Wed. Sep 13, 2017

Room Q

Planning Lecture (Free Entry) | Special Lecture | Special Lecture

[1Q_PL01] Prediction of volcano eruption at Mt. Usu and its disaster prevention measures

Chair: Michihiro Furusaka (Hokkaido Univ.)
10:30 AM - 12:00 PM Room Q (Lecture Hall - Frontier Research in Applied Sciences Building)

[1Q_PL0101] The 2000 eruption of Mt. Usu and operation for mitigation of its disaster

*Hiromitsu Ohshima[1] (1. Hokkaido Univ.)

[1Q_PL0102] Disaster medical system in volcano eruption at Mt. Usu

*Eichi Narimatsu[1] (1. Sapporo Medical Univ.)

©Atomic Energy Society of Japan

Thu. Sep 14, 2017

Room E

Planning Lecture (Free Entry) | Board and Committee | Ethics Committee

[2E_PL] Ethics of nuclear power stakeholders necessary to prepare for disasters

Chair: Tomohito Nakano (TOSHIBA)
1:00 PM - 2:30 PM Room E (B32 - B3 Block)

[2E_PL01] Safety Enhancement of Tomari NPP based on the New Regulatory Guide
*Atsushi Yamada[1] (1. HEPCO)

[2E_PL02] Lesson and Learn of Fukushima Daiichi NPP Accident and Regulatory Comparison between Japan and US
*Tadashi Narabayashi[1] (1. Hokkaido Univ.)

[2E_PL03] Nuclear safety measures from the view point of ethics
*Kyoko Oba[1] (1. JAEA)

©Atomic Energy Society of Japan

Planning Lecture (Free Entry) | Special Lecture | Special Lecture

[1Q_PL01] Prediction of volcano eruption at Mt. Usu and its disaster prevention measures

Chair: Michihiro Furusaka (Hokkaido Univ.)

Wed. Sep 13, 2017 10:30 AM - 12:00 PM Room Q (Lecture Hall - Frontier Research in Applied Sciences Building)

[1Q_PL0101] The 2000 eruption of Mt. Usu and operation for mitigation of its disaster

*Hiromitsu Ohshima[1] (1. Hokkaido Univ.)

[1Q_PL0102] Disaster medical system in volcano eruption at Mt. Usu

*Eichi Narimatsu[1] (1. Sapporo Medical Univ.)

©Atomic Energy Society of Japan

2017年秋の大会

特別講演

有珠山における火山噴火予知とその防災対策

A Prediction of volcano eruption at Mt. Usu and its disaster prevention measures

有珠山の 2000 年噴火と減災対策の概要

The 2000 eruption of Mt. Usu and operation for mitigation of its disaster

*大島弘光[1]

[1]北海道大学

1. はじめに

有珠山は洞爺湖の南岸に位置し、玄武岩質外輪山とその寄生火山,及び北西−南東方向に 2 列に並ぶ十数体のドームからなる国内でも活動的な火山の一つである.

噴火記録は 1663 年の活動を初めとして現在までに８回を数え、このうちの４回は 20 世紀に起こった.

なかでも 1910 年の噴火活動は火山性微動や火山性地殻変動の発見やマグマ貫入モデルの提唱がなされたほか、1、5000 人の事前避難に成功し、火山学や噴火予知科学の誕生にとどまらず、避難・警戒や避難解除を含む噴火災害対策の原点といえる活動であった.

これに続く 1943-45 年の噴火活動では、戦時中にもかかわらず多点地震観測を始めとして多項目観測が行われた．また科学者の助言を受け、昭和新山生成日記として知られている詳細な昭和新山の成長記録も残された.

図 1.有珠山を構成する外輪山とドーム群

1977-82 年の噴火活動は第一次火山噴火予知計画に基づき北海道大学有珠火山観測所が設立された年に起こり、稠密な観測網が展開されて地震を伴ってドームが隆起することや隆起域を取り囲む震源域が描き出された．また現地観測班が組織され、科学者による組織的な行政対応が行われたほか、火山砂防が芽生える契機となった．その一方、北麓の 三恵病院では入院患者の事前避難 がなされたものの、4 回の噴火のなかで最も規模の大きな噴火であったにもかかわらず、前例に拘泥した多くの住民が避難せずに噴火を迎え、噴火への備えを住民の心に刻み込ませた噴火でもあった.

このように 20 世紀初頭から噴火予知や災害対策が生まれ育ってきた背景があるなかで、2000 噴火は起こった．ここでは 2000 年噴火の概要と、減災対策の中核をなす噴火予測に基づく事前避難と解除の概要を紹介する.

2. 記録に残る噴火活動の特徴と 2000 年噴火

2-1. 噴火の特徴

歴史時代の 9 回の噴火活動はいずれも粘性の高いデイサイト質マグマが活動し、前兆地震を伴い、多量に軽石や火山灰を噴出する軽石噴火や水蒸気・マグマ水蒸気爆発を繰り返えし，火砕サージや火砕流も流下した．また上昇してきたマグマは，地表を押し上げて潜在ドームを創り，時には溶岩ドームとなって地表に現れている.

20 世紀中におこった４回の噴火活動も多数の有感地震を含む激しい前兆地震活動で始まり、水蒸気爆発，マグマ水蒸気爆発が頻発し、火口の開口した地域では地盤が隆起して新山が生じ、新山の隆起が沈降に転じて活動が終息するという共通した特徴がある．一方、活動域は移動し、前兆地震活動や噴火活動の継続期間

表 1.有珠山の歴史噴火

噴火年代	噴出物	火山活動
1.5～2 万年前	有珠山外輪山溶岩 ドンコロ山スコリア	成層火山形成 ドンコロ山側火山（スコリア丘）形成
7000～8000 年前	善光寺岩屑流れ堆積物	山体崩壊、外輪山形成

休止期

噴火年代	休止期	前兆地震活動期間	噴火地点	噴火様式	火砕物体積	生じた新山（隆起量 / 期間）	その他
1663 年		3 日		軽石噴火	0.25km^3		多量な降灰により家屋被害、犠牲者 5 名
17 世紀末		?	?		?	?	詳細不明
1769 年	−52 年−	?	山頂	軽石噴火（明和火砕流）	0.11km^3	小有珠	火砕流により家屋火災
1822 年	−31 年−	3 日	山頂	軽石噴火（文政火砕流）	0.28km^3	オガリ山	火砕流により 1 村全焼、犠牲者 82 名
1853 年	−57 年−	10 日	山頂	軽石噴火（嘉永火砕流）	0.35km^3	大有珠	住民避難
1910 年	−34 年−	6 日	北麓	水蒸気爆発（約 5 ヶ月）	0.003km^3	明治新山 (170m / 5 ヶ月)	**事前避難**、降灰・地殻変動による被害、泥流により犠牲者 1 名
1943-45 年	−32 年−	半年	東麓	水蒸気-マグマ水蒸気爆発（約 5 ヶ月）	0.001km^3	昭和新山[注] (200m･310m / 22 ヶ月)	降灰・地殻変動による被害、幼児 1 名窒息死
1977-82 年	−23 年−	32 時間	山頂	軽石噴火（1 週間） 水蒸気-マグマ水蒸気爆発（約 5 ヶ月）	0.09km^3	1977 新山 (190m / 55 ヶ月)	降灰・地殻変動による被害、二次泥流により犠牲者 3 名
2000 年		5 日	西麓	マグマ水蒸気−水蒸気爆発（約 1 年）	0.001km^3	2000 新山 (80m / 5 ヶ月)	**事前避難**、降灰・泥流・地殻変動による被害

注）200mおよび 310m は屋根山と溶岩ドームの隆起量．屋根山に溶岩ドームが出現してからも屋根山隆起は継続し、溶岩ドームは 11 ヶ月間で屋根山から 110m隆起．

が異なるほか、軽石噴火は 1977 年のみ、マグマが地表に達して溶岩ドームが生じたのは 1943-45 の活動に限られるなど相違点もある．

2-2. 2000 年噴火

2000 年の噴火活動は 1910 年の噴火活動に類似した推移をたどった．

前兆地震は 2000 年 3 月 27 日の夜半前から始まり、28 日 01 時過ぎには洞爺湖温泉から有感地震の報告も届いた．その後、地震活動はやや衰えを見せたが，28 日夕刻には再び活発化し、全山規模の山体膨張も明瞭になった．29 日夕刻には地震回数が劇的に急増し、同時に地震の規模も大きくなり，地震活動は 3 月 30 日にピークに達し，それが急速に衰退した 3 月 31 日に有珠山西麓で最初のマグマ-水蒸気爆発が発生した．

翌 4 月 1 日には有珠山の北西麓にある金比羅山山腹でも水蒸気爆発が始まった．その後，この 2 つ火口域には多数の火口が開き，夥しい数の水蒸気爆発が繰り返えされた．金比羅山火口群では 4 月 7 日から 10 日をピークに火口から熱水が熱泥流となって温泉街に流下した．

最初のマグマ-水蒸気爆発の後、全山規模の膨脹は衰退し始め、西麓地域で地盤の隆起が顕著になった．この隆起も 4 月中旬ころから衰えを見せ始めると同時に局在化が進み、最期まで隆起を続けていた 2000 年新山頂部も 8 月中旬には隆起を停止し、 9 月上旬には沈降が明瞭になった．約 5 ヶ月間にわたる地殻変動によって地盤は 80m ほど隆起して、標高 200 mの 2000 年新山が形成された．

