

Doc No. 18-180-I-001-015 Rev.0

2021年1月8日

トランスニュークリア株式会社

補足説明資料 1-5

TK-26 型の構成部材の経年変化に関する説明資料

本資料のうち、枠囲いの内容は、商業機密等に属しますので公開できません。

目 次

1. 設計方針	1
2. TK-26 型の構成部材	2
3. 経年変化に関する評価条件.....	2
4. 経年変化に関する評価結果.....	2
5. 参考文献	3

1. 設計方針

TK-26 型は、基本的安全機能を維持するうえで重要な構成部材について、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及びその環境下での腐食等の経年変化に対して十分な信頼性のある材料を選定し、その必要とされる強度、性能を維持するように設計されている。また、TK-26 型は、金属キャスク本体内部、バスケット及び使用済燃料の腐食等を防止するために、使用済燃料集合体を不活性ガスとともに封入して貯蔵する設計とする。さらに、金属キャスク本体及び蓋部表面の必要な箇所には、塗装等による防錆処理を講ずる。

2. TK-26 型の構成部材

TK-26 型の主要な構成部材の材質を第 1 表に示す。TK-26 型は、基本的安全機能を維持するうえで重要な構成部材について、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及びその環境下での腐食等の経年変化に対して十分な信頼性のある材料を選定している。

3. 経年変化に関する評価条件

TK-26 型の基本的安全機能を維持するうえで重要な構成部材の経年変化に対する評価条件を以下に示す。

- ・ 金属キャスク内面、バスケット及び使用済燃料集合体の腐食等を防止するために、使用済燃料集合体収納時にその内部空間を真空乾燥し、不活性ガスであるヘリウムを適切に封入し、使用済燃料集合体を貯蔵する。
- ・ 設計貯蔵期間は 60 年間とする。
- ・ TK-26 型の構成部材の温度は、除熱解析結果より第 2 表に示す条件とする。
- ・ TK-26 型の構成部材の中性子照射量或いは吸収線量は、遮蔽解析結果より第 3 表に示す条件とする。

4. 経年変化に関する評価結果

TK-26 型の基本的安全機能を維持するうえで重要な構成部材について、設計貯蔵期間における環境条件（熱、放射線、腐食）の影響を考慮して、文献や試験データに基づき、経年変化の影響を評価した。金属キャスクを構成する部材毎に評価した具体的内容を第 4 表に示す。

評価結果より、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境、及びその環境下での腐食等の経年変化に対して、基本的安全機能を維持するうえで重要な構成部材の健全性が維持されることを確認した。

5. 参考文献

- (1) (独)原子力安全基盤機構、「平成 15 年度金属キャスク貯蔵技術確証試験最終報告」、p.218-p.220、(平成 16 年 6 月)
- (2) (一社)日本機械学会、「使用済燃料貯蔵施設規格金属キャスク構造規格(2007 年版)」、JSME S FA1-2007、(2007 年 12 月)
- (3) (一社)日本機械学会、「発電用原子力設備規格設計・建設規格(2005 年版)〈第 I 編軽水炉規格〉」、JSME S NC1-2005、(2005 年 9 月)、及び「発電用原子力設備規格設計・建設規格(2007 年追補版)〈第 I 編軽水炉規格〉」、JSME S NC1-2007、(2007 年 9 月)
- (4) ステンレス協会、「ステンレス鋼便覧(第 3 版)」、日本工業新聞社、p.216、p.1428、(1995)
- (5) (社)日本金属学会、「金属便覧(改訂 6 版)」、丸善(株)、p.475、(2000)
- (6) K.Farrell, et al., "An evaluation of low temperature radiation embrittlement mechanisms in ferritic alloys", Journal of Nuclear Materials, Vol.210, p.268-p.281, (1994)
- (7) (社)腐食防食協会編、「腐食・防食ハンドブック」、(株)丸善、p. II-1-3、(2000)
- (8) R. R. Gaugh, "Stress corrosion cracking of precipitation-hardening stainless steels", Materials Performance, Vol. 26, No.2, p.29-p.34, (1987)
- (9) 土肥謙次ら、「304 ステンレス鋼の SCC 特性に及ぼす中性子照射効果(その 2)－熱鋭敏化材の SCC 感受性に及ぼす照射影響－」、研究報告:T96301、(一財)電力中央研究所、p.10、(平成 9 年 6 月)
- (10) 北村義治、鈴木紹夫、「防蝕技術(第 2 版)」、(株)地人書館、p.16、(2002)
- (11) (一財)日本規格協会、「圧力容器の設計(JIS B 8267: 2015)、(2015)
- (12) S. J. Zinkle, G. L. Kulcinski, "Low-Load Microhardness Changes in 14-MeV Neutron Irradiated Copper Alloys", ASTM STP888, p.141-p.160, (1986)
- (13) (独)原子力安全基盤機構、「平成 15 年度金属キャスク貯蔵技術確証試験報告書」、p.327-p.330、(平成 16 年 6 月)
- (14) H. Yoshida, et al., "Reactor irradiation effects on Al 1100", Proc. Jpn. Congr. Mater. Res., Vol. 24, P.1-P.6, (1981)
- (15) Jeffrey A. Dunlap, Michael J. Borden, Walter F. Sommer and James F. Stubbins, "Effect of Irradiation in a Spallation Neutron Environment on Tensile Properties and Microstructure of Aluminum Alloys 5052 and 6061", ASTM Special Technical Publication, p.1047-p.1056, (1996)
- (16) A. Oishi, J. Shimojo, H. Taniuchi, "Evaluation of Neutron Shielding Materials, TN VYAL BTM and KOBESH EPRTM Resin for Interim Storage Casks",

