ATOMOΣ 日本原子力学会誌 2021.8

巻頭言

1 COP26: Time to rethink nuclear and radiation
Mary Lou Dunzik-Gougar

時論

3 地域との対話が目指すものはなにか
竹田宜人

特集 SMR 等革新炉の安全と安全規制について

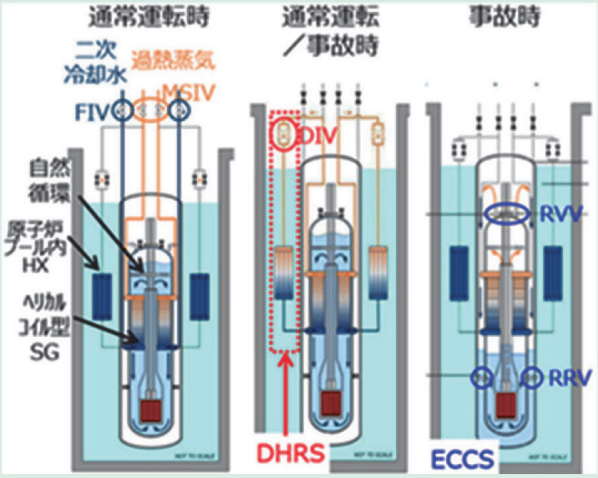
11 安全部会主催セミナー結果報告
原子力安全部会が開催したセミナーでは，SMR 等革新炉の規制プロセスや技術実証，規制機関との対話などについて議論を深めた。
関村直人，森山善範

15 原子力イノベーションの追求
政府はエネルギー基本計画改定などにより原子力イノベーション創出の重要性を打ち出し，NEXIP イニシアティブにより民間の創意工夫を活かした技術開発提案を支援している。
舟木健太郎

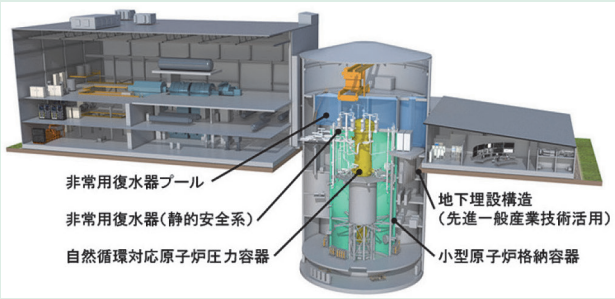
20 海外で検討が進んでいる革新炉の安全設計の特徴等について（事例紹介：NuScale）
NuScale SMR は受動安全系を備えており，設計基準を超える事故時でも運転員操作に頼らずに事故収束ができる。米国ではそれを考慮した許認可プロセスが進められている。
吉田英爾　他

25 海外検討　革新炉の安全設計の特徴等について（事例報告：BWRX-300）
安全性と経済性に優れた小型モジュール型原子炉（SMR）が世界的に注目されている中で，日立ＧＥニュークリア・エナジーでは米国 GE Hitachi Nuclear Energy 社と共同で，次世代小型軽水炉 BWRX-300 を開発している。
松浦正義，木藤和明，佐藤憲一

30 高温ガス炉に関する取り組み ー安全設計要件の検討など
高温ガス炉の研究開発を進めている原子力機構は，同炉の安全基準の策定に資することを目的として，高温工学試験研究炉（HTTR）を用いた安全性の確証などに取り組んでいる。
大橋弘史



DHRS と ECCS 作動時の原子炉冷却材挙動



BWRX-300 の概要図

35 諸外国における革新炉に関する規制動向
SMR は，主に大型軽水炉を想定した現行規制の枠組みを適用することが合理的でない場合もあり，各国の規制機関では SMR 等の先進炉に関する安全規制の議論が活発に行われている。
鈴木清照

解説

40　Wisdom of Crowds 論から考える討議デモクラシーの可能性

「討議デモクラシー」という新しい民主主義のアプローチについて，討論型世論調査を取り上げながら概説する。

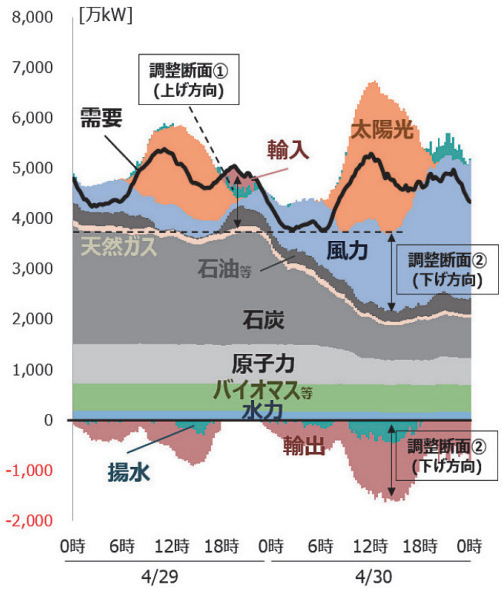
松井亮太

解説シリーズ

45　世界情勢の構造的変化とエネルギー(4) 再生可能エネルギーを巡る課題(2)

