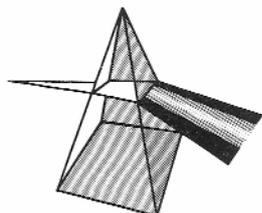


【技術報告】



プルトニウム燃料施設ユーティリティ設備の概要

川崎 一男 寺田 秀行 山本 安紀
黒羽根憲二 菊池 明夫 石黒 信治

東海事業所 建設工務管理部

資料番号：6-2

Outline of the Utility Facility for the Plutonium Fuel Center

Ichio KAWASAKI Hideyuki TERADA Yasunori YAMAMOTO
Kenji KUROBANE Akio KIKUCHI Nobuharu ISHIGURO
Construction and Maintenance Division, Tokai Works

プルトニウム燃料センター内のユーティリティ施設及び付属機械室は、プルトニウム燃料第一開発室、第二開発室、第三開発室及びその他の付属施設に電気、圧縮空気、混合ガスなどの各種ユーティリティを供給する施設である。

本施設は、ユーティリティを供給開始してからそれぞれ15年、33年が経過し、設備の更新や部品交換を必要とする設備となっている。そのため本施設の信頼性及び安全性の向上を図ることを基本に、整備、改造、補修等を行い、ユーティリティの安定供給を実施している。

本報告では、施設の概要と代表的な設備変更事例、今後の問題点及び取り組みについて報告する。

The utility facility supplies electricity, compressed air and gas, to the Plutonium Fuel Center.

The equipment in the utility facility has been used for many years. Therefore, periodical maintenance and replacement of the equipment is vital to provide stable supplies to the Plutonium Fuel Center. The aim of maintenance and replacement is to improve reliability and stability of the supplies.

This report describes the utility facility, some improvements, maintenance issues and a maintenance program which includes replacement of the equipment.

キーワード

ユーティリティ、信頼性、安全性、電気、圧縮空気、混合ガス
Utility, Reliability, Safety, Electricity, Compression Air, Mixed Gas

1. はじめに

東海事業所プルトニウム燃料センター内のユーティリティ施設（以下、UF）及び付属機械室は、プルトニウム燃料第一開発室、第二開発室、第三開発室及びその他の付属施設に圧縮空気、水素混合ガス、冷水、冷却水、上水、工業用水、純水、蒸気、電気等のいわゆるユーティリティを供給する施設である。

付属機械室は、昭和41年に第一開発室へのユーティリティの供給を目的とし、またUFは、昭和59年に第三開発室へのユーティリティの供給を目的として運転を開始した。昭和44年には、付属機械室から第二開発室へもユーティリティの供給を開始し、今日までユーティリティの安定供給を実施している。

本施設は、プルトニウム燃料センターの各施設へユーティリティを供給することから、ユーティリティの安定供給を基本に、設備の信頼性及び安全性を高めるため部品類の交換を含む日常点検、定期（精密）点検、改造、補修等を行い、設備の予防保全に努めている。

以下に、本施設の概要と代表的な設備変更事例、今後の問題点及び取り組みについて報告する。

2. 施設の概要

2.1 施設の位置

図1にUF及び付属機械室の配置を示す。

2.2 UFの概要

本施設は、プルトニウム燃料センターの第二開



図1 施設配置図

発室南側に位置し、延床面積約1,600m²の地上2階の鉄筋コンクリート造である。

主に第三開発室、プルトニウム廃棄物処理開発施設（以下、PMTF）にユーティリティを供給する。

以下に、本施設内のユーティリティ設備の概要を示す。

圧縮空気設備

本設備は、空気圧縮機、脱湿装置、空気槽などからなり、空気圧縮機5基の運用は、主機として設定してある2基が常時運転で、負荷容量が増大した場合には、従機として設定してある2基で対応する。

万一、運転中の空気圧縮機に故障等が発生した場合には、予備機として設定してある1基がバックアップするシステムとなっており、供給先の操業に影響を与えないシステムとなっている。

また5基の空気圧縮機は、定期的に取り替え運転を行いながら設備の保全にも努めている。

表1に圧縮空気設備の主要機器を示す。

圧縮空気供給流量は、圧力0.6～0.7MPaで、1,200～1,300m³/h程度であり、脱湿装置を設け、露点

表1 圧縮空気設備主要機器一覧

空気圧縮機	540Nm ³ /h・75.0kW×2基 780Nm ³ /h・75.0kW×3基
脱湿装置	1,356Nm ³ /h・33.0kW×2基
空気槽	内容積5m ³ ×1基
冷却水ポンプ	21.6m ³ /h・5.5kW×2基
冷却塔	60冷却トン・4.1kW×1基

