

ウクライナ原発危機と日本の原発リスク評価解説

—日本の原子力防災は「焼夷弾にバケツリレー」—

2022年3月26日改訂

環境経済研究所（技術士事務所）

上岡直見 <sustran-japan@nifty.ne.jp>

はじめに

原子力防災は基本的に「災害対策基本法」の体系下であり、最終的な責任は自治体の責務とされている。その一方で国の原子力防災体制は極めて無責任であり、避難計画は自治体に丸投げで未解決の課題を残したまま再稼働が先行している。また昨今のように軍事的な問題が関与すると「国民保護計画」との関連も生ずるが、その整理も曖昧なまま「敵地攻撃論」が主張される情勢である。本報告のシミュレーションは、現在の原子力分野で多く用いられている手法に比べると簡易的であり目安にとどまるが、汚染物質の拡散予測に関してこれまで原子力ほか各分野で広く使用されてきた実績ある手法である。今日のように社会情勢が激動する中、迅速かつ費用も要さず市民が検討できる手法の存在意義もあるのではないか。予算を組んで受託業者を選定し納期は1年先というようなことでは即応的な意思決定、ことに自治体での判断には適さない。そういう位置づけで問題提起するものである。

1. 原発に対する武力攻撃について

原発施設は物理的破壊に対して脆弱であり、原子炉だけでなく周辺施設や使用済燃料プールのリスクも大きい。日本の原発でそのような事態が発生した場合の被害を予測した。ウクライナに関して現時点で情報は錯綜しているが、ロシアが原発その他核施設を制圧した目的は、ウクライナが核物質を軍事的に使用することを警戒して事前に掌握するためとの見方も示されている。これより原発その他核施設の保有・運用自体が、かりに日本にその意図がなくても相手側から軍事利用の意図ありとみなされ攻撃の口実を与える可能性がある。対立国家の核兵器を国内に誘致し起爆スイッチを相手に預けている「逆・シェアリング」といってもよい。

核施設への武力攻撃の始まりはイスラエルである。「何をするかわからない国」はロシアだけではない。1981年6月にイスラエル空軍がイラクの核施設を爆撃した。これには各国も衝撃を受け、日本では当時20数基の原発が稼働していたが、外務省は原発に対する武力攻撃の被害シミ

ュレーションを 1984 年に行っている。この報告の冒頭で反原発運動に利用されることを警戒して部外秘扱いを求め公表されなかったが、福島第一原発事故後に下記で公開されている¹。シミュレーションでは①補助電源喪失、②格納容器破壊、③原子炉本体破壊の 3 ケースを想定している。ただし③の原子炉本体破壊までに至る可能性は低いとして②の格納容器破壊を主に検討している。計算には多くの条件を仮定する必要がある、事故想定が同じでも周辺住民がいつ避難するかによっても被害が大きく異なるが、報告の最大ケースでは急性死亡 18,000 人、急性障害 41,000 人などの被害が推定されている。避難するにしても発生から避難までの被ばくによる晩発性の障害で 24,000 人が死亡と推定されている。報告書では、攻撃側にある程度の知識さえあれば大量放出を引き起こせると指摘している。事故であれば一定のシナリオがあり、例えば「高圧注水系の起動に失敗したら次は何が起きる云々」のステップで考えられるが武力攻撃ではこれらのステップが全く無視され、突如として別の局面に移行することもありうる。

2. 武力攻撃の形態と被害想定

武力攻撃の目的として、戦術目的（相手側の戦闘能力を直接に無力化する）であれば、原発を壊してそこから放射能を流すなどという間接的な方法では不確実・非効率である。原発への武力攻撃が行われるとすれば戦略目的（相手国の国家・社会機能を阻害して戦争継続能力を奪う）である。もっともインフラや工業生産力を破壊して戦争継続能力を奪うのであれば対象は原発に限定されない。変電所や送電線の破壊のほうが容易かつ確実である。これまであまり注目されていないが給電指令所²への侵入・制圧・破壊は供給網全体を停止させうるので発・送電施設への攻撃よりリスクは大きい。原発施設にとってはむしろ少人数の特殊部隊等のリスクが高い。日本の原発はすべて海沿いにあるから侵入は容易である。かといって原発周辺に強力な防衛部隊を配置しても原発施設の防護に有効とはいえない。何らかの交戦の発生が不可避となり、結果的に相手を排除できても原発施設の破壊は避けられないからである。表 1 にハード的（設備自体）破壊、表 2 にソフト的（運用など）破壊の例を示す。

表 1 ハード的破壊

種別	被害と対処の可能性
弾道ミサイル	通常弾頭で弾道ミサイルを使用する可能性は低い。弾着のばらつき（米・ロでも半径 100m の円内に半数が着弾する程度の分布 ³ ）が大きくピンポイントで命中はできない。通常弾頭では多数を使

¹外務省委託・（財）日本国際問題研究所「原子炉施設に対する攻撃の影響に関する一考察」

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000160057.pdf>

² 東京電力中央給電指令所の例

https://www.tepco.co.jp/toudenhou/pg/1471771_9043.html

³ 正確には平均誤差半径（CEP）という。説明は省略。

	用して命中を期待するか周辺設備を破壊する方式になるが、高価で数が限られた弾道ミサイルでそのような使い方は考えにくい。原発を破壊するなら広範囲を一挙に破壊する核弾頭が必要であるが、それなら相手国の中枢部を目標にするはず ⁴ 。弾道ミサイル防衛システム（BMD）は原発防衛とは関係ない。
巡航ミサイル （在来型）	技術的には「無人飛行機」のような形態。ピンポイントでの命中が可能であるが、通常弾頭では建屋→格納容器→反応容器までの一挙貫通は困難。誘導爆弾・空対地ミサイル（後述）に比べれば高コストであり数が限られる。迎撃可能だが発見は困難（地形追従飛行）。弾道ミサイルよりは単価が安いので多数の飽和攻撃を実行された場合には防衛は困難。BMDとは関係ない。
巡航ミサイル （超音速）	ピンポイントでの命中が可能。ロシアがウクライナで使用との報道。迎撃は困難と思われる。
※ミサイルに対する考え方として次のような指摘もある。日本側が迎撃能力を備えたとしても、相手側がそれを超える飽和攻撃（多数のミサイルを発射）を行えば全ての迎撃はできず一部は着弾が避けられない。また目標を分散させて「ムダ弾」を撃たせ日本がミサイルを「吸収」することによって、相手側の攻撃能力をそれだけ減殺することを米国が意図しているという ⁵ 。日本を捨て石にする発想である。	
※意図しない着弾 北朝鮮の弾道ミサイルは実弾頭を搭載せず日本領域に着弾しないように設定しているようである。しかし 2022 年 3 月 24 日の発射では EEZ 内に着弾している。北朝鮮の弾道ミサイルはしばしば失敗があり EEZ 内の着弾は意図的なものか失敗か判然としない。失敗とすれば攻撃の意図がなくても日本領域に着弾する可能性があり、物理的に被害を発生させる可能性がないとはいえない。	
航空攻撃	誘導爆弾・空対地ミサイルを使用。イスラエルがイラクの核施設を攻撃した事例あり。最近のこれらの兵器は精度が高くピンポイントでの命中が可能。他の方法に比べて数の制約が少なく（低コスト）反復攻撃が可能。ただし通常弾頭では建屋→格納容器→反応容器までの一挙貫通は困難。周辺設備や使用済み燃料プールや周辺設備の破壊が懸念される。
ドローン	可能性はあるが破壊力が小さいので直接的な被害は限定的。周辺設備の破壊はありうる。
意図的航空機衝突	正規軍では考えにくい、「自爆攻撃」を厭わない国（勢力）であれば可能性がある。
着上陸侵攻部隊	戦闘車両（戦車など）からの砲撃、歩兵部隊の射撃など。建屋→格納容器→反応容器までの一挙貫通は困難だが長時間反復攻撃が可能。使用済み燃料プールや周辺設備の破壊のリスクが大。軍事的に撃退できたとしても、その過程で交戦が不可避だから設備の損傷は避けられない。

