

炭素偏析 日本国内の問題

(議論のための補足)

2017年2月18日

小山英之
(美浜の会)

実用発電用原子炉設置者からの「仏国原子力安全局で確認された原子炉容器等における炭素偏析の可能性に係る調査について(指示)」に対する報告

炭素偏析の可能性に関する調査
(電力会社の調査)

A: 除去する製造要領の確認

B: 濃度分析が実施

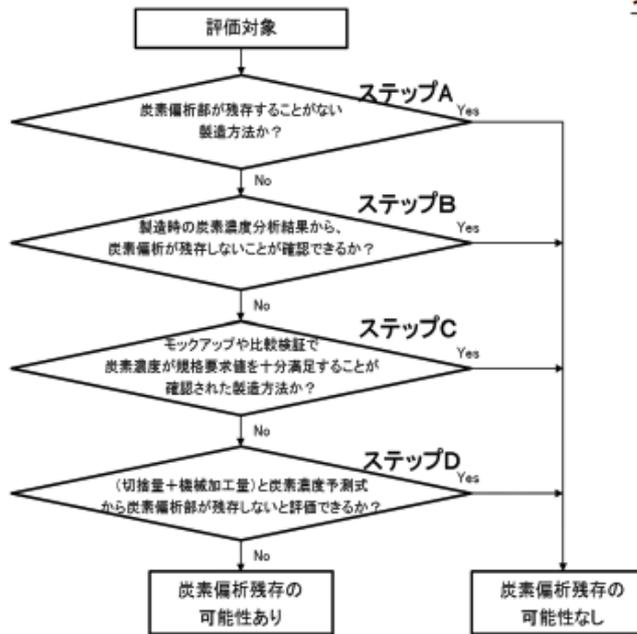
C: モックアップや比較検証

D: 除去量、予測式

★ 製造工程だけが調査され、実物の直接測定がない

実用発電用原子炉設置者から提出された、鍛造鋼が規格を上回る炭素偏析濃度領域を含む可能性に関する評価の考え方

【評価フロー】



各評価ステップにおける評価内容及び判定の考え方

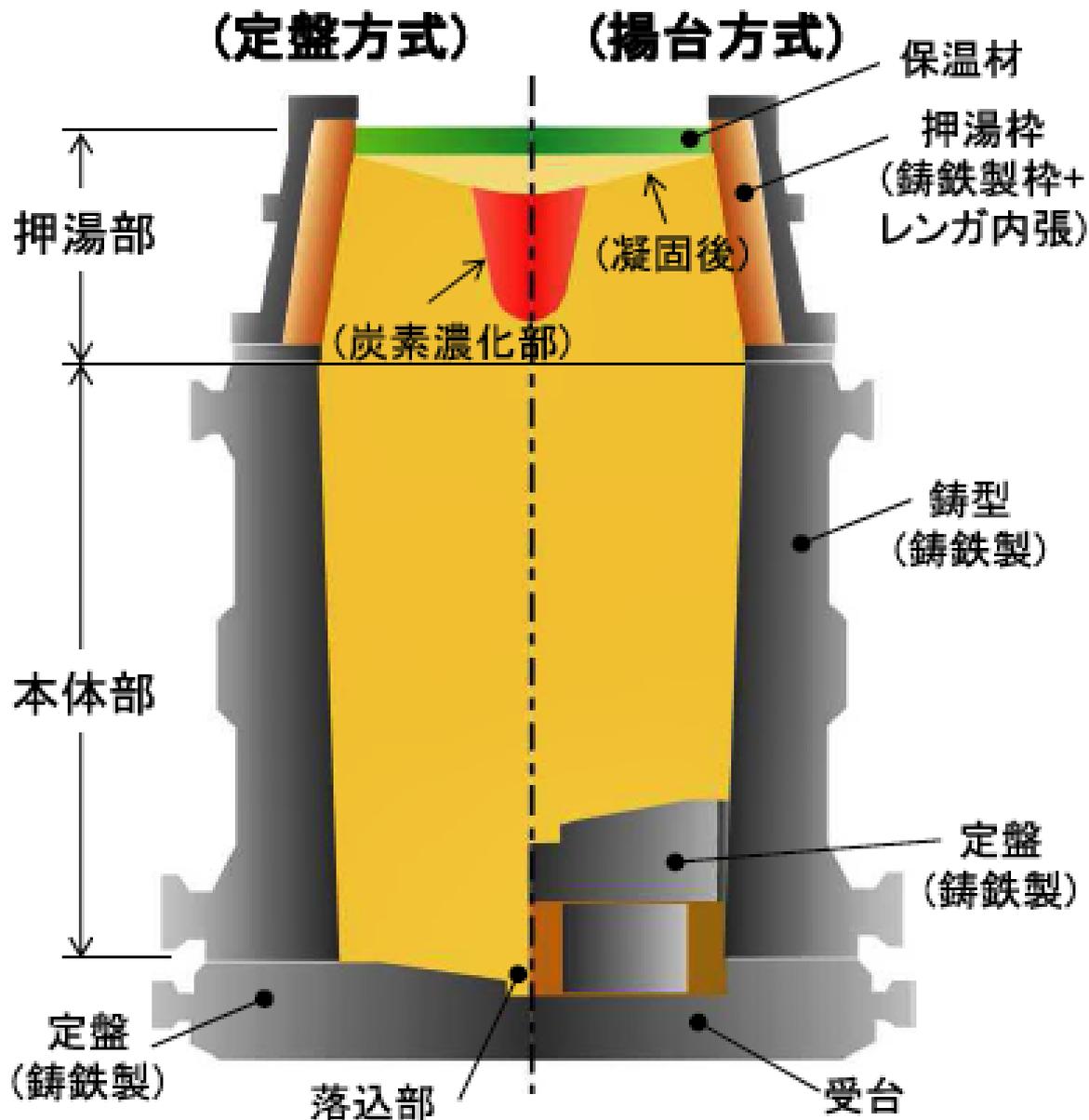
評価ステップ	評価内容及び判定の考え方
A	リング形状鍛造鋼及び鋼板について、 <u>炭素偏析部を除去する製造要領が定められていることを確認する。</u>
B	当該製品の製造時に炭素偏析が懸念される位置で炭素濃度分析が実施されており、 <u>規格要求値を満足していることを確認する。</u>
