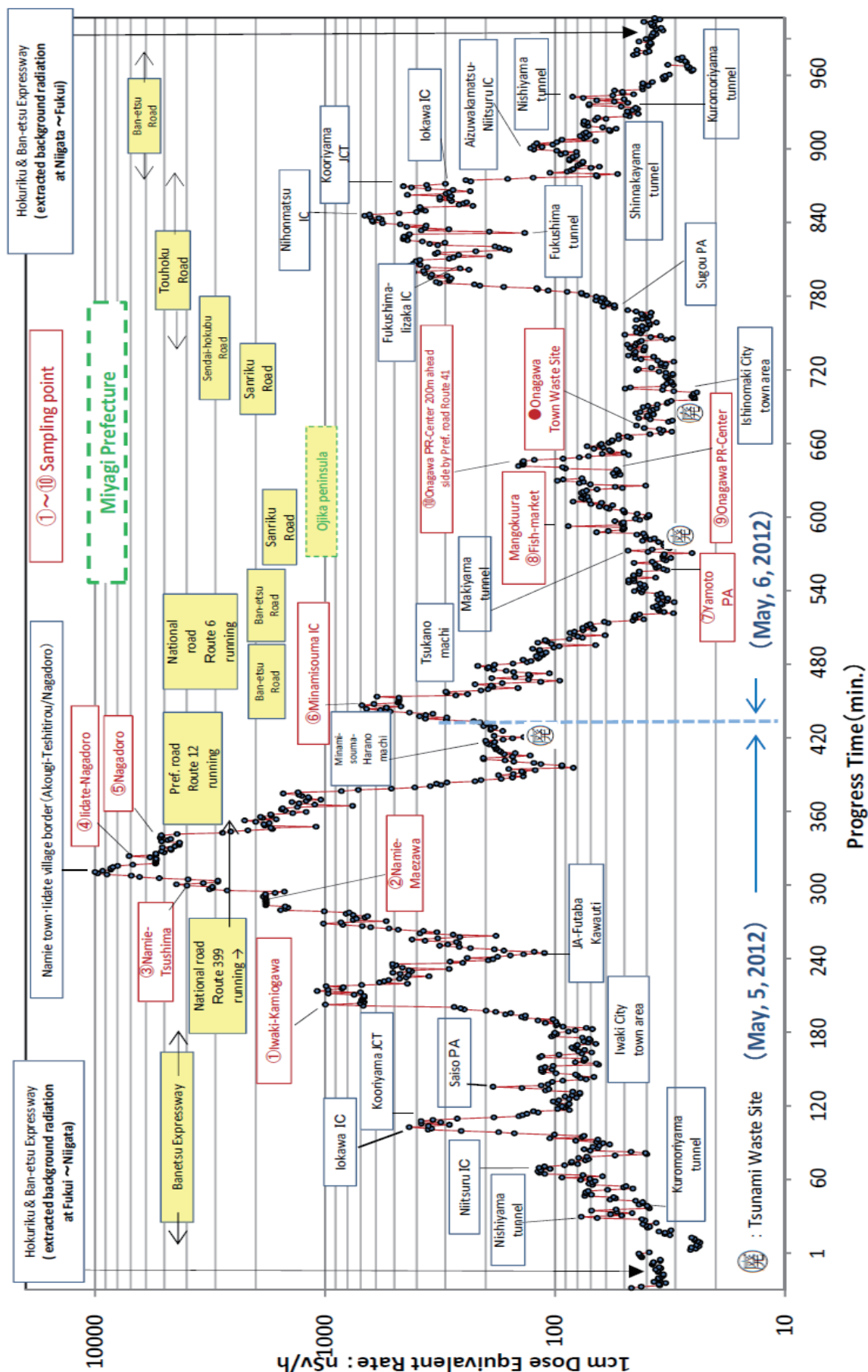


Fig.4 Spatial Radiation Dose Rate with in situ 3" ϕ \times 3" NaI spectrometer near Fukushima.

測定結果の概略を述べれば、23 年の最高線量率地点は後に特定避難勧奨地点となった伊達市霊山町の $4.5 \mu\text{Sv/h}$ 、24 年は対策地域内の国道 399 号線上浪江町・飯館村 町村境の $10 \mu\text{Sv/h}$ である。ポケット線量計による平成 24 年調査全行程期間中の線量は約 0.5mSv であった。24 年の国道 399 号線上の調査は、半径 20km の半同心円の警戒区域への接線的な南北方向にほぼ一直線的な道路であり、「対策区域の南北断面における空間線量率プロファイル」を比較的良好に表しているといえることができ、事故から 1 年 2 ヶ月後ではあるが次章の記述に繋がるものと見ることができる。対策区域設定の線量率的な指標値は、生活線量を考慮すれば $3.8 \mu\text{Sv/h}$ （年線量では 20mSv ）であり、Fig.4 上では浪江町津島－飯館村長泥－県道 12 号線合流点までの測定結果がそれに該当する。生活線量は、屋外 8 時間、屋内 16 時間（木造家屋しゃへい効果（ $\times 0.4$ ））として算出されるものである。

25 年調査では、それぞれ南方向から・西方向から・北方向から当時の警戒区域（立入制限区域）境界まで走行測定を行ったが、警戒区域への接近の方角が異なり、系統的かつ体系的な図になりづらいので、測定結果図は省略した。なお、「この時の最高線量率は富岡町の約 $3 \mu\text{Sv/h}$ であり、国道 6 号線上の浪江町側からの接近では概ねその $1/3$ のレベルで、 $3.8 \mu\text{Sv/h}$ を超える地点はなかった」ことを申し添える。