水蒸気爆発も新山の隆起の衰えとともに次第に頻度・規模を減じ、あわせて火口の拡大

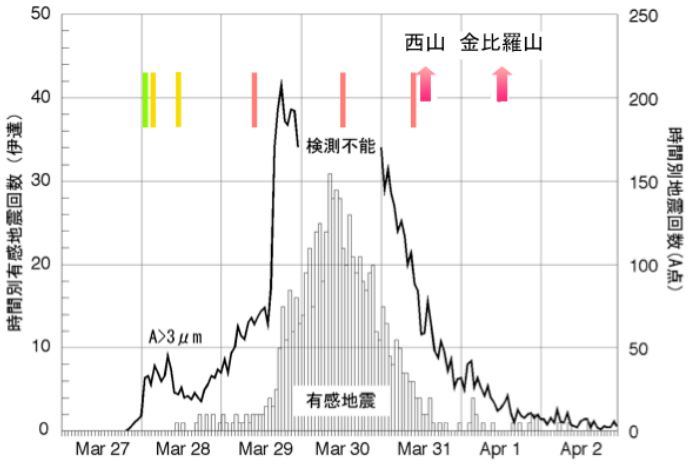


図 2. 伊達で観測された有感地震および気象庁 A 点の地震回数．緑線は火山観測情報、黄線は臨時火山情報、赤線は緊急火山情報が発表時間を示す．

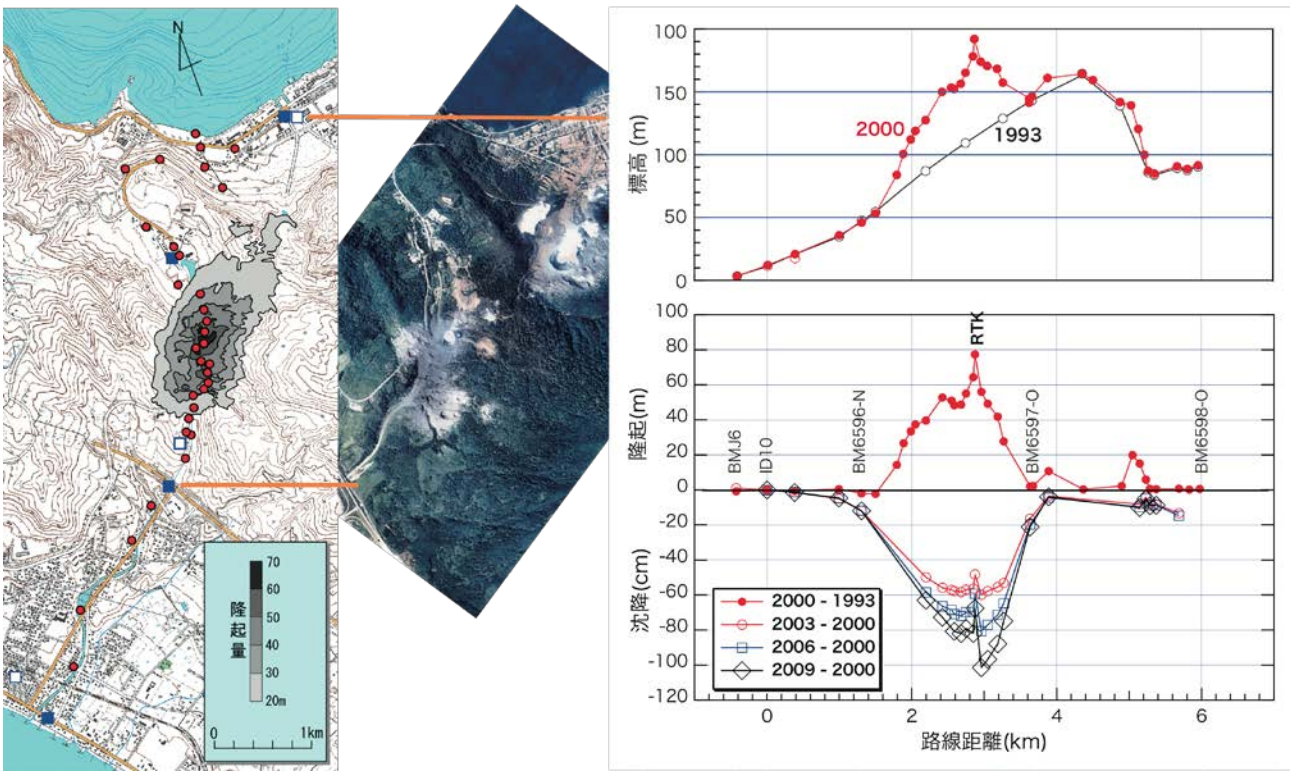


図 3. 2000 新山の隆起と沈降．左図はレーザー測量で描き出された隆起域、中央は噴火活動域、左図は水十測量による 2000 年新山の比高変化.

や併合により活動火口は限られるようなった．西麓での水蒸気爆発は 6 月に停止したが、金比羅火口での極く小規模な水蒸気爆発は 2001 年 9 月まで続いた.

2-3. 噴火予測

歴史噴火の繰り返し間隔は38年±13年と幅があるが、地元関係者や火山研究者の間では2000年噴火の発生時期は2010年前後と考えられていた．それに備えて1995年には地元 1 市 3 町によるハザードマップが発刊された.

そのマップでは山頂噴火と山麓噴火が想定され、山頂噴火では軽石・火山灰噴火やマグマ水蒸気爆発による噴降下軽石・火山灰の層厚や火砕流・火砕サージの流下範囲および噴石の到達範囲が示されている.

一方、山麓噴火では、ドームが2列に並ぶ北西—南東方向に延びた矩形領域を噴火場所として、水蒸気、マグマ水蒸気爆発による降灰、噴石に加えて火砕サージや火山泥流の流下も想定されている．山麓噴火は局所的で火砕サージの流下域の特定が困難であることから、マップには噴石の到達範囲のみが図示されている.

山頂および山麓噴火のいずれの場合も火口開口域では地盤が隆起して潜在ドームが生じ、場合によっては溶岩ドームの出現も想定されている．ドーム形成に伴う地殻変動災害にも注意が喚起されているほか、火山泥流や二次泥流の流下予想図も示されている.

関係者の予想よりも早かったが、2000年噴火は山麓噴火想定域の北西縁付近で起こり、水蒸気爆発に伴う噴石は到達範囲内に飛散し、火山から噴出した熱泥流は想定

図 4. 有珠山火山防災マップ(1995)に掲載されている山麓噴火の発生場所および噴石の到達予想図.

された渓流に沿って流下するなどハザードマップで想定された噴火だった.

直前の噴火は主に前兆地震の発生回数・規模の推移から予測され、火山噴火予知連拡大幹事会は、3 月 28 日に噴火の可能性に言及し、29 日には「数日以内に噴火発生の可能性が高い」と噴火発生時期が盛り込まれた統一見解をまとめ緊急火山情報と発表した．この情報の２日後に西麓で噴火が起こった．また、西麓に新たな亀裂の確認という山麓噴火の可能性を意味する臨時火山観測情報第３号の発表（11:50）から約 70 分後の 13：07 に西麓から噴火した.

噴火場所については前兆活動開始後に展開された臨時観測を含め、観測データは有珠山北西部からの山頂噴火を示唆し、30 日には西外輪山付近で 100m 以上にわたる断層や地割れ群が確認された．一方、西麓での噴火の可能性を示すデータは噴火当日の朝に発見された 230 号線の亀裂（緊急火山情報第 3 号）に限られ、噴火地点を特定するまでに至らなかった.

活動の推移については最初の噴火がマグマ-水蒸気爆発で小規模な火砕サージや少量の軽石も認められ、より規模の大きな噴火に発展する可能性に加えて、過去に起こった二回の活動ではドーム形成期により規模の大きな火砕サージの流下が繰り返されたことから、火砕流や火砕サージの発生を想定したが、最初の爆発を超えることはなく、執拗に繰り返される水蒸気爆発で終わった.

噴火活動の終息を意味する新山の隆起は、立ち入り規制があり，主にセオドライトによる三角水準測量によって追跡するしかなかったが、7 月中旬に設置された GPS により隆起から沈降を捉え、消息を確認することができた.

3. 事前避難と減災対策

事前避難に成功した要因は、適切で迅速な火山情報もあるが、長年にわたって有珠山の噴火に備えた取り組みを行ってきた住民や行政の適切な行動と、住民や行政の取り組みを支えた科学者との連携である.

これに加えて科学者が首長を始めとする関係者に直接災害軽減への専門的な解説・助言が行える北海道防災会議火山専門委員会という火山防災助言機構が長年機能してきたことである.

また 1995 年の阪神淡路大震災後に国の危機管理態勢が整備され､国の現地対策本部が設置されたことも大きい.

更に、恐怖を感じる激しい前兆地震活動や前兆活動の開始から最初の噴火まで避難に必要十分な時間が確保できたこと大きな要因である.

3-1. 事前避難

28 日深夜に相継いで発表された前兆地震活動の始まったことを伝える情報を受けて、事前に耳打ちされていた自治体は昼前までに災害対策本部や連絡本部を設置し、住民への広報や自主避難を呼びかけ、夕方までに１市２町で要介護者を含め約 400 人が避難した.