C	製品が、 <u>モックアップや比較検証で炭素濃度が規格要求値を十分満足することが確認された製造方法で製造されていることを確認する。</u> (モックアップ等で検証された鋼塊よりも重量が小さいものも含む)
D	製品の炭素偏析が懸念される位置において、鋼塊頂部から製品までに <u>除去された量(切捨量+機械加工量)</u> を確認し、 <u>炭素濃度予測式から求められる炭素濃度が規格要求値を満足していることを確認する。</u>

(実用発電用原子炉設置者からの報告書の抜粋)

2016年11月22日原子力規制庁公表資料
(10月31日までの電力よりの報告に基づく)

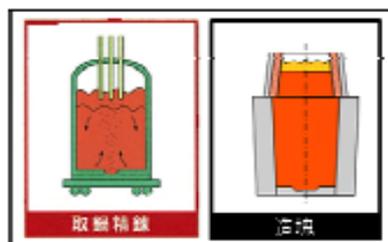
	PWR(21炉)	BWR(24炉)	合計(45炉)
A	151	183	334(86.5%)
B	5	9	14(3.6%)
C	11	19	30(7.8%)
D	0	0	0(0%)
対象外	6	2	8(2.1%)
合計	173	213	386(100%)

製造工程の概略



(2) 原子炉容器 上蓋の製造プロセス(従来法)および品質管理項目 (ケース①~③)