3. 避難から帰還実現へのロードマップ

第 1 章の「緒言」にも記述したように、本稿執筆の目的は、最終的には「避難からの帰還の実現」であり、それと並行して、それを阻害する要因と思われる住民の「誤解、理解不足」を解消することにある。そのロードマップは、筆者からは以下のようなことが中心となるであろうと思われる。

- ①空間放射線モニタリングにより、定期的に 線量・線量率が帰還可能となるものか否かを確認すること
 - ②線量率レベルの低下や基準線量率超過範囲の縮小等の全対状況を確認すること、その事実を住民に伝えること
 - ③上記の目的を阻害する要因、それが除染の進展状況であるならば、現実的なその解消策を考えること
 - ④それらと並行して、もう一方の阻害要因である住民の「放射線に対する理解の深化」について取り組むこと
- これらのうち、②の後半から③、④についての国の取組みは少なく、あるいは遅いように思われる。

4. 避難線量とその算出(推定)法とその結果についての考察

4.1 避難線量について

避難・退避指示等の原子力防災上の防護対策⁵⁾は、事故発生当日夜の $2\sim 3\text{km}$ （屋内退避は 10km ）の国災害対策本部長（首相）名の発令、翌 12 日早朝に 10km 、同日夕刻に 20km （屋内退避は $20\sim 30\text{km}$ ）の避難指示があまり明確な根拠を示すことなく発令された。この発令は、ある意味では 3 月 12 日 14:30 の 1 号機ドライウエルベント、15:36 の同機水素爆発等の事故状態の進展を受けてのものであり、予測線量からのものではないとされている。この早期避難指示で、幸いにも初期の過大な被ばくは回避された。数値的なものとしては、やや後追いのではあるが事故から約 1 ヶ月後に初期 25 日間の測定結果とそれからの事故後 1 年後までの推定線量が示され、 20mSv 以上で避難指示区域、 $10\text{mSv}\sim 20\text{mSv}$ で計画的避難区域とすることが明らかにされた。

当時、避難線量に関しては、いわゆる「防災指針」⁶⁾の中に規定があり、外部被ばく防護の指標値（予測線量）で、 $10\text{mSv}\sim 50\text{mSv}$ （内部被ばくでは小児甲状腺の等価線量で $100\text{mSv}\sim 500\text{mSv}$ ）で「屋内退避」、 50mSv （内部被ばくでは同じく 500mSv ）以上で「避難またはコンクリート屋内退避」とされていたが、IAEAではこれよりは幅のある柔軟かつ弾力的な表現⁷⁾がなされており、その下限値をとったものとの説明が付けられた。

ここで指摘しておきたいのは、当初の発令では放出量や事故進展状況など不明な点も多かったことから「やむを得なかった」面もあると思われるが、その後の見直しでは、根拠を明確に示して拡大あるいは改廃、区分変更等を行うべきだったという点である。モニタリング実績を踏まえてその後の年間予測線量的な根拠が示されたのは、ほぼ 24 年 3 月の 1 回にすぎない。それが行われなかったから、「23 年 4 月の 30km 以遠の浪江町・飯館村への計画的避難区域の拡大、23 年 6 月の特定避難勧奨地点の設定」等の対策の拡大や強化ばかりが目立ち・記憶され、「23 年 9 月末の一部市町村の計画的避難準備区域の解除、23 年度末及び 24 年度末の避難指示区域および警戒区域の見直し」等の改変あるいは他の区分への組換えまたは縮小、「24 年 12 月の一部の特定避難勧奨地点の解除」等の決定は、人々や報道機関に殆ど記憶されておらず、また殆ど報道されてもない。

これらの判断・見直しの根拠となったのは、主に航空機サーベイによるモニタリング結果⁸⁾である。比較的広い範囲の多数の住民が住んでいた地域の放射線状況把握（＝エリア管理）を、迅速にかつ効率的・効果的にモニタリ

ングするには、様々な利点を持つ航空機サーベイが最も適切な方法である。但し、住民にはモニタリング結果だという実感が湧きづらいことから、陸上モニタリング結果の実測値を合せて示し、測定結果の確からしさが検証されていることを常に示しておく必要があると思われる。また、平成 26 年 3 月の田村市都路地区の避難指示区域解除発表の際、同時に個人の住宅の敷地近傍で住民の受止めた解除基準を 4～5 倍上回る住民自身による線量率測定結果の政府発表を疑わせるような報道がなされたことから、発表の際には、航空機サーベイといえども万能ではなく、地点分解能等の限界があることを示しておく必要があると思われる。更にその際に、仮に解除基準を上回る線量率が観測されたとしても、土を被せるだけの簡単な方法で線量が低減されることも合わせて示しておく必要があると思われる。なお、航空機サーベイと陸上の線量率モニタリングの得失比較は次節で後述する。

帰還困難区域、居住制限区域、避難指示解除準備区域等の対策区域の年線量あるいは線量率的な基準値・指標値（それぞれ 20mSv、3.8μSv/h／10mSv、1.9μSv/h／5mSv、1μSv/h）が明確に示され続けていないことも住民に理解が深まらないことの一因になっているものと思われる。

事故から 3 年後の放射線レベルや 2 年後の基準線量率を超えた範囲を示せば、モニタリングが行われた数千の地点の線量率レベルは過半の地点で初期の凡そ 1/2 以下に低下し、また、航空機サーベイの結果で 3.8μSv/h の基準線量率を超える範囲は、事故後 7 ヶ月後の約 580km² から 2 年後では 330km² に縮小している。

