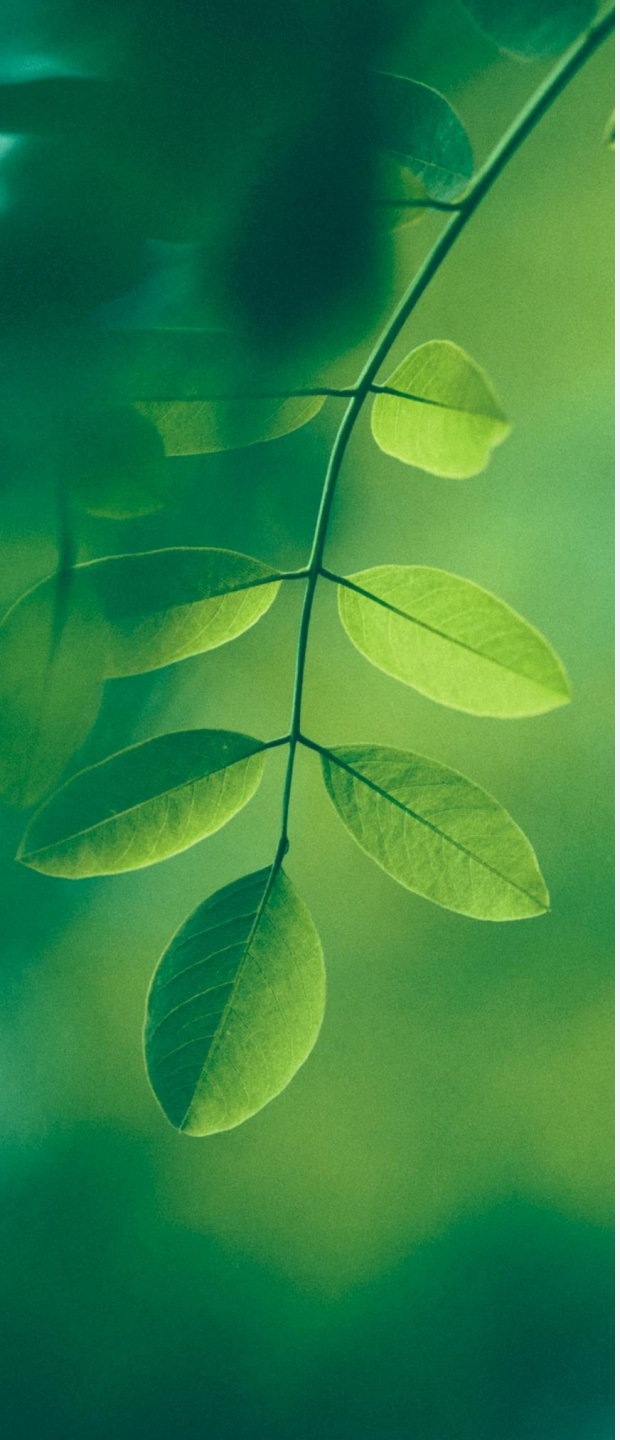


ITER/BA成果報告会2024 （30 Jan 2025）

ITERトリチウム除去系調達に向けた日揮の貢献

JGC's Contributions to the Procurement of ITER Detritiation System

Enhancing planetary health

日揮株式会社 JGC JAPAN CORPORATION
インダストリーソリューション本部 Industry Solution Division
原子力プロジェクト部 Nuclear Project Department
黒田 康宏 Yasuhiro KURODA, Project Manager

本資料の複製・転載・改変・再配布を禁止します。
No part of this document may be reproduced, reprinted, modified or distributed.

ITERトリチウム除去系調達に向けた日揮の貢献
JGC's Contributions to the Procurement of ITER Detritiation System

1. 日揮グループご紹介 Introduction to the JGC Group

1-1. 会社概要 Company Profile

1-2. 原子力関連分野におけるプロジェクト実績 Project Achievements in the Nuclear and Fusion Fields

2. ITERトリチウム除去系実機の基本構想 Basic Concept of the ITER DS

2-1. ITER計画におけるトリチウムプラント設備 Tritium Plant Facilities in the ITER Project

2-2. ITERトリチウム除去系の系統構成 Configuration of the ITER DS

2-3. トリチウム除去の仕組み Mechanism of Detritiation

3. ITER-DS性能確証試験装置の設計製作：経緯と成果 D&F of the ITER-DS Qualification Test Rig

3-1. TPLにおける当社の関わり JGC's History at TPL

3-2. 2011～12年： 20%スクラバ塔の設計製作 2011-12: D&F of the 20% SC Test Rig

3-3. 2016～18年： 20%スクラバ塔 ITER実用条件での運転試験に向けた改修 2016-18: Modifications of the 20% SC Test Rig

3-4. 2017年： 20%スクラバ塔の機械的・機能的健全性評価（加振試験） 2017: 20% SC Seismic Test

3-5. 2020～21年： 2%触媒塔／スクラバ塔 統合試験装置の設計製作 2020-21: D&F of the 2% CR/SC Integrated Test Rig

ITERトリチウム除去系調達に向けた日揮の貢献
JGC's Contributions to the Procurement of ITER Detritiation System

1. 日揮グループご紹介 Introduction to the JGC Group

1-1. 会社概要 Company Profile

1-2. 原子力関連分野におけるプロジェクト実績 Project Achievements in the Nuclear and Fusion Fields

2. ITERトリチウム除去系実機の基本構想 Basic Concept of the ITER DS

2-1. ITER計画におけるトリチウムプラント設備 Tritium Plant Facilities in the ITER Project

2-2. ITERトリチウム除去系の系統構成 Configuration of the ITER DS

2-3. トリチウム除去の仕組み Mechanism of Detritiation

3. ITER-DS性能確証試験装置の設計製作：経緯と成果 D&F of the ITER-DS Qualification Test Rig

3-1. TPLにおける当社の関わり JGC's History at TPL

3-2. 2011～12年： 20%スクラバ塔の設計製作 2011-12: D&F of the 20% SC Test Rig

3-3. 2016～18年： 20%スクラバ塔 ITER実用条件での運転試験に向けた改修 2016-18: Modifications of the 20% SC Test Rig

3-4. 2017年： 20%スクラバ塔の機械的・機能的健全性評価（加振試験） 2017: 20% SC Seismic Test

3-5. 2020～21年： 2%触媒塔／スクラバ塔 統合試験装置の設計製作 2020-21: D&F of the 2% CR/SC Integrated Test Rig

1-1. 会社概要
Company Profile

日揮ホールディングス株式会社を事業持ち株会社とした、総合エンジニアリング企業グループ

日揮ホールディングス㈱
（本社所在地：横浜市みなとみらい地区）

総合エンジニアリング事業
- 日揮㈱ （国内事業）
- 日揮グローバル㈱（海外事業）

機能材製造事業
- 日揮触媒化成㈱
- 日本ファインセラミックス㈱

エネルギー・環境コンサルティング
- 日本エヌ・ユー・エス㈱
- その他国内外グループ会社

創業
1928年（昭和3年）
10月25日

従業員数
8,865名[連結]
（2024年3月31日時点）

売上高
8,325億円
（2024年3月31日時点）

プロジェクト遂行実績
80カ国 20,000件以上
国内外売上高構成比
海外：73% 国内：27%
（2024年3月31日時点）

事業内容（セグメント）

総合エンジニアリング事業
エネルギートランジション、ヘルスケア・ライフサイエンス、産業・都市インフラ、資源循環分野の各種プラント、施設のEPC（設計・調達・建設）事業