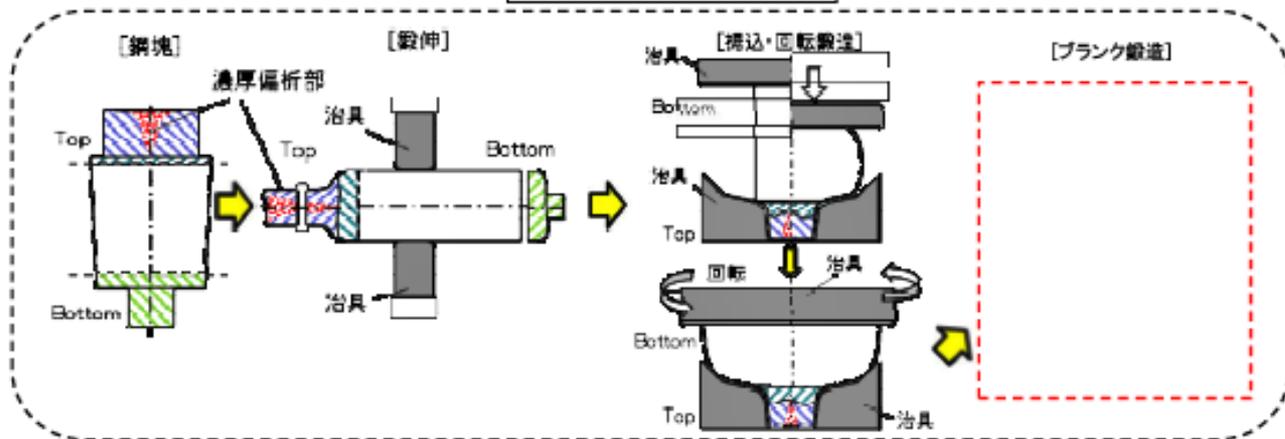
1. 製鋼・造塊



溶鋼分析試料採取

(ミルシート記載項目) ・溶鋼分析値

2. 鍛造(ブランク鍛造)



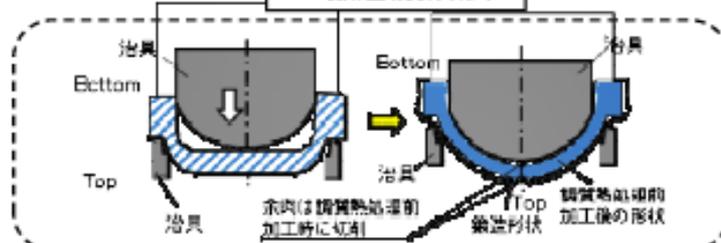
3. 予備熱処理



4. ブランク機械加工



5. 鍛造(鏡成形)



