

高浜4号で4本もの蒸気発生器細管が損傷 細管の厚み0.5mmとなる深い減肉 地震や15ヶ月連続運転では、細管は破断の危険も

事故の再発容認、運転優先の対応が引き起こした8回連続の事故

高浜3号も運転を直ちに停止せよ 3・4号とも廃炉にせよ

2024. 2. 4 美浜の会

1. 高浜原発で8回連続のSG細管損傷
2. 初めて上部の第6管支持板で、しかも高温側で減肉
3. 薬品洗浄しても効果がないばかりか、より深い減肉が起こった
4. 「以前から生じているもので問題は感じていない」（山中規制委員長）事故を軽視
5. 減肉した細管は地震に耐えられるのか。安全余裕はギリギリ
6. 地震動評価で「ばらつき」を考慮すれば、減肉細管にかかる応力は許容値を超える可能性
地震や15ヶ月連続運転になれば一層危険
7. 高浜3・4号は40年超え運転を断念し、廃炉にせよ

1. 高浜原発で8回連続のSG細管損傷

関西電力は1月22日、定期検査中（昨年12月16日～）の高浜原発4号で、蒸気発生器（SG）細管（伝熱管）4本が損傷していると公表した（図1の㉞～㉠の位置）。全て外面からの減肉とみられるとしている。高浜4号で4回連続、高浜3・4号で8回連続の外面減肉事故だ（表1）。減肉は深く、細管の肉厚約1.3mmの最大61%（1/23福井新聞）にも達し、その箇所は残り肉厚が約0.5mmしかない状態になっている。閉電は、今回の原因もスケール※¹による摩耗減肉であると推定し、調査するとしている。

閉電はこれまで7回の事故も摩耗減肉であるとしてきた。3回目の事故まではその原因物質を「異物」とし、4回目よりスケールに変えた。しかし、原因物質を特定しないなど、いずれも原因究明と対策をまともに行わないまま運転再開し続けてきた。このため、連続して深い減肉が起こり続けている。運転中の高浜3号も新たな減肉が生じている可能性が極めて高い。直ちに3号の運転も止めるべきだ。

※1 2次系配管等に含まれる鉄の微粒子等が細管表面に付着したもの。また、それが板状に剥離したもの。

2. 初めて上部の第6管支持板で、しかも高温側で減肉

今回の減肉は、3台あるSGのうち、A-SG、C-SGの2台の各2本で起きた。大きな特徴は、初めて細管上部の第6管支持板付近で、しかもA、Cの複数のSGで起こったことだ（次頁表1参照 図1の㉞㉠）。さらに、高温側で起こったことだ（図1の㉞）。