⁴原子力規制委員会の田中俊一前委員長は、2017年7月6日に地元住民との意見交換会の席上、ミサイル攻撃対策に関して「私だったら東京都のど真ん中に落としたほうがよっぽどいいと思う」と発言した。（『朝日新聞』2017年7月7日、その他各社報道）

⁵ 瀬川厚『リベラリズムはどこへ行ったか—米中対立から安保・歴史問題まで』緑風出版、2022年、p.43

特殊部隊	可能性が最も高い ⁶ 。RPG（擲弾発射器）などの携行兵器 ⁷ では、建屋→格納容器→反応容器までの一挙貫通は困難だが、使用済み燃料プールや周辺設備の破壊はありうる。
------	---

表2 ソフト的破壊

システム侵入 （サイバー攻撃）	制御システムに侵入し原子炉を暴走させる操作（いわゆるサイバー攻撃）を行う。ないとは言えないがSF映画の範疇。制御パラメータに異常が発生すれば各種インターロックが動作しスクラムが起動する。結果的に発電の停止はできたとしても原子炉の破壊まで誘発することは考えにくい。事前に制御回路を改変してインターロックを遮断するとか、ハード的に機能しないようにする予備操作 ⁸ が必要。設備の細部まで熟知している必要があるし同じサイトでも号機により設備は異なる。それよりも周辺設備の稼働妨害（使用済み燃料プールの冷却水ポンプ停止、非常用発電機の起動妨害など）のほうが容易だろう。
制御室侵入	制御室に侵入し原子炉を暴走させる操作を行う。ただし侵入して何をするのかを想定するとかなり非現実的。「制御室の機器を破壊する」「でたらめに操作する」「操作員に暴走させるように命令する」等か？制御パラメータに異常が発生した段階で各種インターロックが動作しスクラムが起動するであろうから実際には容易ではない。多くの予備操作が必要。結果的に発電の停止はできたとしても原子炉の破壊まで誘発するのは困難。
内部協力者	米国では具体的に懸念されている。日本での可能性は不明であるが東京電力柏崎刈羽原発での不正入室事案 ⁹ があり、その意図があれば実行可能とは言える。

ハード的破壊の場合、通常弾頭では建屋→格納容器→圧力容器までの一挙貫通は困難。建屋は厚さ2m前後の鉄筋コンクリート造、格納容器は肉厚50mmの合金鋼、圧力容器は肉厚150～200mmの合金鋼である。ウクライナにみられるようにRPGにより条件によっては戦車の装甲を貫通できるが、空間があるとそこで効力は消失するので一挙貫通はできない。原発への攻撃に起因して直ちに放射性物質の突発的噴出は考えにくい。内部の補助機器・配管・計器に損傷を与える可能性はある。現実には、発電所への砲爆撃が実際に行われたり、その可能性が認められれば緊急停止（スクラム）を起動させるであろうから原子炉そのものは停止する。

⁶吉岡齊「福岡核問題研究会」2016年4月23日資料

<http://jsafukuoka.web.fc2.com/Nukes/resources/yoshioka3.pdf>

⁷衝突の物理的エネルギーで金属壁を貫通するのではなく金属の噴流を形成して孔を開ける。

⁸1999年6月、北陸電力志賀原発で定期点検中に手動で誤ったバルブ操作を行い、インターロックが機能しない状態で制御棒の引抜きが始まり予期しない臨界が発生した事故がある。

⁹東京電力ホールディングス「柏崎刈羽原子力発電所所員における発電所建屋内への不正な入域について」

https://www.tepco.co.jp/press/news/2021/1571326_8971.html

それよりもリスクが大きいのは周辺設備の破壊である。福島原発事故では、地震(3月11日14時46分)による直接の原子炉容器・格納容器・建屋の破壊はほとんどなく¹⁰スクラムも成功したにもかかわらず、補助機器の機能停止によりさまざまな事象が積み重なって、地震発生から一昼夜経過してから1号機建屋爆発(3月12日15時36分)、約3日経過してから3号機建屋爆発(3月14日11時01分)、さらに約4日経過してから2号機爆発音(3月15日06時10分)等の破滅的事象が発生した。

米国スリーマイル島事故では燃料溶融に至ったものの圧力容器の貫通は免れたが、福島では圧力容器の貫通(メルトスルー)にまで進展した。電力関係者は「五重の壁」と自画自賛していたが機能せず、結果は「五重の将棋倒し」となった。核反応に起因しないが派生的な事象として発生した。事象のさらなる進展により使用済み燃料プールからも放射性物質の放出が始まり首都圏まで避難対象となる「近藤シナリオ」も公開されている¹¹。さらにヒューマンファクターも重要である。原発に限らないが大型発電所は複雑な設備であり、事故に至らないまでも常に小さなトラブル・劣化が発生している。このため常に点検・補修が必要であり、それを放置していれば直ちにではなくともいずれ大事故につながる。スリーマイル事故も核事故が突如として発生したわけではなく、計器の不調など周辺的な事象が連鎖して発生した。交戦が発生していたり、今回のウクライナのように敵勢力に占拠されている状況では日常の運転員の保全活動が阻害される。スクラムに成功しても、外部電源が遮断され非常用発電機で冷却を維持している場合、燃料はいずれ枯渇するが、武力攻撃事態の下ではそれを補給することができない。復旧に必要な資器材の搬入や交代要員の派遣もできない。

