

原子力災害事例

原子力災害医療 専門研修
中核人材-7

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Ver.202506

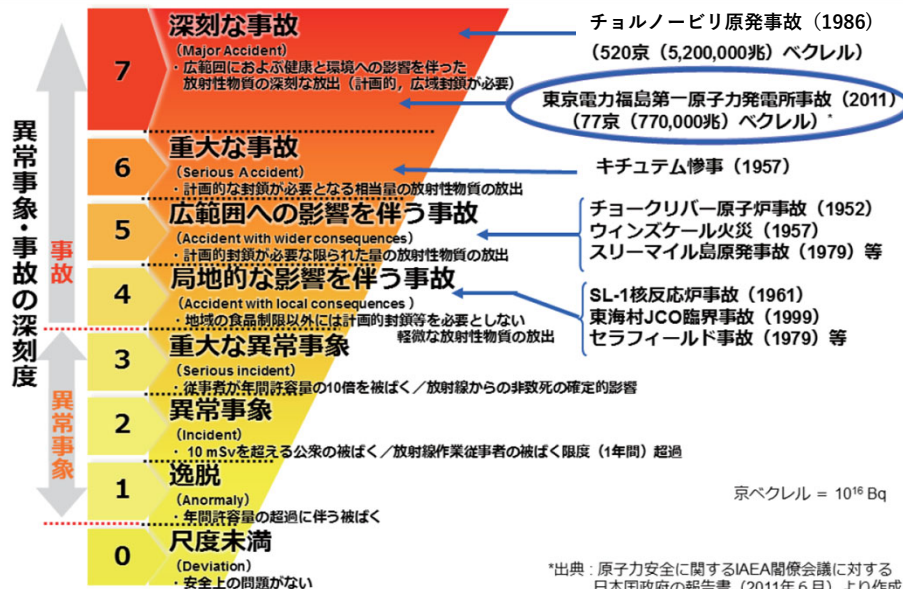
時間；30分

内容

- 国際原子力事象評価尺度
- 放射線事故件数と影響
- 代表的な事故
- 東海村JCO臨界事故
- 東京電力福島第一原子力発電所事故
- ゴイアニア事故

国際原子力事象評価尺度 INES: International Nuclear Event Scale

- ❖ 国際原子力機関 (IAEA) 及び経済協力開発機構原子力機関 (OECD/NEA) により制定 (1992年より採用)
- ❖ 放射線源に関連して発生した事象が公衆の安全にどの程度の意味を持つのか迅速かつ一貫して伝えるための指標



国際原子力事象評価尺度 (INES) は、国際原子力機関IAEA及び経済協力開発機構原子力機関 (OECD/NEA) により制定された、原子力施設等の異常や事故の共通評価を目的とした指標です。異常事象や事故の深刻度によって次の8つのカテゴリーに分類されます。

- レベル0 尺度未満 は安全上の問題がない場合
- レベル1 逸脱 は年間許容量の超過に伴う被ばくがある場合
- レベル2 異常事象 は10ミリシーベルトを超える公衆の被ばく、もしくは放射線作業従事者の1年間の被ばく限度を超過する場合
- レベル3 重大な異常事象 は従事者が年間許容量の10倍を被ばく、もしくは放射線からの非致死の確定的影響がある場合
- レベル4 局地的な影響を伴う事故 は地域の食品制限以外、計画的封鎖等を必要としない軽微な放射性物質の放出がある場合
- レベル5 広範囲への影響を伴う事故 は計画的封鎖が必要な限られた量の放射性物質の放出がある場合
- レベル6 重大な事故 は計画的な封鎖が必要となる相当量の放射性物質の放出がある場合
- レベル7 深刻な事故 は広範囲に及ぶ健康と環境への影響を伴った放射性物質の深刻な放出により、計画的、広域封鎖が必要な場合

レベル1 からレベル3 までを異常事象、レベル4 からレベル7 までを事故と分類しています。

福島第一原子力発電所事故は、放射性物質の放出量から最も深刻なレベル7 暫定評価 と判断されています。また、東海村JCO臨界事故は、レベル4 と判断されています。

出典：放射線の健康影響等に関する統一的な基礎資料(平成29年度版)

原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書(2011年6月) より作成

放射線事故件数と影響

事故分類	1945-1965		1966-1986		1987-2007		合計	
	死亡	早期 影響	死亡	早期 影響	死亡	早期 影響	死亡	早期 影響
原子力 施設	13人	42人	34人	123人	3人	2人	50人	167人
	19件		12件		4件		35件	
産業施設	0人	8人	3人	61人	6人	51人	9人	119人
	2件		50件		28件		80件	
身元不明 線源	7人	5人	19人	98人	16人	205人	42人	308人
	3件		15件		16件		34件	
学術/ 研究作業	0人	2人	0人	22人	0人	56人	0人	29人
	2件		16件		4件		22件	
医療利用	不明	不明	4人	470人	42人	153人	46人	623人
	不明		18件		14件		32件	

UNSCEAR 2008 REPORT: SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION 3
VOLUME II: EFFECTS Scientific Annex C (38ページ)

1945年から2007年に起きた放射線事故のうち、死亡や健康影響が発生した件数を示しています。

産業施設の事故が最も多く、合計80件発生しています。原子力施設の事故は合計35件発生していますが、年々発生件数は減少しています。また、身元不明線源や学術・研究作業、医療利用などさまざまな分野で事故が発生し、健康への影響を及ぼしています。

代表的な核兵器関連事故

臨界事故

発生年	発生国/施設	概要
1945 1946	アメリカ ロスアラモス研究所	デーモン・コア事故。安全でない実験操作による臨界 2名が被ばくし1名が死亡 8名が被ばくし1名が死亡
1957	旧ソ連 マヤーク核技術施設	ウラル核惨事（キシテム事故） 核分裂性物質タンクの不適切な配置により臨界 発熱によるタンク爆発で大量の放射性物質が環境に放出 6名の作業員が被ばくし、1名が死亡。INES 6
1961	アメリカ SL-1炉	炉の制御棒を素早く手で引き抜いたため臨界 炉の水蒸気爆発により3名死亡
1964	アメリカ ウッドリバー・ジャンク ション化学処理工場	人的ミスにより高濃度ウラン溶液を容器に注入 作業員3名被ばく、1名が死亡

環境への放出と住民への著しい被ばくの可能性を伴う事故

1957	イギリス ウインズケール原子炉	火災によりI-131 740TBq ほか放射性物質の放出 INES 5
------	--------------------	--

核兵器関連の事故としてアメリカや旧ソ連で臨界事故が起きています。1945年アメリカのロスアラモス研究所で発生したデーモンコア事故は、安全ではない実験操作による臨界事故で2名が被ばくし、うち1名が死亡、翌年にも同様の事故により8名が被ばくし、うち1名が死亡しました。