数日内に噴火する可能性の高いことに言及した拡大幹事会の見解（緊急火山情報）が発表された 29 日には国および地方部局など防災関係機関で災害対策本部等が立ち上がり、昼過ぎからは有珠山周辺の国道や道々および道央自動車道の通行規制や JR 北海道の運転見合わせの始まった．夕方には道、1 市 2 町の首長に加えて予知連会長や国の防災担当官が出席し、北海道防災会議拡大火山専門委員会が開かれ、火山専門家から噴火が切迫していることや過去事例を含め噴火シナリオと災害予測が示された．これを受けて既に自衛隊に災害派遣要請を行っていた北海道は山頂火砕流噴火のシナリオにそった避難を決断し、１市２町はハザードマップに描かれた危険予想域に対し一斉に避難指示を発令し、約 9500 人の避難が始まった．その際、ハザードマップが１市２町による避難指示区域の根拠に使われた．また政府は現地連絡調整会議を設置し、発災前に国主導による危機管理体制も確立した.

30 日には火山専門家の提案により有珠山北西部での噴火に備えてハザードマップが見直され、新たに危険区域地区となった２地区に避難が指示され、31 日の噴火時には約 10,000 人の住民避難が完了していた.

事前避難は想定されたなかで最悪のシナリオに基づいていたが、噴火は想定域の北西縁で起こり、小規模な火砕サージや少量の軽石も認められ、より規模の大きな噴火に発展する可能性が残った．加えて過去に起

こった二回の活動ではドーム形成期により規模の大きな火砕サージの流下が繰り返されたことから、火山専門家の助言を受けて開口した火口の西側に位置する虻田町の２地区にも避難指示が発令され、避難者は約16,000 人となった．災害対策にあたる虻田町役場も隣接する豊浦町に機能を移転した．

国の現地連絡調整会議は現地対策本部（ミニ霞ヶ関）に格上げされた．その運営は即断即決を旨とし、権限のある者が機関として具体的な対応を表明することが求められたようである．また火山噴火予知連は迅速な活動評価を行うために有珠山部会を設置した．西麓の金比羅山で噴火活動が始まった４月１日には伊達市に機能移転を進めていた臨時北大有珠観測所が立ち上がり、観測研究の立案や実施、観測データの総合評価や成果の部会における活用を図るために大学合同観測班（後に現地総合観測班に発展）も組織された．

3-2. 避難解除

火口が開き活動域が確定したことから、1 日には最初の規制解除が行われた．伊達市は 31 日の噴火直後に発令した活動域から東に最も遠い地区の避難勧告を解除し、2 日には活動域に近い世帯を除き、再避難のあり得ることを前提に避難指示を解除した．

一方、隆起を続ける西麓では水蒸気爆破が繰り返されているものの、活動に拡大の兆しが見えないことから、ホタテ養殖管理、農作業のため立入りや一時帰宅を求める要望が相継ぎ、現地対策本部では火山研究者の助言に基づき、一時帰宅等の基本方針を定めた．実施にはいわゆるカテゴリー方式が用いられ、その時点での活動から想定される危険度と、取るべき/取り得る安全策によって避難指示区域を区分し、危険度の低い地域については必要な安全策を取って立入りが許可された．

11 日には噴火に伴う土砂災害に的確かつ迅速に対処するために土砂災害対策検討委員会が組織され、翌 12 日には初めて現地で火山噴火予知連絡会が開催された．噴火活動は西麓に限定され、初期に想定した山頂噴火に移行するような現象は認められないという統一見解を受けて、13 日には有珠山南麓から東麓にかけた地域の避難指示が解除された．

更に5月 22 日には活動火口周辺に影響が及ぶ噴火は当分続くとしながらもマグマ活動を示す隆起速度は次第に低下しており、このままの傾向が続けば噴火が終息に向かう可能性があると火山噴火予知連絡会が終息に言及したことにより、交通規制の大幅な解除や JR の運行再開、立入り規制区域の解除が進められた．

7 月 10 日の火山噴火予知連結会では、火口近傍での噴石や地熱活動は続くものの、深部からのマグマ供給はほぼ停止し、一連のマグマ活動は終息に向かっているという事実上の終息宣言が行われた．これによって規制区域は火口周辺のみとなり、復興へ向けての地元の動きが加速した．この１ヶ月後には国の噴火非常災害現地対策本部も廃止された．

4. おわりに代えて

6 月に入ると各自治体で復旧・復興に向けた取り組みが始まった．噴火で大きな被害を受けた洞爺湖温泉では、将来の安全確保のために、1910 年の噴火で湧出した温泉により 90 年の歳月をかけて発展した町並みの半分が 2000 年の噴火で砂防敷地として自然にかえった．

一方、大きな災害から免れた壮瞥町は、ハードの整備と有珠山全体を自然博物館とするソフト的な取り組みとしてエコミュージアム（自然博物館）構想を展開した．

いずれも有珠山との共生を目指した取り組みであり、避難・危機管理に偏りがちな災害対策のゴールが、平時の啓蒙・普及活動、避難対策や応急対策はもちろん、発災後の長期的な人間・社会の復興にあることを示す好対照な事例と言えるだろう．

* Hiromitsu Oshima[1]

[1]Hokkaido Univ.

2017年秋の大会

特別講演

有珠山における火山噴火予知とその防災対策
Prediction of volcano eruption at Mt. Usu and its disaster prevention measures

有珠山噴火における災害医療体制

Disaster medical system in volcano eruption at Mt. Usu

成松　英智
札幌医科大学　医学部救急医学講座
附属病院高度救命救急センター
北海道病院前・航空・災害医学寄付講座

1. 一般論

1-1. 災害医療システム

集団災害とは短時間内に多数の傷病者が発生し，平時の救急・医療体制では限界超過や対応不能が発生する事象である．発生原因（自然，人為的，複合的，人道的災害，等）や患者重症度は多様である．被災による直接傷病だけではなく，平時医療中断に起因する慢性疾患増悪や避難所の集団感染症，等も発生する．

集団災害では社会混乱と多数傷病者が同時発生するため，医療展開には病院機能や患者搬送システムの混乱が伴う．傷病者の同時多数来院，病院施設損壊，社会インフラ障害，情報混乱，等による医療環境悪化と診療能力限界超過により，被災地域および周辺地域の病院機能は低下する．また発生した患者の治療に必要な専門・高次医療施設が被災地近隣にあるとは限らない．このような状況下で集団災害時には，最大多数傷病者への最大治療効率を目指し，既存病院機能を最大限に発揮しながら患者の重症度選別，初期治療，搬送先配分，広域搬送，等を含めた搬送・治療計画が立案・実施される（図１）．

被災患者は先ずトリアージポイントに搬送され重症度選別（重症，中等症，軽症，治療保留）を受け，必要最低限の応急処置後，重症度・疾患分類別に受入れ分担化された医療施設に搬送され治療を受ける．治療・搬送の優先順位は，生命＞機能＞四肢＞審美である．トリアージポイントは２次被災の可能性が（少）ない災害現場付近，学校施設，行政庁舎，病院入口，等に設営され，そこでは災害派遣医療チーム（DMAT，JMAT，日赤医療チーム，等），地元医療関係者，消防，行政，等の災害医療訓練を受けたスタッフが活動する（図２）．

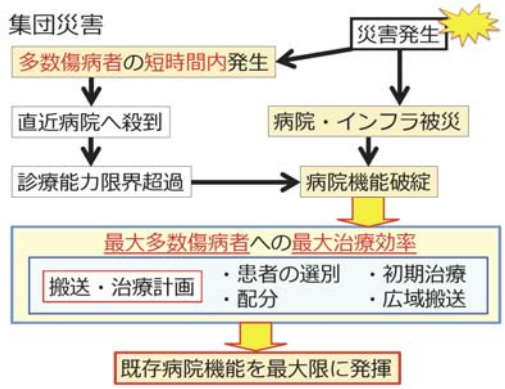


図１：集団災害

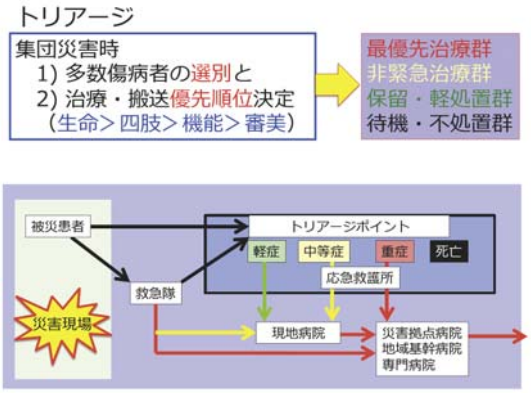


図２：集団災害トリアージ

災害時，現地病院では多数・多様な患者を同時平行で診療することになる．その際には，1）全症例への十分な医療行為は不可能になること，2）専門外診療，医療環境悪化，患者・家族の自己中心化，等が生じ

ること，3）施設被災，スタッフ・医療資源等の不足による診療機能低下が生じること，等が問題点となる．病院は平時の診療能力と被災の影響から割り出したその時点の診療能力別に重症，中等症あるいは軽症患者を分担して受け入れる．被災地域の病院で重症患者を多数収容した場合，また多数の軽症・中等症患者が殺到した場合には，診療マンパワーや医療資源が分散・不足して，特に重症患者医療が手薄になり治療成績が悪化する可能性がある．このような場合，濃厚医療が必要な重症患者は搬送不可能な場合を除き被災地域外へ広域分散搬送され，遠隔地で通常条件下での医療を受ける．診療と避難の同時並行が余儀なくされる状況では，それ以上の人的被害増加を防ぐため診療を縮小・中断してでも避難を優先させる事もあり得る（図３）．