機能材製造事業
各種触媒、ファインケミカル製品、ファインセラミックス製品の製造・販売

© 2024 JGC JAPAN CORPORATION

1-2. 原子力関連分野におけるプロジェクト実績
Project Achievements in the Nuclear and Fusion Fields

1970年代より50年以上にわたり、核燃料再処理、放射性廃棄物処理関連プラント事業を中心にビジネス展開

使用済み核燃料再処理施設
（茨城県　1974年完工）

放射性廃棄物処理施設
（米国　1991年完工）

ガラス固化技術開発施設
（青森県　2013年完工）

(https://www.jgc.com/jp/projects/)

核融合・加速器関連分野：1990年代～

○ITERトリチウム除去系（ITER Detritiation System）

プロセス開発
- ✓ 旧原研（現QST）とトリチウム除去プロセスの具体化（1990年代～）

性能確証試験装置の設計製作
- ✓ 東海・トリチウムプロセス研究棟（TPL）　（2010～2021年）

2%触媒塔/スクラバ塔統合試験装置
（東海・TPL　2021年完工）

（資料ご提供：QST殿）

© 2024 JGC JAPAN CORPORATION

ITERトリチウム除去系調達に向けた日揮の貢献
JGC's Contributions to the Procurement of ITER Detritiation System

1. 日揮グループご紹介 Introduction to the JGC Group

1-1. 会社概要 Company Profile

1-2. 原子力関連分野におけるプロジェクト実績 Project Achievements in the Nuclear and Fusion Fields

2. ITERトリチウム除去系実機の基本構想 Basic Concept of the ITER DS

2-1. ITER計画におけるトリチウムプラント設備 Tritium Plant Facilities in the ITER Project

2-2. ITERトリチウム除去系の系統構成 Configuration of the ITER DS

2-3. トリチウム除去の仕組み Mechanism of Detritiation

3. ITER-DS性能確証試験装置の設計製作：経緯と成果 D&F of the ITER-DS Qualification Test Rig

3-1. TPLにおける日揮の関わり JGC's History at TPL

3-2. 2011～12年： 20%スクラバ塔の設計製作 2011-12: D&F of the 20% SC Test Rig

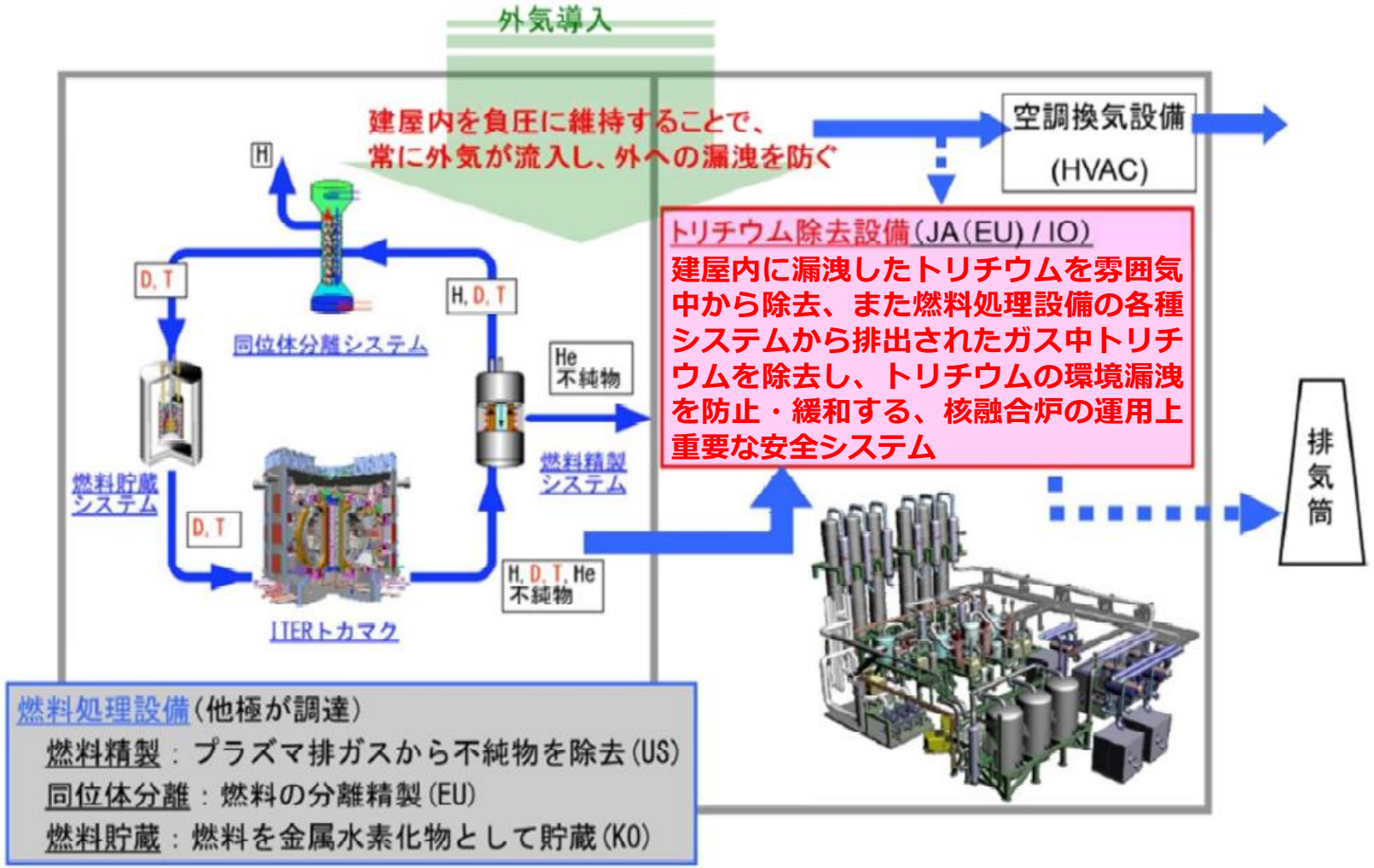
3-3. 2016～18年： 20%スクラバ塔 ITER実用条件での運転試験に向けた改修 2016-18: Modifications of the 20% SC Test Rig

3-4. 2017年： 20%スクラバ塔の機械的・機能的健全性評価（加振試験） 2017: 20% SC Seismic Test

3-5. 2020～21年： 2%触媒塔／スクラバ塔 統合試験装置の設計製作 2020-21: D&F of the 2% CR/SC Integrated Test Rig