Proceedings of the 17th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 2013, August 18-23, 2013, San Francisco, CA, USA, (2013)

- (17) 小崎明朗、「使用済燃料貯蔵中の耐久性に関する海外動向他」、(株)日本原子力情報センター主催セミナー「使用済燃料貯蔵技術の現状と課題」、p. 31-p. 122、(1998)
- (18) 東京電力(株)、「福島第一原子力発電所 乾式貯蔵キャスク全基の点検終了報告」、(平成 25 年 5 月 30 日)
- (19) 加藤治、伊藤千浩、三枝利有、「使用済燃料貯蔵キャスクの長期密封性能評価手法の開発」、日本原子力学会誌、Vol. 38、No. 6、p. 527-p. 533、(1996)
- (20) (一財)電力中央研究所、「使用済核燃料貯蔵の基礎」、(株)ERC 出版(2014 年 4 月 20 日)
- (21) (一財)電力中央研究所、「平成 21 年度リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等(中間貯蔵設備等長期健全性等試験)報告書」、p. 15-p. 16、(2010)
- (22) Westinghouse Astronuclear Laboratory, "NEUTRON IRRADIATION EFFECTS ON THE TENSILE PROPERTIES OF INCONEL 718, WASPALOY AND A-286", WANL-TME-2791, p. 8, (1971)
- (23) T.S. Byun, K. Farrell, "Tensile properties of Inconel 718 after low temperature neutron irradiation", Journal of Nuclear Materials, Vol. 318, p. 292-p. 299, (2003)

第 1 表 TK-26 型の主要な構成部材の材質

構成部材	材質
キヤスク本体	
胴	炭素鋼 (GLF1 相当材 (SA-350M Gr. LF1)) (注 1)
外筒	炭素鋼 (SGV480) (注 2)
トラニオン	ステンレス鋼 (SUS630)
中性子遮蔽材 (底部、側部)	レジン (エチレンプロピレン系ゴム)
伝熱フィン	銅 (C1020)
バスケット	
バスケット格子材	ほう素添加アルミニウム合金
バスケットサポート	ほう素添加アルミニウム合金或いはアルミニウム合金
バスケット補助プレート	ステンレス鋼 (SUS304)
蓋部	
一次蓋	炭素鋼 (GLF1 相当材 (SA-350M Gr. LF1)) (注 3)
二次蓋	炭素鋼 (GLF1 相当材 (SA-350M Gr. LF1)) (注 3)
一次蓋ボルト	合金鋼 (SNB23-1) (注 4)
二次蓋ボルト	合金鋼 (SNB23-1) (注 4)
中性子遮蔽材 (蓋部)	レジン (エチレンプロピレン系ゴム)
金属ガasket	ニッケル基合金/アルミニウム

