

mgまたは20〜50mg程度の甲状腺被曝が推定される。それらの地域でも、甲状腺癌が増えたときれている。

おわりに——チェルノブイリ被災国の知見の再検証を

『ロシア政府報告書』における「チェルノブイリ甲状腺癌」についての評価は、次のようにまとめることができる。

- ・チェルノブイリ原発事故被災地では「事故後二年目」に甲状腺癌が増え「四〜五年目」に大幅増加した
- ・「甲状腺癌」は事故時五歳以下のグループに増加したが、この層に甲状腺癌が多発したのは事故から一〇年後頃、彼らが一〇代になった後である。事故直後数年間をみると、事故時一〇代後半の層に甲状腺癌が増えている
- ・甲状腺癌が増えたとされるロシアの被災地の一部では、児童の甲状腺被曝量は数mg〜数十mgと推定されている

日本では県民健康調査の担当医や検討委員会が、チェルノブイリ甲状腺癌について「四〜五年後に増加」「事故時五歳以下の層に増加」「一〇〇mg超の内部被曝で増加」という点を強調してきた。そして、福島県で見つかった甲状腺癌との「違い」に焦点が当てられてきた。

『ロシア政府報告書』と照らし合わせると、このような説明が必ずしも妥当でないことが分かる。健康被害認定に対し

て慎重なロシアですら、甲状腺癌について事故後二年目での増加を認めている。そして「事故時五歳以下」層に甲状腺癌が多発したのは、一〇年近く経ってからのことである。なぜこのことについて、日本で広く言及されてこなかったのか。

本稿は福島県で見つかった甲状腺癌の放射能起因性を断言するものではない。ただ、「因果関係否定」の論拠として「チェルノブイリ甲状腺癌」が引き合いに出されるとき、その説明に不正確さが目立つ。少なくとも、被災国の提示するデータは、それらの説明と大きく食い違う。

もう一度チェルノブイリ被災国が提示するデータを検討する必要性を訴えたい。

二〇一六年はチェルノブイリ原発事故三〇年である。被災国から、長年の健康調査や支援政策の総括となる報告書、資料が発表されるだろう。それらの資料を人類の共有財として被災当事者、支援者に伝えるのが専門家の責務であるはずだ。被災国の報告内容に反論があれば、すべてオープンにした上で議論すればよい。ロシア語の資料で翻訳が公開されないのをよいことに、専門家が文脈を無視して一部を抜き出し、その見解を押しつけるなら、逆に信頼を失うだけだ。放射線影響否定ありきで被災国の知見を歪めて伝えては来なかったか、検証が必要である。この五年間「チェルノブイリ」の知見を、日本でどの程度活かすことができたのか。民間の手で検証したい。

汚染水問題を考える 1

凍土壁が抱え込んだ

1F汚染水問題の困難

汚染水問題の発端と本質

福島第一原発一〜四号機（以下1F、五、六号機は論じない）は、阿武隈山系からの被圧水流も含め、一日二〇〇〇トンに及ぶと言われる複雑な地下水流の場に立地する。このため1F建屋群を直近で取り囲む多数の井戸（サブドレン）が削孔され、①揚圧力（浮力）低減による建屋躯体の力学安定と②建屋基礎からの地下水流入の防止を目的に、原子炉運轉の開始以来3・11の事故当日までサブドレンからの地下水汲み上げが続き、建屋周辺の地下水位高さを基礎底部以下に保つよう水位管理されてきた。こうして1Fは長年月に亘って地下水流の場から遮断されていた。

さて地震と津波により、当日運轉中の一〜三号機は全電源を喪失して冷却機能を失い、炉心溶融が発生した。発熱が続く高温の溶融燃料（以下、デブリ）は、原子炉圧力容器（放射性

あさおか、あきら 一九四七年生まれ。京都大学工学部土木工学科卒業。同大学大学院工学研究科博士課程土木工学専攻単位取得退学。工学博士（京都大学）。専門分野は地盤力学、地盤工学。京都大学助手、名古屋大学助教授、同教授を経て、同名書院院長を務める。