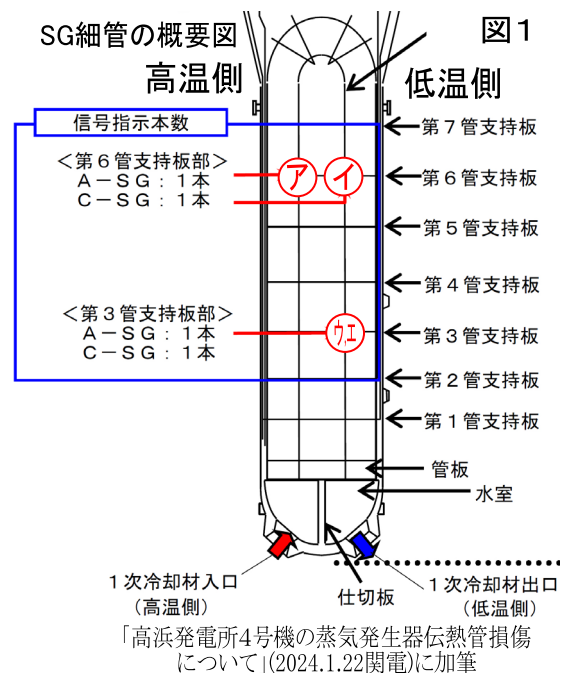


表1 8回連続の高浜3・4号SG細管の外面減肉損傷事故

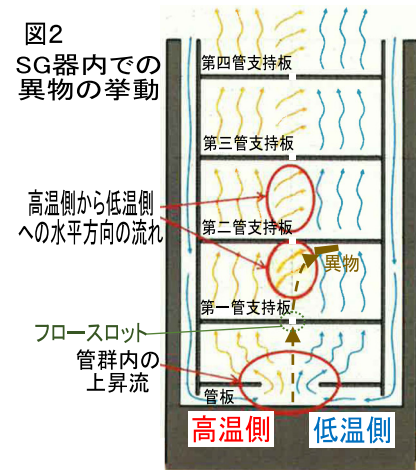
事故回数	発表日	号機	定検回数	外面減肉箇所数	最大減肉率(%)	各管支持板における外面減肉箇所数 (高=高温側、低=低温側)							
						第2		第3		第4		第6	
						高	低	高	低	高	低	高	低
1	2018.9.12	3	23	1	20未滿				1				
2	2019.10.17	4	22	5	63		2		3				
3	2020.2.18	3	24	3	56				3				
4	2020.11.20	4	23	4	36				4				
5	2022.3.30	3	25	3	57	1			1		1		
6	2022.7.8	4	24	12	49				6		6		
7	2023.10.17	3	26	1	63	1							
8	2024.1.22	4	25	4	61				2			1	1

関電はこれまで、上部や高温側では減肉損傷は起きないと説明してきたが、それが事実で覆された。「異物」原因説に立っていた2回目の事故の最終報告書では次のように説明していた。「異物」は給水管よりSGの管板(SGの最下層)に入り込み、図2のように「そ

の後は管群内の上昇流に乗って・・・各管支持板フローロット部を通過し、減肉箇所へ到達したものと考えられる。第1管支持板より上方では、管群の高温側と低温側の圧力損失差から、高温側から低温側への水平方向流があることから、第2管支持板以上の領域では水平方向流が顕著であるため、異物は第3管支持板より上方には上昇できない(2回目の事故の最終報告書(19.12.23)p.91)。つまり、「異物」は第3管支持板より上に行くのは不可能と言ってきたのだ。

スケール原因説に立ってからは、細管を減肉させ得るほど稠密な(高密度で堅い)スケールは、細管の下部で生成され、上部のスケールは粗密(低密度で脆(もろ)い)としている(図3)。

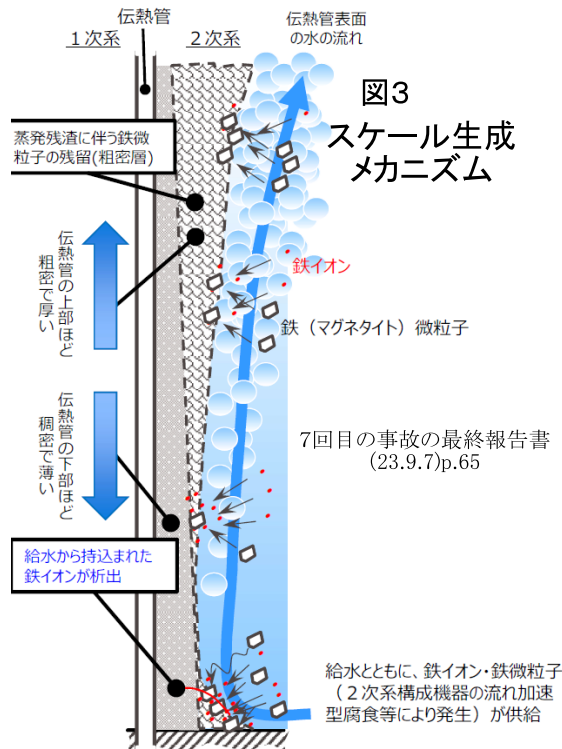
図2 SG器内での異物の挙動



ところが、5回目の事故

(2022.3.30)より第4管支持板付近でも減肉が起こるようになった。このため、関電は「フローロット部を通過し、第4管支持板の低温側下面に至る可能性はある(6回目の事故の最終報告書(22.8.23)p157)と、第3管支持板より上に行くのは不可能としていた見解を根拠もなく覆した。