(注 1) 胴の表面のうち、一次蓋、二次蓋及び三次蓋との接触面は を、胴内面には を、また、胴外面のうち、大気に触れる部分については、塗装を施す予定である。

(注 2) 外筒の外表面には、塗装を施す予定である。

(注 3) 一次蓋及び二次蓋のうち、胴との接触面は を、また、その他の表面には、塗装を施す予定である。

(注 4) 一次蓋ボルト及び二次蓋ボルトの表面には、メッキを施す予定である。

第2表 TK-26型の主要な構成部材の温度条件

構成部材	最高温度 ^(注1) (°C)
胴	151
外筒	127
トラニオン	151 ^(注2)
伝熱フィン	151 ^(注2)
中性子遮蔽材（蓋部、底部、側部）	143
蓋部（金属ガスケットを含む）	107
バスケット格子材、バスケットサポート 及びバスケット補助プレート	225

(注1) 除熱解析結果から得られた最高温度（補足説明資料 1-4「TK-26型の除熱設計に関する説明資料」参照）

(注2) トラニオン及び伝熱フィンの最高温度は保守的に胴の値と同じとした。

第3表 TK-26型の主要な構成部位の中性子照射量

構成部材	中性子照射量
胴	8.0×10^{14} n/cm ² 未満 ^(注1)
外筒	8.0×10^{14} n/cm ² 未満 ^(注1,2)
トラニオン	8.0×10^{14} n/cm ² 未満 ^(注1,2)
伝熱フィン	8.0×10^{14} n/cm ² 未満 ^(注1,2)
中性子遮蔽材（蓋部、底部、側部）	1.3×10^{14} n/cm ² 未満 ^(注1)
蓋部（金属ガスケットを含む）	8.0×10^{14} n/cm ² 未満 ^(注1,2)
バスケット格子材、バスケットサポート及びバスケット補助プレート	2.0×10^{15} n/cm ² 未満 ^(注1)

(注1) 遮蔽解析結果から得られた中性子束が60年間一定であると仮定して算出した値

(注2) 中性子照射量は保守的に胴の値と同じとした。

第4表 TK-26型の構成部材の経年変化に対する評価について (1/3)