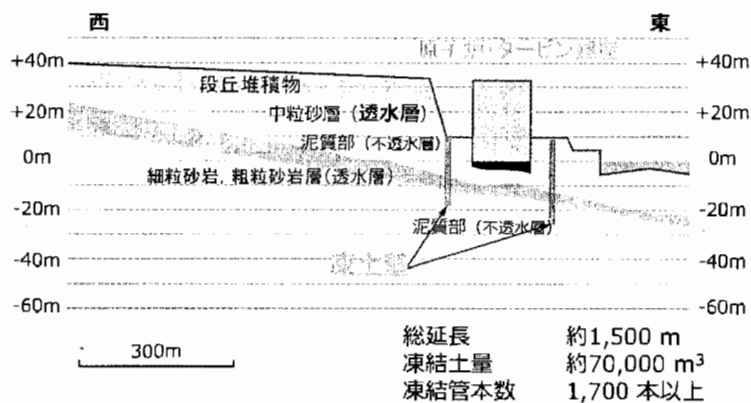
浅岡 顕

二〇〇八年〜二〇一〇年、(社)地盤工学会会長を務める。

物質を閉じ込める第三の壁）の底を溶かして抜け落ち、このため原子炉格納容器（第四の壁）も温度と圧力の上昇により損傷した。その後、デブリ冷却のため大量の注水が行われるが、この水は第三、第四の壁の損傷部から原子炉建屋（第五の壁）底部に流れ込み、津波による滞留海水と混ざり合い、全建屋で七万六〇〇〇トンに及ぶ大量の高濃度汚染水の滞留が起こる。これを追うように、燃料被覆管（第二の壁）と水蒸気の反応による大きな水素爆発（一号機だけでTNT四三トン相当）が一、三、四号機の順に連続し、原子炉建屋とタービン建屋の側壁や基礎、建屋を連結し外部環境に繋がる各種の構造物と埋設管は著しく損傷した。そして二、三号機タービン建屋から海側地下に向かう大口径海水トレンチにも大量（一五〜二万トン）の高濃度汚染水が流れ込んだ。

ここで重要な点は、事故以来サブドレンの稼働が停止し、地下水位が建屋周辺の地表高さにまで戻ってしまったことに

図1 1F付近の地下水流と地層



注・縦横の縮尺は一致していない。建屋付近は概念図。(原図は東京電力資料による)

設計工事が繰り返される。その準備は本当にあるのか？
 ・地層上部を占める中粒砂層での地下水のダルシー流速は
 ○・一〇・二m/dayとされるが、この初期流速が○・七m/day
 になれば、もはや一m間隔では凍土円柱は閉合しない実験
 結果が出ている。
 1Fでは地下水
 は大略西から東
 へ流れるとされ
 るが、実際は南
 北にも地層は複
 雑に波打ち、一
 五kmもの延長で
 は急流もあるし
 流れの方向も変
 化する。この中
 を凍土円柱が
 徐々に太くなっ
 て行くと、水の
 流れる幅が狭ま
 り流速は上がる。
 総延長が一・五
 kmにもなると、
 凍土円柱が壁と

壁には凍土式遮水壁（以下、凍土壁）が妥当とする提言を取り
 まとめたことにある。
 2-2 なぜ凍土壁か？ その1（技術的側面）
 水で飽和した地盤中に鉛直に削孔して凍結管を埋め、管内
 にマイナス三〇℃程度の冷媒を循環させると、やがて凍結管
 を中心に土は円柱状に凍る。凍土壁はこの円柱状の凍土を、
 直径よりも狭い間隔で横一列に並べて壁状にするもので、円
 柱が水平にも鉛直にも連続して重なっていけば遮水壁になり
 うる。
 1Fでは原子炉建屋群を取り囲む総延長は一・五kmを超え、
 凍結管は間隔を一m・二mにまで飛ばしても、本数は一
 五五〇本以上になる。さらに凍結管は複雑な地層構成の中を、
 深さ三〇mの下部泥質層まで打設しなければならぬ（次頁
 図1）。しかも凍結運転は七年以上に亘るとすると、未だ経
 験したことのない大型で長期の「チャレンジング」な事業に
 なる。
 このように大型の凍土壁が本当にできて、しかもそれを七
 年以上も維持できるのか？「1Fに凍土壁」と聞いた初めか
 ら、凍土壁の技術的な実現を危ぶむ声は、土木/地盤工学の
 技術者の間で多く交わされていた。主な点は以下の通り。
 ・七年以上の長期凍結運転はかつてない。このような長年
 月ではその間に、凍結管と溶接継ぎ手の腐食/劣化の発生は
 必然で、運転中に何度も、高線量域での人力による凍結管再
 して閉合する目前になって、閉合不能箇所があちこちにつき
 つぎ現れる可能性が高まる。地下水流があるときは、薬液注
 入などで先ずその水流を止めてから凍結工法を使う。しかし
 一・五kmもの1Fで、まず水流を止めてから、などはできな
 い。
 ・互層部の砂岩、その下の細粒砂岩層、粗粒砂岩層は阿武隈
 山系と繋がる被圧滞水層である。水は岩の割れ目を細い地中
 埋設管のように流れていて、前記のような砂の中の全断
 面を流れるダルシー流れではない。このような水は凍りにく
 いうえ、凍っても割れ目を広げ砂岩を壊す可能性がある。
 ・上部の中粒砂層と下部の被圧滞水層を分かち泥質部は、不
 透水層で透水性が極めて小さいから、本来凍結は必要でない。
 凍結を避けるため泥質部層では冷媒をシールするのか？ あ
 るいはこの泥質部層を無用に凍結させるなら、凍結による変
 状が出ないことをどのように確かめているのか？ この泥質
 部がもし粘土のような圧密材とすると、凍結管中心に向かう
 水の流れにより、円周方向には（粘土塊に隙間が生まれ、その中
 に残った水が凍る）アイスレンズを生じ、半径方向には放射状
 に亀裂を生じる。下部が被圧滞水層であるため、泥質部の無
 用な凍結による予期せぬ変状は全く好ましくない。実際四号
 機基礎の建設時、開削によってこの泥質部を一部破り、下の
 被圧層から大きな出水があったことを当時の技術者から聞いて
 いる。今この泥質部はどうなっているのか、何も聞かない。