温度を-20℃まで下げて乾燥空気としている。

供給先では、各設備の駆動用、酸化雰囲気用、計装用として使用している。

本設備は、圧縮空気の安定供給と機能維持を図るため、日常点検、年次点検等を実施しているが、特に年次点検時は、消耗部品の交換を行うとともに、予備機のバックアップ及び安全装置の作動確認等を実施し、予防保全に努めている。

図2に圧縮空気設備の系統図を示す。

各種ガス設備

本設備は、アルゴン・水素混合ガスと単一ガス4種の供給設備などからなり、アルゴン・水素混合ガス設備は、常時2系列運転、1系列は予備となっている。

万一、アルゴン・水素混合ガス設備において水素ガス濃度が上昇したり、漏洩した場合などは、緊急遮断装置が作動し、安全性を確保するシステムとなっている。

表2に各種ガス設備の主要機器を示す。

供給先では、水素混合ガスは、ペレット製造工程における焼結等の炉設備及び検査工程におけるウラン含有率・酸素/金属原子数比測定設備の還元用ガスとして使用している。

炭酸ガス及び窒素ガスは、ペレット製造工程、加工組立工程及び検査工程における各設備の雰囲気用ガスとして使用している。

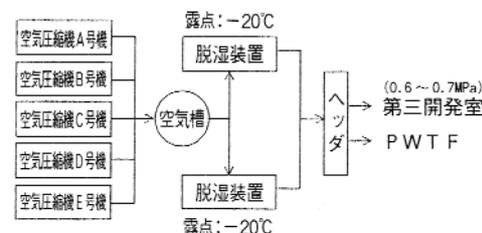


図2 圧縮空気設備系統図

表2 各種ガス設備主要機器一覧

95%Ar5%H ₂ 混合装置	1.3Nm ³ /h ×1式
95%Ar5%H ₂ 混合装置	7.0Nm ³ /h ×1式
予備系混合装置	7.0Nm ³ /h ×1式
窒素ガス設備	1.50Nm ³ /h ×1式
ヘリウムガス設備	2.15Nm ³ /h ×1式
アルゴンガス設備	1.8Nm ³ /h ×1式
炭酸ガス設備	7Nm ³ /h ×1式
液化窒素貯槽	充填容量20,448 ×1基
窒素送ガス蒸発器	5.00Nm ³ /h ×1基
液化アルゴン貯槽	充填容量8,964 ×1基
アルゴンガス送ガス蒸発器	9.0Nm ³ /h ×2基
95%Ar5%H ₂ バッファタンク	内容積1.0m ³ ×1基
95%Ar5%H ₂ バッファタンク	内容積2.0m ³ ×1基
水素カールドル	1.0m ³ ×3.0本組 ×2基

また、ヘリウムガスは、各設備の雰囲気用と検査工程における分析用ガスとして、アルゴンガスは、各設備の雰囲気用及び検査工程における分析・物性測定用ガスとして使用している。

本設備では、水素ガスを取り扱っているが、管理する上で特に重要なことは、第一に系内からガスを漏洩させないこと、さらに万一漏洩した場合は、濃度の低いうちに早急に検知し対策を施すこと及び水素混合ガス濃度を適切に管理することであり、これらを踏まえ次のようなことを実施し、災害防止に努めている。

日常点検

水素ガス漏洩検知器による漏洩の有無確認及び水素混合ガス濃度が規定値内にあることの確認。

月例点検

石鹸水を配管接続部等に塗布し、微量な漏洩の早期発見。

年次点検

更に精密な点検として、設備を停止して水素ガス漏洩検知器の作動確認、圧力計や安全弁等の機能検査、緊急遮断装置や希釈ガス混入装置の作動確認、水素混合ガス濃度計及び調節計の校正等を実施している。