1-2. 患者搬送システム

災害時の患者搬送の総指揮および車両・機体所属機関の間の総合調整は都道府県庁に設置される災害対策本部が，実際の現場運用は現地の運行本部が担当する．患者搬送手段には，陸上搬送および回転翼（ヘリコプター）・固定翼（飛行機）による航空搬送がある．陸上搬送は主に救急車によるもので迅速に実施可能であり，車両数が確保されれば多数患者搬送が可能だが，道路通行が前提となるため噴火災害に伴う通行止め，信号障害，交通規制，渋滞，等で運用効率が低下する．回転翼は航続距離の限界から数 100km 以内の搬送に適しており，グラウンド，等の広い敷地があれば被災地域内での離発着が可能であるが，悪天候，夜間（有視界飛行の場合），噴煙（火山灰吸入によるエンジン停止）が飛行困難要因となる．固定翼は長距離搬送に適するが，離発着は滑走路がある空港・飛行場に限定され，その飛行困難要因は回転翼と同様である．搬送手段の選択は，患者病態・重症度・安定性，受入れ病院の地理的位置関係，搬送時間，災害が搬送手段に及ぼす影響・危険性，等で総合的に勘案・決定される．

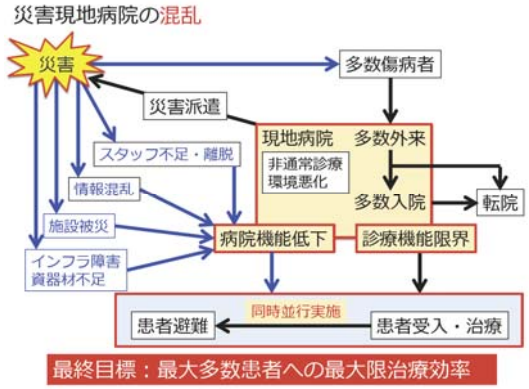


図３：災害現地病院の混乱

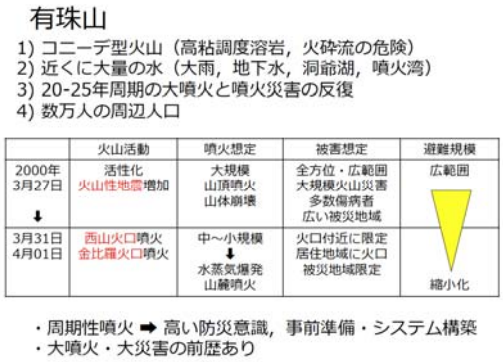


図４：有珠山の特徴と 2000 年噴火

2. 有珠山噴火災害医療体制

2-1 有珠山噴火時の緊急医療体制

これまでの有珠山噴火が約 20-25 年周期であったこと，前々回噴火が 1977 年，前回噴火が 2000 年であったことから，有珠山周辺地域では噴火規模，傷病，患者数，等の各種想定に基づいて近々の噴火を想定した医療対応の準備が進められている（図４）．北海道，地域行政，住民の火山防災意識は高く，噴火予兆の連絡が行政に入ると人的避難を迅速に開始するシステムが構築されている．以下，前回噴火（2000 年）時に実施された対策を踏まえて，現段階で考えられる想定的対策（未確定部分を含む）を示す．

非都市部である有珠山周辺地域では，医療機関，社会施設，一般・高速道路，等の医療に関連した既存社会インフラは噴火時の災害医療に活用するには決して量的に十分ではない．有珠山近隣の現地病院は，平時には軽症から中等症までの患者対応能力を持つ．しかし噴火時にそれらの病院が正常に機能するという保証はなく，所在地が避難対象地域に指定されると診療中断と即時避難を迫られる可能性が高い．また避難対象地域周辺でも患者増加やインフラ障害，等の発生に伴う診療機能低下や混乱が予想される．重症

患者は，搬送可能であれば有珠山周辺地域外の災害拠点病院，等に広域搬送され，通常体制下での治療を受ける．リスク要因（高い重症度，全身状態不安定，搬送手段の問題，等）により広域搬送が危険と判断された重症患者および中等症患者（ICU 管理までは必要ではない）は，現地の中核的病院でありかつ 2 次救急医療機関（平時は主に中等症患者までを担当）である伊達日赤病院や洞爺協会病院での治療が第一選択となる．ただしこれらの病院が病院損壊や避難指示，等により診療継続困難となった場合には，これらの患者も広域搬送の対象になる．軽傷者は安全が確認された周辺地域の一般病院で治療される（図５）．

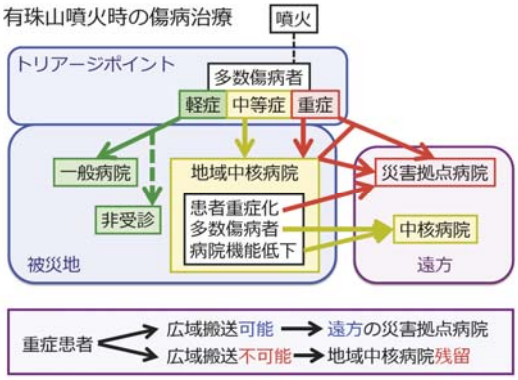


図５：有珠山噴火時の傷病者治療

有珠山噴火関連（想定）傷病

時相	病態	原因
噴火直後	外力損傷	火山弾・落石　泥流　転落　倒壊建造物　交通事故
	熱傷	火砕流　熱泥流　熱水　水蒸気　高温ガス
	溺水	津波　洪水
	ガス中毒	火山ガス
その後	一般傷病	慢性疾患治療再開　感染症　精神的ストレス，等

患者搬送

搬送様式			特徴	弱点
地域内	陸上	救急車	実施が容易	道路被災（破壊，火山灰，等），渋滞，事故
広域				上記＋高速道路はICでのみ乗降可能
	航空	回転翼	高速搬送	少人数搬送，悪天候，夜間，噴煙
		固定翼		上記＋滑走路が必要

図６：有珠山噴火関連傷病と患者搬送

診療面では発災直後は噴火や避難行動に直接関連した傷病（外傷，熱傷，津波溺水，火山ガス中毒，等）への対応が主となるが，時間が経過していくと慢性疾患患者の治療再開，施設入所者への対応，避難所長期滞在で発生する疾患（感染症，深部静脈血栓症，精神的ストレス，等）への対応需要も発生する．また噴火災害とは関係なく通常頻度で発生する一般傷病の対応も行う（図６）．

2-2 有珠山噴火時の患者搬送システム（図６）

有珠山周辺では山麓部まで温泉街，住宅地，農地，等の有人地域および道路が分布している．噴火時には有珠山直近を中心に地殻変動，火山灰，避難地域指定，等により多くの道路の通行や地域アクセスが困難化する．このため道路被災の様式と程度にもよるが，該当地域における傷病者の救助・収容活動と搬送は困難化が予想される．救助された傷病者は主に走行可能な一般道路を用いた陸上搬送でトリアージポイントまで搬送される（火山灰と再噴火の危険性により，噴火直後の回転翼による被災地域への進入は困難が想定される）．有珠山の場合，トリアージポイントは 1）安全が確保された避難地域の外で，2）被災地域からの道路が集まる地点，かつ 3）その時々の風向き，等によって決まる噴煙・火山灰分布の方向以外（回転翼運行ができなくなるため）の学校施設に設営される．学校施設は 1）多数の教室，机，椅子，水道蛇口，等の医療転用可能設備や炊事施設があること，2）教室および体育館に多数避難者を収容できること，3）グラウンドを救急車集結場所およびヘリポートとして使用できること，4）公立であれば容易に市町村が指定できること，等の好条件が揃っている．救助・収容され，あるいは自力でトリアージポイントまで到達した傷病者は，トリアージと緊急処置を受けた後，重症度・病態分類別に避難地域外の医療機関に再搬送される（上記）．比較的近距離（生活圏内）にあり軽症被災患者が自己判断・自力移動で到達可能である有珠山近隣の災害拠点病院（伊達日赤病院，日鋼記念病院［室蘭］，市立室蘭総合病院，製鉄記念室蘭病院）は，軽症患者多数発生時にはトリアージ外軽症患者の大量受診による病院混乱が予想される．このような場合にはこれらの病院への重症患者搬送は控え，搬送先は札幌，等の遠隔地の災害拠点病院が選定される．

有珠山周辺地域からの広域陸上搬送に用いられる道路は複数存在するが限定的である．また回避路・側副路が少ないため道路通行困難や車両数増加により渋滞が発生しやすい．有珠山周辺地域からの主な広域陸上搬送経路は，(1) 室蘭経由札幌方面（南東方向：国道 37・36 号線および道央自動車道），(2) 長万部経由函館方面（北西方向：国道 37 号線および道央自動車道），(3) 中山峠経由札幌方面（北北東方向：国

道 230 号線）である．(1)の室蘭を経た札幌方面には室蘭，苫小牧，札幌，等の重症患者対応可能な病院を持つ都市が連なる．しかし(2)の長万部・函館方面では，重症患者治療可能な病院がある八雲や函館までは長距離である．(3)の国道 230 号線経由で札幌に向かう経路では途中に中山峠があり，札幌到着まで渋滞回避路や緊急対処可能病院がない峠道が長距離続く．一般道路では避難車両集中による渋滞・事故，等が，高速道路ではインターチェンジでしか合流・流出できないことやインターチェンジ（伊達，虻田洞爺湖，豊浦噴火湾 PA・豊浦）に至るまでの一般道路の通行困難が搬送困難要因となる（図７）．

