

柏崎刈羽原子力発電所における配管肉厚管理状況について(概要)

1. はじめに

これまで当所では、給水・復水系・抽気系等の配管に減肉が生じるとの知見をもとに、建設当時より材料面及び水質面での対策を行ってまいりましたが、平成 16 年 8 月 9 日に発生した関西電力(株)美浜発電所 3 号機の配管減肉損傷事象に鑑み、地元自治体からの要請を受け、これまで行ってきた配管肉厚の管理状況について総整理を行いました。

今般、その管理状況について報告するとともに、今後の対応について検討いたしましたのであわせて報告いたします。

2. 配管肉厚管理状況の調査

当所において、配管の材質、環境条件等から減肉の可能性がある部位が点検対象箇所として抽出され、点検計画に漏れがなく、配管肉厚管理が適切に実施されていること(必要肉厚が確保されていることの確認)について、対象箇所、管理フロー、点検方法、実施体制、点検状況、減肉状況等の観点から調査を行いました。

各プラントにおける点検対象箇所数

号機	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機	合計
点検対象 箇所数	炭素鋼 2,758	炭素鋼 3,047	炭素鋼 2,667	炭素鋼 1,986	炭素鋼 2,596	炭素鋼 2,957	炭素鋼 3,257	炭素鋼 19,268
	低合金鋼 1,233	低合金鋼 1,558	低合金鋼 1,286	低合金鋼 1,178	低合金鋼 1,545	低合金鋼 2,732	低合金鋼 3,035	低合金鋼 12,567

3. 調査結果及び評価

これまでの肉厚管理状況を確認した結果、当社配管減肉管理指針に基づき肉厚管理すべきとして選定された部位に管理箇所上の抜けはありませんでした。

蒸気漏えいに伴い停止した 1 号機において、原因調査を行った結果、液滴による浸食事象により、貫通孔が生じたものと評価しました。本事象に鑑み代表部位の選定、点検頻度及び点検方法の見直しを行い当社配管減肉管理指針に反映することとしました。

(1) 配管肉厚に係わる管理対象箇所

実績あり : 選定された箇所のうち、点検実施済みの箇所数

点検予定 : 選定された箇所のうち、点検未実施の箇所数

比較評価対象 : 選定された箇所にて減肉状況を代表確認している箇所数

1: 4号機第8回点検後の状況を示す。

2: 6号機第6回点検後の状況を示す。

3: 1号機蒸気漏えいに伴うプラント停止後の状況を示す。

炭素鋼

号機	B				C				D				合計
	点検対象		比較評価 対象	小計	点検対象		比較評価 対象	小計	点検対象		比較評価 対象	小計	
	実績あり	点検予定			実績あり	点検予定			実績あり	点検予定			
1 ³	13	0	0	13	206	19	141	366	244	194	1,941	2,379	2,758
2	9	0	0	9	193	134	159	486	88	303	2,161	2,552	3,047
3	0	0	0	0	71	64	103	238	74	324	2,031	2,429	2,667
4 ¹	0	0	0	0	212	549	1,225	1,986	0	0	0	0	1,986
5	0	0	0	0	139	932	1,525	2,596	0	0	0	0	2,596
6 ²	0	0	0	0	91	541	2,264	2,896	0	0	61	61	2,957
7	0	0	0	0	65	8	244	317	43	99	2,798	2,940	3,257
合計	22	0	0	22	977	2,247	5,661	8,885	449	920	8,992	10,361	19,268

低合金鋼

号機	B				C				D				合計
	点検対象		比較評価 対象	小計	点検対象		比較評価 対象	小計	点検対象		比較評価 対象	小計	
	実績あり	点検予定			実績あり	点検予定			実績あり	点検予定			
1 ³	0	0	0	0	276	102	120	498	164	135	436	735	1,233
2	0	0	0	0	274	180	318	772	56	61	669	786	1,558
3	0	0	0	0	139	223	211	573	26	63	624	713	1,286
4 ¹	0	0	0	0	237	282	313	832	107	102	137	346	1,178
5	0	0	0	0	179	451	513	1,143	28	222	152	402	1,545
6 ²	0	0	0	0	266	687	1,405	2,358	46	162	166	374	2,732
7	0	0	0	0	341	44	516	901	48	98	1,988	2,134	3,035
合計	0	0	0	0	1,712	1,969	3,396	7,077	475	843	4,172	5,490	12,567