図3にアルゴン・水素混合ガス設備の系統図を示す。

冷水・冷却水設備

本設備は、ターボ冷凍機と冷水を第三開発室に送水するためのポンプなどからなる。

ターボ冷凍機の運用は、夏期が負荷に応じて1～3基を切替え運転し、冬期は設備容量の小さいターボ冷凍機を運転している。

万一、商用電源が停電し、非常用電源に切替わった場合は、更に設備容量の小さいチラー冷凍機を運転し、冷凍負荷は必要最小限に制限すること

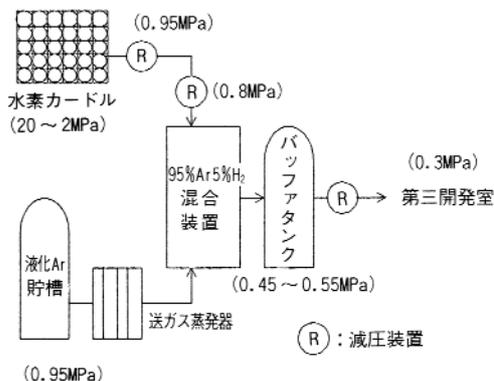


図3 アルゴン・水素混合ガス設備系統図

となっている。

表3に冷水・冷却水設備の主要機器を示す。

冷水供給条件は、圧力0.4～0.5MPa、流量150～900m³/h、冷水温度7～12℃となっており、圧力はポンプ前後のバイパス弁で、また、流量はポンプの台数制御を行い調整している。

供給先では、ペレット製造工程での各種炉設備及び検査工程での各設備の冷却に使用している。

第三開発室内では、UFから供給された冷水を管理区域内にある各種炉設備に使用する系統と一般居室等の冷房用に使用する系統に分かれている。

これは、UFから供給された冷水が直接管理区域と往來することがないように、冷水熱交換器を介して伝熱する方法を採っているためである。

図4に冷水・冷却水設備の系統図を示す。

表3 冷水・冷却水設備主要機器一覧

ターボ冷凍機	580USRT・455kW × 2基 500USRT・383kW × 2基
冷水1次ポンプ	351.0m ³ /h・30.0kW × 2基 302.4m ³ /h・22.0kW × 2基
冷却水ポンプ	452.4m ³ /h・22.0kW × 2基 390.0m ³ /h・22.0kW × 2基
冷却塔	600冷却トン・16.5kW × 2基 500冷却トン・11.0kW × 2基
チラー冷凍機	120USRT・90kW × 2基
冷水1次ポンプ	62.4m ³ /h・5.5kW × 2基
冷却水ポンプ	93.6m ³ /h・7.5kW × 2基
冷却塔	125冷却トン・7.0kW × 2基
冷水供給ポンプ	78m ³ /h・18.5kW × 2基 228m ³ /h・45.0kW × 6基

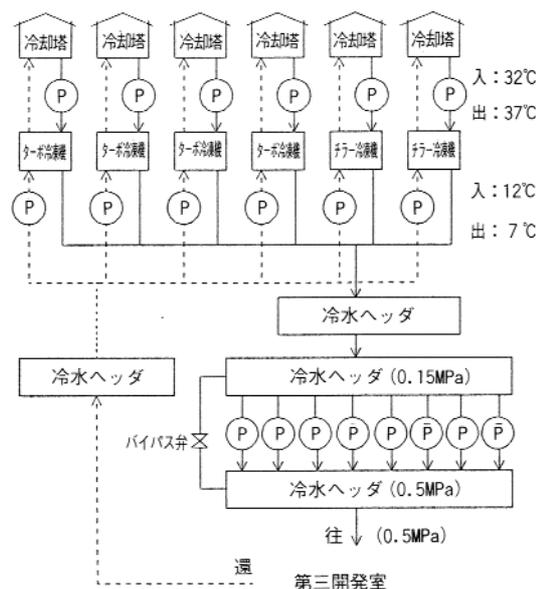


図4 冷水・冷却水設備系統図

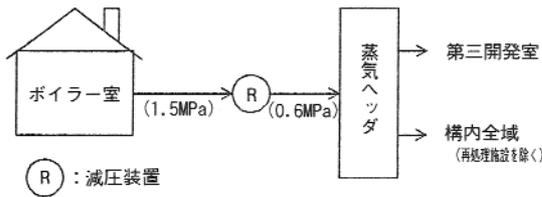


図5 蒸気設備系統図

表4 非常用発電機設備主要機器一覧

エンジン (ガスタービン)	2,000PS ・ 22,000rpm × 3基
発電機	1,500kVA ・ 6,600V ・ 50Hz ・ 4P × 3基

蒸気設備

本設備は、中央運転管理室(以下、ボイラー室)から蒸気圧1.5MPa弱で送られてくる蒸気を0.6MPa強まで減圧し、再処理施設以外のプルトリウム燃料センターを含む構内全域に蒸気を供給する中継基地となっている。