1957年旧ソ連のマヤーク核技術施設で発生したキシテム事故は核分裂性物質タンクの不適切な配置による臨界事故で6名が被ばくし、うち1名が死亡しました。1961年アメリカの軍事用試験炉SL-1で発生した臨界事故では、水蒸気爆発により3名が死亡、1964年アメリカ ウッドリバー・ジャンクション化学処理工場では人的ミスにより高濃度ウラン溶液を容器に注入し、3名が被ばくし、うち1名が死亡しました。

環境への放出と住民への著しい被ばくの可能性を伴う事故では1957年イギリスのウインズケール原子炉で発生した火災によりヨウ素131ほか放射性物質が放出されました。

代表的な核兵器非関連事故

臨界事故

発生年	発生国/施設	概要
1983	アルゼンチン コンスティテュエンス 原子力研究センター	臨界実験装置 RA-2 核分裂性物質が入ったタンクから水を排出する際の操作ミスにより臨界状態となり、1名が死亡
1999	日本 東海村 JCO	核燃料加工施設における非正規手順の作業によって発生 3名が被ばく、2名が死亡。INES 4

環境への放出と住民への著しい被ばくの可能性を伴う事故

1979	アメリカ スリーマイル島原発	原子炉の水位が低かったため燃料に深刻な障害 550GBqのI-131が環境中に放出 一部住民避難を余儀なくされた。INES 5
1986	旧ソ連 チョルノービリ原発	運転規定違反、安全手順不履行、設計不具合など複合要因によって発生。28名が急性放射線障害で死亡 1760PBqのI-131ほか大量の放射線物質が放出。INES 7
2011	日本 東電福島第一原発	大地震に引き続く津波により全電源喪失 冷却機能喪失により炉心溶融 120PBqのI-131ほか大量の放射線物質が放出。INES 7

5

核兵器に関連しない臨界事故も起きています。1983年アルゼンチンのコンスティテュエンス原子力研究センターで核分裂性物質が入ったタンクから水を排出する際の操作ミスにより臨界状態となり、1名が死亡しました。日本でも1999年に茨城県東海村のJCOで臨界事故が発生し、3名が被ばく、うち2名が死亡しました。この事故の詳細は後で説明します。

環境への放出と住民への著しい被ばくの可能性を伴う事故では、1979年米国スリーマイル島原発事故や1986年旧ソ連チョルノービリ原発事故、2011年東日本大震災の際に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故があります。東京電力福島第一原子力発電所事故については後で説明します。

東海村JCO臨界事故

1999年 茨城県東海村

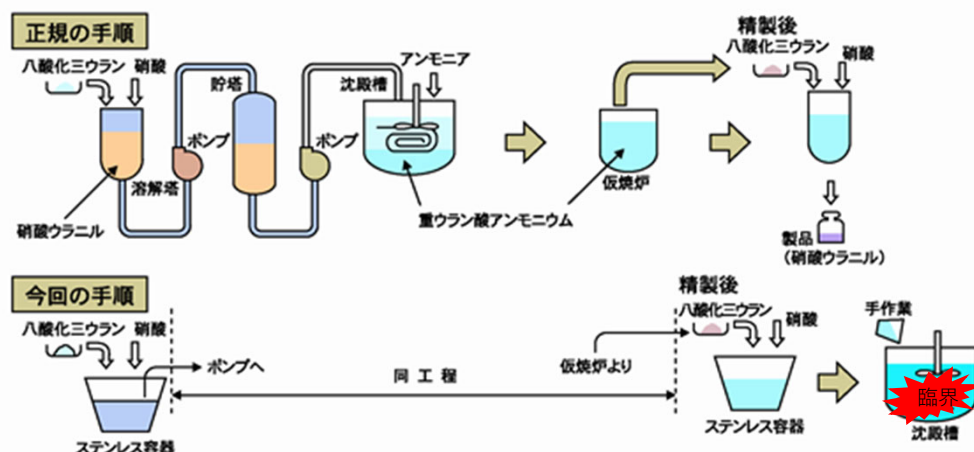
東海村JCO臨界事故は1999年茨城県東海村のウラン加工工場で発生しました。

事故概要

正規工程を全く無視した手順：
バケツでウランを溶かして沈殿槽に流し込んでいた



ウラン溶液濃度が臨界量を超えた(濃度18.8%)



7

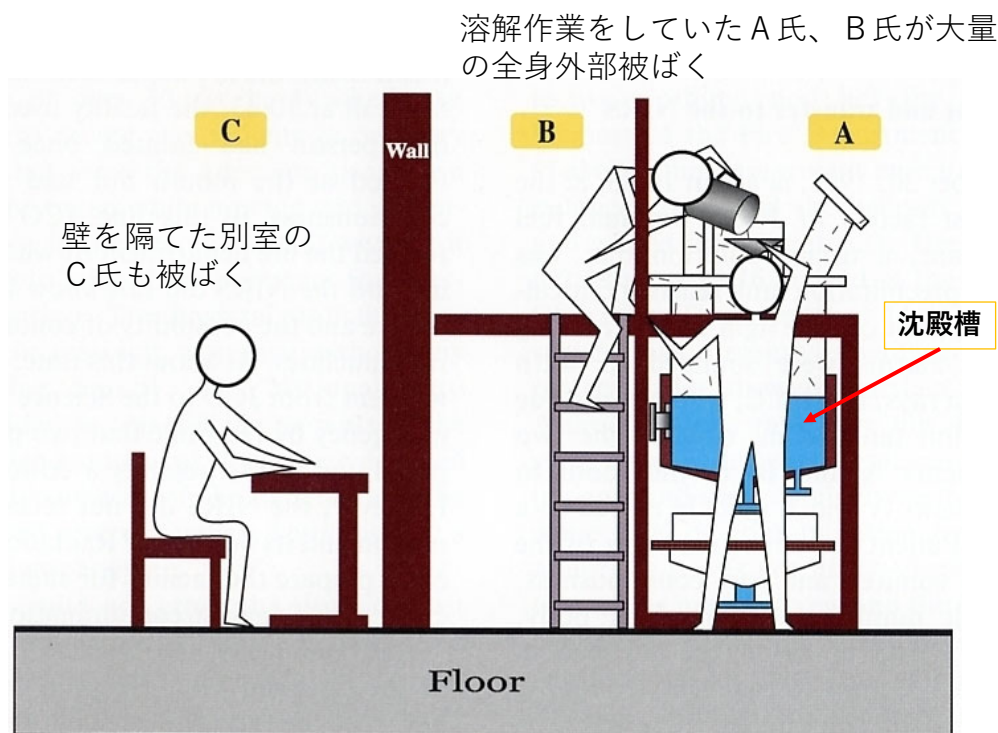
1999年9月30日午前10時35分、茨城県の原子力施設が集中する地域で、高濃度ウラン燃料の加工をしていた工場JCO東海事業所転換試験棟で国内初の臨界事故が発生しました。

当該事業所では国に提出して認められたマニュアルを改ざんしたものが日常的に用いられており、発災前日には手順をさらに変更して作業をおこなったことが事故の原因になりました。

