

第 1 4 章 電 気 関 係 系 統 事 故

- 14-1 発電機固定子冷却系故障
- (A) 固定子冷却水断の場合14-1 A
 - (B) 固定子冷却水導電率上昇の場合14-1 B

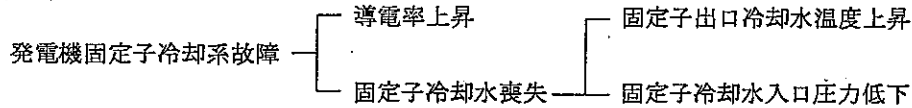


第14章 電気関係系統事故

14-1 発電機固定子冷却系故障

- (A) 固定子冷却水断の場合
- (B) 固定子冷却水導電率上昇の場合

1. 事故概要



固定子冷却系故障の前兆としては、固定子冷却水系故障一括警報の発生、タービン建屋補機冷却系 (TCW) 温度上昇、発電機固定子巻線温度上昇があげられる。TCW温度上昇又は喪失は、固定子冷却水喪失の直接原因ではないが固定子冷却水系の冷却用に使用していることから固定子冷却水出口温度上昇、固定子巻線温度上昇と密接な関係にある。

固定子冷却水喪失、すなわち固定子冷却水入口圧力低下及び固定子冷却水出口温度上昇の場合、発電機固定子巻線保護のためにも発電機出力を低下させる必要がある。警報発生0.5秒継続後、タービンセットバック (負荷制限器80%) し、35秒継続後、タービンはトリップする。

固定子冷却水導電率上昇の場合、冷却水が固定子コイル内を直接流れているため、発電機の地絡、短絡事故に至る危険性がかなり高くなり、発電機を停止する必要があるため、タービンを手動トリップする。

2. 操作のポイント

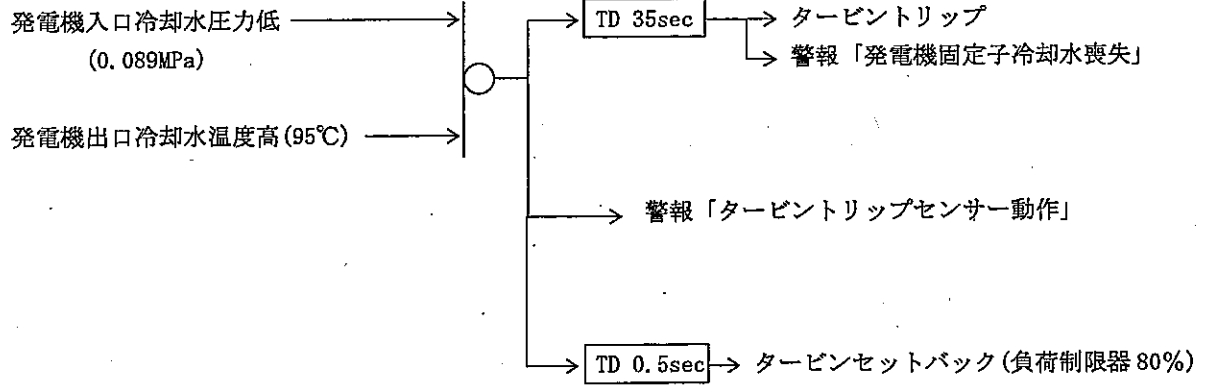
- (1) 発電機固定子冷却水系の監視計器が中操にないため、「発電機冷却水系統故障」の警報が発生し予備機が自動起動しない場合は、固定子巻線温度記録計等を確認すると共に、必要に応じて予備機を手動起動し、現場発生警報を確認する。また固定子巻線温度が120℃を超えた場合は、タービン発電機を速やかに手動トリップする。
- (2) 出力降下時は、原子炉水位、圧力の変動及びタービンバイパス弁の開等に注意をする。
- (3) 固定子冷却水導電率が上昇した場合は、必要に応じイオン交換樹脂塔通水量の調整 (目標 379L/min) を行うが、急激に導電率が上昇する場合は (9.9 μs/cm以上) タービン発電機を速やかに手動トリップする。

