



Application Note AN-PAN-1043

原子力発電所の冷却水中の陽イオンのオンライン微量分析

発電所において、腐食は稼働停止の主な要因となり、それは経済損失につながります。加圧水型原子炉(PWR)は、他の発電所(例えば、沸騰水型原子炉(BWR)や石炭火力、地熱発電所)で見られる2つの冷却水回路に加え、第3の冷却水回路を持つ設計となっています。この「一次回路」と呼ばれる冷却水回

路では、一次冷却水が高压下で循環し、核分裂によって発生した熱を吸収し、さらにその熱を二次回路へ伝達します。PWRは放射性物質が一次回路内に封じ込められ、二次回路や環境へ拡散しないことを保証しています。

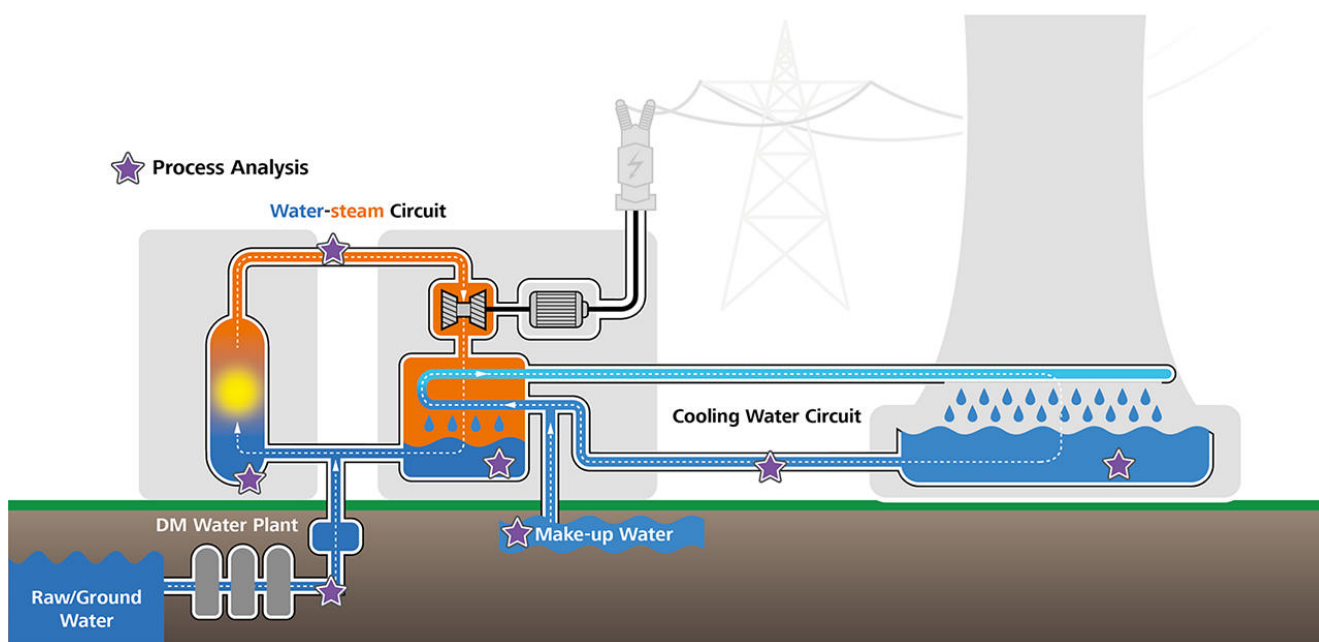


図 1. 3 冷却水回路式原子力発電所の図（オンラインプロセス分析の統合が可能な箇所を星印で示しています）

はじめに

この追加された冷却水回路には、化学分析およびモニタリングに関して特有の要件が存在します。加圧水型原子炉(PWR)では、一次冷却材として軽水が使用されます。ホウ素(ホウ酸 H_3BO_3 の形態)は中性子を効果的に吸収し、反応性制御のために冷却材に添加されます。また、一次回路には単一同位体の水酸化リチウム(LiOH)が添加され、pH値を7以上に維持することで腐食を防止しています。このため、**リチウム**はPWRにおいて重要なモニタリング対象パラメータとなっています。

ニッケルは、鋼の耐食性を高める重要な合金元素で

す。しかし、溶解状態のニッケル(Ni^{2+})は腐食を促進するため、その濃度を定期的にモニタリングを行う必要があります。

さらに、腐食によって溶出した金属は原子核反応を起こし、発電所内の放射線レベルを上昇させる原因となります。材料の腐食を抑制し、放射性生成物の形成を防ぐために、水にはしばしば酸化亜鉛が添加されます。そのため、放射能の拡散を防止する目的からも、**亜鉛濃度**のモニタリングが必要となります。