図5に蒸気設備の系統図を示す。

電気設備

本設備は、第三開発室のFBR工程(以下、FBR)、PWTF(プルトリウム廃棄物貯蔵関連施設PWSF、第2PWSFを含む)へ電源を供給する設備である。

電源系統は、特高変電所から受電される2系統の商用電源系統に接続されており、高圧母連(52B)は、常時開としてFBR、PWTFを分離して使用している。また、非常用電源系統としてFBR、PWTFの2基の専用非常用発電機とそれらをバックアップする特高変電所の1基がある。

付属機械室の第1変電室及び第2開発室の第2変電室の非常系は、UFから給電している。

FBR、PWTFは、UFからの2系統の商用電源系統を有しており、そのうち1回線は商用、非常用を兼ねている。

表4に非常用発電機設備の主要な機器を示す。

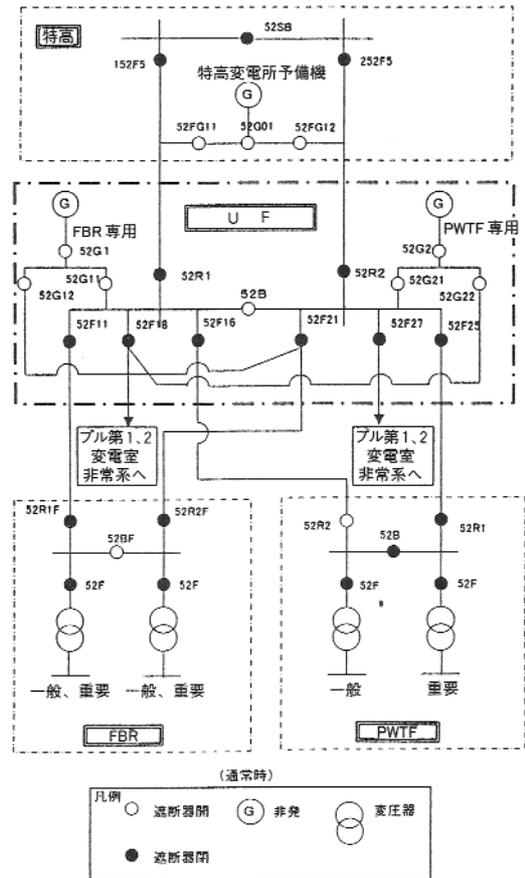
停電時は、負荷制限をかけたFBR、PWTFの非常用動力及び照明に給電する。非常用発電機は、非常系給電の負荷量の検討から1,500kVAとしている。

図6にUF関連施設の系統図を示す。

2.3 付属機械室の概要

本施設は、プルトリウム燃料センターの第一開発室西側に位置し、延床面積約620m²の地上1階(一部2階)の鉄筋コンクリート造である。

主に第一開発室、第二開発室、燃料製造機器試験室(以下、モックアップ室)の各施設にユーティ



第三開発室は、特高変電所からUFへ商用1、2号の2回線で受電する。UFの高圧母線は2系統あり、母連52Bは常時開である。この2系統の高圧母線より、FBR、PWTFへそれぞれ2回線で給電している。万一、商用1号または2号のいずれかが停電した場合母連52Bを開とし、施設側の運転状況に影響がないようにしている

図6 UF関連施設系統図

リティを供給する。

本施設は、UFと同様な施設であるため、以下にその特徴及び相違点のみを示す。

圧縮空気設備

本設備は、一般用(CA)、計装用(IA)及び緊急用(EA)の3系統に圧縮空気を供給する設備である。

空気圧縮機の運用は、設備容量の大きい空気圧縮機3基中2基(主機・従機)は常時運転、残り1基は予備機として運用しており、定期的にこの3基を切り替えながら運転している。また設備容量の小さい空気圧縮機1基は、常時運転を行っている。

脱湿装置は、露点温度を-20℃まで下げて乾燥空気にし、緊急用(EA)系統のろ過器は、圧縮空気内に含まれている浮遊物を除去し、クリーンな圧縮空気を供給する役目である。

万一、空気圧縮機等に故障が発生した場合は、

表5 圧縮空気設備主要機器一覧

空気圧縮機	432Nm ³ /h・55.0kW × 3基 210Nm ³ /h・30.0kW × 1基
脱湿装置	900Nm ³ /h・20.0kW × 1基 300Nm ³ /h・3.3kW × 1基
空気槽	内容積5m ³ × 1基 内容積0.75m ³ × 1基
ろ過器	75m ³ /h × 1基
冷却水ポンプ	19.8m ³ /h・5.5kW × 2基