図７：陸上広域搬送経路

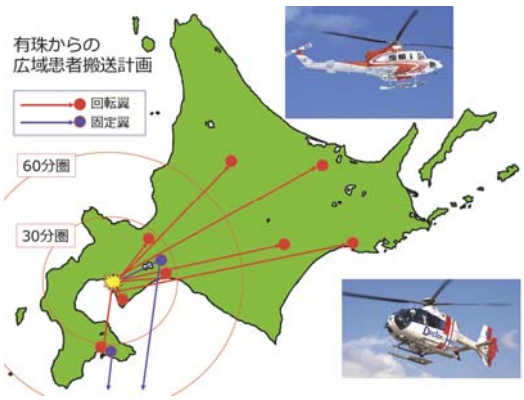


図８：航空広域搬送経路

有珠山直近には空港がないため，有珠山周辺の航空搬送手段は回転翼が中心となる．噴火災害発生時には，北海道防災，北海道警察，札幌市消防，自衛隊，ドクターヘリ，等の回転翼が災害対策本部の調整下で運用される．回転翼は災害拠点病院が集中する札幌まで 30-40 分で到達可能であり，主に札幌，函館と札幌以遠の道内主要都市が目的地となる．本州以南への災害患者搬送は主に自衛隊の固定翼が担うが，出発点となる直近の空港（航空自衛隊千歳基地・新千歳空港や函館空港）までは遠距離であるため，そこまでの搬送は回転翼が担当する（図８）．エンジン停止の危険性のため，回転翼，固定翼ともに噴煙・火山灰吸入は噴火時の最大の飛行困難要因である．このため特に有珠山付近かつ低空の飛行を求められる回転翼は火山灰を回避せざるを得ず，トリアージポイントおよび他の臨時回転翼発着場は火山灰降下の（少）ない地点が随時選定される．

以上のような複合的な状況下で全被災患者の総合的な予後を最良にするため，既知情報と幅のある想定を踏まえて可能な限りの対応計画の事前立案が進行している．本講演では，災害医療・搬送システムの基本概念の概説後，有珠山噴火時の緊急医療体制・患者搬送システムについて述べる．

Eichi Narimatsu

Sapporo Medical University School of Medicine

Planning Lecture (Free Entry) | Board and Committee | Ethics Committee

[2E_PL] Ethics of nuclear power stakeholders necessary to prepare for disasters

Chair: Tomohito Nakano (TOSHIBA)

Thu. Sep 14, 2017 1:00 PM - 2:30 PM Room E (B32 - B3 Block)

[2E_PL01] Safety Enhancement of Tomari NPP based on the New Regulatory Guide

*Atsushi Yamada[1] (1. HEPCO)

[2E_PL02] Lesson and Learn of Fukushima Daiichi NPP Accident and Regulatory Comparison between Japan and US

*Tadashi Narabayashi[1] (1. Hokkaido Univ.)

[2E_PL03] Nuclear safety measures from the view point of ethics

*Kyoko Oba[1] (1. JAEA)

©Atomic Energy Society of Japan

2017年秋の大会

倫理委員会セッション

災害に備えるために必要となる原子力関係者の倫理
Ethics of nuclear power stakeholders necessary to prepare for disasters

（1）新規制基準に基づく泊原子力発電所の安全性向上への取組み

(1) Safety Enhancement of Tomari NPP based on the New Regulatory Guide

*山田　篤
[1]北海道電力株式会社　原子力部

1. はじめに

泊発電所では、平成２３年３月１１日の福島第一原子力発電所の事故後、従来の設計想定を超える大規模な地震・津波等の自然災害や全交流動力電源喪失等をもたらす多重事故が発生した場合でも炉心損傷の防止、原子炉格納容器の破損防止、放射性物質の拡散抑制・影響緩和ができるよう様々な安全対策を実施してきた。これらの安全対策においては、設備面での対策に加え、事故対応手順の整備、事故対応体制の強化、教育訓練の充実のような運用面での対策もまた欠かすことができない。本稿では、このような泊発電所の安全性向上への取組みについて紹介する。

2. 安全性向上への取組みについて

2-1. 設備面での対策

新規制基準においては、強化された耐震・耐津波対策や新設された火山・竜巻等への対策を含む設計基準事故対策の他、従来は事業者の自主的な取組みであった重大事故対策が要求事項として取り入れられている。重大事故対策では可搬型設備等の配備により、炉心損傷の防止、原子炉格納容器の破損防止、放射性物質の拡散抑制・影響緩和などに適切に対応できる手立てをとっている。

＜設計基準事故対策の例＞

- 基準地震動に耐える耐震補強、基準津波に耐え施設を守る防潮堤
- 竜巻による飛来物から重要な機器を守る防護ネット等の防護設備

＜重大事故対策の例＞

- 炉心損傷を防止するための、代替電源、可搬型の送水ポンプ
- 原子炉格納容器の破損を防止するための、水素爆発対策、代替スプレイポンプ
- 放射性物質の拡散抑制・影響緩和のための、放水設備、拡散抑制設備

2-2. 運用面での対策

設計基準事故あるいは重大事故が起こった場合に、年間を通して昼夜を問わず適切に所定の対策がとれるよう、あらかじめ事故対応手順を整備するとともに、事故対応体制の強化、事故対応要員が様々な環境下で技量を発揮できるよう教育訓練の充実を行っている。

2-3. さらなる安全性向上に向けて

当社は、福島第一原子力発電所のような事故を二度と起こさないという決意のもと、現状の規制基準への適合に満足することなく、泊発電所の安全対策の一層の向上に継続的に取組んでいく。

配管耐震補強

代替電源

可搬型の送水ポンプ

放水砲による放水訓練

*Atsushi Yamada
[1]Hokkaido Electric Power Co.,Inc.

2017年秋の大会

倫理委員会セッション

災害に備えるために必要となる原子力関係者の倫理
Ethics of nuclear power stakeholders necessary to prepare for disasters
（2）福島第一事故の教訓と日米の原子力規制の比較
(2) Lesson and Learn of Fukushima Daiichi NPP Accident and Regulatory Comparison between Japan and US

*奈良林　直[1]　　[1]北海道大学

1. 緒言

2017 年 3 月 17 日に、東京電力福島第一原発事故（以下,「1F 事故」）で福島県から群馬県などに避難した住民ら 137 人が国と東電に計約 15 億円の損害賠償を求めた訴訟の判決で、前橋地裁は、「東電は巨大津波を予見しており、事故は防げた」と判断、東電と安全規制を怠った国の賠償責任を認め、うち 62 人について計 3855 万円の支払いを命じた。全国で約 30 件ある集団訴訟の最初の判決である。原道子裁判長は、政府が 2002 年､「福島沖を含む日本海溝沿いでマグニチュード 8 級の津波地震が 30 年以内に 20%程度の確率で発生する」とした長期評価を発表した数カ月後には、国と東電は巨大津波の予見は可能で、東電は長期評価に基づき津波の高さを試算した 2008 年には実際に予見していたと指摘。さらに、配電盤を高台に設置するなどの措置は容易で、こうした措置を取っていれば事故は発生しなかったとし、安全より経済的合理性を優先させたことなど「特に非難に値する事実がある」と述べた。国については 2007 年 8 月に東電の自発的な津波対策が難しい状況を認識しており、規制権限に基づき対策を取らせるべきだったのに怠ったとして「著しく合理性を欠き、違法だ」とした。

しかし、私見を述べれば、自然災害を確実に予見することは不可能に近く、司法の判断で有罪とすることに違和感をもつ。東日本大震災は発生してしまったので、あたかも当然予見されたように思われるが、3.11 前にはわが国の大部分はそのような大震災が 2011 年 3 月に来るとは予想していなかった。例えば首都圏の大地震や南海トラフによる大地震などがかなり高い確率でその発生を警告している。そのような自然現象による大災害が実際に発生した場合に、今回の前橋地裁の判決の考え方によれば､「予見されていたのに十分な対策をとっていなかった」となり、大地震やそれに伴う津波による死傷者や避難者が出たすべての自治体の首長や国土交通大臣は有罪となってしまう。これでは、怖くてだれも自治体の首長や大臣に就任できなくなってしまう。それでは、自然災害による原発事故をどう防ぐかという問いに対しては､「技術者倫理」の徹底であると思う。以下、その要因や日米の原子力規制の比較から、考察する。

2. 1F 事故の要因

過酷事故の拡大を防ぎ、事故の影響緩和に積極的に取り組むこと、それらのために必要な方策を準備することを過酷事故対応緩和措置（AM: Accident management）と呼ぶ。**表** 1 に示すように TMI-2 事故を契機とした基準等の見直しがなされたが、我が国では電気事業法の精神､「物が健全であれば安全である」という構造強度偏重の考え方が根強く、機能評価やシビアアクシデントの解析には進まなかった。

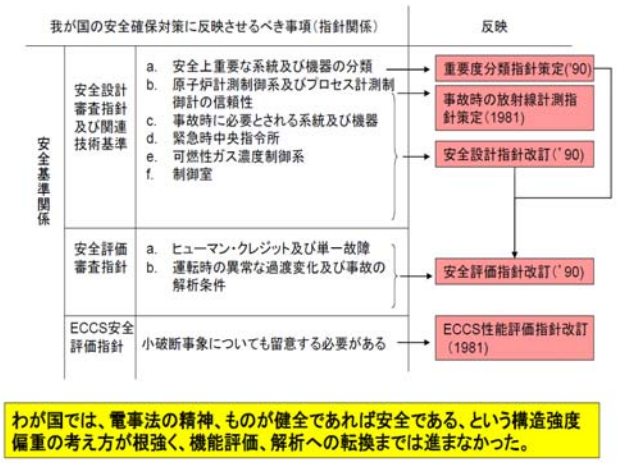
TMI-2 事故やチェルノブイリ原発 4 号機の事故を契機にシビアアクシデント対策としてのアクシデントマネージメント（AM）や確率論的リスク評価(PRA)導入についての検討がなされたが、安全審査で安全とされた原子力発電所にあっては、事業者の自主的取り組みにしかならなかった。その後、東電問題と呼ばれるシュラウドや配管の SCC による亀裂進展などから新たな保全プログラムによる QMS が取り入れられたが､品質保証の考え方による細部までの詳細な検査記録の作成が求められ､4 階建てのビルの高さに相当するような書類の作成とそのチェックが求められるようになった（**図** 1)。科学技術の知見に基づく合理的な検査を目的とする新検査制度により改善することになったが、品質保証制度による書類重視の制度はそのまま残っており、本質的な安全のための抜本的な改善や新しい知見を速やかに安全規制に取り込むことができなかった。