部材及び材質	要因	主な評価の観点	各部材の材質に対する経年変化に係わるデータ	設計条件	評価
胴、外筒 (内面) 一次蓋 二次蓋 (内面) 一次蓋ボルト 【材質】 炭素鋼 合金鋼	腐食	● 構造強度： 腐食による構造強度の低下	<ul style="list-style-type: none"> 1%燃料破損相当の燃料棒内ガス中のヨウ素ガスを含む実機模擬環境における、鉄系材料の最大腐食速度により、設計貯蔵期間 (60年間) の腐食量の厚さを推定しても 0.5mm 程度である⁽¹⁾。 中性子遮蔽材に接する胴 (外面) 及び外筒 (内面) が全面腐食すると仮定して算出したところ腐食量の厚さは 0.01mm 未満である。 	使用環境： <ul style="list-style-type: none"> ヘリウム雰囲気 中性子遮蔽材と接触 	<ul style="list-style-type: none"> 胴 (内面)、一次蓋、二次蓋 (内面) 及び一次蓋ボルトは、不活性雰囲気維持される限り、腐食しない。仮に 1%燃料破損相当の燃料棒内ガスの存在を考慮しても、胴 (内面) の腐食による構造強度への影響はない。 胴 (外面) 及び外筒 (内面) は、中性子遮蔽材の熱劣化により生じる水による全面腐食を考慮しても、構造強度への影響はない。
	熱	● 構造強度： 熱によるき裂・破損	<ul style="list-style-type: none"> 金属キャスク構造規格 (2007年版)⁽²⁾ (設計・建設規格 (2005年版及び 2007年追補版まで含む)⁽³⁾ 引用) では、300℃又は 425℃までの設計用強度・物性値が規定されている。 クリープによる変形を考慮すべき温度 (融点 [絶対温度] の 1/3 に相当) は約 300℃である⁽⁴⁾⁽⁵⁾。 	使用環境温度： <ul style="list-style-type: none"> 160℃以下 	<ul style="list-style-type: none"> 使用環境温度は、300℃よりも十分低く、クリープを考慮する必要はない。また、熱によりき裂・破損することはないため、構造強度への影響はない。
	照射	● 構造強度： 照射による機械的特性の変化	<ul style="list-style-type: none"> 中性子照射量が 10^{16}n/cm^2 までは、顕著な特性変化は認められない。(第1図) 	中性子照射量： <ul style="list-style-type: none"> 10^{15}n/cm^2 未満 (60年間一定) 	<ul style="list-style-type: none"> 中性子照射量は、機械的特性に変化が認められる値より小さく、構造強度への影響はない。
外筒 (外面) 二次蓋 (外面) 二次蓋ボルト 蓋部中性子遮蔽材カバー 底部中性子遮蔽材カバー 【材質】 炭素鋼 合金鋼	腐食	● 構造強度： 腐食による構造強度の低下	<ul style="list-style-type: none"> 防錆効果を考慮せず炭素鋼の全面腐食を仮定して算出したところ、腐食量の厚さは 6mm 程度 (60年間×腐食進展速度 0.1mm/年⁽⁷⁾) である。 	使用環境： <ul style="list-style-type: none"> 外気 (海塩粒子雰囲気) 結露水 	<ul style="list-style-type: none"> 外筒 (外面)、二次蓋 (外面) 及び二次蓋ボルトは防錆処理により腐食しない。なお、防錆処理の補修が困難である金属キャスク本体底部サポート部 (貯蔵架台接触部) については、防錆効果を考慮せず評価しても、腐食による構造強度への影響はない。
	熱	● 構造強度： 熱によるき裂・破損	<ul style="list-style-type: none"> 金属キャスク構造規格 (2007年版)⁽²⁾ (設計・建設規格 (2005年版及び 2007年追補版まで含む)⁽³⁾ 引用) では、300℃又は 425℃までの設計用強度・物性値が規定されている。 クリープによる変形を考慮すべき温度 (融点 [絶対温度] の 1/3 に相当) は約 300℃である⁽⁴⁾⁽⁵⁾。 	使用環境温度： <ul style="list-style-type: none"> 130℃以下 	<ul style="list-style-type: none"> 使用環境温度は、300℃よりも十分低く、クリープを考慮する必要はない。また、熱によりき裂・破損することはないため、構造強度への影響はない。
	照射	● 構造強度： 照射による機械的特性の変化	<ul style="list-style-type: none"> 中性子照射量が 10^{16}n/cm^2 までは、顕著な特性変化は認められない。(第1図) 	中性子照射量 <ul style="list-style-type: none"> 10^{15}n/cm^2 未満 (60年間一定) 	<ul style="list-style-type: none"> 中性子照射量は、機械的特性に変化が認められる値より小さく、構造強度への影響はない。
トラニオン 【材質】 ステンレス鋼	腐食	● 構造強度： 腐食による構造強度の低下	<ul style="list-style-type: none"> 0.2%耐力相当の応力を負荷した条件における海浜環境での長期曝露試験において、応力腐食割れは認められない⁽⁸⁾。 	使用環境： <ul style="list-style-type: none"> 外気 (海塩粒子雰囲気) 結露水 	<ul style="list-style-type: none"> 実機より厳しい使用環境 (応力及び雰囲気) においても応力腐食割れは発生せず、腐食による構造強度への影響はない。
	熱	● 構造強度： 熱によるき裂・破損	<ul style="list-style-type: none"> 金属キャスク構造規格 (2007年版)⁽²⁾ (設計・建設規格 (2005年版及び 2007年追補版まで含む)⁽³⁾ 引用) では、350℃又は 425℃までの設計用強度・物性値が規定されている。 クリープによる変形を考慮すべき温度 (融点 [絶対温度] の 1/3 に相当) は約 280℃である⁽⁴⁾。 	使用環境温度： <ul style="list-style-type: none"> 160℃以下 	<ul style="list-style-type: none"> 使用環境温度は、280℃よりも十分低く、クリープを考慮する必要はない。また、熱によりき裂・破損することはないため、構造強度への影響はない。
	照射	● 構造強度： 照射による機械的特性の変化	<ul style="list-style-type: none"> 中性子照射量が 10^{17}n/cm^2 までは、顕著な特性変化は認められない。(第2図) 	中性子照射量 <ul style="list-style-type: none"> 10^{15}n/cm^2 未満 (60年間一定) 	<ul style="list-style-type: none"> 中性子照射量は、機械的特性に変化が認められる値より小さく、構造強度への影響はない。

第4表 TK-26型の構成部材の経年変化に対する評価について (2/3)