系統中のバイパス弁が開き、供給先の操業に影響を与えないシステムとなっている。

表5に圧縮空気設備の主要な機器を示す。

供給先では、一般用(CA)は、液の攪拌、配管中の液の排出、予備焼結炉、脱ガス炉、廃棄物焼却炉の冷却及び焙焼還元炉での酸化用の雰囲気源として使用している。また、計装用(IA)は、空気作動機器類の動力用として、緊急用(EA)は、緊急時等のエアラインマスク送気用として使用している。

本設備の日常点検、年次点検等に関しては、UFと同様なことを実施し、予防保全に努めている。

水素混合ガス設備

本設備は、UFから供給される窒素ガスを受け入れ、水素ガスと混合し、窒素・水素混合ガスとして供給する系統と、窒素ガスをそのまま経由して単独で供給する系統の2系統からなる。

万一、水素混合ガス設備において水素ガス濃度が上昇したり、漏洩した場合は、UFと同様な安全性を確保するシステムとなっている。

表6に水素混合ガス設備の主要な機器を示す。

供給先では、窒素・水素混合ガスは、燃料ペレットの焼結及び粉末調整における還元、試料の酸化防止用として使用している。単独系統である窒

表6 水素混合ガス設備主要機器一覧

95%N ₂ 5%H ₂ 混合装置	5.0Nm ³ /h × 1式
95%N ₂ 5%H ₂ バッファタンク	内容積1.0m ³ × 1基
水素カールドル	7m ³ ×2.0本組×3基 (常用2基、予備1基)

素ガスは、比較的活性な原料粉末、予備焼結用ペレット及び脱ガス済ペレットの酸化防止、作業上酸素の影響を除くためのグローブボックス内の不活性雰囲気用、グローブボックス内で火災が発生した場合の消火または火災予防用として使用している。

本設備内でも水素ガスを取り扱っているが、災害防止等に関しては、UFと同じ日常管理や点検を実施している。

図8に水素混合ガス設備の系統図を示す。

冷水・冷却水設備

本設備は、ターボ冷凍機、吸収式冷凍機、蓄熱槽、第一開発室と第二開発室へ送水する冷房用冷水ポンプ及び研究用冷却水(以下、COW)ポンプなどからなる。

冷凍機の運用は、5月下旬から10月中旬までは、冷凍機運転による冷凍サイクルシステムにて運用しているが、それ以外の時期は、冷却塔と蓄熱槽による空冷サイクルシステムを運用している。

