

高等研究所 第 35 回 月例研究会

【発表者・概要】

・小玉 乃理子 准教授 (Noriko Kodama) : 11:00~11:40(質疑応答含む)

「東日本大震災 ―その災害事象から探る地震防災のあり方と来るべき大地震に向けた対策―」

未曾有の災害をもたらした平成 23 年東北地方太平洋沖地震の発生から 50 日近くが経過した。岩手県沖から茨城県沖にいたる長さ 500km、幅 200km の断層が最大 28m 程度ずれたことにより、東北地方から関東地方にかけて高いところで 20m を超す津波が押し寄せ、2 万 6 千を超える死者・行方不明者、16 兆円とも言われる資産の直接被害など多大な損失を被った。残された生存者も、津波ですべてを失った状態からの生活再建を強いられている。一方、福島第一原子力発電所では、全交流電源喪失により冷却機能が失われた原子炉で相次いで爆発が発生し、冷却機能回復へ向けた困難な作業が続けられている。

地震によるこれらの直接被害は、より広範囲に二次被害をもたらしつつある。事業所の被災や電力供給不足により、国内および一部海外の生産活動が停滞した状態が継続している。また、福島第一原発から漏洩し続ける放射性物質は、周辺住民の生活基盤の喪失にとどまらず、地域の農産、畜産、海産物の出荷停止にまで広く影響を及ぼしている。事態が長期化すれば、国内外の企業が事業継続の観点から東日本、さらには日本全国における事業計画を見直すことにもなりかねない。

ここで注意が必要なのは、東日本大震災は未曾有の災害ではあるが、わが国で想定される「最悪の」地震災害ではないことである。中でも直近の発生が懸念されるのは、東海・東南海・南海地震が連動したマグニチュード 8.5 超級の地震と、南関東で発生するマグニチュード 7~7.5 級のプレート内地震であり、これらの地震による経済的損失は前者で 81 兆円、後者が首都直下で発生した場合には 112 兆円と試算されており、いずれも東日本大震災を上回る国難を引き起こすことが懸念されている。

ここでは、東日本大震災で現在も進行する様々な災害事象を検証するとともに、長期的に目指すわが国の地震防災のあり方、および来るべき東海・東南海・南海地震および首都直下地震に向けて国、自治体および国民が短期的に取り得る対策について議論する。

" East Japan Earthquake — seeking for earthquake disaster mitigation strategy and measures against possible strong earthquakes — "

Nearly fifty days have passed since the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake caused record-breaking disaster in Japan. A fault line of 500 km length and 200 km width lying off the coast of Iwate to Ibaragi shifted up to 28 m. The earthquake followed by tsunami up to 20m high devastated Tohoku and Kanto left more than 26 thousands people dead or missing, caused an estimated 16 trillion yen in property loss. Most of the tsunami survivors are at a loss to restore their lives after they have lost all their properties. Meanwhile at the Fukushima Daiichi nuclear power plant, a station blackout (loss of grid power, no local battery or backup generator power and emergency cooling systems disabled) resulted in a series of reactor explosion. The cooling system recovery is undergoing with great difficulty.

The primary damage of the earthquake is now causing extensive second disaster. Some domestic and even overseas production activities are suspended because of the damage of establishments and power shortage. Radioactive elements leaking from the Fukushima Daiichi nuclear power plant have not only affected means of livelihood of the residents, but forced shipments of local agricultural, livestock and marine products to be banned. In the case that this situation lasts a long period of time, domestic and foreign companies may review their business plan concerned with business continuity.

We need to pay attention to the fact that this severe East Japan Earthquake is NOT the worst disaster estimated in our country. Possible Tokai-Tonankai-Nankai earthquake with a magnitude of around 8.5 and South-Kanto earthquake with a magnitude of 7-7.5 are particularly considered to be a near-term risk. The economic losses by these earthquakes are estimated to be 81 and 112 trillion yen respectively, supposing the latter one is directly under Tokyo. It is worried that both disaster would be severer than the East Japan Earthquake and result in national crises.

After reviewing ongoing disaster events of the East Japan Earthquake, our long-term earthquake disaster mitigation strategy, and what the national or local governments and the people can prepare in a short period before the possible strong earthquakes will be discussed.