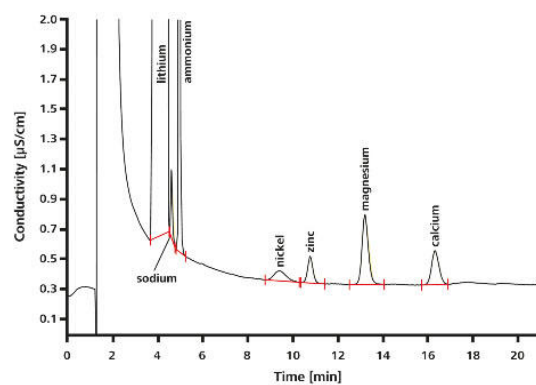


図 2. 加圧水型原子炉の一次冷却回路水を模擬したサンプル：ホウ酸（HBO）2 g/Lおよび水酸化リチウム（LiOH）3.3 mg/L を含有し、ニッケル、亜鉛、カルシウムおよびマグネシウムをそれぞれ 2 μg/L で添加（スパイク）。前濃縮容量：1000 μL

アプリケーション

これらの陽イオンをはしめとする多くの成分は、イオンクロマトグラフィーを用いることで、1回の分析でサフ $\mu\text{g/L}$ レベルまで定量可能です。しかし、微量成分の高精度かつ高信頼性な分析を実現するためには、分析手法の自動化が可能な限り求められます。

メトローム フロセス アナリティクス はこの課題に対する完全なソリューションとして、**2060 IC フロセスアナライザー**を提供しています。この装置は、インライン前濃縮およびインラインマトリックス除去機能を統合しており、1回の注入で、 ng/L から %レベルまでの広範な濃度範囲にわたる複数のイオン性化合物を水系試料中から測定することかできます。

分析システムは、プロセスラインからのハイパスを介して直接・連続的に試料を供給されます。自動キャリフレーション機能により、優れた検出限界、高い再現性、および優れた回収率が保証されます。

2060 IC フロセスアナライザーは、あらかじめ設定された警告値や管理限界濃度に達した場合にアラームを発することで、腐食による修復不可能な損傷を未然に防ぎ、コスト削減に貢献します。本装置は、1台のイオンクロマトグラフに2つの検出ブロックを搭載することで、陰イオンおよび陽イオンの同時モニタリングが可能となり、水-蒸気回路内の化学状態を包括的に把握できます。

さらに、最大20のサンプリングポイントを1台のアナライザーに接続できるため、発電所内の水-蒸気系における複数の工程や箇所を、1台の装置で効率的にモニタリングすることか可能です。

また、内蔵された溶離液製造モジュールに加え、ELGA® 社の PURELAB® flex 5/6(加圧不要の超純水供給装置)を組み合わせること、2060 IC フロセスアナライザーは数週間にわたり自律的に微量陰イオン分析を実行できる構成も実現できます。

この分析は、ホウ酸(H_3BO_3)に対するインラインマトリックス除去と、水酸化リチウム(LiOH)に対するインライン中和を組み合わせること、完全自動で実施されます。分析対象成分の検出には、導電率検出法が用いられます。



Figure 3. The 2060 IC Process Analyzer is available with either one or two measurement channels, along with integrated liquid handling modules and several automated sample preparation options.

(IC)

- (PWR)



Copper, nickel, zinc, and common cations in the water-steam cycle of a boiling water reactor (BWR)

Zinc, nickel, calcium, and magnesium in borated water of a pressurized water reactor (PWR)

Lithium in borated water of a pressurized water reactor (PWR)

Online analysis of trace cations in power plant water matrices

8.000.6072EN Trace-level determination of cations in the secondary circuit of a PWR-type nuclear

power plant using ion chromatography after inline sample preparation

CONTACT

143-0006 6-1-1
null 9

metrohm.jp@metrohm.jp

装置構成



2060 IC Process Analyzer

Metrohm Process Analytics製の2060 Ion Chromatograph (IC) Process Analyzer は、モジュラー 2060 フラットフォームコンセプトに基づいたものです。このモジュラーアーキテクチャにより、フロント周辺の様々な箇所におけるキャビネットの分離、ならびにフロント内部の複数のエリアにおける、時間を節約する連続的な分析のための最高20までのサンプル流との接続が可能になります。

このアナライザーには、ハードウェア、ソフトウェア、ならびにアプリケーションのカスタマイズにおいて限界がありません。連続的な溶離液製造モジュールから、サンプルコンティニュウムのための湿部モジュール、また複数のIC検出器ブロックに至るまで、2060 IC Process Analyzerはあらゆる産業アプリケーションのための全てのオプションを有しています。

2060 ソフトウェアは、異なる操作メソッド、タイムシート、およびトレンドチャートを有する、ルーチン分析を実行するためにアナライザーをコントロールする「オールインワン」のソフトウェアソリューションです。くわえて、プロセスコミュニケーションプロトコルの多様性のおかげで（例えば ModbusまたはDiscrete I/Oなど）、2060ソフトウェアは自動フィードバックを送信するフロクラミンクが可能で、プロセスに警告を発し、必要であればアクションを起こします（例えばサンプルの再測定、または洗浄サイクルの開始など）。これら全ての特徴が、産業プロセスの完全自動診断を24時間365日保証します。