また、天候や負荷容量に応じて冷凍機の運転機種を変更し冷水やCOWの安定供給を実施している。

表7に冷水・冷却水設備の主要な機器を示す。

供給先では、焼結炉の冷却、施設内の冷房用等に使用している。

特に焼結炉等の冷却用に使用するCOWは、

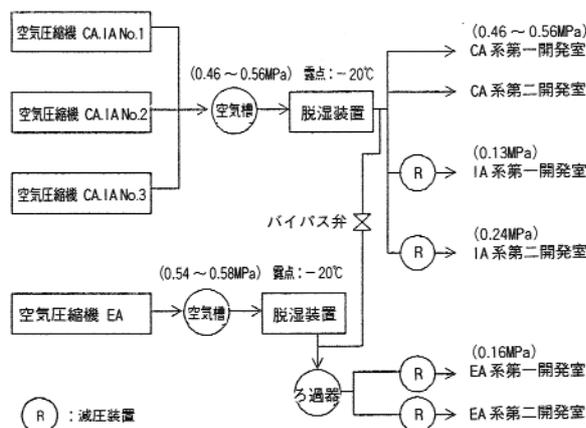


図7 圧縮空気設備系統図

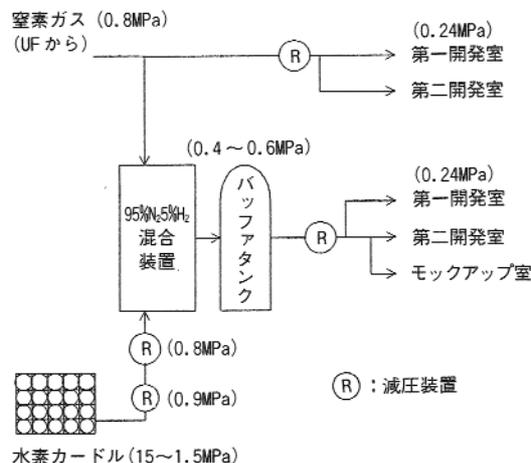


図8 水素混合ガス設備系統図

表7 冷水・冷却水設備主要機器一覧

ターボ冷凍機	250USRT・180kW	× 1基
冷水循環ポンプ	156.0m ³ /h・15.0kW	× 1基
冷却水ポンプ	211.2m ³ /h・30.0kW	× 1基
冷却塔	250冷却トン・5.5kW	× 1基
吸収式冷凍機	400USRT	× 1基
冷水循環ポンプ	240.0m ³ /h・15.0kW	× 1基
冷却水ポンプ	400.0m ³ /h・37.0kW	× 1基
冷却塔	250冷却トン・5.5kW	× 2基
冷房用ポンプ	16.8m ³ /h・3.7kW	× 1基
	22.2m ³ /h・2.2kW	× 1基
	348m ³ /h・30.0kW	× 2基
研究用冷却水 (COW) ポンプ	16.8m ³ /h・7.5kW	× 1基
	27.0m ³ /h・11.0kW	× 1基
	33.0m ³ /h・15.0kW	× 1基
	57.0m ³ /h・22.0kW	× 1基
蓄熱槽	有効容量400t	× 1基

15 を基準とした温度管理並びに適正な圧力を供給するために 1 ヘッドと 2 ヘッド間のパイパス弁の調整等を実施している。

冷凍機の付帯設備である冷却塔については、スケールやスライムの防止を図るため、水処理剤を定期的に注入し、循環水の水質を管理しながら冷凍機の性能維持に努めている。

図9に冷水・冷却水設備の系統図を示す。

上水設備

本設備は、所内浄水場から送水される上水を一時貯水・調整する上水タンクとプルトニウム燃料センター、ボイラー室等に送水する送水ポンプからなる。

送水ポンプは、常時2基運転で、万一、ポンプ等が故障した場合などは、予備機の2基がバック

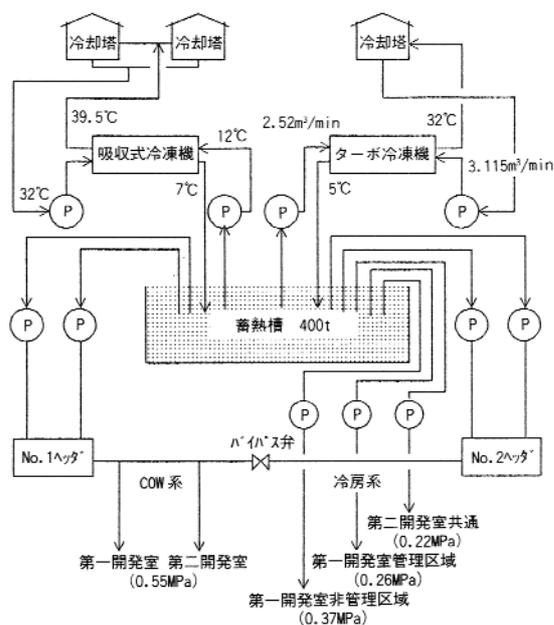


図9 冷水・冷却水設備系統図

表8 上水設備主要機器一覧

上水タンク	有効容量26.3m ³	× 2基
送水ポンプ	15.6m ³ /h・5.5kW	× 2基
	26.4m ³ /h・7.5kW	× 2基

アップするシステムとなっている。

ここで使用している送水ポンプは、圧力変動の少ないリニア制御方式（ケーシングの間隙制御）を採用しており、常に一定の圧力で上水を供給している。

表8に上水設備の主要な機器を示す。

供給先では、主に従業員の飲用、手洗等に使用している。

上水タンクについては、水質及びタンク内の清潔を保持するために年2回の清掃、JWWA（日本水道協会規格）に合格した塗料によるタンク内面等の塗装を定期的実施している。