ある。つまり健全な建設当初の1Fでなく、第五の壁さえも
 壊された1Fの全体が、1F史上初めて複雑な地下水流に曝
 されることになった。

建屋の躯体安定は、今は措く。しかし地下水流入は直ちに
 始まった。一日当り四〇〇トン程度で、都市土木でこの量は
 建屋壁/床面積を考えると漏洩箇所も分らないほどの軽微
 かもしれない。しかしこの水は建屋内の高濃度汚染水と混じ
 り、直ちに自身が高濃度汚染水となるから、「軽微」では済
 まない。こうして一日約四〇〇トンの核汚染水の増加が始ま
 り、五年が経過する今も止まっていない。

凍土式遮水壁選択の謎と「基本方針」

2-1 凍土式遮水壁

汚染水増加が始まって二年が経過し、地上タンクの汚染水
 量が三〇万トンを超え、あちこちへの汚染水漏洩が問題にさ
 れる頃になって、ようやく経産大臣の指揮により、二〇一三
 年四月三日、原子力災害対策本部福島第一原子力発電所廃炉
 対策推進会議（事務局：経済産業大臣）のもとに「汚染水処理対
 策委員会」（以下、汚染水委）が設置された。

なぜ二年も遅れたのか、それも措く。汚染水増加を止める
 決め手が建屋群を地下水流の場から完全に遮断する遮水壁の
 構築にあると考えたのはよいが、問題はこの委員会が、設置
 からわずかに二か月後の五月三〇日、第三回汚染水委で、遮水

壁には凍土式遮水壁（以下、凍土壁）が妥当とする提言を取り
 まとめたことにある。
 2-2 なぜ凍土壁か？ その1（技術的側面）
 水で飽和した地盤中に鉛直に削孔して凍結管を埋め、管内
 にマイナス三〇℃程度の冷媒を循環させると、やがて凍結管
 を中心に土は円柱状に凍る。凍土壁はこの円柱状の凍土を、
 直径よりも狭い間隔で横一列に並べて壁状にするもので、円
 柱が水平にも鉛直にも連続して重なっていけば遮水壁になり
 うる。
 1Fでは原子炉建屋群を取り囲む総延長は一・五kmを超え、
 凍結管は間隔を一m・二mにまで飛ばしても、本数は一
 五五〇本以上になる。さらに凍結管は複雑な地層構成の中を、
 深さ三〇mの下部泥質層まで打設しなければならぬ（次頁
 図1）。しかも凍結運転は七年以上に亘るとすると、未だ経
 験したことのない大型で長期の「チャレンジング」な事業に
 なる。
 このように大型の凍土壁が本当にできて、しかもそれを七
 年以上も維持できるのか？「1Fに凍土壁」と聞いた初めか
 ら、凍土壁の技術的な実現を危ぶむ声は、土木/地盤工学の
 技術者の間で多く交わされていた。主な点は以下の通り。
 ・七年以上の長期凍結運転はかつてない。このような長年
 月ではその間に、凍結管と溶接継ぎ手の腐食/劣化の発生は
 必然で、運転中に何度も、高線量域での人力による凍結管再