なお、実際に避難した住民は、大きな被ばくは回避されたが、その住民の避難前と避難後を含む住民及び一般県民の各自の行動を考慮した線量評価結果が福島県から「県民健康管理調査結果」^③ として公表され、平成 25 年 3 月時点の 42 万 2 千人の調査結果では、外部被ばくは最大の人で 25mSv、15mSv 以上は 12 人、殆どの人（99.9% 以上）は 3mSv 以下であり、また、内部被ばくは最大でも 3.5mSv、殆どは 1mSv 以下であったとされている。

4.2 線量の算出（推定）法

原子力災害では、事故の初期段階で迅速な避難・退避等の防護対策（介入）実施の判断が求められる場合は、空気吸収線量（単位 Gy）や 1cm 線量当量（同 Sv）等の各種測定量の単位の違いを考慮せず（即ち、何の換算係数も乗せず）、そのまま対策実施の判断に用いることとされている。しかし、ある程度の期間が経過し事態が落ち着いた後の線量評価は、「環境放射線モニタリング指針」^⑧ では「平常時の手法に従って算定する」とされている。つまり、避難・退避等の対策とその実施区域の修正・変更・見直しの場合は、その時点で既に積み重ねられたモニタリング結果について平常時の手法による評価（最終的には実効線量の評価）を行うことが期待されていると考えることができる。その算出法は、誰もが納得できる最も適切な方法であるべきである。

この考え方が「良」とされれば、まず各測定結果からバックグラウンドを差し引き、次いで空気吸収線量（単位 Gy）や 1cm 線量当量（同 Sv）等の実効線量（単位 Sv）への換算（前者 a、後者 b）を行い、しかるのちに対策区域等の見直しに資するために今回の事故から導入された生活線量を算出（c）する。それぞれの換算係数は、a：×0.8、b：×0.84、c：×0.6 である。なお、今回の緊急時モニタリングで用いられた測定器の多くは、原子力施設内や RI 施設内の放射線管理用測定器であり、測定量の単位は実用量である 1cm 線量当量率であるので、それからの実効線量への換算係数にはアイソトープ手帳^⑨ の放射性セシウムの実効線量率定数と 1cm 線量当量率定数の平均的な比 0.84 を使うべきであろう。これに対し平常時から常設の放射線測定器の出力は、殆どが空気吸収線量（単位 Gy）であり、実効線量への換算係数は上記のいわゆる「モニタリング指針」^⑧ によれば 0.8 である。

第 1 章「緒言」でも述べたように、福島県と東京電力から事故時～平成 25 年 9 月までの常設の積算線量測定結果を含む定期報告書^⑩ が平成 25 年 3 月に公表された。「線量」として最も確かな積算線量実測データであり、本稿の主題の縮図でもあるので、このデータを用い、上記の算定法に従い、年間線量の評価を行った結果を積算線量評価シートという形で次ページ Table 1-1～Table 1-3 に示した。

このシートは筆者からの集計・評価の提案でもある。

23 年度、24 年度と 25 年の半年分の結果があるが、Table が多すぎないように、24 年度の結果のみを示す。この測定地点は全て 20km 圏内の地点である。福島第二原子力発電所に関わる地点は、ここでは一般地域とみなすことができる。1 つ前の期間末の空間線量率を実測値に置き換え、所用の修正をすれば、次期の・これからの期間の予測線量・推定線量を算定することもできるものとなる。但し、その場合は過大因子としてウェザリング効果等による低減が考慮されていないものとなる。このような過大因子、過少因子は常に示されなければならない。

福島第一原子力発電所事故後に発生した様々な状況に対する一考察（特に、避難線量を中心として）

Table 1-1 Accumulated Dose Evaluation Sheet (:Fukushima Prefecture Stationary Point.)

Evaluation Period : 120412~130410.

Characteristics of measurement : permanent glass Dosimeter (Gy)