東電福島第一原発事故と 放射線の健康影響

2011年5月13日
早稲田大学先進理工学研究科
共同原子力専攻
岡 芳明

2011年5月13日早稲田大学高等研究所

事故の発生

原因:想定を超える大地震と大津波

- 地震により原子炉は自動停止。発電所外からの送電が停止(外部電源喪失)。非常用ディーゼル発電機(DG)が作動。非常用炉心冷却系も作動したとおもわれる。(マグニチュード9、設計想定は8)
- その後に襲った大津波により冷却用海水取入れ系統(海水ポンプなど)やDGが損傷あるいは電気絶縁不良が発生して、最終的な放熱先である海水へ放熱方法が失われた(全交流電源喪失+最終ヒートシンク喪失)。
- 津波高さ14m、安全解析想定高さ5.7m、タービン建屋地面高さ約10-12m (想定外の地震と津波だった)
- 設計基準を超える過酷事故と呼ぶ事故が生じた。過酷事故の対応手順は1990年代に準備済み。対応開始。(過酷事故は設計対応外の事象だが、想定外だったわけではない。想定して手順を用意していた。)
- 交流電源が不要な原子炉隔離時冷却系は作動し、しばらくは原子炉に給水した。(この系統には熱交換器はついていない)
- 最終的な放熱方法がないので燃料の放射能から出る停止後の発熱(崩壊熱)により原子炉水の温度と圧力が上がり、原子炉容器の水位が下がりはじめた。
- 交流電源喪失と最終ヒートシンク喪失はどの原子炉にも共通(共通要因故障)なので、1-4号機が次々危機に陥った。
- なお5、6号機は非常用DGが動きつづけ相互に電気を供給し冷却することが可能だったので危機にはならなかった。

過酷事故の対応

- 消火系統を用いて原子炉に水を供給し、核燃料の冷却で発生する蒸気を格納容器の圧力抑制室の水中に放出し凝縮する方法（フィード・アンド・ブリード）により核燃料からの除熱を図った。
- 原子炉の圧力が高いなどの理由で、水がうまく入らず、停電もかさなって減圧弁の開放に手間取っているうちに原子炉(1号機)の燃料棒が露出し温度が上がって、燃料被覆管のジルコニウムの酸化(発熱反応)による水の還元で水素が発生した。放射線線量も高くなり作業性が悪くなった。
- 水素は非凝縮性なので格納容器の圧力が上昇した。圧力低減のため(格納容器の破損を防ぎ格納機能を保つため)格納容器ウエットウエル内の気体を放出した。
- 原子炉と格納容器の減圧に伴って水素は原子炉建屋の上部にたまった。水素は格納容器の圧力が高いときにハッチなどの気密性が悪くなって漏れた可能性もある。
- 12日と14日に1号機と3号機で水素が爆発的に燃焼し、それぞれの原子炉建屋上部が破壊された。原子炉容器とその格納容器は厚さ2mのコンクリートの内部にありこれで損傷はしなかった。2号機では格納容器ウエットエル付近の爆発で格納容器下部が損傷の様子。

過酷事故対応

- 原子炉容器に水を注入し熔融炉心を冷却している。2号機は格納容器のみならず原子炉容器下部が熔融燃料によりリークしている可能性がある。
- 使用済み燃料プールの温度も上昇し水位が減少した。4号機は定期点検中で、すべての燃料がプールにあった。水素爆発(水素は3号機側から空調配管を通じて4号機原子炉建屋に漏れた可能性が大。いずれも消防車で給水し水位回復。
- なお5, 6号機は非常用DGが動きつづけ電気を互いに供給し冷却することが可能だったので危機にはならなかった。
- 燃料を水で覆いつつずけることが冷却と放射能放出防止にとって一番重要。水を注入し発生した蒸気の凝縮による冷却方法は不安定だが、外部電源も復旧しているので、燃料が露出するほど長期間これに失敗する可能性は低い。
- 燃料の破損と水素爆発で放射線量が高く、早い復旧作業を困難にしている。
- 外部電源でポンプを回し、熱交換器で冷却できれば原子炉は1日で低温状態(100C以下)にできる。1号機でまずこれを計画中。

環境放出放射能

- 爆発は炉心が溶融した際に発生した水素の爆発で原子炉の爆発ではない。(チェルノブイリ事故は原子炉そのものの爆発)
- 主に水素爆発時に放出された。全体の放射性物質のうち放出された割合は少なく、大部分の放射能は原子炉と建屋の内部とその周辺にある。
- 放出されたものは希ガスと揮発性の核分裂生成物が主体
- 希ガスは風で拡散して消失[反応性が無いので呼吸しても排出]
- 揮発性FPで重要なIとCsは主にCsI(水に溶解する)として放出された。チリや水滴に付着して大気中に存在し、降雨で地上に降った。水や野菜を汚染した。
- ヨウ素は小児の甲状腺に蓄積する。セシウムは特定臓器に集まらない。半減期はヨウ素8日、セシウム30年、体内に取り込んだ時の排出の半減期は5日と80日。
- 汚染食品や原乳、海産物は出荷停止
- 許容濃度は安全側に設定されている。
- 公衆の許容線量は1mSv/y、自然放射線による被ばく2.4mSv/y(ラドン含む)、1.2mSv/y(ラドン含まず)
- 避難は過酷事故対策の一つ[保守的な対応策]、サイト近傍以外では、被ばく量は少なく健康被害は心配ない。