まず、臨界条件を避けるよう設計された溶解塔と貯塔が改ざんマニュアルでは用いられていませんでした。通常のウラン235濃度が3から5%の商業用原子炉向け燃料を扱っている間は大きな事故にはなっていませんでした。しかし、高速増殖炉常陽向けに精錬されたウラン235濃度18.8%の濃縮ウランの塊を、硝酸の入ったバケツで溶かして直接沈殿槽に注いだことで槽内が臨界状態に達しました。

この事故で作業員3名が重度の被ばくをし、うち2名が死亡しました。周辺住民も多数被ばくをしましたが、健康に影響を及ぼすようなものではありませんでした。

事故再構築



8

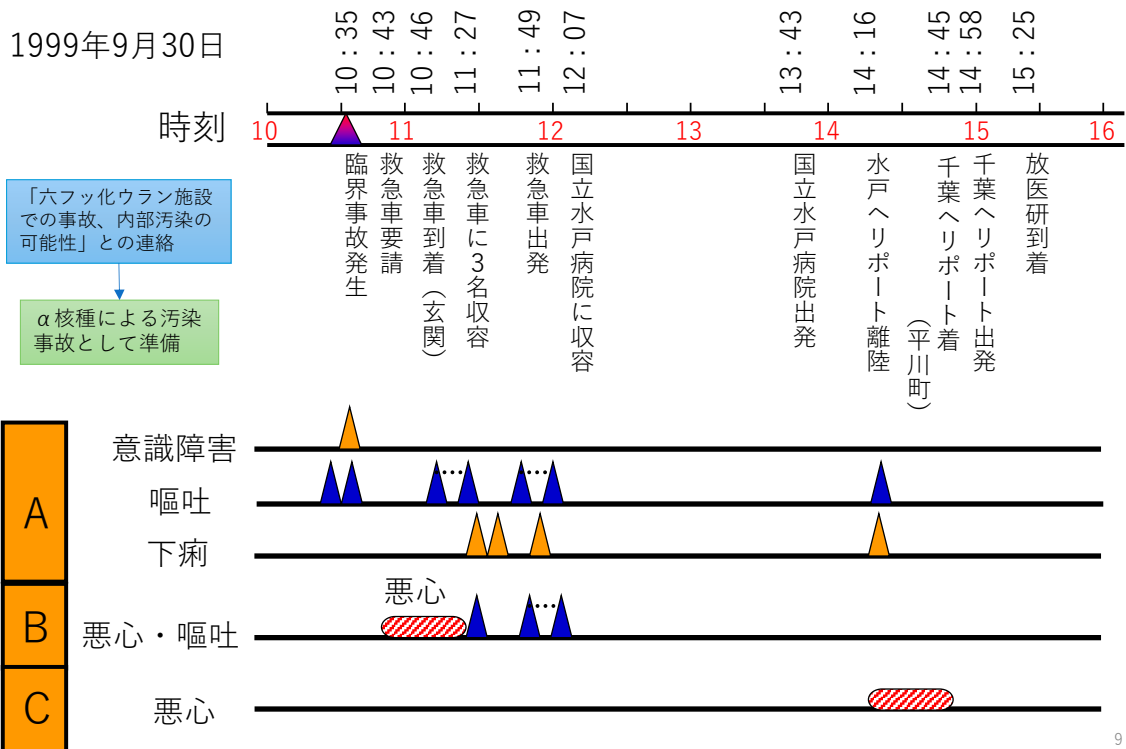
1999年9月30日午前10時35分頃、沈殿槽の溶液が約40リットルに達しました。これはウラン16キログラムに相当し、臨界量です。臨界状態を発生させやすい形状の容器に、大量のウラン235が入ったことで、小型原子炉が臨時に設置されたのと同じ状態になり、その瞬間、核分裂連鎖反応が始まり、大量のガンマ線と中性子線の放出が始まりました。

1999年10月1日午前8時50分、臨界発生から約20時間後に臨界は終息しました。

施設から350メートル以内に住む161人に避難指示が出され、10キロメートル圏内31万人に約18時間屋内退避勧告が出されました。

臨界発生時、沈殿槽の前で溶解作業をしていたA氏とB氏は全身に大量の放射線を受け、壁を隔てた別室のC氏も被ばくをしました。

前駆症状



3名の作業員の急性放射線症候群の前駆期の症状を示しています。臨界事故は1999年9月30日10時35分に発生しました。最も被ばく線量が高かったA氏は被ばく後すぐに一時的な意識障害と嘔吐の症状が出現しています。また、1時間後には下痢の症状も出現しています。

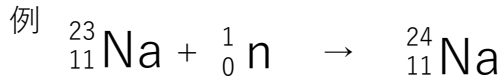
B氏は被ばくから数十分後に悪心を訴え、約1時間後に嘔吐の症状が出現しました。C氏は被ばくから約4時間後に悪心の症状を訴えていました。

この事故は、地元の消防署に「転換棟での事故」と通報があったため、「てんかんで人が倒れた」と勘違いしてしまい、当初、消防は放射線の事故だと認識していませんでした。また、放射線医学総合研究所へ「東海村ウラン加工施設から放医研に患者搬送」「六フッ化ウラン施設での事故、内部汚染の可能性」と連絡があったことから、アルファ核種による汚染事故として受け入れの準備が行われていました。

放射化

もともとは放射能がない同位体が放射線を受けることによって放射性同位体に変化すること

とくに電荷を持たず運動エネルギーの小さい熱中性子は容易に原子核に接近し核反応を起こす



放射化により人体中で生成される放射性同位元素

${}^{24}\text{Na}$ 、 ${}^{42}\text{K}$ 、 ${}^{32}\text{P}$ 、 ${}^{82}\text{Br}$

${}^{32}\text{P}$ は γ 線を放出せず周辺の要員への被ばくには寄与しない

表面汚染検査 (表面汚染はないが、放射化した放射性同位元素による γ 線を検出する)

- GMサーベーター：最大26kcpm
- α 線サーベーター：バックグランドレベル

患者の吐瀉物 $\rightarrow {}^{24}\text{Na}$, ${}^{42}\text{K}$ } などが検出された
患者の所持品 $\rightarrow {}^{24}\text{Na}$, ${}^{56}\text{Mn}$, ${}^{198}\text{Au}$ } $\Rightarrow$ 中性子線の被ばくがあったことの示唆
※血漿中 ${}^{24}\text{Na}$ 濃度は中性子線被ばく量推定に用いられる