*Tadashi Narabayashi[1]、

[1]Hokkaido Univ.,

図 2 は平成 19 年度の原子力安全基盤機構（JNES）の報告書である。平成 19 年度の段階で、福島第一原発のような津波に起因する炉心損傷のリスクや早期の電源復旧の必要性を指摘している。

表 1　TMI-2 事故以降の指針類の改訂



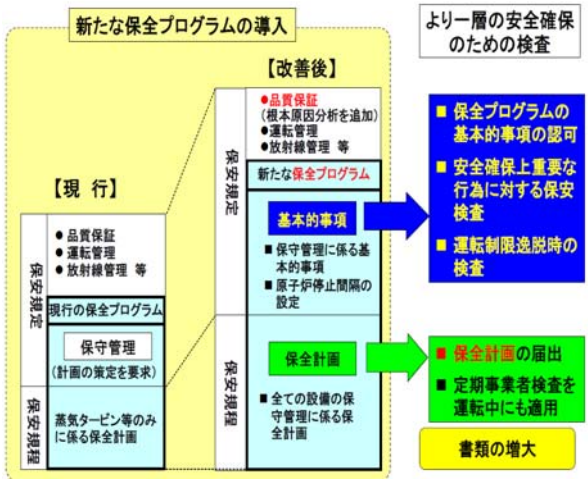


図 1　QMS 導入に伴う審査書類の増大

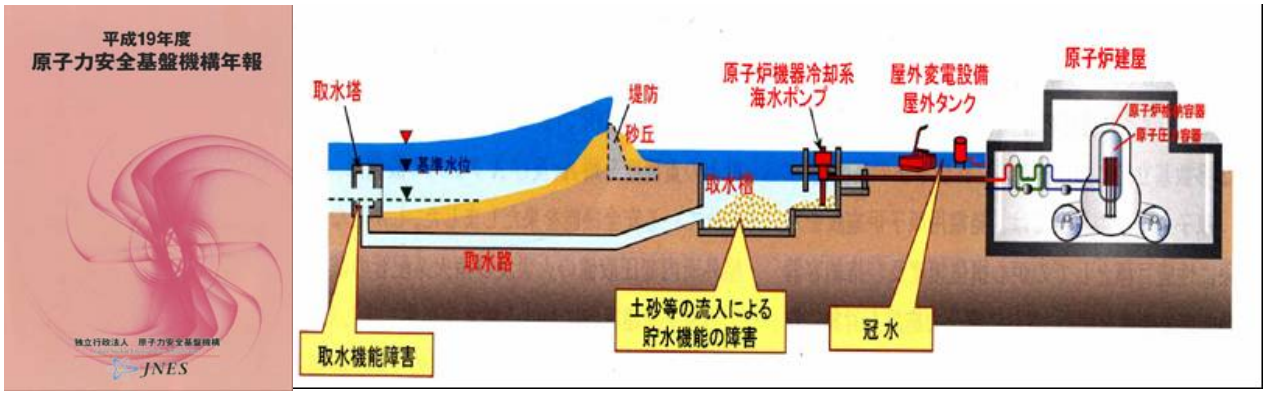


図 2 「地震 PSA の適用手順の整備と津波・地震起因火災 PSA 手法の高度化」（平成 19 年度 JNES 年報）

なぜ、原子力安全保安院から速やかに安全規制として全国の発電所の津波耐対策の指示が出なかったのか？なぜ、電力事業者が自主的取り組みとして屋外の変電設備や海水冷却系の電気品や非常用ディーゼル発電機の浸水対策に取り組まなかったのか？　事業者の反省とともに、規制側の及び腰も反省事項と思う。原子力関係者全てが反省し、今後の緊張感を持った原子力の安全性確保に邁進すべきと思う。反対派の起こした訴訟を気にしていて、原子力発電所の技術的な問題点に対して、それを改善するために、適切かつ毅然とした規制を行えない状況となっていた。言わば「規制が反対派の虜」になっていたのである。

3.我が国の規制の問題点

我が国の検査制度も、欧米の検査を目指してきたが、検査の重点化や保全の最適化が進んでおらず、全ての設備や機器を網羅的に検査しているのが現状である。これは、実務運用上に保全や検査に膨大な人的資源（リソース）を必要とし、安全上重要な箇所の保全検査活動が手薄になってしまう問題がある。網羅主義に陥ると、例えば津波のような、潜在的に非常にリスクが高い事象を見落とすことになる。福島第一原子力発電所は、そのような網羅主義、書類検査偏重主義によって防げなかったと言っても過言ではない。事業者は、単調な分解点検をして膨大な書類を作成していき、その書類を規制に提出し、規制は、その書類の誤字脱字検査から開始する（誤字脱字は報告書の品質が悪い（QMS 上の考え方）といような規制が行われていた。駐在検査官自身も、「このように毎日、誤字脱字も含めて入念に書類を検査しているが、このような繰り返しで、原子力発電所の安全性が高まるとはとても思えない。」と機械学会の訪問調査の質問に回答していた。

一方、NRC は、検査を安全上重要なものに限定することで、4000 人の職員で任務が遂行できているとし、全ての系統機器の検査をしたら、職員はこの 10 倍の 4 万人が必要であると言っている。

旧原子力安全・保安院時代に、保安規定に QMS が取り入れられ、それが規制の厳しさを示すためのツールとなったため、事業者の保安活動が硬直化し、膨大な資料作成と審査が実施されてきた。規制当局、事業者とも膨大な労力と時間を費やし、疲弊することとなった。

プラント運転実績（事業者保安活動の結果）の総合評価による規制、いわゆるパフォーマンス規制とインセンティブ制度の導入により、検査の実効性を向上させようとしたが、効果が出る前に震災が発生し、中断。効果の検証ができなかった。結果として、欧米からは、日本の検査制度の後進性の指摘（安全文化の後進国）を受けることとなった。

4.米国 NRC の規制の変遷

世界の規制当局と電力が、緊張感を持った協調体制を確立している。特にアメリカの規制は 2000 年の ROP 採用で、SALP という些細なことも指摘をして罰金を取るような北風規制から太陽規制（ROP）に大転換した。**表 3** に米国の規制制度の用語を、**表 4** に米 NRC の規制の変遷を、**表 5** に米 NRC の規制のスタンスを示す。

表 3　米国の規制制度の用語

- SALP(Systematic Assessment of Licensee Performance)プログラム実施(1980年から約20年)
- NEI(Nuclear Energy Institute;原子力エネルギー協会)からNRCの検査制度に対する批判、改善提案
- NRCの制度改善努力
- OIG(Office of Inspector General;NRCに対する監査組織)の調整
- ROP(Reactor Oversight Process)全発電所に施行(2000年4月)

↓

海外の制度を「自らの姿を見る鏡」として、我が国が引き続き学ぶべきこと

○プラントパフォーマンスの論理的な安全評価
○規制者と事業者の円滑なコミュニケーションと不断の改善の姿勢
○検査の質の一層の向上

表 4　米国の規制制度の変遷

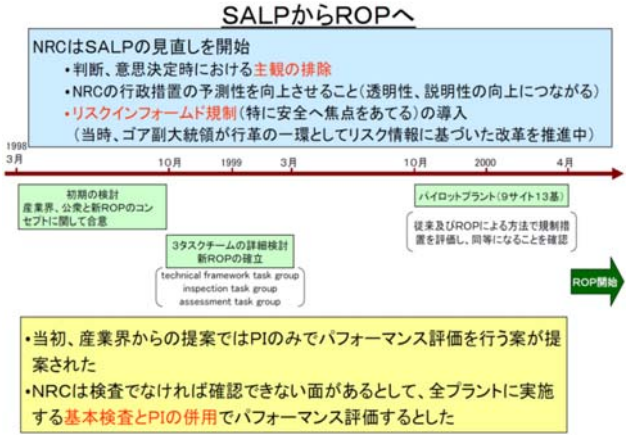


表 5　米 NRC の規制のスタンス

(1)アメリカNRCは15年前の北風から太陽政策に変身
SALP: 違反があれば、すぐに罰金を徴収
ROP: 原子力発電所で良い運転成績のプラントは、Basic Line（年間1800時間)検査のみ。
電力をまず信頼して、情報交換を促進する。
(2)NRCは、事業者の自主性を引き出す規制の姿勢
(3)アメリカの電力会社は、NRCを信頼し、人事、経営情報以外の発電所に関する全ての情報をNRCに提供。
(4)電力は経営上、原子力の安全運転が第一を基本、科学的な合理性を追求している。
(5)電力は、CBM(状態監視保全)及びOLM(運転中保全)の採用による科学的・合理的な保全方式・周期を選択。