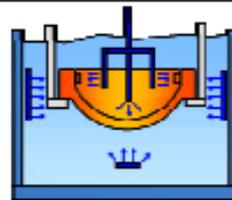
6. 予備熱処理



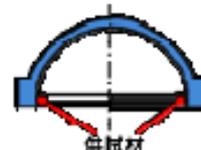
7. 調質熱処理前加工



8. 調質熱処理



9. 供試材採取



材料試験

・材料試験結果
・製品分析値

10. 仕上機械加工



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

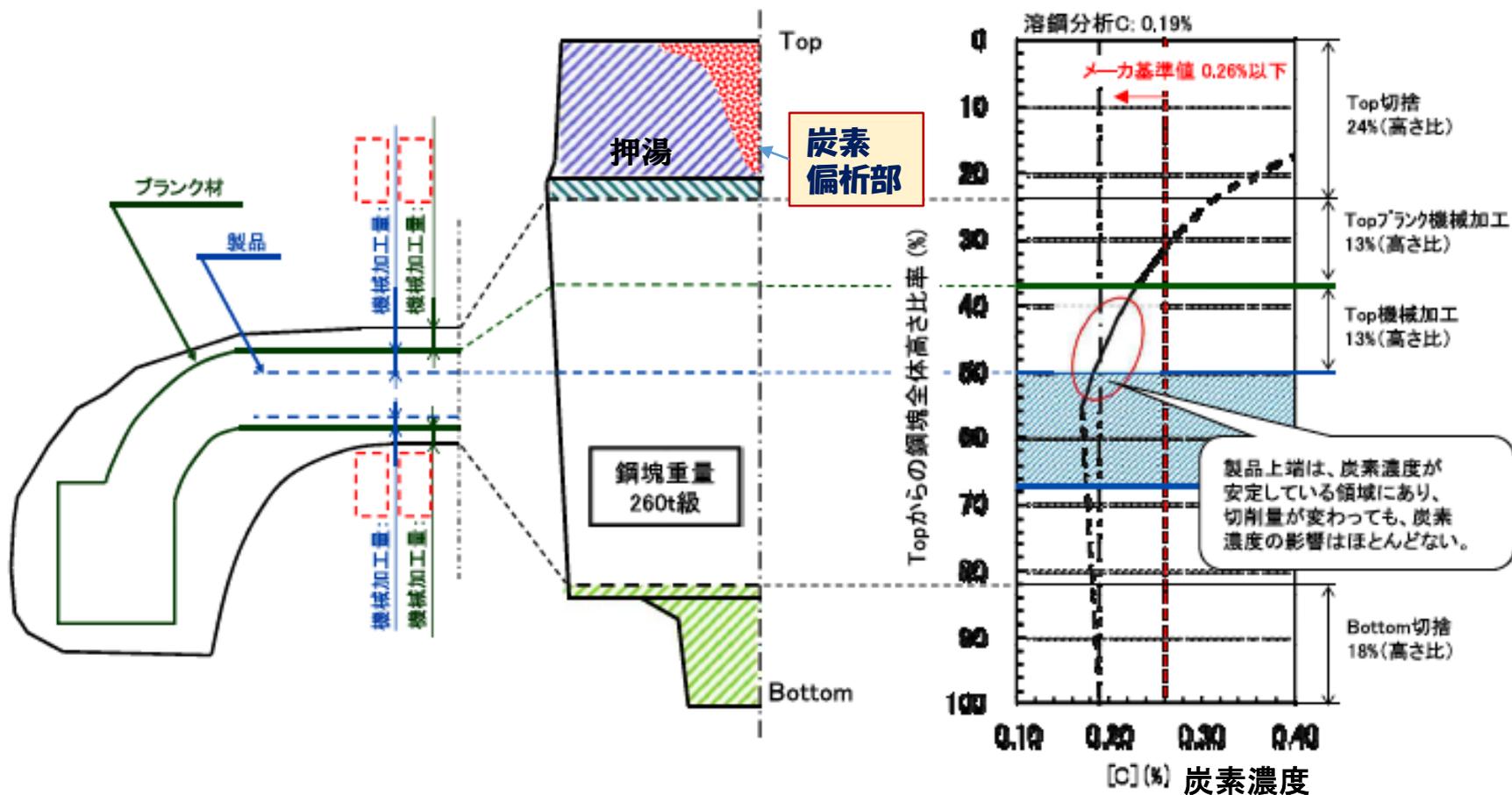


日本鑄鍛鋼(株)

16

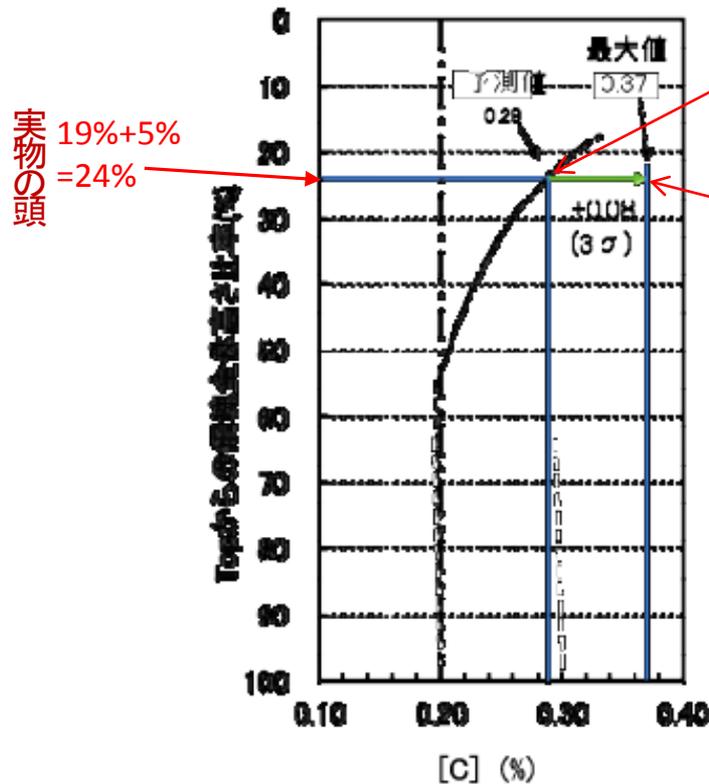
(ミルシート記載項目)

(7) ケース① 高浜2号機向け上蓋 製品と鋼塊の位置関係



2-2. 仏国向けSG水室の最大炭素濃度の予測

- Top側切捨量、機械加工量が少なかった 仏国向けSG水室の最大炭素濃度の予測を行った。
⇒ 鋼塊; 120t級、 Top側切捨量; 19%(高さ比)、 機械加工量; 5% (高さ比)