2-1. ITER計画におけるトリチウムプラント設備
Tritium Plant Facilities in the ITER Project

現在ITERでは、DD燃焼を開始する2035年頃迄にトリチウム除去設備の実装を計画。調達責任は日本とIOで分担。



1. トリチウム除去設備機能要求

通常時（N-DS）

① 通常運転時の全てのトリチウム使用機器からの排ガス中のトリチウム除去

② 保守時の真空容器，各種GBやセル等の雰囲気トリチウム濃度制御

③ 定常汚染の可能性がある区画等の段階的負圧維持及び排出ガスのトリチウム除去

異常時（SB-DS）

④ 異常時のトカマク複合建屋の負圧維持及び排出ガスのトリチウム除去

2. トリチウム除去性能要求

設計値：99.9%

① 安全評価通常運転時： 99%以上

② 安全評価非火災異常時：99%以上

③ 安全評価火災時： 90%以上

（資料ご提供：QST殿）

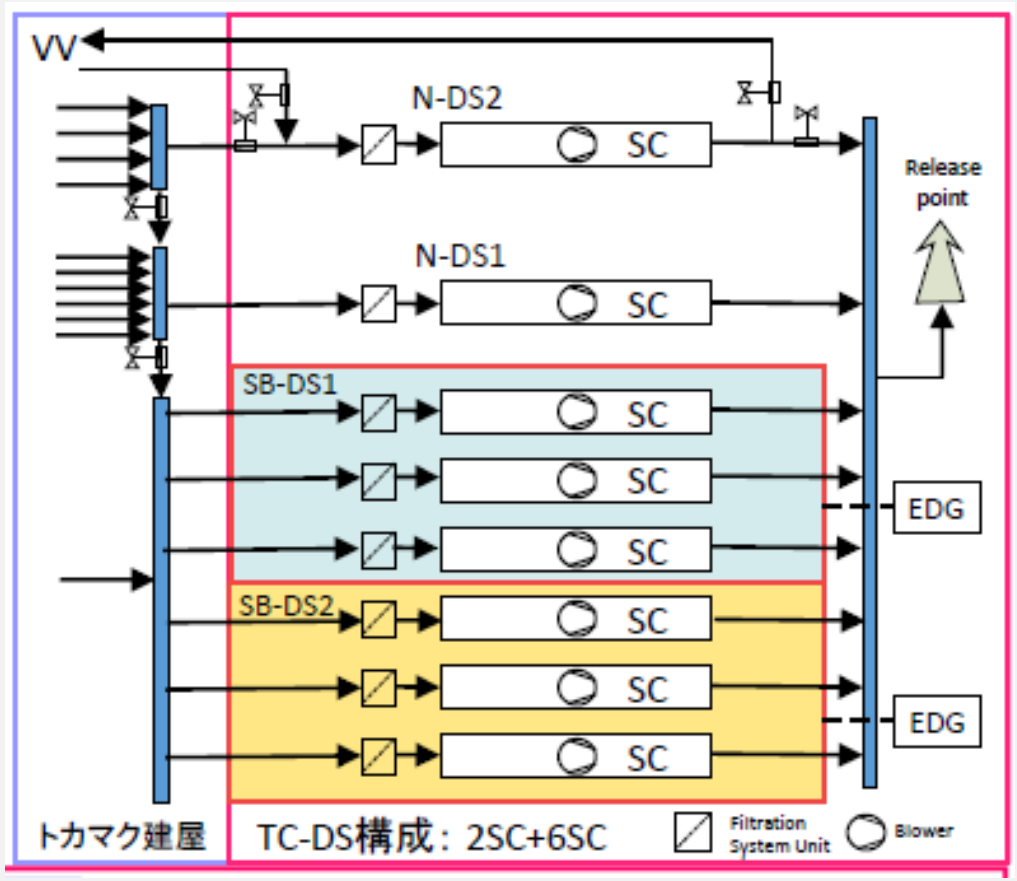
© 2024 JGC JAPAN CORPORATION

2-2. ITERトリチウム除去系の系統構成
Configuration of the ITER DS

通常時トリチウム除去系（N-DS）と異常時トリチウム除去系（SB-DS）の複数系統で構成

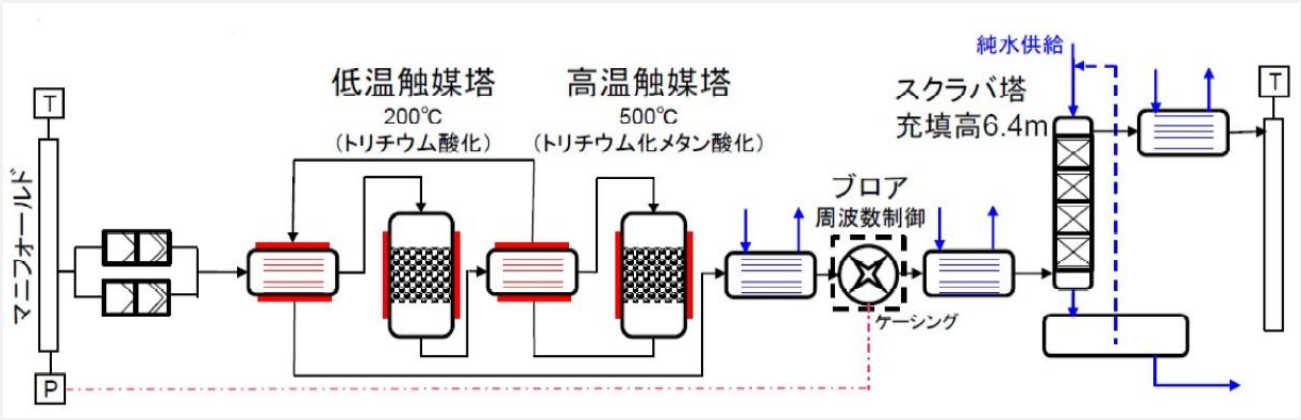
トリチウム除去系全体構成

① 通常時トリチウム除去系（N-DS） 2系統
② 異常時トリチウム除去系（SB-DS） 6系統 で構成

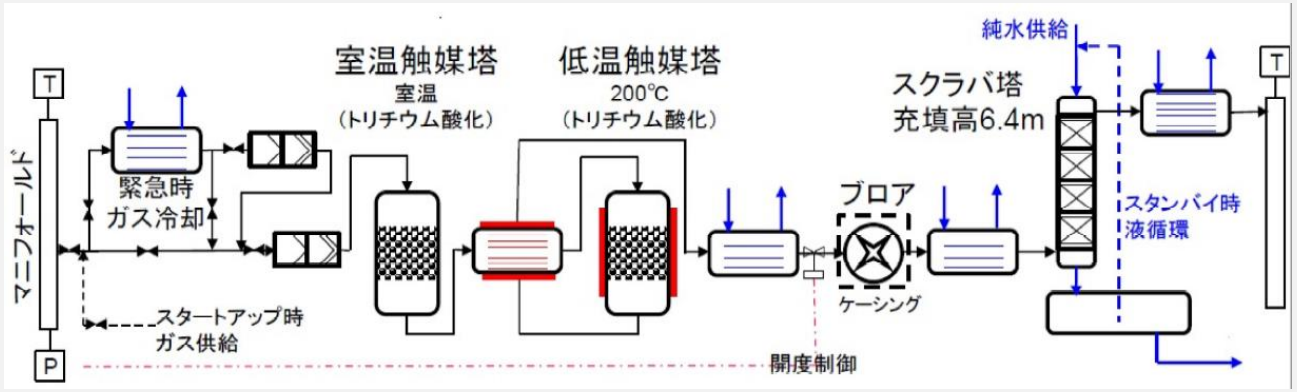


シングルモジュール基本構成

① 通常時トリチウム除去系（N-DS） 最大処理量 1,400 Nm^3/h × 2系統



② 異常時トリチウム除去系（SB-DS） 最大処理量 1,400 Nm^3/h × 6系統



（資料ご提供：QST殿）

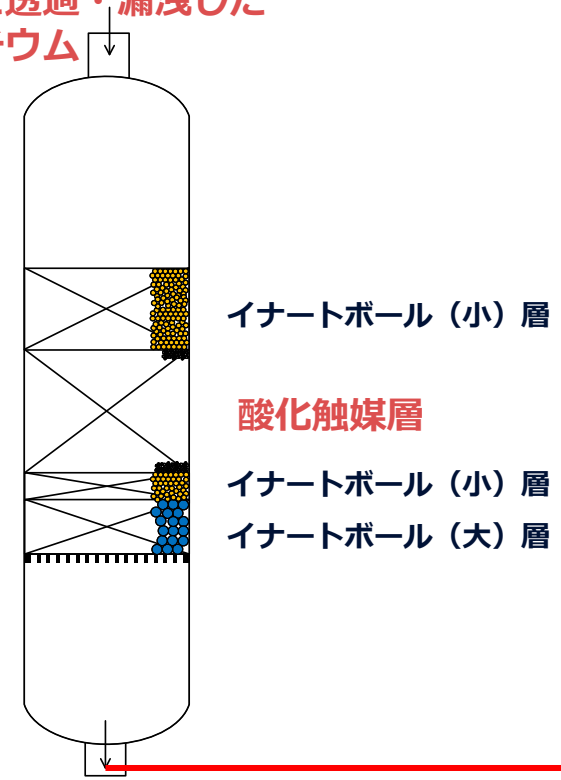
© 2024 JGC JAPAN CORPORATION

2-3. トリチウム除去の仕組み
Mechanism of Detritiation

気相トリチウムを触媒酸化反応器（触媒酸化塔）にて酸化させて水蒸気状トリチウムとし、向流水蒸気－水間水素同位体交換塔（スクラバ塔）にてトリチウムを排水として回収

触媒酸化塔

雰囲気中に透過・漏洩した
気相トリチウム