部材及び材質	要因	主な評価の観点	各部材の材質に対する経年変化に係わるデータ	設計条件	評価
伝熱フィン 【材質】 銅	腐食	● 除熱機能： 腐食によるき裂・破損	・ 胴（炭素鋼）-外筒（炭素鋼）の閉鎖空間であり、鉄は銅に比べてイオン化傾向の高い金属であるため、銅は腐食しない ⁽¹⁰⁾ 。	使用環境： ・ 胴と外筒間の閉鎖空間 ・ 中性子遮蔽材と接触	・ 鉄は銅に比べてイオン化傾向の高い金属であり、炭素鋼が選択的に腐食されることから、伝熱フィンがき裂・破損することはないため、除熱機能への影響はない。
	熱	● 除熱機能： 熱によるき裂・破損	・ 日本工業規格(JIS) では 200℃までの設計用強度・物性値が規定されている ⁽¹¹⁾ 。	使用環境温度： ・ 160℃以下	・ 使用環境温度は、200℃よりも低く、熱によりき裂・破損することはないため、除熱機能への影響はない。
	照射	● 除熱機能： 照射によるき裂・破損	・ 中性子照射量が 10^{16} n/cm ² 程度までは機械的特性への影響はない ⁽¹²⁾ 。	中性子照射量： ・ 10^{15} n/cm ² 未満 (60年間一定)	・ 中性子照射量は、機械的特性に変化が認められる値より小さく、使用環境において、き裂・破損することはないため、除熱機能への影響はない。
バスケット格子材 【材質】 ほう素添加アルミニウム合金 バスケットサポート 【材質】 ほう素添加アルミニウム合金 またはアルミニウム合金	腐食	● 構造強度： 腐食による構造強度及び未臨界機能の低下	・ 真空乾燥時に金属キャスク内部に残留する酸素が全てバスケットの腐食に費やされたとして評価しても、腐食量の厚さは 1μm 未満である。	使用環境： ・ ヘリウム雰囲気	・ 不活性雰囲気維持される限り、腐食の影響はないため、構造強度への影響はない。なお、使用済燃料プール水中に置かれる期間は最大でも数日程度であり腐食の影響はない。
	熱	● 構造強度： 熱による構造強度の低下	・ バスケット格子に用いるほう素添加アルミニウム合金は 250℃までの温度において、設計貯蔵期間中(60年間)の熱による材料特性の変化を考慮した材料試験データに基づいて設計許容値を設定している。 ^(注1) ・ バスケット格子に用いるほう素添加アルミニウム合金及びバスケットサポートに用いるアルミニウム合金及びほう素添加アルミニウム合金は、クリープひずみが 0.1%から 1.0%程度の範囲において、クリープひずみが材料の機械的特性に影響を与えることはない ⁽¹³⁾ 。 ・ 設計貯蔵期間(60年間)経過後のクリープひずみが 0.1%となるためには、当該アルミニウム合金及びほう素添加アルミニウム合金よりも低強度である純アルミニウム系合金(A1100-0)でも 4MPa 程度の応力が必要である。 ^(注1)	使用環境温度： ・ 230℃以下	・ 当該ほう素添加アルミニウム合金は、Mn系化合物の粒子分散強化と Mgの固溶強化を主な強化機構として用いているが、これらの強化機構が 60年間維持されることをそれぞれ加速試験により確認し、設計許容値を設定しているため問題ない。 ^(注1) ・ 貯蔵期間中にバスケット格子材及びバスケットサポート材に発生する応力は 1MPa 未満であることからクリープひずみによる機械的特性への影響はない。
	照射	● 構造強度： 照射による機械的特性の変化 ● 未臨界機能： 中性子照射による未臨界機能の低下	・ 中性子照射量が 10^{19} n/cm ² までは、顕著な特性変化は認められない ⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾ 。 ・ ¹⁰ Bの設計貯蔵期間中(60年間)の減損割合は、保守的に全中性子束を用いて評価しても 10^{-6} 程度であり無視できる。	中性子照射量： ・ 10^{16} n/cm ² 未満 (60年間一定)	・ 中性子照射量は、機械的特性に変化が認められる値より小さく、構造強度への影響はない。 ・ ¹⁰ Bの減損割合は無視できる程度であるため未臨界機能への影響はない。
バスケット補助プレート 【材質】 ステンレス鋼	腐食	● 構造強度： 腐食による構造強度の低下	・ 1%燃料破損相当の燃料棒内ガス中のヨウ素ガスを含む実機模擬環境における、鉄系材料の最大腐食速度により、設計貯蔵期間中(60年間)の腐食量を推定しても 0.5mm 程度である ⁽¹⁾ 。	使用環境： ・ ヘリウム雰囲気	・ バスケット補助プレートについては、金属キャスク胴内の不活性雰囲気が維持される限り、腐食しない。
	熱	● 構造強度： 熱によるき裂・破損	・ 金属キャスク構造規格(2007年版) ⁽²⁾ (設計・建設規格(2005年版及び2007年追補版まで含む) ⁽³⁾ 引用)では、425℃までの設計用強度・物性値が規定されている。 ・ クリープによる変形を考慮すべき温度(融点[絶対温度]の1/3に相当)は約 280℃である ⁽⁴⁾ 。	使用環境温度： ・ 230℃以下	・ 使用環境温度は、280℃よりも十分低く、クリープを考慮する必要はない。また、熱によりき裂・破損することはないため、構造強度への影響はない。
	照射	● 構造強度： 照射によるき裂・破損	・ 中性子照射量が 10^{17} n/cm ² までは、顕著な特性変化は認められない。(第2図)	中性子照射量： ・ 10^{16} n/cm ² 未満 (60年間一定)	・ 中性子照射量は、機械的特性に変化が認められる値より小さく、構造強度への影響はない。