10

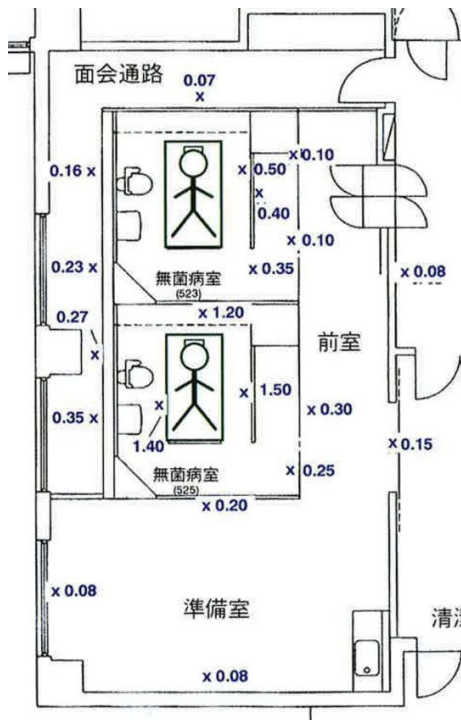
もともとは放射能がない同位体が放射線を受けることによって放射性同位体に変化することを放射化と言います。

臨界事故で発生した中性子は、核反応を起こし、体内のナトリウム23がナトリウム24となり、ガンマ線を放出します。体内のナトリウムは血液中に存在するため、全身に分布しています。

そのため、患者の表面汚染検査をおこなった際、実際に表面汚染はないに関わらず、放射化した放射性同位元素によるガンマ線を検出することがあります。

また、嘔吐物や所持品からも放射化した同位元素が検出されます。JCO臨界事故でもこれらの情報から、中性子線による被ばくが示唆されました。血漿中のナトリウム24濃度は中性子線被ばく量推定にも用いられました。

病室エリア測定記録



❖ 測定日：
平成11年10月01日（金）09:40

❖ 測定器：
NaI(Tl)シンチレーションサーベ
イメーター
（アロカTCS-161）

❖ 単位： $\mu\text{Sv/hr}$

患者体内のNa-23が中性子により放射化
されNa-24が生成されている

患者から最大12 kcpm（GM管）を検出
（ α 線は陰性）

11

放射化した患者の身体からはナトリウム24からのガンマ線が放出されるため、患者の周辺の空間線量率も上昇しました。翌日の病室周辺の測定結果を示しています。

ナトリウム24が1メガベクレル存在する場合、1メートル離れた場所での線量率は $0.429\mu\text{Sv/hr}$ となります。

A氏は体内のナトリウム24の放射能が約6メガベクレルと推定されており、ナトリウム24の実効半減期は14.1時間です。これから計算すると、事故直後のA氏から1メートルの位置での線量率は $2.6\mu\text{Sv/hr}$ となります。

これは、事故23時間後に測定した患者周辺の線量率と合致します。

このことから、患者から1メートルの位置にいる対応者の被ばく線量は3時間で10マイクロシーベルト以下となります。救急搬送の対応者や医療従事者の被ばく線量としては、健康に影響を与える値ではないことが推測されます。

出典；放射線医学総合研究所「東海村ウラン加工工場臨界事故に関する放医研報告書NIRS-M-143」（平成13年1月）

臨床経過

	A氏	B氏	C氏
推定被ばく線量	16 – 25 GyEq	6 – 9 GyEq	2 – 3 GyEq
被ばく直後	嘔吐、下痢、意識消失	嘔吐	吐き気
3日後	リンパ球が0になる		血球細胞減少に対し無菌管理、輸血等
7日後	末梢血幹細胞移植 人工呼吸開始 皮膚障害悪化	リンパ球が0になる	
10日後		臍帯血移植	
3週間後		皮膚障害が悪化	血球細胞数が回復に転じる
4週間後	下痢の重症化		無菌室退室
7週間後	消化管出血増悪		
83日後	多臓器不全により死亡		
3ヶ月後			退院
21週間後		消化管出血増悪	
211日後		多臓器不全により死亡	

作業員3名の臨床経過を示します。

推定被ばく線量が最も高かったA氏は、骨髄障害に対して末梢血幹細胞移植をおこない治療を続けましたが、被ばくから83日後に多臓器不全で死亡しました。

次に推定被ばく線量が高かったB氏は、骨髄障害に対して臍帯血移植をおこない治療を続けましたが、被ばくから211日後に多臓器不全で死亡しました。

推定被ばく線量が低かったC氏は、サイトカインが投与され、治療の効果もみられ、骨髄障害は回復し、3ヶ月後に退院しました。

環境放射線モニタリング

- ❖ 一般住民の健康や環境に影響を及ぼすものではないと判断された。
- ❖ 周辺で放射化生成物(Na-24など)やガス状核分裂生成物が微量に検出されるも粒子状物質は検出されず。
- ❖ 施設周辺の地表面、民家、農産物等のサーベイはBGレベル
- ❖ ガンマ線積算線量: 300 m 地点で270 μ Gy

周辺住民の個人線量推定

実効線量 (mSv)	東海村住民 (職員除く)	那珂町住民 (当時)	職員	合計
～5	77	24	78	179
5～10	7	0	8	15
10～15	4	0	0	4
15～20	0	0	0	0
20～25	1	0	0	1
合計	89	24	86	199

13

周辺地域の環境放射線モニタリングをおこなったところナトリウム24などの放射化生成物やガス状核分裂生成物が微量に検出されましたが粒子状物質は検出されませんでした。また、一般住民の健康や環境に影響を及ぼすものではないと判断されました。今回の事故は臨界事故であるため、放射性物質の放出による汚染は全く生じません。

出典:National Institute of Radiological Sciences 2002 NIRS M-154

被ばく線量

分類		人数	備考
従業員	事故発生時に作業に従事していた者	3	24.5GyEq (83日後に死亡), 8.3GyEq (211日後に死亡), 3.0GyEq (治療後退院)
	水抜き作業等に従事した者	18	ホールボディカウンタ、線量計で検出。3.8~48mSv
	ホウ酸水注入に従事した者	6	線量計等で検出。0.7~3.5mSv
	その他事故時に敷地内にいた者	49	ホールボディカウンタ、フィルムバッチで検出。0.6~48mSv
		96	敷地内の端の線量評価とJCOが実施した個人行動調査から推定。0.06~17mSv
防災業務関係者	政府関係機関（原研、サイクル機構の職員）	57	フィルムバッチ、TLDで測定した206名のうち、56名から検出。0.1~9.2mSv
	消防職員（事故発生時に救助に従事）	3	ホールボディカウンタで検出。4.6~9.4mSv
	自治体関係者	167	行動調査に基づき推定。0.0002~7.2mSv
	国の関係者	8	行動調査に基づき推定。0.49~2.1mSv
	報道関係者	26	行動調査に基づき推定。0.014~2.6mSv
周辺住民等	実測で線量が評価された者	7	ホールボディカウンタで検出。6.7~16mSv
	居住または勤務する者	199	行動調査に基づき推定。0.01~21mSv
	一時滞在者	28	行動調査に基づき推定。0.01~3.6mSv

出典：第83回原子力安全委員会資料第4号

14

周辺住民や事故の終息に従事した作業員、防災業務関係者等の被ばく線量をフィルムバッチ等の線量計やホールボディカウンタで測定し、行動調査に基づいて線量推定を行っています。