3. 関連インターロック、設定値及び関連規定

(1) 警報

a. PNL9-7	発電機固定子冷却水喪失	$\left\{ \begin{array}{l} \text{圧力 } 0.089\text{Mpa} \\ \text{温度 } 95^\circ\text{C} \end{array} \right\}$	TD 0.5sec でタービンセットバック TD 35sec でタービントリップ
	発電機冷却水系統故障		-
b. 現場盤	電導度	$>0.5 \mu\text{s/cm}$	
	電導度	$>9.9 \mu\text{s/cm}$	
	入口流量減	1350ℓ/min	
	入口圧力低	0.11MPa	
	入口温度高	48℃	
	出口温度高	定格負荷時+10℃	
	ポンプ故障	4.2A×110%	
	ポンプ吐出圧低	ポンプ吐出圧-0.07MPa	
	予備ポンプ起動	ポンプ吐出圧-0.07MPa/-0.14MPa	
	貯水槽水位高一低	NWL±100 mm	

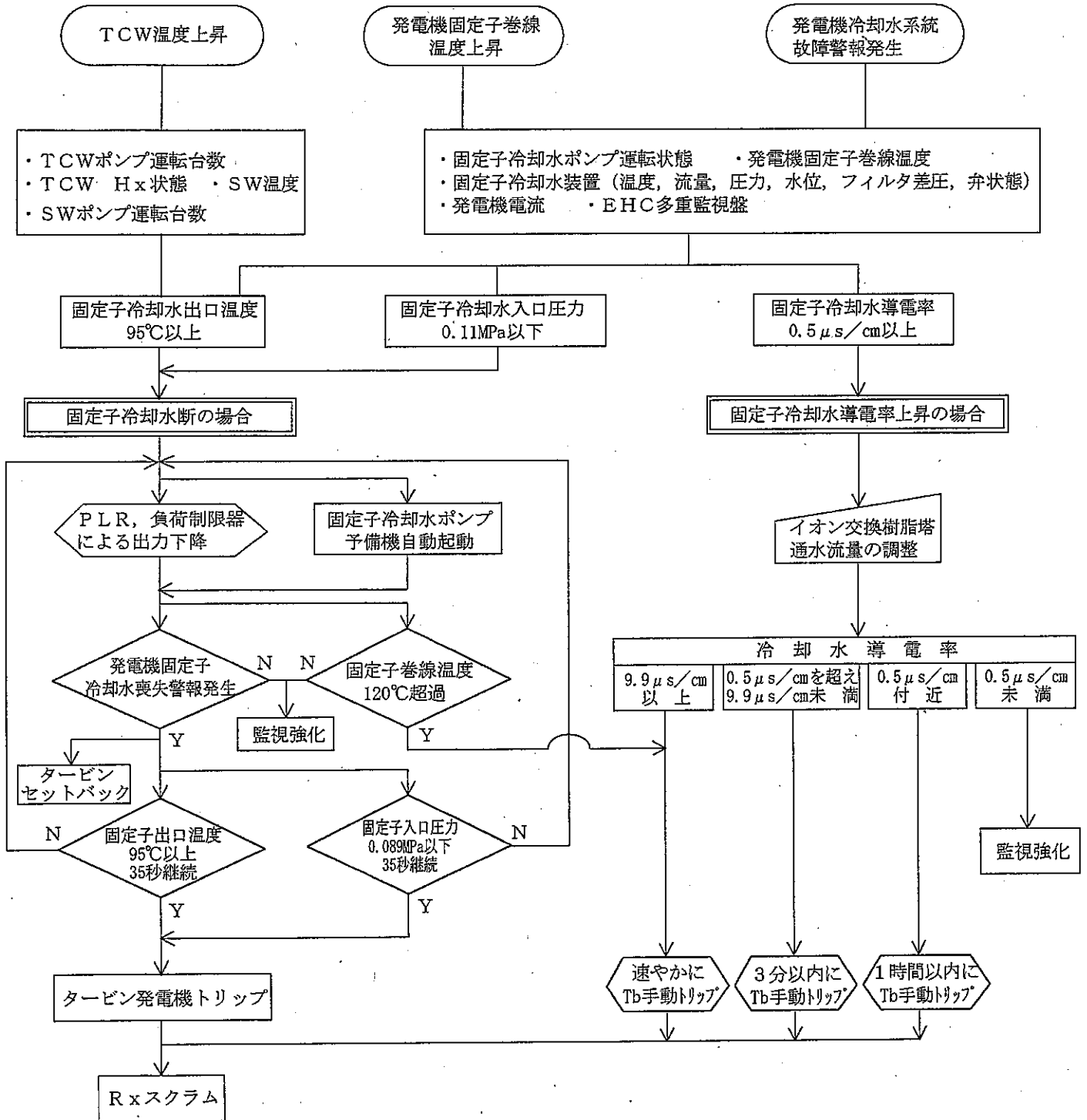
(2) インターロック



(3) 関連規定
なし

第14章 電気関係系統事故
 14-1 発電機固定子冷却系故障
 (A) 固定子冷却水断の場合
 (B) 固定子冷却水導電率上昇の場合

4. フローチャート



操 作 員 (B)	備 考
<p>1. 下記警報発生を確認, 報告 (1) 「発電機冷却水系統故障」</p> <p>2. 発電機固定子冷却水ポンプ予備機「起動」の有無を確認, 報告</p> <p>3. 