このように原発本体をハード的に防護するだけでは破滅的事態を防ぐことはできない。福井県の杉本達治知事は2022年3月18日に、政府に対してミサイルの迎撃態勢に万全を期すこと、自衛隊部隊の配備を申し入れたが¹²、このような対策は無意味である。本当に県民の安全を守る意識があれば、まずなすべきことは原発その他核施設の撤去である。「敵地攻撃論」なども浮上しているが、原発防護の観点では全く意味がない。敵地攻撃の対象は相手側の軍事拠点(ミサイル発射設備・航空基地・司令部)が想定されるが、先制攻撃しても相手国の拠点を全て同時に無力化することは不可能であるし、反撃を正当化され残存した拠点から攻撃を受ける。表1のようにより小規模な方法でも原発の破壊は可能であるから、相手側の軍事拠点を部分的に無力化したところで原発の防護には意味がない。以上の諸点から、原子炉暴走は考えにくいものの放射性物質の大量放出はありうる。本報告で想定する事象は次の表3のようなものとなる。

¹⁰ ただし津波前に地震動で冷却系が一部破損していたとの分析もある。『朝日新聞』「3号機の冷却配管、地震で破損か津波前に」2011年5月25日

¹¹ 『福島原発事故独立検証委員会調査・検証報告書』2012年3月

¹² 『日本経済新聞』「原発防衛に軍事攻撃も想定 政府、自衛隊活用を検討」2022年3月18日

表3 想定する事象

事象	進展	時間的な推移
使用済み燃料プールの機能喪失	使用済み燃料プールの構造的破損、あるいは周辺設備（除熱設備）の破壊により水位が保持できず、崩壊熱で使用済み燃料が溶融する。この状態になると人による対処不能で放置するしかない。	攻撃後、1～数日で放射性物質の放出が始まり、長期間継続する。ただし漏出FPが全て環境中に飛散するわけではなくその一部を想定。
原子炉の冷却機能喪失	スクラムは成功したとして、周辺設備（除熱設備）の破壊により崩壊熱で燃料が溶融する。あるいは計装機器・制御システムの破壊によりパラメータ把握ができなくなる。あるいは運転員の活動制約により安全が保持できなくなる。	攻撃後、1～数日で放射性物質の放出が始まる。核反応は起きないが事象の進展によっては福島と同様の突発的放出が伴う可能性はある。
廃液処理設備の冷却機能喪失	燃料プールと同様。この状態になると人による対処不能で放置するしかない。	攻撃後、1～数日で放射性物質の放出が始まり、長期間継続する。

3. 武力攻撃に対する認識

図1は1960年代から原発計画が持ち込まれた自治体のうち「お断り」した箇所（×マーク）を示す¹³。中には三重県の芦浜原発のように37年間にわたる反対運動の結果、撤回された事例もある。1960年代は東西冷戦の緊張が高まり日本の防衛もソ連の脅威を強調して北方重視(対ソ連)の姿勢が強かった。また日本海側では不法上陸が頻発していた。このような状況でありながら日本海沿いに多数の原発を並べる計画が同時に進行していた。首都圏が意図的に避けられているのも興味深い。また太平洋側で、武力攻撃ではないが東海地震・東南海地震・南海トラフ地震の危険性が指摘されている地域にも多数の計画が持ち込まれていた。実現したのは浜岡のみであるが、もし実際に太平洋側に多数の原発が建設されたところに大きな地震・津波が襲ったら途方もない被害が発生するはずである。原発推進側こそが「お花畑」であり安全保障とエネルギー政策の整合性がない縦割り行政が今日も続いている。

¹³ 平林祐子「原発お断り地点と反原発運動」『大原社会問題研究所雑誌』No.661, 2013年11月, p.36より作図

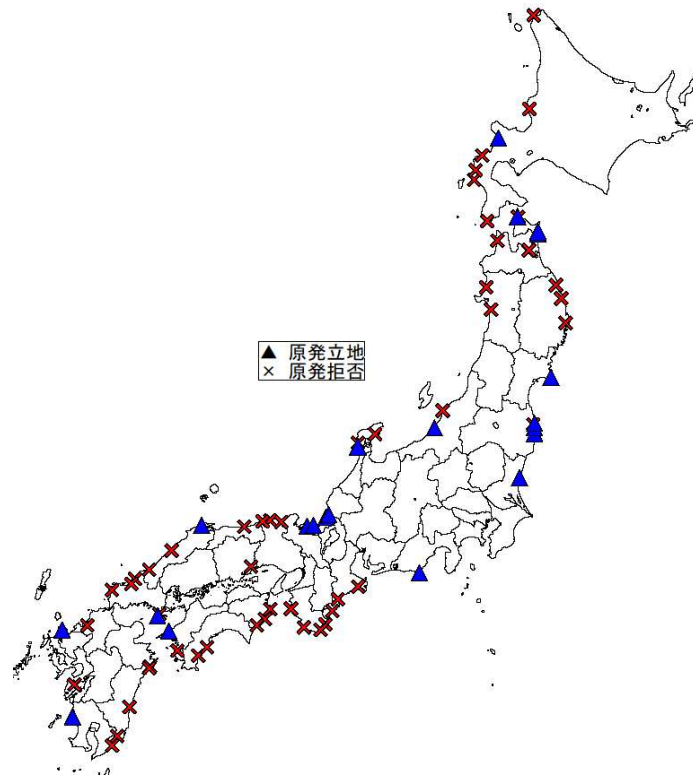


図1 原発「お断り」マップ

4. 被害シミュレーションについて

原発重大事故に関する被害推定自体は以前から行われており科学技術庁・原子力産業会議は1960年に試算を行い、当時の金額で経済的損失3.7兆円(国家予算の2倍)と推定しているが¹⁴、結果は公表されず1999年になって国会で追及され明らかになった。近年は2005年に朴勝俊により関西電力大飯3号機を事例に試算されている¹⁵。主な数値は、最大で経済被害460兆円・急性死亡17,000人という結果である。朴推計に対して原子力関係者から非現実的・過大推計であるとして強い批判¹⁶が寄せられたが、前述のように政府でも同程度の被害推計が行われていたことに照らせば過大推計とはいえない。福島原発事故では朴報告の想定よりも一桁小さい放出規模(福島原発事故ではセシウムにして炉内保有量の1~3%放出、朴推計では50%放出)にもかかわらず経済的被害額の推定は35~80兆円¹⁷に達している。福島事故では事象のさらなる進展により燃料プールからも放射性物質の放出が始まり首都圏まで避難対象となる「近藤シナリオ」も公開されている¹⁸。原子力関係者は「(専門家以外の)市民は科学的知識がないから観念的・感情的に原子