スライドはその結果を示しています。

作業に従事していた3名の作業員以外は、健康に影響を及ぼす線量ではありませんでした。

社会的影響と風評被害

社会的影響

- ❖ 日常生活関連業務への影響
 - ◇ 10km圏内のスーパー、金融機関、ガソリンスタンド等が営業見合わせ
- ❖ 交通機関等への影響
 - ◇ JR常磐線水戸～日立間運行停止
 - ◇ 常磐自動車道、JCO周辺道路の交通規制
 - ◇ 10km圏内のバス、私鉄等運休
- ❖ 学校・公共施設への影響
 - ◇ 学校230校が休校
 - ◇ 公立の社会福祉施設等67施設が休館

風評被害

- ❖ 農畜産物への影響
 - ◇ 米：533トン、1億3600万円分が出荷停止
 - ◇ 青果物：一時取り引き停止、単価下落
 - ◇ 畜産物：乳業メーカー取引停止、芝浦市場で半径10km以内の豚肉・牛肉の入荷拒否
 - ◇ 水産物：シラス操業停止、消費地市場や量販店で受け入れを拒否
- ❖ 商工業への影響
 - ◇ 売上減少、取引停止、製品の返品など
- ❖ 観光への影響
 - ◇ 観光施設の予約キャンセル（1ヶ月間で17,000名以上）

15

この事故は、様々な社会的影響を与えることとなりました。10キロメートル圏内のスーパーや金融機関、ガソリンスタンドが営業を見合わせ、交通規制、バス私鉄等の運休、学校の休校や社会福祉施設等が休館となりました。

臨界事故のため、周辺の環境汚染を伴う事故ではありませんでしたが、農畜産物、商工業、観光への風評被害も発生しました。

原子力安全・防災対策

- ❖ 原子力安全規制の抜本的強化と原子力災害に係わる防災対策について、平成11年12月13日に「原子炉等規制法」の一部改正と「原子力災害対策特別措置法」が成立
- ❖ 緊急被ばく医療体制の整備
 - ◇ 「緊急被ばく医療のあり方について」（平成13年6月（平成20年10月一部改定）原子力安全委員会 原子力施設等防災部会
 - ◆ 命の視点を最重要視し、包括的かつ一元的な緊急被ばく医療のあり方とその具体的な対策を取りまとめ
 - ◆ 原子力事業所の従事者と周辺住民等を分け隔てなく、平等に治療する共通認識の確認
 - ◆ 緊急被ばく医療に関わるすべての関係者が適切な研修及び訓練を受けることにより、被ばく患者の診療に際し不安を感じずに、円滑かつ迅速に患者を診療できる具体的体制を提言
 - ◆ 原子力関連施設での事象に限らず、放射性物質が関係した緊急事態をも視野に入れて策定

16

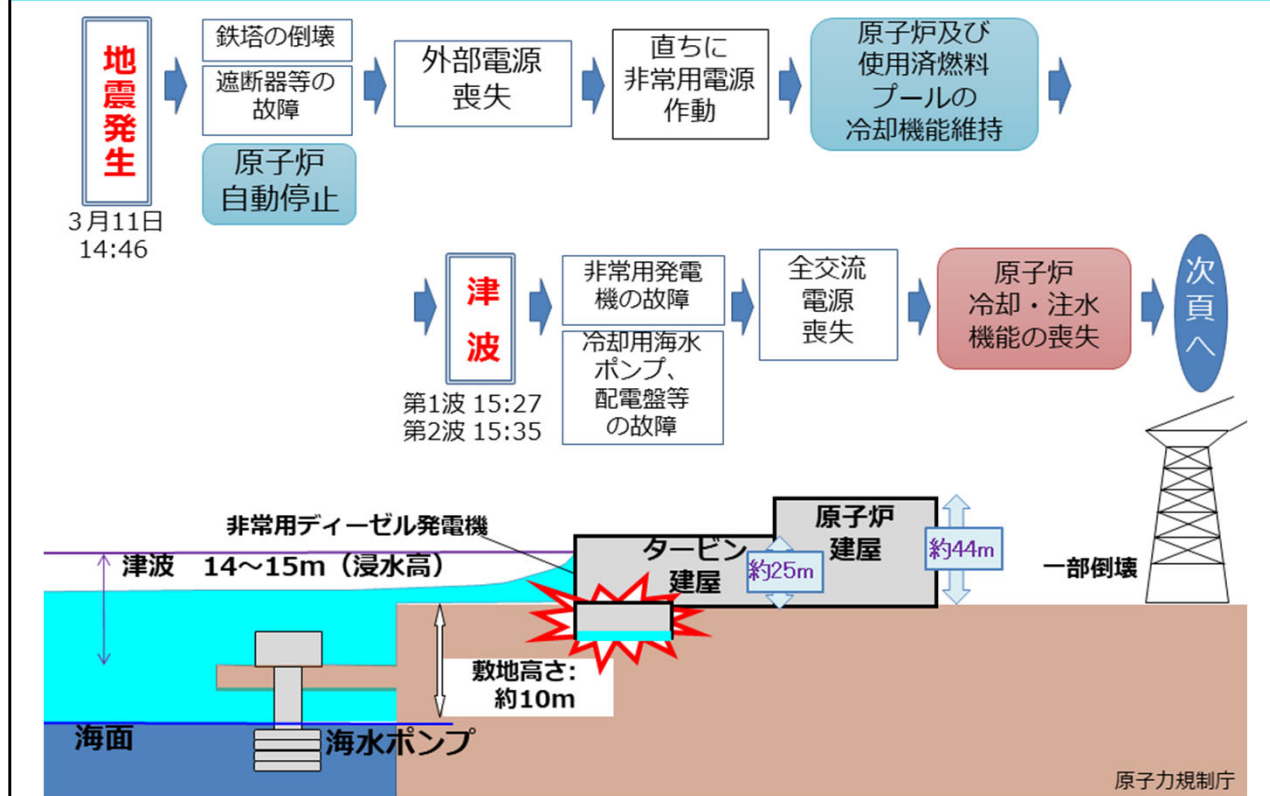
この臨界事故をきっかけに原子力安全規制の抜本的強化と原子力災害に係わる防災対策について、平成11年12月13日に原子炉等規制法の一部改正と原子力災害対策特別措置法 が成立しています。また、医療体制についても緊急被ばく医療体制が整備され、平成13年6月に緊急被ばく医療のあり方について が示されています。この中で、緊急被ばく医療に関わるすべての関係者が適切な研修及び訓練を受けることにより、被ばく患者の診療に際し不安を感じずに、円滑かつ迅速に患者を診療できる具体的体制、原子力関連施設での事象に限らず、放射性物質が関係した緊急事態をも視野に入れて策定することを提言しています。

東京電力 福島第一原子力発電所事故 2011年 福島県

17

東京電力福島第一原子力発電所事故では、2011年3月11日14時46分に三陸沖でマグニチュード9.0の地震が発生し、東北地方を中心に地震、津波等による大規模な被害が発生しました。