発電機固定子巻線温度関連パラメータ確認, 報告</p> <p>(1) 発電機固定子巻線温度 発電機固定子巻線温度記録計 (9-31 TRS-30-1)</p> <p>(2) 発電機水素ガス温度 発電機・励磁機温度記録計 (9-31 TRS-43-1)</p> <p>(3) 発電機水素ガス圧力 水素ガス圧力指示計 (9-7 PI-43-16)</p> <p>(4) TCW 熱交出口温度, 補機冷却用海水ポンプ出口温度 補助海水ポンプ/循環水ポンプ軸受温度記録計(9-20 TRS-54-1)</p> <p>(5) TCW ポンプ運転台数</p> <p>(6) TCW 熱交使用状況(熱交差圧, 使用台数)</p> <p>(7) 補機冷却用海水ポンプ運転台数</p> <p>(8) 海水温度 復水温度記録計 (9-6 TR-52-1)</p> <p>(9) 発電機固定子冷却水入口圧力 (第2中操)</p> <p>(10) 発電機固定子冷却水出口温度 (第2中操)</p> <p>4. 現場発生警報確認を操作員補機に指示 (関連インターロック, 設定値 参照)</p> <p>5. 現場点検を操作員補機に指示</p> <p>(1) 固定子冷却水ポンプ A(B) 運転状態</p> <p>(2) 固定子冷却水貯水槽水位 (貯水槽脇水面計)</p> <p>(3) 固定子冷却水入口流量 (現場盤 FI-43-49)</p> <p>(4) 固定子冷却水ポンプ A(B) 吐出圧力 (現場盤 PI-43-51)</p> <p>(5) 固定子冷却水フィルター差圧 (DPI-43-52)</p> <p>(6) 固定子冷却水入口圧力 (現場盤 PI-43-50)</p> <p>(7) 固定子冷却水出入口温度 (現場盤 TIS-43-44/45)</p> <p>(8) 固定子冷却水イオン交換樹脂塔流量 (FI-43-55)</p> <p>(9) 固定子冷却水系導電率 (現場盤 CRS-43-48)</p> <p>(10) 固定子冷却水系温度, 圧力調整弁作動状況</p> <p>(11) 固定子冷却水系統弁状態</p> <p>(12) 漏洩の有無</p>	