再エネへのニーズが高まっているが，その導入量が高水準まで拡大すれば，電力系統の安定性での問題が発生する。各電源のリスクを踏まえた最適なエネルギーミックス構築が重要となる。

小宮山涼一



ドイツにおける電力需給と調整力　(2017/4/29 ～ 4/30)
出典：経済産業省「エネルギー白書 2018」

報告

50　ウラン廃棄物処分における人文・社会科学的検討の必要性

将来世代に相当の負担をもたらし得るウラン廃棄物の処分については理工学的視点の検討だけでなく，人文・社会科学的視点からの考察が重要である。

保田浩志，麓　弘道，齋藤龍郎

理事会だより

64　コロナ禍の 1 年を振り返って

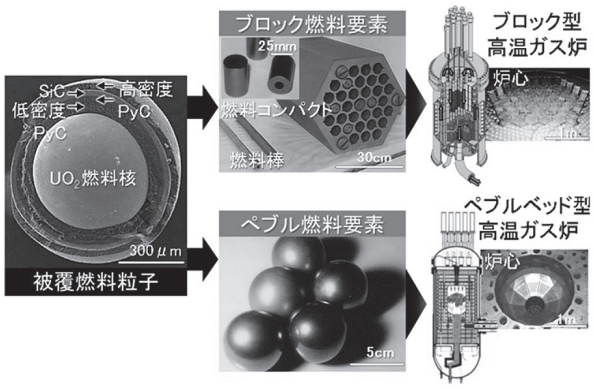
佐相邦英

連載講座　多様な原子燃料の概念と基礎設計（5）

55　高温ガス炉と溶融塩炉の燃料

高温ガス炉の燃料である被覆燃料粒子は，高温ガス炉の高温の熱供給や優れた固有の安全性を支える鍵となる技術の一つである。

植田祥平，佐々木孔英，有田裕二



高温ガス炉燃料
（被覆燃料粒子とブロック燃料要素の写真は原子燃料工業（株）提供）

61　Column

クリアランスベンチに教育の目標を見出す　浅井佑記範

風評被害のすれ違い　井内千穂

地層処分問題をこれからも考え続けるために　今泉友里

原発の今後と核のゴミ　上野和花

“「正論」のすすめ” ふたたび　佐治悦郎

「叡智」を活かす―UNSCEAR2020 報告書　服部美咲

5　NEWS
60　From　Editors
65　会報　原子力関係会議案内，新入会一覧，2021 年度役員紹介，第 54 回（2021 年度）学会賞受賞候補者推薦募集，英文論文誌　(Vol.58, No.8) 目次，主要会務，編集後記，編集関係者一覧

学会誌に関するご意見・ご要望は，学会誌ホームページの「目安箱」(https://www.aesj.net/publish/aesj_atomos/meyasu) にお寄せください。

学会誌ホームページはこちら
https://www.aesj.net/publish/aesj_atomos

COP26: Time to rethink nuclear and radiation

巻頭言

Mary Lou Dunzik-Gougar, PhD
2020-2021 President of the American Nuclear Society
Associate dean of Idaho State University (ISU) College of Science and Engineering, associate professor of nuclear engineering, and senior reactor operator at ISU's Aerojet-General Nucleonics nuclear reactor, known as AGN-201.

With the aim of reducing human-generated CO_2 emissions and achieving net-zero emissions by 2050, the world's governments and non-governmental organizations are convening this November at the 2021 United Nations Climate Change Conference - or COP26 - in Glasgow, Scotland.

Five years on from the Paris Agreement, global emissions continue to rise. Perhaps this would not be the case if the world's only commercially proven, dispatchable, carbon-free energy source was not hindered by overregulation and widespread vilification. If COP26 attendees want to achieve net-zero, it is high time to end their "war" on carbon-free nuclear energy; starting with our treatment of radiation.