Data Source : 2012 Fukushima Prefecture Periodic Report

belong to	No.	Evaluation Point		Assumed Direction・Distance (Approximetry)		Evaluation Period (Measurement Period)	(Days)	Observed Data (basically mGy) —O or —	Unit	Period-normalized background -BG (365days)	Net Observed Value (after BG subtraction)	converted Effective Dose (mSv/y)	converted Life Dose (mSv/年)	Normalized Reference Dose for Application to another point	in the case of application to another point Point name, conv. factor(f) (:convratio)
		Name of Local Government	Location Name	Direction	Distance (km)										
Fukushima Prefecture	1	Naraba Town	Yamadaoka	S	19	12.4.12 ~ 13.4.10	363	3.16	mGy	0.52	2.64	2.13	1.28	1.28	()
	2		Ide	S	16	12.4.12 ~ 13.4.10	363	5.09		0.54	4.55	3.66	2.20	2.20	()
	3		Kamishigeoka	SSW	14	12.4.12 ~ 13.4.10	363	6.03		0.51	5.52	4.44	2.67	2.67	()
	4	Tomioka Town	Oota	SSW	12	12.4.12 ~ 13.4.10	363	11.19		0.50	10.69	8.60	5.16	5.16	()
	5		Oragahama	SSW	6	12.4.12 ~ 13.4.10	363	47.52		0.50	47.02	37.83	22.70	22.70	()
	6		Yonomiri-kita	SSW	8	12.4.12 ~ 13.4.10	363	19.27		0.48	18.79	15.12	9.07	9.07	()
	7	Ookuma Town	Kumakawa	SSW	4	12.4.12 ~ 13.4.10	363	109.19		0.50	108.69	87.43	52.46	52.46	()
	8		Nogami	WSW	5	12.4.12 ~ 13.4.10	363	37.62		0.55	37.07	29.82	17.89	17.89	()
	12-9		Oono	SW	5	12.4.12 ~ 13.4.10	363	82.40		0.53	81.87	65.86	39.52	39.52	()
	11	Futaba Town	Otozawa	WSW	4	12.4.12 ~ 13.4.10	363	262.01		0.51	261.50	210.35	126.21	126.21	()
	12		Chojahara	W	4	12.4.12 ~ 13.4.10	363	80.89		0.43	80.46	64.72	38.83	38.83	()
	13		Kiyotosaku	W	5	12.4.12 ~ 13.4.10	363	16.42		0.50	15.92	12.81	7.69	7.69	()
	14	Namie Town	Kooriyama	N	3	12.4.12 ~ 13.4.10	363	11.90		0.54	11.36	9.14	5.48	5.48	()
	15		Nagatuka	NNW	5	12.4.12 ~ 13.4.10	363	34.01		0.50	33.51	26.96	16.17	16.17	()
	16		Onoda	NW	9	12.4.12 ~ 13.4.10	363	29.75		0.53	29.22	23.51	14.10	14.10	()
	17	Minami-Souma City	Ukeda	N	6	12.4.12 ~ 13.4.10	363	2.92		0.54	2.38	1.92	1.15	1.15	()
	ref-1		Kiyohashi	N	9	12.4.12 ~ 13.4.10	363	3.92		0.51	3.41	2.75	1.65	1.65	()
	ref-2		Mimigai	NNW	12	12.4.12 ~ 13.4.10	363	3.44		0.56	2.88	2.32	1.39	1.39	()
	ref-3	Fukuura	Sekiba	NNW	16	12.4.12 ~ 13.4.10	363	7.62		0.56	7.06	5.68	3.41	3.41	()
	ref-4		Ooi	N	16	12.4.12 ~ 13.4.10	363	2.27		0.48	1.79	1.44	0.87	0.87	()
	ref-5		Urajiri	N	14	12.4.12 ~ 13.4.10	363	2.28		0.53	1.75	1.41	0.85	0.85	()
			Fukuura	N	18	12.4.12 ~ 13.4.10	363	3.57		0.53	3.04	2.45	1.47	1.47	()

(note) to apply the same evaluation method to accumulated dose data of TEPCO and etc.. Background is subtracted average dose in same period before accident basically.

conversion factor from air absorption dose(mGy) to effective dose : 「 × 0.8 」. Conversion to life dose is calculated as outdoor 8hr. and indoor 16hr. when woody house shield factor : 「 × 0.4 」 (that is, as whole finally, 「 × 0.6 」)

: over the standard of directed evacuation Zone preparing to lift the evacuation directive

: additional point at 2012 below 10mSv

Table 1-2 Accumulated Dose Evaluation Sheet (:TEPCO Fukushima Daiichi Stationary Point.)

Evaluation Period : 120412~130410.

Characteristics of measurement : permanent glass Dosimeter (Gy)

Data Source : 2012 TEPCO Periodic Report

belong to	No.	Evaluation Point		Assumed Direction・Distance (Approximetry)		Evaluation Period (Measurement Period)	(Days)	Observed Data (basically mGy) —O or —	Unit	Period-normalized background -BG (365days)	Net Observed Value (after BG subtraction)	converted Effective Dose (mSv/y)	converted Life Dose (mSv/年)	Normalized Reference Dose for Application to another point	in the case of application to another point Point name, conv. factor(f) (:convratio)
		Name of Local Government	Location Name	Direction	Distance (km)										
TEPCO-Fukushima Daiichi	1	Site border MP	MP-1	NNW		12.4.12 ~ 13.4.10	363	21.76	mGy	0.48	21.28	17.12	10.27	10.27	()
	2		MP-2	NW		12.4.12 ~ 13.4.10	363	41.58		0.49	41.09	33.06	19.83	19.83	()
	3		MP-3	NNW		12.4.12 ~ 13.4.10	363	51.70		0.48	51.22	41.20	24.72	24.72	()
	4		MP-4	W		12.4.12 ~ 13.4.10	363	33.85		0.49	33.36	26.84	16.10	16.10	()
	5		MP-5	WSW		12.4.12 ~ 13.4.10	363	53.23		0.43	52.80	42.47	25.48	25.48	()
	6		MP-6	SW		12.4.12 ~ 13.4.10	363	90.65		0.48	90.17	72.54	43.52	43.52	()
	7		MP-7	SSW		12.4.12 ~ 13.4.10	363	284.00		0.52	283.48	228.04	136.82	136.82	()
	8	Futaba Town	MP-8	S		12.4.12 ~ 13.4.10	363	298.46		0.48	297.98	239.70	143.82	143.82	()
	9		Kooriyama-Donoue	N	3	12.4.12 ~ 13.4.10	363	20.34		0.48	19.86	15.98	9.59	9.59	()
	10		Nagatsuka-Oniki	NNW	5	12.4.12 ~ 13.4.10	363	16.01		0.48	15.53	12.49	7.50	7.50	()
	11		Yamada-Saigounai	W	7	12.4.12 ~ 13.4.10	363	35.43		0.48	34.95	28.12	16.87	16.87	()
	12		Otozawa-cyuuoudai	WNW	2	12.4.12 ~ 13.4.10	363	268.40		0.54	267.86	215.47	129.28	129.28	()
	13		Ookuma Town Office	WSW	5	12.4.12 ~ 13.4.10	363	52.05		0.46	51.59	41.50	24.90	24.90	()
	14		Ookuma Town Onyuno Higasi Yamaku	SW	3	12.4.12 ~ 13.4.10	363	166.33		0.51	165.82	133.39	80.03	80.03	()
	15	Ookuma Town	Kumakawa-Midorigaoka	SSW	4	12.4.12 ~ 13.4.10	363	149.82		0.48	149.34	120.13	72.08	72.08	()
	16		Kumakawa-Kumakawa	S	3	12.4.12 ~ 13.4.10	363	111.88		0.52	111.36	89.58	53.75	53.75	()

Table 1-3 Accumulated Dose Evaluation Sheet (:TEPCO Fukushima Daiini Stationary Point.)