2010年 1月23日 (105)

主要項目	当直長 (当直副長)	操 作 員 (A)
3. 出力降下	3. 事故状況確認 4. 関連パラメータ監視指示 5. 原子炉出力降下判断基準を確認し、原子炉出力急速降下指示※ 6. ユニット運転状態確認指示 7. 給電及び関係箇所に連絡	<p style="text-align: center;"><固定子冷却水導電率上昇の場合、事故時運転操作手順書 第14章14-1 (B)「固定子冷却水導電率上昇の場合」の項参照></p> <p style="text-align: center;">▲</p> 1. 原子炉出力「降下」実施、報告 (1) PLR ポンプ(A, B)速度「手動減」 <div style="border: 1px dashed black; padding: 2px; text-align: center;"> 目標値 PLRポンプ(A, B)速度 30%又は、運転領域下限 </div> 2. 原子炉の運転状態を確認、報告 (1) 原子炉出力 SRNM/APRM/RBM 記録計 (9-5 NR-7-46B/C) SRNM/APRM 記録計 (9-5 NR-7-46A/D) (2) 原子炉水位 原子炉水位狭帯域 A~C 指示計 (9-5 LI-6-94 A~C) 原子炉水位広帯域 A/B 指示計 (9-5 LI-2-3-85A/B) (3) 原子炉圧力 原子炉圧力 A/B 指示計 (9-5 PI-6-90A/B) 原子炉圧力/タービン蒸気流量記録計 (9-5 FR/PR-6-98) (4) 主蒸気流量 主蒸気流量 A~D 指示計 (9-5 FI-6-88 A~D) 主蒸気流量/給水流量記録計 (9-5 FR-6-96) (5) 給水流量 給水流量 A/B 指示計 (9-5 FI-6-89A/B) 主蒸気流量/給水流量記録計 (9-5 FR-6-96)

操 作 員 (B)	備 考
<p>6. 下記現場警報発生の有無を確認, 報告 「入口圧力低」 「出口温度高」</p> <p><固定子冷却水導電率上昇の場合, 事故時運転操作手順書 第14章 14-1 (B)「固定子冷却水導電率上昇の場合」の項参照></p> <p>7. 現場にて固定子冷却水出口温度, 入口圧力確認を操作員補機に指示</p> <p>8. 発電機固定子巻線温度上昇を確認, 報告</p> <p>9. 下記, 警報いずれかが継続発生にて, 固定子冷却水喪失とみなし, 報告 ※原子炉出力降下判断基準 (OR) (1) 「入口圧力低」 警報継続 (2) 「出口温度高」 警報継続</p> <p>10. 負荷制限器設定「手動減」実施, 発電機出力「降下」実施, 及び下記項目を確認, 報告</p> <p>(1) 発電機出力 発電機電力指示計 (9-7 EI-3) 発電機電力記録計 (9-31 R-100)</p> <p>(2) 加減弁開度 主タービン加減弁開度指示計 (9-7 POI-30-15) 主タービン偏心・回転速度・加減弁開度/バイパス弁開度記録計 (9-7 M-30-20-R1) EHC テストパネル開度指示計 (CV 開度 1~4)</p> <p>(3) タービンバイパス弁開度 主タービンバイパス弁開度指示計 (9-7 POI-30-14) 主タービン偏心・回転速度・加減弁開度/バイパス弁開度記録計 (9-7 M-30-20-R1) EHC テストパネル開度指示計 (BPV 開度 1~3)</p> <p>(4) 復水器スプレイ弁 復水器スプレイ弁 「開」 表示灯 ⑧ ランプ「点灯」</p> <p>(5) 復水器真空度 復水器B真空広帯域指示計 (9-7 PI-51-9B) 復水器B真空狭帯域指示計 (9-7 PI-51-8B)</p> <p>(6) タービン振動 主タービン軸振動/回転速度記録計 (9-75 M-30-20-R3~8)</p> <p>(7) ホットウェル水位 復水器(A, B, C)ホットウェル水位記録計 (9-6 LR-52-5)</p>	<p>原子炉出力を低下させる場合には 中性子振動に注意する</p> <p>タービンバイパス弁の開閉により 復水器スプレイ弁が自動開閉する</p>