図10に上水設備の系統図を示す。

純水設備

本設備は、上水を純水に替える純水器（イオン交換樹脂）及び加圧ポンプなどからなる。

表9に純水設備の主要な機器を示す。

供給先では、試験用機器類の洗浄等に使用している。

純水の純度については、電気伝導率0.05mS/mを基準に管理しており、その基準を上回った場合は、メーカーに委託し純水器（イオン交換樹脂）の再生を実施している。

図11に純水設備の系統図を示す。

蒸気設備

本設備は、UFから蒸気圧約0.6MPaで送られてくる蒸気を1ヘッドで受け、その後2、3

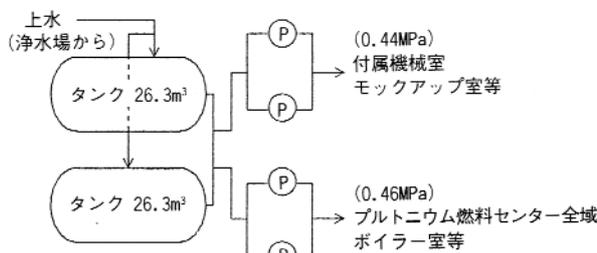


図10 上水設備系統図

表9 純水設備主要機器一覧

純水器	10,000 / cycle	× 2基
純水貯槽	有効容量0.2 m ³	× 1基
純水圧力槽	有効容量0.1 m ³	× 1基
加圧ポンプ	1.8m ³ /h・0.4kW	× 2基

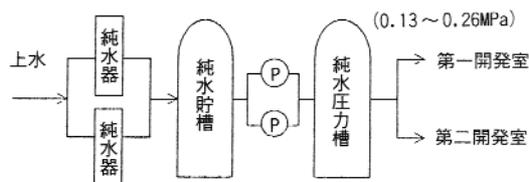


図11 純水設備系統図

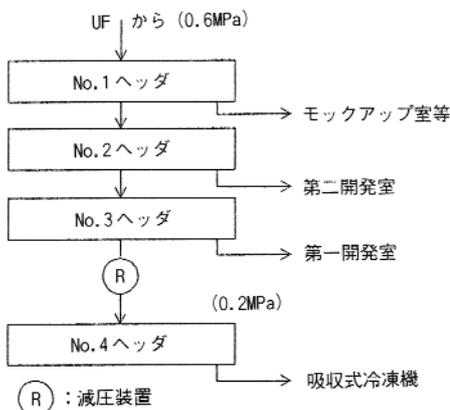


図12 蒸気設備系統図

ヘッダでは同圧のまま第一開発室、第二開発室等へ供給し、4ヘッダでは約0.2MPaに減圧し、付属機械室内の吸収式冷凍機に供給する中継基地になっている。

供給先では、主に施設内の暖房等に使用しているが、第二開発室内の一部では管理区域内で着用した作業衣等の洗濯に使用している。

図12に蒸気設備の系統図を示す。

電気設備

本設備は、第一開発室、第二開発室に電源を供給する設備である。

第1変電室は、3つの商用電源系統を有しており、そのうちの1系統はUFの非常用発電機からも給電可能な構成となっている。

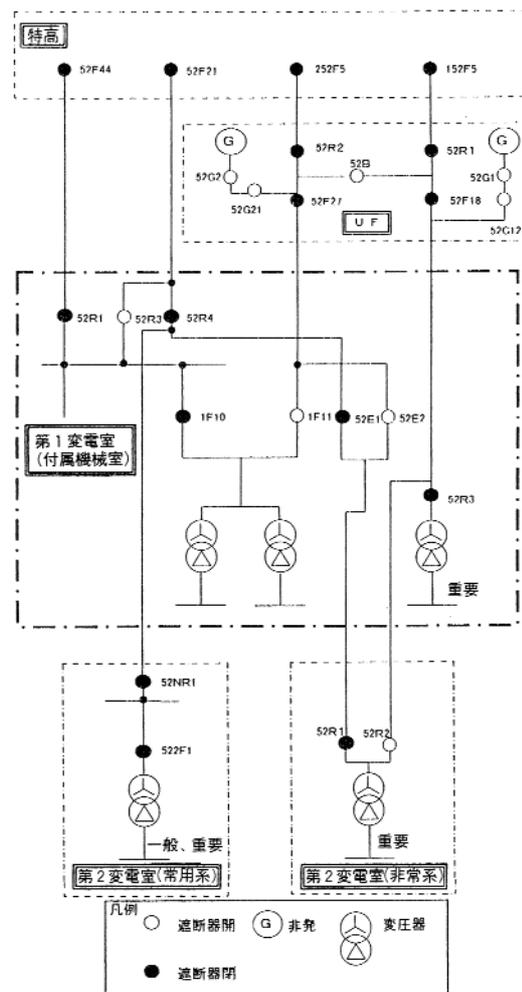
第2変電室は、2つの商用電源系統を有しており、そのうちの1系統はUFの非常用発電機からも給電可能な構成となっている。