Evaluation Period : 120412~130410.

Characteristics of measurement : permanent glass Dosimeter (Gy)

Data Source : 2012 TEPCO Periodic Report

belong to	No.	Evaluation Point		Assumed Direction・Distance (Approximetry)		Evaluation Period (Measurement Period)	(Days)	Observed Data (basically mGy) —O or —	Unit	Period-normalized background -BG (365days)	Net Observed Value (after BG subtraction)	converted Effective Dose (mSv/y)	converted Life Dose (mSv/年)	Normalized Reference Dose for Application to another point	in the case of application to another point Point name, conv. factor(f) (:convratio)
		Name of Local Government	Location Name	Direction	Distance (km)										
TEPCO-Fukushima Daiini	1	Site border MP	MP-1	(S)	(12)	12.4.12 ~ 13.4.10	363	15.55	mGy	0.51	15.04	12.10	7.26	7.26	()
	2		MP-2	(S)	(12)	12.4.12 ~ 13.4.10	363	10.78		0.54	10.24	8.24	4.94	4.94	()
	3		MP-3	(S)	(12)	12.4.12 ~ 13.4.10	363	15.61		0.48	15.13	12.17	7.30	7.30	()
	4		MP-4	(S)	(12)	12.4.12 ~ 13.4.10	363	13.50		0.47	13.03	10.48	6.29	6.29	()
	5		MP-5	(S)	(12)	12.4.12 ~ 13.4.10	363	11.39		0.53	10.86	8.74	5.24	5.24	()
	6		MP-6	(S)	(12)	12.4.12 ~ 13.4.10	363	7.46		0.57	6.89	5.54	3.33	3.33	()
	7		MP-7	(S)	(12)	12.4.12 ~ 13.4.10	363	8.54		0.55	7.99	6.43	3.86	3.86	()
	8	Tomioka	Hotoketama-Kamaden	S	10	12.10.3 ~ 13.4.10	189	3.22		0.53	2.95	4.55	2.73	2.73	()
	9	Tomioka Town	Tomioka Town-Tomioka Daiichi Secondary School	SSW	11	12.4.12 ~ 13.4.10	363	37.64		0.54	37.10	29.85	17.91	17.91	()
	10		Uenomachi-syatak	SSW	12	12.4.12 ~ 13.4.10	363	28.14		0.52	27.62	22.22	13.33	13.33	()
	11		Kamikooriyama-Shimizu	SSW	13	12.4.12 ~ 13.4.10	363	28.10		0.50	27.60	22.20	13.32	13.32	()
	12	Naraba Town	Kamikooriyama-kamiko	SSW	13	12.4.12 ~ 13.4.10	363	24.03		0.51	23.52	18.92	11.35	11.35	()
	13		Kamishigeoka-Yamane	SSW	13	12.4.12 ~ 13.4.10	363	14.49		0.49	14.00	11.26	6.76	6.76	()
	14		Ide-Jyokou Higasi	S	14	12.4.12 ~ 13.4.10	363	11.35		0.50	10.85	8.73	5.24	5.24	()
	15		Shigeoka-Icycoutubo	S	14	12.4.12 ~ 13.4.10	363	8.52		0.46	8.06	6.49	3.89	3.89	()

ここで計算されるのは、何の防護対策も執られなかったとした場合の線量である。色分けは国から公表された航空機サーベイの結果^②の表現と合せてある。濃紫色の100mSv以上の地域、橙色の50～100mSvの地域、黄色の20～50mSvの地域は、帰還困難区域（旧避難指示区域・警戒区域）に相当する線量であり、避難がなされた場合は回避線量となる。緑色の10～20mSvの地域は居住制限区域、水色の5～10mSvは避難指示解除準備区域に相当する線量である。前者は、他地域への避難継続や夜間は寝泊まりせず不在となる等の「住民の行動」を反映すれば、「実」線量評価結果となる。

前節4.1では、航空機サーベイと陸上の空間放射線モニタリングの得失を後述するとした。航空機サーベイは平成23年6月の陸上の約2,200地点におけるサーベイメータによる地上高1mでの空間線量率測定結果と照合して評価されたものである^②。このサーベイ方法による利点は既に記述したこと以外に、長所短所の両側面はあるが対地高度で概ね300mとかなり離れた所からの測定であるため陸上モニタリングよりは広い範囲からの放射線を捉えることができ、比較的地点代表性が良いという点にある。これに対し、陸上での空間放射線測定はせいぜい半径十数m程度の範囲からの放射線を捉えるにすぎず、また、局所的な地形・地質・土地(利用)形態等に左右され、やや広い範囲では地点代表性はあまり良くはない。