主要項目	当直長 (当直副長)	操 作 員 (A)
4. 固定子冷却水喪失	8. 固定子冷却水喪失確認	
5. タービントリップ及び原子炉スクラム	9. タービン発電機トリップ及び原子炉スクラム確認 10. 原子炉スクラムペーシング放送	3. タービン・発電機トリップによる原子炉「スクラム」確認, 報告 (1) 警報 「A系原子炉自動スクラムトリップ」 「B系原子炉自動スクラムトリップ」 (2) 表示灯 全制御棒炉心状態表示ユニット(1)全挿入 ㊟ ランプ「点灯」 全制御棒炉心状態表示ユニット(2)スクラム ㊞ ランプ「点灯」 システム状態表示 全制御棒全挿入 ㊟ ランプ「点灯」 (3) スクラム排出容器A/Bドレン弁, 排出ヘッダベント弁「閉」 (4) APRM 指示「減少」 SRNM/APRM/RBM 記録計 (9-5 NR-7-46B/C) SRNM/APRM 記録計 (9-5 NR-7-46A/D)
6. 所内電源切替	11. 所内電源切替確認 12. MSIV全開確認 13. 原子炉スクラム後の処置操作指示 14. 事故状況を給電に連絡すると共に関係箇所に連絡 (1) 事故発生時刻 (2) 事故発生の電気工作物 (3) 事故概要	4. MSIV (内, 外)「全開」確認, 報告 (1) 表示灯 ㊟ ランプ「点灯」 5. 原子炉モードスイッチ「運転」から「停止」へ「手動切替」実施, 報告

操 作 員 (B)	備 考
<p>(8) タービン排気室温度, タービン伸び・伸び差 主タービン温度/伸び/伸び差記録計 (9-7 M-30-20-R2)</p> <p>(9) 発電機固定子巻線温度確認</p> <p>11. 固定子冷却水出口温度, 入口圧力及び発電機固定子巻線温度を確認, 報告</p> <p>12. 「発電機固定子冷却水圧力低トリップ」 or 「発電機固定子冷却水出口温度高トリップ」 警報発生を確認, 報告 (1) 0.5秒継続後, タービンセトバック(負荷制限器80%) a. 負荷制限器確認 b. タービンバイパス弁開度確認 c. 発電機出力確認 (2) 35秒後タービン・発電機「トリップ」</p> <p>13. 固定子冷却水喪失により, タービン・発電機「トリップ」確認, 報告 (1) 警報 「タービン非常油圧低トリップ」 「発電機ロックアウトリレー-86G1動作」 (2) 主蒸気止め弁 「閉」 (3) 蒸気加減弁 「閉」 (4) 組合せ中間弁 「閉」 (5) 抽気逆止弁 「閉」 (6) EHCコントロールパネル 全弁閉 ◎ ランプ「点灯」</p> <p>14. 発電機しゃ断器 [O-3] 「トリップ」確認, 報告 (1) 表示灯 ◎ ランプ「点灯」</p> <p>15. 所内電源「切替」確認, 報告 (1) 6.9KV 起変受電しゃ断器「投入」 [3A-3, 3B-3] (2) 6.9KV 所変受電しゃ断器「開放」 [3A-1, 3B-1]</p> <p>16. 界磁しゃ断器「トリップ」確認, 報告 (1) 表示灯 ◎ ランプ「点灯」</p> <p>17. 発電機断路器 [LS-3] 「手動開放」実施, 報告 (1) 表示灯 ◎ ランプ「点灯」</p>	<p>固定子巻線温度制限 120℃以下</p> <p>原子炉水位低(L-2)又は原子炉圧力高(7.41MPa)にてARI及びATWS-RPTが作動する</p>