▪ 炭素濃度分析値と予測値の差を、 3σ とすれば、
仏国向けSG水室の一部の製品において、
最大炭素濃度は0.37%となる可能性がある。

Top側切捨量及び加工量が30%を相当に超えても、
0.37%というばらつきを考慮すれば、相当に高い濃度
になっている。

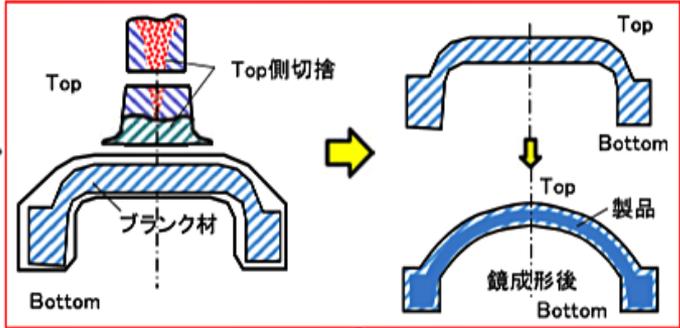
原子炉容器等における製造方法及び製造メーカーの調査結果

【別紙4】
[差替版 平成28年11月25日]
原子力規制庁

炉型	電力	プラント	対象機器の部位		製造事業者	製造方法	事業者による判断ステップ	品質管理項目		当該製品の炭素濃度	比較製品の炭素濃度	備考	
								炭素濃度					
								溶鋼分析 (wt.%)	製品分析 (wt.%) ^{*1}				
四国	伊方3	原子炉容器	上蓋	上部鏡板(一)	日本製鋼所	鋼板	A	0.19	0.19	—	—	中実鋼塊軸中心部穴あけ	
				フランジ(リング形状)	日本製鋼所	鍛造	A	0.18	0.18	—	—		
			鏡板	下部鏡板(一)	日本製鋼所	鋼板	A	0.20	0.20	—	—		
				上部胴(リング形状)	日本製鋼所	鍛造	A	0.19	0.18	—	—		
			胴	トランジションリング(リング形状)	日本製鋼所	鍛造	A	0.18	0.19	—	—		
				下部胴(リング形状)	日本製鋼所	鍛造	A	0.19	0.19	—	—		
		蒸気発生器	3A 一次側鏡板	川崎製鉄 ^{*2}	鋼板	A	0.18	0.18	—	—			
			3B 一次側鏡板				0.18	0.18	—	—			
		3C 一次側鏡板	0.18				0.18	—	—				
		加圧器	上部鏡板	新日本製鐵	鋼板	A	0.20	0.20	—	—			
			下部鏡板	新日本製鐵	鋼板	A	0.20	0.20	—	—			
		玄海2	原子炉容器	上蓋	フランジ一体型上蓋(ドーム形状)	日本製鋼所	鍛造	C	0.19	0.19	—	0.26 ^{*6}	比較製品:モックアップ 当該製品:ブランク材頂部 炭素濃度 0.22%
鏡板	下部鏡板(一)				日本製鋼所	鋼板	A	0.21	0.20	—	—		
胴	上部胴(リング形状)			日本製鋼所	鍛造	A	0.18	0.18	—	—	中実鋼塊軸中心部穴あけ		
	中間胴×3			日本製鋼所	鋼板	A	0.19	0.18	—	—			
	下部胴×3			日本製鋼所	鋼板	A	0.19	0.18	—	—			
							0.20	0.19	—	—			
川内1	原子炉容器			上蓋	フランジ一体型上蓋(ドーム形状)	日本製鋼所	鍛造	C	0.18	0.18	—	0.18 ^{*6}	比較製品:米国向上蓋
					鏡板	下部鏡板(一)	日本製鋼所	鋼板	A	0.20	0.20	—	—
				胴	上部胴(リング形状)	日本製鋼所	鍛造	A	0.20	0.21	—	—	中実鋼塊軸中心部穴あけ
					トランジションリング	日本製鋼所	鍛造	A	0.18	0.18	—	—	中実鋼塊軸中心部穴あけ
		下部胴×3	日本製鋼所		鋼板	A	0.20	0.19	—	—			
							0.19	0.21	—	—			
					0.19	0.19	—	—					

ケース1～4の確認方法

2. 鍛造



確認項目②
・Top側切捨量 (ton)