図13に付属機械室関連施設の系統図を示す。

3. 代表的な設備変更事例

近年、設備の経年変化や老朽化が進み、更新等の必要な対応を順次としている状態であるが、これら対応における基本方針は、ユーティリティ設備全体の安全性及び供給の信頼性の向上を図ることである。

この方針のもと、計画時には十分な検討を行い、



第1変電室で停電が発生した場合1F10から1F11に切り換り給電される。同様に第2変電室(非常系)も停電が発生した場合52E1から52E2に切り換る。両系統が停電継続の場合第2変電室(非常系)側52R1が52R2に切り換る。所内全停電時はUFの非常用発電機より給電される。

図13 付属機械室関連施設系統図

実施時には品質管理、工程監理、工事監理等の強化を図り、安全作業に努めながら最適な設備運用・管理ができるよう整備、改造、補修等を実施している。

以下に代表的な設備変更事例を示す。

3.1 UFの設備変更事例

UFにおける代表的な設備変更事例は、第三開発室での水素混合ガス使用方法等の変更に伴うものである。

水素混合ガスのベースガス変更

平成2年、「もんじゅ」の初装荷燃料を製造する際、窒素・水素混合ガスでは、ペレットの予備焼結時に、ポアフォーマ等の添加剤が分解し、残留した微量の炭素が原因となって、炭素熱還元反応により、焼結時にペレット中の酸素が混合ガス

中の窒素と置換されて窒素不純物及び蒸発性不純物が多くなる傾向が見られた。

このため、水素混合ガス製造装置内のマスフローメータ（流量検知及び制御装置）及び混合装置の更新、各種設定値の変更を行い、水素との混合ガスのベースとなるガスをアルゴンガスに変更し、蒸発性不純物等の低減化を達成した。

アルゴン・水素混合ガスの水素濃度変更

平成5年、供給している混合ガスの水素濃度が5%でも8%と同等の還元効果が得られることが焼結特性試験により確認されたため、マスフローメータの流量制御と警報にかかわる設定値を変更し、水素濃度を8%から安全性がより高い5%に変更した。

3.2 付属機械室の設備変更事例

付属機械室における代表的な設備変更事例は、水素混合ガス装置制御方式の変更、電気設備の信頼性向上に伴うものである。

水素混合ガス装置の拡張性

平成3年、第一開発室及び第二開発室の水素混合ガス使用量の増大による設備能力増量のため、装置を更新し、製造能力を $30\text{Nm}^3/\text{h}$ から $50\text{Nm}^3/\text{h}$ に変更した。

この更新に伴い、既存スペースの有効活用及び将来における設備増設時等の拡張性を考慮し、制御方式を従来のリレー方式からシーケンサー（電子）方式のシステムを取り入れた。

電源供給設備の多重化

第二開発室非常系は、設備設置後29年が経過しており、安全上及び保安上更新の時期に来ている。

また、設備も150kVA動力変圧器及び50kVA照明変圧器が各1台ずつしかなく故障時対応が十分でなかった。

そのため現在、第二開発室の非常系を更新し、電源系統を二重化にすることを進めており、電源供給の信頼性を向上させる予定である。

変圧器容量も動力は、150kVAから200kVAに、照明は50kVAから100kVAにそれぞれアップする予定である。また旧設備は、オープンタイプの電気設備であったが、新設備は、キュービクルタイプにすることにより安全面にも配慮している。

本工事は、現在進行中であり、平成11年12月末には完了する予定である。

4. 今後の問題点及び取り組み

ユーティリティ設備全体の経年変化や老朽化が進んでいる状態であるため、供給側及び施設側双方の検討、協力によりソフト・ハード両面の柔軟な対応を実施し、安全で安定した質の高いユーティリティの供給を行い、各種燃料の高品質化及びプルトニウム燃料センターの安定操業を目指し積極的に取り組んで行く必要がある。

供給側として日常点検、定期点検等の強化を図りながら整備、改造、補修等を適宜実施し、この目的を達成して行きたい。

5. おわりに

以上、プルトニウム燃料施設ユーティリティ設備の概要について紹介した。

ユーティリティ設備は、経年変化や老朽化、負荷容量の増加等により、設備の性能維持・向上を図る必要性が増している。

設備の安全性及び信頼性を基本に、これまでの運転データを基に解析を進めながら創意工夫のもと、高品質な各種ユーティリティの安全・安定供給を今後も継続できるよう、施設運転に邁進して行く所存である。