2010年 1月23日(105)

主要項目	当直長(当直副長)	操 作 員 (A)
	15. 固定子冷却水喪失 原因調査指示	<p style="text-align: center;"> <以下, 事故時運転操作手順書 第11章11-1「発電機トリップ事故 ロックアウトリレー動作によるトリップ」の項参照> </p>

操 作 員 (B)	備 考
<p>18. 固定子冷却水喪失の原因を調査, 報告 (1) EHC 多重監視盤「トリップ故障モニタ」確認 (第2中操)</p> <p><以下, 事故時運転操作手順書 第11章11-1「発電機トリップ事故 ロックアウトリレー動作によるトリップ」の項参照></p>	

操 作 員 (B)	備 考
<p>1. 下記警報発生を確認, 報告</p> <p>(1) 「発電機冷却水系統故障」</p> <p>2. 発電機固定子冷却水ポンプ予備機「起動」の有無を確認, 報告</p> <p>3. 発電機固定子巻線温度関連パラメータを確認, 報告</p> <p>(1) 発電機固定子巻線温度 発電機固定子巻線温度記録計 (9-31 TRS-30-1)</p> <p>(2) 発電機水素ガス温度 発電機・励磁機温度記録計 (9-31 TRS-43-1)</p> <p>(3) 発電機水素ガス圧力 水素ガス圧力指示計 (9-7 PI-43-16)</p> <p>(4) TCW 熱交出口温度, 補機冷却用海水ポンプ出口温度 補助海水ポンプ/循環水ポンプ軸受温度記録計(9-20 TRS-54-1)</p> <p>(5) TCW ポンプ運転台数</p> <p>(6) TCW 熱交使用状況(熱交差圧, 使用台数)</p> <p>(7) 補機冷却用海水ポンプ運転台数</p> <p>(8) 海水温度 復水温度記録計 (9-6 TR-52-1)</p> <p>(9) 発電機固定子冷却水入口圧力 (第2中操)</p> <p>(10) 発電機固定子冷却水出口温度 (第2中操)</p> <p>4. 現場発生警報確認を操作員補機に指示 (関連インターロック, 設定値 参照)</p> <p>5. 現場点検を操作員補機に指示</p> <p>(1) 固定子冷却水ポンプA(B)運転状態</p> <p>(2) 固定子冷却水貯水槽水位 (貯水槽脇水面計)</p> <p>(3) 固定子冷却水入口流量 (現場盤 FI-43-49)</p> <p>(4) 固定子冷却水ポンプA(B)吐出圧力 (現場盤 PI-43-51)</p> <p>(5) 固定子冷却水フィルター差圧 (DPI-43-52)</p> <p>(6) 固定子冷却水入口圧力 (現場盤 PI-43-50)</p> <p>(7) 固定子冷却水出入口温度 (現場盤 TIS-43-44/45)</p> <p>(8) 固定子冷却水イオン交換樹脂塔流量 (FI-43-55)</p> <p>(9) 固定子冷却水系導電率 (現場盤 CRS-43-48)</p> <p>(10) 固定子冷却水系温度, 圧力調整弁作動状況</p> <p>(11) 固定子冷却水系統弁状態</p> <p>(12) 漏洩の有無</p>	