今回はさらに二つ上の第6管支持板付近で減肉が起こった。しかも高温側だ。図2のように低温側に流れると説明してきたことと矛盾する。これまでの7回の事故における計29か所の減肉で、高温側で起こったのは、水平方向流が顕著でない第2管支持板下で起こった2か所だけだ。それ以外の27か所は全て低温側で起こってきた(表1)。



このように、第6管支持板付近の減肉、しかも高温側での減肉という今回の事態は、これまでの関電の報告では全く説明できない。

3. 薬品洗浄しても効果がないばかりか、より深い減肉が起こった

関電は減肉対策として薬品洗浄を実施してきたが、その効果はない。関電は4回目の事故以降、スケール原因説に立ち、堅いスケールを脆くするためとし、4号について4、6回目の事故後にそれぞれSG器内の薬品洗浄（以下、それぞれ薬品洗浄Ⅰ、Ⅱとする）を行った。ところが、減肉した細管の数は4回目の事故で4本だったのが、薬品洗浄Ⅰ後の6回目の事故で12本に増えた。さらに、薬品洗浄Ⅱ後に発生した今回の事故でも、4回目の事故と同数の4本が減肉し、しかも減肉率は最大61%と4、6回目の事故より深い減肉が起こった。3号についても、2回の薬品洗浄後の7回目の事故で、これまでで最も深い約63%の減肉が起こった。

関電は4回目の事故以降、事故調査の際にSG器内から複数のスケールを採取し、堅さを調べている。その結果では、3、4号とも薬品洗浄後の方が堅いスケールの数は減っている。4号では薬品洗浄Ⅰ前後で、細管を減肉させられるほど堅いスケールは32%（22個中7個）から4%（23個中1個）に減っている。3号でも2回目の薬品洗浄前後で堅い（稠密層0.1mm以上の）スケールは50%（50個中25個）から2%（60個中1個）に減っている。薬品洗浄により堅いスケールは減っているにもかかわらず、3、4号とも改善しないばかりか、より深い減肉が起こっているのだ。本当に堅いスケールが原因なのかが問われる。原因究明を一からやり直すべきだ。

4. 「以前から生じているもので問題は感じていない」（山中規制委員長）事故を軽視

今回は、これまでにない箇所が減肉が起こり、さらに、対策として薬品洗浄を2回行って、逆に、より深い減肉が起こっている。堅いスケールが原因なのか改めて問われる事故が起きた。ところが、1月24日の原子力規制委員会の会議で規制庁は、原因がスケールであれば、既に評価済みの事象として、最も軽い扱いの「対応方針C」で処理すると述べるだけだった。委員からは何も意見は出なかった。その後の定例会見で山中委員長は「以前から生じているスケールによるものですので、継続的に見ていけば、特段問題は感じておりません」と平然と言い放った。安全無視も甚だしい。

5. 減肉した細管は地震に耐えられるのか。安全余裕はギリギリ

規制委が減肉を容認するのは、減肉が細管を貫通することはないとし、安全は保たれると決めつけているからだ。しかし、関電の評価でも、基準地震動に対する減肉した細管の安全余裕はほとんどない。

関電は、2、7回目の事故の最終報告書で、これまでの最大減肉率約63%の場合における、基準地震動（最大加速度700ガル）に対する細管の耐震性を評価している^{*2}。この時、一次一般膜応力は、許容値334MPaに対し、発生応力は267MPaとなり、裕度は1.2でほとんど安全余裕はない。さらに、4回目の事故の最終報告書では、1サイクルで最大約66%の減肉が起こることを想定し、同様の耐震性評価をしている。この時は、発生応力は292MPa、裕度は1.1となり、さらに安全余裕は小さくなる（表2）。関電は「耐震上問題ないことを確認した」（4回目の事故の最終報告書（21.2.19）p.135）としているが、安全余裕がギリギリである。

表2 <耐震評価結果> 減肉率約66%の時

応力分類	発生応力 および疲労累積係数	許容値	裕度
一次一般膜応力	292 MPa	334 MPa	1.1
膜応力+曲想応力	296 MPa	430 MPa	1.4
一次+二次応力	221 MPa	492 MPa	2.2
疲労累積係数	0.05	1	—