¹⁴科学技術庁・原子力産業会議「大型原子炉の事故の理論的可能性及び公衆損害に関する試算」1960年

¹⁵朴勝俊「原子力発電所の過酷事故に伴う被害額の試算」『国民経済雑誌』vol.191, No.3, 2005年

¹⁶エネルギー問題に発言する会「私の意見」

<http://www.engy-sqr.com/watashinoiken/index.htm>

¹⁷(公社)日本経済研究センター「事故処理費用、40年間に35~80兆円に」2019年3月7日

¹⁸『福島原発事故独立検証委員会調査・検証報告書』2012年3月

力を怖れる」と言い続けてきたが、そのような言説は福島事故で全く覆った。

5. シミュレーションの前提

5.1 放射性物質の放出状況想定

被害に影響を与える要因は数多くあり確定的な条件設定は難しい。最初のトリガー（武力攻撃による破損）の後、スクラムは成功したとして、①その時点で炉内あるいはプールに保有されていた核分裂生成物（FP）の組成と量、②核反応停止（運転中の場合）から FP の放出が開始するまでの時間と経過、③保有されていた FP のうち環境中に放出される割合、④放出の継続時間（環境中に放出された総量が同じでも一瞬なのか長時間にわたるのかの相違）、⑤建屋の形状や放出高さ、⑥気象条件（風向・風速・大気安定度・降水）・地形条件、⑦放出開始から住民の避難までの時間などにより大きく影響される。⑤に関しても、福島原発事故の爆発現象では 1 号機は水平方向に、3 号機は垂直方向に爆煙が広がり、その想定によっても結果が異なる。FP の生成状況は炉形式・運転経過によって異なり、使用済燃料の保管量はサイトにより異なり、複数号機が存在するサイトではどの号機が攻撃を受けるかなどは予め想定できない。プールの内訳詳細は部外者は知ることができないので、福島原発事故に際して炉内および使用済燃料の放射性核種の核種ごとの保有量を推定した日本原子力研究開発機構の資料¹⁹を参考にして、平均的な BWR の「1 基分」ていどに対する放射性物質の核種別のインベントリを想定した。

PWR の燃料プールは BWR の燃料プールよりは抗堪性が高いと思われるが、意図的攻撃に対しては BWR と大差ないと考える。原子炉設備損傷の場合の想定としては、ラスムッセン報告・WASH1400 の BWR2 および PWR2（燃料溶融・格納容器破損）相当とした。東海村廃液処理施設（日本原子力研究開発機構）は放射性物質の保有量が多い上に構造的には使用済燃料プールより脆弱である。原子力規制庁のハザード評価資料²⁰を参考に放射性核種の核種ごとの保有量を設定した。計算結果には不確定要素が多いもののオーダー的な目安にはなると思われる。

5.2 東海廃液処理の評価

前出規制庁のハザード評価では、貯槽の冷却機能が喪失して溶液が崩壊熱で沸騰するが 24 時間で収束すると想定（根拠は不明）している。この場合に系外に放出される放射能は、プルトニウム貯槽から $1 \times 10^0 \text{GBq}$ 、高放射性廃液貯槽から $1 \times 10^2 \text{GBq}$ と想定している。一方でプルトニウム貯槽の内臓放射エネルギーは $1 \times 10^8 \text{GBq}$ 、高放射性廃液貯槽は $4.2 \times 10^9 \text{GBq}$ であるところから、

¹⁹ 日本原子力研究開発機構「福島第一原子力発電所の燃料組成評価」2012 年 9 月

²⁰ 原子力規制庁「再処理施設における潜在的ハザードに関する実態把握調査報告書」2013 年 12 月

ハザード評価では全体のごく一部しか放出されない想定となっている。しかし武力攻撃により貯槽や周辺設備が構造的に破損して廃液自体が漏出すれば、周囲では即死レベルの放射線量となり人間が接近して対応することは不可能となり 24 時間で収束などの想定は成り立たない。もっともこの状況は武力攻撃に限らず地震・津波でも起こりうる。それでは実際にどのような攻撃でどこがどれだけ破損するかは事前に想定しがたいが、シミュレーションでは溶液が漏出しても爆発現象（化学的）がなければ TRU の飛散はないと考えて、Bq 数にして大半を占めるセシウムその他の核種が全体の 20% 放出されるとした。

5.3 シミュレーションの妥当性と制約

以上のような条件を総合して、シミュレーションの手法として「瀬尾コード²¹」が福島事故前から提案されており、前述の朴試算もこれによっている。本報告のシミュレーションもこれを利用した。その基本となる拡散計算式や気象条件の取扱いは原子力委員会の気象安全指針²²と同じ内容である。現在ではやや古い方法であるが環境分野では広く用いられ、概略の傾向を知るには利用可能と思われる。いくつかの他の報告例と照合して一定範囲内に収まる結果が得られているので目安として採用可能と思われる。なおシミュレーションの技術的な解説は別途資料²³を参照されたい。SPEEDI の開発経緯、防災に SPEEDI を使うことの可否、原子力災害対策指針の初版で UPZ の妥当性を検討した時の試算、UPZ 屋内退避の根拠にした試算等も整理されている。もともと気象安全指針が小規模の放出しか想定していない手法であることもあって、本報告のように長距離に延長適用するのは本来は好ましくない。このため結果はあくまで目安であるが、迅速・簡便に大まかな被害予測を提示する目的で試算した。

5.4 被ばくの形態と影響

どれだけ人間が被ばくするかは、発生源からの距離や気象条件が大きく影響する。降水があると放射性物質の降下が促進され発生源近くで地表汚染が高くなる一方で、落ちた分だけ次のセクションに移動する放射性物質が減るので遠方の汚染は減る傾向になる。被ばくは汚染大気塊からの放射（クラウドシャイン）、汚染大気塊の吸入（内部被ばく）、地上に降下した放射性物質からの放射（グラウンドシャイン）がある。水・食物の摂取による被ばくもあるが推定困難なため瀬尾コードでは扱われていない。

核種と放出時間（一瞬なのか時間をかけて放出なのか）によっても変化する。ヨウ素類の半減

²¹ 今中哲二「SEO 原発事故災害評価プログラムにおける放射能の拡散・沈着、被曝線量、リスクモデル」原子力安全問題ゼミ資料, 1997 年 8 月

²² 原子力委員会（旧）「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」

²³ 日本原子力研究開発機構「原子力防災における大気拡散モデルの利用に関する考察」2021 年 11 月

<https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2021-021.pdf>

期は週単位、セシウム類の半減期は年単位である。グラウンドシャインでは、セシウムのように半減期が年単位以上の核種ではそこに留まる期間に比例して被ばくが発生する。このため「いつ避難できるか」の条件設定によって被ばく量は大きく異なる。しかし避難範囲は大都市圏にも及び、対象人口が膨大であり避難は事実上不可能かもしれない。前述瀬尾コードでは被ばく量に応じて短期・長期の死者発生確率を推定するようになっている。発生源から距離が離れるにつれて被ばく量が減るので人口あたりの発生率は下がるが、人口との積になるため大都市圏で数では多い結果となる。この他に死に至らない健康被害が考えられるが瀬尾コードでは扱っていない。前述のように条件設定により結果は大きく変わるので、本稿では表2の前提で各サイト共通の設定でチェルノブイリ基準による避難範囲を示すにとどめた。