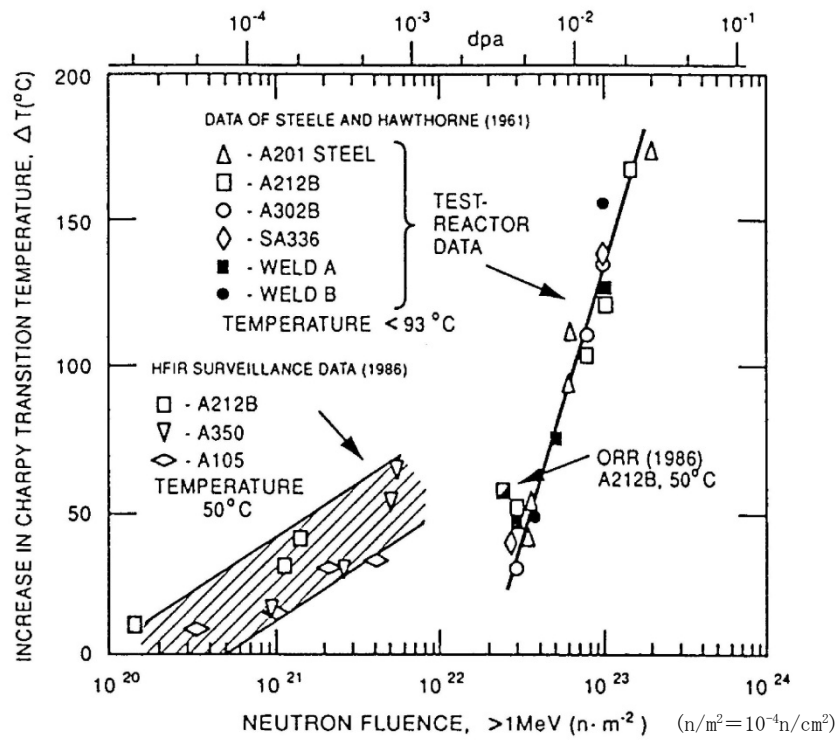
(注1) 補足説明資料1-7 「バスケット用ほう素添加アルミニウム合金 1B-A3J04-0 について」を参照

第4表 TK-26型の構成部材の経年変化に対する評価について (3/3)