航空機サーベイ結果は演算によって求められるものであり、サーベイメータによる空間線量率と照合して評価されていることから、その単位は当然のことながら放射線管理用測定器に用いられる1cm線量当量率(単位:Sv)と推測される。この単位の場合は本節冒頭の記述に従って実効線量への換算が必要となるが、現在までの国からの結果の発表では、そのような考慮はなされていないようである。様々な測定器が用いられ、様々な単位のデータが集まることから、その集計値は共通でかつ統一的・最終的な帰結である「実効線量(単位:Sv)」で評価される必要がある。なお、1cm線量当量率の放射線照射形態は線源が前面にある前方照射であるのに対し、住民の場合は放射線の飛来方向が特定できず、その場合は等方照射または回転照射とみなすべきとの考えに基づく。

線量率からその後の年間線量を予測する最も簡単な方法は、直近の線量率に生活線量への換算係数を乗じ、次いで年間時間数を乗ずる方法である。直近の線量率が1年間変わらず低減しないという安全側の評価となる。

Table 1の「年間線量評価結果」や「線量率からの予測線量」のまとめをTable 2-1～Table 2-2に示す。

Table 2-1 Number of Monitoring Point within the range of standard of each intervention (=coutermeasure)
(Part 1. Stationary Accumulated Dose Measurement)

classification of Monioring	Fiscal year	Number of Monitoring Point	Number of Monitoring Point within the range of annual dose*1 each classification					
			less than level of intervention	Zone preparing to lift the evacuation directive	Habitation-restricted zone	Difficult-to return zone		
			less than 5 mSv	5～less than 10mSv	10～less than 20mSv	20～less than 50mSv	50～less than 100mSv	100 mSv <
Fukushima Pref. and TEPCO sationary Accumulated Dose (within 20km range)	2011	48	10	10	8	9	5	6
	2012	53	15	12	11	6	4	4
	2013 *2	51	22	8	10	5	5	1

(note) *1: effective dose converted by multipling conversion factor and cnverted to life dose *2: estimated from half year measurement.

The number is over the classification, as whole. <name of each classification is today's classification name. >

Table 2-2 Number of Monitoring Point within the range of standard of each intervention (=coutermeasure)
(Part 2. Spatial Radiation dose rate at fixed poin using monitoring vehicle.)

classification of Monioring	Fiscal year	Number of Monitoring Point	Number of Monitoring Point within the range of annual dose*3 each classification					
			less than level of intervention	Zone preparing to lift the evacuation directive	Habitation-restricted zone	Difficult-to return zone		
			less than 1 μ Sv/h	1～less than 1.9 μ Sv/h	1.9～less than 3.8 μ Sv/h	3.8～less than 9.5 μ Sv/h	9.5～less than 19 μ Sv/h	19 μ Sv/h<
Doserate at end of each fiscal year at fixed point of Monitoring-vehicle (within 20km)	2011	50	13	3	3	15	6	10
	2012	50	12	4	9	12	7	6
	2013	46	13	4	7	14	4	3
Doserate at end of each fiscal year at fixed point of Monitoring-vehicle (outside 20km)	2011	148	65	23	28	20	10	2
	2012	147	75	22	27	13	8	2
	2013*4	136	78	23	23	7	8	2

(note) *3: 1cm dose equivalent rate because of using surveymeter. It is evaluated as effective dose rate compared than standard dose rate convaniently

*4: evaluated by the data at end of nobember, because there was snowfall at end of March.

4.3 線量の算出(推定)結果についての考察

Table 2-1～Table 2-2 からは、線量の低下や各対策区分の基準値を越す地点数の減少ひいては範囲の縮小が読み取れる。本来は各対策の実施区分別あるいは市町村別に示すべきであるが、表が細かになり過ぎるので、ここでは省略し、全体概要のみを示した。以上の結果を地図上に落とし込んだ図形表現では、各時点の航空機サーベイ結果の図形とほぼ同じ分布様相を示しており、いずれにしても、「避難が実施されたこととも相まって、住民に放射線障害が顕現するものではなかった」ことは、不幸中の幸いであった。但し、避難・居住制限によって不自由な生活を強いられ、また様々な問題が生じていることも銘記されなければならない。Table 1-1～Table 1-3によれば、環境放射線モニタリングの実測値（常設積算線量計）による事故発生時点から翌年3月11日までの年間線量（実効線量でかつ生活線量――以下の記述ではすべて同様）最高値は、大熊町大沢中央台の263mSvであった。同地点の平成23年度/24年度/25年度（半年測定のため推定値）は、それぞれ203mSv/129mSv/101mSvである。

このように、本項 Table 1-1 の評価シートによる評価ができるのは、常設の各積算線量計による測定および連続モニタによる月間、四半期間および年間等の集計結果であろう。この両者とも通常は測定量の単位はGyである。一方、地点を固定した月1回等の定期的なサーベイメータによる線量率測定結果の場合は、それから測定量としての年間値を算出した後、評価する。この場合の測定量の多くは1cm線量当量率(Sv/h)である。

なお、文部科学省（後に原子力規制委員会）による簡易型積算線量計（ポケット線量計）、ガラスバッジによる積算線量測定についても測定量は1cm線量当量の筈であるが、多くが同一地点で測定されたにも拘らず、両者の測定値に3:2の開き(差)があり、何かおかしい。どちらかに系統的な誤りがあるものと思われる。

避難指示等の対策と対策区域は、色々な事情があるからであろうが、初年度の設定以来、居住制限区域に区分が変わったこと以外には実質的には殆ど見直しは行われていない。本稿で示したように、線量レベルの低下、基準以上の範囲の縮小があることから、不自由な生活を解消するためにも、この当りで本格的に見直しをすべきではないかと考える。それとともに、除染方法をもっと現実的なものに変えるべきと考える。