・通常〇・七〇・八mの凍結管間隔が、1Fでは山側で1m、海側は1・2mと広い。凍結効率は距離の二乗に反比例するから、1Fの凍土壁はもともと凍りにくい。しかも建屋直近は中粒砂層開削後の埋戻し土で瓦礫が混じり、地中埋設管も多い。これを貫き下部の泥質層と被圧互層、堆積砂岩層も貫く三〇mに及ぶ叩き込み式削孔では、凍結管の鉛直精度は期待できない。地表では正確に1m間隔でも、地中、地底の凍結管間隔はバラバラと考えたほうがよい。凍土円柱が隣の円柱と上から下まで一様に接して壁ができるなどは、作図上の空論である。

・地中埋設管が凍土壁山側で七六か所、海側で九〇か所以上ある。凍土壁がこの埋設管を跨ぐときは、埋設管径二mでも凍結管間隔は最大四m程度まで広がり、凍結管を複列にしても、埋設管上下部の地盤の凍結は難しい。しかも事故後四年以上経過して管内に水を抱えていれば、それは周囲の地中温度と同じ一四〇〜一八〇℃の熱源になり、管内の水は凍らない。埋設管に外接する土も凍りにくい。貫通施工の凍結管でも同じ。埋設管からの地下水流入を避けるにはモルタル等による管の充填が必要で、その予定はあったと聞くが、実際になされた報告はない。

・凍土壁は海側で外径約五mの海水トレンチを六か所で跨ぐ。このトレンチはもはやモルタル充填されていて、凍結管は貫通できないから、トレンチ下部の延長約三〇mの地盤は遮水

元の自然に戻ってしまいうから、むしろ元に戻す必要のある時にこそ用いるのが凍結工法である。

では1Fでは、何ができていれば元に戻すのか？ 解凍要件をどう考えていたのか。

「基本方針」(二〇一三年九月、次項で詳述)のあと、当時の政府の出す工程表では、二〇一二年までに、①建屋外の地盤地下水位を建屋内の汚染水位より高く保ちながら両者を下げて行き、ついには建屋から高濃度汚染水をすべて抜き取ってしまう(地下水管理と建屋滞留水処理/ドライアップ)、②そして建屋の除染、建屋の壁の貫通部の止水、建屋間ギャップの止水、(トラス室など)原子炉建屋底部の止水、格納容器の補修などが終了する、と記されている。原子炉圧力容器の金属材料による補修までも、著者は政府委員から聞いたことがある。同じ工程表にこの後の凍土壁の運転の記載はないから、①と②が解凍要件で、それが二〇一二年までに達成できると考えていたことは、疑う余地がない。つまり1F建屋群を3・11前の状態に直しておけば、凍土壁はもう無くなってよいとしていた。

しかし、解凍要件①や②が、将来はともかく今の技術で、二〇一二年までの七年(今や五年)内に達成できるなどは、責任ある技術者に言えることではない。凍土壁が仮設構造物であるが故に、このような要件の早期達成が求められる。これが恒久的遮水壁であれば、たとえ①や②がデブリ取出しなど

されず、最初から凍土壁の欠損部となる。

以上のような懸念にもかかわらず、汚染水委は設立の二か月後、二〇一三年五月三〇日に以下の理由により、最良の遮水壁として凍土壁を選択する。

- ・遮水能力が高く、地下水の流入抑制効果が高いこと、
- ・施工期間の短さ、施工性の高さから、遮水壁が囲い込む範囲を狭くできること、
- ・このため、取り扱う地下水の量が少なく、地下水位管理が比較的容易であること

この内容は一週間後、二〇一三年六月五日に原子力規制庁に報告されたが、そこには「地下水流入抑制のため、東京電力が取り組んでいる地下水バイパス、建屋近傍のサブドレーンによる水位管理等の対策が十分に機能しない事態に備えるため、凍土方式によるプラント全体を取り囲む陸側遮水壁を設置すべき」と書かれている。凍土壁は最後の砦とされていた。しかし後に述べるように、太字で示した理由はすべて誤りである。

2-3 なぜ凍土壁か？ その2(仮設性と解凍要件)

凍土壁はいつか融けて無くなる仮設構造物だが、凍土壁は仮設だから問題ありとする議論は、凍土壁選択時から今に至るも、どの資料にも見当たらない。政府のすべての委員会は、凍土壁が仮設であることに全く言及していない。これは東京電力も同じであるが、融けて無くなる、つまり否定なく必ず

将来の廃炉工程で必要になるとしても、十分な技術の成熟まで待つことができる。この点は4節で述べる。

2-4 政府の「基本方針」

汚染水委の提言を受けて二〇一三年九月三日、解凍要件も含め、凍土壁の建設が汚染水問題に関する基本方針(以下、「基本方針」)に書き込まれることになった。「国が前面に出る」として国の原子力対策本部が決定した方針である。