確認項目③
・機械加工時のTop側切削量 (mm)
・ブランク材機械加工途中のTop側C量 (%)

炭素偏析部を更に除去するため機械加工時のTop側切削量が確認項目となる。
ブランク材機械加工途中のTop側C量から、製品の炭素偏析懸念部位のC量が推定できる。

規制庁・荒木真一・原子力規制企画課長「九電が自己申告してきた0.26%を予測式で確認してみたところ、0.2～0.3のいずれかになり得るというのが、今回の日本鑄鍛鋼の予測式で得られる結果だ」（政野さんによる）。

2016年11月16日
日本鑄鍛鋼KK

表1 原子炉容器上蓋 製造途中の炭素濃度分析結果(ケース①～④)

	鋼塊重量	溶鋼分析値 (%)	Top側製造途中分析値 (%)
モックアップ	260t級	0.18	0.26
高浜 2号機	260t級	0.19	0.22
大飯 1号機	400t級	0.20	0.24
大飯 2号機	400t級	0.20	0.23
美浜 2号機	210t級	0.19	0.25
玄海 1号機	210t級	0.19	0.30※1
玄海 2号機	210t級	0.19	0.22
伊方 2号機	210t級	0.19	0.25
敦賀 2号機	260t級	0.19	0.23

※1)確認方法2により、製品に炭素偏析部が残存していないことを確認する

製造記録等確認チェックシート[ステップ C]

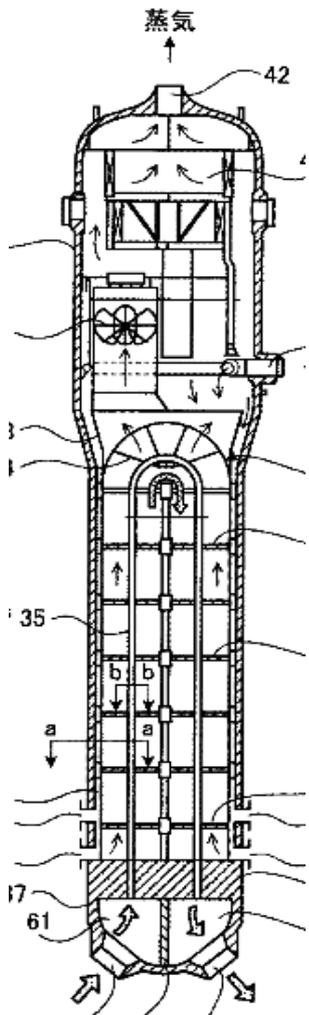
九州電力
2016.10.31

1. 製品諸元

対象部位	製造メーカー	製品種類	チャージ番号	材料規格
玄海 2 号機原子炉容器 上蓋	日本鑄鍛鋼	鍛造鋼 (ドーム形状)	93140 81954	JIS G 3204 SFVQ1A
炭素偏析 確認項目	当該製品とモックアップ等の製造方法の確認	当該製品の製造手順書を確認した結果、モックアップ等と同等の製造方法と判断できる※2	良	(モックアップ) ・鍛造品品質計画書 ・鍛造作業方案指示書 (当該製品) ・鍛造品品質計画書 ・鍛造作業方案指示書 (参考) ・ブランク材頂部外面側の炭素濃度分析値 0.22[wt.%]

※1 材料調達時にプラントメーカーにて JIS G 0321 を準用して設定した基準値

※2 製造手順書の確認により、同等の製造方法と判断できる場合は、確認結果に「良」と記載する



製造記録等確認チェックシート [ステップ A]

1. 製品諸元

対象部位	製造メーカー	製品種類	チャージ番号	材料規格
玄海 2 号機蒸気発生器 一次側鏡板 (#A)	川崎製鉄	鋼板	3-1729	JIS G 3120 SQV2A