(2) プラント毎の最大減肉率

炭素鋼

号機	系統	口径 (mm)	公称肉厚 (mm)	必要肉厚 (mm)	測定肉厚 (mm)	減肉率 (mm/年)
1	主蒸気系	114.3	6.0	3.40	5.4	0.23
2	復水系	267.4	9.3	3.80	6.2	0.71
3	給水系	762.0	47.6	30.82	44.6	0.38
4	復水系	609.6	24.6	17.10	24.3	0.48
5	給水系	318.5	25.4	18.20	24.5	0.26
6	復水系	762.0	17.4	10.15	16.3	0.49
7	復水系	48.6	7.1	2.20	7.2	0.04

注: 本表は、過去に 2 回以上肉厚測定を行った部位のうち、減肉率が最も大きいものをリスト化した。肉厚の測定精度が ±0.3mm であり、現実の測定肉厚が十分厚さを保っていることから、継続的な減肉が生じているものではないと評価している。

低合金鋼

号機	系統	口径 (mm)	公称肉厚 (mm)	必要肉厚 (mm)	測定肉厚 (mm)	減肉率 (mm/年)
1	抽気系	762.0	9.5	1.56	12.3	0.54
2	抽気系	216.3	18.2	8.77	18.5	0.69
3	主蒸気系	89.1	7.6	1.80	8.3	0.36
4	抽気系	406.4	12.7	5.21	14.2	0.77
5	復水系	812.8	9.5	2.05	10.9	0.31
6	ヒーターベント系	165.2	12.7	6.69	11.2	0.31
7	ヒータードレン系	457.2	12.7	4.55	13.3	0.45

注: 本表は、過去に 2 回以上肉厚測定を行った部位のうち、減肉率が最も大きいものをリスト化した。肉厚の測定精度が ±0.3mm であり、現実の測定肉厚が十分厚さを保っていることから、継続的な減肉が生じているものではないと評価している。

4. 4号機第8回定期検査における配管肉厚測定結果

これまで当発電所で実施してきた肉厚管理の妥当性並びに安全上の知見拡充の観点から、第8回定期検査中の4号機を代表プラントとして肉厚測定を実施しました。

調査の結果、有意な減肉は確認されませんでした。余寿命が3年と評価された主蒸気系の配管については、今回の定期検査で取り替えを実施しました。所内蒸気系配管についても追加点検を実施した結果有意な減肉は確認されませんでした。

また、本定期検査中に東北電力女川原子力発電所で確認された減肉事象などを踏まえ、4号機の類似部位についても肉厚測定を実施した結果、有意な減肉は確認されませんでした。

4号機定期検査における配管肉厚測定結果

点検対象		総部位数	系統	部位数	最大減肉量 (mm)	最大減肉率 (mm/年)	最小余寿命 (年) ²	
タービン系配管の点検箇所	<点検計画箇所> 当初より計画していた箇所	複数回測定箇所	主蒸気系	22	3.3	0.77	3 ³	
			給水系	10	1.2	0.55	11	
			復水系	1	0.3	0.29	26	
			ヒータードレン系	12	2.2	0.30	27	
			抽気系	21	2.5	0.77	11	
		初回測定箇所	主蒸気系	39	1.1	0.14	37	
			給水系	25	3.4	0.42	24	
			復水系	2	2.5	0.31	20	
			ヒータードレン系	21	0.7	0.09	62	
			抽気系	44	1.5	0.19	24	
	<追加点検箇所> 妥当性評価及び知見拡充	a. 測定計画があるが未実施箇所	主蒸気系	1	1.2	0.15	69	
			給水系	4	3.5	0.43	18	
			復水系	9	0.8	0.10	63	
			ヒータードレン系	14	0.9	0.12	42	
			ヒーターベント系	1	0.3	0.04	118	
		b. 長期間測定されていない箇所	給水系	5	1.4	0.28	28	
			復水系	4	2.4	0.48	14	
			c. 上記 a. b が代表測定箇所となる比較対象箇所	主蒸気系	1	0.6	0.08	139
				給水系	9	4.4	0.54	10
				復水系	12	1.4	0.18	34
ヒータードレン系	14	0.8	0.10	46				
ヒーターベント系	1	0.5	0.07	81				