Nuclear power is the world's cleanest, safest, densest, and most reliable energy source. The added value that nuclear energy brings to our power grids is exceptional; it's the only commercially proven, dispatchable carbon-free energy technology that can be scaled up quickly enough to meet the demand for electricity in a decarbonizing economy.

Nuclear power plants provide the reliable electricity that developed countries like Japan and the United States depend on every day. Intermittent renewables are inherently incapable of shoring up the power grid's reliability by themselves. There is real value in having reliable, fuel-secured energy sources that do not require just-in-time refueling or favorable weather conditions, as both renewables and fossil fuels do.

Despite its clear advantages and superior technology, nuclear energy remains the most regulated energy source. An exaggerated fear of radiation and resulting regulation based on the linear no-threshold (LNT) hypothesis are to blame.

The outdated LNT model is a Cold War relic that supposes that all radiation poses deadly risk and, thus, any radiation exposure is damaging. The LNT model's claims are scientifically unfounded at all but very high levels. Instead, the impact of low-dose radiation exposure is non-linear at all levels of biological organization - from the molecular and cellular to tissue and entire organisms. Radiation oncologist Tony Brooks says this non-linearity of biological responses to radiation exposure suggests that the LNT model overestimates risk.

Ten years on from the tragic events and significant loss of life on March 11, 2011, we also now know that no civilian deaths or discernible cancer rate increases can be attributed to radiation released from the tsunami-triggered meltdown of the Fukushima Daiichi nuclear power plant, according to the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR).

Under LNT, the regulated dose limit for public from nuclear power is less than 100 millirem/year (1 mSv/y). However, according to the U.S.-based National Council on Radiation Protection and Measurements, the average American receives a radiation dose of 620 millirem/year (6.2 mSv/y). The natural environment and medical procedures contribute 98 % of this annual dosage while nuclear power contributes less than 0.1 % .

Flight attendants receive more radiation in cross-continental flights than nuclear plant workers do in a year - but you don't see airlines being grounded as a result of radiation risks.

It is not just the airlines industry that is comfortable with workplace radiation exposure: American lawmakers receive up to an additional 260 millirems/year (2.6 mSv/y) from working within the uranium-rich granite halls of the U.S. Capitol Building in Washington, D.C. These levels are 65 times higher than U.S. Environmental Protection Agency standards allow. Congress is so radioactive; it could never be licensed as a nuclear power plant by regulators. Yet, despite this supposed "danger," Congressmen and Senators live remarkably long lives - often serving office well into their seventies, eighties and even nineties.

Nonetheless, the unsubstantiated LNT still forms the basis for all nuclear-related regulation around the world. Under LNT, significant amounts of money, time, and resources go into getting potential radiation doses lower than the surrounding natural background.

To the delight of anti-nuclear activists, the LNT model supplies a rationale for increasing regulation and, in turn, adding considerable costs to nuclear operations without any added benefits. Much of this regulatory burden is due to misinterpretation of the ALARA principle to limit radiation "As Low As Reasonably Achievable." LNT-based nuclear regulation focuses on minimizing radiation exposure rather than optimizing safety as ALARA originally intended.

If the world is to rapidly decarbonize in a few decades, then we will need every tool we have. Rapid decarbonization is unsustainable without nuclear energy. Net-zero needs nuclear.

(June, 12, 2021)

時論

地域との対話が目指すものはなにか

竹田 宜人（たけだ・よしひと）
北海道大学大学院工学研究院
2000年に施行された化学物質排出把握管理促進法に伴いわが国に導入されたリスクコミュニケーションの社会実装をきっかけに，地域社会とさまざまなリスクとの係りをテーマにした実践的な研究に携わる。