部材及び材質	要因	主な評価の観点	各部材の材質に対する経年変化に係わるデータ	設計条件	評価
中性子遮蔽材 【材質】 レジン (エチレンブ ロピレン系ゴム)	熱 ・ 腐食	● 遮蔽機能： 重量減少の有無	・ 社内試験データ ⁽¹⁶⁾ に基づいて評価した熱による設計貯蔵期間中 (60年間) の重量減損率は <input type="text"/> である。	使用環境温度： ・ 150℃以下 使用環境： ・ 閉鎖環境	・ 遮蔽解析では、設計貯蔵期間及び使用環境温度から評価した重量減損率 (<input type="text"/>) に対し、保守的に <input type="text"/> の減損率があるとして評価しているため遮蔽機能への影響はない。
	照射	● 遮蔽機能： 重量減少の有無	・ 加熱・照射試験 (140℃、 8.5×10^4 Gy 程度 ^(注2)) の重量減損率は加熱試験 (140℃) の結果とほぼ等しく 0.05%以下であり、設計貯蔵期間中 (60年間) の熱による重量減損率に比較して非常に小さいことから重量減損に及ぼす放射線照射の影響は小さい ⁽¹⁶⁾ 。	吸収線量： ・ 10^3 Gy ~ 10^4 Gy 程度 ^(注3)	・ 照射中加熱試験は設計条件を超える条件で行っていることから、放射線照射による重量減損を考慮する必要はない。
金属ガスケット 【材質】 ニッケル合金 アルミニウム	腐食	● 閉じ込め機能： 腐食による閉じ込め機能の低下	・ 蓋部縮小モデルにおける約3年間の塩水噴霧試験では、漏えい率に変化はない ⁽¹⁷⁾ 。 ・ 長期保管後の海水流入時においても漏えい率は判定基準値以下であり、ただちに漏えい率に影響することはない ⁽¹⁸⁾ 。	使用環境： ・ 一次蓋、二次蓋内側：ヘリウム雰囲気 ・ 二次蓋外側：外気 (海塩粒子雰囲気)、結露水	・ 一次蓋及び二次蓋内側の金属ガスケットは、不活性雰囲気維持される限り、腐食しない。 ・ 二次蓋外側の金属ガスケットは、実機の使用環境より厳しい塩水噴霧環境においても漏えい率に変化はなく、閉じ込め機能への影響はない。
	熱	● 閉じ込め機能： 熱による閉じ込め機能の低下	・ 初期の閉じ込め機能 (1×10^{-10} Pa・m ³ /s) を保持できる限界ラーソン・ミラー・パラメータ (LMP) は、定数 C が 20 の場合において約 11.0×10^3 ⁽¹⁹⁾ また、定数 C が 14 の場合において約 8.0×10^3 ⁽²⁰⁾ である。 ・ 長期密封性能試験において 130~140℃ (19年以上) で閉じ込め性能維持されている ⁽²¹⁾ 。	使用環境温度： ・ 110℃以下	・ 金属ガスケットの使用環境温度から設計貯蔵期間 (60年間) に相当する LMP を算出すると、定数 C が 20 の場合において約 9.9×10^3 、定数 C が 14 の場合において約 7.6×10^3 であり、限界 LMP 値以下であることから設計貯蔵期間を通じて閉じ込め機能への影響はない。
	照射	● 閉じ込め機能： 照射による機械的特性の変化に伴う閉じ込め機能の低下	・ ニッケル合金は中性子照射量が 10^{16} n/cm ² 程度までは機械的性質が変化しない ⁽²²⁾ ⁽²³⁾ 。 ・ アルミニウムは中性子照射量が 10^{19} n/cm ² 程度以下では、機械的性に顕著な変化はない ⁽¹⁴⁾ 。	中性子照射量 ・ 10^{15} n/cm ² 未満 (60年間一定)	・ 中性子照射量は、各材料の機械的特性に変化が認められる値より小さく、構造強度への影響はない。