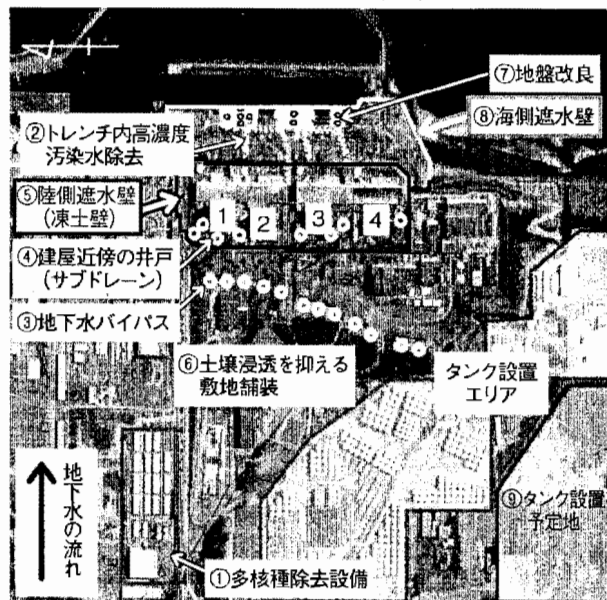
方針1 汚染源を取り除く

- ・多核種除去設備等による汚染水浄化
- ・海水トレンチ内の汚染水除去(↓二〇一五年中に建屋内に移送された)
- ・原子炉建屋等の地下に滞留する汚染水の除去(解凍要件に当たる、滞留汚染水除去は方針1の最終目標に書き込まれているので、ここに記している)

方針2 汚染源に水を近づけない

- ・地下水バイパスによる建屋上流での地下水汲み上げ(↓二〇一四年から海洋排出)
- ・サブドレーンによる地下水汲み上げと地下水位管理(↓二〇一五年から開始)
- ・凍土方式の陸側遮水壁の設置(↓二〇一五年山側三辺については凍結管と测温管の設置は完了、海側一辺は凍結管削孔を完了、規制委の水位管理の認可をまつて二〇一六年初頭から山側三辺の凍結開始予定)
- ・雨水の土壌浸透を抑える敷地舗装(↓順次施工中)

図2 1Fの汚染水対策の概略



(2015年8月の東京電力資料から)

方針3 汚染水を漏らさない

- ・水ガラス注入による地盤改良
 - ・汚染水の海洋流出を防ぐ鋼矢板式の海側護岸部遮水壁の設置(二〇一五年一〇月に閉合完了、しかしその後水位上昇により、天端で一五cmほど海側へ傾斜)
 - ・地上タンクの増設(二〇〇〇基を超えた)
- 以上の内容は、わかりやすく図2に示した。

観測値が〇℃を下回らなかったことである。凍結管間隔は一mであるから、五〇cm離れて〇℃なら凍土柱の閉合に十分とするのは、全く余裕をみない誤った工学的判断である。しかも〇℃の土は遮水材料ではない。総延長一・五kmもの閉合は、地下水流速の上昇を考えると閉合の目前になって、閉合が困難になる可能性が高いことは、すでに述べた。だから仮に一・五kmの最初の六〇m程度が閉合したとしても、最後の閉合確認にはならない。しかしその最初の六〇mが閉合しなかったのである。これを受けて二〇一五年七月二十九日の汚染水委には、同事務局から、試験凍結の目的について「ブライン(冷媒)が想定通りに送られているか、設置した測温計により地中温度が測定されているか、などシステム全体が想定通り稼働するかを確認することを目的としており、試験凍結箇所での閉合確認を実施するものではない」とする驚くべき見解が出された。

その後、二〇一五年一〇月の第三七回特定原子力施設監視・評価検討会(原子力規制委員会内にある、以下、検討会)は、試験凍結箇所の六月一日時点と八月一三日時点の測定温度の対比を示し、三カ月を経過しなお温度低下が継続しているとして、凍土壁は有効との見方を支持した。検討会委員の一人は、八月一三日時点であってもなお凍結管から少し離れた地点では上述七月末と同じく、すべてのデータで地山温度(二四〜一八℃)からの温度低下が最大でも一五℃、大半は一〇℃