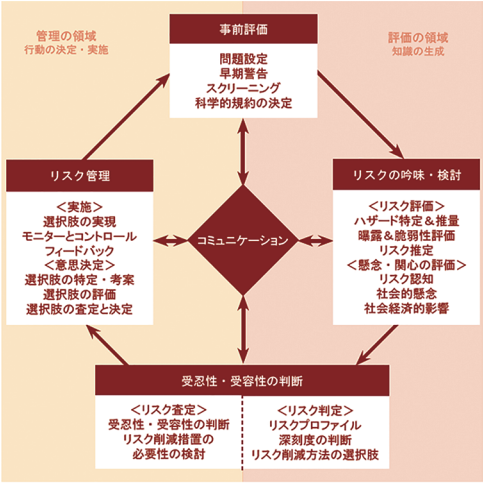
Ⅰ．公害の記憶

奈良時代の東大寺大仏建立において，水銀による作業者への健康被害の記録[1]がある。人類の創造的な活動はその生活の利便性や質を高めたが，反面，新たなリスクを生み出す。人類はその克服を積み重ねることで，持続的な進歩を遂げてきたとも言えよう。大仏建立の背景には，感染症の収束を願う為政者の意図があったと言われており，人々がさまざまなリスクに向き合ってきたことは今も昔も変わらない。近代まで，このような健康被害は直接，化学物質を扱う者に限られていたが，明治期に入ると，足尾銅山の鉱害や1960～1970年代に最も顕著となる水俣病や四日市ぜんそくなどの公害病のように，その地域に住む一般の人々の健康に大きな影響を及ぼすようになっていく。公害問題には地域住民だけではなく，直接の原因者である事業者，国や地方自治体などの行政，研究者，一般市民など多くのステークホルダーが係り，長い年月を要しながら対話による解決の途を探ってきた。近年は環境問題として地球全体が対象となり，ネット環境の普及によりステークホルダーはよりグローバルに，かつ複雑化しているが，対話の重要性は変わらない。本稿では地域社会の課題解決のためのステークホルダー間の対話をテーマに最近の話題について述べてみたい。

Ⅱ．リスクガバナンスにおける対話

公害病の原因は，工場から環境に排出された化学物質であり，その健康影響については毒性や暴露の評価において不確実性を含む。それは，一定量のアルコールを摂取した際の酔い方や毎日の生活における食事の量や好みが人それぞれであることを考えるとわかりやすい。

不確実性を含むリスクを管理するためには，The International Risk Governance Council（IRGC）のリスクガバナンスの枠組み（図1）で示したとおり，科学的なリスク評価と人々の関心事の評価が必要である。重要なことは，リスク管理の中心に対話（リスクコミュニケーション）が存在することである。リスクガバナンスは，化学物質管理などの経験などを踏まえ，リスクを管理するための適切な枠組みについて，その基本的な考えを示したものであり，2000年代になって概念が整理された。



Renn, Ortwin et al. (2005), *Risk Governance: Towards an Integrative Approach*, International Risk Governance Council.

図1　リスクガバナンスの概念図[2]

なぜ，科学的な評価のみでリスクの管理ができないのだろうか，多くの技術者がステークホルダーとの対峙の中で，思い悩むところでもある。ステークホルダーの関心が高まっていない，あるいは，わかりやすく伝えていないからとの反省にも陥りやすいが，原因はそればかりではない。その理解には，先に示したリスク評価が持つ不確実性だけではなく，人々がそのリスクをどのように認知しているか，といった課題を理解する必要がある。リスク情報を伝えられた時に，マスコミからか，家族からか，政府なのか，入手先や発信者によってその信用度が違うと言われている。発信者への信頼がその情報への信用にそのまま結びつくからであり，信頼のない組織や個人がいくらわかりやすく説明しても人々の理解や安心には結びつかない。また，図1のようにリスクコミュニケーションは平常時から継続的に行うものであり，アドホックに説得を目指すものではないのである。

Ⅲ．何が分断を生むのか？

近年，除染土壌の再利用や最終処分，土木工事にともなう自然由来重金属の土壌汚染や高レベル放射性廃棄物処分場の立地などの社会的な課題で，地域における対立や分断が懸念されている。その背景には，わが国が過去に経験してきた公害や原子爆弾による災害の記憶があ

り，事業者や行政の化学物質や放射性物質の管理のあり方や事業の進め方への不信感がある。

過去の公害問題は健康被害が明らかになってからの対応であったが，現在はその地域に残土や廃棄物が搬入される計画が明らかになった段階で顕在化することが多く，2000年ころのダイオキシン問題をきっかけとした一般廃棄物処理場立地の問題と構造は同じで，明らかにリスク管理の問題ということができる。分断のきっかけは，住民説明会など事業者や行政の一方的な説明，あるいは最初の情報の入手先がマスメディアであった場合が多く，不信感から慎重派が生まれ，ステークホルダーの拡大により対立が先鋭化していくこともある。事業者などは，当初計画に沿った事業進捗のためには対立を避け，淡々と住民説明会を終えたいところである。そのために，ある程度関係者の意見をすり合わせ，計画が出来上がってから，住民との対話を企画することが多い。しかし，計画の変更や後戻りができない状態での説明は，一方的になりやすく，建設的な議論に至ることは難しい。技術者や行政担当者が，科学的に安全と説明しても理解していただけないと嘆くのはこのような状況であり，その解決には膨大な時間と資金，労力が費やされることもある。