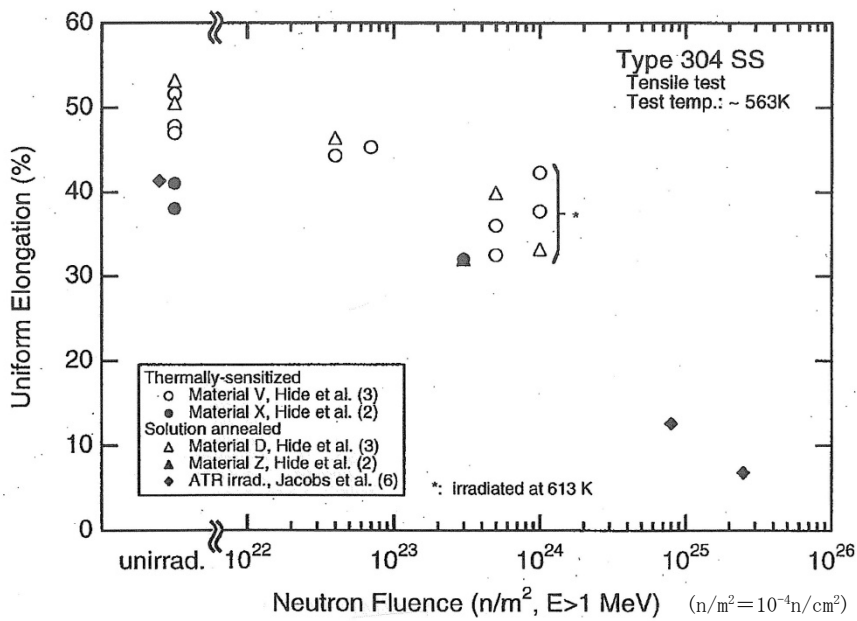
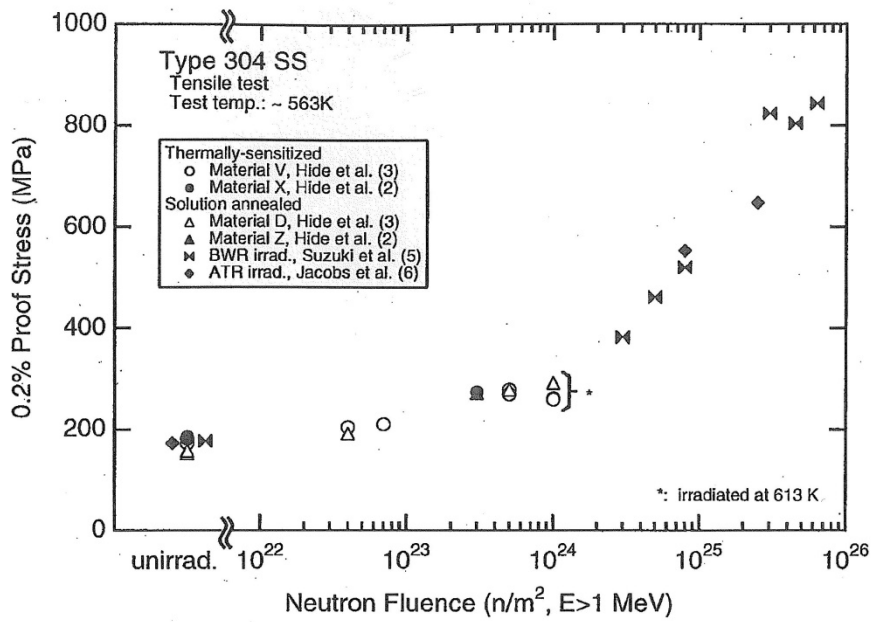
(注2) 照射試験条件を本中性子遮蔽材の吸収線量に換算した値

(注3) 表3に示す中性子遮蔽材の中性子照射量にガンマ線照射の影響も考慮して求めた吸収線量



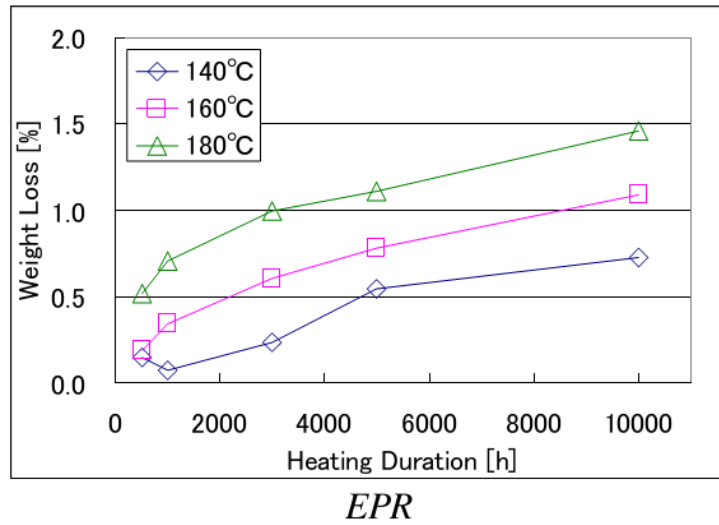
第1図 炭素鋼・低温用合金鋼のシャルピー遷移温度増加と照射量 (n/m^2) の関係⁽⁶⁾

(図中の中性子照射量の単位 $1n/m^2$ は、 $1 \times 10^{-4}n/cm^2$)



第2図 ステンレス鋼の中性子照射の影響評価結果⁽⁹⁾

(図中の中性子照射量の単位 1n/m² は、1×10⁻⁴n/cm²)



第3図 中性子遮蔽材の重量減損データ⁽¹⁶⁾

(注1) 設計貯蔵期間における使用済燃料の崩壊熱量の低下に伴い中性子遮蔽材の温度低下を考慮した値

(注2) 劣化パラメータより中性子遮蔽材の重量減損率を評価

ΔW : 中性子遮蔽材の重量減損率 (%) = $6.18 \times 10^{-4} \times E_p - 5.99$

E_p : 劣化パラメータ = $T \times (C + \ln(t))$

T : 中性子遮蔽材温度 (K)

t : 中性子遮蔽材加熱時間 (h)

C : 定数=17