5.5 シミュレーションの性格と制約

シミュレーションには、計画や防災のための事前評価型と、実際の事故時に避難支援のためリアルタイムで線量を予測する等の目的の実時間型がある。本報告は事前評価のための試算であり実時間型としては使用できない。プルームモデルのため風向風速の局地的・時間的な揺れや地形の影響は考慮できない。一方で福島原発事故で注目された SPEEDI や、外国研究機関によるシミュレーション等として当時発表されたモデルは実時間型であり、三次元移流拡散モデルのため局地的な地形や気象条件を反映できる。ただし実時間型ではその時点の気象データと連動しなければ意味がないが、これは大がかりなシステムになる。事前評価型でいくつかパターンを作っておいて事故時にはそこから選択するという方法もあるだろう。また三次元移流拡散モデルは手法としては精密であるが、プログラムによっても仕様が異なり、同じ前提で計算しても結果が同じではないこともある（前出原子力機構資料）。条件設定にも仮定が多いため計算部分だけ精密化しても全体の精度が上がるわけではなく、何の目的で何をしたいのか注意する必要がある。

6. シミュレーション結果と対策

以下にいくつかのケースでの計算結果を示す。「チェルノブイリ基準」とは、チェルノブイリ原発事故の後、1991年2月にウクライナで採択されたものである。地上汚染密度に応じて「立入禁止」「強制移住（希望者は残留可）」「移住の権利」としている。移住を重視しているのは主に子どもの被ばく防止を念頭に置いたものとされる。チェルノブイリ基準は制定当時から国際的基準に比較して厳しすぎるとの評価もみられたが、前述の福島原発事故で収束に失敗し事態の進展で首都圏まで避難対象となる「近藤シナリオ」もチェルノブイリ基準で評価したとされる²⁴。図の

²⁴近藤駿介、細野豪志「2011年3月、原発事故「最悪のシナリオ」を作った科学者の証言」『現代ビジネス』2020年9月11日

<https://gendai.ismedia.jp/articles/-/75005>

赤（立入禁止）・橙（強制移住）・黄（避難の権利）はそれに準拠している。空白部分があるのは人が居住していない領域である。死亡確率（短期・長期）の推計式もあり各々数十万単位になると思われるがここでは表示していない。範囲の境界が直線的になっているのは、瀬尾コードではブルームモデルをさらに簡略化して y 方向（風軸と直角方向）の分布を一様として扱っているためである。これらの結果は一見大げさと感じるかもしれないが、福島原発事故では、炉内に保有されていた核分裂生成物のうち 1~3%（セシウム類にして）が放出²⁵されただけで、今も帰還できない区域が発生するほどの被害が発生したことを考慮すれば、使用済核燃料がまるごと保管されている燃料プールが崩壊すれば、いかに重大な結果をもたらすか容易に想像できる。ウクライナの原発が占拠された際にウクライナ外相が「チェルノブイリの 10 倍の被害が出る」と警告したのは必ずしも誇張ではない。

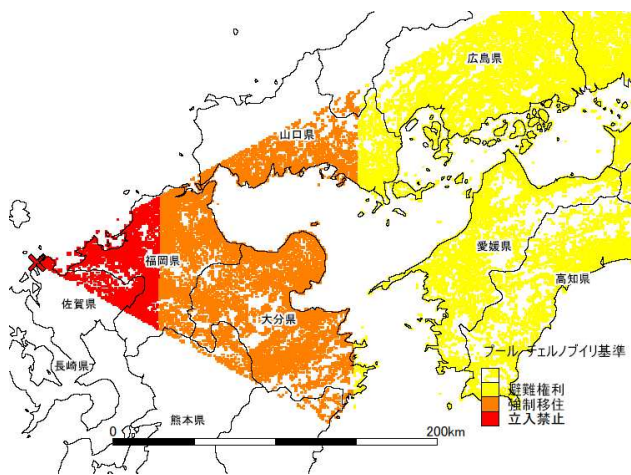


図 2 玄海 3 プール崩壊

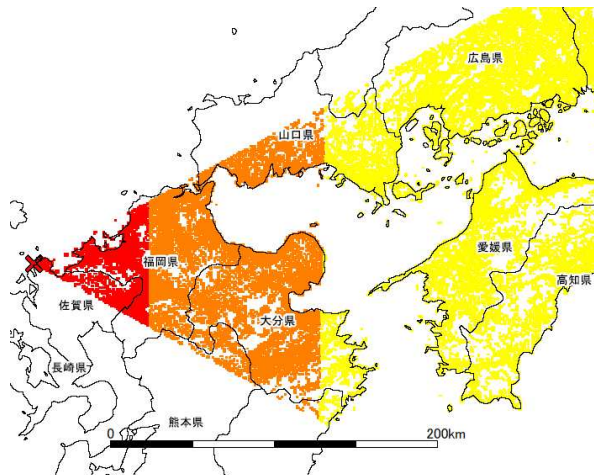


図 3 玄海 3 PWR2 相当

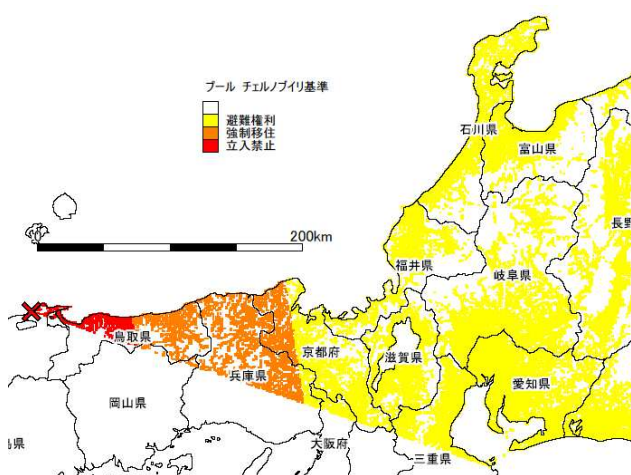


図 4 島根 2 プール崩壊

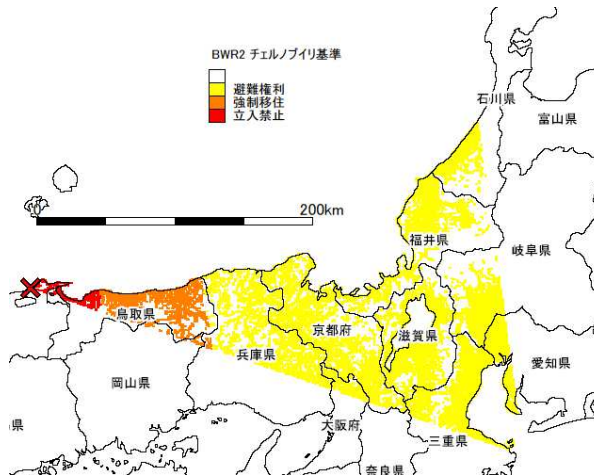


図 5 島根 2 PWR2 相当

²⁵ 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会『国会事故調報告書（参考資料）』、2012年9月