主要項目	当直長(当直副長)	操 作 員 (A)
<p>3. 原子炉スクラム</p> <p>4. タービントリップ</p>	<p>3. 事故状況確認</p> <p>4. 系統水入替, 関連パラメータ監視指示</p> <p>5. 固定子冷却水系導電率確認指示</p> <p>6. タービントリップ条件を確認し, 原子炉手動スクラム指示※</p> <p>7. 原子炉スクラム及びタービン発電機トリップ確認</p> <p>8. 原子炉スクラムベージング放送</p>	<p><固定子冷却水喪失の場合, 事故時運転操作手順書 第14章14-1(A)「固定子冷却水断の場合」の項参照></p> <p>1. 原子炉「手動スクラム」実施, 報告</p> <p>(1) 警報 「A系原子炉手動スクラムトリップ」 「B系原子炉手動スクラムトリップ」</p> <p>(2) 表示灯 全制御棒炉心状態表示ユニット(1)全挿入 ㊟ ランプ「点灯」 全制御棒炉心状態表示ユニット(2)スクラム ㊞ ランプ「点灯」 システム状態表示 全制御棒全挿入 ㊟ ランプ「点灯」</p> <p>(3) スクラム排出容器A/Bドレン弁, 排出ヘッダベント弁「閉」</p> <p>(4) APRM指示「減少」 SRNM/APRM/RBM記録計 (9-5 NR-7-46B/C) SRNM/APRM記録計 (9-5 NR-7-46A/D)</p>

操 作 員 (B)	備 考
<p>6. 下記現場警報発生固定子冷却水導電率「上昇」確認, 報告</p> <p>(1) 「電導度 >0.5μs/cm」</p> <p>(2) 「電導度 >9.9μs/cm」</p> <p><固定子冷却水喪失の場合, 事故時運転操作手順書 第14章14-1(A)「固定子冷却水断の場合」の項参照></p> <p>7. 固定子冷却水系統水「手動入替」を操作員補機に指示</p> <p>8. 固定子冷却水系導電率指示を確認, 報告</p> <p>9. 固定子冷却水系導電率変化状況を確認, 報告 ※タービン手動トリップ条件(OR)</p> <p>(1) 0.5μs/cm付近……………1時間以内</p> <p>(2) 0.5μs/cmを超え9.9μs/cm未満……………3分以内</p> <p>(3) 9.9μs/cm以上……………即時</p> <p>10. 発電機出力「減少」確認, 報告</p> <p>(1) 発電機出力 発電機電力指示計 (9-7 EI-3)</p> <p>11. 発電機出力「約100MWe」にてタービン「手動トリップ」実施</p> <p>12. タービン・発電機「トリップ」確認, 報告</p> <p>(1) 警報 「タービン非常油圧低トリップ」 「発電機ロックアウトリレー86G1動作」</p> <p>(2) 主蒸気止め弁 「閉」</p> <p>(3) 蒸気加減弁 「閉」</p> <p>(4) 組合せ中間弁 「閉」</p> <p>(5) 抽気逆止弁 「閉」</p> <p>(6) EHCコントロールパネル 全弁閉 ◎ ランプ「点灯」</p> <p>13. 発電機しゃ断器 [O-3]「トリップ」確認, 報告</p> <p>(1) 表示灯 ◎ ランプ「点灯」</p>	<p>固定子冷却水系導電率9.9μs/cm以上の場合は, 原子炉スクラムを待たず即タービンを手動トリップする</p> <p>原子炉水位低(L-2)又は原子炉圧力高(7.41MPa)にてARI及びATWS-RPTが作動する</p>

操 作 員 (B)	備 考
<p>14. 所内電源「切替」確認, 報告 (1) 6.9KV 起変受電しゃ断器「投入」 [3A-3, 3B-3] (2) 6.9KV 所変受電しゃ断器「開放」 [3A-1, 3B-1]</p> <p>15. 界磁しゃ断器「トリップ」確認, 報告 (1) 表示灯 ◎ ランプ「点灯」</p> <p>16. 発電機断路器 [LS-3]「手動開放」実施, 報告 (1) 表示灯 ◎ ランプ「点灯」</p> <p>17. 固定子冷却水系水質悪化の原因を調査, 報告</p> <p><以下, 事故時運転操作手順書 第1章1-1(A) 「原子炉スクラム事故 主蒸気隔離弁開の場合」の項参照></p>	