方針2の地下水位管理と凍土壁の運転、そして方針1の原子炉建屋等の地下に滞留する汚染水の除去とドライアップ及び建屋の止水が「基本方針」の要である。二〇一五年六月の中長期ロードマップの改訂でも、この「基本方針」に変化はない。二〇二〇年内の建屋内滞留水の処理完了(冷却水以外の建屋内の水と汚染水の増加をゼロにする)の目標もそのままである。

迷走を続ける政府の汚染水対策

3-1 試験凍結の評価

凍土壁決定から一年後、二〇一四年六月に凍結管理設のための鉛直削孔が開始され、二〇一五年三月には凍土壁北、南西の山側三辺は凍結管・測温管の建込みがすべて終了し、いつでも凍結運転ができる状況になった。山側三辺の凍結先行を前提に同年四月末から八月末頃まで、三辺内一八か所(総延長約六〇m)で試験凍結が行われ、七月の第一六回汚染水委に、地中温度と凍結管・測温管の距離距離を対比する最初のデータが出された。

データは単純な相関関係を示すのではなく、著しいバラツキを示した。これには土の熱特性の不均質性、非一様な地層構成と地下水流況、鉛直精度不足など、2-2で述べたすべてが関わっている。しかしバラついていてもなお、データが示す確実な事実は、凍結管から八〇cm以上離れると、約三か月凍結運転が継続した七月二二日時点においても、すべての

以下に止まっているから、確実な凍結に至る見通しはまだ立っていないのではないかと指摘した。しかし原子力規制委員会の検討会担当委員は、「二〇一四年の小規模実証試験で凍土壁が凍結(実行可能)であることは確認済み」との見解に与し、この指摘を事実上退けた。では、この小規模実証試験とは何だったのか?

現地の凍土壁の着工に先立って、二〇一三年末から一四年春に一〇m四方、深さ三〇mの小規模な凍土壁実証試験が1Fのさらに山側で行われた。地中埋設管を間に挟むことを想定した複列凍結管の設置実験もなされた。わずか六〇mほどの凍結管設置に半年以上を費やす丁寧な緩速施工であり、同じ半年間に一〇〇〇本以上も急速に建て込んだ現地の施工精度よりはるかに優れるはずである。しかも一〇m四方では土性も地層もほぼ均質である。しかし地中温度と地下水位が測定されただけで開削による壁実現の目視はなかった。

一年半後の二〇一五年九月に地盤工学会と土木学会で小規模実証試験に関する連続の学会発表があった。それを見れば、ポンプの汲み上げで壁内水位を下げても、ポンプの運転を停止すれば壁内水位は直ちに回復上昇を始めていた。壁ができて前に汲み上げたのか、壁が不十分か、底でも抜けていたのか、何の考察もない。複列凍結管の中間に実際の埋設管はなく、複列でも四m(測温管・凍結管二m)離れると地盤の凍結はまったく難しいとする正直な記述もある。小規模短期の実

証試験は、現地が大規模で長期だからこそ抱える問題の多くに、何も答えていなかった。

3-2 解凍要件に関する汚染水委の議論

二〇一五年七月の政府の汚染水委は、二〇二〇年までに達成予定の、建屋滞留水処理の課題もまとめている。滞留水の移送と移送後も建屋底部に残留する汚染水への対応、滞留水表面の油による水処理設備の性能低下、水位低下に伴う建物や機器の露出に伴うダスト上昇(注・多核種が「air borne」/水中伝播から「air borne」/気中拡散へ移行すること)、屋根の止水による雨水の流入抑制、建屋止水による地下水流入抑制、がそれである。そしてタービン建屋の底に溜まった高濃度汚染水の汲み上げポンプ設置に人が立ち入る想像図まで出し、「作業エリアでの線量低減と作業被曝の評価」にも触れている。しかしこれらの実現については「技術の成立性を検討」すると書かれているだけで、その技術を、誰が責任を負い、いつまでに開発するのか、具体は何も述べず他人事のようにしている。

3-3 改訂中長期ロードマップに見る対策の進捗遅れ

政府は原子力損害賠償・廃炉等支援機構の技術戦略プラン(二〇一五年四月)に基づいて、二〇一五年六月に中長期ロードマップの第三回改訂を行ったが、「基本方針」にも、二〇二〇年内の建屋内滞留水の処理完了の目標にも、変化がないことはすでに述べた。これに続けて改訂ロードマップは、直近の目標工程も挙げている。二〇一五年度内の凍結開始凍結閉合

「高濃度汚染水の大量漏出」について言えば、建屋東の海側の敷地、いわゆる「汚染エリア」から汲み上げた大量の汚染水は、今は建屋内へ移送していて、汚染水増加は減るどころか、逆に増えている。検討会は、これが直接建屋から来たものか、モルタル充填前後の大口径海水トレンチから来たものかなど、その起源を不明にしたままであるが、「大量漏出」はすでに以前から起こっていたのではないか。