2. 製造記録確認結果

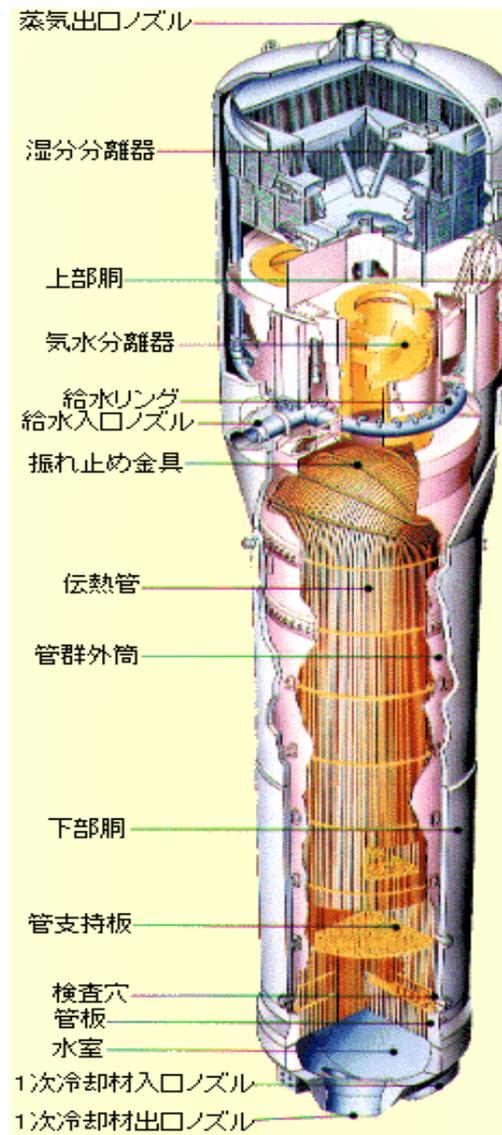
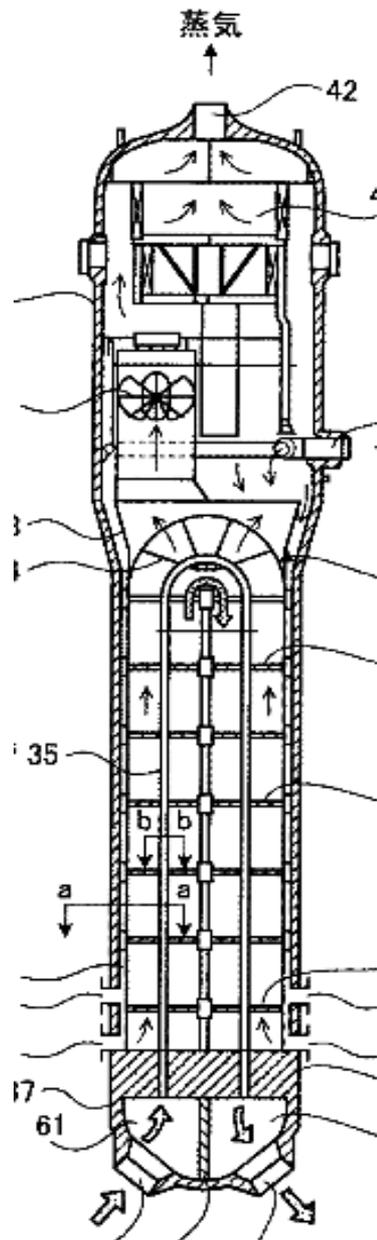
確認項目	確認内容	確認結果	備考
炭素偏析確認項目	<p>製造要領等の確認</p> <p>製品に炭素偏析部が残存することがない製造方法となっている※1</p>	<p>良</p> <p>フランスでは実測で問題が出ているのに???</p>	<ul style="list-style-type: none"> 製品仕様書 鍛錬指示書

※1 鋼塊頂部側の切捨の実施など炭素偏析部を除去することが製造要領等により求められている場合は、確認結果に「良」と記載する

結論

炭素偏析(濃度)は、製造過程の分析・予測によって「確認」しているだけ。

実物の非破壊検査や実物測定によって確認しなおすべきだ。



(6) ドーム形状 炭素偏析の可能性確認ロジック

ケース No.	炭素偏析が製品に生じていない事の確認方法		
	確認方法1	確認方法2	
	鋼塊Top側の製品分析値※1	製品に至るまでの切削量	炭素濃度予測式
	・炭素偏析が生じる可能性が高い 部位の製品分析値により確認	・製品に至るまでの切削量を確認 ・切削量の適切性については、炭素量の予測式により確認	
①	○ (モックアップのみ製品分析値あり)	○	○
②	○	○	○
③	○	○	○
④	○	○	○
⑤	○	/	
⑥	○	○	○

※1) ブランク材機械加工途中のC量計測結果を含む