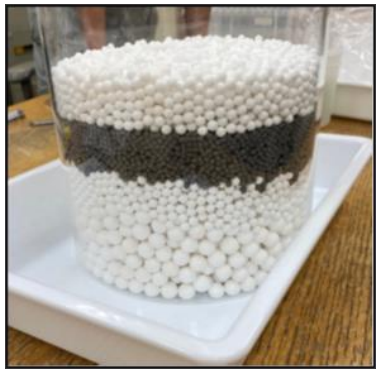


イナートボール（小）層

酸化触媒層

イナートボール（小）層

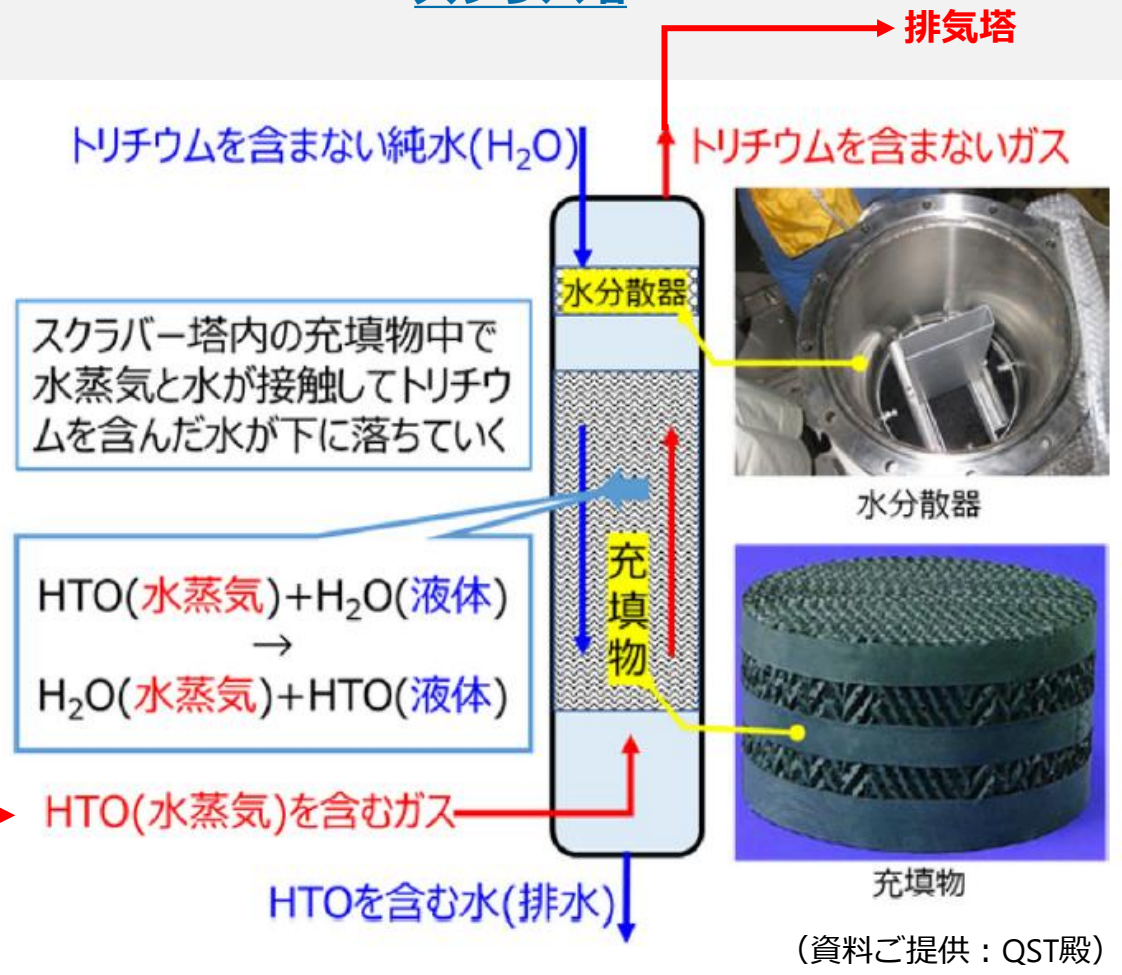
イナートボール（大）層



塔内積層イメージ

HTO（水蒸気）を含むガス

スクラバ塔



水分散器

充填物

（資料ご提供：QST殿）

© 2024 JGC JAPAN CORPORATION

ITERトリチウム除去系調達に向けた日揮の貢献
JGC's Contributions to the Procurement of ITER Detritiation System

1. 日揮グループご紹介 Introduction to the JGC Group

1-1. 会社概要 Company Profile

1-2. 原子力関連分野におけるプロジェクト実績 Project Achievements in the Nuclear and Fusion Fields

2. ITERトリチウム除去系実機の基本構想 Basic Concept of the ITER DS

2-1. ITER計画におけるトリチウムプラント設備 Tritium Plant Facilities in the ITER Project

2-2. ITERトリチウム除去系の系統構成 Configuration of the ITER DS

2-3. トリチウム除去の仕組み Mechanism of Detritiation

3. ITER-DS性能確証試験装置の設計製作：経緯と成果 D&F of the ITER-DS Qualification Test Rig

3-1. TPLにおける当社の関わり JGC's History at TPL

3-2. 2011～12年： 20%スクラバ塔の設計製作 2011-12: D&F of the 20% SC Test Rig

3-3. 2016～18年： 20%スクラバ塔 ITER実用条件での運転試験に向けた改修 2016-18: Modifications of the 20% SC Test Rig

3-4. 2017年： 20%スクラバ塔の機械的・機能的健全性評価（加振試験） 2017: 20% SC Seismic Test

3-5. 2020～21年： 2%触媒塔／スクラバ塔 統合試験装置の設計製作 2020-21: D&F of the 2% CR/SC Integrated Test Rig