4回目の事故の最終報告書(21.2.19)135頁より

新規制基準では、「使用中のクラス1機器・・・には、その破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥があつてはならない」（技術基準規則 18 条）と定められている。この条項に適合していないとの判断により、この間の外面減肉事故は、原子炉等規制法 62 条の3に基づき「法令報告事象」として取り扱われている。従って、深い減肉が起こること、それにより安全余裕がギリギリの状態になることが分かっている状態で運転することは許されない。

※2 既工認の基準地震動 S_s による地震力および伝熱管全長モデルから、伝熱管直管部（管支持板部）に作用する力（部材力）を算出。保守的に一様外面減肉と仮定し、伝熱管の断面積を減じた上で部材力から発生応力及び疲労累積係数を算出し、許容値に対する裕度を確認（2 回目の事故の最終報告書（19.12.23）p.131）

6. 地震動評価で「ばらつき」を考慮すれば、減肉細管にかかる応力は許容値を超える可能性地震や 15 ヶ月連続運転になれば一層危険

さらに、現行の基準地震動が過小評価されている問題がある。高浜原発では基準地震動を評価する際、地震規模として、経験式（松田式）で求めた値をそのまま使用している。しかし、経験式は過去の地震のデータの平均値であり、データのばらつきを考慮しなければ、地震規模は過小評価となる。ばらつきとして標準偏差（ 1σ ）を考慮すれば、現行の基準地震動の最大加速度 700 ガルは約 1.57 倍の約 1,100 ガルに跳ね上がる^{※3}。約 63～66%減肉した細管に働く一次一般膜応力（現行 267～292MPa）も許容値 334MPa を超えるのではないかと。高浜 3 号の運転も直ちに停止し、3・4 号の基準地震動評価、耐震性評価をやり直すべきだ。

また、関電は 1 サイクルの運転期間を現行の最長 13 ヶ月から同 15 ヶ月に延ばすことを検討している。関電は 1 サイクルでの最大減肉率を約 66%としているが、運転期間を延ばせば、さらに深く減肉することになる。そうなれば現行の基準地震動でも、減肉した細管にかかる一次一般膜応力は許容値を超えることになるのではないかと。15 ヶ月連続運転は事故の危険を一層高める。15 ヶ月連続運転を許してはならない。

減肉が細管を貫通すれば、約 320℃・約 157 気圧の 1 次系の水が 2 次系に噴出することにより原子炉容器の核燃料が露出し、炉心溶融が起こる危険がある。

※3 高浜原発に関する「ばらつき」の影響 基準地震動（ S_s-1 ）は現行 700 ガルが約 1,100 ガルに跳ね上がる 2021.1.5 美浜の会

https://www.jca.apc.org/mihama/saikado/takahama_baratuki20210105.pdf

7. 高浜 3・4 号は 40 年超え運転を断念し、廃炉にせよ

関電は、高浜 3・4 号の SG 細管が外面減肉事故、応力腐食割れ事故を起こし続けているため、両基の 40 年超え運転に向け、それぞれ 2026 年 6 月、10 月に SG を取り替える計画を出している。しかし、それまでは今の SG を使い続けようとしている。必ず減肉を起こし、地震により損壊する恐れのある細管を使うことは断じて許されない。

両基は細管損傷事故だけでなく、この間、多数の事故を起こし続けている。4 号は制御棒落下事故（23.1.30）、加圧器逃し弁損傷事故（22.10.21）等。3 号は SG 水位計事故（23.4.25）、原子炉水位計事故（22.7.12）等々。3 号は、2022 年 7 月からの 1 年間に重大事故等対処設備の事故（運転上の制限からの逸脱）が 4 件となった。これを受け、規制委は昨年 8 月、3 号の原子力規制検査の対応区分を、通常の第 1 区分から、自律的な改善が見込めないため、規制庁による追加検査が必要となる第 2 区分に変更した。事故を頻発させ、まともな原因究明と対策を行わず、運転を優先させる関電に 40 年超え運転などさせてはならない。高浜 3・4 号は廃炉にすべきだ。