Dr. Nils Diaz 元 NRC の委員長は、ROP 導入に当たり、「規制当局（NRC）は、国民の健康を放射線障害から守ることが責務。その為 NRC は電力の安全運転を監督する。」と宣言した。一方、NEI の元会長の Dr. Joe Colvin 氏は、「電力会社は、電力の安定供給及び利益確保が社会的責務であり、その為原子力の安全運転が重要。NRC も電力も安全運転は最重要であり、従来のように喧嘩する必要はなく協調すべきである。」とした。ここから米国の規制と事業者の安全への取り組みは飛躍的な進化を遂げ、設備利用率は 90%台に向上した。我が国の原子力発電所の近年の設備利用率は先進国のなかで最低であり、東日本大震災後は更に、0~5%台になってしまった。東日本大震災前でも、米国では、OLM（運転中保全(On Line Maintenance)）と CBM（状態監視保全）を徹底している。その結果、燃料交換時の保全は 20%、運転中の保全は 80%に達している。

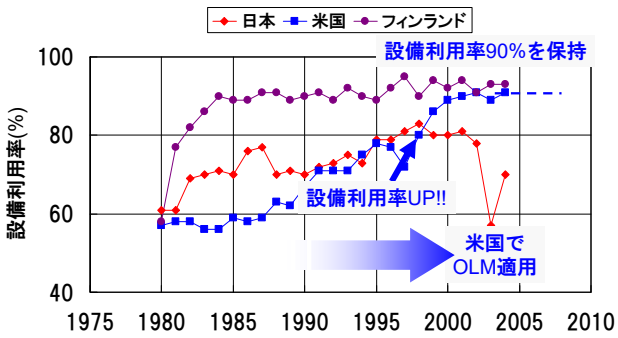


図 3　日米欧の保全の適正化と設備利用率の改善

表 6　米国の規制制度の変遷

◆震災前の我国の実態(稼働率平均70%)
・運転サイクル長さ:約13ヶ月
・定検期間:2~3ヶ月程度(1年以上の場合も多い)
・停止時定検作業が多い。機器の分解点検が主体。
・規制当局が関与する検査が多い。
・運転中保全等の保全適正化が進んでいない(次頁)

◆米国の実態(近年、稼働率90%以上)
・運転サイクル長さ:通常約18ヶ月(24ヶ月まで可)
・定検期間:1ヶ月程度が多い
・リスク情報を活用した、徹底した保全最適化が進んでいる(特に運転中保全、CBM等による予防保全最適化)
・特段の事がない限り、規制当局が停止時及び運転中の事業者活動(運転保守や運転再開等)に影響を与えることはない。
・米国の停止時検査とOLMの比率は2:8、日本は逆

日本は逆の 80%対 20%である（**表 5**）。2000 年 4 月から NRC は、原子力発電所のパフォーマンス評価のために実施してきた複数の従来のプログラムを統合し、パフォーマンス指標（PI: Performance indicators）及び検査の知見から規制対応を判断する包括的な原子炉監督プロセス（ROP: Reactor Oversight Process）を開始した（**表 6**）。**図 4** に米国 ROP の概要と 7 つの分野を示す。この 7 つの分野はコーナーストーン（CS：礎石）を示す。監視や検査の結果、事業者のパフォーマンスの低下が確認された場合、その重要度に応じ、追加検査、確認措置文書（Confirmatory Action Letter）の発行などの措置をとる。NRC は、事業者の安全文化醸成の取組を安全規制の対象として扱えるよう ROP における 3 つの横断的要素を取り込んだ。すなわち、①人的能力向上、②問題の発見と解決する仕組み（CAP）、③安全第一である。また、NRC は**表 7** に示す SDP（Significance Determination Process）と呼ばれる潜在的な危険性を見抜く能力開発を検査官に対して実施している。特に、安全またはセキュリティ上の重要度を、リスク（⊿CDF:炉心損傷確率の変化量）を評価し、そのリスクを防止または許容できる範囲に低下させていくことが進められている。

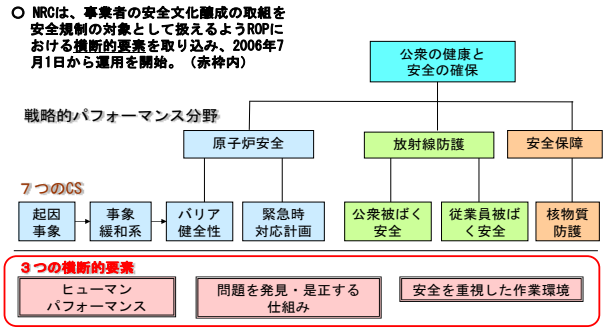


図 4　ROP における 7 つの CS と横断的要素

表 7　SDP（重要度評価プロセス）

- 起因事象
- 緩和系
- バリア健全性

に係るSDPの評価基準（基本的な基準）

SDP区分	定性的評価基準	定量的評価基準	
		炉心損傷頻度変化量 ⊿CDF	大規模早期放出頻度 ⊿LERF
赤（安全又はセキュリティ上の高い重要度）	事業者のパフォーマンスについて、供用できない安全裕度の低下を示している。なお、公衆の健康と安全に対する過度なリスクから防止する安全裕度は依然として存在している。	⊿CDF＞10^{-4}	＞10^{-5}
黄（安全又はセキュリティ上の相当な重要度）	事業者のパフォーマンスについて、安全裕度の重要な低下を伴っているが、許容できる範囲であることを示している。	10^{-4}≧⊿CDF＞10^{-5}	10^{-5}≧⊿LERF＞10^{-6}
白（安全又はセキュリティ上低～中程度の重要度）	事業者のパフォーマンスについて、許容範囲内であり、安全裕度の最小限の低下を伴っている。	10^{-5}≧⊿CDF＞10^{-6}	10^{-6}≧⊿LERF＞10^{-7}
緑（安全又はセキュリティ上最も低い重要度）	事業者のパフォーマンスについて、許容可能であり、かつリスク及びその保護上コーナーストーンの目的を完全に満たしている。	10^{-6}≧⊿CDF	10^{-7}≧⊿LERF

- 防災、従業員被ばく、公衆被ばく、物理的防護、火災防護、運転員資格再認証の性能などについてはSDP評価フロー図等により評価。

原子力規制検査により保安活動の状況を確認・指摘することを通じて、原子力事業者等の様々な取り組みが、実際に安全を保つことに結実し、さらによい取り組みが促されるという、継続的な安全の向上をもたらす流れが実現され、必要十分な保全に繋げることが重要である。

5. 1F 事故の教訓

福島第一原子力発電所では、構造強度偏重の規制が行われ、分解点検で、き裂や減肉の有無などが品質マネージメントシステム（QMS）の膨大な書類づくりと共に重点的に実施された。しかし、津波による海水の浸水だけで、工学的安全施設の多くの系統が機能喪失した。ここで原子炉を減圧して SA 機器で炉心へ注水すべきであったが、十分な訓練を積んでいなかったため、弁の開閉動作に手間取り、非常用復水器（IC）の作動復旧やベントによる格納容器の減圧と炉心注水が間に合わず、炉心が空だきになって過酷事故に進展してしまった。

3 号機は、復水器へ排水するメカニカルシール注水の弁が閉じられず、炉心にほとんど注水されない状態が続いた。2 号機はベント弁の空気喪失で弁が開かず、格納容器の内圧が高いまま、空だきの炉心に海水を注入したために、水蒸気と水素を多量に発生して格納容器が損傷し、放射性物質を近隣の町や村に飛散させることになってしまった。

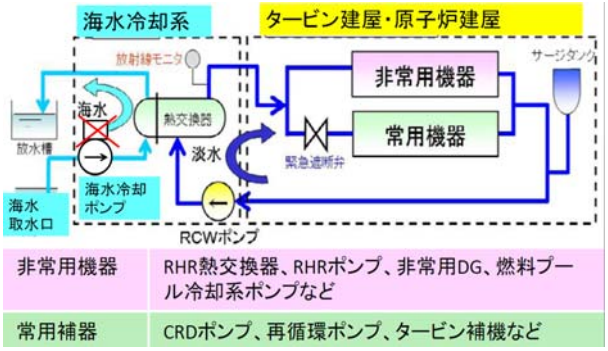


図 5　補機冷却系の冷却水や空気、DC 電源の重要性

図 5 は、補機冷却系によって冷却されている非常用機器（第 3 層）と常用機器（第 1 層）を示す。非常用 DG や ECCS や RHR のポンプの軸受けの冷却など、ヒートシンクを絶たれると東日本大震災時の福島第２原子力発電所のように、格納容器からの除熱ができなくなり、原災法第 15 条通報に至った教訓もあり、補器冷却系や RHR 系のメンテナンスのタイミングはプラントのリスクを高めないように行うことが重要である。定格運転中は、巨大なヒートシンクである復水器が作動しており、プラントの冷却はしっかり確

保されている。つまり、第 4 層の SA 機器を安全重要度のクラス 1、クラス 2 で分類して、定期検査時（今後は原子炉停止時）に第 3 層と同じ分類で　点検することは、安全重要度の共倒れを引き起こすことになりかねない。プラント全体のリスクを考えれば、非常用炉心冷却系などの工学的安全系の点検中に図 6 に示す SA 機器を横付けしてメンテナンスすべきである。従って、第 4 層では、各種の事象を想定して、SA 機器を使いこなして過酷事故の防止または緩和操作ができるように習熟訓練すべきで、人的なマネージメントを含めて訓練し、巡視によりその効果を確認することが必要である。事業者は消防車のエンジンの分解点検よりも、エンジンの整備状態やエンジンを始動してしっかり作動状態になることを確認し、規制側は人的な操作の習熟も含めてパフォーマンスを検査すべきである。