このことについてのネックは、住民の不安、更に元をたせば放射線影響に対する理解にあると思われる。そのことについては次章で触れる。

なお、空間放射線の測定に関しては、積算線量計と連続モニタの棲み分け問題がある。今回の福島では、贖罪や事態の急変対処、住民による現況視認と安心感の獲得、復興支援の一環等、色々な理由から、リアルタイムモニタが増設された。福島県全体でのリアルタイムモニタの総数^②は3,647局、同県相双地方の主な被災地となった6市町村に川俣町を加えた被災地では381局にも達する。対面積、対人口的な設置密度は、それぞれ4.3局/10km²、4.5局/1,000人に達し、いかにも多く、これほどの数が必要だとは思われない。ちなみに、モニタリングカーによる線的な走行連続測定を除き、国や福島県、東電や電気事業連合会(電事連)名により敷地境界-20km圏内-20km以遠で、何らかの空間放射線の緊急時モニタリングが実施された固定点の数は、多少の重複も含めて福島県全県で365地点である。

どれくらいの設置密度が適切なのかは、状況にもよるが、別の場で議論する必要がある。リアルタイムモニタは微分性と積分性を兼ね備えた利点の多い測定器であるが、数が多ければよいというものではなく、それよりはむしろ住民に知らせるデータの質・内容や頻度にある。現在は、消化能力の点から見れば、情報洪水といった状況である。リアルタイムモニタは、平均や積算等のデータ集計を行い比較的短時間にその結果が見られなければその利点が発揮されない。この測定器による測定結果を、線量評価やその結果に基づく対策区域見直し、更には住民帰還等に活かさなければ、折角の増設が無駄なものになってしまう。それには、何よりもデータ集計機能を付加することである。

「積算線量計と連続モニタの棲み分け」については、リアルタイムモニタは急変事態把握や緊急時初期には有用性・必要性が大きく、ある程度の設置数は必要であるが、設置費用が高い。一方、積算線量計は、このような微分的な状況把握ができない代わりに費用が格段に安い。状況が安定した後の最も大きなニーズは、積算線量掌握にあるので、それらの出力の用い方や費用対効果も含めて適切な設置数比の検討が必要である。

なお、記述が前後するが、避難の線量的な指標値が示されていたかつてのいわゆる「防災指針」は廃止され、現在では、線量的な指標値の表現がなく、避難指示等の対策（＝介入）とその線量率的な基準（＝運用上の介入

レベル：OIL）を中心に示した「原子力災害対策指針」⁽¹⁰⁾が制定されている（平成24年10月31日制定，その後数次改訂，平成25年9月5日全面改正）。

5. 放射線についての誤解, 理解不足, 不安等について

ここからは、「住民避難」に並行して生まれた「放射線とその人への影響」に関する国民や住民の誤解，理解不足等について取り上げる。即ち、「避難基準とされた20mSvは危ないか」という問題である。ICRPからも示されているように，世界中で100mSv以下で放射線障害（確定的影響）が発生したという報告は皆無である。また，「がん」等の確率的影響についても，放射線防護上際限なく低い線量まで線量に比例した確率はあるという考え方に基づいているものの，「100mSv以下では過剰な発生が見られない」ことは放射線医学総合研究所⁽¹¹⁾のみならず国立がんセンター⁽¹²⁾でも再三述べているところである。つまり，乳児・幼児を含めて，100mSv以下では，ましてや「20mSvでは全く危なくない」ということである。実際，500mSv以上で造血過程の抑制（リンパ球の減少）がある以外は，1,000mSv以下で発生する確定的影響である放射線障害は殆どない。また，「がん」についてはICRP Pub.103(2007年勧告)⁽¹³⁾によれば，100mSvで1,000人中4～5人のリスクがあるとされているが，単年度のものではない（即ち，生涯）発生確率であり，先の放射線医学総合研究所⁽¹¹⁾が示すように，人口10万人当りで年間280人も自然発生するがん死の発生率を押し上げるくらいに過剰発生させるものではないとされている。

再度述べるが，割り切ったわかり易い言い方をすれば，20mSvの放射線は何らの放射線影響も引き起こさない。このことは，他と比べ最も安全な産業レベルであり誰にも受容されるレベルとして示された線量限度（年50mSv）が掲載されたICRP 1977年勧告及び1990年勧告（加えて100mSv／5年）でも示され，我国の国内法令でもそれが取り入れられている。

原子力や放射線に無理解な人達は，このことに耳を貸さず，「絶対悪」だとし，微量でも影響があると不安を煽り，声高に喧伝する。「絶対悪」だからと「大きなリスク，小さなリスクの存在」を相対的・客観的に捉えよう・見ようとしめない。「命を守る」という言葉が，命には全く関係ない低いレベルで使われている。命に関わるのは，JCO事故の例のように数千mSv以上の大線量被ばくがある場合だけに限られる。また，「as low as (reasonably achievable)」というICRPの精神の前半部だけを取り上げ，「できるだけ低く」という部分だけを都合のいいように一人歩きさせている。