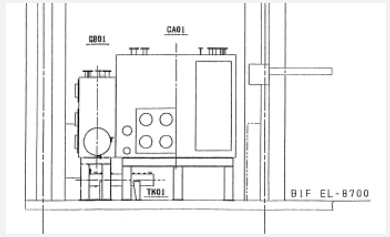
3-1. TPLにおける当社の関わり
JGC's History at TPL

1997年ケーソン製作から2021年の最終試験装置完工まで、DS性能確証試験に供するパイロットEPCを遂行

フランス原子力規制当局動向等

日揮で遂行したDSパイロット関連EPC

1997 トリチウム安全性試験装置（ケーソン）の設計製作



2011～2012 20%スケールスクラバ塔 試験装置の設計製作

2012 ITER建設許可省令
（Decree No.2012-1248 9 Nov.2012）
- DSの性能に関するQualificationの要求

2013 Technical Prescription
（ASN Decision No. 2013-DC-0379）
- スクラバ塔，酸化触媒の有効性の確証
- 組合せ統合システムとしての有効性確証

等の技術的要求

2016～2018 20%スケールスクラバ塔
- ITER実用条件での運転試験に向けた改修
- 機械的・機能的健全性評価（加振試験）

2014 IO/JADA共同調達活動取決めを締結
- 最終設計、実機の調達活動： IO主導
- 統合性能試験対応：JADA（QST）主導

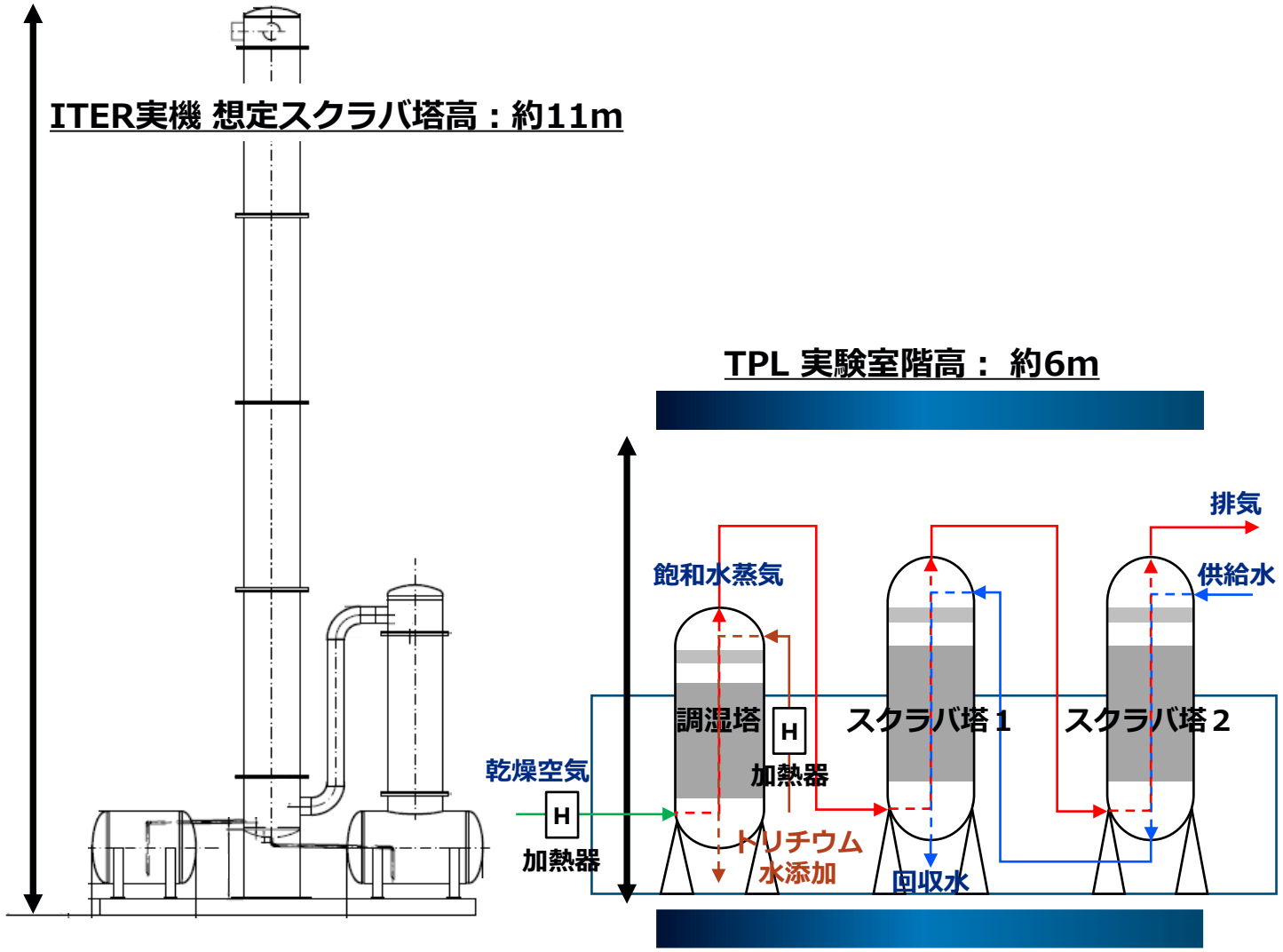
2020～2021 2%スケール触媒酸化塔／スクラバ塔
統合試験装置の設計製作
（最終性能確証試験装置）

（資料ご提供：QST殿）

© 2024 JGC JAPAN CORPORATION

3-2. 2011～12年： 20%スクラバ塔の設計製作
2011-12: D&F of the 20% SC Test Rig

スクラバ塔のトリチウム除去性能を実証する初の試験装置を設計製作（20%規模：処理量 約300Nm³/h）



設計製作ポイント

① スクラバ塔は，多くの化学プラント等で実用されており，有害ガスの除去性能は実証されているが**トリチウム水蒸気の除去性能は当時未実証**。

② 実験室レベルで成功したDF=1000を実現する向流水蒸気量／水量プロセス条件及び内部充填物構成条件を元に、TPL建屋空気浄化設備（ACS）の処理能力等も考慮し、処理量で**実規模の約20%（約300Nm³/h）スクラバ塔**を設計。