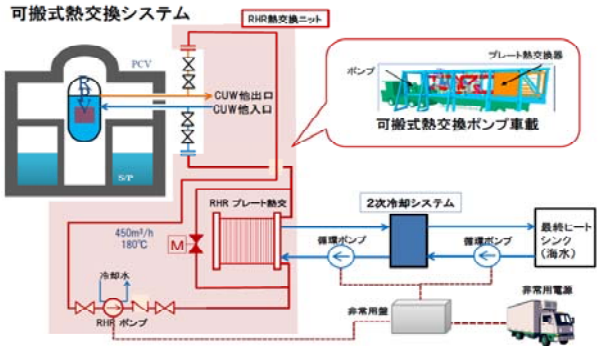


図 6　移動冷却車によるヒートシンク回復

6. IAEA の総合規制評価サービスの指摘

IAEA の 2015 年に実施された総合規制評価サービス（IRRS）では、要約すると以下の指摘がなされた。

①原子力規制委員会は、その人的資源、マネジメントシステム、及び特にその組織文化において、初期段階にある。この問題は、1F 事故を受けた新しい規制の策定、及び新しい安全基準に従った原子力発電所の申請審査に伴う負担の大きい作業量と併せて、原子力規制委員会にとって大きい課題となっている。

②原子力規制委員会がその法定義務を効率的にかつ一貫性を持って履行し、また、その資源を安全の程度に相応して配分することを確実なものとするために、IRRS チームは、原子力規制委員会は分野横断的なコアプロセスを実施し、年間活動の立案に際して利害関係者からの情報収集を強化し、そのパフォーマンスを測定し、組織構造の有効性を評価するためのツールを開発すべきであると勧告した。

③マネジメントシステムの文書化には、220 の運用要領が含まれる。マネジメントシステムの説明、組織構造、職能的責任と説明責任、及び原子力規制委員会のプロセスの説明を記載した要領はまだ作成されていない。業務マニュアル作成要領には、マニュアル作成方法の詳細が含まれている。

④運用マニュアルの全体のうち約 40%はまだ作成中である。原子力規制委員会が実施する全活動を網羅するために必要とされる運用要領の分析が行われていないため、運用要領のリストがまだ完全に仕上がっていないと考えられる。IRRS チームは、原子力規制委員会の組織変更管理プロセス、安全文化を促進、醸成及び評価するための活動の実施に関するプロセス、記録管理に関するプロセス、マネジメントシステムのレビューを実施するプロセス、利害関係者からの期待事項の収集と対処に関するプロセスを含め、一部のプロセスが前述のリストから欠落している点を確認した。

⑤勧告：原子力規制委員会は、所掌業務を遂行するために必要なすべての規制及び支援プロセスに対する統合マネジメントシステムを構築し、文書化し、完全に実施すべきである。マネジメントシステムには等級別扱いを一貫して適用し、文書・製品・記録の管理、及び変更管理などの組織共通のプロセスを組織内すべてに展開すべきである。改善の機会を特定するために、包括的な方法で原子力規制委員会マネジメントシステムの有効性を監視及び測定するようにすべきである。

7. 結言

以上に述べたとおり、1F 事故の要因は、書類偏重規制に代表されるように、日米の規制のスタンスの差に起因していると考えられる。欧米では、リスク評価により原発の弱点を抽出し、リスクの大きなものから重点的に対策を取るような規制が行われている。PRA は人間が気づき、それを PRA モデルに組み込んでいないとその事象に対するリスクが評価できない。そのためには、日常業務のなかで、「原発の危ない探し」をし、それを職場で討論し、改善提案をする。上司は、それを受けて必要なアクションをする。これは規制も事業者も同じである。これを促すのは各自の心に刻み込んだ「技術者倫理」であり、「安全文化の実践」である。原子力学会の倫理委員会が、これを広く会員に呼びかけなければならない。

2017年秋の大会

倫理委員会セッション

災害に備えるために必要となる原子力関係者の倫理

Ethics of nuclear power stakeholders necessary to prepare for disasters

（3）原子力安全に求められる倫理

(3) Nuclear safety measures from the view point of ethics

*大場恭子[1]

[1]日本原子力研究開発機構

1. はじめに

倫理委員会では，東京電力福島第一原子力発電所事故（以下，「1F 事故」）以降，この事故を倫理の視点でみた時にどのような問題があるのか。倫理規程に合致していない行動はなにか。倫理規程に足りなかった事項はなにか。事故が起きた現実を踏まえ，原子力学会会員は何を考え，どのような倫理を持つべきなのか等の議論を行い，2014 年に日本原子力学会倫理規程[1]（以下「倫理規程」）を改定した。また，その改定作業と並行しつつ，改定作業終了後も継続的に，春の年会，秋の大会や倫理研究会に，関係者を招聘し，さまざまな角度から 1F 事故，事故時の対応，事故後の対応を倫理的視点で捉えた，あるいは捉えるための参考となるご講演を行っていただいてきた。

倫理委員会の活動の軸には，常に倫理規程があり，たとえば「さまざまな会員の活動を倫理規程に照らし合わせた場合にどのような改善検討が望まれるか」といったことを検討している。本発表では，その議論の中から規制に関する議論を紹介するとともに，原子力安全に求められる倫理の実現として，倫理規程のさらなる活用について提案する。

2. 1F 事故と倫理規程

1F 事故の反省を踏まえ，委員会では，原子力安全に求められる倫理について，さまざまな角度から議論を行い，その成果のひとつとして倫理規程を改定した。事故後初の改定となった倫理規程 2014 年版では，それ以前の最新版であった 2009 年版から，主に以下の条項を追加等する変更している。

- 憲章 1：「行動の原理」として，広い視野からみた会員の責務を述べた
- 憲章 7：組織文化については，「5-7 組織の文化」として行動の手引で触れるのみであったが，憲章の条文とし，さらに行動の手引 7-1～7-6 を追加した
- 行動の手引 2-8：「経済性優先への戒め」，「効率優先への戒め」と並べて，「規制適合が目的化することへの戒め」を追加した
- 行動の手引 3-1：以前から「新知識の取得」という項目はあったが，関係するさまざまな情報を的確に取得し，判断することを明確にするため，同条項はそのままに，さらに「最新知見の追求と自らの判断」を追加した
- 行動の手引 5-5：事故からの学びを貪欲に行うために「経験からの学習と技術の継承」の条項を充実させ，良好事例についての研究の必要性についても追求した
- 行動の手引 5-9：事故当事国の責任として世界の原子力技術とその安全性の向上への貢献を行うため「国際社会への貢献」を追加した
- 行動の手引 6-1：原子力が総合科学技術であり，それぞれの専門分野が細分化する中，隙間ができないよう注意喚起として「学際的な取り組みの必要性」を追加した

3. 新規制基準と倫理規程

1F 事故後，原子力施設の稼働に最低限必要な安全の確保と確認の条件を示すものは，原子力規制委員会による「規制基準」である。この規制基準，あるいは規制基準に基づいて行われている規制は，2.で示した

倫理規程 2014 年版において追加された項目，特に最新知見，学際的な取り組み，俯瞰的な視点等への重視がなされていると評価できる。

一方，最新知見，学際的な取り組み，俯瞰的な視点は，いずれもが，時に過去の評価を変更させる，あるいは幅を持たせる可能性が高いものであると同時に，それら自身も当然に不確定要素を持っている。そのため，重要と考える単語を並べて示すことは簡単であるが，それらを「適切に」規制に反映させる制度の設計は大変に難しい。そのため，より高い安全を求め続けるのであれば，現状の制度が適切であるのかを常に検討するしくみを作り，時には結果として改悪となってしまうことも恐れず，継続的に改善を目的とした変更を実施することが必要であろう。

さらに，規制基準および倫理規程は，いずれもが原子力安全の実現を目指したものである。安全は，国際基本安全規格（ISO/IEC GUIDE 51:2014）において，「許容できないリスクがないこと(freedom from risk which is not tolerable risk)」と定義されているように，その技術を専門とする組織，あるいは科学的知見だけで検討すればよいものではない。すなわち，目指すべき原子力安全についても，関係組織による社会との対話は不可欠である。社会との対話の制度設計もまた大変に難しいが，対話をしようとする主体が，常にその制度設計についても貪欲に取り組む必要がある。

4. より高い原子力安全の実現を目指すにおける倫理規程の役割

1999 年～2001 年まで倫理規定制定に尽力した倫理規定制定委員会は，条文一つ一つについて徹底した議論を行った結果としてまとめた倫理規程について，その行動の手引で「見直すことを約束する」とし，実際に規程制定後に設置された倫理委員会の任務の 1 番目には，倫理規程の見直しを含めた事項が挙げられている[2]，[3]。

より高い原子力安全を目指す中，目標とすべき安全について，それを実現する体制，制度等，見直しは必要である。倫理規程は，倫理規程制定委員会が述べている通り，それ自身が見直される必要のあるものだが，同時に，体制や制度をはじめとする安全を実現するために必要なさまざまについて，現状を客観的に捉え，見直すべきポイントを把握するツールでもある。今回は規制を例として取り上げたが，個人および組織において，倫理規程が自らの改善を検討するためのツールとして利用できることを理解いただき，倫理規程を活用した，より高い原子力安全の実現を期待したい。

参考文献

[1] 日本原子力学会，日本原子力学会倫理規程（2014），http://www.aesj.net/about_us/action_rule_of_aesj

[2] 日本原子力学会倫理規定制定委員会，原子力学会倫理規程の制定にあたって，日本原子力学会誌，Vol.43, No8(2001)

[3] 日本原子力学会倫理委員会規程，http://www.aesj.or.jp/ethics/document/pdf/kitei/kitei01.pdf

*Kyoko Oba[1]

[1]Japan Atomic Energy Agency