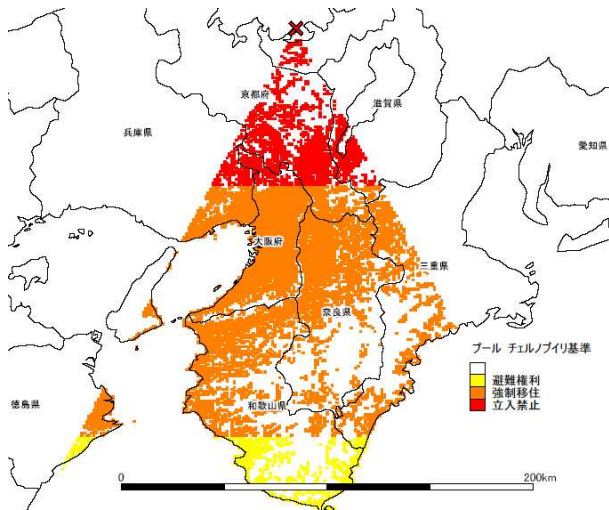


図6 大飯3 プール崩壊

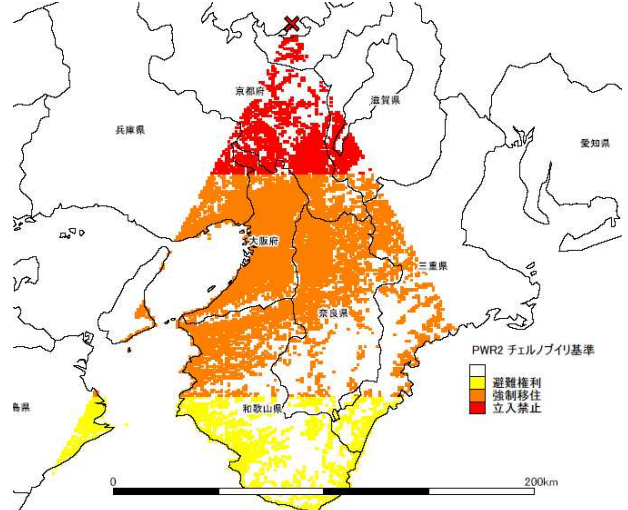


図7 大飯3 PWR2相当

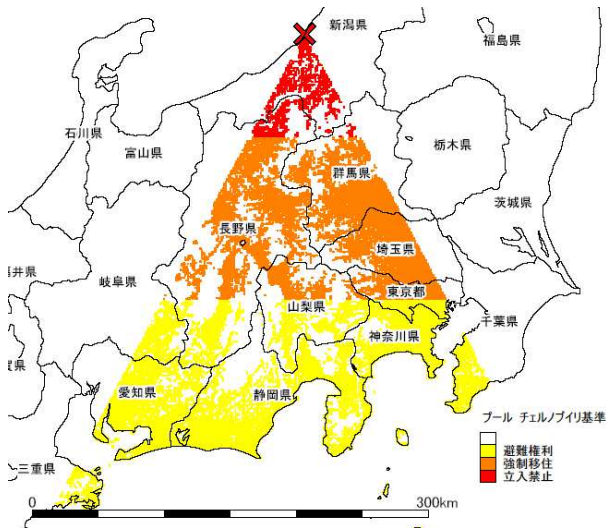


図8 柏崎6 プール崩壊

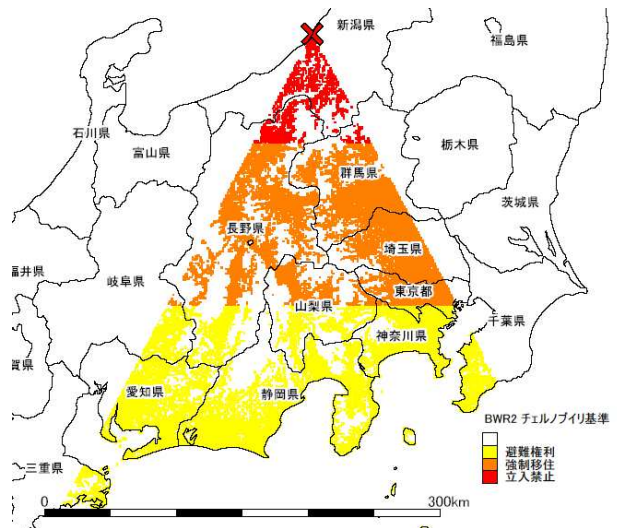


図9 柏崎6 BWR2相当

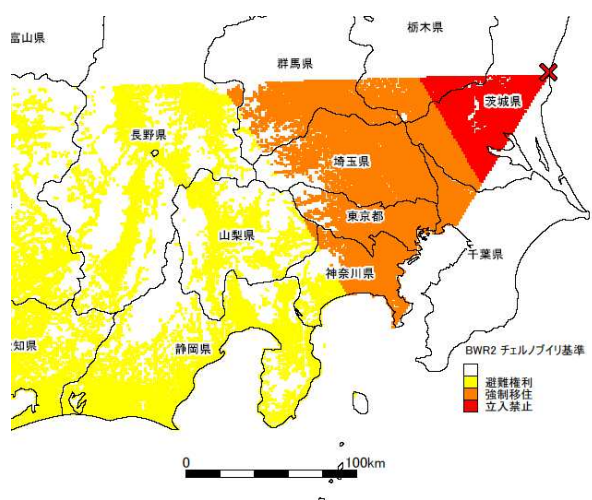
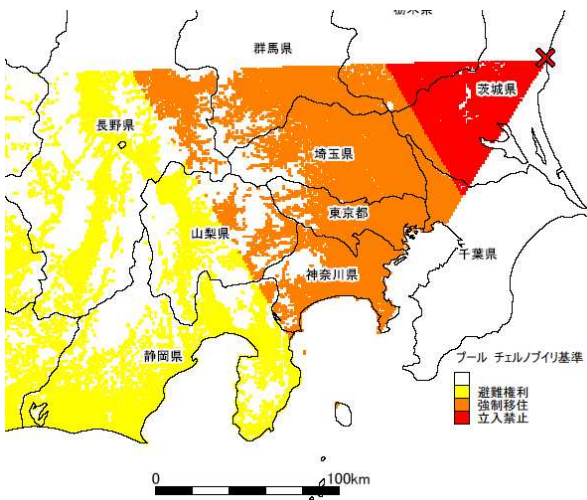