③ TPL実験室の高さ制約により1塔配置が不可能であったため、**2基に分割**としたが、2基で1塔を模擬するプロセス制御運転ができるよう設計。

Qualification

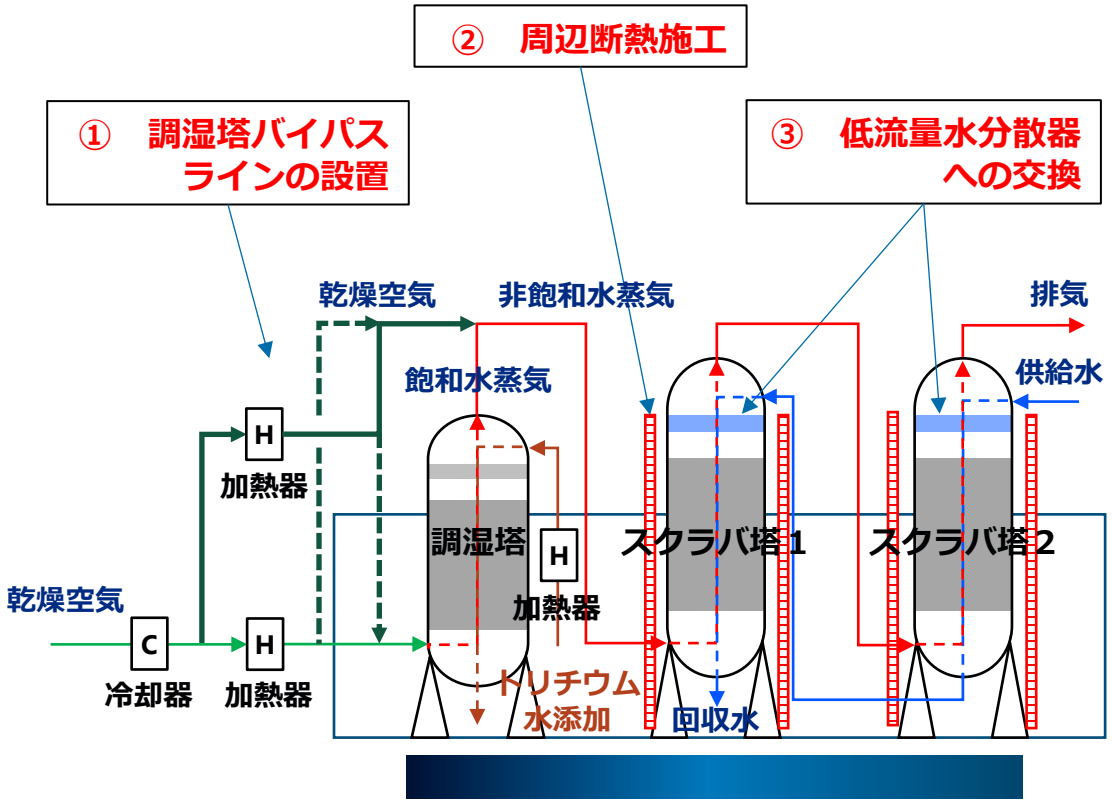
QST殿でトリチウム除去性能の実証試験を実施し、**最も保守的な飽和水蒸気条件にてトリチウム水蒸気の除去性能を実証した。**

（資料ご提供：QST殿）

© 2024 JGC JAPAN CORPORATION

3-3. 2016～18年： 20%スクラバ塔 ITER実用条件での運転試験に向けた改修
2016-18: Modifications of the 20% SC Test Rig

既存設備はスクラバ塔ジャケットに恒温水を通水することによる等温（isothermal）試験のみ可能であったところを、断熱（adiabatic）環境下における試験（断熱増湿試験）も可能となるよう改修



装置改修ポイント

① 乾燥圧縮空気の**調湿塔バイパスライン**を設け、調湿塔を通過した飽和水蒸気と混合させることで、系統内で任意の温湿度のトリチウムを含む水蒸気を製造可能にした。（標準条件：300Nm³/h 、温度20℃、相対湿度10%）

② スクラバ塔下部に供給された300Nm³/h 、温度20℃、相対湿度10%のトリチウムを含む非飽和水蒸気は、スクラバ塔上部から供給される水と接触し、飽和状態に達するが、この時蒸発に伴なって気化熱が奪われるため、温度が低下し、塔出口では計算上約8℃となる。このような運転環境におけるトリチウム除去性能の正確なデータ取得のため、周囲からの入熱が無視小と見做せる程度まで系統の該当範囲に**断熱施工**すると共に、

③ この8℃低温条件における同伴水蒸気量（計算上約～3kg/h）に見合う塔上部供給水量制御が出来るように、既存スクラバ塔上部に設置されている**6～18l/h水分散器を3～9l/h低流量型に交換**した。

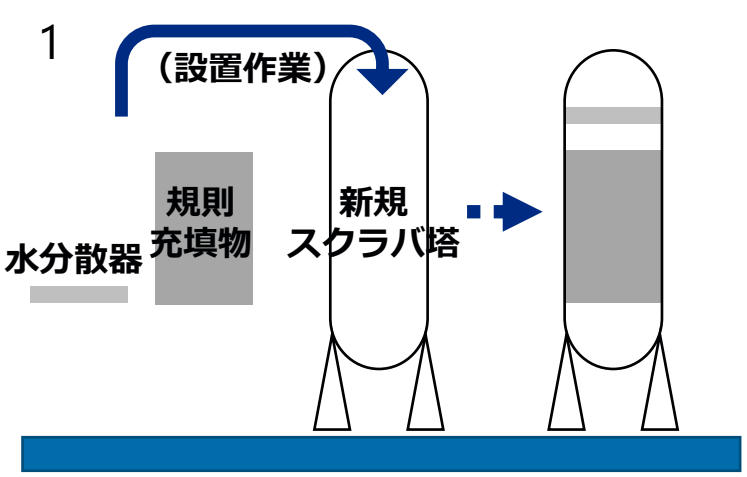
Qualification

QST殿で断熱増湿試験を実施し、DF（＝スクラバ塔入口トリチウム水蒸気濃度／スクラバ塔出口トリチウム水蒸気濃度）とλ値（＝処理ガス流量中の水蒸気モル流量／滴下水モル流量）の関連性について、**ITER実用条件下での正確な動特性データが取得された。**これは、トリチウム除去性能要求（設計99.9%）の確保と、トリチウム回収廃液量の低減を両立させる運転条件の策定に帰する。

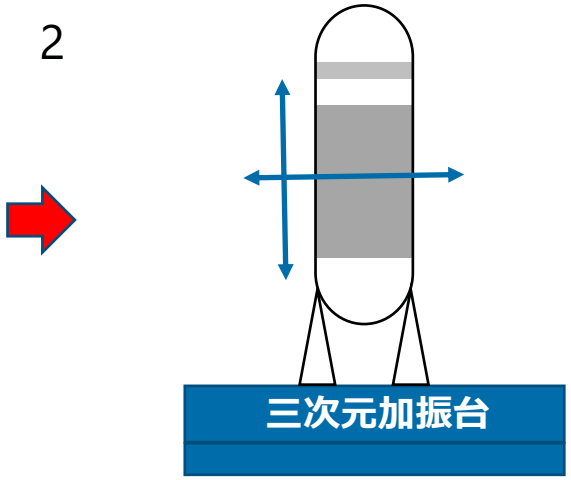
© 2024 JGC JAPAN CORPORATION

3-4. 2017年： 20%スクラバ塔の機械的・機能的健全性評価（加振試験）（1/2）
2017: 20% SC Seismic Test (1/2)

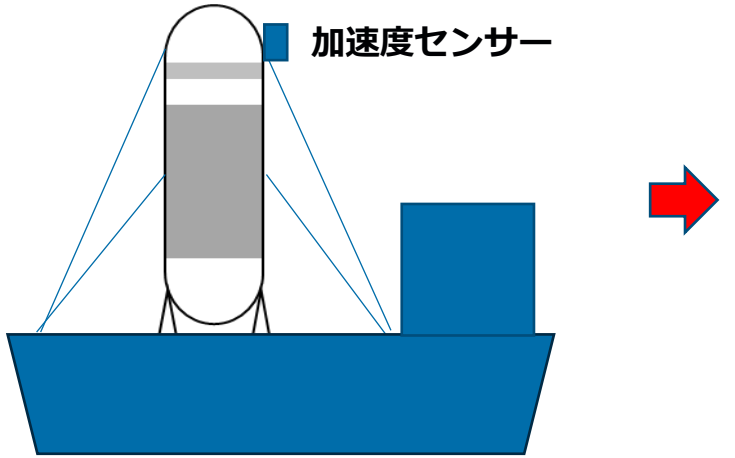
DS Qualificationにおける重要検証項目であるスクラバ塔の機械的・機能的健全性評価について、現地における地震を想定してスクラバ塔加振試験を行い、加振前後でトリチウム除去性能評価を行うための改修工事を実施