恒久的遮水壁の構築が急務

4-1 「基本方針」の誤りと、恒久的遮水壁

「基本方針」の誤りは、凍土壁の選択にある。凍土壁は、いつかは融けて無くなってしまふ。だから凍土壁の考えは、自ずと汚染水と汚染水処理工程をもとの建屋内に閉じ込める考えに繋がってしまう。建屋のドライアップや止水が早期に必要なようになってくるのはこのためである。しかしそれらもはや不可能とすれば、凍土壁と「基本方針」は論理上破綻したことになる。実績豊富の既存技術を用いて、実現可能な恒久的遮水壁を構築する。汚染水と汚染水処理工程は、建屋内でなくこの恒久的遮水壁の中に閉じ込める。これが基本方針に書かれていなければならなかった。

もし関係者が「凍土壁と地下水管理が不十分で、地下水流入と汚染水増加がこれから長く一〇〇程度にしか抑制されないとしても、一日三〇〇トン以上の処理実績があるAL

の完了、サブドレインによる水位管理もあわせ、二〇一六年度内に建屋流入量を一〇〇まで抑制するとし、滞留水処理の完了については、「建屋壁面の貫通部は多数あり、貫通部の完全な止水は困難」としながらも、二〇一五年度内に建屋内水位の引き下げを開始し、種々の建屋内作業を挙げたのち、二〇二〇年内の建屋内滞留水の処理完了は堅持するとしている。上記の太字で示すように、汚染水対策の進捗遅れや後退を認めているものの、政府はいまだ「基本方針」の変更は言わない。

3-4 検討会の監視・評価の現状

サブドレインによる地下水管理ができるなら、凍土壁は本当に必要なかとする意見が、二〇一五年二月頃から検討会で出始め、一二月の第三八回検討会に至っても様子は同じである。検討会はこの一二月時点でもまだ凍土壁の運転開始を認めていないが、その理由はサブドレインによる地下水汲み上げによって地下水水位を低下させると、凍土壁完成後は、凍土壁のないときに比べ汲み出し対象の水量は減るから、地下水水位低下もより急速、敏感になる。そのため汲み上げ操作を誤り、地下水水位を建屋内の汚染水水位より下げ過ぎてしまうと、高濃度汚染水の建屋からの大量の漏出が懸念されるというものである。検討会は、「基本方針」に書かれた「凍土壁+地下水管理」方策に信頼を置けないまま、今さら凍土壁不要とも言えず、迷走しているのではないか。

PS(多核種除去設備)での一〇〇トンの処理は容易で、希釈・海洋投棄を続けていけば、汚染水問題は「いずれ解決に向かう」と考えているなら、それは国民に、どこまでも続く泥濘の道を歩めと言うに等しい。

恒久的遮水壁がなぜ必要か、それは以下の諸点から明らかである。

①恒久的遮水壁によって、一号機から四号機までのすべての汚染源は地下水流の場から完全に遮断される。遮水壁内への地下水流入はなくなり、壁外への汚染源、汚染水漏洩もなくなる。建屋内外の水位管理は不要となり、建屋の止水も不要になる。近い将来に必要とされた水位管理と建屋止水の被曝労働は、全面的に回避できる。

②恒久的遮水壁は、一度完成すれば後の維持管理が不要の、パッシブで信頼性の高い遮水構造物である。「凍土壁と地下水管理」は、動力運転と、劣悪な環境での人力作業を伴う監視と制御が続く、微妙な信頼性の低いアクティブ遮水操作である。操作ではなく構造物が必要である。

③汚染水の発生は循環冷却水のみが対象となり、汚染水の増加はなくなるので、多核種除去設備等による汚染水浄化負荷を大きく軽減することができる。

④恒久的遮水壁の構築は、放射性物質を閉じ込める「第五の壁」を原子炉建屋でなく、その外側の恒久的遮水壁に移して復活させることである。これは将来の燃料デブリ処理と廃

炉工程での方法の選択肢を拡げると期待できる。凍土壁は第五の壁の復活ではない。

4-2 潜在する将来の危険と遮水壁の任務

使用済み燃料やデブリには、ウラン、ネプツニウム、プルトニウム、アメリカシウム、キュリウムなど、毒性が高いα核種を極めて多く含んでいる。α核種から出るα線が紙一枚で防げるのは事実だが、α核種が危険なことに「紙一枚」とは、何の関係もない。