どのようにしたら，事業が生み出すであろうベネフィットとそのリスクを適切にステークホルダーが共有し，効果的に資源を使い，地域のよりよい未来に向けた対話と選択ができるのだろうか？

Ⅳ．理想の“対話の場”

効果的なリスクガバナンスにおける対話の実施には，計画の立案段階からさまざまなステークホルダーを参画させることが望ましいとされている。それは，自ら選択でき，管理が可能なリスクよりも，自ら制御できないリスクは過大に感ずるといった教科書的な知見[3]からも明らかであり，リスク管理の仕組みや状況を知っている，イメージできるということが，安心に結びついていく。さらに重要なのは手続きの公平性である。地方自治における主権は住民にある。議会や役所は権限の代行者として意思決定や執行を委任されているが，その意思決定が，住民の目に触れない密室で行われたと感じられることは不安や不信に結びつく。その不信を呼ばないためは，早期の情報共有と対話が不可欠である。

次に情報公開について考えてみよう。人は自分事と気づいた段階で初めて，安心情報を求め，積極的に情報を得ようとする。そうでないときは，その人にとって重要な情報ではなく関心は高まらない。このことから，平常時に科学的知見をいかに理解いただくかという努力よりも，リスク情報を入手しやすい状態に整備し対話の準備をしておくことの方が大切であることがわかる。その結果として，対話が必要になった時の迅速な情報提供が可能となり，組織への信頼の醸成につながっていく。

理想とするのは，地域の課題が立ち上がった時に，最も重要なステークホルダーである住民に真っ先に情報提供し，対話の場を構築することである。このことでステークホルダー全体に当事者意識が生まれ，社会的な分断の回避にも繋がっていく。

Ⅴ．分断を起こさないために

しかし，現実を考えると，Ⅳで示したような理想的な対話の実践は難しい。準備したつもりでも対話の場で住民から厳しい質問や意見が寄せられ，対話が成立しなかったとネガティブに評価されることも多い。また，住民説明会が法的な効力を持たないため，情報提供の場なのか，意思決定の場なのか，主催者も含め参加者が共通認識を持つことに苦労することもある。理想でなくとも，対話を円滑に進めるためにはどうしたらよいだろうか？

まず，充分な状況調査が必要である。先に述べたように，リスクガバナンスには科学的なリスク評価とステークホルダーの関心事の評価がある。事業者や行政などの事業主体と地域住民の関心事は，安心安全な生活を送るといった大所では一致しているものの，前者は集団として住民や地域社会をとらえがちで，個々人は自分や家族のことやその生活，あるいは所属している組織の価値観や立場を意識しており，関心事が異なる。また，科学的なリスク評価も，その不確実性から学識経験者間でも解釈が違い，ある基準値を安全とみるか否かは研究者でも一致しないこともある。それに対しては，ワンボイスの重要性も指摘されているが，言論の自由の観点からは，決定的な解決策とはいえない。

対話の企画者はこのような現状を踏まえ，ステークホルダー間の価値観の違いを十分に把握し，この対話が何を目的とするのか，アウトプットは何か，などを検討したうえで，対話の場をデザインする必要がある。それでも，対話の初期段階では，ステークホルダーが重要と感ずる価値の違いにより，リスクへの向き合い方や態度は異なり，論点が一致した対話にならないかもしれない。この状態を説明手法の不備や紛糾とみるのではなく，対話の最初のステップと理解し，対話から丁寧に課題や論点を拾い出し整理する必要がある。重要なのは，そこで得られた意見を次回に向けたフォローアップに活用し，対話を続けていく努力である。対話の場のあり方には正解はない。主体は住民であること，地域と住民の幸福の追求が目的であることを忘れずに，肝要なことは急がば回れである。

（2021年5月20日 記）

－ 参 考 資 料 －

1) 佐藤忠司，日本人が経験した水銀汚染の史的検討(2009).
2) 文部科学省，リスクコミュニケーション案内(2017).
https://www.mext.go.jp/a_menu/suishin/detail/1397354.htm
3) 草間 朋子，板倉 周一郎，吉澤 康雄，放射線リスクのアクセプタンスについて-日常生活において容認しているリスク-(1985).