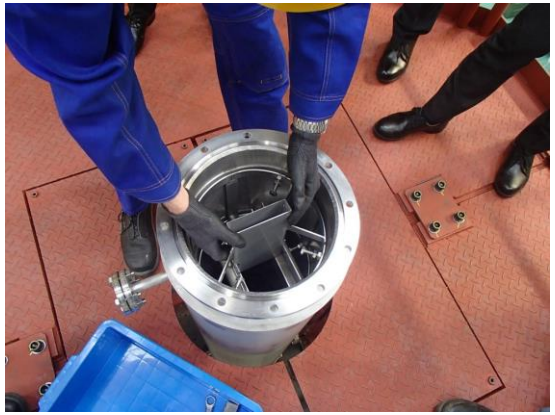
新規スクラバ塔に規則充填物、水分散器設置



現地で想定される地震動を包絡する加振条件を設定し、三次元加振台にて加振試験を実施



立てたままTPLへ海上／陸上輸送
（加速度センサーを設置し輸送中の揺れを常時監視）



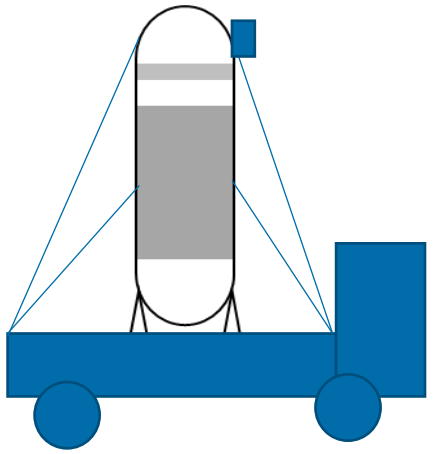
（資料ご提供：QST殿）

© 2024 JGC JAPAN CORPORATION

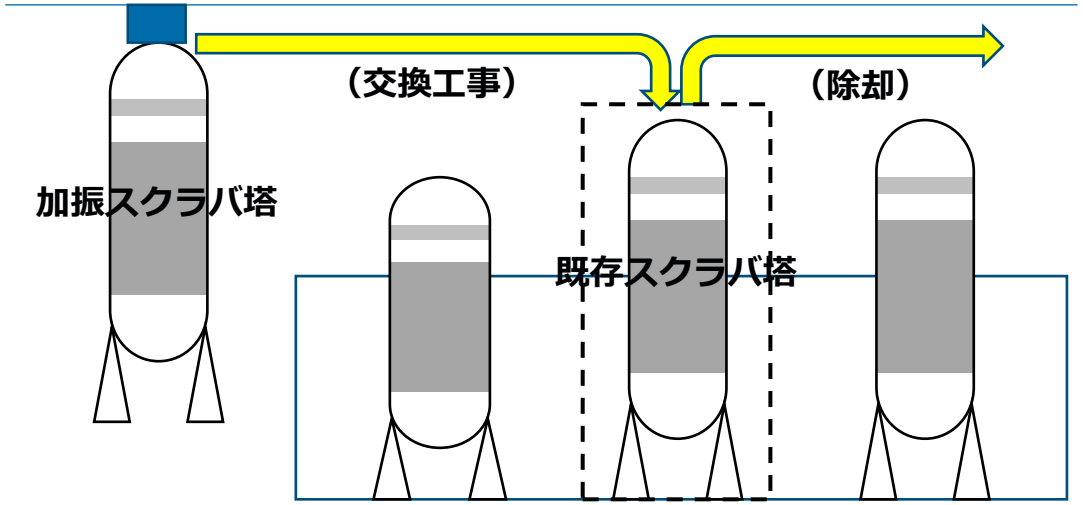
3-4. 2017年： 20%スクラバ塔の機械的・機能的健全性評価（加振試験）（2/2）
2017: 20% SC Seismic Test (2/2)

DS Qualificationにおける重要検証項目であるスクラバ塔の機械的・機能的健全性評価について、現地における地震を想定してスクラバ塔加振試験を行い、加振前後でトリチウム除去性能評価を行うための改修工事を実施

4



5



（資料ご提供：QST殿）

Qualification

QST殿で加振後のスクラバ塔のトリチウム除去性能を評価する試験を実施

加振後スクラバ塔のトリチウムDFが加振前に比べて低下する傾向は見られず、ITERサイトで想定される地震動に対してトリチウム除去性能を維持できることが実証された。

© 2024 JGC JAPAN CORPORATION

3-5. 2020～21年： 2%触媒塔／スクラバ塔 統合試験装置の設計製作（1/2）
2020-21: D&F of the 2% CR/SC Integrated Test Rig (1/2)

ITERの通常運転及び火災を含む事故の際の想定プロファイルから策定された、試験ガス性状（トリチウム濃度、湿度、不純物濃度等）と装置側運転方案の組合せによる30余の通常時／異常時テストシナリオ