1：「a.測定計画があるが未実施箇所」の29箇所と「b.長期間測定されていない箇所」の9箇所の和（38箇所）のうち、比較対象箇所がない部位が1箇所ある
 2：最小余寿命は、全て小数点以下を切り捨てた値である。
 3：第8回定検で取替済み。なお、最小余寿命は3.9年の小数点以下を切り捨て3年と記載。

所内蒸気系配管減肉測定結果

点検対象		総部位数	系統	部位数	最大減肉量 (mm)	最大減肉率 (mm/年)	最小余寿命 (年)
所内蒸気及び戻り系配管	タービン建屋	12	所内蒸気系	8	0.7	0.09	67
			所内蒸気戻り系	4	0.0	0.00	
	原子炉建屋	16	所内蒸気系	11	0.3	0.04	111
			所内蒸気戻り系	5	0.3	0.04	128

女川原子力発電所類似箇所測定結果

点検対象		総部位数	系統	部位数	最大減肉量 (mm)	最大減肉率 (mm/年)	最小余寿命 (年)
女川原子力発電所 1/2号機 類似箇所点検結果	複数回測定箇所	7	ヒーターベント系	7	0.6	0.58	12
	初回測定箇所	1	ヒーターベント系	1	0.0	0.00	

福島第二原子力発電所類似箇所測定結果

点検対象		総部位数	系統	部位数	最大減肉量 (mm)	最大減肉率 (mm/年)	最小余寿命 (年)
福島第二原子力発電所 1号機 類似箇所点検結果	初回測定箇所	2	復水系	2	0.3	0.04	68

5. 1号機蒸気漏えいに伴うプラント停止時の調査

当発電所1号機の主蒸気リード管ドレン配管において蒸気漏えい事象が発生し、プラントを停止しました（停止期間：H17.2.4～H17.3.11）。蒸気漏えい事象の原因調査を行った結果、当該配管のソケットエルボ近傍下流直管部にて配管減肉による貫通孔が生じ、そこから蒸気漏えいが発生したことを確認しました。

配管減肉の原因は、当該配管に流入した凝縮水を含む高圧の湿り蒸気が、配管に設置されているオリフィスを通過し、真空状態の復水器に向かう過程で急激な減圧により、液滴を伴う高速の蒸気流になりソケットエルボの曲り背側付近へ連続的に衝突し、配管内面が減肉したものと推定しました。

配管減肉原因から、同様の事象が懸念される当該配管の他部位及び類似配管・類似部位について放射線や超音波を用いた減肉状況調査を行った結果、

- ・当該配管の類似部位について顕著な減肉を確認し、配管の取替を実施しました。
- ・類似配管・類似部位については早急に配管取替を必要とするような減肉は確認されませんでした。
- ・他発電所における至近の減肉事象の類似配管・類似部位についても放射線や超音波を用いた減肉状況調査を行いました。早急に配管取替を必要とするような減肉は確認されませんでした。

6. 今後の対応

今回の調査の中で過去の点検履歴について総整理していることから、今後はその結果も踏まえ、以下の方針に基づき計画的に点検を実施していくものとします。

(1) 当社3発電所共通指針としての減肉管理指針策定(H16.11策定済、現在改訂中)

日本機械学会において、肉厚管理に関する管理基準の規格化が計画されていることから、本規格の動向にも注意を払い、適切に当所の減肉管理指針に反映していくと共に、当該規格が定められるまでの間においては、暫定措置として国が示した管理方法(平成17年2月18日付 原子力安全・保安院文書 NISA-163a-05-01)を上記指針に反映し、減肉管理を行います。なお、今後同指針を改訂する場合には、改訂内容を自治体に説明することとします。

(2) 上記指針に基づく長期点検計画の策定・維持管理

長期点検計画を策定すると共に、点検結果を踏まえ同計画を適宜見直すこととします。また、顕著な減肉が確認された場合には、余寿命に余裕をもって取替等必要な措置を講ずる管理を行います。

(3) 他発電所を含めた顕著な減肉事象発生部位の点検

減肉事象が報告された場合には、その類似部位を含め、点検計画を立案すると共に、必要に応じ長期点検計画に反映する共に、点検方法や点検頻度の見直しが必要となった場合には減肉管理指針の改訂を行います。

以上