人々の誤解，不安の「源」は，これら声高な人達の主張にあると思われる。

これらの人達の主張が何を引き起こしたかについては枚挙にいとまがないほどであるが，被災者にも大きく関わってくるものには，風評被害や事故1年後からの津波災害廃棄物処理の他自治体受入の難渋，除染土仮置場や中間貯蔵進展の難渋，などがある。特に後二者は，先にも述べた「大きなリスク，小さなリスク」を混同したり，はき違えたりしたものである。除染の遅滞は「不自由を強いられる暮らしの継続，それからのストレス，帰還できない」という「大きなリスク」をもたらす。これに対し，除染土からの放射線は遮蔽さえすれば，あるいはまたある程度の土さえ被せれば微々たるものになり，それから流出の可能性があると不安視される放射能もまた微々たるものである。これらは「小さなリスク」である。可能性は可能性でしかなく，実際，流出が少ないからこそ汚染が表土に強固に付着したままとなっているのが現実であり，「大きなリスク」の元凶となっている。

風評被害は農業や水産業を含むこの地域の全ての産業基盤，多くの人々の生活基盤を脅かしている。これを少なくするには，放射線に対する適正な知識を広めることしか方策はないと思われる。

放射線影響も放射能の内部被ばくへの影響も，人体が浴びた放射線の「総量」，人体に摂取された放射能の「総量」で決まるものであり，しかもそれが極端に大きい場合にしか影響は発現しない。「特に怖い」と喧伝されている内部被ばくについては，実際は体内の放射能がなくなり尽すまでの預託線量として算出される。従って，外部被ばくとは実際は被ばく期間が異なり，比較的長い期間の被ばくとなる。このため，外部被ばくと比べ比較的緩やかな，穏やかな被ばくとなる。比較的長い期間の被ばくでは，人体の修復作用が働く。このことは，「250mSvに引き上げられた緊急時作業の限度をも大きく超えた複数名の東電社員（最大680mSvの大部分が内部被ばく）に，その後何の放射線障害も発現しなかったことでも証明されている」と言うことができる。

これらの誤解，理解不足が解消しない原因には，初期やその時々政府や当局に対する「信頼」の喪失・失墜があると考えられる。そのためには，事実と現況を適正に説明し，適切な見通しと対策を伝え，根拠を添えた説得

力のある説明を根拠強く、粘り強く続けていくしかないと思われる。報道機関は、新たに見つかったことや高い数値だけしか取り上げない。ここまで示してきたような放射線レベルの低下や範囲の縮小などは殆ど報道されない。それだからこそ、政府、当局から、責任ある立場から、上述した現況、モニタリング結果を含む事実を頻度高く伝え続ける必要がある。

6. 結 言

プラント内・敷地内で発生したことは、とてもここでは述べきれず、またそれを期待されてもいないと思われるので、それを別にすれば、福島第一原子力発電所の事故後に発生した様々の状況の中で、今なお問題点や課題として残っている最大のもは、「住民避難、不自由な暮らしの継続、除染、帰還」であり、それらについて、その解消に向けた進展がないあるいは遅々として進まないことであろうと思われる。これらはそれぞれ単独のものでなく、全体としては相互に関連しあった1つの事項でもある。その根底には、住民の「放射線や放射能に対する誤解や理解不足」があるものと思われる。そのため、関係者がなすべきことを第3章のロードマップを中心に示し、具体的には、かつてからも経験がなく、また指針等に記述もなかったことから、線量の算定(推定)法のやや細部なことまでを第4章に述べてきたが、ここでの記述だけでは済まないと予想され、関係者には更なる対応を望みたい。また、避難住民には、住民感情・被害者感情から規制解除等の「受け入れ」には異論もあろうが、多面的な大きなリスクを回避するために、その「受け入れ」による早期帰還実現を期待したい。同時に「放射線とその影響」について心底からの理解を期待したい。

文 献

- (1) 内閣府原子力被災者生活支援チーム, “被災者等の状況”, <http://www.cao.go.jp/shien/.html>(参照日 2013 年 10 月 31 日).
- (2) 原子力規制委員会, “放射線モニタリング情報”, <http://radioactivity.nsr.go.jp/index.html>(参照日 2013 年 10 月 31 日)
- (3) 福島県, 2011 年度 原子力発電所周辺環境放射能測定結果報告書(2013), http://www.wcms.pref.fukushima.jp/pcp_potai/ (参照日 2013 年 10 月 31 日) .
- (4) 吉岡満夫, 寺川和良, 笠井利浩, “福島第一原発事故影響の環境放射線モニタリング上の知見について”, 福井工業大学 研究紀要, Vol.24, (2012), pp 461-470
- (5) 首相官邸, “東電福島原発 放射能関連情報”, <http://www.kantei.go.jp/saigai/anzen.html>(参照日 2013 年 10 月 31 日)
- (6) 原子力安全委員会, 原子力発電所等周辺の防災対策について, 1980 年 6 月、2001 年 3 月一部改訂
- (7) IAEA(国際原子力機関), 安全指針 GSG2, “原子力又は放射線の緊急事態に対する準備と対応”(2011)
- (8) 原子力安全委員会, 環境放射線モニタリング指針, 2008 年 3 月
- (9) 社団法人 日本アイソトープ協会, アイソトープ手帳、第 11 版 (2011)
- (10) 原子力規制委員会, 原子力災害対策指針, 2013 年 9 月全部改正, <http://www.nsr.go.jp/index.html> (参照日 2013 年 10 月 31 日)
- (11) 放射線医学総合研究所, “放射線被ばくの早見図”, <http://www.nirs.go.jp/index.shtml> (参照日 2011 年 4 月 4 日)
- (12) 国立がんセンター, “わかりやすい放射線と がん のリスク”, http://www.noc.go.jp/jp/shinsai/kenkai_teian.html (参照日 2011 年 6 月 7 日)
- (13) ICRP(国際放射線防護委員会), Publication 103, “2007 勧告”, (2007)

(平成 26 年 3 月 31 日受理)