図 10 東海第二 プール崩壊

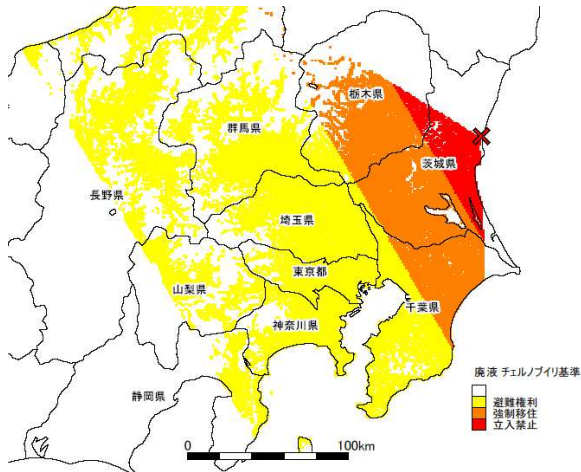


図 11 東海第二 BWR2 相当

図 12 東海廃液処理崩壊

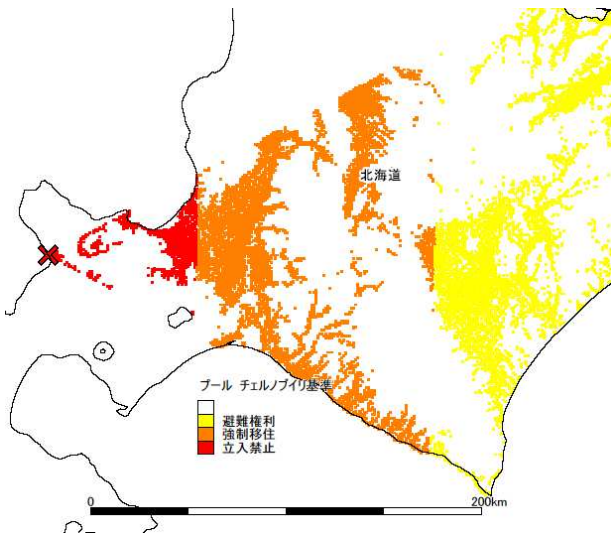


図 13 泊 3 プール崩壊

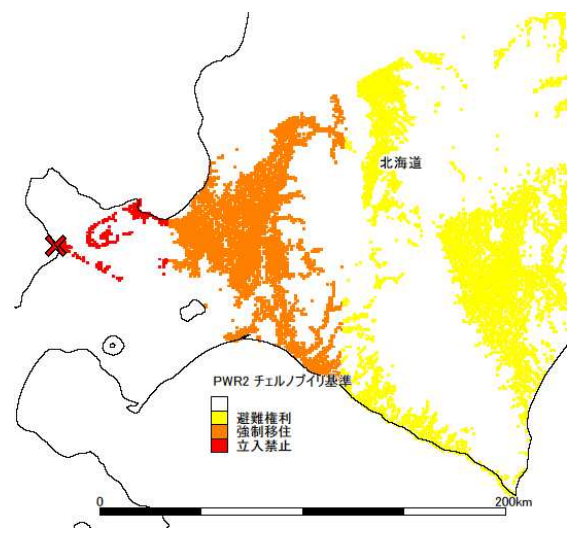


図 14 泊 3 PWR2 相当

図 15 は放射性物質の放出から退避までの日数（3日～1年滞在）別の被ばく量を示す（縦軸は対数表示）。前述の地図の設定条件とは異なるがイメージを示すものである。対策としては、常識から想像されるように、なるべく速やかに避難することが被ばく量の低減につながる。しかし避難対象の人口が数百万～一千万人のオーダーに達する上に、ウクライナのような隣国と地続きの状況ではなく島国の日本ではそのような大人数の避難先は考えにくい。現実問題としては「お手上げ」と言わざるを得ない。

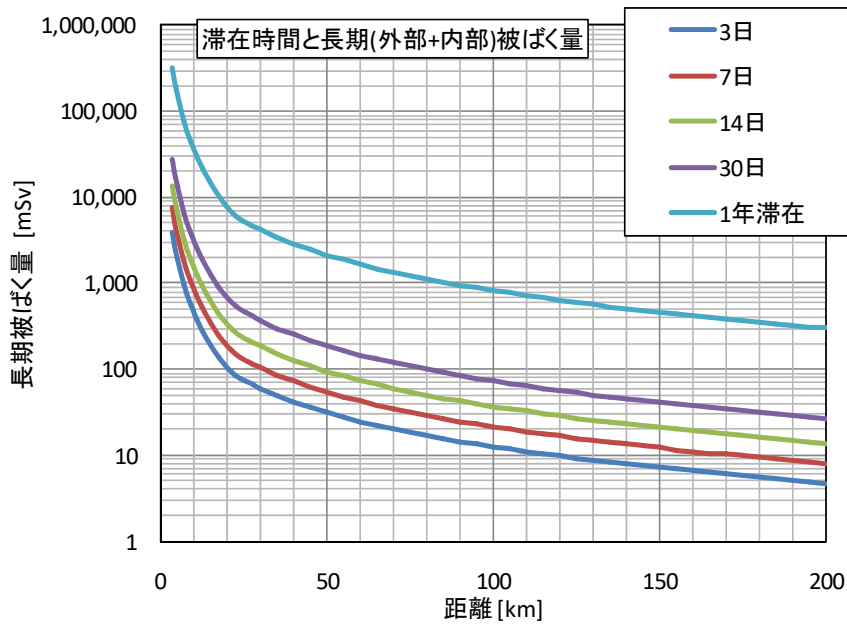


図 15 滞在時間と長期(外部+内部)被ばく量

7. 原発の必要性について

2022年3月22～23日の東京電力管内の逼迫警報に関して「原発が動いていれば需給の逼迫はなかった」との言説がみられるが、これは誤認である。今回の逼迫とされる事態は同16日の地震により大規模火災が停止したことにより発生したとされる。しかし仮に原発が動いていたとしても、火災が緊急停止するような地震であれば原発もスクラムがかかり停止する。その後、点検して運転を再開するには原発のほうが火力よりもはるかに手間がかかる。また本当にブラックアウトに至った場合、段階的に発電所を立ち上げてゆくことになるが、原発の運転再開は順序として他の供給が落ち着いたあとに最も後になる。本報告の趣旨とも関連するが、かりに外敵による武力侵攻の兆候があれば原発は真っ先に止めなければならないから安定電源ではない。図16は2022年1～3月の東電の需給実績を示す。1～3月での最大需要は①の年始明け1月6日の5374万kWであり、この時の供給力は5374万kWである²⁶。使用率97%で厳しかったが逼迫警報は発出されていない。一方3月22日の最大需要実績は②の4534万kWであり1月6日の最大需要よりはるかに低く、地震で止まった454万kW²⁷を除いても設備的な供給力そのものの不足ではない。3月22日は低温と雨天による太陽光低下が重なった要因はあるが、電力逼迫は東電のオペレーションの不適切に起因するもので原発再開の根拠にはならない。