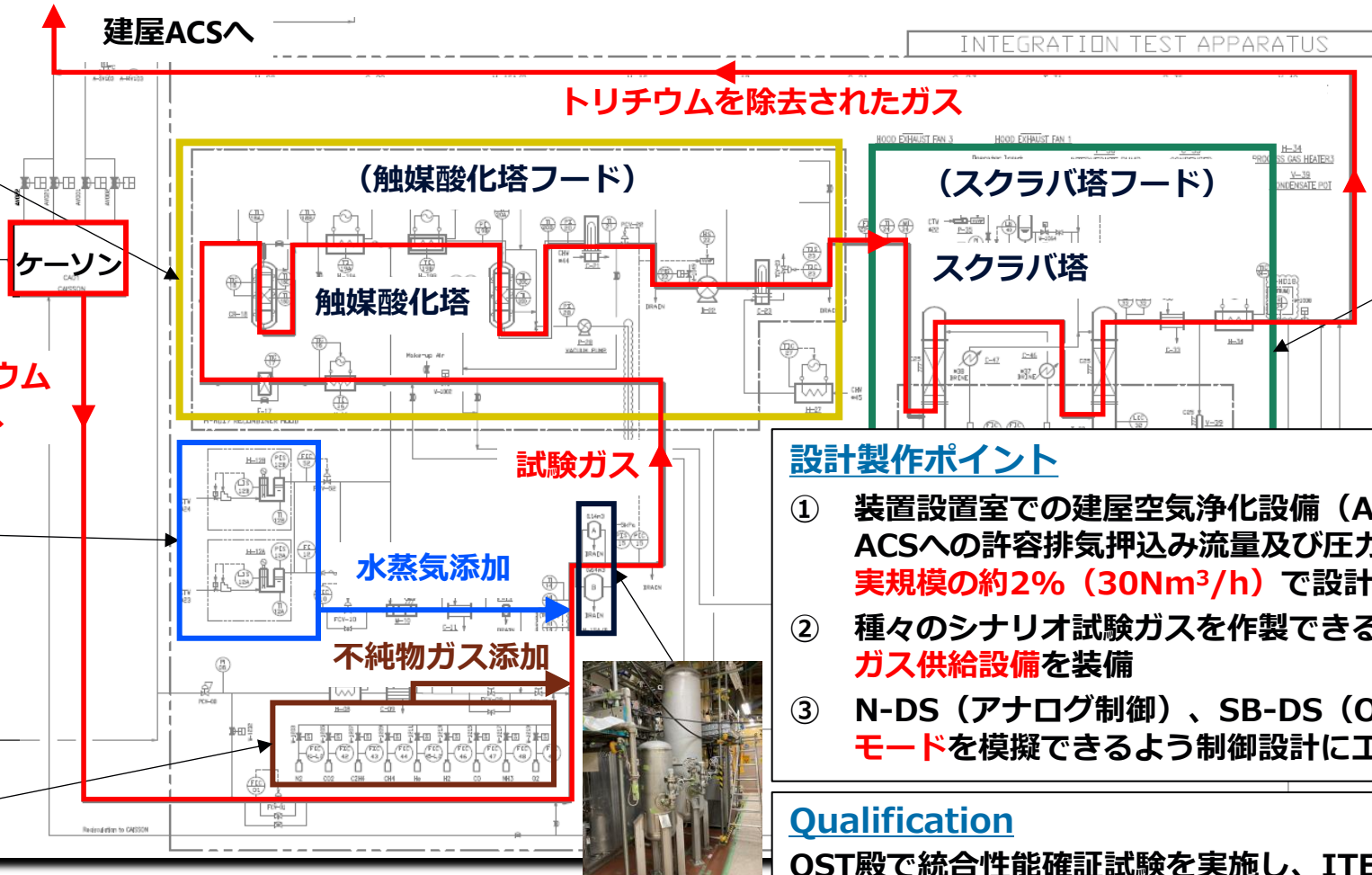
	Test scenario	T Conc at input	mimic Manifold	Temp. at input	Humidity at input	Impurity Conc at input	RTR	LTR/HTR	Mode
通常時テストシナリオ	Normal Conditions		(P cont.=-5kPa)						
	Startup + Shutdown	Middle T Conc	M0+M2	RT	Dry		bypassed	200℃	Recycle
	Air with HT/HTO only	High T Conc	M0+M2	RT	Dry		bypassed	200℃	Recycle
		Middle T Conc	M0+M2	RT	Dry		bypassed	200℃	Recycle
		Low T Conc	M0+M2	RT	Dry		bypassed	200℃	Recycle
		Middle T Conc	M0+M2	RT	Humid	H2O = 34000ppm	bypassed	200℃	Recycle
	Inert with HT/HTO only	Middle T Conc	M0+M2	RT	Dry		bypassed	200℃	Recycle
		Middle T Conc	M0+M2	RT	Humid	H2O = 34000ppm	bypassed	200℃	Recycle
	Impurities (hydrocarbon,COx)	Middle T Conc	M0+M2	RT	Dry	CH4=0.1%	bypassed	500℃	Recycle
	Recycle operations (torus detritiation)	Middle T Conc	M0+M2	RT	Dry	Ammonia = 1 vol.%	bypassed	200℃	Recycle
	Module switching								
		High / Low T Conc	M0 then +M2	RT	Dry		200℃	500℃	Once through
		High / Medium T Conc	M0 then +M2	60	Humid		200℃	500℃	Once through
		High / Medium T Conc	M0 then +M2	60	Humid		200℃	500℃	Once through
	Torus/NB maintenance								
	VVPSS functioning	Middle T Conc	M0+M2	RT	Humid	Hydrogen Conc=1%	bypassed	200℃	Recycle
	(Modification of control loop from N to SB)								
異常時テストシナリオ	Off Normal Conditions								
	Startup + Shutdown	Middle T Conc	M0	RT	Dry		RT	200℃	Once through
		Middle T Conc	M2	RT	Dry		RT	200℃	Once through
		Middle T Conc	M0+M2	RT	Dry		RT	200℃	Once through
	Tritium release	High T Conc	M0+M2	RT	Dry		RT	200℃	Once through
		Middle T Conc	M0+M2	RT	Dry		RT	200℃	Once through
		Low T Conc	M0+M2	RT	Dry		RT	200℃	Once through
	Fire gases in feed	Middle T Conc	M0+M2	RT	Dry	Hydrocarbon=Total 2%	RT	200℃→500℃	Once through
	LOCA conditions	Middle T Conc	M0+M2	60℃	Humid	60℃ saturated	RT	200℃	Once through
	Cryogenic line break conditions	Middle T Conc	M0+M2	5℃ (Need additional cooler)	Dry		RT	200℃	Once through
	Sudden increase in building leak rate	Middle T Conc	M0+M2	RT	Dry		RT	200℃	Once through
	DS component failure	Middle T Conc	M0+M2	RT	Dry		RT	200℃	Once through
	Support system failure	Middle T Conc	M0+M2	RT	Dry		RT	200℃	Once through
	Discontinue non-essential flows	Middle T Conc	M0+M2	RT	Dry		RT	200℃	Once through
	VVPSS functioning	Middle T Conc	M0+M2	RT	Humid	Hydrogen Conc=1%	RT	200℃	Once through

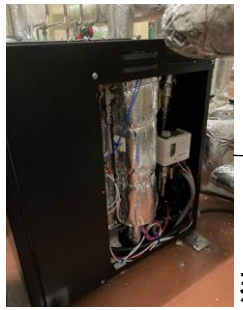
（資料ご提供：QST殿）

© 2024 JGC JAPAN CORPORATION

3-5. 2020～21年： 2%触媒塔／スクラバ塔 統合試験装置の設計製作（2/2）
2020-21: D&F of the 2% CR/SC Integrated Test Rig (2/2)

前項シナリオに基づいてシステム全体のトリチウム除去性能を試験する統合試験装置を設計製作（2%規模：処理量 約30Nm³/h）





蒸気供給設備

不純物ガス供給設備
N_2、CO_2、C_2H_4、CH_4、
He、H_2、CO、NH_3、O_2

マニフォールド模擬体積槽

（資料ご提供：QST殿）

設計製作ポイント

① 装置設置室での建屋空気浄化設備（ACS）への接続位置において、ACSへの許容排気押込み流量及び圧力バランスを考慮し、処理量で**実規模の約2%（30Nm³/h）**で設計製作

② 種々のシナリオ試験ガスを作製できるよう、**蒸気供給設備、不純物ガス供給設備**を装備

③ N-DS（アナログ制御）、SB-DS（ON-OFF制御）の**両方の運転モード**を模擬できるよう制御設計に工夫

Qualification

QST殿で統合性能確証試験を実施し、ITERの通常運転で想定される条件また火災を含む事故の際に想定される条件において**必要とされるトリチウム除去率（通常運転時：99%以上、非火災事故時：99%以上、火災時：90%以上）を満たすことが確認され、DSの最終性能確証を完遂**

© 2024 JGC JAPAN CORPORATION

おわりに
In Conclusion

(https://www.iter.org/fr/actualites-iter/mur-lindustrie-honore-entreprises-qui-construisent-iter)

フランスITER本部建屋「Industry Wall」に設置された弊社プラーク（4 Nov 2024）

日揮グループのパーパス（存在意義）

Enhancing planetary health

「“人と地球”の健康は密接に関係しており、この２つを追求していくことで、豊かな未来を創っていく」というメッセージを込めています。

日揮グループのコーポレートスローガン

MISSION DRIVEN.

世界に課題があるかぎり。

コーポレートスローガン「Mission Driven」を胸に、環境、社会、経済の三つの視点から持続可能な社会を実現していくための様々な命題の解決に応えていきます。

© 2024 JGC JAPAN CORPORATION