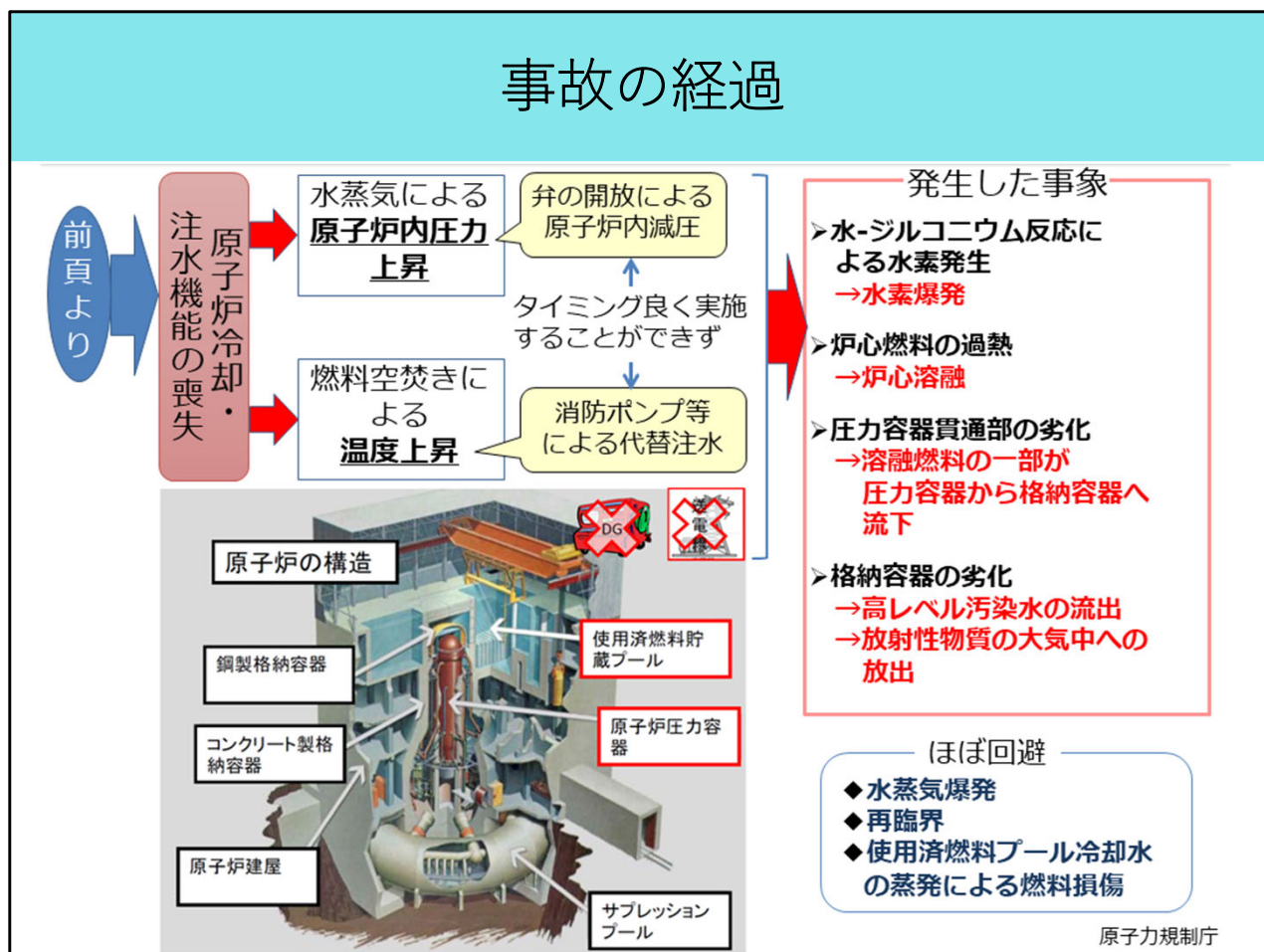
事故の経過



地震発生直後、運転中であった東京電力福島第一原子力発電所の1号機から3号機は全ての原子炉が自動停止しました。また、送電鉄塔の倒壊等により外部電源が喪失したため、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、冷却機能を維持していました。しかし、その後の津波の襲来によって非常用ディーゼル発電機や配電盤等が被水、冠水したため、6号機を除いて全ての交流電源が喪失し、冷却用の海水ポンプも機能を失いました。その結果、1号機では原子炉を冷却する機能が喪失、2号機、3号機では、交流電源がなくても駆動できる冷却設備でしばらく原子炉を冷却していましたが、やがてこれらも停止しました。

出典：放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和元年度版）

事故の経過



炉心への注水が停止したことにより原子炉水位が低下して、燃料が露出しました。その結果、炉心溶融が始まり、圧力容器が損傷したと考えられます。

格納容器では、炉心損傷の影響で高温・高圧状態となり、閉じ込め機能が劣化し、格納容器の外に通じる配管貫通部等に隙間が生じました。

冷却のために原子炉へ注水した水が圧力容器や格納容器から漏洩し、大量の高レベル汚染水が原子炉建屋地下やタービン建屋地下に滞留し、さらにその一部は海洋へ流出しました。

圧力容器の損傷や格納容器の閉じ込め機能の劣化により放射性物質を含む蒸気が漏洩したことに加え、原子炉建屋の水素爆発や格納容器ベント等によって大気中に放射性物質が放出されました。

出典：放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和元年度版）

住民の避難経路



20

全福島県民約202万人を対象に福島県が被ばく線量に関する調査を行っています。原発事故発生直後の各個人の行動パターンが、放射線医学総合研究所が開発した外部被ばく線量評価システムに入力され、個人の外部被ばく線量を評価しています。

これは、事故による放射性物質の拡散や避難等を踏まえ、県民の被ばく線量評価を行うとともに、県民の健康状態を把握し、疾病の予防、早期発見、早期治療につなげ、将来にわたる県民の健康の維持、増進を図ることを目的として福島県が実施している「県民健康調査」の基礎調査として実施されたものです。

基本調査の回答率は、福島県全体では27.6%です。

平成29年6月30日までに推計が行われた累計55万2千298人のうち、推計期間いっぱいの4ヶ月間の行動記録の提出が47万3千605人で、さらに放射線業務従事経験者を除いた46万4千420人の推計結果では、県南地域では、88.2%、会津・南会津地域では99.3%が1ミリシーベルト未満となり、相双地域については77.3%が、いわき地域でも99.1%が1ミリシーベルト未満となっています。最大値は、相双地域の方の25ミリシーベルトでした。

出典：K.Akahane et al., Scientific Reports. (2013)

ホールボディ・カウンタによる内部被ばく検査の実施結果

環境モニタリングの結果等から、他の地域に比べ外部及び内部被ばく量が高い可能性がある地域（川俣町山木屋地区、飯舘村、浪江町）や避難区域等の住民に対して、2011年6月27日からホールボディ・カウンタによる内部被ばく検査を開始。順次対象地区を県内全域に拡大し、2019年11月30日までに34万3,830名を実施。セシウム134及び137による預託実効線量で99.9%以上が1ミリシーベルト未満、最大でも3ミリシーベルト未満であり、全員が健康に影響が及ぶ数値ではなかったとされている。