放射線の人体影響

- 急性障害[白血球減少等]、晩発性障害(白血病、癌など)なお遺伝的障害は人は観測されていない
- いずれも実際に健康影響が観測されるのは250mSv以上[個体差あり]:急性障害はしきい線量がある。晩発性障害はしきい線量なしを仮定
- 規制や放射線管理では影響を原点に外挿して、被ばく量に応じてその割合で健康影響があると考え(しきい線量なし直線仮説)を採用
- 国際放射線防護委員会(ICRP)もALARA(放射線被ばくは合理的に達成される限り低くせよ)の勧告。
- これが公衆の放射線・放射能に対する恐怖の元。
- 食品安全[化学物質の毒性]と共通の問題(自然の食品等にも毒性の高い化学物質を含むものがある点も共通)

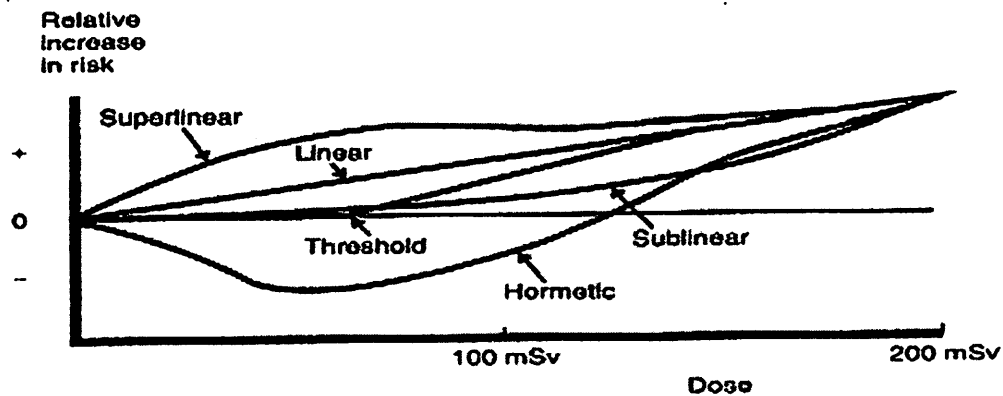


Fig. 1.14.2 Risk models at low dose

source; Don Lawson "Engineering Disasters" ASME, 2005

放射線影響の様々なモデル、いずれも専門家の説。Hormeticは少量の放射線は健康に良いとの説[細胞新陳代謝活性化)。影響は不明が正しい。放射線損傷はある程度計算できるが修復は生命現象の本質なので説明は困難との理解。

250-300mSv(50mSvという意見もあり)以下では人の放射線健康影響は不明

放射線作業従事者、最大で50mSv/y、5年間の平均で20mSv/yを上回らないこと。緊急作業の基準はある。

公衆の許容線量、1mSv/y、自然放射線被ばくは2.4mSv/y、1.2mSv/Y(ラドンのぞく)

低線量の被ばくをむやみに恐れることは無い

まとめ

- 大部分の放射能は3月12日と14日に水素爆発に伴って放出された。
- 放射能測定値は低減中(水素爆発後の大きい放出はない)
- 汚染農産物と海産物は出荷停止。
- 再び大量放出がある可能性は低い。
- 水を注入して冷却中、熱交換器をつけて冷却できると安定化できる。
- 低線量放射線被曝をむやみに心配する必要はない。

参考: 早稲田オンライン

和文: http://www.yomiuri.co.jp/adv/wol/opinion/earthquake_110418.htm

英文: <http://www.yomiuri.co.jp/adv/wol/dy/>

検討課題、コメント

- **安全確保の保守性が避難地域にも必要か？** 原子力の安全確保では放射線の健康影響も含めて常に保守的に考えることになっているが、避難地域に対しても、果たしてそれでよいのか？ ALARAの精神からみると、土の入れ替えなどで被ばく低減を図る方策が求められる。
- **1000年に1回の大津波を見落とした：安全確保の仕組みの抜本的改善：透明で独立な仕組みが必要**（海外に参考にできる例はある。）
- **事故の収束と対策：関係者は皆努力していると考え**が、対策と収束に非常に時間がかかっている。：現場（東電と地元）の意見を尊重して事故収束や地元民を助ける姿勢、意識、政策運営がもっとあったほうが良いのでは？
- **中央ができることは限られているのでは？** 民間の知恵と能力、資金を生かす仕組みが必要では？
- **日本の仕組みの抜本的改善が必要では？**：21世紀を日本が生き抜くための仕組みを大災害をきっかけに作らないといけない。