プルトニウムの放射能毒性(ベクレル当たりの人体への毒性)は、原子炉運転で主要な管理対象核種であるコバルト60の三三〇〇倍、悪名高いポロニウム210の四〇倍で、致死量は胃酸カリの数百万分の一とも言われる。このような超微量の検出は不可能で、しかも一度体内に取り込まれると代謝による排出は著しく緩慢である。つまり内部被曝の証拠も見えず、後日の健康障害との因果関係の証明も難しい。

しかし二〇一五年改訂ロードマップでも、格納容器の補修と水張りを前提に、溶融燃料デブリを水中で切削/粉砕して回収するとしている。そのような操作を行えば、水質は一気に悪化し、一気に大量のα核種が水中に溶出して汚染水処理系に流れて行く。処理装置はα核種で汚染し、作業者はα核種の内部被曝のリスクに曝され、穴だらけの建屋から外部への汚染物質の放出リスクも高まる。ロードマップはなぜこれを言わないのか？

ロードマップは、デブリ回収の開始は二〇二一年内とも言う。しかしこれは以下と対比して、著者にはもはや理解できない。

原子力損害賠償・廃炉等支援機構の技術戦略プラン(二〇一五年四月)は、「福島第一原子力発電所の事故は、その規模、深刻さにおいて世界に類を見ないものであり、その廃炉の対応技術は、我が国において蓄積されてきた軽水炉の建設・運転・補修・廃炉の知見の域を大きく超える」と述べている。

その前月には東京電力要人が、外国紙「The Times of London」で、要約「事故を起こした三つの原子炉の廃炉について、それに必要な技術は、今は全くないし、そのような技術がいつ頃どのように開発されるのか、自分は知らない。二〇〇年かかるかもしれない」と語っている。

恒久的遮水壁には、完璧な遮水性以外に、いつどのような地震や津波が来てもすべてを守り抜く、超長期に亘る堅牢性も求められている。しかし廃炉はともかく、このくらいの壁であるなら、現在の日本の土木技術で、すぐにも実現可能のはずである。今はこのような壁にすべての事故現場を閉じ込めておくことが重要で、そうすれば1Fの廃炉は、安心して未来世代との協働事業に俟つことができる。恒久的遮水壁の実現に向けて、すべての既存技術を結集した検討が、すぐにも開始されなければならない。

汚染水問題を考える2

1F汚染水問題からの教訓 再稼働への警鐘

さとう・さとし 原子力コンサルタント。
一九八四～二〇〇二年、GE原子力事業部に勤務し、建設、改造、検査、補修のプロジェクト(大小一〇〇件以上)に従事。二〇〇三年から現在、コンサルタントとして海外の新技術、最新情報を提供。

佐藤 暁

情報を提供。

前稿が幾つかの点から具体的に指摘しているように、福島第一(原子力発電所)で起っている汚染水問題は、今も継続中である。すでに確立された確実な工法で臨むべきだったと浅岡氏が論ずる間、浜岡原子力発電所の建屋群と海の間には、太さ数cmの鉄筋がぎっしりと入ったコンクリート製の防波堤が、長さ一・六kmにわたって完成している。地上一五mほどの高さ(海拔三三m)でそびえ立つが、岩盤に深く食い込んだその基礎部の最も深いところは、地下三〇mもある。確信のないことを試行錯誤しながら進めるよりも、初めからより確実な方法を選択して一気に進めた方が、予算も工程も計画通りに遂行できるということなのであろう。

さて、福島第一で起っている汚染水問題は、福島第一だけの問題なのだろうか？ まるで、当然そうであるかのように、この問題は再稼働の審査対象から除外され、原子力発電事業者は、この問題を教訓とした安全対策を一切講じていない。

そのことが意味することはこうである。

事業者の過酷事故対策が遅く功を奏し、大量の放射性物質を大気中に放出しないで済んだとしても、建屋の中はグチャグチャの状態になっている。毎日数百トン、場所によってその数倍の地下水が建屋内に流入し、汚染水が作られる。建屋の地階は深さ数m、場所によっては二〇mもの深さに水没している。そして、多くの原子力発電所の場合、以下の理由により、事態は福島第一よりもさらに悪くなるおそれがある。

- 敷地に余裕がなく、汚染水処理施設やタンクを配置する余分なスペースがない。
- 福島第一にあった「共用プール建屋」のような暫定的な貯水設備がない。

- 東京電力ほどの人材、資金力がなく、緊急に大量の必要資機材を調達することが困難。

結果、より大量の放射性物質が、汚染水として海に流出す