²⁶ 東京電力「最大電力実績カレンダー」

<https://www.tepco.co.jp/forecast/html/images/juyo-result-j.csv>

²⁷ 『毎日新聞』「後手に回った政府と東電 大規模停電の危機、突然要請に企業不満」2022年3月22日

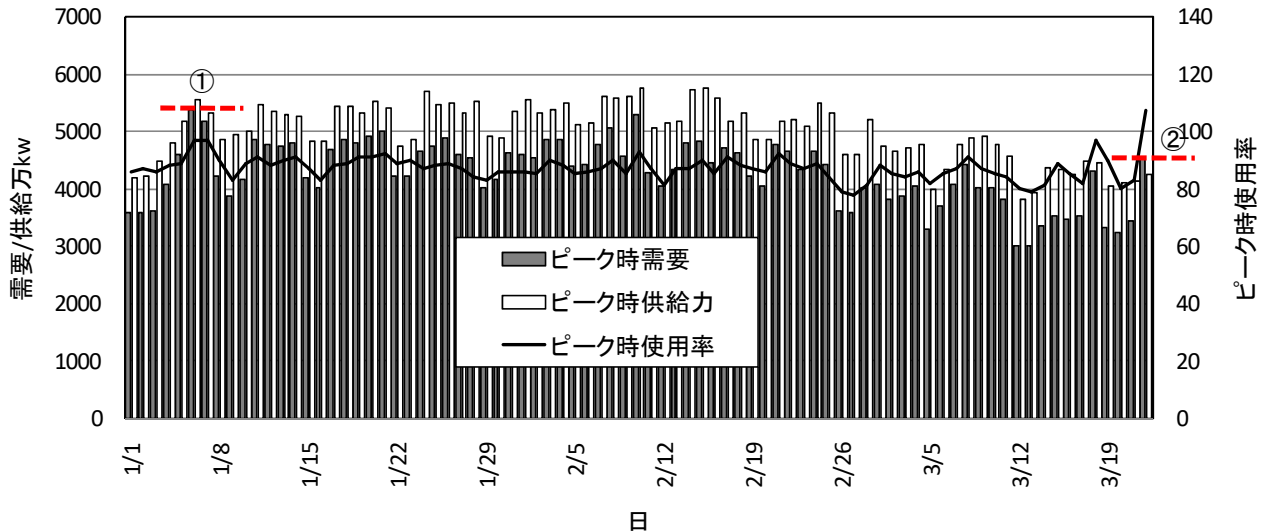


図 16 2020 年 1～3 月の需給状況

もし地震の影響を受けなかった他地域の原発から融通を受けるという趣旨ならば関係線の容量制約が問題であり、ことに FC を介する東西関係線が弱いことは以前から問題となっているのに対応が遅れている。2021 年の増強²⁸でも 210 万 kW（原発 2 基分ていど）しかない。2027 年度までに 300 万 kW に増強する予定であるが十分ではない。リニア新幹線の工事費が品川～名古屋間だけで当初 5.5 兆円、現在 7 兆円に膨張し、本来は民間企業に投入できない財投を欺瞞策を講じて 3 兆円融資といった費用に比べれば、はるかに低い費用でインフラ増強が可能である。

日本全体のエネルギーバランスからも原発は必要ない。図 17 に 2020 年度の全体エネルギーバランスを示す²⁹。ウクライナはエネルギーの原子力依存度が高いため止めるに止められない背景があるが、日本では一次エネルギー供給のうち原子力は 2%にもならない。これから各地の原発を漸次再稼働したところで大勢に影響はない。むしろ利用側の効率の悪さが問題であり、利用側の効率を少し改善するだけで原子力の供給分が捻出できる。かりに原子力のコストが安いとしても全体にはほとんど寄与しない。再生可能エネルギーの導入加速は望ましいが、その前に各分野での省エネが必須であり、これを前提としないと再生可能エネルギーの導入も促進されない。

²⁸東京電力パワーグリッド「飛騨信濃周波数変換設備の運用開始について」2021 年 4 月 1 日

https://www.tepco.co.jp/pg/company/press-information/press/2021/1591426_8616.html

²⁹資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」総合エネルギー統計簡易表

https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline1

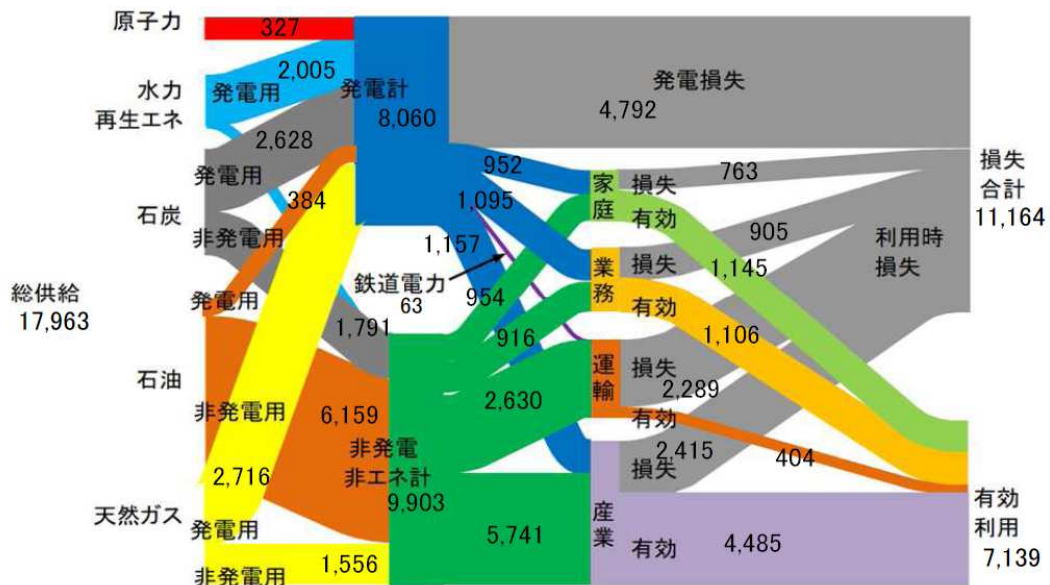


図 17 日本全体のエネルギーバランス (PJ 表示)

8. 安全保障は脱原発から

ウクライナ危機を契機に、核兵器シェアリングや非核三原則の見直しを提唱する議論が自民・維新などを中心に起きている。ただし現時点では自民党安全保障調査会は核兵器シェアリングを提言しないとした。自民党国防部長の宮沢博行衆院議員は、核を配備すれば相手側の攻撃対象となり実益がないと発言した³⁰。対立国家にとっては弾道ミサイルや強襲上陸など本格的な軍事行動を行使せず日本の国土を破壊しうる。

福島原発事故ではセシウムにして炉内保有量の 1~3%が放出されただけで今も帰還できない地域が存在し、経済的損失は数十兆円と推定されている。もし武力攻撃にせよ自然災害にせよこれを超える被害が発生すれば、数百兆円規模の経済的損失と広大な国土が失われる。そもそも原子力以外の発電方式では、各々一長一短あるにしても、また最大事故を想定しても、このような議論が必要ないことを考慮すれば、かりに推進側が主張する「発電コストが安い」等の条件があるとしても、とうてい見合わない大きなリスクがウクライナ危機で改めて浮き彫りになった。本質的な安全保障の第一歩は脱原発・核物質の撤去である。

³⁰ 東京新聞「非核三原則 [絶対崩すべきではない] 自民国防部長インタビュー、核共有は [安保環境不安定になる]」2022年3月19日