①対象自治体：福島県内全59市町村

②測定実施機関（実績）

福島県、弘前大学医学部附属病院、南相馬市立総合病院、日本原子力研究開発機構、新潟県放射線検査室、広島大学病院、長崎大学病院、大津赤十字病院、杜の都産業保健会、金沢医療センター、愛媛大学医学部附属病院、放射線医学総合研究所

③ホールボディ・カウンタ車の巡回による県外での検査について

福島県では県外に避難された方が受検できるようホールボディ・カウンタ車を巡回して検査を行っており、2016年3月までに、福島県が検査を委託している常設の機関がない38都道府県（青森県、茨城県、新潟県、石川県、滋賀県、広島県、愛知県、長崎県以外）で検査が実施された。

④測定結果（預託実効線量）（2019年11月実施分まで：2019年12月26日発表）

	2011年6月27日～ 2012年1月31日	2012年2月1日～ 2019年11月30日	合 計
1ミリシーベルト未満	15,384名	328,420名	343,804名
1ミリシーベルト	13名	1名	14名
2ミリシーベルト	10名	0名	10名
3ミリシーベルト	2名	0名	2名
合 計	15,409名	328,421名	343,830名

※預託実効線量：2012年1月までは3月12日の1回摂取と仮定、2月以降は2011年3月12日から検査日前日まで毎日均等な量を継続して日常的に経口摂取したと仮定して、体内から受けると思われる内部被ばく線量について、成人で50年間、子供で70歳までの線量を合計したもの。

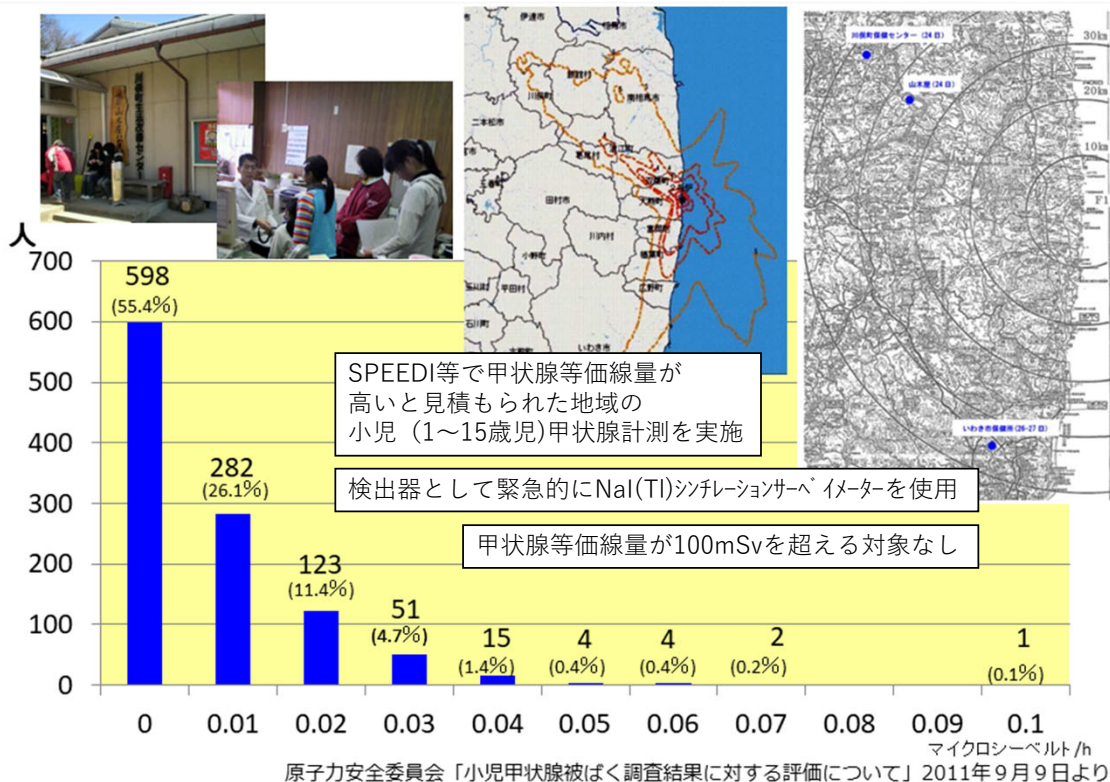
福島県ホームページ「ホールボディ・カウンタによる内部被ばく検査 検査の結果について」より作成

環境モニタリングの結果等から、他の地域に比べて外部および内部被ばく線量が高い可能性がある地域である川俣町山木屋地区、飯舘村、浪江町や避難区域等の住民を対象に平成23年6月27日からホールボディカウンタによる検査が開始されており、対象地区は順次、県内全域に拡大していきました。平成29年11月30日までに32万8千354名に検査が実施されました。セシウム134およびセシウム137による預託実効線量で99.9%以上の住民が1ミリシーベルト未満、最大でも3ミリシーベルト未満であり、全員が健康に影響を及ぼす値ではなかったとされています。

出典：放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和元年度版）

福島県ホームページ「ホールボディ・カウンタによる内部被ばく検査 検査の結果について」

小児甲状腺スクリーニング調査



大気拡散シミュレーションに基づく緊急時迅速放射能影響予測システムSPEEDIによる平成23年3月23日の試算を踏まえ、小児への健康影響を把握するため、原子力安全委員会緊急助言組織からの依頼に基づき、現地原子力災害対策本部では小児甲状腺スクリーニング調査を実施しました。調査した1149人のうち、適切に測定された1080人の結果が示されています。測定場所の空間線量率が高く、簡易測定による適切な評価が困難であったため、適切に測定結果が出せなかった66人と年齢不詳の3人の結果は除かれています。調査を受けた全員が、原子力安全委員会がスクリーニングレベルとした 毎時0.2マイクロシーベルトを下回っていました。

出典：放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和元年度版）を改変

住民の内部被ばく評価

事故直後 1 年間における公衆の平均実効線量と平均甲状腺吸収線量

住宅区域	実効線量 (mSv)		甲状腺の吸収線量(mGy)	
	成人	1歳児	成人	1歳児
避難をした地区				
予防的避難区域※ ¹	1.1～5.7	1.6～9.3	7.2～34	15～82
計画的避難区域※ ²	4.8～9.3	7.1～13	16～35	47～83
避難をしていない地域				
避難が行われなかった地域の福島県住民	1.0～4.3	2.0～7.5	7.8～17	33～52
福島近隣県	0.2～1.4	0.3～2.5	0.6～5.1	2.7～15
上記以外	0.1～0.3	0.2～0.5	0.5～0.9	2.6～3.3

※ 1 2011/3/12～15にかけて避難を指示された地区

※ 2 2011/3月末から6月にかけて避難を指示された地区

UNSCEAR Report 2013:

LNT仮説に基づけばわずかな発がんリスク増加が示唆されるものの日本人のベースラインから差を検出するには小さすぎるレベルである。

23

事故直後 1 年間の公衆の平均実効線量と平均甲状腺吸収線量を示しています。

UNSCEAR Report 2013では、LNT仮説に基づけばわずかな発がんリスク増加が示唆されるものの、日本人のベースラインから差を検出するには小さすぎるレベルである、とされています。

病院避難

病院名	小高赤坂病院
避難日	3月14-15日
搬送主体	警察
搬送先	いわき光洋高校
患者数	66名

病院名	浪江西病院
避難日	3月12,14-15日
搬送主体	消防、警察
搬送先	福島県立医大病院
患者数	23名

病院名	県立大野病院 ※初期被ばく医療機関(当時)
避難日	3月12日
搬送主体	独自避難
患者数	合併を控えており 少数

病院名	南相馬市立小高病院
避難日	3月13日
搬送主体	消防、警察
搬送先	南相馬市立総合病院
患者数	123名

病院名	双葉厚生病院 ※初期被ばく医療機関(当時)
避難日	3月12-13日
搬送主体	警察、自衛隊(ヘリ)
搬送先	二本松市男女共生センター 霞目駐屯地

病院名	今村病院 ※初期被ばく医療機関(当時)
避難日	3月15-16日
搬送主体	警察、自衛隊(ヘリ)
搬送先	郡山高校
患者数	49名

20km圏内
(避難区域)

双葉高校

東電福島第一原発

双葉病院

富山第一中学校

出典: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 最終報告
<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/SaishyuGaiyou.pdf>

2011年3月12日から16日にかけて、20キロメートル圏内の避難区域の医療機関の入院患者の避難が実施されました。

医療機関からの避難では、情報が関係者間で共有できていなかったことや搬送までに時間がかかったことなどの問題点があり、搬送時に患者の死亡が発生しています。

3号機原子炉建屋水素爆発

- 周辺の医療機関；インフラ断絶等の理由により十分な処置できず
- 避難区域(20km圏内)の医療機関が使用不能
- 劣悪な通信状況により搬送先を決めるだけで2～3時間
- 汚染による搬送拒否、受け入れ拒否

3月14日 11:01
3号機水素爆発
11名 外傷、汚染



25

地震発生当時、運転中だった1号機から3号機は、地震とその後の津波によりその全ての原子炉で交流電源が喪失し、冷却システムが停止したことから、原子炉冷却ができなくなり、最終的に燃料の溶融に至りました。炉心損傷に伴う高温下において、燃料被覆管の金属（ジルコニウム）と水蒸気が反応し、大量の水素ガスが発生、原子炉建屋内に滞留し、3月12日に1号機で、14日には3号機で水素爆発が起きました。この3号機建屋の水素爆発では、注水作業をしていた自衛官4名と東京電力および協力会社の作業員7名が汚染を伴う負傷をしました。大熊町のオフサイトセンターで搬送先の調整が行われましたが、放射性物質の汚染による搬送拒否や受け入れ拒否が発生し、搬送先の決定に2，3時間を要しました。また、最後の患者が医療機関に搬送されたのは、負傷から20時間後となりました。いずれも重篤な外傷と高線量の被ばくはありませんでしたが、当時の体表面汚染患者の受け入れ体制の問題点が浮き彫りとなりました。

原子力安全・防災対策

- ❖ 災害対策基本法、防災基本計画（第12編「原子力災害対策編」）の改定
- ❖ 原子力規制委員会設置
- ❖ 原子力災害対策指針の策定
 - ◇ 予防的防護措置を準備する区域(PAZ)と緊急時防護措置を準備する区域(UPZ)
 - ◇ 安定ヨウ素剤の予防服用の体制
- ❖ 原子力災害時の医療体制の充実と強化のための見直し
 - ◇ 24道府県に医療体制の整備
 - ◇ 高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センターの設置
 - ◇ 道府県による原子力災害拠点病院の指定、原子力災害医療協力機関の登録

26

2011年に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故により、関連する法令等が改定、策定されました。

中でも複合災害に対応する為の原子力災害時の医療体制は、それまでの緊急被ばく医療体制を充実、強化されています。現在も原子力災害時の医療体制は、見直しや改正が行われています。

ゴイアニア汚染事故

- ❖ ゴイアニア（ブラジル）の病院が、治療用の線源（ ^{137}Cs 、50.9TBq）を残したまま移転し、1987年二人組が治療装置をこじ開け、ステンレス製カプセルに入った線源を取り出し0.5km先に移動。その後、カプセルを開け、塩化セシウムが拡散。
 - ◇ 外部被ばく→急性放射線症候群、皮膚障害
 - ◇ 内部被ばく→体外計測、バイオアッセイ
 - ◇ 体表面汚染→汚染検査、除染
- ❖ 調査：112,000人
 - ◇ 249人に体内 / 体外汚染
- ❖ 汚染調査道路網：2,000km
- ❖ 汚染土壌、および除染ゴミ
 - ◇ 200リットルドラム缶 14,500 個、5 トンの箱 1,470 個
- ❖ 入院患者：20人（皮膚障害、体内汚染）
 - ◇ 4 人が骨髄障害による出血や感染症で1ヶ月以内に死亡
 - ◇ プルシアンブルーの投与

27

原子力災害の事例ではありませんが、放射線が関与する事故として、1987年ブラジルのゴイアニアで、外部被ばくによる急性放射線症候群、内部被ばく、環境への拡散を生じた事故が発生しています。

この事故の概要は以下の通りです。ゴイアニアにあった病院が、治療装置内に線源である セシウム137 50.9テラベクレルを残したまま移転されました。その後、この治療装置は忍び込んだ二人組によってこじ開けられ、ステンレス製カプセルに入った線源が0.5キロメートル先まで持ち出されました。更にカプセルは開封され、塩化セシウムの拡散事故が発生しています。一部の人は、この塩化セシウムを身体に塗布したことが報告されています。

この事故によって、高線量被ばくによる急性障害や皮膚障害が生じ、4人が骨髄障害によって死亡しました。内部被ばくの認められた患者に対してプルシアンブルーが投与された事例の一つです。

表面汚染検査は、11万人以上に実施され、うち249人に体内汚染および体表面汚染が見つかりました。

この事故の影響で、汚染された土壌とゴミは、200リットルドラム缶 14,500個、5 トンの箱 1,470個にもなっており、多大な影響を与えた事故となりました。

まとめ

- ❖ 原子力事故・災害には臨界事故、影響が施設内にとどまる事故、放射性物質が環境中に放出される事故、住民の被ばくを伴う事故などがある。
- ❖ 事象の重大さを表す指標としてINESがあり 8 つのカテゴリーに区分されている。
- ❖ 1945年～2007年までの放射線事故のうち、致死・早期影響事故件数:原子力施設35、産業施設80、不明線源34、研究22、医療32
- ❖ 日本は、1999年東海村JCO臨界事故、2011年東京電力福島第一原子力発電所事故があり、事故対応後には、関連する法令等の改正が実施された。

本講義はこれで終了です。